仙台市南蒲生浄化センター新水処理施設検討委員会

報　告　書

平成２８年１０月

目　　次

1　浄化センター概要 1
1.1　計画概要 1
1.2　施設概要 2
1.3　施設詳細 3
1.4　現況写真 4
2　工事工程 5
3　構造物の沈下状況 6
3.1　最新の沈下測定結果 6
3.2　沈下現象と施工状況の時系列整理 24
4　設計時の考え方 29
4.1　準拠指針 29
4.2　設計段階における支持地盤の評価 30
4.2.1　支持層の設定根拠 30
4.2.2　設計時での粘性土層の評価 40
4.2.3　現時点での粘性土層の再評価 54
4.3　設計地下水位 63
4.4　地盤支持力 64
4.5　沈下量 65
4.6　地盤改良の選定 66
4.6.1　選定理由 66
4.6.2　セメント改良率 67
5　施工時の考え方 68
5.1　設計照査 68
5.2　水替え工 72
5.2.1　設計 72
5.2.2　施工方法の変更 73
5.2.3　ウルトラディープの配置 73
5.2.4　揚水量の確認 75
5.2.5　運転管理 75
5.2.6　地下水位の状況 76
5.2.7　工法変更による沈下への影響 77
5.3　平板載荷試験 78

5.3.1 試験の目的 78
5.3.2 試験実施荷重 78
5.3.3 試験結果 78
5.3.4 実施位置 79
5.4 地盤改良工 80
5.4.1 設計 80
5.4.2 施工方法の変更 80
5.4.3 改良範囲の設定 81
5.4.4 施工管理 82
5.4.5 品質確認試験 84
5.4.6 工法変更による沈下への影響 86
5.5 仮設斜路設置工 87
5.5.1 仮設構台及び仮設斜路設置の必要性 87
5.5.2 変更の内容 87
5.5.3 工法変更による沈下への影響 88
5.6 施工時の対応 89
5.6.1 急激な沈下が認められるまで 89
5.6.2 急激な沈下が認められた後 92
6 地質調査 94
6.1 現位置の地質構成 94
6.1.1 地質柱状図・断面図（実施設計） 94
6.1.2 地質柱状図・断面図（沈下が顕在化した後の地質調査） 98
6.1.3 地質の評価 102
6.2 Dc1 層の分布 104
6.3 室内土質試験（沈下が顕在化した後の地質調査） 109
6.3.1 調査内容 109
6.3.2 室内土質試験結果 110
6.4 層別沈下計による計測結果と考察 121
6.4.1 目的 121
6.4.2 設置箇所 121
6.4.3 測定結果及び考察 121
7 沈下量予測 124
7.1 室内試験結果からの沈下量予測 124
7.1.1 計算条件 124
7.1.2 計算結果 126

7.2 FEM 弾塑性解析による沈下量予測 133
7.2.1 検討位置 133
7.2.2 設計用土質定数（物性値） 135
7.2.3 施工手順 142
7.2.4 計算条件 143
7.2.5 解析結果 146
7.2.6 層別の沈下量 166
7.2.7 解析結果の考察 167
7.3 実測値に基づく沈下量予測 172
7.4 沈下終息状況の予測 182
7.4.1 今後さらに予想される沈下量 182
7.4.2 おおよその沈下終息時期 182
7.4.3 沈下終息状況の予測 183
8 沈下要因について 191
8.1 沈下要因の区分 191
8.2 圧密沈下の要因 192
8.2.1 事業の特殊性からの考察 192
8.2.2 設計における支持層評価手法からの考察 192
8.2.3 今回土質調査結果からの考察 192
8.2.4 沈下解析結果からの考察 192
8.2.5 施工面からの考察 192
8.2.6 圧密沈下要因のまとめ 193
8.3 不同沈下の要因 196
8.3.1 地中応力の不均衡からの考察 196
8.3.2 施工面からの考察 196
8.3.3 今回土質調査結果からの考察 196
8.3.4 不同沈下要因のまとめ 197
8.4 沈下要因のまとめ 199
9 沈下による影響と対策案の検討 200
9.1 検討項目 200
9.2 水理的な影響と対策案 201
9.2.1 検討対象水量 201
9.2.2 水の流れ 201
9.2.3 水理計算 203
9.2.4 検証結果 211

9.3 構造的な影響と対策案 217
9.3.1 沈下・変形に対する安全性 217
9.3.2 変形に対する構造物の照査 232
9.3.3 FEM 解析による構造物の照査 236
9.3.4 EXP.J 部の照査 243
9.3.5 流入渠の影響と対策 253
9.3.6 放流渠の影響と対策 254
9.3.7 津波対策への影響と対策 255
9.4 機能的な影響と対策案 256
9.4.1 各施設で発生している影響 256
9.4.2 EXP.J 部配管類 257
9.4.3 最初沈殿池及び最終沈殿池 259
9.4.4 その他施設 285
9.4.5 運転管理への影響 290
9.5 対策案のまとめ 295
9.6 対策案の実施 299
9.6.1 実施時期の設定 299
9.6.2 対策実施スケジュール 301
9.7 モニタリング調査 302
9.7.1 構造物 302
9.7.2 設備類 303
10 再発防止に向けて 308
10.1 調査・設計 308
10.2 施工 310

【委員会の趣旨】

仙台市南蒲生浄化センターは、仙台市中心部を含む計画処理人口約 70 万人の国内有数の大規模な下水処理場であるが、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本太平洋沖地震と大津波により、一瞬にして壊滅的な被害を受け、処理機能の大半を失った。

このような緊急事態を受け、仙台市では速やかに水処理施設の応急復旧工事に着手しつつ、同年 5 月には本復旧工事に向けて、復旧方針及び施設プランを立案するための基本設計業務に着手している。

なお、基本設計では、複数の施設プランを掲げ、仙台市が設置した「南蒲生浄化センター復旧方針検討委員会」（全 4 回）を通じ、有識者の意見を聴くとともに、専門的事項について検討を加え、同年 9 月の最終委員会において、被災した水処理施設を一度に作り替えるという現在の施設プランが採用されている。この内容は、「南蒲生浄化センター復旧方針に係る提言書」として公表されている。

このような国内有数の大規模な下水処理施設の災害復旧事業は、前例のない極めて特殊なものであったが、提言書に示された施設プランに基づき、工事発注のための詳細設計を進め、同年 12 月に実施された国の災害査定を受け、翌年の平成 24 年 7 月末には工事着手に至っている。

この後、平成 27 年 11 月に一部供用開始（2 系のみ）が予定されていたことから、急ピッチで施工を進めてきたが、同年 9 月に実施した 2 系水処理施設への水張り試験直後より、構造物が急激に沈下し、施設ごとに沈下傾向が異なる不同沈下現象が確認された。

このような事態を受け、沈下現象の要因・原因を究明し、対策案等の専門的事項について検討することを目的として、有識者で構成される「仙台市南蒲生浄化センター新水処理施設検討委員会」の起ち上げに至っている。

【審議内容】

本委員会での主な審議内容は下記のとおり。

(1)　施設設計時における地盤評価、基礎選定方式等に関する事項
(2)　施設施工時における施工管理上の品質項目等に関する事項
(3)　事前調査、追加調査等から類推される沈下の要因等に関する事項
(4)　沈下対策案等に関する事項
(5)　その他必要な事項

【委員会実施内容】

回	実施時期/場所	内　容
第 1 回	平成 28 年 4 月 20 日 南蒲生浄化センター	・目的、規約、委員紹介等 ・現場視察 ・現在の沈下状況、地質状況の報告 ・設計・施工の考え方の報告
第 2 回	平成 28 年 7 月 22 日 日本下水道事業団	・前回委員会での検討事項報告 ・今回の地質調査結果の報告 ・沈下量の予測結果の報告 ・沈下による影響検討の結果報告
第 3 回	平成 28 年 10 月 20 日 日本下水道事業団	・前回委員会での検討事項報告 ・沈下要因及び対策案について ・報告書のまとめ ・その他

【委員名簿】

	組　織	役　職	氏　名	備　考
委員長	早稲田大学	理工学術院　教授	赤木 寛一	土質力学・環境地盤工学
委員	東北大学	大学院工学研究科 土木工学専攻　教授	風間 基樹	地盤工学・地震工学
委員	国土技術政策総合研究所	下水道研究部長	榊原　隆	下水道
委員	日本下水道事業団	理事(技術戦略及び東日本担当)	松浦 將行	

【オブザーバー名簿】

組　織	役　職	氏　名	備　考
仙台市建設局 下水道事業部	部長	工藤　　将貴	
仙台市建設局 下水道事業部 下水道調整課	課長	甲野藤 弘憲	
仙台市建設局 下水道経営部 下水道計画課	課長	大黒　　雅隆	

【事務局名簿】

組　織	役　職	氏　名	備　考
日本下水道事業団 事業統括部事業課	課　長	中筋　康之	
日本下水道事業団 技術戦略部	調査役	髙橋　光明	
日本下水道事業団 東日本設計ｾﾝﾀｰ	次　長	金子　昭人	
日本下水道事業団 東北総合事務所	所　長	日高　利美	
株式会社 フジタ 建設本部土木ｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞｾﾝﾀｰ設計部	部　長	中野　浩之	
株式会社 フジタ　東北支店	副支店長	藤森　一弘	
フジタ・鴻池・丸本・後藤・皆成 特定建設共同企業体	現場代理人	大西　基成	
フジタ・鴻池・丸本・後藤・皆成 特定建設共同企業体	監理技術者	白岩　健児	
株式会社ＮＪＳ 東部支社	支社長	光永　　功	
株式会社ＮＪＳ 東部支社 仙台事務所	所　長	土屋　　剛	
株式会社ＮＪＳ 東部支社 札幌事務所	副所長	氏家　　敦	

1 浄化センター概要

1.1 計画概要

仙台市南蒲生浄化センターは、仙台市中心部を含む計画処理人口約 70 万人であり、100 万都市仙台の約 7 割の人口を対象とした国内有数の大規模な下水処理場である。残りの約 3 割の人口に対しては、広瀬川浄化センター、秋保温泉浄化センター、上谷刈浄化センター及び定義浄化センターの 4 箇所の単独公共下水道と、仙塩流域下水道及び阿武隈川下流流域下水道で処理されている。

南蒲生浄化センターは、昭和 39 年 10 月に沈殿方式による簡易処理を、昭和 54 年 4 月から高級処理を開始している。概要は以下のとおり。

・計画処理面積：10,700ha
・計画処理人口：715,192 人
・排除方式：分流式（一部合流式）
・処理能力：398,900m^3/晴天時日最大
・処理方式：標準活性汚泥法
・計画放流水質：BOD15mg/ℓ　SS30 mg/ℓ

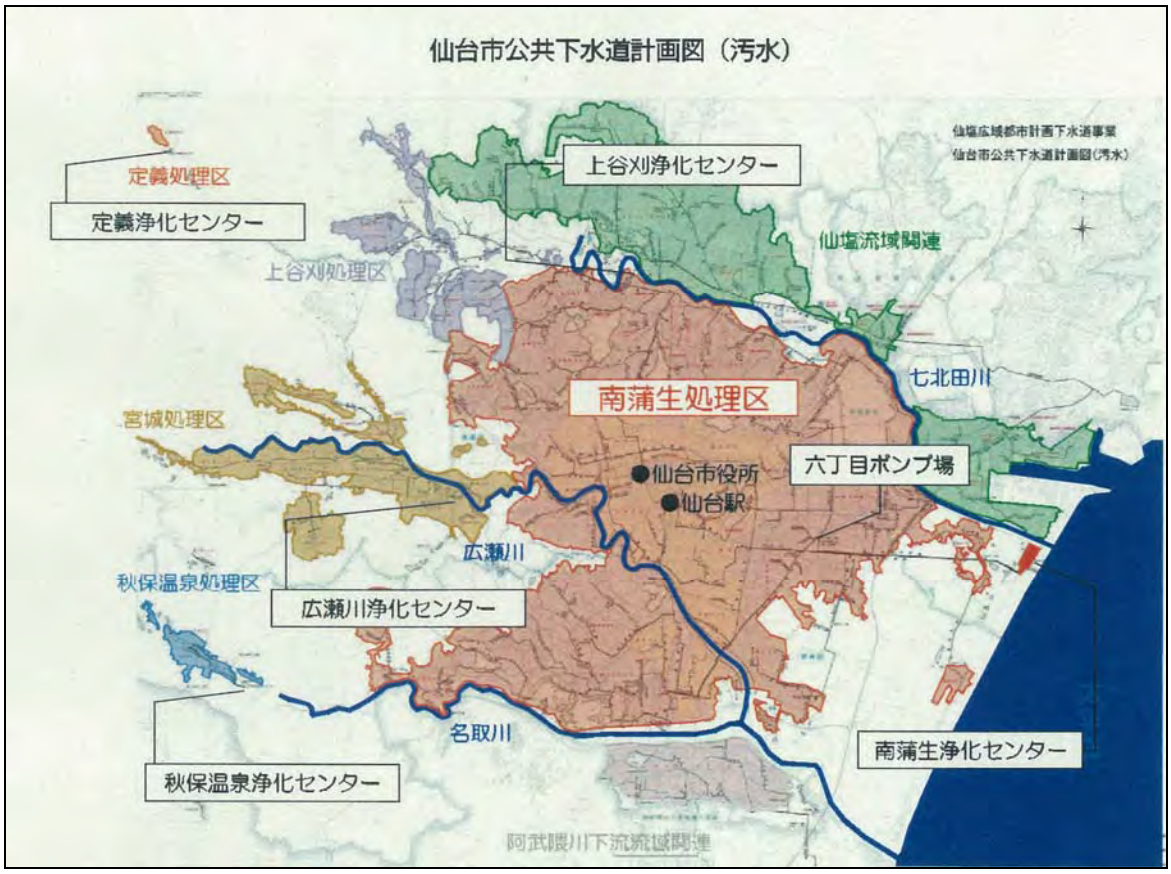


図 1.1　計画平面図

1.2 施設概要

下表に示すとおり、被災後は既存の前曝気槽及び最初沈殿池を「応急仮施設（中級処理施設)」（現在は運転停止）として改造し、日々流下してくる汚水処理を行いながら、既存反応タンク及び最終沈殿池部分を「水処理施設本復旧エリア」として、既存施設解体から新施設築造を行ってきた。

表 1.1　施設新旧比較表

	震災前(旧施設)	震災後(新施設)
1)	流入渠	流入渠
2)	前曝気槽	中級処理:反応タンク(接触酸化法)
3)	沈砂池	
4)	最初沈殿池	中級処理:最終沈殿池
5)	ポンプ施設	
6)	反応タンク	高級処理:新水処理施設 (初沈、反応タンク、終沈、沈砂池棟、ポンプ棟)
7)	最終沈殿池	
8)	消毒施設	消毒施設

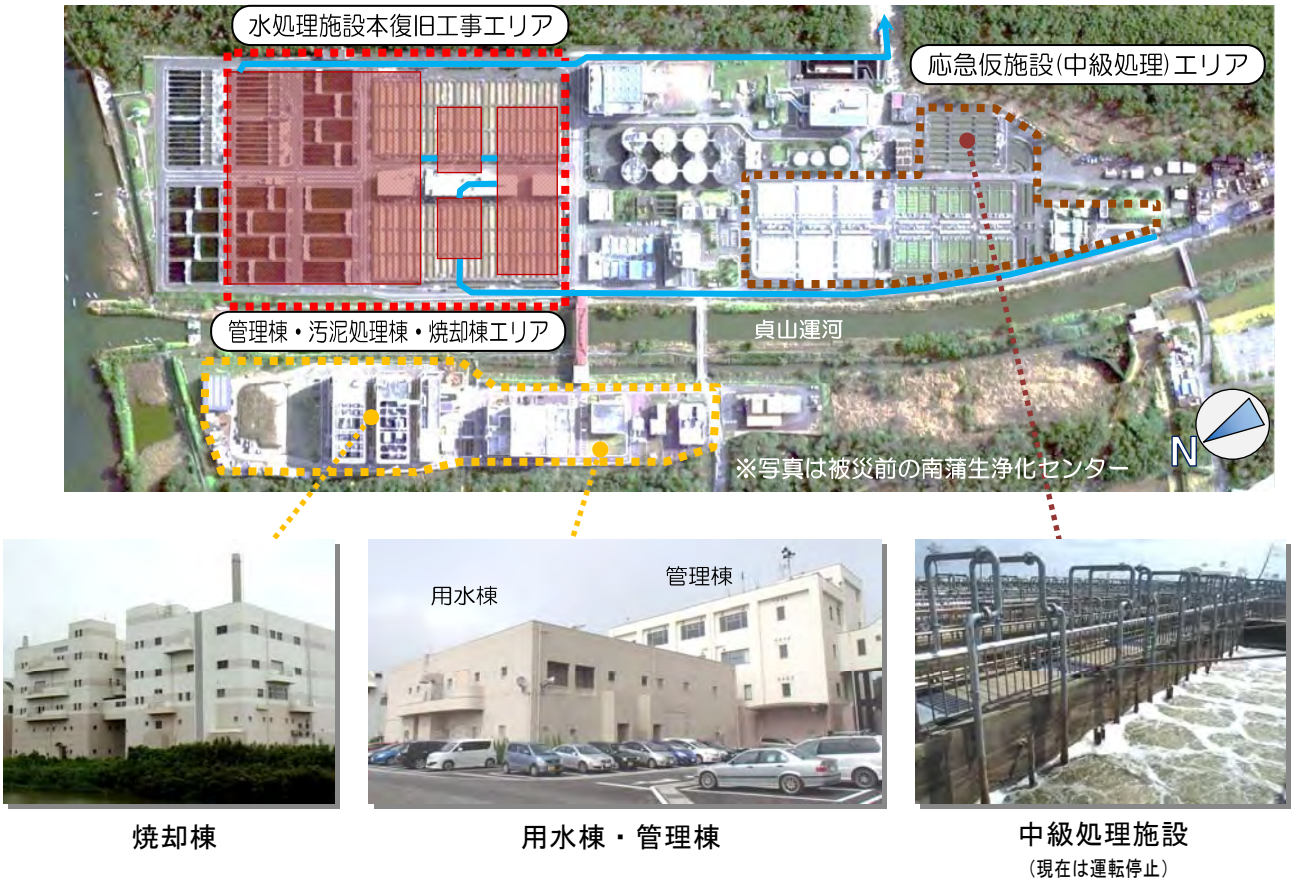


図 1.2　施設平面図

1.3 施設詳細

1) 沈砂池棟

鉄筋コンクリート造　地上 2 階　地下 2 階　塔屋 1 階

建築面積　1,411.71 ㎡　延べ床面積　3,514.71 ㎡

2) 最初沈殿池

幅 52.0m×長 76.0m×深 13.2m（上屋部H＝11.2m）×2 系列

25,000m^3/日最大汚水量×8 槽×2 系列

3) ポンプ送風棟

鉄筋コンクリート造　地上 2 階　地下 3 階　塔屋 1 階

建築面積　2,270.14 ㎡　延べ床面積　5,984.41 ㎡

4) 反応タンク

幅 92.2m×長 82.2m×深 13.3m×2 系列

25,000m^3/日最大汚水量×8 槽×2 系列

5) 最終沈殿池

幅 92.2m×長 83.9m×深 14.5m×2 系列

12,500m^3/日最大汚水量×16 槽×2 系列

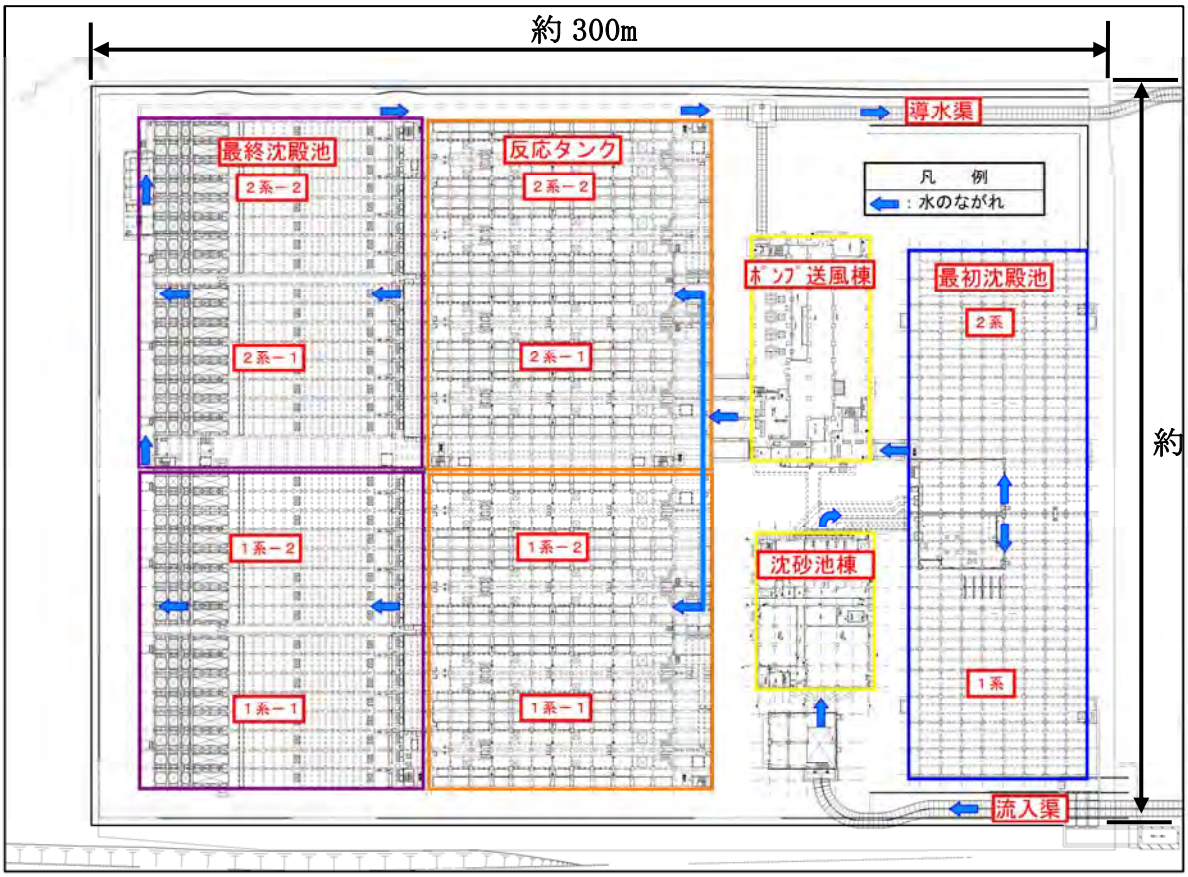


図 1.3　新水処理施設一般平面図

1.4 現況写真

平成 28 年 7 月 29 日　撮影(西側より東側を望む)

平成 28 年 7 月 11 日　撮影(南側より北側を望む)

2 工事工程

工事工程は下表のとおり。

被災した既存施設の解体工事を平成 24 年 9 月頃完了し、新水処理施設の建設に本格着手した。着手後約半年で土留めやディープウェル等の仮設工事や地盤改良工事を実施し、以降約 2 年で躯体工事、約半年でプラント工事（工程重複あり）を実施し、日最大 40 万 m^3 の処理施設を築造してきた。約 2 年間で打設した生コンクリート量は 20 万 m^3 にも及び、ダム工事現場にも匹敵する規模であった。

表 2.1　工事工程表

施工時期概略表

施設・工種		2012年（平成24年） 10	11	12	2013年（平成25年） 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2014年（平成26年） 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2015年（平成27年） 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2016年（平成28年） 1	2	3	備考
鋼矢板他		鋼矢板打設			（既存施設解体）																																					
ディープウェル		（数字は稼動台数） 3本	3本		5本	5本	5本	6本	6本	6本	6本	6本	6本	3本	3本	3本	2本	2本	2本	2本	2本	2本	2本	2本	2本	2本	2本	1本	1本	1本	1本	1本	1本	1本	1本	1本	1本				
流量（㎥/min）		3.3	2.3		2.1	1.3	1.0	1.1	1.0	1.3	1.0	1.1	0.9	1.0	0.8	1.0	0.9	0.8	1.0	1.0	0.9	1.0	0.9	0.9	0.8	0.9	0.8	0.8	0.7	0.8	0.7	0.8	0.9	0.8	0.7	0.7	0.7				
地盤改良							パワーブレンダー																																			
掘削					掘削・床付け																																					
初沈	1系								底盤					壁・スラブ														プラント工事									水張		運転開始						
	2系									底盤				壁・スラブ														プラント工事									水張		運転開始						
反応	2系								底盤						壁・スラブ												プラント工事											水張		運転開始					
	1系										底盤					壁・スラブ														プラント工事										水張						
終沈	2系								底盤						壁・スラブ												プラント工事											水張		運転開始					
	1系										底盤					壁・スラブ														プラント工事										水張						
ポンプ棟									底盤					壁・スラブ												プラント工事									水張		運転開始						
沈砂池棟												底盤		壁・スラブ												プラント工事									水張		運転開始						
備考																																											

3 構造物の沈下状況

3.1 最新の沈下測定結果

平成 26 年 4 月 23 日より継続的な沈下測定（計測位置：8 箇所）を行っており、平成 28 年 1 月からは測定位置を 166 箇所に増やし、2 週間ごとに測定を行っている。

今回の沈下測定結果は第 7 章の沈下予測との整合を図り、平成 28 年 8 月 5 日を最新測定結果として以下の項目について整理した。

なお、計測開始した時点で沈下が進行しているため、正確な沈下量は不明である。現在の主たる測定点は各施設の上床版等に設置しており、それぞれ設計上の標高が設定されている。躯体を構築している段階では大きな沈下が認められていないことは、平成 26 年 4 月 23 日より継続的に計測している 8 点の結果から判明しているため、測定位置の設計値をゼロ値として計測値との差を沈下量とみなすことにした。

以降で報告する沈下量については、構造物の設計値と計測値の差であることに留意する必要がある。このように沈下量を設定しているため、「沈下量」には構造物の出来形の誤差も含まれている。

①全体の沈下傾向

②全測定箇所の沈下量

（平成 28 年 1 月から平成 28 年 3 月、平成 28 年 4 月から平成 28 年 8 月の測定結果の変化含む）

③施設別縦横断沈下（変形）状況

（平成 28 年 1 月から平成 28 年 3 月、平成 28 年 4 月から平成 28 年 8 月の測定結果の変化含む）

④エキスパンションジョイント部の開き及び縮み

（平成 28 年 1 月から平成 28 年 3 月、平成 28 年 4 月から平成 28 年 8 月の測定結果の変化含む）

⑤エキスパンションジョイント部の段差

（平成 28 年 1 月から平成 28 年 3 月、平成 28 年 4 月から平成 28 年 8 月の測定結果の変化含む）

※以降の文中では“エキスパンションジョイント”は“EXP.J”と表記する

①　全体の沈下傾向

各構造物における 2 週間ごとの沈下量の平均値を以下に示す。

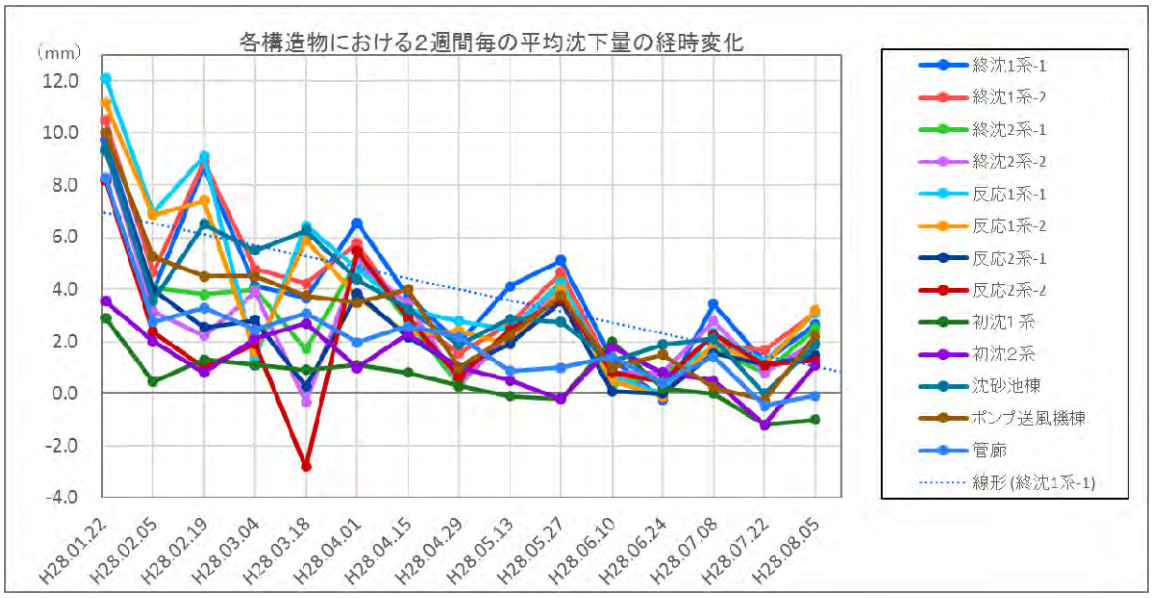


図 3.1　各構造物における 2 週間ごとの沈下量の平均値

図 3.1は詳細計測を開始した平成 28 年 1 月から各構造物の構造物コンクリート天端で計測した平均沈下量を 2 週間ごとに示したものである。

本来であれば、土層自体の沈下量を測定すべきであるが、構造物下の地盤が測定できないため構造物のコンクリート天端で計測している。このため、構造体の影響も受けることから、沈下量の差が生じる場合がある。

図 3.1のとおり各構造物は概ね右下がりの傾向を示しており、全体的には沈下が終息している傾向を示している。

また、図 3.2は沈下記録の一部であるが、双曲線近似による沈下曲線の予測を行っており終息の傾向が分かる。

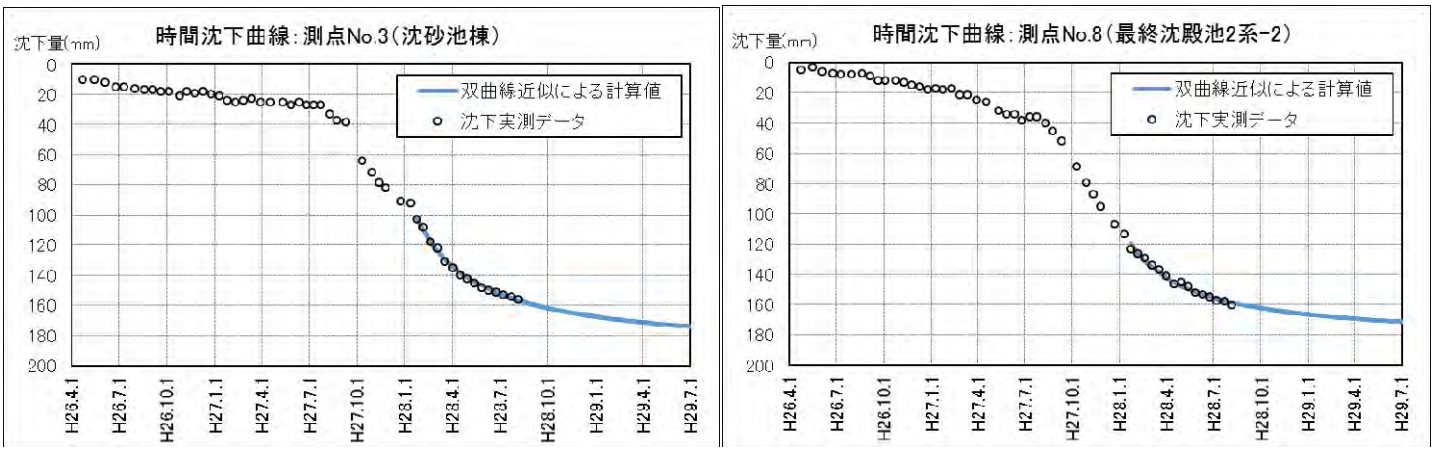


図 3.2　各構造物における沈下記録と双曲線近似予測

② 全測定箇所の沈下量

（平成 28 年 1 月から平成 28 年 3 月、平成 28 年 4 月から平成 28 年 8 月の測定結果の変化含む）

2 系最終沈殿池の北側の測定位置において、平成 28 年 5 月 27 日の測定で沈下量（設計差）が 200mm を超え、最新値でも終息傾向ではあるが沈下は継続している状況である（図 3.3参照）。

期間①及び期間②（※注 1 参照）の変化量を比べると、期間②は計測期間が長いにもかかわらず沈下量が小さくなっていることが分かる。躯体の沈下量を単純平均すると、期間①の平均沈下量は 27.0mm（-4.7mm/2 週間）、期間②の平均沈下量は 14.9mm（-1.7mm/2 週間）となる。

※注 1

期間①：[平成 28 年 1 月 11 日 ～ 4 月 1 日（ 81 日間)]・・・図 3.4参照

期間②：[平成 28 年 4 月 1 日 ～ 8 月 5 日（126 日間)]・・・図 3.5参照

（第 2 回委員会時は、期間②：平成 28 年 4 月 1 日 ～ 6 月 24 日（84 日間））

次頁に、沈下測定平面図を示す。

図 3.3　沈下測定箇所平面図（平成 28 年 8 月 5 日測定）

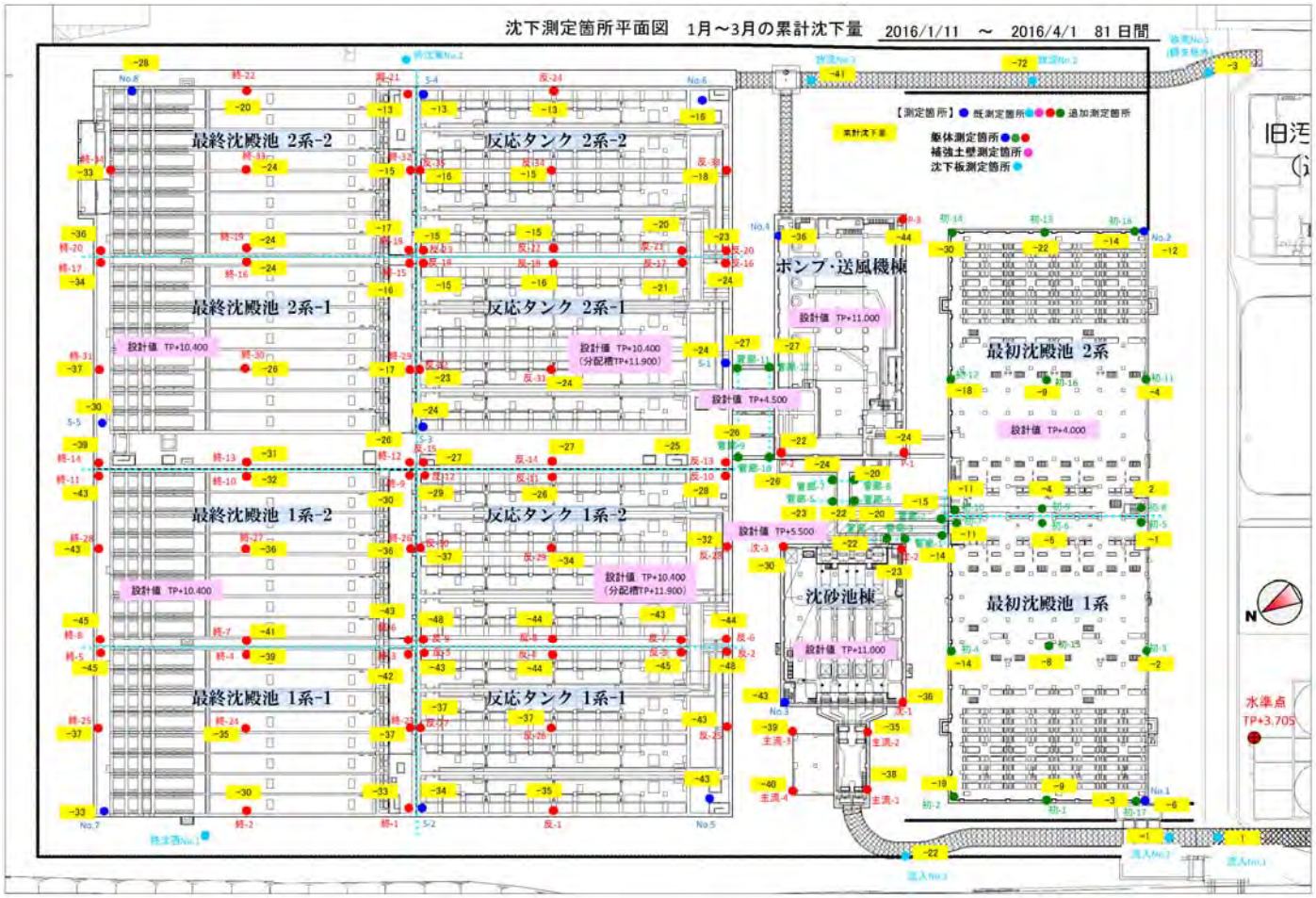


図 3.4　沈下測定箇所平面図（期間①：平成 28 年 1 月 11 日～4 月 1 日）

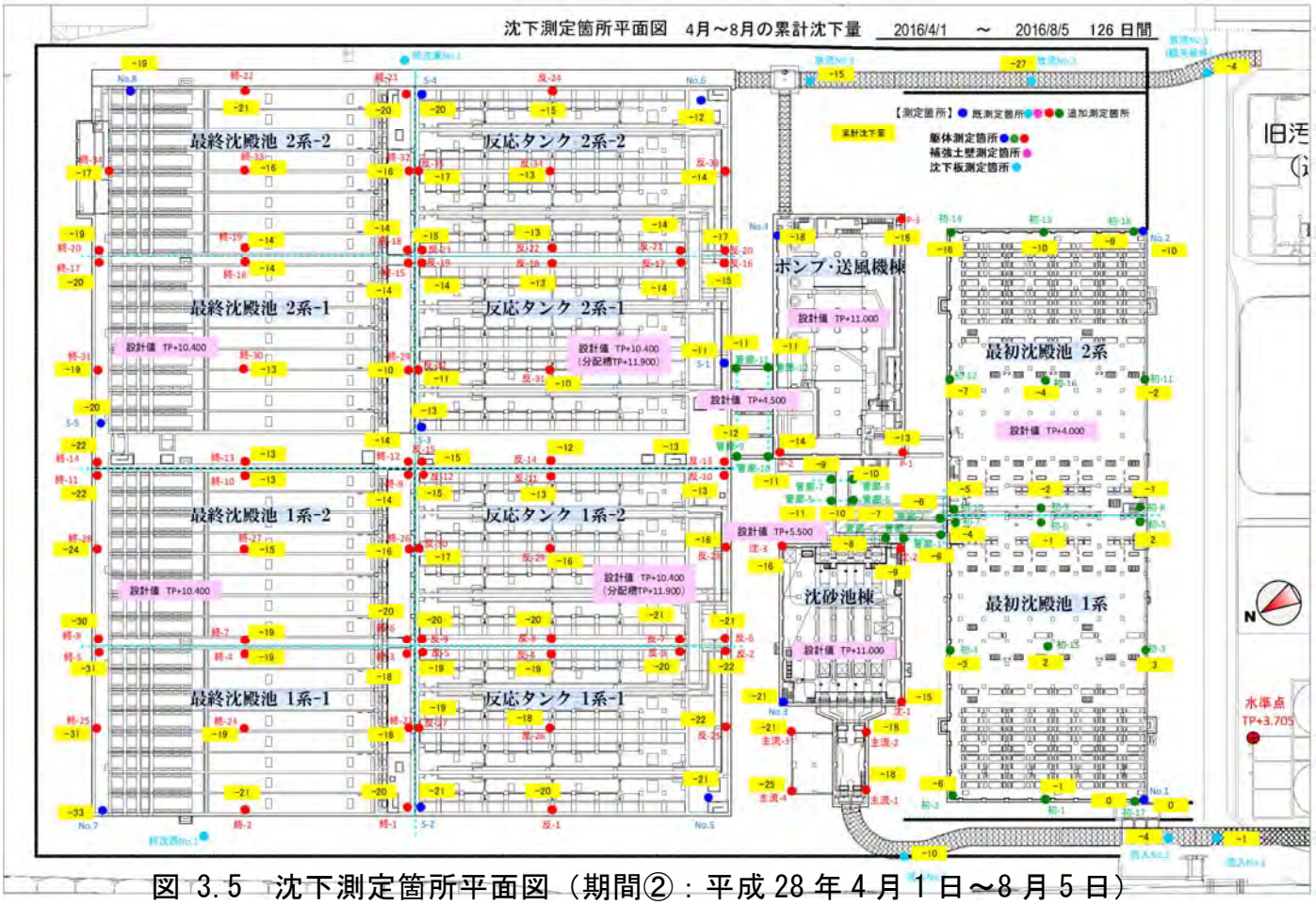


図 3.5　沈下測定箇所平面図（期間②：平成 28 年 4 月 1 日～8 月 5 日）

③ 施設別縦横断沈下（変形）状況

各施設の複数の測定箇所について、縦横断的に施設の不同沈下状況を把握する。（各施設における計測点のうち、躯体四隅の計測点を選定して代表断面とした。次項以降に示す。）

また、平成 28 年 1 月 11 日及び平成 28 年 4 月 1 日と平成 28 年 8 月 5 日の計測変化を確認することにより施設ごとの時系列沈下状況を把握する。

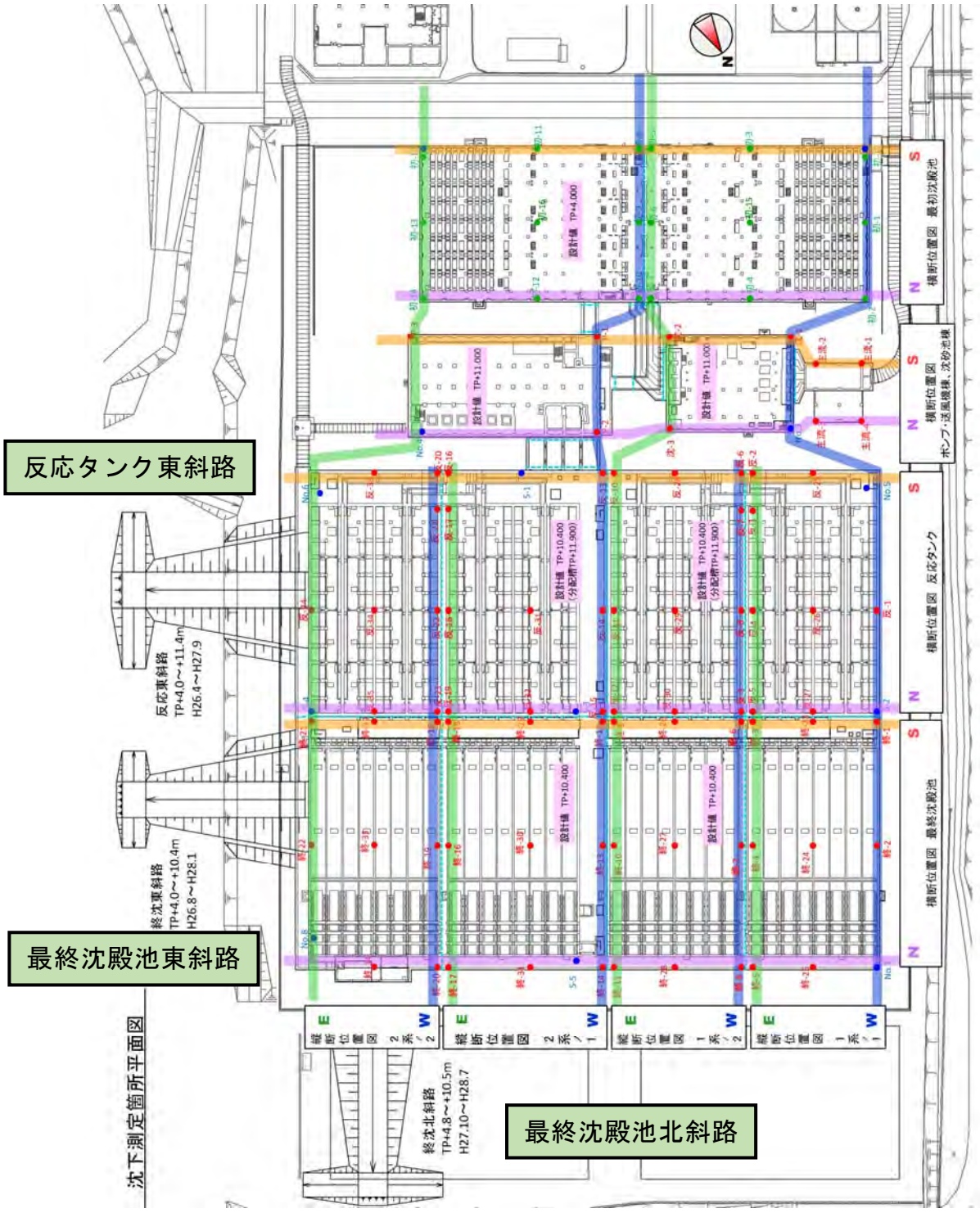
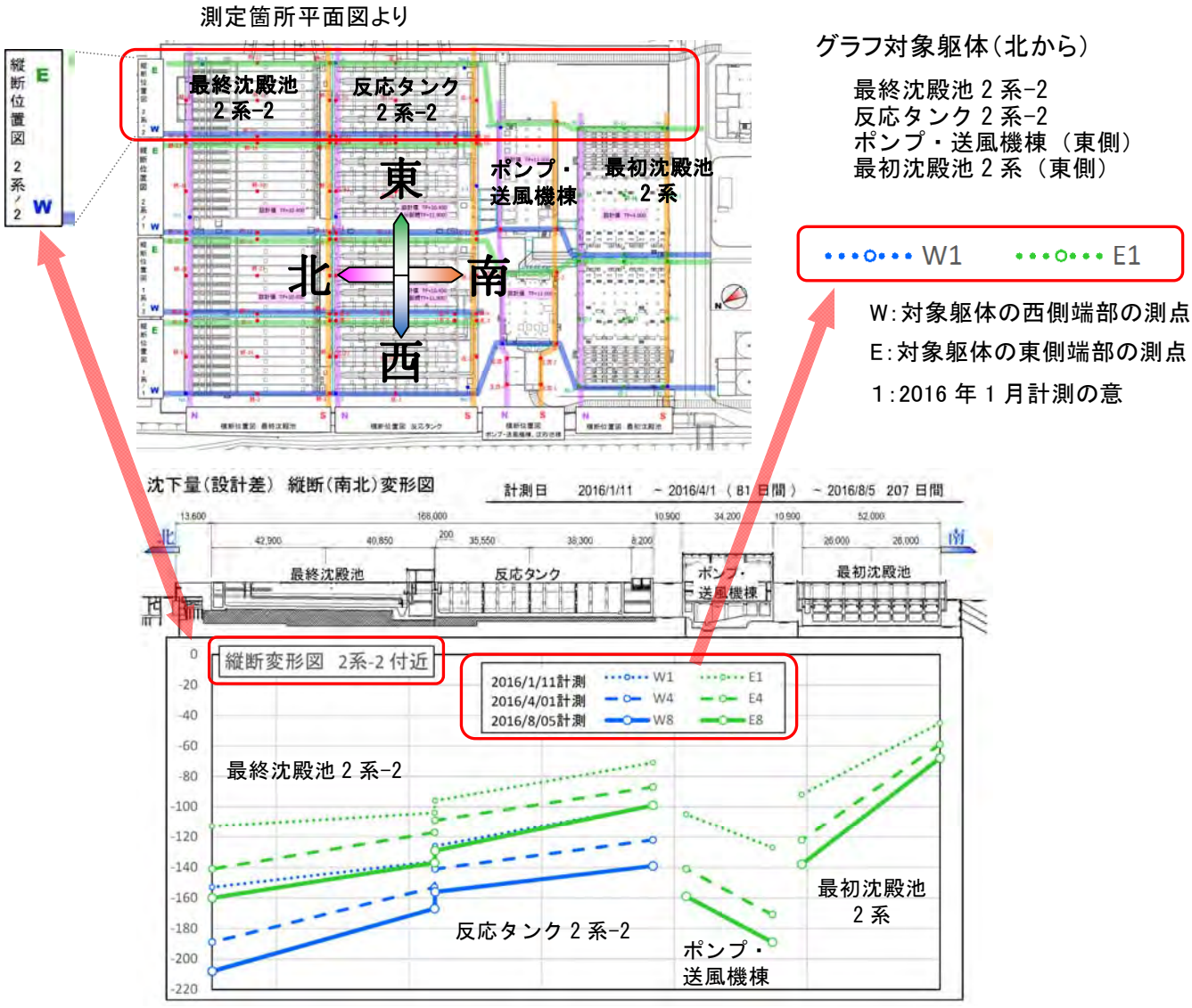


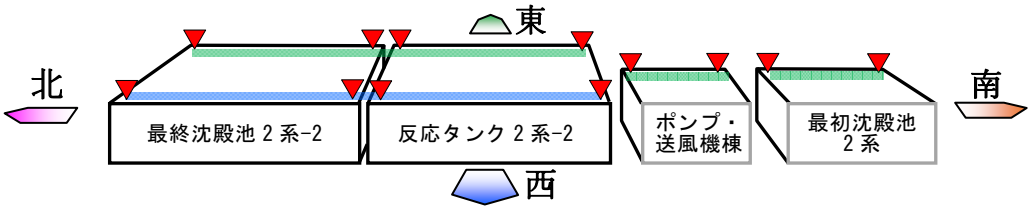
図 3.6　沈下測定断面位置図

【計測結果の表記について】

計測結果を時系列ごとに鉛直方向の変位として表記することで、各構造物の傾きや変動の傾向及び各構造物間の相対変位を把握することができる。図 3.6に示す計測点をもとに各施設ごとの変動をシンプルに把握するため、四隅を選定した。各断面に表記した E、W、S、N の各記号は東西南北を意味しており、各々の施設についての断面位置を示している。



各施設の上床版の高さは異なるが、測点における沈下量でグラフは示されているので、下図のように測点の高さが同じ認識でイメージすると、躯体の傾きの傾向を把握しやすい。



なお、同施設の経時変化（期間①、期間②の移り変わり）に着目するときは同色のみを注視すると、傾向が見える。

図 3.7　計測結果の表記について

【縦断（南北方向）変形図（2 系付近）】

計測期間に約 1.5 倍の差がある期間①（81 日）と期間②（126 日）であるが、計測期間の長い期間②における沈下量のほうが小さいことが、変形図から分かる（下図参照）。計測期間②の沈下量は期間①のおよそ 55%である。

最初沈殿池北側、最終沈殿池北側の沈下量が多く、構造物の傾きが大きくなっている。最初沈殿池は南側に盛土がないため、北側の盛土が大きく影響していると考えられる。最終沈殿池は北側の盛土に加えて、南側の管廊が軽いことも影響していると考えられる。

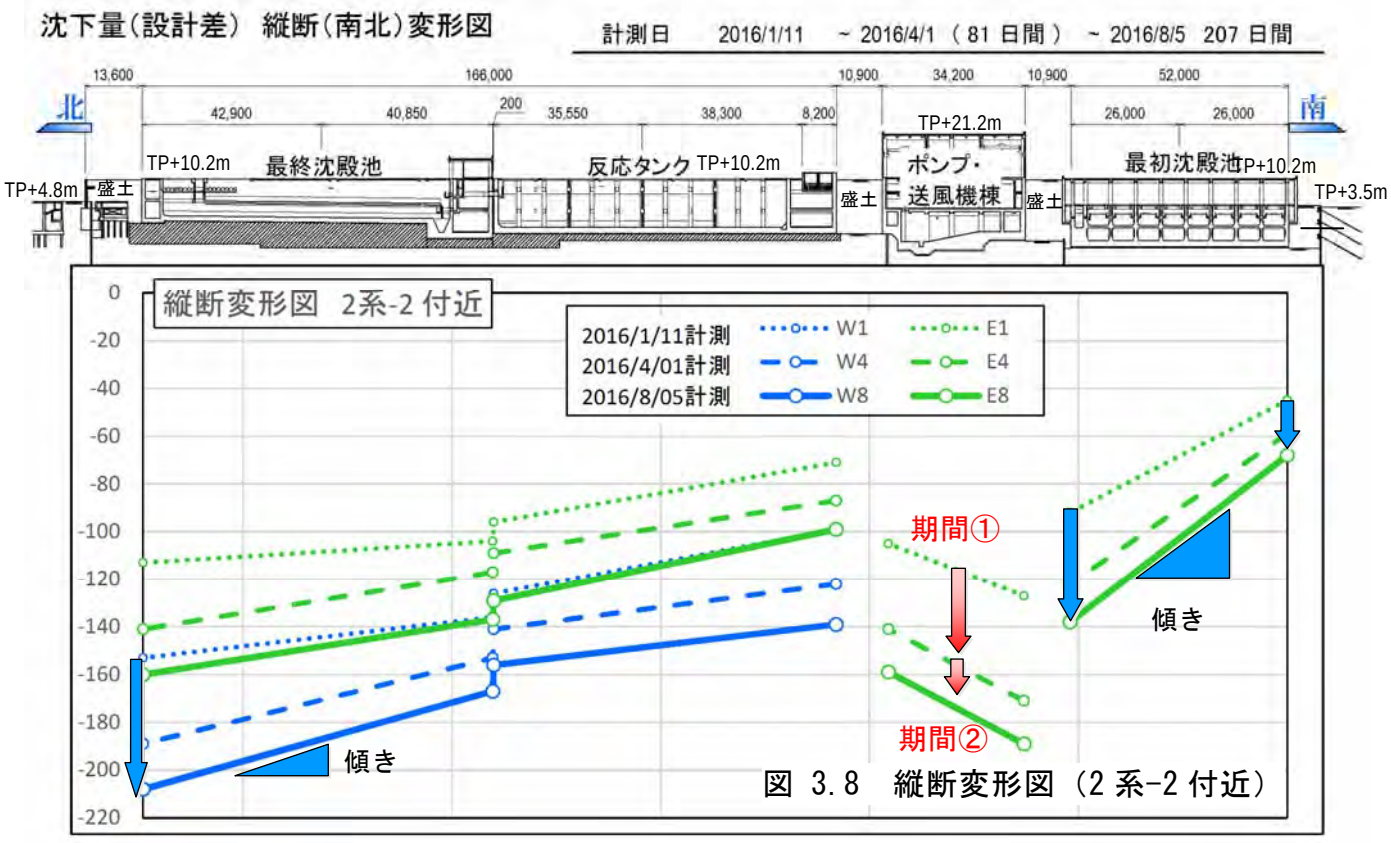


図 3.8 縦断変形図（2 系-2 付近）

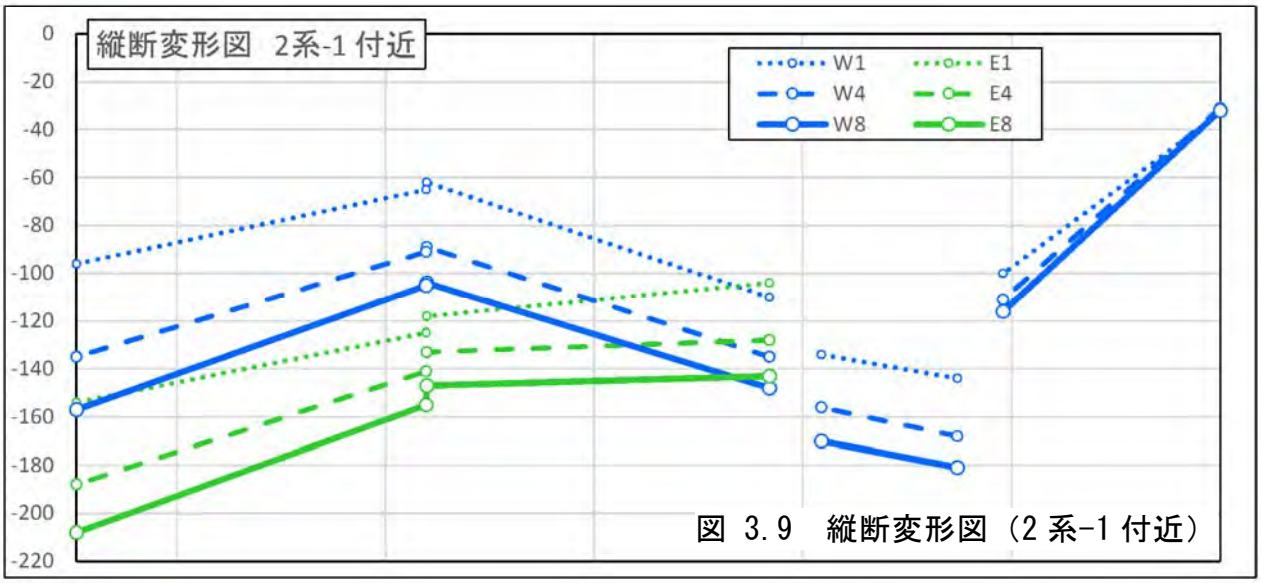


図 3.9 縦断変形図（2 系-1 付近）

【縦断（南北方向）変形図（1 系付近）】

前述の 2 系-1 付近の縦断変形図と同様の傾向となっている。

反応タンク及び最終沈殿池に関しては、水槽への水張り開始時期が平成 28 年 1 月であったため、期間①、②どちらも、2 系に比べて沈下量が大きいことが変形図から分かる。（下図及び次頁の図参照）

最初沈殿池（1 系）に着目すると図 3.10は同施設の東側、図 3.11は同施設の西側における変形を示しているが、西側に比べると東側の傾斜が大きいことが分かる。（初沈 1 系の東側は初沈 1 系と 2 系の境でもある。）

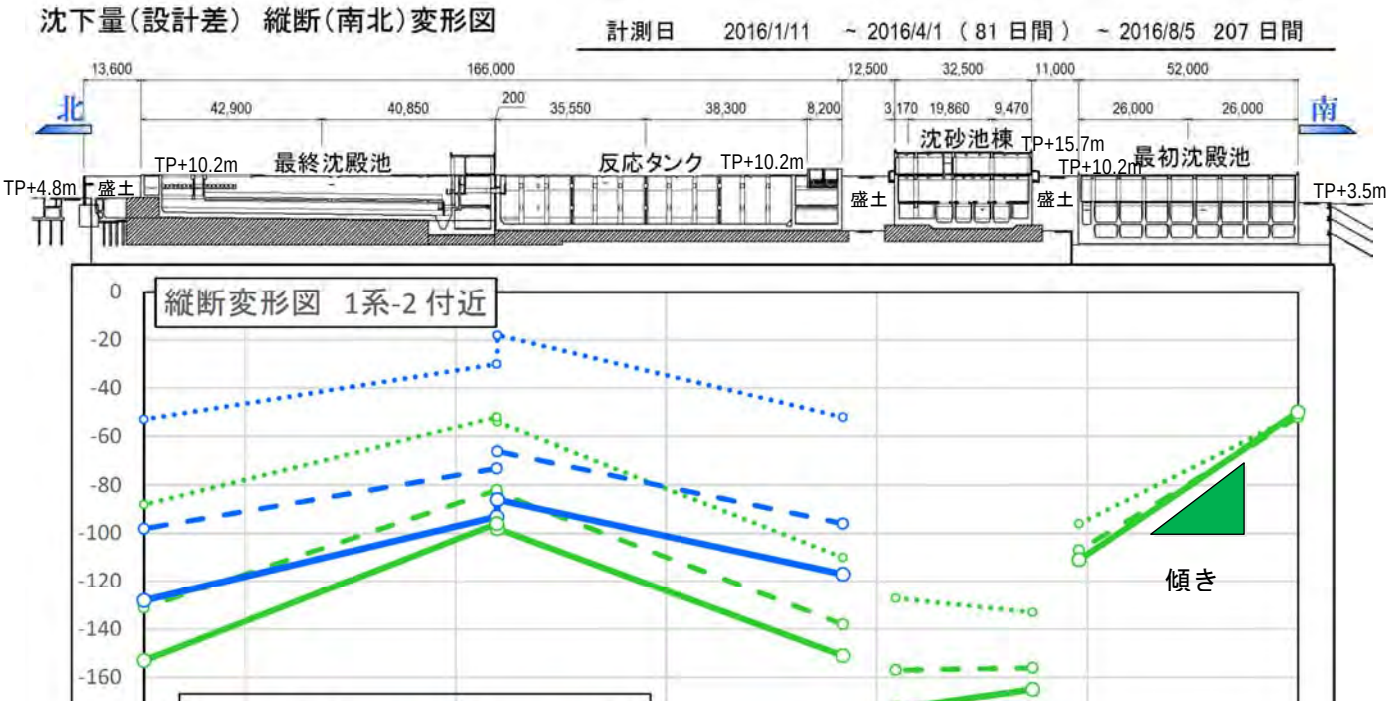


図 3.10 縦断変形図（1 系-2 付近）

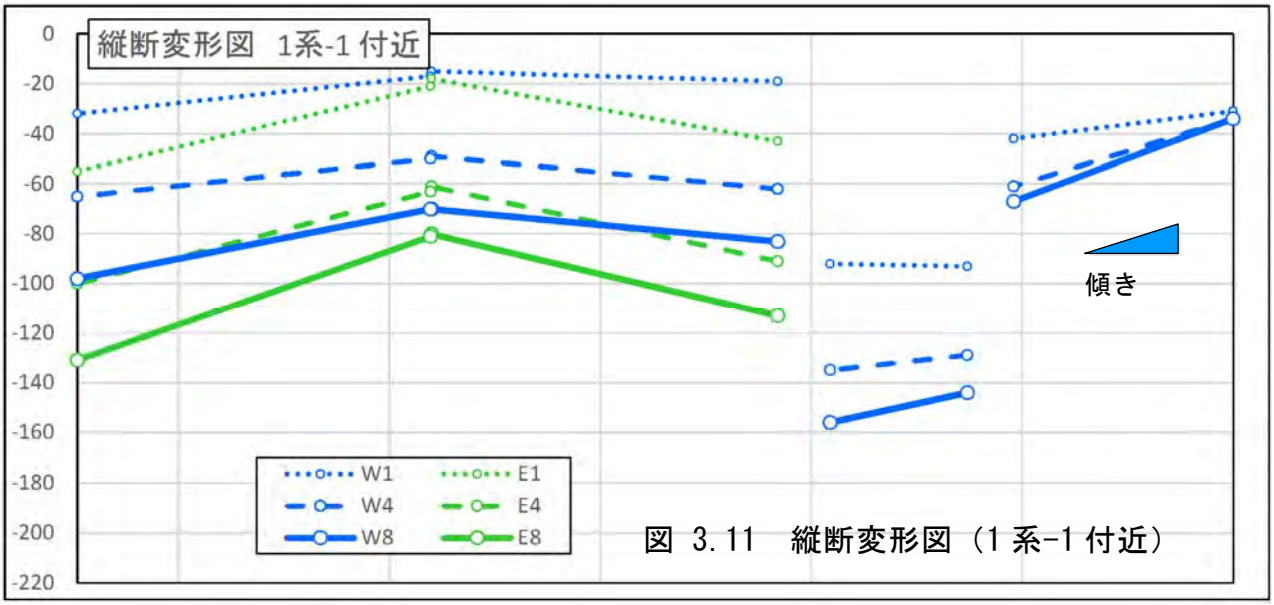


図 3.11 縦断変形図（1 系-1 付近）

【最終沈殿池、反応タンク横断図】

全体的には平成 28 年 1 月に開始した 1 系側の水張りにより、1 系側の沈下量が大きい（下図参照）。

2 系中央の沈下量が大きいが、これは 2 系の水張りが先行したためであり、最終的には左右対称な沈下形状になると予測していた。しかしながら期間②の沈下量をみると 1 系の沈下量も 2 系と同程度の沈下量であり終息の傾向が見える。

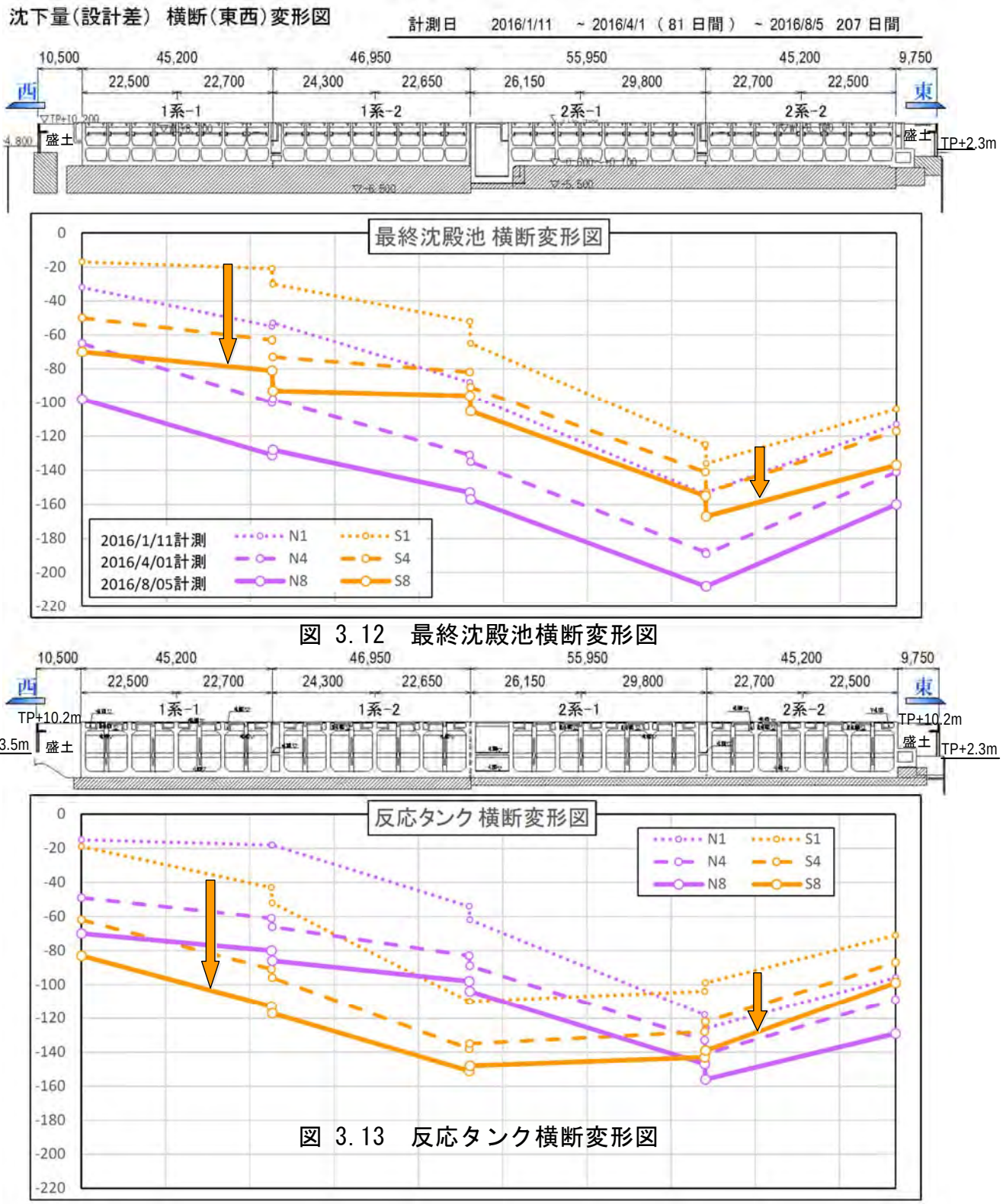


図 3.12　最終沈殿池横断変形図

図 3.13　反応タンク横断変形図

【ポンプ・送風機棟、沈砂池棟、最初沈殿池横断図】

ポンプ・送風機棟、沈砂池棟は平成 28 年 1 月と比べると水平に戻りつつある（図 3.14参照）。最初沈殿池は東側の盛土の影響で東側の沈下量が多くなっている（図 3.15 参照）。

また、最初沈殿池の沈下量は施設北側が大きく、南側は小さい。これは南側に盛土がなく北側の盛土が南側に比べて 6m 以上高いことが要因であると考えられる。

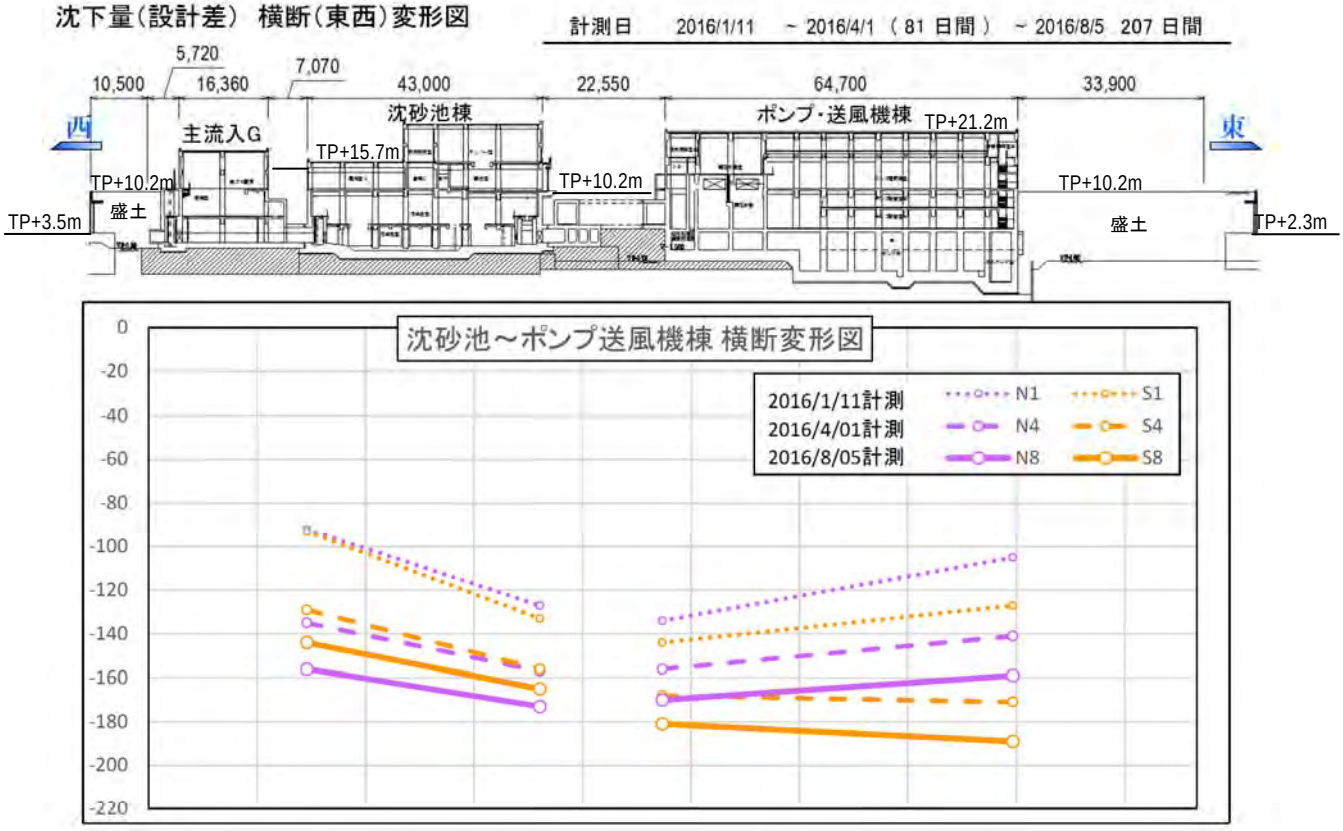


図 3.14　沈砂池～ポンプ送風機棟横断変形図

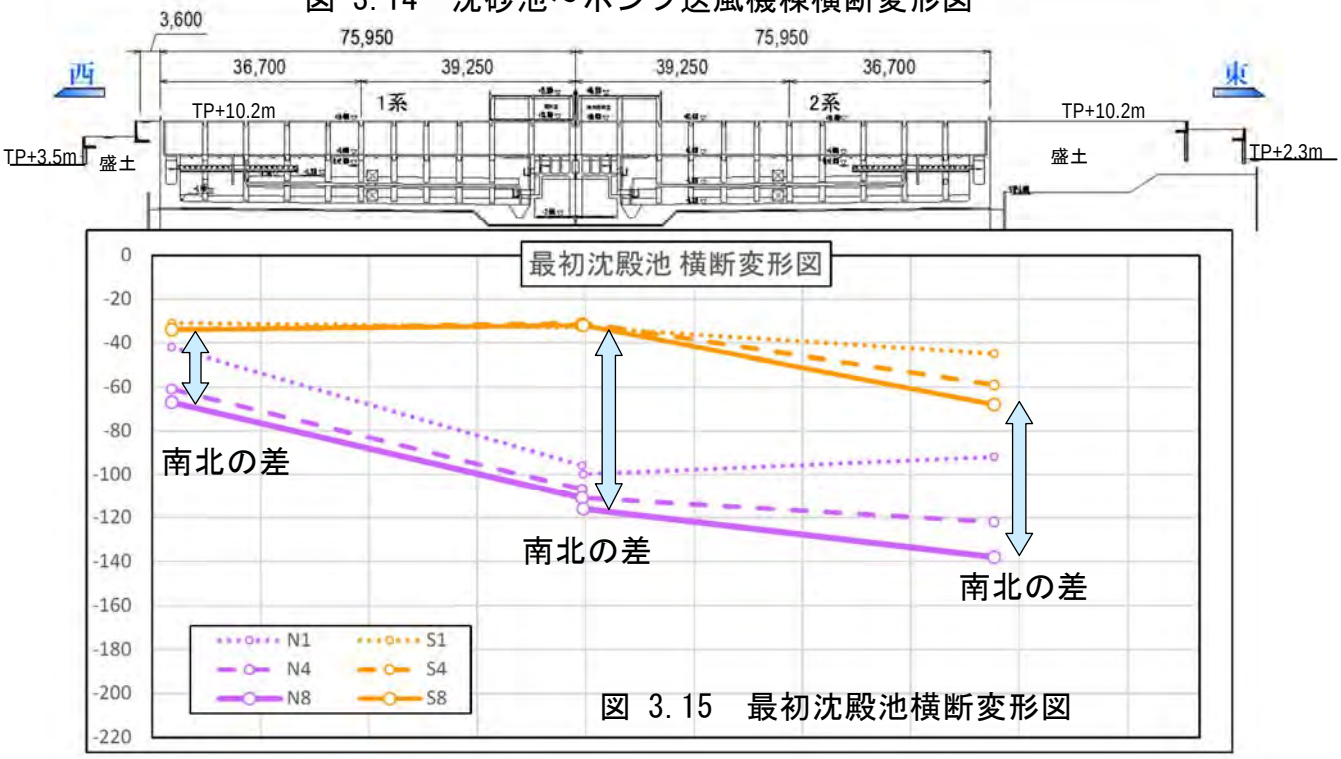


図 3.15　最初沈殿池横断変形図

④ ｴｷｽﾊﾟﾝｼｮﾝｼﾞｮｲﾝﾄの開き及び縮み（期間ごとの測定結果の変化含む）

期間①：平成 28 年 1 月から平成 28 年 3 月

期間②：平成 28 年 4 月から平成 28 年 8 月

各施設間の EXP.J 部の目地（目地幅 70mm）を測定し、沈下に伴う可とう継手の水平方向の変位状況について把握する。

現状では、図 3.16に示すとおり、最終沈殿池-反応タンク間における 2 系-1 で最大 17mm の開き、反応タンク間の 2 系中央部で最大 25mm の縮みが確認できる。

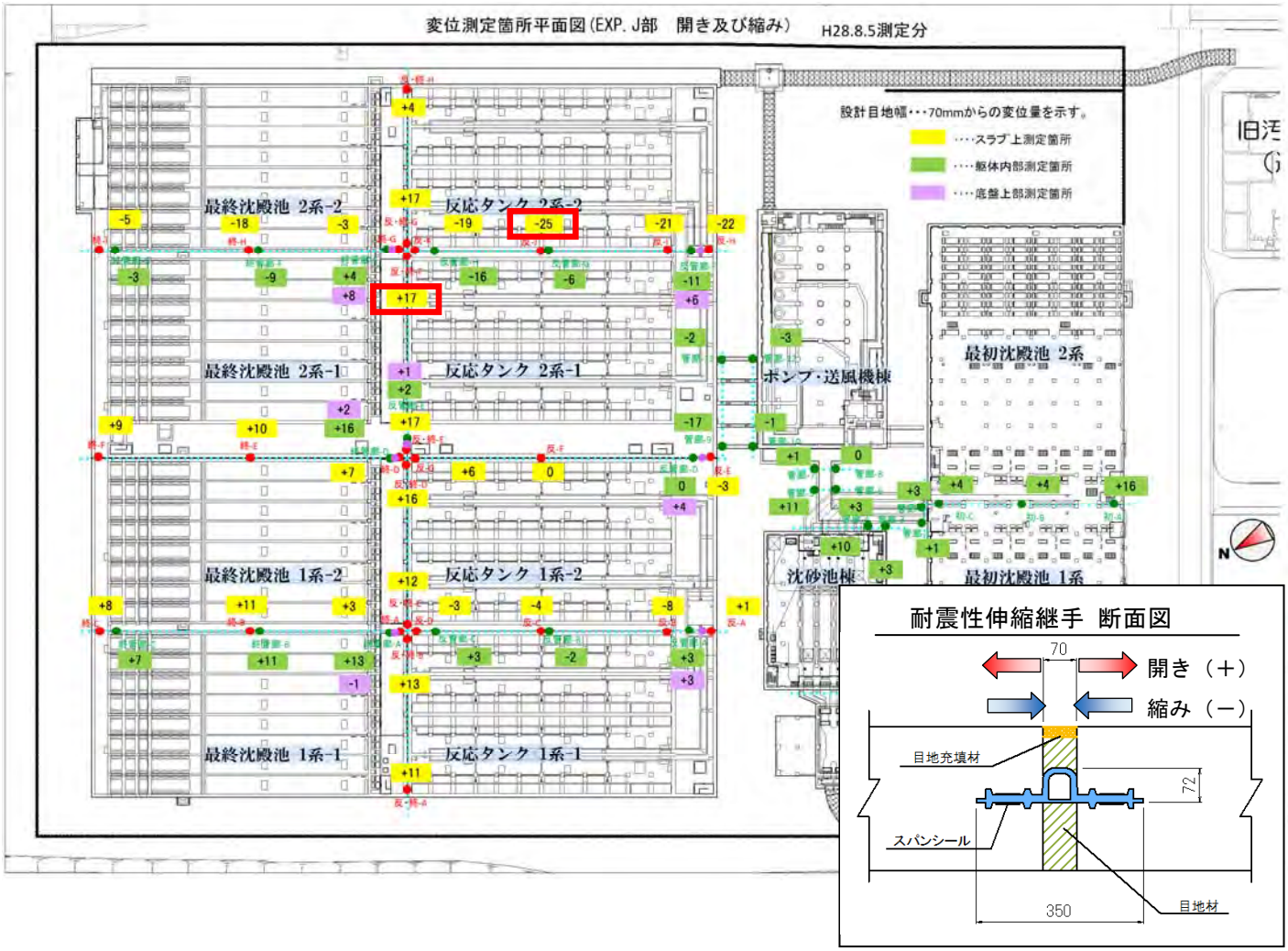


図 3.16　EXP.J 部の開き・縮み（平成 28 年 8 月 5 日測定）

また、図 3.17で示す、期間①における変位に着目すると、相対的に 1 系反応タンク、最終沈殿池の変位が大きくなっているが、図 3.18で示す、期間②における変位に着目すると、測定期間は期間①よりも若干長いが、変位量は各測点共に 0mm～6mm 程度と、非常に変動が少ないことが分かる。

沈下量から推定される構造物の傾きと、EXP.J 部の開き縮みとの関係からは、構造物が傾く方向と目地の動きは連動しており、不可視部分の止水板損傷や躯体の応力増加等は発生していないと考えられる。

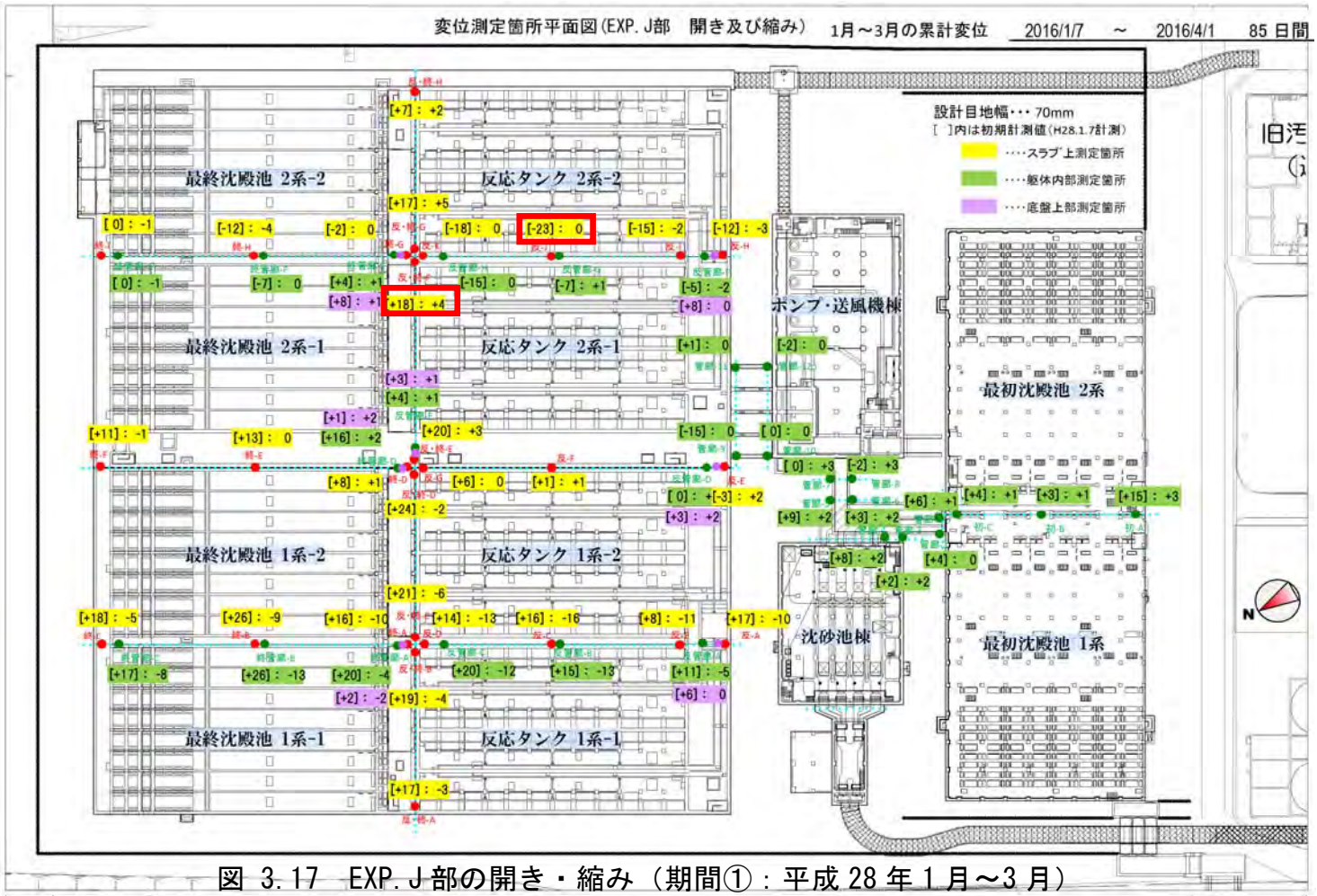


図 3.17　EXP. J 部の開き・縮み（期間①：平成 28 年 1 月～3 月）

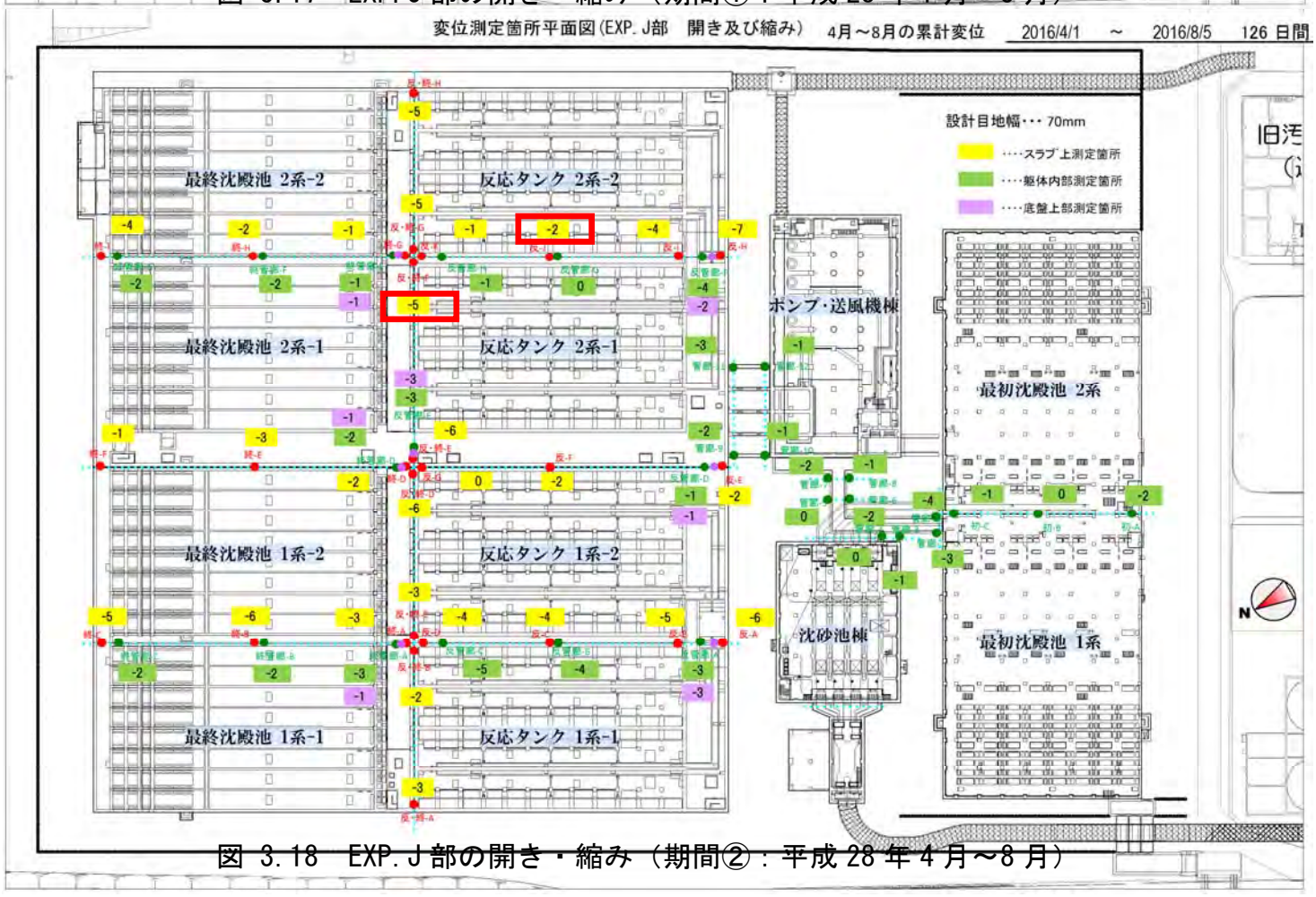


図 3.18　EXP. J 部の開き・縮み（期間②：平成 28 年 4 月～8 月）

【EXP.J の開き、縮みと構造物の傾きの関係について】

1) 目的

構造物の傾きにより、構造物に不規則（不自然）な動き（応力）が発生していないかを EXP.J 部の開き、縮みと構造物の傾きの傾向が類似していることを確認する。

2) 手法

平成 28 年 1 月から 8 月までの EXP.J の開き、縮みと構造物の傾斜データを照らし合わせる。

EXP.J の開き、縮みは、構造物が不同沈下し、傾くことによるものであることを測定データを分析することで確認する。以下の 2 つの方法を用いて数値を比較し、傾向を確認する。

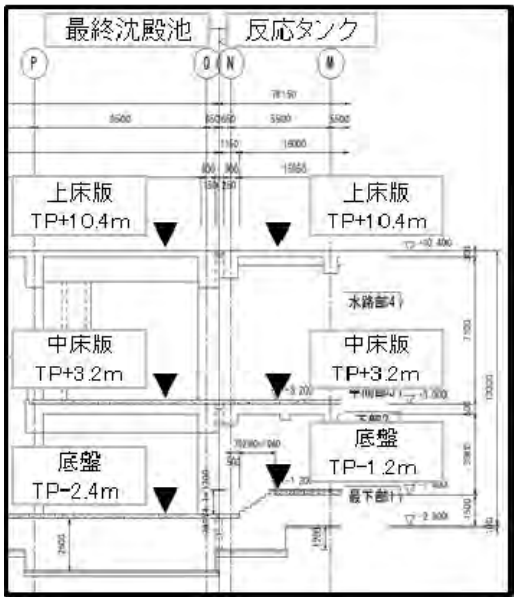


図 3.19　最終沈殿池・反応タンクの EXP.J 開き、縮み測点位置（高さ）

a) EXP.J の開き、縮みの推移

EXP.J の開き、縮みの初期値（平成 28 年 1 月 7 日）と現在値（平成 28 年 8 月 5 日）を比較することで、EXP.J の変化を確認する。測点は上床版(TP+10.4m)、中床版(TP+3.2m)、底盤(終沈 TP-2.4m、反応 TP-1.2m) の 3 点とし、上床版と底盤の差から開き、縮みの状況を確認する。

b) 構造物の傾きから算定した EXP.J の変化

上床版での沈下測定の初期値（平成 28 年 1 月 11 日）と現在値（平成 28 年 8 月 5 日）を比較することで、構造物の傾斜の変化を確認する。

下図のように各施設の端部での沈下量から構造物の傾斜を計算する。そこから得られた傾斜より、EXP.J の変化を算定し、その数値を実際測定した EXP.J の測定値の変化と比較する。

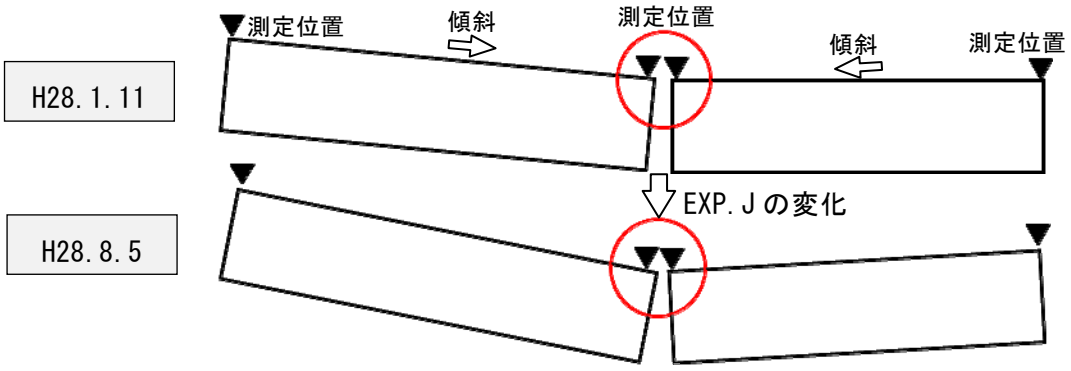


図 3.20　構造物の傾きから算定する EXP.J の変化

検討箇所は、EXP.J の動き（平成 28 年 1 月 7 日からの累計変位）が 5mm 以上ある 3 箇所について実施した（反応タンク 2 系-2 と 2 系-1、反応タンク 1 系-2 と 1 系-1、最終沈殿池 1 系-2 と 1 系-1）。

3)考察

・EXP.J の開き、縮みの推移

平成 28 年 1 月から平成 28 年 8 月までの実測による「上床版と底盤の差」と、構造物の傾斜から算定した「EXP.J の変化」を比較すると、どちらもマイナス（縮み）を示し、数値的にも大きな差は見られないことが確認できた(表 3.1参照)。

よって、EXP.J の開き、縮みと構造物の傾斜の変化が類似した傾向を示していることから、EXP.J の開き、縮みと構造物の傾き方向の連動性が確認でき、構造物に不規則な変化は発生していないと考えられる。

また、不可視部分についても同様な変化と考えられるので、不可視部分での止水板損傷、躯体の干渉による応力発生等はないと考えられる。

表 3.1　EXP.J の開き、縮みの推移

最終沈殿池：1系-2と1系-1　（単位:mm）

測定日	初期値 H28.1.7 ①	現在値 H28.8.5 ②	変化量 ③=②-①	上床版と底盤の差	構造物の傾きから算定したEXP.Jの変化
上床版	86	73	-13	-10	-7.2
中床版	90	83	-7		
底版	72	69	-3		

反応タンク：2系-2と2系-1　（単位:mm）

測定日	初期値 H28.1.7 ①	現在値 H28.8.5 ②	変化量 ③=②-①	上床版と底盤の差	構造物の傾きから算定したEXP.Jの変化
上床版	55	49	-6	-4	-1.0
中床版	65	59	-6		
底版	78	76	-2		

反応タンク：1系-2と1系-1　（単位:mm）

測定日	初期値 H28.1.7 ①	現在値 H28.8.5 ②	変化量 ③=②-①	上床版と底盤の差	構造物の傾きから算定したEXP.Jの変化
上床版	78	62	-16	-13	-6.6
中床版	81	73	-8		
底版	76	73	-3		

※変化量のマイナスは縮み、プラスは開きを示す。

※構造物の傾きから算定した EXP.J の変化は、次頁に示す。

・構造物の傾きから算定した EXP.J の変化

沈下量から構造物の傾斜を算定し、そこから得られた傾斜より、EXP.J の変化を算定する。

例えば、最終沈殿池の場合、勾配が-0.00018 のとき、底盤の EXP.J の変化をゼロとした場合、上床版の EXP.J の変化は以下のように計算できる。

上床版と底盤の高さは、それぞれ TP+10.4m、TP-2.4m、その差は 12,800 ㎜。
EXP.J の変化＝12,800×勾配（-0.00018）＝-2.3 ㎜となる。
底盤をゼロと仮定した場合の上床版の EXP.J の変化は、-2.3 ㎜となる。

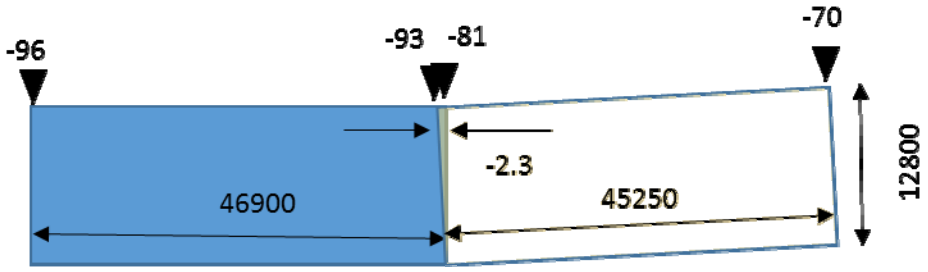


表 3.2　構造物の傾きから算定した EXP.J の変化

最終沈殿池：1系-2と1系-1

終沈	平成28年1月11日時点の傾き						平成28年8月5日時点の傾き						期間内の EXP.Jの変化
	測点 (㎜)		測点間距離 (㎜)	勾配	差	上床開き ①(㎜)	測点 (㎜)		測点間距離 (㎜)	勾配	差	上床開き ②(㎜)	③＝②-① (㎜)
1系-2	終9	終6	46,900	-0.00047	0.00038	4.9	終9	終6	46,900	-0.00006	-0.00018	-2.3	-7.2
	-52	-30					-96	-93					
1系-1	終3	終1	45,250	-0.00009			終3	終1	45,250	-0.00024			
	-21	-17					-81	-70					

反応タンク：2系-2と2系-1

反応	平成28年1月11日時点の傾き						平成28年8月5日時点の傾き						期間内の EXP.Jの変化
	測点 (㎜)		測点間距離 (㎜)	勾配	差	上床開き ①(㎜)	測点 (㎜)		測点間距離 (㎜)	勾配	差	上床開き ②(㎜)	③＝②-① (㎜)
2系-2	No6	反21	45,250	0.00077	-0.00067	-8.5	No6	反21	45,250	0.00091	-0.00075	-9.5	-1.0
	-71	-106					-99	-140					
2系-1	反17	反13	55,900	0.00011			反17	反13	55,900	0.00016			
	-104	-110					-139	-148					

反応タンク：1系-2と1系-1

反応	平成28年1月11日時点の傾き						平成28年8月5日時点の傾き						期間内の EXP.Jの変化
	測点 (㎜)		測点間距離 (㎜)	勾配	差	上床開き ①(㎜)	測点 (㎜)		測点間距離 (㎜)	勾配	差	上床開き ②(㎜)	③＝②-① (㎜)
1系-2	反10	反7	46,900	-0.00132	0.00075	9.6	反10	反7	46,900	-0.00083	0.00023	3.0	-6.6
	-110	-48					-151	-112					
1系-1	反3	No5	45,250	-0.00057			反3	No5	45,250	-0.00060			
	-45	-19					-110	-83					

⑤エキスパンションジョイント部の段差（期間ごとの測定結果の変化含む）

期間①：平成 28 年 1 月から平成 28 年 3 月

期間②：平成 28 年 4 月から平成 28 年 8 月

各施設間の EXP.J 部の段差を測定し、沈下に伴う可とう継手の鉛直方向の変位状況について把握する。

現状では最初沈殿池と沈砂池棟管廊との位置で 29mm の段差が確認できる。

（平成 28 年 1 月 7 日計測初期値 22mm、期間①+6mm、期間②+1mm、合計+7mm 変動して平成 28 年 8 月 5 日時点で 29mm の段差となっている）

期間①における変位に着目すると、相対的に 1 系反応タンクと最終沈殿池及び沈砂池－最初沈殿池間の管廊の変位が大きい（最大 6mm）（図 3.22）。

期間②における変位に着目すると、変動は測定誤差程度（0～3mm）で有り、相対変位に大きな差がないことが分かる（図 3.23）。

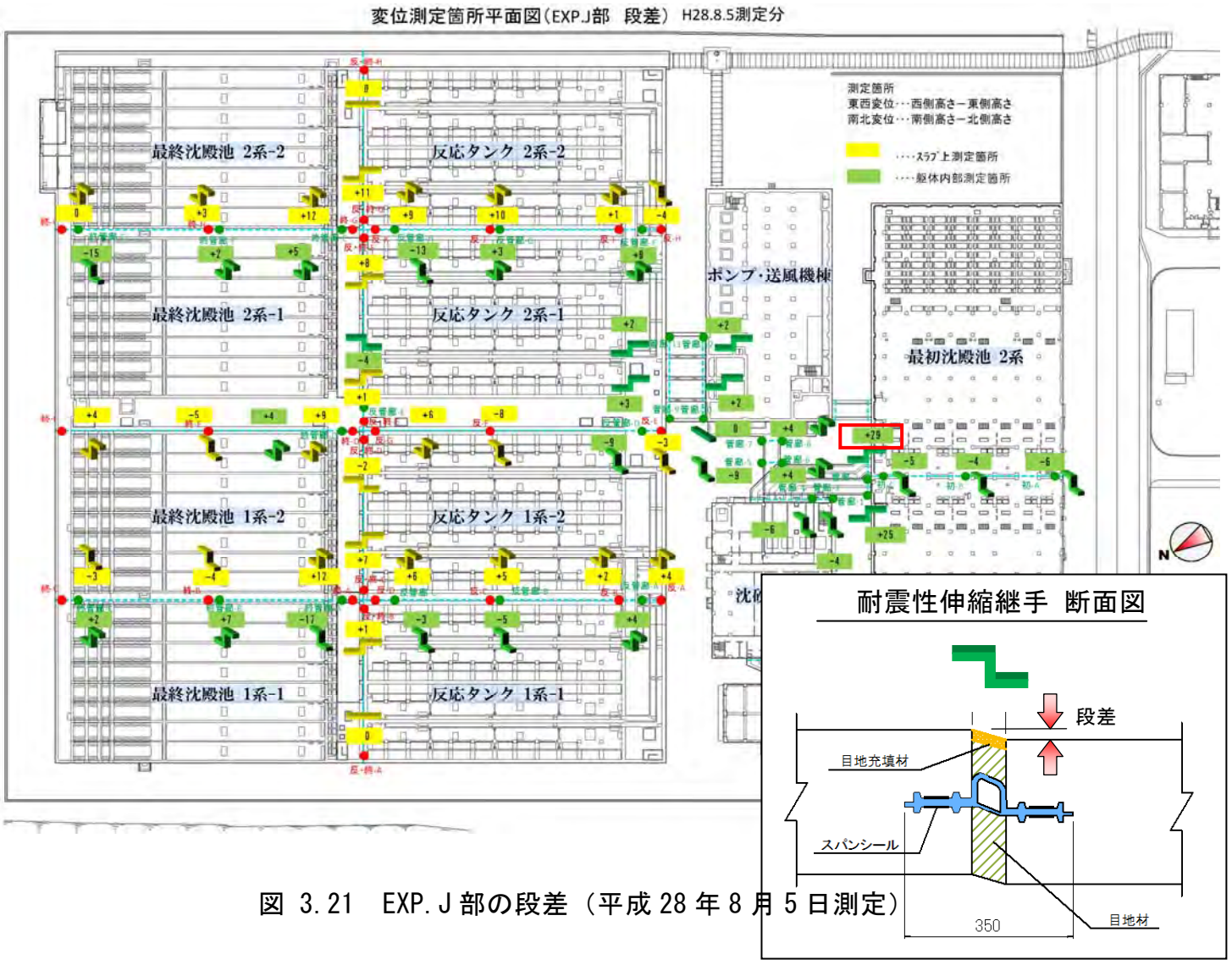


図 3.21 EXP.J 部の段差（平成 28 年 8 月 5 日測定）

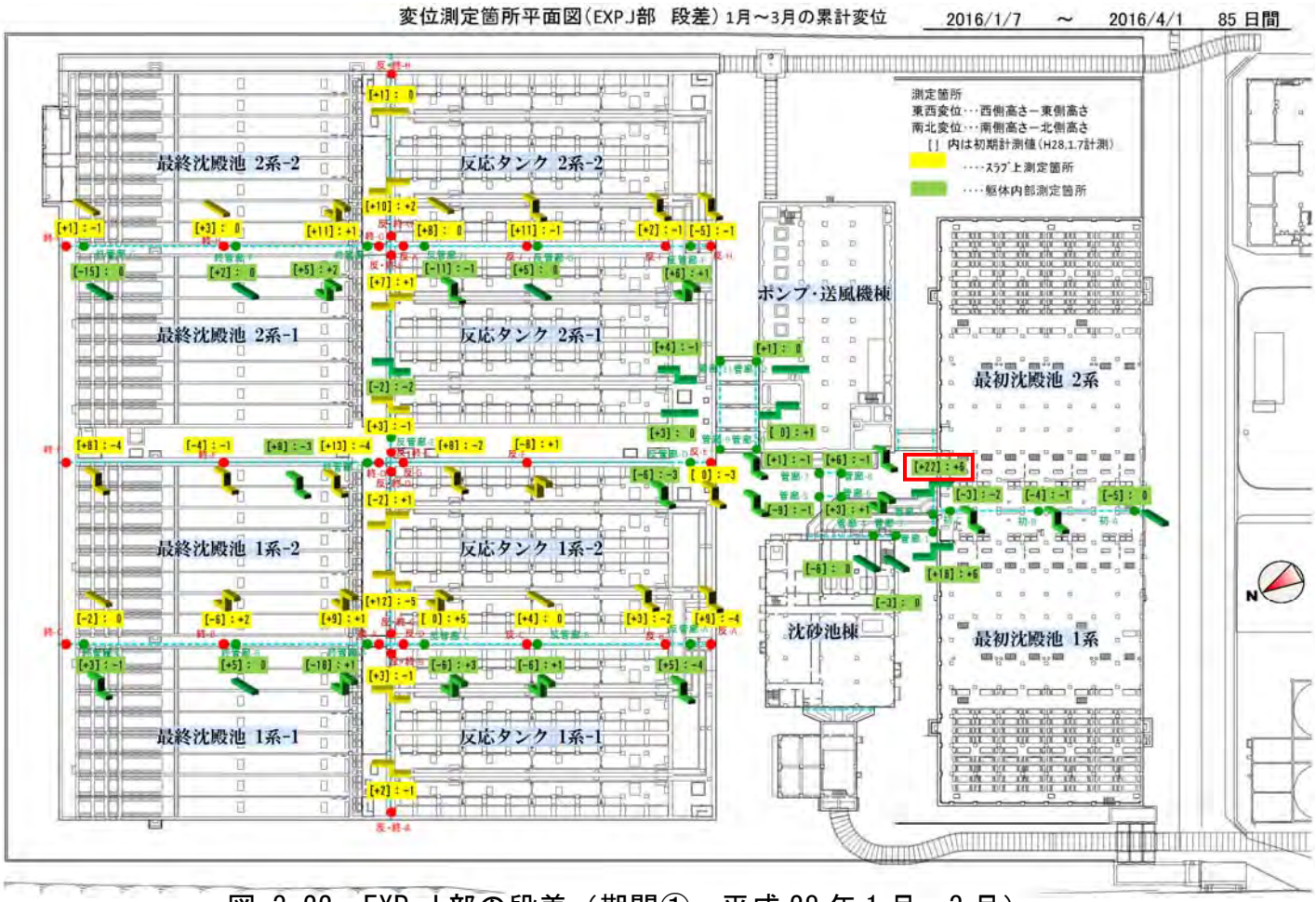


図 3.22　EXP.J 部の段差（期間①：平成 28 年 1 月～3 月）

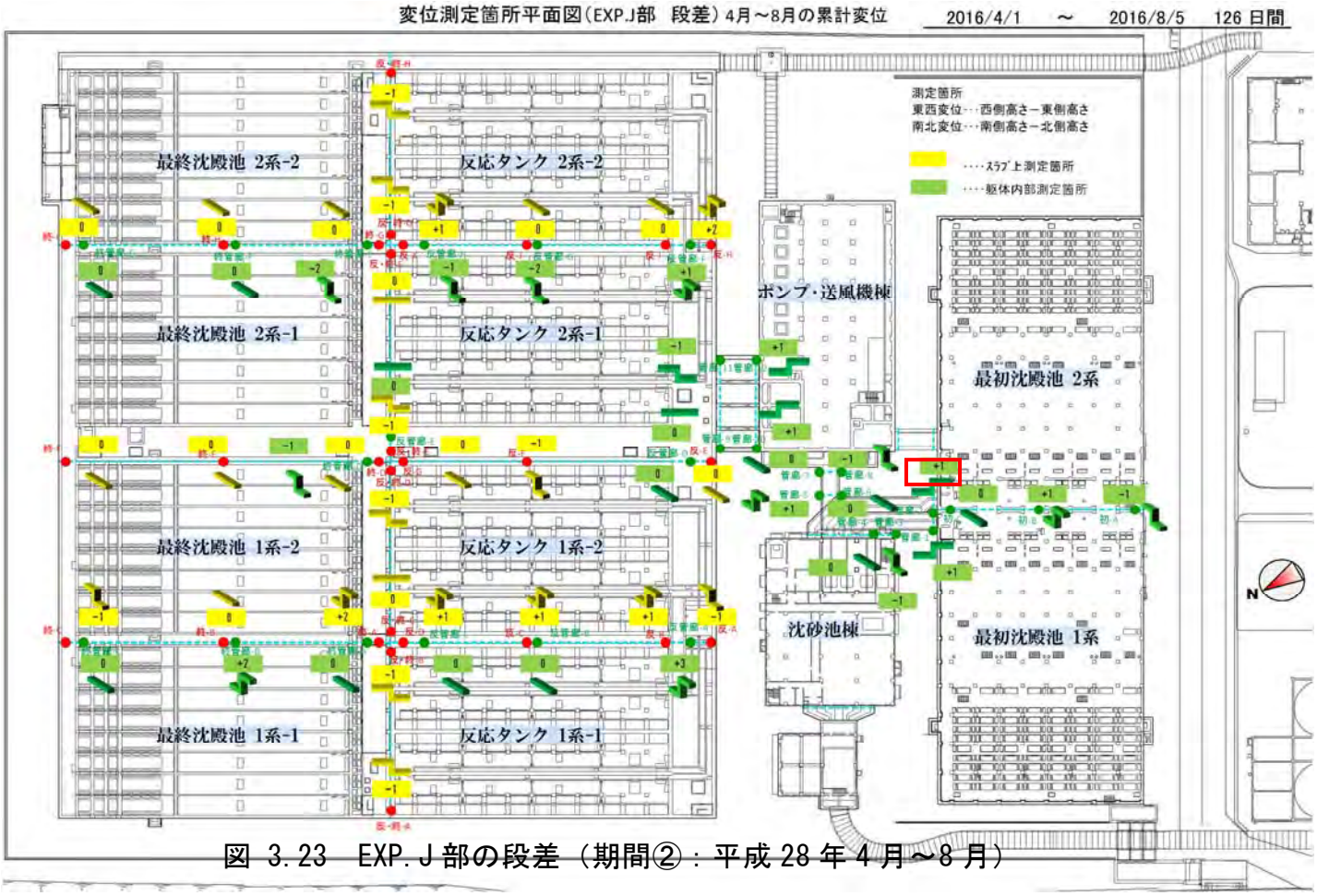


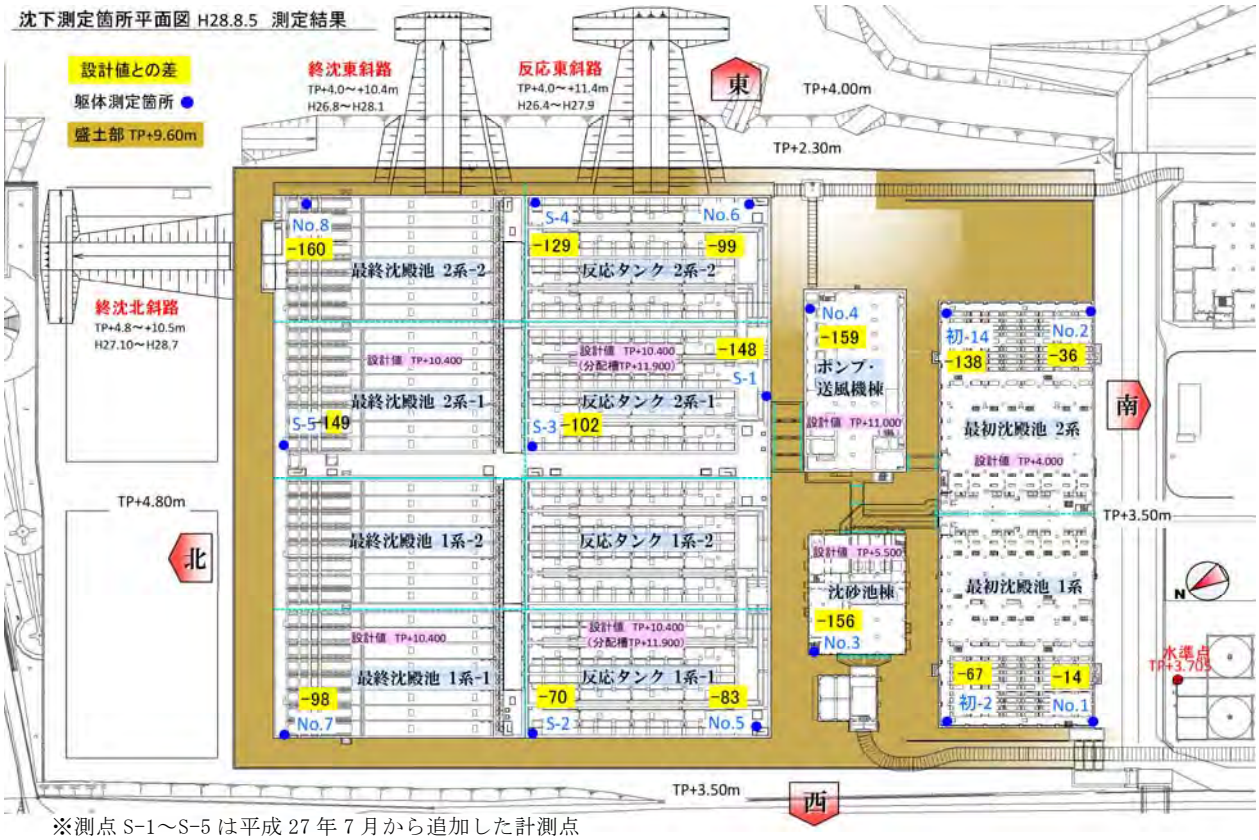
図 3.23　EXP.J 部の段差（期間②：平成 28 年 4 月～8 月）

3.2 沈下現象と施工状況の時系列整理

【沈下現象についての考察】

- 水張りを実施した直後に沈下が顕著になっている。
- 水張りより先行して盛土した施設（最終沈殿池・沈砂池棟）では、量は少ないが水張り前に沈下の進行が確認できる（図 3.26、図 3.29）。
- 多くの施設が水張りと盛土時期が重なっており、どちらも沈下の要因となっていると思われる。
- メンテナンスの関係で水を抜くと一時的に沈下が収まる傾向にある（図 3.27、図 3.28）。
- 全施設とも平成 28 年 6 月以降の沈下量は非常に鈍化している。

以下に、沈下測定平面図及び各施設における計測結果グラフを示す。



※測点 S-1～S-5 は平成 27 年 7 月から追加した計測点

図 3.24　沈下測定平面図

【次頁以降のグラフ表示方法について】

- 水槽の水位及び躯体周辺の盛土高さの経時変化を、沈下グラフに合わせて表記した。（水位及び盛土高さは沈下の傾斜傾向に合わせるために、目盛りを反対（上がマイナス）にしているので注意）
- また盛土は沈下の計測点に近い部分における進捗としていることと、これらの相関関係がわかるように沈下グラフの色と合わせている。

【最初沈殿池】

- 沈下測定を始めた南側の 2 点（No1、No2）は、平成 26 年 4 月から水張りまでの沈下量は少ない（0.5 ㎜/月）。盛土、水張りが完了した平成 27 年 11 月より 2 ヶ月程度経過した後に沈下量が増えている(3 ㎜/月)。これは施設の西・東の盛土の影響が徐々に出てきたものと思われる。
- 平成 28 年 1 月から計測を開始した初沈北側（初-2、初-14）は北側の盛土の影響で南側に比べて大きく沈下している。

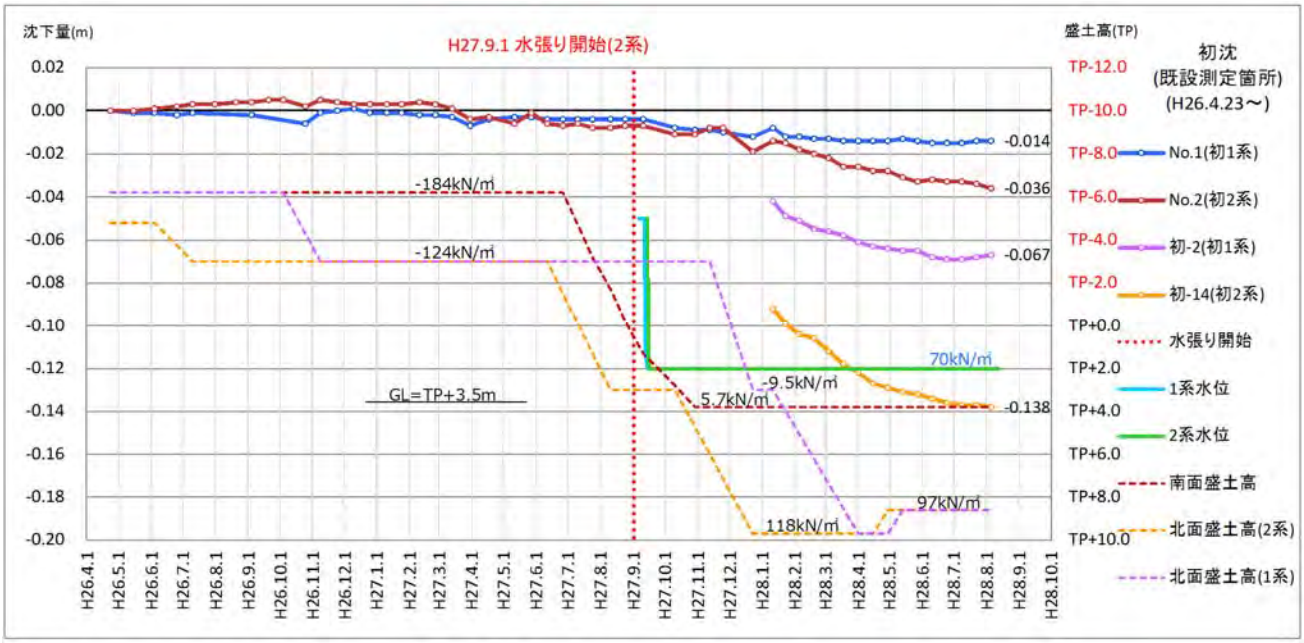


図 3.25　沈下量計測グラフ（最初沈殿池）

【沈砂池棟、ポンプ・送風機棟】

・ 水張り前の盛土は 2m 程度であり、その影響が水張り前に若干見られる（2 ㎜/月）。その後水張りと盛土を同時期に進めたため、平成 27 年 9 月から沈下が一気に進んでいる（11 ㎜/月）。特に沈砂池棟は、水深は 3.3m と少ないが大きく下がっていることから盛土の影響が大きいものと考えられる。

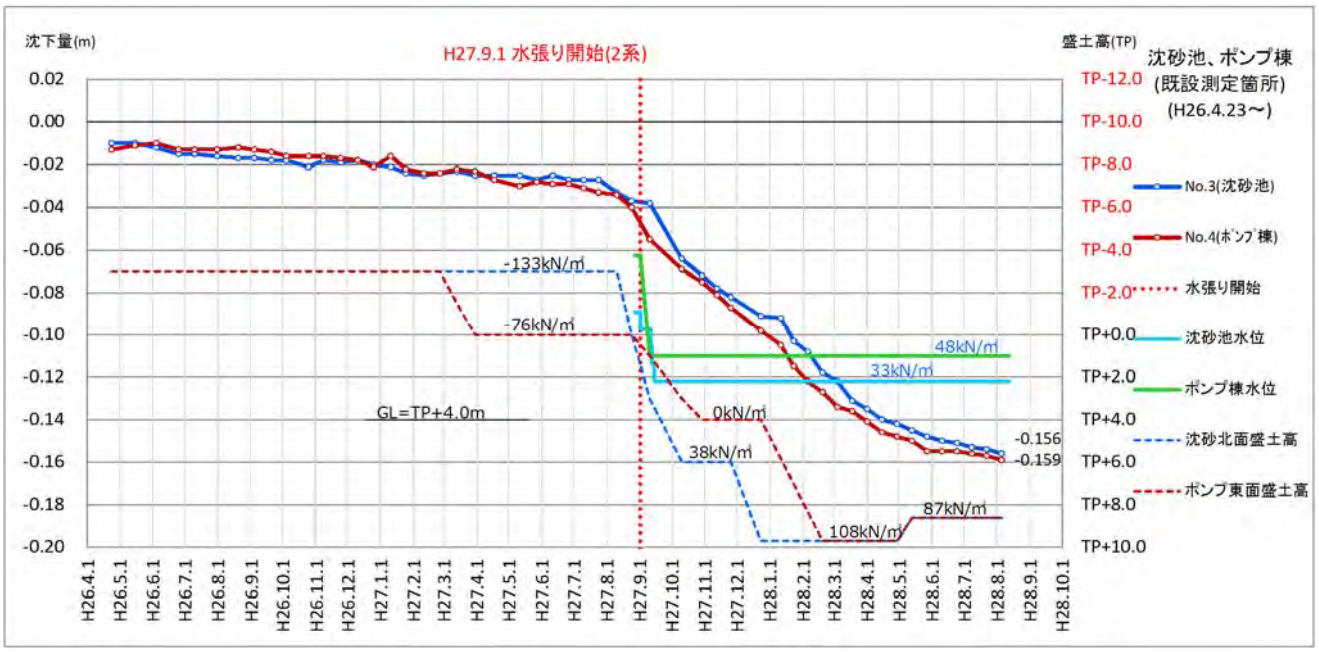


図 3.26　沈下量計測グラフ（沈砂池棟、ポンプ・送風機棟）

【反応タンク】

- 2 系-2 側（No.6）は水張り前から沈下傾向が顕著に出ている（2 ㎜/月）。これは東側に設置されたスラブに登る斜路も一つの要因と考えられる。反応タンクは水深が約 10 m であり、水張り直後に 2 系、1 系ともに沈下が顕著（5 ㎜/月）になっている。
- 沈下傾向が鈍化する平成 28 年 2 月中旬～3 月下旬はメンテナンスによる一時的な水抜きによる影響と考えられる。

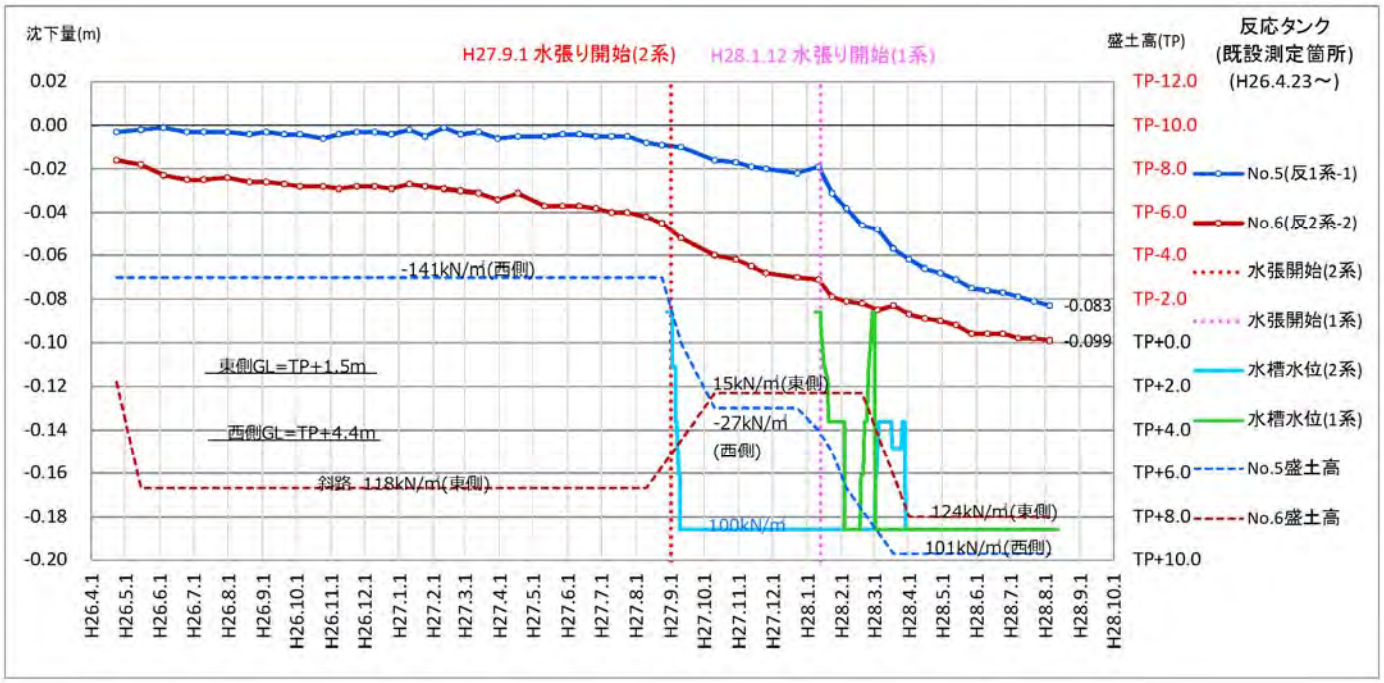


図 3.27　沈下量計測グラフ（反応タンク：平成 26 年 4 月 23 日～）

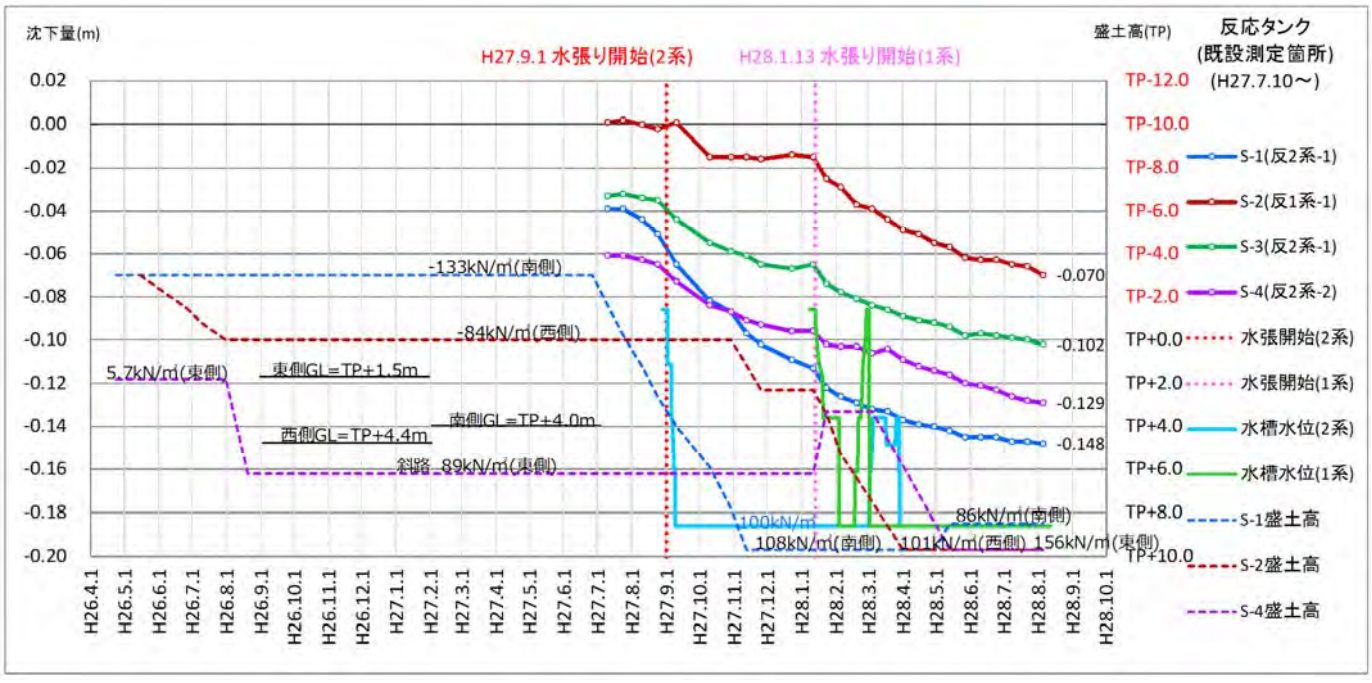


図 3.28　沈下量計測グラフ（反応タンク：平成 27 年 7 月 10 日～）

【最終沈殿池】

- 他の施設に比べて、水張り前の沈下傾向が顕著である（2 ㎜/月）。これは水張り前の平成 27 年 4 月頃から実施した躯体側部の埋め戻しの影響と思われる。2 系側は水張り直後からの沈下傾向が顕著である（11 ㎜/月）。これは、平成 27 年 10 月から実施した北側の仮設斜路の影響が考えられる。
- 1 系側も水張り直後に沈下傾向が顕著になっているが、2 系に比べると絶対量は少ない。

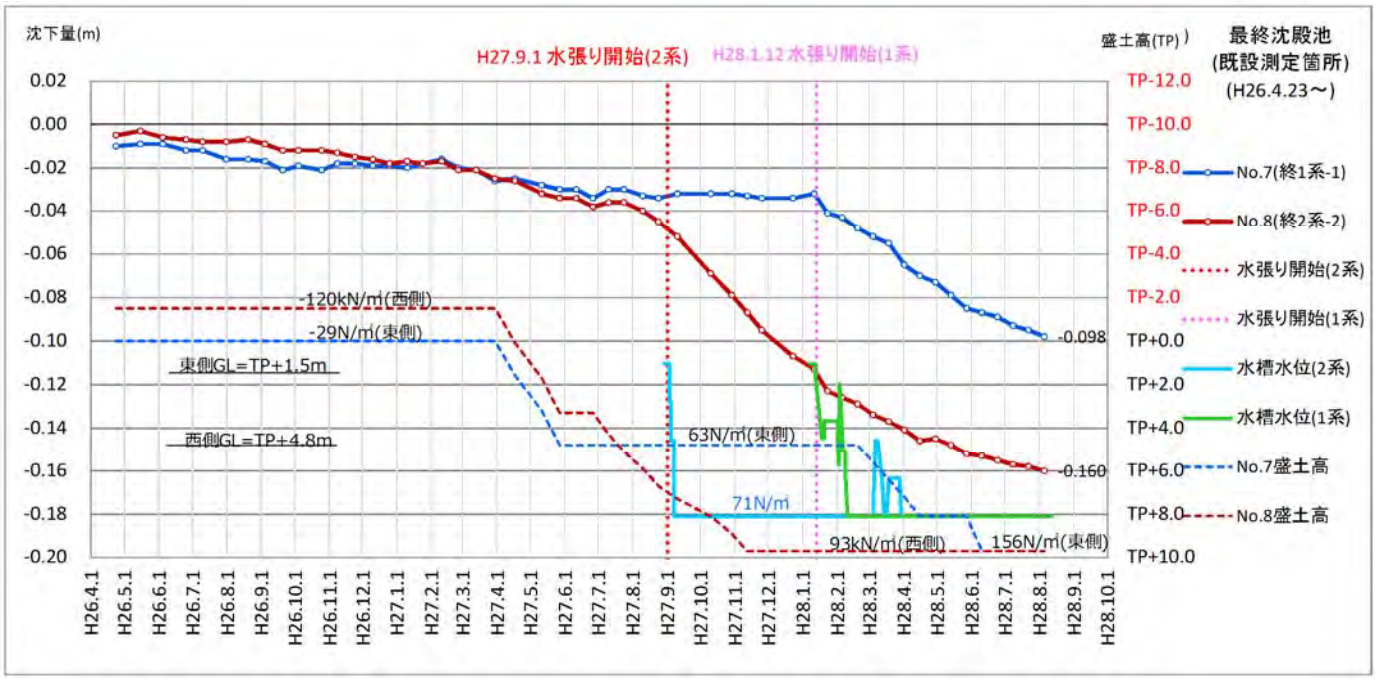


図 3.29　沈下量計測グラフ（最終沈殿池：平成 26 年 4 月 23 日～）

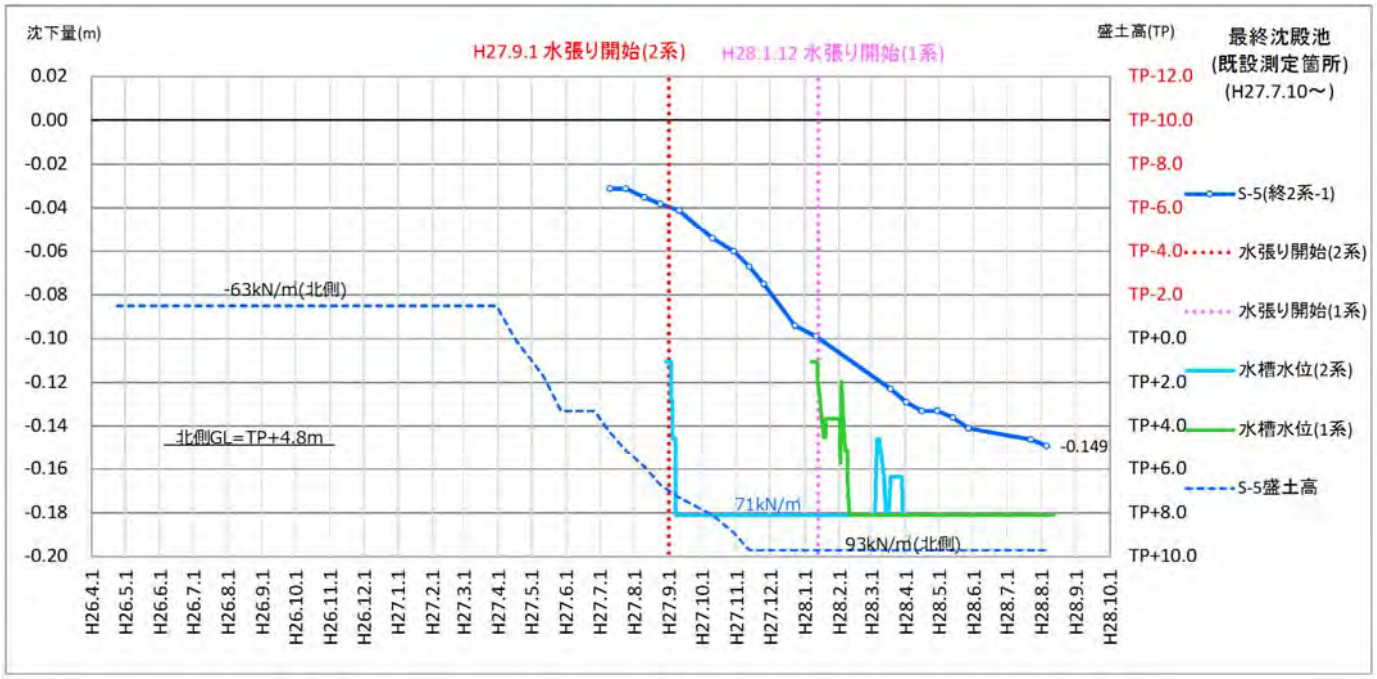
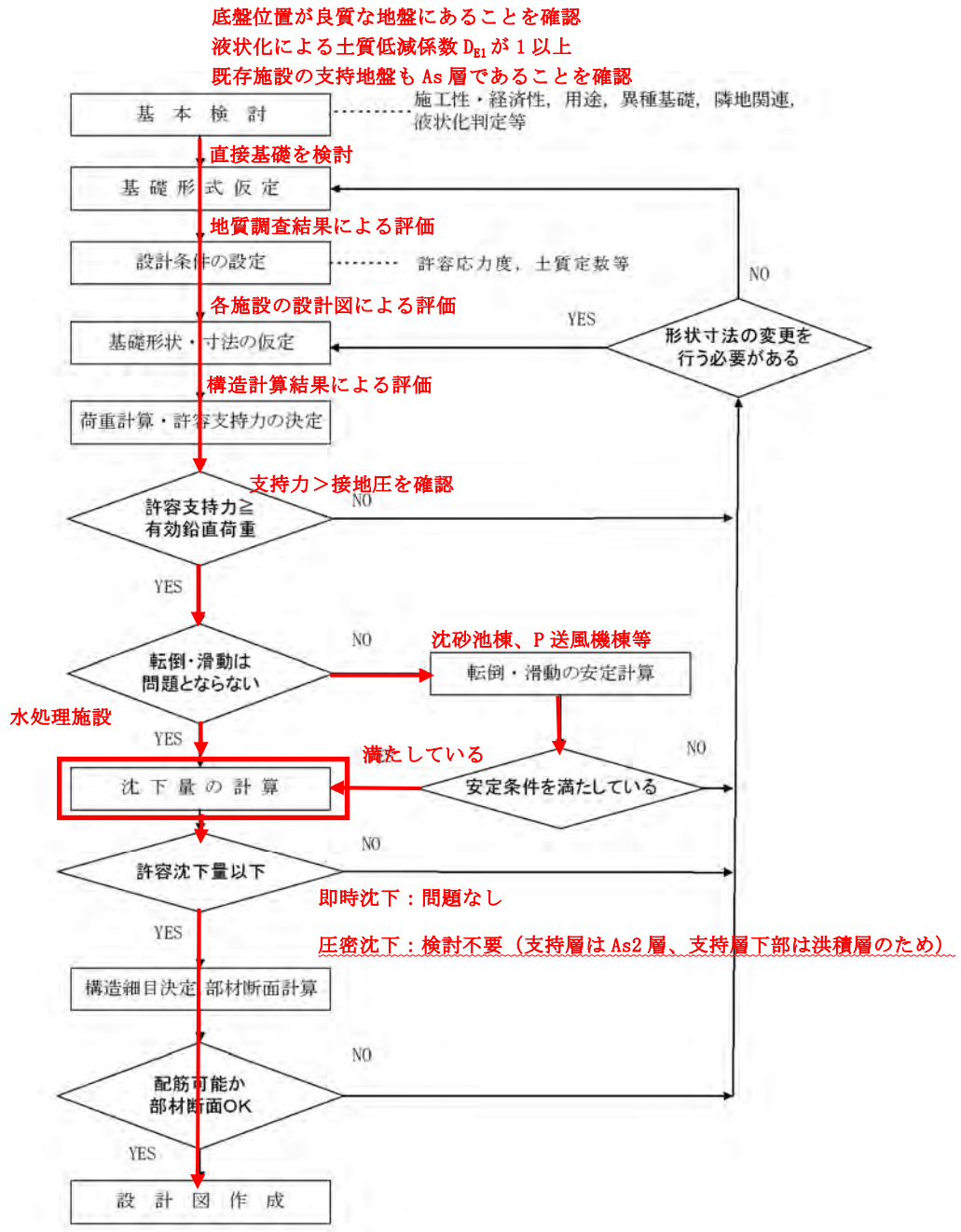


図 3.30　沈下量計測グラフ（最終沈殿池：平成 27 年 7 月 10 日～）

4 設計時の考え方

4.1 準拠指針

新水処理施設は、平成 23 年度の設計であるため、各構造物の設計検討に当たっては、「構造物設計指針　平成 19 年 4 月」（日本下水道事業団）（以下、「H19JS 指針」）に準拠していた。以下、「H19JS 指針」における直接基礎の設計フローに実施設計時の考え方を加えたものを添付する。



出典：構造物設計指針（平成 19 年 4 月　日本下水道事業団）

図 4.1　直接基礎の設計フロー

4.2 設計段階における支持地盤の評価

実施設計段階における支持層の設定理由、地盤支持力、沈下の可能性について以下に記す。

4.2.1 支持層の設定根拠

1) 支持層及び基礎形式の選定結果

新水処理施設の支持層及び基礎形式は下記のとおり。

- 基礎形式・・・直接基礎（＋地盤改良）
- 支 持 層・・・As2 層（N 値 30 程度が 5m 以上あること）

2) 支持層及び基礎形式の選定理由

震災後に実施した平成 23 年度の地質調査結果（水処理ゾーンの No.1～9）を踏まえ、「H19JS 指針」による基礎設計フロー（前頁参照）に基づき、下記理由により選定していた。

【支持層の設定】

水処理施設の各施設の底盤位置は As2 層にあり、N 値は 20～30 程度を示し、かつ層厚 5m以上を確保可能であることを確認し、これを直接基礎の支持層（※良質な地盤として評価）としていた。(P.32～33 参照)

【既存施設の支持層】

水処理施設側にある既存施設の支持地盤は As 層であることを確認していた。

【液状化判定】

液状化検討（L1）において、支持層及びその下層の土質低減係数 D_{E1} が 1.0 以上確保されていることを確認していた。(P.32 参照)

【許容支持力・滑動・転倒】

地盤の許容支持力は、構造物重量に対して十分に余裕があり、かつ転倒・滑動に対しても十分に安全であることを確認していた。

【許容沈下量】

各施設の即時沈下量は許容値 10cm 以内であることを確認していた。

なお、粘性土層「Dc1 層」は、既往の地質調査での定義に加え、強度特性から、「洪積層」と評価し、「H19JS 指針」(P.34 参照）に準じ、圧密沈下は「一般に、無視し得るもの」と判断していた。

【結論】

以上より、「H19JS 指針」の「直接基礎」の採用条件を満たしていることを確認し、また既存の構造物の基礎条件等を踏まえて、今回の水処理施設の基礎形式は**「直接基礎」**を採用していた。

ただし、※N 値 30 程度の土層に躯体底盤が到達していない部分は「地盤改良」を行うこととしていた。

なお、基礎形式は、施設の本復旧工事にかかる費用・工期に大きく影響するため、「南蒲生浄化センター復旧方針検討委員会」に提示された各復旧案の比較表に反映されている。

※ 「H19JS 指針」によると、「良質な地盤」とは、粘性土で N≧20 程度、砂質土で N≧30 程度と記載されている。

次頁以降に、設計当時に用いた「H19JS 指針」のうち基礎設計に係る部分を添付し、次に設計検討時の断面図を添付する。

（「H19JS 指針」抜粋_１）

「5.1　直接基礎設計の基本事項」より抜粋

直接基礎の要件（良質地盤へ支持、D_{E1}が 1.0 以上）が記載されている。

5　直接基礎の設計

5.1 直接基礎設計の基本事項

(1)直接基礎は，原則として，良質な地盤に支持させることとする。
地盤改良等を施し，詳細な検討を行った場合は，これを良質な地盤とすることができる。

(2)直接基礎は，その許容支持力が基礎地盤に作用する外力を上回り，支持地盤の変形による変位量が上部構造に有害な影響を与えないものとする。

(3)直接基礎の根入れ深さは，基礎の安定のほか，次の各項を満たすものとする。
1)温度などによる基礎底面の土の体積変化を起こす恐れのない深さであること。
2)地下埋設物及び隣接構造物への影響がないこと。
3)地下水位の変化に伴う安定性への影響がないこと。

(4)直接基礎においては，支持地盤に作用する上部構造物の鉛直荷重について，地下水による浮力を減じない。

【解説】

(1)について

構造物を良質地盤に直接支持させる方法は，一般に常時のみならず地震時にも安全性が高いとされている。また，あまり良質でない沖積地盤であっても，施設の用途・機能等によっては，構造的障害さえ生じなければある程度の沈下は許される場合があるので，直接基礎による方法は検討の対象とする。

ここにおいて，良質な地盤とは，液状化判定結果による土質定数に乗ずる低減係数D_{E1}が 1 以上確保される地盤とする。

この場合，レベル 2 地震動に対する支持力，滑動及び転倒の検討は以下の理由により行わなくてよいものとする。

直接基礎は一般に良好な支持層に支持されており地盤の支持力に余裕があるため，地震時には基礎の一部に回転による浮き上がりが生じることによりエネルギー吸収の期待ができるものと考えられる。また，直接基礎がこのような非線形挙動を示す場合においても，地盤には過度の損傷が生じないと考えられることから，直接基礎構造物のレベル 2 地震動に対する検討は行わなくてよいこととする。

一方，軟弱な地盤においては，常時及び地震時の安定を図るために適当な地盤改良法について検討することが望ましい。

(2)について

一般には，次の様な条件について検討する。
1)鉛直支持に対する安定
2)水平支持（又は滑動）に対する安定
3)転倒に対する安定

また，変位に関するものとしては，
1)鉛直変位（沈下）
2)水平変位
3)回転変位（傾斜角）

構造物設計指針（平成 19 年 4 月　日本下水道事業団）

（「H19JS 指針」抜粋_２）

「6.3　杭の許容支持力」より抜粋

支持層の厚さ（連続性）として層厚 5m 以上という記載がある。

【解説】

杭の極限支持力算定式は，各工法別に設定した。ここで，液状化地盤における極限支持力は，D_Eが 1 未満の土層については，**表 1-6-2** の周面摩擦摩擦力にD_Eを乗じて周面摩擦力を算出する。

(1)について

式 (1-6-3) は，「日本道路協会；道路橋示方書 Ⅳ下部構造編；平成 14 年 3 月」に基づいたが，$\overline{N}$の上限値を 40 に抑えている。

図 1-6-4 は，杭先端地盤が，れき・砂・粘性土地盤に適用されるものであり，岩・軟岩類の場合は対象外とされている。このため，杭先端地盤が岩・軟岩類の場合は，「日本道路協会；道路橋示方書 Ⅳ下部構造編；平成 14 年 3 月」を参照し，極限支持力算出を行う。また，支持層への換算根入れ深さの決定法についても同書を参照のこと。

なお，閉塞効率については，現在使用されている既成杭の先端は開放されていないことが多いことから，鋼管杭のみを対象とする。

(2)について

「日本道路協会；道路橋示方書 Ⅳ下部構造編；平成 14 年 3 月」に基づいたものであり，その運用に当たり，次に示す事項に注意する。

1)杭先端は良質な支持地盤中に，杭径程度根入れさせること。

2)杭の施工中はボイリングの発生に注意し，かつスライム処理を十分に行うこと。

3)標記の値は機械掘削による場所打ち杭についてのみ適用されるもので，深礎工法による杭については別途の検討が必要である。

なお，良質な砂礫層とは，N 値 50 程度以上の層厚が概ね 5m 以上あり，十分固結した良質な砂れき層であり，この層においては杭先端の極限支持力度q_dを 5,000 k N/m^{2}としてよい。

(3)について

「日本道路協会；道路橋示方書
ある。

ＰＨＣ杭の場合，外径が 500mm
ら 1,000mm 程度が通常の範囲であ
いては，支持力，沈下特性などを別

なお，3)コンクリート打設による方法における先端処理要領は，同書を参照のこと。

(4)について

「日本道路協会；道路橋示方書 Ⅳ下部構造編；平成 14 年 3 月」に基づいたものである。

ここに規程するプレボーリング杭工法は，その外径が 300mm から 1,000mm 程度の範囲のＲＣ杭，ＰＨＣ杭あるいはＳＣ杭を使用する工法であり，その支持力特性が明らかにされ，**式 (1-6-3)** により求まる極限支持力と同等以上の杭頭支持力が確認されているとともに，孔壁と杭体周面との間を確実に充てんすることによって，地盤の水平

杭基礎の支持層の考え方として、層厚 5m 以上という記載があり、これを今回の直接基礎の考え方に取り入れ、「良好な地盤」の層厚としても 5m 以上確保されていることを確認した。

出典：構造物設計指針（第 2 編：基礎構造物設計編）（平成 19 年 4 月　日本下水道事業団）

（「H19JS 指針」抜粋_３）

「5.4　基礎の沈下」より抜粋

圧密沈下の対象土層は沖積層を対象とし、洪積層は無視し得るとの記載がある。

【解説】

地盤は構造物荷重が加えられると，荷重の大きさと地盤の性質によって大なり小なり沈下を生ずる。その沈下量が構造物についてどの程度まで許されるかによって，基礎構造は大きく支配される。特に下水道の場合は，構造物自体だけでなく関連施設（管渠等）についての取り合いも考えねばならないので，許容沈下量の設定は慎重に検討しなければならない。

(1)について

1)対象とする層として，直接基礎底面から基礎最小幅の 3 倍の深さの間に存在する圧密性粘性土層を考える。ここに圧密性の粘性土として，その間隙が完全に水で飽和されている沖積層を取扱う。一般に，洪積層の沈下は無視し得るものと考えられている。基礎最小幅の 3 倍の深さと限定したのは，この深さに達すると地盤中の応力が 3～5%程度に減少するためである。

2)多数の異なった圧密層がある場合には，各々の層の圧密変位量を加え合わせるが，ほぼ均一の層であっても，厚さが大である場合は，これを分割して沈下量を計算しなければならない。これについては，沈下量算定式(1-5-16)において，地盤内応力の増分 $\Delta\sigma_z$ が深さにより大きく変化するからであり，液性限界 W_L のほぼ等しい区分層を同一層とする方法と，分割片の厚さを 3～5m とする方法があり，いずれによるかは設計者の判断による。

3)沖積層は，特に詳細な調査を行わない場合には正規圧密粘性土として取扱ってよい。一般に過圧密状態にある粘性土地盤は少ないと思われるが，過圧密であることが明らかである場合は，次式により沈下量を計算できる。

$$S = \frac{C_c H}{1+e_0} \log_{10} \frac{P_1 + \Delta\sigma_z}{P_0} \qquad \cdots\cdots (1\text{-}5\text{-}18)$$

ここに，

P_0 ：深さ z における初期土被り圧（kN ／m^2）

P_1 ：深さ z における建築建設前の有効上載荷重（有効土被り圧）（kN／m^2）

出典：構造物設計指針（第 2 編：基礎構造物設計編）（平成 19 年 4 月　日本下水道事業団）

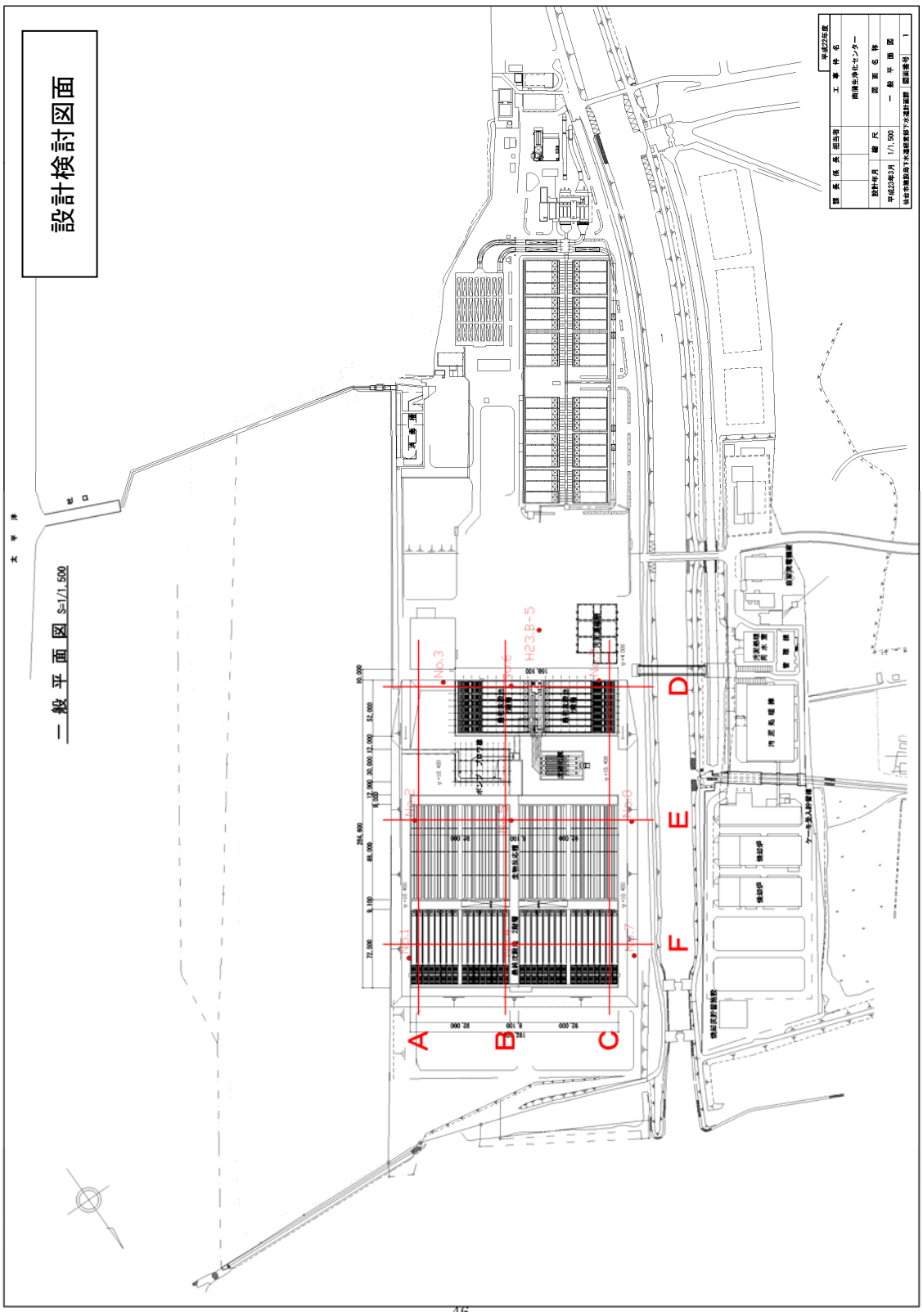
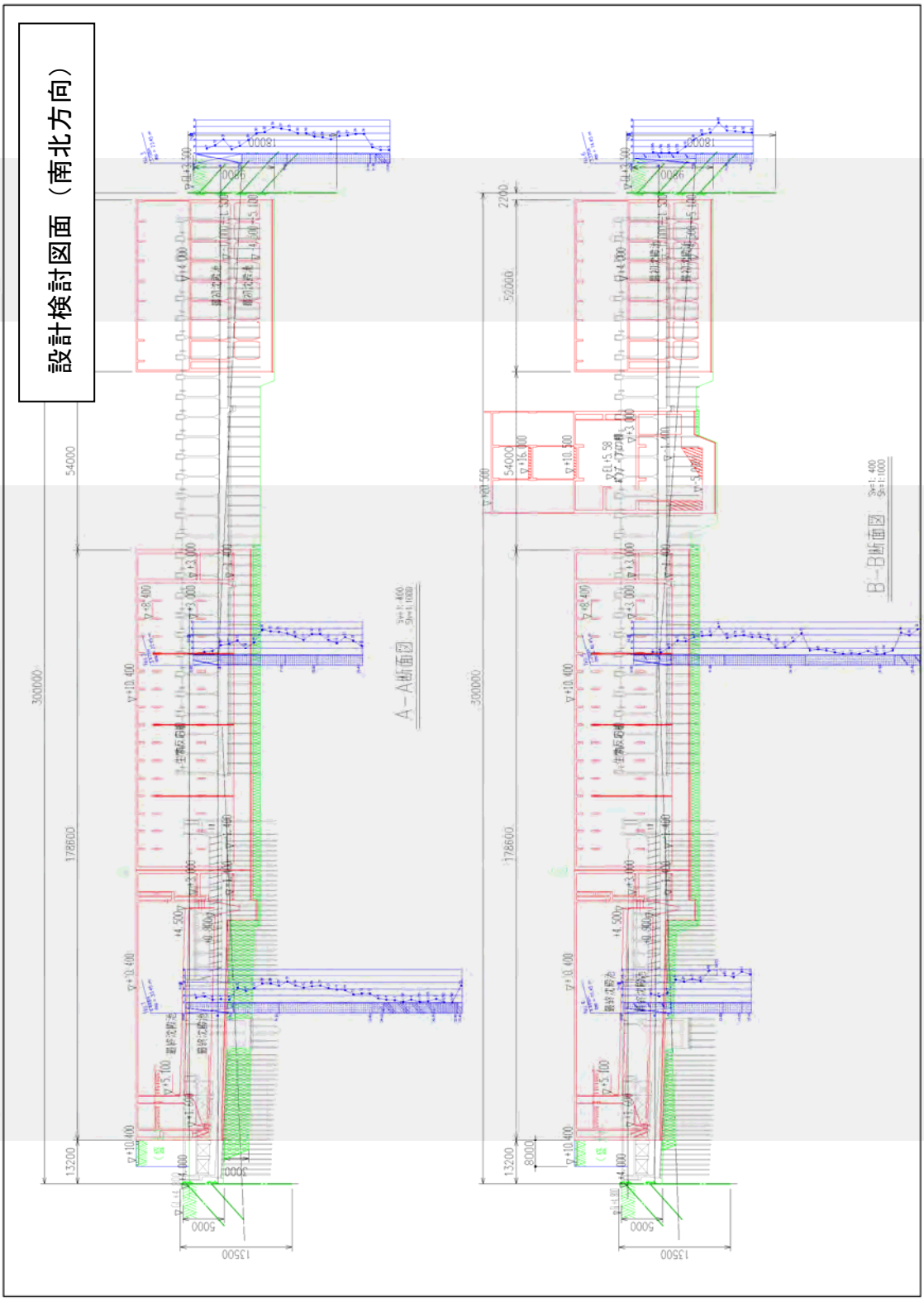


図 4.2　設計検討図面（一般平面図）



支持層：砂層 N 値 30 程度が 5m 以上あることを確認した。

図 4.3　設計検討図面（断面図：南北方向）

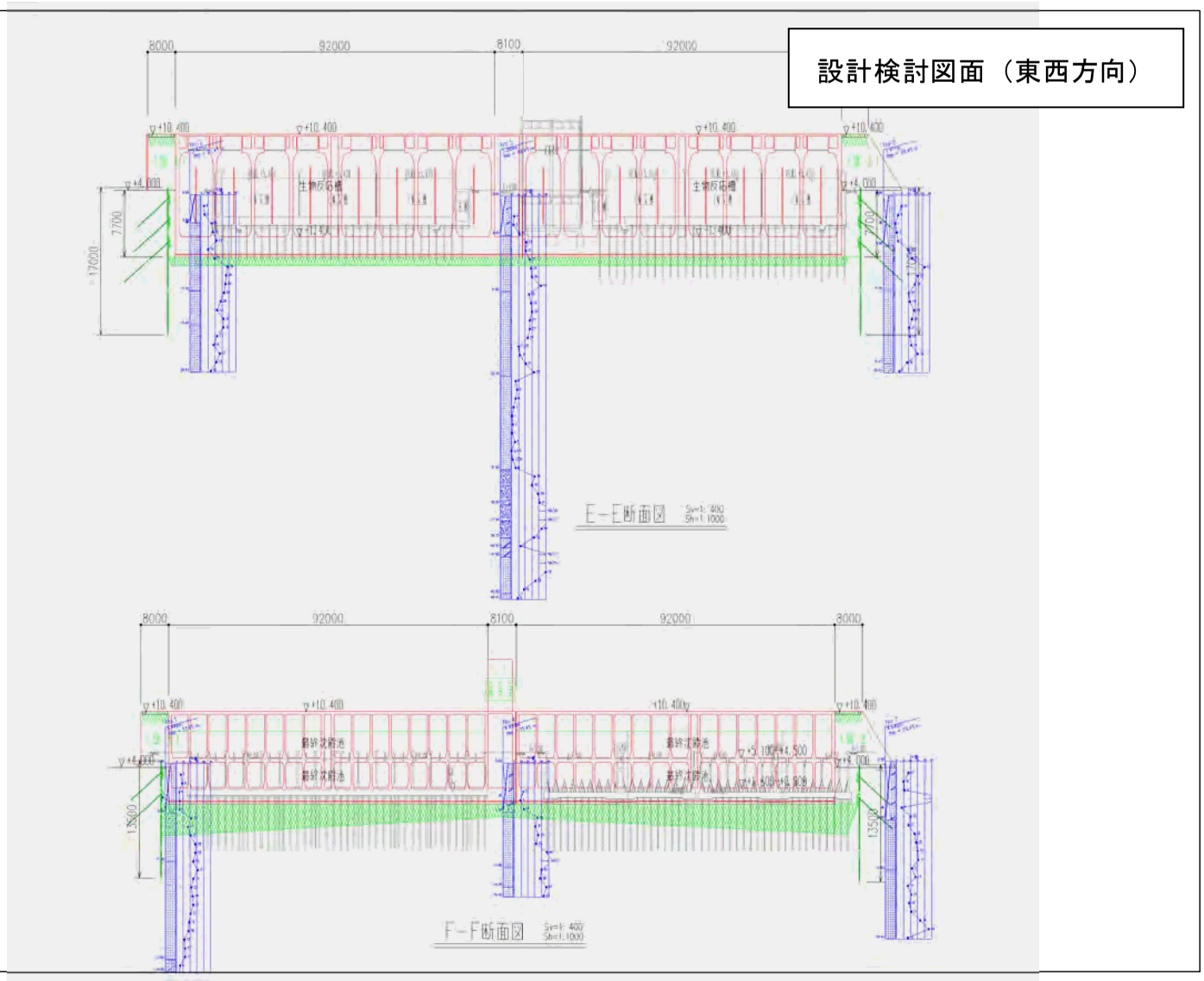


図 4.4　設計検討図面（断面図：東西方向）

支持層：砂層 N 値 30 程度が 5m 以上あることを確認した。

3) 既存施設の支持層からの評価

既存施設の基礎に関する支持地盤について整理した結果を、表 4.1に示す。

この結果から、既存施設の支持層は、今回水処理と同様に As2・As3 層としていることが分かる。

このように、本処理場では As2・As3 層を支持層とする施設の実績は多数有しており、本設計においても当該土層を支持層とする判断材料の一つとしていた。

図 4.5　既存施設位置図

表 4.1　既存施設の基礎条件一覧表

	施設名	建設年	構造・規模	基礎形式	杭材	支持層	接地圧 kN/m^2	標高	備考
01	沈砂洗浄施設	H19	RC造 地下1階　地上2階 延べ床面積770m2	直接基礎		As2層	301	TP−5.750	標高は機械室の基礎下端レベルを示す。
02	沈砂池	S35・S57	RC造 W3.0*H2.1*L18.0*3池 W3.5*H3.25*L18.0*3池	杭基礎	松丸太杭 φ180mm　L=3.60m RC杭 φ300mm　L=5.00m	As2層	363	TP−5.660	RC杭部の図面が無いため、松丸太杭をRC杭として計算。 標高は最深部の杭先端レベルを示す。
04	前曝気槽	S53	RC造 W5.0*D4.25*L60.0*4水路*2層	杭基礎	RC杭 φ300mm L=4.00m	As2層	111	TP−7.700	標高は最深部の杭先端レベルを示す。
07	第3ポンプ室	S51	RC造 地下1階　地上2階 延べ床面積2,729m2	杭基礎	PC杭 φ350mm L=7.00m　10.0m	As3層	173	TP−15.650	標高は最深部の杭先端レベルを示す。
39	第2ポンプ室	S37	RC造 平屋建 延べ床面積324m2	杭基礎	RC杭 φ250mm L=7.00m	As2層	10	TP−8.250	土間コンが打設されており、躯体支持のみ。 設備荷重は含まない。 標高は最深部の杭先端レベルを示す。
35	初沈導水渠	S54	RC造 W4.1*L141.9*H3.7	杭基礎	RC杭 φ300mm L=4.00m	As2層	50	TP−6.122	標高は最深部の杭先端レベルを示す。
05	(旧)最初沈殿池_1系	S35～40年	RC造 W10.0*L30.0*H3.0*18池	杭基礎	松丸太杭 φ180mm L=2.70m	As2層	48	TP−4.750	標高は池部の杭先端レベルを示す。
05	(旧)最初沈殿池_2系	S41年～43年	RC造 W10.0*L30.0*H3.0*18池	杭基礎	RC杭 φ300mm L=5.00m	As2層	51	TP−7.050	標高は池部の杭先端レベルを示す。
10	(旧)反応タンク1系	S48	RC造 W5.6*L66.9*H4.5*4水路*7池	杭基礎	RC杭 φ300mm L=6.00m	As2層	81	TP−6.700	標高は池部の杭先端レベルを示す。
11	(旧)反応タンク2系	S54～H1年	RC造 W5.6*L66.9*H4.5*4水路*7池	杭基礎	RC杭 φ300mm L=4.00m	As2層	48	TP−4.700	標高は池部の杭先端レベルを示す。
15	(旧)最終沈殿池1系	S49～54年	RC造 W20.0*L44.0*H4.5*12池	杭基礎	RC杭 φ300mm L=5.00m	As2層	38	TP−5.850	標高は池部の杭先端レベルを示す。
15	(旧)最終沈殿池2系	S62年	RC造 W20.0*L44.0*H4.5*12池	杭基礎	RC杭 φ400mm L=5.00m	As2層	41	TP−4.900	標高は池部の杭先端レベルを示す。
12	送風機室	S48年	RC造 地下1階　地上1階 延べ床面積2,864m2	杭基礎	PC杭 φ400mm L=11.00m	As3層	69	TP−13.050	標高は最深部の杭先端レベルを示す。
20	返送汚泥ポンプ室	S52年	RC造 地下1階　地上2階 延べ床面積1,312m2	直接基礎		As2層	−	TP−6.450	標高は最深部の基礎下端レベルを示す。
36	汚泥処理室	S52年	SRC造 地下1階　地上4階 延べ床面積5,654m2	杭基礎	PC杭 φ450mm L=7.00m　10.0m	As3層	−	TP−11.050	図面無し。 標高は最深部の杭先端レベルを示す。
24	汚泥濃縮タンク	S48年	RC造 地下1階　地上4階 延べ床面積5,654m2	杭基礎	RC杭 φ300mm L=6.00m　4.00m	As3層	79	TP−5.090	標高は最深部の杭先端レベルを示す。
16	消毒槽	S50年	RC造 W14.5*D15.1*H6.00*6池	杭基礎	RC杭 φ300mm L=4.00m	As2層	86	TP−5.620	標高は最深部の杭先端レベルを示す。
34	A1橋台	H10年	RC造 W7.6*D1.5*H12.5	杭基礎	PHC杭 φ700mm L=29.00m	DG1層	−	TP−30.810	PHC杭のため、算出不可。 標高は最深部の杭先端レベルを示す。
	(新)着水井	H27年	RC造 W11.2*D23.1*H6.7	直接基礎 地盤改良		As2層	171	TP−5.620	標高は地盤改良下端を示す。
	(新)流入渠	H27年	PCカルバート U(2000+2000)+口(2000+2000) L=588.6m	直接基礎 地盤改良		As2層	−	TP−2.024	標高は地盤改良下端を示す。
	(新)水処理施設	H27・28年	RC造	直接基礎 地盤改良		As2層	140～240	TP−6.730	標高は初沈基礎下端を示す。
	(新)盛土部分	H27・28年	擁壁、ジオテキ	直接基礎 地盤改良		As2層	127	−	最大盛土高6.7m×19kNとした。

直接基礎(As層支持)を示す。

4.2.2 設計時での粘性土層の評価

設計では、As 層（砂層）下部にある粘性土層「Dc1 層」について、既往資料・出現深度・強度特性から、総合的に勘案して、「洪積粘性土層」として判断していた。

1) 既往資料からの評価

設計では、過去 20 年間における地質調査結果（下表に示す）を確認したうえで、当該地層を「洪積粘性土層」として定義されていたことを重視し、同様な判断をしていた。

なお、下記資料のうち No.①・②の調査では、本現場の地質層序を定義し、洪積粘性土層と判断した内容が示されているため、次頁以降に抜粋し添付する。

表 4.2　参考とした地質調査資料一覧

No.	調査資料名	業者名	調査地点
①	平成 4 年度 仙台市南蒲生下水処理場実施設計業務委託(地質調査)	JS・仙台市／NJS・東京ソイルリサーチ共同企業体	汚泥処理側
②	平成 6 年度 仙台市南蒲生下水処理場実施設計業務委託	JS・仙台市／NJS	汚泥処理側
③	平成 8 年度　南蒲生下水処理場汚水処理施設　追加地盤調査・観測井設置工	佐藤・富士工建設企業体／協和地下開発株式会社	汚泥処理側
④	平成 8 年度 仙台市公共下水道施設耐震診断業務委託（最初沈殿池脱臭設備棟建設に伴う地質調査	仙台市／NJS	水処理側
⑤	平成 14 年度 南蒲生浄化センター特高変電設備更新実施設計(詳細設計)	仙台市／NJS	汚泥処理側
⑥	平成 17 年度 南蒲生浄化センター新放流渠建設地質調査業務委託	仙台市／株式会社仙台技術サービス	水処理側
⑦	平成 21 年度　南蒲生浄化センター耐震詳細設計外業務　地盤調査報告書	仙台市／NJS	水処理側
⑧	平成 21 年度　南蒲生浄化センター返送汚泥ポンプ室詳細設計業務委託	仙台市／NJS	水処理側

※水処理側では粘性土の試験は実施されていない。

【平成 4 年度 仙台市南蒲生下水処理場実施設計業務委託（地質調査）】

「平成 4 年度 仙台市南蒲生下水処理場実施設計業務委託（地質調査）」（JS・仙台市／NJS・東京ソイルリサーチ共同企業体）によると、調査位置は貞山運河を挟んだ汚泥処理施設側で行われている。

この調査結果（下記に示す）によると、当該粘性土層を「洪積層」とした評価は、約 1 万年以前の地層の出現深度を基準としているものの、過圧密状態にあることが確認されたこと、一軸圧縮強度が沖積層とは異なる性質を示していたことから、当該粘性土層を「洪積層」としており、その上部にある砂層 As 層からは、仙台平野における地形生成の過程等から沖積層として区分していた。

3．1　ボーリング調査結果

機械ボーリングによって明らかとなった調査地の土層構成は，巻末のボーリング柱状図と土層断面想定図に示すとおりである。また，図3.1.1には調査地を南北に切る断面（縮小版）を示したが，これより調査地の地盤は大略表3.1.1の10層に区分される。

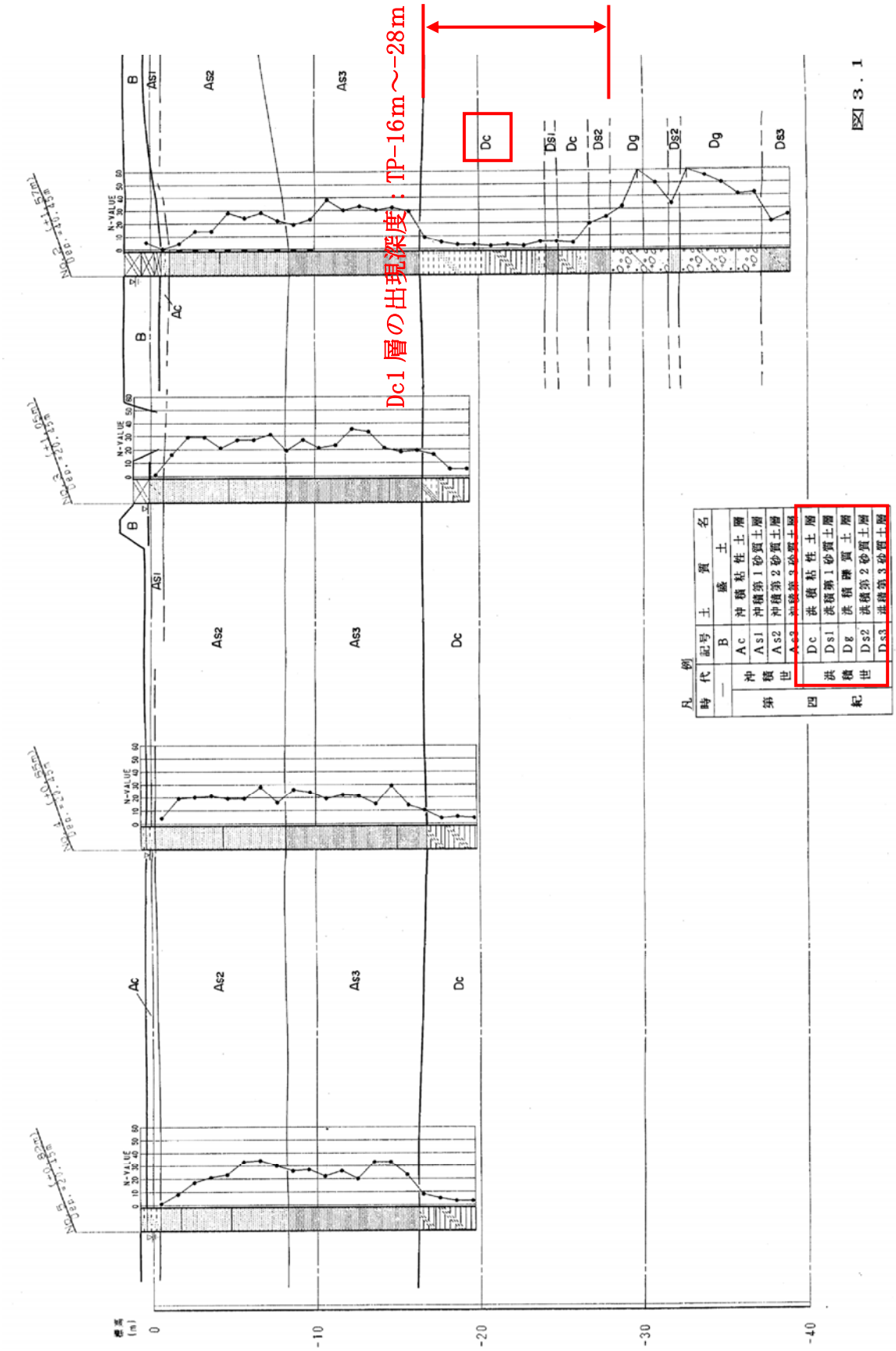
なお，沖積層と洪積層の境界については，地質学的にはウルム永期の海水面最下降期（約18000年前）以降の堆積物，すなわち図2.2.2の埋没谷を埋める地層を沖積層と呼び，図2.2.3もほぼこの分類によるものと考えられる。

しかし，土木・建築分野では約１万年前の海面変動期を境に沖積層と洪積層を区分しており，この深度は調査地でいえば標高－16～－17m付近のAs3下部にあたる。

また，土木・建築分野での沖積粘性土は一般に正規圧密ないし多少の過圧密，洪積粘性土は過圧密状態にあり，安定度に明確な差のあることが多い。

調査地の場合，標高－16～－17m以深の粘土層は，圧密降伏応力度Pc≒30tf/m²を示し，10tf/m²程度の過圧密である。このため，図2.2.3とは異なるものの土木・建築の区分にしたがって，As3の下部からを洪積層として区分した。

出典：平成 4 年度 仙台市南蒲生下水処理場実施設計業務委託（地質調査）



出典：平成 4 年度 仙台市南蒲生下水処理場実施設計業務委託（地質調査）

図 4.6　地質想定断面図（平成 4 年度調査）

【平成 6 年度 仙台市南蒲生下水処理場実施設計業務委託】

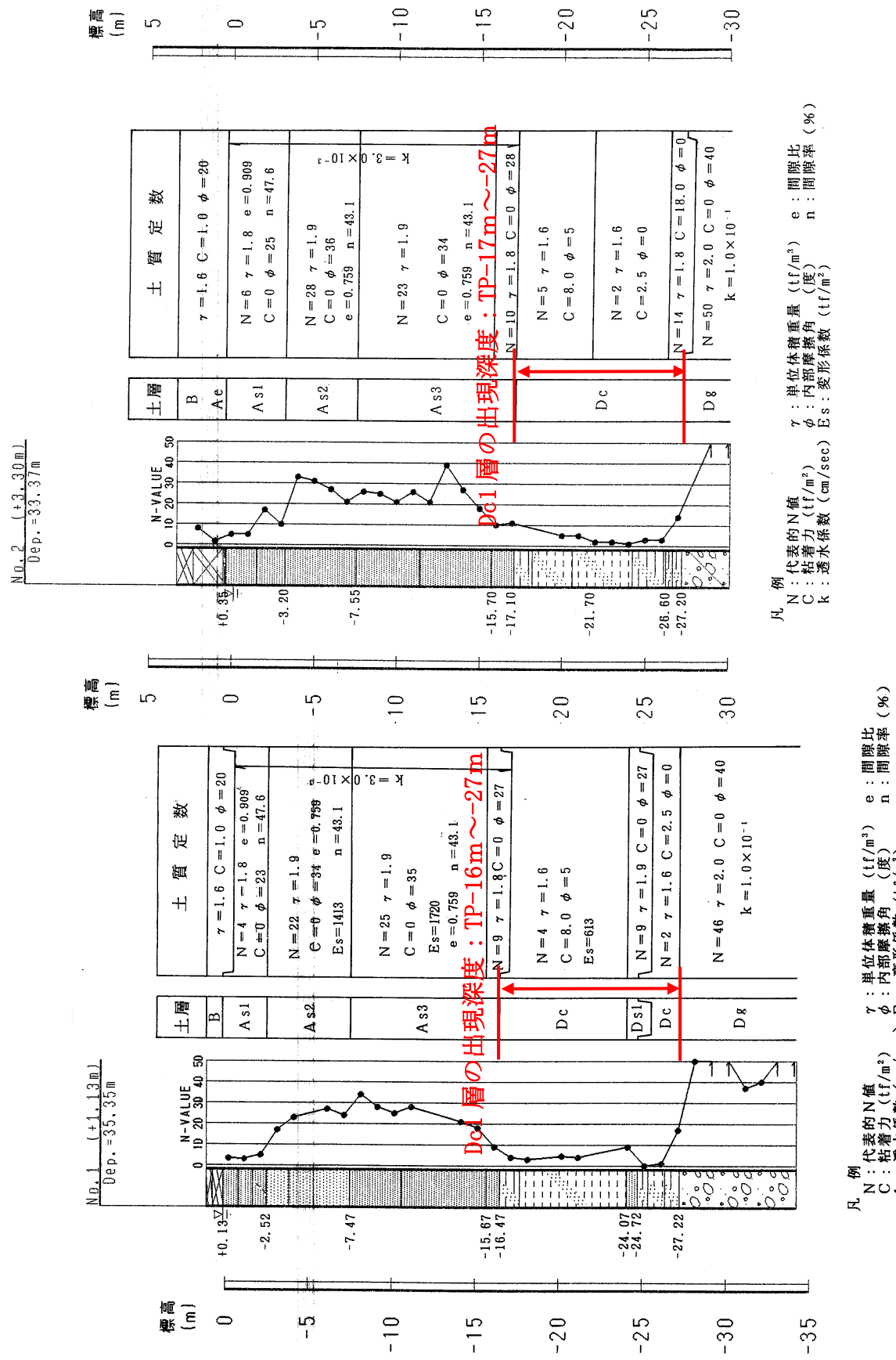
「平成 6 年度 仙台市南蒲生下水処理場実施設計業務委託」（JS・仙台市／NJS）によると、調査位置は貞山運河を挟んだ汚泥処理施設側であるが、先述の平成 4 度の地質調査結果を踏まえ、地層の構成や順序がほぼ一致することから、改めて当該粘性土層を「洪積層」として定義していた。

ボーリング調査は，管廊計画場所の立坑位置２ヶ所で深度33～35ｍまで実施した。この結果は巻末付図１（土層断面想定図）および付図２（ボーリング柱状図）に示すとおりである。なお，土層断面想定図には既存ボーリング資料（平成５年３月調査）も合わせて作成している。

調査地の地盤は，大略表3.1.1に示すように地表より盛土（Ｂ）－沖積粘性土層（Ａc)－沖積第１砂質土層（Ａs1）－沖積第２砂質土層（Ａs2）－沖積第３砂質土層（Ａs3）－洪積粘性土層（Ｄc)－洪積第１砂質土層（Ｄs1）－洪積礫質土層（Ｄg)－洪積第２砂質土層（Ｄs2）－洪積第３砂質土層（Ｄs3）の土層構成となっている。

なお，沖積層と洪積層の境界については，標高－16～－17ｍ以深の粘性土層の圧密降伏応力が，推定有効上載圧に比較して正規圧密～やや過圧密状態にあるものの，出現深度や土性が既存資料とほぼ同一であるため，Ａs3の下部からを洪積層として区分した。

出典：平成 6 年度 仙台市南蒲生下水処理場実施設計業務委託（地質調査）



出典：平成 6 年度仙台市南蒲生下水処理場実施設計業務委託

図 4.7　地質想定断面図（平成 6 年度調査）

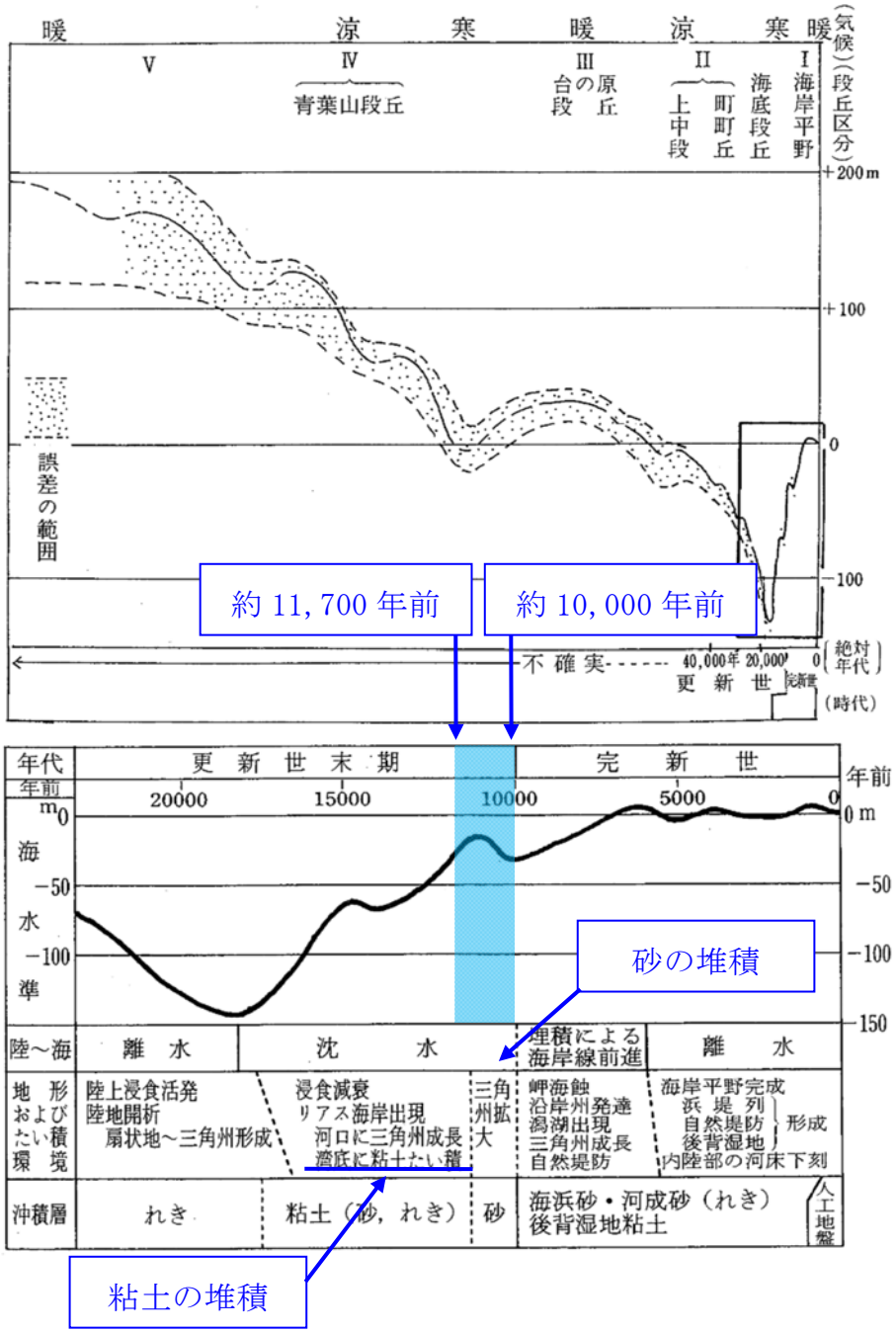
2) **出現深度（地質年代）から見た評価**

平成 4 年度の調査時における洪積層（更新世）と沖積層（完新世）の境界は、下図に示すように 10,000 年前としていたが、各層の年代測定は行っておらず、出現深度だけの判断が難しいことから、圧密特性や強度特性を踏まえて判断していた。この時の調査結果（図 4.6参照）より、洪積層と評価した粘性土層「Dc1 層」の出現深度は約 TP-16～-17m であり、上部には砂層が厚く堆積した層序を示していた。

次頁の図より、約 10,000 年前には、粘土の堆積から三角州の拡大へと湾内の地形が大きく変化した時期であり、かつ粘性土が過圧密状態にあったことと強度特性が沖積層とは異なっていたことから、粘性土層と砂層の境界を洪積層・沖積層の境界として区分していた。

出典：新編 仙台の地学（地学団体研究会仙台支部編）

図 4.8　仙台地域における第四期略年表

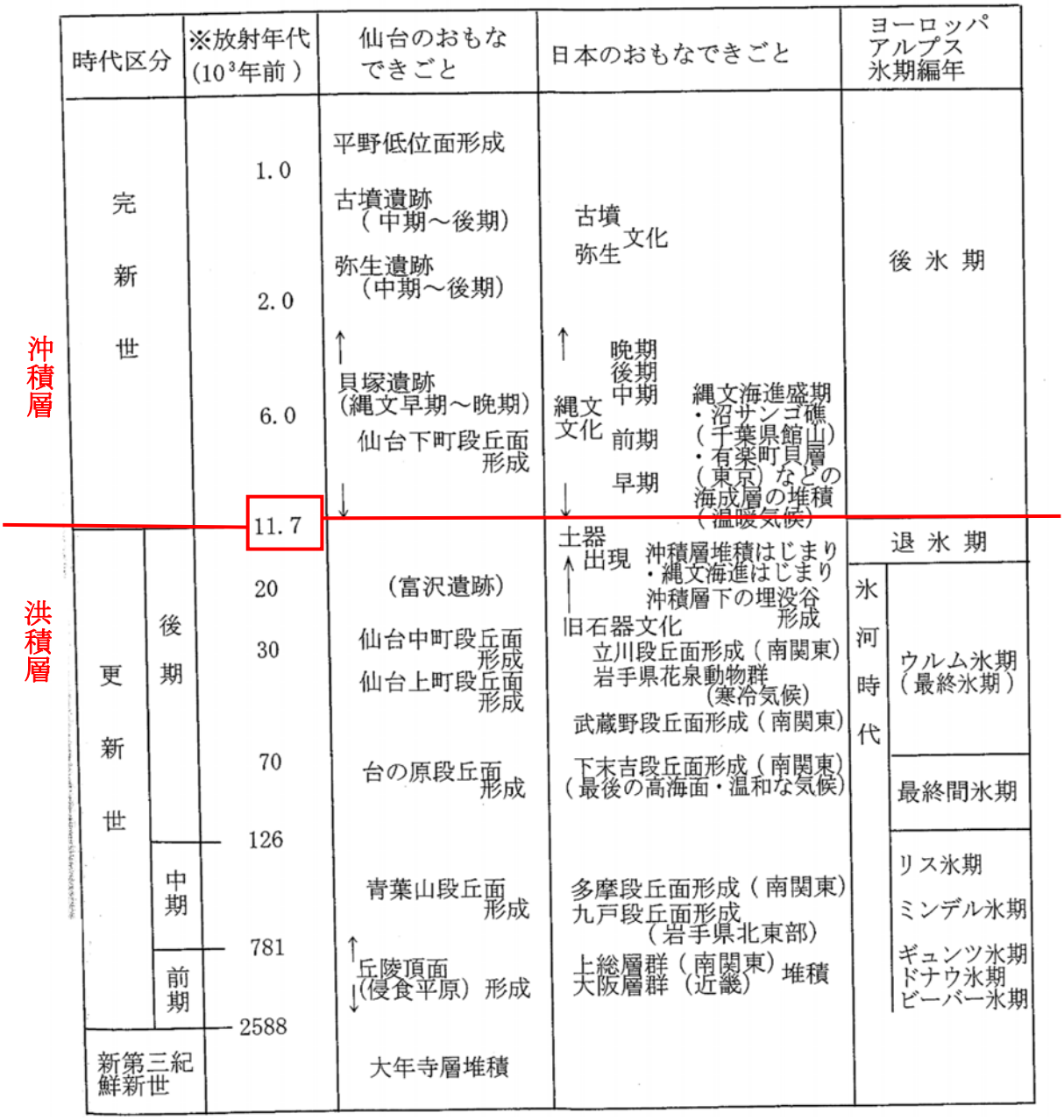


出典：新編 仙台の地学（地学団体研究会仙台支部編）

図 4.9　仙台平野における海水準と地層生成の変遷

また、設計時である平成 23 年度（2011 年度）には、洪積層・沖積層の境界深度の判断となっている更新世と完新世の境界年代は、2009 年の国際地質学連合において、約 11,700 年前として改められていたことを確認していた。

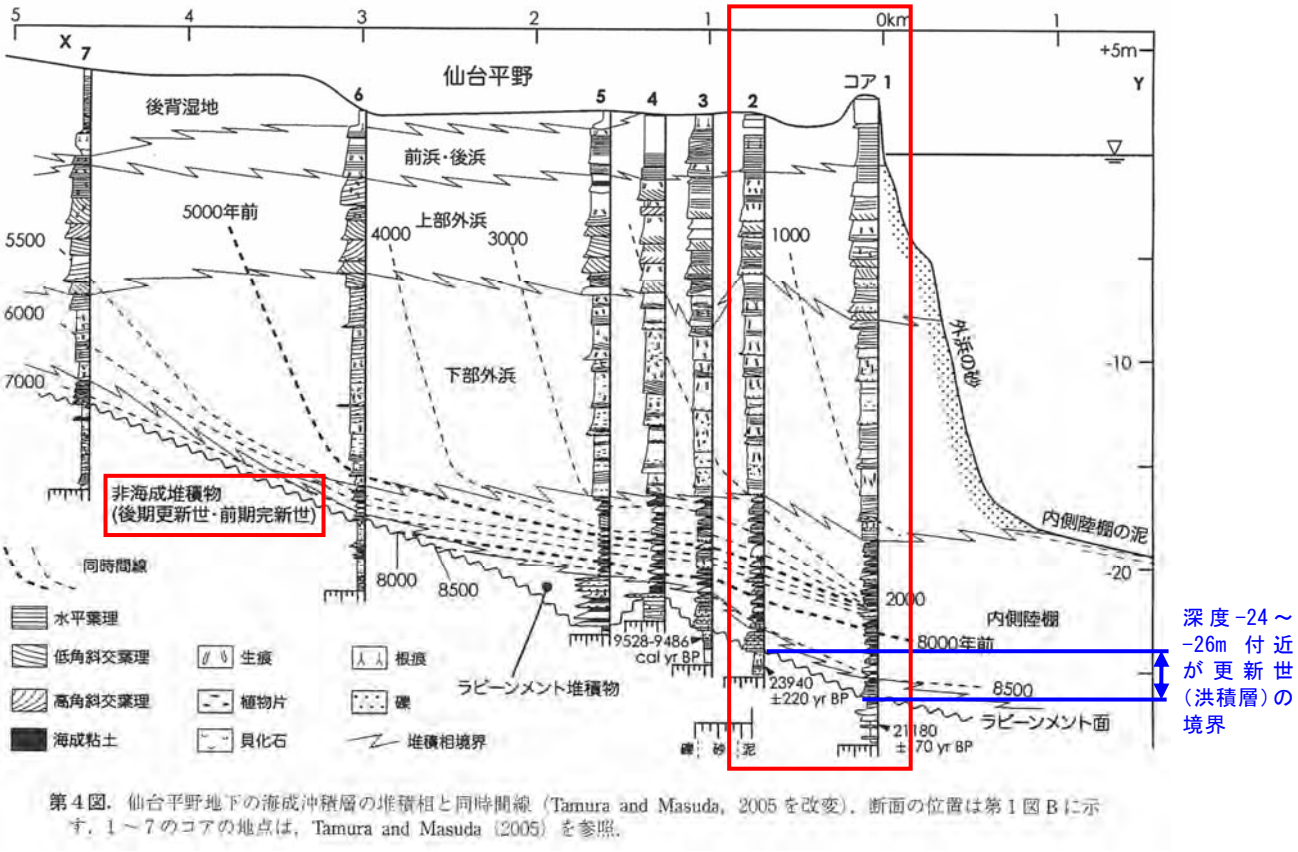
このとき、改めて平成 4 年度調査時の判断について検証し、境界年代の変更によって、地層の層序の判断は変わらないものと考え、粘性土層が過圧密状態にあったことと強度特性が沖積層とは異なっていたことを重視し、洪積層の境界は既往調査の定義を尊重することを基本としていた。



出典：せんだい地学ハイキング（地学団体研究会仙台支部編）

図 4.10　仙台地域における第四期略年表

先述のように、洪積層の境界は既往調査の定義を尊重することを基本としていたが、設計当時の文献「浜堤平野における沖積層の層序と堆積学的解釈」(地質学論集第 59 号 83-92 ページ、2006 年 5 月）から追加検証を行っていた。



第 4 図. 仙台平野地下の海成沖積層の堆積相と同時間線（Tamura and Masuda, 2005 を改変）. 断面の位置は第 1 図 B に示す. 1～7 のコアの地点は, Tamura and Masuda (2005) を参照.

出典：地質学論集第 59 号：2006 年 5 月

図 4.11　仙台平野下の地層構成

本施設の位置は、上図に示すコア 1～2 の範囲に該当し、約 11,700 年前より古いとされる更新世の上端深度をプロットすると TP-24～-26m 程度となる。

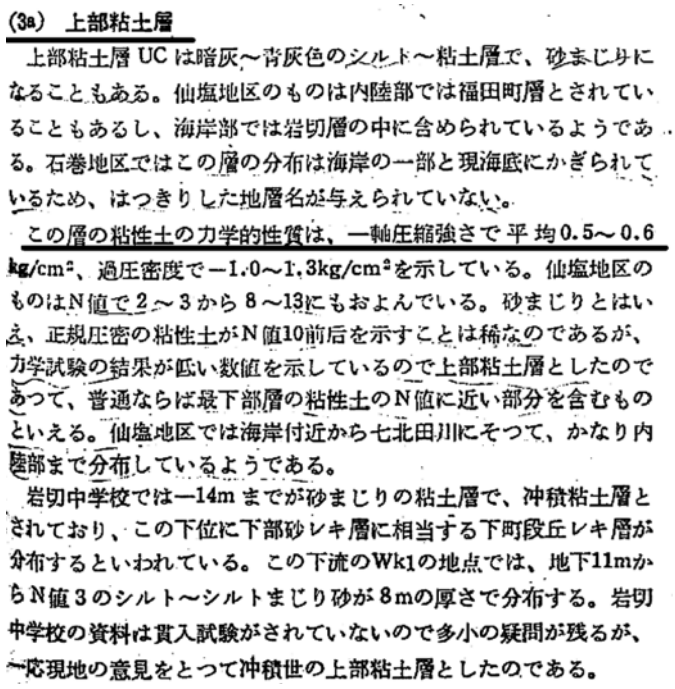
これに対し、粘性土層「Dc1 層」の分布深度は、既往調査（P.42, P.44参照）では TP-16～-29m 程度に分布し、設計時の調査（P.95～97参照）では TP-18～-29m 程度に分布しており、いずれも文献で示されている更新世の深度と重複している。

このように、設計当時の文献に示されている本現場付近における洪積層（約 11,700 年前の地層）の出現深度の範囲と、本現場の「Dc1 層」の分布範囲が正確に一致していないものの重複していたことから、当該粘性土層を「洪積層」と判断して問題ないものと考えていた。

3) 強度特性からの評価

【一軸圧縮強度】

「仙台湾臨海地区の地盤都市地盤調査報告書第 10 巻　建設省計画局/宮城県編」によると、沖積世（完新世約 1 万年前以降）の堆積物である上部粘性土層 UC の一軸圧縮強度は、平均 0.5～0.6kg/cm^2（50～60kN/m^2）という記載があり、当該地層が洪積層かどうかの判断には、土の強度特性（一軸圧縮強度）を用いていた。



(3a)　上部粘土層

上部粘土層 UC は暗灰～青灰色のシルト～粘土層で、砂まじりになることもある。仙塩地区のものは内陸部では福田町層とされていることもあるし、海岸部では岩切層の中に含められているようである。石巻地区ではこの層の分布は海岸の一部と現海底にかぎられているため、はっきりした地層名が与えられていない。

この層の粘性土の力学的性質は、一軸圧縮強さで平均0.5～0.6 kg/cm^2、過圧密度で−1.0～1.3kg/cm^{2}を示している。仙塩地区のものはN値で2～3から8～13にもおよんでいる。砂まじりとはいえ、正規圧密の粘性土がN値10前後を示すことは稀なのであるが、力学試験の結果が低い数値を示しているので上部粘土層としたのであって、普通ならば最下部層の粘性土のN値に近い部分を含むものといえる。仙塩地区では海岸付近から七北田川にそって、かなり内陸部まで分布しているようである。

岩切中学校では−14m までが砂まじりの粘土層で、沖積粘土層とされており、この下位に下部砂レキ層に相当する下町段丘レキ層が分布するといわれている。この下流のWk1の地点では、地下11mからN値3のシルト～シルトまじり砂が8mの厚さで分布する。岩切中学校の資料は貫入試験がされていないので多少の疑問が残るが、一応現地の意見をとって沖積世の上部粘土層としたのである。

出典：仙台湾臨海地区の地盤都市地盤調査報告書
第 10 巻　建設省計画局/宮城県編

本現場の粘性土層「Dc1 層」は、一軸圧縮強度 1.24～1.66kgf/cm^2（124～166kN/m^2）を示しており、文献に示されている沖積世（完新世）の堆積物である上部粘性土層の一軸圧縮強度よりかなり大きい。

一般的に、洪積層は沖積層に比べ、地質年代が古く、固結程度が高く、強度が大きいことから、本現場の当該粘性土層は沖積世（完新世）の堆積物ではないものと判断していた。

（６）一軸圧縮強さｑｕおよび圧密降伏応力Ｐｃ

一軸圧縮強さはｑｕ＝1.66～1.24kgf/cm^{2}で，やはり砂分の影響によるものか，下部でやや小さな値を示す。しかし，同一深度での変化は少ない。

圧密降伏応力は，上・下部ともＰｃ≒3.0kgf/cm^{2}で，推定有効土被り圧ｒｚに比べて1.0～1.5kgf/cm^2（10～15tf/m^2）の過圧密状態と推測される。

出典：平成 4 年度 仙台市南蒲生下水処理場実施設計業務委託（地質調査）

表 4.3　土質試験結果一覧表（平成 4 年度調査）

土質試験結果一覧表（基礎地盤）

調査件名　南蒲生下水処理場　　整理年月日　　年　　月　　日

整理担当者

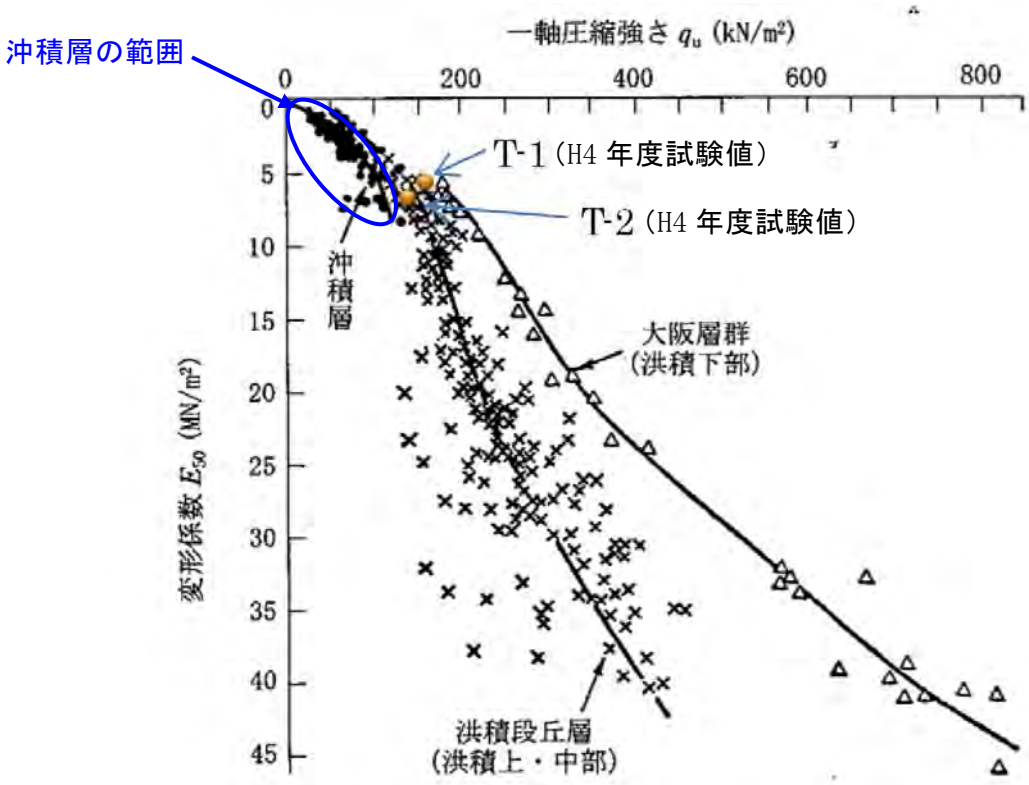
	試料番号（深さ）	NO.6 19.00-19.85	NO.6 22.00-22.85				
一般	湿潤密度 ρ_t g/cm³	1.614	1.663				
	乾燥密度 ρ_d g/cm³	1.008	1.104				
	土粒子の密度 ρ_s g/cm³	2.624	2.656				
	自然含水比 w_n %	60.1	50.6				
	間隙比 e	1.603	1.405				
	飽和度 S_r %	98.4	95.6				
粒度	礫分 2~75mm %	0.0	0.0				
	砂分 75μm~2mm %	6.9	20.4				
	シルト分 5~75μm %	68.2	63.2				
	粘土分 5μm未満 %	24.9	16.4				
	均等係数 U_c	-	-				
	曲率係数 U_c'	-	-				
		2.0	2.0				
コンシステンシー特性	液性限界 w_L %	91.5	45.1				
	塑性限界 w_p %	37.9	29.3				
	塑性指数 I_p	53.6	15.8				
分類	分類名	粘土	シルト[illegible]				
	分類記号	(CH)	(M[illegible]				
一軸圧縮	一軸圧縮強さ q_u kgf/cm²	1.660 1.450	1.240 1.440				
三軸圧縮	試験条件						
	全応力 c kgf/cm²						
	全応力 ϕ 度						
	有効応力 c' kgf/cm²						
	有効応力 ϕ' 度						
圧密	圧縮指数 C_c	1.02	0.62				
	圧密降伏応力 p_c kgf/cm²	3.03	3.05				

出典：平成 4 年度 仙台市南蒲生下水処理場実施設計業務委託（地質調査）

【一軸圧縮強度と変形係数の類似性】

先述の一軸圧縮強度からの評価のみならず、変形係数との関係から、文献に示されている洪積層との類似性を確認していた。

下図は、文献に示された一軸圧縮強さと変形係数の関係の散布グラフである。この図より、沖積層は一軸圧縮強さ qu<100kN/㎡、E_{50}＜10MN/㎡の範囲にあるとしており、本現場での試験値(平成 4 年度試験値)をプロットすると、洪積層と近似していることが確認できたため、当該粘性土層を洪積層として判断していた。



「地盤断面図の読み方と作り方」p.15　平成 17 年 12 月　地盤工学会

図 4.12　変形係数と一軸圧縮強さ関係図

【粘性土の力学的性質】

一般に、洪積層は沖積層に比べて硬いことが知られている。

設計時には、粘性土層「Dc1 層」の一軸圧縮強度の既存データ（平成 4 年度試験値）の平均値から「硬い」粘性土に該当するものと考え、「圧密沈下検討は沖積粘性土層を対象とし、洪積粘性土層は一般に無視しうる」との解説がある「H19JS 指針」に準拠することは問題ないと判断していた。

表 4.4　粘性土の力学的性質

区　分	*N* 値	一軸圧縮強さ (kN/m^2)	変形係数 (N/mm^2)	現　場　観　察
非常に軟らかい	2	～35	4.0	こぶしが容易に 10 数 cm 入る
軟　ら　か　い	2～4	35～70	2.0～8.0	親指が容易に 10 数 cm 入る
中　位　の	4～8	70～140	4.0～10.0	努力すれば親指が 10 数 cm 入る
硬　　い	8～15	140～280	10.0～20.0	親指で凹ませられるが，突っ込むことは大変である
非常に硬い	15～30	280～	20.0～50.0	爪で印がつけられる
大　変　硬　い	～30		50.0～	爪で印をつけるのが難しい

［出典：平岡成明；地盤改良工法，p. 22，2003 年 5 月，山海堂（加筆修正）］

平成 23 年度設計：　145 kN/m^2（124～166kN/m^2）※既存データを利用

4) **まとめ**

大規模施設を一体的かつ短期間に設計・施工を行うような事業は、国内ではこれまでに経験したことがないことから、通常と同様の手法として、粘性土層「Dc1層」については、下記に示す事項を総合的に判断し、当該地層を「洪積層」として評価し、洪積粘性土層の圧密沈下は一般に無視しうるとの記載がある「H19JS指針」が適用可能であるものとしていた。

・本現場内の既往調査資料

本現場内で実施した平成4年度地質調査報告書によると、出現深度や圧密特性から当該粘性土層を「洪積層」として定義しており、さらに平成6年度地質調査報告書においても同様な定義がなされていた。

このため、設計時においても、本現場内の既往調査による地層の定義を重視していた。

・文献からの出現深度

設計時には、既往調査の地層の定義について、洪積層・沖積層の境界は約11,700年前の完新世と更新世の境界に変更されていることを確認し、その年代付近では粘性土層の上部に砂層が堆積する年代であることと、文献に示されている出現深度と本現場での分布範囲が概ね合致することを確認していた。

・強度特性

設計時には、仙台港付近の沖積粘性土の一軸圧縮強度の平均値は 50～60kN/㎡と記された文献があり、本現場の試験値（平成4年試験値：124～166kN/㎡）はこれを大幅に上回っているため、明らかに強度特性は沖積層と異なることを確認していた。

また、文献に示されている一軸圧縮強度と変形係数の相関グラフから、洪積層に近似していることを確認し、かつ一軸圧縮強度から「硬い」粘性土と判断していた。

4.2.3 現時点での粘性土層の再評価

1) 強度特性からの再評価

【沈下が顕在化した後の地質調査結果からの評価】

設計時は、粘性土層「Dc1 層」の試験結果は、汚泥処理側の既往調査結果（平成 4 年試験値：124～166kN/㎡）を用いているため、沈下が顕在化した後の地質調査では新設水処理側にて改めて調査を行っている。

沈下が顕在化した後の地質調査によると、粘性土層「Dc1 層」の試験結果より、一軸圧縮強度は 131～175kN/㎡までの値を示しており、既往調査結果よりも若干大きい数値を示しているが、これは沈下の進行による影響も考えられる。また、先述の文献に示されている沖積粘性土層の一軸圧縮強度（平均 50～60kN/㎡）よりはかなり大きい。

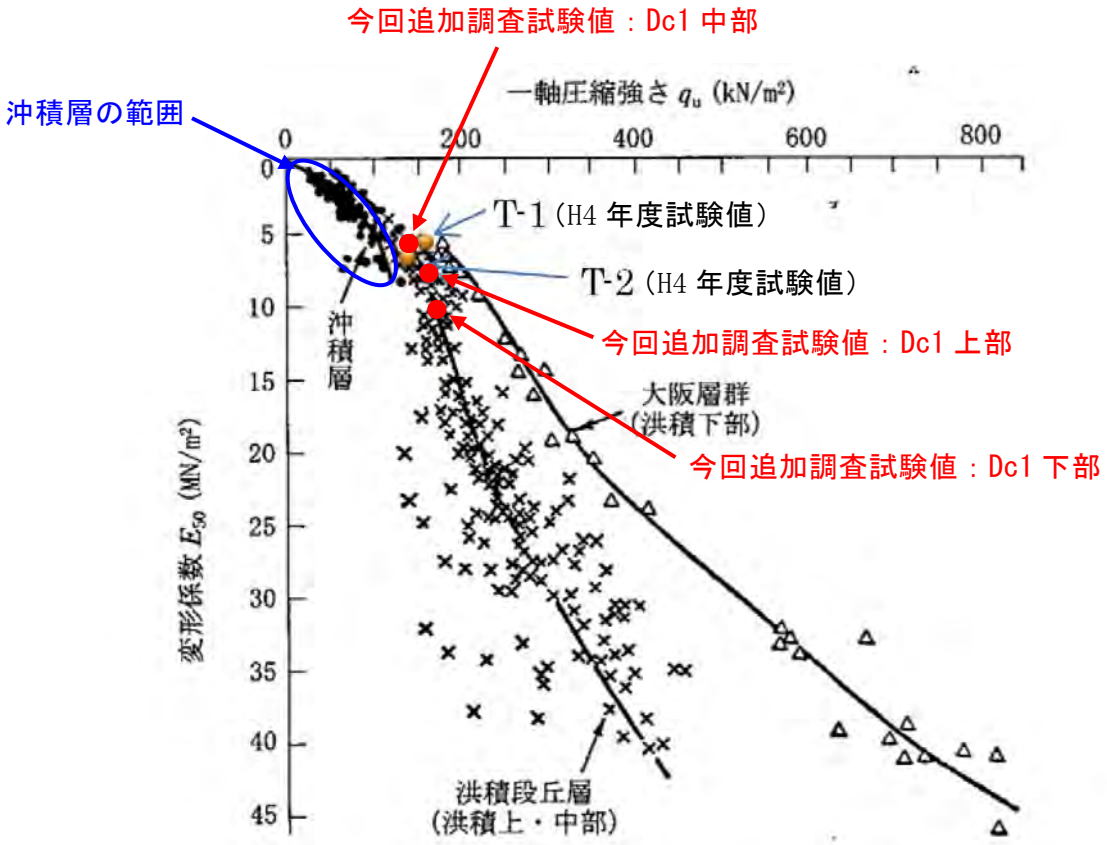
一軸圧縮強度は、構造物築造後の調査結果ではあるものの、明らかに沖積層とは異なる数値を示しており、設計時の判断を肯定する内容と言える。

表 4.5　沈下が顕在化した後の地質調査による Dc1 層の試験結果一覧

項　目		Dc1 上部 平均値	Dc1 中部 平均値	Dc1 下部 平均値	Dc1 平均値
湿 潤 密 度 ρt	(g/cm^3)	1.641	1.657	1.744	1.682
自然含水比 Wn	(%)	56.4	55.4	43.9	52.1
間　隙　比 e		1.519	1.491	1.203	1.403
土粒子の密度 ρs	(g/cm^3)	2.640	2.646	2.650	2.645
一軸圧縮強さ qu	(kN/m^2)	172.3	137.5	175.0	161.6
		164.5	131.7	168.5	154.9
変形係数　E50	(MN/m^2)	5.4	5.7	10.5	7.2
		7.0	4.3	7.0	6.1
粘　着　力 C	(kN/m^2)	79.6	98.0	87.9	88.3
内部摩擦角　φ	(°)	0.0	0.0	0.0	0.0

【一軸圧縮強度と変形係数の類似性】

文献に示された一軸圧縮強さと変形係数の関係の散布グラフにおいて、本現場での試験値（平成 4 年度試験値）及び沈下が顕在化した後の地質調査での試験値（131～175kN/㎡）をプロットすると、いずれも洪積層の範囲に近似しており、設計時の判断を肯定する内容と言える。



「地盤断面図の読み方と作り方」p.15　平成 17 年 12 月　地盤工学会

図 4.13　変形係数と一軸圧縮強さ関係図

【粘性土の力学的性質】

沈下が顕在化した後の地質調査結果から得られた一軸圧縮強度の下限値をみると、「中位の」粘性土に該当し、かつ表 4.5に示す変形係数からも同様な評価となることから、粘性土層「Dc1 層」は、直接基礎構造物としての安全性を考えると、慎重に判断すべき地層であったと言える。

（再掲）粘性土の力学的性質

区　分	*N* 値	一軸圧縮強さ (kN/m²)	変形係数 (N/mm²)	現　場　観　察
非常に軟らかい	2	～35	4.0	こぶしが容易に 10 数 cm 入る
軟らかい	2～4	35～70	2.0～8.0	親指が容易に 10 数 cm 入る
中　位　の	4～8	70～140	4.0～10.0	努力すれば親指が 10 数 cm 入る
硬　　い	8～15	140～280	10.0～20.0	親指で凹ませられるが，突っ込むことは大変である
非常に硬い	15～30	280～	20.0～50.0	爪で印がつけられる
大変硬い	～30		50.0～	爪で印をつけるのが難しい

［出典：平岡成明；地盤改良工法，p. 22，2003 年 5 月，山海堂（加筆修正）］

平成 28 年度調査：　153 kN/m² （131～175kN/m²）

【近傍の洪積粘性土層からの評価】

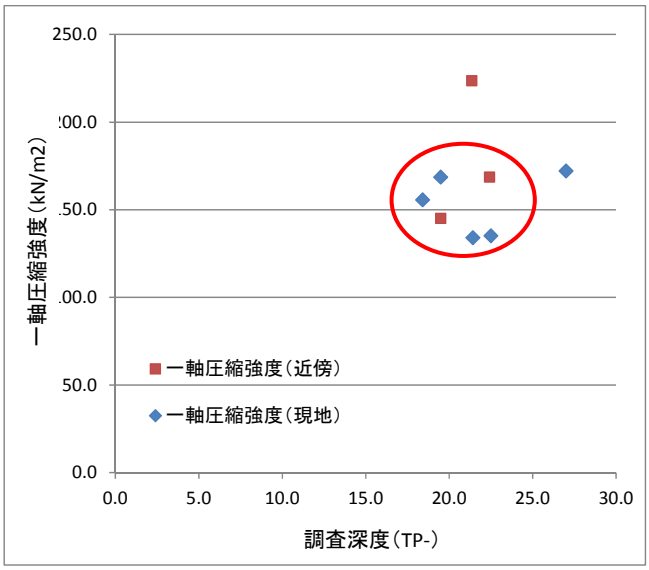
平成 4 年度の調査結果及び沈下が顕在化した後の今回調査結果（平成 28 年度）から得られた粘性土層「Dc1 層」の試験結果（N 値、一軸圧縮強度、圧密降伏応力）と、本現場近傍の仙台港周辺の「洪積粘性土層」のサンプルについて、以下表及びグラフにまとめた。

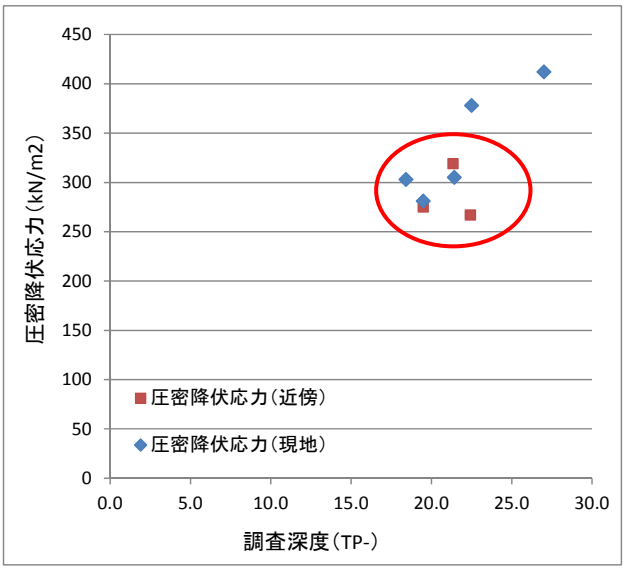
本現場における試験値と、近傍の洪積粘性土の試験値を比較すると、両者の出現深度は同程度であり、N 値・一軸圧縮強度・圧密降伏応力も類似性が高く、本現場の当該粘性土層を洪積層として判断可能な性状を示しており、設計時の判断を肯定する内容と言える。

表 4.6　近傍の洪積層との試験値一覧（Dc1 層の試験結果）

調査資料		調査深度 (TP.-)	N値	一軸圧縮強度 (kN/m^2)	圧密降伏応力 Pc (kN/m^2)
平成4年度調査	汚泥処理施設側	18.0 ～ 18.84	6	166 145	303
		21.0 ～ 21.84	5	124 144	305
今回調査結果（平成28年度）	Dc1上部平均値	18.0 ～ 21.0	6	165 172	281
	Dc1中部平均値	21.0 ～ 24.0	3	132 138	378
	Dc1下部平均値	26.5 ～ 27.5	2	169 175	412
その他調査結果 洪積粘性土Dc1	サンプルA	19.0 ～ 20	6	142 148	275
	サンプルB	21.0 ～ 21.7	5	233 214	319
	サンプルC	22.0 ～ 22.85	5	164 173	267

※サンプルA:平成10年度、サンプルB：平成12年度、サンプルC：平成17年度





2) **本現場近傍の地質調査結果からの評価**

【平成 24 年度第 3 南蒲生幹線実施設計時の調査】

平成 24 年度に行われた第 3 南蒲生幹線詳細設計業務(仙台市)の地質調査では、当該地層を「洪積粘性土層」(Dc1 層) として評価しており、本現場の設計時の地層判断と同様な評価がなされており、設計時の判断を肯定する内容と言える。

No.11 調査結果総括表

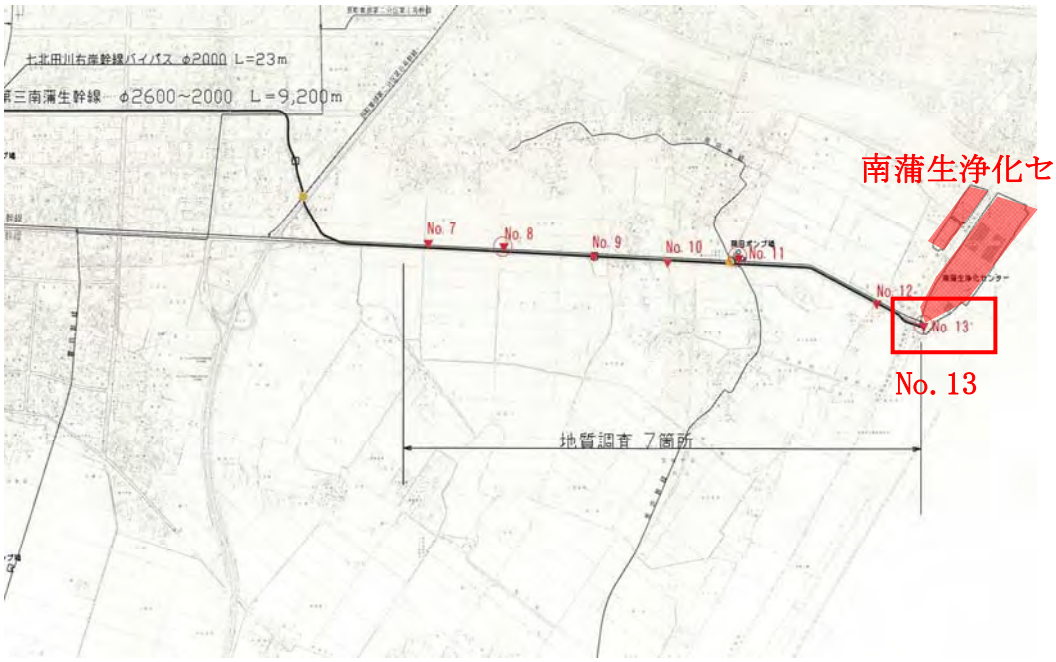
掘進長 30.45m	孔口標高 1.38m	孔内水位 GL-1.75m

柱状図	地層区分	土質名	層厚	N値 (設計N値)	単位体積重量 γt(kN/m3)	粘着力 c(kN/m2)	内部摩擦角 φ(°)	変形係数	細粒分含有率 Fc(%)	塑性指数 Ip(%)	透水係数 (cm/sec)
	B	盛土(礫混じり砂)	1.80	8	18.5	0	32	5600	—	—	—
	Ac1	砂混じり有機質粘土	0.75	2	16.5	32.3	0	870	—	—	—
	As1	細~中砂 細砂	15.20	26	18.0	0	36	4400 15000	2.4~7.2	—	5.40E-04
	Dc	砂混じりシルト	4.15	6	15.5	60.1	0	9000	94.7	—	—
	Ds	シルト混じり細砂	2.60	23	17.5	0	33	16000	—	—	—
	Dg	砂礫 (粘土)	5.95	45	20.5	0	36	31000	—	—	—

Dc1 層の出現深度：TP-18m程度

図-5.7 NO.11 地盤定数表

出典：平成 24 年度第 3 南蒲生幹線詳細設計業務（仙台市より借用）



No.13 調査結果総括表

掘進長 38.35m	孔口標高 3.48m	孔内水位 GL-3.80m

柱状図	地層区分	土質名	層厚	N値（設計N値）	単位体積重量 γt(kN/m3)	粘着力 c(kN/m2)	内部摩擦角 φ(°)	変形係数	細粒分含有率 Fc(%)	塑性指数 Ip(%)	透水係数 (cm/sec)
	B	盛土(礫混じり砂質粘土)	1.90	8	18.5	0	32	5600	–	–	–
	Ac1	砂混じり粘土	2.05	2	16.5	32.3	0	870	87	–	–
	As1	細～中砂 細砂	17.05	26	18.0	0	36	15000	7.2～9.8	–	4.60E-04
	Dc	シルト質粘土 砂質シルト 砂混じり粘土	8.80	6	15.5	60.1	0	9000	99.4	–	–
	Ds	細砂 礫混じり粘土質砂	4.90	23	17.5	0	33	16000	–	–	–
	Dg	砂礫	3.65	45	20.5	0	36	31000	–	–	–

Dc1 層の出現深度：TP-18m程度

洪積層として評価

図-5.8 NO.13 地盤定数表

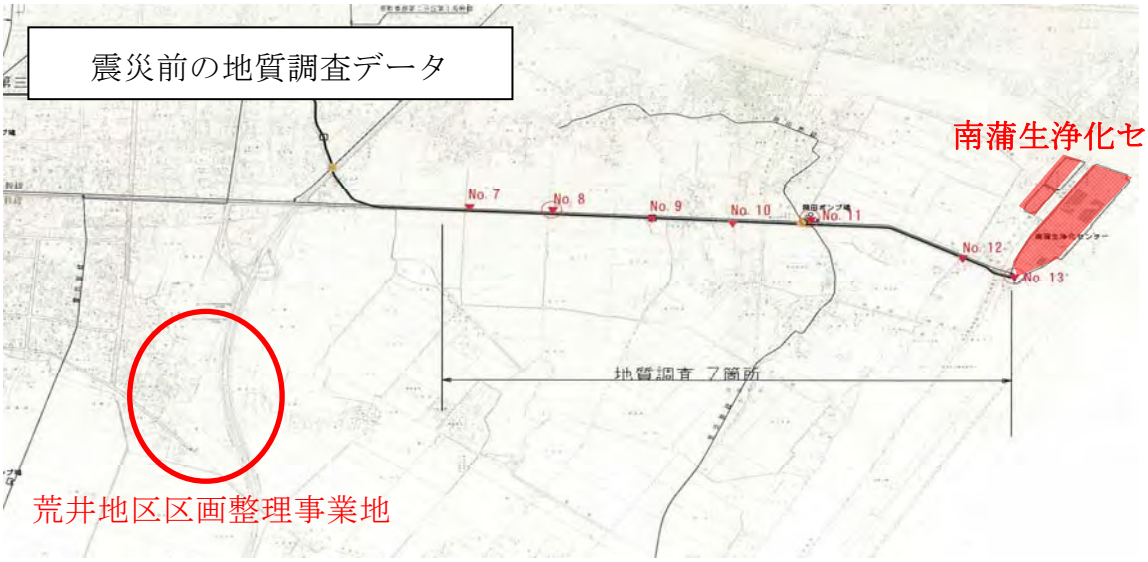
出典：平成 24 年度第 3 南蒲生幹線詳細設計業務（仙台市より借用）

【荒井地区の区画整理事業に伴う調査】

仙台市では、震災前後の平成 22～23 年にかけて、本現場に比較的近い荒井地区の区画整理事業に伴い実施された地質調査報告内容が公表されている。

これより、本現場との地質層序や洪積粘性土の出現深度には類似性があり、粘性土層「Dc1 層」を洪積層とする設計時の判断を肯定する内容と言える。

なお、「Dc1 層」の出現深度は、海側に位置する本現場（TP-20m 程度）の方が深い傾向を示しているが、このことは文献にも示されているとおりである。



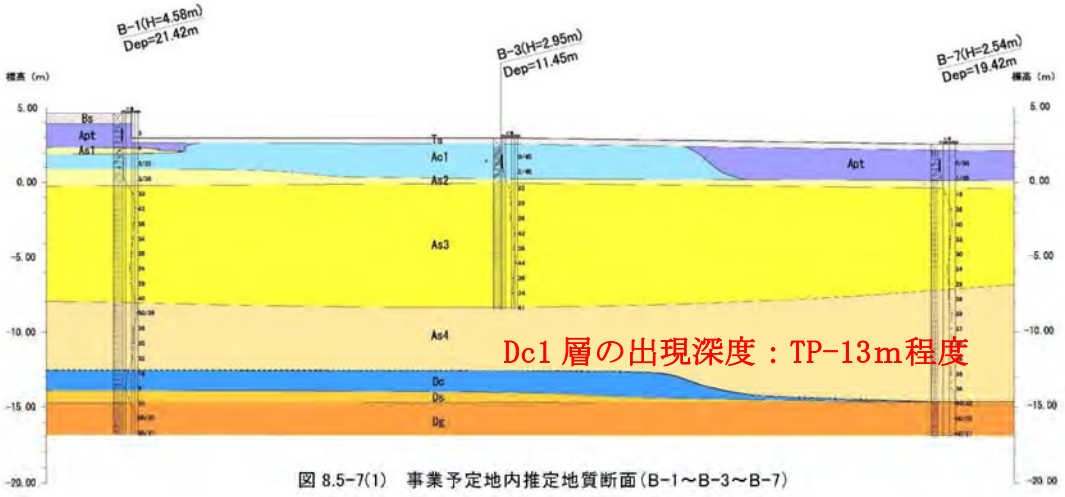
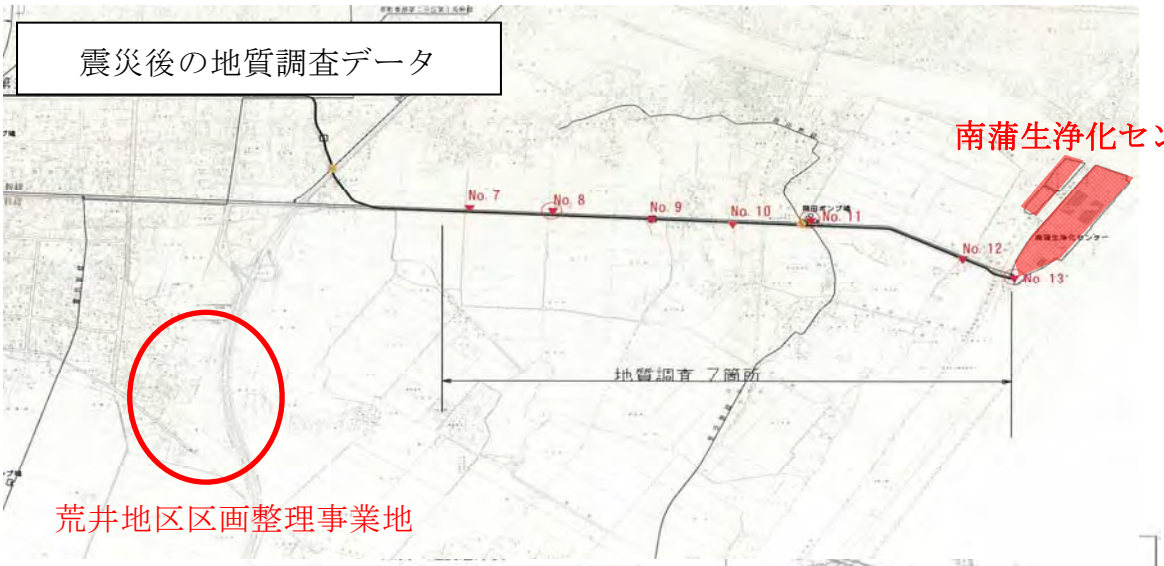


図 8.5-7(1) 事業予定地内推定地質断面（B-1～B-3～B-7）

出典：仙台市ホームページより引用



地質時代		地質名		記号
第四紀		盛土		Bs
		表土		Ts
	完新世	沖積層	有機質土	Apt
			砂質土 1	As1
			粘性土 1	Ac1
			砂質土 2	As2
			砂質土 3	As3
			砂質土 4	As4
	更新世	段丘堆積層	粘性土 2	Dc
			砂質土 5	Ds
			砂礫 1	Dg

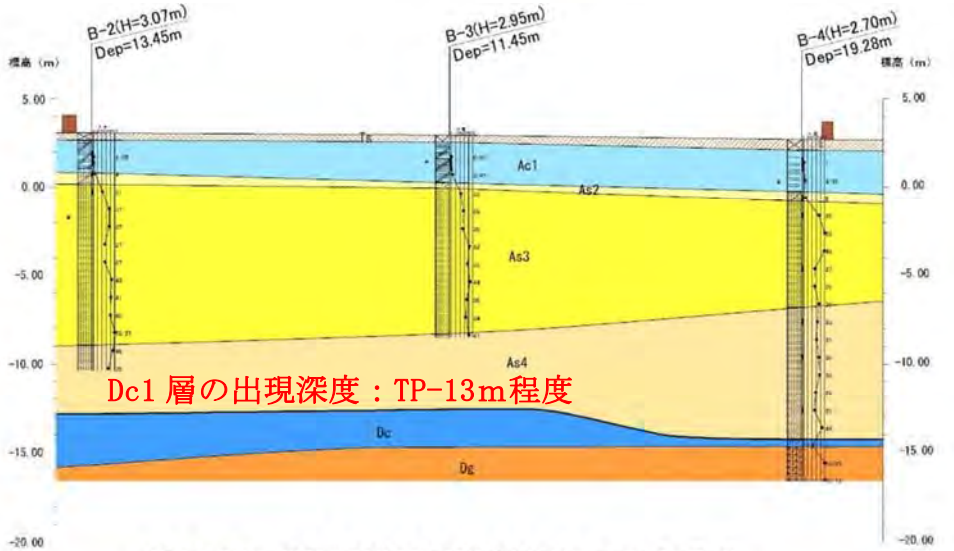


図 8.5-7(2)　事業予定地内推定地質断面（B-2～B-3～B-4）

出典：仙台市ホームページより引用

3) **まとめ**

設計では、粘性土層「Dc1 層」を「洪積層」として評価していたが、改めて今回の地質調査結果等を踏まえた再評価を行った。

この結果、下記事項から総合的に判断すると、強度特性としては慎重な判断が求められるものの、近傍での地層評価や洪積粘性土との性状比較を踏まえると、当該粘性土層を「洪積粘性土層」とした設計時の判断が完全に否定されるものではないと考えられる。

・強度特性

仙台湾付近の沖積粘性土の一軸圧縮強度の平均値は 50～60kN/㎡と記された文献があり、本現場の試験値（131～175kN/㎡）はこれを大幅に上回っているため、明らかに強度特性は沖積層と異なっている。

さらに、文献に示されている一軸圧縮強度と変形係数の相関グラフから、沖積層とは異なる性質を示している。

・本現場近傍の洪積粘性土

本現場近傍の仙台港付近における洪積粘性土の調査実績を見ると、出現深度は-20m 付近、N 値は 5～10 程度、一軸圧縮強度 142～233kN/㎡、圧密降伏応力 267～319 kN/㎡となっており、本現場内の粘性土層「Dc1 層」と同等の地質特性となっている。

また、文献に示されている一軸圧縮強度と変形係数の相関グラフから、洪積層に近似していることが確認できるが、今回の土質試験による一軸圧縮強度や変形係数からは「硬い」粘性土と判断するには至らず、より慎重な判断が必要な地層であったと思われる。

・本現場近傍の地質調査結果

本現場から約 3.5km ほど内陸側にある区画整理事業で実施した地質調査結果によると、地質層序や粘性土層「Dc1 層」の出現深度（TP-13m付近）は、本現場との類似性が高いと言える。

さらに、本現場内の南端付近へ接続する汚水幹線設計での地質調査結果によると、当該粘性土層を洪積層として評価しており、その出現深度は TP-18m 程度を示している。

4.3 設計地下水位

設計地下水位は、設計当時実施したボーリング孔内の自然水位観測データに基づき設定していた。設定理由は以下のとおり。

- 水位観測結果によれば、各調査地点で水位の上下動がみられ、潮汐の影響を非常に大きく受けやすい特徴があった。
- 潮位は、朔望平均満潮位（偏差を考慮）で+1.605m となっており、孔内自然水位の観測データも同様なレベルまでの水位上昇がみられていた。
- 孔内自然水位は上下 1.0m 程度の範囲内で水位変動がみられていた。

これらの孔内水位の経時変化の調査結果から、潮位の影響による変動を考慮して設計地下水位を「TP＋2.0m」と設定していた。

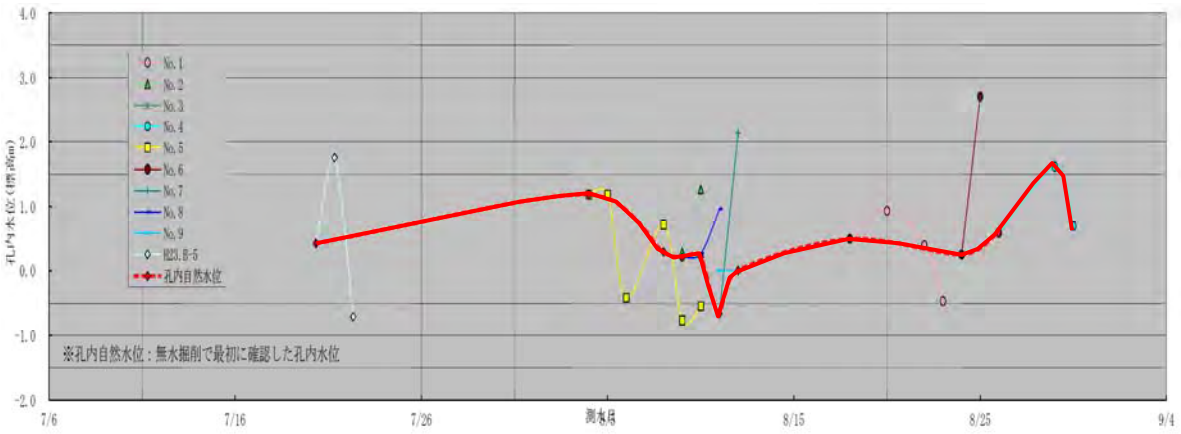


図 4.14　設計時の地下水位観測データ

4.4 地盤支持力

各施設の接地圧は、各通り芯における軸力計算値（常時・完成時・満水）の最大値を採用していた。

これに対し、地耐力は、各施設の底盤位置の土質条件より、地盤の許容支持力を算定し、接地圧以上の強度が期待できることを確認していた。

表 4.7　新設水処理施設の接地圧・地盤支持力

施設名		最大接地圧kN/m^2（特記仕様書）	支持力計算		備考
			評価値	計算値	
最初沈殿池	1系	249.4	400.0	1,601.3	
	2系		400.0	1,601.3	
反応タンク	1系	306.4	400.0	1,987.7	
	2系		400.0	1,987.7	
最終沈殿池	1系	308.7	400.0	2,051.7	
	2系		400.0	2,047.6	
P送風機棟		267.1	400.0	590.8	
沈砂池棟		234.4	400.0	621.2	
主流入ゲート棟		353.4	400.0	1,177.5	

4.5 沈下量

4.1に示したように、設計では「H19JS 指針」に準じ、粘性土層「Dc1 層」は洪積層であるという判断から、即時沈下のみを対象に検討を行っており、各施設の即時沈下量は許容値 10cm 以内であることを確認のうえ進めていた。

表 4.8　施設別の即時沈下量

施設名	即時沈下量（cm）
最初沈殿池	4.6
反応タンク	5.0
最終沈殿池	3.8
主流入ゲート棟	1.4
沈砂池棟	2.6
ポンプ送風機棟	3.8

即時沈下計算より結果のみ引用

5.4.2 基礎の許容沈下量

(1)許容最大沈下量は，10cm を目安とする。

(2)許容相対沈下量（傾斜角）は以下の値を目安とする。

ラーメン構造	2／1000 (rad)
壁 式 構 造	1／1000 (〃)

【解説】

(1)について

許容最大沈下量 10cm は，圧密沈下のみが予測される地盤では圧密沈下量に対して，即時沈下のみが予測される地盤では即時沈下量に対して，それぞれに適用するものであり，圧密沈下と即時沈下の双方が予測される地盤条件の場合は合計値に対して適用する。

構造的に問題となるのは最大沈下量よりむしろ不同沈下量である。しかし，不同沈下の実用的な算式は，まだ確立されているとは言えない。そこで不同沈下量は，一般に最大沈下量が大きい程大きくなるという傾向があることから，便宜的に最大沈下量をもって基礎設計の基準とすることとし，下水道施設の機能に与える影響，構造物本体に与える影響等を踏まえ，許容最大沈下量を標記のとおり規定した。

なお，標記の許容値は目安としての値であり，設計計画段階で予測される最大沈下量が標記の値を下回るとしても，機能上関係のある施設との相対沈下量の面で障害を生ずることが懸念される場合はその対策を検討しなければならない。

(2)について

許容相対沈下量については，日本建築学会の「建築基礎構造設計指針；2001 年及び平成元年 1 月」を参考として規定した。

許容相対沈下量に関しても，標記の値は目安としての値であり，設計計画段階で予測される相対沈下量が標記の値を下回るとしても，通水機能等の面で障害を生ずることが懸念される場合はその対策を検討しなければならない。

なお，フローティング基礎等の特殊な場合については，本条の規定に従わず，設計担当者の判断に従うものとする。

出典：構造物設計指針・基礎構造編（日本下水道事業団　平成 19 年 4 月）

4.6 地盤改良の選定

4.6.1 選定理由

本設計では、基礎形式として、「直接基礎＋地盤改良」を採用し、良好な地盤と判断できるN値30程度が連続する地盤に支持させ、N値が不足している部分について地盤改良を採用していた。

これは、躯体の根入れは比較的強固なAs2層になるものの、As2層内のN値にばらつきがみられたためである。

・ 改良厚

底盤下からN値30程度が発現する位置までを地盤改良としていた。

・ 改良方法

浅層混合（バックホウ混合）での地盤改良とし、セメント混合量は 100kg/m^3 とした。また、既設躯体下部にある既設杭については撤去せず、杭残置のままバックホウ混合にて実施する方針としていた。これは、既設杭撤去によって改良体下部の土質が乱れ、原地盤の支持力低下が懸念されたためである。

工　法		バックホウ混合工法	トレーダー工法	スタビライザー混合工法
概　要		改良対象土上に固化材を散布し、バックホウを用いて固化材と土砂の撹拌混合を行う。	トレンチャー型撹拌混合機を装備した地盤改良専用機を用いて、トレンチャーに装着された撹拌翼で現位置土を切削し固化材と混合撹拌する。	改良対象土上に固化材を散布し、スタビライザーを用いて現位置土を所定深度まで掘り起こすとともに、固化材と混合撹拌を行う。
適応深度	施工可能深度	2.0m（1改良層厚） （最大2.0m毎の複数層施工可能）	5.0m（ﾍﾞｰｽ機0.8m3級） ～13m（ﾍﾞｰｽ機1.9m3級）	0.6m（一般） 1.2m（最大）
	当工事施工深度	1.7m～3.5m		
	判定	○	○	×（施工不可能）
工程	施工歩掛り	150m3/日（稼働6時間）	170m3/日（稼働6時間） ※支持地盤着底型	790m3/日（稼働6時間） ※改良H=1.0m
	所要施工日数 対象範囲 15,000m3 （3セット施工）	33日	30日	―
	判定	△	○	―
コスト	施工単価 （直工） （固化材料費：別）	1,200円／m3	3,500円／m3	（800円／m3）
	施工費 対象範囲 15,000m3	18,000千円	52,500千円	―
	判定	○	×	―
総合評価		トレーダー工法に比べて、コスト面で圧倒的に有利である。	バックホウ混合工法に比べて、施工速度は有利であるが、工程的に有意な差はない。	当工事の施工深度に対応出来ない。
		○	△	×

4.6.2 セメント改良率

設計では、各施設位置での現地配合試験がない状況で積算するため、想定にあたり、地盤改良マニュアル（セメント協会）やメーカーカタログを参考とし、固化材配合量を 100kg/m^3 程度と想定していた。

このとき想定したセメント混合率に対する改良地盤の一軸圧縮強度（現地での発現強度）は、各施設の接地圧に余裕を考慮し、かつ施工のばらつきを考慮した安全率を乗じ、1500kN/㎡程度を想定していた。

(1500kN/㎡の根拠)

各施設の接地圧は約 270～350kN/㎡となっており、浅層改良の場合の現場/室内強さ比より 0.3(安全側)より、350/0.3＝1166 kN/㎡となるが、現場条件等の安全を考慮して設計時は 1500kN/㎡程度を想定していた。

セメント系固化材による地盤改良マニュアル（セメント協会）の抜粋

灰質粘性土および有機質土)にセメント系固化材と普通ポルトランドセメントを添加したときの添加量と一軸圧縮強さの関係を表わした例が図-2.8～2.12 である．セメントによる固化処理の改良効果は砂質系の土が最も大きく，シルト → 粘性土 → 火山灰質粘性土 → 有機質土の順で低下していく傾向にある．一方，セメント系固化材の改良効果を普通ポルトランドセメントと比較すると，改良効果の差が最

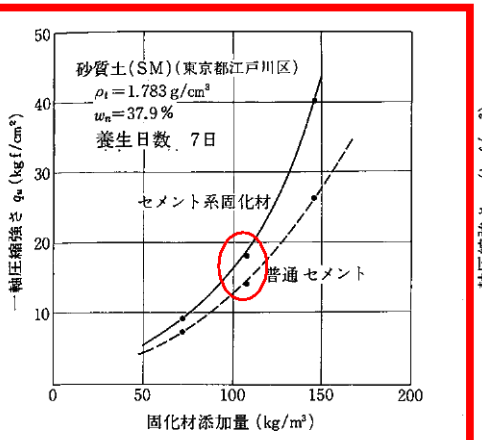


図-2.8 砂質土に対する固化材添加量と一軸圧縮強さ

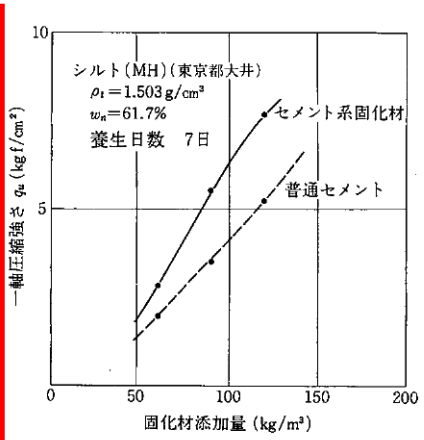


図-2.9 シルトに対する固化材添加量と一軸圧縮強さ

5 施工時の考え方

施工段階において、施設の沈下に関連すると考えられる下記の内容について、施工状況等を改めて整理し、沈下との関係や影響について以下に示す。

①設計照査　②水替え工　③平板載荷試験
④地盤改良工　⑤仮設斜路設置工　⑥施工時の対応

5.1 設計照査

施工着手前、施工途中における設計照査の内容について以下に示す。

a) 土木工事一般仕様書及び工事請負契約書の契約条項

1) 土木工事一般仕様書 土木工事必携（平成 24 年度版）

第 103 条「設計図書の照査等」第 2 項に、「受注者は施工前及び施工途中において、自らの負担により契約書第 18 条第 1 項第 1 号から第 5 号に係る設計図書の照査を行い、該当する事実がある場合は、監督職員にその事実が確認できる資料を文章により提出し、確認を求めなければならない。」と記載がある。

2) 工事請負契約書

第 18 条第 1 項には、「工事の施工に当たり、次の第 1 号から第 5 号に該当する事実を発見した時には、監督職員に通知し、確認を請求しなければならない。」との記載がある。第 1 号から第 5 号は以下のとおり。

一. 図面、仕様書、現場説明書及び現場説明に対する質問回答書が一致しないこと。
二. 設計図書に誤謬又は脱漏があること。
三. 設計図書の表示が明確でないこと。
四. 工事現場の形状、地質、湧水等の状態、施工上の制約等設計図書に示された自然的又は人為的な施工条件と実際の工事現場が一致しないこと。
五. 設計図書で明示されていない施工条件について予期することのできない特別な状態が生じたこと。

これらに準拠し、設計照査を実施した内容は以下のとおり。

なお、設計照査については、設計図書の誤謬、脱漏、不明確、現場条件との不一致等の他、設計条件、施工上の基本条件、基本設計検討書の精査(追加ボーリングの必要性、圧密沈下、液状化、地盤支持力)、設計計算書のインプット条件、アウトプット及びこれらの計算結果が設計図書へ的確に反映されているかを主に確認していた。

b) 設計地盤支持力

特記仕様書より、各施設の直接基礎で必要な地耐力は以下に示す値であり、この値を設計側に確認していた。

(a) ポンプ・送風機棟　267.1 kN/m^2
(b) 最初沈殿池　249.4 kN/m^2
(c) 反応タンク　306.4 kN/m^2
(d) 最終沈殿池　308.7 kN/m^2

c) 各施設における支持地盤と許容支持力の確認

砂質土層 As2、As3 を支持地盤としており、いずれの施設においても許容支持力 qa が十分大きいことを確認していた。

なお、道路橋示方書より、常時における最大地盤反力度の上限値として砂地盤は 400kN/m^2 とされているため、許容支持力がこれを超える数値は参考であると判断していた。

1) ポンプ・送風機棟

最も近傍となるボーリングデータ (No.5)の平均 N 値を採用しており、許容支持力 qa が十分に大きく、問題ないと判断していた。

採用支持層：砂質土層 (As2)
N 値＝28.5 (ボーリング No.5)
ϕ ＝42° (地質調査報告書 As2 層平均値)
許容支持力 qa＝　590.8kN/m^2　≧　267.1kN/m^2

2) 最初沈殿池

震災後の地質調査報告書（水処理ゾーン）平成 24 年 3 月より、近傍のボーリングデータ (No3,6,9) から各層の平均 N 値等の土質定数を算出した上で、最も小さい値を支持力の算出に使用しており、適切な判断であることを確認していた。

採用支持層：砂質土層 (As3)
N 値＝24 (ボーリング No.6)
ϕ ＝38° (地質調査報告書 As3 層平均値)
許容支持力 qa＝1,601kN/m^2≧　249.4kN/m^2

3）反応タンク

近傍のボーリングデータ（No.2,5,8)を採用しており、適切であることを確認していた。

採用支持層：砂質土層（As2）
N 値＝24（ボーリング No.2）
φ＝42°（地質調査報告書 As2 層平均値）
許容支持力 qa＝1,987.6kN/m^2≧　306.4kN/m^2

4）最終沈殿池

近傍のボーリングデータ（No.1,4,7)を採用しており、適切であることを確認していた。ただし、水槽部の底盤位置は Bn 層であり、支持層として適切でないため As2 層まで地盤改良を行うことを条件としており、As2 層を支持地盤としている。

採用支持層：砂質土層（As2）
N 値＝24（ボーリング No.1）
φ＝42°（地質調査報告書 As2 層平均値）
許容支持力 qa＝2,047.6kN/m^2≧　308.7kN/m^2

d)　地質調査報告書と設計条件について

1）地質調査報告書と設計条件の整合性

構造計算に関する地盤の設計条件は、地質調査報告書の内容が反映されており適切であることを確認していた。

2）支持層の選定

新設の水処理施設は直接基礎であるため、良質な地盤に支持させる必要がある。設計が準拠している「H19JS 指針」には、直接基礎は良質な地盤に支持させるとあり、良質な地盤とは砂層では N 値 30 程度であることと、液状化判定結果による土質低減係数 D_{E1} が 1.0 以上であることが示されている。

本構造物が支持層としている砂質土層 As2、As3 は概ね 30 程度の N 値を有しており、かつレベル 1 地震動における液状化判定による土質低減係数 D_{E1} が 1 以上である。

以上より、直接基礎の支持層としての条件を満足していると判断していた。

3) 地層の評価

新設の水処理施設は地下水位以下で構築するため、周囲を止水用の土留め鋼矢板にて締め切る計画となっている。この止水性を確保するためには不透水層である粘性土層「Dc1 層」への確実な根入れが肝要であり、大規模構造物築造にあたり、粘性土層「Dc1 層」の出現位置に着目し確認していた。

今回の新設水処理施設のために新規に調査されたボーリング数は 10 本で、調査間隔は約 100m となっている。このうち粘性土層「Dc1 層」の深度まで調査されているボーリング数は 3 本のみと少ない。しかしながら、既往の調査ボーリングが多数（20 箇所程度、粘性土位置が分かるのは 9 箇所）存在していること、海岸沿い平野部の立地であることも加味し、局所的な地盤変化はないと経験から判断して、地層構成、地質を評価するには適切であると判断していた。

また、支持層である砂質土層は新規ボーリングの値を用いており、地震後の地盤を適切に評価されていると考えたため、追加のボーリングは必要ないと判断していた。

なお、支持地盤下層の粘性土層「Dc1 層」については、基本設計検討書及び「H19JS 指針」を確認し、「一般に、洪積層の沈下は無視し得るものと考えられている」とあるため、洪積層の粘性土層は圧密沈下しないと判断していた。

4) 沈下の検討

最初沈殿池、反応タンク及び最終沈殿池は一連の構造計算書で設計されており、設計条件等が一貫して示されている。支持層の選定等の経緯については、基本設計検討書に示されており、これを以下のように確認していた。

水処理施設の基礎選定にあたり沈下の検討については、支持地盤の砂層は N 値 30 程度を有しており、砂質土層上部の N 値が若干小さい層においては地盤改良を施すことを理由に、妥当な判断であることを確認していた。

また、直接基礎のため、支持地盤である砂質層の弾性変形による即時沈下量の検討を確認し、構造物の出来形管理上、留意することとしていた。

なお、前記の地層の評価において、洪積層の粘性土層は圧密沈下しないと判断していたことから、圧密沈下の検討には至らなかった。

e) 現時点での評価

施工者としての設計照査において、沈下については問題ないと判断していたが、周辺他工事の情報収集・分析や追加ボーリング調査、設計への詳細ヒアリング実施等、地盤特性について慎重かつ詳細な照査を行っていれば沈下対策の検討も可能であったと思われる。

5.2 水替え工

5.2.1 設計

施工箇所は、地下水位が TP＋1.00m 付近であり、施工に伴う既存構造物の撤去、地山掘削、地盤改良、新設躯体の構築等において、周囲を仮設鋼矢板で囲われた約 60,000m^2 の施工区域でドライワークが可能な環境を整備することを目的に水替え工が計画されていた。

設計では釜場排水工を計画しており、仮設鋼矢板内の各所に水中ポンプを設置し地下水を排水するものであった。以下に釜場排水工の施工イメージを示す。

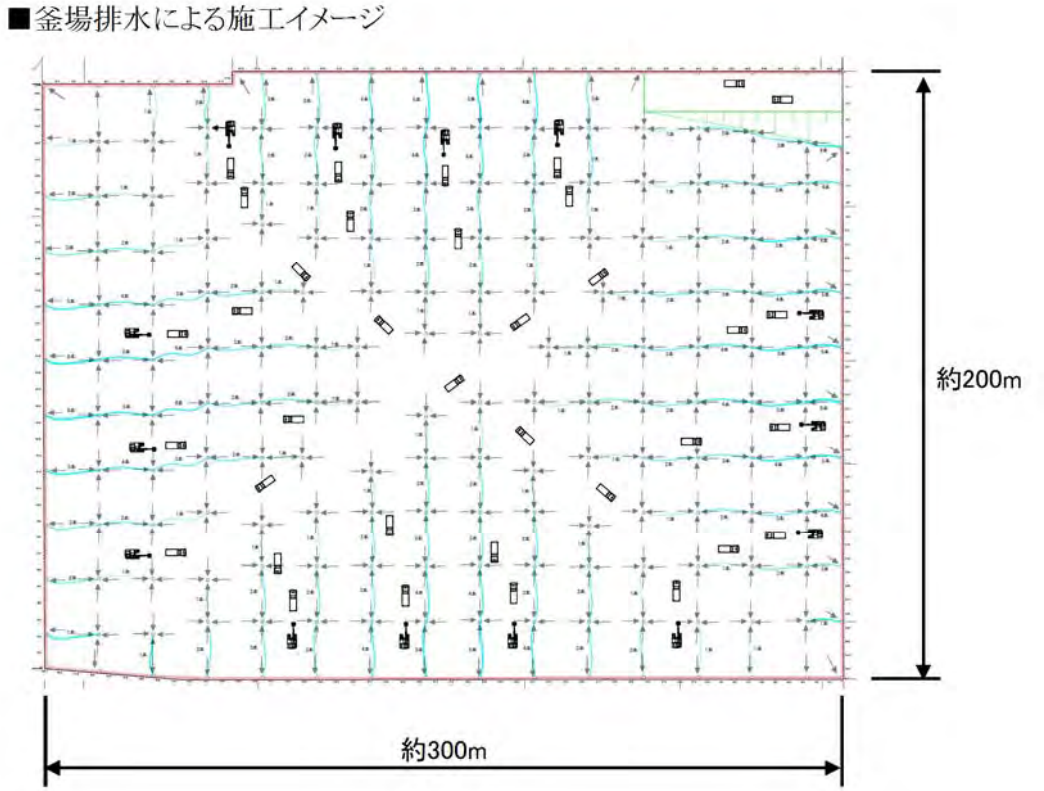


図 5.1　釜場排水による施工イメージ

5.2.2 施工方法の変更

広範囲な水替えを釜場排水工で行うためには、約 150 箇所以上の釜場が必要であると想定され、掘削の進捗に伴って何度も盛替え作業が必要であること、排水管や電気配線等が他作業の支障になること等を考慮し、施工方法の見直しが行われた。

釜場排水工、ウェルポイント工、ディープウェル工等との比較検討(工法の特徴、適用範囲、工期、工事費等)により、ウルトラディープ工法に変更されている。

・工法：ウルトラディープ工法

・特徴：通常のディープウェル工法（深井戸排水）に真空ポンプを組合せており、井戸 1 本当たりの水位低下効果範囲が広く、井戸本数を削減することが可能。本工事では、既設構造物を解体後に新設構造物を構築するため、井戸設置箇所が限られており、本数が削減できる同工法が効果的であった。次項にウルトラディープの配置図及び設置断面図を示す。

5.2.3 ウルトラディープの配置

躯体構築時に必要な地下水位低下深度は、最初沈殿池及びポンプ送風機棟の底盤最深部(TP-9.50m)となる。ここでのドライワークを目標として、必要な揚水量からウルトラディープの必要本数を算出し、6 箇所と決定していた。また、新設躯体と干渉せず、掘削、地盤改良等の作業動線を確保できる最適な位置を仮設鋼矢板の近傍に選定し、東西面に各 2 本、南北面に各 1 本を配置していた。次項にウルトラディープの施工仕様を示す。

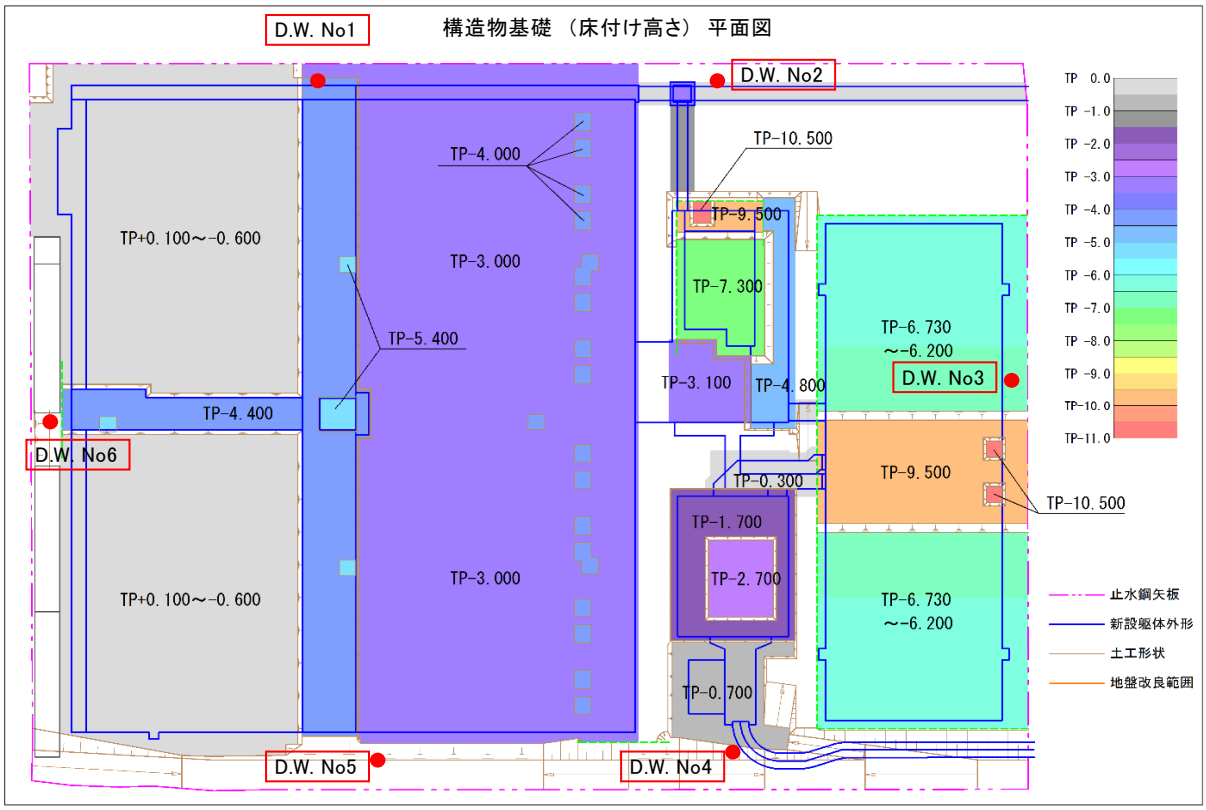


図 5.2　ウルトラディープ配置図

・ウルトラディープ施工仕様

・揚水ポンプ　　：　200V、150A×15kw×6 台、揚程 35m、揚水量　Q=1.5m^3/min

・バキュームポンプ　：　200V、7.5kw×3 台(揚水ポンプ 2 台につき、1 台使用)

・井戸鋼管　　：　STK400、400A、t=6.4mm

・特殊セパレータースクリーン　：　400～450A、スリット幅 1.0mm

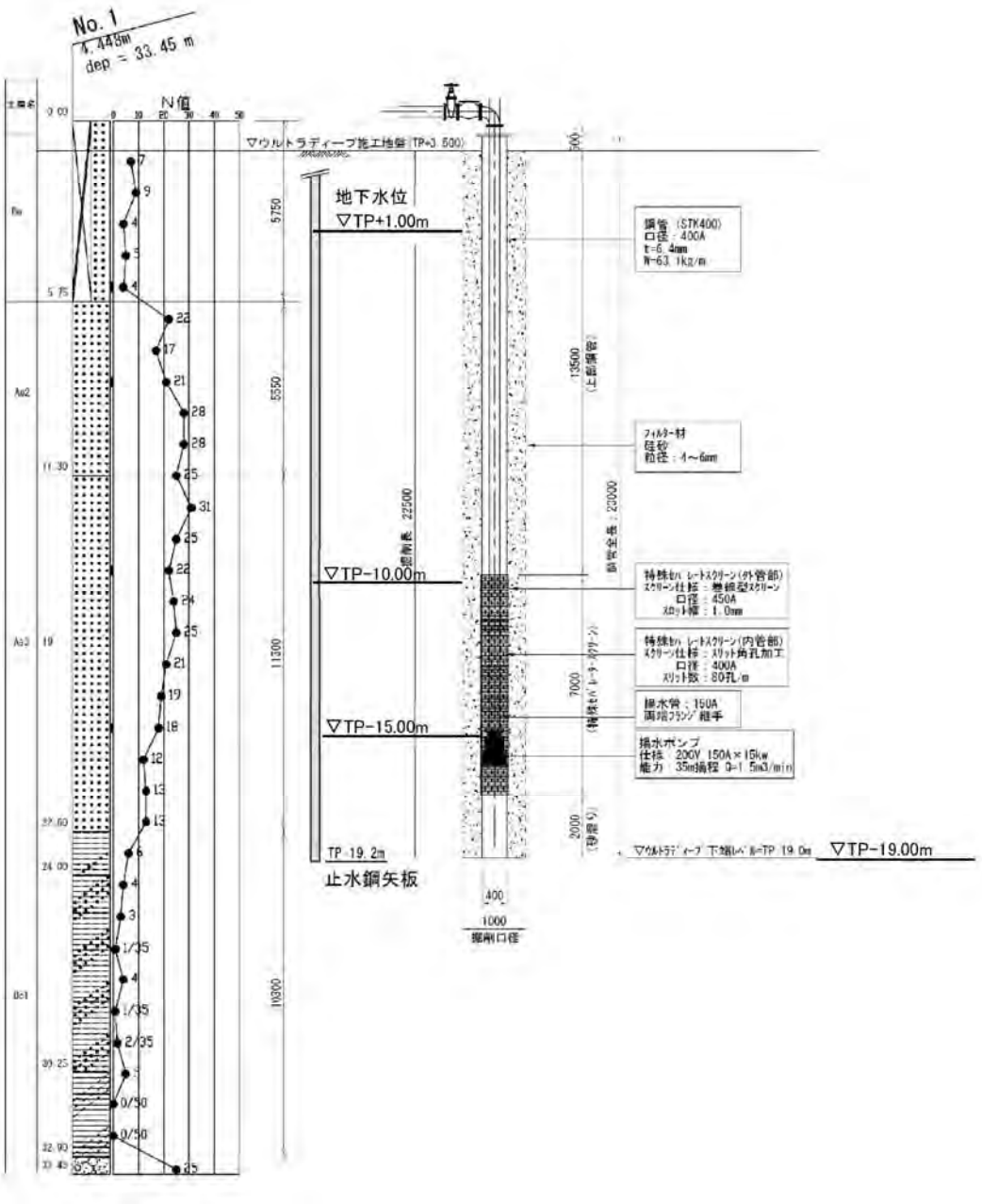


図 5.3　ウルトラディープ断面図

5.2.4 揚水量の確認

各ウルトラディープから揚水した地下水を 1 箇所のノッチタンクに集水し、タンク内の越流堰を利用した揚水量確認を行った。ポンプ運転開始直後は、2.0～3.5m³/分程度の揚水量があったが 3 ヶ月程度で安定し、以降は概ね 1.0m³/分にて揚水を継続していた。

表 5.1　ウルトラディープ稼動表

	平成24年				平成25年												平成26年												平成27年												備考
工種	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
ウルトラディープ																																									
稼動台数(台)			3	3	5	5	5	6	6	6	6	6	6	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
流量(m³/min)			3.3	2.3	2.1	1.3	1.0	1.1	1.0	1.3	1.0	1.1	0.9	1.0	0.8	1.0	0.9	0.8	1.0	1.0	0.9	1.0	0.9	0.9	0.8	0.9	0.8	0.9	0.8	0.7	0.8	0.7	0.8	0.9	0.8	0.7	0.7	0.7			
備考														稼動台数減少			No.2、No.3 稼動												No.3稼動								顕著な沈下が確認された時期				

5.2.5 運転管理

施工途中において、最初沈殿池床付け地盤付近の TP-9.5m 程度に、地下水があることを目視で確認していた。そのため最初沈殿池の底盤コンクリート打設が完了するまで、6 台による運転管理を継続し、その後は躯体構築の進捗状況に合わせて、徐々に台数を減少させている。

ただし、コンクリート打設完了後も外壁塗装や屋上防水といった建築仕上げ工事用の外部足場が必要であったこと、プラント機械・電気工事用の荷取りステージや搬入路が必要であったこと等から、躯体外周の埋戻ができないため、これらの工事が完了するまで、必要な水替えを継続していた。

また、揚水ポンプの空転を防止するため、井戸鋼管内部の水位は概ね TP-15.0m 付近を維持していた。

以上により、施工時の地下水位の最高値、最小値は、以下のように推定しており、適正な範囲内での揚水であったと考えられる。

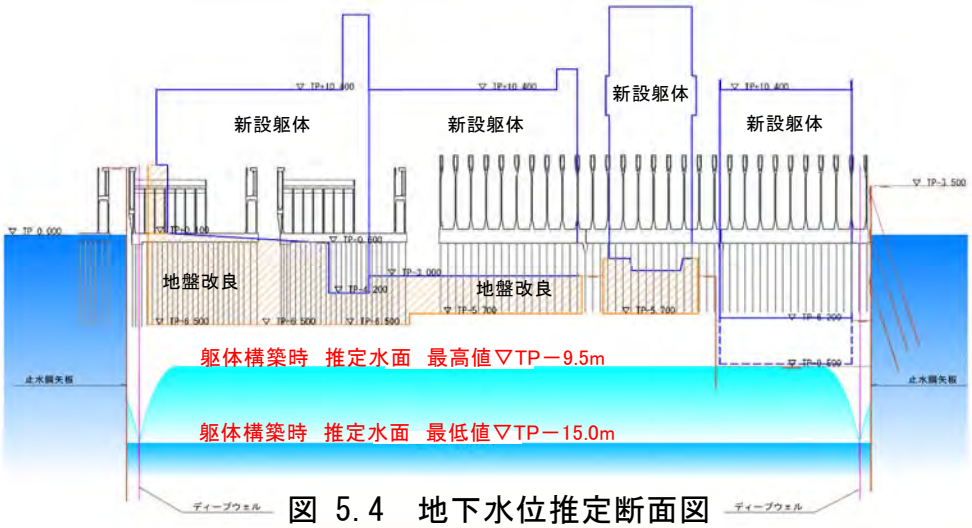


図 5.4　地下水位推定断面図

5.2.6 地下水位の状況

a)仮設鋼矢板外周の地下水位

水替え工に伴う周辺地盤への影響を監視するため､2 箇所の観測井を設けていた。いずれも概ね地下水位（TP±0.0m）付近を推移しており、周辺地盤の変状も観測されていないことから、水替え工に伴う影響はないものと判断していた。

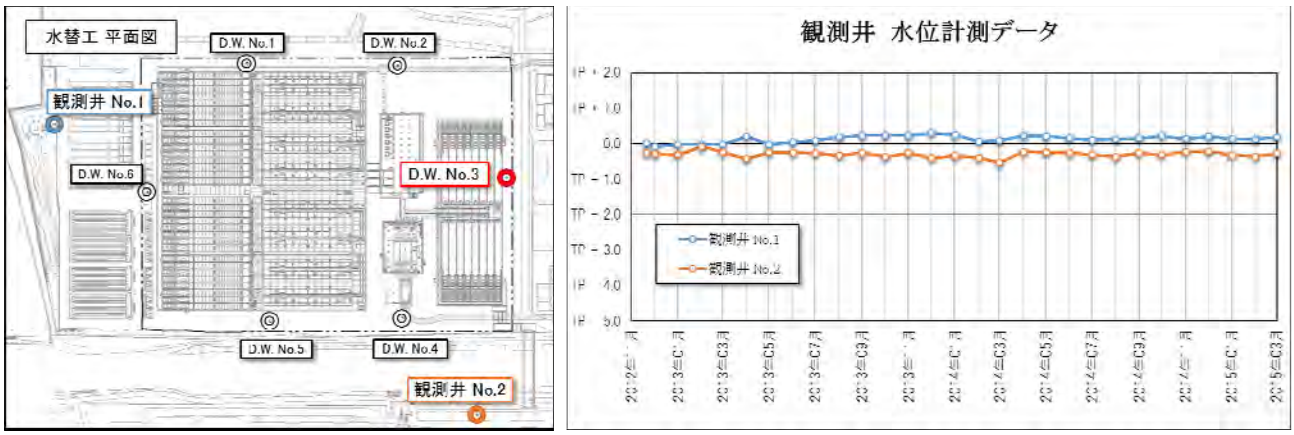


図 5.5　地下水位観測結果(仮設鋼矢板外部)

b)仮設鋼矢板内部の地下水位回復状況

水替え工で使用していた最初沈殿池南側の DW No.3 を利用して、施設外周の埋戻に伴って回復する地下水位の状況を観測していた。埋戻開始（平成 27 年 11 月）から約 6 ヶ月後(平成 28 年 4 月)には、TP±0.0m 付近まで回復し、現状では平均潮位まで回復している。

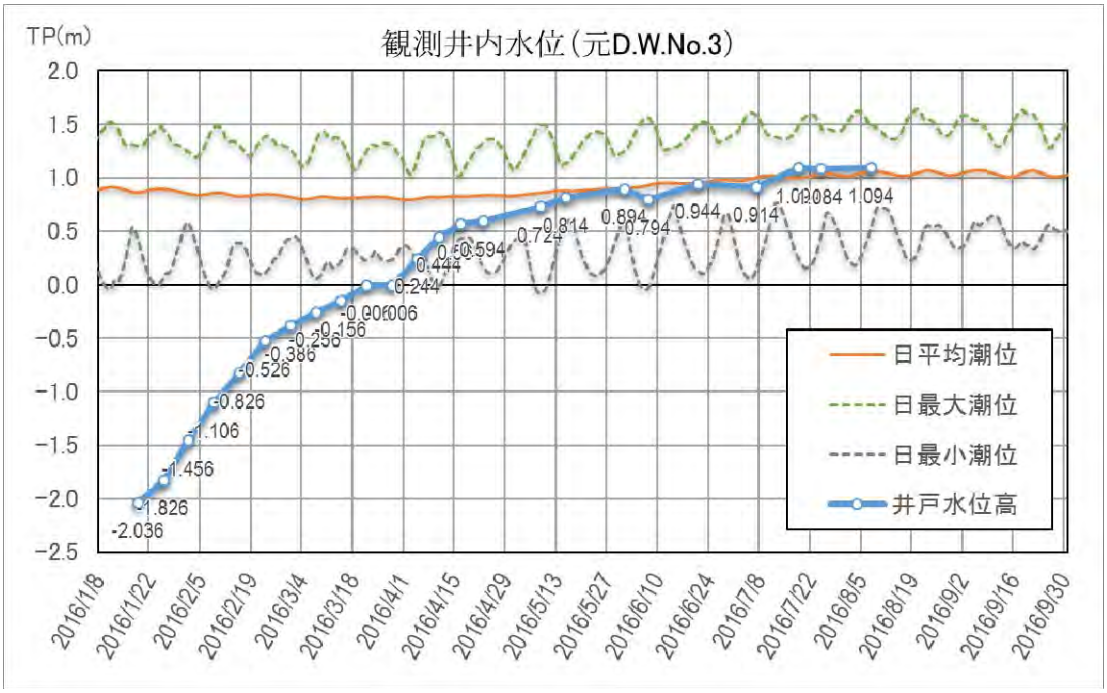


図 5.6　地下水位回復結果(仮設鋼矢板内部)

5.2.7 工法変更による沈下への影響

a)工法変更時の考え

設計照査の段階では、粘性土層「Dc1 層」は洪積層であるため圧密沈下は発生しないと判断し、「Dc1 層」に掛かる荷重や圧密降伏応力に対する検討は行っていなかった。

本工事は、仮設止水鋼矢板内での水替え工であるが、浄化センターで使用している井戸への影響等を考慮し、外周に観測井を設置して周辺地下水への配慮を行っていた。

b)現時点での評価

釜場排水工に比べて、ディープウェル工法は仮設鋼矢板内の地下水を全体的に低下させることになる。仮に、設計で想定していた地下水位よりも低くなった場合、見かけ上「Dc1 層」への載荷荷重は増加する可能性もあった。

ただし、設計で採用していた釜場排水工で施工した場合でも必要水位低下位置は同程度であり、床付け面から１ｍ程度低い位置に揚水ポンプを設置しなければ排水を行うことはできないと考えられた。

したがって、地盤改良を行うためには反応タンクで TP-6.7m、最終沈殿池で TP-7.5mまで水位低下が必要となり、最初沈殿池とポンプ送風機棟においては、床付け面最深部で TP-11.5mまで水位低下が必要になるものと考えていた。

さらに、施工中に TP-9.5m付近で地下水の存在を確認していること、ウルトラディープの揚水ポンプは TP-15.0mであることから、結果的には釜場排水工と比較しても大きな水位差はなかったと考えられる。

しかし、「Dc1 層」の圧密沈下の可能性が想定できていた場合には、何らかの対策に向けた追加検討ができたと考えられる。

例えば、仮設止水鋼矢板内への観測井の設置が挙げられ、観測井の設置により、水位と揚水量を詳細に管理すること、水位と沈下の挙動から完成時に必要と考えられる対策を予め検討することが可能になったと思われる。

5.3 平板載荷試験

5.3.1 試験の目的

支持地盤(砂質土)の地耐力を確認するため、平板載荷試験を実施した(試験方法は地盤工学会基準 JGS 1521-2003 に準拠)。EXP.J で区分された構造物ごとに 1 箇所を選定し、主要な水処理施設に対して 12 箇所を実施していた。

5.3.2 試験実施荷重

特記仕様書記載の設計地耐力を下記に示す。計画最大荷重は、設計地耐力の 3 倍以上とし、これを平板載荷試験における試験最大荷重とする。

表 5.2 設計地耐力及び計画最大荷重

施設	設計地耐力 (kN/m^2)	計画最大荷重 (kN/m^2)
最初沈殿池	249.4	750
反応タンク	306.4	930
最終沈殿池	308.7	930
ポンプ送風機棟	267.1	810
沈砂池棟	234.4	720

5.3.3 試験結果

試験実施箇所を図 5.7に示す。

合否の判定基準は、試験最大荷重において、最終沈下量が 30mm を下回り、地盤の崩壊が認められないことを確認した。

試験の結果、すべての実施箇所において、設計地耐力が確保されていることを確認した。

表 5.3 平板載荷試験結果一覧表

位置	実施日	深度 (TP)	試験最大荷重 (kN/m^2)	最終沈下量 (mm)	極限支持力 (kN/m^2)	判定
終沈2系-2	平成25年1月30日	-4.7m	930	17.77	930	合格
終沈2系-1	平成25年1月30日	-4.7m	930	10.93	930	合格
終沈1系-2	平成25年2月14日	-4.7m	930	18.79	930	合格
終沈1系-1	平成25年2月16日	-4.7m	930	16.98	930	合格
反応2系-2	平成25年2月25日	-4.7m	930	5.67	930	合格
反応2系-1	平成25年2月28日	-4.7m	930	7.62	930	合格
反応1系-2	平成25年4月5日	-4.7m	930	7.34	930	合格
反応1系-1	平成25年4月5日	-4.7m	930	9.82	930	合格
初沈2系	平成25年4月11日	-6.4m	750	8.76	750	合格
初沈1系	平成25年4月11日	-6.4m	750	6.87	750	合格
ポンプ送風機棟	平成25年4月23日	-4.7m	810	6.98	810	合格
沈砂池棟	平成25年4月23日	-4.7m	720	8.60	720	合格

5.3.4 実施位置

EXP.J で区分された主要な水処理施設(12 箇所)における、試験実施位置を示す。

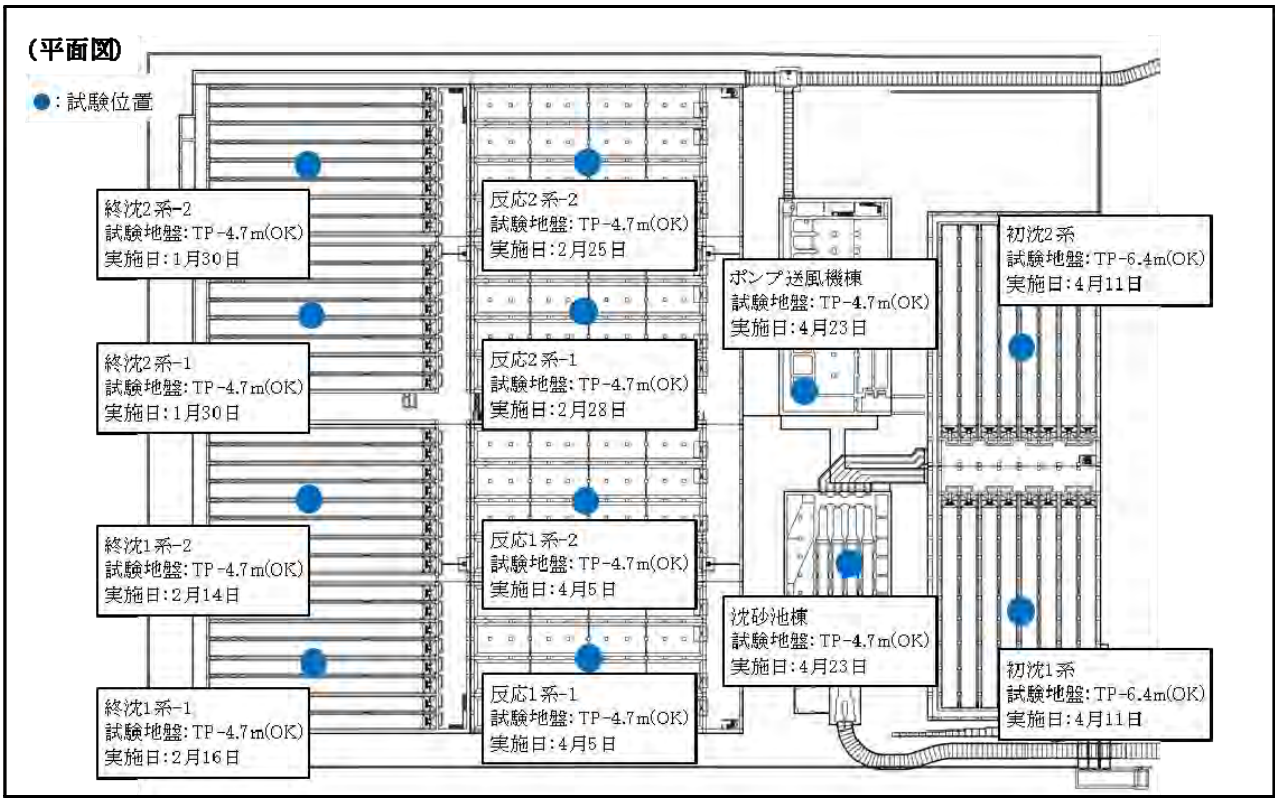


図 5.7　平板載荷試験実施位置　平面図

試験実施深度は、反応タンク、ポンプ送風機棟、沈砂池棟においては、地盤改良下端である TP-4.7m、最初沈殿池は床付け高 TP-6.4m としていた。最終沈殿池は、当初 TP-3.4m～TP-4.1m が地盤改良下端であったが、既存施設の基礎杭撤去等による協議を踏まえて改良深度が深くなったため、他施設同様、TP-4.7m を支持層として試験を実施していた。いずれの施設においても設計地耐力が確保されていることを確認していた。

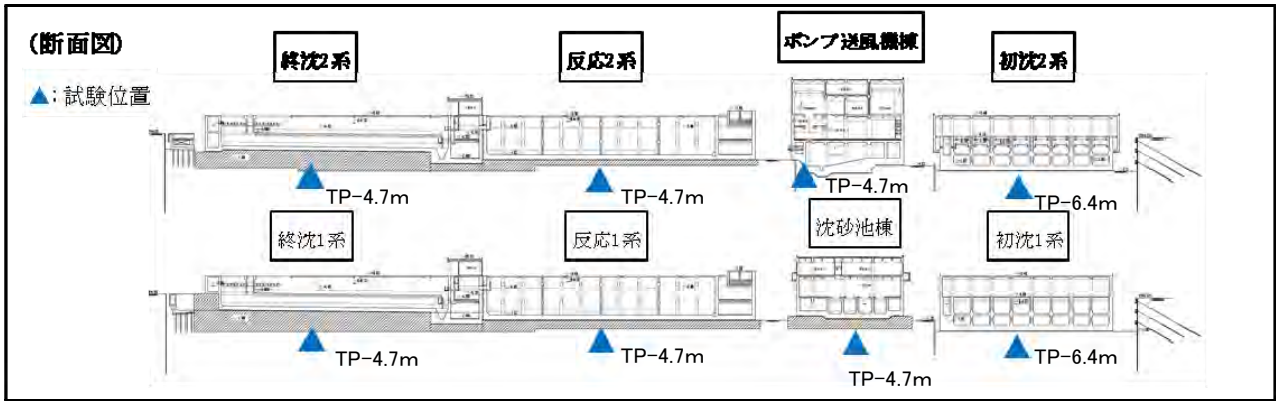


図 5.8　平板載荷試験実施位置　断面図

5.4 地盤改良工

5.4.1 設計

設計では、直接基礎が採用されており、N 値 30 程度の良質な地盤に支持させることとしているが、床付け面から支持層までに開きがある地盤に対しては、N 値 30 程度が発現する位置まで地盤改良工が計画されていた。地盤改良工は、改良材を混合することで地盤を強化し、構造物の基礎(直接基礎)として適した状態にすることを目的としていた。施工方法は、地盤改良対象範囲に改良材を重機(バックホウ)にて攪拌混合する、バックホウ混合改良を計画していた。概略図を以下に示す。

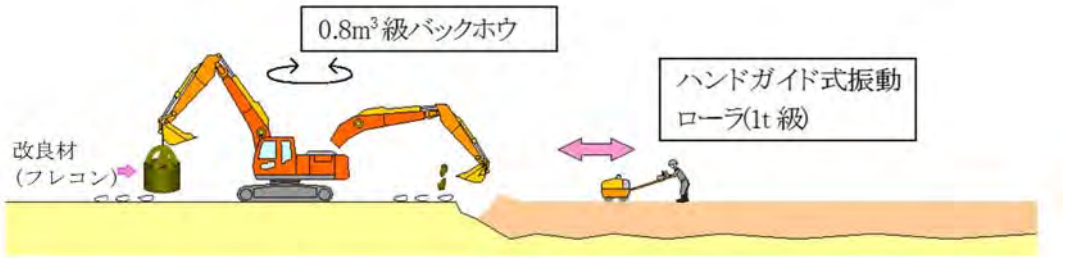


図 5.9　バックホウ混合改良　概略図

5.4.2 施工方法の変更

設計では、既存施設の基礎杭が新設構造物の支障となる箇所は切断撤去することとし、それ以外は地中に残置することとしていた。しかし、前段の地山掘削や基礎杭の切断撤去時に、基礎杭周辺の地山を乱すおそれがあるとの判断から、基礎杭を全長撤去することに変更し、更に基礎杭を撤去した範囲はすべて地盤改良を行うことに変更となった。

基礎杭の全長撤去により改良深度が深くなり、設計で採用したバックホウ混合では適用できない範囲が生じたこと、また地盤改良対象土量が大幅に増加したこと等から、施工方法の見直しを行った結果、現地の施工条件に適した浅層・中層混合改良工法である、パワーブレンダー工法(スラリー噴射方式)を採用した。

パワーブレンダー改良機

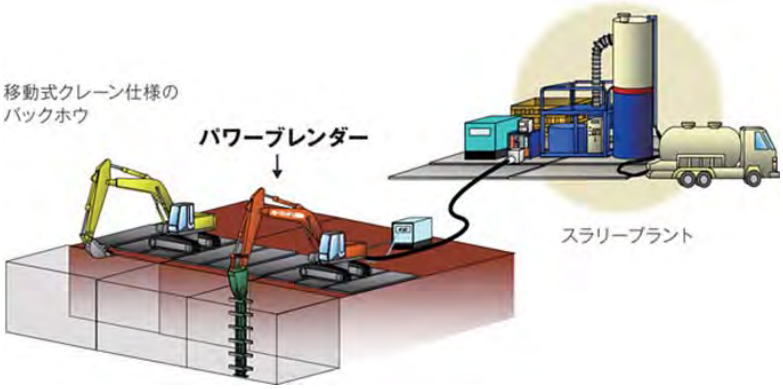


図 5.10　パワーブレンダー工法　概略図

5.4.3 改良範囲の設定

既存施設の基礎杭撤去範囲を考慮して、改良範囲、改良深度の見直しを行い、以下のように決定していた。

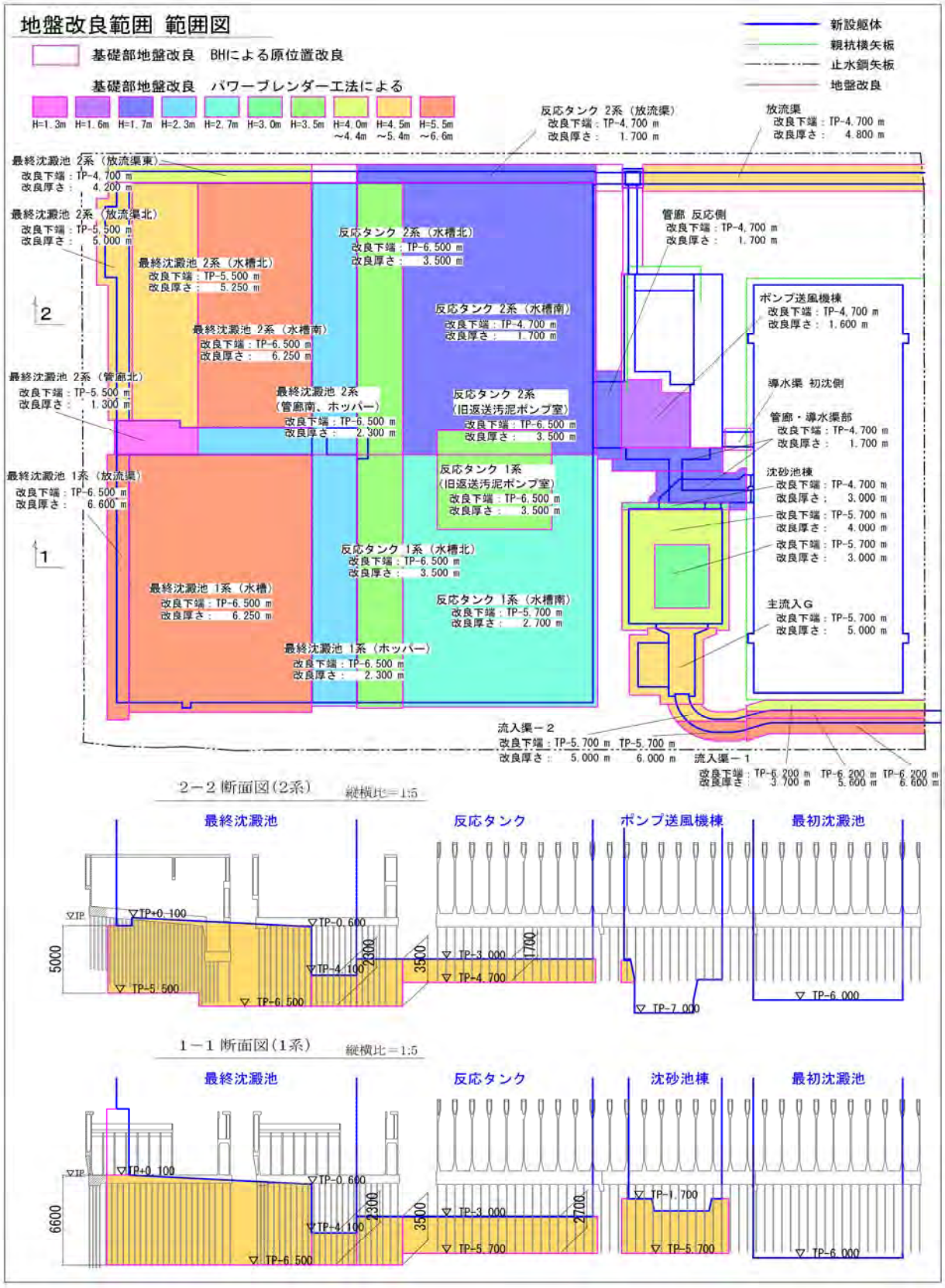


図 5.11 地盤改良工 範囲図

5.4.4 施工管理

a)室内配合試験(改良材の種類及び添加量の決定)

現場施工に先立ち、設計強度を満足する改良材の種類と添加量を決定するために、室内配合試験を行った。

室内配合試験における改良土の一軸圧縮強度と、改良機で混合した改良土の一軸圧縮強度の関係は、土質のばらつき等による現場条件の相違から一致しないことが通常である。このばらつきを考慮し、パワーブレンダー工法における技術資料から、安全率を 0.4 に設定し、室内配合試験における目標強度を 800kN/m^2 としていた。

また、固化反応は、土質と改良材の組合せにより発現強度に違いが生じるため、現地発生土(砂質土)をサンプリングし、複数の改良材による強度試験から経済性も考慮した最適な改良材を選定していた。

以下の試験結果より、改良材:高炉セメントB種、添加量:110kg/m^3 と決定していた。

表 5.4　室内配合試験目標強度

設計強度	安全率	必要強度※1	目標強度
308.7kN/m^2	0.4	772kN/m^2	800kN/m^2

※1:必要強度＝設計強度／安全率

表 5.5　室内配合試験　実施結果

改良材	改良材添加量(kg/m^3) と強度(σ28)			必要添加量	計画添加量
	70	130	190	kg/m^3	kg/m^3
高炉セメントB種	432kN/m^2	992kN/m^2	1779kN/m^2	109.4	110.0
ユースタビライザー10	171kN/m^2	499kN/m^2	1499kN/m^2	148.1	150.0
ユースタビライザー50	333kN/m^2	848kN/m^2	2839kN/m^2	124.4	125.0

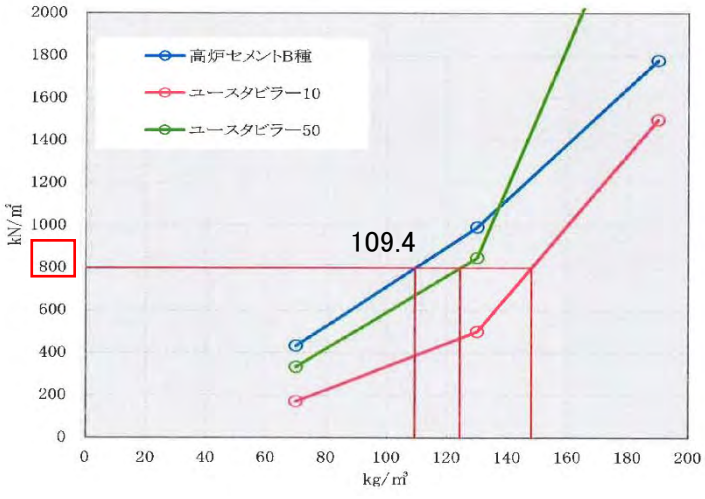


図 5.12　改良材添加量と一軸圧縮強度相関グラフ

b) 日常管理

施工中の日常管理項目を以下に示す。施工前には、使用機械の仕様(攪拌翼の寸法、深度計の確認等)、ミキシングプラントの計量器、流量計等のキャリブレーションを行い、適正であることを確認していた。

表 5.6　施工管理項目

施工工程	管理項目
① 区画割り	改良位置、区画面積
② スラリー混練	材料質量、スラリー比重
③ スラリー圧送	スラリー流量
④ 混合攪拌	改良深度、攪拌回数、攪拌翼鉛直性

以下に、施工１日における管理記録表を示す。

いずれも改良対象土量に対するセメント使用量、及びスラリー注入量が計画以上であることが確認でき、かつ総攪拌延長が１施工ブロックに最低限必要な下限値を越えていることから、施工は適正に行われたと判断できる。

表 5.7　平成 25 年 3 月 13 日　1 号機の施工管理記録表

区割番号	区割幅 (m)	区割長 (m)	改良面積 (m^2)	改良深度 (m)	改良土量 (m^3)	添加量 (kg/m^3)	水セメント比 (%)	セメント使用量 (kg) 計画	セメント使用量 (kg) 実施	スラリー注入量 (L) 計画	スラリー注入量 (L) 実施	総攪拌延長(m) 下限値	総攪拌延長(m) 実施
D－57	4.000	4.000	16.000	5.52	88.32	110	280	9,716	10,022	30,401	31,357	4,548	8,060
D－51	4.000	4.000	16.000	5.52	88.32	110	280	9,716	10,020	30,401	31,351	4,548	8,359
D－45	4.000	4.000	16.000	5.52	88.32	110	280	9,716	10,020	30,401	31,353	4,548	7,602
D－39	4.000	4.000	16.000	5.52	88.32	110	280	9,716	10,025	30,401	31,369	4,548	6,942
D－33	4.000	4.000	16.000	5.52	88.32	110	280	9,716	10,028	30,401	31,377	4,548	6,744
D－27	4.000	4.000	16.000	5.52	88.32	110	280	9,716	10,048	30,401	31,441	4,548	6,950
日 計			96.000		529.92			58,296	60,163	173,472	188,248		

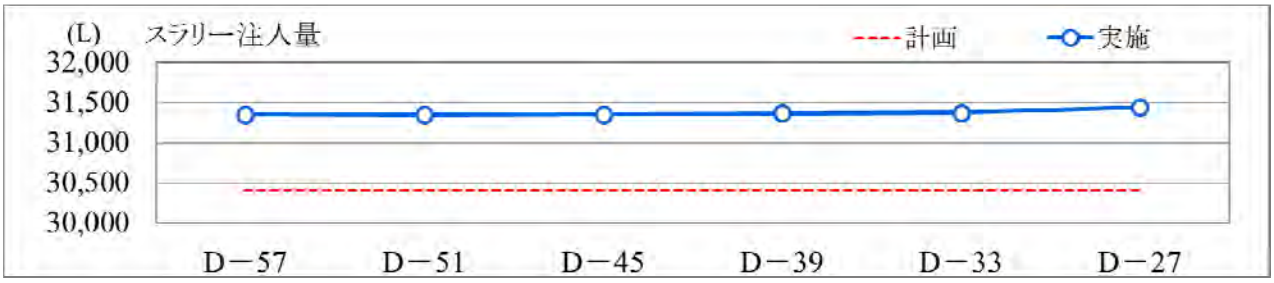


図 5.13　スラリー注入量

5.4.5 品質確認試験

a)一軸圧縮強度試験

改良土を固結前の状態でサンプリングし、一軸圧縮試験を実施していた。1 施工ブロックから供試体を 3 本採取し、材令 28 日における各供試体の試験結果が、設計強度の 85%以上（308.7×0.85=263kN/m^2）であり、且つ、3 本の平均値が設計強度以上(308.7kN/m^2)を合格とした。

以下に、一軸圧縮強度試験結果を示す。いずれも判定基準を満たしていることが確認できたため、合格としていた。

表 5.8　一軸圧縮強度試験結果

施設名	供試体採取箇所	一軸圧縮強度(kN/m^2)				判定	供試体採取箇所	一軸圧縮強度(kN/m^2)				判定
		①	②	③	平均値			①	②	③	平均値	
最終沈殿池	L- 5	3,161	3,125	3,013	3,100	合格	C- 26	1,312	1,441	1,301	1,351	合格
	L- 95	1,484	1,454	1,878	1,605	合格	C- 34	1,825	1,811	2,019	1,885	合格
設計地耐力	L-100	1,755	1,922	1,493	1,723	合格	D- 63	1,549	1,718	2,158	1,808	合格
308.7(kN/m^2)	L-160	2,617	3,011	2,544	2,724	合格	D-104	1,246	1,231	1,487	1,321	合格
	L-172	3,387	3,564	3,736	3,562	合格	E- 42	2,420	2,062	2,138	2,207	合格
	L-190	2,814	2,330	2,282	2,475	合格	E- 56	3,405	3,475	4,021	3,634	合格
	L-236	2,309	2,468	2,012	2,263	合格	E- 88	2,845	3,026	3,143	3,005	合格
	L-257	2,312	2,030	2,259	2,200	合格	E-123	1,447	1,339	1,481	1,422	合格
	L-308	2,364	2,021	2,605	2,330	合格	E-133	1,405	1,498	1,190	1,364	合格
	L-335	1,272	1,373	1,596	1,414	合格	E-151	2,280	2,452	2,113	2,282	合格
	L-364	2,389	2,350	2,482	2,407	合格	E-211	3,434	2,902	3,032	3,123	合格
	M- 77	820	843	905	856	合格						
反応タンク	N- 72	661	675	507	614	合格	O-313	1,052	1,051	1,246	1,116	合格
	N- 87	1,903	1,750	1,725	1,793	合格	O-356	1,457	1,380	1,601	1,479	合格
設計地耐力	O- 85	888	734	798	807	合格	I- 25	1,634	1,787	1,530	1,650	合格
306.4(kN/m^2)	O-124	1,346	1,763	1,342	1,484	合格	I- 54	1,664	1,472	1,314	1,483	合格
	O-196	972	902	860	911	合格	J- 44	1,114	1,092	1,132	1,113	合格
	O-208	760	758	784	767	合格						
沈砂池棟	U- 18	622	566	500	563	合格	AA -3	1,180	1,170	1,111	1,154	合格
主流入ゲート棟	W- 32	1,024	955	1,109	1,029	合格	AC-22	1,290	1,169	1,187	1,215	合格
設計地耐力	X- 18	669	727	673	690	合格						
沈:234.4(kN/m^2)	Y- 44	1,037	872	1,004	971	合格						
主:353.4(kN/m^2)	Z -9	2,887	3,120	3,028	3,012	合格						

図 5.14　一軸圧縮試験結果

b)改良体コア採取の実施

改良体の均質性及び改良厚を確認するため、コア採取を行った(採取位置を図 5.16 に示す)。目視による確認では、改良上端から下端まで、全深度にわたり同一な色合いに混合されており連続性が確認できた。また、改良厚はいずれも設計値以上であることを確認しており、フェノール反応試験の発色においても、改良材が混合されていることを確認していた。

以下に、コア採取による改良厚確認結果と、一例として最終沈殿池 1 系から採取したコアによるフェノール反応試験結果を示す。

表 5.9　コア採取による改良厚確認結果

箇所	設計値(m)	確認値(m)	差(m)	備考
反応1系	2.700	2.870	+ 0.170	設計値以上
反応2系	1.700	1.740	+ 0.040	設計値以上
最終1系	6.000	6.280	+ 0.280	設計値以上
最終2系	5.390	5.550	+ 0.160	設計値以上

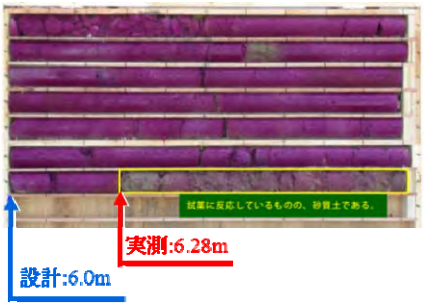


図 5.15　採取コアとフェノール反応試験
(最終沈殿池１系：設計値以上を確認)

c)改良後平板載荷試験の実施

地盤改良後の改良天端において、平板載荷試験を実施していた(実施位置を図 5.16 に示す)。試験最大荷重における最終沈下量は、いずれも 1mm 未満と僅かな値であり、設計地耐力を満足することを確認していた。

表 5.10　改良後平板載荷試験による地耐力確認結果

位置	実施日	深度 (TP)	試験最大荷重 (kN/m^2)	最終沈下量 (mm)	極限支持力 (kN/m^2)	判定
反応1系	平成25年5月21日	-3.0m	930	0.29	930	合格
反応2系	平成25年4月5日	-3.0m	930	0.25	930	合格
終沈1系	平成25年5月28日	-0.1m	930	0.27	930	合格
終沈2系	平成25年4月12日	-0.1m	930	0.50	930	合格

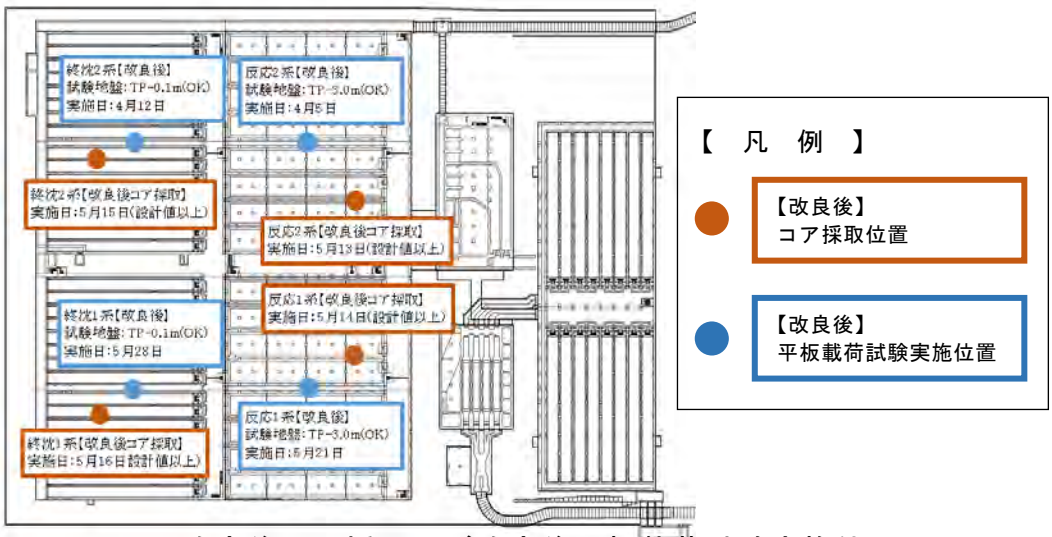


図 5.16　改良後コア採取及び改良後平板載荷試験実施位置図

5.4.6 工法変更による沈下への影響

a)工法変更時の考え

設計照査の段階では、粘性土層「Dc1 層」は洪積層であり圧密沈下は発生しないと判断し、地盤改良工法の変更による「Dc1 層」への影響を検討していなかった。

地盤改良深度が深くなったが、既存ボーリングデータでは支持層としている砂層が一様に連続しており、N 値に大きな変化が見られないことから、支持層として問題ないと判断していた。

地盤改良工法を変更しても、適切な管理を行うことで、設計強度を満足した改良体を構築することが可能であるため、設計と異なる施工方法が沈下の発生原因とは考えられない。

地盤改良の支持方式には、改良体を支持層に直接着底させる「着底型」と、改良体を支持地盤に着底させず軟弱地盤の途中に留める「浮き型」があり、本工事ではN 値 30 程度の良質な支持地盤まで改良を行う「着底型」が採用されている。

地盤改良実施前の事前検討において、既存施設の基礎杭をすべて撤去し、かつ基礎杭撤去範囲はすべて地盤改良を実施することに変更していたことから、設計よりも改良深度が深くなったが、「着底型」という設計思想に変更はないため、改良深度に適したパワーブレンダー工法の採用に至った。

b)現時点での評価

所要の設計強度を発現するための固化材の種類と、添加量を決定するため、事前の室内配合試験を行うことが一般的である。本工事においてもバックホウ混合工法からパワーブレンダー工法に変更する過程において、これを実施した結果、固化材の添加量が設計よりも 10kg/m^3 増加していた。これにより改良部の単位体積重量が約 2.4%増加する計算となる。結果としては全体への影響は僅かであり沈下に大きく影響を与えるものではないが、工法変更においては重量増加の影響を事前に検討する必要があったと考えられる。

また、最終沈殿池では支持力確認のため実施している平板載荷試験において、設計深度で支持力が確認できなかったため、改良深度を再検討している。

支持層が地震による影響を受けた地盤であることに配慮すれば、改良深度が深くなった際、設計時のボーリングデータに頼ることなく追加ボーリングを行い、地層のチェックを実施する必要があったと考えられる。

5.5 仮設斜路設置工

5.5.1 仮設構台及び仮設斜路設置の必要性

平成 27 年 11 月の第 1 期供用開始のためには、土木建築躯体工事のみならず、プラント機械設備・電気設備工事との同時進行作業が必要であり、これらはスラブ天端に揚重機や運搬車両を搬入して機器の据付を行う必要があった。また、供用開始と同時に維持管理車両が走行するため、完成した施設間の盛土を行い管理動線の確保が必要であったことから、新たな進入路が必要となり実施に至っている。

5.5.2 変更の内容

構造物の構築を行うため、設計から仮設桟橋が計画されていた。仮設桟橋は鋼製部材を用いて組立て覆工板を設置する形式であり、設置天端は TP+6.4m であった。

一方、構造物のスラブ天端は TP+10.4m であり、躯体の構築と桟橋の解体を繰り返しながら施工を進める計画であったが、桟橋解体後は、躯体外周の盛土が完了するまで TP+10.4m への進入はできない。このため、先行して構築が完了した反応タンク・最終沈殿池の 2 系側から進入するための新たな走路を計画し、完成した構造物上への仮設構台の設置と、仮設構台に乗り入れるための仮設斜路を造成していた。

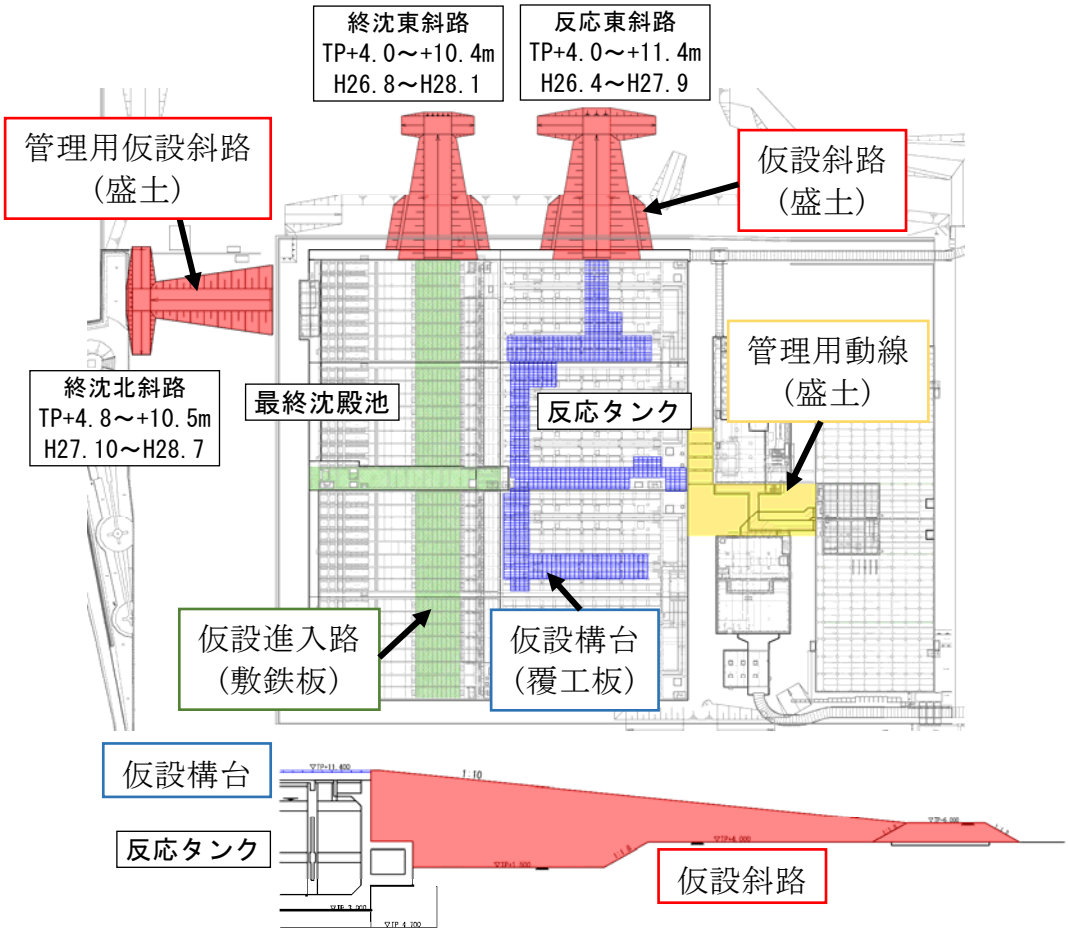


図 5.17　仮設構台及び仮設斜路　計画図

5.5.3 工法変更による沈下への影響

a)工法変更時の考え

設計照査の段階では、粘性土層「Dc1 層」は洪積層であるため圧密沈下は発生しないと判断し、仮設斜路の追加造成による Dc1 層への影響を検討していなかった。

斜路による盛土荷重は、最終的な擁壁盛土高さと同程度であることから、問題ないと判断していた。

b)現時点での評価

仮設構台や仮設斜路を設置した時点では、土木躯体工事の最盛期であり、一部の水替え工を継続実施していた。そのため、地下水の回復を確認していない状態で盛土荷重を加えたことは、現時点の局所的な不同沈下の一つの要因となった可能性はある。

なお、検証として三次元 FEM による解析（9.3.3参照）を行った結果、擁壁盛土は平面的に広範囲であるが仮設斜路は局所的であること、設置期間が短期間であること等から、斜路の影響で最終的な沈下量を増加させるものではないことは確認済であるが、斜路による影響検討は、工法変更時に事前検討しておく必要があったと考えられる。

5.6 施工時の対応

5.6.1 急激な沈下が認められるまで

本工事は平成 24 年 7 月末の着工以来、仮設土留工、水替え工、掘削工、地盤改良工等を実施してきた。平成 25 年 5 月に最初の底盤を打設して本格的に躯体の構築が開始され、平成 27 年 5 月までの約 2 年間で、20 万 m^3 に及ぶコンクリート打設を行ってきた。平成 26 年 3 月の既済検査(累計コンクリート打設量は約 10 万 m^3)において出来形を確認したところ、総じて構造物の高さが低く、10mm 程度沈下している傾向がみられた。

本構造物の支持層は、東日本大震災の影響を受けている地盤であり、地震以降、地盤（プレート）の変動が起こっている地域であること、また構造物の築造に伴う荷重増加に起因する即時沈下の可能性が想定されること等から、継続的な沈下計測を行うこととし、平成 26 年 4 月 23 日より 8 箇所の計測を開始していた。

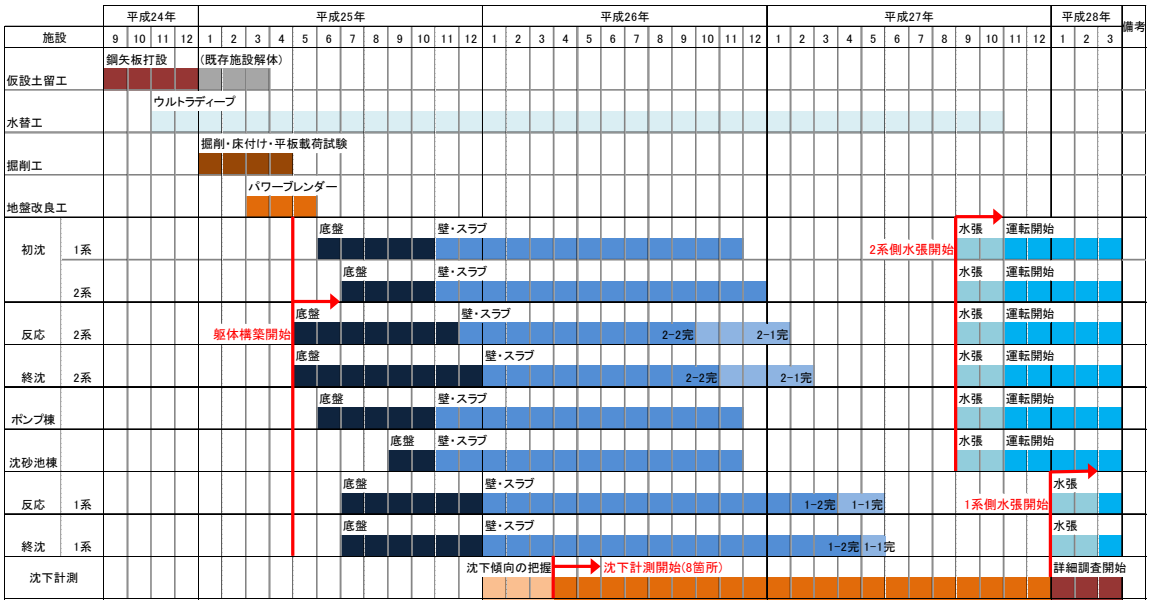


図 5.18　施工概略工程表

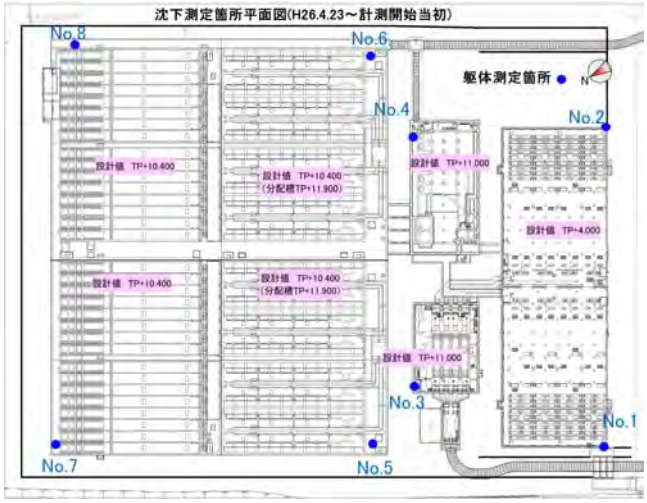


図 5.19　沈下測定箇所平面図(当初 8 箇所)

構造物施工時は、出来形管理基準の規格値(社内自主目標値を設定)以内に収まるよう施工管理を行っていた。一方、沈下計測により、想定される即時沈下量を超えるような沈下が発生していないか監視することとした。

表 5.11　躯体沈下量管理レベルの設定

施設名	社内目標値※1 (mm)	即時沈下想定量※2 (mm)
最初沈殿池	±24	46
反応タンク	±24	50
最終沈殿池	±24	38
ポンプ送風機棟	±24	38
沈砂池棟	±24	26

※1：社内目標値＝基準高規格値±30㎜×80％とする。

※2：即時沈下想定量は設計時の想定量とする。

平成 27 年 9 月に第 2 系列水槽への水張りを開始する前の時点では、施工直後の出来形測定値から、30㎜程度の沈下が確認されていたが、この段階では想定された即時沈下量程度であったため、支持層である砂層の弾性変形であると判断していた。

このため、沈下現象に対する他の要因の検討・評価や、以後の沈下予測の実施には至らなかった。（ただし、水張り前にプラント機械設備と越流堰の高さにずれが生じた箇所について、堰高調整を行った。）このような現場状況から判断し、平成 27 年 9 月から施設への注水が開始された。

以下に、水張り前の各施設における沈下量と、即時沈下想定量との比較を示す。

表 5.12　躯体沈下量管理レベルの設定

施設	施工直後出来形(mm) ①	水張前計測値(mm) ②	即時沈下量 (mm) ③＝②－①	即時沈下想定量(mm) (設計時)
初沈2系	-4	-7	-3	-46
反応2系	-16	-45	-29	-50
終沈2系	-13	-45	-32	-38
ポンプ棟	-16	-40	-24	-38
沈砂池棟	-18	-37	-19	-26

また反応タンク 1 系及び最終沈殿池 1 系は、水槽への注水開始時期が 2 系側より約 4 ヶ月遅い、平成 28 年 1 月と予定さてれいたが、平成 27 年 5 月末にはすべての上床版コンクリート打設が完了しており、平成 27 年 9 月の 2 系側水張り前の時点では、著しい沈下は確認されていなかった。

各沈下計測点の上床版コンクリート打設完了時期を以下に示す。この時点では、各測点とも出来形管理基準値以内であり、水張り開始前の時点では、即時沈下の範囲内であった。

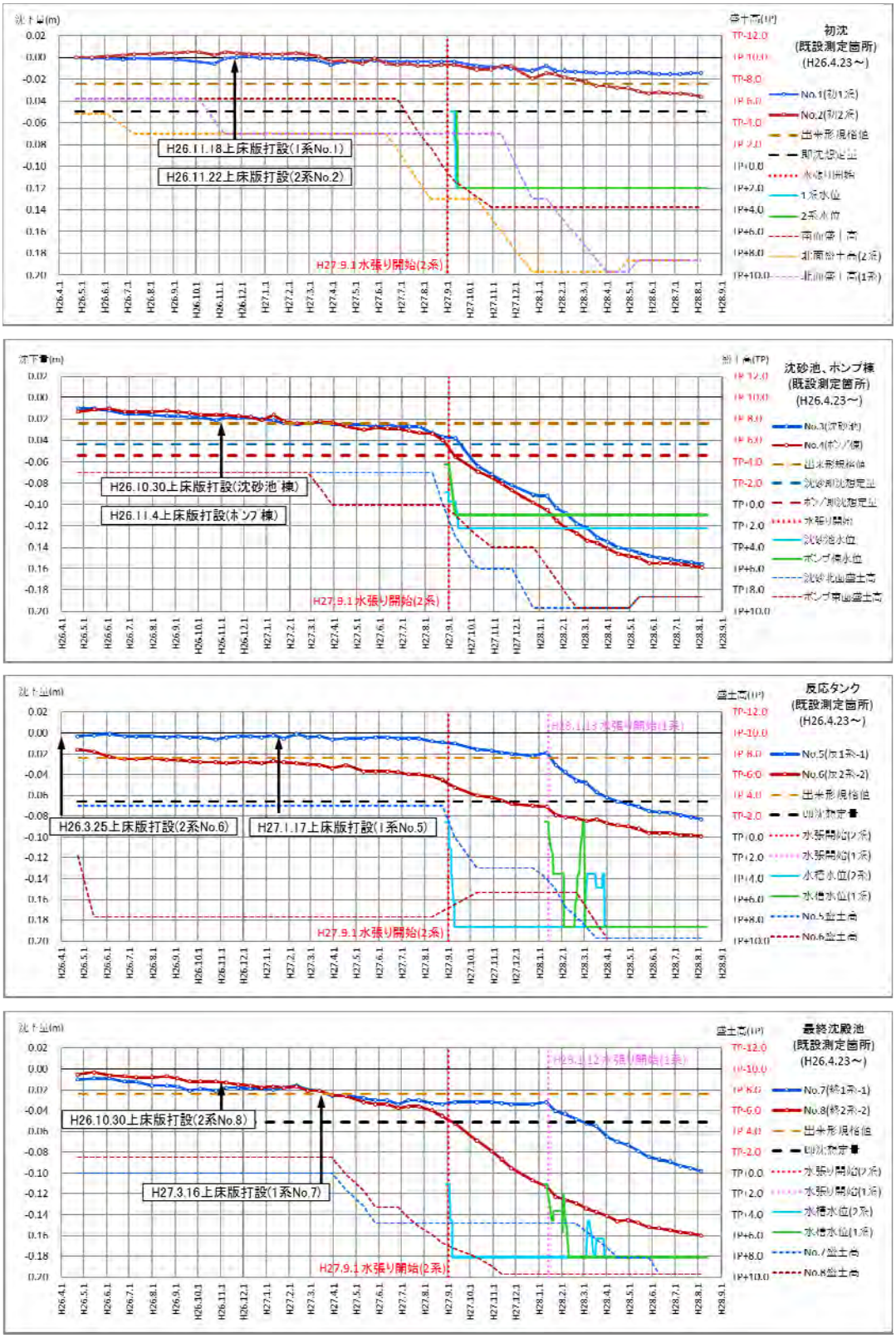


図 5.20　躯体沈下量　測定グラフ(当初 8 箇所)

5.6.2 急激な沈下が認められた後

平成 27 年 9 月に 2 系水処理施設への水張りを開始した直後から急激な沈下（2 週間で 1㎜未満→同 5㎜以上）が計測され、平成 27 年 11 月の運転開始後に最終沈殿池への均等流入ができないとの報告が浄化センターよりあった。

平成 27 年 12 月 9 日に 2 系最終沈殿池における越流堰を測量したところ、水張り前の測定値に比べて 40㎜～70㎜程度沈下していることを確認していた。

このような大きな沈下現象を受けて、平成 27 年 12 月に現状の把握と原因の推定、今後の調査方法に関する検討等を開始し、平成 28 年 1 月には施工者内に沈下検討委員会を発足させ、本格的な原因分析と対応策の検討に入った。

a)調査検討事項

① 本社、支店の技術担当部署等による現地調査の実施と検討委員会の立上げ
② 蒲生地区近郊の地質調査資料、参考文献等の収集と検討
③ 蒲生地区近郊の他工事の地盤データ調査　（宮城県河川工事等）
④ 沈下要因の抽出と対策案の検討

【考えられる要因】

・支持地盤の弾性変形　　・掘削時のリバウンドによる緩み
・強制排水工法の影響　　・地盤改良に関連した影響
・Dc 層の圧密沈下　　・地殻変動
・震災時の液状化による砂地盤の緩み

【対策案の検討】

・水量バランスの検討、バランスの偏り解消方法
（第 1 期供用開始部は満水状態、第 2 期供用開始部は空水状態であった）
・躯体下部の更なる地盤改良方法の検討

⑤ 周辺地盤データや現場採取試料を用いた土質試験結果による、圧密計算、弾性沈下量の算定、液状化判定の再計算
⑥ 3 次元ＦＥＭ構造解析による構造物の健全性照査
⑦ 双曲線近似による今後の沈下予測

b)現場実施事項

① 追加ボーリングの計画と実施：5 箇所

・機械ボーリング、標準貫入試験、試料採取

② 室内土質試験の計画と実施

【試験項目】

・土粒子の密度試験　・含水比試験　・粒度試験

・液性限界･塑性限界試験　・湿潤密度試験　・三軸圧縮(UU)試験

・圧密試験　・長期圧密試験　・繰返し圧密試験

・定ひずみ速度載荷による圧密試験

③ 調査観測点の大幅な追加　(平成 28 年 1 月から 2 週間ごとに計測を実施)

・沈下計測点：　当初の 8 箇所から 166 箇所に測点を増加

・EXP.J の開き・縮みと段差測定：84 箇所

・層別沈下計の設置と計測：2 箇所

・沈下板の設置と計測

：流入渠 3 箇所、放流渠 5 箇所、緊急放流渠 2 箇所、外周盛土部 2 箇所

④ 既施工の地盤改良の品質検証(改良地盤直下の緩みを試験施工にて調査)

⑤ 1 系側反応タンク、最終沈殿池の水張り順序検討と実施

⑥ 仮設鋼矢板内の地下水回復状況の調査

⑦ 躯体の傾きを抑制するため、周辺盛土の盤下げ(1m 程度)

⑧ 運転管理による調整(ゲート開閉調節、流入水路の水量調整等)

上記については、関係者と情報共有し、調査、検討、協議を継続してきた。

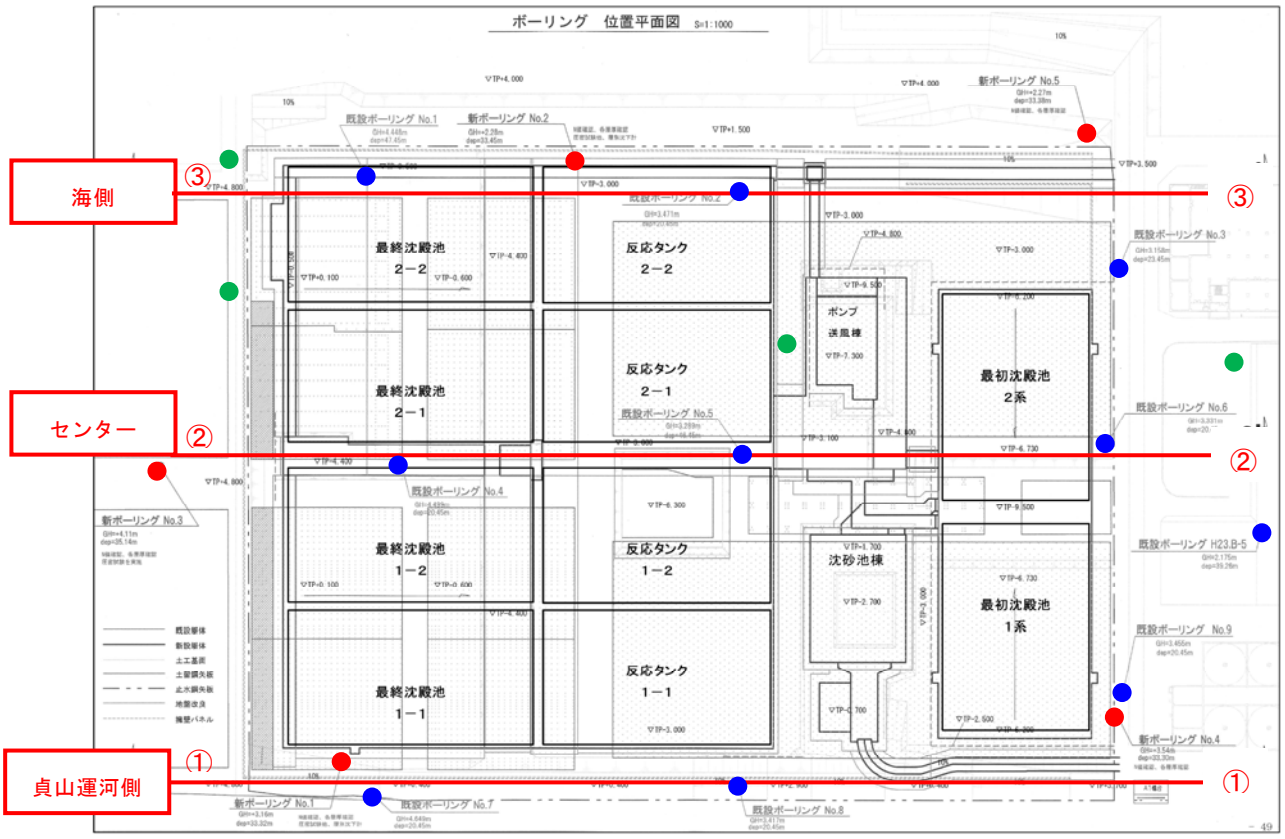
6 地質調査

6.1 現位置の地質構成

6.1.1 地質柱状図・断面図（実施設計）

地質調査は、実施設計時に 9 本、沈下が顕在化した後に追加で 9 本（JV5 本、NJS4 本）の計 18 本を実施している。

本項では、実施設計時における地質調査位置及び地質断面図を示す。



青丸：実施設計時調査（NJS）
赤丸：追加調査（JV）
緑丸：追加調査（NJS）

図 6.1 地質調査箇所図（実施設計時）

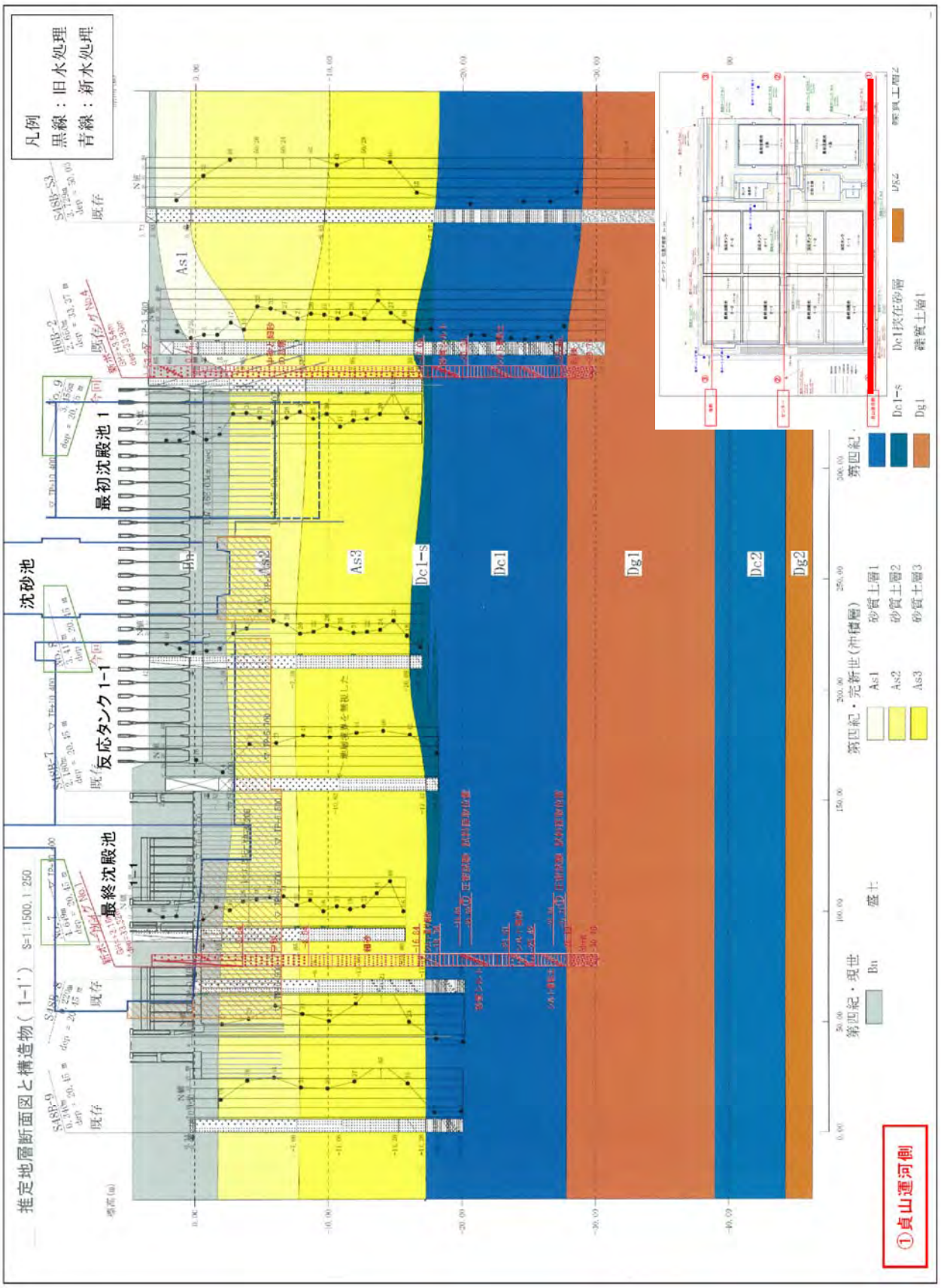


図 6.2　地質断面図（実施設計時①－①）

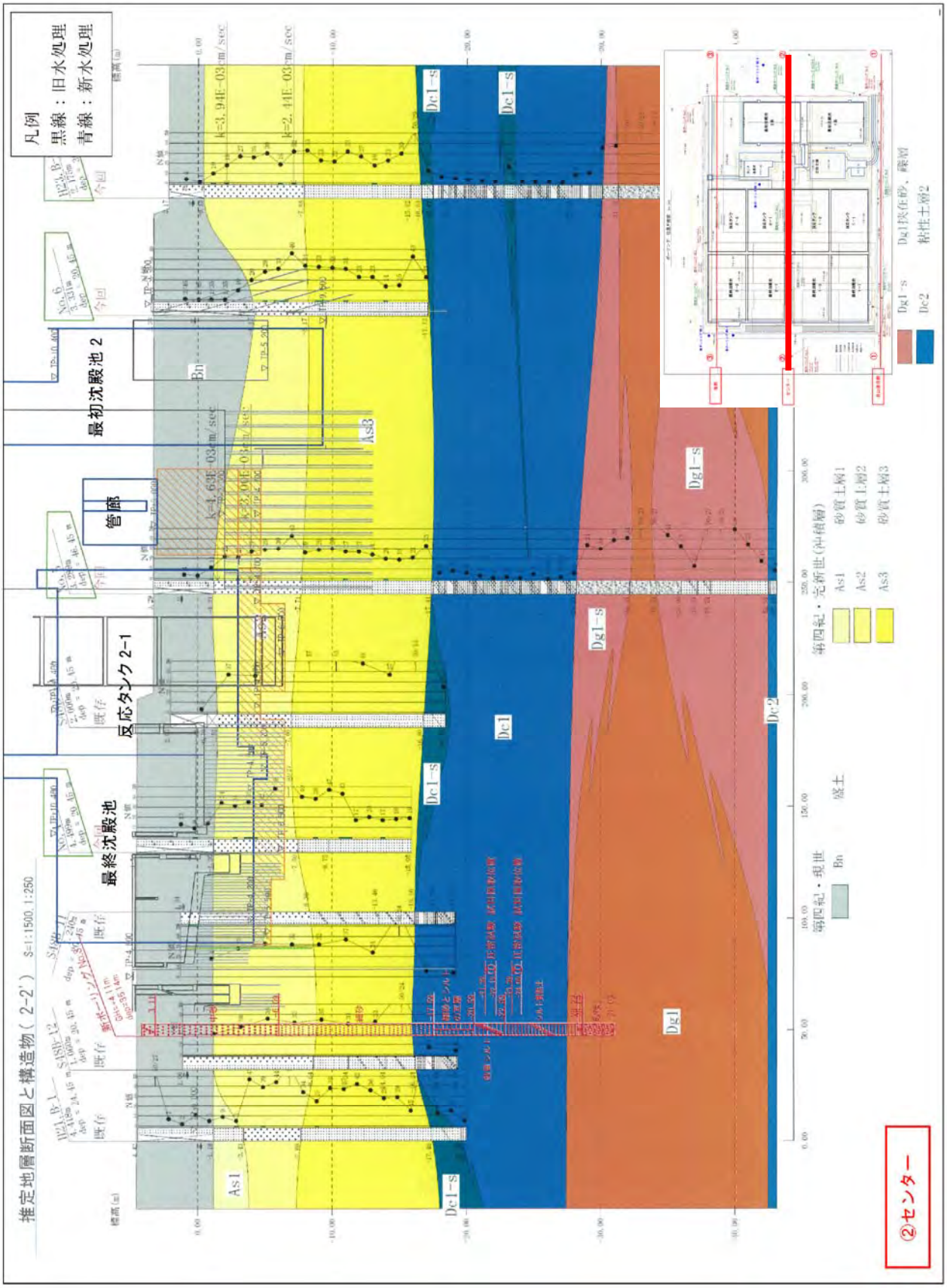


図 6.3　地質断面図（実施設計時②－②）

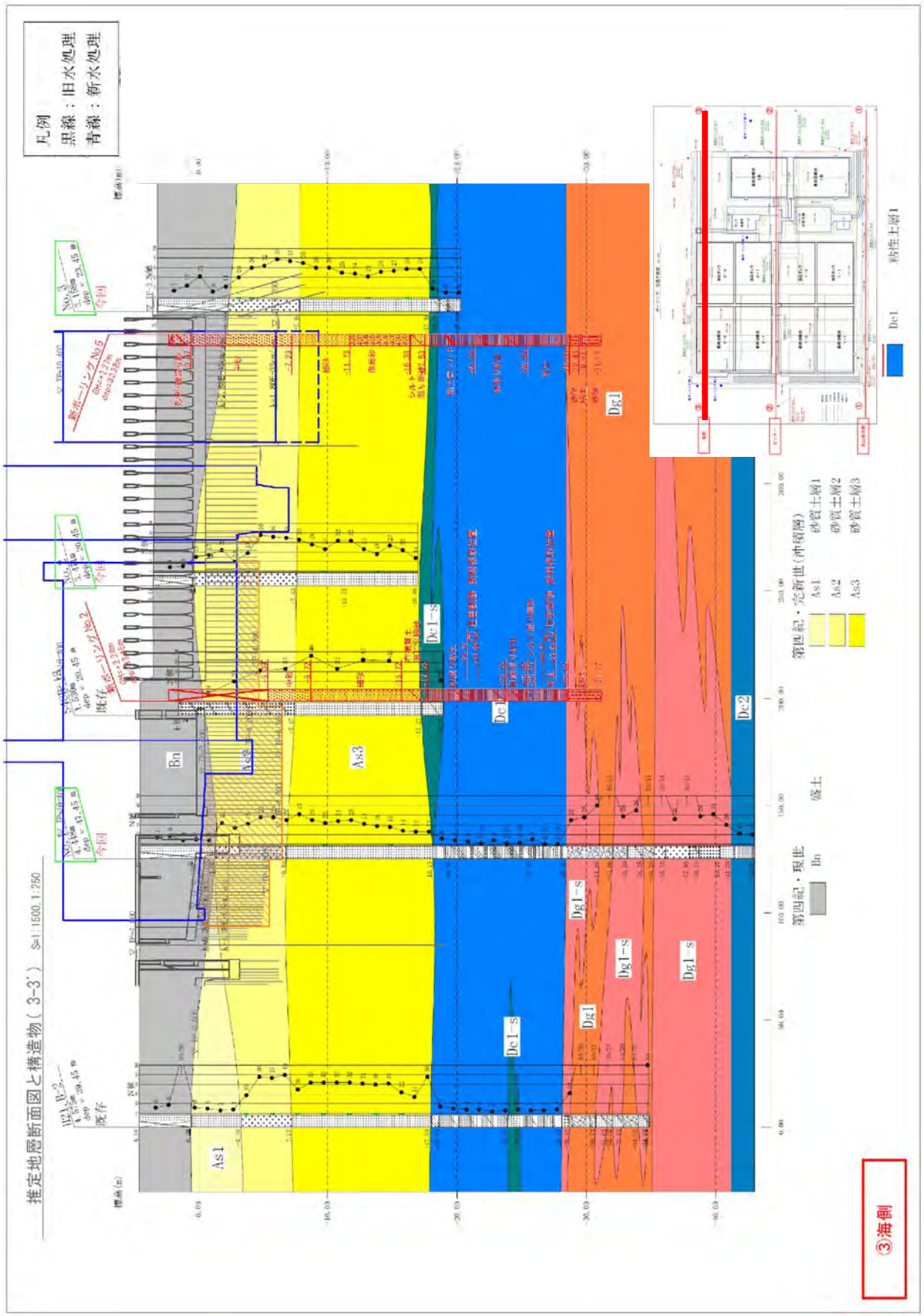
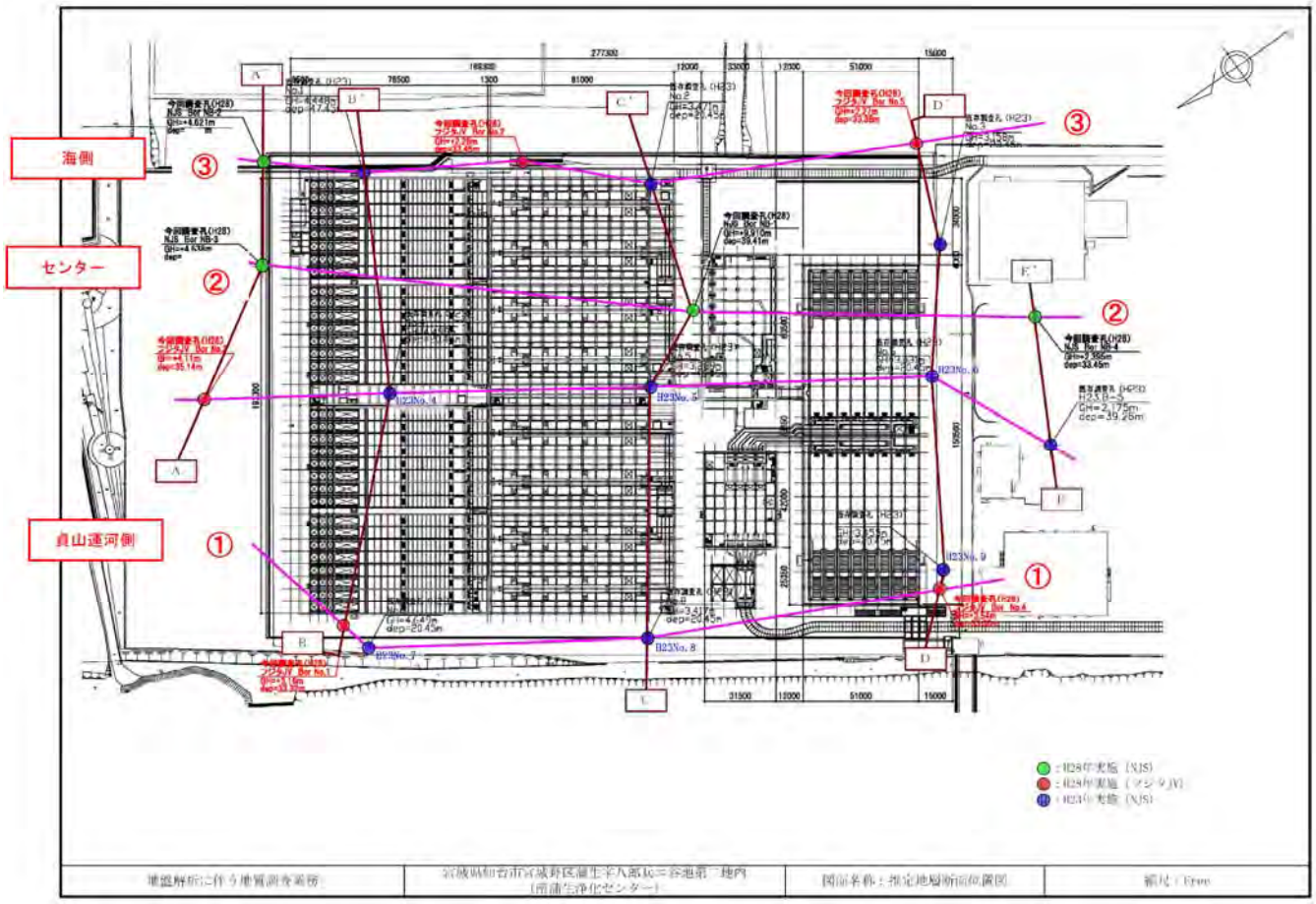


図 6.4　地質断面図（実施設計時③－③）

6.1.2 地質柱状図・断面図（沈下が顕在化した後の地質調査）

a） 調査結果

沈下が顕在化した後の平成 28 年度に実施した H28NJS 調査 4 箇所及びフジタ JV 調査 5 箇所の結果を示す。



赤丸：追加調査（JV）
緑丸：追加調査（NJS）
青丸：実施設計時調査（NJS）

図 6.5　推定地層断面位置図（沈下が顕在化した後の地質調査）

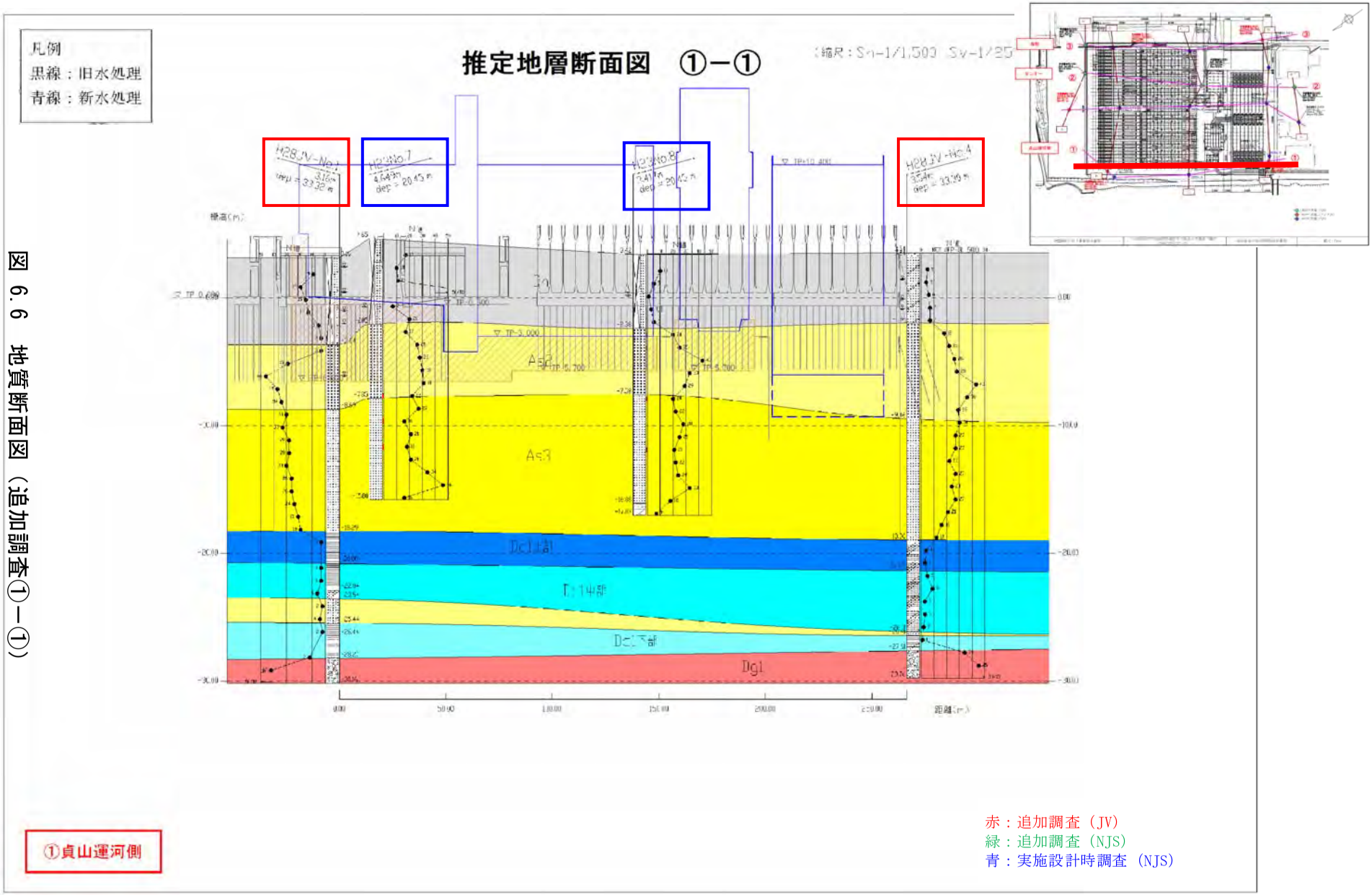


図 6.6　地質断面図（追加調査①－①）

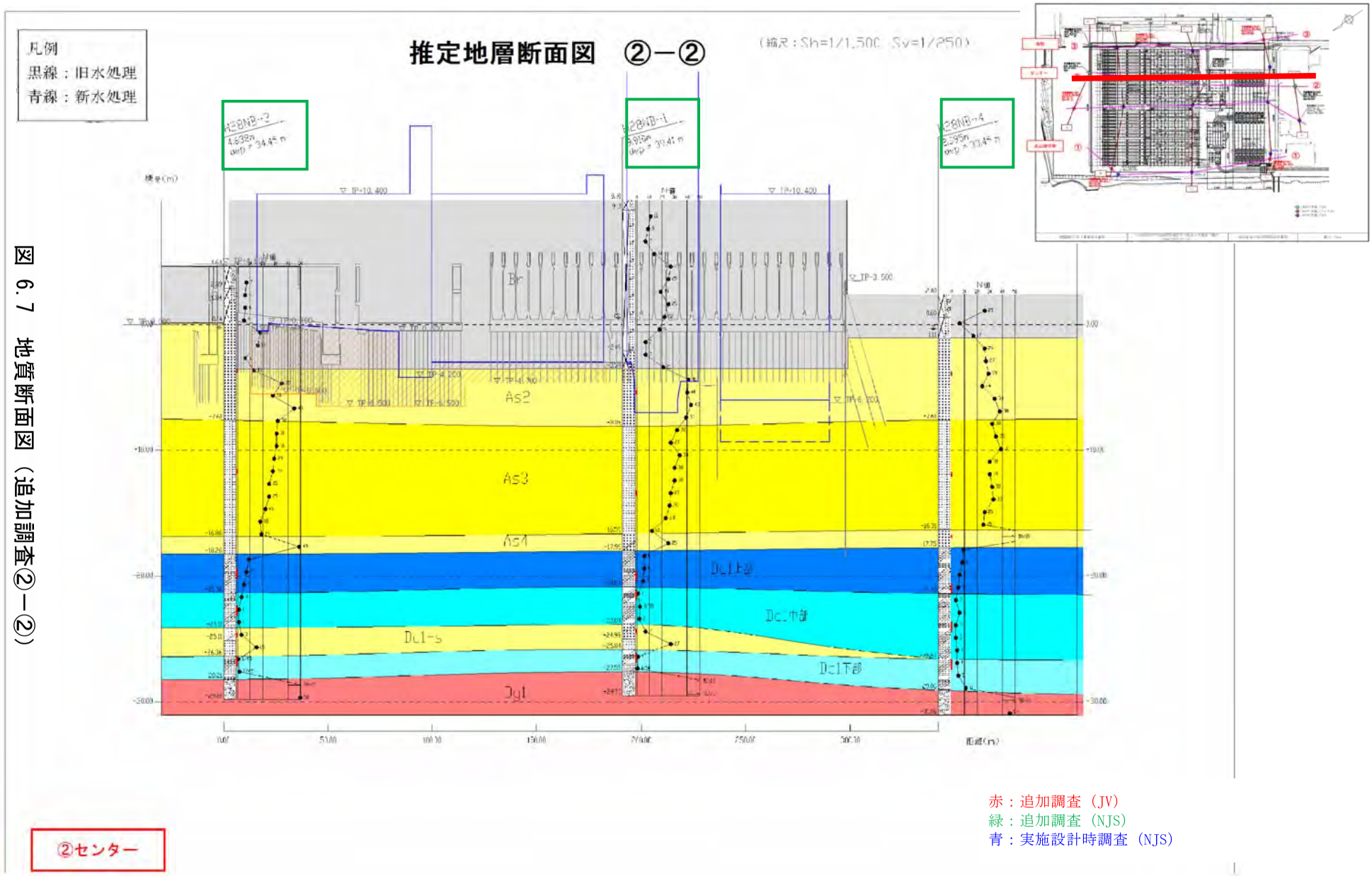


図 6.7　地質断面図（追加調査②－②）

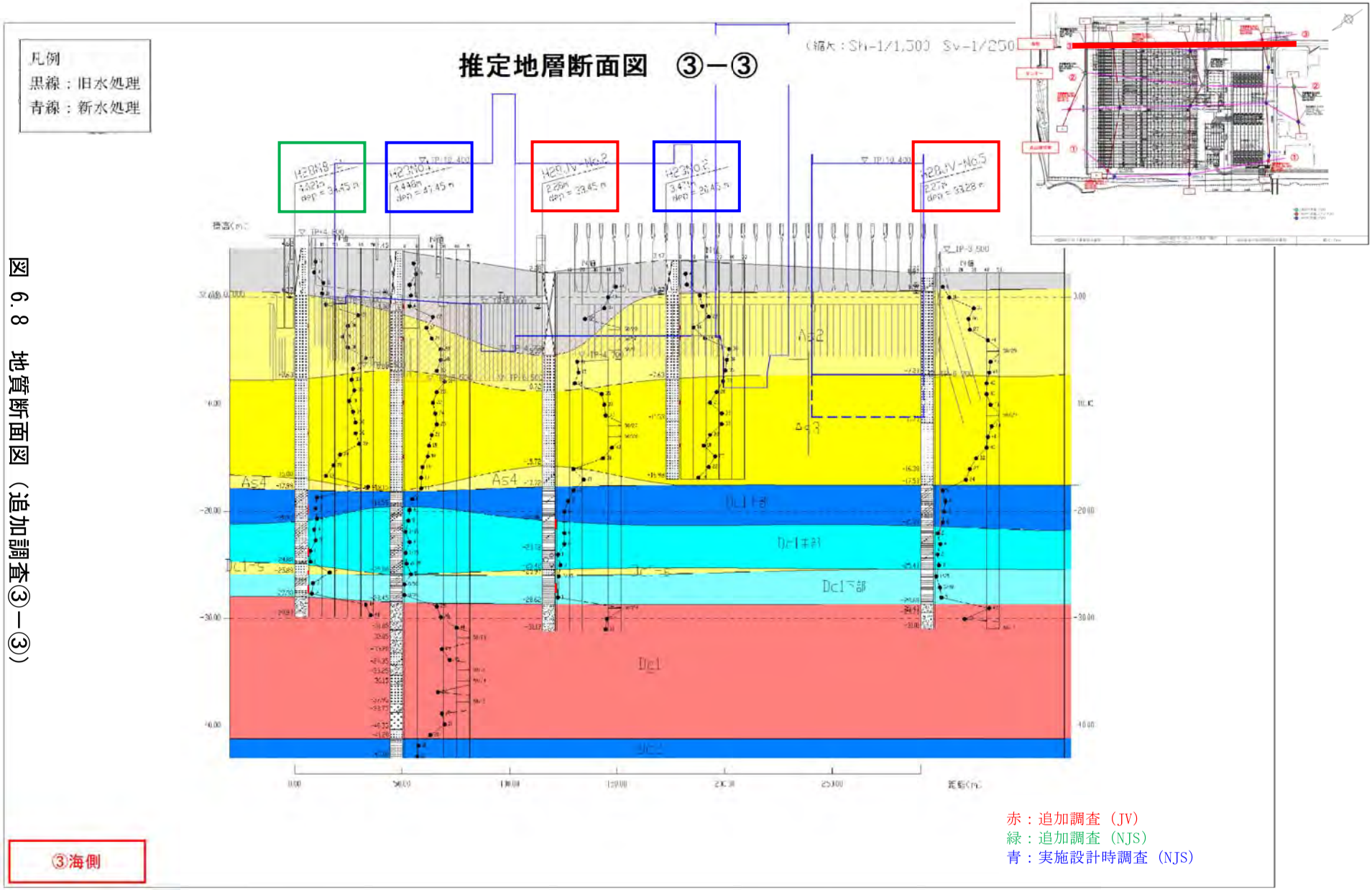


図 6.8　地質断面図（追加調査③－③）

6.1.3 地質の評価

a) **砂層について**

① 平成 23 年度の設計時に「As3 層」と「Dc1 層」の境界付近に一部N値の小さな細粒分を混入する地層を確認(H23No.4、H23No.8、H23.B-5)し、この地層を「Dc1-s 層」に区分していたが、今回調査ではその地層が確認されていない。よって、これは「As3 層」から「Dc1 層」に漸移する粘性土分を混入する砂質土と判断し、今回の調査により本層を「As3 層」に区分した。

② 平成 23 年度の設計時には確認されていなかったが、今回(H28-JV&NJS)の調査では「As3 層」の下位に明らかに*N*値の大きな砂質土が部分的に確認された(H28JV-No.2～3、H28NB-1～4)ため、本層を新たに「As4 層」に区分した。

③ 「Dc1 層」に狭在したかたちで明瞭な砂質土が確認されたため、本層を「Dc1-s」に区分した。

b) **粘性土層「Dc1 層」について**

平成 23 年度の設計時の 3 箇所(H23No.1、5、B-5)のみで確認された Dc1 層は、今回(H28-JV&NJS)の 9 か所の調査によって、以下に示す項目の違いが見られたことから、上部層、中部層、下部層の 3 層に大別した。

1) 目視観察と指圧程度による砂分混入程度の違い
2) 室内土質試験結果から得られた物理特性や力学特性及び圧密特性の違い

表 6.1 Dc1 層の特性値の評価一覧

地層区分		Dc1		
		上部層	中部層	下部層
物理特性	粒 度 配 分	ほぼ同じ傾向		砂分をやや多く混入
	自然含水比 Wn	大 (Wn=57.8%)	中 (Wn=55.4%)	小 (Wn=43.9%)
	湿潤密度 ρt	小 (ρt=1.627kN/m^3)	中 (ρt=1.657kN/m^3)	大 (ρt=1.744kN/m^3)
	細粒分含有率 Fc	ほぼ同程度 (Fc=94.9%)	(Fc=93.7%)	小 (Fc=82.5%)
	間 隙 比 e	大 (e=1.571)	中 (e=1.491)	小 (e=1.203)
力学特性	推定粘着力C=qu/2	下部層と同程度 (C=88.6kN/m^2)	小 (C=67.3N/m^2)	上部層と同程度 (C=85.9kN/m^2)
圧密特性	圧縮指数 Cc	大 (Cc=0.86)	中 (Cc=0.60)	小 (Cc=0.49)

※ 括弧内の数値は試験結果で得た複数データの平均値

・Dc1 上部層

本層は全体的に不均質で多くの微細砂～細砂を混入するシルトが主体で、前頁の表に示すように物理特性・力学特性・圧密特性ともに中部・下部との相違が見られる。

・Dc1 中部層

本層は全体的にやや不均質で微細砂を多少混入し粘着性を有す粘性土質シルトが主体で、前頁の表に示すように物理特性・力学特性・圧密特性ともに上部・下部との相違が見られる。

・Dc1 下部層

本層は全体的にやや均質な粘着性を有す粘性土質シルトが主体で、前頁の表に示すように物理特性・力学特性・圧密特性ともに上部・中部との相違が見られる。

6.2 Dc1 層の分布

沈下が顕在化した後の地質調査では、洪積粘性土層「Dc1 層」の分布状況を把握するため、下記(1)～(4)の図面を整理し、考察を行った。

(1)　Dc1 層出現(Dc1 層上端面)等深線図‥‥‥‥‥ 図 6.9 参照
(2)　Dc1 層出現(Dc1 層下端面)等深線図‥‥‥‥‥ 図 6.10 参照
(3)　Dc1 層等層厚線図（Dc1-s 層含む）‥‥‥‥‥ 図 6.11 参照
(4)　Dc1 層等層厚線図（Dc1-s 層含まず）‥‥‥‥ 図 6.12 参照

(考察)

- Dc1 層の出現深度は、上端標高は TP-18.96～-17.29m(差 1.67m)、下端標高は TP -30.12～-27.59m(差 2.53m)であり、調査面積から考えると多少の凹凸はあるもののほぼ水平に堆積していると判断される。
- 構造物の影響の有無による分布変化については顕著な違いはみられない。
- 「Dc1 層」の層厚（中間の Dc1-s 層は含めない）は、TP +7.60～+11.90m(差 4.30m)であり、層厚にはばらつきがあることが判明した。

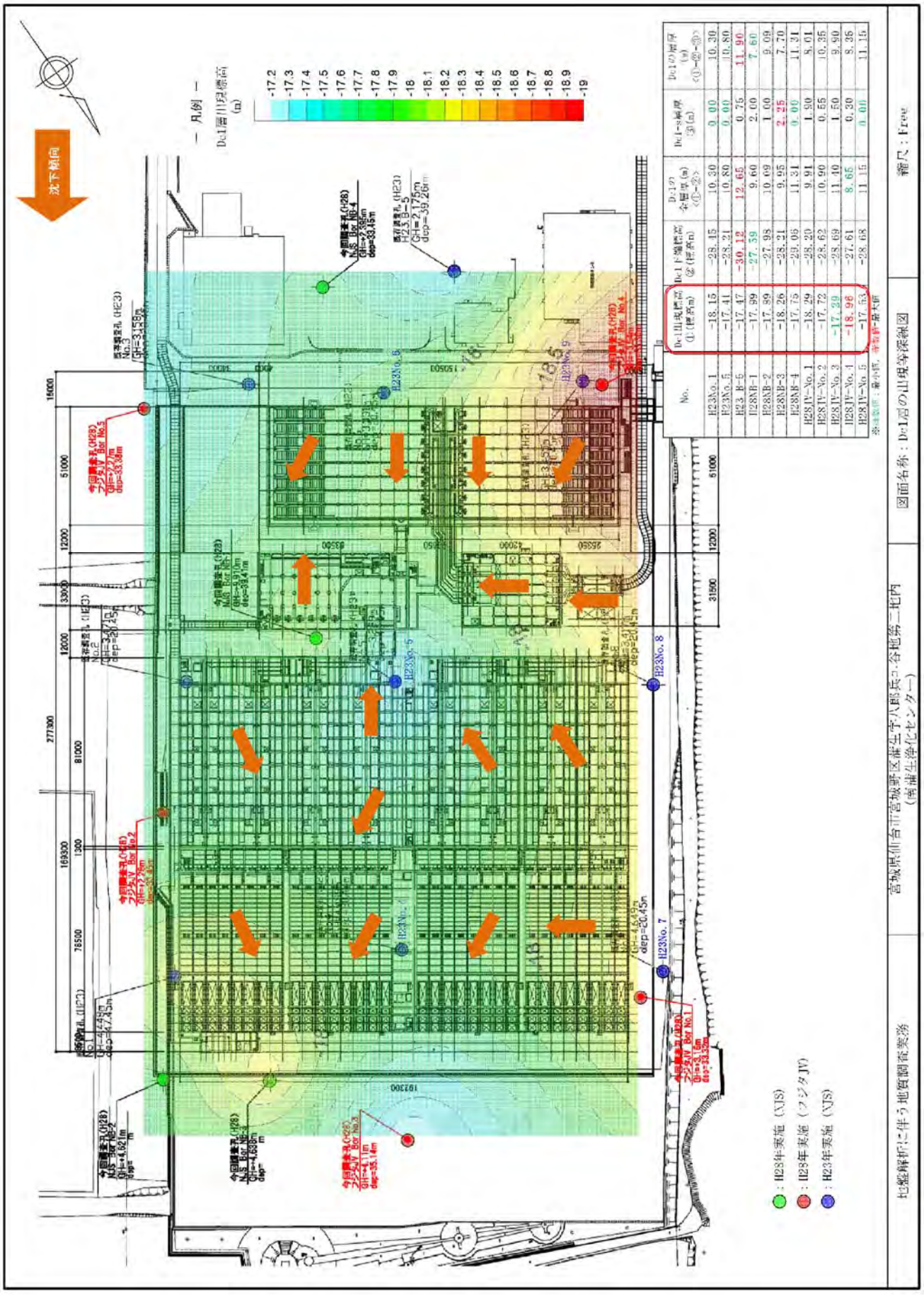


図 6.9　Dc1 層出現(Dc1 層上端面)等深線図

図 6.10　Dc1 層出現(Dc1 層下端面)等深線図

No.	Dc1 出現標高 ①(標高m)	Dc1 下端標高 ②(標高m)	Dc1の全層厚(m) ①-②	Dc1 s層厚 ③(m)	Dc1の層厚 (m) ①-②-③
H23No.1	-18.15	-28.45	10.30	0.00	10.30
H23No.5	-17.41	-28.21	10.80	0.00	10.80
H23 B-5	-17.47	-30.12	12.65	0.75	11.90
H28NB-1	-17.99	-27.59	9.60	2.00	7.60
H28NB-2	-17.89	-27.98	10.09	1.00	9.09
H28NB-3	-18.26	-28.21	9.95	2.25	7.70
H28NB-4	-17.75	-29.06	11.31	0.00	11.31
H28IV-No.1	-18.29	-28.20	9.91	1.90	8.01
H28IV-No.2	-17.72	-28.62	10.90	0.55	10.35
H28IV-No.3	-17.29	-28.69	11.40	1.50	9.90
H28IV-No.4	-18.96	-27.61	8.65	0.30	8.35
H28IV-No.5	-17.53	-28.68	11.15	0.00	11.15

※標準値：最小値、※数値：最大値

図 6.11　Dc1 層等層厚線図（Dc1-s 層含む）

No.	Dc1上端標高 (T.P.m)	Dc1下端標高 (T.P.m)	Dc1の全層厚 (m)	Dc1-s層厚 (m)	Dc1の層厚 (m)
H23No. 1	−18.15	−28.45	10.30	0.00	10.30
H23No. 5	−17.11	−28.21	10.80	0.00	10.80
H23 B-5	−17.47	−30.12	12.65	0.75	11.90
H28NB-1	−17.99	−27.59	9.60	2.00	7.60
H28NB-2	−17.89	−27.98	10.09	1.00	9.09
H28NB-3	−18.26	−28.21	9.95	2.25	7.70
H28NB-4	−17.75	−29.06	11.31	0.00	11.31
H28IV-No. 1	−18.29	−28.20	9.91	1.90	8.01
H28IV-No. 2	−17.72	−28.62	10.90	0.55	10.35
H28IV-No. 3	−17.29	−28.69	11.40	1.50	9.90
H28IV-No. 4	−18.96	−27.61	8.65	0.30	8.35
H28IV-No. 5	−17.53	−28.68	11.15	0.00	11.15

図 6.12　Dc1 層等層厚線図（Dc1-s 層含まず）

6.3 室内土質試験（沈下が顕在化した後の地質調査）

6.3.1 調査内容

沈下が顕在化した後の室内土質試験では、粘性土層「Dc1 層」については、「乱れの少ない試料」を用いて物理特性、力学特性、圧密特性を求める試験を実施している。この「乱れの少ない試料」の採取方法は、各ボーリング孔から 3.0m 程度離れた地点を試料採取孔とし、水圧式シンウォール式サンプラーを用いた。

また、砂質土層（As2 層、As3 層、As4 層、Dc1-s 層）に関しては、標準貫入試験で採取した試料を用いて物理特性を求める試験を実施している。

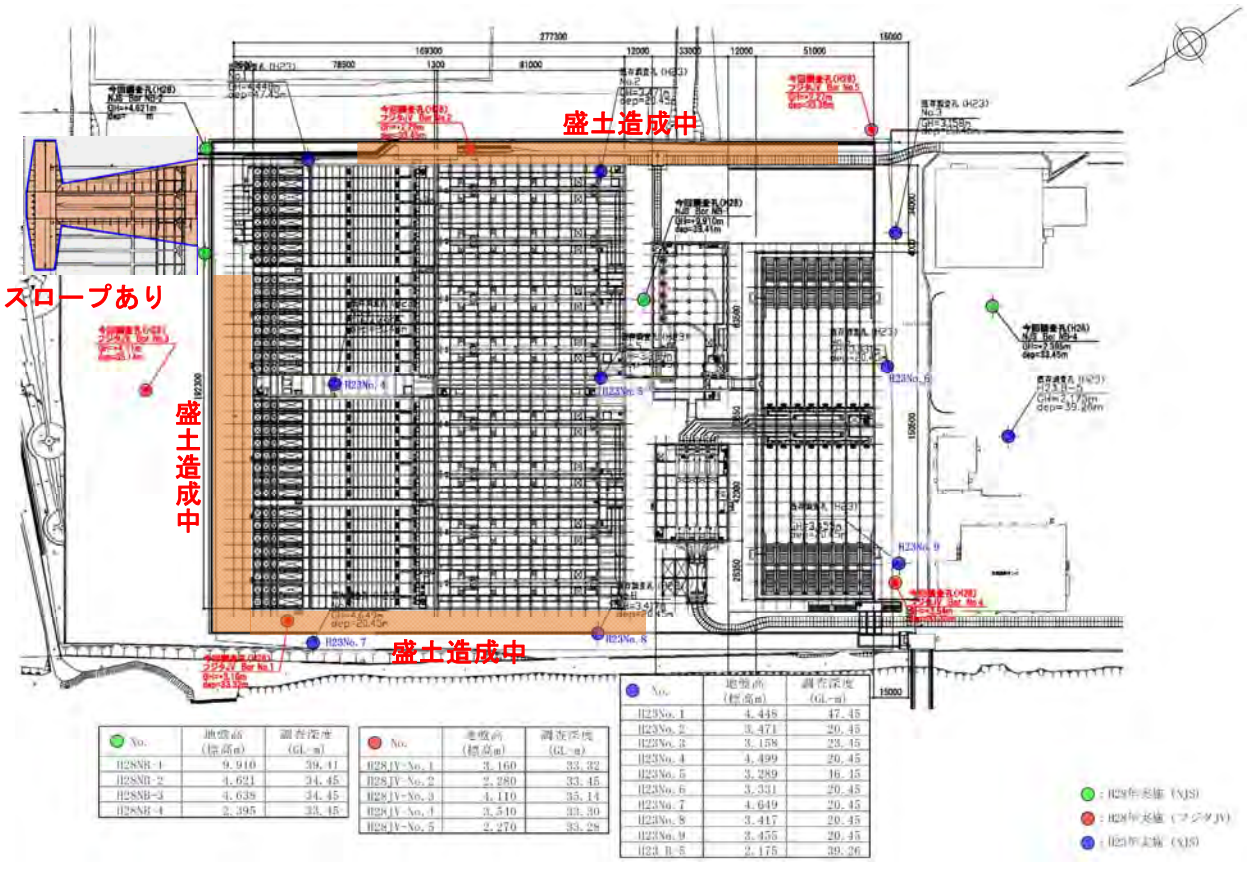
なお、以下にサンプリングデータ採取時の時期及び現場状況について示す。

現場調査日：

平成 28 年 2 月 1 日～2 月 24 日（フジタ JV）

平成 28 年 3 月 17 日～4 月 1 日（NJS）

現場状況　：下図のとおり（平成 28 年 3 月時点）



6.3.2 室内土質試験結果

a) 砂質土

項目	試験値等	考察
湿潤密度	As2層 ：ρt=1.872～1.935g/cm^3、**平均 1.902g/cm^3** As3層 ：ρt=1.825～1.873g/cm^3、**平均 1.852g/cm^3**	As2層の値がAs3層の値よりやや大きな値を示している。これはAs2層(細中砂主体)はAs3層(細砂主体)に比べ、粗い土粒子から構成されていることに起因するものと考えられる。
土粒子の密度ρs	As2層 ：ρs=2.643～2.686g/cm^3、**平均 2.663g/cm^3** As3層 ：ρs=2.636～2.685g/cm^3、**平均 2.655g/cm^3** As4層 ：ρs=2.647～2.666g/cm^3、**平均 2.655g/cm^3** Dc1-s層：ρs=2.681～2.693g/cm^3、**平均 2.685g/cm^3**	すべての値が一般的な無機質土（ρs=2.6～2.8g/cm^3）の範囲内である。
自然含水比 Wn	As2層 ： Wn=15.2～25.1%、**平均 20.1%** As3層 ： Wn=19.0～42.4%、**平均 28.1%** As4層 ： Wn=20.4～35.8%、**平均 30.2%** Dc1-s層： Wn=38.6～45.9%、**平均 42.3%**	As2層からAs4層にかけて大きくなっているものの、一般的な砂質土の数値（20～30%）を示している。Dc1-s層は細粒分含有率Fcが大きいため、粘性土のような大きい数値を示している。
間隙比 e	As2層 ： e=0.666～0.707、**平均 0.686** As3層 ： e=0.819～0.897、**平均 0.852**	As2層はAs3層よりやや小さな値を示している。また、自然含水比Wnが大きくなるにつれ、間隙比eも大きくなっている傾向がある。
粒度特性	As2層 ：細粒分含有率Fc= 5.9～22.1%、**平均 10.9%** As3層 ：細粒分含有率Fc= 7.3～43.2%、**平均 16.2%** As4層 ：細粒分含有率Fc= 9.1～27.8%、**平均 19.6%** Dc1-s層：細粒分含有率Fc=22.0～59.3%、**平均 45.1%**	As2層は、細砂と中砂が主体の砂質土層であると判断できる。 As3層・As4層は、細粒分含有率Fcや粒径加積曲線はほぼ同じ傾向を示しており、N値は異なるが粒度特性に関してはほぼ同一であると判断できる。 Dc1-s層は、粒子構成は砂質土と粘性土の中間的な特性を示す。

b) **粘性土**

<table>
<tr><th>項目</th><th>試験値等</th><th>考察</th></tr>
<tr><td>湿潤密度</td><td>Dc1 上部層　：ρt=1.621～1.631g/cm^3、<u>平均 1.627g/cm^3</u>
Dc1 中部層　：ρt=1.639～1.675g/cm^3、<u>平均 1.657g/cm^3</u>
Dc1 下部層　：ρt=1.718～1.768g/cm^3、<u>平均 1.744g/cm^3</u></td><td>湿潤密度ρt は自然含水比 Wn の増加に伴い、小さくなる傾向がみられる。</td></tr>
<tr><td>土粒子の密度ρs</td><td>Dc1 上部層　：ρs=2.624～2.666g/cm^3、<u>平均 2.640g/cm^3</u>
Dc1 中部層　：ρs=2.638～2.652g/cm^3、<u>平均 2.646g/cm^3</u>
Dc1 下部層　：ρs=2.630～2.664g/cm^3、<u>平均 2.650g/cm^3</u></td><td>すべての値が一般的な無機質土（ρs=2.6～2.8g/cm^3）の範囲内である。</td></tr>
<tr><td>自然含水比 Wn</td><td>Dc1 上部層　：Wn=55.4～59.0%、<u>平均 57.8%</u>
Dc1 中部層　：Wn=52.0～58.8%、<u>平均 55.4%</u>
Dc1 下部層　：Wn=42.1～46.2%、<u>平均 43.9%</u></td><td>一般的な粘性土の数値（40～50%以上）を示している。Dc1 上部層と Dc1 中部層は Wn=50～60%の範囲内であり、Dc1 下部層のは約 45 前後と低い値を示している。</td></tr>
<tr><td>粒度特性</td><td>Dc1 上部層　：細粒分含有率 Fc=90.2～96.9%、<u>平均 94.9%</u>
Dc1 中部層　：細粒分含有率 Fc=87.1～98.2%、<u>平均 93.7%</u>
Dc1 下部層　：細粒分含有率 Fc=76.3～93.0%、<u>平均 82.5%</u></td><td>Dc1 上部層と Dc1 中部層の粒度特性は類似しているが、Dc1 下部層はこれらに比べ砂分をやや多く混入している。</td></tr>
<tr><td>コンシステンシー特性</td><td>
<table>
<tr><th rowspan="2">項　目</th><th colspan="3">地層名</th></tr>
<tr><th>Dc1上部層</th><th>Dc1中部層</th><th>Dc1下部層</th></tr>
<tr><td>自然含水比　Wn(%)</td><td>57.8</td><td>55.4</td><td>43.9</td></tr>
<tr><td>液性限界　Wl(%)</td><td>70.6</td><td>58.7</td><td>46.0</td></tr>
<tr><td>塑性限界　Wp(%)</td><td>35.7</td><td>34.0</td><td>26.7</td></tr>
<tr><td>塑性指数　Ip</td><td>34.9</td><td>24.7</td><td>19.3</td></tr>
<tr><td>ｺﾝｼｽﾃﾝｼｰ指数Ic</td><td>0.4</td><td>0.1</td><td>0.1</td></tr>
<tr><td>液性指数　I_L</td><td>0.6</td><td>0.9</td><td>0.9</td></tr>
<tr><td>土の状態</td><td colspan="3">塑性状</td></tr>
<tr><td>分類</td><td colspan="3">塑性粘土</td></tr>
</table>
※各含水量の値は試験結果の平均値を採用した。

コンシステンシー特性：
粘性土が含水量の変化によって液性状、塑性状、半固結状等の状態変化を起こす特性のこと</td><td>Dc1 上部層、Dc1 中部層、Dc1 下部層ともに、塑性状の「塑性粘性土」に分類される。
また、Dc1 中部層と Dc1 下部層は「Wn=Wl」に近似した状態であるため乱すと強度低下しやすい地層であると判断される。

塑性粘性土：
力を加えて変形させたときに元に戻らない性質（塑性）を有した粘性土のことを指す。</td></tr>
<tr><td>強度特性(粘着力)</td><td>Dc1 上部層　：C=79.6～ 90.8kN/㎡、<u>平均 86.3kN/㎡</u>
Dc1 中部層　：C=50.5～ 98.0kN/㎡、<u>平均 73.4kN/㎡</u>
Dc1 下部層　：C=78.3～105.8kN/㎡、<u>平均 89.5kN/㎡</u></td><td>粘性土層の強度特性（粘着力）は、Dc1 中部層の粘着力 C が最も小さく、Dc1 上部層と Dc1 下部層の粘着力 C は近似した値が得られた。</td></tr>
</table>

c） 粘性土の圧密試験

沈下が顕在化した後の地質調査では、粘性土層「Dc1 層」の圧密特性を明らかにするため、「段階載荷による圧密試験　(JIS A 1217)」を行った。

この方法は、一般的に広く普及している方法で、荷重を 8 段階に分け、各荷重段階において荷重を 24 時間保持し続けた時の諸数値を計測し、次の段階に移行する方法である。このため、圧密試験で 8 日、除荷で 1 日、試験後の供試体の物理試験で 1 日、準備工やデータ整理を含めると概ね 2 週間程度を必要とする。

以下、沈下が顕在化した後の段階載荷による圧密試験結果（e-logP 曲線及び Cv 曲線）について示す。これらのデータは、次章の「沈下量予測」にて用いている。

※　e-LogP 曲線：圧密沈下計算により沈下量を求めるために必要なもの

※　表中の Cc（圧縮指数）は圧密降伏応力 Pc より大きな荷重領域での曲線勾配であり、数値が大きければ圧縮しやすい。

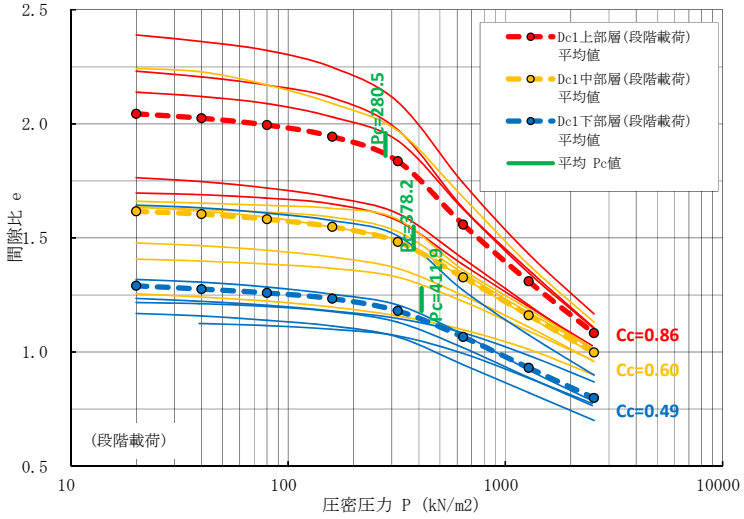


図　Dc1層のe-LogP曲線図

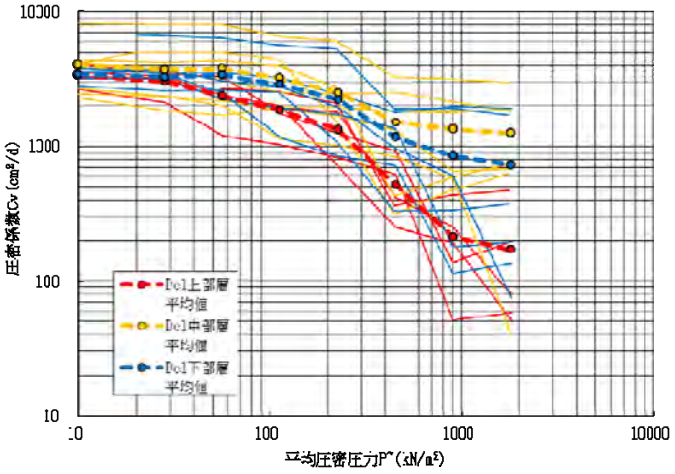
表　Dc1層のe～P関係

圧密圧力 P (kN/m²)	間隙比e		
	Dc1上部層 (段階載荷) 平均値	Dc1中部層 (段階載荷) 平均値	Dc1下部層 (段階載荷) 平均値
20	2.044	1.617	1.290
39			
40	2.025	1.604	1.276
79			
80	1.995	1.582	1.259
157			
160	1.944	1.548	1.234
314			
316			
320	1.836	1.483	1.180
328			
628			
640	1.559	1.327	1.065
1255			
1280	1.309	1.161	0.931
2511			
2560	1.082	0.997	0.798

※段階載荷圧密試験より

図 6.13　Dc1 層の e-logP 曲線図

※　Cv 曲線：沈下時間を求めるために必要なもので、数値が大きいほど進行速度が速い。



平均圧密圧力 P~(kN/m²)	圧密係数 Cv (cm²/d)		
	Dc1上部層 平均値	Dc1中部層 平均値	Dc1下部層 平均値
10.0	3383.5	4018.5	3427.0
28.0			
28.3	3022.0	3738	3272.0
55.0			
56.6	2349.2	3752.4	3367.8
111.0			
113.1	1847.7	3206.4	2880.7
222.0			
226.3	1331.6	2491.3	2216.7
444.0			
452.5	517.3	1498.3	1175.8
887.0			
905.1	213.7	1341.4	852.4
1775.0			
1810.2	171.1	1255.5	732.1

図 6.14　Dc1 層の Cv 曲線図

今回、沈下が顕在化した後の粘性土層「Dc1 層」の圧密特性を調査した結果、圧密降伏応力 Pc は同じ地層でもばらつきが見られるものの、現況地盤に対する有効土被り圧よりも大きい状況（正規圧密～やや過圧密）にあったと考えられる。（次頁以降のグラフ参照）

ただし、盛土等による上載荷重の増加によっては圧密降伏応力を上回ることが予想され、圧密沈下が発生する可能性があることが分かった。

さらに、今回の地質調査によって、新設構造物下部に分布する粘性土層「Dc1 層」は、「Dc1-s 層」の砂質土層が不規則かつ不連続で狭在し、かつ粘性土層「Dc1 層」の層厚変化が著しいことが特徴的であることが明らかとなった。これが各調査地点での圧密状況のばらつきに影響しているものと推察される。

次頁より、沈下が顕在化した後に実施した土質試験結果について、各調査地点ごとに試験項目別の一覧図を示す。

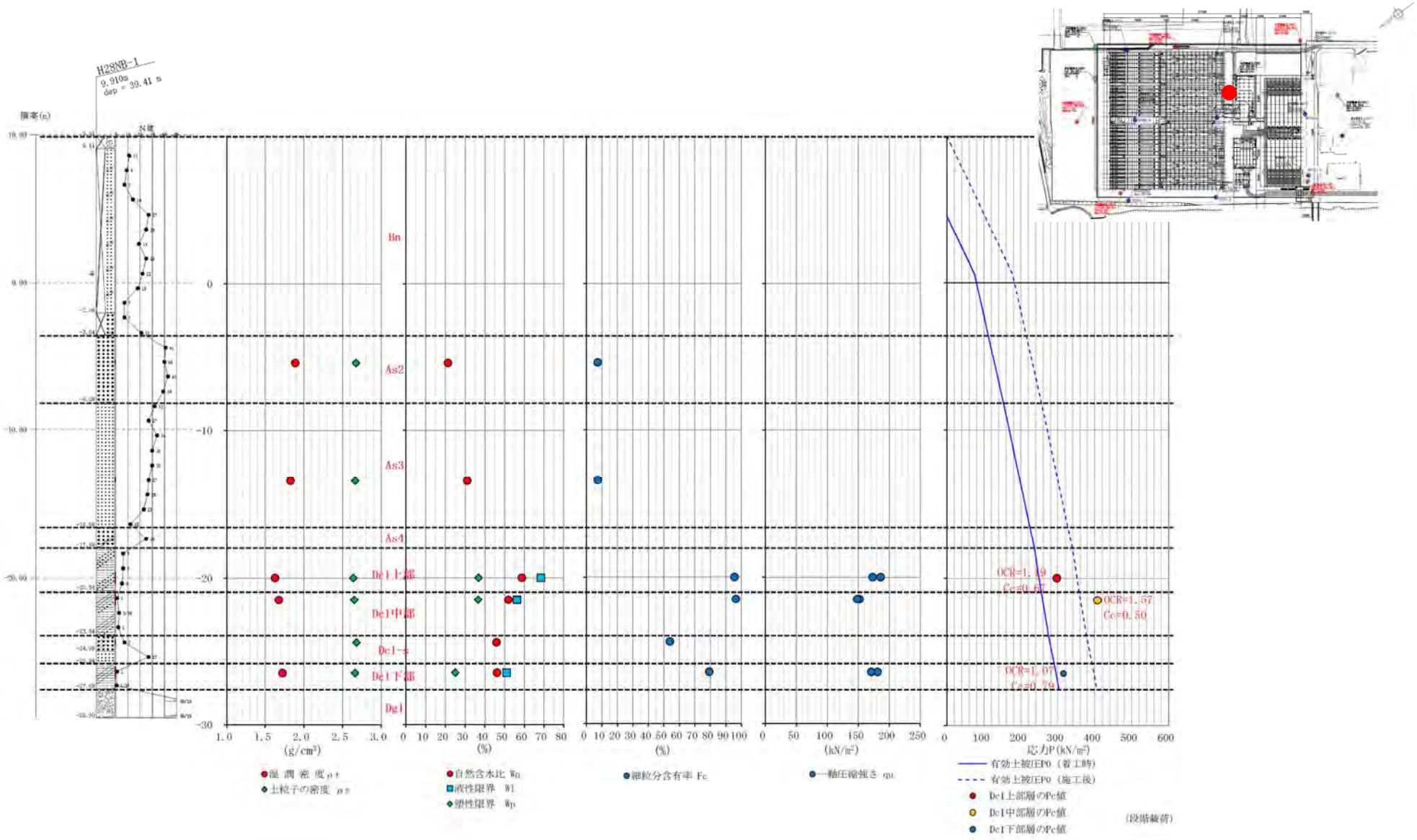


図 6.15　沈下が顕在化した後の土質試験結果一覧図（H28NB-1）

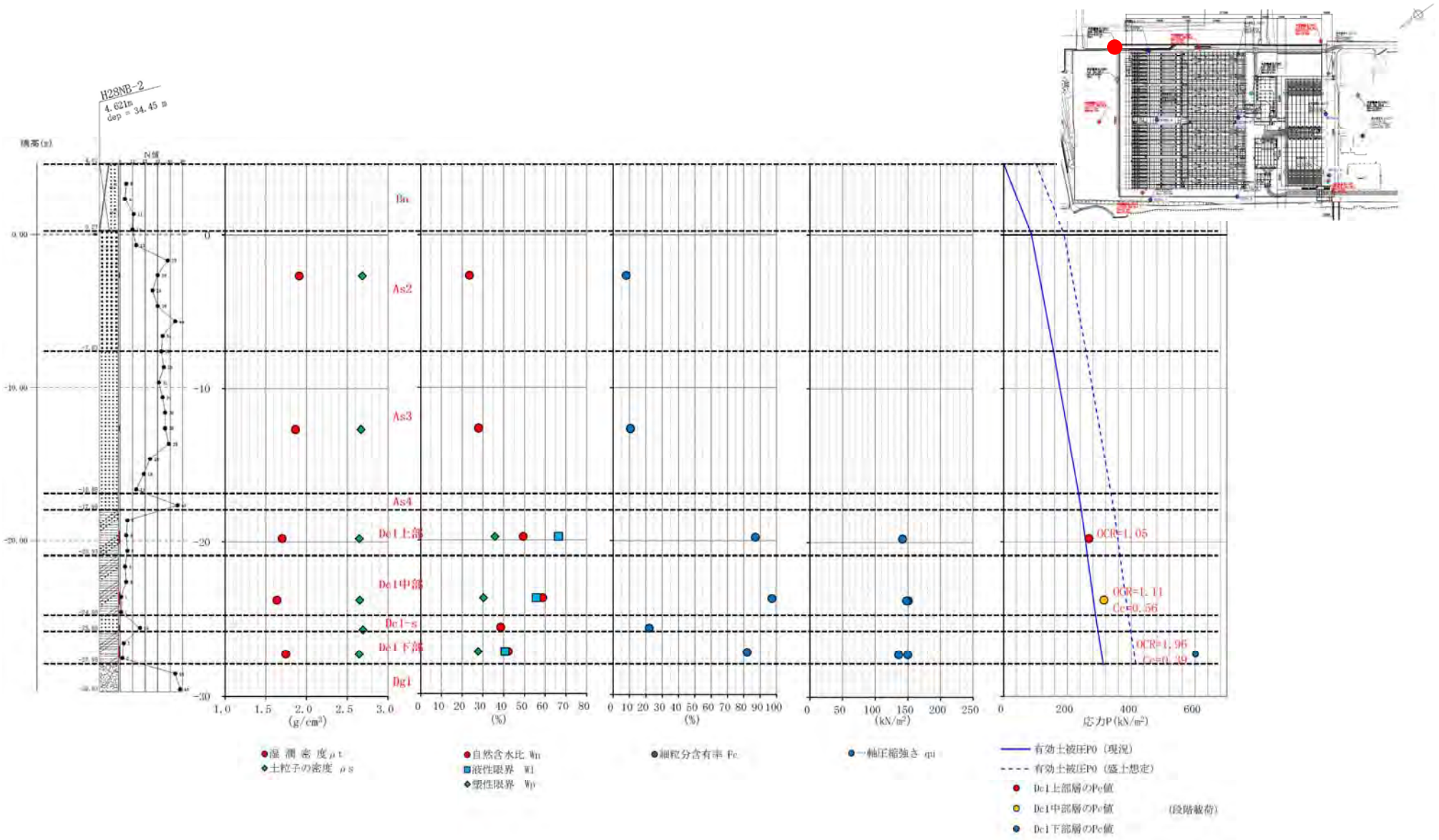


図 6.16　沈下が顕在化した後の土質試験結果一覧図（H28NB-2）

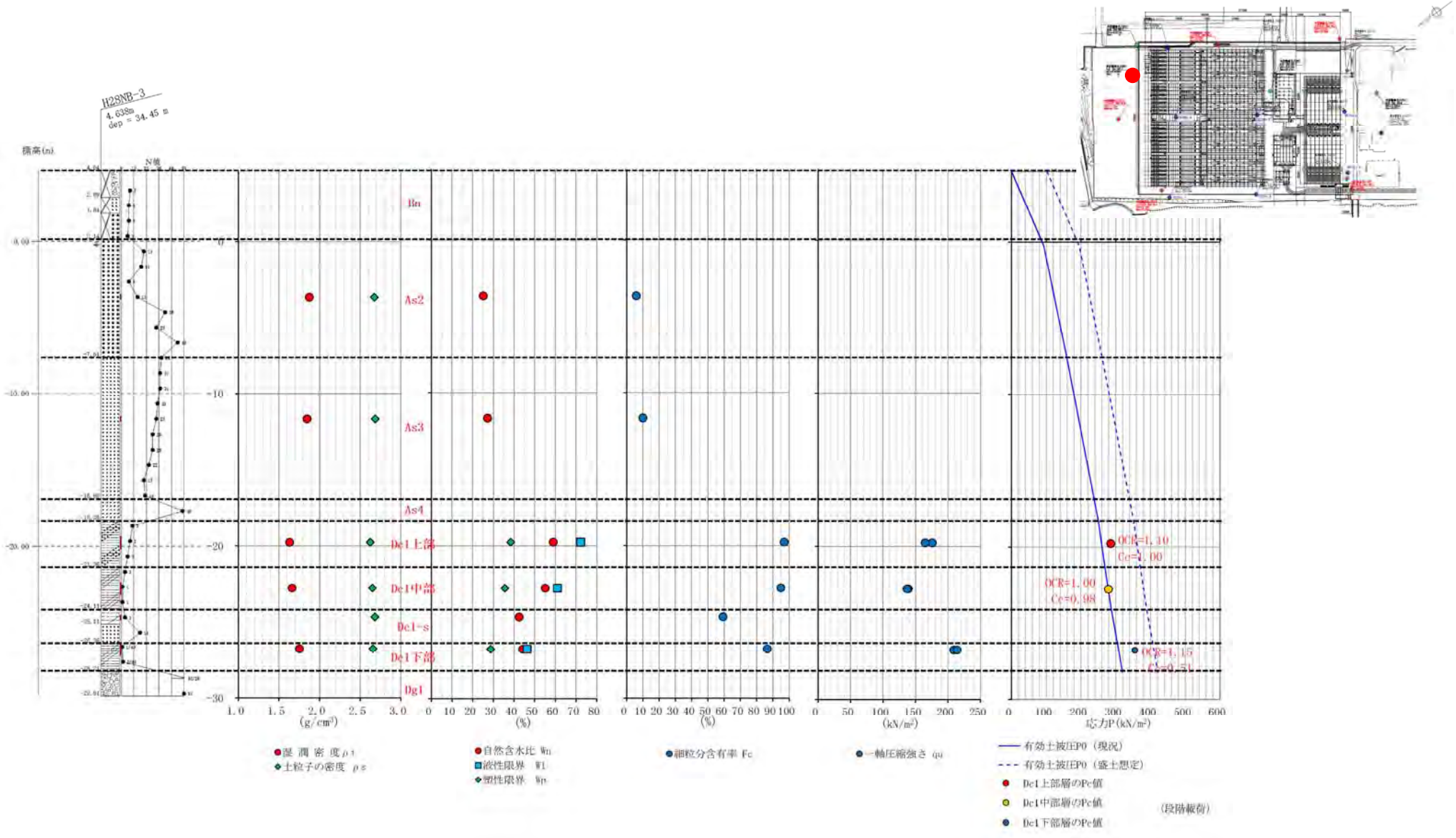


図 6.17　沈下が顕在化した後の土質試験結果一覧図（H28NB-3）

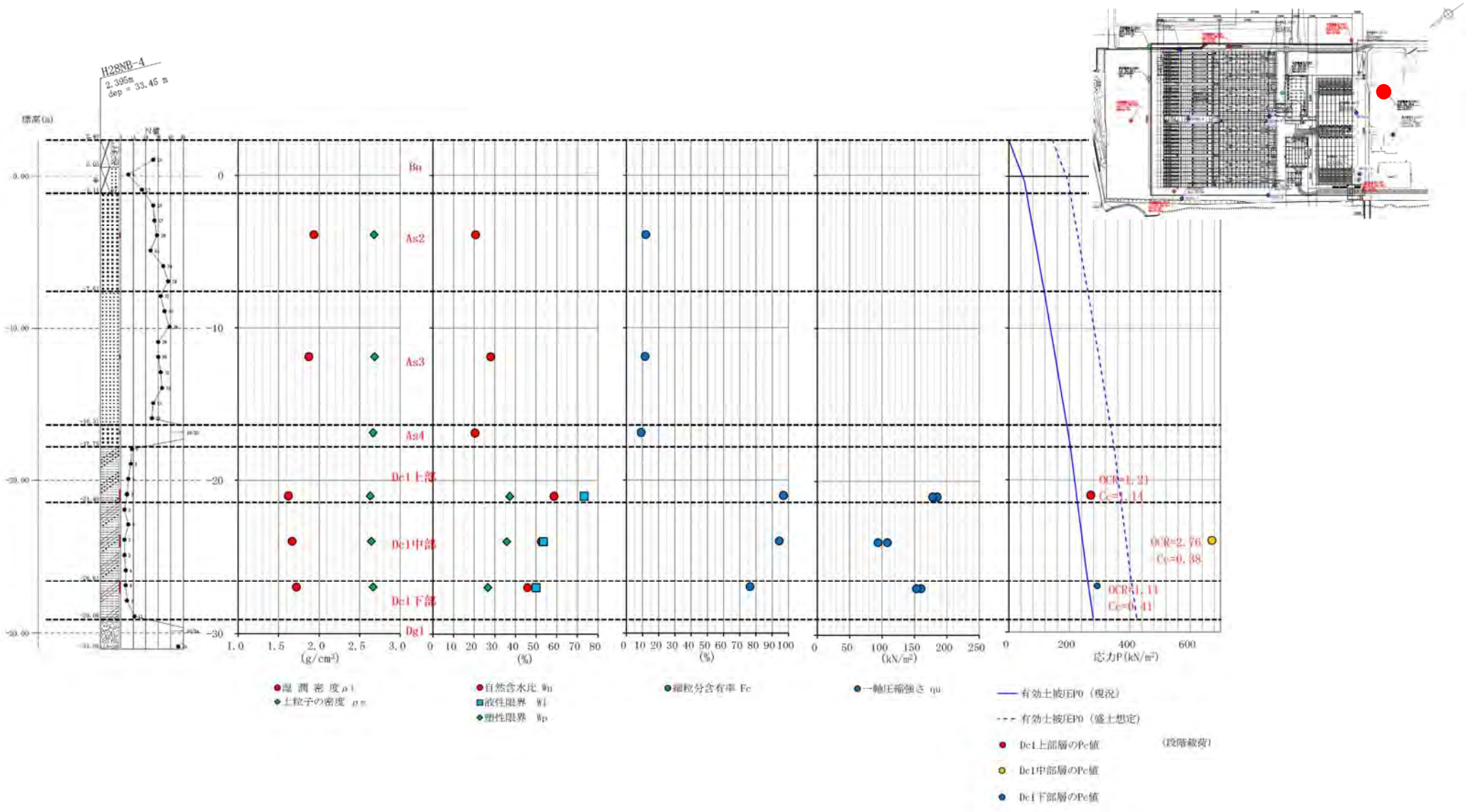


図 6.18　沈下が顕在化した後の土質試験結果一覧図（H28NB-4）

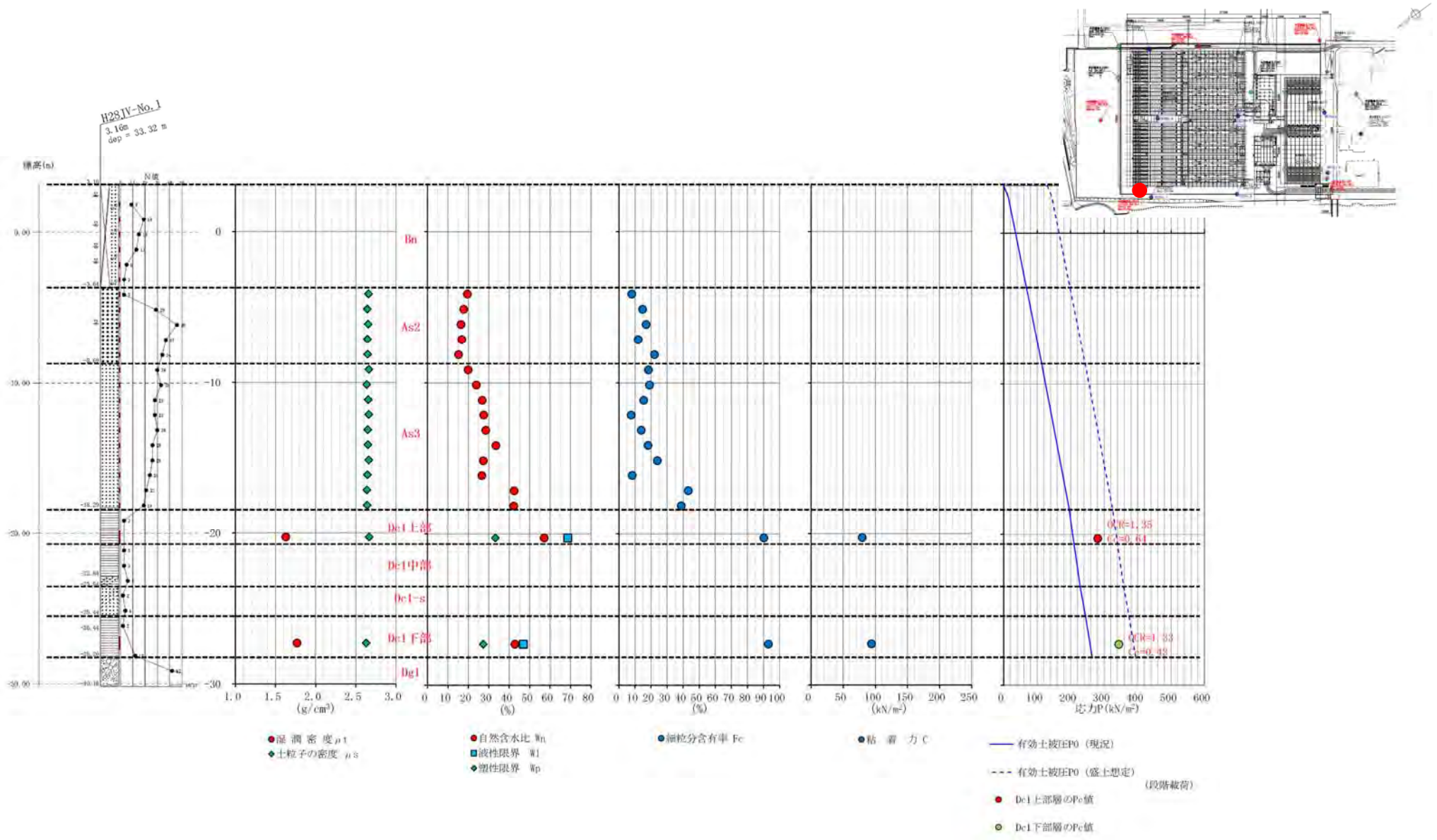


図 6.19　沈下が顕在化した後の土質試験結果一覧図（H28JV-No.1）

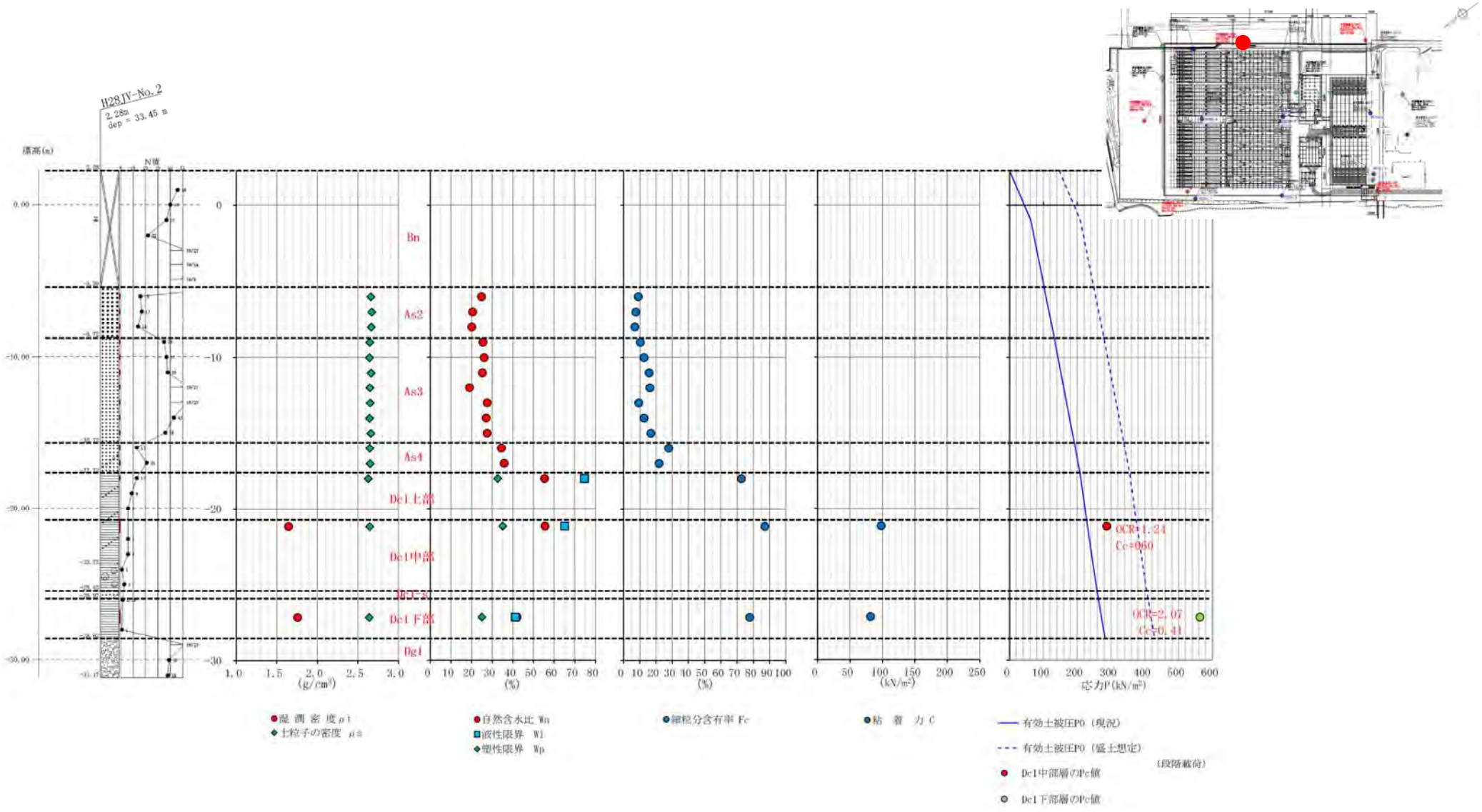


図 6.20　沈下が顕在化した後の土質試験結果一覧図（H28JV-No.2）

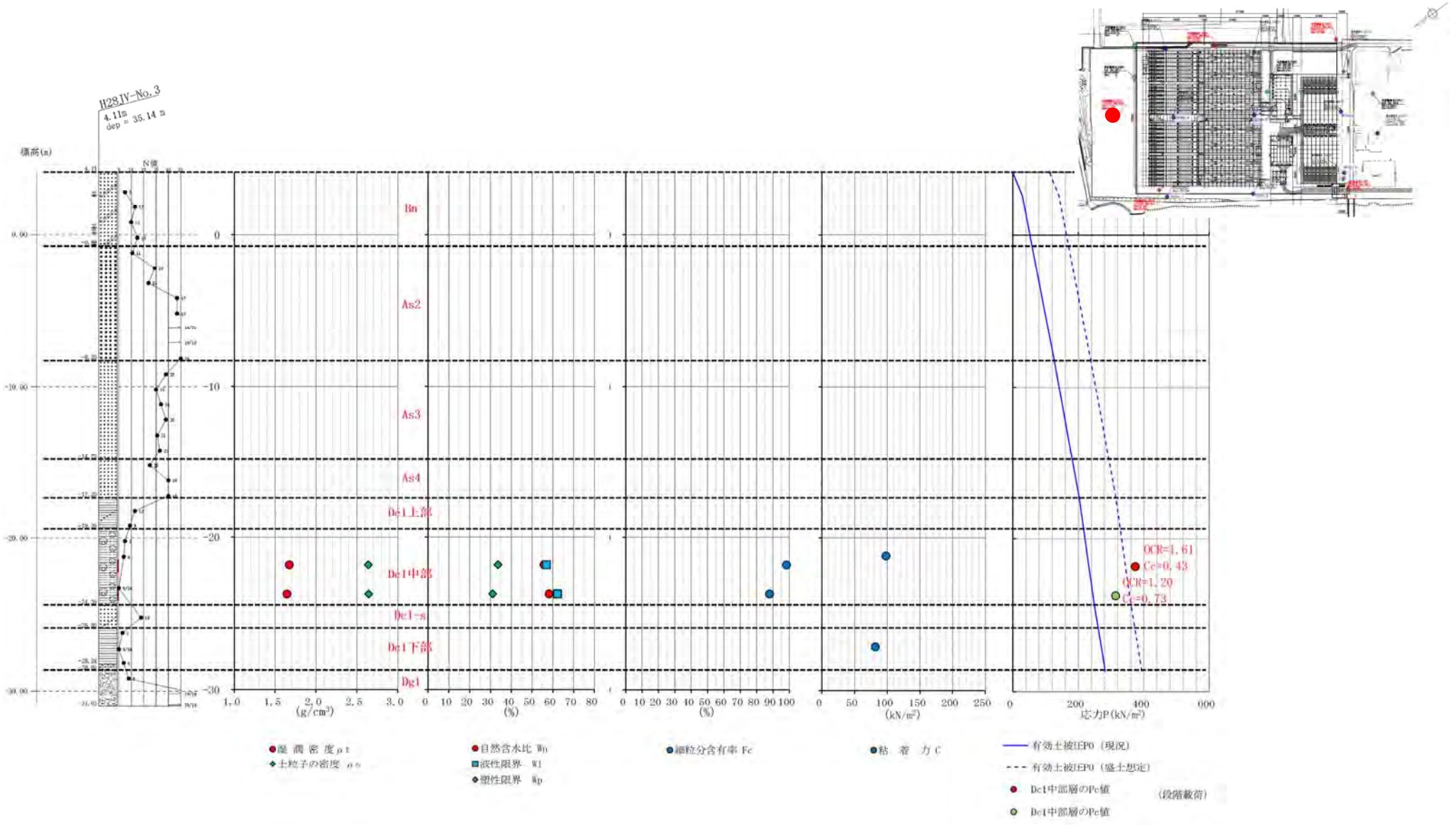


図 6.21　沈下が顕在化した後の土質試験結果一覧図（H28JV-No.3）

6.4 層別沈下計による計測結果と考察

6.4.1 目的

躯体の沈下に関しては、各施設に測点を設け継続的に計測を行っている。沈下の要因を詳細に調べることを目的として層別沈下計による計測を実施している。

6.4.2 設置箇所

場内の平面図及び層別沈下計の設置位置を以下に示す。

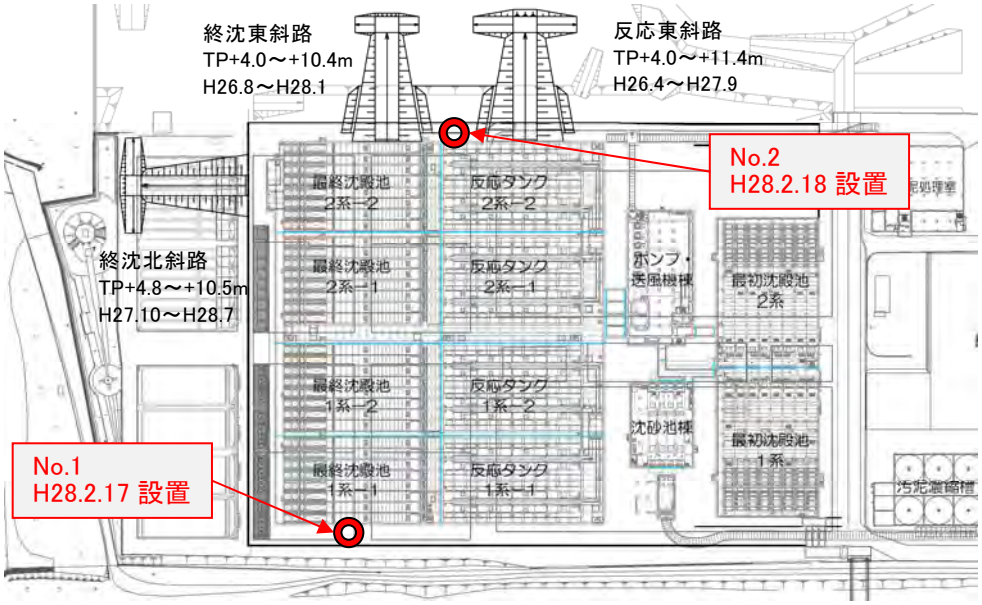


図 6.22　層別沈下計　設置位置平面図

層別沈下計の設置位置に関しては、いずれも擁壁盛土施工前で盛土の影響がない場所を選定した。

そのため、粘性土層「Dc1 層」の圧密は比較的進行していないと考えられるが、No.2 に関しては、近傍に仮設斜路が設置してあったため、No.1 と比較すると圧密が進行していると考えられていた。

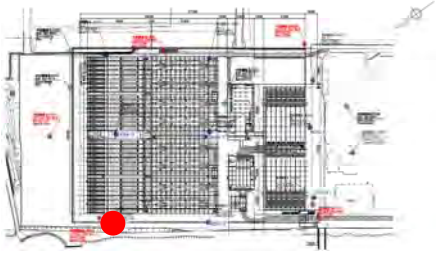
6.4.3 測定結果及び考察

それぞれの測定結果を次項に示す。

いずれの結果も粘性土層「Dc1 層」の層厚が変化しており、粘性土層の沈下が顕著であることが確認された。想定どおり No.2 の方が変化は小さく、事前に圧密が進行していたものと考えられる。同じ期間に周辺の構造物で計測した沈下量と比較すると、層別沈下計による計測値の総変化量はやや小さい傾向であった。

【No.1 計測結果】

No.1 の総変化量は 37mm、
近傍の躯体測点における
同期間の沈下量は 34mm



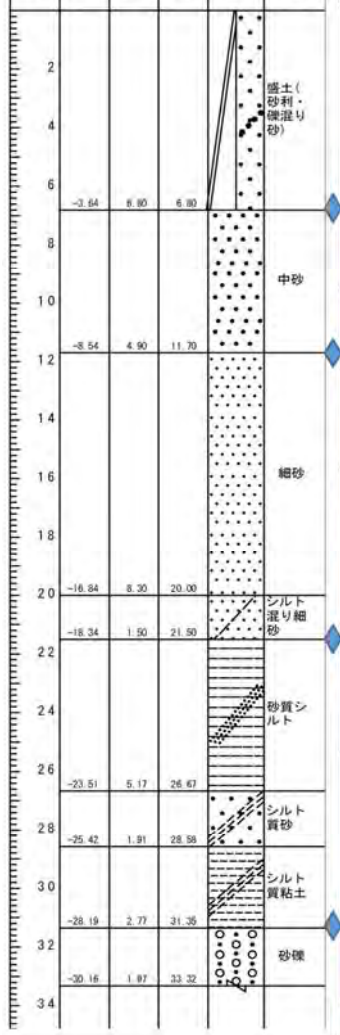
層別沈下計測定結果

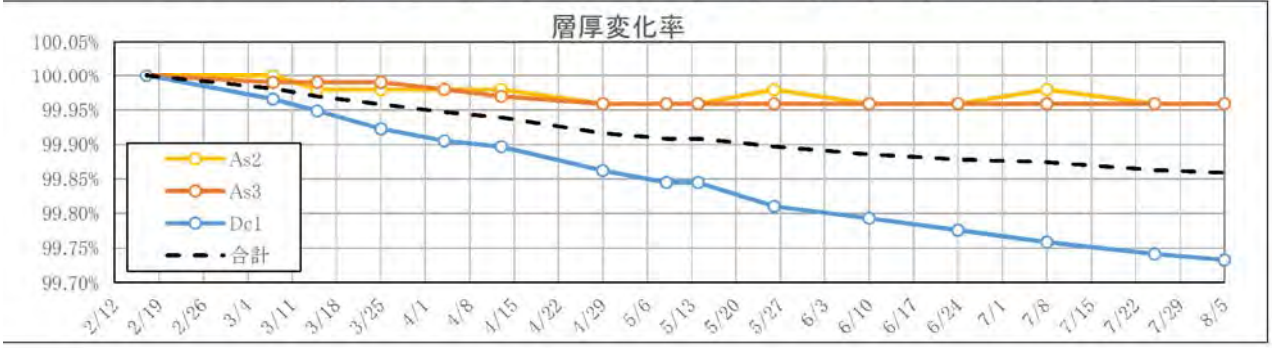
測定箇所：新ボーリングNo.1　　機械の測定誤差：±5mm

測定値(TP)：塩ビ管天端高さ(TP) ＋ 0.250 － 読み値

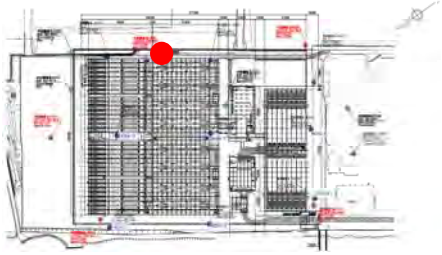
層別沈下計(4箇所)

測定日	2/17	3/8	3/15	3/25	4/4	4/13	4/29	5/9	5/14	5/26	6/10	6/24	7/8	7/25	8/5
No.	初期値	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
塩ビ TP	4.254	6.092	7.092	8.099	8.099	9.107	10.128	10.13	10.13	10.13	10.12	10.12	10.11	10.11	10.11
盛土TP	3.200	5.180	6.192	7.320	7.749	8.100	9.600	9.600	9.600	9.600	9.600	9.600	9.600	9.600	9.600
As2層															
層厚	4.856	4.856	4.855	4.855	4.855	4.855	4.854	4.854	4.854	4.855	4.854	4.854	4.855	4.854	4.854
初期値との差		0mm	-1mm	-1mm	-1mm	-1mm	-2mm	-2mm	-2mm	-1mm	-2mm	-2mm	-1mm	-2mm	-2mm
As3層															
層厚	9.785	9.784	9.784	9.784	9.783	9.782	9.781	9.781	9.781	9.781	9.781	9.781	9.781	9.781	9.781
初期値との差		-1mm	-1mm	-1mm	-2mm	-3mm	-4mm	-4mm	-4mm	-4mm	-4mm	-4mm	-4mm	-4mm	-4mm
Dc1層															
層厚	11.623	11.619	11.617	11.614	11.612	11.611	11.607	11.605	11.605	11.601	11.599	11.597	11.595	11.593	11.592
初期値との差		-4mm	-6mm	-9mm	-11mm	-12mm	-16mm	-18mm	-18mm	-22mm	-24mm	-26mm	-28mm	-30mm	-31mm
Dg1層															
総変化厚		-5mm	-8mm	-11mm	-14mm	-16mm	-22mm	-24mm	-24mm	-27mm	-30mm	-32mm	-33mm	-36mm	-37mm





【No. 2 計測結果】



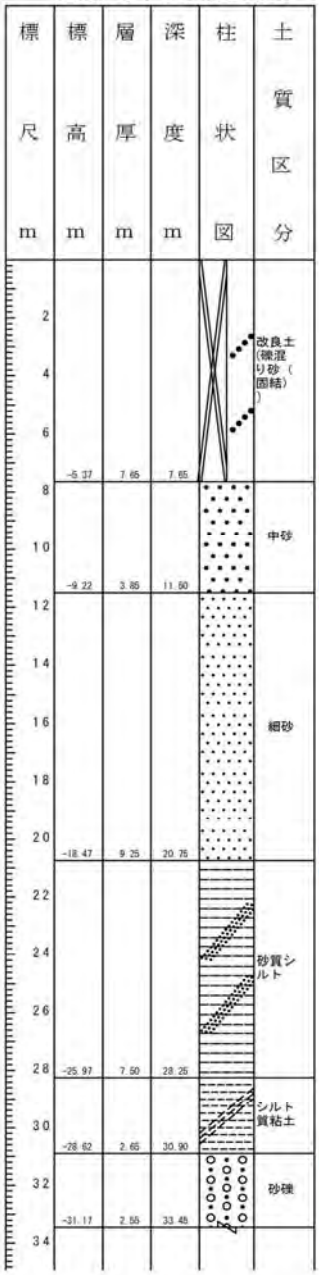
No. 2 の総変化量は 18mm、
近傍の躯体測点における
同期間の沈下量は 27mm

層別沈下計測定結果

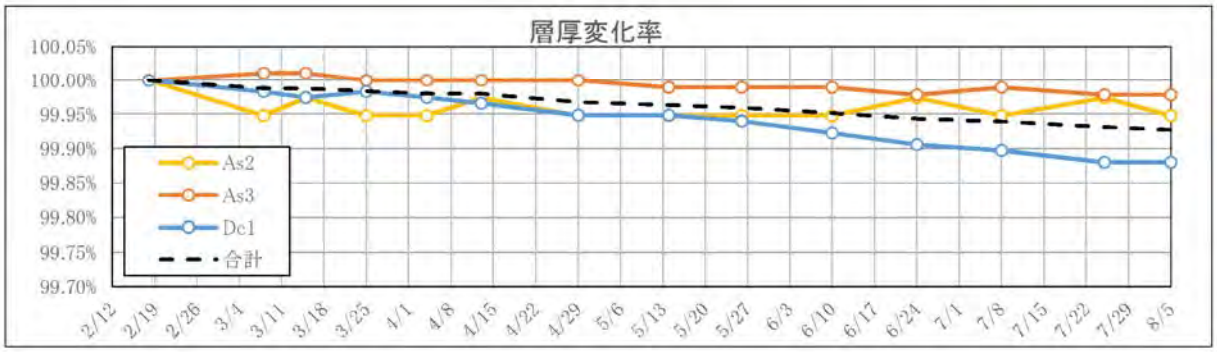
測定箇所：新ボーリングNo.2　　機械の測定誤差：±5mm

測定値(TP)：塩ビ管天端高さ(TP) ＋ 0.250 － 読み値

◆ 層別沈下計(4箇所)



測定日	2/18	3/8	3/15	3/25	4/4	4/13	4/29	5/14	5/26	6/10	6/24	7/8	7/25	8/5
No.	初期値	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
塩ビ TP	3.426	4.441	5.46	7.486	7.486	7.486	8.482	8.482	8.482	10.48	10.48	10.47	10.470	10.468
盛土TP	2.300	3.600	4.210	5.986	6.736	6.736	7.700	7.700	7.700	9.600	9.600	9.600	9.600	9.600
As2層														
層厚	3.845	3.843	3.844	3.843	3.843	3.844	3.843	3.843	3.843	3.843	3.844	3.843	3.844	3.843
初期値との差		-2mm	-1mm	-2mm	-2mm	-1mm	-2mm	-2mm	-2mm	-2mm	-1mm	-2mm	-1mm	-2mm
As3層														
層厚	9.248	9.249	9.249	9.248	9.248	9.248	9.248	9.247	9.247	9.247	9.246	9.247	9.246	9.246
初期値との差		+1mm	+1mm	0mm	0mm	0mm	0mm	-1mm	-1mm	-1mm	-2mm	-1mm	-2mm	-2mm
Dc1層														
層厚	11.679	11.677	11.676	11.677	11.676	11.675	11.673	11.673	11.672	11.670	11.668	11.667	11.665	11.665
初期値との差		-2mm	-3mm	-2mm	-3mm	-4mm	-6mm	-6mm	-7mm	-9mm	-11mm	-12mm	-14mm	-14mm
Dg1層														
総変化厚		-3mm	-3mm	-4mm	-5mm	-5mm	-8mm	-9mm	-10mm	-12mm	-14mm	-15mm	-17mm	-18mm



7 沈下量予測

沈下が顕在化した後の地質調査によって、粘性土層「Dc1 層」の性状から単層ではなく中間に砂質土層が狭在しており、出現深度や層厚にはばらつきがあることが判明した。

さらに、圧密試験結果から、粘性土層「Dc1 層」の圧密降伏応力は試験位置によってばらつきが見られるものの、上載荷重の増加によって圧密沈下が発生し得る性状であることが判明した。

また、層別沈下計の計測結果から、沈下は粘性土層「Dc1 層」において発生していることが明らかとなった。

このことから､今回発生している沈下問題は､その要因の一つとして粘性土層｢Dc1 層」の圧密沈下が考えられるため、本章では、圧密沈下解析を下記 3 手法にて行い、将来の沈下傾向の予測を行い、対策案等を講じる際の判断材料とすることを目的としている。

1)　室内試験結果 e-logP 曲線による沈下量予測(地質データによる一次元解析)
2)　FEM 弾塑性解析による沈下量予測（地質・躯体・施工手順を踏まえた二次元解析）
3)　双曲線法による沈下量予測（実測データによる一次元解析）

7.1 室内試験結果からの沈下量予測

7.1.1 計算条件

本現場での施工フローに基づき、粘性土層「Dc1 層」に着目した沈下量の推定を行う。

① 対象施設　：　新設された以下の 6 棟が対象

- 最初沈殿池
- 反応タンク
- 最終沈殿池
- 主流入ゲート棟
- 沈砂池棟
- ポンプ送風機棟

② 沈下計算に用いる荷重条件

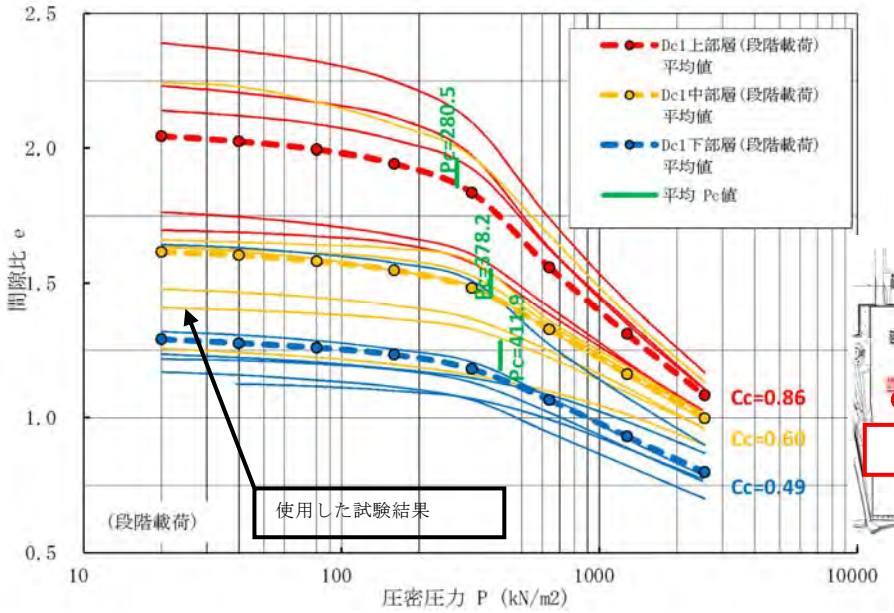
現在の沈下状況を再現するために、粘性土層「Dc1 層」に作用する荷重（有効応力）を施工ステップごとに整理し、かつ圧密期間を考慮した沈下量を想定した。

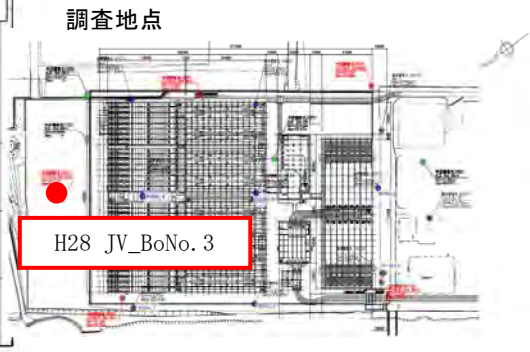
- 工事開始時の土荷重
- 掘削により除荷される土荷重
- 浮力（地下水位変動を考慮）
- 構造物躯体荷重
- 機器荷重
- 水荷重（水槽内への充填）
- 盛土荷重

③ 使用する地盤データ

1) e-logP 曲線：

・実測値に比較的近似した沈下計算結果が得られたことから、調査番号「H28 JV_BoNo.3」の中の試料番号：「3-T-1」を使用した。

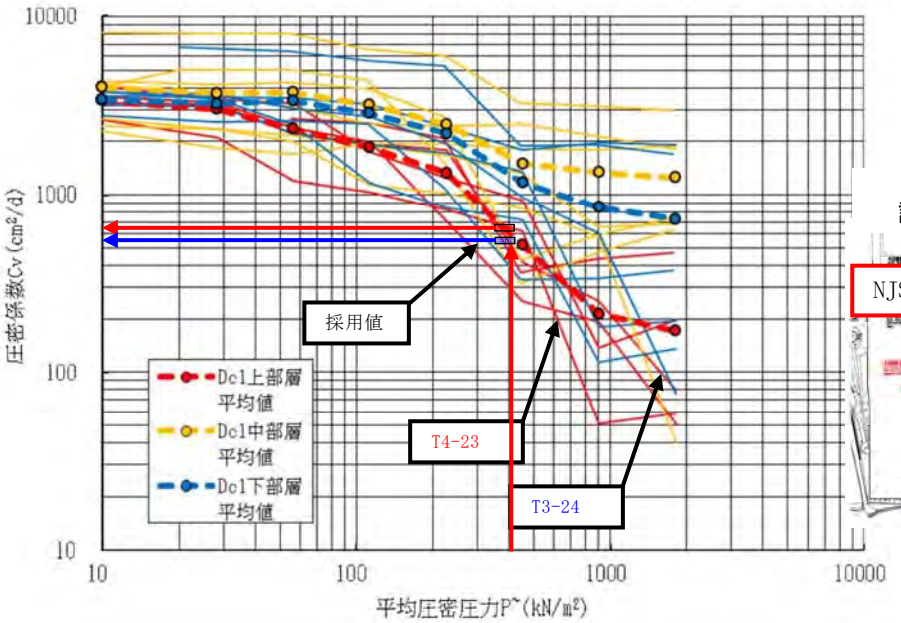


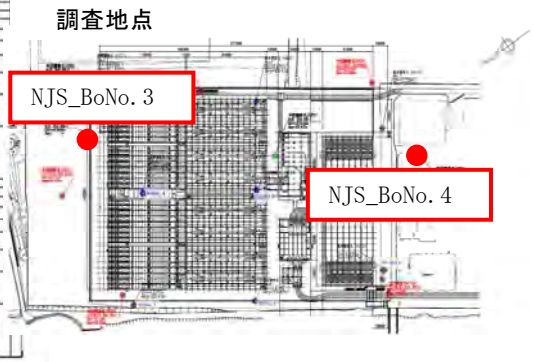


2) 圧密係数 Cv：

・最初沈殿池、沈砂池棟、ポンプ送風機棟は、調査番号「NJS_BoNo.4」の中の試料番号：「T4-23 上」より、平均圧密圧力 400kN/m² 近辺の数値を読み取り、650cm²/d を採用した。

・最終沈殿池、反応タンクは、調査番号「NJS_BoNo.3」の中の試料番号：「T3-24 上」より、平均圧密圧力 400kN/m²近辺の数値を読み取り、550cm²/d を採用した。





・Cv 値は 1000cm^2/d を使用した場合、実測値との乖離が大きいことから、本沈下量予測には使用しないものとした。

3）**地下水位**：

・ウルトラディープウェルによる地下水位の低下レベルは、フジタ JV より報告された水位である TP-9.5m と設定した。

・なお、現在の地下水位は、TP±1.00m 付近に回復していることが、地下水位回復状況の調査により確認されている。

④ 沈下量計算手法

e-logP 法により沈下量を算定した。

7.1.2 計算結果

計算結果を、以下に示す。

施設名称	最終沈下量	沈下終息時期予測
主流入ゲート棟	22.6cm	2016 年 11 月
沈砂池棟	18.0cm	2016 年 12 月
ポンプ送風機棟	14.6cm	2016 年 11 月
最初沈殿池	4.3cm	2015 年 10 月
反応タンク	7.8cm	2015 年 12 月
最終沈殿池	11.4cm	2016 年 02 月

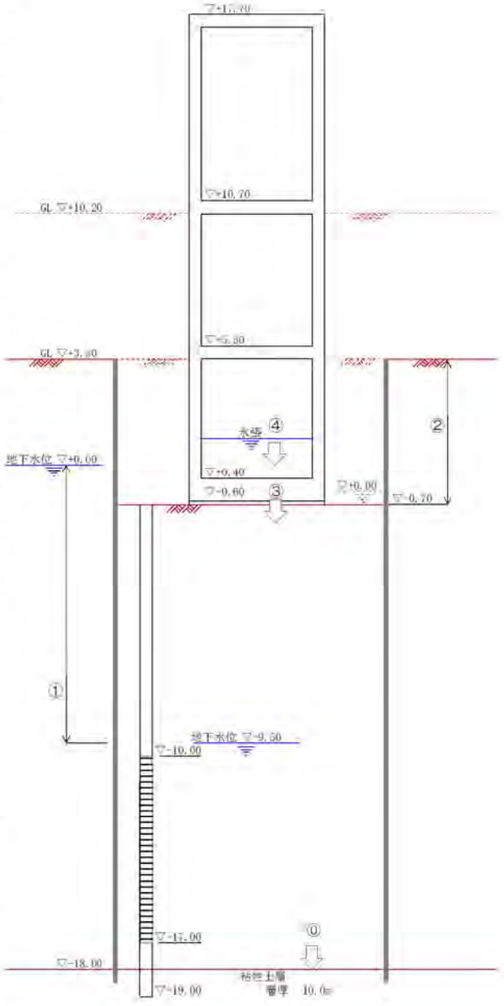
各施設ともに、沈下傾向については概ね再現できているが、最終沈下量、沈下終息時期ともに、実際の沈下計測結果と乖離している部分がみられた。

次節では、FEM 弾塑性解析を実施し、盛土や水槽内への水荷重の載荷の影響をより詳細に検討し、沈下の要因について分析する。

(1) 流入ゲート棟

流入ゲート棟

施工段階	日数	累計日数	中央値	TP m 地下水位 ①	浮力	土荷重 ⓪	掘削 ②	新設躯体 ③	機器荷重	水張り ④	盛土	有効応力 Σσ'	圧密荷重 区間平均	3-T-1 間隙比 e	排水状態	最終沈下量	沈下量 単位:m	換算圧密度 $U_{換算}$	換算時間係数 $Tv_{換算}$	換算経過時間 $t_{換算}$	圧密時間 t	時間係数 TV	圧密度 U	圧密沈下量 単位:m	沈下量合計 単位:m
施工前	0	0	0	0.0	-233	497.08	0	0	0	0	0	264.08	264.08	1.338										0	0.000
地下水位低下-1	30	30	15	-2.0	-213	497.08	0	0	0	0	0	284.08	274.08	1.333	両面排水	0.022		-	-	-	30	0.0735	0.3055	0.007	0.007
地下水位低下-2	30	60	45	-4.0	-193	497.08	0	0	0	0	0	304.08	294.08	1.330	両面排水	0.035	0.007	0.2	0.03137	12.8	42.8	0.1049	0.3645	0.013	0.013
1 掘削-1	30	90	75	-6.0	-173	497.08	-19.86	0	0	0	0	304.22	304.15	1.330	両面排水	0.035	0.013	0.3714	0.10889	44.43	74.43	0.1824	0.4807	0.017	0.017
2 掘削-2	30	120	105	-9.5	-138	497.08	-39.72	0	0	0	0	319.36	311.79	1.327	両面排水	0.048	0.017	0.3542	0.09864	40.25	70.25	0.1722	0.4673	0.022	0.022
3 掘削-3	30	150	135	-9.5	-138	497.08	-59.58	0	0	0	0	299.50	309.43	1.331	両面排水	0.031	0.022	0.7087	0.41736	170.3	200.3	0.4909	0.7577	0.023	0.023
4 掘削-4	30	180	165	-9.5	-138	497.08	-79.44	0	0	0	0	279.64	289.57	1.334	両面排水	0.018	0.023	0	0	0	0	0.0000	0	0.023	0.023
1 躯体築造-1	30	210	195	-9.5	-138	497.08	-79.44	6	0	0	0	285.64	282.64	1.333	両面排水	0.022	0.023	0	0	0	0	0.0000	0	0.023	0.023
2 躯体築造-2	30	240	225	-9.5	-138	497.08	-79.44	12	0	0	0	291.64	288.64	1.332	両面排水	0.026	0.023	0.8846	0.79716	325.27	355.27	0.8707	0.904	0.024	0.024
3 躯体築造-3	30	270	255	-9.5	-138	497.08	-79.44	18	0	0	0	297.64	294.64	1.331	両面排水	0.031	0.024	0.7742	0.52038	212.34	242.34	0.5939	0.8115	0.025	0.025
4 躯体築造-4	30	300	285	-9.5	-138	497.08	-79.44	24	0	0	0	303.64	300.64	1.330	両面排水	0.035	0.025	0.7143	0.42416	173.07	203.07	0.4977	0.7614	0.027	0.027
5 躯体築造-5	30	330	315	-9.5	-138	497.08	-79.44	30	0	0	0	309.64	306.64	1.329	両面排水	0.040	0.027	0.675	0.3725	151.99	181.99	0.4460	0.729	0.029	0.029
6 躯体築造-6	30	360	345	-9.5	-138	497.08	-79.44	36	0	0	0	315.64	312.64	1.328	両面排水	0.044	0.029	0.6591	0.3531	144.08	174.08	0.4266	0.7159	0.031	0.031
7 躯体築造-7	30	390	375	-9.5	-138	497.08	-79.44	42	0	0	0	321.64	318.64	1.326	両面排水	0.053	0.031	0.5849	0.2715	110.78	140.78	0.3450	0.6524	0.035	0.035
8 躯体築造-8	30	420	405	-9.5	-138	497.08	-79.44	48	0	0	0	327.64	324.64	1.323	両面排水	0.068	0.035	0.5303	0.22185	90.52	120.52	0.2954	0.6083	0.040	0.040
9 躯体築造-9	30	450	435	-9.5	-138	497.08	-79.44	54	0	0	0	333.64	330.64	1.320	両面排水	0.079	0.040	0.5063	0.20217	82.49	112.49	0.2757	0.5892	0.047	0.047
10 躯体築造-10	30	480	465	-9.5	-138	497.08	-79.44	60	0	0	0	339.64	336.64	1.317	両面排水	0.093	0.047	0.5054	0.20143	82.19	112.19	0.2749	0.5884	0.055	0.055
11 躯体築造-11	30	510	495	-9.5	-138	497.08	-79.44	66	0	0	0	345.64	342.64	1.315	両面排水	0.101	0.055	0.5446	0.23357	95.31	125.31	0.3071	0.6188	0.062	0.062
12 躯体築造-12	30	540	525	-8.0	-153	497.08	-79.44	72	0	0	0	336.64	341.14	1.319	両面排水	0.084	0.062	0.7381	0.45924	187.39	217.39	0.5328	0.7809	0.066	0.066
13 躯体築造-13	30	570	555	-7.0	-163	497.08	-79.44	78	0	0	0	332.64	334.64	1.321	両面排水	0.075	0.066	0.88	0.78207	319.11	349.11	0.8556	0.9013	0.068	0.068
14 躯体築造-14	30	600	585	-6.0	-173	497.08	-79.44	84	0	0	0	328.64	330.64	1.322	両面排水	0.070	0.068	0.9714	1.129	460.68	490.68	1.2025	0.95	0.068	0.068
15 躯体築造-15	30	630	615	-6.0	-173	497.08	-79.44	90	0	0	0	334.64	331.64	1.320	両面排水	0.079	0.068	0.8608	0.7191	293.42	323.42	0.7926	0.8831	0.070	0.070
16 躯体築造-16	30	660	645	-6.0	-173	497.08	-79.44	96	0	0	0	340.64	337.64	1.317	両面排水	0.093	0.070	0.7527	0.48168	196.54	226.54	0.5552	0.7934	0.074	0.074
17 躯体築造-17	30	690	675	-5.0	-183	497.08	-79.44	102	0	0	0	336.64	338.64	1.319	両面排水	0.084	0.074	0.881	0.78535	320.45	350.45	0.8589	0.9019	0.076	0.076
18 躯体築造-18	30	720	705	-5.0	-183	497.08	-79.44	108	0	0	0	342.64	339.64	1.316	両面排水	0.097	0.076	0.7835	0.53712	219.17	249.17	0.6107	0.8186	0.079	0.079
19 躯体築造-19	30	750	735	-4.0	-193	497.08	-79.44	114	0	0	0	338.64	340.64	1.318	両面排水	0.088	0.079	0.8977	0.84013	342.81	372.81	0.9137	0.9116	0.080	0.080
20 躯体築造-20	30	780	765	-3.0	-203	497.08	-79.44	120	0	0	0	334.64	336.64	1.320	両面排水	0.079	0.080	1.0127	1.129	460.68	490.68	1.2025	0.95	0.080	0.080
機器握付-1	30	810	795	-3.0	-203	497.08	-79.44	120	1.7	0	0	336.34	335.49	1.319	両面排水	0.084	0.080	0.9524	1.129	460.68	490.68	1.2025	0.95	0.080	0.080
機器握付-2	30	840	825	-2.0	-213	497.08	-79.44	120	1.7	0	0	326.34	331.34	1.323	両面排水	0.066	0.080	1.2121	1.129	460.68	490.68	1.2025	0.95	0.080	0.080
機器握付-3	30	870	855	-1.0	-223	497.08	-79.44	120	1.7	0	0	316.34	321.34	1.328	両面排水	0.044	0.080	1.8182	1.129	460.68	490.68	1.2025	0.95	0.080	0.080
機器握付-4	30	900	885	-1.0	-223	497.08	-79.44	120	1.7	0	0	316.34	316.34	1.328	両面排水	0.044	0.080	1.8182	1.129	460.68	490.68	1.2025	0.95	0.080	0.080
機器握付-5	30	930	915	-1.0	-223	497.08	-79.44	120	1.7	0	0	316.34	316.34	1.328	両面排水	0.044	0.080	1.8182	1.129	460.68	490.68	1.2025	0.95	0.080	0.080
機器握付-6	30	960	945	-1.0	-223	497.08	-79.44	120	1.7	0	0	316.34	316.34	1.328	両面排水	0.044	0.080	1.8182	1.129	460.68	490.68	1.2025	0.95	0.080	0.080
機器握付-7	30	990	975	-1.0	-223	497.08	-79.44	120	1.7	0	0	316.34	316.34	1.328	両面排水	0.044	0.080	1.8182	1.129	460.68	490.68	1.2025	0.95	0.080	0.080
機器握付-8	30	1020	1005	-1.0	-223	497.08	-79.44	120	1.7	0	0	316.34	316.34	1.328	両面排水	0.044	0.080	1.8182	1.129	460.68	490.68	1.2025	0.95	0.080	0.080
水張試験-1	30	1050	1035	-1.0	-223	497.08	-79.44	120	1.7	5.1	112.8	434.24	375.29	1.281	両面排水	0.251	0.080	0.3187	0.08019	32.72	62.72	0.1537	0.4419	0.111	0.000	0.111
水張試験-2	30	1080	1065	-1.0	-223	497.08	-79.44	120	1.7	5.1	112.8	434.24	434.24	1.281	両面排水	0.251	0.111	0.4422	0.15385	62.78	92.78	0.2274	0.537	0.135	0.000	0.135
供用開始-1	30	1110	1095	-1.0	-223	497.08	-79.44	120	1.7	5.1	112.8	434.24	434.24	1.281	両面排水	0.251	0.135	0.5378	0.228	93.03	123.03	0.3015	0.6138	0.154	0.000	0.154
供用開始-2	30	1140	1125	0.0	-233	497.08	-79.44	120	1.7	5.1	112.8	424.24	429.24	1.284	両面排水	0.238	0.154	0.6471	0.33875	138.22	168.22	0.4123	0.7062	0.168	0.000	0.168
供用開始-3	30	1170	1155	0.0	-233	497.08	-79.44	120	1.7	5.1	112.8	424.24	424.24	1.284	両面排水	0.238	0.168	0.7059	0.41173	168	198	0.4852	0.7545	0.180	0.000	0.180
供用開始-4	30	1200	1185	0.0	-233	497.08	-79.44	120	1.7	5.1	112.8	424.24	424.24	1.284	両面排水	0.238	0.180	0.7563	0.48816	199.19	229.19	0.5617	0.797	0.190	0.000	0.190
供用開始-5	30	1230	1215	0.0	-233	497.08	-79.44	120	1.7	5.1	112.8	424.24	424.24	1.284	両面排水	0.238	0.190	0.7983	0.56376	230.04	260.04	0.6373	0.83	0.198	0.000	0.198
供用開始-6	30	1260	1245	0.0	-233	497.08	-79.44	120	1.7	5.1	112.8	424.24	424.24	1.284	両面排水	0.238	0.198	0.8319	0.64141	261.72	291.72	0.7149	0.8594	0.205	0.000	0.205
供用開始-7	30	1290	1275	0.0	-233	497.08	-79.44	120	1.7	5.1	112.8	424.24	424.24	1.284	両面排水	0.238	0.205	0.8613	0.72074	294.09	324.09	0.7943	0.8836	0.210	0.000	0.210
供用開始-8	30	1320	1305	0.0	-233	497.08	-79.44	120	1.7	5.1	112.8	424.24	424.24	1.284	両面排水	0.238	0.210	0.8824	0.78994	322.33	352.33	0.8635	0.9027	0.215	0.000	0.215
供用開始-9	30	1350	1335	0.0	-233	497.08	-79.44	120	1.7	5.1	112.8	424.24	424.24	1.284	両面排水	0.238	0.215	0.9034	0.86655	353.59	383.59	0.9401	0.9163	0.218	0.000	0.218
供用開始-10	30	1380	1365	0.0	-233	497.08	-79.44	120	1.7	5.1	112.8	424.24	424.24	1.284	両面排水	0.238	0.218	0.916	0.93736	382.48	412.48	1.0109	0.9289	0.221	0.000	0.221
供用開始-11	30	1410	1395	0.0	-233	497.08	-79.44	120	1.7	5.1	112.8	424.24	424.24	1.284	両面排水	0.238	0.221	0.9286	1.00817	411.37	441.37	1.0817	0.9415	0.224	0.000	0.224
供用開始-12	30	1440	1425	0.0	-233	497.08	-79.44	120	1.7	5.1	112.8	424.24	424.24	1.284	両面排水	0.238	0.224	0.9412	1.07898	440.27	470.27	1.1525	0.95	0.226	0.000	0.226
供用開始-13	30	1470	1455	0.0	-233	497.08	-79.44	120	1.7	5.1	112.8	424.24	424.24	1.284	両面排水	0.238	0.226	0.9496	1.12619	459.53	489.53	1.1997	0.95	0.226	0.000	0.226
供用開始-14	30	1500	1485	0.0	-233	497.08	-79.44	120	1.7	5.1	112.8	424.24	424.24	1.284	両面排水	0.238	0.226	0.9496	1.12619	459.53	489.53	1.1997	0.95	0.226	0.000	0.226
供用開始-15	30	1530	1515	0.0	-233	497.08	-79.44	120	1.7	5.1	112.8	424.24	424.24	1.284	両面排水	0.238	0.226	0.9496	1.12619	459.53	489.53	1.1997	0.95	0.226	0.000	0.226
供用開始-16	30	1560	1545	0.0	-233	497.08	-79.44	120	1.7	5.1	112.8	424.24	424.24	1.284	両面排水	0.238	0.226	0.9496	1.12619	459.53	489.53	1.1997	0.95	0.226	0.000	0.226
供用開始-17	30	1590	1575	0.0	-233	497.08	-79.44	120	1.7	5.1	112.8	424.24	424.24	1.284	両面排水	0.238	0.226	0.9496	1.12619	459.53	489.53	1.1997	0.95	0.226	0.000	0.226
供用開始-18	30	1620	1605	0.0	-233	497.08	-79.44	120	1.7	5.1	112.8	424.24	424.24	1.284	両面排水	0.238	0.226	0.9496	1.12619	459.53	489.53	1.1997	0.95	0.226	0.000	0.226
供用開始-19	30	1650	1635	0.0	-233	497.08	-79.44	120	1.7	5.1	112.8	424.24	424.24	1.284	両面排水	0.238	0.226	0.9496	1.12619	459.53	489.53	1.1997	0.95	0.226	0.000	0.226



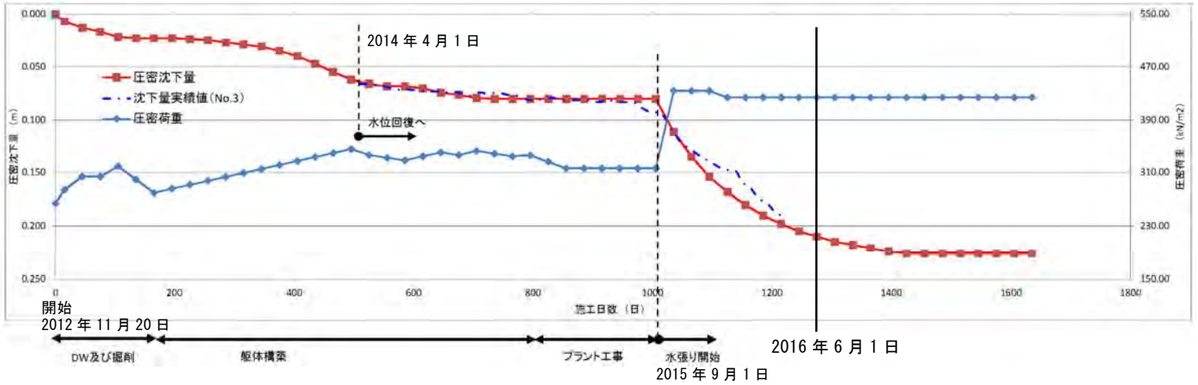
圧密係数 Cv= 850 cm^2/日
圧密層厚 H= 10.3 m 片面排水
5.15 m 両面排水

地盤面(施工前) TP 3.5 m
地下水位 TP 0 m
地下水位低下 TP -9.5 m UDW工法による

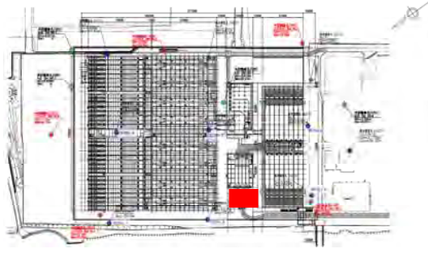
地層	単位体積重量	層下端標高	層厚	土荷重
Bn	19.0	-1.3	4.8	91.2
As2	19.6	-6.85	5.55	108.78
As3	19.0	-18.15	11.3	214.7
Dc1	16.0	-23.3	5.15	82.4
		合 計	26.8	497.08

現GL 標高 TP 3.5 m
掘削底面 TP -0.7 m…②

地層	単位体積重量	層下端標高	層厚	掘削荷重
Bn	19.0	-1.3	4.8	91.2
As2	19.6	-0.7	-0.6	-11.76
		合 計	4.2	79.44



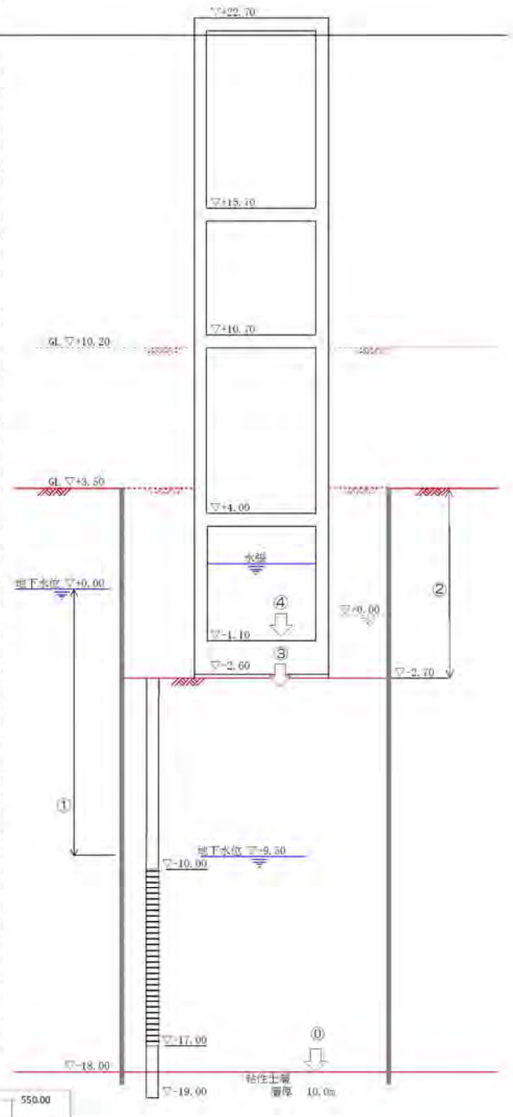
計算地点



(2) 沈砂池棟

沈砂池棟

施工段階	日数	累計日数	中央値	TP m 地下水位 ①	浮力	土荷重 ⓪	掘削 ②	新設躯体 ③	機器荷重	水張り ④	盛土	有効応力 Σσ'	圧密荷重 区間平均	3-T-1 間隙比 e	排水状態	最終沈下量	沈下量 単位:m	換算圧密度 $U_{換算}$	換算時間係数 $Tv_{換算}$	換算経過時間 $t_{換算}$	圧密時間 t	時間係数 TV	圧密度 U	圧密 沈下量 単位:m	沈下量 合計 単位:m
施工前	0	0	0	0.0	-233	497.08	0	0	0	0	0	264.08	264.08	1.338										0	0.000
地下水位低下-	30	30	15	-2.0	-213	497.08	0	0	0	0	0	284.08	274.08	1.333	両面排水	0.022		—	—	—	30	0.0735	0.3055	0.007	0.007
地下水位低下-;	30	60	45	-4.0	-193	497.08	0	0	0	0	0	304.08	294.08	1.330	両面排水	0.035	0.007	0.2	0.03137	12.8	42.8	0.1049	0.3645	0.013	0.013
1 掘削-1	30	90	75	-6.0	-173	497.08	-29.66	0	0	0	0	294.42	299.25	1.332	両面排水	0.026	0.013	0.5	0.197	80.38	110.38	0.2705	0.5838	0.015	0.015
2 掘削-2	30	120	105	-9.5	-138	497.08	-59.32	0	0	0	0	299.76	297.09	1.331	両面排水	0.031	0.015	0.4839	0.18476	75.39	105.39	0.2583	0.5711	0.018	0.018
3 掘削-3	30	150	135	-9.5	-138	497.08	-88.98	0	0	0	0	270.10	284.93	1.336	両面排水	0.009	0.018	0	0	0	0	0.0000	0	0.018	0.018
4 掘削-4	30	180	165	-9.5	-138	497.08	-118.64	0	0	0	0	240.44	255.27	1.343	両面排水	0.000	0.018	0	0	0	0	0.0000	0	0.018	0.018
1 躯体築造-1	30	210	195	-9.5	-138	497.08	-118.64	8.155	0	0	0	248.60	244.52	1.341	両面排水	0.000	0.018	0	0	0	0	0.0000	0	0.018	0.018
2 躯体築造-2	30	240	225	-9.5	-138	497.08	-118.64	16.31	0	0	0	256.75	252.67	1.339	両面排水	0.000	0.018	0	0	0	0	0.0000	0	0.018	0.018
3 躯体築造-3	30	270	255	-9.5	-138	497.08	-118.64	24.465	0	0	0	264.91	260.83	1.337	両面排水	0.004	0.018	0	0	0	0	0.0000	0	0.018	0.018
4 躯体築造-4	30	300	285	-9.5	-138	497.08	-118.64	32.62	0	0	0	273.06	268.98	1.336	両面排水	0.009	0.018	0	0	0	0	0.0000	0	0.018	0.018
5 躯体築造-5	30	330	315	-9.5	-138	497.08	-118.64	40.775	0	0	0	281.22	277.14	1.334	両面排水	0.018	0.018	1	1.129	460.68	490.68	1.2025	0.95	0.018	0.018
6 躯体築造-6	30	360	345	-9.5	-138	497.08	-118.64	48.93	0	0	0	289.37	285.29	1.332	両面排水	0.026	0.018	0.6923	0.39361	160.61	190.61	0.4671	0.7433	0.019	0.019
7 躯体築造-7	30	390	375	-9.5	-138	497.08	-118.64	57.085	0	0	0	297.53	293.45	1.331	両面排水	0.031	0.019	0.6129	0.30045	122.6	152.6	0.3740	0.6762	0.021	0.021
8 躯体築造-8	30	420	405	-9.5	-138	497.08	-118.64	65.24	0	0	0	305.68	301.60	1.329	両面排水	0.040	0.021	0.525	0.2175	88.75	118.75	0.2910	0.6044	0.024	0.024
9 躯体築造-9	30	450	435	-9.5	-138	497.08	-118.64	73.395	0	0	0	313.84	309.76	1.328	両面排水	0.044	0.024	0.5455	0.23431	95.61	125.61	0.3078	0.6194	0.027	0.027
10 躯体築造-10	30	480	465	-8.0	-153	497.08	-118.64	81.55	0	0	0	306.99	310.41	1.329	両面排水	0.040	0.027	0.675	0.3725	151.99	181.99	0.4460	0.729	0.029	0.029
11 躯体築造-11	30	510	495	-6.0	-173	497.08	-118.64	89.705	0	0	0	295.15	301.07	1.331	両面排水	0.031	0.029	0.9355	1.04695	427.2	457.2	1.1205	0.9484	0.029	0.029
12 躯体築造-12	30	540	525	-6.0	-173	497.08	-118.64	97.86	0	0	0	303.30	299.22	1.330	両面排水	0.035	0.029	0.8286	0.63369	258.57	288.57	0.7072	0.857	0.030	0.030
13 躯体築造-13	30	570	555	-5.0	-183	497.08	-118.64	106.015	0	0	0	301.46	302.38	1.330	両面排水	0.035	0.030	0.8571	0.70696	288.47	318.47	0.7805	0.8794	0.031	0.031
14 躯体築造-14	30	600	585	-5.0	-183	497.08	-118.64	114.17	0	0	0	309.61	305.53	1.329	両面排水	0.040	0.031	0.775	0.52182	212.92	242.92	0.5953	0.8121	0.032	0.032
15 躯体築造-15	30	630	615	-3.0	-203	497.08	-118.64	122.325	0	0	0	297.77	303.69	1.331	両面排水	0.031	0.032	0	0	0	0	0.0000	0	0.032	0.032
16 躯体築造-16	30	660	645	-2.0	-213	497.08	-118.64	130.48	0	0	0	295.92	296.84	1.331	両面排水	0.031	0.032	1.0323	1.129	460.68	490.68	1.2025	0.95	0.032	0.032
17 躯体築造-17	30	690	675	-2.0	-213	497.08	-118.64	138.635	0	0	0	304.08	300.00	1.330	両面排水	0.035	0.032	0.9143	0.9278	378.58	408.58	1.0013	0.9272	0.032	0.032
18 躯体築造-18	30	720	705	-2.0	-213	497.08	-118.64	146.79	0	0	0	312.23	308.15	1.328	両面排水	0.044	0.032	0.7273	0.44326	180.87	210.87	0.5168	0.7721	0.034	0.034
19 躯体築造-19	30	750	735	-2.0	-213	497.08	-118.64	154.945	0	0	0	320.39	316.31	1.326	両面排水	0.053	0.034	0.6415	0.33248	135.66	165.66	0.4060	0.702	0.037	0.037
20 躯体築造-20	30	780	765	-2.0	-213	497.08	-118.64	163.1	0	0	0	328.54	324.46	1.322	両面排水	0.070	0.037	0.5286	0.22045	89.95	119.95	0.2940	0.6071	0.042	0.042
機器据付-1	30	810	795	-1.0	-223	497.08	-118.64	163.1	4.8	0	0	323.34	325.94	1.325	両面排水	0.057	0.042	0.7368	0.45732	186.6	216.6	0.5308	0.7799	0.044	0.044
機器据付-2	30	840	825	-1.0	-223	497.08	-118.64	163.1	4.8	0	0	323.34	323.34	1.325	両面排水	0.057	0.044	0.7719	0.51624	210.65	240.65	0.5898	0.8097	0.046	0.046
機器据付-3	30	870	855	-1.0	-223	497.08	-118.64	163.1	4.8	0	0	323.34	323.34	1.325	両面排水	0.057	0.046	0.807	0.58315	237.95	267.95	0.6567	0.8383	0.048	0.048
機器据付-4	30	900	885	-1.0	-223	497.08	-118.64	163.1	4.8	0	0	323.34	323.34	1.325	両面排水	0.057	0.048	0.8421	0.66528	271.46	301.46	0.7388	0.8667	0.049	0.049
機器据付-5	30	930	915	-1.0	-223	497.08	-118.64	163.1	4.8	0	0	323.34	323.34	1.325	両面排水	0.057	0.049	0.8596	0.71516	291.81	321.81	0.7887	0.8819	0.050	0.050
機器据付-6	30	960	945	-1.0	-223	497.08	-118.64	163.1	4.8	0	0	323.34	323.34	1.325	両面排水	0.057	0.050	0.8772	0.77289	315.37	345.37	0.8464	0.8995	0.051	0.051
機器据付-7	30	990	975	-1.0	-223	497.08	-118.64	163.1	4.8	0	0	323.34	323.34	1.325	両面排水	0.057	0.051	0.8947	0.83029	338.79	368.79	0.9038	0.9099	0.052	0.052
機器据付-8	30	1020	1005	-1.0	-223	497.08	-118.64	163.1	4.8	0	2.1	325.44	324.39	1.324	両面排水	0.062	0.052	0.8387	0.85732	268.21	298.21	0.7308	0.8642	0.054	0.054
水張試験-1	30	1050	1035	-1.0	-223	497.08	-118.64	163.1	4.8	13.9	66.8	404.04	364.74	1.291	両面排水	0.207	0.054	0.2609	0.05377	21.94	51.94	0.1273	0.4019	0.083	0.000	0.083
水張試験-2	30	1080	1065	-1.0	-223	497.08	-118.64	163.1	4.8	13.9	66.8	404.04	404.04	1.291	両面排水	0.207	0.083	0.401	0.12859	51.65	81.65	0.2001	0.5037	0.104	0.000	0.104
供用開始-1	30	1110	1095	-1.0	-223	497.08	-118.64	163.1	4.8	13.9	66.8	404.04	404.04	1.291	両面排水	0.207	0.104	0.5024	0.19897	81.19	111.19	0.2725	0.5859	0.121	0.000	0.121
供用開始-2	30	1140	1125	0.0	-233	497.08	-118.64	163.1	4.8	13.9	66.8	394.04	399.04	1.295	両面排水	0.189	0.121	0.6402	0.33102	135.07	165.07	0.4045	0.701	0.132	0.000	0.132
供用開始-3	30	1170	1155	0.0	-233	497.08	-118.64	163.1	4.8	13.9	66.8	394.04	394.04	1.295	両面排水	0.189	0.132	0.6984	0.40105	163.64	193.64	0.4746	0.7483	0.141	0.000	0.141
供用開始-4	30	1200	1185	0.0	-233	497.08	-118.64	163.1	4.8	13.9	66.8	394.04	394.04	1.295	両面排水	0.189	0.141	0.746	0.47093	192.16	222.16	0.5445	0.7874	0.149	0.000	0.149
供用開始-5	30	1230	1215	0.0	-233	497.08	-118.64	163.1	4.8	13.9	66.8	394.04	394.04	1.295	両面排水	0.189	0.149	0.7884	0.54594	222.76	252.76	0.6195	0.8224	0.155	0.000	0.155
供用開始-6	30	1260	1245	0.0	-233	497.08	-118.64	163.1	4.8	13.9	66.8	394.04	394.04	1.295	両面排水	0.189	0.155	0.8201	0.6138	250.45	280.45	0.6873	0.851	0.161	0.000	0.161
供用開始-7	30	1290	1275	0.0	-233	497.08	-118.64	163.1	4.8	13.9	66.8	394.04	394.04	1.295	両面排水	0.189	0.161	0.8519	0.6899	281.51	311.51	0.7634	0.8742	0.165	0.000	0.165
供用開始-8	30	1320	1305	0.0	-233	497.08	-118.64	163.1	4.8	13.9	66.8	394.04	394.04	1.295	両面排水	0.189	0.165	0.873	0.75911	309.75	339.75	0.8326	0.8953	0.169	0.000	0.169
供用開始-9	30	1350	1335	0.0	-233	497.08	-118.64	163.1	4.8	13.9	66.8	394.04	394.04	1.295	両面排水	0.189	0.169	0.8942	0.82865	338.12	368.12	0.9022	0.9096	0.172	0.000	0.172
供用開始-10	30	1380	1365	0.0	-233	497.08	-118.64	163.1	4.8	13.9	66.8	394.04	394.04	1.295	両面排水	0.189	0.172	0.9101	0.9042	368.95	398.95	0.9777	0.923	0.174	0.000	0.174
供用開始-11	30	1410	1395	0.0	-233	497.08	-118.64	163.1	4.8	13.9	66.8	394.04	394.04	1.295	両面排水	0.189	0.174	0.9206	0.96321	393.03	423.03	1.0367	0.9335	0.176	0.000	0.176
供用開始-12	30	1440	1425	0.0	-233	497.08	-118.64	163.1	4.8	13.9	66.8	394.04	394.04	1.295	両面排水	0.189	0.176	0.9312	1.02278	417.33	447.33	1.0963	0.9441	0.178	0.000	0.178
供用開始-13	30	1470	1455	0.0	-233	497.08	-118.64	163.1	4.8	13.9	66.8	394.04	394.04	1.295	両面排水	0.189	0.178	0.9418	1.08235	441.64	471.64	1.1559	0.95	0.180	0.000	0.180
供用開始-14	30	1500	1485	0.0	-233	497.08	-118.64	163.1	4.8	13.9	66.8	394.04	394.04	1.295	両面排水	0.189	0.180	0.9524	1.129	460.68	490.68	1.2025	0.95	0.180	0.000	0.180
供用開始-15	30	1530	1515	0.0	-233	497.08	-118.64	163.1	4.8	13.9	66.8	394.04	394.04	1.295	両面排水	0.189	0.180	0.9524	1.129	460.68	490.68	1.2025	0.95	0.180	0.000	0.180
供用開始-16	30	1560	1545	0.0	-233	497.08	-118.64	163.1	4.8	13.9	66.8	394.04	394.04	1.295	両面排水	0.189	0.180	0.9524	1.129	460.68	490.68	1.2025	0.95	0.180	0.000	0.180
供用開始-17	30	1590	1575	0.0	-233	497.08	-118.64	163.1	4.8	13.9	66.8	394.04	394.04	1.295	両面排水	0.189	0.180	0.9524	1.129	460.68	490.68	1.2025	0.95	0.180	0.000	0.180
供用開始-18	30	1620	1605	0.0	-233	497.08	-118.64	163.1	4.8	13.9	66.8	394.04	394.04	1.295	両面排水	0.189	0.180	0.9524	1.129	460.68	490.68	1.2025	0.95	0.180	0.000	0.180
供用開始-19	30	1650	1635	0.0	-233	497.08	-118.64	163.1	4.8	13.9	66.8	394.04	394.04	1.295	両面排水	0.189	0.180	0.9524	1.129	460.68	490.68	1.2025	0.95	0.180	0.000	0.180



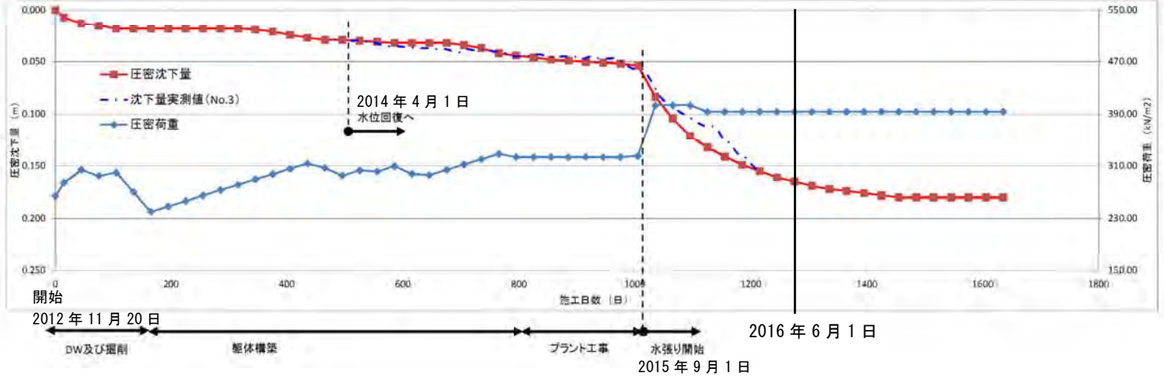
圧密係数 Cv= 650 cm²/日
圧密層厚 H= 10.3 m 片面排水
5.15 m 両面排水

地盤面(施工前) TP 3.5 m
地下水位 TP 0 m
地下水位低下 TP -9.5 m UDW工法による

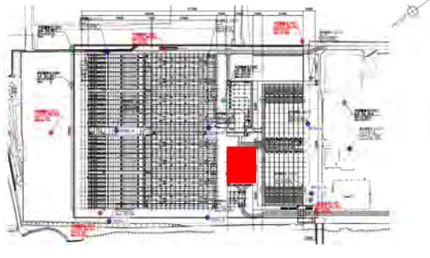
地層	単位体積重量	層下端標高	層厚	土荷重
Bn	19.0	-1.3	4.8	91.2
As2	19.6	-6.85	5.55	108.78
As3	19.0	-18.15	11.3	214.7
Dc1	16.0	-23.3	5.15	82.4
		合 計	26.8	497.08

現GL 標高 TP 3.5 m
掘削底面 TP -2.7 m・・・②

地層	単位体積重量	層下端標高	層厚	掘削荷重
Bn	19.0	-1.3	4.8	91.2
As2	19.6	-2.7	1.4	27.44
		合 計	6.2	118.64



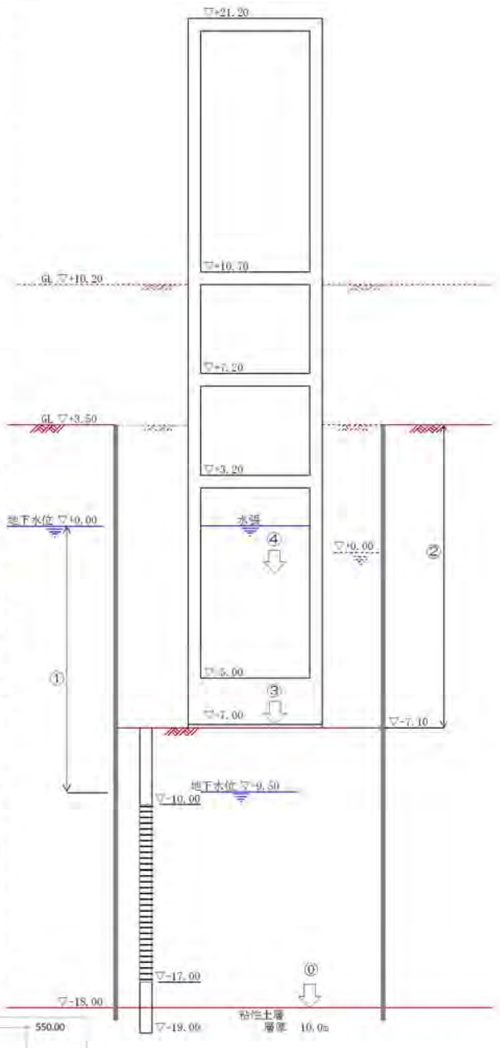
計算地点



(3) ポンプ送風機棟

ポンプ送風機棟

施工段階	日数	累計日数	中央値	TP m 地下水位 ①	浮力	土荷重 ⓪	掘削 ②	新設躯体 ③	機器荷重	水張り ④	盛土	有効応力 Σσ'	圧密荷重 区間平均	3-T-f 間隙比 e	排水状態	最終沈下量	沈下量 単位:m	換算圧密度 $U_{換算}$	換算時間係数 $Tv_{換算}$	換算経過時間 $t_{換算}$	圧密時間 t	時間係数 TV	圧密度 U	圧密沈下量 単位:m		沈下量合計 単位:m
施工前	0	0	0	0.0	-233	497.08	0	0	0	0	0	264.08	264.08	1.338												0.000
地下水位低下-	30	30	15	-2.0	-213	497.08	0	0	0	0	0	284.08	274.08	1.333	両面排水	0.022		-	-	-	30	0.0735	0.3055	0.007		0.007
地下水位低下-;	30	60	45	-4.0	-193	497.08	0	0	0	0	0	304.08	294.08	1.330	両面排水	0.035	0.007	0.2	0.03137	12.8	42.8	0.1049	0.3645	0.013		0.013
1 掘削-1	30	90	75	-6.0	-173	497.08	-51.22	0	0	0	0	272.86	288.47	1.336	両面排水	0.009	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013		0.013
2 掘削-2	30	120	105	-9.5	-138	497.08	-102.44	0	0	0	0	256.64	264.75	1.339	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013		0.013
3 掘削-3	30	150	135	-9.5	-138	497.08	-153.66	0	0	0	0	205.42	231.03	1.351	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013		0.013
4 掘削-4	30	180	165	-9.5	-138	497.08	-204.88	0	0	0	0	154.20	179.81	2.733	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013		0.013
1 躯体築造-1	30	210	195	-9.5	-138	497.08	-204.88	10.315	0	0	0	164.52	159.36	1.364	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013		0.013
2 躯体築造-2	30	240	225	-9.5	-138	497.08	-204.88	20.63	0	0	0	174.83	169.67	1.360	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013		0.013
3 躯体築造-3	30	270	255	-9.5	-138	497.08	-204.88	30.945	0	0	0	185.15	179.99	1.357	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013		0.013
4 躯体築造-4	30	300	285	-9.5	-138	497.08	-204.88	41.26	0	0	0	195.46	190.30	1.354	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013		0.013
5 躯体築造-5	30	330	315	-9.5	-138	497.08	-204.88	51.575	0	0	0	205.78	200.62	1.351	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013		0.013
6 躯体築造-6	30	360	345	-9.5	-138	497.08	-204.88	61.89	0	0	0	216.09	210.93	1.349	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013		0.013
7 躯体築造-7	30	390	375	-9.5	-138	497.08	-204.88	72.205	0	0	0	226.41	221.25	1.346	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013		0.013
8 躯体築造-8	30	420	405	-9.5	-138	497.08	-204.88	82.52	0	0	0	236.72	231.56	1.344	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013		0.013
9 躯体築造-9	30	450	435	-9.5	-138	497.08	-204.88	92.835	0	0	0	247.04	241.88	1.341	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013		0.013
10 躯体築造-10	30	480	465	-8.0	-153	497.08	-204.88	103.15	0	0	0	242.35	244.69	1.342	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013		0.013
11 躯体築造-11	30	510	495	-6.0	-173	497.08	-204.88	113.465	0	0	0	232.67	237.51	1.344	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013		0.013
12 躯体築造-12	30	540	525	-6.0	-173	497.08	-204.88	123.78	0	0	0	242.98	237.82	1.342	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013		0.013
13 躯体築造-13	30	570	555	-6.0	-173	497.08	-204.88	134.095	0	0	0	253.30	248.14	1.340	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013		0.013
14 躯体築造-14	30	600	585	-5.0	-183	497.08	-204.88	144.41	0	0	0	253.61	253.45	1.340	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013		0.013
15 躯体築造-15	30	630	615	-5.0	-183	497.08	-204.88	154.725	0	0	0	263.93	258.77	1.338	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013		0.013
16 躯体築造-16	30	660	645	-5.0	-183	497.08	-204.88	165.04	0	0	0	274.24	269.08	1.335	両面排水	0.013	0.013	1	1.129	460.68	490.68	1.2025	0.95	0.013		0.013
17 躯体築造-17	30	690	675	-5.0	-183	497.08	-204.88	175.355	0	0	0	284.56	279.40	1.333	両面排水	0.022	0.013	0.5909	0.27726	113.13	143.13	0.3508	0.6571	0.014		0.014
18 躯体築造-18	30	720	705	-5.0	-183	497.08	-204.88	185.67	0	0	0	294.87	289.71	1.331	両面排水	0.031	0.014	0.4516	0.16022	65.38	95.38	0.2338	0.5448	0.017		0.017
19 躯体築造-19	30	750	735	-5.0	-183	497.08	-204.88	195.985	0	0	0	305.19	300.03	1.330	両面排水	0.035	0.017	0.4857	0.18613	75.95	105.95	0.2597	0.5725	0.020		0.020
20 躯体築造-20	30	780	765	-5.0	-183	497.08	-204.88	206.3	0	0	0	315.50	310.34	1.328	両面排水	0.044	0.020	0.4545	0.16242	66.27	96.27	0.2359	0.5474	0.024		0.024
機器据付-1	30	810	795	-4.0	-193	497.08	-204.88	206.3	7.4	0	0	312.90	314.20	1.328	両面排水	0.044	0.024	0.5455	0.23431	95.61	125.61	0.3078	0.6194	0.027		0.027
機器据付-2	30	840	825	-3.0	-203	497.08	-204.88	206.3	7.4	0	0	302.90	307.90	1.330	両面排水	0.035	0.027	0.7714	0.51534	210.28	240.28	0.5889	0.8093	0.028		0.028
機器据付-3	30	870	855	-3.0	-203	497.08	-204.88	206.3	7.4	0	0	302.90	302.90	1.330	両面排水	0.035	0.028	0.8	0.56682	231.28	261.28	0.6403	0.8313	0.029		0.029
機器据付-4	30	900	885	-2.0	-213	497.08	-204.88	206.3	7.4	0	0	292.90	297.90	1.332	両面排水	0.026	0.029	1.1154	1.129	460.68	490.68	1.2025	0.95	0.029		0.029
機器据付-5	30	930	915	-2.0	-213	497.08	-204.88	206.3	7.4	0	0	292.90	292.90	1.332	両面排水	0.026	0.029	1.1154	1.129	460.68	490.68	1.2025	0.95	0.029		0.029
機器据付-6	30	960	945	-2.0	-213	497.08	-204.88	206.3	7.4	0	0	292.90	292.90	1.332	両面排水	0.026	0.029	1.1154	1.129	460.68	490.68	1.2025	0.95	0.029		0.029
機器据付-7	30	990	975	-2.0	-213	497.08	-204.88	206.3	7.4	0	0	292.90	292.90	1.332	両面排水	0.026	0.029	1.1154	1.129	460.68	490.68	1.2025	0.95	0.029		0.029
機器据付-8	30	1020	1005	-2.0	-213	497.08	-204.88	206.3	7.4	0	0	292.90	292.90	1.332	両面排水	0.026	0.029	1.1154	1.129	460.68	490.68	1.2025	0.95	0.029		0.029
水張試験-1	30	1050	1035	-1.0	-223	497.08	-204.88	206.3	7.4	23.1	77.7	383.70	338.30	1.299	両面排水	0.172	0.029	0.1686	0.0228	9.3	39.3	0.0963	0.3501	0.060	0.000	0.060
水張試験-2	30	1080	1065	-1.0	-223	497.08	-204.88	206.3	7.4	23.1	77.7	383.70	383.70	1.299	両面排水	0.172	0.060	0.3488	0.09554	38.98	68.98	0.1691	0.4632	0.080	0.000	0.080
供用開始-1	30	1110	1095	-1.0	-223	497.08	-204.88	206.3	7.4	23.1	77.7	383.70	383.70	1.299	両面排水	0.172	0.080	0.4651	0.17048	69.56	99.56	0.2440	0.5562	0.096	0.000	0.096
供用開始-2	30	1140	1125	0.0	-233	497.08	-204.88	206.3	7.4	23.1	77.7	373.70	378.70	1.303	両面排水	0.154	0.096	0.6234	0.31221	127.39	157.39	0.3857	0.6858	0.106	0.000	0.106
供用開始-3	30	1170	1155	0.0	-233	497.08	-204.88	206.3	7.4	23.1	77.7	373.70	373.70	1.303	両面排水	0.154	0.106	0.6883	0.38873	158.62	188.62	0.4623	0.74	0.114	0.000	0.114
供用開始-4	30	1200	1185	0.0	-233	497.08	-204.88	206.3	7.4	23.1	77.7	373.70	373.70	1.303	両面排水	0.154	0.114	0.7403	0.4625	188.72	218.72	0.5360	0.7827	0.121	0.000	0.121
供用開始-5	30	1230	1215	0.0	-233	497.08	-204.88	206.3	7.4	23.1	77.7	373.70	373.70	1.303	両面排水	0.154	0.121	0.7857	0.54108	220.78	250.78	0.6146	0.8203	0.126	0.000	0.126
供用開始-6	30	1260	1245	0.0	-233	497.08	-204.88	206.3	7.4	23.1	77.7	373.70	373.70	1.303	両面排水	0.154	0.126	0.8182	0.60935	248.64	278.64	0.6829	0.8495	0.131	0.000	0.131
供用開始-7	30	1290	1275	0.0	-233	497.08	-204.88	206.3	7.4	23.1	77.7	373.70	373.70	1.303	両面排水	0.154	0.131	0.8506	0.68564	279.77	309.77	0.7592	0.8729	0.134	0.000	0.134
供用開始-8	30	1320	1305	0.0	-233	497.08	-204.88	206.3	7.4	23.1	77.7	373.70	373.70	1.303	両面排水	0.154	0.134	0.8701	0.7496	305.87	335.87	0.8231	0.8924	0.137	0.000	0.137
供用開始-9	30	1350	1335	0.0	-233	497.08	-204.88	206.3	7.4	23.1	77.7	373.70	373.70	1.303	両面排水	0.154	0.137	0.8896	0.81356	331.96	361.96	0.8871	0.9069	0.140	0.000	0.140
供用開始-10	30	1380	1365	0.0	-233	497.08	-204.88	206.3	7.4	23.1	77.7	373.70	373.70	1.303	両面排水	0.154	0.140	0.9091	0.89858	366.66	396.66	0.9721	0.922	0.142	0.000	0.142
供用開始-11	30	1410	1395	0.0	-233	497.08	-204.88	206.3	7.4	23.1	77.7	373.70	373.70	1.303	両面排水	0.154	0.142	0.9221	0.97164	396.47	426.47	1.0452	0.935	0.144	0.000	0.144
供用開始-12	30	1440	1425	0.0	-233	497.08	-204.88	206.3	7.4	23.1	77.7	373.70	373.70	1.303	両面排水	0.154	0.144	0.9351	1.0447	426.28	456.28	1.1182	0.948	0.146	0.000	0.146
供用開始-13	30	1470	1455	0.0	-233	497.08	-204.88	206.3	7.4	23.1	77.7	373.70	373.70	1.303	両面排水	0.154	0.146	0.9481	1.11776	456.09	486.09	1.1913	0.95	0.146	0.000	0.146
供用開始-14	30	1500	1485	0.0	-233	497.08	-204.88	206.3	7.4	23.1	77.7	373.70	373.70	1.303	両面排水	0.154	0.146	0.9481	1.11776	456.09	486.09	1.1913	0.95	0.146	0.000	0.146
供用開始-15	30	1530	1515	0.0	-233	497.08	-204.88	206.3	7.4	23.1	77.7	373.70	373.70	1.303	両面排水	0.154	0.146	0.9481	1.11776	456.09	486.09	1.1913	0.95	0.146	0.000	0.146
供用開始-16	30	1560	1545	0.0	-233	497.08	-204.88	206.3	7.4	23.1	77.7	373.70	373.70	1.303	両面排水	0.154	0.146	0.9481	1.11776	456.09	486.09	1.1913	0.95	0.146	0.000	0.146
供用開始-17	30	1590	1575	0.0	-233	497.08	-204.88	206.3	7.4	23.1	77.7	373.70	373.70	1.303	両面排水	0.154	0.146	0.9481	1.11776	456.09	486.09	1.1913	0.95	0.146	0.000	0.146
供用開始-18	30	1620	1605	0.0	-233	497.08	-204.88	206.3	7.4	23.1	77.7	373.70	373.70	1.303	両面排水	0.154	0.146	0.9481	1.11776	456.09	486.09	1.1913	0.95	0.146	0.000	0.146
供用開始-19	30	1650	1635	0.0	-233	497.08	-204.88	206.3	7.4	23.1	77.7	373.70	373.70	1.303	両面排水	0.154	0.146	0.9481	1.11776	456.09	486.09	1.1913	0.95	0.146	0.000	0.146



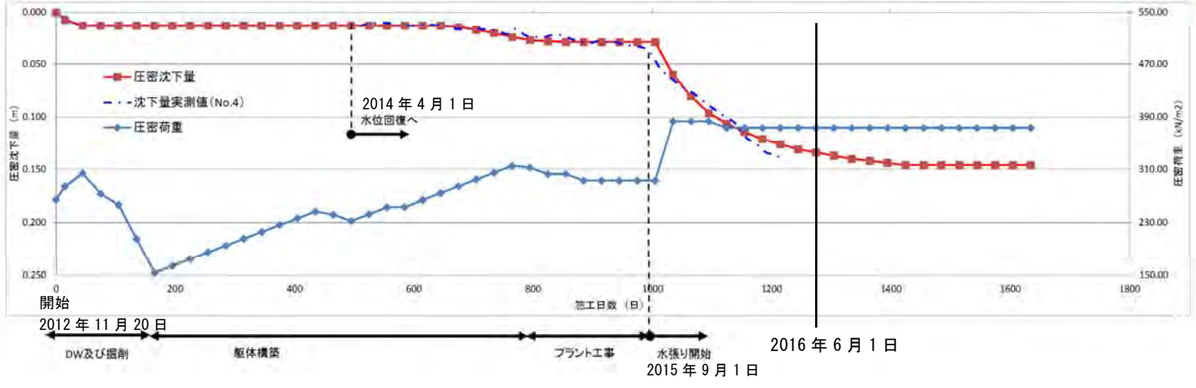
圧密係数 Cv= 650 cm^2/日
圧密層厚 H= 10.3 m 片面排水
5.15 m 両面排水

地盤面(施工前) TP 3.5 m
地下水位 TP 0 m
地下水位低下 TP -9.5 m UDW工法による

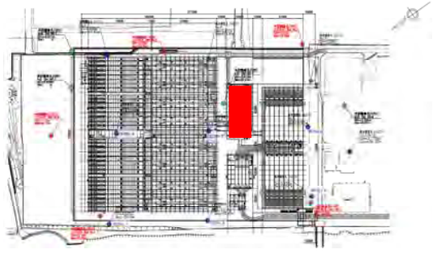
地層	単位体積重量	層下端標高	層厚	土荷重
Bn	19.0	-1.3	4.8	91.2
As2	19.6	-6.85	5.55	108.78
As3	19.0	-18.15	11.3	214.7
Dc1	16.0	-23.3	5.15	82.4
		合 計	26.8	497.08

現GL 標高 TP 3.5 m
掘削底面 TP -7.1 m・・・②

地層	単位体積重量	層下端標高	層厚	掘削荷重
Bn	19.0	-1.3	4.8	91.2
As2	19.6	-7.1	5.8	113.68
		合 計	10.6	204.88



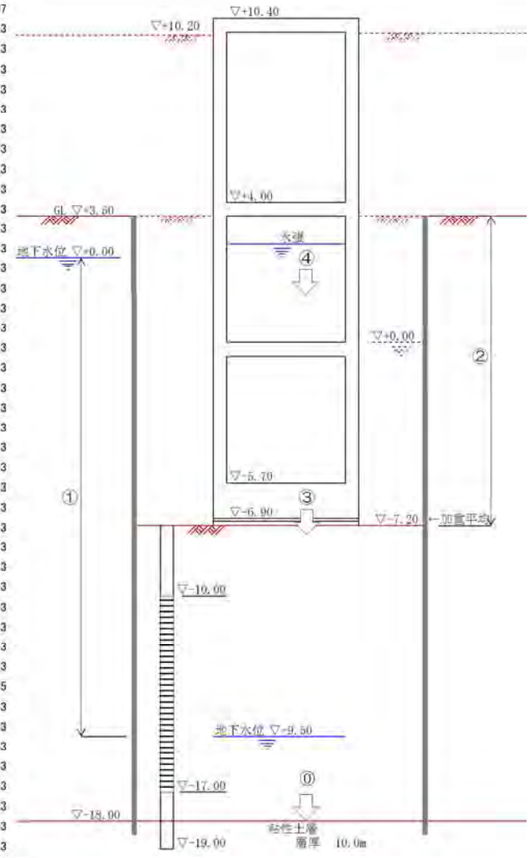
計算地点



(4) 最初沈殿池

最初沈殿池

施工段階	日数	累計日数	中央値	TP m 地下水位 ①	浮力	土荷重 ⓪	掘削 ②	新設躯体 ③	機器荷重	水張り ④	盛土	有効応力 Σσ'	圧密荷重 区間平均	3-T-1 間隙比 e	排水状態	最終沈下量	沈下量 単位:m	換算圧密度 $U_{換算}$	換算時間係数 $TV_{換算}$	換算経過時間 $t_{換算}$	圧密時間 t	時間係数 TV	圧密度 U	圧密 沈下量 単位:m	沈下量 合計 単位:m
施工前	0	0	0	0.0	-233	497.08	0	0	0	0	0	264.08	264.08	1.338											0.000
地下水位低下-1	30	30	15	-2.0	-213	497.08	0	0	0	0	0	284.08	274.08	1.333	両面排水	0.022		-	-	-	30	0.0735	0.3055	0.007	0.007
地下水位低下-2	30	60	45	-4.0	-193	497.08	0	0	0	0	0	304.08	294.08	1.330	両面排水	0.035	0.007	0.2	0.03137	12.8	42.8	0.1049	0.3645	0.013	0.013
1 掘削-1	30	90	75	-6.0	-173	497.08	-51.71	0	0	0	0	272.37	288.23	1.336	両面排水	0.009	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013	0.013
2 掘削-2	30	120	105	-9.5	-138	497.08	-103.42	0	0	0	0	255.66	264.02	1.339	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013	0.013
3 掘削-3	30	150	135	-9.5	-138	497.08	-155.13	0	0	0	0	203.95	229.81	1.352	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013	0.013
4 掘削-4	30	180	165	-9.5	-138	497.08	-206.84	0	0	0	0	152.24	178.10	2.734	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013	0.013
1 躯体築造-1	30	210	195	-9.5	-138	497.08	-206.84	6.12	0	0	0	158.36	155.30	1.366	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013	0.013
2 躯体築造-2	30	240	225	-9.5	-138	497.08	-206.84	12.24	0	0	0	164.48	161.42	1.364	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013	0.013
3 躯体築造-3	30	270	255	-9.5	-138	497.08	-206.84	18.36	0	0	0	170.60	167.54	1.362	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013	0.013
4 躯体築造-4	30	300	285	-9.5	-138	497.08	-206.84	24.48	0	0	0	176.72	173.66	1.360	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013	0.013
5 躯体築造-5	30	330	315	-9.5	-138	497.08	-206.84	30.6	0	0	0	182.84	179.78	1.358	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013	0.013
6 躯体築造-6	30	360	345	-9.5	-138	497.08	-206.84	36.72	0	0	0	188.96	185.90	1.356	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013	0.013
7 躯体築造-7	30	390	375	-9.5	-138	497.08	-206.84	42.84	0	0	0	195.08	192.02	1.354	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013	0.013
8 躯体築造-8	30	420	405	-9.5	-138	497.08	-206.84	48.96	0	0	0	201.20	198.14	1.352	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013	0.013
9 躯体築造-9	30	450	435	-9.5	-138	497.08	-206.84	55.08	0	0	0	207.32	204.26	1.351	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013	0.013
10 躯体築造-10	30	480	465	-9.5	-138	497.08	-206.84	61.2	0	0	0	213.44	210.38	1.349	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013	0.013
11 躯体築造-11	30	510	495	-9.0	-143	497.08	-206.84	67.32	0	0	0	214.56	214.00	1.349	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013	0.013
12 躯体築造-12	30	540	525	-8.5	-148	497.08	-206.84	73.44	0	0	0	215.68	215.12	1.349	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013	0.013
13 躯体築造-13	30	570	555	-8.5	-148	497.08	-206.84	79.56	0	0	0	221.80	218.74	1.347	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013	0.013
14 躯体築造-14	30	600	585	-8.0	-153	497.08	-206.84	85.68	0	0	0	222.92	222.36	1.347	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013	0.013
15 躯体築造-15	30	630	615	-7.5	-158	497.08	-206.84	91.8	0	0	0	224.04	223.48	1.347	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013	0.013
16 躯体築造-16	30	660	645	-7.0	-163	497.08	-206.84	97.92	0	0	0	225.16	224.60	1.346	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013	0.013
17 躯体築造-17	30	690	675	-7.0	-163	497.08	-206.84	104.04	0	0	0	231.28	228.22	1.345	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013	0.013
18 躯体築造-18	30	720	705	-6.5	-168	497.08	-206.84	110.16	0	0	0	232.40	231.84	1.345	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013	0.013
19 躯体築造-19	30	750	735	-6.5	-168	497.08	-206.84	116.28	0	0	0	238.52	235.46	1.343	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013	0.013
20 躯体築造-20	30	780	765	-6.5	-168	497.08	-206.84	122.4	0	0	0	244.64	241.58	1.342	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013	0.013
機器据付-1	30	810	795	-6.5	-168	497.08	-206.84	122.4	0.6	0	0	245.24	244.94	1.342	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013	0.013
機器据付-2	30	840	825	-6.5	-168	497.08	-206.84	122.4	0.6	0	0	245.24	245.24	1.342	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013	0.013
機器据付-3	30	870	855	-6.5	-168	497.08	-206.84	122.4	0.6	0	0	245.24	245.24	1.342	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013	0.013
機器据付-4	30	900	885	-6.5	-168	497.08	-206.84	122.4	0.6	0	0	245.24	245.24	1.342	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013	0.013
機器据付-5	30	930	915	-6.5	-168	497.08	-206.84	122.4	0.6	0	0	245.24	245.24	1.342	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013	0.013
機器据付-6	30	960	945	-6.5	-168	497.08	-206.84	122.4	0.6	0	0	245.24	245.24	1.342	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013	0.013
機器据付-7	30	990	975	-6.5	-168	497.08	-206.84	122.4	0.6	0	0	245.24	245.24	1.342	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013	0.013
機器据付-8	30	1020	1005	-6.5	-168	497.08	-206.84	122.4	0.6	0	0	245.24	245.24	1.342	両面排水	0.000	0.013	0	0	0	0	0.0000	0	0.013	0.013
水張試験-1	30	1050	1035	-6.0	-173	497.08	-206.84	122.4	0.6	56.7	49.8	346.74	295.99	1.314	両面排水	0.106	0.013	0.1226	0.01019	4.16	34.16	0.0837	0.3255	0.035	0.035
水張試験-2	30	1080	1065	-5.0	-183	497.08	-206.84	122.4	0.6	56.7	49.8	336.74	341.74	1.319	両面排水	0.084	0.035	0.4167	0.13696	55.88	85.88	0.2105	0.5164	0.043	0.043
供用開始-1	30	1110	1095	-3.0	-203	497.08	-206.84	122.4	0.6	56.7	49.8	316.74	326.74	1.328	両面排水	0.044	0.043	0.9773	1.129	460.68	490.68	1.2025	0.95	0.043	0.043
供用開始-2	30	1140	1125	-2.0	-213	497.08	-206.84	122.4	0.6	56.7	49.8	306.74	311.74	1.329	両面排水	0.040	0.043	1.075	1.129	460.68	490.68	1.2025	0.95	0.043	0.043
供用開始-3	30	1170	1155	-1.0	-223	497.08	-206.84	122.4	0.6	56.7	49.8	296.74	301.74	1.331	両面排水	0.031	0.043	1.3871	1.129	460.68	490.68	1.2025	0.95	0.043	0.043
供用開始-4	30	1200	1185	-1.0	-223	497.08	-206.84	122.4	0.6	56.7	49.8	296.74	296.74	1.331	両面排水	0.031	0.043	1.3871	1.129	460.68	490.68	1.2025	0.95	0.043	0.043
供用開始-5	30	1230	1215	0.0	-233	497.08	-206.84	122.4	0.6	56.7	49.8	286.74	291.74	1.333	両面排水	0.022	0.043	1.9545	1.129	460.68	490.68	1.2025	0.95	0.043	0.043
供用開始-6	30	1260	1245	0.0	-233	497.08	-206.84	122.4	0.6	56.7	49.8	286.74	286.74	1.333	両面排水	0.022	0.043	1.9545	1.129	460.68	490.68	1.2025	0.95	0.043	0.043
供用開始-7	30	1290	1275	0.0	-233	497.08	-206.84	122.4	0.6	56.7	49.8	286.74	286.74	1.333	両面排水	0.022	0.043	1.9545	1.129	460.68	490.68	1.2025	0.95	0.043	0.043
供用開始-8	30	1320	1305	0.0	-233	497.08	-206.84	122.4	0.6	56.7	49.8	286.74	286.74	1.333	両面排水	0.022	0.043	1.9545	1.129	460.68	490.68	1.2025	0.95	0.043	0.043
供用開始-9	30	1350	1335	0.0	-233	497.08	-206.84	122.4	0.6	56.7	49.8	286.74	286.74	1.333	両面排水	0.022	0.043	1.9545	1.129	460.68	490.68	1.2025	0.95	0.043	0.043
供用開始-10	30	1380	1365	0.0	-233	497.08	-206.84	122.4	0.6	56.7	49.8	286.74	286.74	1.333	両面排水	0.022	0.043	1.9545	1.129	460.68	490.68	1.2025	0.95	0.043	0.043
供用開始-11	30	1410	1395	0.0	-233	497.08	-206.84	122.4	0.6	56.7	49.8	286.74	286.74	1.333	両面排水	0.022	0.043	1.9545	1.129	460.68	490.68	1.2025	0.95	0.043	0.043
供用開始-12	30	1440	1425	0.0	-233	497.08	-206.84	122.4	0.6	56.7	49.8	286.74	286.74	1.333	両面排水	0.022	0.043	1.9545	1.129	460.68	490.68	1.2025	0.95	0.043	0.043



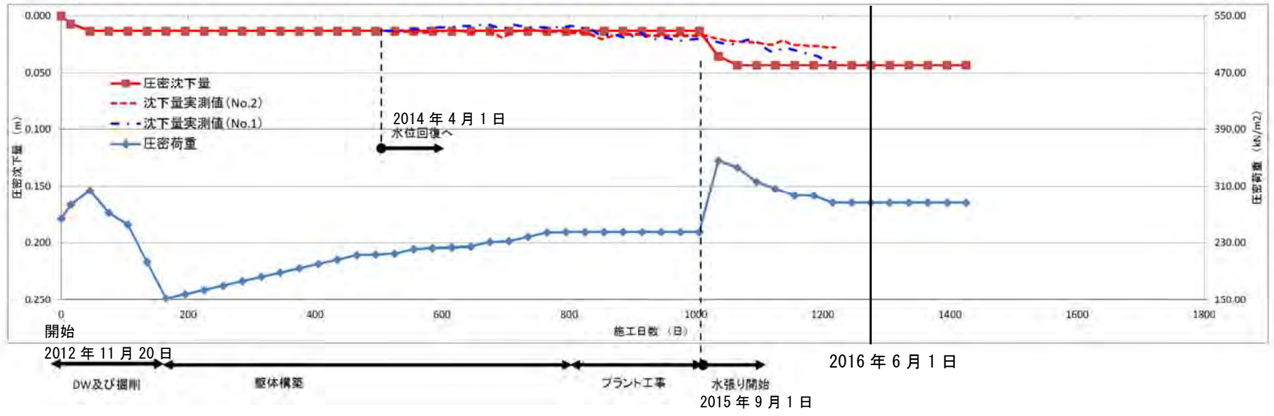
圧密係数 Cv= 650 cm²/日
圧密層厚 H= 10.3 m 片面排水
5.15 m 両面排水

地盤面(施工前) TP 3.5 m
地下水位 TP 0 m
地下水位低下 TP -9.5 m UDW工法による

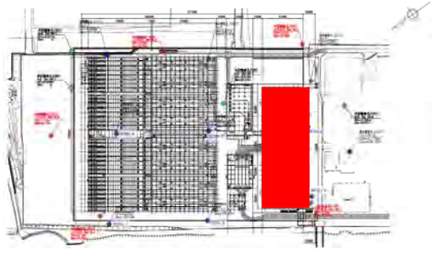
地層	単位体積重量	層下端標高	層厚	土荷重
Bn	19.0	-1.3	4.8	91.2
As2	19.6	-6.85	5.55	108.78
As3	19.0	-18.15	11.3	214.7
Dc1	16.0	-23.3	5.15	82.4
		合 計	26.8	497.08

現GL 壇高 TP 3.5 m
掘削底面 TP -7.2 m・・・②

地層	単位体積重量	層下端標高	層厚	掘削荷重
Bn	19.0	-1.3	4.8	91.2
As2	19.6	-7.2	5.9	115.64
		合 計	10.7	206.84



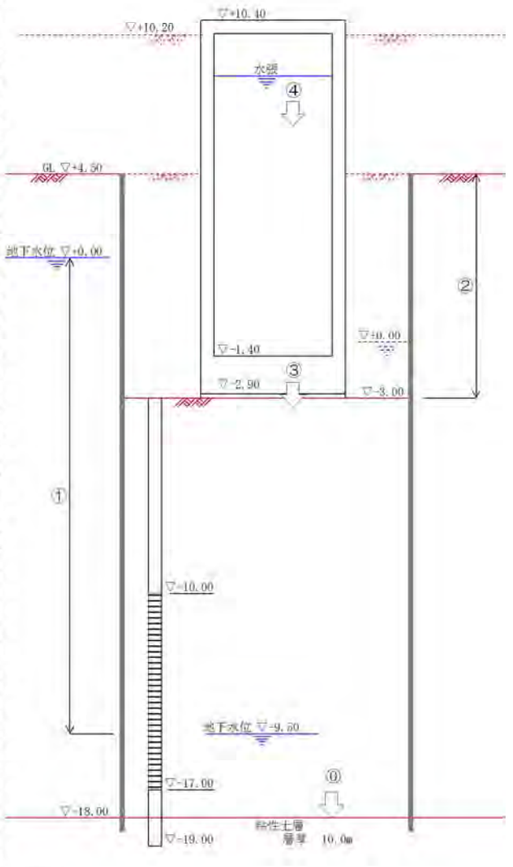
計算地点



(5) 反応タンク

反応タンク

施工段階	日数	累計日数	中央値	TP m 地下水位 ①	浮力	土荷重 ⓪	掘削 ②	新設躯体 ③	機器荷重	水張り ④	盛土	有効応力 Σσ'	圧密荷重 区間平均	3-T-1 間隙比 e	排水状態	最終沈下量	沈下量 単位 m	検算圧密度 $U_{検算}$	検算時間係数 $Tv_{検算}$	検算経過時間 $t_{検算}$	圧密時間 t	時間係数 TV	圧密度 U	圧密沈下量 単位 m	沈下量合計 単位 m
施工前	0	0	0	0.0	-233	516.08	0	0	0	0	0	283.08	283.08	1.334										0	0.000
地下水位低下-1	30	30	15	-2.0	-213	516.08	0	0	0	0	0	303.08	293.08	1.330	両面排水	0.018		–	–	–	30	0.0622	0.2803	0.005	0.005
地下水位低下-2	30	60	45	-4.0	-193	516.08	0	0	0	0	0	323.08	313.08	1.325	両面排水	0.040	0.005	0.125	0.01085	5.23	35.23	0.0731	0.3046	0.012	0.012
1 掘削-1	30	90	75	-6.0	-173	516.08	-35.88	0	0	0	0	307.20	315.14	1.329	両面排水	0.022	0.012	0.5455	0.23431	112.99	142.99	0.2965	0.6093	0.013	0.013
2 掘削-2	30	120	105	-9.5	-138	516.08	-71.76	0	0	0	0	306.32	306.76	1.329	両面排水	0.022	0.013	0.5909	0.27726	133.7	163.7	0.3395	0.6477	0.014	0.014
3 掘削-3	30	150	135	-9.5	-138	516.08	-107.64	0	0	0	0	270.44	288.38	1.336	両面排水	0.000	0.014	0	0	0	0	0.0000	0	0.014	0.014
4 掘削-4	30	180	165	-9.5	-138	516.08	-143.52	0	0	0	0	234.56	252.50	1.344	両面排水	0.000	0.014	0	0	0	0	0.0000	0	0.014	0.014
1 躯体築造-1	30	210	195	-9.5	-138	516.08	-143.52	5.37	0	0	0	239.93	237.25	1.343	両面排水	0.000	0.014	0	0	0	0	0.0000	0	0.014	0.014
2 躯体築造-2	30	240	225	-9.5	-138	516.08	-143.52	10.74	0	0	0	245.30	242.62	1.342	両面排水	0.000	0.014	0	0	0	0	0.0000	0	0.014	0.014
3 躯体築造-3	30	270	255	-9.5	-138	516.08	-143.52	16.11	0	0	0	250.67	247.99	1.340	両面排水	0.000	0.014	0	0	0	0	0.0000	0	0.014	0.014
4 躯体築造-4	30	300	285	-9.5	-138	516.08	-143.52	21.48	0	0	0	256.04	253.36	1.339	両面排水	0.000	0.014	0	0	0	0	0.0000	0	0.014	0.014
5 躯体築造-5	30	330	315	-9.5	-138	516.08	-143.52	26.85	0	0	0	261.41	258.73	1.338	両面排水	0.000	0.014	0	0	0	0	0.0000	0	0.014	0.014
6 躯体築造-6	30	360	345	-9.5	-138	516.08	-143.52	32.22	0	0	0	266.78	264.10	1.337	両面排水	0.000	0.014	0	0	0	0	0.0000	0	0.014	0.014
7 躯体築造-7	30	390	375	-9.5	-138	516.08	-143.52	37.59	0	0	0	272.15	269.47	1.336	両面排水	0.000	0.014	0	0	0	0	0.0000	0	0.014	0.014
8 躯体築造-8	30	420	405	-9.5	-138	516.08	-143.52	42.96	0	0	0	277.52	274.84	1.335	両面排水	0.000	0.014	0	0	0	0	0.0000	0	0.014	0.014
9 躯体築造-9	30	450	435	-9.5	-138	516.08	-143.52	48.33	0	0	0	282.89	280.21	1.334	両面排水	0.000	0.014	0	0	0	0	0.0000	0	0.014	0.014
10 躯体築造-10	30	480	465	-9.5	-138	516.08	-143.52	53.7	0	0	0	288.26	285.58	1.333	両面排水	0.004	0.014	0	0	0	0	0.0000	0	0.014	0.014
11 躯体築造-11	30	510	495	-9.0	-143	516.08	-143.52	59.07	0	0	0	288.63	288.45	1.333	両面排水	0.004	0.014	0	0	0	0	0.0000	0	0.014	0.014
12 躯体築造-12	30	540	525	-8.5	-148	516.08	-143.52	64.44	0	0	0	289.00	288.82	1.333	両面排水	0.004	0.014	0	0	0	0	0.0000	0	0.014	0.014
13 躯体築造-13	30	570	555	-8.5	-148	516.08	-143.52	69.81	0	0	0	294.37	291.69	1.332	両面排水	0.009	0.014	0	0	0	0	0.0000	0	0.014	0.014
14 躯体築造-14	30	600	585	-8.0	-153	516.08	-143.52	75.18	0	0	0	294.74	294.56	1.331	両面排水	0.013	0.014	0	0	0	0	0.0000	0	0.014	0.014
15 躯体築造-15	30	630	615	-7.5	-158	516.08	-143.52	80.55	0	0	0	295.11	294.93	1.331	両面排水	0.013	0.014	0	0	0	0	0.0000	0	0.014	0.014
16 躯体築造-16	30	660	645	-7.0	-163	516.08	-143.52	85.92	0	0	0	295.48	295.30	1.331	両面排水	0.013	0.014	1.0769	1.129	544.43	574.43	1.1912	0.95	0.014	0.014
17 躯体築造-17	30	690	675	-7.0	-163	516.08	-143.52	91.29	0	0	0	300.85	298.17	1.330	両面排水	0.018	0.014	0.7778	0.52686	254.07	284.07	0.5891	0.8094	0.015	0.015
18 躯体築造-18	30	720	705	-6.5	-168	516.08	-143.52	96.66	0	0	0	301.22	301.04	1.330	両面排水	0.018	0.015	0.8333	0.64469	310.89	340.89	0.7069	0.8569	0.015	0.015
19 躯体築造-19	30	750	735	-6.5	-168	516.08	-143.52	102.03	0	0	0	306.59	303.91	1.329	両面排水	0.022	0.015	0.6818	0.3808	183.63	213.63	0.4430	0.727	0.016	0.016
20 躯体築造-20	30	780	765	-6.5	-168	516.08	-143.52	107.4	0	0	0	311.96	309.28	1.328	両面排水	0.026	0.016	0.6154	0.30325	146.24	176.24	0.3655	0.6692	0.017	0.017
機器据付-1	30	810	795	-6.5	-168	516.08	-143.52	107.4	1.1	0	0	313.06	312.51	1.328	両面排水	0.026	0.017	0.6538	0.34664	167.16	197.16	0.4089	0.7039	0.018	0.018
機器据付-2	30	840	825	-6.5	-168	516.08	-143.52	107.4	1.1	0	0	313.06	313.06	1.328	両面排水	0.026	0.018	0.6923	0.39361	189.81	219.81	0.4558	0.7356	0.019	0.019
機器据付-3	30	870	855	-6.5	-168	516.08	-143.52	107.4	1.1	0	0	313.06	313.06	1.328	両面排水	0.026	0.019	0.7308	0.44844	216.25	246.25	0.5107	0.7686	0.020	0.020
機器据付-4	30	900	885	-6.5	-168	516.08	-143.52	107.4	1.1	0	0	313.06	313.06	1.328	両面排水	0.026	0.020	0.7692	0.51138	246.6	276.6	0.5736	0.8028	0.021	0.021
機器据付-5	30	930	915	-6.5	-168	516.08	-143.52	107.4	1.1	0	0	313.06	313.06	1.328	両面排水	0.026	0.021	0.8077	0.58478	282	312	0.6470	0.8341	0.022	0.022
機器据付-6	30	960	945	-6.5	-168	516.08	-143.52	107.4	1.1	0	0	313.06	313.06	1.328	両面排水	0.026	0.022	0.8462	0.67487	325.44	355.44	0.7371	0.8661	0.023	0.023
機器据付-7	30	990	975	-6.5	-168	516.08	-143.52	107.4	1.1	0	0	313.06	313.06	1.328	両面排水	0.026	0.023	0.8846	0.79716	384.41	414.41	0.8594	0.902	0.023	0.023
機器据付-8	30	1020	1005	-6.5	-168	516.08	-143.52	107.4	1.1	0	0	313.06	313.06	1.328	両面排水	0.026	0.023	0.8846	0.79716	384.41	414.41	0.8594	0.902	0.023	0.023
水張試験-1	30	1050	1035	-6.0	-173	516.08	-143.52	107.4	1.1	69.5	15.6	393.16	353.11	1.295	両面排水	0.172	0.023	0.1337	0.01323	6.38	36.38	0.0754	0.3093	0.053	0.000	0.053
水張試験-2	30	1080	1065	-5.0	-183	516.08	-143.52	107.4	1.1	69.5	15.6	383.16	388.16	1.299	両面排水	0.154	0.053	0.3442	0.09319	44.94	74.94	0.1554	0.4445	0.068	0.000	0.068
供用開始-1	30	1110	1095	-3.0	-203	516.08	-143.52	107.4	1.1	69.5	15.6	363.16	373.16	1.307	両面排水	0.119	0.068	0.5714	0.25854	124.68	154.68	0.3208	0.631	0.075	0.000	0.075
供用開始-2	30	1140	1125	-2.0	-213	516.08	-143.52	107.4	1.1	69.5	15.6	353.16	358.16	1.312	両面排水	0.097	0.075	0.7732	0.51858	250.07	280.07	0.5808	0.8058	0.078	0.000	0.078
供用開始-3	30	1170	1155	-1.0	-223	516.08	-143.52	107.4	1.1	69.5	15.6	343.16	348.16	1.316	両面排水	0.079	0.078	0.9873	1.129	544.43	574.43	1.1912	0.95	0.078	0.000	0.078
供用開始-4	30	1200	1185	-1.0	-223	516.08	-143.52	107.4	1.1	69.5	15.6	343.16	343.16	1.316	両面排水	0.079	0.078	0.9873	1.129	544.43	574.43	1.1912	0.95	0.078	0.000	0.078
供用開始-5	30	1230	1215	0.0	-233	516.08	-143.52	107.4	1.1	69.5	15.6	333.16	338.16	1.320	両面排水	0.062	0.078	1.2581	1.129	544.43	574.43	1.1912	0.95	0.078	0.000	0.078
供用開始-6	30	1260	1245	0.0	-233	516.08	-143.52	107.4	1.1	69.5	15.6	333.16	333.16	1.320	両面排水	0.062	0.078	1.2581	1.129	544.43	574.43	1.1912	0.95	0.078	0.000	0.078
供用開始-7	30	1290	1275	0.0	-233	516.08	-143.52	107.4	1.1	69.5	15.6	333.16	333.16	1.320	両面排水	0.062	0.078	1.2581	1.129	544.43	574.43	1.1912	0.95	0.078	0.000	0.078
供用開始-8	30	1320	1305	0.0	-233	516.08	-143.52	107.4	1.1	69.5	15.6	333.16	333.16	1.320	両面排水	0.062	0.078	1.2581	1.129	544.43	574.43	1.1912	0.95	0.078	0.000	0.078
供用開始-9	30	1350	1335	0.0	-233	516.08	-143.52	107.4	1.1	69.5	15.6	333.16	333.16	1.320	両面排水	0.062	0.078	1.2581	1.129	544.43	574.43	1.1912	0.95	0.078	0.000	0.078
供用開始-10	30	1380	1365	0.0	-233	516.08	-143.52	107.4	1.1	69.5	15.6	333.16	333.16	1.320	両面排水	0.062	0.078	1.2581	1.129	544.43	574.43	1.1912	0.95	0.078	0.000	0.078
供用開始-11	30	1410	1395	0.0	-233	516.08	-143.52	107.4	1.1	69.5	15.6	333.16	333.16	1.320	両面排水	0.062	0.078	1.2581	1.129	544.43	574.43	1.1912	0.95	0.078	0.000	0.078
供用開始-12	30	1440	1425	0.0	-233	516.08	-143.52	107.4	1.1	69.5	15.6	333.16	333.16	1.320	両面排水	0.062	0.078	1.2581	1.129	544.43	574.43	1.1912	0.95	0.078	0.000	0.078



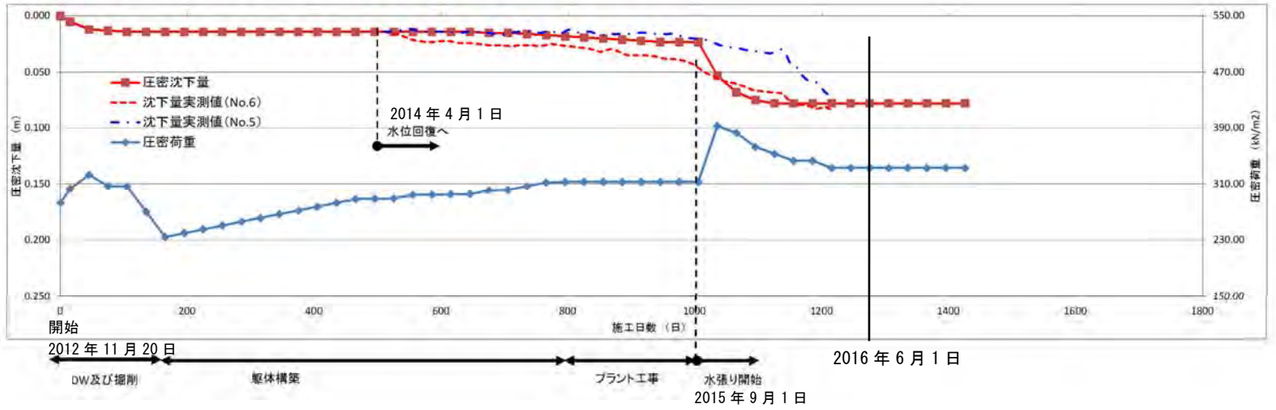
圧密係数 Cv= 550 cm²/日
圧密層厚 H= 10.3 m 片面排水
5.15 m 両面排水

地盤面(施工前) TP 4.5 m
地下水位 TP 0 m
地下水位低下 TP -9.5 m UDW工法による

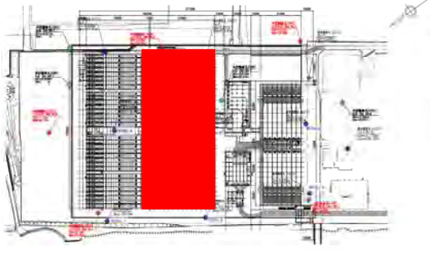
地層	単位体積重量	層下端標高	層厚	土荷重
Bn	19.0	-1.3	5.8	110.2
As2	19.6	-6.85	5.55	108.78
As3	19.0	-18.15	11.3	214.7
Dc1	16.0	-23.3	5.15	82.4
		合 計	27.8	516.08

現GL 標高 TP 4.5 m
掘削底面 TP -3 m・・・②

地層	単位体積重量	層下端標高	層厚	掘削荷重
Bn	19.0	-1.3	5.8	110.2
As2	19.6	-3	1.7	33.32
		合 計	7.5	143.52



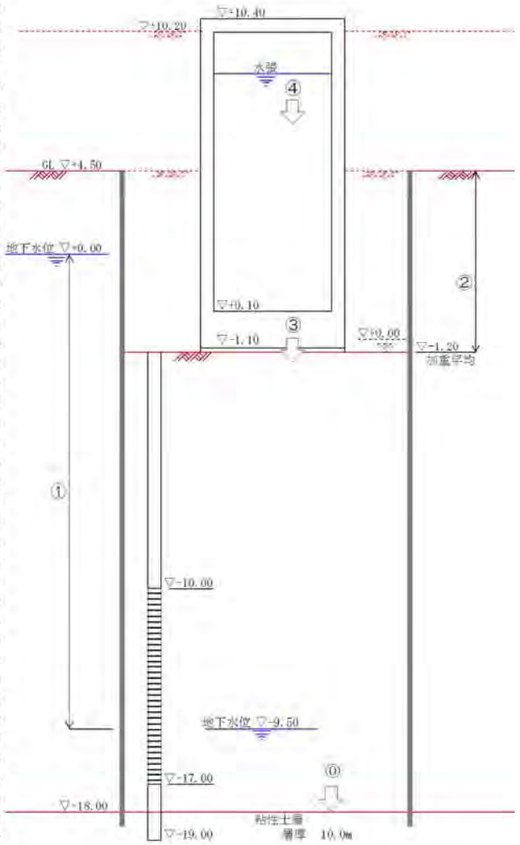
計算地点



(6) 最終沈殿池

最終沈殿池

施工段階	日数	累計日数	中央値	TP m 地下水位 ①	浮力	土荷重 ⑤	掘削 ②	新設躯体 ③	機器荷重	水張り ④	盛土	有効応力 Σσ'	圧密荷重 区間平均	3-T-1 間隙比 e	排水状態	最終沈下量	沈下量 単位:m	換算圧密度 $U_{換算}$	換算時間係数 $Tv_{換算}$	換算経過時間 $t_{換算}$	圧密時間 t	時間係数 TV	圧密度 U	圧密沈下量 単位:m	沈下量合計 単位:m
施工前	0	0	0	0.0	-233	516.08	0	0	0	0	0	283.08	283.08	1.334										0	0.000
地下水位低下-1	30	30	15	-2.0	-213	516.08	0	0	0	0	0	303.08	293.08	1.330	両面排水	0.018					30	0.0622	0.2803	0.005	0.005
地下水位低下-2	30	60	45	-4.0	-193	516.08	0	0	0	0	0	323.08	313.08	1.325	両面排水	0.040	0.005	0.125	0.01085	5.23	35.23	0.0731	0.3046	0.012	0.012
1 掘削-1	30	90	75	-6.0	-173	516.08	-27.06	0	0	0	0	316.02	319.55	1.328	両面排水	0.026	0.012	0.4615	0.16774	80.89	110.89	0.2300	0.5401	0.014	0.014
2 掘削-2	30	120	105	-8.5	-138	516.08	-54.12	0	0	0	0	323.96	319.99	1.325	両面排水	0.040	0.014	0.35	0.09615	46.37	76.37	0.1584	0.449	0.018	0.018
3 掘削-3	30	150	135	-9.5	-138	516.08	-81.18	0	0	0	0	298.90	310.43	1.331	両面排水	0.013	0.018	0	0	0	0	0.0000	0	0.018	0.018
4 掘削-4	30	180	165	-9.5	-138	516.08	-108.24	0	0	0	0	269.84	283.37	1.336	両面排水	0.000	0.018	0	0	0	0	0.0000	0	0.018	0.018
1 躯体築造-1	30	210	195	-9.5	-138	516.08	-108.24	4.74	0	0	0	274.58	272.21	1.335	両面排水	0.000	0.018	0	0	0	0	0.0000	0	0.018	0.018
2 躯体築造-2	30	240	225	-9.5	-138	516.08	-108.24	9.47	0	0	0	279.31	276.94	1.334	両面排水	0.000	0.018	0	0	0	0	0.0000	0	0.018	0.018
3 躯体築造-3	30	270	255	-9.5	-138	516.08	-108.24	14.21	0	0	0	284.05	281.68	1.333	両面排水	0.004	0.018	0	0	0	0	0.0000	0	0.018	0.018
4 躯体築造-4	30	300	285	-9.5	-138	516.08	-108.24	18.94	0	0	0	288.78	286.41	1.333	両面排水	0.004	0.018	0	0	0	0	0.0000	0	0.018	0.018
5 躯体築造-5	30	330	315	-9.5	-138	516.08	-108.24	23.68	0	0	0	293.52	291.15	1.332	両面排水	0.009	0.018	0	0	0	0	0.0000	0	0.018	0.018
6 躯体築造-6	30	360	345	-9.5	-138	516.08	-108.24	28.41	0	0	0	298.25	295.88	1.331	両面排水	0.013	0.018	0	0	0	0	0.0000	0	0.018	0.018
7 躯体築造-7	30	390	375	-9.5	-138	516.08	-108.24	33.15	0	0	0	302.99	300.62	1.330	両面排水	0.018	0.018	1	1.129	544.43	574.43	1.1912	0.95	0.018	0.018
8 躯体築造-8	30	420	405	-9.5	-138	516.08	-108.24	37.88	0	0	0	307.72	305.35	1.329	両面排水	0.022	0.018	0.8182	0.60935	293.85	323.85	0.6716	0.8446	0.019	0.019
9 躯体築造-9	30	450	435	-9.5	-138	516.08	-108.24	42.62	0	0	0	312.46	310.09	1.328	両面排水	0.026	0.019	0.7308	0.44844	216.25	246.25	0.5107	0.7686	0.020	0.020
10 躯体築造-10	30	480	465	-9.5	-138	516.08	-108.24	47.35	0	0	0	317.19	314.82	1.328	両面排水	0.026	0.020	0.7692	0.51138	246.6	276.6	0.5736	0.8028	0.021	0.021
11 躯体築造-11	30	510	495	-9.0	-143	516.08	-108.24	52.09	0	0	0	316.93	317.06	1.328	両面排水	0.026	0.021	0.8077	0.58478	282	312	0.6470	0.8341	0.022	0.022
12 躯体築造-12	30	540	525	-8.5	-148	516.08	-108.24	56.82	0	0	0	316.66	316.79	1.328	両面排水	0.026	0.022	0.8462	0.67487	325.44	355.44	0.7371	0.8661	0.023	0.023
13 躯体築造-13	30	570	555	-8.5	-148	516.08	-108.24	61.56	0	0	0	321.40	319.03	1.326	両面排水	0.035	0.023	0.6571	0.35066	169.1	199.1	0.4129	0.7066	0.025	0.025
14 躯体築造-14	30	600	585	-8.0	-153	516.08	-108.24	66.29	0	0	0	321.13	321.26	1.326	両面排水	0.035	0.025	0.7143	0.42416	204.54	234.54	0.4864	0.7552	0.026	0.026
15 躯体築造-15	30	630	615	-7.5	-158	516.08	-108.24	71.03	0	0	0	320.87	321.00	1.326	両面排水	0.035	0.026	0.7429	0.46634	224.88	254.88	0.5285	0.7786	0.027	0.027
16 躯体築造-16	30	660	645	-7.0	-163	516.08	-108.24	75.76	0	0	0	320.60	320.73	1.326	両面排水	0.035	0.027	0.7714	0.51534	248.51	278.51	0.5775	0.8045	0.028	0.028
17 躯体築造-17	30	690	675	-7.0	-163	516.08	-108.24	80.50	0	0	0	325.34	322.97	1.324	両面排水	0.044	0.028	0.6364	0.32677	157.58	187.58	0.3890	0.6885	0.030	0.030
18 躯体築造-18	30	720	705	-6.5	-168	516.08	-108.24	85.23	0	0	0	325.07	325.20	1.324	両面排水	0.044	0.030	0.6818	0.3808	183.63	213.63	0.4430	0.727	0.032	0.032
19 躯体築造-19	30	750	735	-6.5	-168	516.08	-108.24	89.97	0	0	0	329.81	327.44	1.322	両面排水	0.053	0.032	0.6038	0.29028	139.97	169.97	0.3525	0.6585	0.035	0.035
20 躯体築造-20	30	780	765	-6.5	-168	516.08	-108.24	94.7	0	0	0	334.54	332.17	1.320	両面排水	0.062	0.035	0.5645	0.25192	121.48	151.48	0.3141	0.6251	0.039	0.039
機器据付-1	30	810	795	-6.5	-168	516.08	-108.24	94.7	0.7	0	0	335.24	334.89	1.319	両面排水	0.066	0.039	0.5909	0.27726	133.7	163.7	0.3395	0.6477	0.043	0.043
機器据付-2	30	840	825	-6.5	-168	516.08	-108.24	94.7	0.7	0	0	335.24	335.24	1.319	両面排水	0.066	0.043	0.6515	0.34383	165.8	195.8	0.4060	0.702	0.046	0.046
機器据付-3	30	870	855	-6.5	-168	516.08	-108.24	94.7	0.7	0	0	335.24	335.24	1.319	両面排水	0.066	0.046	0.697	0.39934	192.57	222.57	0.4615	0.7395	0.049	0.049
機器据付-4	30	900	885	-6.5	-168	516.08	-108.24	94.7	0.7	0	0	335.24	335.24	1.319	両面排水	0.066	0.049	0.7424	0.4656	224.53	254.53	0.5278	0.7782	0.051	0.051
機器据付-5	30	930	915	-6.5	-168	516.08	-108.24	94.7	0.7	0	0	335.24	335.24	1.319	両面排水	0.066	0.051	0.7727	0.51768	249.64	279.64	0.5799	0.8055	0.053	0.053
機器据付-6	30	960	945	-6.5	-168	516.08	-108.24	94.7	0.7	0	0	335.24	335.24	1.319	両面排水	0.066	0.053	0.803	0.57379	276.7	306.7	0.6360	0.8294	0.055	0.055
機器据付-7	30	990	975	-6.5	-168	516.08	-108.24	94.7	0.7	0	0	335.24	335.24	1.319	両面排水	0.066	0.055	0.8333	0.64469	310.89	340.89	0.7069	0.8569	0.057	0.057
機器据付-8	30	1020	1005	-6.5	-168	516.08	-108.24	94.7	0.7	0	0	335.24	335.24	1.319	両面排水	0.066	0.057	0.8636	0.72828	351.2	381.2	0.7905	0.8824	0.058	0.058
水張試験-1	30	1050	1035	-6.0	-173	516.08	-108.24	94.7	0.7	63.8	22.0	416.04	375.64	1.287	両面排水	0.207	0.058	0.2802	0.0621	29.95	59.95	0.1243	0.3971	0.082	0.000	0.082
水張試験-2	30	1080	1065	-5.0	-183	516.08	-108.24	94.7	0.7	63.8	22.0	406.04	411.04	1.291	両面排水	0.190	0.082	0.4316	0.14686	70.82	100.82	0.2091	0.5147	0.098	0.000	0.098
供用開始-1	30	1110	1095	-3.0	-203	516.08	-108.24	94.7	0.7	63.8	22.0	386.04	396.04	1.298	両面排水	0.159	0.098	0.6164	0.30437	146.78	176.78	0.3866	0.6701	0.107	0.000	0.107
供用開始-2	30	1140	1125	-2.0	-213	516.08	-108.24	94.7	0.7	63.8	22.0	376.04	381.04	1.302	両面排水	0.141	0.107	0.7589	0.49284	237.66	267.66	0.5550	0.7933	0.112	0.000	0.112
供用開始-3	30	1170	1155	-1.0	-223	516.08	-108.24	94.7	0.7	63.8	22.0	366.04	371.04	1.306	両面排水	0.124	0.112	0.9032	0.86542	417.33	447.33	0.9276	0.9141	0.113	0.000	0.113
供用開始-4	30	1200	1185	-1.0	-223	516.08	-108.24	94.7	0.7	63.8	22.0	366.04	366.04	1.306	両面排水	0.124	0.113	0.9113	0.91094	439.28	469.28	0.9732	0.9222	0.114	0.000	0.114
供用開始-5	30	1230	1215	0.0	-233	516.08	-108.24	94.7	0.7	63.8	22.0	356.04	361.04	1.310	両面排水	0.106	0.114	1.0755	1.129	544.43	574.43	1.1912	0.95	0.114	0.000	0.114
供用開始-6	30	1260	1245	0.0	-233	516.08	-108.24	94.7	0.7	63.8	22.0	356.04	356.04	1.310	両面排水	0.106	0.114	1.0755	1.129	544.43	574.43	1.1912	0.95	0.114	0.000	0.114
供用開始-7	30	1290	1275	0.0	-233	516.08	-108.24	94.7	0.7	63.8	22.0	356.04	356.04	1.310	両面排水	0.106	0.114	1.0755	1.129	544.43	574.43	1.1912	0.95	0.114	0.000	0.114
供用開始-8	30	1320	1305	0.0	-233	516.08	-108.24	94.7	0.7	63.8	22.0	356.04	356.04	1.310	両面排水	0.106	0.114	1.0755	1.129	544.43	574.43	1.1912	0.95	0.114	0.000	0.114
供用開始-9	30	1350	1335	0.0	-233	516.08	-108.24	94.7	0.7	63.8	22.0	356.04	356.04	1.310	両面排水	0.106	0.114	1.0755	1.129	544.43	574.43	1.1912	0.95	0.114	0.000	0.114
供用開始-10	30	1380	1365	0.0	-233	516.08	-108.24	94.7	0.7	63.8	22.0	356.04	356.04	1.310	両面排水	0.106	0.114	1.0755	1.129	544.43	574.43	1.1912	0.95	0.114	0.000	0.114
供用開始-11	30	1410	1395	0.0	-233	516.08	-108.24	94.7	0.7	63.8	22.0	356.04	356.04	1.310	両面排水	0.106	0.114	1.0755	1.129	544.43	574.43	1.1912	0.95	0.114	0.000	0.114
供用開始-12	30	1440	1425	0.0	-233	516.08	-108.24	94.7	0.7	63.8	22.0	356.04	356.04	1.310	両面排水	0.106	0.114	1.0755	1.129	544.43	574.43	1.1912	0.95	0.114	0.000	0.114



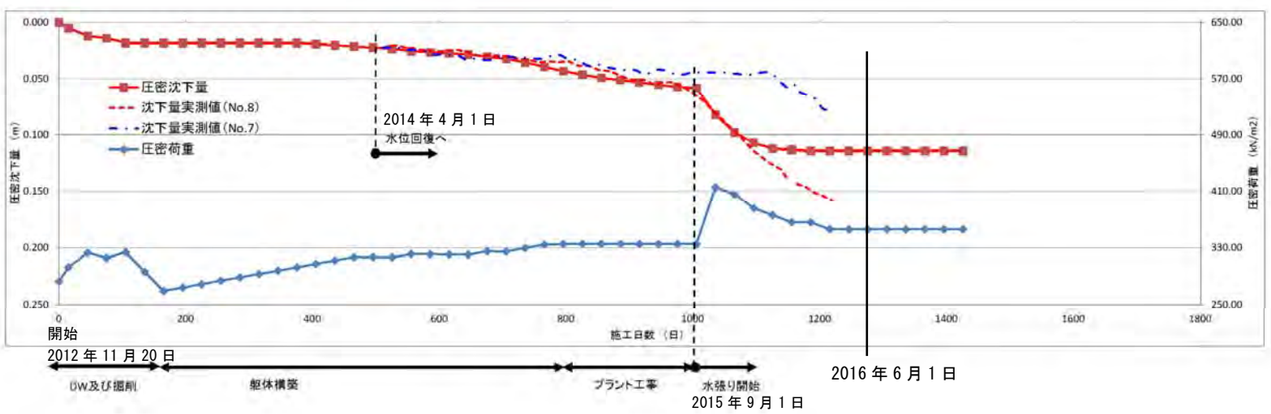
圧密係数 Cv= 550 cm^2/日
圧密層厚 H= 10.3 m 片面排水
5.15 m 両面排水

地盤面(施工前) TP 4.5 m
地下水位 TP 0 m
地下水位低下 TP -9.5 m UDW工法による

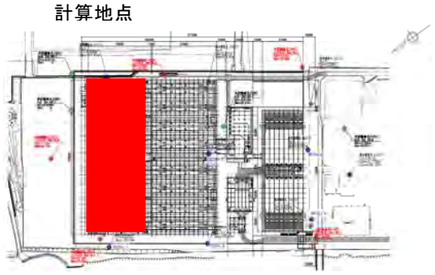
地層	単位体積重量	層下端標高	層厚	土荷重
Bn	19.0	-1.3	5.8	110.2
As2	19.6	-6.85	5.55	108.78
As3	19.0	-18.15	11.3	214.7
Dc1	16.0	-23.3	5.15	82.4
		合 計	27.8	516.08

現GL 標高 TP 4.5 m
掘削底面 TP -1.2 m・・・②

地層	単位体積重量	層下端標高	層厚	掘削荷重
Bn	19.0	-1.3	5.8	110.2
As2	19.6	-1.2	-0.1	-1.96
		合 計	5.7	108.24



計算地点



7.2 FEM 弾塑性解析による沈下量予測

本検討は水処理施設内の各施設の沈下特性を再現するため、施設配置別の断面として、下図のとおり A-A～F-F 断面を対象に二次元 FEM 弾塑性解析を実施するものである。

ただし、A-A～D-D 断面については、奥行き方向の連続性がないこと等から解析値と実測値が乖離するため、一次元沈下検討において最大沈下量となる F-F 断面と、二次元解析の結果が近似しやすい E-E 断面を示す。

7.2.1 検討位置

今回検討を実施した平面位置図を以下に示す。また、地層断面は沈下が顕在化した後の地質調査結果を用いるものとし、各検討施設の断面及び地層断面位置を下図に、地層断面図を次頁の図に示す。

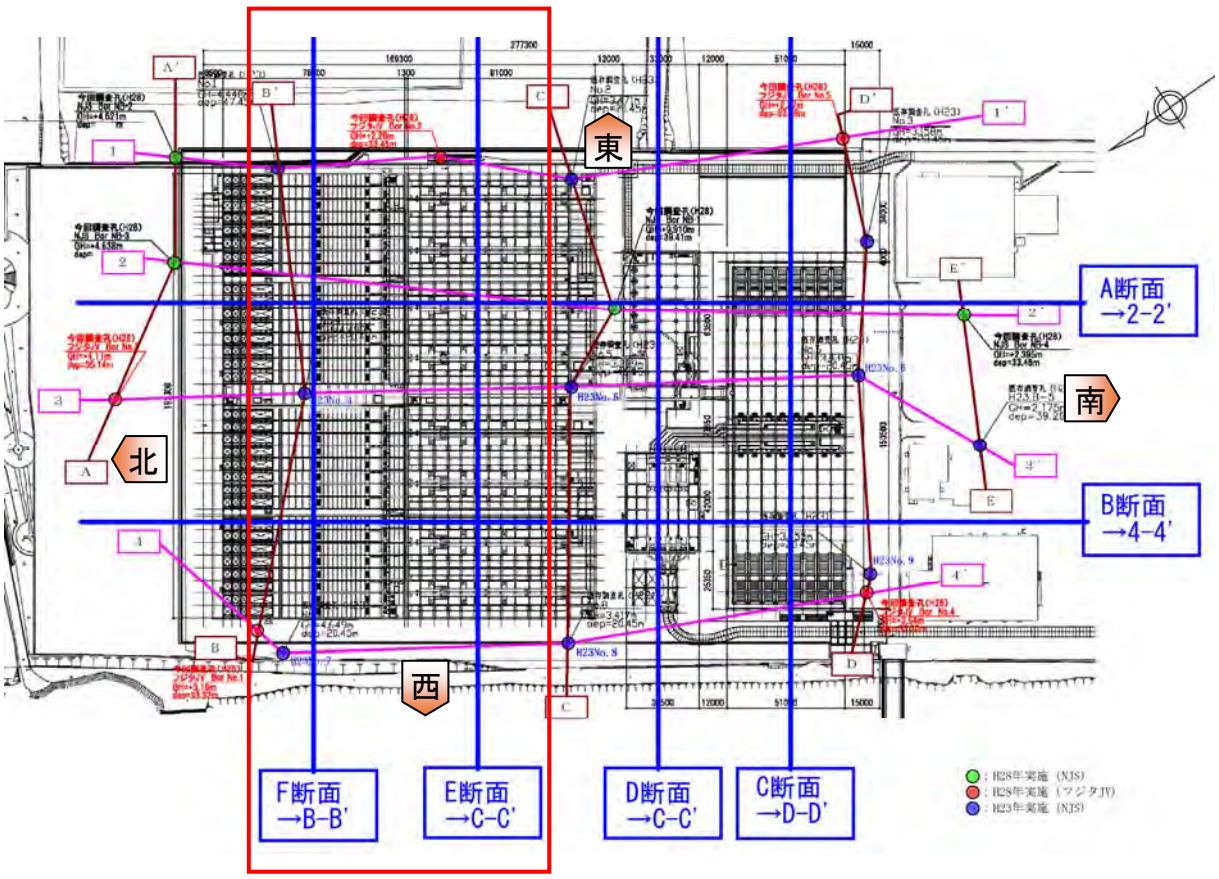


図 7.1　FEM 弾塑性解析位置図

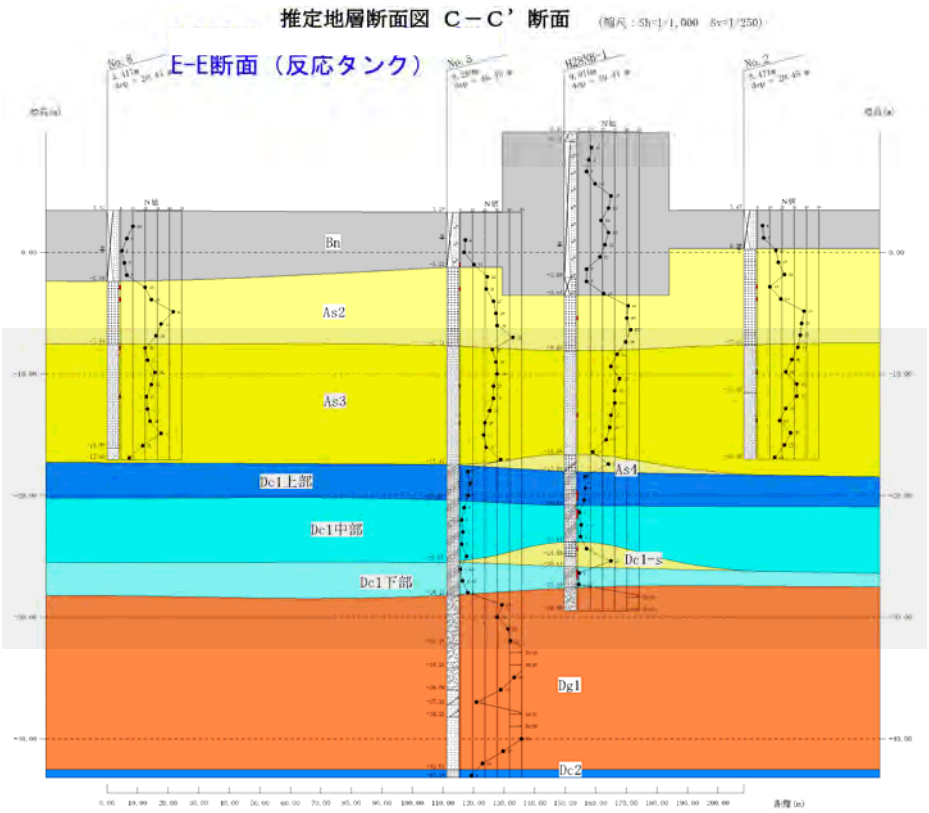


図 7.2　E-E 断面の対応地層想定断面図

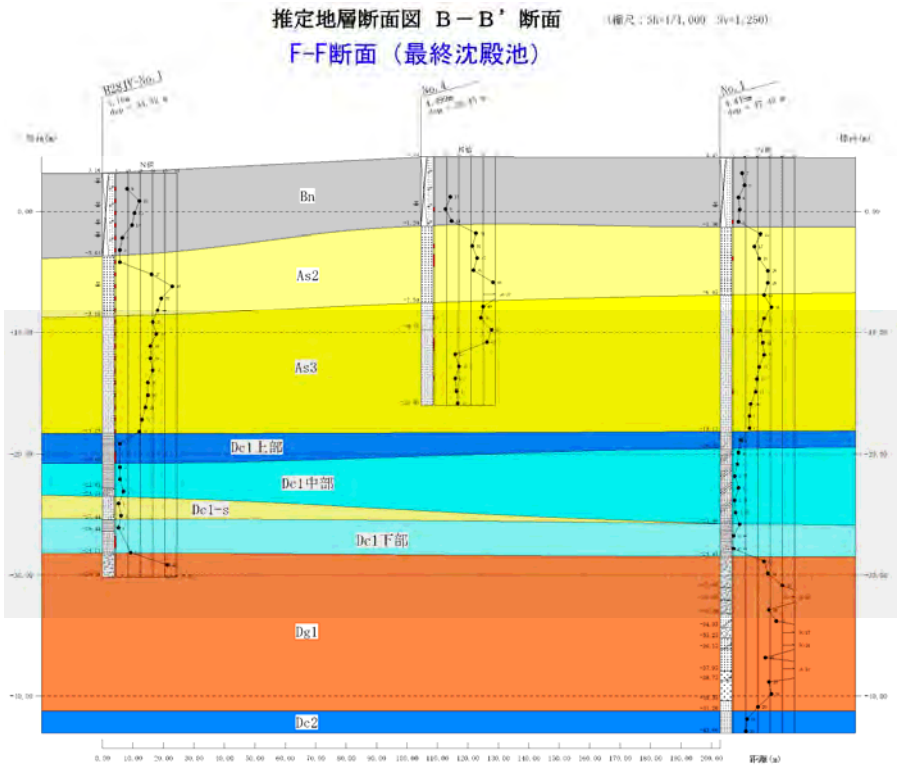


図 7.3　F-F 断面の対応地層想定断面図

7.2.2 設計用土質定数（物性値）

a) 地盤特性値の初期設定

今回調査で得られた土質試験値等より、前提条件として必要な地盤特性値を設定した。各地層の地盤特性値を下表に示す。

表 7.1　地盤特性値一覧（FEM 弾塑性解析用）

地盤特性値		Bn	As2	As3	As4	Dc1上部	Dc1中部	Dc1-s	Dc1下部	Dg1	Dg1-s	Dc2
単位体積重量γt (kN/m^2)		19.0	19.0	18.5	18.5	16.3	16.6	17.0	17.4	20.0	19.0	18.0
初期間隙比e_0		0.800	0.686	0.852	0.852	1.571	1.491	0.800	1.203	0.800	0.800	1.500
塑性指数Ip		----	----	----	----	34.9	24.7	----	19.3	----	----	----
ポアソン比ν		0.35	0.35	0.35	0.35	0.45	0.45	0.35	0.45	0.35	0.35	0.45
弾性係数E (MN/m^2)		22.1	65.8	67.3	70.6	24.9	20.0	16.2	34.9	103.8	75.9	24.7
静止土圧係数K0		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
圧縮指数	Cc	----	----	----	----	0.86	0.60	----	0.49	----	----	----
	λ	----	----	----	----	0.37	0.26	----	0.21	----	----	----
膨張指数	Cs	----	----	----	----	0.13	0.06	----	0.06	----	----	----
	κ	----	----	----	----	0.06	0.03	----	0.03	----	----	----
圧密降伏応力Pc (kN/m2)		----	----	----	----	280.5	378.2	----	411.9	----	----	----
初期透水係数k (m/sec)		5.0E-05	6.0E-05	2.0E-05	1.5E-05	3.2E-09	2.1E-09	3.5E-07	2.9E-09	1.0E-03	5.0E-05	1.0E-08

次頁より、各特性値の設定根拠を示す。

1) **単位体積重量γt**

As2 層、As3 層、Dc1 上部層、Dc1 中部層、Dc1 下部層は室内土質試験（湿潤密度試験）結果の平均値とした。

また、試験を実施していない他の地層の単位体積重量γt は、下表に示す提案値を参考として設定した。

なお、As4 層は As3 層と粒度特性がほぼ同一であることから As3 層と同値を設定した。

表 7.2　設計に用いる土質定数

種類		状態		単位体積重量 γt (kN/m³)		せん断抵抗角 φu (度)	粘着力 Cu (kN/m²)	地盤工学会基準
盛土	砂利混じり砂	締固めたもの		20		40	0	{G}
	砂	締固めたもの	粒径幅の広いもの	20		35	0	{S}
			分級されたもの	19	Bn	30	0	
	砂質土	締固めたもの		19		25	30以下	{SF}
	粘性土	〃		18		15	50以下	{M} {C}
	関東ローム	〃		14		20	10以下	{V}
自然地盤	礫	密実なものまたは粒径幅の広いもの		20	Dg1	40	0	{G}
		密実でないものまたは分級されたもの		18		35	0	
	礫混じり砂	密実なもの		21		40	0	{G}
		密実でないもの		19		35	0	
	砂	密実なものまたは粒径幅の広いもの		20		35	0	{S}
		密実でないものまたは分級されたもの		18		30	0	
	砂質土	密実なもの		19	Dg1-s	30	30以下	{SF}
		密実でないもの		17	Dc1-s	25	0	
	粘性土	固いもの（指で強く押し多少へこむ）		18	Dc2	25	50以下	{M} {C}
		やや軟いもの（指の中程度の力で貫入）		17		20	30以下	
		軟いもの（指が容易に貫入）		16		15	15以下	
	粘土およびシルト	固いもの（指で強く押し多少へこむ）		17		20	50以下	{M} {C}
		やや軟いもの（指の中程度の力で貫入）		16		15	30以下	
		軟いもの（指が容易に貫入）		14		10	15以下	
	関東ローム			14		5(φu)	30以下	{V}

注1：N値の目安は次のとおりである。
固いもの（N値8～15）、やや軟らかいもの（N値4～8）、軟らかいもの（N値2～4）
注2：地盤工学会基準の記号は、おおよその目安である。

（東日本高速道路㈱；「設計要領第一集 土工編　平成 24 年 7 月」P1-44 より、一部加筆修正 ）

2) **初期間隙比** e0

As2 層、As3 層、Dc1 上部層、Dc1 中部層、Dc1 下部層は室内土質試験結果の平均値とした。また、試験を実施していない地層の間隙比 e は以下のように推定した。

・砂質土～礫質土：e=0.800

・粘性土：e=1.500

なお、As4 層は As3 層と粒度特性がほぼ同一であることから As3 層と同値を設定した。

3) **塑性指数** Ip

塑性指数 Ip は、粘性土の Dc1 上部層、Dc1 中部層、Dc1 下部層を対象とし、室内土質試験結果の平均値を採用した。

4) **ポアソン比** ν

ポアソン比 ν は、一般的に粘性土では 0.45 前後、砂質土では 0.35 前後の値を用いることが多く、これらの一般値を採用した。

5) **弾性係数 E**

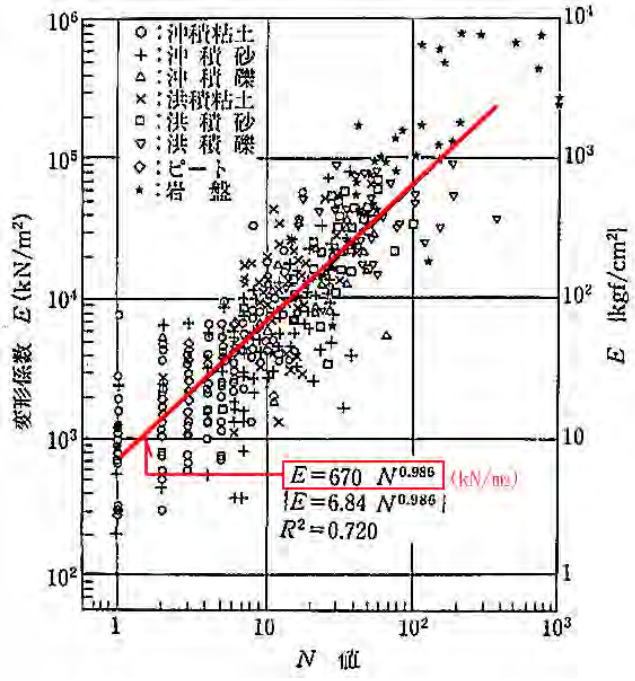
室内土質試験(一軸圧縮試験)で変形係数 E_{50} を求めている Dc1 上部層、Dc1 中部層、Dc1 下部層は、試験結果の平均値に下表に示す係数 α (=4)を乗じた値を設定値とした。

また、試験を実施していない地層の弾性係数 E は、「孔内水平載荷試験から求めた変形係数 E_0 と *N*値との関係」にある式から推定し、その推定値に係数 α を乗じた値を設定値とした。

表 7.3　変形係数 E_0 と α

変形係数E_0(kN/m^2)の推定方法	地盤反力係数の推定に用いる係数 α	
	常　　時	地 震 時
直径30cmの剛体円板による平板載荷試験の繰り返し曲線から求めた変形係数の1/2	1	2
孔内水平載荷試験で測定した変形係数	4	8
供試体の一軸または三軸圧縮試験から求めた変形係数	4	8
標準貫入試験の *N* 値より E_0=2800 *N* 値で推定した変形係数	1	2
標準貫入試験の *N* 値より E_0=700 *N* 値で推定した変形係数	4	8

注)暴風時は、常時の値を用いるものとする。



（日本道路協会；「道路橋仕方書・同解説 Ⅳ下部構造編」平成 14 年 3 月、P255 より 一部加筆）

図 7.4　孔内水平載荷試験から求めた変形係数 E と *N*値との関係

6）静止土圧係数 K_0

静止土圧係数 K_0 に関して「道路橋示方書・同解説　Ⅰ共通編　平成 24 年 3 月、P47」では、「静止土圧係数は土質や締固めの方法によって異なり 0.4～0.7 程度であると言われているが、通常の砂質土や粘性土に対しては、0.5 程度は考えておくのが望ましい。」と記述されており、当該地に分布する各地層も通常の砂質土や粘性土であることからすべての地層において K_0=0.5 とした。

7）圧縮係数 Cc、λ

圧縮指数 Cc は Dc1 上部層、Dc1 中部層、Dc1 下部層を対象として設定した。

今回、圧縮指数 Cc を求める室内土質試験を実施しているため試験結果の平均値を設計値とした。また、λは文献等を参考に、λ=Cc／2.3 によって設定した。

8）膨張指数 Cs、κ

膨張指数 Cs は Dc1 上部層、Dc1 中部層、Dc1 下部層を対象とし、室内土質試験結果の平均値とした。また、κは文献等を参考に、κ=Cs／2.3 によって設定した。

9）圧密降伏応力 Pc

圧密降伏応力 Pc は Dc1 上部層、Dc1 中部層、Dc1 下部層を対象とし、室内土質試験結果の平均値とした。

10）ダイレイタンシー係数 D

土の圧縮及び膨張等の体積変化を示す係数であり、本値は解析ソフトに組み込まれた「関口・太田弾塑性モデル」により自動計算されるため、本章では明記しないものとする。

11）初期透水係数 k

室内土質試験(室内透水試験)で透水係数 k を求めており、Dc1 上部層、Dc1 中部層、Dc1 下部層は試験結果の平均値とした。

また、室内土質試験(粒度試験)を実施している As2 層、As3 層、As4 層、Dc1-s 層は、下表に示すクレーガーの 20%粒径 D_{20} と透水係数 k の関係を基に推定した。

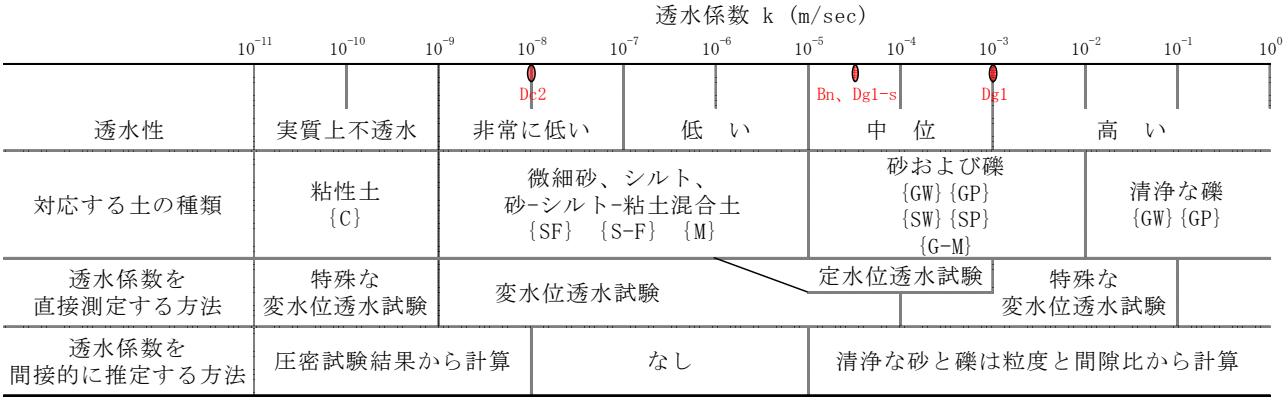
試験を実施していない地層は下表に示す土質と k の関係から推定した。

表 7.4　20%粒径 D_{20} と透水係数 k の関係

D_{20} (mm)	透水係数k (cm/sec)	透水係数k (m/sec)	D_{20} (mm)	透水係数k (cm/sec)	透水係数k (m/sec)
0.005	3.0×10^{-6}	3.0×10^{-8}	0.18	6.85×10^{-3}	6.85×10^{-5}
0.01	1.05×10^{-5}	1.05×10^{-7}	0.20	8.90×10^{-3}	8.90×10^{-5}
0.02	4.00×10^{-5}	4.00×10^{-7}	0.25	1.40×10^{-2}	1.40×10^{-4}
0.03	8.50×10^{-5}	8.50×10^{-7}	0.30	2.20×10^{-2}	2.20×10^{-4}
0.04	1.75×10^{-4}	1.75×10^{-6}	0.35	3.20×10^{-2}	3.20×10^{-4}
0.05	2.80×10^{-4}	2.80×10^{-6}	0.40	4.50×10^{-2}	4.50×10^{-4}
0.06	4.60×10^{-4}	4.60×10^{-6}	0.45	5.80×10^{-2}	5.80×10^{-4}
0.07	6.50×10^{-4}	6.50×10^{-6}	0.50	7.50×10^{-2}	7.50×10^{-4}
0.08	9.00×10^{-4}	9.00×10^{-6}	0.60	1.10×10^{-1}	1.10×10^{-3}
0.09	1.40×10^{-3}	1.40×10^{-5}	0.70	1.60×10^{-1}	1.60×10^{-3}
0.10	1.75×10^{-3}	1.75×10^{-5}	0.80	2.15×10^{-1}	2.15×10^{-3}
0.12	2.60×10^{-3}	2.60×10^{-5}	0.90	2.80×10^{-1}	2.80×10^{-3}
0.14	3.80×10^{-3}	3.80×10^{-5}	1.00	3.60×10^{-1}	3.60×10^{-3}
0.16	5.10×10^{-3}	5.10×10^{-5}	2.00	1.80	1.80×10^{-2}

（地盤工学会；「土質試験の方法と解説」より　一部加筆）

表 7.5　透水性と土質区分



（地盤工学会；「地盤調査の方法と解説」P359 より　一部加筆）

b) **キャリブレーションによる地盤物性値の見直し**

本検討では、実測値に合わせるために FEM 解析における地盤物性値を以下のとおり補正した。

・地盤改良のヤング率

一軸圧縮強度より N 値を逆算し E=2800N で想定。(126,000kN/m^2)

・ポワソン比

有効応力解析の際に用いられる一般値として ν=0.33　ただし、地盤改良部、躯体、擁壁は 0.2 を使用。(排水材として、K0=ν/(1-ν)、K0=0.5 より ν=0.33)

表 7.6　物性値修正後の入力値

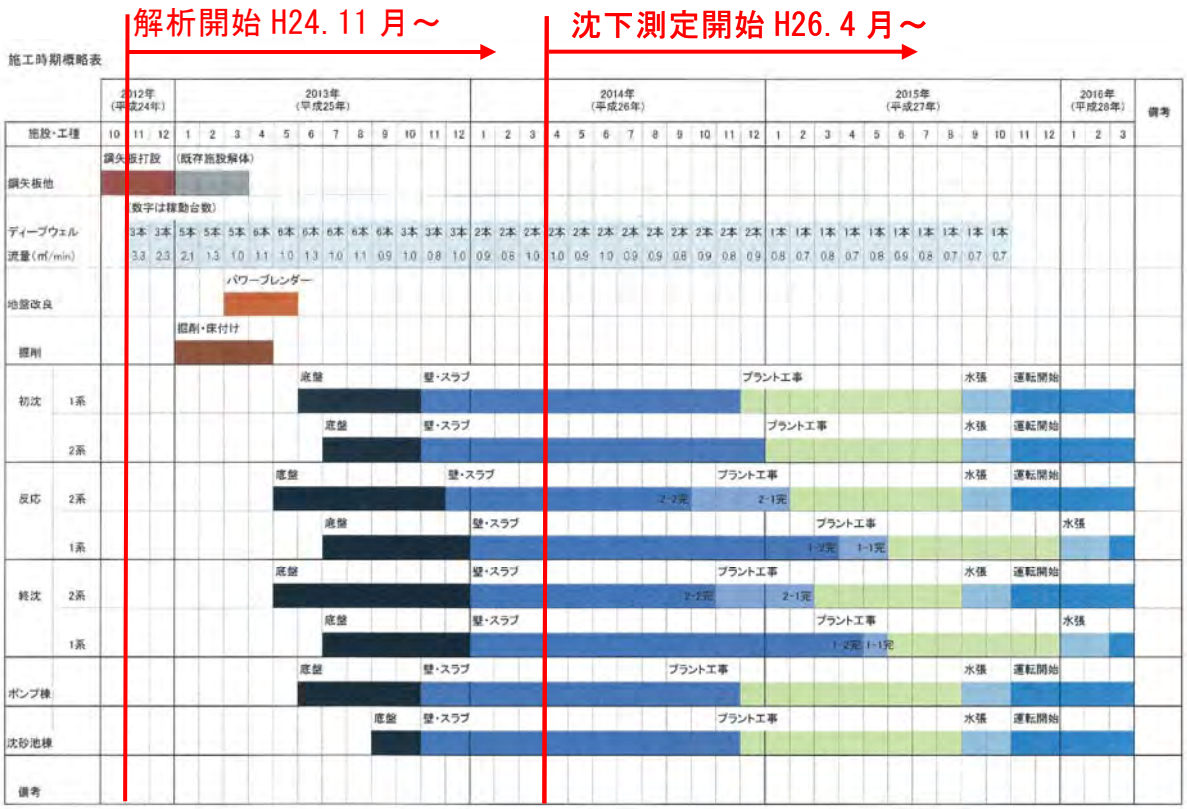
番号	名称	ポアソン比 ν	ヤング率 E (kN/m2)	単位体積重量 γ (kN/m3)	静止土圧係数k0	透水係数 k (m/day)	初期間隙比 e0	圧縮指数 λ	膨張指数 κ	ﾀﾞｲﾚｲﾀﾝｼｰ係数 D	先行応力 P0' (kN/m2)
1	Bn	0.33	22100	19	0.5	4.32	0.8	0	0	0	0
2	As2	0.33	65800	19	0.5	5.184	0.686	0	0	0	0
3	As3	0.33	67300	18.5	0.5	1.728	0.852	0	0	0	0
4	As4	0.33	70600	18.5	0.5	1.3824	0.852	0	0	0	0
5	Dc1上	0.33	24900	16.3	0.5	0.00027648	1.519	0.37	0.06	0.075	280.5
6	Dc1中	0.33	20000	16.6	0.5	0.000184032	1.491	0.26	0.03	0.075	378.2
7	Dc1-s	0.33	16200	17	0.5	0.03024	0.8	0	0	0	0
8	Dc1下	0.33	34900	17.4	0.5	0.000254016	1.203	0.21	0.03	0.075	411.9
9	Dg1	0.33	103800	20	0.5	86.4	0.8	0	0	0	0
10	Dg1-s	0.33	75900	18	0.5	2.592	0.8	0	0	0	0
11	盛土	0.33	14000	18	0.5	4.32	0.8	0	0	0	0
12	Dc2	0.33	24700	18	0.5	0.000864	1.5	0	0	0	0
13	舗装	0.33	14000	20	0.5	4.32	0.8	0	0	0	0
21	躯体	0.2	23500000	0	0.5	0.000864	1.5	0	0	0	0
37	改良01	0.2	126000	19	0.5	0.000864	1.5	0	0	0	0
45	擁壁	0.2	23500000	24.5	0.5	0.000864	1.5	0	0	0	0
151	矢板	0.3	200000000	0	---	---	---				

7.2.3 施工手順

施工手順については、下図に示す実施工手順に準じて設定した。

解析開始時期は、ディープウェルによる地下水位低下が開始された平成 24 年 11 月 20 日としており、現時点（平成 28 年 6～8 月）は解析開始から約 1300 日後となる。さらに、沈下終息時期として 500 日後の 1800 日後とした。

なお、沈下量の実測開始時期は、施工途中である平成 26 年 1 月からとなっており、解析開始（ディープウェル開始）から約 17 ヵ月後（約 500 日後）となっている。



7.2.4 計算条件

a) 解析ソフト

SoilPlus StaticCAP オプション Ver2015　伊藤忠テクノソリューションズ製
(FEM メッシュ作成、応力変形解析、結果表示)

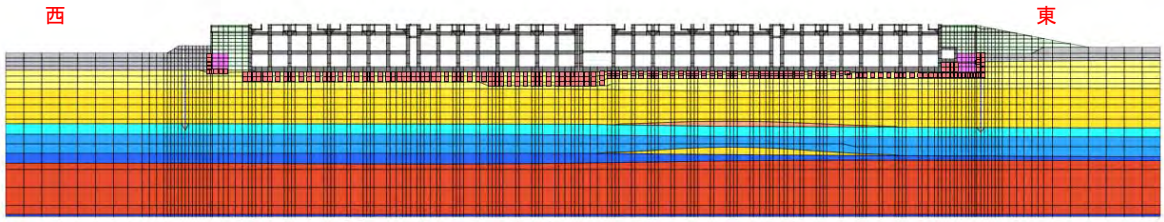
b) 解析条件

(1)　解析方法：土-水連成解析

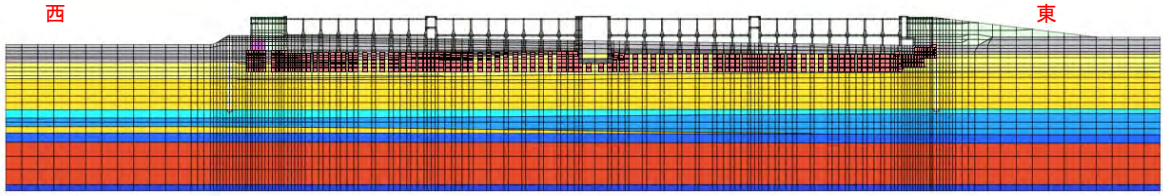
(2)　計算モデル：関口・太田弾塑性モデル

c) モデル

① E-E 断面



② F-F 断面



③ 土層属性色分け

d) **施工工程**

各工程の開始時、終了時の日付から解析に用いる開始時間、施工時間を決定する。

また、地下水の変動は別途設定するが、ソフトの仕様により、荷重や要素の追加、削除といったイベント期間は、開始時間と終了時間の間に他のイベントの開始時間、又は終了時間を設定できないため、イベント分割による補正を行う。

以下に施工工程と地下水変動入力値を示す。

① 地下水位の変動（共通）

地下水位の変動については、施工中に設置したウルトラディープウェルの開始時を TP+1.00m とし、低下後の水位を TP-9.5m とした。

期間は、地下水位低下開始を平成 24 年 11 月 20 日とし、床付けが完了し地下水が確認された平成 25 年 4 月 4 日を水位低下完了日と設定した。

地下水位の回復は、ウェルの運転が停止された平成 27 年 10 月より、鋼矢板をカットした平成 28 年 2 月までを地下水位回復期間と設定した。

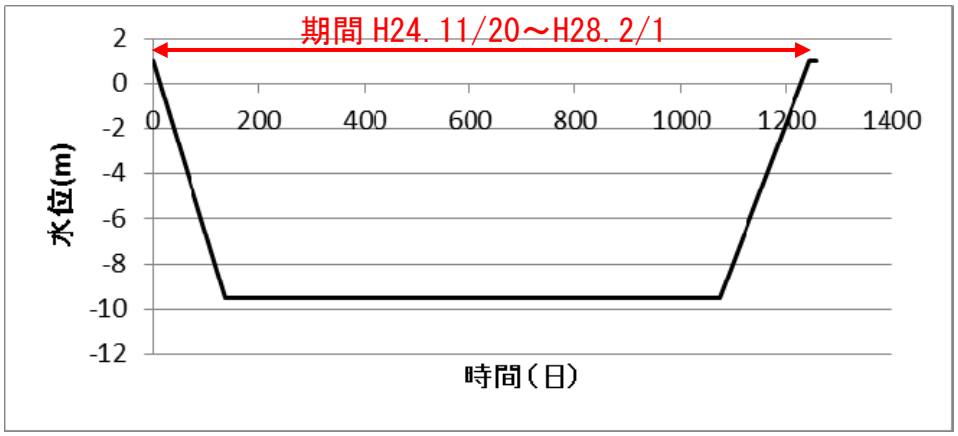
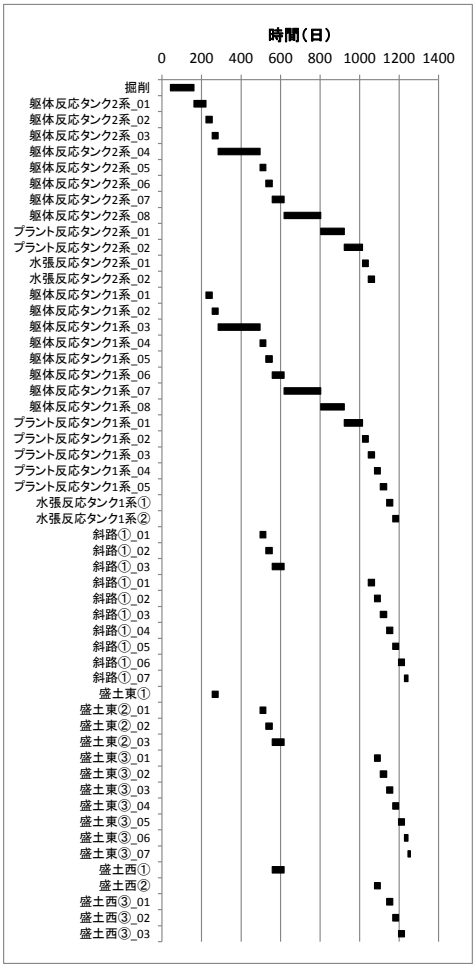


図 7.5　地下水位の変動条件

② E-E 断面

施工ステージE-E

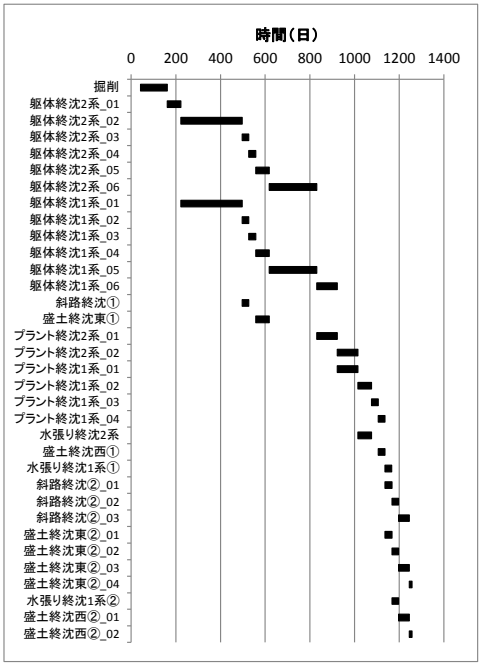
施工	開始時間 (日)	施工時間 (日)	終了時間 (日)	比率	比率総和	総荷重	比率荷重
初期	0						
掘削	42	120	162				
躯体反応タンク2系_01	162	61	223	0.10	1.00	107.40	10.2
躯体反応タンク2系_02	223	31	254	0.05			5.2
躯体反応タンク2系_03	254	30	284	0.05			5.0
躯体反応タンク2系_04	284	213	497	0.33			35.7
躯体反応タンク2系_05	497	29	526	0.05			4.9
躯体反応タンク2系_06	526	32	558	0.05			5.4
躯体反応タンク2系_07	558	60	618	0.09			10.1
躯体反応タンク2系_08	618	185	803	0.29			31.0
プラント反応タンク2系_01	803	120	923	0.57	1.00	1.10	0.6
プラント反応タンク2系_02	923	92	1015	0.43			0.5
水張反応タンク2系_01	1015	29	1044	0.48	1.00	69.50	33.0
水張反応タンク2系_02	1044	32	1076	0.52			36.5
躯体反応タンク1系_01	223	31	254	0.04	1.00	107.40	4.8
躯体反応タンク1系_02	254	30	284	0.04			4.6
躯体反応タンク1系_03	284	213	497	0.30			32.7
躯体反応タンク1系_04	497	29	526	0.04			4.4
躯体反応タンク1系_05	526	32	558	0.05			4.9
躯体反応タンク1系_06	558	60	618	0.09			9.2
躯体反応タンク1系_07	618	185	803	0.26			28.4
躯体反応タンク1系_08	803	120	923	0.17			18.4
プラント反応タンク1系_01	923	92	1015	0.43	1.00	1.10	0.5
プラント反応タンク1系_02	1015	29	1044	0.14			0.1
プラント反応タンク1系_03	1044	32	1076	0.15			0.2
プラント反応タンク1系_04	1076	29	1105	0.14			0.1
プラント反応タンク1系_05	1105	32	1137	0.15			0.2
水張反応タンク1系①	1137	31	1168	1.00	1.00	69.50	69.5
水張反応タンク1系②	1168	29	1197	1.00	1.00	69.50	69.5
斜路①_01	497	29	526				
斜路①_02	526	32	558				
斜路①_03	558	60	618				
斜路①_01	1044	32	1076				
斜路①_02	1076	29	1105				
斜路①_03	1105	32	1137				
斜路①_04	1137	31	1168				
斜路①_05	1168	29	1197				
斜路①_06	1197	30	1227				
斜路①_07	1227	18	1245				
盛土東①	254	30	284				
盛土東②_01	497	29	526				
盛土東②_02	526	32	558				
盛土東②_03	558	60	618				
盛土東③_01	1076	29	1105				
盛土東③_02	1105	32	1137				
盛土東③_03	1137	31	1168				
盛土東③_04	1168	29	1197				
盛土東③_05	1197	30	1227				
盛土東③_06	1227	18	1245				
盛土東③_07	1245	12	1257				
盛土西①	558	60	618				
盛土西②	1076	29	1105				
盛土西③_01	1137	31	1168				
盛土西③_02	1168	29	1197				
盛土西③_03	1197	30	1227				



③ F-F 断面

施工ステージF-F

施工	開始時間 (日)	施工時間 (日)	終了時間 (日)	比率	比率総和	総荷重	比率荷重
初期	0						
掘削	42	120	162				
躯体終沈2系_01	162	61	223	0.09	1.00	94.70	8.6
躯体終沈2系_02	223	274	497	0.41			38.8
躯体終沈2系_03	497	29	526	0.04			4.1
躯体終沈2系_04	526	32	558	0.05			4.5
躯体終沈2系_05	558	60	618	0.09			8.5
躯体終沈2系_06	618	213	831	0.32			30.2
躯体終沈1系_01	223	274	497	0.39	1.00	94.70	37.1
躯体終沈1系_02	497	29	526	0.04			3.9
躯体終沈1系_03	526	32	558	0.05			4.3
躯体終沈1系_04	558	60	618	0.09			8.1
躯体終沈1系_05	618	213	831	0.30			28.8
躯体終沈1系_06	831	92	923	0.13			12.4
斜路終沈①	497	29	526	1.00	1.00	115.20	115.2
盛土終沈東①	558	60	618	1.00	1.00	36.00	36.0
プラント終沈2系_01	831	92	923	0.50	1.00	0.70	0.4
プラント終沈2系_02	923	92	1015	0.50			0.4
プラント終沈1系_01	923	92	1015	0.43	1.00	0.70	0.3
プラント終沈1系_02	1015	61	1076	0.29			0.2
プラント終沈1系_03	1076	30	1106	0.14			0.1
プラント終沈1系_04	1106	30	1136	0.14			0.1
水張り終沈2系	1015	61	1076	1.00	1.00	63.80	63.8
盛土終沈西①	1106	30	1136	1.00	1.00	57.60	57.6
水張り終沈1系①	1136	30	1166	1.00	1.00	63.80	63.8
斜路終沈②_01	1136	32	1168	0.29	1.00	−115.20	−33.8
斜路終沈②_02	1168	29	1197	0.27			−30.6
斜路終沈②_03	1197	48	1245	0.44			−50.7
盛土終沈東②_01	1136	32	1168	0.26	1.00	138.60	36.7
盛土終沈東②_02	1168	29	1197	0.24			33.2
盛土終沈東②_03	1197	48	1245	0.40			55.0
盛土終沈東②_04	1245	12	1257	0.10			13.7
水張り終沈1系②	1168	29	1197	1.00	1.00	63.80	63.8
盛土終沈西②_01	1197	48	1245	0.80	1.00	117.00	93.6
盛土終沈西②_02	1245	12	1257	0.20			23.4



7.2.5 解析結果

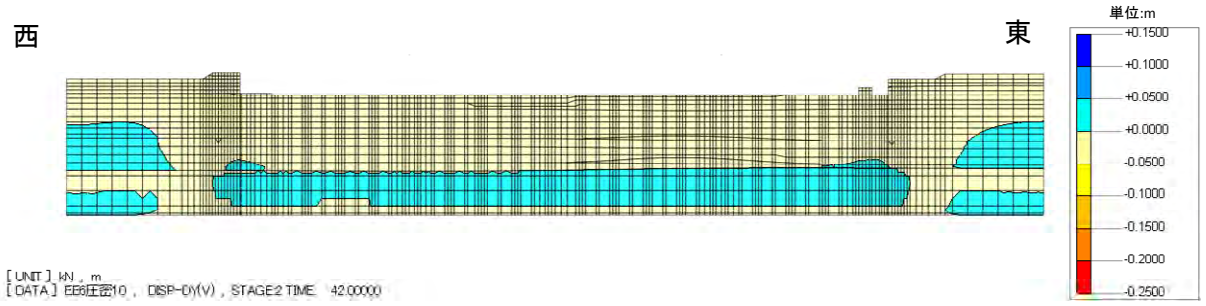
a) E-E 断面

1) 鉛直変位コンター図

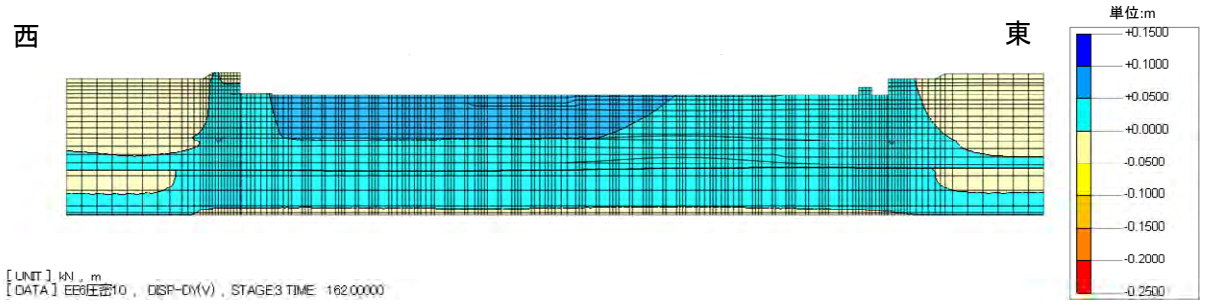
FEM 弾塑性解析で得られた鉛直方向変位の経過を示すために、施工段階別の鉛直方向変位コンター図を示す。

なお、検討期間は、掘削開始時から開始し、完成時を 1245 日とし、その後は完成状態で放置されたものとして、現時点である 1300 日（6 月～8 月の間）、沈下終息時期の想定として約 500 日後である 1800 日までとした。

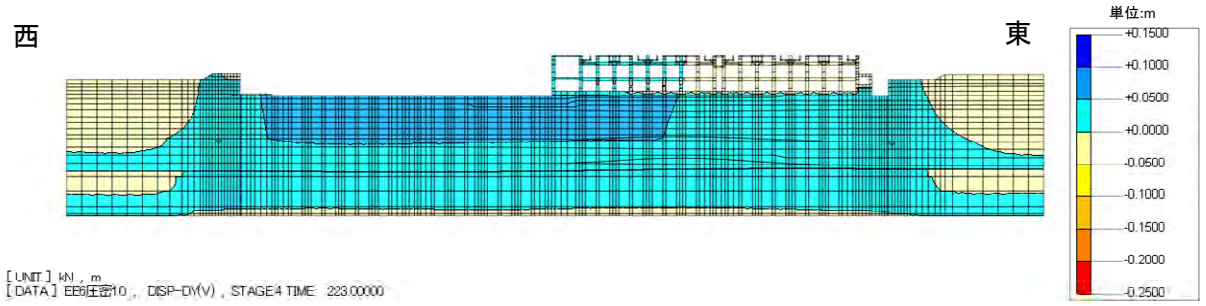
1_42日掘削開始



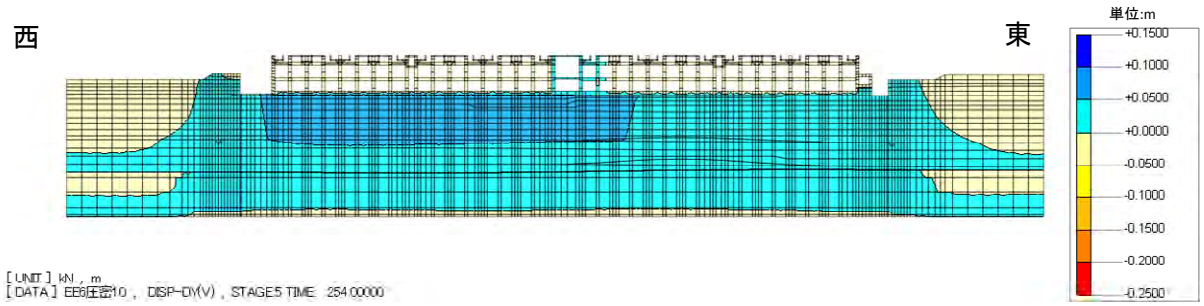
2_162日掘削完了



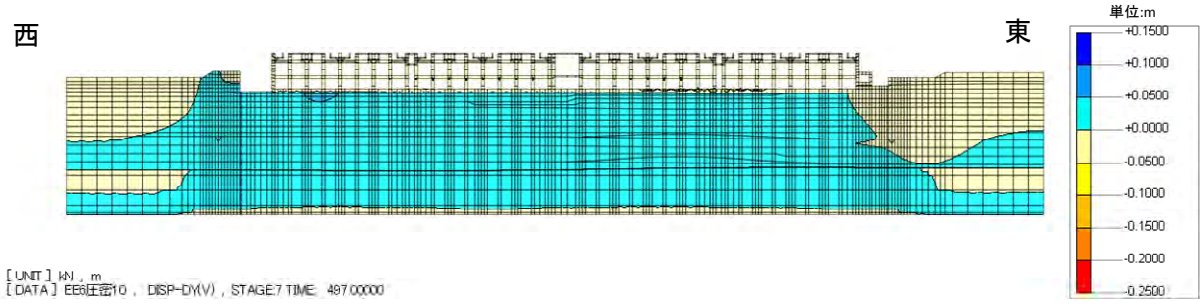
3_223日反応タンク（2系） 躯体完了



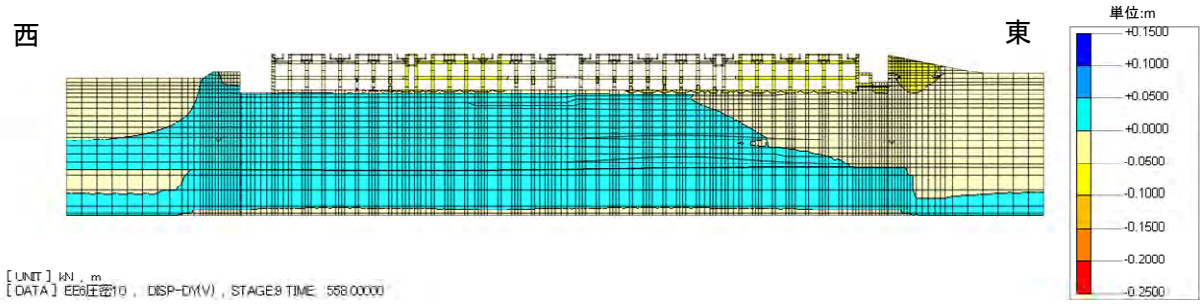
4_254日反応タンク（1系） 躯体完了



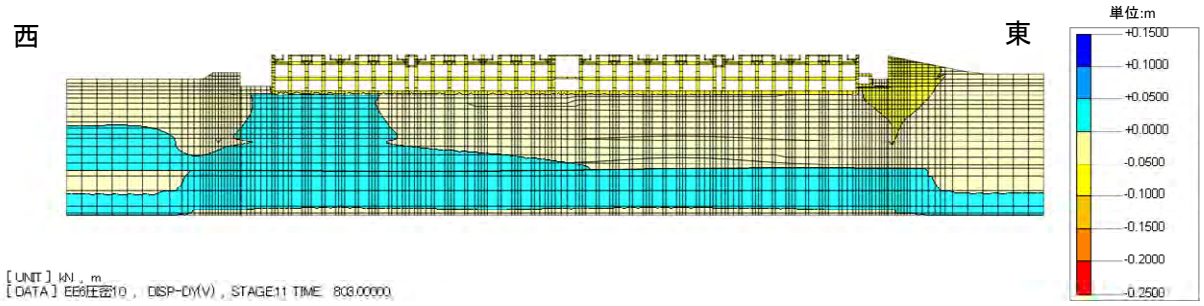
5_497日盛土反応東①完了



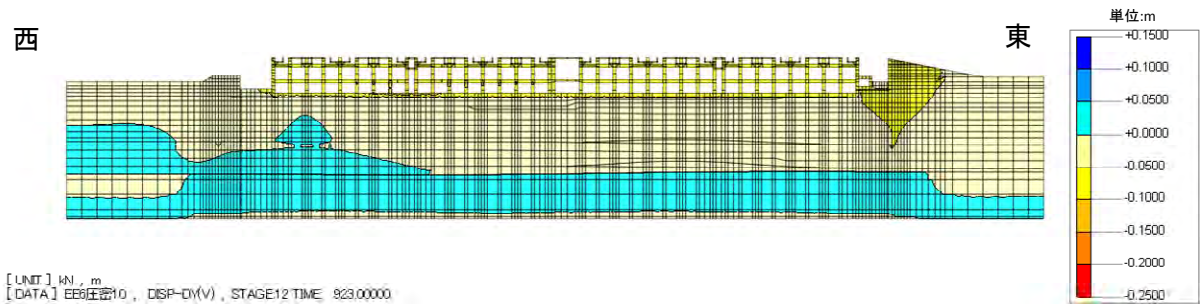
6_558日盛土反応斜路①完了



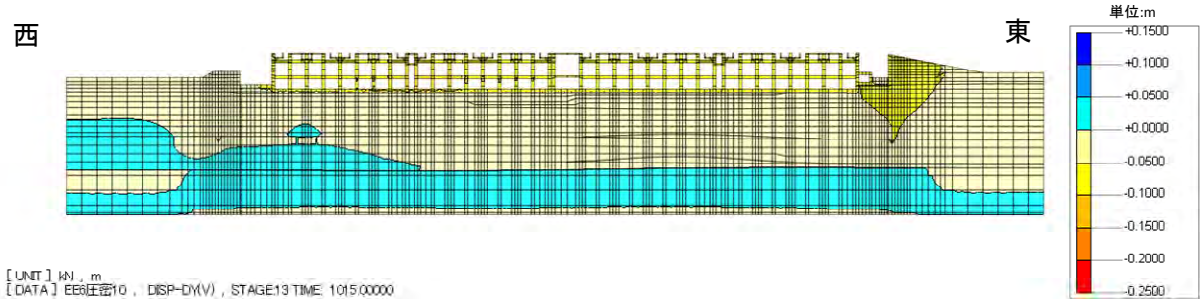
7_803日盛土反応西①完了



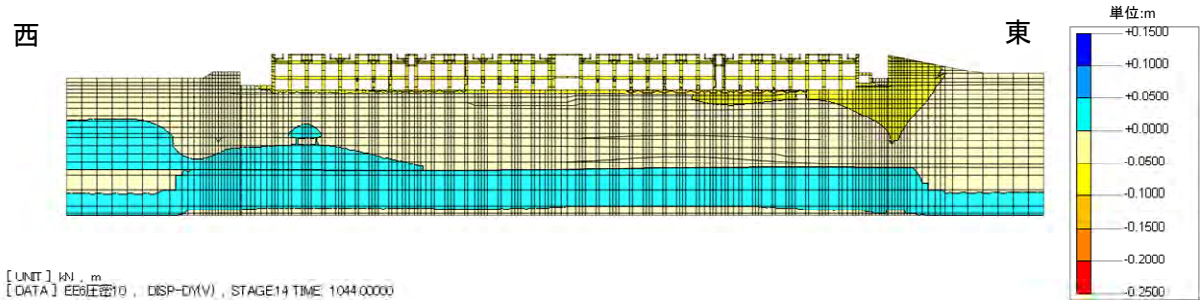
8_923日反応タンク（2系） プラント完了



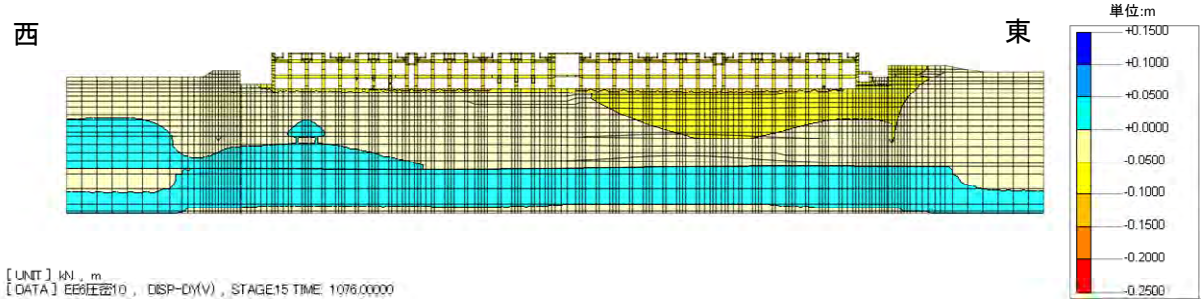
9_1015日反応タンク（1系） プラント完了



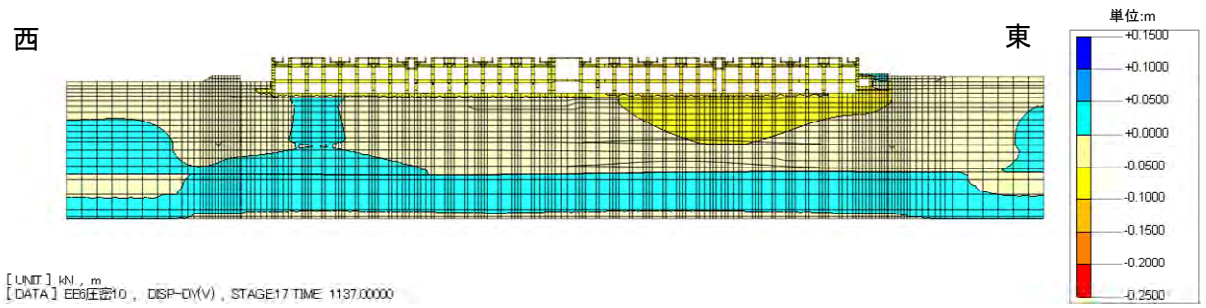
10_1044日反応タンク（2系） 水張り完了



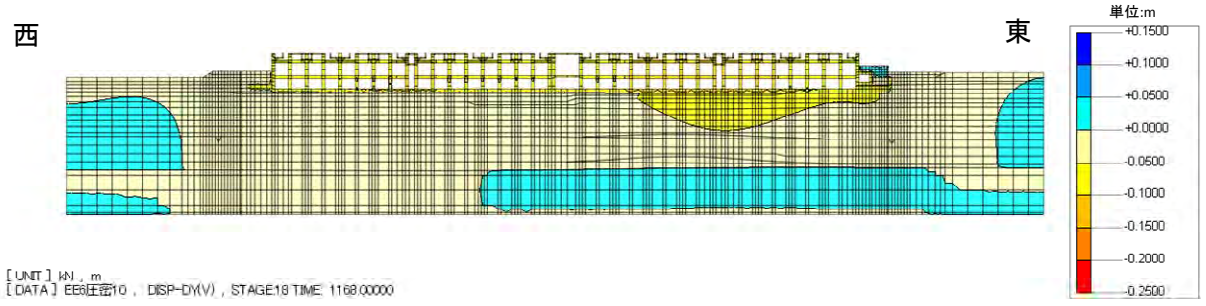
11_1076日盛土反応斜路①撤去完了



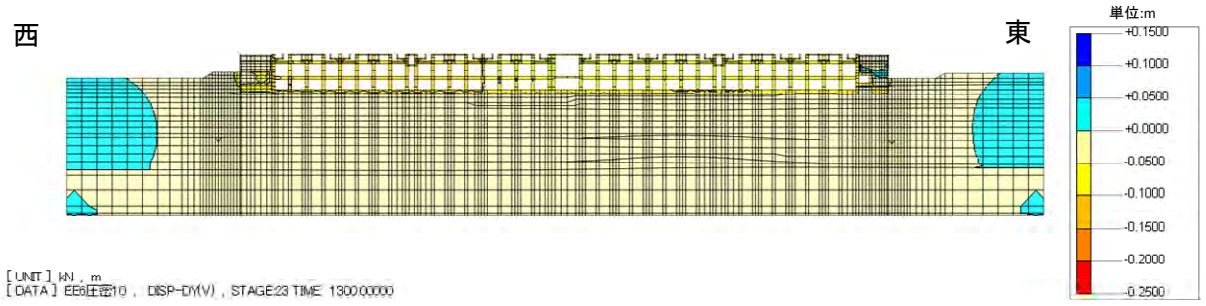
12_1137日盛土反応東③完了



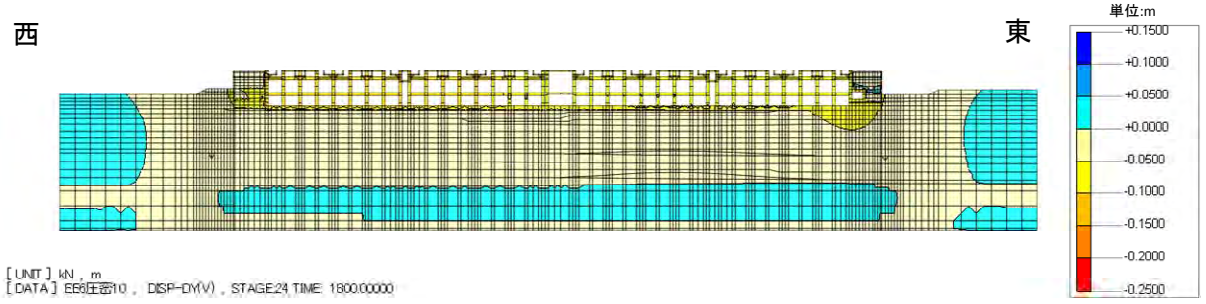
13_1168日反応タンク（1系） 水張り①完了



14_1300日放置_01



15_1800日放置_02



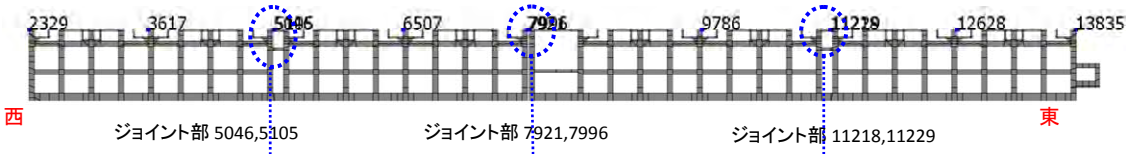
2) **水平方向変位**

各節点の水平移動距離を以下に示す。

節点番号は、先に述べた着目点と対応し、左列の縦方向は経過日数を示す。

なお、解析値は、X 方向の原点からの移動距離となるため、“マイナス値は左方向”、“プラス値は右方向”となる。表中の目地開き値は沈下終息後の 1800 日での水平変位量の差分を示した値である。

表 7.7　水平変位量の時系列変化：E-E 断面



水平変位　　単位：m

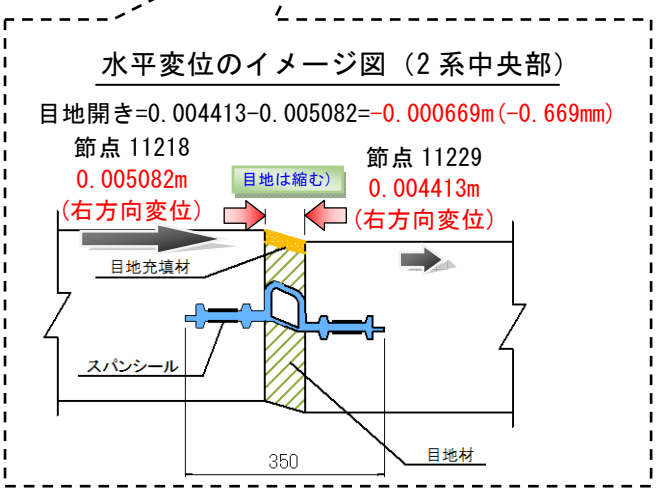
節点番号	2329	3617	5046	5105	6507	7921	7996	9786	11218	11229	12628	13835
時間(日)＼X座標(m)	−96.65	−74.65	−51.4	−51.35	−27.65	−4.65	−4.35	27.65	51.35	51.4	74.65	96.65
42　日			0			0	0	0	0	0	0	0
162			0			0	0	0	0	0	0	0
223	0	0	0	0	0	0	0.00248	0.00238	0.00228	0.00107	0.001	0.00094
254	−0.0002	−0.0002	−0.0002	0.00021	0.00023	0.00022	0.0032	0.00307	0.00291	0.0008	0.00067	0.00057
284	0.00032	0.00026	0.00022	0.00031	0.00031	0.0003	0.00327	0.00311	0.00298	0.00204	0.00198	0.00194
497	0.00501	0.0047	0.0043	−0.0007	−0.0009	−0.001	0.00258	0.00235	0.00209	−0.002	−0.0023	−0.0027
526	0.0047	0.00437	0.00392	−0.0019	−0.0022	−0.0022	−0.0004	−0.0006	−0.0008	−0.0006	−0.0006	−0.0006
558	0.00551	0.00514	0.00464	−0.0019	−0.0022	−0.0022	−8E-05	−0.0003	−0.0004	0.00141	0.00146	0.0015
618	0.00287	0.00259	0.00221	−0.0022	−0.0024	−0.0025	−0.0002	−0.0005	−0.0006	0.00116	0.0012	0.00119
803	0.00519	0.00472	0.0041	−0.0038	−0.0041	−0.0042	−0.0009	−0.0012	−0.0013	−0.0023	−0.0025	−0.0027
923	0.0077	0.00711	0.00627	−0.0056	−0.0061	−0.0063	−0.0021	−0.0023	−0.0024	−0.0022	−0.0023	−0.0026
1015	0.008	0.0074	0.00654	−0.0059	−0.0064	−0.0066	−0.0024	−0.0026	−0.0027	−0.0023	−0.0024	−0.0027
1044	0.00672	0.00612	0.00528	−0.0065	−0.007	−0.0071	−9E-05	−0.0005	−0.0009	−0.0045	−0.0049	−0.0054
1076	0.00568	0.00508	0.00429	−0.0062	−0.0065	−0.0065	0.00383	0.00304	0.00226	−0.0084	−0.0093	−0.0102
1105	0.00229	0.00182	0.00124	−0.0053	−0.0055	−0.0055	0.00453	0.00371	0.0029	−0.0075	−0.0083	−0.0091
1137	0.00122	0.00072	0.00016	−0.0052	−0.0054	−0.0054	0.00634	0.00549	0.00469	−0.0051	−0.006	−0.0069
1168	0.0003	−0.0001	−0.0006	−0.0068	−0.0071	−0.0071	0.00614	0.00546	0.00482	−0.0022	−0.0029	−0.0038
1197	−0.0007	−0.0014	−0.0021	−0.0085	−0.0091	−0.0095	0.00589	0.00539	0.00492	0.00027	−0.0004	−0.0012
1227	−0.0034	−0.0039	−0.0045	−0.0094	−0.0099	−0.0104	0.00581	0.00532	0.00493	0.00267	0.00215	0.00144
1245	−0.0042	−0.0046	−0.0052	−0.01	−0.0106	−0.011	0.00593	0.00543	0.00509	0.00468	0.00426	0.00372
1300	−0.0047	−0.0051	−0.0057	−0.0104	−0.0109	−0.0114	0.00622	0.00573	0.00542	0.0055	0.00512	0.00463
1800	−0.0046	−0.005	−0.0055	−0.0104	−0.0109	−0.0113	0.00578	0.00536	0.00508	0.00441	0.00406	0.00356
黄色：放置期間												
最大値	0.008	0.0074	0.00654	0.00031	0.00031	0.0003	0.00634	0.00573	0.00542	0.0055	0.00512	0.00463
最小値	−0.0047	−0.0051	−0.0057	−0.0104	−0.0109	−0.0114	−0.0024	−0.0026	−0.0027	−0.0084	−0.0093	−0.0102
1800日後の目地開き(mm)			−4.854			17.053			−0.669			

−は左方向の水平変位

＋は右方向の水平変位

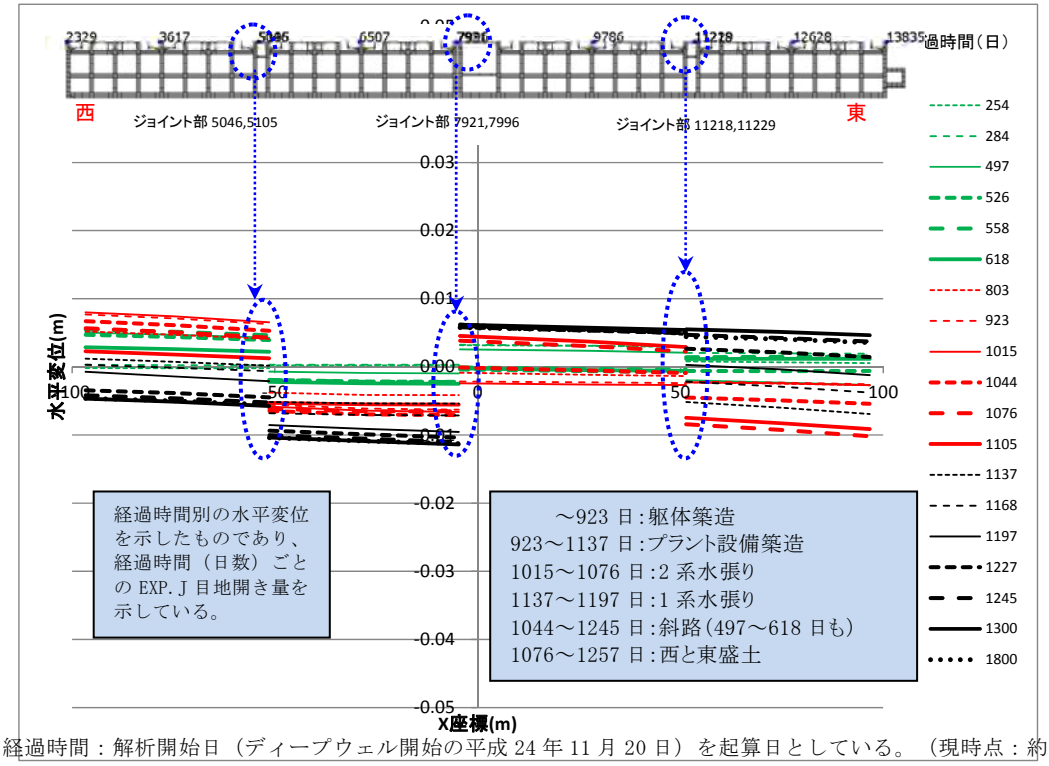
〃プラス〃　開く

〃マイナス〃　縮む



下図に示す時系列別の水平変位図は、時間の経過を示す線種の水平移動距離が、時間の経過に伴って変化する様子を示している。

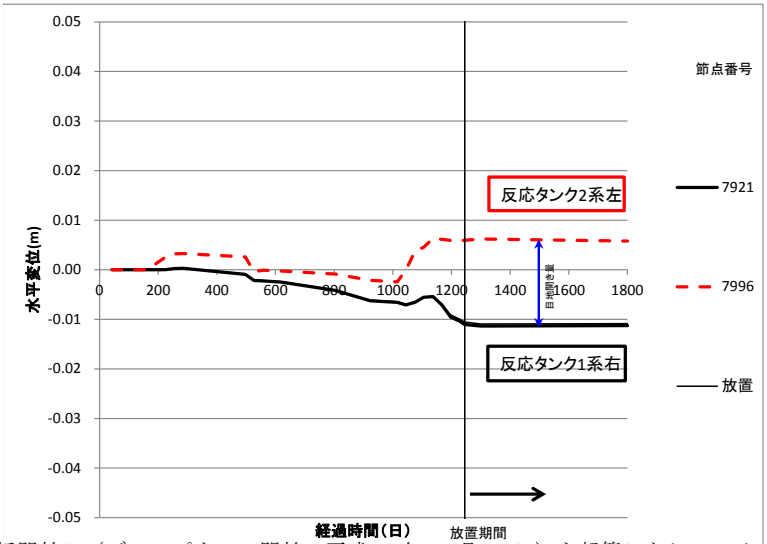
本グラフの解説例を反応タンク中央部の 1 系右端に着目し以下に示す。



※　経過時間：解析開始日（ディープウェル開始の平成 24 年 11 月 20 日）を起算日としている。（現時点：約 1300 日）

図 7.6　時系列別水平変位：E-E 断面

下図は、各節点が時間の経過に伴ってどの程度水平方向位置が変化するかを示すために、代表箇所として、施設の中央部に該当する 1 系右端部（節点番号 7921）と 2 系左端部（節点番号 7996）の目地開き量の時系列変化を示す。



※　経過時間：解析開始日（ディープウェル開始の平成 24 年 11 月 20 日）を起算日としている。（現時点：約 1300 日）

図 7.7　中央部 EXP.J 部の目地開き量の時系列経緯：E-E 断面

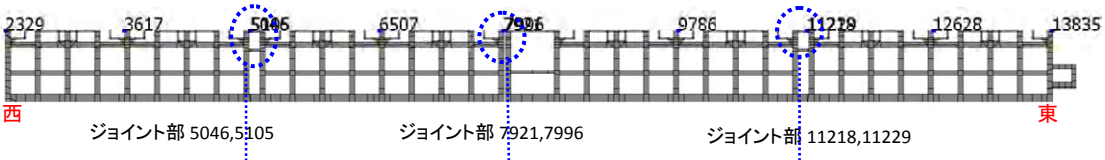
3) 鉛直方向変位

各節点の鉛直移動距離を以下に示す。

左列の縦方向は経過日数を示し、解析値は Y 方向の原点からの沈下及び隆起距離となるため、“マイナス値は沈下”、“プラス値は隆起”となる。

表中の段差値は、沈下終息後の 1800 日での鉛直変位の差分（右値から左値を差し引いた値）を示した値である。

表 7.8　鉛直変位量の時系列変化：E-E 断面



鉛直変位　EE5　　単位：m

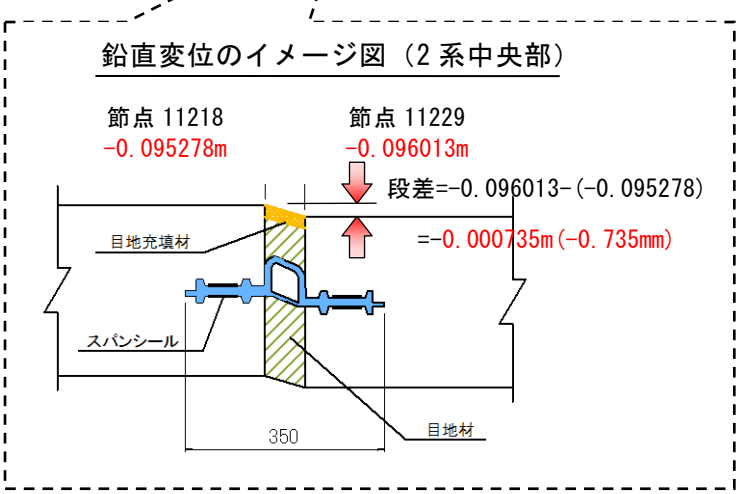
節点番号	2329	3617	5046	5105	6507	7921	7996	9786	11218	11229	12628	13835
時間(日)＼X座標(m)	−96.65	−74.65	−51.4	−51.35	−27.65	−4.65	−4.35	27.65	51.35	51.4	74.65	96.65
42　日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
162	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
223	0	0	0	0	0	0	0.006	0.00121	−0.0013	−0.0012	−0.0012	−0.0009
254	−0.0006	−0.001	−0.0013	−0.0013	−0.0017	−0.0023	0.00345	−0.0027	−0.0059	−0.0059	−0.005	−0.0037
284	−0.0027	−0.0041	−0.0052	−0.0051	−0.0057	−0.0065	−0.0008	−0.007	−0.0101	−0.0099	−0.0106	−0.0113
497	−0.0229	−0.0334	−0.0423	−0.0413	−0.0414	−0.0413	−0.0357	−0.0418	−0.0444	−0.0448	−0.0394	−0.0324
526	−0.0255	−0.0371	−0.047	−0.0459	−0.046	−0.0461	−0.0406	−0.0446	−0.0457	−0.0453	−0.0461	−0.0474
558	−0.0285	−0.0413	−0.0522	−0.0511	−0.0509	−0.0507	−0.0452	−0.049	−0.0501	−0.0496	−0.0527	−0.0563
618	−0.0431	−0.0524	−0.0601	−0.0593	−0.0592	−0.0591	−0.0536	−0.0576	−0.0587	−0.0582	−0.061	−0.0642
803	−0.0604	−0.0754	−0.0879	−0.0863	−0.0851	−0.0839	−0.0786	−0.0827	−0.0836	−0.0836	−0.0812	−0.078
923	−0.0702	−0.0894	−0.1052	−0.1035	−0.0988	−0.0932	−0.0859	−0.0852	−0.0841	−0.0843	−0.082	−0.0787
1015	−0.0715	−0.091	−0.1072	−0.1055	−0.1004	−0.0943	−0.087	−0.0858	−0.0844	−0.0847	−0.0823	−0.0789
1044	−0.0716	−0.0908	−0.1066	−0.1047	−0.1009	−0.0967	−0.0906	−0.0985	−0.1006	−0.1011	−0.0949	−0.0867
1076	−0.0715	−0.0903	−0.1058	−0.1037	−0.102	−0.1007	−0.0961	−0.1155	−0.1226	−0.1237	−0.1101	−0.0921
1105	−0.0747	−0.0887	−0.1	−0.0984	−0.0982	−0.0983	−0.0939	−0.1142	−0.1216	−0.1224	−0.1093	−0.092
1137	−0.0701	−0.0835	−0.0941	−0.0925	−0.0923	−0.0923	−0.0878	−0.1093	−0.1172	−0.1182	−0.105	−0.0871
1168	−0.0806	−0.0929	−0.1045	−0.1029	−0.098	−0.0949	−0.0874	−0.1039	−0.11	−0.111	−0.1	−0.0848
1197	−0.0956	−0.1086	−0.1173	−0.1159	−0.1087	−0.0986	−0.0884	−0.0994	−0.1035	−0.1047	−0.0954	−0.0817
1227	−0.1025	−0.111	−0.1159	−0.1148	−0.1064	−0.0949	−0.0846	−0.0942	−0.0974	−0.0984	−0.0912	−0.0799
1245	−0.1009	−0.1092	−0.1137	−0.1126	−0.1036	−0.0915	−0.0811	−0.0906	−0.0936	−0.0944	−0.0893	−0.0809
1300	−0.1003	−0.1082	−0.1123	−0.1112	−0.1019	−0.0895	−0.0791	−0.0891	−0.0924	−0.0931	−0.0891	−0.0819
1800	−0.1035	−0.111	−0.115	−0.1139	−0.1046	−0.0923	−0.082	−0.0918	−0.0953	−0.096	−0.0916	−0.0839
黄色：放置期間												
最大値	0	0	0	0	0	0	0.006	0.00121	0	0	0	0
最小値	−0.1035	−0.111	−0.1173	−0.1159	−0.1087	−0.1007	−0.0961	−0.1155	−0.1226	−0.1237	−0.1101	−0.0921
1800日後の目地段差(mm)			1.077			10.342			−0.735			

−は下方変位（沈下）

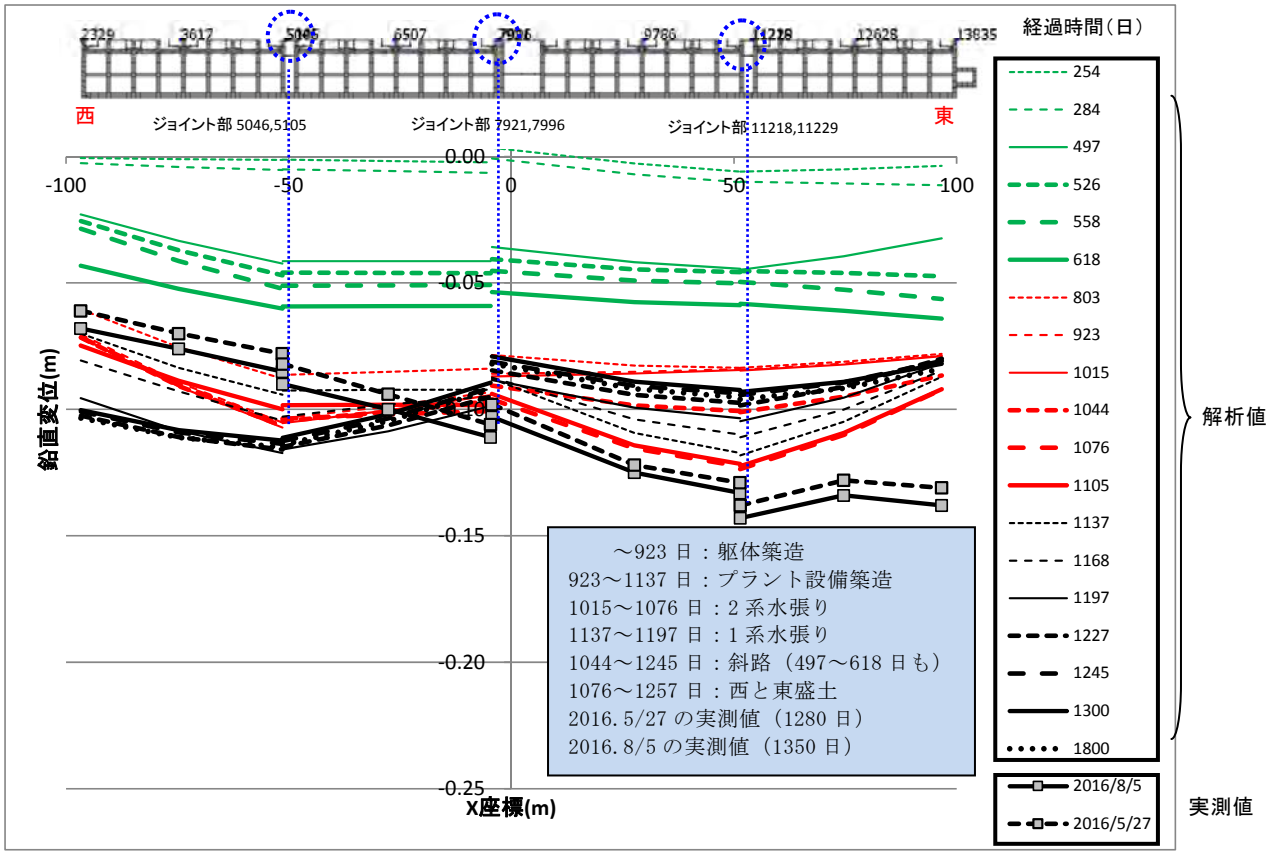
“プラス”
左側が下がっている

“マイナス”
右側が下がっている

※　経過時間：解析開始日（ディープウェル開始の平成 24 年 11 月 20 日）を起算日としている。（現時点：約 1300 日）



下図に示す時系列の鉛直変位分布図は、各施工段階における沈下状況を示しており、通常の折れ線グラフは解析結果を示し、折れ点に□マークを示した折れ線グラフは、「2016/8/5（1350 日）」及び「2016/5/27（1280 日）」の実測値（解析値に最も近似しているデータ）を示している。



※実測値：反応中心部の東西方向の測点を示す

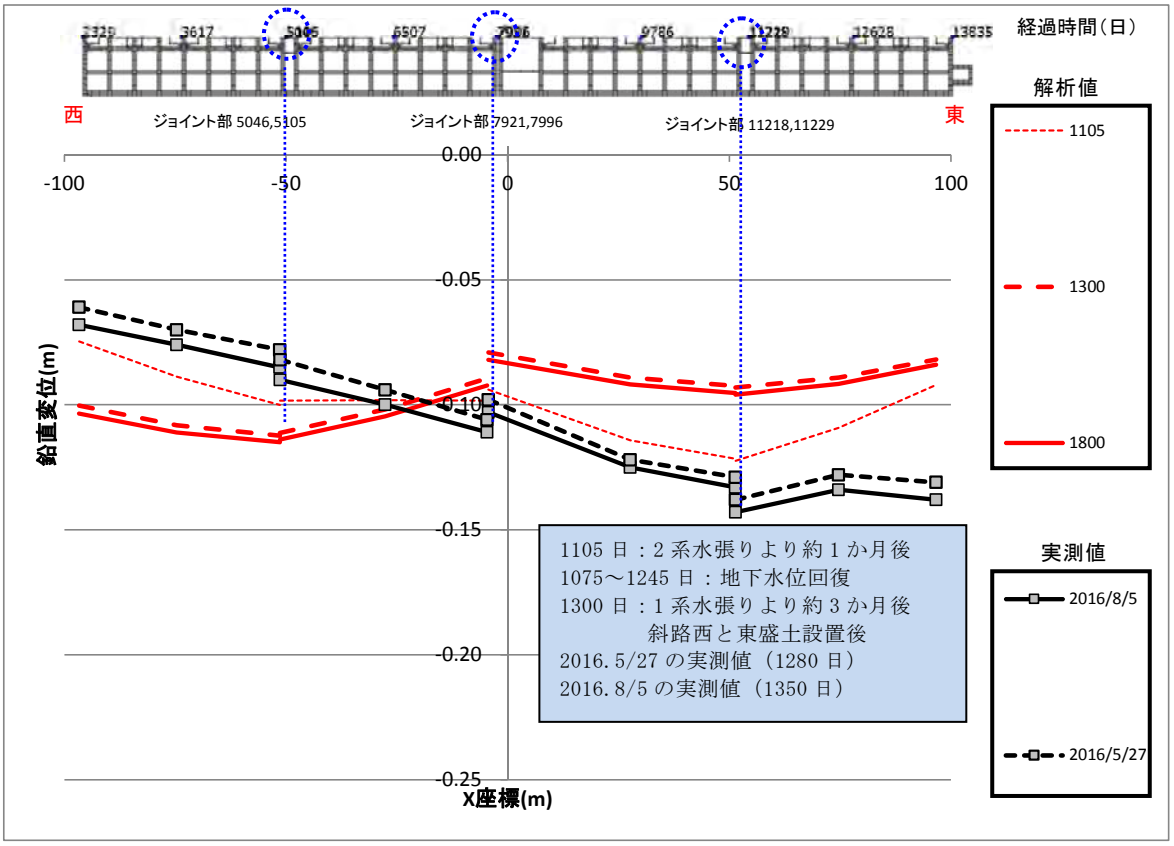
※経過時間：解析開始日（ディープウェル開始の平成 24 年 11 月 20 日）を起算日としている。（現時点：約 1300 日）

図 7.8　時系列別鉛直変位分布：E-E 断面

時系列の鉛直変位について、実測値と解析値（現時点 1300 日、沈下終息時 1800 日）のグラフを示した。

結果、実測値と解析値（1300 日）による同時期での比較では、沈下量及び沈下傾向は大きく乖離する結果となったが、解析値（1105 日）とはおよそ近似した傾向を示す結果となった。

下図より、同時期での沈下傾向が大きく乖離した要因を推察すると、1 系水処理の水張りの影響によって、1 系側（グラフの左側）の沈下が進行し、それに伴って 2 系側（グラフの右側）が非排水せん断変形や地下水位の回復等の影響によって隆起することが考えられる。



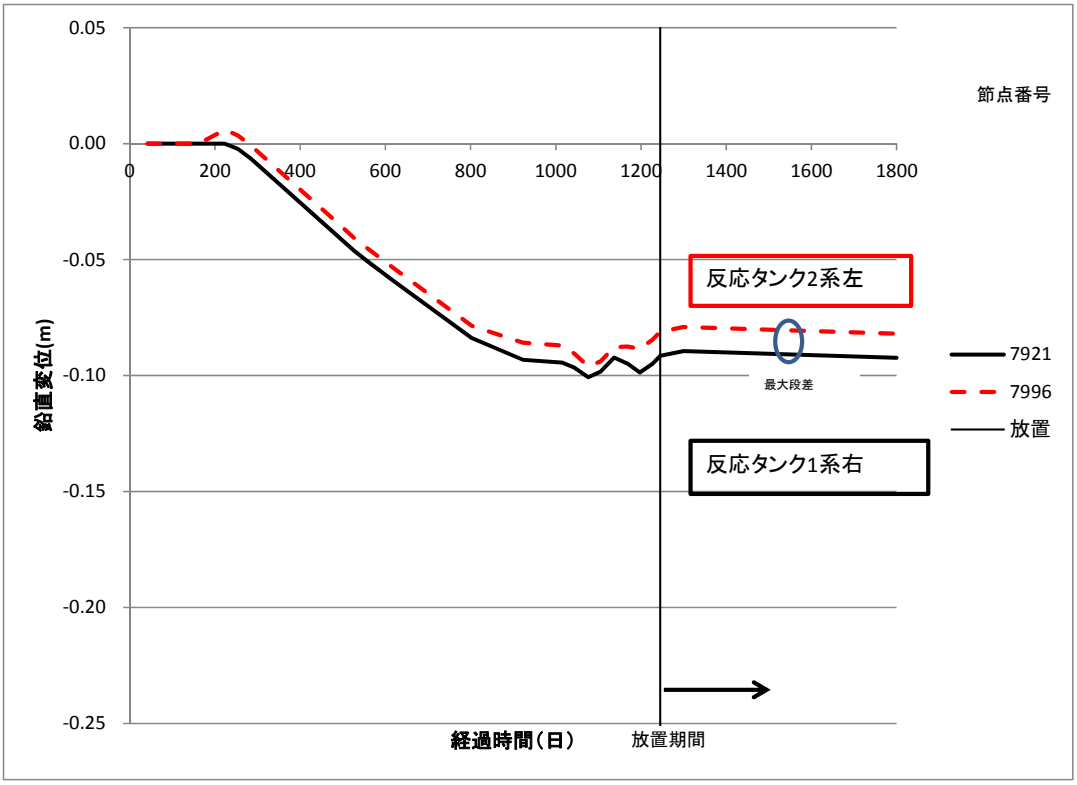
※実測値：反応中心部の東西方向の測点を示す

※経過時間：解析開始日（ディープウェル開始の平成 24 年 11 月 20 日）を起算日としている。（現時点：約 1300 日）

図 7.9　時系列別鉛直変位分布（抜粋版）：E-E 断面

各節点の時系列変化は、掘削開始から約 250 日までは、有効応力の軽減に伴って膨張（隆起）し、その後、躯体築造とともに緩やかに沈下傾向を示し、1100 日以降は水張りや地下水位回復の影響を受け、沈下と隆起を繰り返し 1300 日程度で落ち着く傾向となった。

なお、沈下と隆起の繰り返し現象の原因としては、2 系水張りが先行したことにより、2 系躯体の沈下が先に進行し、その後、地下水位の回復や 1 系水張りとともに 1 系躯体が沈下したことによって、隣接した 2 系躯体が浮力やせん断変形の影響を受けて隆起することが推測される。

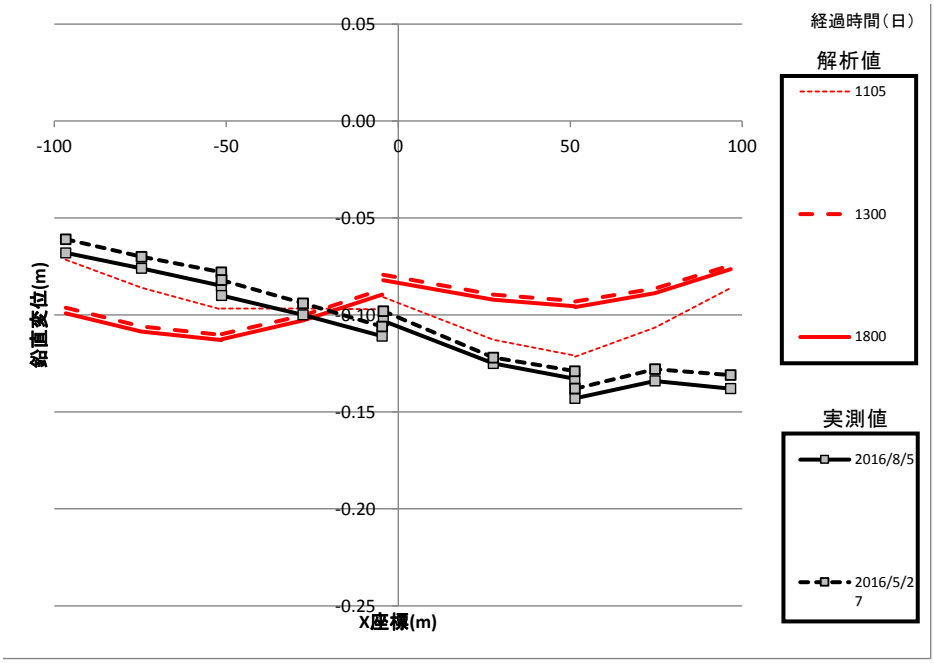


※　経過時間：解析開始日（ディープウェル開始の平成 24 年 11 月 20 日）を起算日としている。（現時点：約 1300 日）

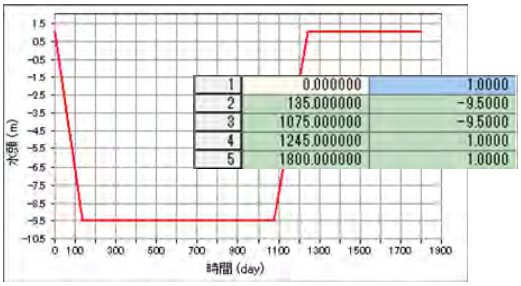
図 7.10　中央部 EXP.J 部の鉛直変位（段差）時系列経緯：E-E 断面

＜参考データ＞

参考データとして、地盤改良のヤング率を現況の 10 倍にした際の鉛直沈下量を以下に示す。結果としては、沈下傾向の動きはなく、沈下量が若干減少した。



圧密特性	当初
透水係数	変更なし
地盤改良	E=1260000, ν=0.2
地盤 ν	すべて0.33
初期地盤 ν	すべて0.33



地下水位の回復状況

※　経過時間：解析開始日（ディープウェル開始の平成 24 年 11 月 20 日）を起算日としている。（現時点：約 1300 日）

図 7.11　地盤改良ヤング率 10 倍時の時系列別鉛直変位分布：E-E 断面

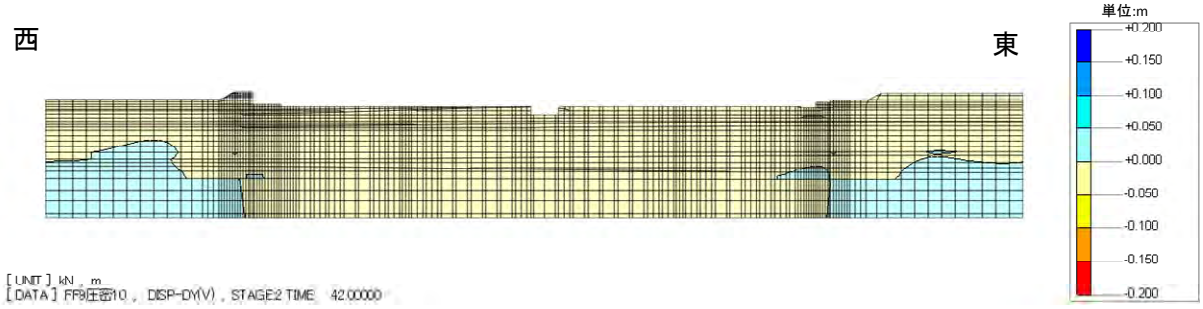
b） F-F 断面

1） 鉛直変位コンター図

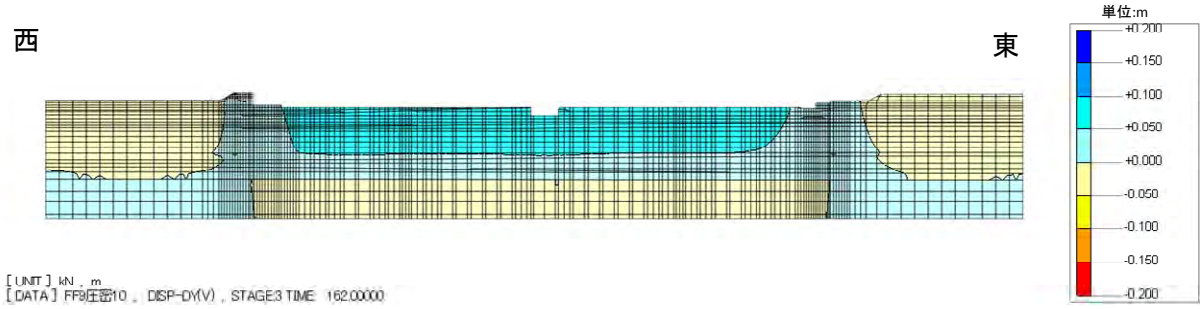
FEM 弾塑性解析で得られた鉛直方向変位の経過を示すために、施工段階別の鉛直方向変位コンター図を示す。

なお、検討期間は、E-E 断面と同様とする。

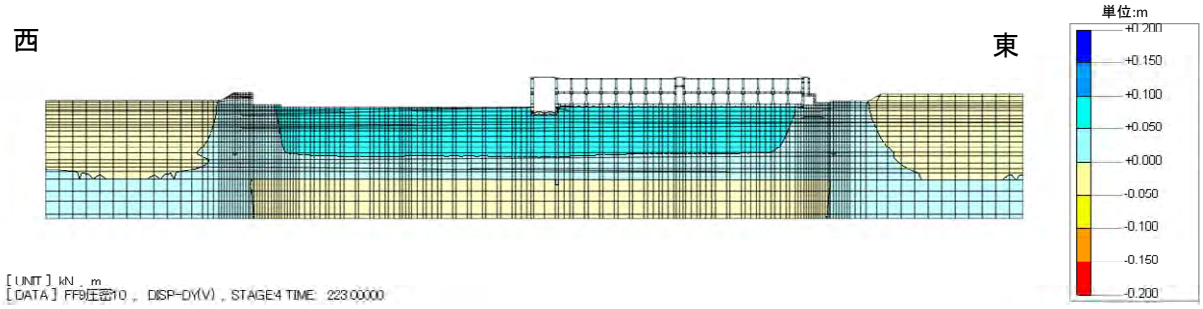
1_42日掘削開始



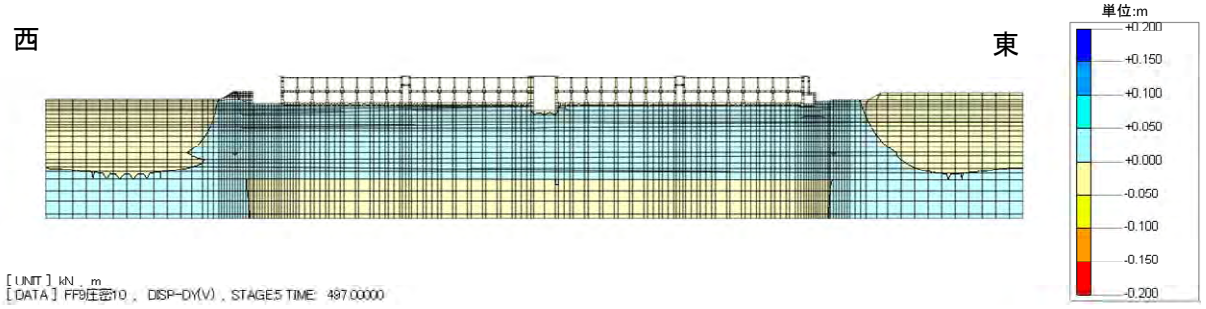
2_162日掘削完了



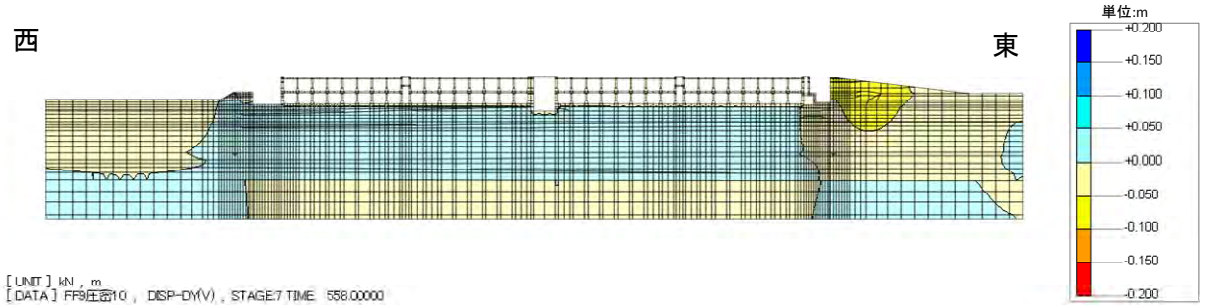
3_223日最終沈殿池（2系） 躯体完了



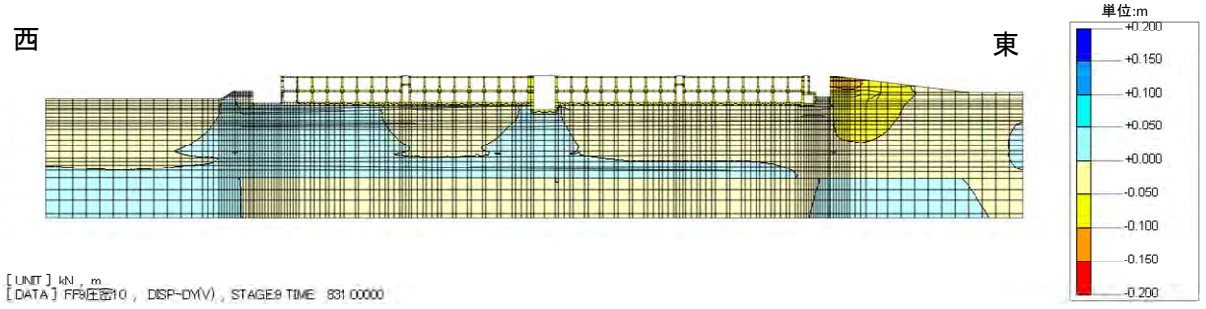
4_497日最終沈殿池（1系） 躯体完了



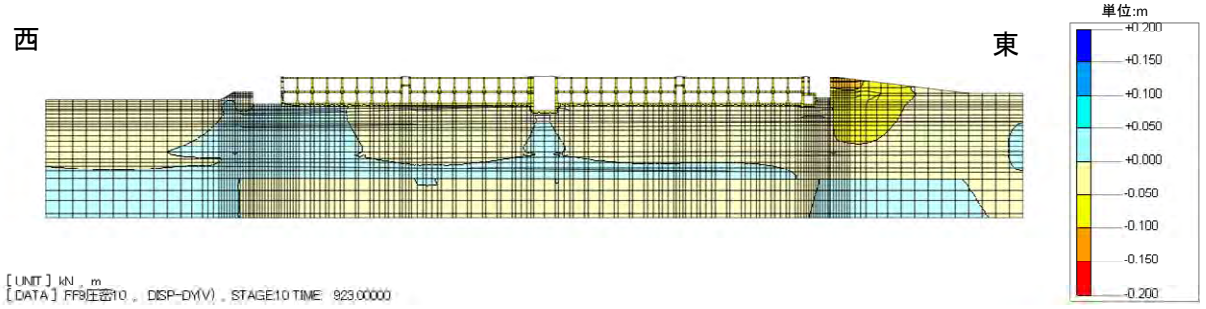
5_558日盛土終沈斜路①完了



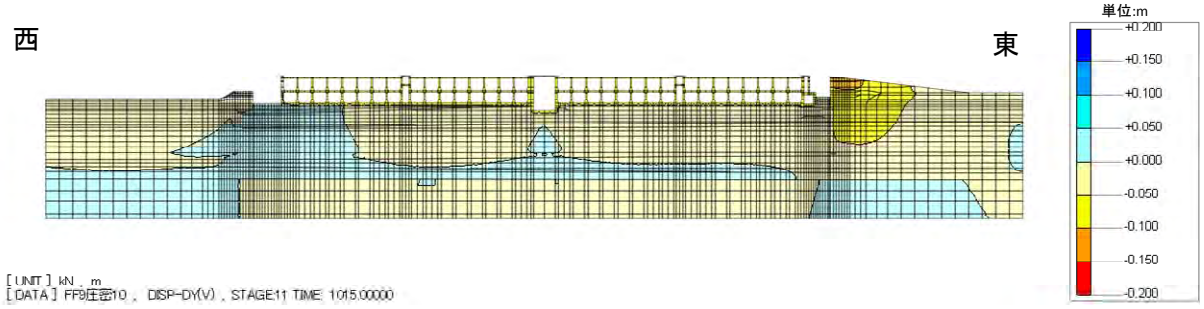
6_831日盛土終沈東①完了



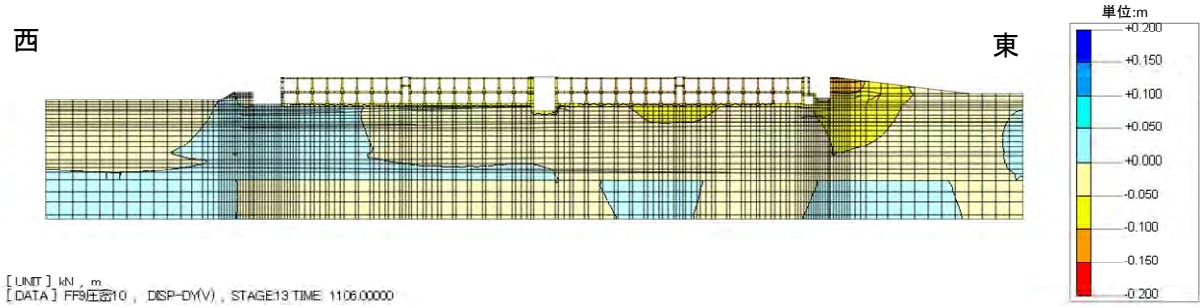
7_923日最終沈殿池（2系） プラント完了



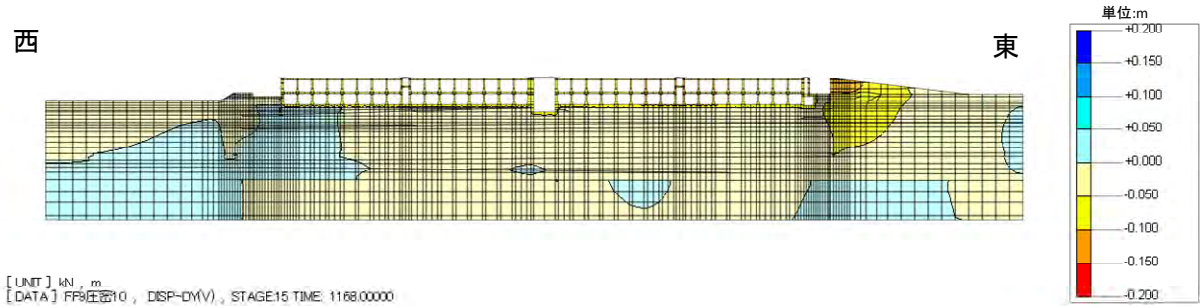
8_1015日最終沈殿池（1系） プラント完了



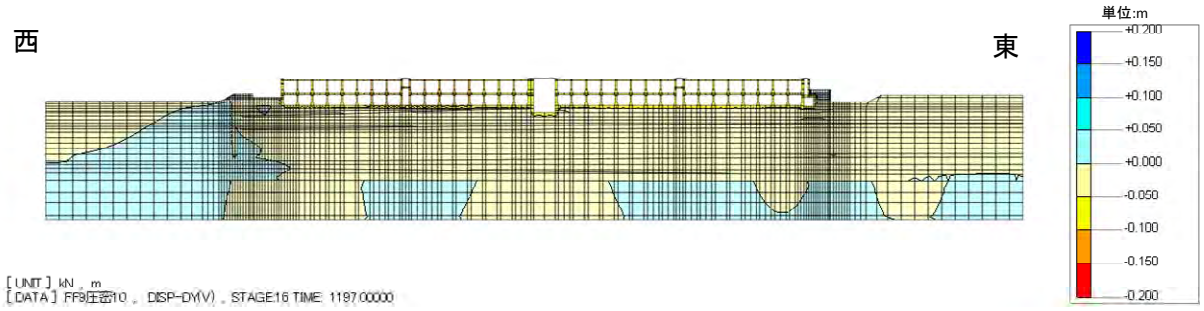
9_1106日最終沈殿池（2系） 水張り完了



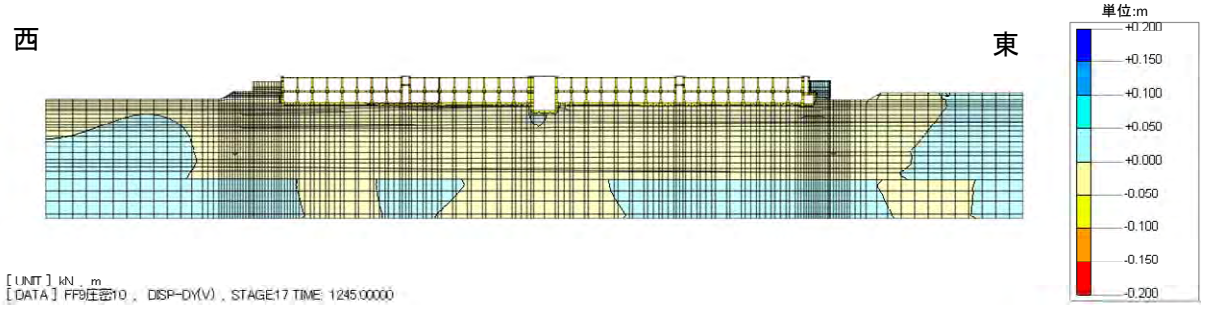
10_1168日盛土終沈西①完了



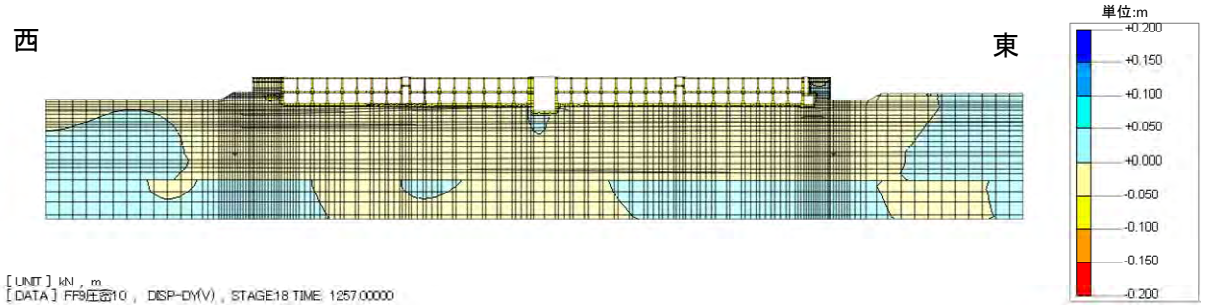
11_1197日最終沈殿池（1系） 水張り②完了



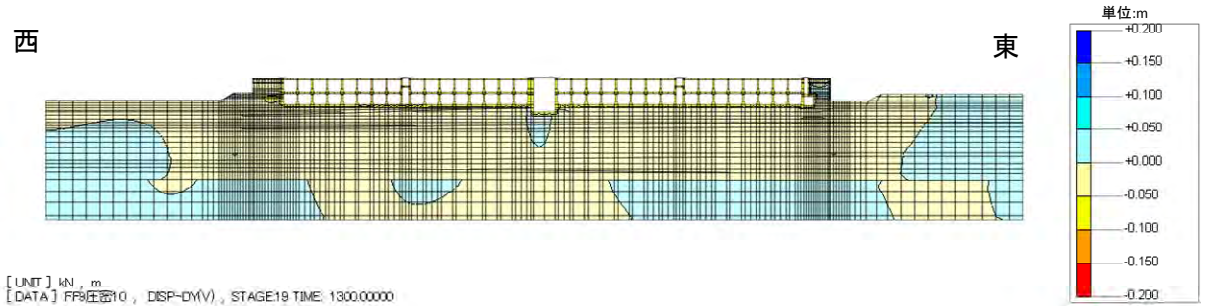
12_1245日盛土終沈西②完了



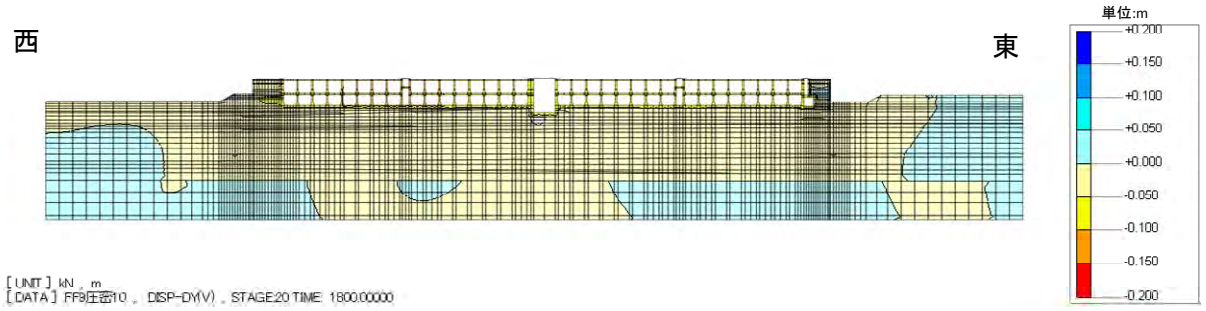
13_1257日盛土終沈斜路②完了



14_1300日放置_01



15_1800日放置_02



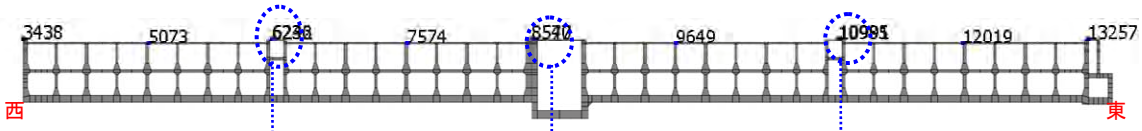
2) **水平方向変位**

各節点の水平移動距離を以下に示す。

節点番号は、先に述べた着目点と対応し、左列の縦方向は経過日数を示す。

なお、解析値は、X 方向の原点からの移動距離となるため、“マイナス値は左方向”、“プラス値は右方向”となる。表中の目地開き量は沈下終息後の 1800 日での水平変位量の差分を示した値である。

表 7.9　水平変位量の時系列変化：F-F 断面



ジョイント部 6236,6242　　ジョイント部 8547,8570　　ジョイント部 10985,10991

－は左方向の水平変位

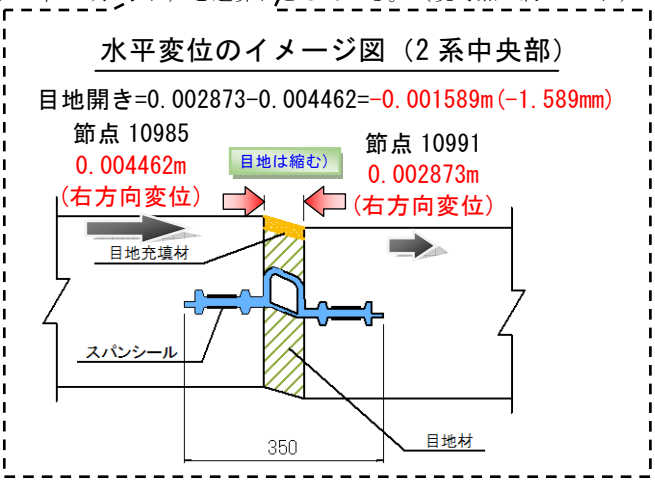
＋は右方向の水平変位

水平変位(m)　　単位：m

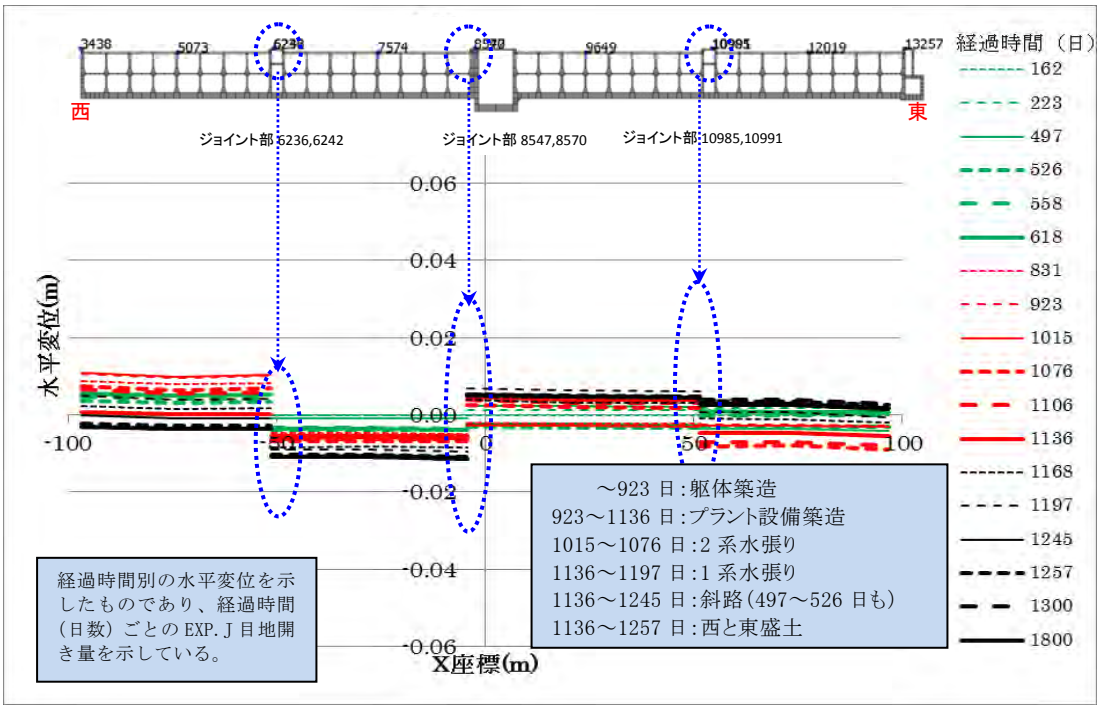
節点番号	3438	5073	6236	6242	7574	8547	8570	9649	10985	10991	12019	13257
時間(日)＼X座標(m)	−96.65	−73.85	−51.4	−51.35	−26.85	−4.4	−4.35	21.85	51.35	51.4	73.85	96.65
42	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
162	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
223	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0013	0.0012	0.0012	0.0018	0.0017	0.0017
497	0.0053	0.0049	0.0050	−0.0008	−0.0008	−0.0009	0.0024	0.0022	0.0021	−0.0036	−0.0035	−0.0041
526	0.0036	0.0031	0.0033	−0.0038	−0.0038	−0.0039	−0.0032	−0.0033	−0.0035	−0.0030	−0.0030	−0.0030
558	0.0046	0.0041	0.0043	−0.0035	−0.0035	−0.0036	−0.0025	−0.0026	−0.0028	0.0000	−0.0001	0.0000
618	0.0057	0.0050	0.0053	−0.0037	−0.0037	−0.0038	−0.0024	−0.0026	−0.0027	0.0008	0.0007	0.0008
831	0.0088	0.0079	0.0082	−0.0047	−0.0047	−0.0048	−0.0020	−0.0023	−0.0024	−0.0028	−0.0028	−0.0030
923	0.0107	0.0096	0.0101	−0.0060	−0.0060	−0.0062	−0.0026	−0.0027	−0.0028	−0.0026	−0.0026	−0.0029
1015	0.0109	0.0098	0.0103	−0.0062	−0.0061	−0.0064	−0.0028	−0.0029	−0.0030	−0.0027	−0.0027	−0.0030
1076	0.0075	0.0064	0.0068	−0.0069	−0.0069	−0.0069	0.0027	0.0019	0.0018	−0.0081	−0.0080	−0.0089
1106	0.0065	0.0055	0.0059	−0.0063	−0.0063	−0.0063	0.0040	0.0032	0.0031	−0.0071	−0.0070	−0.0080
1136	0.0008	0.0001	0.0003	−0.0055	−0.0056	−0.0056	0.0047	0.0039	0.0038	−0.0047	−0.0047	−0.0056
1168	0.0023	0.0015	0.0018	−0.0084	−0.0083	−0.0084	0.0038	0.0032	0.0030	−0.0011	−0.0011	−0.0019
1197	0.0051	0.0040	0.0043	−0.0091	−0.0091	−0.0096	0.0068	0.0063	0.0061	0.0007	0.0007	−0.0006
1245	−0.0002	−0.0010	−0.0009	−0.0105	−0.0104	−0.0110	0.0055	0.0051	0.0049	0.0024	0.0024	0.0012
1257	−0.0023	−0.0028	−0.0028	−0.0104	−0.0104	−0.0109	0.0053	0.0049	0.0047	0.0035	0.0035	0.0025
1300	−0.0032	−0.0037	−0.0037	−0.0110	−0.0109	−0.0114	0.0052	0.0048	0.0046	0.0039	0.0038	0.0028
1800	−0.0031	−0.0036	−0.0035	−0.0110	−0.0108	−0.0113	0.0050	0.0046	0.0045	0.0029	0.0029	0.0019
黄色：放置期間												
最大値	0.0109	0.0098	0.0103	0.0000	0.0000	0.0000	0.0068	0.0063	0.0061	0.0039	0.0038	0.0028
最小値	−0.0032	−0.0037	−0.0037	−0.0110	−0.0109	−0.0114	−0.0032	−0.0033	−0.0035	−0.0081	−0.0080	−0.0089
1800日後の目地開き(mm)			−7.465			16.336			−1.589			

”プラス” 開く　　”マイナス” 縮む

※　経過時間：解析開始日（ディープウェル開始の平成 24 年 11 月 20 日）を起算日としている。（現時点：約 1300 日）



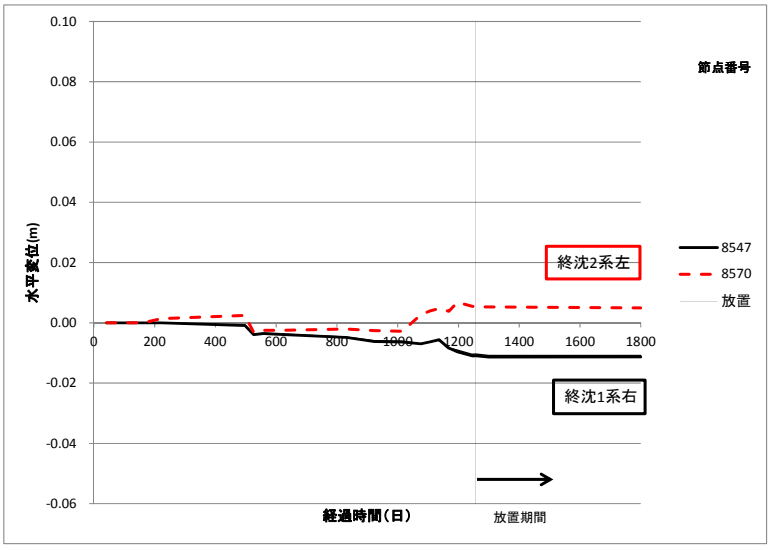
下図に示す時系列別の水平変位図は、時間の経過を示す線種の水平移動距離が、時間の経過に伴って変化する様子を示している。



※　経過時間：解析開始日（ディープウェル開始の平成 24 年 11 月 20 日）を起算日としている。（現時点：約 1300 日）

図 7.12　時系列別水平変位：F-F 断面

下図は各節点が時間の経過に伴って、どの程度水平方向位置が変化するかを示したグラフである。



※　経過時間：解析開始日（ディープウェル開始の平成 24 年 11 月 20 日）を起算日としている。（現時点：約 1300 日）

図 7.13　中央部 EXP.J 部の目地開き量の時系列経緯：F-F 断面

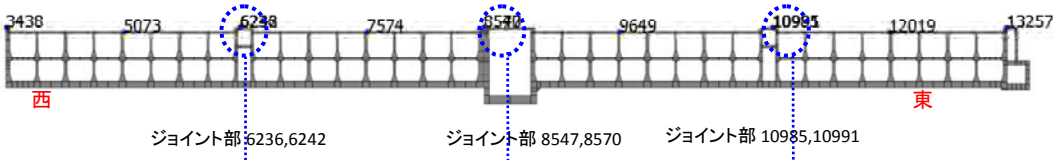
3) 鉛直方向変位

各節点の鉛直移動距離を以下に示す。

左列の縦方向は経過日数を示し、解析値は Y 方向の原点からの沈下及び隆起距離となるため、“マイナス値は沈下”、“プラス値は隆起”となる。

表中の段差値は、沈下終息後の 1800 日での鉛直変位の差分（右値から左値を差し引いた値）を示した値である。

表 7.10　鉛直変位量の時系列変化：F-F 断面



ジョイント部 6236,6242　　ジョイント部 8547,8570　　ジョイント部 10985,10991

－は下方変位（沈下）

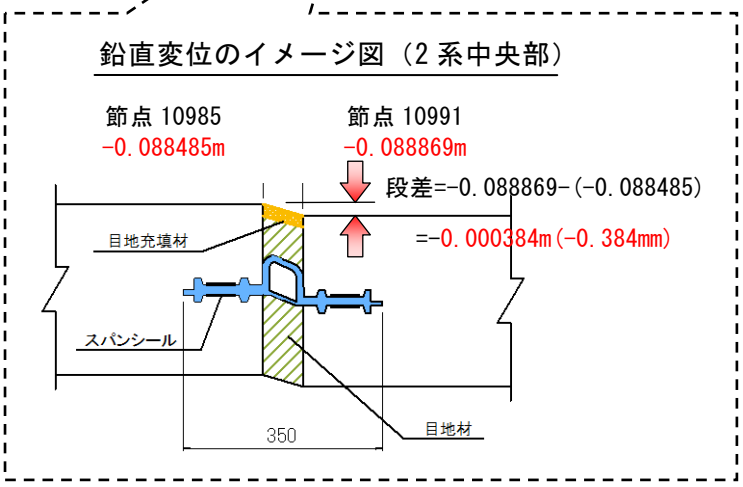
鉛直変位(m)　　単位：m

節点番号	3438	5073	6236	6242	7574	8547	8570	9649	10985	10991	12019	13257
時間(日)＼X座標(m)	−96.65	−73.85	−51.4	−51.35	−26.85	−4.4	−4.35	21.85	51.35	51.4	73.85	96.65
42	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
162	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
223	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0085	0.0051	0.0035	0.0036	0.0026	0.0024
497	−0.0188	−0.0317	−0.0393	−0.0390	−0.0381	−0.0374	−0.0283	−0.0336	−0.0364	−0.0368	−0.0304	−0.0189
526	−0.0208	−0.0348	−0.0435	−0.0431	−0.0422	−0.0420	−0.0330	−0.0359	−0.0356	−0.0350	−0.0353	−0.0374
558	−0.0231	−0.0386	−0.0481	−0.0477	−0.0466	−0.0461	−0.0370	−0.0399	−0.0395	−0.0390	−0.0417	−0.0462
618	−0.0274	−0.0455	−0.0564	−0.0560	−0.0546	−0.0538	−0.0446	−0.0476	−0.0471	−0.0466	−0.0502	−0.0554
831	−0.0420	−0.0686	−0.0842	−0.0835	−0.0811	−0.0795	−0.0699	−0.0739	−0.0740	−0.0739	−0.0727	−0.0699
923	−0.0480	−0.0783	−0.0962	−0.0956	−0.0907	−0.0858	−0.0754	−0.0760	−0.0747	−0.0749	−0.0736	−0.0707
1015	−0.0488	−0.0794	−0.0975	−0.0969	−0.0918	−0.0867	−0.0763	−0.0767	−0.0751	−0.0753	−0.0739	−0.0709
1076	−0.0488	−0.0783	−0.0953	−0.0941	−0.0923	−0.0931	−0.0840	−0.1067	−0.1148	−0.1142	−0.1071	−0.0915
1106	−0.0446	−0.0740	−0.0905	−0.0893	−0.0886	−0.0901	−0.0811	−0.1054	−0.1146	−0.1139	−0.1066	−0.0905
1136	−0.0516	−0.0716	−0.0819	−0.0809	−0.0819	−0.0844	−0.0755	−0.1003	−0.1092	−0.1085	−0.1021	−0.0868
1168	−0.0573	−0.0798	−0.0942	−0.0933	−0.0879	−0.0864	−0.0766	−0.0958	−0.1018	−0.1013	−0.0976	−0.0851
1197	−0.0625	−0.0941	−0.1075	−0.1069	−0.1003	−0.0891	−0.0785	−0.0932	−0.0981	−0.0985	−0.0921	−0.0713
1245	−0.0716	−0.0956	−0.1037	−0.1032	−0.0958	−0.0834	−0.0730	−0.0860	−0.0884	−0.0888	−0.0832	−0.0637
1257	−0.0766	−0.0967	−0.1024	−0.1019	−0.0946	−0.0824	−0.0720	−0.0848	−0.0868	−0.0871	−0.0828	−0.0654
1300	−0.0785	−0.0976	−0.1023	−0.1017	−0.0940	−0.0813	−0.0709	−0.0837	−0.0858	−0.0862	−0.0823	−0.0655
1800	−0.0813	−0.1000	−0.1047	−0.1042	−0.0963	−0.0837	−0.0734	−0.0861	−0.0885	−0.0889	−0.0846	−0.0673
黄色：放置期間												
最大値	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0085	0.0051	0.0035	0.0036	0.0026	0.0024
最小値	−0.0813	−0.1000	−0.1075	−0.1069	−0.1003	−0.0931	−0.0840	−0.1067	−0.1148	−0.1142	−0.1071	−0.0915
1800日後の段差(mm)			0.535			10.342			−0.384			

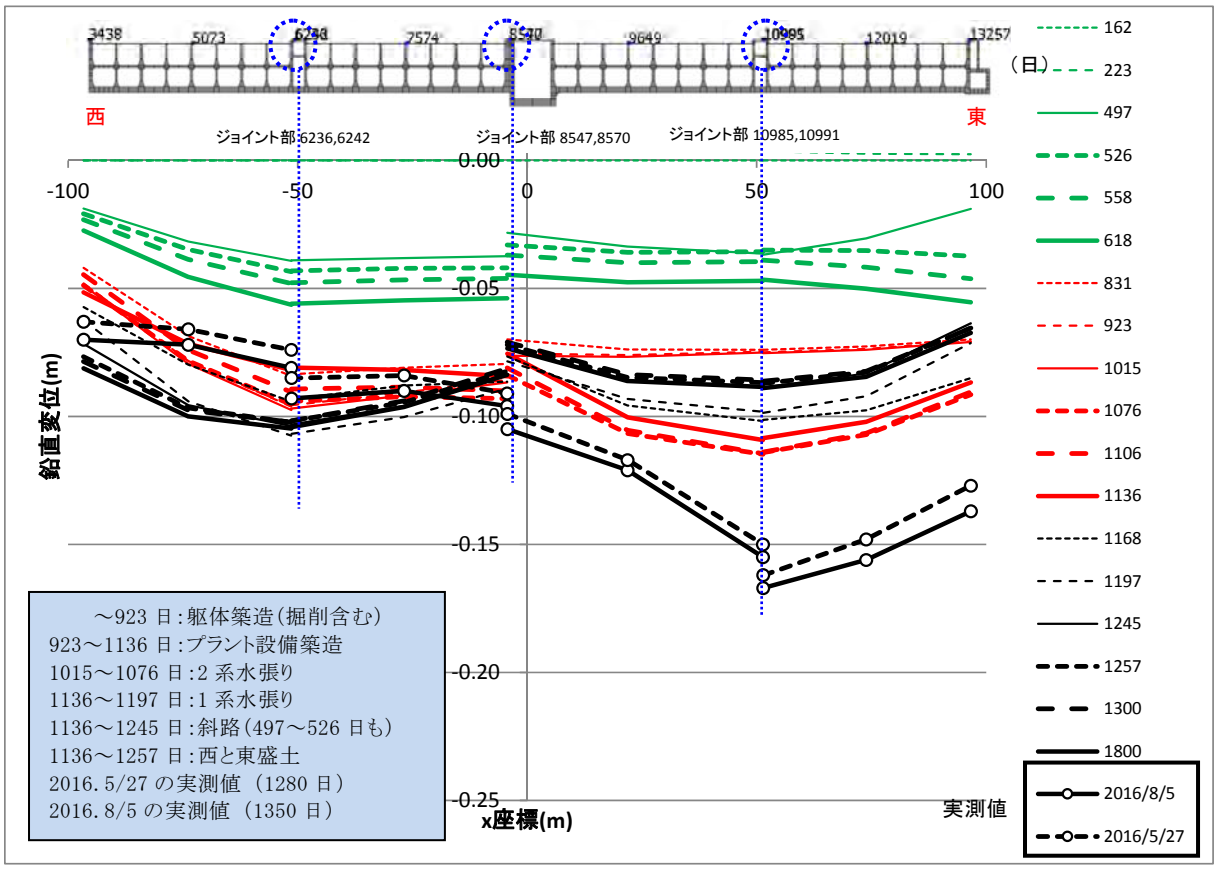
“プラス”
左側が下がっている

“マイナス”
右側が下がっている

※　経過時間：解析開始日（ディープウェル開始の平成 24 年 11 月 20 日）を起算日としている。（現時点：約 1300 日）



下図に示す時系列の鉛直変位分布図は、各施工段階における沈下状況を示しており、通常の折れ線グラフは解析結果を示し、折れ点に□マークを示した折れ線グラフは、「2016/8/5（1350 日）」及び「2016/5/27（1280 日）」の実測値（解析値に最も近似しているデータ）を示している。



※実測値：終沈南側の東西方向の測点を示す

※経過時間：解析開始日（ディープウェル開始の平成 24 年 11 月 20 日）を起算日としている。（現時点：約 1300 日）

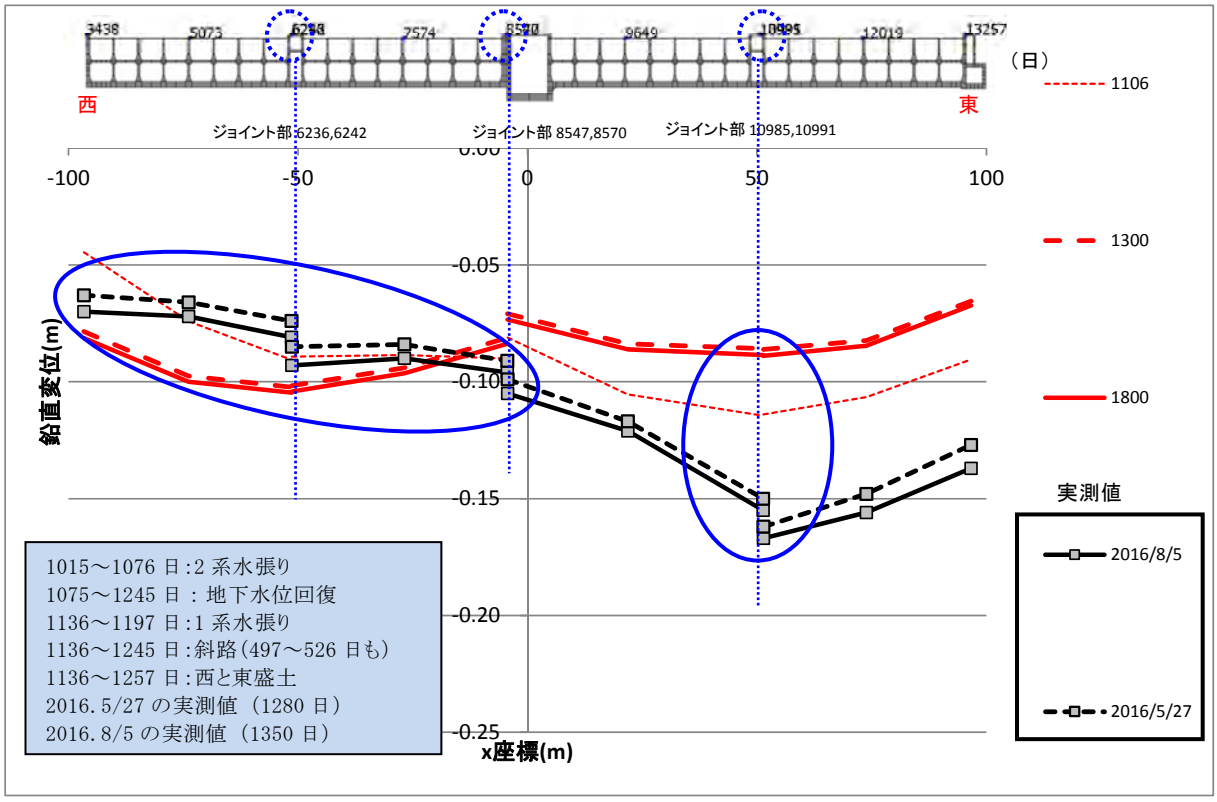
図 7.14　時系列別鉛直変位分布：F-F 断面

時系列の鉛直変位について、実測値と解析値（現時点 1300 日、沈下終息時 1800 日）のグラフを示した。

結果、実測値と解析値（1300 日）による同時期での比較では、沈下量及び沈下傾向は大きく乖離する結果となったが、解析値（1106 日）と 1 系側はおよそ近似した傾向を示す結果となった。

下図より、同時期での沈下傾向が大きく乖離した要因を推察すると、E-E 断面と同様に 1 系水処理の水張りの影響によって、1 系側（グラフの左側）の沈下が進行し、それに伴って 2 系側（グラフの右側）が非排水せん断変形や地下水位の回復等の影響によって隆起することが推測される。

また、2 系の実績値との乖離している原因は、北側に設置した斜路の影響を多大に受けているものと考えられる。



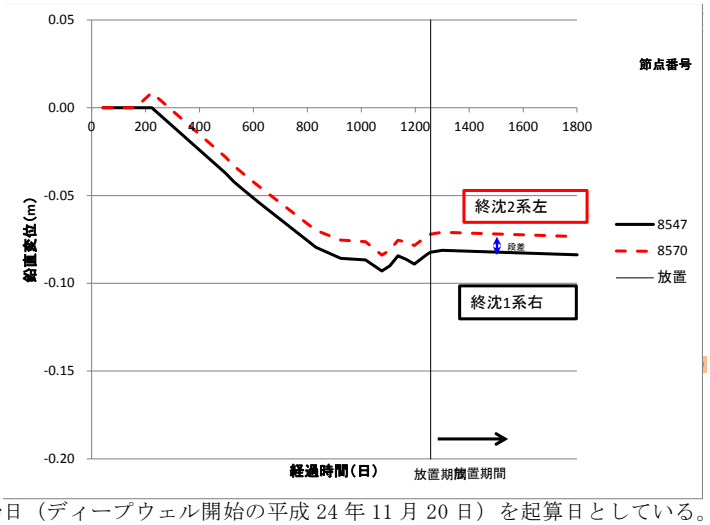
※S1：終沈 1 系の南側の測点、S2：終沈 1 系の南側の測点を示す

※経過時間：解析開始日（ディープウェル開始の平成 24 年 11 月 20 日）を起算日としている。（現時点：約 1300 日）

図 7.15　時系列別鉛直変位分布（抜粋版）：F-F 断面

各節点の時系列変化は、掘削開始から約 250 日までは、有効応力の軽減に伴い膨張（隆起）し、その後、躯体築造とともに緩やかな沈下傾向を示し、1100 日以降は水張りの影響を受け、沈下と隆起を繰り返し 1300 日程度で落ち着く傾向となった。

なお、沈下と隆起の繰り返し現象の原因としては、E-E 断面と同様に、2 系水張りが先行したことにより、2 系躯体の沈下が先に進行し、その後、地下水位の回復や 1 系水張りとともに 1 系躯体が沈下したことによって、隣接した 2 系躯体が浮力やせん断変形の影響を受けて隆起したものと考えられる。参考例として、中央部 EXP.J 部の時系列鉛直変位を示す。



※　経過時間：解析開始日（ディープウェル開始の平成 24 年 11 月 20 日）を起算日としている。（現時点：約 1300 日）

図 7.16　中央部 EXP.J 部の鉛直変位（段差）時系列経緯：F-F 断面

7.2.6 層別の沈下量

反応タンク（E-E 断面の 1 系中央部直下）における FEM 弾塑性解析による層別沈下量割合の推移グラフより、As 層においても、わずかながらに沈下が見られるが、その多くは粘性土層「Dc1 層」であることが分かる。

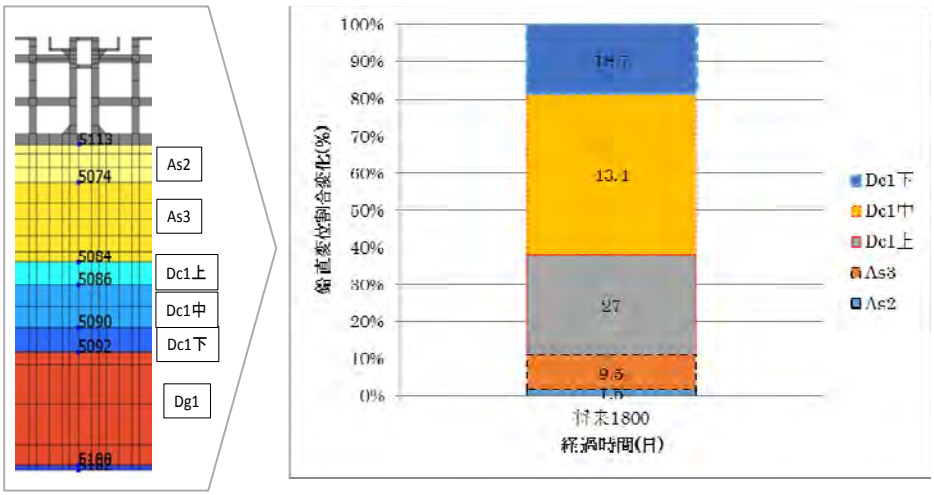


図 7-17　層別の沈下割合の変化

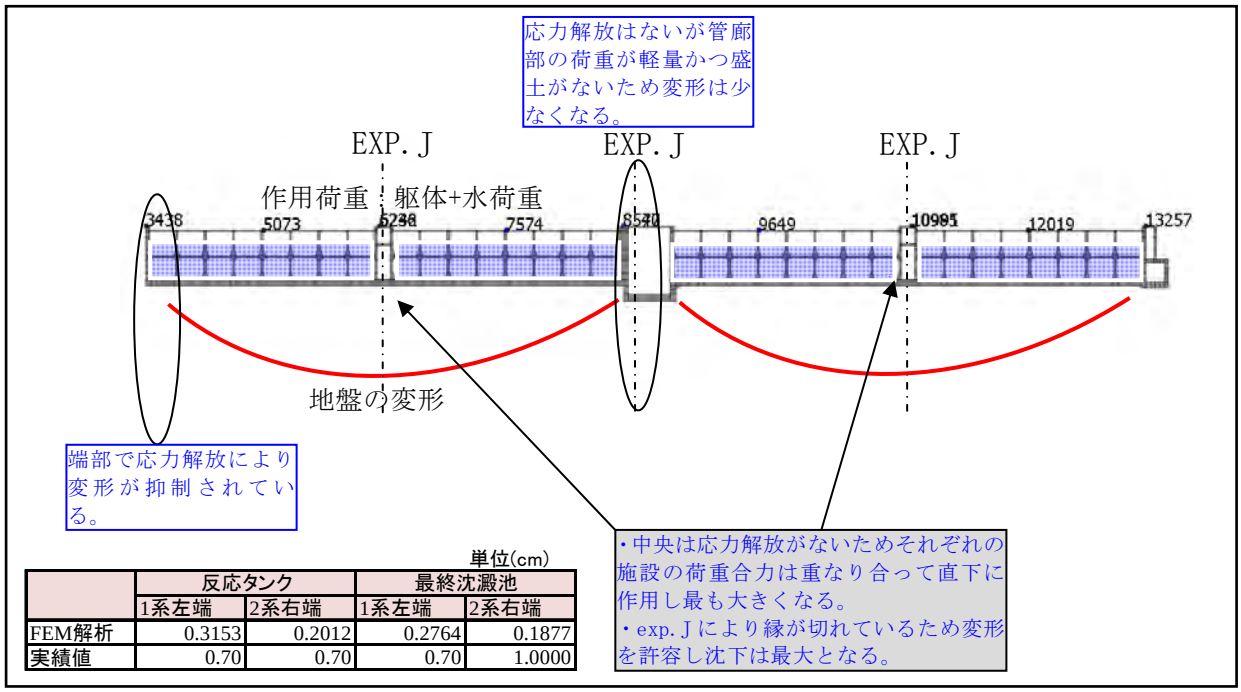
7.2.7 解析結果の考察

FEM 弾塑性解析の結果、沈下傾向は概ね実測値と近似した結果を得ることができたが、最終的な沈下状態は現状と大きく乖離する結果となった。

a) 沈下傾向について

E-E 断面及び F-F 断面で生じた FEM 弾塑性解析による沈下傾向は、ともに“W字形”の沈下傾向を示している。この現象は、以下のように荷重の作用と応力解放の状況、変形を許容する EXP. J の位置により概ね想定ができる。

一方、現場の沈下状況は、1 系と 2 系の沈下量が異なるが FEM 弾塑性解析で想定した“W字形”に近い形状となっている。したがって、本解析結果で得られた**沈下傾向はある程度の相関関係を有する**ものと考えられる。



単位(cm)

	反応タンク		最終沈澱池	
	1系左端	2系右端	1系左端	2系右端
FEM解析	0.3153	0.2012	0.2764	0.1877
実績値	0.70	0.70	0.70	1.0000

また、このように構造物が大規模であり、かつ外周部に盛土が施工され、さらに隣接して築造された状態にあるため、双方の応力が重なることにより、地中での応力分散が発生しないと考えられる。

次頁に示すように、実荷重で考えると、中央部に位置する管廊部分の荷重が小さいため、中央付近の地盤内応力が小さくなり不均一な分布形状となる。

このため、地中方向への応力分散が発生せず、局所的に応力が集中した部分が発生し、荷重の載荷状態と連動し地盤内応力が不均一に分布することに加え、各系列間が EXP. J で 4 つの構造物に分離されているため、EXP. J 部でのズレと折れ曲がりが生じ、このような現象が発生していると考えられる。

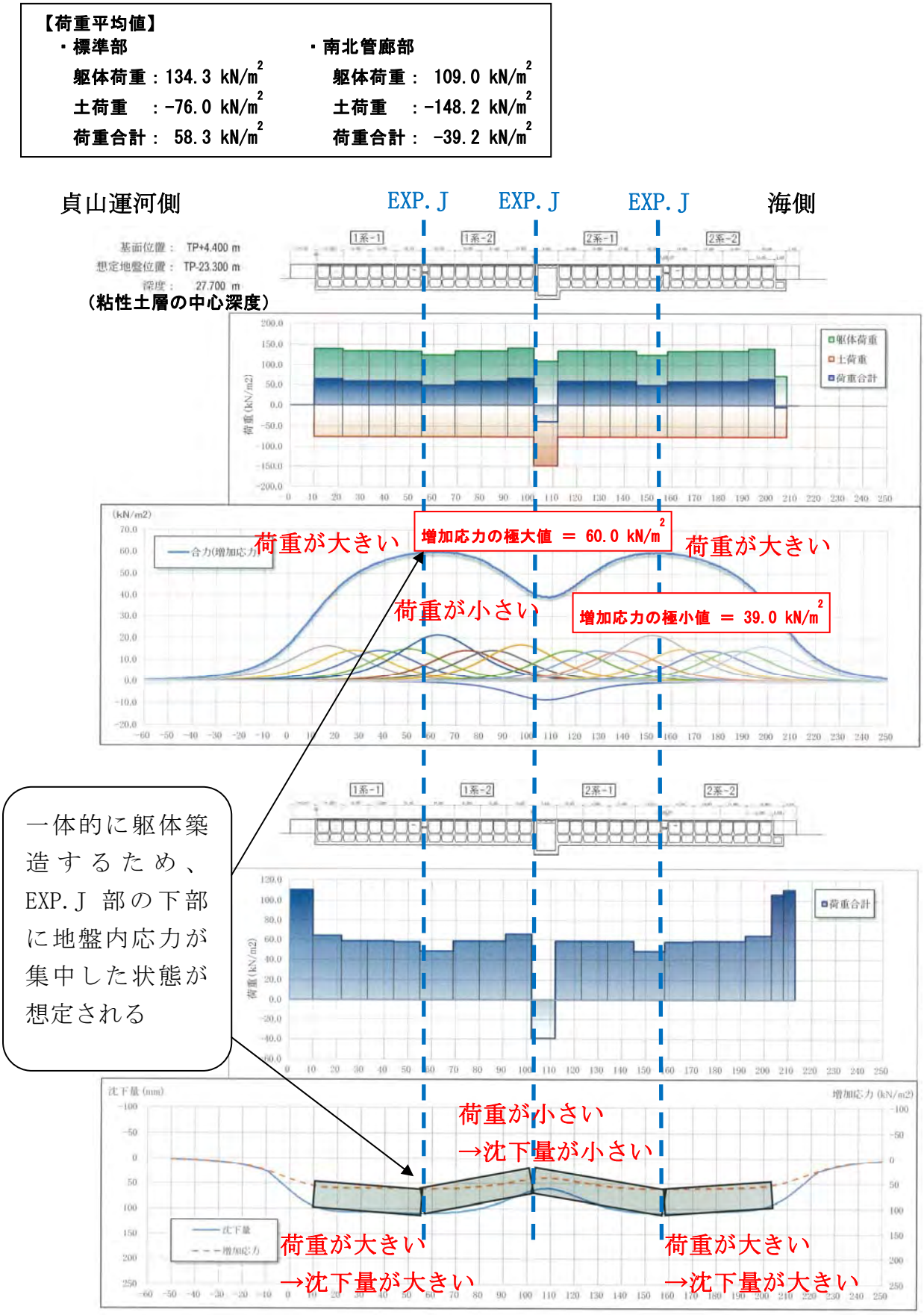


図 7.18　最終沈殿池の荷重と地盤内増加応力の概念図

b） **沈下量と終息時期について**

FEM 弾塑性解析の結果より、1300 日から 1800 日にかけて沈下量はほぼ安定しており、概ね沈下が終息しているものと考えられる。同様に実績値についてはやや解析結果よりも大きな値を示しているが沈下量は従前よりも終息傾向となっているため、FEM 弾塑性解析で得られた沈下終息との傾向は関連性を有しているものと考えられる。

c） **2 系の隆起現象について**

2 系側に水荷重を先行載荷した際の粘性土層「Dc1 層」の中心深さにおける地盤内応力を計算すると下図のように 2 系側に集中的にかかることになる。

このように、2 系側を先行的に供用開始させるため、偏った地盤内応力が急激に増加したことで、2 系側の沈下現象が先行的に大きく発生したと考えられる。

その後、1 系側も供用開始し、1 系・2 系ともに荷重が均衡しているが、沈下傾向は 2 系側が沈下した初期の状態を保ちながら、少しずつ 1 系側が沈下している状況にある。

FEM 弾塑性解析では、先に水張りを実施した 2 系水処理の沈下が先行したのち、1 系の水張りと地下水位の回復による浮力が作用し、1 系の沈下と 2 系の隆起が生じる結果となっているが、現場ではこれらの現象はみられていない。

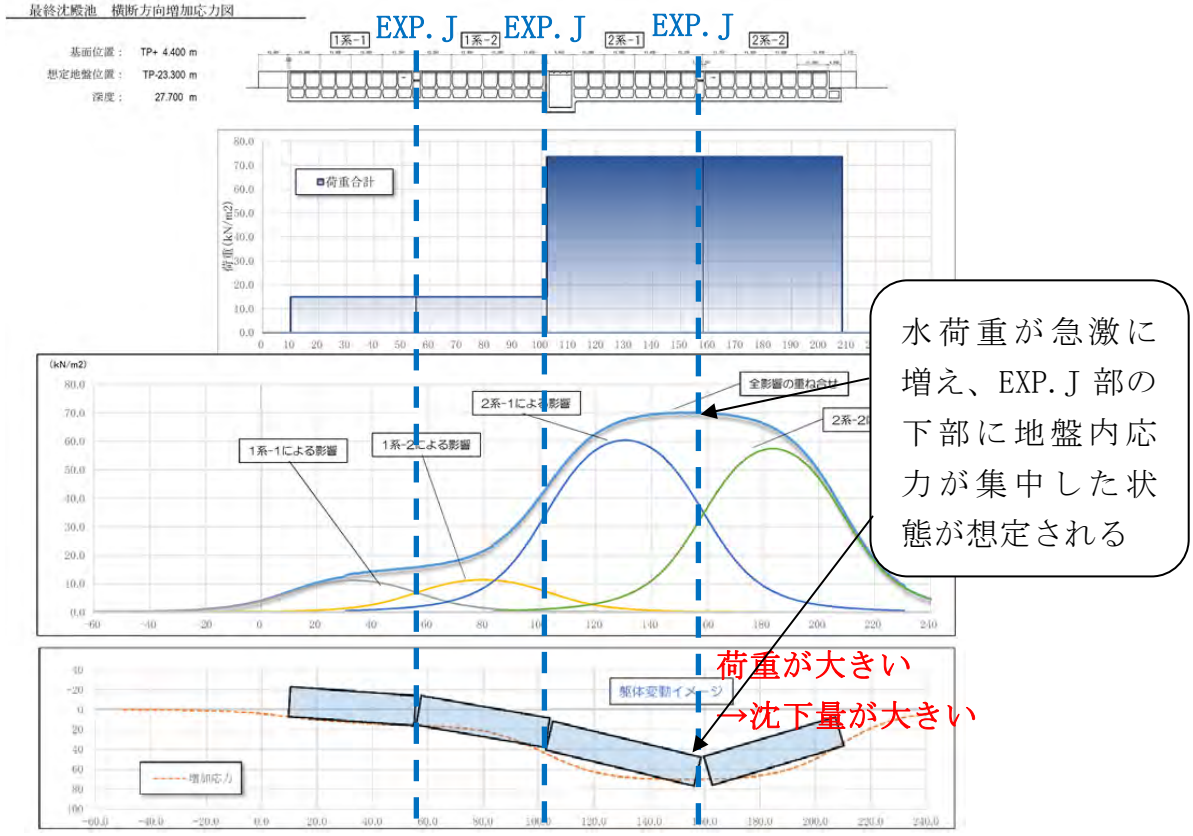
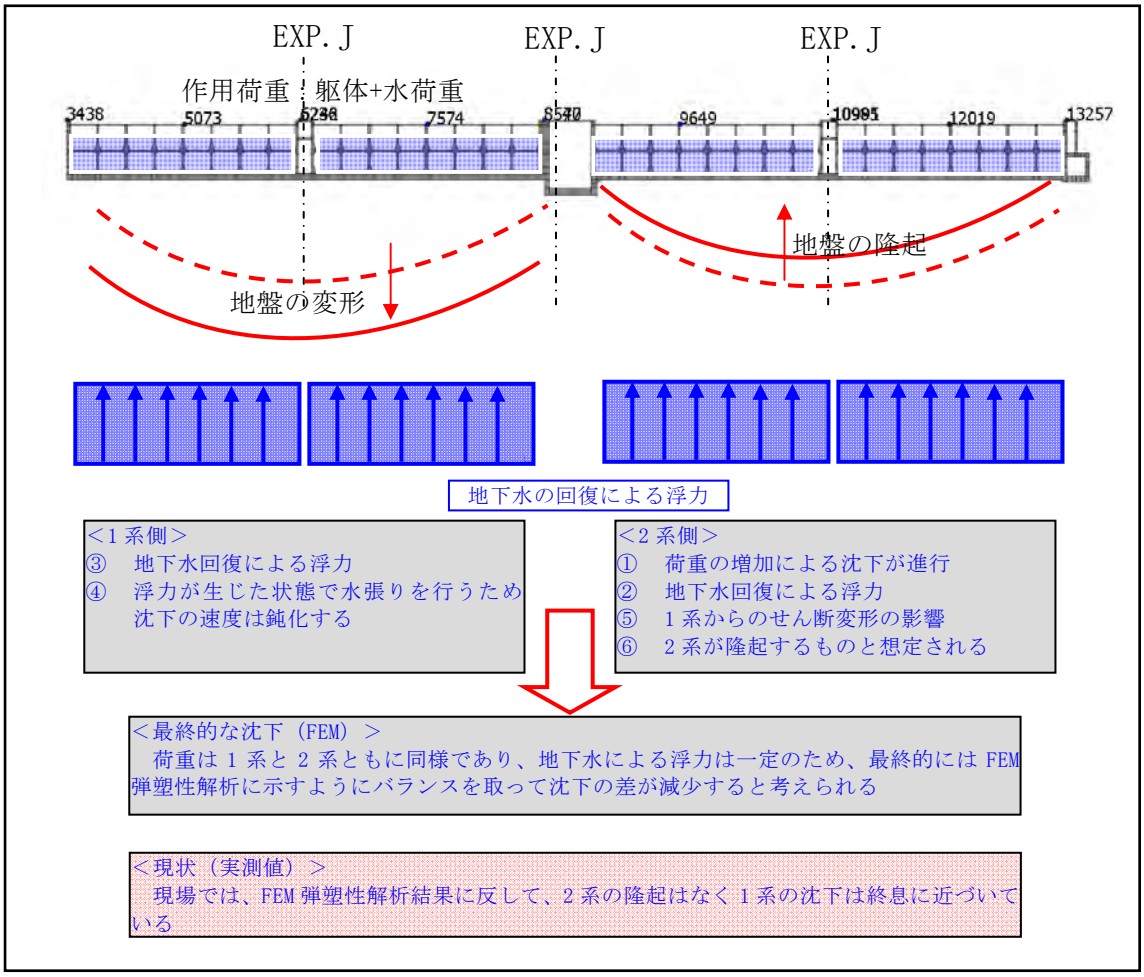


図 7.19　2 系のみ注水時の荷重と地盤内増加応力の概念図

このような解析結果になる理由を以下に示す。

荷重作用時期や地下水位の回復時期は異なるものの、最終的な粘性土層「Dc1 層」に作用する荷重状態は 1 系も 2 系も同じであることから、基本的には 1800 日目の FEM 弾塑性解析の結果で示されたとおりの姿になるものと考えられるが、現場ではこれらの現象がみられていない。



【現状と異なる理由】

- 施設規模（荷重）が非常に大きく地盤と構造物の剛性に大きな差異があるため、地盤のせん断変形伝搬の際に土が塑性変形し隆起させるまでに至らなかったものと想定される。
- 底盤と躯体の有する保有耐力は遥かに高いが、解析ではヤング率で剛性を評価しているため、本来躯体が持つ変形抵抗性能を過少に評価していることが考えられる。（解析では、躯体の特性である鉄筋の強度や主架構・壁等の複合的な剛性が評価できない。）
- FEM 弾塑性解析の二次元解析モデルは、奥行き方向に一様に連続する状態が前提となっており、現状との乖離が生じざるを得ないものと考えられる。

d) **まとめ**

今回の FEM 弾塑性解析結果より、最終的な沈下量については、下記事項を踏まえ、沈下傾向や沈下終息時期が FEM 弾塑性解析結果と近似し、沈下量が解析結果より多くなる後述する「双曲線法」による実測値の評価をもとに想定する方針とする。

＜FEM 弾塑性解析結果の考察＞

- 沈下傾向は、実測値が FEM 弾塑性解析結果に示される“W字形”に近い形状であり、ある程度の相関関係を有している。
- 沈下量は FEM 弾塑性解析結果と実測値との乖離が生じている。
- 終息時期について、FEM 弾塑性解析結果で得られた沈下終息時期と実績に基づく双曲線法での検討結果（時期）は概ね近似しているが、双曲線予測の方が今後想定される沈下量が多くなっている。
- 2 系の隆起現象は現場で発生していないため、目地開き量等を FEM 弾塑性解析結果で想定すると結果の乖離が生じる可能性がある。
- 双曲線法による沈下予測は、沈下量が FEM 弾塑性解析の想定値よりも多くなるため、今後の対策を実施するうえでの妥当な方法と考えられる。
- FEM 弾塑性解析は２次元の解析であるため奥行き方向の影響が反映されず、解析値が実績値と整合しないことが考えられる。

7.3 実測値に基づく沈下量予測

沈下量の実測データに基づく双曲線法による沈下量予測を行う。

【予測結果】

双曲線法による予測結果（次頁参照）によると、いずれの施設においても、近似曲線の相関係数が 0.9 以上となっており、双曲線の近似性は高い。

各測点の圧密度は、ばらつきがあるものの、現時点から今後さらに予想される沈下量は最大でも 3.45cm（沈砂池）、その他は概ね 1～3cm 程度となっており、沈下が収まりつつあることが確認できる。

なお、双曲線法による沈下予測については、通常は粘性土地盤の沈下に対する評価に用いるが、今回は躯体上部の計測値に基づいた予測となっている。

【沈下終息時期】

双曲線法において、圧密度 100%の最終沈下量に達するまでの時間 t は、理論上 t＝∞となってしまうことから、具体的な終息時期を特定できない。

したがって、土質工学会発行の「軟弱地盤の調査・設計・施工法　P178」では、圧密度 90%に到達する時間を求め、そこでほぼ圧密が完了したものと判断することとしている。

また、日本道路協会発行の「軟弱地盤対策工指針　H24 年度版　P249」では、圧密対策検討を実施する際の目標とする圧密度として、80～90%を設定することが多いとしている。

以上のことから、おおよその沈下終息時期の特定にあたっては、圧密度 90%に到達する時期を採用する。

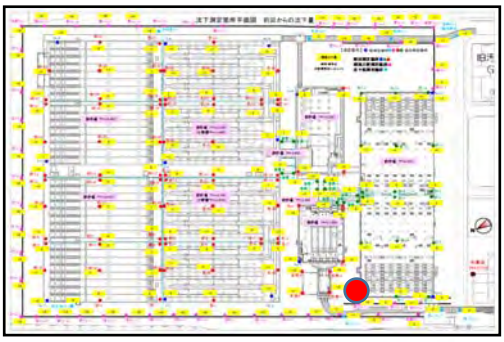
本現場の沈下量計測実績より双曲線法により圧密度 90%に達する時期を予測したところ、概ね 2016 年以内（一部 2017 年）に到達するとの結果が得られた。

このことから、おおよその沈下終息時期は、2016 年以内（一部 2017 年）と判断できる。

双曲線法による沈下量予測検討結果

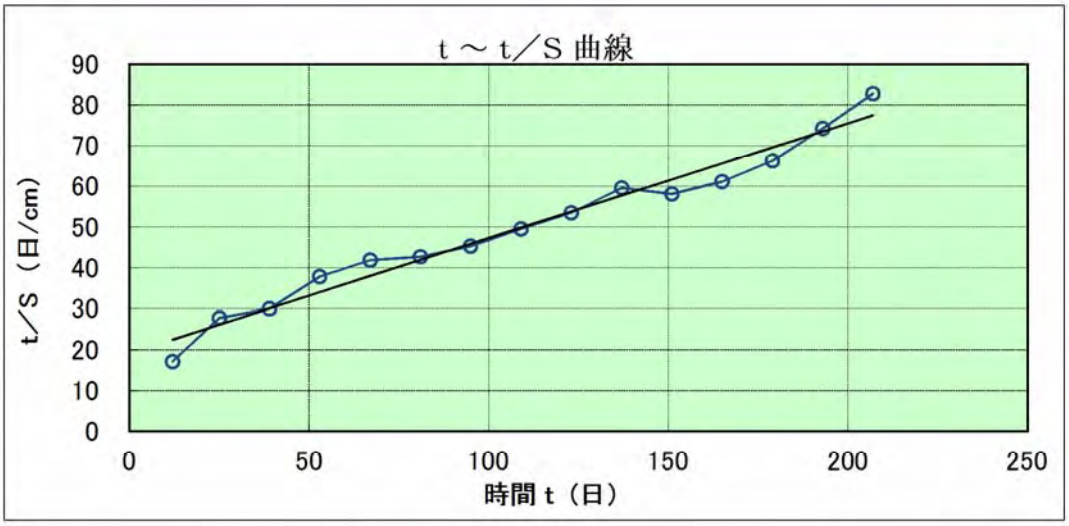
使用計測データ：　2016/8/5 更新

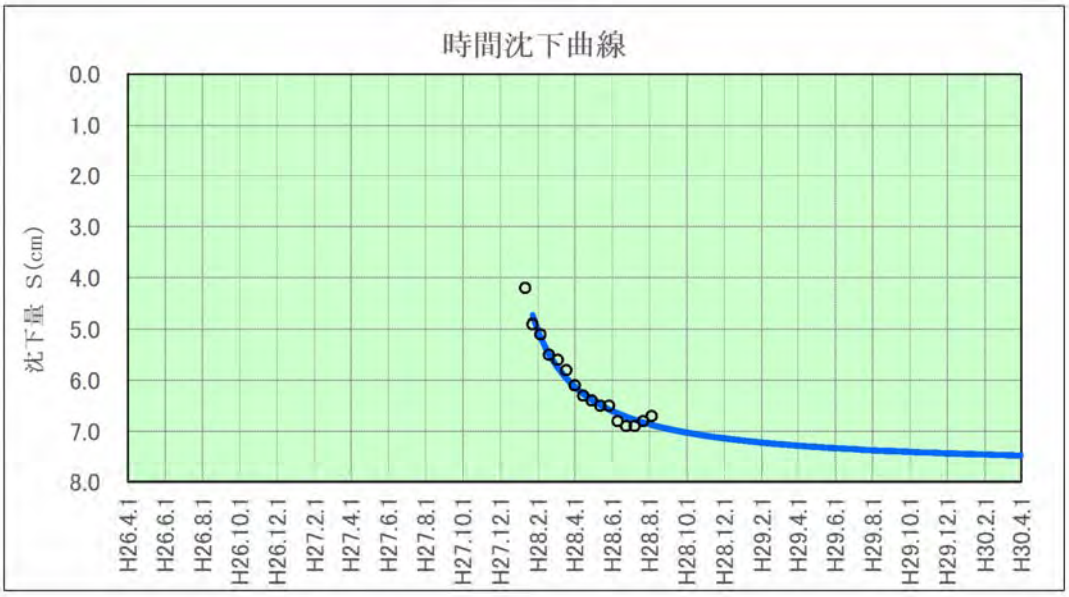
計測点No.	初-2	初-14	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8
計測箇所	初沈1系	初沈2系	沈砂池	ポンプ棟	反応1系-1	反応2系-2	終沈1系-1	終沈2系-2
計測開始日	2014/04/23	2014/04/23	2014/04/23	2014/04/26	2014/04/23	2014/04/23	2014/04/23	2014/04/23
検討の起算日	2016/01/11	2016/02/19	2016/01/11	2016/03/18	2016/01/11	2016/01/11	2016/03/18	2016/01/11
検討に用いた計測値の最終日	2016/08/05	2016/08/05	2016/08/05	2016/08/05	2016/08/05	2016/08/05	2016/08/05	2016/08/05
計測最終日の沈下量　(cm)	6.70	13.80	15.60	15.90	8.30	9.90	9.80	16.00
近似曲線の相関係数	0.984	0.991	0.991	0.980	0.993	0.931	0.968	0.972
最終沈下量 Sf(cm)	7.75	15.61	19.05	17.06	11.15	11.07	13.03	18.39
計測最終日の圧密度 U (%)	86.48	88.42	81.88	93.18	74.44	89.41	75.24	87.00
計測最終日から今後さらに予測される沈下量 SL (cm)	1.05	1.81	3.45	1.16	2.85	1.17	3.23	2.39
2017/03/31の沈下量　(cm)	7.28	14.71	17.12	16.49	9.52	10.36	11.30	16.93
2017/03/31の圧密度　(%)	94	94	90	97	85	94	87	92
2017/03/31の時点から今後さらに予測される沈下量 (cm)	0.47	0.90	1.93	0.58	1.63	0.72	1.72	1.46
圧密度が90%に達する日付	2016/09/09	2016/09/01	2017/04/07	2016/06/03	2017/12/05	2016/09/20	2017/09/04	2016/12/06
圧密度が90%の時点から今後さらに予測される沈下量 (cm)	0.77	1.56	1.91	1.71	1.11	1.11	1.30	1.84



双曲線近似グラフ

測点 No.　初-2（初沈1系）





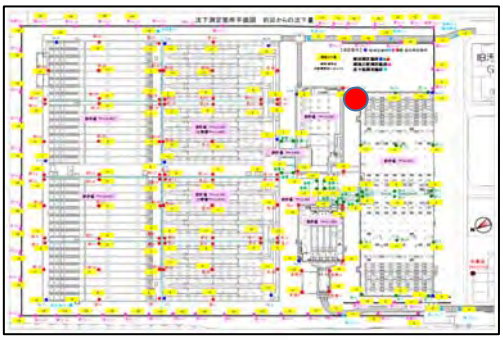
時間沈下曲線の開始日	2014/04/23
双曲線近似検討の起算日	2016/01/11
検討に用いた計測値の最終日	2016/08/05
計測最終日の沈下量	6.70(cm)
近似双曲線の係数 $S(t)=Sa+t/(\alpha+\beta t)$	Sa= 4.2
	α = 19.094
	β = 0.282
相関係数　r	r = 0.984
最終沈下量　Sf（cm）	7.75(cm)
検討時点の圧密度　U（%）	86.48
今後予測される沈下量SL（cm）	1.05(cm)

（1）任意指定日

指定日	2017/3/31
沈下量	7.28(cm)
圧密度	93.95%
今後予測される沈下量	0.47(cm)

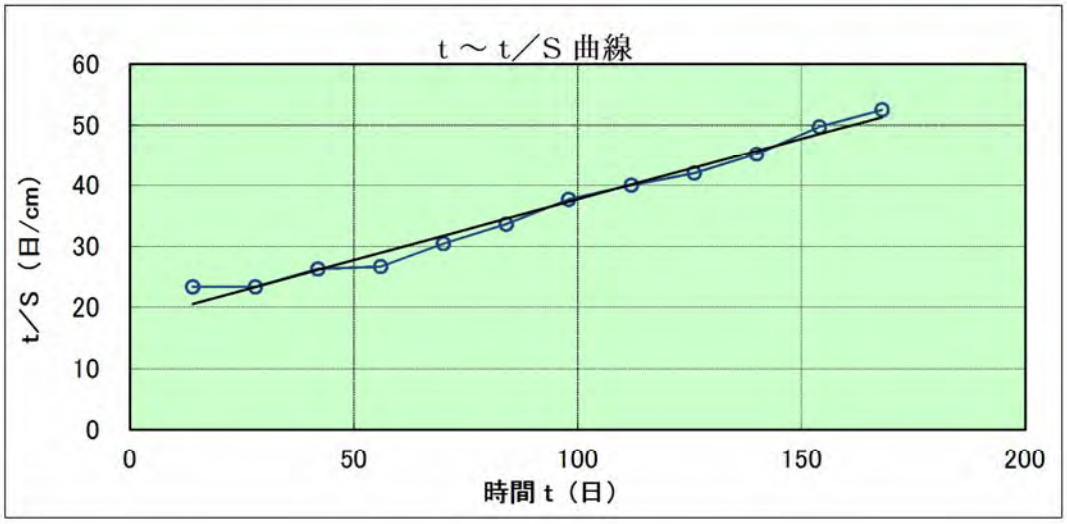
（2）圧密度指定

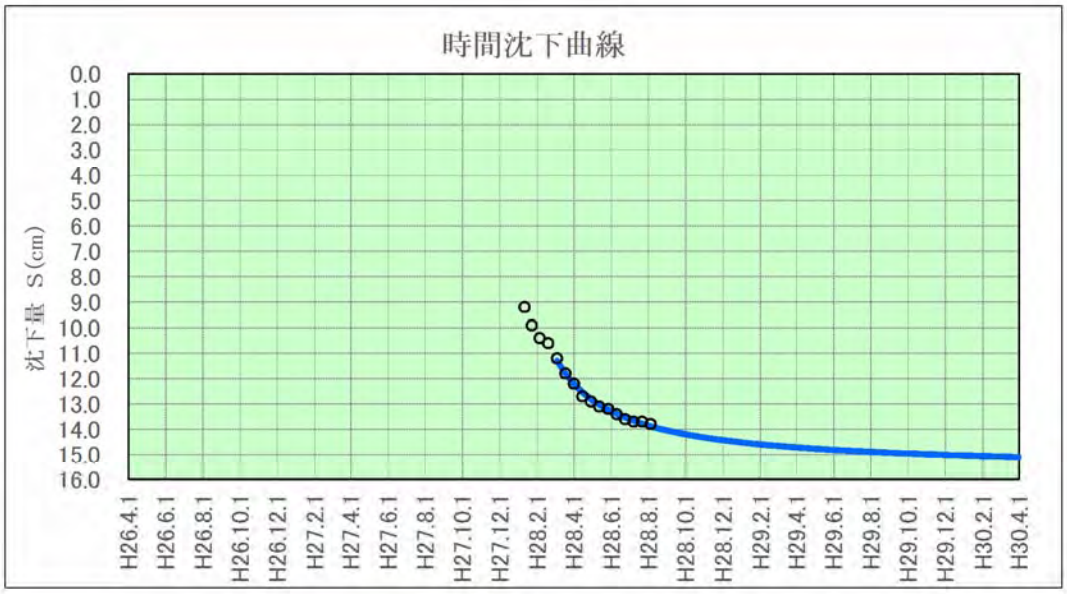
指定圧密度	90.00%
日　付	2016/09/09
沈下量	6.97(cm)
今後予測される沈下量	0.77(cm)



双曲線近似グラフ

測点 No.　初-14（初沈2系）





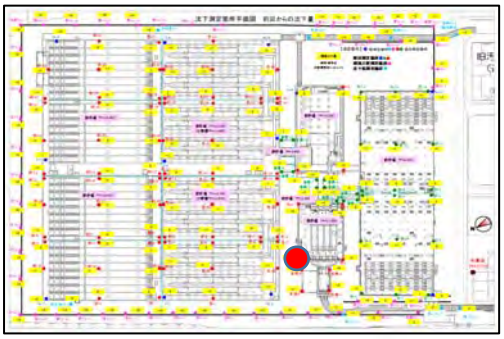
時間沈下曲線の開始日	2014/04/23
双曲線近似検討の起算日	2016/02/19
検討に用いた計測値の最終日	2016/08/05
計測最終日の沈下量	13.80(cm)
近似双曲線の係数 $S(t)=Sa+t/(\alpha+\beta t)$	Sa= 10.6
	α = 17.711
	β = 0.200
相関係数 r	r = 0.991
最終沈下量 Sf（cm）	15.61(cm)
検討時点の圧密度 U（%）	88.42
今後予測される沈下量SL（cm）	1.81(cm)

（1）任意指定日

指定日	2017/3/31
沈下量	14.71(cm)
圧密度	94.25%
今後予測される沈下量	0.90(cm)

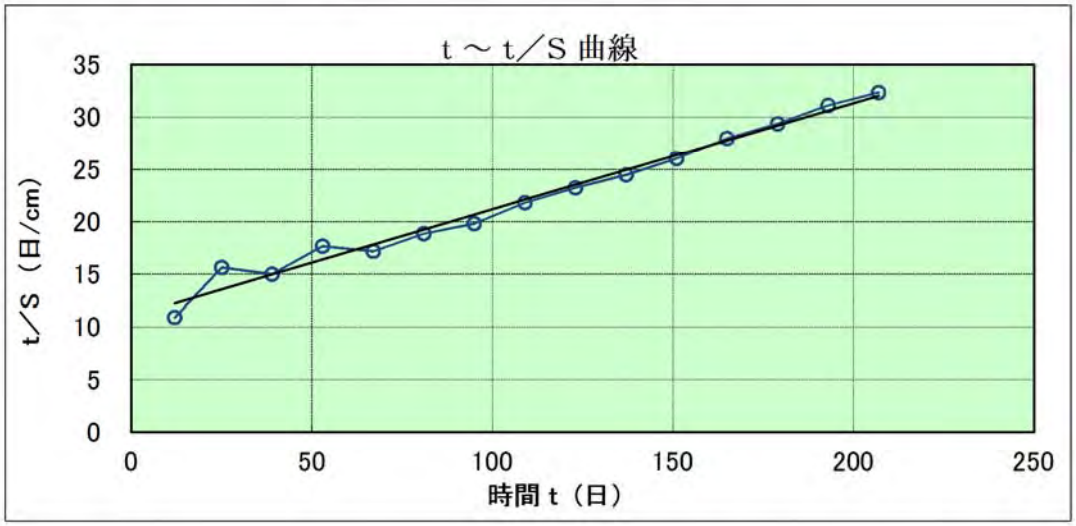
（2）圧密度指定

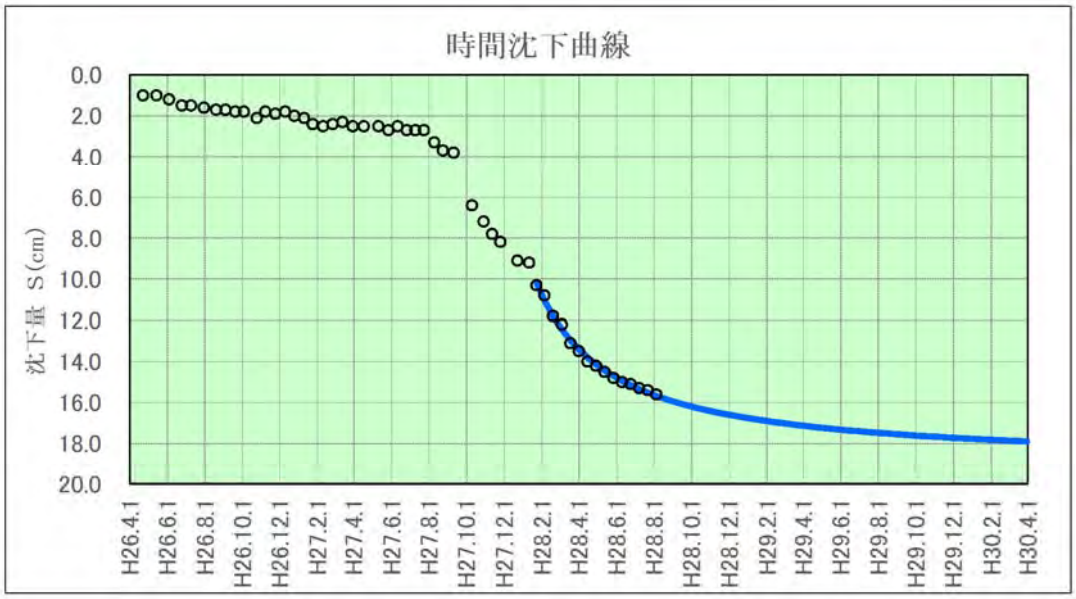
指定圧密度	90.00%
日　付	2016/09/01
沈下量	14.05(cm)
今後予測される沈下量	1.56(cm)



双曲線近似グラフ

測点 No.　　No.3(沈砂池)





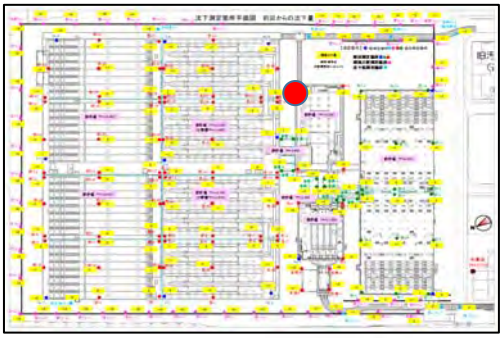
時間沈下曲線の開始日	2014/04/23
双曲線近似検討の起算日	2016/01/11
検討に用いた計測値の最終日	2016/08/05
計測最終日の沈下量	15.60(cm)
近似双曲線の係数 $S(t)=Sa+t/(\alpha+\beta t)$	Sa= 9.2
	α = 11.018
	β = 0.101
相関係数　r	r = 0.991
最終沈下量　Sf（cm）	19.05(cm)
検討時点の圧密度　U（%）	81.88
今後予測される沈下量SL（cm）	3.45(cm)

（1）任意指定日

指定日	2017/3/31
沈下量	17.12(cm)
圧密度	89.86%
今後予測される沈下量	1.93(cm)

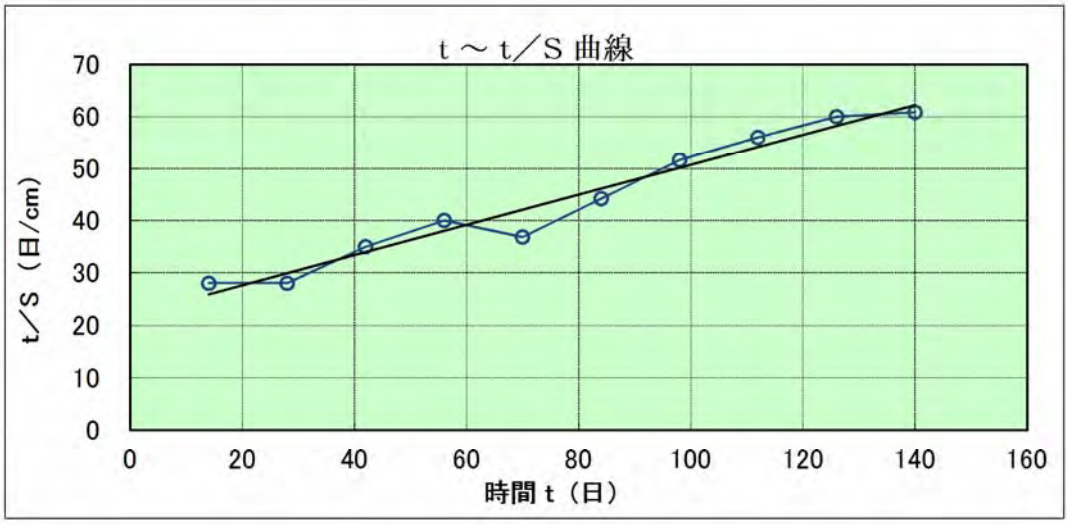
（2）圧密度指定

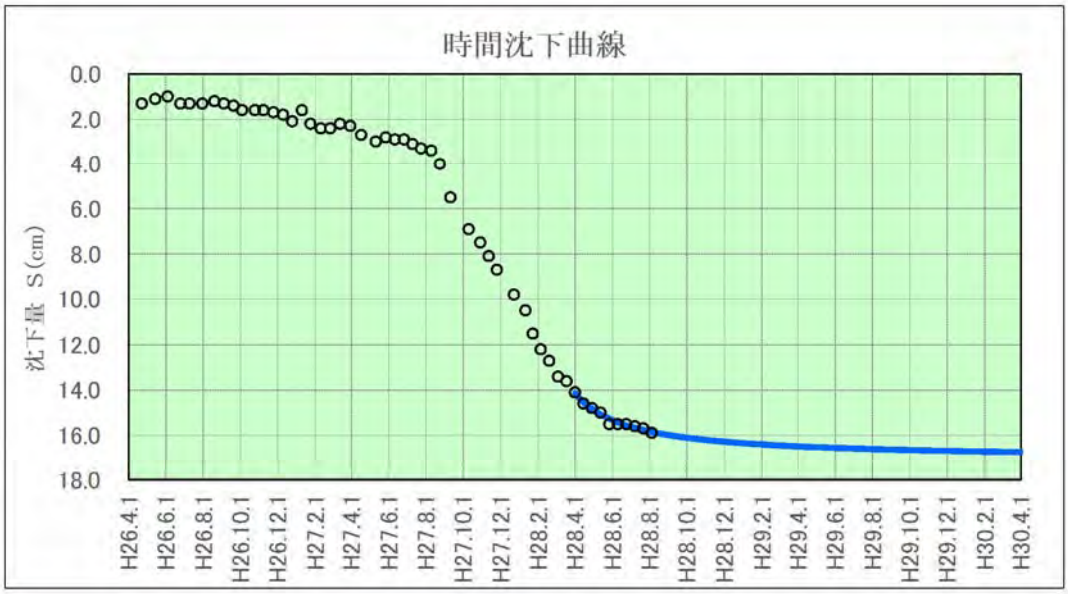
指定圧密度	90.00%
日　付	2017/04/07
沈下量	17.15(cm)
今後予測される沈下量	1.91(cm)



双曲線近似グラフ

測点 No.　　No.4(ポンプ棟)





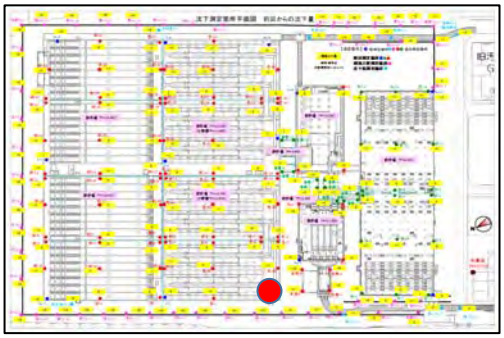
時間沈下曲線の開始日	2014/04/23
双曲線近似検討の起算日	2016/03/18
検討に用いた計測値の最終日	2016/08/05
計測最終日の沈下量	15.90(cm)
近似双曲線の係数 $S(t)=Sa+t/(\alpha+\beta t)$	Sa= 13.6
	α = 21.819
	β = 0.289
相関係数　r	r = 0.980
最終沈下量　Sf(cm)	17.06(cm)
検討時点の圧密度　U(%)	93.18
今後予測される沈下量SL(cm)	1.16(cm)

(1) 任意指定日

指定日	2017/3/31
沈下量	16.49(cm)
圧密度	96.62%
今後予測される沈下量	0.58(cm)

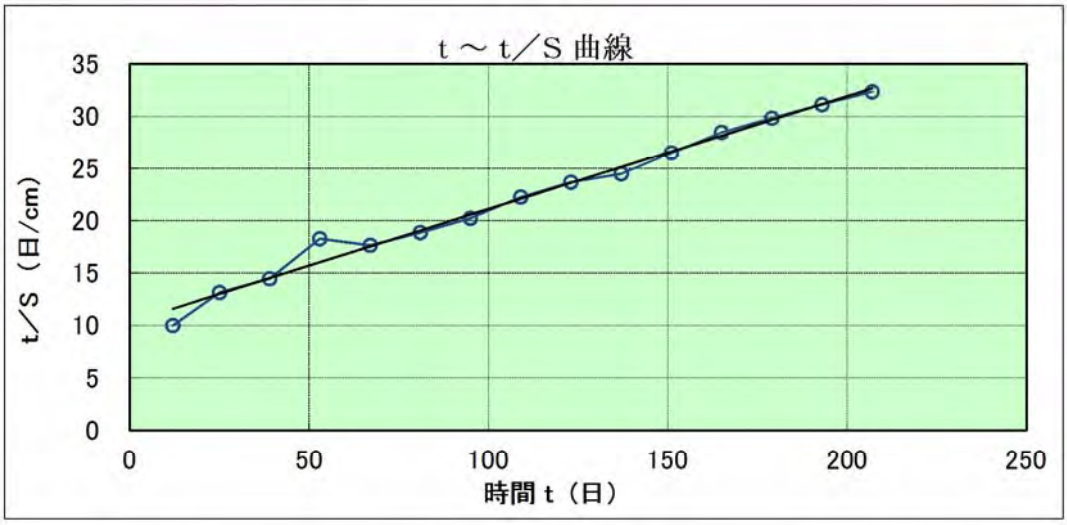
(2) 圧密度指定

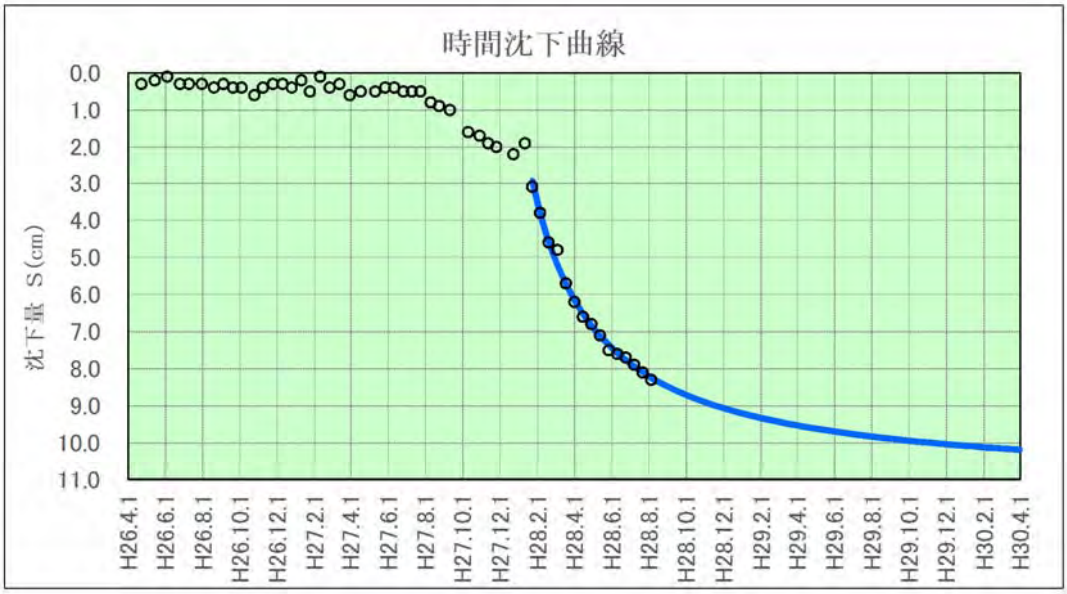
指定圧密度	90.00%
日　付	2016/06/03
沈下量	15.36(cm)
今後予測される沈下量	1.71(cm)



双曲線近似グラフ

測点 No.　No.5(反応1-1)





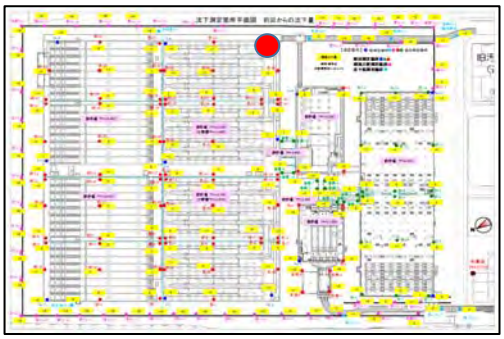
時間沈下曲線の開始日	2014/04/23
双曲線近似検討の起算日	2016/01/11
検討に用いた計測値の最終日	2016/08/05
計測最終日の沈下量	8.30(cm)
近似双曲線の係数 $S(t)=Sa+t/(\alpha+\beta t)$	Sa= 1.9
	α = 10.287
	β = 0.108
相関係数　r	r = 0.993
最終沈下量　Sf（cm）	11.15(cm)
検討時点の圧密度　U（%）	74.44
今後予測される沈下量SL（cm）	2.85(cm)

（1）任意指定日

指定日	2017/3/31
沈下量	9.52(cm)
圧密度	85.39%
今後予測される沈下量	1.63(cm)

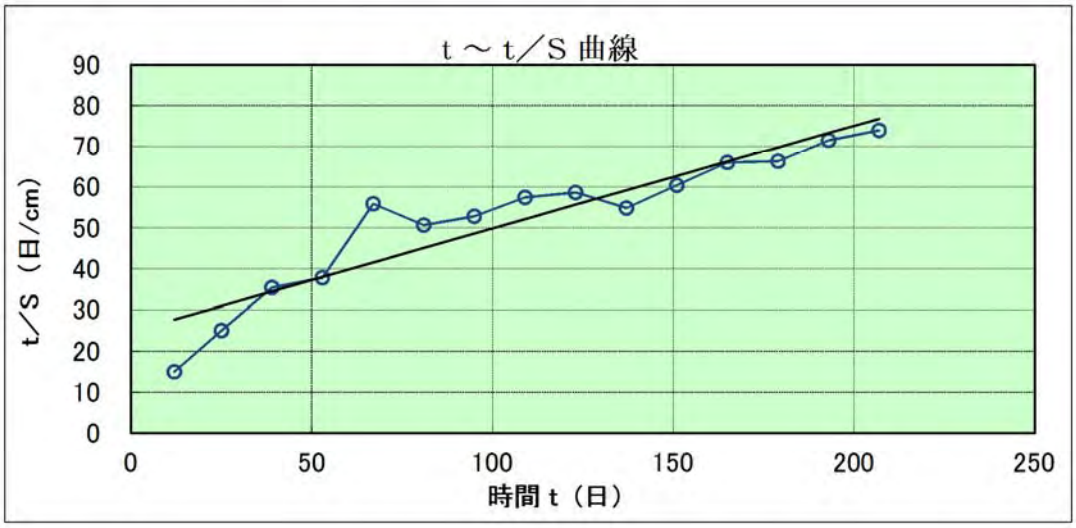
（2）圧密度指定

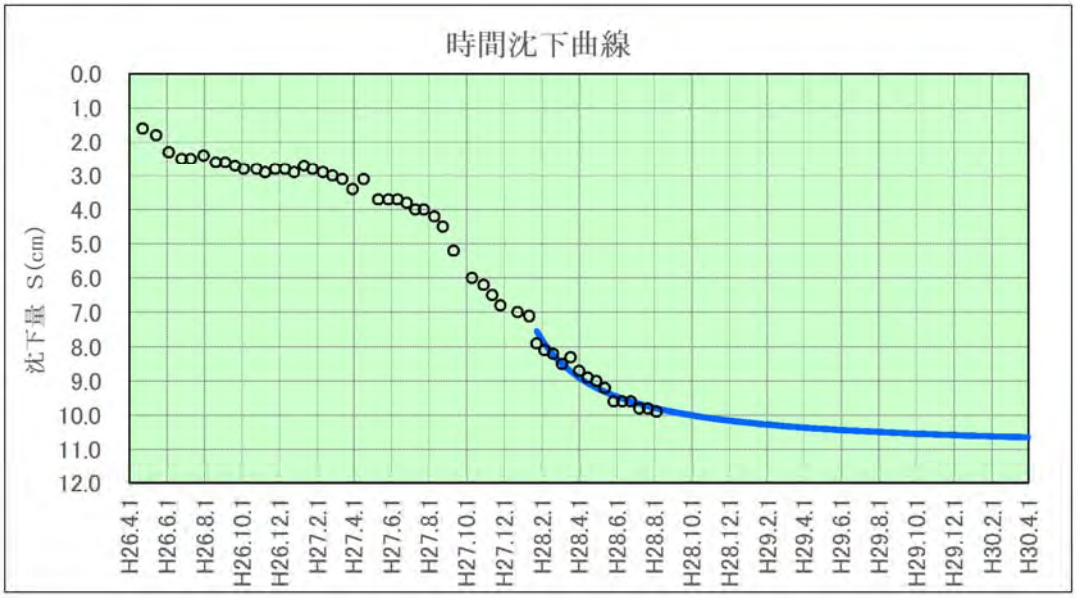
指定圧密度	90.00%
日　付	2017/12/05
沈下量	10.03(cm)
今後予測される沈下量	1.11(cm)



双曲線近似グラフ

測点 No.　　No.6(反応2-2)





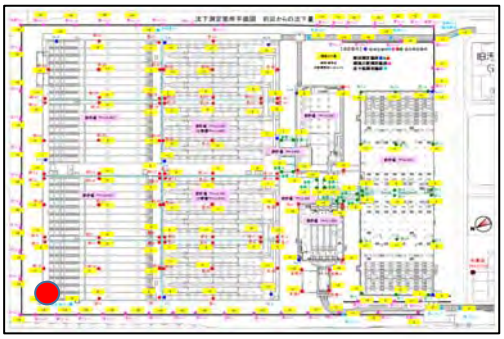
時間沈下曲線の開始日	2014/04/23
双曲線近似検討の起算日	2016/01/11
検討に用いた計測値の最終日	2016/08/05
計測最終日の沈下量	9.90(cm)
近似双曲線の係数 $S(t)=Sa+t/(\alpha+\beta t)$	Sa= 7.1
	α = 24.635
	β = 0.252
相関係数　r	r = 0.931
最終沈下量　Sf（cm）	11.07(cm)
検討時点の圧密度　U（%）	89.41
今後予測される沈下量SL（cm）	1.17(cm)

（1）任意指定日

指定日	2017/3/31
沈下量	10.36(cm)
圧密度	93.53%
今後予測される沈下量	0.72(cm)

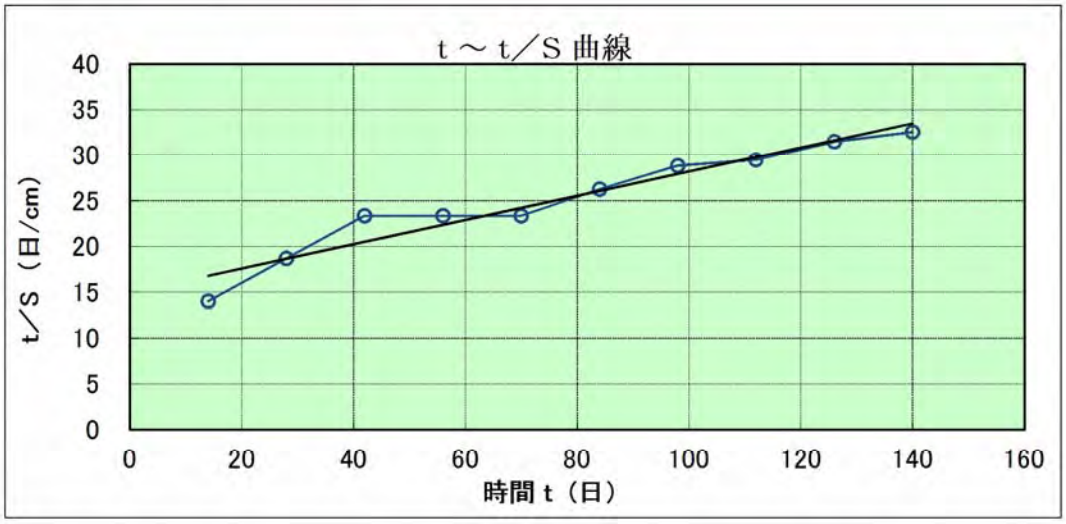
（2）圧密度指定

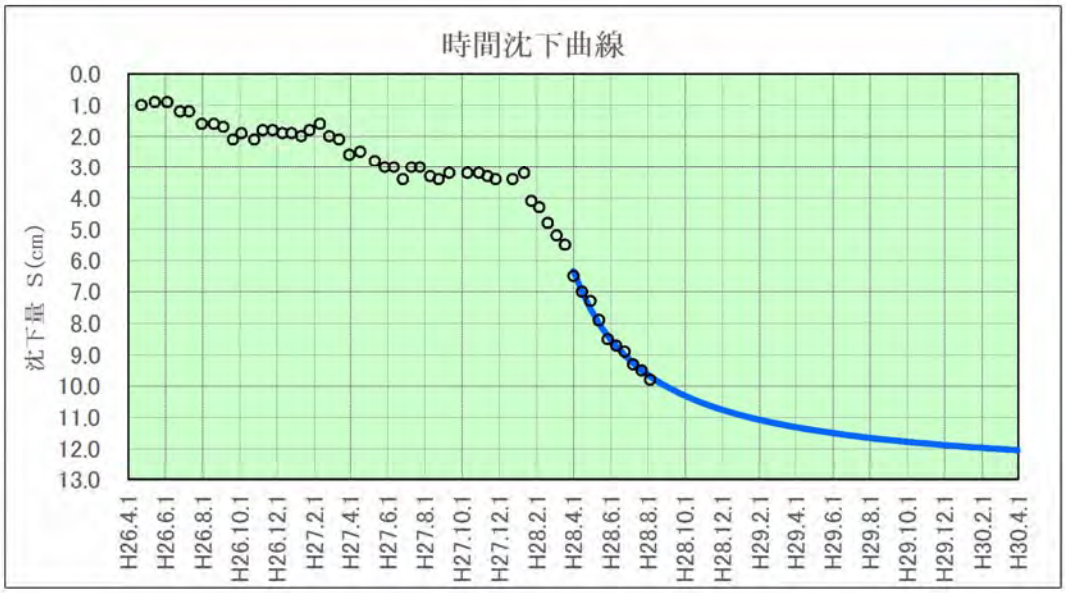
指定圧密度	90.00%
日　付	2016/09/20
沈下量	9.96(cm)
今後予測される沈下量	1.11(cm)



双曲線近似グラフ

測点 No.　　No.7(終沈1-1)





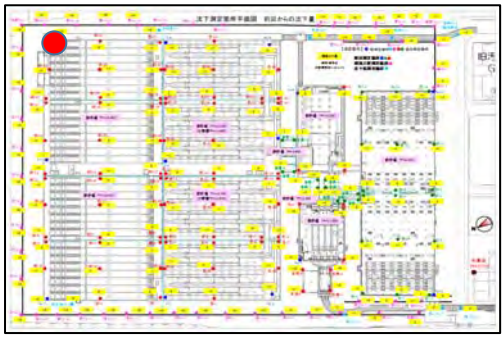
時間沈下曲線の開始日	2014/04/23
双曲線近似検討の起算日	2016/03/18
検討に用いた計測値の最終日	2016/08/05
計測最終日の沈下量	9.80(cm)
近似双曲線の係数 $S(t)=Sa+t/(\alpha+\beta t)$	Sa= 5.5
	α = 14.896
	β = 0.133
相関係数　r	r = 0.968
最終沈下量　Sf（cm）	13.03(cm)
検討時点の圧密度　U（%）	75.24
今後予測される沈下量SL（cm）	3.23(cm)

（1）任意指定日

指定日	2017/3/31
沈下量	11.30(cm)
圧密度	86.78%
今後予測される沈下量	1.72(cm)

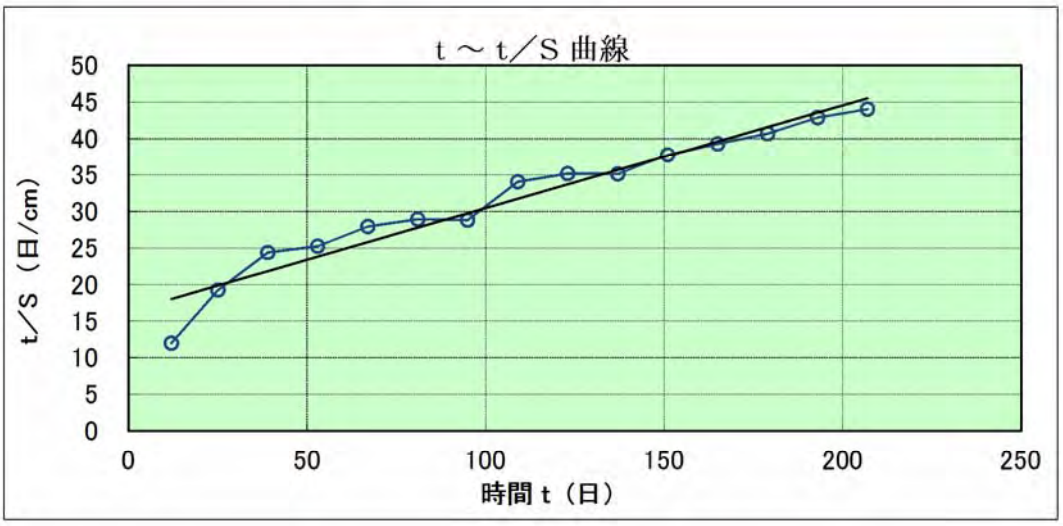
（2）圧密度指定

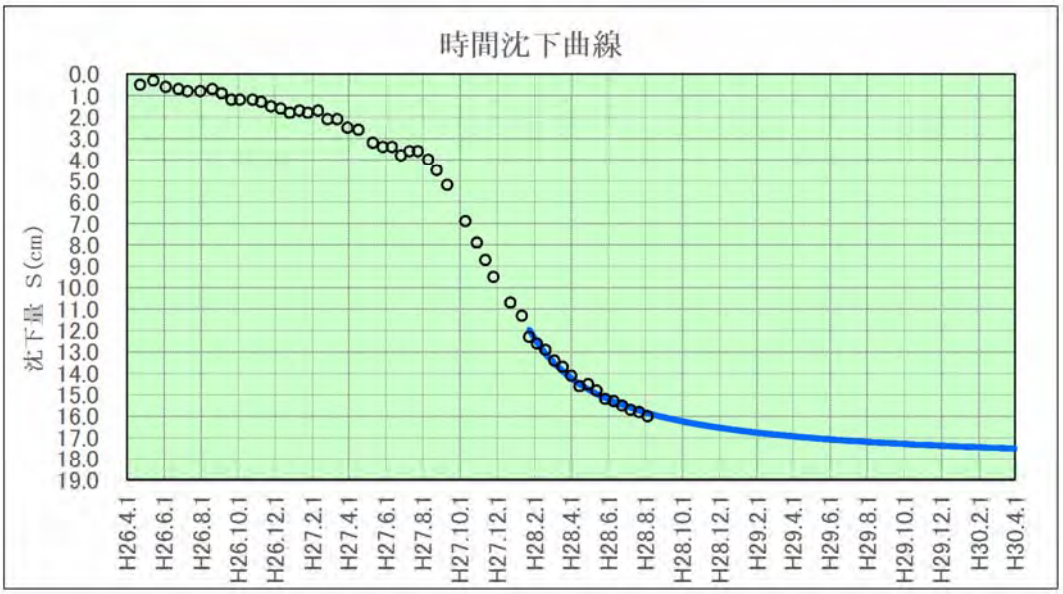
指定圧密度	90.00%
日　付	2017/09/04
沈下量	11.72(cm)
今後予測される沈下量	1.30(cm)



双曲線近似グラフ

測点 No.　　No.8(終沈2-2)





時間沈下曲線の開始日	2014/04/23
双曲線近似検討の起算日	2016/01/11
検討に用いた計測値の最終日	2016/08/05
計測最終日の沈下量	16.00(cm)
近似双曲線の係数 $S(t)=Sa+t/(\alpha+\beta t)$	Sa= 11.3
	α = 16.317
	β = 0.141
相関係数　r	r = 0.972
最終沈下量　Sf（cm）	18.39(cm)
検討時点の圧密度　U（%）	87.00
今後予測される沈下量SL（cm）	2.39(cm)

（1）任意指定日

指定日	2017/3/31
沈下量	16.93(cm)
圧密度	92.04%
今後予測される沈下量	1.46(cm)

（2）圧密度指定

指定圧密度	90.00%
日　付	2016/12/06
沈下量	16.55(cm)
今後予測される沈下量	1.84(cm)

7.4 沈下終息状況の予測

7.4.1 今後さらに予想される沈下量

以下の理由から、各施設の「今後さらに予想される沈下量」は、実測データに基づいた双曲線法によって得られた値を用いることとする。

なお、ここで示す「今後さらに予想される沈下量」とは、最終沈下量と実測値(16/8/5)の差分である。

- 沈砂池棟、ポンプ送風機棟、最初沈殿池については、二次元モデル（＝奥行き方向に壁のない断面のみの解析モデルが半無限状に続いている状態を仮定）を用いた FEM 弾塑性解析と実際の条件とが大幅に異なるため、解析結果と実測値に乖離がみられた。
- 一方、奥行き方向に連続性のある反応タンク、最終沈殿池については、FEM 弾塑性解析による沈下計算を実施したところ、最終沈殿池北側に設けた車路の影響を受けているものの概ね実測値と近似した結果が得られ、今後さらに予想される沈下量も、双曲線法で得られた値と概ね合致していた。

【E-E 断面】反応タンクにおける「今後さらに予想される沈下量」

- 双曲線法
  - 1 系（No.5）　：　2.85cm
  - 2 系（No.6）　：　1.17cm
- 「FEM 弾塑性解析」※
  - 1 系外端部　：　3.15cm
  - 2 系外端部　：　2.01cm

※ 上記の FEM 弾塑性解析による「今後さらに予想される沈下量」は、沈下終息時（1800 日）の解析値から、現状に最も近似した時点（1300 日）での解析値との差分を示している。

7.4.2 おおよその沈下終息時期

直近の沈下量実測結果のほか、一次元の圧密沈下計算や FEM 弾塑性解析による二次元圧密沈下計算による解析結果から、沈下は終息傾向にあると考えられる。

おおよその沈下終息時期（双曲線法による圧密度 90%に達する時期）は、下記のとおりと予想される。

2 系水処理施設（沈砂池含む）・・・2016 年内

1 系水処理施設（P 送風機棟含む）・・・2017 年内

7.4.3 沈下終息状況の予測

a) **方法**

沈下終息状況は、FEM 弾塑性解析結果と実現象では、概ね沈下傾向としては合致しているものの、最終沈下量には乖離がみられたため、沈下終息状況の予測は、下記方法に基づくものとする。

・沈下終息時の沈下量

実測値（沈下量）に、双曲線法により求められた「今後さらに予想される沈下量」を施設単位で一律加算して推定する。このとき、施設間にある管廊は、接続する側の施設の沈下量を加算する。このため、基本的に沈下傾向は現状のまま推移することが前提となっている。

・沈下終息時の目地開き量（水平変位）

実測値（目地開き量）に、各施設の構造計算から想定される地震時変位量を加算して推定する。

・沈下終息時の目地段差量（鉛直変位）

上記の「沈下終息時の沈下量」にて、各施設の沈下量が求まるため、この施設間の沈下量の差が EXP.J 部における段差量となる。このとき、構造物の鉛直方向の地震時変位量は計算されないため考慮しない。

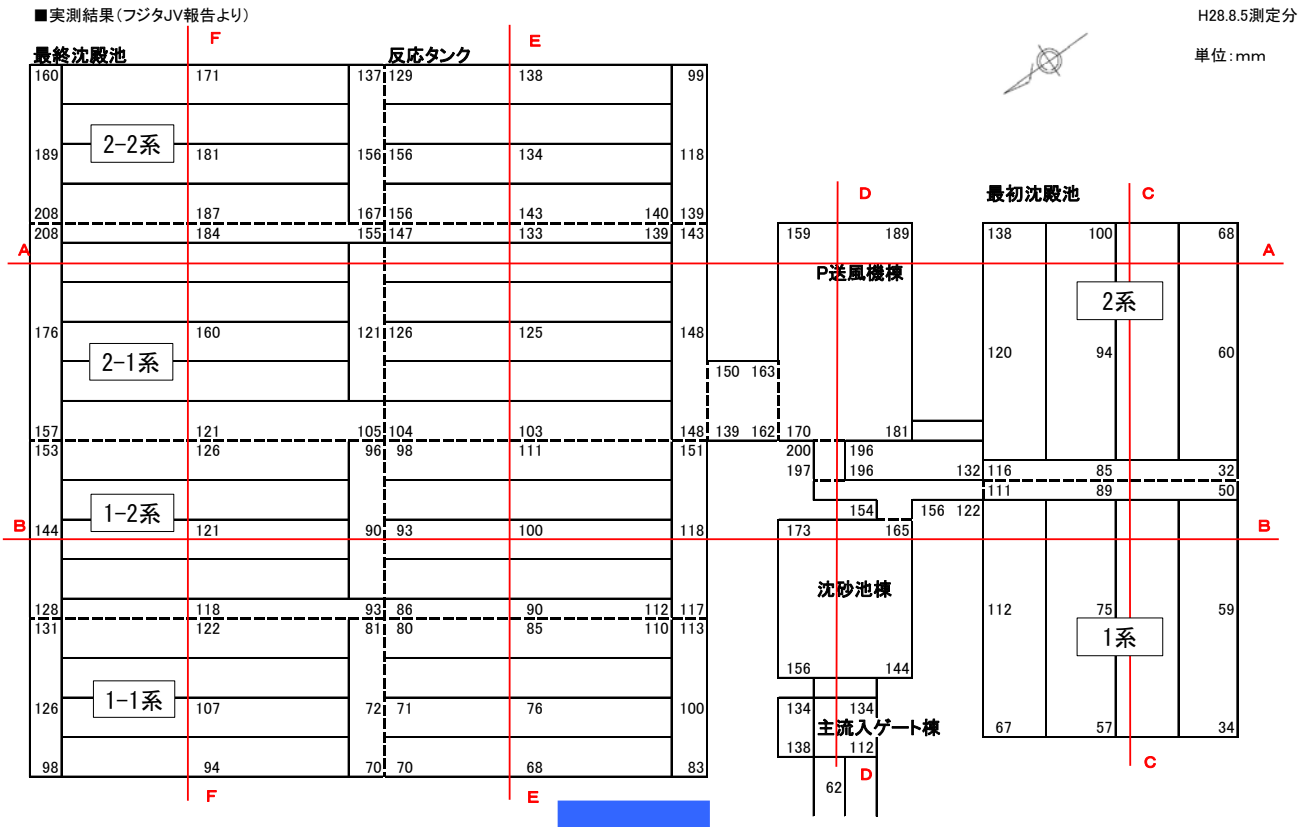
表 7.11 「今後さらに予想される沈下量」（双曲線法）

施設名		今後さらに予想される沈下量（mm）	備考
主流入ゲート棟		34.5	沈砂池に準じた
沈砂池棟		34.5	
最初沈殿池	1 系	10.5	
	2 系	18.1	
P 送風機棟		11.6	
反応タンク	1-1 系	28.5	
	1-2 系	28.5	1-1 系に準じた
	2-1 系	11.7	2-2 系に準じた
	2-2 系	11.7	
最終沈殿池	1-1 系	32.3	
	1-2 系	32.3	1-1 系に準じた
	2-1 系	23.9	2-2 系に準じた
	2-2 系	23.9	

※現時点とは 16/8/5 を指す

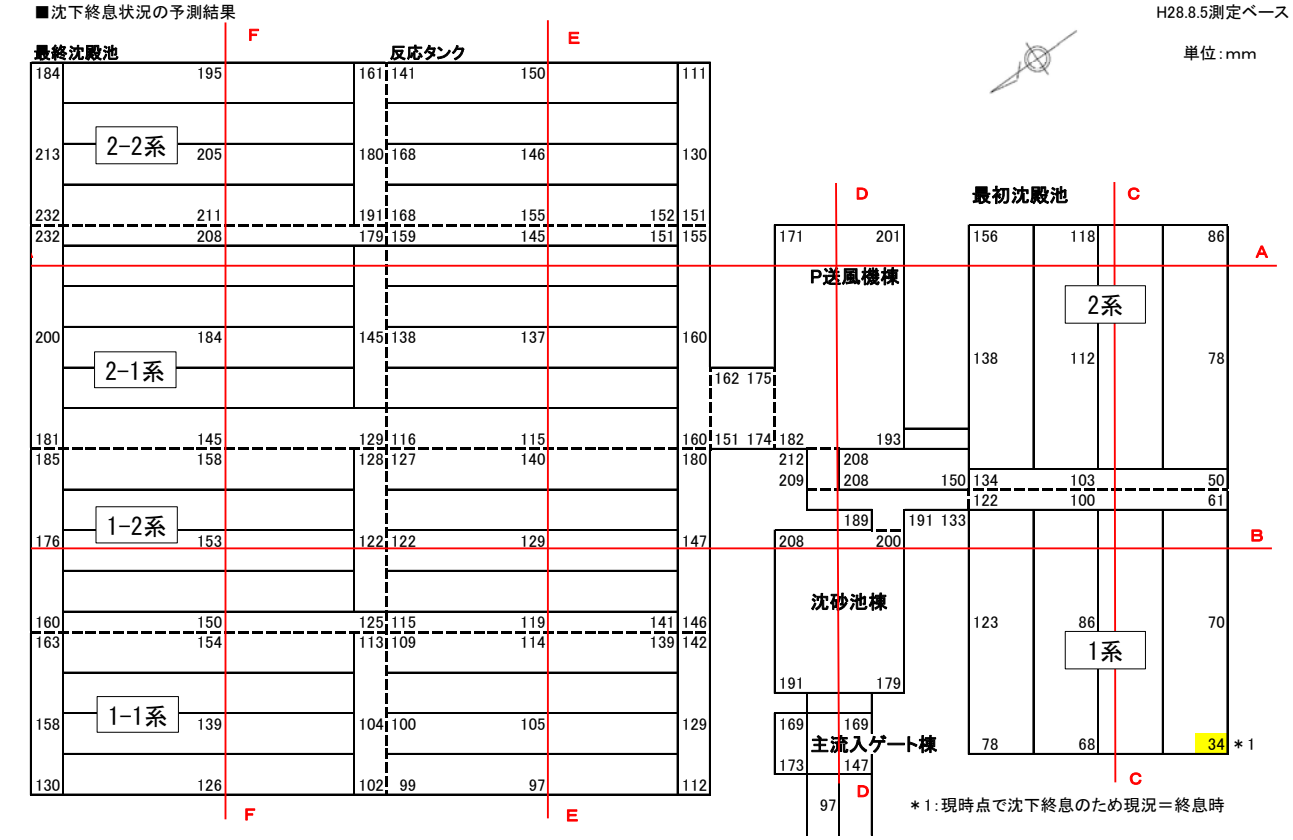
b） 沈下終息状況の予測

① 実測値（16/8/5）：平面図



実測値に、双曲線方による「今後さらに予想される沈下量」を加算する。

② 沈下終息状況の予測：平面図（実測値＋「今後さらに予想される沈下量」）

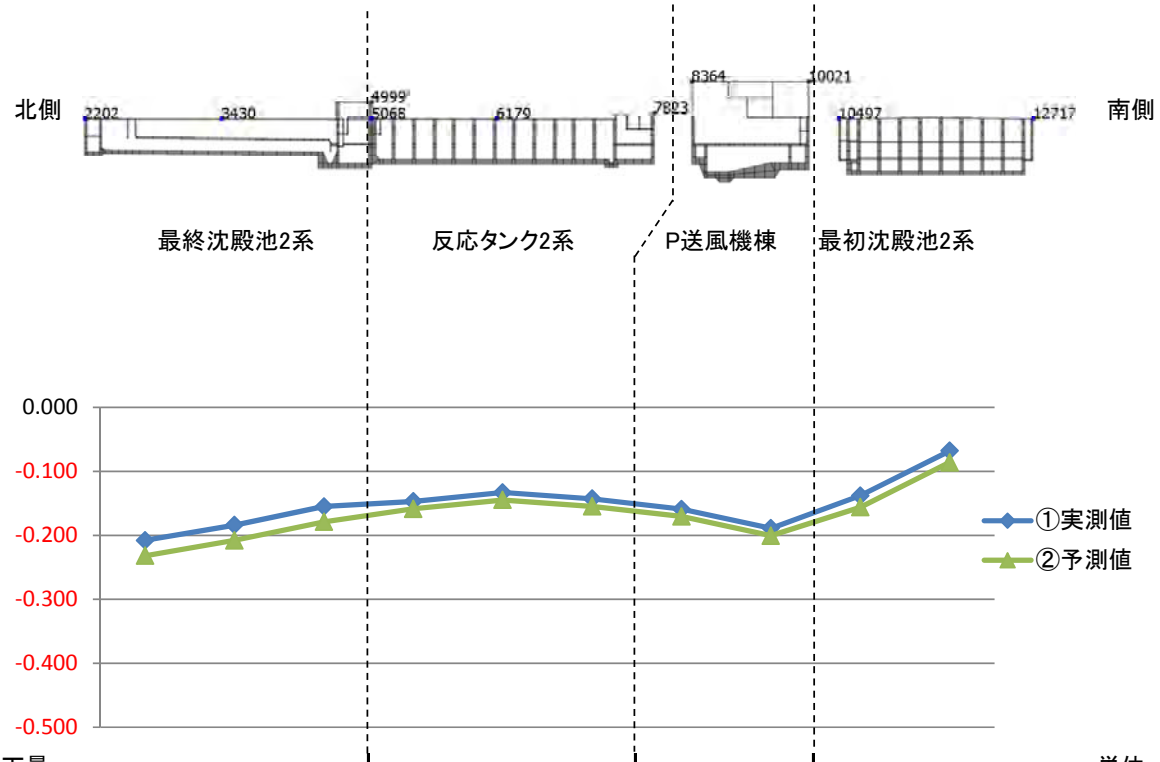


③沈下終息状況：断面図（実測値＋「今後さらに予想される沈下量」）

A-A～F-F 断面について、実測値及び予測値の対比一覧を示す。

■A-A 断面（2 系側の南北断面）

最終沈殿池～最初沈殿池　A-A断面



沈下量　←　→　←　→　←　→　　単位：m

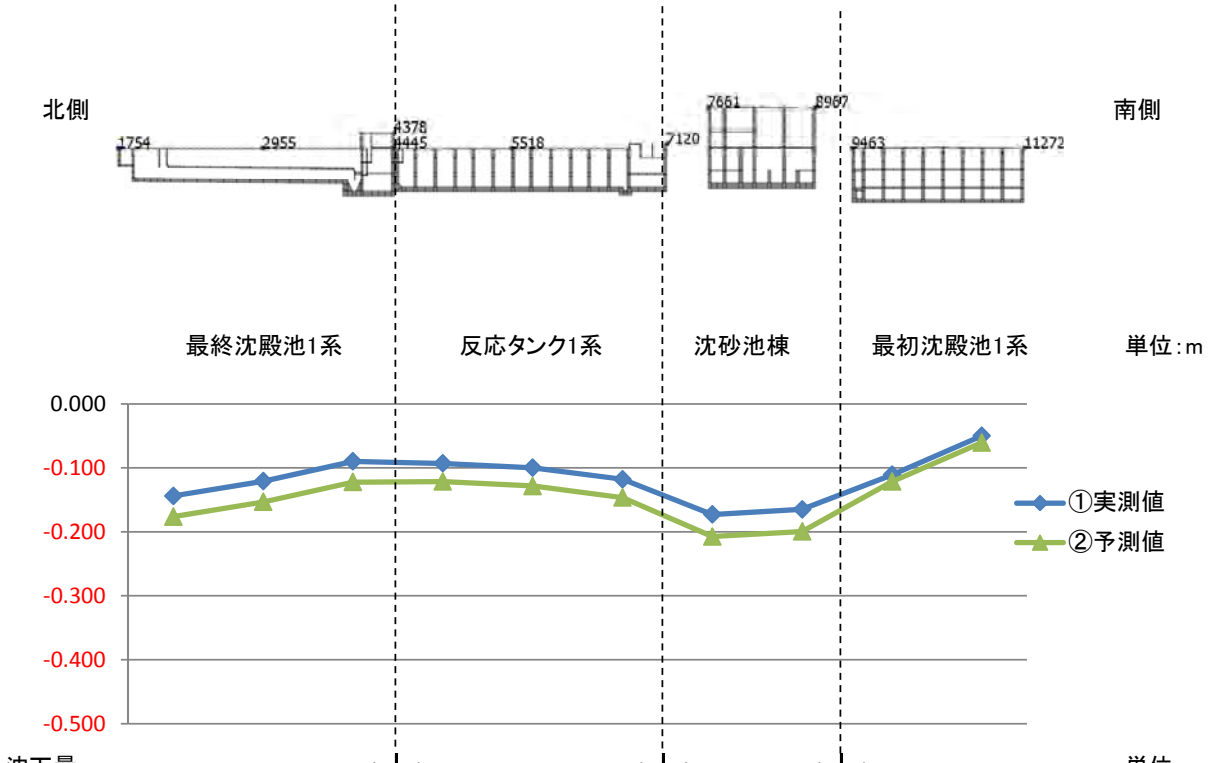
節点	2202	3430	4999	5068	6179	7823	8364	10021	10497	12717		
①実測値	-0.208	-0.184	-0.155	-0.147	-0.133	-0.143	-0.159	-0.189	-0.138	-0.068		
②予測値	-0.232	-0.208	-0.179	-0.159	-0.145	-0.155	-0.171	-0.201	-0.156	-0.086		
差②-①	-0.024	-0.024	-0.024	-0.012	-0.012	-0.012	-0.012	-0.012	-0.018	-0.018		

目地段差　　単位：m

節点	2202	3430	4999	5068	6179	7823	8364	10021	10497	12717		
①実測値	-0.208	-0.184	-0.155	-0.147	-0.133	-0.143	-0.159	-0.189	-0.138	-0.068		
ExpJ段差			0.008			0.016		0.051				
②予測値	-0.232	-0.208	-0.179	-0.159	-0.145	-0.155	-0.171	-0.201	-0.156	-0.086		
ExpJ段差			0.020			0.016		0.045				

■B-B 断面（1 系側の南北断面）

最終沈殿池～最初沈殿池　B-B断面



沈下量　　単位：m

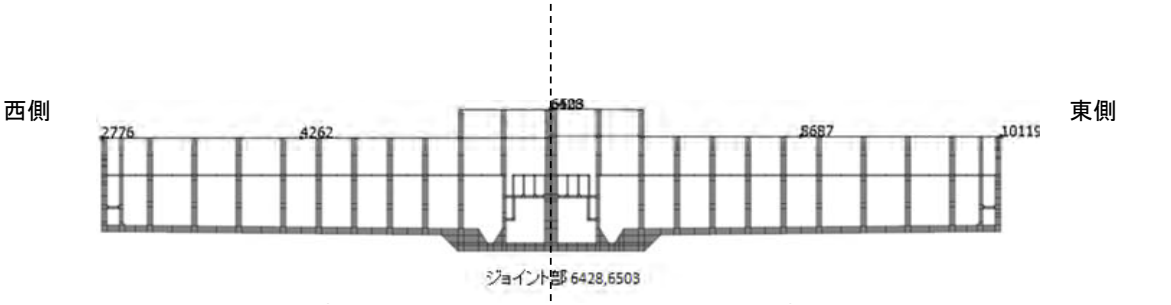
節点	1754	2955	4378	4445	5518	7120	7661	8967	9463	11272		
①実測値	−0.144	−0.121	−0.090	−0.093	−0.100	−0.118	−0.173	−0.165	−0.111	−0.050		
②予測値	−0.176	−0.153	−0.122	−0.122	−0.129	−0.147	−0.208	−0.200	−0.122	−0.061		
差②−①	−0.032	−0.032	−0.032	−0.029	−0.029	−0.029	−0.035	−0.035	−0.011	−0.011		

目地段差　　単位：m

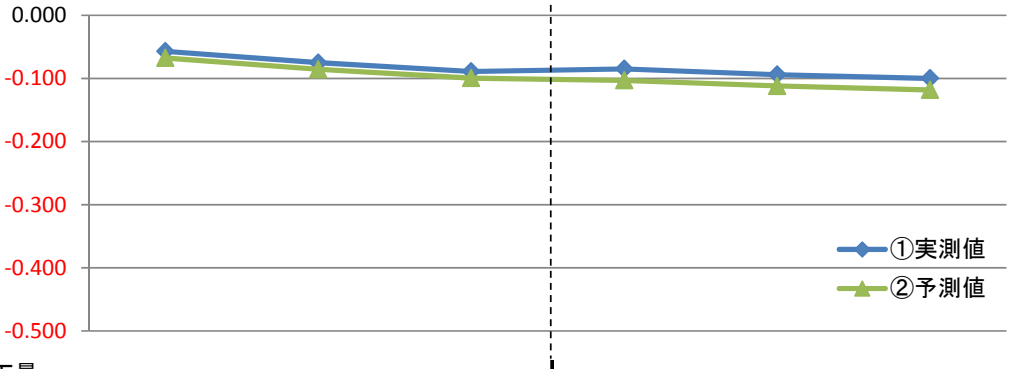
節点	1754	2955	4378	4445	5518	7120	7661	8967	9463	11272		
①実測値	−0.144	−0.121	−0.090	−0.093	−0.100	−0.118	−0.173	−0.165	−0.111	−0.050		
ExpJ段差			0.003			0.055		0.054				
②予測値	−0.176	−0.153	−0.122	−0.122	−0.129	−0.147	−0.208	−0.200	−0.122	−0.061		
ExpJ段差			0.001			0.061		0.078				

■C-C 断面（最初沈殿池）

最初沈殿池　C-C断面



単位：m



沈下量　←|→　単位：m

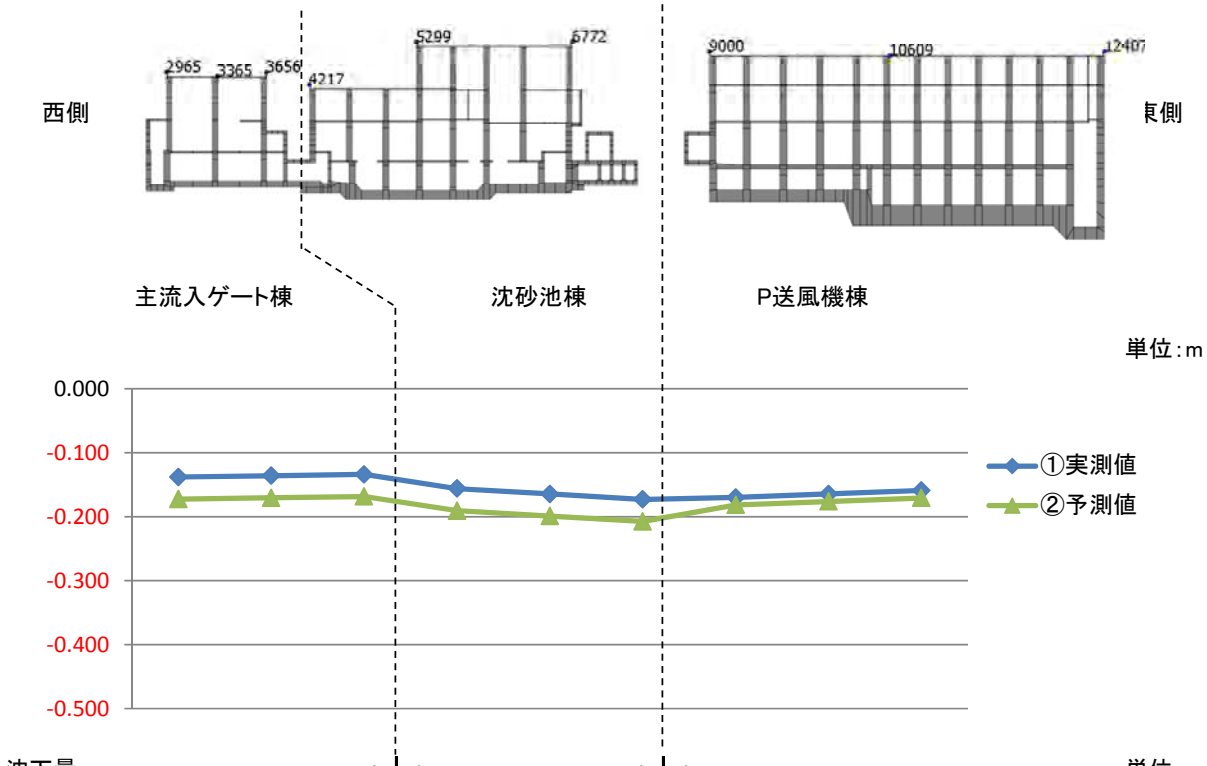
節点	272	304	32	1	129	161	
①実測値	-0.057	-0.075	-0.089	-0.085	-0.094	-0.100	
②予測値	-0.068	-0.086	-0.100	-0.103	-0.112	-0.118	
差②-①	-0.011	-0.011	-0.011	-0.018	-0.018	-0.018	

目地段差　単位：m

節点	272	304	32	1	129	161	
①実測値	-0.057	-0.075	-0.089	-0.085	-0.094	-0.100	
ExpJ段差			0.004				
②予測値	-0.068	-0.086	-0.100	-0.103	-0.112	-0.118	
ExpJ段差	-0.011	-0.011	0.004		-0.018	-0.018	

■D-D 断面（P 送風機棟-沈砂池棟）

P送風機棟・沈砂池棟　D-D断面



沈下量　　単位：m

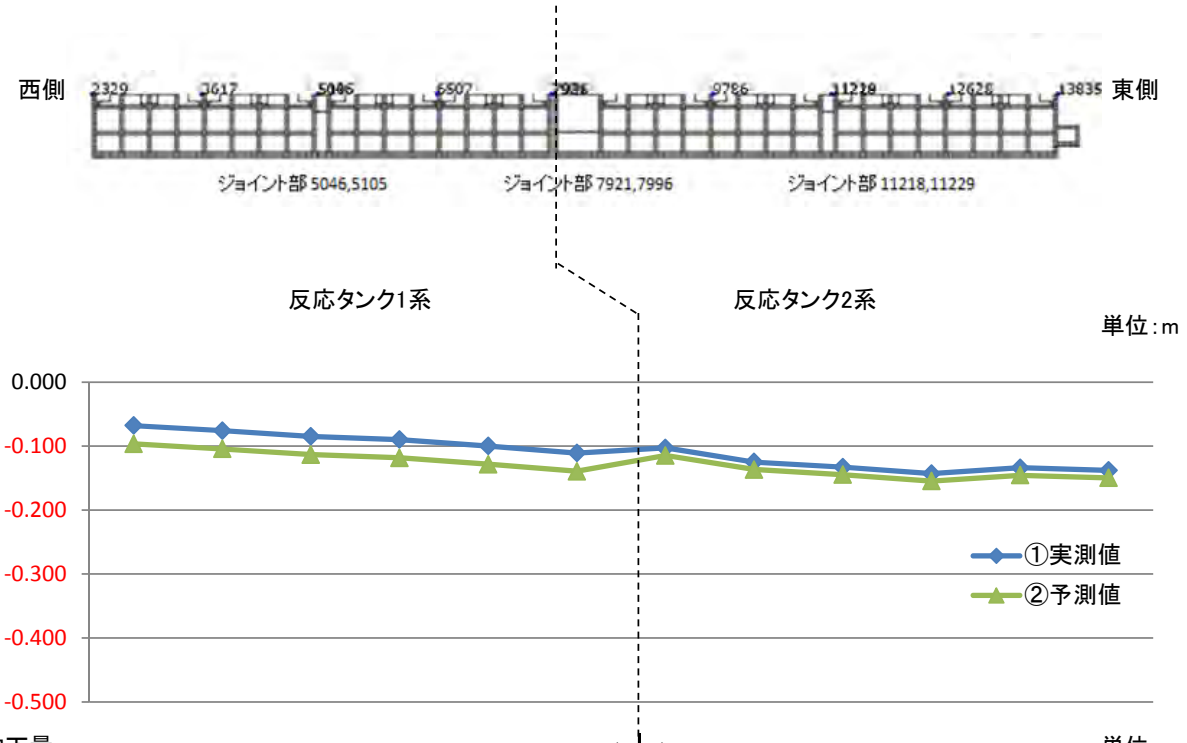
節点	2965	3365	3656	4217	5299	6772	9000	10609	12407			
①実測値	−0.138	−0.136	−0.134	−0.156	−0.165	−0.173	−0.170	−0.165	−0.159			
②予測値	−0.173	−0.171	−0.169	−0.191	−0.199	−0.208	−0.182	−0.176	−0.171			
差②-①	−0.035	−0.035	−0.035	−0.035	−0.035	−0.035	−0.012	−0.012	−0.012			

目地段差　　単位：m

節点	2965	3365	3656	4217	5299	6772	9000	10609	12407			
①実測値	−0.138	−0.136	−0.134	−0.156	−0.165	−0.173	−0.170	−0.165	−0.159			
ExpJ段差			0.022			0.003						
②予測値	−0.173	−0.171	−0.169	−0.191	−0.199	−0.208	−0.182	−0.176	−0.171			
ExpJ段差			0.022			0.026						

■E-E 断面（反応タンク）

反応タンク E-E断面



沈下量 ←→ 単位：m

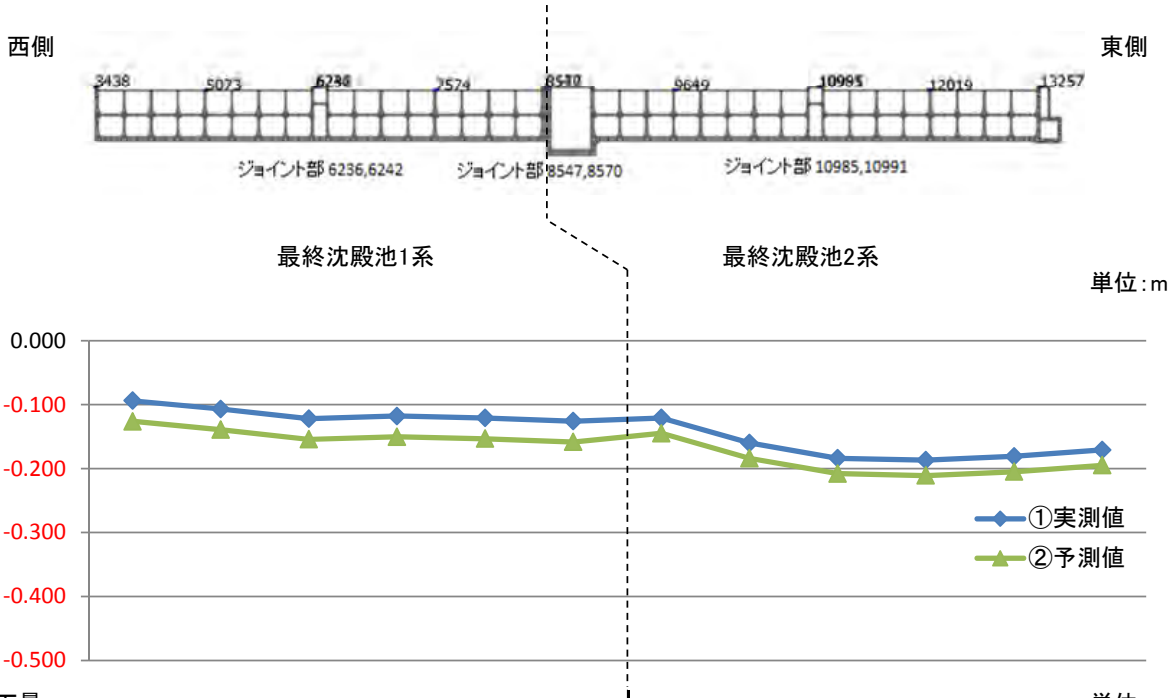
節点	2329	3617	5046	5105	6507	7921	7996	9786	11218	11229	12628	13835
①実測値	−0.068	−0.076	−0.085	−0.090	−0.100	−0.111	−0.103	−0.125	−0.133	−0.143	−0.134	−0.138
②予測値	−0.097	−0.105	−0.114	−0.119	−0.129	−0.140	−0.115	−0.137	−0.145	−0.155	−0.146	−0.150
差②−①	−0.029	−0.029	−0.029	−0.029	−0.029	−0.029	−0.012	−0.012	−0.012	−0.012	−0.012	−0.012

目地段差 単位：m

節点	2329	3617	5046	5105	6507	7921	7996	9786	11218	11229	12628	13835
①実測値	−0.068	−0.076	−0.085	−0.090	−0.100	−0.111	−0.103	−0.125	−0.133	−0.143	−0.134	−0.138
ExpJ段差			0.005			0.008			0.010			
②予測値	−0.097	−0.105	−0.114	−0.119	−0.129	−0.140	−0.115	−0.137	−0.145	−0.155	−0.146	−0.150
ExpJ段差			0.005			0.025			0.010			

■F-F 断面（最終沈殿池）

終沈沈殿池　F-F断面



沈下量　　←　→　　単位：m

節点	3438	5073	6236	6242	7574	8547	8570	9649	10985	10991	12019	13257
①実測値	−0.094	−0.107	−0.122	−0.118	−0.121	−0.126	−0.121	−0.160	−0.184	−0.187	−0.181	−0.171
②予測値	−0.126	−0.139	−0.154	−0.150	−0.153	−0.158	−0.145	−0.184	−0.208	−0.211	−0.205	−0.195
差②−①	−0.032	−0.032	−0.032	−0.032	−0.032	−0.032	−0.024	−0.024	−0.024	−0.024	−0.024	−0.024

目地段差　　単位：m

節点	3438	5073	6236	6242	7574	8547	8570	9649	10985	10991	12019	13257
①実測値	−0.094	−0.107	−0.122	−0.118	−0.121	−0.126	−0.121	−0.160	−0.184	−0.187	−0.181	−0.171
ExpJ段差			0.004			0.005			0.003			
②予測値	−0.126	−0.139	−0.154	−0.150	−0.153	−0.158	−0.145	−0.184	−0.208	−0.211	−0.205	−0.195
ExpJ段差			0.004			0.013			0.003			

8 沈下要因について

本事業は、日最大汚水量 40 万 m^3/日（処理人口約 70 万人）という下水道施設では全国屈指の規模を、約 4 年半という短い期間のなかで全面復旧を達成している。特に、多数の大規模な構造物を近接するかたちで同時に建設される等、下水道事業としても国内でも前例のない非常に特殊な事業であった。

ここでは、沈下要因として考えられる事項について整理する。

8.1 沈下要因の区分

本現場で発生している沈下現象の主たる要因は、これまでの検証結果から、粘性土層「Dc1 層」の圧密沈下であると言えるが、実際には場所によって沈下量が異なっており、沈下傾向に規則性がない不同沈下現象として確認されていることから、要因の分析に当たっては、「圧密沈下」、「不同沈下」に分けて考察を行うものとする。

8.2　圧密沈下の要因

8.2.1 事業の特殊性からの考察

・ 本事業は、東日本大震災によって一瞬にして機能を失った大規模な処理施設を一体的かつ短期間に全面復旧させるという極めて特殊な事業であった。

8.2.2 設計における支持層評価手法からの考察

・ 4.2より、粘性土層「Dc1 層」は、地質年代、周辺地盤との連続性のほか、既往調査に基づく強度特性から、比較的硬い洪積粘性土層として評価しているが、詳細な土質調査を実施しておらず、地質年代からの判断も難しい地層であった。

8.2.3 今回土質調査結果からの考察

・ 6.3の室内土質試験結果では、正規圧密からやや過圧密傾向にあり、十分な圧密降伏応力を有していない。
・ 6.4の層別沈下計の計測結果より、「Dc1 層」の沈下が支配的であることが判明した。

8.2.4 沈下解析結果からの考察

・ e-logP 曲線による一次元解析　による沈下現象の再現
7.1で実施した一次元解析において、施工ステップに応じた「Dc1 層」への積載荷重と沈下想定の関係と実際の沈下傾向が概ね近似する結果となり、「Dc1 層」の圧密沈下が再現された。
・ 二次元 FEM 解析　による沈下現象の再現
7.2で実施した二次元 FEM 弾塑性解析において、実際の沈下状況と概ね近似する結果となった。層別沈下量は、「Dc1 層」が支配的であるとの結果となり、「Dc1 層」の圧密沈下が再現された。また、沈下傾向として盛土の影響・水張りの影響が顕著であることも再現された。

8.2.5 施工面からの考察

・ 5.1で実施した施工着手前における設計照査は、設計検討書を追認しており、周辺他工事の情報収集・分析や設計への詳細ヒアリングの実施等、地盤特性についての慎重かつ詳細な照査にまで至らなかった。
・ 5.2、5.4、5.5にあるように工法変更にあたっては、着手時の設計の考えを踏襲していたことから、粘性土層の沈下リスクに対する配慮が不足していた。
・ 5.6にあるように、底盤打設後の沈下計測から 1 年以上に渡り緩やかに沈下が継続していたが、即時沈下以外の要因を考慮するに至らなかった。
・ 5.6にあるように、水張り試験の実施後、急激な沈下が確認されたが、通水時期が指定されているとはいえ、この時点でも要因の検討に至らなかった。

8.2.6 圧密沈下要因のまとめ

圧密沈下要因に関する考察結果をまとめると、以下のとおりである。

(1) 大規模施設を一体的かつ短期間に設計・施工するに当たっては、単純に構造物、盛土、各々の荷重に対する影響検討だけでなく、相互の重ね合わせによる沈下影響や地盤変状について、FEM 弾塑性解析等を用いた検討も必要であることが新たな知見として判明した。

(2) 設計時において粘性土層「Dc1 層」は、地質年代、周辺地盤との連続性、既往調査に基づく強度特性から洪積層と評価していたが、必ずしも圧密沈下を無視してもよい粘性土層とは断定できない地盤であった。

(3) 沈下が顕在化した後の室内土質試験結果では、十分な圧密降伏応力を有しておらず、層別沈下計による測定結果からも「Dc1 層」の沈下が支配的であった。

(4) 施工段階における設計照査は、設計検討書を追認しており、現場での工法変更においても、粘性土層の沈下リスクに対する配慮が不足していた。

(5) 施工初期段階においては、沈下現象は砂質層の即時沈下と特定していた。また、水張り試験の実施に伴う急激な沈下発生後においても要因の検討に至らなかった。

(1) について

・事業の特殊性について

本施設は国内でも有数の大規模な下水処理場であり、約半世紀にわたり建設が行われてきたが、東日本大震災によって一瞬にして失われた処理機能を可及的速やかに全面復旧させるため、ほぼすべての水処理施設を一体的かつ短期間で作り替えるという極めて特殊な事業であった。

このため、大規模施設を一度に建設するにあたり、単純に構造物、盛土、各々の荷重に対する影響検討だけでなく、相互の重ね合わせによる沈下影響や地盤変状について、FEM 弾塑性解析等を用いた検討も必要であることが新たな知見として判明した。

なお、「H19JS 指針」では、構造物や盛土の荷重による圧密沈下の検討はそれぞれ記述されているが、重ね合わせ荷重の検討については、要否が明記されていないことから、検討が不十分になったと思われる。

また、大規模施設は施設幅も大きいため、底盤下部における鉛直応力の影響範囲は広がる傾向にあり、沈下検討対象土層が広がることになるため、粘性土層の沈下に対して配慮が必要であったと思われる。

(2) について

・洪積粘性土層の沈下の可能性について

粘性土層「Dc1 層」は、本現場内の既往調査による地層の定義を重視し、かつ設計時における地質文献に記された洪積層の出現深度との類似性を確認し、洪積層として評価していた。また、平成 4 年度　仙台市南蒲生下水処理場実施設計業務委託（地質調査）の試験結果より、「Dc1 層」の一軸圧縮強度は、124～166kN/㎡であったことから、文献に示された沖積粘土層の一軸圧縮強度（平均 50～60 kN/㎡）よりもかなり大きいことから、洪積層として評価していた。

このように設計時は、粘性土層「Dc1 層」を洪積層として評価していたことから、あくまで「H19JS 指針」に準拠し、洪積粘性土層の圧密沈下の可能性を追究するに至らず、粘性土層の圧密試験を実施しなかった。このため、洪積層と判断した粘性土層とは言え、圧密沈下を無視し得る地層であったかどうかについては、より慎重な判断が必要であったと思われる。

(3) について

・圧密降伏応力度について

平成 4 年度　仙台市南蒲生下水処理場実施設計業務委託（地質調査）の試験結果では、「Dc1 層」の圧密降伏応力は Pc≒3.0kgf/cm^2（300kN/㎡）であるが、設計段階においては、躯体自重及び盛土による各々の加重に対して、支持力を有していることを確認していた。

しかし、「Dc1 層」は洪積層として判断していたことから、圧密検討の実施に至っていなかったが、沈下が顕在化した後の地質調査の結果を用いて、躯体自重と盛土の重ね合わせ荷重を考慮した再検証を実施したところ、圧密降伏応力を上回る箇所が発生した。

また、沈下が顕在化した後、本現場内の盛土造成がなされている東西 2 地点に層別沈下計を設置し得られた各層の沈下量計測結果より、沈下発生個所は「Dc1 層」であることが確認された。このことから、現在の沈下現象は「Dc1 層」の圧密沈下が主たる要因であることが明らかとなった。

なお、沈下が顕在化した後の地質調査で得られた圧密特性を用いて、新設した施設について、e-logP 法による一次元圧密解析や二次元 FEM 解析を実施した。その結果、実際に現場で計測された沈下量と概ね近似する結果が得られた。特に、先行して水荷重を載荷したことによる 2 系側の先行沈下等の時系列的な相関に加え、盛土による影響や、躯体重ね合わせ荷重による 1 系中央と 2 系中央付近の沈下傾向（W 字形沈下）及び「Dc1 層」の圧密沈下が再現されたと言える。

(4) について

工事着手前の設計照査及び工法変更時点においては、粘性土層「Dc1 層」は洪積層であるとの設計時の判断を追認していたが、周辺他工事の情報収集・分析や設計への詳細ヒアリング実施等、地盤特性についてより慎重な照査を実施する必要があったと思われる。

(5) について

施工初期段階の沈下は、設計で想定していた即時沈下と判断していた。

沈下を確認した時点で周辺他工事の情報収集や要因分析を設計と連携して行い、地盤特性の再評価を実施する必要があったと思われる。

また、沈下計測を継続実施し、緩やかな沈下が確認されていたことから、計測結果の分析をより慎重に実施し、設計と連携を図る等、圧密沈下の可能性についての評価が必要であったと思われる。

水張り試験の実施により、急激な沈下が確認されたが、次系列の水張り試験や、盛土工事を継続実施したことにより、さらに沈下が拡大したものと考えられる。通水時期が指定されているとはいえ､慎重かつ迅速な判断が必要であったと思われる。

【まとめ】

今回の検証を通じて、粘性土層「Dc1 層」は「H19JS 指針」に記載のある「一般に圧密沈下を無視し得る洪積地盤」には該当せず、地盤特性を把握し慎重に沈下検討を行うべき土層であったと言える。

また、新水処理施設は、敷地制約として同一敷地内で暫定処理施設を稼働させながら作り替えるため、施設のコンパクト化を図る必要があった。このため、最初沈殿池及び最終沈殿池は 2 階層沈殿池、反応タンクは深槽の施設計画となり、旧施設に比べ単位面積当たりの重量が大きくなる傾向にあったことから、圧密沈下に対する配慮が必要であったと思われる。

さらに、今回の施設のように、構造物としても大規模かつ複数の EXP.J で分断された施設においては、施設同士の重ね合わせ荷重も発生することから、設計時においては、「H19JS 指針」には検討要否が明記されていないものの、慎重な判断が必要であったと思われる。

施工段階においては、不測の事態が発生した際の設計・施工が一体的となった検討を行う体制作りも必要と思われる。

8.3 不同沈下の要因

8.3.1 地中応力の不均衡からの考察

・ 構造物が大規模であり、かつ外周部に盛土がある状態に対し、中央部は盛土の影響がなく、管廊部分の荷重が水槽部に比べて小さいことから、地中応力に不均衡が生じた。
・ 2 系側の水槽に水荷重を先行載荷したことにより、最大荷重の載荷時期に不均衡が生じた。

8.3.2 施工面からの考察

・ 地下水位の回復を確認していない状態で、仮設斜路による盛土荷重を加えたことは、現時点の局所的な不同沈下の一つの要因となったと考えられる。

8.3.3 今回土質調査結果からの考察

・ 6.1より、粘性土層「Dc1 層」の層厚・出現深度にはばらつきが見られ、かつ「Dc1 層」の中に砂質土層が狭在していた。
・ 6.3より、「Dc1 層」の圧密降伏応力は、調査位置や深度でかなりのばらつきがみられた。

8.3.4 不同沈下要因のまとめ

不同沈下要因に関する考察をまとめると、以下のとおりである。

(1) 構造物が大規模であり、かつ、外周部に盛土がある状態に対し、中央部は盛土の影響がなく、管廊部分の荷重が水槽部に比べて小さいことから、地中応力に不均衡が生じた。 (2) 2 系側の水槽に水荷重を先行載荷したことにより、最大荷重の載荷時期に不均衡が生じた (3) 施工上、盛土形式の仮設進入路を追加変更したが、地下水の回復を確認していない状態で局所的な盛土荷重を加えたため、粘性土層「Dc1 層」の沈下を助長させた可能性がある。(局所的な積載荷重の増加) (4) 沈下が顕在化した後の地質調査結果では、「Dc1 層」の層厚・出現深度にはばらつきが見られ、砂層の狭在も確認された。また、圧密降伏応力についても、ばらつきがみられた。これらのことから、不同沈下の一因とは考えられるが、解析の結果から主たる要因ではないと判断した。

(1) について

本水処理施設の場合、荷重が地盤へ与える応力は、構造物が大規模（200m×200m）であり、かつ、周辺部に盛土（7m）がある状態に対し、中央部に位置する管廊部分の荷重が小さいことや、盛土の影響もないことから、中央付近の地盤内応力が小さくなり、不均衡な分布となる。

このため、局所的に応力が集中した部分が発生し、荷重の載荷状態と連動し地盤内応力が不均一に分布することに加え、各系列間が EXP.J で 4 つの構造物に分離されているため、EXP.J 部でのズレと折れ曲がりが生じ、構造物全体において不同沈下が生じたものと考えられる。

この地盤内応力分布は、7.2 の FEM 弾塑性解析結果や、9.3.3の 3 次元弾性解析結果で得られた沈下状況の傾向と一致しており、応力の不均衡がもたらす不同沈下について再現されたと言える。

(2) について

2 系の先行供用開始時期が指定されてはいるが、2 系側に水荷重を先行載荷したことで、2 系側の地盤内応力増加が進行し、構造物全体において不同沈下が生じたものと言える。また、7.2 の FEM 弾塑性解析結果より、不同沈下の主たる要因として水荷重の先行載荷の影響が顕著であることも再現された。

(3) について

構造物のスラブ上から作業が必要なため、盛土形式の仮設進入路を追加変更したが、施工中、局所的に地盤内の応力が増加した部分が発生し、現時点の不同沈下の要因の一つとなったことも考えられる。

一部供用開始時期の指定があったものの、「Dc1 層」への影響に留意した、より慎重な施工計画の立案や粘土層の再評価の実施が必要であったと思われる。

(4) について

設計段階では「Dc1 層」は新水処理施設底盤下に単層かつ均一に広がっていると想定していたが、沈下が顕在化した後の地質調査の結果、層厚や出現深度にばらつきがあることを確認した。

また、部分的に「Dc1 層」の中に砂質土層が狭在していることも確認された。地質性状や圧密特性についても、単層として同一に扱っていたが、実際には調査位置や深度によって、性状が異なっており、ばらつきがあることを確認できたことから不同沈下の一因であることは想定されるが、解析の結果、「Dc1 層」の層厚と沈下傾向との間に相関が見られなかったことから、主たる要因ではないと判断した。

【まとめ】

本現場で発生している「不同沈下」現象の主たる要因として、圧密層に対して、大規模かつ広範にわたる構造物を一度に施工するにあたり、地中応力の不均衡の発生や施工時における局所的な載荷（水張り順序による荷重の不均衡）等、複数の事象が重なり、結果として設計・施工で想定していなかった「不同沈下」現象が発生したと言える。

8.4 沈下要因のまとめ

新水処理施設は東日本大震災の災害復旧として、市域の約 7 割の人口を対象とした晴天時処理能力 400,000m^3/日の施設を短期間に一体的に築造するという、国内でも例を見ない大規模な施設であるとともに、重要なインフラ施設として早期完成が求められていた。

今回の検討結果を踏まえると単純に構造物・盛土、各々の荷重の評価だけではなく、EXP.J で区分された各施設や、盛土状況を踏まえた重ね合わせ荷重に対しても FEM 弾塑性解析等を用いた沈下影響や地盤変状検討が必要であることが新たな知見として得られた。

また、現段階での評価としては、設計・施工段階における調査・検討において圧密沈下に対する検討をより慎重に行うべきであった。設計期間として基本設計 5 ヶ月、詳細設計 5 ヶ月の計約 10 ヶ月間、施工期間としては、第一期通水を見据えた土木躯体築造期間約 2 年 4 ヶ月と、本事業の背景を踏まえると適正な工期ではあるものの、タイトなスケジュールの中、設計・施工を行って来ており、各段階において立ち止まっての検討・フィードバックが十分行えない状況であった。

本施設は、「南蒲生浄化センター復旧方針委員会」での復旧方針検討及び、これを踏まえた提言書に基づき詳細設計を実施しており、基礎形式は直接基礎を採用していた。床付部では、N 値 30 が確認されない場合には地盤改良を行い、N 値 30 以上を確保するものとしており、基礎形式を直接基礎としたこと自体は問題なかったと思われる。

なお、地盤の評価は、既存施設が当該施設用地に築造されていたことと、設計時に実施した地質調査において、層構成の変状が認められなかったことから、地質年代や既存施設の支持地盤、既知の強度特性等のデータを用いて判断していた。

また、施工時の照査は、設計時の判断を追認するかたちで実施していたが、周辺他工事の情報収集・分析や設計への詳細ヒアリングの実施等、慎重かつ詳細な照査が必要であった。

沈下が顕在化した後の地質調査にて明らかとなった粘性土層（Dc1 層）の評価は、地質年代や既知の強度特性からは判断が難しい地盤であり、圧密沈下を無視しても良いとは断定できない地盤であった。

以上のことから、設計・施工の各段階において、粘性土層のより慎重な検討が必要であった。今後は、圧密沈下が懸念される粘性土層に対して、効率的・効果的な設計・施工を行うためにも、地質調査の確実な実施や JS の指針改定・施工時の照査ガイドライン等の充実も必要である。

9 沈下による影響と対策案の検討

9.1 検討項目

沈下による影響検討として、先に想定した沈下終息状況を踏まえ、下記3項目について検討を行うものとした。

・水理的な影響

想定した沈下終息状況に対し、流入渠から吐口まで一連の水理計算を再度実施し、晴天時（日平均30万m^3、日最大40万m^3）及び雨天時（約100万m^3：3W法※による運転）における処理機能が確保できることを検証するとともに、堰・ゲート等水理計算的に重要なポイントにおいて不具合が生じないかを検証し、対策案を示す。

なお、検討に際しては、水処理施設は系列（１系・２系）運転が可能であること、沈殿池では均等処理が可能であることを条件とする。

・構造的な影響

想定した沈下終息状況に対し、基準類に対する構造的な安全性や構造解析により構造強度的な問題がないかを検証し、対策案を示す。

また、EXP.J 部の目地開き量・段差や流入渠、放流渠等、主に土木構造物に対する影響を検証し、対策案を示す。

・機能的な影響

想定した沈下終息状況に対し、汚泥かき寄せ機等、主に機械設備に対する影響を検証し、対策案を示す。また、ランニングコスト等維持管理に与える影響についても検証する。

※　3W法とは

雨天時活性汚泥法（3W法：Wet Weather Wastewater Treatment Method）は、簡易処理の除去率を向上させる技術として、大阪市において考案された方法であり、活性汚泥の持つ汚濁物の初期吸着能力を利用し、雨天時に処理場に流入してくる3Q汚水のうち、簡易放流される2Qの一部あるいは全量を反応タンクの後段に流入させ、高級処理を行うことによって雨天時の越流負荷の削減を行うものです。追加投資が少なく極めてコストパフォーマンスが高い合流改善対策技術です。

出典：JSホームページより引用

9.2 水理的な影響と対策案

9.2.1 検討対象水量

本検討で用いる検討対象水量は、設計時と同様に下記の条件で行うものとする。

今回検討対象水量	：	300,000m³/日（日平均）
		400,000m³/日（日最大）
		600,000m³/日（時間最大）
		992,300m³/日（雨天時最大）

9.2.2 水の流れ

南蒲生浄化センターの躯体沈下による水理的な影響について検証する。

本施設の水の流れから、ポンプ送風機棟を境に、上流側（沈砂池、最初沈殿池）・下流側（反応タンク・最終沈殿池）に対して躯体沈下を考慮した水理計算を行う。

基本的に、各施設のゲート及び堰において、確実に均等流入し、かつ水没しない状態が確保されるかどうかが重要である。

（検証ポイント）

① 最終沈殿池 ‥‥ 流入堰・流出堰（三角ノッチ）が水没しないかどうか
② 反応タンク ‥‥ 流出堰・流入堰が水没しないかどうか
③ 分配槽 ‥‥‥‥ 可動堰が水没せず、均等分配可能かどうか
④ 調圧水槽 ‥‥‥ 可動堰が水没せず、均等分配可能かどうか
⑤ 最初沈殿池 ‥‥ 流出堰（三角ノッチ）が水没せず、均等処理が可能かどうか

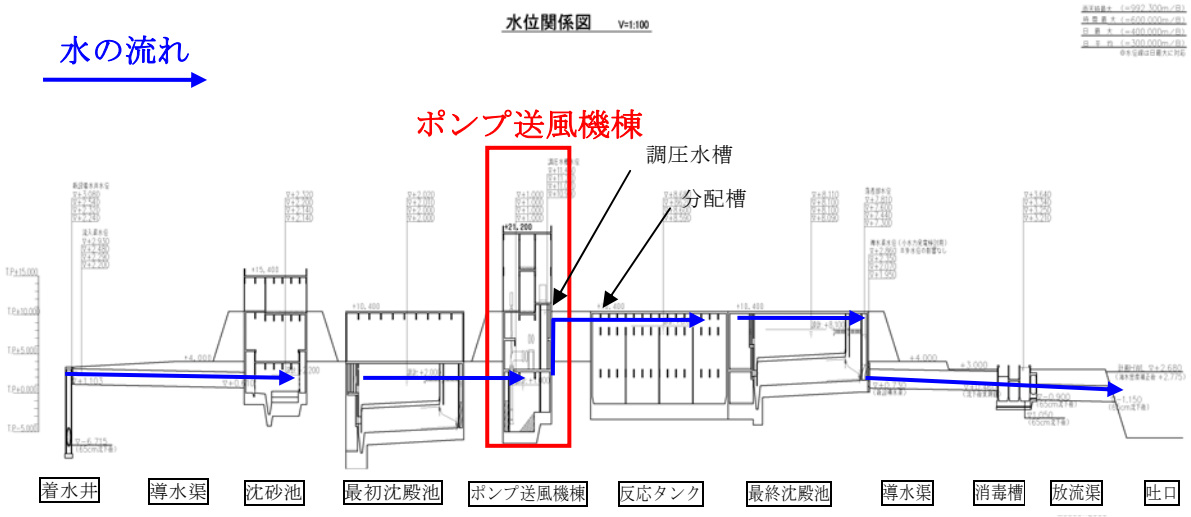
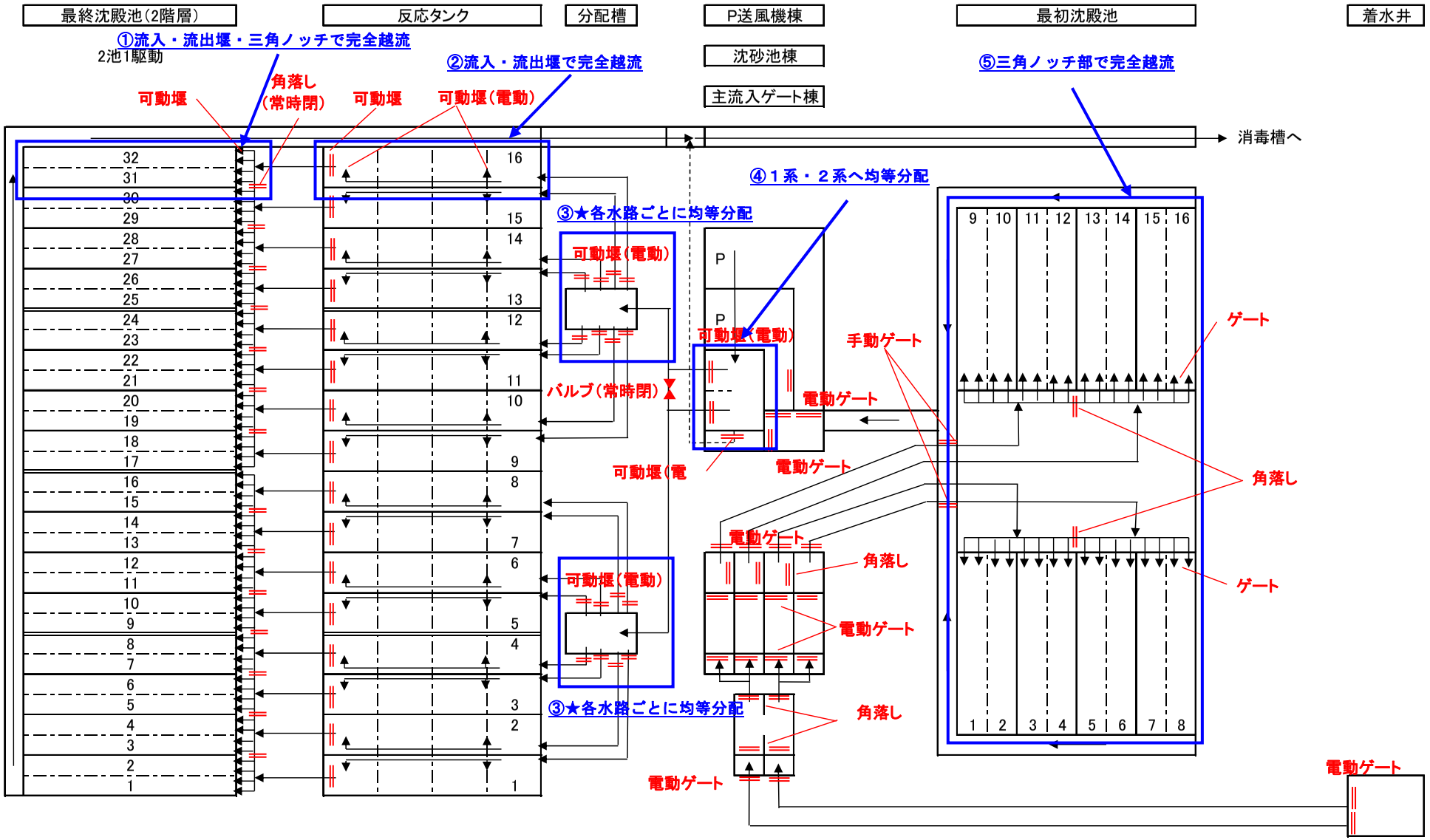


図 9.1　水処理施設における水の流れ

【新設水処理の施設フロー】



9.2.3 水理計算

ここでは、先に想定した沈下終息状況下において、設計対象水量に対して、適正な水位関係を保持できるかどうか、また保持するためにはどのような調整が必要かについて、改めて水理計算を行い検証する。

次頁より、各施設の検証内容・結果について詳述する。

①　最終沈殿池

最終沈殿池（2 池 1 駆動）と反応タンク（1 槽）の運転単位は、1 池・1 槽による直列運転が基本であるが、ここでは最終沈殿池の流入水路を共通化し、系列単位での運転を前提とする。

（検証ポイント）

最終沈殿池の流出堰（三角ノッチ）・流入堰が水没しないこと。

最終沈殿池の流入堰（可動堰）系列単位で同レベルにし、水没しないこと。

（検証方法）

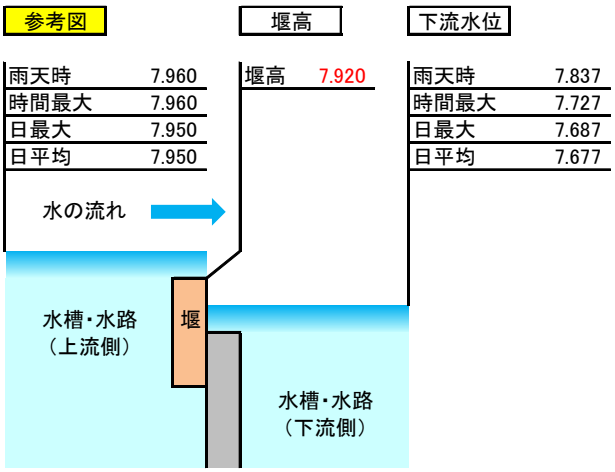
施設の不同沈下の状況を踏まえ、最も低い（沈下量の大きい）系列と、最も高い（沈下量の小さい）系列で水理計算を行い、流出堰（三角ノッチ）・流入堰が水没しないことを確認する。

（検証結果）

流出堰（三角ノッチ：固定堰）：

検証の結果、各池内に傾きが生じているため、越流負荷の確保・均等化の観点から、各池の堰高調整が必要となった。なお、調整高の設定根拠については、後述する「機能的な影響と対策」にて詳述する。

最終沈殿池/流出堰（三角ノッチ）　1系/下流水位（高）



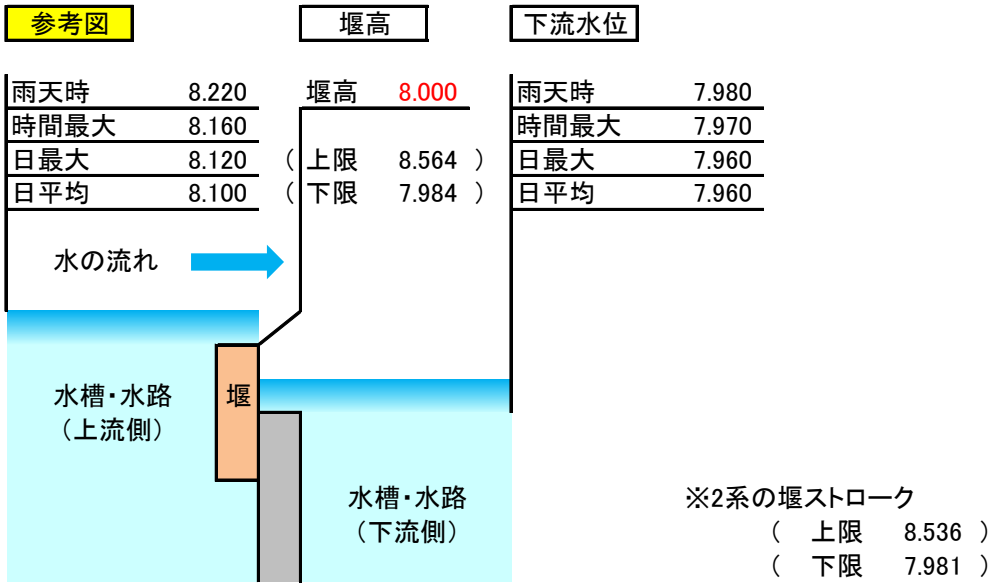
項目	1系			2系		
	堰高	下流水位（低）	下流水位（高）	堰高	下流水位（低）	下流水位（高）
雨天時	7.920	7.797	7.837	7.870	7.778	7.785
時間最大		7.687	7.727		7.648	7.675
日最大		7.627	7.687		7.608	7.635
日平均		7.617	7.677		7.598	7.625

※下流水位（低）は、沈下量が大きい系列の水位
※下流水位（高）は、沈下量が小さい系列の水位
※堰高は機械との調整のうえ決定した数値

流入堰（可動堰）：

検証の結果、下流側の三角ノッチを調整するため、流入堰においても同様に堰高調整が必要となった。また、堰高調整に当たっては、最終沈殿池流入水路の共通化を図ることが可能な高さとした。設定値は下図のとおり。

最終沈殿池/流入可動堰　　1系/下流水位(高)



項目	1系			2系		
	堰高	下流水位(低)	下流水位(高)	堰高	下流水位(低)	下流水位(高)
雨天時	8.000	7.980	7.980	8.000	7.930	7.930
時間最大		7.970	7.970		7.920	7.920
日最大		7.960	7.960		7.910	7.910
日平均		7.960	7.960		7.910	7.910

※下流水位(低)は、沈下量が大きい系列の水位
※下流水位(高)は、沈下量が小さい系列の水位
※堰高は流入水路を共通化することを前提に設定した数値。

なお、想定した沈下終息状況下における水理計算では、最終沈殿地の流入水路を系統単位で運用することを前提条件にしており、流入可動堰の堰高を個別に調整することで系列単位（１系・２系）での運転が可能となることが検証されている。

②　反応タンク

反応タンク（1 槽）は、ポンプ送風機棟内の調圧水槽・可動堰と、分配槽の可動堰において均等分配されるように調整することで、全槽同量での処理が可能となっている。また、雨天時には 3W 運転（雨天時活性汚泥法による運転）が行われるため、このときの水位関係について確認する必要がある。

（検証ポイント）

３W 運転時において反応タンクの流出堰・流入堰が水没しないこと。

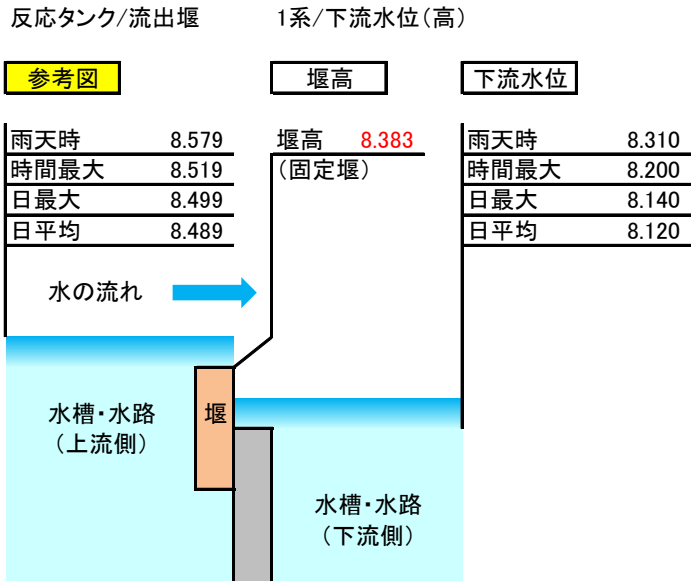
（検証方法）

反応タンクは、各槽の沈下傾向が異なった沈下終息状況に対し、最終沈殿池の流入堰高を調整した水理計算を行い、流出堰・流入堰が水没しないことを確認する。

（検証結果）

流出堰（固定堰）:

検証の結果、最終沈殿池の流入堰高を調整した場合においても、流出堰では雨天時に水没しないことが確認され、堰高調整は不要となった。



項目	1系			2系		
	堰高	下流水位（低）	下流水位（高）	堰高	下流水位（低）	下流水位（高）
雨天時	8.383	8.310	8.310	8.371	8.310	8.310
時間最大		8.200	8.200		8.200	8.200
日最大		8.140	8.140		8.140	8.140
日平均		8.120	8.120		8.120	8.120

※下流水位（低）は、沈下量が大きい系列の水位
※下流水位（高）は、沈下量が小さい系列の水位
※堰高は固定堰であり個別に高さが異なるため代表値を記載。

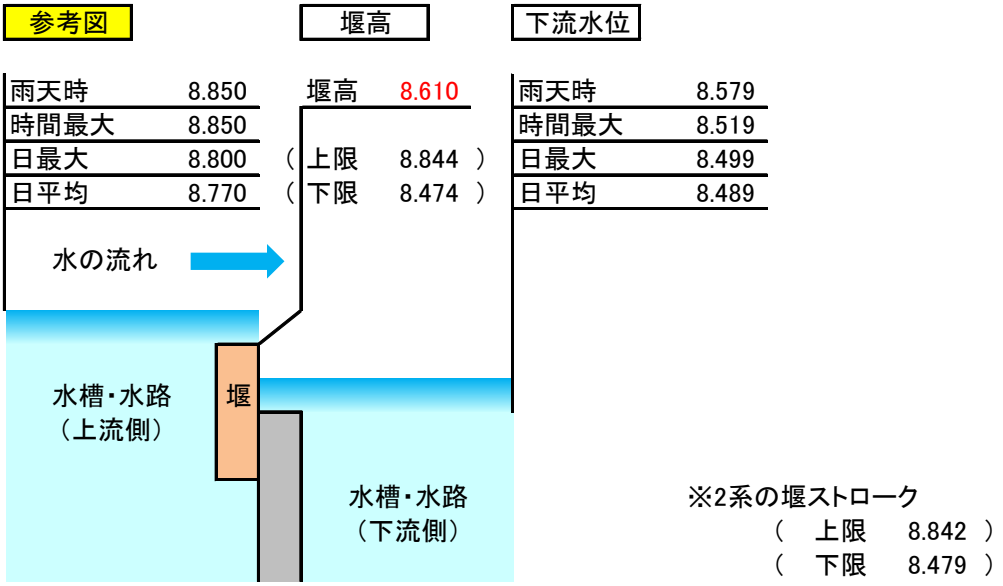
流入堰：

検証の結果、不同沈下の影響により、反応タンク内の水位が流入堰高を超えるため、堰高調整が必要となった。

堰高は、沈下状況が池ごとに異なるため、各池ごとに個別に設定する。（下図に示す数値は代表例）

堰高調整においては、可動堰のストローク範囲内で調整し、かつ 3W 運転時（雨天時活性汚泥法による運転）においても適切な水位関係が保たれることを水理計算結果より確認している。

反応タンク/流入可動堰　　1系/下流水位（高）



項目	1系			2系		
	堰高	下流水位（低）	下流水位（高）	堰高	下流水位（低）	下流水位（高）
雨天時	8.610	8.545	8.579	8.610	8.553	8.578
時間最大		8.485	8.519		8.493	8.518
日最大		8.465	8.499		8.473	8.498
日平均		8.455	8.489		8.463	8.488

※下流水位（低）は、沈下量が大きい系列の水位
※下流水位（高）は、沈下量が小さい系列の水位
※堰高は3W運転を考慮し個別設定するため代表値を記載。

③　分配槽

分配槽は、反応タンク各槽へ均等に流入（分配）させるための施設であり、各槽への流入水路に可動堰が設置されており、この堰高を同レベルで調整することにより反応タンクへ均等分配されることになる。

（検証ポイント）

可動堰が雨天時においても水没せず､同じ堰高として均等分配を可能とすること。

（検証方法）

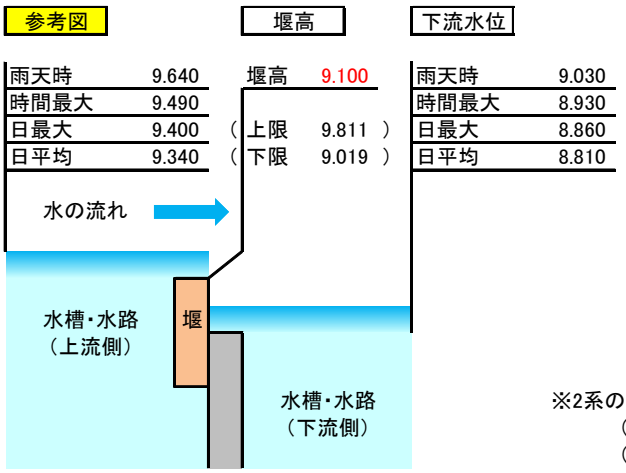
施設の不同沈下の状況を踏まえ、各系列の最も低い（沈下量の大きい）槽と、最も高い（沈下量の小さい）槽で水理計算を行い、可動堰が水没しないことを確認のうえ、設定すべき堰高を確認する。

（検証結果）

検証の結果、不同沈下の影響により、分配槽の可動堰は雨天時に水没するため、堰高調整が必要となった。

堰高調整は、1 系・2 系へ均等配分させるため、全堰高を同レベルに調整する。この場合、可動堰のストローク範囲内で調整でき、かつ 3W 運転時（雨天時活性汚泥法による運転）においても適切な水位関係が保たれることを水理計算結果より確認している。

反応タンク/分配槽可動堰　　1系/下流水位(高)



※2系の堰ストローク
（　上限　9.820 ）
（　下限　9.025 ）

項目	1系			2系		
	堰高	下流水位(低)	下流水位(高)	堰高	下流水位(低)	下流水位(高)
雨天時	9.100	8.970	9.030	9.100	8.990	9.030
時間最大		8.910	8.930		8.910	8.930
日最大		8.840	8.860		8.840	8.860
日平均		8.800	8.810		8.800	8.810

※下流水位(低)は、沈下量が大きい系列の水位
※下流水位(高)は、沈下量が小さい系列の水位
※堰高は3W運転時を考慮し、均等流入させるため一律の設定とした。

④　調圧水槽

調圧水槽は、１・２系列の水処理施設に対し、均等に流入（分配）させるための施設であり、各系列に分配する可動堰が設置されており、この堰高が同レベルで、かつ水没していなければ、各系列へ均等分配されることになる。

（検証ポイント）

流出可動堰が雨天時においても水没せず、均等分配が可能な堰高とすること。

（検証方法）

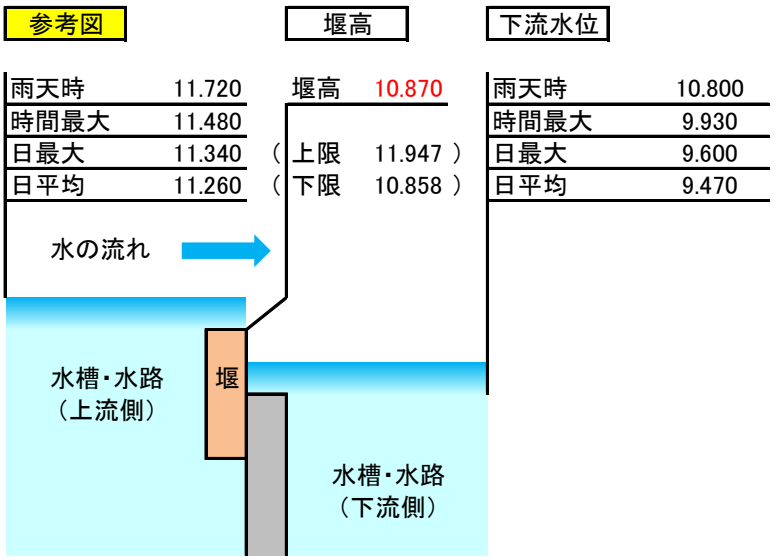
施設の不同沈下の状況を踏まえ、下流側の反応タンク分配槽の堰高調整を行った場合の水理計算を行い、可動堰が水没しない（完全越流）ことを確認のうえ、設定すべき堰高を確認する。

（検証結果）

検証の結果、下流側の反応タンク分配槽の堰高を調整した場合、調圧水槽の可動堰高と雨天時水位が近似するため、堰高調整が必要となった。

なお、調圧水槽の堰高調整と同時にポンプ井水位も調整し、揚程負荷が大きくならないように調整する。

P送風機棟/調圧水槽可動堰



項目	調圧水槽内	
	堰高	下流水位
雨天時	10.870	10.800
時間最大		9.930
日最大		9.600
日平均		9.470

※下流水位は、最も高くなる1系側からの水位とした

⑤　最初沈殿池

最初沈殿池（2 池 1 駆動）では、自然流下によって流入渠から沈砂池を通じ、各系列で均等に処理を行う必要がある。

（検証ポイント）

最初沈殿池の流出堰（三角ノッチ）が雨天時においても水没せず、各系列にて均等に処理を行うための堰高を確保すること。

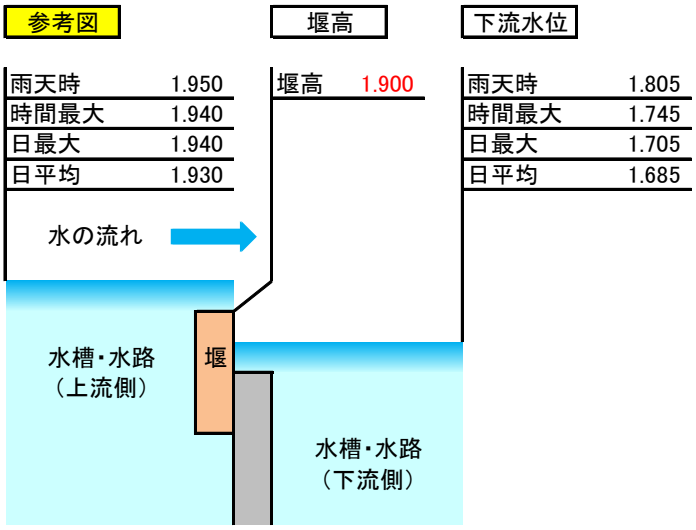
（検証方法）

施設の不同沈下の状況を踏まえ、最も低い（沈下量の大きい）系列と、最も高い（沈下量の小さい）系列で水理計算を行い、流出堰（三角ノッチ）が水没しないことを確認する。

（検証結果）

検証の結果、最初沈殿池では各系列で均等に処理できるよう、かつ越流負荷の確保の観点から、堰高調整が必要となった。調整高の設定根拠については、後述する「機能的な影響と対策」にて詳述する。

最初沈殿池/流出堰（三角ノッチ）　　下流水位（高）



項目	1・2系		
	堰高	下流水位（低）	下流水位（高）
雨天時	1.900	1.694	1.805
時間最大		1.634	1.745
日最大		1.594	1.705
日平均		1.574	1.685

※下流水位（低）は、沈下量が大きい系列の水位
※下流水位（高）は、沈下量が小さい系列の水位
※堰高は1系・2系を同水位とし機械との調整のうえ決定した数値

9.2.4 検証結果

想定した沈下終息状況を前提にして、設計対象水量に対する水理計算を行い、適正な水位関係を保持できるかどうか、また保持するためにはどのような調整が必要かについて検証した結果を下記に記す。

想定した沈下終息状況における水理計算の結果、下記に示す調整が伴うが、設計対象水量に対して水理的に問題なく処理可能であることが確認された。

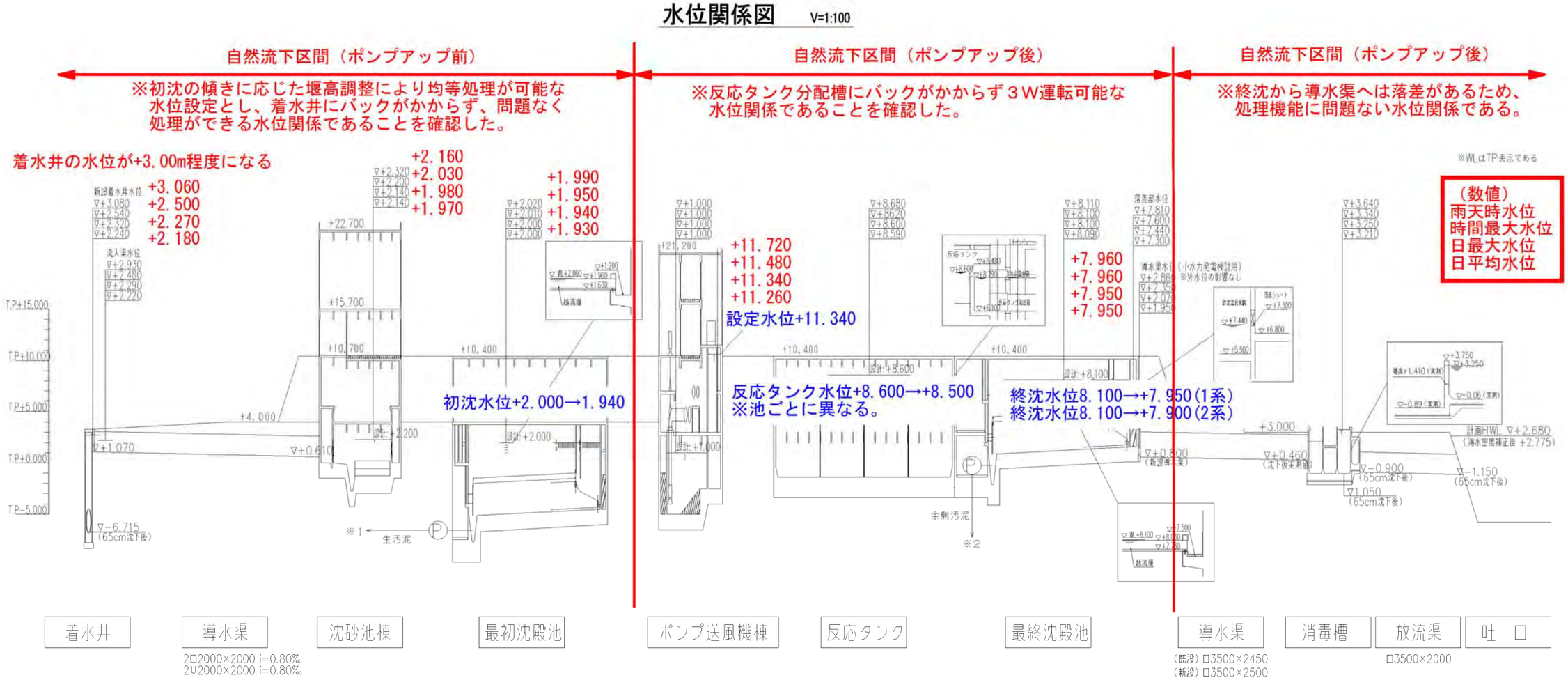
・最初沈殿池：三角ノッチ高の調整
・反応タンク：流入可動堰の調整
・最終沈殿池：流入可動堰の調整、三角ノッチ高の調整

なお、上記調整によって、各施設の各池単位で均等処理が可能となり、水面積負荷、越流負荷、沈殿時間、HRT 等の設計諸元への影響は生じない。

さらに、水理計算では最終沈殿池手前の流入水路を共通化することを前提条件としており、想定した沈下終息状況下では最終沈殿池を系列単位で運用することが可能であることが確認された。

※堰高等の調整は、定期モニタリングによる沈下傾向を踏まえた調整が必要である。

次頁より、想定した沈下終息状況での水位関係図及び各施設のチェック結果を示す。



赤字：沈下終息時の水理計算値

青字：各池内の沈下終息時の設定水位（日最大時）

図 9.2　沈下終息時の水位関係図

最終沈殿池 ～ 反応タンク

（参考：水理計算結果一覧 1/3）

：沈下量が最大
：沈下量が最小

■終沈流出堰

系列		1-1系								1-2系								2-1系								2-2系					
		1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2	4-1	4-2	5-1	5-2	6-1	6-2	7-1	7-2	8-1	8-2	1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2	4-1	4-2	5-1	5-2	6-1	6-2	7-1	7-2	8-1	8-2
設計高T.P		ー	ー	ー	ー	ー											ー	ー	ー	ー	ー	ー	ー	ー	ー	ー	ー		**7.300**				
実測最大沈下量m																													**-0.165**				
今後の予想沈下量m																													**-0.024**				
沈下後の高さT.P																													**7.111**				
計算採用値																													**7.120**				
計算水位 T.P	日平均																												**7.120**				
	日最大																												**7.260**				
	時間最大																												**7.420**				
	雨天時最大																												**7.630**				

■終沈流出水路

系列		1-1系								1-2系								2-1系								2-2系							
		1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2	4-1	4-2	5-1	5-2	6-1	6-2	7-1	7-2	8-1	8-2	1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2	4-1	4-2	5-1	5-2	6-1	6-2	7-1	7-2	8-1	8-2
設計高T.P		5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	**5.500**	5.500	5.500	5.500	5.500
実測最大沈下量m																													**-0.165**				
今後の予想沈下量m																													**-0.024**				
沈下後の高さT.P																													**5.311**				
計算採用値																													**5.320**				
計算水位 T.P	日平均	7.120	7.120	7.120	7.120	7.120	7.120	7.120	7.120	7.120	7.120	7.120	7.120	7.120	7.120	7.120	7.120	7.120	7.120	7.120	7.120	7.120	7.120	7.120	7.120	7.120	7.120	7.120	**7.120**	7.120	7.120	7.120	7.120
	日最大	7.260	7.260	7.260	7.260	7.260	7.260	7.260	7.260	7.260	7.260	7.260	7.260	7.260	7.260	7.260	7.260	7.260	7.260	7.260	7.260	7.260	7.260	7.260	7.260	7.260	7.260	7.260	**7.260**	7.260	7.260	7.260	7.260
	時間最大	7.420	7.420	7.420	7.420	7.420	7.420	7.420	7.420	7.420	7.420	7.420	7.420	7.420	7.420	7.420	7.420	7.420	7.420	7.420	7.420	7.420	7.420	7.420	7.420	7.420	7.420	7.420	**7.420**	7.420	7.420	7.420	7.420
	雨天時最大	7.630	7.630	7.630	7.630	7.630	7.630	7.630	7.630	7.630	7.630	7.630	7.630	7.630	7.630	7.630	7.630	7.630	7.630	7.630	7.630	7.630	7.630	7.630	7.630	7.630	7.630	7.630	**7.630**	7.630	7.630	7.630	7.630

※一律、越流堰での越流水位とした

■終沈流出トラフ

系列		1-1系								1-2系								2-1系								2-2系							
		1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2	4-1	4-2	5-1	5-2	6-1	6-2	7-1	7-2	8-1	8-2	1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2	4-1	4-2	5-1	5-2	6-1	6-2	7-1	7-2	8-1	8-2
設計高T.P		7.530	7.530	7.530	7.530	7.530	7.530	7.530	7.530	7.530	7.530	7.530	7.530	7.530	7.530	7.530	7.530	7.530	7.530	7.530	7.530	7.530	7.530	7.530	7.530	7.530	7.530	7.530	7.530	7.530	7.530	7.530	7.530
実測最大沈下量m		-0.096	-0.102	-0.107	-0.108	-0.111	-0.112	-0.114	-0.114	-0.118	-0.120	-0.123	-0.124	-0.128	-0.126	-0.133	-0.135	-0.161	-0.168	-0.173	-0.174	-0.177	-0.181	-0.183	-0.188	-0.188	-0.181	-0.176	-0.172	-0.180	-0.173	-0.171	-0.165
今後の予想沈下量m		-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024
沈下後の高さT.P		7.402	7.396	7.391	7.390	7.387	7.386	7.384	7.384	7.380	7.378	7.375	7.374	7.370	7.372	7.365	7.363	7.345	7.338	7.333	7.332	7.329	7.325	7.323	7.318	7.318	7.325	7.330	7.334	7.326	7.333	7.335	7.341
計算採用値		7.402	7.396	7.391	7.390	7.387	7.386	7.384	7.384	7.380	7.378	7.375	7.374	7.370	7.372	7.365	7.363	7.345	7.338	7.333	7.332	7.329	7.325	7.323	7.318	7.318	7.325	7.330	7.334	7.326	7.333	7.335	7.341
計算水位 T.P	日平均	7.592	7.586	7.581	7.580	7.577	7.576	7.574	7.574	7.570	7.568	7.565	7.564	7.560	7.562	7.555	7.553	7.535	7.528	7.523	7.522	7.519	7.515	7.513	7.508	7.508	7.515	7.520	7.524	7.516	7.523	7.525	7.531
	日最大	7.632	7.626	7.621	7.620	7.617	7.616	7.614	7.614	7.610	7.608	7.605	7.604	7.600	7.602	7.595	7.593	7.575	7.568	7.563	7.562	7.559	7.555	7.553	7.548	7.548	7.555	7.560	7.564	7.556	7.563	7.565	7.571
	時間最大	7.702	7.696	7.691	7.690	7.687	7.686	7.684	7.684	7.680	7.678	7.675	7.674	7.670	7.672	7.665	7.663	7.645	7.638	7.633	7.632	7.629	7.625	7.623	7.618	7.618	7.625	7.630	7.634	7.626	7.633	7.635	7.641
	雨天時最大	7.812	7.806	7.801	7.800	7.797	7.796	7.794	7.794	7.790	7.788	7.785	7.784	7.780	7.782	7.775	7.783	7.765	7.758	7.753	7.752	7.749	7.745	7.743	7.738	7.758	7.765	7.770	7.774	7.766	7.773	7.775	7.781

沈下量最小　沈下量最大 沈下量最小　沈下量最大

■終沈ノッチトラフ

系列		1-1系								1-2系								2-1系								2-2系							
		1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2	4-1	4-2	5-1	5-2	6-1	6-2	7-1	7-2	8-1	8-2	1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2	4-1	4-2	5-1	5-2	6-1	6-2	7-1	7-2	8-1	8-2
設計高T.P		7.730	7.730	7.730	7.730	7.730	7.730	7.730	7.730	7.730	7.730	7.730	7.730	7.730	7.730	7.730	7.730	7.730	7.730	7.730	7.730	7.730	7.730	7.730	7.730	7.730	7.730	7.730	7.730	7.730	7.730	7.730	7.730
実測最大沈下量m		-0.101	-0.103	-0.110	-0.110	-0.111	-0.114	-0.114	-0.114	-0.116	-0.120	-0.123	-0.125	-0.128	-0.127	-0.134	-0.161	-0.161	-0.168	-0.169	-0.174	-0.182	-0.181	-0.183	-0.188	-0.188	-0.181	-0.176	-0.172	-0.180	-0.173	-0.171	-0.165
今後の予想沈下量m		-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024
沈下後の高さT.P		7.597	7.595	7.588	7.588	7.587	7.584	7.584	7.584	7.582	7.578	7.575	7.573	7.570	7.571	7.564	7.537	7.545	7.538	7.537	7.532	7.524	7.525	7.523	7.518	7.518	7.525	7.530	7.534	7.526	7.533	7.535	7.541
計算採用値		7.597	7.595	7.588	7.588	7.587	7.584	7.584	7.584	7.582	7.578	7.575	7.573	7.570	7.571	7.564	7.537	7.545	7.538	7.537	7.532	7.524	7.525	7.523	7.518	7.518	7.525	7.530	7.534	7.526	7.533	7.535	7.541
計算水位 T.P	日平均	7.677	7.675	7.668	7.668	7.667	7.664	7.664	7.664	7.662	7.658	7.655	7.653	7.650	7.651	7.644	7.617	7.625	7.618	7.617	7.612	7.604	7.605	7.603	7.598	7.598	7.605	7.610	7.614	7.606	7.613	7.615	7.621
	日最大	7.687	7.685	7.678	7.678	7.677	7.674	7.674	7.674	7.672	7.668	7.665	7.663	7.660	7.661	7.654	7.627	7.635	7.628	7.627	7.622	7.614	7.615	7.613	7.608	7.608	7.615	7.620	7.624	7.616	7.623	7.625	7.631
	時間最大	7.727	7.725	7.718	7.718	7.717	7.714	7.714	7.714	7.712	7.708	7.705	7.703	7.700	7.701	7.694	7.687	7.675	7.668	7.667	7.662	7.654	7.655	7.653	7.648	7.648	7.655	7.660	7.664	7.656	7.663	7.665	7.671
	雨天時最大	7.837	7.835	7.828	7.828	7.827	7.824	7.824	7.824	7.822	7.818	7.815	7.813	7.810	7.811	7.804	7.797	7.785	7.778	7.777	7.772	7.764	7.765	7.763	7.758	7.778	7.785	7.790	7.794	7.786	7.793	7.795	7.801

沈下量最小　沈下量最大 沈下量最小　沈下量最大

■終沈ノッチ

系列		1-1系								1-2系								2-1系								2-2系							
		1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2	4-1	4-2	5-1	5-2	6-1	6-2	7-1	7-2	8-1	8-2	1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2	4-1	4-2	5-1	5-2	6-1	6-2	7-1	7-2	8-1	8-2
設計高T.P		8.060	8.060	8.060	8.060	8.060	8.060	8.060	8.060	8.060	8.060	8.060	8.060	8.060	8.060	8.060	8.060	8.060	8.060	8.060	8.060	8.060	8.060	8.060	8.060	8.060	8.060	8.060	8.060	8.060	8.060	8.060	8.060
実測最大沈下量m		-0.097	-0.102	-0.106	-0.106	-0.109	-0.110	-0.113	-0.111	-0.119	-0.122	-0.122	-0.123	-0.126	-0.126	-0.137	-0.139	-0.158	-0.163	-0.167	-0.173	-0.173	-0.181	-0.184	-0.189	-0.185	-0.184	-0.181	-0.175	-0.169	-0.165	-0.160	-0.151
今後の予想沈下量m		-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024	-0.024
沈下後の高さT.P		7.931	7.926	7.922	7.922	7.919	7.918	7.915	7.917	7.909	7.906	7.906	7.905	7.902	7.902	7.891	7.889	7.878	7.873	7.869	7.863	7.863	7.855	7.852	7.847	7.851	7.852	7.855	7.861	7.867	7.871	7.876	7.885
計算採用値		7.920	7.920	7.920	7.920	7.920	7.920	7.920	7.920	7.920	7.920	7.920	7.920	7.920	7.920	7.920	7.920	7.870	7.870	7.870	7.870	7.870	7.870	7.870	7.870	7.870	7.870	7.870	7.870	7.870	7.870	7.870	7.870
計算水位 T.P	日平均	7.950	7.950	7.950	7.950	7.950	7.950	7.950	7.950	7.950	7.950	7.950	7.950	7.950	7.950	7.950	7.950	7.900	7.900	7.900	7.900	7.900	7.900	7.900	7.900	7.900	7.900	7.900	7.900	7.900	7.900	7.900	7.900
	日最大	7.950	7.950	7.950	7.950	7.950	7.950	7.950	7.950	7.950	7.950	7.950	7.950	7.950	7.950	7.950	7.950	7.900	7.900	7.900	7.900	7.900	7.900	7.900	7.900	7.900	7.900	7.900	7.900	7.900	7.900	7.900	7.900
	時間最大	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910
	雨天時最大	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910

沈下量最小　沈下量最大 沈下量最小　沈下量最大

（参考：水理計算結果一覧 2/3）

■終沈流入渠

系列		1-1系								1-2系								2-1系								2-2系							
		1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2	4-1	4-2	5-1	5-2	6-1	6-2	7-1	7-2	8-1	8-2	1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2	4-1	4-2	5-1	5-2	6-1	6-2	7-1	7-2	8-1	8-2
設計高T.P																																	
実測最大沈下量m																																	
今後の予想沈下量m																																	
沈下後の高さT.P																																	
計算採用値																																	
計算水位 T.P	日平均	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910
	日最大	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.960	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910
	時間最大	7.970	7.970	7.970	7.970	7.970	7.970	7.970	7.970	7.970	7.970	7.970	7.970	7.970	7.970	7.970	7.970	7.920	7.920	7.920	7.920	7.920	7.920	7.920	7.920	7.920	7.920	7.920	7.920	7.920	7.920	7.920	7.920
	雨天時最大	7.980	7.980	7.980	7.980	7.980	7.980	7.980	7.980	7.980	7.980	7.980	7.980	7.980	7.980	7.980	7.980	7.930	7.930	7.930	7.930	7.930	7.930	7.930	7.930	7.930	7.930	7.930	7.930	7.930	7.930	7.930	7.930
		沈下量最小														沈下量最大		沈下量最小														沈下量最大	

■終沈流入可動堰

系列		1-1系								1-2系								2-1系								2-2系							
		1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2	4-1	4-2	5-1	5-2	6-1	6-2	7-1	7-2	8-1	8-2	1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2	4-1	4-2	5-1	5-2	6-1	6-2	7-1	7-2	8-1	8-2
設計高T.P		8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100
実測最大沈下量m		−0.096	−0.095	−0.086	−0.095	−0.098	−0.089	−0.095	−0.094	−0.093	−0.095	−0.094	−0.101	−0.099	−0.099	−0.102	−0.104	−0.115	−0.113	−0.120	−0.126	−0.121	−0.123	−0.127	−0.133	−0.138	−0.136	−0.140	−0.128	−0.119	−0.118	−0.113	−0.103
今後の予想沈下量m		−0.032	−0.032	−0.032	−0.032	−0.032	−0.032	−0.032	−0.032	−0.032	−0.032	−0.032	−0.032	−0.032	−0.032	−0.032	−0.032	−0.024	−0.024	−0.024	−0.024	−0.024	−0.024	−0.024	−0.024	−0.024	−0.024	−0.024	−0.024	−0.024	−0.024	−0.024	−0.024
沈下後の高さT.P		7.972	7.973	7.982	7.973	7.970	7.979	7.973	7.974	7.975	7.973	7.974	7.967	7.969	7.969	7.966	7.964	7.961	7.963	7.956	7.950	7.955	7.953	7.949	7.943	7.938	7.940	7.936	7.948	7.957	7.958	7.963	7.973
計算採用値		8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
計算水位 T.P	日平均	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100	8.100
	日最大	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120
	時間最大	8.160	8.160	8.160	8.160	8.160	8.160	8.160	8.160	8.160	8.160	8.160	8.160	8.160	8.160	8.160	8.160	8.160	8.160	8.160	8.160	8.160	8.160	8.160	8.160	8.160	8.160	8.160	8.160	8.160	8.160	8.160	8.160
	雨天時最大	8.220	8.220	8.220	8.220	8.220	8.220	8.220	8.220	8.220	8.220	8.220	8.220	8.220	8.220	8.220	8.220	8.220	8.220	8.220	8.220	8.220	8.220	8.220	8.220	8.220	8.220	8.220	8.220	8.220	8.220	8.220	8.220
		沈下量最小														沈下量最大		沈下量最小														沈下量最大	

■反応タンク流出渠

系列		1-1系				1-2系				2-1系				2-2系			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
設計高T.P																	
実測最大沈下量m																	
今後の予想沈下量m																	
沈下後の高さT.P																	
計算採用値																	
計算水位 T.P	日平均	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120	8.120
	日最大	8.140	8.140	8.140	8.140	8.140	8.140	8.140	8.140	8.140	8.140	8.140	8.140	8.140	8.140	8.140	8.140
	時間最大	8.200	8.200	8.200	8.200	8.200	8.200	8.200	8.200	8.200	8.200	8.200	8.200	8.200	8.200	8.200	8.200
	雨天時最大	8.310	8.310	8.310	8.310	8.310	8.310	8.310	8.310	8.310	8.310	8.310	8.310	8.310	8.310	8.310	8.310
		沈下量最小							沈下量最大	沈下量最小				沈下量最大			

■反応タンク流出堰（固定堰）

系列		1-1系				1-2系				2-1系				2-2系			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
設計高T.P		8.480	8.480	8.480	8.480	8.480	8.480	8.480	8.480	8.480	8.480	8.480	8.480	8.480	8.480	8.480	8.480
実測最大沈下量m		−0.072	−0.072	−0.110	−0.115	−0.087	−0.088	−0.103	−0.106	−0.090	−0.094	−0.107	−0.112	−0.115	−0.104	−0.098	−0.088
今後の予想沈下量m		−0.029	−0.029	−0.029	−0.029	−0.029	−0.029	−0.029	−0.029	−0.012	−0.012	−0.012	−0.012	−0.012	−0.012	−0.012	−0.012
沈下後の高さT.P		8.379	8.379	8.341	8.336	8.364	8.363	8.348	8.345	8.378	8.374	8.361	8.356	8.353	8.364	8.370	8.380
計算採用値		8.379	8.379	8.341	8.336	8.364	8.363	8.348	8.345	8.378	8.374	8.361	8.356	8.353	8.364	8.370	8.380
計算水位 T.P	日平均	8.489	8.489	8.451	8.446	8.474	8.473	8.458	8.455	8.488	8.484	8.471	8.466	8.463	8.474	8.480	8.490
	日最大	8.499	8.499	8.461	8.456	8.484	8.483	8.468	8.465	8.498	8.494	8.481	8.476	8.473	8.484	8.490	8.500
	時間最大	8.519	8.519	8.481	8.476	8.504	8.503	8.488	8.485	8.518	8.514	8.501	8.496	8.493	8.504	8.510	8.520
	雨天時最大	8.579	8.579	8.541	8.536	8.564	8.563	8.548	8.545	8.578	8.574	8.561	8.556	8.553	8.564	8.570	8.580
		沈下量最小							沈下量最大	沈下量最小				沈下量最大			

■反応タンク流入堰・ステップ流入堰 ・・・・・ 上記の反応タンク流出堰の計算水位を引き継ぎ、別途3W運転時の検証により、各堰高は個別に設定する。

■反応タンク分配槽（可動堰） ・・・・・ 別途3W運転時の検証により、1系・2系の槽内の可動堰レベルは、全て同レベル（+9.100m）に設定する。

■ポンプ送風機棟（調圧水槽）

系列		導水管（反～P）	調圧水槽	ポンプ井			導水渠			
				ポンプ井1	ポンプ井2	最高値				
設計高T.P		ー	11.000	1.000	1.000	1.000	−1.500			
実測最大沈下量m		ー	−0.191	−0.159	−0.159	−0.159	−0.181			
今後の予想沈下量m		ー	−0.012	−0.012	−0.012	−0.012	−0.012			
沈下後の高さT.P		ー	10.797	0.829	0.829	0.829	−1.693			
計算採用値		-	10.870	0.900	0.900	0.900	−1.710			
計算水位 T.P	日平均	9.470	11.260			0.900	0.910			
	日最大	9.600	11.340			0.900	0.920			
	時間最大	9.930	11.480			0.900	0.940			
	雨天時最大	10.800	11.720			0.900	1.010			

（参考：水理計算結果一覧 3/3）

最初沈殿池流出水路

系列		初沈1系								初沈2系							
		1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2	4-1	4-2	1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2	4-1	4-2
設計高T.P		-1.500	-1.500	-1.500	-1.500	-1.500	-1.500	-1.500	-1.500	-1.500	-1.500	-1.500	-1.500	-1.500	-1.500	-1.500	-1.500
実測最大沈下量m		-0.048	-0.048	-0.055	-0.055	-0.041	-0.041	-0.055	-0.055	-0.044	-0.044	-0.062	-0.062	-0.075	-0.075	-0.098	-0.098
今後の予想沈下量m		-0.011	-0.011	-0.011	-0.011	-0.011	-0.011	-0.011	-0.011	-0.018	-0.018	-0.018	-0.018	-0.018	-0.018	-0.018	-0.018
沈下後の高さT.P		-1.559	-1.559	-1.566	-1.566	-1.552	-1.552	-1.566	-1.566	-1.562	-1.562	-1.580	-1.580	-1.593	-1.593	-1.598	-1.598
計算採用値		-1.559	-1.559	-1.566	-1.566	-1.552	-1.552	-1.566	-1.566	-1.562	-1.562	-1.580	-1.580	-1.593	-1.593	-1.598	-1.598
計算水位 T.P	日平均	0.920	0.920	0.920	0.920	0.920	0.920	0.920	0.920	0.920	0.920	0.920	0.920	0.920	0.920	0.920	0.920
	日最大	0.930	0.930	0.930	0.930	0.930	0.930	0.930	0.930	0.930	0.930	0.930	0.930	0.930	0.930	0.930	0.930
	時間最大	0.960	0.960	0.960	0.960	0.960	0.960	0.960	0.960	0.960	0.960	0.960	0.960	0.960	0.960	0.960	0.960
	雨天時最大	1.060	1.060	1.060	1.060	1.060	1.060	1.060	1.060	1.060	1.060	1.060	1.060	1.060	1.060	1.060	1.060

→ 1-1が水路末端であるため、1-1の計算水位で一律設定した。

→ 2系も1-1が水路末端であるため、1-1の計算水位で一律設定した。

最初沈殿池流出トラフ

系列		1系			2系								
		初2	初1	初17	初14	初13	初18						
設計高T.P		1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20						
実測最大沈下量m		-0.067	-0.057	-0.034	-0.138	-0.100	-0.068						
今後の予想沈下量m		-0.011	-0.011	-0.011	-0.018	-0.018	-0.018						
沈下後の高さT.P		1.122	1.132	1.155	1.044	1.082	1.114						
計算採用値		1.12	1.13	1.16	1.04	1.08	1.11						
計算水位 T.P	日平均	1.25	1.26	1.285	1.174	1.21	1.24						
	日最大	1.28	1.29	1.315	1.204	1.24	1.27						
	時間最大	1.33	1.34	1.365	1.254	1.29	1.32						
	雨天時最大	1.41	1.42	1.445	1.334	1.37	1.40						

←←← 補間値 計算値 計算値 補間値 →→→

最初沈殿池ノッチトラフ

系列		1系			2系								
		初2	初1	初17	初14	初13	初18						
設計高T.P		1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63						
実測最大沈下量m		-0.067	-0.057	-0.034	-0.138	-0.100	-0.068						
今後の予想沈下量m		-0.011	-0.011	-0.011	-0.018	-0.018	-0.018						
沈下後の高さT.P		1.552	1.562	1.585	1.474	1.512	1.544	※ノッチトラフから流出水路へは自由落下					
計算採用値		1.55	1.56	1.59	1.47	1.51	1.54						
計算水位 T.P	日平均	1.65	1.66	1.685	1.574	1.61	1.64						
	日最大	1.67	1.68	1.705	1.594	1.63	1.66						
	時間最大	1.71	1.72	1.745	1.634	1.67	1.70						
	雨天時最大	1.77	1.78	1.805	1.694	1.73	1.76						

最初沈殿池ノッチ

系列		1系			2系								
		初2	初1	初17	初14	初13	初18						
設計高T.P		1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96						
実測最大沈下量m		-0.067	-0.057	-0.034	-0.138	-0.100	-0.068						
今後の予想沈下量m		-0.011	-0.011	-0.011	-0.018	-0.018	-0.018						
沈下後の高さT.P		1.882	1.892	1.915	1.804	1.842	1.874	※ノッチからトラフへは自由落下					
計算採用値		1.900	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900	※ノッチ高を揃えることで均等流入させる					
計算水位 T.P	日平均	1.93	1.93	1.930	1.930	1.93	1.93						
	日最大	1.94	1.94	1.940	1.940	1.94	1.94						
	時間最大	1.94	1.94	1.940	1.940	1.94	1.94						
	雨天時最大	1.95	1.95	1.950	1.950	1.95	1.95						

最初沈殿池流入渠

系列		1系			2系								
		初2	初1	初17	初14	初13	初18						
設計高T.P		0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50						
実測最大沈下量m		-0.067	-0.057	-0.034	-0.138	-0.100	-0.068						
今後の予想沈下量m		-0.011	-0.011	-0.011	-0.018	-0.018	-0.018						
沈下後の高さT.P		0.422	0.432	0.455	0.344	0.382	0.414						
計算採用値		0.422	0.432	0.455	0.344	0.382	0.414						
計算水位 T.P	日平均	1.97	1.97	1.970	1.970	1.97	1.97	※沈砂池出口部は共通水路のため高い方に合わせる					
	日最大	1.98	1.98	1.980	1.980	1.98	1.98						
	時間最大	2.03	2.03	2.030	2.030	2.03	2.03						
	雨天時最大	2.16	2.16	2.160	2.160	2.16	2.16						

沈砂池流出ゲート～着水井

系列		沈砂池流出	沈砂池流入	主流入ゲート	流入渠	着水井							
設計高T.P		0.10	0.40	0.40	0.60								
実測最大沈下量m		-0.215	-0.194	-0.174	0.000								
今後の予想沈下量m		-0.035	-0.035	-0.035	0.000								
沈下後の高さT.P													
計算採用値		-0.12	0.21	0.23	0.60								
計算水位 T.P	日平均	1.970	2.070	2.080	2.160	2.180	← 着水井の上限水位+3.00M程度を確認（＝流れる）						
	日最大	1.980	2.080	2.100	2.240	2.270	← 同上						
	時間最大	2.030	2.130	2.170	2.440	2.500	← 同上						
	雨天時最大	2.160	2.260	2.330	2.910	3.060	← 同上						

（参考：3W 運転時の水理計算結果）

■３W運転時における反応タンク流入ゲートの水位関係について

反応タンク堰高調整

設備名		最大	最小
ｽﾃｯﾌﾟ 可動堰	標高TP	8.620	8.590
	調整幅m	0.072	0.015
流入可動堰	標高TP	8.620	8.600
	調整幅m	0.165	0.136
分配可動堰	標高TP	9.100	9.100
	調整幅m	0.089	0.075

雨天時の水位２≒雨天時の水位３にする

雨天時に完全越流させる

単位：m

対象水路			反応タンク水位	流入ゲート②（ステップ）				ステップ水路				流入ゲート①（流入）				反応タンク分配槽		
				水量	堰高	越流水深	水位1	水量	水位	損失水頭	水位2	水量	堰高	越流水深	水位3	水量	堰手前水位	堰高
2-2系	4	堰高調整量			0.040								0.141					0.079
		日平均	8.490	0	8.620	0.000	8.620	0	8.620	0.000	8.620	300,000	8.620	0.151	8.771	300,000	8.811	9.100
		日最大	8.500	0	8.620	0.000	8.620	0	8.620	0.000	8.620	400,000	8.620	0.183	8.803	400,000	8.853	9.100
		時間最大	8.520	0	8.620	0.000	8.620	0	8.620	0.000	8.620	600,000	8.620	0.240	8.860	600,000	8.930	9.100
		雨天時	8.580	392.300	8.620	0.181	8.801	392.300	8.801	0.061	8.862	600,000	8.620	0.240	8.860	992.300	9.012	9.100
	3	堰高調整量			0.031								0.145					0.080
		日平均	8.480	0	8.610	0.000	8.610	0	8.610	0.000	8.610	300,000	8.620	0.151	8.771	300,000	8.811	9.100
		日最大	8.490	0	8.610	0.000	8.610	0	8.610	0.000	8.610	400,000	8.620	0.183	8.803	400,000	8.853	9.100
		時間最大	8.510	0	8.610	0.000	8.610	0	8.610	0.000	8.610	600,000	8.620	0.240	8.860	600,000	8.930	9.100
		雨天時	8.570	392.300	8.610	0.181	8.791	392.300	8.791	0.065	8.856	600,000	8.620	0.240	8.860	992.300	9.010	9.100
	2	堰高調整量			0.049								0.165					0.079
		日平均	8.474	0	8.610	0.000	8.610	0	8.610	0.000	8.610	300,000	8.610	0.151	8.761	300,000	8.801	9.100
		日最大	8.484	0	8.610	0.000	8.610	0	8.610	0.000	8.610	400,000	8.610	0.183	8.793	400,000	8.833	9.100
		時間最大	8.504	0	8.610	0.000	8.610	0	8.610	0.000	8.610	600,000	8.610	0.240	8.850	600,000	8.920	9.100
		雨天時	8.564	392.300	8.610	0.181	8.791	392.300	8.791	0.053	8.844	600,000	8.610	0.240	8.850	992.300	9.000	9.100
	1	堰高調整量			0.041								0.154					0.079
		日平均	8.463	0	8.600	0.000	8.600	0	8.600	0.000		300,000	8.610	0.151		300,000	8.801	9.100
		日最大	8.473	0	8.600	0.000	8.600	0	8.600	0.000		400,000	8.610	0.183		400,000	8.843	9.100
		時間最大	8.493	0	8.600	0.000	8.600	0	8.600	0.000		600,000	8.610	0.240		600,000	8.920	9.100
		雨天時	8.553	392.300	8.600	0.181	8.781	392.300	8.781	0.060	8.841	600,000	8.610	0.240	8.850	992.300	9.000	9.100
2-1系	4	堰高調整量			0.028								0.145					0.079
		日平均	8.466	0	8.590	0.000	8.590	0	8.590	0.000	8.590	300,000	8.600	0.151	8.751	300,000	8.791	9.100
		日最大	8.476	0	8.590	0.000	8.590	0	8.590	0.000	8.590	400,000	8.600	0.183	8.783	400,000	8.833	9.100
		時間最大	8.496	0	8.590	0.000	8.590	0	8.590	0.000	8.590	600,000	8.600	0.240	8.840	600,000	8.910	9.100
		雨天時	8.556	392.300	8.590	0.181	8.771	392.300	8.771	0.066	8.837	600,000	8.600	0.240	8.840	992.300	9.000	9.100
	3	堰高調整量			0.053								0.147					0.076
		日平均	8.471	0	8.610	0.000	8.610	0	8.610	0.000	8.610	300,000	8.610	0.151	8.761	300,000	8.801	9.100
		日最大	8.481	0	8.610	0.000	8.610	0	8.610	0.000	8.610	400,000	8.610	0.183	8.793	400,000	8.843	9.100
		時間最大	8.501	0	8.610	0.000	8.610	0	8.610	0.000	8.610	600,000	8.610	0.240	8.850	600,000	8.920	9.100
		雨天時	8.561	392.300	8.610	0.181	8.791	392.300	8.791	0.056	8.847	600,000	8.610	0.240	8.850	992.300	9.000	9.100
	2	堰高調整量			0.072								0.158					0.075
		日平均	8.484	0	8.610	0.000	8.610	0	8.610	0.000	8.610	300,000	8.600	0.151	8.751	300,000	8.791	9.100
		日最大	8.494	0	8.610	0.000	8.610	0	8.610	0.000	8.610	400,000	8.600	0.183	8.783	400,000	8.833	9.100
		時間最大	8.514	0	8.610	0.000	8.610	0	8.610	0.000	8.610	600,000	8.600	0.240	8.840	600,000	8.910	9.100
		雨天時	8.574	392.300	8.610	0.181	8.791	392.300	8.791	0.048	8.839	600,000	8.600	0.240	8.840	992.300	8.990	9.100
	1	堰高調整量			0.030								0.160					0.076
		日平均	8.488	0	8.610	0.000	8.610	0	8.610	0.000		300,000	8.610	0.151		300,000	8.801	9.100
		日最大	8.498	0	8.610	0.000	8.610	0	8.610	0.000		400,000	8.610	0.183		400,000	8.843	9.100
		時間最大	8.518	0	8.610	0.000	8.610	0	8.610	0.000		600,000	8.600	0.240		600,000	8.920	9.100
		雨天時	8.578	392.300	8.610	0.181	8.791	392.300	8.791	0.058	8.849	600,000	8.610	0.240	8.850	992.300	9.000	9.100
1-2系	4	堰高調整量			0.033								0.158					0.086
		日平均	8.455	0	8.600	0.000	8.600	0	8.600	0.000		300,000	8.610	0.151		300,000	8.801	9.100
		日最大	8.465	0	8.600	0.000	8.600	0	8.600	0.000		400,000	8.610	0.183		400,000	8.833	9.100
		時間最大	8.485	0	8.600	0.000	8.600	0	8.600	0.000		600,000	8.610	0.240		600,000	8.920	9.100
		雨天時	8.545	392.300	8.600	0.181	8.781	392.300	8.781	0.061	8.842	600,000	8.610	0.240	8.850	992.300	9.000	9.100
	3	堰高調整量			0.031								0.144					0.087
		日平均	8.458	0	8.600	0.000	8.600	0	8.600	0.000	0.000	300,000	8.600	0.151	0.000	300,000	8.791	9.100
		日最大	8.468	0	8.600	0.000	8.600	0	8.600	0.000	0.000	400,000	8.600	0.183	0.000	400,000	8.833	9.100
		時間最大	8.488	0	8.600	0.000	8.600	0	8.600	0.000	0.000	600,000	8.600	0.240	0.000	600,000	8.910	9.100
		雨天時	8.548	392.300	8.600	0.181	8.781	392.300	8.781	0.062	8.843	600,000	8.600	0.240	8.840	992.300	8.993	9.100
	2	堰高調整量			0.042								0.156					0.083
		日平均	8.473	0	8.600	0.000	8.600					300,000	8.600	0.151	0.000	300,000	8.791	9.100
		日最大	8.483	0	8.600	0.000	8.600					400,000	8.600	0.183	0.000	400,000	8.833	9.100
		時間最大	8.503	0	8.600	0.000	8.600					600,000	8.600	0.240	0.000	600,000	8.910	9.100
		雨天時	8.563	392.300	8.600	0.181	8.781	392.300	8.781	0.057	8.838	600,000	8.600	0.240	8.840	992.300	8.990	9.100
	1	堰高調整量			0.053								0.148					0.081
		日平均	8.474	0	8.610	0.000	8.610					300,000	8.610	0.151	0.000	300,000	8.801	9.100
		日最大	8.484	0	8.610	0.000	8.610					400,000	8.610	0.183	0.000	400,000	8.843	9.100
		時間最大	8.504	0	8.610	0.000	8.610					600,000	8.610	0.240	0.000	600,000	8.920	9.100
		雨天時	8.564	392.300	8.610	0.181	8.791	392.300	8.791	0.056	8.847	600,000	8.610	0.240	8.850	992.300	9.000	9.100
1-1系	4	堰高調整量			0.045								0.139					0.089
		日平均	8.446	0	8.600	0.000	8.600					300,000	8.610	0.151	0.000	300,000	8.801	9.100
		日最大	8.456	0	8.600	0.000	8.600					400,000	8.610	0.183	0.000	400,000	8.843	9.100
		時間最大	8.476	0	8.600	0.000	8.600					600,000	8.610	0.240	0.000	600,000	8.920	9.100
		雨天時	8.536	392.300	8.600	0.181	8.781	392.300	8.781	0.063	8.844	600,000	8.610	0.240	8.850	992.300	9.000	9.100
	3	堰高調整量			0.043								0.136					0.086
		日平均	8.451	0	8.600	0.000	8.600					300,000	8.610	0.151	0.000	300,000	8.801	9.100
		日最大	8.461	0	8.600	0.000	8.600					400,000	8.610	0.183	0.000	400,000	8.843	9.100
		時間最大	8.481	0	8.600	0.000	8.600					600,000	8.610	0.240	0.000	600,000	8.920	9.100
		雨天時	8.541	392.300	8.600	0.181	8.781	392.300	8.781	0.064	8.845	600,000	8.610	0.240	8.850	992.300	9.000	9.100
	2	堰高調整量			0.015								0.146					0.083
		日平均	8.489	0	8.610	0.000	8.610					300,000	8.620	0.151		300,000	8.811	9.100
		日最大	8.499	0	8.610	0.000	8.610					400,000	8.620	0.183		400,000	8.853	9.100
		時間最大	8.519	0	8.610	0.000	8.610					600,000	8.620	0.240		600,000	8.930	9.100
		雨天時	8.579	392.300	8.610	0.181	8.791	392.300	8.791	0.070	8.861	600,000	8.620	0.240	8.860	992.300	9.011	9.100
	1	堰高調整量			0.016								0.146					0.084
		日平均	8.489	0	8.610	0.000	8.610					300,000	8.620	0.151		300,000	8.811	9.100
		日最大	8.499	0	8.610	0.000	8.610					400,000	8.620	0.183		400,000	8.853	9.100
		時間最大	8.519	0	8.610	0.000	8.610					600,000	8.620	0.240		600,000	8.930	9.100
		雨天時	8.579	392.300	8.610	0.181	8.791	392.300	8.791	0.069	8.860	600,000	8.620	0.240	8.860	992.300	9.010	9.100

9.3 構造的な影響と対策案

9.3.1 沈下・変形に対する安全性

a) 基本的な考え方

ここでは将来の沈下状況に対する構造物の強度上の安全性を検討する。

沈下による構造強度に関する記載として、建築基準法では、「地盤の沈下又は変形に対する構造耐力上の安全性」について建築基準法施行令第 38 条に以下の記述がある。

> （基礎）
> 第38条　建築物の基礎は，建築物に作用する荷重及び外力を安全に地盤に伝え，かつ，地盤の沈下又は変形に対して構造耐力上安全なものとしなければならない。
> 2　建築物には，異なる構造方法による基礎を併用してはならない。
> 3　建築物の基礎の構造は，建築物の構造，形態及び地盤の状況を考慮して国土交通大臣が定めた構造方法を用いるものとしなければならない。この場合において，高さ13メートル又は延べ面積3,000平方メートルを超える建築物で，当該建築物に作用する荷重が最下階の床面積1平方メートルにつき100キロニュートンを超えるものにあつては，基礎の底部（基礎ぐいを使用する場合にあつては，当該基礎ぐいの先端）を良好な地盤に達することとしなければならない。
> 4　前2項の規定は，建築物の基礎について国土交通大臣が定める基準に従つた構造計算によつて構造耐力上安全であることが確かめられた場合においては，適用しない。
> 5　打撃，圧力又は振動により設けられる基礎ぐいは，それを設ける際に作用する打撃力その他の外力に対して構造耐力上安全なものでなければならない。
> 6　建築物の基礎に木ぐいを使用する場合においては，その木ぐいは，平家建の木造の建築物に使用する場合を除き，常水面下にあるようにしなければならない。

また、「建築物の構造関係技術基準解説書 2015 年版」には、基礎の要求性能として、許容変形量以下であることを確認する必要がある旨の記載がある。

> ii）基礎の要求性能②（基礎の変形量が許容変形量を超えないこと）について
>
> 基礎のそれぞれの部分が独立に変形を起こすと，上部構造に予想外の応力が発生し，建築物の障害の発生原因となる。そのためには，できるだけ沈下量を小さくし，許容変形量（沈下量）を超えないようにすることが必要である。
>
> 基礎の沈下には，一般に図3.1−3のような一様沈下・傾斜沈下・相対沈下がある。傾斜沈下，相対沈下はいわゆる不同沈下である。これらのうち，一様沈下・傾斜沈下は建築物全体としての剛体的な動きであり，建築物の使用上の支障を考えなければ，極端に大きな沈下量でない限り構造強度上は上部構造には影響を与えない。しかし，相対沈下の場合は上部構造に強制変形に伴う二次的な応力が発生する。この相対沈下による応力は上部構造に鉛直荷重や地震力が作用するとして計算した設計応力に累加されるため，相対沈下が増大すると構造部材にひび割れやせん断破壊等が生じ，建築物に障害が発生するおそれが高い。したがって，構造強度上の問題として検討すべき対象は相対沈下である。

このように、沈下による建物の構造的な障害は、相対沈下による変形が大きな要因となることから、相対沈下に対して許容値を満足しているか否かが一つの判断基準となる。

このため、本検討では、沈下終息時の相対沈下量（変形角）を算出し、構造物に影響がないと判断できる許容値以下であるか否かを確認することとした。

なお、沈下終息時の想定は、現況値（16/8/5 測定）に双曲線法から得られた「今後さらに予想される沈下量」を一律に加算する方法をとっている。

ただし、最初沈殿池（1 系）は、南西端の角が沈下終息状態にあるため、この 1 点以外が一律に沈下するという状況を想定し評価を行っている。

（参考）相対沈下量と変形角

沈下によって基礎に生じる変形は、下図（ａ）のような形状になる。

このとき、建物に生じる沈下量の最大値が総沈下量 Smax である。全体の沈下量から建物外端の沈下量のうちの小さな値を差し引くと、下図（ｂ）のような曲線が得られるが、その最大値が不同沈下量である。

さらに、下図（ｂ）の曲線から傾斜分を差し引いた下図（ｃ）が相対沈下量であり、その最大値を最大相対沈下量 S_{Dmax} という。このときの下図（ｃ）の各点間の勾配が変形角 θ である。

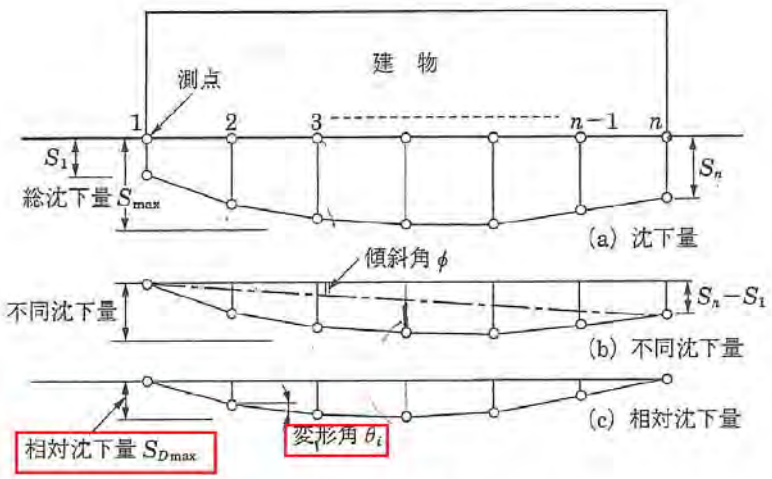


図 5.3.23　各種沈下量の説明[5.3.44]

出典：建築基礎構造設計指針

b) **許容値について**

1) **土木基準**

土木基準「H19JS 指針」によると、直接基礎の構造物に対する許容沈下量については以下に示すような数値が目安として示されている。これは、水や汚泥を取り扱う下水道施設としての特有な機能面を重視し設定されている。

なお、解説によると、許容沈下量には、不同沈下量が包含された許容値となっており、また許容相対沈下量に関しては、建築基準が適用されている。

・許容最大沈下量： 10cm ※相対沈下量ではない
・許容相対沈下量： 2.0／1000 rad (1/500 rad) ※角度の提示のみ

5.4.2 基礎の許容沈下量

(1)許容最大沈下量は，10cm を目安とする。

(2)許容相対沈下量（傾斜角）は以下の値を目安とする。

ラーメン構造	2／1000 (rad)
壁 式 構 造	1／1000 (〃)

【解説】

(1)について

許容最大沈下量 10cm は，圧密沈下のみが予測される地盤では圧密沈下量に対して，即時沈下のみが予測される地盤では即時沈下量に対して，それぞれに適用するものであり，圧密沈下と即時沈下の双方が予測される地盤条件の場合は合計値に対して適用する。

構造的に問題となるのは最大沈下量よりむしろ不同沈下量である。しかし，不同沈下の実用的な算式は，まだ確立されているとは言えない。そこで不同沈下量は，一般に最大沈下量が大きい程大きくなるという傾向があることから，便宜的に最大沈下量をもって基礎設計の基準とすることとし，下水道施設の機能に与える影響，構造物本体に与える影響等を踏まえ，許容最大沈下量を標記のとおり規定した。

なお，標記の許容値は目安としての値であり，設計計画段階で予測される最大沈下量が標記の値を下回るとしても，機能上関係のある施設との相対沈下量の面で障害を生ずることが懸念される場合はその対策を検討しなければならない。

(2)について

許容相対沈下量については，日本建築学会の「建築基礎構造設計指針；2001 年及び平成元年 1 月」を参考として規定した。

許容相対沈下量に関しても，標記の値は目安としての値であり，設計計画段階で予測される相対沈下量が標記の値を下回るとしても，通水機能等の面で障害を生ずることが懸念される場合はその対策を検討しなければならない。

なお，フローティング基礎等の特殊な場合については，本条の規定に従わず，設計担当者の判断に従うものとする。

出典：構造物設計指針・基礎構造編（日本下水道事業団 H19.4）

2) **建築基準**

先述のように建築基準法上では、構造強度上の問題として相対沈下に許容値を設けており、「建築物の構造関係技術基準解説書 2015 年版」において、構造種別・基礎形式ごとの許容最大沈下量のほか、許容相対沈下量及び許容変形角が示されている。

・許容最大沈下量： 30cm
・許容相対沈下量： 6cm
・許容相対変形角： 2.0／1000 rad（1/500）

表3.1－2 許容相対沈下量（圧密沈下の場合）[4)]

構造種別	コンクリートブロック造	鉄筋コンクリート造		
基礎形式	連続(布)基礎	独立基礎	連続(布)基礎	べた基礎
標準値（cm）	1.0	1.5	2.0	2.0～(3.0)
最大値（cm）	2.0	3.0	4.0	4.0～(6.0)
許容変形角（rad）	$0.5\sim1.0\times10^{-3}$	$1.0\sim2.0\times10^{-3}$		

[注]（ ）内の数値は大きいはりせいあるいは二重スラブ等で十分剛性が大きい場合

表3.1－3 許容最大沈下量（圧密沈下の場合）[4)]

構造種別	コンクリートブロック造	鉄筋コンクリート造		
基礎形式	連続(布)基礎	独立基礎	連続(布)基礎	べた基礎
標準値（cm）	2	5	10	10～(15)
最大値（cm）	4	10	20	20～(30)

[注]（ ）内の数値は大きいはりせいあるいは二重スラブ等で十分剛性が大きい場合

出典：建築物の構造関係技術基準解説書 2015 年版

3) 許容値まとめ

今回、不同沈下が発生している施設に対する構造検証を行う場合の許容値は、土木基準及び建築基準を踏まえて以下のように設定した。

今回の構造検証は、構造強度の検証であるため、許容相対沈下量・許容変形角に対する検証を行うこととした。

(構造検証で用いる許容値)

・許容相対沈下量： 6cm (建築基準)
・許容変形角： 2.0／1000 rad (1/500 rad) (土木・建築基準)

なお、設定理由としては、土木基準「H19JS 指針」は、水・汚泥を取り扱う下水道施設として特有な機能面を重視し、各種基準値から小さい値を目安として定められている。

ただし、今回のように現実的に不同沈下が発生している状況においては、構造強度上の問題となる相対沈下に対する許容値が明示されている建築基準の考え方に準拠することとした。

c） **構造検証断面位置**

今回、各施設別に構造検証する断面 No について下図に記載する。

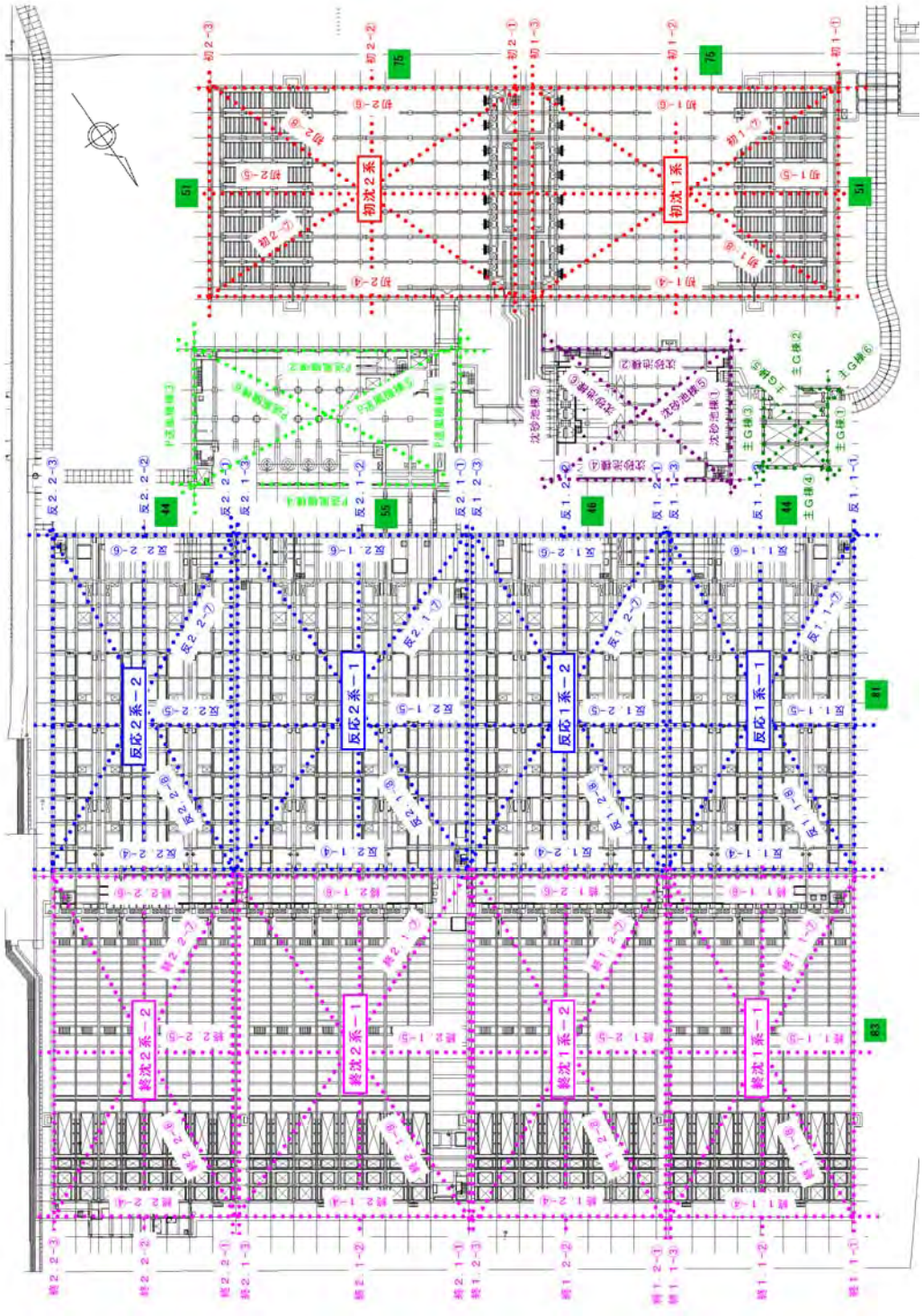
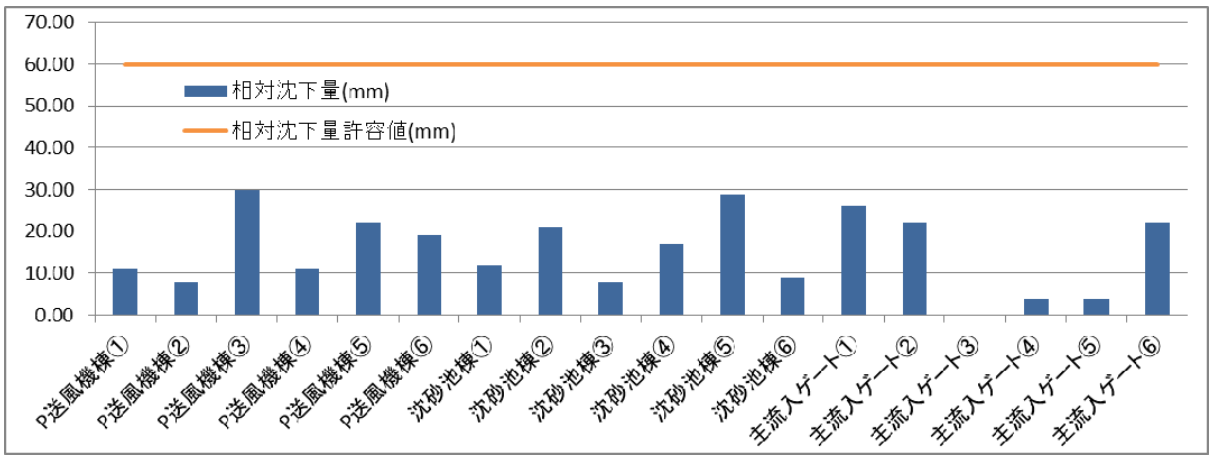


図 9.3　構造照査断面位置図

次頁以降に、沈下終息状況を想定した各断面ごとの相対沈下量及び変形角を算出した結果を示す。

d) 算定結果

1) 想定した沈下終息時における相対沈下量



※上記施設は測点が 2 点のみのため、厳密には相対沈下量ではなく不同沈下量となっている。
※主流入ゲート③では、2 つの測点での沈下量が等しいため、相対沈下量はゼロとなっている。

図 9.4 相対沈下量（P 送風機棟ほか）

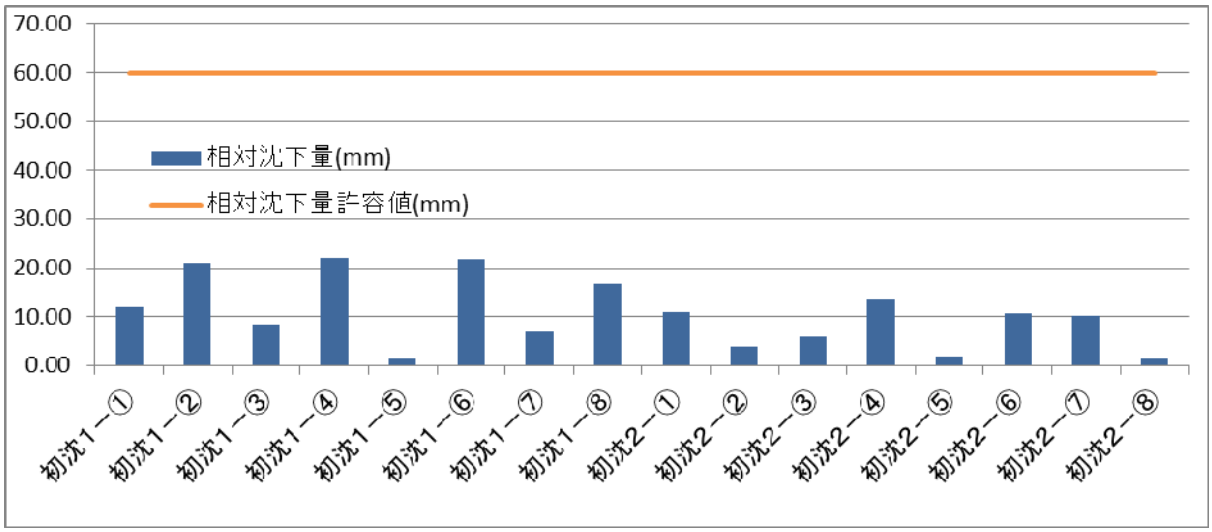


図 9.5 相対沈下量（最初沈殿池）

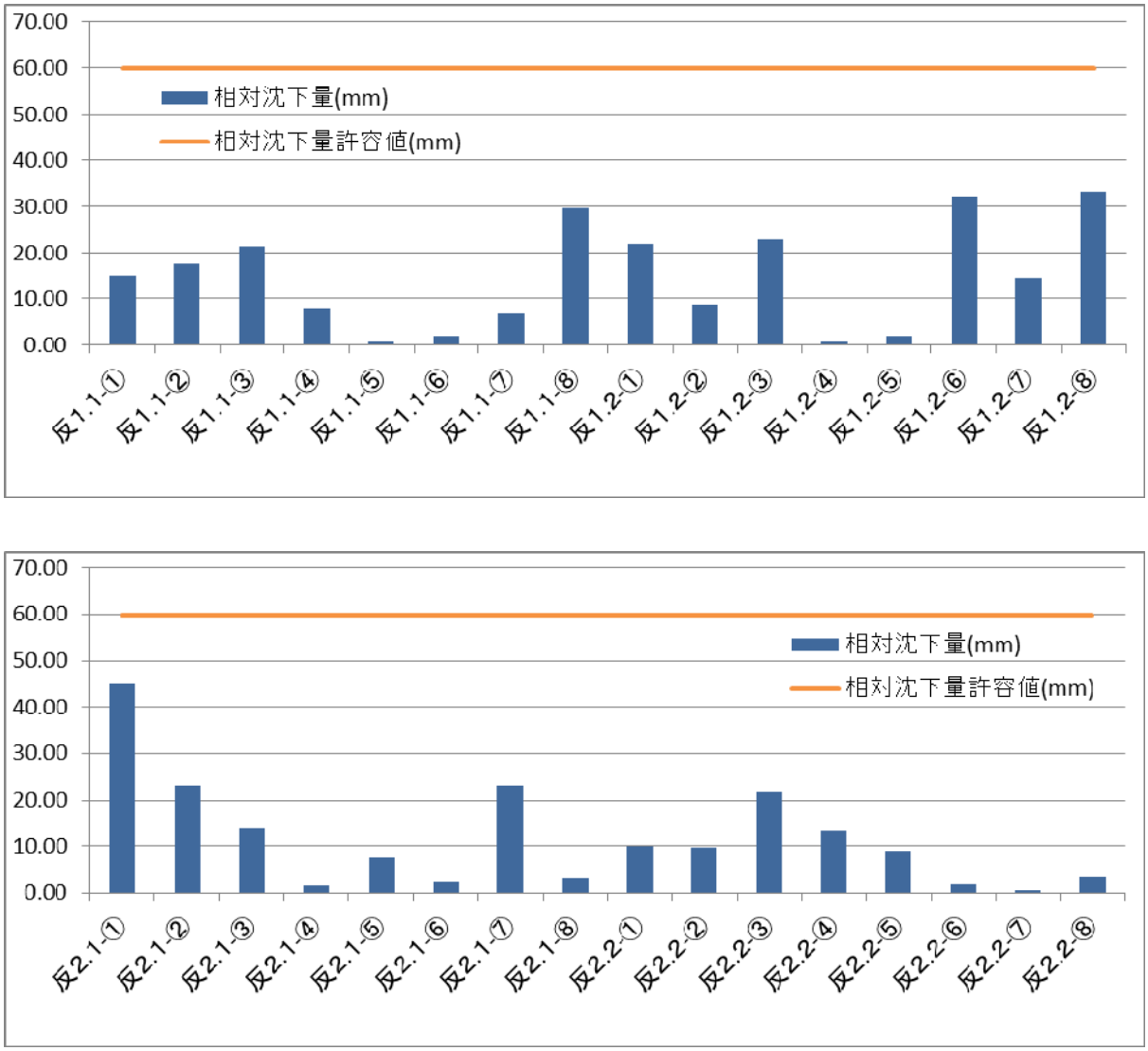
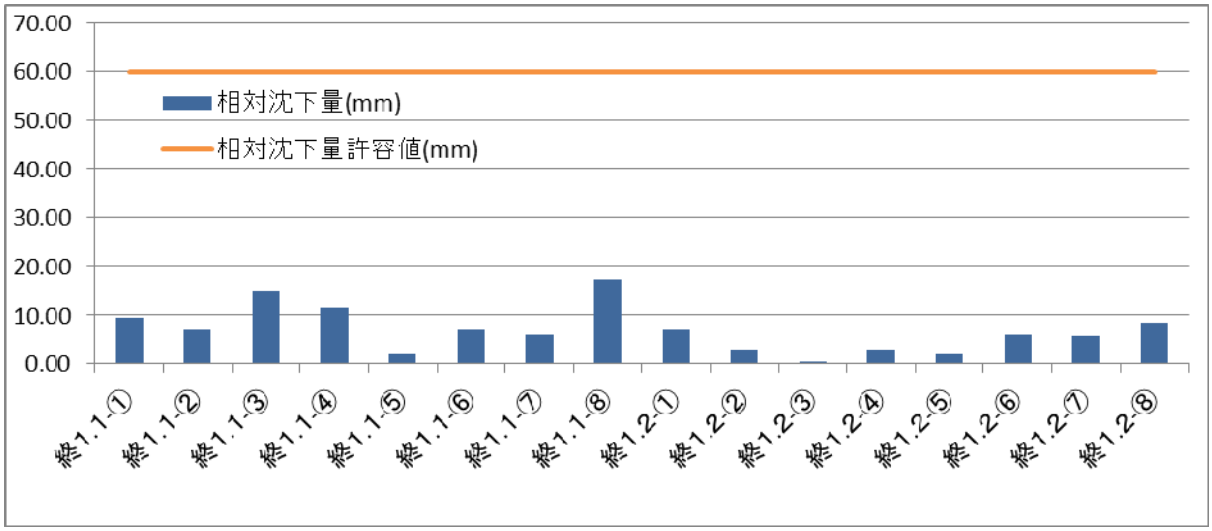


図 9.6　相対沈下量（反応タンク）



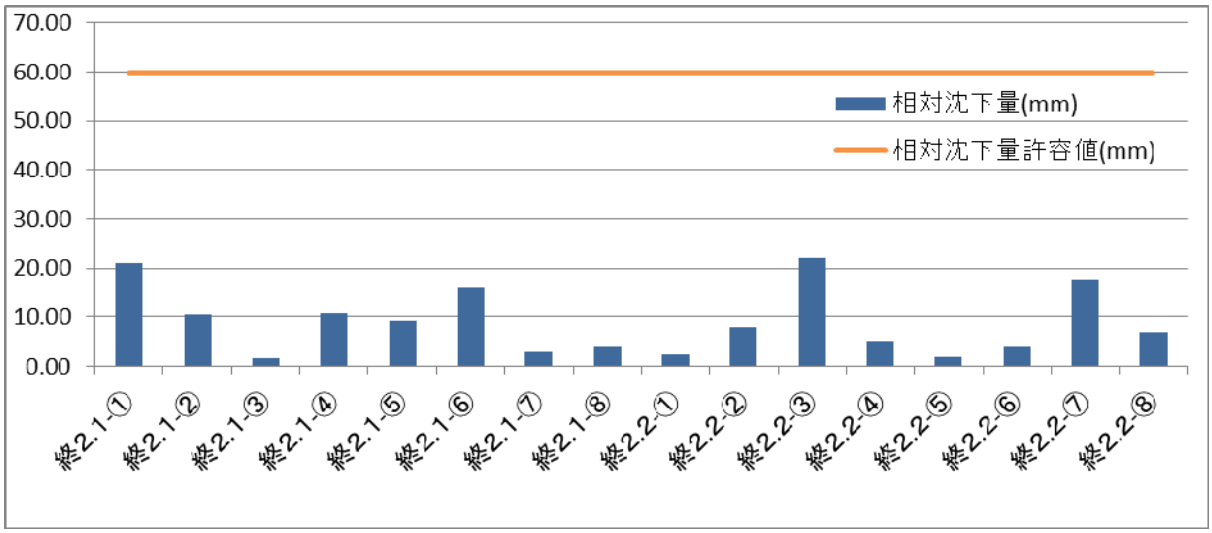
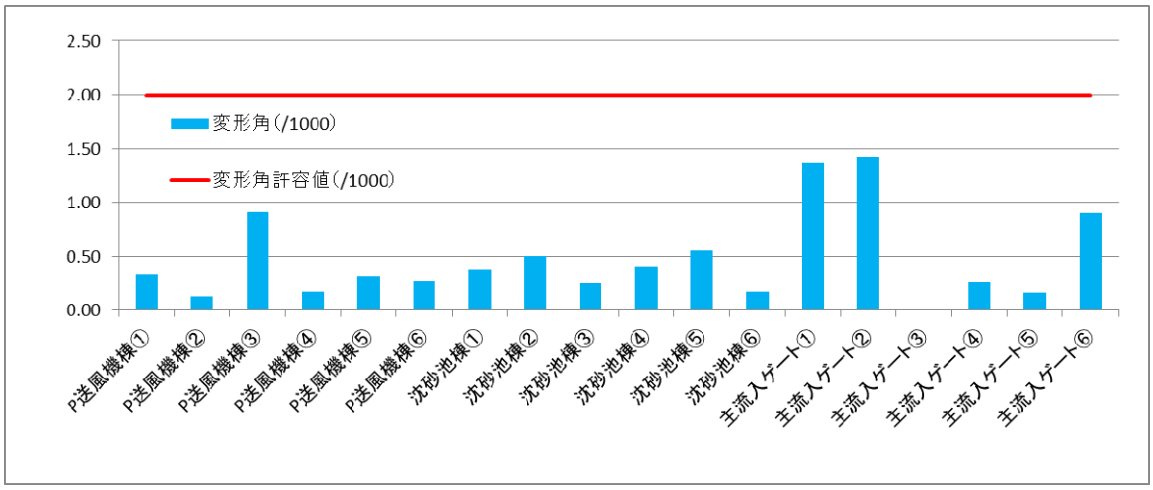


図 9.7　相対沈下量（最終沈殿池）

2) 想定した沈下終息時における変形角



※上記施設は測点が 2 点のみのため、厳密には変形角ではなく傾斜角となっている。
※主流入ゲート③では、2 つの測点での沈下量が等しく、相対沈下量がゼロのため、変形角もゼロとなっている。

図 9.8 変形角（P 送風機棟ほか）

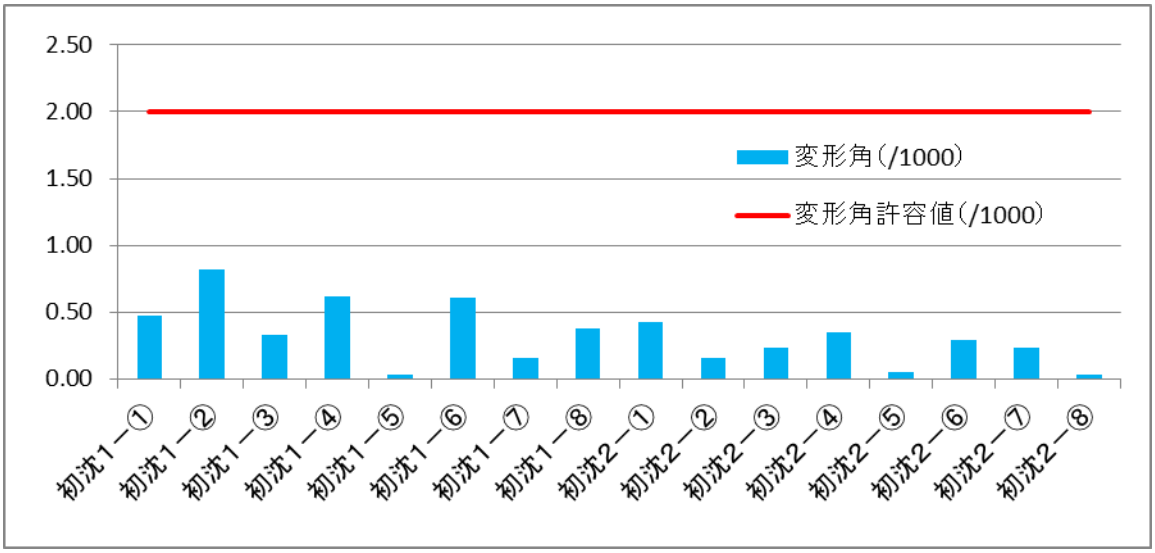
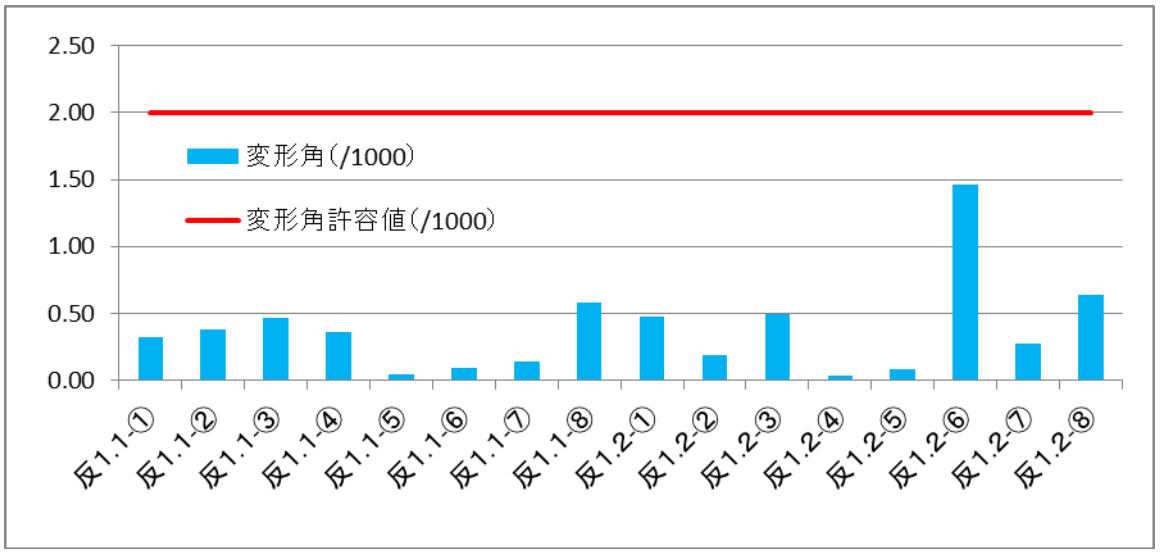


図 9.9 変形角（最初沈殿池）



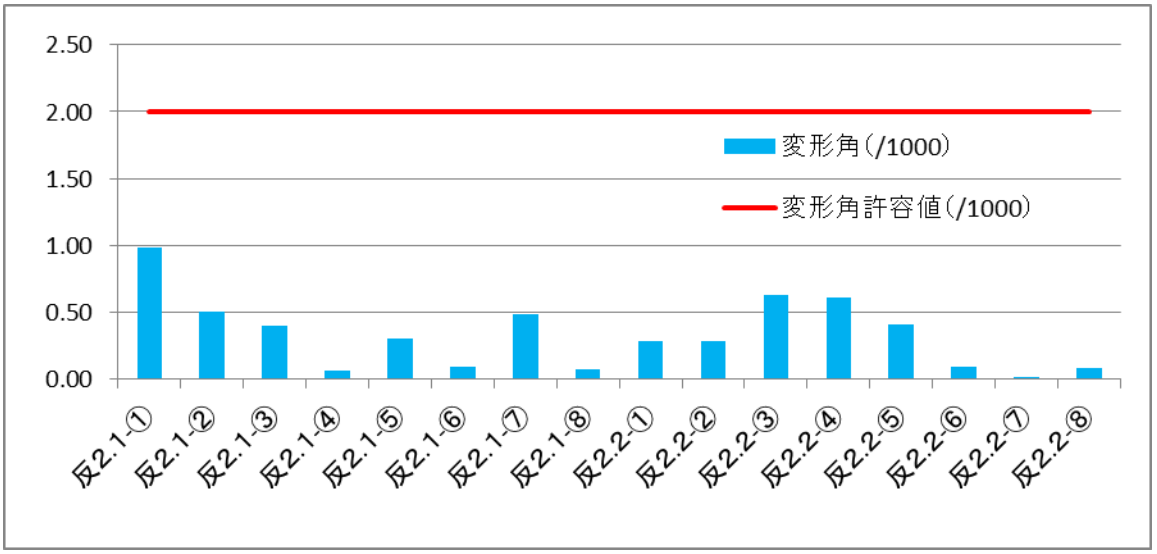
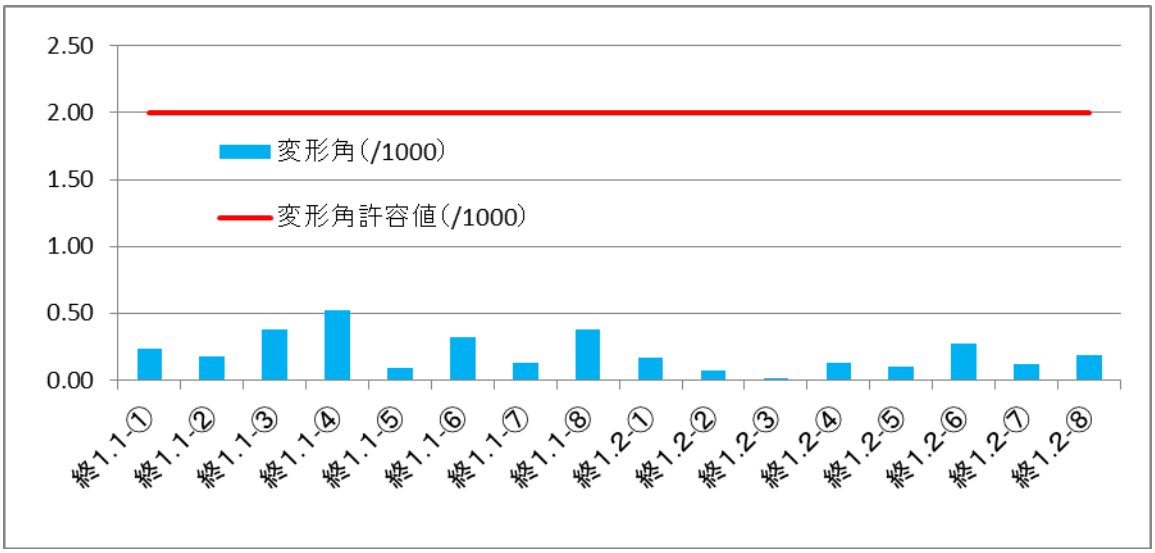


図 9.10　変形角（反応タンク）



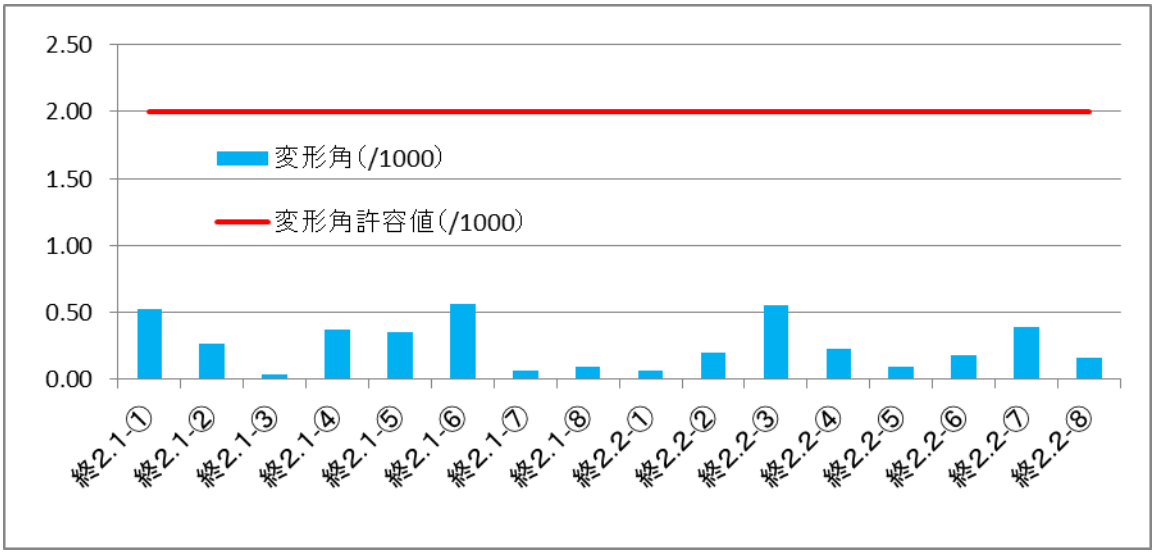


図 9.11　変形角（最終沈殿池）

表 9.1　想定した沈下終息時における各施設別の沈下量・相対沈下量及び変形角（1/2）

相対沈下量S_D(mm)：　60
変形角θ：　1/500

位置	P送風機棟①			沈砂池棟①			主流入ゲート①		
No	1	2	3	1	2	3	1	2	3
測定点	P-2	―	P-1	沈-1	―	No3	主流-1	―	主流-4
No1からの距離L(m)	0	―	33	0	―	31.5	0	―	19
総沈下量S(mm)	182	―	193	179	―	191	147	―	173
不同沈下量(mm)	0	―	11	0	―	12	0	―	26
傾斜角ϕ	1/3000			1/2625			1/731		
相対沈下量S_D(mm)	―	―	11.0	―	―	12.0	―	―	26.0
変形角θ	―	―	1/3000	―	―	1/2625	―	―	1/731
位置	P送風機棟②			沈砂池棟②			主流入ゲート②		
No	1	2	3	1	2	3	1	2	3
測定点	P-1	―	P-3	沈-1	―	沈-2	主流-1	―	主流-2
No1からの距離L(m)	0	―	63.5	0	―	42	0	―	15.5
総沈下量S(mm)	193	―	201	179	―	200	147	―	169
不同沈下量(mm)	0	―	8	0	―	21	0	―	22
傾斜角ϕ	1/7938			1/2000			1/705		
相対沈下量S_D(mm)	―	―	8.0	―	―	21.0	―	―	22.0
変形角θ	―	―	1/7938	―	―	1/2000	―	―	1/705
位置	P送風機棟③			沈砂池棟③			主流入ゲート③		
No	1	2	3	1	2	3	1	2	3
測定点	No4	―	P-3	沈-2	―	沈-3	主流-3	―	主流-2
No1からの距離L(m)	0	―	33	0	―	31.5	0	―	19
総沈下量S(mm)	171	―	201	200	―	208	169	―	169
不同沈下量(mm)	0	―	30	0	―	8	0	―	0
傾斜角ϕ	1/1100			1/3938			-		
相対沈下量S_D(mm)	―	―	30.0	―	―	8.0	―	0.0	0.0
変形角θ	―	―	1/1100	―	―	1/3938	―	―	-
位置	P送風機棟④			沈砂池棟④			主流入ゲート④		
No	1	2	3	1	2	3	1	2	3
測定点	No4	―	P-2	No3	―	沈-3	主流-3	―	主流-4
No1からの距離L(m)	0	―	63.5	0	―	42	0	―	15.5
総沈下量S(mm)	171	―	182	191	―	208	169	―	173
不同沈下量(mm)	0	―	11	0	―	17	0	―	4
傾斜角ϕ	1/5773			1/2471			1/3875		
相対沈下量S_D(mm)	―	―	11.0	―	―	17.0	―	―	4.0
変形角θ	―	―	1/5773	―	―	1/2471	―	―	1/3875
位置	P送風機棟⑤			沈砂池棟⑤			主流入ゲート⑤		
No	1	2	3	1	2	3	1	2	3
測定点	No4	―	P-1	沈-1	―	沈-3	主流-2	―	主流-4
No1からの距離L(m)	0	―	71.6	0	―	52.5	0	―	24.5
総沈下量S(mm)	171	―	193	179	―	208	169	―	173
不同沈下量(mm)	0	―	22	0	―	29	0	―	4
傾斜角ϕ	1/3255			1/1810			1/6125		
相対沈下量S_D(mm)	―	―	22.0	―	―	29.0	―	―	4.0
変形角θ	―	―	1/3255	―	―	1/1810	―	―	1/6125
位置	P送風機棟⑥			沈砂池棟⑥			主流入ゲート⑥		
No	1	2	3	1	2	3	1	2	3
測定点	P-2	―	P-3	No.3	―	沈-2	主流-1	―	主流-3
No1からの距離L(m)	0	―	71.6	0	―	52.5	0	―	24.5
総沈下量S(mm)	182	―	201	191	―	200	147	―	169
不同沈下量(mm)	0	―	19	0	―	9	0	―	22
傾斜角ϕ	1/3768			1/5833			1/1114		
相対沈下量S_D(mm)	―	―	19.0	―	―	9.0	―	―	22.0
変形角θ	―	―	1/3768	―	―	1/5833	―	―	1/1114

※主流入ゲート③では、2つの測点での沈下量が等しいため、相対沈下量・変形角はゼロとなっている。

想定した沈下終息時における各施設別の沈下量・相対沈下量及び変形角（2/2）

許容値　　相対沈下量S_D(mm)：　60
変形角θ：　1/500

位置	初沈1－①			初沈2－①			反1.1-①			反1.2-①			反2.1-①			反2.2-①			終1.1-①			終1.2-①			終2.1-①			終2.2-①		
No	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
測定点	初-17	初-1	初-2	初-8	初-9	初-10	反-1	S-2	No.5	反-9	反-8	反-6	反-14	反-15	反-13	反-20	反-22	反-23	終-1	終-2	No.7	終-6	終-7	終-8	終-12	終-13	終-14	終-18	終-19	終-20
No1からの距離L(m)	0	25.5	51	0	25.5	51	0	35	46	0	35	81	0	35	46	0	46	81	0	43	83	0	43	83	0	43	83	0	43	83
総沈下量S(mm)	34	68	78	50	103	134	97	99	112	115	119	146	115	116	160	151	155	168	102	126	130	125	150	160	129	145	181	191	211	232
不同沈下量(mm)	0	34	44	0	53	84	0	2	15	0	4	31	0	1	45	0	4	17	0	24	28	0	25	35	0	16	52	0	20	41
傾斜角ϕ	1/1159			1/607			－			1/8750			－			1/11500			1/2964			1/2371			1/2688			1/2150		
相対沈下量S_D(mm)	0.0	12.0	0.0	0.0	11.0	0.0	0.0	2.0	15.0	0.0	0.0	21.7	0.0	1.0	45.0	0.0	0.0	10.0	0.0	9.5	0.0	0.0	6.9	0.0	0.0	0.0	21.1	0.0	0.0	2.4
変形角θ	－	1/2125	－	－	1/2318	－	－	1/17500	1/3067	－	－	1/2116	－	1/35000	1/1022	－	－	1/3515	－	1/4213	－	－	1/5825	－	－	－	1/1894	－	－	1/16699
位置	初沈1－②			初沈2－②			反1.1-②			反1.2-②			反2.1-②			反2.2-②			終1.1-②			終1.2-②			終2.1-②			終2.2-②		
No	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
測定点	初-3	初-15	初-4	初-11	初-16	初-12	反-27	反-26	反-25	反-30	反-29	反-28	反-31	反-32	S-1	反-33	反-34	反-35	終-23	終-24	終-25	終-26	終-27	終-28	終-29	終-30	終-31	終-32	終-33	終-34
No1からの距離L(m)	0	25.5	51	0	25.5	51	0	35	81	0	35	81	0	35	46	0	46	81	0	43	83	0	43	83	0	43	83	0	43	83
総沈下量S(mm)	70	86	123	78	112	138	100	105	129	122	129	147	137	138	160	130	146	168	104	139	158	122	153	176	145	184	200	180	205	213
不同沈下量(mm)	0	16	53	0	34	60	0	5	29	0	7	25	0	1	23	0	16	38	0	35	54	0	31	54	0	39	55	0	25	33
傾斜角ϕ	1/1594			1/850			1/7000			1/5000			－			1/2875			1/1537			1/1537			1/1509			0	1/2515	1/0
相対沈下量S_D(mm)	0.0	0.0	21.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	17.4	0.0	0.0	8.8	0.0	1.0	23.0	0.0	0.0	9.8	0.0	7.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	10.5	0.0	0.0	7.9	0.0
変形角θ	－	－	1/1214	－	1/6375	－	－	－	1/2639	－	－	1/5227	－	1/35000	1/2000	－	－	1/3562	－	1/5695	－	－	1/13227	－	－	1/3807	－	－	1/5061	－
位置	初沈1－③			初沈2－③			反1.1-③			反1.2-③			反2.1-③			反2.2-③			終1.1-③			終1.2-③			終2.1-③			終2.2-③		
No	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
測定点	初-5	初-6	初-7	初-18	初-13	初-14	反-5	反-4	反-2	反-12	反-11	反-10	反-18	反-16	反-19	No.6	反-24	S-4	終-3	終-4	終-5	終-9	終-10	終-11	終-15	終-16	終-17	終-21	終-22	No.8
No1からの距離L(m)	0	25.5	51	0	25.5	51	0	35	81	0	35	81	0	46	35	0	46	81	0	43	83	0	43	83	0	43	83	0	43	83
総沈下量S(mm)	61	100	122	86	118	156	109	114	142	127	140	180	145	155	159	111	150	141	113	154	163	128	158	185	179	208	232	161	195	184
不同沈下量(mm)	0	39	61	0	32	70	0	5	33	0	13	53	0	10	14	0	39	30	0	41	50	0	30	57	0	29	53	0	34	23
傾斜角ϕ	1/836			1/797			1/7000			1/2692			－			1/2700			1/1660			1/1456			1/1566			0	1/3609	1/0
相対沈下量S_D(mm)	0.0	8.5	0.0	0.0	0.0	6.0	0.0	0.0	21.4	0.0	0.0	22.9	0.0	10.0	14.0	0.0	22.0	0.0	0.0	15.1	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	22.1	0.0
変形角θ	－	1/3000	－	－	－	1/4250	－	－	1/2147	－	－	1/2007	－	1/4600	1/2500	－	1/1594	－	－	1/2650	－	－	1/85128	－	－	1/25938	－	－	1/1811	－
位置	初沈1－④			初沈2－④			反1.1-④			反1.2-④			反2.1-④			反2.2-④			終1.1-④			終1.2-④			終2.1-④			終2.2-④		
No	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
測定点	初-2	初-4	初-7	初-10	初-12	初-14	S-2	反-27	反-5	反-9	反-30	反-12	反-15	反-32	反-19	S-4	反-35	反-23	No.7	終-25	終-5	終-8	終-28	終-11	終-14	終-31	終-17	No.8	終-34	終-20
No1からの距離L(m)	0	39	75	0	36	75	0	22	44	0	24	46	0	26	55	0	22	44	0	22	44	0	24	46	0	26	55	0	22	44
総沈下量S(mm)	78	123	122	134	138	156	99	100	109	115	122	127	116	138	159	141	168	168	130	158	163	160	176	185	181	200	232	184	213	232
不同沈下量(mm)	0	45	44	0	4	22	0	1	10	0	7	12	0	22	43	0	27	27	0	28	33	0	16	25	0	19	51	0	29	48
傾斜角ϕ	1/1705			1/9000			1/22000			1/3833			1/1279			1/1630			1/1333			1/1840			1/1368			0	1/917	1/0
相対沈下量S_D(mm)	0.0	22.1	0.0	0.0	0.0	13.7	0.0	0.0	8.0	0.0	0.7	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	13.5	0.0	0.0	11.5	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	10.8	0.0	5.0	0.0
変形角θ	－	1/1627	－	－	－	1/2854	－	－	1/2750	－	1/29765	－	－	1/15543	－	－	1/1630	－	－	1/1913	－	－	1/7441	－	－	－	1/2683	－	1/4400	－
位置	初沈1－⑤			初沈2－⑤			反1.1-⑤			反1.2-⑤			反2.1-⑤			反2.2-⑤			終1.1-⑤			終1.2-⑤			終2.1-⑤			終2.2-⑤		
No	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
測定点	初-1	初-15	初-6	初-9	初-16	初-13	反-1	反-26	反-4	反-8	反-29	反-11	反-14	反-31	反-18	反-34	反-24	反-22	終-2	終-24	終-4	終-7	終-27	終-10	終-13	終-30	終-16	終-22	終-33	終-19
No1からの距離L(m)	0	39	75	0	36	75	0	22	44	0	24	46	0	26	55	0	22	22	0	22	44	0	24	46	0	26	55	0	22	44
総沈下量S(mm)	68	86	100	103	112	118	97	105	114	119	129	140	115	137	145	146	150	155	126	139	154	150	153	158	145	184	208	195	205	211
不同沈下量(mm)	0	18	32	0	9	15	0	8	17	0	10	21	0	22	30	0	4	9	0	13	28	0	3	8	0	39	63	0	10	16
傾斜角ϕ	1/2344			1/5000			1/2750			1/2400			1/1833			－			1/1692			1/8000			1/873			0	1/2750	1/0
相対沈下量S_D(mm)	0.0	1.4	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.8	0.0	7.8	0.0	0.0	4.0	9.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	2.3	0.0	9.2	0.0	0.0	2.0	0.0
変形角θ	－	1/26471	－	－	1/20000	－	－	－	1/22000	－	－	1/12000	－	1/3326	－	－	1/5500	1/2444	－	－	1/11000	－	－	1/9778	－	1/2821	－	－	1/11000	－
位置	初沈1－⑥			初沈2－⑥			反1.1-⑥			反1.2-⑥			反2.1-⑥			反2.2-⑥			終1.1-⑥			終1.2-⑥			終2.1-⑥			終2.2-⑥		
No	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
測定点	初-17	初-3	初-5	初-8	初-11	初-18	No.5	反-25	反-2	反-6	反-28	反-10	反-16	S-1	反-13	No.6	反-33	反-20	終-1	終-23	終-3	終-26	終-6	終-9	終-12	終-29	終-15	終-21	終-32	終-18
No1からの距離L(m)	0	39	75	0	36	75	0	22	44	0	24	46	0	29	55	0	22	44	0	22	44	0	24	22	0	26	55	0	22	44
総沈下量S(mm)	34	70	61	50	78	86	112	129	142	146	147	180	155	160	160	111	130	151	102	104	113	122	125	128	129	145	179	161	180	191
不同沈下量(mm)	0	36	27	0	28	36	0	17	30	0	1	34	0	5	5	0	19	40	0	2	11	0	3	6	0	16	50	0	19	30
傾斜角ϕ	1/2778			1/2083			1/1467			1/24000			1/11000			1/1158			1/11000			－			1/1625			0	1/1467	1/0
相対沈下量S_D(mm)	0.0	22.0	0.0	0.0	10.7	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	32.1	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	7.0	0.0	3.0	6.0	0.0	0.0	16.2	0.0	4.0	0.0
変形角θ	－	1/1639	－	－	1/3358	－	－	1/11000	－	－	－	1/686	－	1/11000	－	－	－	1/11000	－	－	1/3143	－	1/8000	1/3667	－	－	1/1795	－	1/5500	－
位置	初沈1－⑦			初沈2－⑦			反1.1-⑦			反1.2-⑦			反2.1-⑦			反2.2-⑦			終1.1-⑦			終1.2-⑦			終2.1-⑦			終2.2-⑦		
No	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
測定点	初-17	初-15	初-7	初-8	初-16	初-14	反-26	反-5	No.5	反-12	反-29	反-6	反-31	反-19	反-13	S-4	反-34	反-20	終-1	終-24	終-5	終-6	終-27	終-11	終-12	終-30	終-17	No.8	終-33	終-18
No1からの距離L(m)	0	46	90	0	44	90	0	41	51	0	41	93	0	45	53	0	41	92	0	48	94	0	49	95	0	50	99	0	45	94
総沈下量S(mm)	34	86	122	50	112	156	105	109	112	127	129	146	137	159	160	141	146	151	102	139	163	125	153	185	129	184	232	184	205	191
不同沈下量(mm)	0	52	88	0	62	106	0	4	7	0	2	19	0	22	23	0	5	10	0	37	61	0	28	60	0	55	103	0	21	7
傾斜角ϕ	1/1023			1/849			－			1/20500			－			1/9200			1/1541			1/1750			1/961			0	1/13429	1/0
相対沈下量S_D(mm)	0.0	7.0	0.0	0.0	10.2	0.0	0.0	4.0	7.0	0.0	0.0	14.5	0.0	22.0	23.0	0.0	0.5	0.0	0.0	5.9	0.0	0.0	0.0	5.7	0.0	3.0	0.0	0.0	17.6	0.0
変形角θ	－	1/6266	－	－	1/4323	－	－	1/10250	1/7286	－	－	1/3595	－	1/2045	1/2304	－	1/75440	－	－	1/7862	－	－	－	1/8050	－	1/16444	－	－	1/2550	－
位置	初沈1－⑧			初沈2－⑧			反1.1-⑧			反1.2-⑧			反2.1-⑧			反2.2-⑧			終1.1-⑧			終1.2-⑧			終2.1-⑧			終2.2-⑧		
No	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
測定点	初-5	初-15	初-2	初-18	初-16	初-10	S-2	反-26	反-2	反-9	反-29	反-10	反-15	反-31	反-16	No.6	反-34	反-23	終-3	終-24	No.7	終-9	終-27	終-8	終-15	終-30	終-14	終-21	終-33	終-20
No1からの距離L(m)	0	44	90	0	46	90	0	41	92	0	41	93	0	45	98	0	51	92	0	48	94	0	49	95	0	50	94	0	49	94
総沈下量S(mm)	61	86	78	86	112	134	99	105	142	115	129	180	116	137	155	111	146	168	113	139	130	128	153	160	179	184	181	161	205	232
不同沈下量(mm)	0	25	17	0	26	48	0	6	43	0	14	65	0	21	39	0	35	57	0	26	17	0	25	32	0	5	2	0	44	71
傾斜角ϕ	1/5294			1/1875			1/6833			1/2929			1/2513			1/1614			1/5529			1/2969			1/47000			0	1/1324	1/0
相対沈下量S_D(mm)	0.0	16.7	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	29.5	0.0	0.0	33.2	0.0	3.1	0.0	0.0	3.4	0.0	0.0	17.3	0.0	0.0	8.5	0.0	0.0	3.9	0.0	0.0	7.0	0.0
変形角θ	－	1/2636	－	－	1/30000	－	－	－	1/1727	－	－	1/1564	－	1/14554	－	－	1/12051	－	－	1/2656	－	－	1/5415	－	－	1/11178	－	－	1/6438	－

e） **考察**

検証の結果、想定した沈下終息時における各施設別の相対沈下量及び変形角は、許容値を超過する部位は発生していないため、構造強度上の問題は生じない。

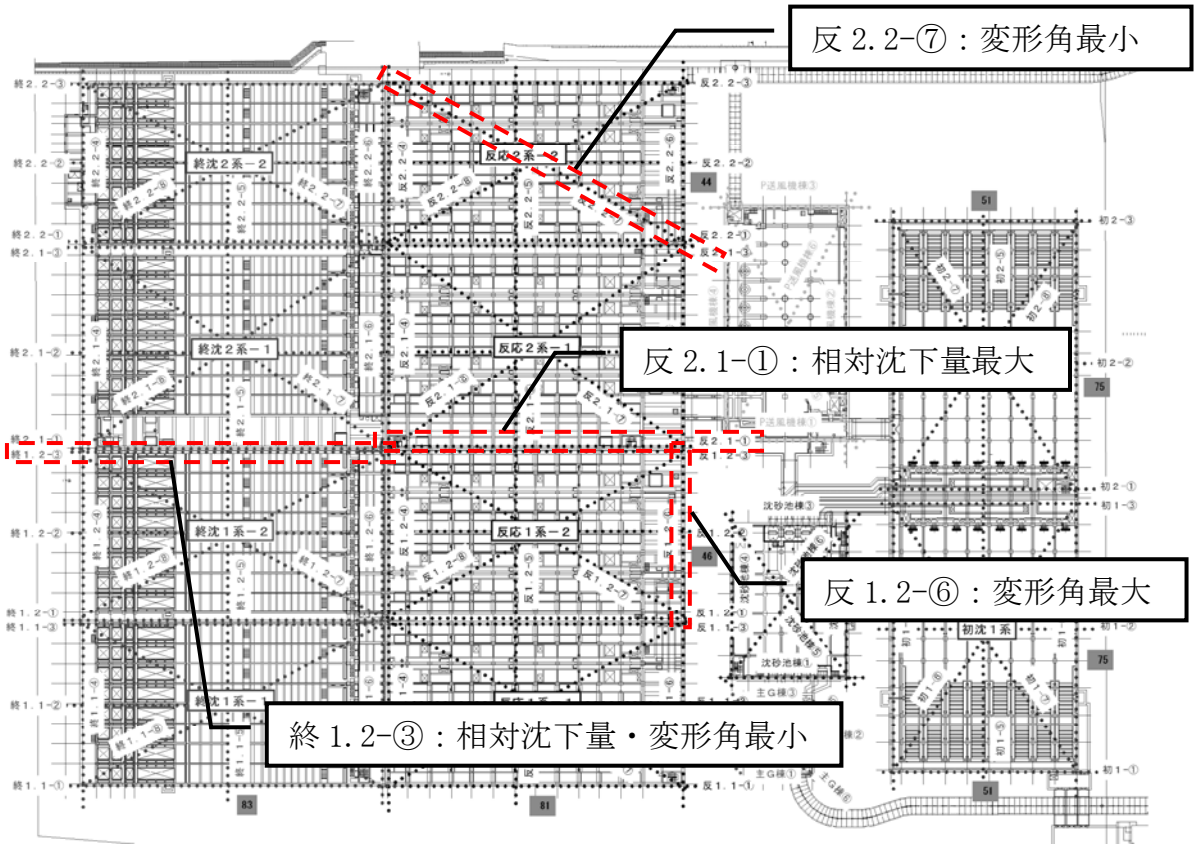
【相対沈下量】許容値 60mm

相対沈下量は、終 1.2-③にて最小値 0.47mm を示し、ほぼ均等に沈下している状況と言える。反 2.1-①では最大値 45mm を示しているが、許容値以内となっている。

【変形角】2.0／1000rad

変形角は、反 2.2-⑦と終 1.2-③にて最小値 0.01/1000 rad を示し、不同沈下による構造物の変形はほぼ生じていない状況と言える。反 1.2-⑥では最大値 1.46/1000rad を示しているが、許容値以内となっている。

なお、相対沈下量の最大値を示している反 2.1-①の変形角は 0.98/1000rad であり、反 1.2-⑥に比べ構造物の変形は小さい。



このため、変形角の最大値を示している反応 1.2-⑥では、不同沈下による構造物の変形が比較的大きいため、構造物の照査を行うものとした。

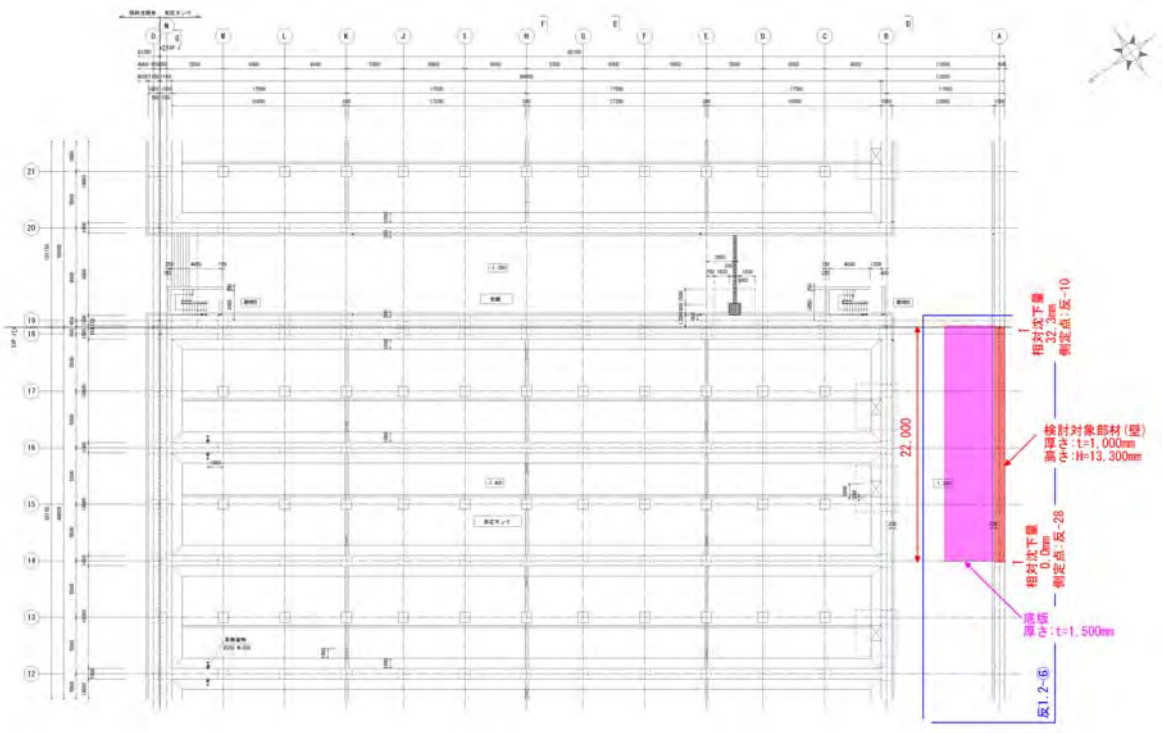
9.3.2 変形に対する構造物の照査

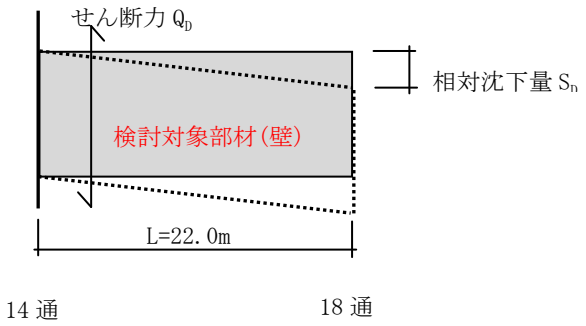
a) 検討内容

不同沈下による構造物の変形について照査を行う。

前項で抽出した箇所は、下図の赤色で示す壁（壁厚 t=1000mm）の 18 通り端部の相対沈下によるものである。この壁の直交方向には剛強な壁が取付いていないため、相対沈下量が 0 となる 14 通り端を元端としたスパン長 22.0mの片持ち壁として評価した。

この片持ち壁の先端（自由端）が 14 通りから、相対沈下量 32.1mm 変形する時のせん断力を算出し、壁の鉛直断面におけるせん断に対する検討を行った。





b) **検討結果**

片持ち部材における荷重と変形の関係式は、$\delta = \frac{Pl^3}{3EI}$ であるため、

片持ち部材先端に相対沈下量 S_D が作用した時のせん断力 Q_D は、

$$Q_D = P = \frac{3EI}{l^3} \cdot \delta_D = \frac{3 \times 25.0 \times 1.96 \times 10^{14}}{\left(2.20 \times 10^4\right)^3} 32.1 = 44315 \fallingdotseq 44400kN$$ となる。

E ：コンクリートヤング係数（=25.0kN/mm^2）

I ：検討対象壁の鉛直断面における断面二次モーメント

$$(= \frac{1000 \times 13300^3}{12} = 1.96 \times 10^{14} \text{mm}^2)$$

l ：片持ち壁長さ（=2.20×10^{4}mm^2）

δ_D：相対沈下量（=32.1mm）

壁鉛直断面内におけるせん断応力度 τ は、

$$\tau = \frac{Q_D}{t \times h} = \frac{44400 \times 10^3}{\underline{(1000 \times 13300 + 1500 \times 9500 / 2)}} = 2.17N / mm^2$$

↑A-B 間の半スパン分の底盤断面

＜ 平均せん断応力度 $0.1F_C = 0.1 \times 24 = 2.4N / mm^2$ となる。

よって、沈下による壁の鉛直断面内のせん断応力度は、平均せん断応力度以下となっているため、構造物へのせん断ひび割れに対する問題はないと考えられる。

ここで、平均せん断応力度は壁の面内（壁がひし形に変形する）方向にせん断ひび割れが発生する限界値（0.1Fc）と考えられる。

このことから、照査の結果、せん断ひび割れの発生はないという結果となった。

また、耐震壁に良好な靭性が期待できる最大せん断応力度は 0.2Fc と「建築耐震設計における保有耐力と変形性能(1990)」に記されており、沈下による壁の鉛直断面内のせん断応力度を考慮しても最大せん断応力度以下となっているため、レベル 2 地震動時において構造耐力上に問題ないと考えられる。

また、コンクリート示方書での壁の面内力に対しては、コンクリートの圧縮も十分に期待できるため、傾いた状態においても、地震時の耐力は問題ないと判断した。

(沈下を考慮した地震時の壁部材の検討結果)

原設計時において、検討対象壁のレベル 2 地震動時に発生するせん断力 Q_D は、以下のとおりとなる。

QD=ΣQ×(Kh1／Kh2)=7187kN×(0.300／0.264)=8170kN

よって、検討対象壁のレベル 2 地震動時のせん断応力度は、

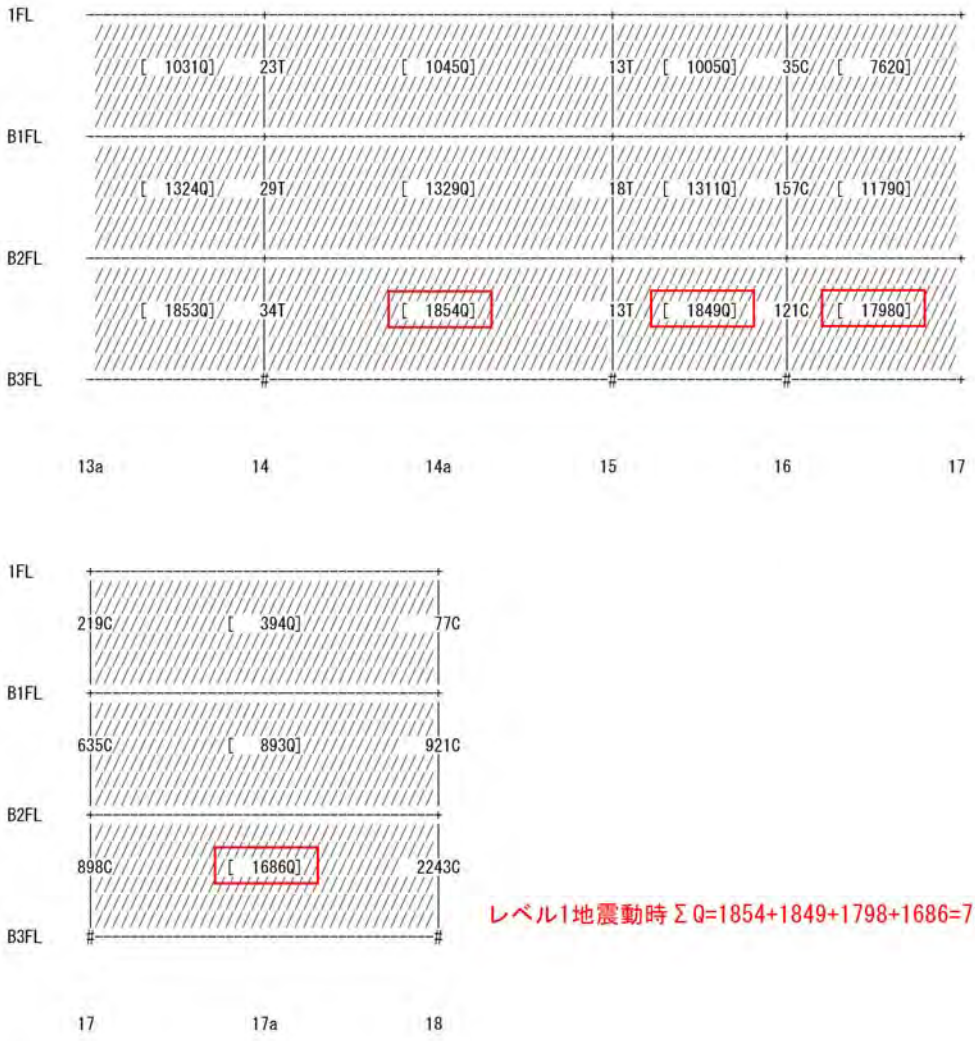
τ =8170×10^3N／(22000mm[壁長さ]×1000mm[壁厚])

+2.17[沈下によるせん断応力度]

=2.54N/mm^2　＜　最大せん断応力度 $0.2F_C = 0.2 \times 24 = 4.8N/mm^2$

よって、沈下終息時における相対沈下量から求めた壁の鉛直断面内のせん断応力度を考慮しても、「建築耐震設計における保有耐力と変形性能(1990)」に記されているように耐震壁に良好な靭性が期待できる最大せん断応力度 0.2Fc 以下となっているため、レベル 2 地震動時において構造耐力上の問題はないものと判断した。

<A フﾚｰﾑ> （地震力：Y方向 左→右加力）



レベル1地震動時ΣQ=1854+1849+1798+1686=7187kN

今回、沈下終息時を想定したうえで、躯体の構造安全上の問題となる相対沈下量及び変形角のチェックを行い、最も厳しい部位における変形角に対する構造照査を行った結果、構造耐力上の問題はないものと判断した。

9.3.3 FEM 解析による構造物の照査

前節では、不同沈下量による部材の変形に対する耐力照査方法として、実際には起こり得ない状態（壁を片持ち状態と仮定）での壁部材のせん断耐力を照査している。このため、かなり大きな応力が作用した力が生じている。

本検討は、現在発生している構造物の沈下に対し、３次元ＦＥM構造解析により変形状態を再現するシミュレーションを実施して構造物の健全性についての評価を行うものである。

すなわち、数値解析により沈下量を推定するものではなく、沈下により生じる構造物の応力度に対しての評価を行うことが本検討の目的である。

a) 設計条件

1）検討構造物

以下の理由により、構造物への影響が大きいと判断し、検討構造物として最終沈殿池を選定した。

・施設別の規模が大きいこと

・横断方向において躯体変形の曲率変化に富んでいること（躯体の折れが著しい）

・沈下量実測値及び最終沈下量の予測値が全体的に大きいこと

2）地盤条件

解析対象近傍のボーリング調査結果（No.1,4,7）より、各地層の平均値を地盤定数として採用し、一様（水平成層）な地層として設定する。

沈下量実測値に近い変形状態を再現するため、解析結果のうち変形量に対して最も支配的となる変形係数Ｅをパラメータとし、トライアル解析を実施する。

ここでは、下記により事前解析を実施して実測値との比較を行った結果、Ｅ＝1890×Ｎ値　の関係を採用した。

・Ｅ＝700×Ｎ値（Ｎ値と孔内水平載荷試験から求まる変形係数との関係）

・Ｅ＝2800×Ｎ値（Ｎ値と平板載荷試験から求まる変形係数との関係）

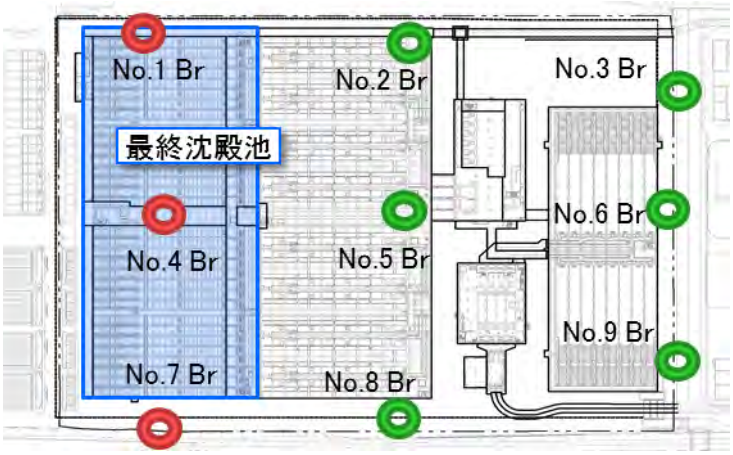


図 9.12　場内平面図とボーリング位置

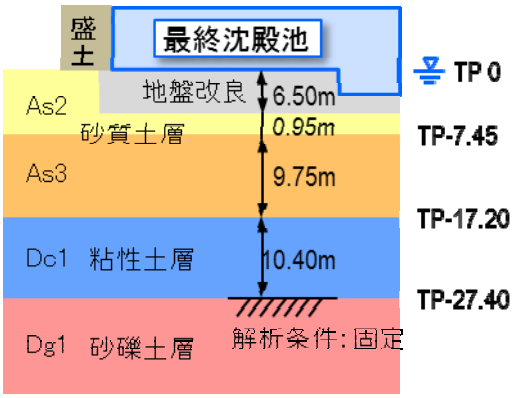


図 9.13　解析地盤 断面模式図

3）解析モデル

FEM による解析モデル（対象：地盤・最終沈殿池）

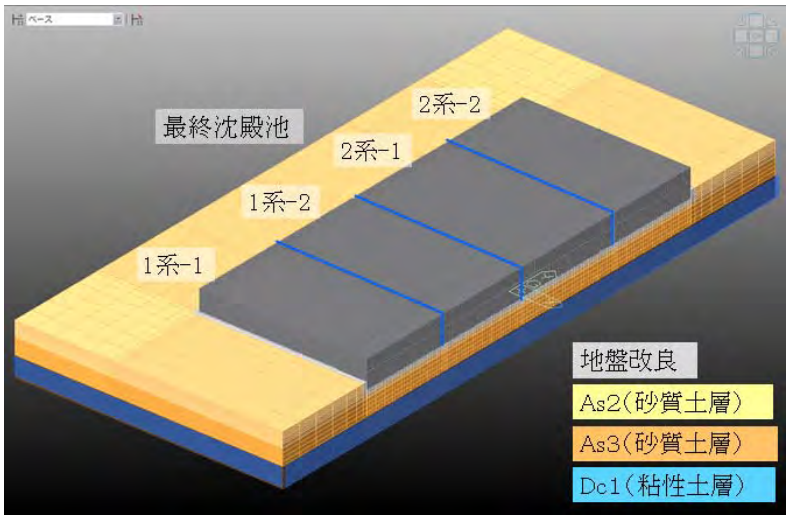


表 9.2　物理特性

部材		E (N/mm2)
コンクリート		25,000.0
地盤改良		100.0
地盤	As2	46.5
	As3	45.4
	Dc1	5.7

図 9.14　解析モデル全体俯瞰図

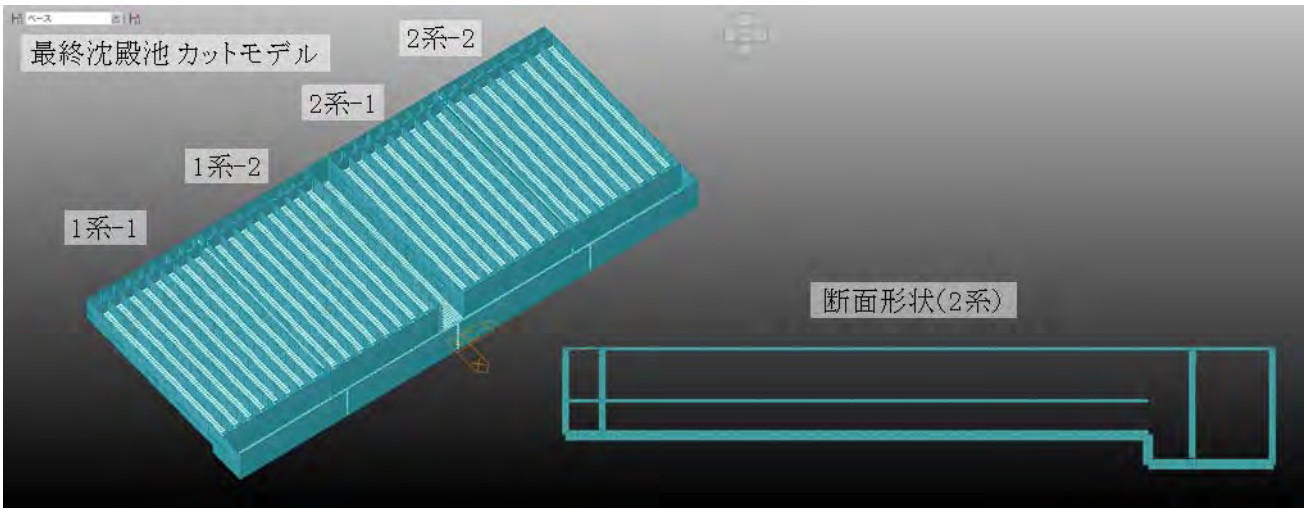


図 9.15　解析対象　カットモデル

4）荷重条件

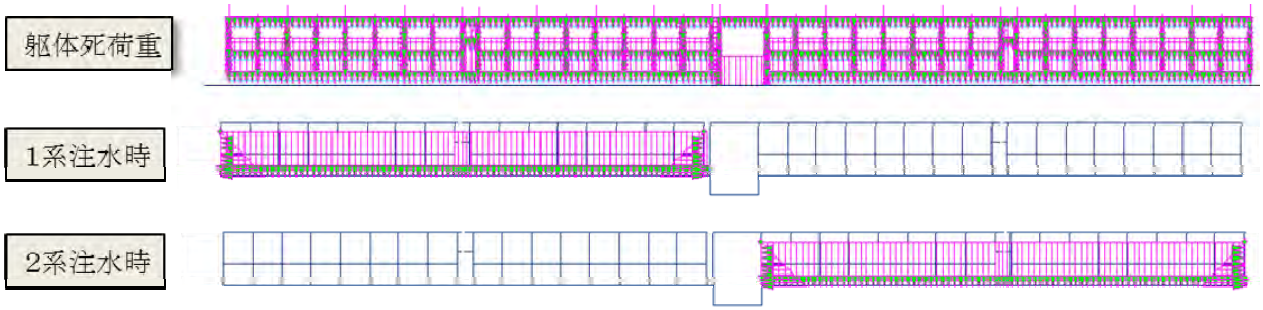


図 9.16　躯体に作用する荷重

その他の荷重：補強土壁及びＬ型擁壁による盛土荷重、北部及び東部の仮設斜路

5）検討ケース

躯体が最も傾斜していた状態と、最終的な荷重状態を考慮する。

計測結果から判断すると躯体が最も傾斜していた状態は、2 系注水後且つ 1 系注水直前から注水直後の時期となる。具体的には 2 系-1 が最も傾いていた平成 28 年 2 月 19 日測定の沈下計測結果を基準とした。なお、この沈下計測結果から、E=1890N を導いている。

Case-1（最大傾斜時）

考慮荷重：躯体死荷重＋2 系水槽部水圧＋仮設斜路

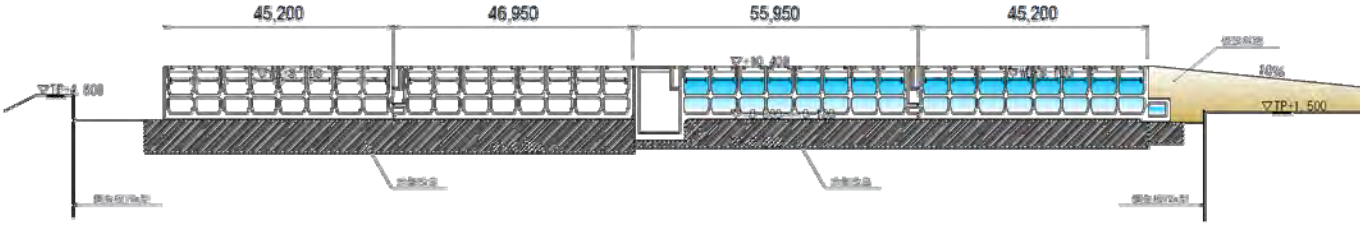


図 9.17　Case-1 荷重イメージ図

Case-2（最終時）

考慮荷重：躯体死荷重＋2 系水槽部水圧＋ 1 系水槽部水圧＋盛土荷重

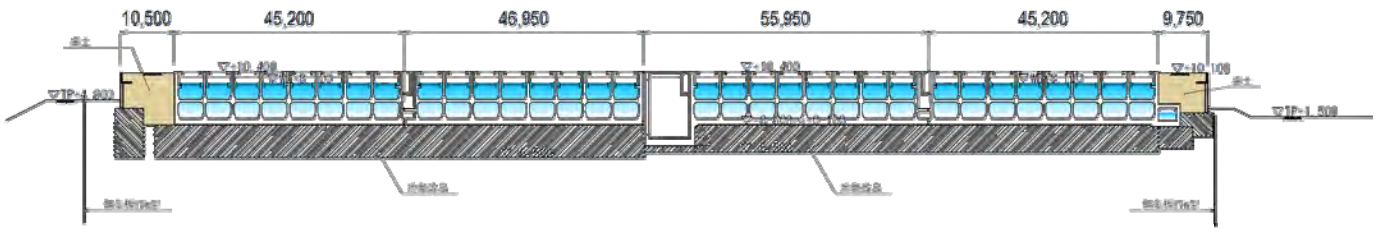


図 9.18　Case-2 荷重イメージ図

b）解析結果

ここでは各ケースにおける、底盤コンクリートについての結果を示す。

1）許容値

底盤コンクリートは、ほぼ同一の断面及び配筋計画である。ここでは、許容応力度から逆算して最大の許容断面力を示す。(FEM 解析による計算結果が､断面力についての出力となるため）すなわち、許容断面力以内の発生断面力であれば、部材が健全であると判断できる。

■許容応力度

最大傾斜時は一時的な状態であるため、以下の許容応力度を 1.5 倍する。

コンクリート（Fc24）

許容曲げ圧縮応力度　σca：8.0　N/mm^2

許容せん断応力度　　τa1：0.45 N/mm^2（コンクリートのみで負担する場合）

鉄筋（SD345）

許容引張応力度　　σsa：200　N/mm^2

■許容できる最大断面力

ここでは、安全側の照査となるように部材に発生する軸力は考慮しない。

曲げモーメント M（kN･m）による曲げ引張り応力度σs（N/mm^2）及びせん断力 S（kN）によるせん断応力度τc についてはそれぞれ次式により計算される。

$$\sigma s = M / (As \cdot j \cdot d)$$

$$\tau c = S / b \cdot d$$

$$\therefore Ma = \sigma sa \cdot As \cdot j \cdot d$$

$$Sa = \tau a \cdot b \cdot d$$

σs　：引張鉄筋の曲げ引張り応力度
M　：曲げモーメント
As　：引張鉄筋の断面積
（下面：7.827-D25⇒As＝39.66cm^2，上面：5-D25⇒As＝25.34cm^2）
j　：一般に0.875（7/8）
d　：引張鉄筋の有効高さ（d＝109cm）
τc　：コンクリートのせん断応力度
b　：部材幅（b＝100cm）
Ma　：引張鉄筋の許容曲げ引張応力度から求まる曲げモーメントの最大値
σsa　：引張鉄筋の許容応力度
Sa　：コンクリートの許容せん断応力度から求まるせん断力の最大値

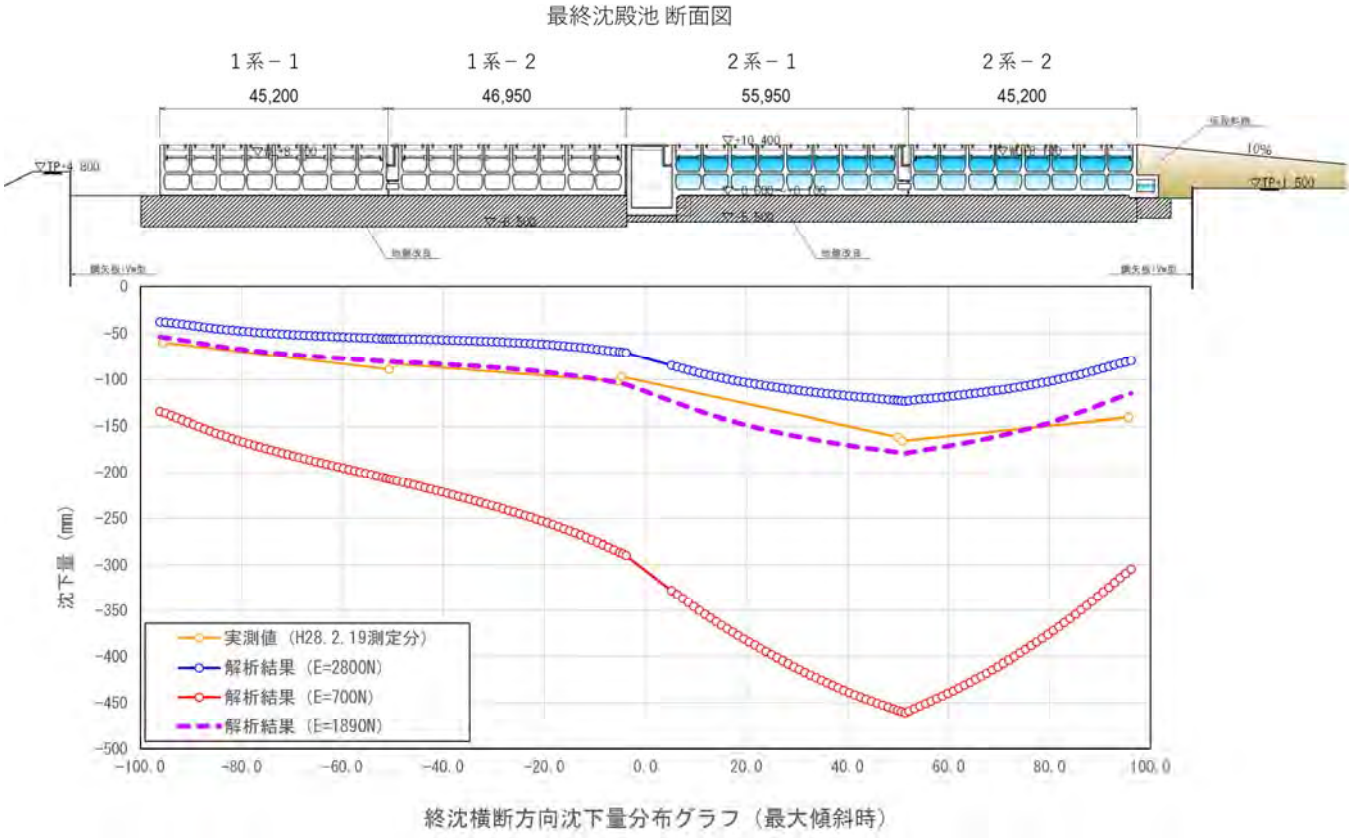
計算結果を以下に示す。

表 9.3　許容できる最大の断面力

		Case-1(最大傾斜時)		Case-2(最終時)	
		下面引張	上面引張	下面引張	上面引張
σsa	(N/mm^2)	300	300	200	200
As	(cm^2)	39.66	25.34	39.66	25.34
j		0.875	0.875	0.875	0.875
d	(cm)	109	109	109	109
Ma	**(kN･m)**	**1134.8**	**725.0**	**756.5**	**483.4**
τa	(N/mm^2)	0.675		0.450	
b	(cm)	100		100	
d	(cm)	109		109	
Sa	**(kN)**	**735.8**		**490.5**	

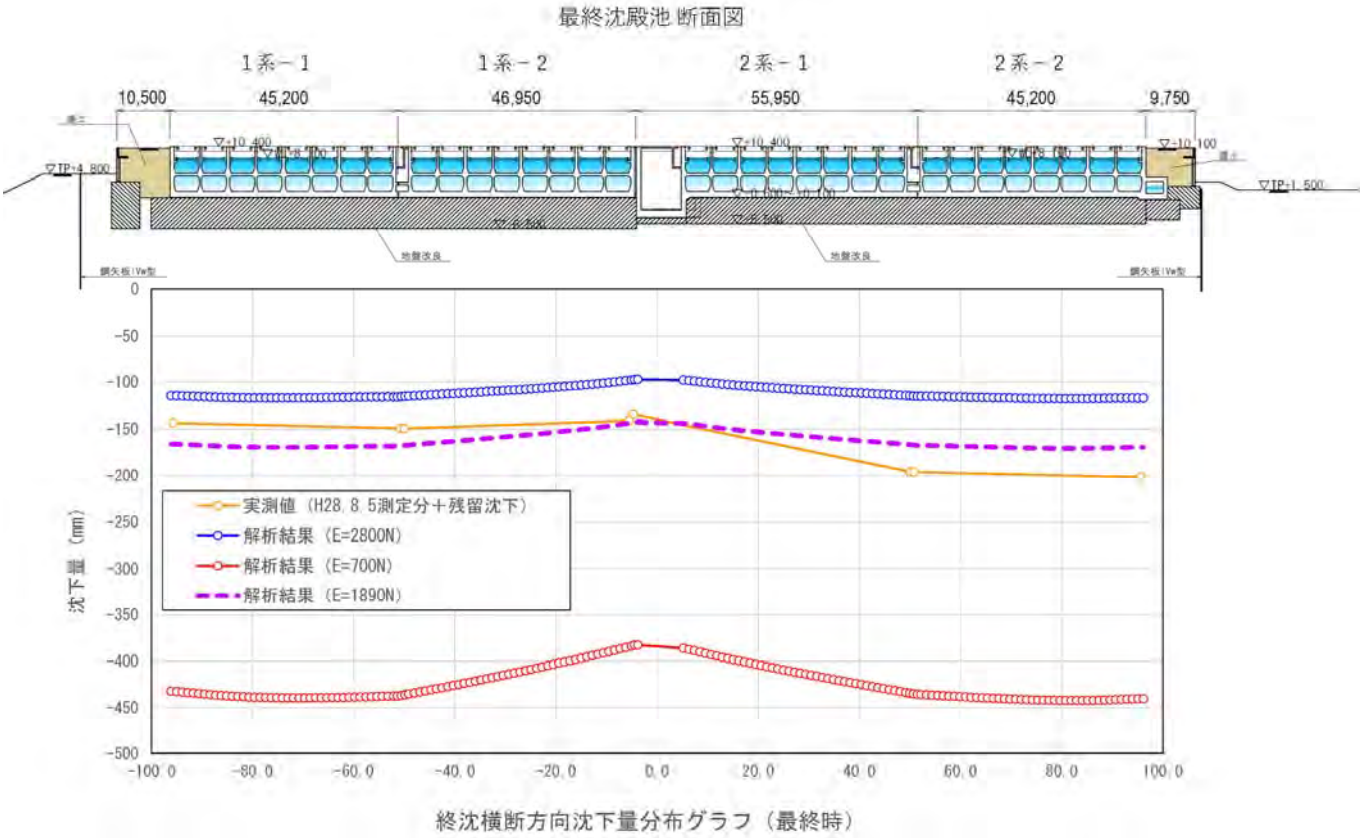
2）変形図

Case-1（最大傾斜時）



終沈横断方向沈下量分布グラフ（最大傾斜時）

Case-2（最終時）

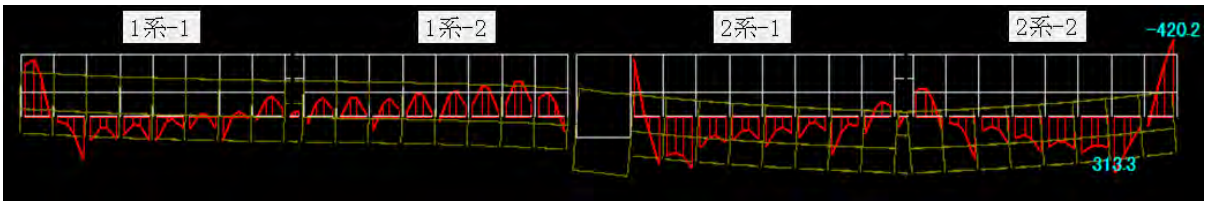


終沈横断方向沈下量分布グラフ（最終時）

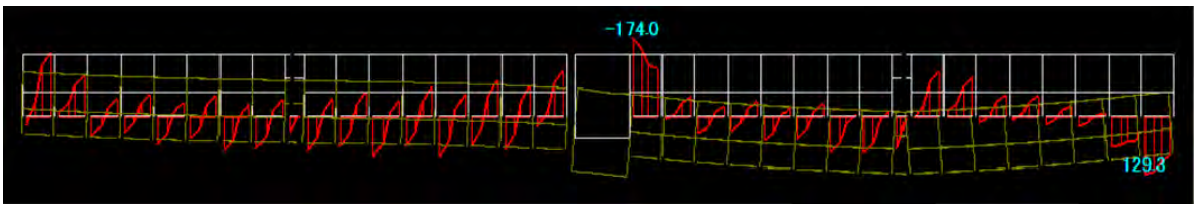
3）断面力

Case-1　（最大傾斜時）

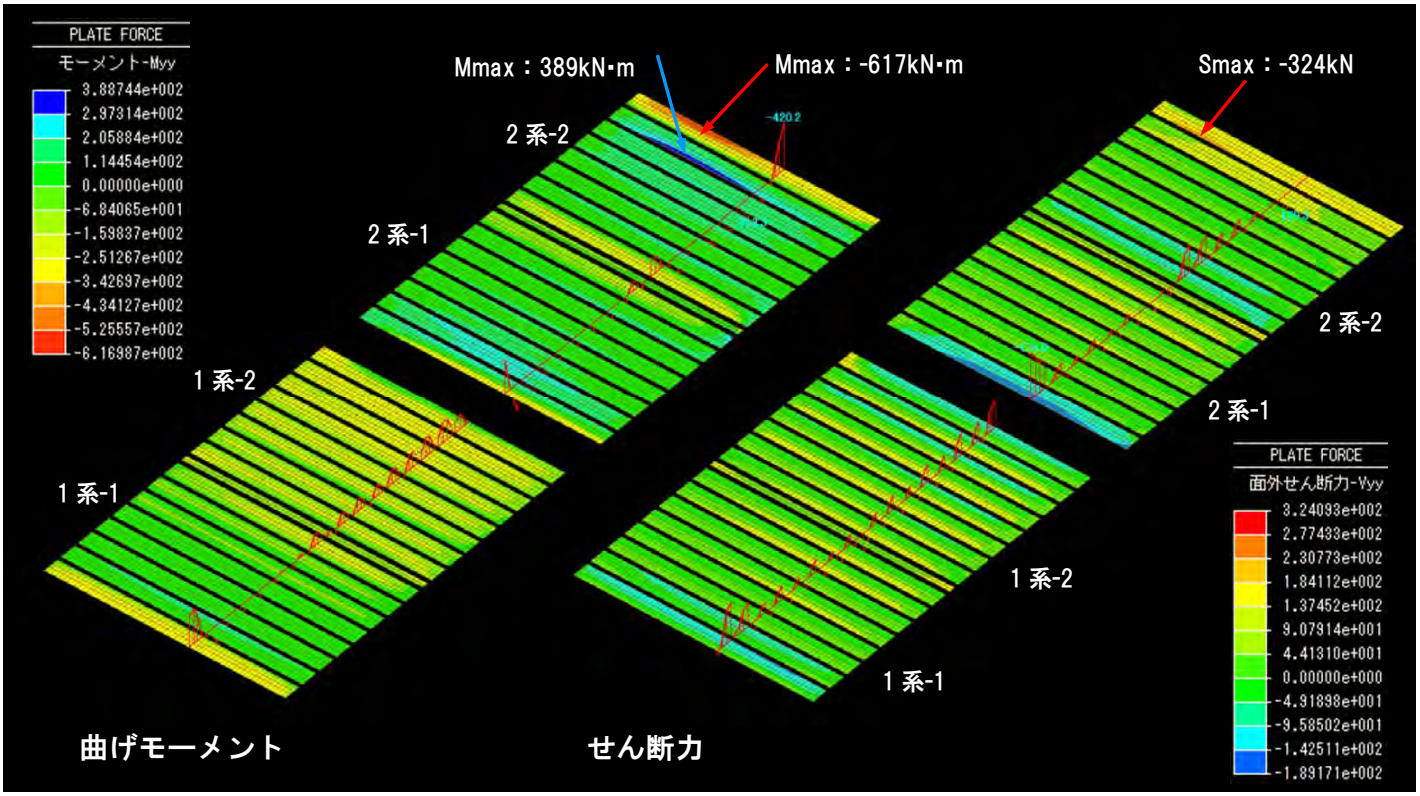
■曲げモーメント図（中央付近断面）



■せん断力図　（中央付近断面）



■底盤のコンター図



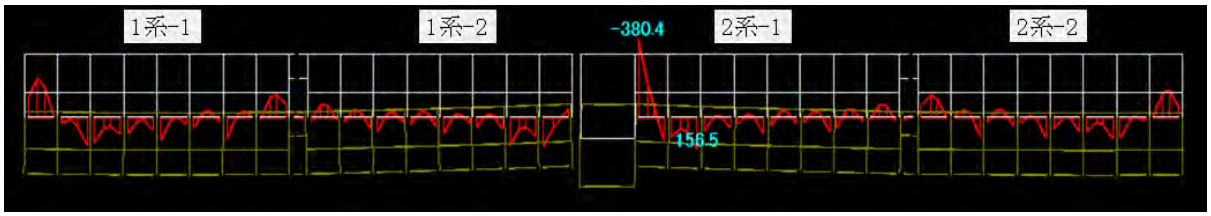
■集計結果

部位	曲げモーメント(kN･m)		せん断力(kN)	
	最大値	許容値	最大値	許容値
底盤 上面引張	617	725.0	324	735.8
底盤 下面引張	389	1134.8		

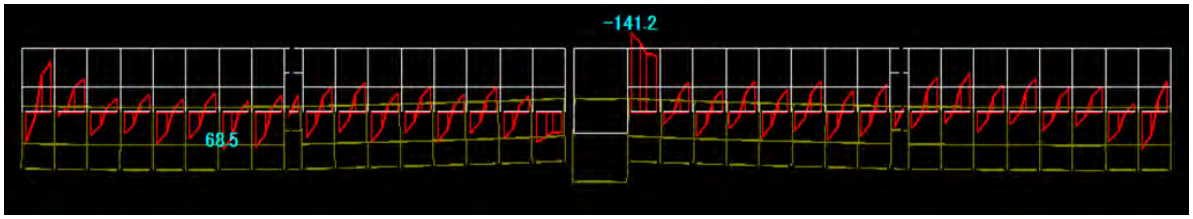
以上より、Case-1 における発生断面力は許容値内であることが分かった。

Case-2（最終時）

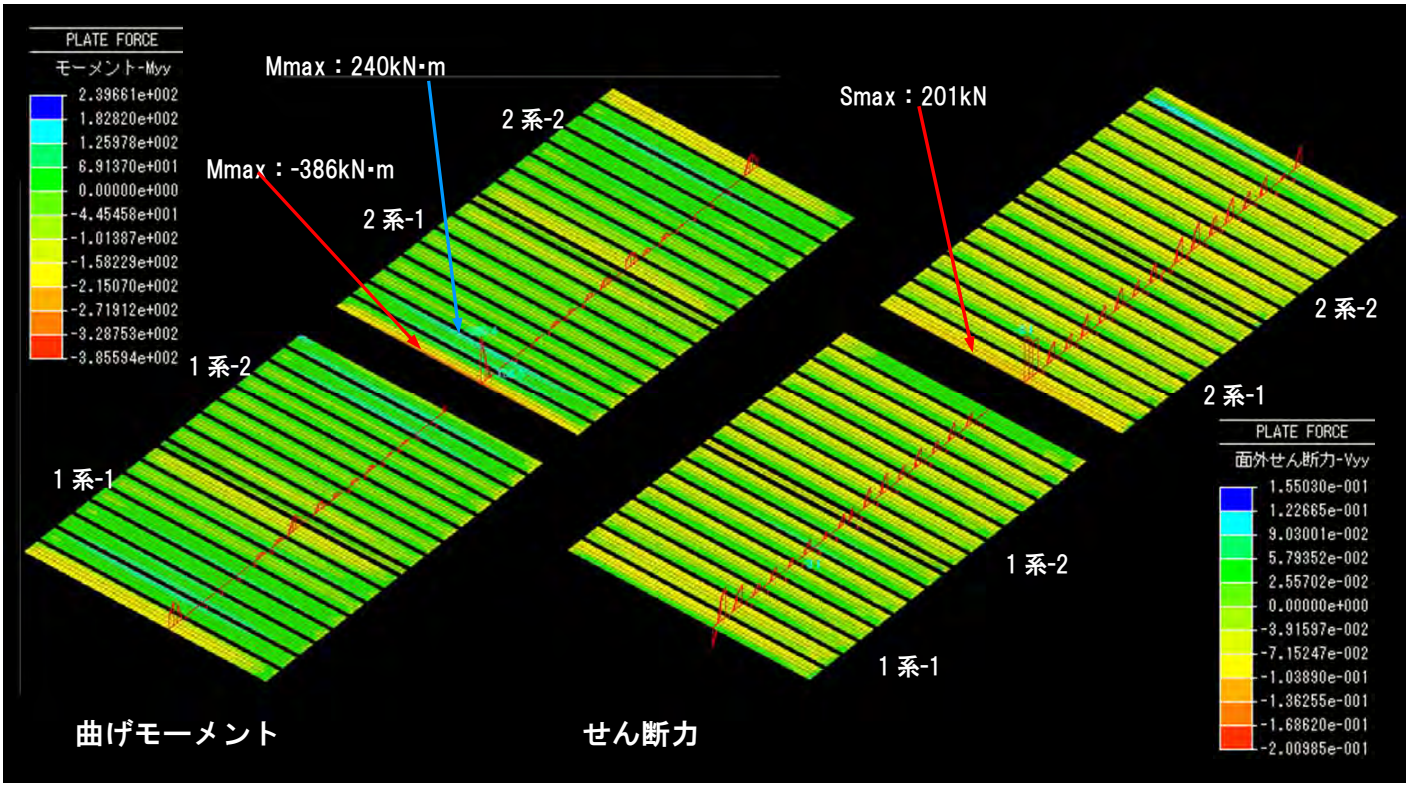
■曲げモーメント図（中央付近断面）



■せん断力図　（中央付近断面）



■底盤のコンター図



■集計結果

部位	曲げモーメント(kN･m)		せん断力(kN)		不同沈下が発生しない場合の最大断面力(参考)	
	最大値	許容値	最大値	許容値	曲げモーメント(kN･m)	せん断力(kN)
底盤 上面引張	386	483.4	201	490.5	335	147
底盤 下面引張	240	756.5			457	

以上より、Case-2 における発生断面力は許容値内であることが分かった。

※不同沈下が発生しない場合の最大断面力（参考）について

同じ 3D 躯体モデルを流用して周辺の地盤を削除したケース。躯体の荷重が周辺地盤に分散しないため、ほぼ均一に沈下する。つまり、不同沈下による影響を排除した場合を想定している。

よって、この結果と Case-2 との差違が不同沈下の影響によるものである。

9.3.4 EXP.J 部の照査

a) **評価方法**

将来の沈下状況に対し、EXP.J 部の目地開き量・段差量についての評価を行う。

評価方法としては、想定した沈下終息状況での変位量（開き・段差）に、地震時分の変位量を加えて、EXP.J の許容値以内に収まるかどうかを確認する。

また、目地段差量については、下水道施設は剛性が高く地震動に対する照査は水平方向のみを考慮し、鉛直方向は考慮しないため、目地段差量には地震時の鉛直変位量は加算しない。

※コンクリート標準示方書においては、地震時の鉛直方向を考慮する構造物は曲線橋等の特殊なものとしている。

・目地開き量（水平変位）

目地開き量は、FEM 弾塑性解析により沈下終息時の水平変位量は求められるが、実現象との乖離が見られることから、現況変位量に地震時変位量を加えた数値で評価する。

沈下終息時の目地開き量（現況変位量＋地震時水平変位量）が EXP.J 許容値 100㎜以内かどうか

・目地段差量（鉛直変位）

目地段差量は、現況変位量に双曲線法により求められた「今後さらに予想される沈下量」を加算して得られた段差量を求める。なお、地震時変位量は加算されない。

沈下終息時の目地段差量（現況変位量＋今後の沈下量）が EXP.J 許容値 100㎜以内かどうか

・複合変位量（斜め変位）

目地開き量と目地段差が同時に発生しているため、複合変位量として斜め変位量に対する評価を行う。

沈下終息時の複合変位量が EXP.J 許容値 100㎜以内かどうか。また、圧縮変位がある場合についても同様とする。

次頁に EXP.J 位置図を示す。

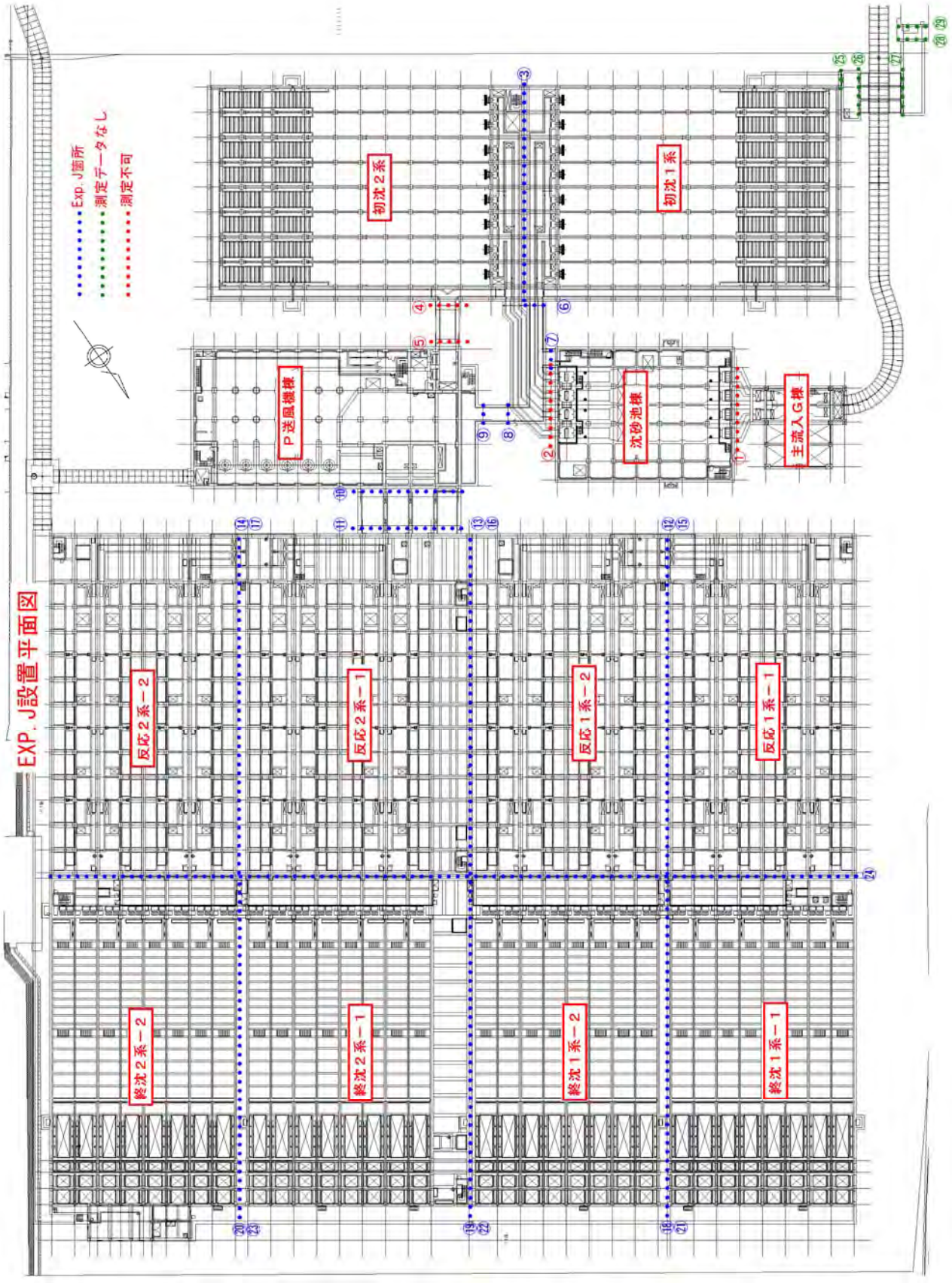


図 9.19　EXP.J 位置図

b) **構造物の地震時水平変位量**

設計時の構造計算書を参考に、各施設の地震時最大水平変位を示す。

【水処理施設】

地震時の構造物間の目地開き量は、レベル 2 地震動時の構造物最上部の最大水平変位量より求める。お互いに離れる場合が最大の目地開き量とし、対象とする目地に接する構造物の水平変位量を足し合わせる。

レベル 2 地震動時の構造物最大水平変位量は、レベル 1 地震動時の最大変位を用いて、以下の「建築構造設計基準及び同解説」に示されている式を参考にして算出した。

$$\delta_p = \frac{K_{h2}}{2 \cdot K_{h2}} \cdot \left(C_s + \frac{1}{C_s} \right) \cdot \delta_e = \frac{0.600}{2 \times 0.264} \times \left(0.45 + \frac{1}{0.45} \right) \cdot \delta_e = 3.04 \delta_e$$

Kh2：レベル 2 地震動時設計水平震度(=0.600)
Kh1：レベル 1 地震動時設計水平震度(=0.264)
Cs ：構造物特性係数(=0.45)
δp：レベル 2 地震動時水平変位
δe：レベル 1 地震動時水平変位

表 9.4 各施設の地震時最大水平変位量（水処理施設）

施設名称	レベル1地震動時 水平変位 δe (mm)	レベル2地震動時 水平変位 δp (mm)
初沈1系	2.36	7.17
初沈2系	2.15	6.54
反応1系-1	0.55	1.67
反応1系-2	0.52	1.58
反応2系-1	1.15	3.50
反応2系-2	1.40	4.26
終沈1系-1	1.72	5.23
終沈1系-2	1.80	5.47
終沈2系-1	1.36	4.13
終沈2系-2	1.85	5.62

【沈砂池棟・ポンプ送風機棟】

施設内にはEXP.Jがないため、当該施設と他の構造物（接続管廊）との接点における地震時の層間変位量（構造計算書より）から水平変位量を算出した。

表 9.5　各施設の地震時最大水平変位量（ポンプ送風機棟）

位置			レベル1地震動時 水平変位δe(mm)	レベル2地震動時 水平変位δp(mm)
B2F	流入ゲート	1-A	0.549	0.650
		2-A	0.535	0.634
	管廊（配管管廊）	1-B	0.478	0.567
		1-C	0.469	0.557
		1-D	0.462	0.549
		1-E	0.451	0.535
	配管室（反応Tへ）	1-E	0.549	0.650
		2-E	0.535	0.634
		3-E	0.520	0.617
		4-E	0.505	0.600
		5-E	0.490	0.582
	放流渠	13-DD	0.455	0.540
		13-E	0.453	0.539
B1F	管廊（配管管廊）	1-B	0.887	1.056
		1-C	1.227	1.442
		1-D	1.270	1.493
		1-E	0.776	0.929
	配管室（反応Tへ）	1-E	0.883	1.057
		2-E	0.819	0.980
		3-E	0.805	0.966
		4-E	0.860	1.035
		5-E	0.987	1.177
1F	配管室（反応Tへ）	1-E	1.154	1.393
		2-E	1.152	1.392
		3-E	1.150	1.393
		4-E	1.148	1.392
		5-E	1.147	1.391

※構造計算書の層間変位量から算出

表 9.6　各施設の地震時最大水平変位量（沈砂池棟）

位置			レベル 1 地震動時 水平変位 δ e(mm)	レベル 2 地震動時 水平変位 δ p(mm)
B1F	流入渠	1-B	0.167	0.202
		1-C	0.170	0.206
		1-D	0.173	0.209
		1-E	0.175	0.212
		1-F	0.178	0.216
	導水渠	8-B	0.167	0.202
		8-C	0.170	0.206
		8-D	0.173	0.209
		8-E	0.175	0.212
		8-F	0.178	0.216
	管廊	8-A	0.165	0.199
		8-B	0.167	0.202
1F	管廊	8-A	0.765	0.949
		8-B	0.765	0.950

※構造計算書の層間変位量から算出

目地部の地震時水平変位量（レベル２地震動：単位:mm）を下図に示す。

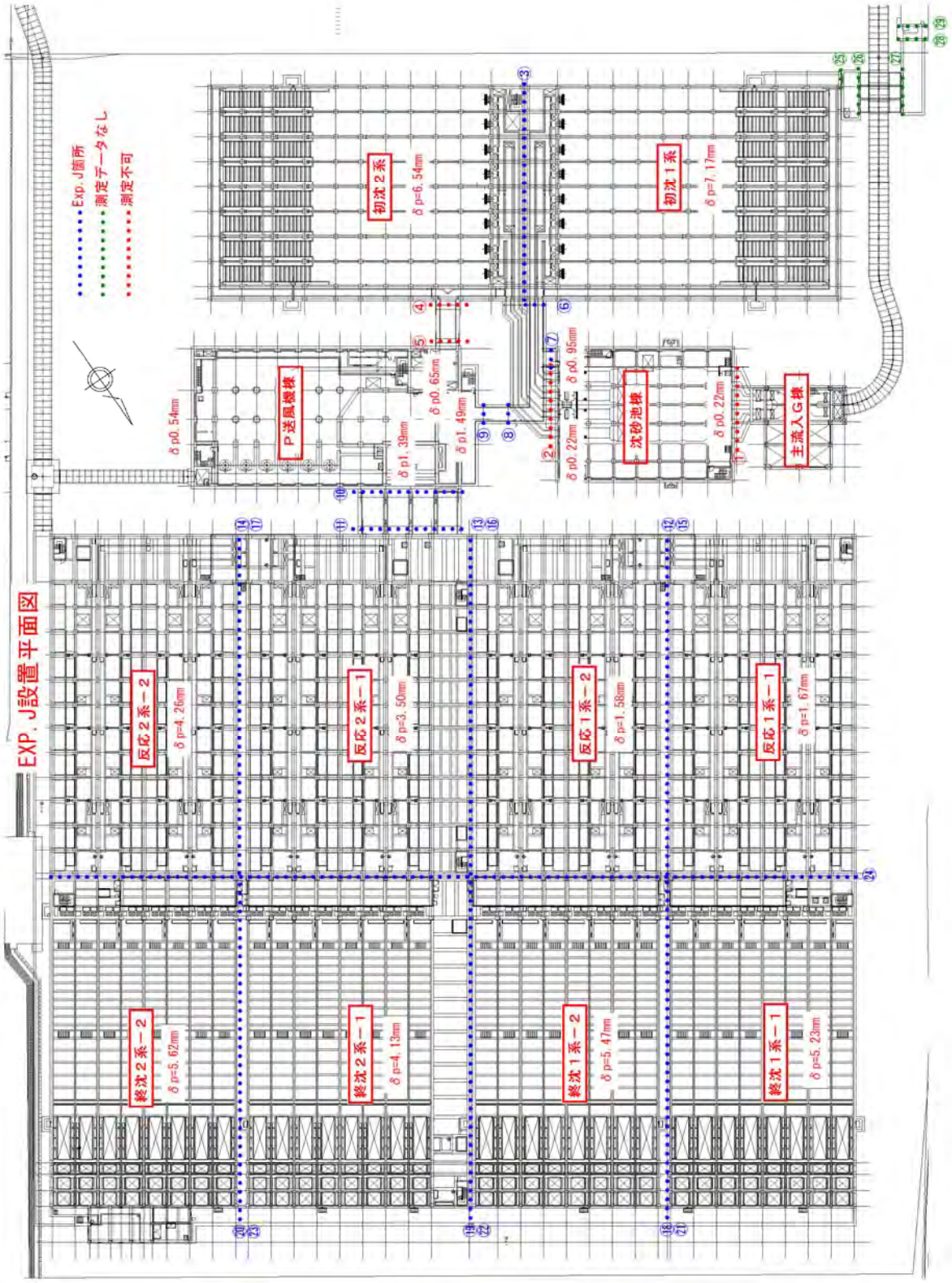


図 9.20　EXP.J 地震時の目地開き量一覧図

c） **目地段差量の算出結果**

沈下終息時に想定される各 EXP. J 部の目地段差量は下図のとおり。

これを見ると、特にポンプ送風機棟と管廊部の EXP. J 部の段差量が最も大きく、最大 30mm になるものと予想されている。

ここで、下水道施設の耐震設計では、地震時水平震度に対する計算を行い、鉛直方向の地震動は考慮されないことから、下図に示す段差量には地震時の鉛直変位量は加算していない。

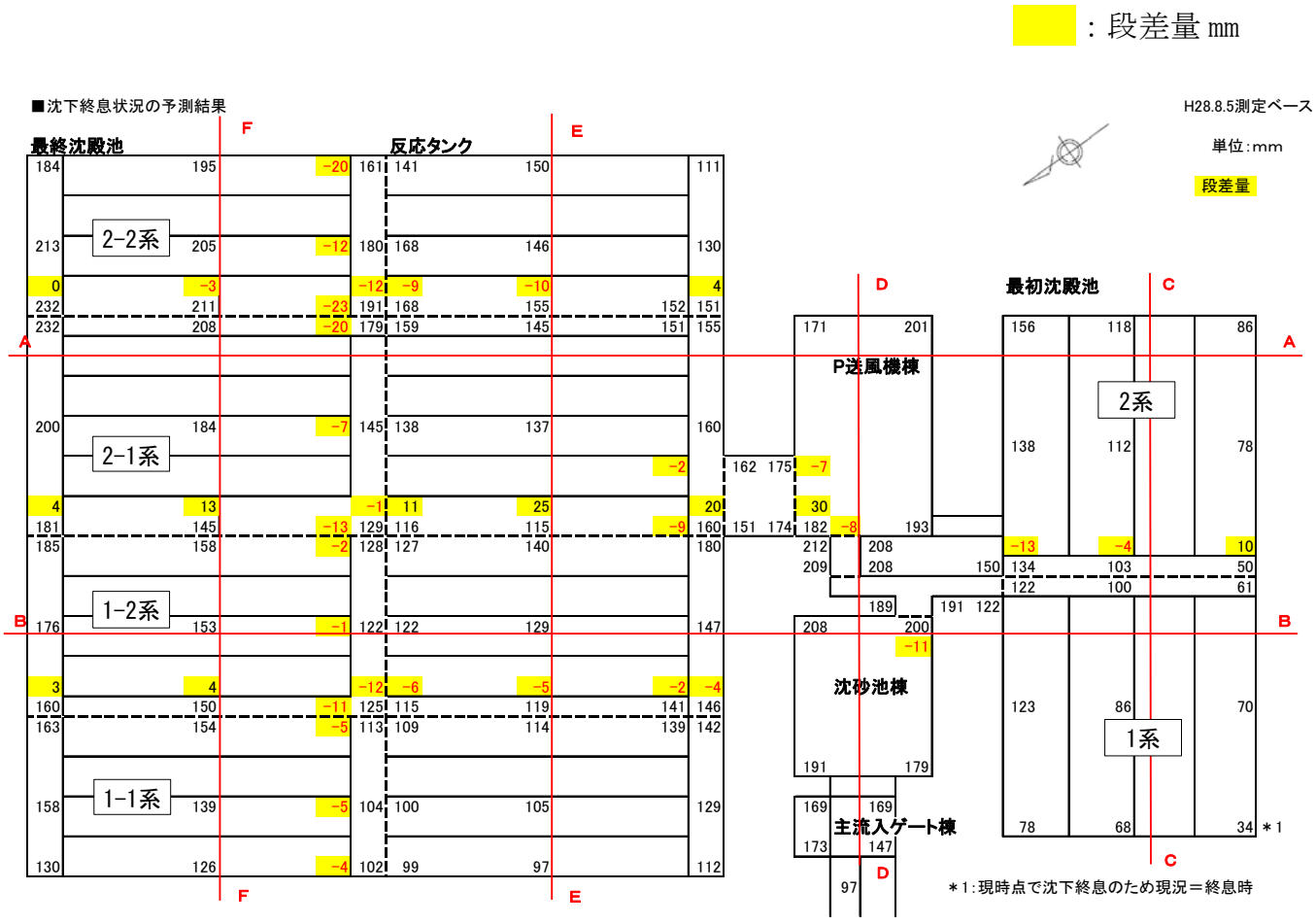


図 9.21　沈下終息時における EXP. J 部の段差（想定値）

d) **複合変位量の算出結果**

本施設の EXP.J 部では、目地開き量と目地段差量が同時に発生している状況から、それぞれから求められる複合変位量（斜長）を求め、これが耐震止水板の許容値 100㎜以内であるかどうかの検証を行う。

この結果、複合変位量（斜長）は、耐震止水板の許容値 100㎜を超えないため、耐震止水版の破断のおそれはないものと判断した。ただし、目地充填材等の剥離は起こり得ると考えられる。

評価結果は、次頁の一覧量を参照のこと。

【結果のまとめ】

・目地開き量（圧縮量）

目地開き量は、地震時においても許容伸縮量 100㎜を超えないため、耐震止水版の破断のおそれはないものと判断した。ただし、目地充填材等の剥離は起こり得ると考えられる。

また、圧縮方向の変位についても許容圧縮量 50㎜を超えないため、耐震止水版への影響はないものと判断した。

・目地段差量

目地段差量は、将来の沈下状況からの想定値が許容伸縮量 100㎜を超えないため、耐震止水版の破断のおそれはないものと判断した。ただし、目地充填材等の剥離は起こり得ると考えられる。

・複合変位量

目地開き量と目地段差量が同時に発生しているため、これらの複合変位量（斜長）を算定した結果、許容伸縮量 100㎜を超えないため、耐震止水版の破断のおそれはないものと判断した。また、同様に圧縮変位がある場合についても許容伸縮量 100㎜を超えない。

（目地圧縮）　（標準）　（目地開き）

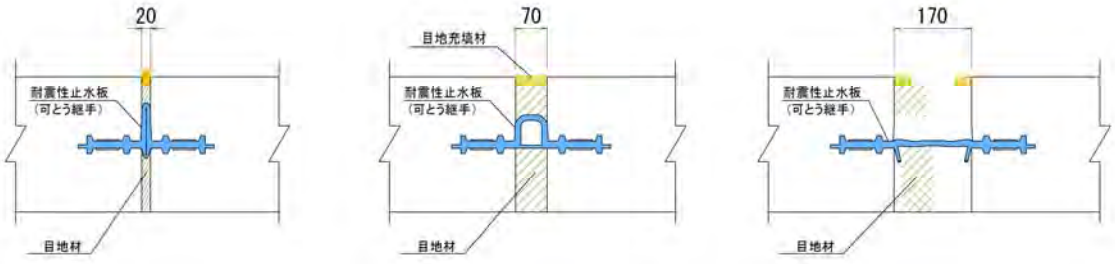


表 9.7　沈下終息時における各 EXP.J での複合変位量の評価

No.	接続部施設名称		エキスパンション部詳細					水平変位			鉛直変位量					複合変位	備考
	施設(1)	施設(2)	継手種類	目地幅	許容変位量			① 終息時※	② 地震時	③ 計①+②	④ 現状	⑤ 終息時	⑥ 最大値	⑦ 地震時	⑧ 計⑥+⑦	⑨ √③^2+⑧^2	
					伸び量	沈下量	圧縮量										
①	主流入ゲート棟	沈砂池棟	耐震継手	70mm	100mm	100mm	50mm	*1	0.2mm		*1	22.0mm					*1　現状計測不可　供用水路部沈砂池棟の変位量とした
②	沈砂池棟	導水渠	耐震継手	70mm	100mm	100mm	50mm	*1	0.2mm		*1	19.0mm					*1　現状計測不可　供用水路部沈砂池棟の変位量とした
③	初沈1系	初沈2系	耐震継手	70mm	100mm	100mm	50mm	16.0mm	13.7mm	29.7mm	6.0mm	13.0mm	13.0mm		13.0mm	32.4mm	初沈の変位量合計とした
④	初沈2系	導水渠(P棟)	耐震継手	70mm	100mm	100mm	50mm	*1	8.1mm		*1	55.0mm	55.0mm				*1　現状計測不可　供用水路部2系初沈の変位量とした
⑤	導水渠(P棟)	P・送風機棟	耐震継手	70mm	100mm	100mm	50mm	*1	0.7mm		*1	55.0mm	55.0mm				*1　現状計測不可　供用水路部P送風機棟の変位量とした
⑥	初沈1系	管廊(沈)	耐震継手	70mm	100mm	100mm	50mm	3.0mm	7.2mm	10.2mm	29.0mm	29.0mm	29.0mm		29.0mm	30.7mm	1系初沈の変位量とした
⑦	沈砂池棟	管廊(沈)	耐震継手	70mm	100mm	100mm	50mm	10.0mm	1.0mm	11.0mm	6.0mm	19.0mm	19.0mm		19.0mm	21.9mm	沈砂池棟の変位量とした
⑧	管廊(沈)	管廊(P)	耐震継手	70mm	100mm	100mm	50mm	11.0mm		11.0mm	9.0mm	20.0mm	20.0mm		20.0mm	22.8mm	計算値なし
⑨	管廊(P)	P・送風機棟	耐震継手	70mm	100mm	100mm	50mm	1.0mm	1.5mm	2.5mm	4.0mm	30.0mm	30.0mm		30.0mm	30.1mm	P送風機棟の変位量とした
⑩	P・送風機棟	管廊(反・P)	耐震継手	70mm	100mm	100mm	50mm	−3.0mm	1.4mm	−4.4mm	2.0mm	8.0mm	8.0mm		8.0mm	−3.8mm	P送風機棟の変位量とした
⑪	管廊(反・P)	反応T	耐震継手	70mm	100mm	100mm	50mm	−17.0mm	3.5mm	−20.5mm	3.0mm	9.0mm	9.0mm		9.0mm	−19.4mm	反応2系-1の変位量とした
⑫	反応1-1トップスラ	反応1-2トップスラブ	耐震継手	70mm	100mm	100mm	50mm	−8.0mm	3.3mm	−11.3mm	6.0mm	6.0mm	6.0mm		6.0mm	−10.9mm	分配槽内にあり 反応1系の変位量合計とした
⑬	反応1-2トップスラ	反応2-1トップスラブ	耐震継手	70mm	100mm	100mm	50mm	6.0mm	5.1mm	11.1mm	8.0mm	24.0mm	24.0mm		24.0mm	26.4mm	反応2系-1・1系-2の変位量合計とした
⑭	反応2-1トップスラ	反応2-2トップスラブ	耐震継手	70mm	100mm	100mm	50mm	−25.0mm	7.8mm	−32.8mm	10.0mm	10.0mm	10.0mm		10.0mm	−30.8mm	分配槽内にあり 反応2系の変位量合計をマイナスとした
⑮	反応1-1管廊	反応1-2管廊	耐震継手	70mm	100mm	100mm	50mm	3.0mm	3.3mm	6.3mm	5.0mm	6.0mm	6.0mm		6.0mm	8.7mm	反応1系の変位量合計とした
⑯	反応1-2管廊	反応2-1管廊	耐震継手	70mm	100mm	100mm	50mm	2.0mm	5.1mm	7.1mm	9.0mm	24.0mm	24.0mm		24.0mm	25.0mm	反応2系-1・1系-2の変位量合計とした
⑰	反応2-1管廊	反応2-2管廊	耐震継手	70mm	100mm	100mm	50mm	−16.0mm	7.8mm	−23.8mm	13.0mm	10.0mm	13.0mm		13.0mm	−21.3mm	反応2系の変位量合計をマイナスとした
⑱	終沈1-1トップスラ	終沈1-2トップスラブ	耐震継手	70mm	100mm	100mm	50mm	11.0mm	10.7mm	21.7mm	12.0mm	12.0mm	12.0mm		12.0mm	24.8mm	流出水路にあり 終沈1系の変位量合計とした
⑲	終沈1-2トップスラ	終沈2-1トップスラブ	耐震継手	70mm	100mm	100mm	50mm	10.0mm	9.6mm	19.6mm	9.0mm	13.0mm	13.0mm		13.0mm	23.5mm	流出水路にあり 終沈2系-1・1系-2の変位量合計とした
⑳	終沈2-1トップスラ	終沈2-2トップスラブ	耐震継手	70mm	100mm	100mm	50mm	−18.0mm	9.8mm	−27.8mm	12.0mm	12.0mm	12.0mm		12.0mm	−25.4mm	流出水路にあり 終沈2系の変位量合計とした
㉑	終沈1-1管廊	終沈1-2管廊	耐震継手	70mm	100mm	100mm	50mm	13.0mm	10.7mm	23.7mm	17.0mm	12.0mm	17.0mm		17.0mm	29.2mm	終沈1系の変位量合計とした
㉒	終沈1-2管廊	終沈2-1管廊	耐震継手	70mm	100mm	100mm	50mm	16.0mm	9.6mm	25.6mm	4.0mm	13.0mm	13.0mm		13.0mm	28.7mm	終沈2系-1・1系-2の変位量合計とした
㉓	終沈2-1管廊	終沈2-2管廊	耐震継手	70mm	100mm	100mm	50mm	−9.0mm	9.8mm	−18.8mm	15.0mm	12.0mm	15.0mm		15.0mm	−15.9mm	終沈2系の変位量合計とした
㉔	反応トップスラ	終沈トップスラ	耐震継手	70mm	100mm	100mm	50mm	17.0mm	9.9mm	26.9mm	11.0mm	23.0mm	23.0mm		36.0mm	44.9mm	終沈2系-2・反応2系-2の変位量合計とした
㉕	初沈電気管廊	電気管廊初沈側	耐震継手	70mm	100mm	100mm	50mm	*2			*2						*2　計算値・計測データなし
㉖	終沈2-1管廊	終沈2-2管廊	耐震継手	70mm	100mm	100mm	50mm	*2			*2						*2　計算値・計測データなし
㉗	終沈2-1管廊	終沈2-2管廊	耐震継手	70mm	100mm	100mm	50mm	*2			*2						*2　計算値・計測データなし
㉘	終沈2-1管廊	終沈2-2管廊	耐震継手	70mm	100mm	100mm	50mm	*2			*2						*2　計算値・計測データなし
㉙	終沈2-1管廊	終沈2-2管廊	耐震継手	70mm	100mm	100mm	50mm	*2			*2						*2　計算値・計測データなし

※水平変位量は現況＞解析値のため現況による評価となっている。
※水平変位量のマイナス表記は圧縮量（許容値-50mm）を示す、このときの複合変位許容値は100mmとなる。

e） EXP.J 部の対策について

本項では、EXP.J 部における目地段差量・水平変位量から得られる複合変位量に対して、耐震止水板の許容値 100mm 以内であるかどうかの検証を行った。

この結果、現時点で確認可能な EXP.J 部における複合変位量は、耐震止水板の許容値 100mm を超えないため、耐震止水版の破断のおそれはないものと判断した。

このため、本施設全体の EXP.J 部では、後付け止水板等による補強は実施しない方針とした。

ただし、目地充填材等の剥離は起こり得ると考えられるため、目地補修については目視可能な範囲にある損傷個所を実施する方針とした。

なお、目地充填材は、防水が目的ではなく、目地の仕上げ用として施されている。現在、一部の目地充填材には躯体間の相対変位によって亀裂や著しい変形が生じている箇所がある。これらの損傷が大きい目地充填材（目視による）に関して補修を行う。

（全延長）　　3,195m
（損傷延長）　　814m（目視確認による）

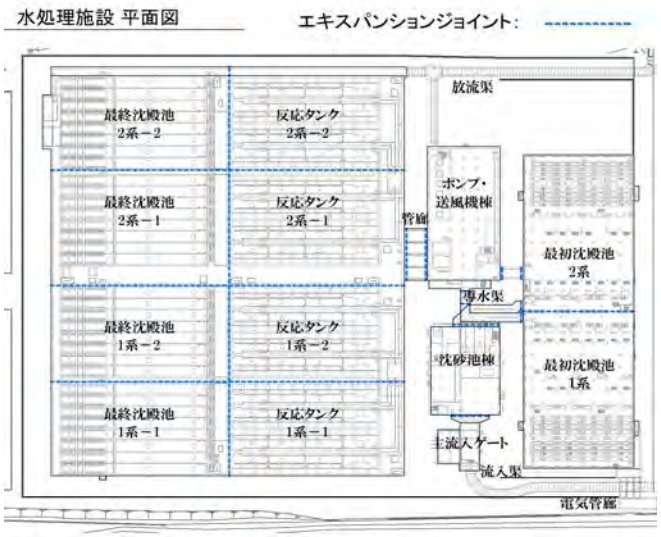
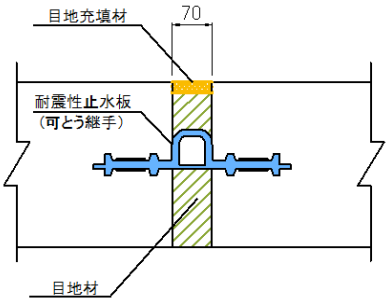


図 9.22　水処理施設平面図



ＥＸＰ．Ｊ詳細図

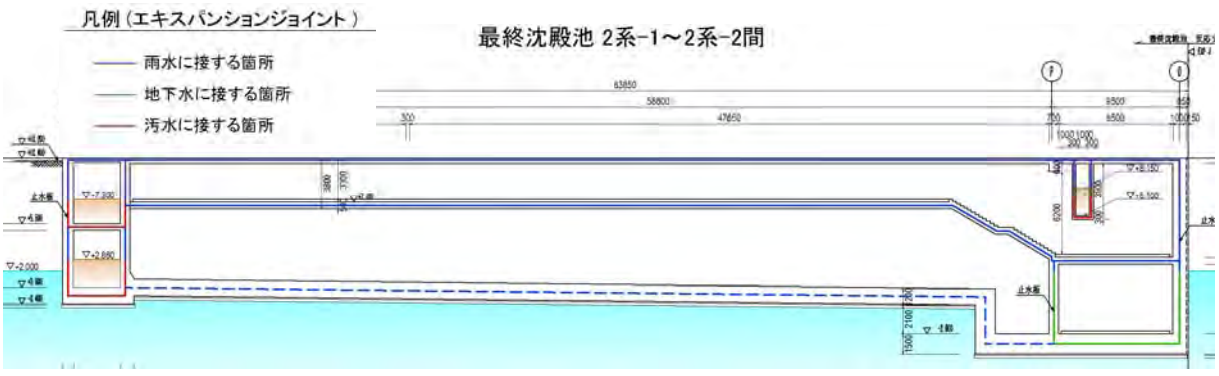


図 9.23　EXP.J 断面図（最終沈殿池）

9.3.5 流入渠の影響と対策

a) **目的**

不同沈下により、流入渠ボックスと主流入ゲート棟の接続部(目地)に段差の発生や漏水の懸念があるため、その対策を検討する。

b) **対策**

目地に TB コーキングの許容を超える段差の発生が懸念される箇所は、ボックス内部に後付型可とう継手を設置する。

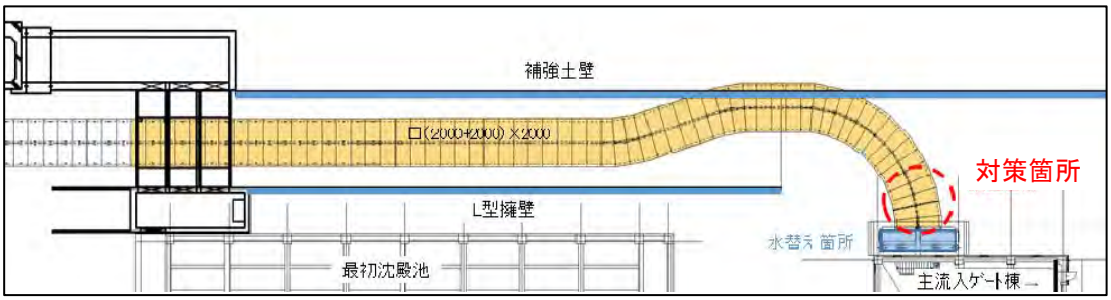
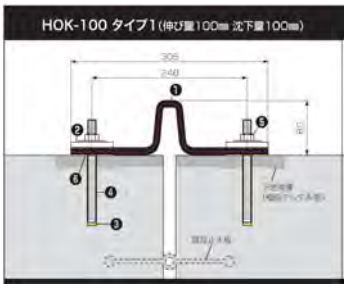


図 9.24　流入渠平面図



後付型可とう継手

c) **手順概要**

・流入渠は二連のボックスカルバートであるため、
片方ずつの施工が可能である。
排水及び清掃後、調査と補修を行う。

・排水延長（1 系側、2 系側）主流入ゲート～着水井間
L=588m　水深 H=1.2m
排水量　V=588×2.0×1.2×1 系列≒1,411m3

・排水やボックス内部への進入は、主流入ゲートの開口から行う。

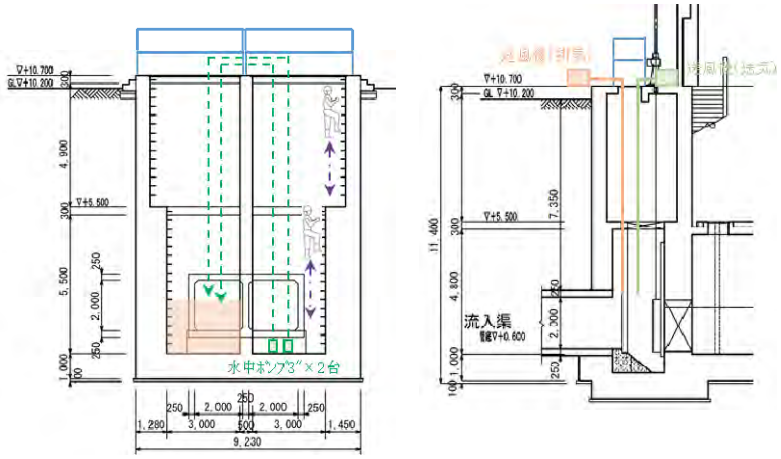


図 9.25　主流入ゲート断面図

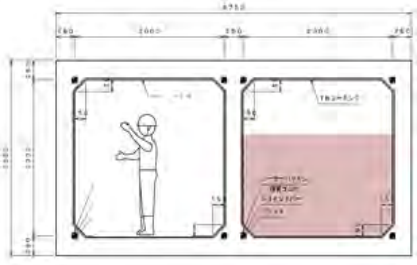


図 9.26　施工概要図

9.3.6 放流渠の影響と対策

a) 目的

不同沈下により、放流渠ボックスと反応タンク接続部及びポンプ送風機棟接続部に段差及び漏水の懸念があるため、その対策を検討する。

b) 対策

放流渠は反応タンク、ポンプ送風機棟及び接続人孔間をボックスで接続しているが、ボックスと反応タンク、ポンプ送風機棟では構造規模や単位荷重が大きく異なり、接続箇所は不同沈下による段差及び漏水が懸念されるため、後付型可とう継手をボックス外周に設置する。

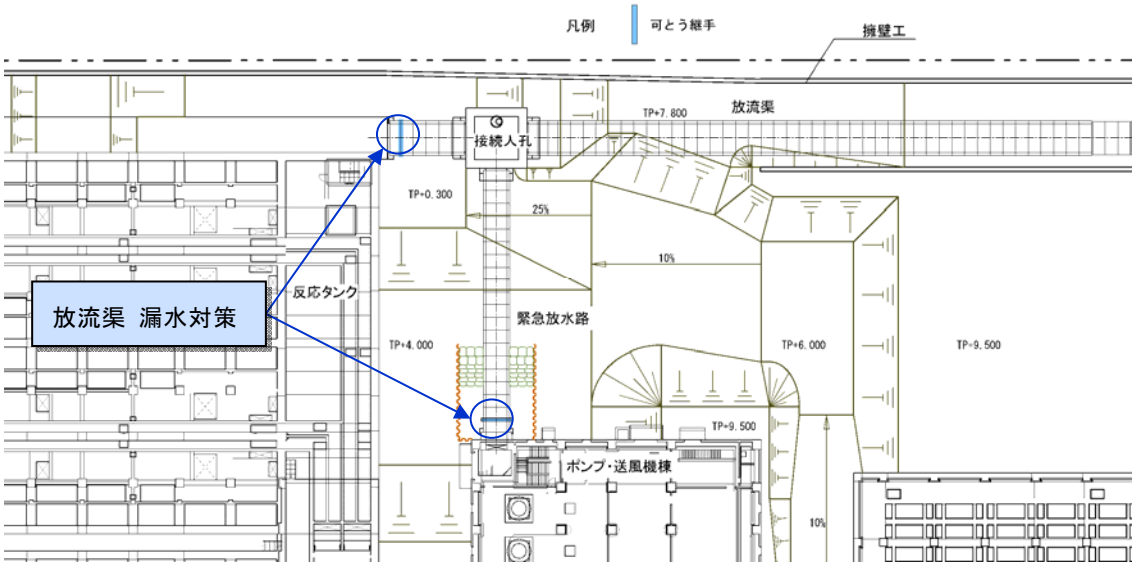
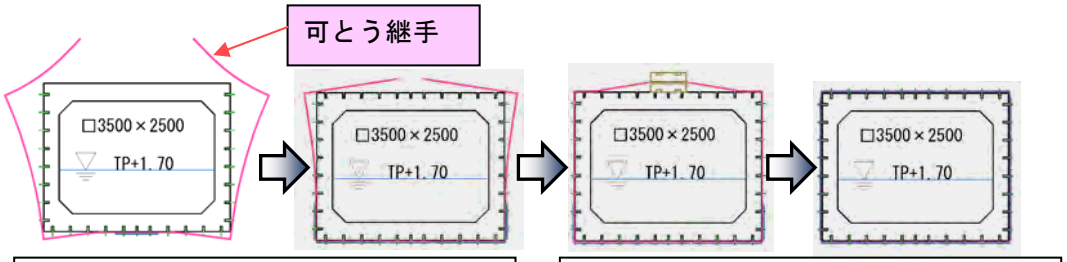


図 9.27 放流渠平面図

c) 手順概要(外付け型可とう継手)

放流渠は内部の放流水を長時間止めることが困難であるため、ボックス周囲を掘削した後、外付けの後付け可とう継手を設置する。



ボックスにアンカー用の削孔を行い、下部から順次抑えプレートとアンカーで可とう継手を取付ける。

専用工具にて可とう継手を溶着して接続した後、天端部分のアンカーを打設して可とう継手を固定する。

図 9.28 施工概要図

9.3.7 津波対策への影響と対策

a) **目的**

躯体の沈下により、設計時に想定されている高さの津波（TP+10.4m）に対して、管廊等に海水が流入するおそれがある。海水が流入した時に処理場の機能に影響を与える場所を特定し、その対策を検討する。

b) **対策**

津波による海水流入が懸念される箇所は、反応タンク及び最終沈殿池の床版上に設けられた階段室の入口である。(施設内に多数存在する水路上の開口部等にも海水が流入するおそれはあるが、流入しても問題ないと判断している。)

最終沈殿池上の電気室や、ポンプ・送風機棟及び沈砂池棟の出入口についてはフロアの高さに余裕があるため（TP+10.7m)、現在予測している最終沈下量でも浸水のおそれはない。

一方、最終沈殿池及び反応タンク上部の階段室の出入口は TP+10.4mとなっている。従って階段室内に階段を増設（無筋コンクリート）することで対応する。高さは最終沈下量が 184 ㎜(双曲線法　終沈 2 系-2　No8)であることから、踊場+70ｍｍ、階段+150 ㎜で+220 ㎜となり、184 ㎜をクリアできる。

ただし、実施にあたっては、震災以降、太平洋沿岸部の地盤の隆起が進行していること、また維持管理動線への影響を鑑み、調整を行う。

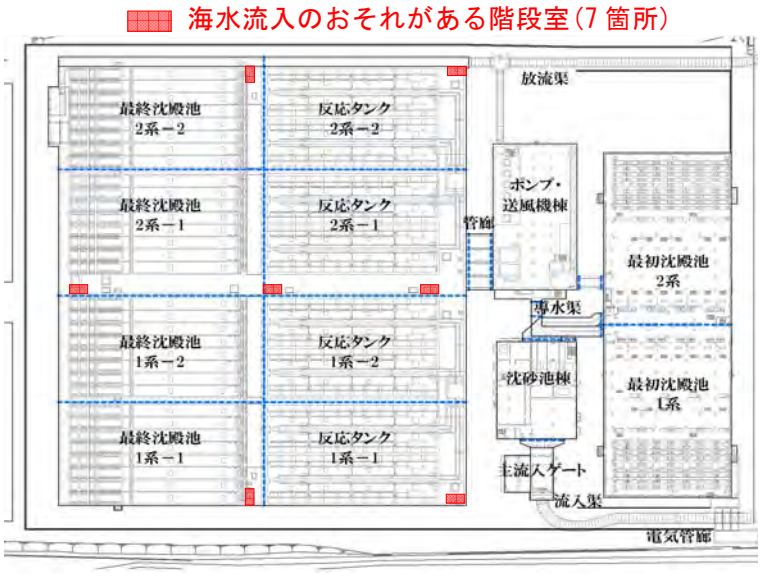


図 9.29　水処理施設平面図

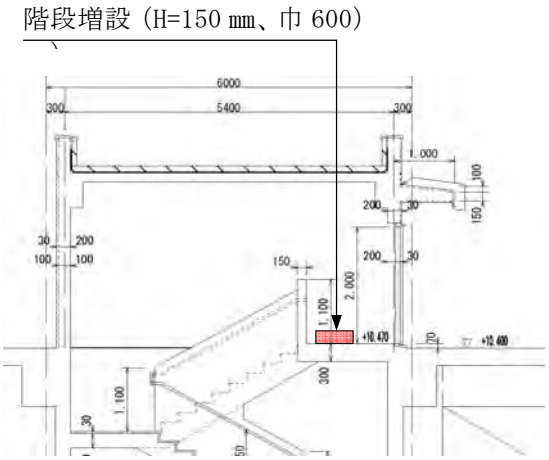


図 9.30　階段部詳細図

※ 建築基準を満たす内容とするため、建築指導課への確認が必要である。

9.4 機能的な影響と対策案

9.4.1 各施設で発生している影響

施設の沈下と傾斜に伴い処理機能に影響が出ている施設があるため、これらについて下表にまとめた。

表 9.8　各施設の機能上の影響

影響の発生している施設	影響の内容
管廊接続部 EXP.J 偏心	最初沈殿池と沈砂池･反応タンクを結ぶ管廊において、30mm 程度 EXP.J のズレが発生し、配管の可とう継手も偏心している。
最初沈殿池及び最終沈殿池 越流堰レベル不均衡等	越流堰レベルの不均衡により､各池の流出水量や発生汚泥量にばらつきが出ている。
最終沈殿池流入水路不均衡	最終沈殿池への流入量にばらつきが発生し､各池の流入負荷の不均衡が生じている。

9.4.2　EXP.J 部配管類

各施設内や管廊内、特に最初沈殿池と沈砂池・反応タンクを結ぶ管廊内において、EXP.J 部に約 30ｍｍのズレが生じ、機械・建築機械の配管の可とう継ぎ手に同様のズレが生じている。

地震時最大水平変位は数 mm であり、許容偏心量 100mm を超え破断するおそれはないが、ズレた部分における汚泥堆積、送水不良等が懸念されるため配管の補修を行う。

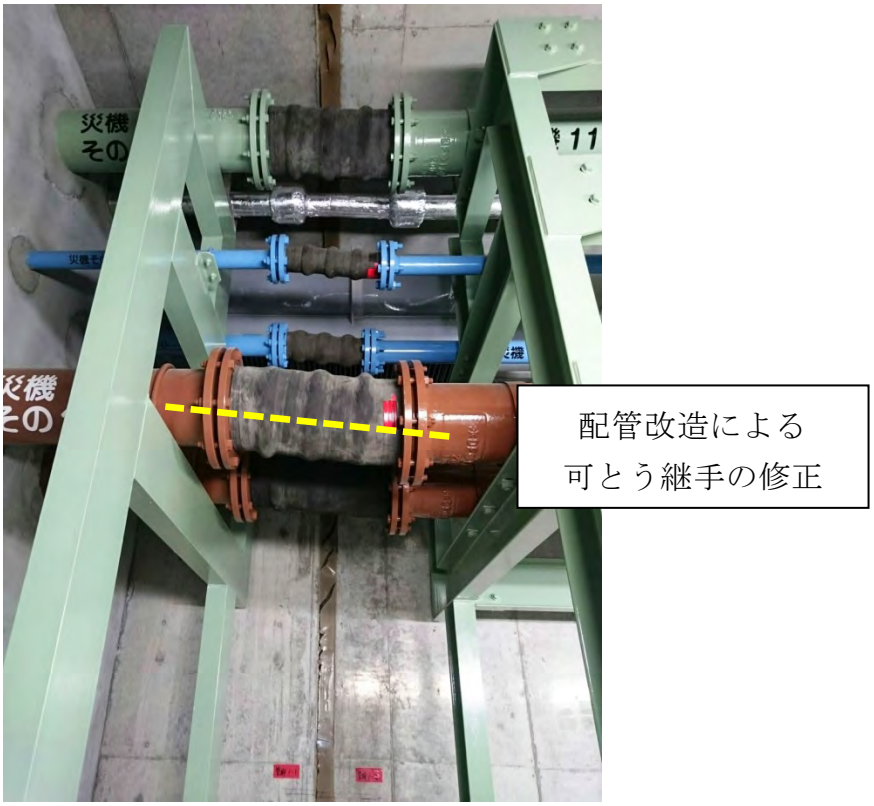


図 9.31　管廊接続部 EXP.J 偏心状況

偏心している可とう継手部の補修実施要領を下図に示す。

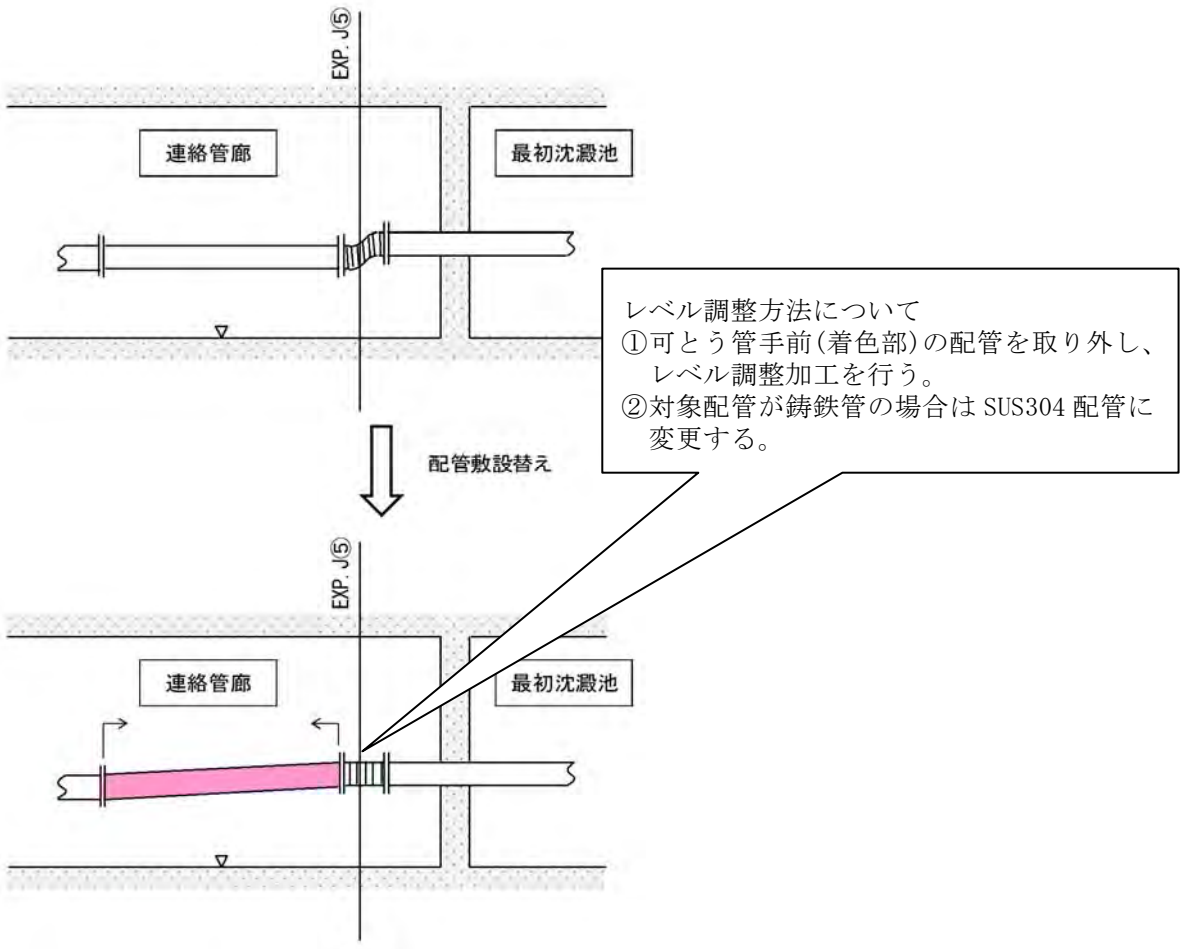


図 9.32　管廊接続部修繕実施要領図

9.4.3 最初沈殿池及び最終沈殿池

a) 越流堰板高さ及びスカムスキマ呑込み水深調整方法及び手順

越流堰板高さの調整は、別途行った水理計算を踏まえ、スカムスキマ・汚泥かき寄せ機高さと調整のうえ設定する。

最初沈殿池及び最終沈殿池における越流堰板高さ及びスカムスキマ呑込み水深調整方法及び手順を以下のとおりとする。

① 各池越流トラフ及びスカムトラフ天端の高さを計測する。
② 越流堰板高さを決定する。
③ 越流堰板高さを調整する。必要に応じ、改造(長孔拡張)・再取付け、新規作成・取付けを行う。
④ スカムトラフ上・下限水位の検証を行う。必要に応じ，スカムトラフの改造及び水位追従可動堰の調整を行う。
⑤ フライト天端レベルの検証行う。必要によりフライトの改造を行う。

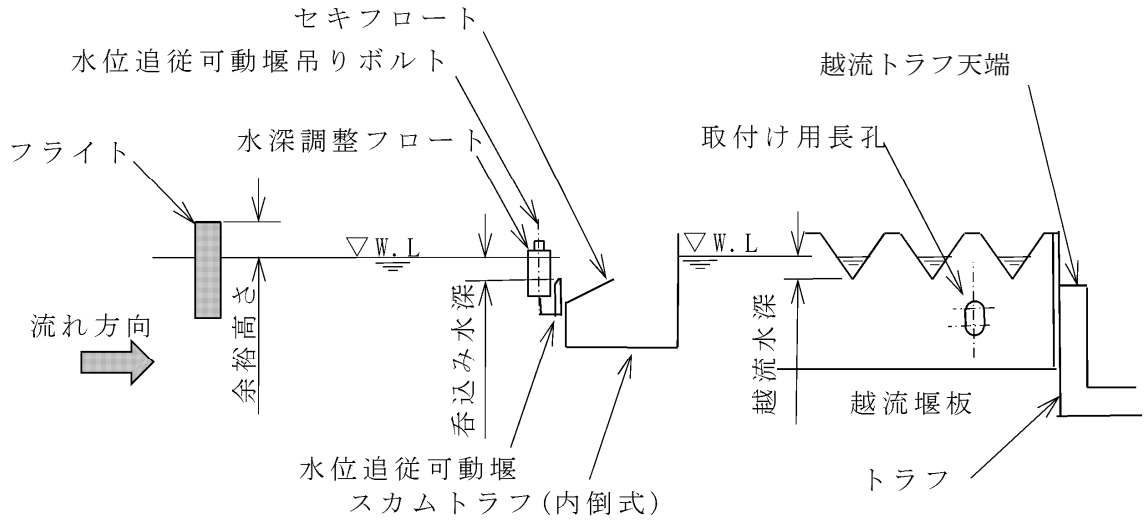


図 9.33　最初沈殿池及び最終沈殿池越流堰の概要図

表 9.9　系列ごとの汚泥かき寄せ機機種

種　　別		機　種
最初沈殿池	1系	チェーンフライト式
	2系	チェーンフライト式
最終沈殿池	1系	チェーンフライト式
	2系	モノレール式

1) **チェーンフライト式汚泥かき寄せ機について**

最初沈殿池（1・2 系）・最終沈殿池（1 系）は、チェーンフライト式汚泥かき寄せ機を採用している。

本汚泥かき寄せ機は、フライトにより沈殿した汚泥を池端のホッパ内にかき寄せるとともに、水面に発生したスカムを上段池リターン側のフライトによりスカムトラフ上流までかき寄せる機能を有している。

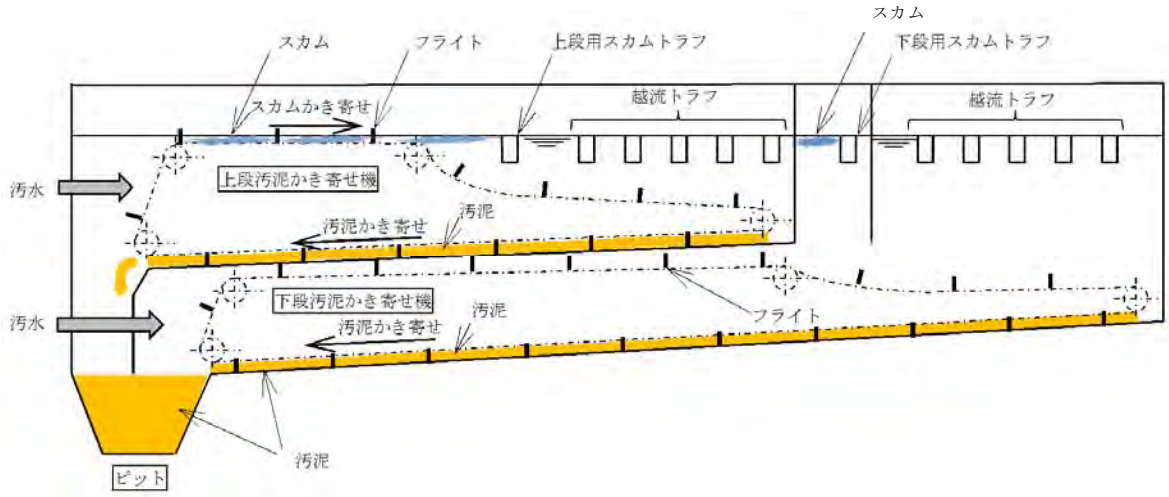


図 9.34　チェーンフライト式汚泥かき寄せ機概略図

2) **モノレール式汚泥かき寄せ機について**

最終沈殿池（２系）は、モノレール式汚泥かき寄せ機を採用している。

本かき寄せ機は、かき寄せ羽根により沈殿した汚泥を池端のホッパ内にかき寄せるとともに、スカムかき寄せフライトにより水面に発生したスカムをスカムトラフ上流までかき寄せる機能を有している。また、フライトは、比重が 0.5 と軽く、支柱からチェーンで引っ張られている構造であり、沈下に対しては、必要に応じチェーン長さが調整可能である。

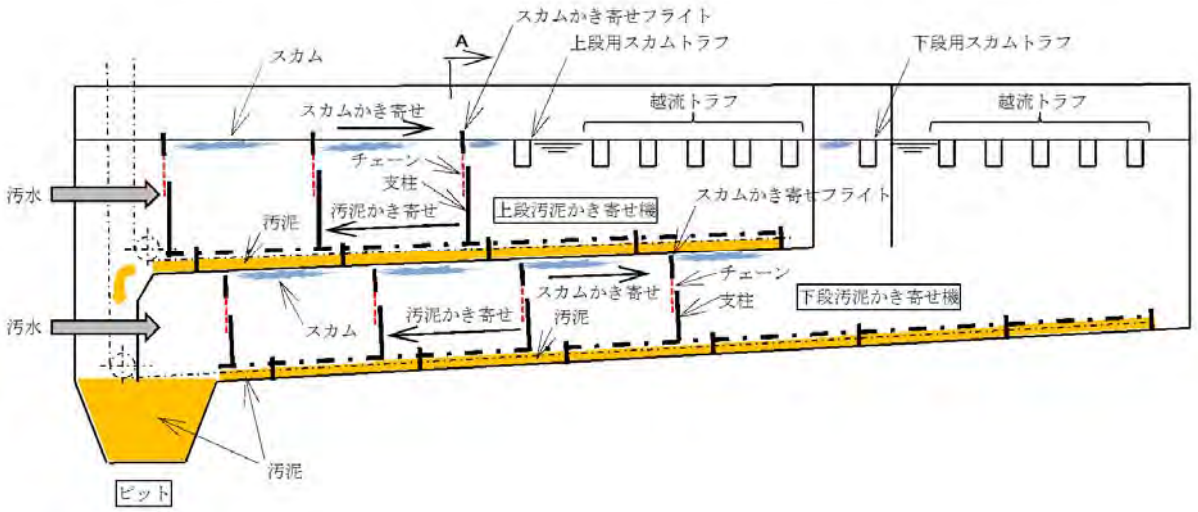
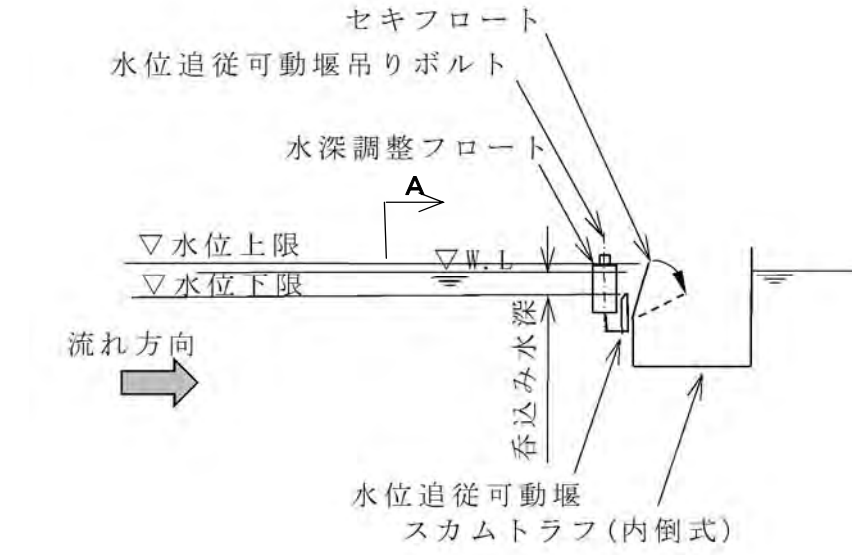


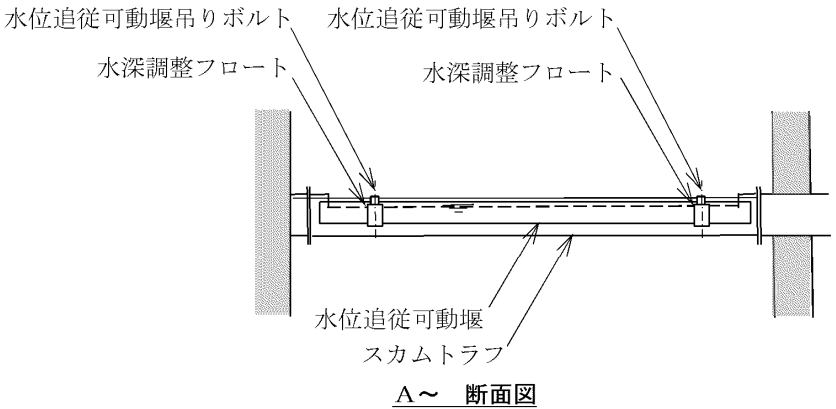
図 9.35　モノレール式汚泥かき寄せ機概略図

3) **スカムスキマ機能について**

最初沈殿池・最終沈殿池のスカムスキマは、内倒式トラフを採用している。本スキマは沈殿池越流堰の１次側に設け、水面に発生したスカムを取り除くものである。

スカムトラフ呑込み水深は、水位に追従する水深調整フロートに取付けた水位追従可動堰により一定となる構造である。





A～　断面図

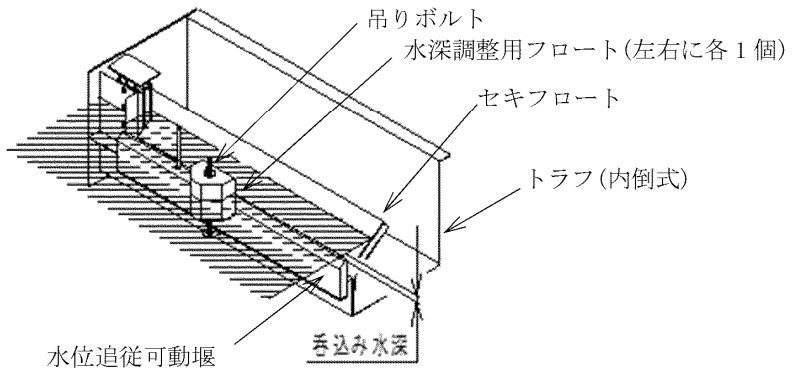


図 9.36　スカムスキマ概略図

b) **沈殿池の越流堰板、スカムスキマレベルの検証**

1) **検討条件**

① 設定水位

・設定水位は、日最大汚水量を基準とした。
（設計時の水位：最初沈殿池 TP+2.000m、最終沈殿池 TP+8.100m）

・最初沈殿池は、１系、２系ともに同一水位を設定した。

・最終沈殿池は、１系、２系各々に水位を設定した。また、各系列内の設定水位は、同一水位とした。

② 越流堰板

・越流堰板高さは、Ｖノッチ下端レベルを越流トラフ天端最高レベルより 5mm 以上とし、かつ、スカムトラフ水位下限レベル以上となるように設定した。

・越流堰板高さは、沈下終息水位を基に検証した。また、測量誤差等を考慮し、高さの調整範囲に余裕代αを±5mm 設けた。

③ スカムスキマ

・スカムトラフ上限レベルは、設定水位を基準として非常時時間最大汚水量(汚水ポンプ全台運転時)においてもセキフロートからオーバーフローしないレベルとした。

・スカムトラフ下限レベルは、設定水位を基準として呑み込み水深 20mm を確保できるレベルとした。

④ フライト

・設定水位において上段池リターン側のフライト天端が水没しないレベルとした。

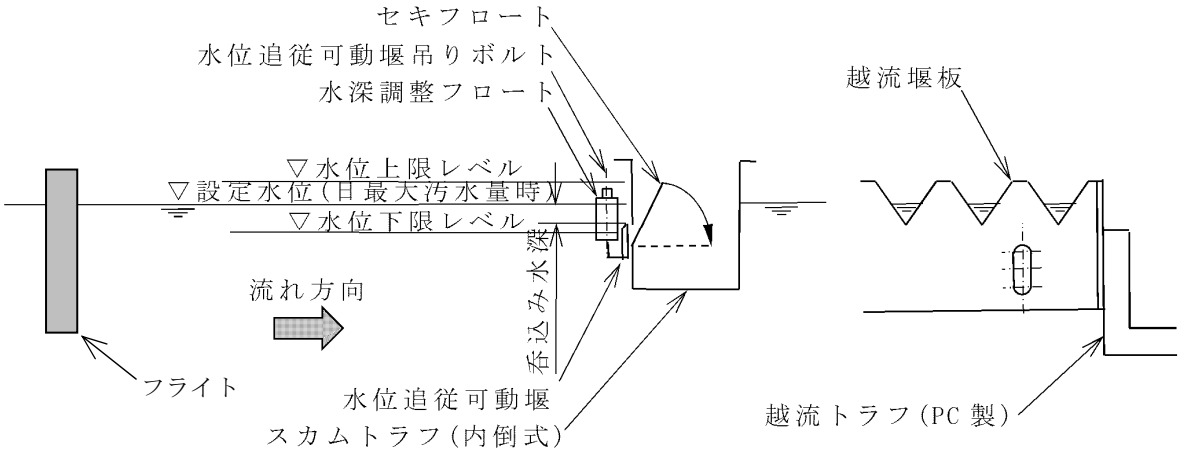


図 9.37　越流堰板、スカムスキマ及びフライト概略図

2) **最初沈殿池**

① 設定水位

最初沈殿池は、１系と２系の今後の沈下量、沈下速度が異なるため、沈下進行中の水面と越流トラフ天端レベル差が一定ではないが、１系、２系とも同一水位にする必要があるため沈下終息時の設定水位で検証した。

最初沈殿池沈下終息時の越流トラフ天端最高レベル及びスカムトラフ天端最高レベルは、下記のとおりである。

・越流トラフ天端最高レベル　　：TP+1.895m　(図 9.39参照)
　（２系１号下段池-南西側）
・スカムトラフ天端最高レベル　：TP+2.106m　((図 9.39参照)
　（１系１号上段池-南西側）

下記検討図より、沈下終息時の**設定水位は TP+1.940** になった。

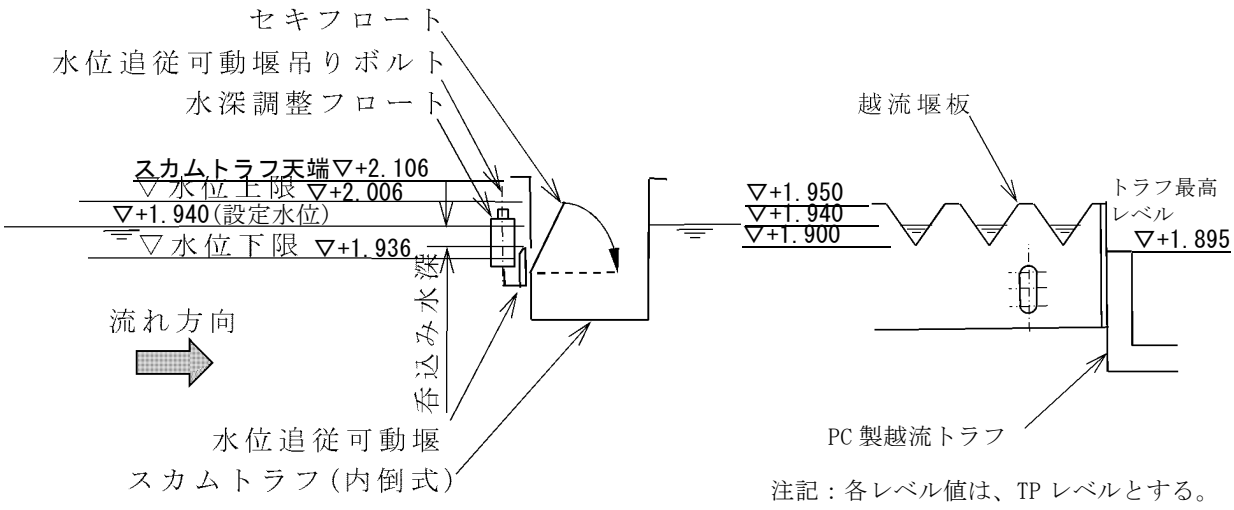


図 9.38　最初沈殿池設定水位検討図

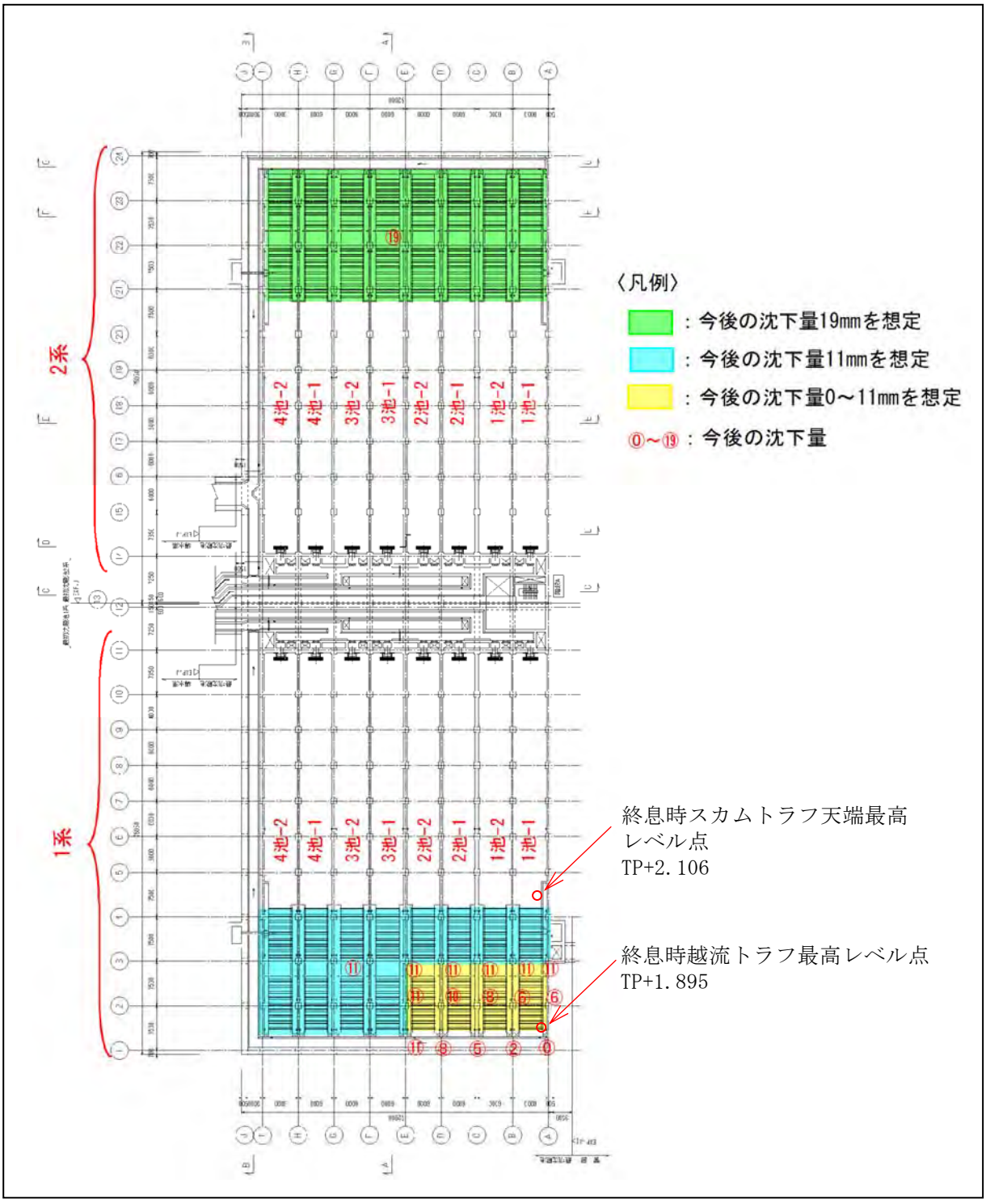


図 9.39　最初沈殿池の今後の沈下量想定値

② 越流堰板の検証

各越流堰板が、調整用長孔の調整代の適用範囲を満たしているか否かの検証と対策方針を以下に示す。

ア）基本条件

主要寸法や調整代の適用範囲は以下のとおりである。

・設計時の越流堰天端と越流トラフ天端とのレベル差 80㎜。
・越流堰板高さ調整用長孔の有効長さ 40㎜。
・長孔は下側への拡張は不可であり、上方向は 5㎜ 程度拡張可能。
・調整代が適用範囲を超えた場合は、再製作。

イ）調整代の適用範囲の検証と対策方針

適用範囲の検証と対策方針は、越流堰板天端と越流トラフ天端のレベル差により下記のとおりとした。

検証結果を表 9.10及び図 9.44に示す。

対策①：既設再調整（調整代内での高さ調整）

60㎜＋α≦ レベル差 ≦100㎜－α

対策②：既設撤去・改造・再取付け（長孔を拡張改造し高さ調整）

55㎜＋α≦ レベル差 ＜60㎜＋α

対策③：既設撤去・新規製作・取付け（再製作）

レベル差＜55㎜＋α、100㎜－α＜レベル差

注記：αは測定誤差等を考慮した余裕代 5㎜

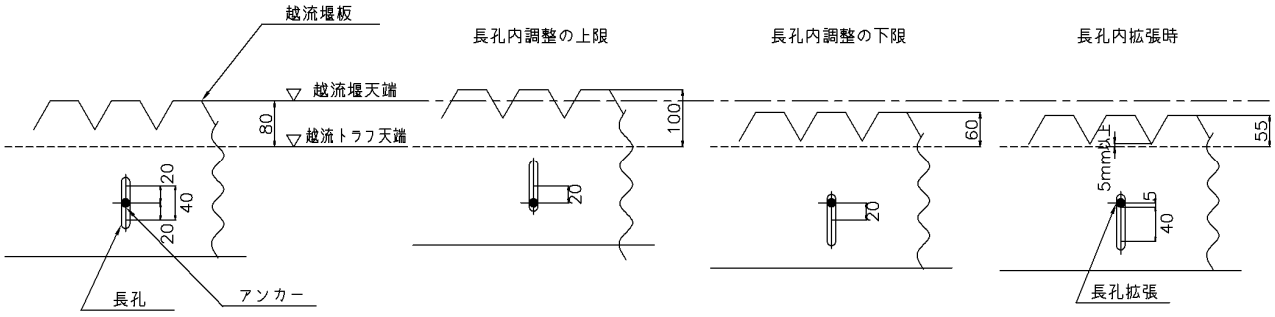


図 9.40　最初沈殿池越流堰板イメージ図

表 9.10　最初沈殿池越流堰板の検証結果

【最初沈殿池-1系】

越流トラフ位置	南西側			北東側			対策まとめ
	レベル差	対策	ノッチレベル確認	レベル差	対策	ノッチレベル確認	
1系1号池-1 上段A	73mm	①	○	73mm	①	○	①
1系1号池-1 上段B	73mm	①	○	74mm	①	○	①
1系1号池-1 上段C	77mm	①	○	78mm	①	○	①
1系1号池-1 下段A	57mm	③	○	62mm	②	○	③
1系1号池-1 下段B	67mm	①	○	70mm	①	○	①
1系1号池-1 下段C	71mm	①	○	74mm	①	○	①
1系2号池-1 上段A	77mm	①	○	80mm	①	○	①
1系2号池-1 上段B	78mm	①	○	81mm	①	○	①
1系2号池-1 上段C	80mm	①	○	82mm	①	○	①
1系2号池-1 下段A	73mm	①	○	76mm	①	○	①
1系2号池-1 下段B	76mm	①	○	78mm	①	○	①
1系2号池-1 下段C	79mm	①	○	80mm	①	○	①
1系3号池-1 上段A	61mm	②	○	63mm	②	○	②
1系3号池-1 上段B	60mm	②	○	64mm	②	○	②
1系3号池-1 上段C	66mm	①	○	64mm	②	○	②
1系3号池-1 下段A	59mm	③	○	62mm	②	○	③
1系3号池-1 下段B	59mm	③	○	62mm	②	○	③
1系3号池-1 下段C	63mm	②	○	64mm	②	○	②
1系4号池-1 上段A	73mm	①	○	79mm	①	○	①
1系4号池-1 上段B	78mm	①	○	81mm	①	○	①
1系4号池-1 上段C	77mm	①	○	81mm	①	○	①
1系4号池-1 下段A	74mm	①	○	80mm	①	○	①
1系4号池-1 下段B	74mm	①	○	79mm	①	○	①
1系4号池-1 下段C	74mm	①	○	79mm	①	○	①

越流トラフ位置	南西側			北東側			対策まとめ
	レベル差	対策	ノッチレベル確認	レベル差	対策	ノッチレベル確認	
1系1号池-2 上段A	74mm	①	○	79mm	①	○	①
1系1号池-2 上段B	77mm	①	○	78mm	①	○	①
1系1号池-2 上段C	81mm	①	○	82mm	①	○	①
1系1号池-2 下段A	70mm	①	○	73mm	①	○	①
1系1号池-2 下段B	75mm	①	○	75mm	①	○	①
1系1号池-2 下段C	78mm	①	○	76mm	①	○	①
1系2号池-2 上段A	84mm	①	○	85mm	①	○	①
1系2号池-2 上段B	84mm	①	○	85mm	①	○	①
1系2号池-2 上段C	84mm	①	○	85mm	①	○	①
1系2号池-2 下段A	82mm	①	○	86mm	①	○	①
1系2号池-2 下段B	84mm	①	○	86mm	①	○	①
1系2号池-2 下段C	83mm	①	○	84mm	①	○	①
1系3号池-2 上段A	71mm	①	○	75mm	①	○	①
1系3号池-2 上段B	73mm	①	○	77mm	①	○	①
1系3号池-2 上段C	75mm	①	○	80mm	①	○	①
1系3号池-2 下段A	70mm	①	○	72mm	①	○	①
1系3号池-2 下段B	70mm	①	○	74mm	①	○	①
1系3号池-2 下段C	71mm	①	○	75mm	①	○	①
1系4号池-2 上段A	85mm	①	○	88mm	①	○	①
1系4号池-2 上段B	86mm	①	○	91mm	①	○	①
1系4号池-2 上段C	87mm	①	○	92mm	①	○	①
1系4号池-2 下段A	82mm	①	○	86mm	①	○	①
1系4号池-2 下段B	84mm	①	○	88mm	①	○	①
1系4号池-2 下段C	83mm	①	○	89mm	①	○	①

対策の凡例
対策①：既設再調整　65mm≦ レベル差 ≦95mm
対策②：既設撤去・改造・再取付け　60mm≦ レベル差 ＜65mm
対策③：既設撤去・新規製作・取付け　レベル差＜60mm、95mm＜レベル差
・対策のまとめ：同一越流堰板の対策に差が生じる場合は、対策内容が大規模側を選択する。
・越流トラフ位置は、上・下段共に3点、両端を代表点で示す。
（AとD、BとE、CとFが同一トラフで両端部のレベルを示す。詳細は後述する）

ノッチレベルの確認の凡例
○：対策後の越流堰板のノッチ下端レベルと、越流トラフ天端レベルの差が5mmを超える→対策不要
×：対策後の越流堰板のノッチ下端レベルと、越流トラフ天端レベルの差が5mm以下→対策が必要

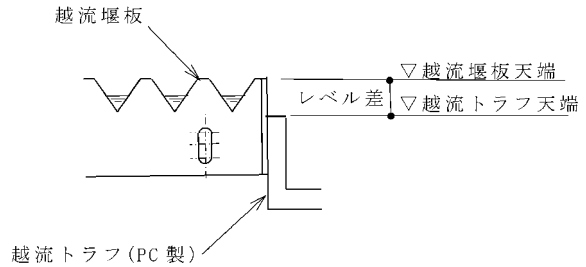
【最初沈殿池-2系】

越流トラフ位置	北東側			南西側			対策まとめ
	レベル差	対策	ノッチレベル確認	レベル差	対策	ノッチレベル確認	
2系1号池-1 上段A	64mm	②	○	63mm	②	○	②
2系1号池-1 上段B	64mm	②	○	61mm	②	○	②
2系1号池-1 上段C	62mm	②	○	60mm	②	○	②
2系1号池-1 下段A	72mm	①	○	78mm	①	○	①
2系1号池-1 下段B	70mm	①	○	67mm	①	○	①
2系1号池-1 下段C	70mm	①	○	74mm	①	○	①
2系2号池-1 上段A	77mm	①	○	73mm	①	○	①
2系2号池-1 上段B	75mm	①	○	73mm	①	○	①
2系2号池-1 上段C	70mm	①	○	69mm	①	○	①
2系2号池-1 下段A	83mm	①	○	78mm	①	○	①
2系2号池-1 下段B	84mm	①	○	79mm	①	○	①
2系2号池-1 下段C	83mm	①	○	77mm	①	○	①
2系3号池-1 上段A	98mm	③	○	93mm	①	○	③
2系3号池-1 上段B	96mm	③	○	91mm	①	○	③
2系3号池-1 上段C	93mm	①	○	91mm	①	○	①
2系3号池-1 下段A	109mm	③	○	103mm	③	○	③
2系3号池-1 下段B	104mm	③	○	100mm	③	○	③
2系3号池-1 下段C	103mm	③	○	97mm	③	○	③
2系4号池-1 上段A	115mm	③	○	108mm	③	○	③
2系4号池-1 上段B	114mm	③	○	107mm	③	○	③
2系4号池-1 上段C	110mm	③	○	104mm	③	○	③
2系4号池-1 下段A	122mm	③	○	121mm	③	○	③
2系4号池-1 下段B	118mm	③	○	115mm	③	○	③
2系4号池-1 下段C	117mm	③	○	112mm	③	○	③

越流トラフ位置	北東側			南西側			対策まとめ
	レベル差	対策	ノッチレベル確認	レベル差	対策	ノッチレベル確認	
2系1号池-2 上段A	72mm	①	○	68mm	①	○	①
2系1号池-2 上段B	69mm	①	○	68mm	①	○	①
2系1号池-2 上段C	69mm	①	○	68mm	①	○	①
2系1号池-2 下段A	82mm	①	○	78mm	①	○	①
2系1号池-2 下段B	78mm	①	○	75mm	①	○	①
2系1号池-2 下段C	76mm	①	○	72mm	①	○	①
2系2号池-2 上段A	86mm	①	○	84mm	①	○	①
2系2号池-2 上段B	85mm	①	○	82mm	①	○	①
2系2号池-2 上段C	80mm	①	○	76mm	①	○	①
2系2号池-2 下段A	96mm	③	○	92mm	①	○	③
2系2号池-2 下段B	94mm	①	○	89mm	①	○	①
2系2号池-2 下段C	93mm	①	○	88mm	①	○	①
2系3号池-2 上段A	98mm	③	○	93mm	①	○	③
2系3号池-2 上段B	95mm	①	○	90mm	①	○	①
2系3号池-2 上段C	92mm	①	○	89mm	①	○	①
2系3号池-2 下段A	107mm	③	○	103mm	③	○	③
2系3号池-2 下段B	104mm	③	○	101mm	③	○	③
2系3号池-2 下段C	102mm	③	○	97mm	③	○	③
2系4号池-2 上段A	123mm	③	○	118mm	③	○	③
2系4号池-2 上段B	124mm	③	○	118mm	③	○	③
2系4号池-2 上段C	123mm	③	○	117mm	③	○	③
2系4号池-2 下段A	132mm	③	○	127mm	③	○	③
2系4号池-2 下段B	134mm	③	○	129mm	③	○	③
2系4号池-2 下段C	131mm	③	○	124mm	③	○	③

対策の凡例
対策①：既設再調整　65mm≦ レベル差 ≦95mm
対策②：既設撤去・改造・再取付け　60mm≦ レベル差 ＜65mm
対策③：既設撤去・新規製作・取付け　レベル差＜60mm、95mm＜レベル差
・対策のまとめ：同一越流堰板の対策に差が生じる場合は、対策内容が大規模側を選択する。
・越流トラフ位置は、上・下段共に3点、両端を代表点で示す。
（AとD、BとE、CとFが同一トラフで両端部のレベルを示す。詳細は後述する）

ノッチレベルの確認の凡例
○：対策後の越流堰板のノッチ下端レベルと、越流トラフ天端レベルの差が5mmを超える→対策不要
×：対策後の越流堰板のノッチ下端レベルと、越流トラフ天端レベルの差が5mm以下→対策が必要



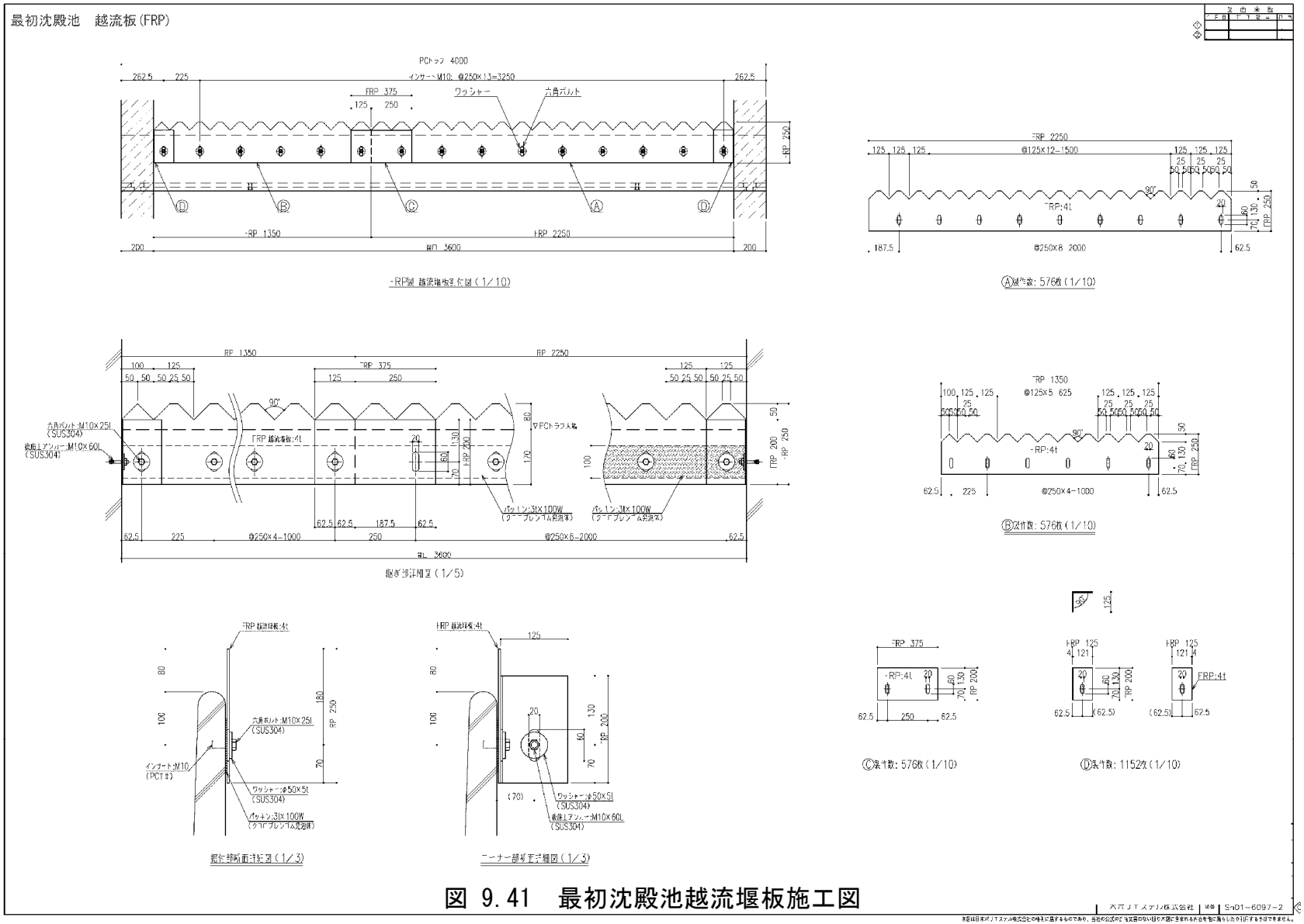


図 9.41　最初沈殿池越流堰板施工図

③ スカムスキマ機能の検証

各スカムトラフが適用範囲(水位下限レベル≦設定水位≦水位上限レベル)を満たしているか否かの検証結果を以下に示す。

下表より、スカムスキマのスカム排出機能を確保していない系列は、２系３号下段池、２系４号上・下段池であり２水路１駆動式スカムスキマ３基の改造が必要となった。

表 9.11　最初沈殿池スカムトラフ機能の検証結果

スカムトラフ位置		スカムトラフ天端レベル実測値①		今後の沈下量	スカムトラフ上限レベル（③＝①-②－0.10）		スカムトラフ下限レベル（④＝①－②-0.17）		設定水位（⑤）	上限側レベル差(mm)（＝③－⑤）		下限側レベル差(mm)（＝⑤－④）		判定
		南西側	北東側	②(mm)	南西側	北東側	南西側	北東側		南西側	北東側	南西側	北東側	
1系1号上段池	1	+2.117	+2.116	0.011	+2.006	+2.005	+1.936	+1.935	+1.940	66	65	4	5	○
	2	+2.111	+2.110	0.011	+2.000	+1.999	+1.930	+1.929	+1.940	60	59	10	11	
1系1号下段池	1	+2.115	+2.113	0.011	+2.004	+2.002	+1.934	+1.932	+1.940	64	62	6	8	○
	2	+2.112	+2.110	0.011	+2.001	+1.999	+1.931	+1.929	+1.940	61	59	9	11	
1系2号上段池	1	+2.107	+2.105	0.011	+1.996	+1.994	+1.926	+1.924	+1.940	56	54	14	16	○
	2	+2.102	+2.099	0.011	+1.991	+1.988	+1.921	+1.918	+1.940	51	48	19	22	
1系2号下段池	1	+2.110	+2.105	0.011	+1.999	+1.994	+1.929	+1.924	+1.940	59	54	11	16	○
	2	+2.105	+2.102	0.011	+1.994	+1.991	+1.924	+1.921	+1.940	54	51	16	19	
1系3号上段池	1	+2.096	+2.095	0.011	+1.985	+1.984	+1.915	+1.914	+1.940	45	44	25	26	○
	2	+2.089	+2.086	0.011	+1.978	+1.975	+1.908	+1.905	+1.940	38	35	32	35	
1系3号下段池	1	+2.099	+2.097	0.011	+1.988	+1.986	+1.918	+1.916	+1.940	48	46	22	24	○
	2	+2.109	+2.090	0.011	+1.998	+1.979	+1.928	+1.909	+1.940	58	39	12	31	
1系4号上段池	1	+2.081	+2.077	0.011	+1.970	+1.966	+1.900	+1.896	+1.940	30	26	40	44	○
	2	+2.078	+2.069	0.011	+1.967	+1.958	+1.897	+1.888	+1.940	27	18	43	52	
1系4号下段池	1	+2.089	+2.085	0.011	+1.978	+1.974	+1.908	+1.904	+1.940	38	34	32	36	○
	2	+2.095	+2.077	0.011	+1.984	+1.966	+1.914	+1.896	+1.940	44	26	26	44	
2系1号上段池	1	+2.101	+2.098	0.019	+1.982	+1.979	+1.912	+1.909	+1.940	42	39	28	31	○
	2	+2.091	+2.093	0.019	+1.972	+1.974	+1.902	+1.904	+1.940	32	34	38	36	
2系1号下段池	1	+2.098	+2.093	0.019	+1.979	+1.974	+1.909	+1.904	+1.940	39	34	31	36	○
	2	+2.088	+2.088	0.019	+1.969	+1.969	+1.899	+1.899	+1.940	29	29	41	41	
2系2号上段池	1	+2.099	+2.088	0.019	+1.980	+1.969	+1.910	+1.899	+1.940	40	29	30	41	○
	2	+2.081	+2.083	0.019	+1.962	+1.964	+1.892	+1.894	+1.940	22	24	48	46	
2系2号下段池	1	+2.079	+2.083	0.019	+1.960	+1.964	+1.890	+1.894	+1.940	20	24	50	46	○
	2	+2.071	+2.072	0.019	+1.952	+1.953	+1.882	+1.883	+1.940	12	13	58	57	
2系3号上段池	1	+2.086	+2.076	0.019	+1.967	+1.957	+1.897	+1.887	+1.940	27	17	43	53	○
	2	+2.065	+2.080	0.019	+1.946	+1.961	+1.876	+1.891	+1.940	6	21	64	49	
2系3号下段池	1	+2.063	+2.063	0.019	+1.944	+1.944	+1.874	+1.874	+1.940	4	4	66	66	×
	2	+2.055	+2.054	0.019	+1.936	+1.935	+1.866	+1.865	+1.940	−4	−5	74	75	
2系4号上段池	1	+2.051	+2.057	0.019	+1.932	+1.938	+1.862	+1.868	+1.940	−8	−2	78	72	×
	2	+2.041	+2.045	0.019	+1.922	+1.926	+1.852	+1.856	+1.940	−18	−14	88	84	
2系4号下段池	1	+2.048	+2.045	0.019	+1.929	+1.926	+1.859	+1.856	+1.940	−11	−14	81	84	×
	2	+2.037	+2.035	0.019	+1.918	+1.916	+1.848	+1.846	+1.940	−22	−24	92	94	

注記１：スカムスキマは２水路１駆動式のため、池単位で判定した。

○：適用範囲内

×：適用範囲外

注記２：橙色着色部は『設定水位≧水位上限レベル』の範囲を示す。

スカムスキマの改造は、スカムトラフのセキフロートに延長セキを取付けることとする。

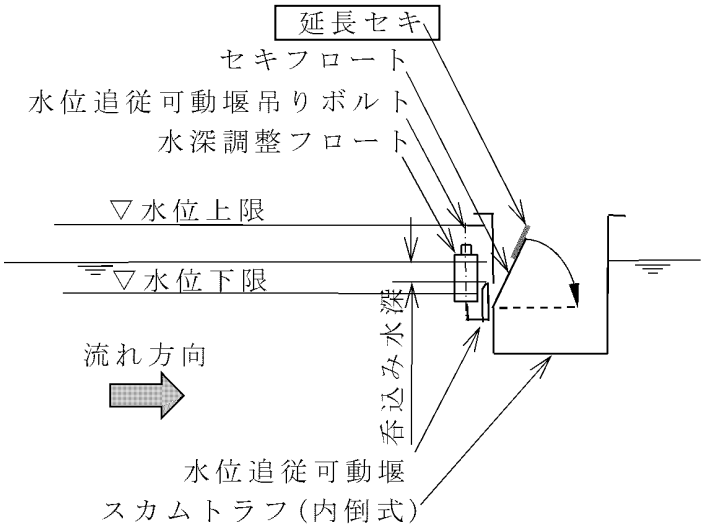


図 9.42　スカムトラフの改造案

④ フライトによるスカムかき寄せ機能の検証

上段池のフライトによるスカムかき寄せ機能の検証結果を以下に示す。下表より、フライトによるスカムかき寄せ機能を確保していない系列は、２系４号池であり、２水路１駆動式汚泥かき寄せ機１基の改造が必要となった。

表 9.12　最初沈殿池機スカムかき寄せ機能の検証結果

汚泥かき寄せ機位置		スカムトラフ天端レベル①	スカムトラフ天端レベル実測値②		リターン側フライト天端レベル③	今後の沈下量④(mm)	リターン側フライト天端レベル(⑤=③-(①−②)−④)		設定水位(⑥)	レベル差(mm)(=(⑤−⑥)×10³)		判定
		設計値	南西側	北東側	設計値		南西側	北東側		南西側	北東側	
1系1号上段池	1	+2.130	+2.117	+2.116	+2.045	0.011	+2.021	+2.020	+1.940	81	80	○
	2	+2.130	+2.111	+2.110	+2.045	0.011	+2.015	+2.014	+1.940	75	74	
1系2号上段池	1	+2.130	+2.107	+2.105	+2.045	0.011	+2.011	+2.009	+1.940	71	69	○
	2	+2.130	+2.102	+2.099	+2.045	0.011	+2.006	+2.003	+1.940	66	63	
1系3号上段池	1	+2.130	+2.096	+2.095	+2.045	0.011	+2.000	+1.999	+1.940	60	59	○
	2	+2.130	+2.089	+2.086	+2.045	0.011	+1.993	+1.990	+1.940	53	50	
1系4号上段池	1	+2.130	+2.081	+2.077	+2.045	0.011	+1.985	+1.981	+1.940	45	41	○
	2	+2.130	+2.078	+2.069	+2.045	0.011	+1.982	+1.973	+1.940	42	33	
2系1号上段池	1	+2.130	+2.101	+2.098	+2.045	0.019	+1.997	+1.994	+1.940	57	54	○
	2	+2.130	+2.091	+2.093	+2.045	0.019	+1.987	+1.989	+1.940	47	49	
2系2号上段池	1	+2.130	+2.099	+2.088	+2.045	0.019	+1.995	+1.984	+1.940	55	44	○
	2	+2.130	+2.081	+2.083	+2.045	0.019	+1.977	+1.979	+1.940	37	39	
2系3号上段池	1	+2.130	+2.086	+2.076	+2.045	0.019	+1.982	+1.972	+1.940	42	32	○
	2	+2.130	+2.065	+2.080	+2.045	0.019	+1.961	+1.976	+1.940	21	36	
2系4号上段池	1	+2.130	+2.051	+2.057	+2.045	0.019	+1.947	+1.953	+1.940	7	13	×
	2	+2.130	+2.041	+2.045	+2.045	0.019	+1.937	+1.941	+1.940	−3	1	

注記１：汚泥かき寄せ機は２水路１駆動式のため、池単位で判定した。

○：上段池リターン側フライト天端が非常時時間最大汚水量(汚水ポンプ全台運転時)において水没しない

×：上段池リターン側フライト天端が非常時時間最大汚水量(汚水ポンプ全台運転時)において水没することが推定される

(汚水ポンプ全台運転時は、日最大汚水量時より 10㎜ 水位上昇する)

注記２：橙色着色部は『(リターン側フライト天端レベルー設定水位) ≦10㎜』の範囲を示す。

フライトの改造は、フライトにゴム板（汚泥かき残し防止用ゴム板）を取付けることとする。

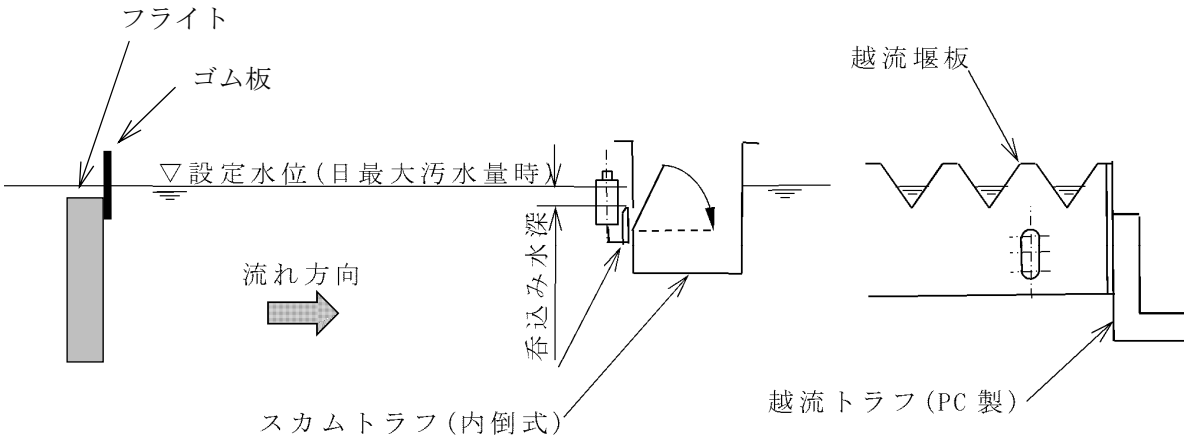


図 9.43　フライト改造案

⑤ 最初沈殿池対策案のまとめ

越流堰板

・既存長孔内での高さ調整（緑色着色部）

・既存長孔を拡張改造及び高さ調整（黄色着色部）

・再製作及び高さ調整（橙色着色部）

スカムスキマ

・２系３号下段池、２系４号上・下段設置の２水路１駆動式スカムスキマ３基に延長セキの設置（赤枠部）

汚泥かき寄せ機のフライトによるスカムかき寄せ機能

・２系４号上段池設置の２水路１駆動式汚泥かき寄せ機１基にフライトにゴム板の設置（青枠部）

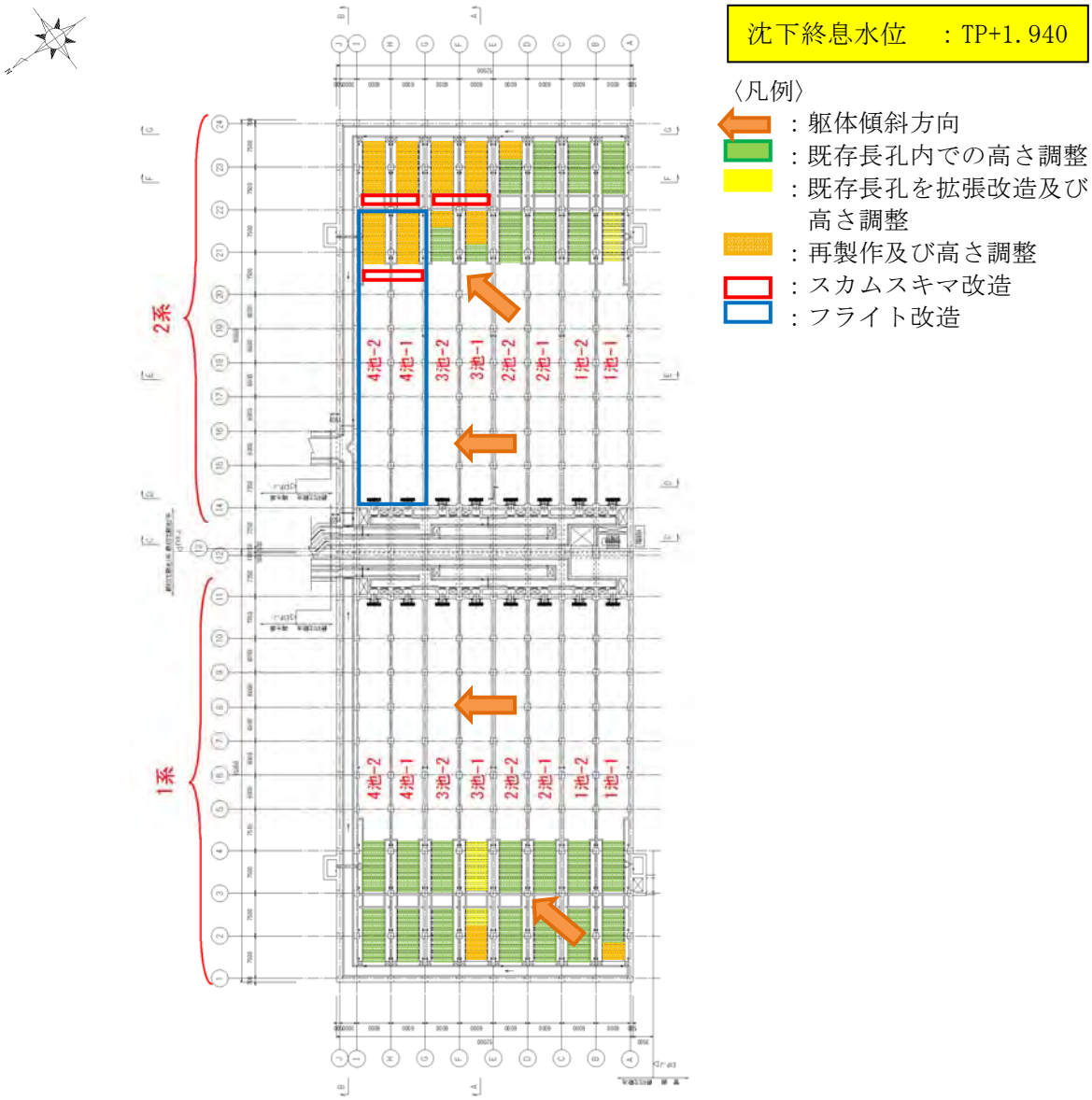


図 9.44　最初沈殿池対策案のまとめ

3) **１系最終沈殿池**

① 設定水位

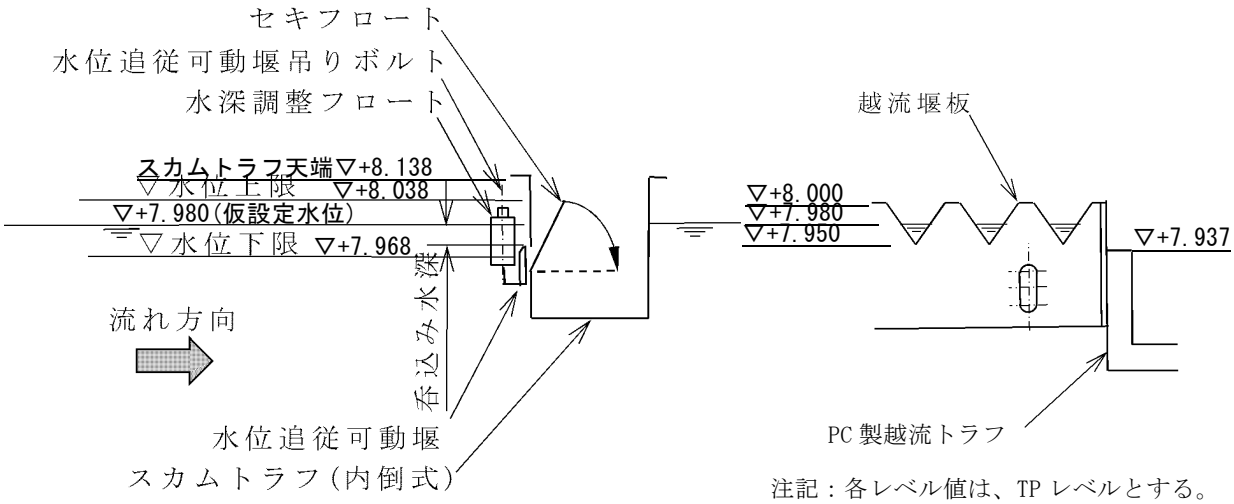
１系最終沈殿池は、今後の沈下量、沈下速度が等しいため、沈下に伴う水面と越流トラフ天端レベル差は一定である。したがって、平成 28 年 7 月末の施設レベルにおける仮の水位を設定し検証を行った。沈下終息時の水位は、今後予想される沈下量を考慮して決定した。

検証における、施設レベルは以下のとおりである。

・越流トラフ天端最高レベル　　：TP+7.937m（１号下段池-北西側）
・スカムトラフ天端最高レベル　：TP+8.138m（１号上段池-北西側）

下図より、検証における仮設定水位は TP＋7.980 になるが、今後さらに沈下終息までに均等に約 33㎜ の沈下が予想されることから、**<u>１系最終沈殿池の終息水位は TP＋7.950</u>** とした。

注記：仮設定水位とは、平成 28 年 7 月 14 日のスカムトラフ天端レベル実測値、平成 28 年 7 月 29 日の PC 製越流トラフ天端レベル実測値に基づいて仮に設定した日最大汚水量基準水位を言う。



注記：各レベル値は、TP レベルとする。

図 9.45　１系最終沈殿池設定水位検討図

② 越流堰板の検証

各越流堰板が、調整用長孔の調整代の適用範囲を満たしているか否かの検証と対策方針を以下に示す。

ア）基本条件

主要寸法や調整代の適用範囲は以下のとおりである。

・設計時の越流堰天端と越流トラフ天端とのレベル差 80㎜。
・越流堰板高さ調整用長孔の有効長さ 40㎜。
・長孔は下側への拡張は不可であり、上方向は 5㎜ 程度拡張可能。
・調整代が適用範囲を超えた場合は、再製作。

イ）調整代の適用範囲の検証と対策方針

適用範囲の検証と対策方針は、越流堰板天端と越流トラフ天端のレベル差により下記のとおりとした。

検証結果表 9.13及び図 9.50に示す。

対策①：既設再調整（調整代内での高さ調整）

60㎜＋α≦ レベル差 ≦100㎜－α

対策②：既設撤去・改造・再取付け（長孔を拡張改造し高さ調整）

55㎜＋α≦ レベル差 ＜60㎜＋α

対策③：既設撤去・新規製作・取付け（再製作）

レベル差＜55㎜＋α、100㎜－α＜レベル差

注記：αは測定誤差等を考慮した余裕代 5㎜

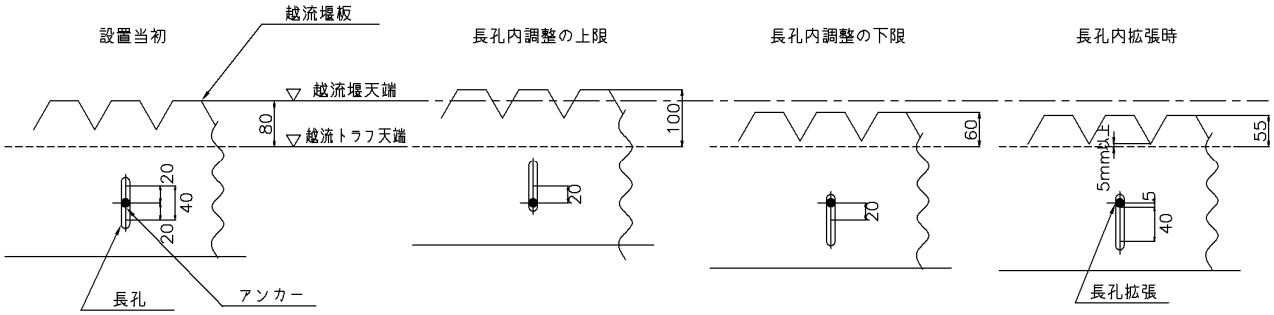


図 9.46　最終沈殿池越流堰板イメージ図

表 9.13　1系最終沈殿池越流堰板の検証結果

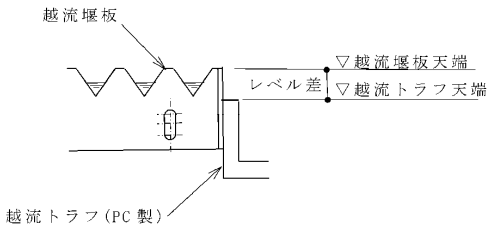
【最終沈殿池-1系】

越流トラフ位置	北西側			南東側			対策まとめ
	レベル差	対策	ノッチレベル確認	レベル差	対策	ノッチレベル確認	
1系1号池-1 上段A	66mm	①	○	69mm	①	○	①
1系1号池-1 上段B	71mm	①	○	71mm	①	○	①
1系1号池-1 上段C	67mm	①	○	69mm	①	○	①
1系1号池-1 下段A	63mm	②	○	66mm	①	○	②
1系1号池-1 下段B	68mm	①	○	68mm	①	○	①
1系1号池-1 下段C	69mm	①	○	71mm	①	○	①
1系2号池-1 上段A	72mm	①	○	73mm	①	○	①
1系2号池-1 上段B	74mm	①	○	74mm	①	○	①
1系2号池-1 上段C	71mm	①	○	72mm	①	○	①
1系2号池-1 下段A	77mm	①	○	75mm	①	○	①
1系2号池-1 下段B	75mm	①	○	76mm	①	○	①
1系2号池-1 下段C	76mm	①	○	80mm	①	○	①
1系3号池-1 上段A	76mm	①	○	77mm	①	○	①
1系3号池-1 上段B	74mm	①	○	74mm	①	○	①
1系3号池-1 上段C	72mm	①	○	74mm	①	○	①
1系3号池-1 下段A	81mm	①	○	81mm	①	○	①
1系3号池-1 下段B	77mm	①	○	79mm	①	○	①
1系3号池-1 下段C	80mm	①	○	81mm	①	○	①
1系4号池-1 上段A	77mm	①	○	78mm	①	○	①
1系4号池-1 上段B	77mm	①	○	79mm	①	○	①
1系4号池-1 上段C	77mm	①	○	78mm	①	○	①
1系4号池-1 下段A	80mm	①	○	84mm	①	○	①
1系4号池-1 下段B	81mm	①	○	80mm	①	○	①
1系4号池-1 下段C	81mm	①	○	83mm	①	○	①
1系5号池-1 上段A	80mm	①	○	82mm	①	○	①
1系5号池-1 上段B	79mm	①	○	81mm	①	○	①
1系5号池-1 上段C	78mm	①	○	79mm	①	○	①
1系5号池-1 下段A	85mm	①	○	88mm	①	○	①
1系5号池-1 下段B	84mm	①	○	83mm	①	○	①
1系5号池-1 下段C	83mm	①	○	86mm	①	○	①
1系6号池-1 上段A	86mm	①	○	86mm	①	○	①
1系6号池-1 上段B	86mm	①	○	88mm	①	○	①
1系6号池-1 上段C	84mm	①	○	85mm	①	○	①
1系6号池-1 下段A	90mm	①	○	93mm	①	○	①
1系6号池-1 下段B	87mm	①	○	89mm	①	○	①
1系6号池-1 下段C	90mm	①	○	88mm	①	○	①
1系7号池-1 上段A	87mm	①	○	92mm	①	○	①
1系7号池-1 上段B	88mm	①	○	94mm	①	○	①
1系7号池-1 上段C	85mm	①	○	94mm	①	○	①
1系7号池-1 下段A	97mm	③	○	98mm	③	○	③
1系7号池-1 下段B	94mm	①	○	94mm	①	○	①
1系7号池-1 下段C	93mm	①	○	95mm	①	○	①
1系8号池-1 上段A	97mm	③	○	99mm	③	○	③
1系8号池-1 上段B	96mm	③	○	96mm	③	○	③
1系8号池-1 上段C	91mm	①	○	94mm	①	○	①
1系8号池-1 下段A	103mm	③	○	99mm	③	○	③
1系8号池-1 下段B	101mm	③	○	104mm	③	○	③
1系8号池-1 下段C	98mm	③	○	98mm	③	○	③

越流トラフ位置	北西側			南東側			対策まとめ
	レベル差	対策	ノッチレベル確認	レベル差	対策	ノッチレベル確認	
1系1号池-2 上段A	70mm	①	○	73mm	①	○	①
1系1号池-2 上段B	71mm	①	○	71mm	①	○	①
1系1号池-2 上段C	71mm	①	○	68mm	①	○	①
1系1号池-2 下段A	70mm	①	○	72mm	①	○	①
1系1号池-2 下段B	70mm	①	○	70mm	①	○	①
1系1号池-2 下段C	71mm	①	○	73mm	①	○	①
1系2号池-2 上段A	77mm	①	○	77mm	①	○	①
1系2号池-2 上段B	75mm	①	○	76mm	①	○	①
1系2号池-2 上段C	74mm	①	○	76mm	①	○	①
1系2号池-2 下段A	78mm	①	○	77mm	①	○	①
1系2号池-2 下段B	78mm	①	○	79mm	①	○	①
1系2号池-2 下段C	79mm	①	○	80mm	①	○	①
1系3号池-2 上段A	82mm	①	○	81mm	①	○	①
1系3号池-2 上段B	77mm	①	○	76mm	①	○	①
1系3号池-2 上段C	76mm	①	○	75mm	①	○	①
1系3号池-2 下段A	82mm	①	○	82mm	①	○	①
1系3号池-2 下段B	84mm	①	○	84mm	①	○	①
1系3号池-2 下段C	84mm	①	○	82mm	①	○	①
1系4号池-2 上段A	77mm	①	○	77mm	①	○	①
1系4号池-2 上段B	76mm	①	○	76mm	①	○	①
1系4号池-2 上段C	75mm	①	○	74mm	①	○	①
1系4号池-2 下段A	82mm	①	○	84mm	①	○	①
1系4号池-2 下段B	81mm	①	○	81mm	①	○	①
1系4号池-2 下段C	82mm	①	○	81mm	①	○	①
1系5号池-2 上段A	86mm	①	○	85mm	①	○	①
1系5号池-2 上段B	83mm	①	○	86mm	①	○	①
1系5号池-2 上段C	81mm	①	○	82mm	①	○	①
1系5号池-2 下段A	88mm	①	○	90mm	①	○	①
1系5号池-2 下段B	85mm	①	○	87mm	①	○	①
1系5号池-2 下段C	87mm	①	○	88mm	①	○	①
1系6号池-2 上段A	89mm	①	○	82mm	①	○	①
1系6号池-2 上段B	88mm	①	○	91mm	①	○	①
1系6号池-2 上段C	86mm	①	○	87mm	①	○	①
1系6号池-2 下段A	92mm	①	○	94mm	①	○	①
1系6号池-2 下段B	94mm	①	○	95mm	①	○	①
1系6号池-2 下段C	93mm	①	○	95mm	①	○	①
1系7号池-2 上段A	92mm	①	○	96mm	③	○	③
1系7号池-2 上段B	91mm	①	○	92mm	①	○	①
1系7号池-2 上段C	84mm	①	○	89mm	①	○	①
1系7号池-2 下段A	95mm	①	○	96mm	③	○	③
1系7号池-2 下段B	97mm	③	○	95mm	①	○	③
1系7号池-2 下段C	90mm	①	○	93mm	①	○	①
1系8号池-2 上段A	99mm	③	○	101mm	③	○	③
1系8号池-2 上段B	96mm	③	○	99mm	③	○	③
1系8号池-2 上段C	89mm	①	○	95mm	①	○	①
1系8号池-2 下段A	131mm	③	○	105mm	③	○	③
1系8号池-2 下段B	106mm	③	○	107mm	③	○	③
1系8号池-2 下段C	101mm	③	○	131mm	③	○	③

対策の凡例
対策①：既設再調整　65mm≦ レベル差 ≦95mm
対策②：既設撤去・改造・再取付け　60mm≦ レベル差 ＜65mm
対策③：既設撤去・新規製作・取付け　レベル差＜60mm，95mm＜レベル差
・対策のまとめ：同一越流堰板の対策に差が生じる場合は、対策内容が大規模側を選択する。
・越流トラフ位置は、上・下段共に3点、両端を代表点で示す。
（AとD、BとE、CとFが同一トラフで両端部のレベルを示す。詳細は後述する）

ノッチレベルの確認の凡例
○：対策後の越流堰板のノッチ下端レベルと、越流トラフ天端レベルの差が5mmを超える→対策不要
×：対策後の越流堰板のノッチ下端レベルと、越流トラフ天端レベルの差が5mm以下→対策が必要



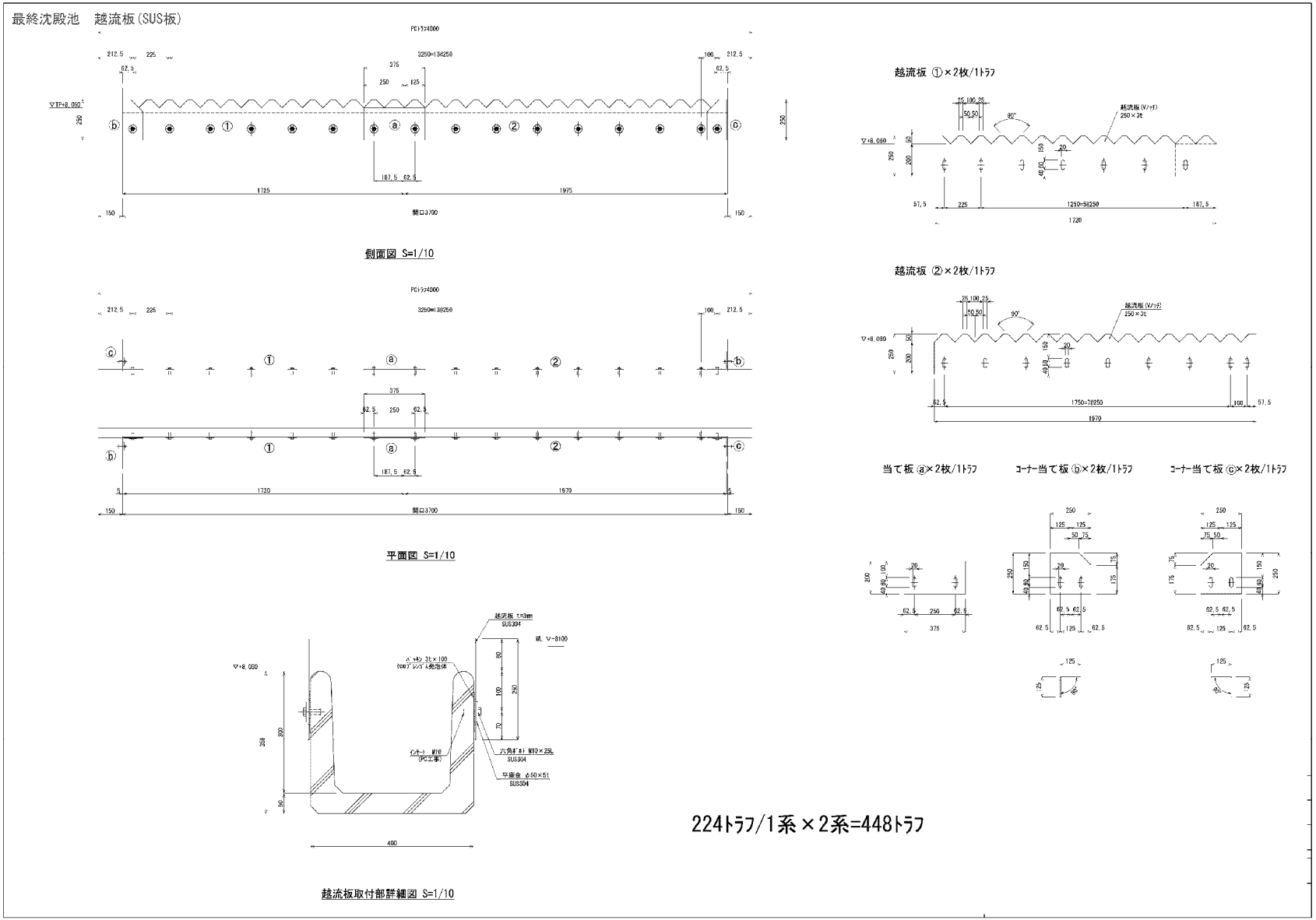


図 9.47　最終沈殿池越流堰板施工図

③ スカムスキマ機能の検証

各スカムトラフが適用範囲(水位下限レベル≦設定水位≦水位上限レベル)を満たしているか否かの検証結果を以下に示す。

下表より、スカムスキマのスカム排出機能は、１系全池において確保しており対策は不要であった。

表 9.14　１系最終沈殿池スカムスキマ機能の検証結果

スカムトラフ位置		スカムトラフ天端レベル	スカムトラフ天端レベル実測値		スカムトラフ上限レベル（①）		スカムトラフ下限レベル（②）		設定水位（③）	上限側レベル差(mm)（＝①－③）		下限側レベル差(mm)（＝③－②）		判定
		設計値	北西側	南東側	北西側	南東側	北西側	南東側		北西側	南東側	北西側	南東側	
1系1号上段池	1	+8.230	+8.138	+8.135	+8.038	+8.035	+7.968	+7.965	+7.980	58	55	12	15	○
	2	+8.230	+8.135	+8.134	+8.035	+8.034	+7.965	+7.964	+7.980	55	54	15	16	
1系1号下段池	1	+8.230	+8.136	+8.134	+8.036	+8.034	+7.966	+7.964	+7.980	56	54	14	16	○
	2	+8.230	+8.133	+8.132	+8.033	+8.032	+7.963	+7.962	+7.980	53	52	17	18	
1系2号上段池	1	+8.230	+8.135	+8.132	+8.035	+8.032	+7.965	+7.962	+7.980	55	52	15	18	○
	2	+8.230	+8.132	+8.131	+8.032	+8.031	+7.962	+7.961	+7.980	52	51	18	19	
1系2号下段池	1	+8.230	+8.135	+8.130	+8.035	+8.030	+7.965	+7.960	+7.980	55	50	15	20	○
	2	+8.230	+8.135	+8.130	+8.035	+8.030	+7.965	+7.960	+7.980	55	50	15	20	
1系3号上段池	1	+8.230	+8.128	+8.129	+8.028	+8.029	+7.958	+7.959	+7.980	48	49	22	21	○
	2	+8.230	+8.130	+8.130	+8.030	+8.030	+7.960	+7.960	+7.980	50	50	20	20	
1系3号下段池	1	+8.230	+8.125	+8.126	+8.025	+8.026	+7.955	+7.956	+7.980	45	46	25	24	○
	2	+8.230	+8.126	+8.125	+8.026	+8.025	+7.956	+7.955	+7.980	46	45	24	25	
1系4号上段池	1	+8.230	+8.127	+8.127	+8.027	+8.027	+7.957	+7.957	+7.980	47	47	23	23	○
	2	+8.230	+8.127	+8.127	+8.027	+8.027	+7.957	+7.957	+7.980	47	47	23	23	
1系4号下段池	1	+8.230	+8.123	+8.121	+8.023	+8.021	+7.953	+7.951	+7.980	43	41	27	29	○
	2	+8.230	+8.122	+8.121	+8.022	+8.021	+7.952	+7.951	+7.980	42	41	28	29	
1系5号上段池	1	+8.230	+8.123	+8.121	+8.023	+8.021	+7.953	+7.951	+7.980	43	41	27	29	○
	2	+8.230	+8.121	+8.121	+8.021	+8.021	+7.951	+7.951	+7.980	41	41	29	29	
1系5号下段池	1	+8.230	+8.119	+8.118	+8.019	+8.018	+7.949	+7.948	+7.980	39	38	31	32	○
	2	+8.230	+8.117	+8.116	+8.017	+8.016	+7.947	+7.946	+7.980	37	36	33	34	
1系6号上段池	1	+8.230	+8.120	+8.118	+8.020	+8.018	+7.950	+7.948	+7.980	40	38	30	32	○
	2	+8.230	+8.116	+8.115	+8.016	+8.015	+7.946	+7.945	+7.980	36	35	34	35	
1系6号下段池	1	+8.230	+8.115	+8.114	+8.015	+8.014	+7.945	+7.944	+7.980	35	34	35	36	○
	2	+8.230	+8.114	+8.109	+8.014	+8.009	+7.944	+7.939	+7.980	34	29	36	41	
1系7号上段池	1	+8.230	+8.114	+8.114	+8.014	+8.014	+7.944	+7.944	+7.980	34	34	36	36	○
	2	+8.230	+8.114	+8.113	+8.014	+8.013	+7.944	+7.943	+7.980	34	33	36	37	
1系7号下段池	1	+8.230	+8.109	+8.109	+8.009	+8.009	+7.939	+7.939	+7.980	29	29	41	41	○
	2	+8.230	+8.108	+8.106	+8.008	+8.006	+7.938	+7.936	+7.980	28	26	42	44	
1系8号上段池	1	+8.230	+8.110	+8.108	+8.010	+8.008	+7.940	+7.938	+7.980	30	28	40	42	○
	2	+8.230	+8.107	+8.104	+8.007	+8.004	+7.937	+7.934	+7.980	27	24	43	46	
1系8号下段池	1	+8.230	+8.105	+8.104	+8.005	+8.004	+7.935	+7.934	+7.980	25	24	45	46	○
	2	+8.230	+8.103	+8.101	+8.003	+8.001	+7.933	+7.931	+7.980	23	21	47	49	

注記１：スカムスキマは２水路１駆動式のため、池単位で判定した。

○：適用範囲内

④ 汚泥かき寄せ機のフライトによるスカムかき寄せ機能の検証

上段池のフライトによるスカムかき寄せ機能の検証結果を以下に示す。

下表より、フライトによるスカムかき寄せ機能は、１系全池において確保しており対策は不要であった。

表 9.15　１系最終沈殿池スカムかき寄せ機能の検証結果

スカムトラフ位置		スカムトラフ天端レベル	スカムトラフ天端レベル実測値		リターン側フライト天端レベル	リターン側フライト天端レベル（①）		設定水位（③）	レベル差(mm)（＝①－②）		判定
		設計値	北西側	南東側	設計値	北西側	南東側		北西側	南東側	
1系1号上段池	1	+8.230	+8.138	+8.135	+8.124	+8.032	+8.029	+7.980	52	49	○
	2	+8.230	+8.135	+8.134	+8.124	+8.029	+8.028	+7.980	49	48	
1系2号上段池	1	+8.230	+8.135	+8.132	+8.124	+8.029	+8.026	+7.980	49	46	○
	2	+8.230	+8.132	+8.131	+8.124	+8.026	+8.025	+7.980	46	45	
1系3号上段池	1	+8.230	+8.128	+8.129	+8.124	+8.022	+8.023	+7.980	42	43	○
	2	+8.230	+8.130	+8.130	+8.124	+8.024	+8.024	+7.980	44	44	
1系4号上段池	1	+8.230	+8.127	+8.127	+8.124	+8.021	+8.021	+7.980	41	41	○
	2	+8.230	+8.127	+8.127	+8.124	+8.021	+8.021	+7.980	41	41	
1系5号上段池	1	+8.230	+8.123	+8.121	+8.124	+8.017	+8.015	+7.980	37	35	○
	2	+8.230	+8.121	+8.121	+8.124	+8.015	+8.015	+7.980	35	35	
1系6号上段池	1	+8.230	+8.120	+8.118	+8.124	+8.014	+8.012	+7.980	34	32	○
	2	+8.230	+8.116	+8.115	+8.124	+8.010	+8.009	+7.980	30	29	
1系7号上段池	1	+8.230	+8.114	+8.114	+8.124	+8.008	+8.008	+7.980	28	28	○
	2	+8.230	+8.114	+8.113	+8.124	+8.008	+8.007	+7.980	28	27	
1系8号上段池	1	+8.230	+8.110	+8.108	+8.124	+8.004	+8.002	+7.980	24	22	○
	2	+8.230	+8.107	+8.104	+8.124	+8.001	+7.998	+7.980	21	18	

注記１：汚泥かき寄せ機は２水路１駆動式のため、池単位で判定した。

○：適用範囲内

4) **２系最終沈殿池**

① 設定水位

２系最終沈殿池は、１系と同様に今後の沈下量、沈下速度が等しいため、沈下に伴う水面と越流トラフ天端レベル差は一定である。したがって、平成28年7月末の施設レベルにおける仮の水位を設定し検証を行った。沈下終息時の水位は、今後予想される沈下量を考慮して決定した。

検証における、施設レベルは以下のとおりである。

・越流トラフ天端最高レベル　　：TP+7.889m　（１号上段池-北西側）
・スカムトラフ天端最高レベル　：TP+8.094m　（８号上段池-南東側）

下図より、検証における仮設定水位はTP＋7.925になるが、今後さらに沈下終息までに均等に約24㎜の沈下が予想されることから、**２系最終沈殿池沈下終息水位はTP＋7.900**とした。

注記：仮設定水位とは、平成28年7月14日のスカムトラフ天端レベル実測値、平成28年7月29日のPC製越流トラフ天端レベル実測値に基づいて仮に設定した日最大汚水量基準水位を言う。

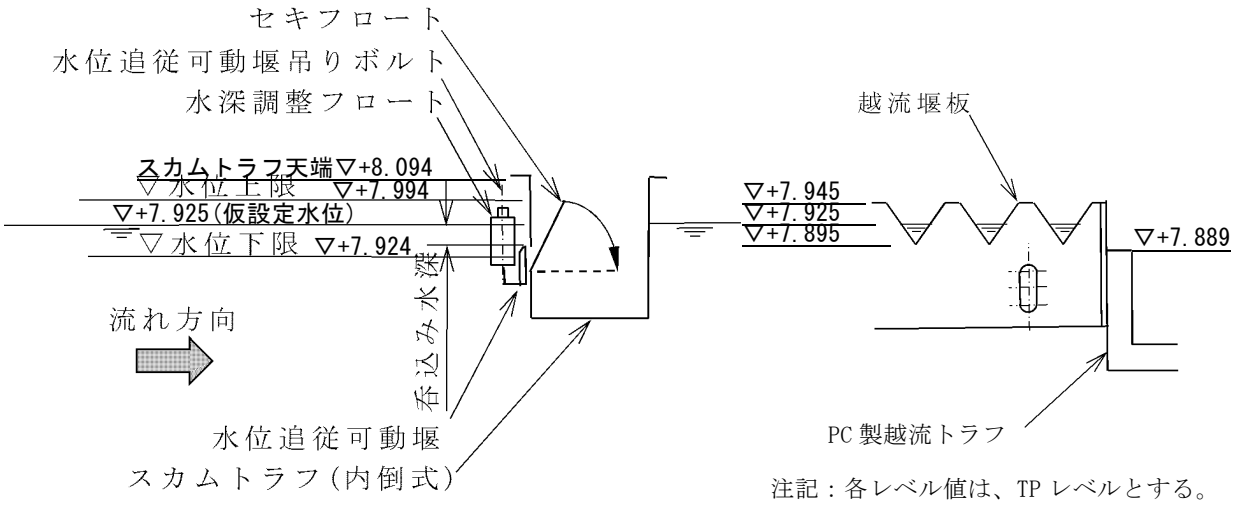


図 9.48　２系最終沈殿池設定水位検討図

② 越流堰板の検証

各越流堰板が、調整用長孔の調整代の適用範囲を満たしているか否かの検証と対策方針を以下に示す。

ア）基本条件

主要寸法や調整代の適用範囲は以下のとおりである。

・設計時の越流堰天端と越流トラフ天端とのレベル差 80㎜。
・越流堰板高さ調整用長孔の有効長さ 40㎜。
・長孔は下側への拡張は不可であり、上方向は 5㎜ 程度拡張可能。
・調整代が適用範囲を超えた場合は、再製作。

イ）調整代の適用範囲の検証と対策方針

適用範囲の検証と対策方針は、越流堰板天端と越流トラフ天端のレベル差により下記のとおりとした。

検証結果を表 9.16及び図 9.50に示す。

対策①：既設再調整（調整代内での高さ調整）

60㎜＋α≦ レベル差 ≦100㎜－α

対策②：既設撤去・改造・再取付け（長孔を拡張改造し高さ調整）

55㎜＋α≦ レベル差 ＜60㎜＋α

対策③：既設撤去・新規製作・取付け（再製作）

レベル差＜55㎜＋α、100㎜－α＜レベル差

注記：αは測定誤差等を考慮した余裕代 5㎜

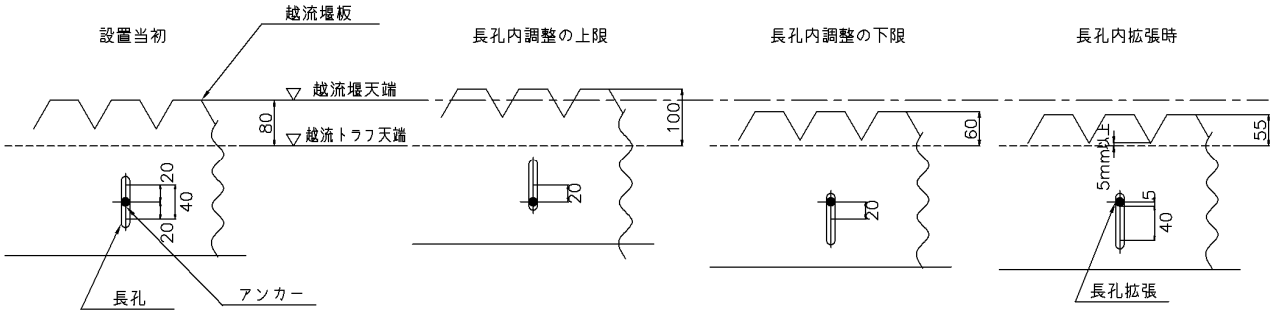


図 9.49　最終沈殿池越流堰板イメージ図

表 9.16　２系最終沈殿池越流堰板の検証結果

【最終沈殿池-2系】

越流トラフ位置	北西側			南東側			対策まとめ
	レベル差	対策	ノッチレベル確認	レベル差	対策	ノッチレベル確認	
2系1号池-1　上段A	67mm	①	○	69mm	①	○	①
2系1号池-1　上段B	62mm	②	○	65mm	②	○	②
2系1号池-1　上段C	58mm	③	○	65mm	②	○	③
2系1号池-1　下段A	74mm	①	○	76mm	①	○	①
2系1号池-1　下段B	71mm	①	○	73mm	①	○	①
2系1号池-1　下段C	66mm	①	○	70mm	①	○	①
2系2号池-1　上段A	74mm	①	○	73mm	①	○	①
2系2号池-1　上段B	69mm	①	○	69mm	①	○	①
2系2号池-1　上段C	72mm	①	○	71mm	①	○	①
2系2号池-1　下段A	82mm	①	○	88mm	①	○	①
2系2号池-1　下段B	78mm	①	○	79mm	①	○	①
2系2号池-1　下段C	81mm	①	○	84mm	①	○	①
2系3号池-1　上段A	78mm	①	○	82mm	①	○	①
2系3号池-1　上段B	77mm	①	○	84mm	①	○	①
2系3号池-1　上段C	76mm	①	○	79mm	①	○	①
2系3号池-1　下段A	89mm	①	○	92mm	①	○	①
2系3号池-1　下段B	89mm	①	○	90mm	①	○	①
2系3号池-1　下段C	97mm	③	○	92mm	①	○	③
2系4号池-1　上段A	86mm	①	○	90mm	①	○	①
2系4号池-1　上段B	86mm	①	○	90mm	①	○	①
2系4号池-1　上段C	83mm	①	○	84mm	①	○	①
2系4号池-1　下段A	97mm	③	○	98mm	③	○	③
2系4号池-1　下段B	96mm	③	○	97mm	③	○	③
2系4号池-1　下段C	93mm	①	○	94mm	①	○	①
2系5号池-1　上段A	97mm	③	○	94mm	①	○	③
2系5号池-1　上段B	89mm	①	○	88mm	①	○	①
2系5号池-1　上段C	87mm	①	○	86mm	①	○	①
2系5号池-1　下段A	103mm	③	○	99mm	③	○	③
2系5号池-1　下段B	93mm	①	○	90mm	①	○	①
2系5号池-1　下段C	94mm	①	○	92mm	①	○	①
2系6号池-1　上段A	88mm	①	○	85mm	①	○	①
2系6号池-1　上段B	78mm	①	○	81mm	①	○	①
2系6号池-1　上段C	79mm	①	○	71mm	①	○	①
2系6号池-1　下段A	86mm	①	○	91mm	①	○	①
2系6号池-1　下段B	90mm	①	○	90mm	①	○	①
2系6号池-1　下段C	89mm	①	○	90mm	①	○	①
2系7号池-1　上段A	87mm	①	○	82mm	①	○	①
2系7号池-1　上段B	81mm	①	○	82mm	①	○	①
2系7号池-1　上段C	77mm	①	○	75mm	①	○	①
2系7号池-1　下段A	95mm	①	○	89mm	①	○	①
2系7号池-1　下段B	92mm	①	○	86mm	①	○	①
2系7号池-1　下段C	91mm	①	○	91mm	①	○	①
2系8号池-1　上段A	75mm	①	○	72mm	①	○	①
2系8号池-1　上段B	75mm	①	○	69mm	①	○	①
2系8号池-1　上段C	75mm	①	○	71mm	①	○	①
2系8号池-1　下段A	86mm	①	○	85mm	①	○	①
2系8号池-1　下段B	85mm	①	○	80mm	①	○	①
2系8号池-1　下段C	82mm	①	○	80mm	①	○	①

越流トラフ位置	北西側			南東側			対策まとめ
	レベル差	対策	ノッチレベル確認	レベル差	対策	ノッチレベル確認	
2系1号池-2　上段A	69mm	①	○	71mm	①	○	①
2系1号池-2　上段B	65mm	②	○	68mm	①	○	②
2系1号池-2　上段C	56mm	③	○	64mm	②	○	③
2系1号池-2　下段A	78mm	①	○	83mm	①	○	①
2系1号池-2　下段B	74mm	①	○	75mm	①	○	①
2系1号池-2　下段C	77mm	①	○	76mm	①	○	①
2系2号池-2　上段A	74mm	①	○	79mm	①	○	①
2系2号池-2　上段B	72mm	①	○	76mm	①	○	①
2系2号池-2　上段C	74mm	①	○	76mm	①	○	①
2系2号池-2　下段A	87mm	①	○	89mm	①	○	①
2系2号池-2　下段B	82mm	①	○	79mm	①	○	①
2系2号池-2　下段C	80mm	①	○	82mm	①	○	①
2系3号池-2　上段A	83mm	①	○	87mm	①	○	①
2系3号池-2　上段B	81mm	①	○	83mm	①	○	①
2系3号池-2　上段C	75mm	①	○	79mm	①	○	①
2系3号池-2　下段A	91mm	①	○	96mm	③	○	③
2系3号池-2　下段B	81mm	①	○	88mm	①	○	①
2系3号池-2　下段C	89mm	①	○	91mm	①	○	①
2系4号池-2　上段A	91mm	①	○	95mm	①	○	①
2系4号池-2　上段B	86mm	①	○	89mm	①	○	①
2系4号池-2　上段C	85mm	①	○	88mm	①	○	①
2系4号池-2　下段A	101mm	③	○	103mm	③	○	③
2系4号池-2　下段B	97mm	③	○	98mm	③	○	③
2系4号池-2　下段C	98mm	③	○	99mm	③	○	③
2系5号池-2　上段A	89mm	①	○	91mm	①	○	①
2系5号池-2　上段B	85mm	①	○	87mm	①	○	①
2系5号池-2　上段C	85mm	①	○	84mm	①	○	①
2系5号池-2　下段A	96mm	③	○	94mm	①	○	③
2系5号池-2　下段B	93mm	①	○	92mm	①	○	①
2系5号池-2　下段C	94mm	①	○	91mm	①	○	①
2系6号池-2　上段A	79mm	①	○	79mm	①	○	①
2系6号池-2　上段B	74mm	①	○	72mm	①	○	①
2系6号池-2　上段C	72mm	①	○	79mm	①	○	①
2系6号池-2　下段A	87mm	①	○	82mm	①	○	①
2系6号池-2　下段B	84mm	①	○	85mm	①	○	①
2系6号池-2　下段C	81mm	①	○	79mm	①	○	①
2系7号池-2　上段A	83mm	①	○	79mm	①	○	①
2系7号池-2　上段B	77mm	①	○	76mm	①	○	①
2系7号池-2　上段C	77mm	①	○	74mm	①	○	①
2系7号池-2　下段A	88mm	①	○	85mm	①	○	①
2系7号池-2　下段B	87mm	①	○	84mm	①	○	①
2系7号池-2　下段C	86mm	①	○	80mm	①	○	①
2系8号池-2　上段A	71mm	①	○	66mm	①	○	①
2系8号池-2　上段B	70mm	①	○	68mm	①	○	①
2系8号池-2　上段C	65mm	②	○	63mm	②	○	②
2系8号池-2　下段A	80mm	①	○	77mm	①	○	①
2系8号池-2　下段B	77mm	①	○	75mm	①	○	①
2系8号池-2　下段C	80mm	①	○	77mm	①	○	①

対策の凡例

対策① 既設再調整　65mm≦ レベル差 ≦95mm

対策② 既設撤去・改造・再取付け　60mm≦ レベル差 <65mm

対策③ 既設撤去・新規製作・取付け　レベル差<60mm、95mm<レベル差

・対策のまとめ 同一越流堰板の対策に差が生じる場合は、対策内容が大規模側を選択する。

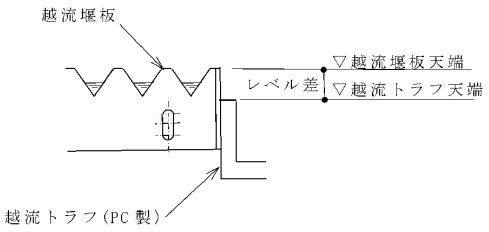
・越流トラフ位置は、上・下段共に3点、両端を代表点で示す。

（A2D、B2E、C2Fが同一トラフで両端部のレベルを示す。詳細は後述する）

ノッチレベルの確認の凡例

○：対策後の越流堰板のノッチ下端レベルと、越流トラフ天端レベルの差が5mmを超える→対策不要

×：対策後の越流堰板のノッチ下端レベルと、越流トラフ天端レベルの差が5mm以下→対策が必要



③ スカムスキマ機能の検証

各スカムトラフが適用範囲(水位下限レベル≦仮設定水位≦水位上限レベル)を満たしているか否かの検証を以下に示す。

下表より、スカムスキマのスカム排出機能は、２系全池において確保しており対策は不要であった。

表 9.17　２系最終沈殿池スカムスキマ機能の検証結果

スカムトラフ位置		スカムトラフ天端レベル	スカムトラフ天端レベル実測値		スカムトラフ上限レベル（①）		スカムトラフ下限レベル（②）		設定水位（③）	上限側レベル差(mm)（＝①－③）		下限側レベル差(mm)（＝③－②）		判定
		設計値	北西側	南東側	北西側	南東側	北西側	南東側		北西側	南東側	北西側	南東側	
2系1号上段池	1	+8.230	+8.090	+8.089	+7.990	+7.989	+7.920	+7.919	+7.925	65	64	5	6	○
	2	+8.230	+8.089	+8.085	+7.989	+7.985	+7.919	+7.915	+7.925	64	60	6	10	
2系1号下段池	1	+8.230	+8.082	+8.079	+7.982	+7.979	+7.912	+7.909	+7.925	57	54	13	16	○
	2	+8.230	+8.075	+8.072	+7.975	+7.972	+7.905	+7.902	+7.925	50	47	20	23	
2系2号上段池	1	+8.230	+8.084	+8.080	+7.984	+7.980	+7.914	+7.910	+7.925	59	55	11	15	○
	2	+8.230	+8.077	+8.074	+7.977	+7.974	+7.907	+7.904	+7.925	52	49	18	21	
2系2号下段池	1	+8.230	+8.073	+8.071	+7.973	+7.971	+7.903	+7.901	+7.925	48	46	22	24	○
	2	+8.230	+8.067	+8.067	+7.967	+7.967	+7.897	+7.897	+7.925	42	42	28	28	
2系3号上段池	1	+8.230	+8.076	+8.078	+7.976	+7.978	+7.906	+7.908	+7.925	51	53	19	17	○
	2	+8.230	+8.071	+8.068	+7.971	+7.968	+7.901	+7.898	+7.925	46	43	24	27	
2系3号下段池	1	+8.230	+8.065	+8.063	+7.965	+7.963	+7.895	+7.893	+7.925	40	38	30	32	○
	2	+8.230	+8.060	+8.057	+7.960	+7.957	+7.890	+7.887	+7.925	35	32	35	38	
2系4号上段池	1	+8.230	+8.064	+8.062	+7.964	+7.962	+7.894	+7.892	+7.925	39	37	31	33	○
	2	+8.230	+8.059	+8.058	+7.959	+7.958	+7.889	+7.888	+7.925	34	33	36	37	
2系4号下段池	1	+8.230	+8.059	+8.055	+7.959	+7.955	+7.889	+7.885	+7.925	34	30	36	40	○
	2	+8.230	+8.052	+8.049	+7.952	+7.949	+7.882	+7.879	+7.925	27	24	43	46	
2系5号上段池	1	+8.230	+8.060	+8.060	+7.960	+7.960	+7.890	+7.890	+7.925	35	35	35	35	○
	2	+8.230	+8.063	+8.063	+7.963	+7.963	+7.893	+7.893	+7.925	38	38	32	32	
2系5号下段池	1	+8.230	+8.049	+8.048	+7.949	+7.948	+7.879	+7.878	+7.925	24	23	46	47	○
	2	+8.230	+8.052	+8.053	+7.952	+7.953	+7.882	+7.883	+7.925	27	28	43	42	
2系6号上段池	1	+8.230	+8.065	+8.067	+7.965	+7.967	+7.895	+7.897	+7.925	40	42	30	28	○
	2	+8.230	+8.072	+8.074	+7.972	+7.974	+7.902	+7.904	+7.925	47	49	23	21	
2系6号下段池	1	+8.230	+8.058	+8.057	+7.958	+7.957	+7.888	+7.887	+7.925	33	32	37	38	○
	2	+8.230	+8.060	+8.062	+7.960	+7.962	+7.890	+7.892	+7.925	35	37	35	33	
2系7号上段池	1	+8.230	+8.075	+8.075	+7.975	+7.975	+7.905	+7.905	+7.925	50	50	20	20	○
	2	+8.230	+8.079	+8.081	+7.979	+7.981	+7.909	+7.911	+7.925	54	56	16	14	
2系7号下段池	1	+8.230	+8.065	+8.065	+7.965	+7.965	+7.895	+7.895	+7.925	40	40	30	30	○
	2	+8.230	+8.070	+8.071	+7.970	+7.971	+7.900	+7.901	+7.925	45	46	25	24	
2系8号上段池	1	+8.230	+8.089	+8.091	+7.989	+7.991	+7.919	+7.921	+7.925	64	66	6	4	○
	2	+8.230	+8.091	+8.094	+7.991	+7.994	+7.921	+7.924	+7.925	66	69	4	1	
2系8号下段池	1	+8.230	+8.080	+8.078	+7.980	+7.978	+7.910	+7.908	+7.925	55	53	15	17	○
	2	+8.230	+8.080	+8.082	+7.980	+7.982	+7.910	+7.912	+7.925	55	57	15	13	

注記１：スカムスキマは２水路１駆動式のため、池単位で判定した。

○：適用範囲内

注記２：１号池及び８号池（緑色着色部）において水位下限レベルとの差が少ないが、いずれも沈下量の少ない箇所のため、問題はない。

④ 最終沈殿池対策案のまとめ

越流堰板

・既存長孔内での高さ調整（緑色着色部）

・既存長孔を拡張改造及び高さ調整（黄色着色部）

・再製作及び高さ調整（橙色着色部）

スカムスキマ

・対策不要

汚泥かき寄せ機のフライトによるスカムかき寄せ機能

・対策不要

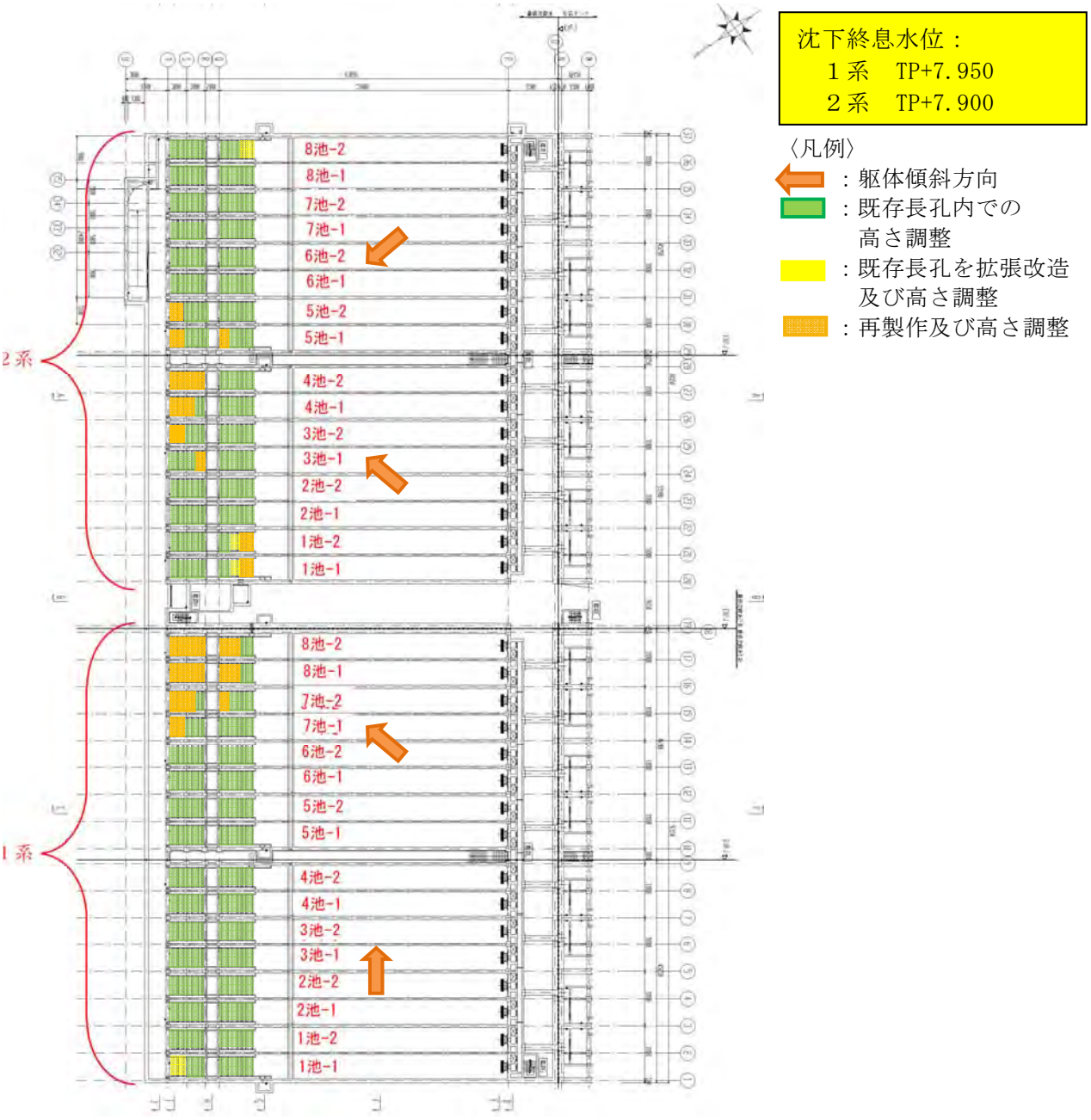


図 9.50　最終沈殿池対策案のまとめ

c） **汚泥かき寄せ機本体**

チェーンフライト式汚泥かき寄せ機は、エンドレスチェーンに一定間隔でフライトを取り付け、これを駆動軸及び水中軸のスプロケットホイールを介して駆動し、池底のレール面に接してフライトを移動させ、汚泥をかき寄せる機器である。通常の運転では、常にチェーンとスプロケットの間に駆動力と張力がかかり、部品同士の摩擦によって、長い時間をかけて摩耗が生じる。

沈下による傾きの影響としては、機器も池内で傾きが生じているため、各部品の横方向の摩耗が増える可能性が考えられる。しかし、池ごとの傾きは非常に小さく、チェーンは駆動力と張力によって回転方向に拘束されながら運転していることから、通常発生する各部品の回転方向の摩耗と比較すると、傾きにより発生する横方向の摩耗はごく微量であると考えられ、機器の寿命を左右するような磨耗にはならないと判断できる。さらに、チェーンの初期伸び調整等の際に池内の点検を行い、異常がないことも確認している。これらのことから、不同沈下による影響はないと判断した。

9.4.4 その他施設

a) 主要機器

施設の沈下による各機器への影響を現地調査により検証した結果と対策方針を表9.18に示す。

なお、一覧の機器は、床排水ポンプ、弁類、空気圧気機等を除いた主要機器を対象とした。

表 9.18　施設沈下の機器への影響と対策一覧（１／３）

No.	設備名	機器名称	分類	沈下による傾きが性能、信頼性へ及ぼす影響	対策の要否	備　　考
1	主ポンプ設備	No.1～6汚水ポンプ	第1類（高速回転）	据付精度は非常に高い。 基準値以内に据付後、建屋ごと傾いている点、かつ各部品とも高精度に据付られていることから特に問題はない。 現在、継続的に振動値を計測しているが、稼働当初から大きな変化はなく、順調に稼働している。	否	「振動値」による管理基準値を設け、状態監視を行う。
2		No.1～6汚水ポンプ用電動機	第1類（高速回転）			
3	汚泥ポンプ類	No.1-1～4生汚泥ポンプ	第1類（高速回転）	高速回転機器ではあるが、小型であることと、ポンプ、電動機が共通の架台に設置されており、沈下による傾きの影響はない。	否	
4		No.2-1～4生汚泥ポンプ	第1類（高速回転）			
5		No.1-1～16返送汚泥ポンプ	第1類（高速回転）			
6		No.2-1～16返送汚泥ポンプ	第1類（高速回転）			
7		No.1-1～4余剰汚泥ポンプ	第1類（高速回転）			
8		No.2-1～4余剰汚泥ポンプ	第1類（高速回転）			
9	用水設備	No.1～3二次処理水移送ポンプ	第1類（高速回転）			
10		沈砂池用二次処理水給水ポンプ	第1類（高速回転）			
11		初沈スカム集水ポンプ	第1類（高速回転）			
12		終沈スカム集水ポンプ	第1類（高速回転）			
13		No.1～3ろ過原水ポンプ	第1類（高速回転）			
14		No.1，2砂ろ過逆洗排水ポンプ	第1類（高速回転）			
15	消毒設備	No.1，2次亜塩素酸ソーダ注入ポンプ	第1類（高速回転）			
16		No.3，4次亜塩素酸ソーダ注入ポンプ	第1類（高速回転）			
17	送風機設備	No.1～6送風機（磁気浮上型）	第1類（高速回転）	汚水ポンプ同様、現在継続的に電流値を計測しているが、稼働当初から大きな変化はなく、順調に稼働している。	否	「電流値」による管理基準値を設け、状態監視を行う。
18						
19		No.1，2水路曝気ブロワ	第1類（高速回転）	高速回転機器ではあるが、小型であることと、ブロワ、電動機が共通の架台に設置されており、沈下による傾きの影響はない。	否	
20		沈砂池脱臭ファン	第1類（高速回転）	高速回転機器ではあるが、小型であることと、ブロワ、電動機が共通の架台に設置されており、沈下による傾きの影響はない。	否	
21		1，2系最初沈殿池脱臭ファン	第1類（高速回転）			
22	反応タンク設備	反応タンク撹拌機	第2類（芯だし楽）	水中の回転翼には池底に振れ止めがあり、沈下による傾きの影響はない。	否	
23	送風機設備	No.1，2湿式空気ろ過器	第2類（芯だし楽）	動きが小さく稼働頻度も少ないため、沈下による傾きの影響はない。	否	
24		No.1，2乾式空気ろ過器	第2類（芯だし楽）			
25	水中ポンプ類	No.1-1～4初沈スカム移送ポンプ	第2類（芯だし楽）	着脱装置、または水槽底部に設置される機器で高度な据付精度を必要としないことから、沈下による傾きの影響はない。	否	
26		No.2-1～4初沈スカム移送ポンプ	第2類（芯だし楽）			
27		No.1～4終沈スカム移送ポンプ	第2類（芯だし楽）			
28		No.5～10終沈スカム移送ポンプ	第2類（芯だし楽）			
29		No.1-1，2加圧水ポンプ	第2類（芯だし楽）			
30		No.2-1，2加圧水ポンプ	第2類（芯だし楽）			
31		No.1給水ポンプ	第2類（芯だし楽）			
32		No.2-1，2給水ポンプ	第2類（芯だし楽）			
33		No.3-1，2給水ポンプ	第2類（芯だし楽）			

表 9.18　施設沈下の機器への影響と対策一覧（２／３）

No.	設備名	機器名称	分類	沈下による傾きの影響	対策の要否	備　　考
34	ゲート設備	No.1,2主流入ゲート	第3類（芯だし要）	稼働頻度が少なく、沈下による傾きの影響はない。	否	
35		No.1～4流入ゲート	第3類（芯だし要）			
36		No.1～4流出ゲート	第3類（芯だし要）			
37		No.1～4初沈主流入ゲート	第3類（芯だし要）			
38		1，2系初沈バイパスゲート	第3類（芯だし要）			
39		No.1-1～8初沈流入ゲート	第3類（芯だし要）			
40		No.2-1～8初沈流入ゲート	第3類（芯だし要）			
41		No.1,2ポンプ井流入ゲート	第3類（芯だし要）			
42		ポンプ井連絡ゲート	第3類（芯だし要）			
43		簡易放流ゲート	第3類（芯だし要）			
44		調圧水槽A，B流出可動堰	第3類（芯だし要）	稼働頻度が少なく、沈下による傾きの影響はない。	要	各系列の再設定水位並びに流出量の均等化のために堰高等の再調整を行い、沈下終息後の設定水位に応じたTP表示に変更した目盛板に交換する。
45		調圧水槽バイパス可動堰	第3類（芯だし要）			
46		簡易放流ゲート	第3類（芯だし要）			
47		No.1-1～8分水槽流出可動堰	第3類（芯だし要）			
48		No.2-1～8分水槽流出可動堰	第3類（芯だし要）			
49		No.1-1～8反応タンク流入可動堰	第3類（芯だし要）			
50		No.2-1～8反応タンク流入可動堰	第3類（芯だし要）			
51		No.1-1～8ステップ流入可動堰	第3類（芯だし要）			
52		No.2-1～8ステップ流入可動堰	第3類（芯だし要）			
53		No.1-1～16終沈流入可動堰	第3類（芯だし要）			
54		No.2-1～16終沈流入可動堰	第3類（芯だし要）			
55	消毒設備	No.1～3次亜塩素酸ソーダ貯留タンク	第4類（貯留機器）		否	
56	用水設備	No.1,2砂ろ過器	第4類（貯留機器）	稼働しない機器であり、沈下による傾きの影響は無い。	否	
57		2次処理水ユニット	第4類（貯留機器）	小型であることと、ポンプ、電動機が共通の架台に設置されており、沈下による傾きの影響はない。	否	
58		雑用水給水ユニット	第4類（貯留機器）			
59		焼却炉給水ユニット	第4類（貯留機器）			
60		初沈スカム集水用オートストレーナ	第4類（貯留機器）	低速回転機器であり、沈下による傾きの影響は無い。	否	
61		2次処理水給水用オートストレーナ	第4類（貯留機器）			
62		終沈スカム集水用オートストレーナ	第4類（貯留機器）			
63		No.1,2ろ過原水用オートストレーナ	第4類（貯留機器）			
64		処理水ストレーナ	第4類（貯留機器）			
65	脱臭設備	沈砂池脱臭塔	第4類（貯留機器）	稼働しない機器であり、沈下による傾きの影響は無い。	否	
66		1，2系初沈脱臭塔	第4類（貯留機器）			
67	反応タンク設備	散気装置	第5類（散気設備）	各槽ごとの傾きは小さく、発泡ムラは生じていない。	否	
68	スクリーンかす設備	No.1～4自動除塵機	第6類（低速回転）	低速での運搬機器であり、傾斜した状態で使用することも多く、沈下による傾きの影響は無い。	否	
69		No.1しさコンベヤ	第6類（低速回転）			
70		No.2しさコンベヤ	第6類（低速回転）			
71		しさ洗浄槽	第6類（低速回転）			
72		しさ分離機	第6類（低速回転）			
73		しさ脱水機	第6類（低速回転）			

表 9.18　施設沈下の機器への影響と対策一覧（３／３）

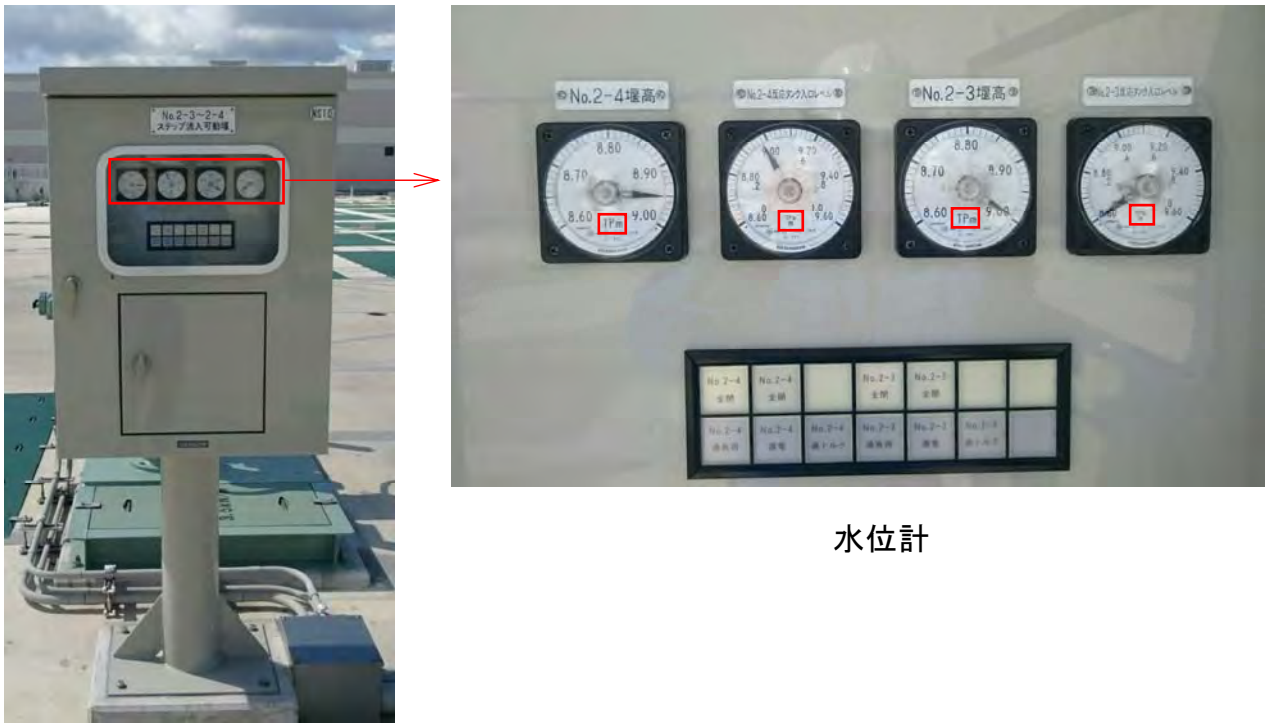
No.	設備名	機器名称	分類	沈下による傾きの影響	対策の要否	備　　考
74	沈砂設備	No.1～4沈砂かき揚げ機	第6類（低速回転）	同　上	否	
75		No.1沈砂流水トラフ	第6類（低速回転）			
76		No.2沈砂流水トラフ	第6類（低速回転）			
77		沈砂搬出機	第6類（低速回転）			
78		No.1，2沈砂洗浄機	第6類（低速回転）			
79		No.1，2沈砂・しさ分離機	第6類（低速回転）			
80		No.1，2沈砂分級機	第6類（低速回転）			
81		No.1，2沈砂水切機	第6類（低速回転）			
82		沈砂コンベヤ	第6類（低速回転）			
83	沈砂池設備	しさホッパ	第6類（低速回転）	稼働頻度が少なく、沈下による傾きの影響は無い。	否	
84		No.1，2沈砂ホッパ	第6類（低速回転）			
85	スカム処理設備	No.1，2スカム分離機	第6類（低速回転）	低速での運搬機器であり、傾斜した状態で使用することも多く、沈下による傾きの影響は無い。	否	
86		スカム移送コンベヤ	第6類（低速回転）			
87		スカム脱水機	第6類（低速回転）			
88	最初沈殿池設備	No.1-1～4初沈汚泥かき寄せ機(上段)	第6類（低速回転）	池ごとの傾きは小さいことから沈下による影響は無い。 越流堰板高さの調整に伴い、設定水位が変わるため、一部の池でフライトの改造を実施する。	要	
89		No.1-1～4初沈汚泥かき寄せ機(下段)	第6類（低速回転）			
90		No.2-1～4初沈汚泥かき寄せ機(上段)	第6類（低速回転）			
91		No.2-1～4初沈汚泥かき寄せ機(下段)	第6類（低速回転）			
92		No.1-1～4初沈スカムスキマ(上段)	第6類（低速回転）	池ごとの傾きは小さいことから沈下による影響は無い。 越流堰板高さの調整に伴い、設定水位が変わるため、一部の池でスカムトラフの改造を実施する。	要	
93		No.1-1～4初沈スカムスキマ(下段)	第6類（低速回転）			
94		No.2-1～4初沈スカムスキマ(上段)	第6類（低速回転）			
95		No.2-1～4初沈スカムスキマ(下段)	第6類（低速回転）			
96	最終沈殿池設備	No.1-1～8終沈汚泥かき寄せ機(上段)	第6類（低速回転）	池ごとの傾きは小さいことから沈下による傾きの影響はない。越流堰板高さの再調整に伴い、設定水位が変わるが、改造の必要はない。	否	
97		No.1-1～8終沈汚泥かき寄せ機(下段)	第6類（低速回転）			
98		No.2-1～8終沈汚泥かき寄せ機(上段)	第6類（低速回転）			
99		No.2-1～8終沈汚泥かき寄せ機(下段)	第6類（低速回転）			
100		No.1-1～8終沈スカムスキマ(上段)	第6類（低速回転）	池ごとの傾きは小さいことから沈下による傾きの影響はない。越流堰高さの再調整に伴い、設定水位が変わるが、調整範囲内に収まる。	要	
101		No.1-1～8終沈スカムスキマ(下段)	第6類（低速回転）			
102		No.2-1～8終沈スカムスキマ(上段)	第6類（低速回転）			
103		No.2-1～8終沈スカムスキマ(下段)	第6類（低速回転）			
104	クレーン類物上げ設備	汚水ポンプ保守用クレーン	第6類（低速回転）	可動頻度が少なく、沈下による傾きの影響は無い。	否	
105		送風機保守用クレーン	第6類（低速回転）			
106	監視制御設備	水処理監視制御装置			要	沈下後終息水位に応じたTP表示に変更する。
107	運転操作設備	可動堰現場操作盤			要	沈下終息水位に応じたTP表示に変更する。

b) **運転監視設備、運転操作設備及び可動堰の TP 表示**

監視制御装置、現場操作盤、可動堰には他の施設との水位関係が重要な設備があり、それらには、TP+○.○○m 等の表示がある。これらは沈下により現在表示されている値にずれが生じているため、再設定水位に対応した TP 表示に変更する。可動堰や現場操作盤については目盛板を交換し、CRT 等は表示を変更する。

目盛板

図 9.51　可動堰の目盛板



水位計

図 9.52　現場操作盤の目盛板

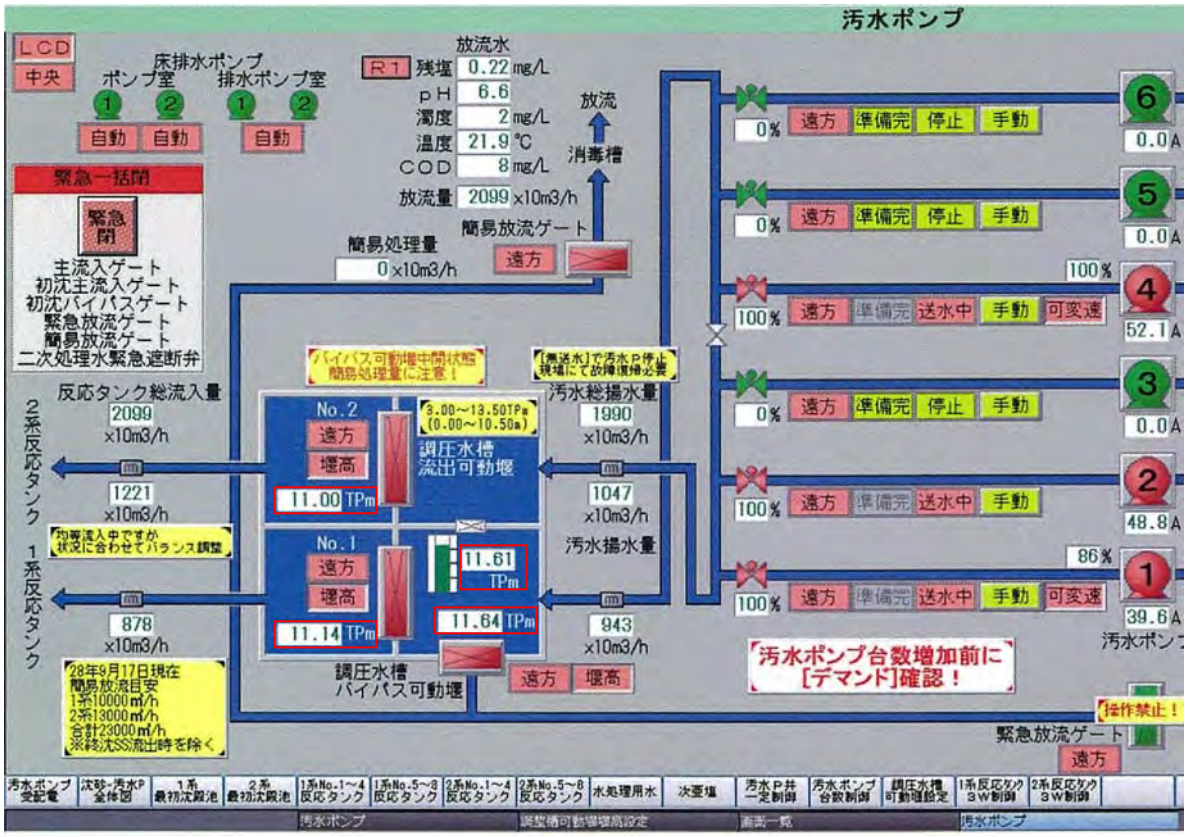

汚水ポンプ
LCD
中央
床排水ポンプ
ポンプ室
排水ポンプ室
自動
自動
自動
緊急一括閉
緊急閉
主流入ゲート
初沈主流入ゲート
初沈バイパスゲート
緊急放流ゲート
簡易放流ゲート
二次処理水緊急遮断弁
放流水
R1 残塩 0.22 mg/L
pH 6.6
濁度 2 mg/L
温度 21.9 ℃
COD 8 mg/L
放流量 2099 x10m3/h
放流
消毒槽
簡易放流ゲート
遠方
簡易処理量
0 x10m3/h
バイパス可動堰中開状態
簡易処理量に注意！
【無送水】で汚水P停止
現場にて故障復帰必要
反応タンク総流入量
2099
x10m3/h
2系反応タンク
1系反応タンク
1221
x10m3/h
均等流入中ですが
状況に合わせてバランス調整
878
x10m3/h
28年9月17日現在
簡易放流目安
1系10000㎥/h
2系13000㎥/h
合計23000㎥/h
※終沈SS流出時を除く
No.2
遠方
堰高
11.00 TPm
3.00~13.50TPm
(0.00~10.50m)
調圧水槽
流出可動堰
No.1
遠方
堰高
11.14 TPm
11.61 TPm
11.64 TPm
調圧水槽
バイパス可動堰
遠方
堰高
汚水総揚水量
1990
x10m3/h
1047
x10m3/h
汚水揚水量
943
x10m3/h
0%
遠方
準備完
停止
手動
6
0.0A
0%
遠方
準備完
停止
手動
5
0.0A
100%
100%
遠方
準備完
送水中
手動
可変速
4
52.1A
0%
遠方
準備完
停止
手動
3
0.0A
100%
遠方
準備完
送水中
手動
2
48.8A
86%
100%
遠方
準備完
送水中
手動
可変速
1
39.6A
汚水ポン
汚水ポンプ台数増加前に
[デマンド]確認！
操作禁止！
緊急放流ゲート
遠方
汚水ポンプ
受配電
沈砂・汚水P
全体図
1系
最初沈殿池
2系
最初沈殿池
1系No.1~4
反応タンク
1系No.5~8
反応タンク
2系No.1~4
反応タンク
2系No.5~8
反応タンク
水処理用水
次亜塩
汚水P共
一定制御
汚水ポンプ
台数制御
調圧水槽
可動堰設定
1系反応タンク
3W制御
2系反応タンク
3W制御
汚水ポンプ
調整槽可動堰堰高設定
画面一覧
汚水ポンプ

図 9.53　CRT 表示

9.4.5 運転管理への影響

a) 最終沈殿池流入水路流入不均衡

最終沈殿池各流入部における堰高の違いにより、流入負荷の不均衡が生じている。今回、この状況を解消するため、最終沈殿池の流入水路は共通水路として利用することを前提に水理検証を行った。

結果、最終沈殿池の流入可動堰の堰高調整を行うことによって、系列単位での運転が可能であることが確認された。ただし、今後の沈下傾向に変化が生じる場合には再検証を行う必要がある。

また、汚泥ピット内の汚泥界面計測のため、各汚泥ピット上部床に点検口を設けるとともに、近隣に安全帯固定金物を設置することとした。

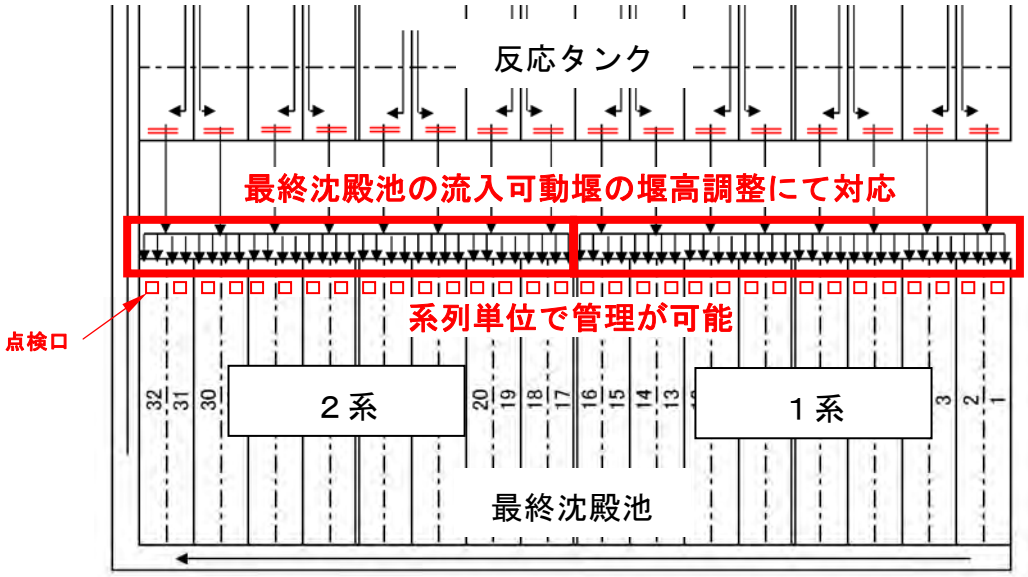


図 9.54　最終沈殿池流入水路の堰高調整

b) **沈下による主要機器への影響**

ポンプ類は、低所から高所へ揚水するために必要なエネルギーを、モーター動力により確保している。沈下の影響により、設計時の設置状況や水位条件が変わった場合、揚水に必要な揚程が高くなり、吐出量不足、消費動力の増加等が懸念されるため、表 9.19に示す機器を対象にそれらの確認を行った。

確認の結果、一部機器（生汚泥ポンプ）のみ発注仕様のポンプ全揚程よりも必要揚程が高くなるが、ポンプ性能に余裕があり、沈下終息後においても発注仕様の吐出量を確保でき、すべての機器で問題ないことを確認した。

確認結果を表 9.20にまとめて示す。

ポンプ類の消費動力についても沈下の前後で大きな差異がないことが確認された。

表 9.19　揚程確認機器

施設名称	設備名等	機器名称	型　式　等	数量	揚程確認機器	コメント
主流入ゲート棟	沈砂設備	受入沈砂移送ポンプ	噴射式	1 基		同一建物内(影響なし)
沈砂池棟	スクリーンかす設備	No.1, 2しさ移送ポンプ	カッター付立形無閉塞汚物ポンプ	2 台		同一建物内(影響なし)
	沈砂設備	No.1, 2沈砂移送ポンプ	噴射式	2 基		同一建物内(影響なし)
	用水設備	No.1-1, 2加圧水ポンプ	据置型水中ポンプ	2 台		同一建物内(影響なし)
		No.2-1, 2加圧水ポンプ	据置型水中ポンプ	2 台		同一建物内(影響なし)
		No.1給水ポンプ	着脱型水中用水ポンプ	1 台		同一建物内(影響なし)
		No.2-1, 2給水ポンプ	着脱型水中用水ポンプ	2 台		同一建物内(影響なし)
		No.3-1, 2給水ポンプ	着脱型水中用水ポンプ	2 台		同一建物内(影響なし)
	付帯設備(ポンプ類)	No.1, 2ピット排水ポンプ	着脱型水中汚水汚物ポンプ	2 台		同一建物内(影響なし)
最初沈殿池	最初沈殿池設備	No.1-1～4生汚泥ポンプ	横軸無閉塞型汚泥ポンプ	4 台	○	
		No.2-1～4生汚泥ポンプ	横軸無閉塞型汚泥ポンプ	4 台	○	
		No.1-1～4初沈スカム移送ポンプ	着脱型吸込スクリュ汚水ポンプ	4 台	○	
		No.2-1～4初沈スカム移送ポンプ	着脱型吸込スクリュ汚水ポンプ	4 台	○	
		No.1初沈池排水ポンプ	横軸無閉塞型汚泥ポンプ	1 台		同一建物内(影響なし)
		No.2初沈池排水ポンプ	横軸無閉塞型汚泥ポンプ	1 台		同一建物内(影響なし)
	付帯設備(ポンプ類)	No.1系初沈床排水ポンプ	着脱型水中汚水汚物ポンプ	1 台		同一建物内(影響なし)
		No.2系初沈床排水ポンプ	着脱型水中汚水汚物ポンプ	1 台		同一建物内(影響なし)
ポンプ・送風機棟	ポンプ設備	No.1～6汚水ポンプ	立軸斜流ポンプ	6 台	○	吐出先(調圧水槽)水位による
		ポンプ井排水ポンプ	立軸槽外型汚水ポンプ	1 台		同一建物内(影響なし)
	付帯設備(ポンプ類)	No.1, 2ポンプ室床排水ポンプ	着脱型水中汚水汚物ポンプ	2 台		同一建物内(影響なし)
		排水ポンプ室床排水ポンプ	着脱型水中汚水汚物ポンプ	1 台		同一建物内(影響なし)
水処理施設(反応タンク)	反応タンク設備	No.1反応タンク池排水ポンプ	着脱型水中汚水ポンプ	1 台		同一建物内(影響なし)
		No.2反応タンク池排水ポンプ	着脱型水中汚水ポンプ	1 台		同一建物内(影響なし)
	付帯設備(ポンプ類)	No.1～3反応タンク床排水ポンプ	着脱型水中汚水汚物ポンプ	2 台		同一建物内(影響なし)
水処理施設(最終沈殿池)	最終沈殿池設備	No.1-1～16返送汚泥ポンプ	吸込スクリュ付汚泥ポンプ	16 台	○	
		No.2-1～16返送汚泥ポンプ	吸込スクリュ付汚泥ポンプ	16 台	○	
		No.1-1～4余剰汚泥ポンプ	吸込スクリュ付汚泥ポンプ	4 台	○	
		No.2-1～4余剰汚泥ポンプ	吸込スクリュ付汚泥ポンプ	4 台	○	
		No.1～4終沈スカム移送ポンプ	着脱型吸込スクリュ汚水ポンプ	4 台	○	
		No.5～10終沈スカム移送ポンプ	着脱型吸込スクリュ汚水ポンプ	6 台	○	
		No.1終沈池排水ポンプ	横軸無閉塞型汚泥ポンプ	1 台		同一建物内(影響なし)
		No.2終沈池排水ポンプ	横軸無閉塞型汚泥ポンプ	1 台		同一建物内(影響なし)
	付帯設備(ポンプ類)	No.1系終沈床排水ポンプ	着脱型水中汚水汚物ポンプ	1 台		同一建物内(影響なし)
		No.2系終沈床排水ポンプ	着脱型水中汚水汚物ポンプ	1 台		同一建物内(影響なし)
水処理施設(消毒)	消毒設備	No.1, 2次亜塩素酸ソーダ注入ポンプ	一軸ねじマグネットカップリング式ポンプ	2 台		同一建物内(影響なし)
		No.3, 4次亜塩素酸ソーダ注入ポンプ	一軸ねじマグネットカップリング式ポンプ	2 台		同一建物内(影響なし)
水処理施設(用水)	用水設備	No.1～3二次処理水移送ポンプ	横軸型片吸込渦巻ポンプ	3 台	○	→焼却へ
		沈砂池用二次処理水給水ポンプ	横軸型片吸込渦巻ポンプ	2 台	○	→焼却へ
		初沈スカム集水ポンプ	横軸型片吸込渦巻ポンプ	2 台		同一建物内(影響なし)
		終沈スカム集水ポンプ	横軸型片吸込渦巻ポンプ	2 台		同一建物内(影響なし)
		No.1～3ろ過原水ポンプ	横軸型片吸込渦巻ポンプ	3 台		同一建物内(影響なし)
		2次処理水ユニット	圧力タンク式自動給水ユニット	1 台	○	→汚泥処理へ
		雑用水給水ユニット	圧力タンク式自動給水ユニット	1 台	○	→各所
		焼却炉給水ユニット	圧力タンク式自動給水ユニット	1 台	○	→焼却へ
		No.1, 2砂ろ過逆洗排水ポンプ	横軸無閉塞型汚泥ポンプ	2 台		同一建物内(影響なし)
	発電設備	小水力発電設備	横軸円筒プロペラ水車	1 台	○	

表 9.20　ポンプ類の性能確認及び消費動力検討表

施設名称	機器名称	発注仕様			設置台数	同時運転台数	延べ運転時間	沈下前						沈下終息後						仕様確認結果	消費動力の差 ((①−④)×②×③
		吐出量 (m^3/min)	全揚程 (m)	電動機出力 (kW)	(台)	(台)②	(h/d) ③	吸込側レベル	吐出側レベル	実揚程 (m)	配管損失等(m)	全揚程 (m)	軸動力 (kW)①	吸込側レベル	吐出側レベル	実揚程 (m)	配管損失等(m)	全揚程 (m)	軸動力 (kW)④		(kWh/d)
水処理施設(最初沈殿池)	No.1−1〜4生汚泥ポンプ	2.5	16.0	22.0	4	1	12.0	2.200	10.070	7.870	7.980	15.9	15.6	1.940	10.070	8.130	7.980	16.2	15.9	全揚程が0.2m増加するが、揚水能力、電動機出力に問題はない。(次頁参照)	3.60
	No.2−1〜4生汚泥ポンプ	2.5	16.0	22.0	4	1	12.0	2.200	10.070	7.870	7.980	15.9	15.6	1.940	10.070	8.130	7.980	16.2	15.9		3.60
	No.1−1〜4初沈スカム移送ポンプ	0.8	25.0	11.0	4	1	12.0	−1.500	20.350	21.850	2.429	24.3	7.9	−1.623	20.146	21.769	2.429	24.2	7.9	揚水能力、電動機出力に問題はない。	−0.36
	No.2−1〜4初沈スカム移送ポンプ	0.8	25.0	11.0	4	1	12.0	−1.500	20.350	21.850	2.429	24.3	7.9	−1.638	20.146	21.784	2.429	24.3	7.9	同　上	0.00
ポンプ・送風機棟	No.1〜6汚水ポンプ	138	13.0	420.0	6	1	36.2	1.000	11.470	10.470	2.237	12.8	351.8	1.000	11.340	10.340	2.237	12.6	346.3	同　上	−199.28
水処理施設(最終沈殿池)	No.1−1〜16返送汚泥ポンプ	8.7	6.0	15.0	16	16	24.0	8.100	9.600	1.500	3.860	5.4	11.7	7.950	9.487	1.537	3.860	5.4	11.7	同　上	0.00
	No.2−1〜16返送汚泥ポンプ	8.7	6.0	15.0	16	16	24.0	8.100	9.600	1.500	3.860	5.4	11.7	7.900	9.472	1.572	3.860	5.5	11.9	同　上	84.48
	No.1−1〜4余剰汚泥ポンプ	1.3	16.0	11.0	4	2	12.0	8.100	10.406	2.306	13.030	15.4	8.1	7.950	10.556	2.606	13.030	15.7	8.2	同　上	3.85
	No.2−1〜4余剰汚泥ポンプ	1.3	16.0	11.0	4	2	12.0	8.100	10.406	2.306	13.030	15.4	8.1	7.900	10.556	2.656	13.030	15.7	8.2	同　上	3.85
	No.1〜4終沈スカム移送ポンプ	0.9	21.0	7.5	4	1	12.0	4.100	20.350	16.250	4.505	20.8	5.2	3.942	20.146	16.204	4.505	20.8	5.2	同　上	0.00
	No.5〜10終沈スカム移送ポンプ	0.9	21.0	7.5	6	1	12.0	4.100	20.350	16.250	4.505	20.8	5.2	3.892	20.146	16.254	4.505	20.8	5.2	同　上	0.00
水処理施設(用水)	No.1〜3二次処理水移送ポンプ	5.0	19.0	30.0	3	2	24.0	1.880	10.806	8.926	9.161	18.1	19.2	1.880	10.806	8.926	9.161	18.1	19.2	同　上	0.00
	沈砂池用二次処理水給水ポンプ	11.0	16.0	45.0	2	1	7.6	1.880	7.812	5.932	9.913	15.9	35.7	1.880	7.617	5.737	9.913	15.7	35.3	同　上	−3.43
																					−103.67

注記：汚水ポンプ延べ運転時間は、日平均汚水量をポンプ1台当たりの吐出量で除した時間を示す。

増加する電気代	−505,170	円/年
	−505	千円/年
(電力単価)	13.35	円/kWH)

各施設の沈下量の違いから、沈下前後でポンプ類の吸込水位と吐出水位が変化し実揚程が変化した。したがって、変更後の揚程により消費動力の確認を行った結果、ポンプ類合計の消費動力が下がる結果となった。

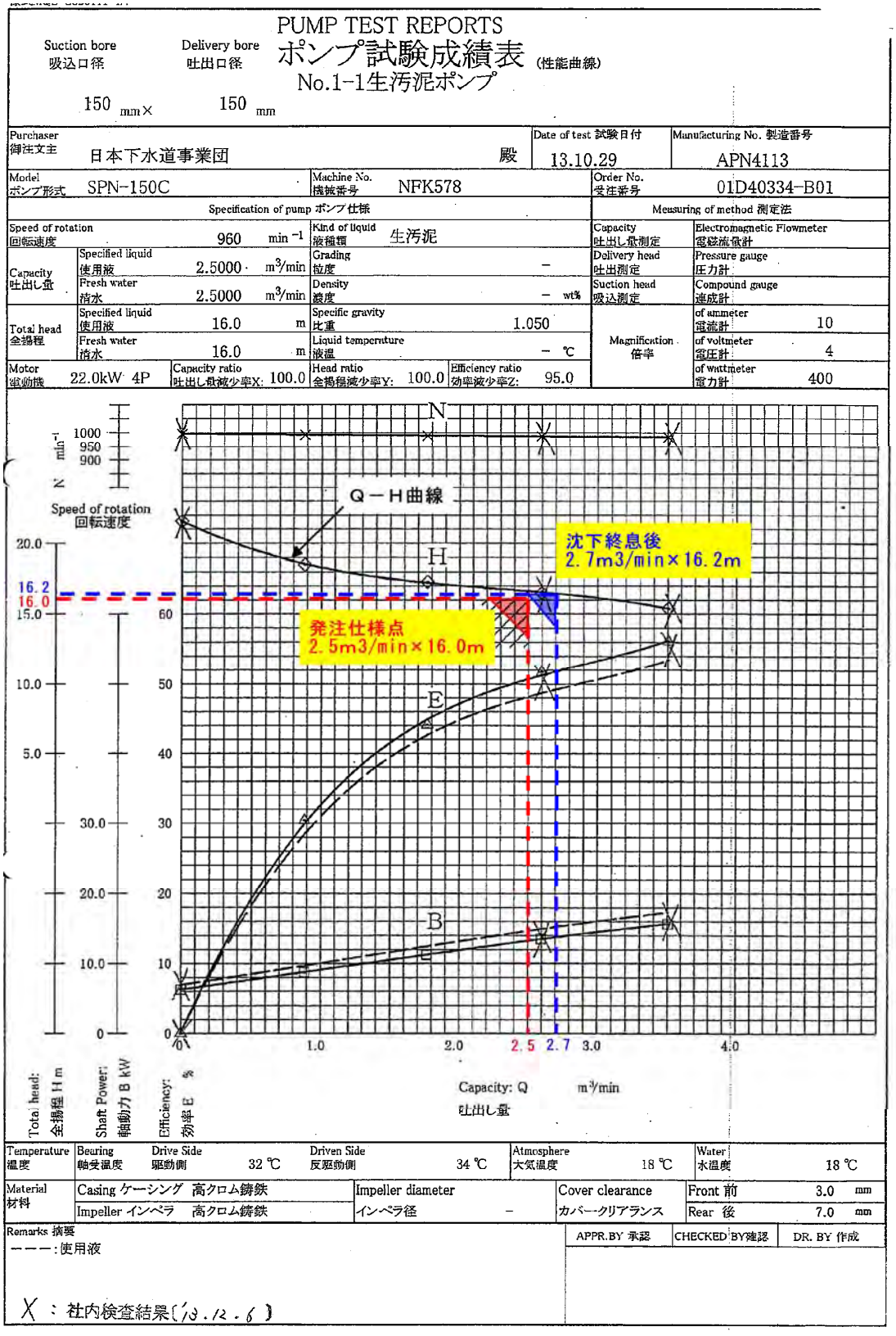


図 9.55　生汚泥ポンプ性能曲線

9.5 対策案のまとめ

本章では、水理・構造・機能から、今後生じるおそれのある影響と対策案を立案した。その結果を以下に示す。

・水理的な影響

想定した沈下終息状況を踏まえ、可動堰、越流堰板高さの調整を施すことにより、適正な水位関係が保持でき、設計対象水量を処理することが可能であることが確認された。

・構造的な影響

想定した沈下終息状況を踏まえ、構造物の沈下量又は変形角、構造物の変形応力度に対する耐力、EXP.J 部の変位を検討した結果、健全度、安全性が確認された。

流入渠、放流渠については、躯体接続部での段差の発生や漏水の懸念があるため、後付型可とう継手を設置し安全性を確保する。

・機能的な影響

沈下による傾きの影響で、最初沈殿池、最終沈殿池において、流入量のばらつきが発生し、流入負荷の不均衡が生じている。想定した沈下終息状況を考慮し検討した結果、越流堰板の再調整等の対策を実施し、新たな水位を設定することで、水理的な不均衡はなくなり、現在問題となっている水面積負荷や汚泥堆積量、濃度、引抜き量のばらつきも解消できる見込みとなった。

また、各機器の検証を行い、将来においても影響がないことを確認した。

なお、高速回転機器でかつ高い据付精度を必要とする汚水ポンプについては、振動値による管理基準を設け、送風機については磁気軸受の電流値による管理基準を設けて状態監視を続けていく必要がある。

これらの結果から、対象水量における設計諸元どおりの能力が確保されることが確認された。

対策案一覧を表 9.21に示す。

表 9.21　対策案の一覧表

対象施設等	対象職種	対象部位	対策案
共通	C	主な施設全般の沈下傾向	沈下量の定期モニタリング実施 今年度中：1 回/月（平成 28 年 10 月 1 日～平成 29 年 3 月 31 日） 来年度：1 回/3 ヶ月（平成 29 年 4 月 1 日～平成 30 年 3 月 31 日） 設備機能的観点から計測ポイントを追加した。
階段室	A	階段室入口等	想定津波高+10.4m以下にある階段室出入口の踊り場に階段を 1 段増し打ちし、浸水を防ぐ。 反応タンク、最終沈殿池上部の階段室 7 箇所への増設
EXP.J 部	C	耐震止水板	現在の EXP.J 変位量に地震時の変位量を加えて検討した結果、許容値の範囲内であり機能上の問題がないため対策不要。
	C	目地充填剤	防水が目的ではなく、仕上げ用として施されているため、目視可能な損傷箇所について補修する。
	AM/PM	配管類 （可とう継ぎ手修正）	可とう継ぎ手のズレは、許容偏心量以内であり、破断するおそれはないが、汚泥堆積、送水不良等が懸念されるため、段差が顕著な EXP.J 部の配管の布設替えを行う。
流入渠	C	流入渠	接続部に段差の発生や漏水の懸念があるため、後付型可とう継手で補修する。
P 送風機棟	PM	汚水ポンプ	対策不要 振動値による管理基準値を定め、定期的に計測しているが、今のところ問題なし。
	PM	送風機	対策不要 磁気軸受の電流値を監視しているが今のところ問題なし。
	PM	調圧水槽流出可動堰	堰の高さ調整については、調整の範囲で対応可能。 沈下により開度指示計の TP 表示にずれが生じているため、表示板の交換を行う。
	PM	調圧水槽バイパス可動堰	同上

C:土木、A：建築、AM：建築機械、PM：プラント機械、PE：プラント電気

対象施設等	対象職種	対象部位	対策案
最初沈殿池	C	越流堰板	各池の水位を一定とするため、一部の改造と再製作を行い、堰板の高さを調整する。
	PM	スカムスキマ	越流堰板の高さ調整に伴い、スカム除去機能に影響の出るスカムスキマについては、延長セキを取り付ける改造を行う。
	PM	汚泥かき寄せ機	不同沈下による磨耗等が発生したとしても、ごく微量であると考えられ、対策は不要。 越流堰板の調整によりフライトが水没してしまい、スカムかき寄せ機能が確保できなくなった汚泥かき寄せ機については、フライトにゴム板を取付ける改造を行う。
反応タンク	PM	流入可動堰	堰の高さ調整については、調整の範囲で対応可能。 沈下により開度指示計の TP 表示にずれが生じているため、表示板の交換を行う。
	PM	ステップ流入可動堰	同上
	PM	分配槽流出可動堰	同上
最終沈殿池	C	越流堰板	各池の水位を一定とするため、一部の改造と再製作を行い、堰板の高さを調整する。
	PM	流入可動堰	堰の高さ調整については、調整の範囲で対応可能。（系統単位で運用可能） 沈下により開度指示計の TP 表示にずれが生じているため、表示板の交換を行う。
	PM	スカムスキマ	越流堰板の高さ調整に伴うスカム除去機能の影響はないため、対策不要。
	PM	汚泥かき寄せ機	不同沈下による磨耗等が発生したとしても、ごく微量であると考えられ、対策は不要。
放流渠	C	放流渠	接続部に段差の発生や漏水の懸念があるため、後付可とう継手で補修する。

C:土木、A：建築、AM：建築機械、PM：プラント機械、PE：プラント電気

対象施設等	対象職種	対象部位	対策案
緊急 BP 渠	C	緊急 BP 渠	接続部に段差の発生や漏水の懸念があるため、後付型可とう継手で補修する。
電気設備	PE	中央監視装置、コントローラ、現場操作盤	沈下により TP 表示にずれが生じているため、現場操作盤指示計交換、スケール変更に伴う SQC、中央監視装置の改修を行う。

C:土木、A：建築、AM：建築機械、PM：プラント機械、PE：プラント電気

9.6 対策案の実施

9.6.1 実施時期の設定

対策案の工事実施時期は、下表に示すように、双曲線法による沈下予測に基づき、おおよその沈下終息時期と考えられる「圧密度が 90%に達する日付」を目安として、平成 29 年度末（2017 年度末）を目途に段階的に実施していくものとした。

表 9.22　双曲線法による沈下予測結果

計測点No.	初-2	初-14	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8
計測箇所	初沈1系	初沈2系	沈砂池	ポンプ棟	反応1系-1	反応2系-2	終沈1系-1	終沈2系-2
圧密度が90%に達する日付	2016/09/09	2016/09/01	2017/04/07	2016/06/03	2017/12/05	2016/09/20	2017/09/04	2016/12/06
圧密度が90%に達してからの沈下量（cm）	0.77	1.56	1.91	1.71	1.11	1.11	1.30	1.84

沈砂池棟　　：平成 28 年度内（2016 年度内）に圧密度 90%到達
ポンプ棟　　：既に圧密度 90%到達
最初沈殿池（1 系）：ほぼ圧密度 90%到達
最初沈殿池（2 系）：ほぼ圧密度 90%到達
反応タンク（1 系）：平成 29 年度内（2017 年度内）に圧密度 90%到達
反応タンク（2 系）：平成 28 年度内（2016 年度内）に圧密度 90%到達
最終沈殿池（1 系）：平成 29 年度内（2017 年度内）に圧密度 90%到達
最終沈殿池（2 系）：平成 28 年度内（2016 年度内）に圧密度 90%到達

また、対策工事の実施順序を整理したうえで、およその実施時期を設定した。

なお、定期モニタリングの調査により、今後の沈下傾向に大きな変化が生じた場合には、対策工事内容を再度検証する必要がある。

【実施順序の考え方】

- 不同沈下対策を早期に実施するため、函渠類の対策を先行させる。
- 最初・最終沈殿池の堰高調整等は、沈下傾向の影響を受けやすいことから、平成 29 年度下期（2017 年下期）を目途に実施する。
- 上記と同時期に他施設の堰高調整に関する改造等を実施する。

表 9.23　対策工事と実施時期

順序	対象施設等	対策（案）	対策実施時期
		定期モニタリング	～平成29年度下期 (2017年度下期)
1	放流渠	後付可とう継手で補修	平成28年度下期 (2016年度下期)
2	緊急BP渠	後付可とう継手で補修	
3	流入渠	後付可とう継手で補修	
4	Exp. J部	目視可能な損傷箇所を補修	
		配管の布設替え等（機械・建築設備）	
5	階段室	想定津波高+10.4m以下にある階段室出入口の踊り場に階段を増設し浸水を防ぐ	平成29年度下期 (2017年度下期)
6	最初沈殿池	汚泥かき寄せ機の一部改造	
		越流堰板の再調整、改造、再製作 設定水位は、沈下終息水位のTP＋1.940とする。	
		スカムスキマの一部改造	
7	ポンプ棟	調圧水槽・バイパス可動堰の調整に伴う開度指示計等の交換・調整	
8	反応タンク	流入堰・ステップ流入堰・分配堰の調整に伴う開度指示計等の交換・調整	
9	最終沈殿池	流入可動堰の調整に伴う開度指示計等の交換・調整及び 汚泥界面測定用点検口、安全帯固定金具の設置	
		越流堰板の再調整、改造、再製作 設定水位は、残留沈下量を考慮し、１系TP＋7.960、2系TP＋7.910とする。	
10	電気設備	現場操作盤指示計交換、スケール変更に伴うSQC、中央監視装置の改修	

※　上期：4～9 月、下期：10～3 月
※　最初・最終沈殿池の堰高調整は、沈下傾向の変化による影響を受けやすく、定期モニタリングを実施し、調整高を確認する必要があるため、対策実施時期の後半に実施する。

9.6.2 対策実施スケジュール

施設名称	沈下量（cm）			おおよその沈下終息時期	平成28年度（2016年度）		平成29年度（2017年度）	
	現在（8月5日時点）	90%圧密時の沈下量	最終沈下量	(90%圧密)	上期	下期	上期	下期
主流入ｹﾞｰﾄ棟	15.60	17.15	19.05	2017/4/7				
沈砂池棟	15.60	17.15	19.05	2017/4/7				
P送風機棟	15.90	15.36	17.06	2016/6/3				
最初沈殿池1系	6.70	6.97	7.75	2016/9/9				
最初沈殿池2系	13.80	14.05	15.61	2016/9/1				
反応タンク1系	8.30	10.03	11.15	2017/12/5				
反応タンク2系	9.90	9.96	11.07	2016/9/20				
最終沈殿池1系	9.80	11.72	13.03	2017/9/4				
最終沈殿池2系	16.00	16.55	18.39	2016/12/6				

順序	対象施設等	対策（案）	平成28年度（2016年度）		平成29年度（2017年度）	
			上期	下期	上期	下期
		定期モニタリング				
1	放流渠	後付可とう継手で補修				
2	緊急BP渠	後付可とう継手で補修				
3	流入渠	後付可とう継手で補修				
4	Exp.J部	目視可能な損傷箇所を補修				
		配管の布設替え等（機械・建築設備）				
5	階段室	想定津波高+10.4m以下にある階段室出入口の踊り場に階段を増設し浸水を防ぐ				
6	最初沈殿池	汚泥かき寄せ機の一部改造				
		越流堰板の再調整、改造、再製作　設定水位は、沈下終息水位のTP＋1.940とする。				
		スカムスキマの一部改造				
7	ポンプ棟	調圧水槽・バイパス可動堰の調整に伴う開度指示計等の交換・調整				
8	反応タンク	流入堰・ステップ流入堰・分配堰の調整に伴う開度指示計等の交換・調整				
9	最終沈殿池	流入可動堰の調整に伴う開度指示計等の交換・調整及び汚泥界面測定用点検口、安全帯固定金具の設置				
		越流堰板の再調整、改造、再製作　設定水位は、残留沈下量を考慮し、1系TP＋7.960、2系TP＋7.910とする。				
10	電気設備	現場操作盤指示計交換、スケール変更に伴うSQC、中央監視装置の改修				

参考：概算工事費	約　7．2　億円

実施時期については、今後のモニタリング調査の結果により検証を行う。

9.7 モニタリング調査

9.7.1 構造物

a) 目的

沈下状況の経過観察により、沈下終息時期、推定した最終沈下量の見直しを行い、施設の安全性、健全性を把握する。

また、施設の状況を予測し、早期に対応することで安全性、健全性を維持する。これらを満たすべく、現状の測定頻度、測定位置の検討を行う。

b) 今後の沈下測定箇所と測定頻度

計測箇所に関しては、従来と同じ測定箇所（166 箇所）をすべて踏襲する。

将来の沈下量予測より、今後の計測頻度は以下のように定めた。

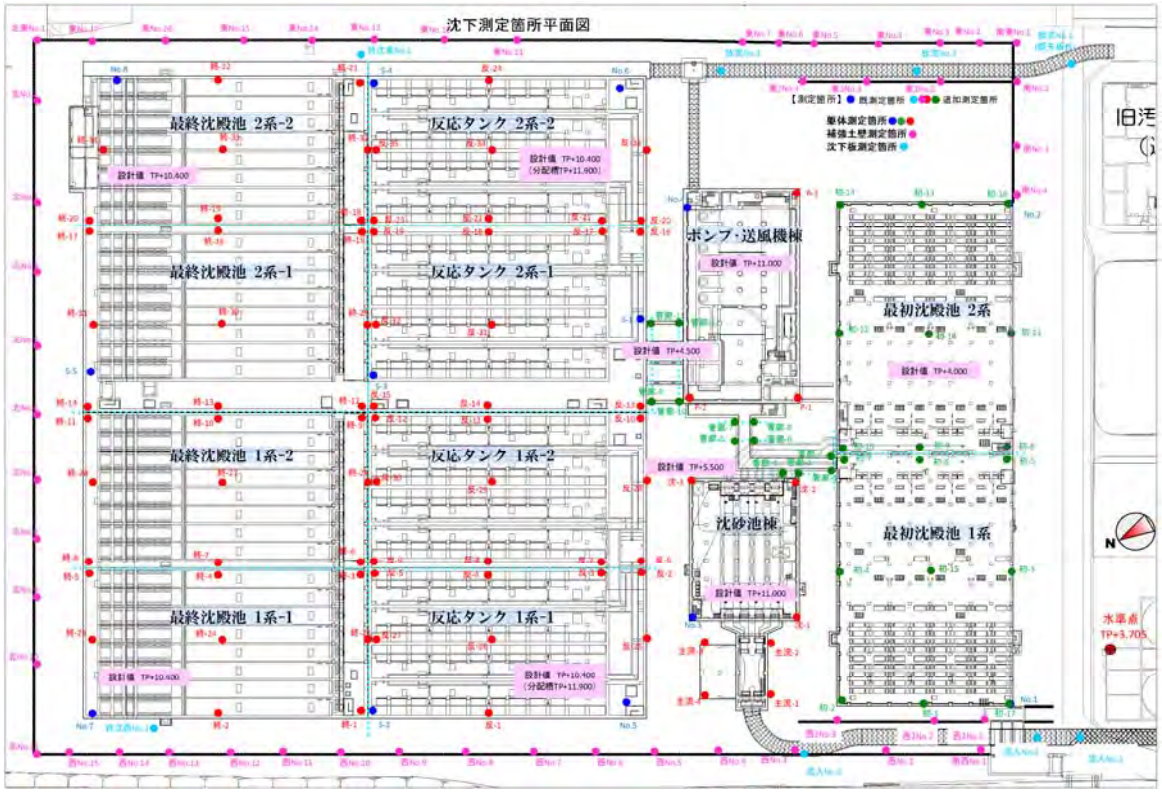
今年度中（平成 28 年 10 月 1 日～平成 29 年 3 月 31 日）は 1 回/月

来年度（平成 29 年 4 月 1 日～平成 30 年 3 月 31 日）は 1 回/3 ヶ月

また、引き渡し後の 2 年間について沈下状況の確認を行う。

表 9.24　沈下測定　予定工程表

	平成28年						平成29年												平成30年		
	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
測定回数	2	2	2	1	1	1	1	1	1			1			1			1			1



9.7.2 設備類

沈下量予測では、数年度にはすべての施設において、圧密度が 90%を超える予測となっている。今後もモニタリング調査を行うことで、施設の安全性、健全性の監視をしていく。実施頻度は前述の「構造物」と同程度とした。

表 9.25　モニタリングポイント

施設	計測概要
最初沈殿池 (30 箇所)	最初沈殿池は主に南北方向に不同沈下しており、池ごとに流出水量に偏りが発生している。流出水量の偏りを監視するため、主に流出堰の周囲及びスカムスキマの周囲の沈下量を計測していく。
ポンプ・送風機棟 (15 箇所)	ポンプ・送風機棟には、処理場の機能として非常に重要な汚水ポンプ、送風機等の高速回転機器が設置されている。これらの機器の健全性を監視するため、機器周辺の沈下量を計測していく。
反応タンク施設 (56 箇所)	反応タンクには、流入量を均等に保つための分配可動堰や各槽への流入量を調整するための流入可動堰等が設置されている。流入量の偏りを監視するため、これら堰の周囲の沈下量を計測していく。
最終沈殿池 (85 箇所)	最終沈殿池は主に南北方向に不同沈下しており、上槽に比較し、下槽の流出水量が多くなっていることと、池ごとに流入水量の偏りが発生している。流量の偏りを監視するため、流入可動堰の周囲、流出堰の周囲及びスカムスキマの周囲の沈下量を計測していく。

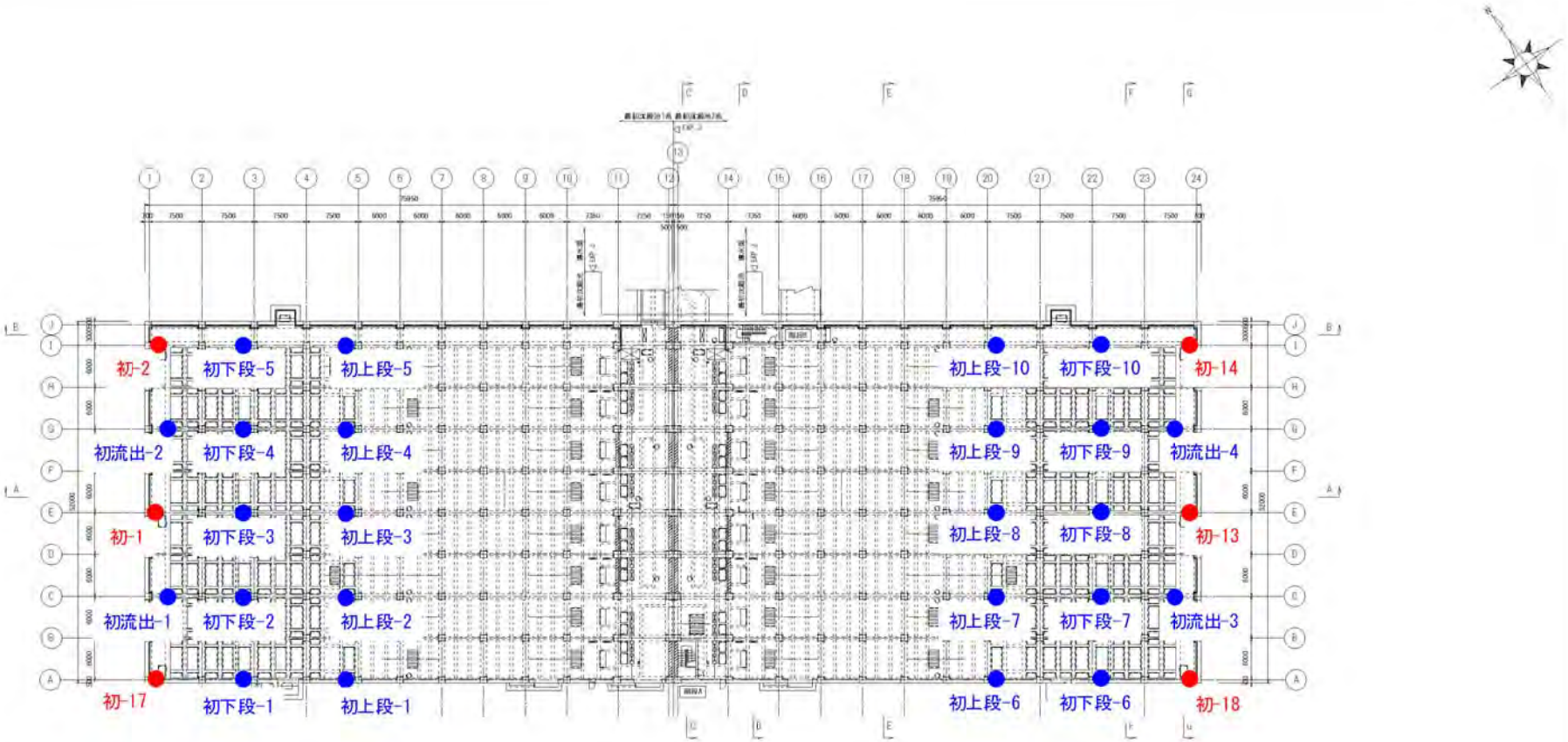
なお、浄化センター機能として最も重要である汚水ポンプ設備と送風機設備に関しては､順調に稼働しているものの将来的な影響に対して状態監視を実施している。定期的に行う点検項目の一つであるが、測定頻度を増やして監視していく。その内容を以下に示す。

・汚水ポンプ

高速回転する機器類に対し振動測定を行う。ポンプの振動の許容値は JIS 規格で定められているものよりさらに厳しい ISO 規格「軸受振動基準」を準用した管理基準値を定め、監視している。

・送風機

ポンプ同様に高速回転機器であるが、設置されている形式が非接触の軸受けを有する磁気浮上型のため磁気軸受の電流値により監視している。

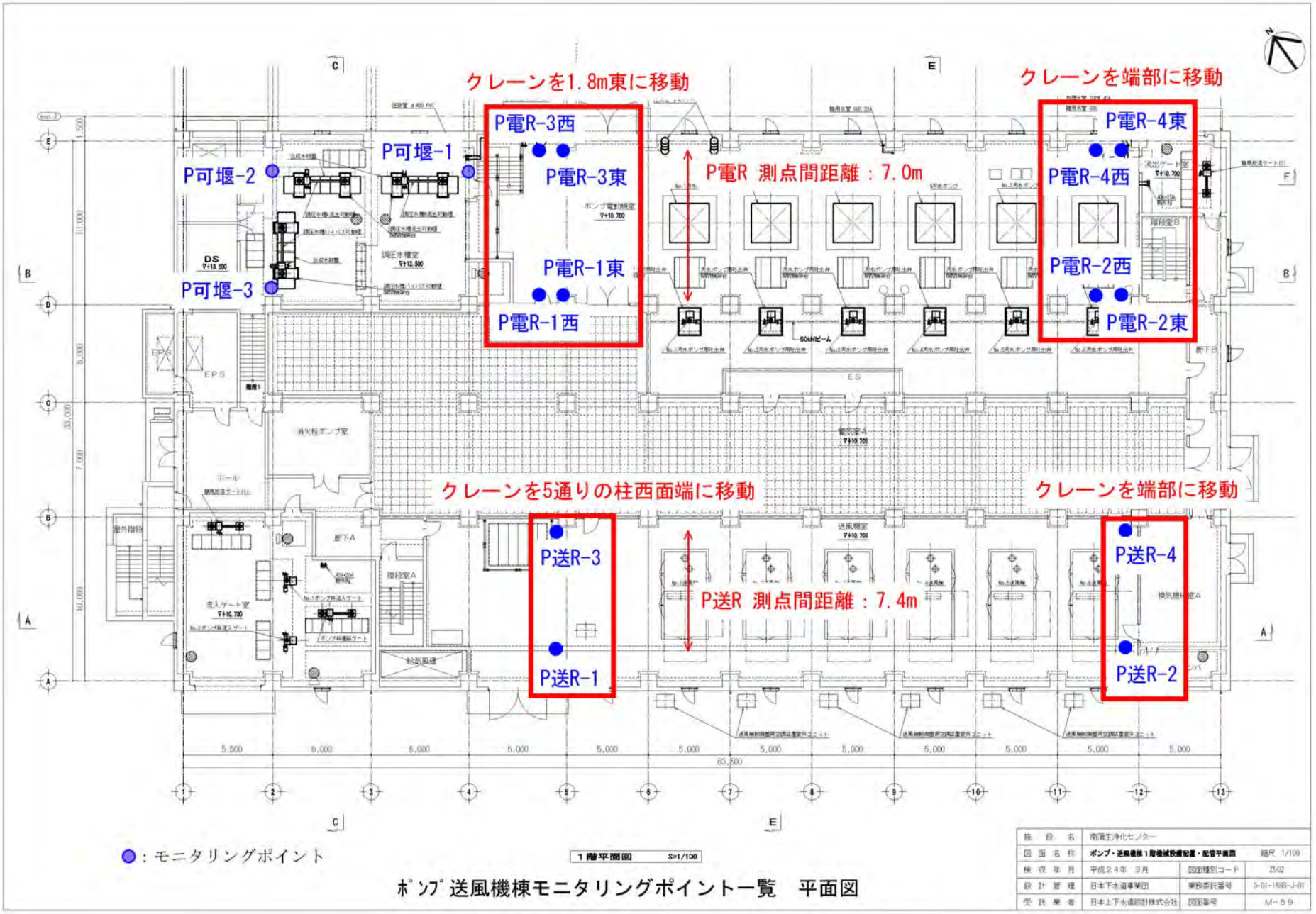


最初沈殿池モニタリングポイント一覧　平面図

●：既設沈下測定ポイント
●：新設モニタリングポイント

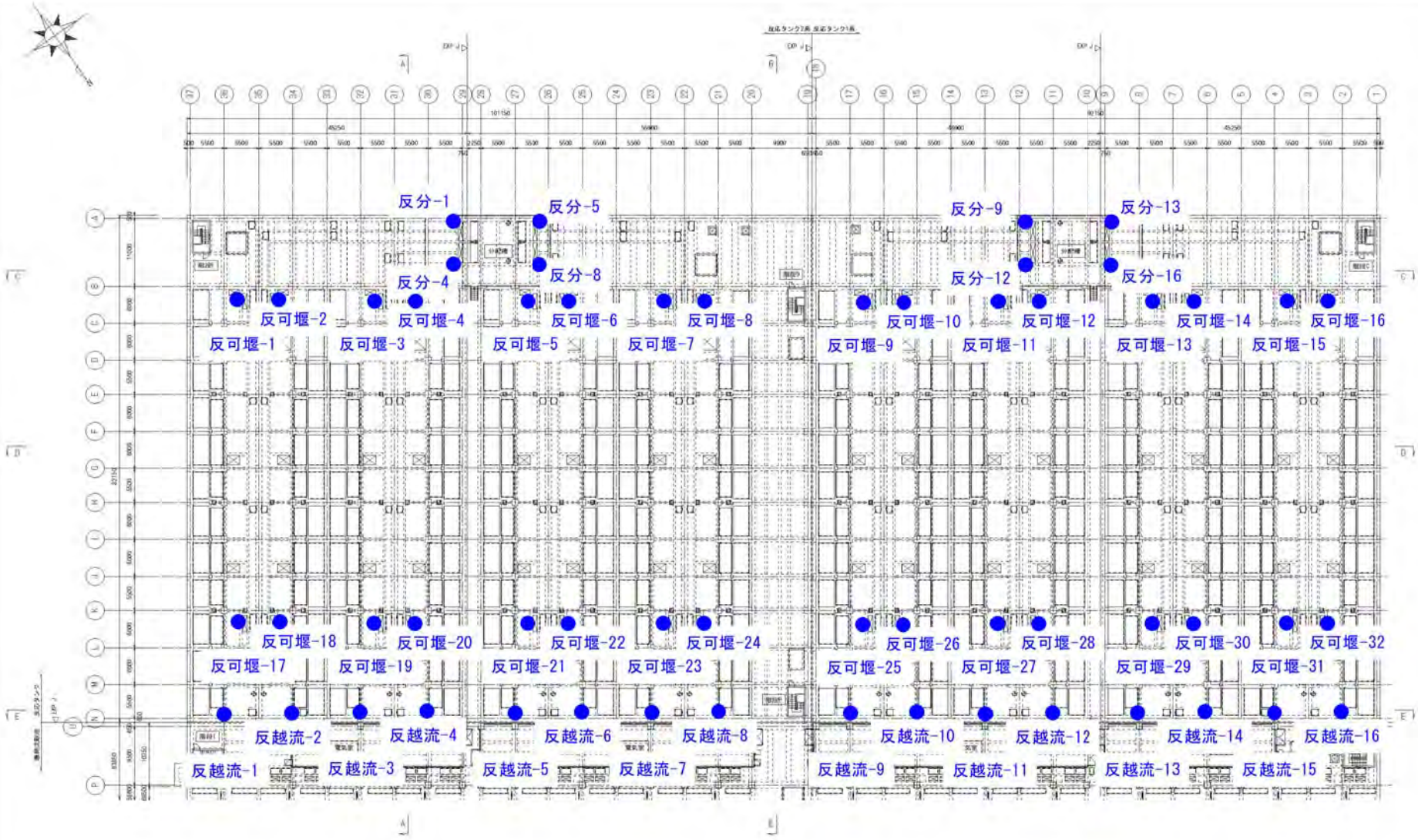
【工事名称：仙台市南蒲生浄化センター川崎復旧建設工事その9】

施設名	南蒲生浄化センター		
図面名称	最初沈殿池　全体平面図(5)		縮尺 1/300
検収年月	平成 24 年 3 月	図面種別コード	Z101
設計管理	日本下水道事業団	業務委託番号	D-01-1593-J02
受託業者	日本上下水道設計株式会社	図面番号	D-47



ポンプ送風機棟モニタリングポイント一覧　平面図

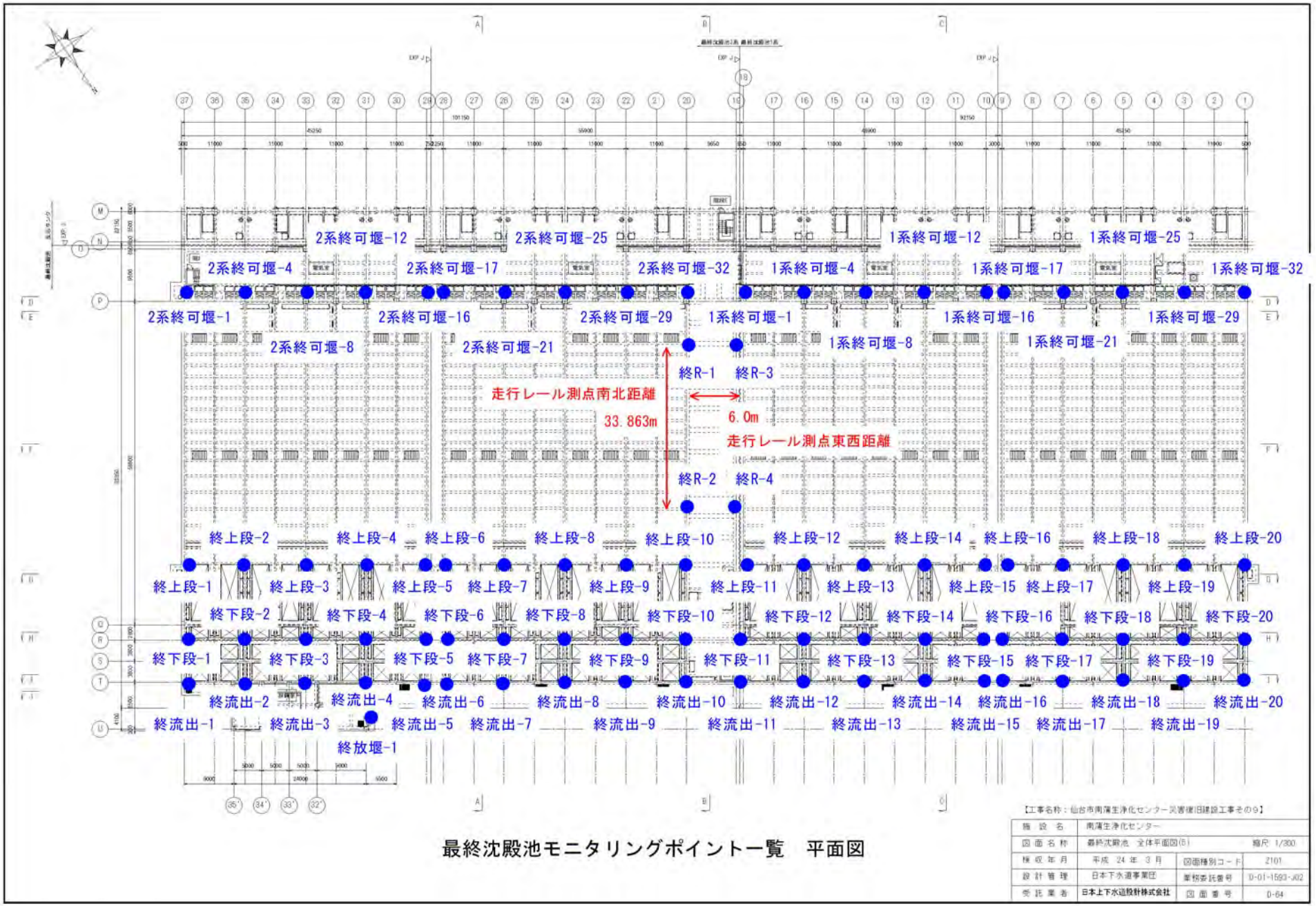
施設名	南蒲生浄化センター		
図面名称	ポンプ・送風機棟1階機械設備配置・配管平面図		縮尺 1/100
検収年月	平成24年 3月	図面種別コード	2502
設計管理	日本下水道事業団	業務委託番号	0-01-1593-J-01
受託業者	日本上下水道設計株式会社	図面番号	M-59



反応タンクモニタリングポイント一覧　平面図

【工事名称：仙台市南蒲生浄化センター災害復旧建設工事その9】

施設名	南蒲生浄化センター		
図面名称	反応タンク　全体平面図(4)	縮尺	1/300
検収年月	平成 24 年 3 月	図面種別コード	Z101
設計管理	日本下水道事業団	業務委託番号	0-01-1593-J02
受託業者	日本上下水道設計株式会社	図面番号	0-57



最終沈殿池モニタリングポイント一覧　平面図

【工事名称：仙台市南蒲生浄化センター災害復旧建設工事その9】

施設名	南蒲生浄化センター		
図面名称	最終沈殿池　全体平面図(5)	縮尺	1/300
検収年月	平成 24 年 3 月	図面種別コード	2101
設計管理	日本下水道事業団	業務委託番号	0-01-1593-J02
受託業者	日本上下水道設計株式会社	図面番号	D-64

10 再発防止に向けて

沈下要因として、基礎地盤の下部に位置する粘性土層「Dc1 層」の圧密沈下と、大規模施設の建設及び盛土による地中応力の不均衡等を要因とする不同沈下が挙げられた。

本施設のように、**基礎地盤以深に粘性土層が存在する直接基礎を対象**に、今回の沈下要因を踏まえた調査・設計及び施工の各々において講ずべき再発防止策を以下に示す。

10.1 調査・設計

調査・設計段階における再発防止策として、下記の事項を挙げる。

(1) 本事象を踏まえた JS 構造物設計指針の改定について検討する
(2) 基礎設計においては、地質年代の定性的な判断に加え、定量的な評価に必要な地質調査計画について立案する
(3) 基礎設計においては、基礎地盤以深の粘性土層に対して、圧密試験及び圧縮試験を実施し、圧密沈下量の検討を行うとともに、構造物の荷重偏在や不均衡等が懸念される場合は不同沈下についても検討する
(4) 既存施設に対する変状等について管理者等へのヒアリングを実施する
(5) 本事例及び再発防止策について水平展開を確実に行う

(1) について

調査・設計段階では、JS 構造物設計指針（以下、指針）における洪積層に対する沈下検討の考え方が重要な設計根拠となっており、一般に洪積層の沈下は無視し得るものとした内容については、本事象を踏まえて改定する必要がある。

平成 27 年度に改定された指針では、既にこの表現は削除されており、現行指針では改定済みとなっている。

また、平成 24 年 3 月に改定された『道路橋示方書・同解説　Ⅳ下部構造編』（(社)日本道路協会）では、それまでに記載のなかった洪積粘性土に対する圧密沈下について新たに掲載されているため、この内容を参考にし、指針改定について検討する。

(改定済み事項)

平成 19 年版指針にあった下記の表現は、平成 27 年版指針において既に削除修正済みである。

『構造物設計指針（第 2 編　基礎構造物設計編)』平成 19 年 7 月

5.4 基礎の沈下　【解説】(1) 1)

「一般に、洪積層の沈下は無視し得るものと考えられている。」

(改定案)

『構造物設計指針（第 1 編　構造物設計編)』平成 27 年 9 月

5.2 直接基礎の設計　【解説】(2) 4) 圧密沈下量の算定

「圧密性の粘性土として、その間隙が完全に水で飽和されている沖積層を扱う。」

→　この文章に続き、下記の文案を追加することについて検討。

「ただし、洪積層であっても圧密沈下が生じる事例が確認されていることから、圧密が懸念される洪積粘性土層の場合、又は自然地盤において擬似的な過圧密状態である場合等は、圧密試験により圧密特性を適切に把握した上で、圧密沈下の可能性について検討を行う。」

(2) について

基礎設計においては、地質年代（完新世(沖積層)、更新世(洪積層)）の区分にあたり、既往調査結果や地質文献等からの定性的な判断に加え、強度特性と沈下特性(即時及び圧密)の双方を定量的に評価するために必要な地質調査計画について十分検討する。

(3) について

基礎設計においては、基礎地盤以深の粘性土層に対し、地質年代や強度特性等に関わらず、確実に圧密試験及び圧縮試験を実施し、圧密沈下量を算定する。この場合、砂質土との互層をなす場合は即時沈下量を加えた総沈下量が、直接基礎における許容沈下量を満足することを確認する。

また、粘性土層の層厚や圧密性のばらつきが見られる場合や、本施設のように大規模かつ複数の EXP.J で分断された躯体の構築や、躯体に隣接して大規模盛土を行う場合等は、これらの荷重の重ね合わせによる地中応力の偏在や不均衡を考慮した検討が必要となることから、不同沈下の影響を検討する。

特に､水処理施設等では数 cm の不同沈下が水処理機能に大きな影響を与える可能性があることから、地盤支持力や総沈下量が許容値以内であっても、不同沈下が懸念される場合は、許容相対沈下量に留意する。

(4) について

既存施設における増設設計や改築設計では、既存施設における基礎形式を確認するとともに、施設の供用後、既存構造物や周辺地盤に有害な沈下等の変状が生じていないか、施設管理者等にヒアリングを必ず実施する。

ヒアリングにより構造物や地盤沈下等の変状が確認された場合は、現地測量により沈下量の把握や下げ振り等による傾斜（不同沈下）、コンクリート構造物のひび割れ状況等を確認するとともに、調査結果に基づき基礎設計に反映する。

(5) について

今回の事例並びに上述の対策方法については、再発防止の観点から広く水平展開し、今後の調査・設計に活かすことが重要である。このため、下記の取組みを継続的に実施する。

- 本事例や JS 指針に関する研修の継続的な実施
- コンサルタントを対象とした説明会での周知徹底
- 基礎設計に関するチェックリストの作成と設計審査での確認徹底

10.2 施工

施工段階おける再発防止策として、下記の事項を挙げる。

(1) 施工着手前の設計照査のガイドライン等の作成
(2) 沈下状況確認時の慎重かつ迅速な対応
(3) 工法変更等の設計変更におけるガイドライン等の作成

(1) について

施工着手前の設計照査は、設計図書内容について設計検討書、地質調査報告書等による根拠確認のみではなく、広範な情報収集や分析により施工者目線による確認を行い、総合的な観点での照査を確実に実施する必要がある。このため基礎地盤特性に対する照査について新たにガイドライン等を作成し、これを活用した設計照査の徹底を図る。照査項目は以下のとおり。

1) 設計施工条件と実際の工事現場条件の確認
2) 設計の考え方、根拠についてヒアリング等を通じて確認
3) 既存施設、周辺他工事の地盤・基礎形式情報収集と比較確認
4) 独自調査（ボーリング、室内試験）・分析の実施
5) 照査結果による設計へのフィードバック

(2) について

施工中、施設の沈下が確認された場合、設計上、想定された即時沈下量以内であっても速やかにその事象の要因を慎重に評価・分析し、その結果について設計と連携を図りその後の施工計画へのフィードバックや早期段階での沈下対策を検討する。

1) 沈下が確認された時点で工事を中止し、速やかな要因分析、原因追究の調査実施
2) 定期沈下観測結果の評価・分析による設計・施工へのフィードバック
3) 沈下予測の検討
4) 発注者との速やかな協議実施と対策検討会の立上
5) 沈下確認以降の施工計画見直し検討

(3) について

今回、施工段階において、施設の沈下と関連が考えられる施工状況として、水替え工、地盤改良工、仮設斜路設置工があるがすべて工法変更等の設計変更を行った。いずれも現場条件による施工性や工期短縮につながるとして変更したものであるが、着手前の設計照査段階における粘性土層の評価結果をもとに粘性土層の圧密沈下には着目せず、この検討が十分でなかったと言える。

このため沈下現象が懸念される基礎地盤に係る重要な設計変更に関するガイドライン等を作成し、これを活用した慎重な検討を行う。

設計変更時の検討、確認内容を以下に示す。

1) 設計変更理由と沈下との関係性整理
2) 粘性土層の再評価と追加地質調査実施の必要性の確認
3) 工法変更に伴う沈下影響分析
4) 工法変更における施工管理計画、計測管理方法の確認
5) 設計による妥当性評価