

## 府馬地区の液状化対策検討結果（修正版）

1. 検討内容	1
2. 追加地盤調査結果	2
3. 液状化解析結果	5
4. 地下水解析結果	7
5. 沈下解析結果	9
6. 地下水位低下工法の適用性	12

1. 検討内容

- 府馬地区は、地下水位が高く主に浅部の地層が液状化し、家屋の沈下や傾斜被害が生じた。このため、過年度の液状化対策検討委員会において、地下水位低下工法が選定されている。
- 今年度は、地盤調査を追加してより詳細な地盤状況を把握するとともに、地下水位低下工法の具体的な工法を選定し、対策工の配置や施工方法などを検討する。



図 1-1 検討地区案内図

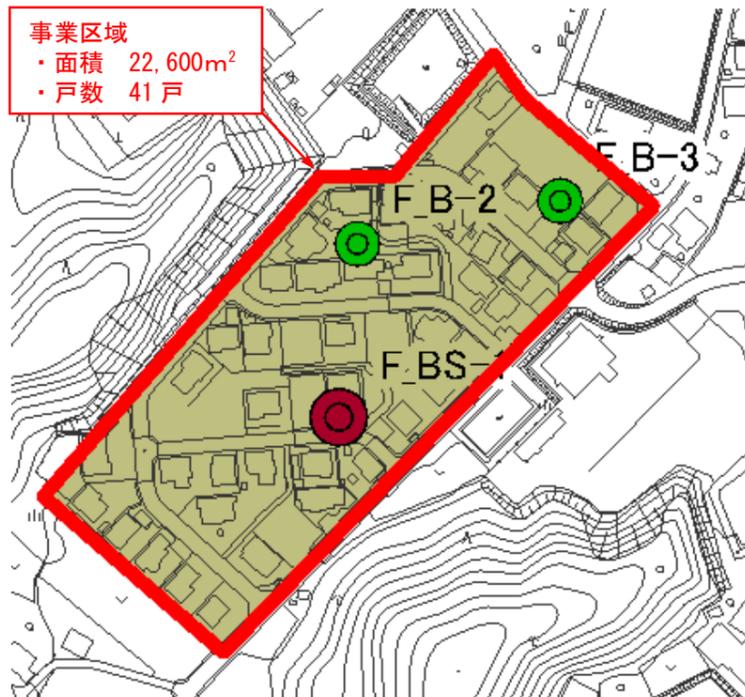
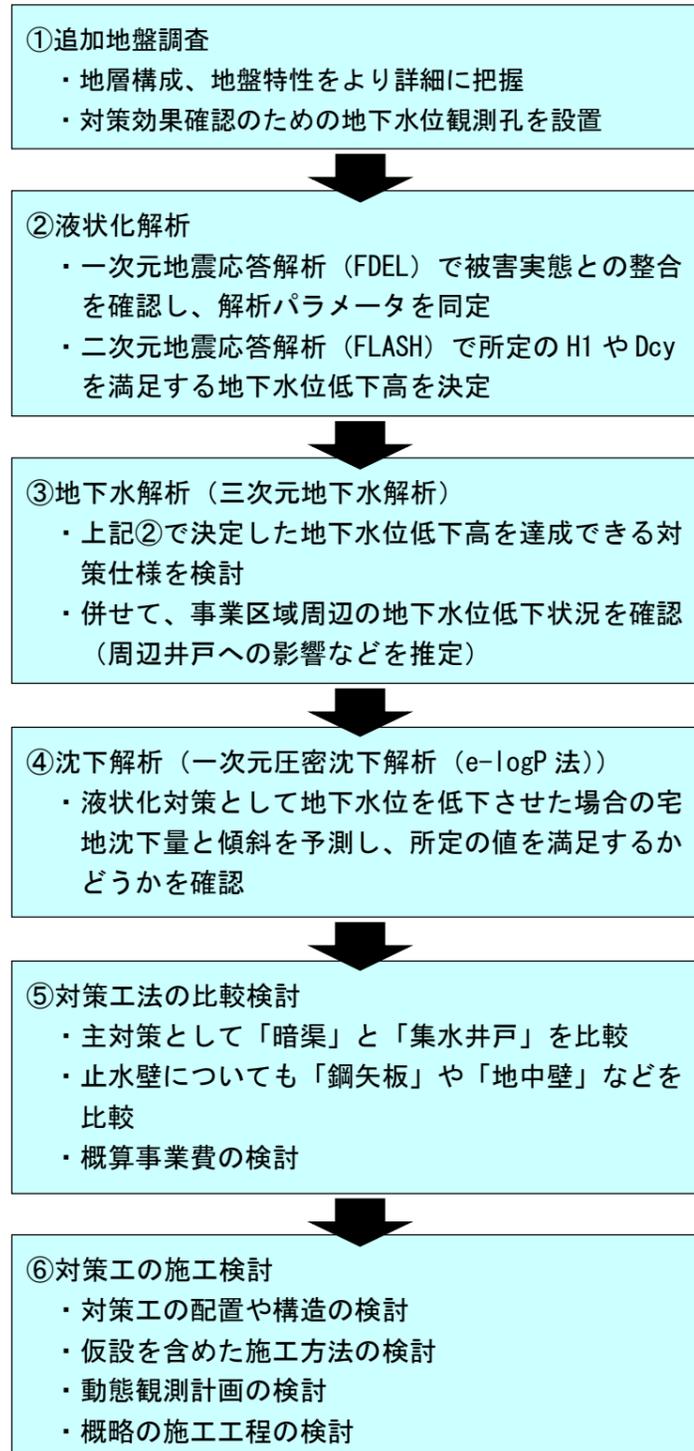


図 1-2 府馬地区の事業区域



※ 上記⑤⑥は、地下水位低下工法が適用できる場合に検討

図 1-3 検討の流れ

表 1-1 設定地震動

想定地震動	設定地震動
タイプ 1 (中地震による中程度の揺れ)	建築基礎構造物設計指針—損傷限界状態検討用—基盤加速度応答スペクトルの適合波
タイプ 2 (巨大地震による中程度の揺れ)	東日本大震災での地表面観測記録を基盤面に引き戻した加速度時刻歴
タイプ 3 直下型地震による大きな揺れ)	建築基礎構造物設計指針—終局限界状態検討用—基盤加速度応答スペクトルの適合波

表 1-2 検討に用いる想定地震動

想定地震動	検討事項
タイプ 1	液状化被害を防止する対策工の検討・設計を行う。
タイプ 2	
タイプ 3	上記の対策工による被害の低減効果を確認する。

表 1-3 液状化対策 (地下水位低下工法) の目標性能 (閾値)

想定地震動	目標性能 (閾値)
タイプ 1	■ A ランク H1 ≥ 5m
	■ B1 ランク 3m ≤ H1 < 5m、かつ Dcy < 5cm PL < 5
タイプ 2	■ B1 ランク 3m ≤ H1 < 5m、かつ Dcy < 5cm PL < 5
	■ B2 ランク 3m ≤ H1 < 5m、かつ Dcy ≥ 5cm PL ≥ 5 (ただし、極力 Dcy < 5cm、PL < 5 を目標)

表 1-4 公共施設・宅地一体型液状化対策における効果の目標値設定例

判定結果	H <sub>1</sub> の範囲	Dcyの範囲	P <sub>L</sub> 値の範囲	地下水位低下工法	格子状地中壁工法
C	3m 未満	5cm 以上	5 以上	不可	不可
B3		5cm 未満	5 未満	不可 (※)	不可
B2	3m 以上	5cm 以上	5 以上	液状化被害軽減の目標として可	不可
B1	5m 未満	5cm 未満	5 未満	液状化被害抑制の目標として可	
A	5m 以上	—	—	液状化被害抑制の目標として可	

(※) 原則不可であるが、専門家からなる委員会等で詳細、且つ、高度な検討を行った結果の判断についてはこの限りではない。

表 1-5 液状化対策 (地下水位低下工法) に伴う圧密沈下の閾値

項目	閾値
地表面沈下量	10cm 以下
傾斜	3/1000 以下

## 2. 追加地盤調査結果

- 府馬地区は、台地と低地（谷津）の境界付近に位置し、北側は台地、南側は低地（谷津）を盛土造成したものと推定され、地区の下流には低地（谷津）が広がっている。
- 今年度の地盤調査では、ボーリング8本（下図●／いずれも地下水観測井仕上げ）、PDC（ピエゾドライブコーン）6本（下図●）が実施された。
- 地層構成は、前年度までの想定と概ね同様であるが、事業区域下流側の「F\_WB-4」でAp層が確認された。

※本資料は、個人情報が含まれており、委員会限定の取扱いとさせていただきます。

- Ap層は、事業区域内の「F\_WB-4」、事業区域外の「F\_B-1」で確認されているが、以下の状況から、上流から下流方向に、Ac1層→Ap層へ漸移しているものと推察される。
  - ・「F\_B-3」のボーリング柱状図において、Ap層には区分されていないが、Ac1層の記事に「腐植物混入」と記載されている。
  - ・Ap層とAc1層の含水比は、「F\_BS-1」で40%、「F\_B-3」で100%、「F\_WB-4」で100~300%、「F\_B-1」で200~300%であり、上流から下流方向に増加する傾向にある。

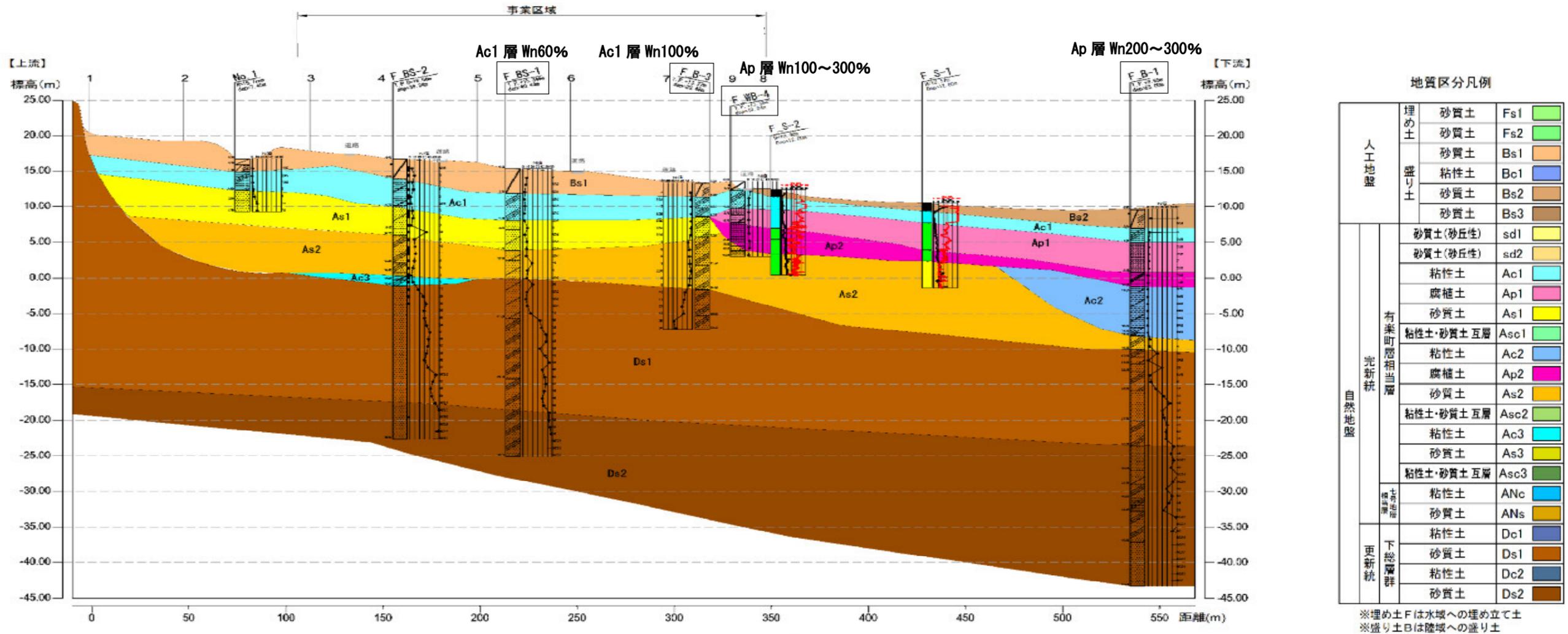


図 2-2 地質縦断面図 (B断面)

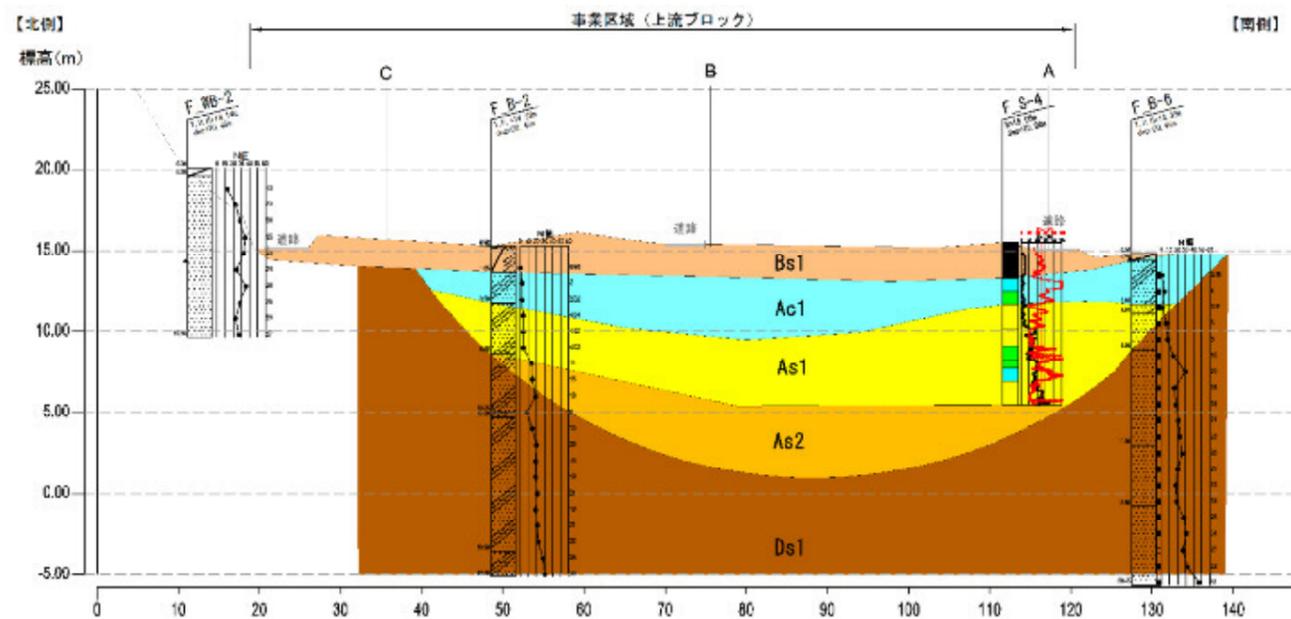


図 2-3 地質横断面図 (6断面)

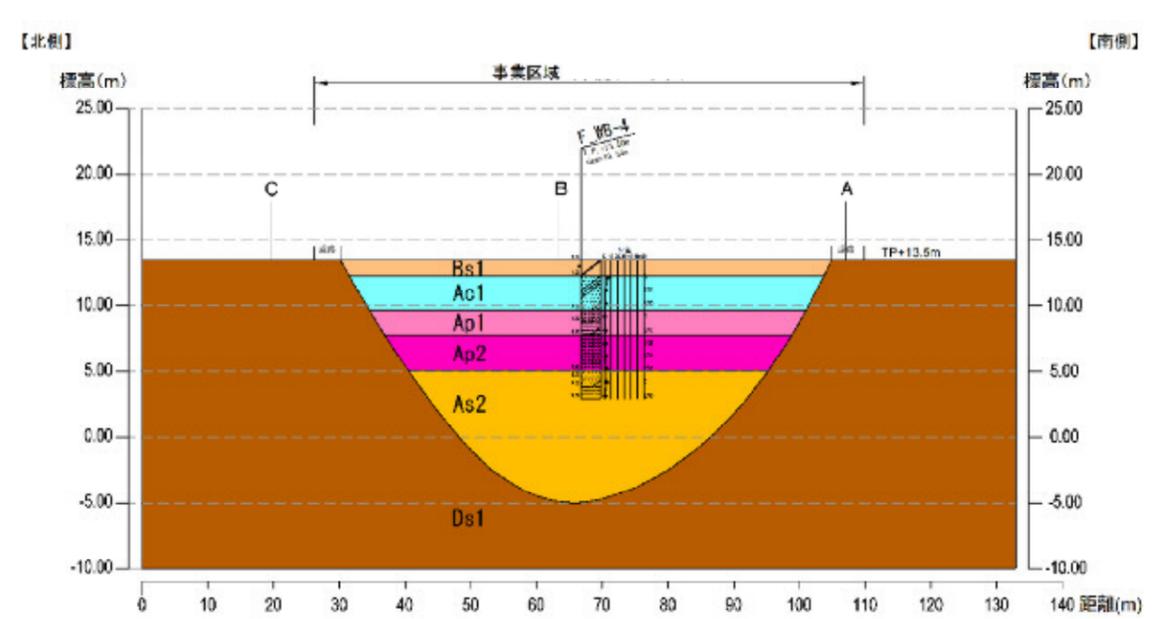


図 2-4 地質横断面図 (9断面)

- Ac1層は、砂分を多量に混入しており、その割合は30~80%と高く、液状化が懸念される。
- Ac1層は、初期間隙比が1.0程度と小さく、当初懸念されていた地下水位低下に伴う沈下量は比較的小さいものと想定される。一方、Ap層は、初期間隙比が3.0~6.5程度と大きく、地下水位低下に伴う沈下が問題となることが想定され。

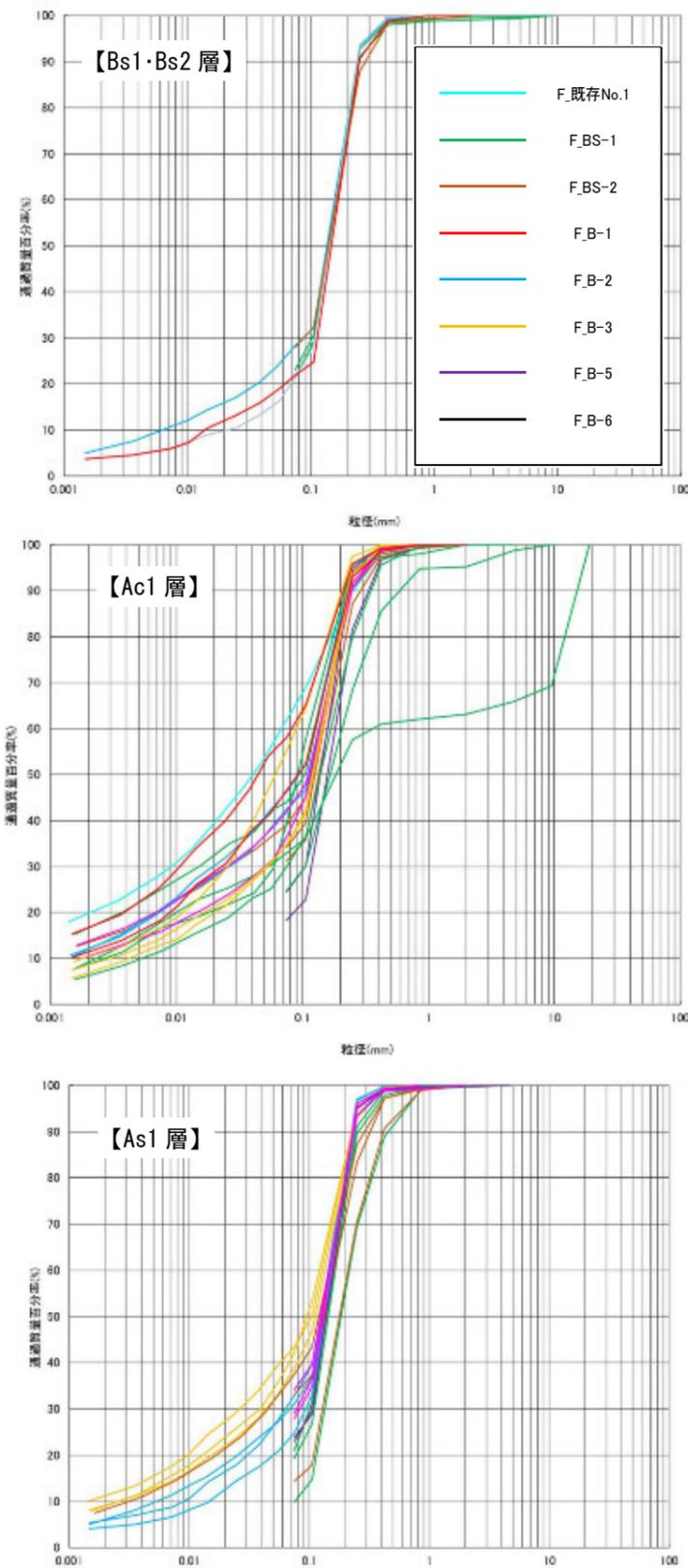


図 2-5 粒径加積曲線集積図

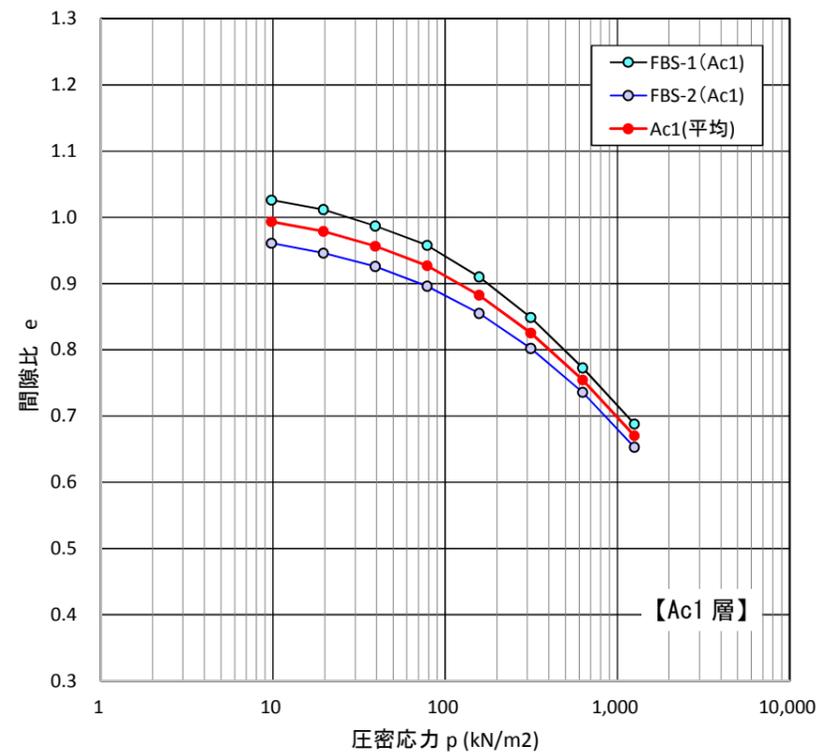


図 2-6 Ac1層の e-log p 曲線集積図

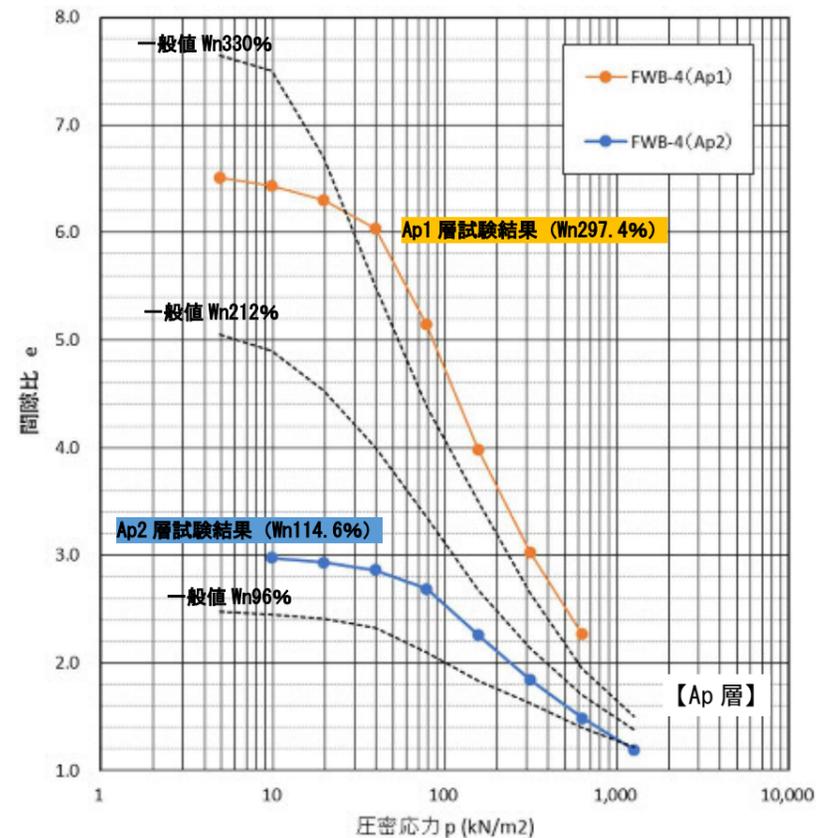


図 2-7 Ap層の e-log p 曲線集積図

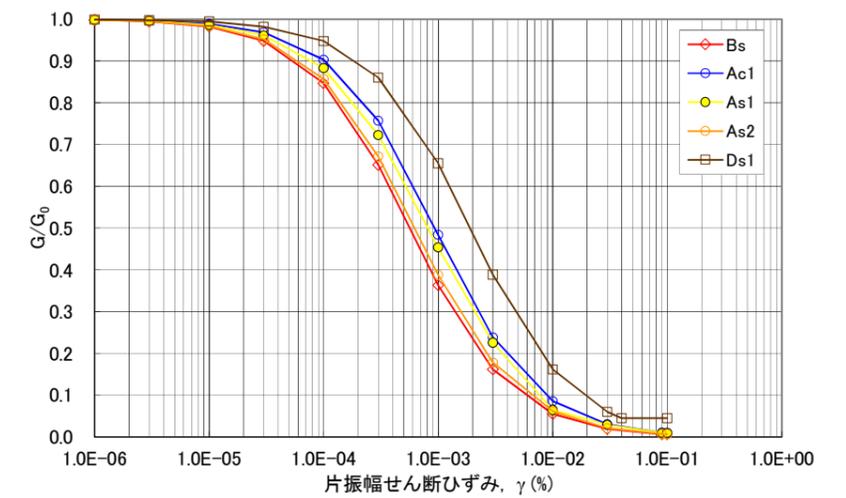


図 2-8 せん断弾性係数比-ひずみ曲線

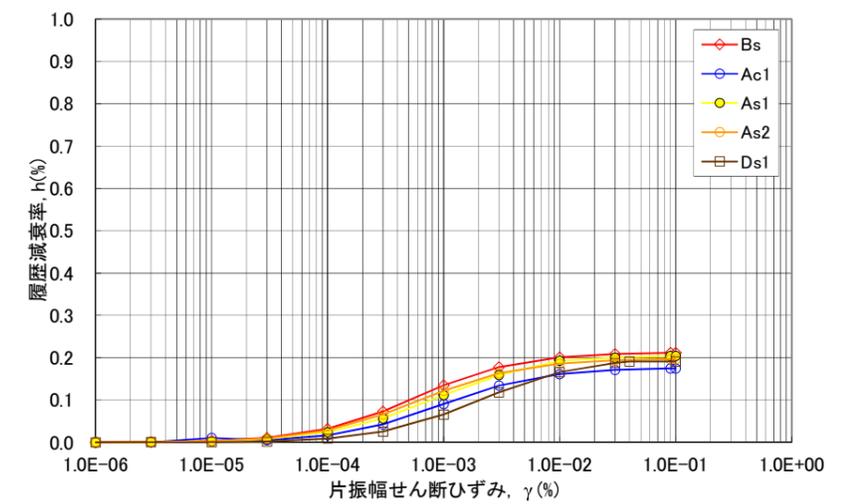


図 2-9 減衰定数-ひずみ曲線

3. 液状化解析結果

(1) 一次元地震応答解析結果

- Ac1層とAs1層は、Fcの値が地点によってばらつくため、平均Fcが35%を超える地点は、非液状化層として解析した。
- タイプ2における無対策時のDcyは4~12cm程度であり、「噴砂や路面沈下などの被害は、上流ブロックに集中している」という実態と概ね整合している。  
(※ 無対策時の対策効果のランクは、上流ブロック・下流ブロックともに「C」であるため、下流ブロックの液状化対策も必要)
- 対策（上流ブロックGL-3.0m、下流ブロックGL-1.5m）によって、対策効果のランクは、次のよう向上する。  
・上流ブロック タイプ1:「B3」→「A」      タイプ2:「C」→「B1」「B2」      タイプ3:「C」→「B2」  
・下流ブロック タイプ1:「B3」→「A」      タイプ2:「C」→「A」      タイプ3:「C」→「A」



※本資料は、個人情報が含まれており、委員会限定の取扱いとさせていただきます。

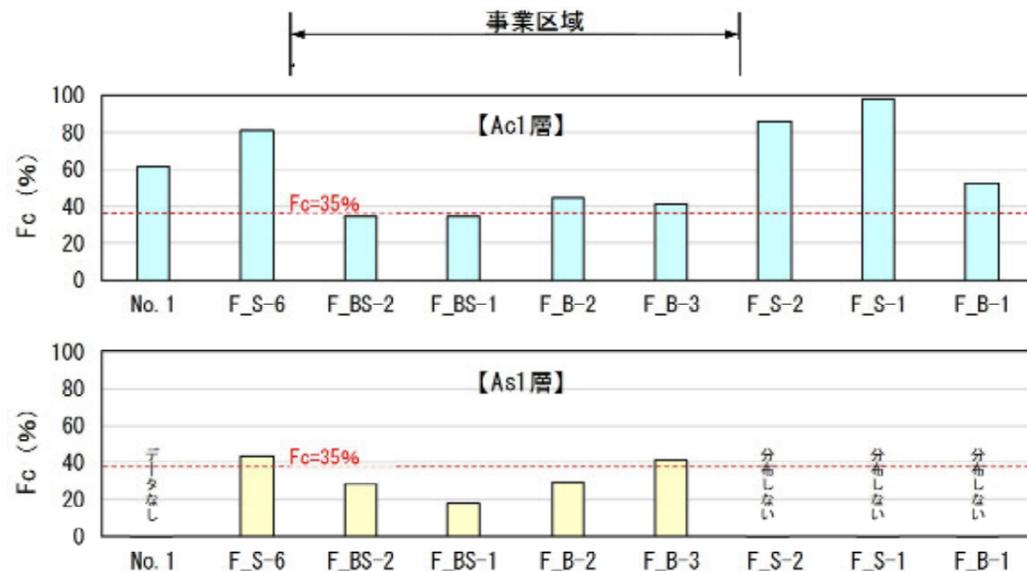


図 3-2 Ac1層とAs1層の平均Fc

表 3-1 一次元地震応答解析結果一覧

対策の有無	想定地震動	上流ブロック									下流ブロック		
		F_BS-2 (南側)			F_BS-1 (南側)			F_B-2 (北側)			F_B-3 (南側)		
		H1(m)	Dcy(cm)	PL	H1(m)	Dcy(cm)	PL	H1(m)	Dcy(cm)	PL	H1(m)	Dcy(cm)	PL
無対策	タイプ1	0.7	3.2	2.9	1.1	2.4	1.9	0.6	1.8	1.9	0.6	1.9	3.8
	タイプ2	0.7	11.7	21.4	1.1	8.6	15.8	0.6	5.1	17.1	0.6	3.8	11.5
	タイプ3	0.7	14.5	33.7	1.1	11.9	23.2	0.6	5.4	20.3	0.6	4.7	14.1
対策時 (水位低下時) ・上流GL-3.0m ・下流GL-1.5m	タイプ1	10.0	0.4	0.0	10.0	0.6	0.0	10.0	0.3	0.0	10.0	0.3	0.0
	タイプ2	3.3	3.6	0.0	3.0	3.3	1.3	3.3	2.5	5.1	8.3	1.8	2.6
	タイプ3	3.0	9.4	13.0	3.0	8.0	11.8	3.0	3.6	10.1	8.3	2.7	5.4

※ タイプ1~3の設定地震動は、表1-1参照

表 3-2 一次元地震応答解析結果に基づく対策効果のランク

対策の有無	想定地震動	上流ブロック			下流ブロック
		F_BS-2	F_BS-1	F_B-2	F_B-3
無対策	タイプ1	B3	B3	B3	B3
	タイプ2	C	C	C	C
	タイプ3	C	C	C	C
対策時 (水位低下時) ・上流GL-3.0m ・下流GL-1.5m	タイプ1	A	A	A	A
	タイプ2	B1	B1	B2	A
	タイプ3	B2	B2	B2	A

表 3-3 公共施設・宅地一体型液状化対策における効果の目標値設定例

判定結果	H1の範囲	Dcyの範囲	P1値の範囲	地下水位低下工法	格子状地中壁工法
C	3m 未満	5cm 以上	5 以上	不可	不可
B3		5cm 未満	5 未満	不可(※)	不可
B2	3m 以上 5m 未満	5cm 以上	5 以上	液状化被害軽減の 目標として可	不可
B1		5cm 未満	5 未満		
A	5m 以上	—	—	液状化被害抑制の目標として可	

(※) 原則不可であるが、専門家からなる委員会等で詳細、且つ、高度な検討を行った結果の判断についてはこの限りではない。

(2) 二次元地震応答解析結果 (タイプ2)

<無対策時>

- 上流ブロックの Dcy は、縦断方向の解析で約 14cm、横断方向の解析で約 16cm と予測され、いずれも Dcy の閾値 (10cm 未満) を超過する。
- 下流ブロックの Dcy は、縦断方向の解析で約 4cm と予測され、地下水位を低下しなくても Dcy の閾値 (10cm 未満) を満足する (ただし、対策効果のランクは「C」であるため、液状化対策は必要 (表 3-2 参照))。

<対策時 (地下水位低下時)>

- 上流ブロックの Dcy は、地下水位を GL-3m まで低下させることで、6~8cm 程度に低減され、Dcy の閾値 (10cm 未満) を満足する。
- 下流ブロックの Dcy は、地下水位を GL-1.5m まで低下させることで、さらに低減され、概ね 3cm 未満となる。

<対策方針>

- 上記対策によって、Dcy は閾値 (10cm 未満) を満足するレベルに低減されること、Dcy は 3~8cm と目標とした 5cm に比較的近く一定の液状化被害軽減効果は期待できること、自然流下で排水することが望ましいことから、地下水位を上流ブロック GL-3m、下流ブロック GL-1.5m まで低下させることを想定する。

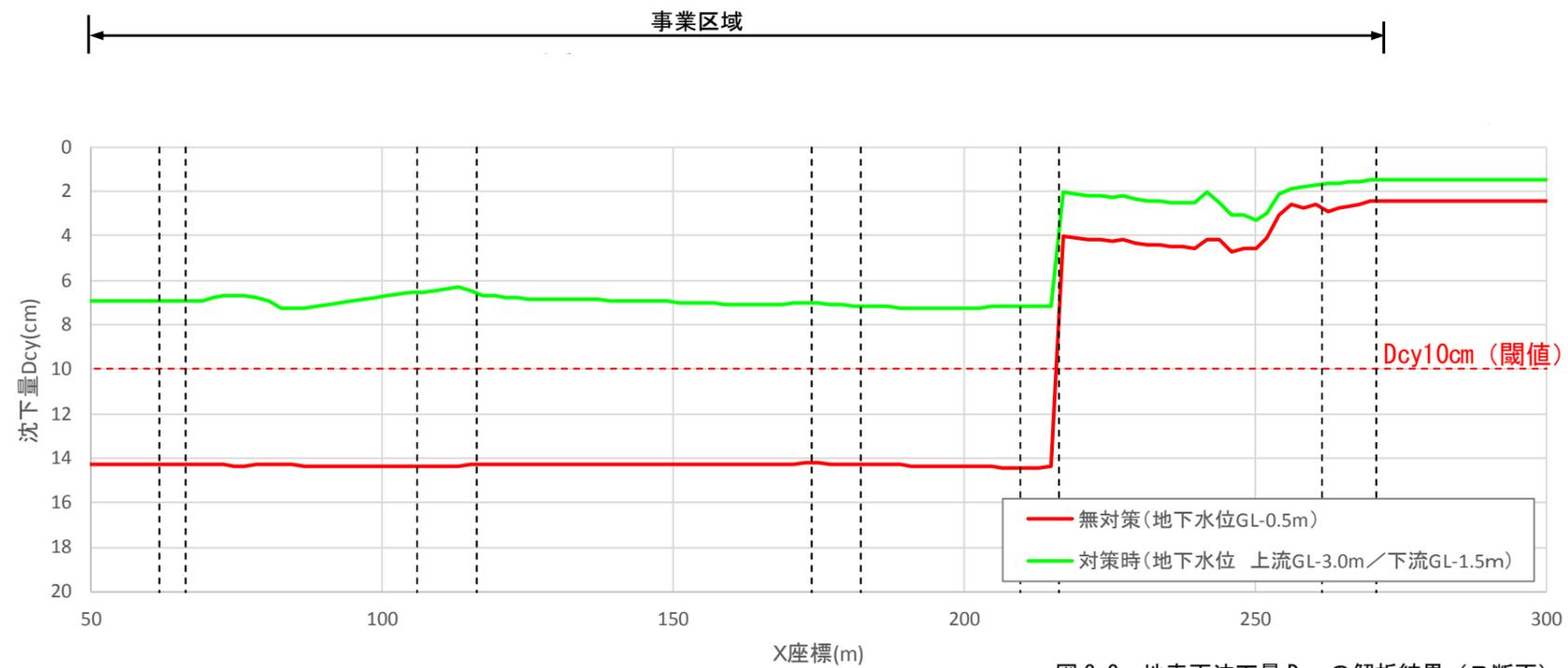


図 3-3 地表面沈下量 Dcy の解析結果 (B 断面)

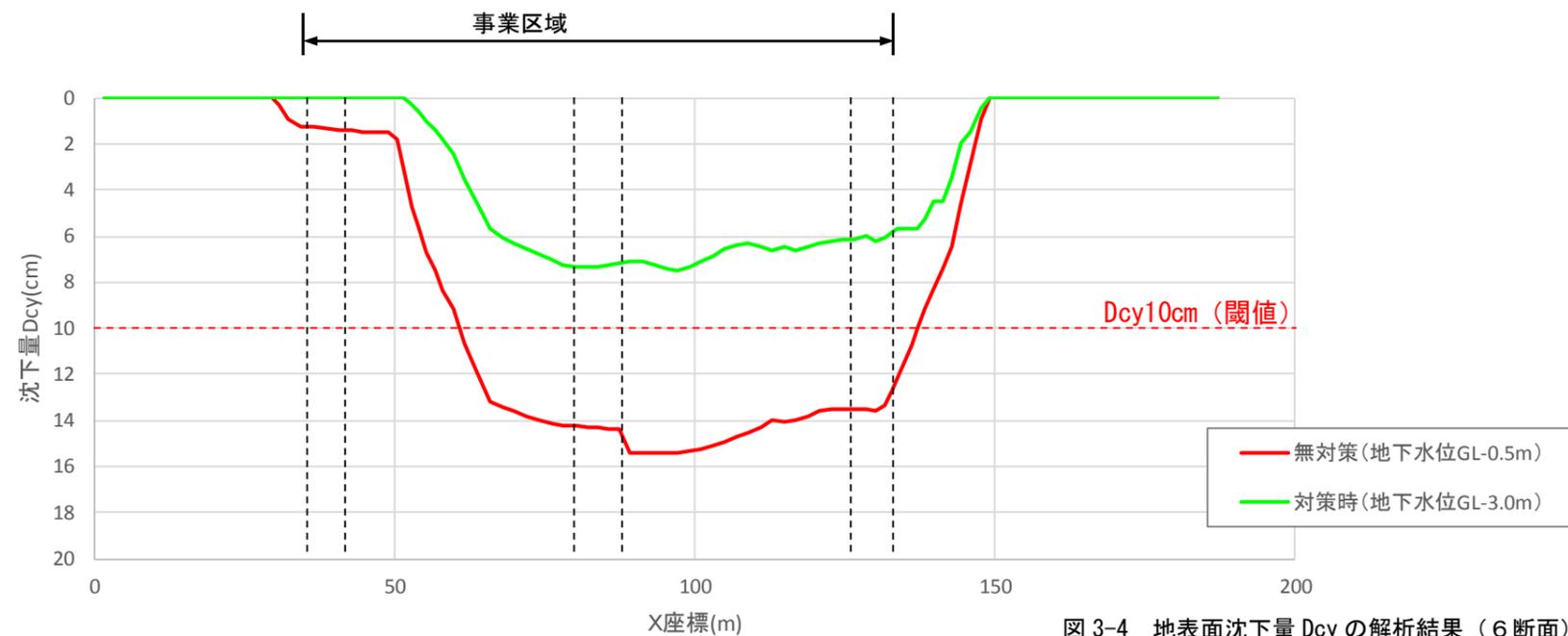


図 3-4 地表面沈下量 Dcy の解析結果 (6 断面)

4. 地下水解析結果

(1) 地下水解析モデルの構築 (現況再現)

- 地下水解析モデルを構築し、現況の地下水状況を再現した。透水係数は、現地・室内試験結果および現況再現解析を基に設定した。
- 実際の地下水位と地下水解析による計算地下水位の相関は高く、事業用地内の地下水状況を再現できているものと判断される。(実際の地下水位と計算地下水位の相関係数 0.98)

1) 地下水位観測結果を用いて作成した実測地下水位コンター図

2) 地下水解析にて再現した計算地下水位コンター図

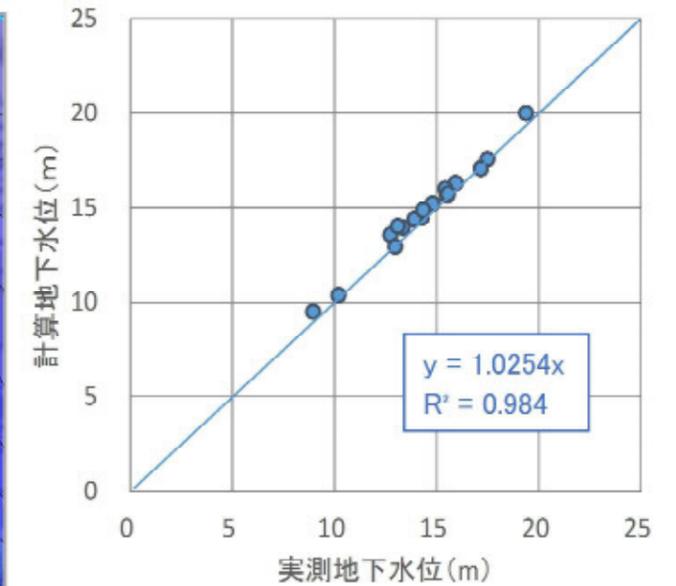
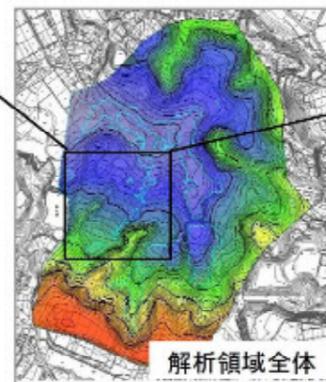
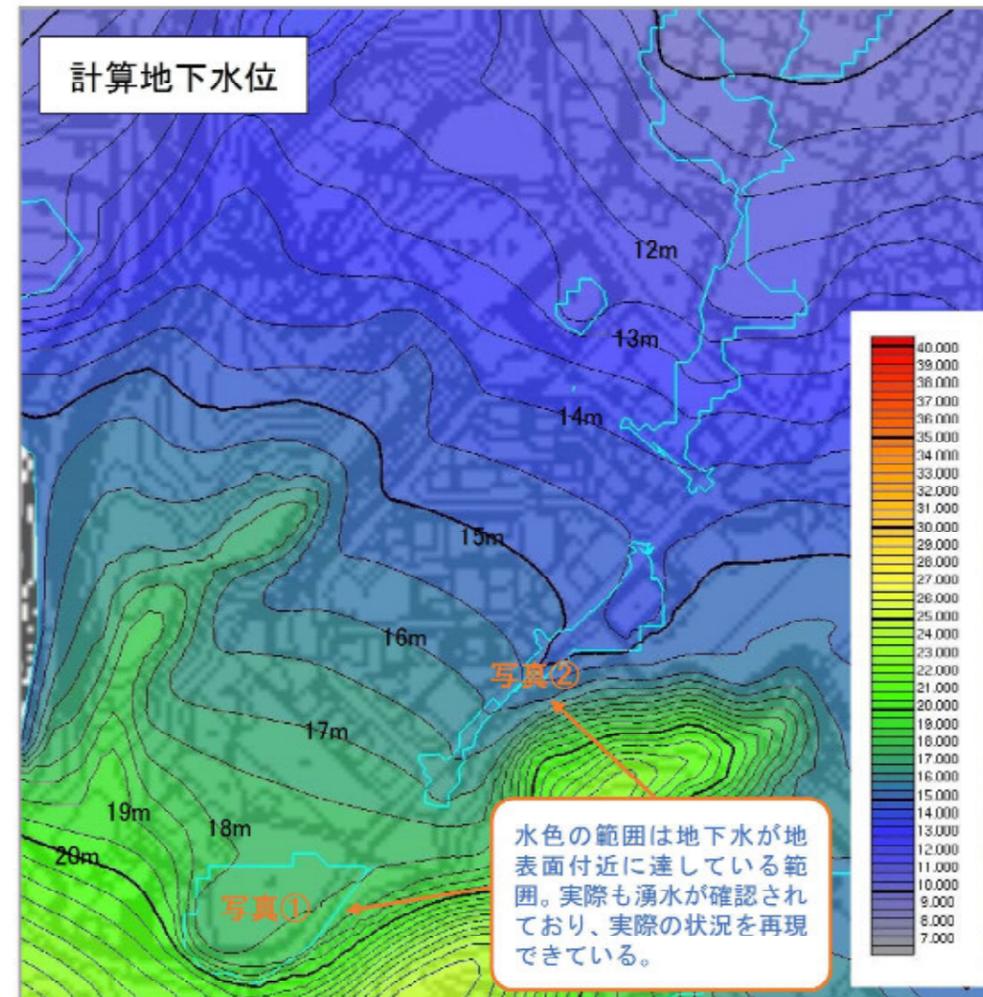
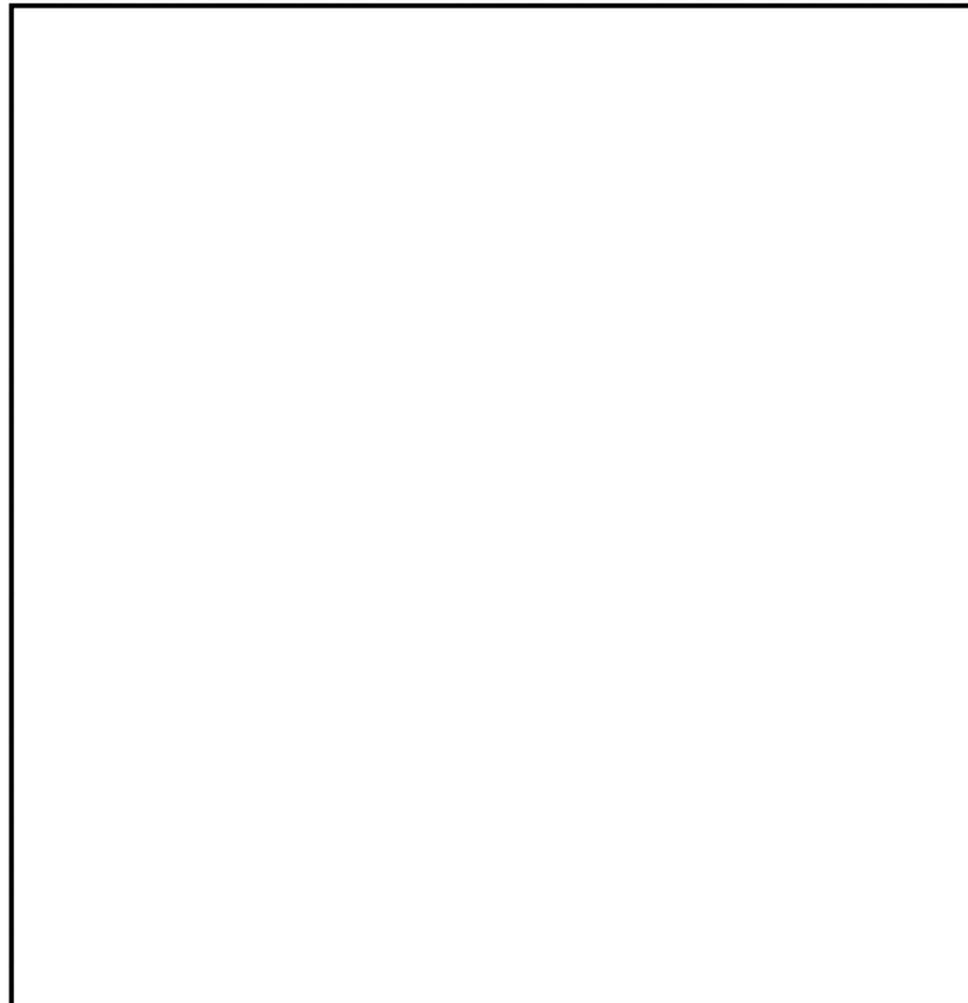


図 4-1 各観測井戸位置における実測地下水位と観測地下水位の相関

表 4-1 各地層の透水係数一覧

地質名	透水係数 (cm/s)
Bs1	1.00E-03
Bs2	1.00E-03
dt	1.00E-04
Ac1	5.00E-04
Ap1	1.00E-06
Ap2	1.00E-06
As1	1.00E-03
Ac2	1.00E-06
As2	1.00E-03
Ac3	1.00E-04
口一△	1.00E-04
Ds1	4.60E-04
Ds2	8.50E-05
矢板	1.00E-06

※ 各種試験結果や現況再現を基に設定  
 ※ 鉛直方向の透水係数は上記の 1/10

※本資料は、個人情報が含まれており、委員会限定の取扱いとさせていただきます。

(2) 上流ブロック GL-3m、下流ブロック GL-1.5mまで地下水位を低下させる場合

- 地下水位を上流ブロック GL-3m、下流ブロック 1.5mまで低下させるのに必要な井戸本数は、矢板の有無・深度にかかわらず、27本となる。
- 周辺への影響については、矢板深度を深くすれば低減されるが、その効果は比較的小さく、周辺の井戸障害や Ap 層の沈下が懸念される (Ap 層の沈下の検討結果は次章参照)。

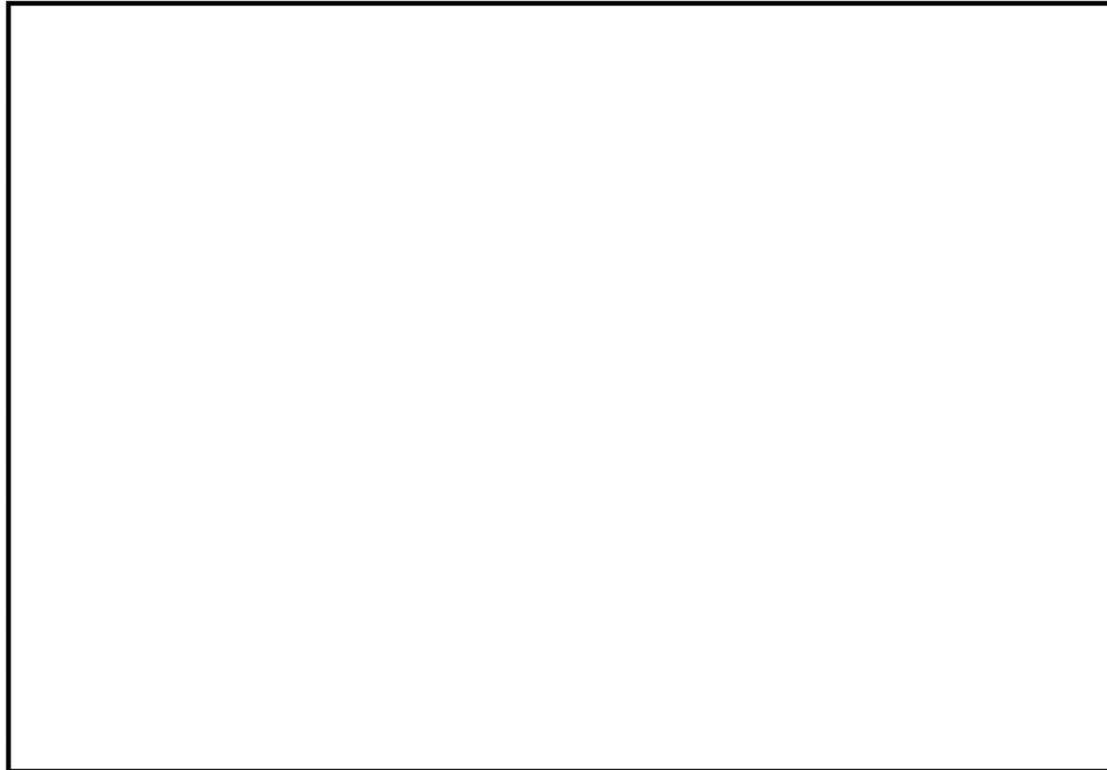


図 4-2 井戸と矢板配置図 (上流ブロック地下水位 GL-3mまで低下)

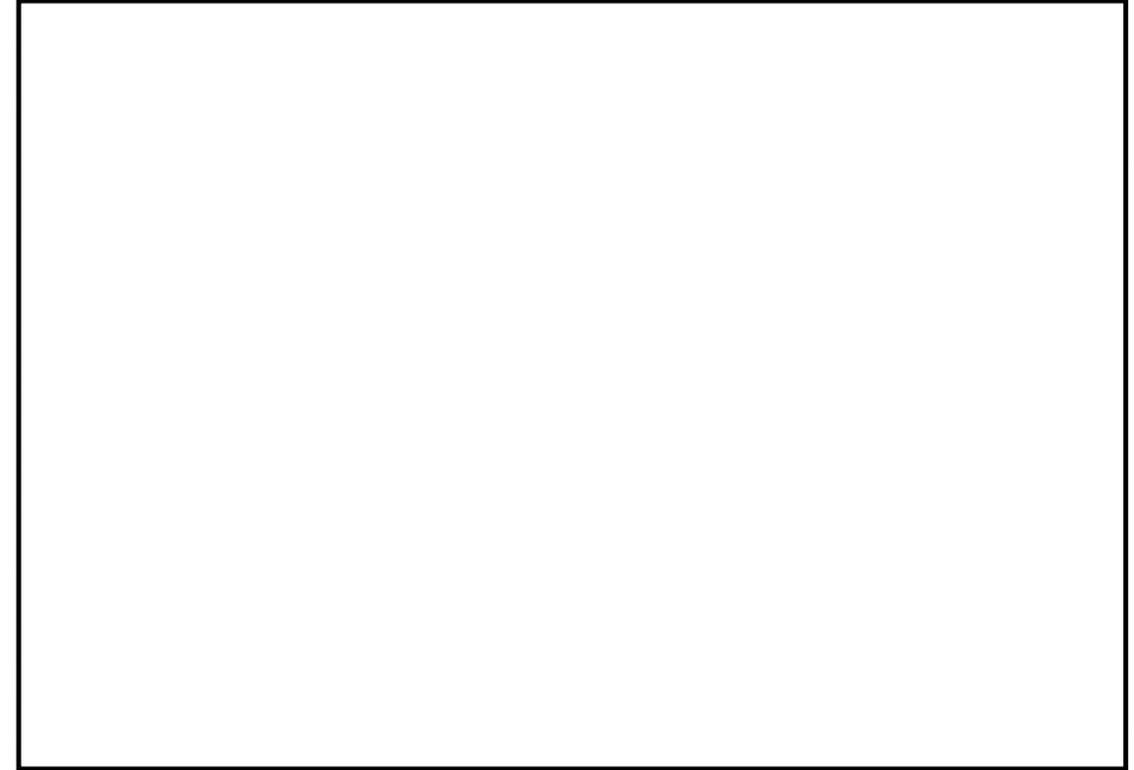


図 4-3 地下水位低下量コンター図 (矢板なし)



図 4-4 地下水位低下量コンター図 (矢板深度 5m)

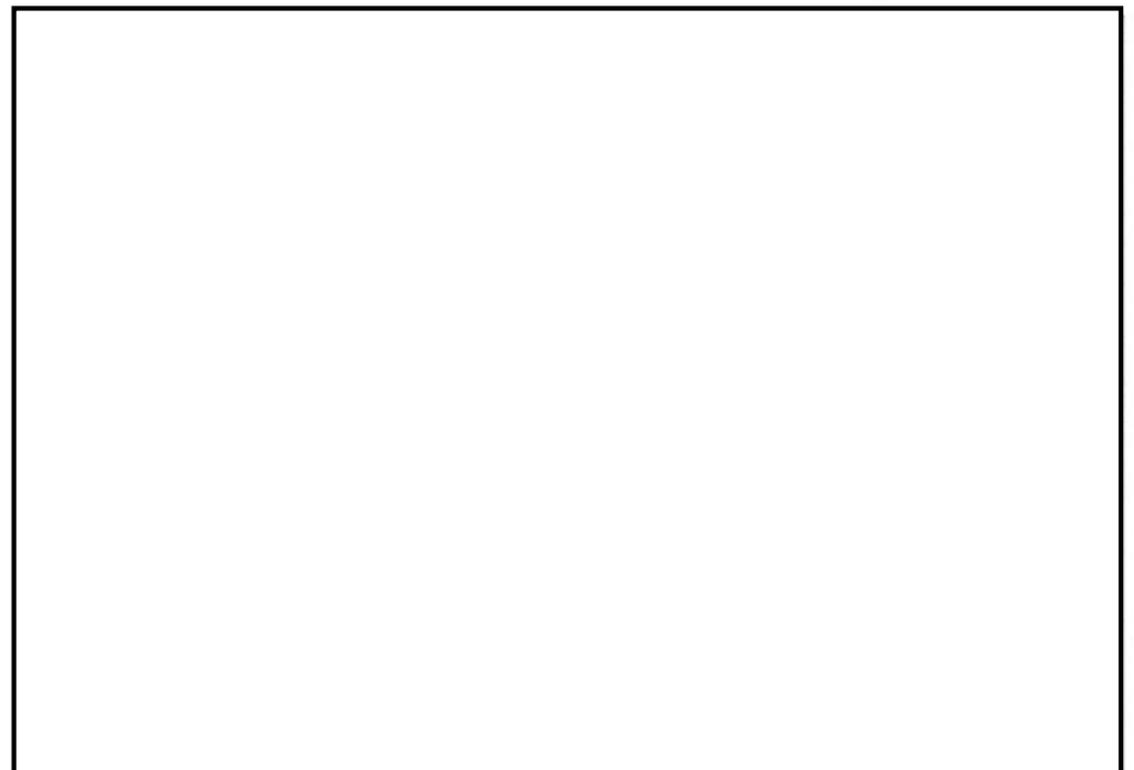
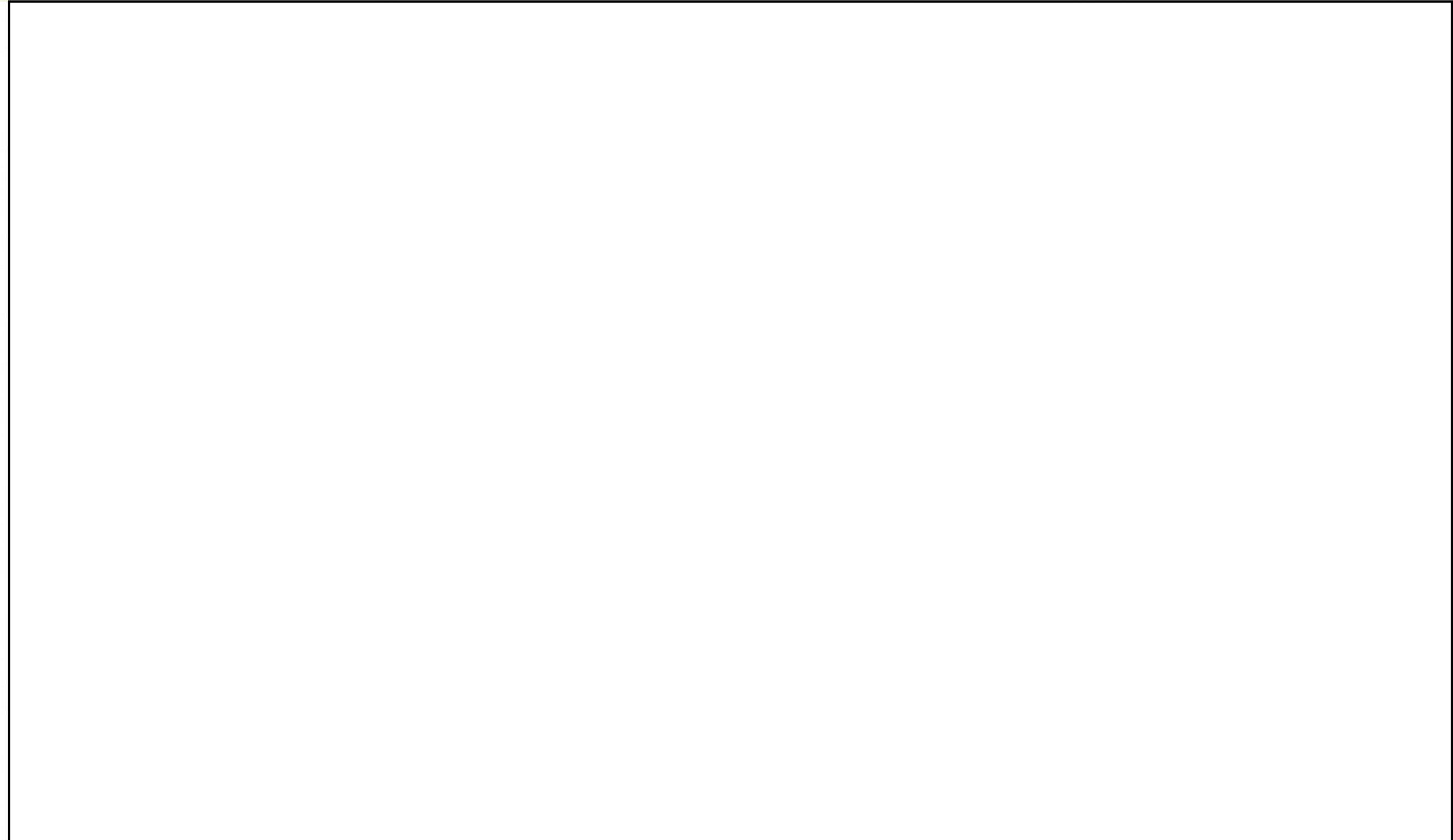


図 4-5 地下水位低下量コンター図 (矢板深度 10m)

5. 沈下解析結果

(1) ボーリング地点の地表面沈下量（一次元沈下解析結果）

- 対策時（地下水位を上流ブロック GL-3m、下流ブロック GL-1.5mまで低下時）のボーリング地点における地表面沈下量は、Ap層が確認された「F\_WB-4」を除き、2～5cm程度と予測され、沈下量の閾値（地表面沈下量 10cm以下）を満足する。
- Ap層が確認された「F\_WB-4」の地表面沈下量は、約 19cmと予測され、沈下量の閾値（地表面沈下量 10cm以下）を大きく超過する。



※本資料は、個人情報が含まれており、委員会限定の取扱いとさせていただきます。

(2) 地表面沈下量の分布 (一次元沈下解析結果)

- 対策時 (地下水位を上流ブロック GL-3m、下流ブロック GL-1.5mまで低下時) の地表面沈下量の分布は、上流ブロックでは最大 2cm 程度と予測され、沈下量の閾値 (地表面沈下量 10cm 以下) を満足する。
- Ap 層が分布する下流ブロックは、最大 20~25cm 程度と予測され、沈下量の閾値 (地表面沈下量 10cm 以下) を大きく超過する。

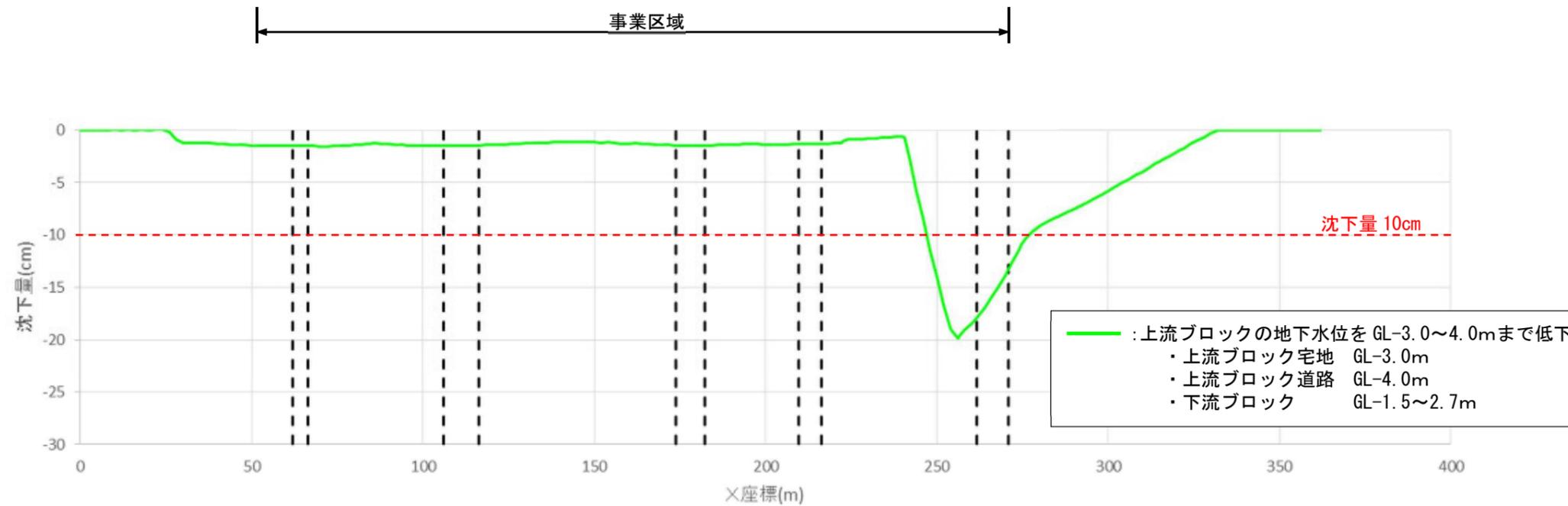


図 5-2 地表面沈下量の解析結果 (B断面)

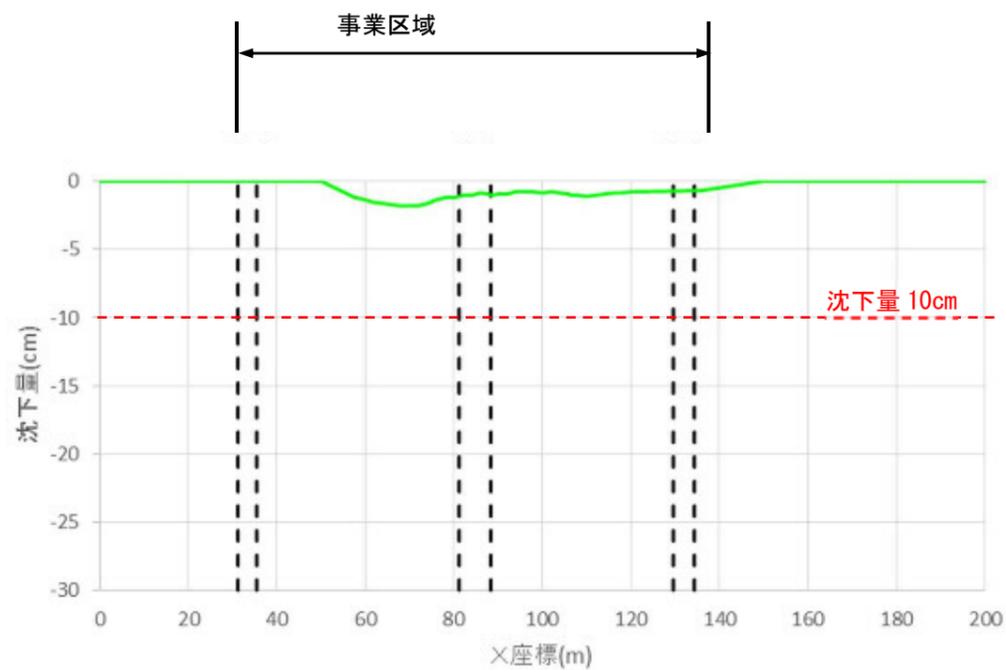


図 5-3 地表面沈下量の解析結果 (6断面)

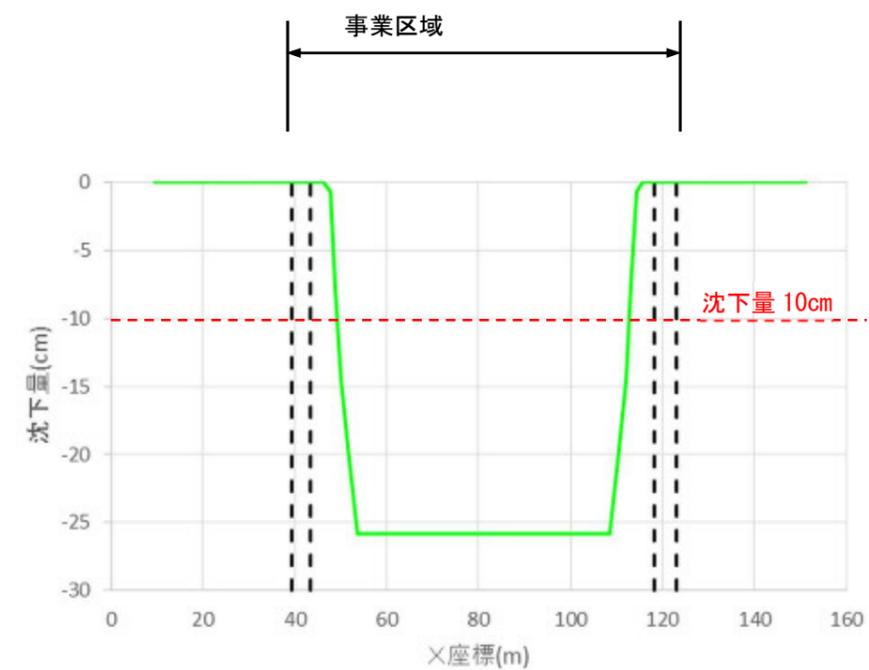


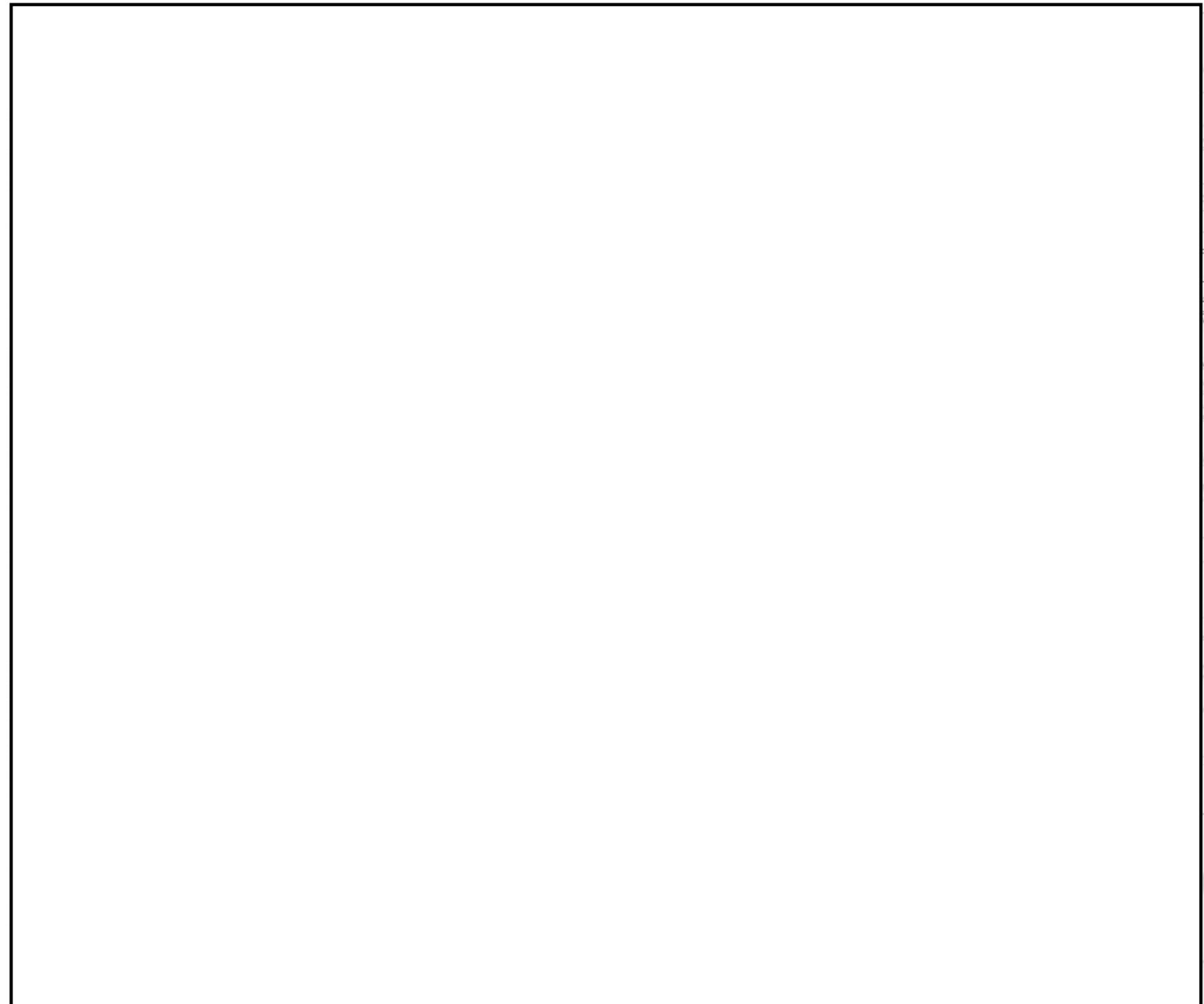
図 5-4 地表面沈下量の解析結果 (9断面)

(3) 宅地の傾斜

●対策時（上地下水位を上流ブロック GL-3m、下流ブロック GL-1.5mまで低下時）の宅地の傾斜は、Ap 層が分布する下流ブロック横断解析（9断面）で最大 18.1/1000 となり、傾斜の閾値（3/1000 以下）を大きく超過する。

表 5-1 宅地の傾斜（ $\times 10^{-3}$ ）

傾斜算出 宅地No.	上流ブロックの地下水位をGL-3.0 ~4.0mまで低下させた場合		
	B断面	6断面	9断面
(1)	0.7	0.0	18.1
(2)	0.2	0.3	0.0
(3)	0.0	0.0	0.0
(4)	0.1	0.2	14.6
(5)	0.1	-	-
(6)	0.1	-	-
(7)	0.0	-	-
(8)	0.1	-	-
(9)	0.1	-	-
(10)	0.2	-	-
(11)	0.1	-	-
(12)	0.2	-	-
(13)	0.1	-	-
(14)	11.8	-	-
(15)	5.2	-	-
(16)	2.0	-	-
(17)	0.0	-	-
(18)	0.0	-	-



※本資料は、個人情報が含まれており、委員会限定の取扱いとさせていただきます。

## 6. 地下水位低下工法の適用性

- 追加地盤調査および各種解析によって以下事項が明らかとなり、これらの結果から、当該地区において地下水位低下工法を適用することはできないものと判断される。
  - ・追加地盤調査において、下流ブロックの一部に、圧縮性の高いAp層が分布していることが確認された。
  - ・地下水位低下工法によって液状化対策を行う場合、上流ブロックはGL-3m、下流ブロックはGL-1.5mまで地下水位を低下する必要がある。
  - ・上記対策を行った場合、Ap層が分布するエリアでは、閾値を超過する「地表面沈下（最大約25cm）」と「宅地の傾斜（最大約18/1000）」が想定され、家屋などに有害な被害が生じる恐れがある。