

本資料のうち、枠囲みの内容は
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-118 改 4
提出年月日	平成 30 年 10 月 3 日

V-3-別添 3-2-1-1 防潮堤（鋼製防護壁）の強度計算書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	14
2.4 適用基準	17
3. 強度評価方法	18
3.1 記号の定義	18
3.2 評価対象断面及び部位	20
3.3 荷重及び荷重の組合せ	24
3.4 許容限界	28
3.5 評価方法	33
4. 評価条件	58
5. 評価結果	68
5.1 津波時	68
5.2 重畳時	85

1. 概要

本資料は、添付書類「V-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すとおり、鋼製防護壁が地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持すること、十分な支持性能を有する岩盤に設置していること及び主要な構造体の境界部に設置する部材が有意な漏えいを生じない変形に留まることを確認するものである。

強度計算当たっては、基準津波による津波荷重を考慮した評価、及び敷地に遡上する津波による津波荷重を考慮した評価を実施する。

2. 基本方針

添付書類「V-3-別添3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示す「3.2 機能保持の方針」を踏まえて選定する。鋼製防護壁の「2.1 位置」及び「2.2 構造概要」を示す。

2.1 位置

鋼製防護壁の位置図を図 2-1 に示す。

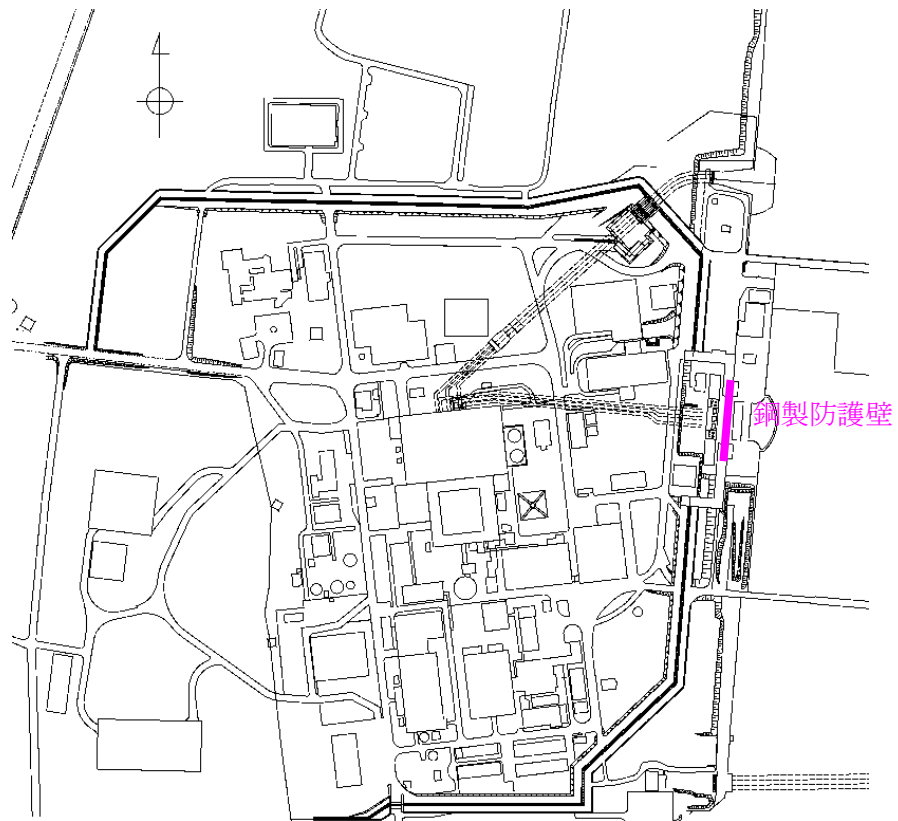


図 2-1 鋼製防護壁位置図

2.2 構造概要

鋼製防護壁は、幅約 81 m、高さ約 17 m、奥行き約 5 m の鋼製の構造物であり、幅約 50 m の取水構造物を横断し、取水構造物の側方の地中連続壁基礎を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置する。

鋼製防護壁の検討対象位置平面図を図 2-2 に、構造概要図を図 2-3 に、構造図を図 2-4 に示す。

鋼製防護壁は鉛直及び水平方向に配置された鋼板で構成される鋼殻構造であり、施工性を考慮して分割したブロックの集合体として全体を構成する。各ブロックは添接板と高力ボルトを用いた摩擦接合により接合する。隣接する構造物の境界には、有意な漏えいを生じさせないために変位追従性を有する止水ジョイント部材を設置する。

基礎部は、図 2-5 に示すとおり、南北両側に配置した地中連続壁基礎にて構成され、津波荷重等を受ける鋼製防護壁を支持する。地中連続壁基礎の内側には中実鉄筋コンクリートを充填し、地中連続壁基礎と中実鉄筋コンクリートはジベル鉄筋により一体化し、両者で発生断面力を負担する。

図 2-6 に鋼製防護壁の構造概要を示す。鋼製防護壁は、下端標高 T.P. +3.20 m から天端標高 T.P. +20.0 m までを頂部鋼板を含めて 10 層の水平隔壁に分割した構造とし、法線、法線直交方向の鉛直隔壁並びに外面鋼板とで構成される。各層は、図 2-5 に示すブロックが複数結合された構造である。

鋼製防護壁と地中連続壁基礎とは鋼製防護壁アンカーによって剛結合され、上部構造からの軸力と水平軸回りの曲げモーメントを引抜き力、押込力として基礎上部の頂版鉄筋コンクリートに伝達することで一体構造として挙動する。鋼製防護壁の基礎直上は図 2-7 に示すとおり、鋼殻内に必要な高さまで中詰め鉄筋コンクリートを打設して鋼殻とスタッドにより一体化し、下部構造への確実な荷重伝達を図る。

鋼製防護壁と地中連続壁基礎との接合部の概要図を図 2-8 に、接合部構造図を図 2-9 に示す。また、各部材の設計上の役割を表 2-1 に示す。

また、鋼製防護壁と鉄筋コンクリート防潮壁との境界部に止水性維持のために止水ジョイント部を設置する。鋼製防護壁の底面と取水構造物との境界部には、止水性維持のために止水機構を設置する。

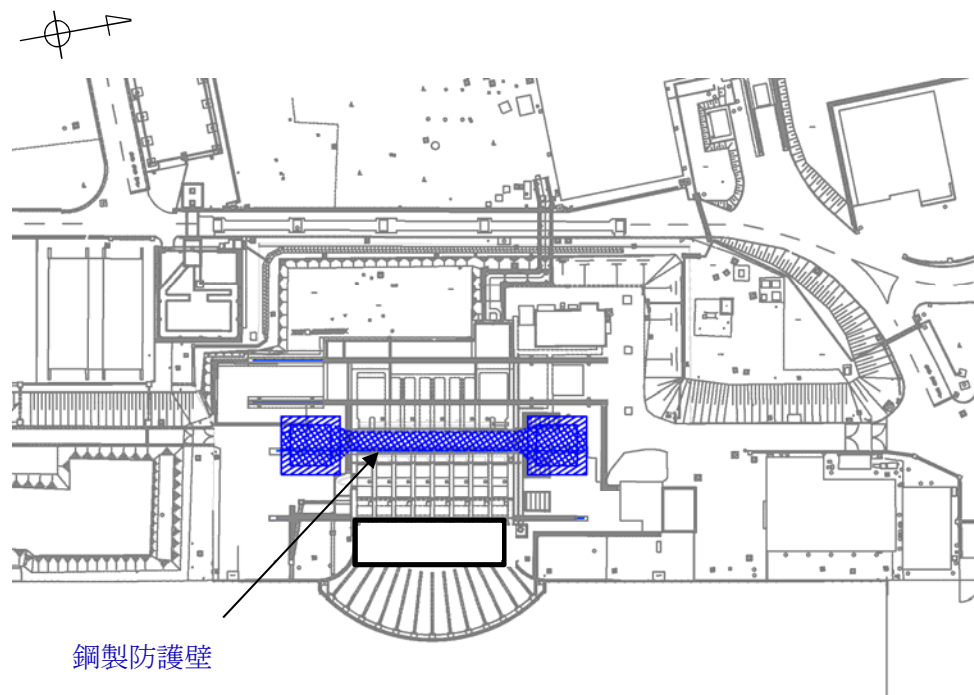


図 2-2 鋼製防護壁の検討対象位置平面図

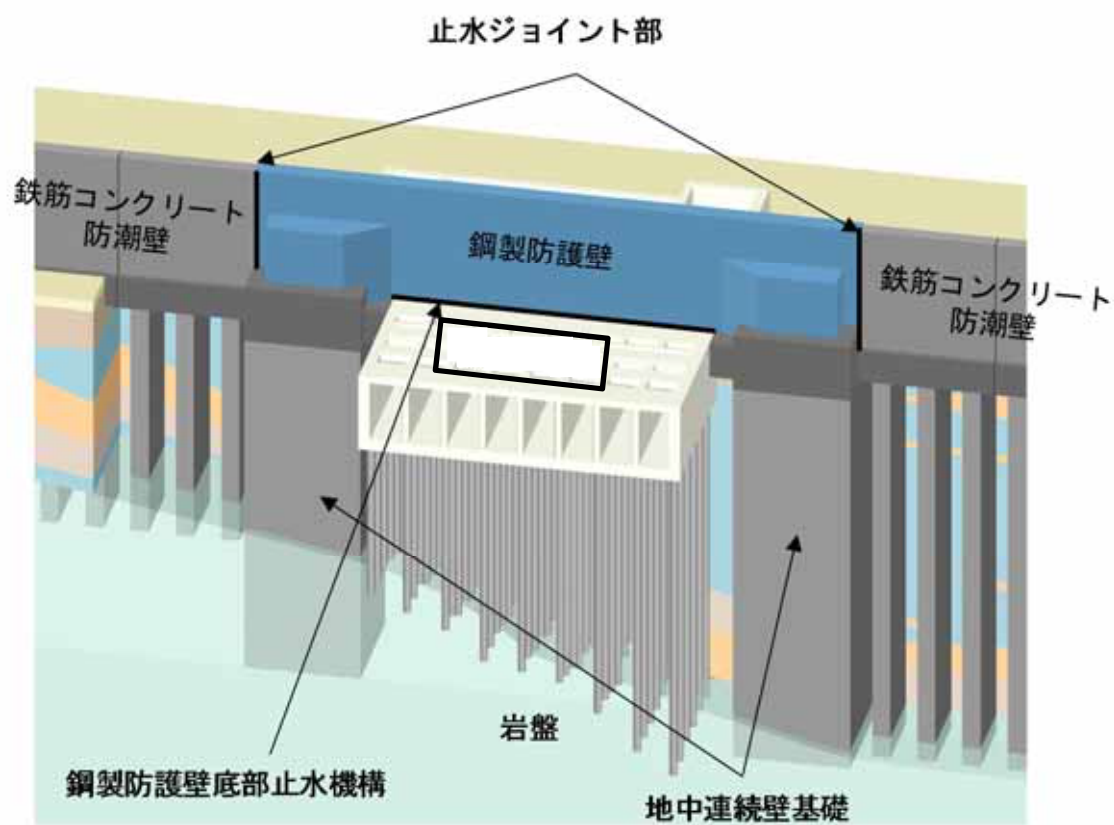


図 2-3 鋼製防護壁の構造概要図

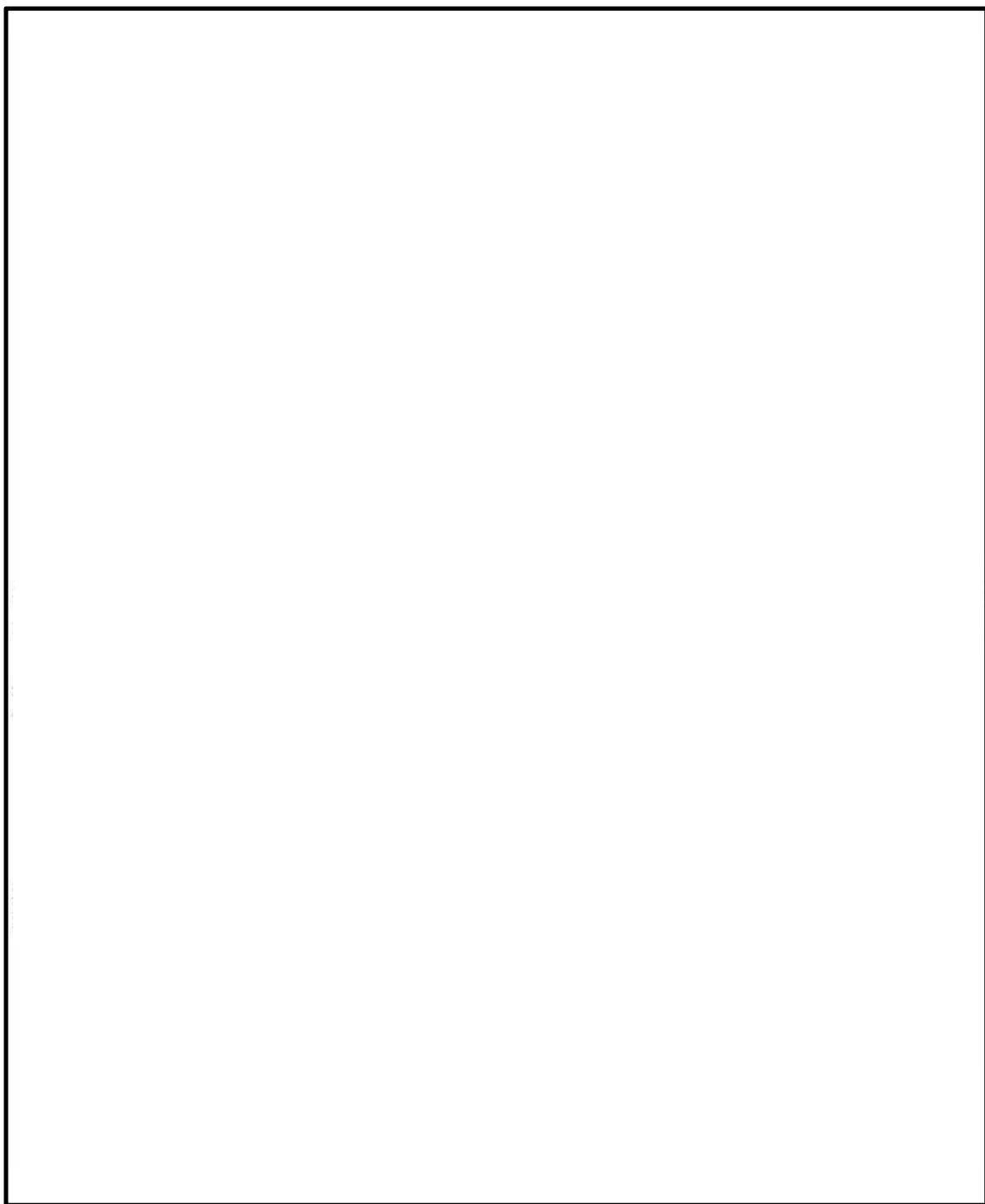


図 2-4 鋼製防護壁の構造図

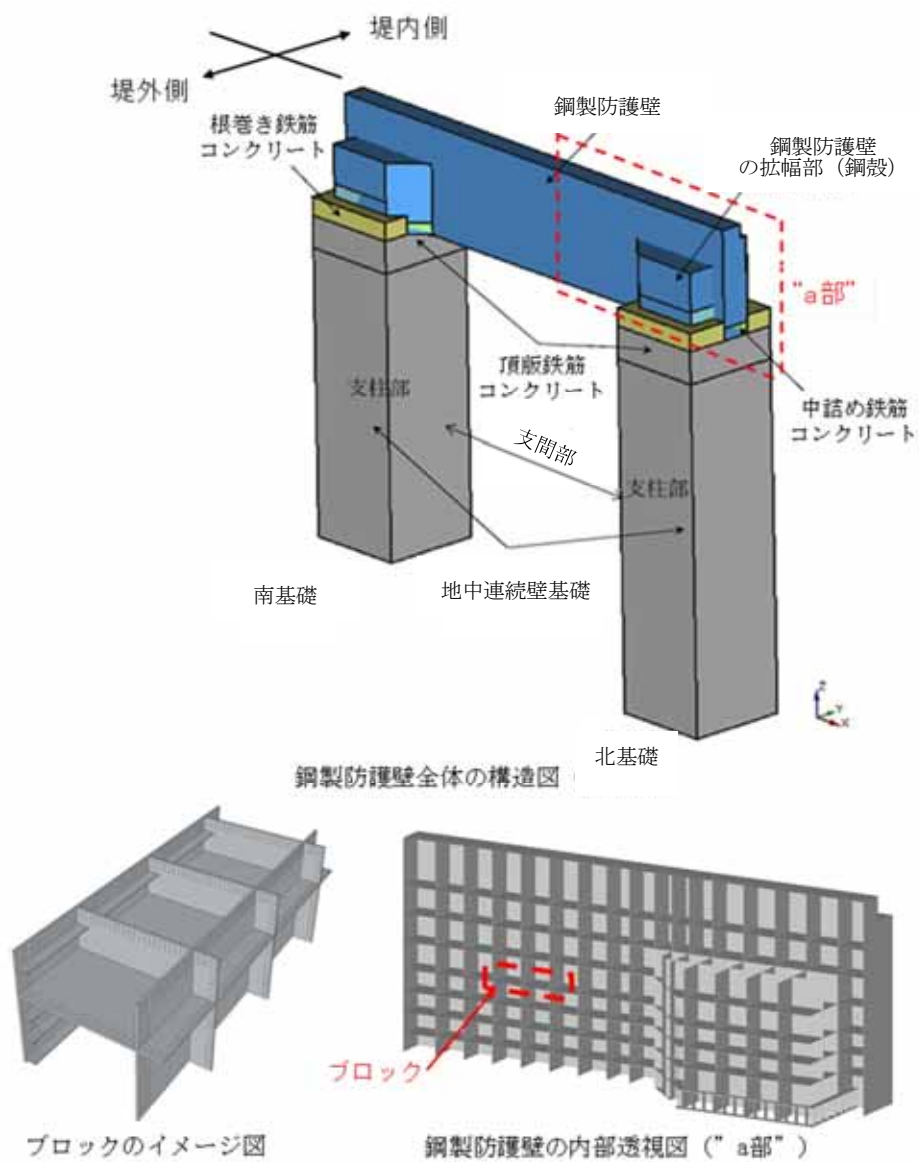


図 2-5 鋼製防護壁全体の構造概要図

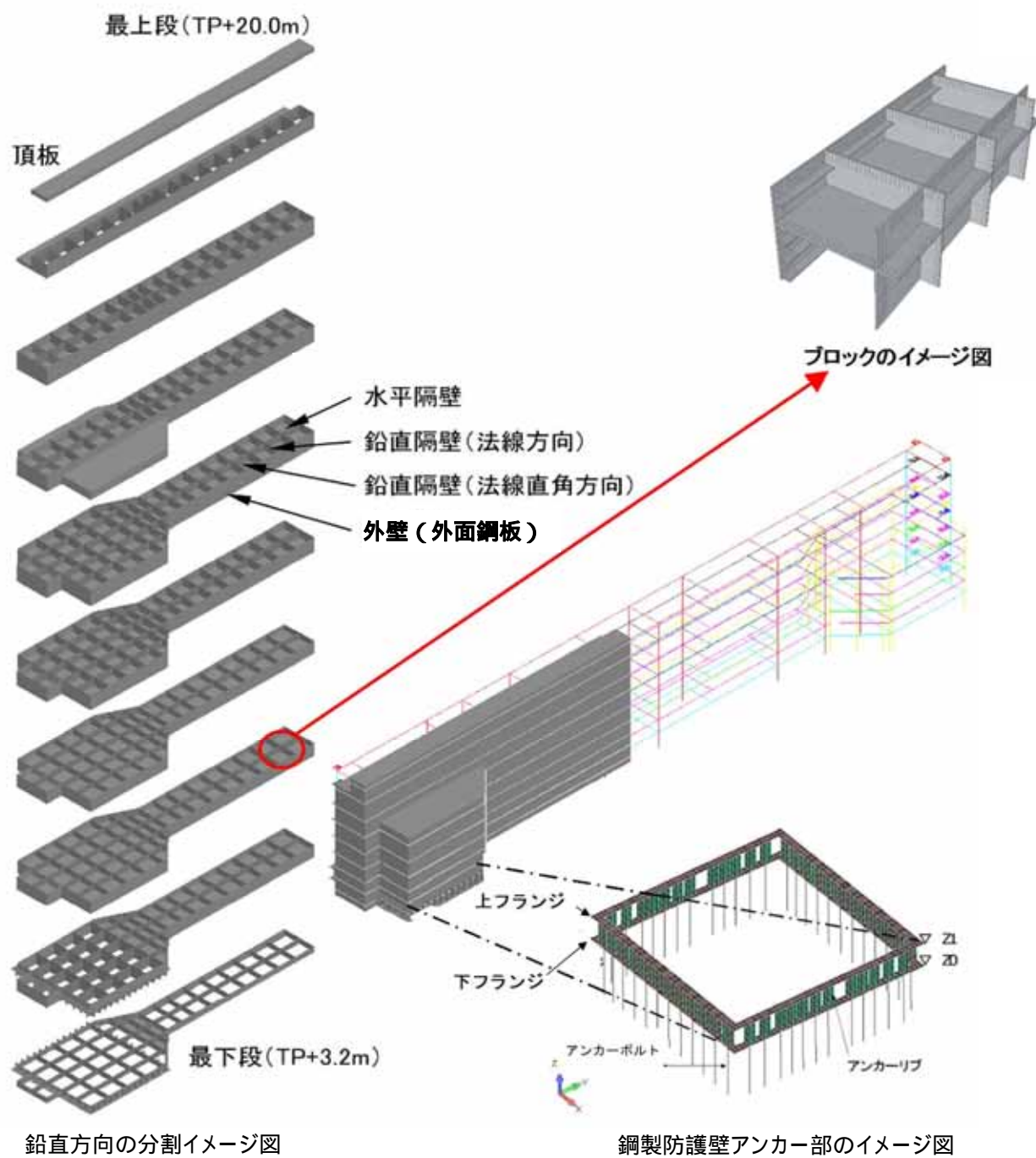


図 2-6 鋼製防護壁の上部構造の構造概念図

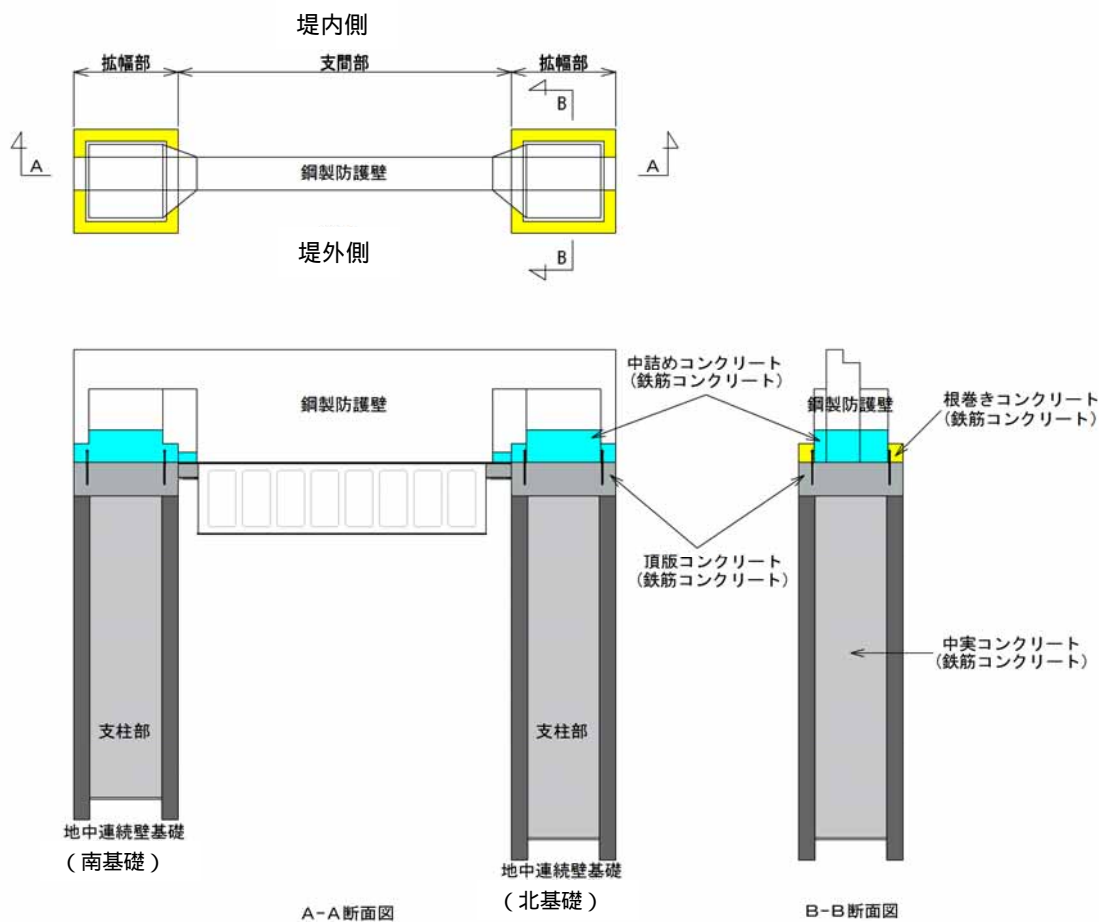


図 2-7 (1) 鋼製防護壁の全体構成図

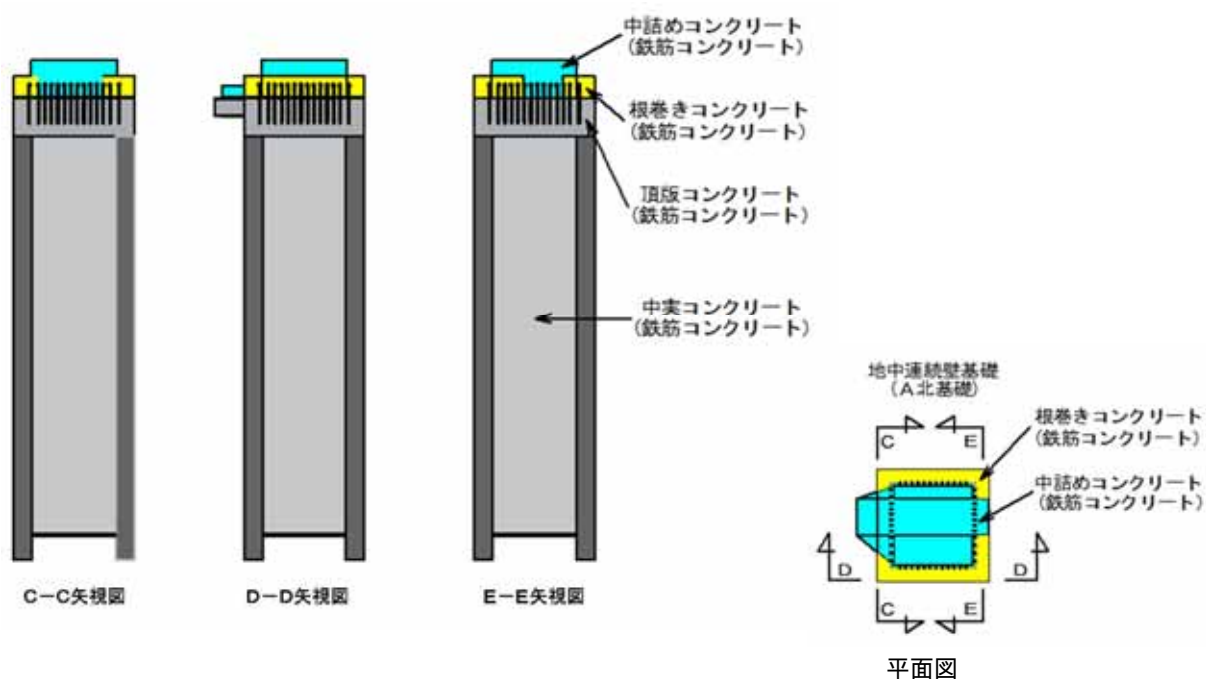


図 2-7 (2) 鋼製防護壁 (地中連続壁基礎) の構成図

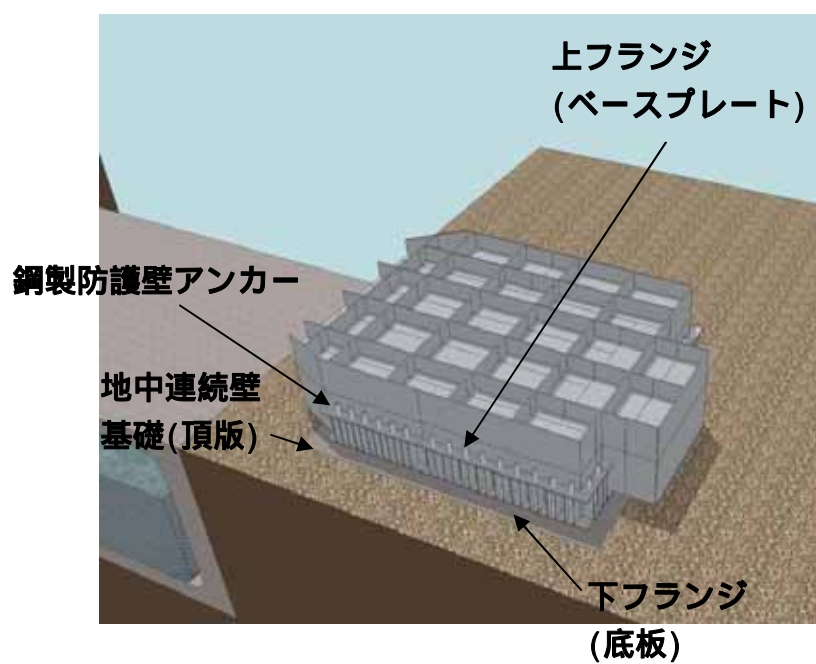
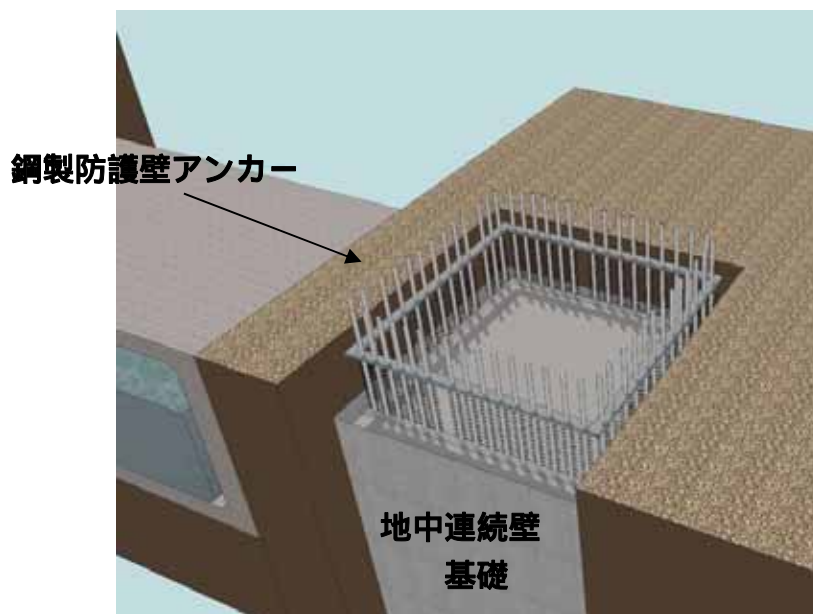


図 2-8 鋼製防護壁と地中連続壁基礎との接合部の概要図



図 2-9 (1) 鋼製防護壁と地中連続壁基礎との接合部構造図 (A-A 断面)



図 2-9 (2) 鋼製防護壁と地中連続壁基礎との接合部構造図 (B-B 断面)



図 2-9 (3) 鋼製防護壁と地中連続壁基礎との接合部構造図 (C-C 断面)

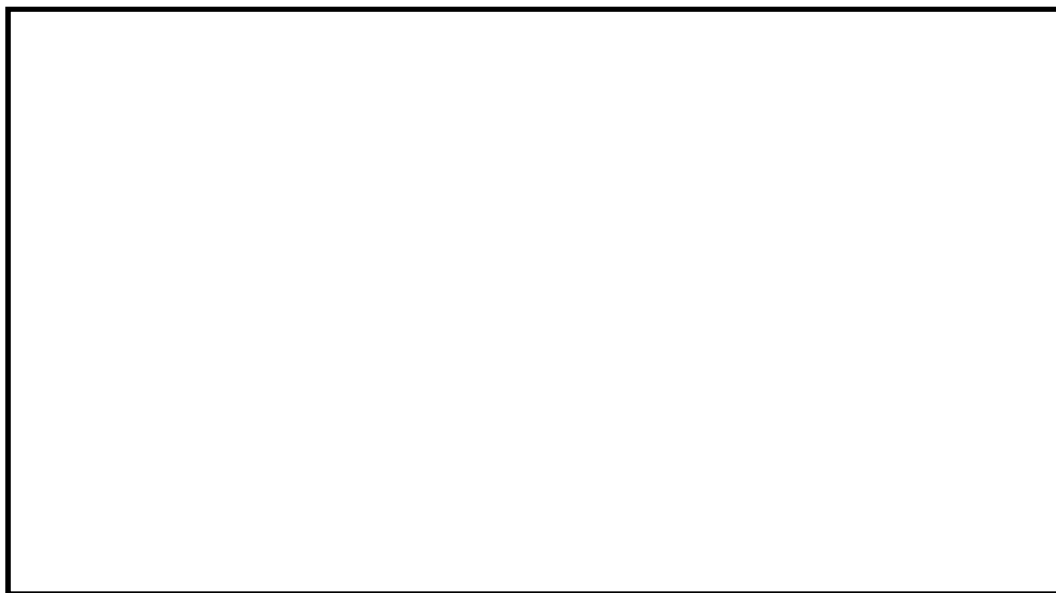


図 2-9 (4) 鋼製防護壁と地中連続壁基礎との接合部構造図 (D-D 断面)



図 2-9 (5) 鋼製防護壁と地中連続壁基礎との接合部構造図 (E-E断面)

表 2-1 部材と設計上の役割

部材名	設計上の役割
中詰め鉄筋コンクリート ($f'_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$)	鋼殻内部の鉄筋コンクリートで、水平方向のせん断力と水平回転モーメントを頂版鉄筋コンクリートに伝達する。
アンカーボルト (SM520B 相当)	引抜き力を頂版鉄筋コンクリートに伝達する。
頂版(フーチング) 鉄筋 コンクリート ($f'_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$)	水平方向のせん断力と水平回転モーメントを地中連続壁基礎及び中実鉄筋コンクリートに伝達する。
地中連続壁基礎及び 中実鉄筋コンクリート ($f'_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$)	地中連続壁基礎は、基礎外面を形成し基礎の主要部材となる。中実鉄筋コンクリートは、地中連続壁基礎内部の鉄筋コンクリートで、地中連続壁基礎と一体となって発生断面力を負担する。
根巻き鉄筋コンクリート ($f'_{ck} = 24 \text{ N/mm}^2$)	アンカー頭部の防食などを目的とした鉄筋コンクリートであり、非構造部材として設計する。

2.3 評価方針

防潮堤（鋼製防護壁）は、Sクラス施設である浸水防護施設に分類される。

鋼製防護壁の強度評価は、添付書類「V-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」及び「4.2 許容限界」にて設定している荷重及び荷重の組合せ、並びに許容限界を踏まえて実施する。強度評価では、「3. 強度評価方法」に示す方法により評価し、「4. 評価結果」より、鋼製防護壁の評価対象部位に作用する発生応力が許容限界以下であることを確認する。

鋼製防護壁に関する評価項目を表 2-2 に、鋼製防護壁耐津波評価フローを図 2-10 に示す。

鋼製防護壁の強度評価においては、その構造を踏まえ、津波及び余震荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、津波に伴う荷重作用時（以下、「津波時」という。）及び津波に伴う荷重と余震に伴う荷重作用時（以下、「重畳時」という。）について行う。

鋼製防護壁は、上部構造（鋼製防護壁）と下部構造（地中連続壁基礎）が鋼製防護壁アンカーによって剛結され、上部構造からの軸力と水平軸回りの曲げモーメントを引抜き力、押込み力として基礎上部の頂版鉄筋コンクリートに伝達することで一体構造として挙動するため、上部構造と下部構造を一体とした 3 次元モデルで強度評価を行う。地中連続壁基礎をはり要素、鋼製防護壁を格子状の梁要素でモデル化する。

鋼製防護壁の強度評価は、設計基準対象施設として表 2-2 の鋼製防護壁の評価項目に示すとおり、構造部材の健全性評価、基礎地盤の支持性能評価及び構造物の変形性評価を行う。

構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施することで、構造強度を有することを確認する。

構造部材の健全性評価については、構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。

構造物の変形性評価については、止水ジョイント部材の変形量を算定し、有意な漏えいが生じないことを確認した許容限界以下であることを確認する。

重畳時の支持性能評価における入力地震動は、解放基盤表面で定義される弾性設計用地震動 S_d-D1 を 1 次元波動論により有効応力解析モデル底面位置で評価したものをを用いる。また、地下水位は地表面位置に設定する。

表 2-2 鋼製防護壁の評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	地中連続壁基礎 (中実鉄筋コンクリート (ジベル鉄筋含む))	曲げ軸力, せん断力に対する発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		鋼製防護壁 (スタッド含む)	曲げ軸力, せん断力に対する発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		鋼製防護壁アンカー (アンカーボルト, 頂版鉄筋コンクリート, 中詰め鉄筋コンクリート)	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
止水性を損なわないこと	構造部材の健全性	地中連続壁基礎 (中実鉄筋コンクリート (ジベル鉄筋含む))	曲げ軸力, せん断力に対する発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		鋼製防護壁 (スタッド含む)	曲げ軸力, せん断力に対する発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		鋼製防護壁アンカー (アンカーボルト, 頂版鉄筋コンクリート, 中詰め鉄筋コンクリート)	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
	構造物の変形性	止水ジョイント部材	発生変形量が許容限界以下であることを確認	有意な漏えいが生じないことを確認した変形量

注記 * : 妥当な安全余裕を考慮する。

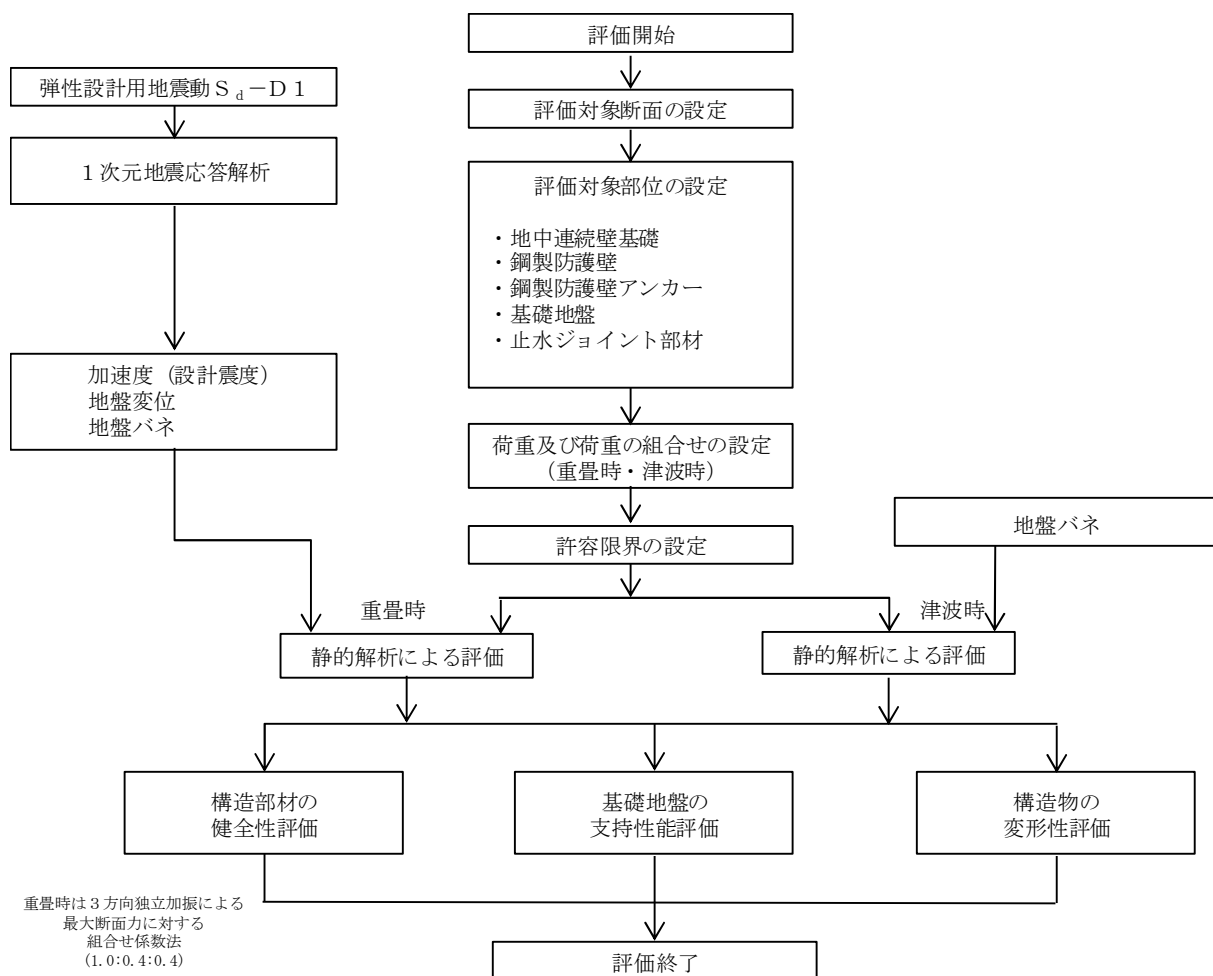


図 2-10 鋼製防護壁の耐津波評価フロー

2.4 適用基準

適用する規格，基準類を以下に示す。

- ・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002 年制定）
- ・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）
- ・道路橋示方書（Ⅰ 共通編・Ⅱ 鋼橋編）・同解説（日本道路協会，平成 14 年 3 月）
- ・道路橋示方書（Ⅱ 鋼橋・鋼部材編）・同解説（日本道路協会，平成 29 年 11 月）
- ・道路橋示方書（Ⅴ 耐震設計編）・同解説（日本道路協会，平成 24 年 3 月）
- ・道路土工カルバート工指針（平成 21 年度版）（日本道路協会，平成 22 年 3 月）
- ・鋼構造物設計基準（Ⅱ 鋼製橋脚編，名古屋高速道路公社，平成 15 年 10 月）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1－1987（日本電気協会）
- ・各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会，2010 年 11 月）
- ・新しい高性能鋼材の利用技術調査研究報告書～SBHS500(W)，SBHS700(W)の設計・製作ガイドライン（案）～（土木学会，平成 21 年 11 月）

3. 強度評価方法

3.1 記号の定義

強度評価に用いる記号を表 3-1 に示す。

表 3-1 (1) 強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
G	kN	固定荷重
P	kN	積載荷重
P_s	kN	積雪荷重
P_t	kN/m ²	遡上津波荷重
P_c	kN	衝突荷重
K_{Sd}	kN	余震荷重
P_k	kN/m ²	風荷重
σ_{ca}	N/mm ²	コンクリートの短期許容曲げ圧縮応力度
τ_{al}	N/mm ²	コンクリートの短期許容せん断応力度
τ_a	N/mm ²	コンクリートの短期許容付着応力度
τ_{coa1}	N/mm ²	コーンせん断応力度（コンクリートのみ）
τ_{coa2}	N/mm ²	コーンせん断応力度（鉄筋補強をする場合）
σ_{sa}	N/mm ²	鉄筋及び鋼材の短期許容引張応力度
τ_{sa}	N/mm ²	鋼材の短期許容せん断応力度
V_a	N/mm ²	斜め引張鉄筋を考慮する場合の短期許容せん断力
V_{ca}	N/mm ²	コンクリートの短期許容せん断力
V_{sa}	N/mm ²	斜め引張鉄筋の短期許容せん断力
τ_{al}	N/mm ²	斜め引張鉄筋を考慮しない場合の短期許容せん断応力度
b_w	m	有効幅
j	—	1/1.15
d	m	有効高さ
A_w	m ²	斜め引張鉄筋断面積
s	m	斜め引張鉄筋間隔
M	kN・m	曲げモーメント
N	kN	軸力
S	kN	せん断力
σ	N/mm ²	曲げモーメント及び軸力による応力度
τ	N/mm ²	せん断応力度
g	m/s ²	重力加速度
h	m	設計用浸水深

表 3-1 (2) 強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
k_h	—	水平震度
k_v	—	鉛直震度
p_1	kN/m^2	鋼製防護壁底面における波圧強度
p_2	kN/m^2	鋼製防護壁天端面における波圧強度
P_d	m/s^2	動水圧合力
y	m	動水圧の作用高さ

3.2 評価対象断面及び部位

3.2.1 評価対象断面

鋼製防護壁の評価対象断面は、添付書類「V-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」にて示している評価対象部位を踏まえて設定する。

評価対象断面は、鋼製防護壁の構造上の特徴や周辺地盤状況を踏まえて設定する。評価対象断面位置を図 3-1 に、評価対象断面を図 3-2 に示す。なお、各評価対象部位の解析モデル及び評価方法は、「3.5 評価方法」に示す。

①～③の断面を評価対象断面とする。

3.2.2 評価対象部位

(1) 構造部材の健全性評価

構造部材の健全性に係る評価対象部位は、鋼製防護壁、地中連続壁基礎を連結する鋼製防護壁アンカー及び地中連続壁基礎の各鉄筋コンクリート部材について設定する。

(2) 基礎地盤の支持性能評価

基礎地盤の支持性能に係る評価対象部位は、鋼製防護壁の下部構造となる地中連続壁基礎を支持する基礎地盤とする。

(3) 構造物の変形性評価

構造物の変形性評価に係る評価対象部位は、構造物間に設置する止水ジョイント部材のシートジョイントとする。

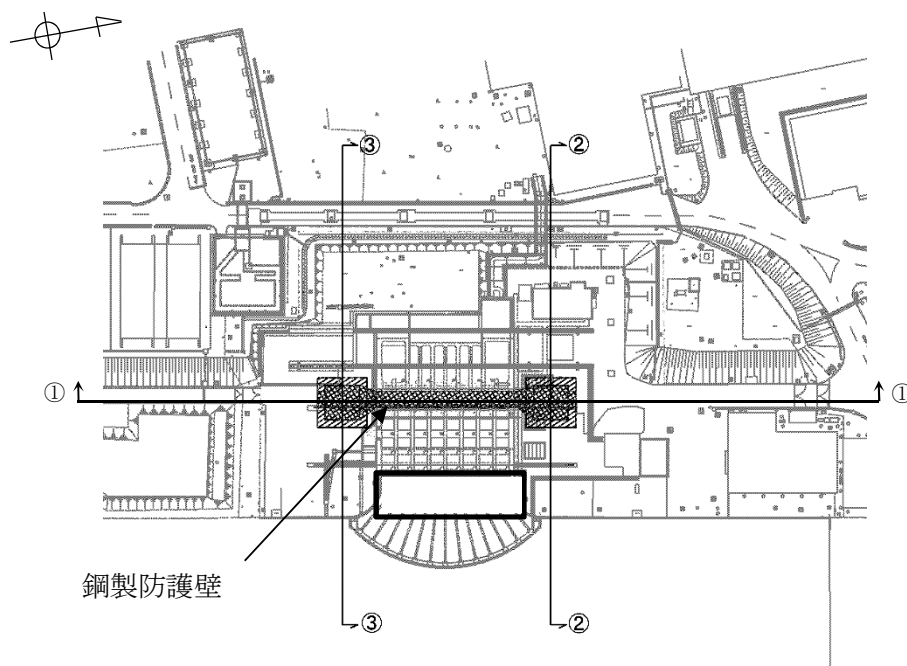


図 3-1 鋼製防護壁の評価対象断面位置

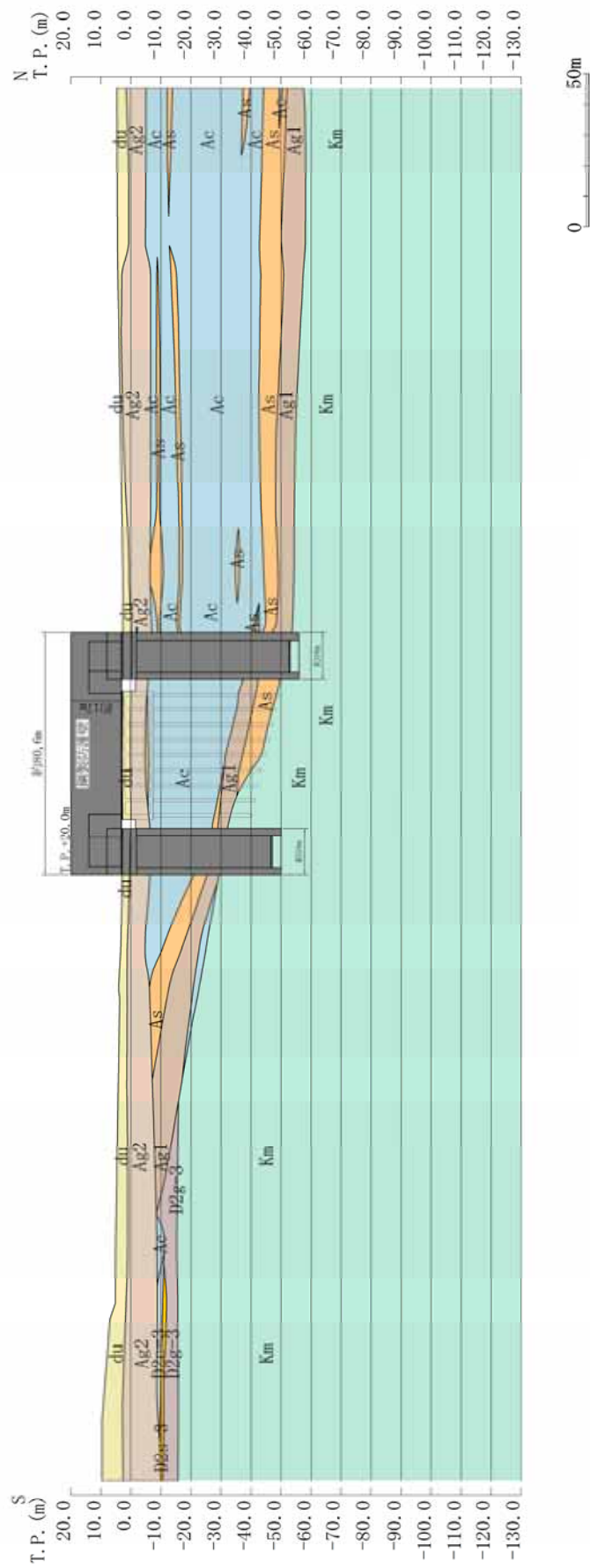


図 3-2 (1) 鋼製防護壁断面図 (①-①断面)

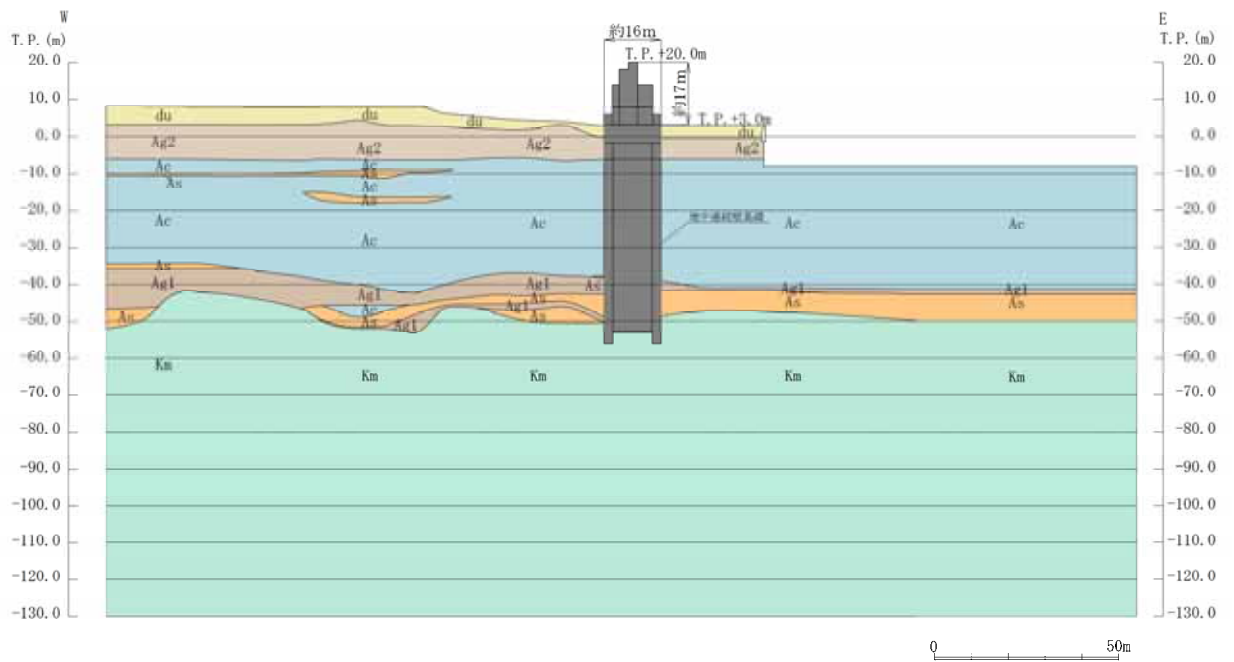


図 3-2 (2) 鋼製防護壁断面図 (②-②断面)

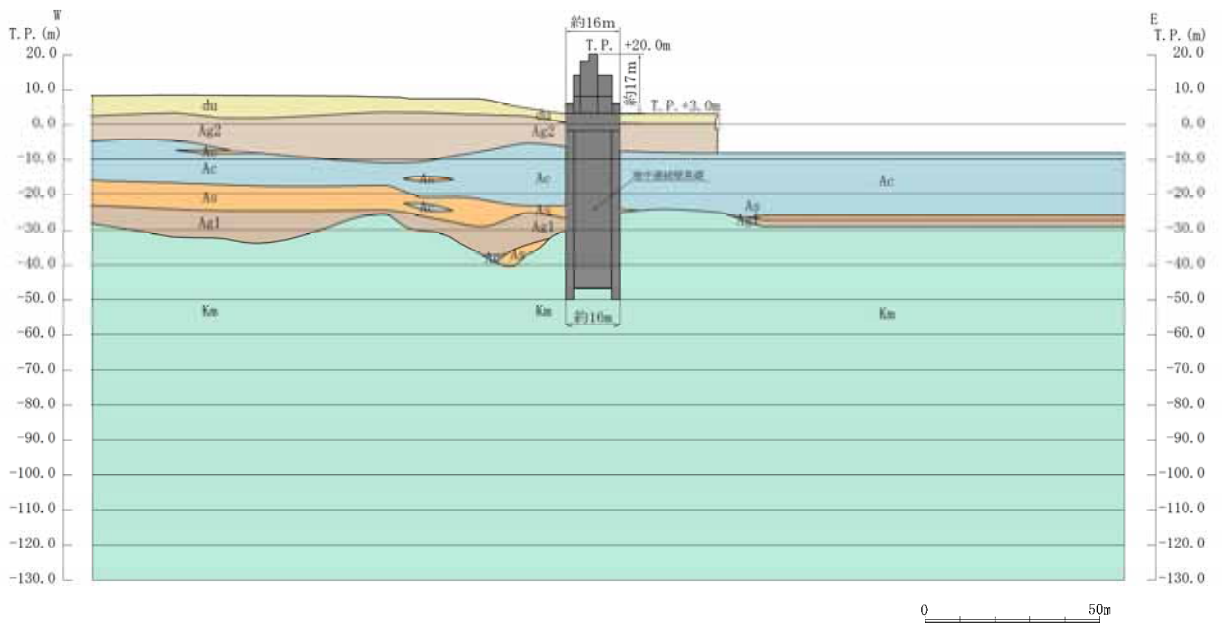


図 3-2 (3) 鋼製防護壁断面図 (③-③断面)

3.3 荷重及び荷重の組合せ

強度計算に用いる荷重及び荷重の組合せは、添付書類「V-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の組合せを踏まえて設定する。

(1) 荷重

鋼製防護壁の強度評価において、考慮する荷重を以下に示す。

a. 固定荷重 (G)

固定荷重は、躯体自重を考慮する。

b. 積載荷重 (P)

積載荷重は、機器・配管自重を考慮する。

なお、考慮する機器・配管荷重は表 3-2 のとおりである。

表 3-2 機器・配管荷重一覧表

機器	備考
スクリーン室クレーン	840 kN

c. 遡上津波荷重 (P_t)

遡上津波荷重については、防潮堤前面における最大津波水位標高と防潮堤設置地盤標高の差分の 1/2 倍を設計用浸水深とし、朝倉式に基づき、その 3 倍を考慮して算定する。

d. 衝突荷重 (P_c)

衝突荷重は、表 3-3 に示す 0.69 t 車両の FEMA (2012) * 式による漂流物荷重を考慮する。

注記 * : FEMA : Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis Second Edition, FEMA P-646, Federal Emergency Management Agency, 2012

表 3-3 衝突荷重

	流速 (m/s)	衝突荷重 (kN)
基準津波時	11	759
敷地に遡上する津波時	15	1035

e. 余震荷重 (K_{sd})

余震荷重は、弾性設計用地震動 $S_d - D1$ による地震力及び動水圧を考慮する。

重畳時は、余震荷重として水平慣性力、鉛直慣性力及び応答変位を考慮する。地表面の

最大加速度から水平震度及び鉛直震度を算定し、積雪荷重に対応する慣性力を作用させる。

f. 積雪荷重 (P_s)

積雪荷重については、「建築基準法施行令第 86 条」及び「茨城県建築基準法施工細則第 16 条の 4」に従って設定する。積雪の厚さ 1 cm 当たりの荷重を $20 \text{ N/m}^2/\text{cm}$ として、積雪量は 30 cm としていることから積雪荷重は 600 N/m^2 であるが、地震時短期荷重として積雪荷重の 0.35 倍である 0.21 kN/m^2 を考慮する。

g. 風荷重 (P_k)

津波時は海からの風荷重は受圧面となる防潮壁には作用しない。また、陸からの風荷重は考慮しない方が保守的である。したがって、陸からの風荷重は考慮しない。

(2) 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-4 及び表 3-5 に示す。強度評価に用いる荷重の組合せは基準津波時及び敷地に遡上する津波時それぞれに応じて、津波時及び重畳時に区分する。荷重の作用図を図 3-3 及び図 3-4 に示す。

表 3-4 荷重の組合せ（津波時）

区分	荷重の組合せ
津波時	$G + P + P_t + P_c + P_s$

G : 固定荷重

P : 積載荷重

P_t : 遡上津波荷重

P_c : 衝突荷重

P_s : 積雪荷重

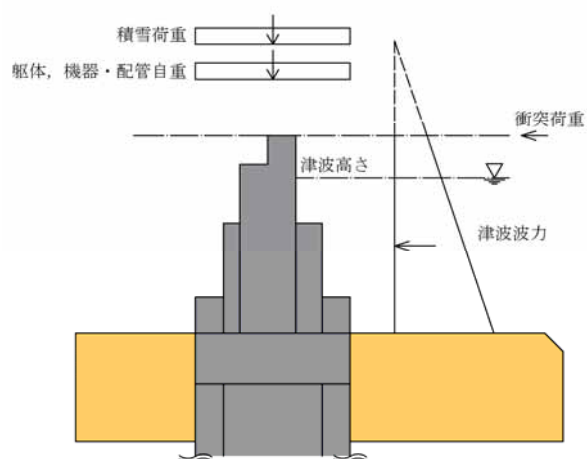


図 3-3 (1) 津波時（基準津波時）の作用図

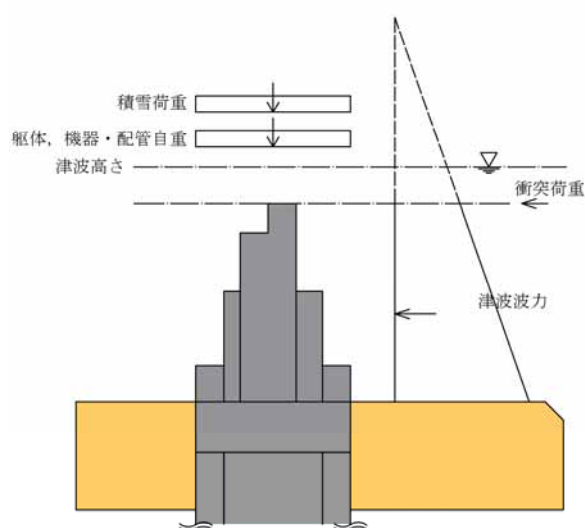


図 3-3 (2) 津波時（敷地に遡上する津波時）の作用図

表 3-5 荷重の組合せ（重畳時）

区分	荷重の組合せ
重畳時	$G + P + P_t + K_{Sd} + P_s$

G : 固定荷重

P : 積載荷重

P_t : 遡上津波荷重

K_{Sd} : 余震荷重

P_s : 積雪荷重

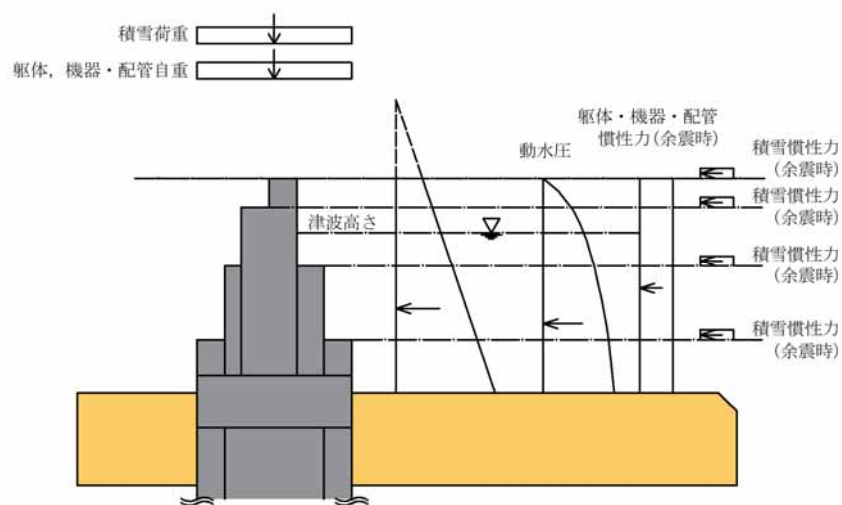


図 3-4 (1) 重畳時（基準津波時）の作用図

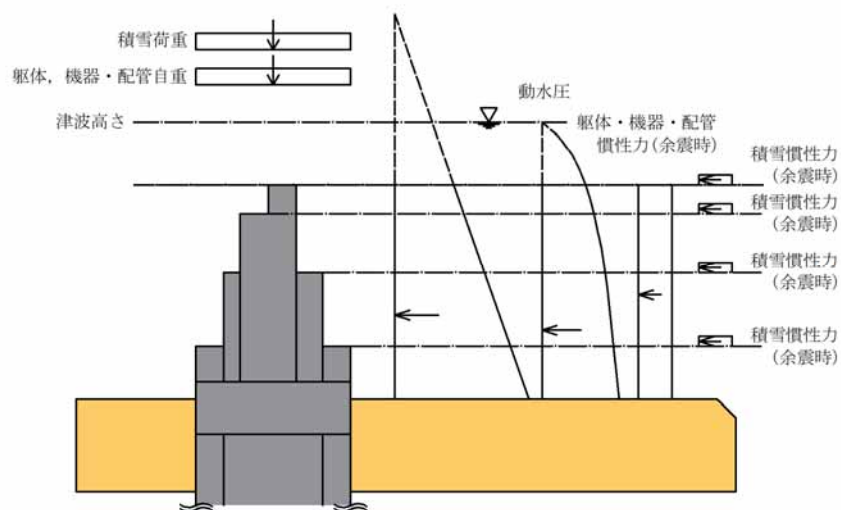


図 3-4 (2) 重畳時（敷地に遡上する津波時）の作用図

3.4 許容限界

鋼製防護壁の許容限界は、「3.2 評価対象断面」にて設定した評価対象断面の応力や変形の状態を考慮し、添付書類「V-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」にて示している許容限界を踏まえて設定する。

(1) 鉄筋コンクリートの許容限界

許容限界については各規格、基準類に基づき表 3-6 のとおり設定する。短期許容応力度は、基準津波時におけるコンクリート及び鉄筋の許容応力度に対して 1.5 倍の割増しを考慮する。また、敷地に遡上する津波時は 2.0 倍（コンクリート）、1.65 倍（鉄筋）の割増しを考慮する。

表 3-6 (1) 許容限界（基準津波時）

評価項目			許容限界 (N/mm ²)
コンクリート	$f'_{ck}=50 \text{ N/mm}^2$ *3	短期許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	24.0
		短期許容せん断応力度 τ_{a1}	0.825*5
		短期許容付着応力度 τ_a	4.5*4
		短期コーンせん断応力度 τ_{coa1}	0.825*4
		短期コーンせん断応力度 τ_{coa2}	1.815*4
	$f'_{ck}=40 \text{ N/mm}^2$ *1	短期許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	21.0
		短期許容せん断応力度 τ_{a1}	0.825*5
鉄筋	SD490*2	短期許容引張応力度 σ_{sa}	435
	SD390*1	短期許容引張応力度 σ_{sa}	309
	SD345*1	短期許容引張応力度 σ_{sa}	294

注記 *1：コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002 年制定）

*2：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）

*3：道路土工カルバート工指針（平成 21 年度版）（日本道路協会，平成 22 年 3 月）

*4：鋼構造物設計基準（Ⅱ 鋼製橋脚編，名古屋高速道路公社，平成 15 年 10 月）におけるコンクリートの設計基準強度 27 N/mm^2 に対応する値を適用する。

*5：斜め引張鉄筋を考慮する場合は、「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002 年制定）」に基づき設定する。

表 3-6 (2) 許容限界（敷地に遡上する津波時）

評価項目			許容限界 (N/mm ²)
コンクリート	$f'_{ck}=50 \text{ N/mm}^2$ *3	短期許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	32.0
		短期許容せん断応力度 τ_{a1}	1.1*5
		短期許容付着応力度 τ_a	6.0*4
		短期コーンせん断応力度 τ_{coa1}	0.825*4
		短期コーンせん断応力度 τ_{coa2}	1.815*4
	$f'_{ck}=40 \text{ N/mm}^2$ *1	短期許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	28.0
		短期許容せん断応力度 τ_{a1}	1.1*5
鉄筋	SD490*2	短期許容引張応力度 σ_{sa}	478.5
	SD390*1	短期許容引張応力度 σ_{sa}	339.9
	SD345*1	短期許容引張応力度 σ_{sa}	323.4

注記 *1：コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002 年制定）

*2：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）

*3：道路土工カルバート工指針（平成 21 年度版）（日本道路協会，平成 22 年 3 月）

*4：鋼構造物設計基準（Ⅱ 鋼製橋脚編，名古屋高速道路公社，平成 15 年 10 月）におけるコンクリートの設計基準強度 27 N/mm^2 に対応する値を適用し，1.5 倍の割増しを考慮する。

*5：斜め引張鉄筋を考慮する場合は，「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002 年制定）」に基づき設定する。

(2) 鋼製防護壁及びアンカーボルトの許容限界

許容限界については各規格，基準類に基づき表 3-7 のとおり設定する。表 3-7 に示す許容限界は短期許容応力度とし，短期許容応力度は，基準津波時における鋼材の許容応力度に対して 1.5 倍の割増しを考慮する。また，敷地に遡上する津波時は，1.7 倍（鋼材）の割増しを考慮するが，1.7 倍の割増しを考慮した短期許容応力度が降伏応力度を超える場合は，降伏応力度を短期許容応力度とする。

なお，使用する鋼材の中で，許容応力度に対して 1.7 倍の割増しを考慮した値が降伏応力度を超えるため，降伏応力度を許容限界とする鋼材に該当するのは，SM490Y 及び SBHS500 である。

表 3-7 (1) 許容限界（基準津波時）

評価項目			許容限界 (N/mm ²)
鋼材	SM490Y	短期許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	315 ^{*1}
		短期許容せん断応力度 τ_{sa}	180 ^{*1}
	SM520B 相当 SM570	短期許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	315 ^{*2}
		短期許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	382.5 ^{*1}
	SM520B 相当	短期許容せん断応力度 τ_{sa}	217.5 ^{*1}
		短期許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	442.5 ^{*1*3}
	SBHS500	短期許容せん断応力度 τ_{sa}	255 ^{*1*3}
		短期許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	615 ^{*1*3}
	SBHS700	短期許容せん断応力度 τ_{sa}	352.5 ^{*1*3}

注記 *1：道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）・同解説（日本道路協会，平成 14 年 3 月）

上記値は，板厚 40 mm 以下の値を示す。

板厚が 40 mm を超える場合は，3.2.1，3.2.3，15.3 に示される許容応力度を用いる。

*2：鋼構造物設計基準（Ⅱ鋼製橋脚編，名古屋高速道路公社，平成 15 年 10 月）

*3：新しい高性能鋼材の利用技術調査研究報告書～SBHS500(W)，SBHS700(W)の設計・製作ガイドライン（案）～（土木学会，平成 21 年 11 月）

表 3-7 (2) 許容限界（敷地に遡上する津波時）

評価項目			許容限界 (N/mm ²)
鋼材	SM490Y	短期許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	355 ^{*1}
		短期許容せん断応力度 τ_{sa}	204 ^{*1}
	SM520B 相当	降伏応力度 σ_y	355 ^{*2}
	SM570	短期許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	433.5 ^{*1}
		短期許容せん断応力度 τ_{sa}	246.5 ^{*1}
	SBHS500	短期許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	500 ^{*3}
		短期許容せん断応力度 τ_{sa}	285 ^{*3}
	SBHS700	短期許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	697 ^{*1*4}
		短期許容せん断応力度 τ_{sa}	399.5 ^{*1*4}

注記 *1：道路橋示方書（Ⅰ 共通編・Ⅱ 鋼橋編）・同解説（日本道路協会，平成 14 年 3 月）

上記値は，板厚 40 mm 以下の値を示す。

板厚が 40 mm を超える場合は，3.2.1，3.2.3，15.3 に示される許容応力度を用いる。

*2：鋼構造物設計基準（Ⅱ 鋼製橋脚編，名古屋高速道路公社，平成 15 年 10 月）を適用し，降伏応力度を用いる。

*3：道路橋示方書（Ⅱ 鋼橋・鋼部材編）・同解説（日本道路協会，平成 29 年 11 月）

*4：新しい高性能鋼材の利用技術調査研究報告書～SBHS500(W)，SBHS700(W)の設計・製作ガイドライン（案）～（土木学会，平成 21 年 11 月）

(3) 基礎地盤の支持性能評価における許容限界

極限支持力は、添付書類「V-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、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）により設定する。基礎地盤の極限支持力を表 3-8 に示す。

表 3-8 基礎地盤の支持力に対する許容限界

項目	算定結果
極限支持力度 q_d (kN/m ²) (北基礎)	6116
極限支持力度 q_d (kN/m ²) (南基礎)	5991

(4) 構造物の変形性に対する許容限界

止水ジョイント部材の変形量の許容限界は、メーカー規格、漏水試験及び変形試験により、有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。表 3-9 に止水ジョイント部材の変形量の許容限界を示す。

表 3-9 止水ジョイント部材の変形量の許容限界

評価項目	許容限界
止水ジョイント部材 (シートジョイント)	2.0 m

3.5 評価方法

鋼製防護壁の評価方法は、添付書類「V-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5. 強度評価方法」に基づき設定する。

鋼製防護壁の強度評価は、解析により得られる照査用応答値が「3.4 許容限界」で設定した許容限界以下であることを確認する。

3.5.1 津波時

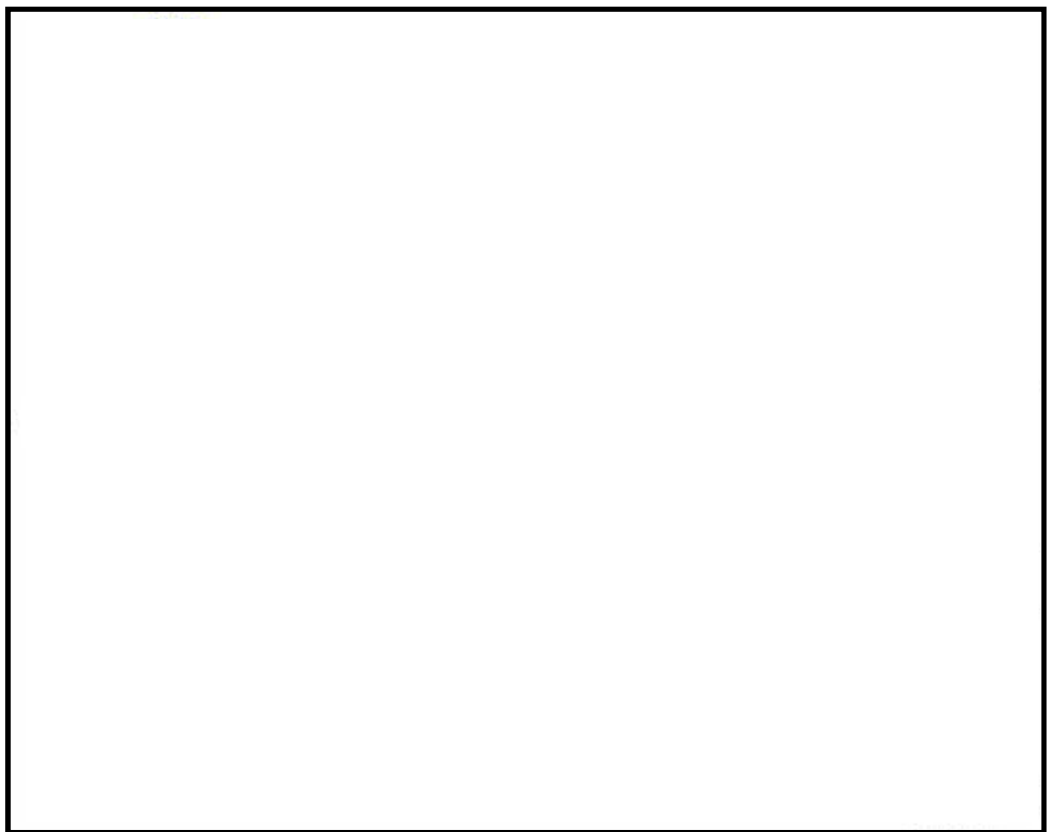
津波時に発生する応答値は、固定荷重、積載荷重及び積雪の長期荷重に加え、津波荷重を作用させるとともに、衝突荷重を鋼製防護壁天端に作用させた3次元静的フレーム解析により算定する。

鋼製防護壁の津波時の評価に用いる解析モデル及び評価方法を以下に示す。

(1) 鋼製防護壁の解析モデル

a. 解析モデル

津波時における鋼製防護壁は、上部構造と下部構造を一体とした3次元静的フレームモデルで強度評価を行う。津波時の鋼製防護壁の3次元静的フレーム解析モデル概念図を図 3-5 に示す。3次元静的フレーム解析には解析コード「Engineer's Studio Ver. 6.00.04」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「V-5-39 計算機プログラム（解析コード）の概要・Engineer's Studio」に示す。



注記 *1：基礎底面の鉛直（面直）方向地盤バネ
 基礎前面の水平（面直）方向地盤バネ
 *2：基礎底面の水平方向地盤バネ
 基礎側面の水平方向地盤バネ
 基礎前背面の水平及び鉛直方向地盤バネ
 基礎側面の鉛直方向地盤バネ

図 3-5 鋼製防護壁の津波時の 3 次元静的フレーム解析モデルの概念図

b. 構造物のモデル化

鋼製防護壁は、上部構造と下部構造を一体とし、地盤バネを設定した 3 次元静的フレーム解析モデルに津波荷重等を載荷して評価する。

上部構造は、水平（X 方向）隔壁及び鉛直（Z 方向）隔壁の交差位置並びに添接板継手位置を節点とし、それらを結合したはり要素で構成される格子モデルとする。モデル化の概念図を図 3-6 に示す。

- i) 主桁部材（水平方向）は、外壁鋼板をフランジ、水平（X 方向）隔壁をウェブとみなした I 断面とする（図 3-6 の青色表示部分）。
- ii) 横桁部材（鉛直方向）は、外壁鋼板をフランジ、鉛直（Z 方向）隔壁をウェブとみなした I 断面とする（図 3-6 の赤色表示部分）。
- iii) ねじれ剛性は、外面鋼板が連続していることから、箱断面として算定したねじれ剛性を両部材に考慮する。

上部構造の鋼製防護壁と下部構造の地中連続壁基礎は構造梁要素でモデル化する。地中連続壁基礎をモデル化したはり要素には仮想剛梁要素を配置し、地中連続壁基礎の幅を考慮する。

地中連続壁基礎の要素分割については、「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・同マニュアル」（土木学会原子力土木委員会，2002年5月）に、線材モデルの要素分割については、要素長さを部材の断面厚さまたは有効高さの2.0倍以下とし、1.0倍程度とするのが良い旨が示されていることを考慮し、部材の断面厚さまたは有効高さの1.0倍程度まで細分割して設定する。なお、地中連続壁基礎の要素分割については、重畳時の検討における余震影響としての地盤応答変位を地中連続壁基礎に設定することを考慮して、1次元有効応力解析で用いる地盤の要素分割に合わせて設定する。

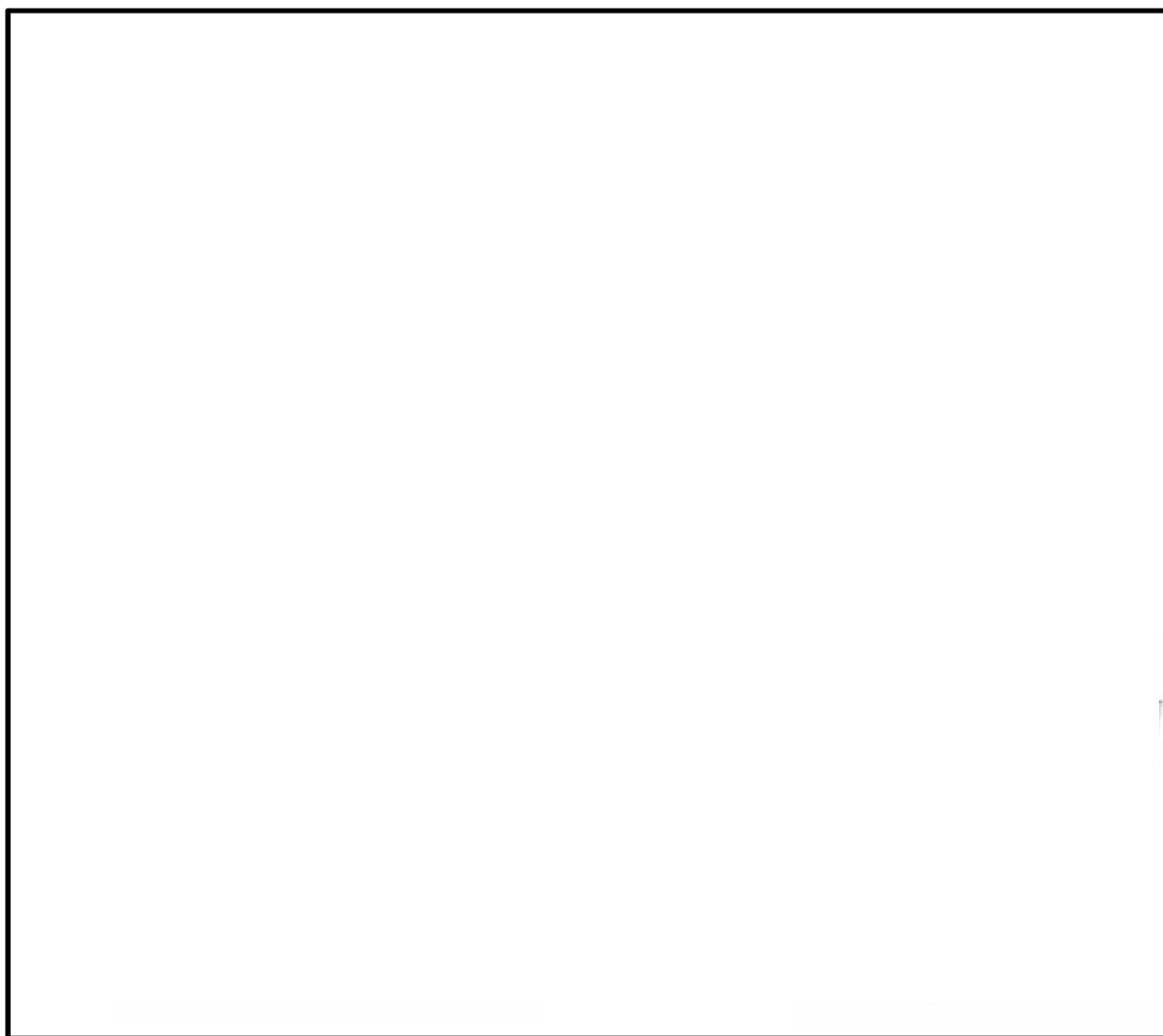


図 3-6 鋼製防護壁の上部構造のモデル化概念図

c. 地盤のモデル化

3次元静的フレーム解析に用いる地盤バネは「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 14 年 3 月）」に準拠し，地盤反力上限値を考慮したバイリニア型とする。

津波時の地盤バネの設定について表 3-10 に示す。津波時については，地盤抵抗が大きいと仮定した地盤バネ 1 及び地盤抵抗が小さいと仮定した地盤バネ 2 の 2 ケースを考慮する。

表 3-10 3次元静的フレーム解析モデルにおける地盤バネの設定（津波時）

ケース名	地盤バネの バネ定数	地盤バネの 反力上限値	備考
地盤バネ 1 (津波時)	初期せん断剛性 から設定	ピーク強度（平均）から設定	地盤抵抗が大きいと仮 定したケース
地盤バネ 2 (津波時)	静弾性係数 から設定	残留強度 (-1σ) から設定	地盤抵抗が小さいと仮 定したケース

d. 使用材料及び材料定数

強度計算に用いる材料定数は、適用基準類を基に設定する。構造物の使用材料を
表 3-11 に、材料物性値を表 3-12 に示す。

表 3-11 使用材料

材料		諸元
コンクリート	頂版コンクリート (鉄筋コンクリート)	設計基準強度 50 N/mm ²
	中詰めコンクリート (鉄筋コンクリート)	
	地中連続壁基礎	設計基準強度 40 N/mm ²
	中実コンクリート (鉄筋コンクリート)	設計基準強度 40 N/mm ²
鉄筋		SD345, SD390, SD490
鋼材	鋼製防護壁	SM490Y, SM520B 相当, SM570, SBHS500, SBHS700

表 3-12 材料の物性値

材料		単位体積重量 (kN/m ³)	ヤング係数 (N/mm ²)	ポアソン比	減衰定数 (%)
鉄筋コン クリート	設計基準強度 50 N/mm ² *1	24.5 *1	3.3×10 ⁴ *1	0.2 *1	5*5
	設計基準強度 40 N/mm ² *2	24.5 *2	3.1×10 ⁴ *2	0.2 *2	
鋼材	SM490Y*3, SM520B 相当*4, SM570*3, SBHS500*7*8, SBHS700*8	77.0 *3*4	2.0×10 ⁵ *3*4	0.3 *3*4	3*6

注記 *1：道路土工カルバート工指針（平成 21 年度版）（日本道路協会，平成 22 年 3 月）

*2：コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002 年制定）

*3：道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）・同解説（日本道路協会，平成 14 年 3 月）

*4：鋼構造物設計基準（Ⅱ鋼製橋脚編，名古屋高速道路公社，平成 15 年 10 月）

*5：J E A G 4 6 0 1 -1987（日本電気協会）

*6：道路橋示方書（Ⅴ耐震設計編）・同解説（日本道路協会，平成 24 年 3 月）

*7：道路橋示方書（Ⅱ鋼橋・鋼部材編）・同解説（日本道路協会，平成 29 年 11 月）

*8：新しい高性能鋼材の利用技術調査研究報告書～SBHS500(W)，SBHS700(W)の設計・製作
ガイドライン（案）～（土木学会，平成 21 年 11 月）

鋼製防護壁アンカー（アンカーボルト）に使用する鋼材 SM520B 相当（使用材料）と鋼材 SM520B（J I S G 3 1 0 6）（比較材料）との機械的強度の比較を表 3-13 に，化学成分の比較を表 3-14 に示す。

機械的強度，化学成分，いずれにおいても比較材料と同等であることを確認したため，本設備において，SM520B 相当を材料として使用することに問題ないと考えられる。

表 3-13 SM520B 相当と SM520B の機械的強度の比較

	引張強さ	降伏点又は耐力
使用材料	520 N/mm ² 以上	355 N/mm ² 以上
比較材料	520～640 N/mm ²	315 N/mm ² 以上
比較結果	引張強さ及び降伏点は同等である。	

表 3-14 SM520B 相当と SM520B の化学成分の比較

	化学成分 (%)									
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V
使用材料	0.22 以下	0.55 以下	1.60 以下	0.035 以下	0.035 以下	—	—	—	—	—
比較材料	0.20 以下	0.55 以下	1.65 以下	0.035 以下	0.035 以下	—	—	—	—	—
比較結果	<p>C, Mn の成分規定に差異があるが、以下により、本設備の環境下での使用は問題ないと考えられる。</p> <p>C：一般的に機械的強度に影響を与える成分であり、C の増加と共に引張強さが増加し、表 3-13 の評価結果からも機械強度は同等である。</p> <p>Mn：一般的に機械的強度に影響を与える成分であり、添加により焼き入れ性が向上するが、有意な影響を与えるものではなく、表 3-13 の評価結果からも機械強度は同等である。</p>									

e. 地盤の物性値

地盤の諸定数は、添付書類「V-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

f. 荷重

鋼製防護壁の津波時の評価において、考慮する荷重を以下に示す。

(a) 固定荷重 (G)

固定荷重は、躯体自重を考慮する。

(b) 積載荷重 (P)

積載荷重は、機器・配管自重を考慮する。

なお、考慮する機器・配管荷重は表 3-15 のとおりである。

表 3-15 機器・配管荷重一覧表

機器	備考
スクリーン室クレーン	840 kN

(c) 遡上津波荷重 (P_t)

遡上津波荷重については、防潮堤前面における最大津波水位標高と防潮堤設置地盤標高の差分の 1/2 倍を設計用浸水深とし、朝倉式に基づき、その 3 倍を考慮して算定する。

(d) 衝突荷重 (P_c)

衝突荷重は、表 3-16 に示す 0.69 t 車両の FEMA (2012) *式による漂流物荷重を考慮する。

注記 * : FEMA : Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis Second Edition, FEMA P-646, Federal Emergency Management Agency, 2012

表 3-16 衝突荷重

	流速 (m/s)	衝突荷重 (kN)
基準津波時	11	759
敷地に遡上する津波時	15	1035

(e) 積雪荷重 (P_s)

積雪荷重については、「建築基準法施行令第 86 条」及び「茨城県建築基準法施工細則第 16 条の 4」に従って、設定する。積雪の厚さ 1 cm 当たりの荷重を $20 \text{ N/m}^2/\text{cm}$ とし、積雪量は 30 cm としていることから積雪荷重は 600 N/m^2 であるが、地震時短期荷重として積雪荷重の 0.35 倍である 0.21 kN/m^2 を考慮する。

(f) 風荷重 (P_k)

津波時は海からの風荷重は受圧面となる防潮壁には作用しない。また、陸からの風荷重は考慮しない方が保守的である。したがって、陸からの風荷重は考慮しない。

g. 地下水位

地下水位は地表面として設定する。

(2) 評価方法

上記で示した津波時における鋼製防護壁の解析モデルを用いた評価方法を整理すると下記のとおりとなる。

a. 地中連続壁基礎

(a) 地中連続壁基礎

地盤バネを設定した3次元静的フレーム解析モデルに津波荷重等を考慮して評価する。強度評価については鉄筋コンクリートの発生応力が許容限界以下であることを確認する。

(b) 地中連続壁基礎と中実鉄筋コンクリートの一体化

地中連続壁基礎と中実鉄筋コンクリートはジベル鉄筋で一体化するものとし、「トンネル標準示方書[共通編]・同解説／[開削工法編]・同解説」（土木学会，2006 制定）に基づき、ジベル鉄筋の配置及びせん断力の照査を実施する。

配置するジベル鉄筋は、接合面に作用する全設計せん断力に対し、必要な強度となる本数及び設置間隔に設計する。

b. 鋼製防護壁（上部構造，接合部）

津波時に発生する上部構造，接合部の評価は，地震時及び重畳時に包絡されと考えるため，強度評価については重畳時のみ実施する。

c. 基礎地盤の支持性能評価

津波時における基礎地盤の支持性能に係る評価は，基礎地盤に生じる接地圧が地震時及び重畳時に包絡されと考えることから実施しない。

d. 止水ジョイント部材

止水ジョイント部材の津波時の評価は，各方向の地震動による最終相対変位と津波時の最大相対変位をベクトル合成した相対変位量が許容限界以下であることを確認する。

3.5.2 重畳時

重畳時には固定荷重、積載荷重、永久荷重及び積雪荷重の変動荷重に加え、遡上津波荷重及び余震荷重を作用させる。

構造物に発生する変形量や断面力は、3次元静的フレーム解析により算定する。なお、3次元静的フレーム解析で考慮する余震に伴う地盤変位や静的震度は、構造物近傍の土質柱状図に基づいた地盤モデルに対する1次元有効応力解析より設定する。また、基礎直下の接地圧は、2次元有効応力解析及び2次元静的FEM解析より算定する。

重畳時には、余震の影響について水平方向の強軸断面方向、弱軸断面方向と鉛直方向の3方向独立载荷による最大断面力に対する組合せ係数法（1.0 : 0.4 : 0.4）を適用し、津波荷重による断面力と重ね合わせた断面力に対して照査を行う。

(1) 1次元有効応力解析

a. 解析方法

1次元有効応力解析モデル底面はT.P. -130 mとし、構造物中心位置の地層構成に基づき作成した地盤モデルを用いる。解析モデル底面には、T.P. -130 m位置の密度、せん断波速度及び疎密波速度を有する粘性境界を設定する。1次元有効応力解析には解析コード「FLIP Ver. 7.3.0_2」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「V-5-10 計算機プログラム（解析コード）の概要・F L I P」に示す。1次元有効応力解析実施位置図を図3-7に、1次元有効応力解析モデル概念図を図3-8に示す。

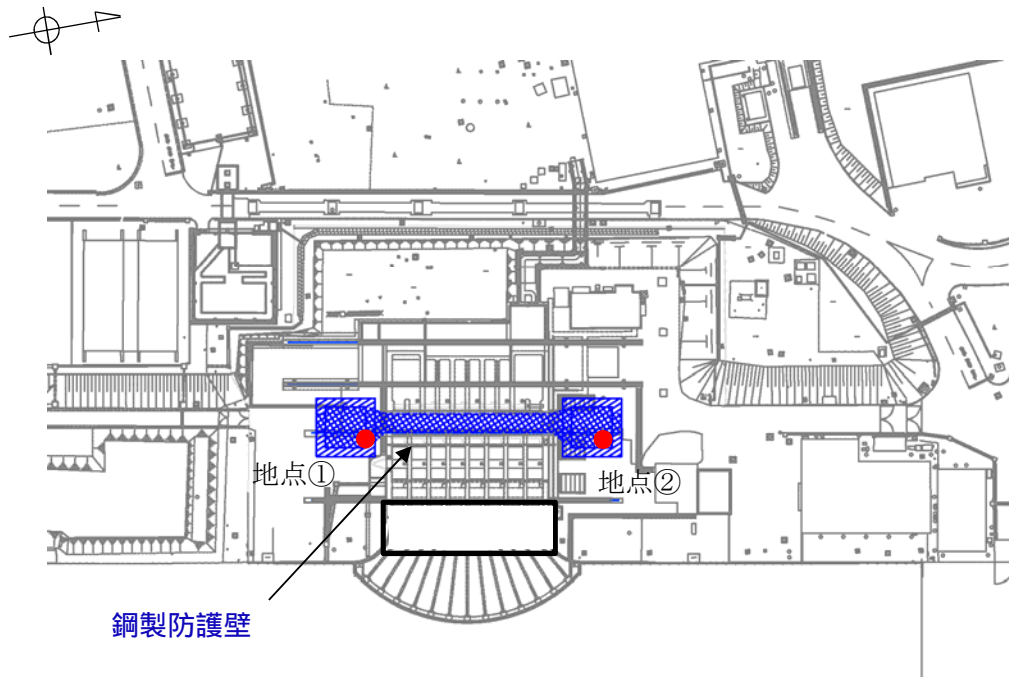


図 3-7 1次元有効応力解析実施位置図

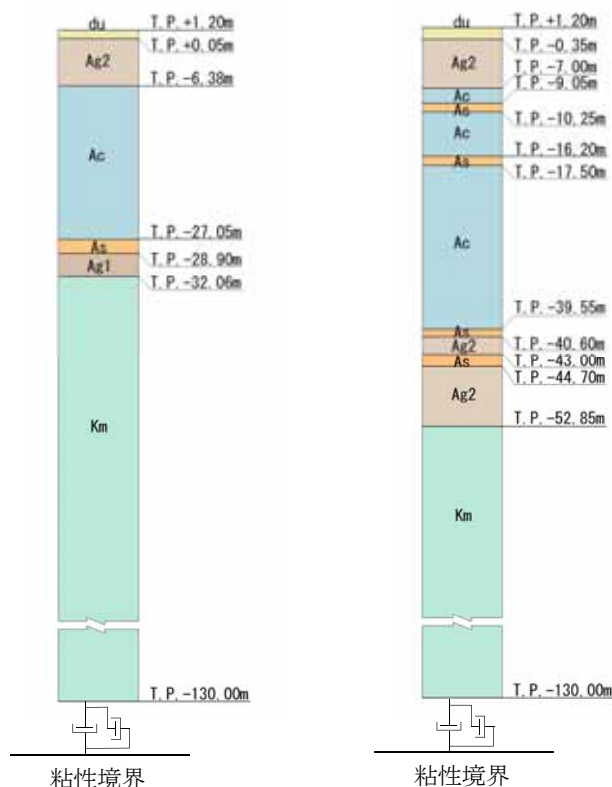


図 3-8 1次元有効応力解析モデル概念図（左：地点①，右：地点②）

(a) 地盤のモデル化

地盤は、マルチスプリング要素及び間隙水圧要素にてモデル化し、地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。

(b) 減衰定数

固有値解析により求められる固有振動数及び初期減衰定数に基づく要素剛性比例型減衰を考慮する。また、非線形特性をモデル化する地盤の履歴減衰を考慮する。

b. 入力地震動

入力地震動は、添付書類「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」のうち「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

有効応力解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される弾性設計用地震動 S_d-D1 を1次元波動論により有効応力解析モデル底面位置で評価したものをを用い、水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析にて行う。入力地震動の算定には、解析コード「k-SHAKE Ver. 6.2.0」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「V-5-25 計算機プログラム（解析コード）の概要・k-SHAKE」に示す。入力地震動算定の概念図を図 3-9 に、加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを図 3-10 に示す。

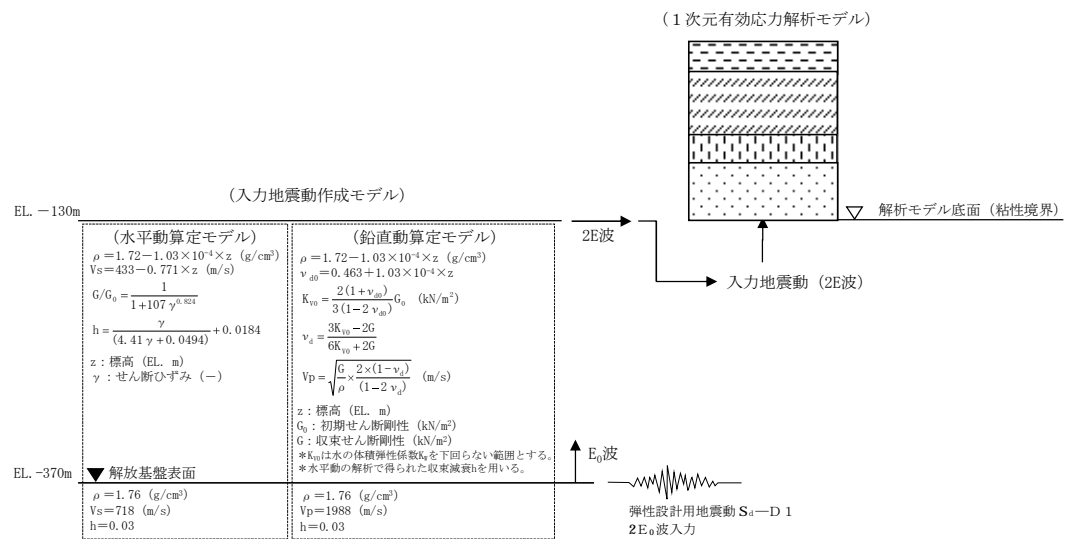
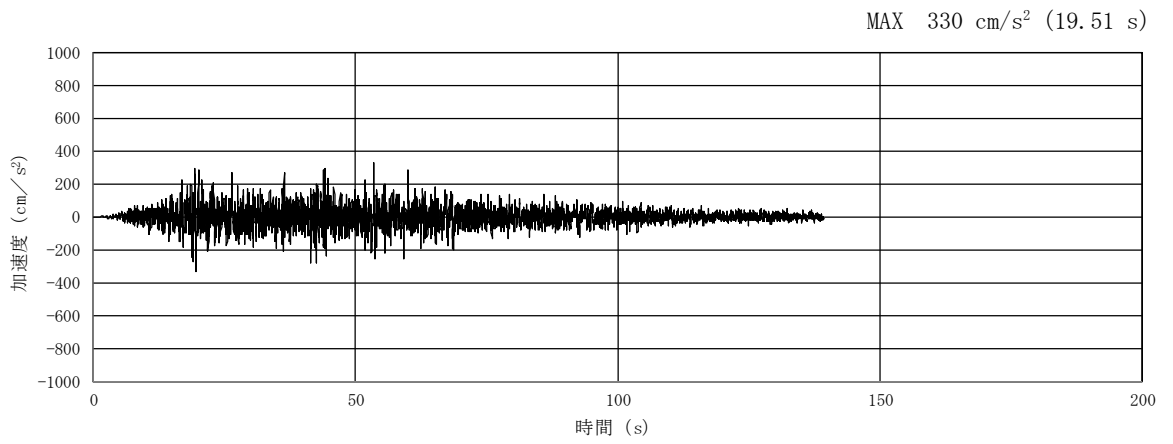
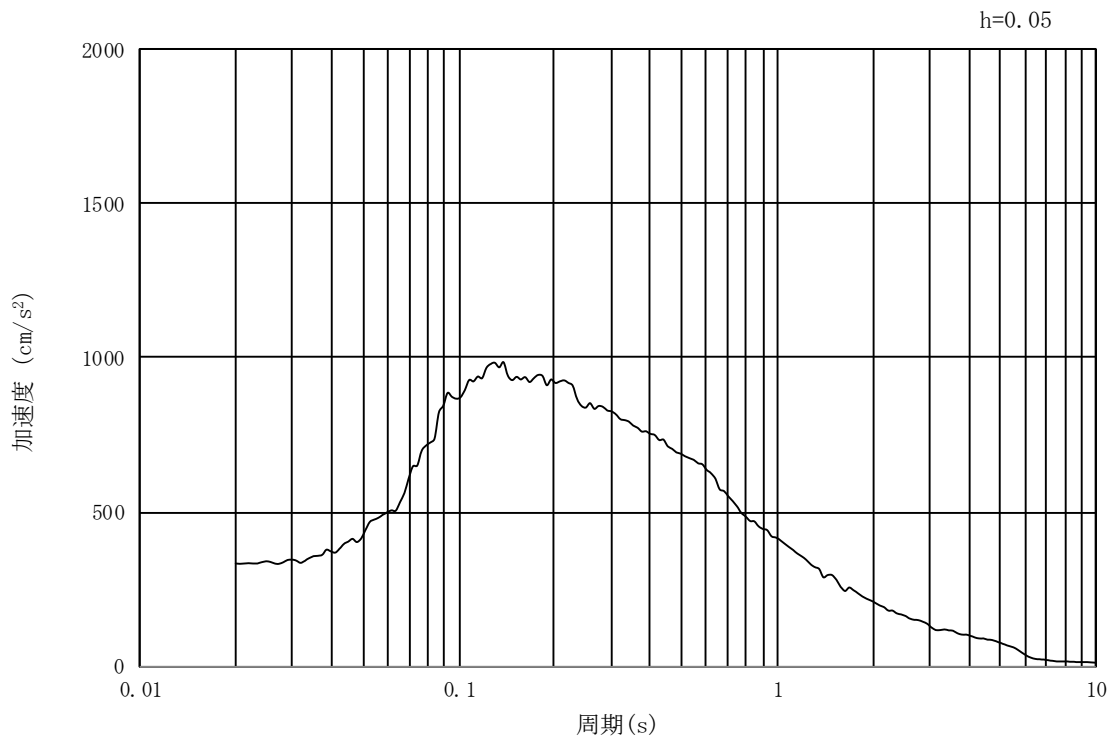


図 3-9 入力地震動算定の概念図

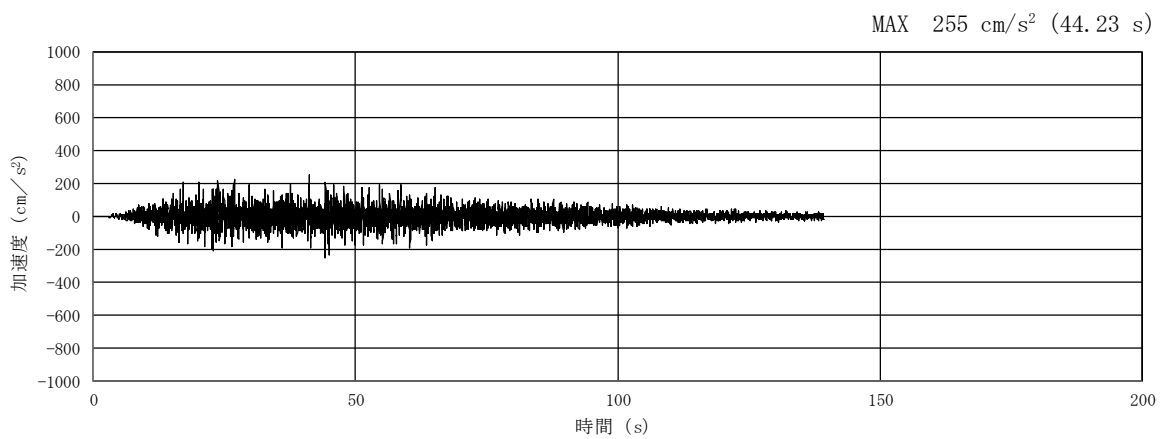


(a) 加速度時刻歴波形

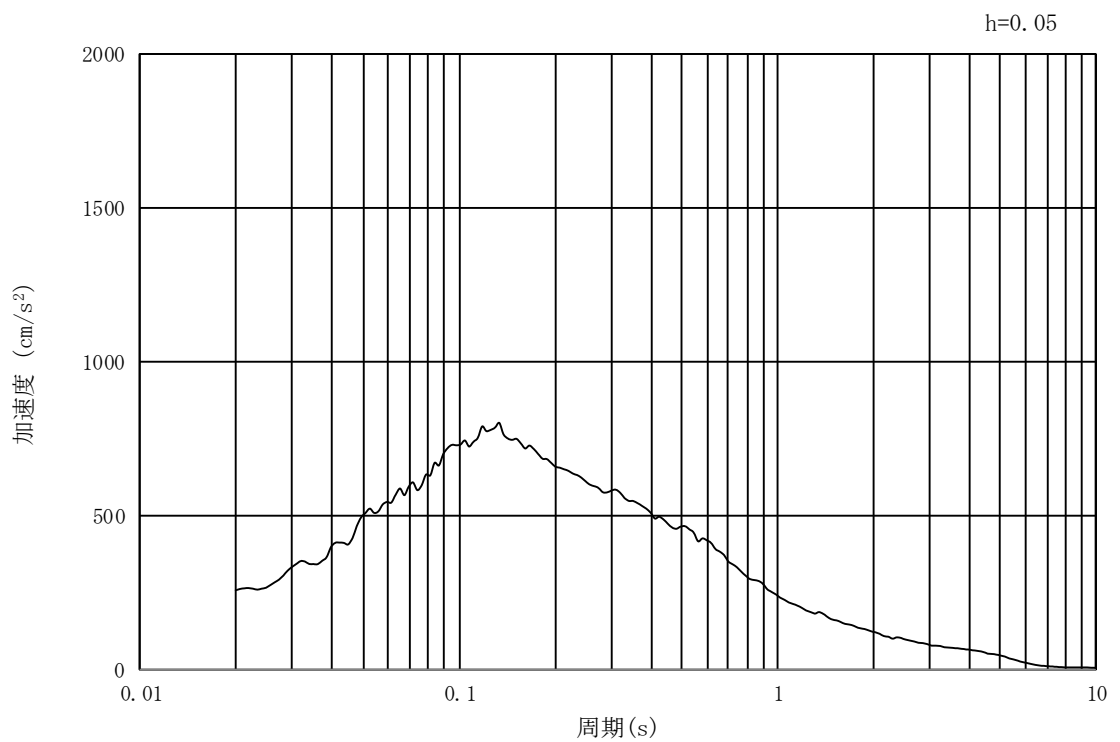


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-10 (1) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(①-①及び②-②断面, 水平成分: S_d-D 1)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

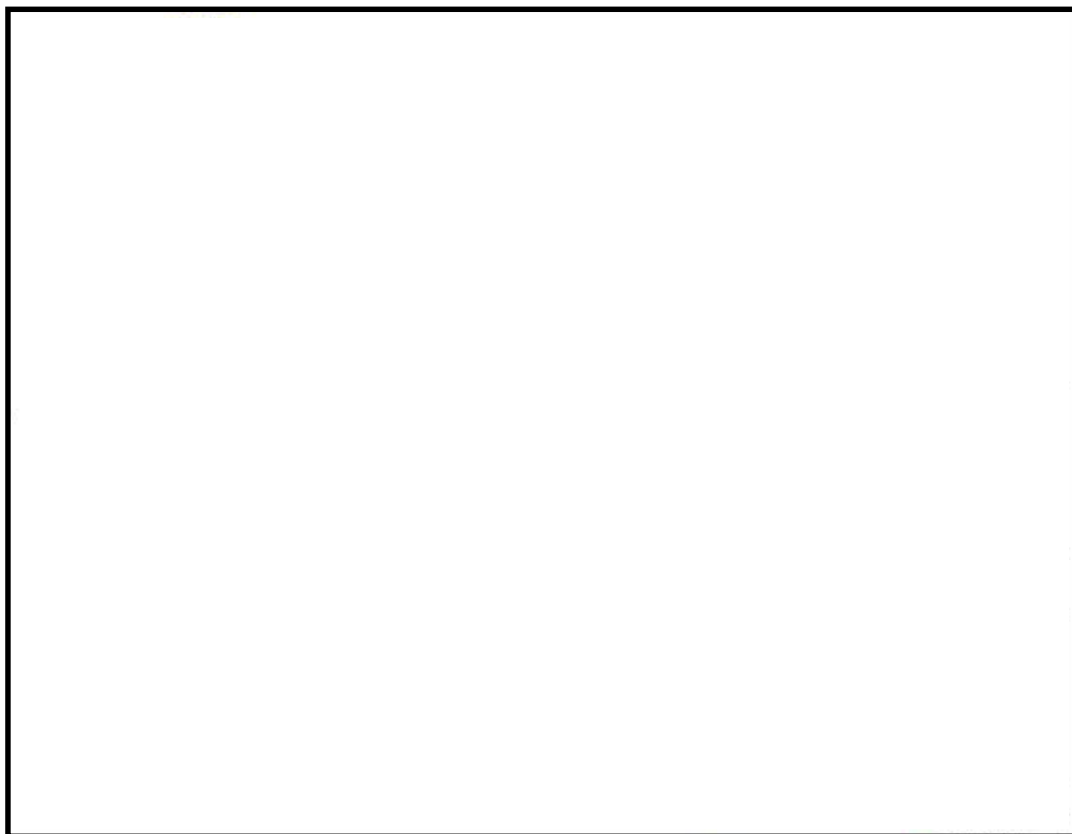
図 3-10 (2) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(①-①及び②-②断面, 鉛直成分: $S_d-D 1$)

(2) 解析モデル及び諸元

a. 鋼製防護壁の解析モデル

(a) 解析モデル

重畳時における鋼製防護壁も津波時と同様に上部構造と下部構造を一体とした 3 次元静的フレーム解析モデルで強度評価を行う。重畳時の鋼製防護壁の 3 次元静的フレーム解析モデル概念図を図 3-11 に示す。3 次元静的フレーム解析には解析コード「Engineer's Studio Ver.6.00.04」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「V-5-39 計算機プログラム（解析コード）の概要・Engineer's Studio」に示す。



注記 *1：基礎底面の鉛直（面直）方向地盤バネ
 基礎前面の水平（面直）方向地盤バネ
 *2：基礎底面の水平方向地盤バネ
 基礎側面の水平方向地盤バネ
 基礎前背面の水平及び鉛直方向地盤バネ
 基礎側面の鉛直方向地盤バネ

図 3-11 鋼製防護壁の重畳時の 3 次元静的フレーム解析モデル概念図

(b) 構造物のモデル化

「3.5.1 津波時」と同様に設定する。

(c) 地盤のモデル化

3次元静的フレーム解析に用いる地盤バネは、「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14年3月）」に準拠し、地盤のバネ定数と反力上限値を考慮したバイリニア型とする。

重畳時の検討では、表3-17に示した解析ケースのうち、地表面最大加速度、地表面最大変位及び最大せん断ひずみが発生する各解析ケースに着目し、地表面の最大加速度発生時刻、地表面最大変位発生時刻及び最大せん断ひずみ発生時刻それぞれにおける地盤の平均有効主応力 σ_m' 及びせん断ひずみ γ の深度分布に基づき、地盤反力係数及び反力上限値を設定する。3次元静的フレーム解析で考慮する地盤バネの解析ケースを表3-18に示す。

表 3-17 3次元静的フレーム解析における1次元有効応力解析ケース

解析ケース	① 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	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 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
地盤剛性の設定	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1 σ)	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(-1 σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂のせん断波速度	原地盤のせん断波速度	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮(+1 σ)
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性(-1 σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1 σ)	原地盤に基づく液状化強度特性(-1 σ)	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

*上記のケースより、地表面加速度最大ケース、地表面変位最大ケース及びせん断ひずみ最大ケースを選定して地盤バネを設定する。

地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため、原地盤におけるせん断波速度の原位置試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差 σ を用いて、せん断波速度を「回帰曲線+1 σ 」（以下、(+1 σ)という。）とする解析ケース（解析ケース②、⑥）及び「回帰曲線-1 σ 」（以下、(-1 σ)という。）とする解析ケース（解析ケース③）を設定する。

地盤の液状化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し、原地盤の液状化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差 σ を用いて、液状化強度特性を(-1 σ)にて設定することを基本とする（解析ケース①、②、③）。

また、構造物への地盤変位に対する保守的な配慮として、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を設定する（解析ケース④）。さらに、構造物及び機器・配管系への加速度応答に対する保守的な配慮として、地盤の非液状化の条件を仮定した解析ケースを設定する（解析ケース⑤、⑥）。

上記の地盤剛性及び液状化強度特性の設定を組合せた解析ケース（①～⑥）を実施することにより、地盤物性のばらつきの影響を網羅的に考慮する。

有効応力解析では、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じた特徴を適切に表現できる双曲線モデル（H-D モデル）を用いる。

表 3-18 地盤バネケース

ケース名	地盤バネのバネ定数及び 反力上限値	備考
地盤バネ 3	S _d 波による 1 次元有効応力解析から 地表面応答加速度が最大となる地盤物性により設定	地盤抵抗が 大きいケース
地盤バネ 4	S _d 波による 1 次元有効応力解析から 地表面応答変位が最大となる地盤物性により設定	地盤抵抗が 小さいケース
地盤バネ 5	S _d 波による 1 次元有効応力解析から せん断ひずみが最大値を示す地盤物性により設定	

b. 基礎地盤の支持力

重畳時の基礎地盤の支持性能に係る評価は、S_d-D 1 を入力地震動とした 2 次元有効応力解析で発生する基礎地盤の接地圧に、津波波圧及び動水圧を作用させた 2 次元静的 FEM 解析により得られる接地圧を加えた値が許容限界以下であることを確認する。

入力地震動 S_d-D 1 により発生する基礎地盤の接地圧は、「3.5.2 重畳時（1） 1 次元有効応力解析」で実施した解析ケースのうち、地表面加速度最大ケース、地表面変位最大ケース及びせん断ひずみ最大ケースの 3 つの解析ケースに対して、2 次元有効応力解析を実施して求める。2 次元有効応力解析に使用する解析モデルは、添付書類「V-2-10-2-2-1 防潮堤（鋼製防護壁）の耐震性についての計算書」に記載する 2 次元有効応力解析モデルに、保守的に仮定した沈下量 1.5 m を考慮した解析モデルを使用し、入力地震動以外の解析条件は同じとする。

津波波圧及び動水圧による接地圧も、同じ 3 つのケースに対応する地盤剛性を用い 2 次元静的 FEM 解析を実施し求める。2 次元静的 FEM 解析に使用する解析モデルは、添付書類「V-2-10-2-2-1 防潮堤（鋼製防護壁）の耐震性についての計算書」に記載する 2 次元有効応力解析モデルに、沈下量 1.5 m を考慮した解析モデルを使用し、図 3-12 に示すように、側方境界条件を水平ローラ、底面境界条件を固定として津波波圧及び動水圧を作用させる。

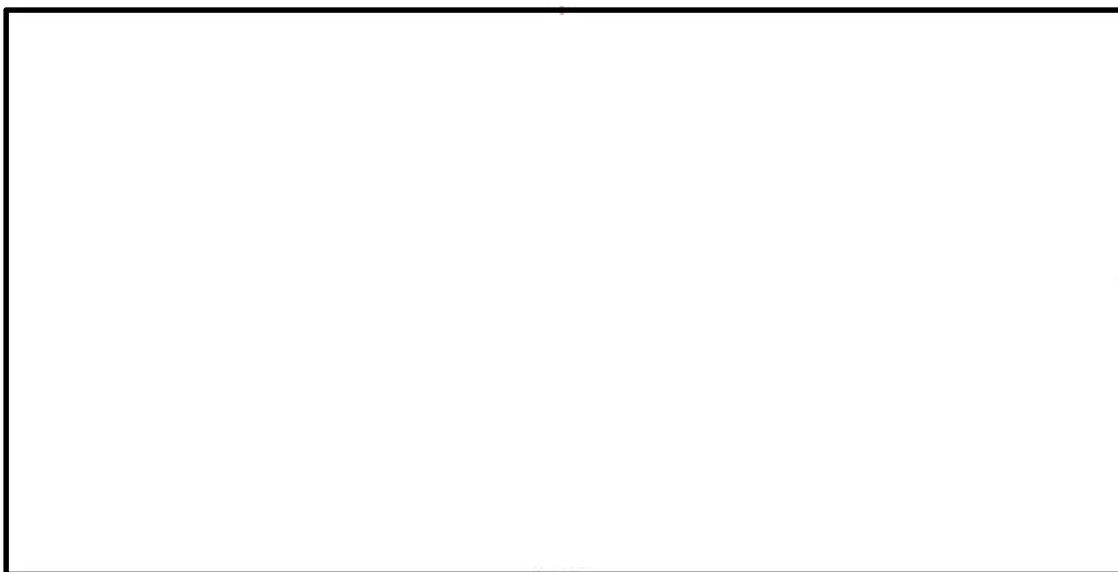


図 3-12 2次元静的FEM解析モデル

同じ地盤剛性同士の解析ケースの結果で、余震荷重による接地圧、津波荷重及び動水圧による接地圧を足し合わせた値により、基礎地盤の支持性能を評価する。基礎地盤の支持性能評価フローを図 3-13 に、接地圧の算出フローを図 3-14 に示す。

1 次元有効応力解析

下記の 6 ケースで 1 次元有効応力解析を実施する。

- ① 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース）
- ② 地盤物性のばらつきを考慮（ $+1\sigma$ ）した解析ケース
- 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（ $+1\sigma$ ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース

地表面加速度最大ケース，
地表面変位最大ケース及び
せん断ひずみ最大ケースを選定

2 次元静的 F E M 解析

1 次元有効応力解析で選ばれた 3 ケースの地盤剛性を用いて、津波荷重及び動水圧により発生する基礎地盤の接地圧を 2 次元静的 F E M 解析により求める。

2 次元有効応力解析

1 次元有効応力解析で選ばれた 3 ケースに対して、入力地震動 $S_d - D1$ により発生する基礎地盤の接地圧を 2 次元有効応力解析により求める。

基礎地盤の支持性能評価

2 次元有効応力解析及び 2 次元静的 F E M 解析による接地圧を足し合わせた値が許容限界以下であることを確認する。

* 上記の 2 次元有効応力解析及び 2 次元静的 F E M 解析は、同じ地盤剛性同士の解析ケースで実施する。

図 3-13 基礎地盤の支持性能評価フロー

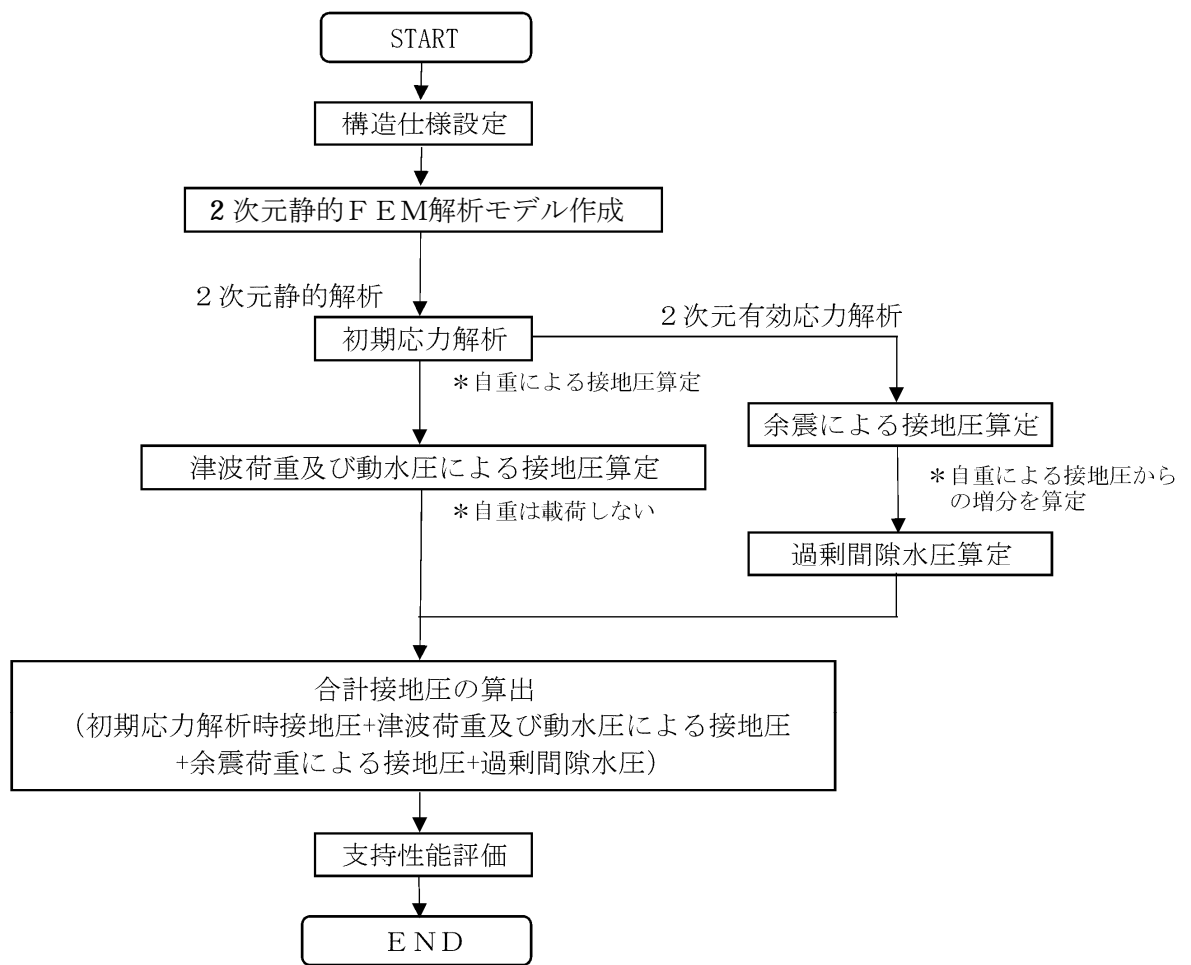


図 3-14 接地圧の算出フロー

c. 使用材料及び材料の物性値

使用材料及び材料の物性値は「3.5.1 津波時」と同様に設定する。

d. 地盤の物性値

地盤の物性値は「3.5.1 津波時」と同様に設定する。

e. 荷重

鋼製防護壁の重畳時の評価において、考慮する荷重を以下に示す。

(a) 固定荷重 (G)

固定荷重は、躯体自重を考慮する。

(b) 積載荷重 (P)

積載荷重は、機器・配管自重を考慮する。

なお、考慮する機器・配管荷重は表 3-19 のとおりである。

表 3-19 機器・配管荷重一覧表

機器	備考
スクリーン室クレーン	840 kN

(c) 遡上津波荷重 (P_t)

遡上津波荷重は「3.5.1 津波時」と同様に設定する。

(d) 余震荷重 (K_{sd})

余震荷重は、弾性設計用地震動 S_d-D1 による地震力及び動水圧を考慮する。

重畳時は、余震荷重として水平慣性力、鉛直慣性力及び応答変位を考慮する。地表面の最大加速度から水平震度及び鉛直震度を算定し、積雪荷重に対応する慣性力を作

(e) 積雪荷重 (P_s)

積雪荷重は「3.5.1 津波時」と同様に設定する。

(f) 風荷重 (P_k)

風荷重は「3.5.1 津波時」と同様に設定する。

f. 地下水位

地下水位は「3.5.1 津波時」と同様に設定する。

(3) 評価方法

鋼製防護壁の強度評価は、解析結果より得られる照査用応答値が「3.4 許容限界」で設定した許容限界以下であることを確認する。

a. 地中連続壁基礎

(a) 地中連続壁基礎

地盤バネを設定した3次元静的フレーム解析モデルに津波荷重や余震荷重を考慮して評価する。地中連続壁基礎の評価は「3.5.1 津波時」と同じ方法により、許容限界以下であることを確認する。

(b) 地中連続壁基礎と中実鉄筋コンクリートの一体化

地中連続壁基礎と中実鉄筋コンクリートの一体化の重畳時の評価は「3.5.1 津波時」と同じ方法により照査を実施する。

b. 鋼製防護壁

(a) 鋼製防護壁

地中連続壁基礎と一体となった3次元静的フレーム解析モデルに余震荷重及び津波荷重を載荷して評価する。

(b) 中詰め鉄筋コンクリートと鋼殻との接合部

鋼製防護壁の上部構造は、外壁と水平及び鉛直隔壁部材のみで荷重を受け持つ設計とするが、頂版鉄筋コンクリートとの接合部においては、後述の通り、水平回転モーメント（水平トルク）及び水平力によるせん断力に対しては、設計上アンカーボルトの抵抗力を期待せず、鉄筋コンクリートのみで負担可能とする。したがって、鋼製防護壁の上部構造に作用する荷重を中詰め鉄筋コンクリートから頂版鉄筋コンクリートへ確実に伝達するために、上部構造の中詰め鉄筋コンクリートと鋼殻を一体化する。

中詰め鉄筋コンクリートと鋼殻はスタッドで一体化するものとし、「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）・同解説」（日本道路協会、平成14年3月）に基づき、スタッドの配置及びせん断力の照査を実施する。

配置するスタッドは、接合面に作用するせん断力に対し、必要な強度となる本数及び設置間隔を設計する。

せん断力は、鉛直方向と水平方向の曲げモーメント及び水平回転モーメント（水平トルク）を換算したせん断力と水平力によるせん断力を考慮する。

c. 鋼製防護壁（接合部）

(a) 設計思想

アンカーボルトは本来、引抜き力及びせん断力に抵抗できる部材であることから、「鋼構造物設計基準（名古屋高速道路公社）」の「7.2 アンカー部の設計方法」においては、アンカーボルトに水平方向のせん断力も許容限界以下で受けもたせる設計方

法となっている。

しかし、鋼製防護壁においては、保守的な配慮として、接合部の水平回転モーメント（水平トルク）及び水平力によるせん断力に対しては設計上アンカーボルトの抵抗力を期待せず、接合部の水平回転モーメント及び水平力によるせん断力に対しては、設計上鉄筋コンクリートのみの耐力でも弾性範囲内で負担可能とする。

(b) 接合部の設計方針

鋼製防護壁は浸水防護施設であることから、地震時に対しても、構造部材の弾性範囲内で設計を行う。

鋼製防護壁本体の自重及び地震や津波による設計荷重を確実に基礎へ伝達させる。

引抜き力に対しては、「鋼構造物設計基準（名古屋高速道路公社）」を適用し、設計上アンカーボルトのみで負担可能とする。

水平回転モーメント及び水平力によるせん断力に対しては、「道路橋示方書（日本道路協会）」、「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会）」に基づき設計上中詰め鉄筋コンクリート及び頂版鉄筋コンクリートのみで負担可能とする。

接合部の荷重分担の概念図を図 3-15 に示す。

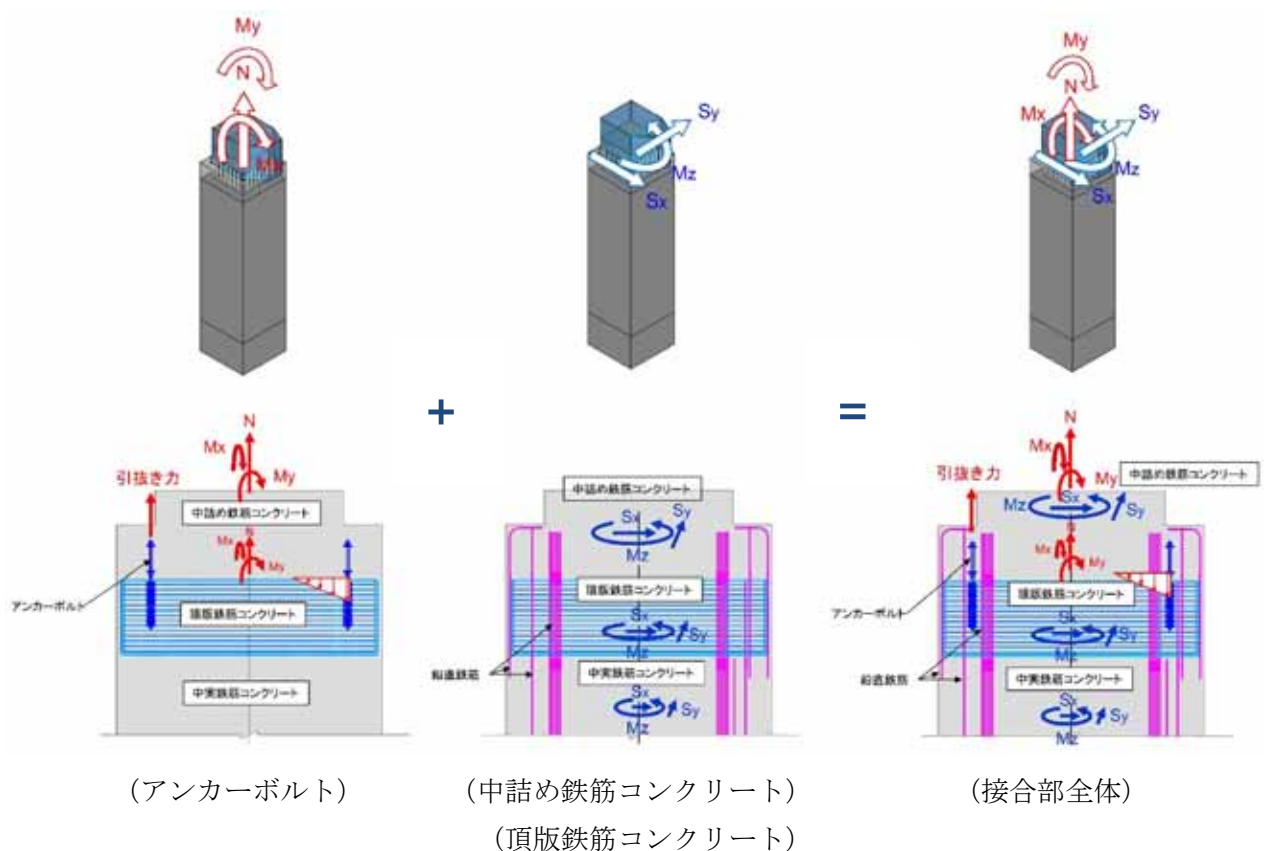


図 3-15 接合部の荷重分担の概念図

(c) 接合部の評価

接合部のアンカーボルトに対しては、2軸複鉄筋断面の鉄筋コンクリート断面として評価する。鋼製防護壁の上部構造と基礎との接合部は、鉛直軸力と面内及び面外曲げモーメントに対して抵抗するものとし、せん断力と水平回転モーメントについては、中詰め鉄筋コンクリート及び頂版鉄筋コンクリートで負担する。

アンカーボルトの設計荷重は、鋼製防護壁の上部構造は3次元動的フレーム解析に基づき算定されるアンカーボルト1本当当たりの付着力と押込力とし、アンカーボルトの引張応力、付着応力及びコーンせん断応力が許容限界以下であることを確認する。

イ. アンカーボルトの評価

アンカーボルトの評価は短期許容応力度と母材の断面積をもとに算定する。

ロ. アンカーボルトの定着長の評価

アンカーボルトの定着長の評価は、付着強度に基づき定める。

ハ. 定着部コーンせん断応力に対する評価

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、鋼製防護壁の上部構造における3次元静的フレーム解析に基づき算定されるアンカーボルト1本当たりの軸力とする。定着部のコーンせん断応力の照査を行い、補強鉄筋が必要な場合には適切な補強鉄筋量を算定する。

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の上、定着部鉄筋コンクリートの応力が許容限界以下であることを確認する。

d. 基礎地盤の支持性能評価

基礎地盤の支持性能に係る評価は、 S_d-D1 を入力地震動とした2次元有効応力解析で発生する基礎地盤の接地圧に、津波波圧及び動水圧を作用させた2次元静的FEM解析より得られる接地圧を加えて許容限界以下であることを確認する。

e. 止水ジョイント部材

止水ジョイント部材の重畳時の評価は、各方向の地震動による最終相対変位と余震及び津波の重畳時の最大相対変位をベクトル合成した相対変位量が許容限界以下であることを確認する。

4. 評価条件

「3. 評価方法」に用いる評価条件を以下の表 4-1 から表 4-10 に示す。

(1) 津波時

表 4-1 強度評価に用いる条件（基準津波時：地盤バネ 1）

記号	定義	数値	単位
g	重力加速度	9.80665	m/s ²
h	設計浸水深	8.35	m
k _h	水平震度	—	—
k _v	鉛直震度	—	—
p ₁	鋼製防護壁底面における波圧強度	237.9	kN/m ²
p ₂	鋼製防護壁天端面における波圧強度	63.1	kN/m ²
G	固定荷重	732117	kN
P	積載荷重	840	kN
P _s	積雪荷重	0.6	kN
P _t	遡上津波荷重	2971.3	kN/m
P _c	衝突荷重	759	kN
P _d	動水圧合力	—	kN/m
y	動水圧の作用高さ	—	m
K _{S d}	余震荷重（水平方向慣性力）	—	kN
	余震荷重（鉛直方向慣性力）	—	kN
P _k	風荷重	—	kN/m ²

表 4-2 強度評価に用いる条件（基準津波時：地盤バネ 2）

記号	定義	数値	単位
g	重力加速度	9.80665	m/s ²
h	設計浸水深	8.35	m
k _h	水平震度	—	—
k _v	鉛直震度	—	—
p ₁	鋼製防護壁底面における波圧強度	237.9	kN/m ²
p ₂	鋼製防護壁天端面における波圧強度	63.1	kN/m ²
G	固定荷重	732117	kN
P	積載荷重	840	kN
P _s	積雪荷重	0.6	kN
P _t	遡上津波荷重	2971.3	kN/m
P _c	衝突荷重	759	kN
P _d	動水圧合力	—	kN/m
y	動水圧の作用高さ	—	m
K _{s d}	余震荷重（水平方向慣性力）	—	kN
	余震荷重（鉛直方向慣性力）	—	kN
P _k	風荷重	—	kN/m ²

表 4-3 強度評価に用いる条件（敷地に遡上する津波時：地盤バネ 1）

記号	定義	数値	単位
g	重力加速度	9.80665	m/s ²
h	設計浸水深	11.40	m
k _h	水平震度	—	—
k _v	鉛直震度	—	—
p ₁	鋼製防護壁底面における波圧強度	330.3	kN/m ²
p ₂	鋼製防護壁天端面における波圧強度	155.5	kN/m ²
G	固定荷重	732117	kN
P	積載荷重	840	kN
P _s	積雪荷重	0.6	kN
P _t	遡上津波荷重	4708.5	kN/m
P _c	衝突荷重	1035	kN
P _d	動水圧合力	—	kN/m
y	動水圧の作用高さ	—	m
K _{s d}	余震荷重（水平方向慣性力）	—	kN
	余震荷重（鉛直方向慣性力）	—	kN
P _k	風荷重	—	kN/m ²

表 4-4 強度評価に用いる条件（敷地に遡上する津波時：地盤バネ 2）

記号	定義	数値	単位
g	重力加速度	9.80665	m/s ²
h	設計浸水深	11.40	m
k _h	水平震度	—	—
k _v	鉛直震度	—	—
p ₁	鋼製防護壁底面における波圧強度	330.3	kN/m ²
p ₂	鋼製防護壁天端面における波圧強度	155.5	kN/m ²
G	固定荷重	732117	kN
P	積載荷重	840	kN
P _s	積雪荷重	0.6	kN
P _t	遡上津波荷重	4708.5	kN/m
P _c	衝突荷重	1035	kN
P _d	動水圧合力	—	kN/m
y	動水圧の作用高さ	—	m
K _{s d}	余震荷重（水平方向慣性力）	—	kN
	余震荷重（鉛直方向慣性力）	—	kN
P _k	風荷重	—	kN/m ²

(2) 重疊時

表 4-5 強度評価に用いる条件（基準津波時：地盤バネ 3）

記号	定義	数値	単位
g	重力加速度	9.80665	m/s^2
h	設計浸水深	8.35	m
k_h	水平震度	0.23	—
k_v	鉛直震度	0.21	—
p_1	鋼製防護壁底面における波圧強度	237.9	kN/m^2
p_2	鋼製防護壁天端面における波圧強度	63.1	kN/m^2
G	固定荷重	732117	kN
P	積載荷重	840	kN
P_s	積雪荷重	0.21	kN
P_t	遡上津波荷重	2971.3	kN/m
P_c	衝突荷重	—	kN
P_d	動水圧合力	376.9	kN/m
y	動水圧の作用高さ	7.85	T. P. m
K_{sd}	余震荷重（水平方向慣性力）	168387	kN
	余震荷重（鉛直方向慣性力）	153745	kN
P_k	風荷重	—	kN/m^2

表 4-6 強度評価に用いる条件（基準津波時：地盤バネ 4）

記号	定義	数値	単位
g	重力加速度	9.80665	m/s ²
h	設計浸水深	8.35	m
k _h	水平震度	0.09	—
k _v	鉛直震度	0.21	—
p ₁	鋼製防護壁底面における波圧強度	237.9	kN/m ²
p ₂	鋼製防護壁天端面における波圧強度	63.1	kN/m ²
G	固定荷重	732117	kN
P	積載荷重	840	kN
P _s	積雪荷重	0.21	kN
P _t	遡上津波荷重	2971.3	kN/m
P _c	衝突荷重	—	kN
P _d	動水圧合力	147.5	kN/m
y	動水圧の作用高さ	7.85	T. P. m
K _{s d}	余震荷重（水平方向慣性力）	65891	kN
	余震荷重（鉛直方向慣性力）	153745	kN
P _k	風荷重	—	kN/m ²

表 4-7 強度評価に用いる条件（基準津波時：地盤バネ 5）

記号	定義	数値	単位
g	重力加速度	9.80665	m/s ²
h	設計浸水深	8.35	m
k _h	水平震度	0.09	—
k _v	鉛直震度	0.21	—
p ₁	鋼製防護壁底面における波圧強度	237.9	kN/m ²
p ₂	鋼製防護壁天端面における波圧強度	63.1	kN/m ²
G	固定荷重	732117	kN
P	積載荷重	840	kN
P _s	積雪荷重	0.21	kN
P _t	遡上津波荷重	2971.3	kN/m
P _c	衝突荷重	—	kN
P _d	動水圧合力	147.5	kN/m
y	動水圧の作用高さ	7.85	T.P. m
K _{s d}	余震荷重（水平方向慣性力）	65891	kN
	余震荷重（鉛直方向慣性力）	153745	kN
P _k	風荷重	—	kN/m ²

表 4-8 強度評価に用いる条件（敷地に遡上する津波時：地盤バネ 3）

記号	定義	数値	単位
g	重力加速度	9.80665	m/s ²
h	設計浸水深	11.40	m
k _h	水平震度	0.23	—
k _v	鉛直震度	0.21	—
p ₁	鋼製防護壁底面における波圧強度	330.3	kN/m ²
p ₂	鋼製防護壁天端面における波圧強度	155.5	kN/m ²
G	固定荷重	732117	kN
P	積載荷重	840	kN
P _s	積雪荷重	0.21	kN
P _t	遡上津波荷重	4708.5	kN/m
P _c	衝突荷重	—	kN
P _d	動水圧合力	653.0	kN/m
y	動水圧の作用高さ	9.43	T.P. m
K _{s d}	余震荷重（水平方向慣性力）	168387	kN
	余震荷重（鉛直方向慣性力）	153745	kN
P _k	風荷重	—	kN/m ²

表 4-9 強度評価に用いる条件（敷地に遡上する津波時：地盤バネ 4）

記号	定義	数値	単位
g	重力加速度	9.80665	m/s ²
h	設計浸水深	11.40	m
k _h	水平震度	0.09	—
k _v	鉛直震度	0.21	—
p ₁	鋼製防護壁底面における波圧強度	330.3	kN/m ²
p ₂	鋼製防護壁天端面における波圧強度	155.5	kN/m ²
G	固定荷重	732117	kN
P	積載荷重	840	kN
P _s	積雪荷重	0.21	kN
P _t	遡上津波荷重	4708.5	kN/m
P _c	衝突荷重	—	kN
P _d	動水圧合力	255.9	kN/m
y	動水圧の作用高さ	9.43	T.P. m
K _{s d}	余震荷重（水平方向慣性力）	65891	kN
	余震荷重（鉛直方向慣性力）	153745	kN
P _k	風荷重	—	kN/m ²

表 4-10 強度評価に用いる条件（敷地に遡上する津波時：地盤バネ 5）

記号	定義	数値	単位
g	重力加速度	9.80665	m/s ²
h	設計浸水深	11.40	m
k _h	水平震度	0.09	—
k _v	鉛直震度	0.21	—
p ₁	鋼製防護壁底面における波圧強度	330.3	kN/m ²
p ₂	鋼製防護壁天端面における波圧強度	155.5	kN/m ²
G	固定荷重	732117	kN
P	積載荷重	840	kN
P _s	積雪荷重	0.21	kN
P _t	遡上津波荷重	4708.5	kN/m
P _c	衝突荷重	—	kN
P _d	動水圧合力	255.9	kN/m
y	動水圧の作用高さ	9.43	T.P. m
K _{s d}	余震荷重（水平方向慣性力）	65891	kN
	余震荷重（鉛直方向慣性力）	153745	kN
P _k	風荷重	—	kN/m ²

5. 評価結果

5.1 津波時

5.1.1 地中連続壁基礎の評価結果

(1) 地中連続壁基礎の曲げ軸力に対する評価結果

地中連続壁基礎のコンクリートの曲げ軸力照査における各評価位置での最大照査値を表 5-1 に、鉄筋の曲げ軸力照査における各評価位置での最大照査値を表 5-2 にそれぞれ示す。

照査値は、断面寸法が同一で配筋も同一な部材はグループ化し、各グループで最も厳しい照査値となる部材の照査値を示す。

地中連続壁基礎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と鉄筋の曲げ引張応力が許容限界以下であることを確認した。

表 5-1 (1) コンクリートの曲げ軸力照査における各評価位置での最大照査値 (基準津波時)

解析 ケース	評価位置		断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋) *2	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) *1		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
地盤パネ2	南基礎 -上部	③-③断面	15500	15500	13116	D51@150 (7段)	2236110	-179996	4.9	21	0.24
地盤パネ2		①-①断面	15500	15500	13116	D51@150 (7段)	-85024				
地盤パネ2	北基礎 -中央	②-②断面	15500	15500	13392	D51@150 (5段)	1866477	-166325	4.4	21	0.22
地盤パネ2		①-①断面	15500	15500	13392	D51@150 (5段)	83079				
地盤パネ2	南基礎 -中央	③-③断面	15500	15500	12180	D51@150 (17段)	2375359	-230396	4.4	21	0.21
地盤パネ2		①-①断面	15500	15500	12180	D51@150 (17段)	-53060				
地盤パネ2	北基礎 -下部	②-②断面	15500	15500	13578	D51@150 (4段)	604144	-320806	3.3	21	0.16
地盤パネ2		①-①断面	15500	15500	13578	D51@150 (4段)	4004				

注記 *1: 有効高は地中連続壁基礎, 中実鉄筋コンクリートを合成した構造物として算出した高さを示す。

*2: 鉄筋仕様は地中連続壁基礎と中実鉄筋コンクリートでそれぞれ配筋する引張鉄筋の合計段数を示す。

評価位置は下図に示す。

@: 鉄筋の配置間隔

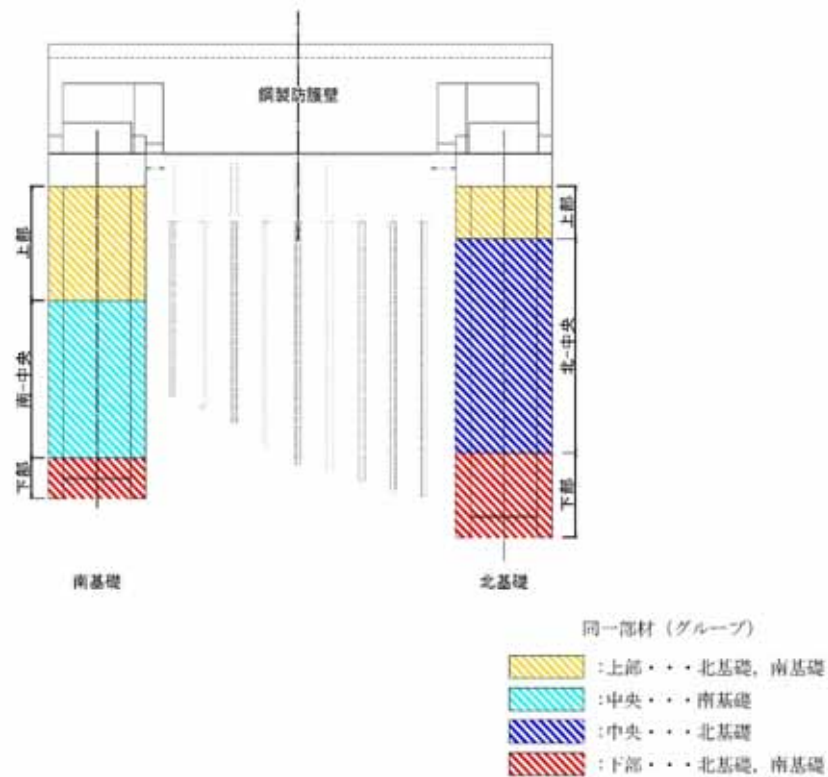


表 5-1 (2) コンクリートの曲げ軸力照査における各評価位置での最大照査値
(敷地に遡上する津波時)

解析 ケース	評価位置		断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)*2	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)*1		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
地盤パネ2	南基礎 -上部	③-③断面	15500	15500	13116	D51@150 (7段)	3684864	-185303	7.9	28	0.29
地盤パネ2		①-①断面	15500	15500	13116	D51@150 (7段)	-93963				
地盤パネ2	北基礎 -中央	②-②断面	15500	15500	13392	D51@150 (5段)	3110730	-181648	7.3	28	0.27
地盤パネ2		①-①断面	15500	15500	13392	D51@150 (5段)	103842				
地盤パネ2	南基礎 -中央	③-③断面	15500	15500	12180	D51@150 (17段)	3895719	-235321	7.0	28	0.26
地盤パネ2		①-①断面	15500	15500	12180	D51@150 (17段)	-63023				
地盤パネ2	北基礎 -下部	②-②断面	15500	15500	13578	D51@150 (4段)	2304861	-287575	5.5	28	0.20
地盤パネ2		①-①断面	15500	15500	13578	D51@150 (4段)	42889				

注記 *1：有効高は地中連続壁基礎，中実鉄筋コンクリートを合成した構造物として算出した高さを示す。
 *2：鉄筋仕様は地中連続壁基礎と中実鉄筋コンクリートでそれぞれ配筋する引張鉄筋の合計段数を示す。
 評価位置は下図に示す。
 @：鉄筋の配置間隔

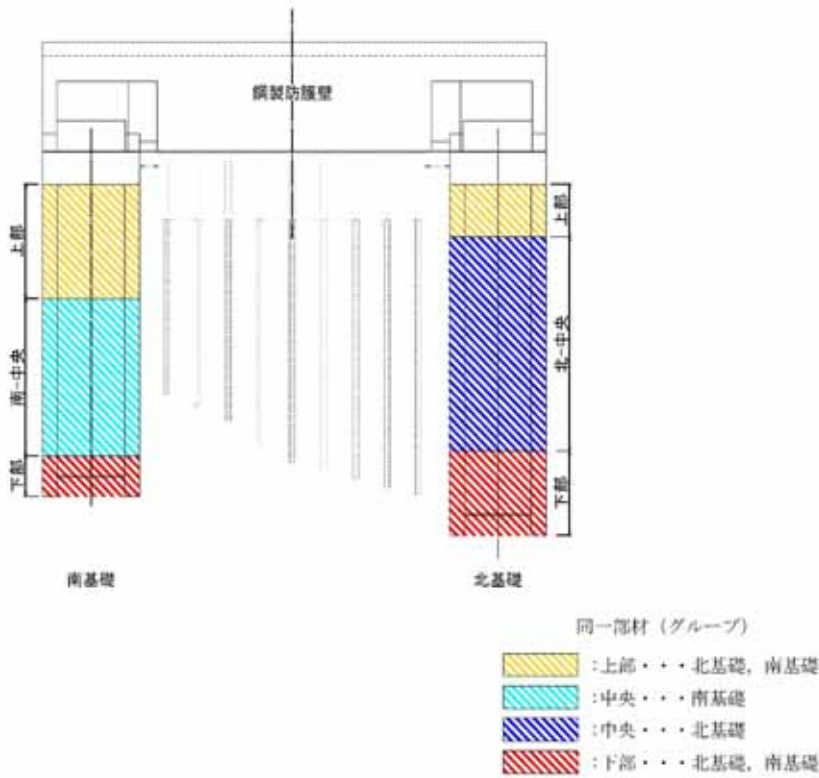


表 5-2 (1) 鉄筋の曲げ軸力照査における各評価位置での最大照査値（基準津波時）

解析 ケース	評価位置		断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)*2	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)*1		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
地盤パネ2	南基礎 -上部	③-③断面	15500	15500	13116	D51@150 (7段)	2236110	-179996	97.9	435	0.23
地盤パネ2		①-①断面	15500	15500	13116	D51@150 (7段)	-85024				
地盤パネ2	北基礎 -中央	②-②断面	15500	15500	13392	D51@150 (5段)	1769659	-135516	95.1	435	0.22
地盤パネ2		①-①断面	15500	15500	13392	D51@150 (5段)	99082				
地盤パネ2	南基礎 -中央	③-③断面	15500	15500	12180	D51@150 (17段)	2282457	-190805	70.6	435	0.17
地盤パネ2		①-①断面	15500	15500	12180	D51@150 (17段)	-78290				
地盤パネ2	北基礎 -下部	②-②断面	15500	15500	13578	D51@150 (4段)	1382102	-280393	24.3	435	0.06
地盤パネ2		①-①断面	15500	15500	13578	D51@150 (4段)	27756				

注記 *1：有効高は地中連続壁基礎，中実鉄筋コンクリートを合成した構造物として算出した高さを示す。
 *2：鉄筋仕様は地中連続壁基礎と中実鉄筋コンクリートでそれぞれ配筋する引張鉄筋の合計段数を示す。
 評価位置は下図に示す。
 @：鉄筋の配置間隔

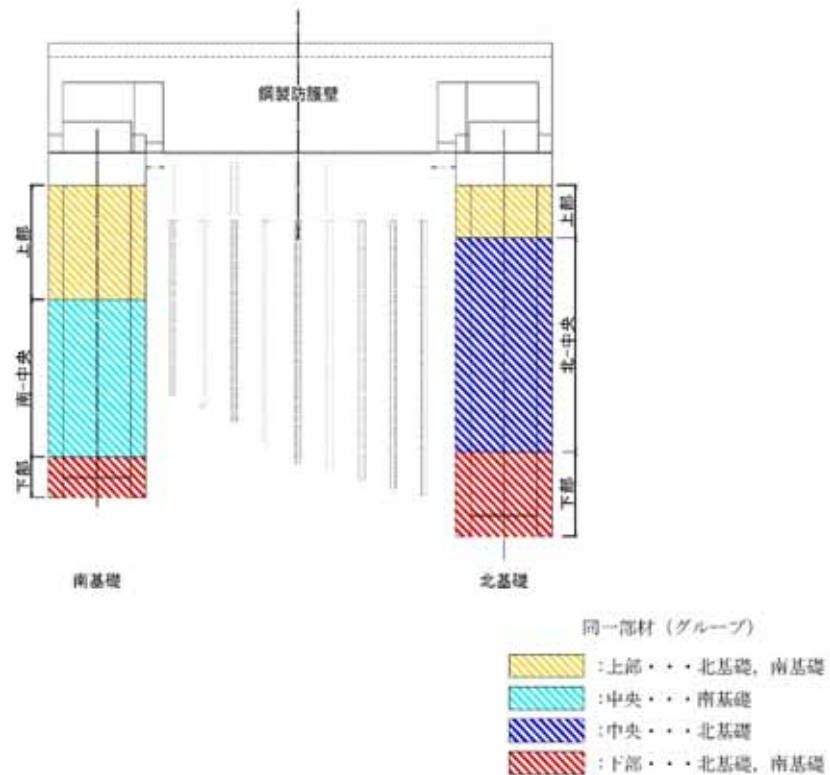


表 5-2 (2) 鉄筋の曲げ軸力照査における各評価位置での最大照査値（敷地に遡上する津波時）

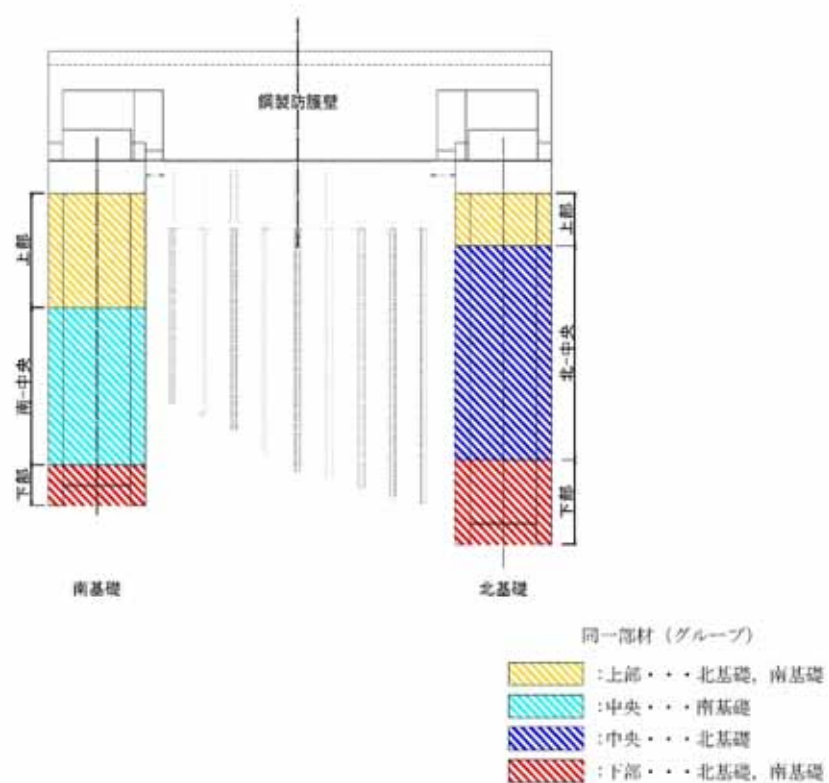
解析 ケース	評価位置		断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)*2	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)*1		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
地盤パネ2	南基礎 -上部	③-③断面	15500	15500	13116	D51@150 (7段)	3684864	-185303	191.5	478.5	0.41
地盤パネ2		①-①断面	15500	15500	13116	D51@150 (7段)	-93963				
地盤パネ2	北基礎 -中央	②-②断面	15500	15500	13392	D51@150 (5段)	3050507	-159454	189.4	478.5	0.40
地盤パネ2		①-①断面	15500	15500	13392	D51@150 (5段)	116338				
地盤パネ2	南基礎 -中央	③-③断面	15500	15500	12180	D51@150 (17段)	3860188	-217262	133.9	478.5	0.28
地盤パネ2		①-①断面	15500	15500	12180	D51@150 (17段)	-74382				
地盤パネ2	北基礎 -下部	②-②断面	15500	15500	13578	D51@150 (4段)	2304861	-287575	91.1	478.5	0.20
地盤パネ2		①-①断面	15500	15500	13578	D51@150 (4段)	42889				

注記 *1：有効高は地中連続壁基礎，中実鉄筋コンクリートを合成した構造物として算出した高さを示す。

*2：鉄筋仕様は地中連続壁基礎と中実鉄筋コンクリートでそれぞれ配筋する引張鉄筋の合計段数を示す。

評価位置は下図に示す。

@：鉄筋の配置間隔



(2) 地中連続壁基礎のせん断力に対する照査

地中連続壁基礎の鉄筋コンクリートのせん断力照査における各評価位置での最大照査値を表 5-3 に示す。

照査値は、断面寸法が同一で配筋も同一な部材はグループ化し、各グループで最も厳しい照査値となる部材の照査値を示す。

地中連続壁基礎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した。

表 5-3 (1) 鉄筋コンクリートのせん断力照査における各評価位置での最大照査値
(基準津波時)

解析 ケース	評価位置		断面性状			鉄筋仕様 (せん断補強筋) ^{*2}	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
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 ^{*1} d (mm)				
地盤バネ1	南基礎 -上部	①-①断面	15500	15500	14280	14-D38 @300	5657	226924	0.03
地盤バネ2					10270				
地盤バネ1	北基礎 -中央	②-②断面	15500	15500	14280	24-D38 @300	46498	335426	0.14
地盤バネ1					10420				
地盤バネ1	南基礎 -中央	①-①断面	15500	15500	14280	24-D38 @300	4442	335426	0.02
地盤バネ1					10420				
地盤バネ1	南基礎 -下部	③-③断面	15500	15500	14280	34-D35 @300	3370	410783	0.01
地盤バネ1					9520				
地盤バネ1	北基礎 -下部	③-③断面	15500	15500	14280	34-D35 @300	117966	410783	0.29
地盤バネ1					9520				
地盤バネ2	南基礎 -下部	③-③断面	15500	15500	14280	24-D38 @300	103585	337247	0.31
地盤バネ2					10495				
地盤バネ2	北基礎 -下部	①-①断面	15500	15500	14280	24-D38 @300	2324	337247	0.01
地盤バネ2					10495				

注記 *1: 有効高は地中連続壁基礎、中実鉄筋コンクリートを合成した構造物として算出した高さを示す。

*2: 鉄筋仕様は地中連続壁基礎と中実鉄筋コンクリートでそれぞれ配筋する引張鉄筋の合計段数を示す。

評価位置は下図に示す。

@: 鉄筋の配置間隔

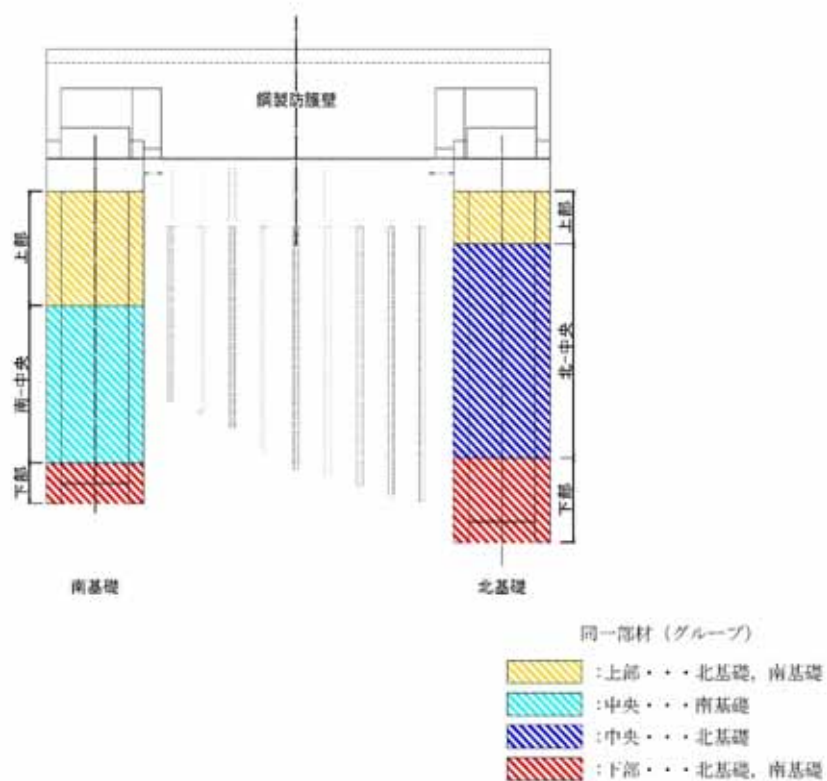


表 5-3 (2) 鉄筋コンクリートのせん断力照査における各評価位置での最大照査値
(敷地に遡上する津波時)

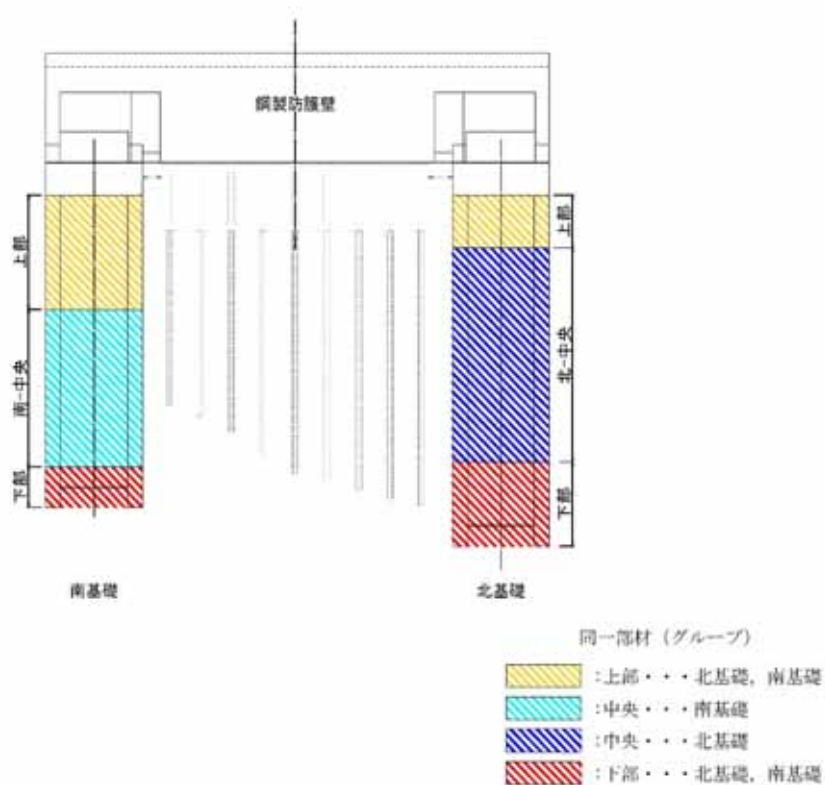
解析 ケース	評価位置		断面性状			鉄筋仕様 (せん断補強筋) ^{*2}	発生 せん断力 V (kN)	短期許容 せん断力 V _a (kN)	照査値 V/V _a
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 ^{*1} d (mm)				
地盤バネ1	北基礎 -上部	①-①断面	15500	15500	14280 10270	14-D38 @300	4520	264489	0.02
地盤バネ2	南基礎 -上部	③-③断面	15500	15500	14280 10270	14-D38 @300	174627	264489	0.67
地盤バネ1	北基礎 -中央	②-②断面	15500	15500	14280 10420	24-D38 @300	79316	383976	0.21
地盤バネ1		①-①断面	15500	15500	14280 10420	24-D38 @300	4328	383976	0.02
地盤バネ2	南基礎 -中央	③-③断面	15500	15500	14280 9520	34-D35 @300	196504	466060	0.43
地盤バネ2		①-①断面	15500	15500	14280 9520	34-D35 @300	3729	466060	0.01
地盤バネ2	南基礎 -下部	③-③断面	15500	15500	14280 10495	24-D38 @300	174757	386046	0.46
地盤バネ2	北基礎 -下部	①-①断面	15500	15500	14280 10495	24-D38 @300	2940	386046	0.01

注記 *1: 有効高は地中連続壁基礎、中実鉄筋コンクリートを合成した構造物として算出した高さを示す。

*2: 鉄筋仕様は地中連続壁基礎と中実鉄筋コンクリートでそれぞれ配筋する引張鉄筋の合計段数を示す。

評価位置は下図に示す。

@: 鉄筋の配置間隔



(3) 概略配筋図

各部材の評価結果で決定された配筋を図 5-1 及び図 5-2 に示す。

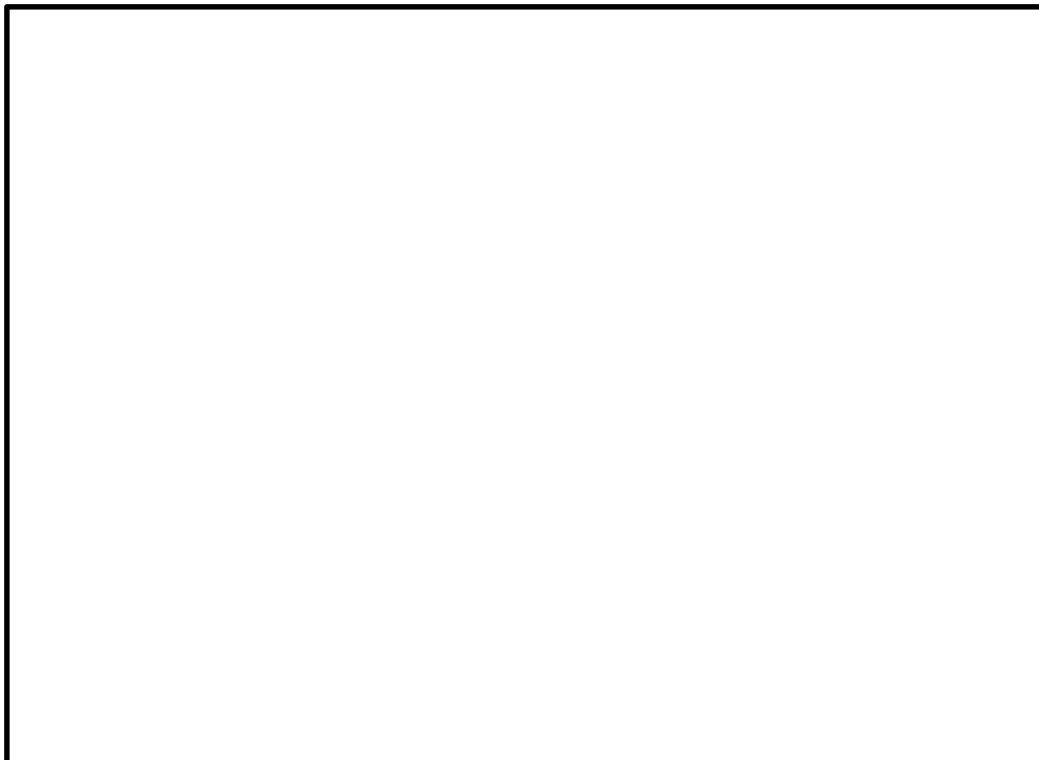


図 5-1 (1) 北基礎上部概略配筋図



図 5-1 (2) 北基礎中央概略配筋図

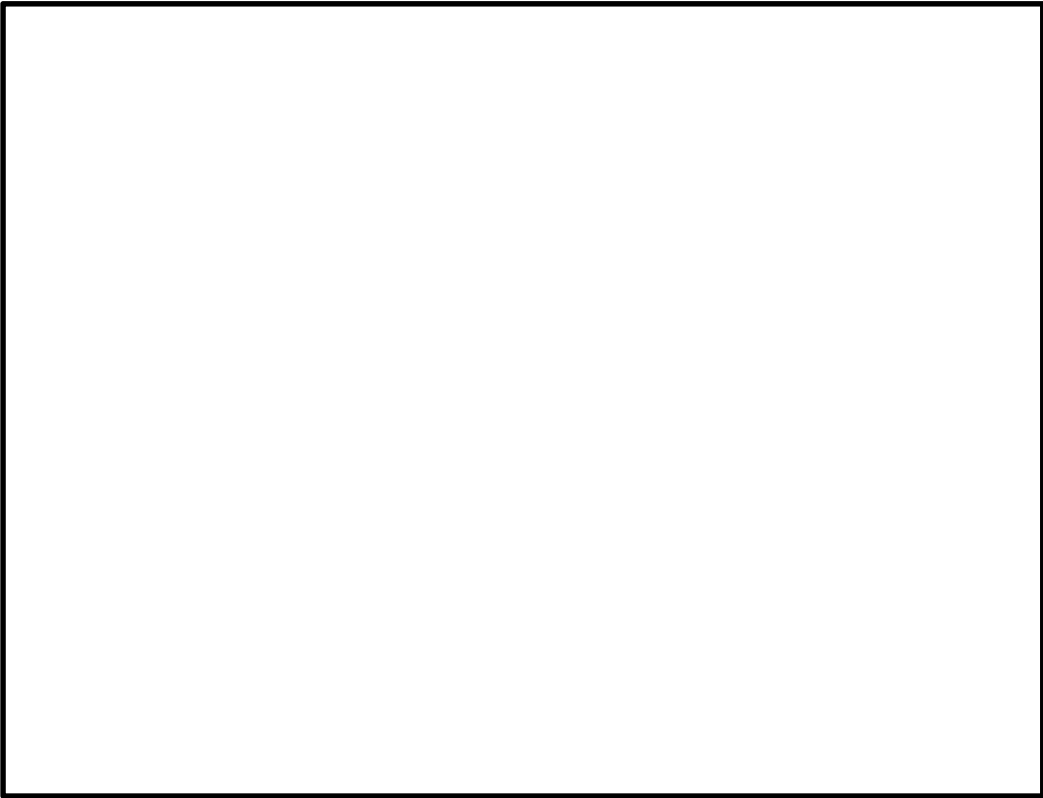


図 5-1 (3) 北基礎下部概略配筋図

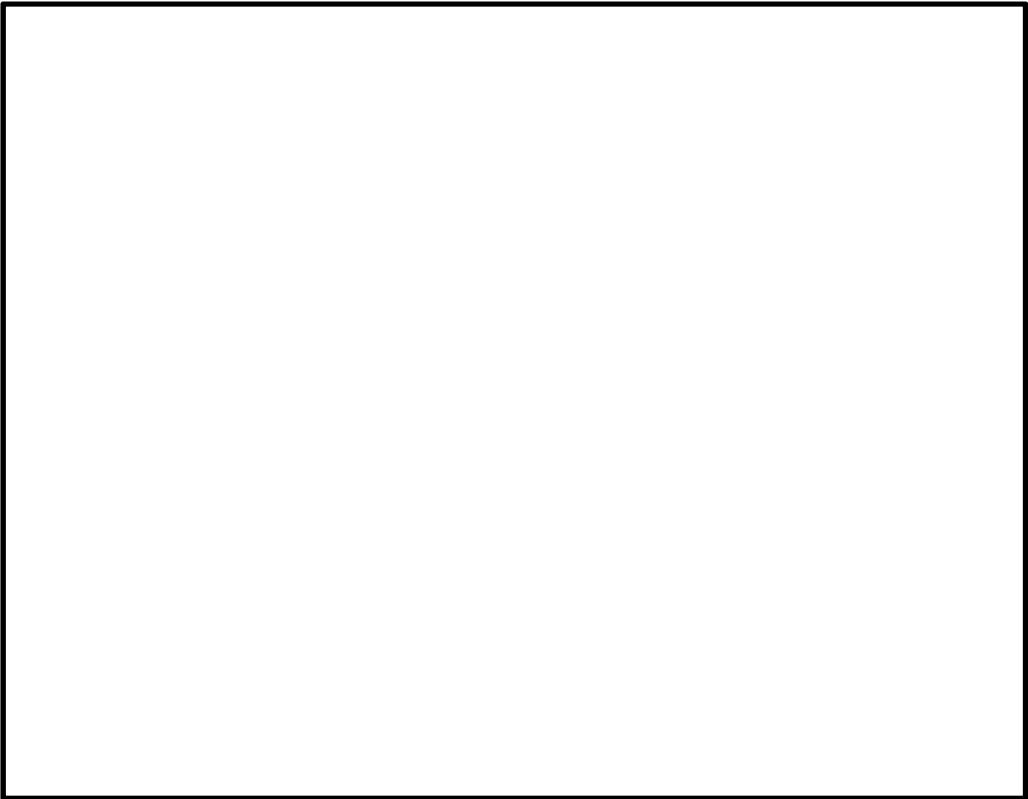


図 5-2 (1) 南基礎上部概略配筋図

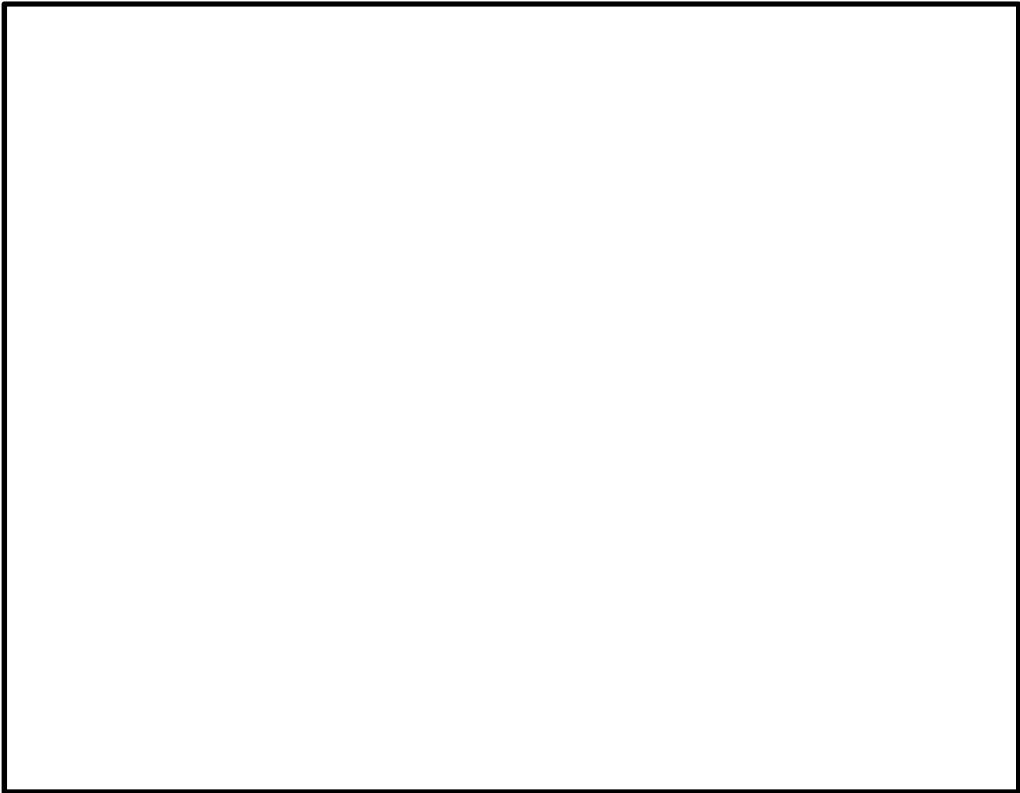


図 5-2 (2) 南基礎中央概略配筋図

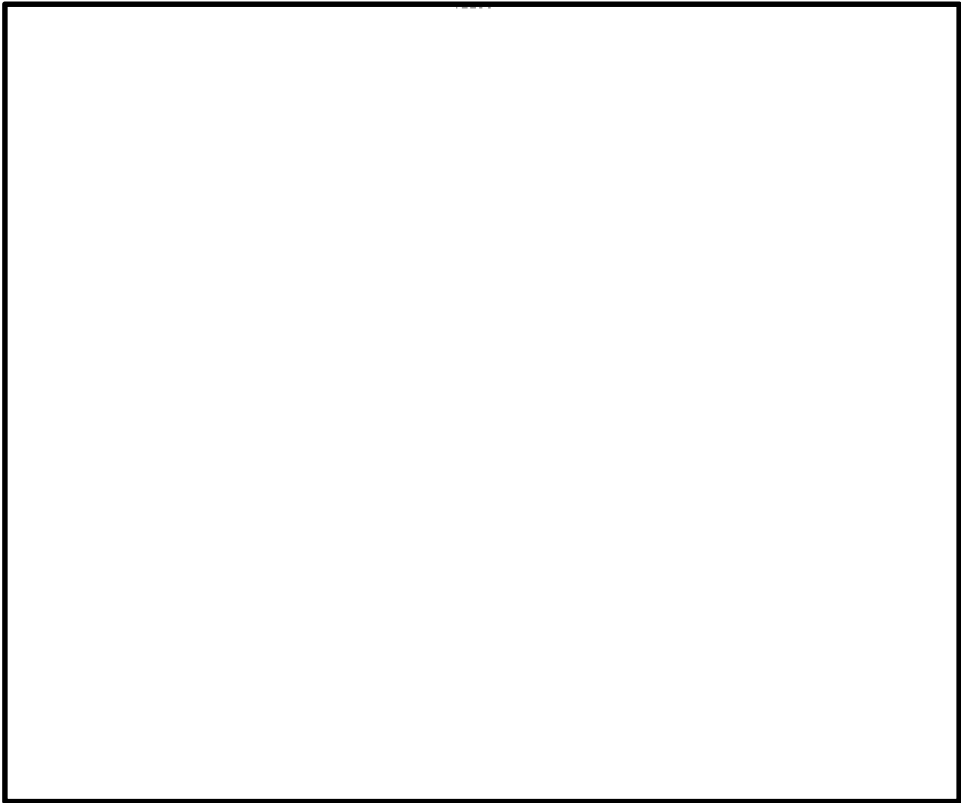


図 5-2 (3) 南基礎下部概略配筋図

5.1.2 地中連続壁基礎と中実鉄筋コンクリートの一体化に対する評価結果
ジベル鉄筋の配置及びせん断力の照査結果を表 5-11 に示す。ジベル鉄筋の仕様及び配置図を図 5-3 に示す。

表 5-11 ジベル鉄筋の配置及びせん断力の照査結果

評価部位		ジベル鉄筋配置		発生せん断力 (kN/m)	短期許容 せん断力 (kN/m)	照査値
		水平方向	鉛直方向			
南基礎	上部	D29@300	D29@150	86499	149163	0.58
	中央	D29@150	D29@150	90132	290841	0.31
	下部	D29@300	D29@150	31693	116902	0.28
北基礎	上部	D29@300	D29@150	36610	82243	0.45
	中央	D29@150	D29@150	55468	221938	0.25
	下部	D29@300	D29@150	30905	87127	0.36

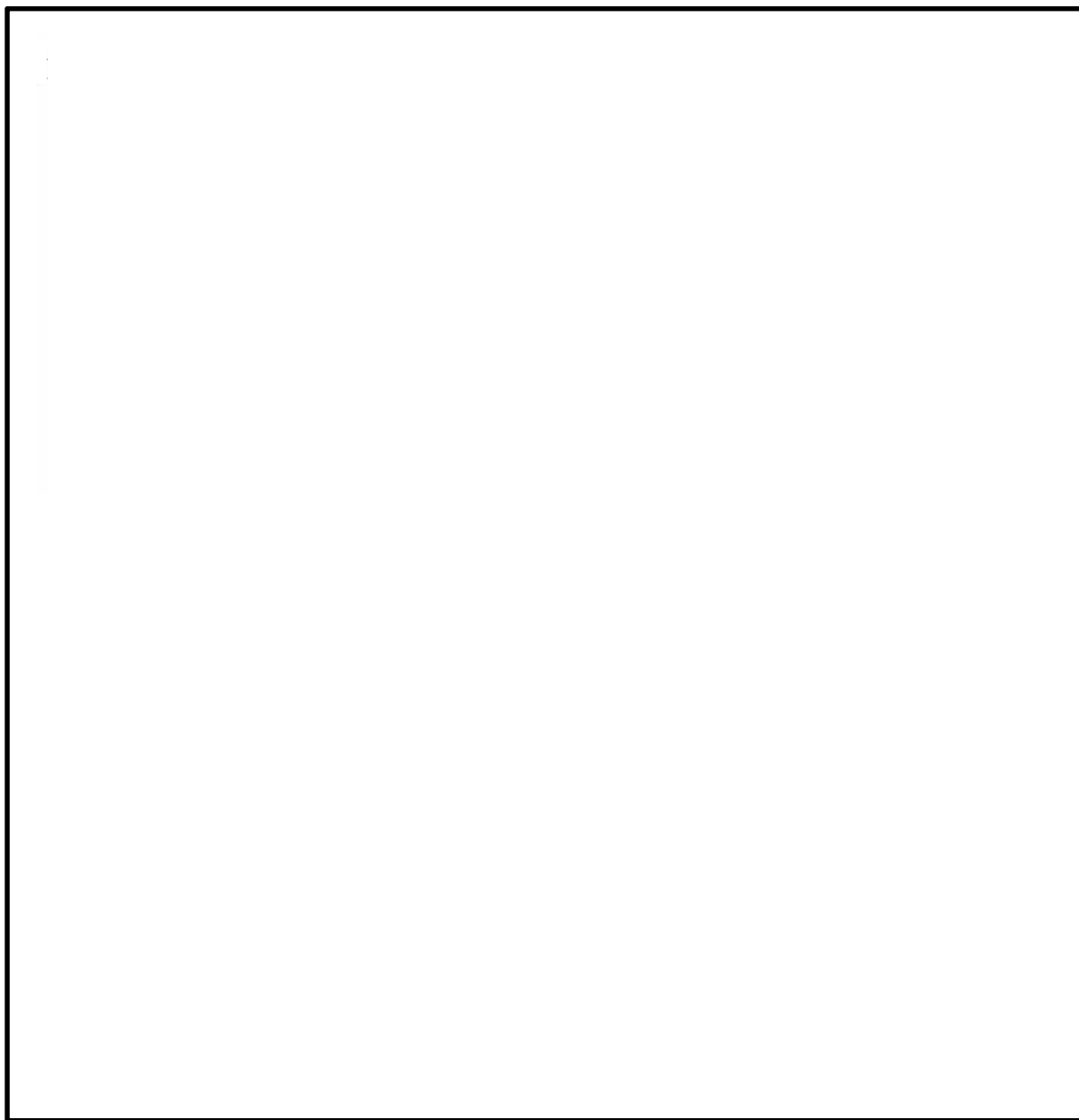


図 5-3 (1) ジベル鉄筋の仕様及び配置図 (南基礎上部・北基礎上部)

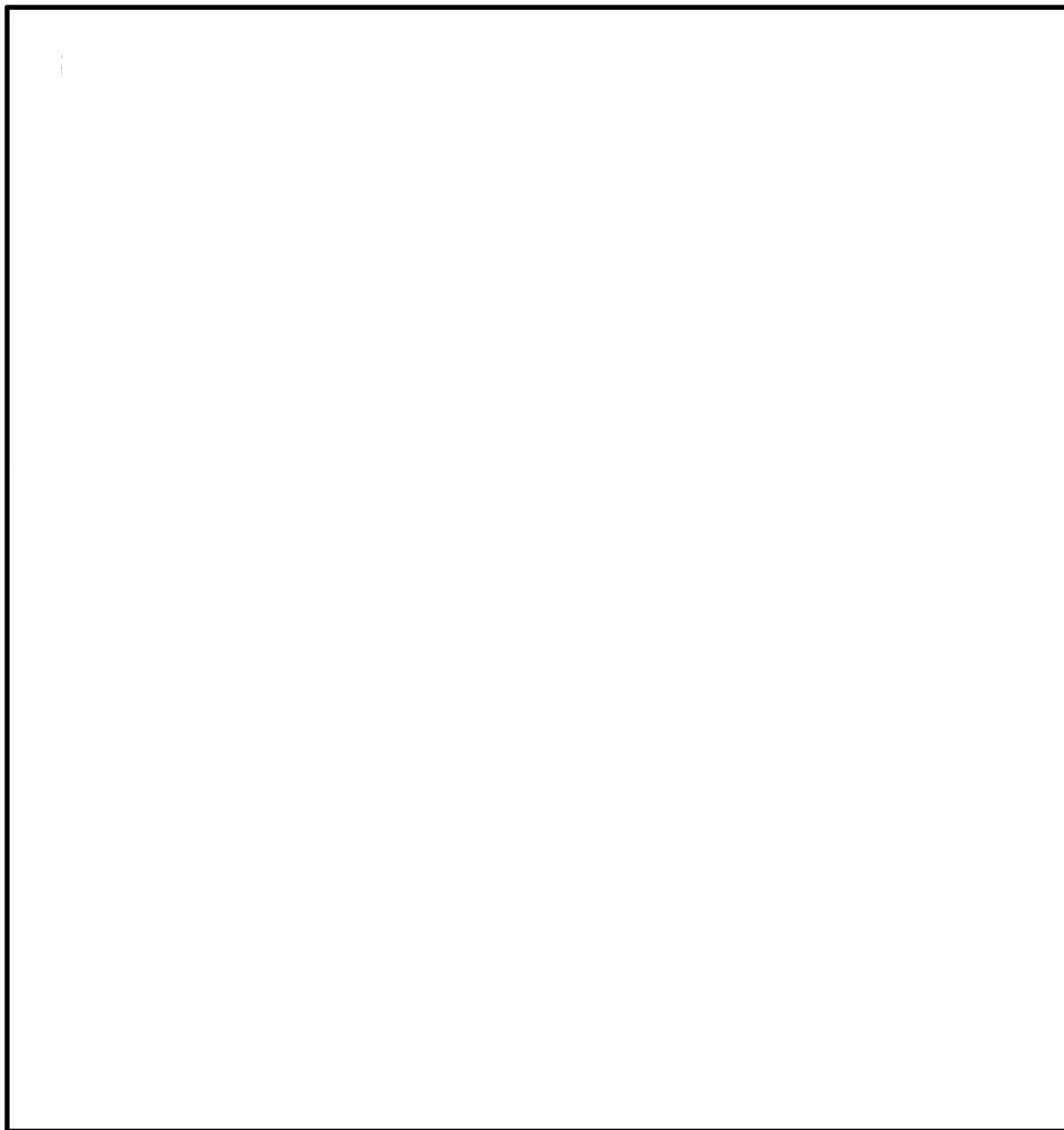


図 5-3 (2) ジベル鉄筋の仕様及び配置図 (南基礎中央)

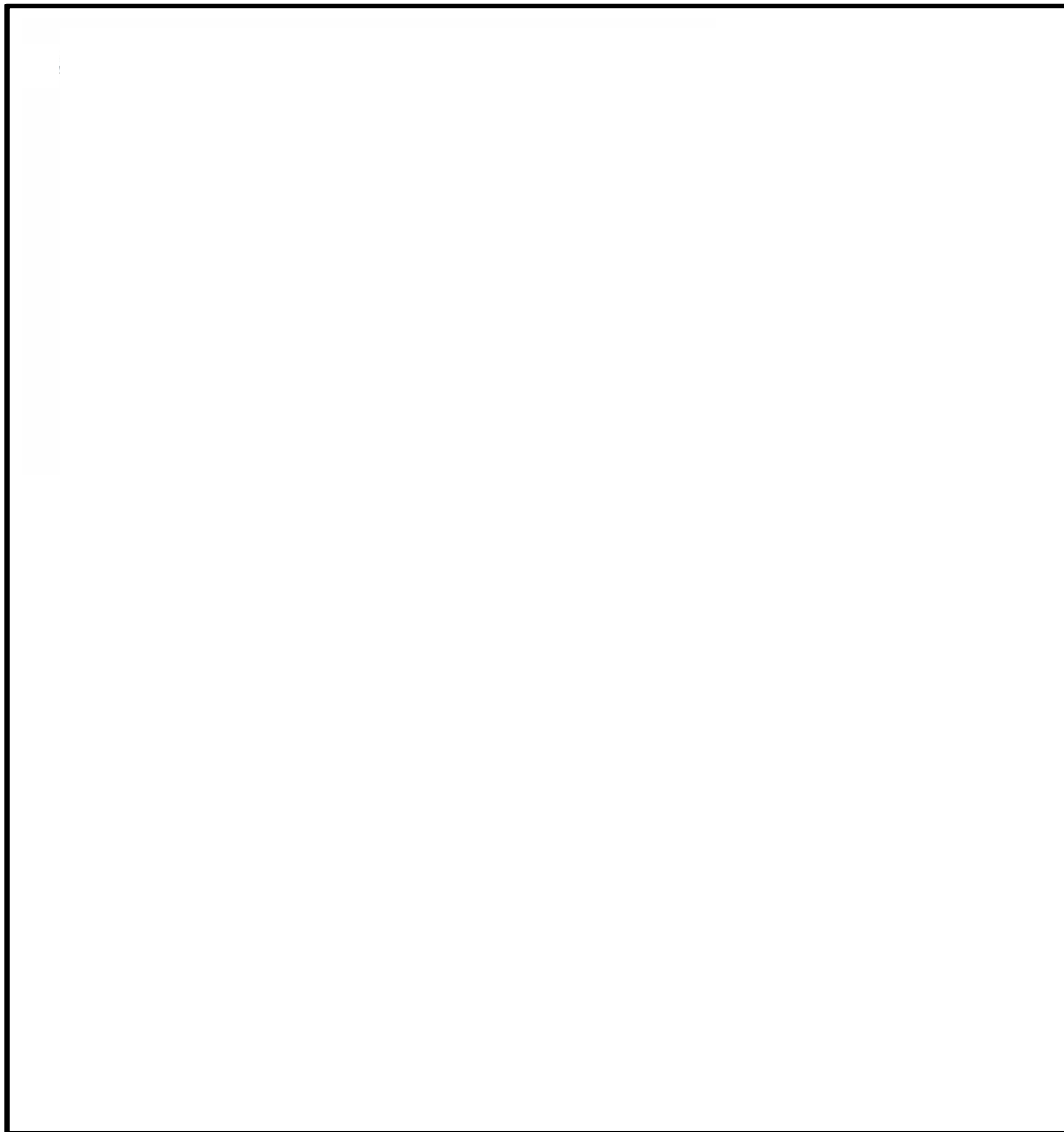


図 5-3 (3) ジベル鉄筋の仕様及び配置図 (北基礎中央)

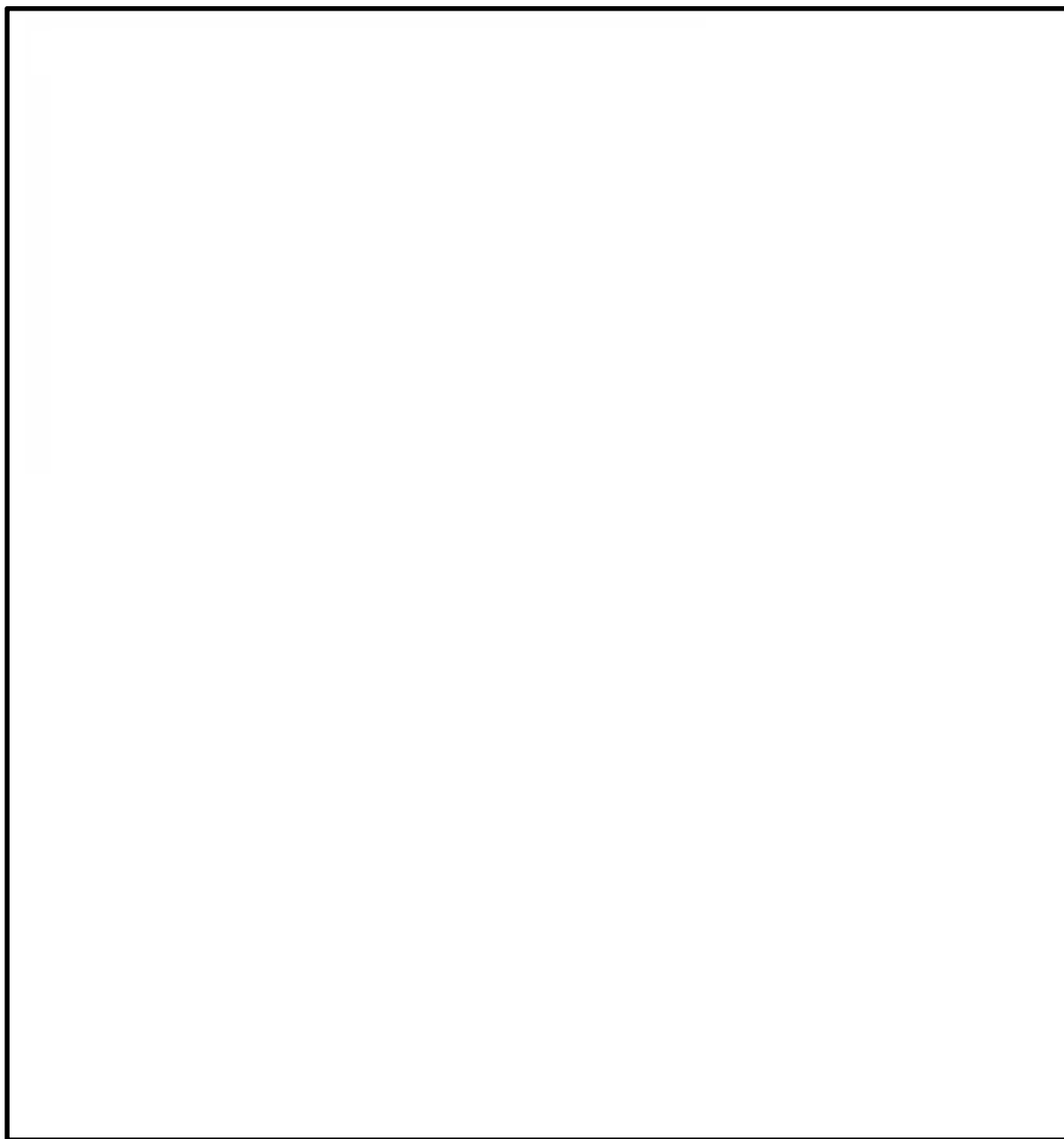


図 5-3 (4) ジベル鉄筋の仕様及び配置図（南基礎下部・北基礎下部）

5.1.2 止水ジョイント部の相対変位量に対する評価結果

津波時の止水ジョイント部の異種構造物間の相対変位量に対する照査結果を表 5-4 及び表 5-5 に示す。

津波時における止水ジョイント部の異種構造物間の相対変位量に対する照査を行った結果、止水ジョイント部の相対変位量が許容限界以下であることを確認した。

表 5-4 津波時相対変位量（天端）

	δ_x (m)	δ_y (m)	δ_z (m)	3 成分 合成 (m)	許容限界 (m)
地震時最終変位（鋼製防護壁）	0.031	0.240	0.014		
地震時最終変位（鉄筋コンクリート防潮壁）	0.198	0.408	0.019		
津波時（鋼製防護壁）	0.002	0.217	0.005		
合計	0.231	0.865	0.038	0.896	2.0

表 5-5 津波時相対変位量（地表面）

	δ_x (m)	δ_y (m)	δ_z (m)	3 成分 合成 (m)	許容限界 (m)
地震時最終変位（鋼製防護壁）	0.031	0.240	0.014		
地震時最終変位（鉄筋コンクリート防潮壁）	0.198	0.408	0.019		
津波時（鋼製防護壁）	0.000	0.149	0.005		
合計	0.229	0.797	0.038	0.896	2.0

5.2 重畳時

5.2.1 1次元有効応力解析結果

(1) 北基礎

北基礎における1次元有効応力解析結果から地表面水平最大加速度，地表面最大変位，最大せん断ひずみをまとめたものを表5-6に示す。

表 5-6 1次元有効応力解析結果（北基礎）

解析ケース	① 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース）	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 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
地表面最大水平加速度 (cm/s ²)	127.01	128.97	135.67	82.35	189.20	191.15
地表面最大変位 (cm)	9.77	8.47	12.30	21.22	10.24	8.82
最大せん断ひずみ	3.83×10^{-2}	3.26×10^{-2}	3.92×10^{-2}	4.27×10^{-2}	3.46×10^{-3}	2.92×10^{-3}

表 5-6 より，地盤バネ 3 は地表面最大加速度が発生する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，地盤バネ 4 は地表面最大変位が発生する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，地盤バネ 5 は最大せん断ひずみが発生する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に基づき設定する。それぞれ地表面最大加速度発生時刻，地表面最大変位発生時刻，最大せん断ひずみ発生時刻における平均有効主応力 σ'_m 及びせん断ひずみ γ の深度分布により求められる地盤剛性及び反力上限値を用いて地盤バネを設定する。

(2) 南基礎

南基礎における 1 次元有効応力解析結果から地表面水平最大加速度，地表面最大変位，最大せん断ひずみをまとめたものを表 5-7 に示す。

表 5-7 1 次元有効応力解析結果（南基礎）

解析ケース	① 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース）	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 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
地表面最大水平加速度 (cm/s ²)	193.47	163.82	195.14	86.26	215.61	219.92
地表面最大変位 (cm)	11.00	8.57	10.11	21.27	7.84	7.05
最大せん断ひずみ	4.17×10^{-2}	3.47×10^{-2}	3.76×10^{-2}	4.53×10^{-2}	3.52×10^{-3}	3.17×10^{-3}

表 5-7 より，地盤バネ 3 は地表面最大加速度が発生する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，地盤バネ 4 は地表面最大変位が発生する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，地盤バネ 5 は最大せん断ひずみが発生する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に基づき設定する。それぞれ地表面最大加速度発生時刻，地表面最大変位発生時刻，最大せん断ひずみ発生時刻における平均有効主応力 σ'_m 及びせん断ひずみ γ の深度分布により求められる地盤剛性及び反力上限値を用いて地盤バネを設定する。

5.2.2 地中連続壁基礎の評価結果

(1) 地中連続壁基礎の曲げ軸力に対する評価結果

地中連続壁基礎のコンクリートの曲げ軸力照査における各評価位置での最大照査値を表 5-8 に、鉄筋の曲げ軸力照査における各評価位置での最大照査値を表 5-9 にそれぞれ示す。

照査値は、断面寸法が同一で配筋も同一な部材はグループ化し、各グループで最も厳しい照査値となる部材の照査値を示す。

地中連続壁基礎における許容応力度法による照査を行った結果、評価位置におけるコンクリートの曲げ圧縮応力と鉄筋の曲げ引張応力が許容限界以下であることを確認した。

表 5-8 (1) コンクリートの曲げ軸力照査における各評価位置での最大照査値 (基準津波時)

解析 ケース	評価位置		断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)*2	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)*1		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
地盤パネ5	南基礎 -上部	③-③断面	15500	15500	13116	D51@150 (7段)	3088075	-177067	10.9	21	0.52
地盤パネ5		①-①断面	15500	15500	13116	D51@150 (7段)	1848155				
地盤パネ5	北基礎 -中央	②-②断面	15500	15500	13392	D51@150 (5段)	3026622	-229423	13.1	21	0.63
地盤パネ5		①-①断面	15500	15500	13392	D51@150 (5段)	2264383				
地盤パネ5	南基礎 -中央	③-③断面	15500	15500	12180	D51@150 (17段)	3693993	-237493	14.5	21	0.70
地盤パネ5		①-①断面	15500	15500	12180	D51@150 (17段)	4228787				
地盤パネ3	北基礎 -下部	②-②断面	15500	15500	13578	D51@150 (4段)	3272978	-250130	8.7	21	0.42
地盤パネ3		①-①断面	15500	15500	13578	D51@150 (4段)	350488				

注記 *1: 有効高は地中連続壁基礎, 中実鉄筋コンクリートを合成した構造物として算出した高さを示す。

*2: 鉄筋仕様は地中連続壁基礎と中実鉄筋コンクリートでそれぞれ配筋する引張鉄筋の合計段数を示す。

評価位置は下図に示す。

照査値は3方向独立载荷による最大断面力に対する組合せ係数法 (1.0 : 0.4 : 0.4) により算定

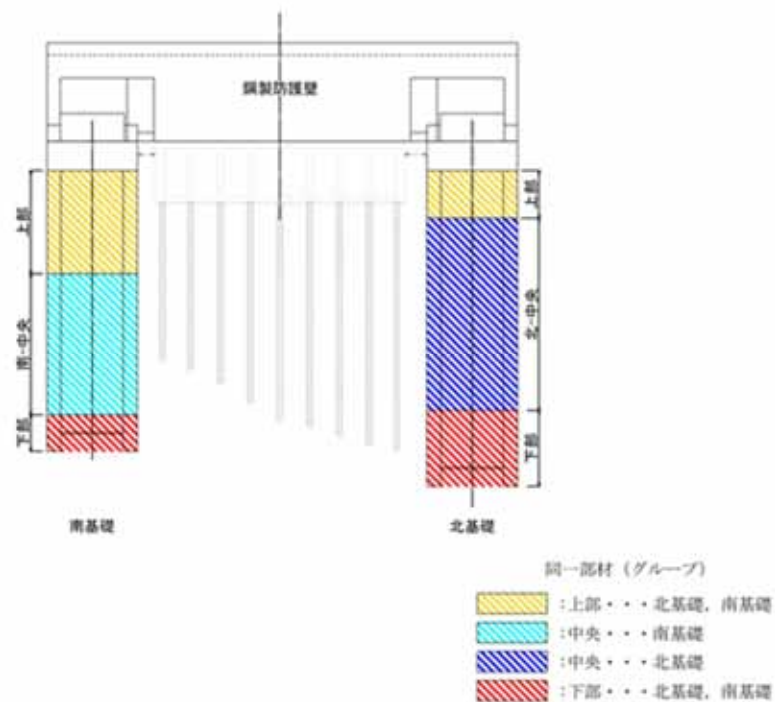


表 5-8 (2) コンクリートの曲げ軸力照査における各評価位置での最大照査値
(敷地に遡上する津波時)

解析 ケース	評価位置		断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋) ^{*2}	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) ^{*1}		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
地盤パネ5	南基礎 -上部	③-③断面	15500	15500	13116	D51@150 (7段)	5398959	-182084	15.8	28	0.57
地盤パネ5		①-①断面	15500	15500	13116	D51@150 (7段)	1857238				
地盤パネ5	北基礎 -中央	②-②断面	15500	15500	13392	D51@150 (5段)	4927495	-252851	17.6	28	0.63
地盤パネ5		①-①断面	15500	15500	13392	D51@150 (5段)	2269559				
地盤パネ5	南基礎 -中央	③-③断面	15500	15500	12180	D51@150 (17段)	6839599	-242108	20.2	28	0.73
地盤パネ5		①-①断面	15500	15500	12180	D51@150 (17段)	4235114				
地盤パネ3	北基礎 -下部	②-②断面	15500	15500	13578	D51@150 (4段)	5564303	-262963	14.3	28	0.52
地盤パネ3		①-①断面	15500	15500	13578	D51@150 (4段)	374565				

注記 *1: 有効高は地中連続壁基礎、中実鉄筋コンクリートを合成した構造物として算出した高さを示す。

*2: 鉄筋仕様は地中連続壁基礎と中実鉄筋コンクリートでそれぞれ配筋する引張鉄筋の合計段数を示す。

評価位置は下図に示す。

照査値は3方向独立载荷による最大断面力に対する組合せ係数法 (1.0 : 0.4 : 0.4) により算定

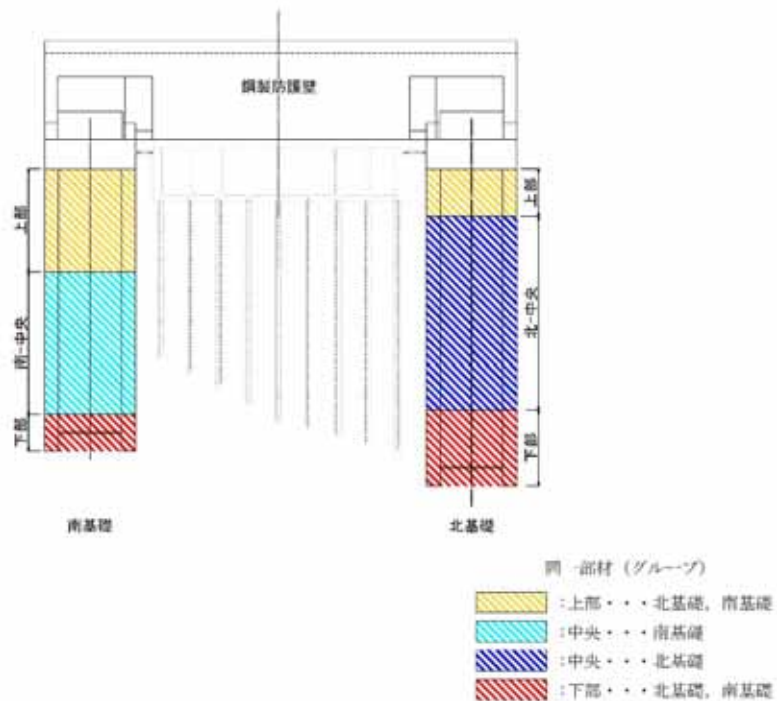


表 5-9 (1) 鉄筋の曲げ軸力照査における各評価位置での最大照査値（基準津波時）

解析 ケース	評価位置		断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋) ^{*2}	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) ^{*1}		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
地盤パネ5	南基礎 -上部	③-③断面	15500	15500	13116	D51@150 (7段)	3063041	-145166	236.7	435	0.55
地盤パネ5		①-①断面	15500	15500	13116	D51@150 (7段)	-1840666				
地盤パネ5	北基礎 -中央	②-②断面	15500	15500	13392	D51@150 (5段)	2996436	-176482	283.0	435	0.66
地盤パネ5		①-①断面	15500	15500	13392	D51@150 (5段)	-2198040				
地盤パネ5	南基礎 -中央	③-③断面	15500	15500	12180	D51@150 (17段)	3689466	-206326	267.5	435	0.62
地盤パネ5		①-①断面	15500	15500	12180	D51@150 (17段)	-4131276				
地盤パネ3	北基礎 -下部	②-②断面	15500	15500	13578	D51@150 (4段)	3272978	-250130	204.8	435	0.48
地盤パネ3		①-①断面	15500	15500	13578	D51@150 (4段)	350488				

注記 *1：有効高は地中連続壁基礎，中実鉄筋コンクリートを合成した構造物として算出した高さを示す。

*2：鉄筋仕様は地中連続壁基礎と中実鉄筋コンクリートでそれぞれ配筋する引張鉄筋の合計段数を示す。

評価位置は下図に示す。

照査値は3方向独立载荷による最大断面力に対する組合せ係数法（1.0：0.4：0.4）により算定

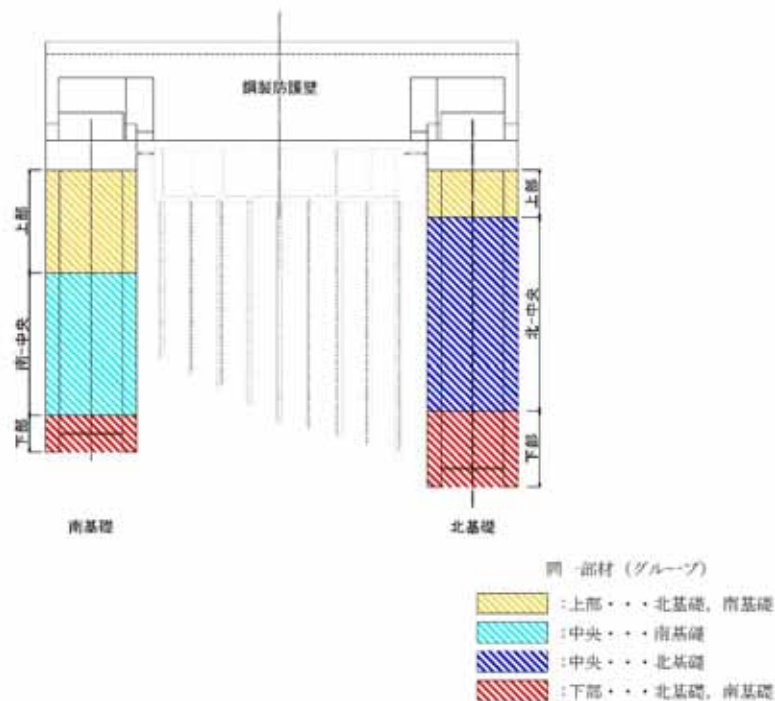


表 5-9 (2) 鉄筋の曲げ軸力照査における各評価位置での最大照査値（敷地に遡上する津波時）

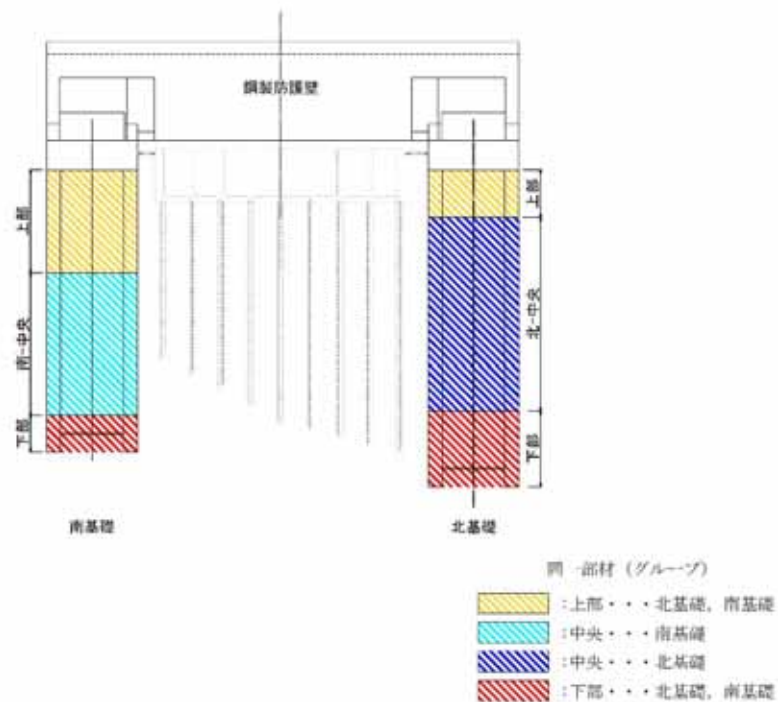
解析 ケース	評価位置		断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋) *2	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm) *1		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
地盤パネ5	南基礎 -上部	③-③断面	15500	15500	13116	D51@150 (7段)	5373564	-150026	385.7	478.5	0.81
地盤パネ5		①-①断面	15500	15500	13116	D51@150 (7段)	-1853625				
地盤パネ3	北基礎 -中央	②-②断面	15500	15500	13392	D51@150 (5段)	6412679	-255807	445.0	478.5	0.93
地盤パネ3		①-①断面	15500	15500	13392	D51@150 (5段)	290545				
地盤パネ5	南基礎 -中央	③-③断面	15500	15500	12180	D51@150 (17段)	6834818	-210795	393.9	478.5	0.83
地盤パネ5		①-①断面	15500	15500	12180	D51@150 (17段)	-4142814				
地盤パネ3	北基礎 -下部	②-②断面	15500	15500	13578	D51@150 (4段)	5564303	-262963	411.4	478.5	0.86
地盤パネ3		①-①断面	15500	15500	13578	D51@150 (4段)	374565				

注記 *1：有効高は地中連続壁基礎，中実鉄筋コンクリートを合成した構造物として算出した高さを示す。

*2：鉄筋仕様は地中連続壁基礎と中実鉄筋コンクリートでそれぞれ配筋する引張鉄筋の合計段数を示す。

評価位置は下図に示す。

照査値は3方向独立载荷による最大断面力に対する組合せ係数法（1.0：0.4：0.4）により算定



(2) 地中連続壁基礎のせん断力に対する照査

地中連続壁基礎の鉄筋コンクリートのせん断力照査における各評価位置での最大照査値を表 5-10 に示す。

照査値は，断面寸法が同一で配筋も同一な部材はグループ化し，各グループで最も厳しい照査値となる部材の照査値を示す。

地中連続壁基礎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した。

表 5-10 (1) 鉄筋コンクリートのせん断力照査における各評価位置での最大照査値
(基準津波時)

解析 ケース	評価位置		断面性状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)*2	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
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高*1 d (mm)				
地盤パネ3	南基礎 -上部	③-③断面	15500	15500	14280	14-D38 @300	142726	226924	0.63
地盤パネ5					10270				
地盤パネ5	北基礎 -中央	②-②断面	15500	15500	14280	24-D38 @300	249808	335426	0.75
地盤パネ5					10420				
地盤パネ5	南基礎 -中央	①-①断面	15500	15500	14280	24-D38 @300	205156	335426	0.62
地盤パネ5					10420				
地盤パネ4	南基礎 -中央	③-③断面	15500	15500	14280	34-D35 @300	219757	410783	0.54
地盤パネ5					9520				
地盤パネ5	北基礎 -下部	②-②断面	15500	15500	14280	24-D38 @300	251073	337247	0.75
地盤パネ5					10495				
地盤パネ5	南基礎 -下部	①-①断面	15500	15500	14280	24-D38 @300	206629	337247	0.62
地盤パネ5					10495				

注記 *1: 有効高は地中連続壁基礎、中実鉄筋コンクリートを合成した構造物として算出した高さを示す。

*2: 鉄筋仕様は地中連続壁基礎と中実鉄筋コンクリートでそれぞれ配筋する引張鉄筋の合計段数を示す。

評価位置は下図に示す。

照査値は3方向独立载荷による最大断面力に対する組合せ係数法 (1.0 : 0.4 : 0.4) により算定

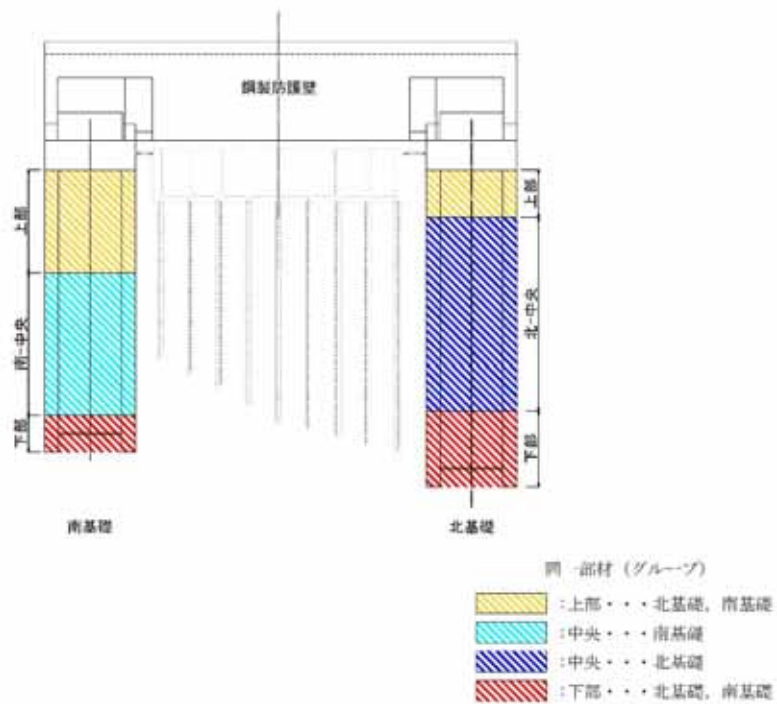


表 5-10 (2) 鉄筋コンクリートのせん断力照査における各評価位置での最大照査値
(敷地に遡上する津波時)

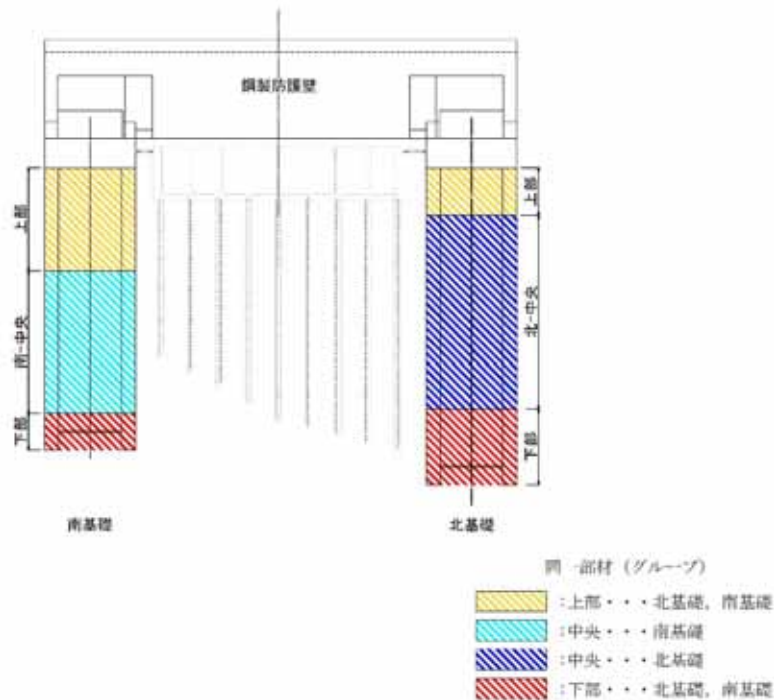
解析 ケース	評価位置		断面性状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)* ²	発生 せん断力 V (kN)	短期許容 せん断力 V _a (kN)	照査値 V/V _a
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高* ¹ d (mm)				
地盤バネ3	南基礎 -上部	③-③断面	15500	15500	14280	14-D38 @300	221890	264489	0.84
地盤バネ5					10270				
地盤バネ5	北基礎 -中央	②-②断面	15500	15500	14280	24-D38 @300	274505	383976	0.72
地盤バネ5					10420				
地盤バネ5	南基礎 -中央	①-①断面	15500	15500	14280	24-D38 @300	206924	383976	0.54
地盤バネ5					10420				
地盤バネ4	南基礎 -下部	③-③断面	15500	15500	14280	34-D35 @300	342162	466060	0.74
地盤バネ5					9520				
地盤バネ5	北基礎 -下部	①-①断面	15500	15500	14280	34-D35 @300	217160	466060	0.47
地盤バネ5					9520				
地盤バネ4	南基礎 -上部	③-③断面	15500	15500	14280	24-D38 @300	322918	386046	0.84
地盤バネ5					10495				
地盤バネ5	北基礎 -上部	①-①断面	15500	15500	14280	24-D38 @300	208397	386046	0.54
地盤バネ5					10495				

注記 *1: 有効高は地中連続壁基礎、中実鉄筋コンクリートを合成した構造物として算出した高さを示す。

*2: 鉄筋仕様は地中連続壁基礎と中実鉄筋コンクリートでそれぞれ配筋する引張鉄筋の合計段数を示す。

評価位置は下図に示す。

照査値は3方向独立载荷による最大断面力に対する組合せ係数法 (1.0 : 0.4 : 0.4) により算定



(3) 概略配筋図

各部材の評価結果で決定された配筋を図 5-4 及び図 5-5 に示す。

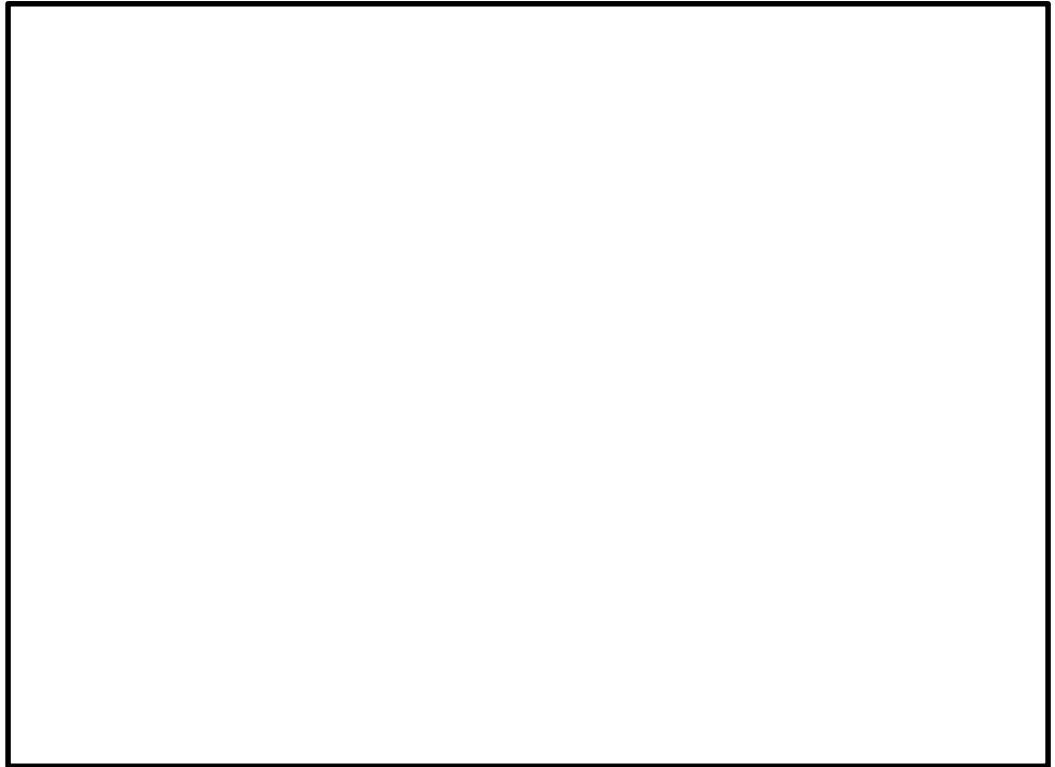


図 5-4 (1) 北基礎上部配筋要領図

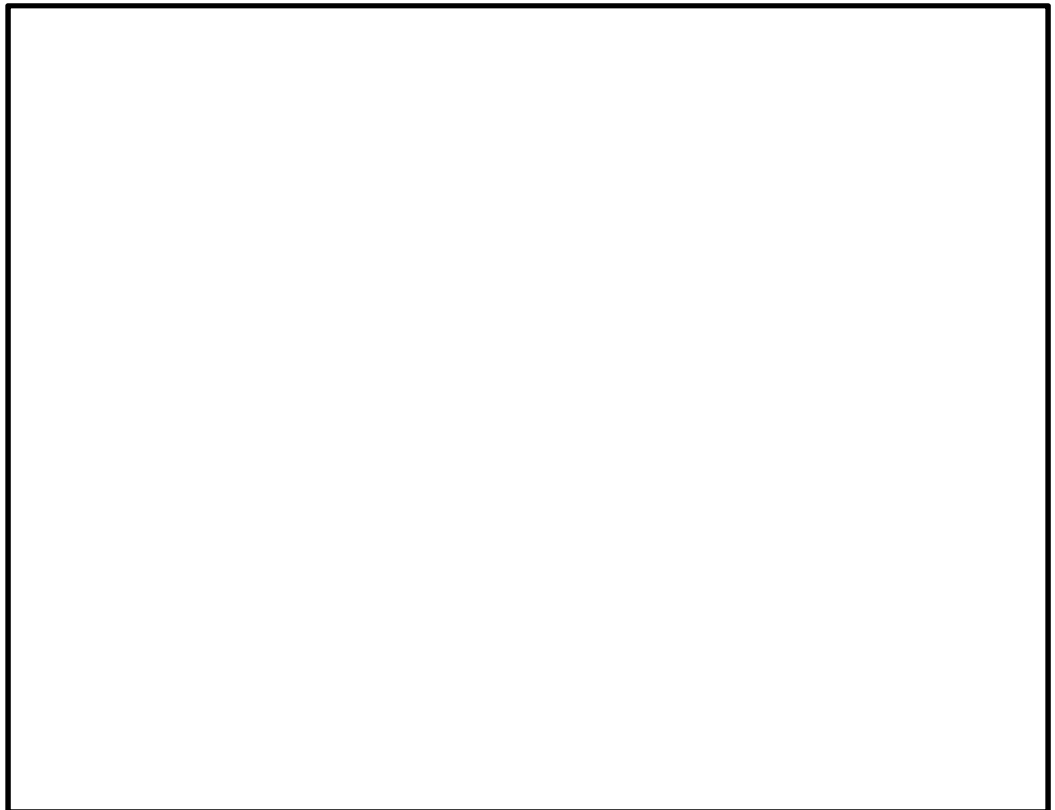


図 5-4 (2) 北基礎中央配筋要領図

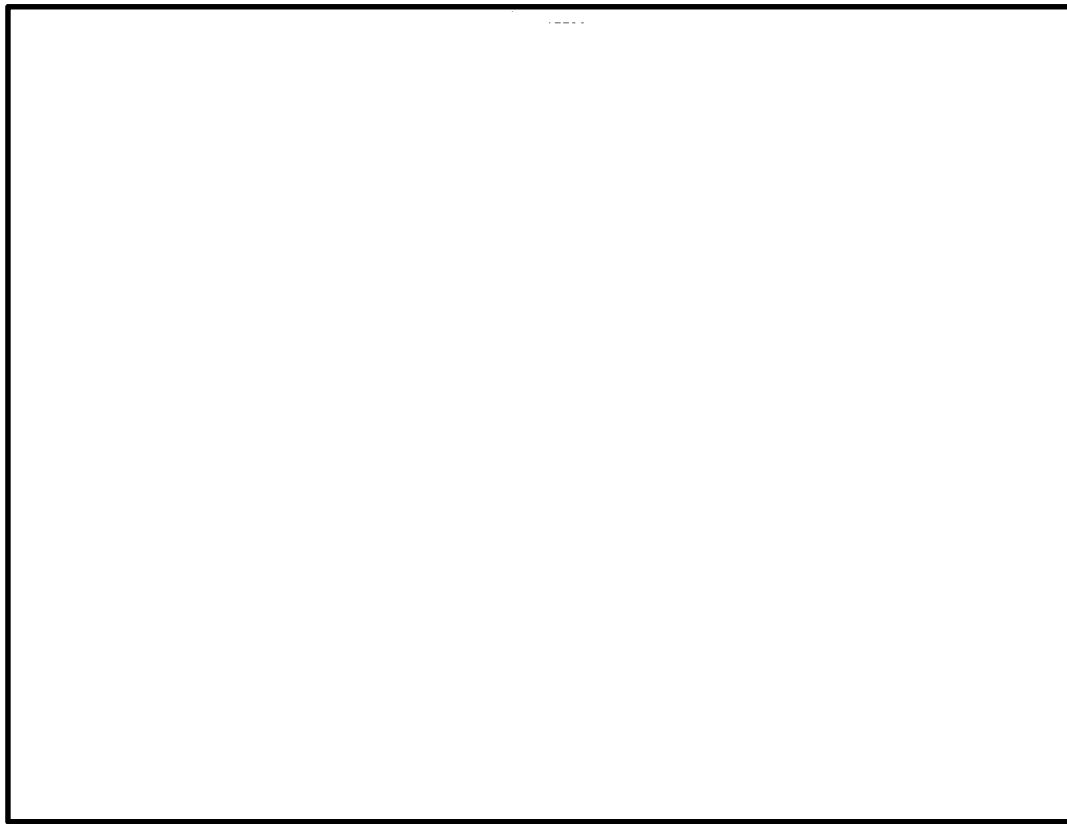


図 5-4 (3) 北基礎下部配筋要領図

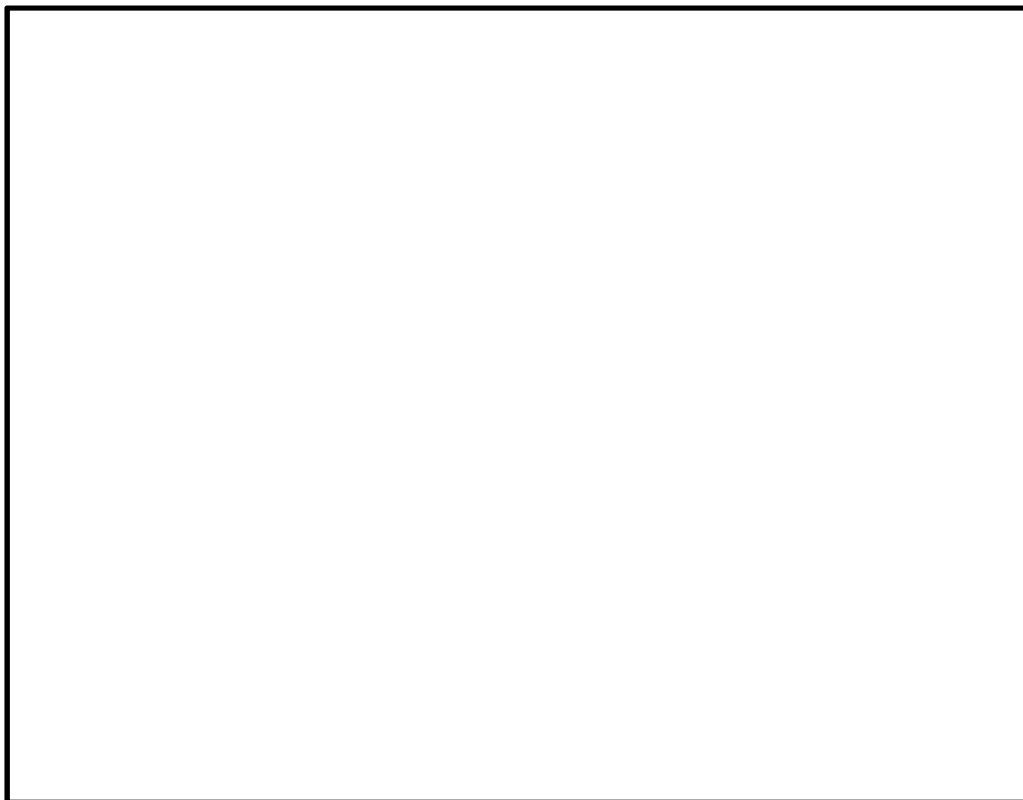


図 5-5 (1) 南基礎上部配筋要領図

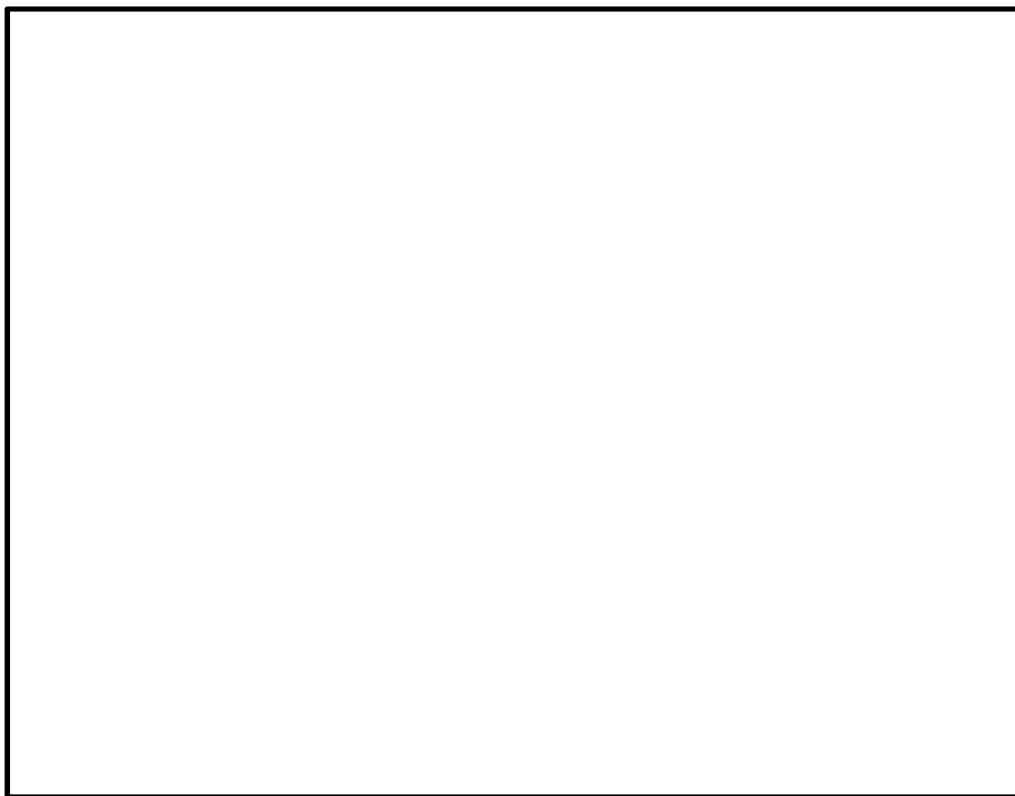


図 5-5 (2) 南基礎中央配筋要領図

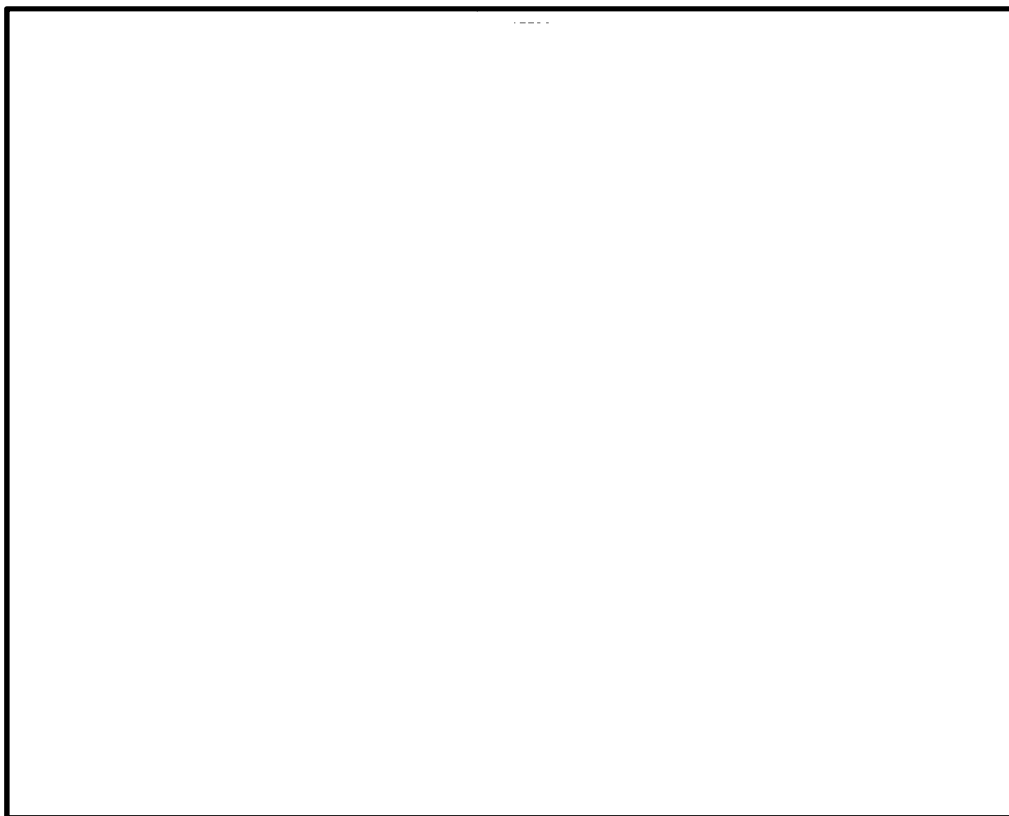


図 5-5 (3) 南基礎下部配筋要領図

5.2.3 地中連続壁基礎と中実鉄筋コンクリートの一体化に対する評価結果

ジベル鉄筋の配置及びせん断力の照査結果を表 5-11 に示す。ジベル鉄筋の仕様及び配置図を図 5-6 に示す。

ジベル鉄筋の発生せん断力が許容限界以下であることを確認した。

表 5-11 ジベル鉄筋の配置及びせん断力の照査結果

評価部位		ジベル鉄筋配置		発生せん断力 (kN/m)	短期許容 せん断力 (kN/m)	照査値
		水平方向	鉛直方向			
南基礎	上部	D29@300	D29@150	141755	149163	0.96
	中央	D29@150	D29@150	148669	224821	0.67
	下部	D29@300	D29@150	70206	116902	0.61
北基礎	上部	D29@300	D29@150	50457	82243	0.62
	中央	D29@150	D29@150	151825	299029	0.51
	下部	D29@300	D29@150	75000	87127	0.87

注記 : 照査値は 3 方向独立載荷による最大断面力に対する組合せ係数法 (1.0 : 0.4 : 0.4) により算定

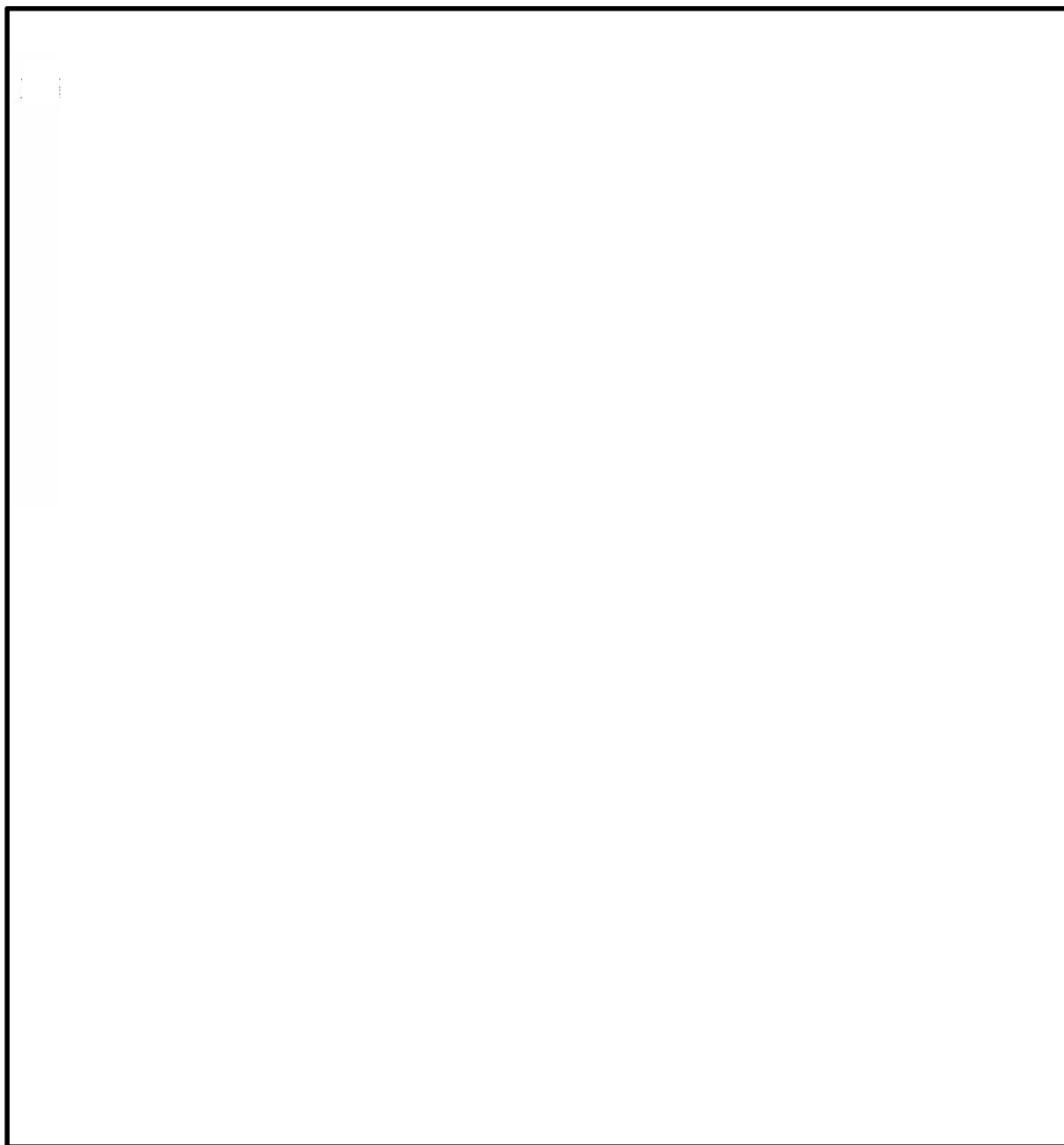


図 5-6 (1) ジベル鉄筋の仕様及び配置図（南基礎上部・北基礎上部）

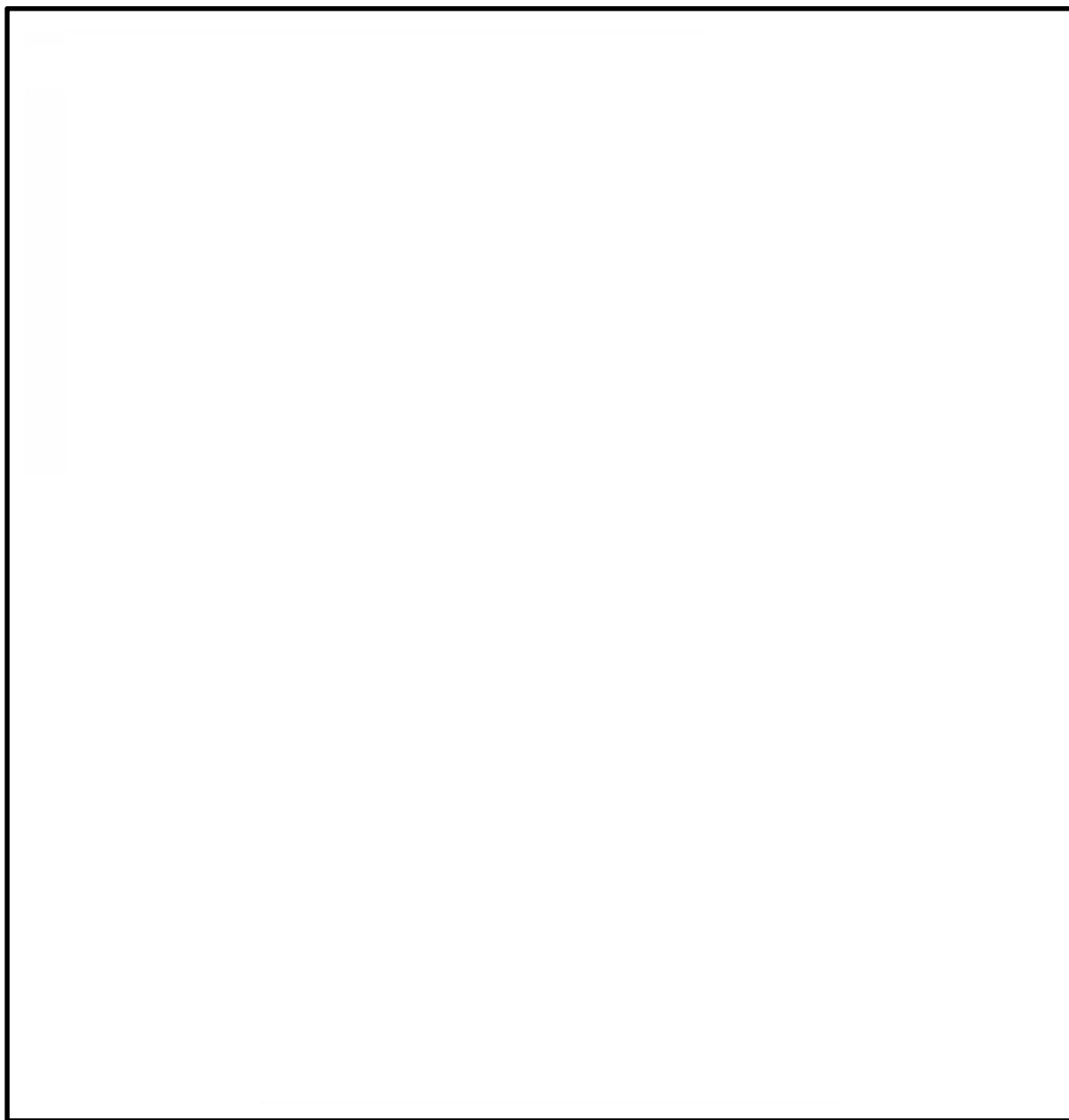


図 5-6 (2) ジベル鉄筋の仕様及び配置図 (南基礎中央)

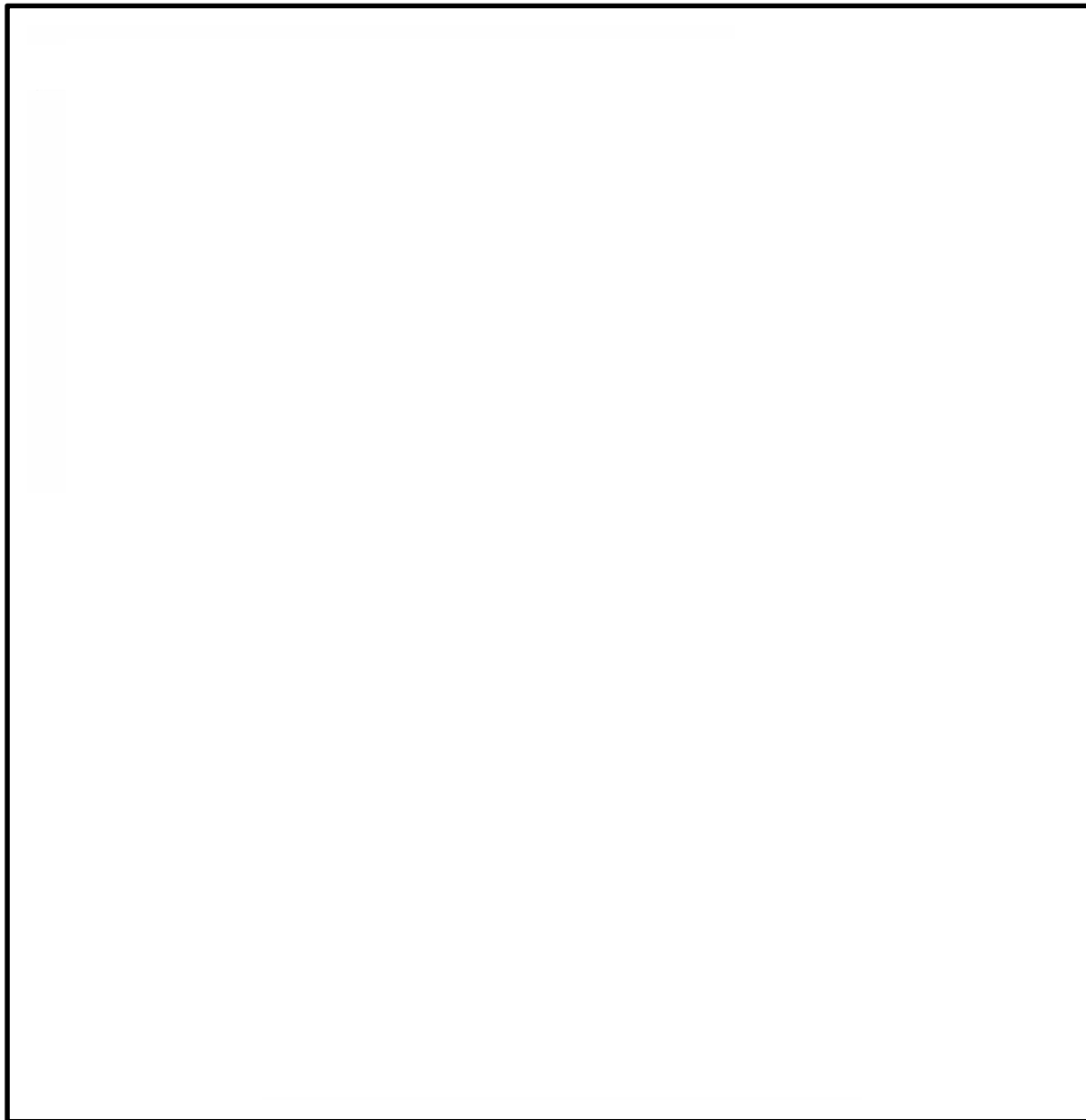


図 5-6 (3) ジベル鉄筋の仕様及び配置図（北基礎中央）

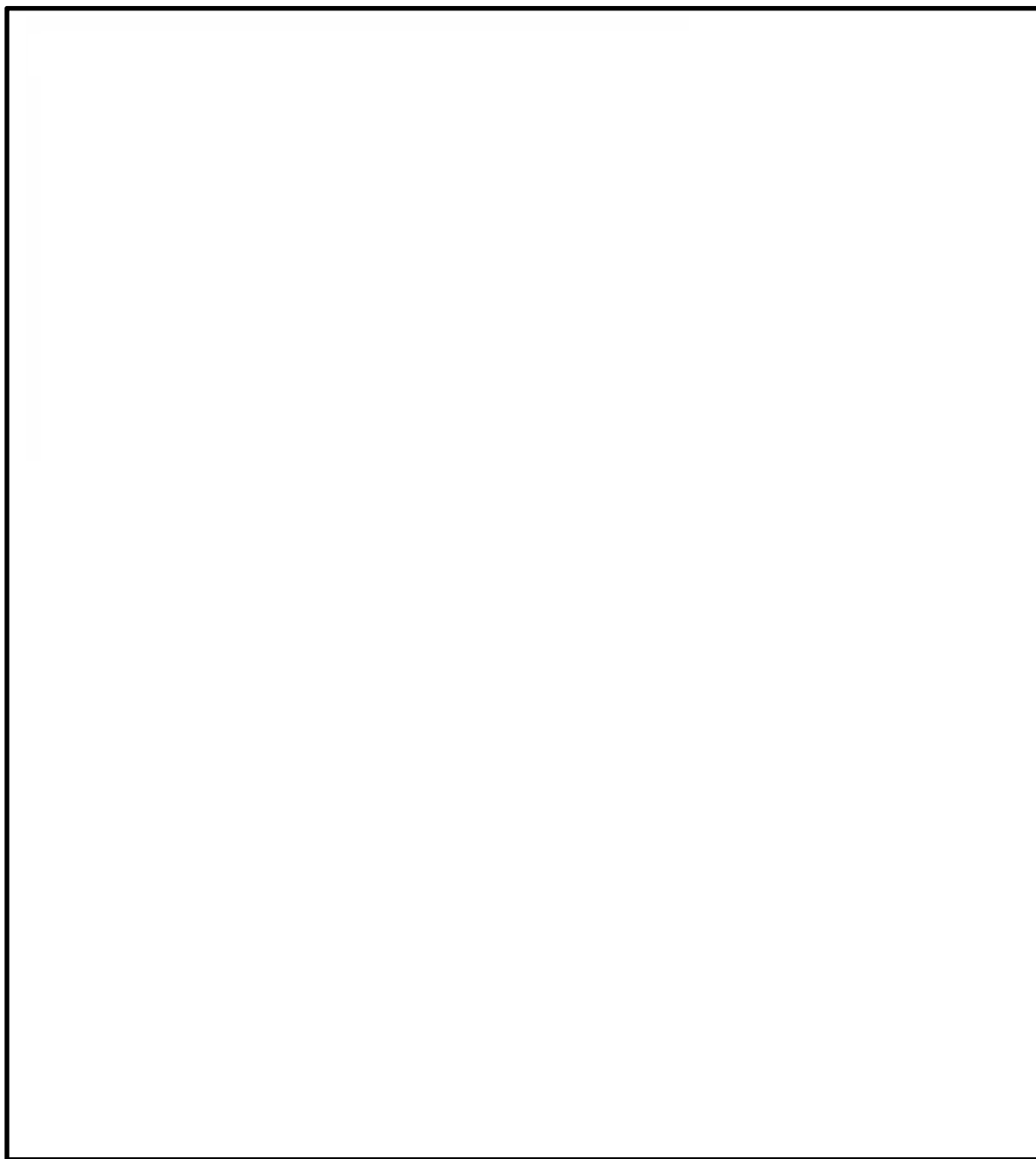


図 5-6 (4) ジベル鉄筋の仕様及び配置図 (南基礎下部・北基礎下部)

5.2.3 鋼製防護壁の評価結果

(1) 部材断面諸元

板厚構成図を図 5-7 に示す。

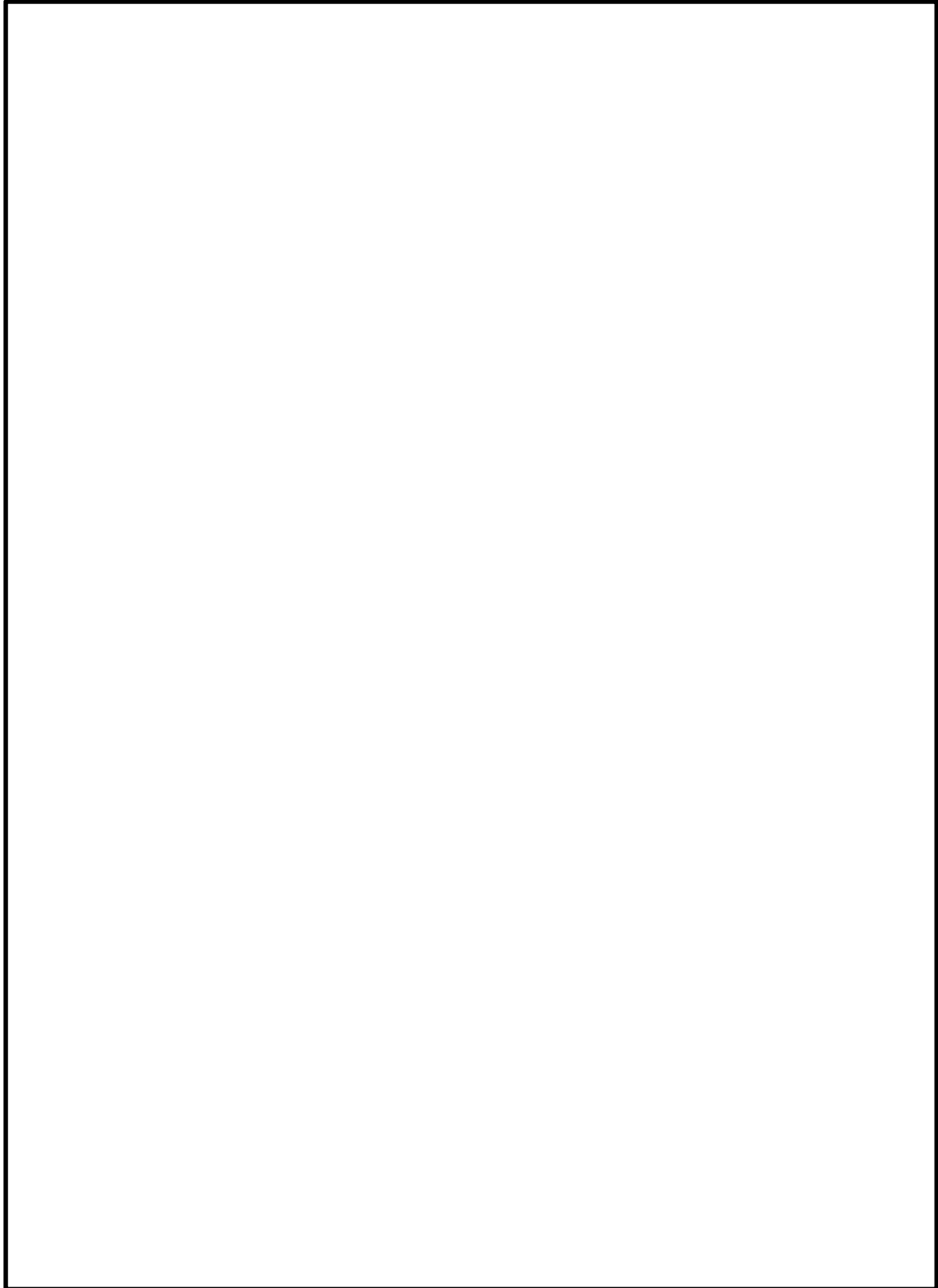


図 5-7 (1) 板厚構成図 (その 1)

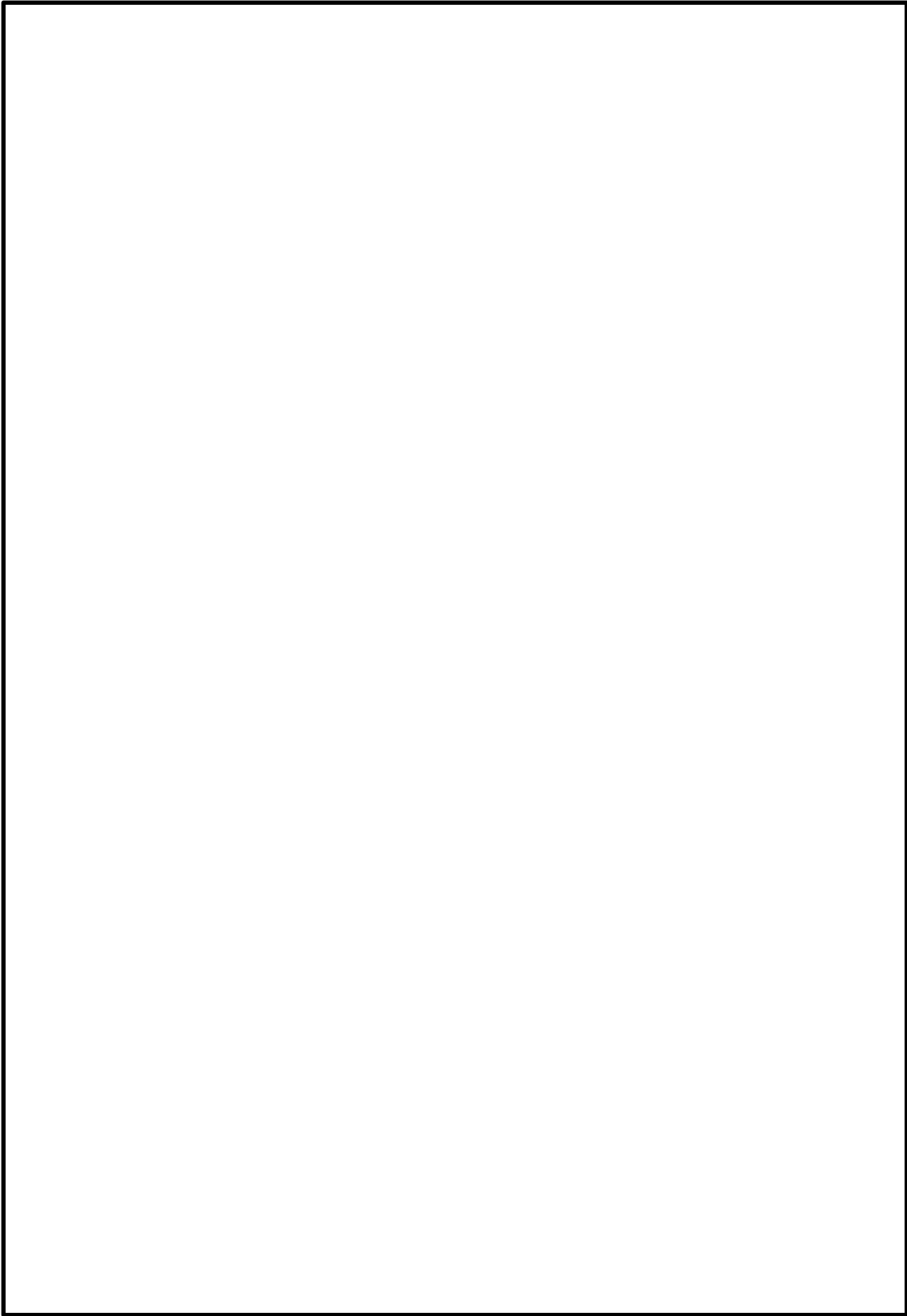


図 5-7 (2) 板厚構成図 (その 2)

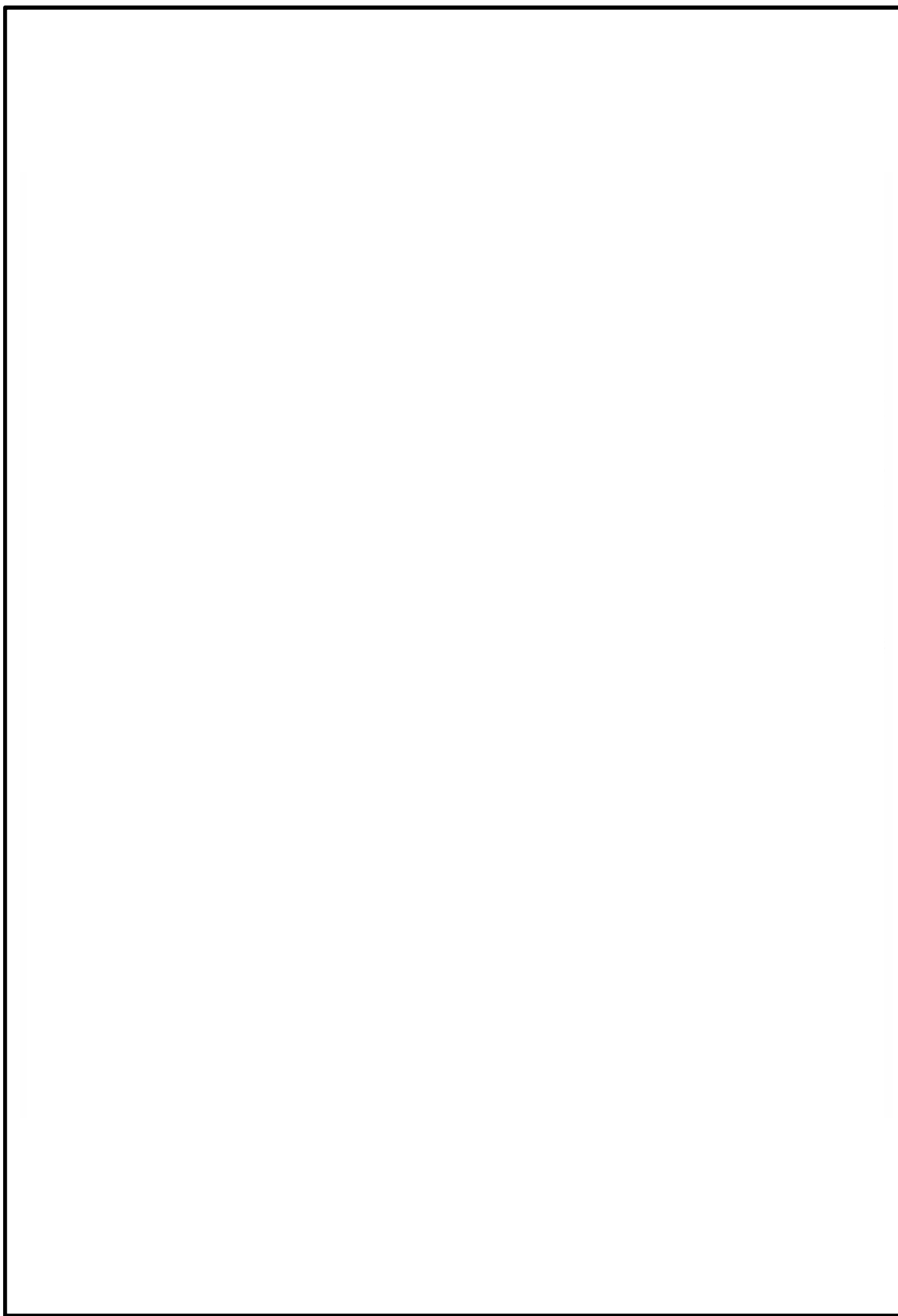


図 5-7 (3) 板厚構成図 (その 3)

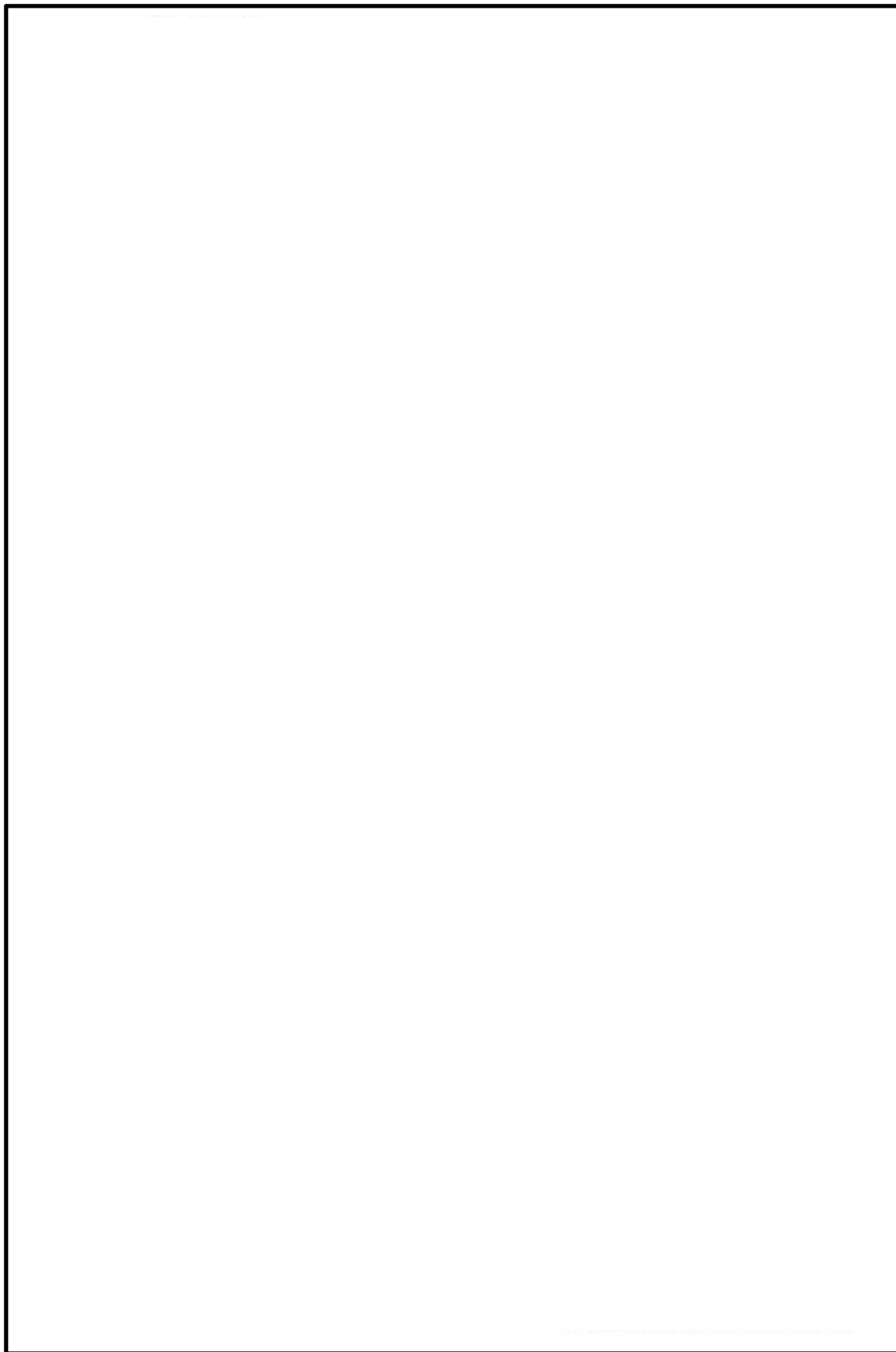


図 5-7 (4) 板厚構成図 (その 4)

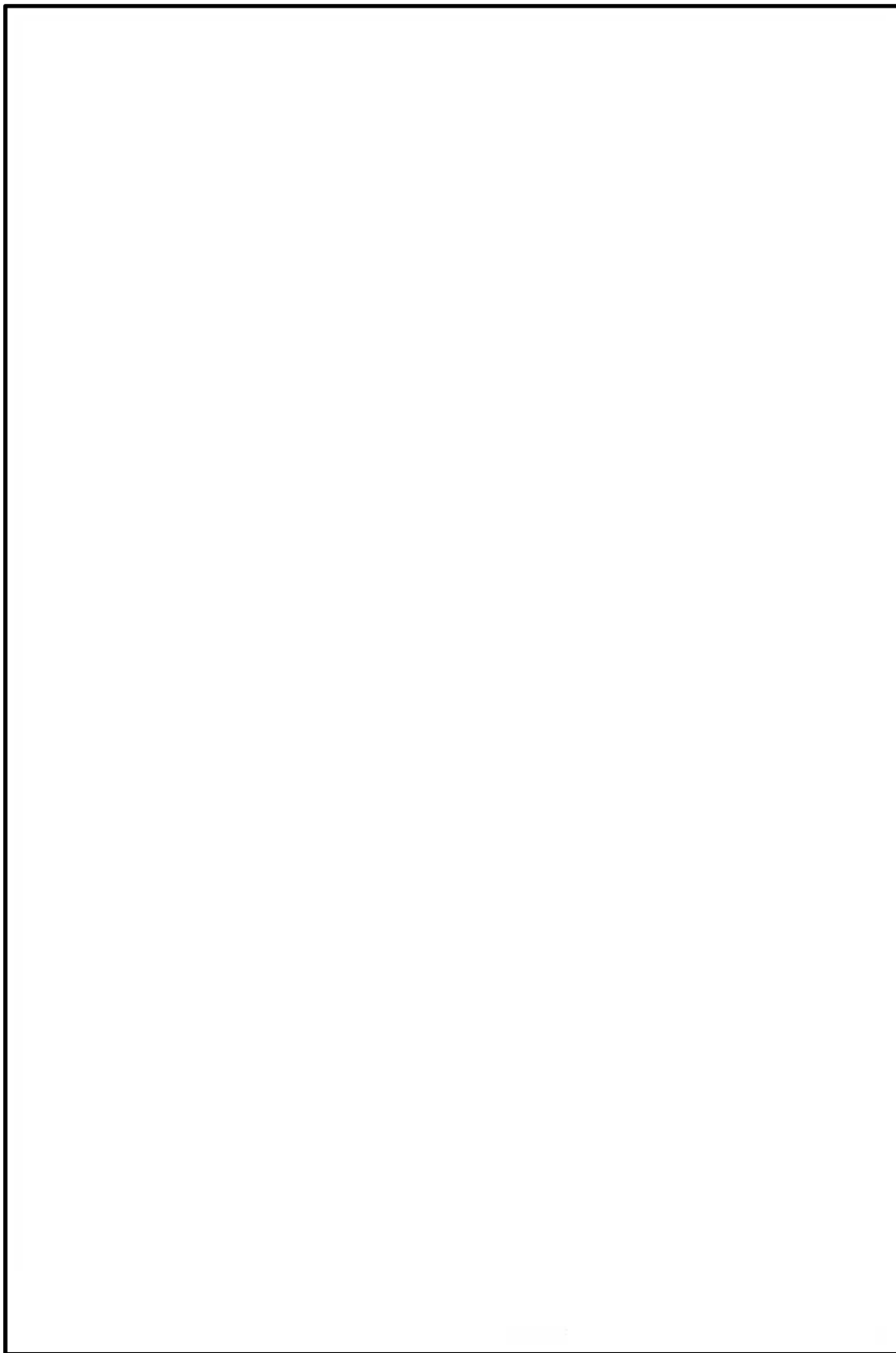


図 5-7 (5) 板厚構成図 (その 5)

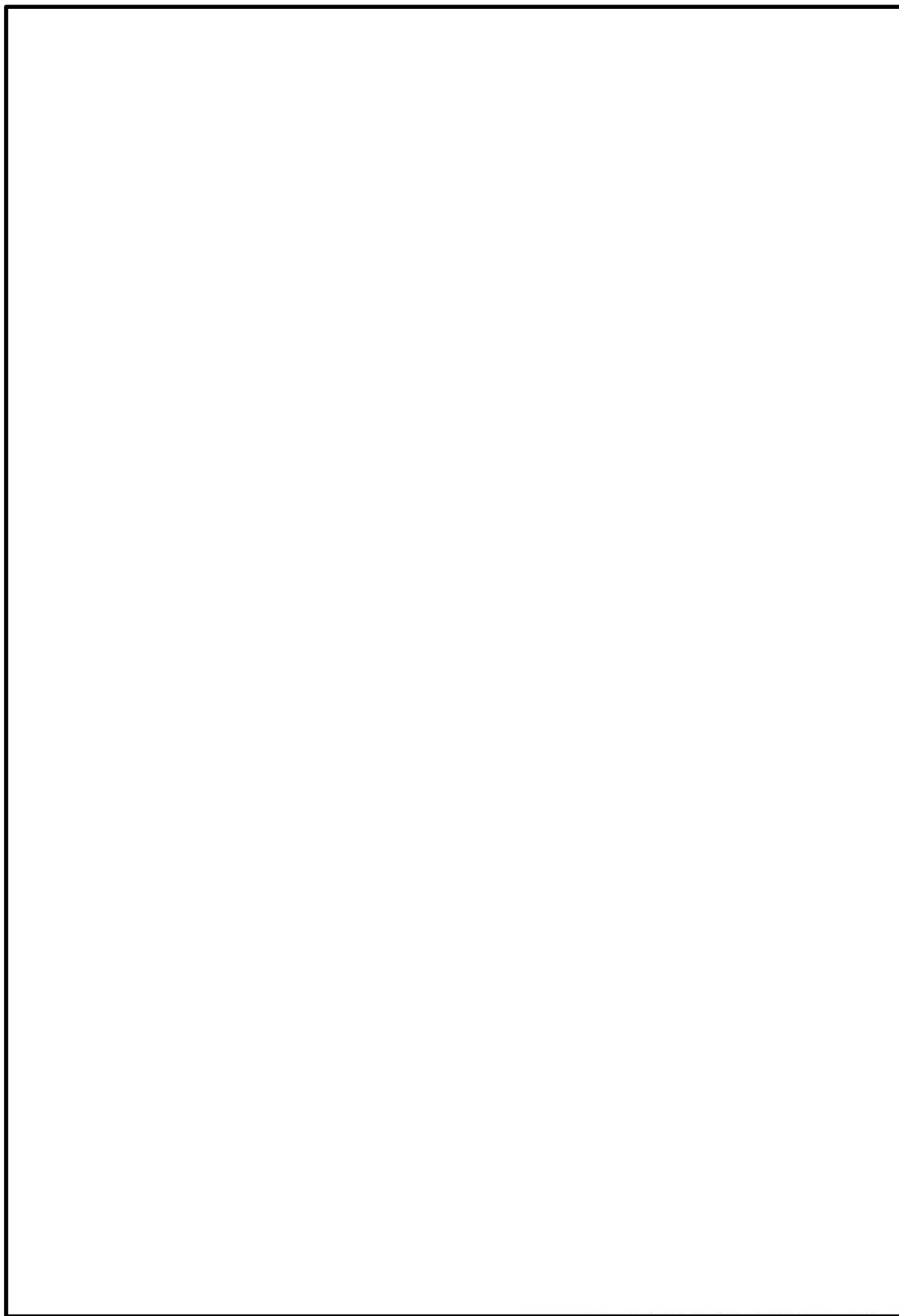


図 5-7 (6) 板厚構成図 (その 6)

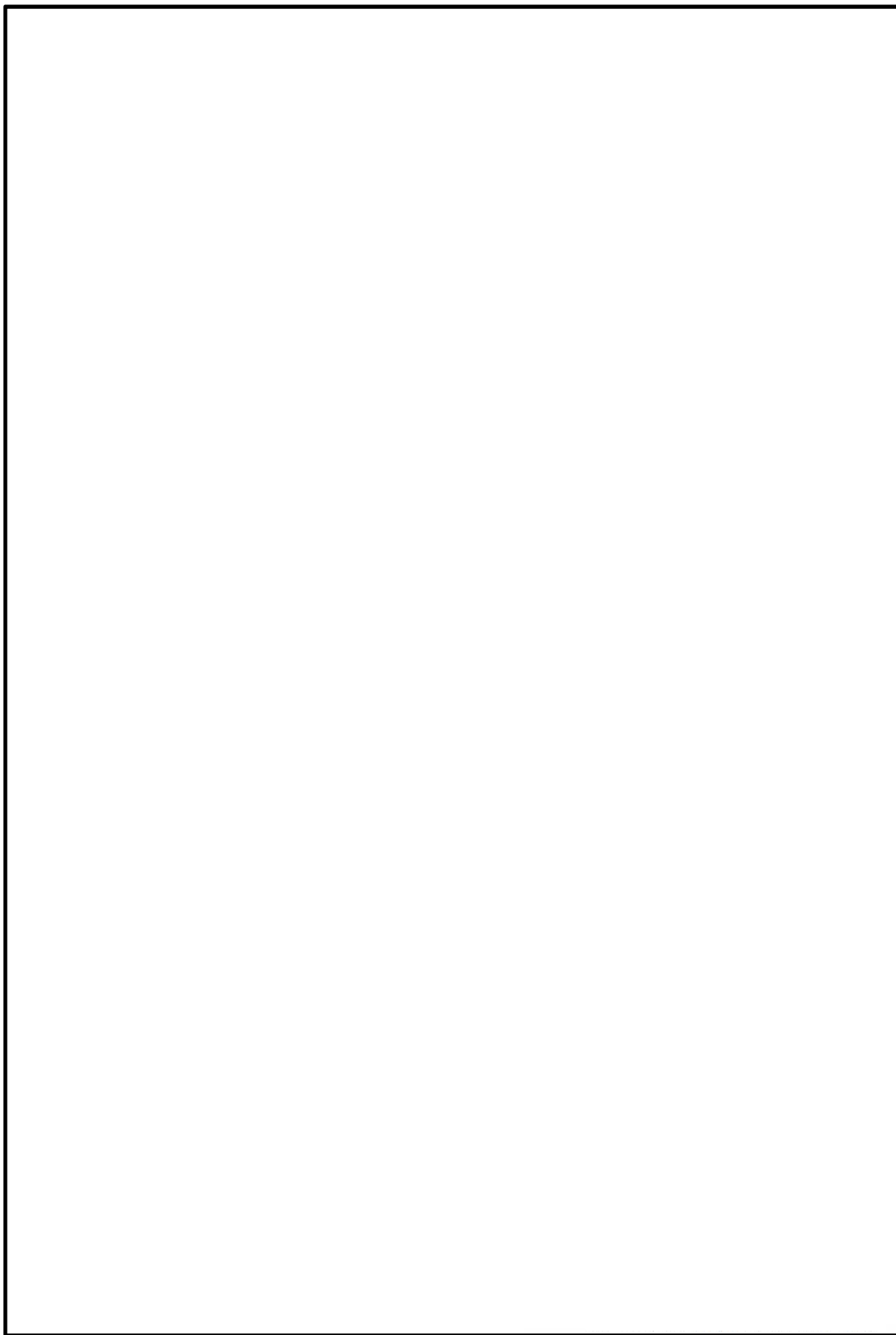


図 5-7 (7) 板厚構成図 (その 7)

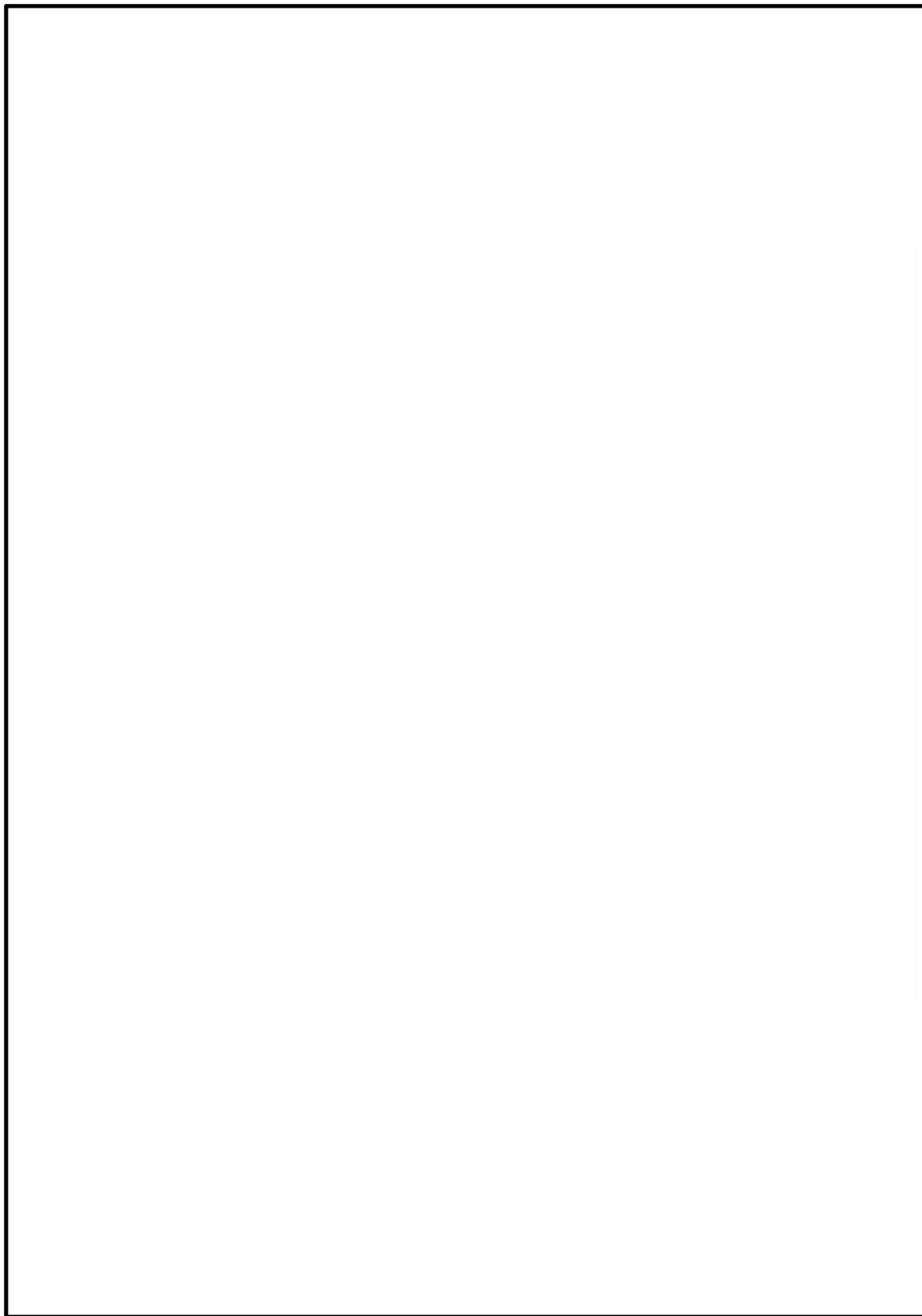


図 5-7 (8) 板厚構成図 (その 8)

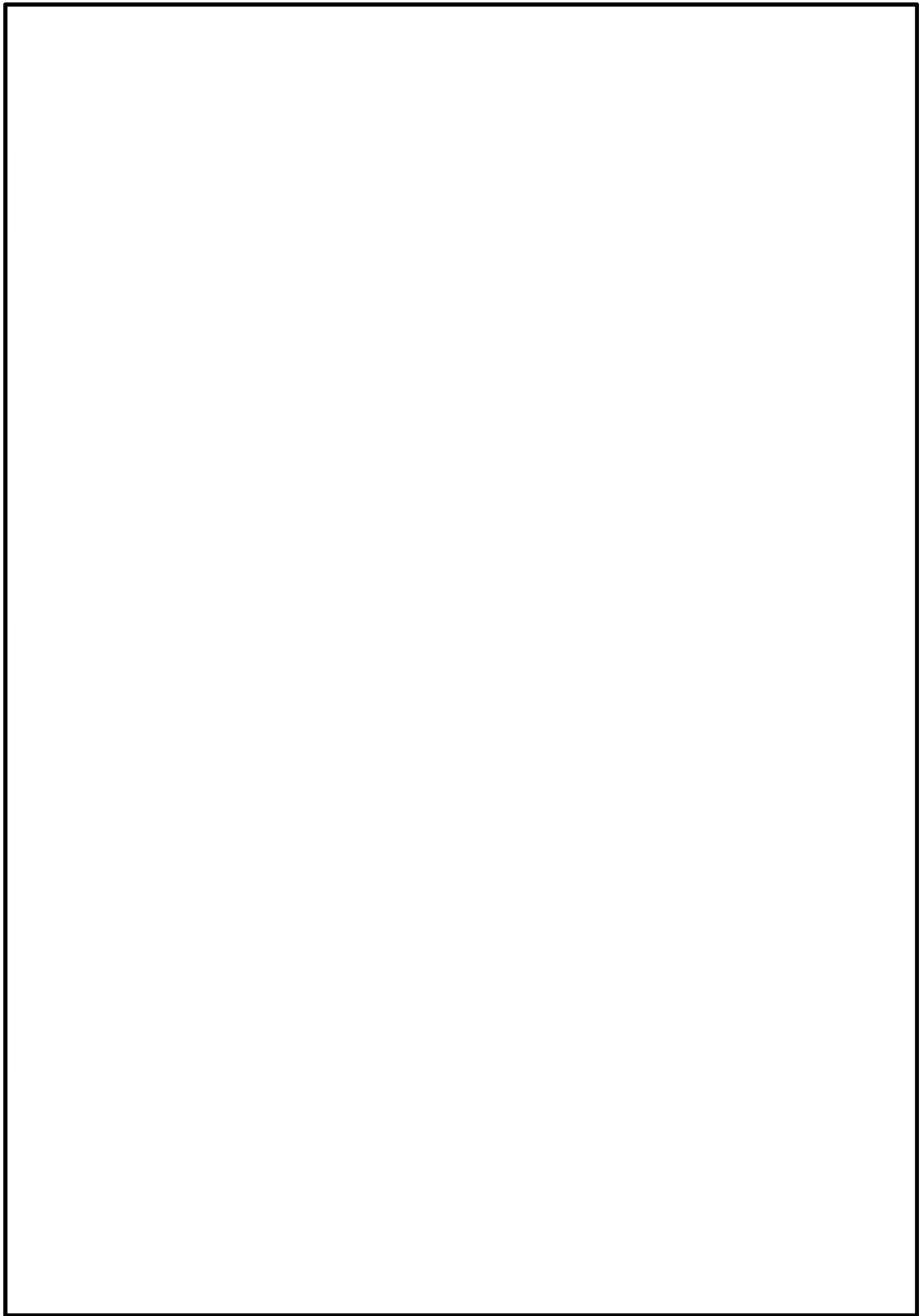


図 5-7 (9) 板厚構成図 (その 9)

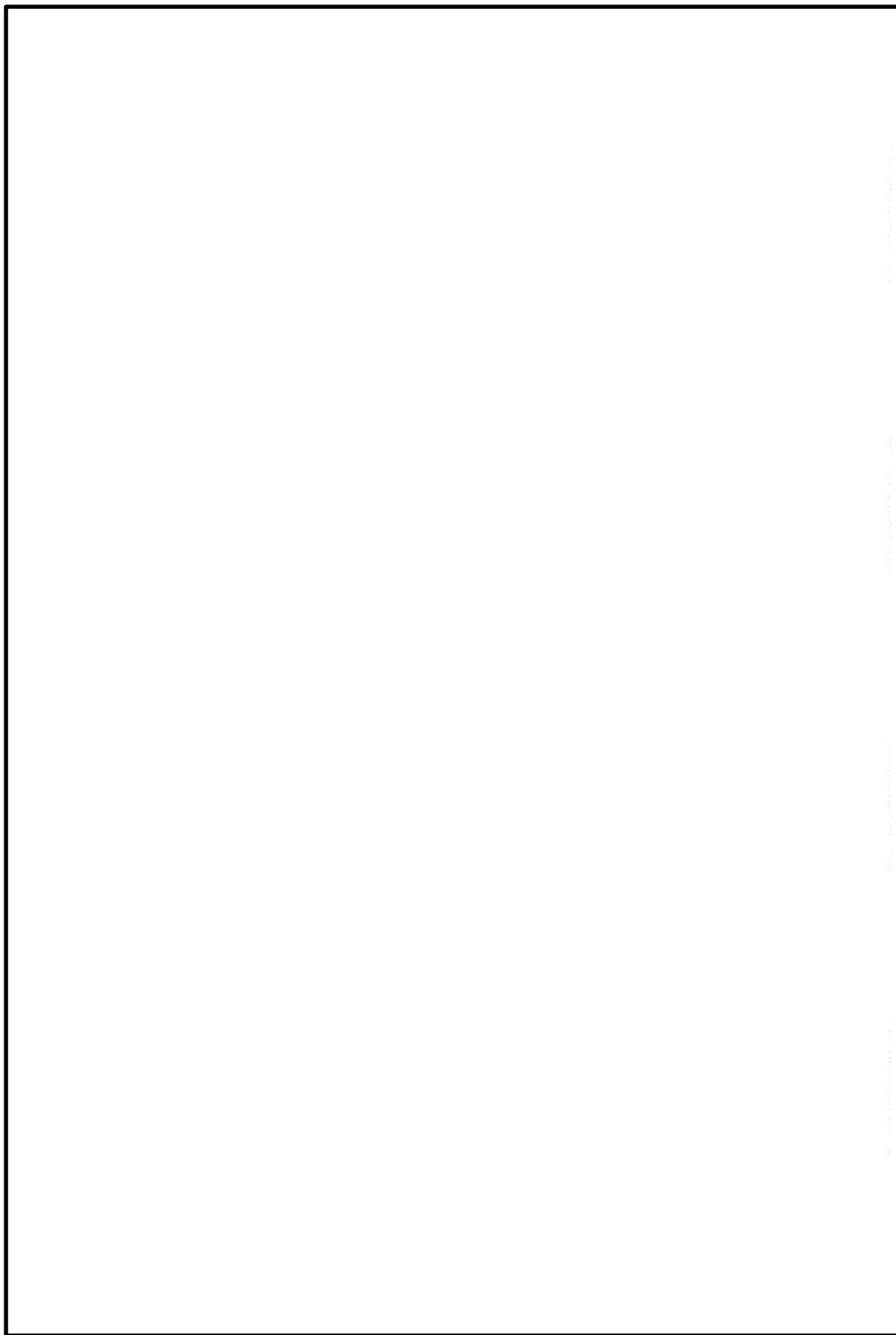


図 5-7 (10) 板厚構成図 (その 1 0)

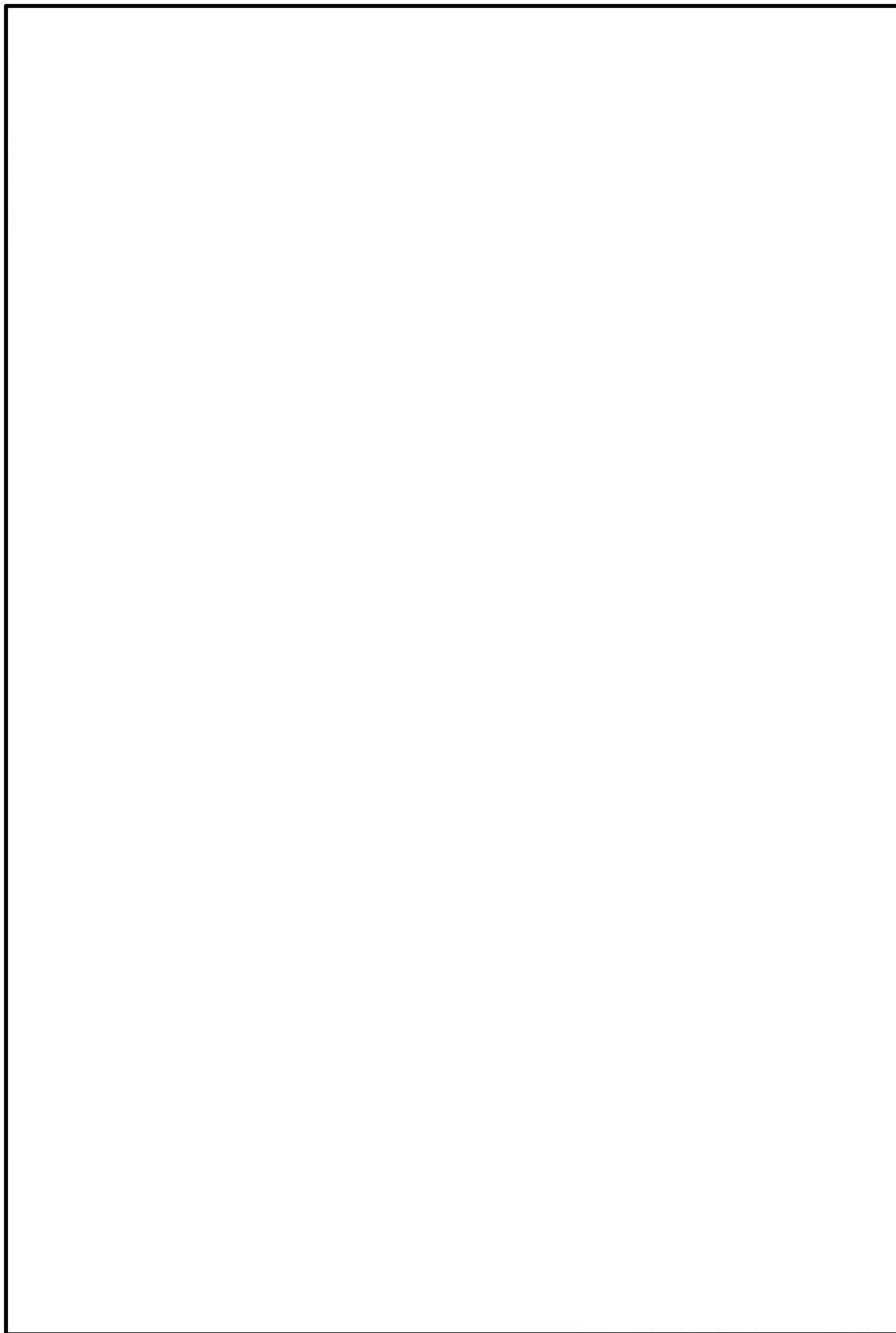


図 5-7 (11) 板厚構成図 (その 1 1)

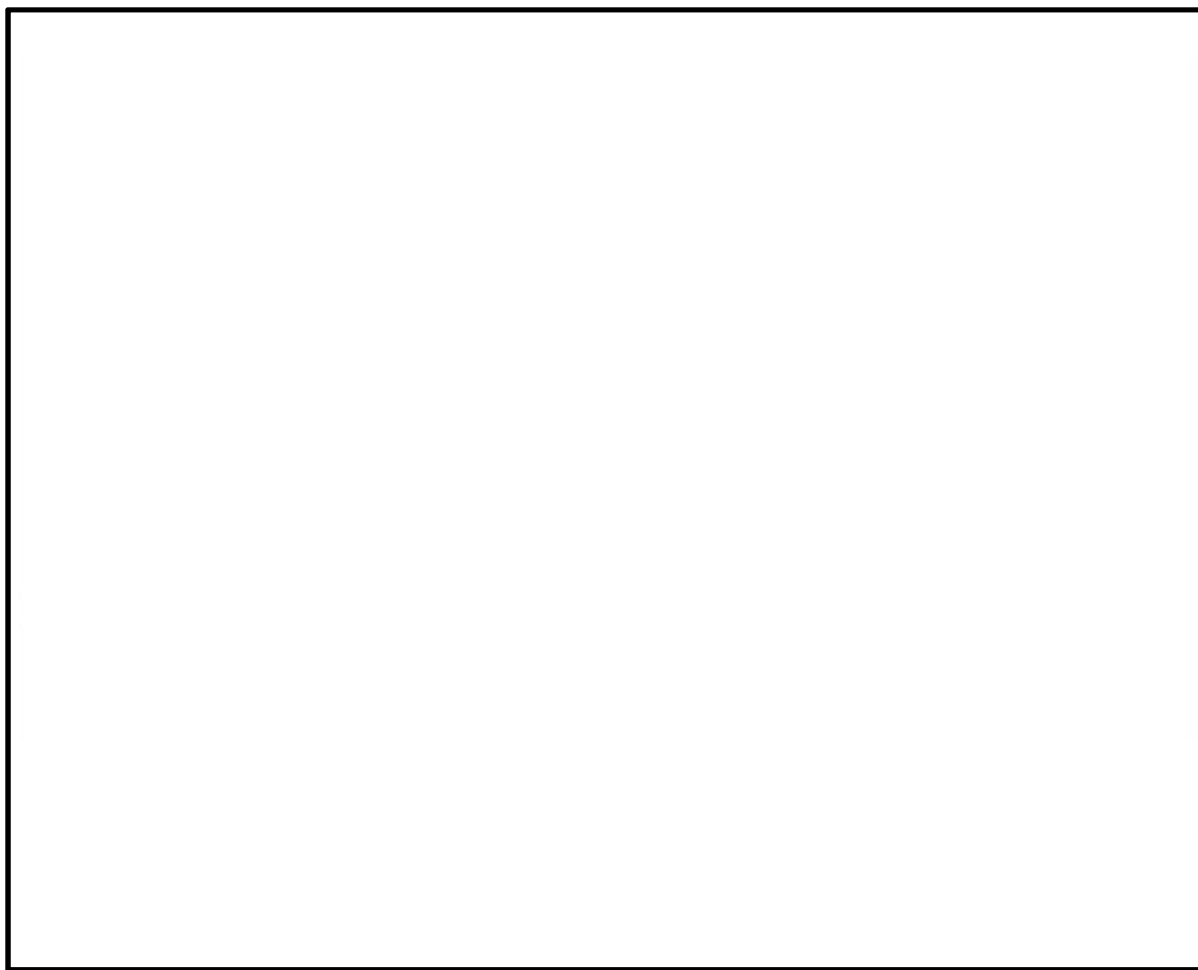


図 5-7 (12) 板厚構成図 (その 1 2)

(2) 外壁及び隔壁からなる主部材の評価結果

外壁及び隔壁からなる主部材の照査結果を表 5-12 に示す。

外壁及び隔壁からなる主部材の発生応力が許容限界以下であることを確認した。

表 5-12 外壁及び隔壁からなる主部材の照査結果

解析ケース	材質	応力成分	発生 応力	許容値	照査値
敷地に遡上する 津波時	SBHS700	直応力度 σ (N/mm ²)	455	697	0.65
	SBHS500	せん断応力度 τ (N/mm ²)	253	399.5	0.63
	SM570	合成応力度 k^* (—)	1.08	1.2	0.90

注記 * : 合成応力度 $k = (\sigma / \sigma_a)^2 + (\tau / \tau_a)^2$

照査値は 3 方向独立載荷による最大断面力に対する組合せ係数法 (1.0 : 0.4 : 0.4) により算定

(3) 中詰め鉄筋コンクリートと鋼殻の接合部の評価結果

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。南北基礎の各断面力成分が最大値をとる時刻の発生断面力の足し合わせを設計断面力として必要スタッド量を算定した。評価結果を表 5-13 に、スタッドの仕様及び配置図を図 5-8 に示す。スタッドは、外面鋼板の内面及び鉛直隔壁の両面に配置する。

表 5-13 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評価結果

部位	面外 せん断力 (kN)	面内 せん断力 (kN)	水平回転 モーメント (kN・m)	面外回転 モーメント (kN・m)	面内回転 モーメント (kN・m)	必要 スタッド量
南北面	215027	34251	2507607	1421815	155837	115mm 格子
東西面	215026	35949	2510806	1415344	177793	158mm 格子

注記 : 3 方向独立載荷による最大断面力に対する組合せ係数法 (1.0 : 0.4 : 0.4) による評価結果

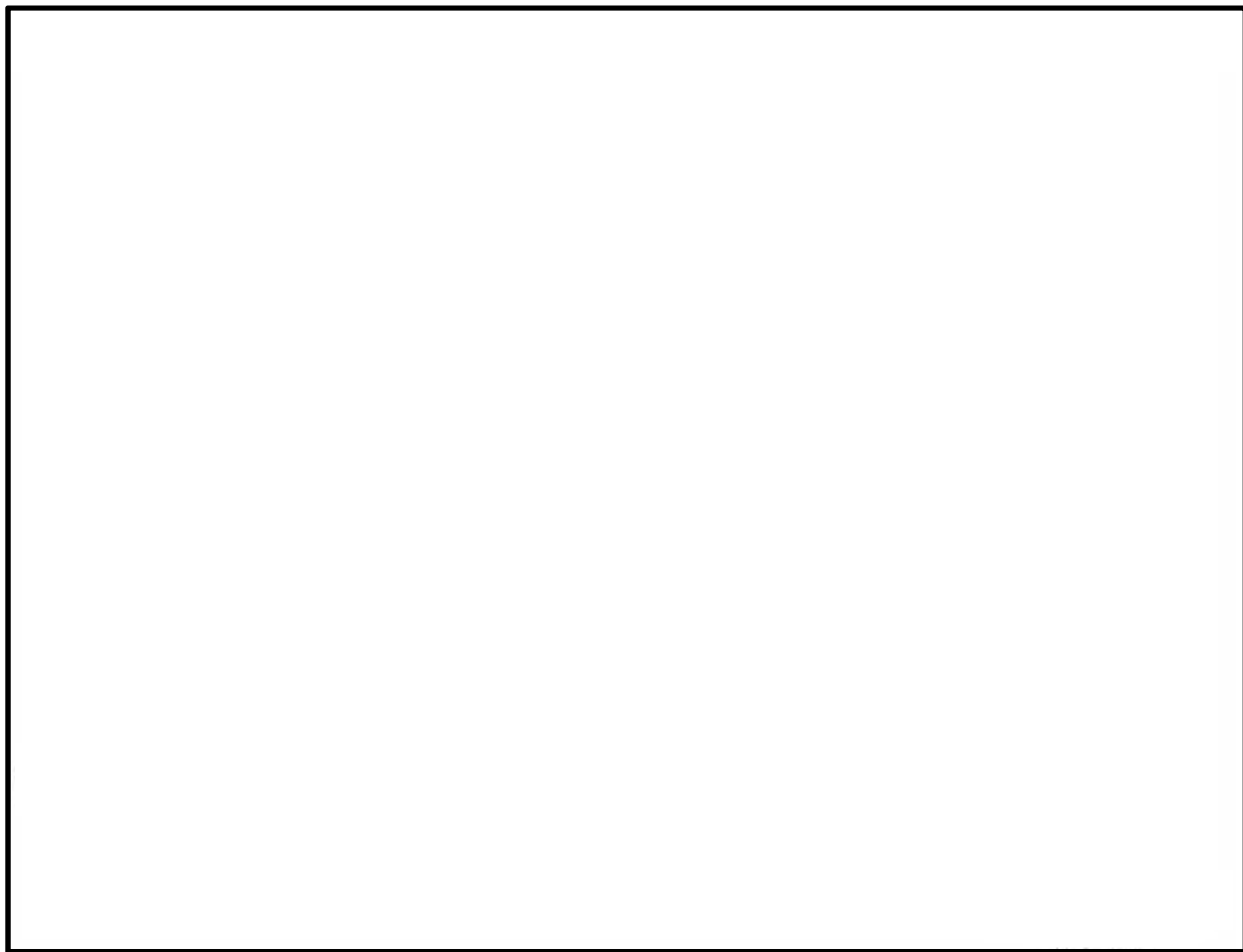


図 5-8 スタッドの仕様及び配置図

5.2.4 鋼製防護壁（接合部）の評価結果

(1) アンカーボルトの評価結果

アンカーボルトの照査結果を表 5-14 に、アンカーボルトの仕様を図 5-9 に示す。配置と仕様を図 5-10 (1) に示す。

アンカーボルトの発生応力が許容限界以下であることを確認した。

表 5-14 アンカーボルトの照査結果

津波の種類	解析 ケース	基礎	アンカーボルト		
			引張応力度 (N/mm ²)		照査値
			発生応力	短期許容応力度	
基準津波時	地盤バネ 3	南基礎	118	315	0.38
	地盤バネ 5	北基礎	144	315	0.46
敷地に遡上する津波	地盤バネ 3	南基礎	215	355	0.61
	地盤バネ 3	北基礎	198	355	0.56

注記 : 照査値は 3 方向独立载荷による最大断面力に対する組合せ係数法 (1.0 : 0.4 : 0.4) により算定

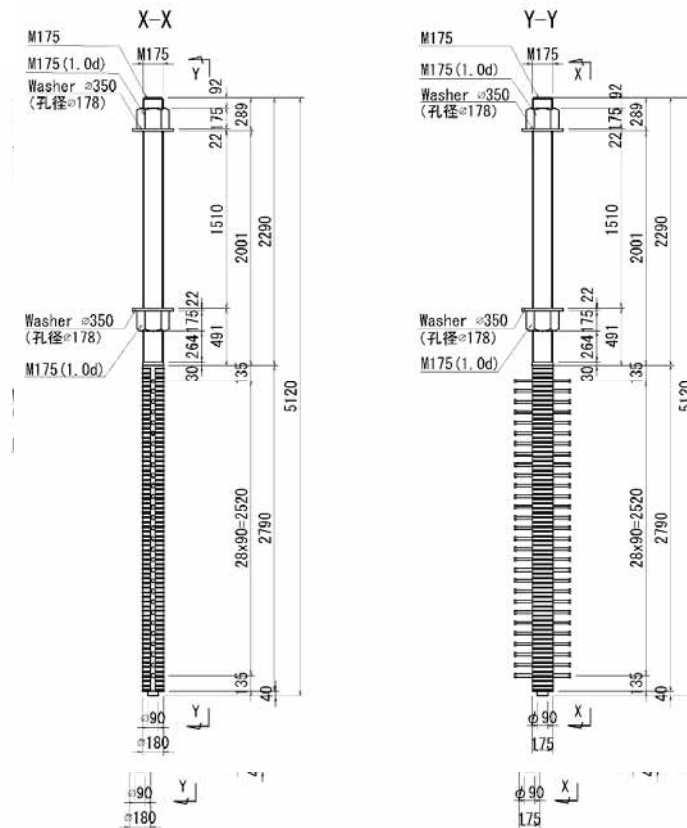


図 5-9 アンカーボルトの仕様

(2) アンカーボルトの定着長の評価結果

アンカーボルトの定着長の照査結果を表 5-15 に示す。

アンカーボルトの定着長が必要定着長以上であることを確認した。

表 5-15 アンカーボルトの定着長の照査結果

定着長 (cm)	必要定着長 (cm)	照査値
270.0	236.9	0.88

注記 : 照査値は3方向独立載荷による最大断面力に対する組合せ係数法 (1.0 : 0.4 : 0.4) により算定

(3) アンカーボルトのコーンせん断応力の評価結果

アンカーボルトのコーンせん断応力に対する照査結果を表 5-16 に示す。

アンカーボルトのコーンせん断応力が許容限界以下であることを確認した。

表 5-16 アンカーボルトのコーンせん断力の照査結果

基礎	定着部の コーンせん断に 対する 許容応力度 (N/mm ²)	コンクリート 強度で 決まる コーン せん断力強度 (N/mm ²)	鉄筋補強 による コーンせん断力 強度の増加 (N/mm ²)	必要 鉄筋量 (mm ² /m ²)	配置 鉄筋量 2-D25@ 300 (mm ² /m ²)	照査値
南基礎	1.004	0.825	0.592	1746	3377	0.52
北基礎	0.924	0.825	0.512	1510	3377	0.45

注記 : 照査値は3方向独立載荷による最大断面力に対する組合せ係数法 (1.0 : 0.4 : 0.4) により算定

(4) 頂版及び中詰め鉄筋コンクリートの水平せん断力の評価結果

頂版及び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を表 5-17 に示す。頂版及び中詰め鉄筋コンクリートの水平せん断力が許容限界以下であることを確認した。

表 5-17 頂版及び中詰め鉄筋コンクリートの水平せん断力の照査結果

基礎	部位	設計 せん断力 (kN)	必要 鉄筋量 (mm ²)	配置 鉄筋	配置 鉄筋量 (mm ²)	照査値
南基礎	頂版鉄筋コンクリート	203458	6527	15-D35*	14349	0.46
	中詰め鉄筋コンクリート	203458	15783	24-D32	19061	0.83
北基礎	頂版鉄筋コンクリート	215086	7373	15-D35*	14349	0.52
	中詰め鉄筋コンクリート	215086	17017	24-D32	19061	0.90

注記 * : 「鋼製防護壁の接合部アンカーに関する補足説明」において実施した 3 次元解析の結果を反映して安全余裕を高める目的で鉄筋量を増加。

照査値は 3 方向独立载荷による最大断面力に対する組合せ係数法 (1.0 : 0.4 : 0.4) により算定

(5) 頂版及び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

頂版及び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を表 5-18 に示す。

頂版及び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が許容限界以下であることを確認した。

表 5-18 頂版及び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	部位	設計 水平回転 モーメント (kN・m)	水平鉄筋				鉛直鉄筋			
			配置 鉄筋	発生 応力 (N/mm ²)	短期 許容応力度 (N/mm ²)	照査値	配置 鉄筋	発生 応力 (N/mm ²)	短期許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
南 基 礎	頂版 鉄筋 コンク リート	2510806	8-D35	368	478.5	0.77	7-D51	99	478.5	0.21
	中詰め 鉄筋 コンク リート	2510806	5-D38	413	478.5	0.87	5-D51	232	478.5	0.49
北 基 礎	頂版 鉄筋 コンク リート	1565194	8-D35	230	478.5	0.48	7-D51	62	478.5	0.13
	中詰め 鉄筋 コンク リート	1565194	5-D35	307	478.5	0.65	5-D51	145	478.5	0.31

注記 : 照査値は 3 方向独立載荷による最大断面力に対する組合せ係数法 (1.0 : 0.4 : 0.4) により算定

- (6) アンカーボルトの配置，頂版鉄筋コンクリート及び中詰め鉄筋コンクリートの概略配筋図

アンカーボルトの配置，頂版鉄筋コンクリート及び中詰め鉄筋コンクリートの概略配筋図を図 5-10 に示す。

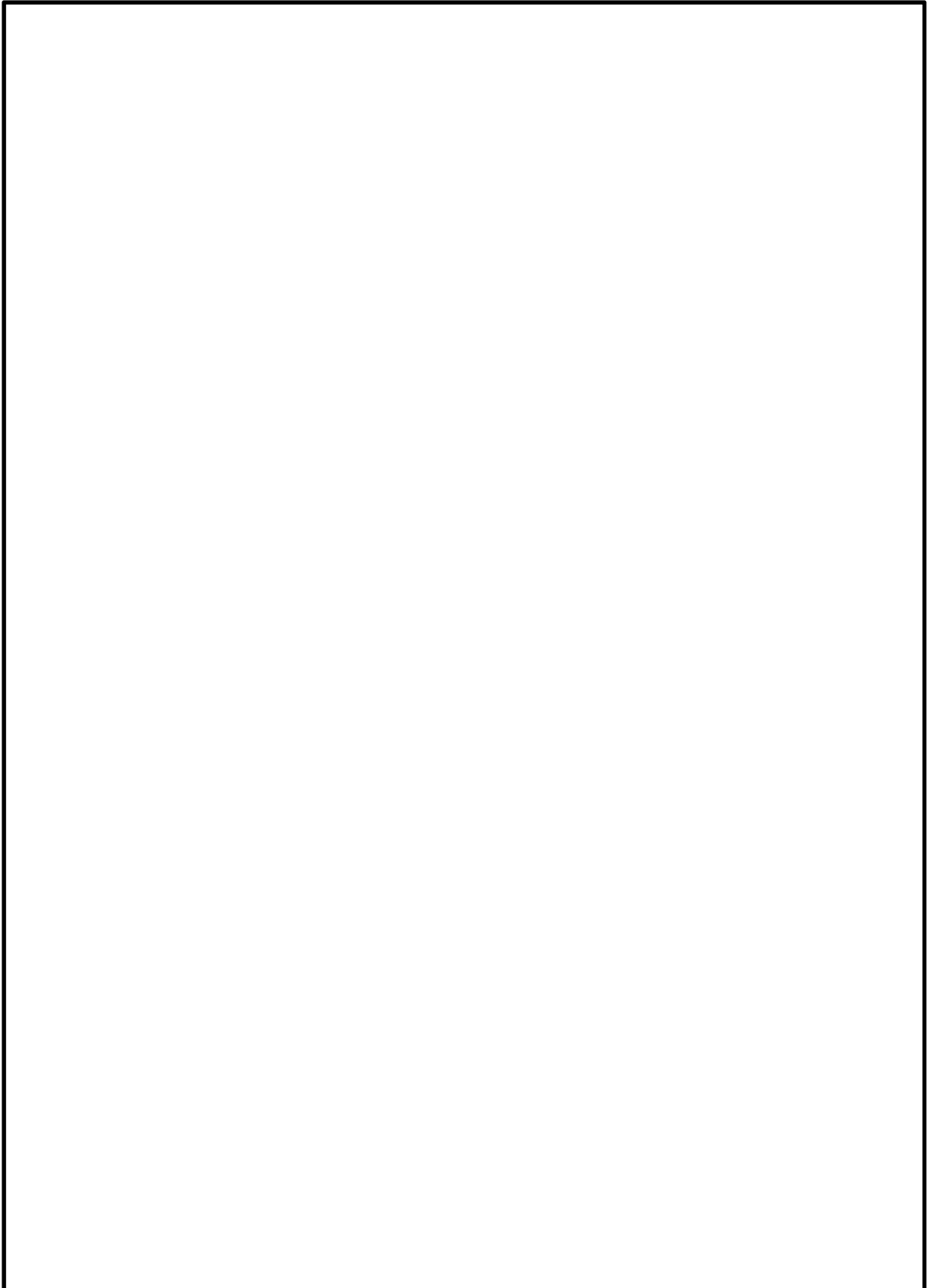


図 5-10 (1) アンカーボルトの配置，頂版鉄筋コンクリートの概略配筋

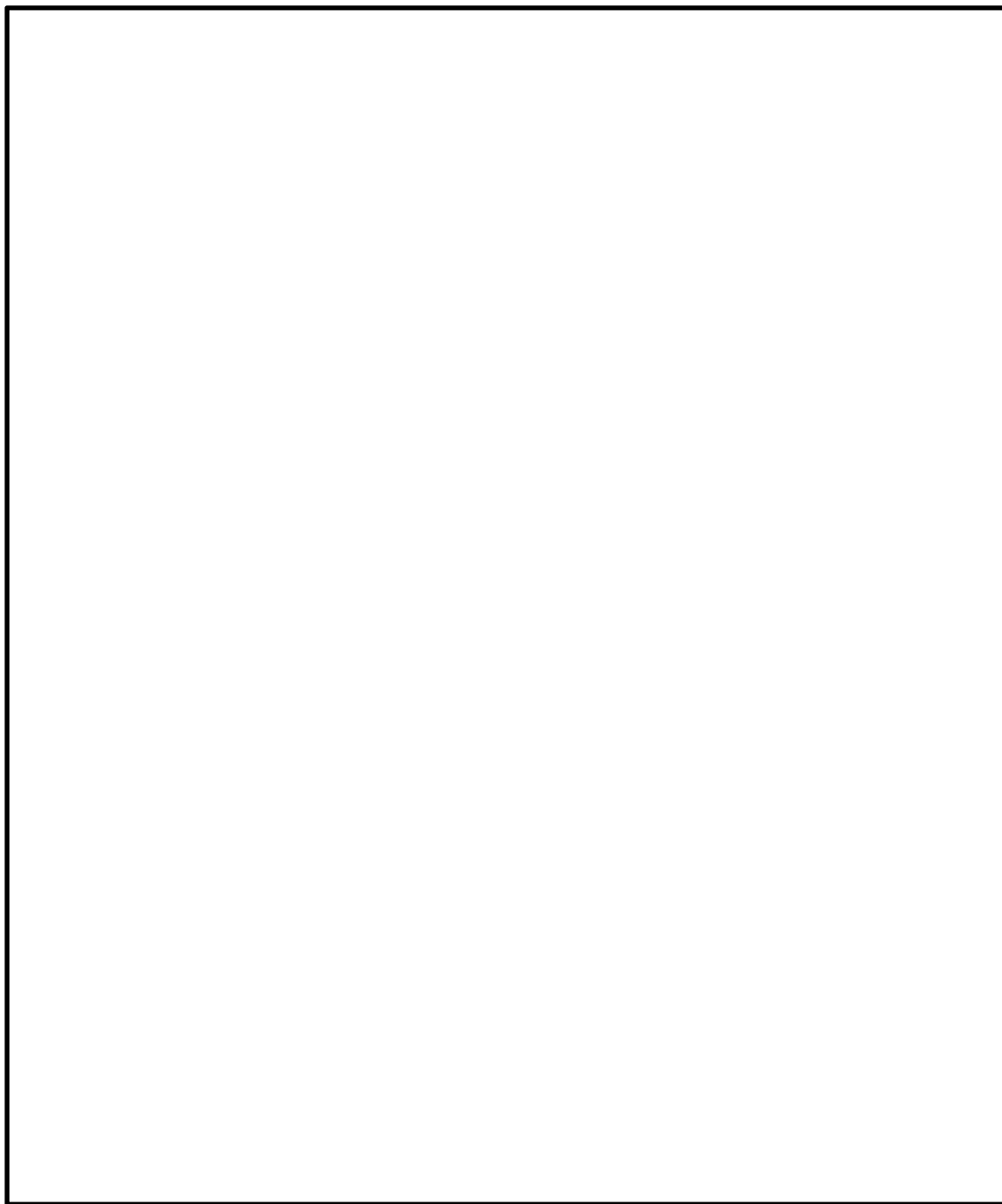


図 5-10 (2) 中詰め鉄筋コンクリートの概略配筋図

(7) 鋼製防護壁（接合部）の設計の妥当性について

鋼製防護壁（接合部）におけるアンカーボルト，頂版及び中詰め鉄筋コンクリートの設計について，3次元解析にて妥当性を確認した。

5.2.5 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

支持性能評価結果を表 5-19 に示す。

鋼製防護壁の基礎地盤に生じる最大接地圧が極限支持力度以下であることを確認した。

表 5-19 (1) 重畳時における基礎地盤の支持性能評価結果（南基礎）

解析ケース		最大接地圧 (kN/m ²)	極限支持力度 (kN/m ²)
基準 津波時	⑤	2152	5991
敷地に遡上 する津波時	③	2475	5991

注記 ③：地盤物性のはらつきを考慮（ -1σ ）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

表 5-19 (2) 重畳時における基礎地盤の支持性能評価結果（北基礎）

解析ケース		最大接地圧 (kN/m ²)	極限支持力度 (kN/m ²)
基準 津波時	③	3035	6116
敷地に遡上 する津波時	③	3632	6116

注記 ③：地盤物性のはらつきを考慮（ -1σ ）した解析ケース

5.2.6 止水ジョイント部の相対変位量に対する評価結果

重畳時の止水ジョイント部の異種構造物間の相対変位量に対する照査結果を表 5-20 及び表 5-21 に示す。

重畳時における止水ジョイント部の異種構造物間の相対変位量に対する照査を行った結果、相対変位量が許容限界以下であることを確認した。

表 5-20 重畳時相対変位量（天端）

	δ_x (m)	δ_y (m)	δ_z (m)	3 成分 合成 (m)	許容限界 (m)
地震時最終変位（鋼製防護壁）	0.031	0.240	0.014		
地震時最終変位（鉄筋コンクリート防潮壁）	0.198	0.408	0.019		
重畳時（鋼製防護壁）	0.079	0.437	0.006		
合計	0.308	1.085	0.039	1.129	2.0

表 5-21 重畳時相対変位量（地表面）

	δ_x (m)	δ_y (m)	δ_z (m)	3 成分 合成 (m)	許容限界 (m)
地震時最終変位（鋼製防護壁）	0.031	0.240	0.014		
地震時最終変位（鉄筋コンクリート防潮壁）	0.198	0.408	0.019		
重畳時（鋼製防護壁）	0.074	0.320	0.012		
合計	0.303	0.968	0.045	1.015	2.0