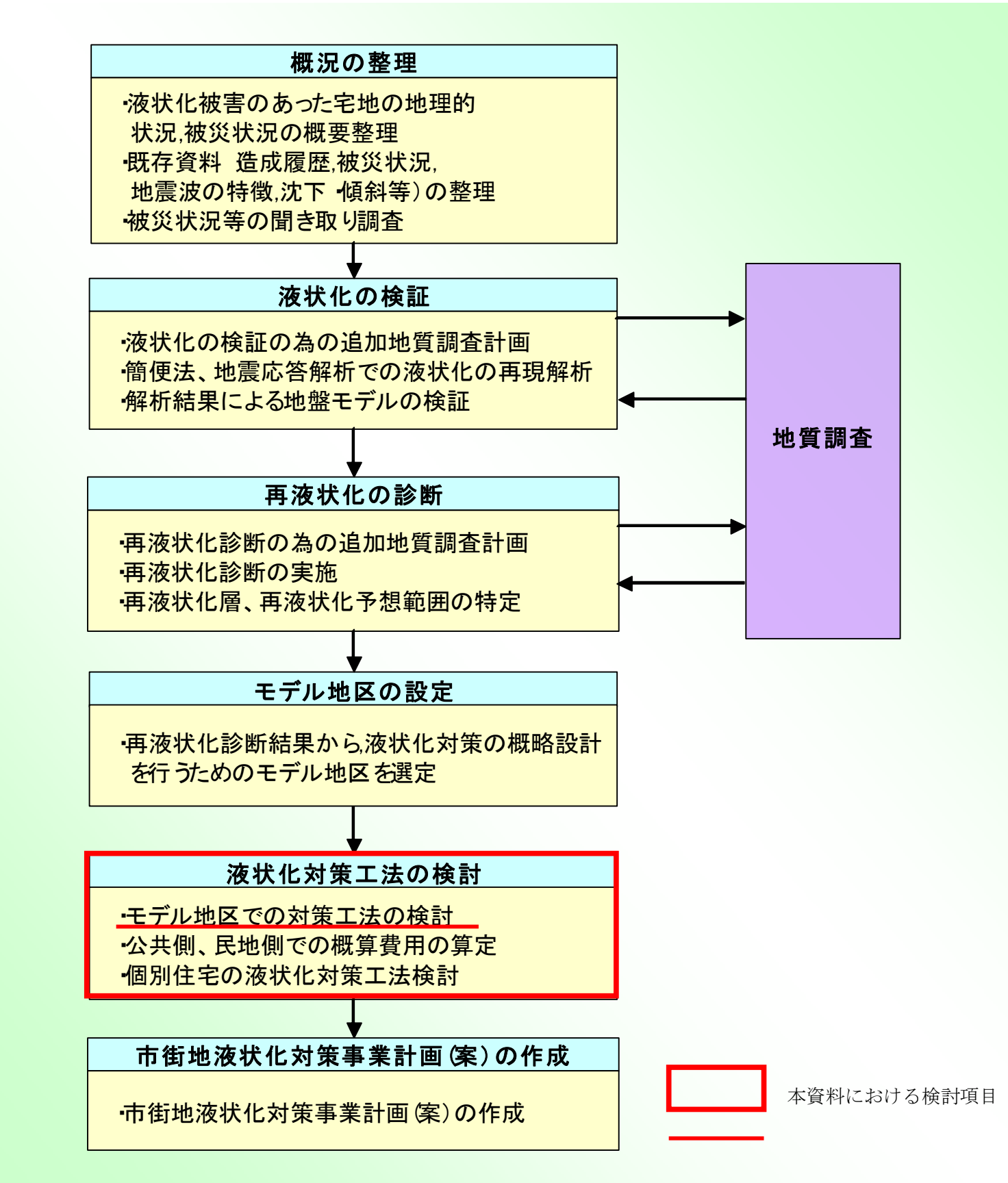


液状化対策工法の検討



液状化対策工法の検討

(1) 対策工の検討において考慮する地震動と目標性能

1) 本検討で考慮する地震動

本検討では、ガイドンス(案)の考え方や他の自治体の事例を考慮し、中程度の揺れに対する家屋の安全性を確保することとし、対策工法の検討に対して以下の地震動を考慮する。

- ・ タイプ1：200gal、M7.5（中地震による中程度の揺れ）
- ・ タイプ2：200gal、M9.0（巨大地震による中程度の揺れ）

2) 本検討における目標性能

表-6.1 対策工法における目標性能

項 目	地下水位低下工法	格子状地中壁工法
非液状化層厚（H1）の確保	3m以上	5m以上
地表面沈下量（Dcy）の制限	10cm以内	10cm以内

<解説>

■非液状化層厚（H1）について

地下水位低下工法では、既往の研究成果よりH1を3m以上確保すれば、200gal程度の揺れによる影響が少ないことによる。

格子状地中壁工法では、地下水位は対策前と同程度であり、めり込み沈下による影響を考慮し5m以上とした。

■地表面沈下量（Dcy）について

地盤の変形を考慮した地表変位Dcy≦10cmとしたガイドンス(案)を考慮し、10cm以内とする。

(2) 詳細法（FEM 解析）による計算

1) 検討地点

検討はモデル地区5箇所で行った。

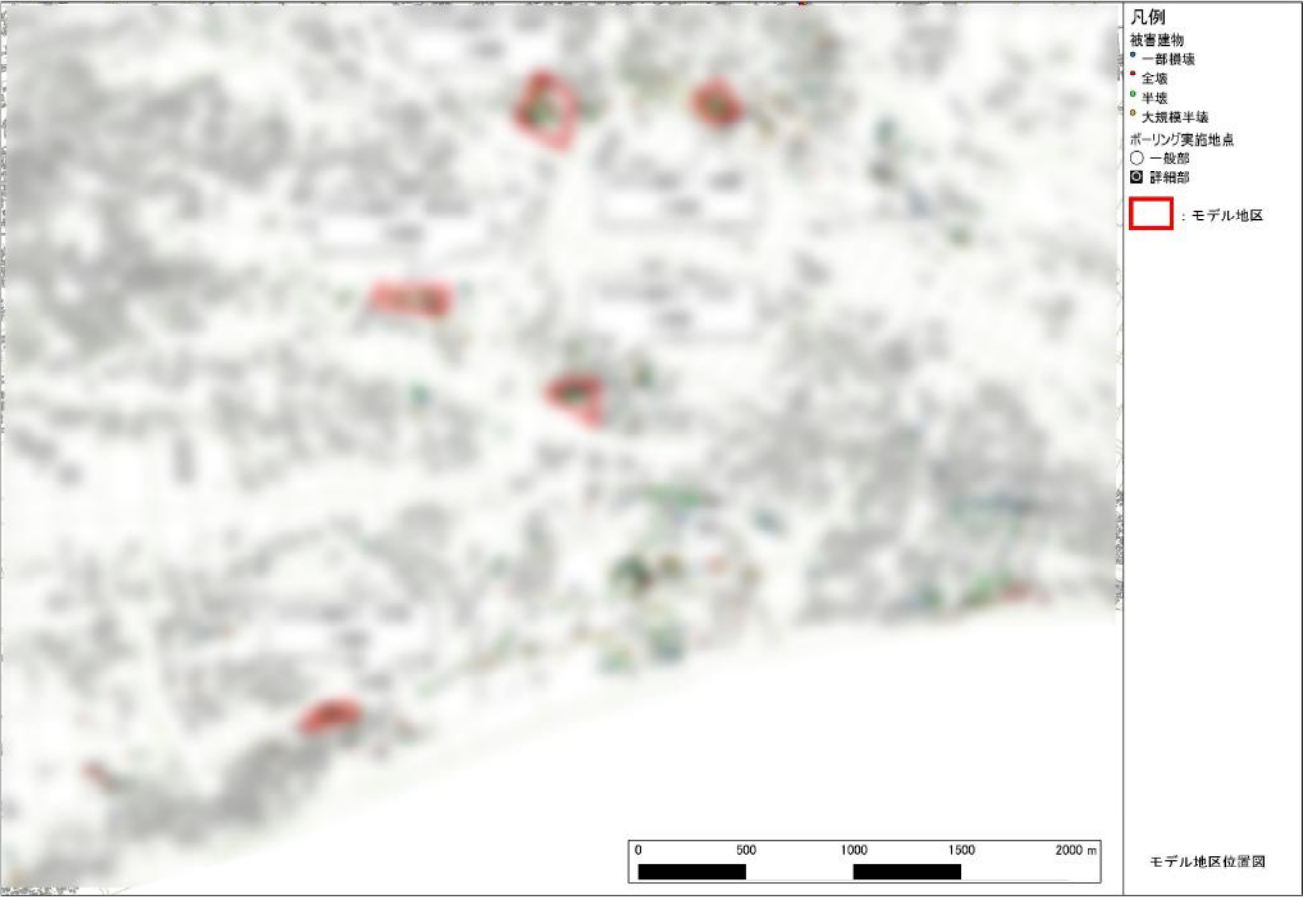


図-6.1 検討地点位置図

※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) 検討条件

各パラメータ設定には、モデル地区位置のボーリング柱状図及び室内土質試験結果を用いた。深度20m以深の土質区分及びS波速度設定について同位置で試験結果が得られていない箇所については、近隣の詳細調査位置（HB-S-1、SN-S-1、SN-S-2）で得られたデータを用いた。基盤に与える波形は検討箇所に最も近い観測所で得られた地表面における強震記録を基盤に引き戻した波形を用いた。

※地表面沈下量Dcy(cm)の計算対象深度はG.L.-10mとした

表-6.2 検討条件一覧表

	検討位置	基盤に与える波形	パラメータ
1	モデル地区1 蛇園	海上余震 EW FDEL 引戻 $\alpha_{max}=173gal$	モデル地区内及び近隣の地質調査結果
2	モデル地区2 後草	海上余震 EW FDEL 引戻 $\alpha_{max}=173gal$	
3	モデル地区3 東足洗	飯岡本震 EW FDEL 引戻 $\alpha_{max}=162gal$	
4	モデル地区4 三川	飯岡本震 EW FDEL 引戻 $\alpha_{max}=162gal$	
5	モデル地区5 矢指	飯岡本震 EW FDEL 引戻 $\alpha_{max}=162gal$	

検討ケースは以下の4通りとした。（東足洗、矢指は対策3まで4通り検討。他は対策2まで3通り。）

表-6.3 検討ケース一覧表

	検討ケース	ケース名
1	無対策（現況）	無対策
2	格子状地中壁（道路部のみ） 深度 6m	対策1
3	格子状地中壁（道路部及び民地部） 20m 格子間隔 深度 6m	対策2
4	格子状地中壁（道路部及び民地部） 30m 格子間隔 深度 6m	対策3

前回までの検討で20m格子間隔で対策後の沈下量が非常に小さかった三川、矢指については、今回、30m格子間隔でも検討を実施した。

- ・地盤物性値は、各検討の項で設定値を示している。
- ・地盤物性値の設定にあたっては、今回の検討地区全体の試験結果を総合的に見て再整理を行った。
- ・後草（HB-S-1）、矢指（SN-S-1）の砂鉄採掘埋戻層（Fst層）は、スウェーデン式サウンディングの結果から標準貫入試験で得られたN値を低減させたことから、解析に用いるS波速度を、低減させたN値をもとにS波速度とN値の関係式から再設定し、低減させた。

(3) 検討結果および対策工仕様

表-6.4に検討結果と、それを踏まえて決定した対策工仕様を示す。

検討内容、結果の詳細は次項以降に示している。

結果として、Dr-ε 関係から求めた液状化による沈下量Dcyが、各モデル地区での実測沈下量に近い値を得ることができたため、これをもとに対策工の検討を行った。

対策工は格子状地中壁による対策工をモデル化した解析により検討し、格子間隔20m、もしくは30mで許容沈下量10cmを満たす結果となった。

表-6.4 対策工検討結果一覧表

モデル地区	参照Bor.	現況 無対策)沈下量 (cm)		対策後沈下量 (cm)		許容沈下量 (cm)
		実測値	解析値※	対策仕様	解析値※	
蛇園	HB-1	18～30	26.9	格子状改良 20m 間隔	6.7	10.0
後草	HB-S-1	18～30	32.0	格子状改良 20m 間隔	6.4	10.0
東足洗	HA-1	5～17	13.5	格子状改良 20m 間隔	0.0	10.0
三川	HA-2	4～34	13.3	格子状改良 30m 間隔	0.0	10.0
矢指	SN-S-1	6～70	26.9	格子状改良 30m 間隔	0.0	10.0

※ 解析値はDr-ε 関係より求めた沈下量

(4) モデル地区での対策工検討

1) 格子状地中壁工法の検討 (モデル地区 1)

a) 検討位置 モデル地区 1 蛇園

b) 解析モデル

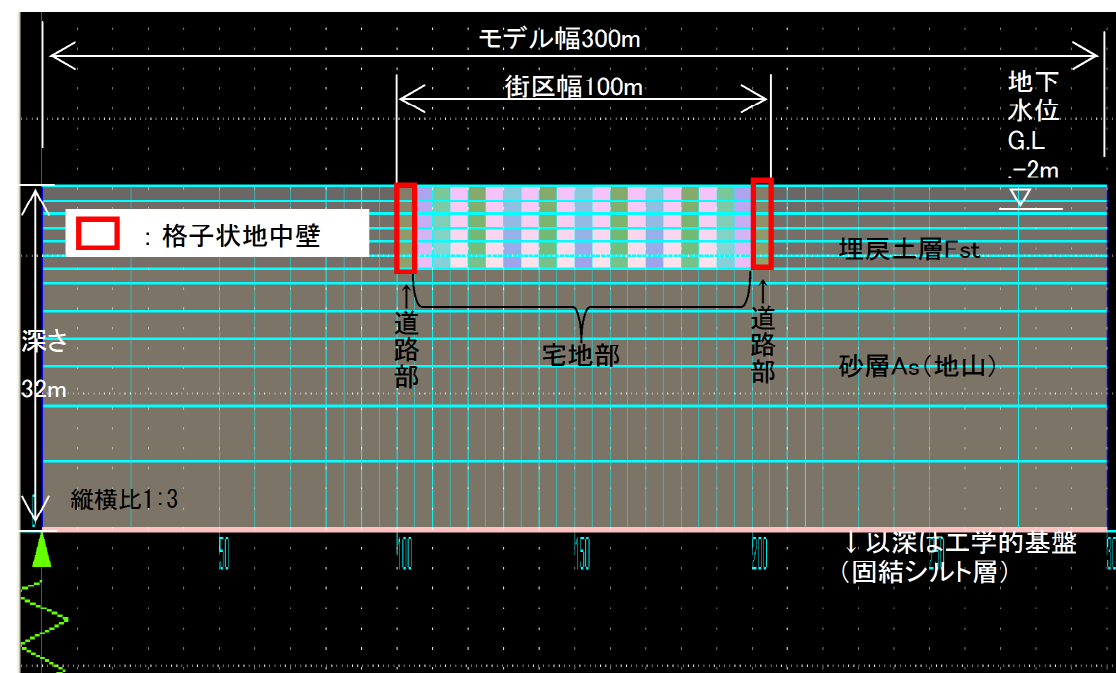


図-6.2 対策1 平面図、断面図 (縦横比1:3)

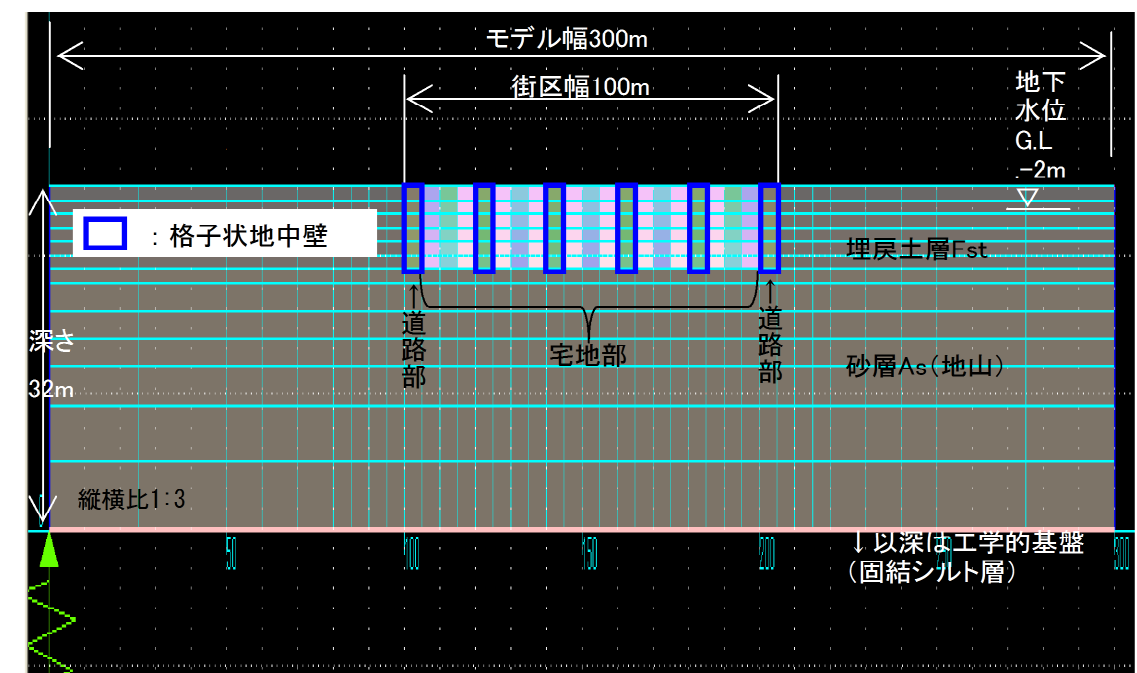


図-6.3 対策2 平面図、断面図 (縦横比1:3)

c) 物性値

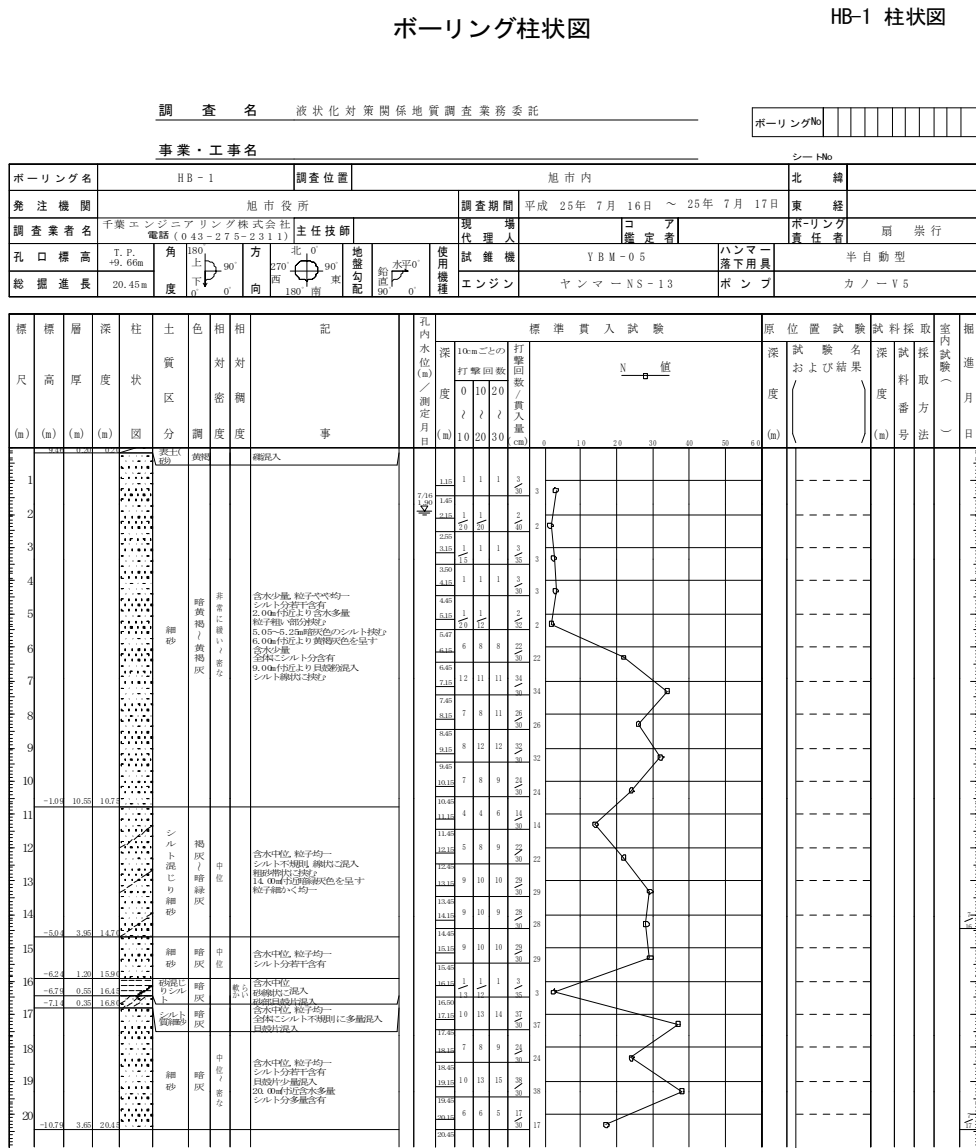
解析に用いた物性値を以下に示す。

表-6.5 詳細解析に用いた物性値一覧表

地層区分	層厚 (m)	湿潤重量 (kN/m ³)	有効上載圧 (kN/m ²)	S波速度 m/s	ポアソン比	動的ポアソン比	細粒分含有率F _c (%)	相対密度 D _r (%)	液状化強度比
砂鉄採掘埋戻推定層 Fst層 地下水位より上	2	20	20	130	0.33	0.48	5.1%	57.9	—
砂鉄採掘埋戻推定層 Fst層 地下水位より下	4	20	59	130	0.33	0.48	3.5%	57.4	0.23
砂層 As層	19	18	153	220	0.33	0.49	13.2%	69.1	0.21

※物性値はボーリング調査結果HB-1及びHB-S-1より設定した。

【ボーリング柱状図】



d) 解析結果

解析結果を下図に示す。地表面沈下量Dcy(cm)は一次元と解析同様、Dr-ε 関係に基づき算定した。

無対策ではDcyが27cm程度となった。対策1 では無対策に比べて道路部付近のみのDcyが減少した。対策2 では宅地部のDcyが概ね7cm程度となった。

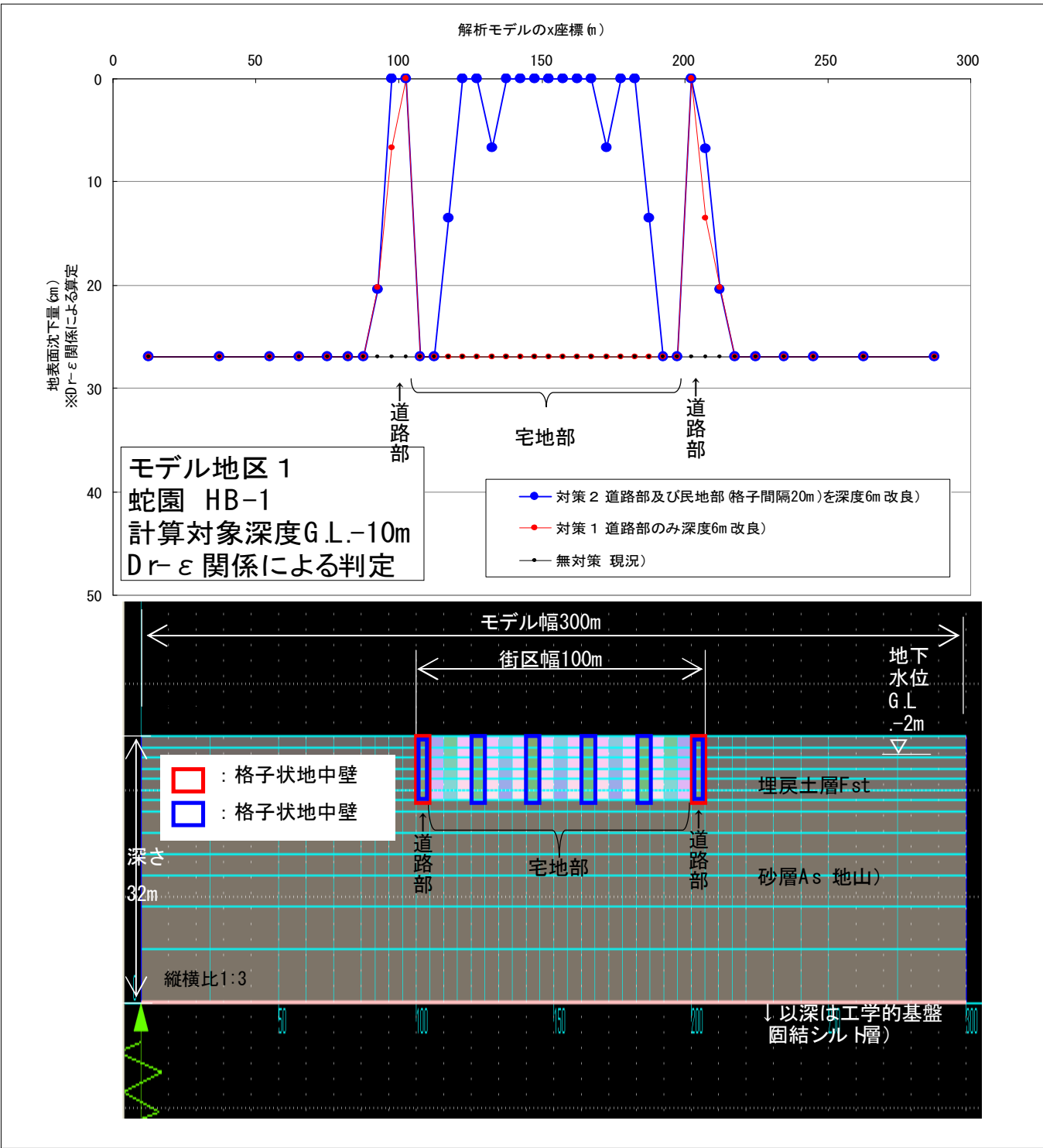


図-6.4 解析結果図 (Dr-ε 関係に基づく算定)

比較のため、地表面沈下量Dcy(cm)を高圧ガス指針、建築基礎構造指針でも算定した。

高圧ガス指針では、無対策ではDcyが12cm程度となった。対策1では無対策に比べて道路部付近のみのDcyが減少した。対策2では宅地部のDcyが概ね3cm程度となった。

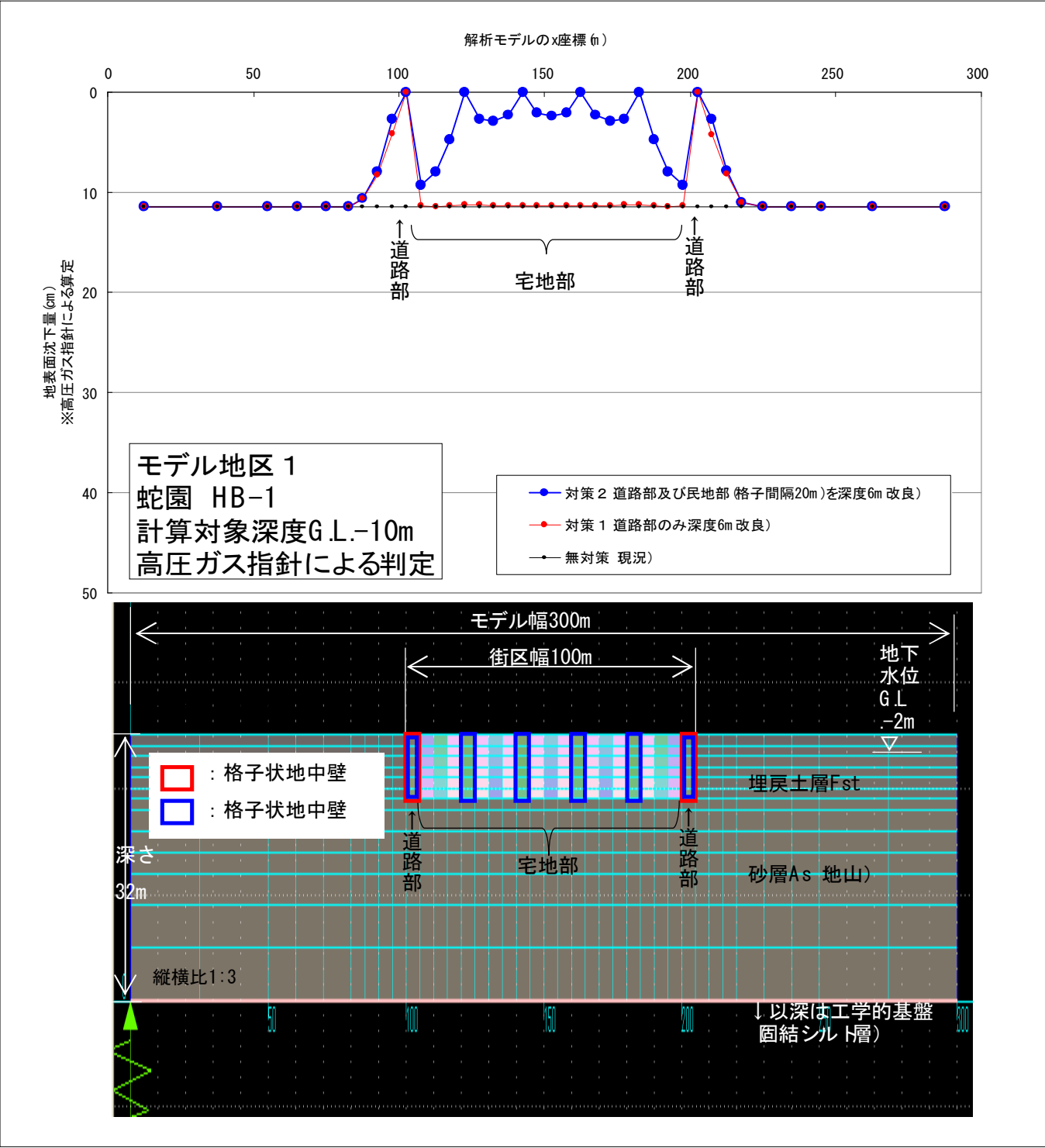


図-6.5 解析結果図（高圧ガス指針に基づく算定）

建築指針では、無対策ではDcyが32cm程度となった。対策1では無対策に比べて道路部付近のみのDcyが減少した。対策2では宅地部のDcyが概ね8cm程度となった。

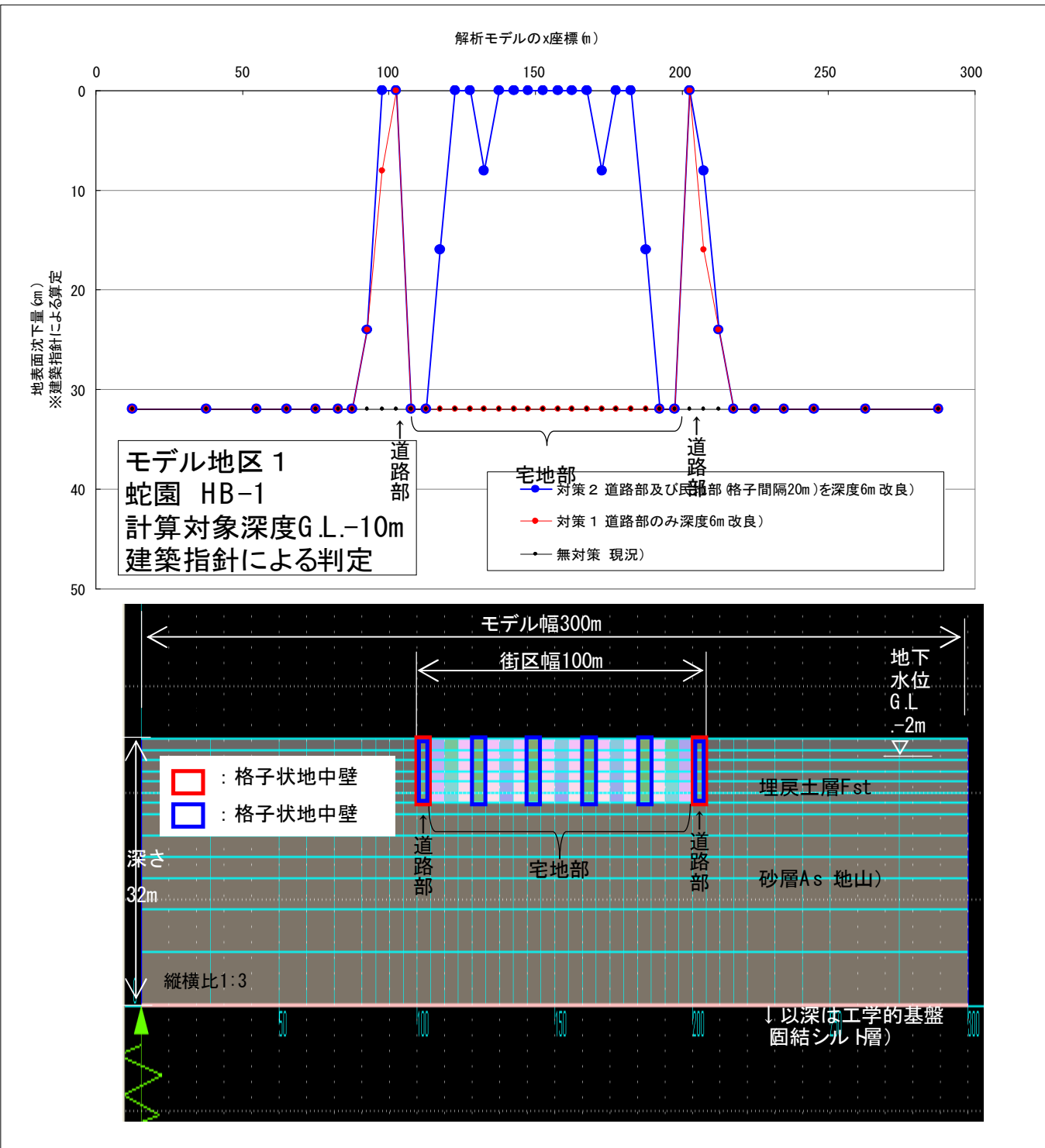


図-6.6 解析結果図（建築指針に基づく算定）

2) 格子状地中壁工法の検討 (モデル地区2)

a) 検討位置 モデル地区2 後草

b) 解析モデル

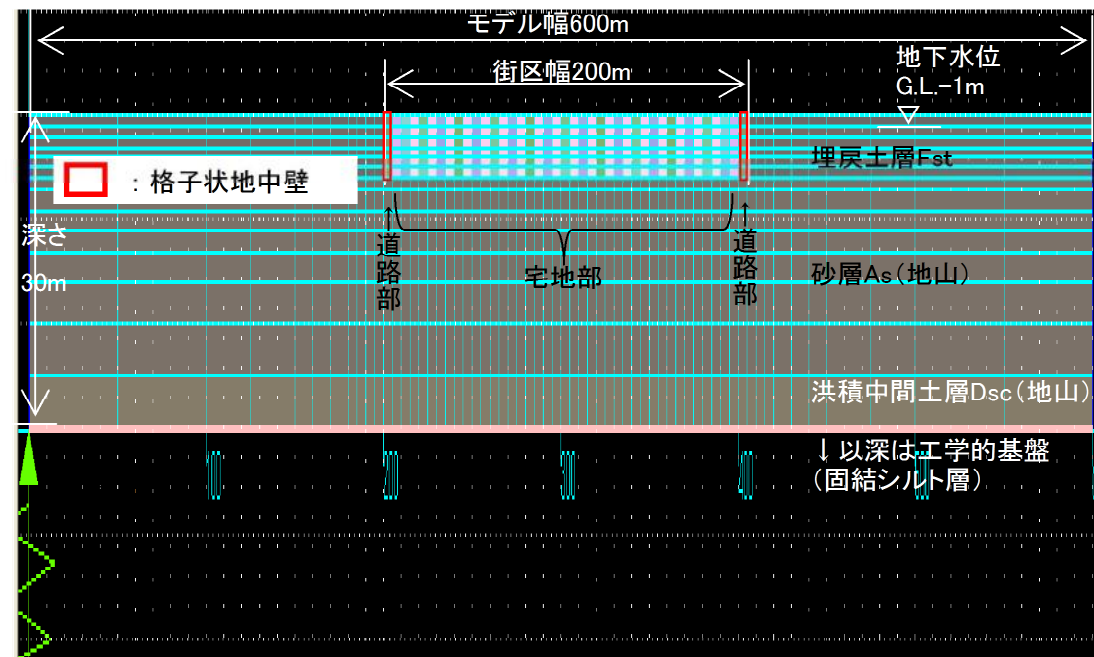
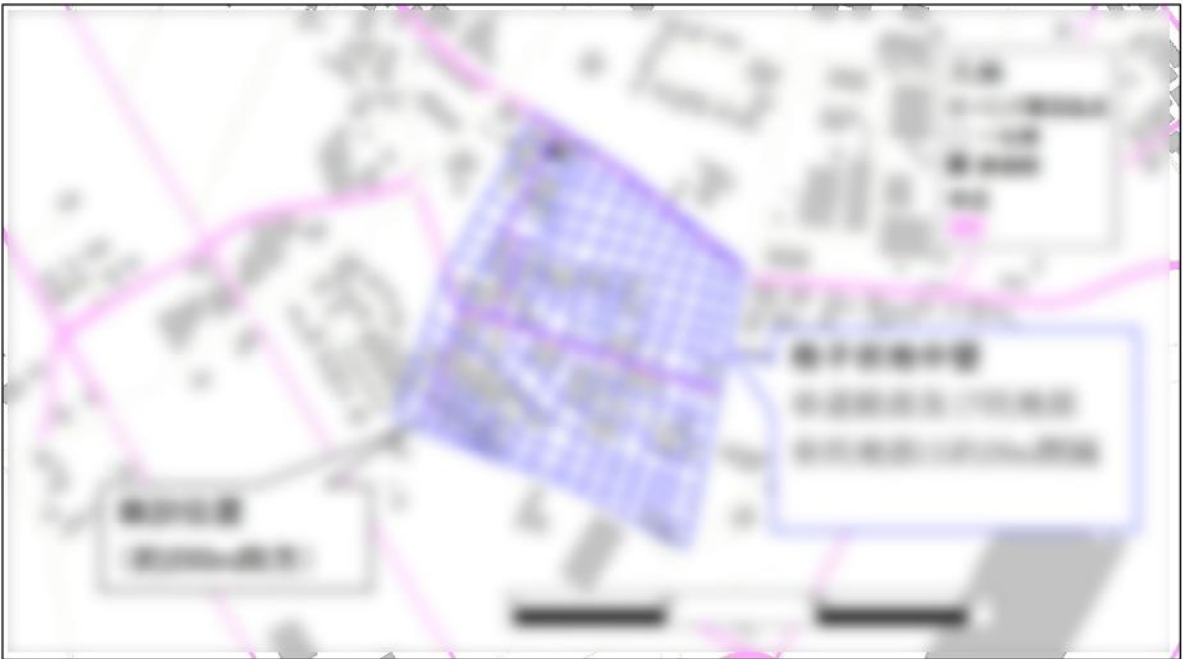
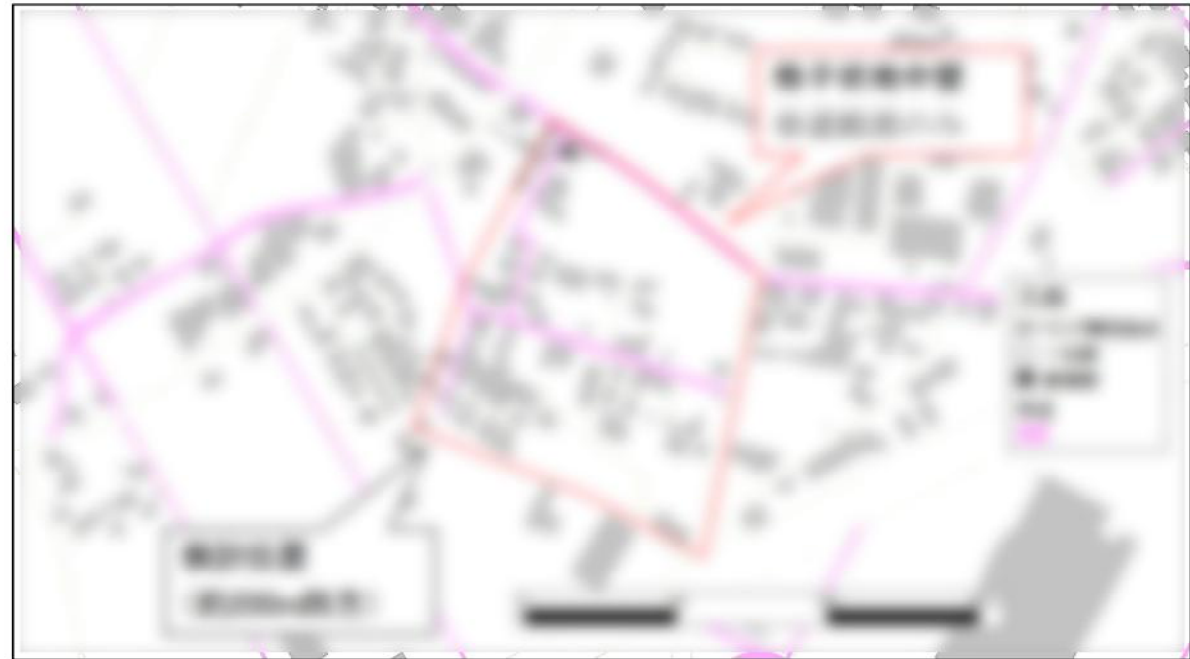


図-6.7 対策1 平面図、断面図 (縦横比1:6)

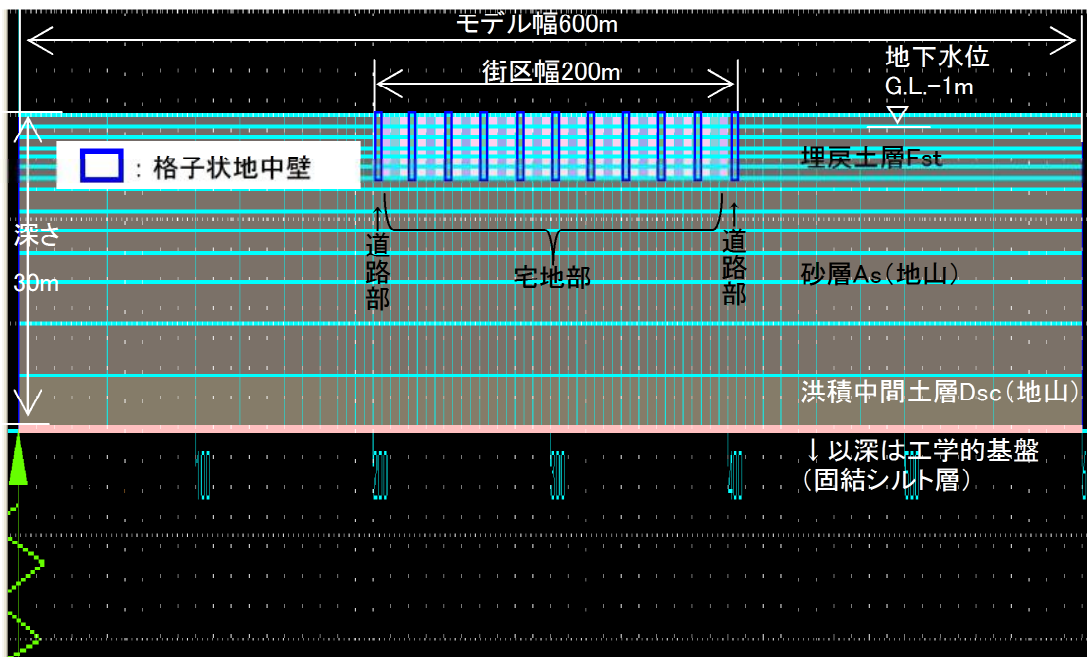


図-6.8 対策2 平面図、断面図 (縦横比1:6)

c) 物性値

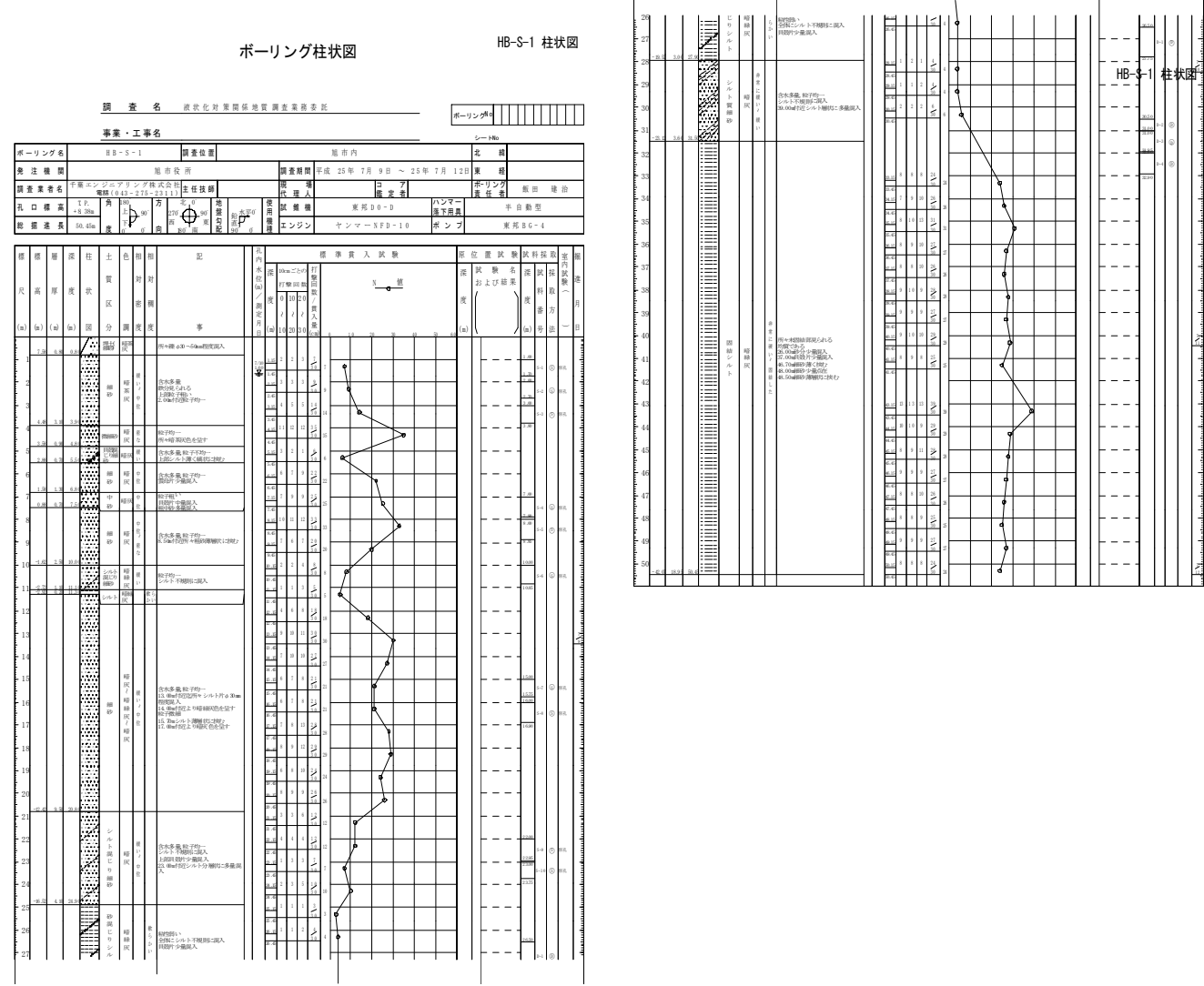
解析に用いた物性値を以下に示す。

表-6.6 詳細解析に用いた物性値一覧表

地層区分	層厚 (m)	湿潤重量 (kN/m ³)	有効上載圧 (kN/m ²)	S波速度 m/s	ポアソン比	動的ポアソン比	細粒分含有率Fc (%)	相対密度 Dr (%)	液状化強度比
砂鉄採掘埋戻推定層 Fst層 地下水位より上	2	20	20	190→120	0.33	0.48	0.9%	67.3	—
砂鉄採掘埋戻推定層 Fst層 地下水位より下	5	20	64	220→120	0.33	0.48	6.5%	67.3	0.23
砂層 As層	19	18	163	210	0.33	0.49	14.2%	67.9	0.21
洪積中間土層 Dsc層	5	16	253	180	0.33	0.49	95.7%	56.9	—

※物性値はボーリング調査結果HB-S-1より設定した。

【ボーリング柱状図】



d) 解析結果

解析結果を下図に示す。地表面沈下量Dcy(cm)は一次元と解析同様、Dr-ε 関係に基づき算定した。
無対策ではDcyが32cm程度となった。対策 1 では無対策に比べて道路部付近のみのDcyが減少した。対策 2 では道路部及び宅地部のDcyが減少し、7cm程度となった。

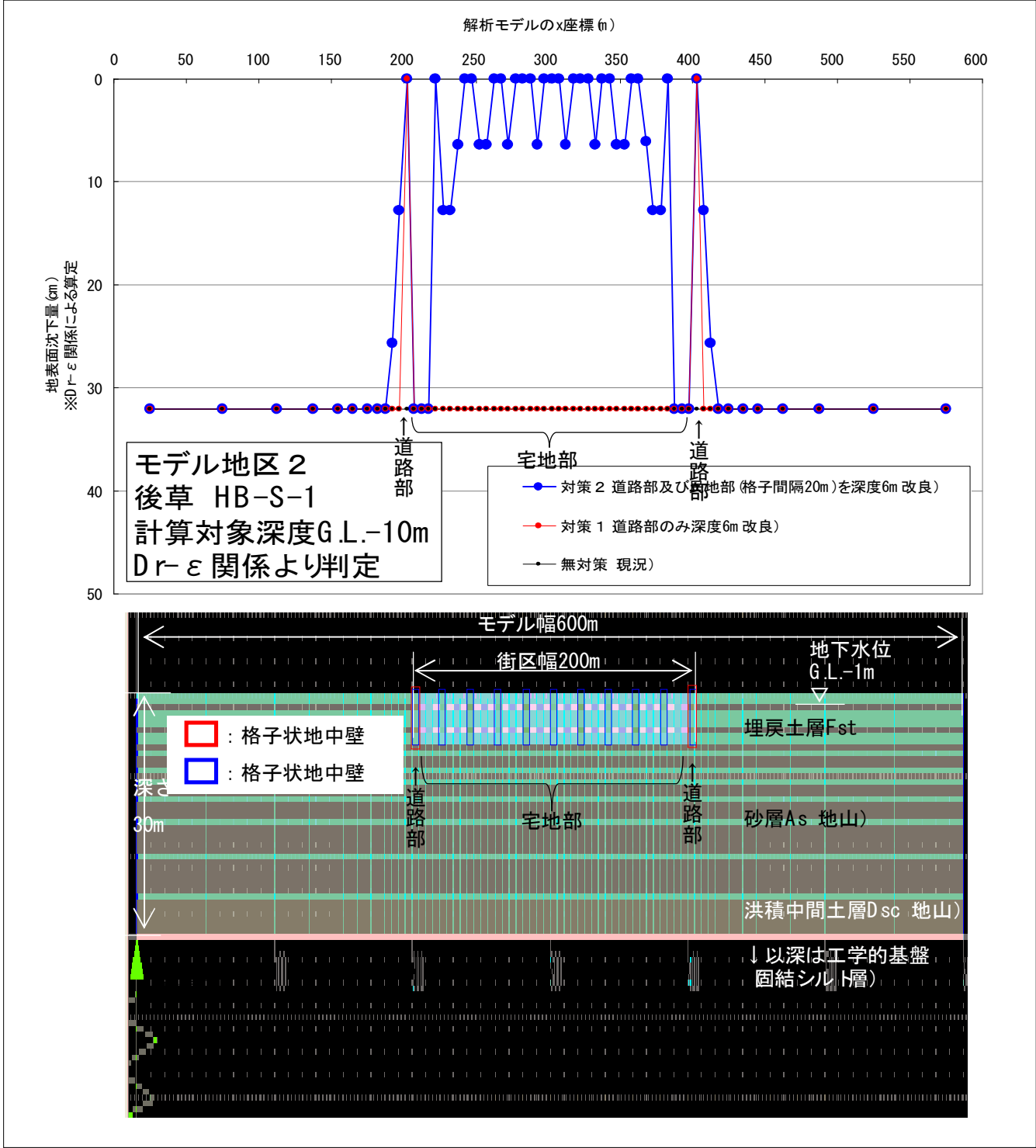


図-6.9 解析結果図 (Dr-ε 関係に基づく算定)

比較のため、地表面沈下量Dcy(cm)を高圧ガス指針、建築基礎構造指針でも算定した。

高圧ガス指針では、無対策ではDcyが12cm程度となった。対策1では無対策に比べて道路部付近のみのDcyが減少した。対策2では道路部及び宅地部の改良体付近のDcyが減少し、5cm程度となった。

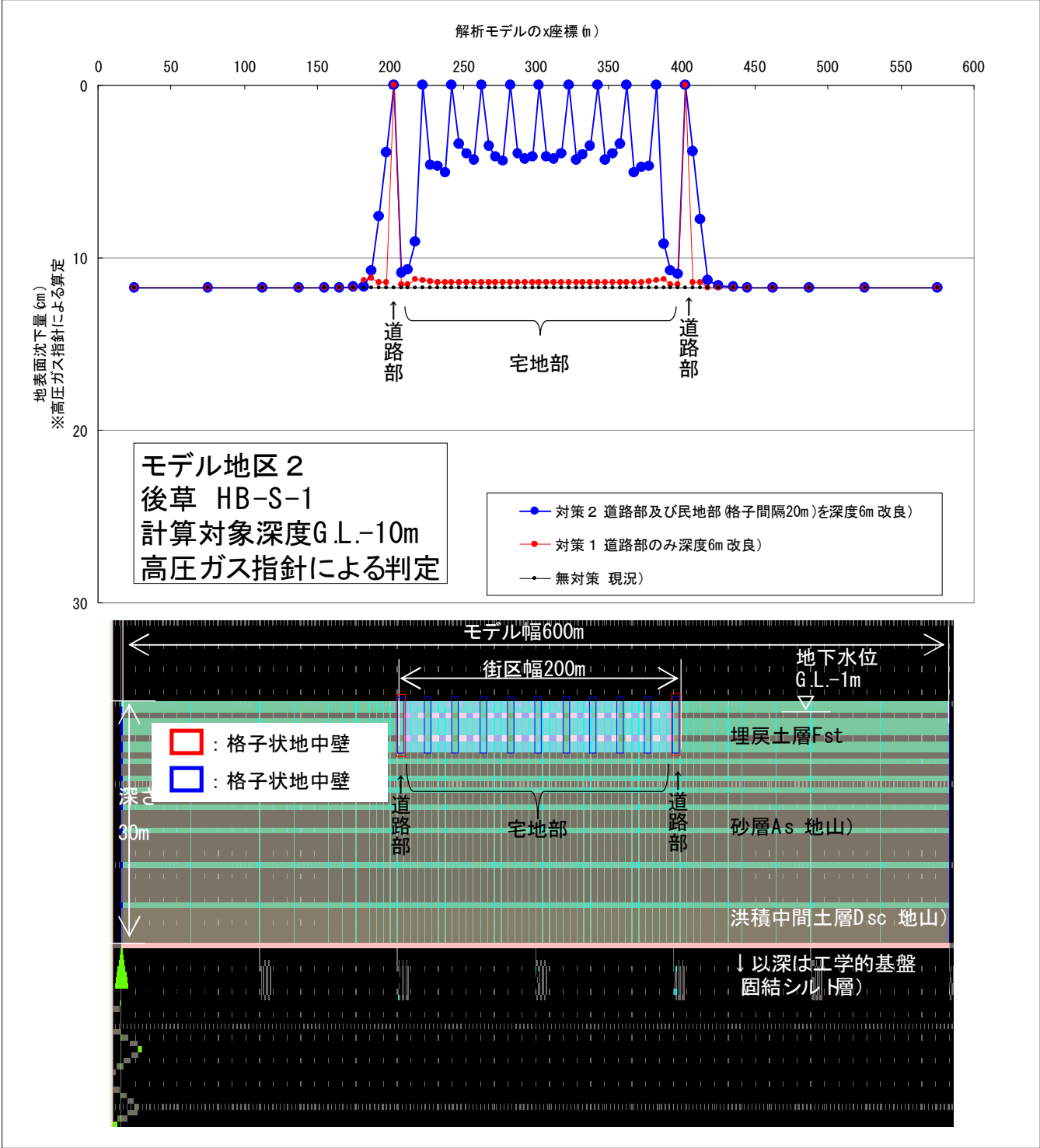


図-6.10 解析結果図 (高圧ガス指針に基づく算定)

建築基礎構造指針では、無対策ではDcyが23cm程度となった。対策1では無対策に比べて道路部付近のみのDcyが減少した。対策2では道路部及び宅地部の改良体付近のDcyが減少し4cm程度となった。

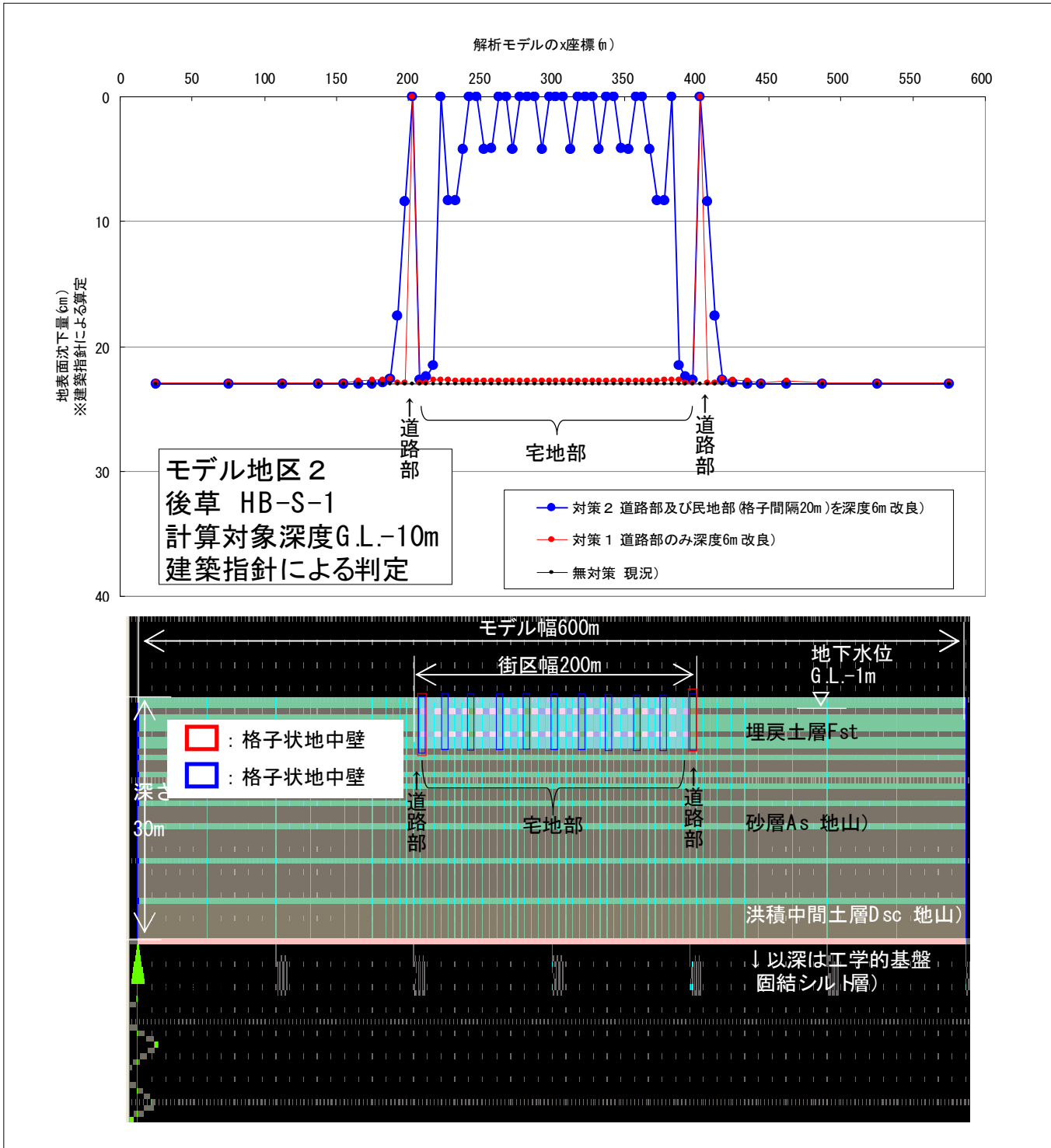


図-6.11 解析結果図 (建築指針に基づく算定)

3) 格子状地中壁工法の検討 (モデル地区3)

a) 検討位置 モデル地区3 東足洗

b) 解析モデル

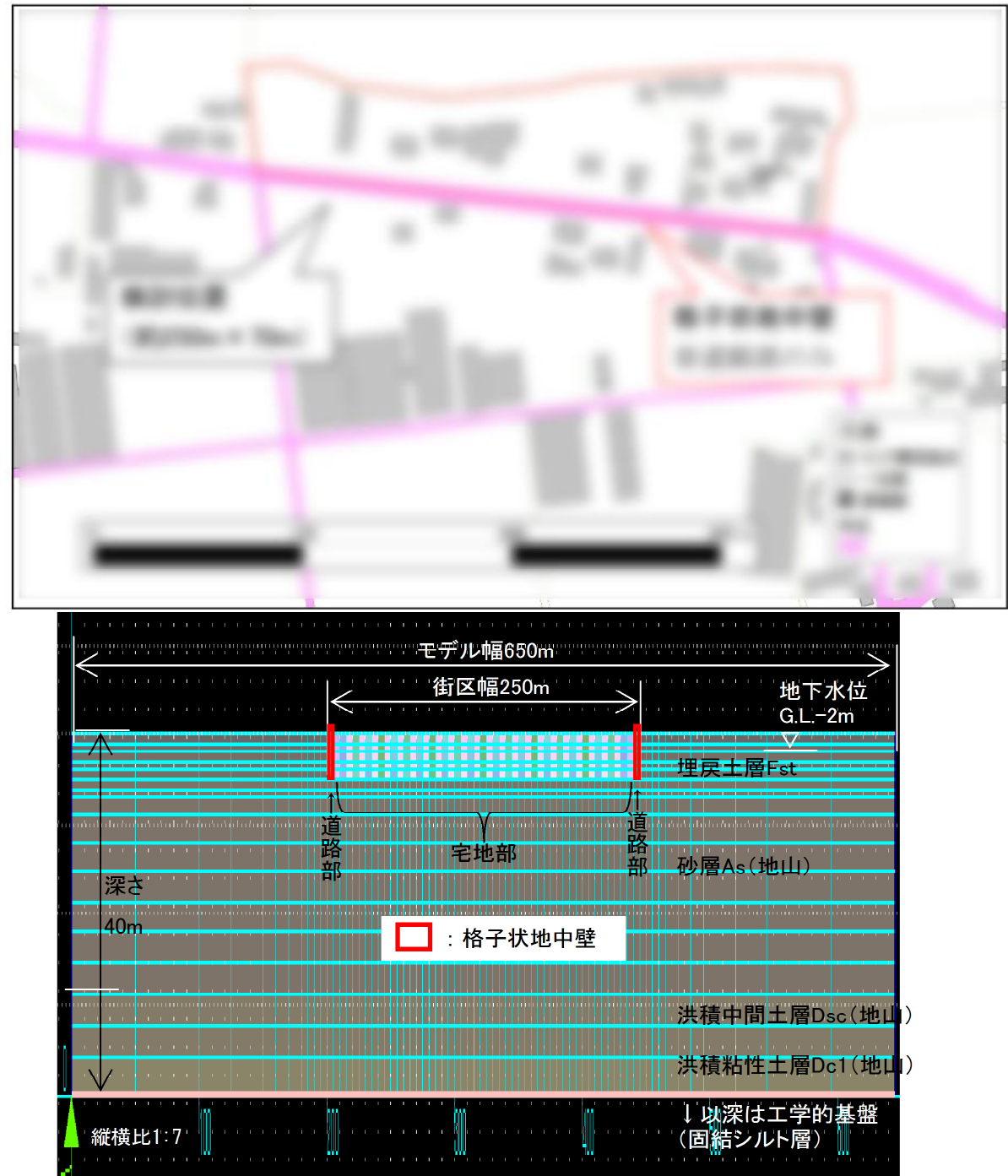


図-6.12 対策1 平面図、断面図 (縦横比1:7)

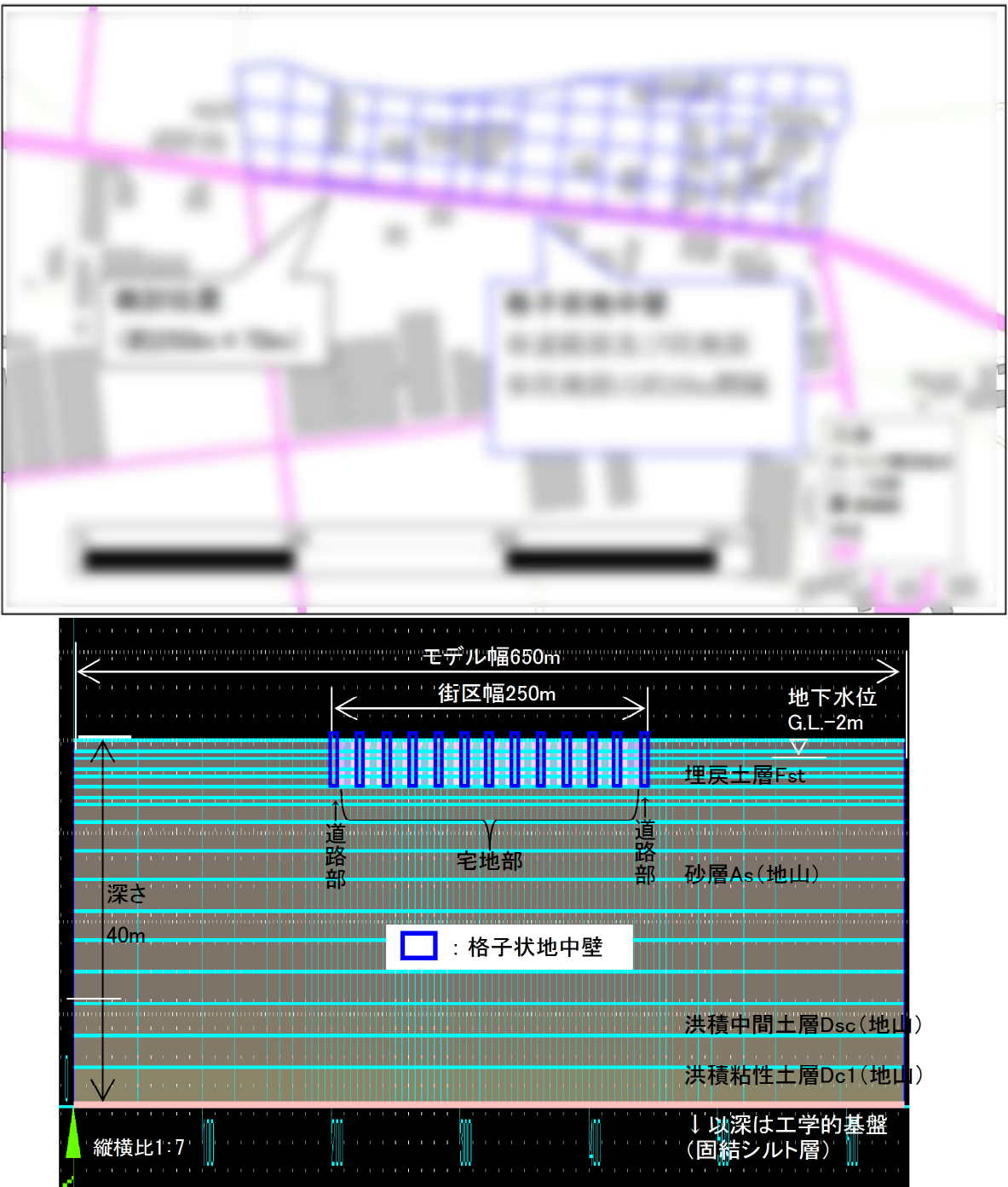


図-6.13 対策2 平面図、断面図 (縦横比1:7)

c) 物性値

解析に用いた物性値を以下に示す。

表-6.7 詳細解析に用いた物性値一覧表

地層区分	層厚 (m)	湿润重量 (kN/m ³)	有効上載圧 (kN/m ²)	S波速度 m/s	ポアソン比	動的 ポアソン比	細粒分含有率F _c (%)	相对密度 D _r (%)	液状化 強度比
砂鉄採掘埋戻推定層 Fst層 地下水位より上	2	20	20	160	0.33	0.47	2.4%	61.0	—
砂鉄採掘埋戻推定層 Fst層 地下水位より下	3	20	54	160	0.33	0.47	3.3%	59.1	0.23
砂層 As層	24	18	163	240	0.33	0.49	10.3%	77.7	0.21
洪積中間土層 Dsc層	7	16	279	230	0.33	0.49	70.1%	56.9	—
洪積粘性土層 Dcl層	4	15	312	170	0.33	0.49	96.8%	99.9	—

※物性値はボーリング調査結果HA-1, SN-S-1, SN-S-2より設定した。

【ボーリング柱状図】

ボーリング柱状図

HA-1 柱状図

[illegible]

d) 解析結果

解析結果を下図に示す。地表面沈下量 D_{cy} (cm)は一次元解析と同様、 $D_r - \varepsilon$ 関係に基づき算定した。

無対策ではDcyが14cm程度となった。対策1では無対策に比べて道路部付近のみのDcyが減少した。対策2では道路部及び宅地部のDcyが減少し、殆ど0cm程度となった。

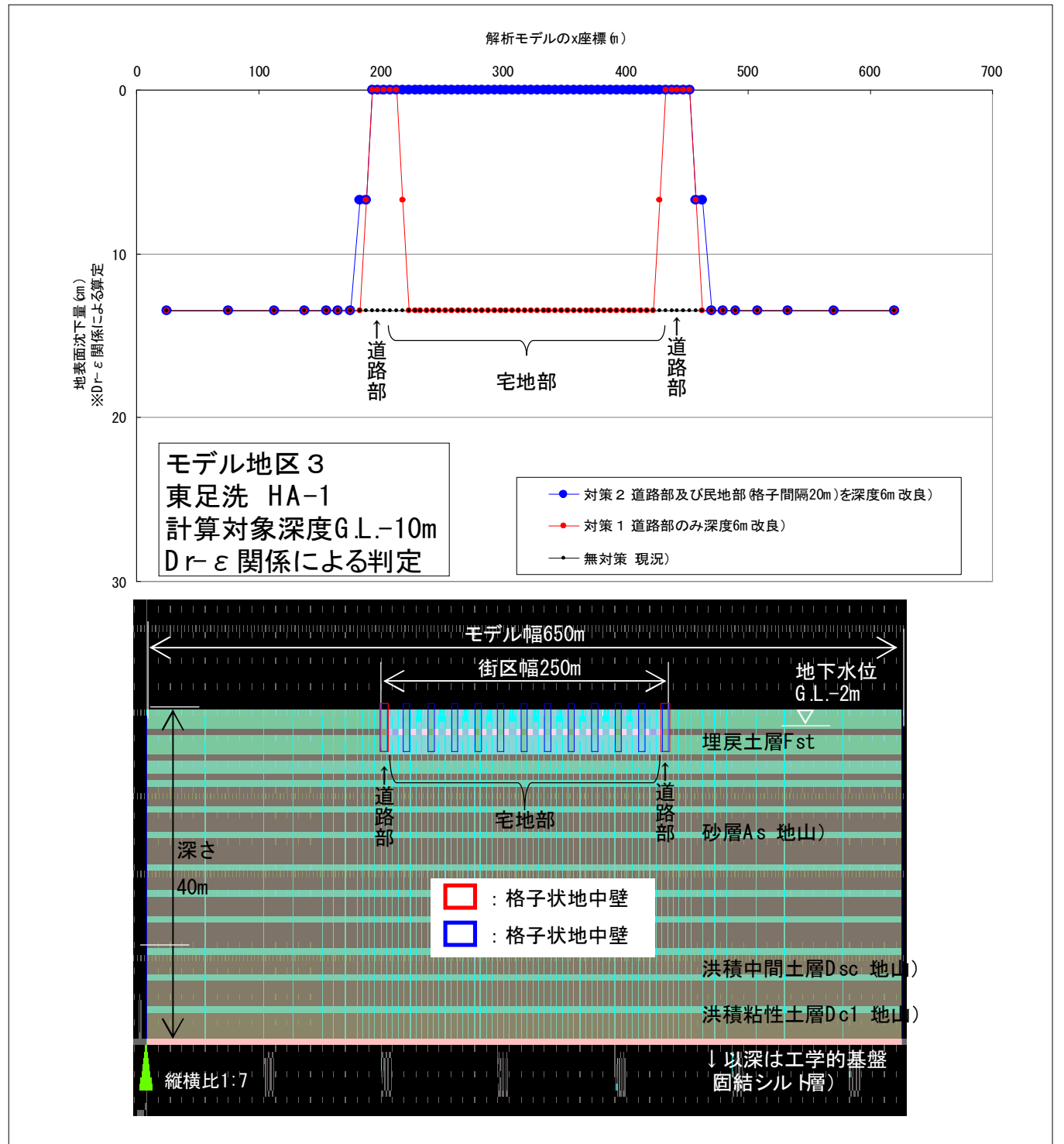


図-6.14 解析結果図 (Dr- ε 関係に基づく算定)

比較のため、地表面沈下量Dcy(cm)を高圧ガス指針、建築基礎構造指針でも算定した。

高圧ガス指針では、無対策ではDcyが5cm程度となった。対策1では無対策に比べて道路部付近のみのDcyが減少した。対策2では道路部及び宅地部の改良体付近のDcyが減少し、1cm程度となった。

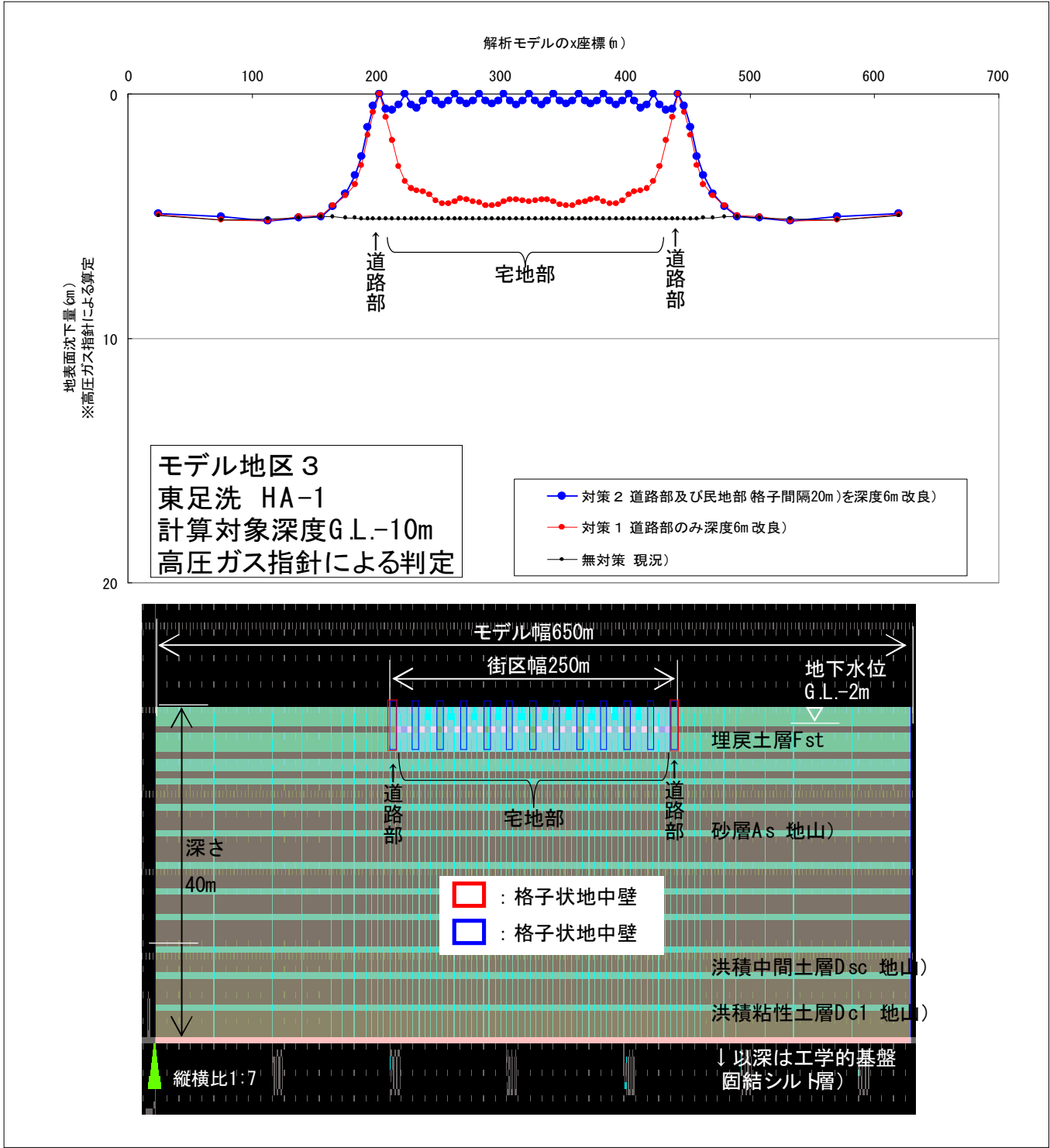


図-6.15 解析結果図 (高圧ガス指針に基づく算定)

建築基礎構造指針では、無対策ではDcyが11cm程度となった。対策1では無対策に比べて道路部付近のみのDcyが減少した。対策2では道路部及び宅地部の改良体付近のDcyが殆ど0cmとなった。

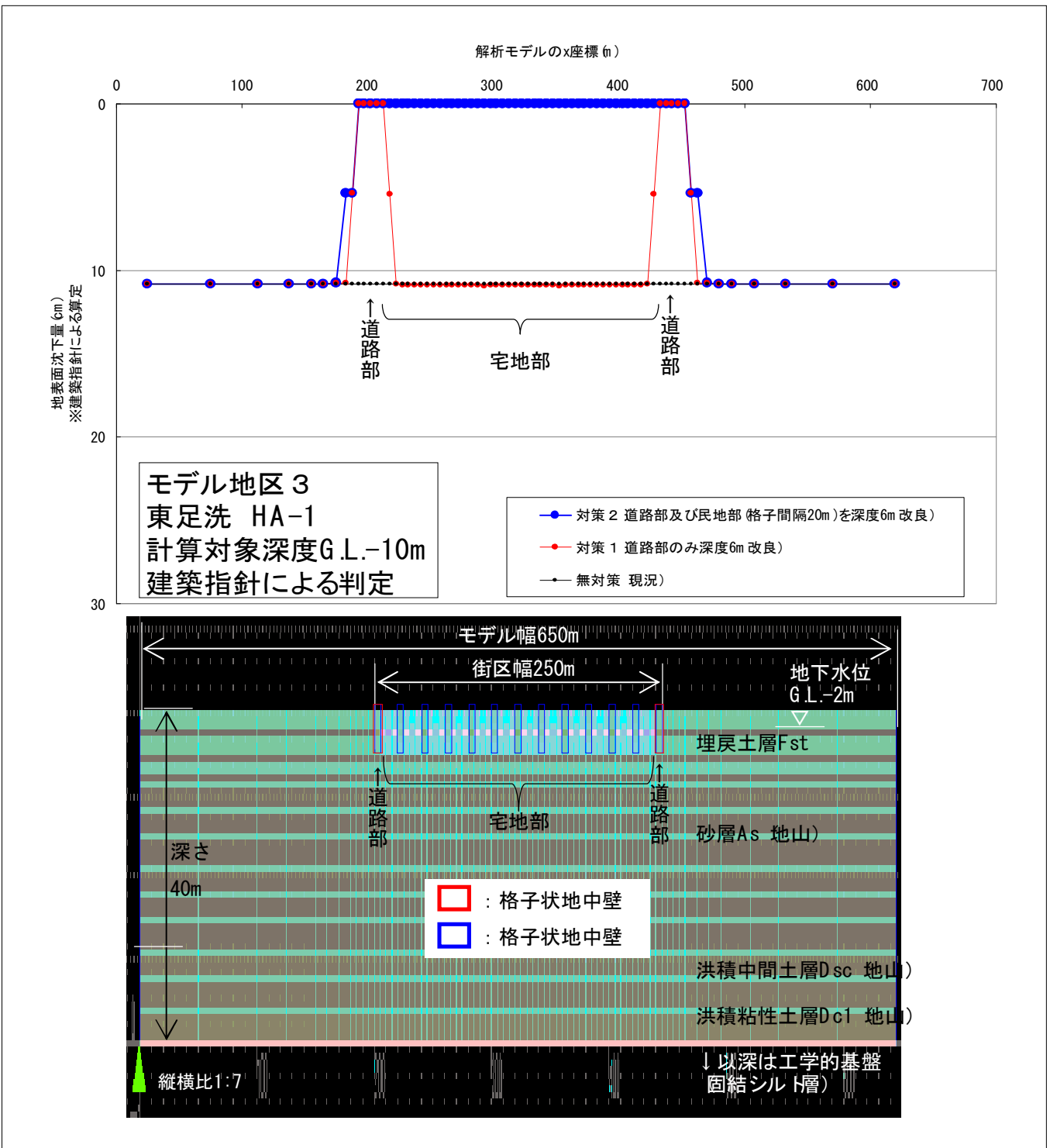


図-6.16 解析結果図 (建築指針に基づく算定)

4) 格子状地中壁工法の検討 (モデル地区 4)

a) 検討位置 モデル地区 4 三川

b) 解析モデル

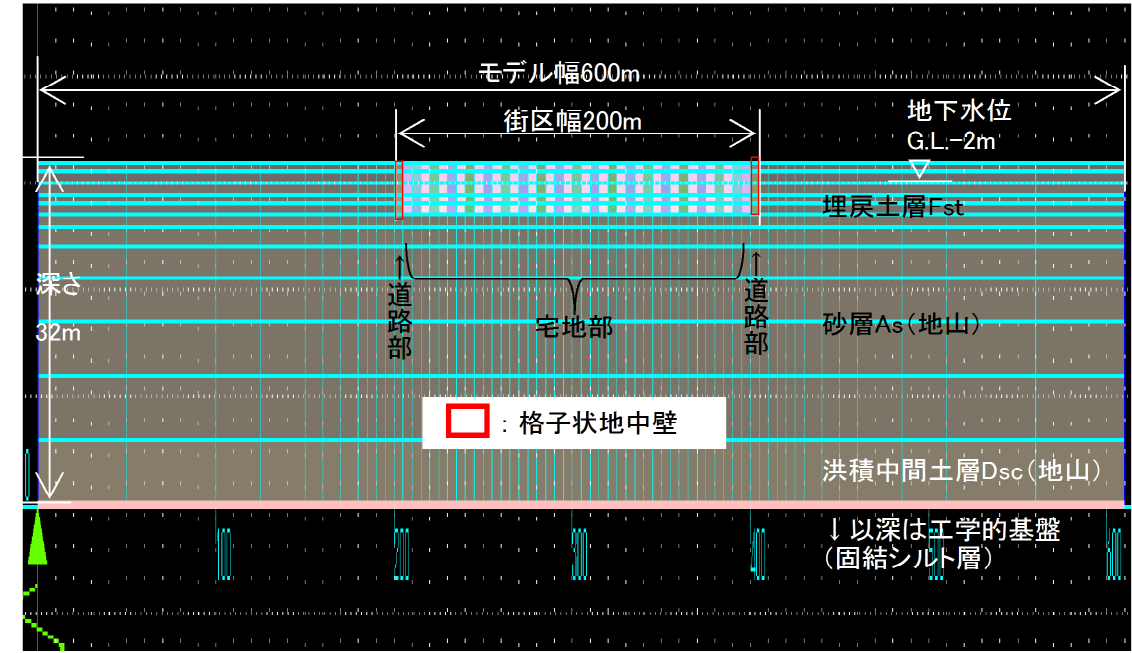


図-6.17 対策1 平面図、断面図 (縦横比1:6)

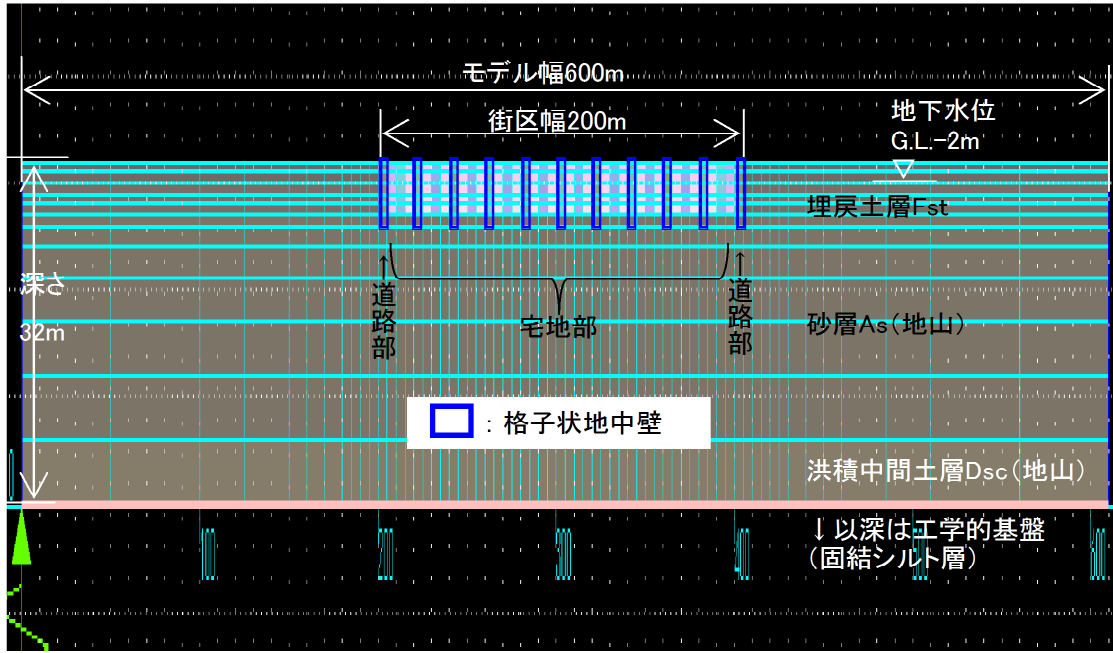


図-6.18 対策2 平面図、断面図 (縦横比1:6)

解析に用いた物性値を以下に示す。

明手員	右社上載區	2 沖速度		計的
-----	-------	-------	--	----

地層区分	層厚(m)	湿潤重量 (kN/m ³)	有効上載圧 (kN/m ²)	S波速度 (m/s)	ポアソン比	動的 ポアソン比	細粒分含有率F _c (%)	相対密度 Dr(%)	液状化 強度比
砂鉄探掘埋戻推定層 Fst層 地下水位より上	2	20	20	170	0.33	0.44	6.6%	59.1	—
砂鉄探掘埋戻推定層 Fst層 地下水位より下	3	20	54	170	0.33	0.44	4.0%	61.4	0.23
砂層 As層	21	18	151	240	0.33	0.49	11.1%	78.3	0.21
洪積中間土層 Dsc層	6	16	253	180	0.33	0.49	82.9%	56.9	—

調 査 名 成 状 化 対 東 関 係 地 質 調 査 業 務 委 託

ボーリング図

事業・工事名

シートNo

ボーリング名	NK-1	調査位置	旭市西	北 緯	
発 注 機 関	旭市役所	調査期間	平成 25年 7月 19日 ~ 25年 7月 20日	東 経	
調 査 業 者 名	千葉エンジニアリング株式会社 電話 (043-275-2311)	主任技師	現 場 代 理 人 コ ア 堀 克 幸	ボーリング責任者	真 中 俊 也
孔 口 標 高	T.P. +0.24m	方 向	北 0° 西 270° 東 90° 南 180°	試 験 機	カノーVR100
孔 掘 進 長	20.45m	地 層 記 号	軟 弱 底 層 50' 0"	使用機	エンジン
				ヤンマーNFD-9	ポンプ
					半自動型
					カノーV6

標 高	層 深	土 質	相 対 密 度	相 対 稠 度	記 事	孔内水位(m) / 測定月日	標準貫入試験 N 値	原位試験 試験名 および結果	試験 深 度 (m)	採取 方法	室内試験 ()
尺	高	厚	度	状							
(m)	(m)	(m)		図	分	度					
1	3.25	0.30	8.25		腐植土	含水少量、粘土質の一軸圧入試験結果	1.13	1	1	1	
2	4.9	0.30	1.3		腐植土	粘土質の腐植土	1.67	2	1	1	
3	4.4	0.30	1.3		腐植土	粘土質の腐植土	1.67	3	1	1	
4					腐植土	粘土質の腐植土	2.43	4	1	1	
5					腐植土	粘土質の腐植土	3.15	5	12	13	34
6					腐植土	粘土質の腐植土	4.13	6	15	17	45
7					腐植土	粘土質の腐植土	4.41	7	15	17	45
8					腐植土	粘土質の腐植土	5.13	8	15	17	45
9					腐植土	粘土質の腐植土	6.13	9	15	17	45
10					腐植土	粘土質の腐植土	6.41	10	15	17	45
11					腐植土	粘土質の腐植土	7.13	11	15	17	45
12					腐植土	粘土質の腐植土	8.13	12	15	17	45
13					腐植土	粘土質の腐植土	9.13	13	15	17	45
14					腐植土	粘土質の腐植土	10.13	14	15	17	45
15					腐植土	粘土質の腐植土	11.13	15	15	17	45
16					腐植土	粘土質の腐植土	12.13	16	15	17	45
17					腐植土	粘土質の腐植土	13.13	17	15	17	45
18					腐植土	粘土質の腐植土	14.13	18	15	17	45
19					腐植土	粘土質の腐植土	15.13	19	15	17	45
20					腐植土	粘土質の腐植土	16.13	20	15	17	45

d) 解析結果

解析結果を下図に示す。地表面沈下量Dcy(cm)は一次元解析と同様、Dr-ε 関係に基づき算定した。
無対策ではDcyが13cm程度となった。対策1では無対策に比べて道路部付近のみのDcyが減少した。対策2、対策3では道路部及び宅地部のDcyが減少し、殆ど0cm程度となった。

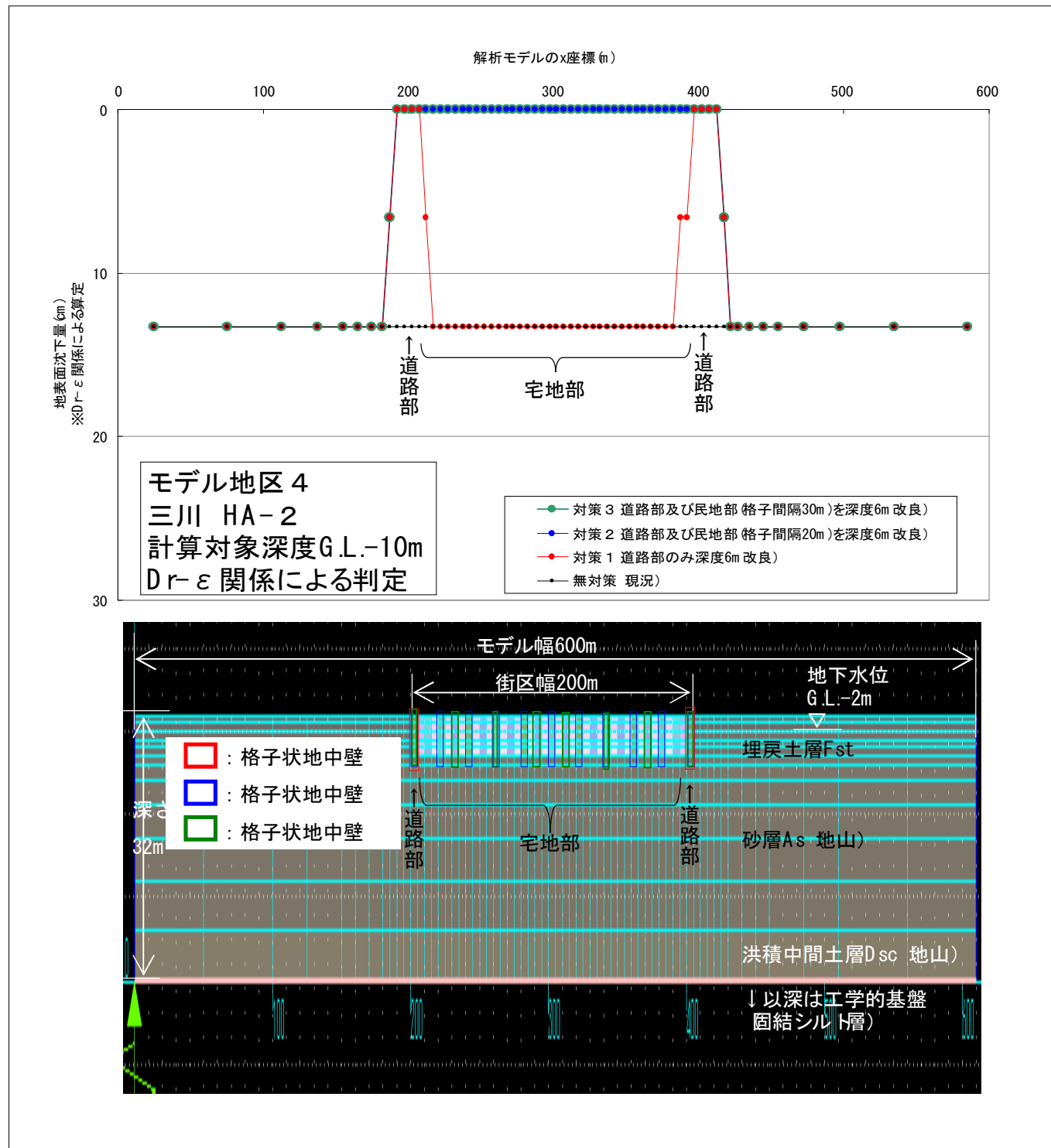


図-6.20 解析結果図 (Dr-ε 関係に基づく算定)

比較のため、地表面沈下量Dcy(cm)を高圧ガス指針、建築基礎構造指針でも算定した。
高圧ガス指針では、無対策ではDcyが4cm程度となった。対策1では無対策に比べて道路部付近のみのDcyが減少した。対策2では道路部及び宅地部の改良体付近のDcyが減少し、1cm程度となった。対策3では道路部及び宅地部の改良体付近のDcyが減少し、2cm程度となった。

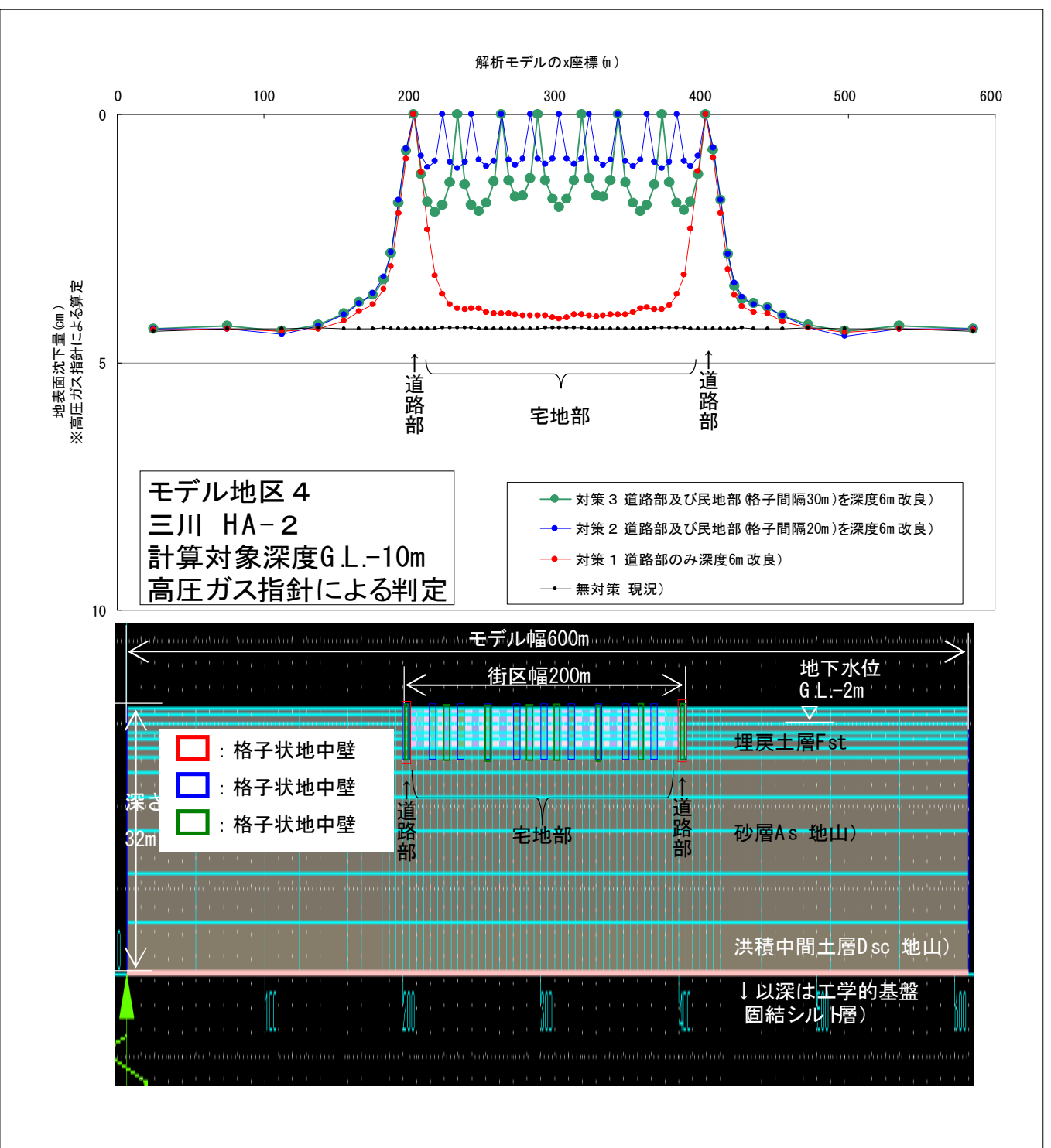


図-6.21 解析結果図 (高圧ガス指針に基づく算定)

建築基礎構造指針では、無対策ではDcyが16cm程度となった。対策1では無対策に比べて道路部付近のみのDcyが減少した。対策2、対策3では道路部及び宅地部の改良体付近のDcyが殆ど0cmとなった。

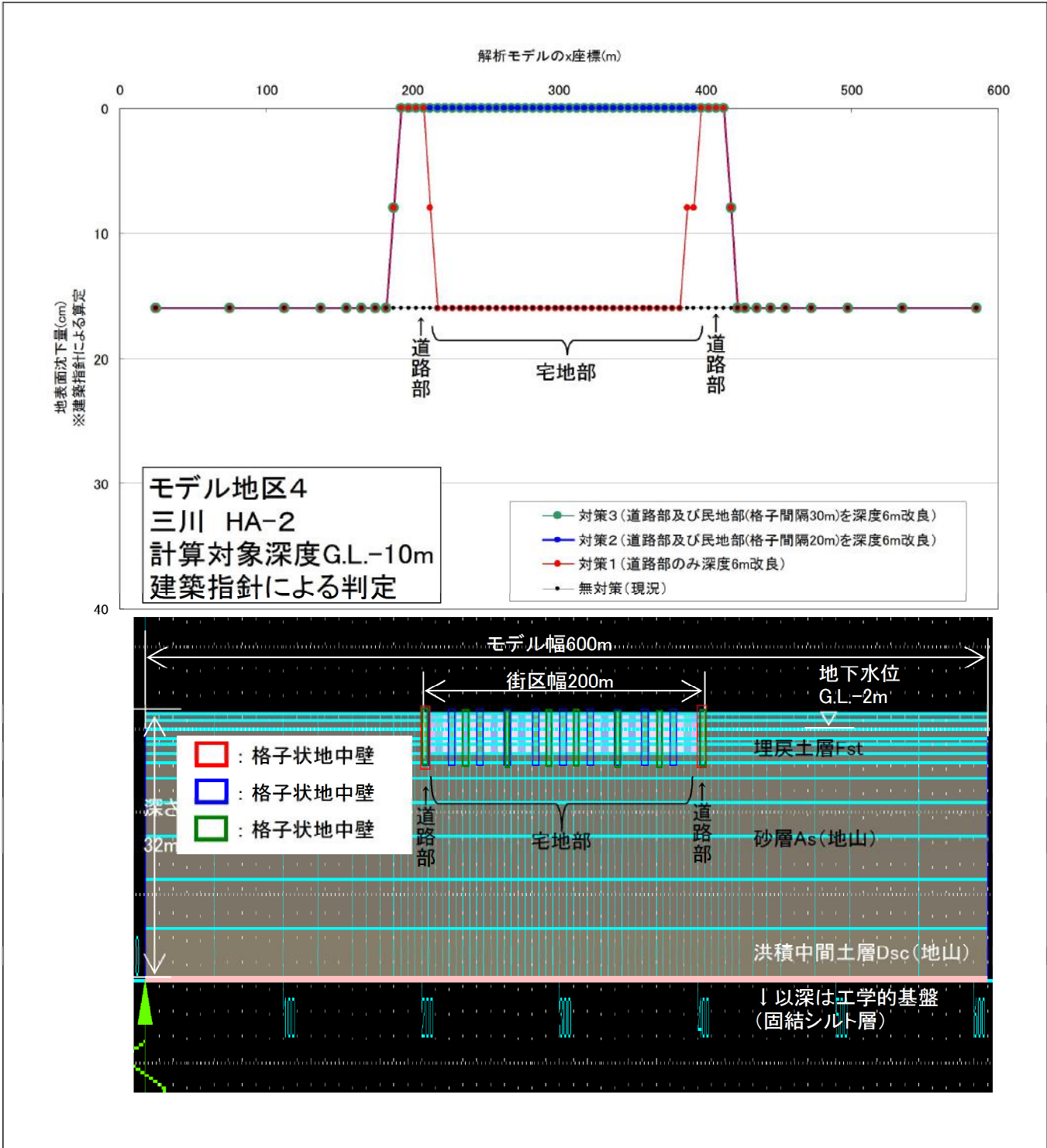


図-6.22 解析結果図(建築指針に基づく算定)

5) 格子状地中壁工法の検討(モデル地区5)

a) 検討位置 モデル地区5 矢指

b) 解析モデル

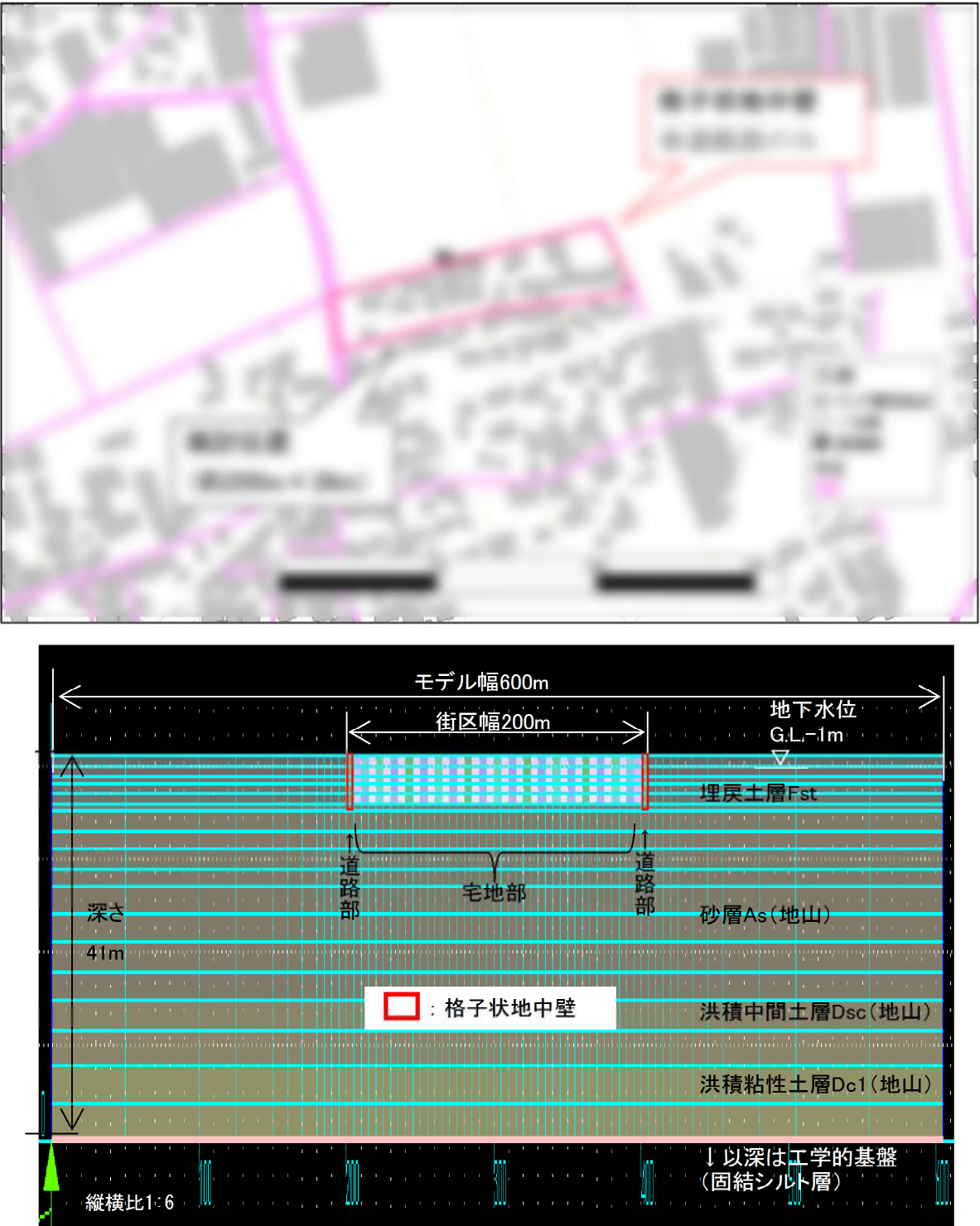


図-6.23 対策1平面図、断面図(縦横比1:6)

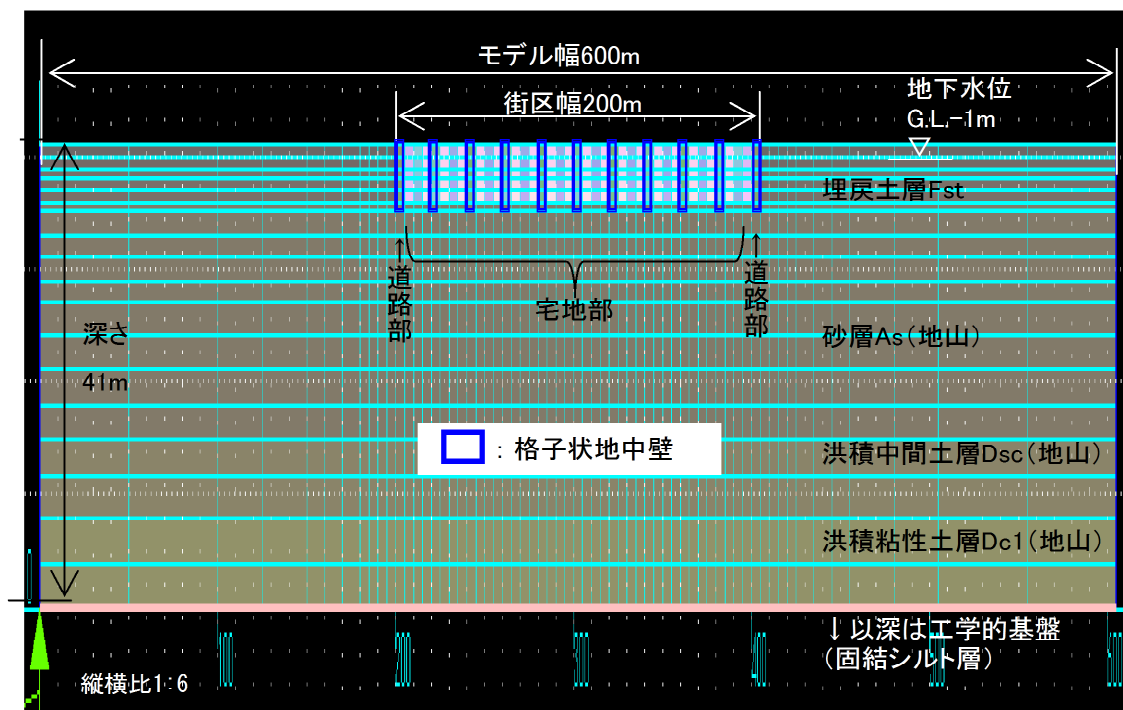


図-6.24 対策2平面図、断面図（縦横比1：6）

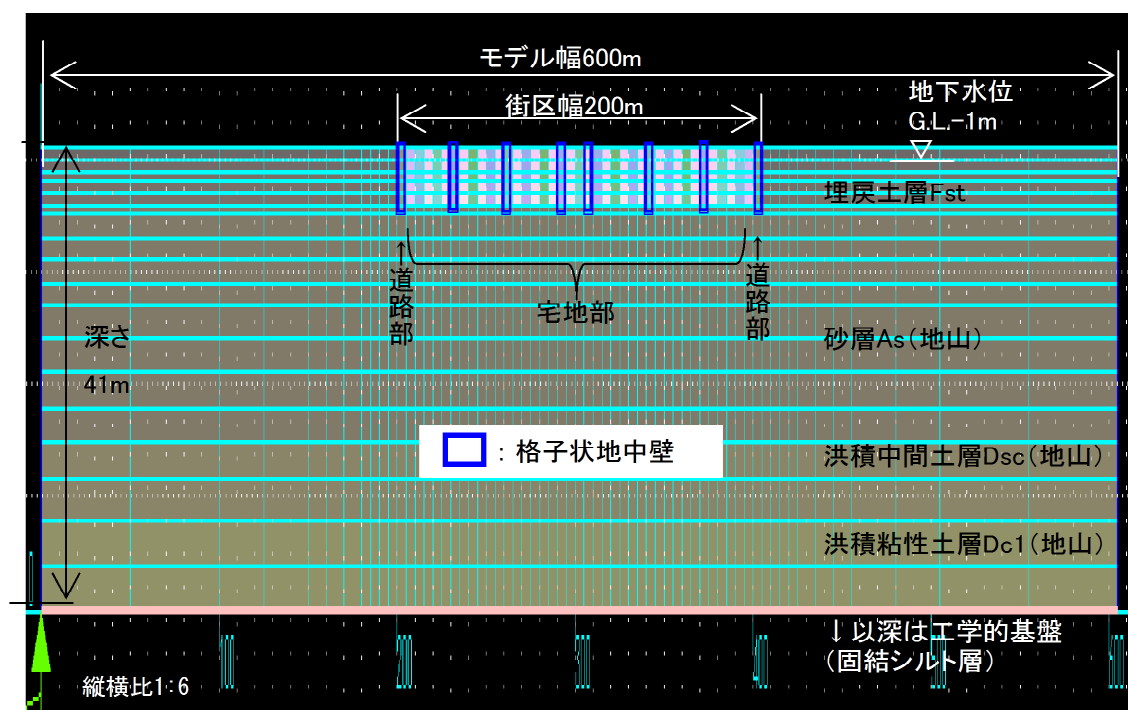


図-6.25 対策3平面図、断面図（縦横比1：6）

c) 物性値

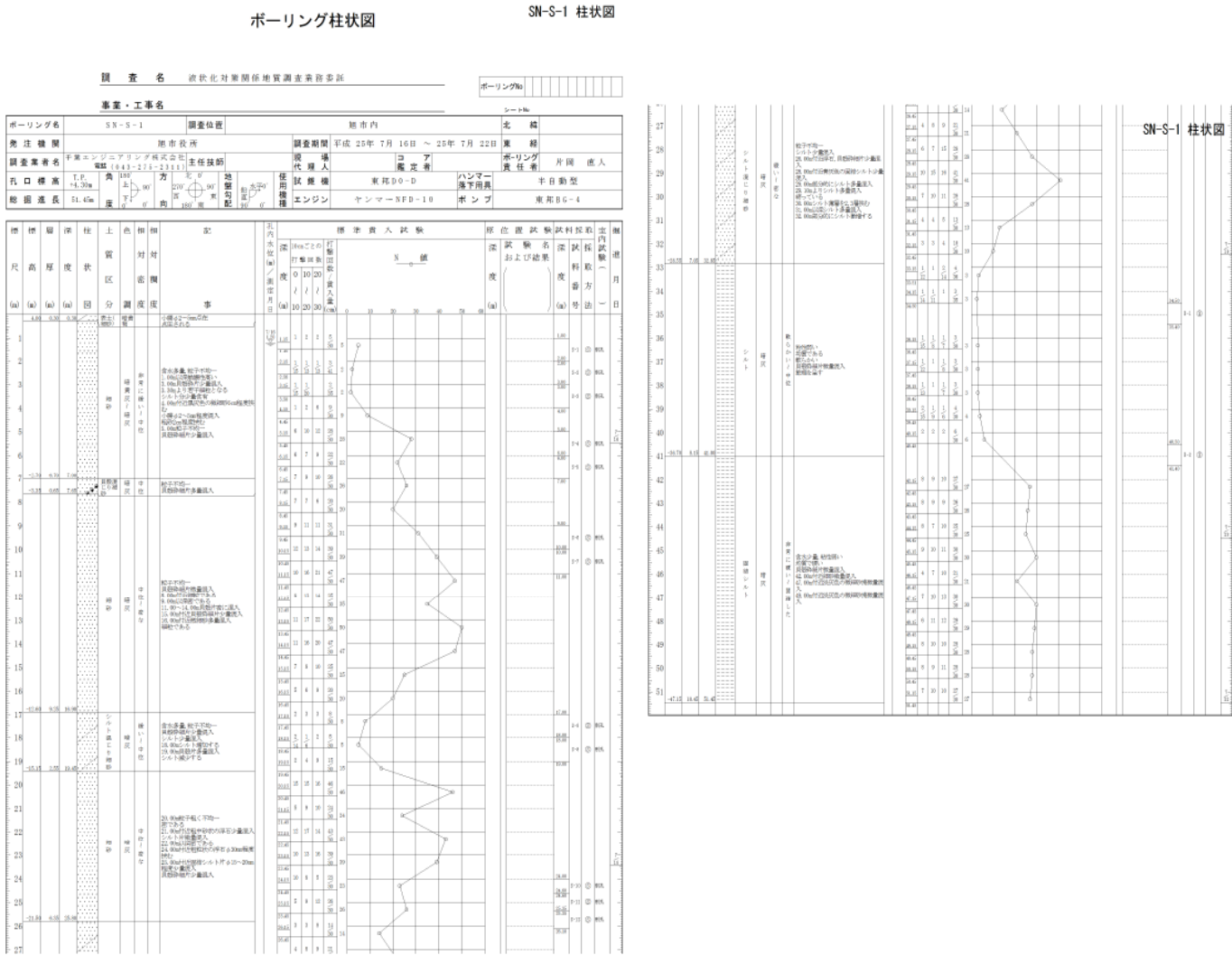
解析に用いた物性値を以下に示す。

表-6.9 詳細解析に用いた物性値一覧表

地層区分	層厚 (m)	湿潤重量 (kN/m ³)	有効上載圧 (kN/m ²)	S波速度 m/s	ポアソン比	動的ポアソン比	細粒分含有率Fc (%)	相対密度 Dr (%)	液状化強度比
砂鉄採掘埋戻推定層 Fst層 地下水位より上	1	20	10	120	0.33	0.47	4.3%	58.2	-
砂鉄採掘埋戻推定層 Fst層 地下水位より下	4	20	39	200→120	0.33	0.47	5.0%	59.3	0.23
砂層 As層	21	18	141	250	0.33	0.49	14.8%	74.3	0.21
洪積中間土層 Dsc層	7	16	246	230	0.33	0.49	70.1%	56.9	-
洪積粘性土層 Dc1層	8	15	289	170	0.33	0.49	96.8%	99.9	-

※物性値はボーリング調査結果SN-S-1より設定した。

【ボーリング柱状図】



d) 解析結果

解析結果を下図に示す。地表面沈下量Dcy(cm)は一次元解析と同様、Dr-ε 関係に基づき算定した。無対策ではDcyが27cm程度となった。対策 1 では無対策に比べて道路部付近のみのDcyが減少した。対策 2、対策 3 では道路部及び宅地部のDcyが減少し、殆ど0cm程度となった。

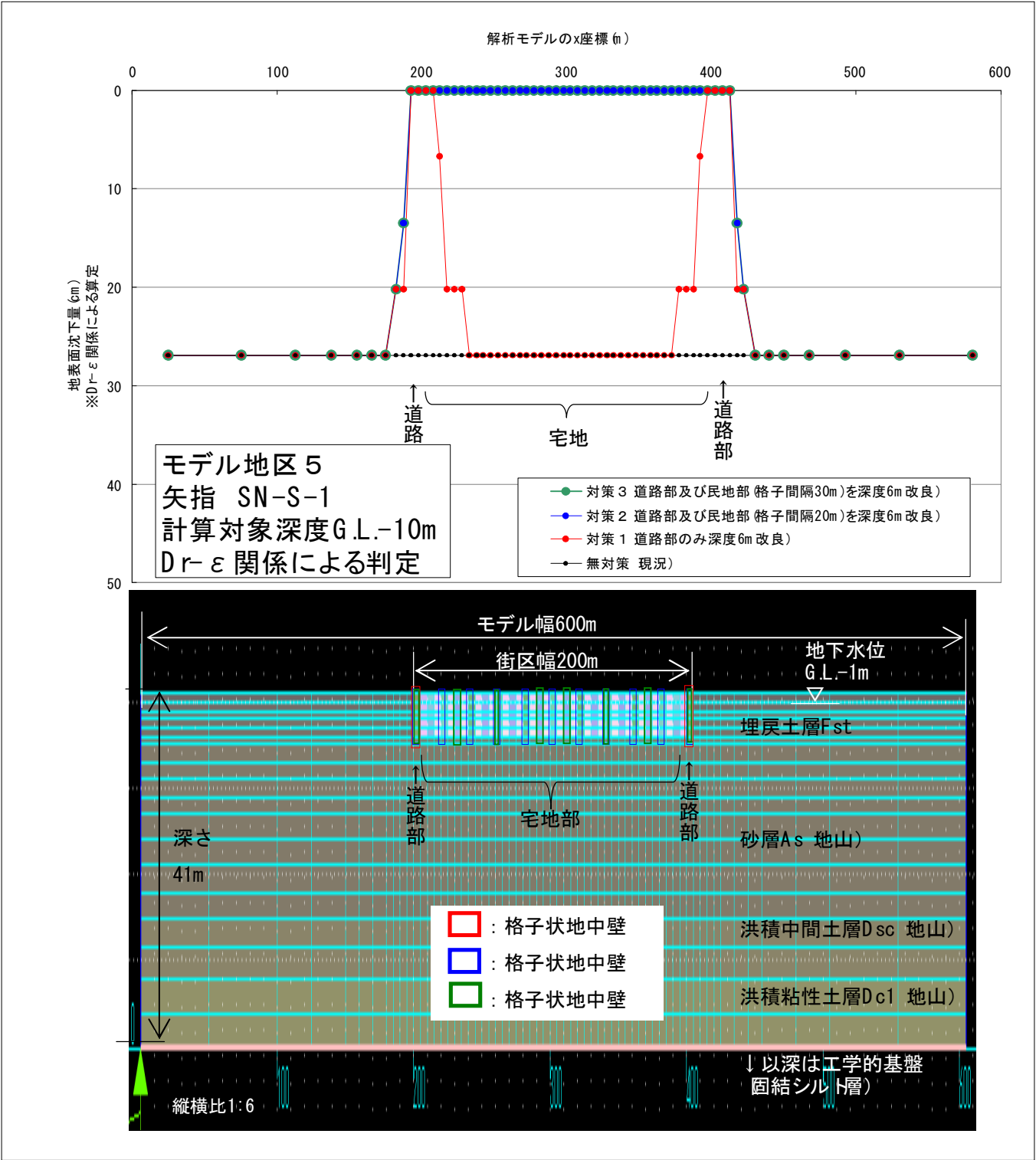


図-6.26 解析結果図 (Dr-ε 関係に基づく算定)

比較のため、地表面沈下量Dcy(cm)を高圧ガス指針、建築基礎構造指針でも算定した。
 高圧ガス指針では、無対策ではDcyが5cm程度となった。対策1では無対策に比べて道路部付近のみのDcyが減少した。対策2では道路部及び宅地部の改良体付近のDcyが減少し、1cm程度となった。対策3では道路部及び宅地部の改良体付近のDcyが減少し、2cm程度となった。

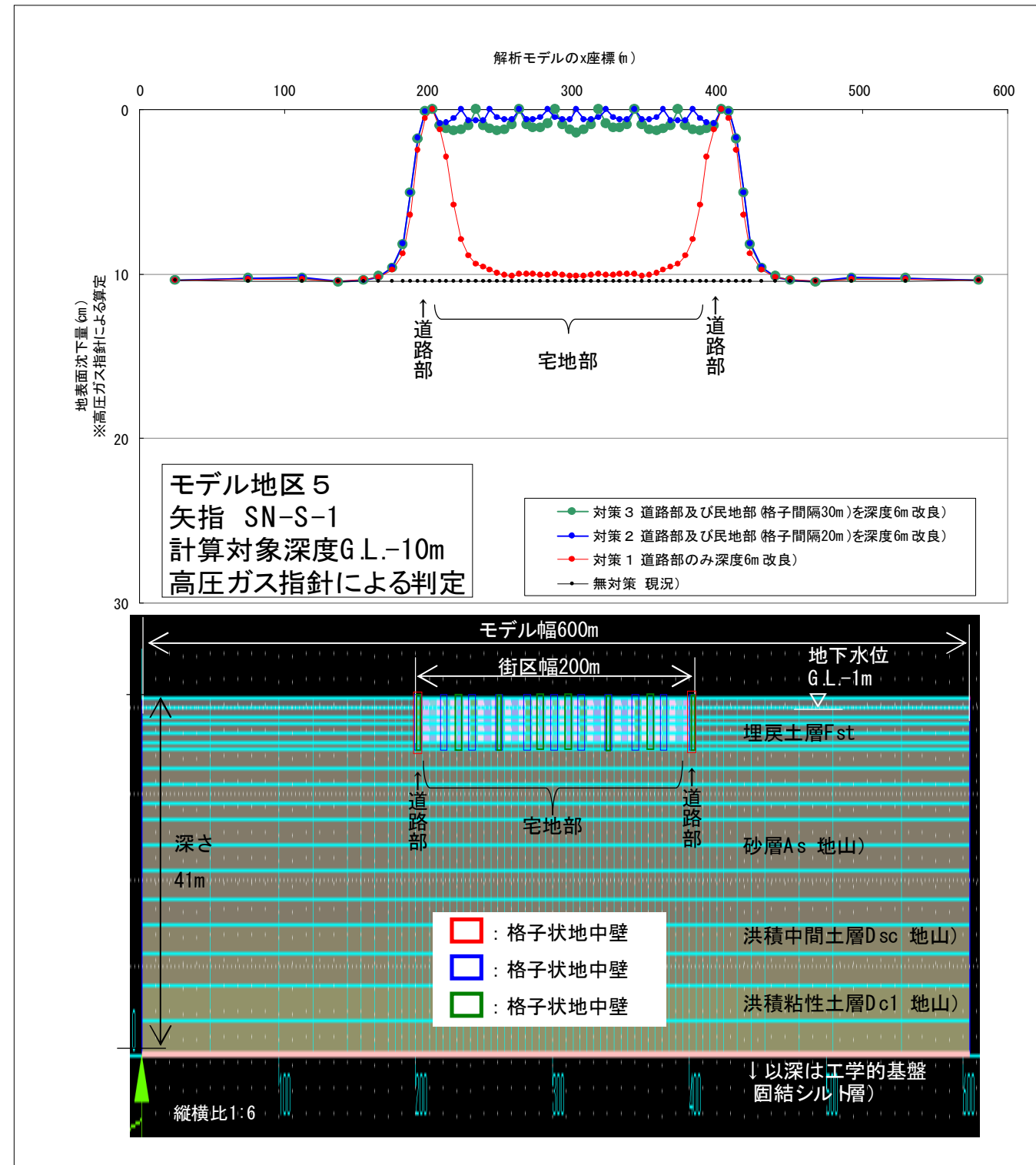


図-6.27 解析結果図（高圧ガス指針に基づく算定）

建築基礎構造指針では、無対策ではDcyが15cm程度となった。対策1では無対策に比べて道路部付近のみのDcyが減少した。対策2、対策3では道路部及び宅地部の改良体付近のDcyが殆ど0cmとなった。

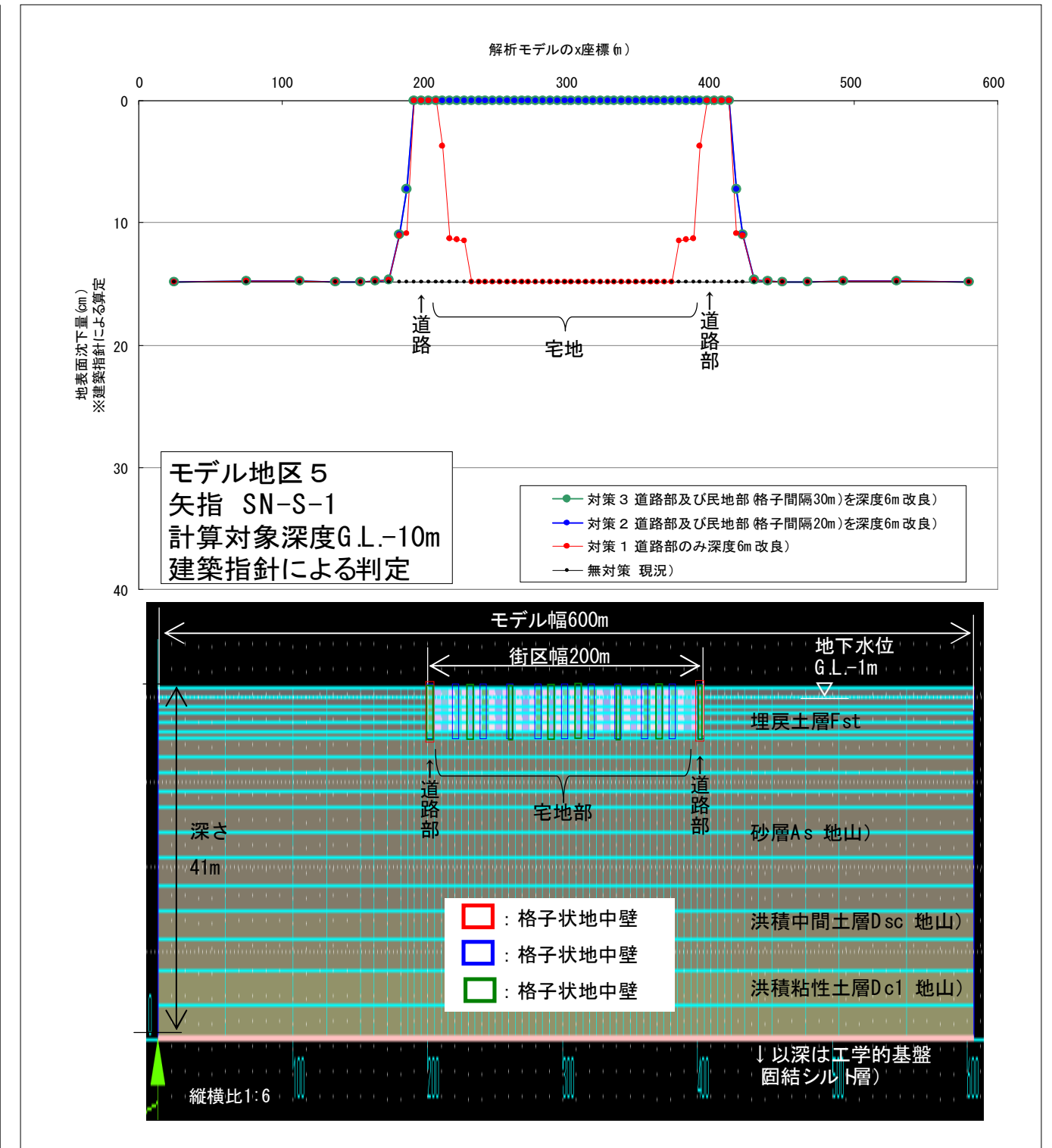


図-6.28 解析結果図（建築指針に基づく算定）