

資料 5 - 3

第 5 回

淀川左岸線（2期）事業  
に関する技術検討委員会

## 弾粘塑性解析（圧密沈下）について

平成 26 年 1 月 10 日

## 目 次

1. 照査方針と検討内容	1
2. 弾粘塑性解析による照査方針	2
3. 一次元圧密解析への補間係数について	9
4. 圧密沈下対策選定方針について	14
5. 水平変位による影響検討	19
6. 全線評価のまとめ（完成時）	21

# ■ 経年変化（圧密沈下機能）

## 1. 照査方針と検討内容

### (1) 確保機能

【河川】

LC-11：圧密沈下による堤防高不足をおこさない

LC-13：道路底面と基盤底面のすき間による水みち発生を起さないこと

【道路】

BC-4：道路躯体の沈下に対する安全性、供用性確認

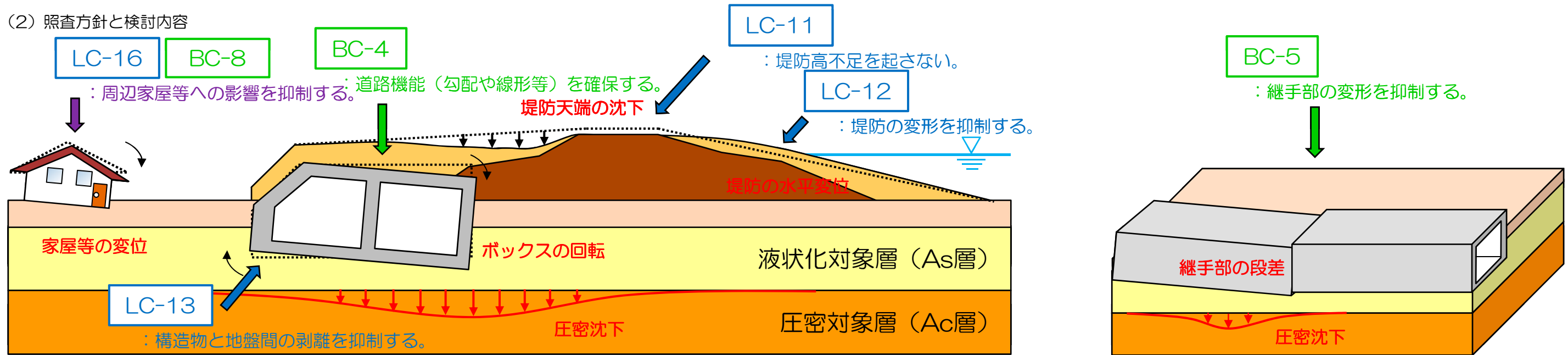
BC-8：圧密沈下による周辺影響を防止すること

LC-12：圧密変形による堤体の変形を抑制する

LC-16：圧密沈下による周辺影響を防止すること

BC-5：道路躯体の継手部の段差・離れに対する安全性・供用性を確保すること

### (2) 照査方針と検討内容



LC-11 BC-4 BC-5 (前回委員会までの検討結果)  
 全区間の評価を目的として選定した22断面を対象に、荷重分散を考慮した一次元圧密解析を実施した。その結果、デルタ部（ボックスと堤体間）で最大30cm程度の沈下が発生する結果となった。

LC-11 BC-4  
 弾性モデルを用いて検討した一次元圧密解析では、ダイレイタンスー効果やクリープの影響を考慮できないため、二次元弾粘塑性解析によって詳細な挙動を予測し、全区間の評価を行う。

LC-12  
 LC-11において実施する二次元弾粘塑性解析によって、堤防の水平方向の変形を予測し、堤防機能への影響について評価する。

●沈下量等を把握するモニタリングの検討（資料5-4参照）  
 ●基礎地盤の改良の可否と選定  
 ●余盛高の設定

LC-13  
 LC-11およびLC-12の結果必要となる沈下対策や耐震対策として実施する地盤改良を反映した後、構造物と地盤間の剥離が水みちとなるか検討する。

BC-5  
 LC-11およびLC-12の結果必要となる沈下対策を実施した後、ボックス継手部の相対変位を予測し、道路としての安全性、供用性について評価する。

●沈下量等を把握するモニタリングの検討（資料5-4参照）  
 ●沈下対策実施後の横断勾配の確認  
 ●沈下対策実施後の箱体間相対変位の確認

LC-16 BC-8  
 二次元弾粘塑性解析によって、側方変位を評価し、近接家屋等への影響について評価する。  
 ●沈下対策工法の選定  
 ●家屋近接区間の矢板の取扱い

# 弾粘塑性解析による照査方針

## 2. 弾粘塑性解析による照査方針

第4回委員会では、増加応力の算定に、地盤を弾性体と仮定して導かれたブーシネスク (Boussinesq) の算定式を用いて検討をおこなった。

その結果、選定断面22断面全てにおいて、ボックスと堤体間(「デルタ部」という)と川表のり部の盛土(「川表盛土」という)に大きな荷重増加があり、過圧密領域から正規圧密領域へ移行している区間が多い事が分かった。

### ■ 集中荷重による鉛直方向の増加応力

地表面に集中荷重Pが作用する場合、載荷点からrの距離にある深さyの鉛直方向の増加応力 $\Delta\sigma_y$ は、次式のように求められる。

$$\Delta\sigma_y = \frac{3Py^3}{2\pi R^5}$$

いくつかの集中荷重が同時に作用する場合において、その時の地盤内の1点に生じる増加応力は、個々の集中荷重によって求まる増加応力の総和として求められる。

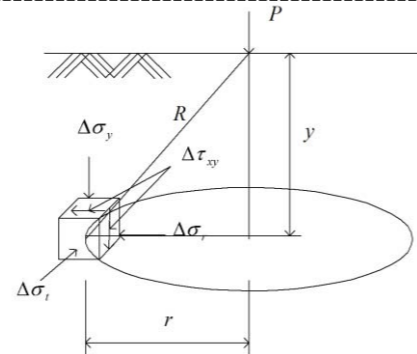


図2.1 集中荷重による増加応力算定概念図

ただし、一次元圧密解析では「**ダイレイタンス**」や「**クリープ**」による影響を考慮できないことから、その影響を考慮するため二次元弾粘塑性解析(関口・太田モデル)を実施する。

### 2.1 照査方法

- ① 荷重分散を考慮した一次元圧密解析結果から、作用荷重の影響が大きいデルタ部に着目し、一次元圧密解析での選定22断面をグルーピングする。

各断面の作用荷重図を右に示す。

ボックス部については、構造物等の増加荷重が掘削による土砂重量で減ぜられるため、構造物の埋設深さによって差が生じている。

デルタ部については、道路線形上、その幅が増減していることや堤防形式(高潮特殊堤や土堤)によって作用荷重が大きく増減している。

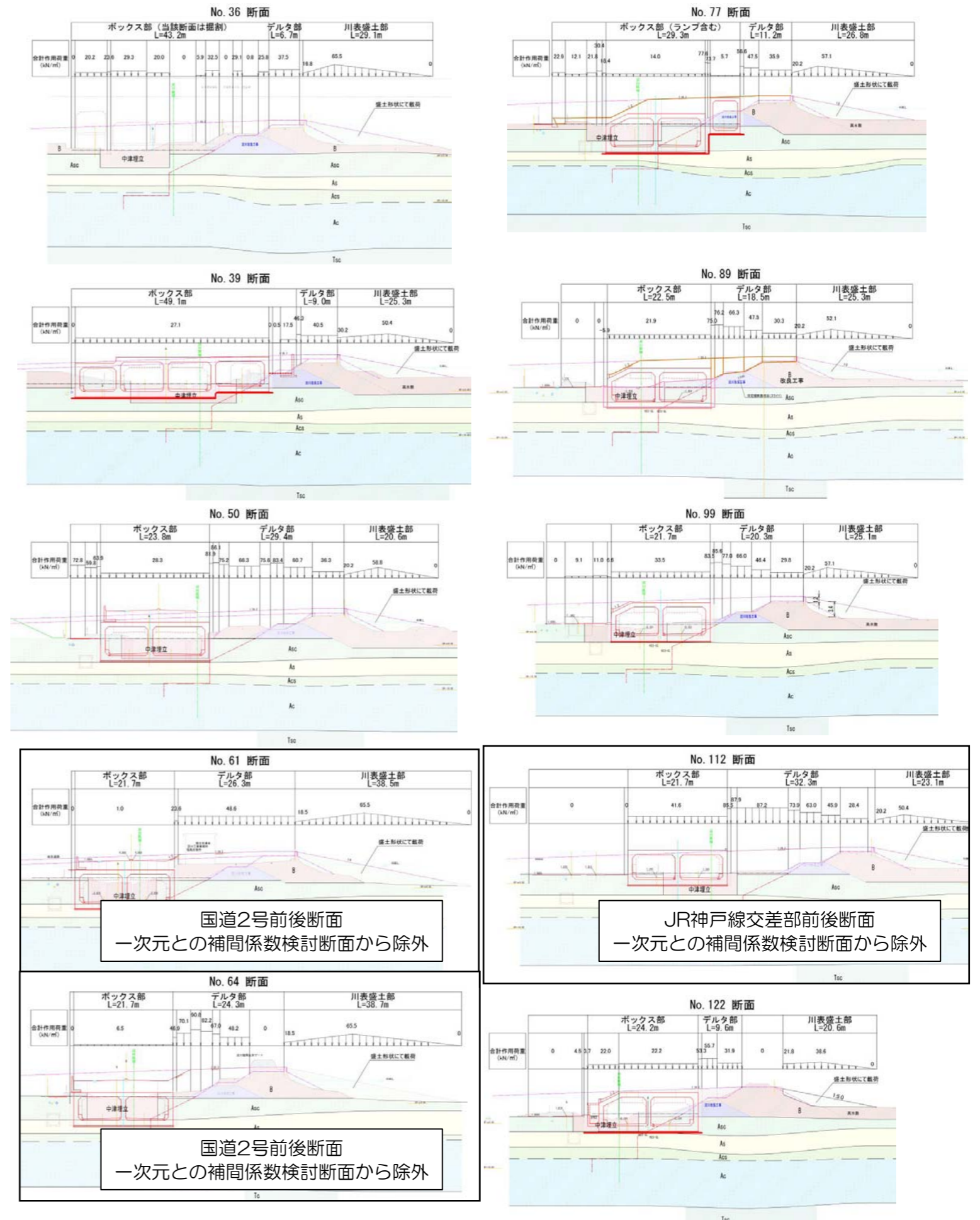
川表盛土部については、堤防形式と高水敷の有無が大きく影響している。

第4回委員会では、**ボックス部周辺の沈下量**を評価した結果、ボックス部の堤外側とデルタ部において大きな沈下が生じ、対策が必要であるとしている。その大きな要因は、ボックス部堤外側の沈下量に、**デルタ部の荷重分散を見込んでいる**ためであり、グルーピングに際しては、ボックス部堤外側の沈下量およびデルタ部の作用荷重に着目することとする。

- ② 一次元圧密解析と二次元弾粘塑性解析とで算出される増加荷重の差(ブーシネスク算定式とFEMとの差)と沈下量の差(ダイレイタンスおよびクリープの効果)を評価し、一次元圧密解析との補間係数を検討する。

第4回委員会では荷重分散を見込んだ一次元圧密解析を実施している。本検討ではFEM解析において増加荷重を算定するため、まずその差について考察を行い、その後に沈下量の評価(せん断変形による体積増減等)を行う。

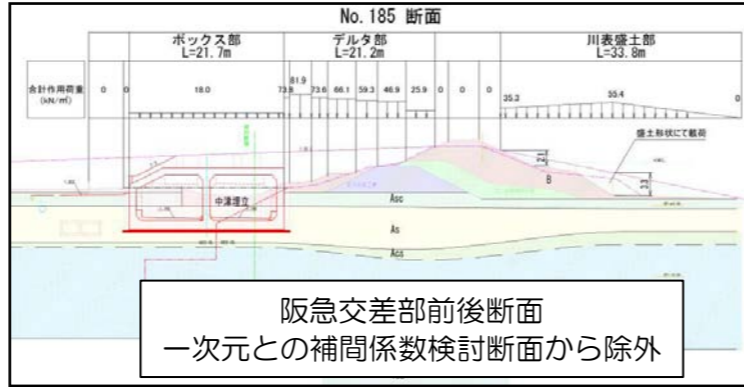
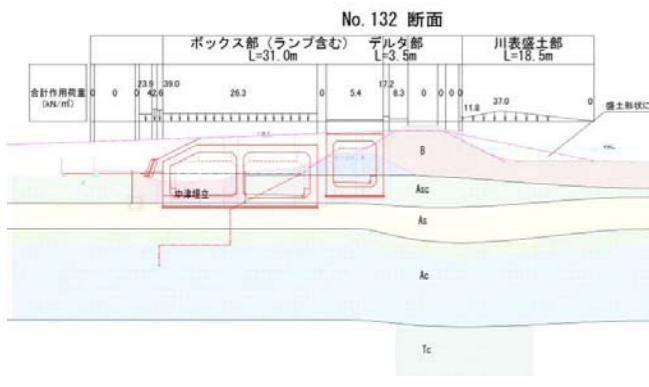
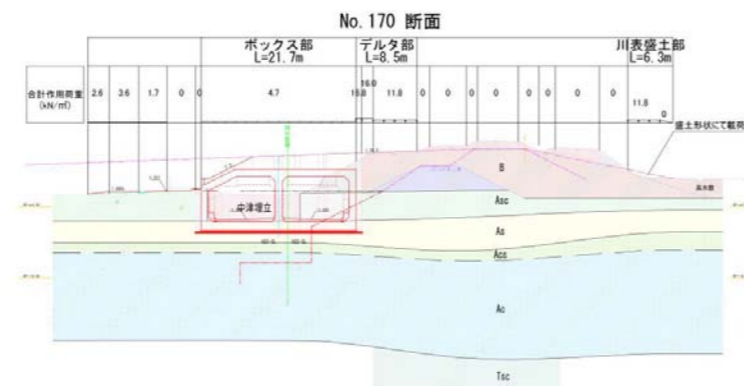
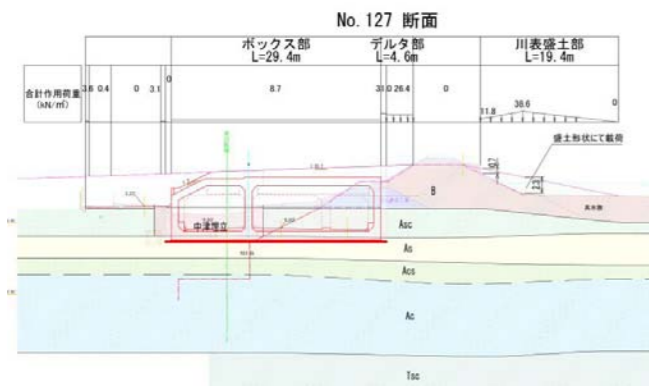
さらに、**圧密沈下対策**が各々の区間の**最大沈下量によってその仕様が決まる**ことから、各区間の**最大沈下比によって補間係数を算定**し、各グループに乗じた後、許容値(沈下量10cm、ボックス函体毎の相対変位5cm、ボックスの傾斜勾配2%)に対する評価を行う。ただし、ボックス函体間の相対変位については、後述する圧密抑制工法を実施した後に評価を行うこととする。



国道2号前後断面  
一次元との補間係数検討断面から除外

JR神戸線交差部前後断面  
一次元との補間係数検討断面から除外

国道2号前後断面  
一次元との補間係数検討断面から除外



阪急交差部前後断面  
一次元との補間係数検討断面から除外

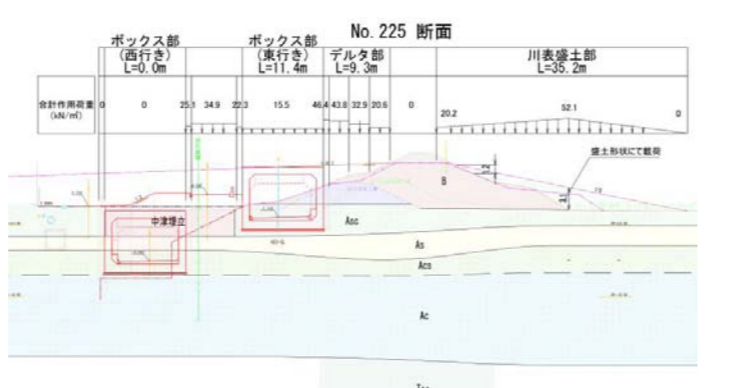
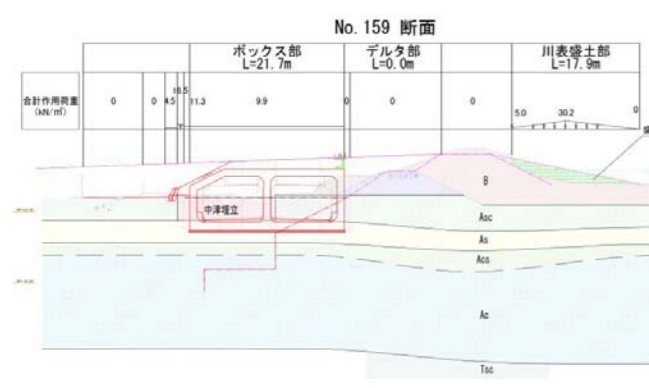
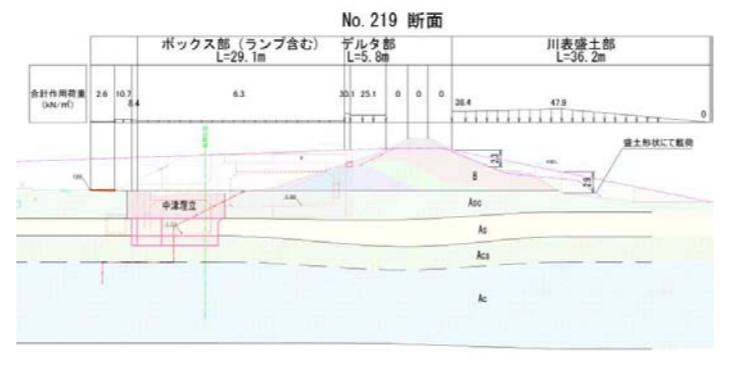
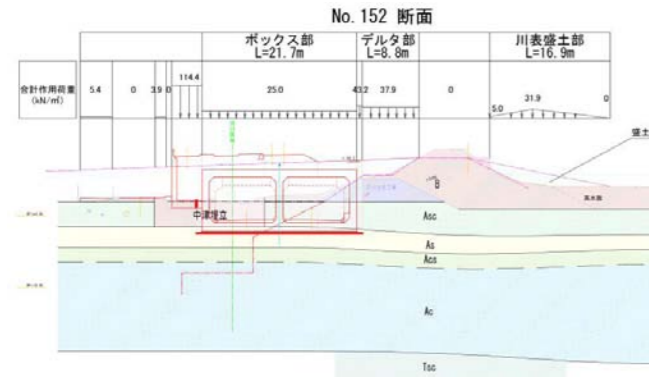
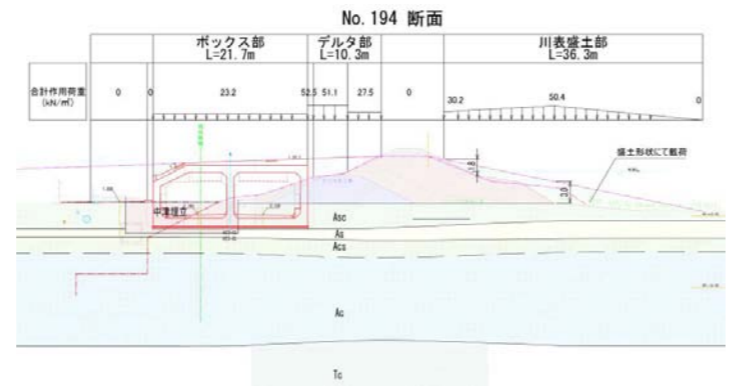
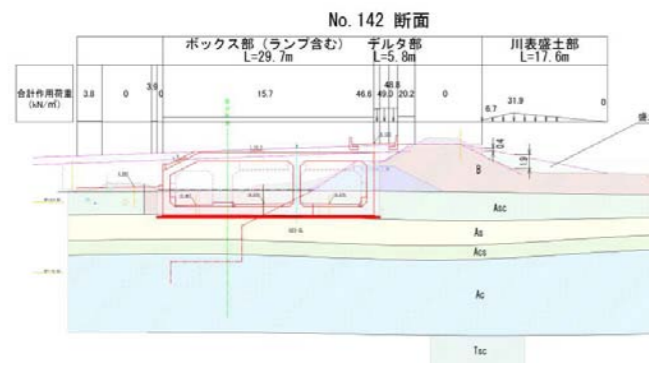


表2.1.1 一次元圧密解析結果一覧

No	断面	距離標	ボックス	堤内側周辺	ボックス	堤外側周辺	デルタ部	
			沈下量 (cm)	相対変位量 (cm/l)	沈下量 (cm)	相対変位量 (cm/l)	沈下量 (cm)	面積 (m <sup>2</sup> )
1	No.36	4.2k+062	-4.8	-4.8	-4.8	-4.8	-21.0	11.3
2	No.39	4.2k+123	-7.6	-2.8	-8.3	-3.5	-14.8	16.7
3	No.50	4.4k+132	-16.5	-3.4	-18.3	-3.8	-29.5	87.4
4	No.61	4.6k+144	-0.7	6.0	-5.2	4.9	-17.6	60.2
5	No.64	4.8k+003	-1.4	-0.7	-10.6	-5.3	-16.2	57.2
6	No.77	5.0k+055	-4.7	-1.1	-5.4	1.7	-16.1	18.3
7	No.89	5.2k+087	-3.6	0.4	-24.0	-6.4	-24.0	43.8
8	No.99	5.4k+087	-5.9	-1.0	-24.2	-0.1	-24.2	51.9
—	No.105~106	5.6k+004	—	2.2	—	9.0	—	—
9	No.112(No.107)	5.6k+139	-8.2	-3.1	-14.4	-5.4	-21.6	102.9
10	No.122	5.8k+140	-4.9	1.5	-14.1	0.1	-14.1	18.7
11	No.127	6.0k+041	-1.4	1.2	-3.6	3.8	-7.2	5.4
12	No.132	6.0k+139	-5.5	-3.4	-5.4	-1.5	-6.6	1.0
13	No.142	6.2k+140	-2.3	1.3	-9.6	-1.7	-9.6	7.9
14	No.152	6.4k+139	-4.7	-1.0	-16.2	-2.6	-16.2	15.4
—	No.156~158	6.6k+020	—	2.4	—	8.0	—	—
15	No.159	6.6k+079	-2.3	-1.6	-1.2	-0.8	-4.6	0.0
16	No.170	6.8k+098	-1.2	0.4	-1.8	-0.2	-1.8	2.1
—	No.174~178	6.9k+078	—	0.6	—	0.9	—	—
17	No.185(No.179)	7.0k+186	-3.1	-1.5	-10.8	-5.1	-13.6	59.8
18	No.194	7.2k+178	-3.4	-0.1	-16.7	-1.5	-16.7	19.0
19	No.219	7.8k+106	-1.6	0.3	-5.3	1.7	-5.6	5.8
20	No.225	8.0k+054	-9.2	-4.1	-5.5	-0.1	-10.6	13.4
21	No.231	8.2k+008	0.0	4.8	-0.1	2.8	-5.0	0.1
22	No.238	8.2k+151	0.0	0.0	-0.3	-0.1	-8.0	0.0

※「デルタ部」とはボックス堤外側と堤防天端との間のことをいう。

※着色部は対策設定基準値を満足できていない箇所を表す。

※交差部前後断面については、一次元圧密解析実施時に安全側を見込み、管理用通路部も盛土した形状で検討を実施。

③ 第4回委員会において提案されている圧密沈下対策（圧密促進工法（プレロード工法）と圧密抑制工法（静的締固め工法、固結工法））の選定方針について取りまとめる。

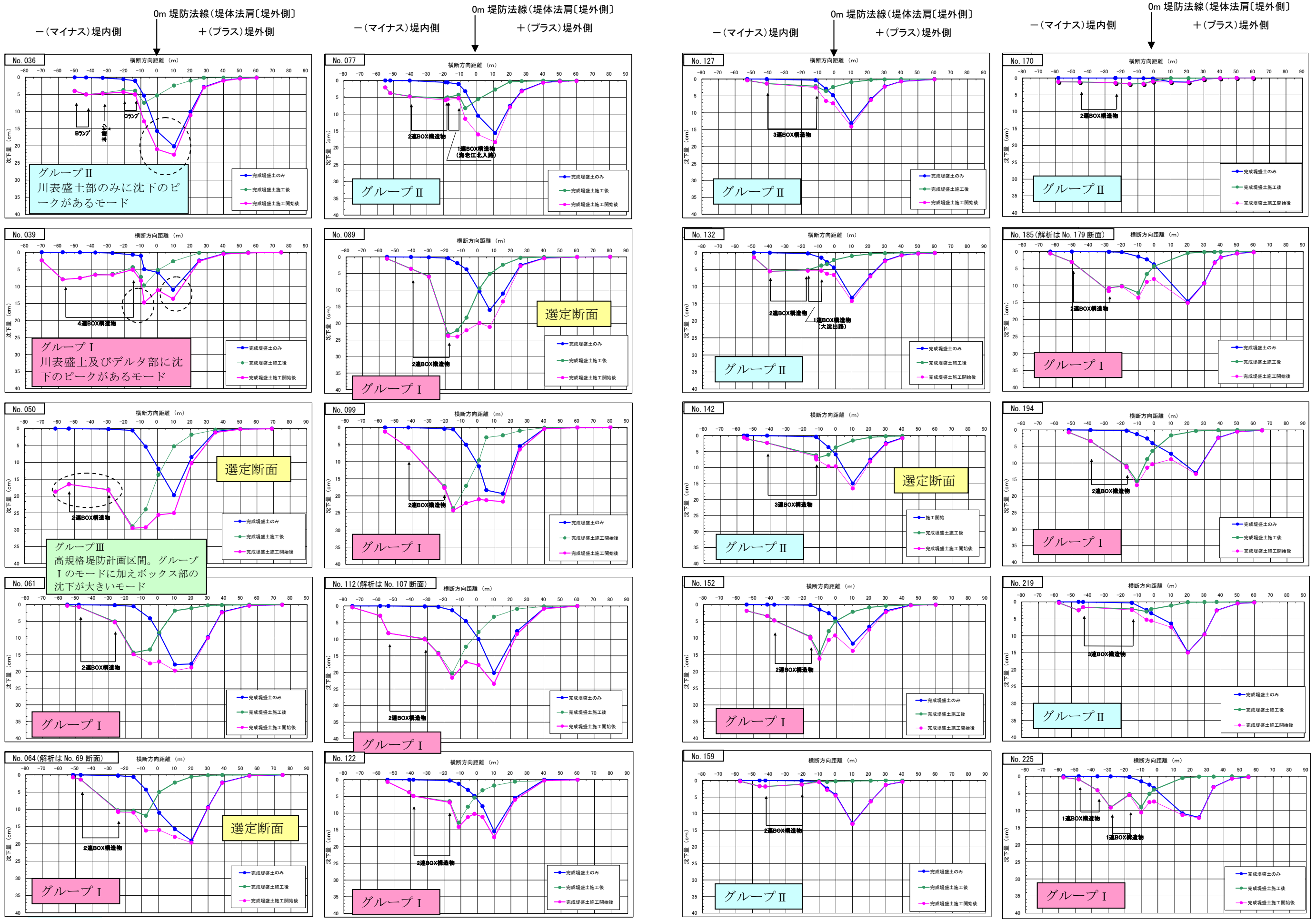
第4回委員会では、圧密沈下対策工法として圧密促進工法（サンドドレーン＋載荷重）と圧密抑制工法（サンドコンパクション、深層混合処理工法）から選定することが提案されている。

本検討では、二次元弾粘塑性解析により、**圧密促進工法の促進期間**について、その方針を検討し、また、ボックス部に**圧密抑制工法を適用した場合**のデルタ部の促進期間による**構造物と土堤との不等沈下について検討を行う。**

さらに、デルタ部の沈下に伴う堤防高不足を施工期間中も起させないようオーバーレイ計画についても検討を行い、施工期間中の対応や完成時の余盛高について、その方針を取りまとめる。

④ 第4回委員会で提示した家屋等近接区間において、圧密沈下対策を実施した場合の影響と矢板の取扱いについて検討する。

淀川左岸線（2期）区間には家屋等が近接している区間があり、ボックスの圧密沈下対策で用いる**圧密促進工法や圧密抑制工法を実施した場合の影響**について検討し、矢板の取扱いについてその方針を取りまとめる。



No. 231、No238 は、グループ II

【沈下モードのグルーピング】

## 2.2 照査断面の選定

■照査目的①：一次元圧密解析と二次元弾粘塑性解析の比較による補間係数算定のための断面選定  
表2.2.1の結果から、ボックス周辺部の沈下量に着目し、以下のようにグルーピングを行い、各グループから照査代表断面1断面を選定することとする。

### 【グループⅠ】

一次選定の結果、対策が必要と判定された断面とその沈下モードに類似している断面をグルーピングした。沈下モードとしては、デルタ部と川表盛土部に2つの凸があり、相対的に道路ボックスが堤防から離れているグループとなっている。

二次元弾粘塑性解析を実施する代表断面として、堤外側のボックス周辺の沈下量が大きく、また、ボックス直下の沈下も大きい**No. 89断面**を選定した。

図2.2.1にNo. 89断面の一次元圧密解析結果図を示す。

表2.2.1 グループⅠの一次元圧密解析結果

No	断面	距離標	ボックス		堤内側周辺		ボックス		堤外側周辺		デルタ部	
			沈下量 (cm)	相対変位量 (cm/l)	沈下量 (cm)	相対変位量 (cm/l)	沈下量 (cm)	相対変位量 (cm/l)	沈下量 (cm)	相対変位量 (cm/l)	沈下量 (cm)	面積 (m <sup>2</sup> )
2	No.39	4.2k+123	-7.6	-2.8	-8.3	-3.5	-14.8					16.7
7	No.89	5.2k+087	-3.6	0.4	-24.0	-6.4	-24.0					43.8
8	No.99	5.4k+087	-5.9	-1.0	-24.2	-0.1	-24.2					51.9
10	No.122	5.8k+140	-4.9	1.5	-14.1	0.1	-14.1					18.7
14	No.152	6.4k+139	-4.7	-1.0	-16.2	-2.6	-16.2					15.4
18	No.194	7.2k+178	-3.4	-0.1	-16.7	-1.5	-16.7					19.0
20	No.225	8.0k+054	-9.2	-4.1	-5.5	-0.1	-10.6					13.4

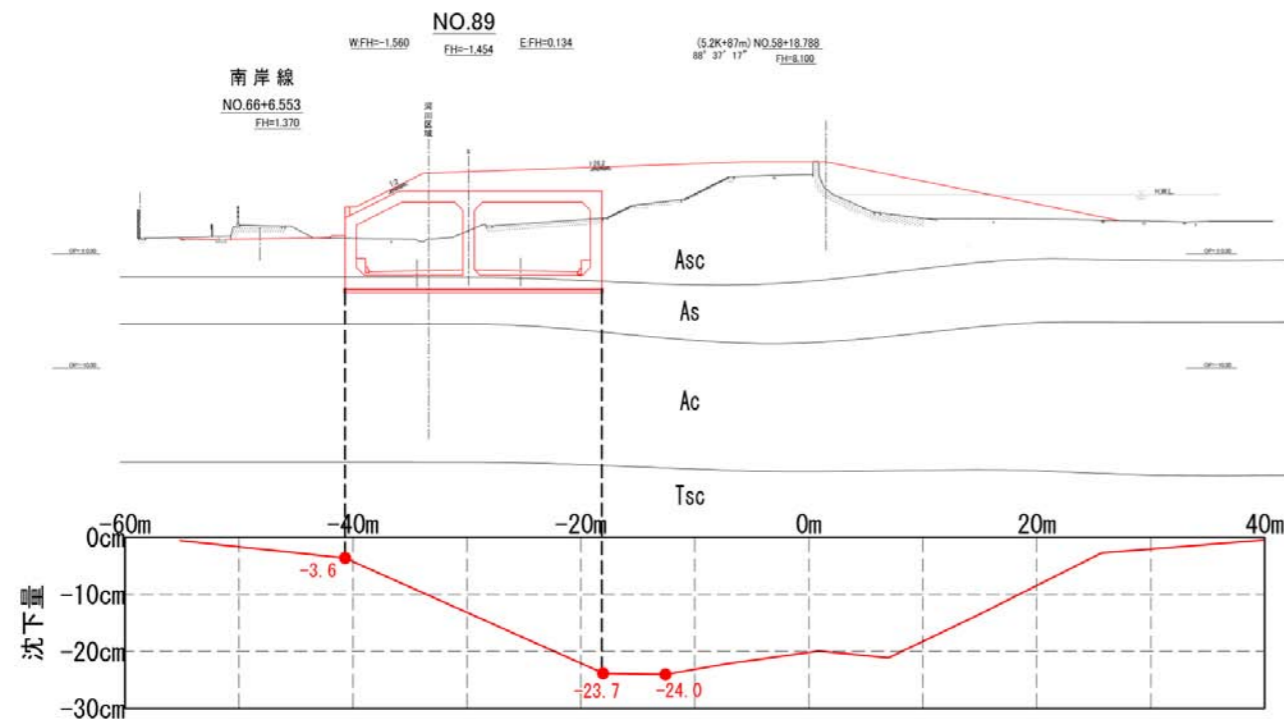


図2.2.1 グループⅠの代表的な一次元圧密沈下図

### 【グループⅡ】

一次選定の結果、対策が不要であると判定された断面とその沈下モードに類似した断面をグルーピングした。沈下モードとしては、川表盛土部に大きな凸があり、道路ボックスが比較的堤防へ近接しているグループとなっている。

二次元弾粘塑性解析を実施する代表断面として、堤外側のボックス周辺の沈下量が大きく、また、ボックス直下の沈下も大きい**No. 142断面**を選定した。

図2.2.2にNo. 142断面の一次元圧密解析結果図を示す。

表2.2.2 グループⅡの一次元圧密解析結果

No	断面	距離標	ボックス		堤内側周辺		ボックス		堤外側周辺		デルタ部	
			沈下量 (cm)	相対変位量 (cm/l)	沈下量 (cm)	相対変位量 (cm/l)	沈下量 (cm)	相対変位量 (cm/l)	沈下量 (cm)	面積 (m <sup>2</sup> )		
1	No.36	4.2k+062	-4.8	-4.8	-4.8	-4.8	-21.0					11.3
6	No.77	5.0k+055	-4.7	-1.1	-5.4	1.7	-16.1					18.3
11	No.127	6.0k+041	-1.4	1.2	-3.6	3.8	-7.2					5.4
12	No.132	6.0k+139	-5.5	-3.4	-5.4	-1.5	-6.6					1.0
13	No.142	6.2k+140	-2.3	1.3	-9.6	-1.7	-9.6					7.9
15	No.159	6.6k+079	-2.3	-1.6	-1.2	-0.8	-4.6					0.0
16	No.170	6.8k+098	-1.2	0.4	-1.8	-0.2	-1.8					2.1
19	No.219	7.8k+106	-1.6	0.3	-5.3	1.7	-5.6					5.8
21	No.231	8.2k+008	0.0	4.8	-0.1	2.8	-5.0					0.1
22	No.238	8.2k+151	0.0	0.0	-0.3	-0.1	-8.0					0.0

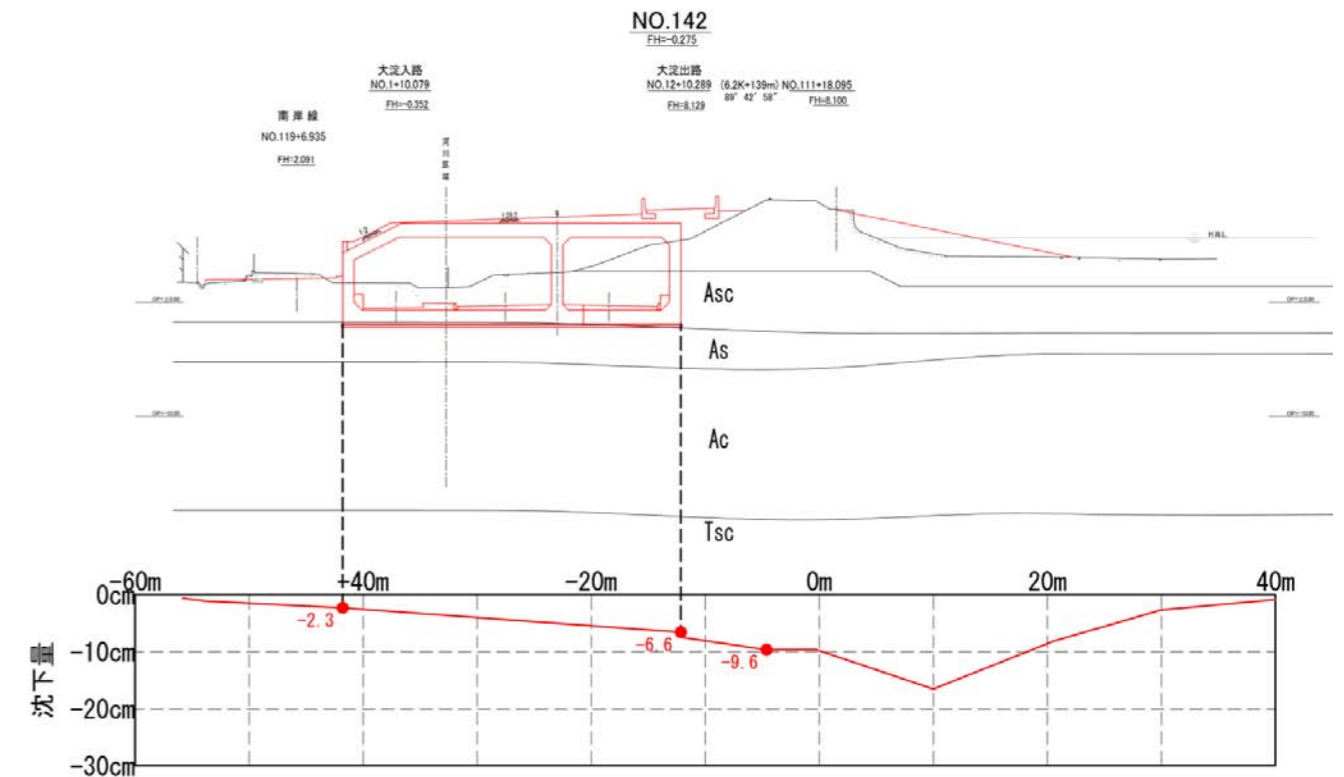


図2.2.2 グループⅡの代表的な一次元圧密沈下図

【グループⅢ】

国道2号より下流部の堤内地において既に高規格堤防が整備されている箇所であり、道路ボックス堤内側の沈下も大きくなる断面。

一次元圧密解析時には、当該グループに該当する断面をNo. 50断面しかないため、**No. 50断面**を選定する。

図2.2.3にNo. 50断面の一次元圧密解析結果図を示す。

表2.2.3 グループⅢの一次元圧密解析結果

No	断面	距離標	ボックス 堤内側周辺		ボックス 堤外側周辺		デルタ部	
			沈下量 (cm)	相対変位量 (cm/l)	沈下量 (cm)	相対変位量 (cm/l)	沈下量 (cm)	面積 (m <sup>2</sup> )
3	No.50	4.4k+132	-16.5	-3.4	-18.3	-3.8	-29.5	87.4

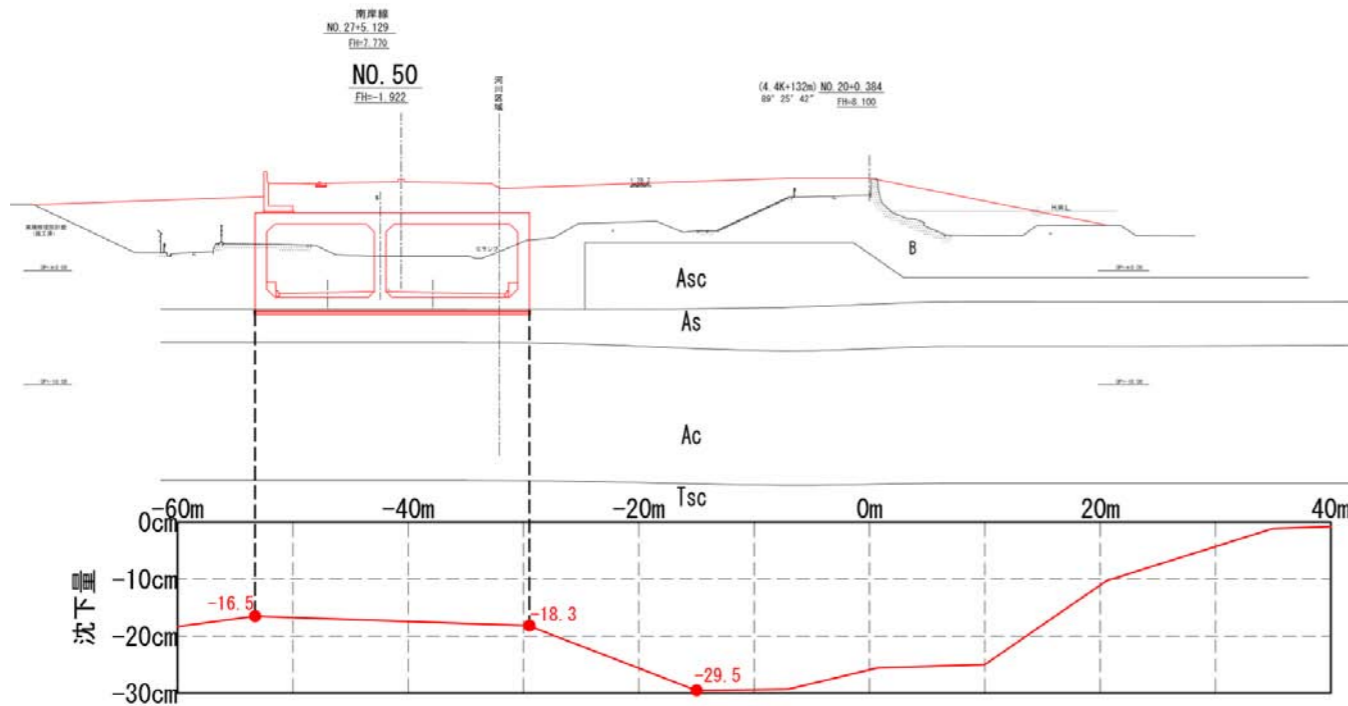


図2.2.3 グループⅢの一次元圧密沈下図

以上、3断面を用いて一次元圧密解析と二次元弾粘塑性解析の相関を把握し、一次元圧密解析に対する補正の検討を行うこととする。

■照査目的②： 対策工法の適用方針検討断面

近接家屋等もなく、沈下対策として沈下促進工法と沈下抑制工法とを適用可能な断面として、沈下量も大きいことから**No. 50断面**を選定する。

なお、検討工法は、沈下促進工法としてサンドドレーン工法+先行盛土、沈下抑制工法として固結工法を想定して検討する。

■照査目的③： 近接家屋等への影響検討断面

一次元圧密解析選定断面において、家屋が近接しており、掘削等の影響が考えられる断面として**No. 69断面**を選定する。

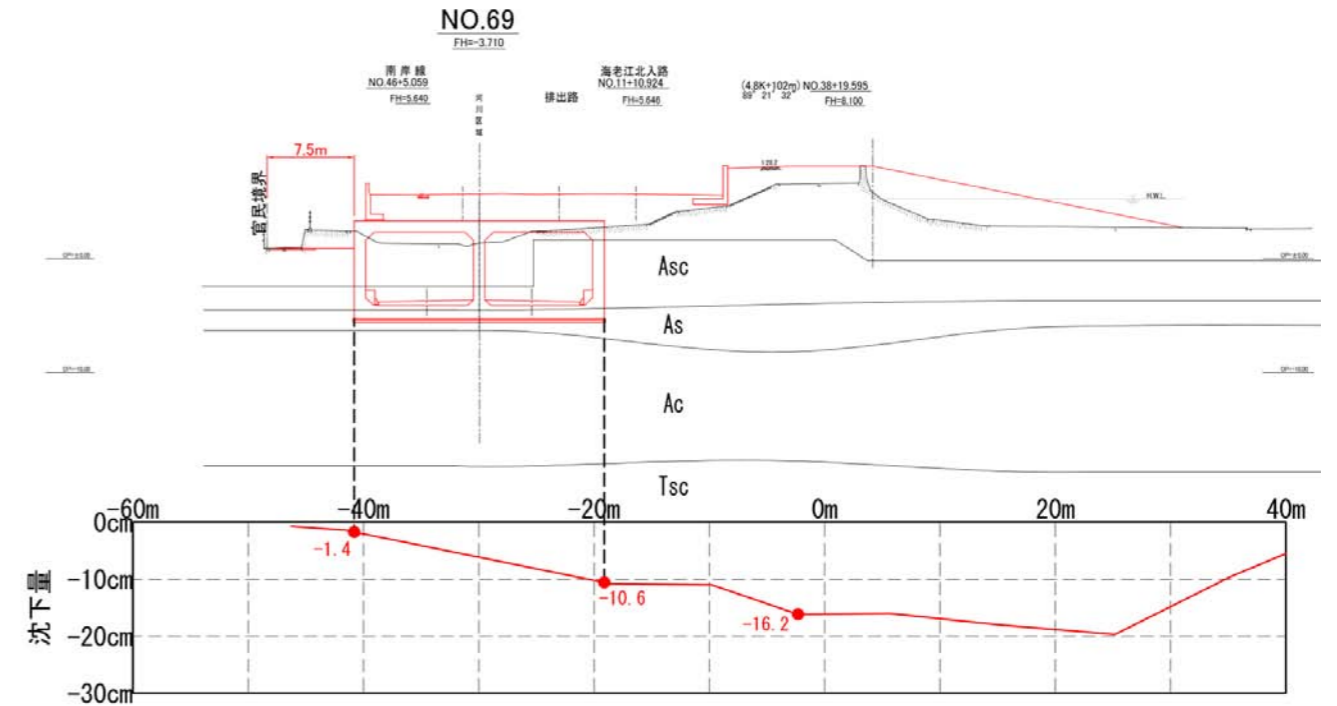


図2.2.4 近接家屋等への影響検討選定断面一次元圧密沈下図

また、官民境界とボックス堤内側との離隔が標準的な**No. 89断面**、**No. 142断面**においても評価を行う。

2.3 解析手法および解析条件

2.3.1 解析手法

二次元弾粘塑性解析は、解析次元を鉛直断面二次元とし、構成則として関口・太田モデル（弾粘塑性モデル）を用いて実施する。なお、土留め矢板部のジョイント要素は考慮しないこととする。

2.3.2 解析条件

- ・拘束境界条件 : 底面境界 鉛直固定・水平固定  
側方境界 鉛直自由・水平固定
- ・排水境界条件 : 底面境界 非排水  
側方境界 排水
- ・地下水位 : 0. P+1. 44m (一次元圧密解析と同条件)

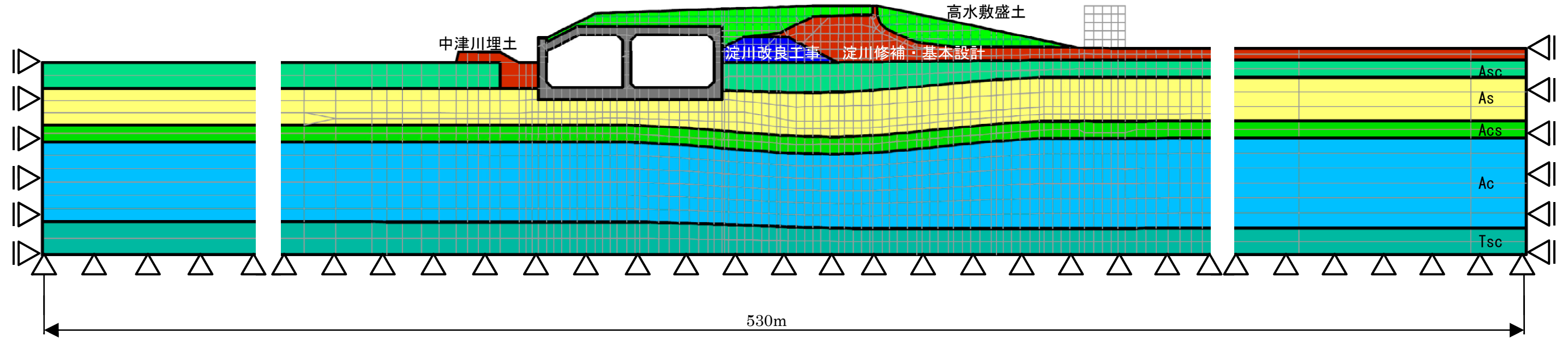
2.3.3 解析物性値

二次元弾粘塑性解析に用いる物性値については、一次元圧密解析時に圧密試験結果等から設定した物性（Cc、Cs、OCR等）に基づき設定している（第4回委員会時と同値）。



■メッシュ図例

【No.89断面】



■弾塑性モデル

【グループⅠ (No.89断面)】

材料	飽和単位 体積重量	ラメの定数		ヤング 係数	ポアソン 比	土圧係数	X方向 透水係数	Y方向 透水係数	粘着力	内部摩擦角	初期間隙比
	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\mu$ (kN/m <sup>2</sup> )	E (kN/m <sup>2</sup> )	$\nu$	Ki	kx (m/d)	ky (m/d)	C (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)	ei
高水敷盛土	19.0	2861	1474	3920	0.33	0.5	1.55E-01	1.55E-01	11.8	26.0	0.65
淀川修補・基本計画	16.5	17777	9158	24360	0.33	0.5	5.64E+00	5.64E+00	1.0	39.6	0.65
淀川改良工事	18.5	5167	2662	7080	0.33	0.5	9.50E-01	9.50E-01	18.3	18.9	0.65
中津川埋土	19.7	6568	3383	9000	0.33	0.5	1.74E-01	1.74E-01	4.7	40.3	0.65
Asc	18.8	2187	1127	2997	0.33	0.5	2.88E-01	2.88E-01	2.5	34.4	0.80
As	17.8	3839	1978	5261	0.33	0.5	1.50E+00	1.50E+00	0.5	37.6	0.65
Tsc	18.7	14232	7332	19502	0.33	0.5	8.64E-01	8.64E-01	91.8	0.0	0.80

【グループⅢ (No.50断面)】

土層	飽和単位 体積重量	ラメの定数		ヤング 係数	ポアソン 比	土圧係数	X方向 の透水係数	Y方向 の透水係数	粘着力	内部 摩擦角	初期間隙比
	$\gamma$ sat (kN/m <sup>3</sup> )	$\lambda$	$\mu$	E' (kN/m <sup>2</sup> )	$\nu$	ki	ky (m/d)	ky (m/d)	C (kN/m <sup>2</sup> )	$\Phi$ (°)	ei
高水敷盛土	20.0	8670	4466	11880	0.33	0.5	1.00E-03	1.00E-03	0	38.3	0.65
淀川修補・基本計画	18.0	8039	9158	24360	0.33	0.5	5.64E+00	5.64E+00	10.1	36.7	0.65
淀川改良工事	18.7	1043	1188	3160	0.33	0.5	1.40E+01	1.40E+01	3.4	34.2	0.65
中津川埋土	20.3	2970	3383	9000	0.33	0.5	2.24E+00	2.24E+00	5.6	41.8	0.65
Asc	18.2	2059	2346	6240	0.33	0.5	4.29E-01	4.29E-01	4.2	33.6	0.80
As	19.5	5491	6256	16640	0.33	0.5	2.55E+00	2.55E+00	16.7	35.2	0.65
Tsc	18.2	6500	7405	19698	0.33	0.5	8.64E-01	8.64E-01	91.8	-	0.80

【グループⅡ (No.142断面)】

材料	飽和単位 体積重量	ラメの定数		ヤング 係数	ポアソン 比	土圧係数	X方向 の透水係数	Y方向 の透水係数	粘着力	内部 摩擦角	初期間隙比
	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\lambda$	$\mu$	E' (kN/m <sup>2</sup> )	$\nu$	ki	ky (m/d)	ky (m/d)	C (kN/m <sup>2</sup> )	$\Phi$ (°)	ei
高水敷盛土	19.4	2861	1474	11880	0.33	0.5	1.30E-01	1.30E-01	3.1	38.4	0.65
淀川修補・基本計画	17.2	8039	9158	24680	0.33	0.5	9.94E-01	9.94E-01	14.1	36.9	0.65
淀川改良工事	17.7	1346	1534	9880	0.33	0.5	1.59E-01	1.59E-01	18.3	18.9	0.65
中津川埋土	20.7	2970	3383	12440	0.33	0.5	3.24E-01	3.24E-01	8.8	39.7	0.65
Asc	18.3	1731	1972	12080	0.33	0.5	4.29E-01	4.29E-01	0.0	35.3	0.80
As	18.6	1731	1978	15560	0.33	0.5	2.55E+00	2.55E+00	6.1	36.3	0.65
Tsc	18.1	7200	8203	21819	0.33	0.5	8.64E-01	8.64E-01	91.8	-	0.80

【近接影響検討 (No.69断面)】

材料	飽和単位 体積重量	ラメの定数		ヤング 係数	ポアソン 比	土圧係数	X方向 の透水係数	Y方向 の透水係数	粘着力	内部 摩擦角	初期間隙比
	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\lambda$	$\mu$	E' (kN/m <sup>2</sup> )	$\nu$	ki	ky (m/d)	ky (m/d)	C (kN/m <sup>2</sup> )	$\Phi$ (°)	ei
高水敷盛土	18.7	2861	1474	3920	0.33	0.5	5.68E-02	5.68E-02	3.6	28.1	0.65
淀川修補・基本計画	18.2	8039	9158	24360	0.33	0.5	5.64E+00	5.64E+00	5.5	38.2	0.65
淀川改良工事	18.3	1346	1534	4080	0.33	0.5	1.40E+01	1.40E+01	3.9	34.9	0.65
中津川埋土	19.7	2970	3383	9000	0.33	0.5	2.69E-01	2.69E-01	4.7	40.3	0.65
Asc	18.6	2592	2953	7854	0.33	0.5	4.29E-01	4.29E-01	-	33.8	0.80
As	17.8	3271	3726	9912	0.33	0.5	2.55E+00	2.55E+00	-	34.3	0.65
Tsc	18.2	7540	8590	22849	0.33	0.5	8.64E-01	8.64E-01	91.8	-	0.80

■弾粘塑性モデル

【グループⅠ (No.89断面)】

土層	膨張指数 Cs	圧縮指数 Cc	圧密降伏応力 Pc	塑性指数 PI	ダイレタンシー係数 D*1	非可逆比 Λ*2	限界応力比 M*3	ポアソン比 ν*4	透水係数*5		先行鉛直応力 σv0*6 (kN/m2)	静止土圧係数 K0*7	現位置での静止土圧係数 Ki*8	二次圧密係数 α*9	初期体積ひずみ速度 V0*10 (m/d)	圧縮指数 λ*11	間隙比 e0*6
									kx (m/d)	ky (m/d)							
Acs	0.08	0.42	203	18.8	0.047	0.743	1.3	0.342	8.64E-04	8.64E-04	93	0.519	0.775	0.004	1.00E-09	0.182	1.215
Ac上	0.08	0.70	196	30.0	0.070	0.851	1.5	0.361	8.64E-04	8.64E-04	112	0.566	0.675	0.006	1.00E-09	0.304	1.477
Ac中	0.08	0.82	198	42.6	0.082	0.875	1.5	0.382	8.64E-04	8.64E-04	132	0.619	0.717	0.007	1.00E-09	0.356	1.545
Ac下	0.08	0.72	279	39.0	0.076	0.856	1.5	0.376	8.64E-04	8.64E-04	152	0.604	0.802	0.007	1.00E-09	0.312	1.335

【グループⅡ (No.142断面)】

土層	膨張指数 Cs	圧縮指数 Cc	圧密降伏応力 Pc	塑性指数 PI	ダイレタンシー係数 D*1	非可逆比 Λ*2	限界応力比 M*3	ポアソン比 ν*4	透水係数*5		先行鉛直応力 σv0*6 (kN/m2)	静止土圧係数 K0*7	現位置での静止土圧係数 Ki*8	二次圧密係数 α*9	初期体積ひずみ速度 V0*10 (m/d)	圧縮指数 λ*11	間隙比 e0*6
									kx (m/d)	ky (m/d)							
Acs	0.08	0.42	204	21.8	0.039	0.744	1.6	0.347	8.64E-04	8.64E-04	80	0.532	0.786	0.004	1.0E-09	0.182	1.204
Ac上	0.08	0.70	208	35.0	0.073	0.851	1.5	0.370	8.64E-04	8.64E-04	98	0.587	0.766	0.006	1.0E-09	0.304	1.378
Ac中	0.08	0.82	225	35.0	0.078	0.873	1.6	0.370	8.64E-04	8.64E-04	125	0.587	0.723	0.007	1.0E-09	0.356	1.474
Ac下	0.08	0.72	290	35.0	0.077	0.855	1.5	0.370	8.64E-04	8.64E-04	154	0.587	0.787	0.007	1.0E-09	0.312	1.330

【グループⅢ (No.50断面)】

土層	膨張指数 Cs	圧縮指数 Cc	圧密降伏応力 Pc	塑性指数 PI	ダイレタンシー係数 D*1	非可逆比 Λ*2	限界応力比 M*3	ポアソン比 ν*4	透水係数*5		先行鉛直応力 σv0*6 (kN/m2)	静止土圧係数 K0*7	現位置での静止土圧係数 Ki*8	二次圧密係数 α*9	初期体積ひずみ速度 V0*10 (m/d)	圧縮指数 λ*11	間隙比 e0*6
									kx (m/d)	ky (m/d)							
Acs	0.08	0.42	157	17.0	0.031	0.742	2.000	0.338	8.64E-04	8.64E-04	98	0.511	0.769	0.004	1.0E-09	0.182	1.204
Ac上	0.08	0.70	164	48.0	0.069	0.854	1.600	0.391	8.64E-04	8.64E-04	117	0.642	0.815	0.006	1.0E-09	0.304	1.378
Ac中	0.08	0.82	180	48.0	0.063	0.876	2.000	0.391	8.64E-04	8.64E-04	137	0.642	0.773	0.007	1.0E-09	0.356	1.474
Ac下	0.08	0.72	269	48.0	0.068	0.858	1.700	0.391	8.64E-04	8.64E-04	157	0.642	0.835	0.007	1.0E-09	0.312	1.33

【近接影響検討 (No.69断面)】

土層	膨張指数 Cs	圧縮指数 Cc	圧密降伏応力 Pc	塑性指数 PI	ダイレタンシー係数 D*1	非可逆比 Λ*2	限界応力比 M*3	ポアソン比 ν*4	透水係数*5		先行鉛直応力 σv0*6 (kN/m2)	静止土圧係数 K0*7	現位置での静止土圧係数 Ki*8	二次圧密係数 α*9	初期体積ひずみ速度 V0*10 (m/d)	圧縮指数 λ*11	間隙比 e0*6
									kx (m/d)	ky (m/d)							
Acs	0.08	0.42	208	17.0	0.048	0.742	1.3	0.338	8.64E-04	8.64E-04	95	0.511	0.769	0.004	1.0E-09	1.204	1.179
Ac上	0.08	0.70	199	43.1	0.100	0.853	1.1	0.383	8.64E-04	8.64E-04	111	0.621	0.797	0.006	1.0E-09	1.378	1.359
Ac中	0.08	0.82	204	43.1	0.084	0.875	1.5	0.383	8.64E-04	8.64E-04	131	0.621	0.754	0.007	1.0E-09	1.474	1.486
Ac下	0.08	0.72	290	43.1	0.072	0.857	1.6	0.383	8.64E-04	8.64E-04	149	0.621	0.817	0.007	1.0E-09	1.330	1.316

■弾性 (ソリッド) モデル

【全断面共通】

材料	単位体積重量 γ kN/m3	ヤング係数 E kN/m2	ポアソン比 ν	土圧係数 Ki	X方向透水係数 kx m/d	Y方向透水係数 ky m/d
DMM	Acと同	100000	0.33	0.5	—	—
礫置換	17.8	16524	0.33	0.5	8.64	8.64
BOX	24.5	25000000	0.167	0.5	—	—
護岸	24.5	23500000	0.167	0.5	—	—

■弾性 (ビーム) モデル

材料	E kN/m2	A m2	I m4	備考
鋼矢板二重締切 (Ⅲw) No.50,69,89	2.00E+08	1.73E-02	3.24E-04	奥行1mあたり、腐食代なし
鋼矢板二重締切 (Ⅳ) No.142	2.00E+08	2.43E-02	3.86E-04	奥行1mあたり、腐食代なし

# ■ 一次元圧密解析との比較

## 3. 一次元圧密解析への補間係数について

各グループにおいて選定した断面において二次元弾粘塑性解析を実施し、一次元圧密解析との相関について検討を行う。

### 3.1 グループ I

グループ I の選定断面 (No. 89断面) の二次元弾粘塑性解析結果と一次元圧密解析結果を示す。  
グループ I はデルタ部 (図中⑧~⑨間) の作用荷重が大きく、デルタ部および川表盛土部付近で大きな沈下量が出ている。

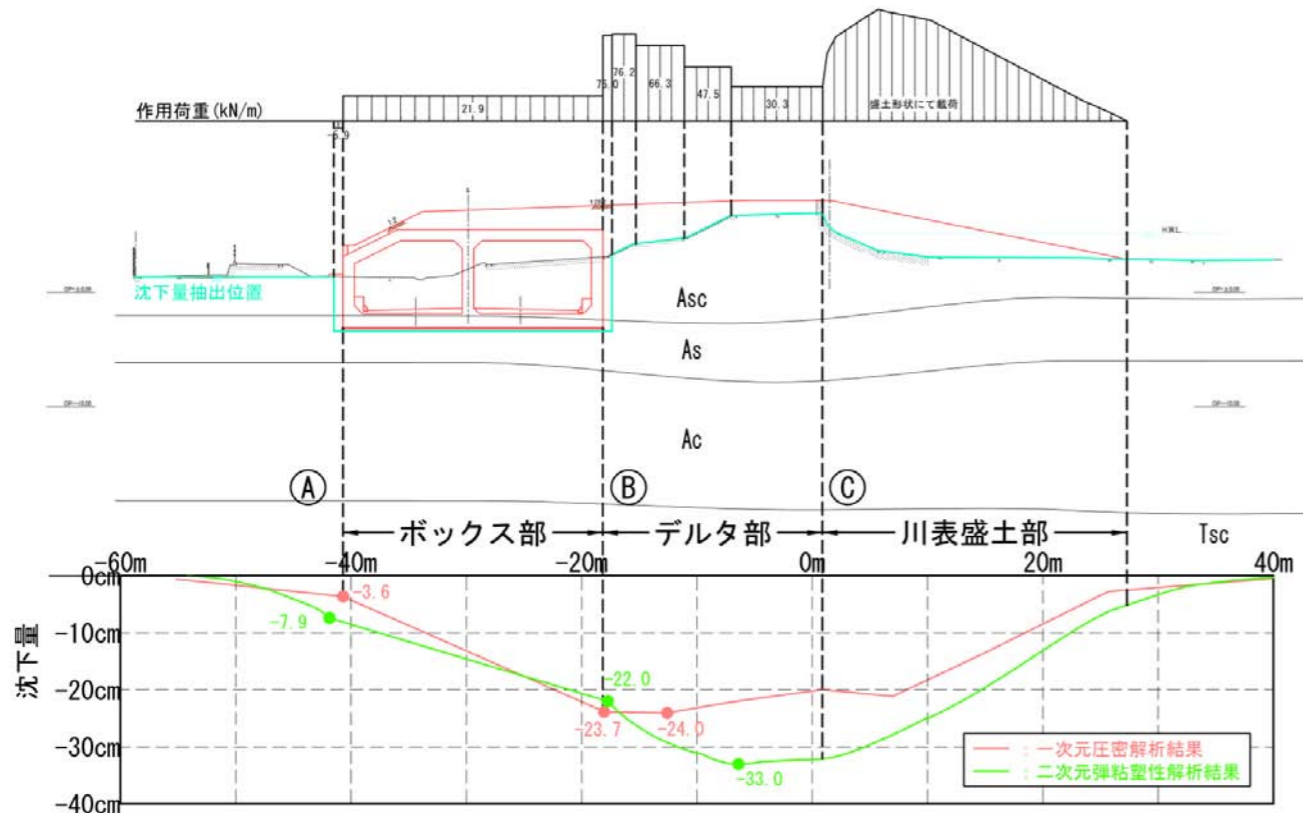


図3.1.1 No. 89断面の二次元弾粘塑性解析結果 (施工完了後3年) と一次元圧密解析結果

#### 3.1.1 一次元圧密解析と二次元弾粘塑性解析の相関について

##### 【ボックス部：⑧~⑨間】

図3.1.2の沈下分布図に示すようにボックス部の沈下はデルタ部の作用荷重に引っ張られるようにデルタ側に傾斜した沈下分布を示している。堤内側 (A点) で二次元弾粘塑性解析結果が一次元圧密解析結果より大きくなっている。一方、河川側 (B点) では、微小ではあるが沈下量は小さくなっている。これは二次元モデルではボックスをモデル化しているため、ボックスの存在により沈下勾配が緩和されたものと考えられる。

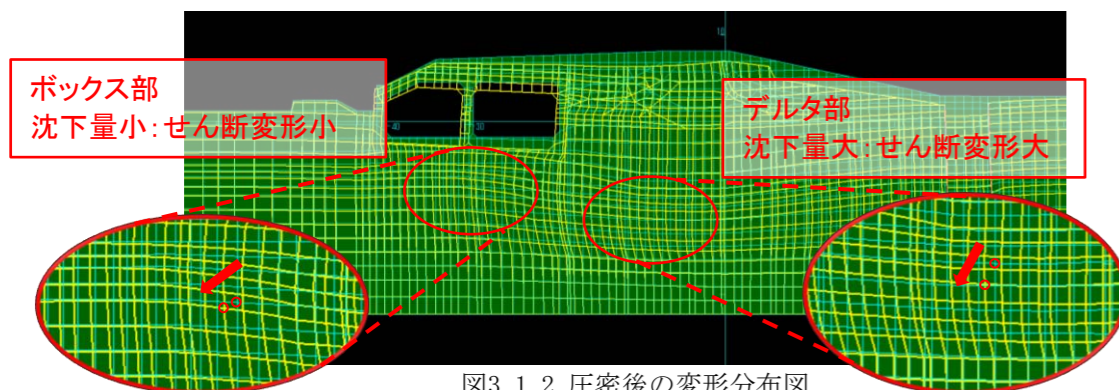


図3.1.2 圧密後の変形分布図

##### 【デルタ部：⑧~⑨間】

デルタ部の沈下量は、二次元弾粘塑性解析結果が一次元圧密解析結果よりも大きくなっている。これは、圧密対象層であるAc層の上層および中層が、過圧密領域から正規圧密領域に入っているが、一次元圧密解析と二次元弾粘塑性解析の増加応力は同等であることが下図より分かることから、川表盛土やデルタ部施工時のせん断変形が主要因 (図3.1.2参照) であると考えられる。

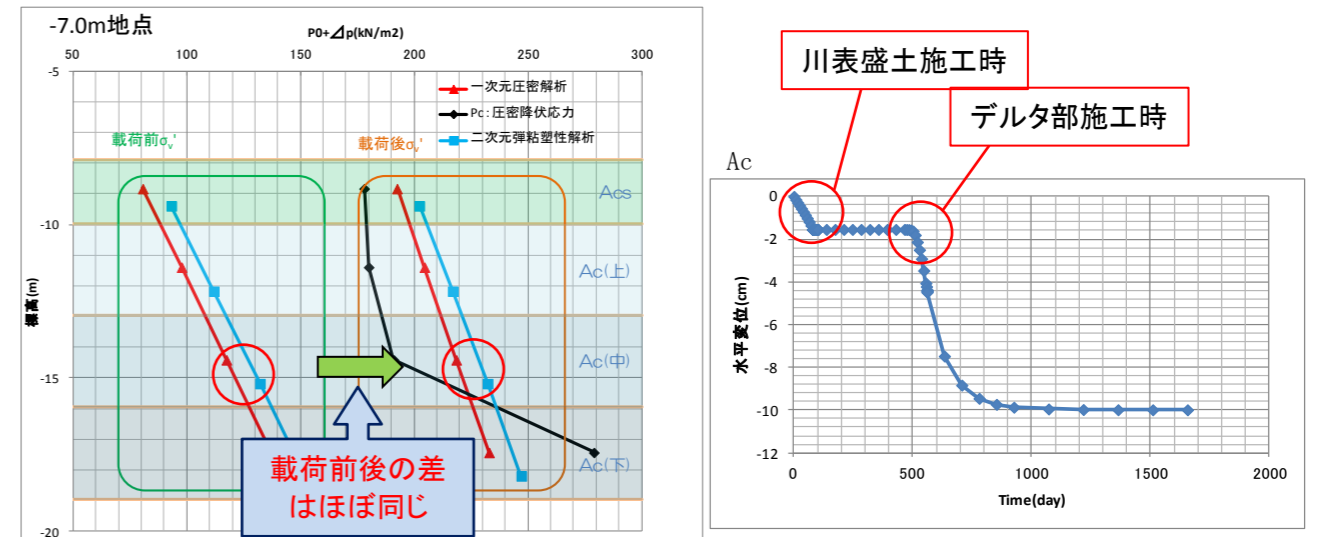


図3.1.3 デルタ部Ac層の応力変化と水平変位

#### 3.1.2 グループ I の沈下量について

##### 【ボックス部：⑧~⑨間】

グループ I には、起点側の4連ボックスや終点側の西行き東行き分離ボックスとなる断面が含まれているが、これら断面については詳細設計時に対策を検討することとする。  
その他の断面については、せん断変形等の影響により最大沈下量としては一次元圧密解析結果の方が大きな値となっており、他の断面についてもデルタ部の距離が似通っていること等から、同様な傾向にあると思われるため、ボックス部については**一次元圧密解析結果を用いる**こととする。

##### 【デルタ部：⑧~⑨間】

デルタ部については、川表盛土施工時のせん断変形が沈下差の主要因であることから、デルタ部の一次元圧密解析と二次元弾粘塑性解析の**最大沈下比 (33.0/24.0=1.4)**を補間係数とする。以下に各区間に補間係数を乗じた結果を示す。

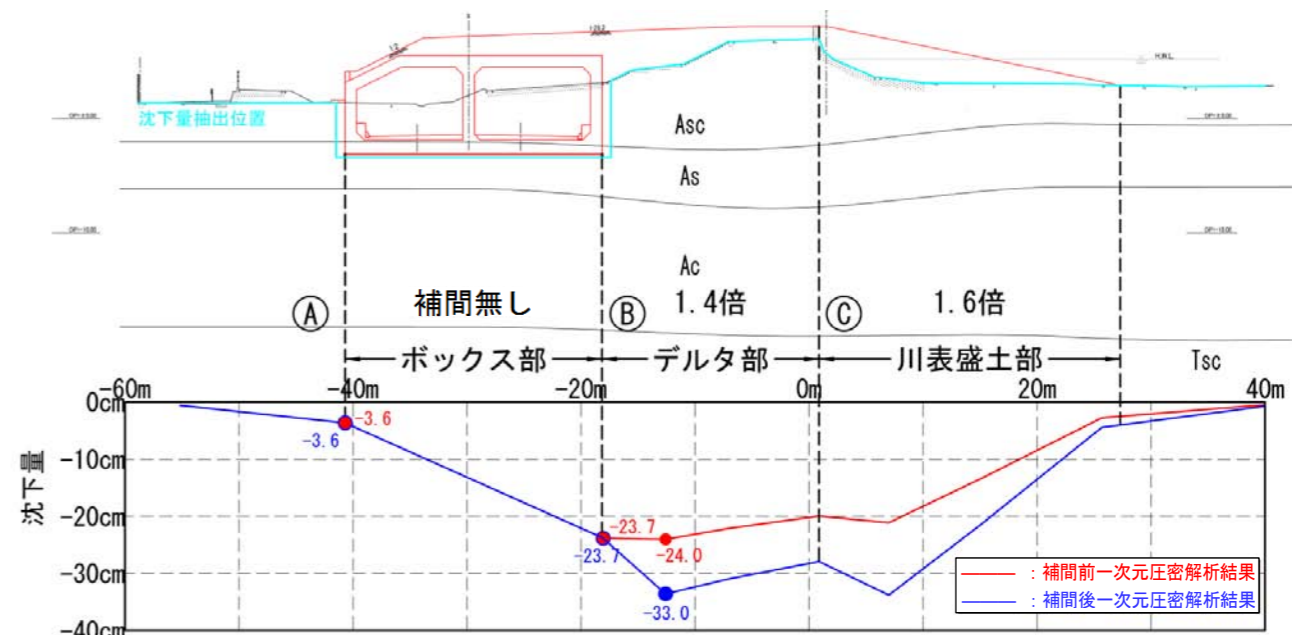


図3.1.4 補間後のNo. 89断面の沈下量分布図

### 3.2 グループII

グループIIの選定断面（No.142断面）の二次元弾粘塑性解析結果と一次元圧密解析結果を示す。  
グループIIは比較的堤防との離隔が小さく、また、道路ボックスの埋設深も浅いため、川表盛土にのみ大きな沈下量が出ている。

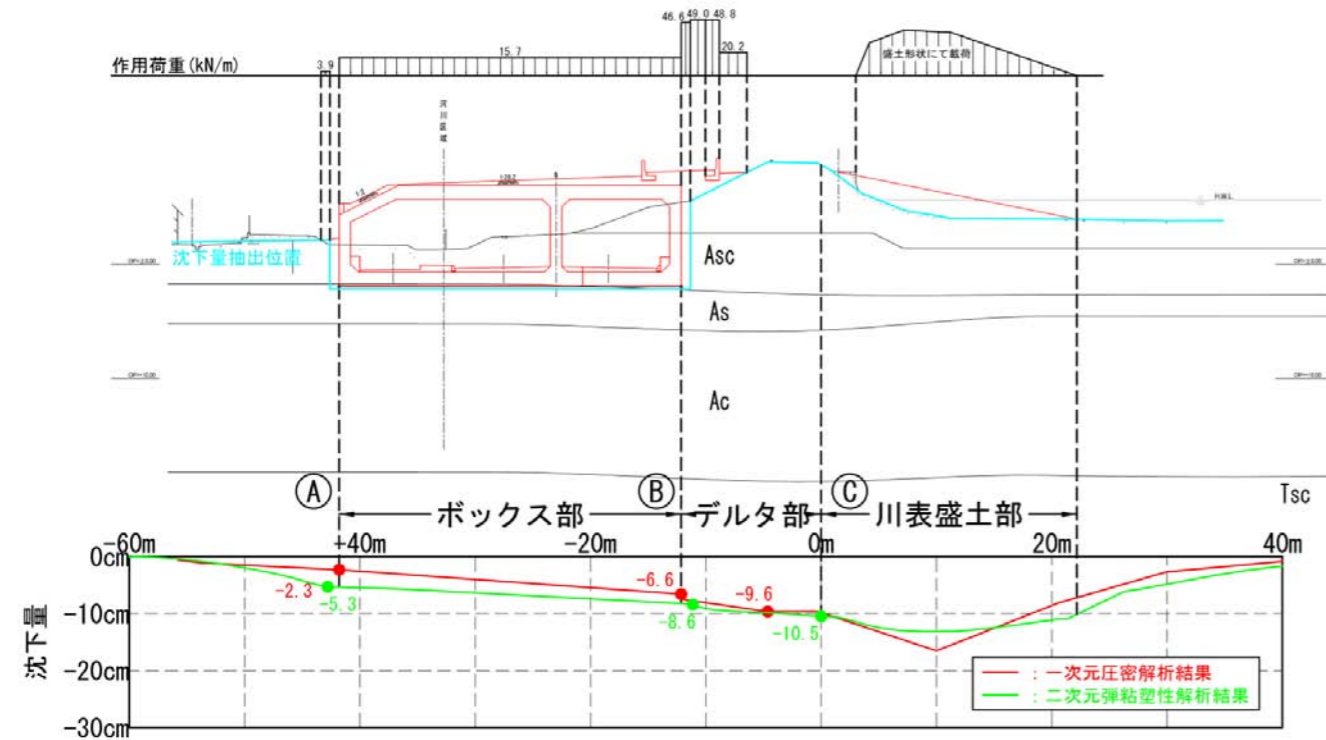


図3.2.1 No.142断面の二次元弾粘塑性解析結果（施工完了後3年）と一次元圧密解析結果

#### 3.2.1 一次元圧密解析と二次元弾粘塑性解析の相関について

##### 【ボックス部：①～②間】

ボックス部において、堤内側および河川側の両側で二次元弾粘塑性解析結果の方が沈下量が大きくなっている。  
二次元弾粘塑性解析の沈下量が大きくなる主要因は、図3.2.2の変形図に示すようにボックス左端①がAs層のせん断変形に伴う沈下量の増加、ボックス右端②はAc層のせん断変形に伴う沈下量の増加が影響したと考えられる。

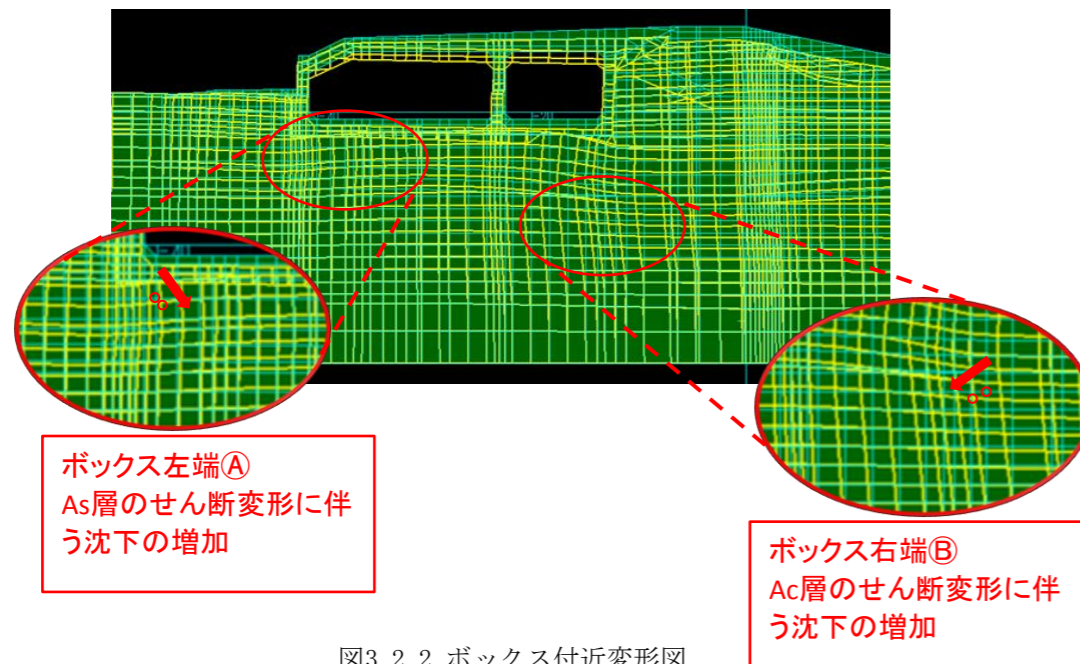


図3.2.2 ボックス付近変形図

##### 【デルタ部：③～④間】

デルタ部については、堤防天端付近については増加荷重がなく、川表盛土とデルタ部堤外側の載荷重によるせん断変形が各々逆方向に働くため、一次元圧密解析結果と二次元弾粘塑性解析結果がほぼ同一の値になったと考えられる。

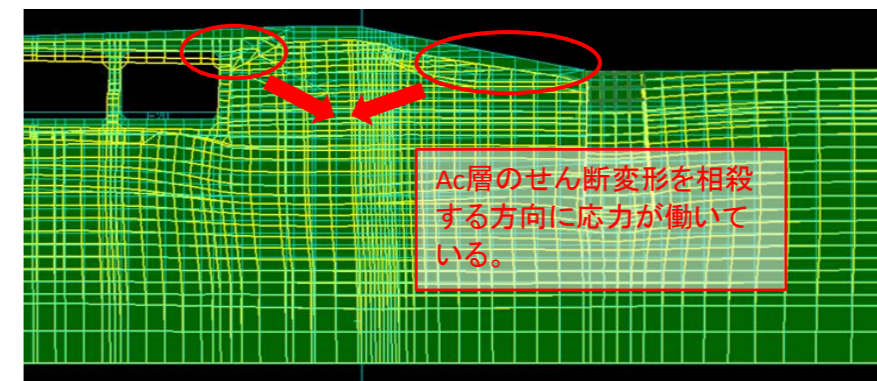


図3.2.3 デルタ部付近変形図

#### 3.2.2 グループIIの沈下量について

##### 【ボックス部：①～②間】

グループIIには、起点部の明かり断面や終点部の分離ボックスおよび明かり断面が含まれているが、これら断面については詳細設計時に対策を検討することとする。  
その他の断面については、一次元圧密解析と二次元弾粘塑性解析との沈下形状は似通っており、この区間の**最大沈下比** ( $8.6/6.6=1.3$ )を補間係数として、ボックス全体の沈下量を割り増すこととする。

##### 【デルタ部：③～④間】

デルタ部の沈下形状は一次元圧密解析と二次元弾粘塑性解析とで似通っており、この区間の**最大沈下比** ( $10.5/9.6=1.1$ )を補間係数とする。

以下に各区間に補間係数を乗じた結果を示す。

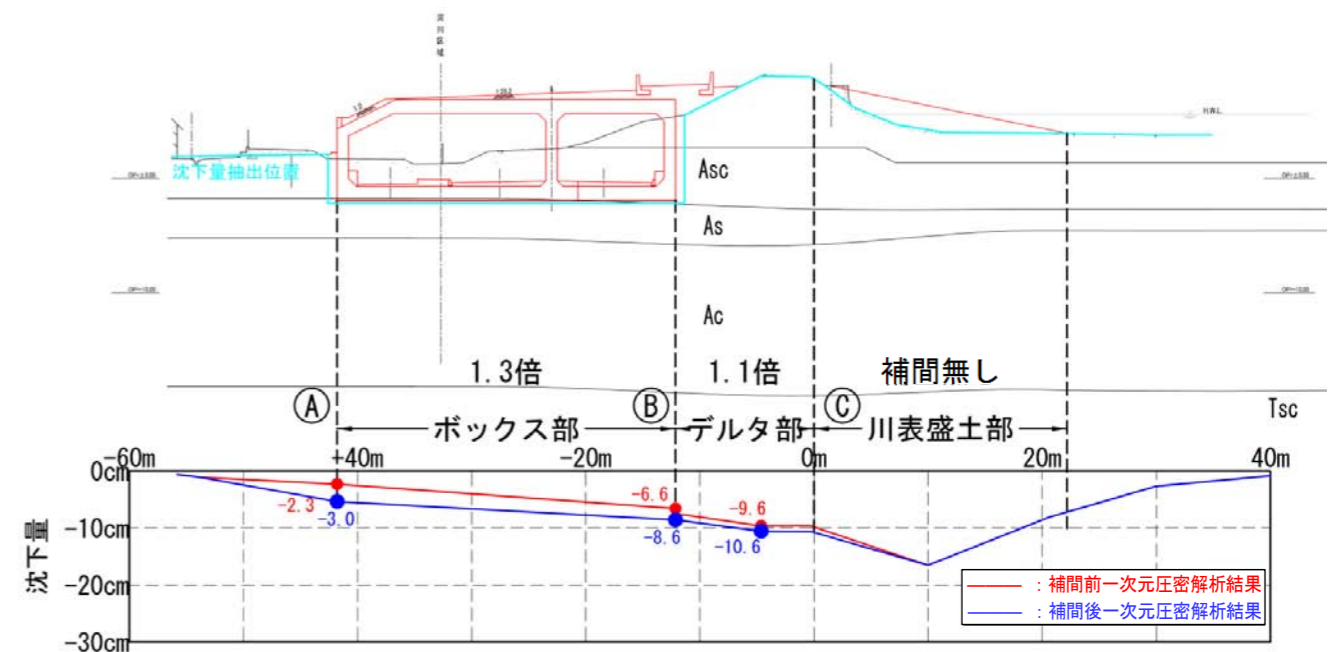


図3.2.4 補間後のNo.142断面の沈下量分布図

### 3.3 グループⅢ

グループⅢの選定断面（No. 50断面）の二次元弾粘塑性解析結果と一次元圧密解析結果を示す。  
グループⅢは堤内側に高規格堤防の一部が既に整備されており、ボックスとの隙間地を埋め立てた場合を想定して荷重設定を行っている。

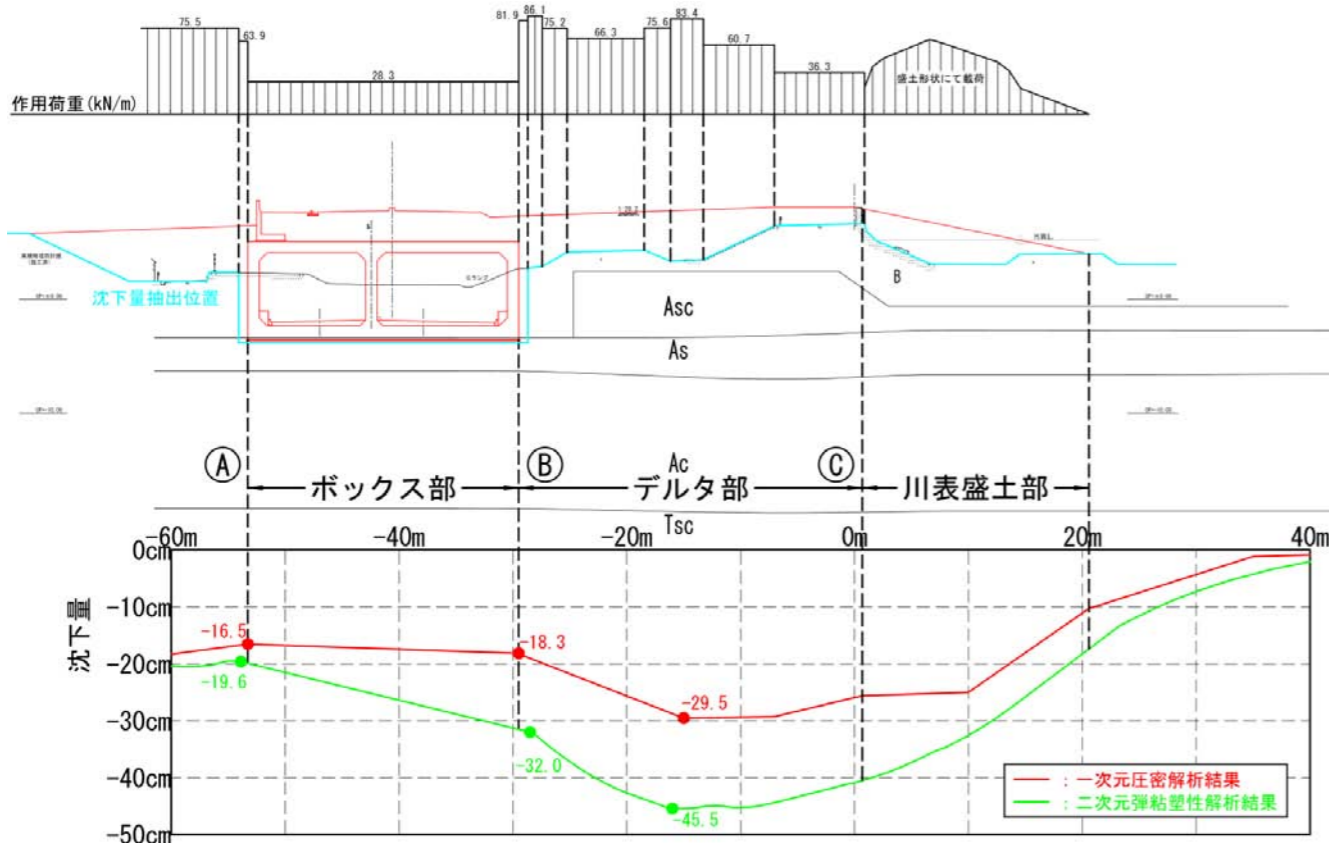


図3.3.1 No. 50断面の二次元弾粘塑性解析結果（施工完了後3年）と一次元圧密解析結果

#### 3.3.1 一次元圧密解析と二次元弾粘塑性解析の相関について

##### 【ボックス部：①～②間】

ボックス部において、二次元弾粘塑性解析結果の方が一次元圧密解析結果よりも沈下量が大きくなっており、また河川側の方がその量は大きくなっている。

これは、下図のとおり、圧密対象層（Ac層）において、応力が河川側では過圧密領域から大きく正規圧密領域へと移行しているのに対し、堤内側ではその程度が小さいことが、原因であると考えられる。

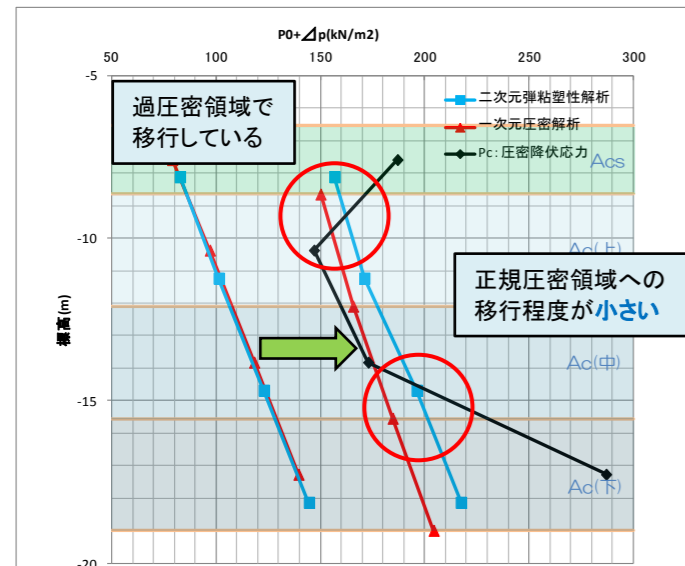


図3.3.2 堤内側Ac層応力変化量

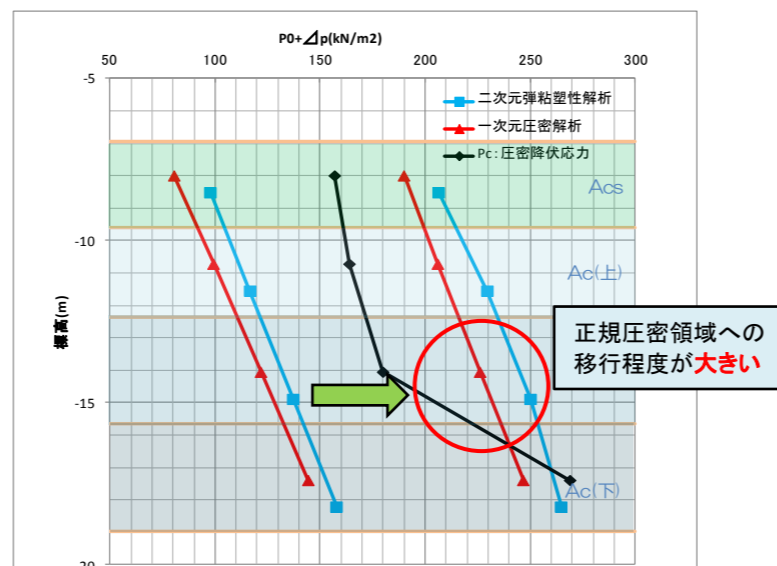


図3.3.3 河川側Ac層応力変化量

##### 【デルタ部：②～③間】

デルタ部については、ボックス部の河川側と同様、正規圧密領域への移行量が多いことに加え、川表盛土部も二次元弾粘塑性解析において過圧密領域から正規圧密領域へと移行しており、沈下量が多いため、そのせん断変形による影響も加わり、一次元圧密解析結果に比べ、大きな沈下量となっている。

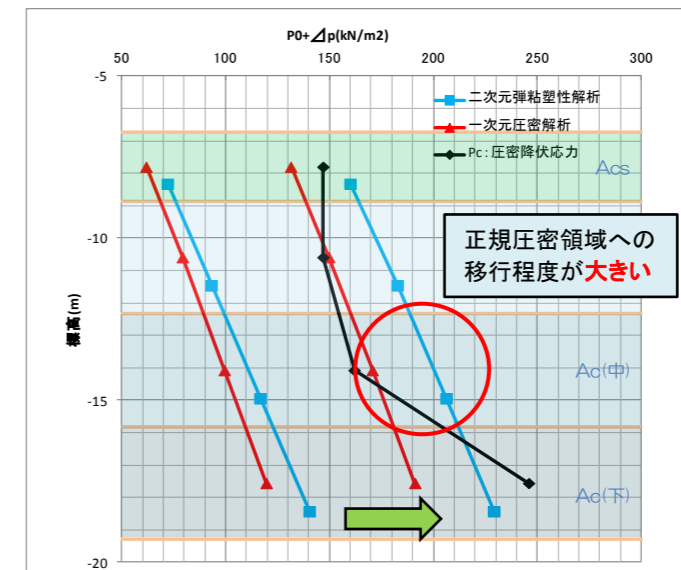


図3.3.4 川表盛土部Ac層応力変化量

#### 3.3.2 グループⅢの沈下量について

##### 【ボックス部：①～②間】

グループⅢは、高規格堤防が既に整備されている特殊区間である。沈下形状については、二次元弾粘塑性解析の方が河川側で大きな沈下が出ているため、ボックスの回転がより厳しく評価されているが、沈下対策の仕様は最大沈下量によって決定するため、**最大沈下比** ( $32.0/18.3=1.8$ ) を補間係数として、ボックス部全体の沈下量を割り増すこととする。

##### 【デルタ部：②～③間】

デルタ部については沈下量の差はあるものの、沈下形状は似通っているため、当該区間の**最大沈下比** ( $45.5/29.5=1.6$ ) を補間係数として、デルタ部全体の沈下量を割り増すこととする。

以下に各区間に補間係数を乗じた結果を示す。

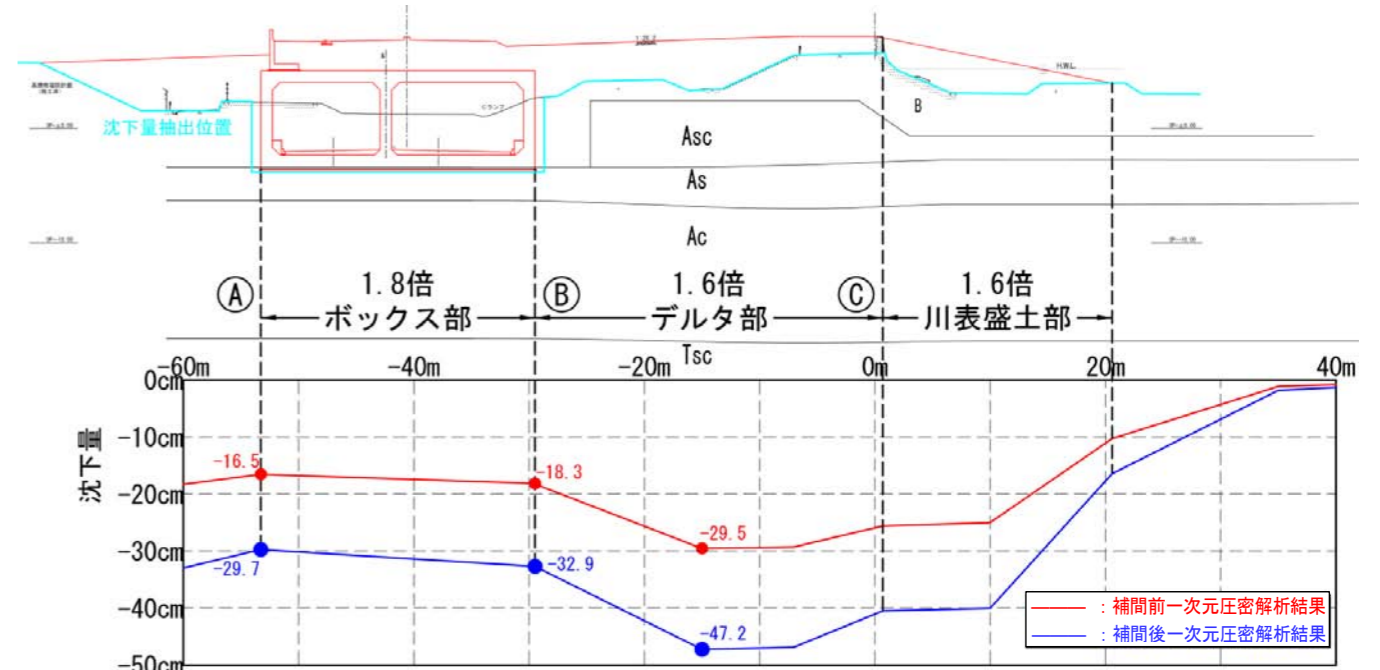
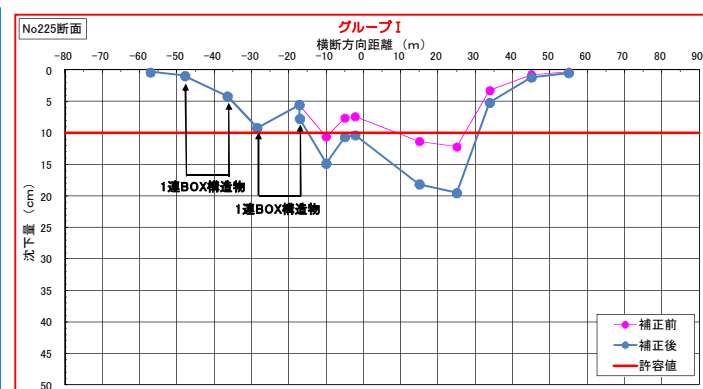
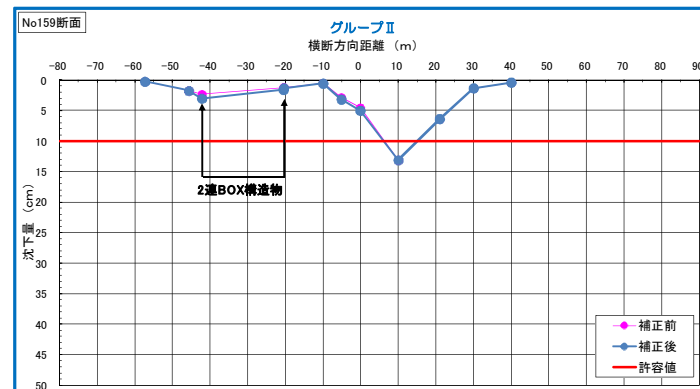
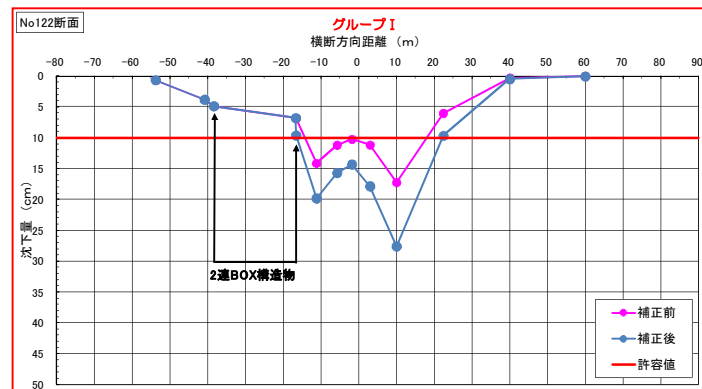
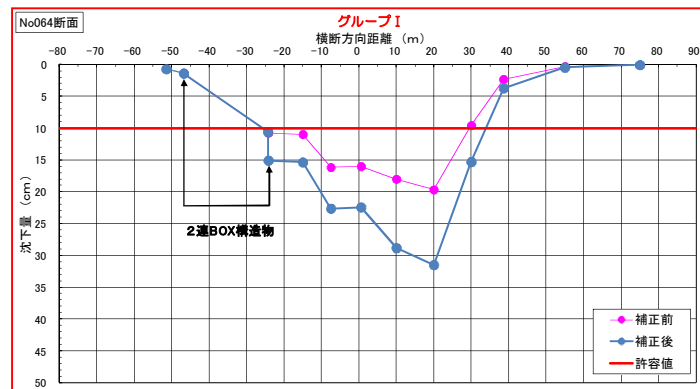
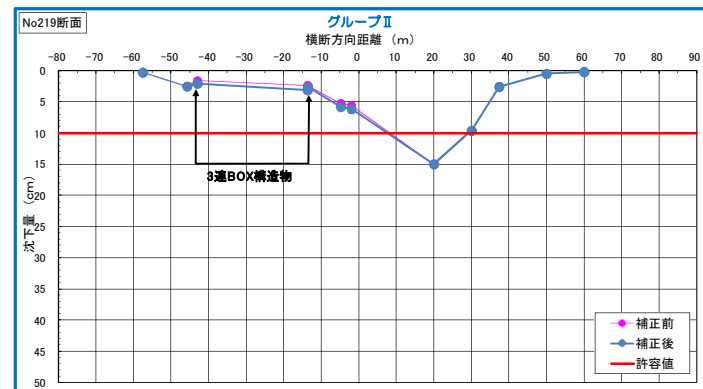
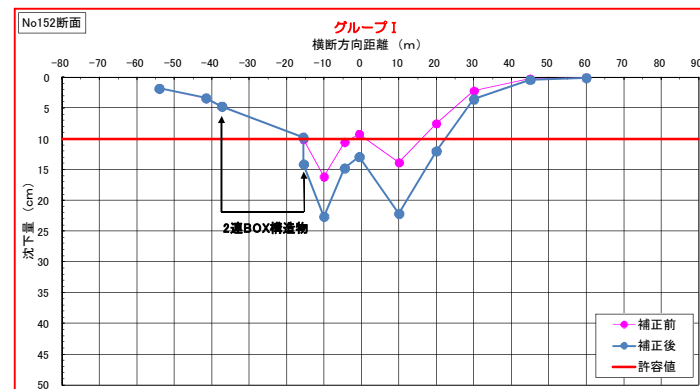
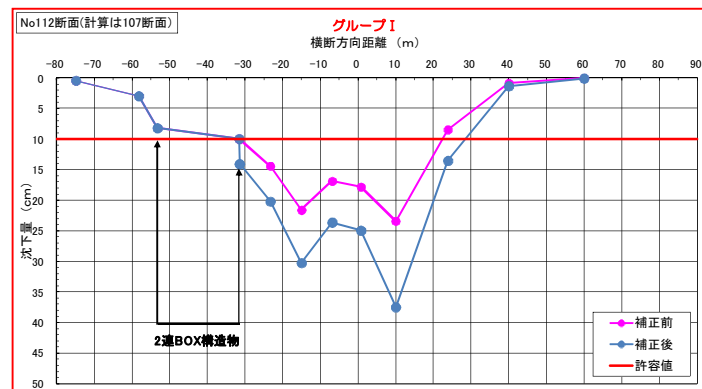
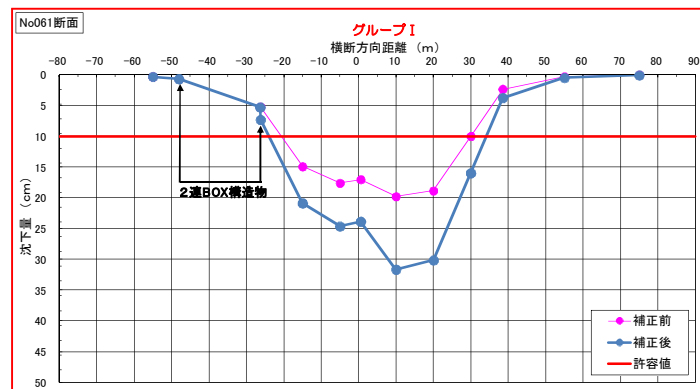
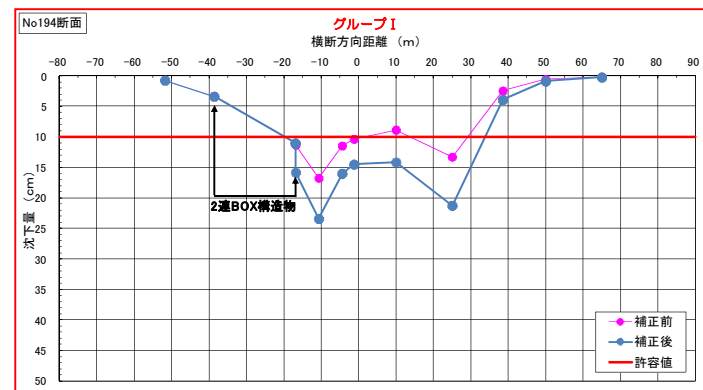
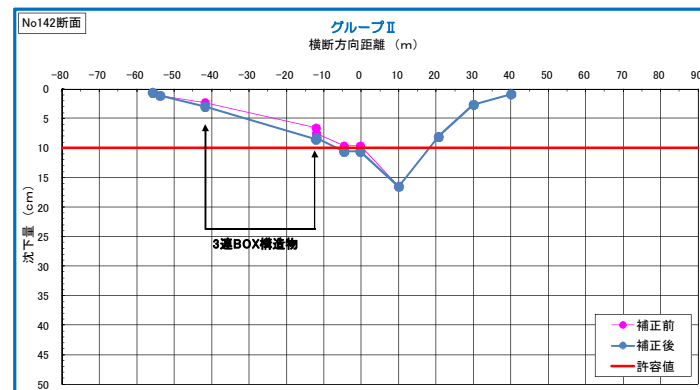
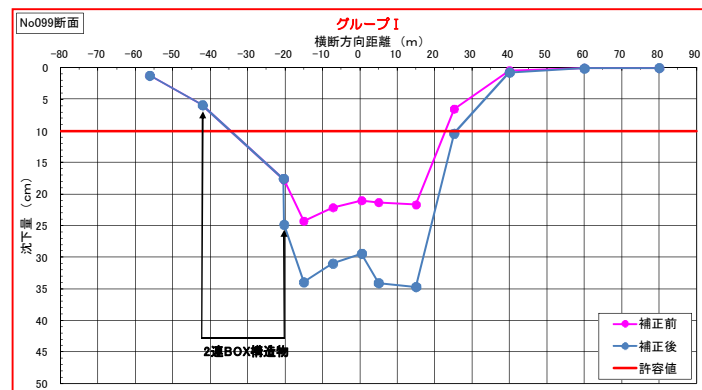
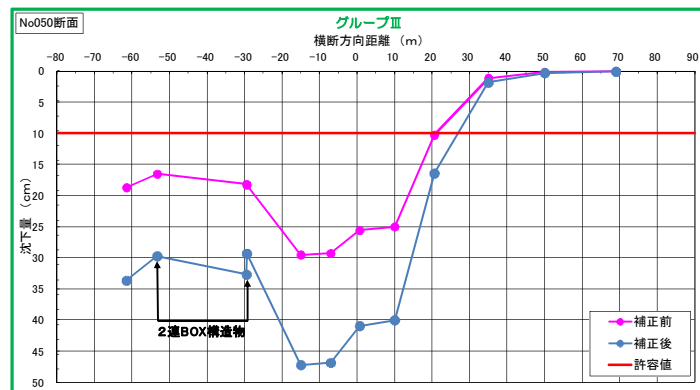
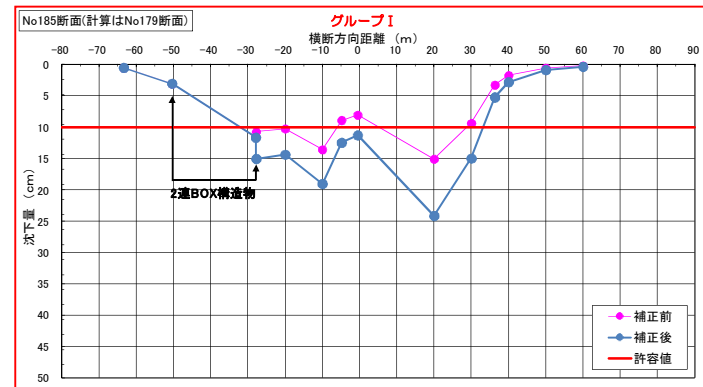
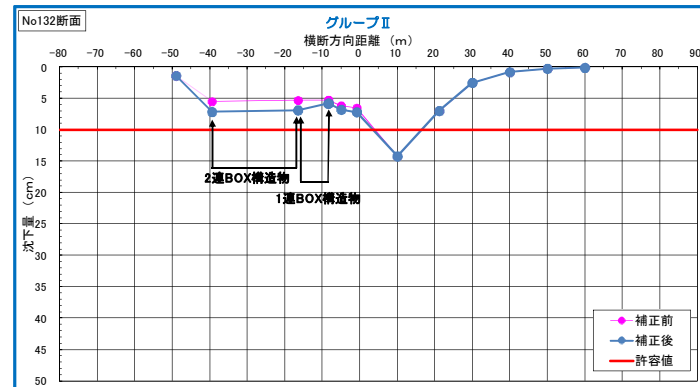
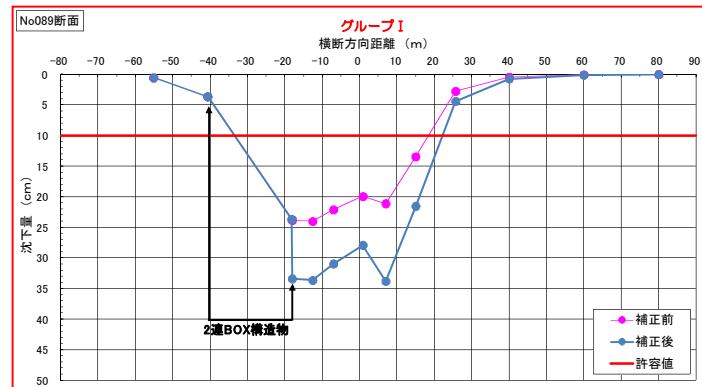
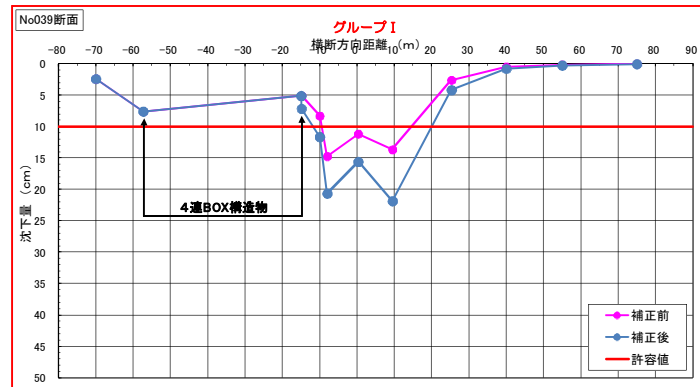
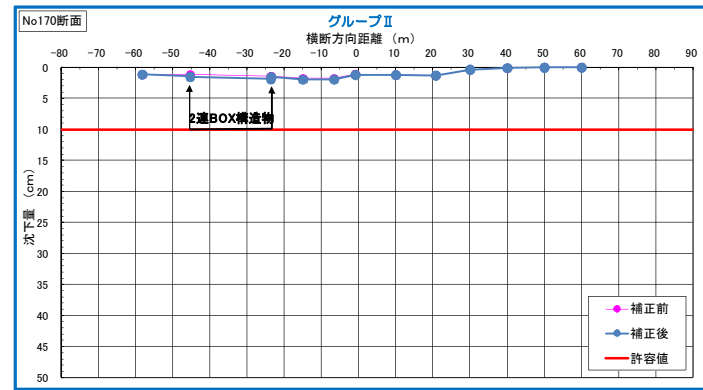
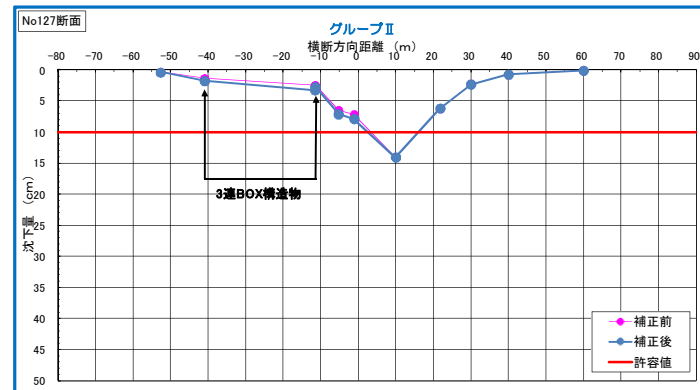
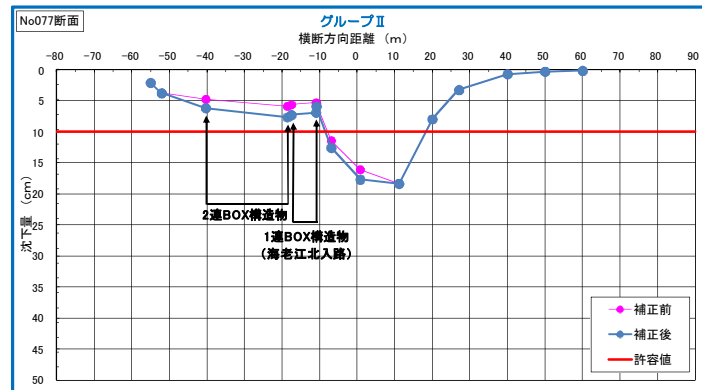
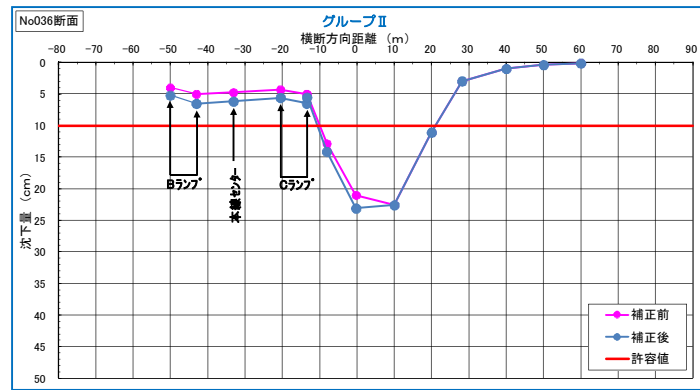


図3.3.5 補間後のNo. 50断面の沈下量分布図

【一次元圧密解析結果(補間前後)】



### 3.4 全線評価のための沈下量

#### 3.4.1 各断面の沈下量（補間後）

各グループの検討結果より、補間係数は以下のとおりとし、一次元圧密解析結果に乗じることとする。

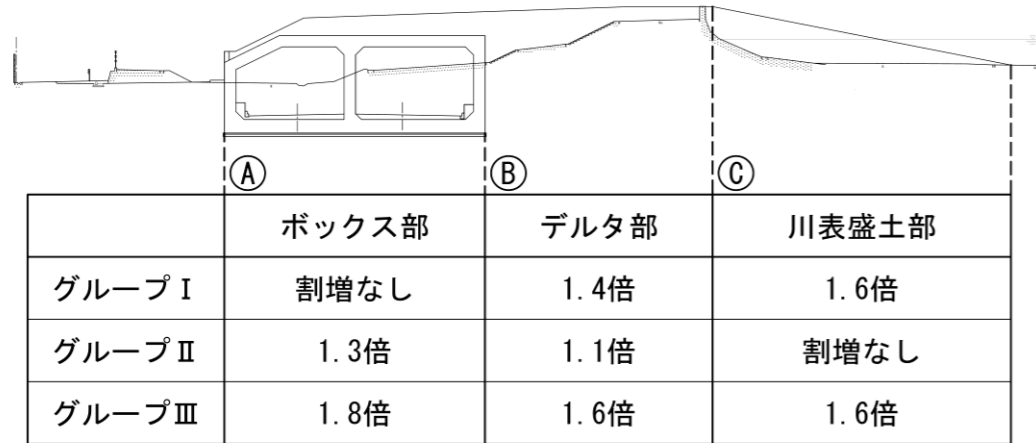


図3.4.1 一次元圧密解析の割増率

表3.4.1 一次元圧密解析結果の割増

グループ	断面	距離標	ボックスの傾斜勾配(%) (割増後)	① ボックス 堤内側		② ボックス 堤外側		③ ~ ④ ボックスと堤体間	
				一次元結果 (cm)	割増後沈下量 (cm)	一次元結果 (cm)	割増後沈下量 (cm)	一次元結果 (cm)	割増後沈下量 (cm)
Ⅰ ボックス部 :割増無し  デルタ部 :1.4倍	No.39	4.2k+123	0.1%	-7.6	-7.6	-5.1	-5.1	-14.8	-20.7
	No.61	4.6k+144	0.2%	-0.7	-0.7	-5.3	-5.3	-17.6	-24.6
	No.64	4.8k+003	0.4%	-1.4	-1.4	-10.6	-10.6	-16.2	-22.6
	No.89	5.2k+087	0.9%	-3.6	-3.6	-23.7	-23.7	-24.0	-33.6
	No.99	5.4k+087	0.5%	-5.9	-5.9	-17.6	-17.6	-24.2	-33.9
	No.105~106	5.6k+004	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	No.112(No.107)	5.6k+139	0.1%	-8.2	-8.2	-9.9	-9.9	-21.6	-30.3
	No.122	5.8k+140	0.1%	-4.9	-4.9	-6.8	-6.8	-14.1	-19.8
	No.152	6.4k+139	0.2%	-4.7	-4.7	-9.8	-9.8	-16.2	-22.6
	No.156~158	6.6k+020	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	No.185(No.179)	7.0k+186	0.4%	-3.1	-3.1	-11.7	-11.7	-13.6	-19.0
	No.194	7.2k+178	0.4%	-3.4	-3.4	-11.0	-11.0	-16.7	-23.4
Ⅱ ボックス部 :1.3倍  デルタ部 :1.1倍	No.225	8.0k+054	0.3%	-9.2	-9.2	-5.5	-5.5	-10.6	-11.7
			0.3%	-0.9	-0.9	-4.2	-4.2		
	No.36	4.2k+062	0.0%	-4.0	-5.2	-5.0	-6.5	-21.0	-23.1
	No.77	5.0k+055	0.1%	-4.7	-6.2	-5.9	-7.6	-16.1	-17.7
	No.127	6.0k+041	0.1%	-1.4	-1.8	-2.5	-3.3	-7.2	-7.9
	No.132	6.0k+139	0.1%	-5.5	-7.2	-5.3	-5.3	-6.6	-7.2
	No.142	6.2k+140	0.2%	-2.3	-3.0	-6.6	-8.6	-9.6	-10.6
	No.159	6.6k+079	0.1%	-2.3	-3.0	-1.2	-1.2	-4.6	-5.0
	No.170	6.8k+098	0.0%	-1.2	-1.5	-1.4	-1.9	-1.8	-1.9
	No.174~178	6.9k+078	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
No.219	7.8k+106	0.0%	-1.6	-2.1	-2.4	-3.1	-5.6	-6.1	
No.231	8.2k+008	0.0%	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-5.0	-5.5	
No.238	8.2k+151	0.0%	0.0	-0.1	-0.3	-0.4	-8.0	-8.8	
Ⅲ ボックス部:1.8倍 デルタ部:1.6倍	No.50	4.4k+132	0.1%	-16.5	-29.7	-18.2	-32.7	-29.5	-47.2

※黄色着色部は、一次元結果において許容値を超過していた箇所。

※紫色着色部は、割増後の値において許容値を超過した箇所。

※沈下量の対策設定基準値は10cmとしている（第4回委員会時と変更なし）。

#### 3.4.2 対策工法の選定方針

以上より、第4回委員会において検討した、ボックス直下の**縦断的な対策範囲については変更がない**こととなった。

ただし、横断方向の対策範囲については、第4回委員会においても指摘があったように、構造物と土堤との間の不等沈下を低減する対策が必要であるため、基本方針としては、構造物と土堤防が一体として沈下するよう、**圧密促進工法を最優先工法として選定することとし、堤防として可能な範囲を地盤改良をすることとする。**

やむを得ず**圧密抑制工法を採用する場合は**、ボックス端部直下のみの改良ではなく、**土留め鋼矢板まで（ボックス端部から80cm）の範囲は改良することとする。**

- ① 圧密促進工法については、堤防として可能な範囲を改良する。
- ② 圧密抑制工法については、拡幅する効果があまり得られないことから、ボックス直下+80cm（土留め矢板までの純離隔）を改良することとする。
- ③ 堤防と一体構造であることを鑑み、圧密促進工法を最優先工法として検討していくこととする。

# ■ 圧密沈下対策選定方針

## 4. 圧密沈下対策選定方針について

圧密沈下対策について、第4回委員会では以下の3工法から選定することとなっている。

- ① 圧密促進工法：静的サンドドレーン工法+載荷重
- ② 圧密抑制工法：静的締固め工法（サンドコンパクション）
- ③ 圧密抑制工法：固結工法（深層混合処理工法）

本章では、圧密促進工法および圧密抑制工法の対策効果とその適用方針について検討を行う。  
 なお、検討断面は圧密促進工法と圧密抑制工法（固結工法）の両工法の適用が考えられるNo. 50断面を選定する。

### 4.1 圧密促進工法

圧密促進工法は、載荷重の放置期間が施工工程上確保できるかが課題であるため、放置期間をパラメータとして3ケース（載荷重放置期間6か月、12か月、24か月）を実施し、圧密進行程度を取りまとめる。  
 また、デルタ部については、圧密促進工法を基本とし、載荷重のみの効果を検討する。

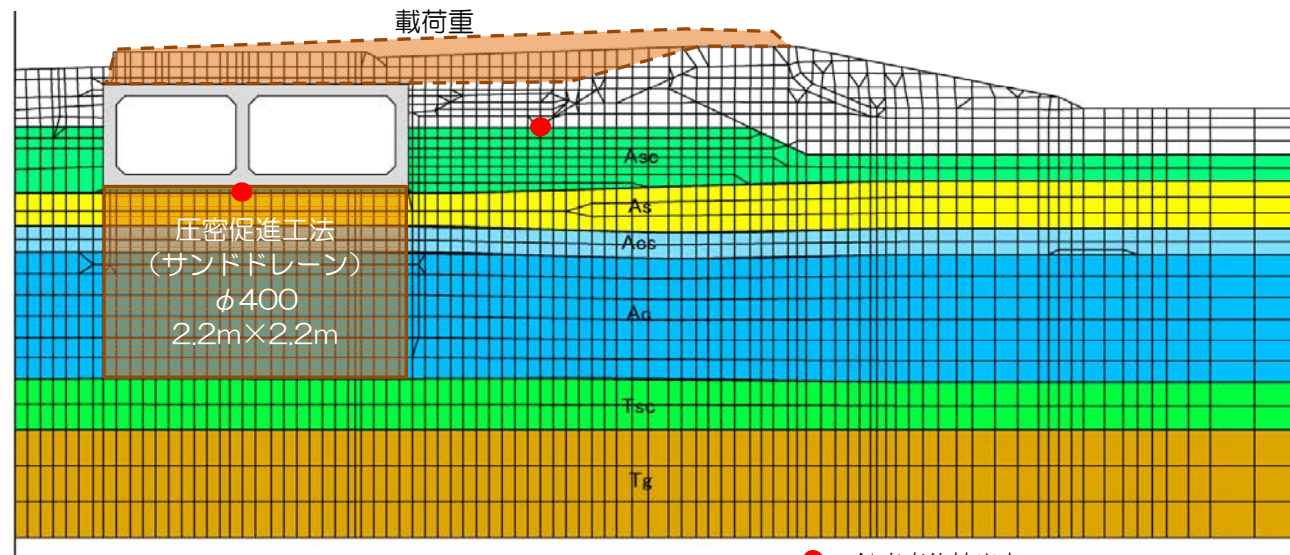


図4.1.1 圧密促進工法検討断面図

圧密促進工法以外の工種が概ね600日で施工完了するものとし、各ケースの施工完了直後から10年間の鉛直変位分布図を以下に示す。

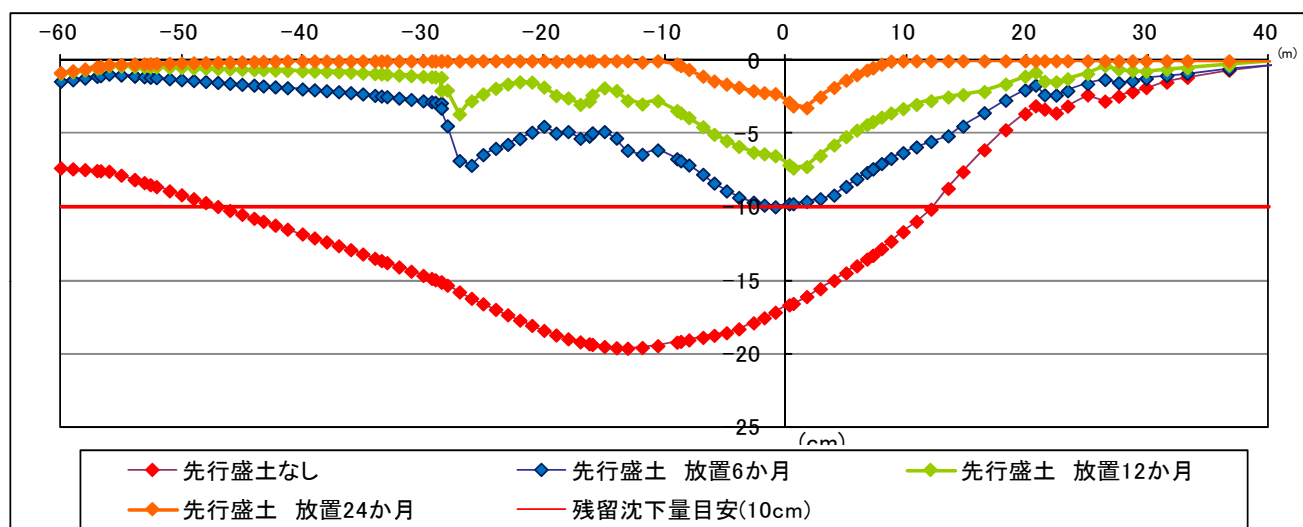


図4.1.2 施工完了直後から10年間の鉛直変位分布図

### 【ボックス部：サンドドレーン工法+載荷重】

ボックス部において、圧密促進工法施工後、12か月以上放置期間を設けた場合、施工完了後の残留沈下はほぼ発生しない。また、6か月の放置期間を設けた場合、約1.5cmの残留沈下が発生する。  
 ボックス直下にサンドドレーンを施工することにより、無対策では圧密度90%に達するまでに施工完了後1,400日程度要していたが、概ね6か月の放置期間で圧密度90%程度に達する結果となった。  
 よって、ボックス部にはサンドドレーン工法を行い、載荷重の放置期間を6か月以上設けることとする。

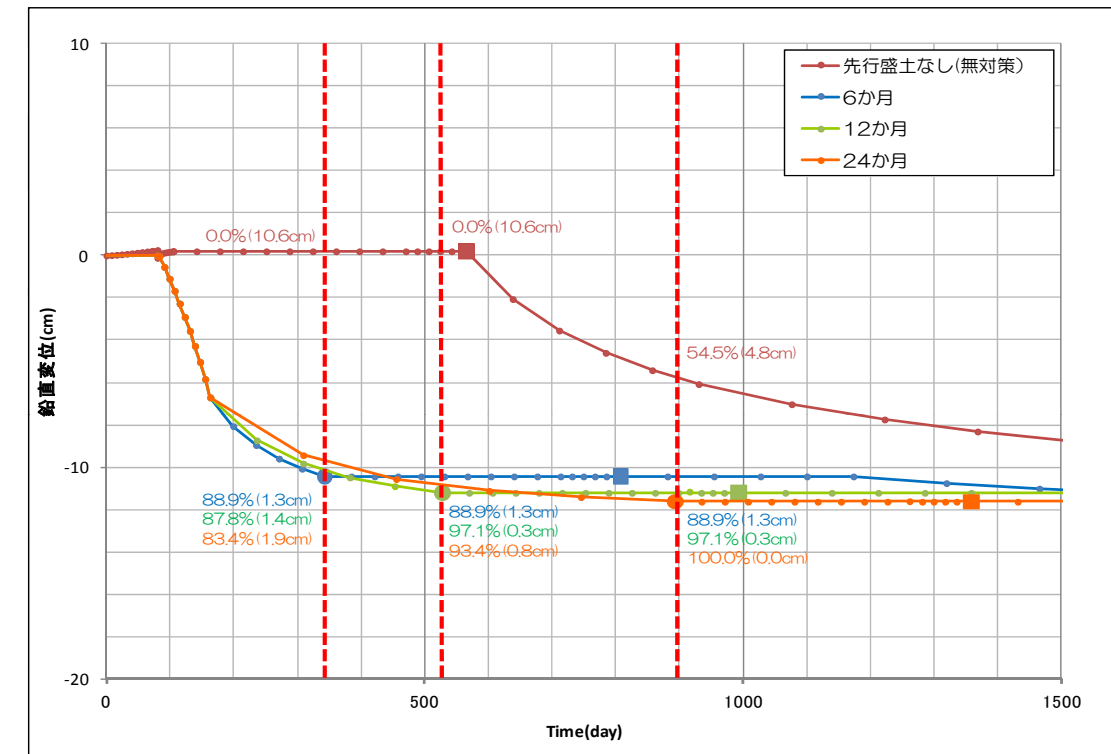


図4.1.3 ボックス直下鉛直変位時刻歴図

●：放置期間終了時点  
 ■：施工完了時点  
 ※図中の数値は施工完了5年後の沈下量に対する圧密度を示す。  
 ( )内は残留沈下量

### 【まとめ】

施工工程上、**ボックス部は放置期間6か月程度**から施工開始となることが考えられ、施工完了後1.5cm程度の残留沈下が発生することが見込まれる。

一方、**デルタ部の載荷重**は、河川管理用通路の切替等も兼ねることから、**放置期間が12か月以上**となることが考えられ、施工完了後の残留沈下量もボックス部と同程度が見込まれる。ただし、放置期間が6か月程度となる場合は、ボックスと土堤間に不等沈下が生じる可能性があるため、施工完了後の点検等で留意する必要がある。



#### 4.2 圧密抑制工法

圧密抑制工法（固結工法）については、ボックス直下のみ地盤改良を行い、デルタ部については、圧密促進工法と同様、荷重による圧密促進工法を用いるため、ボックス部と土堤部との施工完了後の不等沈下が課題となる。

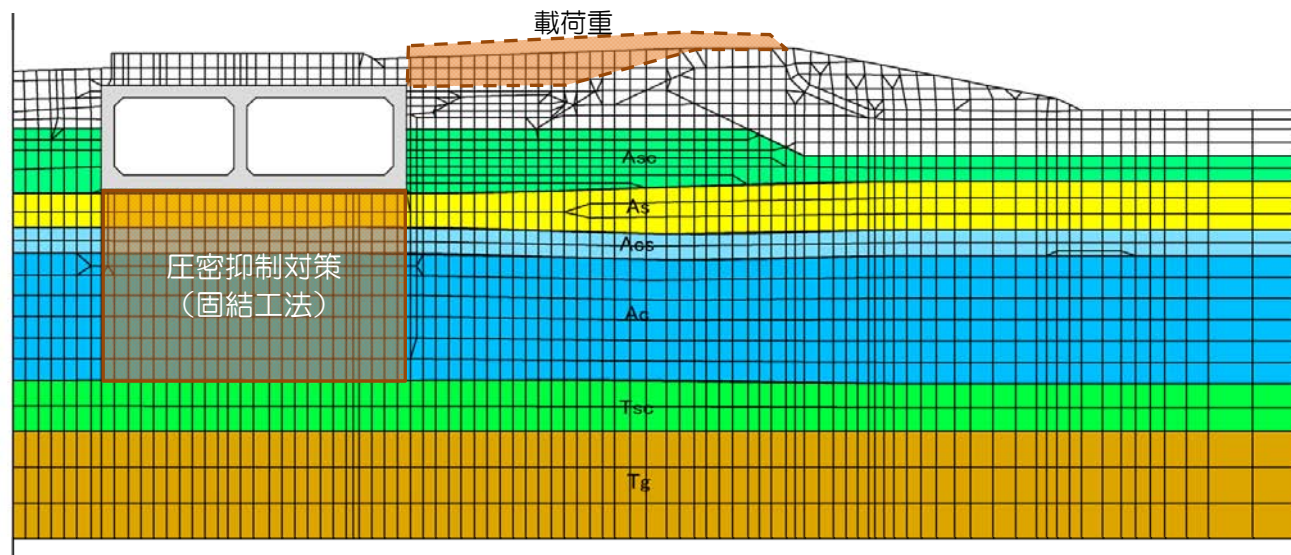


図4.2.1 圧密抑制工法検討断面図

デルタ部の荷重の放置期間を6か月、12か月、24か月設けた場合の各々の施工完了直後から10年後の沈下分布図を示す。

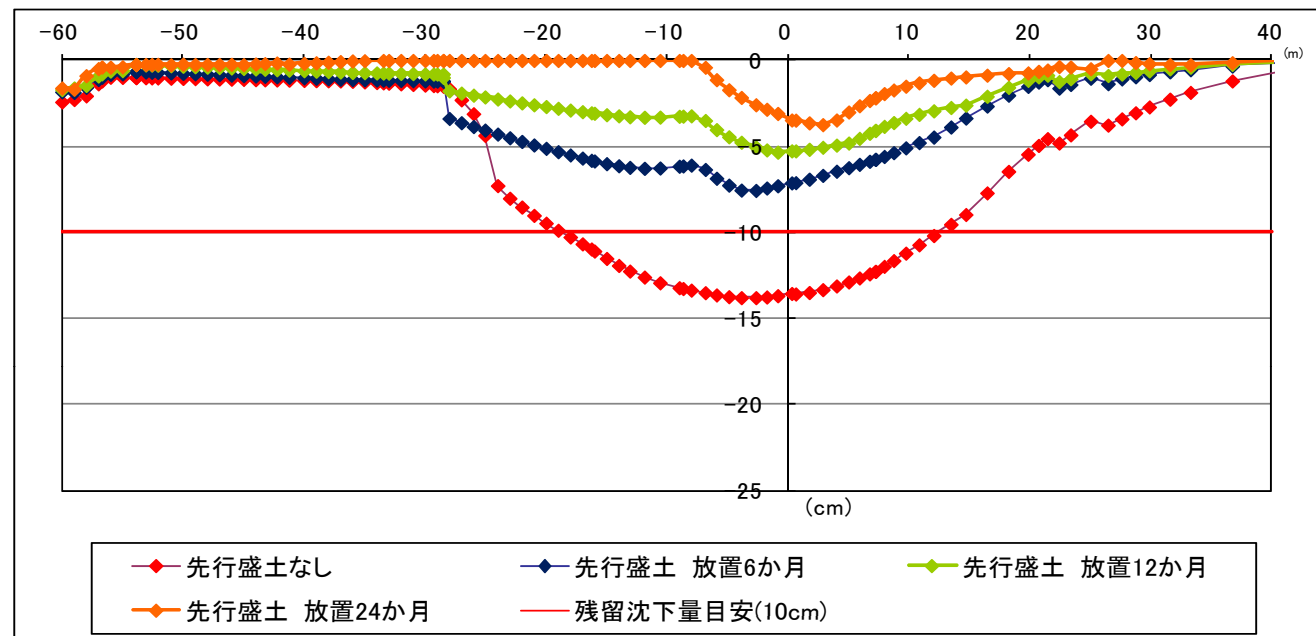


図4.2.2 施工完了直後から10年間の鉛直変位分布図

図4.2.2より、ボックス部とその近傍において、放置期間が6か月以下の場合、不等沈下（最大4cm程度）が生じていることが分かる。

施工工程上、デルタ部の荷重は河川管理用通路の切替等も兼ねるため、12か月以上となることが考えられるため、極力長期間放置する方針として、今後、詳細な施工計画を検討することとする。

#### 【圧密抑制工法の効果について】

以下に圧密抑制工法（固結工法）をボックス直下のみ適用した場合の沈下形状および沈下量の一次元圧密解析との比較を示す。

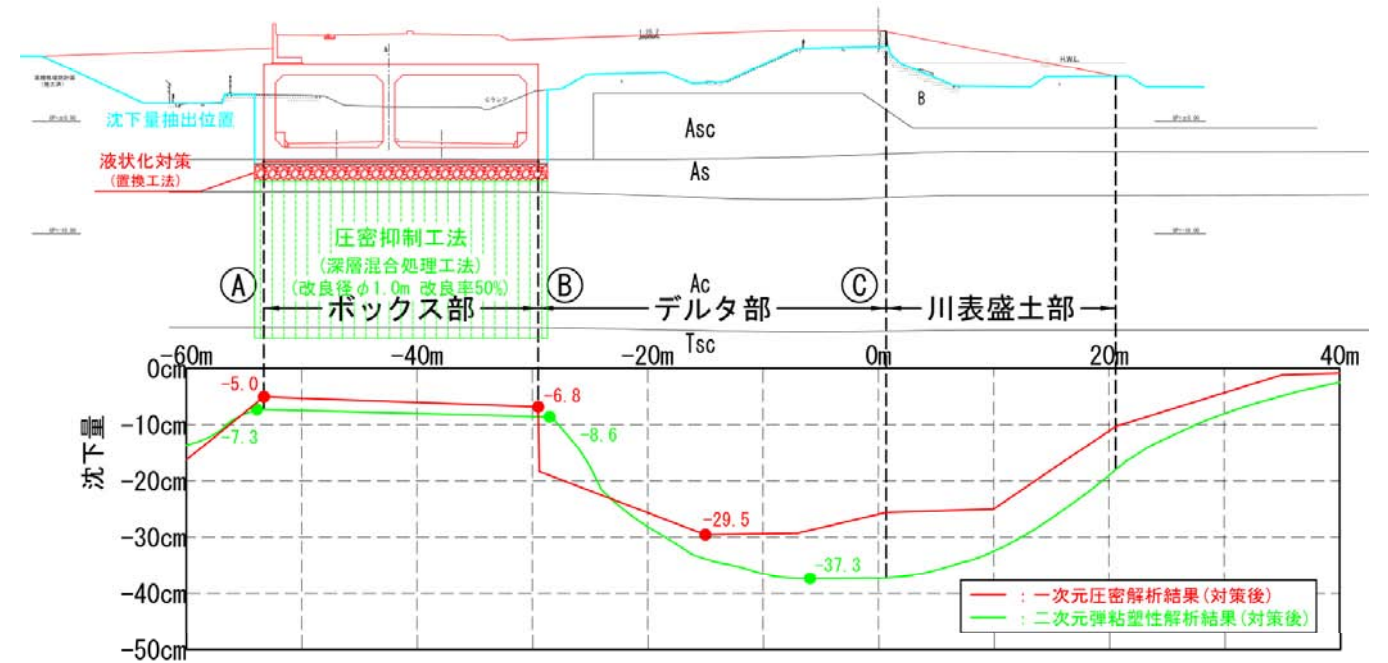


図4.2.3 No. 50断面における圧密抑制工法（固結工法）適用後の一次元圧密解析と弾粘塑性解析との比較

ボックス部の沈下形状については、一次元圧密解析と弾粘塑性解析とではほぼ一致しており、沈下量についても同程度となっている。デルタ部については、ボックス部の沈下が抑制されることから、そのせん断変形による沈下量が軽減され、最大沈下量発生位置が堤防天端付近になっている。

参考にNo. 89断面における圧密抑制工法（固結工法）適用後の一次元圧密解析結果と弾粘塑性解析結果を以下に示す。

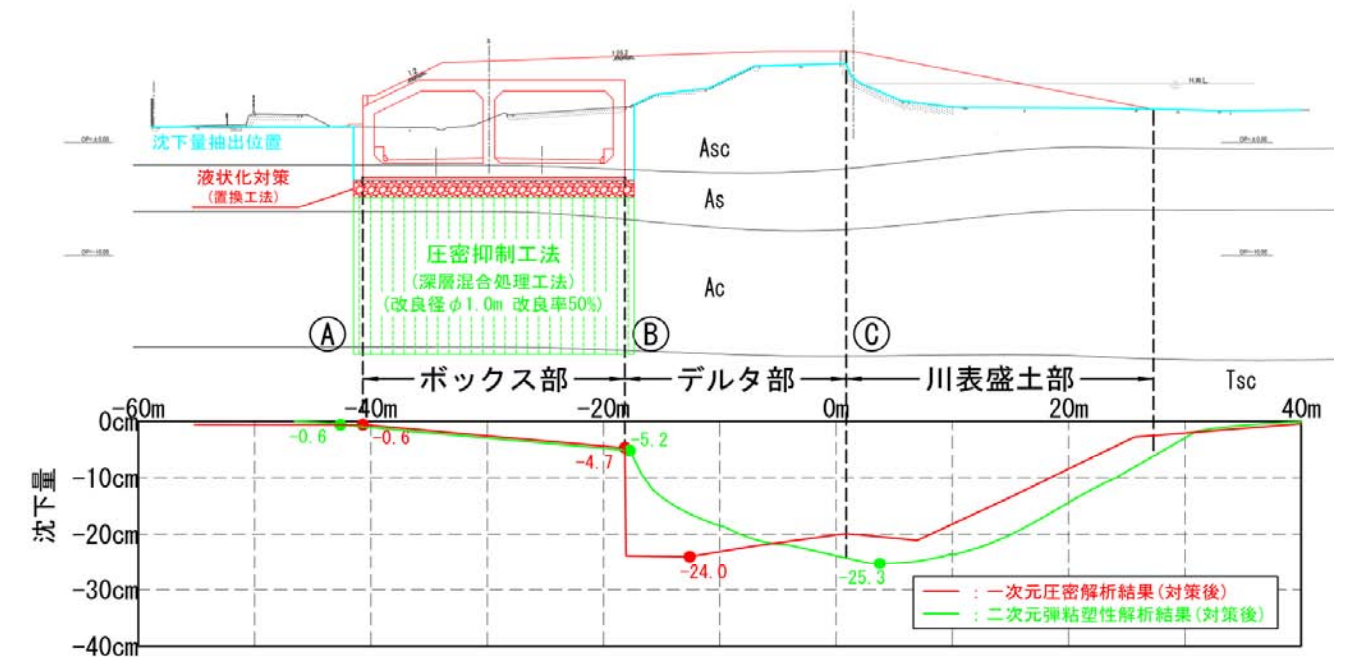


図4.2.4 No. 89断面における圧密抑制工法（固結工法）適用後の一次元圧密解析と弾粘塑性解析との比較

No. 50断面と同様、沈下形状および沈下量は、一次元圧密解析と弾粘塑性解析とではほぼ同程度となっており、デルタ部の最大沈下量発生位置が堤防天端側で発生する傾向も同様であることが分かる。

以上のことから、デルタ部、特に堤防天端付近の施工時のオーバーレイが必要となる。

また、圧密抑制工法を実施した場合には、対策を実施しない函体との相対変位についても照査する必要がある。

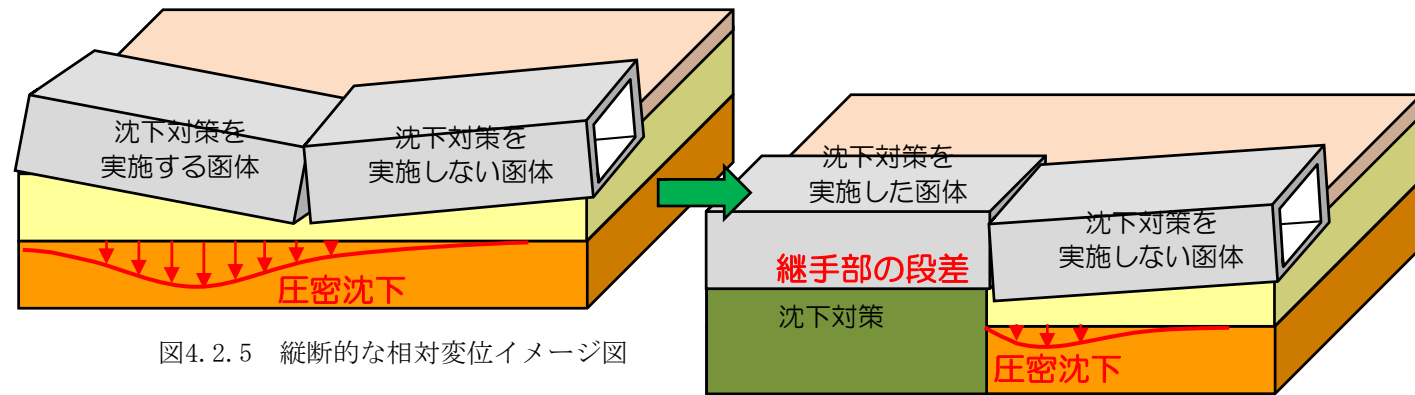


図4.2.5 縦断的な相対変位イメージ図

ただし、第4回委員会において耐震対策（継手部の目開き量）として、杭基礎前後の函体は、函体長を40mとし、その直下には、固結工法を用いることとされている。

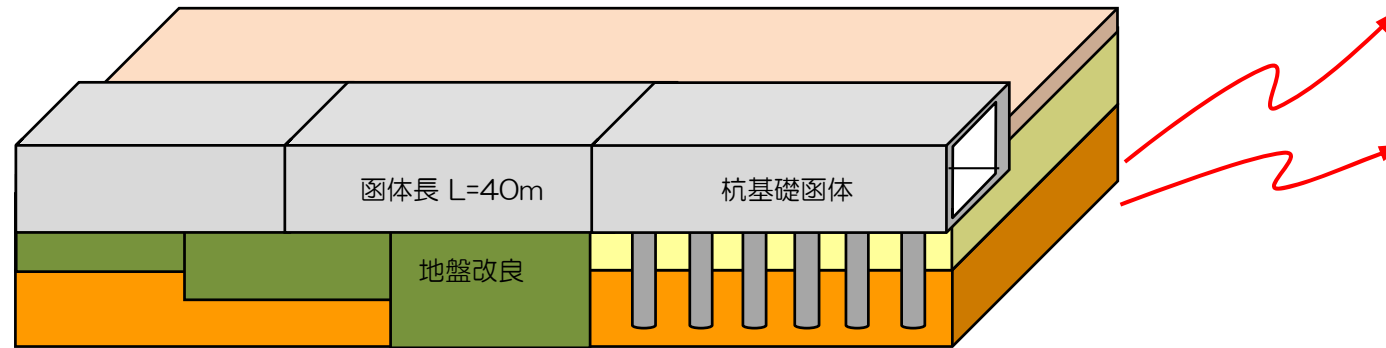


図4.2.6 耐震対策（継手部の目開き量）イメージ図

また、ボックス完成後のボックス部とデルタ部との不等沈下について、圧密促進工法を実施する断面についてはボックス完成時にボックス部で約90%、デルタ部で約80%まで圧密が完了している。

下図に全線のボックス堤外側とデルタ部との施工完了後の残留沈下量を示す。

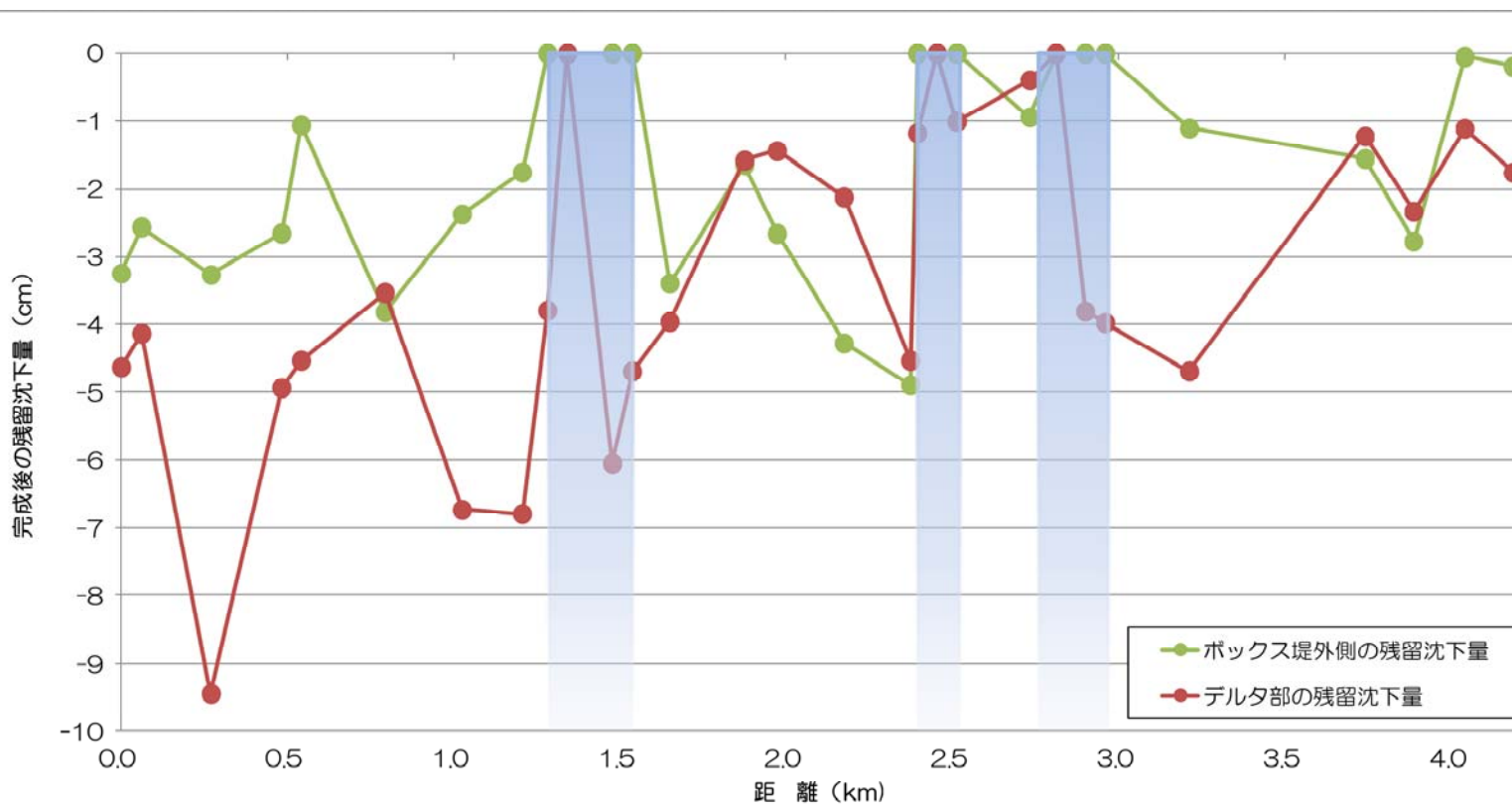


図4.2.7 ボックスとデルタ部との相対沈下量

表4.2.3 圧密抑制工法実施後の一次元圧密解析結果（補間後）

断面	距離標	ボックスの傾斜勾配 (%)	① ボックス 堤内側		② ボックス 堤外側		デルタ部
			沈下量 (cm)	相対変位量 (cm/l)	沈下量 (cm)	相対変位量 (cm/l)	
No. 36	4.2k+062	0.0%	-5.2	-	-6.5	-	-23.1
No. 39	4.2k+123	0.1%	-7.6	-3.1	-5.1	1.8	-20.7
No. 50	4.4k+132	0.1%	-8.0	-0.2	-8.8	-1.4	-47.2
No. 61	4.6k+144	0.2%	-0.7	2.8	-5.3	1.3	-24.6
No. 64	4.8k+003	0.4%	-0.9	-0.3	-6.6	-1.8	-22.7
No. 77	5.0k+055	0.1%	-6.2	-1.7	-7.6	-0.3	-17.7
No. 89	5.2k+087	0.9%	-1.0	1.8	-6.4	0.4	-33.6
No. 99	5.4k+087	0.5%	-1.1	0.0	-4.4	0.9	-33.9
No105~106	5.6k+004	-	0.0	0.4	0.0	1.6	0.0
No. 112 (No.107)	5.6k+139	0.1%	-1.5	-0.6	-2.6	-1.0	-30.3
No. 122	5.8k+140	0.1%	-4.9	-1.6	-6.8	-1.9	-19.8
No. 127	6.0k+041	0.1%	-1.8	1.1	-3.3	1.2	-7.9
No. 132	6.0k+139	0.0%	-7.2	-4.4	-6.9	-3.0	-7.3
No. 142	6.2k+140	0.2%	-3.0	1.7	-8.6	-0.7	-10.6
No. 152	6.4k+139	0.2%	-0.9	0.8	-2.9	2.3	-22.6
No. 156~157	6.6k+020	-	0.0	0.4	0.0	1.4	0.0
No. 159	6.6k+079	0.1%	-3.0	-1.8	-1.6	-0.9	-5.0
No. 170	6.8k+098	0.0%	-1.5	0.6	-1.9	-0.1	-1.9
No. 174~178	6.9k+078	-	0.0	1.5	0.0	1.9	0.0
No. 185 (No. 179)	7.0k+186	0.4%	-0.8	-0.4	-2.9	-1.4	-19.0
No. 194	7.2k+178	0.4%	-0.9	0.0	-4.5	-0.4	-23.4
No. 219	7.8k+106	0.0%	-2.1	-0.2	-3.1	0.2	-6.2
No. 225	8.0k+054	0.3%	-9.2	-3.8	-5.5	-1.3	-14.8
No. 231	8.2k+008	0.0%	0.0	4.8	-0.1	2.8	-5.5
No. 238	8.2k+151	0.0%	-0.1	0.0	-0.4	-0.2	-8.8

- ※ 着色部は、沈下量の許容値を超過していた断面
- ※ 着色断面は、耐震対策（継手部の目開き量）対策として、既に対策実施が確定してる断面
- ※ 着色断面は、杭基礎断面

以上より、杭基礎前後区間については、耐震対策（継手部の目開き量）を兼ねた固結工法を採用し、その他区間については、堤防との一体的な維持管理を行うという観点から、圧密促進工法を採用し、堤防と構造物間の不等沈下やクラックの発生を抑制することとする。

#### 4.3 デルタ部および堤防天端オーバーレイ計画

デルタ部および堤防天端には、載荷重による先行圧密を基本としているため、施工完了後に残留沈下が極力残らないように、施工期間中においても段階的にオーバーレイ（余盛）を行うこととする。以下にデルタ部および堤防天端での載荷重による鉛直変位の時刻歴を示す。

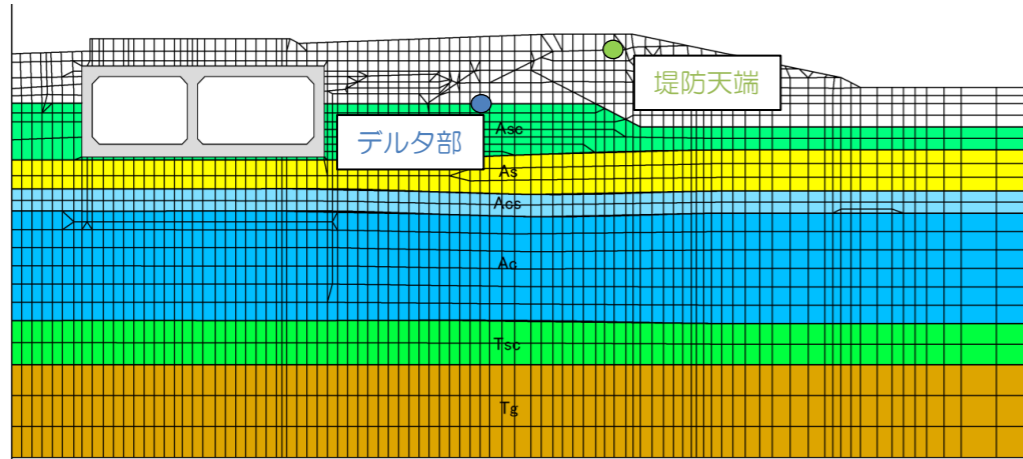


図4.3.1 No50断面における鉛直変位抽出箇所図

#### 4.3.1 施工期間中のオーバーレイ計画

川表盛土部については、沈下量が多いことから先行的に整備し、一定量沈下が進む毎にオーバーレイを行うこととしており、図4.3.2からも分かるように、川表盛土およびデルタ部の載荷重を施工してから沈下が進み、放置期間（ここでは12か月とした）終了後には、最終沈下量の80～90%程度に達している。

よって、川表盛土およびデルタ部の載荷重を施工時に一定量の余盛を行い、更に川表盛土および載荷重盛土施工完了時にオーバーレイ（不陸修正）することにより、現況堤防高相当を確保できるように施工する。

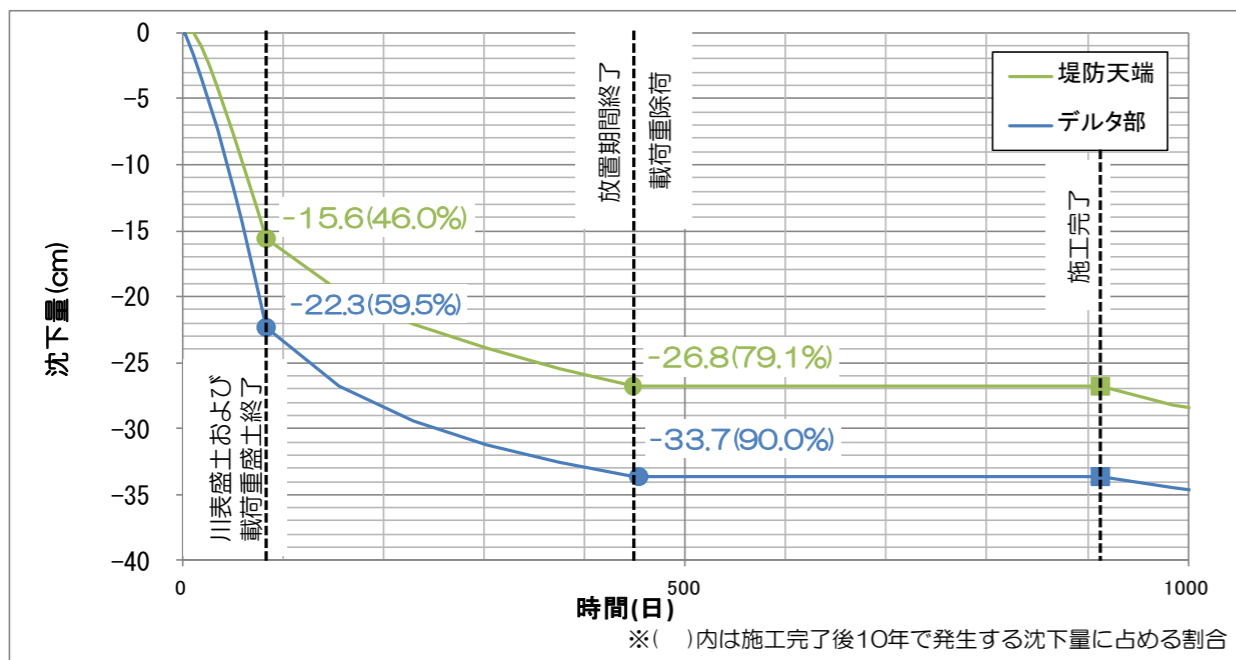


図4.3.2 施工期間中のデルタ部周辺における鉛直変位時刻歴

#### 4.3.2 完成時の余盛

図4.3.2より施工終了後、堤防天端付近では最終沈下量の約20%の沈下が発生することが分かる。

一次元圧密解析結果に補間係数を乗じた川表側およびデルタ部の沈下量を以下に示す。この20%程度が施工完了後に沈下する可能性があるため、余盛による沈下量の増加も含め、**20cm以上の余盛を行う**こととする。

表4.3.1 デルタ部および川表盛土部の一次元圧密結果

工区	断面	距離標	B ~ C ボックスと堤体間				C ~ 川表盛土部			
			一次元沈下量 (cm)	補間後沈下量 (cm)	最大沈下量 (cm)	平均余盛量 (cm)	一次元沈下量 (cm)	補間後沈下量 (cm)	最大沈下量 (cm)	平均余盛量 (cm)
第1工区	No.36	4.2k+062	-21.0	-23.1	-47.2	10.0	-22.6	-22.6	-40.0	10.0
	No.39	4.2k+123	-14.8	-20.7			-13.7	-21.9		
	No.50	4.4k+132	-29.5	-47.2			-25.0	-40.0		
	No.61	4.6k+144	-17.6	-24.6			-19.8	-31.7		
	No.64	4.8k+003	-16.2	-22.6			-19.7	-31.5		
第2工区	No.77	5.0k+055	-16.1	-17.7	-33.6	10.0	-18.4	-18.4	-33.8	10.0
	No.89	5.2k+087	-24.0	-33.6			-21.1	-33.8		
第3工区	No.99	5.4k+087	-24.2	-33.9	-33.9	10.0	-21.7	-34.7	-37.4	10.0
	No.112(No107)	5.6k+139	-21.6	-30.3			-23.4	-37.4		
第4工区	No.122	5.8k+140	-14.1	-19.8	-19.8	5.0	-17.3	-27.7	-27.7	10.0
	No.127	6.0k+041	-7.2	-7.9			-14.1	-14.1		
	No.132	6.0k+139	-6.6	-7.2			-14.2	-14.2		
	No.142	6.2k+140	-9.6	-10.6			-16.5	-16.5		
第5工区	No.152	6.4k+139	-16.2	-22.6	-22.6	5.0	-13.9	-22.2	-22.2	5.0
	No.159	6.6k+079	-4.6	-5.0			-13.1	-13.1		
	No.170	6.8k+098	-1.8	-1.9			-1.3	-1.3		
第6工区	No.185(No.179)	7.0k+186	-13.6	-19.0	-23.4	5.0	-15.1	-24.2	-24.2	5.0
	No.194	7.2k+178	-16.7	-23.4			-13.3	-21.3		
第7工区	No.219	7.8k+106	-5.6	-6.1	-11.7	5.0	-15.0	-15.0	-22.4	5.0
	No.225	8.0k+054	-10.6	-11.7			-12.2	-19.5		
	No.231	8.2k+008	-5.0	-5.5			-11.4	-11.4		
	No.238	8.2k+151	-8.0	-8.8			-22.4	-22.4		

※ 工区は現時点

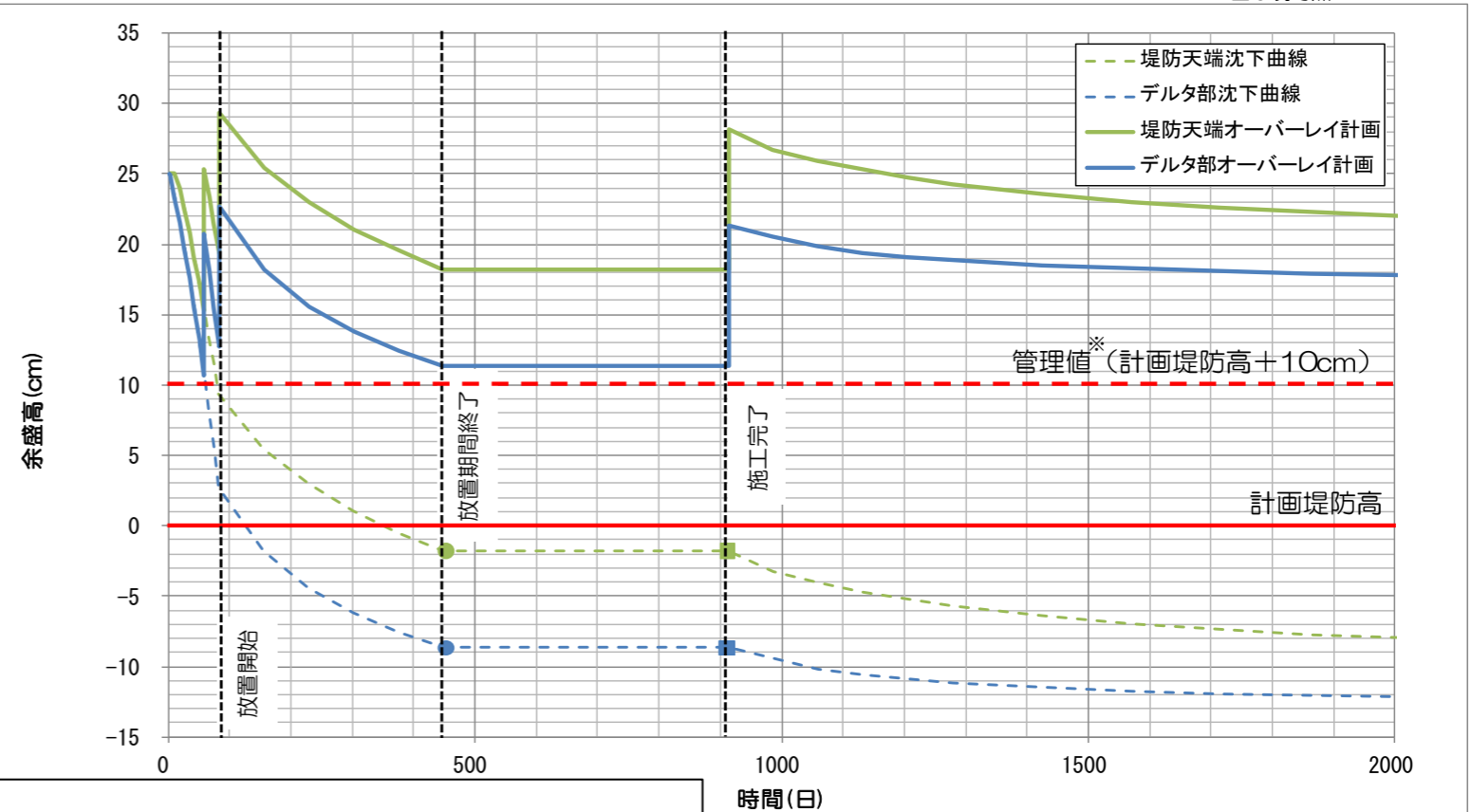
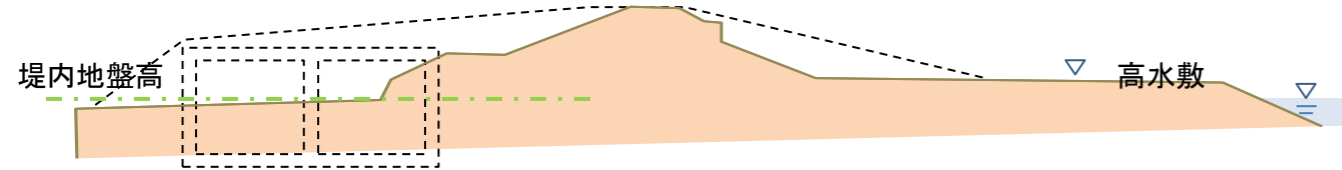


図4.3.3 オーバーレイ計画（案）

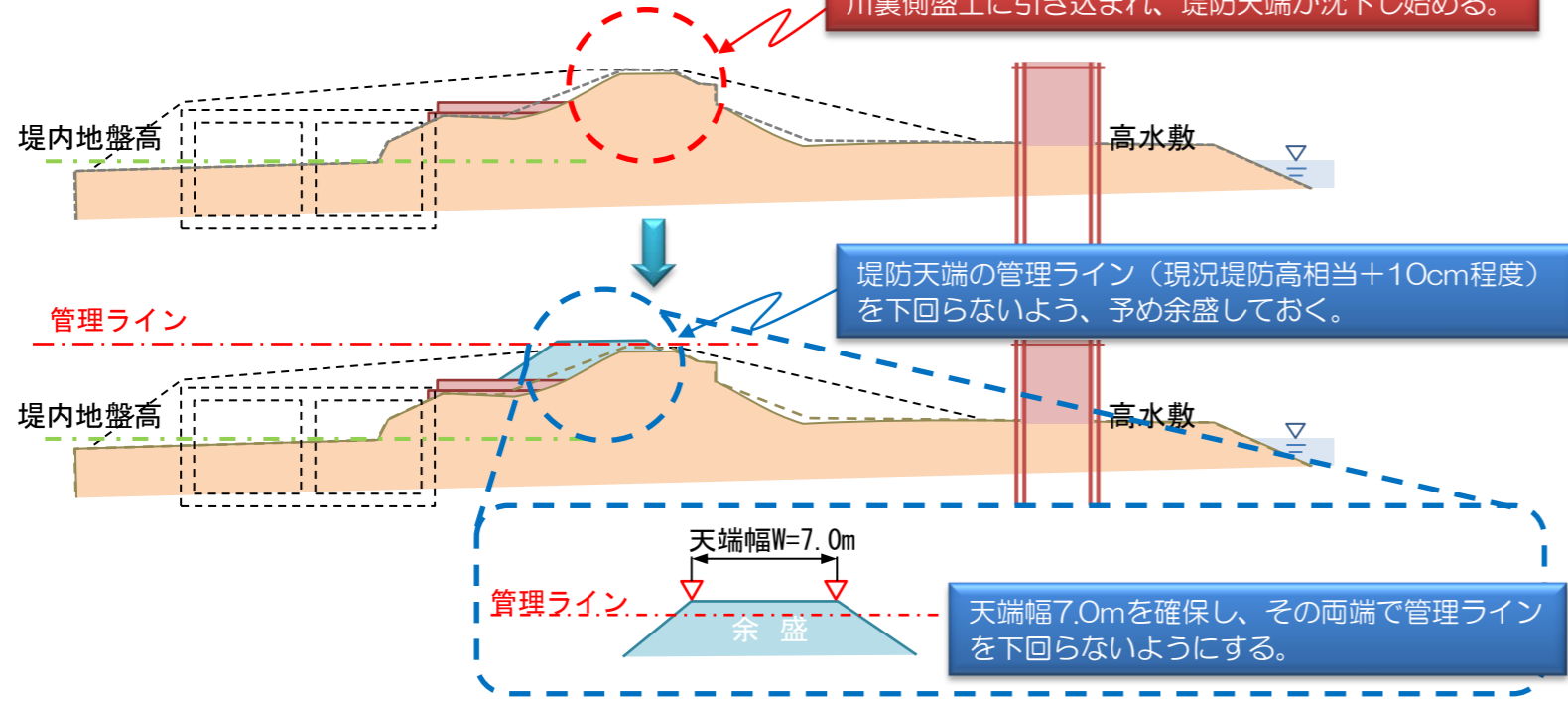
※載荷重の放置期間を12か月とした。  
 ※計画堤防高を0として標記している。  
 ※完成時は最終沈下時に現況堤防高相当を確保することとする。  
 ※施工時には、計画堤防高+10cmと現況堤防高相当の高い方を管理値とする。

【オーバーレイ計画イメージ】

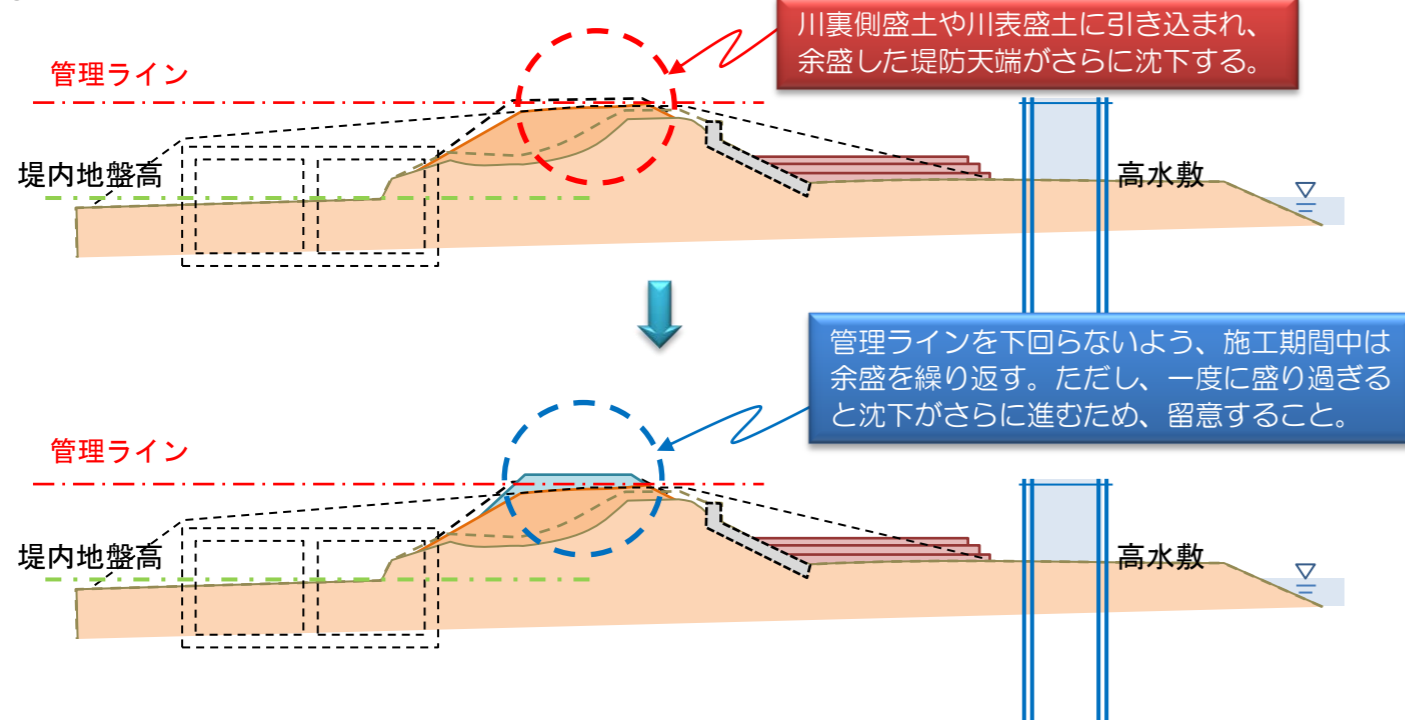
① 現況



② 鋼矢板二重締切り施工→川裏側载荷重盛土施工

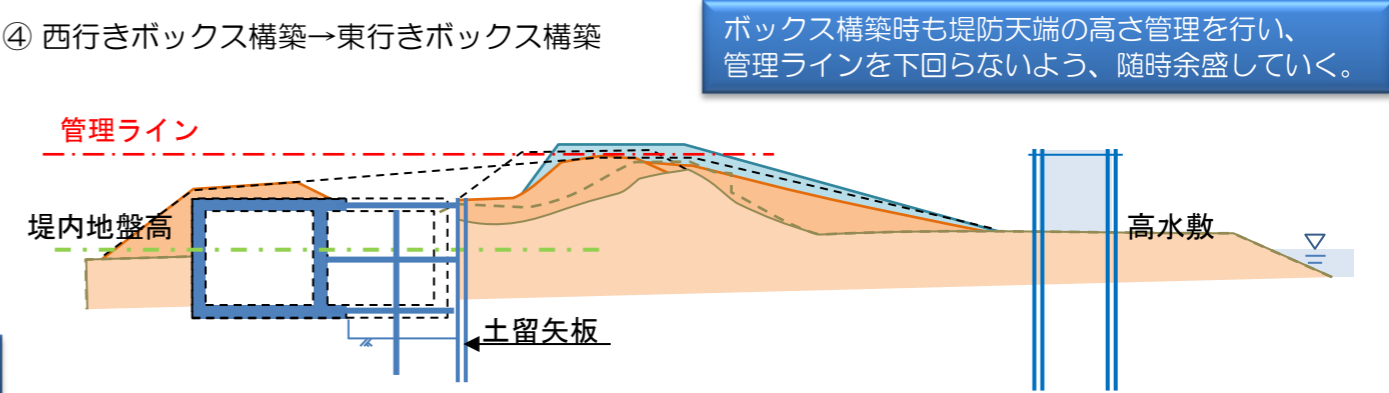


③ 既設護岸撤去→川表盛土施工

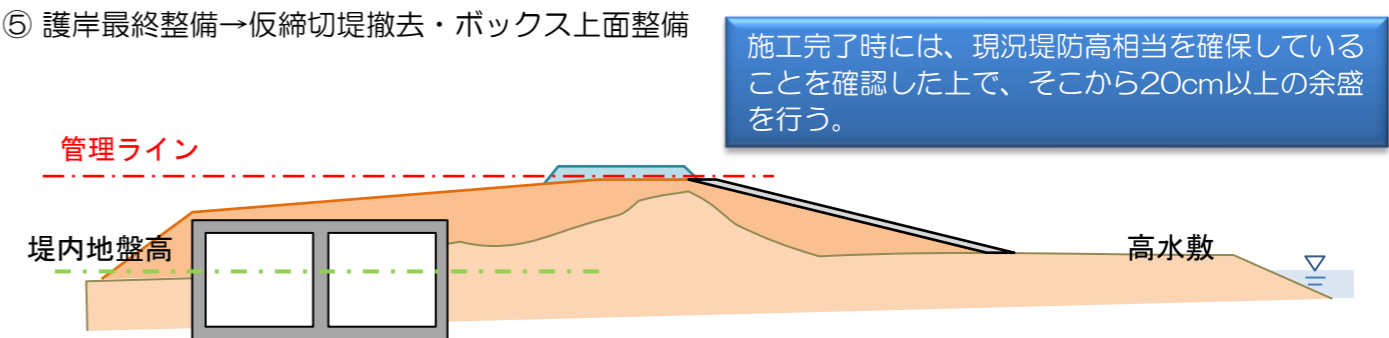


施工条件	・堤防天端 (W=7m) が現況堤防高相当を確保できていること	
管理ライン	・現況堤防高相当 ・計画堤防高 +10cm } 高い方	

④ 西行きボックス構築→東行きボックス構築



⑤ 護岸最終整備→仮締切堤撤去・ボックス上面整備

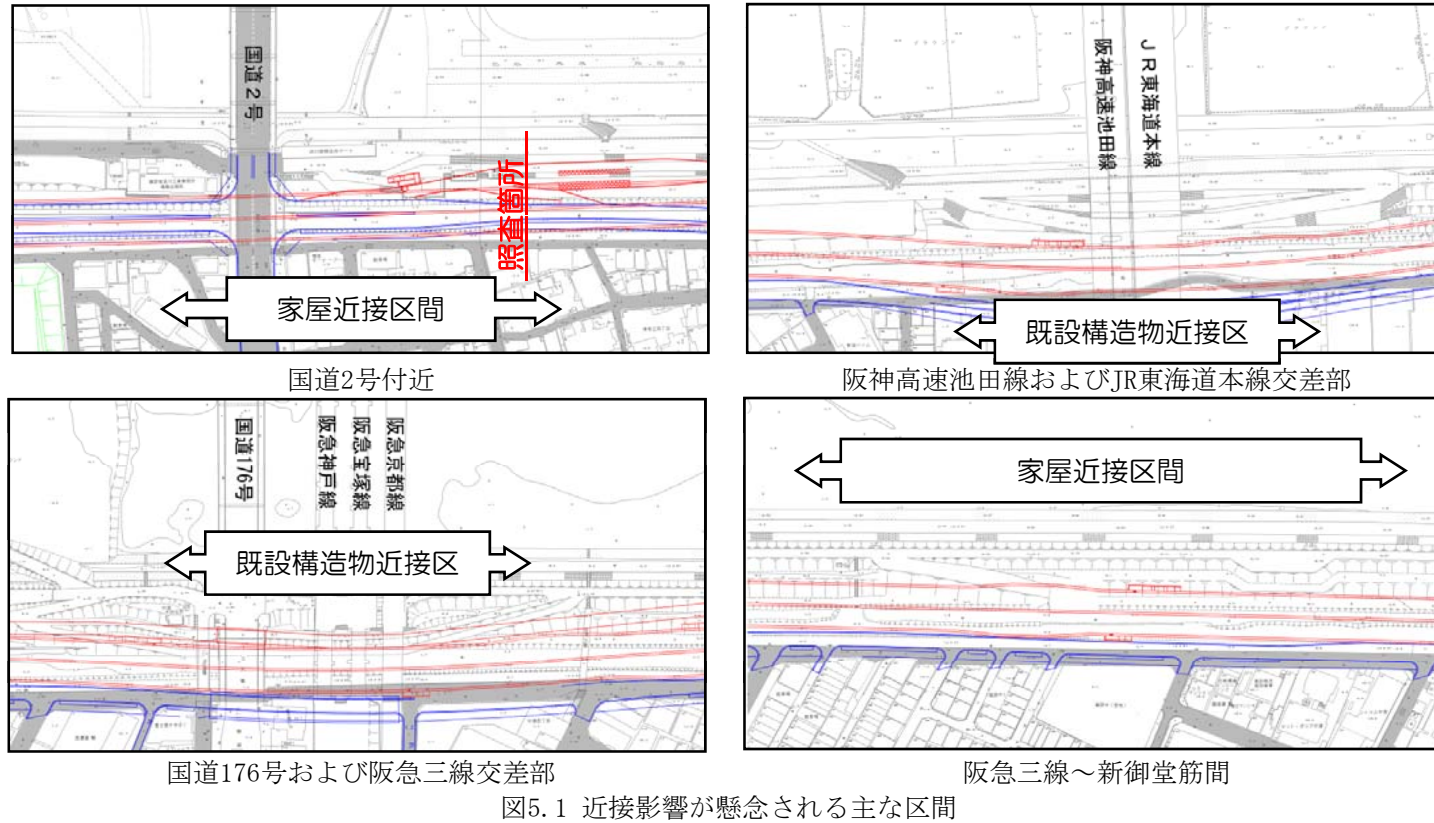


# ■ 水平変位による影響検討

## 5. 水平変位による影響検討

第4回委員会において、近接家屋や既設構造物への圧密沈下による影響が懸念される区域として、以下の区間が挙げられている。

本検討では、No. 69断面を用いて、沈下対策工法（圧密促進工法と圧密抑制工法）を実施した場合の周辺家屋等への影響検討を実施した。



### 5.1 検討箇所現地状況

検討断面として選定した国道2号付近には、淀川左岸線（2期）計画箇所からの離隔が10m未満の区間があり、また、木造家屋が密集している地域である。



図5.1.1 検討断面箇所付近の現地状況

### 5.2 検討結果

沈下対策を実施した後の圧密沈下による影響結果を以下に示す。

#### 【圧密促進工法実施後】

(No. 69断面)

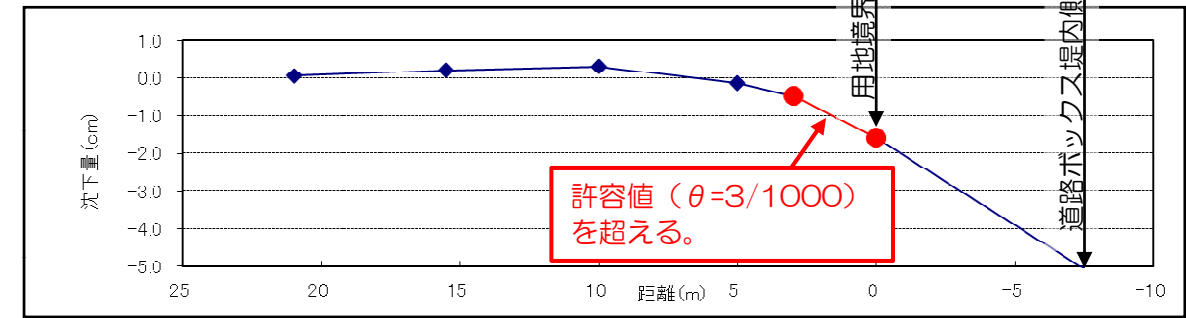


図5.2.1 圧密促進工法実施後 (No. 69断面) の沈下分布図

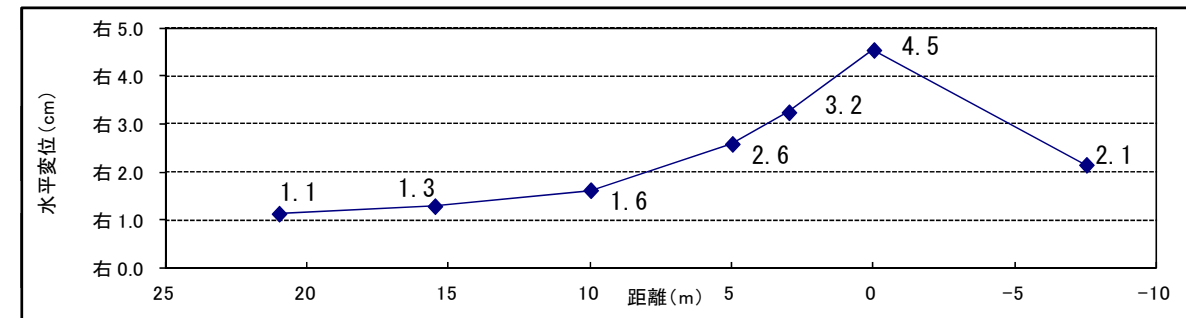


図5.2.2 圧密促進工法実施後 (No. 69断面) の水平変位分布図

#### 【圧密抑制工法実施後】

(No. 69断面)

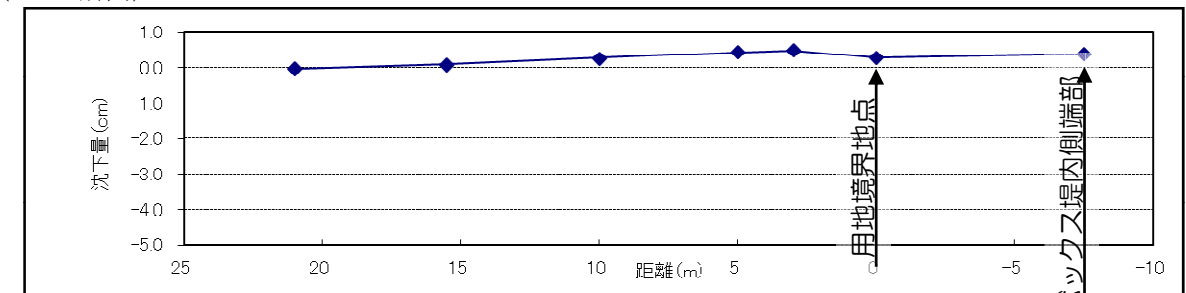


図5.2.3 圧密抑制工法実施後 (No. 69断面) の沈下分布図

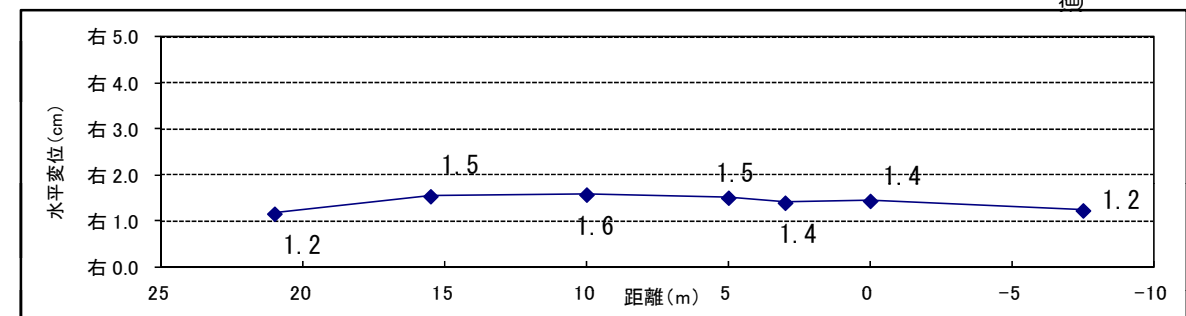


図5.2.4 圧密抑制工法実施後 (No. 69断面) の水平変位分布図

圧密促進工法実施後で一部区間（用地境界から3m区間）で許容値の目安（ $\theta=3/1000$ ）を超過している。一方、圧密抑制工法（固結工法）を実施した結果では満足しており、**近接区間については沈下対策工法として圧密抑制工法を用いることや、応力遮断目的の矢板の存置などは今後、詳細設計にて検討する。**

ただし、土留め矢板の引抜き等の影響については、試験施工にて堤体および周辺地盤への影響を確認し、場合によっては存置させることとする。

また、その他の区間において圧密促進工法を実施した後の沈下状況として、No. 89断面での結果を以下に示す。

この結果から、その他の区間においては、圧密促進による近接家屋等への影響は低いことが分かる。ただし、家屋近接区間と同様、土留め矢板の引抜き影響については、別途詳細に検討することとする。

【圧密促進工法実施後】

(No. 89断面)

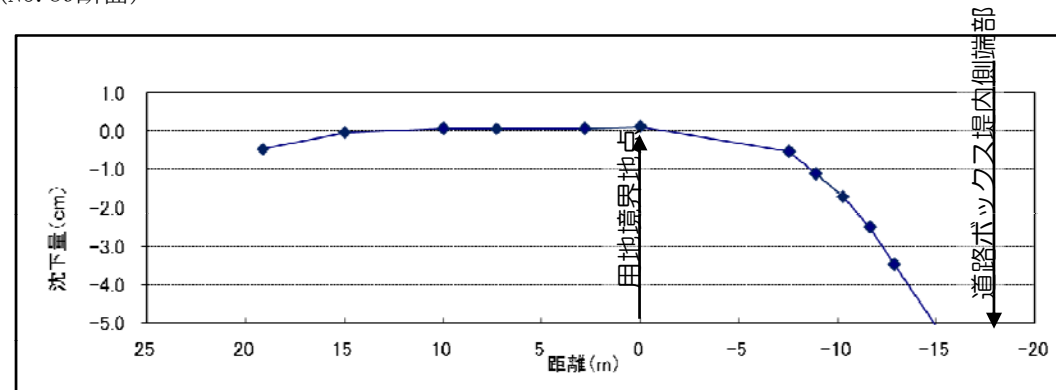


図5.2.5 圧密促進工法実施後（No. 89断面）の沈下分布図

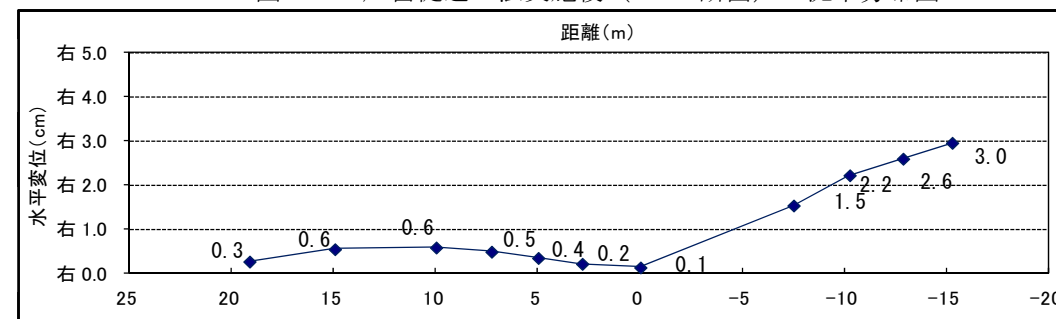


図5.2.6 圧密促進工法実施後（No. 89断面）の水平変位分布図

(No. 142断面)

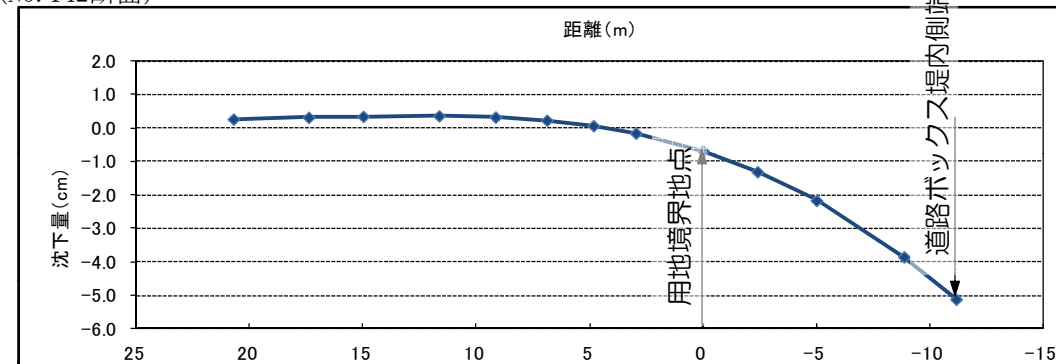


図5.2.7 圧密促進工法実施後（No. 142断面）の沈下分布図

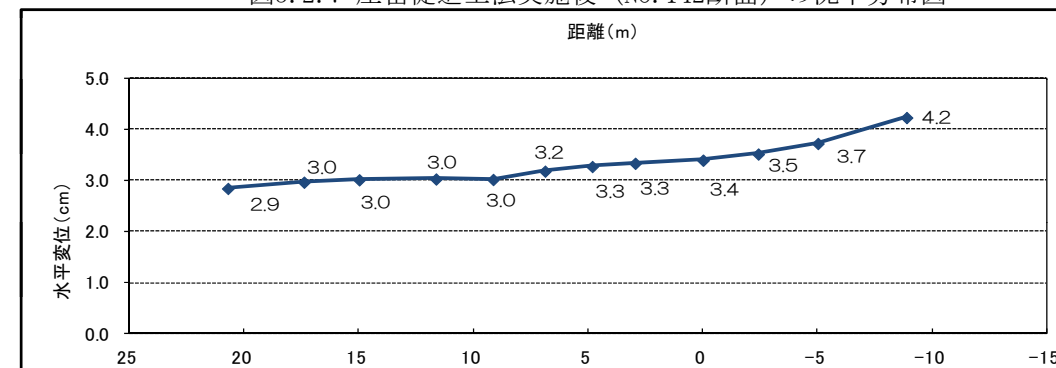
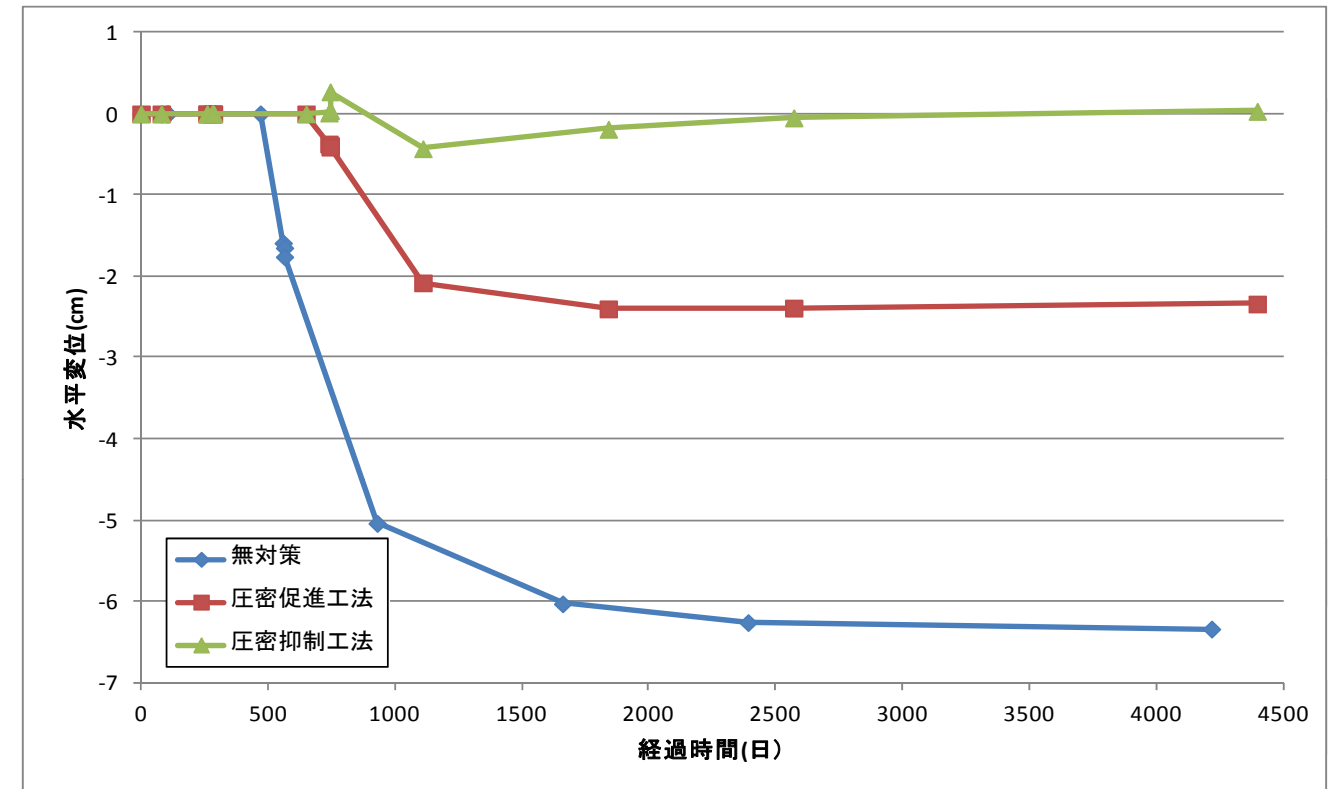


図5.2.8 圧密促進工法実施後（No. 142断面）の水平変位分布図

5.3 川表盛土部の水平方向の変形について

No. 50断面における下記3ケースの堤防天端付近の水平変位時刻歴データを以下に示す。

- ①無対策：ボックス下面の地盤対策は設置しないが、デルタ部にはプレロードを行う。
- ②圧密促進工法：ボックス下面にサンドドレーン工法を実施し、ボックス区間およびデルタ部にプレロードを行う。
- ③圧密抑制工法：ボックス下面に深層混合処理工法を実施し、デルタ部にプレロードを行う。



※水平変位+が堤外側への変位、-が堤内側への変位を表す。

図5.3.1 堤防天端の水平変位

施工完了後10年程度で、無対策の場合、最大で6cm程度、圧密促進工法を実施した場合で2cm程度の堤内側へ水平変位が発生し、圧密抑制工法を実施した場合はほぼ水平変位が発生しない結果となっていることから、無対策もしくは圧密促進工法を実施する場合は、それらの変位に追随できるブロック等を設置することとする。

## 6. 全線評価のまとめ（完成時）

堤防形状、道路構造物形状を踏まえて代表 22 断面を抽出し、経年変化に対する対策工必要断面の設定を目的として、荷重分散を考慮した一次元圧密検討を実施した。さらに、概略の施工ステップによる詳細な地盤変状挙動の把握を目的として 4 断面を対象として二次元弾粘塑性 FEM 解析を行い、一次元圧密検討結果に対する補間係数を設定し定量的評価を実施し、圧密沈下対策選定方針を設定した。あわせて、近接構造物への影響評価も行った。

### (1) 定量的な評価が可能か項目【完成時】

#### ① 堤防（土堤）の機能を満たすこと

		確保機能に対する評価	実施に向けての留意事項
堤防（土堤）の機能を満たすこと	堤体本体の点検と強化	<p>① LC-11: ●圧密沈下による堤防高の不足を起こさないこと</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>デルタ部と川表盛土部、道路ボックス堤内側部で圧密沈下が卓越する 3 グループに区分し、補間係数を考慮した沈下量が 10cm 以上となる断面で対策工を施すこととする。</li> <li>無対策では圧密度 90%に達するまでに 1,300 日程度となる。圧密促進工法による対策では 6 ヶ月程度で圧密度 90%となる。これらの検討結果を踏まえ、適宜、プレロード工法、プレロード工法+圧密促進工法、圧密抑制工法を設定する。</li> <li>圧密促進工法による対策工施工範囲は道路ボックス範囲を基本として現況堤防盛土部の掘削が軽微となる範囲とする。なお、圧密抑制工法は土留工範囲とする。施工完了時には現況堤防相当高に残留沈下量として 20cm 以上の余盛り高を考慮する。</li> </ul> <p>② LC-12: ●圧密変形による堤体の沈下・変形を抑制すること</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>沈下は LC-11 に示した評価となる。堤外側のり面における水平変位は川表盛土を施工初期で実施することからプレロード工法となり施工完了後の残留沈下による水平変位は軽微と考えられることから、施工終了時における川表のり面施工時に設計断面に留意することで河道内断面の機能確保は満足と考えられる。</li> </ul>	<p>① LC-11</p> <p>検討断面数が少ないことや施工期間中や施工完了時に行う余盛を考慮できていなかったことから、二次元弾粘塑性FEM解析を実施し、堤体の盛土管理計画の検討を実施する。</p> <p>② LC-12</p> <p>—</p>
	構造物周辺の堤防の点検と強化	<p>③ LC-13: ●道路底版と基盤底面の間隔による水みち発生を起こさないこと</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>道路ボックス下方地盤には軟弱地盤対策が必要である場合には、プレロード工法、プレロード工法+圧密促進工法、圧密抑制工法を施し、道路ボックスの基礎地盤に対する支持は、直接基礎形式としている。これより、圧密沈下による基礎地盤の変状に道路ボックスは概ね追随すると考えられる。また、液状化対策工が必要な場合には、サンドコンパクションパイル、薄層の場合は礫置換による対策を施すことから同様に追随すると考えられる。よって、道路ボックスと基礎地盤間に隙間の発生は軽微と想定され有害な水みちの発生の可能性は低いと判断した。</li> </ul> <p>④ LC-16: ●圧密沈下による周辺影響を防止すること</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>堤内側（家屋等）への周辺影響については、家屋近接区間において、圧密促進工法を実施した場合、近接影響の許容値 (<math>\theta = 3/1000</math>) を抵触する可能性があるため、圧密抑制工法、もしくは土留鋼矢板による応力遮断工法を用いることとする。その他の区間については、許容値を抵触する可能性は低い事を解析により推定した。</li> </ul>	<p>③ LC-13</p> <p>施工完了後にも道路ボックス周辺の水位や剥離のモニタリングを実施し、水みちによる空洞化がないかを確認する。</p> <p>④ LC-16</p> <p>工事においては、事前の家屋調査を行い、施工により周辺への影響が生じていないことを確認する。</p> <p>対策工法として圧密抑制工法か応力遮断工法を採用することとするが、詳細については今後検討することとする。</p>
【まとめ】		<ul style="list-style-type: none"> <li>堤防では、最大50cm程度の沈下の発生が予想されるため、沈下対策を実施する。一体構造物として構造物と堤体の不等沈下抑制の観点から、圧密促進工法を最優先工法として採用するが、施工計画上、放置期間が設けられない場合や近接家屋区間等は圧密抑制工法の採用も検討する。ただし、近接家屋区間は土留鋼矢板による応力遮断工法の採用も考えられるため、詳細設計時に検討することとする。</li> </ul>	

② 道路（構造物）の安定性、供用性を確保すること

		確保機能に対する評価	実施に向けての留意事項
堤防(土堤)の機能を満たすこと	構造的安定性	<p><b>①BC-4: ●道路躯体の沈下に対する安全性、供用性を確認すること</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>デルタ部と川表盛土部、道路ボックス堤内側部で圧密沈下が卓越する3グループに区分し、補間係数を考慮した沈下量が10cm以上となる断面で対策工を施すこととする。</li> <li>無対策では圧密度90%に達するまでに1,300日程度となる。圧密促進工法による対策では6ヶ月程度で圧密度90%となる。これらの検討結果を踏まえ、適宜、プレロード工法、プレロード工法+圧密促進工法、圧密抑制工法を設定する。</li> </ul> <p><b>②BC-5: ●道路躯体の継手部の段差、離れに対する安全性、供用性を確保すること</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>BC-4による対策工を施した場合において、検討断面間距離を標準函体長(80m)に換算した場合の相対変位については対策工設定基準値5cmを満足していると評価した。</li> </ul>	<p><b>① BC-4</b></p> <p>対策工選定にあたっては、詳細な施工ステップを踏まえて地盤対策工の仕様を決定する必要がある。</p> <p><b>② BC-5</b></p> <p>圧密沈下対策の縦断方向の設置範囲や端部処理方法等については詳細に検討する必要がある。</p>
	周辺影響の抑制・低減	<p><b>③ BC-8: ●圧密沈下による周辺影響を防止すること</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>堤内側(家屋等)への周辺影響については、家屋近接区間において、圧密促進工法を実施した場合、近接影響の許容値(<math>\theta=3/1000</math>)を抵触する可能性があるため、圧密抑制工法、もしくは土留鋼矢板による応力遮断工法を用いることとする。その他の区間については、許容値を抵触する可能性は低い事を解析により推定した。</li> </ul>	<p><b>④ BC-8</b></p> <p>工事においては、事前の家屋調査を行い、施工時においても、適宜家屋調査を行い周辺への影響が生じないことを確認する。</p> <p>対策工法として圧密抑制工法か応力遮断工法を採用することとするが、詳細については今後検討することとする。</p> <p>ただし、ボックス直近(ボックスからの離隔が少ない)の埋設物に対しては変形量に応じた対策工の検討が必要である。</p>
【まとめ】		<ul style="list-style-type: none"> <li>第4回委員会の結果、沈下量および函体間の相対変位について各々の許容値を満足しない断面が確認されたため、一次元圧密沈下解析及び二次元弾粘塑性解析の結果を用いて対策工法の抽出及び必要範囲を設定した。</li> <li>施工期間中の圧密度や施工完了後の定期的な沈下計測等によって、道路としての安全性、供用性について確認する必要がある。</li> </ul>	