

4. 地震応答解析（現況）

4.1. 解析断面

解析モデル図を図 4.1.1 に示す。

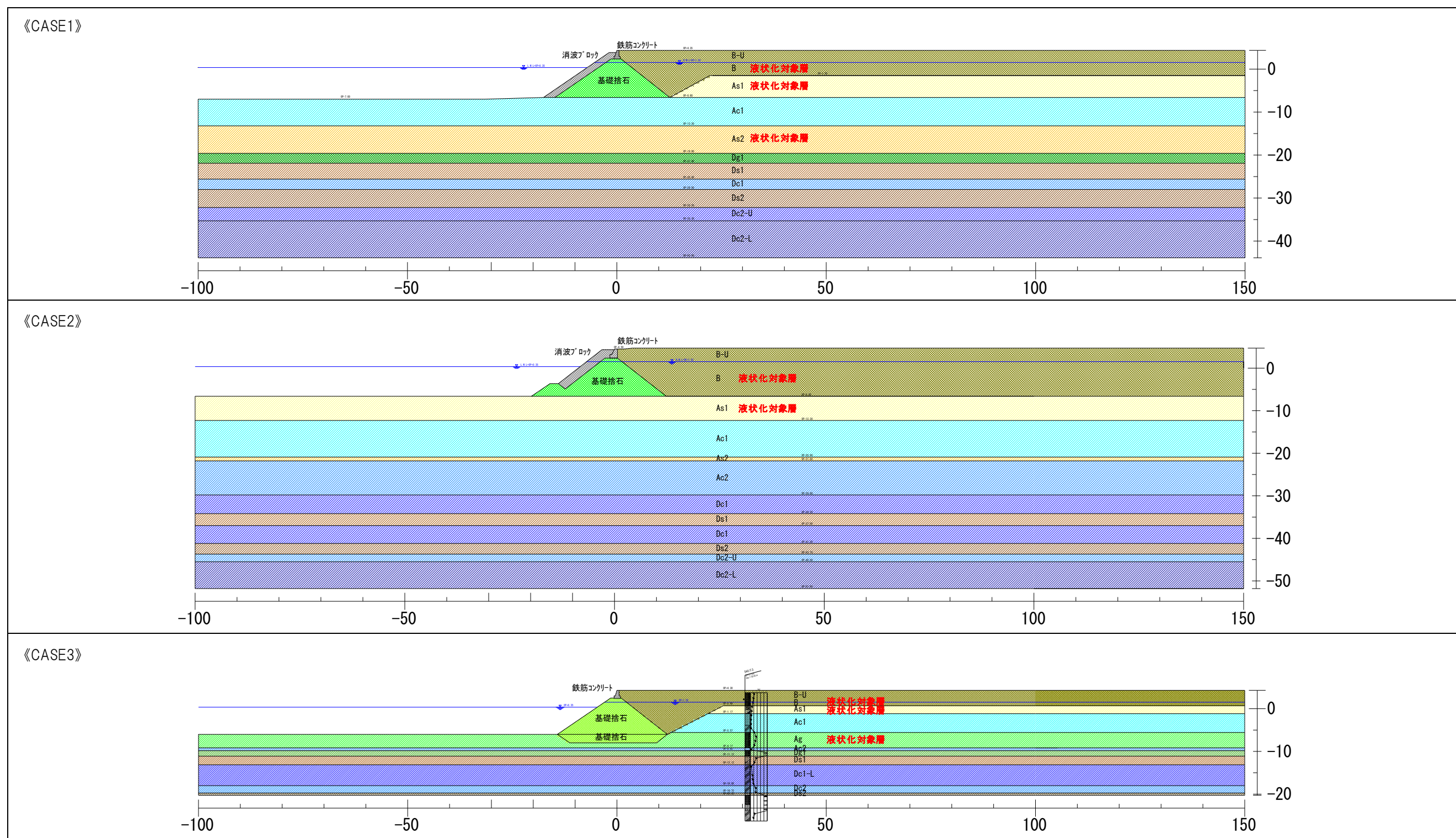


図 4.1.1 解析モデル図

4.2. 解析条件

4.2.1. 水位条件

水位条件を表 4.2.1 に示す。

表 4.2.1 水位条件

水位		設定値
潮位 条件	H. W. L	O. P. +2. 10 m
	L. W. L	O. P. +0. 35 m
設定 水位	海水位	L. W. L. = +0. 35 m
	地下水位	R. W. L. = +1. 52 m [*]

※残留水位 : $R.W.L. = L.W.L. + (H.W.L. - L.W.L.) \times 2/3$ (H.W.L. = +0.80 m)

4.2.2. 工学的基盤面

工学的基盤面は、図 4.2.1 に示す洪積第二礫質土層 (Dg2 層) とする。

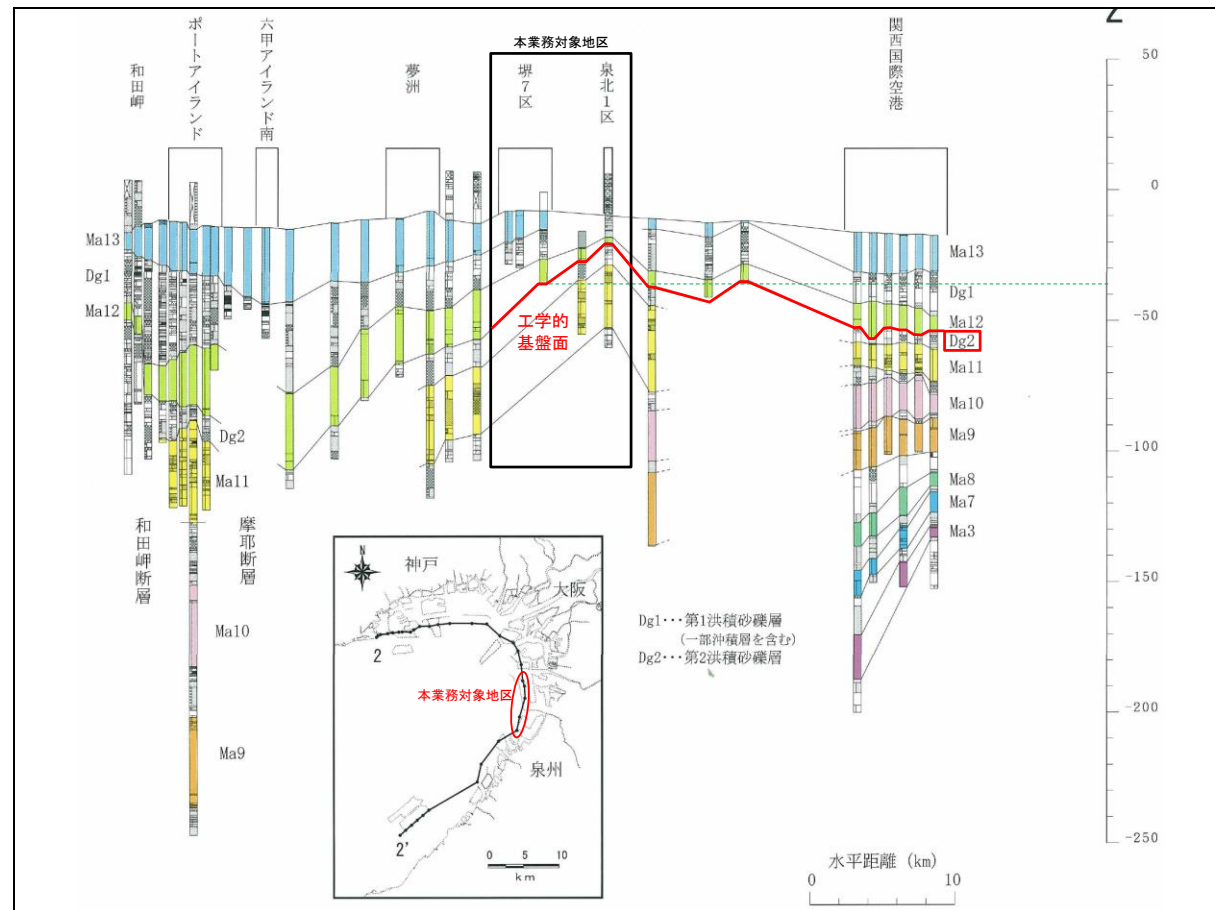


図 4.2.1 推定土質断面図 (バイエリアの地盤と建設)

4.2.3. 想定地震外力

本検討の地震応答解析に用いる想定地震外力は、「内閣府 南海トラフの巨大地震検討会 (H24.12)」で公開されている堺地区、泉北地区に対する地震動波形データを用いる。地震動波形データの NS 成分、EW 成分より護岸法線直角方向の地震動を合成した波形データを作成し、それを用いて地震応答解析を実施する。地震応答解析に用いる地震動を図 4.2.2 に示す。

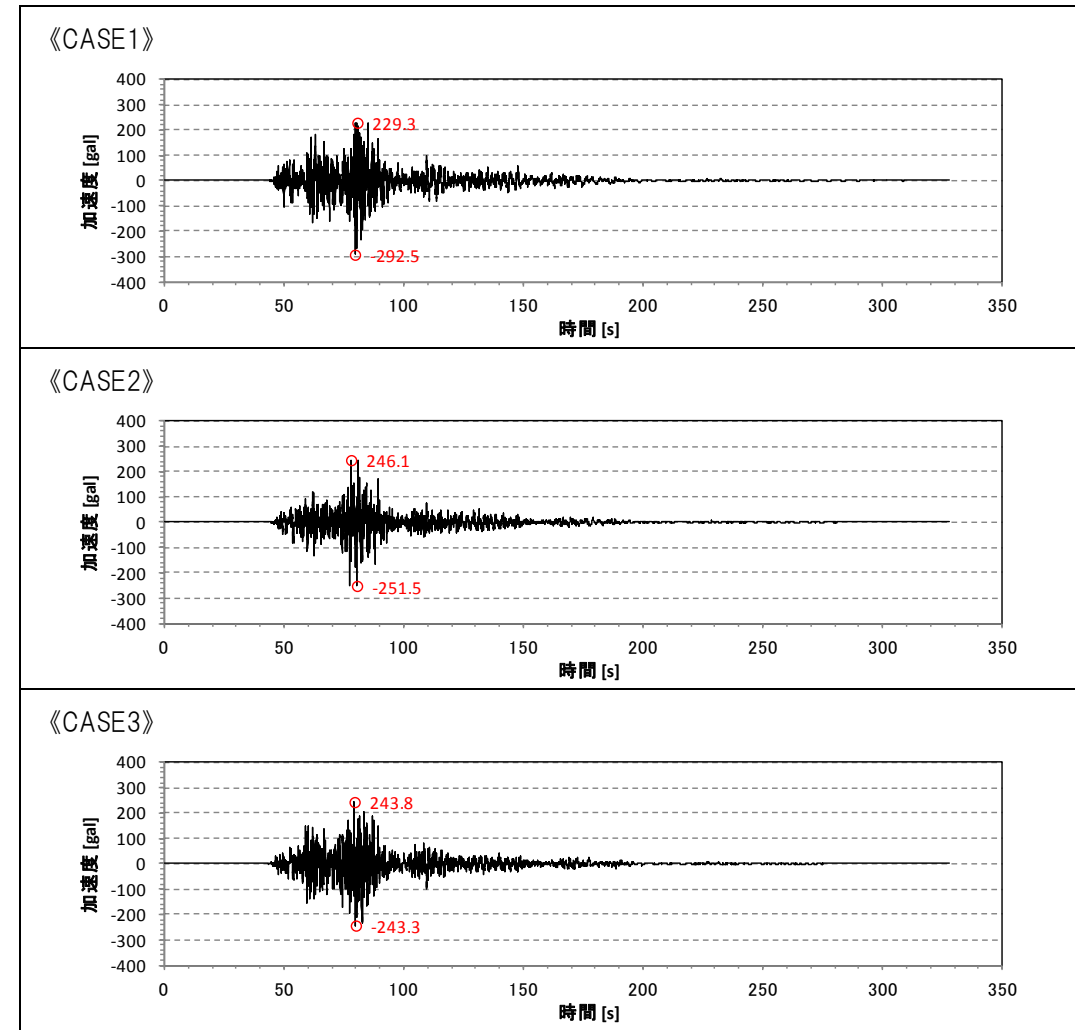


図 4.2.2 想定地震外力 (合成波の時刻歴波形)

4.2.4. 地盤定数の設定方針

設定方針を表 4.2.2, 設定した解析に用いる地盤定数を表 4.2.3 に示す。

表 4.2.2 地盤定数の設定方針

項目	設定方針
N 値	・標準貫入試験結果の平均値とする
湿潤密度 ρ_t	・土質試験の平均値とする ・試験結果がない場合は「液状化ハンドブック※1」の一般値とする
間隙率 n	・試験結果より間隙比 e が得られている場合には $n = e/(1+e)$ より設定する。 ・試験結果がない場合は、砂質土は、FLIPSIM を用いた簡易設定法（再訂版）により設定する。粘性土は、 $n=0.55$ とする
ポアソン比 ν	・ $\nu=0.33$ とする
せん断弾性係数 G_{ma}	・砂質土（液状化層）は、FLIPSIM を用いた簡易設定法（再訂版）により設定する ・粘性土は、 $G_{ma}=340 \times C$ とする
体積弾性係数 K_{ma}	・ G_{ma} およびポアソン比 $\nu (=0.33)$ より算定する
基準有効拘束圧 σ'_{ma}	・砂質土は、FLIPSIM を用いた簡易設定法（再訂版）により設定する ・粘性土は、 $\sigma'_{mi}=3/4 \times \sigma'_v$ とする
せん断抵抗角 ϕ_f	・粘性土は、 $\phi_f=0$ とする ・砂質土は、三軸圧縮試験結果が得られている場合は試験結果より設定する。 ・試験結果がない場合には、砂質土は FLIPSIM を用いた簡易設定法（再訂版）により設定する
粘着力 C	・砂質土は、 $C=0$ とする ・粘性土は、一軸圧縮試験結果が得られている場合は試験結果より設定する ・平均 N 値を用いて Terzaghi-Peck の式 ($C=100/16 \times N$) により設定する
最大減衰定数 h_{max}	「大阪湾地盤情報の研究協議会：ベイエリアの地盤と建設 大阪湾を例として、2002」を参考に、砂質土は 0.20、粘性土は 0.16 とする
液状化パラメータ	・液状化強度特性試験結果が得られていないため、簡易設定法（再訂版：Sus 井合式）により設定する

表 4.2.3 解析定数一覧

・ CASE1 《マルチスプリング要素》										
材料名	密度 ρ [g/cm ³]	間隙率 n	基準初期せん断弾性係数 G_{ma} [kN/m ²]	基準体積弾性係数 K_{ma} [kN/m ²]	基準有効拘束圧 σ'_{ma} [kN/m ²]	間隙水の体積弾性係数 Wk_f [kN/m ²]	ポアソン比 ν	最大減衰定数 h_{max}	粘着力 c [kN/m ²]	せん断抵抗角 ϕ' [°]
B-U	1.82	0.63	78300	204200	98	2.20E+06	0.33	0.20	0	40
B	1.82	0.63	47600	124100	47	2.20E+06	0.33	0.20	0	35
As1	2.08	0.40	69500	181200	76	2.20E+06	0.33	0.20	0	38
Ac1	1.98	0.49	10000	26100	119	2.20E+06	0.33	0.16	29	0
As2	2.00	0.50	94300	245900	165	2.20E+06	0.33	0.20	0	38
Dg1	2.00	0.45	130300	339800	98	2.20E+06	0.33	0.20	0	41
Ds1	2.00	0.45	110200	287400	98	2.20E+06	0.33	0.20	0	41
Dc1	1.93	0.54	25900	67500	239	2.20E+06	0.33	0.16	76	0
Ds2	2.00	0.45	118000	307700	98	2.20E+06	0.33	0.20	0	41
Dc2-U	1.66	0.55	46500	121300	285	2.20E+06	0.33	0.16	137	0
DC2-L	1.70	0.61	25700	67000	314	2.20E+06	0.33	0.16	76	0
・液状化パラメータ										
材料名	ϕp	S1	W1	P1	P2	C1	Sus	設定方法		
B	28	0.005	3.412	0.50	0.485	2.576	7.164	簡易設定法 (再訂版：Sus井合式)		
As1	28	0.005	2.708	0.50	0.495	2.957	3.148			
As2	28	0.005	2.482	0.50	0.504	3.109	12.24			
・ CASE2 《マルチスプリング要素》										
材料名	密度 ρ [g/cm ³]	間隙率 n	基準初期せん断弾性係数 G_{ma} [kN/m ²]	基準体積弾性係数 K_{ma} [kN/m ²]	基準有効拘束圧 σ'_{ma} [kN/m ²]	間隙水の体積弾性係数 Wk_f [kN/m ²]	ポアソン比 ν	最大減衰定数 h_{max}	粘着力 c [kN/m ²]	せん断抵抗角 ϕ' [°]
B-U	1.82	0.63	77200	201300	98	2.20E+06	0.33	0.20	0	40
B	1.82	0.63	47600	124100	67	2.20E+06	0.33	0.20	0	35
As1	2.08	0.40	69500	181200	113	2.20E+06	0.33	0.20	0	36
Ac1	1.98	0.49	10000	26100	165	2.20E+06	0.33	0.16	29	0
As2	2.00	0.50	94300	245900	199	2.20E+06	0.33	0.20	0	37
Ac2	1.51	0.69	83700	218300	216	2.20E+06	0.33	0.16	246	0
Dc1	1.93	0.54	71200	185700	245	2.20E+06	0.33	0.16	209	0
Ds1	2.00	0.45	42400	110600	98	2.20E+06	0.33	0.20	0	39
Dc1	1.93	0.54	89500	233400	294	2.20E+06	0.33	0.16	263	0
Ds2	2.00	0.45	63000	164300	98	2.20E+06	0.33	0.20	0	39
Dc2-U	1.66	0.55	25700	67000	331	2.20E+06	0.33	0.16	76	0
Dc2-L	1.70	0.61	27800	72500	350	2.20E+06	0.33	0.16	82	0
・液状化パラメータ										
材料名	ϕp	S1	W1	P1	P2	C1	Sus	設定方法		
B	28	0.005	3.412	0.50	0.485	2.576	7.164	簡易設定法 (再訂版：Sus井合式)		
As1	28	0.005	2.708	0.50	0.495	2.957	3.148			
As2	28	0.005	2.482	0.50	0.504	3.109	12.24			
・ CASE3 《マルチスプリング要素》										
材料名	密度 ρ [g/cm ³]	間隙率 n	基準初期せん断弾性係数 G_{ma} [kN/m ²]	基準体積弾性係数 K_{ma} [kN/m ²]	基準有効拘束圧 σ'_{ma} [kN/m ²]	間隙水の体積弾性係数 Wk_f [kN/m ²]	ポアソン比 ν	最大減衰定数 h_{max}	粘着力 c [kN/m ²]	せん断抵抗角 ϕ' [°]
B-U	1.80	0.45	85300	222400	98	2.20E+06	0.33	0.20	0	40
B	2.00	0.46	48600	126700	45	2.20E+06	0.33	0.20	0	36
As1	2.00	0.48	39000	101700	55	2.20E+06	0.33	0.20	0	34
Ac1	1.73	0.59	6800	17700	68	2.20E+06	0.33	0.16	20	0
Ag	2.00	0.44	125800	328100	92	2.20E+06	0.33	0.20	0	43
Ac2	1.93	0.44	22100	57600	107	2.20E+06	0.33	0.16	65	0
Dg1	2.45	0.45	178800	466300	98	2.20E+06	0.33	0.20	0	43
Ds1	2.00	0.45	80500	209900	98	2.20E+06	0.33	0.20	0	40
Dc1-L	1.97	0.43	35300	92100	155	2.20E+06	0.33	0.16	104	0
Dc2	1.98	0.45	28300	73800	178	2.20E+06	0.33	0.16	83	0
Ds2	1.94	0.40	123600	322300	98	2.20E+06	0.33	0.20	0	41
・液状化パラメータ										
材料名	ϕp	S1	W1	P1	P2	C1	Sus	設定方法		
B	28	0.005	3.731	0.50	0.693	2.290	26.16	簡易設定法 (再訂版：Sus井合式)		
As1	28	0.005	3.416	0.50	0.594	2.082	19.85			
Ag	28	0.005	9.786	0.50	0.384	37.380	26.12			

4.3. 解析結果

護岸位置および護岸背後 25m、50m 位置での解析結果に基づく変位量を表 4.3.1 に、概要を表 4.3.2 にそれぞれ示す。
 着目位置は、護岸法線から石油タンク等の施設までの距離が、概ね 50m 以上であること考慮して選定した。
 合計沈下量は、FLIP の結果より得られる残留鉛直変位に、消散沈下量と広域地盤沈降量を考慮して評価する。

表 4.3.1 護岸位置及び護岸背後位置での変位量

断面	x=0 (護岸位置)					x=25					x=50				
	水平変位	鉛直変位				水平変位	鉛直変位				水平変位	鉛直変位			
	FLIP 結果 残留変位	FLIP 結果 残留変位	消散 沈下量 (-:沈下)	広域地盤 沈降量 (-:沈下)	合計 沈下量 (-:沈下)	FLIP 結果 残留変位	FLIP 結果 残留変位	消散 沈下量 (-:沈下)	広域地盤 沈降量 (-:沈下)	合計 沈下量 (-:沈下)	FLIP 結果 残留変位	FLIP 結果 残留変位	消散 沈下量 (-:沈下)	広域地盤 沈降量 (-:沈下)	合計 沈下量 (-:沈下)
CASE1	-1.53m	-0.32m	-0.01m		-0.61m	-1.22m	-0.43m	-0.14m		-0.85m	-0.70m	-0.33m	-0.28m		-0.89m
CASE2	-1.89m	-0.45m	-0.02m	-0.28m	-0.75m	-1.69m	-0.41m	-0.06m	-0.28m	-0.75m	-1.10m	-0.62m	-0.13m	-0.28m	-1.03m
CASE3	-0.31m	-0.00m*	-0.00m		-0.28m	-0.01m	-0.02m	-0.10m		-0.40m	0.00m	-0.01m	-0.10m		-0.39m

※: +0.03m 浮き上る残留変位となったため、浮き上りは考慮せず、残留沈下量=0.00m として評価した。

※: 赤でハッチングしたセルの値が最終的な (過剰間隙水圧消散後の) 変位量

表 4.3.2 結果の概要

ケース名	概要
CASE1	<ul style="list-style-type: none"> 護岸背後の埋土層、As1 層および基礎地盤 As2 層の過剰間隙水圧が上昇し、液状化が発生していることが伺える。 護岸背後および基礎地盤の液状化に伴い、護岸法線が海側に水平方向 1.5m 程度、鉛直方向 (沈下方向) 0.6m 程度変形している。25m 位置、50m 位置での水平変位は、それぞれ 1.2m 程度、0.7m 程度と護岸から離れるにつれて減少し、広域地盤沈降量と消散沈下量を含めた鉛直変位は、25m 位置及び 50m 位置で護岸位置より大きな値を示している(0.9m 程度)。 背後地盤の残留水平変位(dx)の最大値は、護岸法線直背後(x=7.2~8.9m 間)で-1.60m、残留鉛直変位量(dy)の最大値は、x=37.5m で-0.56m となっており、広域地盤沈降量と消散沈下量(-0.20m)を含めた鉛直変位は、-1.04m となっている。[表 4.3.1、図 4.3.1 参照]
CASE2	<ul style="list-style-type: none"> 護岸背後の埋土層、護岸直下の基礎地盤 As1 層の過剰間隙水圧が上昇し、液状化が発生していることが伺える。 3 点の変化量は今回の解析結果中で最も大きく、護岸法線が海側に水平方向 1.9m 程度、鉛直方向 (沈下方向) 0.8m 程度変形している。25m 位置、50m 位置での水平変位は、それぞれ 1.7m 程度、1.1m 程度と護岸から離れるにつれて減少し、広域地盤沈降量と消散沈下量を含めた鉛直変位は、25m 位置で 0.8m 程度、50m 位置で 1.0m 程度と護岸位置より大きな値を示している。 背後地盤の残留水平変位(dx)の最大値は、護岸法線直背後(x=-2.3~1.0m 間)で-1.89m、残留鉛直変位量(dy)の最大値は、x=52.5~55.0m 間で-0.64m となっており、広域地盤沈降量と消散沈下量(-0.14m)を含めた鉛直変位は、1.06m となっている。[表 4.3.1、図 4.3.2 参照]
CASE3	<ul style="list-style-type: none"> 護岸背後の埋土層、As1 層の過剰間隙水圧が上昇し、液状化が発生していることが伺える。また基礎地盤の礫質土層 Ag は比較的締まっている (N 値が高い) ことから、過剰間隙水圧が発生せず液状化しない結果が得られた。 3 点の変化量は今回の解析結果中で最も小さく、護岸法線が海側に水平方向 0.3m 程度、鉛直方向 (沈下方向) 0.3m 程度変形している。変形量が小さいため背後地盤への影響も小さく、護岸際の変形のみと考えてよい結果である。 背後地盤の残留水平変位(dx)の最大値は、護岸法線直背後(x=0.0~0.5m 間)で-0.31m、残留鉛直変位量(dy)の最大値は、x=0.80m で-0.26m となっており、広域地盤沈降量と消散沈下量(-0.00m)を含めた鉛直変位は、-0.54m となっている。[表 4.3.1、図 4.3.3 参照]

4.3.1. CASE1

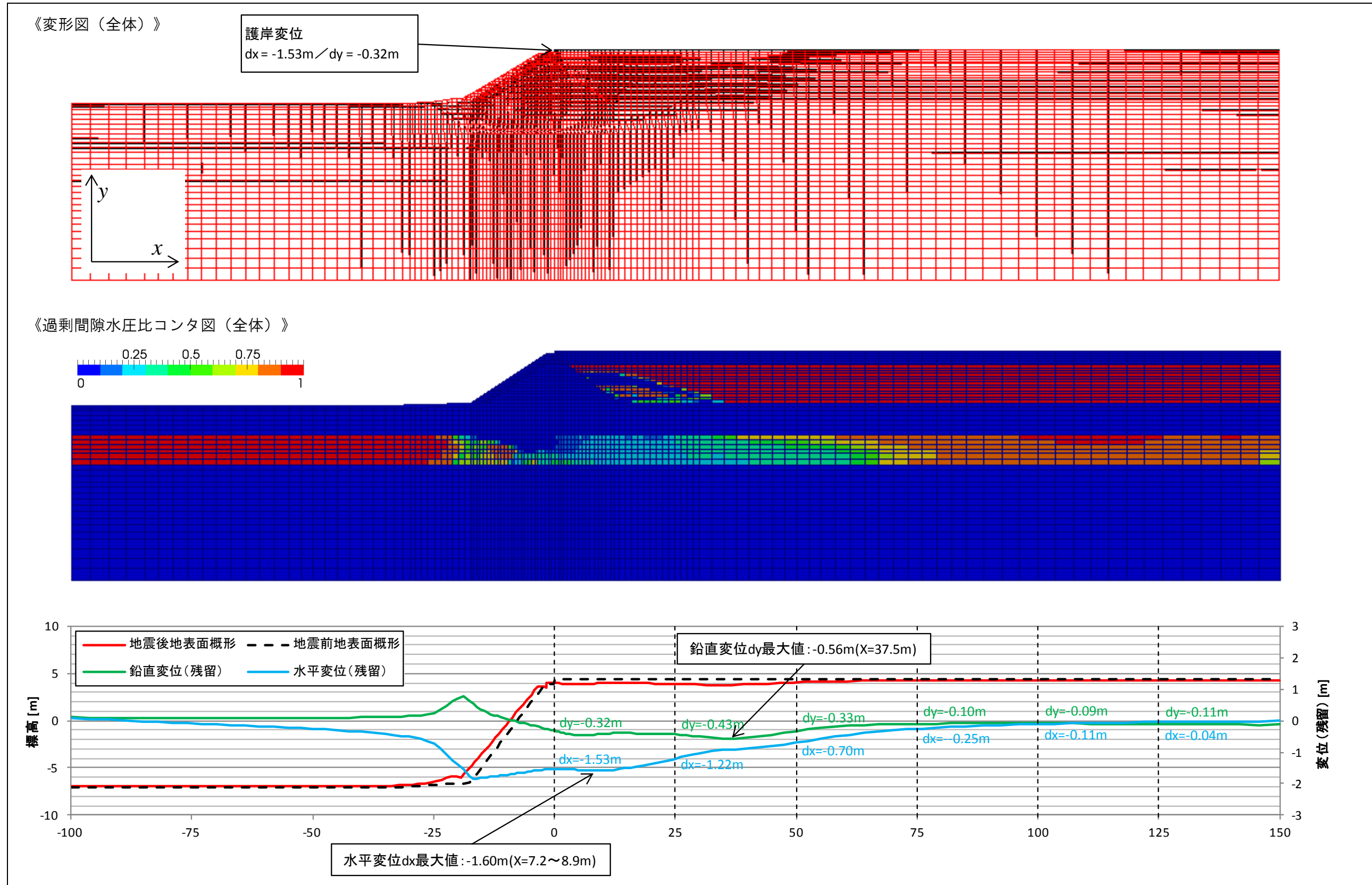


図 4.3.1 解析結果 (全体図 CASE1)

4.3.2. CASE2

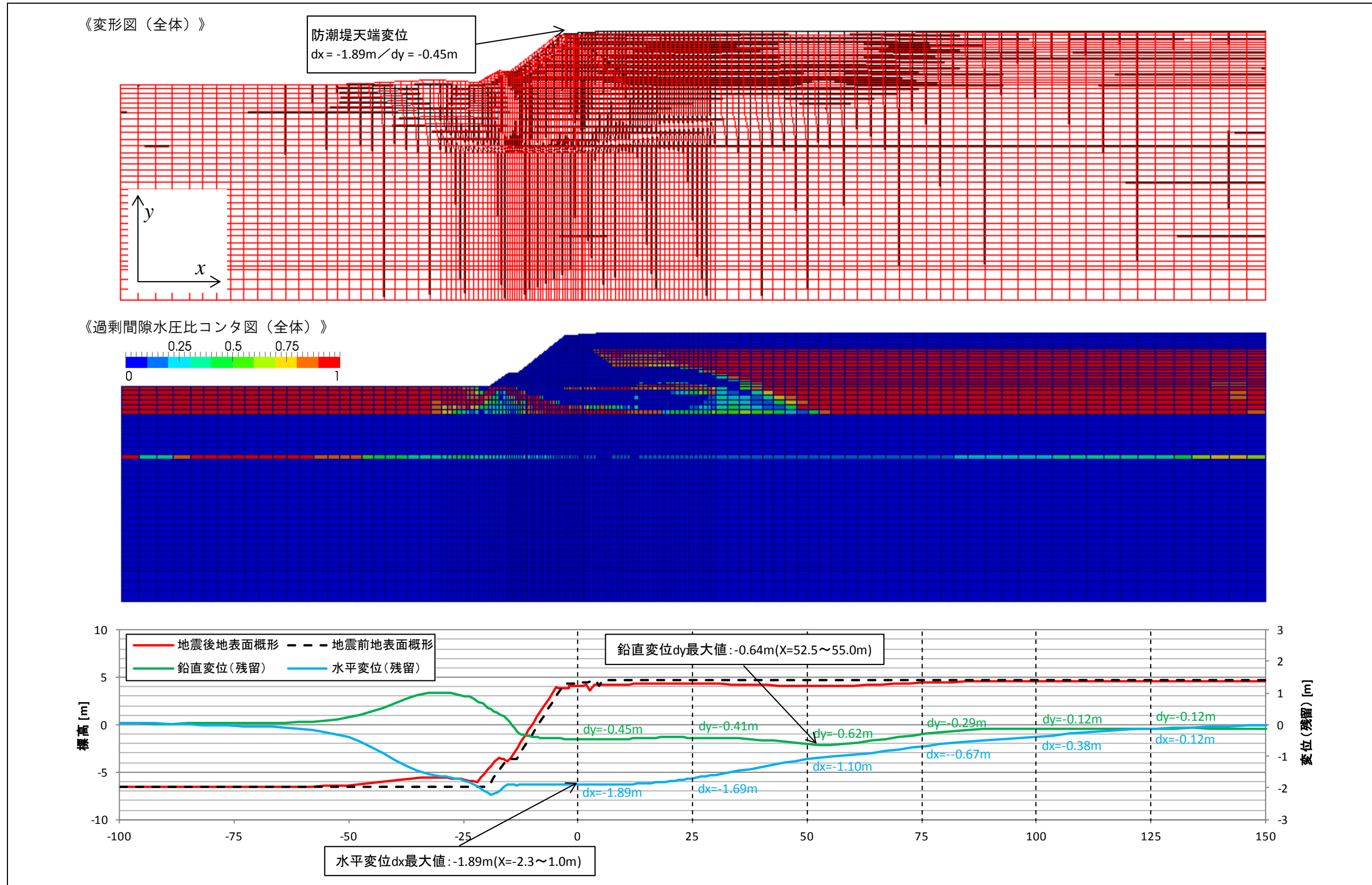


図 4.3.2 解析結果 (全体図 CASE2)

4.3.3. CASE3

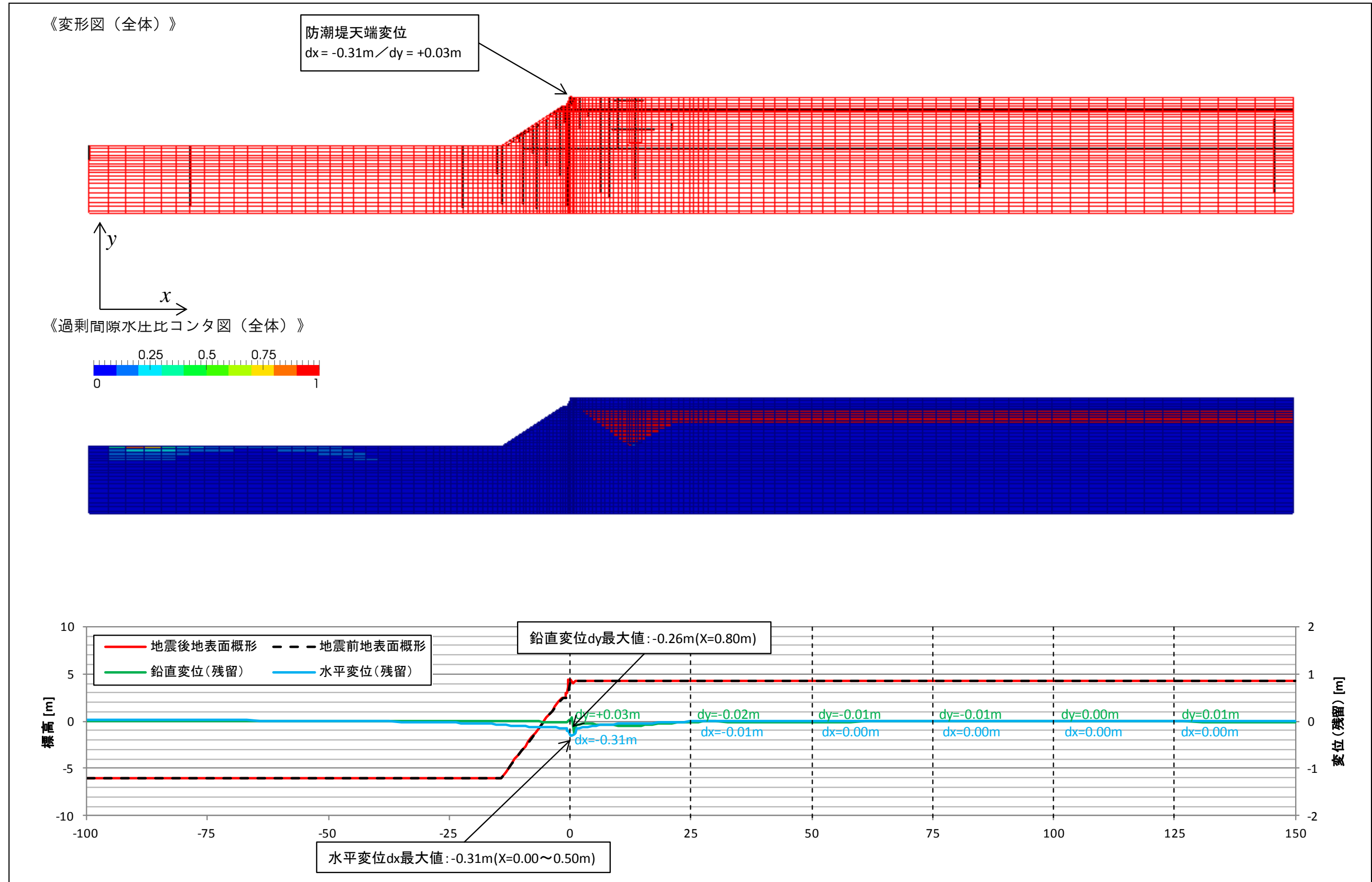


図 4.3.3 解析結果 (全体図 CASE3)