

b. 鋼管杭

(a) 曲げ軸力に対する評価結果

津波時（敷地に遡上する津波）においては、3次元静的フレーム解析によって得られる曲げ軸力により鋼管杭に発生する応力度を算出する。鋼管杭の曲げ軸力に対する照査は、鋼管杭に発生する圧縮応力度及び引張応力度が許容限界以下であることを確認する。

曲げ軸力に対する評価は、図 4.2-23 に示す評価位置図の鋼管杭に対して行う。同図に示す鋼管杭の名称は、以下のルールに従う。最初のアルファベットは、Nが北基礎の鋼管杭であり、Sが南基礎の鋼管杭であることを示す。2番目のアルファベットは、Eが東側の鋼管杭であり、Wが西側の鋼管杭であることを示す。末尾の数字は、南端の鋼管杭を1として北に向かって昇順で設定し、北端の鋼管杭を6とする。

鋼管杭の曲げ軸力に対する照査結果を表 4.2-8 に示す。表 4.2-8 に示す照査結果では、北基礎及び南基礎において照査値が最大になるものに○印を付し、○印を付した照査値に対応する断面力分布を図 4.2-24 及び図 4.2-25 に示す。

鋼管杭における許容応力度法による照査を行った結果、評価位置において鋼管杭の曲げ圧縮応力度と曲げ引張応力度が許容限界以下であることを確認した。なお、鋼管杭の圧縮応力度に対する最大照査値は0.24、引張応力度に対する最大照査値は0.25であり、ともに地盤バネ2の照査値である。発生位置は、圧縮応力度が北基礎のNW1鋼管杭であり、引張応力度が南基礎のSE1鋼管杭である。

以上のことから、地中連続壁部の残置を考慮しても鋼管杭の構造部材の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

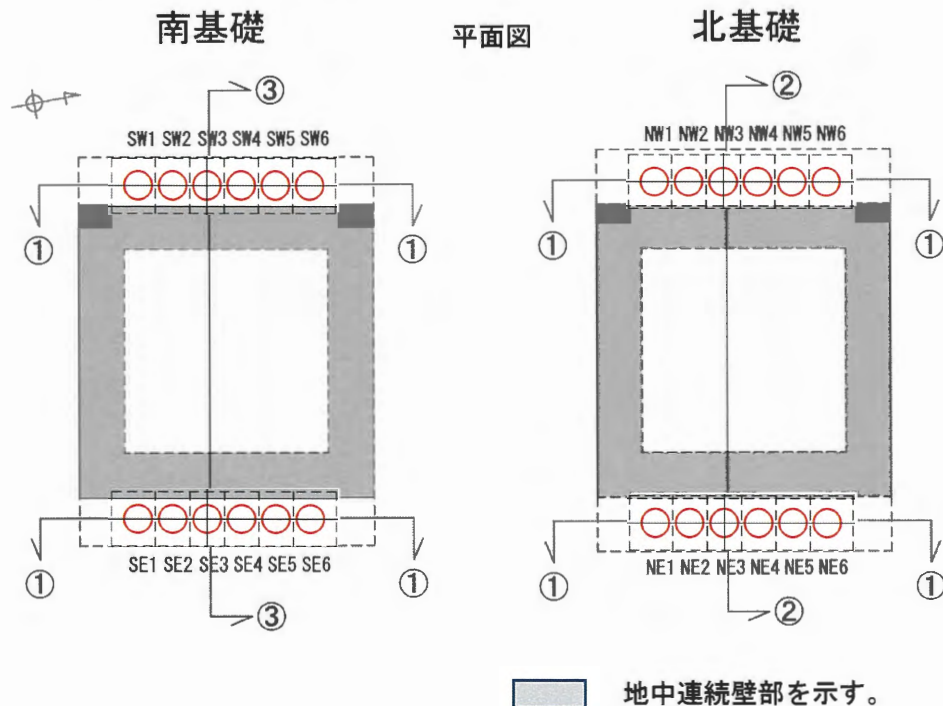


図 4.2-23 評価位置図（鋼管杭）

表 4.2-8 曲げ軸力に対する照査結果（津波時：敷地に遡上する津波）

地盤パネ のケース	評価位置				鋼管杭仕様			発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s/σ_{sa}	断面力図
					材質	外径 ϕ (mm)	肉厚 t (mm)	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)				
地盤パネ 1	北基礎	圧縮 応力度	NW6	②-②断面	SBHS500	1500	50	2393	-10729	85.2	500	0.18	—
				①-①断面	SBHS500	1500	50	1647					
		引張 応力度	NE1	②-②断面	SBHS500	1500	50	-541	3033	33.6	500	0.07	—
				①-①断面	SBHS500	1500	50	-1467					
	南基礎	圧縮 応力度	SW1	③-③断面	SBHS500	1500	50	2440	-11884	94.9	500	0.19	—
				①-①断面	SBHS500	1500	50	-2148					
		引張 応力度	SE6	③-③断面	SBHS500	1500	50	-898	4391	47.2	500	0.10	—
				①-①断面	SBHS500	1500	50	-1960					
地盤パネ 2	北基礎	圧縮 応力度	NW1	②-②断面	SBHS500	1500	50	-3886	-13023	116.5	500	0.24	○
				①-①断面	SBHS500	1500	50	2332					
		引張 応力度	NE6	②-②断面	SBHS500	1500	50	-165	6474	84.2	500	0.17	—
				①-①断面	SBHS500	1500	50	-2295					
	南基礎	圧縮 応力度	SE1	③-③断面	SBHS500	1500	50	-386	10235	112.6	500	0.23	—
				①-①断面	SBHS500	1500	50	1677					
		引張 応力度	SE1	③-③断面	SBHS500	1500	50	-386	10235	122.3	500	0.25	○
				①-①断面	SBHS500	1500	50	1677					

注記 評価位置は図 4.2-23 に示す。
赤線枠内は最大照査値を示す。

北基礎

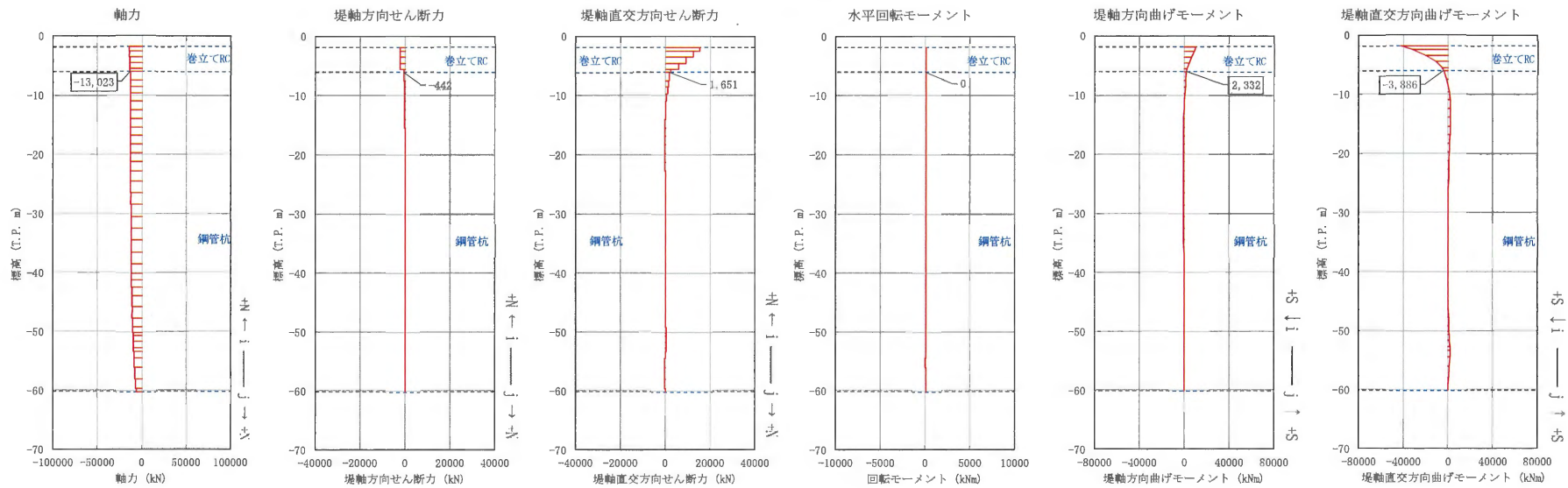


図 4.2-24 鋼管杭において曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力図
①—①断面, ②—②断面, (津波時: 敷地に遡上する津波, 北基礎, 地盤バネ 2)

南基礎

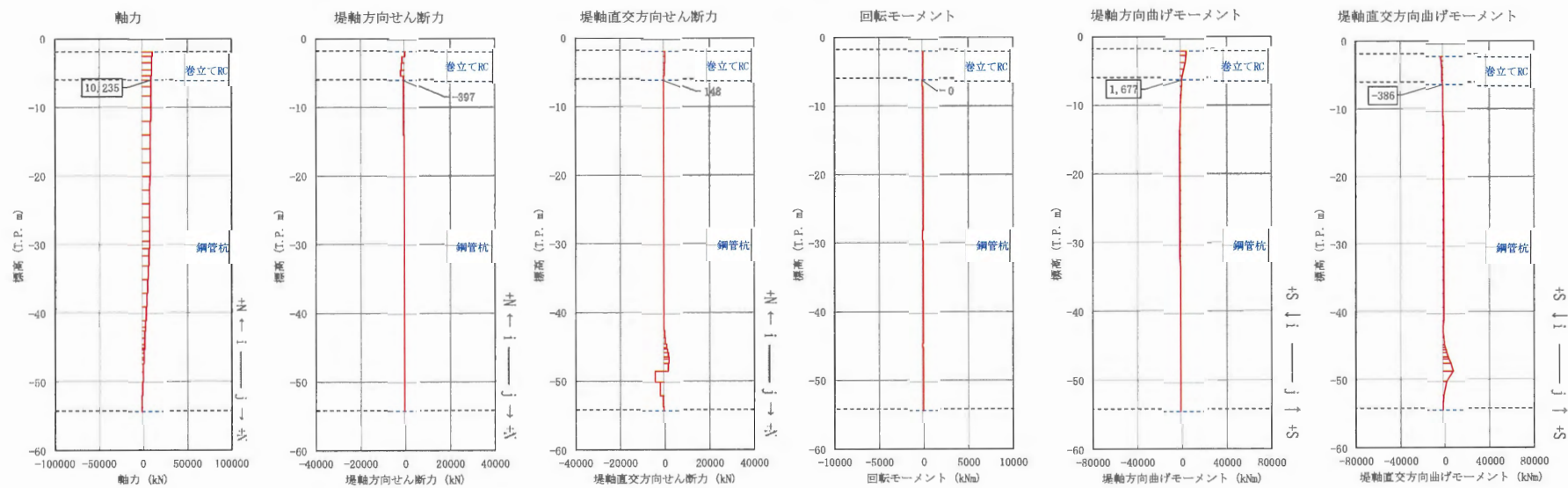


図 4.2-25 鋼管杭において曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力図
①-①断面, ③-③断面, (津波時: 敷地に遡上する津波, 南基礎, 地盤バネ 2)

(b) せん断力に対する評価結果

津波時（敷地に遡上する津波）においては、3次元静的フレーム解析によって得られるせん断力により鋼管杭に発生する応力度を算出する。鋼管杭のせん断力に対する照査は、鋼管杭の発生せん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

せん断力に対する評価は、図 4.2-26 に示す評価位置図の鋼管杭に対して行う。同図に示す鋼管杭の名称は、曲げ軸力に対する評価において示したものと同様である。

せん断力に対する照査結果を表 4.2-9 に示す。表 4.2-9 に示す照査結果では、北基礎及び南基礎において照査値が最大になるものに○印を付し、○印を付した照査値に対応する断面力分布を図 4.2-27～図 4.2-30 に示す。

鋼管杭における許容応力度法による照査を行った結果、評価位置における鋼管杭の発生せん断応力度が短期許容せん断応力度以下であることを確認した。なお、鋼管杭のせん断力に対する最大照査値は 0.13 であり、地盤バネ 2 の南基礎の S E 1 鋼管杭の③-③断面の照査値である。

以上のことから、地中連続壁部の残置を考慮しても鋼管杭の構造部材の発生せん断応力度が許容限界以下であることを確認した。

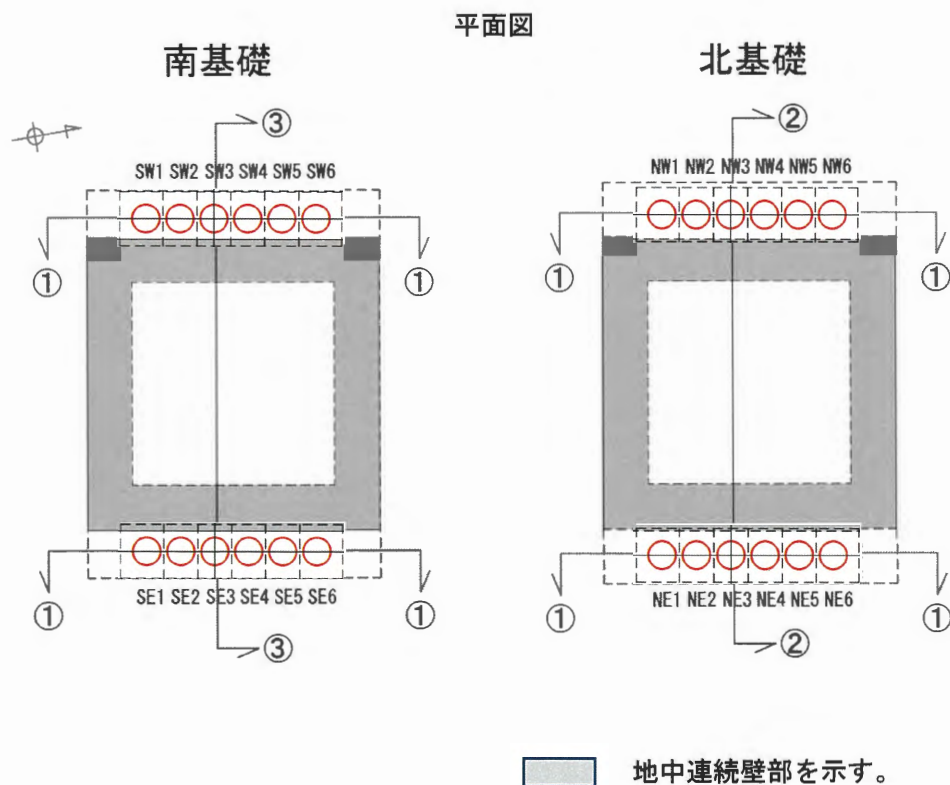


図 4.2-26 評価位置図（鋼管杭）

（図 4.2-23 の再掲）

表 4.2-9 セン断力に対する照査結果（津波時：敷地に遡上する津波）

地盤パネ のケース	評価位置				鋼管杭仕様			発生断面力 せん断力 (kN)	発生 応力度 τ (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_a (N/mm ²)	照査値 τ / τ_a	断面力図
					材質	外径 ϕ (mm)	肉厚 t (mm)					
地盤 パネ 1	北基礎	NE6	堤軸直交 方向	②-②断面	SBHS500	1500	50	834	7.5	285	0.03	—
		NW6	堤軸 方向	①-①断面	SBHS500	1500	50	960	8.6	285	0.04	○
	南基礎	SE1	堤軸直交 方向	③-③断面	SBHS500	1500	50	1017	9.1	285	0.04	—
		SW1	堤軸 方向	①-①断面	SBHS500	1500	50	1329	11.9	285	0.05	○
地盤 パネ 2	北基礎	NE6	堤軸直交 方向	②-②断面	SBHS500	1500	50	2817	25.3	285	0.09	○
		NE1	堤軸 方向	①-①断面	SBHS500	1500	50	863	7.7	285	0.03	—
	南基礎	SE1	堤軸直交 方向	③-③断面	SBHS500	1500	50	3882	34.8	285	0.13	○
		SE6	堤軸 方向	①-①断面	SBHS500	1500	50	657	5.9	285	0.03	—

注記 評価位置は図 4.2-26 に示す。

赤線枠内は最大照査値を示す。

北基礎

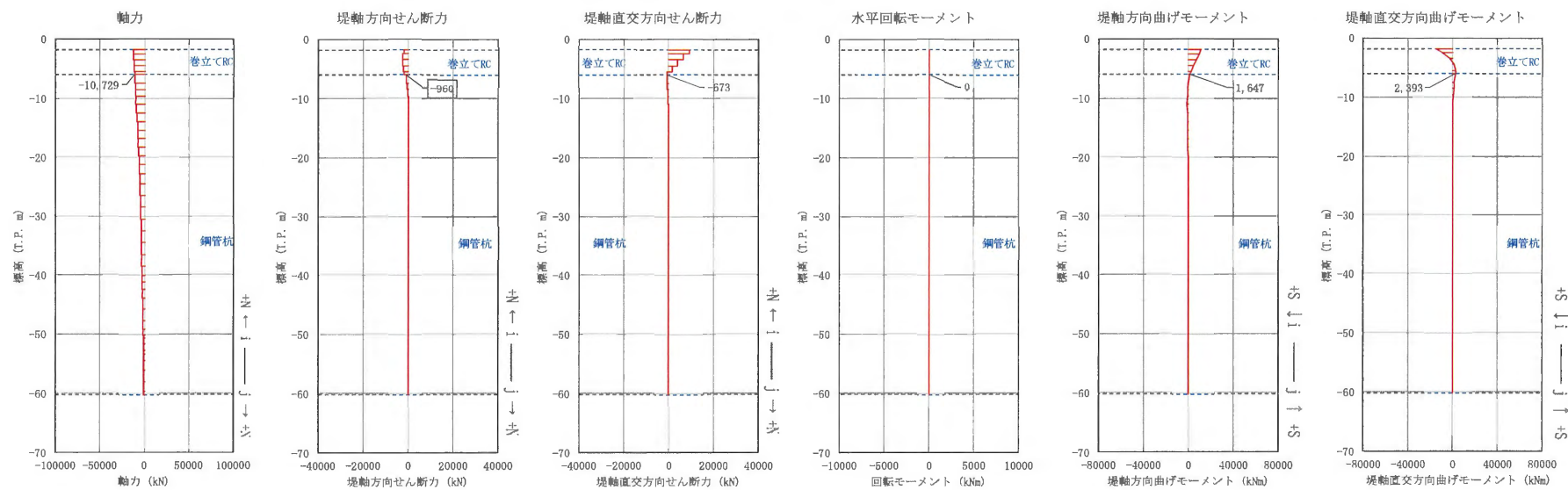


図 4.2-27 鋼管杭においてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力図

①-①断面（津波時：敷地に遡上する津波，北基礎，地盤バネ1）

南基礎

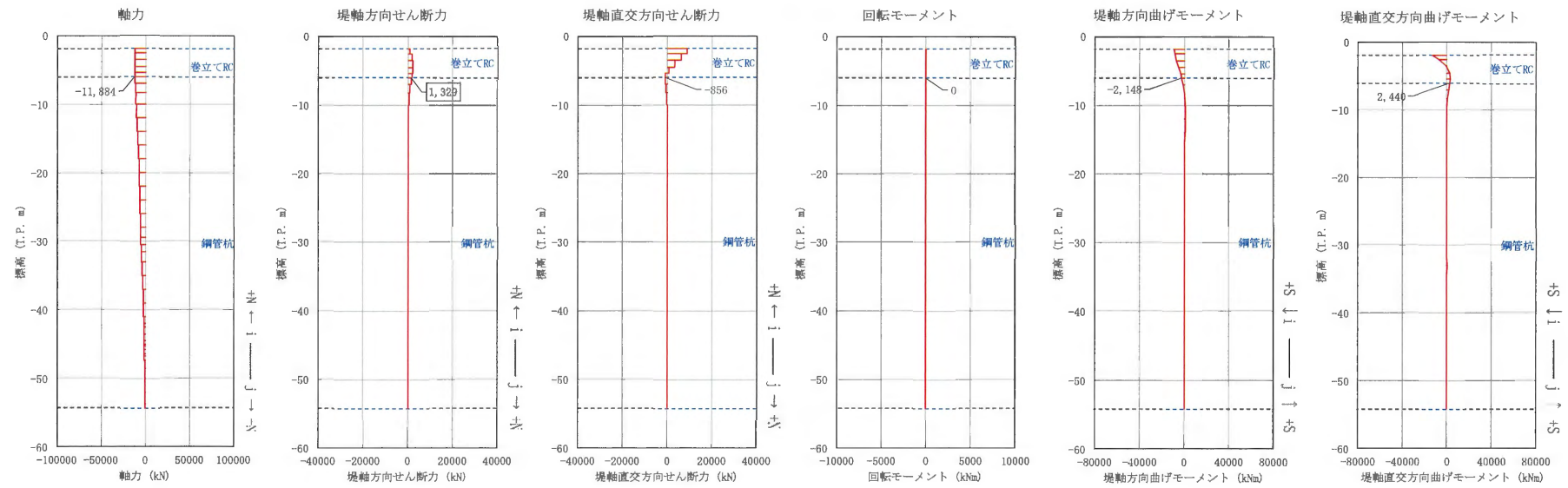


図 4.2-28 鋼管杭においてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力図

①—①断面（津波時：敷地に遡上する津波，南基礎，地盤バネ 1）

北基礎

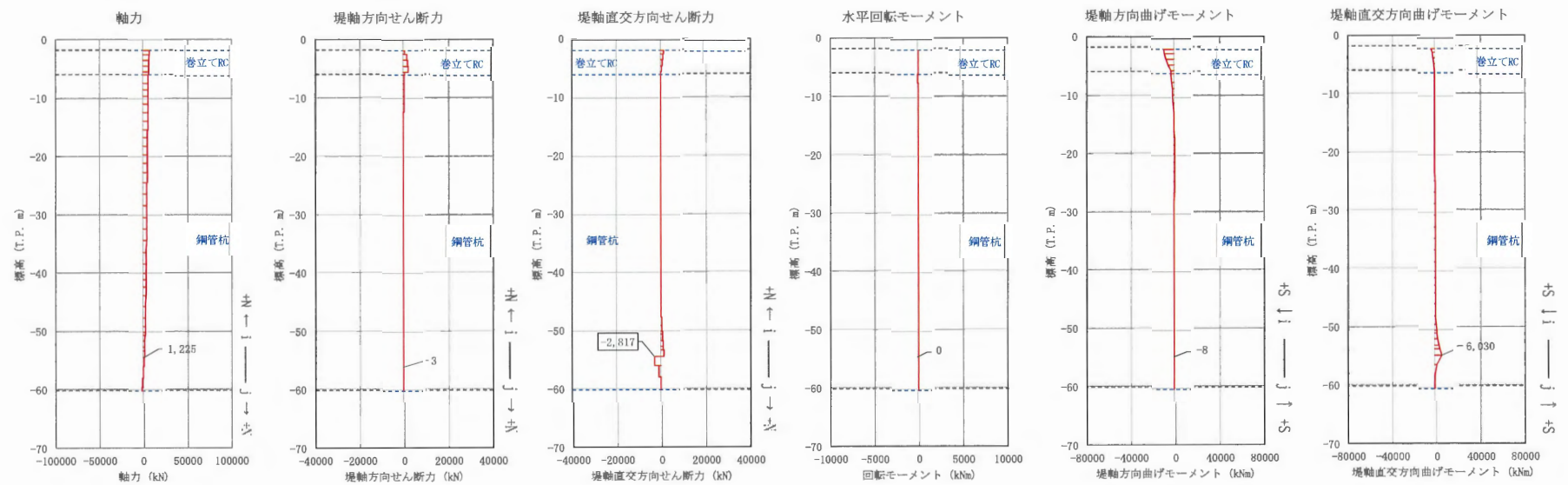


図 4.2-29 鋼管杭においてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力図

②-②断面（津波時：敷地に遡上する津波，北基礎，地盤バネ2）

南基礎

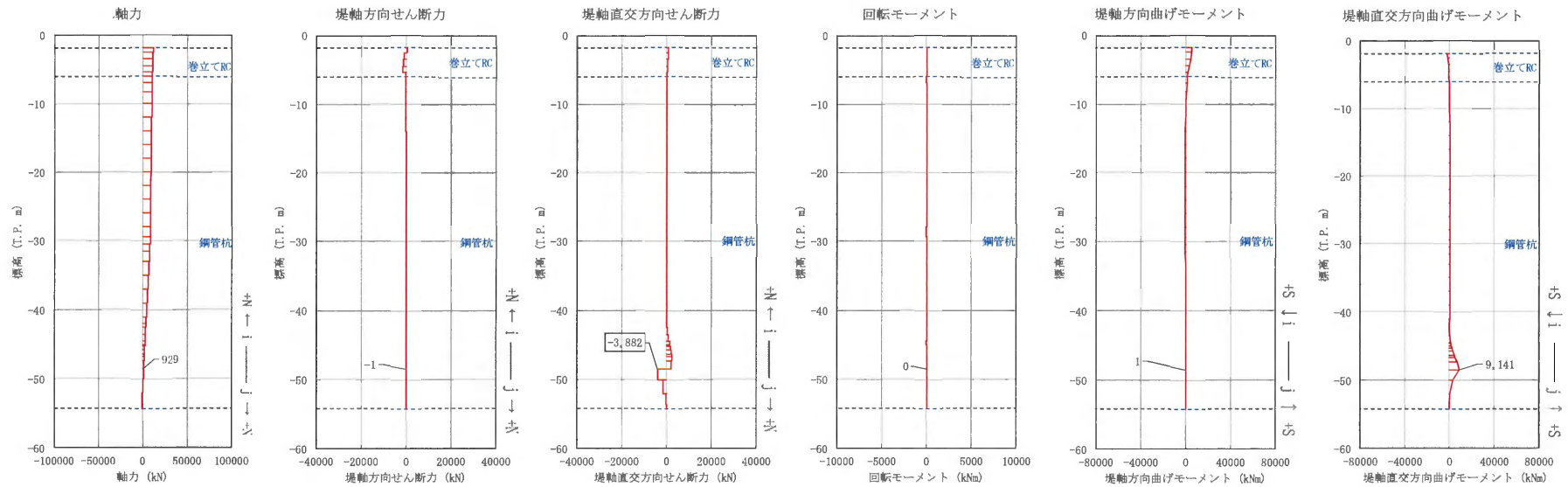


図 4.2-30 鋼管杭においてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力図

③ー③断面（津波時：敷地に遡上する津波，南基礎，地盤バネ 2）

c. 巻立て鉄筋コンクリート

(a) 巻立て鉄筋コンクリート

イ. 曲げ軸力に対する評価結果

津波時（敷地に遡上する津波）においては、3次元静的フレーム解析によって得られる曲げ軸力に対して鉄筋コンクリートと鋼管杭の複合断面で評価する。巻立て鉄筋コンクリートの曲げ軸力に対する照査は、鉄筋コンクリートと鋼管杭での断面力の分担を考慮した発生応力度を算出し、コンクリートの曲げ圧縮応力度と鉄筋の曲げ引張応力度が、それぞれ許容限界以下であることを確認する。

評価位置及び杭記号位置を図 4.2-31 に、巻立て鉄筋コンクリートと鋼管杭の複合断面と照査断面位置を図 4.2-32 に示す。

曲げ軸力に対する評価は、図 4.2-31 に示す評価位置図の巻立て鉄筋コンクリートに対して行う。同図に示す巻立て鉄筋コンクリートの名称は、鋼管杭と同様に以下のルールに従う。最初のアλファベットは、Nが北基礎の巻立て鉄筋コンクリートであり、Sが南基礎の巻立て鉄筋コンクリートであることを示す。2番目のアλファベットは、Eが東側の巻立て鉄筋コンクリートであり、Wが西側の巻立て鉄筋コンクリートであることを示す。末尾の数字は、南端の巻立て鉄筋コンクリートを1として北に向かって昇順で設定し、北端の巻立て鉄筋コンクリートを6とする。また、末尾の番号が1及び6を端部杭、2～5を中間杭として照査結果を区別する。端部杭と中間杭として区別したのは、部材幅が異なるためである。

コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果を表 4.2-10 に、鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果を表 4.2-11 にそれぞれ示す。表 4.2-10 及び表 4.2-11 に示す照査結果では、北基礎及び南基礎において照査値が最大になるものに○印を付し、○印を付した照査値に対応する断面力分布を図 4.2-33～図 4.2-36 に示す。

鉄筋コンクリートに分担される発生応力度に対して許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてコンクリートの曲げ圧縮応力度と鉄筋の曲げ引張応力度が許容限界以下であることを確認した。なお、コンクリートの曲げ軸力に対する照査の最大照査値は0.44、鉄筋の曲げ軸力に対する照査の最大照査値は0.28であり、ともに地盤バネ2の北基礎の端部杭NW1の照査値である。

以上のことから、地中連続壁部の残置を考慮しても巻立て鉄筋コンクリートの構造部材の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

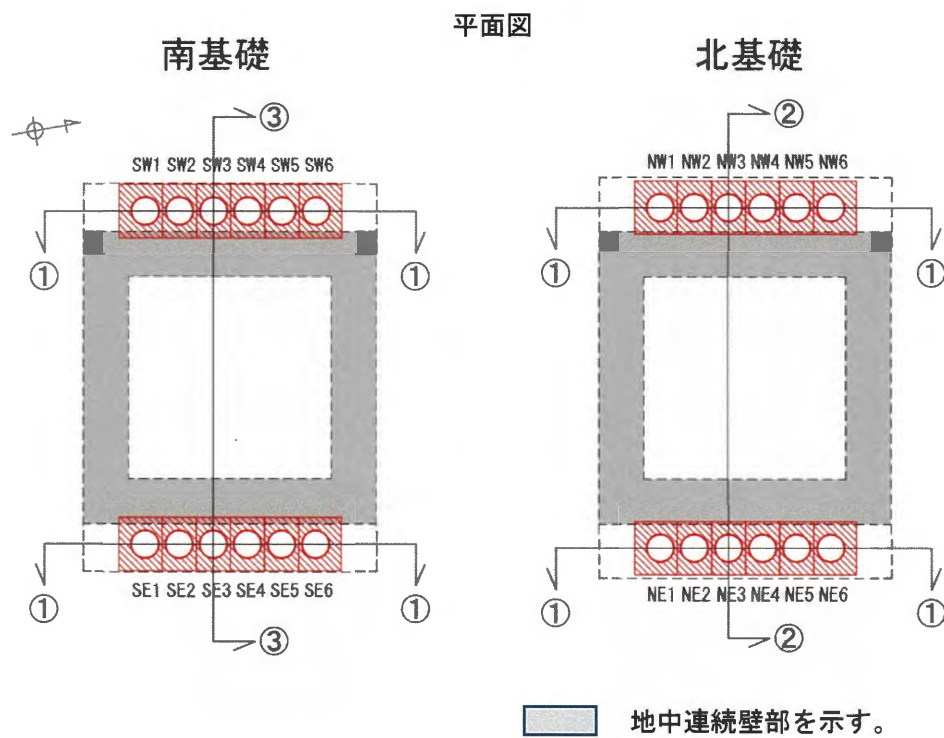


図 4.2-31 評価位置図 (巻立て鉄筋コンクリート)

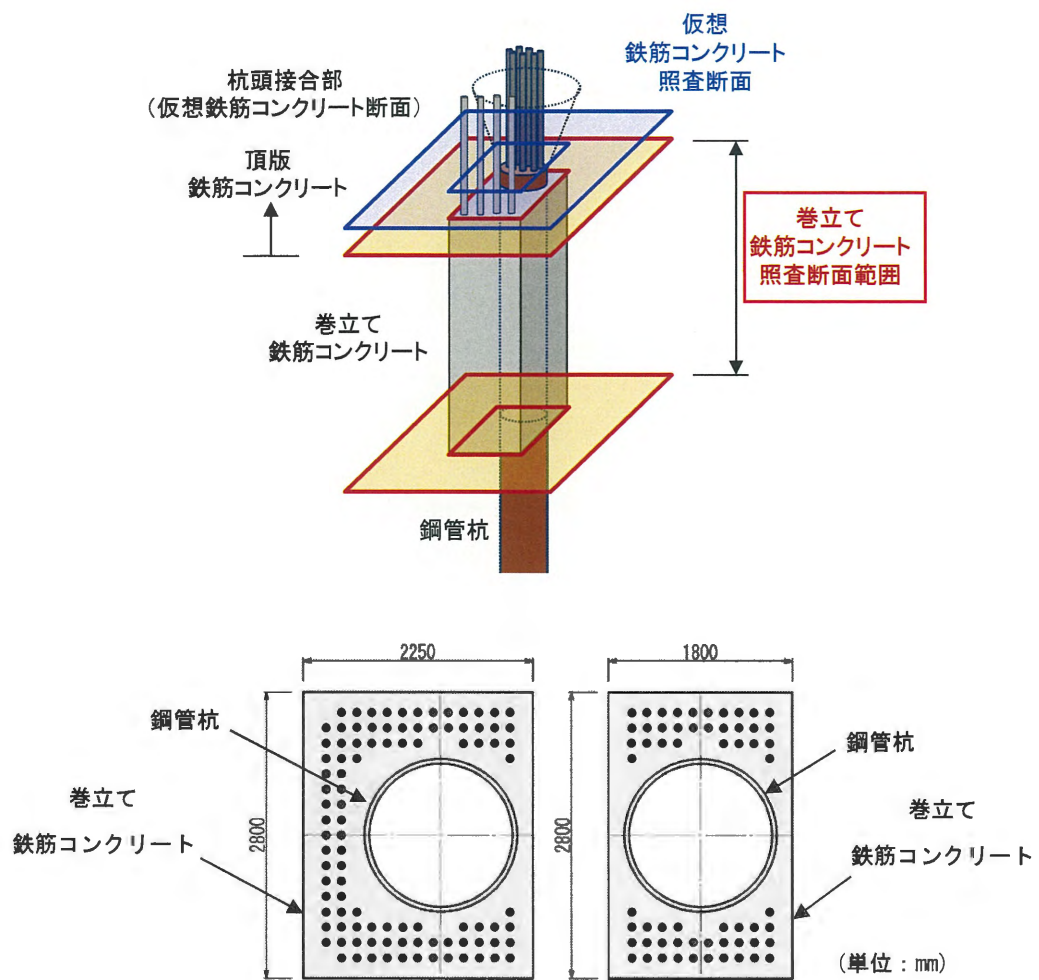


図 4.2-32 巻立て鉄筋コンクリートと鋼管杭の複合断面と照査断面位置

表 4.2-10 コンクリートの曲げ軸力照査結果（津波時：敷地に遡上する津波）

地盤パネ のケース	評価位置				断面性状			鉄筋仕様	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}	断面力図
					部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)				
地盤パネ 1	北基礎	端部杭	NW1	②-②断面	2250	2800	2375	D51@150 (SD685)	-31359	-12735	12.0	32	0.38	—
				①-①断面	2800	2250	1875	D51@150 (SD685)	12435					
		中間杭	NW2	②-②断面	1800	2800	2375	D51@150 (SD685)	-19694	-10586	10.0	32	0.32	—
				①-①断面	2800	1800	1275	D51@150 (SD685)	7043					
	南基礎	端部杭	SW6	③-③断面	2250	2800	2300	D51@150 (SD685)	-26870	-11940	11.0	32	0.35	—
				①-①断面	2800	2250	1875	D51@150 (SD685)	-10515					
		中間杭	SW5	③-③断面	1800	2800	2300	D51@150 (SD685)	-17382	-10771	9.2	32	0.29	—
				①-①断面	2800	1800	1275	D51@150 (SD685)	-5846					
地盤パネ 2	北基礎	端部杭	NW1	②-②断面	2250	2800	2375	D51@150 (SD685)	-42296	-14114	14.0	32	0.44	○
				①-①断面	2800	2250	1875	D51@150 (SD685)	10399					
		中間杭	NW2	②-②断面	1800	2800	2375	D51@150 (SD685)	-31060	-12616	12.8	32	0.40	—
				①-①断面	2800	1800	1275	D51@150 (SD685)	5640					
	南基礎	端部杭	SW6	③-③断面	2250	2800	2300	D51@150 (SD685)	-31022	-15609	11.3	32	0.36	○
				①-①断面	2800	2250	1875	D51@150 (SD685)	-7504					
		中間杭	SW5	③-③断面	1800	2800	2300	D51@150 (SD685)	-23796	-13955	10.5	32	0.33	—
				①-①断面	2800	1800	1275	D51@150 (SD685)	-3800					

注記 鉄筋仕様に示す D51@150 は、巻立て鉄筋コンクリートの軸方向鉄筋（鉛直方向）の仕様であり、公称直径 50.8 mm の異形棒鋼 D51 を鉄筋間隔 150 mm で配置することを示す。括弧内の SD685 は鉄筋の材質を示す。

発生断面力は鉄筋コンクリートと鋼管杭の複合断面として算出した値を示す。

発生応力度は鉄筋コンクリートと鋼管杭の分担を考慮して算出した値を示す。

評価位置は図 4.2-31 に示す。赤線枠内は最大照査値を示す。

表 4.2-11 鉄筋の曲げ軸力照査結果（津波時：敷地に遡上する津波）

地盤パネ のケース	評価位置				断面性状			鉄筋仕様	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}	断面力図
					部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)				
地盤パネ 1	北基礎	端部杭	NW1	②-②断面	2250	2800	2375	D51@150 (SD685)	-31359	-12735	146.1	600	0.25	—
				①-①断面	2800	2250	1875	D51@150 (SD685)	12435					
		中間杭	NW2	②-②断面	1800	2800	2375	D51@150 (SD685)	-19694	-10586	123.9	660	0.19	—
				①-①断面	2800	1800	1275	D51@150 (SD685)	7043					
	南基礎	端部杭	SW6	③-③断面	2250	2800	2300	D51@150 (SD685)	-26870	-11940	131.5	660	0.20	—
				①-①断面	2800	2250	1875	D51@150 (SD685)	-10515					
		中間杭	SW5	③-③断面	1800	2800	2300	D51@150 (SD685)	-17382	-10771	114.6	660	0.18	—
				①-①断面	2800	1800	1275	D51@150 (SD685)	-5846					
地盤パネ 2	北基礎	端部杭	NW1	②-②断面	2250	2800	2375	D51@150 (SD685)	-42296	-14114	179.7	660	0.28	○
				①-①断面	2800	2250	1875	D51@150 (SD685)	10399					
		中間杭	NW2	②-②断面	1800	2800	2375	D51@150 (SD685)	-31060	-12616	160.7	660	0.25	—
				①-①断面	2800	1800	1275	D51@150 (SD685)	5640					
	南基礎	端部杭	SW6	③-③断面	2250	2800	2300	D51@150 (SD685)	-31022	-15609	137.9	660	0.21	○
				①-①断面	2800	2250	1875	D51@150 (SD685)	-7504					
		中間杭	SW5	③-③断面	1800	2800	2300	D51@150 (SD685)	-23796	-13955	132.6	660	0.21	—
				①-①断面	2800	1800	1275	D51@150 (SD685)	-3800					

注記 鉄筋仕様に示す D51@150 は、巻立て鉄筋コンクリートの軸方向鉄筋（鉛直方向）の仕様であり、公称直径 50.8 mm の異形棒鋼 D51 を鉄筋間隔 150 mm で配置することを示す。括弧内の SD685 は鉄筋の材質を示す。

発生断面力は鉄筋コンクリートと鋼管杭の複合断面として算出した値を示す。

発生応力度は鉄筋コンクリートと鋼管杭の分担を考慮して算出した値を示す。

評価位置は図 4.2-31 に示す。赤線枠内は最大照査値を示す。

北基礎

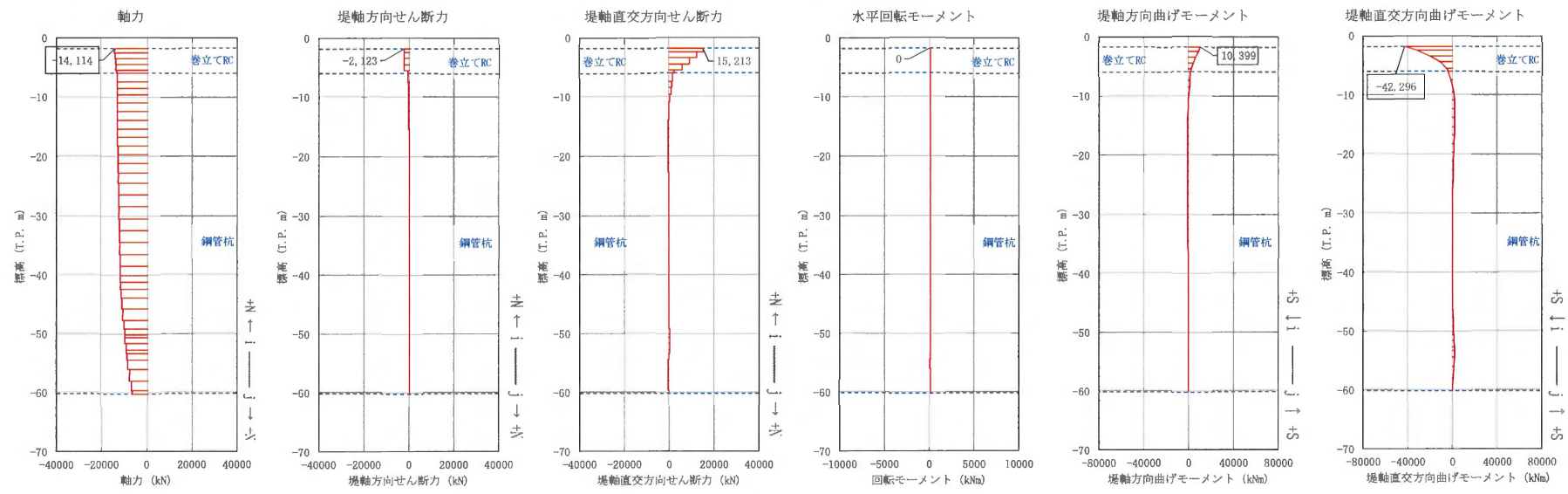


図 4.2-33 巻立て鉄筋コンクリートにおいてコンクリートの曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力図
①-①断面, ②-②断面, (津波時: 敷地に遡上する津波, 北基礎, 地盤バネ2)

南基礎

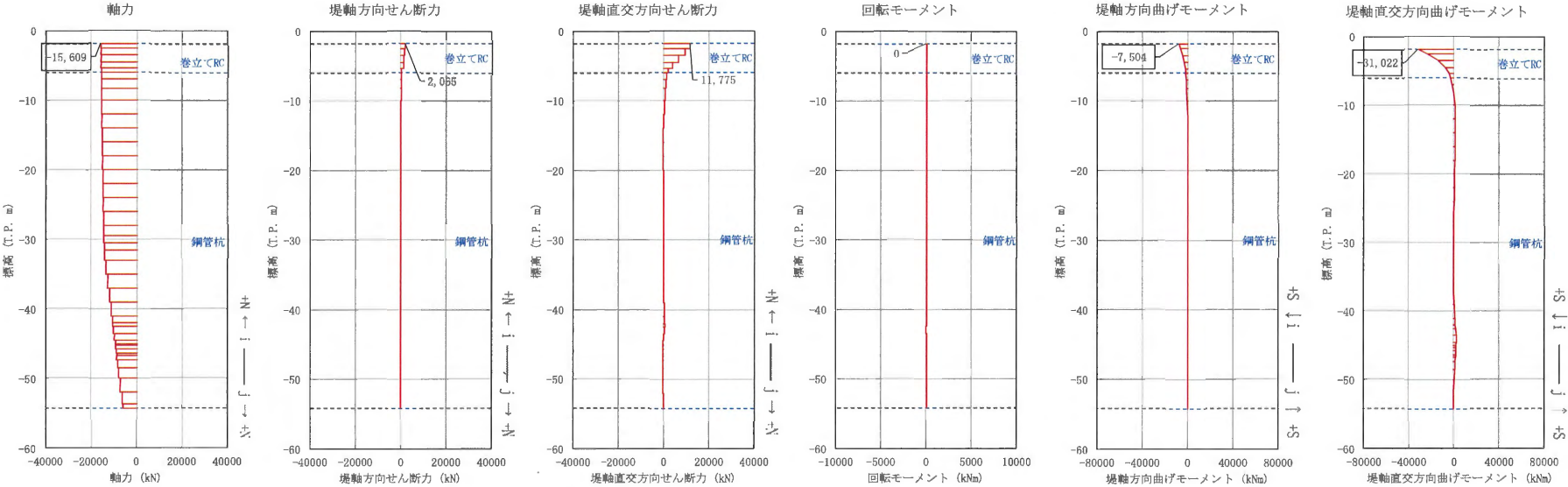


図 4.2-34 巻立て鉄筋コンクリートにおいてコンクリートの曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力図
①-①断面, ③-③断面, (津波時: 敷地に遡上する津波, 南基礎, 地盤バネ 2)

北基礎

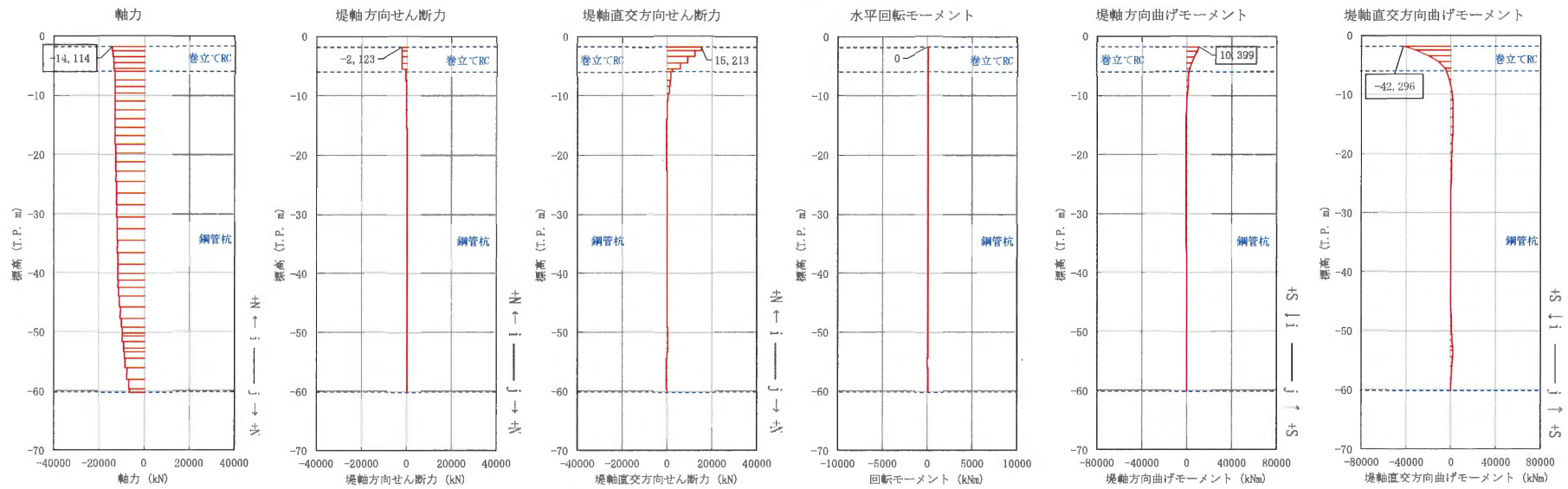


図 4.2-35 巻立て鉄筋コンクリートにおいて鉄筋の曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力図

①-①断面, ②-②断面, (津波時: 敷地に遡上する津波, 北基礎, 地盤バネ 2)

南基礎

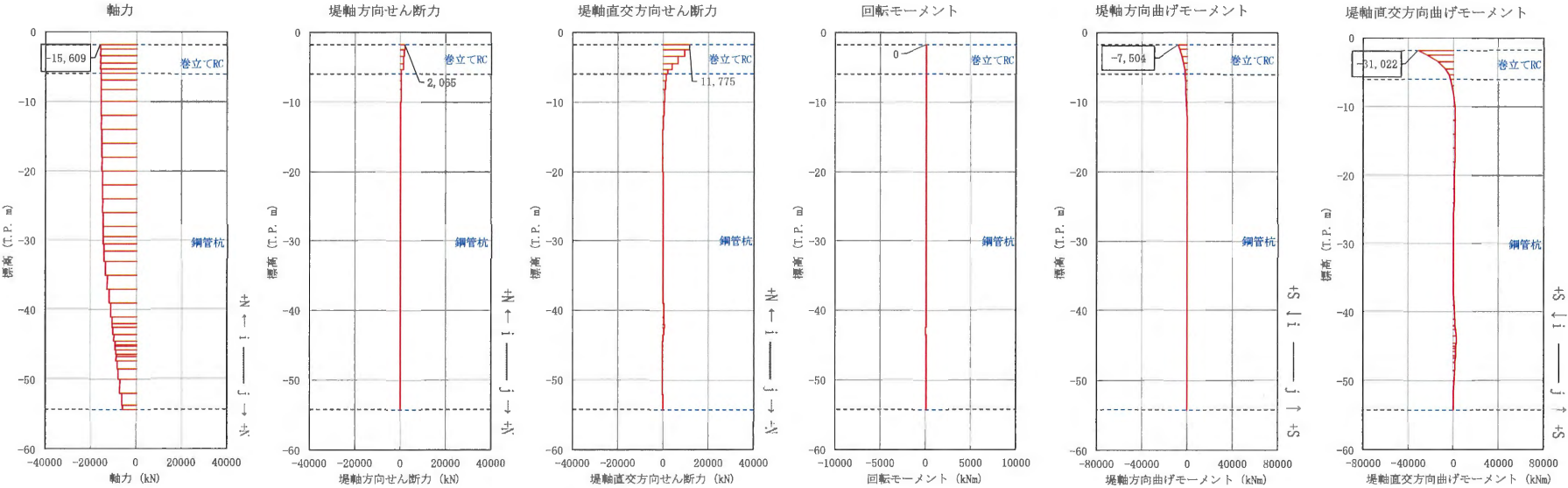


図 4.2-36 巻立て鉄筋コンクリートにおいて鉄筋の曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力図
①-①断面, ③-③断面, (津波時：敷地に遡上する津波, 南基礎, 地盤バネ 2)

ロ. せん断力に対する評価結果

津波時（敷地に遡上する津波）においては、3次元静的フレーム解析によって得られる曲げ軸力に対して鉄筋コンクリートと鋼管杭の複合断面で評価する。巻立て鉄筋コンクリートのせん断力に対する照査は、鉄筋コンクリートと鋼管杭での断面力の分担を考慮した発生せん断力を算出し、鉄筋コンクリートの発生せん断力がコンクリートの短期許容せん断力（ V_{ca} ）と斜め引張鉄筋の短期許容せん断力（ V_{sa} ）を合わせた短期許容せん断力（ V_a ）以下であることを確認する。

評価位置及び杭記号位置を図 4.2-37 に、せん断力照査における巻立て鉄筋コンクリートの考え方を図 4.2-38 に示す。

せん断力に対する評価は、図 4.2-37 に示す評価位置図の巻立て鉄筋コンクリートに対して行う。同図に示す巻立て鉄筋コンクリートの名称は、曲げ軸力に対する評価において示したものと同様である。

せん断力に対する照査結果を表 4.2-12 に示す。表 4.2-12 に示す照査結果では、北基礎及び南基礎において照査値が最大になるものに○印を付し、○印を付した照査値に対応する断面力分布を図 4.2-39～図 4.2-42 に示す。

鉄筋コンクリートに分担される発生せん断力に対して許容応力度法による照査を行った結果、評価位置における鉄筋コンクリートの発生せん断力が短期許容せん断力（ V_a ）以下であることを確認した。なお、鋼管杭のせん断力に対する最大照査値は 0.58 であり、地盤バネ 2 の北基礎の端部杭 NW 6 巻立て鉄筋コンクリートの②-②断面の照査値である。

以上のことから、地中連続壁部の残置を考慮しても巻立て鉄筋コンクリートの構造部材の発生せん断力が許容限界以下であることを確認した。

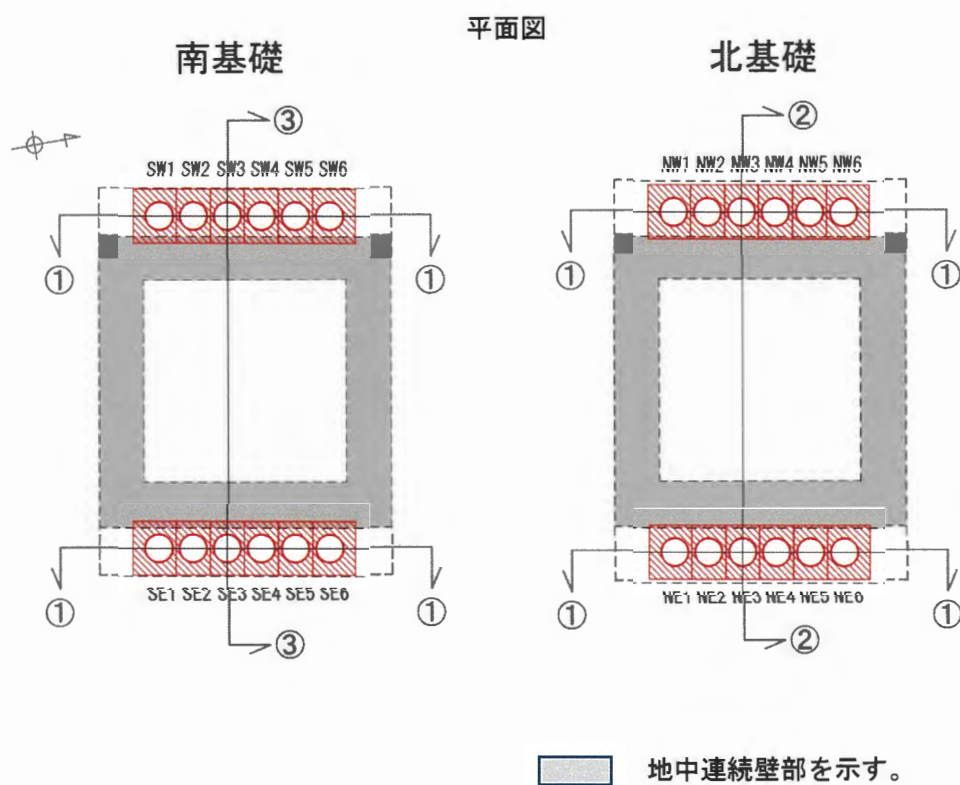


図 4.2-37 評価位置図（巻立て鉄筋コンクリート）
（図 4.2-31 の再掲）

【断面力の分担方法】

- ・ 鋼管杭のせん断力

$$V_s = \alpha_s \times V$$

$$\alpha_s = Z_s / (Z_s + A_s \times Z_{rc})$$

- ・ 巻立て鉄筋コンクリートのせん断力

$$V_{rc} = \alpha_{rc} \times V$$

$$\alpha_{rc} = A_s \times Z_{rc} / (Z_s + A_s \times Z_{rc})$$

ここで、 V : 鋼管杭と巻立て鉄筋コンクリート一体構造において算出したせん断力

A_s : 軸方向引張鉄筋の総断面積

Z_s : 鋼管杭の断面係数

Z_{rc} : 圧縮応力度の作用位置から引張鉄筋の図心までの距離で、一般に $d/1.15$ としてよい (d は有効高さ)

【鉄筋コンクリートの有効断面】

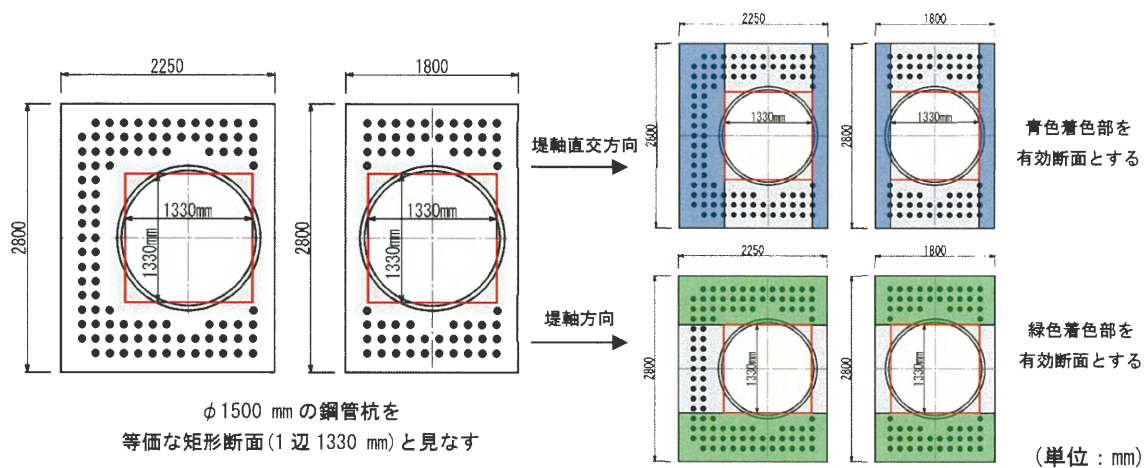


図 4.2-38 せん断力照査における巻立て鉄筋コンクリートの考え方

表 4.2-12 セン断力に対する照査結果（津波時：敷地に遡上する津波）

地盤パネ のケース	評価位置				断面性状			鉄筋仕様 (せん断補強鉄筋)	発生 せん断力 V (kN)	短期許容 せん断力 V _a (kN)	照査値 V/V _a	断面力図
					部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)					
地盤 パネ 1	北基礎	端部杭	NW1	②-②断面	2250	2800	2375	D41, D38@150 (SD390)	10611	18916	0.57	—
			NE6	①-①断面	2800	2250	1875	D32@300 (SD390)	1808	7187	0.26	○
		中間杭	NW3	②-②断面	1800	2800	2375	D38@150 (SD390)	5732	11192	0.52	—
			NE4	①-①断面	2800	1800	1275	D32@300 (SD390)	1173	4887	0.25	—
	南基礎	端部杭	SW6	③-③断面	2250	2800	2300	D38@150 (SD390)	8563	16506	0.52	○
			SE1	①-①断面	2800	2250	1875	D32@300 (SD390)	1398	7187	0.20	○
		中間杭	SW4	③-③断面	1800	2800	2300	D35@150 (SD390)	4766	9187	0.52	—
			SE3	①-①断面	2800	1800	1275	D32@300 (SD390)	750	4887	0.16	—
地盤 パネ 2	北基礎	端部杭	NW6	②-②断面	2250	2800	2375	D35@150 (SD390)	8355	14469	0.58	○
			NE6	①-①断面	2800	2250	1875	D32@300 (SD390)	1354	7187	0.19	—
		中間杭	NW2	②-②断面	1800	2800	2375	D35@150 (SD390)	5408	9476	0.58	—
			NE4	①-①断面	2800	1800	1275	D32@300 (SD390)	682	4887	0.14	—
	南基礎	端部杭	SW6	③-③断面	2250	2800	2300	D38@150 (SD390)	6806	16506	0.42	—
			SW6	①-①断面	2800	2250	1875	D32@300 (SD390)	1135	7187	0.16	—
		中間杭	SW4	③-③断面	1800	2800	2300	D35@150 (SD390)	4350	9187	0.48	—
			SE3	①-①断面	2800	1800	1275	D32@300 (SD390)	405	4887	0.09	—

注記 鉄筋仕様の表記について一例を示す。D35@300 は、巻立て鉄筋コンクリートのせん断補強鉄筋の仕様であり、公称直径 34.9 mm の異形棒鋼 D35 を鉄筋間隔 300 mm で配置することを示す。せん断補強鉄筋の材質は SD390 である。他の鉄筋仕様の表記についても同様で鉄筋径のみが異なる。

発生断面力は鉄筋コンクリートと鋼管杭の分担を考慮して算出した値を示す。

評価位置は図 4.2-37 に示す。

赤線枠内は最大照査値を示す。

複合断面力 2901 kN
 巻立て鉄筋コンクリート 1808 kN
 鋼管杭 1093 kN

北基礎

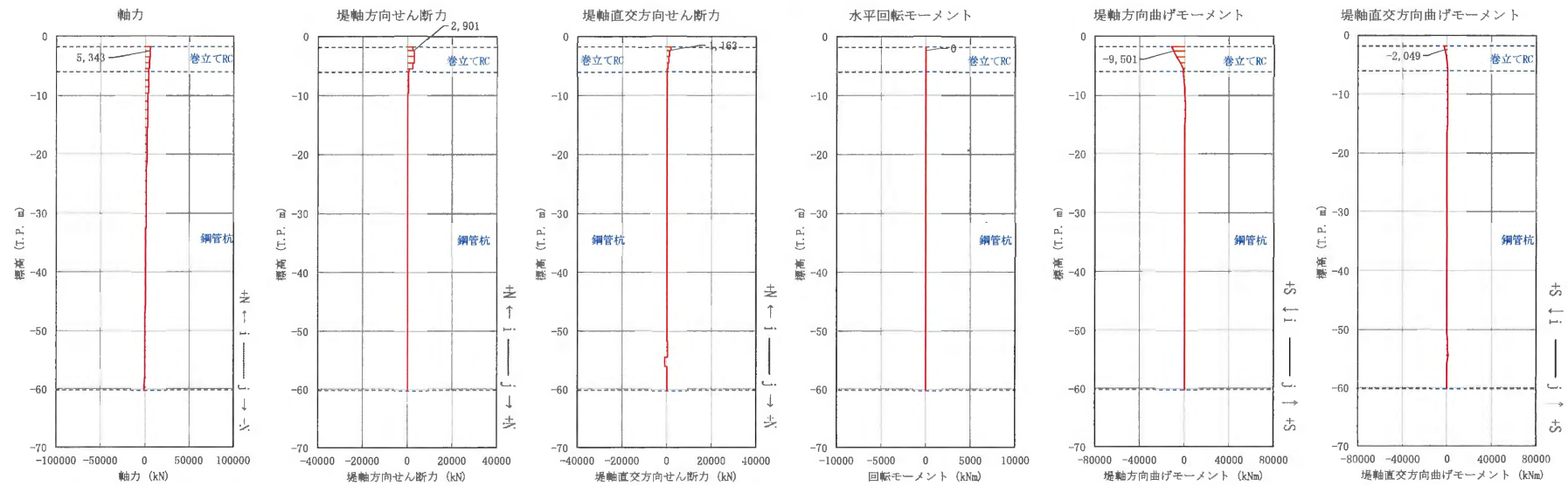


図 4.2-39 巻立て鉄筋コンクリートにおいてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力図

①-①断面 (津波時：敷地に遡上する津波，北基礎，地盤バネ1)

複合断面力 14814 kN
 巻立て鉄筋コンクリート 8563 kN 南基礎
 鋼管杭 6251 kN

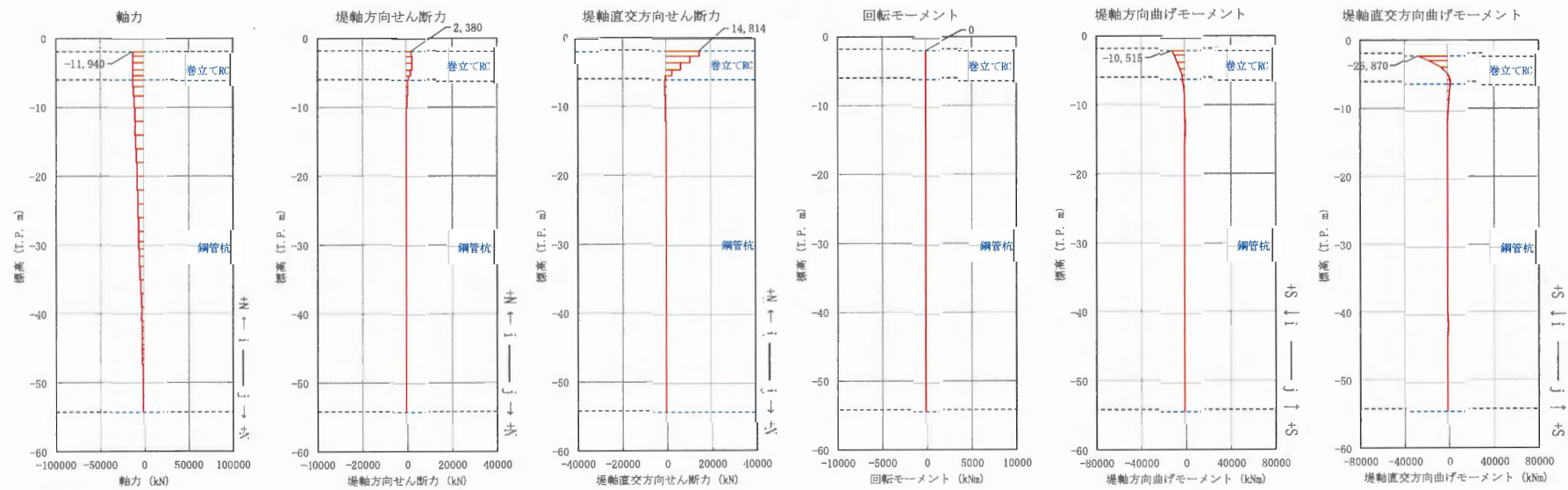


図 4.2-40 巻立て鉄筋コンクリートにおいてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力図

③-③断面（津波時：敷地に遡上する津波，南基礎，地盤バネ1）

複合断面力 2312 kN
 巻立て鉄筋コンクリート 1398 kN
 鋼管杭 914 kN

南基礎

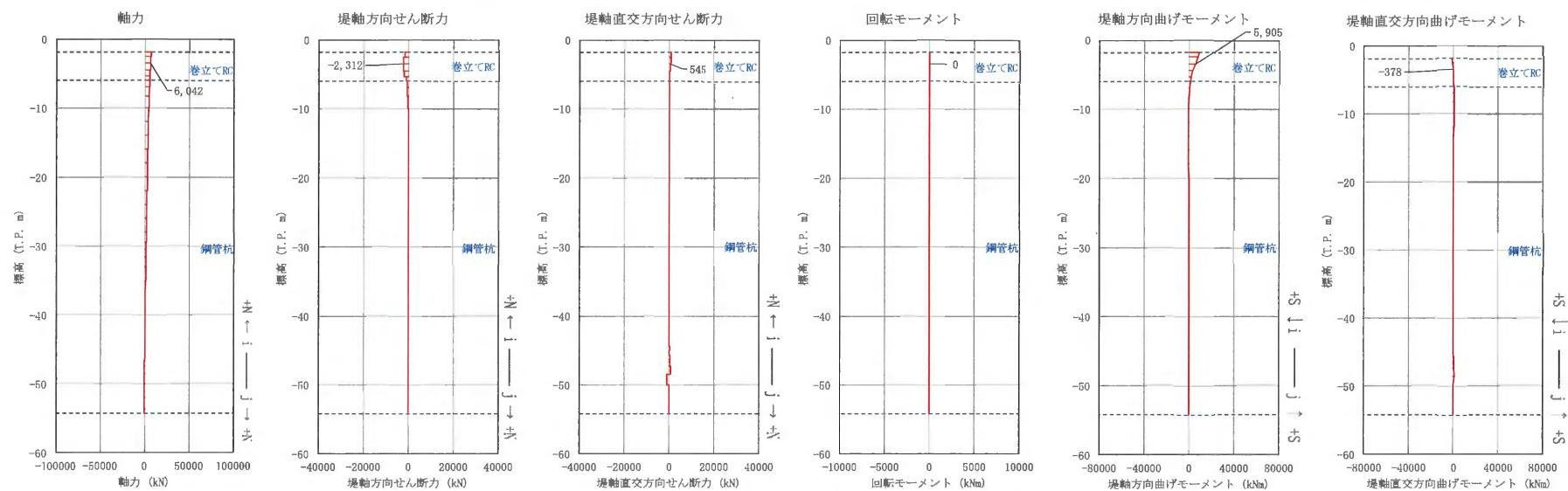


図 4.2-41 巻立て鉄筋コンクリートにおいてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力図
 ①-①断面 (津波時：敷地に遡上する津波，南基礎，地盤バネ 1)

複合断面力 12341 kN
 巻立て鉄筋コンクリート 8355 kN
 鋼管杭 3986 kN

北基礎

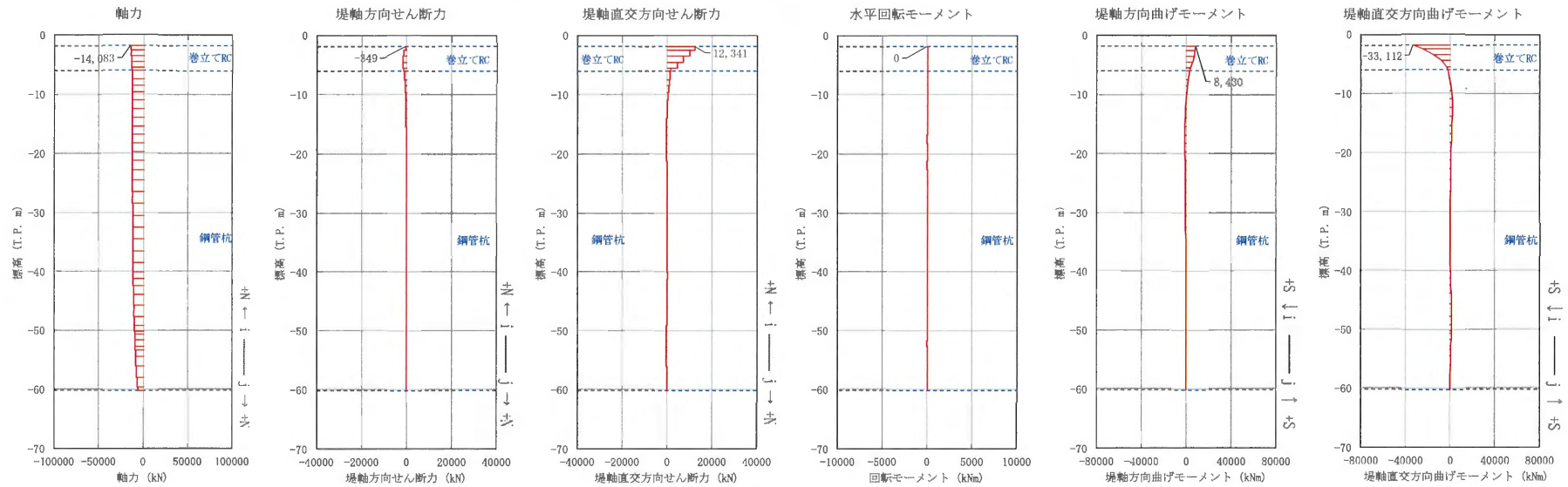


図 4.2-42 巻立て鉄筋コンクリートにおいてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力図
 ②-②断面 (津波時：敷地に遡上する津波，北基礎，地盤バネ 2)

(b) 巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭

イ. 曲げ軸力に対する評価結果

津波時（敷地に遡上する津波）においては、3次元静的フレーム解析によって得られる曲げ軸力に対して鉄筋コンクリートと鋼管杭の複合断面で評価する。巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭の曲げ軸力に対する照査は、鉄筋コンクリートと鋼管杭での断面力の分担を考慮した発生応力度を算出し、鋼管杭に発生する圧縮応力度及び引張応力度が許容限界以下であることを確認する。

評価位置及び杭記号位置を図 4.2-43 に、巻立て鉄筋コンクリートと鋼管杭の複合断面と照査断面位置を図 4.2-44 に示す。

曲げ軸力に対する評価は、図 4.2-43 に示す評価位置図の巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭に対して行う。同図に示す鋼管杭の名称は、以下のルールに従う。最初のアルファベットは、Nが北基礎の鋼管杭であり、Sが南基礎の鋼管杭であることを示す。2番目のアルファベットは、Eが東側の鋼管杭であり、Wが西側の鋼管杭であることを示す。末尾の数字は、南端の鋼管杭を1として北に向かって昇順で設定し、北端の鋼管杭を6とする。

巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭の曲げ軸力に対する照査結果を表 4.2-13 に示す。表 4.2-13 に示す照査結果では、北基礎及び南基礎において照査値が最大になるものに○印を付し、○印を付した照査値に対応する断面力分布を図 4.2-45 及び図 4.2-46 に示す。

巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭に分担される発生応力度に対して許容応力度法による照査を行った結果、評価位置において巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭の曲げ圧縮応力度と曲げ引張応力度が許容限界以下であることを確認した。なお、鋼管杭の圧縮応力度に対する最大照査値は0.19、引張応力度に対する最大照査値は0.21であり、ともに地盤バネ2の照査値である。発生位置は、圧縮応力度が北基礎のNW2鋼管杭であり、引張応力度が北基礎のNW1鋼管杭である。

以上のことから、地中連続壁部の残置を考慮しても巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭の構造部材の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

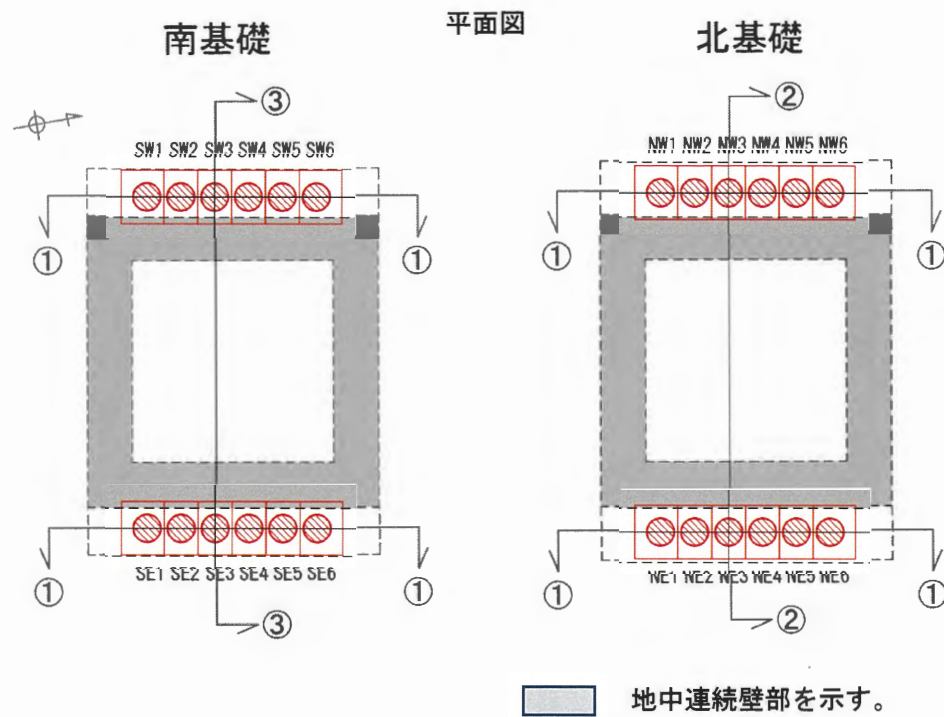


図 4.2-43 評価位置図 (巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭)

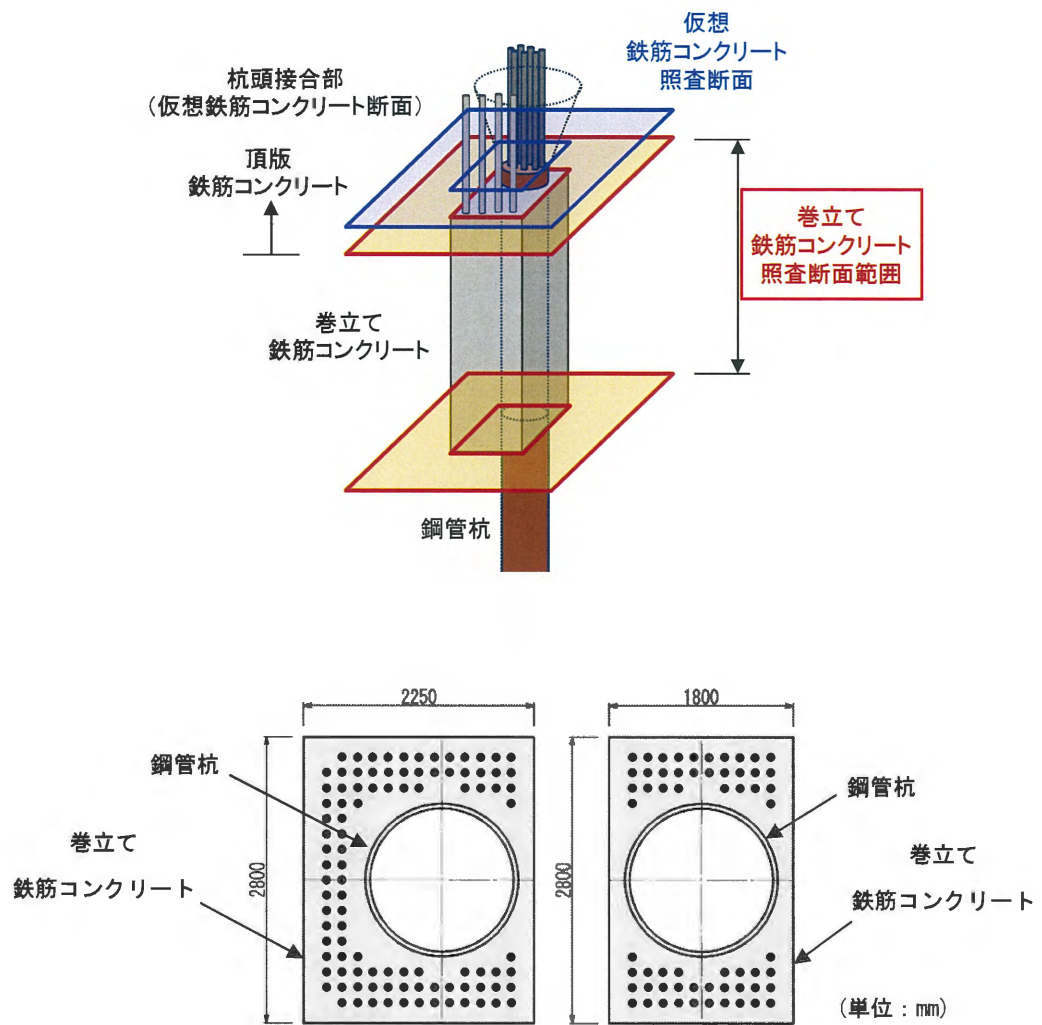


図 4.2-44 巻立て鉄筋コンクリートと鋼管杭の複合断面と照査断面位置
(図 4.2-32 の再掲)

表 4.2-13 曲げ軸力照査結果（津波時：敷地に遡上する津波）

地盤パネ のケース	評価位置				鋼管杭仕様			発生断面力		発生 応力度	短期許容 応力度	照査値	断面力図
					材質	外径 ϕ (mm)	肉厚 t (mm)	曲げ モーメント ($\text{kN} \cdot \text{m}$)	軸力 (kN)	σ_s (N/mm^2)	σ_{sa} (N/mm^2)	σ_s/σ_{sa}	
地盤パネ 1	北基礎	圧縮 応力度	NW2	②-②断面	SBHS500	1500	50	-19694	-10586	72.7	500	0.15	—
				①-①断面	SBHS500	1500	50	7043					
		引張 応力度	NW1	②-②断面	SBHS500	1500	50	-31359	-12735	84.0	500	0.17	—
				①-①断面	SBHS500	1500	50	12435					
	南基礎	圧縮 応力度	SW5	③-③断面	SBHS500	1500	50	-17382	-10771	66.0	500	0.14	—
				①-①断面	SBHS500	1500	50	-5846					
		引張 応力度	SW6	③-③断面	SBHS500	1500	50	-26870	-11940	84.6	500	0.17	○
				①-①断面	SBHS500	1500	50	-10515					
地盤パネ 2	北基礎	圧縮 応力度	NW2	②-②断面	SBHS500	1500	50	-31060	-12616	90.0	500	0.19	—
				①-①断面	SBHS500	1500	50	5640					
		引張 応力度	NW1	②-②断面	SBHS500	1500	50	-42296	-14114	104.2	500	0.21	○
				①-①断面	SBHS500	1500	50	10399					
	南基礎	圧縮 応力度	SW5	③-③断面	SBHS500	1500	50	-23796	-13955	76.6	500	0.16	—
				①-①断面	SBHS500	1500	50	-3800					
		引張 応力度	SW6	③-③断面	SBHS500	1500	50	-31022	-15609	80.8	500	0.17	—
				①-①断面	SBHS500	1500	50	-7504					

注記 評価位置は図 4.2-43 に示す。

発生断面力は鉄筋コンクリートと鋼管杭の複合断面として算出した値を示す。

発生応力度は鉄筋コンクリートと鋼管杭の分担を考慮して算出した値を示す。

赤線枠内は最大照査値を示す。

南基礎

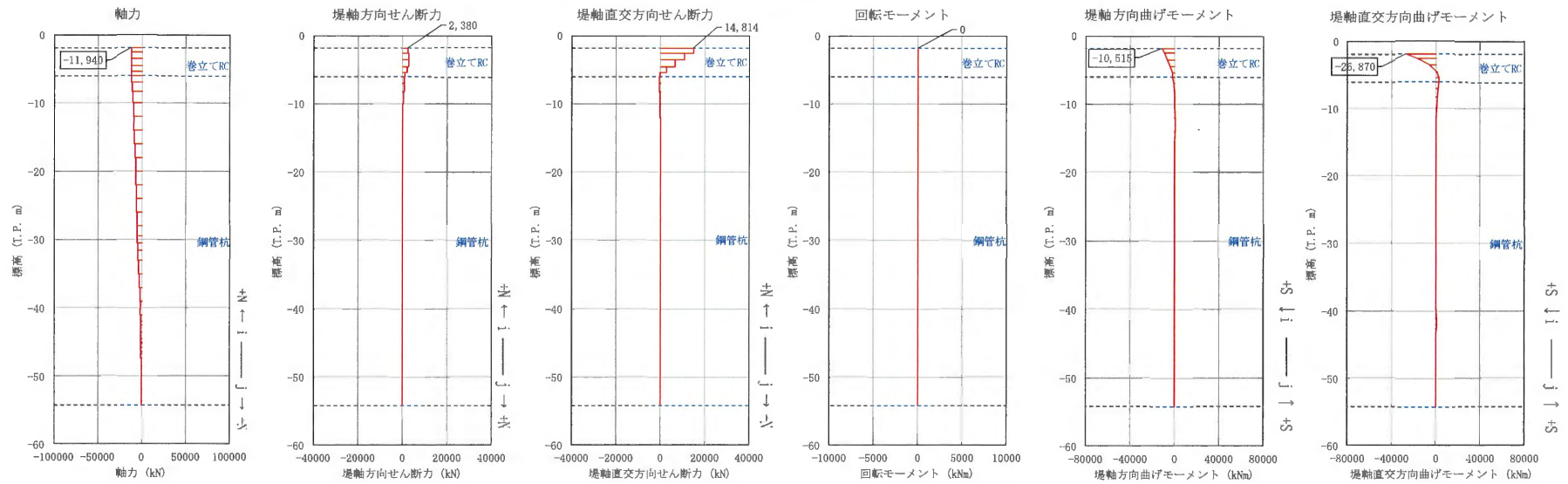


図 4.2-45 巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭において曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力図

①—①断面, ③—③断面, (津波時: 敷地に遡上する津波, 南基礎, 地盤バネ 1)

北基礎

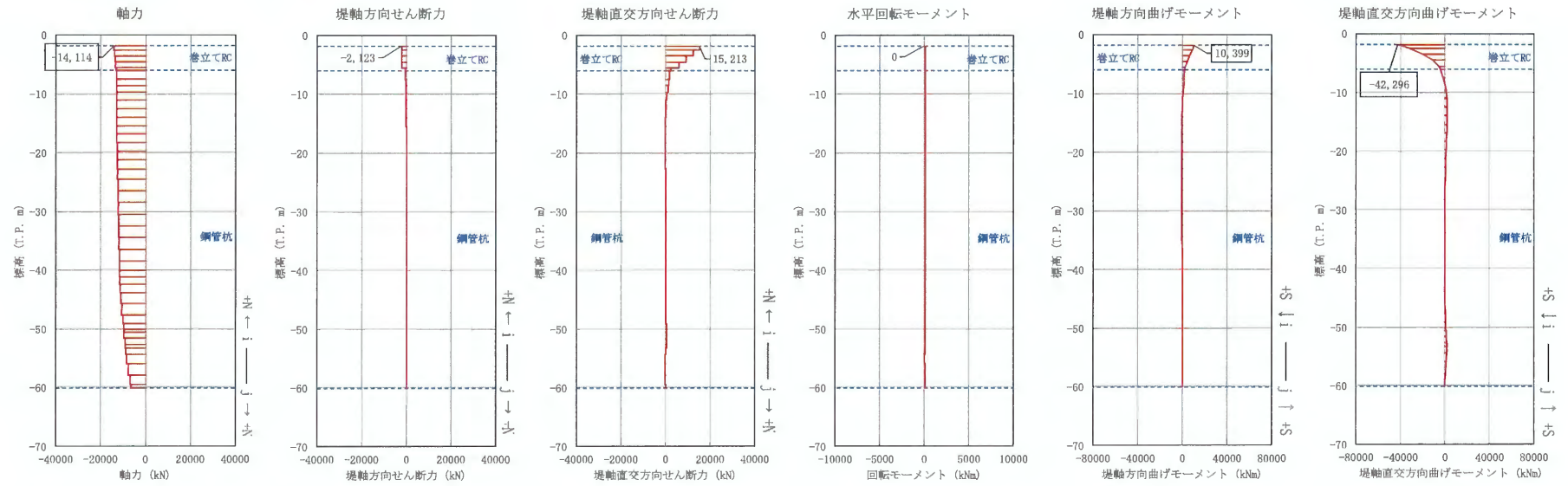


図 4. 2-46 巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭において曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力図

①—①断面，②—②断面，（津波時：敷地に遡上する津波，北基礎，地盤バネ 2）

ロ. せん断力に対する評価結果

津波時（敷地に遡上する津波）においては、3次元静的フレーム解析によって得られる曲げ軸力に対して鉄筋コンクリートと鋼管杭の複合断面で評価する。巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭のせん断力に対する照査は、鉄筋コンクリートと鋼管杭での断面力の分担を考慮した発生断力度を算出し、鋼管杭の発生せん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

評価位置及び杭記号位置を図 4.2-47 に、せん断力照査における巻立て鉄筋コンクリートの考え方を図 4.2-48 に示す。

せん断力に対する評価は、曲げ軸力に対する評価と同様に図 4.2-47 に示す評価位置図の巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭に対して行う。同図に示す鋼管杭の名称は、曲げ軸力に対する評価において示したものと同様である。

せん断力に対する照査結果を表 4.2-14 に示す。表 4.2-14 に示す照査結果では、北基礎及び南基礎において照査値が最大になるものに○印を付し、○印を付した照査値に対応する断面力分布を図 4.2-49～図 4.2-52 に示す。

巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭に分担される発生せん断力に対して許容応力度法による照査を行った結果、評価位置における巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭の発生せん断応力度が短期許容せん断応力度以下であることを確認した。なお、鋼管杭のせん断力に対する最大照査値は 0.50 であり、地盤バネ 1 の北基礎の NW 1 鋼管杭の②-②断面の照査値である。この照査値は、表 4.2-1～表 4.2-4 に示す評価結果総括表のとおり工認設計モデルの照査値（せん断力に対する最大照査値 0.84）よりも小さい。これは、残置する地中連続壁部を考慮することで、地中連続壁部及び中実鉄筋コンクリートの荷重負担率が増加することになり、巻立て鉄筋コンクリート及び鋼管杭の荷重負担が、工認設計モデルよりも軽減されたためである。

以上のことから、地中連続壁部の残置を考慮しても巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭の構造部材の発生せん断応力度が許容限界以下であることを確認した。

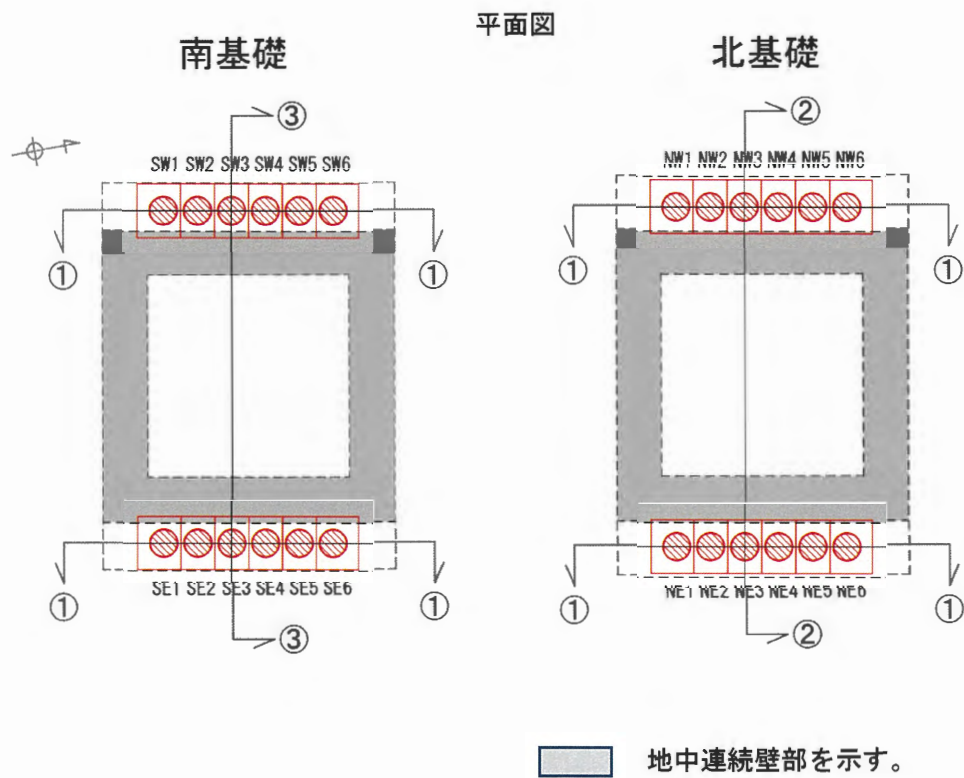


図 4.2-47 評価位置図（巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭）
（図 4.2-43 の再掲）

【断面力の分担方法】

- ・ 鋼管杭のせん断力

$$V_s = \alpha_s \times V$$

$$\alpha_s = Z_s / (Z_s + A_s \times Z_{rc})$$

- ・ 巻立て鉄筋コンクリートのせん断力

$$V_{rc} = \alpha_{rc} \times V$$

$$\alpha_{rc} = A_s \times Z_{rc} / (Z_s + A_s \times Z_{rc})$$

ここで、 V : 鋼管杭と巻立て鉄筋コンクリート一体構造において算出したせん断力

A_s : 軸方向引張鉄筋の総断面積

Z_s : 鋼管杭の断面係数

Z_{rc} : 圧縮応力度の作用位置から引張鉄筋の図芯までの距離で、一般に $d/1.15$ としてよい (d は有効高さ)

【鉄筋コンクリートの有効断面】

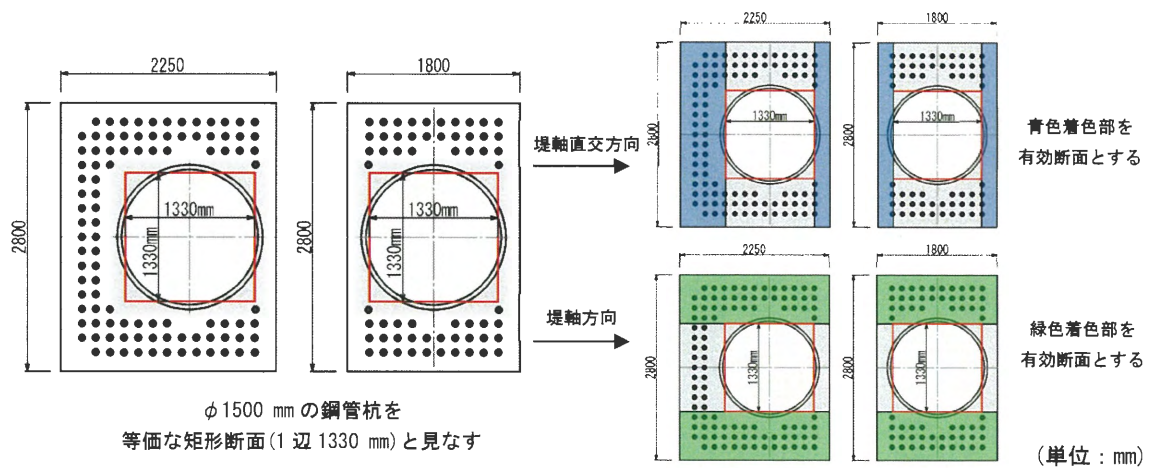


図 4.2-48 せん断力照査における巻立て鉄筋コンクリートの考え方

(図 4.2-38 の再掲)

表 4.2-14 せん断力に対する照査結果（津波時：敷地に遡上する津波）

地盤パネ のケース	評価位置			鋼管杭仕様			発生断面力	発生 応力度	短期許容 応力度	照査値 τ / τ_{sa}	断面力図	
				材質	外径 ϕ (mm)	肉厚 t (mm)	せん断力 (kN)	τ (N/mm ²)	τ_a (N/mm ²)			
地盤 パネ 1	北基礎	NW1	堤軸直交 方向	②－②断面	SBHS500	1500	50	15675	140.6	285	0.50	○
		NW1	堤軸 方向	①－①断面	SBHS500	1500	50	3275	29.4	285	0.11	○
	南基礎	SW6	堤軸直交 方向	③－③断面	SBHS500	1500	50	14814	132.8	285	0.47	○
		SW6	堤軸 方向	①－①断面	SBHS500	1500	50	2565	23.0	285	0.09	○
地盤 パネ 2	北基礎	NW1	堤軸直交 方向	②－②断面	SBHS500	1500	50	15213	136.4	285	0.48	—
		NE6	堤軸 方向	①－①断面	SBHS500	1500	50	2173	19.5	285	0.07	—
	南基礎	SW6	堤軸直交 方向	③－③断面	SBHS500	1500	50	11775	105.6	285	0.38	—
		SW6	堤軸 方向	①－①断面	SBHS500	1500	50	2065	18.5	285	0.07	—

注記 評価位置は図 4.2-47 に示す。

発生断面力は鉄筋コンクリートと鋼管杭の複合断面として算出した値を示す。

発生応力度は鉄筋コンクリートと鋼管杭の分担を考慮して算出した値を示す。

赤線枠内は最大照査値を示す。

北基礎

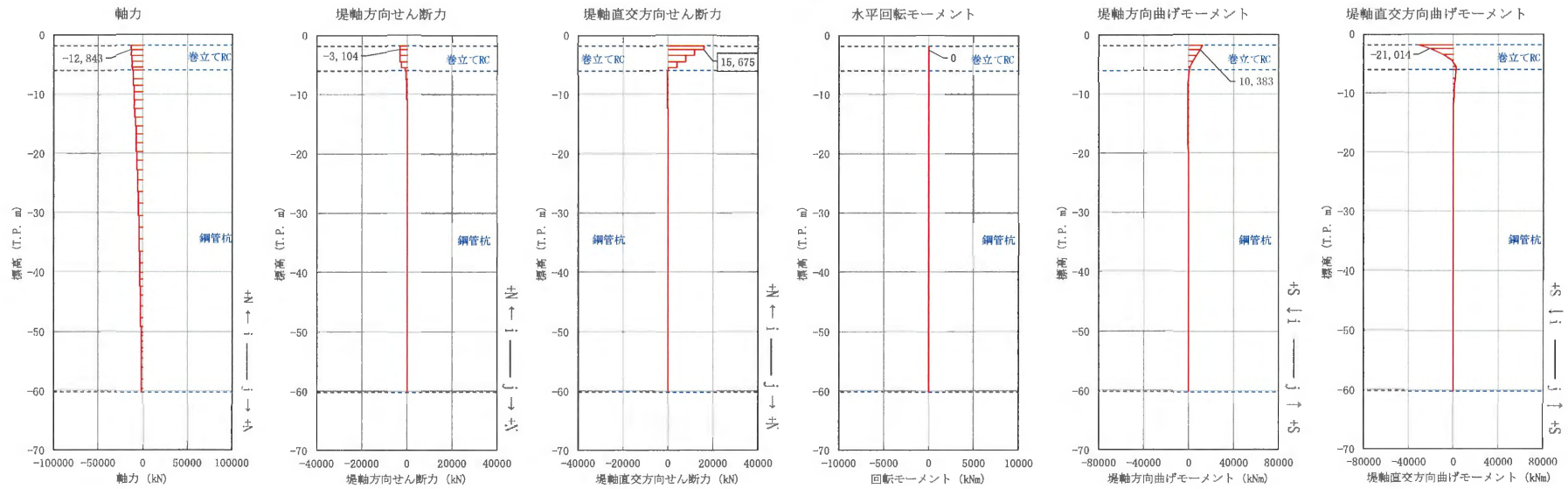


図 4.2-49 巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭においてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力図

②-②断面（津波時：敷地に遡上する津波，北基礎，地盤バネ1）

北基礎

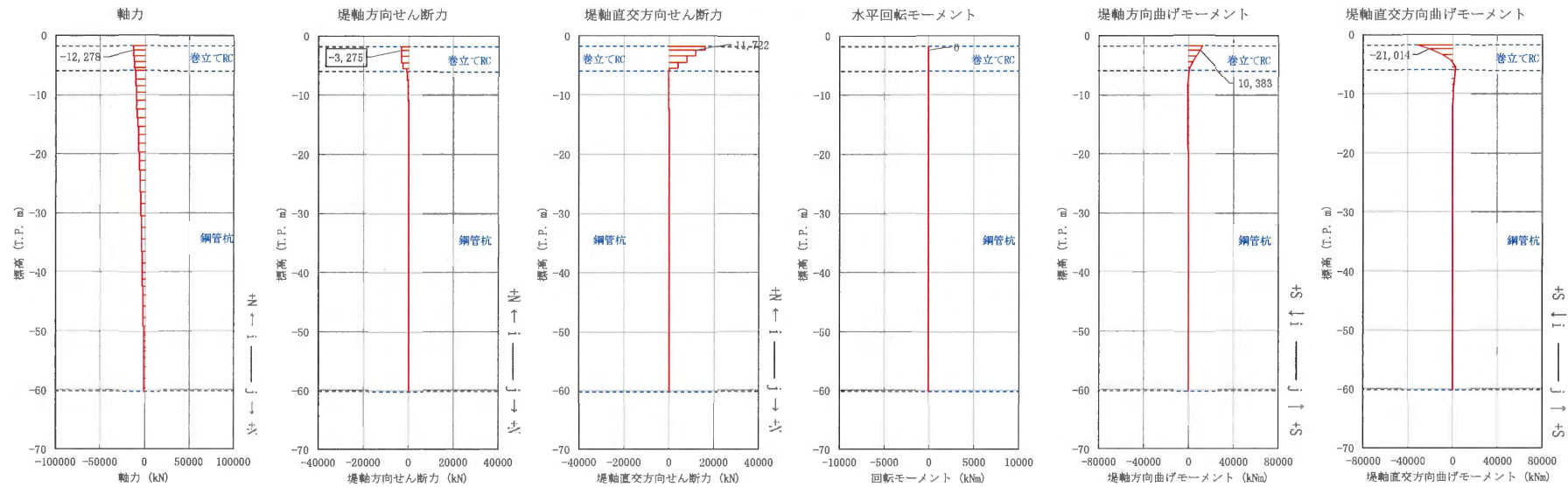


図 4.2-50 巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭においてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力図

①ー①断面（津波時：敷地に遡上する津波，北基礎，地盤バネ1）

南基礎

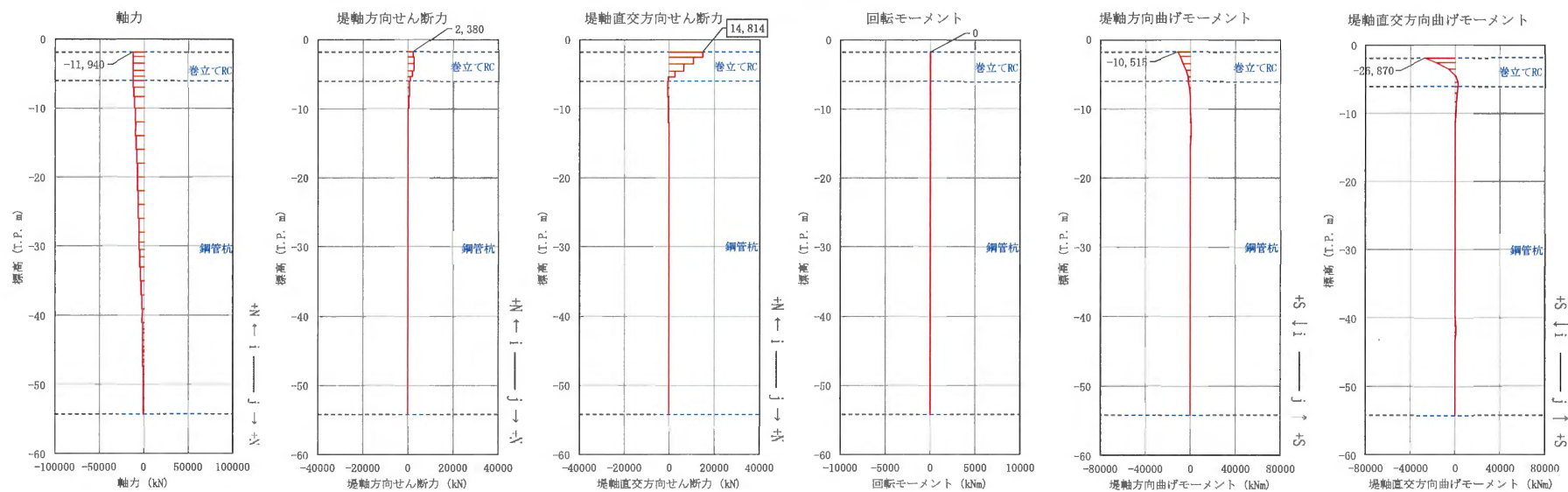


図 4.2-51 巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭においてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力図

③ー③断面（津波時：敷地に遡上する津波，南基礎，地盤バネ1）

南基礎

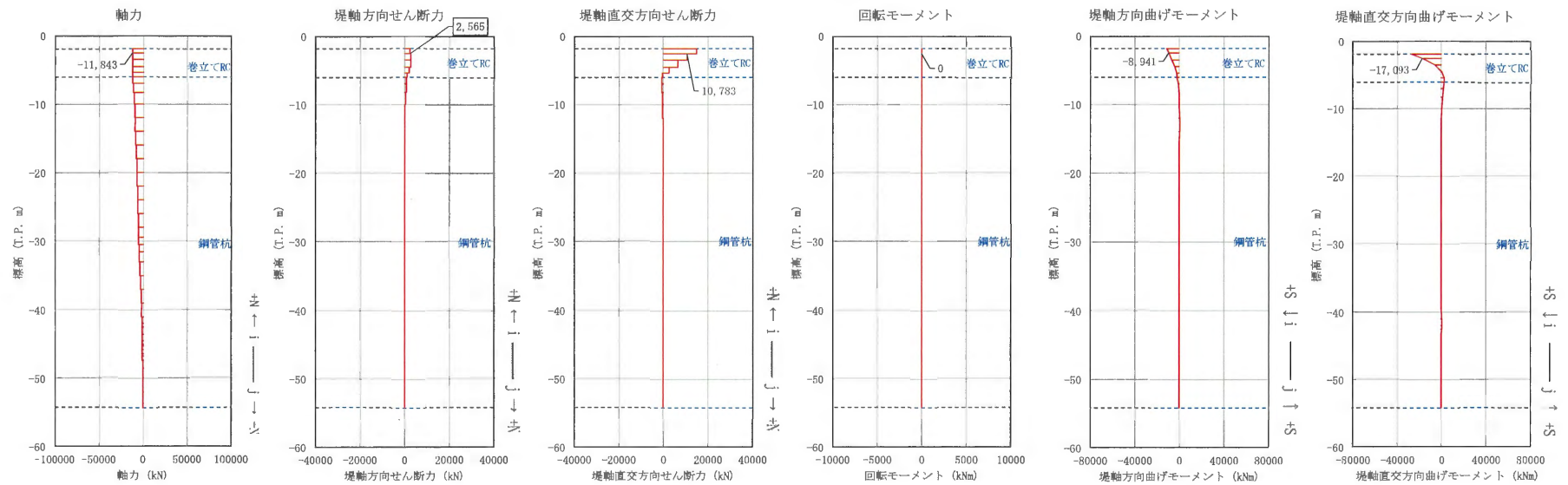


図 4.2-52 巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭においてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力図

①－①断面（津波時：敷地に遡上する津波，南基礎，地盤バネ 1）

d. 杭頭接合部（仮想鉄筋コンクリート断面）

(a) 鋼管杭頭部及び巻立て鉄筋コンクリート部の曲げ軸力に対する評価結果

津波時（敷地に遡上する津波）においては、3次元静的フレーム解析によって得られる断面力に対して、仮想鉄筋コンクリート断面として発生応力度を算出する。鋼管杭頭部及び巻立て鉄筋コンクリート部の曲げ軸力に対する照査は、接合部のコンクリートの曲げ圧縮応力度と鉄筋の曲げ引張応力度が、それぞれ許容限界以下であることを確認する。

評価位置及び杭記号位置を図 4.2-53 に、鋼管杭頭部における仮想鉄筋コンクリート断面と照査断面位置を図 4.2-54 に、巻立て鉄筋コンクリート部における仮想鉄筋コンクリート断面と照査断面位置を図 4.2-55 に示す。

曲げ軸力評価に対する評価は、図 4.2-53 に示す評価位置図の巻立て鉄筋コンクリートに対して行う。同図に示す巻立て鉄筋コンクリートの名称は、鋼管杭と同様に以下のルールに従う。最初のアルファベットは、Nが北基礎の巻立て鉄筋コンクリートであり、Sが南基礎の巻立て鉄筋コンクリートであることを示す。2番目のアルファベットは、Eが東側の巻立て鉄筋コンクリートであり、Wが西側の巻立て鉄筋コンクリートであることを示す。末尾の数字は、南端の巻立て鉄筋コンクリートを1として北に向かって昇順で設定し、北端の巻立て鉄筋コンクリートを6とする。また、末尾の番号が1及び6を端部杭、2～5を中間杭として照査結果を区別する。端部杭と中間杭として区別したのは、部材幅が異なるためである。

コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果を表 4.2-15 に、鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果を表 4.2-16 にそれぞれ示す。杭頭接合部を仮想鉄筋コンクリート断面に置き換え、許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてコンクリートの曲げ圧縮応力度と鉄筋の曲げ引張応力度が許容限界以下であることを確認した。なお、コンクリートの曲げ軸力に対する照査の最大照査値は、巻立て鉄筋コンクリート断面の接合部が0.51であり、鋼管杭断面の接合部が0.18である。一方、鉄筋の曲げ軸力に対する照査の最大照査値は、巻立て鉄筋コンクリート断面の接合部が0.36であり、鋼管杭断面の接合部が0.17である。これらの最大照査値は全て地盤バネ2の北基礎の端部杭NW1における照査値である。

以上のことから、地中連続壁部の残置を考慮しても杭頭接合部（仮想鉄筋コンクリート断面）の構造部材の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

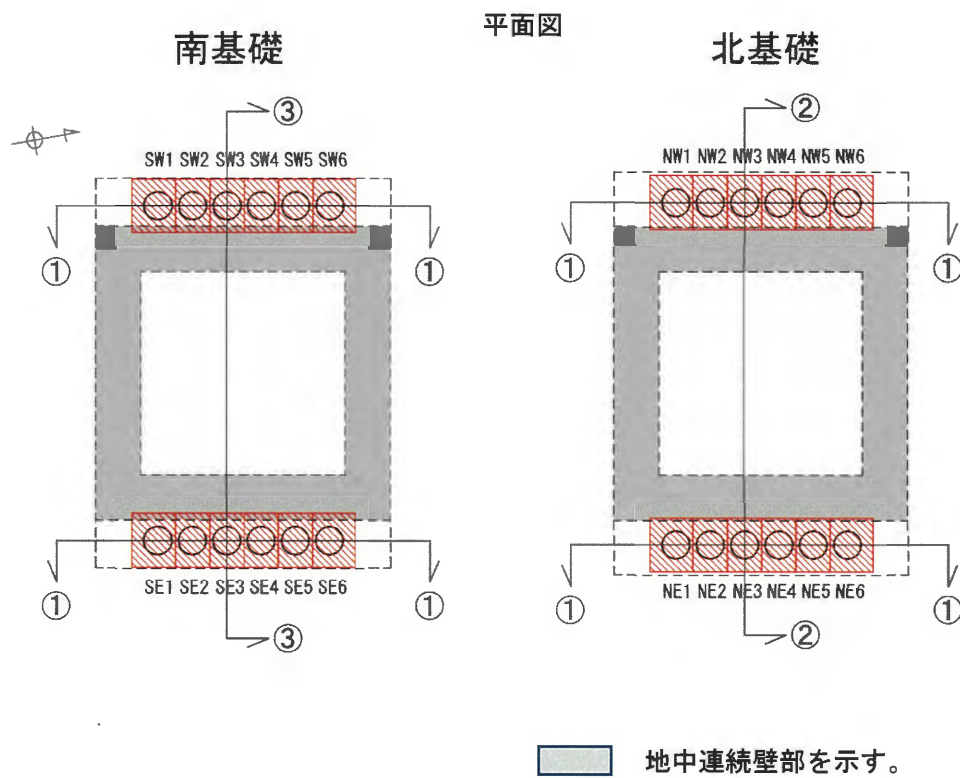
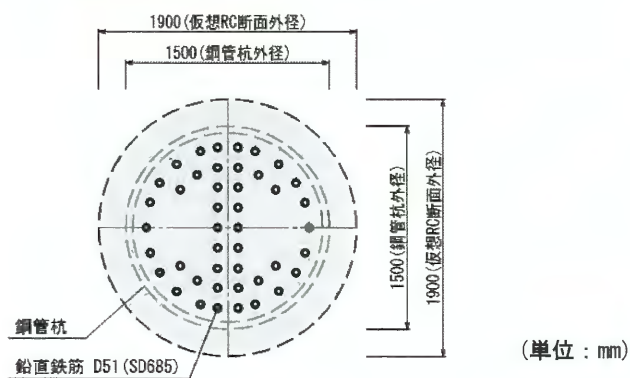
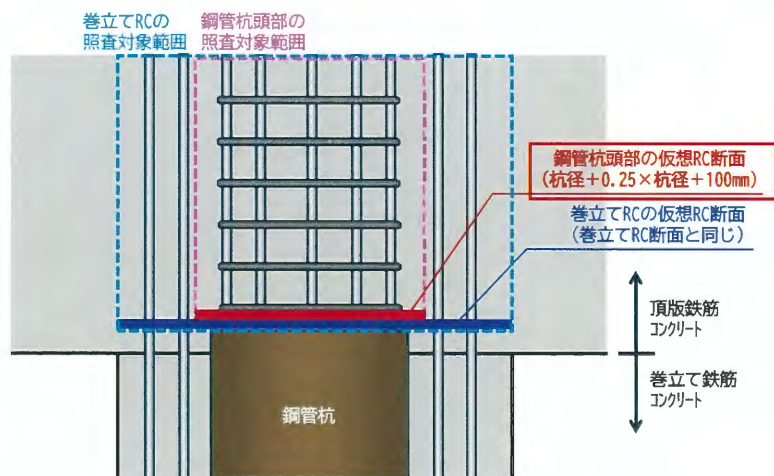
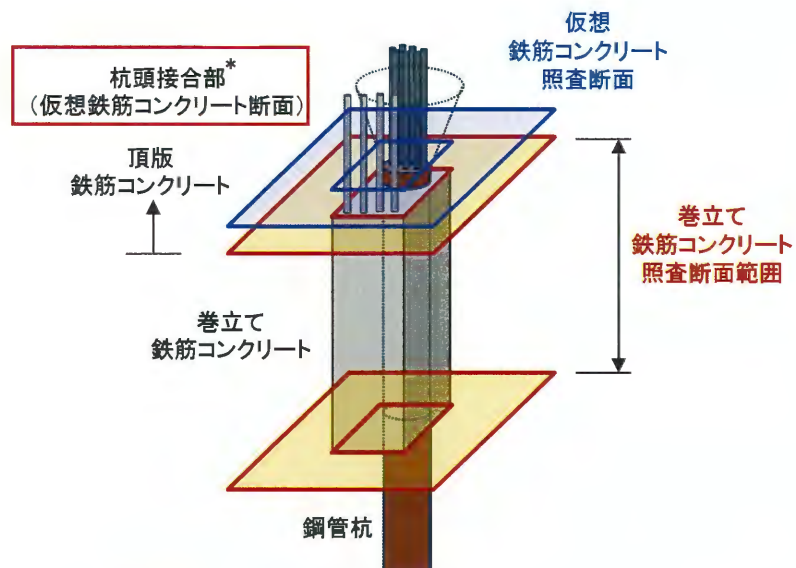
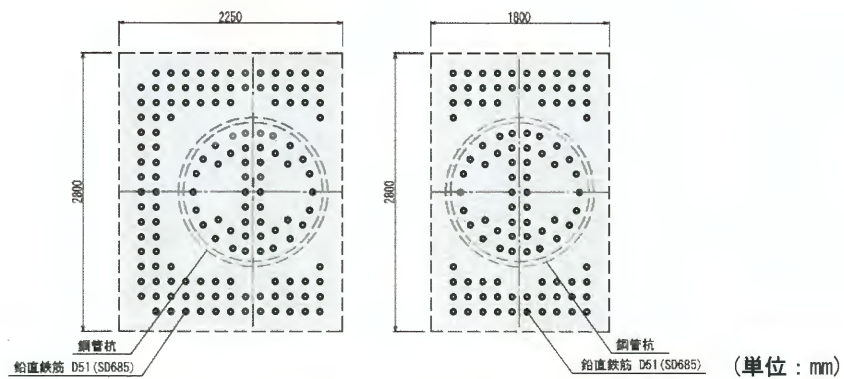
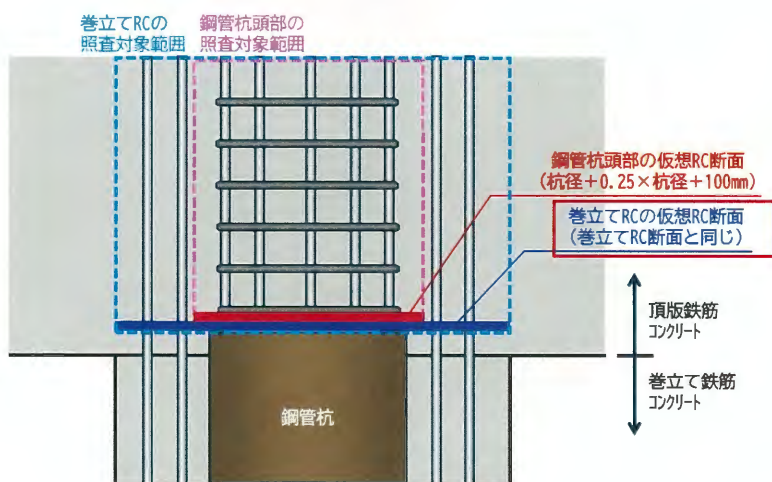
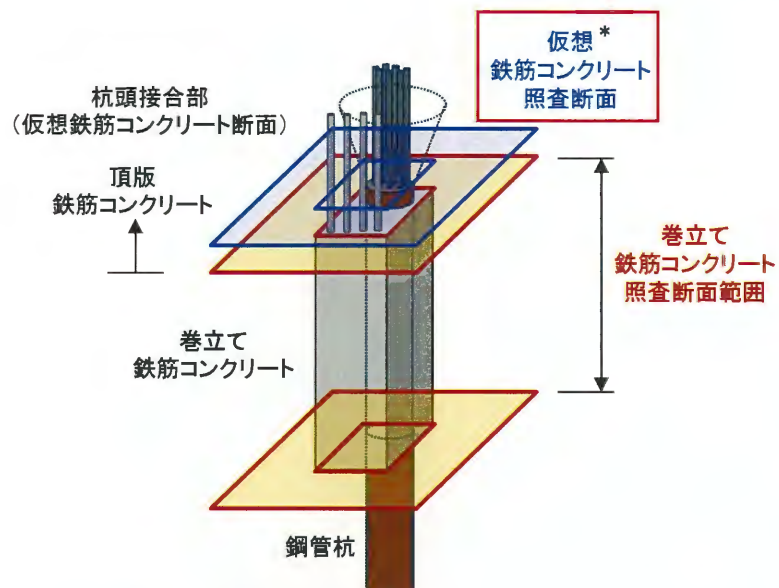


図 4. 2-53 評価位置図 (杭頭接合部)



* 假想鉄筋コンクリート断面は「道路橋示方書(IV下部構造編)・同解説(日本道路協会, 平成24年3月)」に基づいて設定

図 4.2-54 鋼管杭頭部における假想鉄筋コンクリート断面と照査断面位置



* 仮想鉄筋コンクリート断面は「道路橋示方書(Ⅳ下部構造編)・同解説(日本道路協会, 平成 24 年 3 月)」に基づいて設定

図 4.2-55 巻立て鉄筋コンクリート部における仮想鉄筋コンクリート断面と照査断面位置

表 4.2-15 コンクリートの曲げ軸力照査結果（津波時：敷地に遡上する津波）

地盤パネ のケース	評価位置					断面性状			鉄筋仕様	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
						部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
地盤 パネ 1	北基礎	仮想RC 断面 (RC)	端部杭	NW1	②－②断面	2250	2800	2375	D51φ150 (SD685)	-31359	-12735	13.9	32	0.44
					①－①断面	2800	2250	1875	D51φ150 (SD685)	12435				
			中間杭	NW2	②－②断面	1800	2800	2375	D51φ150 (SD685)	-19694	-10586	12.4	32	0.39
					①－①断面	2800	1800	1275	D51φ150 (SD685)	7043				
		仮想RC断面 (鋼管杭)		NW1	—	φ 1900			D51φ150 (SD685)	2406	863	4.5	32	0.15
	南基礎	仮想RC 断面 (RC)	端部杭	SW6	③－③断面	2250	2800	2300	D51φ150 (SD685)	-26870	-11940	13.3	32	0.42
					①－①断面	2800	2250	1875	D51φ150 (SD685)	-10515				
			中間杭	SW5	③－③断面	1800	2800	2300	D51φ150 (SD685)	-17382	-10771	11.7	32	0.37
					①－①断面	2800	1800	1275	D51φ150 (SD685)	-5846				
		仮想RC断面 (鋼管杭)		SW6	—	φ 1900			D51φ150 (SD685)	2295	1226	4.3	32	0.14
地盤 パネ 2	北基礎	仮想RC 断面 (RC)	端部杭	NW1	②－②断面	2250	2800	2375	D51φ150 (SD685)	-42296	-14114	16.1	32	0.51
					①－①断面	2800	2250	1875	D51φ150 (SD685)	10399				
			中間杭	NW2	②－②断面	1800	2800	2375	D51φ150 (SD685)	-31060	-12616	15.4	32	0.49
					①－①断面	2800	1800	1275	D51φ150 (SD685)	5640				
		仮想RC断面 (鋼管杭)		NW1	—	φ 1900			D51φ150 (SD685)	2992	1041	5.6	32	0.18
	南基礎	仮想RC 断面 (RC)	端部杭	SW6	③－③断面	2250	2800	2300	D51φ150 (SD685)	-31022	-15609	13.2	32	0.42
					①－①断面	2800	2250	1875	D51φ150 (SD685)	-7504				
			中間杭	SW5	③－③断面	1800	2800	2300	D51φ150 (SD685)	-23796	-13955	12.7	32	0.40
					①－①断面	2800	1800	1275	D51φ150 (SD685)	-3800				
		仮想RC断面 (鋼管杭)		SW6	—	φ 1900			D51φ150 (SD685)	2399	580	4.5	32	0.15

注記 鉄筋仕様に示す D51@150 は、接合部の鉄筋仕様であり、公称直径 50.8 mm の異形棒鋼 D51 を鉄筋間隔 150 mm で配置することを示す。括弧内の SD685 は鉄筋材質である。

発生断面力は、鋼管杭頭部と巻立て鉄筋コンクリート部において算出した曲げモーメント及び軸力を示す。

発生応力度は、発生断面力を考慮して結合部（仮想鉄筋コンクリート断面）において算出した鉄筋及びコンクリートの応力度を示す。

評価位置は図 4.2-53 に示す。

赤線枠内は最大照査値を示す。

表 4.2-16 鉄筋の曲げ軸力照査結果（津波時：敷地に遡上する津波）

地盤/パネ のケース	評価位置					断面性状			鉄筋仕様	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s/σ_{sa}
						部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
地盤 パネ 1	北基礎	仮想RC 断面 (RC)	端部杭	NW1	②－②断面	2250	2800	2375	D51@150 (SD685)	-31359	-12735	191.0	600	0.32
					①－①断面	2800	2250	1875	D51@150 (SD685)	12435				
			中間杭	NW2	②－②断面	1800	2800	2375	D51@150 (SD685)	-19694	-10586	151.2	660	0.23
					①－①断面	2800	1800	1275	D51@150 (SD685)	7043				
		仮想RC断面 (鋼管杭)		NW1	—	φ 1900			D51@150 (SD685)	2406	863	88.8	660	0.14
	南基礎	仮想RC 断面 (RC)	端部杭	SW6	③－③断面	2250	2800	2300	D51@150 (SD685)	-26870	-11940	186.2	660	0.29
					①－①断面	2800	2250	1875	D51@150 (SD685)	-10515				
			中間杭	SW5	③－③断面	1800	2800	2300	D51@150 (SD685)	-17382	-10771	142.7	660	0.22
					①－①断面	2800	1800	1275	D51@150 (SD685)	-5846				
		仮想RC断面 (鋼管杭)		SW6	—	φ 1900			D51@150 (SD685)	2295	1226	90.3	660	0.14
地盤 パネ 2	北基礎	仮想RC 断面 (RC)	端部杭	NW1	②－②断面	2250	2800	2375	D51@150 (SD685)	-42296	-14114	231.3	660	0.36
					①－①断面	2800	2250	1875	D51@150 (SD685)	10399				
			中間杭	NW2	②－②断面	1800	2800	2375	D51@150 (SD685)	-31060	-12616	204.4	660	0.31
					①－①断面	2800	1800	1275	D51@150 (SD685)	5640				
		仮想RC断面 (鋼管杭)		NW1	—	φ 1900			D51@150 (SD685)	2992	1041	109.9	660	0.17
	南基礎	仮想RC 断面 (RC)	端部杭	SW6	③－③断面	2250	2800	2300	D51@150 (SD685)	-31022	-15609	173.8	660	0.27
					①－①断面	2800	2250	1875	D51@150 (SD685)	-7504				
			中間杭	SW5	③－③断面	1800	2800	2300	D51@150 (SD685)	-23796	-13955	158.3	660	0.24
					①－①断面	2800	1800	1275	D51@150 (SD685)	-3800				
		仮想RC断面 (鋼管杭)		SW6	—	φ 1900			D51@150 (SD685)	2399	580	84.6	660	0.13

注記 鉄筋仕様に示す D51@150 は、接合部の鉄筋仕様であり、公称直径 50.8 mm の異形棒鋼 D51 を鉄筋間隔 150 mm で配置することを示す。括弧内の SD685 は鉄筋材質である。

発生断面力は、鋼管杭頭部と巻立て鉄筋コンクリート部において算出した曲げモーメント及び軸力を示す。

発生応力度は、発生断面力を考慮して結合部（仮想鉄筋コンクリート断面）において算出した鉄筋及びコンクリートの応力度を示す。

評価位置は図 4.2-53 に示す。

赤線枠内は最大照査値を示す。

e. 頂版鉄筋コンクリート

(a) 曲げ軸力に対する評価結果

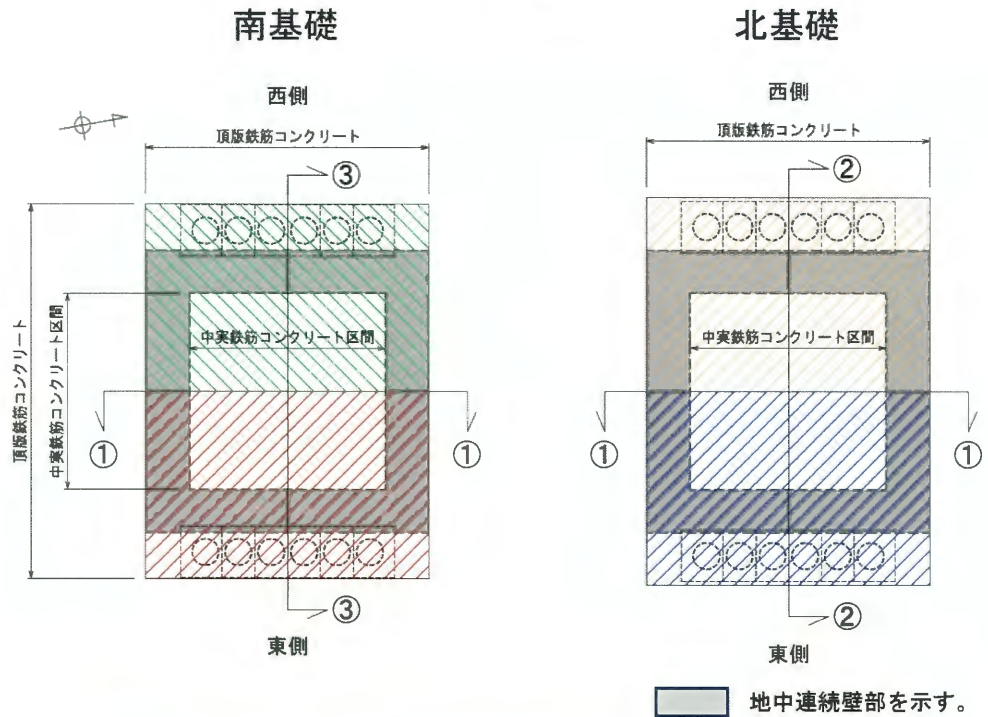
津波時（敷地に遡上する津波）においては、3次元静的フレーム解析によって得られる曲げ軸力によりコンクリート及び鉄筋に発生する応力度を算出する。頂版鉄筋コンクリートの曲げ軸力照査は、コンクリートの曲げ圧縮応力度と鉄筋の曲げ引張応力度が、それぞれ許容限界以下であることを確認する。

曲げ軸力に対する評価は、図 4.2-56 に示す評価位置図の頂版鉄筋コンクリートに対して行う。

コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果を表 4.2-17 に、鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果を表 4.2-18 にそれぞれ示す。頂版鉄筋コンクリートにおける許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてコンクリートの曲げ圧縮応力度と鉄筋の曲げ引張応力度が許容限界以下であることを確認した。なお、頂版鉄筋コンクリートにおけるコンクリートの曲げ軸力に対する最大照査値は 0.28 であり、鉄筋の曲げ軸力に対する最大照査値は 0.38 である。これらの照査値は、ともに地盤バネ 2 の北基礎西側の堤軸直交方向の照査値である。

以上のことから、地中連続壁部の残置を考慮しても頂版鉄筋コンクリートの構造部材の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

平面図



注記 上図においては、頂版鉄筋コンクリートを中央で分割し、東側と西側の領域を異なる色の網掛け斜線で示す。この領域分割は、以降で示す照査表において堤軸直交方向のコンクリート及び鉄筋の曲げ軸力照査の評価位置を明確にするためのものである。

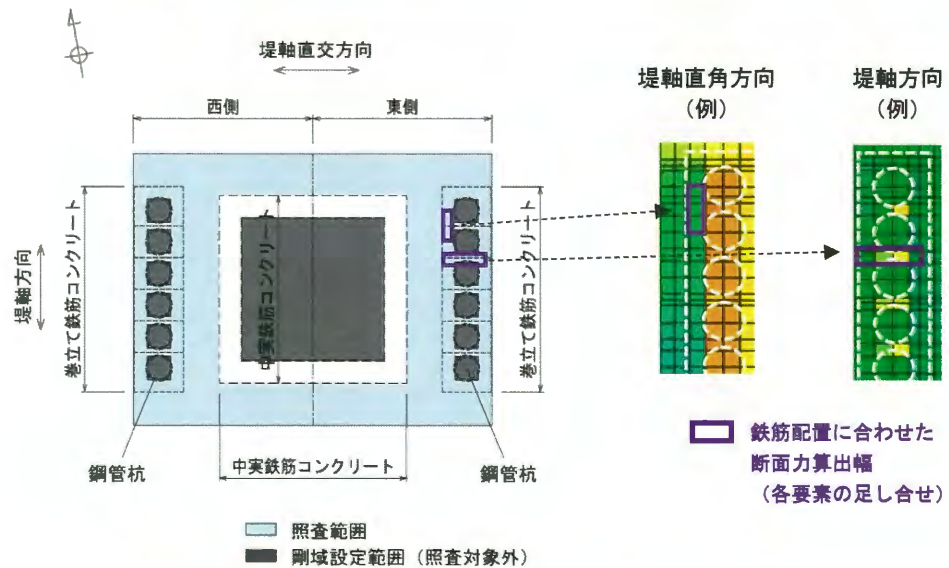


図 4.2-56 評価位置図 (頂版鉄筋コンクリート)

表 4.2-17 コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果（津波時：敷地に遡上する津波）

地盤パネ のケース	評価位置			断面形状 部材高 h (mm)	鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
						曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
地盤 パネ 1	北基礎	堤軸直 交方向	東側	5040	D51@150	-28771	3193	2.2	32	0.07
			西側	5040	D51@150	-36293	-13443	6.7	32	0.21
		堤軸方向		5040	D29@150*	-11007	-1049	1.8	32	0.06
	南基礎	堤軸直 交方向	東側	5040	D51@150	-29469	1618	2.3	32	0.08
			西側	5040	D51@150	-35046	-13148	6.4	32	0.21
		堤軸方向		5040	D29@150*	-9055	-896	1.6	32	0.06
地盤 パネ 2	北基礎	堤軸直 交方向	東側	5040	D51@150	-43981	1949	3.5	32	0.11
			西側	5040	D51@150	-45996	-12416	8.7	32	0.28
		堤軸方向		5040	D29@150*	-10463	-692	1.7	32	0.06
	南基礎	堤軸直 交方向	東側	5040	D51@150	-57926	1276	4.7	32	0.15
			西側	5040	D51@150	-30624	-9958	5.7	32	0.18
		堤軸方向		5040	D29@150*	-12069	-579	2.1	32	0.07

注記 鉄筋仕様に示す D51@150 は、頂版鉄筋コンクリートの鉄筋の仕様であり、公称直径 50.8 mm の異形棒鋼 D51 を鉄筋間隔 150 mm で配置することを示す。

*：最小鉄筋量に基づき設定した鉄筋仕様である。

評価位置は図 4.2-56 に示す。

赤線枠内は最大照査値を示す。

表 4.2-18 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果（津波時：敷地に遡上する津波）

地盤バネ のケース	評価位置			断面形状	鉄筋段数		鉄筋仕様	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s/σ_{sa}	
				部材高 h (mm)	上面	下面		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)				
地盤 バネ 1	北基礎	堤軸直 交方向	東側	5040	D51-7段 (SD685)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD685)	-28863	6524	91.2	660	0.14	
				5040	D51-3.5段 (SD490)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD490)	-15350	3517	68.2	478.5	0.15	
		西側	5040	D51-2段 (SD490)	D51-2段 (SD685)	D51 (SD685)	-36293	-13443	116.6	660	0.18		
			5040	D38-2段 (SD490)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD490)	-11800	-2871	53.0	478.5	0.12		
		堤軸方向		5040	D32-2段 (SD490)	D35-2段 (SD490)	D35 (SD490)	-11007	-1049	101.4	478.5	0.22	
	南基礎	堤軸直 交方向	東側	5040	D51-7段 (SD685)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD685)	-30189	4745	86.8	660	0.14	
				5040	D51-3.5段 (SD490)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD490)	-16288	2051	62.1	478.5	0.13	
		西側	5040	D51-2段 (SD490)	D51-2段 (SD685)	D51 (SD685)	-35046	-13148	110.3	660	0.17		
			5040	D38-2段 (SD490)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD490)	-17403	-6874	40.5	478.5	0.09		
		堤軸方向		5040	D32-2段 (SD490)	D35-2段 (SD490)	D35 (SD490)	-4769	1626	96.4	478.5	0.21	
	地盤 バネ 2	北基礎	堤軸直 交方向	東側	5040	D51-7段 (SD685)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD685)	-43708	3230	111.0	660	0.17
					5040	D51-3.5段 (SD490)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD490)	-22692	1596	78.9	478.5	0.17
			西側	5040	D51-2段 (SD490)	D51-2段 (SD685)	D51 (SD685)	-45996	-12416	219.9	660	0.34	
				5040	D38-2段 (SD490)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD490)	-25633	-5926	120.3	478.5	0.26	
堤軸方向			5040	D32-2段 (SD490)	D35-2段 (SD490)	D35 (SD490)	-6748	2121	131.7	478.5	0.28		
南基礎		堤軸直 交方向	東側	5040	D51-7段 (SD685)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD685)	-57506	2048	137.3	660	0.21	
				5040	D51-3.5段 (SD490)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD490)	-30260	1125	99.3	478.5	0.21	
		西側	5040	D51-2段 (SD490)	D51-2段 (SD685)	D51 (SD685)	-30624	-9958	118.8	660	0.19		
			5040	D38-2段 (SD490)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD490)	-12635	-4484	35.8	478.5	0.08		
		堤軸方向		5040	D32-2段 (SD490)	D35-2段 (SD490)	D35 (SD490)	-7973	3352	177.7	478.5	0.38	

注記 D51-7 段等で示した鉄筋仕様、頂版鉄筋コンクリートの鉄筋の仕様であり、D51-7 段は公称直径 50.8 mm の異形棒鋼 D51 を 7 段で配置することを示す。括弧内の SD490 及び SD685 は鉄筋材質である。

評価位置は図 4.2-56 に示す。

赤線枠内は最大照査値を示す。

(b) せん断力に対する評価結果

せん断力は堤軸方向と堤軸直交方向のせん断力を合成して算出する。

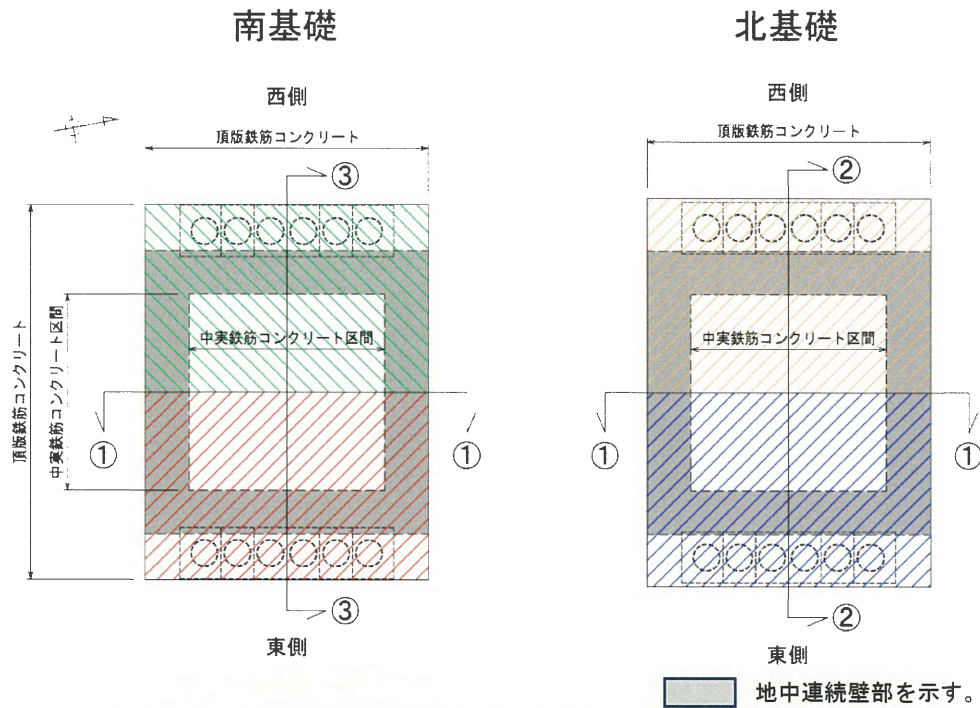
津波時（敷地に遡上する津波）においては、3次元静的フレーム解析によって得られるせん断力を抽出する。頂版鉄筋コンクリートのせん断力に対する照査は、堤軸方向と堤軸直交方向の発生せん断力を合成して算出したせん断力がコンクリートの短期許容せん断力（ $V_{c,a}$ ）と斜め引張鉄筋の短期許容せん断力（ $V_{s,a}$ ）を合わせた短期許容せん断力（ V_a ）以下であることを確認する。

せん断力に対する評価は、評価位置を図 4.2-57 に示す評価位置図の頂版鉄筋コンクリートに対して行う。

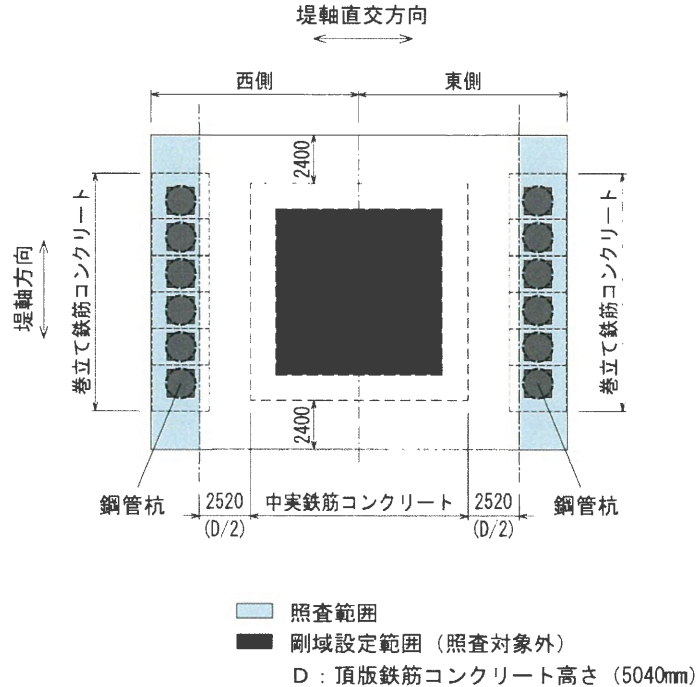
せん断力に対する照査結果を表 4.2-19 に示す。頂版鉄筋コンクリートにおける許容応力度法による照査を行った結果、評価位置における鉄筋コンクリートの発生せん断力が短期許容せん断力（ V_a ）以下であることを確認した。なお、頂版鉄筋コンクリートにおけるせん断力に対する最大照査値は 0.31 である。この照査値は、地盤バネ 2 の北基礎西側の照査値である。

以上のことから、地中連続壁部の残置を考慮しても頂版鉄筋コンクリートの構造部材の発生せん断力が許容限界以下であることを確認した。

平面図



注記 上図においては、頂版鉄筋コンクリートを中央で分割し、東側と西側の領域を異なる色の網掛け斜線で示す。以降で示す照査表において堤軸直交方向のせん断照査の評価位置を明確にするためのものである。



注記 照査結果に示す発生せん断力は、要素に発生した単位幅当たりの断面力とする。

図 4.2-57 評価位置図 (頂版鉄筋コンクリート)

表 4.2-19 せん断力に対する照査結果（津波時：敷地に遡上する津波）

地盤バネ のケース	評価位置		断面形状	鉄筋仕様 (材質)	発生 せん断力 V (kN)	短期許容 せん断力 V_s (kN)	照査値 V/V_s	断面力図
			部材高 h (mm)					
地盤バネ 1	北基礎	東側	5040	3.333-D38@150 (SD390)	4892	31785	0.16	—
		西側	5040	3.333-D35@150 (SD390)	9416	31712	0.30	—
	南基礎	東側	5040	3.333-D38@150 (SD390)	5065	31785	0.16	—
		西側	5040	3.333-D35@150 (SD390)	9225	31712	0.30	—
地盤バネ 2	北基礎	東側	5040	3.333-D38@150 (SD390)	5292	31785	0.17	—
		西側	5040	3.333-D35@150 (SD390)	9772	31712	0.31	—
	南基礎	東側	5040	3.333-D38@150 (SD390)	6994	31785	0.23	—
		西側	5040	3.333-D35@150 (SD390)	9862	31712	0.32	—

注記 鉄筋仕様に示す 3.333-D38@150 は、頂版鉄筋コンクリートの鉄筋仕様であり、公称直径 38.1mm の異形棒鋼 D38 を堤軸方向の鉄筋間隔 300 mm（同一鉛直断面内に幅 1 m 当たり 3.333 本）で配置し、堤軸直交方向の鉄筋間隔 150 mm で配置することを示す。同様に 3.333-D35@150 は、頂版鉄筋コンクリートの鉄筋仕様であり、公称直径 34.9 mm の異形棒鋼 D35 を堤軸方向の鉄筋間隔 300 mm（同一鉛直断面内に幅 1 m 当たり 3.333 本）で配置し、堤軸直交方向の鉄筋間隔 150 mm で配置することを示す。括弧内の SD390 は鉄筋材質である。

評価位置は図 4.2-57 に示す。

赤線枠内は最大照査値を示す。

(2) 鋼製防護壁基礎の評価結果（重畳時）

a. 中実鉄筋コンクリート

(a) 曲げ軸力に対する評価結果

重畳時（敷地に遡上する津波）においては、3次元静的フレーム解析によって得られる曲げ軸力によりコンクリート及び鉄筋に発生する応力度を算出する。中実鉄筋コンクリートの曲げ軸力照査は、コンクリートの曲げ圧縮応力度と鉄筋の曲げ引張応力度が、それぞれ許容限界以下であることを確認する。

中実鉄筋コンクリートは、部材の断面力及び応力度の発生状況に基づき、鉄筋仕様の異なる5種類の部材により構成する。部材の構成は、図4.2-58に示すとおり北基礎が1種類、南基礎が4種類（上部、中央（上）、中央（下）及び下部）である。したがって、中実鉄筋コンクリートの曲げ軸力に対する評価は、上記の5種類の部材に対して行う。

コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果を表4.2-20に、鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果を表4.2-21にそれぞれ示す。表4.2-20及び表4.2-21に示す照査結果では、5種類の部材に対して3種類の地盤バネ条件（地盤バネ3、地盤バネ4及び地盤バネ5）のうち照査値が最大になるものに○印を付し、○印を付した照査値に対応する断面力分布を図4.2-59～図4.2-68に示す。

中実鉄筋コンクリートにおける許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてコンクリートの曲げ圧縮応力度と鉄筋の曲げ引張応力度が許容限界以下であることを確認した。なお、コンクリートの曲げ軸力に対する最大照査値は0.83、鉄筋の曲げ軸力に対する最大照査値は0.90であり、ともに地盤バネ4の南基礎中央（下）の照査値である。最大照査値が発生した南基礎中央（下）は、堤軸及び堤軸直交方向の曲げモーメントが最大になる部材である。これらの照査値は、表4.2-1～表4.2-4に示す評価結果総括表のとおり工認設計モデルの照査値（コンクリートの曲げ軸力に対する最大照査値0.53、鉄筋の曲げ軸力に対する最大照査値0.56）よりも大きく、地中連続壁部に発生する断面力を中実鉄筋コンクリートに負担させることで保守的な評価結果になることを確認した。

以上のことから、地中連続壁部の残置を考慮しても中実鉄筋コンクリートの構造部材の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

なお、中実鉄筋コンクリートの曲げ軸力に対する最大照査値は、上記のとおり南基礎の方が大きく発生する。このような結果となるのは、図4.2-69に示すとおり南基礎周辺の地盤剛性（地盤反力係数）及び地盤強度（地盤反力上限値）が、Km層（岩盤）上面を境界に浅部と深部で著しく異なるためである。Km層上面以深は地盤剛性、強度ともに大きいいため、地盤による拘束が強い。その一方でKm層上面以浅は地盤剛性、強度ともに小さいため、ほとんど地盤反力が得られない。この地盤条件の下で、重畳時の荷重が作用すると、中実鉄筋コンクリートではKm層上面付近において曲げモーメントが急激に増加し、曲げ軸力に対する評価結果が厳しいものとなる。一方、北基礎においては、図4.2-70に示すとおり南基礎のような地盤剛性及び地盤強度の深度方向における急激な変化がないため、南基礎に比較して曲げ軸力に対する評価結果は厳しくならない。

平面図



側面図

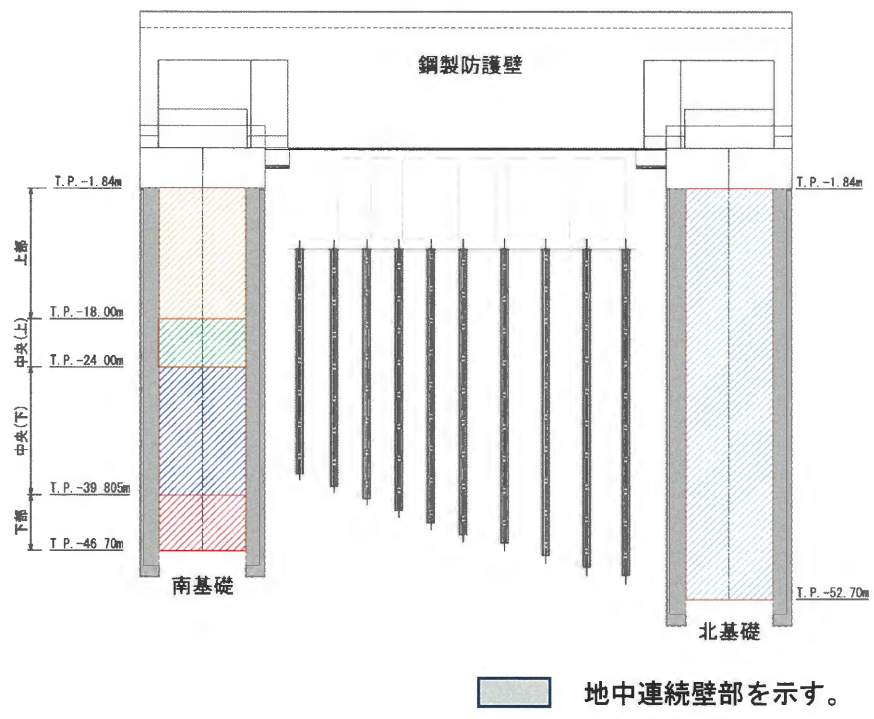


図 4.2-58 評価位置図（中実鉄筋コンクリート）

表 4.2-20 コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果（重畳時：敷地に遡上する津波）

地盤/パネ のケース	評価位置		断面性状			鉄筋仕様	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{cs} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{cs}	断面力図	
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)					
地盤 パネ 3	北基礎		②－②断面	10700	10700	10050	D51@150 (7段)	4261831	-280895	18.0	32	0.57	—
			①－①断面	10700	10700	10050	D51@150 (7段)	420105					
	南基礎	上部	③－③断面	10700	10700	9976	D51@150 (8段)	3084971	-179331	16.1	32	0.51	—
			①－①断面	10700	10700	9976	D51@150 (8段)	-1281592					
		中央 (上)	③－③断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	3844633	-214680	18.6	32	0.59	—
			①－①断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	-1981075					
		中央 (下)	③－③断面	10700	10700	9262	D51@150 (17.5段)	4425783	-275222	21.0	32	0.66	—
			①－①断面	10700	10700	9262	D51@150 (17.5段)	2762667					
		下部	③－③断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	3009948	-268224	16.6	32	0.53	—
			①－①断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	1955451					
地盤 パネ 4	北基礎		②－②断面	10700	10700	10050	D51@150 (7段)	4481716	-358569	19.3	32	0.61	○
			①－①断面	10700	10700	10050	D51@150 (7段)	462074					
	南基礎	上部	③－③断面	10700	10700	9976	D51@150 (8段)	3103686	-179281	18.8	32	0.59	○
			①－①断面	10700	10700	9976	D51@150 (8段)	-1972301					
		中央 (上)	③－③断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	3949235	-215805	22.1	32	0.69	○
			①－①断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	-2948183					
		中央 (下)	③－③断面	10700	10700	9262	D51@150 (17.5段)	4813644	-287949	26.4	32	0.83	○
			①－①断面	10700	10700	9262	D51@150 (17.5段)	4219703					
		下部	③－③断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	3359267	-283773	21.4	32	0.67	○
			①－①断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	3045425					
地盤 パネ 5	北基礎		②－②断面	10700	10700	10050	D51@150 (7段)	2392847	-293164	18.8	32	0.59	—
			①－①断面	10700	10700	10050	D51@150 (7段)	-712953					
	南基礎	上部	③－③断面	10700	10700	9976	D51@150 (8段)	2925138	-173759	17.2	32	0.54	—
			①－①断面	10700	10700	9976	D51@150 (8段)	-1707430					
		中央 (上)	③－③断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	3726573	-210222	20.5	32	0.65	—
			①－①断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	-2685197					
		中央 (下)	③－③断面	10700	10700	9262	D51@150 (17.5段)	4663035	-263492	25.7	32	0.81	—
			①－①断面	10700	10700	9262	D51@150 (17.5段)	-4166099					
		下部	③－③断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	3275521	-288257	21.2	32	0.67	—
			①－①断面	10700	10700	9759	D51@150 (11段)	3069688					

注記 鉄筋仕様に示す D51@150 は、中実鉄筋コンクリートの軸方向鉄筋（鉛直方向）の仕様であり、公称直径 50.8 mm の異形棒鋼 D51 を鉄筋間隔 150 mm で配置することを示す。括弧内の数値は、中実鉄筋コンクリートの水平断面の中心に向かって配置する段数を示す。鉄筋の材質は、SD490 である。

評価位置は図 4.2-58 に示す。

赤線枠内は最大照査値を示す。赤線枠内に示す最大照査値の組合せケースは、堤軸方向：南向き 1.0 倍、堤軸直交方向：西向き 0.4 倍、鉛直方向：下向き 0.4 倍である。堤軸直交方向は組合せ係数が西向き 0.4 倍であるが、津波荷重が他の荷重に対して顕著に大きいため、堤軸直交方向の曲げモーメントが大きく発生する。堤軸方向は組合せ係数が南向き 1.0 倍であるため慣性力と応答変位による堤軸方向の曲げモーメントが大きく発生する。したがって、堤軸直交方向及び堤軸方向の 2 方向の曲げモーメントがともに発達する。また、鉛直方向の組合せ係数が下向きに 0.4 倍であるため、軸圧縮力が増加する。これに伴い 2 方向合成の曲げ軸力の影響が大きくなり、「2. 防潮堤（鋼製防護壁）の強度計算書に関する補足説明」の（参考 4）に示すように中立軸が約 45° に傾く。中立軸が傾くと、中立軸から圧縮縁までの距離が遠くなり、コンクリートの曲げ軸力（コンクリート曲げ圧縮応力度）が大きくなる。このため、この組合せケースにおいて、コンクリートの曲げ軸力の最大照査値が発生する。

表 4.2-21 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果（重畳時：敷地に遡上する津波）

地盤パネ のケース	評価位置		断面性状			鉄筋仕様	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s/σ_{sa}	断面力図
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)				
地盤パネ 3	北基礎	②-②断面	10700	10700	10050	D51@150 (7段)	4296189	-239281	342.9	478.5	0.72	—
		①-①断面	10700	10700	10050	D51@150 (7段)	393251					
	南基礎	上部	③-③断面	10700	10700	D51@150 (8段)	3096588	-153554	292.6	478.5	0.62	—
			①-①断面	10700	10700	D51@150 (8段)	-1277027					
		中央 (上)	③-③断面	10700	10700	D51@150 (11段)	3854768	-183943	316.2	478.5	0.67	—
			①-①断面	10700	10700	D51@150 (11段)	-1981053					
		中央 (下)	③-③断面	10700	10700	D51@150 (17.5段)	4425608	-224919	339.0	478.5	0.71	—
			①-①断面	10700	10700	D51@150 (17.5段)	-2786856					
		下部	③-③断面	10700	10700	D51@150 (11段)	3008589	-233882	260.9	478.5	0.55	—
			①-①断面	10700	10700	D51@150 (11段)	-1954735					
地盤パネ 4	北基礎	②-②断面	10700	10700	10050	D51@150 (7段)	4531341	-317944	344.0	478.5	0.72	○
		①-①断面	10700	10700	10050	D51@150 (7段)	429101					
	南基礎	上部	③-③断面	10700	10700	D51@150 (8段)	3113683	-154631	338.9	478.5	0.71	○
			①-①断面	10700	10700	D51@150 (8段)	-1966657					
		中央 (上)	③-③断面	10700	10700	D51@150 (11段)	3958021	-186112	375.4	478.5	0.79	○
			①-①断面	10700	10700	D51@150 (11段)	-2946970					
		中央 (下)	③-③断面	10700	10700	D51@150 (17.5段)	4815253	-230097	430.1	478.5	0.90	○
			①-①断面	10700	10700	D51@150 (17.5段)	-4232453					
		下部	③-③断面	10700	10700	D51@150 (11段)	3351564	-243842	344.5	478.5	0.73	○
			①-①断面	10700	10700	D51@150 (11段)	-3036301					
地盤パネ 5	北基礎	②-②断面	10700	10700	10050	D51@150 (7段)	4245901	-332650	316.3	478.5	0.67	—
		①-①断面	10700	10700	10050	D51@150 (7段)	463753					
	南基礎	上部	③-③断面	10700	10700	D51@150 (8段)	2934330	-151108	307.7	478.5	0.65	—
			①-①断面	10700	10700	D51@150 (8段)	-1701573					
		中央 (上)	③-③断面	10700	10700	D51@150 (11段)	3734211	-182631	347.3	478.5	0.73	—
			①-①断面	10700	10700	D51@150 (11段)	-2683295					
		中央 (下)	③-③断面	10700	10700	D51@150 (17.5段)	4668172	-229315	419.3	478.5	0.88	—
			①-①断面	10700	10700	D51@150 (17.5段)	-4169422					
		下部	③-③断面	10700	10700	D51@150 (11段)	3274130	-248171	340.0	478.5	0.72	—
			①-①断面	10700	10700	D51@150 (11段)	-3058004					

注記 鉄筋仕様に示す D51@150 は、中実鉄筋コンクリートの軸方向鉄筋（鉛直方向）の仕様であり、公称直径 50.8mm の異形棒鋼 D51 を鉄筋間隔 150mm で配置することを示す。括弧内の数値は、中実鉄筋コンクリートの水平断面の中心に向かって配置する段数を示す。鉄筋の材質は、SD490 である。

評価位置は図 4.2-58 に示す。

赤線枠内は最大照査値を示す。赤線枠内に示す最大照査値の組合せケースは、堤軸方向：北向き 1.0 倍、堤軸直交方向：西向き 0.4 倍、鉛直方向：上向き 0.4 倍である。堤軸直交方向は組合せ係数が西向き 0.4 倍であるが、津波荷重が他の荷重に対して顕著に大きいため、堤軸直交方向の曲げモーメントが大きく発生する。堤軸方向は組合せ係数が北向き 1.0 倍であるため慣性力と応答変位による堤軸方向の曲げモーメントが大きく発生する。したがって、堤軸直交方向及び堤軸方向の 2 方向の曲げモーメントがともに発達する。また、鉛直方向の組合せ係数が上向き 0.4 倍であるため、軸圧縮力が低減する。これに伴い 2 方向合成の曲げ軸力の影響が大きくなり、「2. 防潮堤（鋼製防護壁）の強度計算書に関する補足説明」の（参考 4）に示すように中立軸が約 45° に傾く。中立軸が傾くと、中立軸から引張縁の隅角部鉄筋までの距離が遠くなり、鉄筋引張応力度は大きくなる。このため、この組合せケースにおいて、鉄筋の曲げ軸力（鉄筋引張応力度）の最大照査値が発生する。

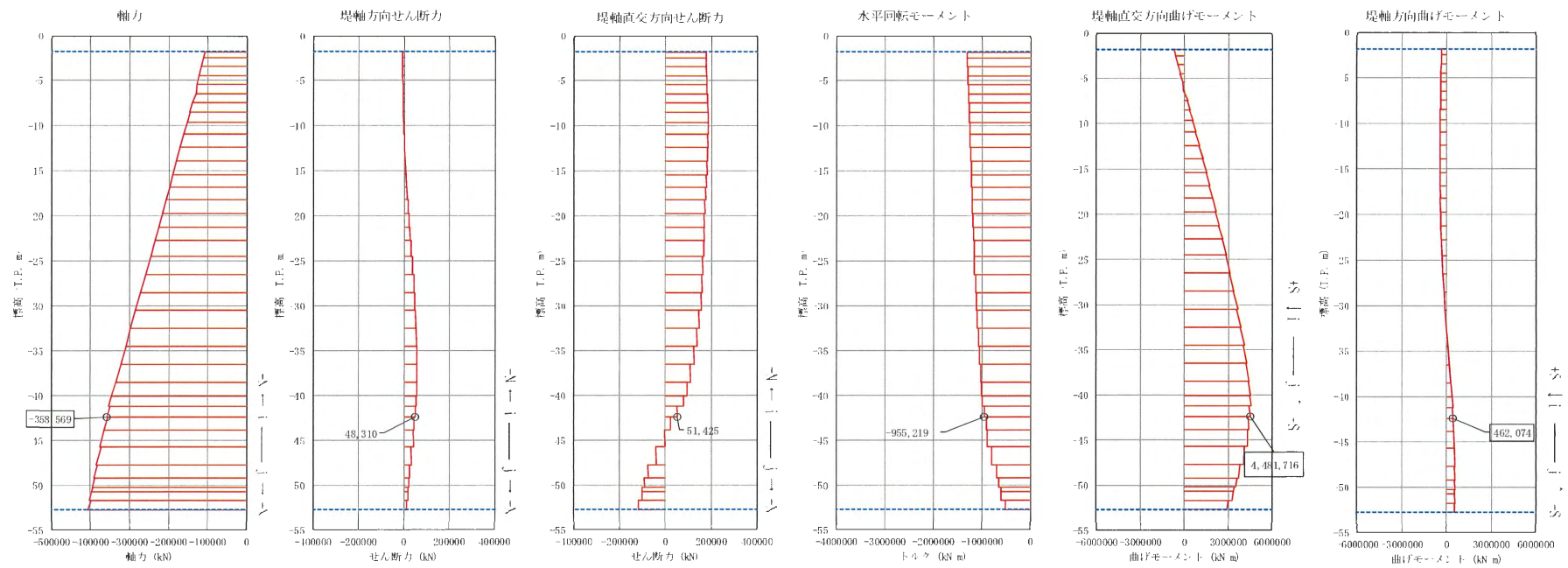


図 4.2-59 中実鉄筋コンクリートにおいてコンクリートの曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力図

①-①断面，②-②断面，（重畳時：敷地に遡上する津波，北基礎，地盤バネ4）

南基礎

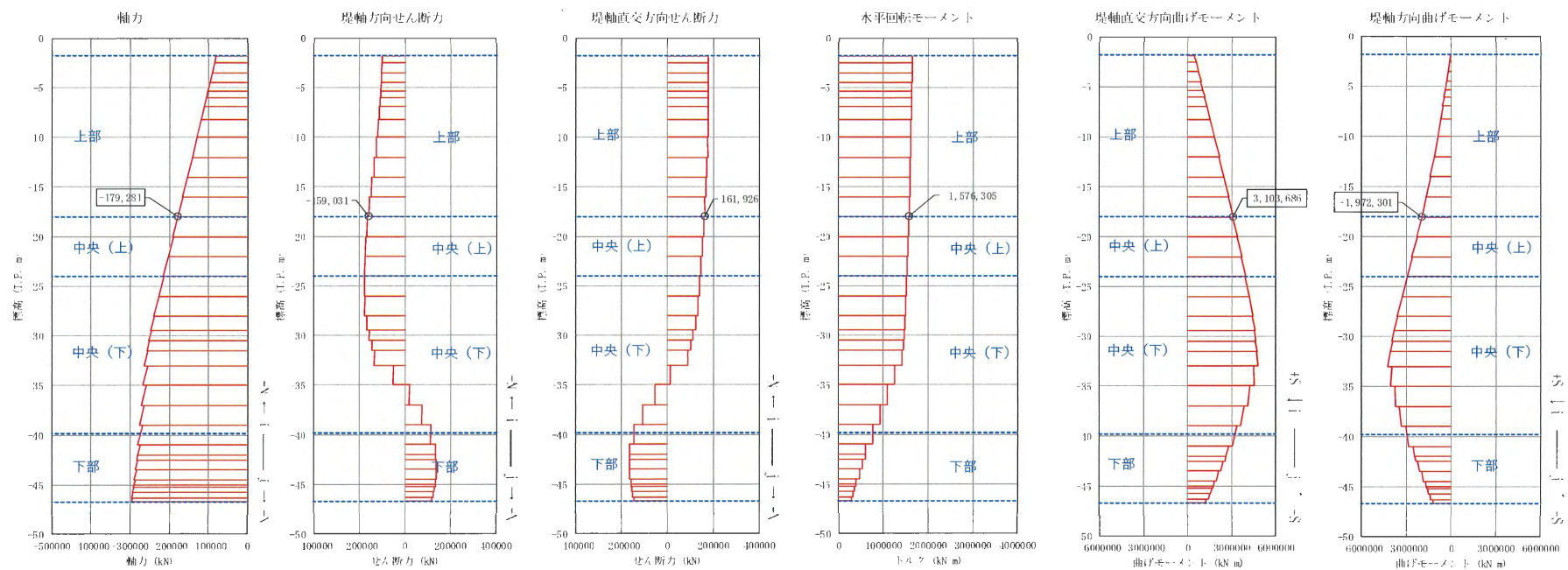


図 4.2-60 中実鉄筋コンクリートにおいてコンクリートの曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力図

①-①断面，③-③断面，（重疊時：敷地に遡上する津波，南基礎 上部，地盤バネ4）

南基礎

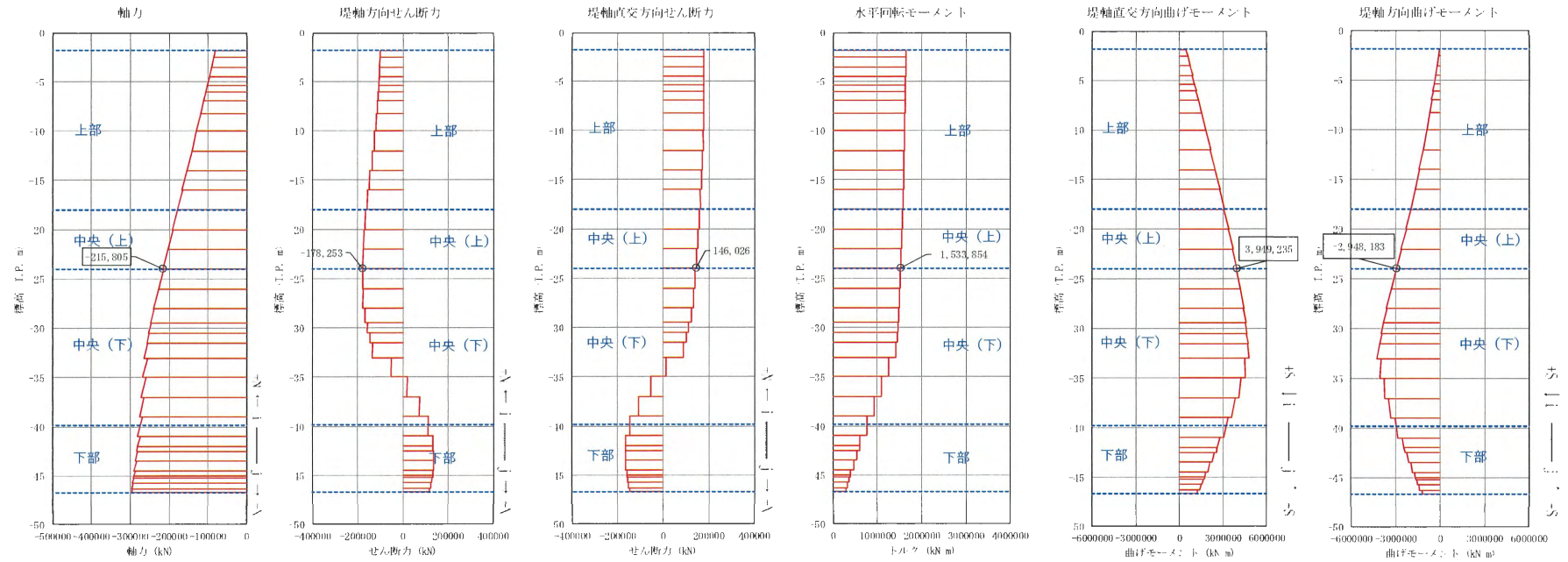


図 4.2-61 中実鉄筋コンクリートにおいてコンクリートの曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力図
①ー①断面, ③ー③断面, (重畳時: 敷地に遡上する津波, 南基礎 中央 (上), 地盤バネ 4)

南基礎

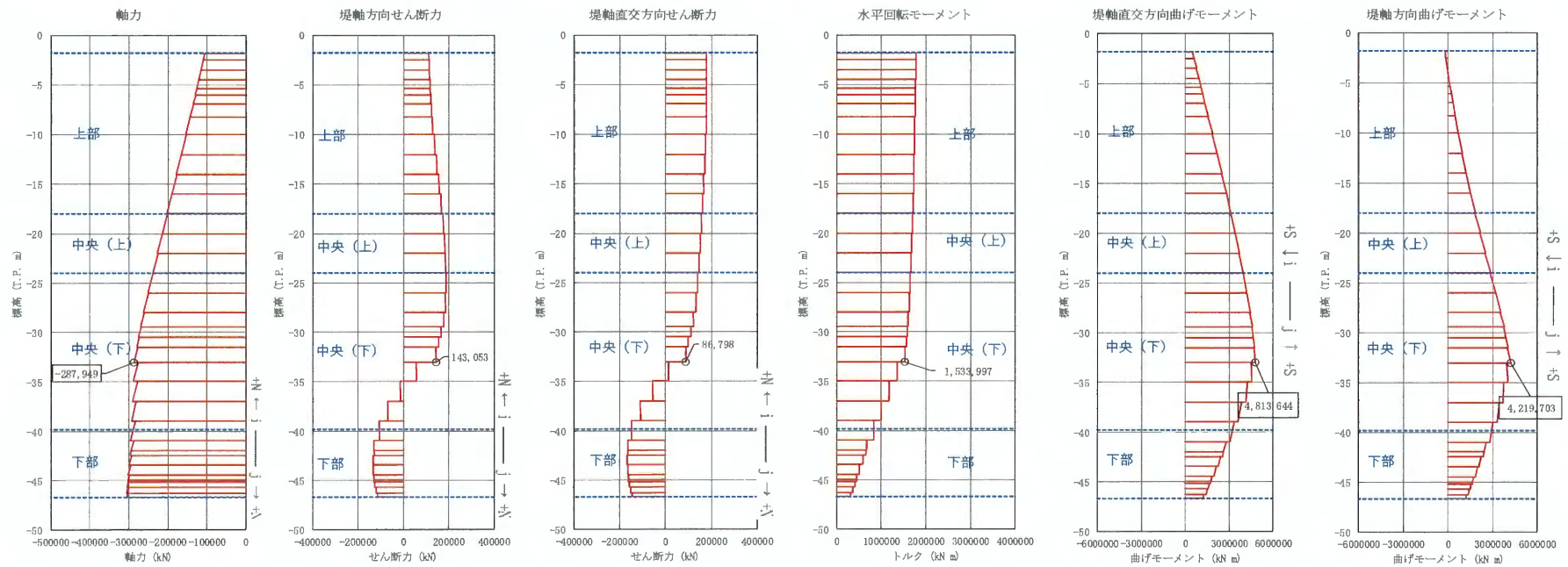


図 4.2-62 中実鉄筋コンクリートにおいてコンクリートの曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力図
①-①断面, ③-③断面, (重畳時: 敷地に遡上する津波, 南基礎 中央 (下), 地盤バネ4)

南基礎

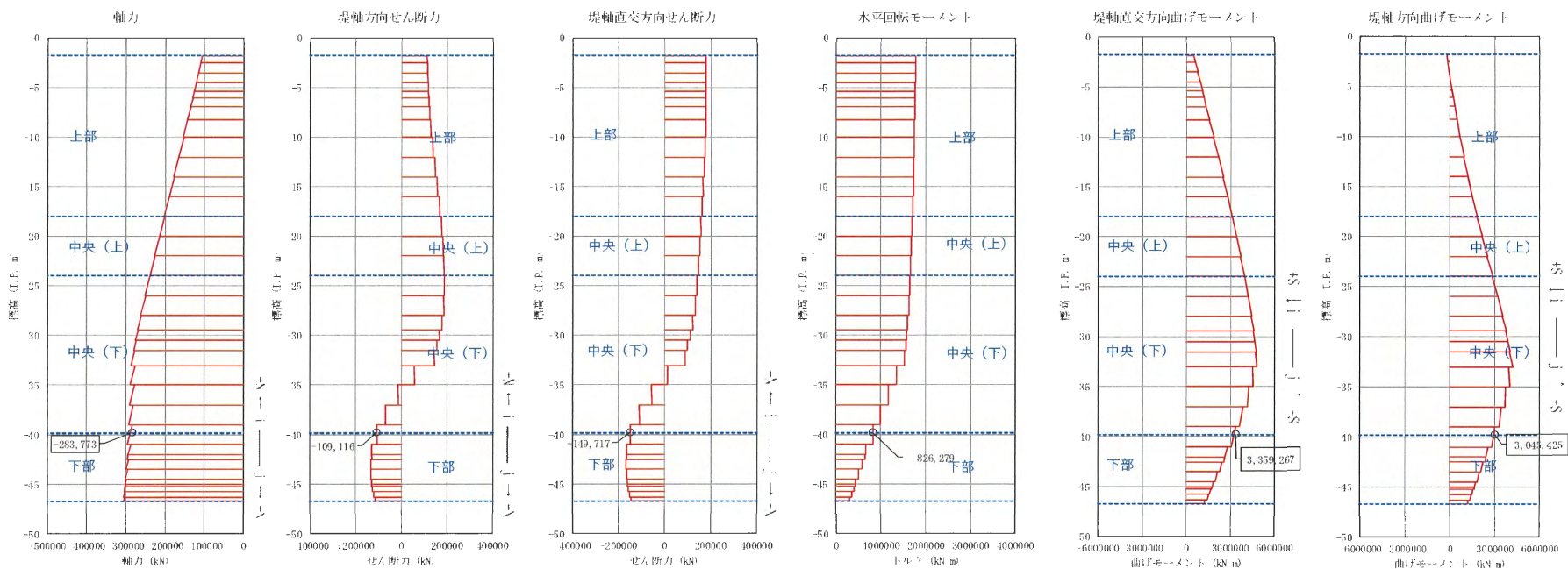


図 4.2-63 中実鉄筋コンクリートにおいてコンクリートの曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力図

①-①断面, ③-③断面, (重畳時: 敷地に遡上する津波, 南基礎 下部, 地盤バネ 4)

北基礎

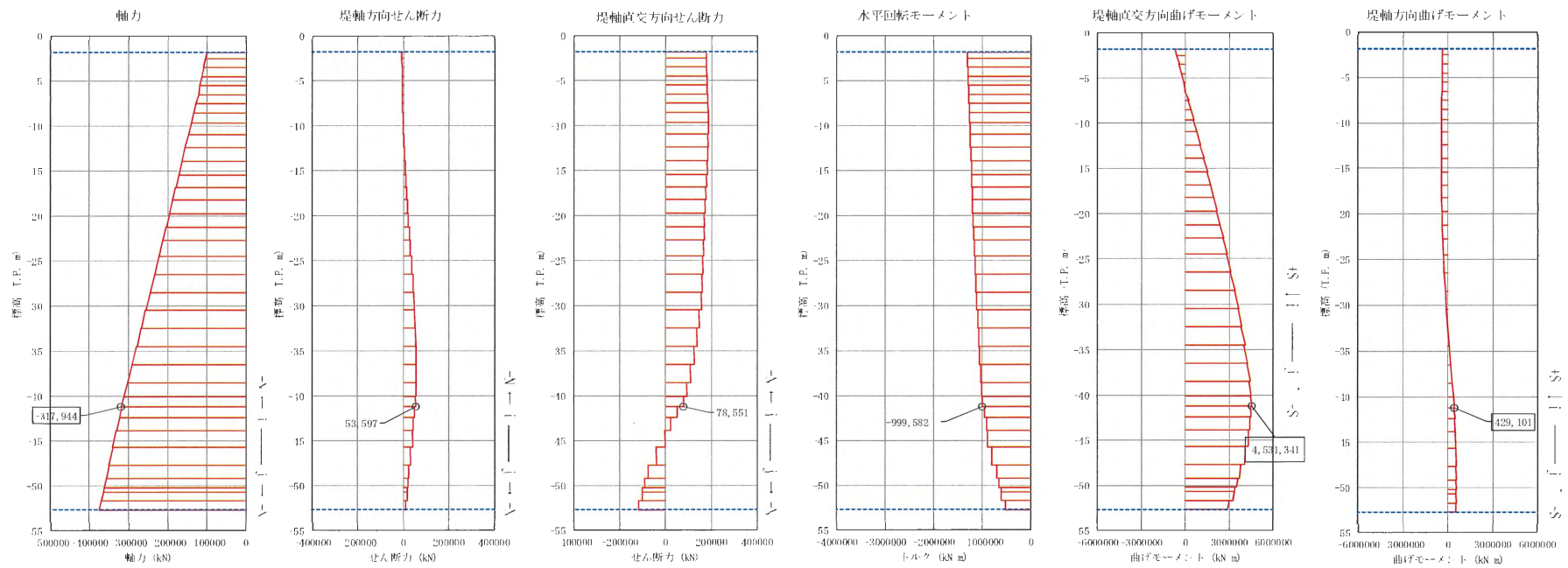


図 4.2-64 中実鉄筋コンクリートにおいて鉄筋の曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力図
①－①断面，②－②断面，（重疊時：敷地に遡上する津波，北基礎，地盤バネ4）

南基礎

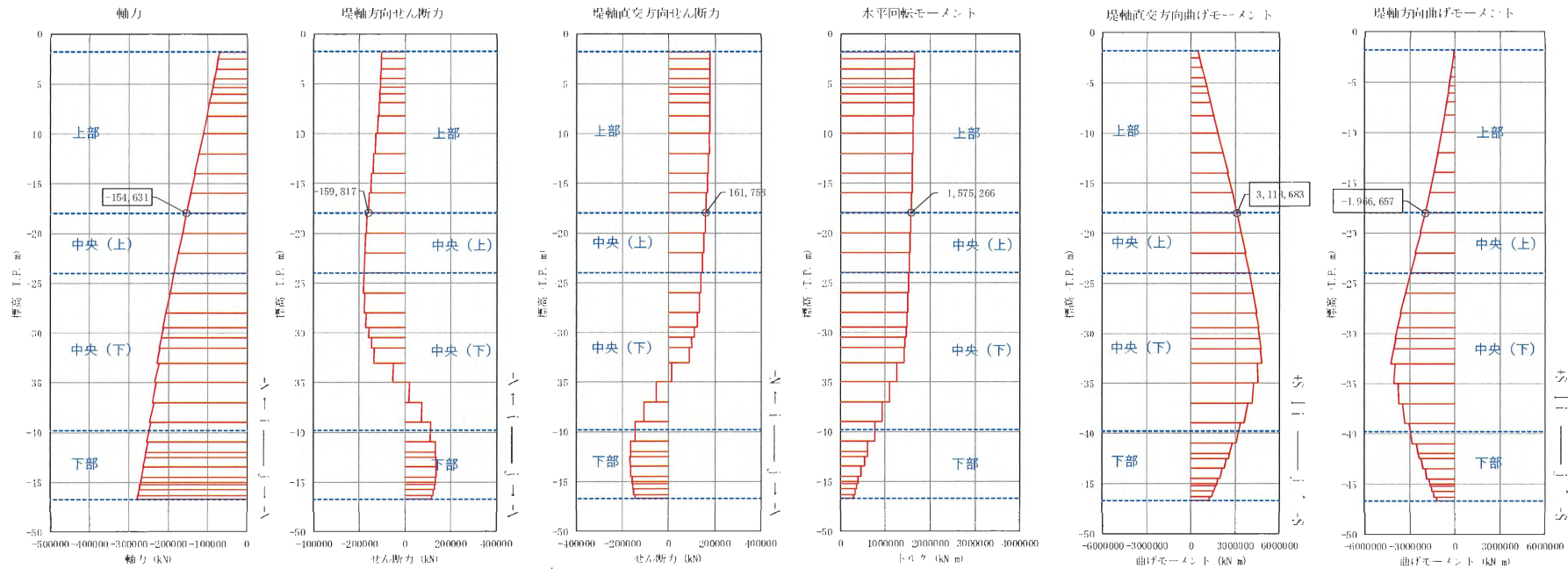


図 4.2-65 中実鉄筋コンクリートにおいて鉄筋の曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力図
①-①断面, ③-③断面, (重畳時: 敷地に遡上する津波, 南基礎 上部, 地盤バネ4)

南基礎

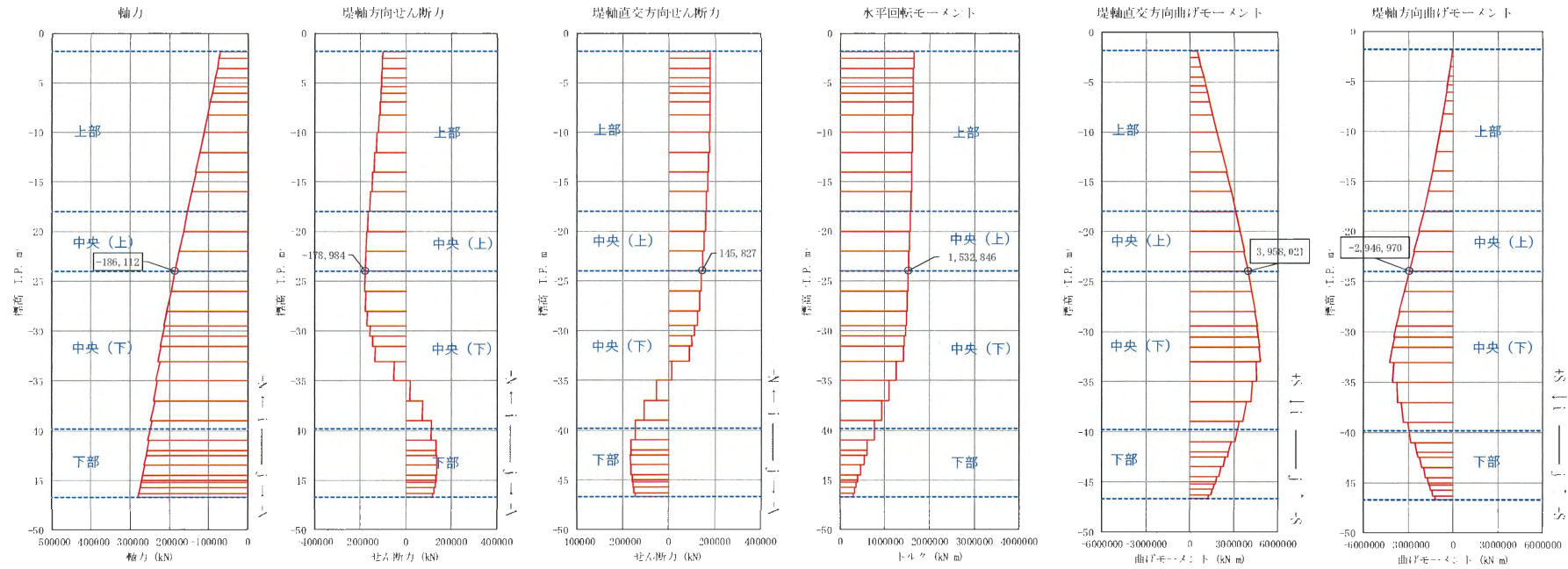


図 4.2-66 中実鉄筋コンクリートにおいて鉄筋の曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力図
①-①断面, ③-③断面, (重畳時: 敷地に遡上する津波, 南基礎 中央 (上), 地盤バネ4)

南基礎

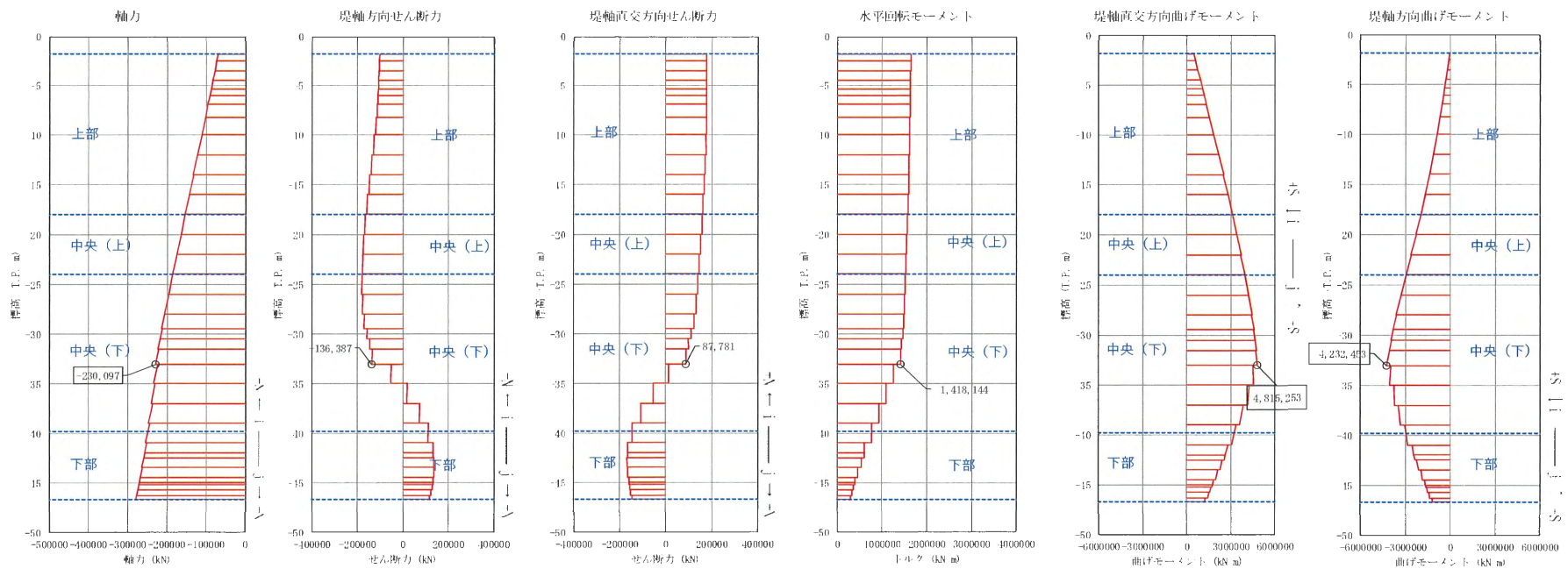


図 4.2-67 中実鉄筋コンクリートにおいて鉄筋の曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力図
①-①断面, ③-③断面, (重畳時: 敷地に遡上する津波, 南基礎 中央 (下), 地盤バネ 4)

南基礎

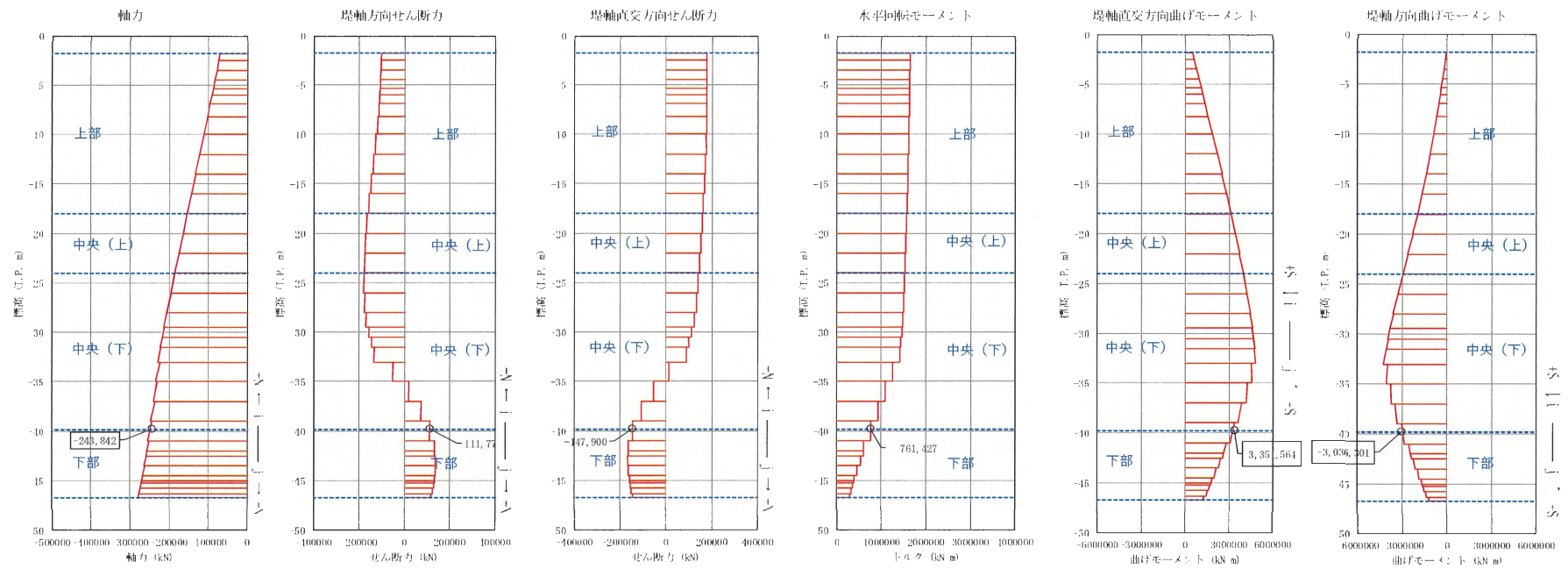


図 4.2-68 中実鉄筋コンクリートにおいて鉄筋の曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力図

①-①断面, ③-③断面, (重疊時: 敷地に遡上する津波, 南基礎 下部, 地盤バネ 4)

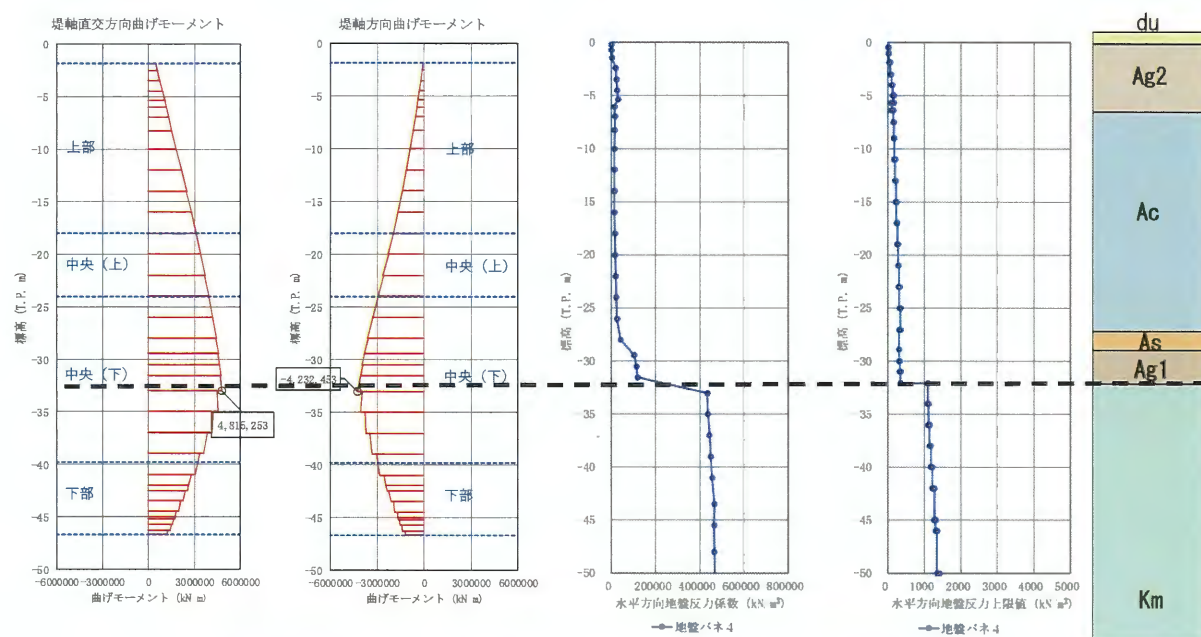


図 4.2-69 南基礎における曲げモーメント，地盤剛性（地盤反力係数）及び地盤強度（地盤反力上限値）の深度分布

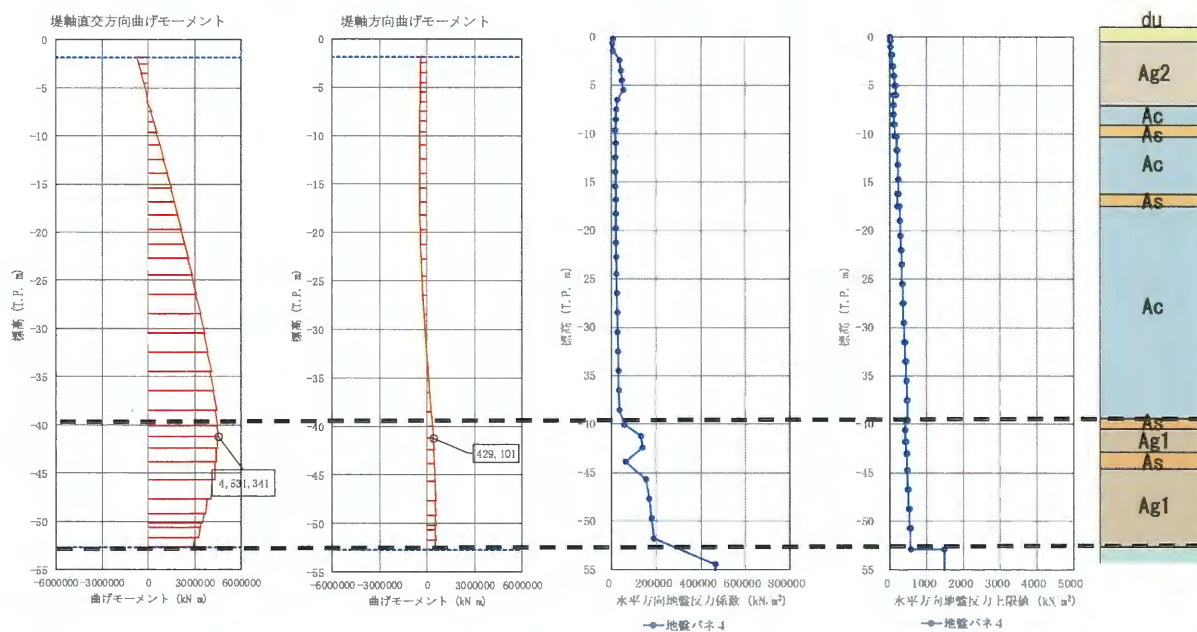


図 4.2-70 北基礎における曲げモーメント，地盤剛性（地盤反力係数）及び地盤強度（地盤反力上限値）の深度分布

(b) せん断力に対する評価結果

重畳時（敷地に遡上する津波）においては、3次元静的フレーム解析によって得られるせん断力を抽出する。中実鉄筋コンクリートのせん断力に対する照査は、鉄筋コンクリートの発生せん断力がコンクリートの短期許容せん断力（ $V_{c,a}$ ）と斜め引張鉄筋の短期許容せん断力（ $V_{s,a}$ ）を合わせた短期許容せん断力（ V_a ）以下であることを確認する。

中実鉄筋コンクリートは、部材の断面力及び応力度の発生状況に基づき、鉄筋仕様の異なる5種類の部材により構成する。部材の構成は、図 4.2-71 に示す。とおり北基礎が1種類、南基礎が4種類（上部、中央（上）、中央（下）及び下部）である。したがって、中実鉄筋コンクリートのせん断力に対する評価は、上記の5種類の部材に対して行う。

せん断力に対する照査結果を表 4.2-22 に示す。表 4.2-22 に示す照査結果では、5種類の部材に対して3種類の地盤バネ条件（地盤バネ3、地盤バネ4及び地盤バネ5）のうち照査値が最大になるものに○印を付し、○印を付した照査値に対応する断面力分布を図 4.2-72～図 4.2-81 に示す。

中実鉄筋コンクリートにおける許容応力度法による照査を行った結果、評価位置における鉄筋コンクリートの発生せん断力が短期許容せん断力（ V_a ）以下であることを確認した。なお、せん断力に対する最大照査値は0.97であり、地盤バネ4の南基礎下部の①-③断面の照査値である。これらの照査値は、表 4.2-1～表 4.2-4 に示す評価結果総括表のとおり工認設計モデルの照査値（せん断力に対する最大照査値0.87）よりも大きく、地中連続壁部に発生する断面力を中実鉄筋コンクリートに負担させることで保守的な評価結果になることを確認した。

以上のことから、地中連続壁部の残置を考慮しても中実鉄筋コンクリートの構造部材の発生せん断力が許容限界以下であることを確認した。

なお、中実鉄筋コンクリートのせん断力に対する最大照査値は、上記のとおり南基礎の方が大きく発生する。このような結果となるのは、図 4.2-82 に示すとおり南基礎周辺の地盤剛性（地盤反力係数）及び地盤強度（地盤反力上限値）が、Km層（岩盤）上面を境界に浅部と深部で著しく異なるためである。Km層上面以深は地盤剛性、強度ともに大きいため、地盤による拘束が強い。その一方でKm層上面以浅は地盤剛性、強度ともに小さいため、ほとんど地盤反力が得られない。この地盤条件の下で、重畳時の荷重が作用すると、中実鉄筋コンクリートではKm層上面を境界として浅部及び深部に向かってせん断力が急激に増加し、せん断力に対する評価結果が厳しいものとなる。一方、北基礎においては、図 4.2-83 に示すとおり南基礎のような地盤剛性及び地盤強度の深度方向における急激な変化がないため、南基礎に比較してせん断力に対する評価結果は厳しくならない。

平面図



側面図

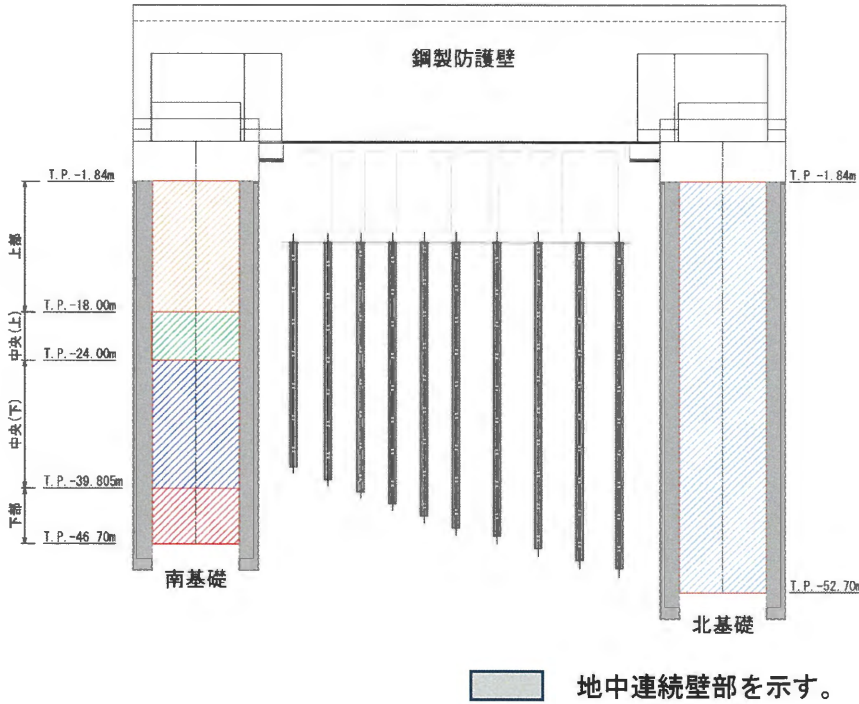


図 4.2-71 評価位置図（中実鉄筋コンクリート）
（図 4.2-58 の再掲）

表 4.2-22 セン断力に対する照査（重疊時：敷地に遡上する津波）

地盤パネ のケース	評価位置		断面性状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V (kN)	短期許容 せん断力 V _a (kN)	照査値 V/V _a	断面力図	
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)						
地盤パネ 3	北基礎		②－②断面	10700	10700	10050	D29-14本@150 SD390	197607	229529	0.87	○
			①－①断面	10700	10700	10050	D29-14本@150 SD390	85439	229529	0.38	—
	南基礎	上部	③－③断面	10700	10700	9976	D29-16本@150 SD390	213836	253101	0.85	—
			①－①断面	10700	10700	9976	D29-18本@150 SD390	126224	278357	0.46	—
		中央(上)	③－③断面	10700	10700	9759	D29-16本@150 SD390	211555	247591	0.86	—
			①－①断面	10700	10700	9759	D29-20本@150 SD390	138196	297004	0.47	—
		中央(下)	③－③断面	10700	10700	9262	D29-18本@150 SD390	191160	258434	0.74	—
			①－①断面	10700	10700	9262	D29-22本@150 SD390	136971	305331	0.45	—
		下部	③－③断面	10700	10700	9759	D29-14本@150 SD390	201353	222885	0.91	—
			①－①断面	10700	10700	9759	D29-14本@150 SD390	90458	222885	0.41	—
地盤パネ 4	北基礎		②－②断面	10700	10700	10050	D29-14本@150 SD390	186594	229529	0.82	—
			①－①断面	10700	10700	10050	D29-14本@150 SD390	150520	229529	0.66	—
	南基礎	上部	③－③断面	10700	10700	9976	D29-16本@150 SD390	220389	253101	0.88	○
			①－①断面	10700	10700	9976	D29-18本@150 SD390	167682	278357	0.61	○
		中央(上)	③－③断面	10700	10700	9759	D29-16本@150 SD390	222805	247591	0.90	○
			①－①断面	10700	10700	9759	D29-20本@150 SD390	186589	297004	0.63	—
		中央(下)	③－③断面	10700	10700	9262	D29-18本@150 SD390	219503	258434	0.85	○
			①－①断面	10700	10700	9262	D29-22本@150 SD390	197771	305331	0.62	—
		下部	③－③断面	10700	10700	9759	D29-14本@150 SD390	214281	222885	0.97	○
			①－①断面	10700	10700	9759	D29-14本@150 SD390	135945	222885	0.61	○
地盤パネ 5	北基礎		②－②断面	10700	10700	10050	D29-14本@150 SD390	185909	229529	0.81	—
			①－①断面	10700	10700	10050	D29-14本@150 SD390	159016	229529	0.70	○
	南基礎	上部	③－③断面	10700	10700	9976	D29-16本@150 SD390	213758	253101	0.85	—
			①－①断面	10700	10700	9976	D29-18本@150 SD390	162197	278357	0.59	—
		中央(上)	③－③断面	10700	10700	9759	D29-16本@150 SD390	215550	247591	0.88	—
			①－①断面	10700	10700	9759	D29-20本@150 SD390	193316	297004	0.66	○
		中央(下)	③－③断面	10700	10700	9262	D29-18本@150 SD390	216803	258434	0.84	—
			①－①断面	10700	10700	9262	D29-22本@150 SD390	199903	305331	0.66	○
		下部	③－③断面	10700	10700	9759	D29-14本@150 SD390	176282	222885	0.80	—
			①－①断面	10700	10700	9759	D29-14本@150 SD390	107330	222885	0.49	—

注記 鉄筋仕様の表記について一例を示す。D29-14 本@150 は、中実鉄筋コンクリートのせん断補強鉄筋の仕様であり、公称直径 28.6 mm の異形棒鋼 D29 を同一水平面に 14 本配置し、鉛直方向の鉄筋間隔 150 mm で配置することを示す。せん断補強鉄筋の材質は SD390 である。他の鉄筋仕様の表記についても同様で本数のみが異なる。

評価位置は図 4.2-11 に示す。

赤線枠内は最大照査値を示す。赤線枠内に示す最大照査値の組合せケースは、堤軸方向：南向き 0.4 倍、堤軸直交方向：西向き 1.0 倍、鉛直方向：上向き 0.4 倍である。堤軸直交方向の組合せ係数が西向き 1.0 倍の場合に、堤軸直交方向の慣性力、動水圧及び応答変位と津波荷重の合力が最大になるため、この荷重による堤軸直交方向のせん断力も最大になる。このため、中実鉄筋コンクリートのせん断力に対する照査については、この組合せケースにおいて、堤軸直交方向のせん断力に対する照査値が最大になる。

北基礎

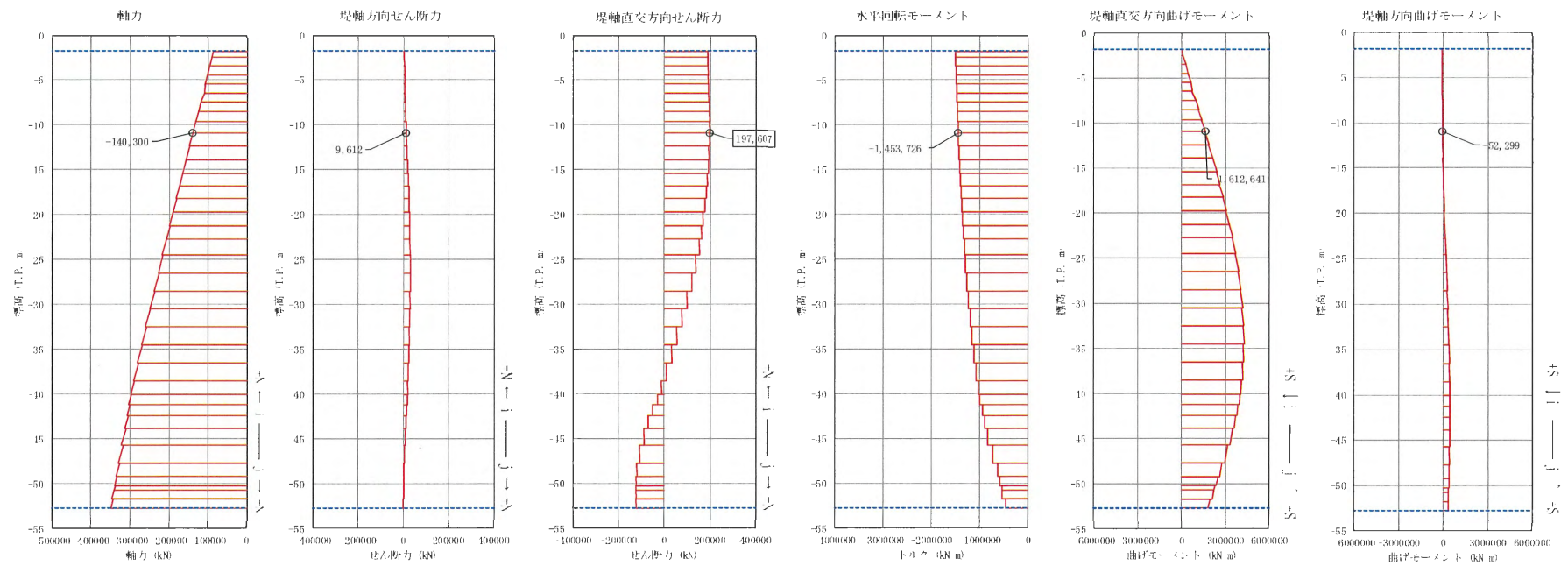


図 4.2-72 中実鉄筋コンクリートにおいてせん断力照査結果が最も厳しい断面力図

②-②断面 (重畳時：敷地に遡上する津波，北基礎，地盤バネ3)

南基礎

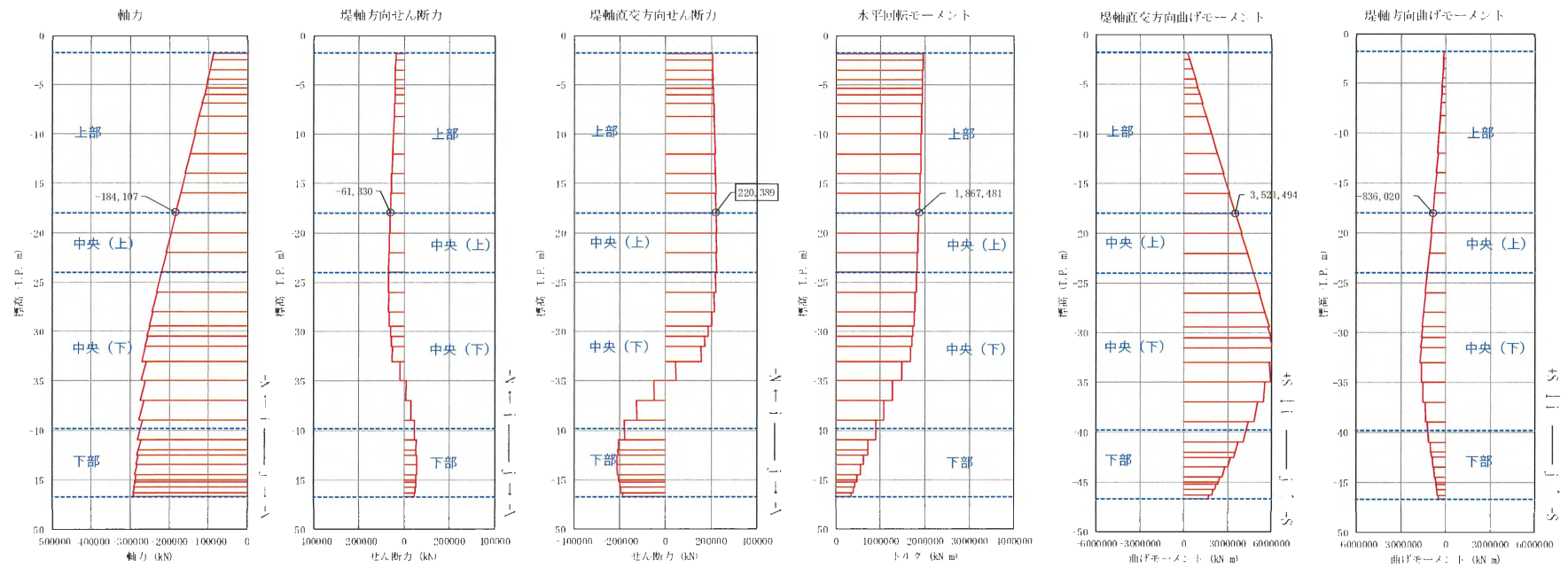


図 4.2-73 中実鉄筋コンクリートにおいてせん断力照査結果が最も厳しい断面力図

③ー③断面（重畳時：敷地に遡上する津波，南基礎 上部，地盤バネ4）

南基礎

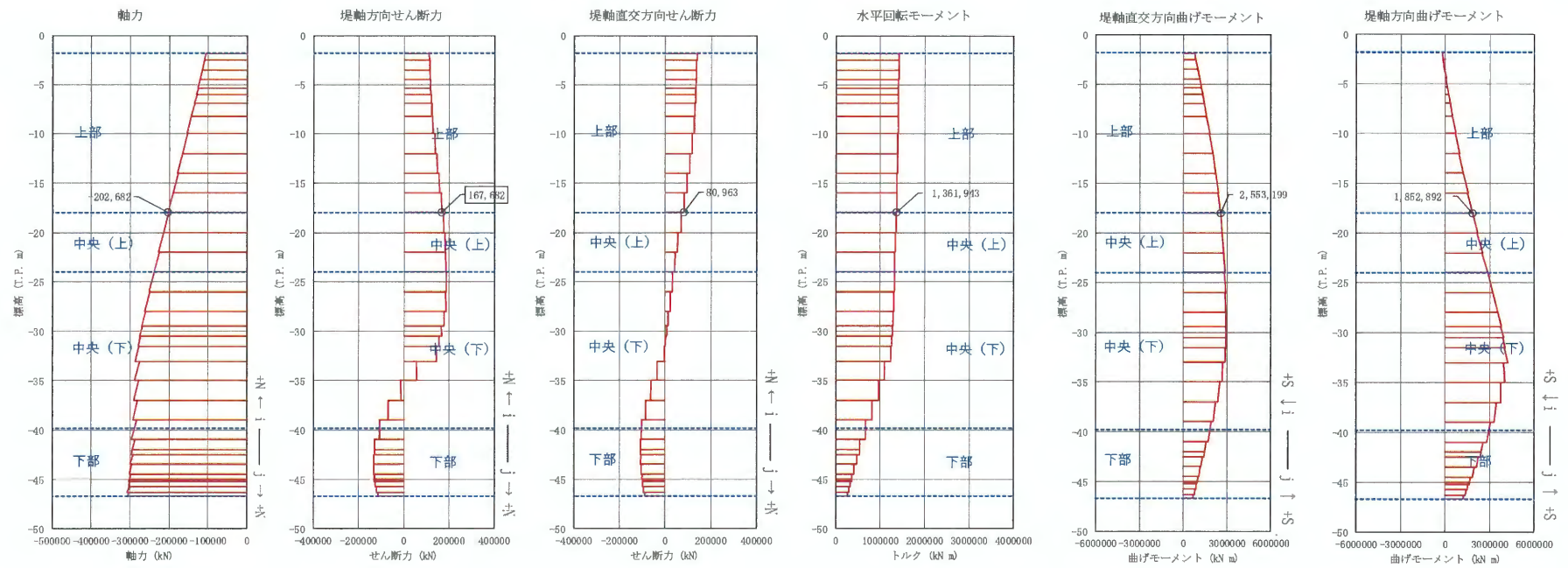


図 4.2-74 中実鉄筋コンクリートにおいてせん断力照査結果が最も厳しい断面力図

①-①断面（重疊時：敷地に遡上する津波，南基礎 上部，地盤バネ4）

南基礎

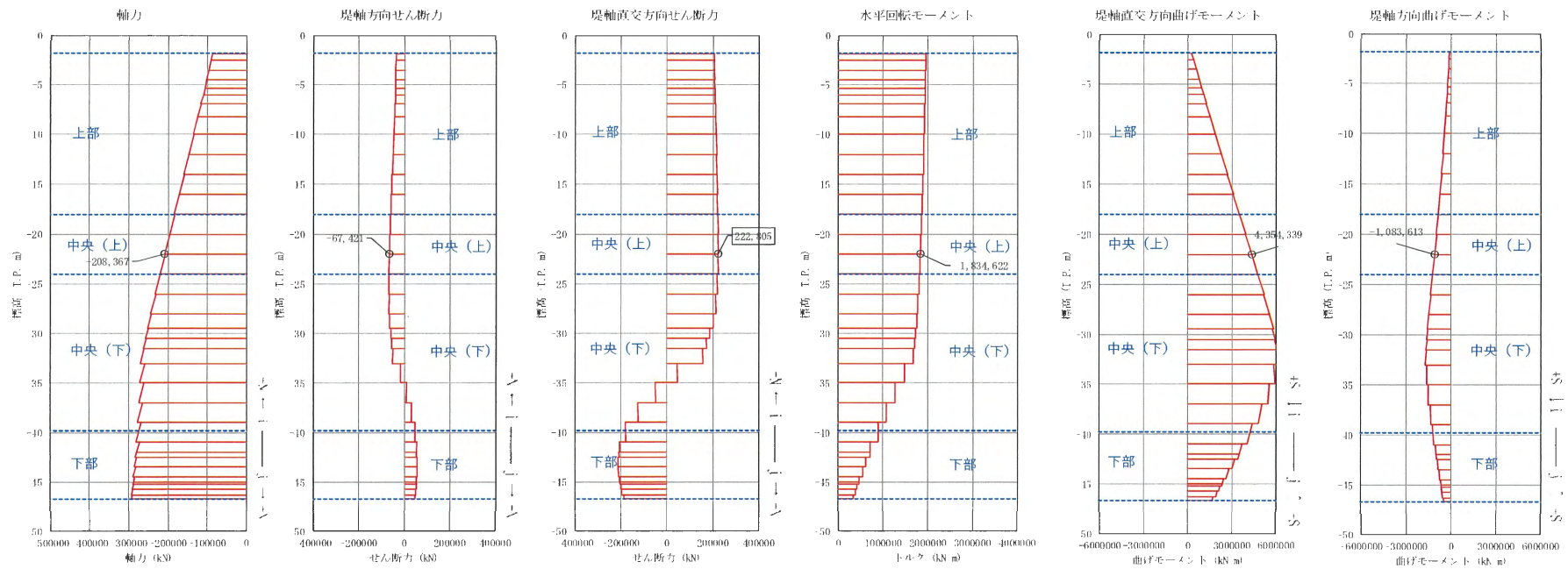


図 4.2-75 中実鉄筋コンクリートにおいてせん断力照査結果が最も厳しい断面力図

③ー③断面（重畳時：敷地に遡上する津波，南基礎 中央（上），地盤バネ4）

南基礎

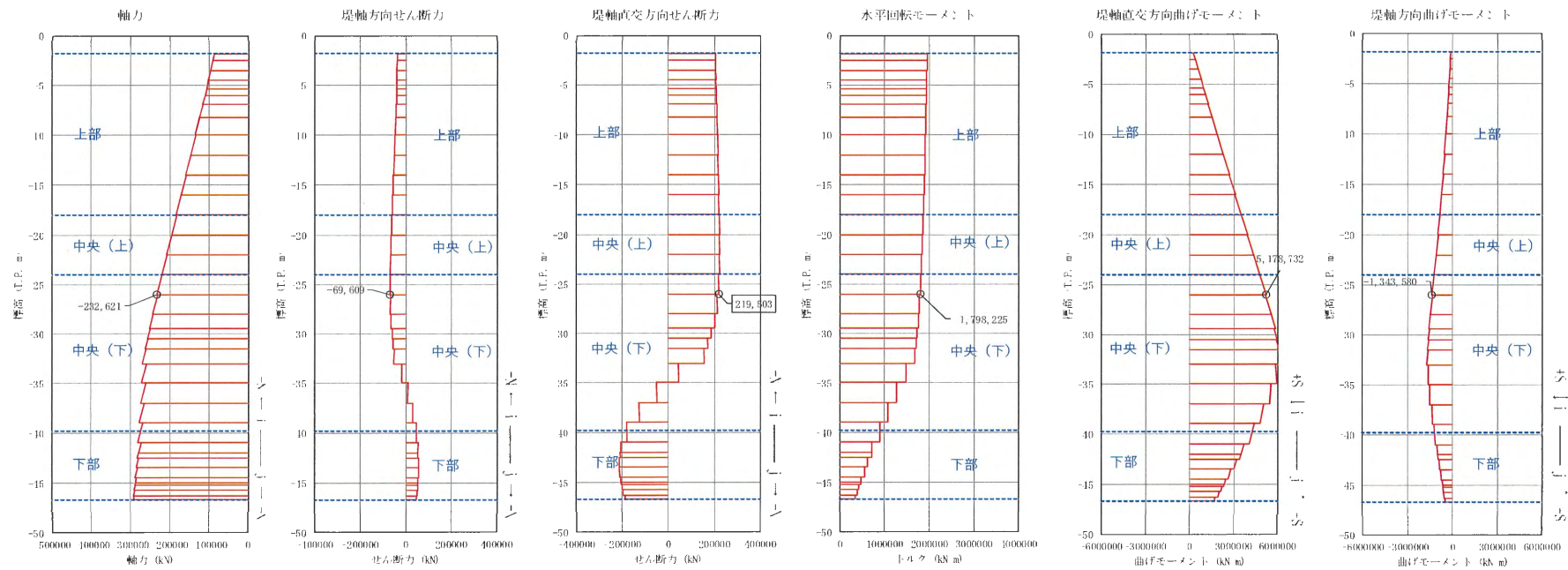


図 4.2-76 中実鉄筋コンクリートにおいてせん断力照査結果が最も厳しい断面力図
③-③断面 (重畳時: 敷地に遡上する津波, 南基礎 中央 (下), 地盤バネ4)

南基礎

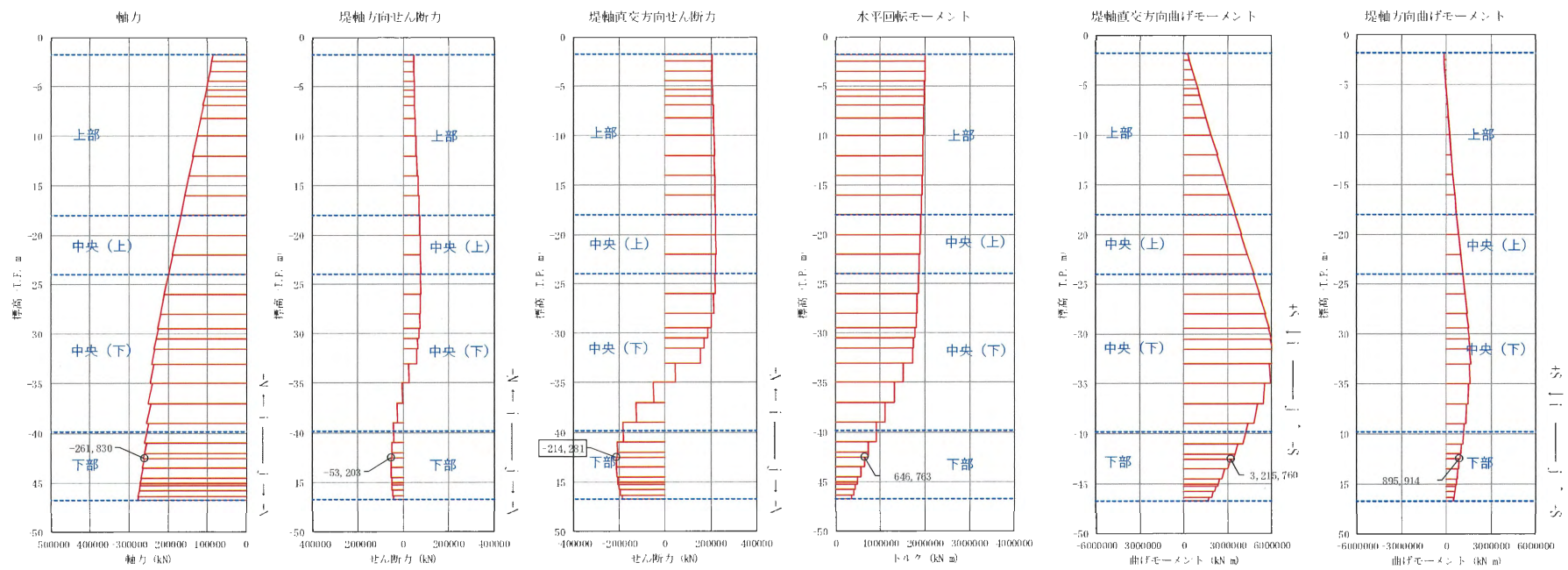


図 4.2-77 中実鉄筋コンクリートにおいてせん断力照査結果が最も厳しい断面力図

③ー③断面（重疊時：敷地に遡上する津波，南基礎 下部，地盤バネ4）

南基礎

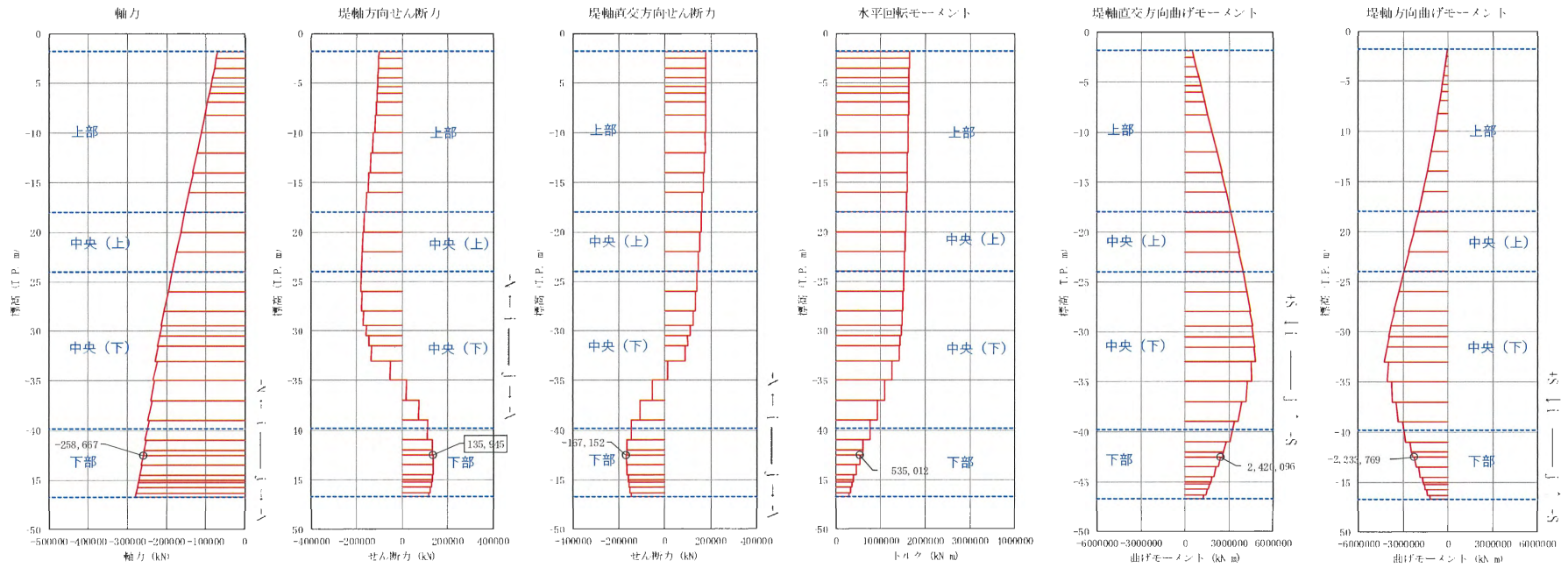


図 4.2-78 中実鉄筋コンクリートにおいてせん断力照査結果が最も厳しい断面力図

①-①断面（重畳時：敷地に遡上する津波，南基礎 下部，地盤バネ4）

北基礎

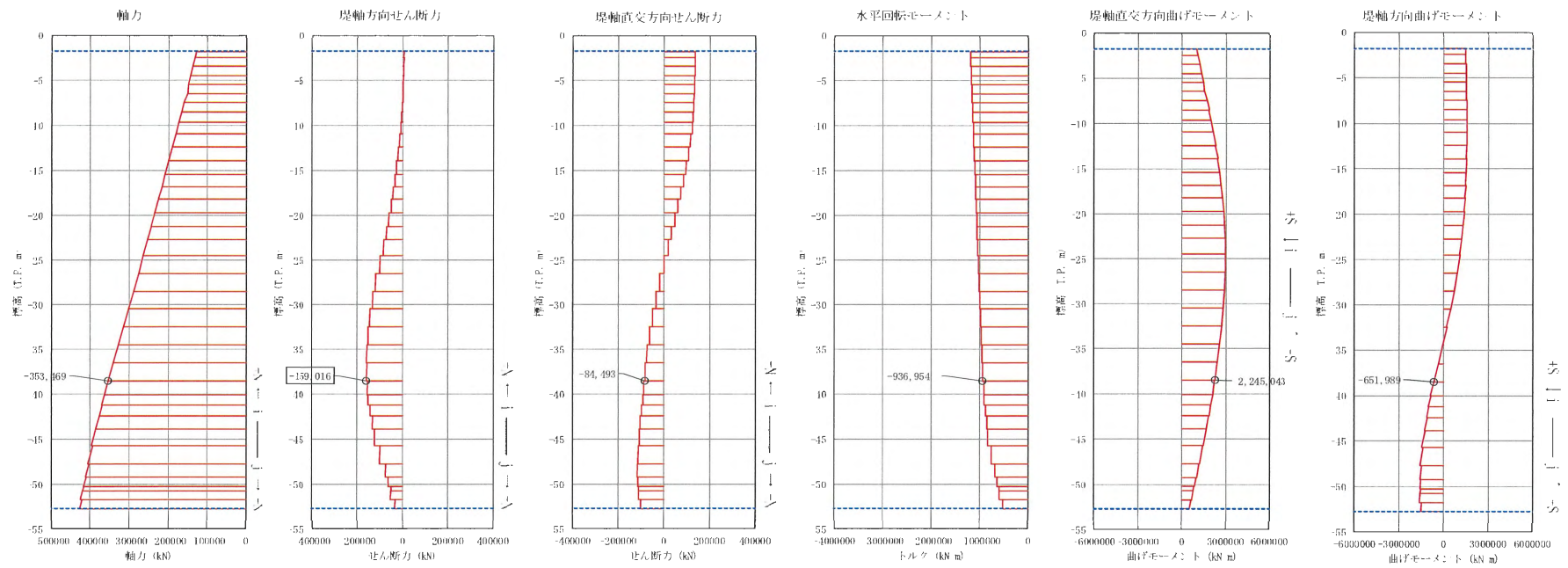


図 4.2-79 中実鉄筋コンクリートにおいてせん断力照査結果が最も厳しい断面力図

①-①断面（重畳時：敷地に遡上する津波，北基礎，地盤バネ 5）

南基礎

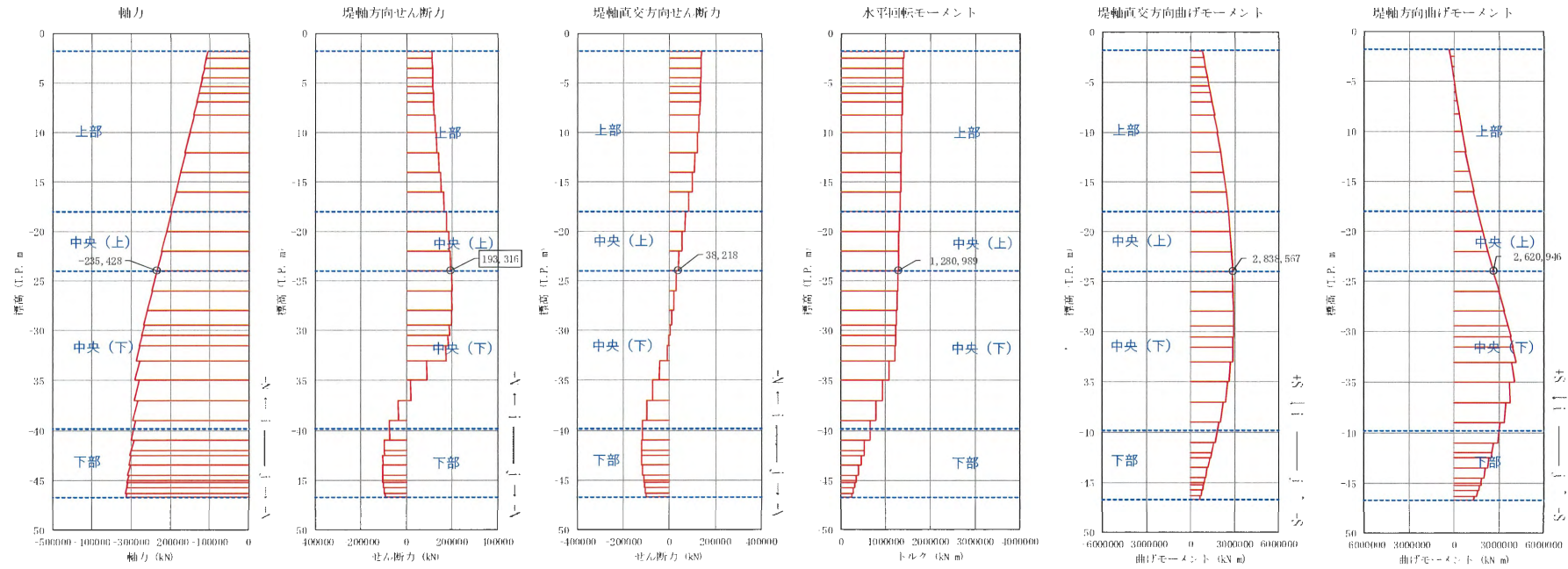


図 4.2-80 中実鉄筋コンクリートにおいてせん断力照査結果が最も厳しい断面力図
①-①断面（重畳時：敷地に遡上する津波，南基礎 中央（上），地盤バネ5）

南基礎

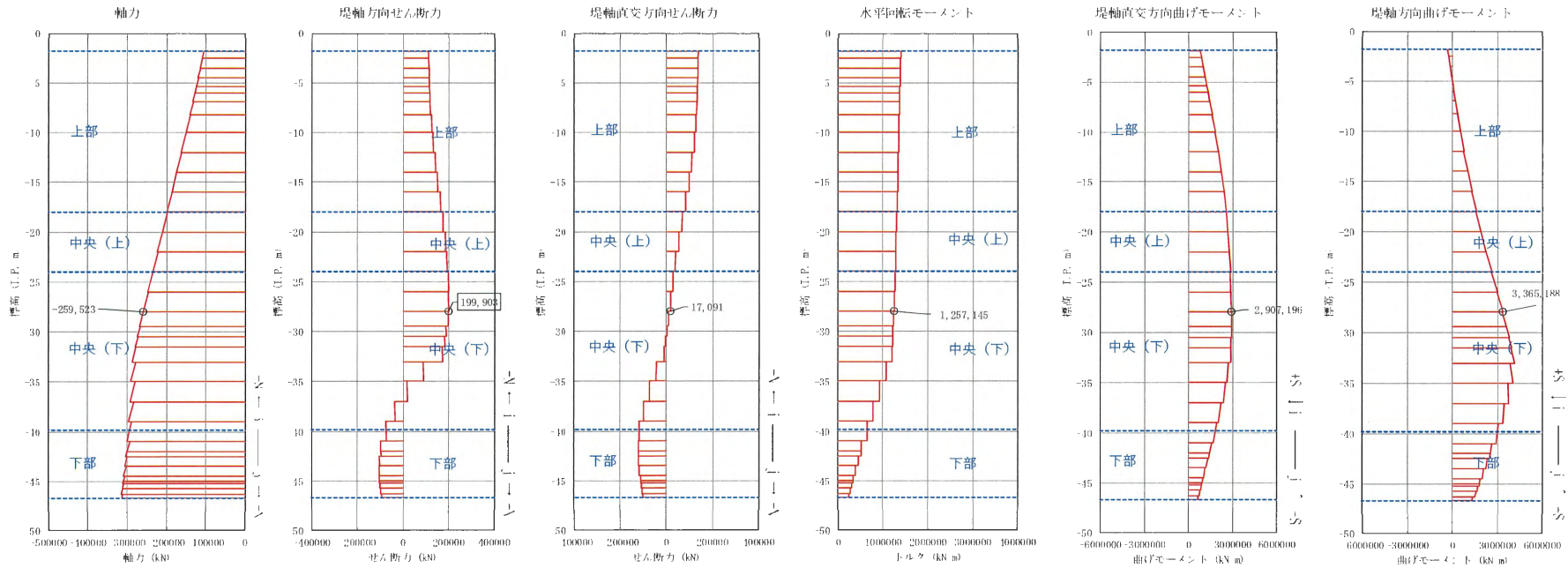


図 4.2-81 中実鉄筋コンクリートにおいてせん断力照査結果が最も厳しい断面力図

①-①断面（重畳時：敷地に遡上する津波，南基礎 中央（下），地盤バネ5）

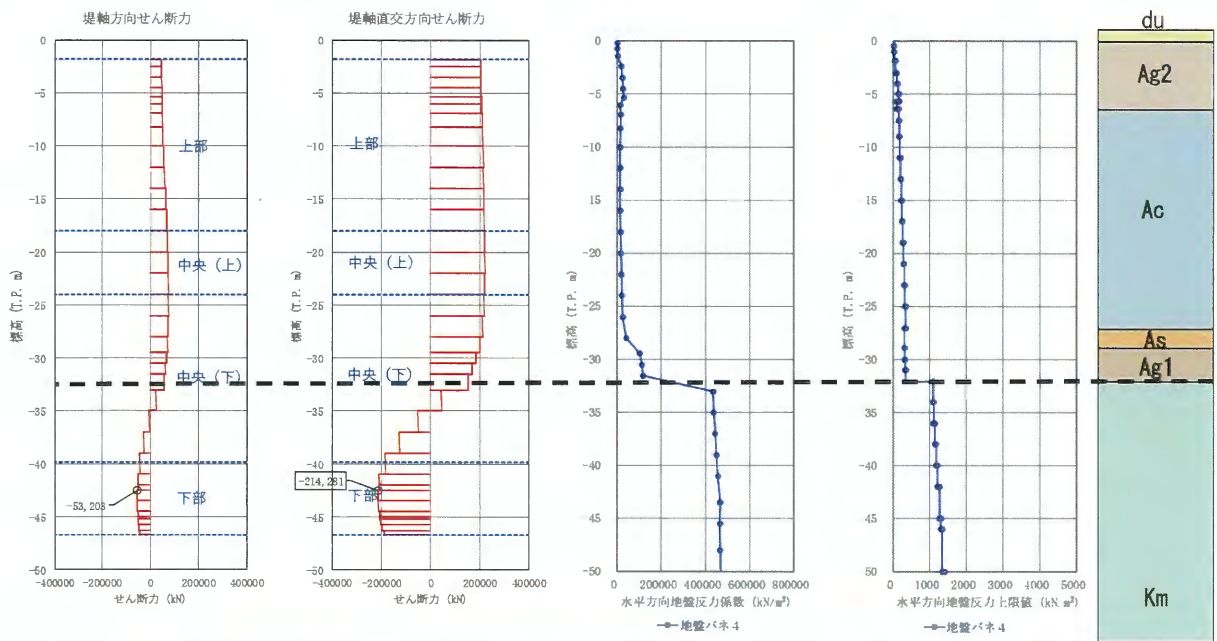


図 4.2-82 南基礎におけるせん断力，地盤剛性（地盤反力係数）及び地盤強度（地盤反力上限値）の深度分布

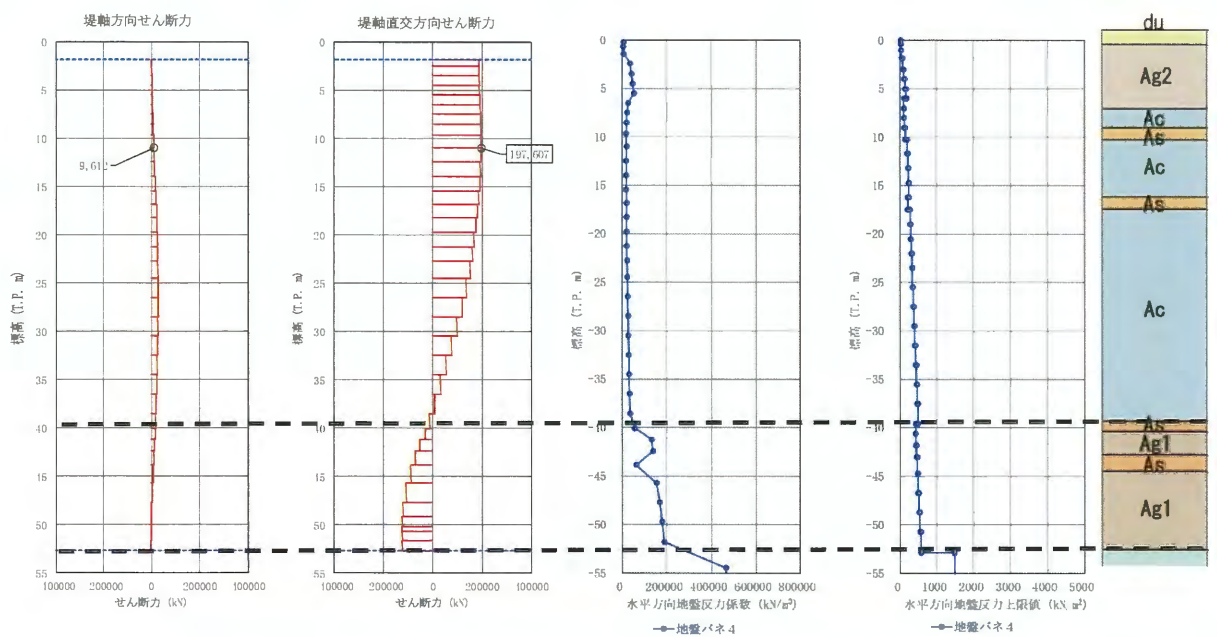


図 4.2-83 北基礎におけるせん断力，地盤剛性（地盤反力係数）及び地盤強度（地盤反力上限値）の深度分布

b. 鋼管杭

(a) 曲げ軸力に対する評価結果

重畳時（敷地に遡上する津波）においては、3次元静的フレーム解析によって得られる曲げ軸力により鋼管杭に発生する応力度を算出する。鋼管杭の曲げ軸力に対する照査は、鋼管杭に発生する圧縮応力度及び引張応力度が許容限界以下であることを確認する。

曲げ軸力評価に対する評価は、図 4.2-84 に示す評価位置図の鋼管杭に対して行う。同図に示す鋼管杭の名称は、以下のルールに従う。最初のアλファベットは、Nが北基礎の鋼管杭であり、Sが南基礎の鋼管杭であることを示す。2番目のアλファベットは、Eが東側の鋼管杭であり、Wが西側の鋼管杭であることを示す。末尾の数字は、南端の鋼管杭を1として北に向かって昇順で設定し、北端の鋼管杭を6とする。

鋼管杭の曲げ軸力に対する照査結果を表 4.2-23 に示す。表 4.2-23 に示す照査結果では、北基礎及び南基礎において照査値が最大になるものに○印を付し、○印を付した照査値に対応する断面力分布を図 4.2-85 及び図 4.2-86 に示す。

鋼管杭における許容応力度法による照査を行った結果、評価位置において鋼管杭の曲げ圧縮応力度と曲げ引張応力度が許容限界以下であることを確認した。なお、鋼管杭の圧縮応力度に対する最大照査値は0.56、引張応力度に対する最大照査値は0.66であり、ともに地盤バネ5の照査値である。発生位置は、圧縮応力度が北基礎のNW6鋼管杭であり、引張応力度が北基礎のNE1鋼管杭である。表 4.2-1～表 4.2-4 に示す評価結果総括表から、引張応力度に対する最大照査値0.66は、工認設計モデルの最大照査値0.91よりも小さい。これは、残置する地中連続壁部を考慮することで、地中連続壁部及び中実鉄筋コンクリートの荷重負担率が増加することになり、巻立て鉄筋コンクリート及び鋼管杭の荷重負担が、工認設計モデルよりも軽減されたためである。したがって、鋼管杭の曲げ軸力に対する照査は、工認設計モデルの方が保守的な評価結果になることを確認した。

以上のことから、地中連続壁部の残置を考慮しても鋼管杭の構造部材の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

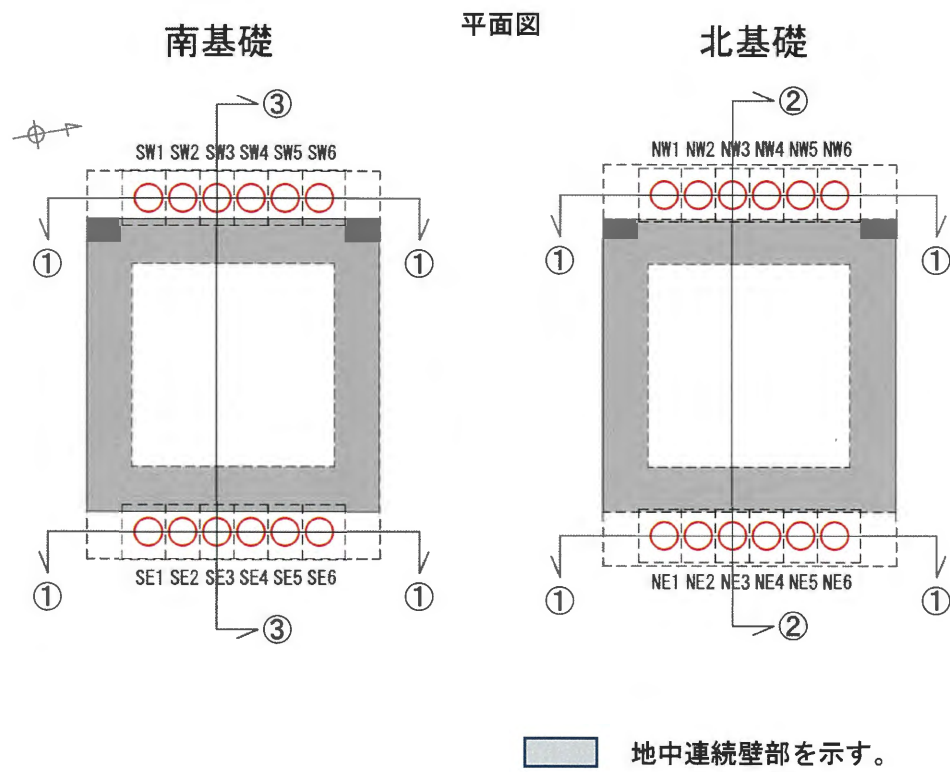


図 4.2-84 評価位置図 (鋼管杭)

表 4.2-23 曲げ軸力に対する照査結果（重畳時：敷地に遡上する津波）

地盤パネ のケース	評価位置				鋼管杭仕様			発生断面力		発生 応力度	短期許容 応力度	照査値	断面力図
					材質	外径 φ (mm)	肉厚 t (mm)	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	σ_s (N/mm ²)	σ_{sa} (N/mm ²)	σ_s / σ_{sa}	
地盤 パネ 3	北基礎	圧縮 応力度	NW1	②－②断面	SBHS500	1500	50	-4896	-26122	189.2	500	0.38	—
				①－①断面	SBHS500	1500	50	2767					
		引張 応力度	NE1	②－②断面	SBHS500	1500	50	-2284	19160	184.4	500	0.37	—
				①－①断面	SBHS500	1500	50	-7349					
	南基礎	圧縮 応力度	SW6	③－③断面	SBHS500	1500	50	-3884	-24697	171.2	500	0.35	—
				①－①断面	SBHS500	1500	50	-2715					
		引張 応力度	SE6	③－③断面	SBHS500	1500	50	-2276	19577	192.4	500	0.39	—
				①－①断面	SBHS500	1500	50	7860					
地盤 パネ 4	北基礎	圧縮 応力度	NW6	②－②断面	SBHS500	1500	50	-3089	-15710	267.7	500	0.54	—
				①－①断面	SBHS500	1500	50	15084					
		引張 応力度	NE1	②－②断面	SBHS500	1500	50	-2624	24427	304.0	500	0.61	—
				①－①断面	SBHS500	1500	50	-14943					
	南基礎	圧縮 応力度	SW6	③－③断面	SBHS500	1500	50	-3632	-26213	196.0	500	0.40	—
				①－①断面	SBHS500	1500	50	-4942					
		引張 応力度	SE6	③－③断面	SBHS500	1500	50	-2338	23030	232.6	500	0.47	—
				①－①断面	SBHS500	1500	50	9836					
地盤 パネ 5	北基礎	圧縮 応力度	NW6	②－②断面	SBHS500	1500	50	-2478	-15010	275.3	500	0.56	—
				①－①断面	SBHS500	1500	50	16041					
		引張 応力度	NE1	②－②断面	SBHS500	1500	50	-3163	26732	327.6	500	0.66	○
				①－①断面	SBHS500	1500	50	-15903					
	南基礎	圧縮 応力度	SW6	③－③断面	SBHS500	1500	50	-3460	-28208	220.0	500	0.44	—
				①－①断面	SBHS500	1500	50	-6427					
		引張 応力度	SE6	③－③断面	SBHS500	1500	50	-2815	25215	257.5	500	0.52	○
				①－①断面	SBHS500	1500	50	10952					

注記 評価位置は図 4.2-84 に示す。

赤線枠内は最大照査値を示す。赤線枠内に示す最大照査値の組合せケースは、堤軸方向：北向き 1.0 倍、堤軸直交方向：西向き 0.4 倍、鉛直方向：上向き 0.4 倍である。東側の鋼管杭は中実鉄筋コンクリートの背面側になるため、津波荷重等の堤軸直交方向の荷重が作用しても地盤反力が小さく、堤軸直交方向の曲げモーメントが小さくなる。堤軸方向の組合せ係数は北向き 1.0 倍であるため、堤軸方向の慣性力及び応答変位が最大になり、堤軸方向の曲げモーメントが大きくなる。さらに、鉛直方向の組合せ係数が上向き 0.4 倍であるため軸引張力が増加する。以上のことから、この組合せケースにおいて鋼管杭の引張応力度の最大照査値が発生する。

北基礎

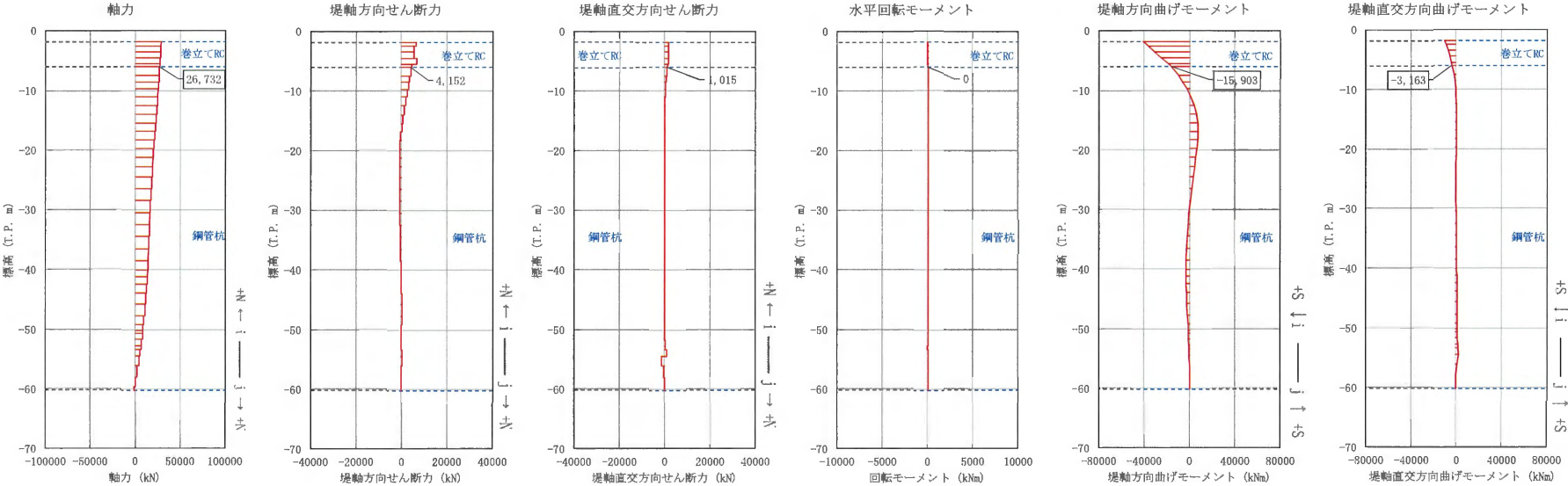


図 4.2-85 鋼管杭において曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力図

①-①断面, ②-②断面, (重疊時: 敷地に遡上する津波, 北基礎, 地盤バネ5)

南基礎

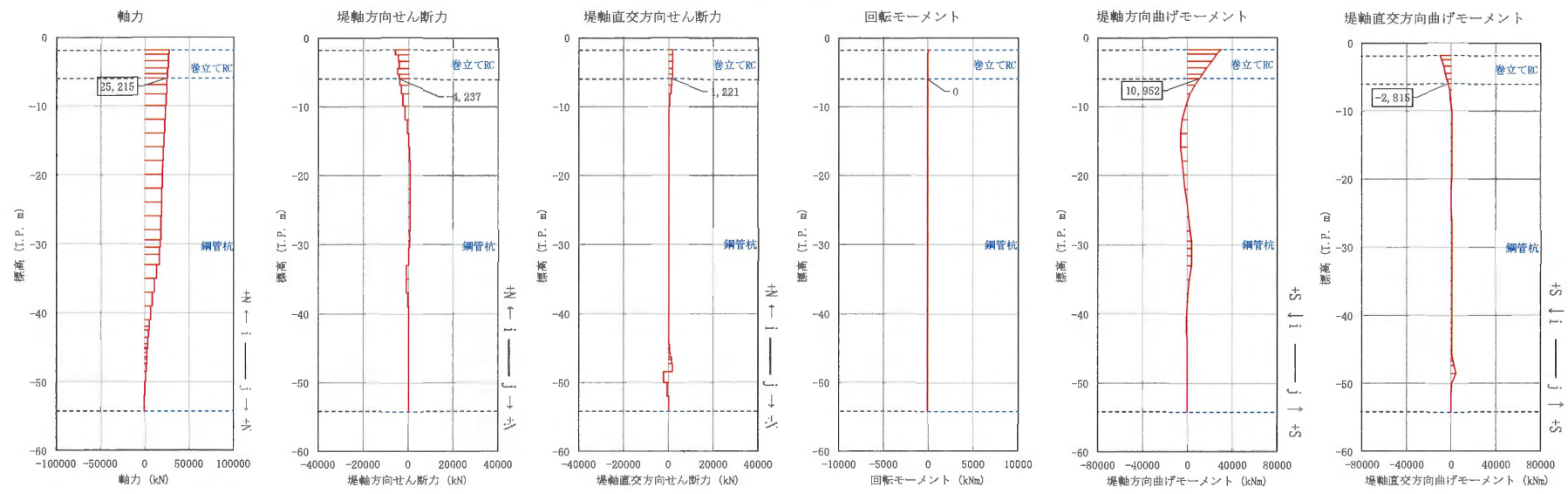


図 4.2-86 鋼管杭において曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力図
①-①断面, ③-③断面, (重畳時: 敷地に遡上する津波, 南基礎, 地盤バネ 5)

(b) せん断力に対する評価結果

重畳時（敷地に遡上する津波）においては、3次元静的フレーム解析によって得られるせん断力により鋼管杭に発生する応力度を算出する。鋼管杭のせん断力に対する照査は、鋼管杭の発生せん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

せん断力に対する評価は、図 4.2-87 に示す評価位置図の鋼管杭に対して行う。同図に示す鋼管杭の名称は、曲げ軸力に対する評価において示したものと同様である。

せん断力に対する照査結果を表 4.2-24 に示す。表 4.2-24 に示す照査結果では、北基礎及び南基礎において照査値が最大になるものに○印を付し、○印を付した照査値に対応する断面力分布を図 4.2-88～図 4.2-91 に示す。

鋼管杭における許容応力度法による照査を行った結果、評価位置における鋼管杭の発生せん断応力度が短期許容せん断応力度以下であることを確認した。なお、鋼管杭のせん断力に対する最大照査値は 0.15 であり、地盤バネ 4 の南基礎の S E 1 鋼管杭の③-③断面の照査値である。表 4.2-1～表 4.2-4 に示す評価結果総括表から、最大照査値 0.15 は、工認設計モデルの最大照査値 0.16 よりも小さい。これは、残置する地中連続壁部を考慮することで、地中連続壁部及び中実鉄筋コンクリートの荷重負担率が増加することになり、巻立て鉄筋コンクリート及び鋼管杭の荷重負担が、工認設計モデルよりも軽減されるためである。したがって、鋼管杭のせん断力に対する照査は、工認設計モデルの方が保守的な評価結果になることを確認した。

以上のことから、地中連続壁部の残置を考慮しても鋼管杭の構造部材の発生せん断応力度が許容限界以下であることを確認した。

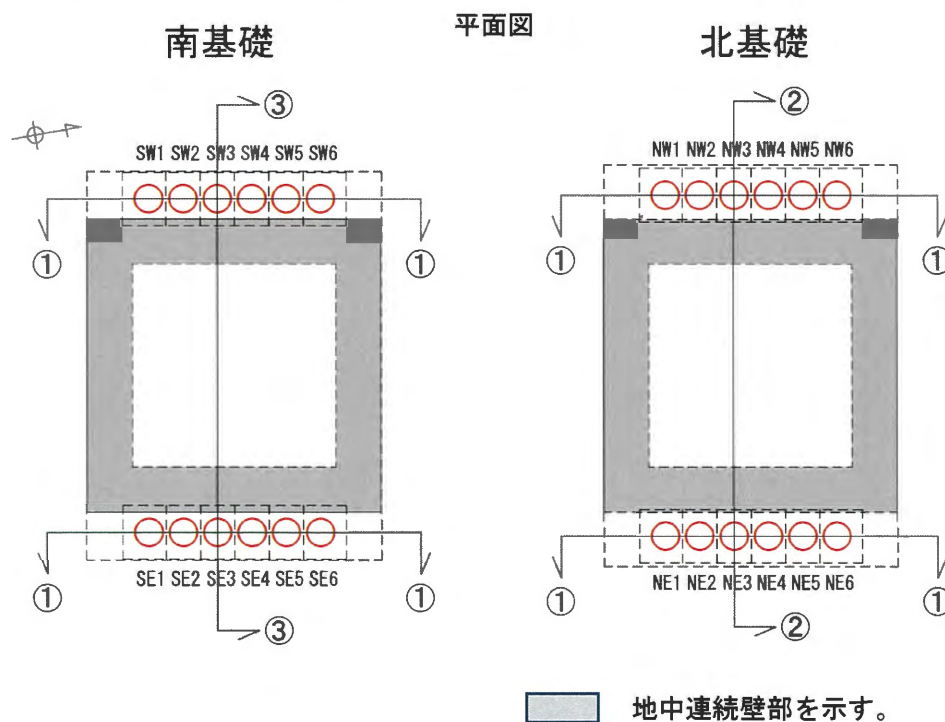


図 4.2-87 評価位置図（鋼管杭）

（図 4.2-84 の再掲）

表 4.2-24 せん断力に対する照査結果（重畳時：敷地に遡上する津波）

地盤パネ のケース	評価位置				鋼管杭仕様			発生断面力 せん断力 (kN)	発生 応力度 τ (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_a (N/mm ²)	照査値 τ / τ_{sa}	断面力図
					材質	外径 ϕ (mm)	肉厚 t (mm)					
地盤 パネ 3	北基礎	NE6	堤軸直交 方向	②－②断面	SBHS500	1500	50	2998	26.9	285	0.10	—
		NW6	堤軸 方向	①－①断面	SBHS500	1500	50	2817	25.3	285	0.09	—
	南基礎	SE2	堤軸直交 方向	③－③断面	SBHS500	1500	50	4075	36.5	285	0.13	—
		SE6	堤軸 方向	①－①断面	SBHS500	1500	50	3267	29.3	285	0.11	—
地盤 パネ 4	北基礎	NE6	堤軸直交 方向	②－②断面	SBHS500	1500	50	3292	29.5	285	0.11	○
		NW6	堤軸 方向	①－①断面	SBHS500	1500	50	3996	35.8	285	0.13	—
	南基礎	SE1	堤軸直交 方向	③－③断面	SBHS500	1500	50	4481	40.2	285	0.15	○
		SE6	堤軸 方向	①－①断面	SBHS500	1500	50	3626	32.5	285	0.12	—
地盤 パネ 5	北基礎	NE6	堤軸直交 方向	②－②断面	SBHS500	1500	50	3104	27.8	285	0.10	—
		NW6	堤軸 方向	①－①断面	SBHS500	1500	50	4173	37.4	285	0.14	○
	南基礎	SE1	堤軸直交 方向	③－③断面	SBHS500	1500	50	3797	34.0	285	0.12	—
		SE6	堤軸 方向	①－①断面	SBHS500	1500	50	3942	35.3	285	0.13	○

注記 評価位置は図 4.2-87 に示す。

赤線枠内は最大照査値を示す。赤線枠内に示す最大照査値の組合せケースは、堤軸方向：南向き 0.4 倍、堤軸直交方向：西向き 1.0 倍、鉛直方向：上向き 0.4 倍である。堤軸直交方向の組合せ係数が西向き 1.0 倍の場合に、堤軸直交方向の慣性力、動水圧及び応答変位と津波荷重の合力が最大になるため、この荷重による堤軸直交方向のせん断力も最大になる。このため、中実鉄筋コンクリートのせん断力に対する照査については、この組合せケースにおいて、堤軸直交方向のせん断力に対する照査値が最大になる。

北基礎

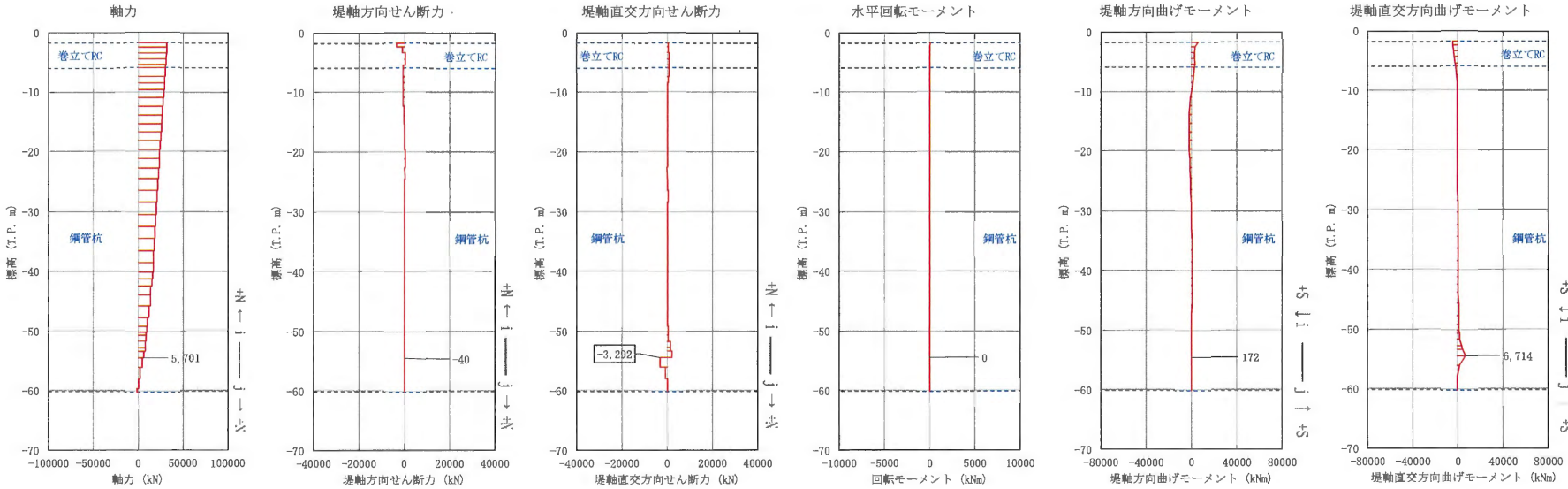


図 4.2-88 鋼管杭においてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力図

②-②断面 (重畳時：敷地に遡上する津波，北基礎，地盤バネ4)

南基礎

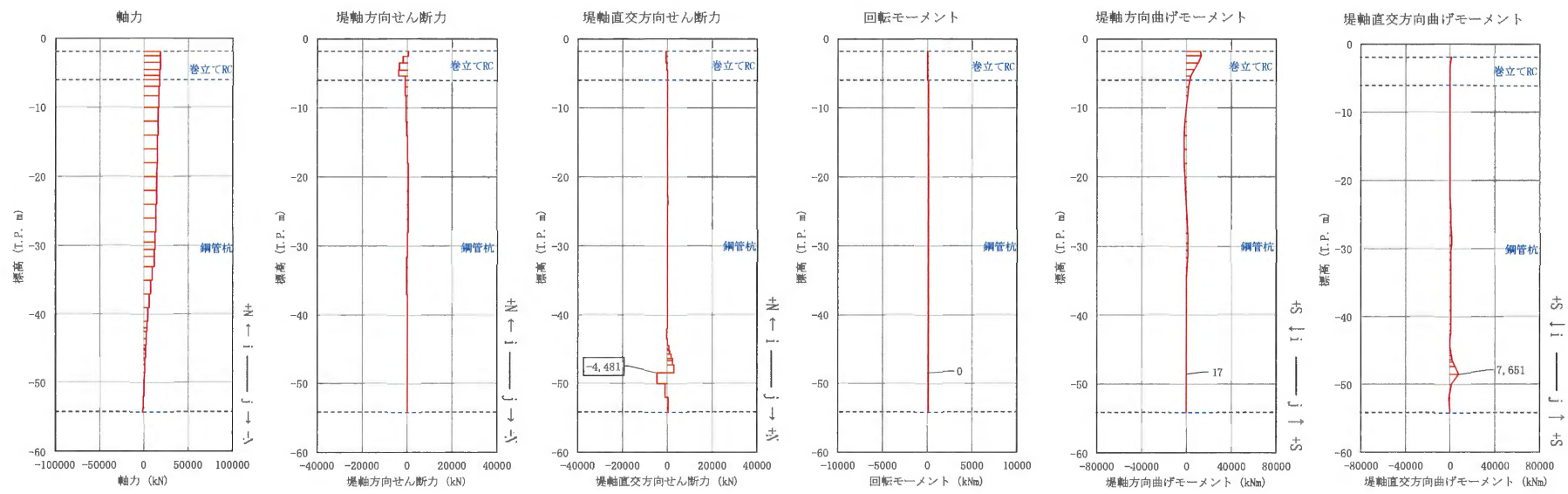


図 4.2-89 鋼管杭においてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力図
③ー③断面（重畳時：敷地に遡上する津波，南基礎，地盤バネ4）

北基礎

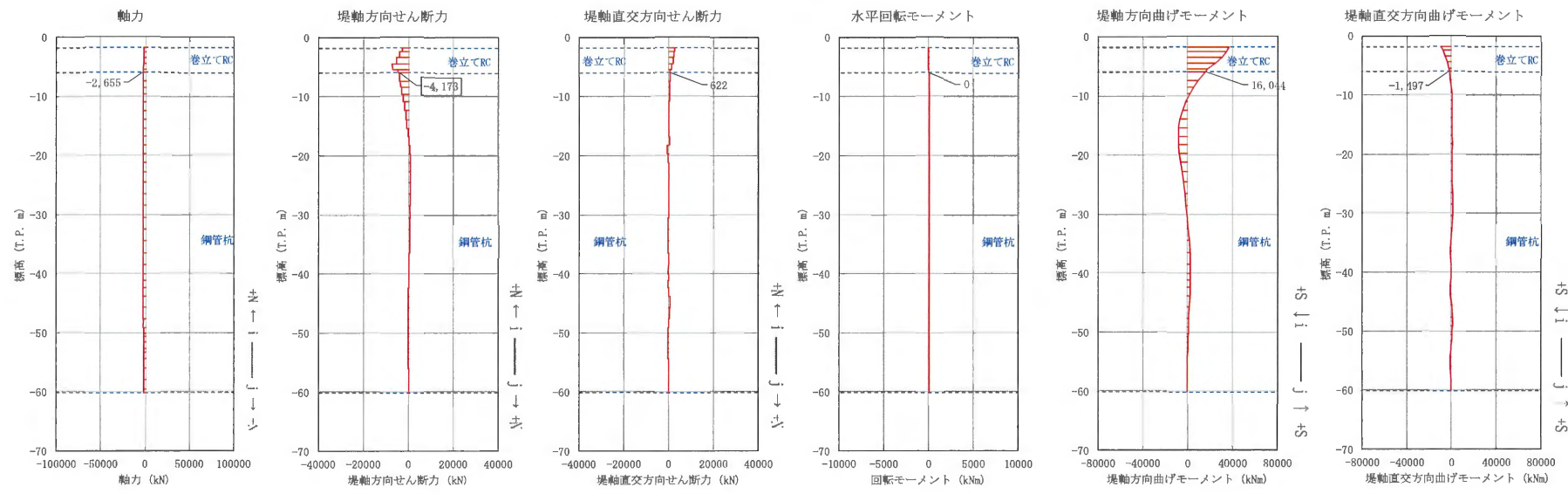


図 4.2-90 鋼管杭においてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力図
①-①断面（重畳時：敷地に遡上する津波，北基礎，地盤バネ5）

南基礎

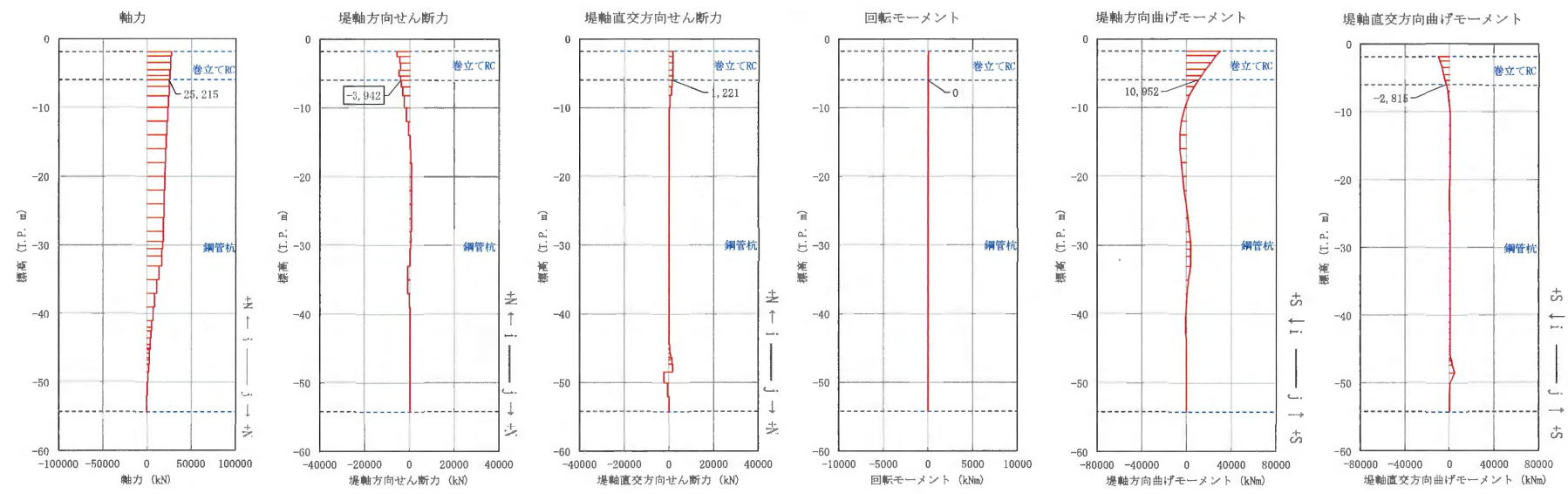


図 4.2-91 鋼管杭においてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力図
①-①断面（重疊時：敷地に遡上する津波，南基礎，地盤バネ5）

c. 巻立て鉄筋コンクリート

(a) 巻立て鉄筋コンクリート

イ. 曲げ軸力に対する評価結果

重畳時（敷地に遡上する津波）においては、3次元静的フレーム解析によって得られる曲げ軸力に対して鉄筋コンクリートと鋼管杭の複合断面で評価する。巻立て鉄筋コンクリートの曲げ軸力に対する照査は、鉄筋コンクリートと鋼管杭での断面力の分担を考慮した発生応力度を算出し、コンクリートの曲げ圧縮応力度と鉄筋の曲げ引張応力度が、それぞれ許容限界以下であることを確認する。

評価位置及び杭記号位置を図 4.2-92 に、巻立て鉄筋コンクリートと鋼管杭の複合断面と照査断面位置を図 4.2-93 に示す。

曲げ軸力評価に対する評価は、図 4.2-92 に示す評価位置図の鋼管杭に対して行う。同図に示す巻立て鉄筋コンクリートの名称は、鋼管杭と同様に以下のルールに従う。最初のアλファベットは、Nが北基礎の巻立て鉄筋コンクリートであり、Sが南基礎の巻立て鉄筋コンクリートであることを示す。2番目のアλファベットは、Eが東側の巻立て鉄筋コンクリートであり、Wが西側の巻立て鉄筋コンクリートであることを示す。末尾の数字は、南端の巻立て鉄筋コンクリートを1として北に向かって昇順で設定し、北端の巻立て鉄筋コンクリートを6とする。また、末尾の番号が1及び6を端部杭、2～5を中間杭として照査結果を区別する。端部杭と中間杭として区別したのは、部材幅が異なるためである。

コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果を表 4.2-25 に、鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果を表 4.2-26 にそれぞれ示す。表 4.2-25 及び表 4.2-26 に示す照査結果では、北基礎及び南基礎において照査値が最大になるものに○印を付し、○印を付した照査値に対応する断面力分布を図 4.2-94 及び図 4.2-95 に示す。

鉄筋コンクリートに分担される発生応力度に対して許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてコンクリートの曲げ圧縮応力度と鉄筋の曲げ引張応力度が許容限界以下であることを確認した。なお、コンクリートの曲げ軸力に対する照査の最大照査値は0.57、鉄筋の曲げ軸力に対する照査の最大照査値は0.51であり、ともに地盤バネ5の北基礎の端部杭NW1の照査値である。表 4.2-1～表 4.2-4 に示す評価結果総括表から、これらの照査値は、工認設計モデルの照査値（コンクリートの曲げ軸力に対する照査の最大照査値0.80、鉄筋の曲げ軸力に対する照査の最大照査値0.63）よりも小さい。これは、残置する地中連続壁部を考慮することで、地中連続壁部及び中実鉄筋コンクリートの荷重負担率が増加することになり、巻立て鉄筋コンクリート及び鋼管杭の荷重負担が、工認設計モデルよりも軽減されるためである。したがって、巻立て鉄筋コンクリートの曲げ軸力に対する照査は、工認設計モデルの方が保守的な評価結果になることを確認した。

以上のことから、地中連続壁部の残置を考慮しても巻立て鉄筋コンクリートの構造部材の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

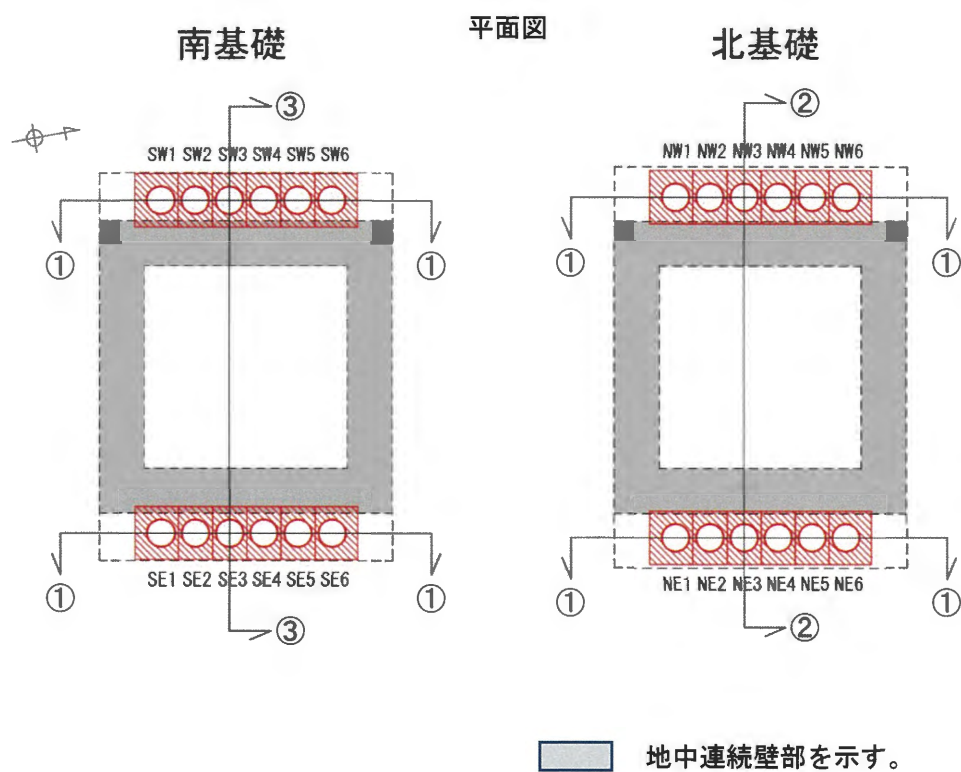


図 4.2-92 評価位置図 (巻立て鉄筋コンクリート)

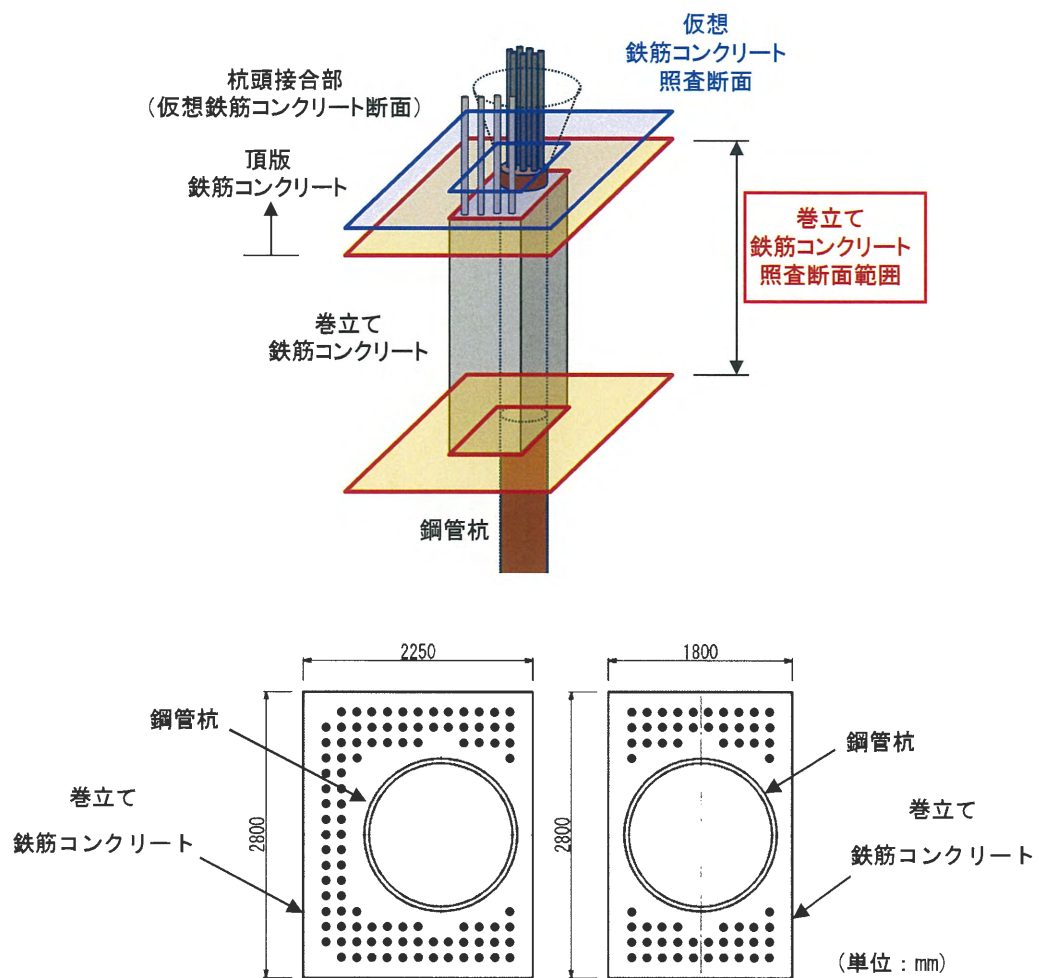


図 4.2-93 巻立て鉄筋コンクリートと鋼管杭の複合断面と照査断面位置

表 4.2-25 コンクリートの曲げ軸力照査結果（重畳時：敷地に遡上する津波）

地盤パネ のケース	評価位置				断面性状			鉄筋仕様	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}	断面力図
					部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)				
地盤 パネ 3	北基礎	端部杭	NW1	②-②断面	2250	2800	2375	D51 ϕ 150 (SD685)	-17229	-23984	12.4	32	0.39	—
				①-①断面	2800	2250	1875	D51 ϕ 150 (SD685)	23074					
		中間杭	NW2	②-②断面	1800	2800	2375	D51 ϕ 150 (SD685)	-13886	-20614	11.1	32	0.35	—
				①-①断面	2800	1800	1275	D51 ϕ 150 (SD685)	11834					
	南基礎	端部杭	SW6	③-③断面	2250	2800	2300	D51 ϕ 150 (SD685)	-13348	-23894	12.0	32	0.38	—
				①-①断面	2800	2250	1875	D51 ϕ 150 (SD685)	-23416					
		中間杭	SW4	③-③断面	1800	2800	2300	D51 ϕ 150 (SD685)	-12595	-18432	10.7	32	0.34	—
				①-①断面	2800	1800	1275	D51 ϕ 150 (SD685)	-11414					
地盤 パネ 4	北基礎	端部杭	NW1	②-②断面	2250	2800	2375	D51 ϕ 150 (SD685)	-18442	-25930	17.3	32	0.54	—
				①-①断面	2800	2250	1875	D51 ϕ 150 (SD685)	37840					
		中間杭	NW2	②-②断面	1800	2800	2375	D51 ϕ 150 (SD685)	-14751	-21959	15.3	32	0.48	—
				①-①断面	2800	1800	1275	D51 ϕ 150 (SD685)	19924					
	南基礎	端部杭	SW6	③-③断面	2250	2800	2300	D51 ϕ 150 (SD685)	-13637	-26839	13.4	32	0.42	—
				①-①断面	2800	2250	1875	D51 ϕ 150 (SD685)	-27278					
		中間杭	SW4	③-③断面	1800	2800	2300	D51 ϕ 150 (SD685)	-12932	-19226	11.7	32	0.37	—
				①-①断面	2800	1800	1275	D51 ϕ 150 (SD685)	-13182					
地盤 パネ 5	北基礎	端部杭	NW1	②-②断面	2250	2800	2375	D51 ϕ 150 (SD685)	-17691	-27386	18.1	32	0.57	○
				①-①断面	2800	2250	1875	D51 ϕ 150 (SD685)	40908					
		中間杭	NW2	②-②断面	1800	2800	2375	D51 ϕ 150 (SD685)	-14135	-22814	15.9	32	0.50	—
				①-①断面	2800	1800	1275	D51 ϕ 150 (SD685)	21511					
	南基礎	端部杭	SW6	③-③断面	2250	2800	2300	D51 ϕ 150 (SD685)	-13447	-29404	14.7	32	0.46	○
				①-①断面	2800	2250	1875	D51 ϕ 150 (SD685)	-31193					
		中間杭	SW4	③-③断面	1800	2800	2300	D51 ϕ 150 (SD685)	-12718	-20345	12.7	32	0.40	—
				①-①断面	2800	1800	1275	D51 ϕ 150 (SD685)	-15166					

注記 鉄筋仕様に示す D51 ϕ 150 は、巻立て鉄筋コンクリートの軸方向鉄筋（鉛直方向）の仕様であり、公称直径 50.8 mm の異形棒鋼 D51 を鉄筋間隔 150 mm で配置することを示す。括弧内の SD685 は鉄筋の材質を示す。

発生断面力は鉄筋コンクリートと鋼管杭の複合断面として算出した値を示す。

発生応力度は鉄筋コンクリートと鋼管杭の分担を考慮して算出した値を示す。

評価位置は図 4.2-92 に示す。

赤線枠内は最大照査値を示す。赤線枠内に示す最大照査値の組合せケースは、堤軸方向：南向き 1.0 倍、堤軸直交方向：西向き 0.4 倍、鉛直方向：下向き 0.4 倍である。堤軸直交方向は組合せ係数が西向き 0.4 倍であるが、津波荷重が他の荷重に対して顕著に大きいため、堤軸直交方向の曲げモーメントが大きく発生する。堤軸方向は組合せ係数が南向き 1.0 倍であるため慣性力と応答変位による堤軸方向の曲げモーメントが大きく発生する。したがって、堤軸直交方向及び堤軸方向の 2 方向の曲げモーメントがともに発達する。また、鉛直方向の組合せ係数が下向きに 0.4 倍であるため、軸圧縮力が増加する。これに伴い 2 方向合成の曲げ軸力の影響が大きくなり、中実鉄筋コンクリートの場合と同様に中立軸が約 45° に傾く。中立軸が傾くと、中立軸から圧縮縁までの距離が遠くなり、コンクリートの曲げ軸力（コンクリート曲げ圧縮応力度）が大きくなる。このため、この組合せケースにおいて、コンクリートの曲げ軸力の最大照査値が発生する。

表 4.2-26 鉄筋の曲げ軸力照査結果（重畳時：敷地に遡上する津波）

地盤パネ のケース	評価位置				断面性状			鉄筋仕様	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s/σ_{sa}	断面力図
					部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)				
地盤 パネ 3	北基礎	端部杭	NE1	②-②断面	2250	2800	2375	D51@150 (SD685)	-6419	20733	200.7	660	0.31	—
				①-①断面	2800	2250	1875	D51@150 (SD685)	-21754					
		中間杭	NE2	②-②断面	1800	2800	2375	D51@150 (SD685)	-5657	17784	163.6	660	0.25	—
				①-①断面	2800	1800	1275	D51@150 (SD685)	-11252					
	南基礎	端部杭	SE6	③-③断面	2250	2800	2300	D51@150 (SD685)	-6510	21011	210.5	660	0.32	—
				①-①断面	2800	2250	1875	D51@150 (SD685)	22455					
		中間杭	SE5	③-③断面	1800	2800	2300	D51@150 (SD685)	-5608	17747	166.7	660	0.26	—
				①-①断面	2800	1800	1275	D51@150 (SD685)	11589					
地盤 パネ 4	北基礎	端部杭	NE1	②-②断面	2250	2800	2375	D51@150 (SD685)	-8170	26262	303.7	660	0.47	—
				①-①断面	2800	2250	1875	D51@150 (SD685)	-36872					
		中間杭	NE2	②-②断面	1800	2800	2375	D51@150 (SD685)	-7327	22632	242.7	660	0.37	—
				①-①断面	2800	1800	1275	D51@150 (SD685)	-19377					
	南基礎	端部杭	SE6	③-③断面	2250	2800	2300	D51@150 (SD685)	-6686	24626	244.4	660	0.38	—
				①-①断面	2800	2250	1875	D51@150 (SD685)	26510					
		中間杭	SE5	③-③断面	1800	2800	2300	D51@150 (SD685)	-5714	20212	188.8	660	0.29	—
				①-①断面	2800	1800	1275	D51@150 (SD685)	13557					
地盤 パネ 5	北基礎	端部杭	NE1	②-②断面	2250	2800	2375	D51@150 (SD685)	-9782	28608	333.4	660	0.51	—
				①-①断面	2800	2250	1875	D51@150 (SD685)	-40094					
		中間杭	NE2	②-②断面	1800	2800	2375	D51@150 (SD685)	-8673	24374	266.2	660	0.41	—
				①-①断面	2800	1800	1275	D51@150 (SD685)	-21014					
	南基礎	端部杭	SE6	③-③断面	2250	2800	2300	D51@150 (SD685)	-9873	27008	283.9	660	0.44	—
				①-①断面	2800	2250	1875	D51@150 (SD685)	30338					
		中間杭	SE5	③-③断面	1800	2800	2300	D51@150 (SD685)	-8281	21817	221.0	660	0.34	—
				①-①断面	2800	1800	1275	D51@150 (SD685)	15534					

注記 鉄筋仕様に示す D51@150 は、巻立て鉄筋コンクリートの軸方向鉄筋（鉛直方向）の仕様であり、公称直径 50.8 mm の異形棒鋼 D51 を鉄筋間隔 150 mm で配置することを示す。括弧内の SD685 は鉄筋の材質を示す。
発生断面力は鉄筋コンクリートと鋼管杭の複合断面として算出した値を示す。
発生応力度は鉄筋コンクリートと鋼管杭の分担を考慮して算出した値を示す。
評価位置は図 4.2-92 に示す。

赤線枠内は最大照査値を示す。赤線枠内に示す最大照査値の組合せケースは、堤軸方向：北向き 1.0 倍、堤軸直交方向：西向き 0.4 倍、鉛直方向：上向き 0.4 倍である。堤軸直交方向は組合せ係数が西向き 0.4 倍であるが、津波荷重が他の荷重に対して顕著に大きいため、堤軸直交方向の曲げモーメントが大きく発生する。堤軸方向は組合せ係数が北向き 1.0 倍であるため慣性力と応答変位による堤軸方向の曲げモーメントが大きく発生する。したがって、堤軸直交方向及び堤軸方向の 2 方向の曲げモーメントがともに発達する。また、鉛直方向の組合せ係数が上向き 0.4 倍であるため、軸引張力が増加する。これに伴い 2 方向合成の曲げ軸力の影響が大きくなり、中実鉄筋コンクリートの場合と同様に中立軸が傾く。中立軸が傾くと、中立軸から引張縁の隅角部鉄筋までの距離が遠くなり、鉄筋引張応力度は大きくなる。このため、この組合せケースにおいて、鉄筋の曲げ軸力（鉄筋引張応力度）の最大照査値が発生する。

北基礎

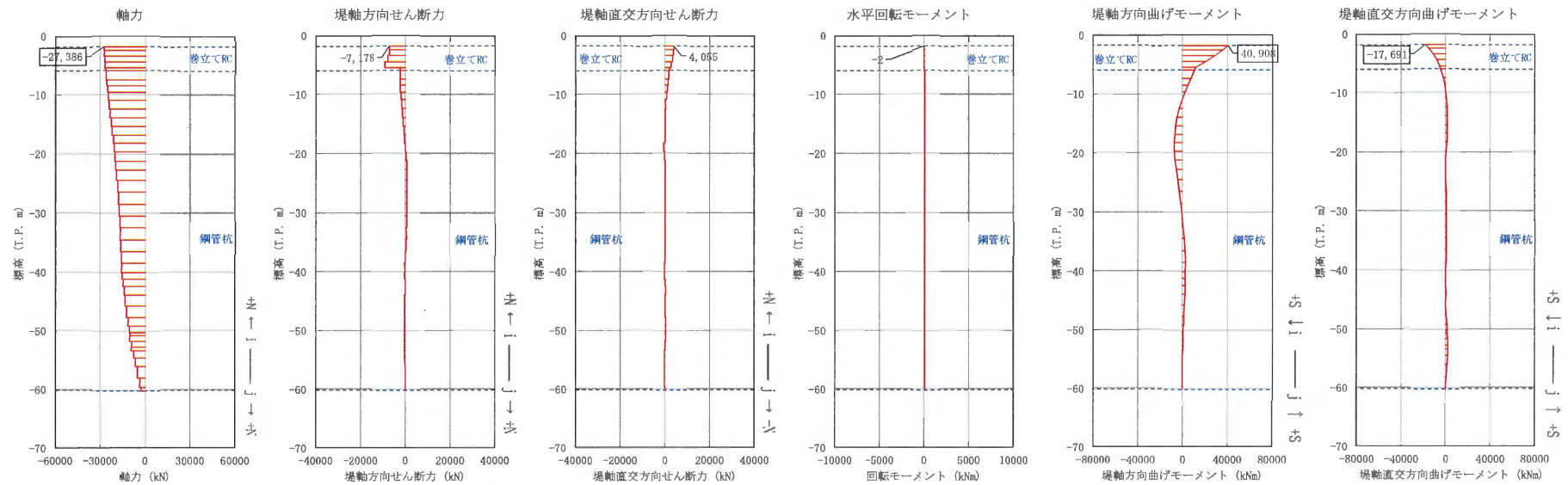


図 4.2-94 巻立て鉄筋コンクリートにおいてコンクリートの曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力図
①-①断面, ②-②断面, (重畳時: 敷地に遡上する津波, 北基礎, 地盤バネ 5)

南基礎

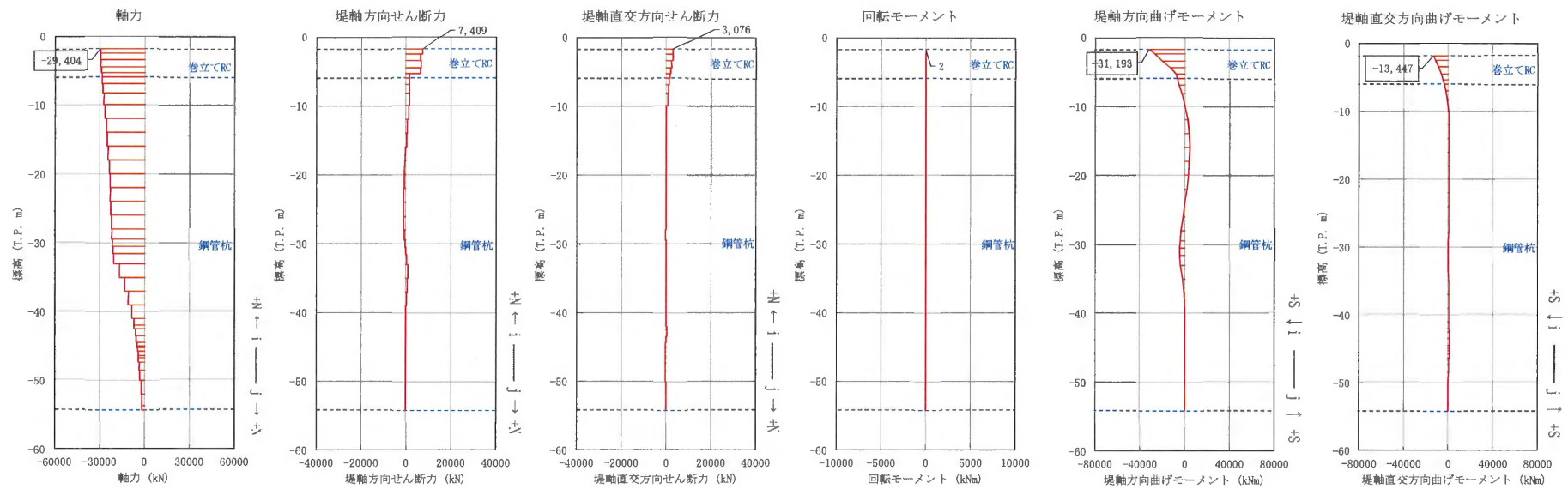


図 4.2-95 巻立て鉄筋コンクリートにおいてコンクリートの曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力図
①-①断面, ③-③断面, (重畳時: 敷地に遡上する津波, 南基礎, 地盤バネ 5)

ロ. せん断力に対する評価結果

重畳時（敷地に遡上する津波）においては、3次元静的フレーム解析によって得られる曲げ軸力に対して鉄筋コンクリートと鋼管杭の複合断面で評価する。巻立て鉄筋コンクリートのせん断力に対する照査は、鉄筋コンクリートと鋼管杭での断面力の分担を考慮した発生せん断力を算出し、鉄筋コンクリートの発生せん断力がコンクリートの短期許容せん断力（ V_{ca} ）と斜め引張鉄筋の短期許容せん断力（ V_{sa} ）を合わせた短期許容せん断力（ V_a ）以下であることを確認する。

評価位置及び杭記号位置を図 4.2-96 に、せん断力照査における巻立て鉄筋コンクリートの考え方を図 4.2-97 に示す。

せん断力に対する評価は、曲げ軸力に対する評価と同様に図 4.2-96 に示す評価位置図の巻立て鉄筋コンクリートに対して行う。同図に示す巻立て鉄筋コンクリートの名称は、曲げ軸力に対する評価において示したものと同様である。

せん断力に対する照査結果を表 4.2-27 に示す。表 4.2-27 に示す照査結果では、北基礎及び南基礎において照査値が最大になるものに○印を付し、○印を付した照査値に対応する断面力分布を図 4.2-98～図 4.2-101 に示す。

鉄筋コンクリートに分担される発生せん断力に対して許容応力度法による照査を行った結果、評価位置における鉄筋コンクリートの発生せん断力が短期許容せん断力（ V_a ）以下であることを確認した。なお、せん断力に対する最大照査値は 0.81 であり、地盤バネ 5 の北基礎の NE 6 端部杭の①－①断面の照査値である。この照査値は、表 4.2-1～表 4.2-4 に示す評価結果総括表のとおり工認設計モデルの照査値（せん断力に対する最大照査値 0.97）よりも小さい。これは、残置する地中連続壁部を考慮することで、地中連続壁部及び中実鉄筋コンクリートの荷重負担率が増加することになり、巻立て鉄筋コンクリート及び鋼管杭の荷重負担が、工認設計モデルよりも軽減されるためである。したがって、鋼管杭のせん断力に対する照査は、工認設計モデルの方が保守的な評価結果になることを確認した。

以上のことから、地中連続壁部の残置を考慮しても中実鉄筋コンクリートの構造部材の発生せん断力が許容限界以下であることを確認した。

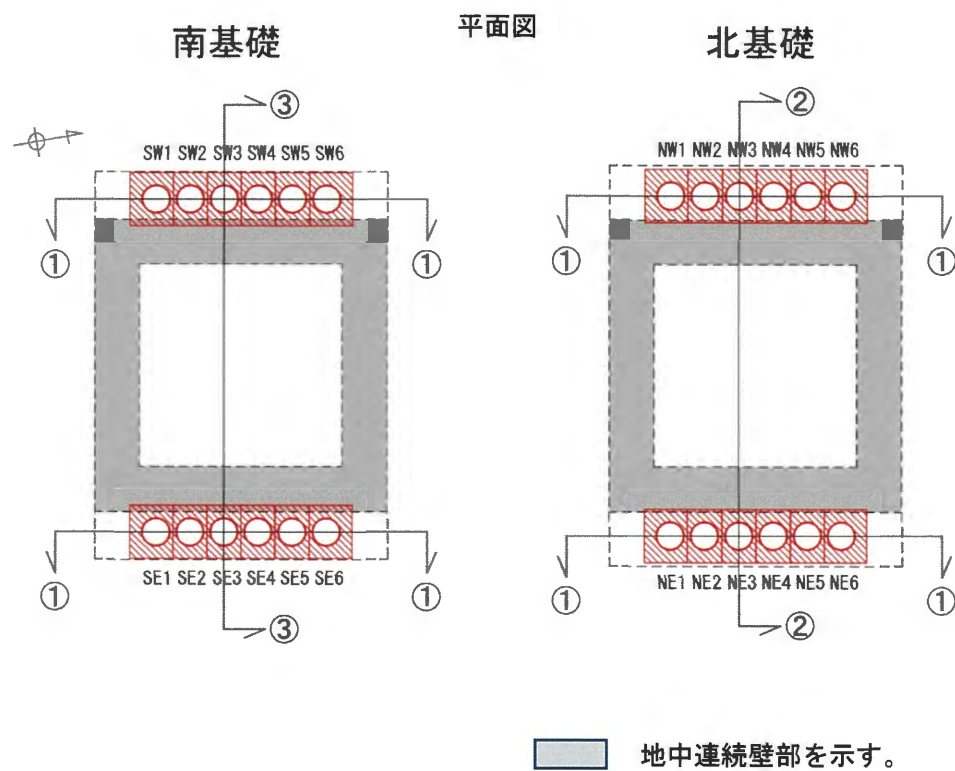


図 4.2-96 評価位置図（巻立て鉄筋コンクリート）
（図 4.2-92 の再掲）

【断面力の分担方法】

- ・ 鋼管杭のせん断力

$$V_s = \alpha_s \times V$$

$$\alpha_s = Z_s / (Z_s + A_s \times Z_{rc})$$

- ・ 巻立て鉄筋コンクリートのせん断力

$$V_{rc} = \alpha_{rc} \times V$$

$$\alpha_{rc} = A_s \times Z_{rc} / (Z_s + A_s \times Z_{rc})$$

ここで、 V : 鋼管杭と巻立て鉄筋コンクリート一体構造において算出したせん断力

A_s : 軸方向引張鉄筋の総断面積

Z_s : 鋼管杭の断面係数

Z_{rc} : 圧縮応力度の作用位置から引張鉄筋の図芯までの距離で、一般に $d/1.15$ としてよい (d は有効高さ)

【鉄筋コンクリートの有効断面】

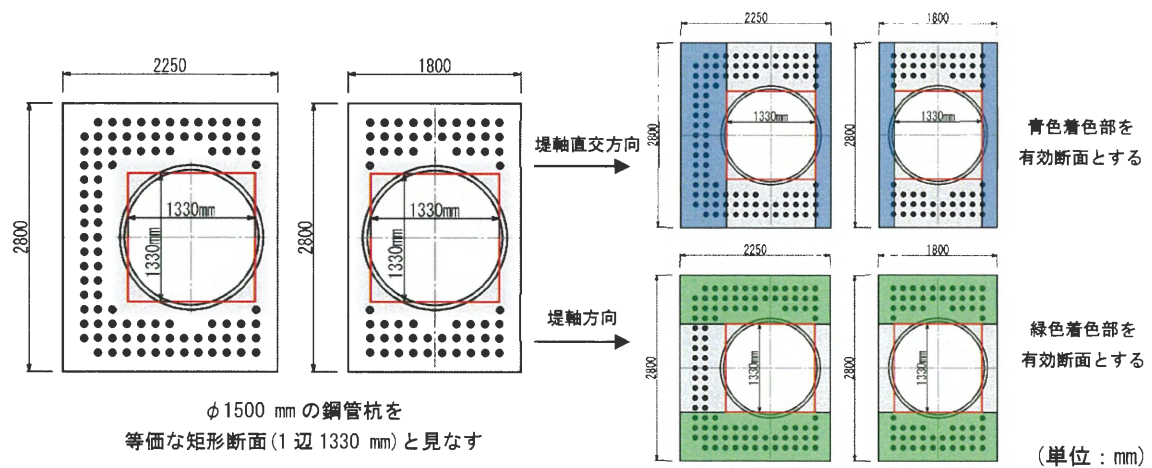


図 4.2-97 せん断力照査における巻立て鉄筋コンクリートの考え方

表 4.2-27 セン断力に対する照査結果（重畳時：敷地に遡上する津波）

地盤パネ のケース	評価位置				断面性状			鉄筋仕様 (せん断補強鉄筋)	発生 せん断力 V (kN)	短期許容 せん断力 V _a (kN)	照査値 V/V _a	断面力図
					部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)					
地盤パネ 3	北基礎	端部杭	NW1	②-②断面	2250	2800	2375	D35@300 (SD390)	2229	7754	0.29	—
			NE6	①-①断面	2800	2250	1875	D32@300 (SD390)	3229	7187	0.45	—
		中間杭	NW2	②-②断面	1800	2800	2375	D35@300 (SD390)	1684	4999	0.34	—
			NE2	①-①断面	2800	1800	1275	D32@300 (SD390)	1006	4887	0.21	—
	南基礎	端部杭	SW1	③-③断面	2250	2800	2300	D32@300 (SD390)	1550	6405	0.25	—
			SE1	①-①断面	2800	2250	1875	D32@300 (SD390)	3093	7187	0.44	—
		中間杭	SW4	③-③断面	1800	2800	2300	D32@300 (SD390)	1281	4115	0.32	—
			SE3	①-①断面	2800	1800	1275	D32@300 (SD390)	905	4887	0.19	—
地盤パネ 4	北基礎	端部杭	NW1	②-②断面	2250	2800	2375	D35@300 (SD390)	2320	7754	0.30	—
			NE6	①-①断面	2800	2250	1875	D32@300 (SD390)	5433	7187	0.76	—
		中間杭	NW2	②-②断面	1800	2800	2375	D35@300 (SD390)	1747	4999	0.35	○
			NE4	①-①断面	2800	1800	1275	D32@300 (SD390)	1462	4887	0.30	—
	南基礎	端部杭	SW1	③-③断面	2250	2800	2300	D32@300 (SD390)	1582	6405	0.25	—
			SE1	①-①断面	2800	2250	1875	D32@300 (SD390)	3567	7187	0.50	—
		中間杭	SW4	③-③断面	1800	2800	2300	D32@300 (SD390)	1296	4115	0.32	—
			SE5	①-①断面	2800	1800	1275	D32@300 (SD390)	959	4887	0.20	—
地盤パネ 5	北基礎	端部杭	NW1	②-②断面	2250	2800	2375	D35@300 (SD390)	2256	7754	0.30	—
			NE6	①-①断面	2800	2250	1875	D32@300 (SD390)	5794	7187	0.81	○
		中間杭	NW2	②-②断面	1800	2800	2375	D35@300 (SD390)	1701	4999	0.35	—
			NE2	①-①断面	2800	1800	1275	D32@300 (SD390)	1547	4887	0.32	—
	南基礎	端部杭	SW1	③-③断面	2250	2800	2300	D32@300 (SD390)	1452	6405	0.23	—
			SE1	①-①断面	2800	2250	1875	D32@300 (SD390)	4006	7187	0.56	○
		中間杭	SW4	③-③断面	1800	2800	2300	D32@300 (SD390)	1311	4115	0.32	○
			SE5	①-①断面	2800	1800	1275	D32@300 (SD390)	1067	4887	0.22	—

注記 鉄筋仕様の表記について一例を示す。D35@300は、巻立て鉄筋コンクリートのせん断補強鉄筋の仕様であり、公称直径34.9mmの異形棒鋼D35を鉄筋間隔300mmで配置することを示す。せん断補強鉄筋の材質はSD390である。他の鉄筋仕様の表記についても同様で鉄筋径のみが異なる。

発生せん断力は鉄筋コンクリートと鋼管杭の分担を考慮して算出した値を示す。

評価位置は図4.2-96に示す。

赤線枠内は最大照査値を示す。赤線枠内に示す最大照査値の組合せケースは、堤軸方向：北向き1.0倍、堤軸直交方向：西向き0.4倍、鉛直方向：上向き0.4倍である。堤軸方向の組合せ係数が北向き1.0倍であるため、堤軸方向の慣性力及び応答変位が最大になる。したがって、巻立て鉄筋コンクリートの堤軸方向のせん断力が大きく発生するため、このケースにおいて巻立て鉄筋コンクリートのせん断力に対する最大照査値が発生する。

複合断面力 2603 kN
巻立て鉄筋コンクリート 1311 kN 南基礎
鋼管杭 1292 kN

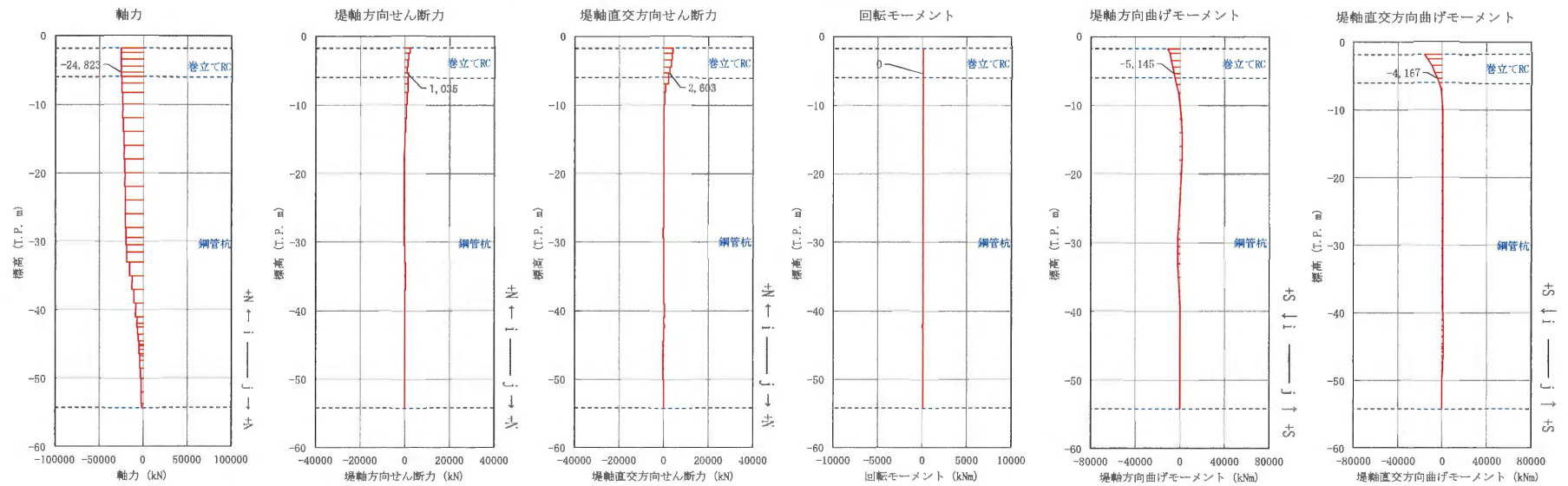


図 4.2-98 巻立て鉄筋コンクリートにおいてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力図
③ー③断面 (重疊時：敷地に遡上する津波，南基礎，地盤バネ5)

複合断面力 2858 kN
 巻立て鉄筋コンクリート 1747 kN
 鋼管杭 1111 kN

北基礎

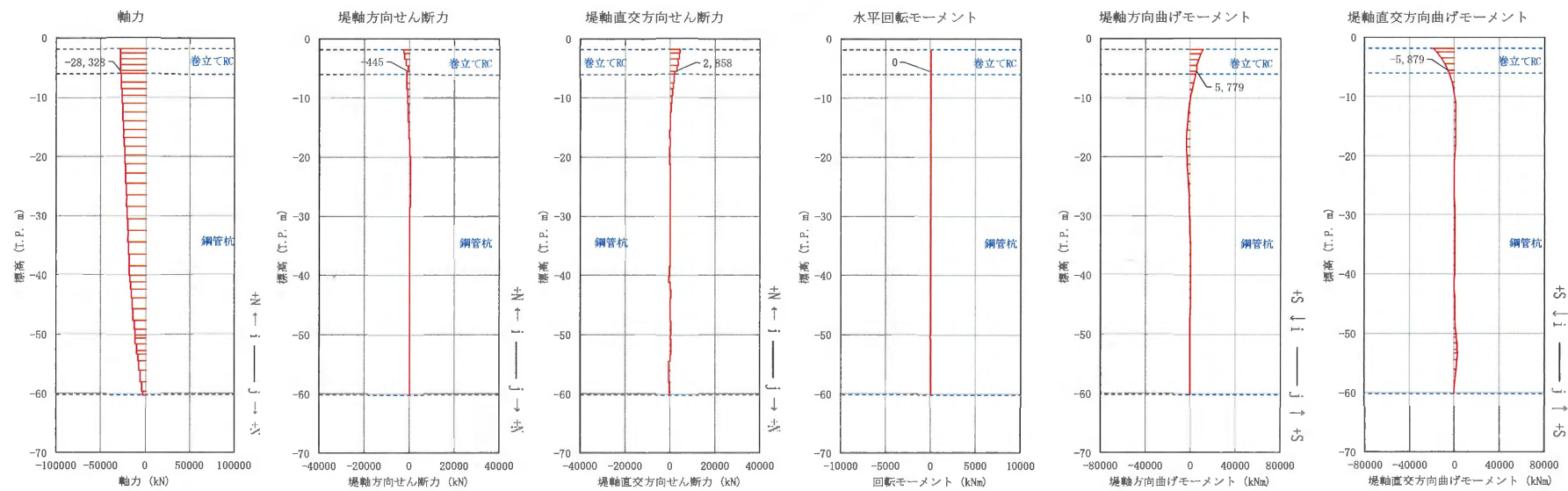


図 4.2-99 巻立て鉄筋コンクリートにおいてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力図

②-②断面 (重疊時：敷地に遡上する津波，北基礎，地盤バネ4)

複合断面力 9296 kN
 巻立て鉄筋コンクリート 5794 kN
 鋼管杭 3502 kN

北基礎

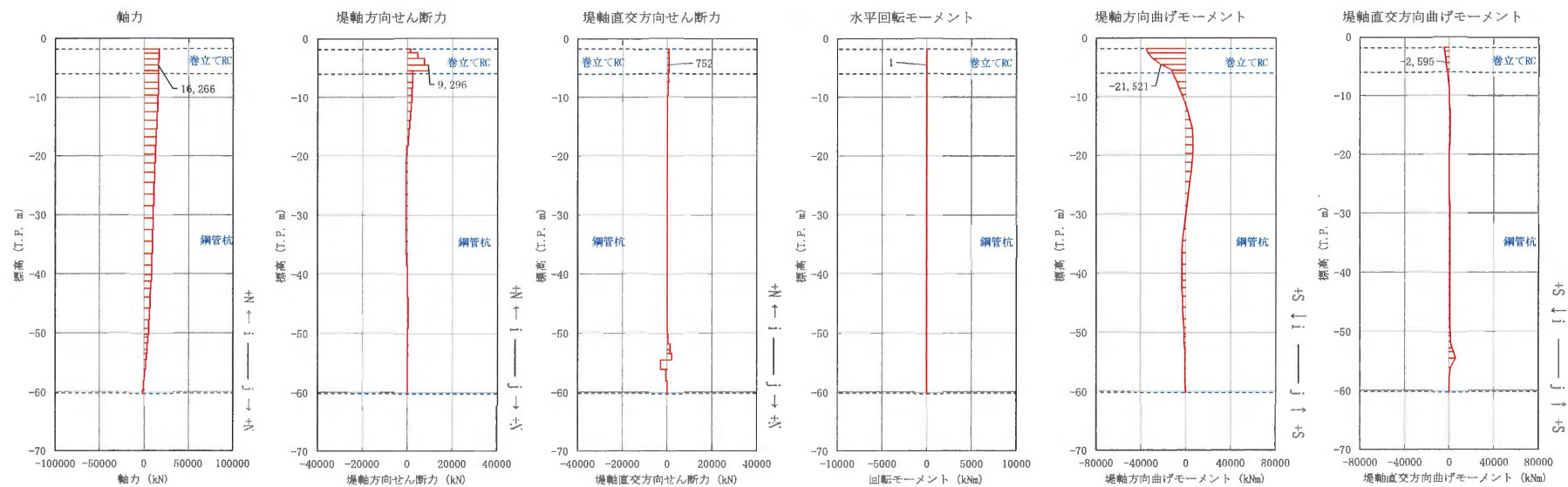


図 4.2-100 巻立て鉄筋コンクリートにおいてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力図

①-①断面 (重疊時：敷地に遡上する津波，北基礎，地盤バネ5)

複合断面力 6624 kN
 巻立て鉄筋コンクリート 4006 kN
 鋼管杭 2618 kN

南基礎

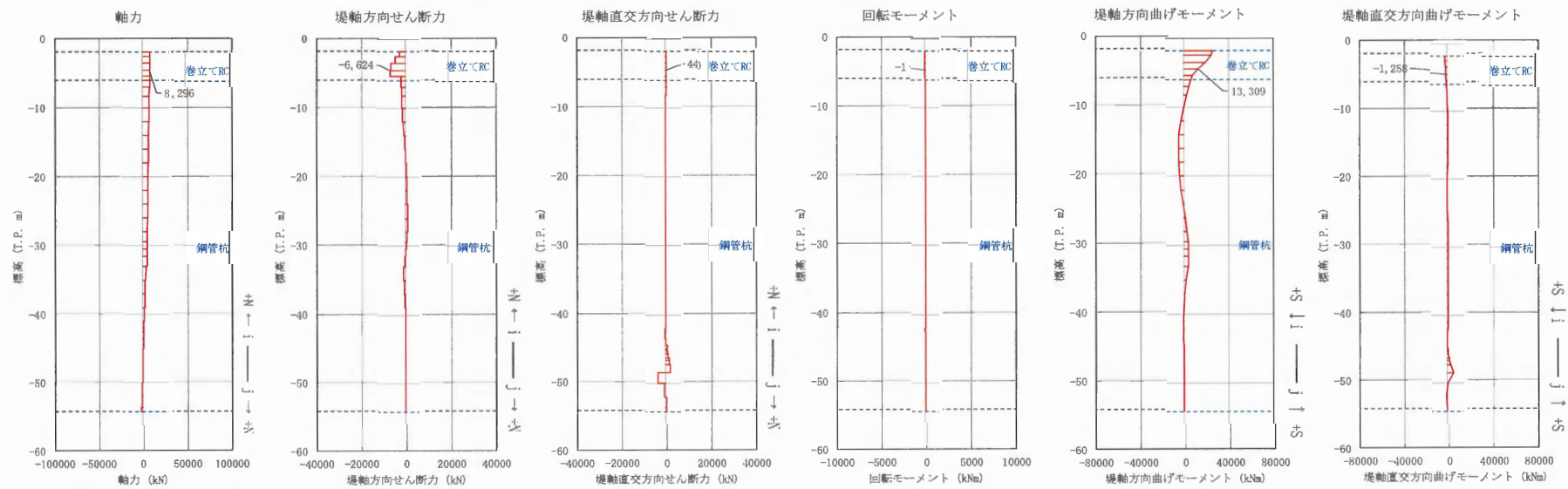


図 4.2-101 巻立て鉄筋コンクリートにおいてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力図

①ー①断面（重畳時：敷地に遡上する津波，南基礎，地盤バネ5）

(b) 巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭

イ. 曲げ軸力に対する評価結果

重畳時（敷地に遡上する津波）においては、3次元静的フレーム解析によって得られる曲げ軸力に対して鉄筋コンクリートと鋼管杭の複合断面で評価する。巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭の曲げ軸力に対する照査は、鉄筋コンクリートと鋼管杭での断面力の分担を考慮した発生応力度を算出し、鋼管杭に発生する圧縮応力度及び引張応力度が許容限界以下であることを確認する。

評価位置及び杭記号位置を図 4.2-102 に、巻立て鉄筋コンクリートと鋼管杭の複合断面と照査断面位置を図 4.2-103 に示す。

曲げ軸力に対する評価は、図 4.2-102 に示す評価位置図の巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭に対して行う。同図に示す鋼管杭の名称は、以下のルールに従う。最初のアルファベットは、Nが北基礎の鋼管杭であり、Sが南基礎の鋼管杭であることを示す。2番目のアルファベットは、Eが東側の鋼管杭であり、Wが西側の鋼管杭であることを示す。末尾の数字は、南端の鋼管杭を1として北に向かって昇順で設定し、北端の鋼管杭を6とする。

巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭の曲げ軸力に対する照査結果を表 4.2-28 に示す。表 4.2-28 に示す照査結果では、北基礎及び南基礎において照査値が最大になるものに○印を付し、○印を付した照査値に対応する断面力分布を図 4.2-104 及び図 4.2-105 に示す。

巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭に分担される発生応力度に対して許容応力度法による照査を行った結果、評価位置において巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭の曲げ圧縮応力度と曲げ引張応力度が許容限界以下であることを確認した。なお、巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭の圧縮応力度に対する最大照査値は0.32、引張応力度に対する最大照査値は0.49であり、ともに地盤バネ5の照査値である。発生位置は、圧縮応力度が北基礎のNW2鋼管杭であり、引張応力度が北基礎のNE2鋼管杭である。これらの照査値は、表 4.2-1～表 4.2-4 に示す評価結果総括表のとおり工認設計モデルの照査値（曲げ軸力に対する最大照査値0.63）よりも小さい。これは、残置する地中連続壁部を考慮することで、地中連続壁部及び中実鉄筋コンクリートの荷重負担率が増加することになり、巻立て鉄筋コンクリート及び鋼管杭の荷重負担が、工認設計モデルよりも軽減されるためである。したがって、巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭の曲げ軸力に対する照査は、工認設計モデルの方が保守的な評価結果になることを確認した。

以上のことから、地中連続壁部の残置を考慮しても巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭の構造部材の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

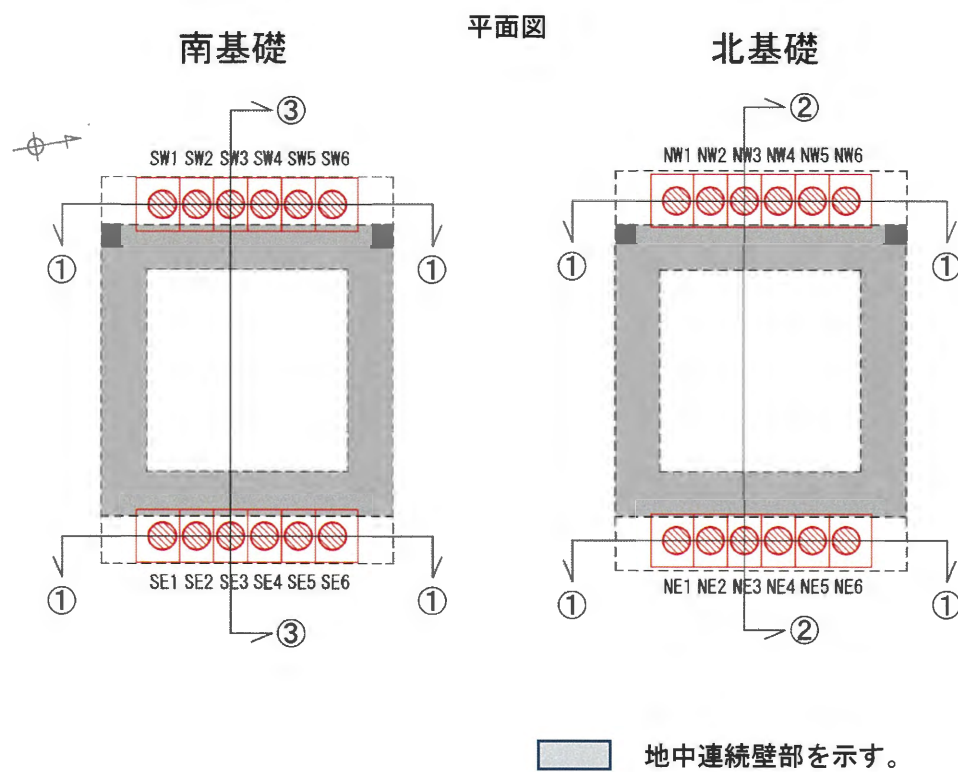


図 4.2-102 評価位置図（巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭）

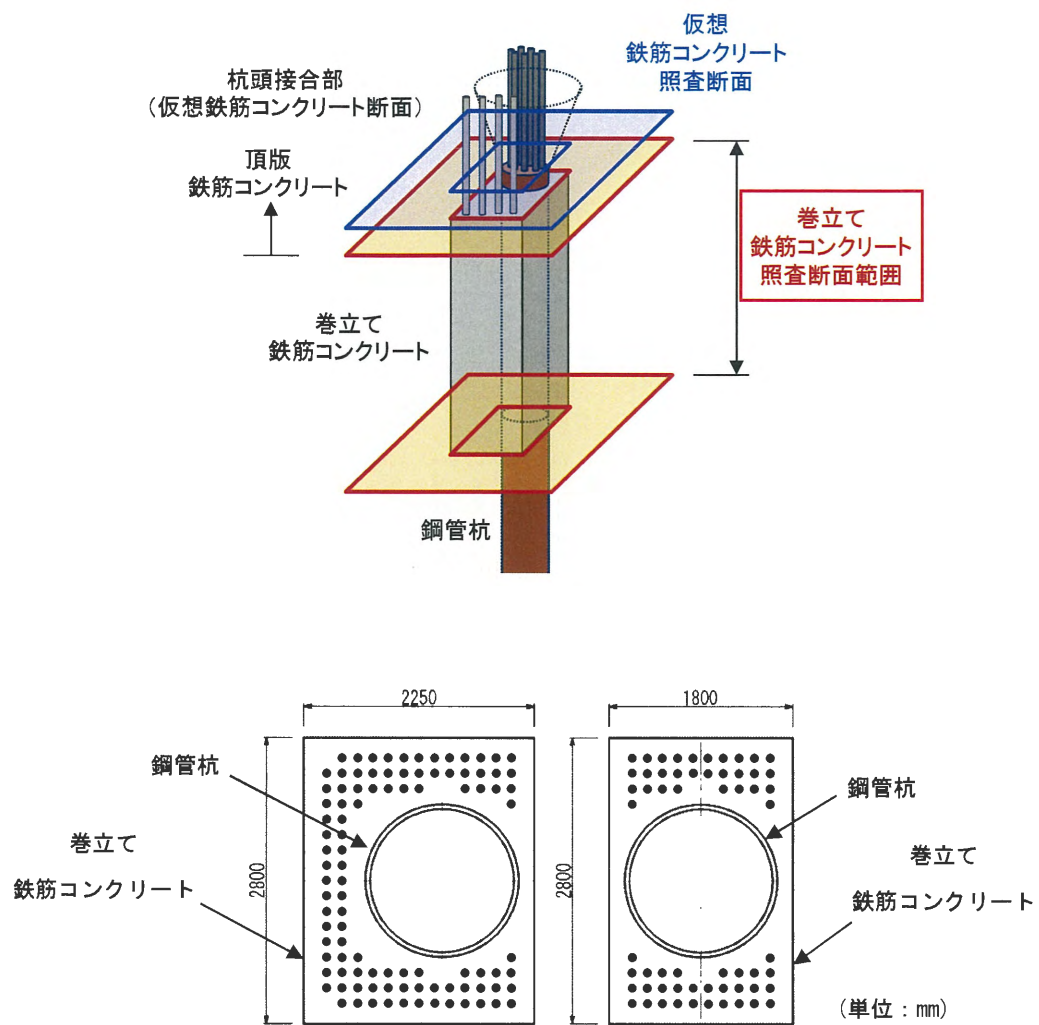


図 4.2-103 巻立て鉄筋コンクリートと鋼管杭の複合断面と照査断面位置
(図 4.2-93 の再掲)

表 4.2-28 曲げ軸力照査結果（重畳時：敷地に遡上する津波）

地盤/パネ のケース	評価位置				鋼管杭仕様			発生断面力		発生 応力度	短期許容 応力度	照査値	断面力図
					材質	外径 φ (mm)	肉厚 t (mm)	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	σ_s (N/mm ²)	σ_{ss} (N/mm ²)	σ_s / σ_{ss}	
地盤 パネ 3	北基礎	圧縮 応力度	NW2	②－②断面	SBHS500	1500	50	-13886	-20614	102.9	500	0.21	—
				①－①断面	SBHS500	1500	50	11834					
		引張 応力度	NE2	②－②断面	SBHS500	1500	50	-5657	17784	146.1	500	0.30	—
				①－①断面	SBHS500	1500	50	-11252					
	南基礎	圧縮 応力度	SW5	③－③断面	SBHS500	1500	50	-10820	-20411	101.9	500	0.21	—
				①－①断面	SBHS500	1500	50	-11924					
		引張 応力度	SE5	③－③断面	SBHS500	1500	50	-5608	17747	153.9	500	0.31	—
				①－①断面	SBHS500	1500	50	11589					
地盤 パネ 4	北基礎	圧縮 応力度	NW2	②－②断面	SBHS500	1500	50	-14751	-21959	146.5	500	0.30	—
				①－①断面	SBHS500	1500	50	19924					
		引張 応力度	NE2	②－②断面	SBHS500	1500	50	-7327	22632	224.0	500	0.45	—
				①－①断面	SBHS500	1500	50	-19377					
	南基礎	圧縮 応力度	SW5	③－③断面	SBHS500	1500	50	-11043	-22231	114.7	500	0.23	—
				①－①断面	SBHS500	1500	50	-13806					
		引張 応力度	SE5	③－③断面	SBHS500	1500	50	-5714	20212	178.0	500	0.36	—
				①－①断面	SBHS500	1500	50	13557					
地盤 パネ 5	北基礎	① 圧縮 応力度	NW2	②－②断面	SBHS500	1500	50	-14135	-22814	155.5	500	0.32	—
				①－①断面	SBHS500	1500	50	21511					
		② 引張 応力度	NE2	②－②断面	SBHS500	1500	50	-8673	24374	242.8	500	0.49	○
				①－①断面	SBHS500	1500	50	-21014					
	南基礎	圧縮 応力度	SW5	③－③断面	SBHS500	1500	50	-10890	-23841	127.7	500	0.26	—
				①－①断面	SBHS500	1500	50	-15825					
		引張 応力度	SE5	③－③断面	SBHS500	1500	50	-8281	21817	199.7	500	0.40	○
				①－①断面	SBHS500	1500	50	15534					

注記 評価位置は図 4.2-102 に示す。

発生断面力は鉄筋コンクリートと鋼管杭の複合断面として算出した値を示す。

発生応力度は鉄筋コンクリートと鋼管杭の分担を考慮して算出した値を示す。

赤線枠内は最大照査値を示す。①の赤線枠内に示す最大照査値の組合せケースは、堤軸方向：南向き 1.0 倍、堤軸直交方向：西向き 0.4 倍、鉛直方向：下向き 0.4 倍である。西側の巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭は津波荷重等の堤軸直交方向の荷重により西側の地盤に押し付けられ、大きな地盤反力を受けるため、堤軸直交方向の曲げモーメントが大きく発生する。堤軸方向は組合せ係数が南向き 1.0 倍であるため慣性力と応答変位による堤軸方向の曲げモーメントが大きく発生する。加えて、接合部及び頂版鉄筋コンクリートに発生する水平回転変位に伴い、堤軸方向の曲げモーメントが増大する。したがって、堤軸直交方向及び堤軸方向の 2 方向の曲げモーメントがともに発達する。さらに、鉛直方向の組合せ係数が下向き 0.4 倍であるため、軸圧縮力が増加する。これに伴い 2 方向合成の曲げ軸力の影響が大きくなり、この組合せケースにおいて巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭の圧縮応力度の最大照査値が発生する。

一方、②の赤線枠内に示す最大照査値の組合せケースは、堤軸方向：北向き 1.0 倍、堤軸直交方向：西向き 0.4 倍、鉛直方向：上向き 0.4 倍である。東側の巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭は中実鉄筋コンクリートの背面側になるため、津波荷重等の堤軸直交方向の荷重が作用しても地盤反力が小さく、堤軸直交方向の曲げモーメントが小さくなる。堤軸方向の組合せ係数は北向き 1.0 倍であるため、堤軸方向の慣性力及び応答変位が最大になり、堤軸方向の曲げモーメントが大きくなる。加えて、接合部及び頂版鉄筋コンクリートに発生する水平回転変位に伴い、堤軸方向の曲げモーメントが増大する。さらに、鉛直方向の組合せ係数が上向き 0.4 倍であるため軸引張力が増加する。以上のことから、この組合せケースにおいて巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭の引張応力度に対する最大照査値が発生する。

北基礎

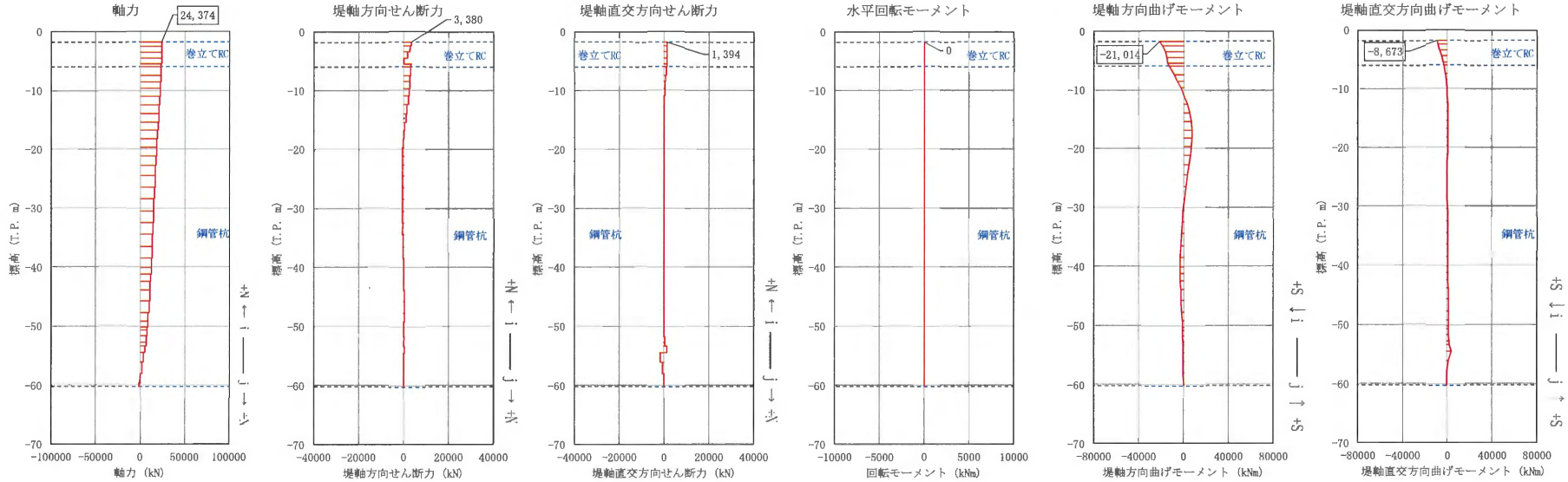


図 4.2-104 巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭において曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力図
①-①断面, ②-②断面, (重畳時: 敷地に遡上する津波, 北基礎, 地盤バネ5)

南基礎

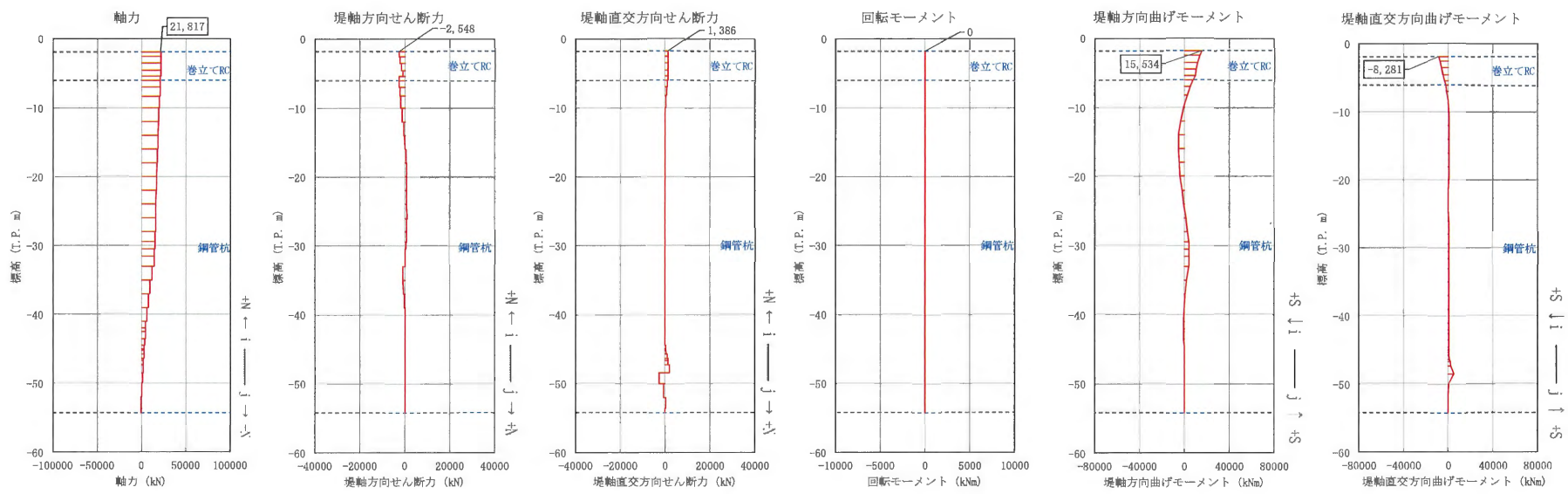


図 4.2-105 巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭において曲げ軸力照査結果が最も厳しい断面力図
①-①断面，③-③断面，（重畳時：敷地に遡上する津波，南基礎，地盤バネ5）

ロ. せん断力に対する評価結果

重畳時（敷地に遡上する津波）において、は、3次元静的フレーム解析によって得られる曲げ軸力に対して鉄筋コンクリートと鋼管杭の複合断面で評価する。巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭のせん断力に対する照査は、鉄筋コンクリートと鋼管杭での断面力の分担を考慮した発生せん断力度を算出し、鋼管杭の発生せん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

評価位置及び杭記号位置を図 4.2-106 に、せん断力照査における巻立て鉄筋コンクリートの考え方を図 4.2-107 に示す。

せん断力に対する評価は、曲げ軸力に対する評価と同様に図 4.2-106 に示す評価位置図の巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭に対して行う。同図に示す鋼管杭の名称は、曲げ軸力に対する評価において示したものと同様である。

せん断力に対する照査結果を表 4.2-29 に示す。表 4.2-29 に示す照査結果では、北基礎及び南基礎において照査値が最大になるものに○印を付し、○印を付した照査値に対応する断面力分布を図 4.2-108～図 4.2-111 に示す。

巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭に分担される発生せん断力に対して許容応力度法による照査を行った結果、評価位置における鋼管杭の発生せん断応力度が短期許容せん断応力度以下であることを確認した。なお、鋼管杭のせん断力に対する最大照査値は 0.30 であり、地盤バネ 5 の北基礎の NE 6 鋼管杭の①－①断面の照査値である。したがって、巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭のせん断力に対する照査は、工認設計モデルの方が保守的な評価結果になることを確認した。

以上のことから、地中連続壁部の残置を考慮しても巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭の構造部材の発生せん断応力度が許容限界以下であることを確認した。

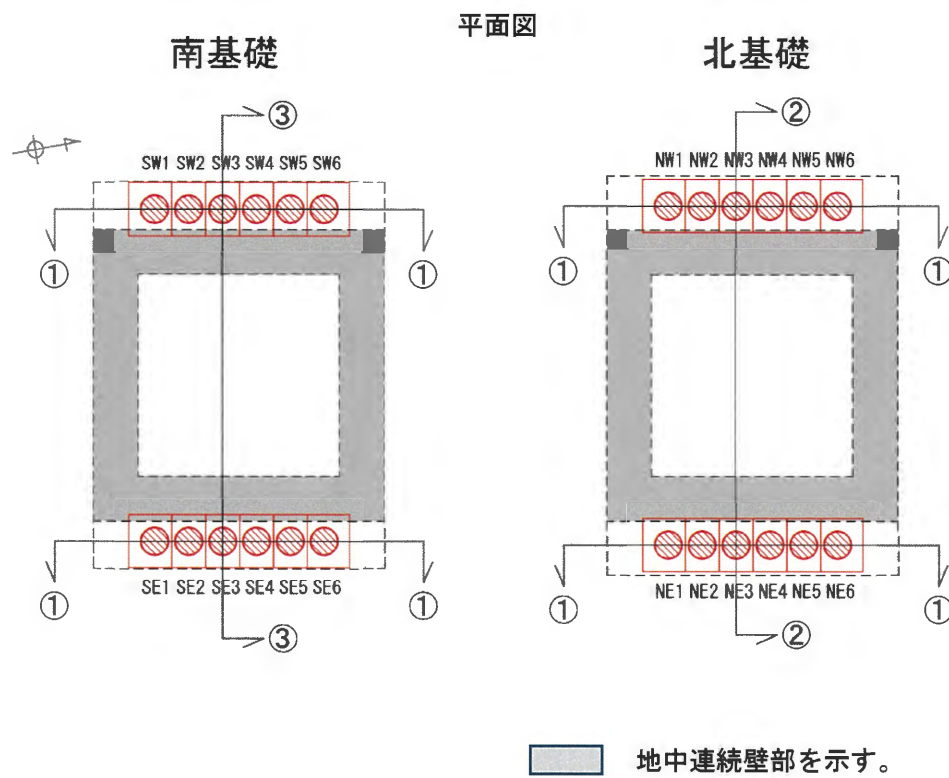


図 4.2-106 評価位置図（巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭）
（図 4.2-102 の再掲）

【断面力の分担方法】

- ・ 鋼管杭のせん断力

$$V_s = \alpha_s \times V$$

$$\alpha_s = Z_s / (Z_s + A_s \times Z_{rc})$$

- ・ 巻立て鉄筋コンクリートのせん断力

$$V_{rc} = \alpha_{rc} \times V$$

$$\alpha_{rc} = A_s \times Z_{rc} / (Z_s + A_s \times Z_{rc})$$

ここで、 V : 鋼管杭と巻立て鉄筋コンクリート一体構造において算出したせん断力

A_s : 軸方向引張鉄筋の総断面積

Z_s : 鋼管杭の断面係数

Z_{rc} : 圧縮応力度の作用位置から引張鉄筋の図芯までの距離で、一般に $d/1.15$ としてよい (d は有効高さ)

【鉄筋コンクリートの有効断面】

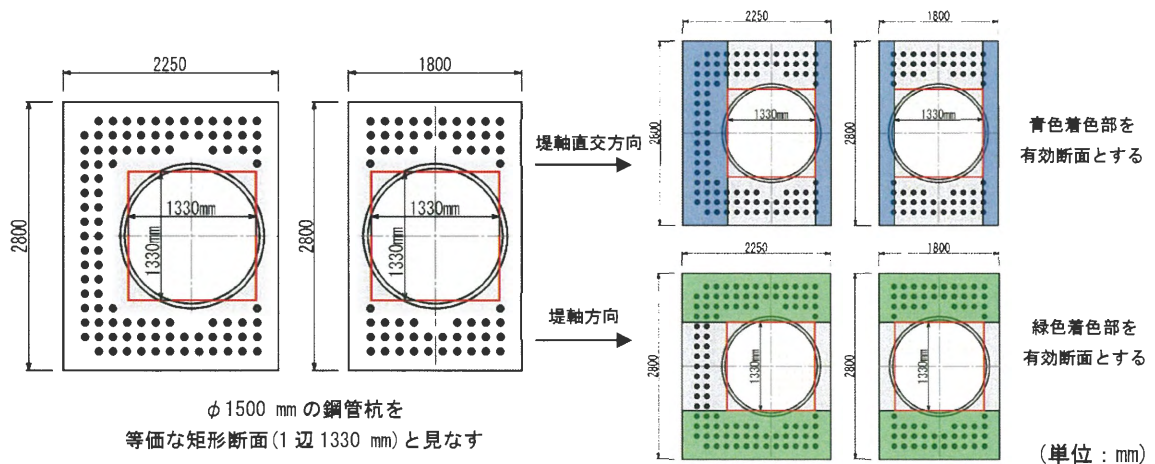


図 4.2-107 せん断力照査における巻立て鉄筋コンクリートの考え方

(図 4.2-97 の再掲)

表 4.2-29 せん断力に対する照査結果（重畳時：敷地に遡上する津波）

地盤パネ のケース	評価位置				鋼管杭仕様			発生断面力	発生 応力度 τ (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_a (N/mm ²)	照査値 τ / τ_{sa}	断面力図
					材質	外径 ϕ (mm)	肉厚 t (mm)	せん断力 (kN)				
地盤 パネ 3	北基礎	NW1	堤軸直交 方向	②－②断面	SBHS500	1500	50	5122	45.9	285	0.17	—
		NW1	堤軸 方向	①－①断面	SBHS500	1500	50	5831	52.3	285	0.19	—
	南基礎	SW1	堤軸直交 方向	③－③断面	SBHS500	1500	50	4678	41.9	285	0.15	—
		SW6	堤軸 方向	①－①断面	SBHS500	1500	50	6071	54.4	285	0.20	—
地盤 パネ 4	北基礎	NW1	堤軸直交 方向	②－②断面	SBHS500	1500	50	5266	47.2	285	0.17	○
		NE6	堤軸 方向	①－①断面	SBHS500	1500	50	8717	78.2	285	0.28	—
	南基礎	SW1	堤軸直交 方向	③－③断面	SBHS500	1500	50	4692	42.1	285	0.15	○
		SW6	堤軸 方向	①－①断面	SBHS500	1500	50	6785	60.8	285	0.22	—
地盤 パネ 5	北基礎	NW1	堤軸直交 方向	②－②断面	SBHS500	1500	50	5165	46.3	285	0.17	—
		NE6	堤軸 方向	①－①断面	SBHS500	1500	50	9296	83.4	285	0.30	○
	南基礎	SW1	堤軸直交 方向	③－③断面	SBHS500	1500	50	4375	39.2	285	0.14	—
		SW6	堤軸 方向	①－①断面	SBHS500	1500	50	7409	66.4	285	0.24	○

注記 評価位置は図 4.2-106 に示す。

発生断面力は鉄筋コンクリートと鋼管杭の複合断面として算出した値を示す。

発生応力度は鉄筋コンクリートと鋼管杭の分担を考慮して算出した値を示す。

赤線枠内は最大照査値を示す。赤線枠内に示す最大照査値の組合せケースは、堤軸方向：北向き 1.0 倍、堤軸直交方向：西向き 0.4 倍、鉛直方向：上向き 0.4 倍である。堤軸方向の組合せ係数が北向き 1.0 倍であるため、堤軸方向の慣性力及び応答変位が最大になる。したがって、巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭の堤軸方向のせん断力が大きく発生するため、このケースにおいて巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭のせん断力に対する最大照査値が発生する。

北基礎

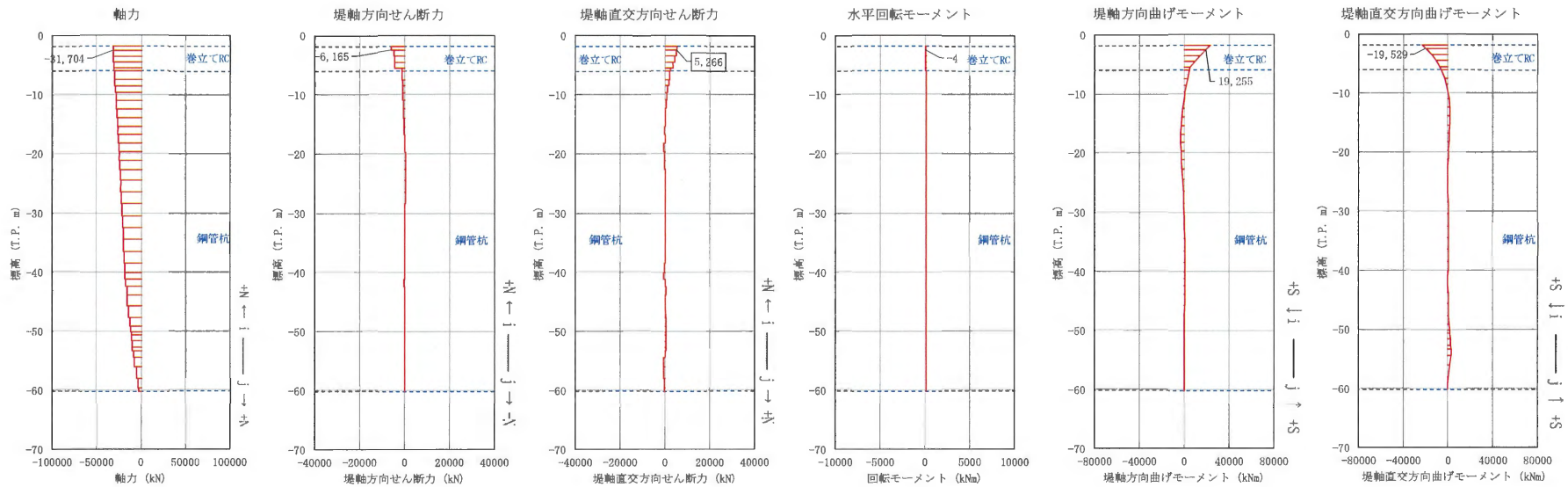


図 4.2-108 巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭においてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力図
②-②断面（重畳時：敷地に遡上する津波，北基礎，地盤バネ4）

南基礎

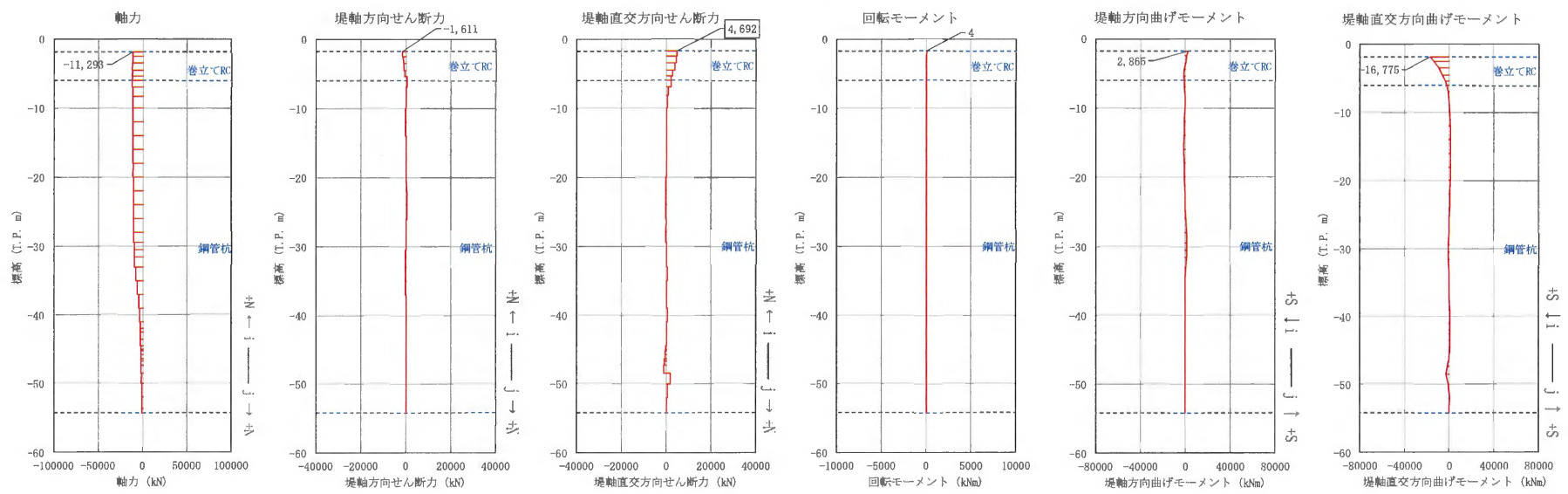


図 4.2-109 巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭においてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力図
③-③断面（重畳時：敷地に遡上する津波，南基礎，地盤バネ4）

北基礎

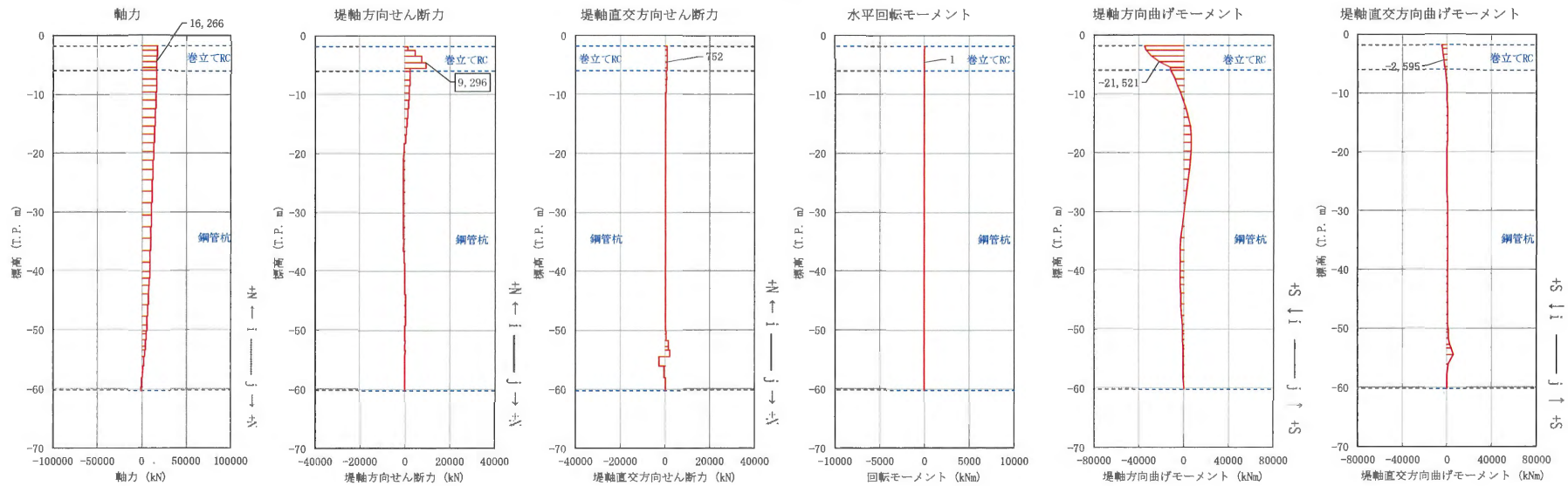


図 4.2-110 巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭においてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力図

①-①断面（重畳時：敷地に遡上する津波，北基礎，地盤バネ5）

南基礎

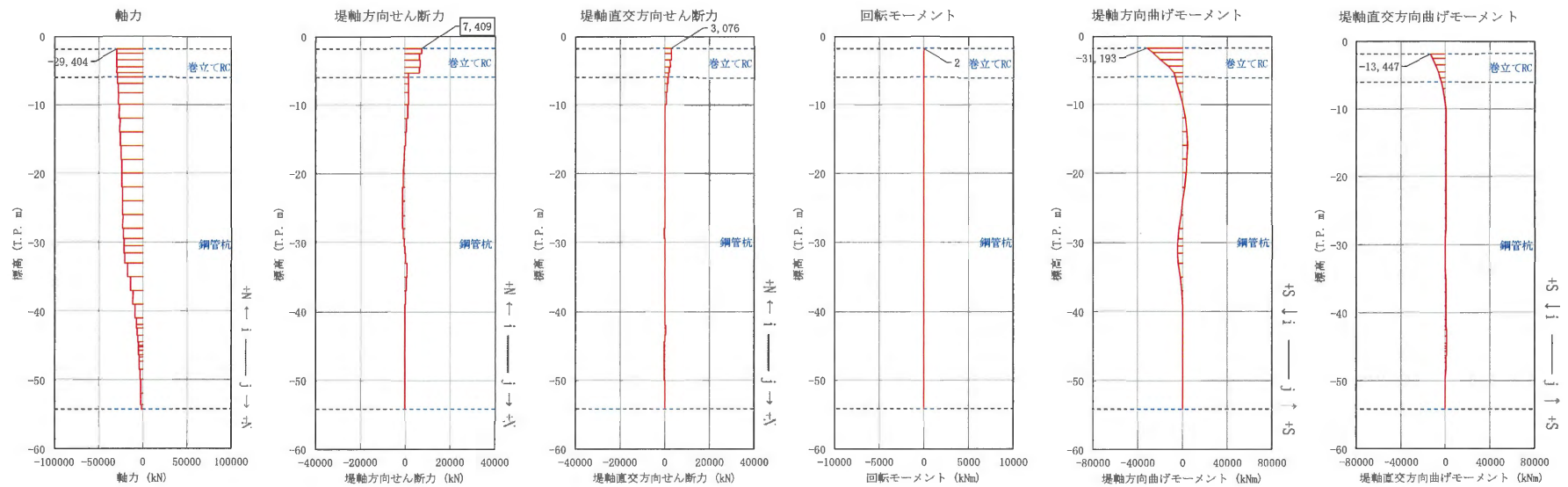


図 4.2-111 巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭においてせん断応力度照査結果が最も厳しい断面力図
①-①断面（重畳時：敷地に遡上する津波，南基礎，地盤バネ5）

d. 杭頭接合部（仮想鉄筋コンクリート断面）

(a) 鋼管杭頭部及び巻立て鉄筋コンクリート部の曲げ軸力に対する評価結果

重畳時（敷地に遡上する津波）においては、3次元静的フレーム解析によって得られる断面力に対して、仮想鉄筋コンクリート断面として発生応力度を算出する。鋼管杭頭部及び巻立て鉄筋コンクリート部の曲げ軸力に対する照査は、接合部のコンクリートの曲げ圧縮応力度と鉄筋の曲げ引張応力度が、それぞれ許容限界以下であることを確認する。

評価位置及び杭記号位置を図 4.2-112 に、鋼管杭頭部における仮想鉄筋コンクリート断面と照査断面位置を図 4.2-113 に、巻立て鉄筋コンクリート部における仮想鉄筋コンクリート断面と照査断面位置を図 4.2-114 に示す。

曲げ軸力評価に対する評価は、図 4.2-112 に評価位置図の巻立て鉄筋コンクリートに対して行う。同図に示す巻立て鉄筋コンクリートの名称は、鋼管杭と同様に以下のルールに従う。最初のアルファベットは、Nが北基礎の巻立て鉄筋コンクリートであり、Sが南基礎の巻立て鉄筋コンクリートであることを示す。2番目のアルファベットは、Eが東側の巻立て鉄筋コンクリートであり、Wが西側の巻立て鉄筋コンクリートであることを示す。末尾の数字は、南端の巻立て鉄筋コンクリートを1として北に向かって昇順で設定し、北端の巻立て鉄筋コンクリートを6とする。また、末尾の番号が1及び6を端部杭、2～5を中間杭として照査結果を区別する。端部杭と中間杭として区別したのは、部材幅が異なるためである。

コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果を表 4.2-30 に、鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果を表 4.2-31 にそれぞれ示す。杭頭接合部（仮想鉄筋コンクリート断面）における許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてコンクリートの曲げ圧縮応力度と鉄筋の曲げ引張応力度が許容限界以下であることを確認した。なお、コンクリートの曲げ軸力照査の最大照査値は、巻立て鉄筋コンクリート断面の接合部が0.70（発生位置は北基礎のNW 1 端部杭の接合部）であり、鋼管杭断面の接合部が0.33（発生位置は北基礎のNE 1 鋼管杭の接合部）である。一方、鉄筋の曲げ軸力照査の最大照査値は、巻立て鉄筋コンクリート断面の接合部が0.78（発生位置は北基礎のNE 2 中間杭の接合部）であり、鋼管杭断面の接合部が0.42（発生位置は北基礎のNE 2 中間杭の接合部）である。これらの最大照査値は全て地盤バネ5の北基礎における照査値である。

これらの照査値は、表 4.2-1～表 4.2-4 に示す評価結果総括表のとおり工認設計モデルの照査値（コンクリート曲げ軸力の最大照査値は、巻立て鉄筋コンクリート断面の接合部0.94、鋼管杭断面の接合部0.38、鉄筋曲げ軸力の最大照査値は、巻立て鉄筋コンクリート断面の接合部0.92、鋼管杭断面の接合部0.55）よりも小さい。これは、残置する地中連続壁部を考慮することで、地中連続壁部及び中実鉄筋コンクリートの荷重負担率が増加することになり、巻立て鉄筋コンクリート及び鋼管杭の荷重負担が、工認設計モデルよりも軽減されるためである。したがって、鋼管杭の曲げ軸力に対する照査は、工認設計モデルの方が保守的な評価結果になることを確認した。

以上のことから、地中連続壁部の残置を考慮しても杭頭接合部（仮想鉄筋コンクリート断面）の構造部材の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

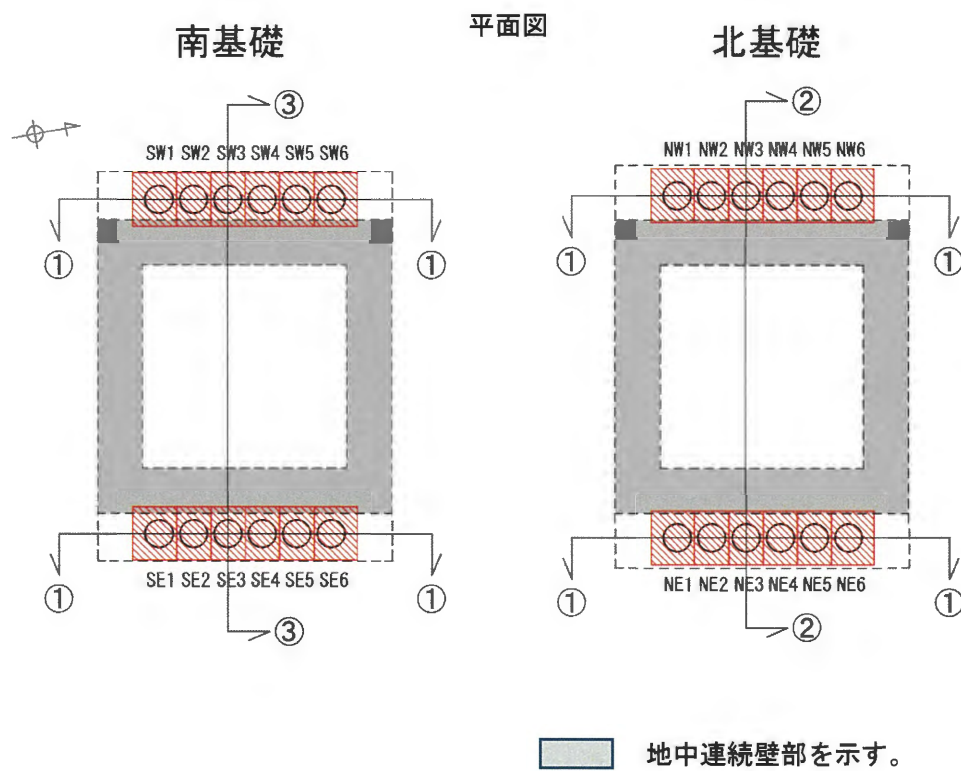
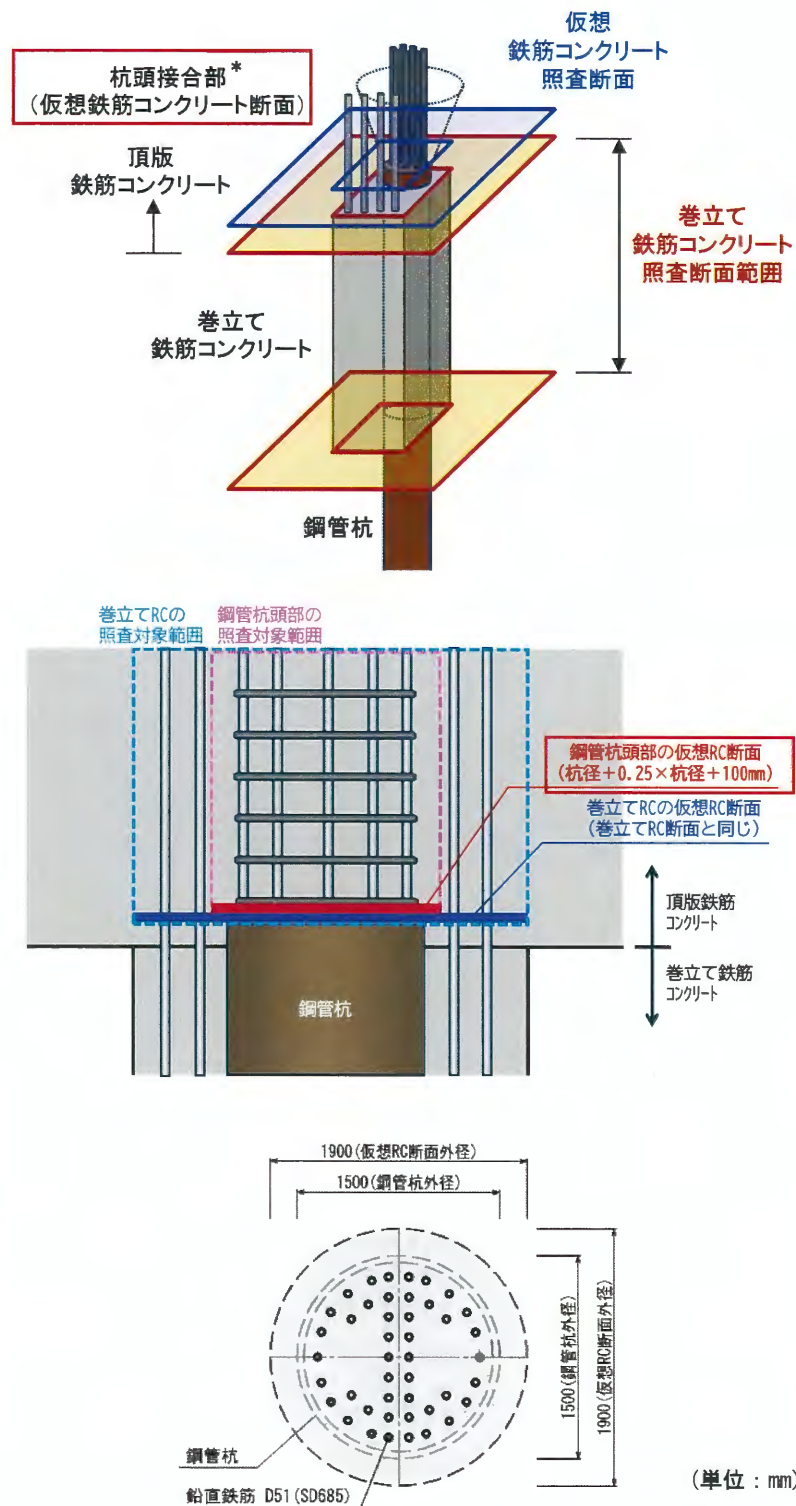
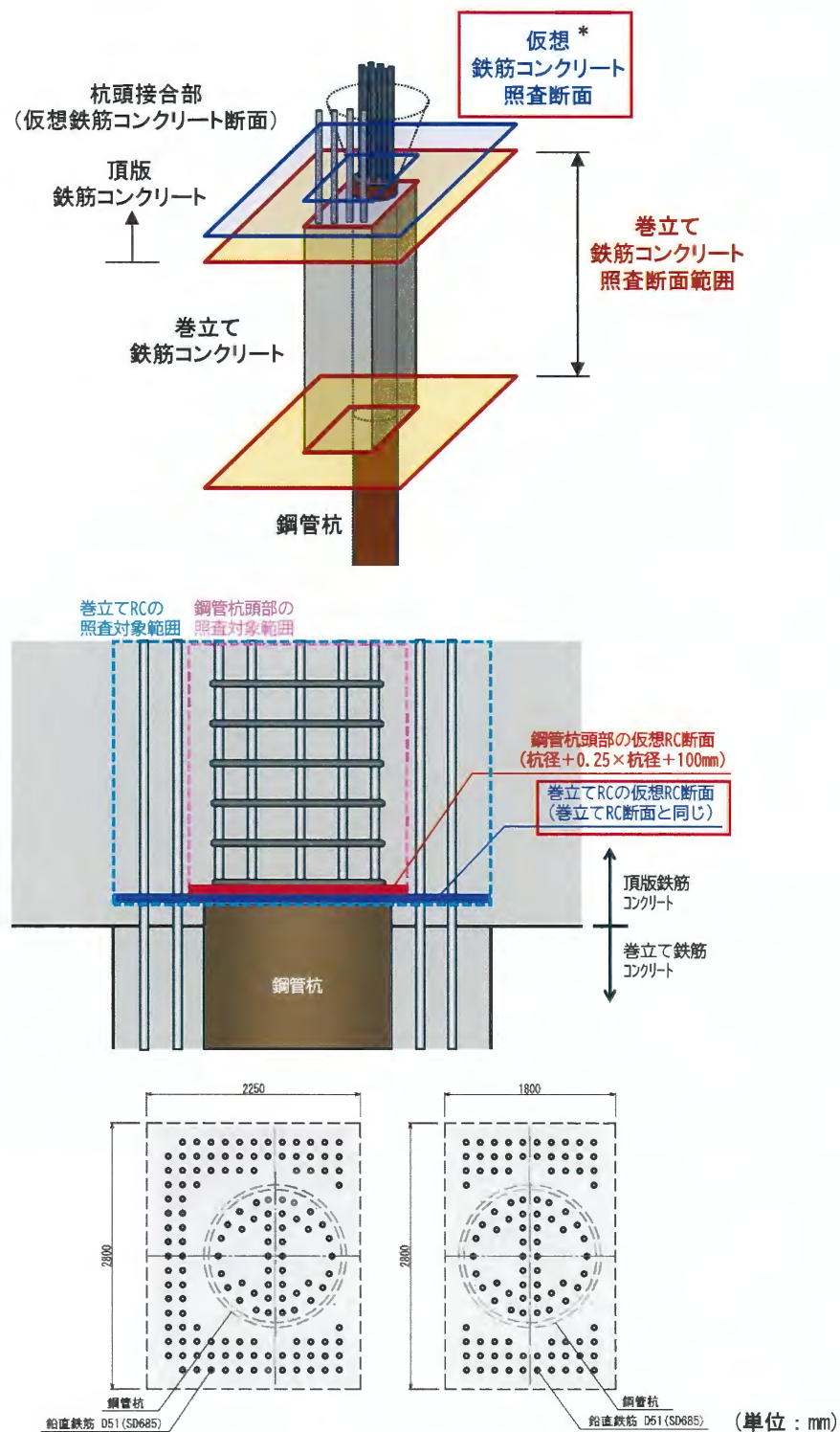


図 4.2-112 評価位置図（杭頭接合部）



* 仮想鉄筋コンクリート断面は「道路橋示方書(Ⅳ下部構造編)・同解説(日本道路協会, 平成24年3月)」に基づいて設定

図 4.2-113 鋼管杭頭部における仮想鉄筋コンクリート断面と照査断面位置



* 仮想鉄筋コンクリート断面は「道路橋示方書(IV下部構造編)・同解説(日本道路協会, 平成24年3月)」に基づいて設定

図 4.2-114 巻立て鉄筋コンクリート部における仮想鉄筋コンクリート断面と照査断面位置

表 4.2-30 コンクリートの曲げ軸力照査結果（重畳時：敷地に遡上する津波）

地盤パネ のケース	評価位置					断面性状			鉄筋仕様	発生断面力		発生 応力度 σ _c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ _{cs} (N/mm ²)	照査値 σ _c /σ _{cs}
						部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
地盤 パネ 3	北基礎	仮想RC 断面 (RC)	端部杭	NW1	②－②断面	2250	2800	2375	D51φ150 (SD685)	-17229	-23984	14.6	32	0.46
					①－①断面	2800	2250	1875	D51φ150 (SD685)	23074				
			中間杭	NW2	②－②断面	1800	2800	2375	D51φ150 (SD685)	-13886	-20614	14.3	32	0.45
					①－①断面	2800	1800	1275	D51φ150 (SD685)	11834				
		仮想RC断面 (鋼管杭)		NE1	—	φ 1900			D51φ150 (SD685)	3140	3233	5.8	32	0.19
	南基礎	仮想RC 断面 (RC)	端部杭	SW6	③－③断面	2250	2800	2300	D51φ150 (SD685)	-13348	-23894	14.5	32	0.46
					①－①断面	2800	2250	1875	D51φ150 (SD685)	-23416				
			中間杭	SW4	③－③断面	1800	2800	2300	D51φ150 (SD685)	-12595	-18432	14.4	32	0.45
					①－①断面	2800	1800	1275	D51φ150 (SD685)	-11414				
		仮想RC断面 (鋼管杭)		SE6	—	φ 1900			D51φ150 (SD685)	3384	3442	6.3	32	0.20
	地盤 パネ 4	北基礎	仮想RC 断面 (RC)	端部杭	NW1	②－②断面	2250	2800	2375	D51φ150 (SD685)	-18442	-25930	21.1	32
①－①断面						2800	2250	1875	D51φ150 (SD685)	37840				
中間杭				NW2	②－②断面	1800	2800	2375	D51φ150 (SD685)	-14751	-21959	20.9	32	0.66
					①－①断面	2800	1800	1275	D51φ150 (SD685)	19924				
仮想RC断面 (鋼管杭)			NE1	—	φ 1900			D51φ150 (SD685)	5091	3869	9.5	32	0.30	
南基礎		仮想RC 断面 (RC)	端部杭	SW6	③－③断面	2250	2800	2300	D51φ150 (SD685)	-13637	-26839	16.3	32	0.52
					①－①断面	2800	2250	1875	D51φ150 (SD685)	-27278				
			中間杭	SW4	③－③断面	1800	2800	2300	D51φ150 (SD685)	-12932	-19226	16.0	32	0.50
					①－①断面	2800	1800	1275	D51φ150 (SD685)	-13182				
		仮想RC断面 (鋼管杭)		SE6	—	φ 1900			D51φ150 (SD685)	3985	4026	7.4	32	0.24
地盤 パネ 5		北基礎	仮想RC 断面 (RC)	① 端部杭	NW1	②－②断面	2250	2800	2375	D51φ150 (SD685)	-17691	-27386	22.2	32
	①－①断面					2800	2250	1875	D51φ150 (SD685)	40908				
	中間杭			NW2	②－②断面	1800	2800	2375	D51φ150 (SD685)	-14135	-22814	22.0	32	0.69
					①－①断面	2800	1800	1275	D51φ150 (SD685)	21511				
	② 仮想RC断面 (鋼管杭)		NE1	—	φ 1900			D51φ150 (SD685)	5545	4232	10.4	32	0.33	
	南基礎	仮想RC 断面 (RC)	端部杭	SW6	③－③断面	2250	2800	2300	D51φ150 (SD685)	-13447	-29404	18.0	32	0.57
					①－①断面	2800	2250	1875	D51φ150 (SD685)	-31193				
			中間杭	SW4	③－③断面	1800	2800	2300	D51φ150 (SD685)	-12718	-20345	17.6	32	0.55
					①－①断面	2800	1800	1275	D51φ150 (SD685)	-15166				
		仮想RC断面 (鋼管杭)		SE6	—	φ 1900			D51φ150 (SD685)	4544	4393	8.4	32	0.27

注記 鉄筋仕様に示す D51@150 は、接合部の鉄筋の仕様であり、公称直径 50.8 mm の異形棒鋼 D51 を鉄筋間隔 150 mm で配置することを示す。括弧内の SD685 は鉄筋材質である。

発生断面力は、鋼管杭頭部と巻立て鉄筋コンクリート部において算出した曲げモーメント及び軸力を示す。

発生応力度は、発生断面力を考慮して結合部（仮想鉄筋コンクリート断面）において算出した鉄筋及びコンクリートの応力度を示す。

評価位置は図 4.2-112 に示す。

赤線枠内は最大照査値を示す。①の赤線枠内に示す最大照査値の組合せケースは、堤軸方向：南向き 1.0 倍、堤軸直交方向：西向き 0.4 倍、鉛直方向：下向き 0.4 倍である。堤軸直交方向は組合せ係数が西向き 0.4 倍であるが、津波荷重が他の荷重に対して顕著に大きいため、堤軸直交方向の曲げモーメントが大きく発生する。堤軸方向は組合せ係数が南向き 1.0 倍であるため慣性力と応答変位による堤軸方向の曲げモーメントが大きく発生する。さらに、図 4.2-115 に示す津波荷重による頂版鉄筋コンクリートの水平回転により堤軸方向の曲げモーメントが増大する。したがって、堤軸直交方向及び堤軸方向の 2 方向の曲げモーメントがともに発達する。また、鉛直方向の組合せ係数が下向きに 0.4 倍であるため、軸圧縮力が増加する。これに伴い 2 方向合成の曲げ軸力の影響が大きくなり、中立軸が傾く。中立軸が傾くと、中立軸から圧縮縁までの距離が遠くなり、コンクリートの曲げ軸力（コンクリート曲げ圧縮応力度）が大きくなる。このため、この組合せケースにおいて、コンクリートの曲げ軸力の最大照査値が発生する。

一方、②の赤線枠内に示す最大照査値の組合せケースは、堤軸方向：北向き 1.0 倍、堤軸直交方向：西向き 0.4 倍、鉛直方向：上向き 0.4 倍である。堤軸直交方向は組合せ係数が西向き 0.4 倍であるが、津波荷重が他の荷重に対して顕著に大きいため、堤軸直交方向の曲げモーメントが大きく発生する。堤軸方向は組合せ係数が北向き 1.0 倍であるため慣性力と応答変位による堤軸方向の曲げモーメントが大きく発生する。さらに、図 4.2-115 に示す頂版鉄筋コンクリートの水平回転により堤軸方向の曲げモーメントが増大する。したがって、堤軸直交方向及び堤軸方向の 2 方向の曲げモーメントがともに発達する。また、鉛直方向の組合せ係数が上向きに 0.4 倍であるため、軸圧縮力が低減する。これに伴い 2 方向合成の曲げ軸力の影響が大きくなるため、この組合せケースにおいて、コンクリートの曲げ軸力の最大照査値が発生する。

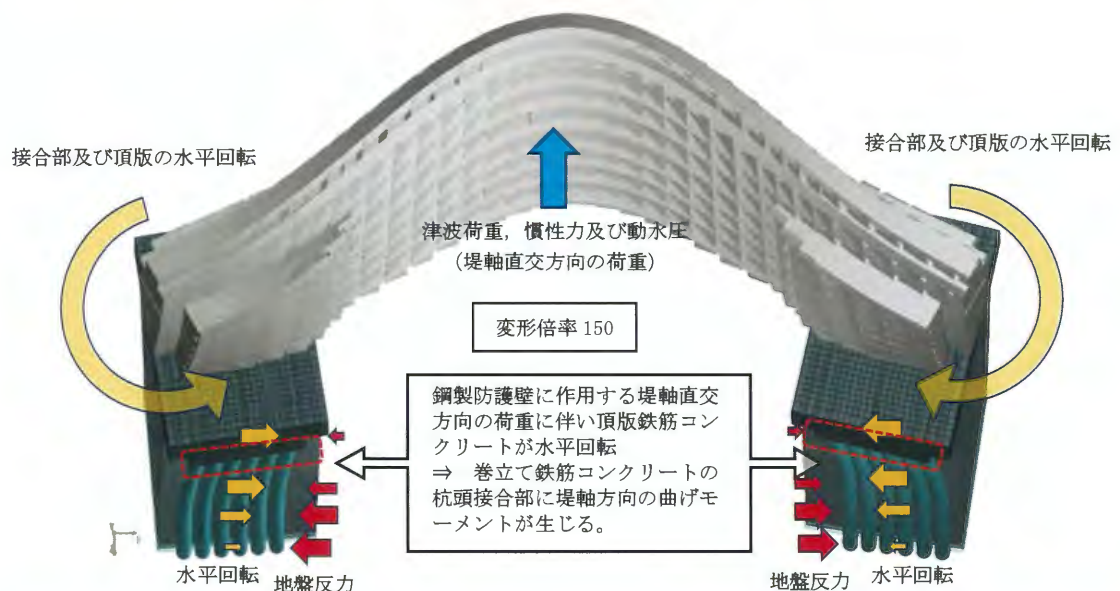


図 4.2-115 頂版鉄筋コンクリートの水平回転に伴う杭頭接合部の曲げモーメント発生状況

表 4. 2-31 鉄筋の曲げ軸力照査結果（重畳時：敷地に遡上する津波）

地盤パネ のケース	評価位置				断面性状			鉄筋仕様	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s/σ_{sa}	
					部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)				
地盤パネ 3	北基礎	仮想RC 断面 (RC)	端部杭	NE1	②－②断面	2250	2800	2375	D51φ150 (SD685)	-6419	20733	262.2	660	0.40
			①－①断面	2800	2250	1875	D51φ150 (SD685)	-21754						
		中間杭	NE2	②－②断面	1800	2800	2375	D51φ150 (SD685)	-5657	17784	310.1	660	0.47	
			①－①断面	2800	1800	1275	D51φ150 (SD685)	-11252						
		仮想RC断面 (鋼管杭)		NE2	—	φ 1900			D51φ150 (SD685)	2869	5266	165.4	660	0.26
	南基礎	仮想RC 断面 (RC)	端部杭	SE6	③－③断面	2250	2800	2300	D51φ150 (SD685)	-6510	21011	278.0	660	0.43
			①－①断面	2800	2250	1875	D51φ150 (SD685)	22455						
		中間杭	SE5	③－③断面	1800	2800	2300	D51φ150 (SD685)	-5608	17747	327.2	660	0.50	
			①－①断面	2800	1800	1275	D51φ150 (SD685)	11589						
		仮想RC断面 (鋼管杭)		SE5	—	φ 1900			D51φ150 (SD685)	3045	5488	174.2	660	0.27
地盤パネ 4	北基礎	仮想RC 断面 (RC)	端部杭	NE1	②－②断面	2250	2800	2375	D51φ150 (SD685)	-8170	26262	397.4	660	0.61
			①－①断面	2800	2250	1875	D51φ150 (SD685)	-36872						
		中間杭	NE2	②－②断面	1800	2800	2375	D51φ150 (SD685)	-7327	22632	467.3	660	0.71	
			①－①断面	2800	1800	1275	D51φ150 (SD685)	-19377						
		仮想RC断面 (鋼管杭)		NE2	—	φ 1900			D51φ150 (SD685)	4721	7162	251.0	660	0.39
	南基礎	仮想RC 断面 (RC)	端部杭	SE6	③－③断面	2250	2800	2300	D51φ150 (SD685)	-6686	24626	323.3	660	0.49
			①－①断面	2800	2250	1875	D51φ150 (SD685)	26510						
		中間杭	SE5	③－③断面	1800	2800	2300	D51φ150 (SD685)	-5714	20212	374.0	660	0.57	
			①－①断面	2800	1800	1275	D51φ150 (SD685)	13557						
		仮想RC断面 (鋼管杭)		SE5	—	φ 1900			D51φ150 (SD685)	3542	6286	201.2	660	0.31
地盤パネ 5	北基礎	仮想RC 断面 (RC)	端部杭	NE1	②－②断面	2250	2800	2375	D51φ150 (SD685)	-9782	28608	435.9	660	0.67
			①－①断面	2800	2250	1875	D51φ150 (SD685)	-40094						
		① 中間杭	NE2	②－②断面	1800	2800	2375	D51φ150 (SD685)	-8673	24374	509.9	660	0.78	
			①－①断面	2800	1800	1275	D51φ150 (SD685)	-21014						
		② 仮想RC断面 (鋼管杭)		NE2	—	φ 1900			D51φ150 (SD685)	5123	7741	271.9	660	0.42
	南基礎	仮想RC 断面 (RC)	端部杭	SE6	③－③断面	2250	2800	2300	D51φ150 (SD685)	-9873	27008	374.5	660	0.57
			①－①断面	2800	2250	1875	D51φ150 (SD685)	30338						
		中間杭	SE5	③－③断面	1800	2800	2300	D51φ150 (SD685)	-8281	21817	430.4	660	0.66	
			①－①断面	2800	1800	1275	D51φ150 (SD685)	15534						
		仮想RC断面 (鋼管杭)		SE5	—	φ 1900			D51φ150 (SD685)	4039	6862	225.1	660	0.35

注記 鉄筋仕様に示す D51@150 は、接合部の鉄筋の仕様であり、公称直径 50.8 mm の異形棒鋼 D51 を鉄筋間隔 150 mm で配置することを示す。括弧内の SD685 は鉄筋材質である。

発生断面力は、鋼管杭頭部と巻立て鉄筋コンクリート部において算出した曲げモーメント及び軸力を示す。

発生応力度は、発生断面力を考慮して結合部（仮想鉄筋コンクリート断面）において算出した鉄筋及びコンクリートの応力度を示す。

評価位置は図 4. 2-112 に示す。

赤線枠内は最大照査値を示す。①及び②の赤線枠内に示す最大照査値の組合せケースは、堤軸方向：北向き 1.0 倍、堤軸直交方向：西向き 0.4 倍、鉛直方向：上向き 0.4 倍である。堤軸直交方向は組合せ係数が西向き 0.4 倍であるが、津波荷重が他の

荷重に対して顕著に大きいため、堤軸直交方向の曲げモーメントが大きく発生する。堤軸方向は組合せ係数が北向き 1.0 倍であるため慣性力と応答変位による堤軸方向の曲げモーメントが大きく発生する。さらに、図 4.2-116 に示す頂版鉄筋コンクリートの水平回転により堤軸方向の曲げモーメントが増大する。したがって、堤軸直交方向及び堤軸方向の 2 方向の曲げモーメントがともに発達する。また、鉛直方向の組合せ係数が上向きに 0.4 倍であるため、軸引張力が増加する。これに伴い 2 方向合成の曲げ軸力の影響が大きくなるため、この組合せケースにおいて、鉄筋の曲げ軸力の最大照査値が発生する。

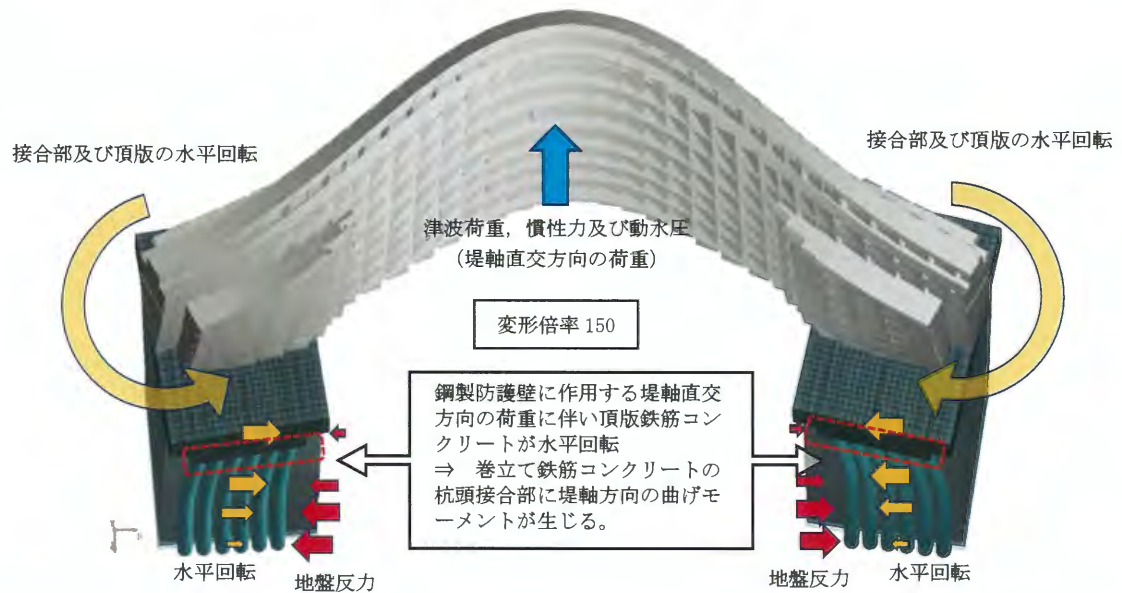


図 4.2-116 頂版鉄筋コンクリートの水平回転に伴う杭頭接合部の曲げモーメント発生状況
(図 4.2-115 の再掲)

e. 頂版鉄筋コンクリート

(a) 曲げ軸力に対する評価結果

重畳時（敷地に遡上する津波）においては、3次元静的フレーム解析によって得られる曲げ軸力によりコンクリート及び鉄筋に発生する応力度を算出する。頂版鉄筋コンクリートの曲げ軸力照査は、コンクリートの曲げ圧縮応力度と鉄筋の曲げ引張応力度が、それぞれ許容限界以下であることを確認する。

曲げ軸力に対する評価は、図 4.2-117 に示す評価位置図の巻立て鉄筋コンクリートに対して行う。

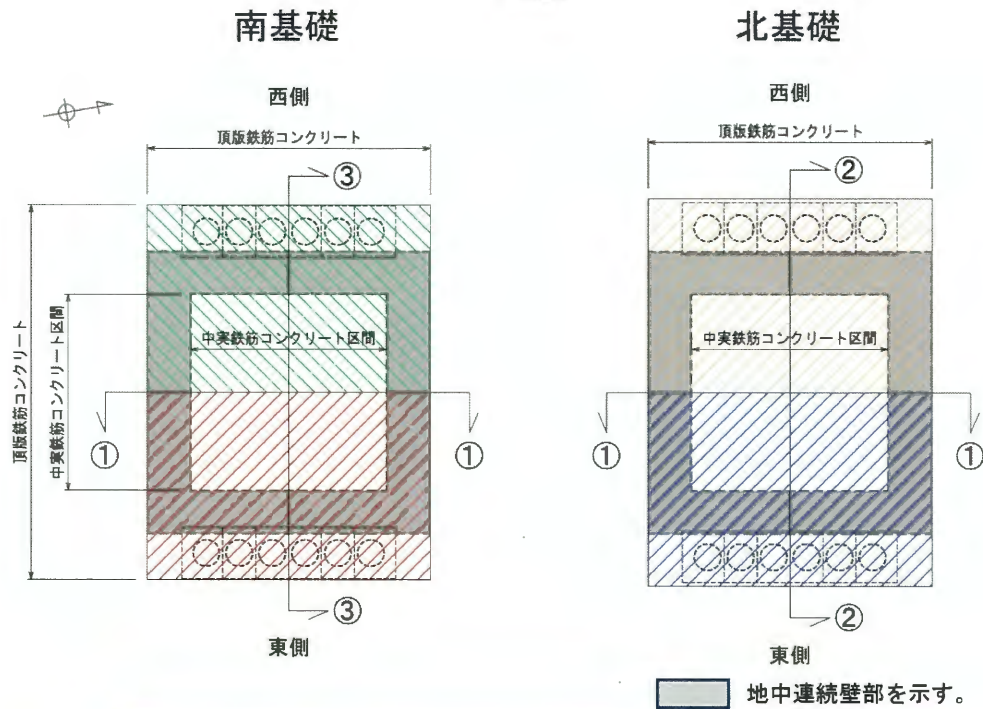
コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果を表 4.2-32 に、鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果を表 4.2-33 にそれぞれ示す。表 4.2-32 及び表 4.2-33 に示す照査結果では、堤軸方向及び堤軸直交方向において照査値が最大になるものに○印を付し、○印を付した照査値に対応する断面力分布を図 4.2-118 及び図 4.2-119 に示す。

頂版鉄筋コンクリートにおける許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてコンクリートの曲げ圧縮応力度と鉄筋の曲げ引張応力度が許容限界以下であることを確認した。なお、頂版鉄筋コンクリートにおけるコンクリートの曲げ軸力に対する最大照査値は 0.40 であり、鉄筋の曲げ軸力に対する最大照査値は 0.63 である。これらの照査値は、ともに地盤パネ 5 の北基礎のものであり、コンクリートの曲げ軸力に対する最大照査値は北基礎東側の堤軸直交方向の照査値、鉄筋の曲げ軸力に対する最大照査値は北基礎の堤軸方向の照査値である。

これらの照査値は、表 4.2-1～表 4.2-4 に示す評価結果総括表のとおり工認設計モデルの照査値（コンクリートの曲げ軸力に対する最大照査値は 0.68、鉄筋の曲げ軸力に対する最大照査値は 0.90）よりも小さい。したがって、頂版鉄筋コンクリートの曲げ軸力に対する照査は、工認設計モデルの方が保守的な評価結果になることを確認した。残置影響評価モデルの照査値が工認設計モデルに対して低減した理由は、残置する地中連続壁部を考慮することで、地中連続壁部及び中実鉄筋コンクリートの荷重負担率が増加することになり、巻立て鉄筋コンクリート及び鋼管杭の荷重負担が工認設計モデルよりも軽減し、杭頭接合部を介して頂版鉄筋コンクリートに伝達される荷重も軽減されるためである。

以上のことから、地中連続壁部の残置を考慮しても頂版鉄筋コンクリートの構造部材の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

平面図



注記 上図においては、頂版鉄筋コンクリートを中央で分割し、東側と西側の領域を異なる色の網掛け斜線で示す。この領域分割は、以降で示す照査表において堤軸直方向のコンクリート及び鉄筋の曲げ軸力照査の評価位置を明確にするためのものである。

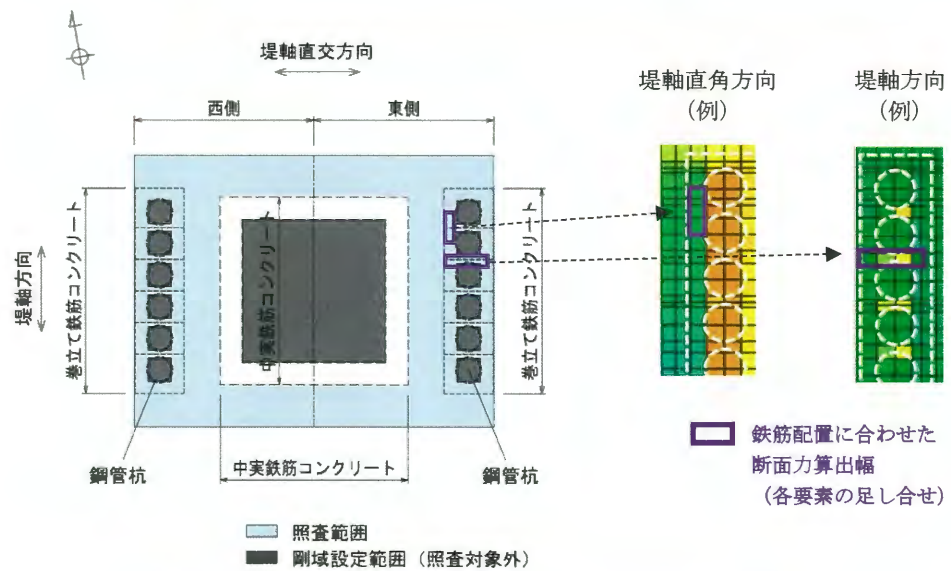


図 4.2-117 評価位置図 (頂版鉄筋コンクリート)

表 4.2-32 コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果（重畳時：敷地に遡上する津波）

地盤パネ のケース	評価位置			断面形状 部材高 h (mm)	鉄筋仕様	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許 容 応力度 σ_{cs} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{cs}
						曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
地盤 パネ 3	北基礎	堤軸直 交方向	東側	5040	D51@150	-115779	283	9.5	32	0.30
			西側	5040	D51@150	48353	-4962	8.1	32	0.26
		堤軸方向		5040	D29@150*	-21414	-1363	3.5	32	0.12
	南基礎	堤軸直 交方向	東側	5040	D51@150	-100226	13	8.3	32	0.26
			西側	5040	D51@150	42025	-4354	7.1	32	0.23
		堤軸方向		5040	D29@150*	-20899	-1220	3.7	32	0.12
地盤 パネ 4	北基礎	堤軸直 交方向	東側	5040	D51@150	-147907	-44	12.2	32	0.39
			西側	5040	D51@150	58858	-5186	9.8	32	0.31
		堤軸方向		5040	D29@150*	-28119	-1795	4.7	32	0.15
	南基礎	堤軸直 交方向	東側	5040	D51@150	-108063	458	8.9	32	0.28
			西側	5040	D51@150	45025	-4469	7.6	32	0.24
		堤軸方向		5040	D29@150*	-24153	-1379	4.3	32	0.14
地盤 パネ 5	北基礎	堤軸直 交方向	東側	5040	D51@150	-153636	515	12.6	32	0.40
			西側	5040	D51@150	63493	-5143	10.6	32	0.34
		堤軸方向		5040	D29@150*	-30185	-1886	5.0	32	0.16
	南基礎	堤軸直 交方向	東側	5040	D51@150	-108573	2062	8.8	32	0.28
			西側	5040	D51@150	50947	-4755	8.5	32	0.27
		堤軸方向		5040	D29@150*	-26958	-1534	4.8	32	0.15

注記 鉄筋仕様に示す D51@150 は、頂版鉄筋コンクリートの鉄筋仕様であり、公称直径 50.8mm の異形棒鋼 D51 を鉄筋間隔 150mm で配置することを示す。括弧内の SD685 は鉄筋材質である。同様に、D29@150 も、接合部の鉄筋の仕様であり、公称直径 28.6 mm の異形棒鋼 D29 を鉄筋間隔 150 mm で配置することを示す。

*：最小鉄筋量に基づき鉄筋仕様を決定

評価位置は図 4.2-117 に示す。

赤線枠内は最大照査値を示す。赤線枠内に示す最大照査値の組合せケースは、堤軸方向：南向き 0.4 倍、堤軸直交方向：西向き 1.0 倍、鉛直方向：上向き 0.4 倍である。頂版鉄筋コンクリートの曲げ軸力に対する照査においては、堤軸直交方向の組合せ係数 1.0 倍を考慮した堤軸直交方向の慣性力、動水圧及び応答変位に津波荷重を重ね合わせた場合が最も厳しい条件になる。これらの荷重の作用に伴い、北基礎の頂版鉄筋コンクリートの東側に軸圧縮力と曲げモーメントが発生するため、上記の組合せケースにおいて、軸直交方向のコンクリートの曲げ軸力（コンクリートの曲げ圧縮応力度）に対する最大照査値が発生している。

表 4.2-33 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果（重畳時：敷地に遡上する津波）

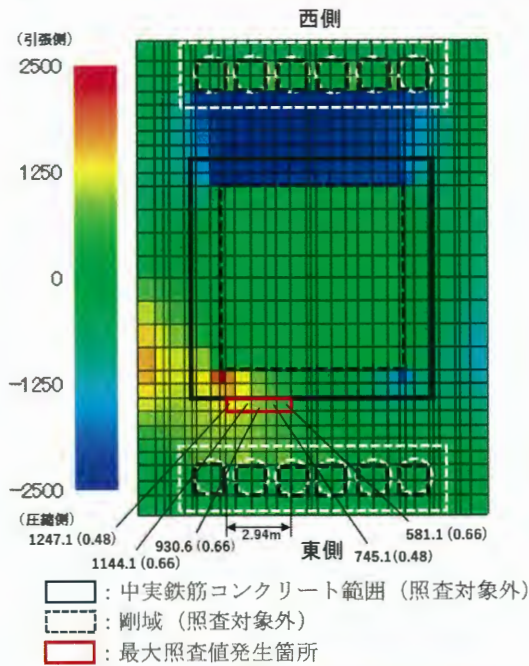
地盤パネ のケース	評価位置			断面形状	鉄筋段数		鉄筋仕様	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ss} (N/mm ²)	照査値 σ_s/σ_{ss}	断面力図
				部材高 h (mm)	上面	下面		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)				
地盤 パネ 3	北基礎	堤軸直 交方向	東側	5040	D51-7段 (SD685)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD685)	-115508	1101	263.9	660	0.40	—
				5040	D51-3.5段 (SD490)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD490)	-60802	-741	182.2	478.5	0.39	—
		西側	5040	D51-2段 (SD490)	D51-2段 (SD685)	D51 (SD685)	46909	-3675	237.3	660	0.36	—	
			5040	D38-2段 (SD490)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD490)	41994	-1749	144.2	478.5	0.31	—	
		堤軸方向		5040	D32-2段 (SD490)	D35-2段 (SD490)	D35 (SD490)	-21414	-1363	213.0	478.5	0.45	—
	南基礎	堤軸直 交方向	東側	5040	D51-7段 (SD685)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD685)	-100086	771	228.0	660	0.35	—
				5040	D51-3.5段 (SD490)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD490)	-53067	1317	170.4	478.5	0.36	—
		西側	5040	D51-2段 (SD490)	D51-2段 (SD685)	D51 (SD685)	42026	-4223	202.9	660	0.31	—	
			5040	D38-2段 (SD490)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD490)	38791	-3651	119.9	478.5	0.26	—	
		堤軸方向		5040	D32-2段 (SD490)	D35-2段 (SD490)	D35 (SD490)	-20899	-1220	211.3	478.5	0.45	—
地盤 パネ 4	北基礎	堤軸直 交方向	東側	5040	D51-7段 (SD685)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD685)	-148410	2101	341.8	660	0.52	—
				5040	D51-3.5段 (SD490)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD490)	-79275	228	244.4	478.5	0.52	—
		西側	5040	D51-2段 (SD490)	D51-2段 (SD685)	D51 (SD685)	57587	-3879	298.0	660	0.46	—	
			5040	D38-2段 (SD490)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD490)	-24353	1567	244.5	478.5	0.52	—	
		堤軸方向		5040	D32-2段 (SD490)	D35-2段 (SD490)	D35 (SD490)	-28119	-1795	279.5	478.5	0.59	—
	南基礎	堤軸直 交方向	東側	5040	D51-7段 (SD685)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD685)	-107876	911	246.1	660	0.38	—
				5040	D51-3.5段 (SD490)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD490)	-57186	1501	184.1	478.5	0.39	—
		西側	5040	D51-2段 (SD490)	D51-2段 (SD685)	D51 (SD685)	44924	-4318	218.9	660	0.34	—	
			5040	D38-2段 (SD490)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD490)	39551	-2436	130.6	478.5	0.28	—	
		堤軸方向		5040	D32-2段 (SD490)	D35-2段 (SD490)	D35 (SD490)	-24153	-1379	244.9	478.5	0.52	—
地盤 パネ 5	北基礎	堤軸直 交方向	東側	5040	D51-7段 (SD685)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD685)	-154169	2764	357.3	660	0.55	○
				5040	D51-3.5段 (SD490)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD490)	-82534	435	255.6	478.5	0.54	—
		西側	5040	D51-2段 (SD490)	D51-2段 (SD685)	D51 (SD685)	62252	-3764	326.7	660	0.50	—	
			5040	D38-2段 (SD490)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD490)	-26697	2018	273.8	478.5	0.58	—	
		堤軸方向		5040	D32-2段 (SD490)	D35-2段 (SD490)	D35 (SD490)	-30185	-1886	301.1	478.5	0.63	○
	南基礎	堤軸直 交方向	東側	5040	D51-7段 (SD685)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD685)	-107855	3009	254.2	660	0.39	—
				5040	D51-3.5段 (SD490)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD490)	-57769	2198	189.9	478.5	0.40	—
		西側	5040	D51-2段 (SD490)	D51-2段 (SD685)	D51 (SD685)	50779	-4548	250.9	660	0.39	—	
			5040	D38-2段 (SD490)	D51-2段 (SD490)	D51 (SD490)	44114	-1939	150.8	478.5	0.32	—	
		堤軸方向		5040	D32-2段 (SD490)	D35-2段 (SD490)	D35 (SD490)	-26958	-1534	273.5	478.5	0.58	—

注記 D51-7 段等で示した鉄筋仕様、頂版鉄筋コンクリートの鉄筋の仕様であり、D51-7 段は公称直径 50.8 mm の異形棒鋼 D51 を 7 段で配置することを示す。括弧内の SD490 及び SD685 は鉄筋材質である。

評価位置は図 4.2-117 に示す。

赤線枠内は最大照査値を示す。赤線枠内に示す最大照査値の組合せケースは、堤軸方向：南向き 1.0 倍、堤軸直交方向：西向き 0.4 倍、鉛直方向：下向き 0.4 倍である。南基礎の西側は、津波荷重に基づく回転変位により南側へ変位するが、堤軸方向の南向き 1.0 倍の組合せ係数により南向きの慣性力が作用する。この相反する動きにより杭頭間に堤軸方向の軸引張力が大きく発生し、鉄筋の引張応力度を増加させる。さらに軸方向の曲げモーメントの作用により、引張側鉄筋の引張応力度はさらに増加するため、この組合せケースにおいて鉄筋曲げ軸力の最大照査値が発生する。

軸力(kN/m)



曲げモーメント(kN・m/m)

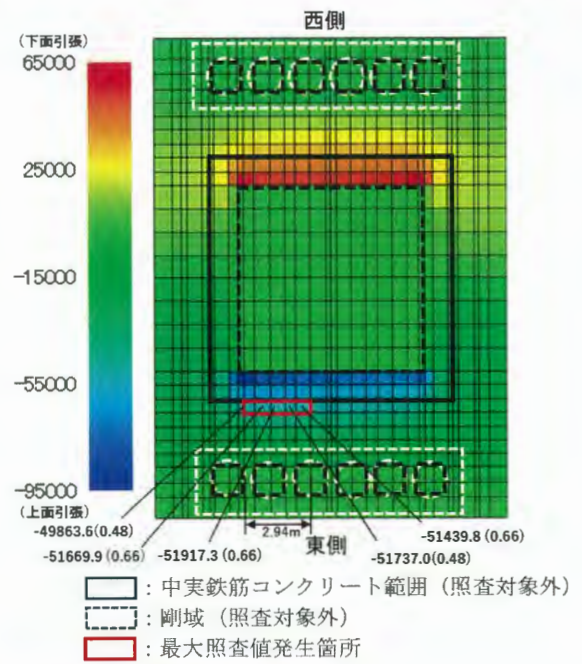


図 4.2-118 鉄筋の曲げ軸力が最も厳しい断面力図

堤軸直交方向 (重畳時：敷地に遡上する津波、北基礎、地盤バネ5)

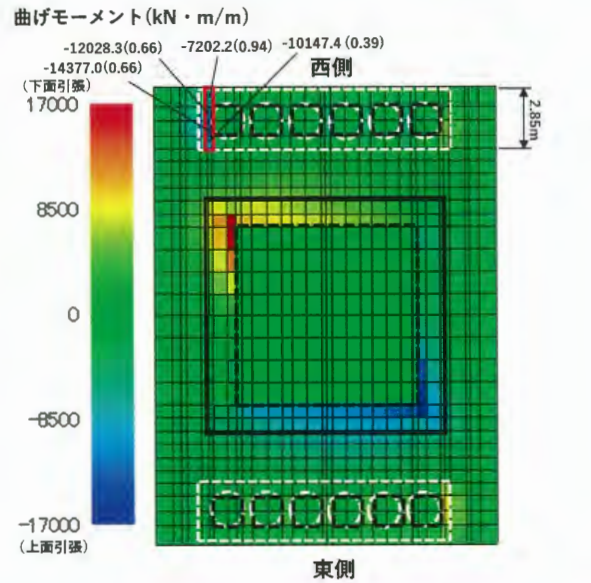
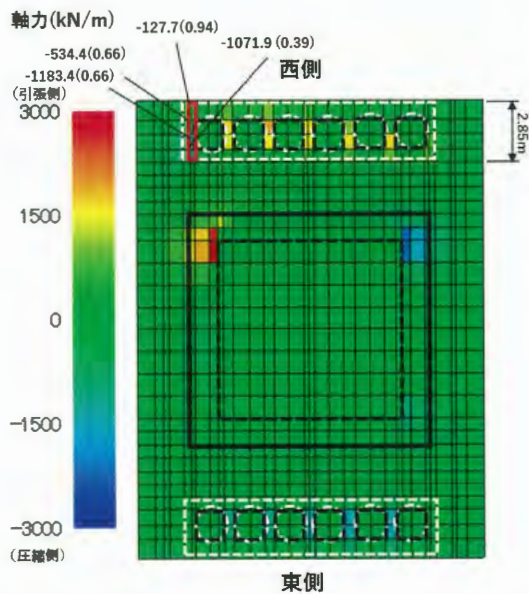


図 4.2-119 鉄筋の曲げ軸力が最も厳しい断面力図

堤軸方向 (重畳時：敷地に遡上する津波、北基礎、地盤バネ5)

(b) せん断力に対する評価結果

重畳時（敷地に遡上する津波）においては、3次元静的フレーム解析によって得られるせん断力を抽出する。頂版鉄筋コンクリートのせん断力に対する照査は、堤軸方向と堤軸直交方向の発生せん断力を合成して算出したせん断力がコンクリートの短期許容せん断力（ V_{ca} ）と斜め引張鉄筋の短期許容せん断力（ V_{sa} ）を合わせた短期許容せん断力（ V_a ）以下であることを確認する。

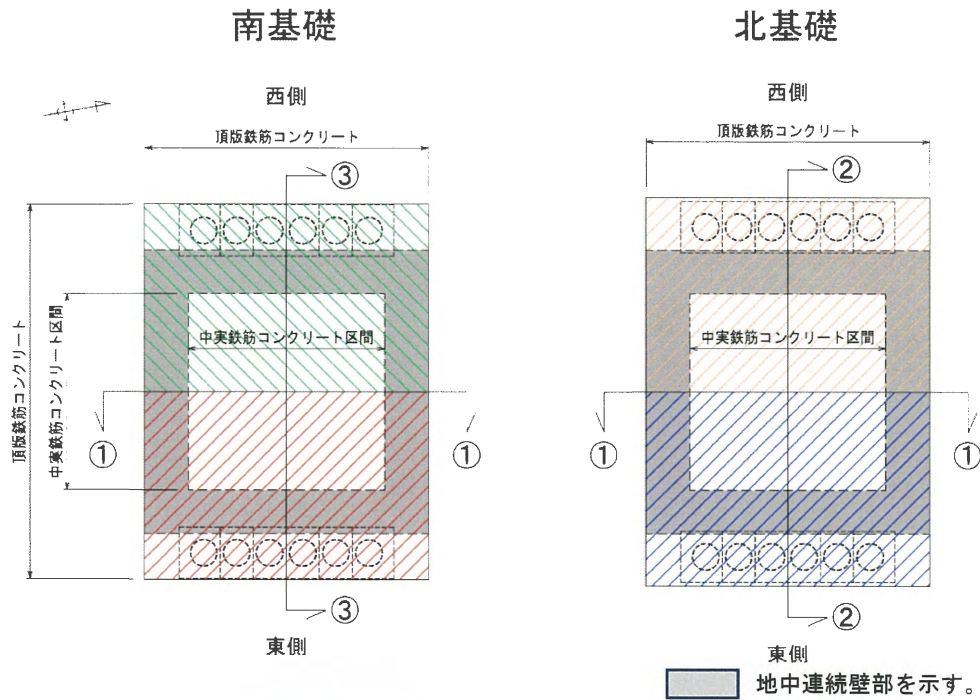
せん断力に対する評価は、図 4.2-120 に示す評価位置図の頂版鉄筋コンクリートに対して行う。

せん断力に対する照査結果を表 4.2-34 に示す。表 4.2-34 に示す照査結果では、南基礎及び北基礎において照査値が最大になるものに○印を付し、○印を付した照査値に対応する断面力分布を図 4.2-121 及び図 4.2-122 に示す。

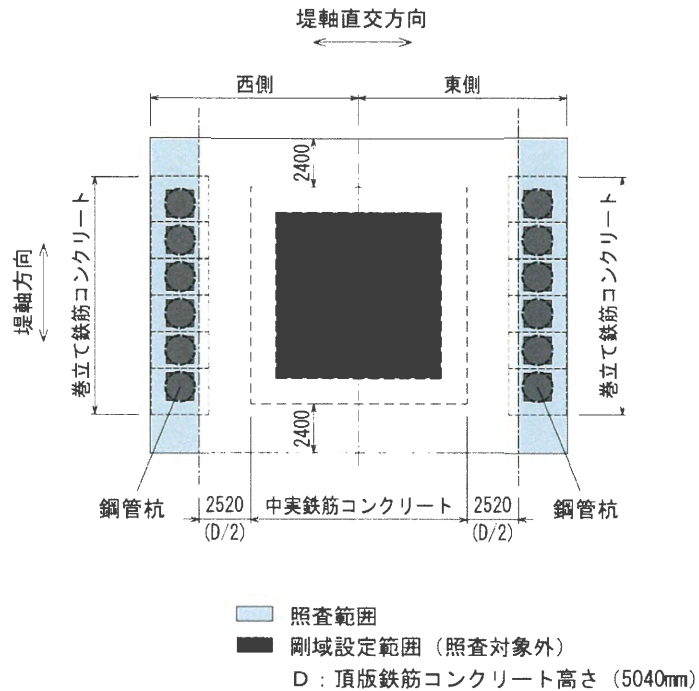
頂版鉄筋コンクリートにおける許容応力度法による照査を行った結果、評価位置における鉄筋コンクリートの発生せん断力が短期許容せん断力（ V_a ）以下であることを確認した。なお、頂版鉄筋コンクリートにおけるせん断力に対する最大照査値は 0.58 である。この照査値は、地盤バネ 5 の北基礎東側の照査値である。これらの照査値は、表 4.2-1～表 4.2-4 に示す評価結果総括表のとおり工認設計モデルの照査値（せん断力に対する最大照査値は 0.91）よりも小さい。したがって、頂版鉄筋コンクリートのせん断力に対する照査は、工認設計モデルの方が保守的な評価結果になることを確認した。残置影響評価モデルの照査値が工認設計モデルに対して低減した理由は、残置する地中連続壁部を考慮することで、地中連続壁部及び中実鉄筋コンクリートの荷重負担率が増加することになり、巻立て鉄筋コンクリート及び鋼管杭の荷重負担が工認設計モデルよりも軽減し、杭頭接合部を介して頂板鉄筋コンクリートに伝達される荷重も軽減されるためである。

以上のことから、地中連続壁部の残置を考慮しても頂版鉄筋コンクリートの構造部材の発生せん断力が許容限界以下であることを確認した。

平面図



注記 上図においては、頂版鉄筋コンクリートを中央で分割し、東側と西側の領域を異なる色の網掛け斜線で示す。この領域分割は、以降で示す照査表において堤軸直交方向のせん断照査の評価位置を明確にするためのものである。



注記 照査結果に示す発生せん断力は、要素に発生した単位幅当たりの断面力とする。

図 4.2-120 評価位置図 (頂版鉄筋コンクリート)

表 4.2-34 せん断力に対する照査結果（重畳時：敷地に遡上する津波）

地盤パネ のケース	評価位置		断面形状	鉄筋仕様 (材質)	発生 せん断力 V (kN)	短期許容 せん断力 V_s (kN)	照査値 V/V_s	断面力図
			部材高 h (mm)					
地盤 パネ 3	北基礎	東側	5040	3.333- D38@150 (SD390)	12896	31785	0.41	—
		西側	5040	3.333- D35@150 (SD390)	14275	31712	0.46	—
	南基礎	東側	5040	3.333- D38@150 (SD390)	12726	31785	0.41	—
		西側	5040	3.333- D35@150 (SD390)	14091	31712	0.45	—
地盤 パネ 4	北基礎	東側	5040	3.333- D38@150 (SD390)	17120	31785	0.54	—
		西側	5040	3.333- D35@150 (SD390)	16678	31712	0.53	—
	南基礎	東側	5040	3.333- D38@150 (SD390)	14609	31785	0.46	—
		西側	5040	3.333- D35@150 (SD390)	15665	31712	0.50	—
地盤 パネ 5	北基礎	東側	5040	3.333- D38@150 (SD390)	18247	31785	0.58	○
		西側	5040	3.333- D35@150 (SD390)	17477	31712	0.56	—
	南基礎	東側	5040	3.333- D38@150 (SD390)	16224	31785	0.52	—
		西側	5040	3.333- D35@150 (SD390)	17158	31712	0.55	○

注記 鉄筋仕様に示す 3.333-D38@150 は、頂版鉄筋コンクリートの鉄筋仕様であり、公称直径 38.1 mm の異形棒鋼 D38 を同一鉛直断面内に幅 1 m 当たり 3.333 本配置し、水平方向の鉄筋間隔 150 mm で配置することを示す。同様に 3.333-D35@150 は、頂版鉄筋コンクリートの鉄筋仕様であり、公称直径 34.9 mm の異形棒鋼 D35 を同一鉛直断面内に幅 1 m 当たり 3.333 本配置し、水平方向の鉄筋間隔 150 mm で配置することを示す。括弧内の SD390 は鉄筋材質である。

評価位置に図 4.2-120 示す。

赤線枠内は最大照査値を示す。赤線枠内に示す最大照査値の組合せケースは、堤軸方向：北向き 0.4 倍、堤軸直交方向：西向き 1.0 倍、鉛直方向：上向き 0.4 倍である。頂版鉄筋コンクリートのせん断力に対する照査においては、堤軸直交方向の組合せ係数 1.0 倍（西向き）を考慮した堤軸直交方向の慣性力、動水圧及び応答変位に津波荷重を重ね合わせた場合が最も厳しい条件になる。この条件下では、南基礎の頂版鉄筋コンクリートの西側が押し下げられるが、巻立て鉄筋コンクリートと鋼管杭からは突き上げ方向の抵抗を受ける。これに伴い、巻立て鉄筋コンクリートの端部付近でせん断力が増加し、せん断力に対する最大照査値が発生する。

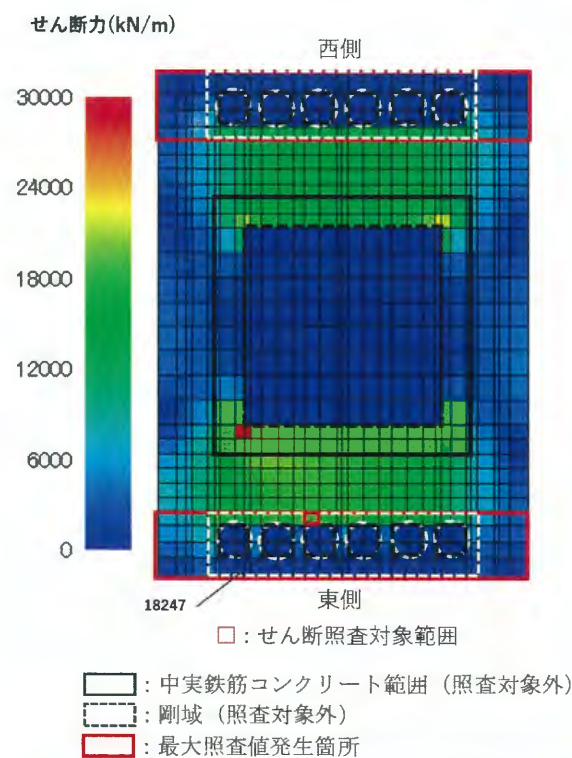


図 4.2-121 せん断力が最も厳しい断面力図
(重畳時：敷地に遡上する津波，北基礎，地盤パネ 5)

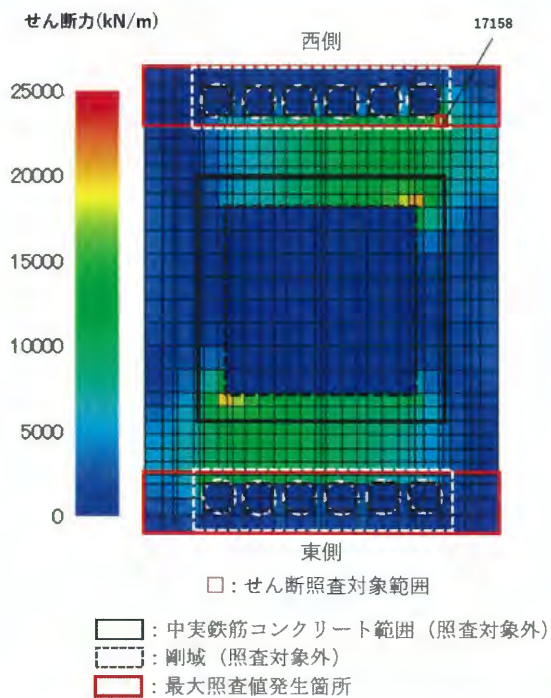


図 4.2-122 せん断力が最も厳しい断面力図
(重畳時：敷地に遡上する津波，南基礎，地盤パネ 5)

(3) 鋼製防護壁

重畳時（敷地に遡上する津波）においては、地盤バネ 3～5 のうち、工認設計モデルにおいて照査値が最大となる地盤バネ 5 に対して評価する。「2. 防潮堤（鋼製防護壁）の強度計算書に関する補足説明」における鋼製防護壁の照査結果を表 4.2-35 に示す。

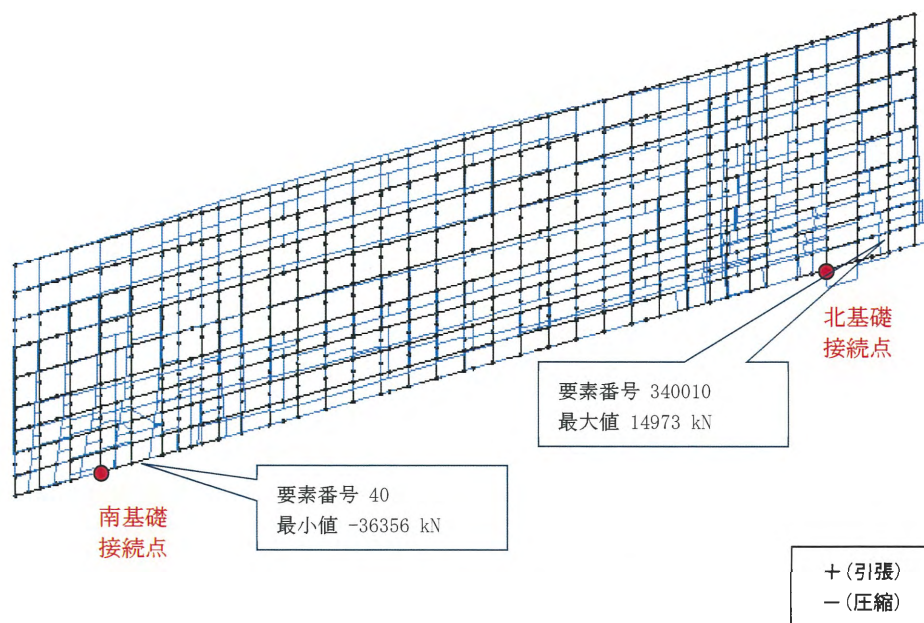
また、重畳時は、津波波圧の他に余震による慣性力、動水圧及び地盤の応答変位荷重が堤軸直交方向に作用する。一方、津波時は、津波波圧及び漂流物荷重が堤軸直交方向に作用する。これらの荷重については、「2. 防潮堤（鋼製防護壁）の強度計算書に関する補足説明」の「4.9 評価条件」に示すとおりであり、地盤バネ 5 の動水圧の合力 46500 kN 及び水平方向の慣性力の合力 94774 kN に対して衝突荷重 1035 kN は小さい荷重である。したがって、鋼製防護壁及び鋼製防護壁基礎に対して重畳時の方が津波時よりも大きな荷重が作用するため、津波時に発生する鋼製防護壁・接合部の断面力は、重畳時の断面力に包絡されることから、耐津波評価については重畳時のみ行う。

表 4.2-35 工認設計モデルにおける鋼製防護壁の照査結果

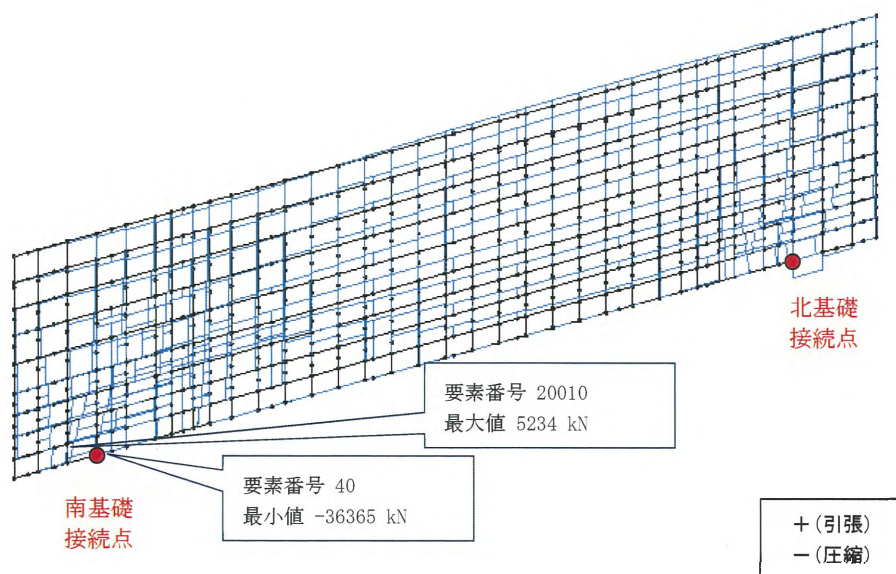
荷重	材質	照査項目	地盤バネ 3		地盤バネ 4		地盤バネ 5		許容限界
			発生 応力度	照査値	発生 応力度	照査値	発生 応力度	照査値	
重畳時（敷地に 遡上する津波）	SBHS700	直応力度 σ (N/mm ²)	298.2	0.43	316.7	0.46	324.6	0.47	697
	SBHS700	せん断 応力度 τ (N/mm ²)	220.5	0.56	242.3	0.61	246.6	0.62	399.5
	SBHS700	合成応力度 k (－)	0.45	0.38	0.54	0.45	0.56	0.47	1.2
断面力図			—		—		○		

a. 最大断面力の比較

3次元静的フレーム解析によって算出された地盤バネ 5 の断面力図を図 4.2-123～図 4.2-128 に示す。

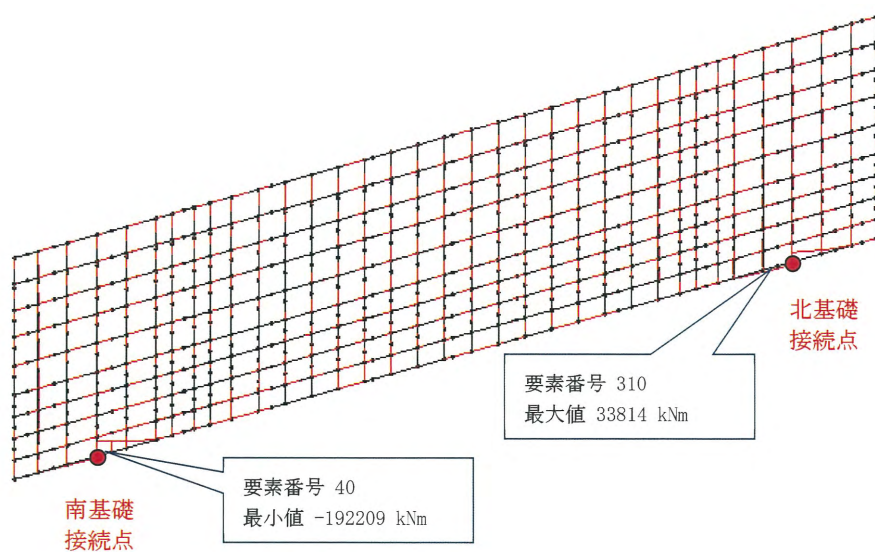


(工認設計モデル)

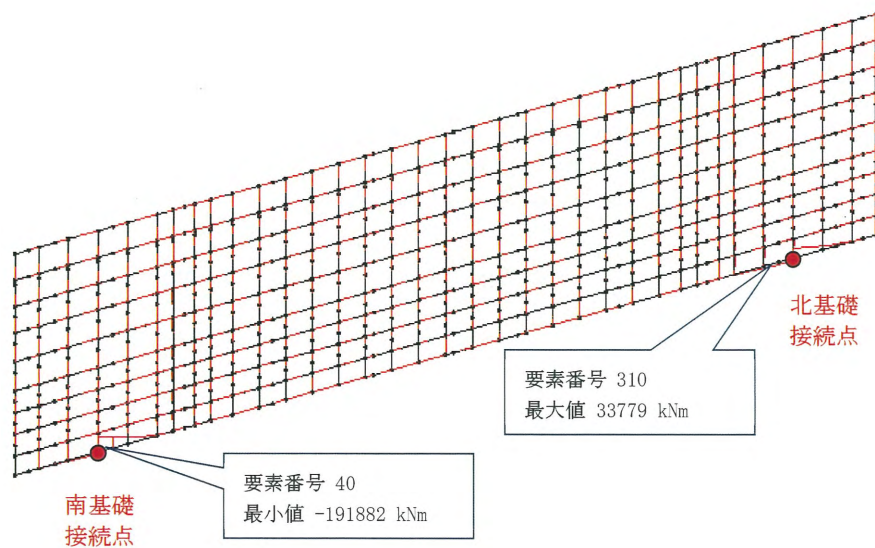


(残置影響評価モデル)

図 4.2-123 主部材の最大断面力分布図 (軸力)
(重畳時：敷地に遡上する津波 地盤バネ 5)

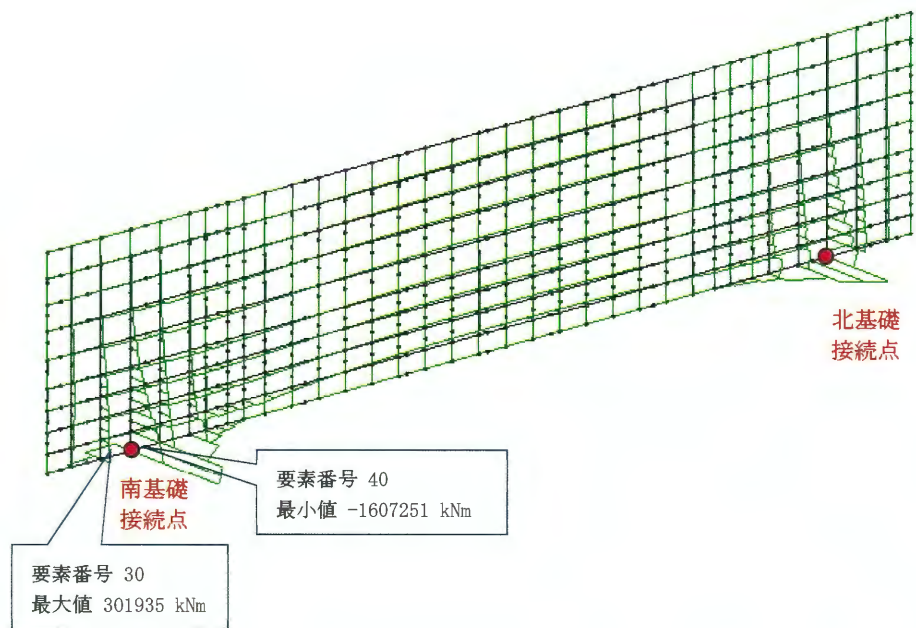


(工認設計モデル)

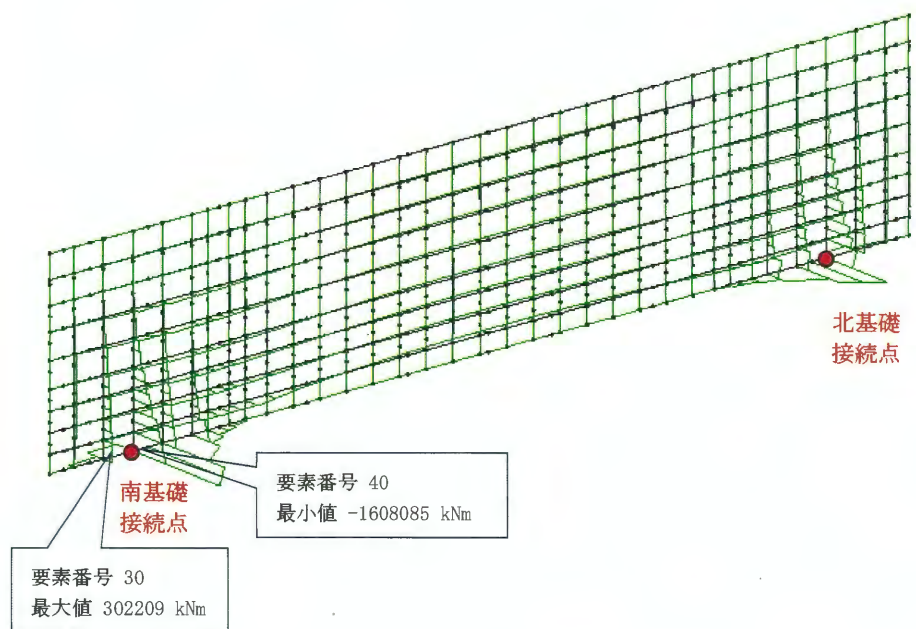


(残置影響評価モデル)

図 4.2-124 主部材の最大断面力分布図 (面内曲げモーメント)
(重畳時：敷地に遡上する津波 地盤バネ5)

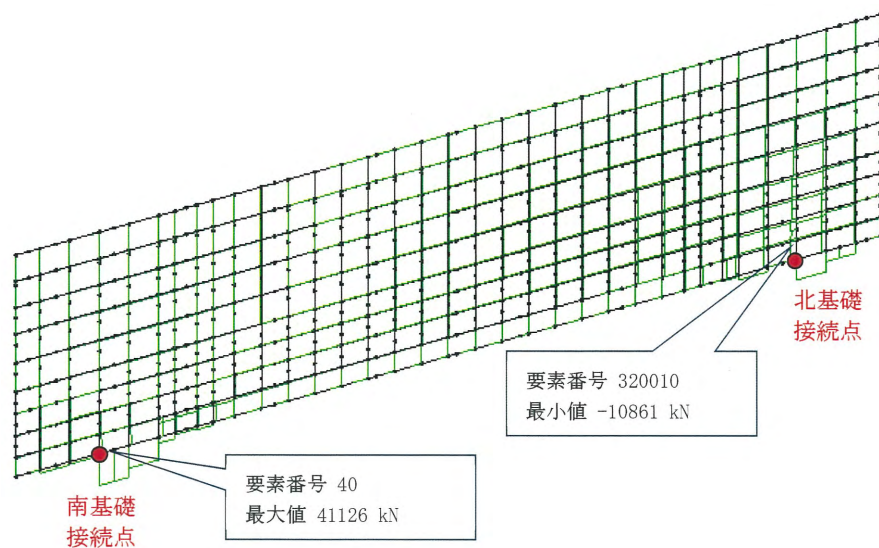


(工認設計モデル)

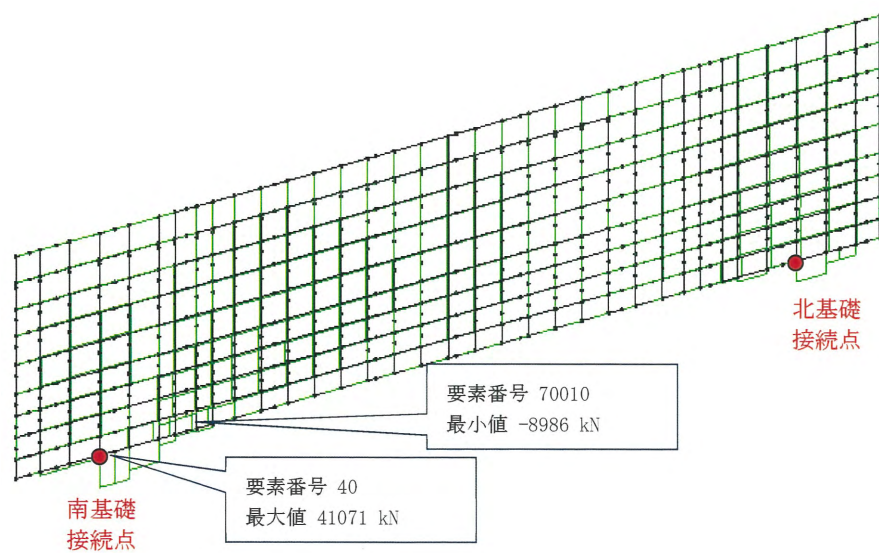


(残置影響評価モデル)

図 4.2-125 主部材の最大断面力分布図 (面外曲げモーメント)
(重畳時：敷地に遡上する津波 地盤バネ5)

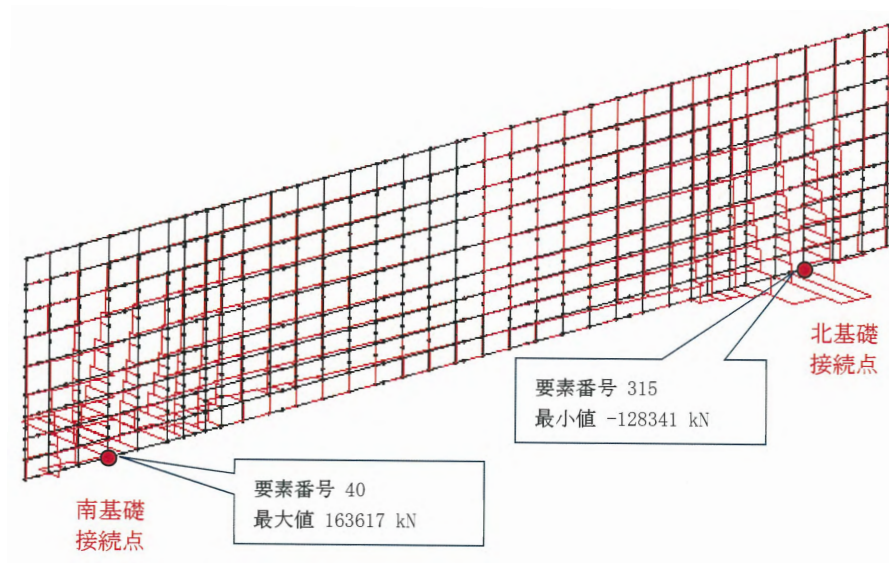


(工認設計モデル)

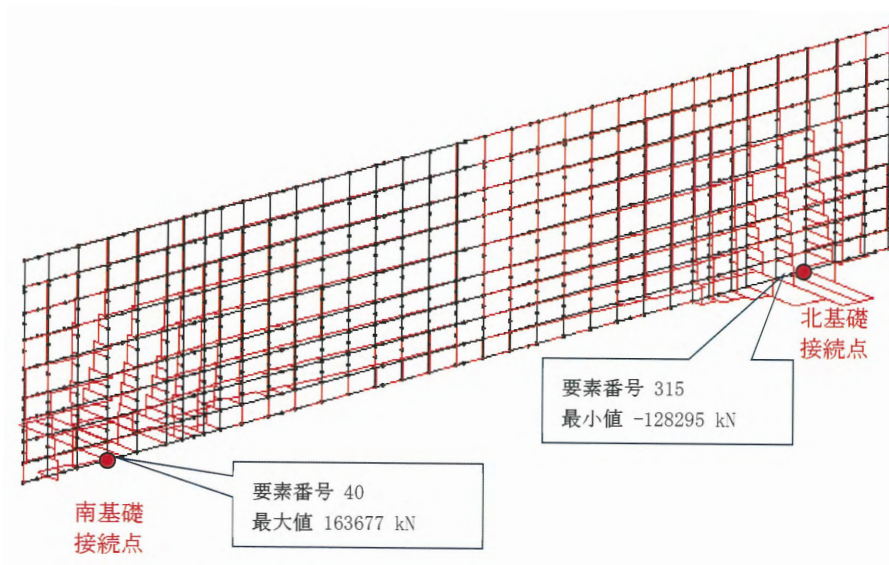


(残置影響評価モデル)

図 4.2-126 主部材の最大断面力分布図 (面内せん断力)
(重畳時：敷地に遡上する津波 地盤バネ 5)

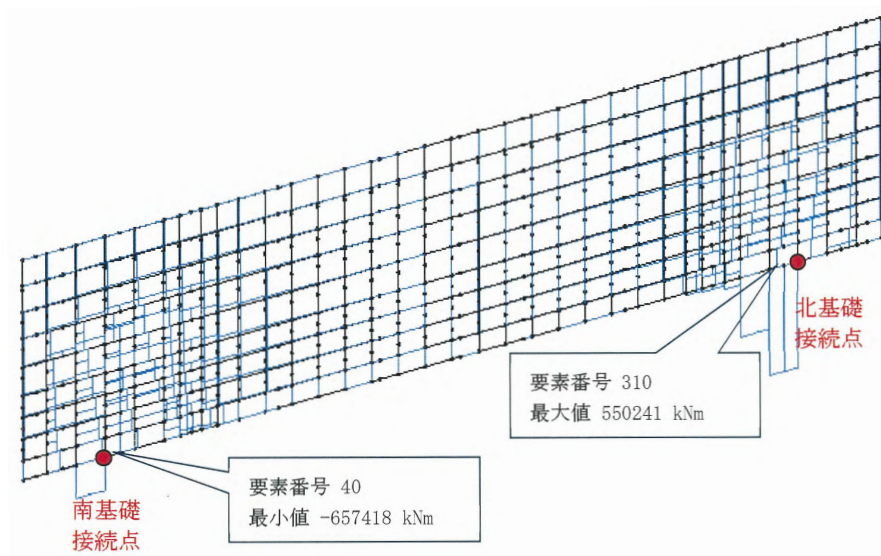


(工認設計モデル)

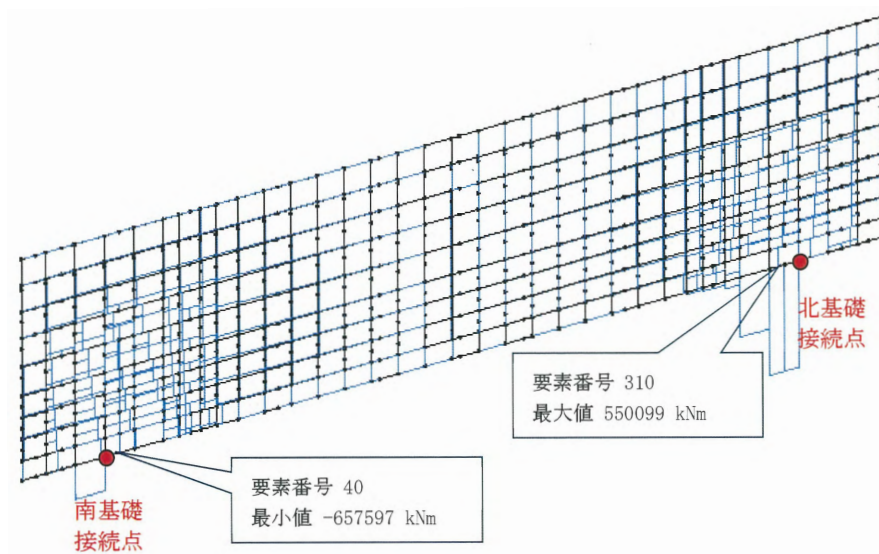


(残置影響評価モデル)

図 4.2-127 主部材の最大断面力分布図 (面外せん断力)
(重畳時：敷地に遡上する津波 地盤バネ5)



(工認設計モデル)



(残置影響評価モデル)

図 4.2-128 主部材の最大断面力分布図 (ねじりモーメント)
(重畳時：敷地に遡上する津波 地盤バネ 5)

b. 頂板鋼板、外面鋼板及び隔壁からなる主部材の評価結果

重畳時（敷地に遡上する津波）において、鋼製防護壁の主部材の直応力度、せん断応力度及び合成応力度を算出し、許容値以下であることを確認する。3次元静的フレーム解析によって求められた断面力に基づき各応力度を算出する。直応力度は曲げ軸力から、せん断応力度はせん断力及びねじりモーメントから、合成応力度は、直応力度とせん断応力度の各々の照査値を二乗した和として算出する。

頂板鋼板、外面鋼板及び隔壁からなる主部材の照査結果を表 4.2-36 に、各成分の最大応力発生箇所を図 4.2-129 に示す。曲げ軸力による直応力度の算出イメージを図 4.2-130 に、せん断力によるせん断応力度の計算イメージを図 4.2-131 に示す。直応力度の最大照査値は 0.46 であり、表 4.2-1～表 4.2-4 に示す評価結果総括表の工認設計モデルの最大照査値 0.47 を下回る。以下、せん断応力度の最大照査値は 0.57 であり、工認設計モデルの最大照査値 0.62 を下回る。合成応力度の最大照査値は 0.40 であり、工認設計モデルの最大照査値 0.47 を下回る。したがって、残置影響評価モデルよりも工認設計モデルの方が保守的な評価結果になることを確認した。

なお、図 4.2-129 に示す最大応力度発生箇所は、鋼製防護壁の堤軸直交方向の幅が変化し始める起点付近の水平梁である。この位置の水平梁で最大応力度が発生しているのは、鋼製防護壁の堤軸直交方向のたわみ及び南北基礎天端の相対変位により水平梁の曲げモーメント及びせん断力が大きく発生するためである。残置影響評価モデルでは、地中連続壁部を考慮することにより工認設計モデルよりも鋼製防護壁基礎の剛性が大きいため、鋼製防護壁に対する鋼製防護壁基礎の拘束力が大きくなる。これに伴い、鋼製防護壁の堤軸直交方向のたわみ及び南北基礎天端の相対変位が抑制され、残置影響評価モデルの発生応力度及び照査値が工認設計モデルよりも小さくなる。

以上のことから、地中連続壁部の残置を考慮しても、頂板鋼板、外面鋼板及び隔壁からなる主部材の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

表 4.2-36 頂板鋼板、外面鋼板及び隔壁からなる主部材の照査結果(SBHS700)

地盤バネケース	材質	照査項目	発生応力度	許容限界	照査値
敷地に遡上する 津波時 (地盤バネ5)	SBHS700	直応力度 σ (N/mm ²)	316.1	697	0.46
	SBHS700	せん断応力度 τ (N/mm ²)	227.0	399.5	0.57
	SBHS700	合成応力度 k (—)	0.47	1.2	0.40

注記 赤線枠内は最大照査値を示す。赤線枠内に示す最大照査値の組合せケースは、堤軸方向：南向き 0.4 倍、堤軸直交方向：西向き 1.0 倍、鉛直方向：下向き 0.4 倍である。堤軸直交方向の組合せ係数 1.0 倍の場合に、堤軸直交方向の慣性力及び動水圧と津波荷重の合力が最大になるため、この荷重による水平梁の支間部中央付近及び鉛直梁の上部の堤軸直交方向のたわみが大きくなる。このため、支柱部（基礎の直上）の下端（基礎との接合部）及び支柱部と支間部を繋ぐテーパー部付近の曲げモーメント及びせん断力が大きくなり、この断面力の発生状況に対応して最大照査値が発生している。各照査項目が最大となる要素における照査値を記載しているため、直応力度、せん断応力度及び合成応力度が最大となる要素は異なる場合がある。

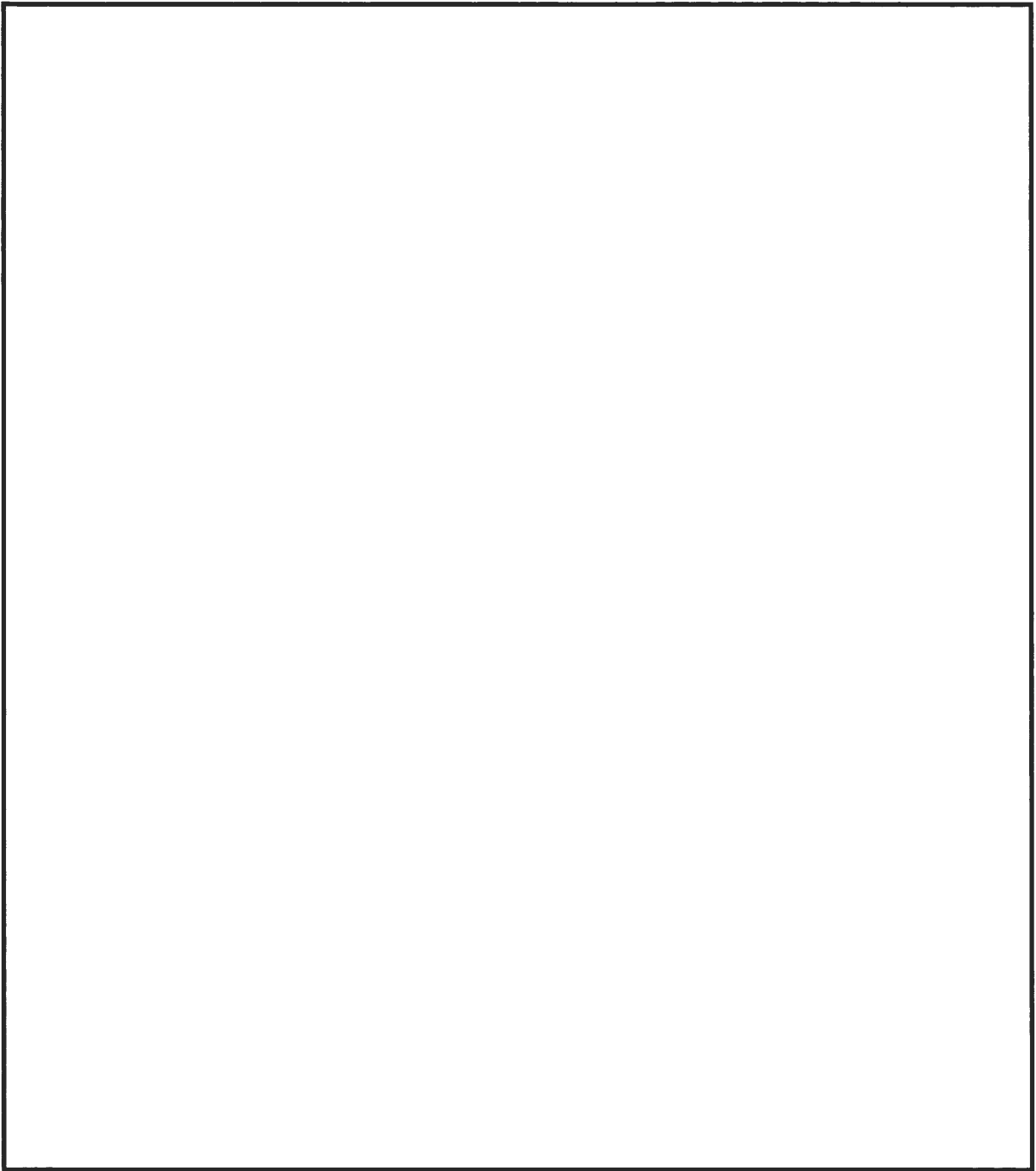
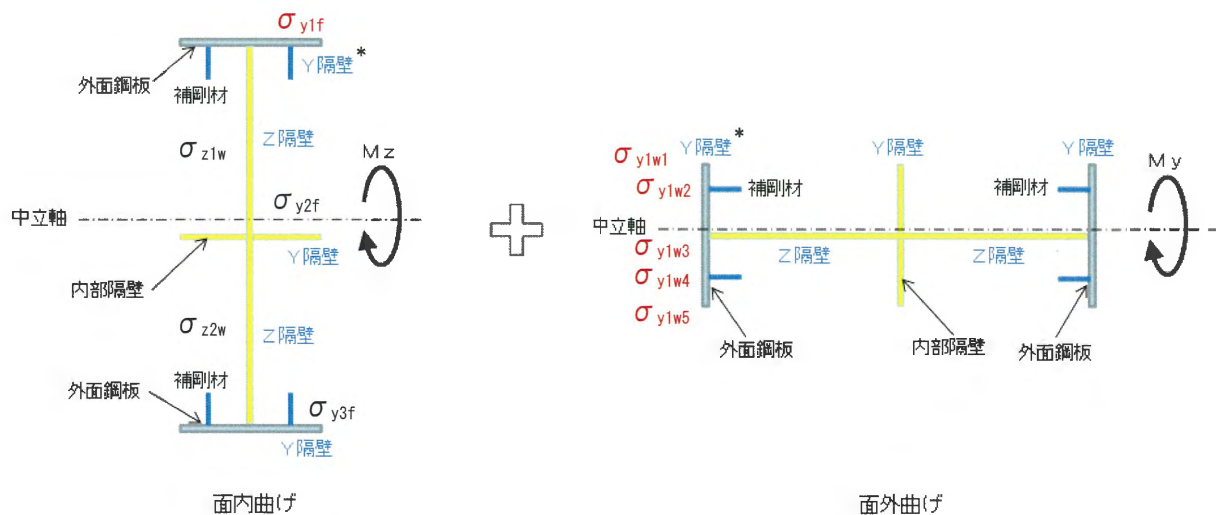
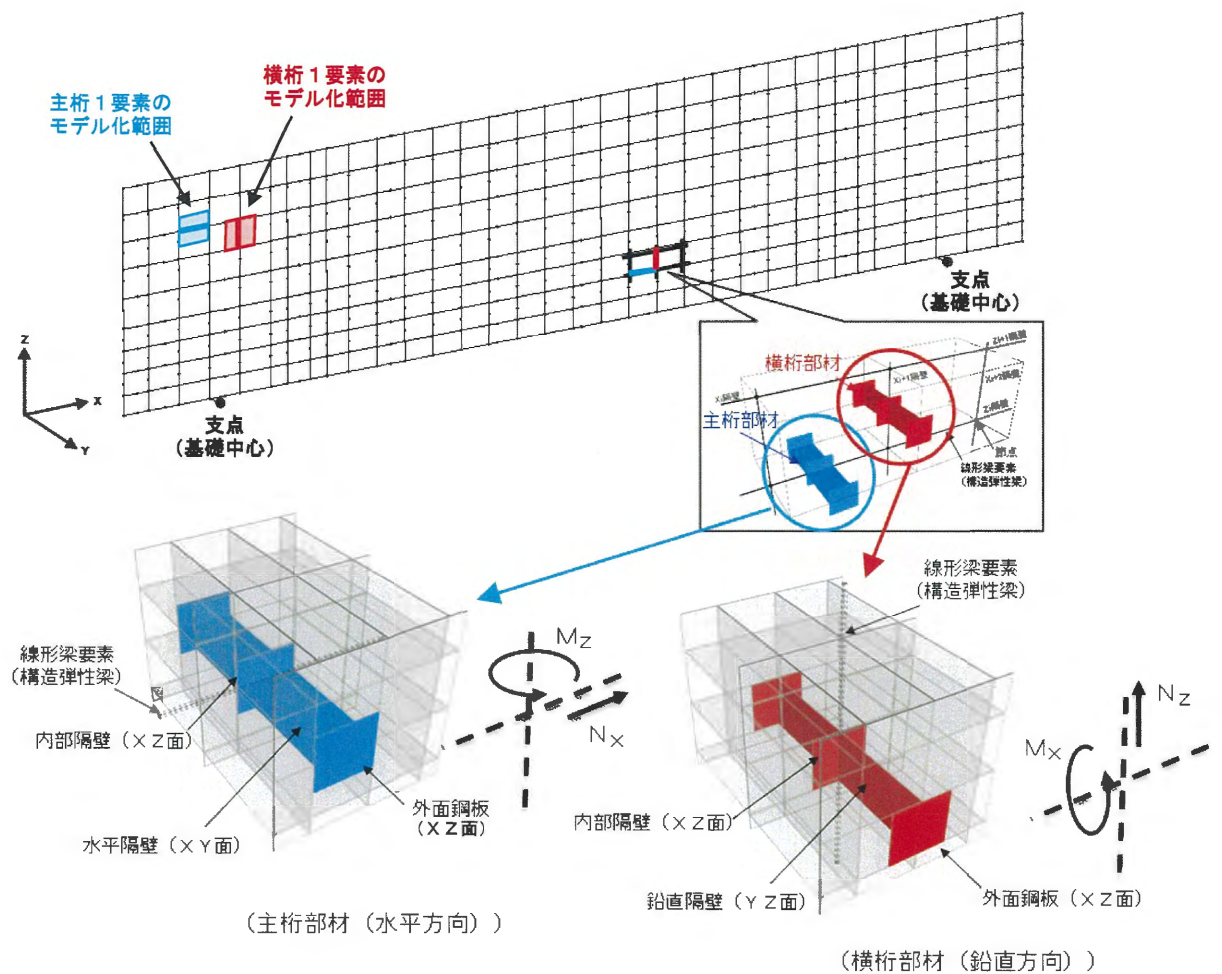


図 4.2-129 最大応力度発生箇所



* Y 隔壁の直応力最大値 = $\max (\sigma_{y1f} + \sigma_{y1w1}, \sigma_{y1f} + \sigma_{y1w2}, \sigma_{y1f} + \sigma_{y1w3}, \sigma_{y1f} + \sigma_{y1w4}, \sigma_{y1f} + \sigma_{y1w5})$
主桁部材 (水平方向) の例

図 4.2-130 曲げ軸力による直応力度の算出イメージ

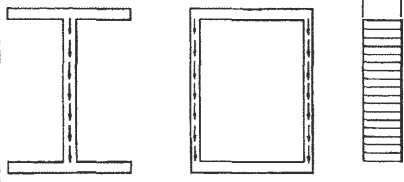
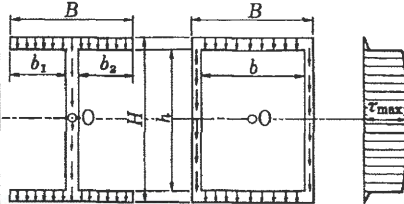
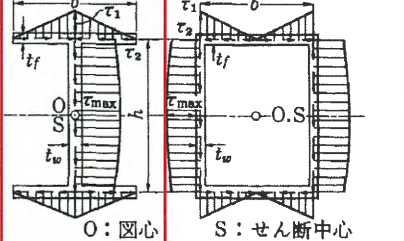
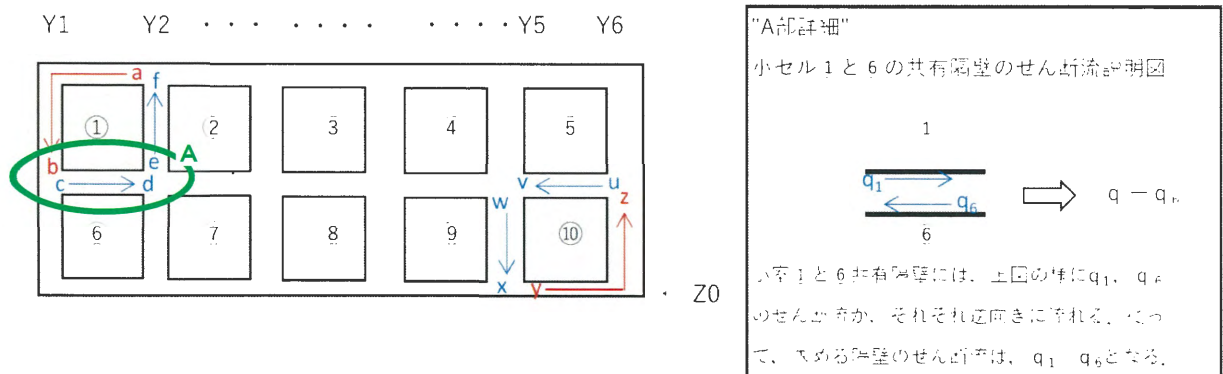
計算式	せん断応力度の分布図	備 考
$\tau = \frac{S}{A_w}$		
$\tau = \frac{SQ}{It}$		$\tau_{\max} = \frac{3S(BH^2 - bh^2)}{2(BH^3 - bh^3)(B - b)}$ ただし、 $b = b_1 + b_2$
せん断流理論 $\tau = \frac{S}{I \cdot t} \int ty ds$		I 形断面 $\tau_1 = \frac{S}{I} \cdot \frac{bh}{4}$ $\tau_2 = \frac{S}{I} \cdot \frac{bh}{2} \cdot \frac{t_f}{t_w}$ $\tau_{\max} = \frac{S}{I} \left(\frac{h^2}{8} + \frac{bh}{2} \cdot \frac{t_f}{t_w} \right)$ 箱形断面 $\frac{S}{I} \cdot \frac{bh}{4}$ $\frac{S}{I} \cdot \frac{bh}{4} \cdot \frac{t_f}{t_w}$ $\frac{S}{I} \left(\frac{h^2}{8} + \frac{bh}{4} \cdot \frac{t_f}{t_w} \right)$

図-解 11.2.1 せん断応力度の計算式

(せん断流理論に基づく I 型断面のせん断応力度の計算式)

「道路橋示方書 (Ⅱ鋼橋編)・同解説 (日本道路協会, 平成 14 年 3 月)」



(せん断流理論に基づくねじりモーメントに対するせん断応力度の計算イメージ)

「構造部材のねじり解析 (高岡宣善, 共立出版株式会社, 昭和 50 年 9 月)」

図 4.2-131 せん断力によるせん断応力度の計算イメージ

(4) 接合部

a. 強度評価に用いる断面力

接合部の強度評価に用いる断面力は、鋼製防護壁の3次元静的フレーム解析結果から抽出する。断面力の概念図を図 4.2-132 に示す。

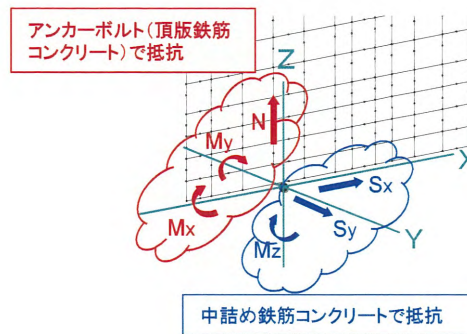


図 4.2-132 断面力の概念図

b. アンカーボルトに対する評価結果

アンカーボルトの設計荷重は、3次元静的フレーム解析に基づき算出される接合部の断面力とする。

重畳時（敷地に遡上する津波）において、アンカーボルトの評価結果を表 4.2-37 に示す。アンカーボルトの評価では、発生引張応力度が短期許容応力度以下であることを確認する。引張応力度は、堤軸方向（南北基礎ともに①-①断面）、堤軸直交方向（北基礎②-②断面、南基礎③-③断面）に対して算出する。

アンカーボルトの引張応力度に対する照査を行った結果、表 4.2-37 に示すとおり発生引張応力度が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、照査値は、津波荷重が卓越する堤軸直交方向の方が堤軸方向よりも大きく、最大照査値は南基礎③-③断面の 0.59 である。この照査値は、表 4.2-1～表 4.2-4 に示す評価結果総括表の工認設計モデルの最大照査値 0.61 よりも若干小さい。したがって、残置影響評価モデルよりも工認設計モデルの方が保守的な照査結果になることを確認した。残置影響評価モデルの照査値と工認設計モデルの照査値の差が小さいのは、両モデルにおける接合部で発生する断面力に大きな差がなかったためである。したがって、鋼製防護壁に作用する津波荷重、動水圧及び慣性力が接合部を介して鋼製防護壁基礎へ伝達される過程においては、地中連続壁部を考慮することによる鋼製防護壁基礎の剛性増加が接合部の照査値へ与える影響は小さいことを確認した。

以上のことから、地中連続壁部の残置を考慮しても、アンカーボルトの発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

表 4.2-37 アンカーボルトの照査結果（残置影響評価モデル）

基礎	断面	地盤バネ	断面力		アンカーボルトの照査結果		
					引張応力度 (N/mm ²)		照査値*
			曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生 応力度	短期許容 応力度	
北基礎	堤軸方向 (①-①断面)	地盤バネ 5	-581477	-38364	-100.6	355.0	0.29
	堤軸直交方向 (②-②断面)	地盤バネ 3	1336397	50417	194.4	355.0	0.55
南基礎	堤軸方向 (①-①断面)	地盤バネ 5	97800	37438	15.3	355.0	0.05
	堤軸直交方向 (③-③断面)	地盤バネ 5	1411746	-47540	209.4	355.0	0.59

注記 *：3次元静的フレーム解析から算出される断面力を各方向に分解して評価する。

赤線枠内は最大照査値を示す。赤線枠内に示す最大照査値の組合せケースは、堤軸方向：北向き 0.4 倍、堤軸直交方向：西向き 1.0 倍、鉛直方向：上向き 0.4 倍である。アンカーボルトの引張応力度照査においては、堤軸直交方向の慣性力及び動水圧が最大になる堤軸直交方向の組合せ係数 1.0 倍に津波荷重を重ね合わせた場合が、アンカーボルトの引張応力度に対して最も厳しい条件になる。また、鉛直方向の組合せ係数が上向き 0.4 倍の場合には軸圧縮力が低減するため、堤軸直交方向の組合せ係数 1.0 倍と併せて最も厳しい組合せになる。したがって、上記の組合せケースで最大照査値が発生する。

c. ベースプレートに対する評価結果

ベースプレートは、3次元静的フレーム解析に基づき算出されるアンカーボルトに発生する断面力を用いて軸方向圧縮応力度、曲げ応力度、せん断応力度及び合成応力度を算定する。

重畳時（敷地に遡上する津波）において、ベースプレートの評価結果を表 4.2-38 に、ベースプレートの概念図及び計算式を図 4.2-133 に示す。ベースプレートの評価では、ベースプレートに発生する軸方向圧縮応力度、曲げ応力度、せん断応力度及び合成応力度の4種類の発生応力度が、許容限界以下であることを確認する。

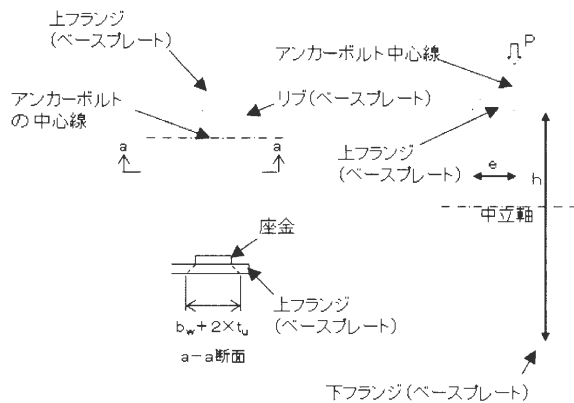
ベースプレートの発生応力度に対する照査を行った結果、4種類の発生応力が全て許容限界以下であることを確認した。なお、各応力度の最大照査値は、堤軸直交方向断面の照査値であり、北基礎の最大照査値は軸圧縮応力度の0.34（地盤バネ3）、南基礎の最大照査値は軸圧縮応力度の0.36（地盤バネ5）である。これらの照査値は、表 4.2-1～表 4.2-4 に示す評価結果総括表の工認設計モデルの照査値（北基礎の最大照査値0.33、南基礎の最大照査値0.37）と同等である。

以上のことから、地中連続壁部の残置を考慮しても、ベースプレートの発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

表 4.2-38 ベースプレートの評価結果

基礎	断面	地盤バネ	照査項目	発生値	許容限界	照査値
北基礎	堤軸直交方向	地盤バネ3	軸圧縮応力度 (N/mm ²)	150.7	450	0.34
			曲げ応力度 (N/mm ²)	42.5	355	0.12
			せん断応力度 (N/mm ²)	35.8	260	0.14
			合成応力度	0.031	1.2	0.03
南基礎	堤軸直交方向	地盤バネ5	軸圧縮応力度 (N/mm ²)	160.8	450	0.36
			曲げ応力度 (N/mm ²)	45.3	355	0.13
			せん断力応力度 (N/mm ²)	38.2	260	0.15
			合成応力度	0.035	1.2	0.03

注記 赤線枠内は最大照査値を示す。赤線枠内に示す最大照査値の組合せケースは、堤軸方向：北向き0.4倍、堤軸直交方向：西向き1.0倍、鉛直方向：下向き0.4倍である。ベースプレートの照査においては、堤軸直交方向の慣性力及び動水圧が最大になる堤軸直交方向の組合せ係数1.0倍に津波荷重を重ね合わせた場合が最も厳しい条件になる。したがって、堤軸直交方向の組合せ係数1.0倍の組合せケースにおいて最大照査値が発生する。



$$\sigma_b = P / (2 \times (b_w + 2 \times t_u) \times t_r)$$

$$M = P \times e$$

$$\sigma = M \times y / I$$

$$\sigma_w = M \times (y - t_u) / I$$

$$\tau = P / (2 \times h \times t_r)$$

$$F = (\sigma_w / \sigma_{w\sigma})^2 + (\tau / \tau_\sigma)^2$$

ここで、

σ_b : 軸圧縮応力度 (N/mm²)

M : フランジ (ベースプレート) に作用する曲げモーメント (N・mm)

σ : 曲げ応力度 (N/mm²) (フランジ)

σ_w : 曲げ応力度 (N/mm²) (リブ)

τ : せん断応力度 (N/mm²)

F : 合成応力度

P : 軸力 (N)

I : ベースプレートの断面2次モーメント (1767108 mm⁴)

b_w : リブ (ベースプレート) と座金との接触長 (210 mm)

t_u : 上フランジ (ベースプレート) 板厚 (SM490Y) (60 mm)

t_r : リブ (ベースプレート) の板厚 (SM570) (40 mm)

h : 腹板高 (1390 mm)

y : 中立軸からフランジ (ベースプレート) 外縁までの距離 (755 mm)

e : 脚柱外面からアンカーボルト中心までの距離

(堤軸方向 : 300 mm, 堤軸直交方向 : 250 mm)

σ_σ : 短期許容応力度 (N/mm²) (フランジ)

$\sigma_{w\sigma}$: 短期許容応力度 (N/mm²) (リブ)

τ_σ : 短期許容せん断応力度 (N/mm²)

図 4.2-133 ベースプレートの概念図及び計算式

d. アンカーボルトのコーンせん断に対する評価結果

アンカーボルトの定着部のコンクリートのコーンせん断応力に対する評価における設計荷重は、鋼製防護壁における 3 次元静的フレーム解析に基づき算出されるアンカーボルト 1 本当たりの軸力とする。また、コーンせん断面の有効水平投影面積には、アンカーボルト同士が近接する場合を考慮する。

アンカーボルトの定着部のコーンせん断の評価では、定着部のコーンせん断応力度が短期許容コーンせん断応力度以下であることを確認する。短期許容コーンせん断応力度は、コンクリート強度により決定する短期許容コーンせん断応力度と補強鉄筋による短期許容コーンせん断応力度の増分の和として算出する。コーンせん断面の有効水平投影面積を図 4.2-134 に、コーンせん断の概念図及び計算式を図 4.2-135 に、補強鉄筋範囲の概念図及び計算式を図 4.2-136 に示す。図 4.2-135 に示すとおり、定着部のコーンせん断応力度の深度分布を算出し、コンクリートの短期許容コーンせん断応力度を超過する場合は、補強鉄筋を考慮した短期許容コーンせん断応力度の増分から必要となる鉄筋量を算定する。

重畳時（敷地に遡上する津波）において、アンカーボルトの定着部のコーンせん断応力度に対する評価結果を表 4.2-39 に示す。アンカーボルトの定着部のコーンせん断の評価では、定着部のコーンせん断応力度が短期許容コーンせん断応力度以下であることを確認する。短期許容コーンせん断応力度は、コンクリート強度により決定する短期許容コーンせん断応力度と補強鉄筋による短期許容コーンせん断応力度の増分の和である。コーンせん断に対する補強鉄筋の配置鉄筋量は 1 m^2 当たり 3378 mm^2 であり、D25 の鉄筋 2 本を鉄筋間隔 300 mm で配置する。

アンカーボルトのコーンせん断の発生応力度に対する照査を行った結果、アンカーボルトの定着部のコーンせん断応力度が短期許容コーンせん断応力度以下であることを確認した。最大照査値は、地盤バネ 3 において北基礎が 0.72、地盤バネ 5 において南基礎が 0.73 である。これらの照査値は、表 4.2-1～表 4.2-4 に示す評価結果総括表の工認設計モデルの最大照査値（北基礎の最大照査値 0.71、南基礎の最大照査値 0.74）と同等である。

以上のことから、地中連続壁部の残置を考慮しても、アンカーボルトのコーンせん断に対する発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

表 4.2-39 アンカーボルトのコーンせん断に対する照査結果

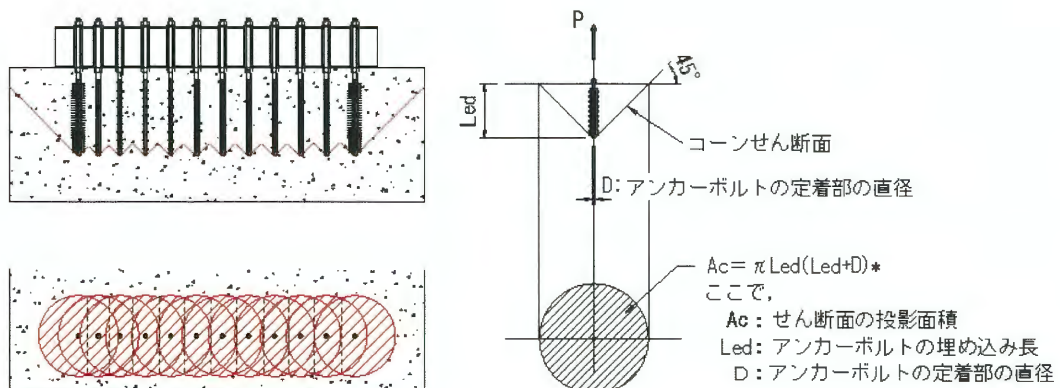
基礎	地盤 バネ	定着部の コーンせん断 応力度 τ_{coa} (N/mm ²)	① コンクリート強度で 決まる 短期許容コーン せん断応力度 τ_{coa1} (N/mm ²)	② 補強鉄筋に よる 短期許容コーン せん断応力度の増 分 $\Delta \tau_{cos} = \tau_{coa} -$ $1/2 \times \tau_{coa1}$ (N/mm ²)	①+② 短期許容コーン せん断応力度 (N/mm ²)	照査値
北基礎	地盤 バネ 3	1.028	0.825	0.615	1.440	0.72
南基礎	地盤 バネ 5	1.106	0.825	0.693	1.518	0.73

注記 赤線枠内は最大照査値を示す。赤線枠内に示す最大照査値の組合せケースは、堤軸方向：南向き 0.4 倍、堤軸直交方向：西向き 1.0 倍、鉛直方向：下向き 0.4 倍である。堤軸直交方向の慣性力及び動水圧が最大になる堤軸直交方向の組合せ係数 1.0 倍に津波荷重を重ね合わせた場合が、アンカーボルトのコーンせん断に対して最も厳しい荷重条件になる。したがって、この組合せケースにおいて、堤軸直交方向の荷重によりアンカーボルトのコーンせん断に対する最大照査値が発生する。

(コーンせん断に対する補強のために配置する鉄筋量)

基礎	②の補強に 必要となる鉄筋量 (mm ² /m ²)	鉄筋仕様 2-D25@300 (mm ² /m ²)
南基礎	1751	3378
北基礎	2505	3378

注記 鉄筋仕様の表記：本数-異形鉄筋径@水平間隔 mm



* 近接するアンカーボルトの投影面積が重なる場合は、重なる部分を均等にそれぞれのアンカーボルトに振り分ける。

図 4.2-134 アンカーボルトが近接する場合の有効水平投影面積

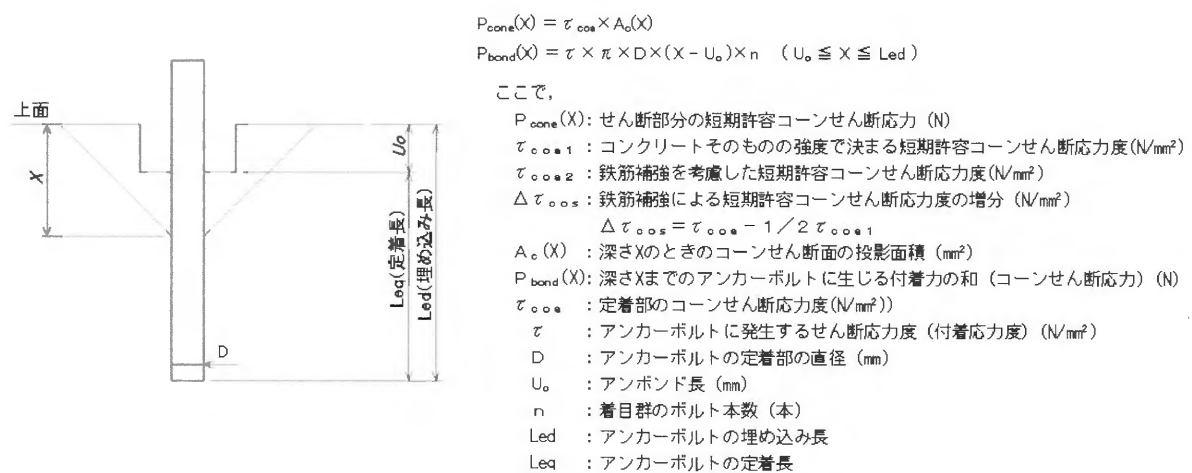


図 4.2-135 コーンせん断の概念図及び計算式

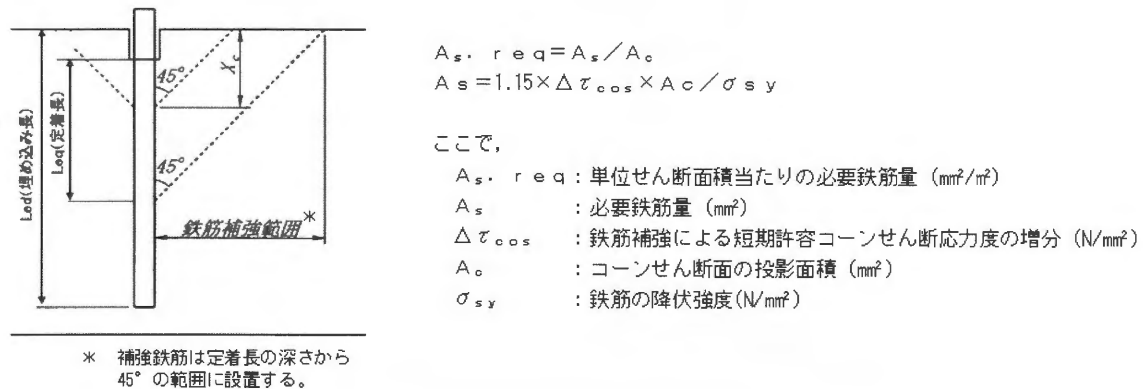


図 4.2-136 補強鉄筋範囲の概念図及び計算式

e. 中詰め鉄筋コンクリートの水平せん断力に対する評価結果

中詰め鉄筋コンクリートの設計荷重は、3次元静的フレーム解析に基づき算出される接合部の断面力とする。

中詰め鉄筋コンクリートの水平せん断力に対する評価結果を表 4.2-40 に、せん断力及び水平回転モーメントに対する鉄筋への分担に関する概念図を図 4.2-137 に示す。中詰め鉄筋コンクリートの水平せん断力に対する評価では、発生せん断力がコンクリートの短期許容せん断力 (V_{ca}) と斜め引張鉄筋の短期許容せん断力 (V_{sa}) を合わせた短期許容せん断力 (V_a) 以下であることを確認する。また、せん断力の照査は、堤軸方向及び堤軸直交方向断面ごとに行う。

中詰め鉄筋コンクリートの水平せん断力に対する評価を行った結果、発生せん断力が短期許容せん断力 (V_a) 以下であることを確認した。最大照査値は、南北基礎ともに津波荷重が卓越する堤軸直交方向断面の照査値であり、北基礎の最大照査値が 0.82 (地盤バネ 3), 南基礎の最大照査値が 0.87 (地盤バネ 5) である。これらの最大照査値は、表 4.2-1 ~ 表 4.2-4 に示す評価結果総括表の工認設計モデルの最大照査値 (北基礎の最大照査値 0.79, 南基礎の最大照査値 0.89) と同等である。

以上のことから、地中連続壁部の残置を考慮しても、中詰め鉄筋コンクリートの発生水平せん断力が許容限界以下であることを確認した。

表 4.2-40 中詰め鉄筋コンクリートの水平せん断力に対する照査結果

基礎	鉄筋仕様	地盤バネ	作用方向	発生せん断力 (kN)	短期許容せん断力 (kN)	照査値
北基礎	14 本-D35@200 (SD390)	地盤バネ 4	堤軸方向	53763	252547	0.22
		地盤バネ 3	堤軸直交方向	205261	252547	0.82
南基礎	14 本-D35@200 (SD390)	地盤バネ 5	堤軸方向	79762	252547	0.32
			堤軸直交方向	218542	252547	0.87

注記 鉄筋仕様に示す 14 本-D35@200 は、中詰め鉄筋コンクリートの水平せん断力に対するせん断補強鉄筋の配置鉄筋量である。同一水平面上に異形棒鋼 D35 を 14 本配置し、せん断補強鉄筋の鉛直間隔を 200 mm で配置する。括弧内の SD390 は鉄筋の材質を示す。

赤線枠内は最大照査値を示す。赤線枠内に示す最大照査値の組合せケースは、堤軸方向：北向き 0.4 倍、堤軸直交方向：西向き 1.0 倍、鉛直方向：上向き 0.4 倍である。この荷重条件から堤軸直交方向のせん断力が堤軸方向のせん断力よりも大きくなるのは明確であり、これに伴い堤軸直交方向のせん断力に対する照査値が最大 (0.82) になる。また、北基礎は地盤の剛性及び強度が大きい地盤バネ 3 で最大照査値が発生している。これは、地盤バネによる基礎の拘束が大きいほど、接合部のせん断力が厳しくなるためである。一方、南基礎は地盤の剛性及び強度の低い地盤バネ 5 で最大照査値が発生している。これは、堤軸方向の荷重とともに北基礎が南基礎よりも堤軸直交方向の変位が大きくなることによるもので、相対変位の増加により南基礎の荷重負担が北基礎よりも大きくなるためである。

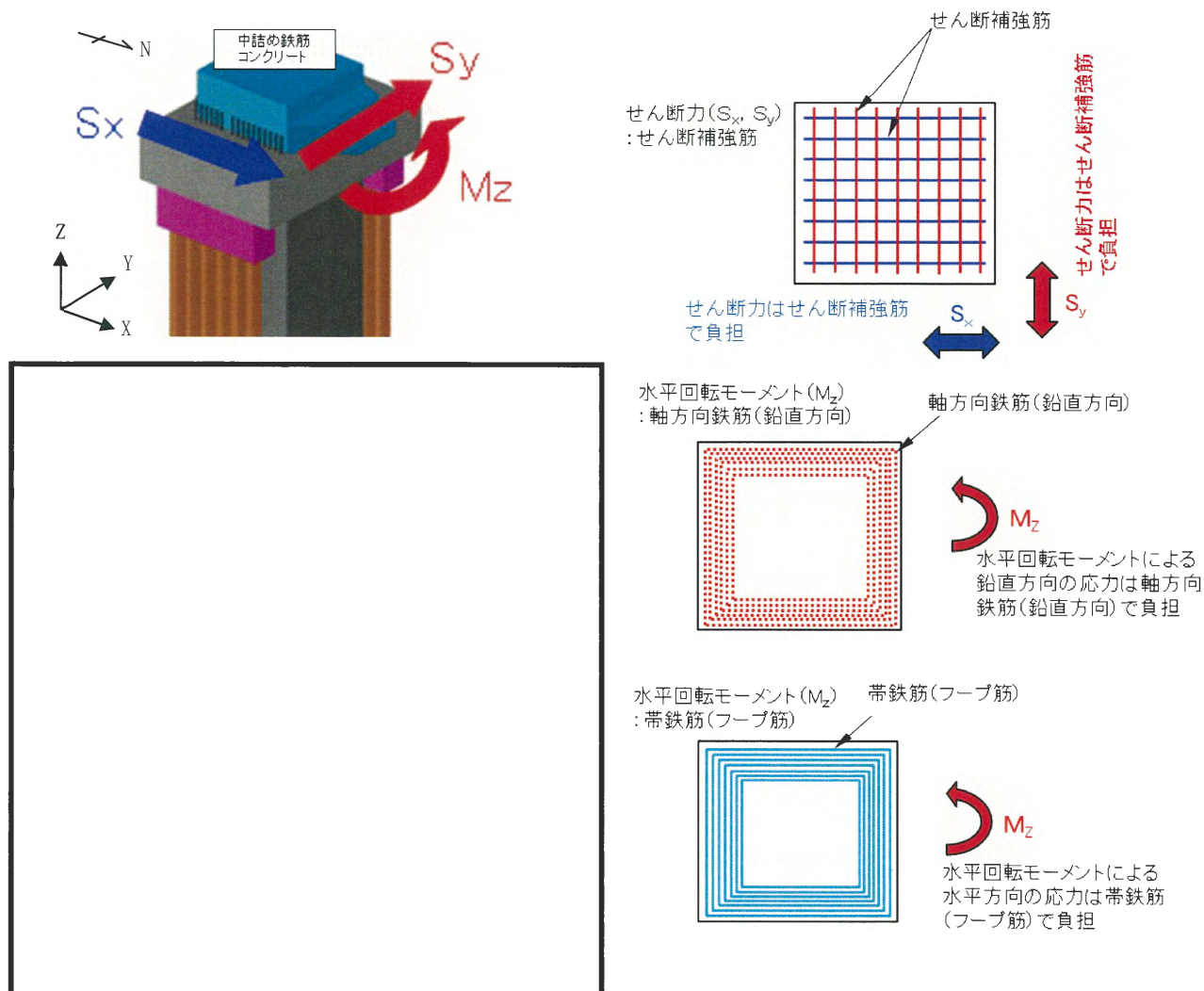


図 4.2-137 せん断力及び水平回転モーメントに対する鉄筋への分担に関する概念図

f. 中詰め鉄筋コンクリートの水平回転モーメントに対する評価結果

中詰め鉄筋コンクリートの設計荷重は、3次元静的フレーム解析に基づき算出される接合部の断面力とする。

中詰め鉄筋コンクリートの水平回転モーメントに対する評価結果を表 4.2-41 に示す。せん断力及び水平回転モーメントに対する鉄筋への分担に関する概念図を図 4.2-137 に示す。中詰め鉄筋コンクリートの水平回転モーメントに対する評価では、水平回転により横方向鉄筋（水平方向）及び軸方向鉄筋（鉛直方向）に発生する応力度が、短期許容応力度以下であることを確認する。配置鉄筋は、材質 SD490 の D38 鉄筋を鉛直方向の鉄筋間隔 200 mm で 7 本配置した横方向鉄筋（水平方向）と、材質 SD490 の D51 鉄筋を水平方向の鉄筋間隔 150 mm の 7 段配置した軸方向鉄筋（鉛直方向）で構成する。

中詰め鉄筋コンクリートの水平回転モーメントに対する評価を行った結果、横方向鉄筋（水平方向）及び軸方向鉄筋（鉛直方向）の発生応力度が短期許容応力度以下であることを確認した。最大照査値は、北基礎の横方向鉄筋（水平方向）の最大照査値が 0.53（地盤バネ 3）、軸方向鉄筋（鉛直方向）の最大照査値が 0.31（地盤バネ 3）である。南基礎の横方向鉄筋（水平方向）の最大照査値は 0.68（地盤バネ 5）、軸方向鉄筋（鉛直方向）の最大照査値は 0.39（地盤バネ 5）である。これらの最大照査値は、表 4.2-1～表 4.2-4 に示す。評価結果総括表の工認設計モデルの最大照査値（北基礎の横方向鉄筋（水平方向）の最大照査値 0.43 及び軸方向鉄筋（鉛直方向）の最大照査値 0.25、南基礎の横方向鉄筋（水平方向）の最大照査値 0.70 及び軸方向鉄筋（鉛直方向）の最大照査値 0.40）と同等である。

以上のことから、地中連続壁部の残置を考慮しても、中詰め鉄筋コンクリートの水平回転モーメントによる発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

表 4.2-41 中詰め鉄筋コンクリートの水平回転モーメントに対する照査結果

基礎	地盤バネ	設計 水平 回転 モーメント M_x ($\text{kN} \cdot \text{m}$)	横方向鉄筋（水平方向）				軸方向鉄筋（鉛直方向）			
			鉄筋仕様	発生 応力度 (N/mm^2)	短期許容 応力度 (N/mm^2)	照 査 値	鉄筋仕様	発生 応力度 (N/mm^2)	短期許容 応力度 (N/mm^2)	照 査 値
北基礎	地盤バネ 3	1660915	7 本-D38@200 (SD490)	250.1	478.5	0.53	D51@150-7 段 (SD490)	143.9	478.5	0.31
南基礎	地盤バネ 5	2143026	7 本-D38@200 (SD490)	322.7	478.5	0.68	D51@150-7 段 (SD490)	185.6	478.5	0.39

注記 横方向鉄筋（水平方向）の鉄筋仕様に示す 7 本-D38@200 は、中詰め鉄筋コンクリートの水平回転モーメントに対する横方向鉄筋（水平方向）の配置鉄筋量である。同一水平面上に異形棒鋼 D38 をフープ状に 7 本配置し、鉛直方向の鉄筋間隔を 200 mm で配置する。括弧内の SD490 は鉄筋の材質を示す。

軸方向鉄筋（鉛直方向）の鉄筋仕様に示す D51@150-7 段は、中詰め鉄筋コンクリートの水平回転モーメントに対する軸方向鉄筋（鉛直方向）の配置鉄筋量である。異形棒鋼 D51 を水平方向の鉄筋間隔 150 mm で配置し、中詰め鉄筋コンクリートの中心に向かって 7 段で配置する。括弧内の SD490 は鉄筋の材質を示す。

赤線枠内は最大照査値を示す。赤線枠内に示す最大照査値の組合せケースは、堤軸方向：南向き 0.4 倍、堤軸直交方向：西向き 1.0 倍、鉛直方向：下向き 0.4 倍である。南基礎は、剛性及び強度が低い地盤バネ 5 において、水平回転モーメントに対する照査結果が最大になる。地盤バネ 5 においては、基礎の拘束が小さいため、南北基礎の堤軸直交方向の相対変位が大きく（南基礎に比して北基礎の変位が大きく）なる。このため、南基礎は、鋼製防護壁に作用する荷重（津波荷重、慣性力及び動水圧）と併せて相対変位による水平回転モーメントが大きくなり、水平回転モーメントに対する照査結果が最大になる。

g. 中詰め鉄筋コンクリートと鋼殻の接合部に対する評価結果

中詰め鉄筋コンクリートと鋼殻とは、鋼殻側にずれ止めのためのスタッドを配置し一体化する。

3次元静的フレーム解析から、南北基礎の支点において着目する断面力成分が絶対値最大となる時刻における断面力の組合せを抽出し、南北方向及び東西方向に配置される鋼板及び隔壁に必要となるスタッド量を算定する。なお、水平方向のせん断力に加えて、モーメントによる偶力についても考慮する。これらの断面力の組合せのうち、合計スタッド量が最大となる断面力の組合せに基づき、配置するスタッド間隔を決定する。

評価結果を表 4.2-42 に、スタッド量の算定方法を図 4.2-138 に、スタッドの仕様及び配置図を図 4.2-139 に示す。表 4.2-42 に示す必要スタッド量は、地盤バネ5の断面力に基づき算出されたものであり、スタッドの配置間隔が最も密になった算出結果（南北面の配置間隔 119 mm×119 mm）である。これに対し、設定したスタッドの配置間隔は 100 mm×100 mm であるため、発生断面力により算出される必要スタッド量以上のスタッドを配置できていることを確認した。なお、スタッドは外面鋼板の内面及び水平隔壁の下面、鉛直隔壁の両面に 100×100mm 間隔で配置する。

表 4.2-42 中詰め鉄筋コンクリートと鋼殻の一体化のためのスタッドの検討結果

部位	面外 せん断力 S_y (kN)	面内 せん断力 S_x (kN)	水平回転 モーメント M_z (kN・m)	面外回転 モーメント M_x (kN・m)	面内回転 モーメント M_y (kN・m)	必要 スタッド量 (配置間隔)	配置可能 スタッド量 (配置間隔)
南北面	218542	33119	2141799	1427186	-206770	119 mm ×119 mm	100 mm ×100 mm
東西面	161543	42204	-1342438	1112759	870401	157 mm ×157 mm	

注記 赤線枠内は最大照査値を示す。赤線枠内に示す最大照査値の組合せケースは、堤軸方向：南向き 0.4 倍、堤軸直交方向：西向き 1.0 倍、鉛直方向：上向き 0.4 倍である。堤軸直交方向の組合せ係数が西向き 1.0 倍で堤軸直交方向の慣性力及び動水圧が最大になり、これに津波荷重が重ね合わせられる場合に最大照査値が発生する。



-
- Figure 10 consists of two diagrams illustrating internal forces in the slab and column. The top diagram shows the slab with a grid of columns (X1-X6, Y1-Y6) and a central column. A blue circular arrow labeled M_z indicates the moment around the column. The bottom diagram shows the column with a grid of slabs (Z1-Z3, Y1-Y6) and a central slab. A red circular arrow labeled M_y (M_x) indicates the moment around the slab. Both diagrams include dimensions and labels for internal forces.

断面力	種別	隔壁方向
M_x	偶力	東西面
M_y	偶力	南北面
M_z	偶力	東西・南北面
S_x	水平力	南北面・水平面
S_y	水平力	東西面・水平面

 σ_{ck} : コンクリートの設計基準強度 (=50 N/mm²)

Figure 1: Reinforcement details of the concrete structure. The figure includes a plan view (A-A) showing a 11000mm x 11000mm square area with grid lines Y1-Y6 and X1-X6. It also shows cross-sections A-A and B-B. Reinforcement details are shown for various parts: 'a' (top edge), 'b' (right edge), 'c' (bottom edge), 'd' (left edge), 'e' (bottom edge), 'f' (top edge), and 'g' (left edge). The reinforcement consists of top bars (red) and bottom bars (blue) with stirrups (studs) at 150mm intervals. The concrete is 160mm thick. The structure is made of S440 material.

429

(5) 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

基礎地盤の支持性能に対する評価は、重畳時の2次元有効応力解析から算出される基礎地盤に生じる接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

中実鉄筋コンクリート底面における評価結果を表 4.2-44 及び表 4.2-45 に、基礎地盤における接地圧分布を図 4.2-141～図 4.2-164 に示す。支持性能に対する評価は、地中連続壁部を構造として考慮しない評価とするため、解析で算出された地中連続壁部と中実鉄筋コンクリートを合わせた幅 15.5 m に対する接地圧を中実鉄筋コンクリートの幅 10.7 m に換算した値を示している。

鋼管杭下端においては、評価位置図を図 4.2-140 に、群杭効果を考慮した評価結果を表 4.2-46 及び表 4.2-47 に示す。

中実鉄筋コンクリート底面における最大接地圧は、南基礎において基準津波の地盤ケース⑤で 1989 kN/m² であり、基礎地盤の極限支持力度 5991 kN/m² 以下である。また、北基礎においては基準津波の地盤ケース③で 2869 kN/m² であり、基礎地盤の極限支持力度 6116 kN/m² 以下である。

鋼管杭下端における最大接地圧は、南基礎において、敷地に遡上する津波の地盤ケース③で 3277 kN/m² であり、基礎地盤の極限支持力度 5039 kN/m² 以下である。また、北基礎においては、敷地に遡上する津波の地盤ケース③で 4657 kN/m² であり、基礎地盤の極限支持力度 5092 kN/m² 以下である。なお、鋼管杭の極限支持力度は仮想ケーソン基礎と見なして設定するのは「2. 防潮堤（鋼製防護壁）の強度計算書に関する補足説明」の「4.8.3 (2) d. 基礎地盤の支持性能」と同じである。鋼管杭の極限支持力度の算出方法を表 4.2-43 に示す。

中実鉄筋コンクリートの接地圧は、基準津波との重畳時に最大となる一方で、鋼管杭の接地圧は敷地に遡上する津波との重畳時に最大となっており、津波荷重による基礎の回転変位の影響が確認できる。また、最大接地圧は中実鉄筋コンクリート、鋼管杭ともに西側で最大となっており、余震の影響に比べて津波荷重の影響が大きいことが分かる。

中実鉄筋コンクリートの接地圧については、地中連続壁部を考慮して算出した接地圧を中実鉄筋コンクリートのみで負担する保守的な評価を行うため、南北基礎ともに残置影響評価モデルの接地圧が工認設計モデルよりも大きくなる。一方、鋼管杭の接地圧については、南基礎は地中連続壁部の考慮により鋼管杭の荷重負担が軽減し、残置影響評価モデルの接地圧が工認設計モデルよりも小さくなる。北基礎は、地盤抵抗が南基礎に比べて小さいため、荷重が最大になる重畳時（敷地に遡上する津波）には地中連続壁部の重量も作用することで北基礎の変位が増大する。このため、残置影響評価モデルの接地圧が工認設計モデルよりも大きくなる。

以上のことから、鋼製防護壁の基礎地盤は支持性能を有することを確認した。

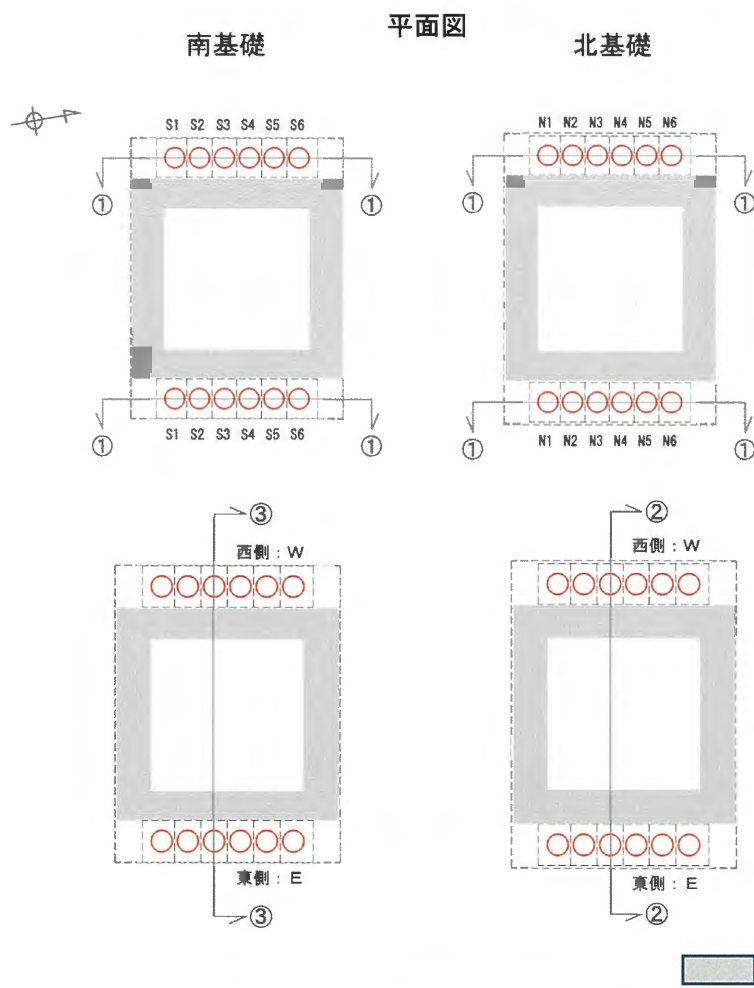


図 4.2-140 評価位置図（鋼管杭）

(図 3.2-108 の再掲)

表 4.2-43 鋼管杭の極限支持力度の算出方法

(表 3.2-80 の再掲)

項目		単位	北基礎	南基礎	算定式
基礎地盤標高	Z	T. P. m	-60.24	-54.24	
基礎地盤の非排水せん断強度	C _{c u u}	kN/m ²	1045.4	1024.7	C _{c u u} =(0.837-0.00346・Z)×1000
形状係数	α	-	1.043	1.043	α=1+0.3×(B/D), B=1.498 m, D=10.498 m
支持力係数	N _c	-	5.1	5.1	φ=0
ケーソン基礎底面積	A _G	m ²	15.244	15.244	*2
置き換えられる土の有効重量	W	kN	7149.8	6272.6	*3
極限支持力	Q _p	kN	77624	76818	Q _p =A _G ・(α・C _{c u u} ・N _c)-W ^{*1}
許容限界 (極限支持力度)	q _d	kN/m ²	5092	5039	q _d =Q _p /A _G

注記 *1: 極限支持力は、道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編)・同解説 (日本道路協会, 平成24年3月)

記載の式を用いて求める。

$$Q_p = A_G q_d' - W$$

$$= A_G \cdot (\alpha \cdot C_{uu} \cdot N_c + 1/2 \beta \gamma_1 B N_\gamma + \gamma_2 D_f N_q) - W$$

ここで、

Q_p : 極限支持力 (kN)

A_G : ケーソン基礎底面積 (m^2)

W: ケーソンで置き換えられる土の有効重量 (kN)

q_d : 極限支持力度 (kN/m^2)

q_d' : ケーソン基礎底面地盤の極限支持力度 (kN/m^2)

C_{uu} : 基礎地盤の非排水せん断強度 (kN/m^2)

α, β : 形状係数

形状係数	基礎底面の形状	帯状	正方形, 円形	長方形, 楕円形, 小判形
α		1.0	1.3	$1 + 0.3 \times (B/D)$
β		1.0	0.6	$1 - 0.4 \times (B/D)$

B: ケーソン側面幅 (m)

D: ケーソン前面幅 (m)

N_c, N_γ, N_q : 支持力係数

γ_1 : 基礎底面より下にある地盤の単位体積重量 (kN/m^3)

γ_2 : 基礎底面より上にある周辺地盤の単位体積重量 (kN/m^3)

D_f : 有効根入れ深さ (m)

支持性能評価における保守的な配慮として、支持力算定式の第3項 $\gamma_2 D_f N_q$ は0と仮定する。

支持力係数は、せん断抵抗角 $\phi = 0$ を踏まえ、 $N_c = 5.1$, $N_\gamma = 0$ と設定する。

以上より、極限支持力は下式より求める。

$$Q_p = A_G \cdot (\alpha \cdot C_{uu} \cdot N_c) - W$$

*2: ケーソン基礎底面積は、下記斜線部の面積を求める。

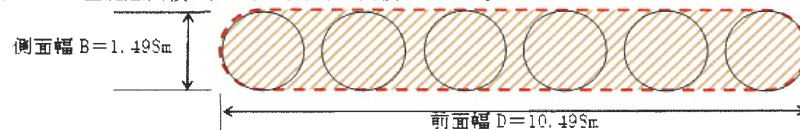


表 4.2-44 重畳時における基礎地盤の支持性能評価結果
(南基礎：中実鉄筋コンクリート)

地盤ケース		最大接地圧	極限支持力度
		(kN/m ²)	(kN/m ²)
基準津波	①	1964	5991
	②	1963	5991
	③	1958	5991
	④	1965	5991
	⑤	1989	5991
	⑥	1984	5991
敷地に遡上する 津波	①	1929	5991
	②	1893	5991
	③	1970	5991
	④	1946	5991
	⑤	1953	5991
	⑥	1922	5991

注記 ①：原地盤に基づく液化強度特性を用いた解析ケース
 ②：地盤物性のばらつきを考慮（+1 σ ）した解析ケース
 ③：地盤物性のばらつきを考慮（-1 σ ）した解析ケース
 ④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液化強度特性により地盤を強制的に液化化させることを仮定した解析ケース
 ⑤：原地盤において非液化化の条件を仮定した解析ケース
 ⑥：地盤物性のばらつきを考慮（+1 σ ）して非液化化の条件を仮定した解析ケース
 ハッチ部は最大接地圧を示す。

表 4.2-45 重畳時における基礎地盤の支持性能評価結果

(北基礎：中実鉄筋コンクリート)

地盤ケース		最大接地圧	極限支持力度
		(kN/m ²)	(kN/m ²)
基準津波	①	2835	6116
	②	2747	6116
	③	2869	6116
	④	2816	6116
	⑤	2794	6116
	⑥	2797	6116
敷地に遡上する 津波	①	2630	6116
	②	2579	6116
	③	2682	6116
	④	2676	6116
	⑤	2630	6116
	⑥	2579	6116

注記 ①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
 ②：地盤物性のばらつきを考慮（+1 σ ）した解析ケース
 ③：地盤物性のばらつきを考慮（-1 σ ）した解析ケース
 ④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
 ⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース
 ⑥：地盤物性のばらつきを考慮（+1 σ ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース
 ハッチ部は最大接地圧を示す。

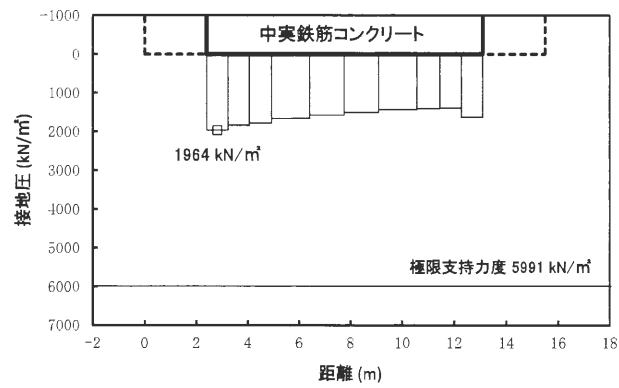


図 4.2-141 最大接地圧分布図 (南基礎：③-③断面) (基準津波)
(地盤ケース①：原地盤に基づく液化化強度特性を用いた解析ケース)

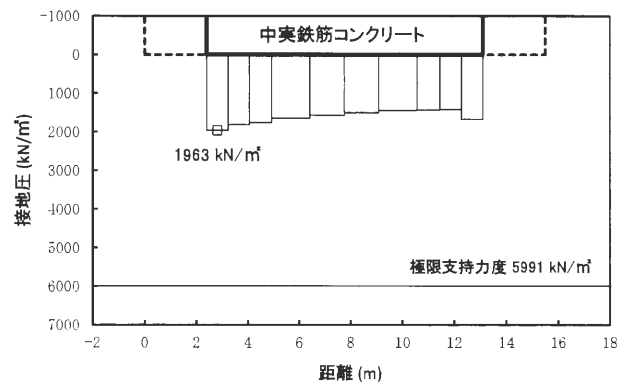


図 4.2-142 最大接地圧分布図 (南基礎：③-③断面) (基準津波)
(地盤ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) した解析ケース)

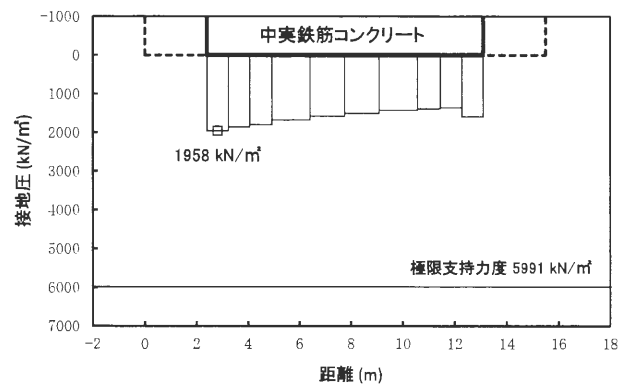


図 4.2-143 最大接地圧分布図 (南基礎：③-③断面) (基準津波)
(地盤ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 (-1 σ) した解析ケース)

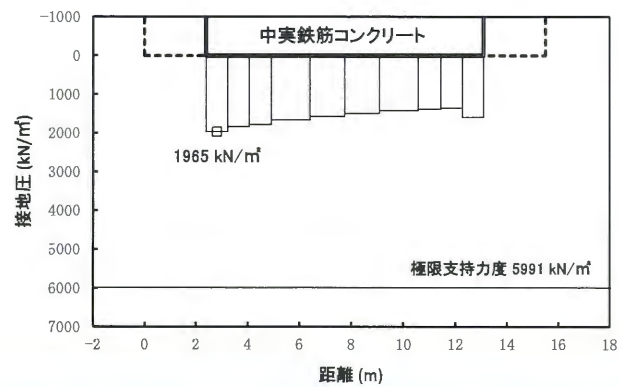


図 4.2-144 最大接地圧分布図（南基礎：③－③断面）（基準津波）
（地盤ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース）

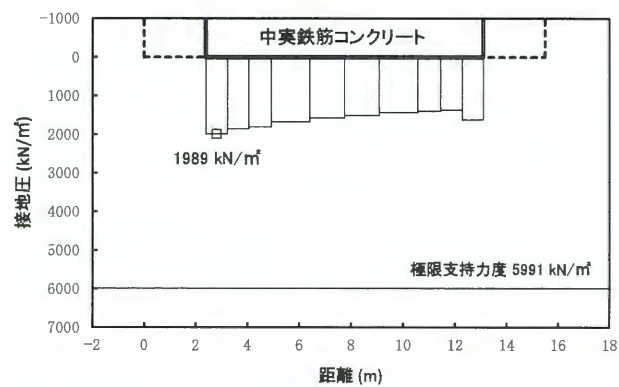


図 4.2-145 最大接地圧分布図（南基礎：③－③断面）（基準津波）
（地盤ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース）

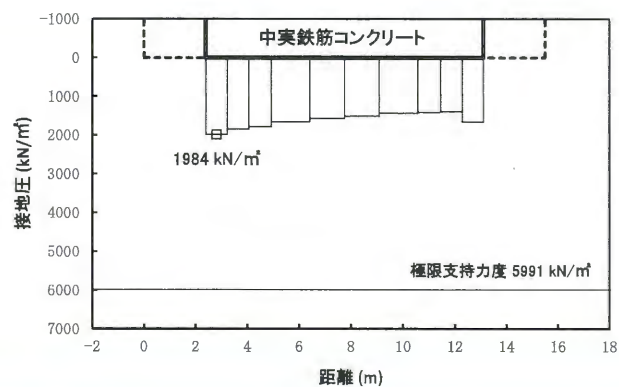


図 4.2-146 最大接地圧分布図（南基礎：③－③断面）（基準津波）
（地盤ケース⑥：地盤物性のばらつきを考慮（ $+1\sigma$ ）して
非液状化の条件を仮定した解析ケース）

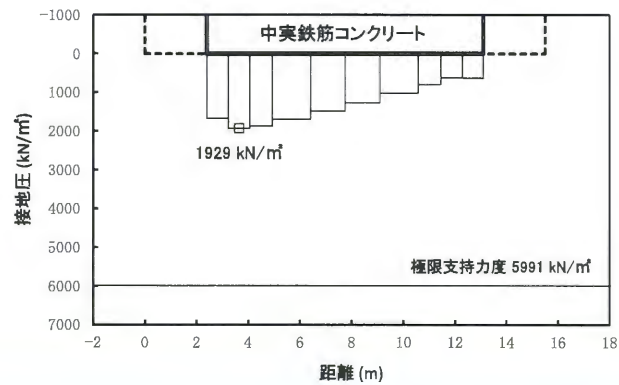


図 4.2-147 最大接地圧分布図（南基礎：③－③断面）（敷地に遡上する津波）
（地盤ケース①：原地盤に基づく液化化強度特性を用いた解析ケース）

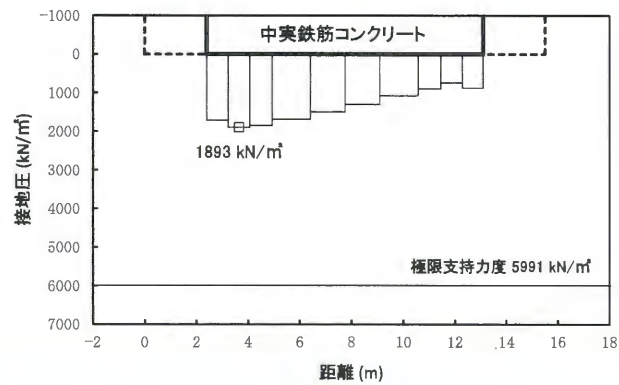


図 4.2-148 最大接地圧分布図（南基礎：③－③断面）（敷地に遡上する津波）
（地盤ケース②：地盤物性のばらつきを考慮（ $+1\sigma$ ）した解析ケース）

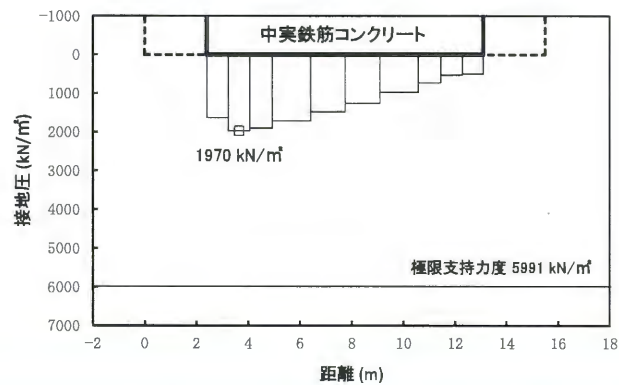


図 4.2-149 最大接地圧分布図（南基礎：③－③断面）（敷地に遡上する津波）
（地盤ケース③：地盤物性のばらつきを考慮（ -1σ ）した解析ケース）

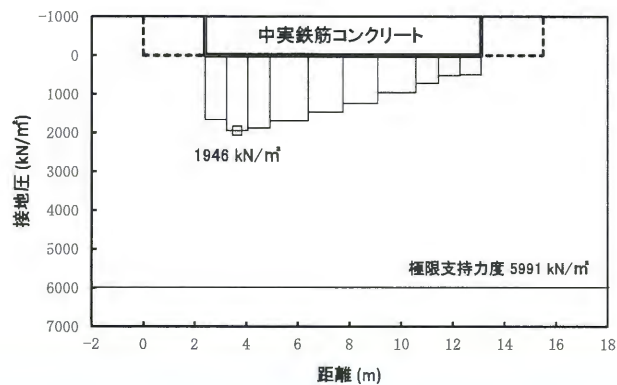


図 4.2-150 最大接地圧分布図（南基礎：③－③断面）（敷地に遡上する津波）
 （地盤ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース）

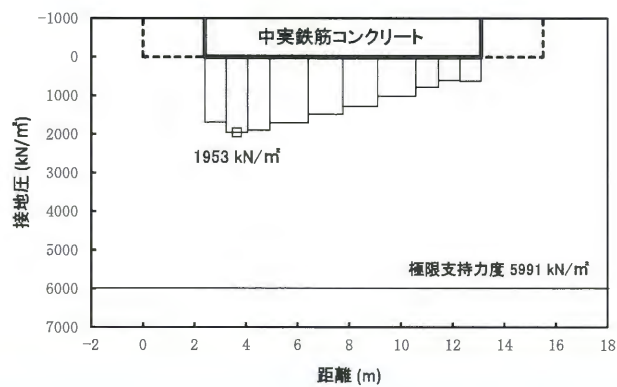


図 4.2-151 最大接地圧分布図（南基礎：③－③断面）（敷地に遡上する津波）
 （地盤ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース）

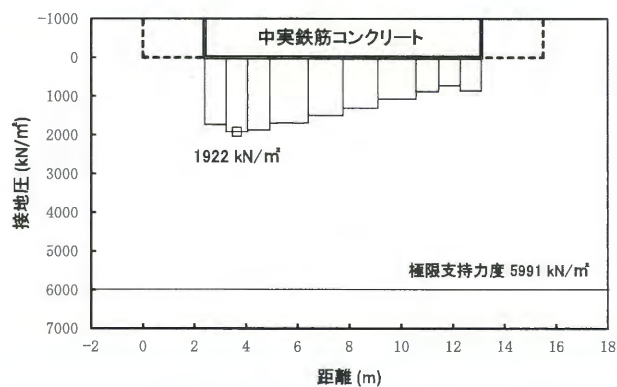


図 4.2-152 最大接地圧分布図（南基礎：③－③断面）（敷地に遡上する津波）
 （地盤ケース⑥：地盤物性のばらつきを考慮（ $+1\sigma$ ）して
 非液状化の条件を仮定した解析ケース）

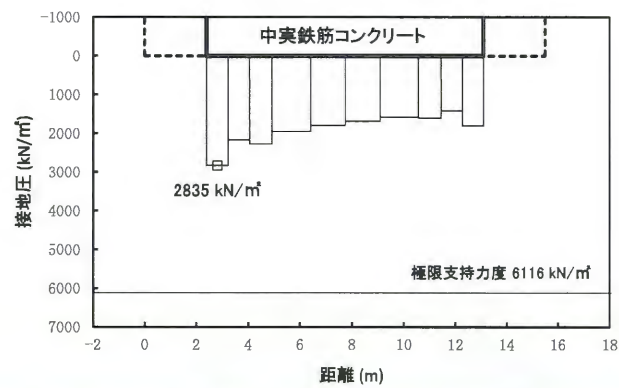


図 4.2-153 最大接地圧分布図（北基礎：②－②断面）（基準津波）
（地盤ケース①：原地盤に基づく液化化強度特性を用いた解析ケース）

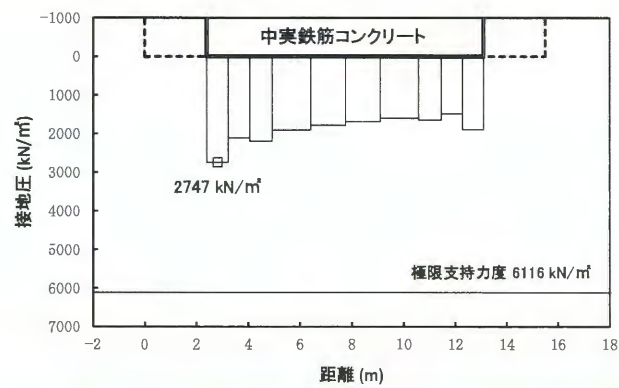


図 4.2-154 最大接地圧分布図（北基礎：②－②断面）（基準津波）
（地盤ケース②：地盤物性のばらつきを考慮（ $+1\sigma$ ）した解析ケース）

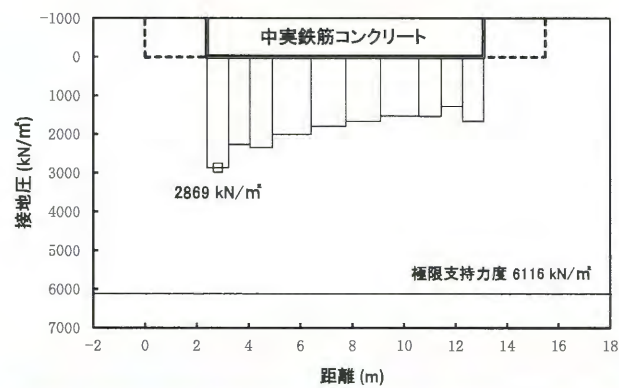


図 4.2-155 最大接地圧分布図（北基礎：②－②断面）（基準津波）
（地盤ケース③：地盤物性のばらつきを考慮（ -1σ ）した解析ケース）

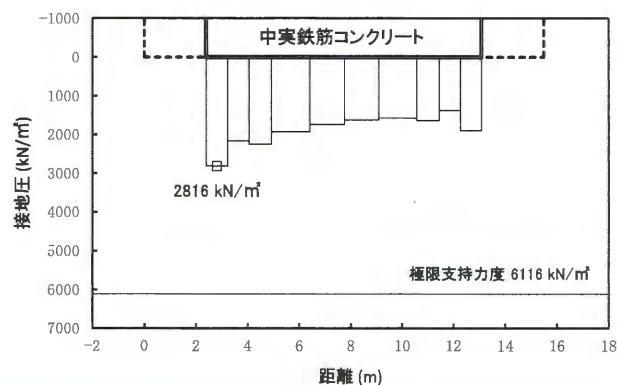


図 4.2-156 最大接地圧分布図（北基礎：②－②断面）（基準津波）
（地盤ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース）

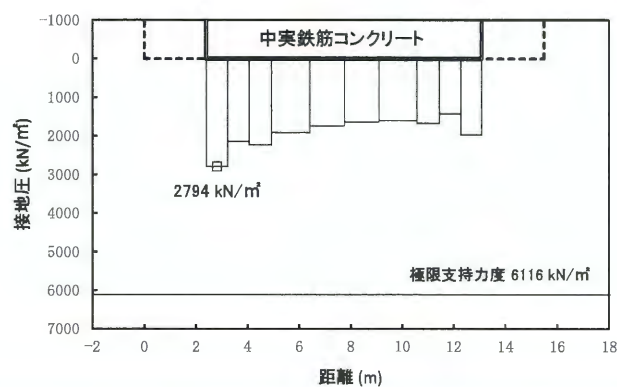


図 4.2-157 最大接地圧分布図（北基礎：②－②断面）（基準津波）
（地盤ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース）

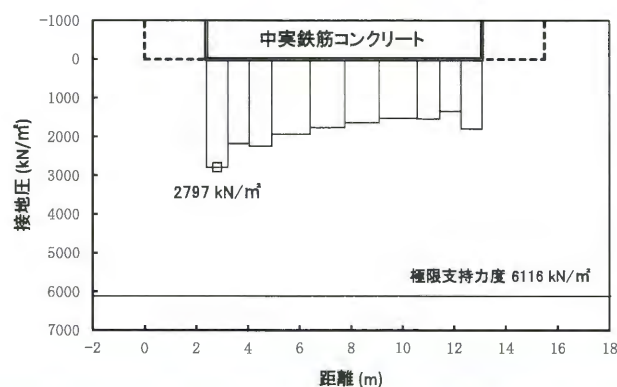


図 4.2-158 最大接地圧分布図（北基礎：②－②断面）（基準津波）
（地盤ケース⑥：地盤物性のばらつきを考慮（+1σ）して
非液状化の条件を仮定した解析ケース）

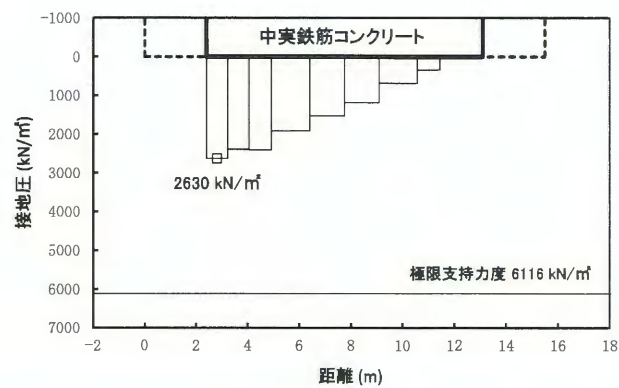


図 4.2-159 最大接地圧分布図（北基礎：②－②断面）（敷地に遡上する津波）
（地盤ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース）

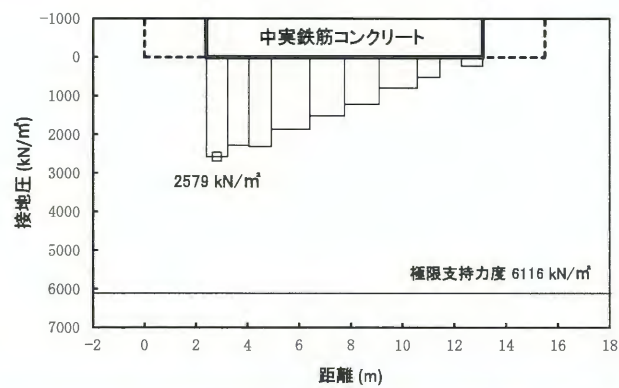


図 4.2-160 最大接地圧分布図（北基礎：②－②断面）（敷地に遡上する津波）
（地盤ケース②：地盤物性のばらつきを考慮（ $+1\sigma$ ）した解析ケース）

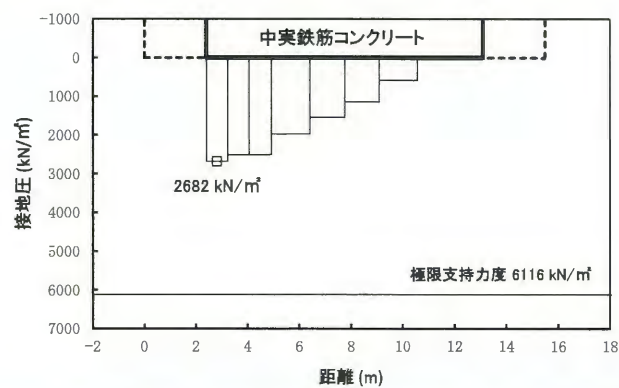


図 4.2-161 最大接地圧分布図（北基礎：②－②断面）（敷地に遡上する津波）
（地盤ケース③：地盤物性のばらつきを考慮（ -1σ ）した解析ケース）

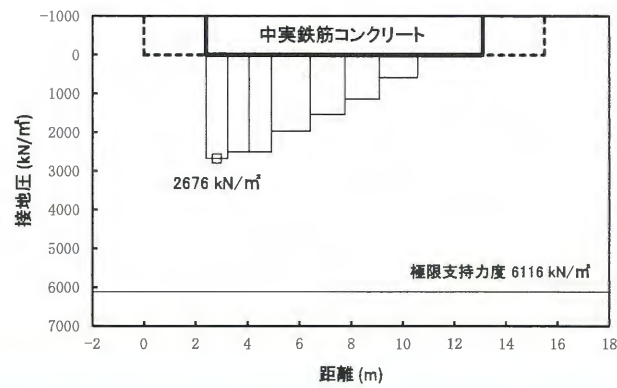


図 4.2-162 最大接地圧分布図（北基礎：②－②断面）（敷地に遡上する津波）
 （地盤ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース）

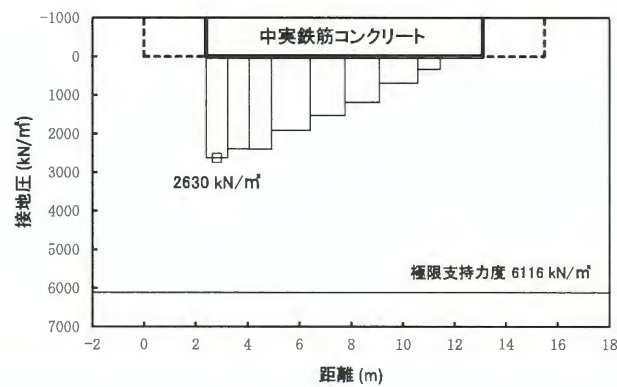


図 4.2-163 最大接地圧分布図（北基礎：②－②断面）（敷地に遡上する津波）
 （地盤ケース⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース）

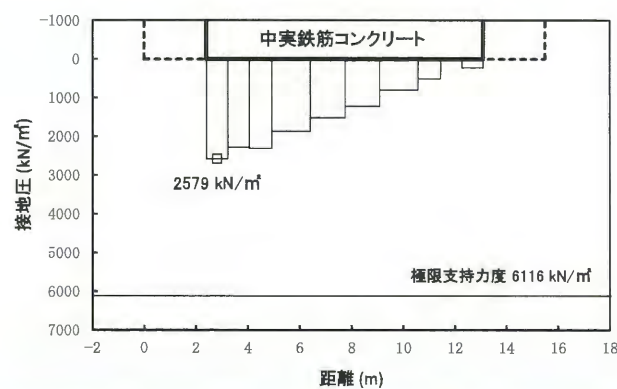


図 4.2-164 最大接地圧分布図（北基礎：②－②断面）（敷地に遡上する津波）
 （地盤ケース⑥：地盤物性のばらつきを考慮（ $+1\sigma$ ）して
 非液状化の条件を仮定した解析ケース）

表 4.2-46 重畳時における基礎地盤の支持性能評価結果

(③-③断面 南基礎：鋼管杭)

地盤ケース		杭位置	最大接地圧 (kN/m ²)	極限支持力度 (kN/m ²)
基準津波	①	西側	3123	5039
	②	西側	3091	5039
	③	西側	3168	5039
	④	西側	3102	5039
	⑤	西側	3113	5039
	⑥	西側	3094	5039
敷地に遡上する 津波	①	西側	3226	5039
	②	西側	3189	5039
	③	西側	3277	5039
	④	西側	3208	5039
	⑤	西側	3215	5039
	⑥	西側	3193	5039

注記 : ①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
 ②：地盤物性のばらつきを考慮（+1σ）した解析ケース
 ③：地盤物性のばらつきを考慮（-1σ）した解析ケース
 ④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
 ⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース
 ⑥：地盤物性のばらつきを考慮（+1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース
 ハッチ部は最大接地圧を示す。

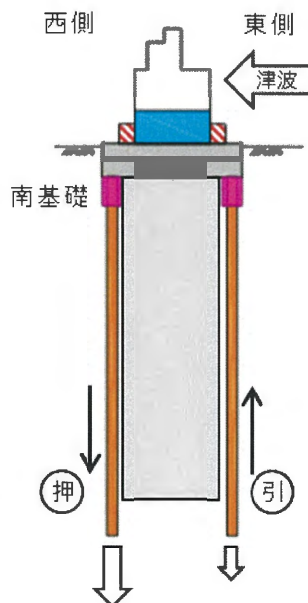
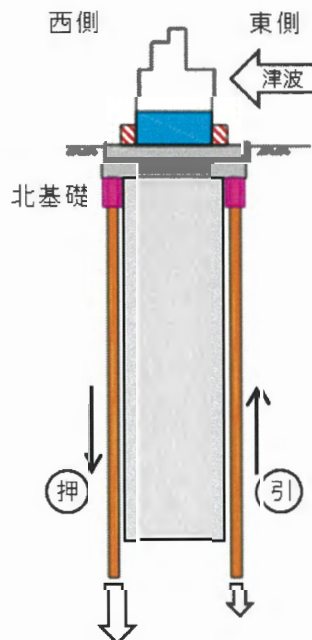


表 4.2-47 重畳時における基礎地盤の支持性能評価結果

(②-②断面 北基礎：鋼管杭)

地盤ケース		杭位置	最大接地圧 (kN/m ²)	極限支持力度 (kN/m ²)
基準津波	①	西側	3162	5092
	②	西側	3161	5092
	③	西側	3393	5092
	④	西側	3347	5092
	⑤	西側	3416	5092
	⑥	西側	3417	5092
敷地に遡上する 津波	①	西側	4194	5092
	②	西側	3974	5092
	③	西側	4657	5092
	④	西側	4629	5092
	⑤	西側	4448	5092
	⑥	西側	4230	5092

注記：①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
 ②：地盤物性のばらつきを考慮（+1σ）した解析ケース
 ③：地盤物性のばらつきを考慮（-1σ）した解析ケース
 ④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
 ⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース
 ⑥：地盤物性のばらつきを考慮（+1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース
 ハッチ部は最大接地圧を示す。



4.3 耐津波評価のまとめ

耐津波評価において、不具合が確認された地中連続壁部を残置することによる影響について検討を行った。

鋼製防護壁基礎について、中実鉄筋コンクリートは工認設計モデルに比べ残置影響評価モデルの照査値が大きくなるが、発生応力度及び断面力が許容限界以下であることを確認した。なお、中実鉄筋コンクリートの曲げ軸力及びせん断力に対する最大照査値は、南基礎の方が大きい。このような結果となるのは、南基礎周辺の地盤剛性及び強度が、Km層（岩盤）上面を境界に浅部と深部で著しく異なるためである。Km層上面以深は地盤剛性、強度ともに大きいため、地盤による拘束が強い、その一方でKm層上面以浅は地盤剛性、強度ともに小さいため、ほとんど地盤反力が得られない。この地盤条件の下で、津波時及び重畳時の荷重が作用すると、中実鉄筋コンクリートではKm層上面付近において曲げモーメント及びせん断力が急激に増加し、曲げ軸力及びせん断力に対する評価結果が厳しいものとなる。

鋼管杭、巻立て鉄筋コンクリート、杭頭接合部及び頂版鉄筋コンクリートについては、工認設計モデルに比べ残置影響評価モデルの照査値が小さくなり、発生応力度及び断面力が許容限界以下であることを確認した。残置影響評価モデルの照査値が工認設計モデルに対して低減した理由は、残置する地中連続壁部を考慮することで、地中連続壁部及び中実鉄筋コンクリートの荷重負担率が増加することになり、巻立て鉄筋コンクリート及び鋼管杭の荷重負担が、工認設計モデルよりも軽減されるためである。この荷重負担の軽減の影響は、杭頭接合部及び頂版鉄筋コンクリートにも及ぶため、これらの部材の照査値も低減する。

鋼製防護壁は、工認設計モデルに比べ残置影響評価モデルの照査値が小さくなり、発生応力度が許容限界以下であることを確認した。残置影響評価モデルでは、地中連続壁部を考慮することにより工認設計モデルよりも鋼製防護壁基礎の剛性が大きくなるため、鋼製防護壁に対する鋼製防護壁基礎の拘束が大きくなる。これに伴い、鋼製防護壁の堤軸直交方向のたわみ及び南北基礎天端の相対変位が抑制され、残置影響評価モデルの照査値が工認設計モデルよりも小さくなる。

接合部は、工認設計モデルに比べ残置影響評価モデルの照査値が同等で、発生応力度及び断面力が許容限界以下であることを確認した。残置影響評価モデルの照査値が工認設計モデルの照査値と同等になるのは、両モデルにおける接合部で発生する断面力に大きな差がなかったためである。したがって、鋼製防護壁に作用する津波荷重、動水圧及び慣性力が接合部を介して鋼製防護壁基礎へ伝達される過程においては、地中連続壁部を考慮することによる鋼製防護壁基礎の剛性増加が接合部の照査値へ与える影響は小さいことを確認した。

基礎地盤の支持性能について、中実鉄筋コンクリート及び鋼管杭の接地圧が許容限界以下であることを確認した。中実鉄筋コンクリートの接地圧については、地中連続壁部を考慮して算出した接地圧を中実鉄筋コンクリートのみで負担する保守的な評価を行うため、南北基礎ともに残置影響評価モデルの接地圧が工認設計モデルよりも大きくなる。一方、鋼管杭の接地圧については、南基礎は地中連続壁部の考慮により鋼管杭の荷重負担が軽減し、残置影響評価モデルの接地圧が工認設計モデルよりも小さくなる。北基礎は、地盤抵抗が南基礎に比べて小さいため、荷重が最大になる重畳時（敷地に遡上する津波）には地中連続壁部の重量も作用することで北基礎の変位が増大する。このため、残置影響評価モデルの接地圧が工認設計モデルよりも大きくなる。

以上のことから、不具合が確認された地中連続壁部を残置することによる影響を考慮した場合でも、津波時及び重畳時に対して、要求機能を維持できることを確認した。

5. 概略配筋図及び構造仕様

5.1 中実鉄筋コンクリートの概略配筋図

耐震及び耐津波評価で用いた中実鉄筋コンクリートの概略配筋を図 5.1-1～図 5.1-7 に示す。

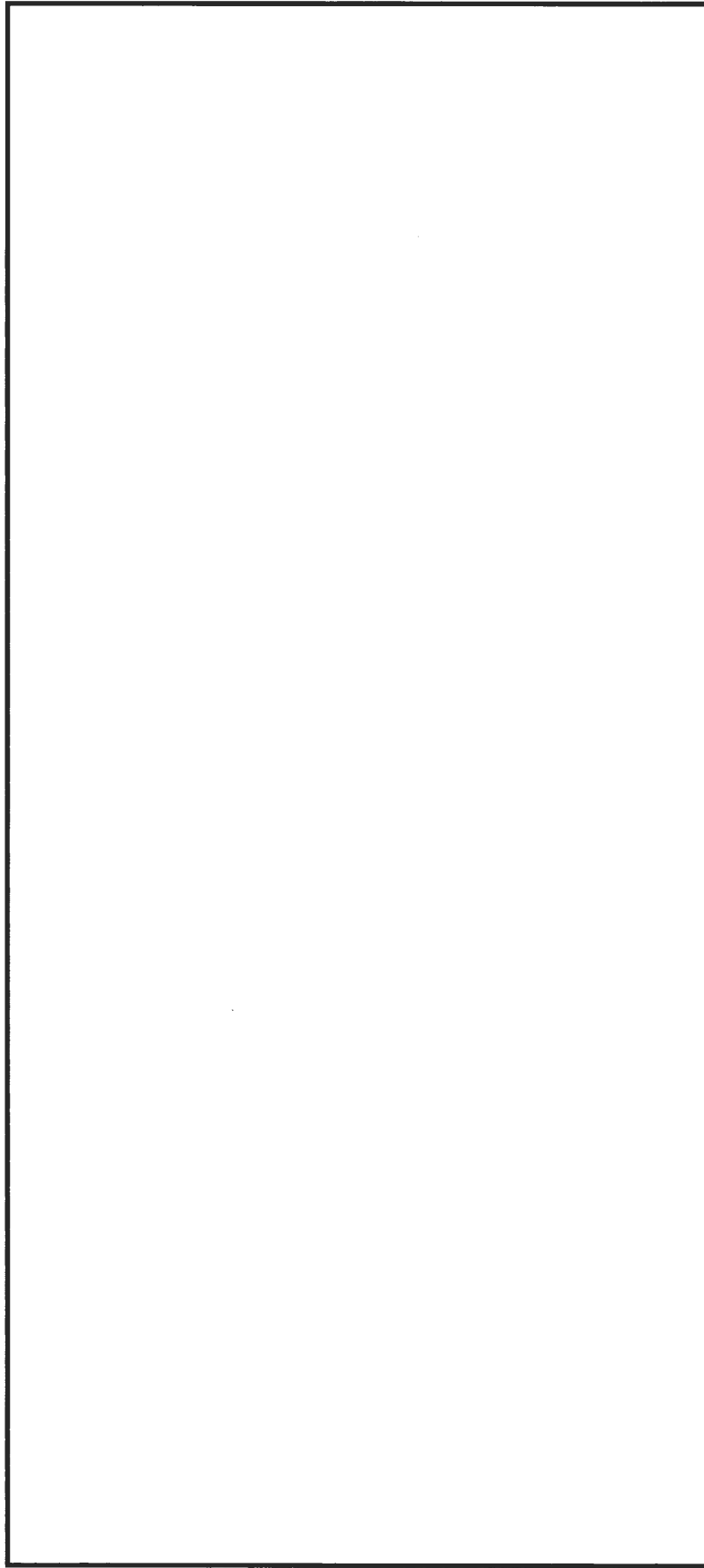


図 5.1-1 中実鉄筋コンクリートの概略配筋図（南基礎：鉛直断面）

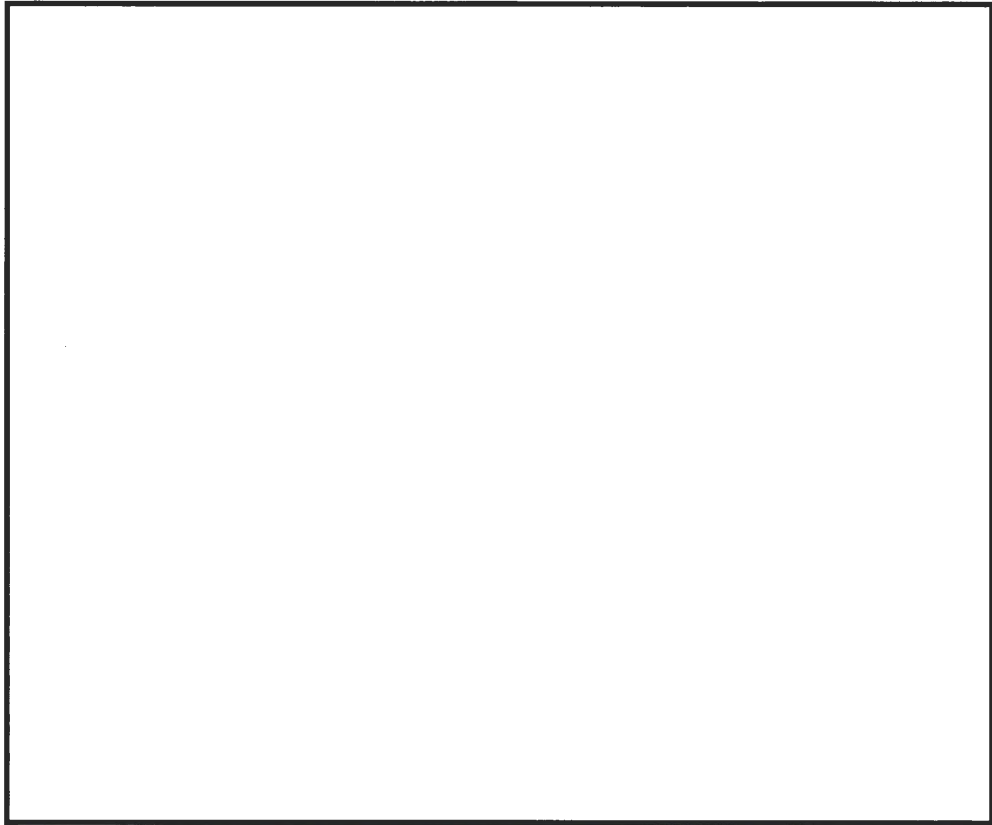


図 5.1-2 中実鉄筋コンクリートの概略配筋図（南基礎上部：A－A断面）

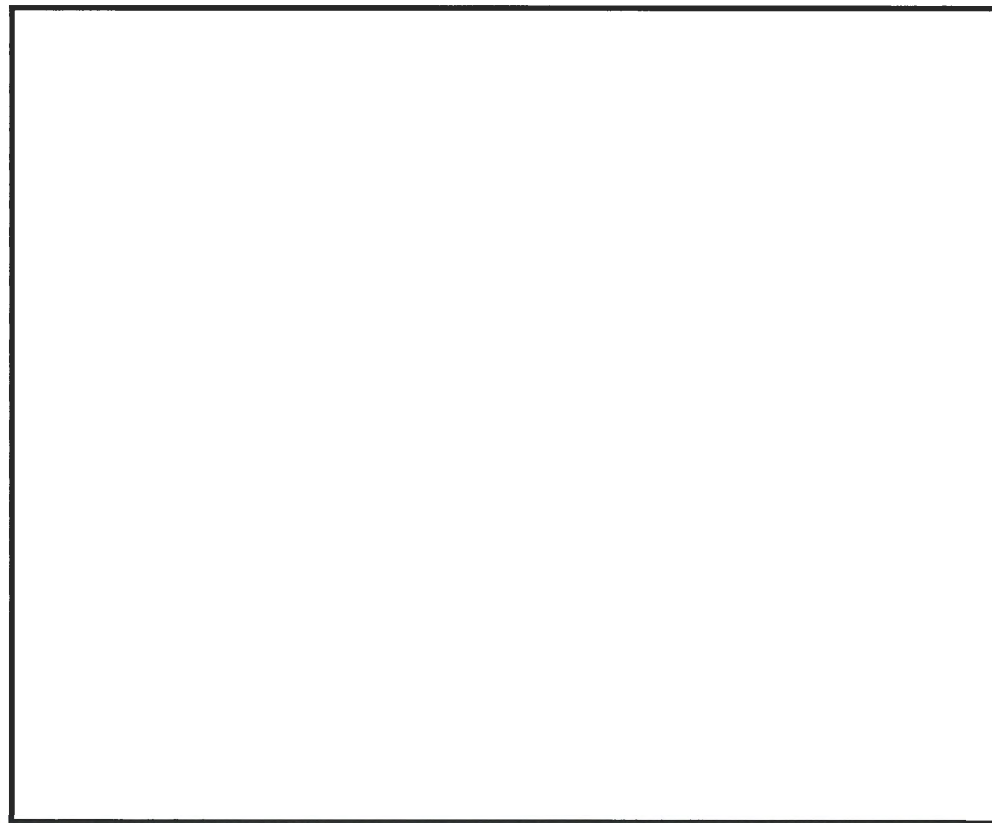


図 5.1-3 中実鉄筋コンクリートの概略配筋図（南基礎中央上：B－B断面）

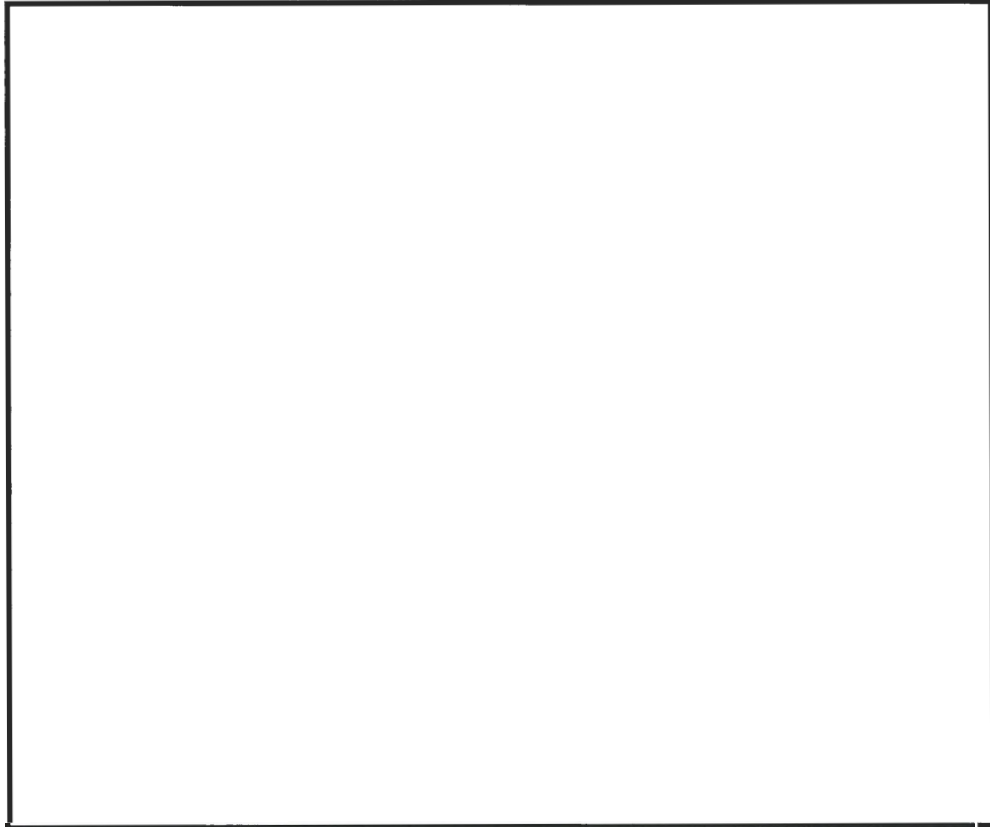


図 5.1-4 中実鉄筋コンクリートの概略配筋図（南基礎中央下：C－C断面）

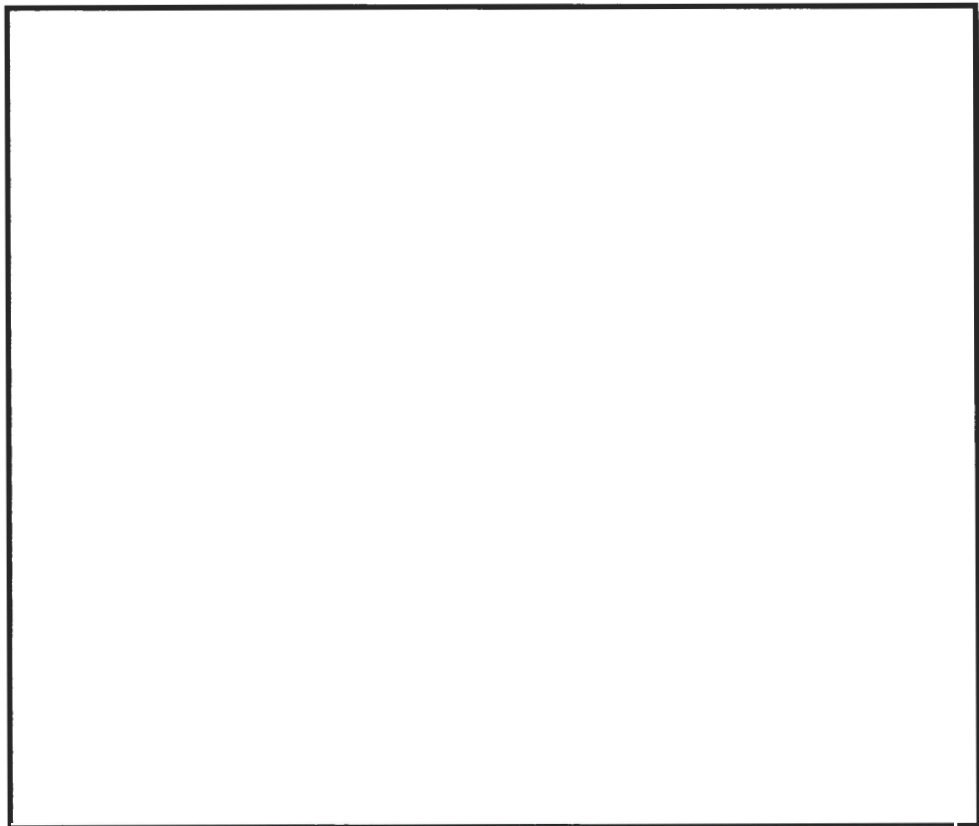


図 5.1-5 中実鉄筋コンクリートの概略配筋図（南基礎下部：D－D断面）

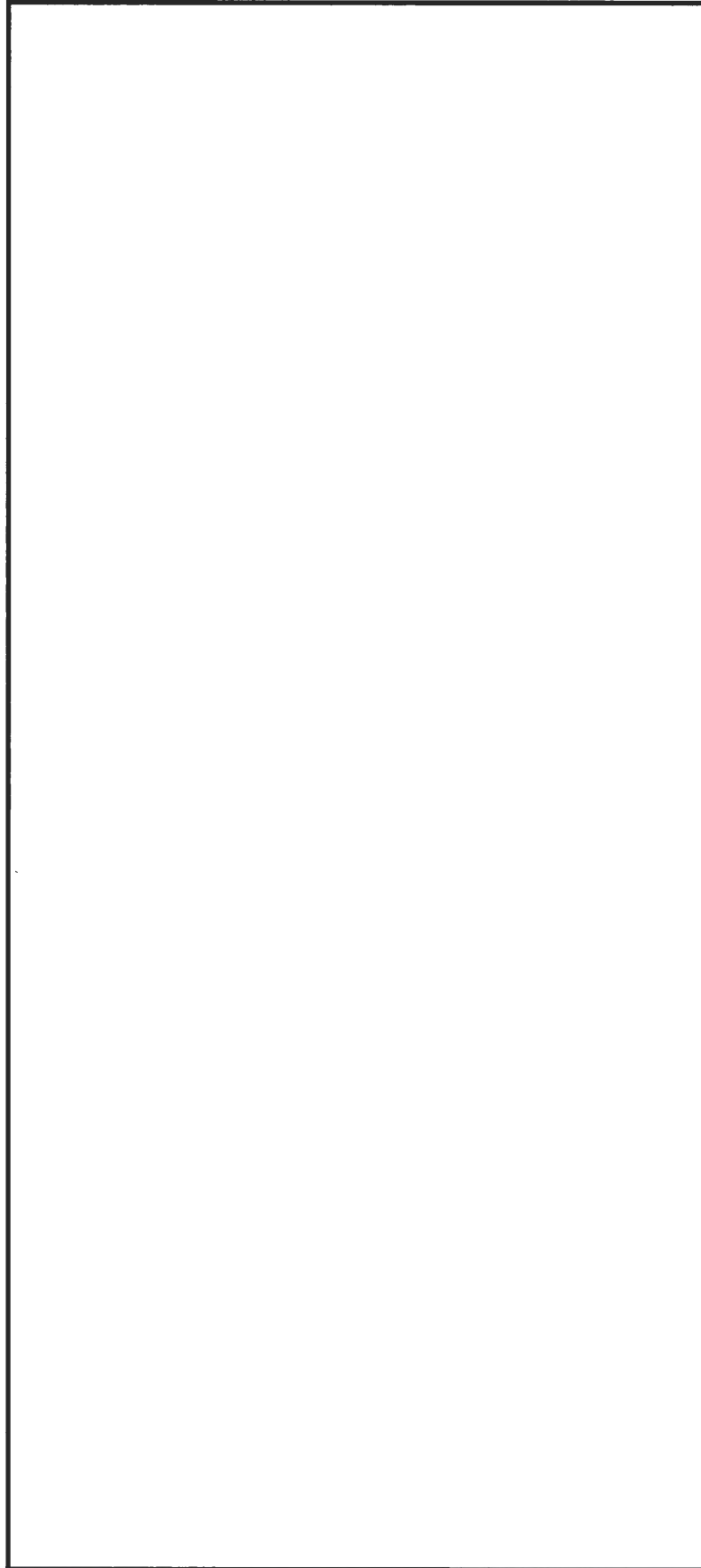


図 5.1-6 中実鉄筋コンクリートの概略配筋図（北基礎：鉛直断面）

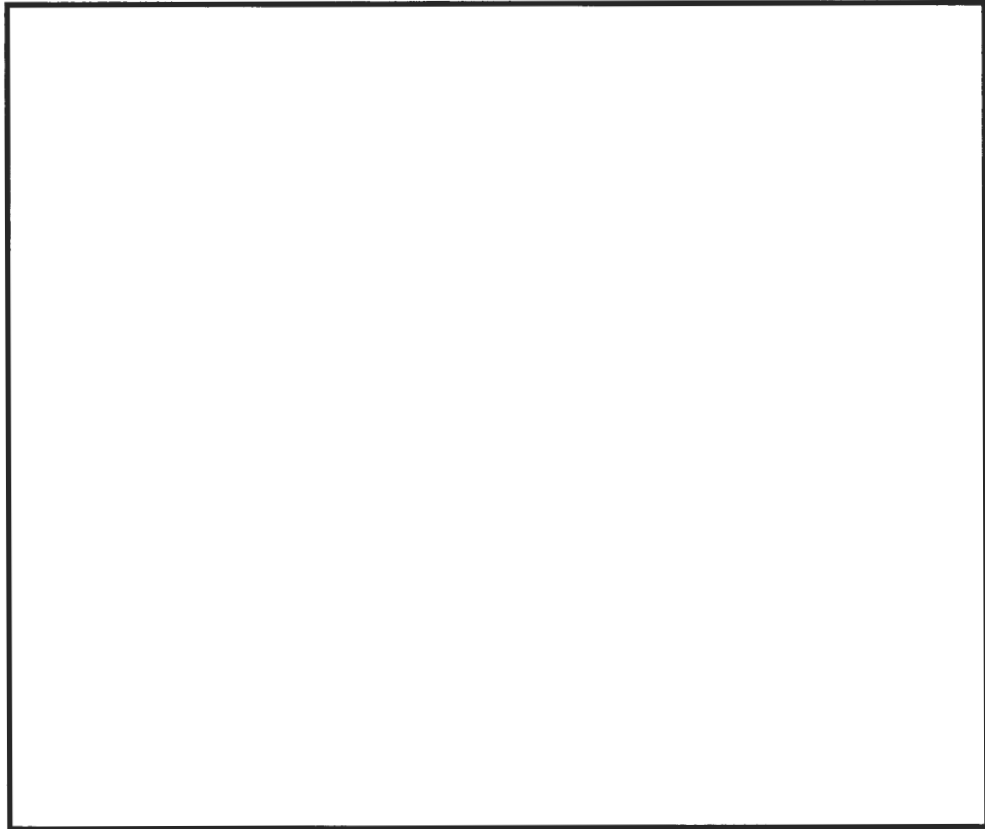


図 5.1-7 中実鉄筋コンクリートの概略配筋図（北基礎：水平断面）

5.2 鋼管杭の構造仕様

耐震及び耐津波評価で用いた鋼管杭及び巻立て鉄筋コンクリート内の鋼管杭の構造仕様を図 5.2-1 に示す。鋼管杭の外径は 1500mm であり、肉厚 50mm である。材質は SBHS500 である。なお、鋼管杭の応力度算出及び鋼管杭の断面積と断面 2 次モーメントを算出する際は、腐食代 1mm を考慮する。

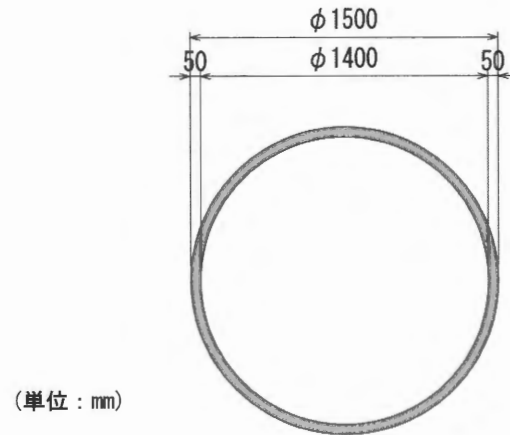


図 5.2-1 鋼管杭の構造仕様 (SBHS500)

5.3 巻立て鉄筋コンクリートの概略配筋図

耐震及び耐津波評価で用いた中実鉄筋コンクリートの概略配筋を図 5.3-1～図 5.3-3 に示す。

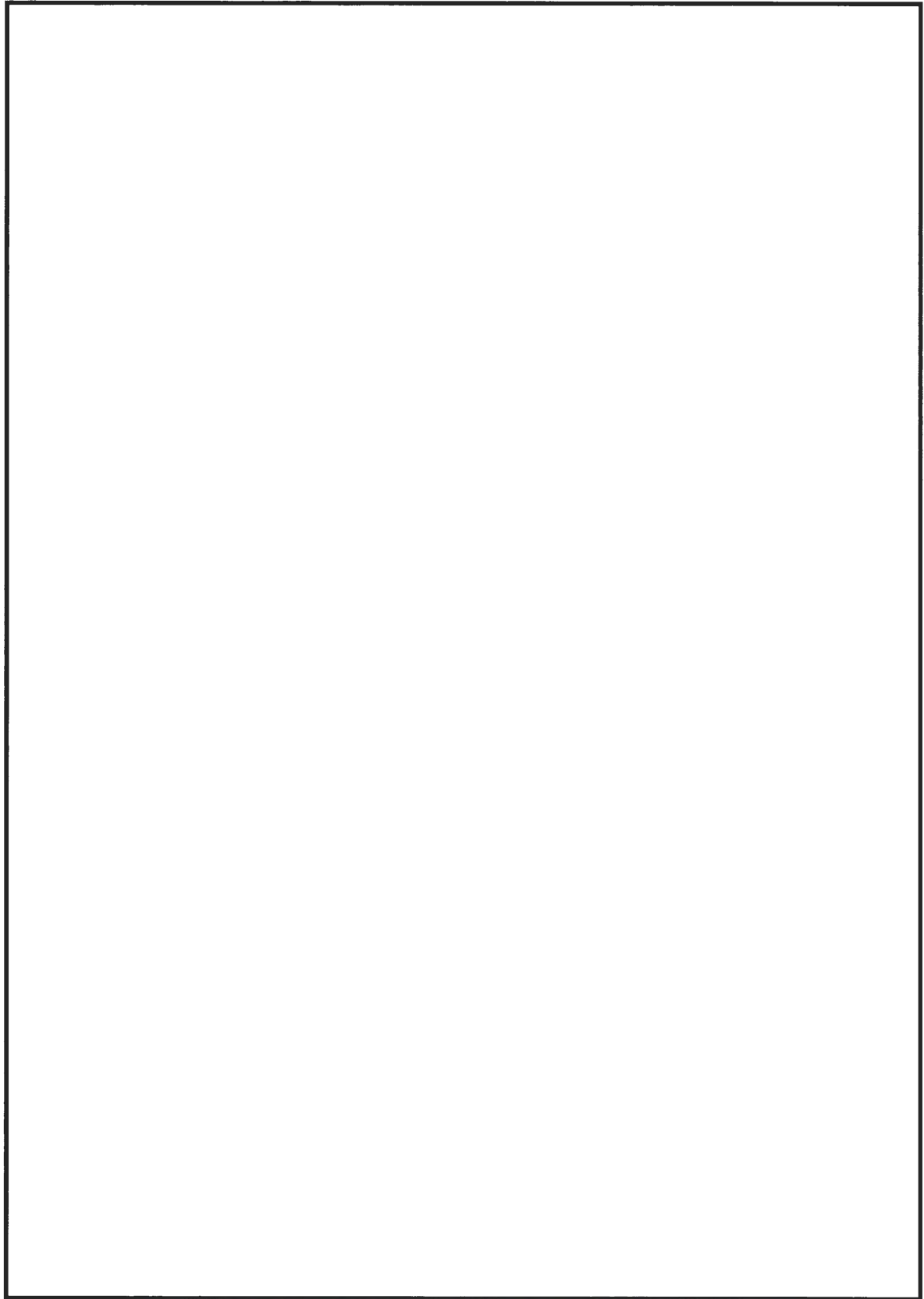


図 5.3-1 巻立て鉄筋コンクリートの概略配筋図（南北基礎：東側）

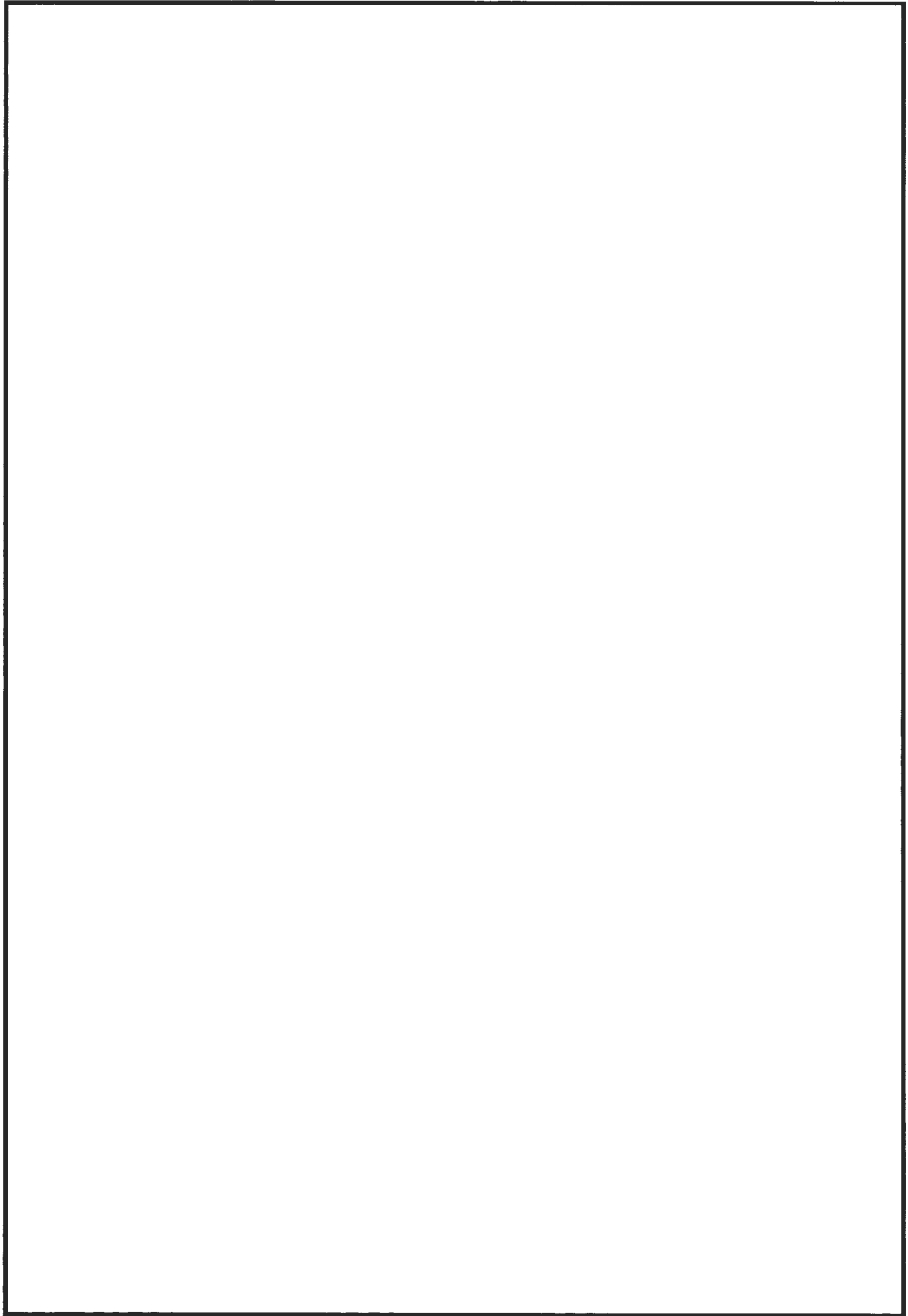


図 5.3-2 巻立て鉄筋コンクリートの概略配筋図（南基礎：西側）

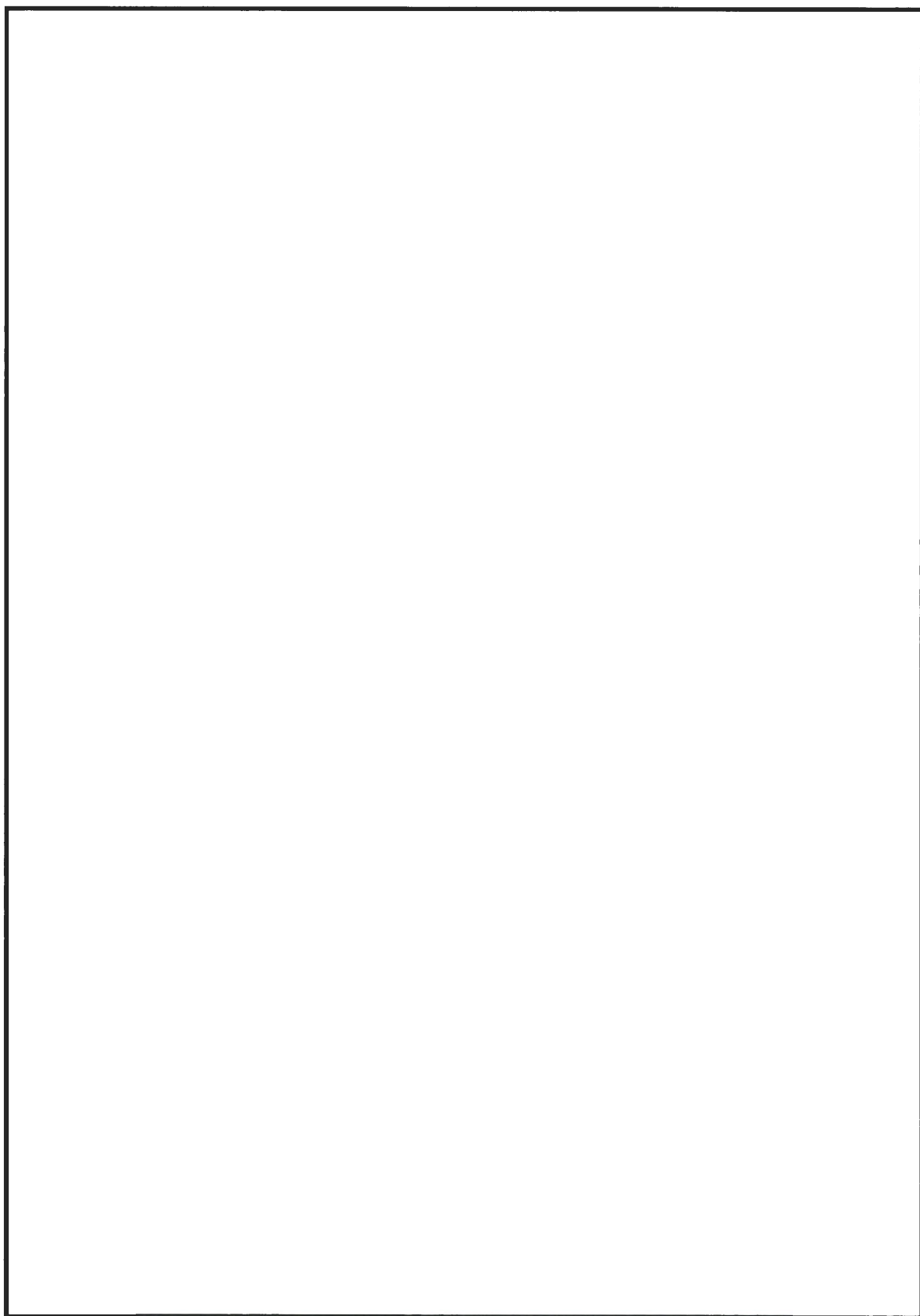


図 5.3-3 巻立て鉄筋コンクリートの概略配筋図（北基礎：西側）

5.4 杭頭接合部（仮想鉄筋コンクリート断面）の概略配筋図

耐震及び耐津波評価で用いた杭頭接合部（仮想鉄筋コンクリート断面）の概略配筋図を図 5.4-1、図 5.4-2 に示す。

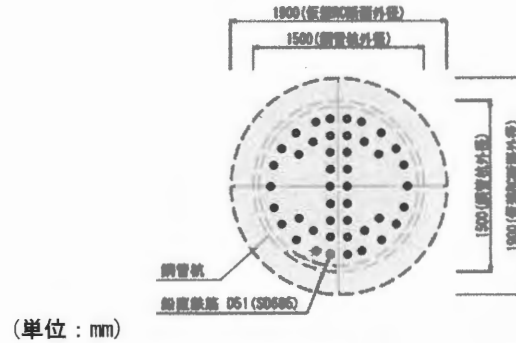


図 5.4-1 鋼管杭頭部（仮想鉄筋コンクリート断面）

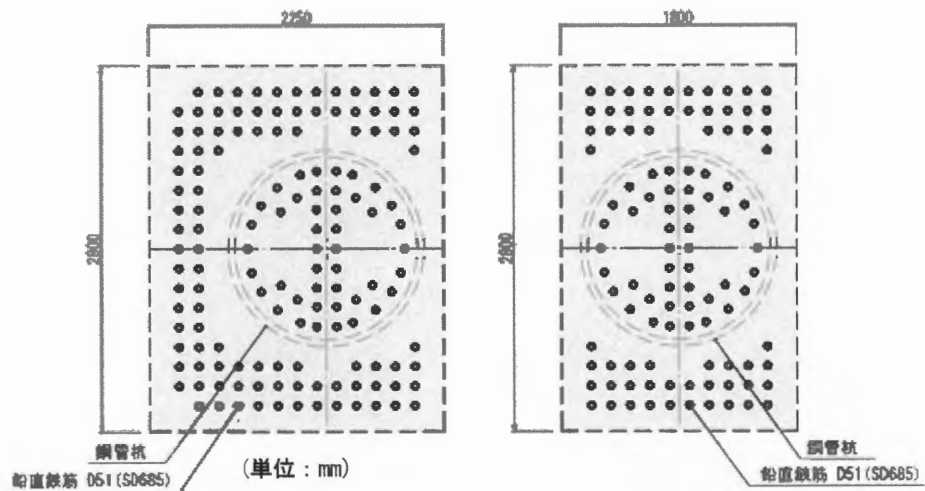
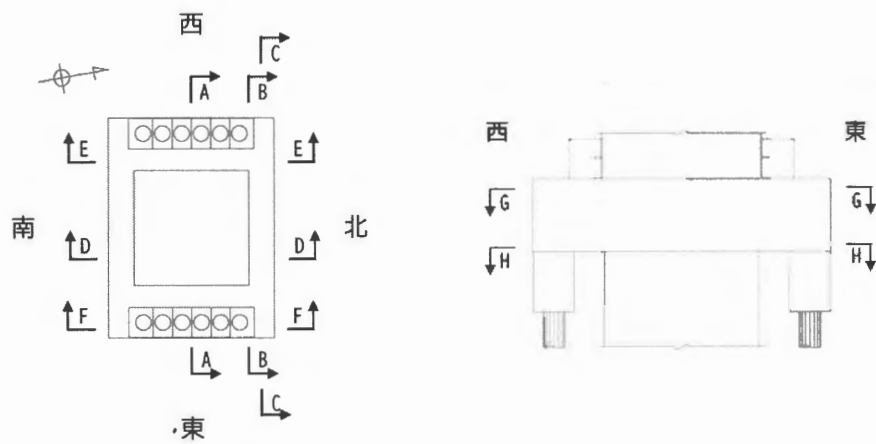


図 5.4-2 巻立て鉄筋コンクリート部（仮想鉄筋コンクリート断面）

5.5 頂版鉄筋コンクリートの概略配筋図

耐震及び耐津波評価で用いた頂版鉄筋コンクリートの概略配筋図を図 5.5-1～図 5.5-8 に示す。



頂版鉄筋コンクリートの矢視図

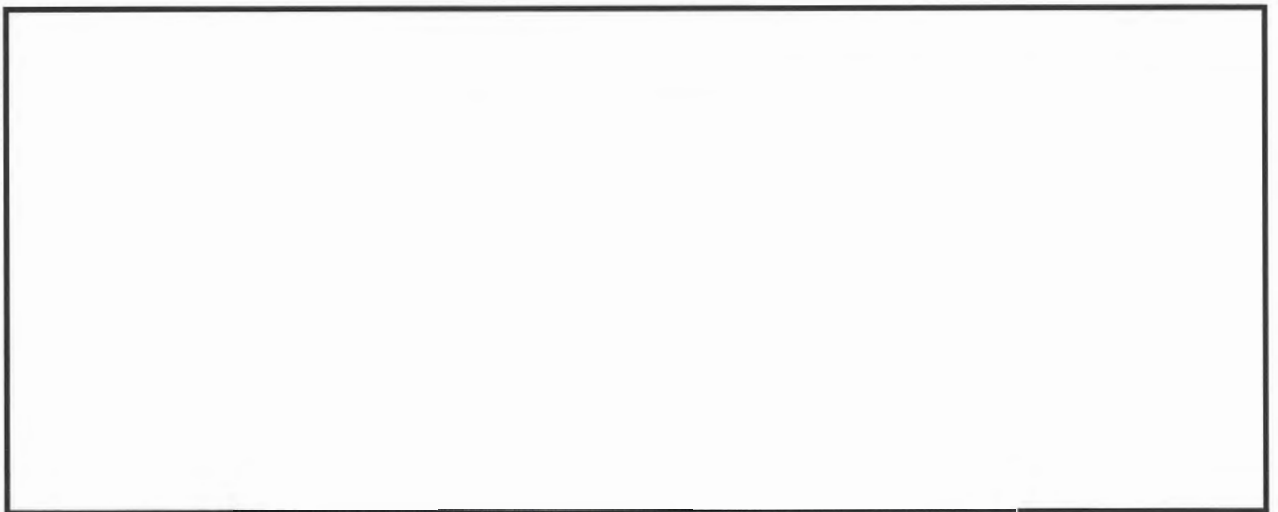


図 5.5-1 頂版鉄筋コンクリートの概略配筋図 (A-A断面)

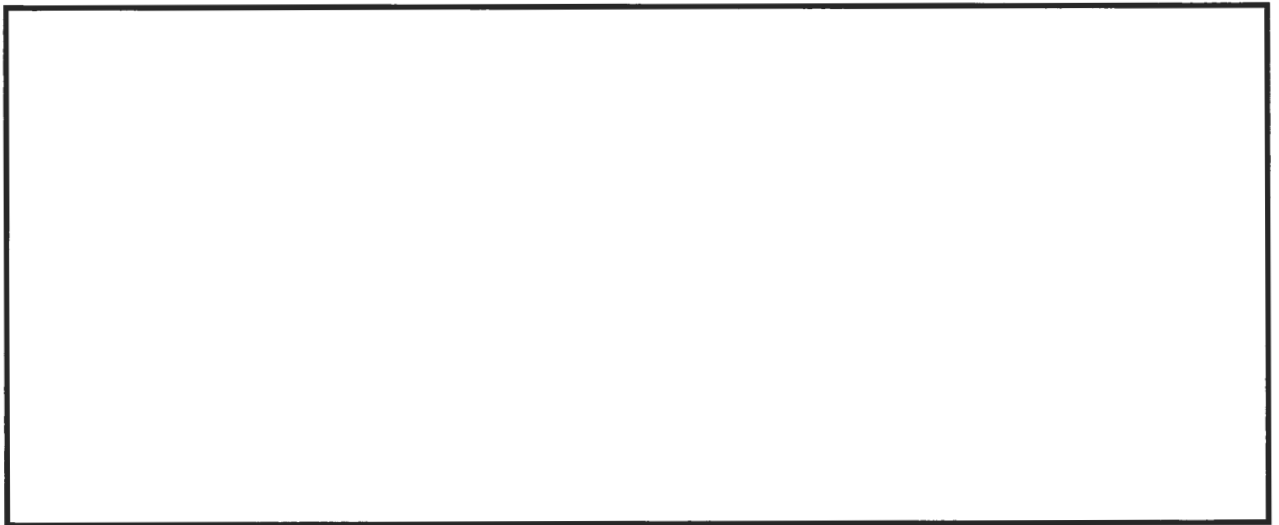


図 5.5-2 頂版鉄筋コンクリートの概略配筋図 (B-B断面)

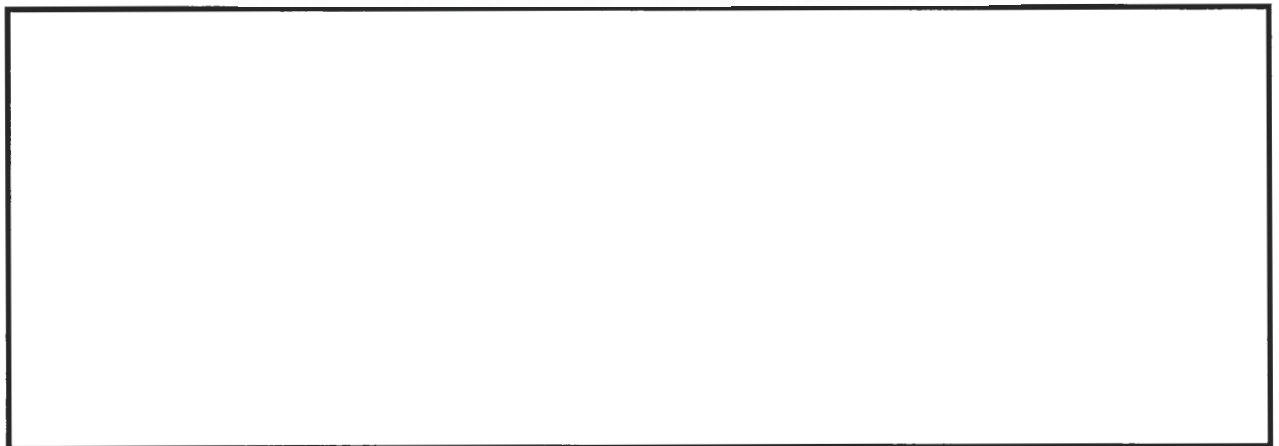


図 5.5-3 頂版鉄筋コンクリートの概略配筋図 (C-C断面)

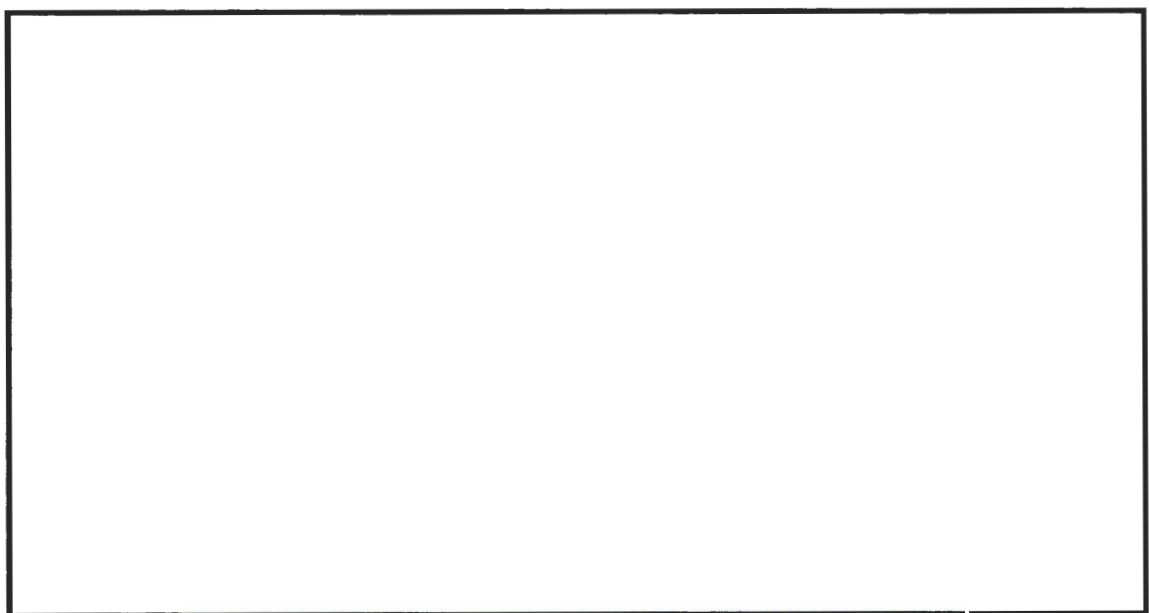


図 5.5-4 頂版鉄筋コンクリートの概略配筋図 (D-D断面)

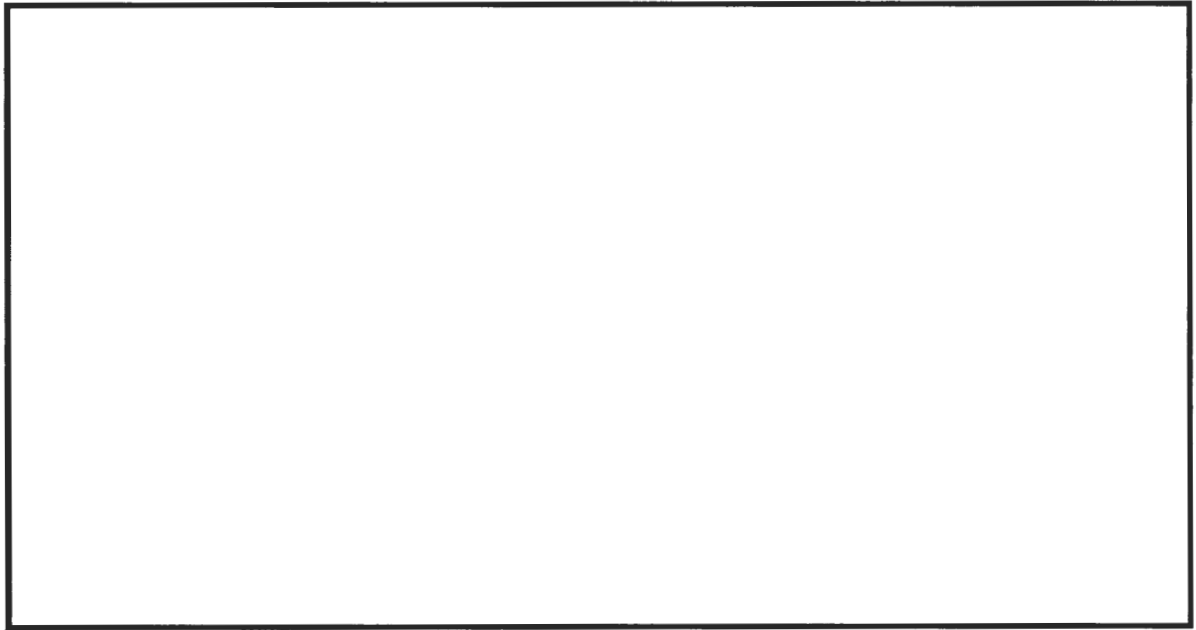


図 5.5-5 頂版鉄筋コンクリートの概略配筋図 (E-E断面)

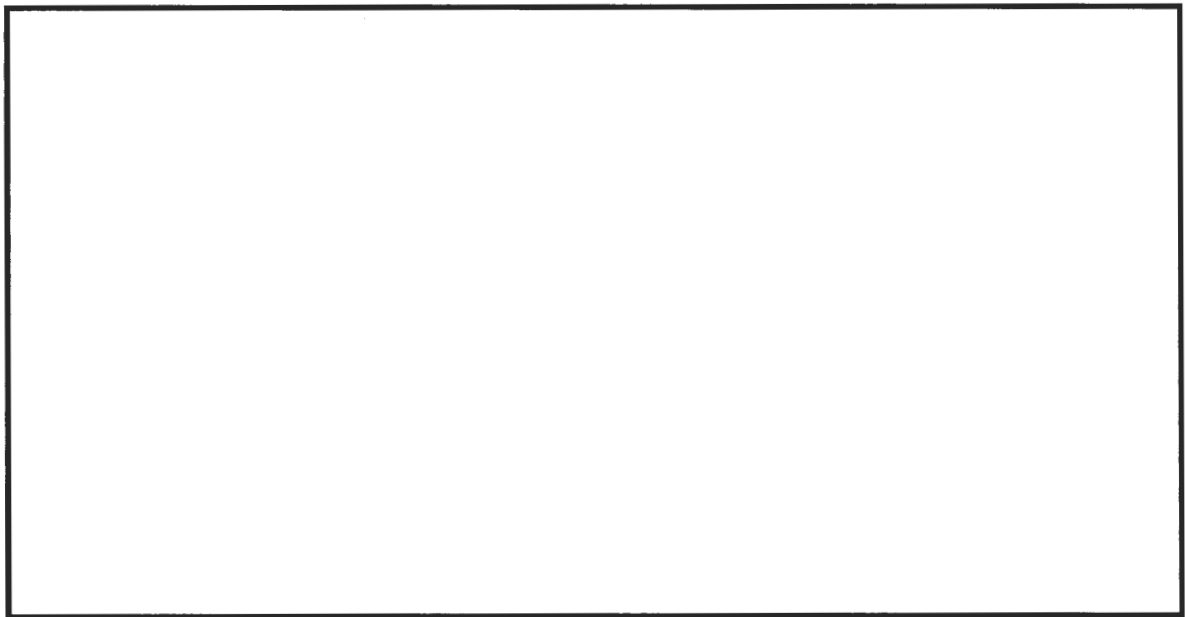


図 5.5-6 頂版鉄筋コンクリートの概略配筋図 (F-F断面)

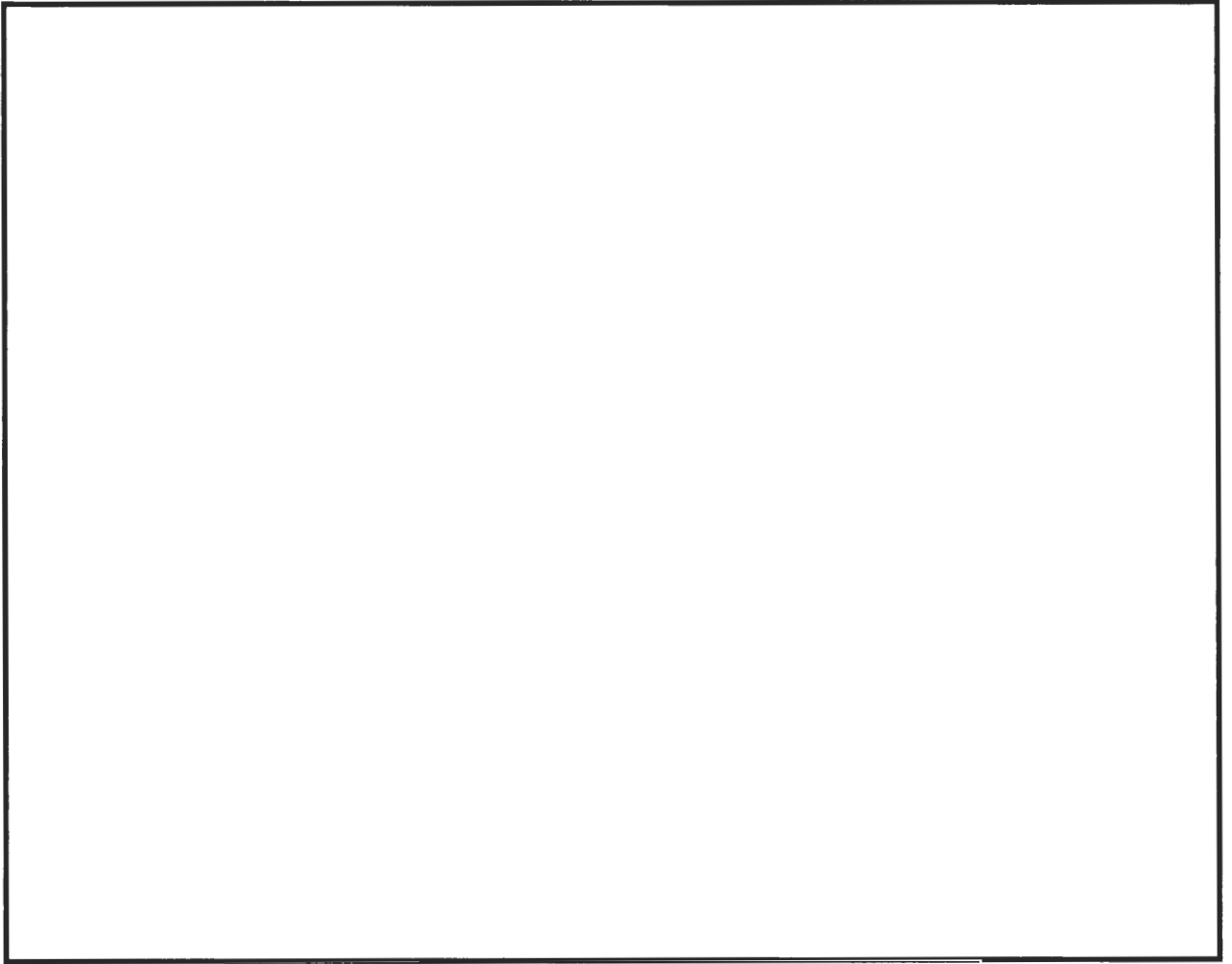


図 5.5-7 頂版鉄筋コンクリートの概略配筋図 (G-G断面)

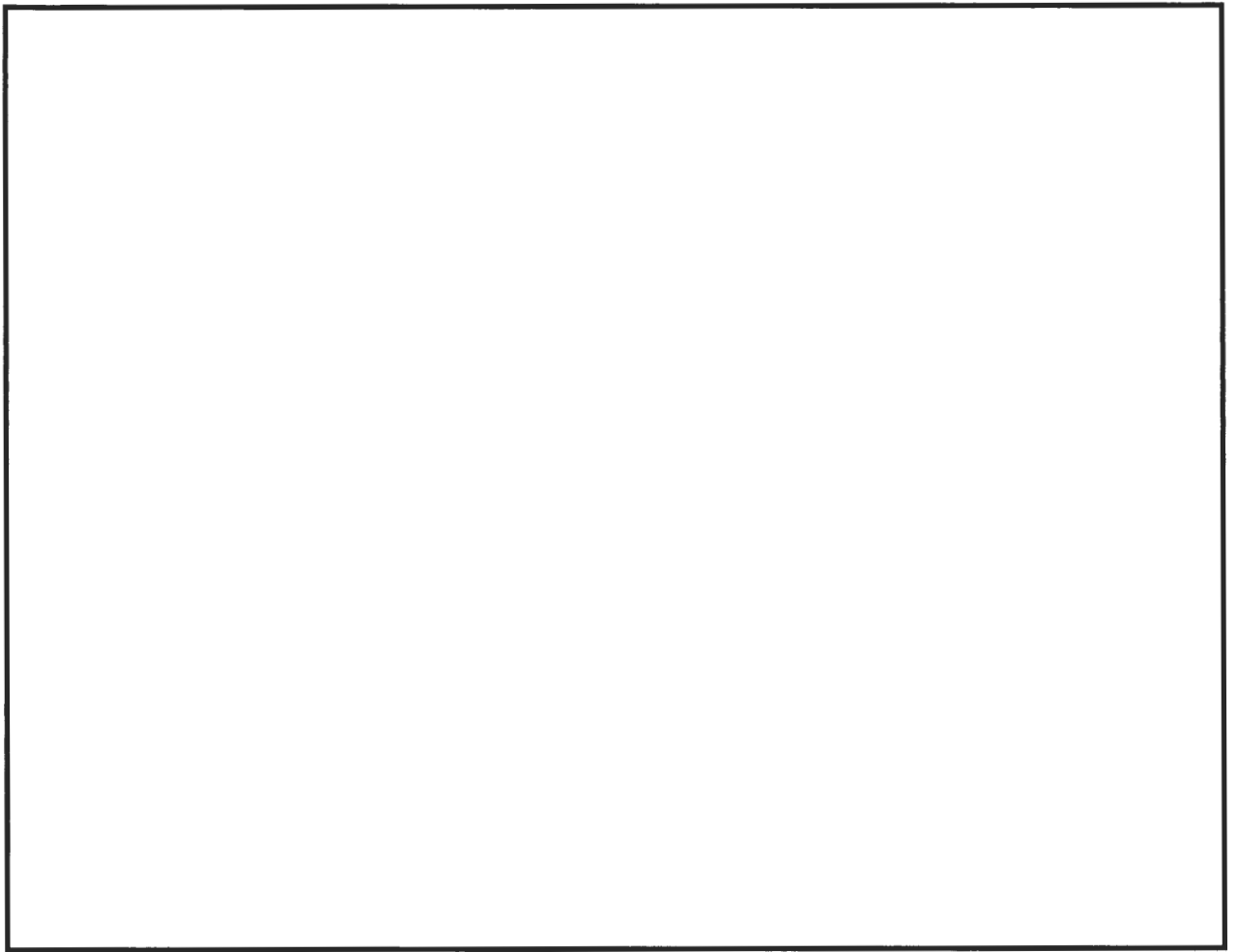


図 5.5-8 頂版鉄筋コンクリートの概略配筋図 (H-H断面)

5.6 中詰め鉄筋コンクリートの概略配筋図

耐震及び耐津波評価で用いた中詰め鉄筋コンクリートの概略配筋図を図 5.6-1 に示す。

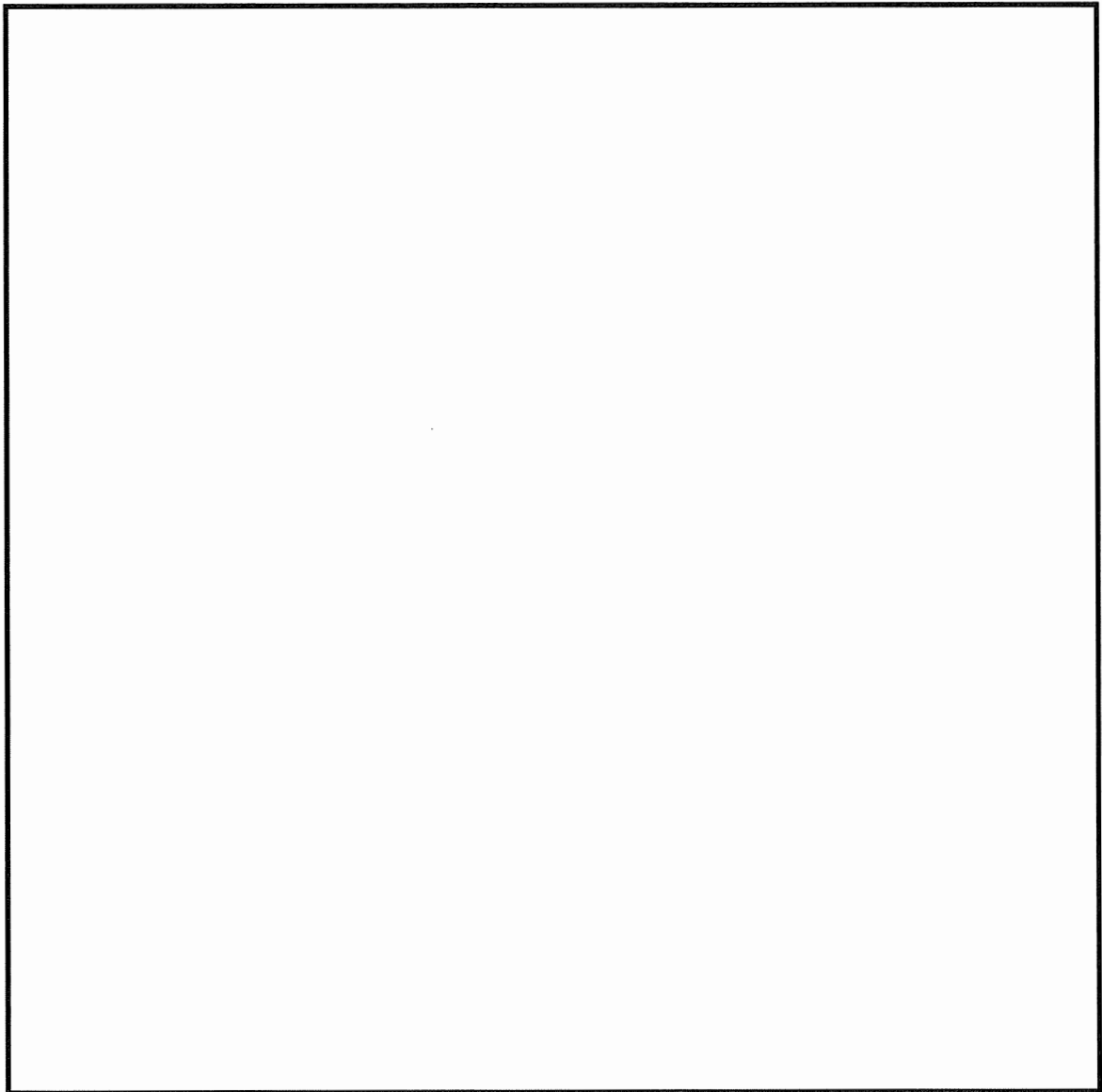


図 5.6-1 中詰め鉄筋コンクリートの概略配筋図
(南北基礎では南北方向に線対称)

防潮堤（鋼製防護壁）の地中連続壁部の残置影響評価に関する参考資料

(参考1) 部分欠損モデルとの比較による残置影響評価モデルの保守性の確認について

1. 目的

残置影響評価モデルでは、地中連続壁部が健全であると仮定することで、中実鉄筋コンクリートの発生断面力が最大となるケースを想定しているが、本参考資料では、不具合の発生した地中連続壁部の強度及び剛性の不均一性を網羅的に評価するため、地中連続壁部の一部区間の強度及び剛性を低下させたモデル（以下、「部分欠損モデル」という。）による評価を行う。部分欠損モデルは、地中連続壁部の一部区間を健全な鉄筋コンクリート、それ以外の区間を原地盤（非液状化）と仮定して、局所的な損傷及び同一深度への損傷の集中を極端に想定したモデルであり、「2.4 誘発事象を考慮した設計及び施工への影響の検討」における分類 No. 1 及び分類 No. 3 に対応するものである。本モデルにより算出した中実鉄筋コンクリートの断面力を用いて、中実鉄筋コンクリートの部材評価を実施する。この評価結果と残置影響評価モデルの評価結果を比較することにより、残置影響評価モデルによる評価が局所的な損傷や同一深度への損傷の集中による影響の評価よりも保守的であることを確認する。

工認設計モデルと部分欠損モデルの概念図を図1に示す。

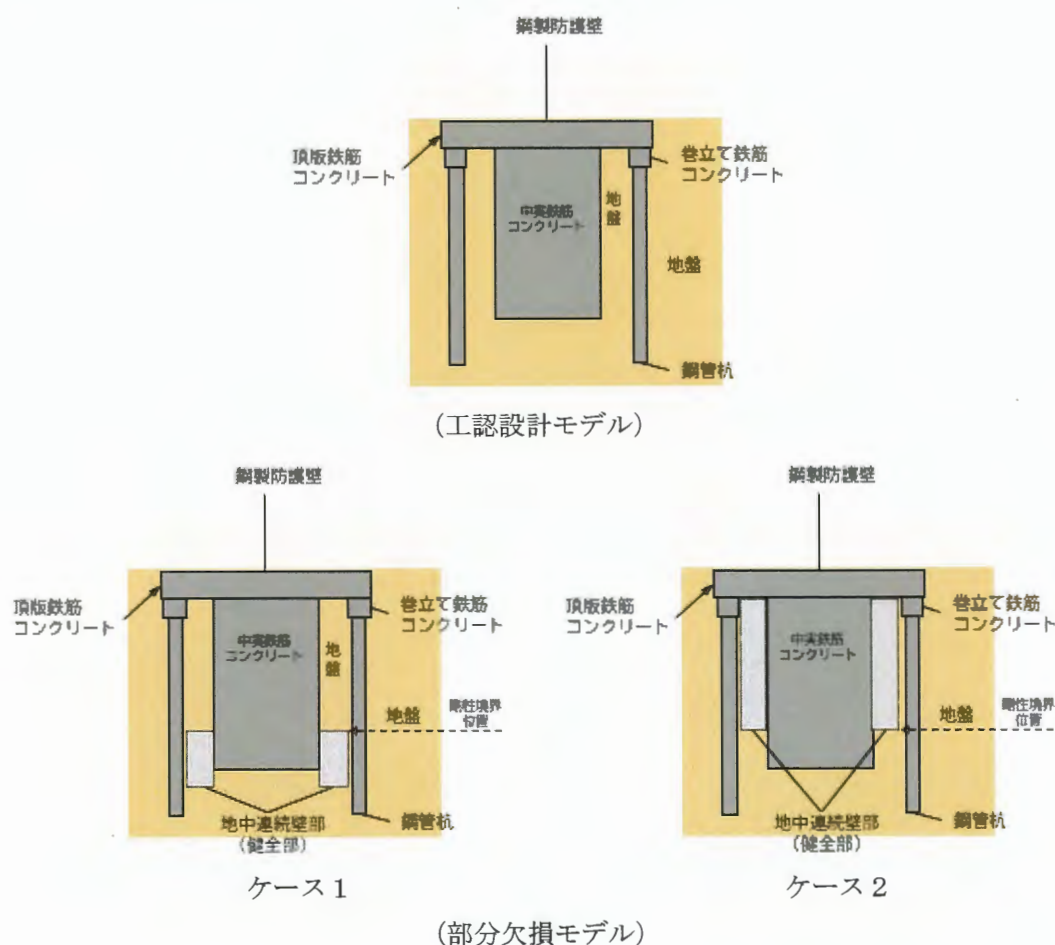


図1 工認設計モデルと部分欠損モデルの概念図

2. 部分欠損モデルの設計条件について

部分欠損モデルにおいて設定する剛性境界（健全な鉄筋コンクリートと原地盤（非液状化）の境界部）の考え方を図2及び図3に示す。剛性境界は、工認設計モデル及び残置影響評価モデルにおける断面力分布や、基礎周辺地盤の剛性分布を参照し設定する。

また、本評価は中実鉄筋コンクリートの耐震及び耐津波の残置影響評価において最も厳しい結果となる検討ケースに対して実施する。なお、剛性境界に対する健全な鉄筋コンクリートと原地盤（非液状化）の範囲については、図4に示すとおり双方を逆転させたパターンを考慮し、欠損ケースとして2ケースに対して評価を実施する。

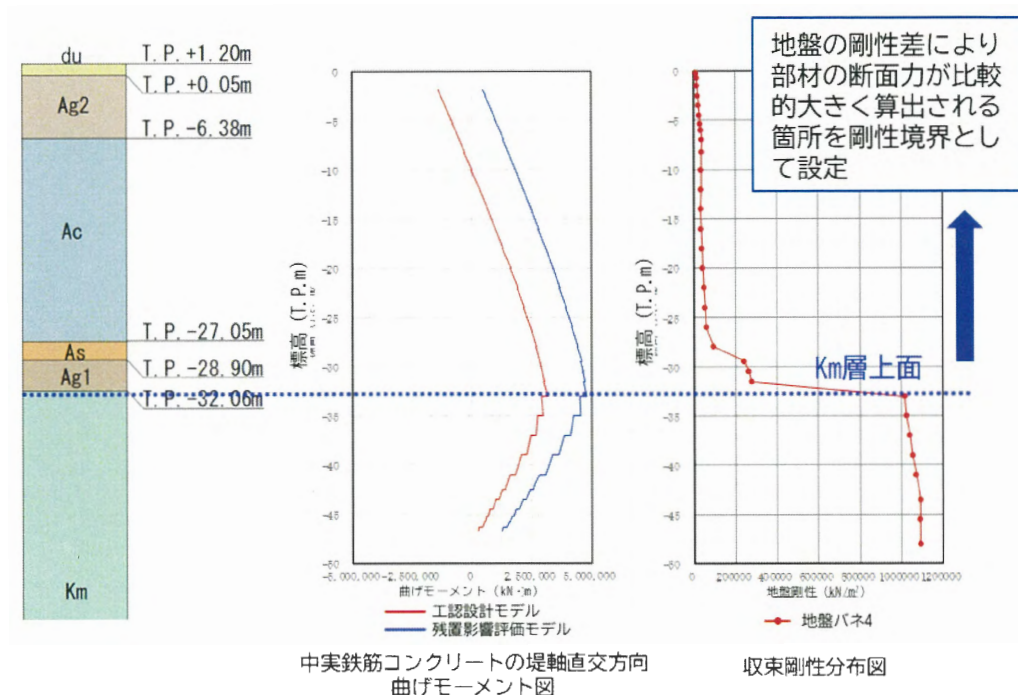


図2 中実鉄筋コンクリート（南基礎）の断面力図と地盤剛性の関係（地盤バネ4）

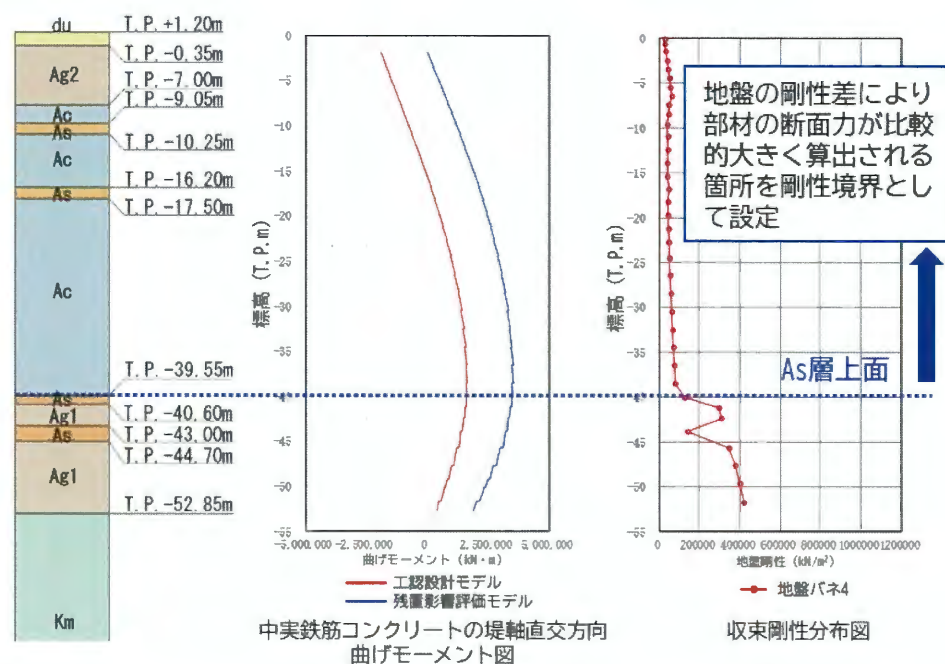


図3 中実鉄筋コンクリート（北基礎）の断面力図と地盤剛性の関係
（地盤バネ4）

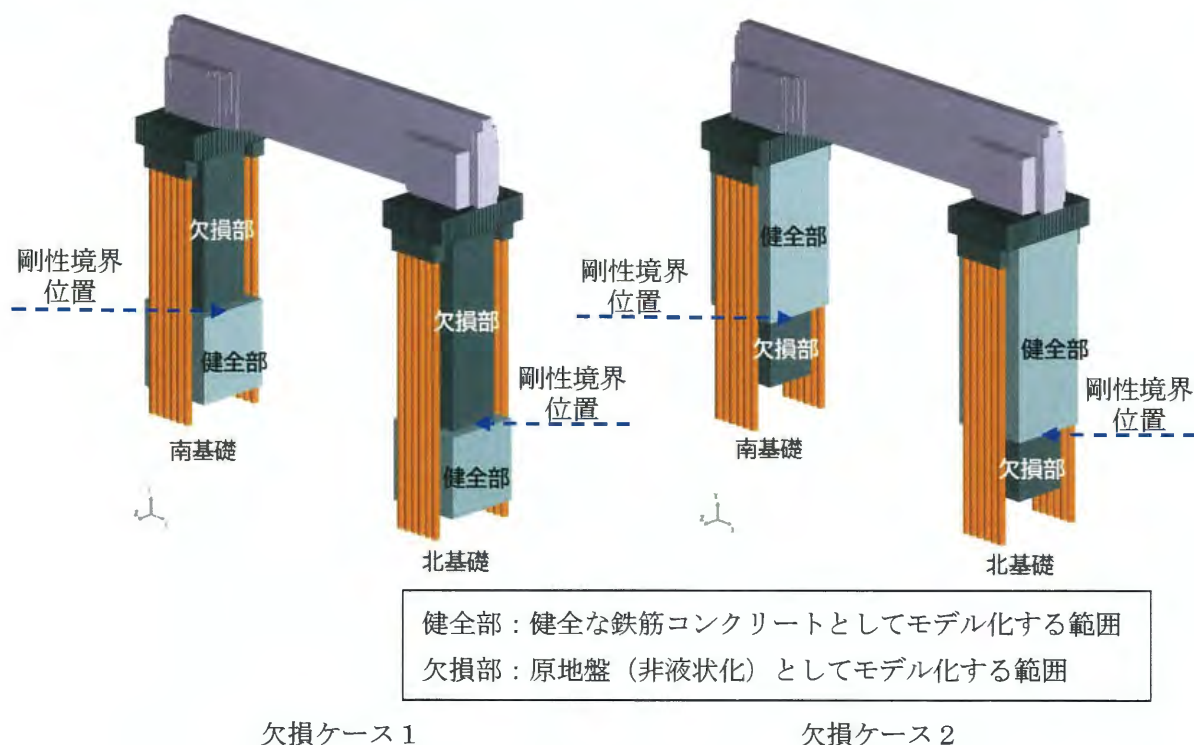


図4 局所的な応力集中を仮定した欠損ケース

3. 耐震評価に係る部分欠損モデルの評価結果

部分欠損モデルによる耐震評価では、残置影響評価モデルにおいて最大照査値が発生している南基礎の中実鉄筋コンクリートに着目し、地震動及び検討ケースを選定する。部分欠損モデルによる評価結果を表1に示す。

いずれのケースにおいても各照査項目に対して最大照査値が1.0を下回ることを確認した。また、部分欠損モデルによる照査値は、概ね残置影響評価モデルによる照査値と同等もしくは下回ることを確認した。鉄筋引張応力度のみ残置影響評価モデルの照査値を若干上回っているが、0.35と十分に余裕がある値である。

表1 中実鉄筋コンクリートにおける評価結果

基礎	断面	地震動	地盤 ケース	照査項目	照査値			
					工認設計 モデル	残置影響 評価 モデル	部分欠損モデル	
							欠損 ケース1	欠損 ケース2
南基礎	堤軸	S _s -31 (H+, V+)	④	コンクリート 圧縮応力度	0.27	0.39	0.26	0.25
				鉄筋 引張応力度	0.36	0.32	0.35	0.27
				せん断力	0.80	0.99	0.81	0.82

注記 ④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液化強度特性により地盤を強制的に液化化させることを仮定した解析ケース

4. 耐津波評価に係る部分欠損モデルの評価結果

部分欠損モデルによる耐津波評価では、残置影響評価モデルにおいて最大照査値が発生している南基礎の中実鉄筋コンクリートに着目し、荷重ケース及び地盤バネを選定した。部分欠損モデルによる評価結果を表2に示す。

いずれのケースにおいても各照査項目に対して最大照査値が1.0を下回ることを確認した。また、部分欠損モデルによる照査値は、残置影響評価モデルによる照査値よりも小さくなる傾向であることを確認した。

表2 中実鉄筋コンクリートにおける評価結果

基礎	断面	荷重ケース	地盤 バネ	照査項目	照査値			
					工認設計 モデル	残置影響 評価 モデル	部分欠損モデル	
							欠損 ケース1	欠損 ケース2
南基礎	二軸曲げ 合成照査	敷地に遡上 する津波 重畳時	地盤 バネ4	コンクリート 圧縮応力度	0.53	0.83	0.63	0.65
				鉄筋 引張応力度	0.56	0.90	0.67	0.69
	堤軸直交			せん断力	0.87	0.97	0.88	0.80

5. 部分欠損モデルによる評価のまとめ

前述の 3. 及び 4. の結果より、部分欠損モデルによる耐震及び耐津波評価は、残置影響評価モデルによる耐震及び耐津波評価と同等又は下回ることを確認した。以上より、局所的な損傷や同一深度への損傷の集中を想定した部分欠損モデルによる評価結果を踏まえても、残置影響評価モデルによる評価結果が保守的となることを確認した。