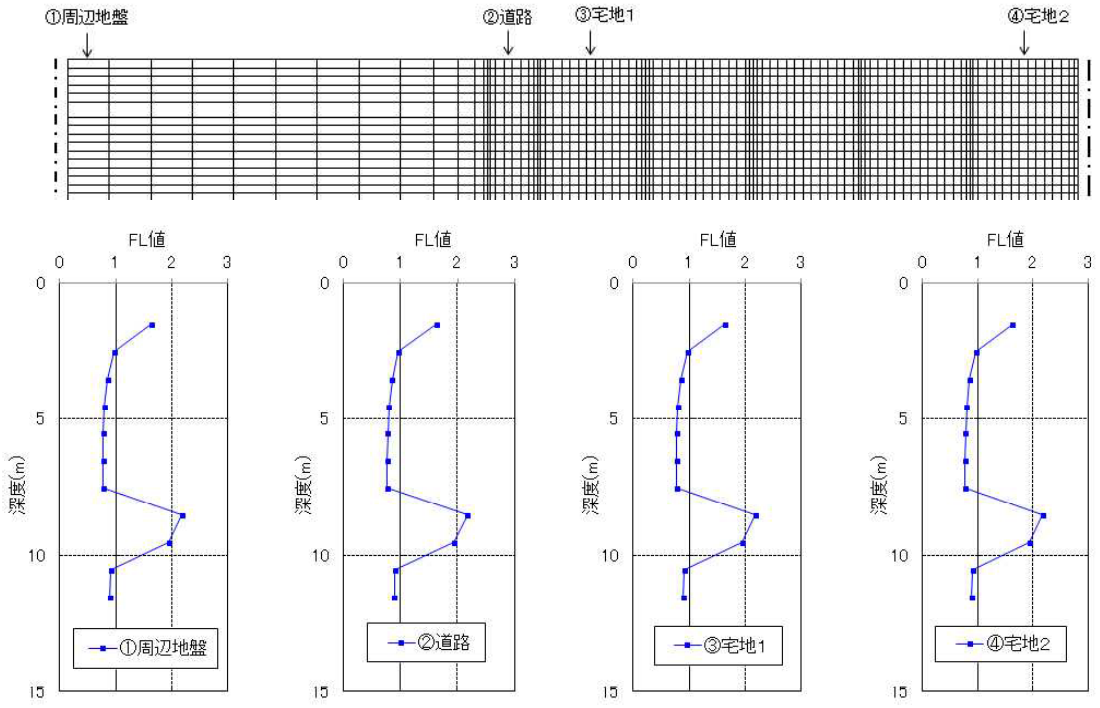

図 10-1　液状化検討対象層の FL 値分布【Case0・地下水位 GL-1m】

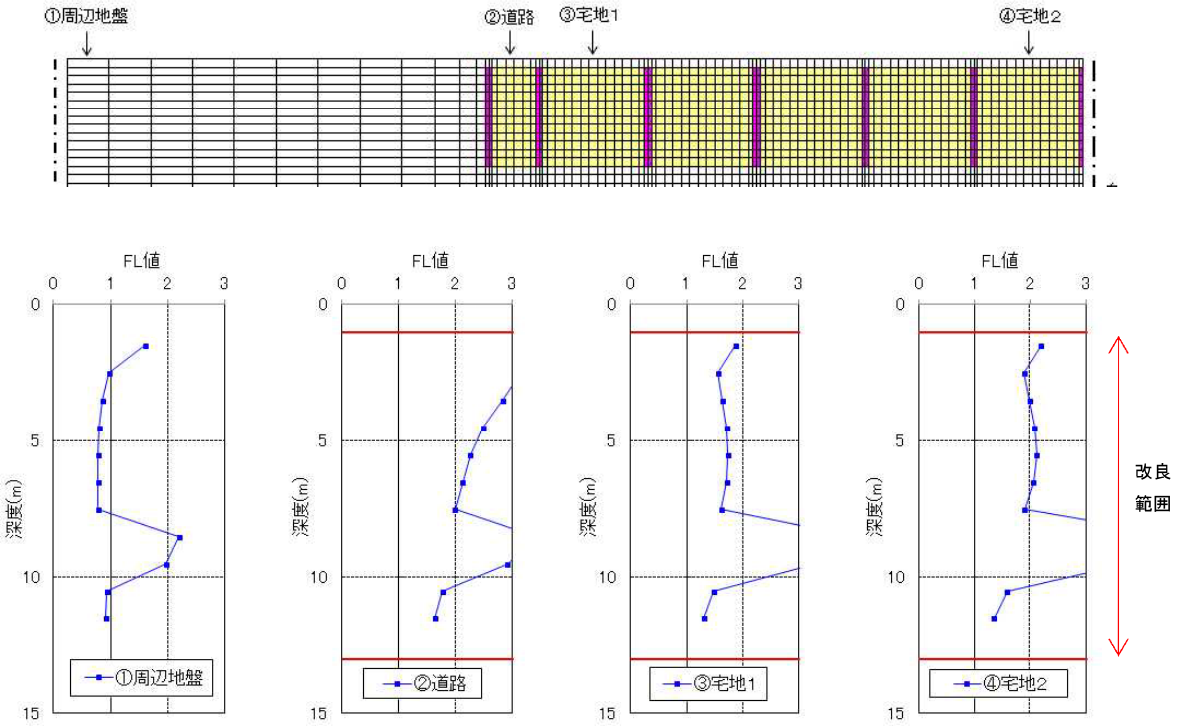

図 10-2　液状化検討対象層の FL 値分布【Case1-1・地下水位 GL-1m】

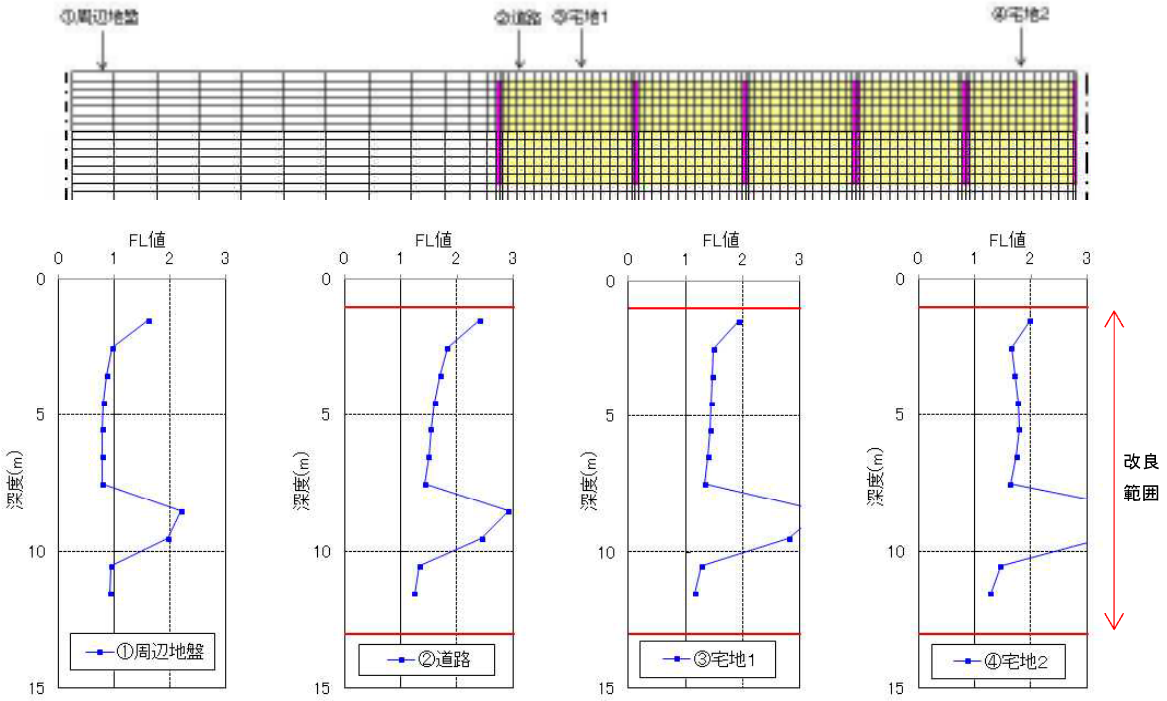

図 10-3　液状化検討対象層の FL 値分布【Case1-2・地下水位 GL-1m】

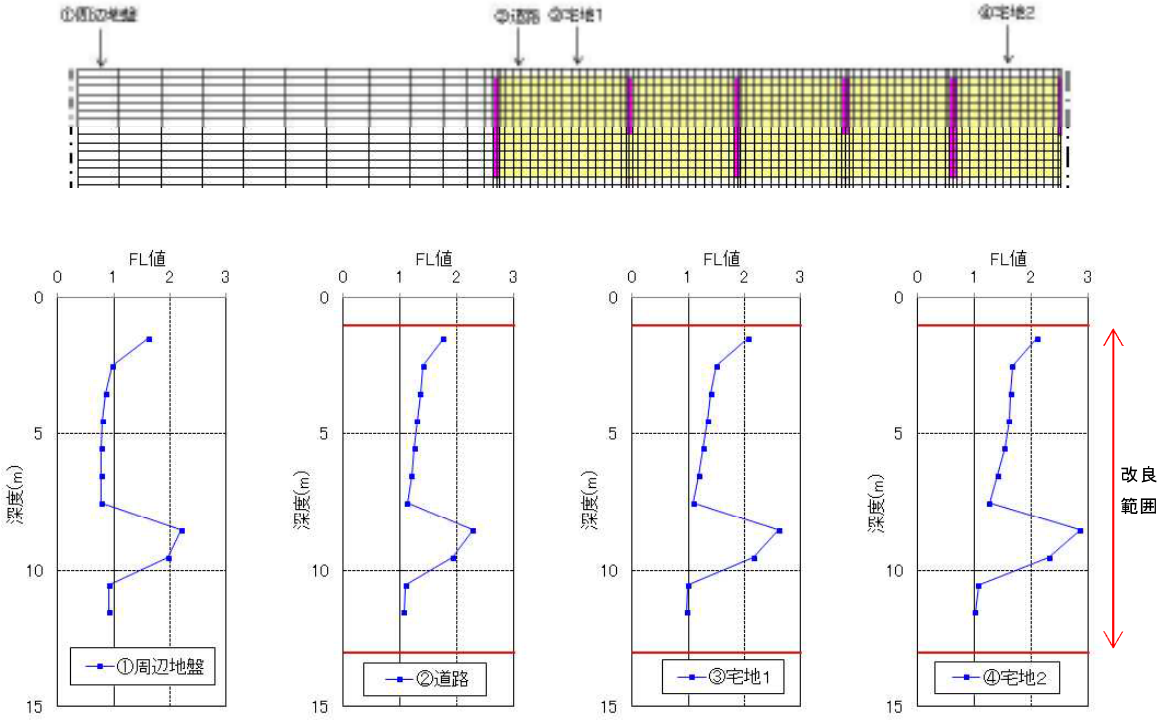

図 10-4　液状化検討対象層の FL 値分布【Case1-3・地下水位 GL-1m】

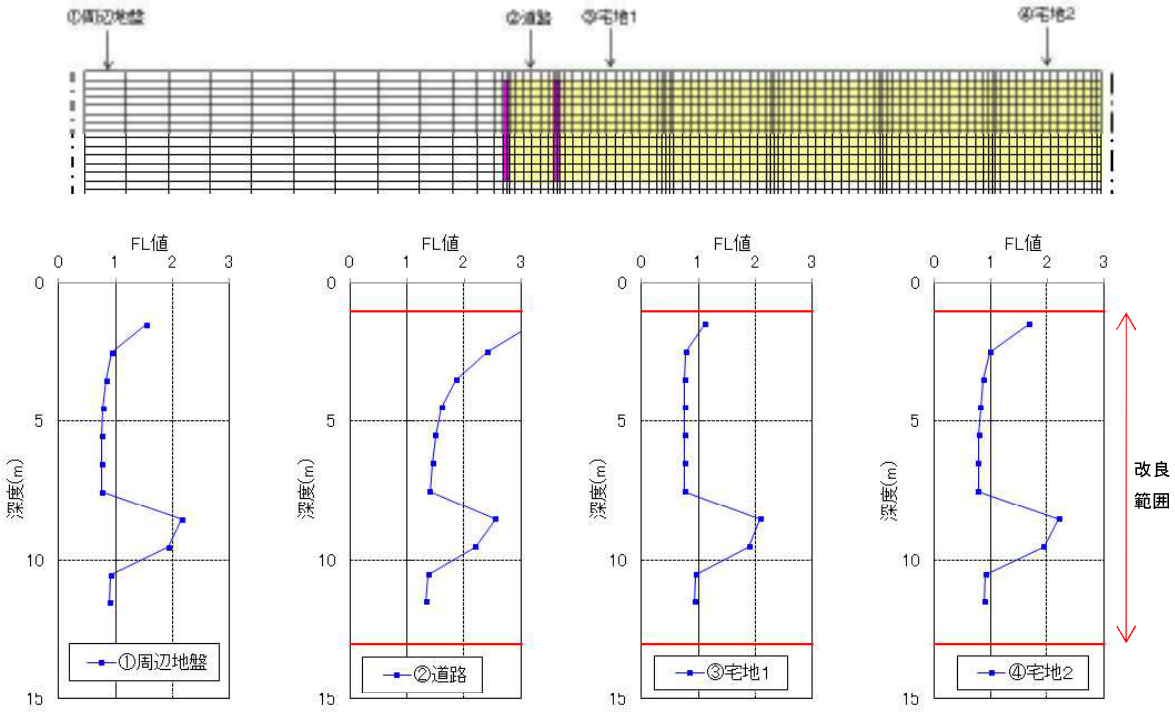

図 10-5　液状化検討対象層の FL 値分布【Case2・地下水位 GL-1m】

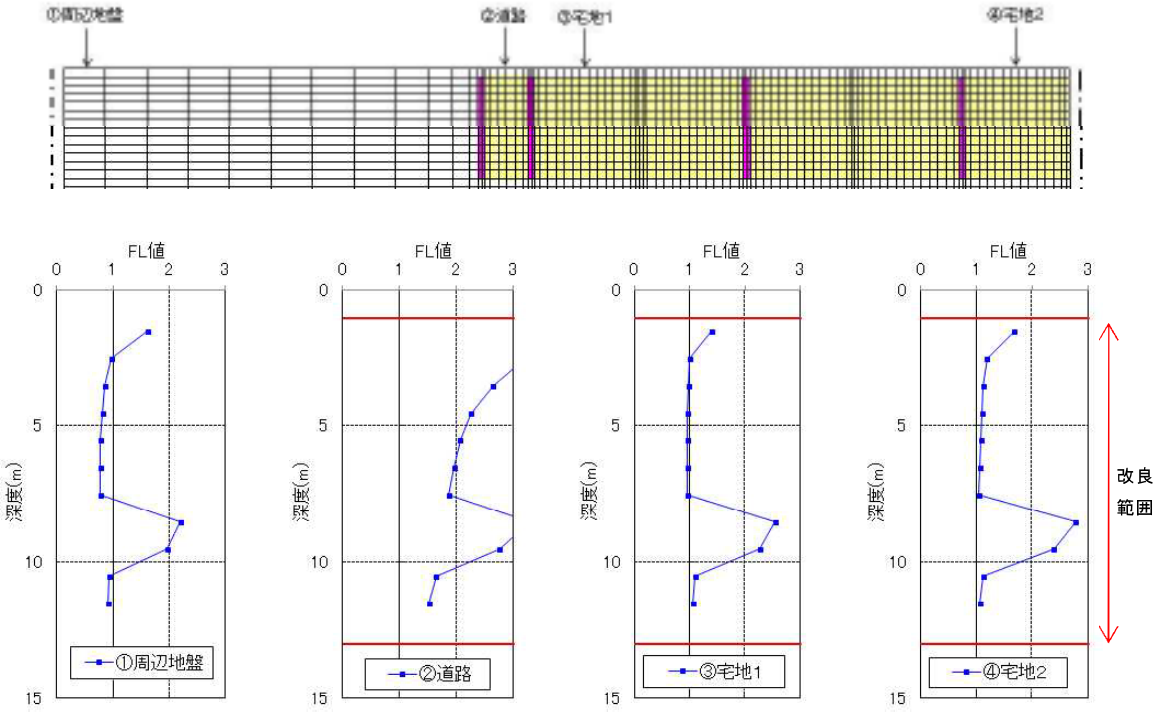

図 10-6　液状化検討対象層の FL 値分布【Case3-1・地下水位 GL-1m】

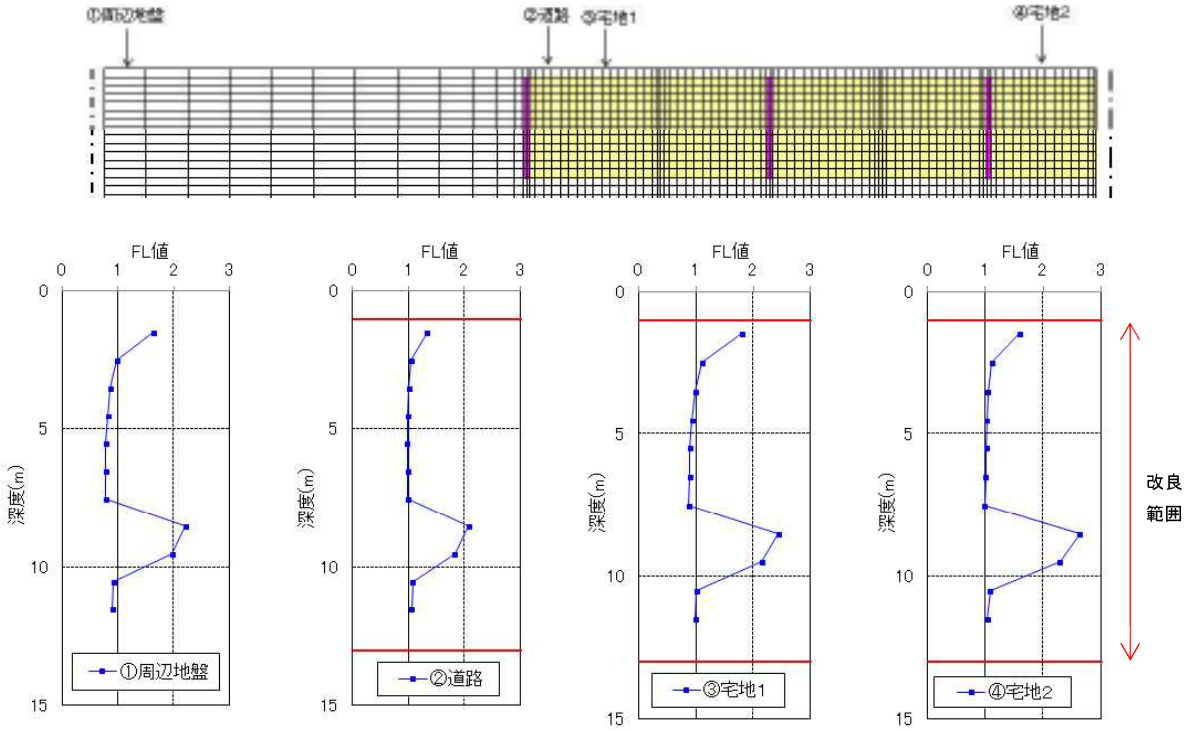

図 10-7　液状化検討対象層の FL 値分布【Case3-2・地下水位 GL-1m】

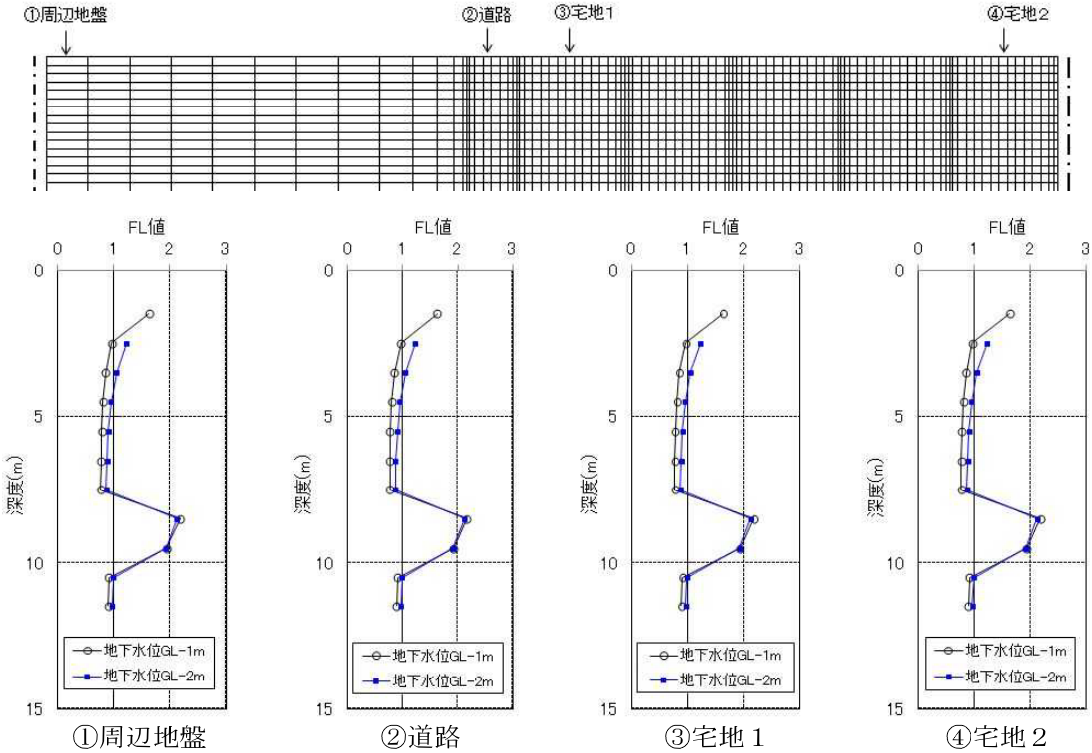

図 11-1　地下水位の違いによる FL 値分布【Case0】

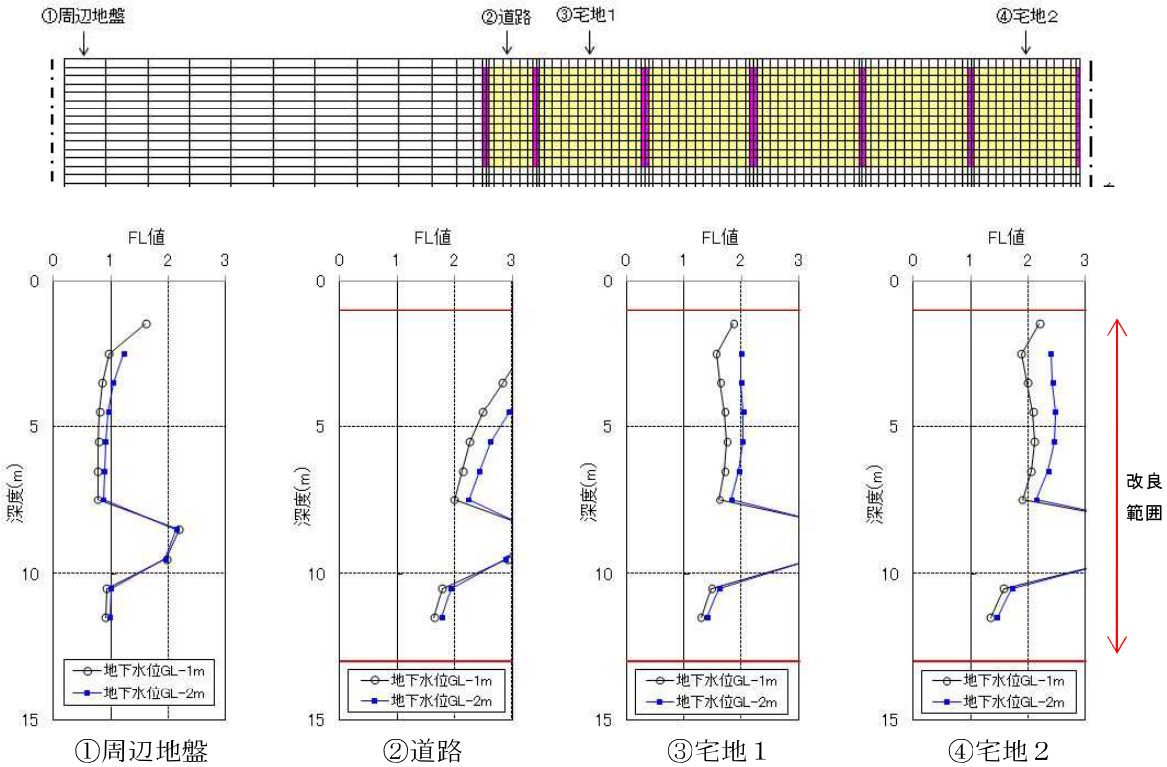

図 11-2　地下水位の違いによる FL 値分布【Case1-1】

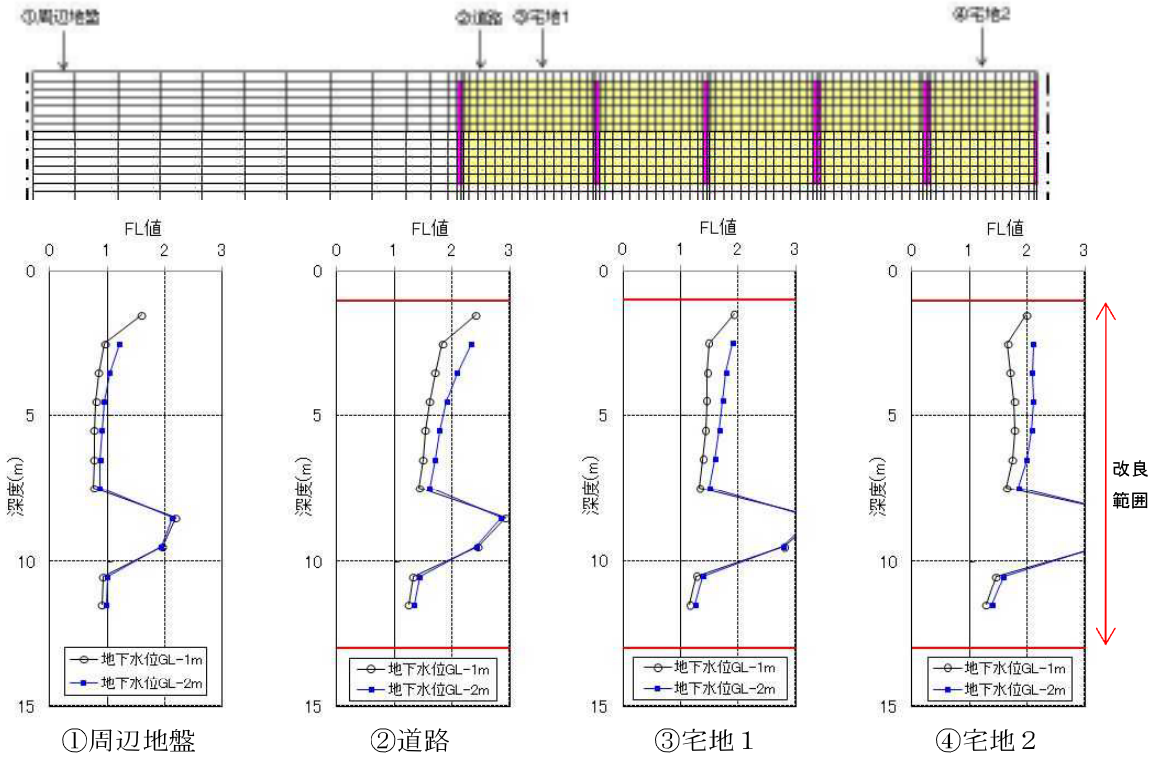

図 11-3　地下水位の違いによる FL 値分布【Case1-2】

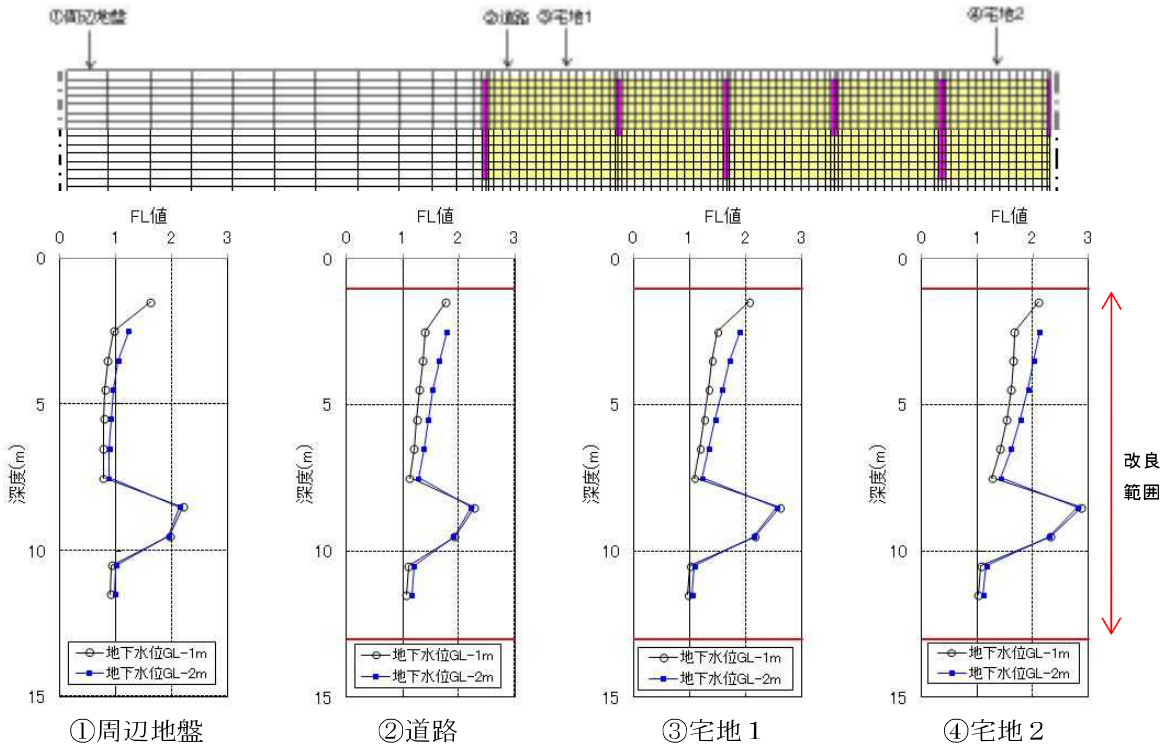

図 11-4　地下水位の違いによる FL 値分布【Case1-3】

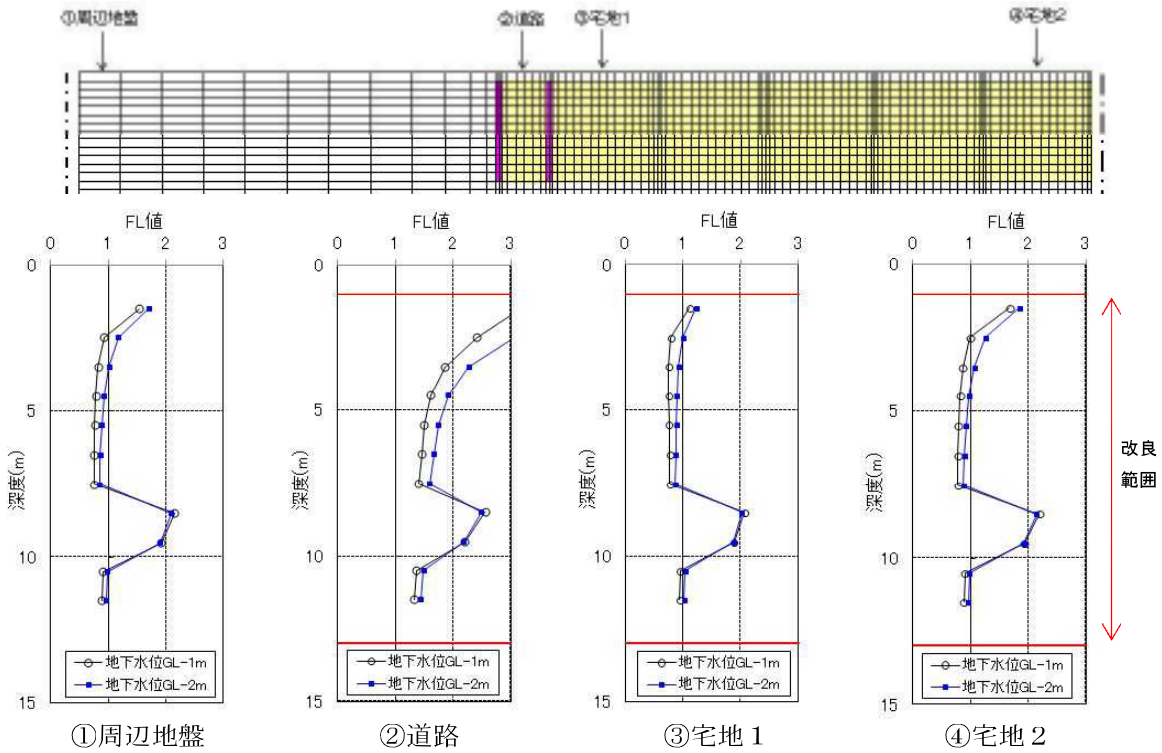

図 11-5　地下水位の違いによる FL 値分布【Case2】

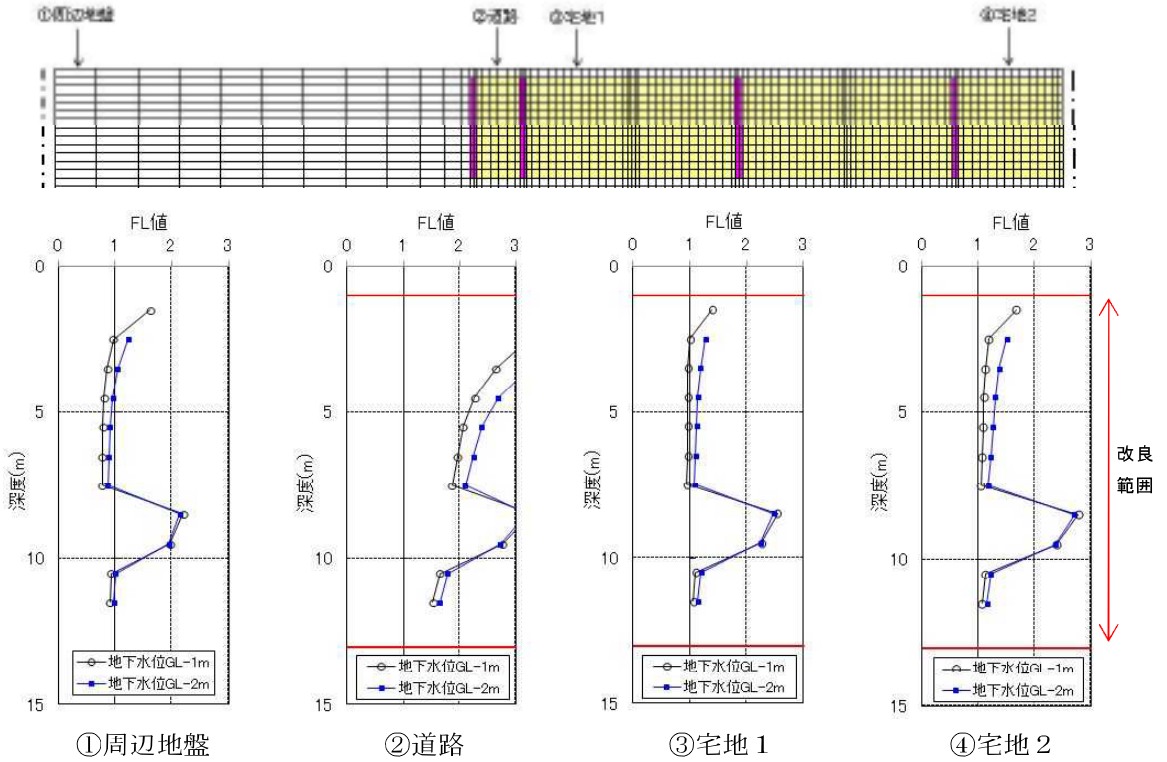

図 11-6　地下水位の違いによる FL 値分布【Case3-1】

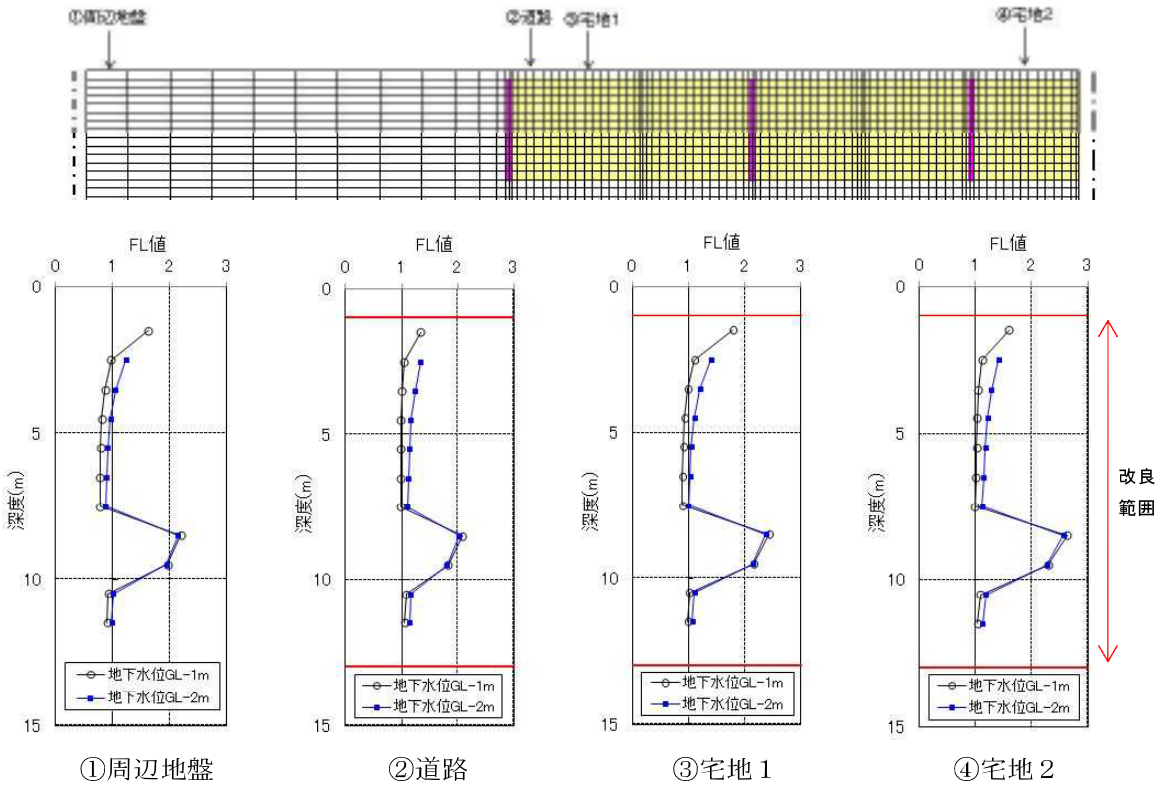

図 11-7　地下水位の違いによる FL 値分布【Case3-2】

2. 改良体の安定性の検討

2.1　検討概要

地震時応力に対して格子状地盤改良に発生する最大せん断応力が許容値（許容せん断応力度）以内かどうかを確認する。

2.2　改良体のせん断強度

改良体のせん断強度は文献[1)]より

f_τ ＝min(0.3F_c＋$\sigma_n \tan\phi$, 0.5Fc)　であるが、$\sigma_n \tan\phi$ の項を無視して f_τ＝0.3F_c とすると

f_c＝1.5 N/mm^2 では f_τ＝450 kN/m^2

2.3　検討結果

解析結果より、改良体平行壁に生じる最大せん断応力と安全率は以下の通りである。なお、最大せん断応力は各ケースとも道路部で発生している。この結果より、Case2 では短期許容せん断応力を満足していないため道路における短い壁または宅地部に壁を追加して安全率 1.5 を確保する必要がある。

①CASE 1-1

最大せん断応力：246.51 kN/m^2

安全率 Fs＝450 / 246.51＝1.8＞1.5（短期）

②CASE 1-2

最大せん断応力：206.61 kN/m^2

安全率 Fs＝450 / 206.61＝2.2＞1.5（短期）

③CASE 1-3

最大せん断応力：223.39 kN/m^2

安全率 Fs＝450 / 223.39＝2.0＞1.5（短期）

④CASE 2

最大せん断応力：309.53 kN/m^2

安全率 Fs＝450 / 309.53＝1.45＜1.5（短期）

⑤CASE 3-1

最大せん断応力：263.60 kN/m^2

安全率 Fs＝450 / 263.60＝1.7＞1.5（短期）

⑥CASE 3-2

最大せん断応力：184.73 kN/m^2

安全率 Fs＝450 / 184.73＝2.4＞1.5（短期）

3. 地盤の許容応力度の検討

3.1　検討方法

宅地部について FL＞1 を確保できたケースについて短期許容応力度の確認を行った。検討手順は次の通りである。

① 解析結果に基づく FL 値の算定

② 過剰間隙水圧比（γ_u）の算定

$$\gamma_u = FL^{-7}$$

③ 土の単位体積重量（γ_1）の低減

$$\gamma_1 = (1 - \gamma_u)\gamma_{10}$$

γ_{10}：低減前の単位体積重量

③ 告示式により短期許容応力度 q_a を算定

$$q_a = \frac{2}{3}(i_r \beta \gamma_1 BN_\gamma + i_q \gamma_2 D_f N_q)$$

④ 判定

$$q_a > \sigma'_{Z3}$$

σ'_{Z3}:建物接地圧（長期）と地中応力による荷重

3.2　検討結果

宅地部において全ての深度でFL＞1となった以下の条件に対して地盤の許容応力度を検討したところ、全てのケースで建物接地圧より十分大きな許容応力度が確保できることがわかった。

・地下水位 GL-1m：CASE1-1, 1-2

・地下水位 GL-2m：CASE1-3, 3-1

①CASE1-1（地下水位 GL-1m）

1. 土層条件と荷重条件

接地圧(長期)q	奥行B	幅L	Θ	
kN/m2	m	m	度	rad.
15	8	11	30	0.524

過剰水圧考慮した鉛直応力↓

土層名	上端(GL)	下端(GL)	層厚(m)	FL	ru	γ_{10}(kN/m^3)	γ_1(kN/m^3)	$\sigma'z_1$	$\sigma'z_2$	荷重q	$\sigma'z_3=\sigma'z_1+q$	$\gamma_2Df=\sigma'z_2+q$
Bs	0	-1	1		0.000	18.0	18.0	0.00	0.00	15.00	15.00	15.00
Bs	-1	-2	1	**1.858**	0.013	8.0	7.9	18.00	18.00	11.86	29.86	29.86
Fs	-2	-3	1	**1.559**	0.045	8.0	7.6	26.00	25.90	9.62	35.62	35.52
Fs	-3	-4	1	**1.631**	0.033	8.0	7.7	34.00	33.54	7.96	41.96	41.50
Fs	-4	-5	1	**1.704**	0.024	8.0	7.8	42.00	41.28	6.70	48.70	47.97
Fs	-5	-6	1	**1.735**	0.021	8.0	7.8	50.00	49.09	5.71	55.71	54.80
Fs	-6	-7	1	**1.708**	0.024	8.0	7.8	58.00	56.92	4.93	62.93	61.85
Fs	-7	-8	1	**1.614**	0.035	8.0	7.7	66.00	64.73	4.30	70.30	69.03
As1	-8	-9	1	**4.007**	0.000	8.0	8.0	74.00	72.45	3.78	77.78	76.23
As1	-9	-10	1	**3.285**	0.000	8.0	8.0	82.00	80.45	3.35	85.35	83.80
As2	-10	-11	1	**1.475**	0.066	7.0	6.5	90.00	88.44	3.00	93.00	91.44
As2	-11	-12	1	**1.294**	0.165	7.0	5.8	97.00	94.98	2.69	99.69	97.67

2. 許容支持力qaの計算（国交省告示1113号（平成13年7月）を利用）

着目深度での支持力を計算する。

$qa= 2/3*(i_c\alpha CNc+i_\gamma\beta\gamma_1N_\gamma+i_q\gamma_2D_fN_q)$

i_c	i_γ	i_q
1.0	1.0	1.0

	Bs	Fs	As1	As2
ϕ	26.0	23.9	32.3	26.8
Nc	22.2	19.2	36.5	23.6
Nq	11.8	9.5	24.1	13.0
Nγ	7.9	5.7	23.3	9.2

α	1.145	=1+0.2B/L	B:短辺＝B'+2Ztanϕ
β	0.355	=.5-0.2B/L	L:長辺＝L'+2Ztanϕ

土層名	着目GL	粘着力c (kN/m2)	$i_c\alpha cNc$	$i_\gamma\beta\gamma_1BN\gamma$	$i_q\gamma_2DfNq$	qa (kN/m2)	$\sigma'z_3$	判定 (qa>$\sigma'z_3$)
Bs	0	0	0	405.450	0.00	270.3	15.00	OK
Bs	-1	0	0	177.946	352.28	353.5	29.86	OK
Fs	-2	0	0	125.739	339.10	309.9	35.62	OK
Fs	-3	0	0	124.633	396.23	347.2	41.96	OK
Fs	-4	0	0	123.662	458.06	387.8	48.70	OK
Fs	-5	0	0	122.802	523.22	430.7	55.71	OK
Fs	-6	0	0	122.036	590.52	475.0	62.93	OK
Fs	-7	0	0	121.349	659.08	520.3	70.30	OK
As1	-8	0	0	489.072	1834.73	1549.2	77.78	OK
As1	-9	0	0	486.681	2016.94	1669.1	85.35	OK
As2	-10	0	0	169.202	1185.22	902.9	93.00	OK
As2	-11	0	0	168.533	1266.02	956.4	99.69	OK

②CASE1-2(地下水位 GL-1m)

1. 土層条件と荷重条件

接地圧(長期)q	奥行B	幅L	θ	
kN/m2	m	m	度	rad.
15	8	11	30	0.524

過剰水圧考慮した鉛直応力↓

土層名	上端(GL)	下端(GL)	層厚(m)	FL	ru	γ_{10}(kN/m^3)	γ_1(kN/m^3)	$\sigma'z_1$	$\sigma'z_2$	荷重q	$\sigma'z_2=\sigma'z_1+q$	$\gamma_2Df=\sigma'z_2+q$
Bs	0	-1	1		0.000	18.0	18.0	0.00	0.00	15.00	15.00	15.00
Bs	-1	-2	1	**1.925**	0.010	8.0	7.9	18.00	18.00	11.86	29.86	29.86
Fs	-2	-3	1	**1.487**	0.062	8.0	7.5	26.00	25.92	9.62	35.62	35.54
Fs	-3	-4	1	**1.459**	0.071	8.0	7.4	34.00	33.42	7.96	41.96	41.38
Fs	-4	-5	1	**1.451**	0.074	8.0	7.4	42.00	40.85	6.70	48.70	47.55
Fs	-5	-6	1	**1.431**	0.081	8.0	7.3	50.00	48.26	5.71	55.71	53.97
Fs	-6	-7	1	**1.390**	0.100	8.0	7.2	58.00	55.61	4.93	62.93	60.54
Fs	-7	-8	1	**1.322**	0.142	8.0	6.9	66.00	62.81	4.30	70.30	67.11
As1	-8	-9	1	**3.374**	0.000	8.0	8.0	74.00	69.67	3.78	77.78	73.46
As1	-9	-10	1	**2.793**	0.001	8.0	8.0	82.00	77.67	3.35	85.35	81.03
As2	-10	-11	1	**1.268**	0.190	7.0	5.7	90.00	85.67	3.00	93.00	88.66
As2	-11	-12	1	**1.157**	0.360	7.0	4.5	97.00	91.34	2.69	99.69	94.03

2. 許容支持力qaの計算(国交省告示1113号(平成13年7月)を利用)

着目深度での支持力を計算する。

$qa= 2/3*(i_c\alpha CNc+i_\gamma\beta\gamma_1N_\gamma+i_q\gamma_2DfN_q)$

i_c	i_γ	i_q
1.0	1.0	1.0

	Bs	Fs	As1	As2
ϕ	26.0	23.9	32.3	26.8
Nc	22.2	19.2	36.5	23.6
Nq	11.8	9.5	24.1	13.0
Nγ	7.9	5.7	23.3	9.2

α 1.145 =1+0.2B/L B:短辺＝B'+2Ztanϕ

β 0.355 =.5-0.2B/L L:長辺＝L'+2Ztanϕ

土層名	着目GL	粘着力c (kN/m2)	$i_c\alpha cNc$	$i_\gamma\beta\gamma_1BN\gamma$	$i_q\gamma_2DfNq$	qa (kN/m2)	$\sigma'z_3$	判定 (qa> $\sigma'z_3$)
Bs	0	0	0	405.450	0.00	270.3	15.00	OK
Bs	-1	0	0	177.946	352.28	353.5	29.86	OK
Fs	-2	0	0	125.739	339.32	310.0	35.62	OK
Fs	-3	0	0	124.633	395.10	346.5	41.96	OK
Fs	-4	0	0	123.662	453.99	385.1	48.70	OK
Fs	-5	0	0	122.802	515.33	425.4	55.71	OK
Fs	-6	0	0	122.036	578.03	466.7	62.93	OK
Fs	-7	0	0	121.349	640.75	508.1	70.30	OK
As1	-8	0	0	489.072	1768.00	1504.7	77.78	OK
As1	-9	0	0	486.681	1950.18	1624.6	85.35	OK
As2	-10	0	0	169.202	1149.22	878.9	93.00	OK
As2	-11	0	0	168.533	1218.76	924.9	99.69	OK

③CASE1-3(地下水位 GL-2m)

1. 土層条件と荷重条件

接地圧(長期)q	奥行B	幅L	Θ	
kN/m2	m	m	度	rad.
15	8	11	30	0.524

過剰水圧考慮した鉛直応力 l

土層名	上端(GL)	下端(GL)	層厚(m)	FL	ru	γ_{10}(kN/m^3)	γ_1(kN/m^3)	$\sigma'z_1$	$\sigma'z_2$	荷重q	$\sigma'z_3=\sigma'z_1+q$	$\gamma_2Df=\sigma'z_2+q$
Bs	0	-1	1		0.000	18.0	18.0	0.00	0.00	15.00	15.00	15.00
Bs	-1	-2	1		0.000	8.0	8.0	18.00	18.00	11.86	29.86	29.86
Fs	-2	-3	1	**1.894**	0.011	8.0	7.9	26.00	26.00	9.62	35.62	35.62
Fs	-3	-4	1	**1.708**	0.024	8.0	7.8	34.00	33.91	7.96	41.96	41.87
Fs	-4	-5	1	**1.580**	0.041	8.0	7.7	42.00	41.72	6.70	48.70	48.42
Fs	-5	-6	1	**1.461**	0.070	8.0	7.4	50.00	49.39	5.71	55.71	55.11
Fs	-6	-7	1	**1.342**	0.127	8.0	7.0	58.00	56.83	4.93	62.93	61.76
Fs	-7	-8	1	**1.221**	0.248	8.0	6.0	66.00	63.81	4.30	70.30	68.11
As1	-8	-9	1	**2.547**	0.001	8.0	8.0	74.00	69.83	3.78	77.78	73.61
As1	-9	-10	1	**2.140**	0.005	8.0	8.0	82.00	77.82	3.35	85.35	81.17
As2	-10	-11	1	**1.083**	0.571	7.0	3.0	90.00	85.78	3.00	93.00	88.77
As2	-11	-12	1	**1.046**	0.729	7.0	1.9	97.00	88.78	2.69	99.69	91.47

2. 許容支持力qaの計算(国交省告示1113号(平成13年7月)を利用)

着目深度での支持力を計算する。

$qa= 2/3*(i_c\alpha CNc+i_\gamma\beta\gamma_1N_\gamma+i_q\gamma_2D_fN_q)$

i_c	i_γ	i_q
1.0	1.0	1.0

	Bs	Fs	As1	As2
ϕ	26.0	23.9	32.3	26.8
Nc	22.2	19.2	36.5	23.6
Nq	11.8	9.5	24.1	13.0
Nγ	7.9	5.7	23.3	9.2

α	1.145	=1+0.2B/L	B:短辺＝B'+2Ztanϕ
β	0.355	=.5-0.2B/L	L:長辺＝L'+2Ztanϕ

土層名	着目GL	粘着力c (kN/m2)	$i_c\alpha cNc$	$i_\gamma\beta\gamma_1BN\gamma$	$i_q\gamma_2DfNq$	qa (kN/m2)	$\sigma'z_3$	判定 (qa> $\sigma'z_3$)
Bs	0	0	0	405.450	0.00	270.3	15.00	OK
Bs	-1	0	0	177.946	352.28	353.5	29.86	OK
Fs	-2	0	0	125.739	340.10	310.6	35.62	OK
Fs	-3	0	0	124.633	399.76	349.6	41.96	OK
Fs	-4	0	0	123.662	462.28	390.6	48.70	OK
Fs	-5	0	0	122.802	526.16	432.6	55.71	OK
Fs	-6	0	0	122.036	589.71	474.5	62.93	OK
Fs	-7	0	0	121.349	650.34	514.5	70.30	OK
As1	-8	0	0	489.072	1771.73	1507.2	77.78	OK
As1	-9	0	0	486.681	1953.67	1626.9	85.35	OK
As2	-10	0	0	169.202	1150.67	879.9	93.00	OK
As2	-11	0	0	168.533	1185.62	902.8	99.69	OK

④CASE3-1(地下水位 GL-2m)

1. 土層条件と荷重条件

接地圧(長期)q	奥行B	幅L	θ	
kN/m2	m	m	度	rad.
15	8	11	30	0.524

過剰水圧考慮した鉛直応力↓

土層名	上端(GL)	下端(GL)	層厚(m)	FL	ru	γ_{10}(kN/m^3)	γ_1(kN/m^3)	$\sigma'z_1$	$\sigma'z_2$	荷重q	$\sigma'z_3=\sigma'z_1+q$	$\gamma_2Df=\sigma'z_2+q$
Bs	0	-1	1		0.000	18.0	18.0	0.00	0.00	15.00	15.00	15.00
Bs	-1	-2	1		0.000	8.0	8.0	18.00	18.00	11.86	29.86	29.86
Fs	-2	-3	1	**1.276**	0.181	8.0	6.5	26.00	26.00	9.62	35.62	35.62
Fs	-3	-4	1	**1.184**	0.307	8.0	5.5	34.00	32.55	7.96	41.96	40.51
Fs	-4	-5	1	**1.141**	0.396	8.0	4.8	42.00	38.10	6.70	48.70	44.79
Fs	-5	-6	1	**1.117**	0.460	8.0	4.3	50.00	42.93	5.71	55.71	48.64
Fs	-6	-7	1	**1.097**	0.522	8.0	3.8	58.00	47.25	4.93	62.93	52.18
Fs	-7	-8	1	**1.071**	0.617	8.0	3.1	66.00	51.07	4.30	70.30	55.37
As1	-8	-9	1	**2.479**	0.002	8.0	8.0	74.00	54.13	3.78	77.78	57.91
As1	-9	-10	1	**2.237**	0.004	8.0	8.0	82.00	62.12	3.35	85.35	65.47
As2	-10	-11	1	**1.191**	0.294	7.0	4.9	90.00	70.09	3.00	93.00	73.08
As2	-11	-12	1	**1.141**	0.398	7.0	4.2	97.00	75.03	2.69	99.69	77.72

2. 許容支持力qaの計算(国交省告示1113号(平成13年7月)を利用)

着目深度での支持力を計算する。

qa= 2/3*($i_c\alpha CNc+i_\gamma\beta\gamma_1N_\gamma+i_q\gamma_2DfN_q$)

i_c	i_γ	i_q
1.0	1.0	1.0

	Bs	Fs	As1	As2
ϕ	26.0	23.9	32.3	26.8
Nc	22.2	19.2	36.5	23.6
Nq	11.8	9.5	24.1	13.0
Nγ	7.9	5.7	23.3	9.2

α 1.145 =1+0.2B/L B:短辺＝B'+2Ztanϕ

β 0.355 =.5−0.2B/L L:長辺＝L'+2Ztanϕ

土層名	着目GL	粘着力c (kN/m2)	$i_c\alpha cNc$	$i_\gamma\beta\gamma_1BN\gamma$	$i_q\gamma_2DfNq$	qa (kN/m2)	$\sigma'z_3$	判定 (qa> $\sigma'z_3$)
Bs	0	0	0	405.450	0.00	270.3	15.00	OK
Bs	-1	0	0	177.946	352.28	353.5	29.86	OK
Fs	-2	0	0	125.739	340.10	310.6	35.62	OK
Fs	-3	0	0	124.633	386.78	340.9	41.96	OK
Fs	-4	0	0	123.662	427.69	367.6	48.70	OK
Fs	-5	0	0	122.802	464.43	391.5	55.71	OK
Fs	-6	0	0	122.036	498.19	413.5	62.93	OK
Fs	-7	0	0	121.349	528.67	433.3	70.30	OK
As1	-8	0	0	489.072	1393.86	1255.3	77.78	OK
As1	-9	0	0	486.681	1575.75	1375.0	85.35	OK
As2	-10	0	0	169.202	947.28	744.3	93.00	OK
As2	-11	0	0	168.533	1007.43	784.0	99.69	OK

4．まとめ

浦安市を対象とした標準地盤モデルに対して道路・宅地一体型の液状化対策として、格子状地盤改良を適用した場合について、等価線形解析（FLUSH）を用いてレベル 1 地震動に対する対策効果を検討した。本節で得られた結論は以下の通りである。

① 住戸を 1 戸ごとに改良壁で囲う仕様であれば、宅地側の液状化に対する安全率 FL は 1.0 を上回ることがわかった。

② 住戸を 4 戸ごとに改良壁で囲う仕様では、宅地側の FL 値はわずかに 1.0 を下回る結果となった。

③ 設定した検討条件は地下水位 GL-1m であったが、地下水位を GL-2m とした場合について検討したところ、4 住戸ごとに改良壁を囲う仕様についても FL>1.0 を上回るケースがあることが確認できた。従って、格子状改良だけで宅地側の安全性が確保できない場合でも、他工法との併用により安全性が確保できる可能性があることがわかった。