

東海第二発電所

設計及び工事計画に係る説明資料

(防潮堤（鋼製防護壁）の設計変更に係る耐震・強度計算書)

2024 年 3 月 26 日

日本原子力発電株式会社

本資料中の は商業秘密又は防護上の観点から公開できません。

VI-2-4-2-5 防潮堤及び防潮扉の耐震性についての計算書

VI-2-4-2-5-1 防潮堤（鋼製防護壁）の耐震性についての計算書

防潮堤（鋼製防護壁）の耐震性についての計算書

1. 防潮堤（鋼製防護壁）の基礎及び上部構造に関する耐震計算書
2. 防潮堤（鋼製防護壁）の止水機構に関する耐震計算書

VI-2-4-2-5-1 防潮堤（鋼製防護壁）の耐震性についての計算書

1. 防潮堤（鋼製防護壁）の基礎及び上部構造に関する耐震計算書

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	13
2.4 適用基準	16
3. 地震応答解析	17
3.1 評価対象断面	17
3.2 解析方法	20
3.3 荷重及び荷重の組合せ	22
3.4 入力地震動	24
3.5 解析モデル及び諸元	53
4. 耐震評価	58
4.1 評価対象部位	58
4.2 解析方法	59
4.3 荷重及び荷重の組合せ	60
4.4 許容限界	62
4.5 解析モデル及び諸元	65
4.6 評価方法	71
5. 耐震評価結果	82
5.1 構造部材の健全性に対する評価結果	82
5.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果	118
5.3 止水ジョイント部の相対変位量に対する評価結果	119
6. 現地施工状況等を考慮して実施した耐震評価	120
6.1 耐震評価の概要	120
6.2 反映すべき現地施工状況等の整理	120
6.3 耐震評価に係る基本方針	122
6.4 現地施工状況等を考慮して実施した地震応答解析結果	124
6.5 現地施工状況等を考慮して実施した耐震評価結果	130

1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、鋼製防護壁が基準地震動 S_0 に対して十分な構造強度及び支持性能並びに止水機能を有していることを確認するものである。

鋼製防護壁に要求される機能の維持を確認するにあたっては、地震応答解析に基づく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により行う。

本資料のうち、「2. 基本方針」～「5. 耐震評価結果」については、平成30年10月18日付け原規規発第1810181号にて認可された工事計画の添付書類「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」によるものとし、「6. 現地施工状況等を考慮して実施した耐震評価」にて鋼製防護壁の現地施工状況等を考慮して実施した耐震評価を新たに追加する。

2. 基本方針

2.1 位置

鋼製防護壁の位置図を図 2-1 に示す。

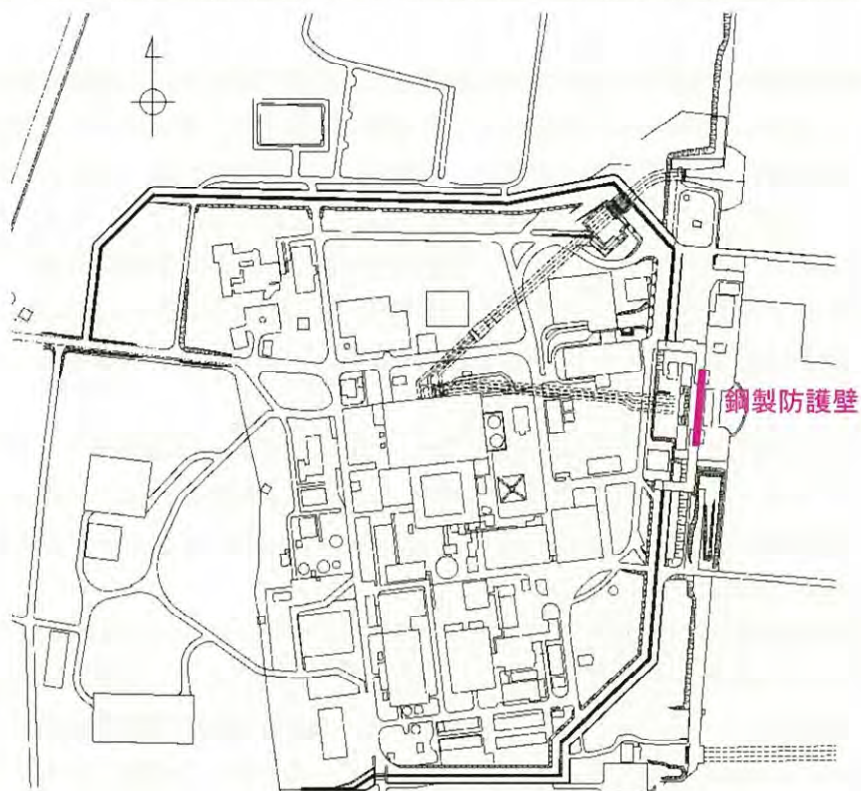


図 2-1 鋼製防護壁位置図

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固定するため、地震時及び津波時にブロック同士の変位は生じない設計である。継ぎ手部にはシール材を設置し、漏えいが生じないようにする。

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。

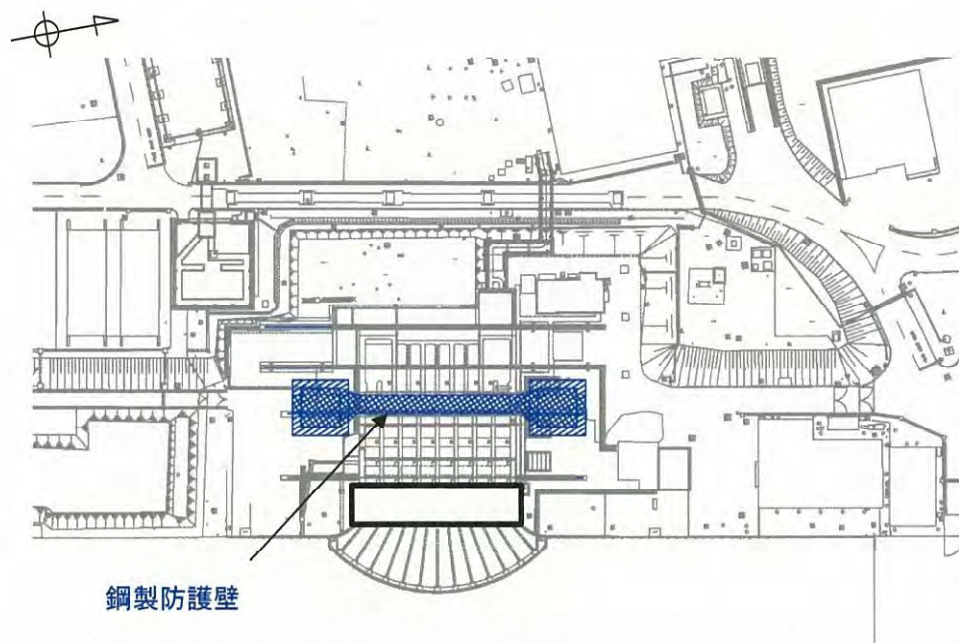


図 2-2 鋼製防護壁 検討対象位置平面図

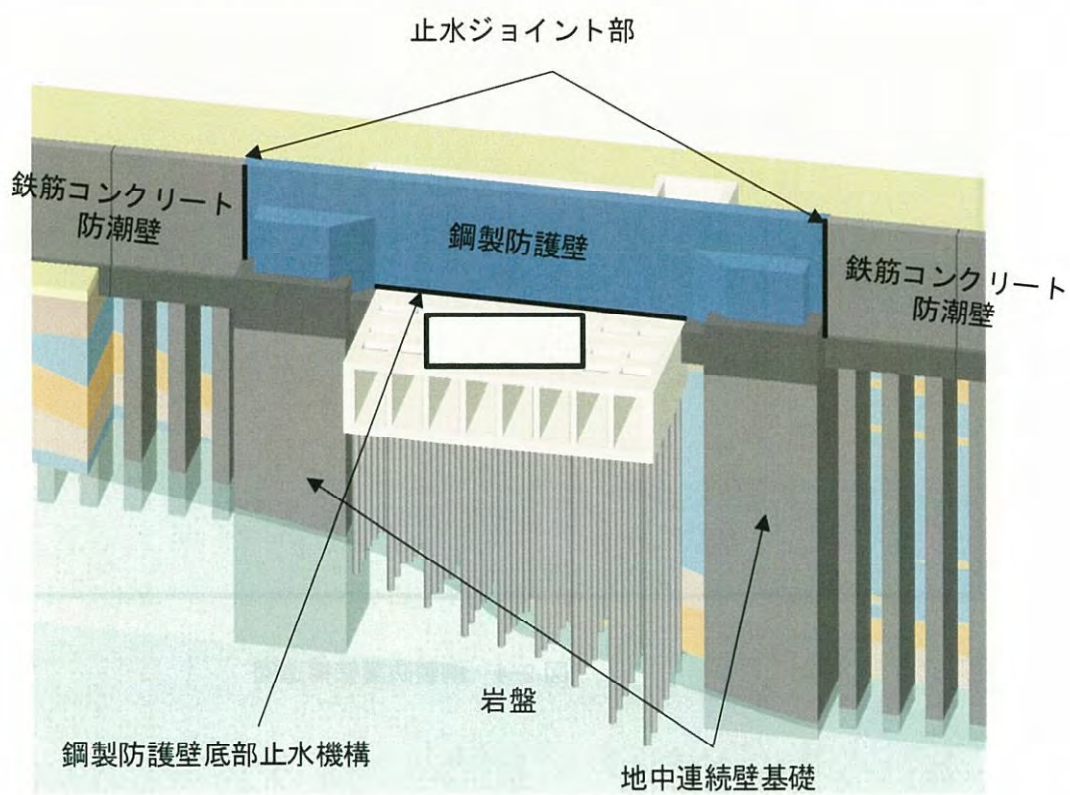


図 2-3 鋼製防護壁の構造概要図

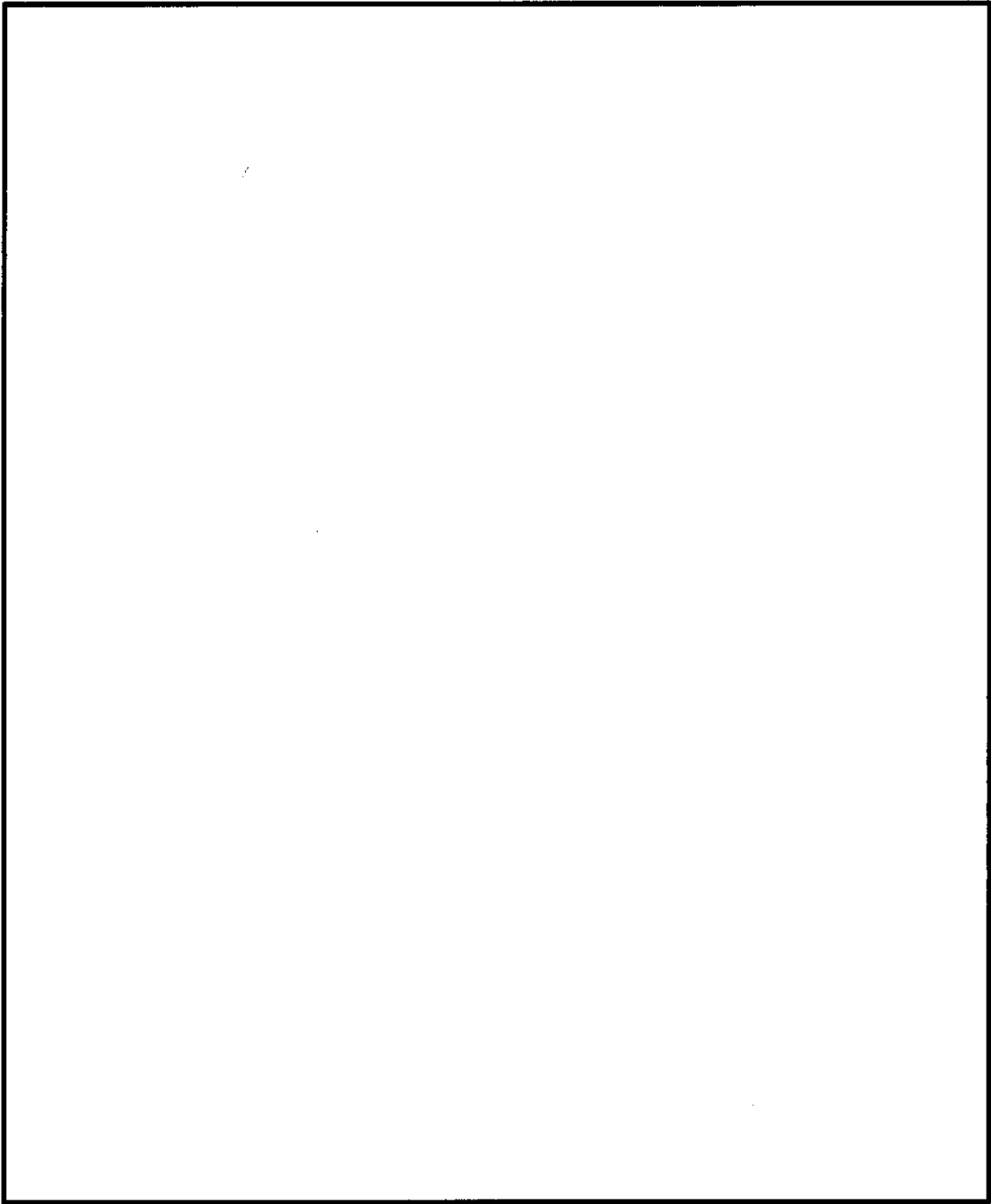


図 2-4 鋼製防護壁構造図

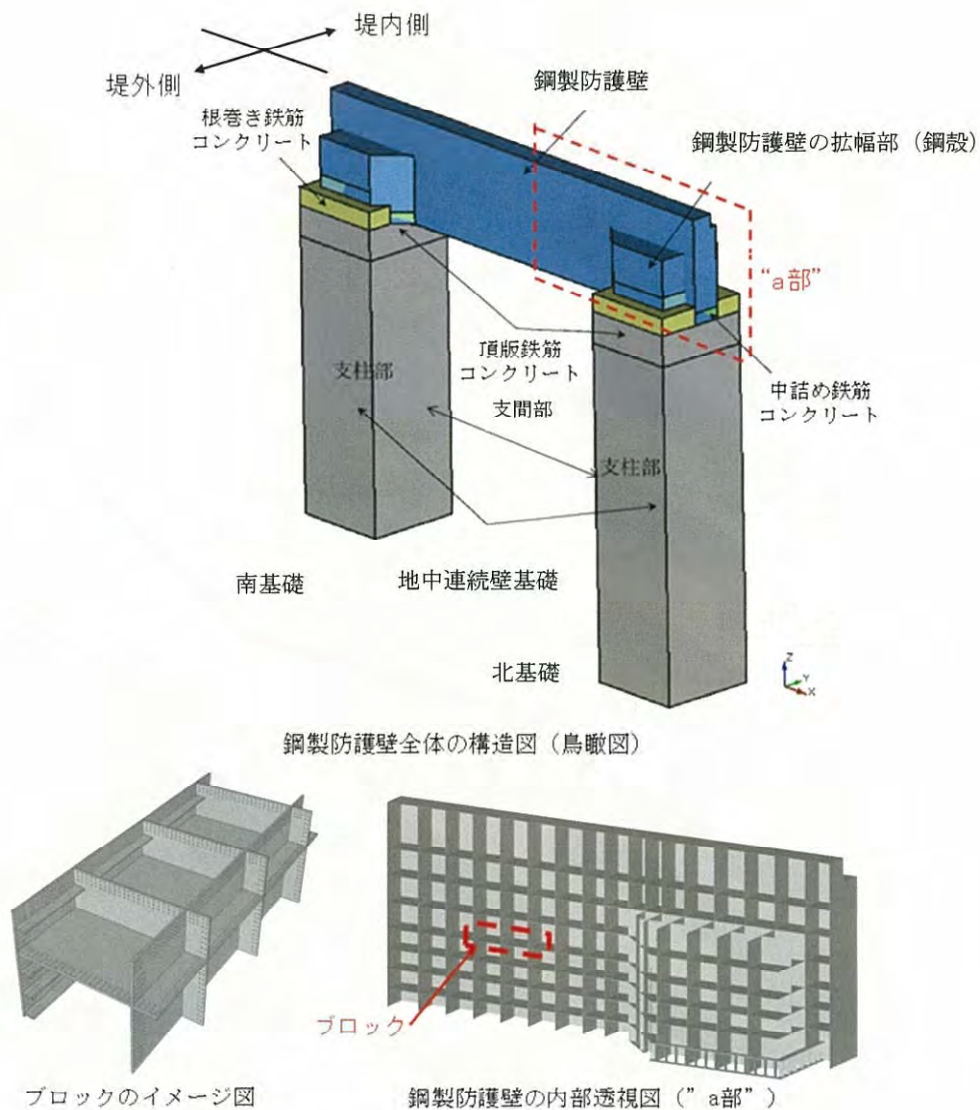


図 2-5 鋼製防護壁全体の構造イメージ図

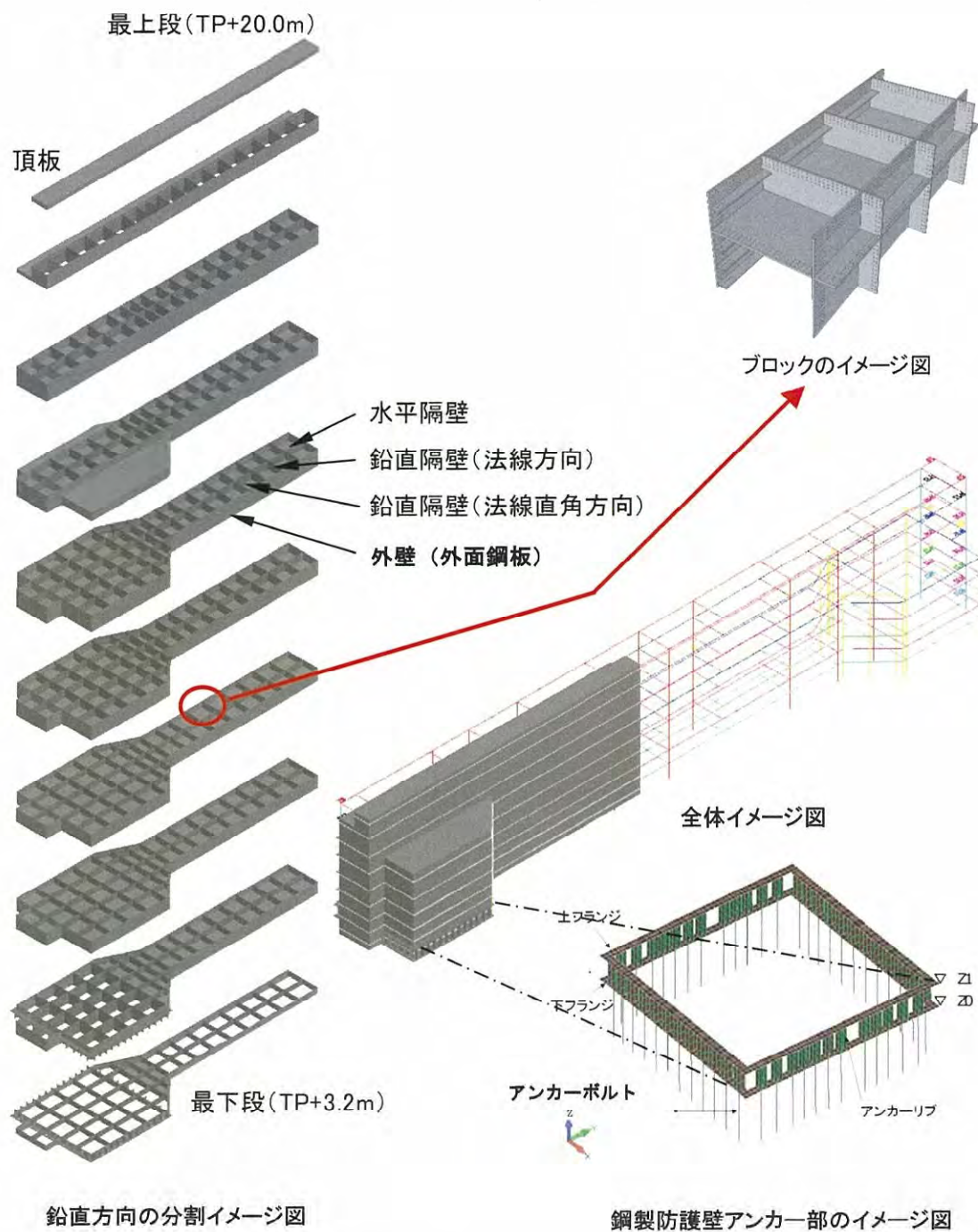


図 2-6 鋼製防護壁の上部構造の構造概念図

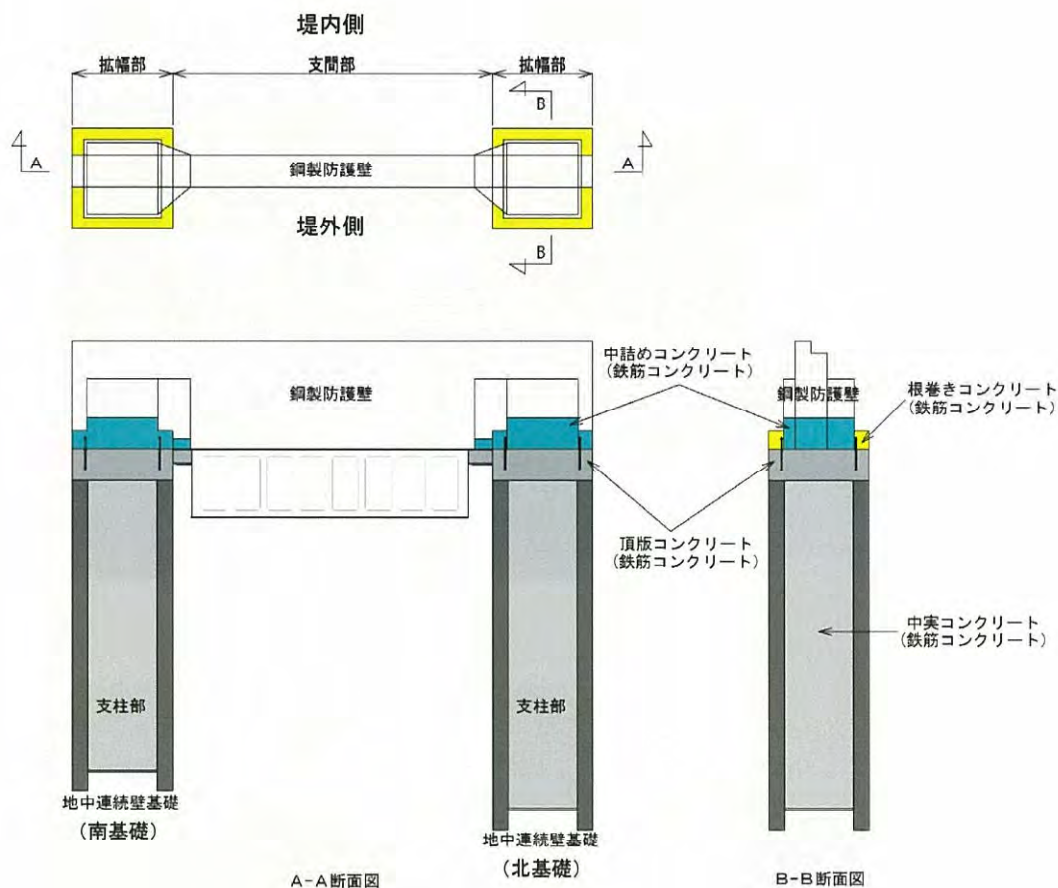


図 2-7 (1) 鋼製防護壁の全体構成図

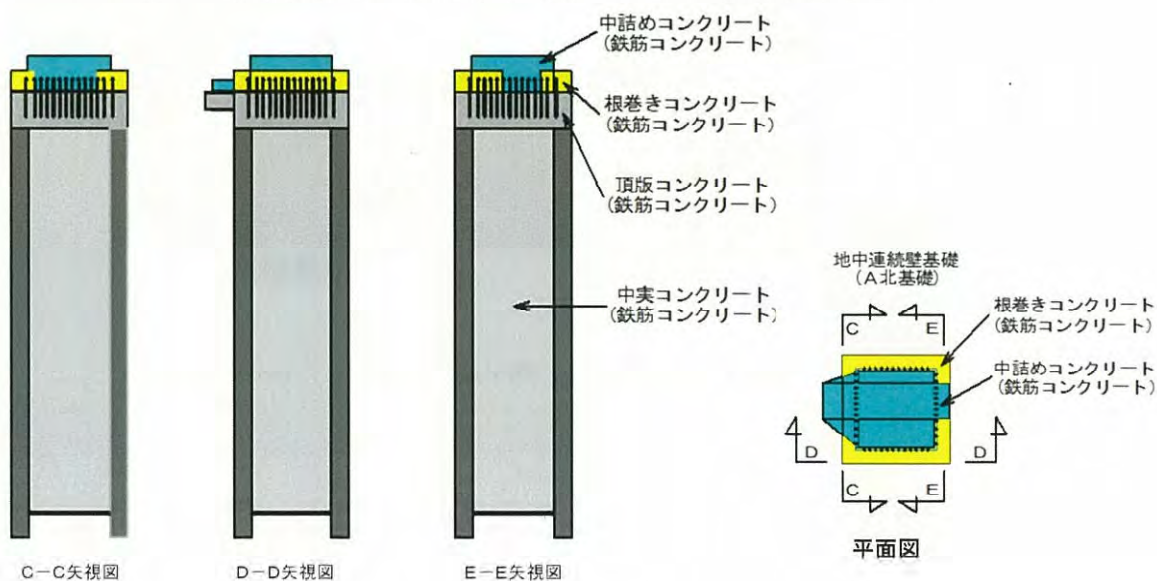


図 2-7 (2) 鋼製防護壁 (地中連続壁基礎) の構成図

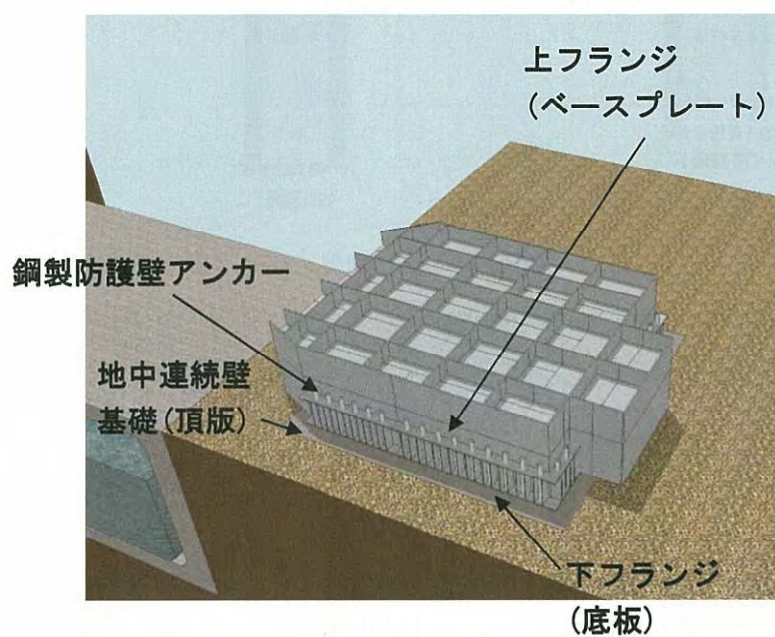
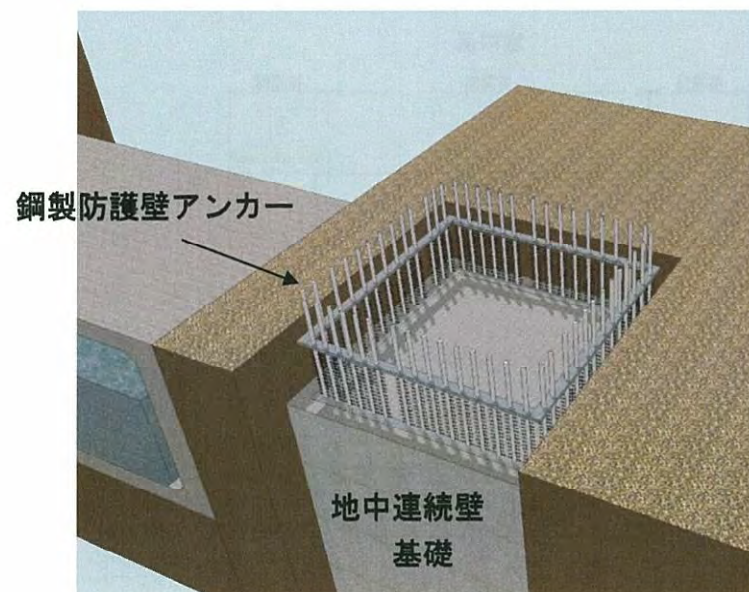


図 2-8 鋼製防護壁と地中連続壁基礎との接合部概要図

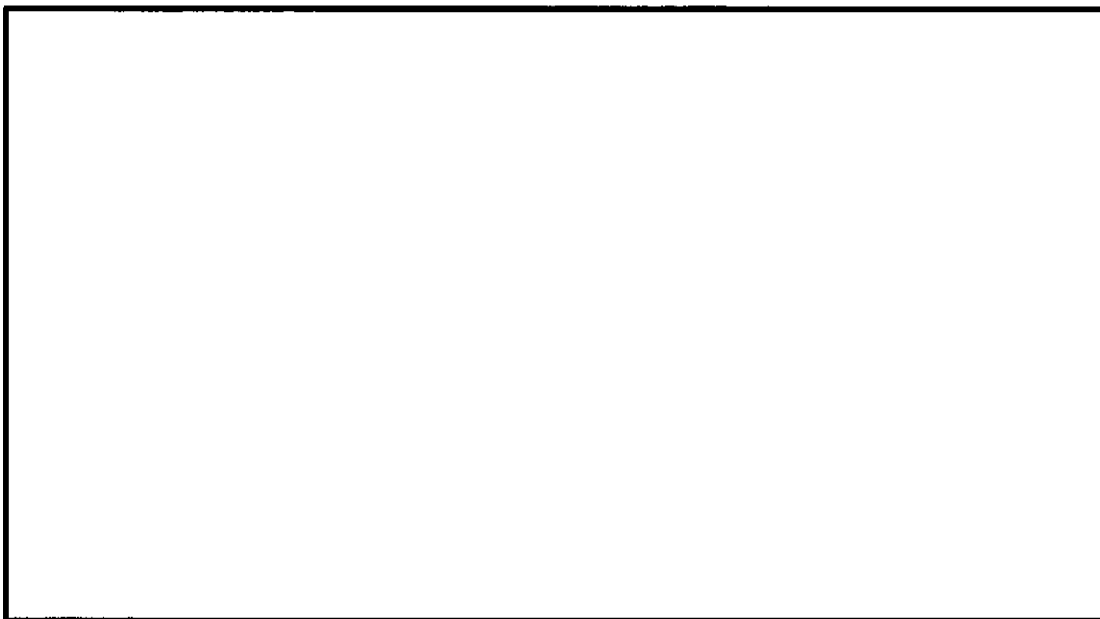


図 2-9 (1) 鋼製防護壁と地中連続壁基礎との接合部構造図 (A-A 断面)

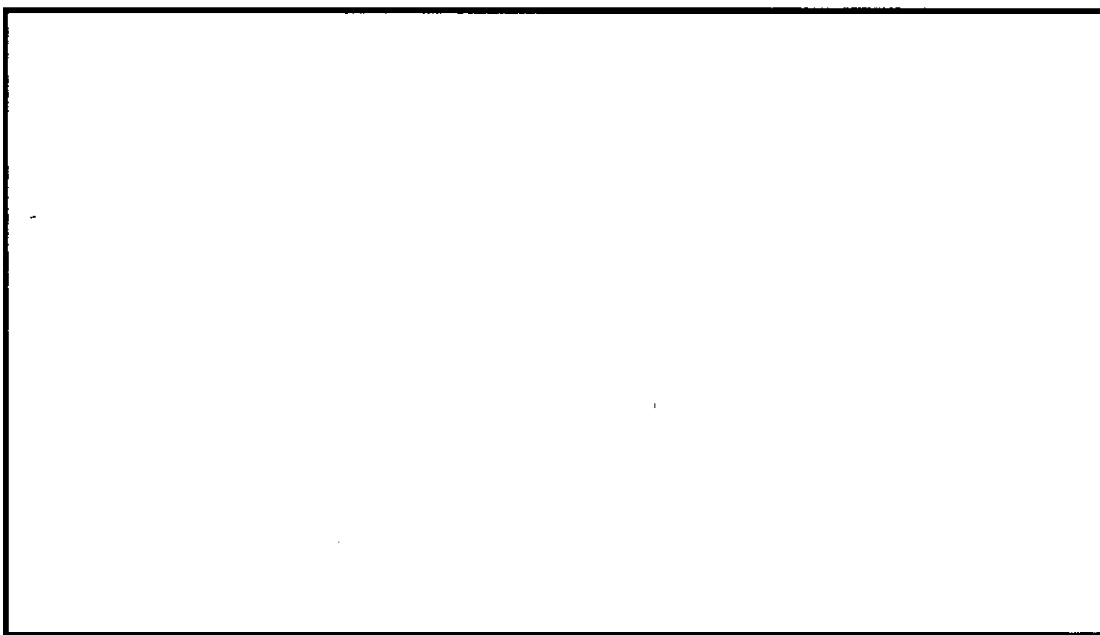


図 2-9 (2) 鋼製防護壁と地中連続壁基礎との接合部構造図 (B-B 断面)

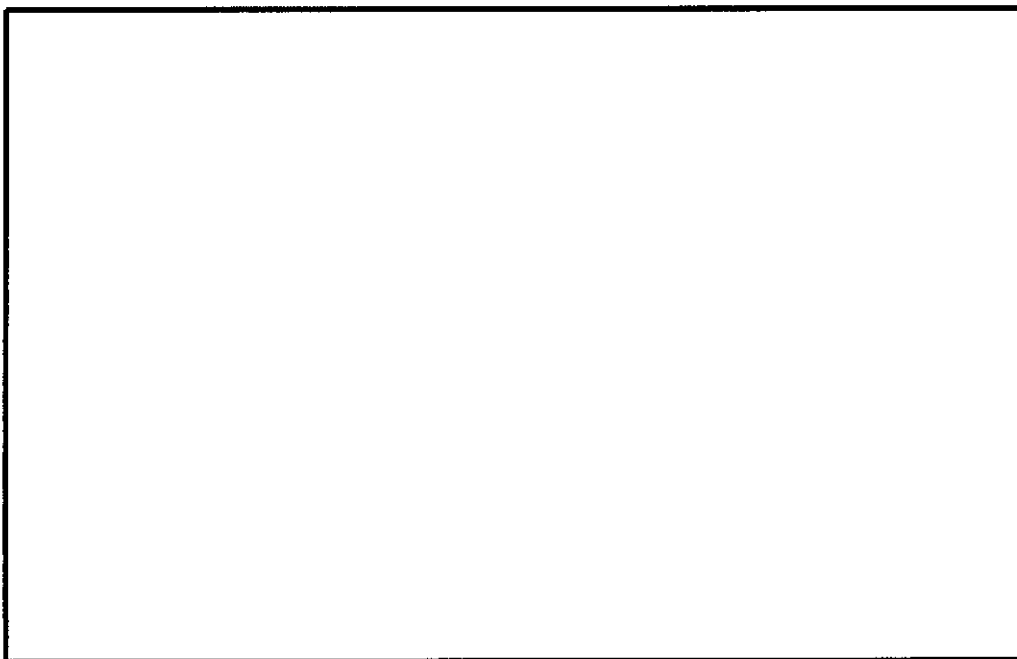


図 2-9 (3) 鋼製防護壁と地中連続壁基礎との接合部構造図 (C-C断面)

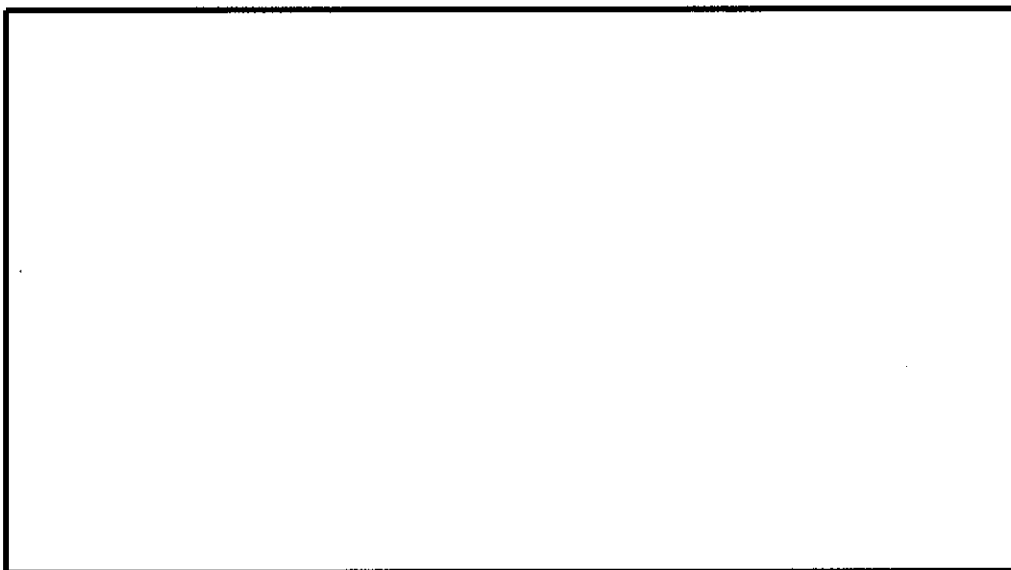


図 2-9 (4) 鋼製防護壁と地中連続壁基礎との接合部構造図 (D-D断面)

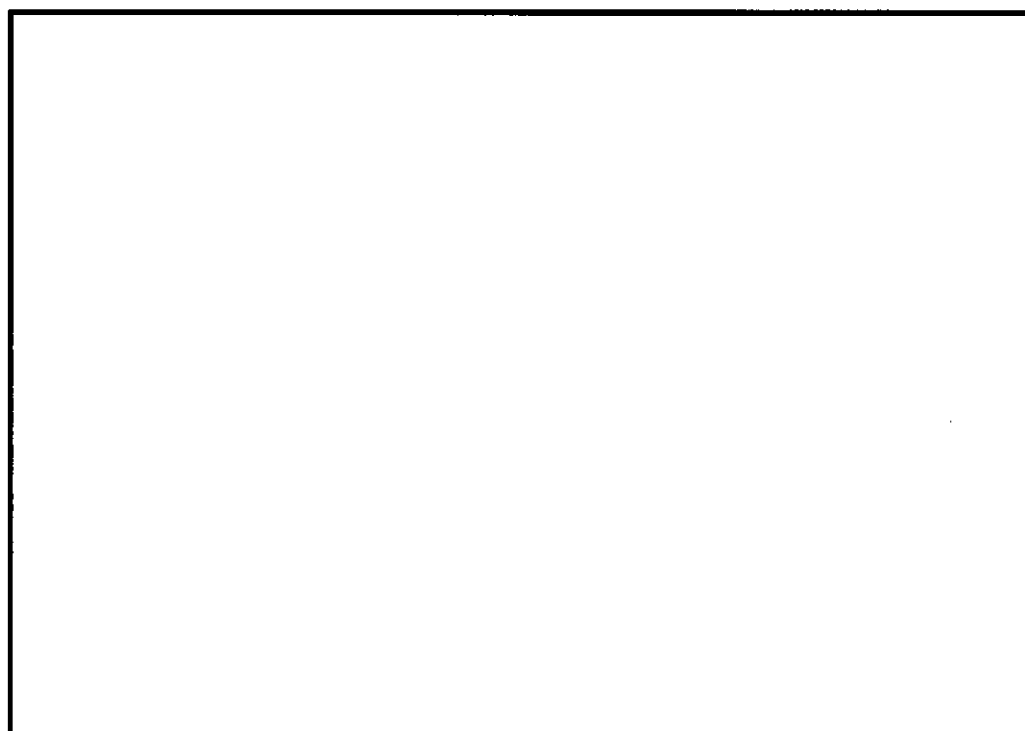


図 2-9 (5) 鋼製防護壁と地中連続壁基礎との接合部構造図 (E-E 断面)

表 2-1 各部材の設計上の役割

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。

鋼製防護壁の地震応答解析においては、地震時の地盤の有効応力の変化に応じた影響を考慮できる有効応力解析を実施する。

有効応力解析に用いる地盤剛性及び液状化強度特性は、敷地の原地盤における代表性及び網羅性を踏まえた上で、ばらつき等を考慮して設定する。

構造物への地盤変位に対する保守的な配慮として、地盤を強制的に液状化させることを仮定した影響を考慮する。その際は、原地盤よりも十分に小さい液状化強度特性（敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性）を仮定する。

構造物への加速度応答に対する保守的な配慮として、地盤の非液状化の影響を考慮する。その際は、原地盤において非液状化の条件を仮定した解析を実施する。

鋼製防護壁の耐震評価は、「3. 地震応答解析」により得られた解析結果に基づき、設計基準対象施設として、表 2-2 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。なお、鋼製防護壁の上部構造については、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の同時加振による同時刻の断面力の組合せを用いた照査を行う。

構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価及び構造物の変形性評価を実施することで、構造強度を有すること及び止水性を損なわないことを確認する。

構造物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。

基礎地盤の支持性能評価については、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。

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。

鋼製防護壁の耐震評価フローを図 2-10 に示す。

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。

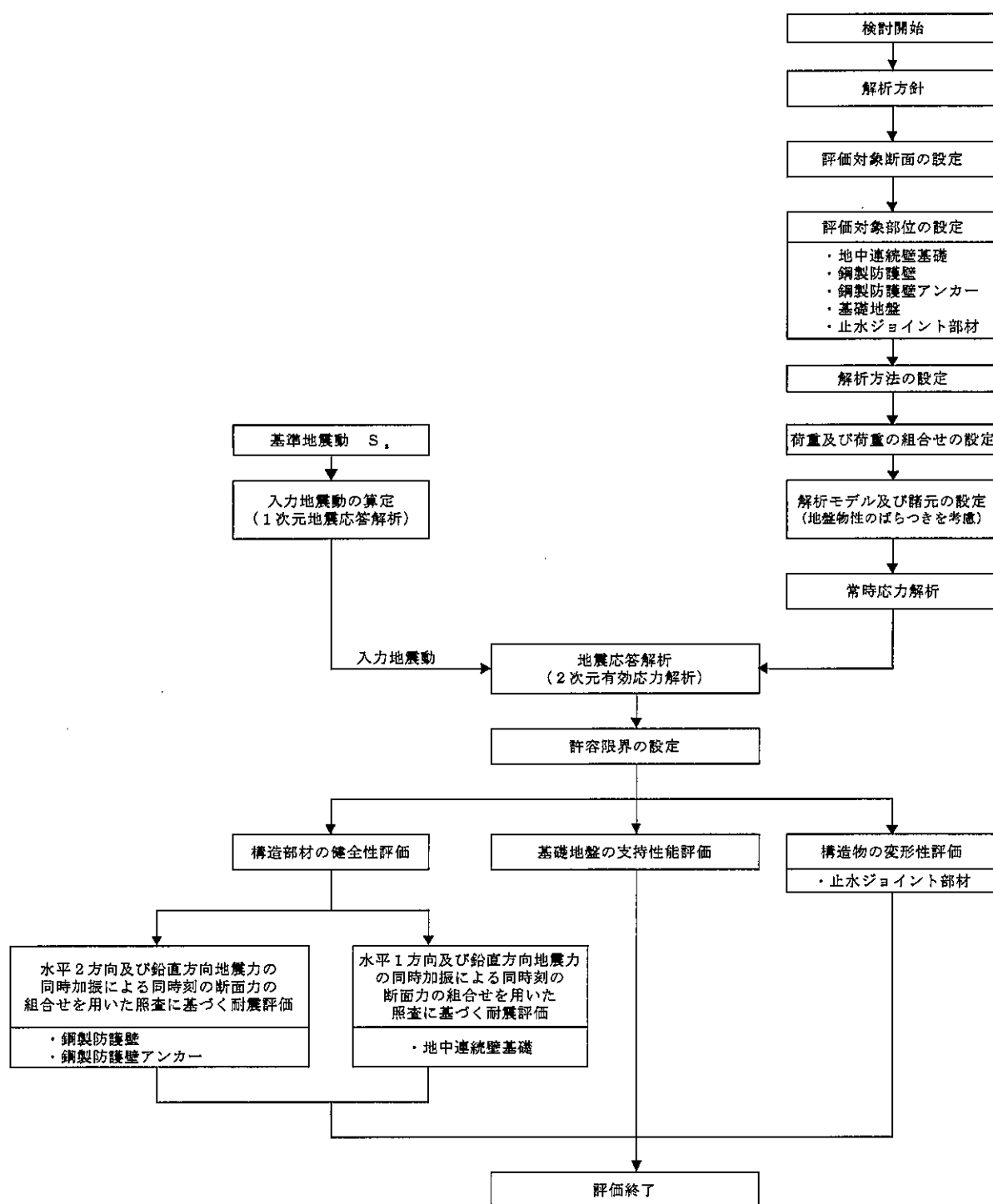


図 2-10 鋼製防護壁の耐震評価フロー

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・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（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（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）
- ・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）
- ・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）
- ・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. 地震応答解析

3.1 評価対象断面

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選定する。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。

耐震評価は、縦断方向 1 断面（①－①断面）及び南北基礎の横断方向（堤軸に対して直交する方向）2 断面（②－②断面、③－③断面）を用いて実施する。

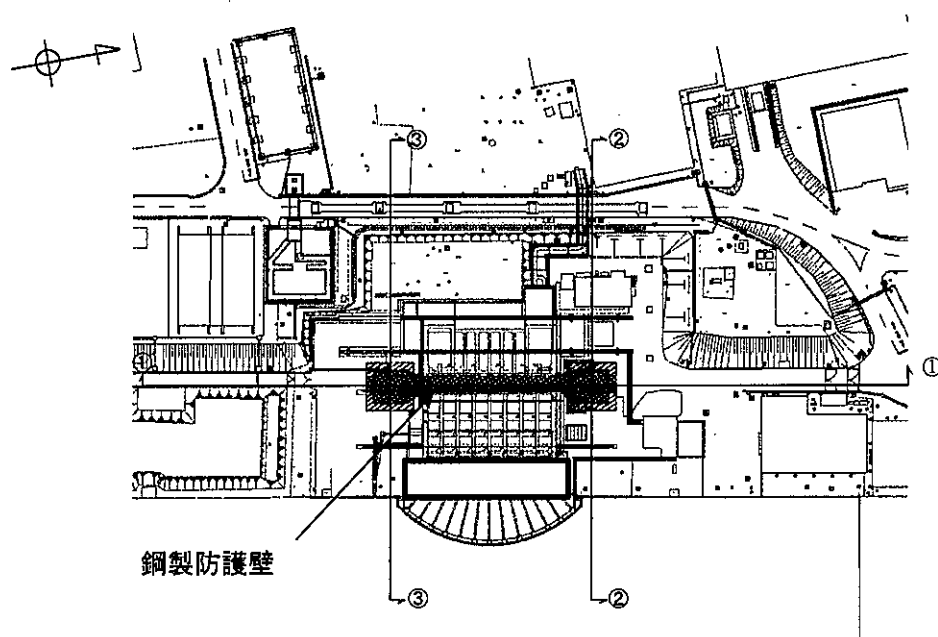


図 3-1 鋼製防護壁 評価対象断面位置図

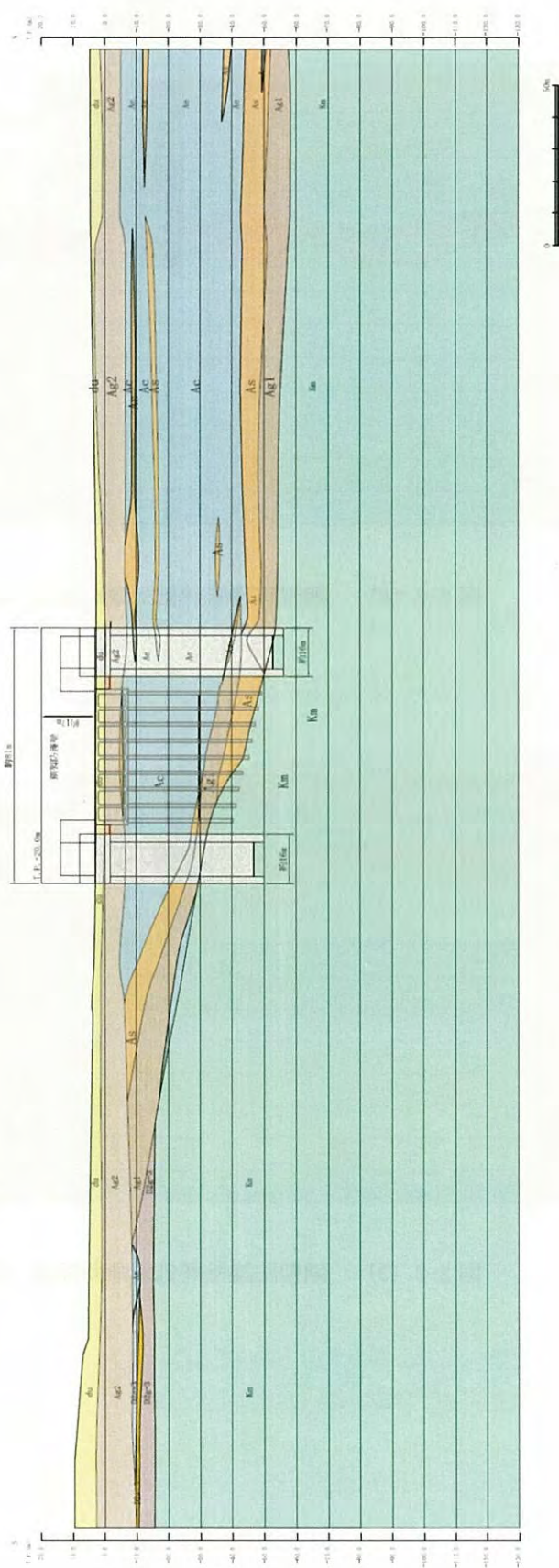


図 3-2 (1) 銅製防護壁評価対象断面図 (①—①断面)

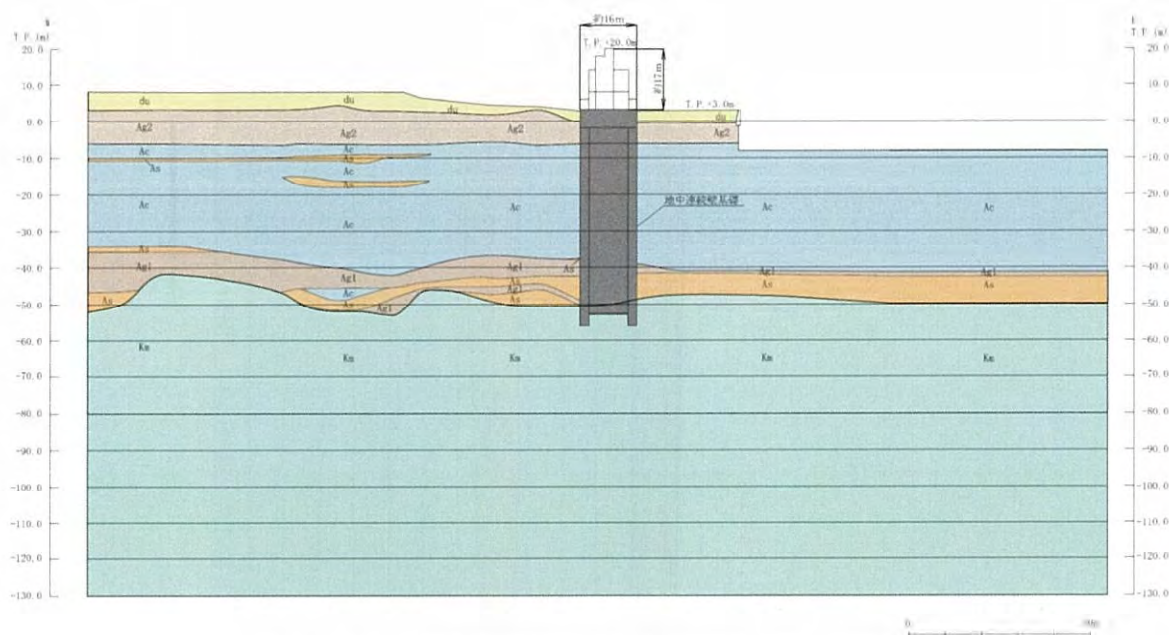


図 3-2 (2) 鋼製防護壁評価対象断面図 (②-②断面)

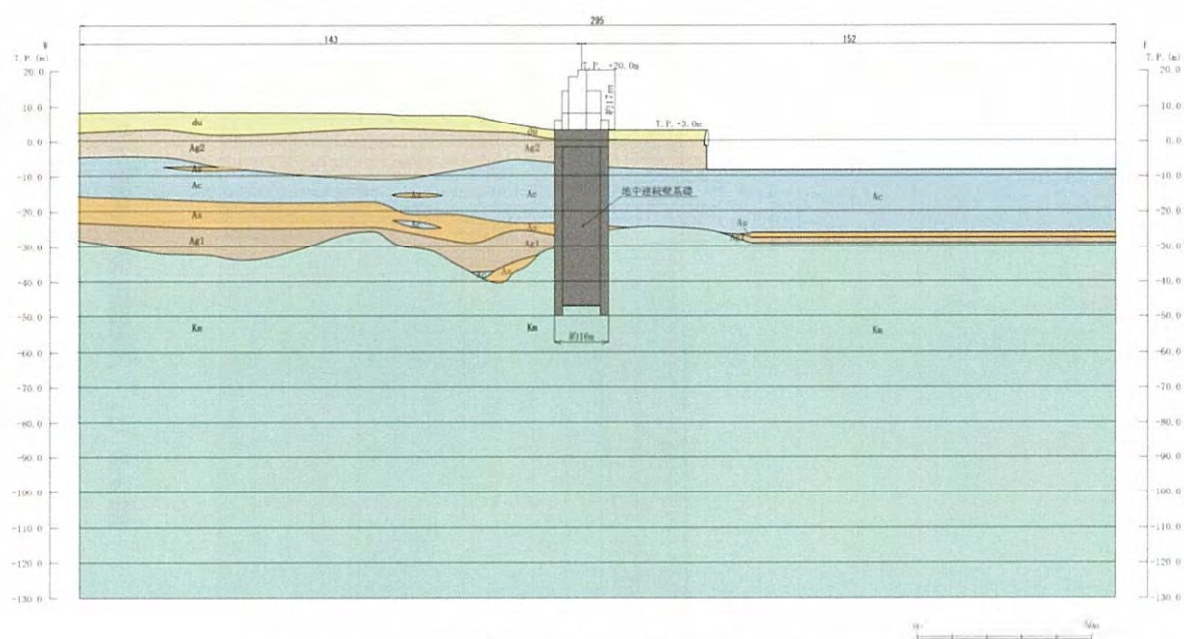


図 3-2 (3) 鋼製防護壁評価対象断面図 (③-③断面)

3.2 解析方法

地震応答解析は、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」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

地震応答解析では、地震時における地盤の有効応力の変化に伴う影響を考慮できる有効応力解析を実施する。有効応力解析に用いる地盤剛性及び液状化強度特性は、敷地の原地盤における代表性及び網羅性を踏まえた上でばらつき等を考慮して設定することを基本とする。

地中土木構造物への地盤変位に対する保守的な配慮として、地盤を強制的に液状化させることを仮定した影響を考慮する場合は、原地盤よりも十分に小さい液状化強度特性（敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性）を設定する。

上部土木構造物及び機器・配管系への加速度応答に対する保守的な配慮として、地盤の非液状化の影響を考慮する場合は、原地盤において非液状化の条件を仮定した解析を実施する。

地震応答解析には、解析コード「FLIP Ver. 7.3.0_2」を使用する。なお、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。

3.2.1 構造部材

構造部材は、線形はり要素によりモデル化する。

3.2.2 地盤

地盤剛性のばらつき及び地盤の液状化強度特性のばらつきの影響を考慮するため、表 3-1 に示す解析ケース（①～⑥）を設定する。

表 3-1 有効応力解析における解析ケース

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（ $+1\sigma$ ）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 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（ $+1\sigma$ ）	原地盤のせん断波速度のばらつきを考慮（ -1σ ）	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（ $+1\sigma$ ）
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性（ -1σ ）	原地盤に基づく液状化強度特性（ -1σ ）	原地盤に基づく液状化強度特性（ -1σ ）	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

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 $+1\sigma$ 」（以下「 $+1\sigma$ 」という。）と

する解析ケース（解析ケース②，⑥）及び「回帰曲線 -1σ 」（以下「 -1σ 」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（ -1σ ）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。

3.2.3 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。

3.2.4 地震応答解析における解析ケースの選定

耐震評価においては，全ての基準地震動 S_s に対し，①の解析ケース（基本ケース）を実施する。

また，全ての基準地震動 S_s に対し基本として実施した①の解析ケースにおいて，各照査値が最も厳しい地震動を用い，②～⑥の解析ケースを実施する。

3.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき設定する。

3.3.1 耐震評価上考慮する状態

鋼製防護壁の地震応答解析において、地震以外に考慮する状態を以下に示す。

(1) 運転時の状態

発電用原子炉が運転状態にあり、通常の条件下におかれている状態。ただし、運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

(2) 設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3) 設計用自然条件

積雪及び風荷重を考慮する。

(4) 重大事故等時の状態

重大事故等時の状態の影響を受けないことから考慮しない。

3.3.2 荷重

鋼製防護壁の地震応答解析において、考慮する荷重を以下に示す。

(1) 固定荷重(G)

固定荷重は、固定荷重として、躯体自重を考慮する。

(2) 積載荷重(P)

積載荷重は、積載荷重として機器及び配管荷重を考慮する。

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

(3) 地震荷重(K_s)

基準地震動 S_s による荷重を考慮する。

(4) 積雪荷重(P_s)

積雪荷重として 30 cm の積雪を考慮する。

(5) 風荷重(P_k)

風荷重として、風速 30 m/s の風圧力を考慮する。

3.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-3 に示す。

表 3-3 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 (S_s)	$G + P + K_s + P_s + P_k$

G : 固定荷重

P : 積載荷重

K_s : 地震荷重

P_s : 積雪荷重

P_k : 風荷重

3.4 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 屋外重量土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_e を 1 次元波動論により地震応答解析モデル底面位置で評価したものをを用いる。入力地震動算定の概念図を図 3-3 に示す。図 3-4 に入力地震動の加速度時刻歴波形並びに加速度応答スペクトルを示す。

入力地震動の算定には、解析コード「k-SHAKE Ver. 6.2.0」を使用する。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。

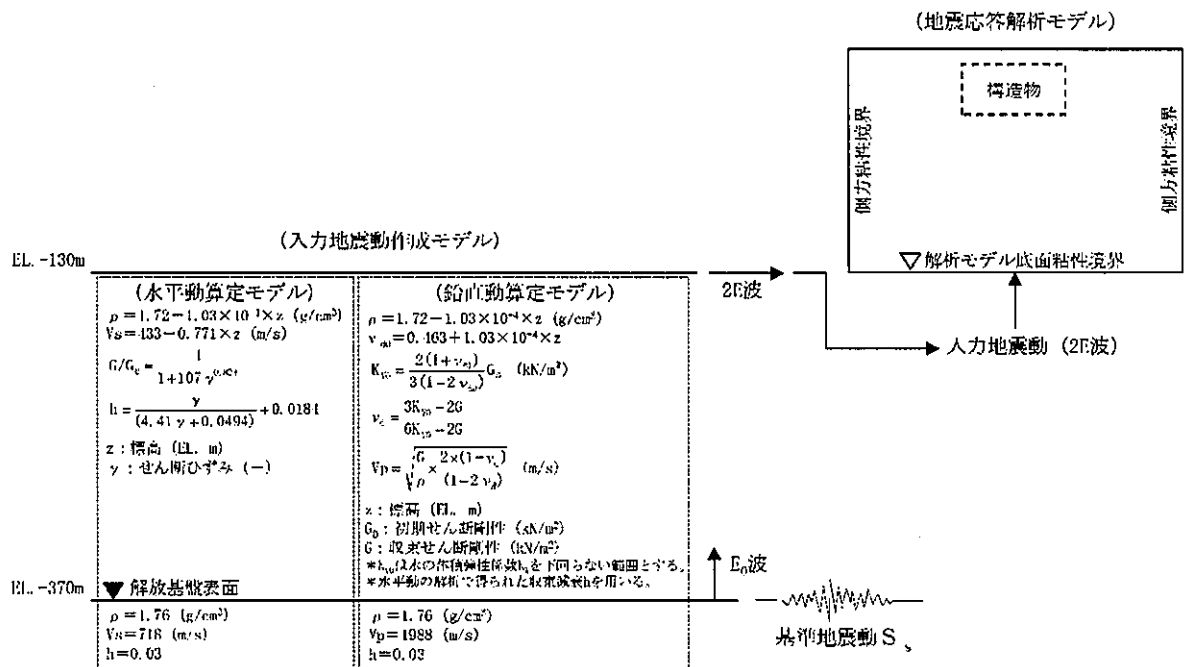
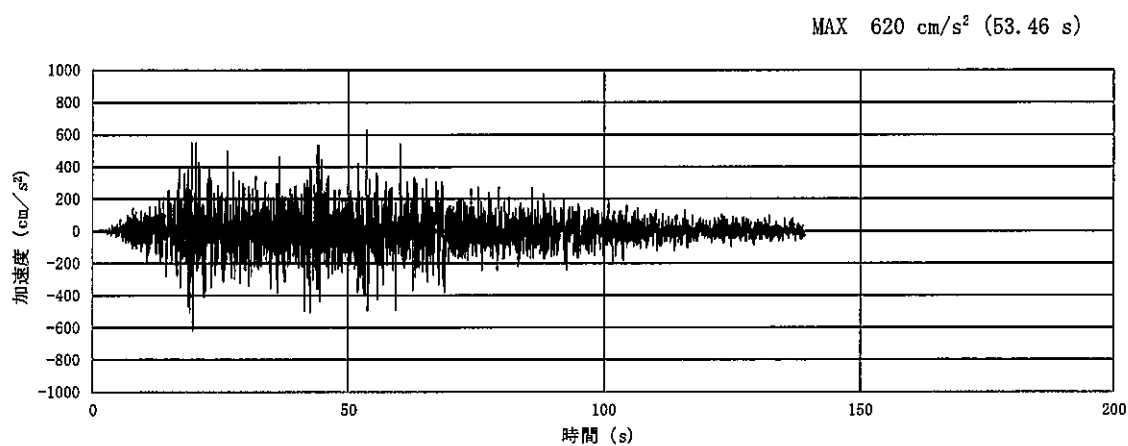
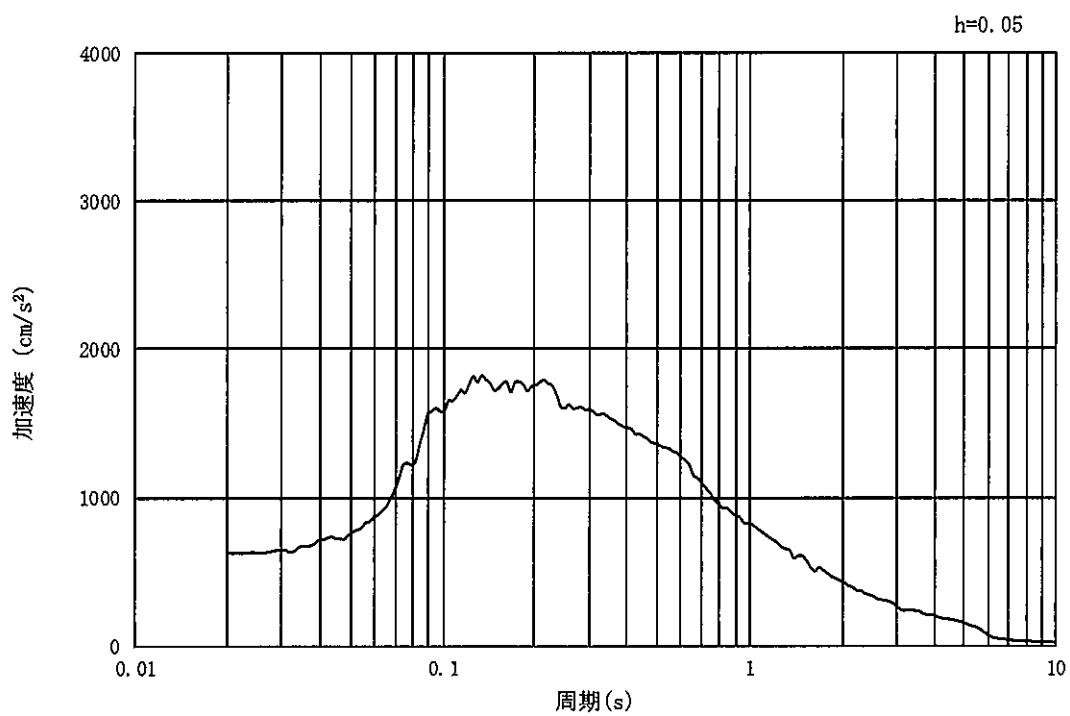


図 3-3 入力地震動算定の概念図

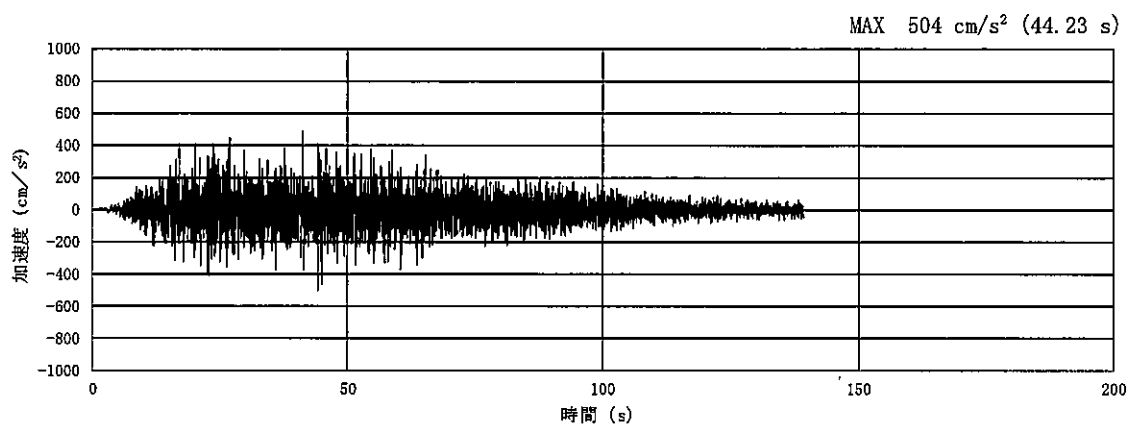


(a) 加速度時刻歴波形

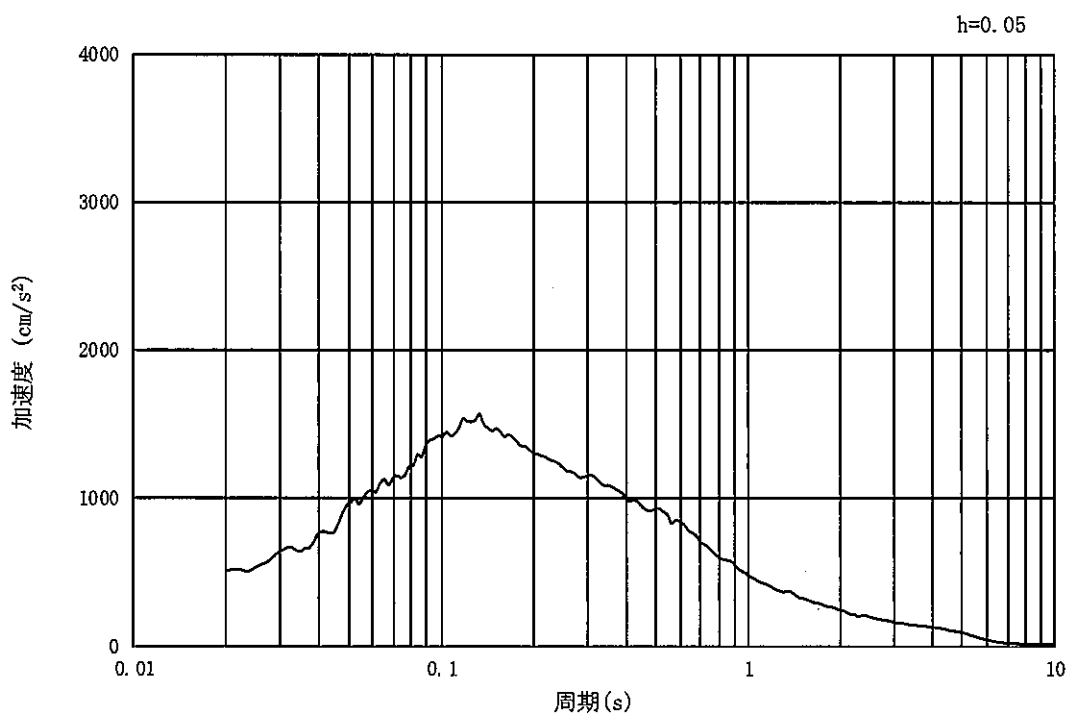


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 (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断面, ②-②断面及び③-③断面, 水平成分: S_s-D1)

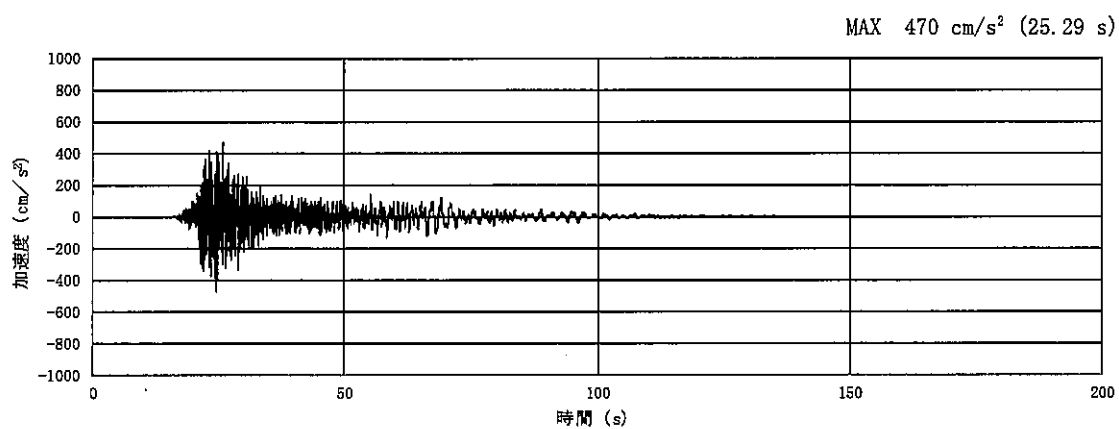


(a) 加速度時刻歴波形

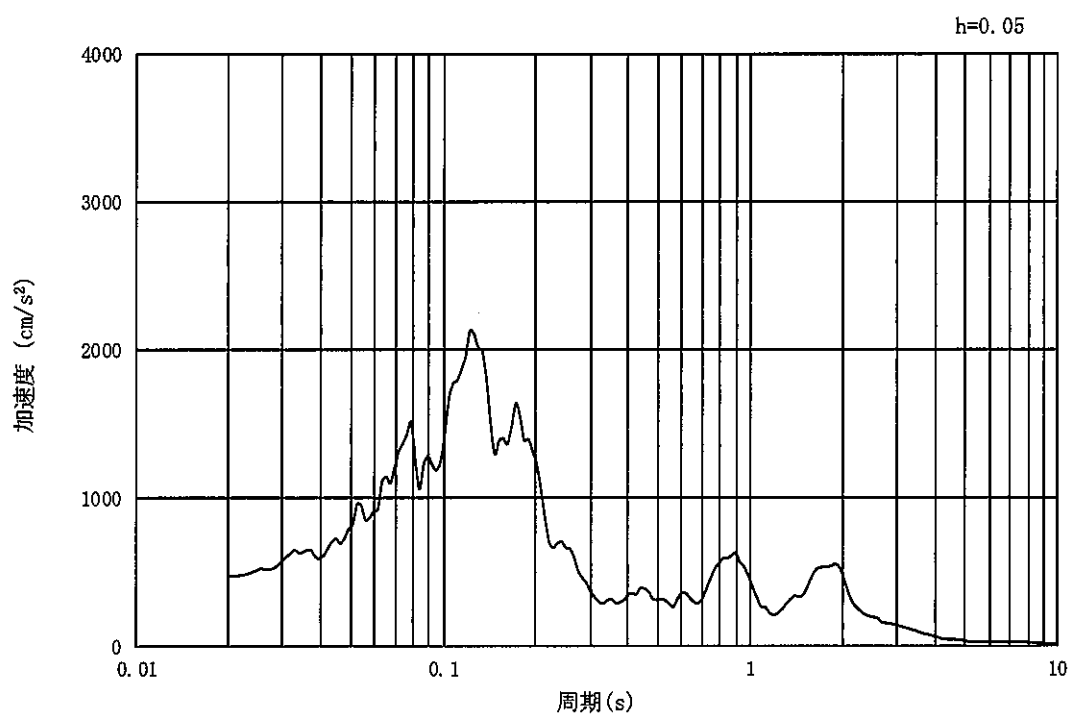


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 (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断面, ②-②断面及び③-③断面, 鉛直成分: S_s-D1)

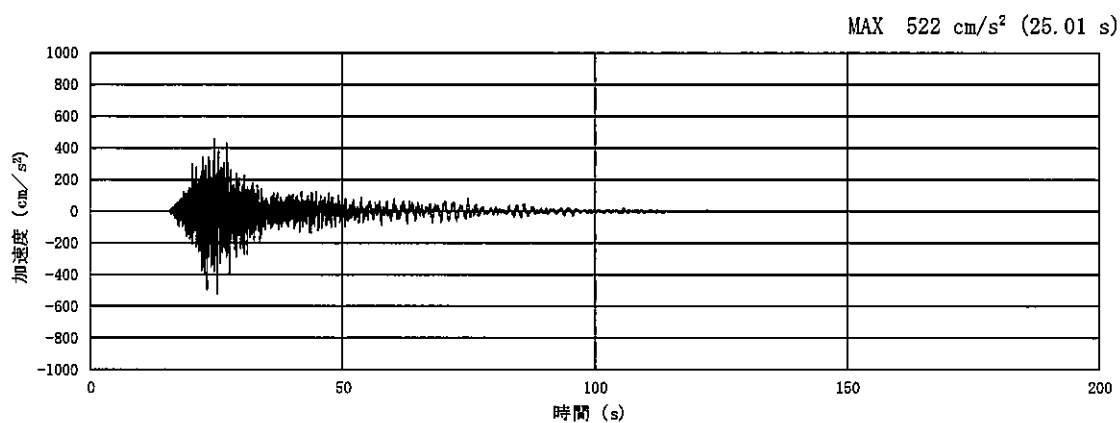


(a) 加速度時刻歴波形

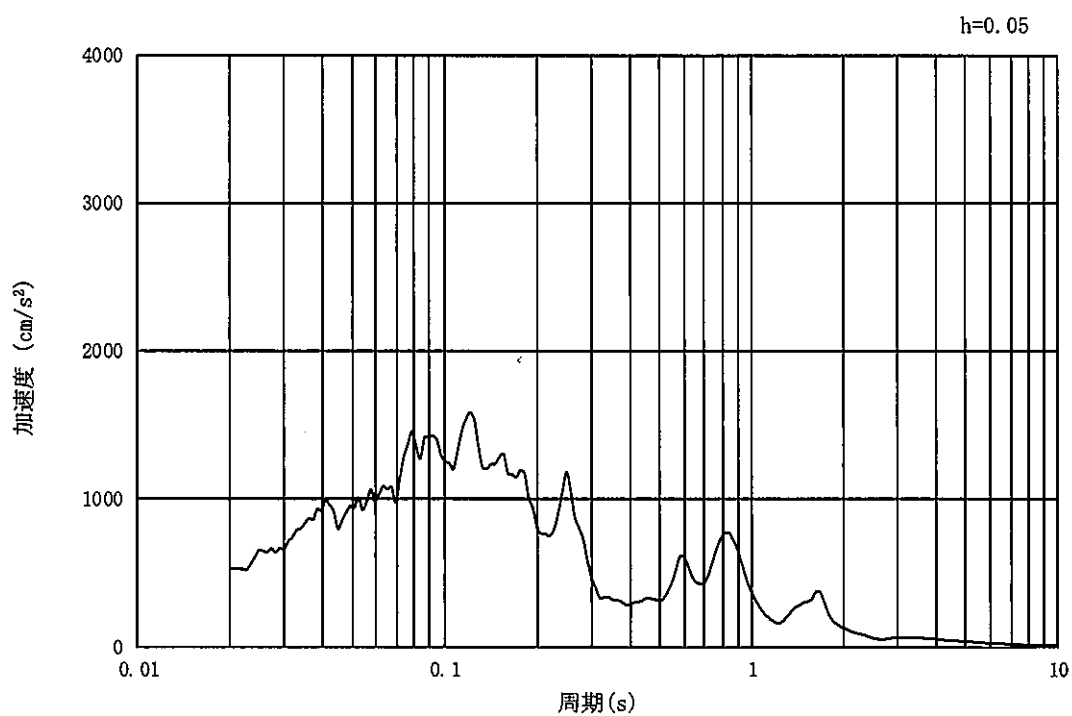


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 (3) 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断面, 水平成分: S_s-1 1)

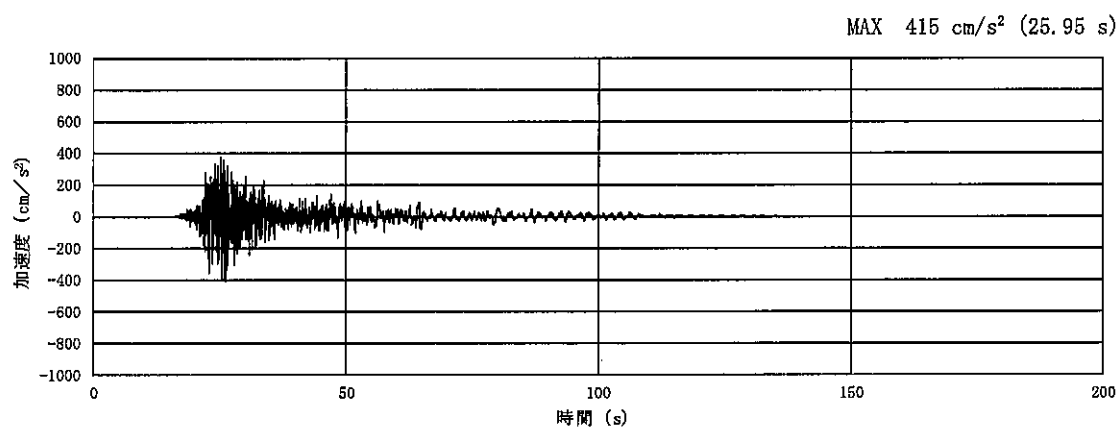


(a) 加速度時刻歴波形

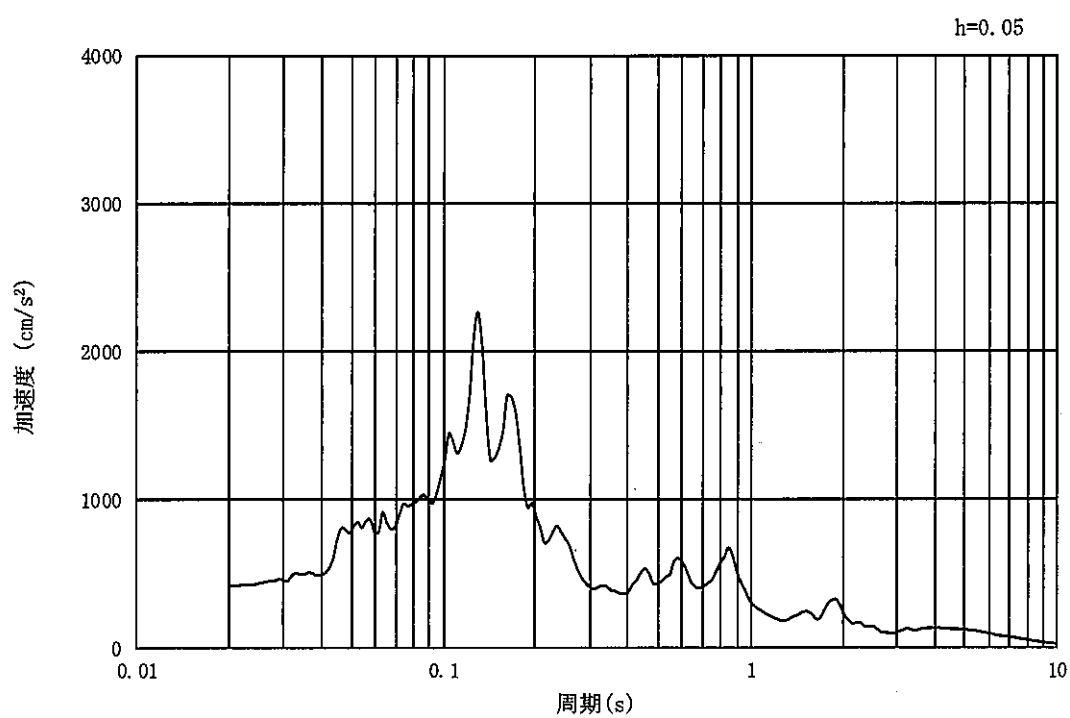


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 (4) 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断面, 鉛直成分: $S_s - 11$)

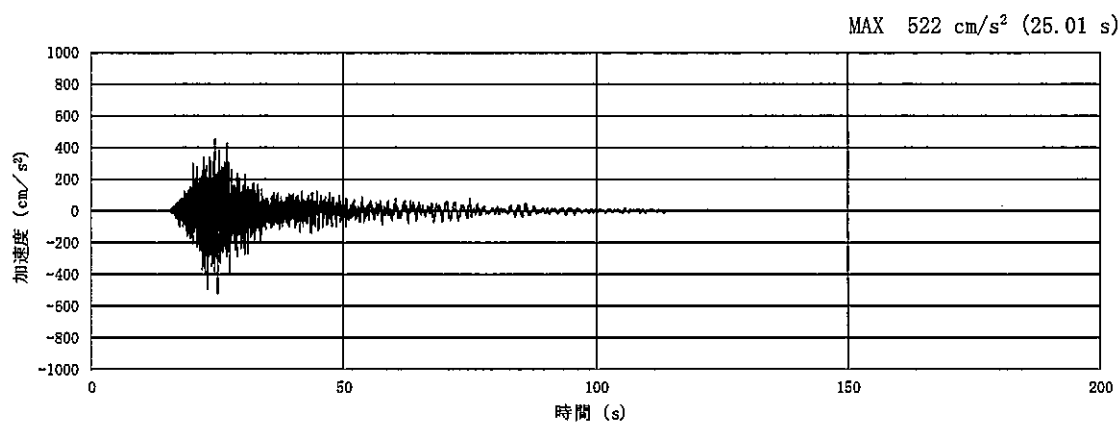


(a) 加速度時刻歴波形

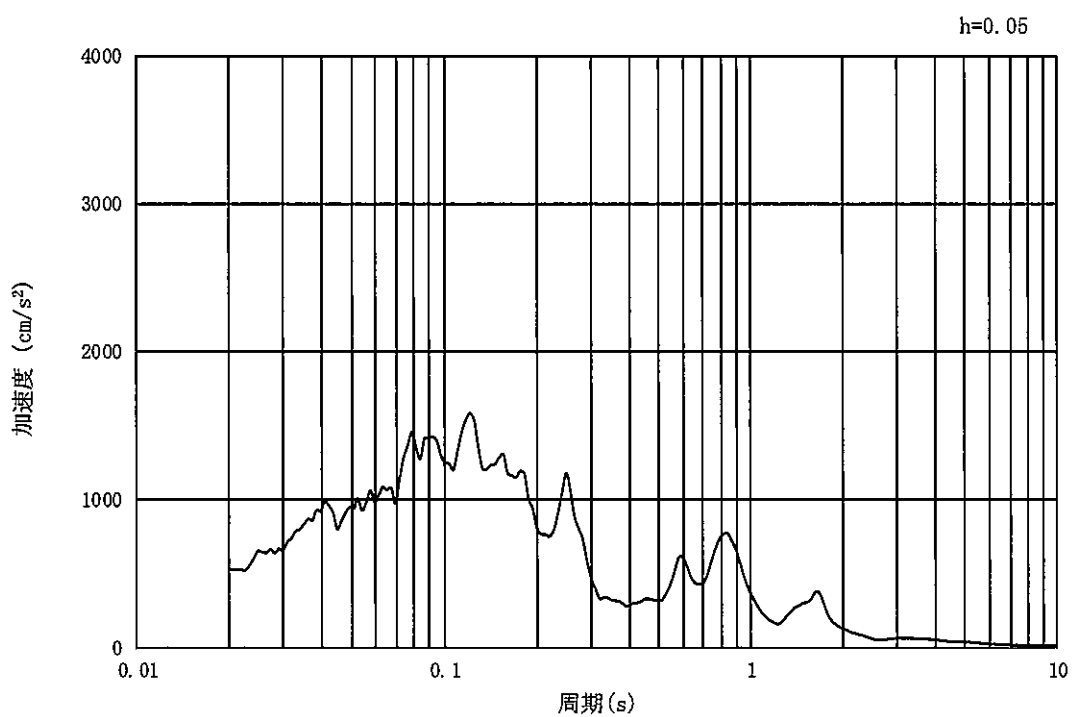


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 (5) 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
(②-②断面及び③-③断面, 水平成分: $S_s - 11$)

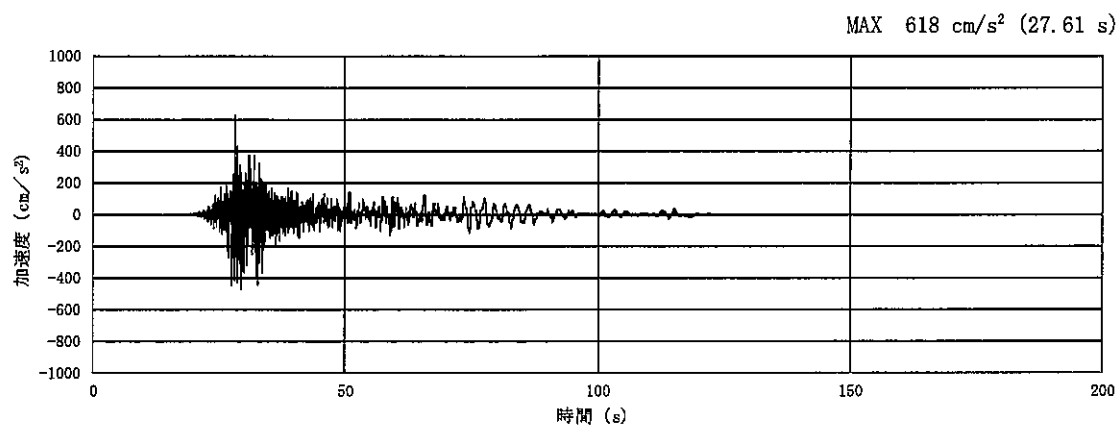


(a) 加速度時刻歴波形

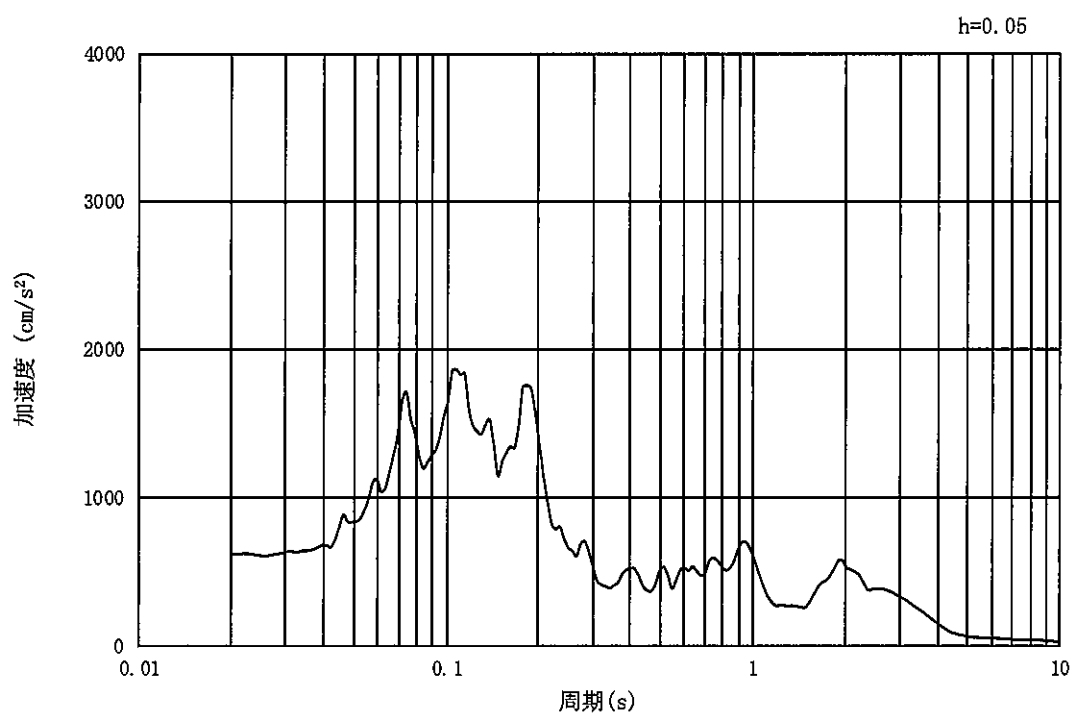


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 (6) 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
(②-②断面及び③-③断面, 鉛直成分: $S_s - 11$)

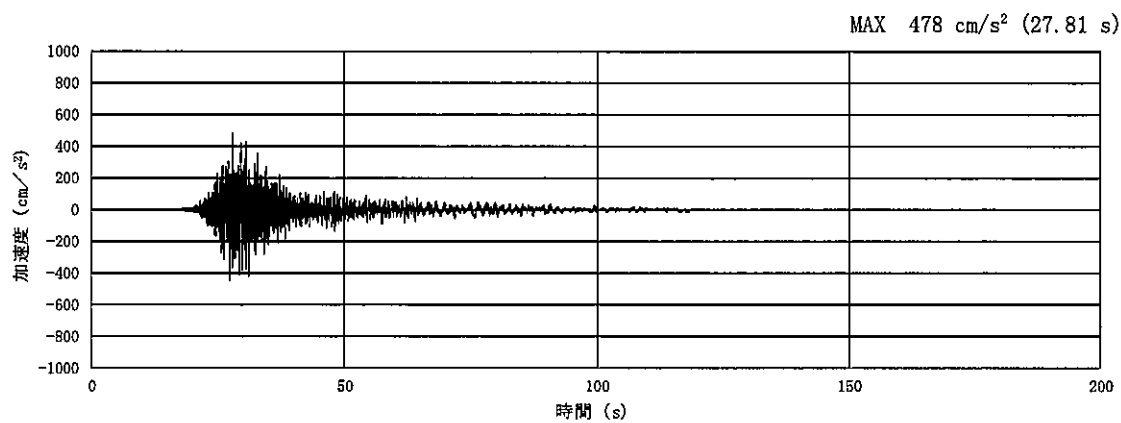


(a) 加速度時刻歴波形

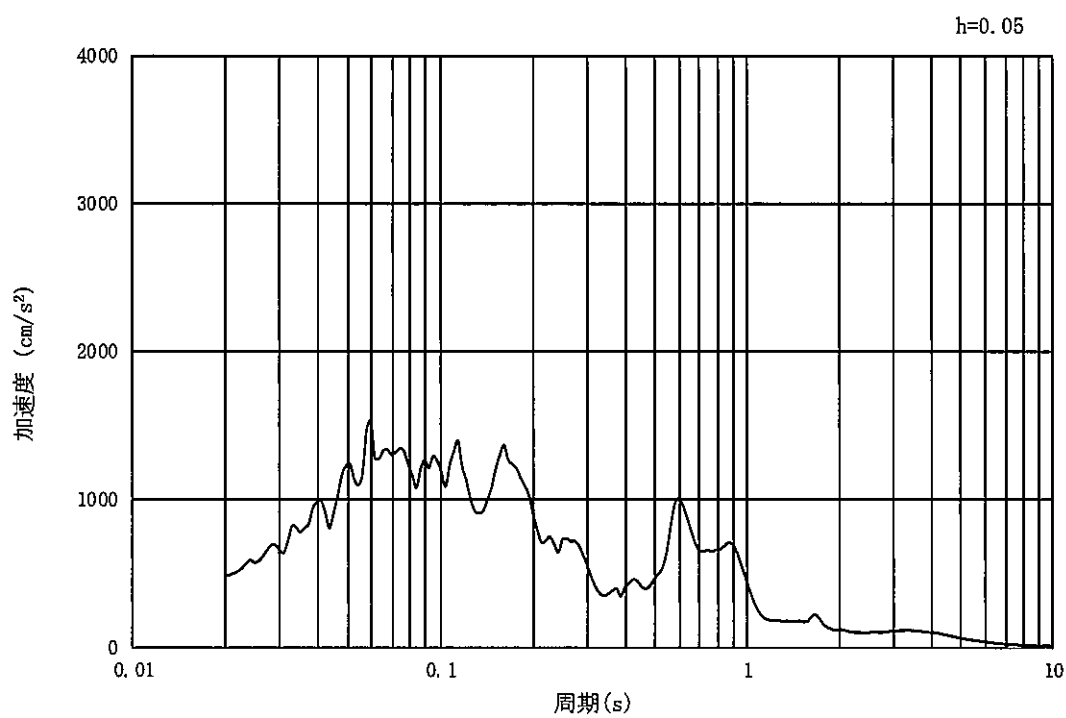


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 (7) 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断面, 水平成分: S_s-1 2)

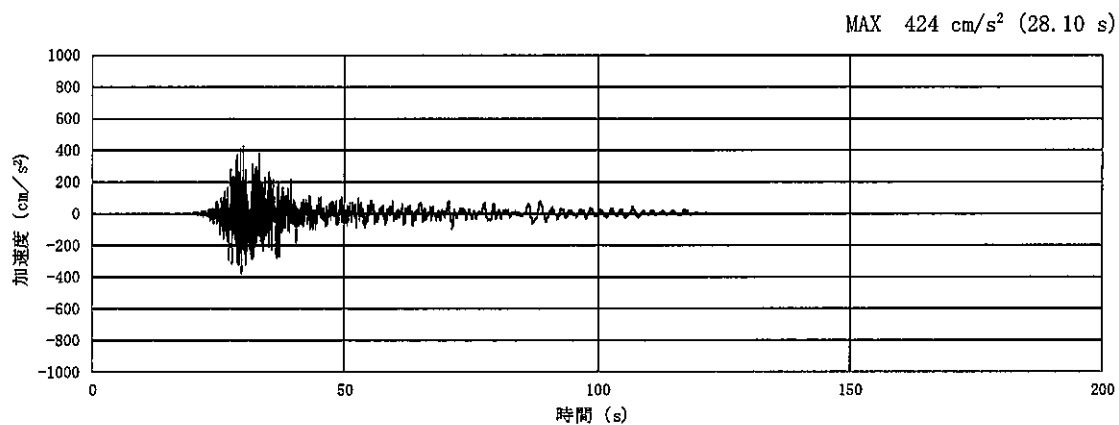


(a) 加速度時刻歴波形

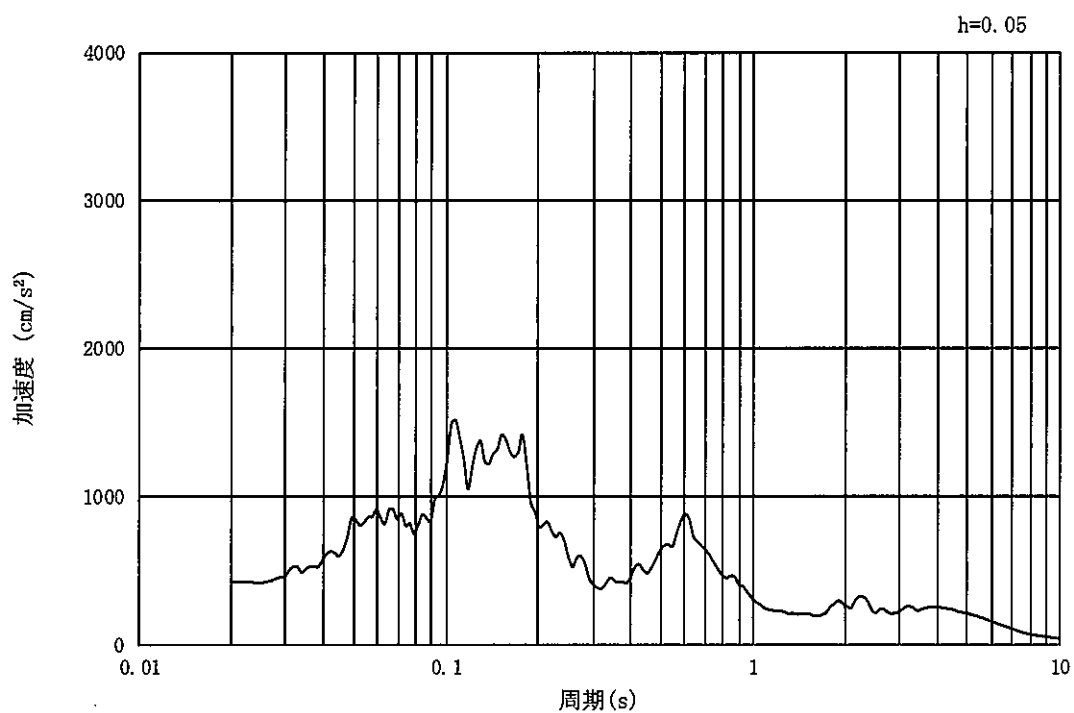


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 (8) 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断面, 鉛直成分: $S_s - 12$)

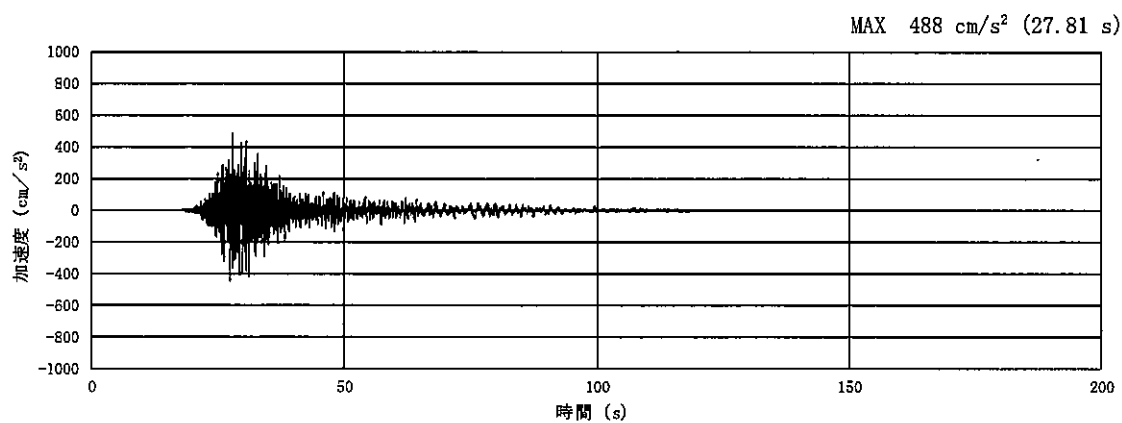


(a) 加速度時刻歴波形

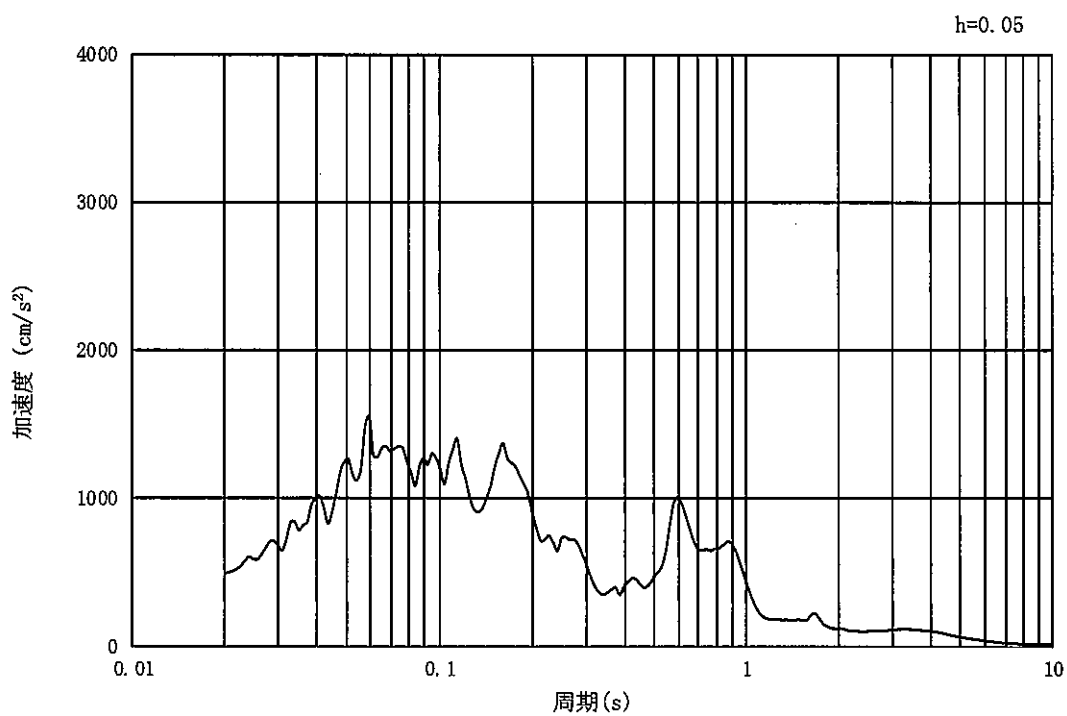


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 (9) 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
(②-②断面及び③-③断面, 水平成分: $S_s - 1.2$)

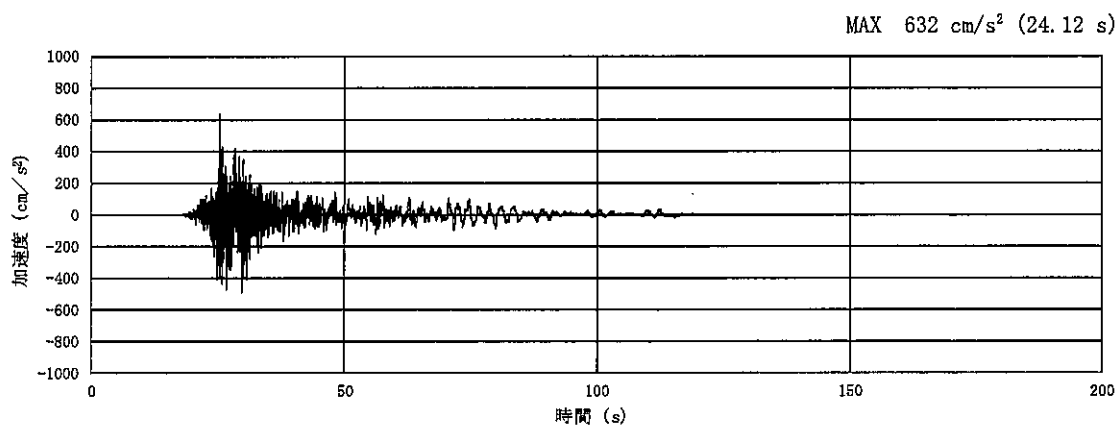


(a) 加速度時刻歴波形

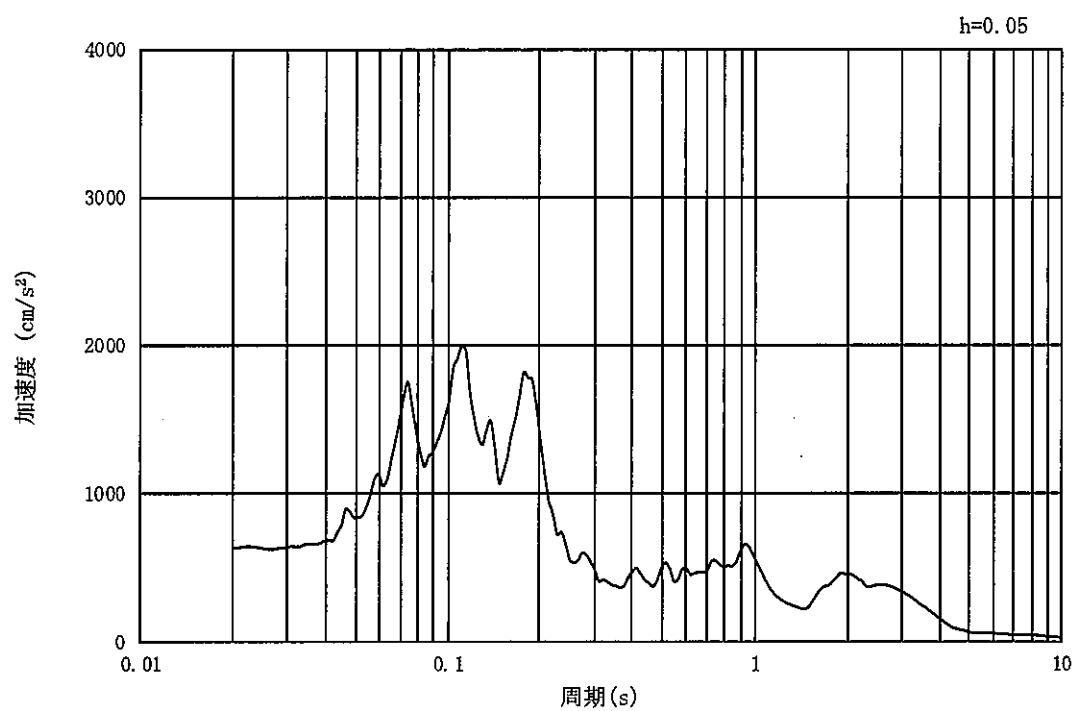


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 (10) 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
(②-②断面及び③-③断面，鉛直成分：S_s-12)

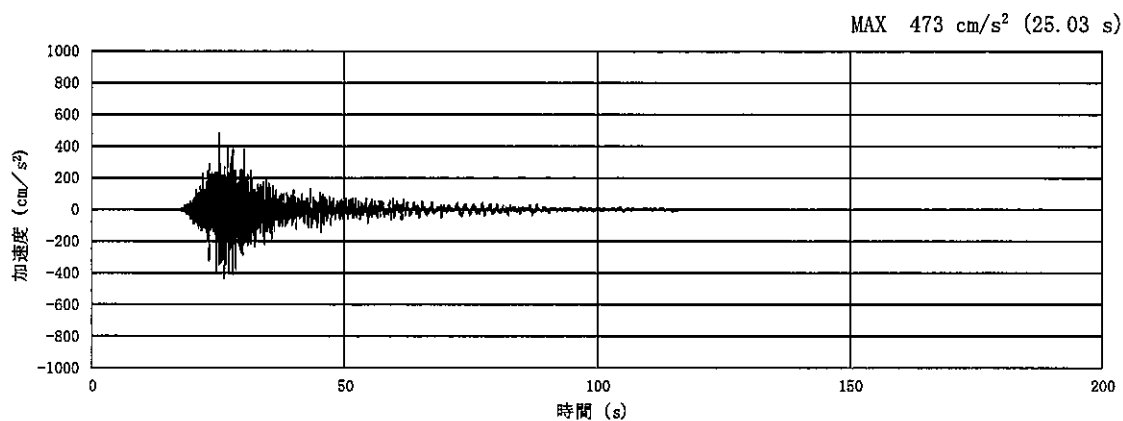


(a) 加速度時刻歴波形

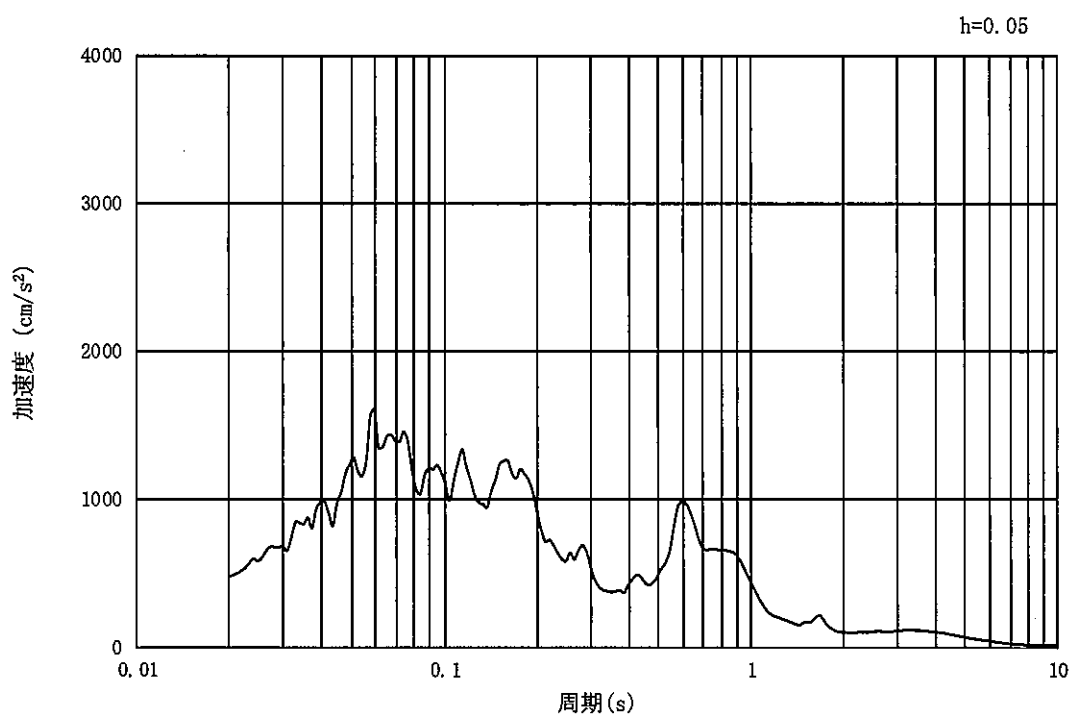


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 (11) 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断面及び水平成分: $S_s - 1.3$)

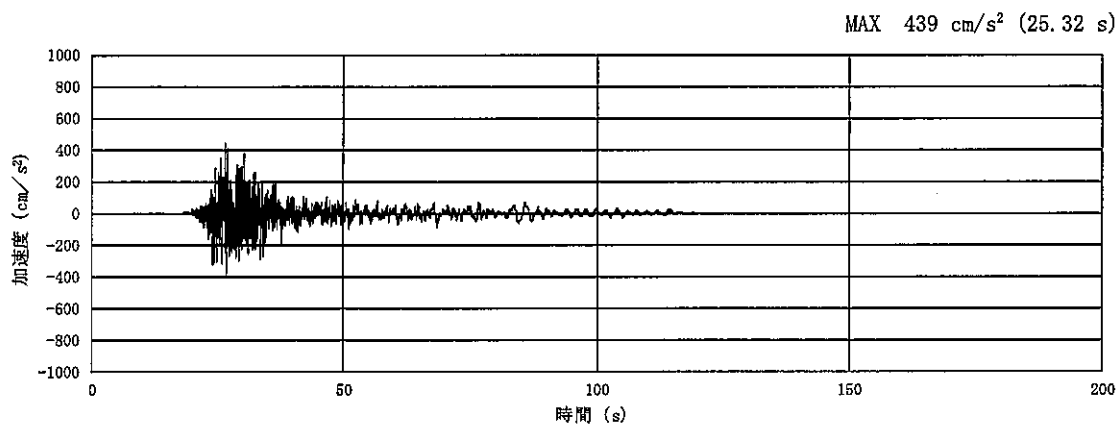


(a) 加速度時刻歴波形

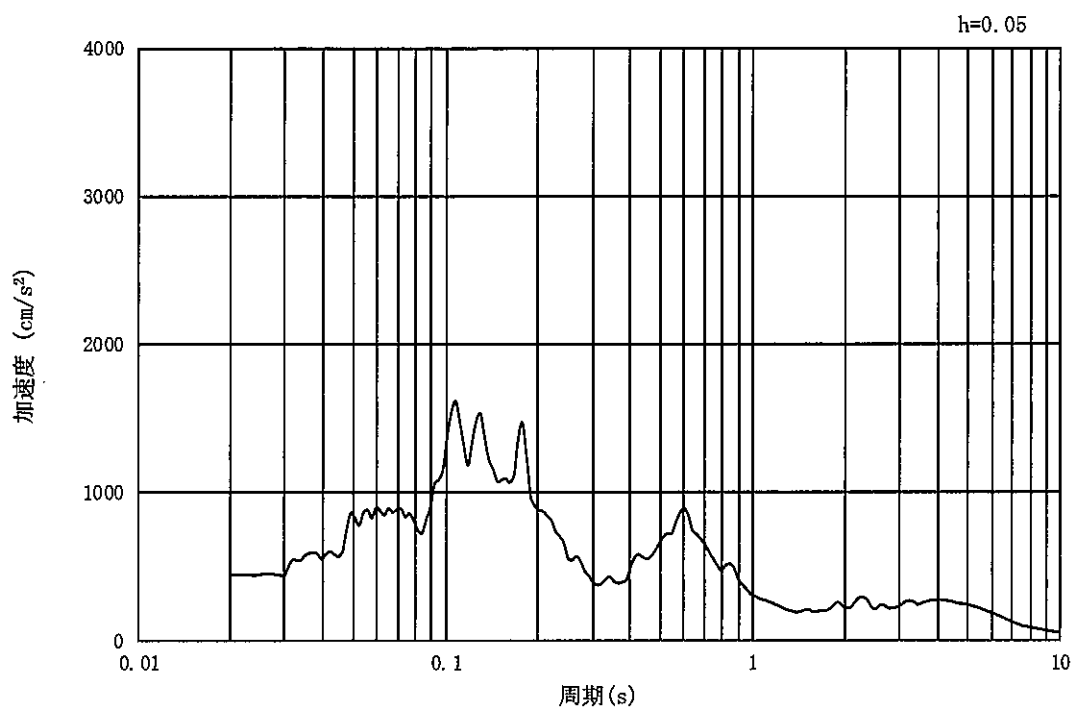


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 (12) 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断面, 鉛直成分: $S_s - 1.3$)

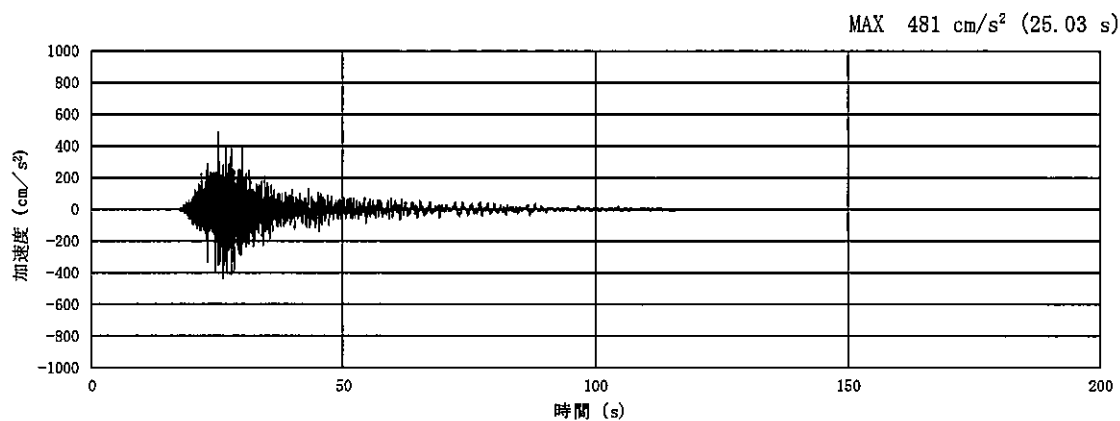


(a) 加速度時刻歴波形

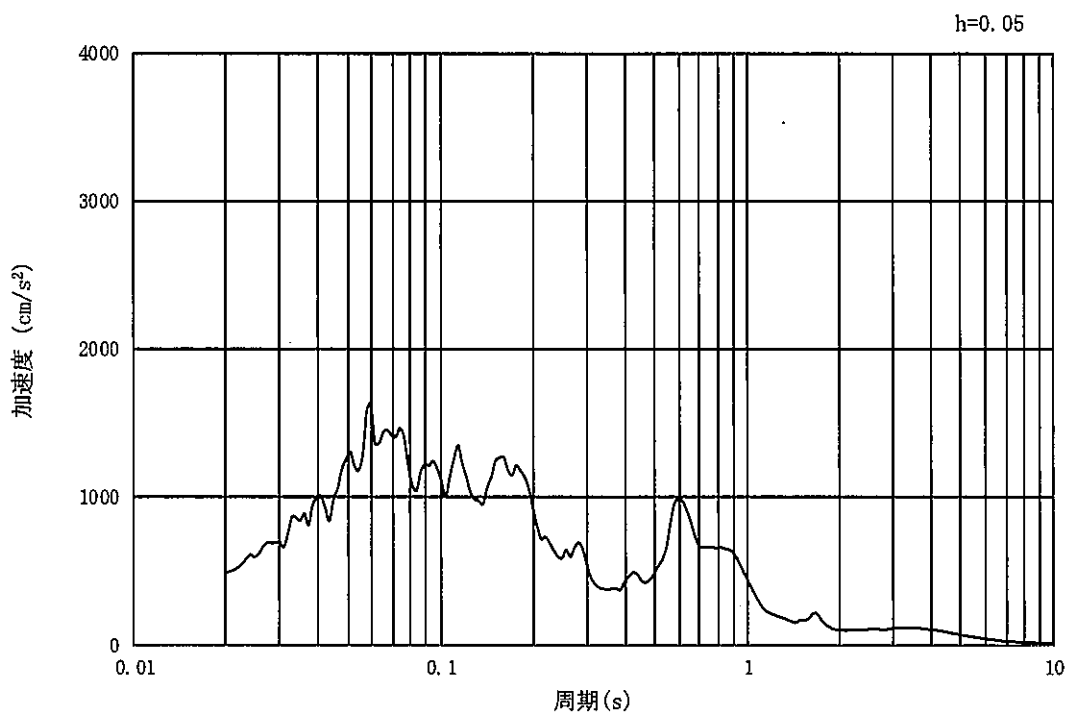


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 (13) 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
(②-②断面及び③-③断面, 水平成分: S_s-13)

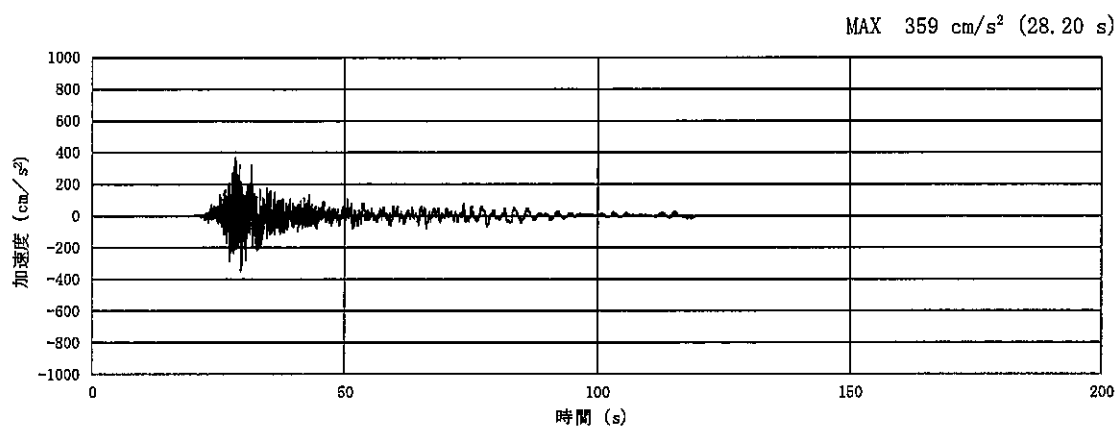


(a) 加速度時刻歴波形

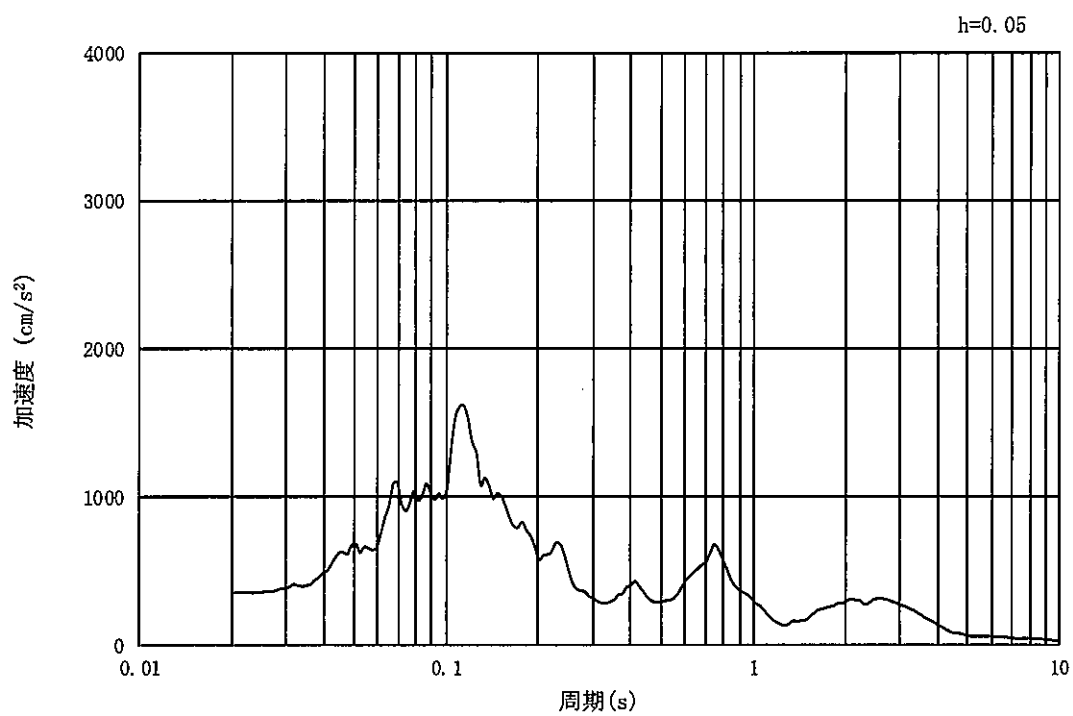


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 (14) 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
(②-②断面及び③-③断面, 鉛直成分: $S_s - 1.3$)

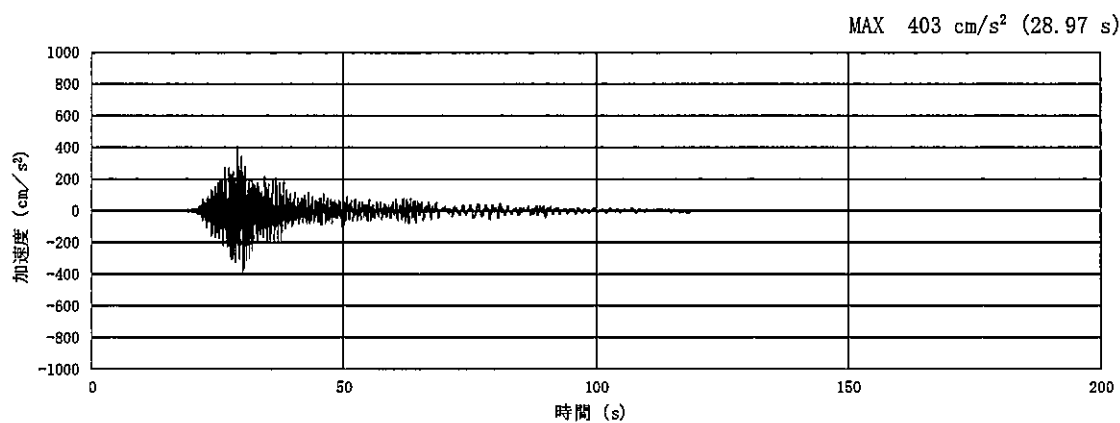


(a) 加速度時刻歴波形

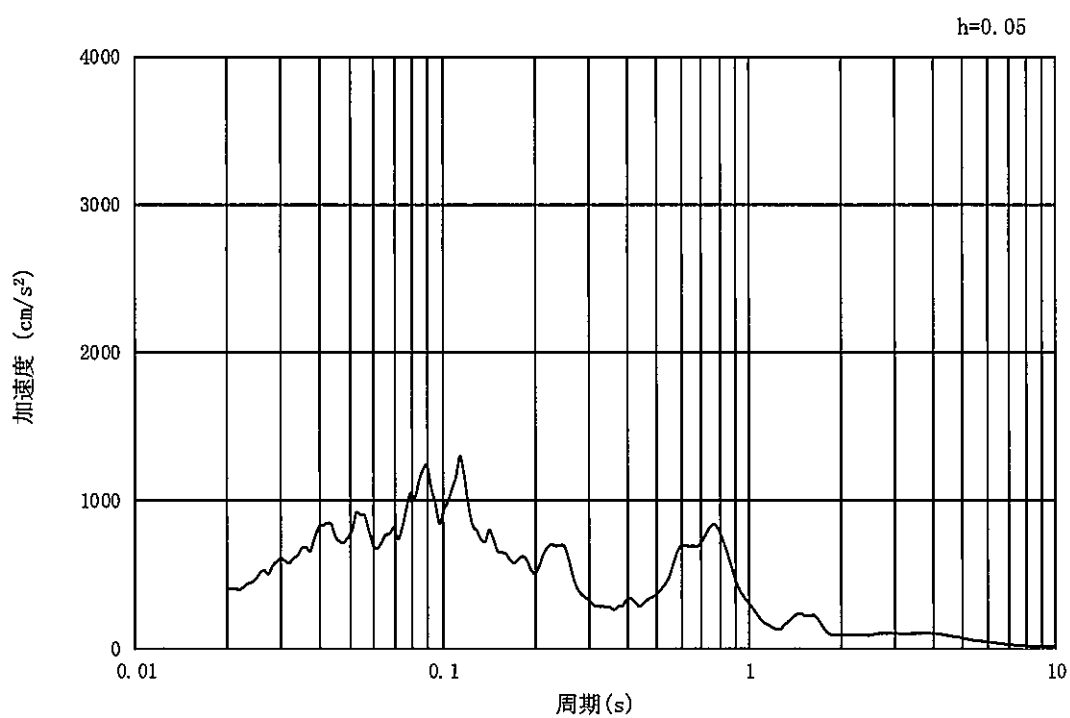


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 (15) 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断面, 水平成分: $S_s - 1.4$)

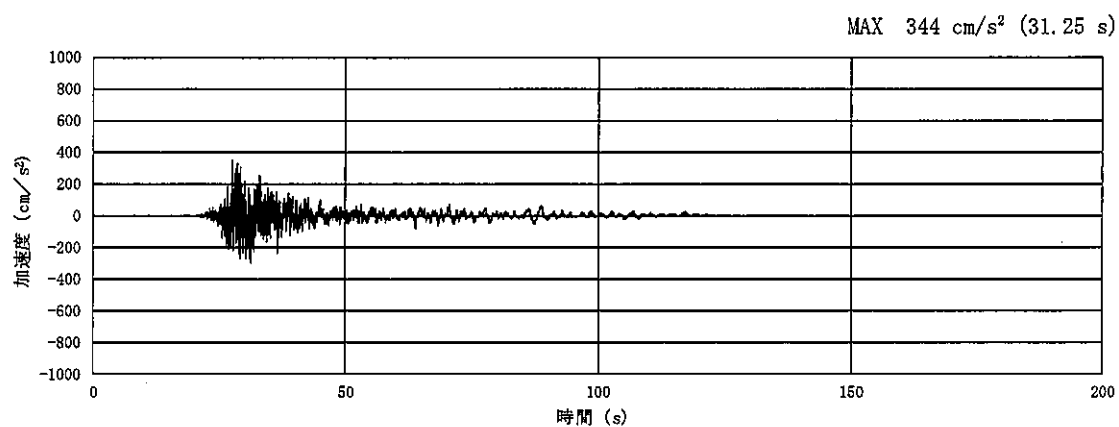


(a) 加速度時刻歴波形

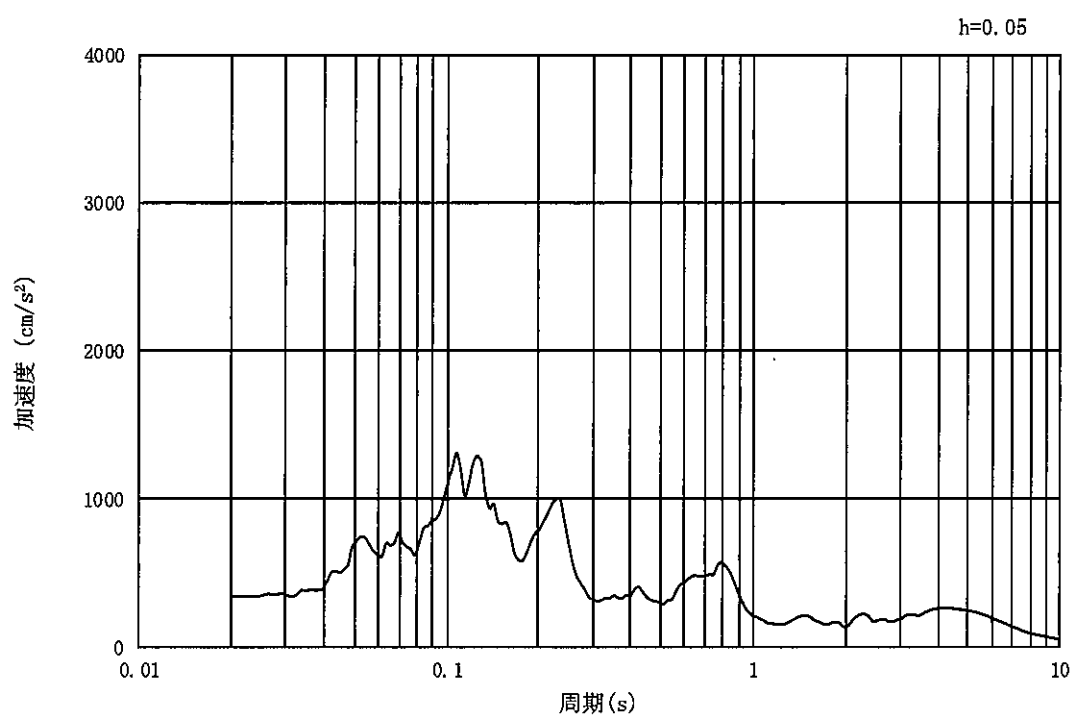


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 (16) 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断面, 鉛直成分: $S_s - 1.4$)

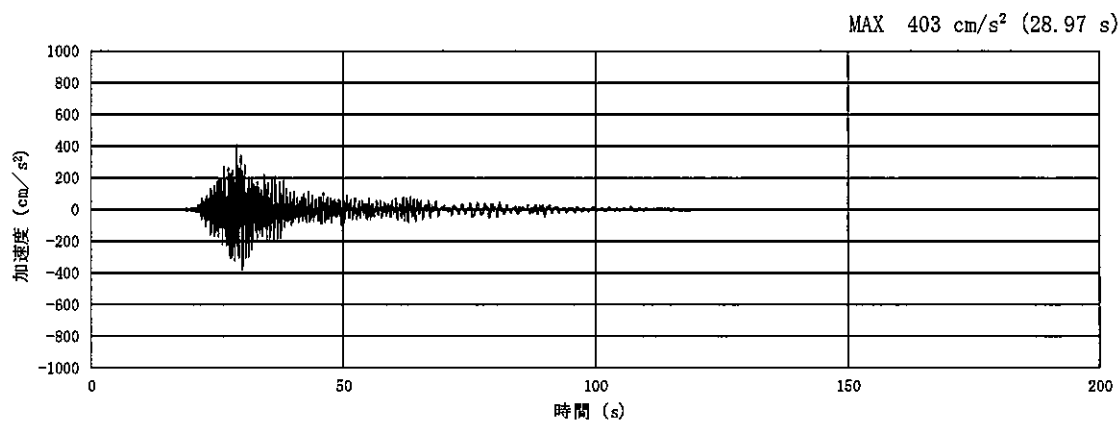


(a) 加速度時刻歴波形

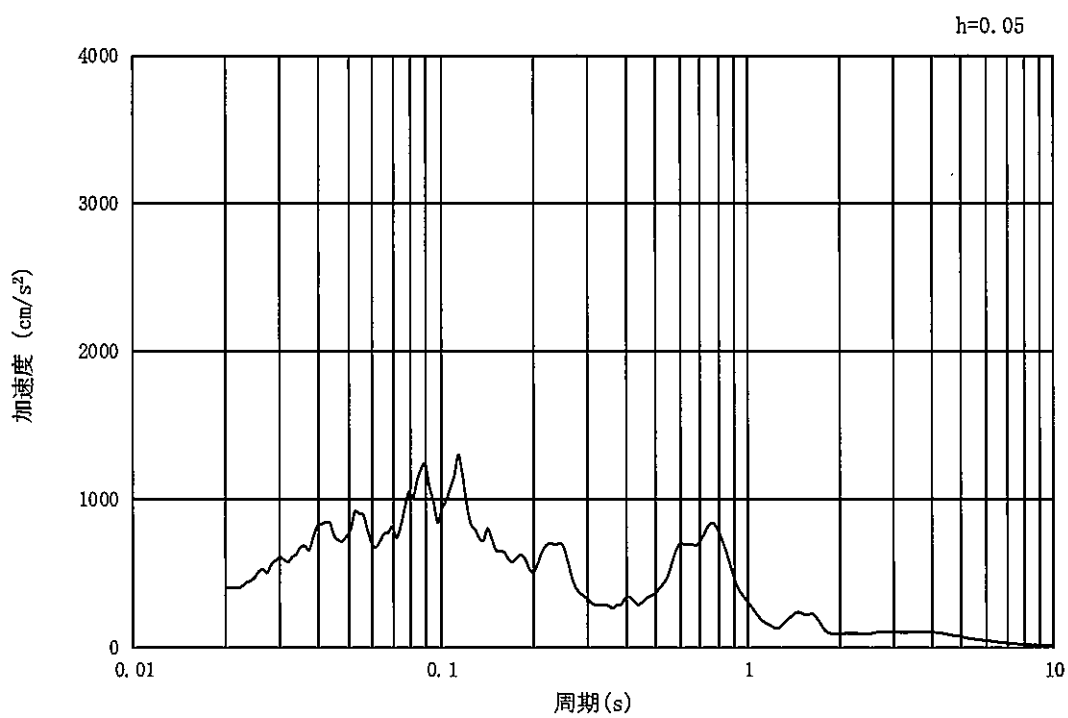


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 (17) 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
(②-②断面及び③-③断面, 水平成分: $S_s - 1.4$)

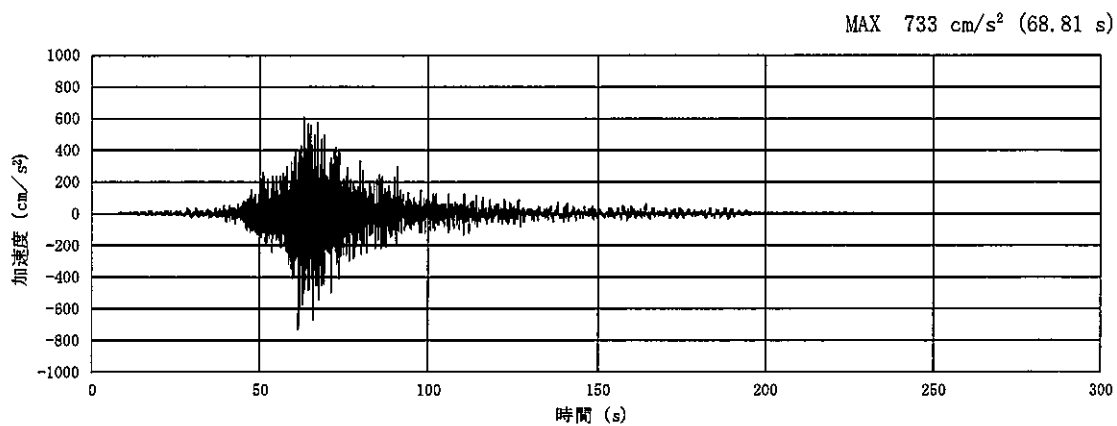


(a) 加速度時刻歴波形

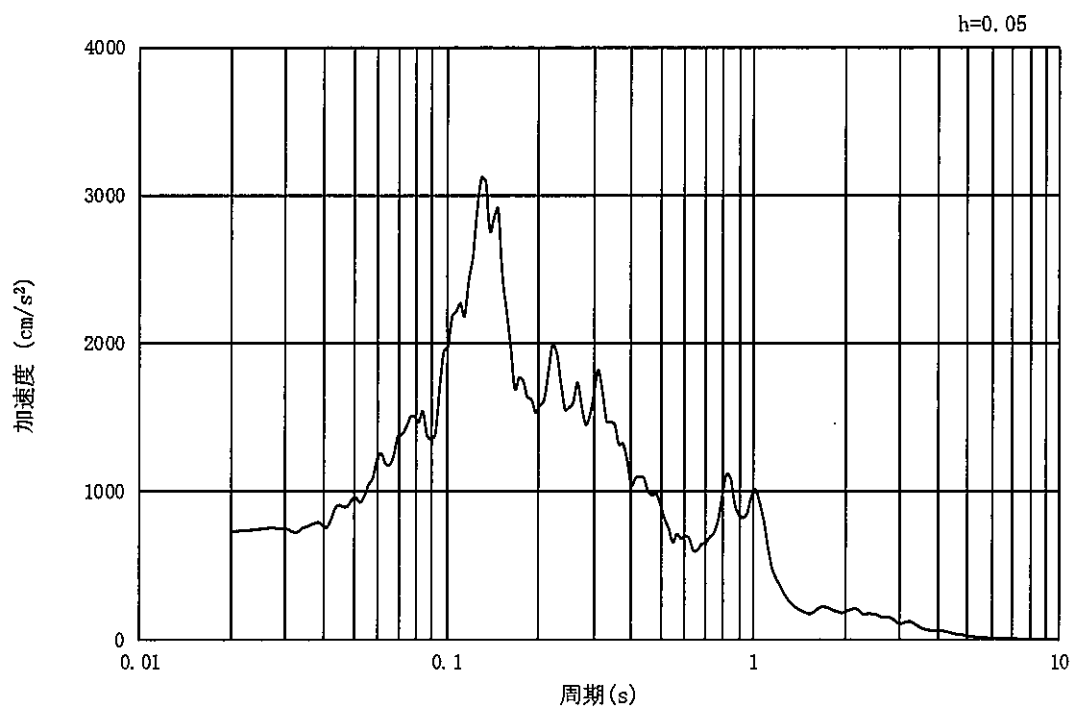


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 (18) 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
 (②-②断面及び③-③断面, 鉛直成分: $S_s - 1.4$)

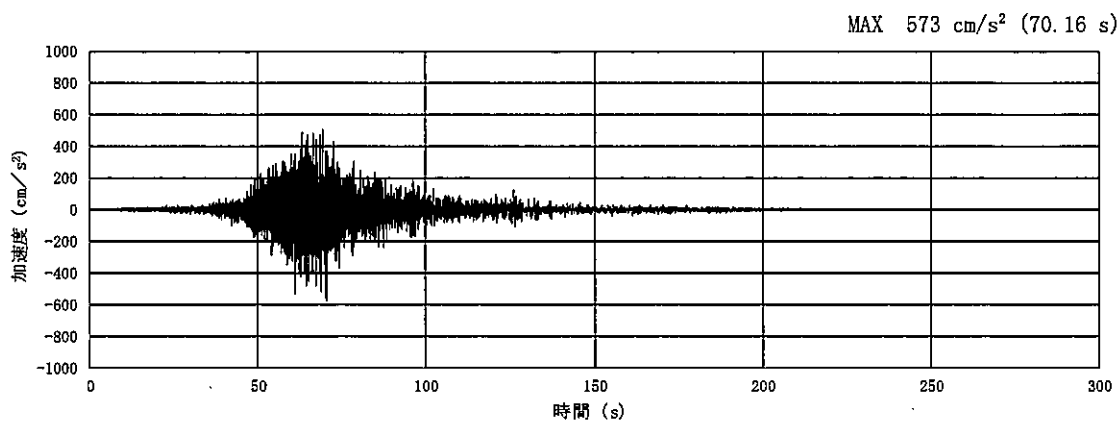


(a) 加速度時刻歴波形

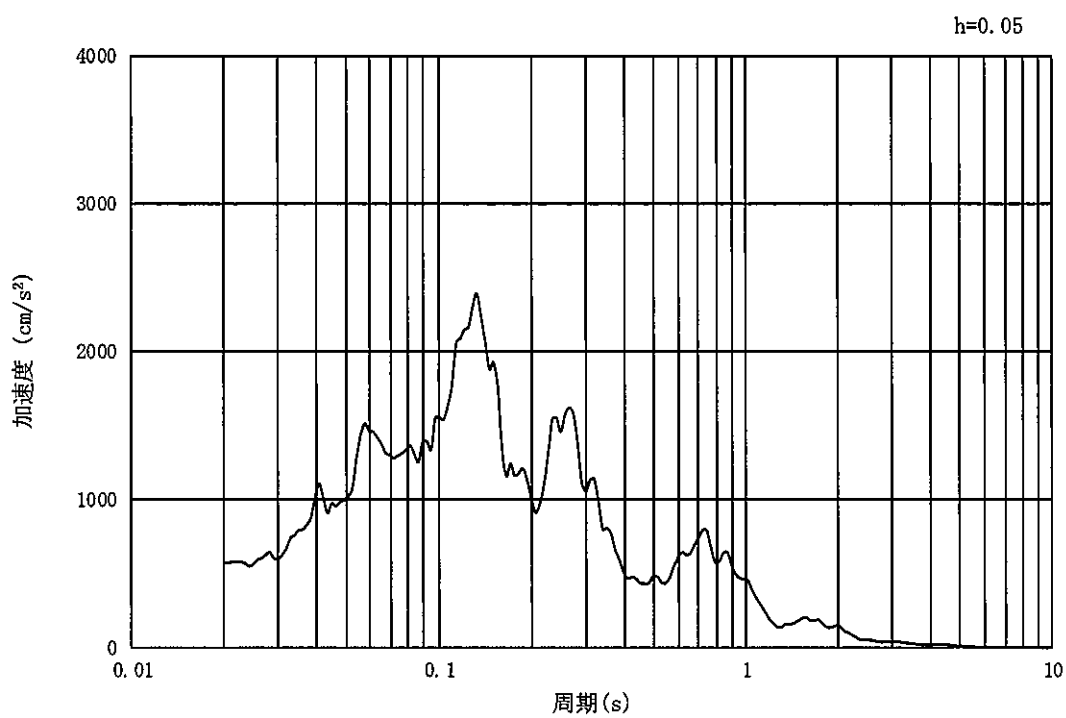


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 (19) 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断面, 水平成分: $S_s - 2.1$)

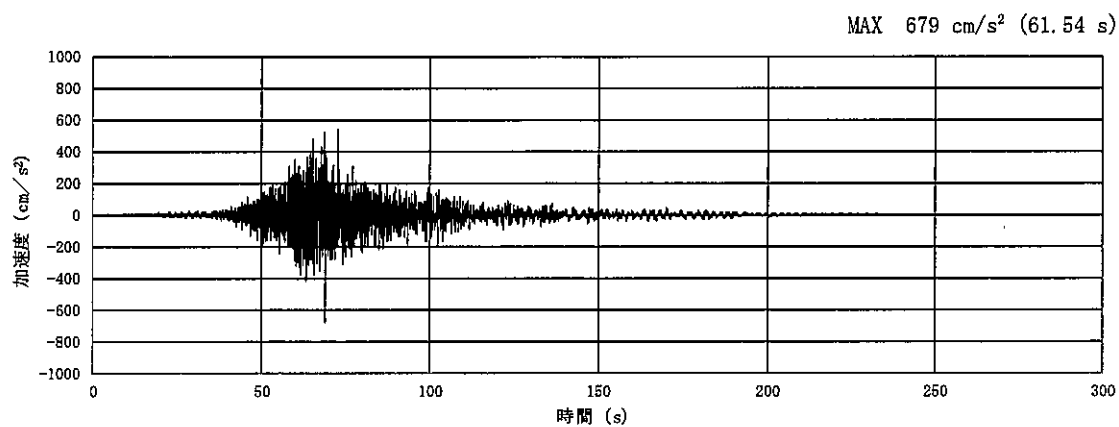


(a) 加速度時刻歴波形

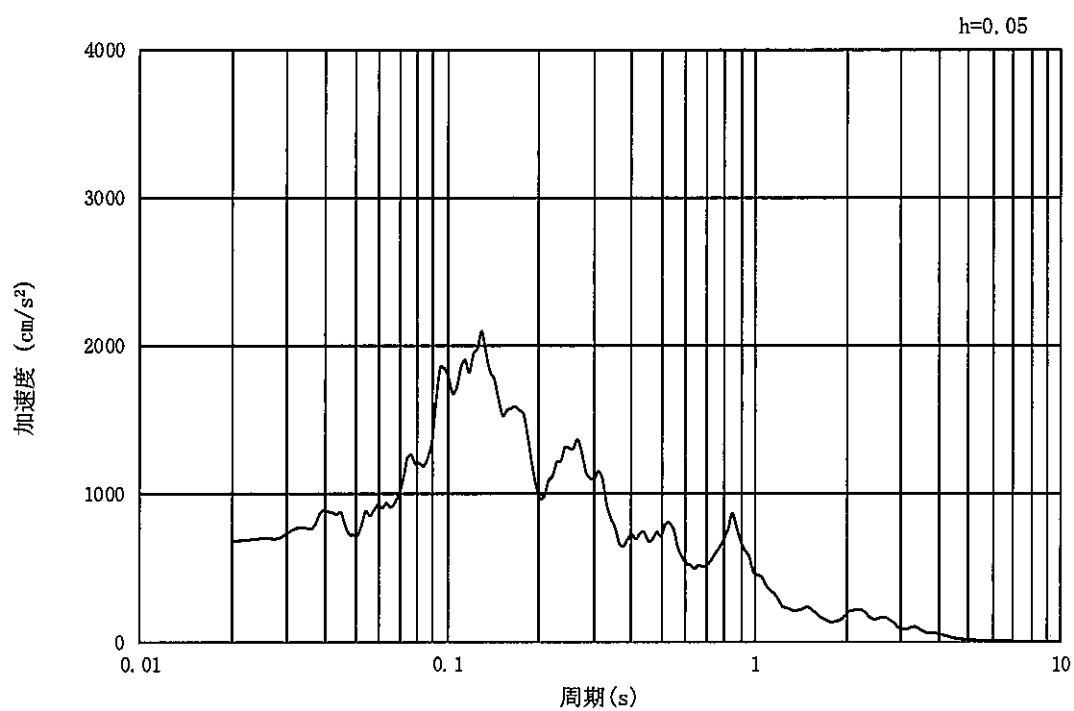


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 (20) 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断面, 鉛直成分: $S_s - 2.1$)

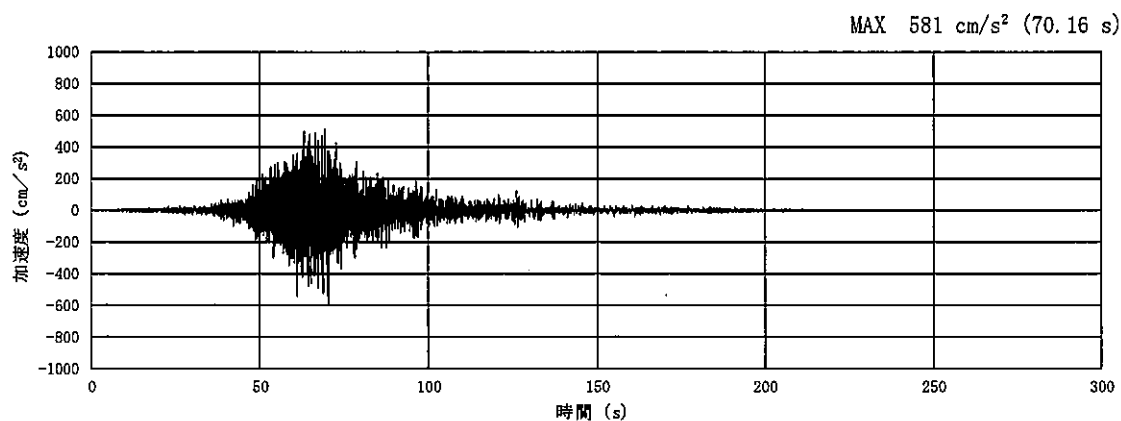


(a) 加速度時刻歴波形

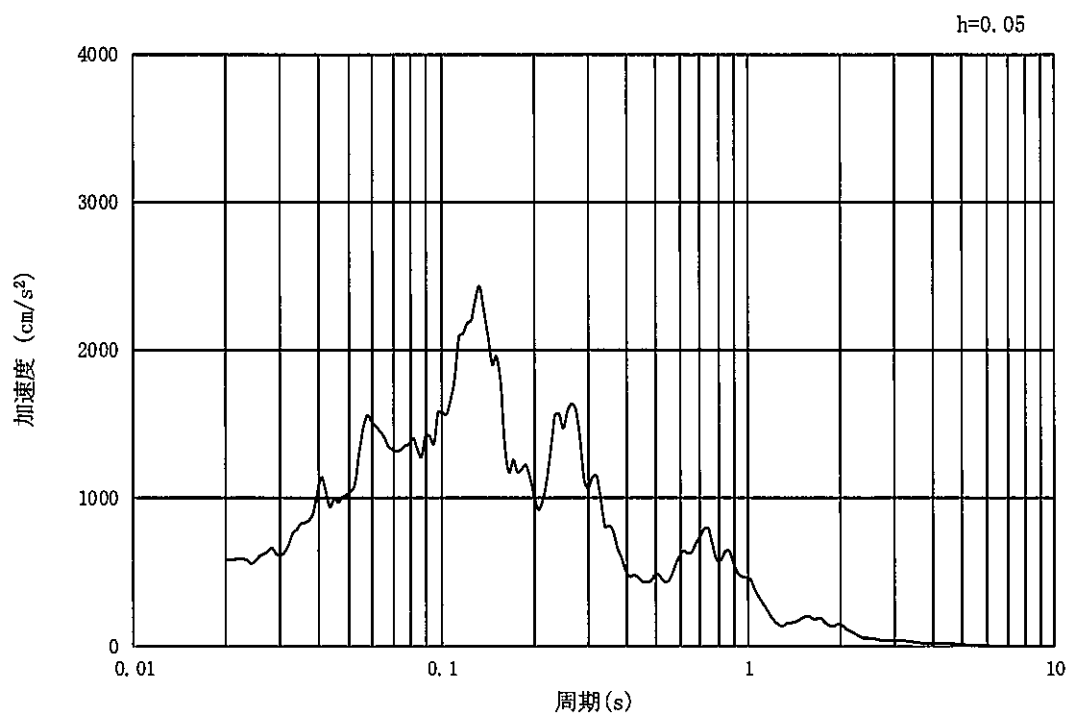


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 (21) 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
(②-②断面及び③-③断面, 水平成分: $S_s - 2.1$)

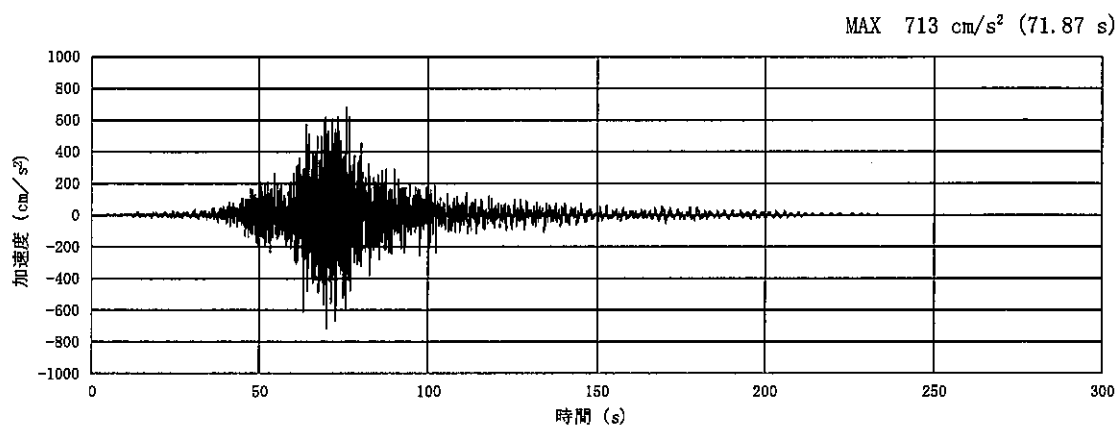


(a) 加速度時刻歴波形

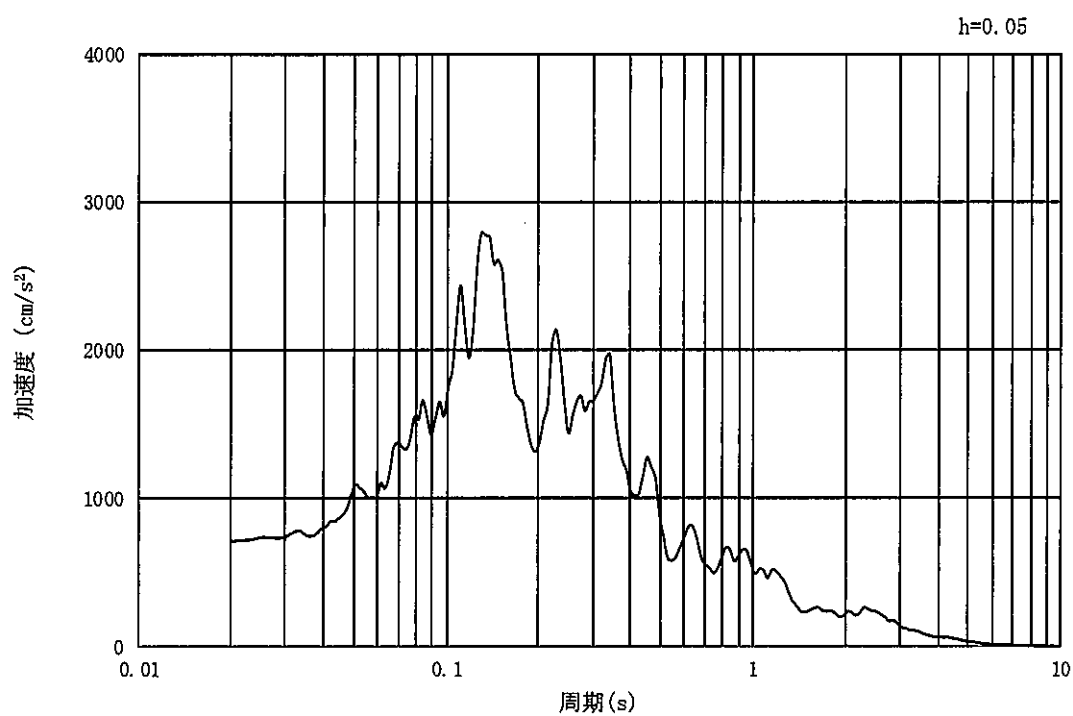


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 (22) 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
(②-②断面及び③-③断面, 鉛直成分: $S_s - 2.1$)

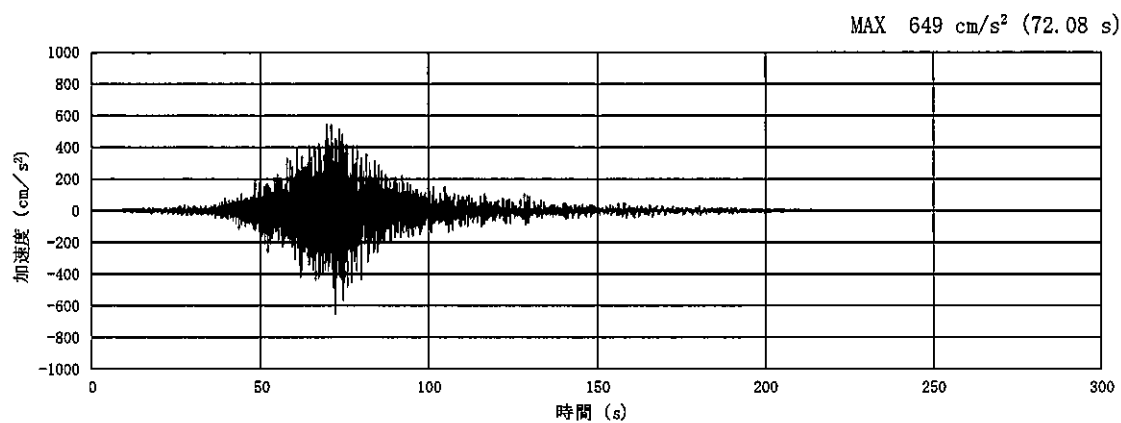


(a) 加速度時刻歴波形

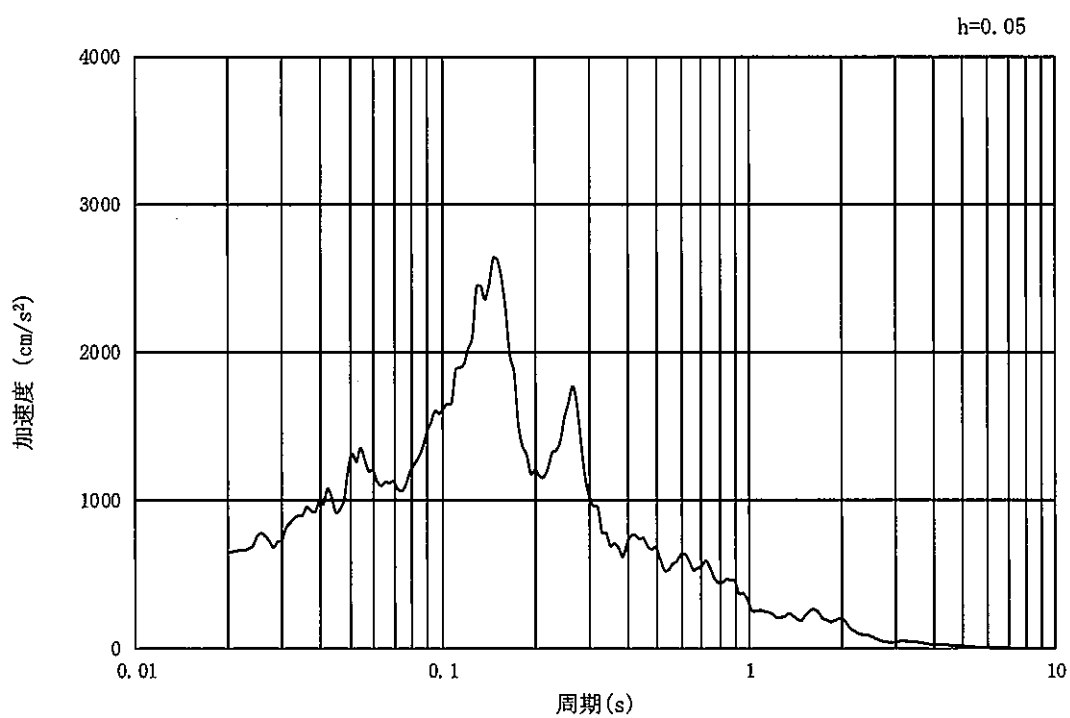


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 (23) 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断面, 水平成分: $S_s - 2.2$)

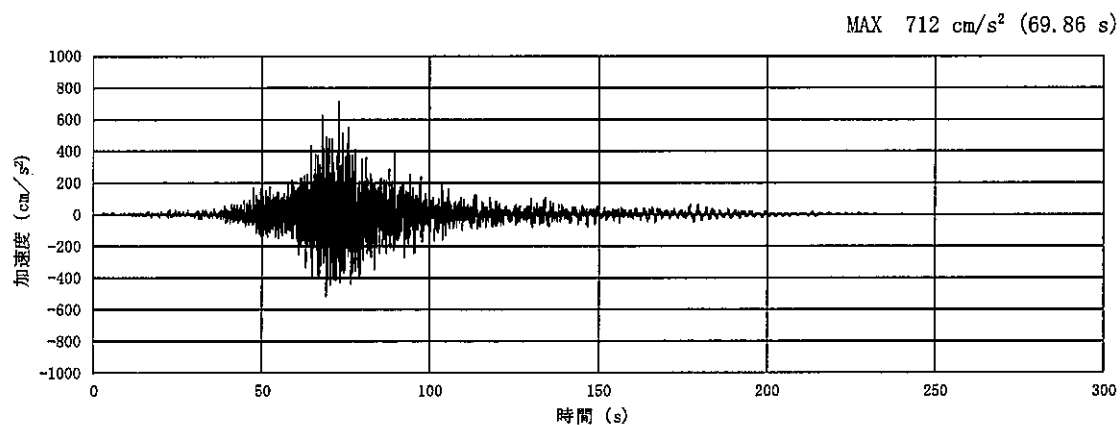


(a) 加速度時刻歴波形

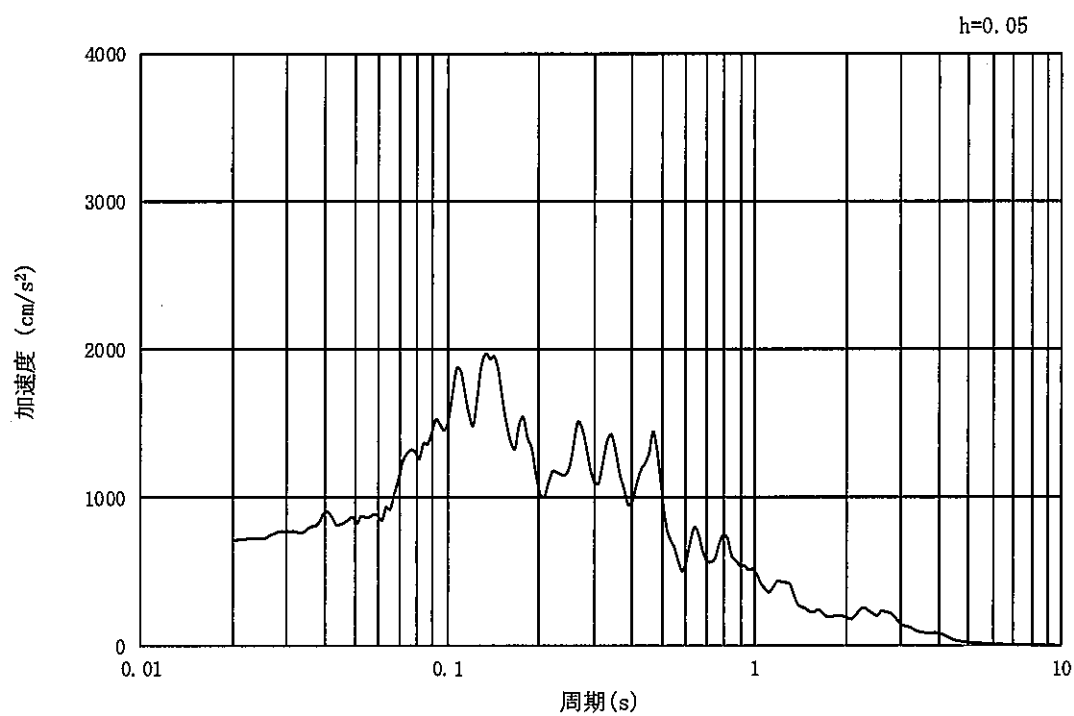


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 (24) 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断面, 鉛直成分: $S_s - 2.2$)

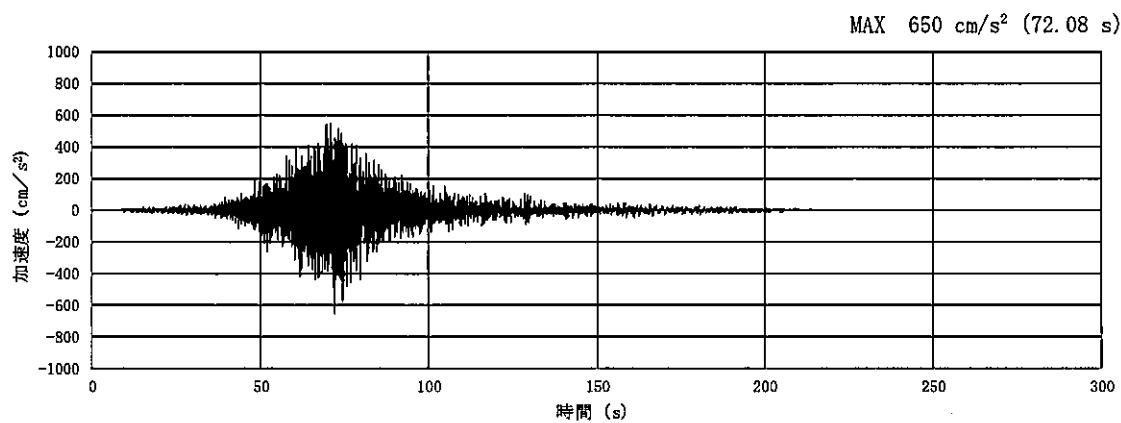


(a) 加速度時刻歴波形

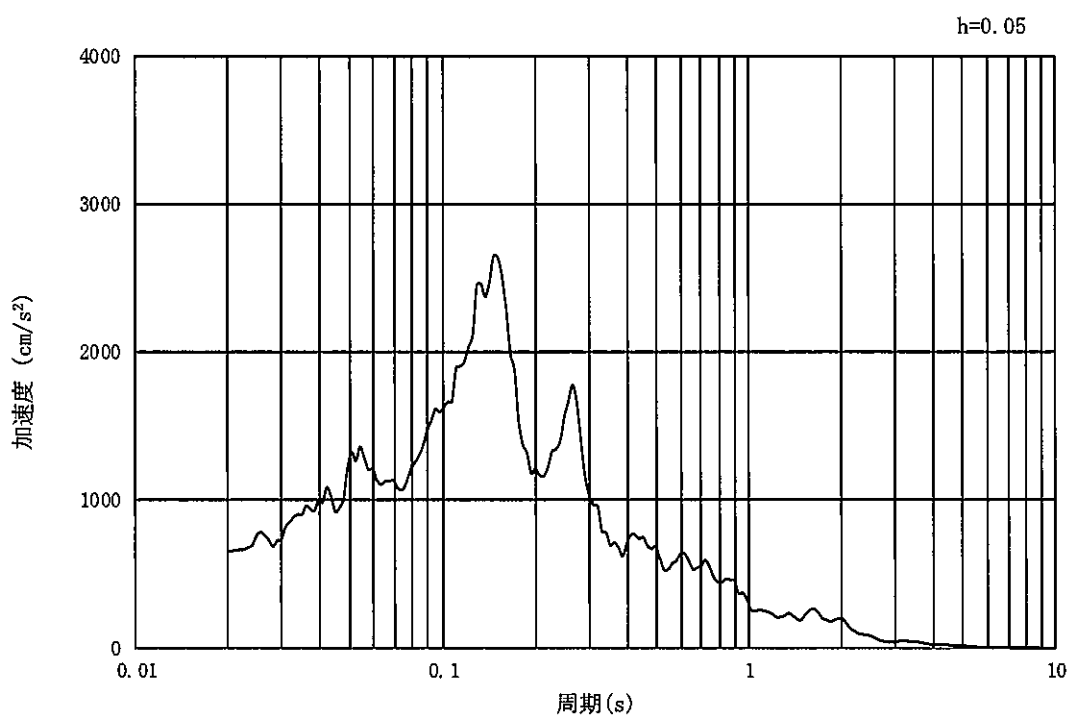


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 (25) 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
(②-②断面及び③-③断面, 水平成分: $S_s - 2.2$)

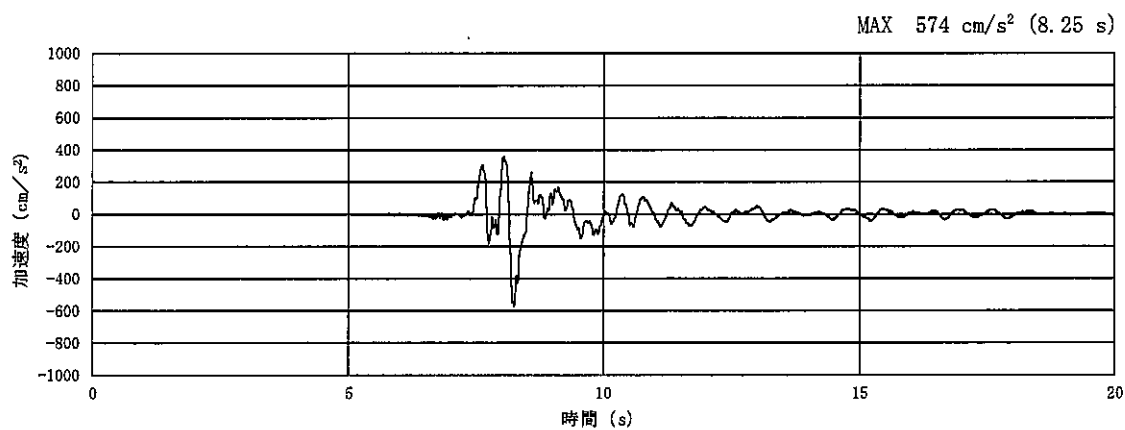


(a) 加速度時刻歴波形

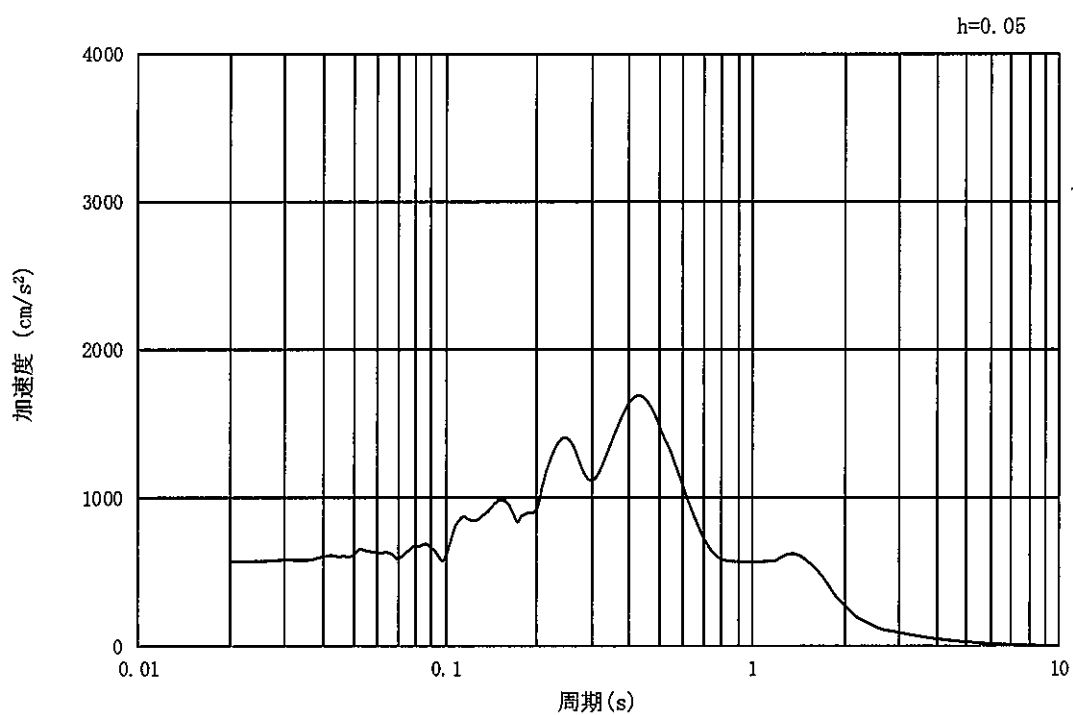


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 (26) 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
(②-②断面及び③-③断面, 鉛直成分: $S_s - 2.2$)

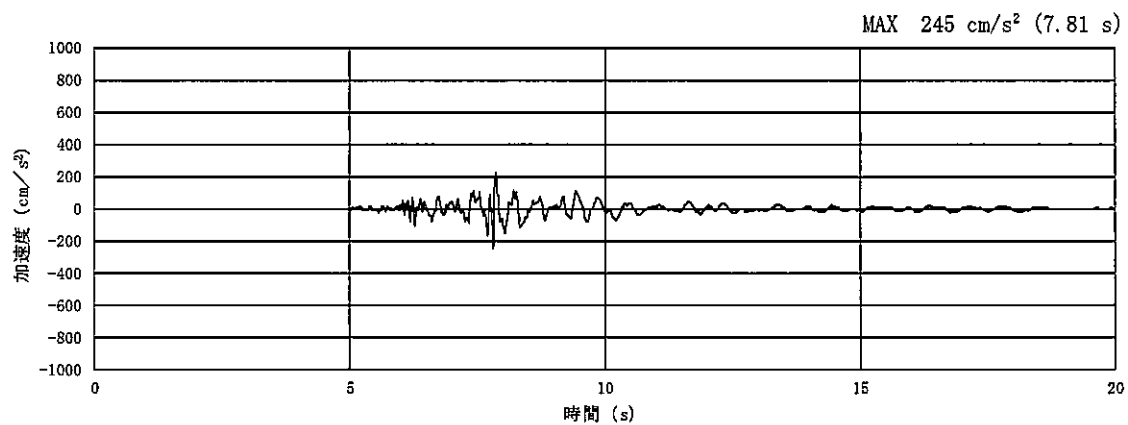


(a) 加速度時刻歴波形

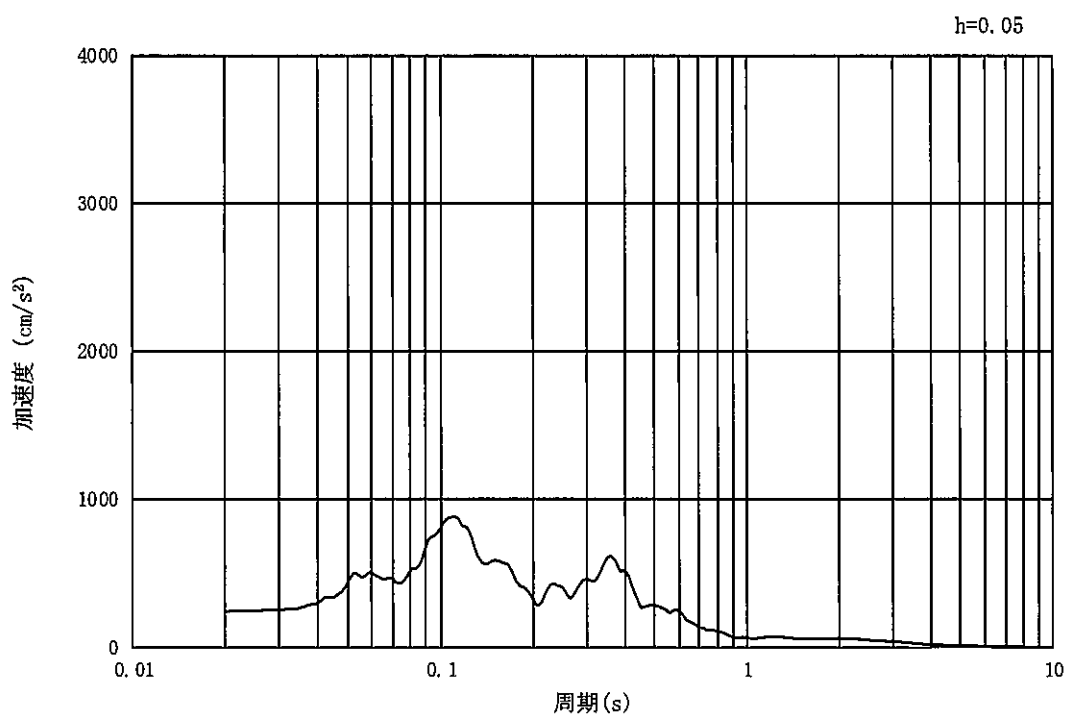


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 (27) 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断面, ②-②断面及び③-③断面, 水平成分: S_s-31)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 (28) 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断面, ②-②断面及び③-③断面, 鉛直成分: $S_s - 3.1$)

3.5 解析モデル及び諸元

3.5.1 解析モデル

鋼製防護壁の地震応答解析モデルを図 3-5 に示す。

(1) 解析領域

地震応答解析モデル領域は、境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に影響を及ぼさないよう、十分広い領域とする。

(2) 境界条件

地震応答解析時の境界条件については、有限要素解析における半無限地盤を模擬するため、粘性境界を設ける。

(3) 構造物のモデル化

構造物は、線形はり要素によりモデル化する。

(4) 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。

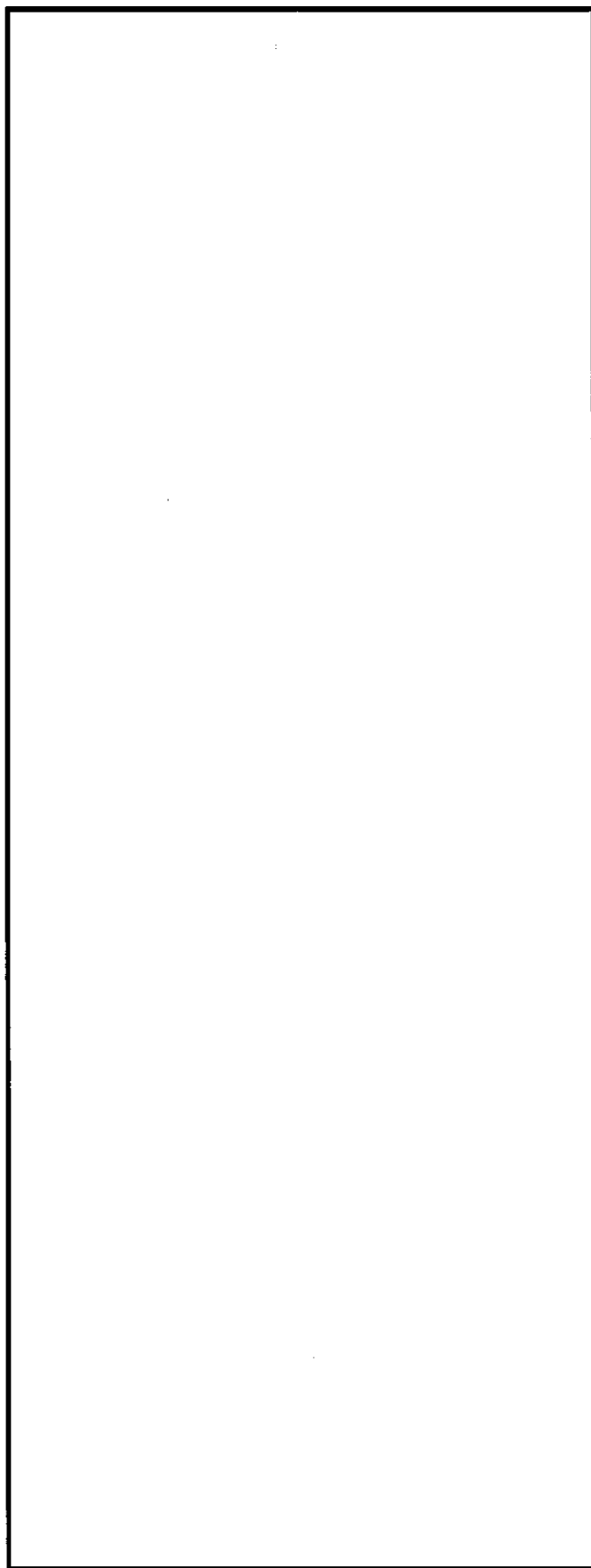


図 3-5 (1) 鋼製防護壁の 2 次元地震応答解析モデル (①-①断面)



図 3-5 (2) 鋼製防護壁の 2 次元地震応答解析モデル (②-②断面)



図 3-5 (3) 鋼製防護壁の 2 次元地震応答解析モデル (③-③断面)

3.5.2 使用材料及び材料の物性値

使用材料を表 3-4 に、材料の物性値を表 3-5 に示す。

表 3-4 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 3-5 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：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）
 *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 3-6 に、化学成分の比較を表 3-7 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 3-6 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 3-7 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	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。 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 3-6 の評価結果からも機械強度は同等である。 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 3-6 の評価結果からも機械強度は同等である。									

3.5.3 地盤の物性値

地盤の物性値は，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。

3.5.4 地下水位

地下水位は地表面として設定する。

4. 耐震評価

4.1 評価対象部位

評価対象部位は、鋼製防護壁の構造的特徴や周辺状況の特徴を踏まえて設定する。

(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とする。

(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。

4.2 解析方法

(1) 鋼製防護壁

鋼製防護壁の上部構造の耐震評価は、地盤～構造物の連成系モデルを用いた2次元有効応力解析から得られる基礎天端の変位時刻歴を入力とする3次元動的フレーム解析を行い、水平2方向及び鉛直方向地震力の同時加振による同時刻の断面力の組合せを用いた照査により、地震時の構造部材の健全性評価を行う。

耐震評価には、解析コード「TDAPⅢ Ver. 3.08」を使用する。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-5-45 計算機プログラム(解析コード)の概要・TDAPⅢ」に示す。

(2) 地中連続壁基礎

地中連続壁基礎の耐震評価は、地盤～構造物の連成系モデルを用いた2次元有効応力解析を行い、水平1方向及び鉛直方向地震力の同時加振による同時刻の断面力の組合せを用いた照査により、地震時の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。

なお、地中連続壁基礎の内部は中実鉄筋コンクリートで充填し、地中連続壁基礎と中実鉄筋コンクリートをジベル鉄筋で一体化する。したがって、地中連続壁に対する面外方向からの地震時最大地盤反力により水平断面内の水平鉄筋に作用する曲げ引張応力は極僅かとなる。

よって、地中連続壁基礎については、水平2方向及び鉛直方向地震力に対する評価は対象外とする。

4.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき設定する。

(1) 耐震評価上考慮する状態

鋼製防護壁の耐震評価において、地震以外に考慮する状態を以下に示す。

a. 運転時の状態

発電用原子炉が運転状態にあり、通常の条件下におかれている状態。ただし、運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

b. 設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

c. 設計用自然条件

積雪及び風荷重を考慮する。

d. 重大事故等時の状態

重大事故等時の状態の影響を受けないことから考慮しない。

(2) 荷重

鋼製防護壁の耐震評価において、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、機器及び配管荷重を考慮する。

なお、考慮する機器・配管荷重は表 4-1 のとおりである。

表 4-1 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. 地震荷重(K_s)

基準地震動 S_s による荷重を考慮する。

d. 積雪荷重(P_s)

積雪荷重として 30 cm の積雪を考慮する。

e. 風荷重(P_k)

風荷重は、風速 30 m/s の風圧力を考慮する。

(3) 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4-2 に示す。

表 4-2 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 (S_s)	$G + P + K_s + P_s + P_k$

G : 固定荷重

P : 積載荷重

K_s : 地震荷重

P_s : 積雪荷重

P_k : 風荷重

4.4 許容限界

許容限界は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき設定する。

(1) 鉄筋コンクリート（地中連続壁基礎）の許容限界

鉄筋コンクリート（地中連続壁基礎）の構造部材は、許容応力度法による照査を行う。

表 4-3 にコンクリート及び鉄筋の許容限界を示す。

表 4-3 鉄筋コンクリートの許容限界

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	6.0*4
		短期コーンせん断応力度 τ_{coal}	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/mm² 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。

(2) 鋼製防護壁及び鋼製防護壁アンカーの許容限界

許容限界については各規格，基準類に基づき表 4-4 のとおり設定する。表 4-4 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，鋼材の許容応力度に対して 1.5 倍の割増しを考慮する。

表 4-4 鋼材の許容限界

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	短期許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	315 ^{*2}
	SM570	短期許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	382.5 ^{*1}
		短期許容せん断応力度 τ_{sa}	217.5 ^{*1}
	SBHS500	短期許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	442.5 ^{*1*3}
		短期許容せん断応力度 τ_{sa}	255 ^{*1*3}
	SBHS700	短期許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	615 ^{*1*3}
		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，3.2.1，3.2.3，14.3 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）を適用する。

*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）

(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。極限支持力度を表 4-5 に示す。

表 4-5 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

項目	許容限界
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 4-6 に止水ジョイント部材の変形量の許容限界を示す。

表 4-6 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

4.5 解析モデル及び諸元

(1) 解析モデル

鋼製防護壁の耐震評価には、解析コード「TDAPⅢ Ver. 3.08」を使用する。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-5-45 計算機プログラム(解析コード)の概要・TDAPⅢ」に示す。また、下記に鋼製防護壁の動的解析モデルについて示す。

a. 鋼製防護壁の動的解析モデルのモデル化

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。モデル化の概念を図4-1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4-1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4-1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。

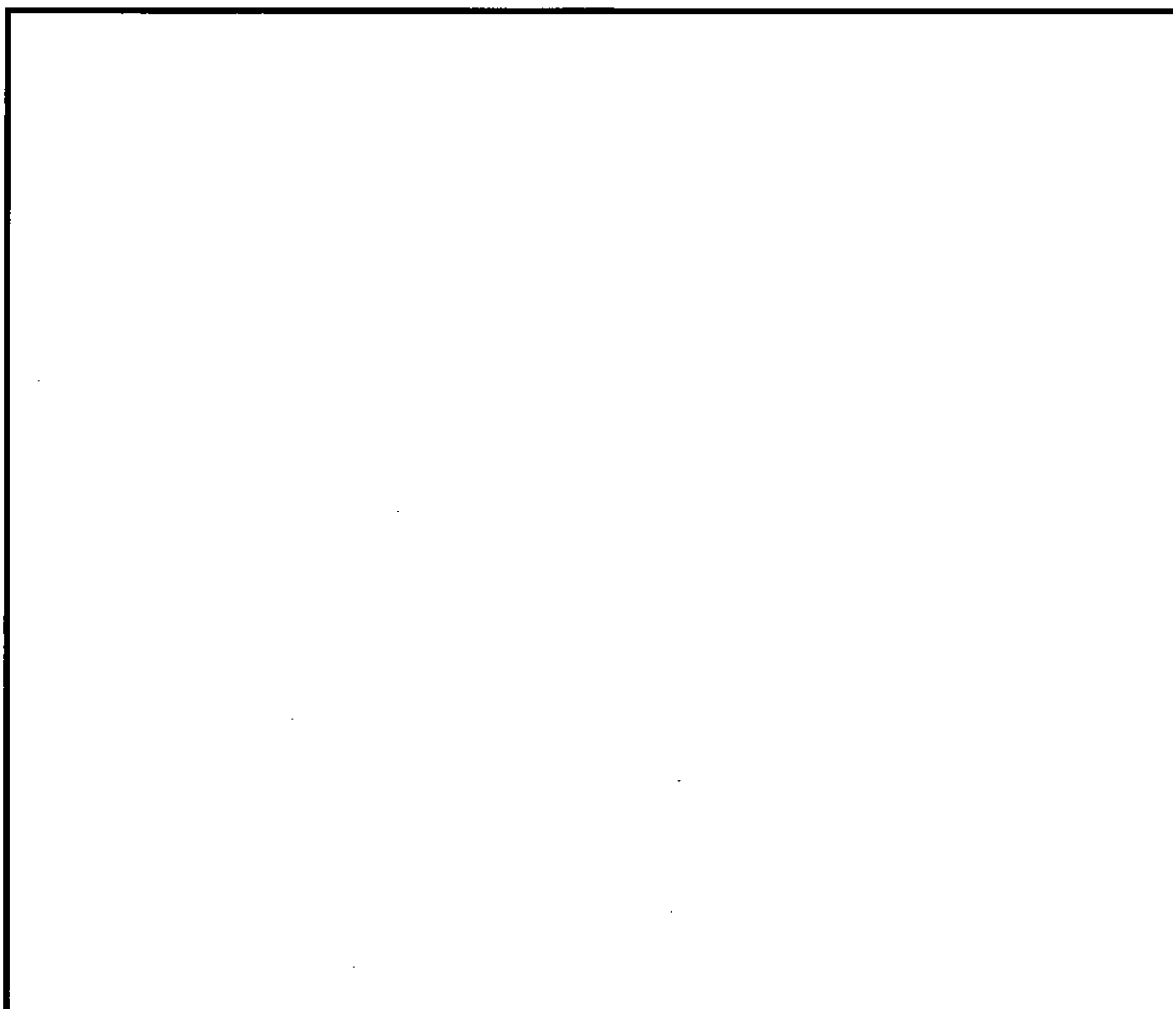


図 4-1 鋼製防護壁の上部構造におけるモデル化の概念図

b. 荷重条件

(a) 基礎天端の変位時刻歴

鋼製防護壁の上部構造の 3 次元動的フレーム解析は、入力地震動としての南北基礎天端の時刻歴応答から、南北基礎天端の相対変位が最大となるケースを抽出する。

2 次元有効応力解析により算定される基礎天端中心における並進 3 成分（堤軸方向，堤軸直交方向，鉛直方向）及び回転 2 成分（堤軸方向断面内，堤軸直交方向断面内の回転成分）の変位時刻歴を 3 方向同時加振として入力する。これにより鋼製防護壁に慣性力が作用することとなる。2 次元有効応力解析からの変位時刻歴の入力概念図を図 4-2 に示す。

なお，水平成分については南北それぞれの応答時刻歴を入力し，鉛直成分については南北それぞれの鉛直変位が大きい堤軸直交方向の応答時刻歴を入力する。

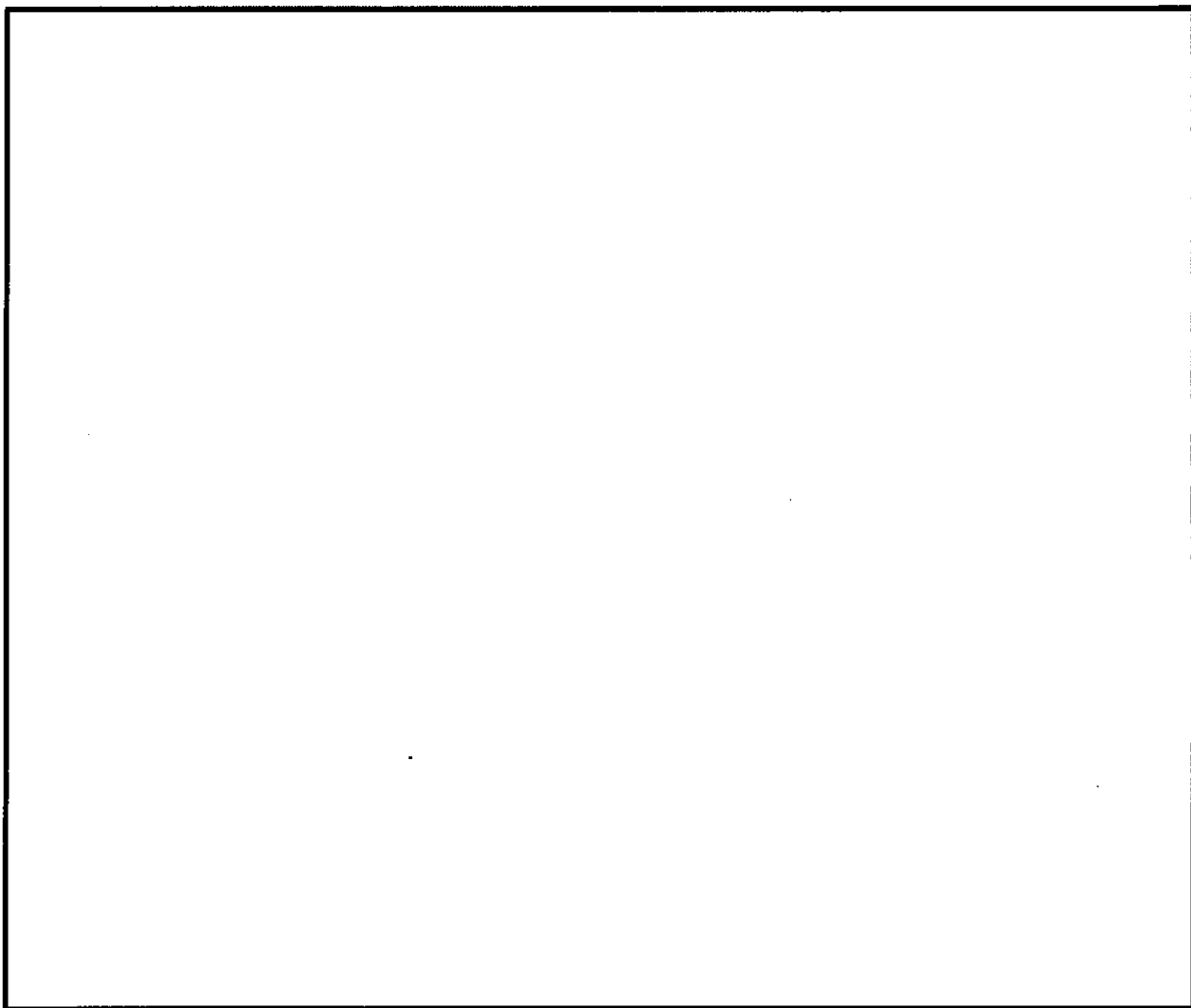


図 4-2 2次元有効応力解析による変位時刻歴の入力概念図

c. 水平回転成分の考慮

前述の2次元有効応力解析では堤軸直交方向への水平回転成分を同じ解析モデルにて堤軸直交方向の水平震度による静的解析を行う。

これにより得られる応答値を、「a.」で得られる断面力のうち堤軸直交方向加振時の断面力に重ね合わせて水平回転成分による影響を考慮する。

水平回転成分の重ね合わせの概念を図4-3に示す。

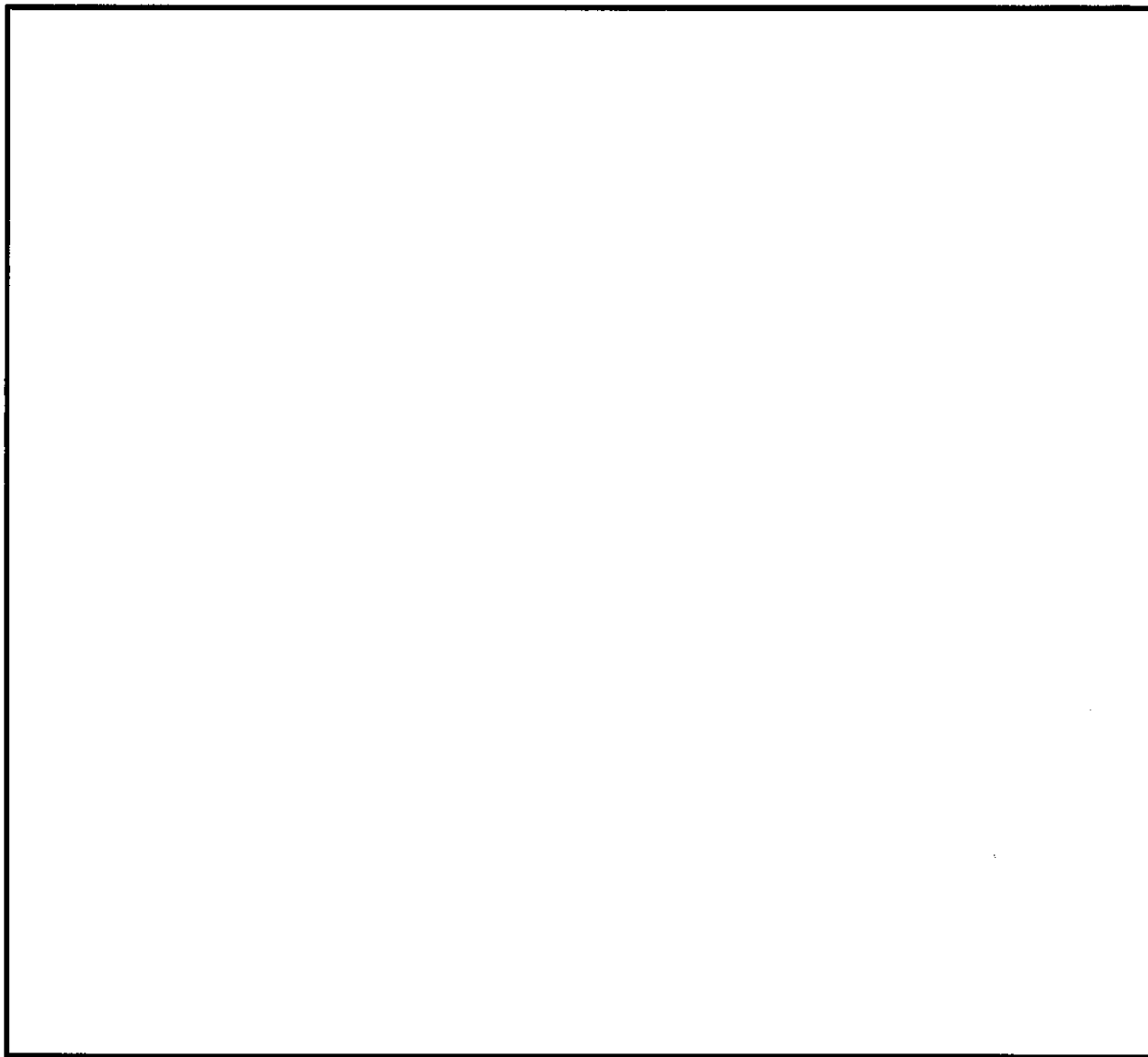


図4-3 水平回転成分の重ね合わせの概念図

(2) 使用材料及び材料の物性値

使用材料を表 4-7 に、材料の物性値を表 4-8 に示す。

表 4-7 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 4-8 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	77.0 *3*4	2.0×10 ⁵ *3*4	0.3 *3*4	3 *6
	SM520B 相当*4, SM570 *3				
	SBHS500 *7*8, SBHS700 *8				

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（JIS G 3106）（比較材料）との機械的強度の比較を表 4-9 に、化学成分の比較を表 4-10 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 4-9 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 4-10 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	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。 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 4-9 の評価結果からも機械強度は同等である。 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、表の 4-9 の評価結果からも機械強度は同等である。									

4.6 評価方法

鋼製防護壁の耐震評価は、地震応答解析に基づき算定した発生応力が「4.4 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。表 4-11 に許容限界と照査方法を示す。

表 4-11 許容限界と照査方法

部位	耐震設計	
	地震時	
	許容限界 (割増し係数)	照査方法
上部構造	鋼材：1.5	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の 同時加振による同時刻の 断面力の組合せを用いた照査
接合部	コンクリート：1.5	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の 同時加振による同時刻の 断面力の組合せを用いた照査
	鉄筋：1.5	
	鋼材：1.5	
下部構造	コンクリート：1.5	水平 1 方向及び鉛直方向地震力の 同時加振による同時刻の 断面力の組合せを用いた照査
	鉄筋：1.5	

(1) 構造部材の健全性評価

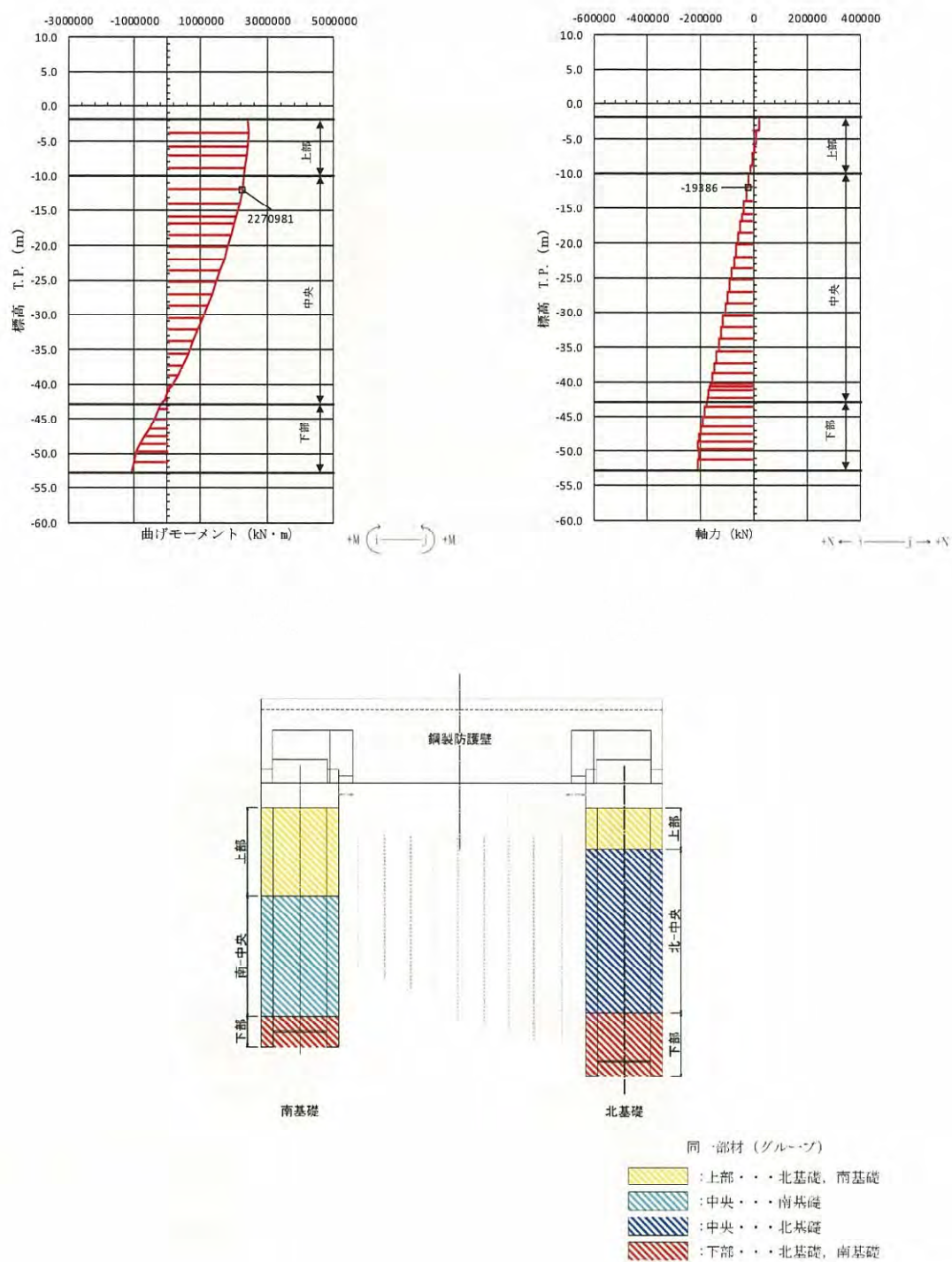
a. 地中連続壁基礎

鉄筋コンクリートの曲げ軸力照査及びせん断力照査に対して、地震応答解析に基づき算定した発生応力が許容限界以下であることを確認する。

曲げ軸力照査における最大照査値の評価時刻での断面力図及びせん断力照査における最大照査値の評価時刻での断面力図を図 4-4 に示す。断面力図は、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断面力図を示す。

また、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。



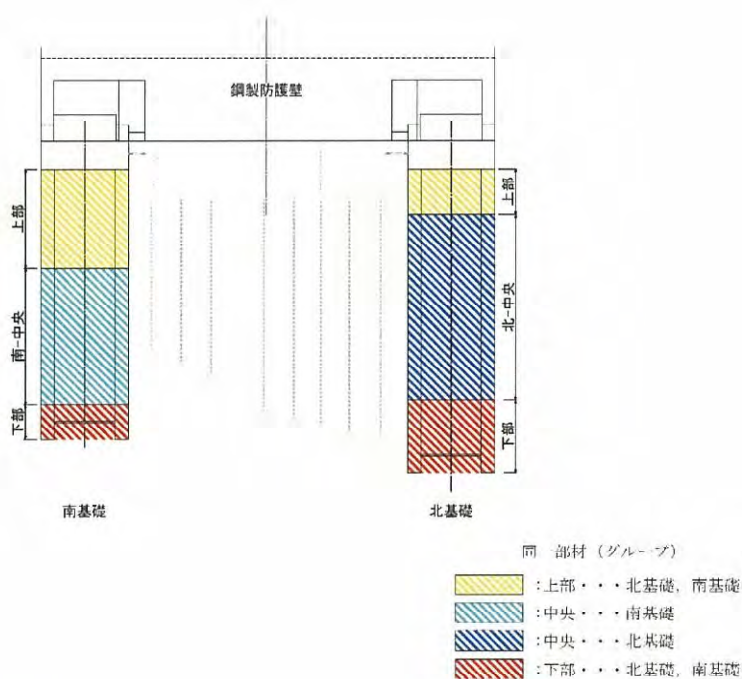
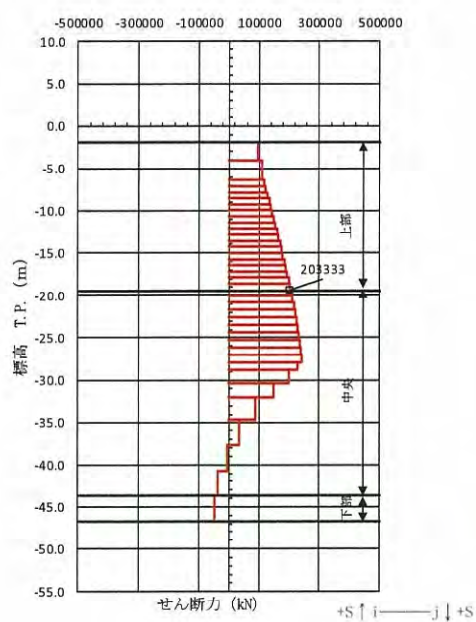
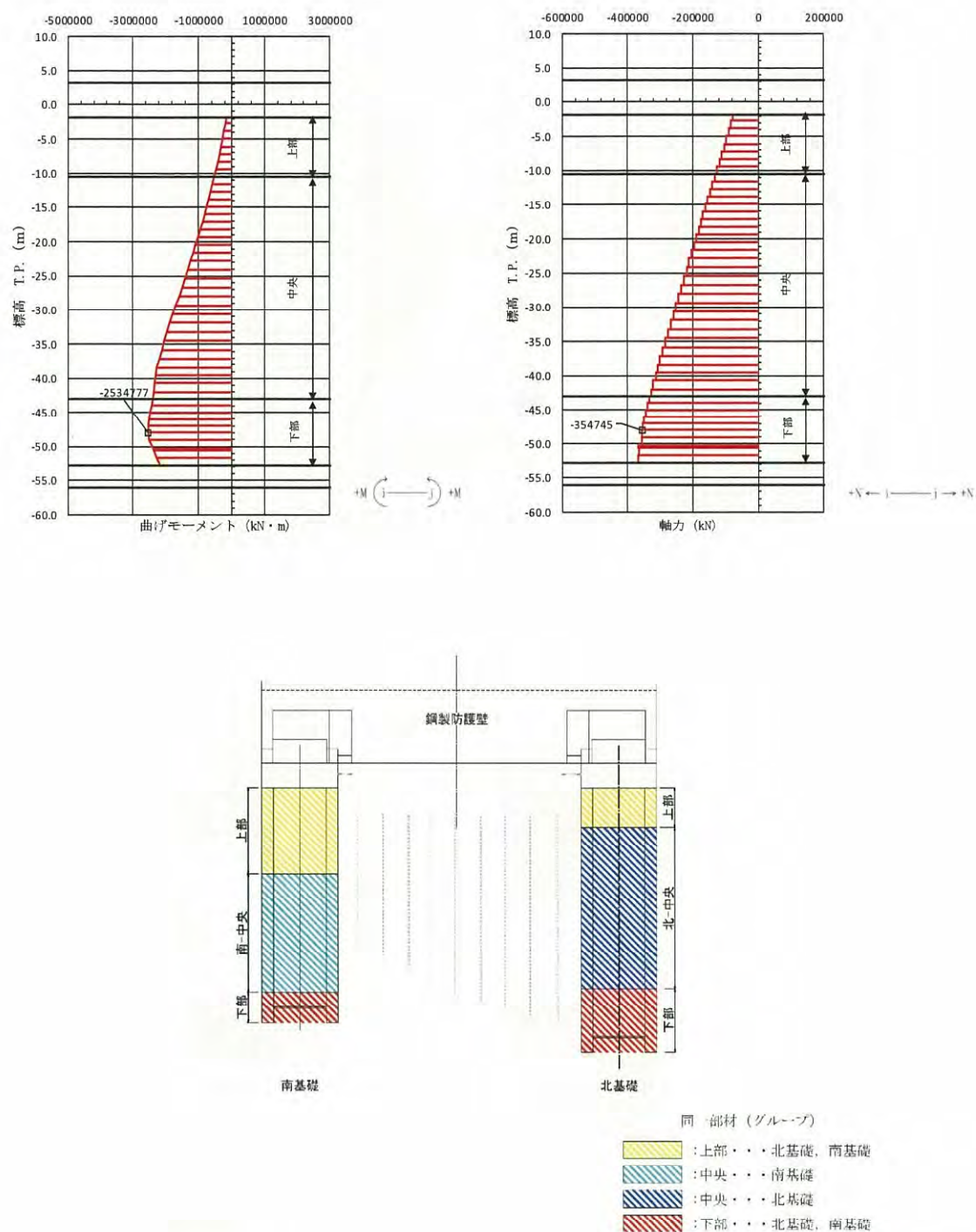


図 4-4 (2) 地中連続壁基礎のせん断力照査における最大照査値の評価時刻での断面力

(①-①断面 南基礎 上部)

($S_s - D1$, $t = 26.99$ s)

(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)



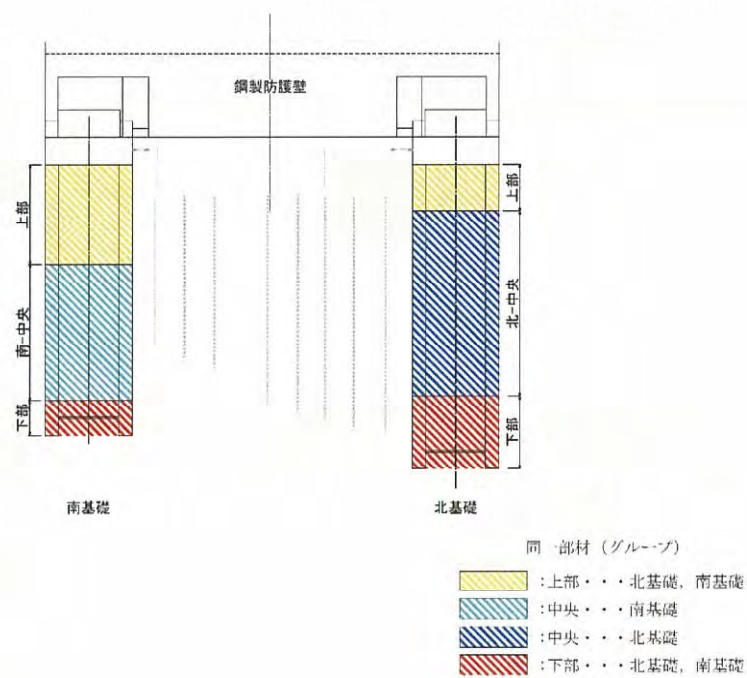
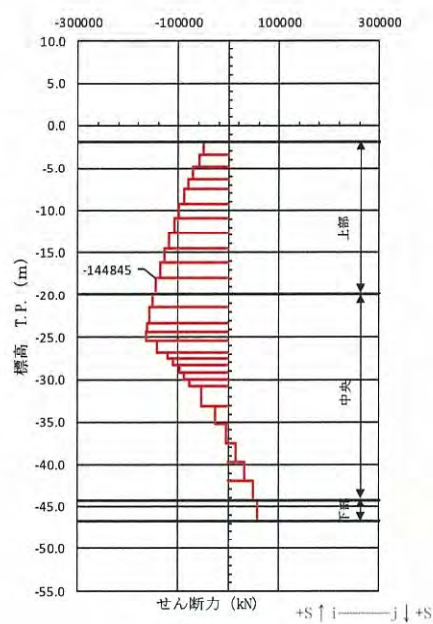


図 4-4 (4) 地中連続壁基礎のせん断力照査における最大照査値の評価時刻での断面力
 (③-③断面 南基礎 上部)
 (S_s-D31 , $t=8.82$ s)
 (解析ケース③: 地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース)

b. 鋼製防護壁

(a) 鋼製防護壁

堤軸方向、堤軸直交方向それぞれの2次元動的有効応力解析から得られる基礎天端の変位時刻歴を3次元動的フレームモデルに同時入力する動的解析を実施して応力照査を行う。

鉛直変位については、それぞれの方向の変位時刻歴のうち、最大変位が大きくなる弱軸方向の結果を用いる。

(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 4-5 に示す。

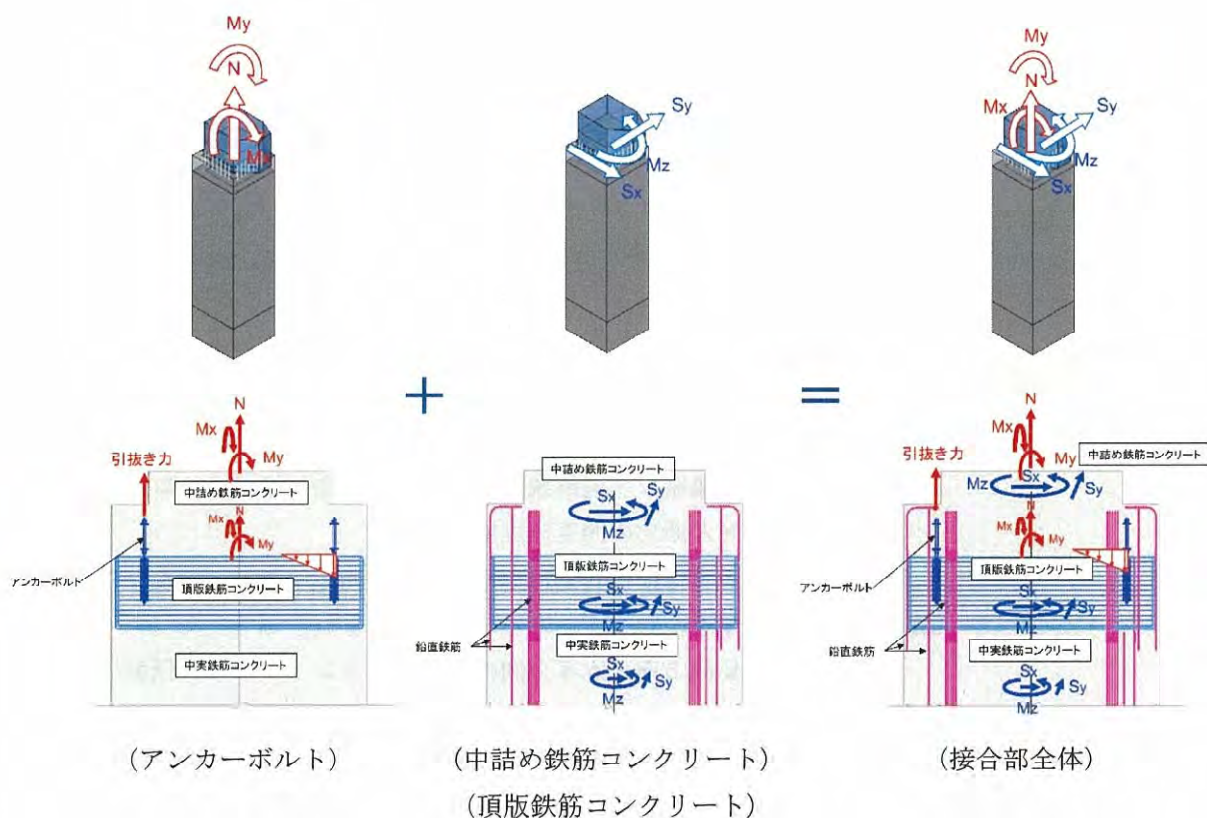


図 4-5 接合部の荷重分担の概念図

(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。

(2) 基礎地盤の支持性能評価

基礎地盤の支持性能評価においては、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。

接地圧が許容限界に対して最も厳しくなる解析ケースにおいて、基礎地盤に生じる最大接地圧分布を図4-6に示す。

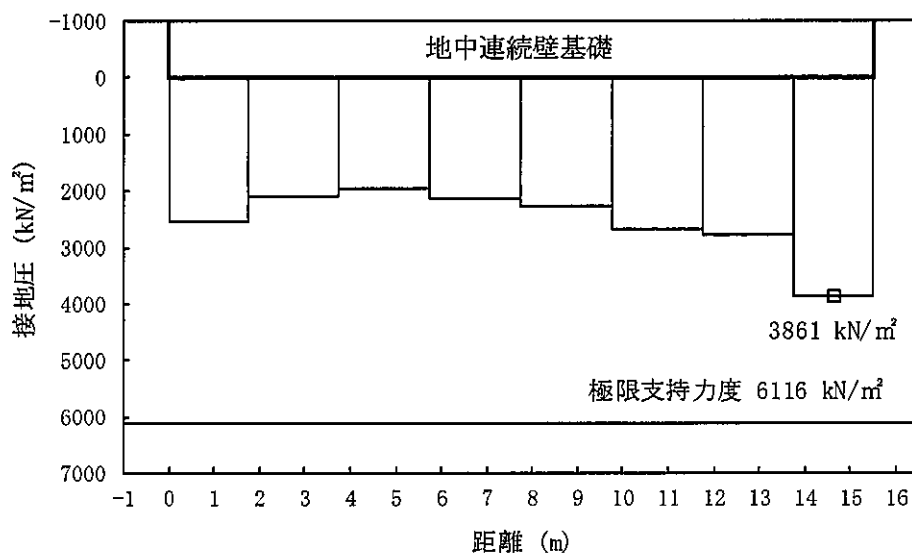


図4-6 (1) ①-①断面北基礎地盤の最大接地圧分布図 (S_s-D1)
(解析ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

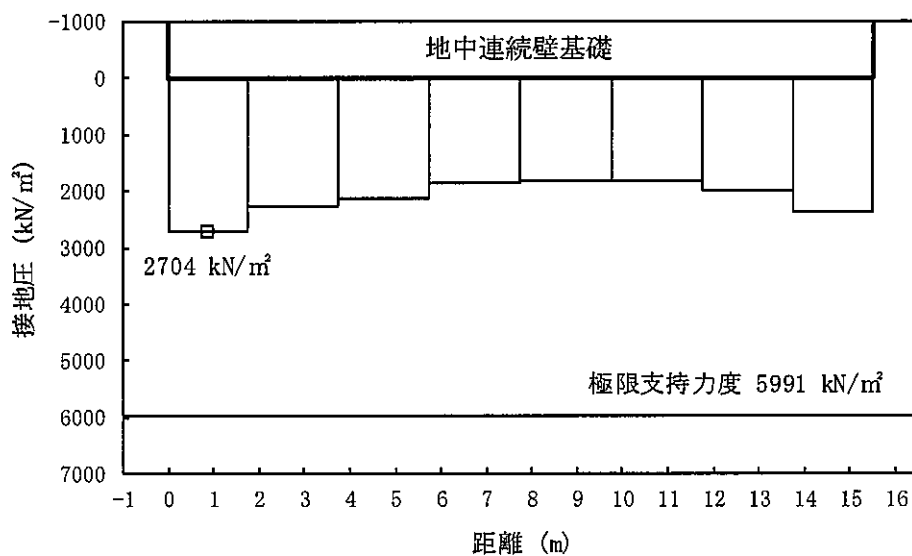


図4-6 (2) ①-①断面南基礎地盤の最大接地圧分布図 (S_s-D1)
(解析ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

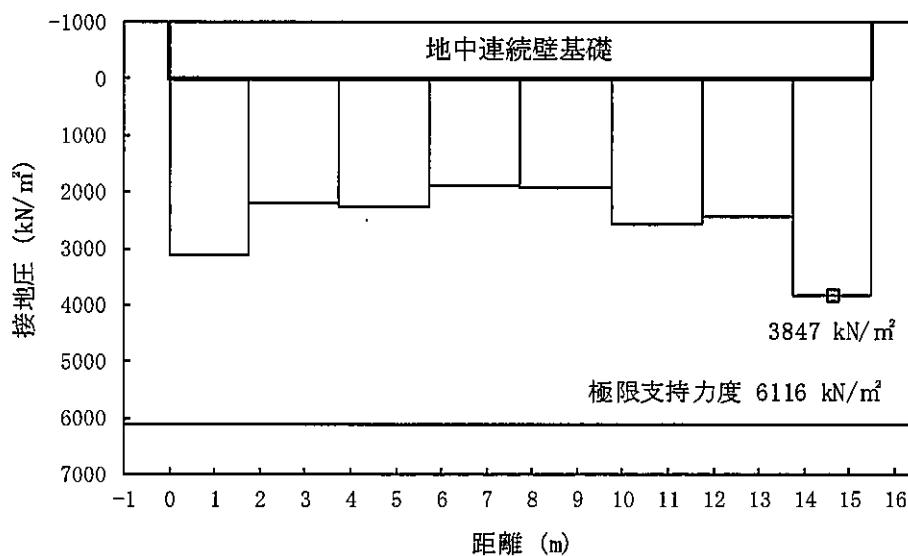


図 4-6 (3) ②-②断面北基礎地盤の接地圧分布図 (S_s-D1)
(検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

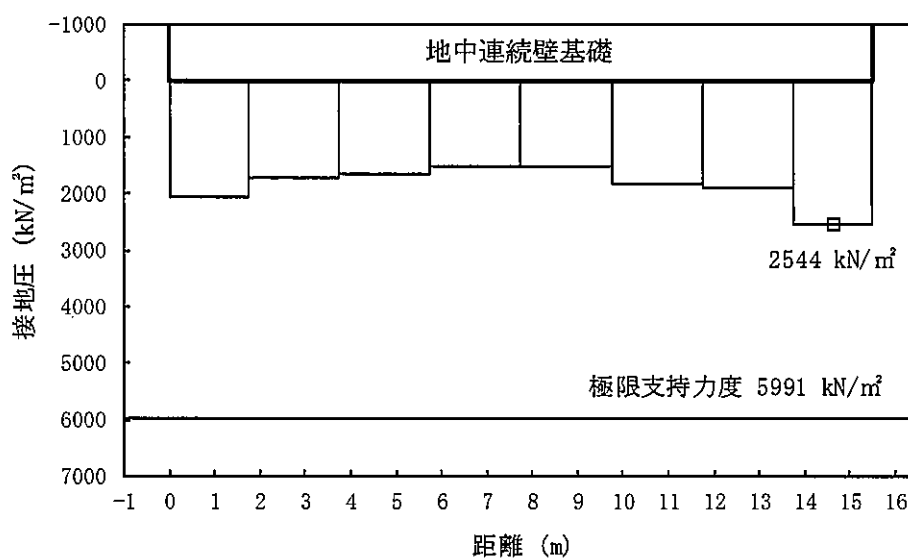


図 4-6 (4) ③-③断面南基礎地盤の接地圧分布図 (S_s-31)
(検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)

(3) 構造物の変形性評価

地震応答解析で求められる止水ジョイント部材の変形量が許容限界以下であることを確認する。

5. 耐震評価結果

5.1 構造部材の健全性に対する評価結果

(1) 地中連続壁基礎に対する評価結果

a. 地中連続壁基礎の曲げ軸力に対する評価結果

コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果を表 5-1 に、鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果を表 5-2 に、せん断力に対する照査結果を表 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。また、概略配筋図を図 5-1 に示す。

地中連続壁基礎の構造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 5-1 (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 (①-①断面)

解析 ケース	地震動	評価位置	断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		圧縮 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)			
①	S _s -31	北-上部	15500	15500	13116	D51@150 (7段)	2363674	166377	4.9	21	0.24
④	S _s -D1	南-中央	15500	15500	12180	D51@150 (17段)	2414071	232358	4.3	21	0.21
④	S _s -D1	北-中央	15500	15500	13392	D51@150 (5段)	2270981	19386	5.0	21	0.24
④	S _s -D1	南-下部	15500	15500	13578	D51@150 (4段)	1826236	265644	4.2	21	0.20

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

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

@：鉄筋の配置間隔

評価位置は下図に示す。

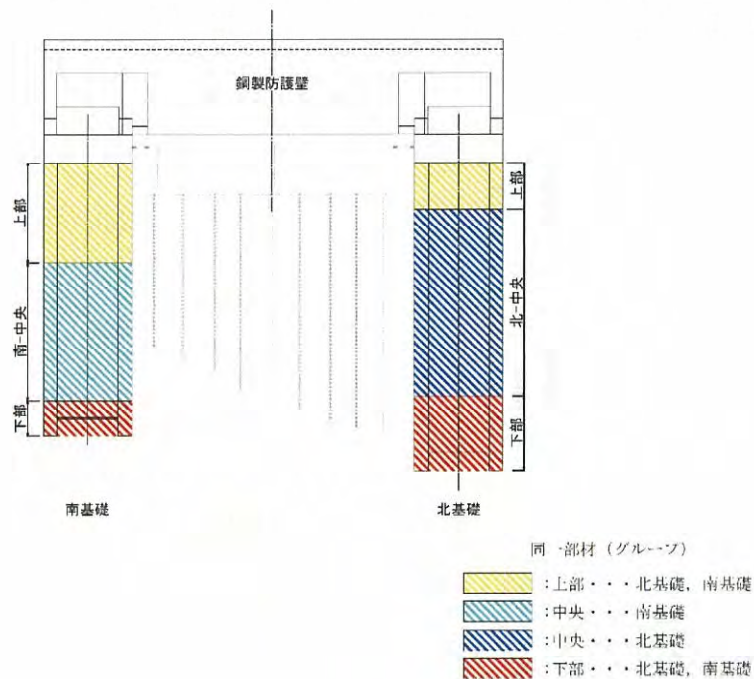


表 5-1 (2) コンクリートの曲げ軸力照査における各評価位置での最大照査値
(②-②断面, ③-③断面)

解析 ケース	地震動	評価位置	断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		圧縮 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 ($\text{kN} \cdot \text{m}$)	軸力 (kN)			
③	S_s-31	南-上部	15500	15500	13116	D51@150 (7段)	1912195	175254	4.0	21	0.20
③	S_s-31	南-中央	15500	15500	12180	D51@150 (17段)	2961745	218370	5.3	21	0.26
①	S_s-31	北-中央	15500	15500	13392	D51@150 (5段)	2394817	327514	5.4	21	0.26
①	S_s-31	北-下部	15500	15500	13578	D51@150 (4段)	2534777	354745	5.9	21	0.29

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
 ③：地盤物性のばらつきを考慮（ -1σ ）した解析ケース
 @：鉄筋の配置間隔
 評価位置は下図に示す。

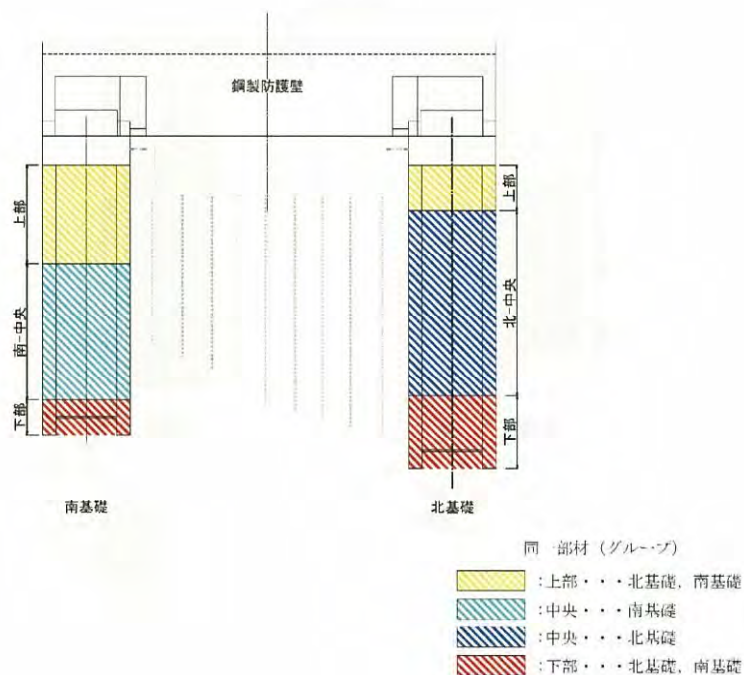


表 5-2 (1) 鉄筋の曲げ軸力照査における各評価位置での最大照査値 (①-①断面)

解析 ケース	地震動	評価位置	断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	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 ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	軸力 (kN)			
④	S_s-D1	北-上部	15500	15500	13116	D51@150 (7段)	2451095	20963	168.0	435	0.39
①	S_s-D1	南-中央	15500	15500	12180	D51@150 (17段)	2242734	171871	70.0	435	0.17
④	S_s-D1	北-中央	15500	15500	13392	D51@150 (5段)	2270981	19386	176.0	435	0.41
④	S_s-D1	南-下部	15500	15500	13578	D51@150 (4段)	1620177	201929	63.0	435	0.15

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

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

@：鉄筋の配置間隔

評価位置は下図に示す。

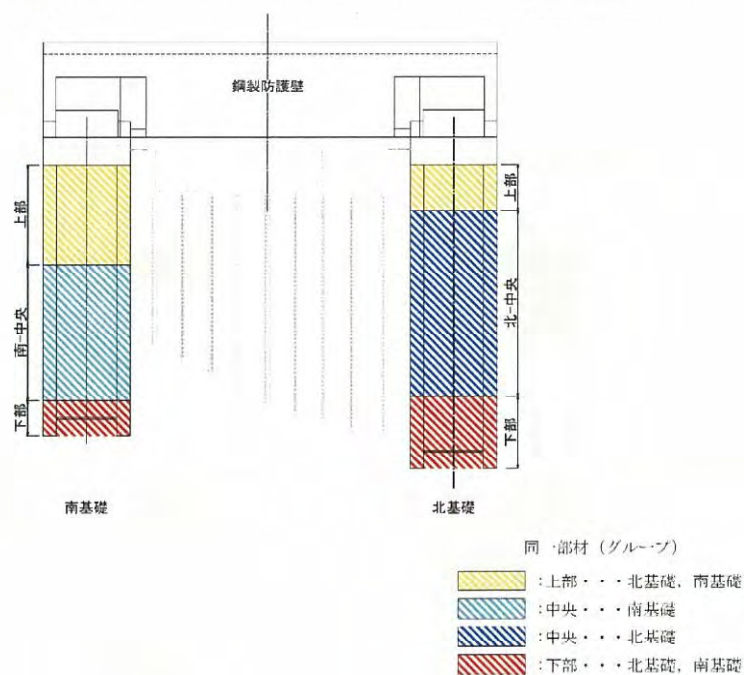


表 5-2 (2) 鉄筋の曲げ軸力照査における各評価位置での最大照査値
(②-②断面, ③-③断面)

解析 ケース	地震動	評価位置	断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	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 ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	軸力 (kN)			
①	S_s-D1	南-上部	15500	15500	13116	D51@150 (7段)	1899196	158335	79.0	435	0.19
①	S_s-D1	南-中央	15500	15500	12180	D51@150 (17段)	2886147	182219	95.0	435	0.22
⑤	S_s-D1	北-中央	15500	15500	13392	D51@150 (5段)	2251291	253370	88.0	435	0.21
⑤	S_s-D1	北-下部	15500	15500	13578	D51@150 (4段)	2262196	258040	97.0	435	0.23

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
 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
 @：鉄筋の配置間隔
 評価位置は下図に示す。

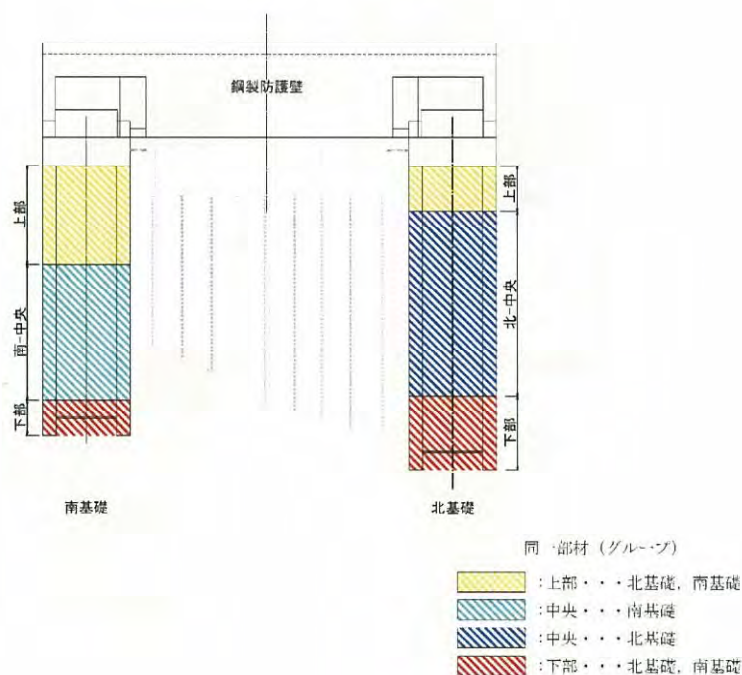


表 5-3 (1) 鉄筋コンクリートのせん断力照査における各評価位置での最大照査値 (①-①断面)

検討 ケース	地震動	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
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	連続壁基礎 有効高 d (mm)	中実コン クリート 有効高 d (mm)				
④	S _s -D1	南-上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	203333	226924	0.90
④	S _s -D1	南-中央	15500	15500	14280	9520	34-D38 @300	267372	410783	0.66
①	S _s -D1	北-中央	15500	15500	14280	10420	24-D38 @300	135520	335426	0.41
④	S _s -D1	北-下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	154559	337247	0.46

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

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

@：鉄筋の配置間隔

評価位置は下図に示す。

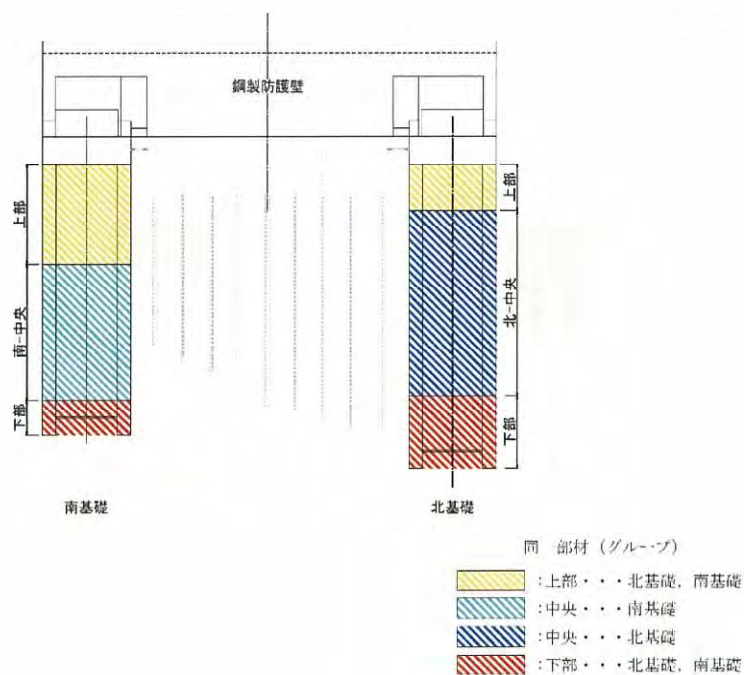


表 5-3 (2) 鉄筋コンクリートのせん断力照査における各評価位置での最大照査値
(②-②断面, ③-③断面)

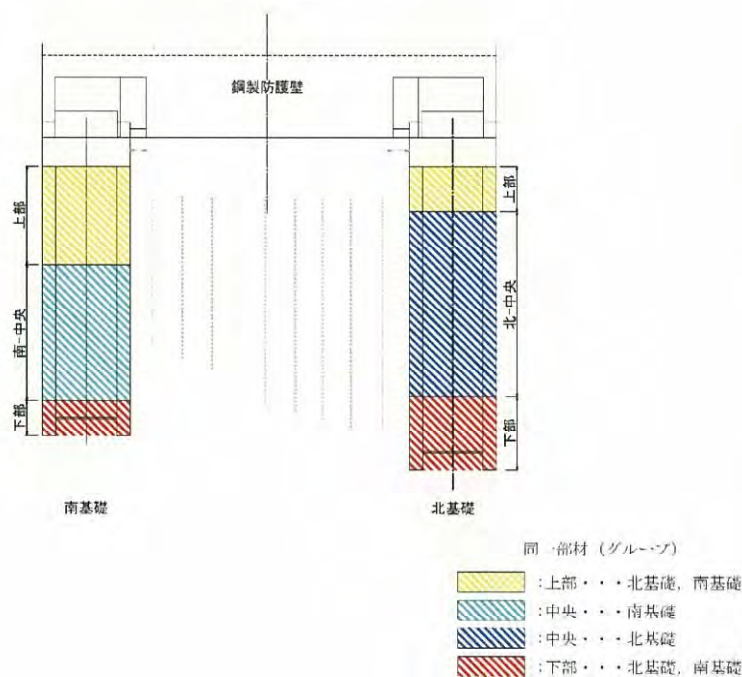
解析 ケース	地震動	評価位置	断面性状				鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V (kN)	短期許容 せん断力 V _a (kN)	照査値 V/V _a
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	連続壁基礎 有効高 d (mm)	中実コン クリート 有効高 d (mm)				
③	S _s -3 1	南-上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	144845	226924	0.64
④	S _s -3 1	南-中央	15500	15500	14280	9520	34-D38 @300	165949	410783	0.41
④	S _s -D 1	北-中央	15500	15500	14280	10420	24-D38 @300	128987	335426	0.39
④	S _s -D 1	北-下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	143805	337247	0.43

注記 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

@：鉄筋の配置間隔

評価位置は下図に示す。



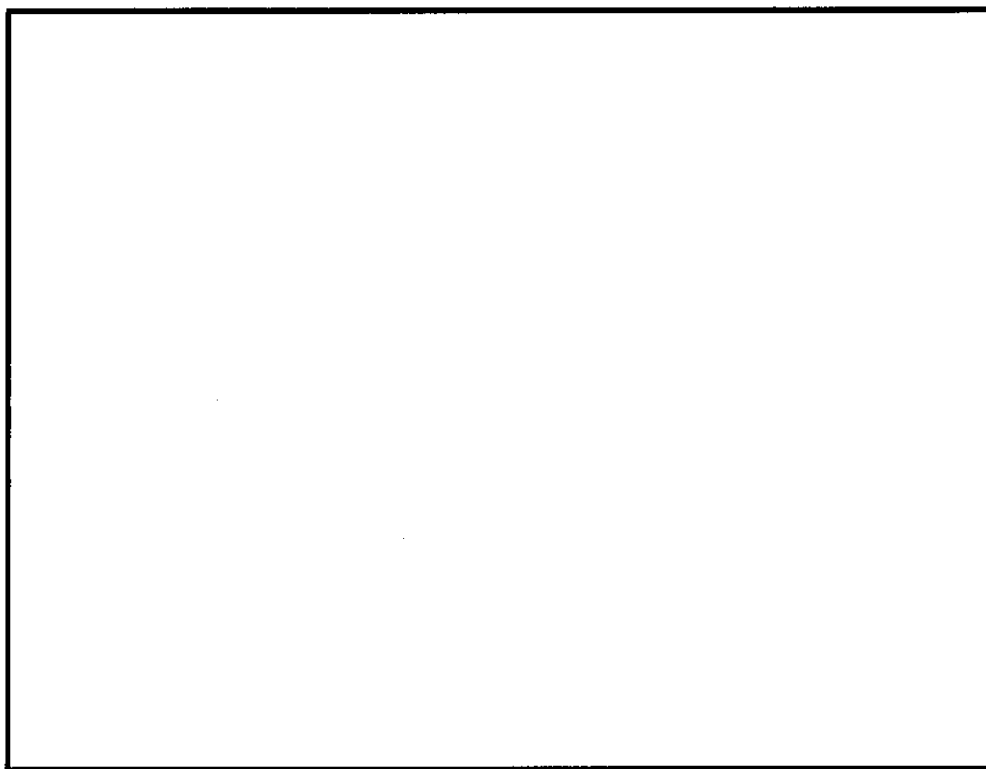


图 5-1 (1) 南基础上部概略配筋图

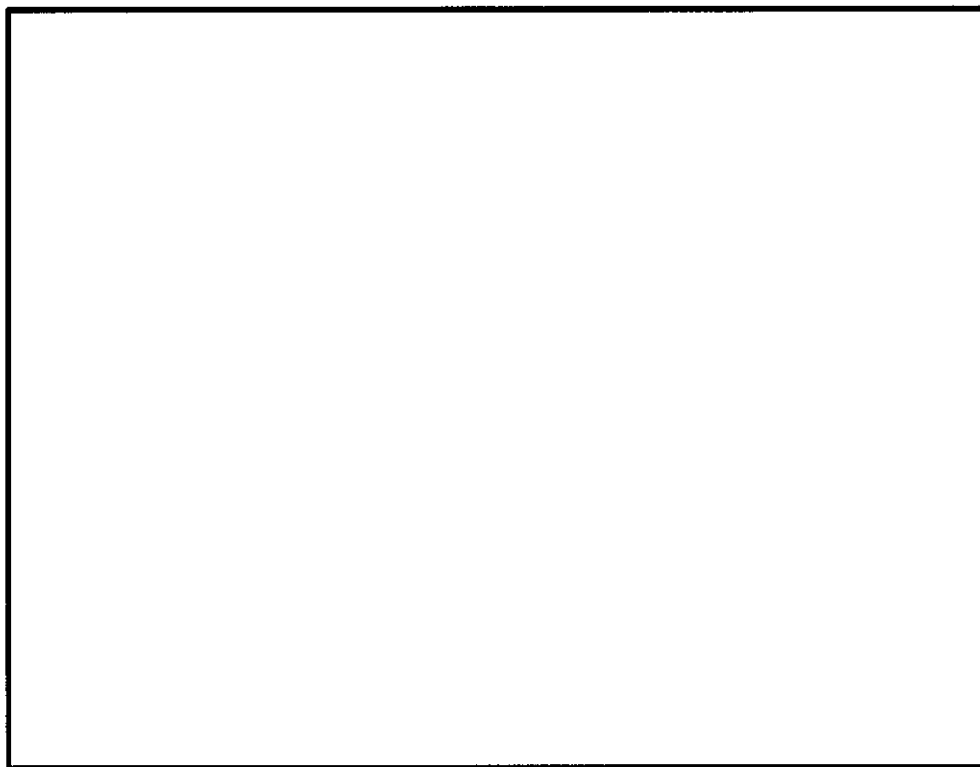


图 5-1 (2) 南基础中央概略配筋图

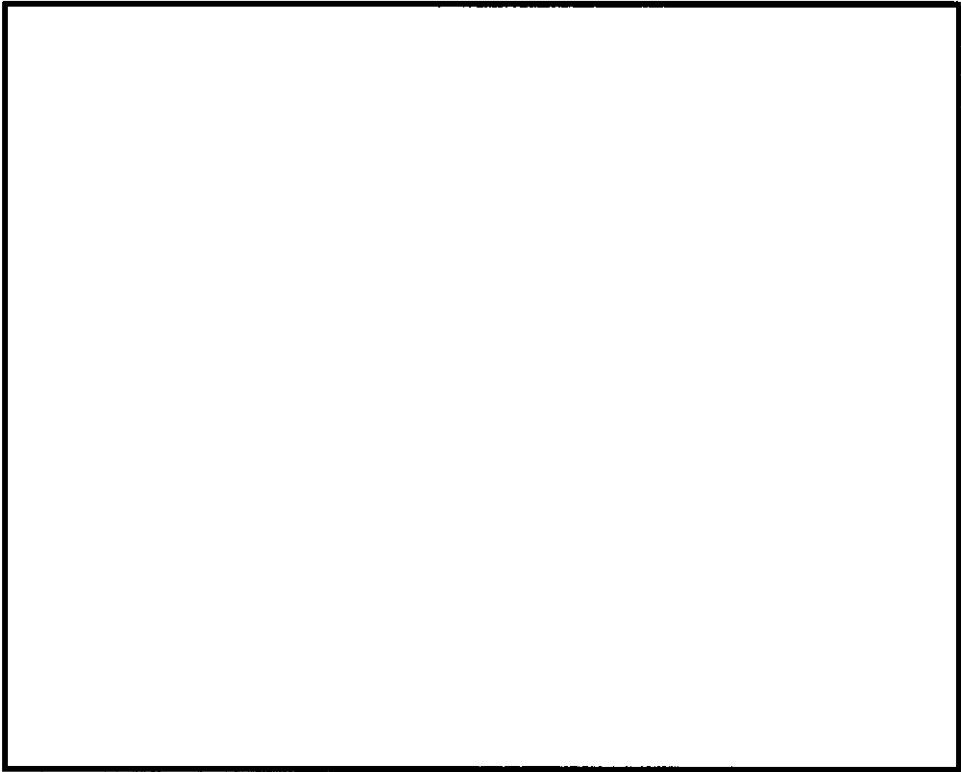


图 5-1（3） 南基础下部概略配筋图

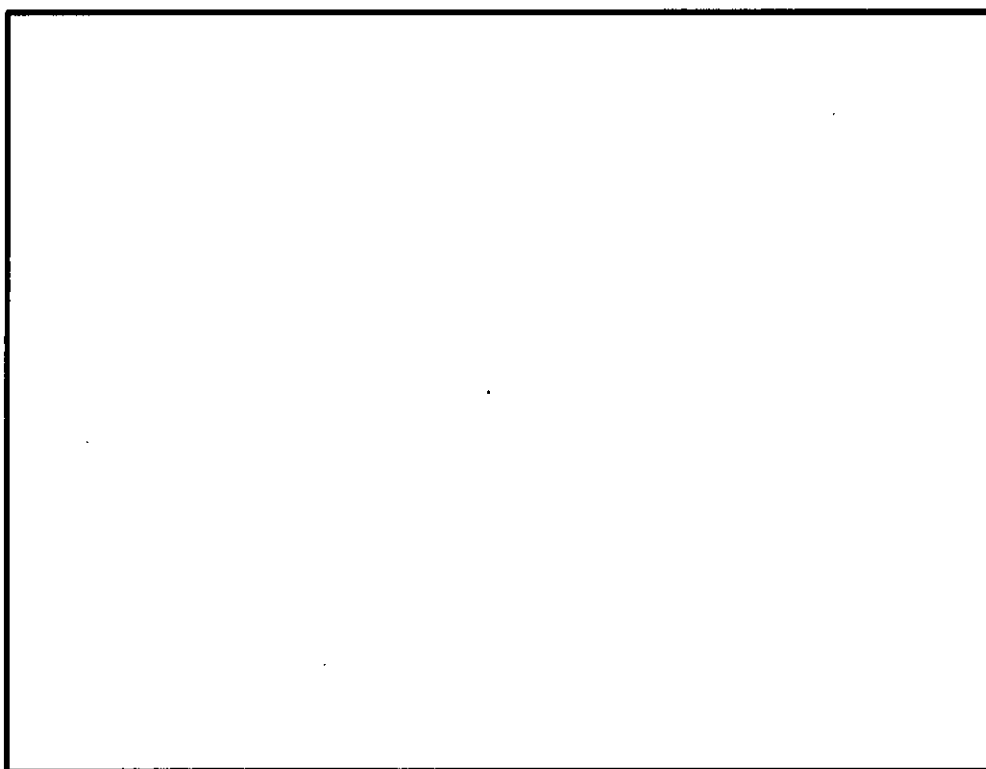


图 5-1 (4) 北基础上部概略配筋图

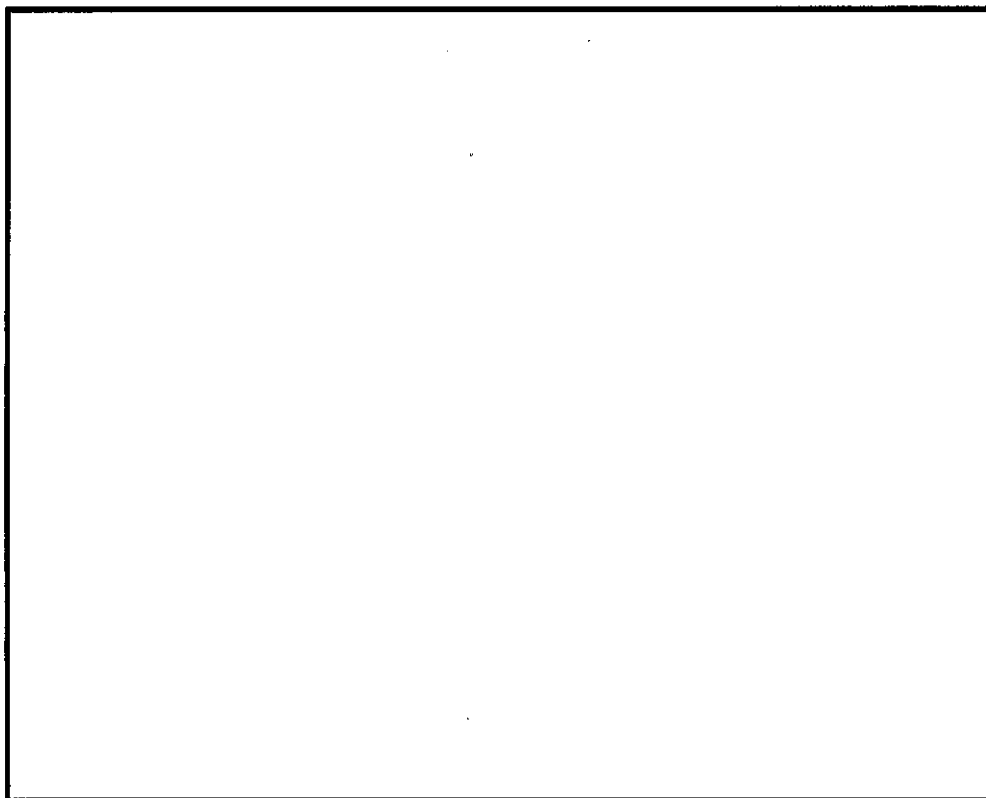


图 5-1 (5) 北基础中央概略配筋图

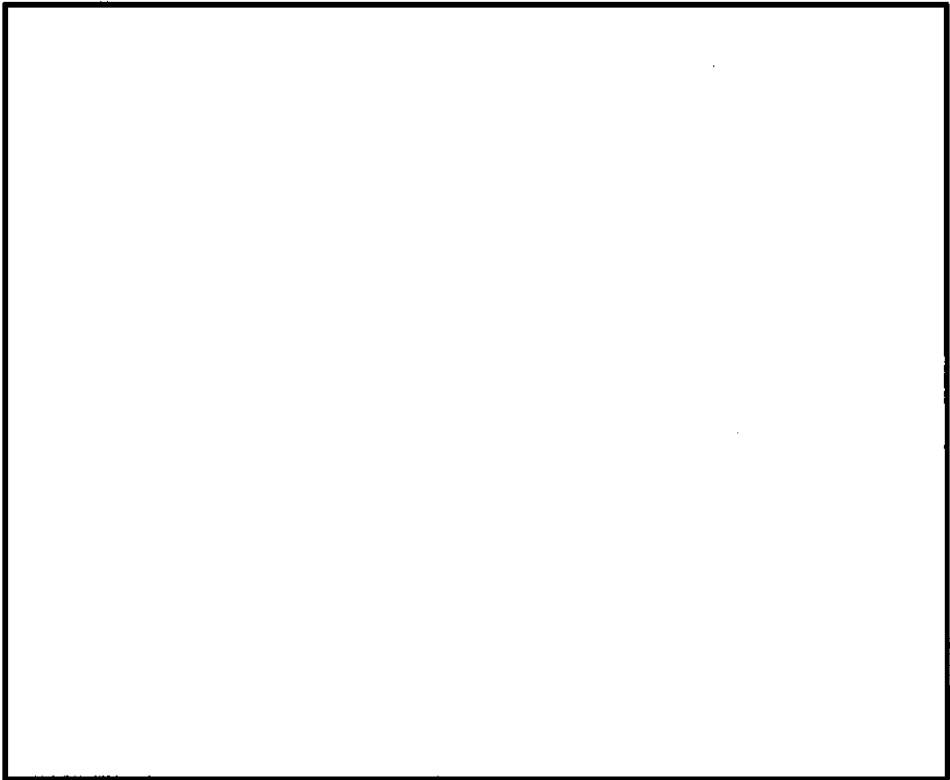


图 5-1 (6) 北基礎下部概略配筋図

b. 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 5-4 に示す。ジベル鉄筋の仕様及び配置図を図 5-2 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 5-4 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	63228	150095	0.43
	中央	D29@150	D29@150	78878	306271	0.26
	下部	D29@300	D29@150	57101	168981	0.34
北基礎	上部	D29@300	D29@150	56879	128279	0.45
	中央	D29@150	D29@150	30239	87902	0.35
	下部	D29@300	D29@150	30143	72235	0.42

注記 @ : 鉄筋の配置間隔

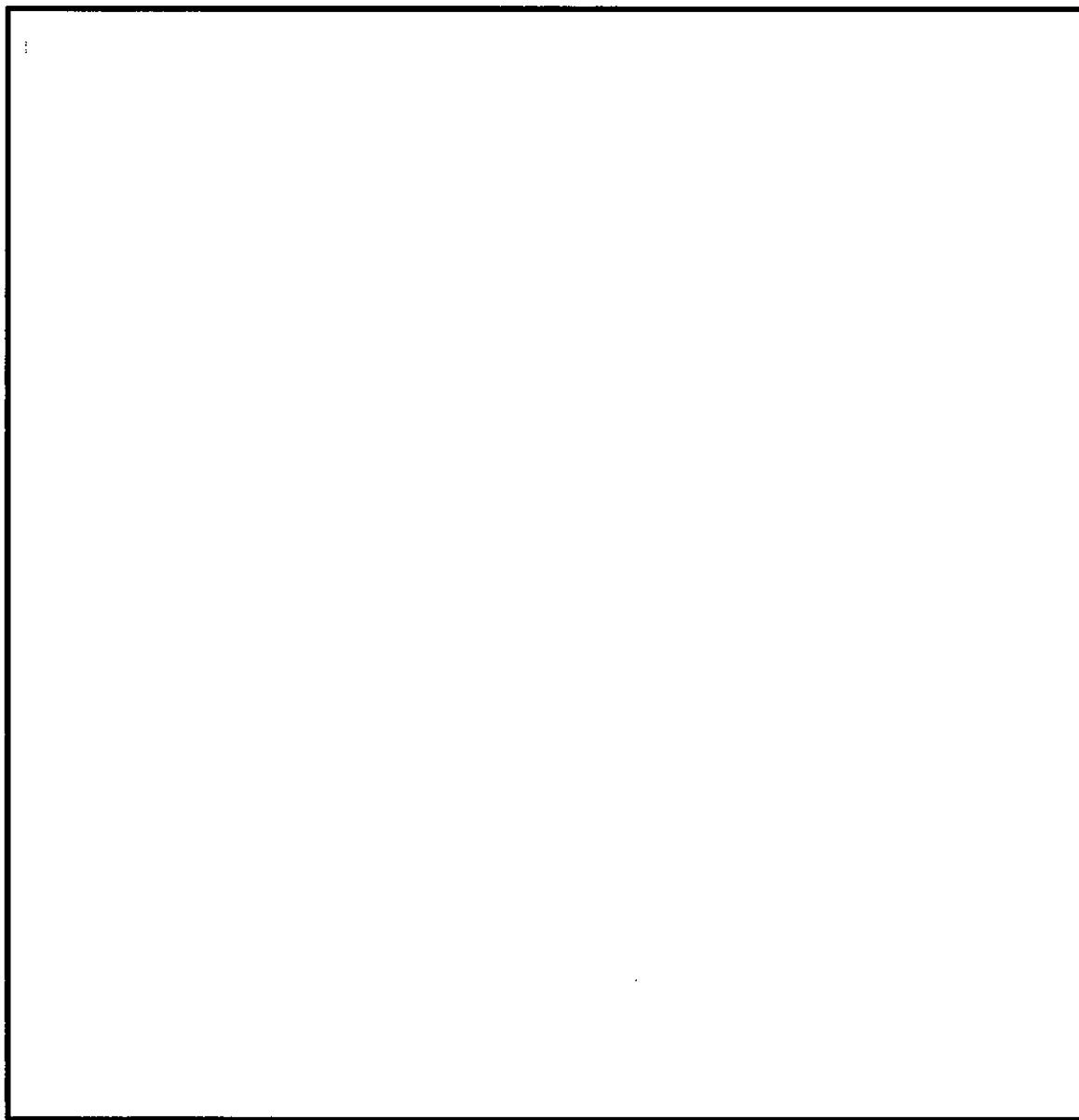


図 5-2 (1) ジベル鉄筋の仕様及び配置図 (南基礎上部・北基礎上部)

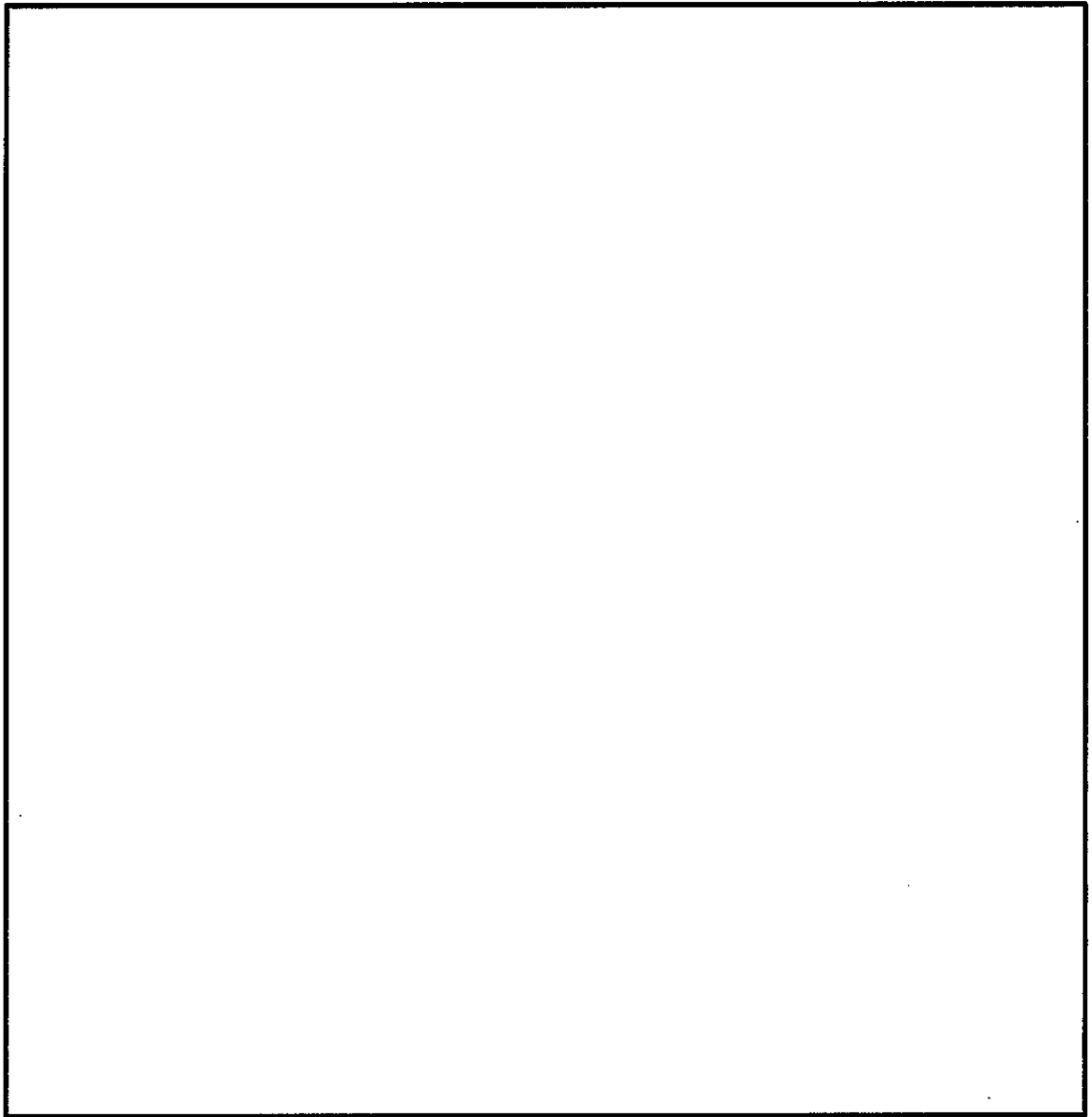


図 5-2 (2) ジベル鉄筋の仕様及び配置図 (南基礎中央)

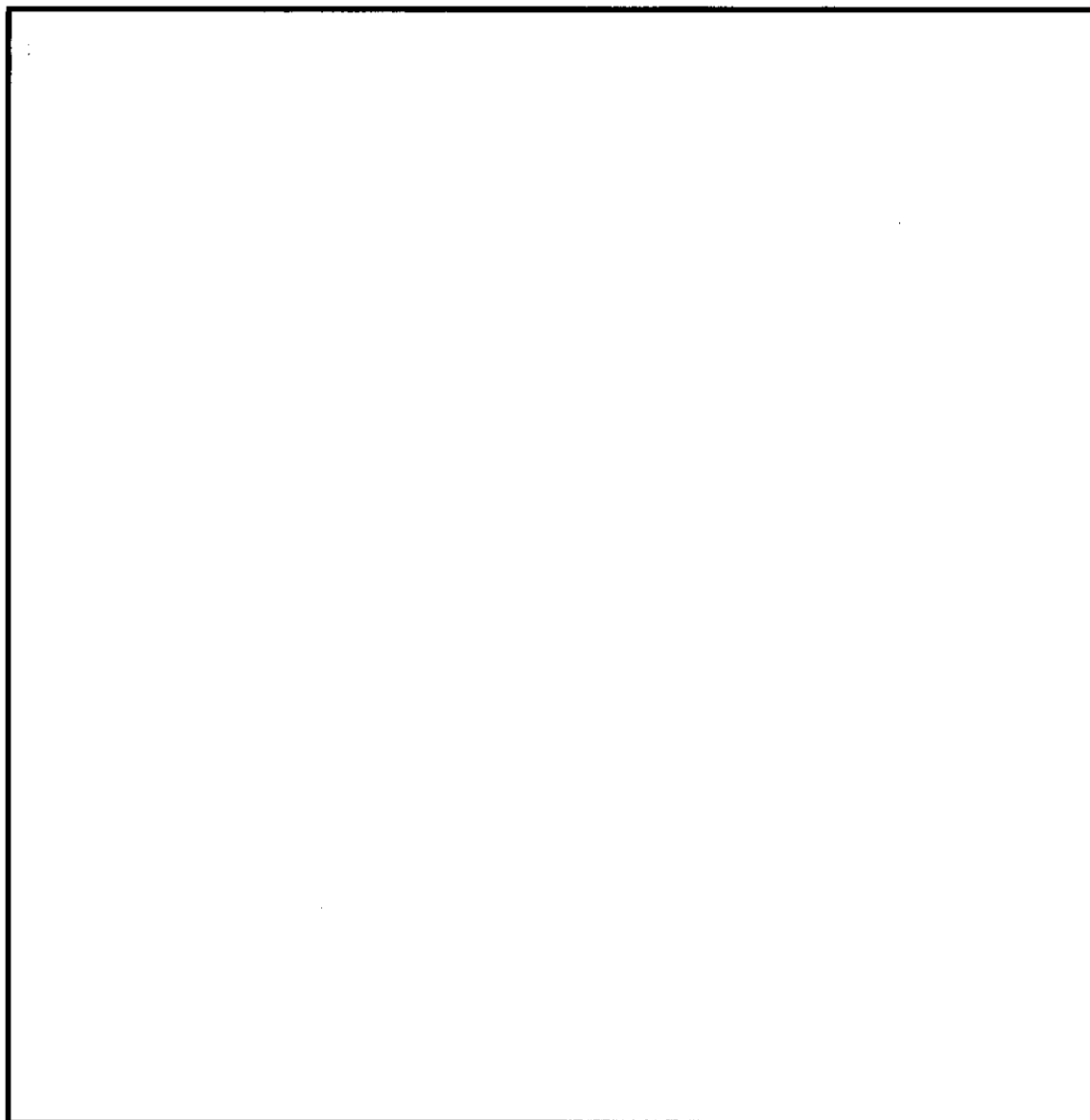


図 5-2 (3) ジベル鉄筋の仕様及び配置図 (北基礎中央)

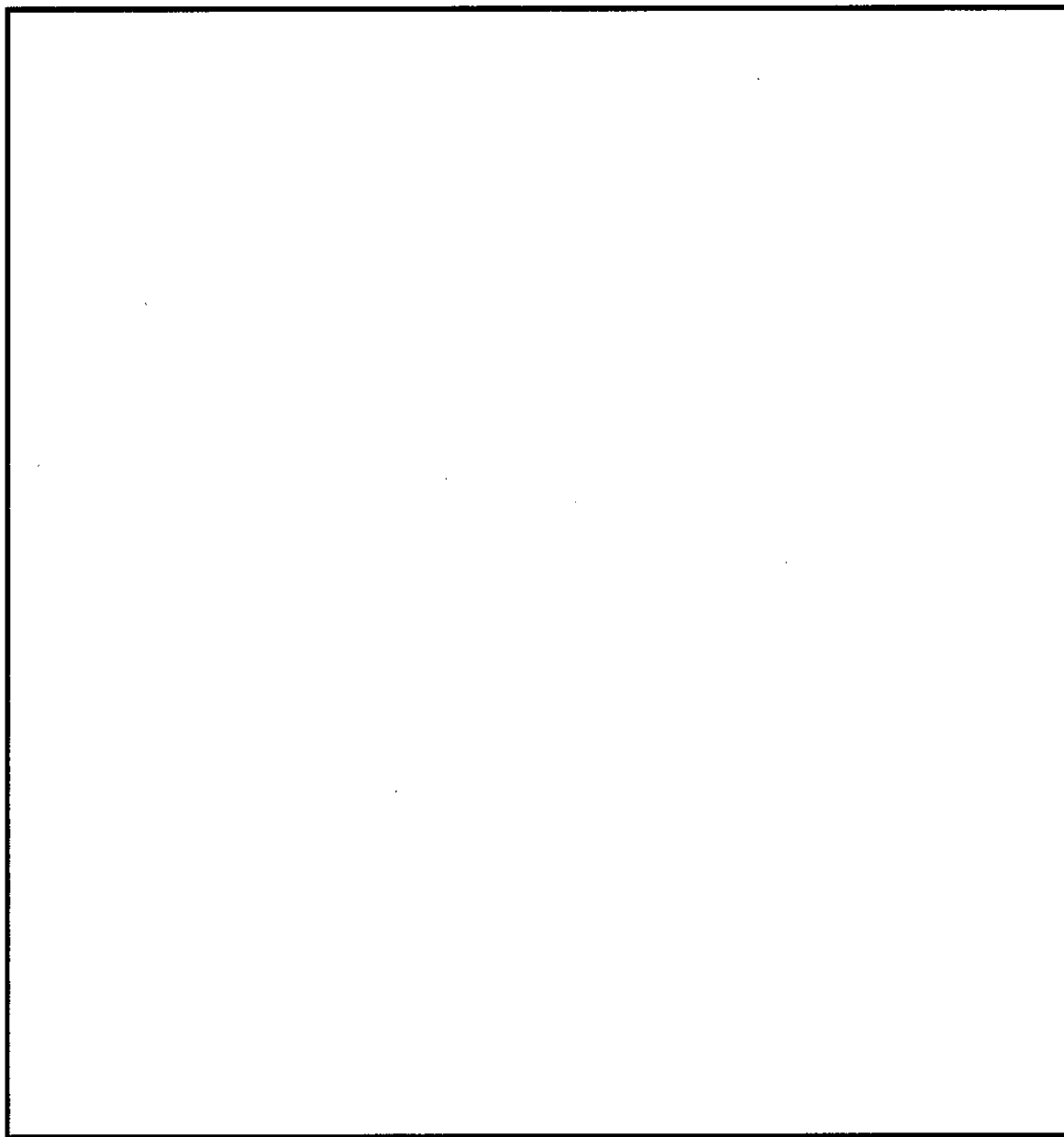


図 5-2 (4) ジベル鉄筋の仕様及び配置図（南基礎下部・北基礎下部）

(2) 鋼製防護壁に対する評価結果

a. 部材断面諸元

鋼製防護壁の板厚構成図を図 5-3 に示す。

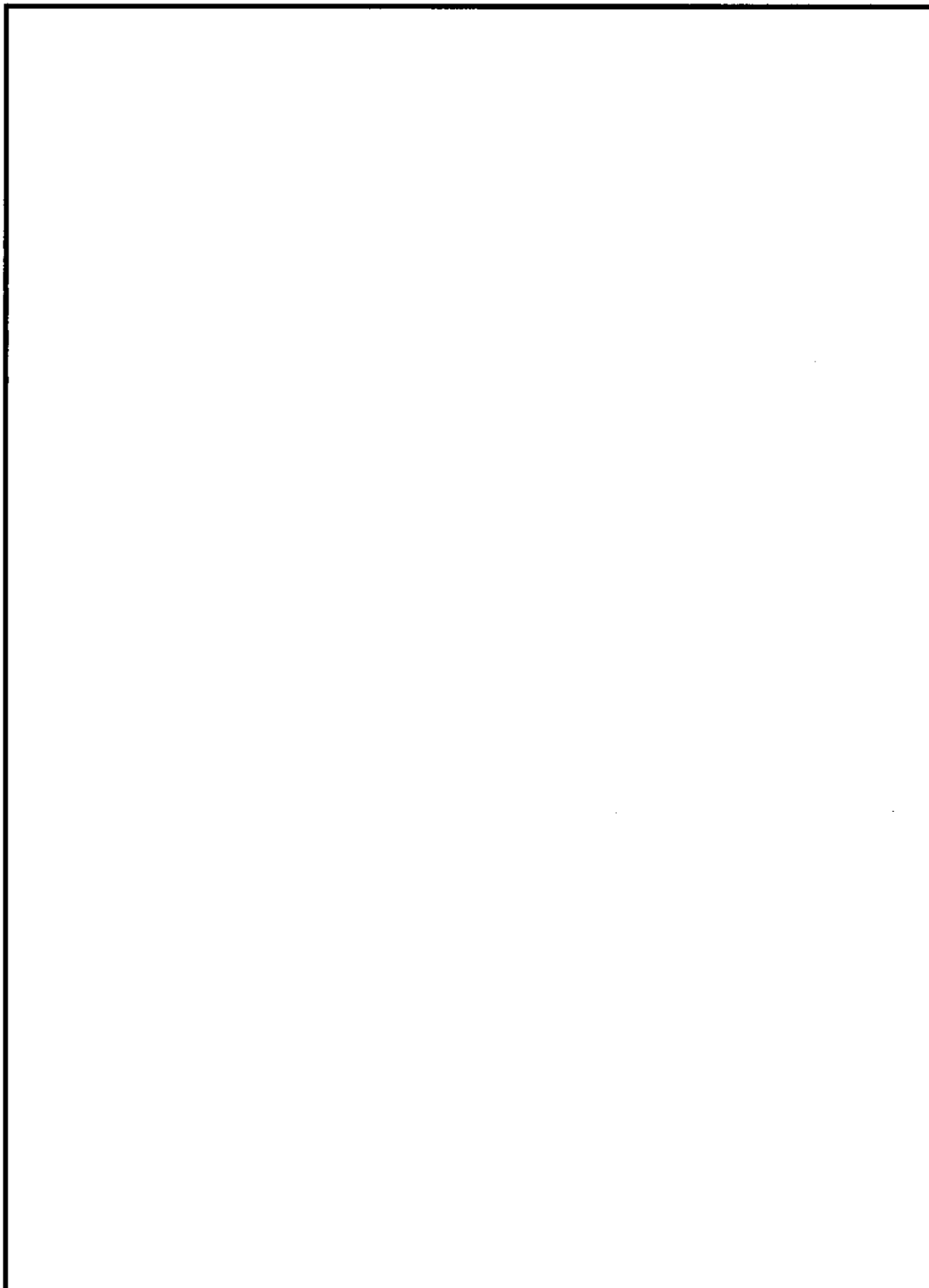


図 5-3 (1) 板厚構成図 (その 1)

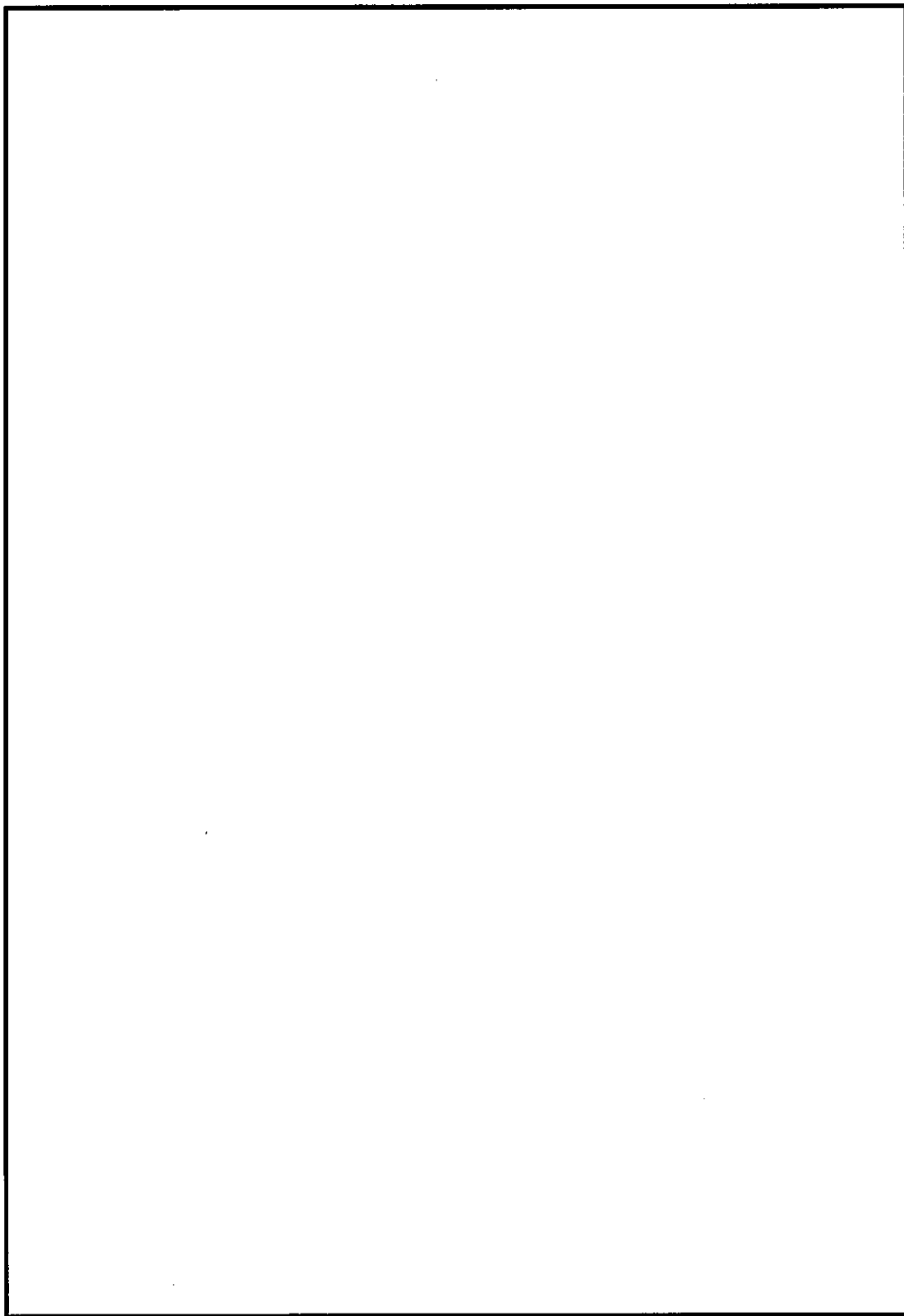


図 5-3 (2) 板厚構成図 (その 2)

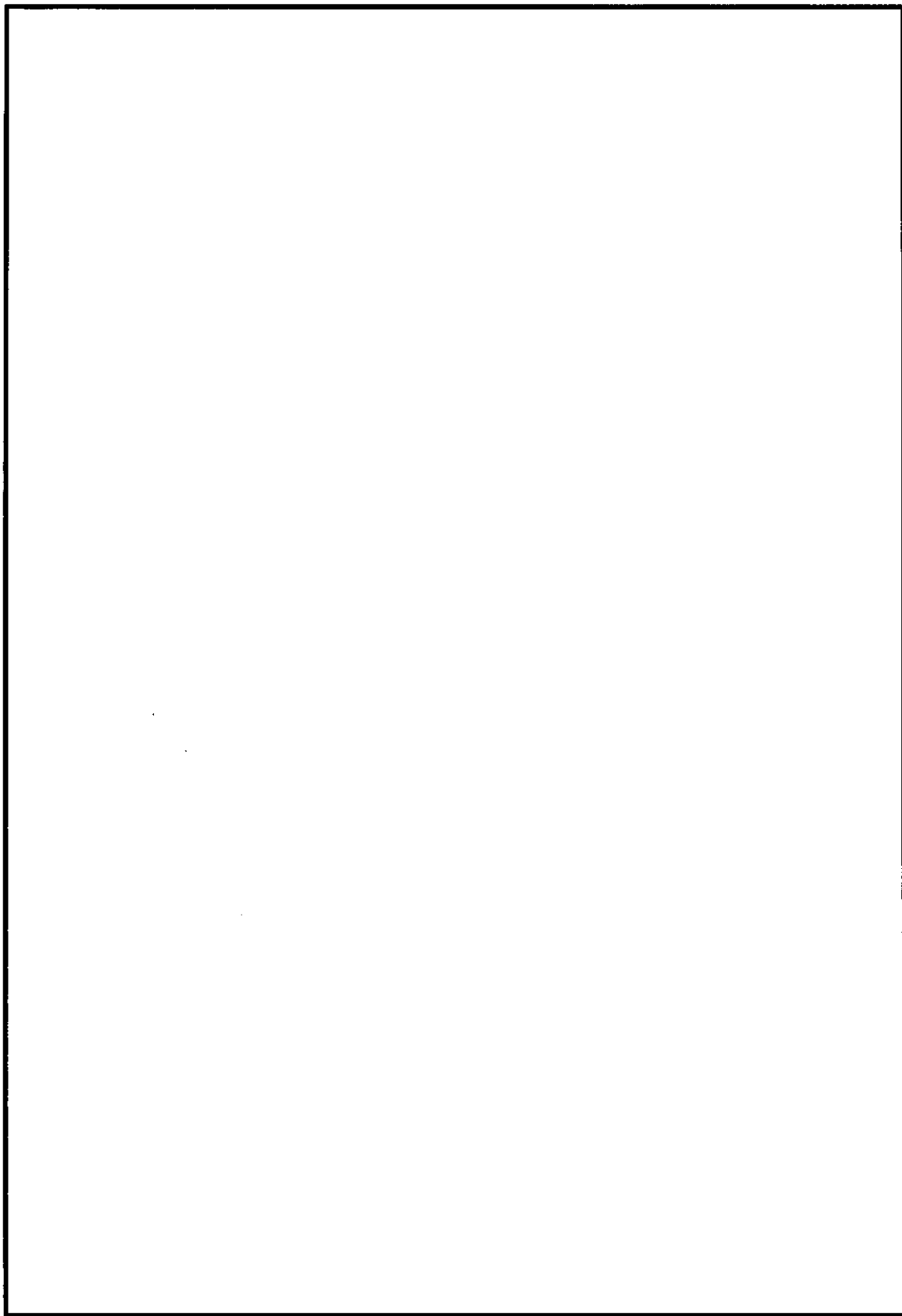


図 5-3 (3) 板厚構成図 (その 3)

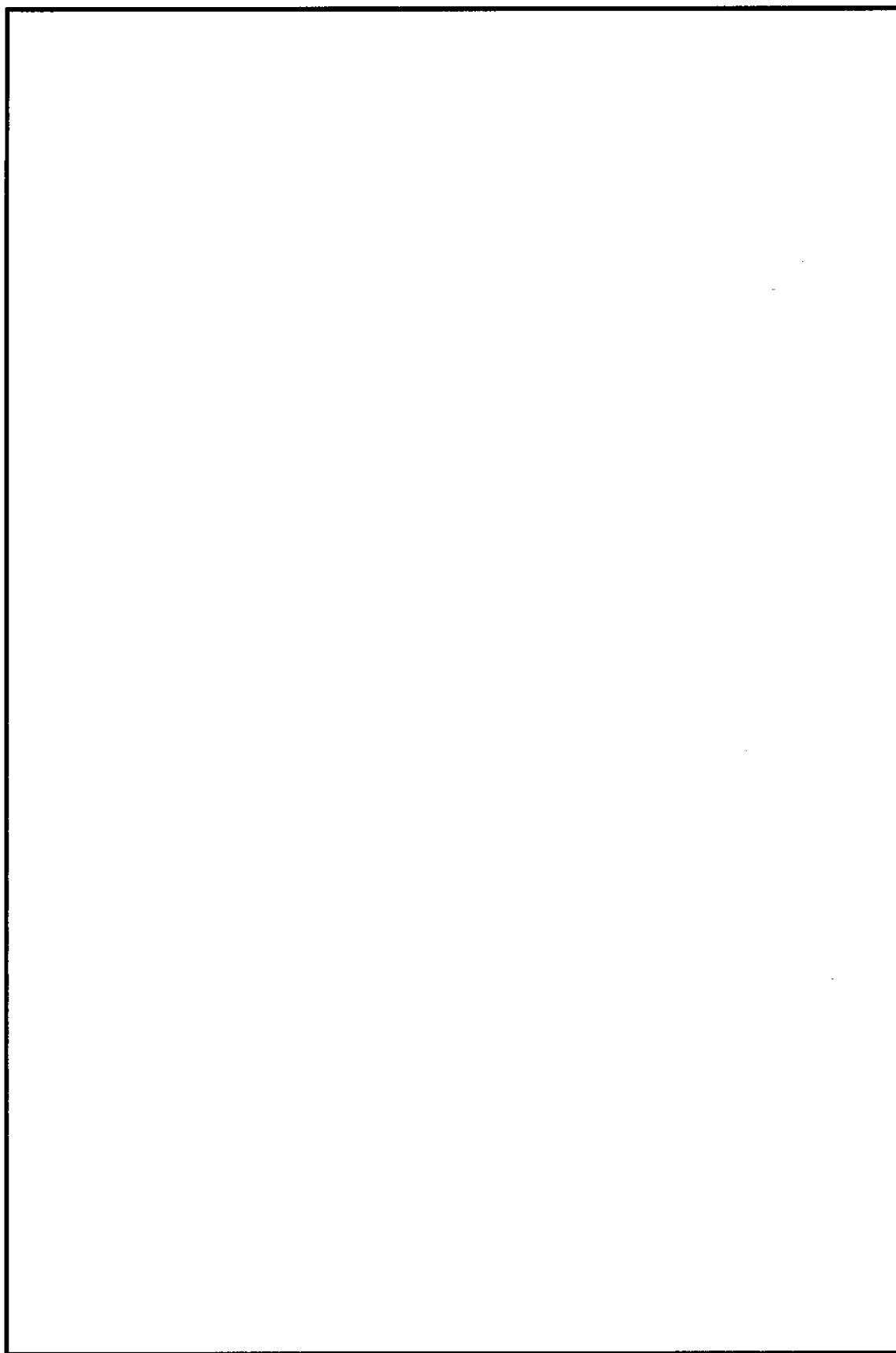


図 5-3 (4) 板厚構成図 (その 4)

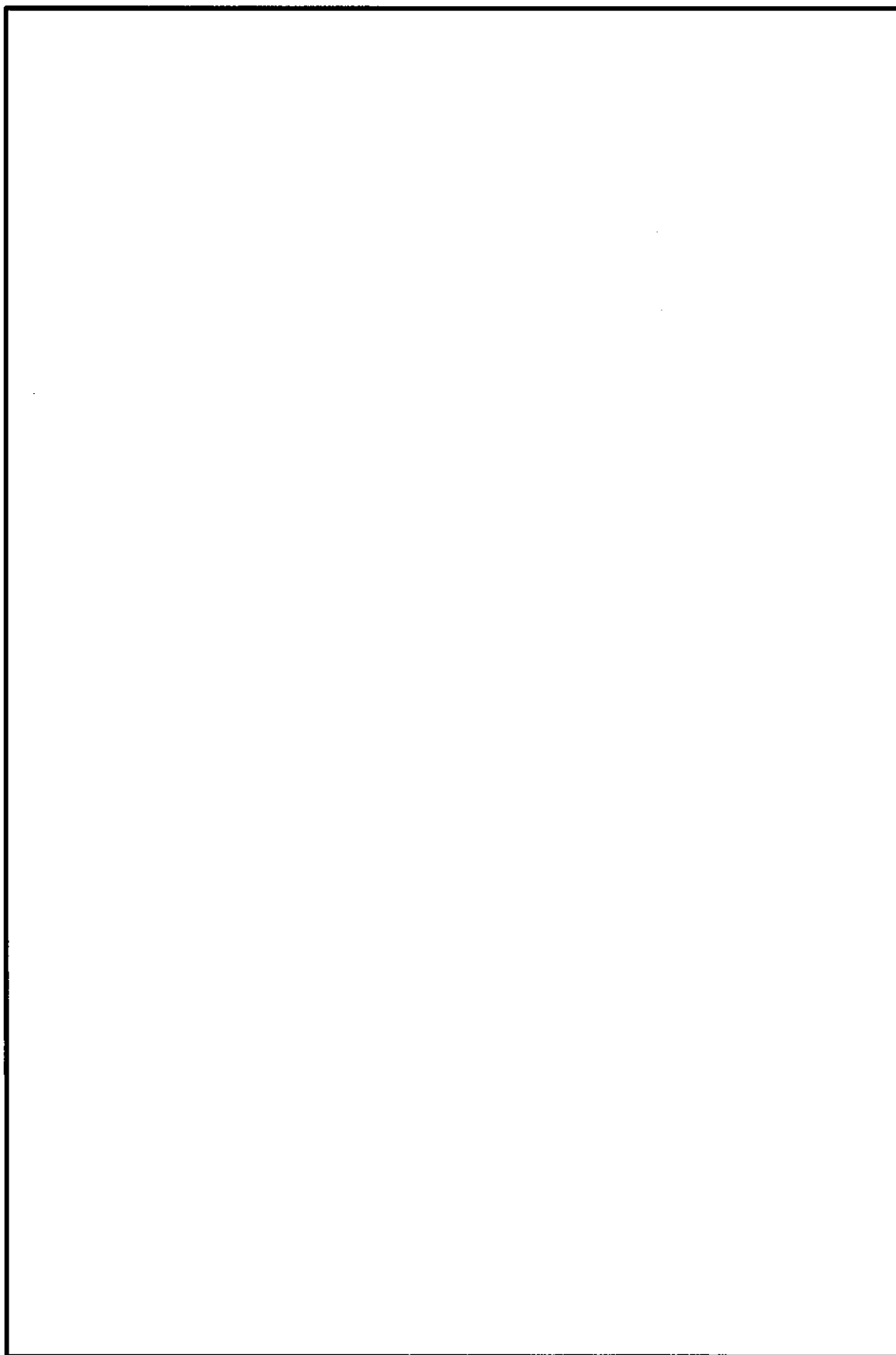


図 5-3 (5) 板厚構成図 (その 5)

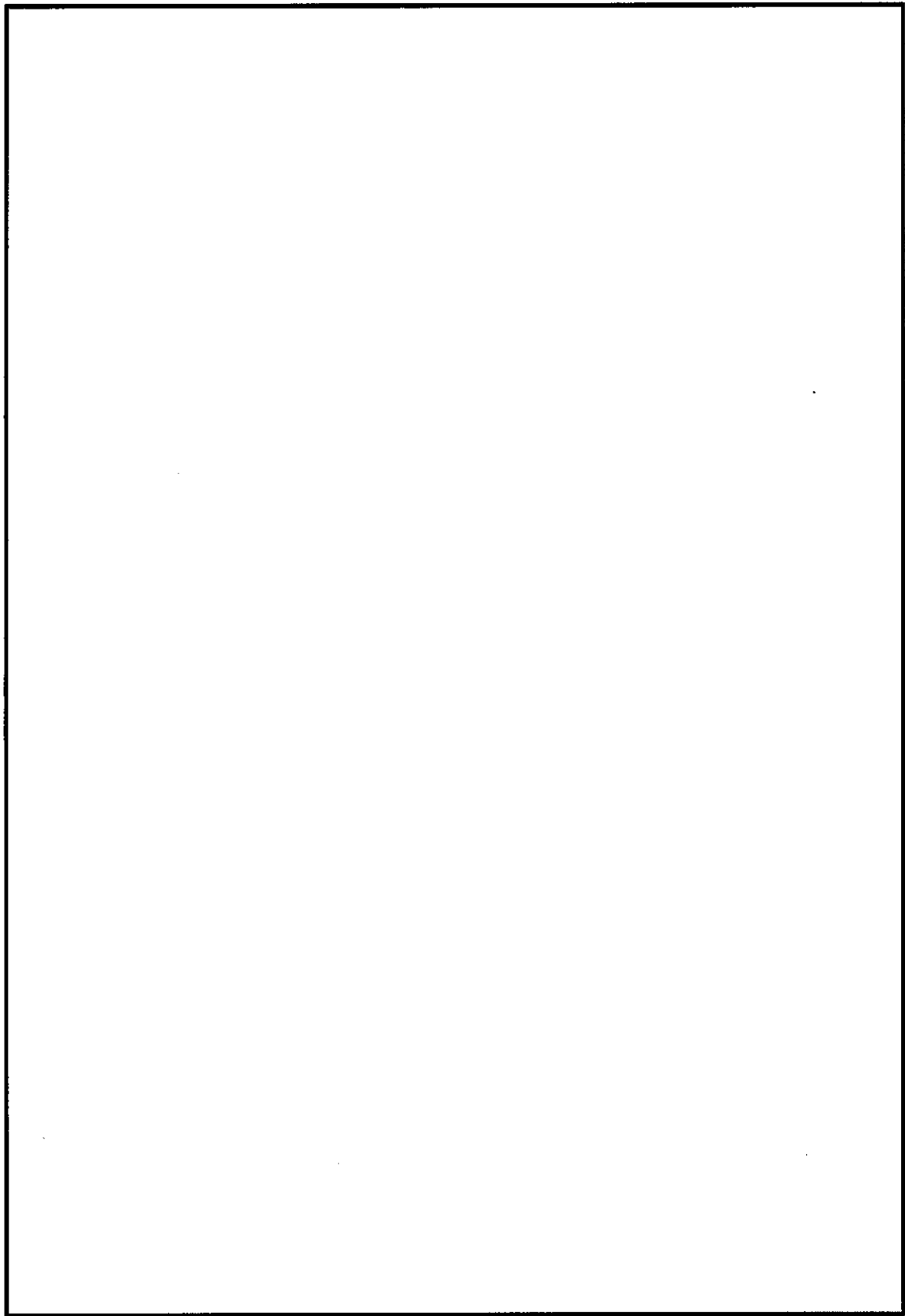


図 5-3 (6) 板厚構成図 (その6)

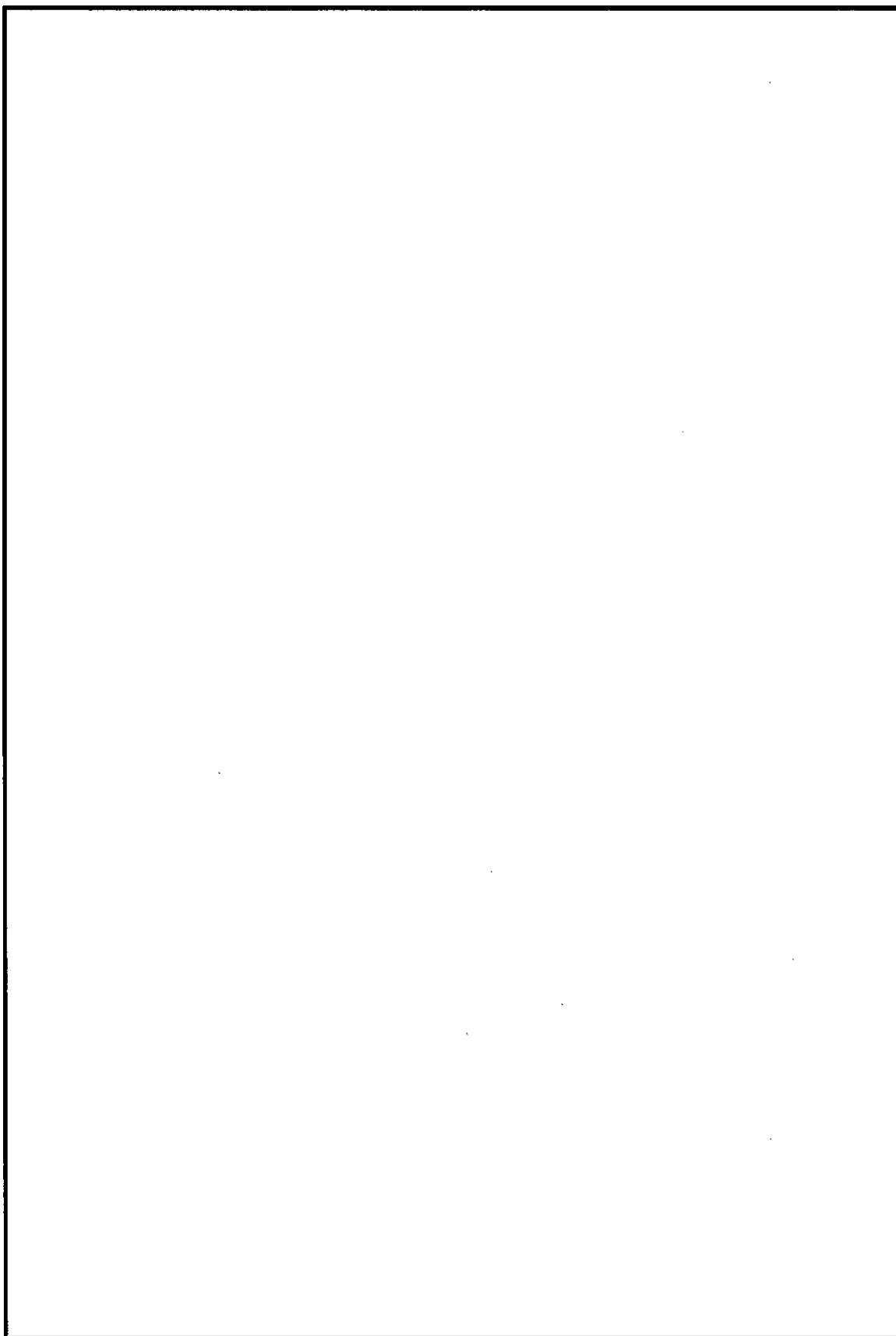


図 5-3 (7) 板厚構成図 (その 7)

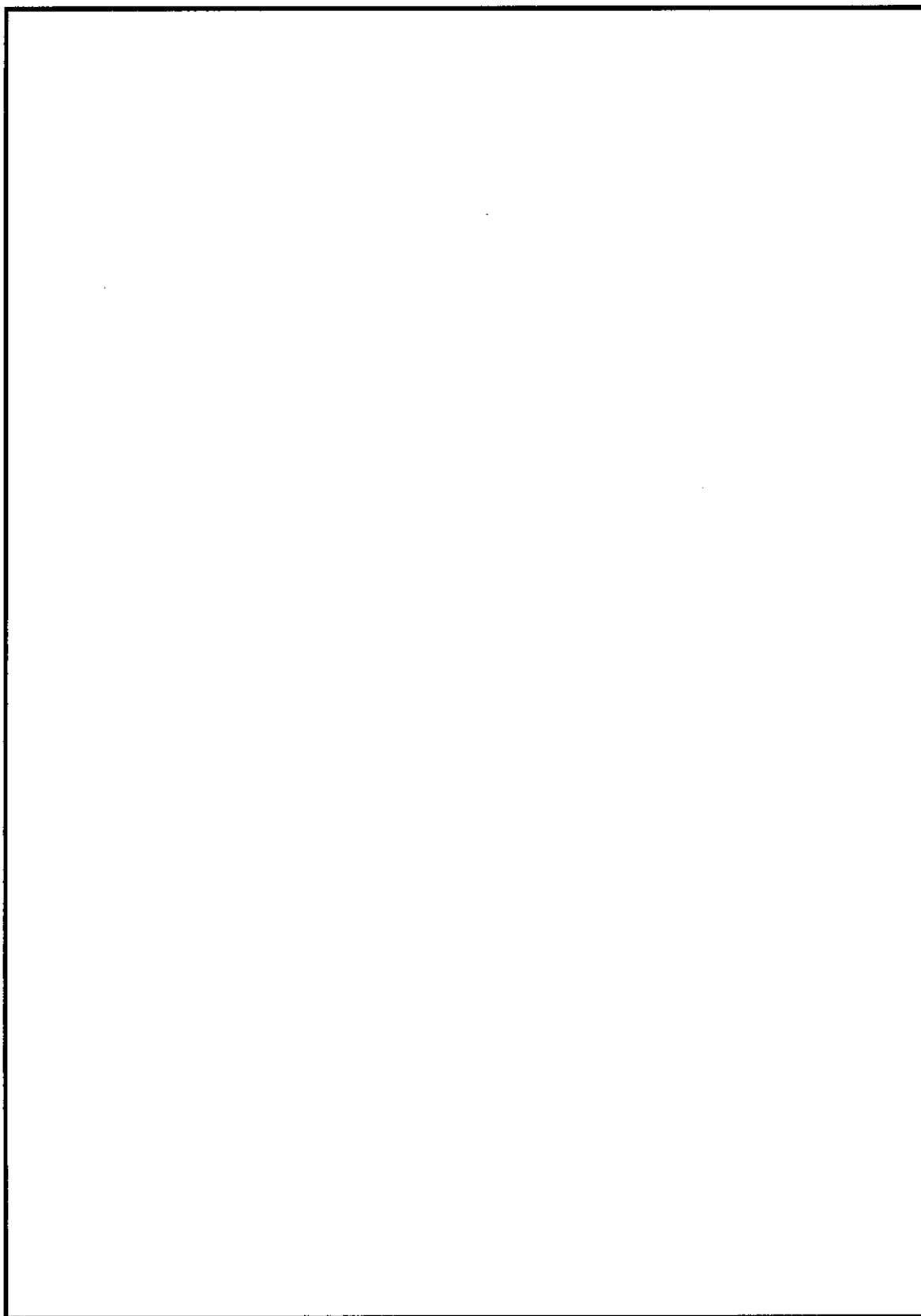


図 5-3 (8) 板厚構成図 (その 8)

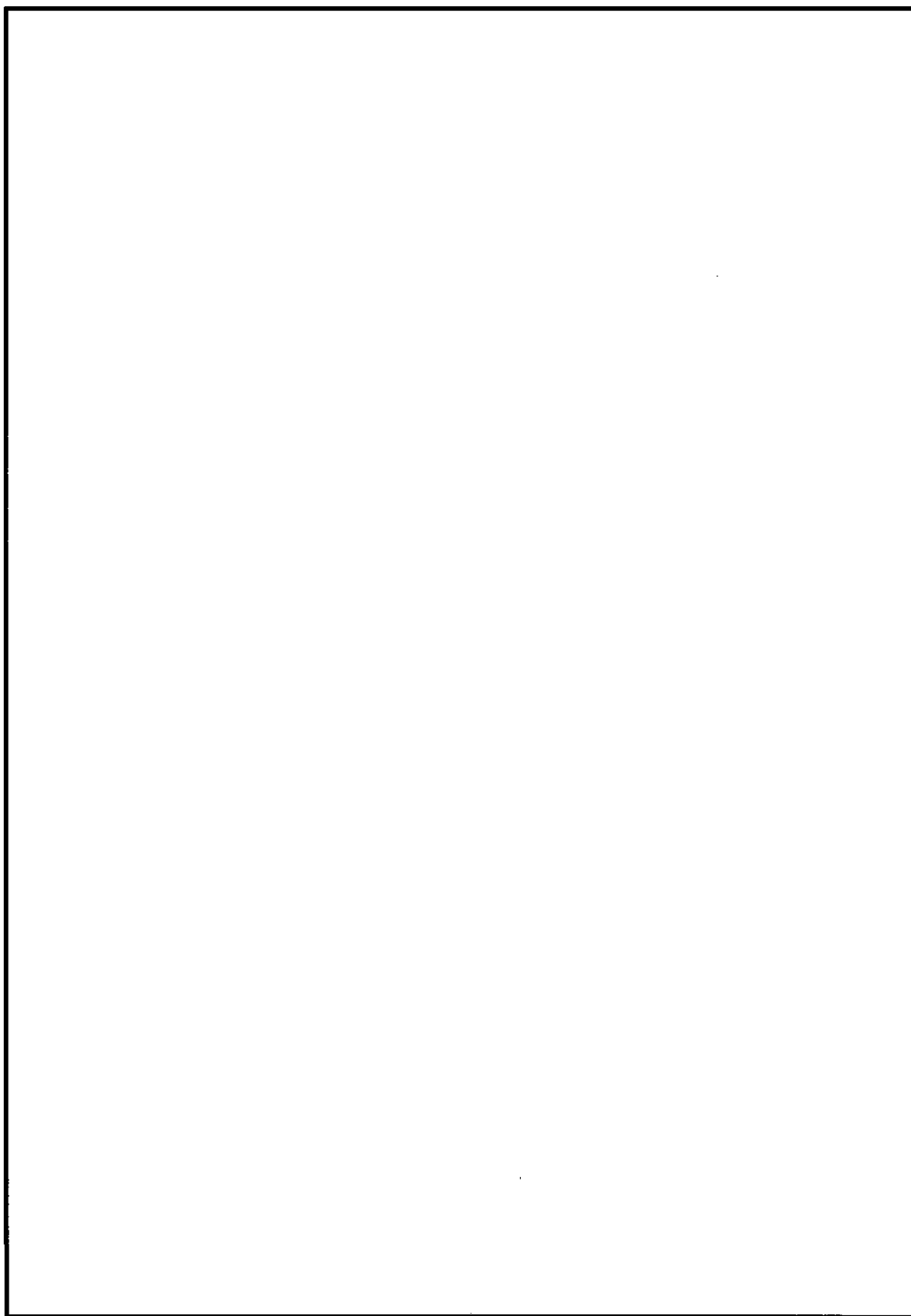


図 5-3 (9) 板厚構成図 (その 9)

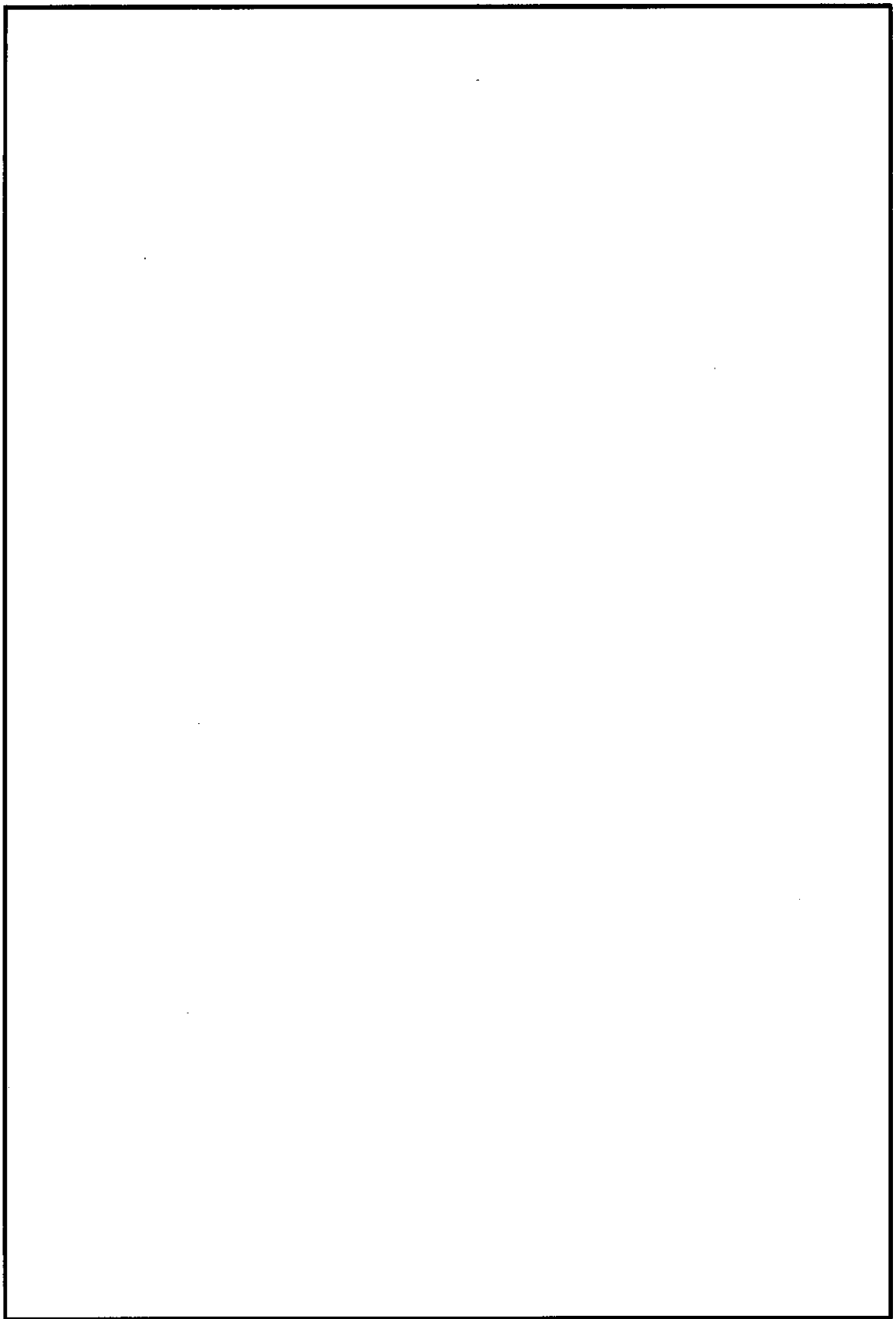


図 5-3 (10) 板厚構成図 (その 1 0)

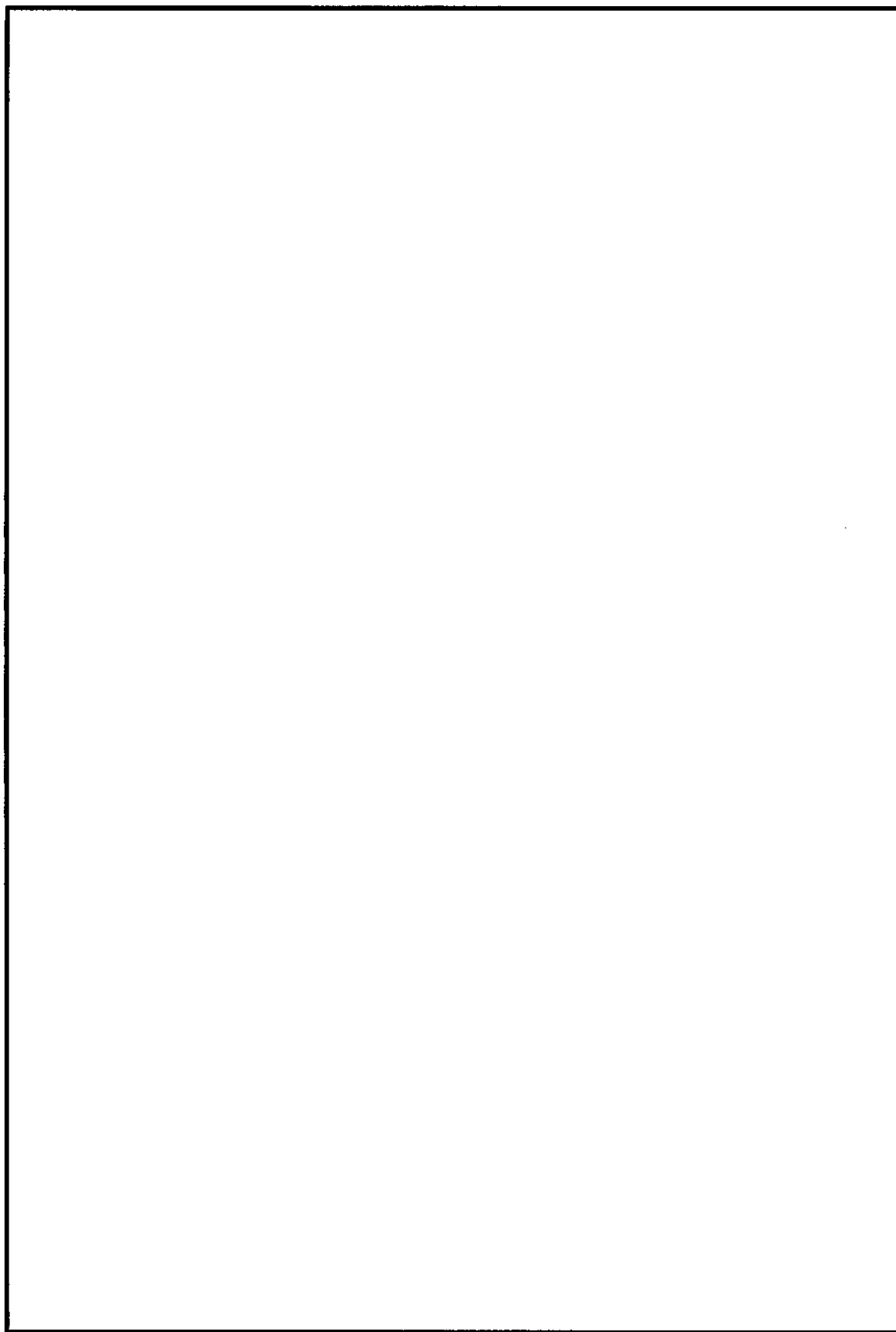


図 5-3 (11) 板厚構成図 (その 1 1)

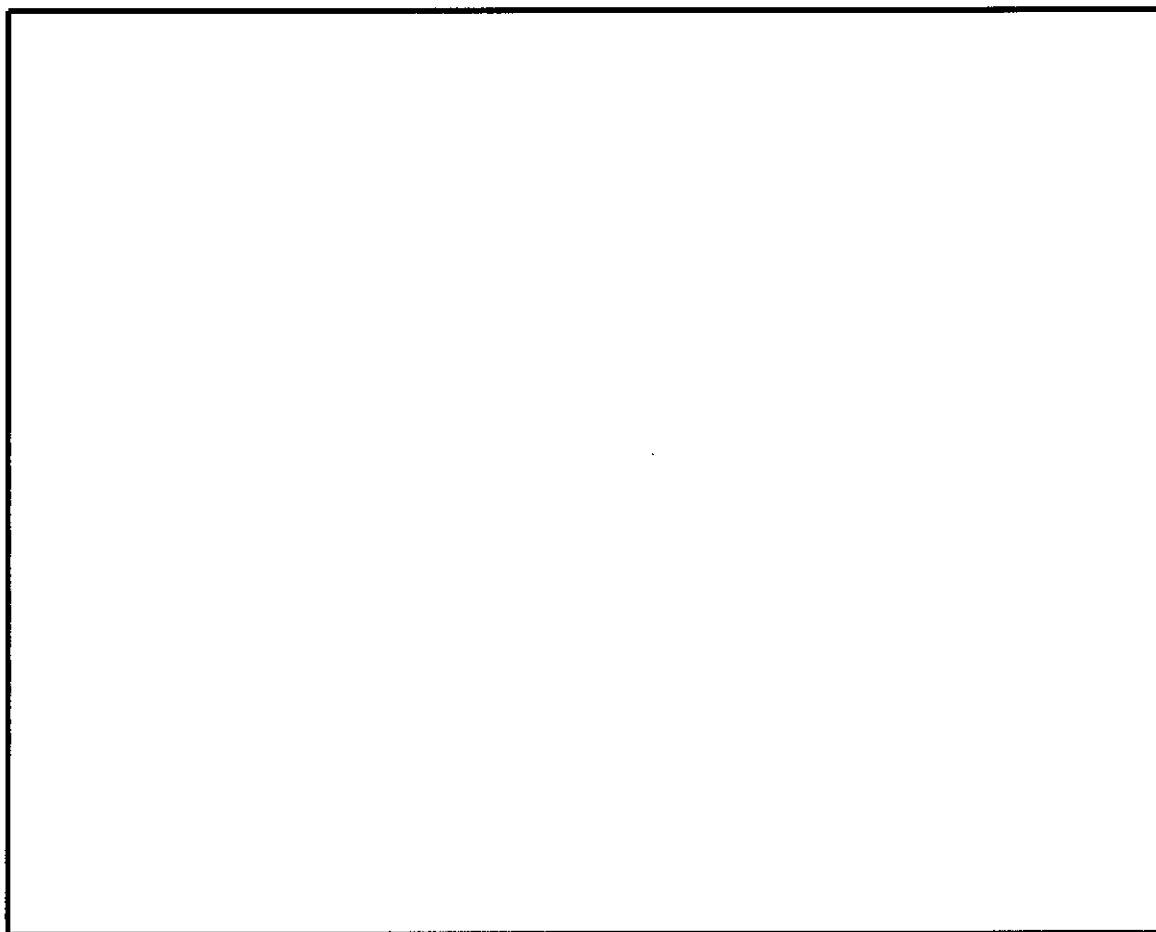


図 5-3 (12) 板厚構成図 (その 1 2)

b. 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 5-5 に示す。また、最大応力発生箇所を図 5-4 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 5-5 外壁及び隔壁からなる主部材の照査結果

解析 ケース	地震動	応力成分	材質	発生 応力	許容限界	照査値 ^{*2}
④	S _s -D 1	直応力度 σ (N/mm ²)	SBHS700	530	615	0.87
		せん断応力度 τ (N/mm ²)	SBHS700	270	352.5	0.77
		合成応力度 k^{*1} (-)	SBHS500	1.16	1.2	0.97

注記 *1: 合成応力度 $k = (\sigma / \sigma_a)^2 + (\tau / \tau_a)^2$

*2: 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の同時加振による同時刻の断面力の組合せを用いた照査値

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

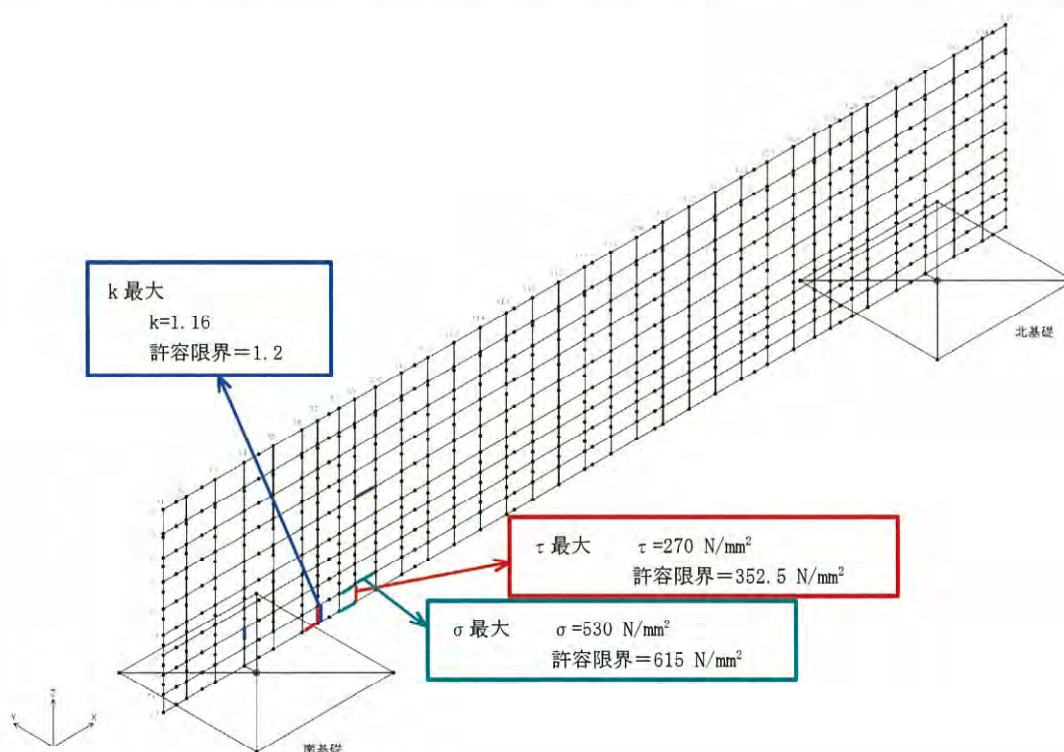


図 5-4 最大応力発生箇所

c. 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 5-6 に、スタッドの仕様及び配置図を図 5-5 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 5-6 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	61446	4014	1769140	340495	59824	168 mm 格子
東西面	53348	37483	819714	204043	1691080	149 mm 格子

注記 * : 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の同時加振による同時刻の断面力の組合せを用いた照査による評価結果

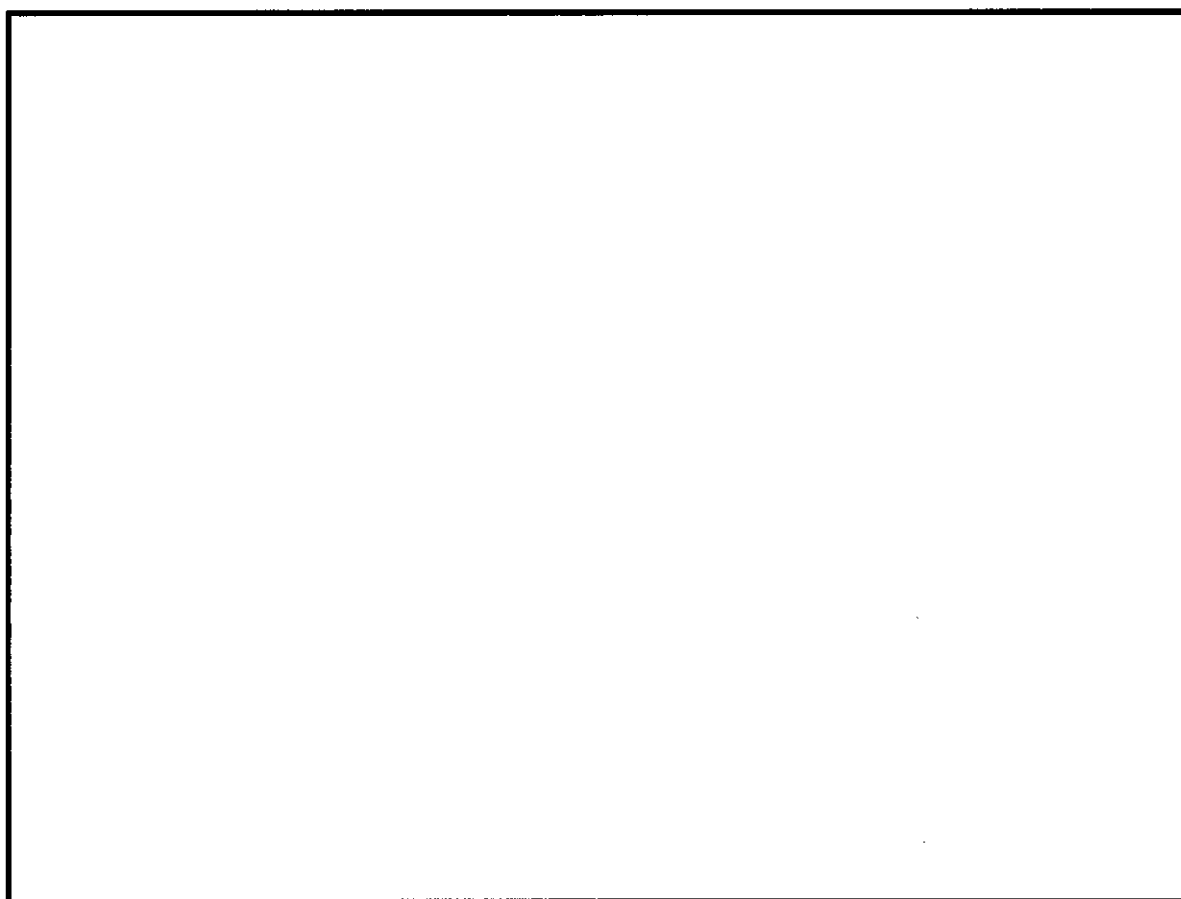


図 5-5 スタッドの仕様及び配置図

b. 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 5-8 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 5-8 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 * : 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の同時加振による同時刻の断面力の組合せを用いた照査値

c. 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 5-9 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 5-9 アンカーボルトのコーンせん断応力の照査結果

基礎	定着部の コーンせん断 に対する 許容限界 (N/mm ²)	コンクリート 強度で決まる コーン せん断強度 (N/mm ²)	鉄筋補強 による コーンせん断 強度の増加 (N/mm ²)	必要 鉄筋量 (mm ² /m ²)	配置 鉄筋量 4-D25@ 300 (mm ² /m ²)	照査値*
南基礎	1.421	0.825	1.009	3362	6756	0.50
北基礎	1.578	0.825	1.166	3886	6756	0.58

注記 * : 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の同時加振による同時刻の断面力の組合せを用いた照査値

d. 頂版鉄筋コンクリート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

頂版鉄筋コンクリート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 5-10 に示す。頂版鉄筋コンクリート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 5-10 頂版鉄筋コンクリート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

基礎	部位	発生 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 ^{*2}
南基礎	頂版鉄筋コンクリート	83813	6975 ^{*1}	15-D35 ^{*3}	14349	0.49
	中詰め鉄筋コンクリート	83813	4905 ^{*1}	24-D32	19061	0.26
北基礎	頂版鉄筋コンクリート	55390	6975 ^{*1}	15-D35 ^{*3}	14349	0.49
	中詰め鉄筋コンクリート	55390	4905 ^{*1}	24-D32	19061	0.26

注記 *1: 最小鉄筋量

*2: 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の同時加振による同時刻の断面力の組合せを用いた照査値

*3: 3 次元解析の結果を踏まえて安全余裕を高める目的で鉄筋量を増加する。

e. 頂版鉄筋コンクリート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

頂版鉄筋コンクリート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 5-11 に示す。頂版鉄筋コンクリート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 5-11 頂版鉄筋コンクリート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)	許容 限界 (N/mm ²)	照査値*	配置 鉄筋	発生 応力 (N/mm ²)	許容 限界 (N/mm ²)	照査値*
南基礎	頂版鉄筋コンクリート	1769140	8-D35	259	435	0.60	7-D51	70	435	0.16
	中詰め鉄筋コンクリート	1769140	5-D38	291	435	0.67	5-D51	164	435	0.38
北基礎	頂版鉄筋コンクリート	1617310	8-D35	237	435	0.55	7-D51	64	435	0.15
	中詰め鉄筋コンクリート	1617310	5-D38	266	435	0.62	5-D51	150	435	0.35

注記 *: 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の同時加振による同時刻の断面力の組合せを用いた照査値

- f. 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 5-7 に示す。

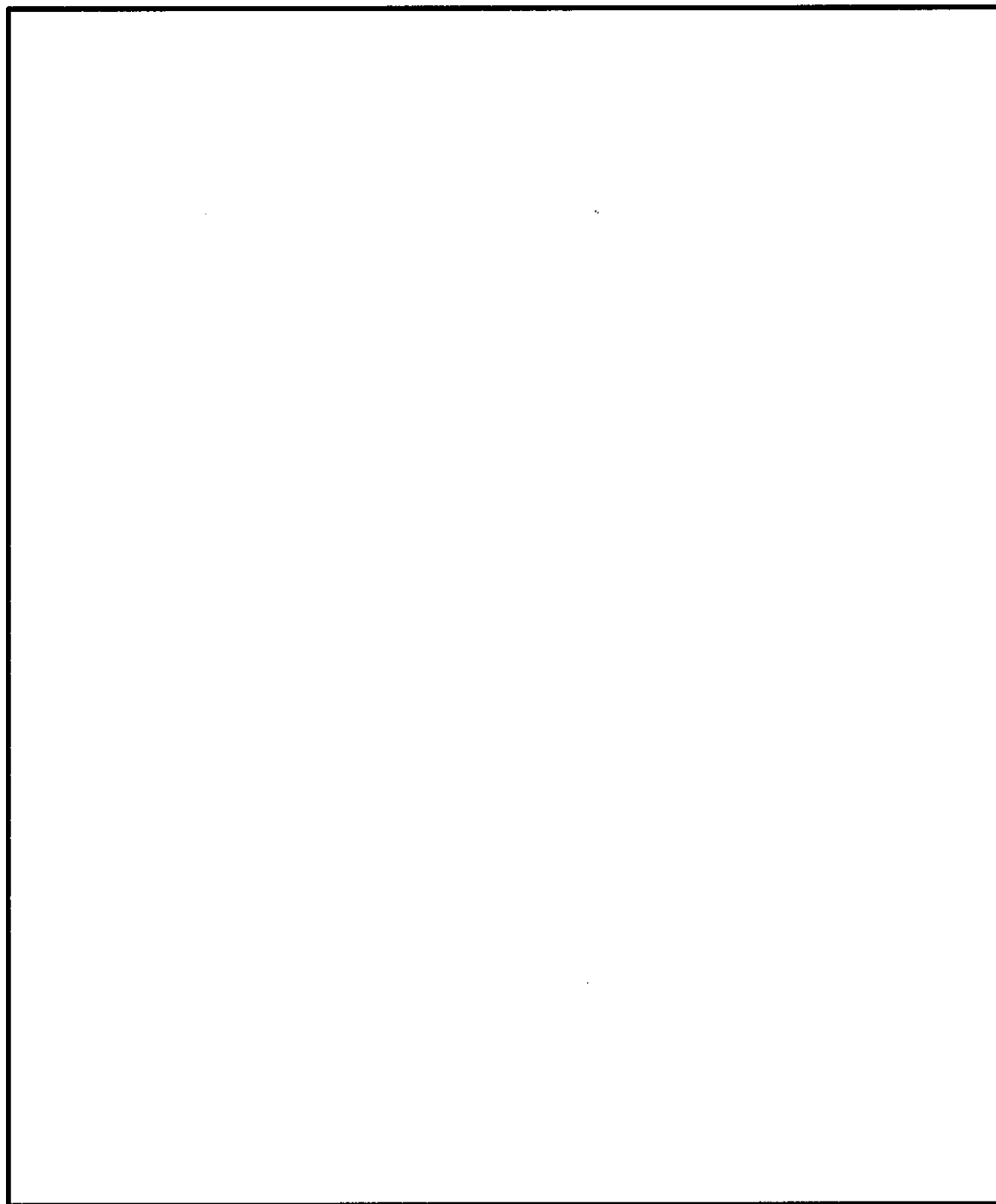


図 5-7 (1) アンカーボルトの配置，頂版鉄筋コンクリートの概略配筋図

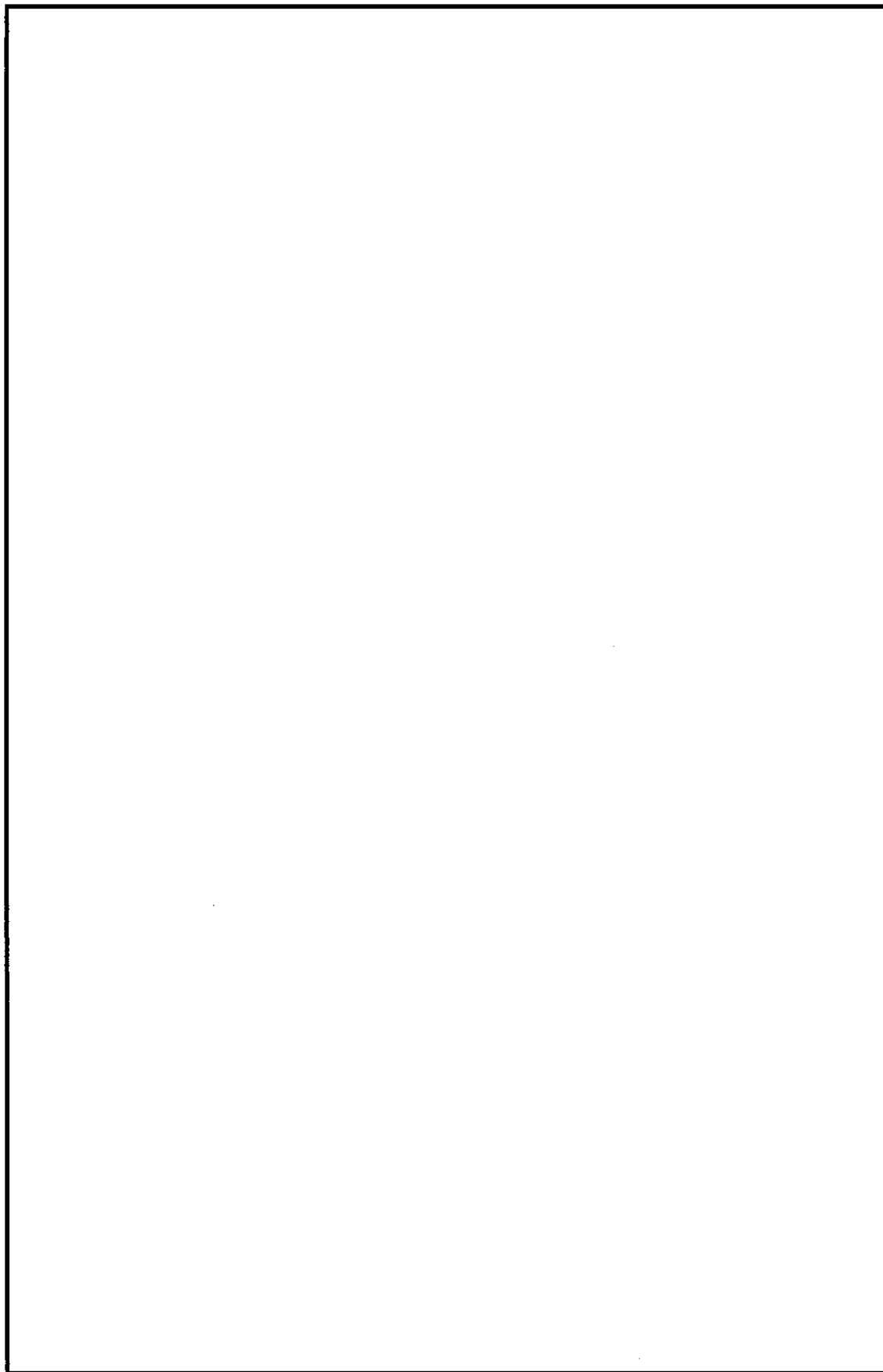


図 5-7 (2) 中詰め鉄筋コンクリートの概略配筋図

g. 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，頂版鉄筋コンクリート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 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評価結果を表 5-12 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 5-12 (1) ①ー①断面南基礎地盤の支持性能評価結果

解析ケース	地震動	最大接地圧	極限支持力度
		(kN/m ²)	(kN/m ²)
①	S _s -D 1	2704	5991

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

表 5-12 (2) ①ー①断面北基礎地盤の支持性能評価結果

解析ケース	地震動	最大接地圧	極限支持力度
		(kN/m ²)	(kN/m ²)
④	S _s -D 1	3861	6116

注記 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

表 5-12 (3) ③ー③断面南基礎地盤の支持性能評価結果

解析ケース	地震動	最大接地圧	極限支持力度
		(kN/m ²)	(kN/m ²)
④	S _s -3 1	2544	5991

注記 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

表 5-12 (4) ②ー②断面北基礎地盤の支持性能評価結果

解析ケース	地震動	最大接地圧	極限支持力度
		(kN/m ²)	(kN/m ²)
①	S _s -D 1	3847	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

5.3 止水ジョイント部の相対変位量に対する評価結果

地震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結果を表 5-13 に示す。

地震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 5-13 異種構造物間の地震時相対変位量

	δ_x (m)	δ_y (m)	δ_z (m)	最大発生変位量[m] $\sqrt{(\delta_x^2 + \delta_y^2 + \delta_z^2)}$	許容限界 (m)
南側	0.710	1.001	0.103	1.232	2.0
北側	0.690	1.312	0.109	1.486	2.0

6. 現地施工状況等を考慮して実施した耐震評価

6.1 耐震評価の概要

本項では、平成30年10月18日以降に実施した防潮堤（鋼製防護壁）の現地施工状況等を考慮し、これを適切に反映した、防潮堤（鋼製防護壁）における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示す。

6.2 反映すべき現地施工状況等の整理

平成30年10月18日以降に実施した防潮堤（鋼製防護壁）の現地施工状況等として、耐震評価に反映すべき内容を以下に示す。

・設計変更①：地中連続壁基礎の不具合事象に対応した設計変更

地中連続壁の壁面にて確認したコンクリートの未充填及び鉄筋の変形等を考慮し、地中連続壁及び中実鉄筋コンクリートの設計断面及び配筋の見直しを実施した。（地中連続壁に対して深さ0.2m×幅2.5mの断面欠損を8箇所設定し、これを補強するため中実鉄筋コンクリートの配筋を見直した。）

・設計変更②：品質向上を目的とした設計変更

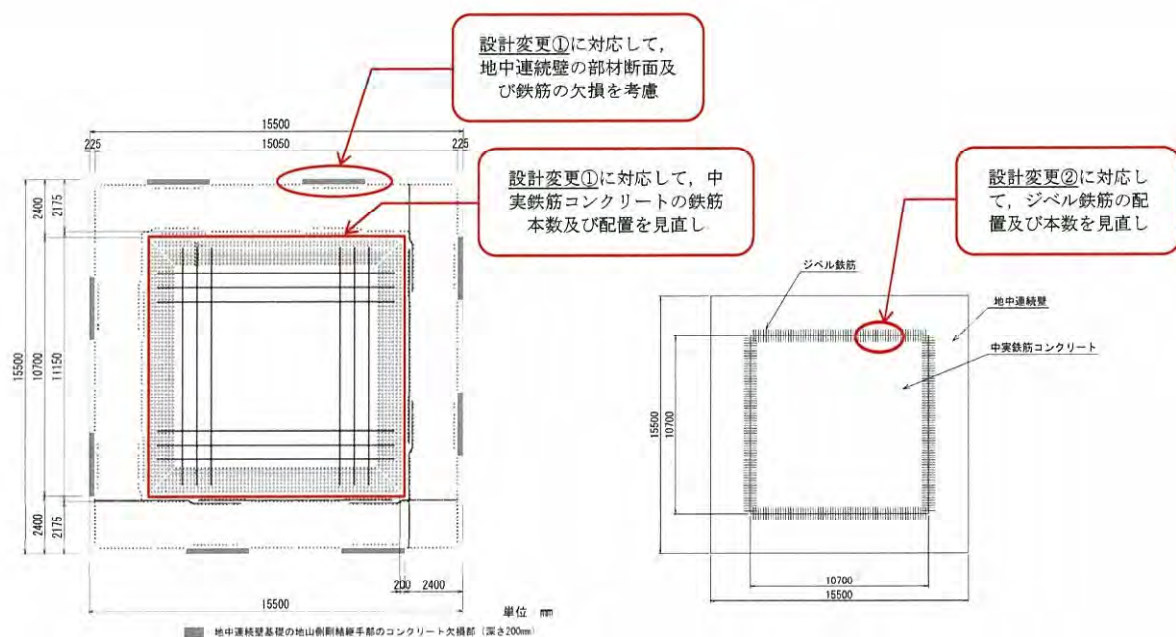
鉄筋が密に配置されている箇所における品質向上を目的として、地中連続壁のアンカーボルト及びジベル鉄筋の配置と本数について見直しを実施した。また、鋼製部材における品質向上を目的として、工場での製作範囲を拡大することを計画し、これに対応するよう一部部材厚と材質の見直しを実施した。

以上の設計変更について、各構造部位における変更箇所の概要を図6-1に示す。

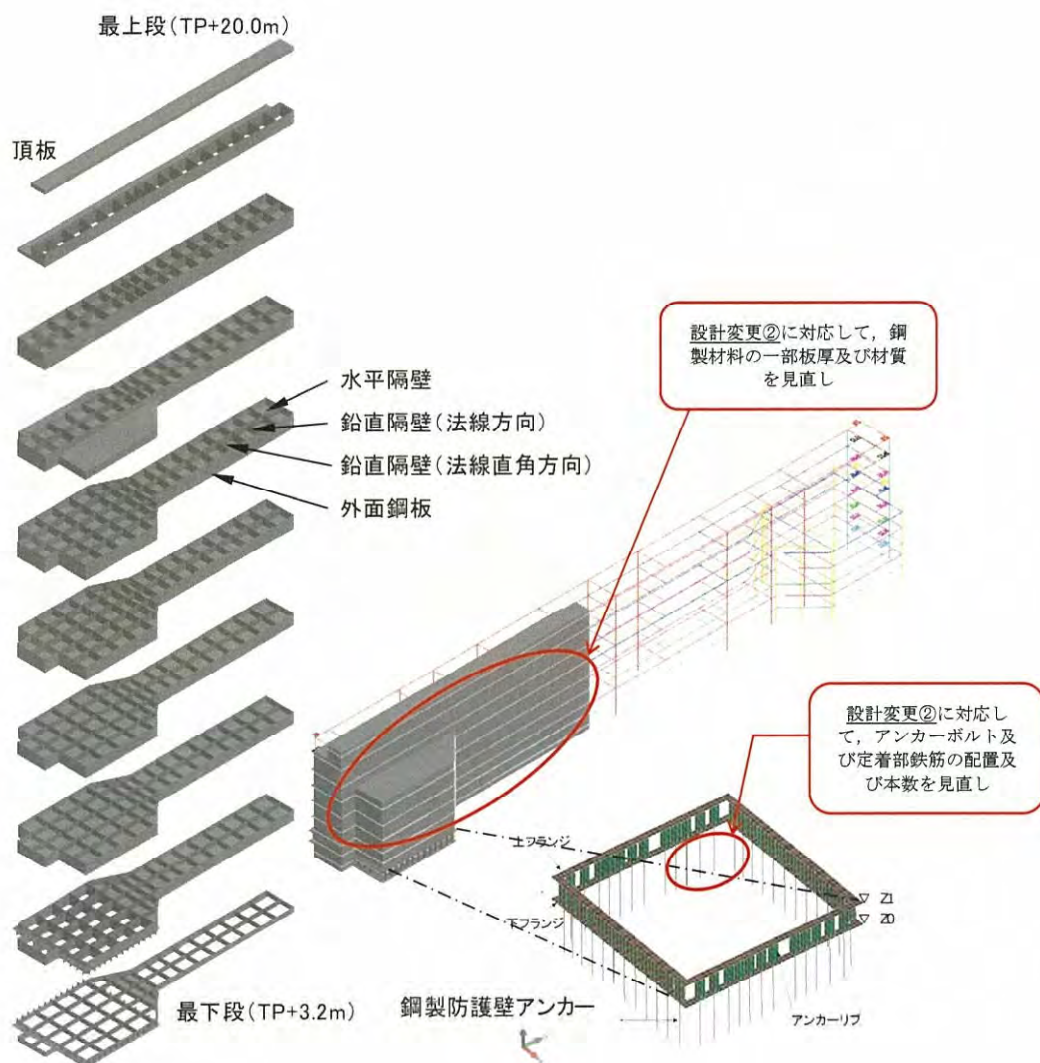
なお、本項6.4及び6.5に示す耐震評価結果については、上記の設計変更が全て反映されている。各項における設計変更の反映状況を下表にとりまとめる。

表 6-1 各項における設計変更の反映状況

本資料の 項目番号	評価項目	反映した 設計変更	反映内容の詳細
6.5.1 (1)	地中連続壁基礎に対する評価結果	設計変更① 設計変更②	・断面欠損を考慮した部材諸元の修正 ・ジベル鉄筋の諸元見直し
6.5.1 (2)	鋼製防護壁に対する評価結果	設計変更②	・鋼製部材の諸元見直し
6.5.1 (3)	鋼製防護壁（接合部）の評価結果	設計変更②	・アンカーボルト及び定着部配筋の諸元見直し
6.5.2	基礎地盤の支持性能に対する評価結果	—	—
6.5.3	止水ジョイント部の相対変位量に対する評価結果	—	—



(地中連続壁基礎)



(鋼製防護壁)

図 6-1 各構造部材における変更箇所の概要

6.3 耐震評価に係る基本方針

現地施工状況等を考慮して実施した耐震評価は、平成30年10月18日付け原規規発第1810181号にて認可された工事計画の添付書類「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」による「2. 基本方針～4. 耐震評価」を踏襲することを基本とする。ただし、耐震設計の基本方針及び地震応答解析に用いる解析コードは、今回申請の添付書類「VI-2-1 耐震設計の基本方針」及び「VI-4 計算機プログラム（解析コード）の概要」の各添付書類に基づくものとする。

また、耐震評価における検討ケース及び地震応答解析モデルの変更については、以下に示す評価方針とする。

(1) 耐震評価における検討ケース

今回の耐震評価では、本資料の「5. 耐震評価結果」にて、各部材の曲げ軸力及びせん断照査としてとりまとまっている各最大照査値に対応する検討ケースを採用する。

(2) 地震応答解析モデルの変更について

「6.2 反映すべき現地施工状況の整理」に示す設計変更のうち、“設計変更①：地中連続壁基礎の不具合事象に対応した設計変更”については、防潮堤（鋼製防護壁）の地震応答解析モデル（地中連続壁基礎の曲げ及びせん断剛性）に影響のある設計変更である。

しかしながら、段階的に実施していく耐震評価の中で、本設計変更による応答値への影響が軽微であることを定量的に確認できる場合においては、以降の評価の応答値（発生断面力等）を、本資料の「5. 耐震評価結果」から引用する。応答値の引用の考え方を図6-2に、引用状況を表6-2に示す。

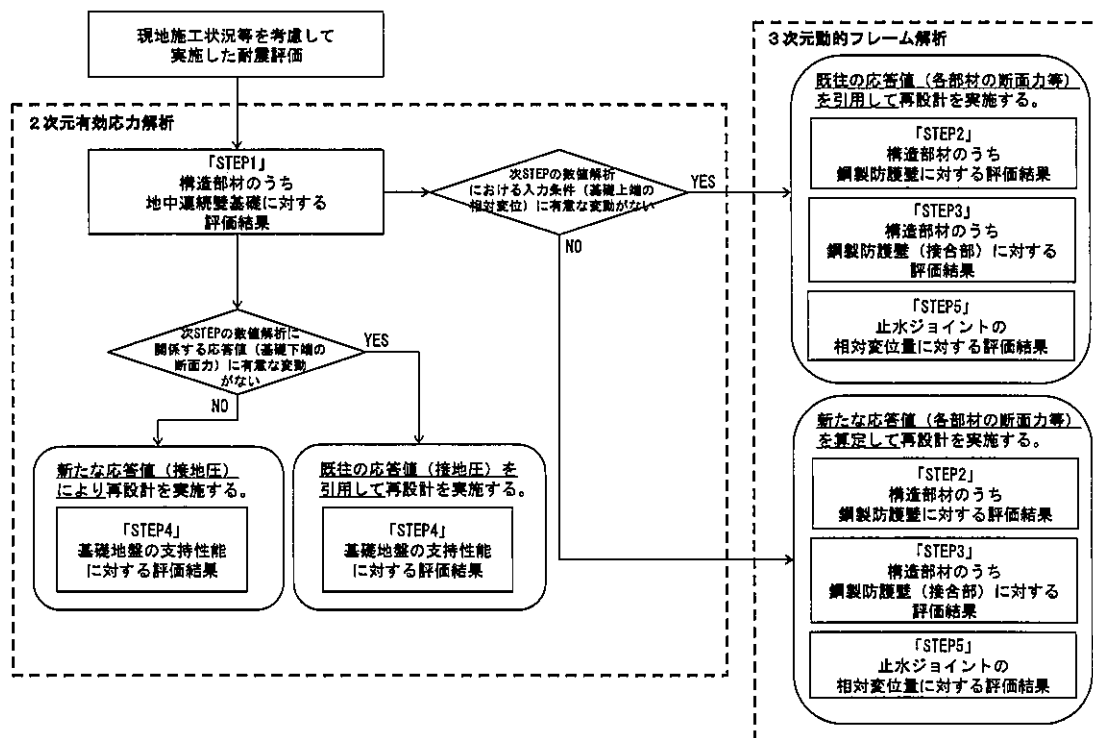


図6-2 応答値の引用に係る考え方

表 6-2 応答値の引用状況について

解析 STEP	本資料の 項目番号	評価項目 【解析手法】	応答値の 引用状況	引用可能と判断 した根拠
STEP1	6.5.1 (1)	構造部材のうち 地中連続壁基礎に対する 評価結果 【2次元有効応力解析】	引用しない (断面欠損を考慮 する。)	—
STEP2	6.5.1 (2)	構造部材のうち 鋼製防護壁に対する 評価結果 【3次元動的フレーム解析】	引用する	【3次元動的フレーム 解析】の入力条件 となる STEP1 の解析 結果（基礎上端の相 対変位）に有意な変 動がないため。
STEP3	6.5.1 (3)	構造部材のうち 鋼製防護壁（接合部） の評価結果 【3次元動的フレーム解析】	引用する	
STEP4	6.5.2	基礎地盤の支持性能に 対する評価結果 【2次元有効応力解析】	引用する	STEP1 で実施した 【2次元有効応力解 析】の結果、応答値 （基礎下端の断面 力）に有意な変動が ないため。
STEP5	6.5.3	止水ジョイントの 相対変位量に対する 評価結果 【3次元動的フレーム解析】	引用する	【3次元動的フレー ム解析】の入力条件 となる STEP1 の解析 結果（基礎上端の相 対変位）に有意な変 動がないため。

6.4 現地施工状況等を考慮して実施した地震応答解析結果

6.4.1 地中連続壁基礎の健全性評価に用いる断面力

曲げ軸力照査における評価時刻での断面力図及びせん断力照査における評価時刻での断面力図を図 6-3 に示す。

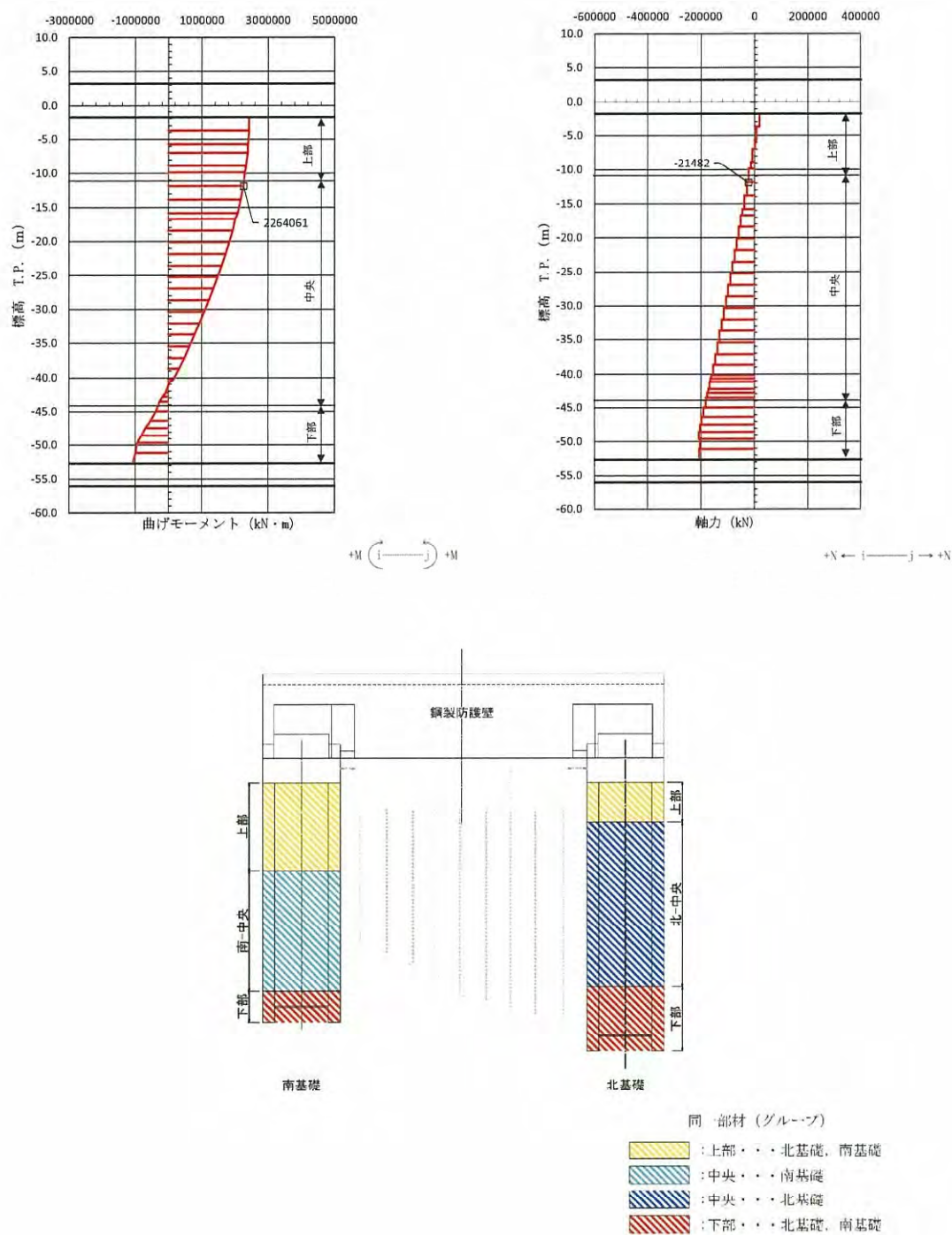


図 6-3 (1) 地中連続壁基礎の曲げ軸力照査における評価時刻での断面力
(①-①断面 北基礎 中央)
($S_s = D1$, $t = 26.95$ s)

(検討ケース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)

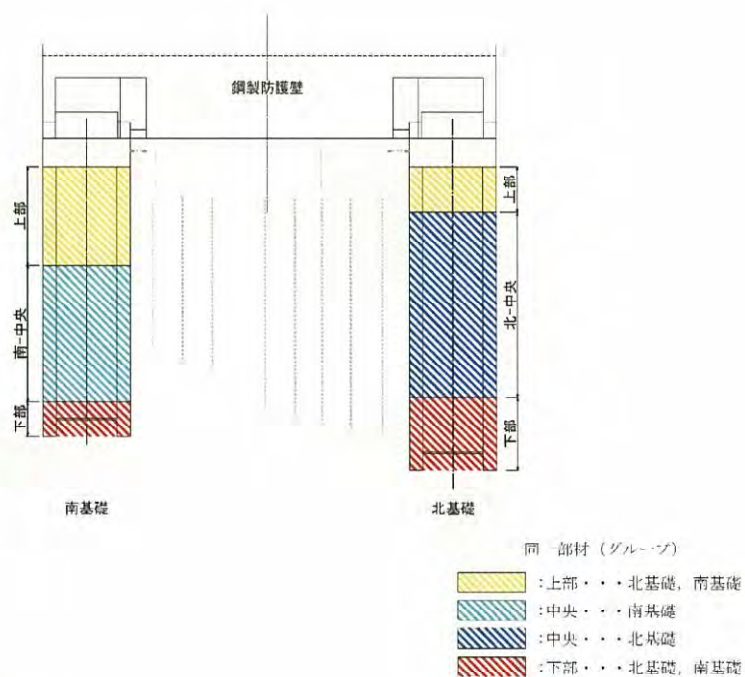
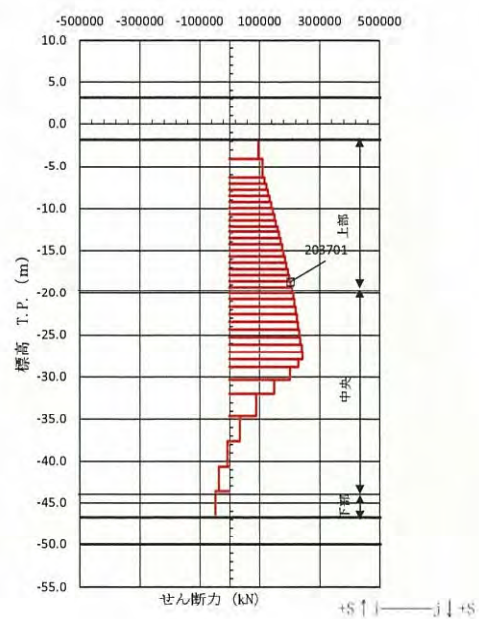


図 6-3 (2) 地中連続壁基礎のせん断力照査における評価時刻での断面力

(①-①断面 南基礎 上部)

($S_s - D1$, $t = 26.99$ s)

(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)

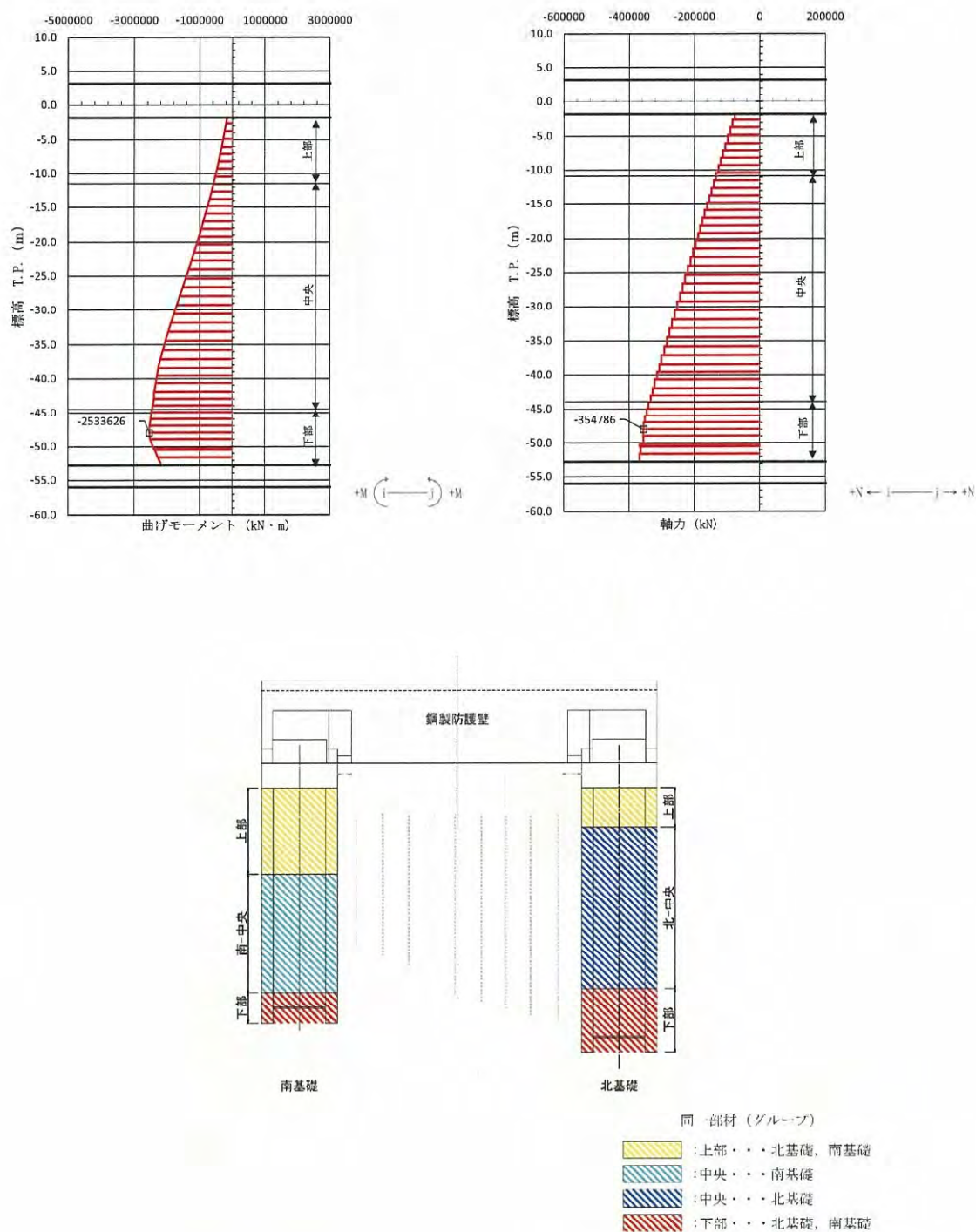


図 6-3 (3) 地中連続壁基礎の曲げ軸力照査における評価時刻での断面力
(②-②断面 北基礎 下部)
($S_s - 3.1$, $t = 8.91$ s)
(検討ケース①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース)

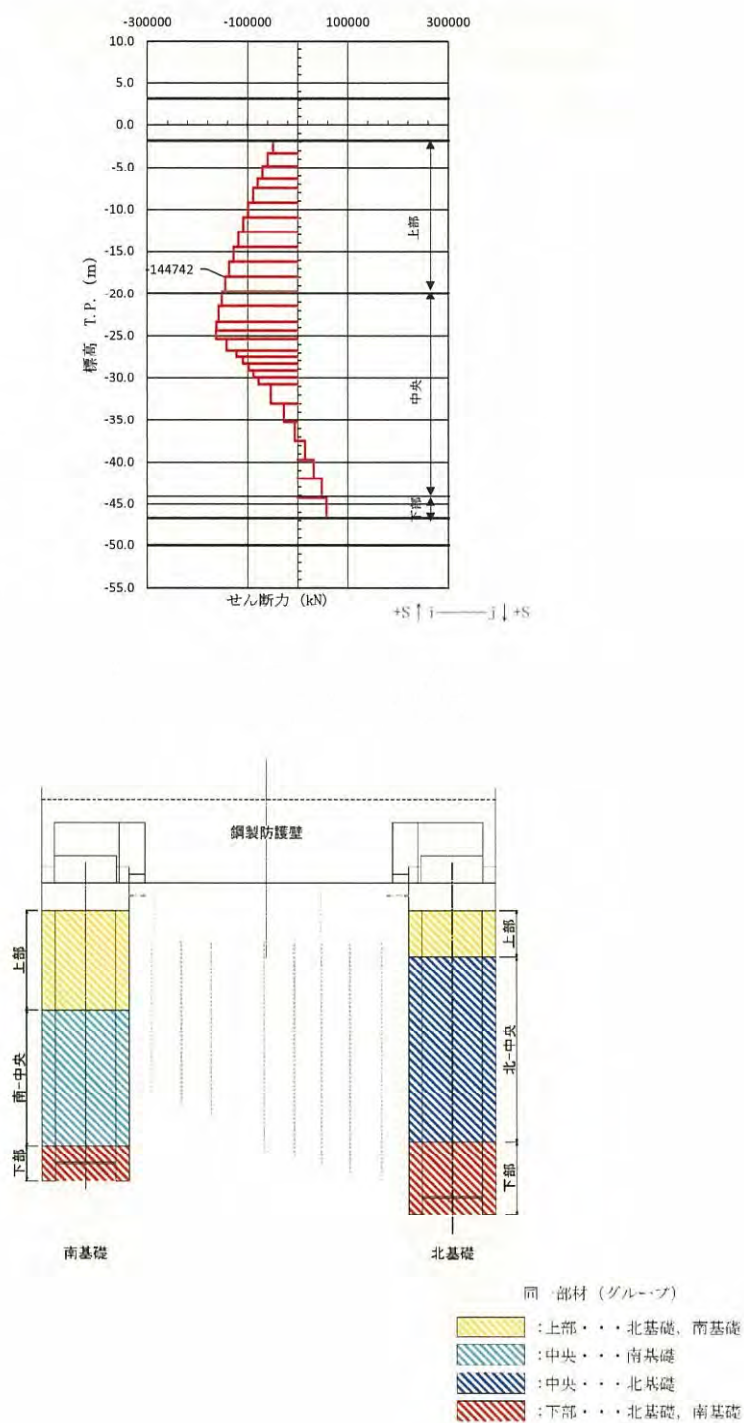


図 6-3 (4) 地中連続壁基礎のせん断力照査における評価時刻での断面力

(③-③断面 南基礎 上部)

($S_s - 31$, $t = 8.82$ s)

(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)

6.4.2 基礎地盤の支持性能評価に用いる最大接地圧分布

基礎地盤に生じる最大接地圧分布については、「4.6 評価方法 (2)基礎地盤の支持性能評価」を参照する。

6.5 現地施工状況等を考慮して実施した耐震評価結果

6.5.1 構造部材の健全性に対する評価結果

(1) 地中連続壁基礎に対する評価結果

a. 地中連続壁基礎の曲げ軸力及びせん断力に対する評価結果

コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果を表 6-3 に、鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果を表 6-4 に、鉄筋コンクリートのせん断力に対する照査結果を表 6-5 に示す。また、概略配筋図を図 6-4 に示す。

地中連続壁基礎の構造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 6-3 (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照査値
(①-①断面)

解析 ケース	地震動	評価位置	断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		圧縮 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)			
①	S _s -31	北-上部	15500	15500	12900	D51@150 (9段)	2358696	166339	4.9	21	0.24
④	S _s -D1	南-中央	15500	15500	11789	D51@150 (23段)	2406565	232186	4.4	21	0.21
④	S _s -D1	北-中央	15500	15500	13121	D51@150 (7段)	2264061	21482	4.9	21	0.24
④	S _s -D1	南-下部	15500	15500	13250	D51@150 (5段) D51@300 (1段)	1822520	264463	4.2	21	0.20

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

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

@：鉄筋の配置間隔

評価位置は下図に示す。

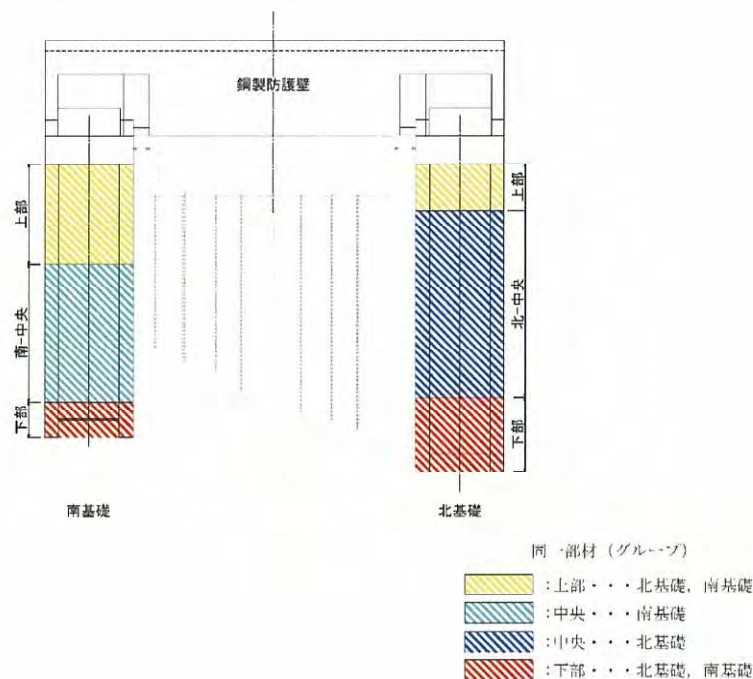


表 6-3 (2) コンクリートの曲げ軸力照査における各評価位置での照査値

(②-②断面, ③-③断面)

解析 ケース	地震動	評価位置	断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		圧縮 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)			
③	S _s -3.1	南-上部	15500	15500	12900	D51@150 (9段)	1911900	175252	4.0	21	0.20
③	S _s -3.1	南-中央	15500	15500	11789	D51@150 (23段)	2959798	218351	5.3	21	0.26
①	S _s -3.1	北-中央	15500	15500	13121	D51@150 (7段)	2394707	327578	5.3	21	0.26
①	S _s -3.1	北-下部	15500	15500	13250	D51@150 (5段) D51@300 (1段)	2533626	354786	5.8	21	0.28

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
 ③：地盤物性のばらつきを考慮（-1σ）した解析ケース
 @：鉄筋の配置間隔
 評価位置は下図に示す。

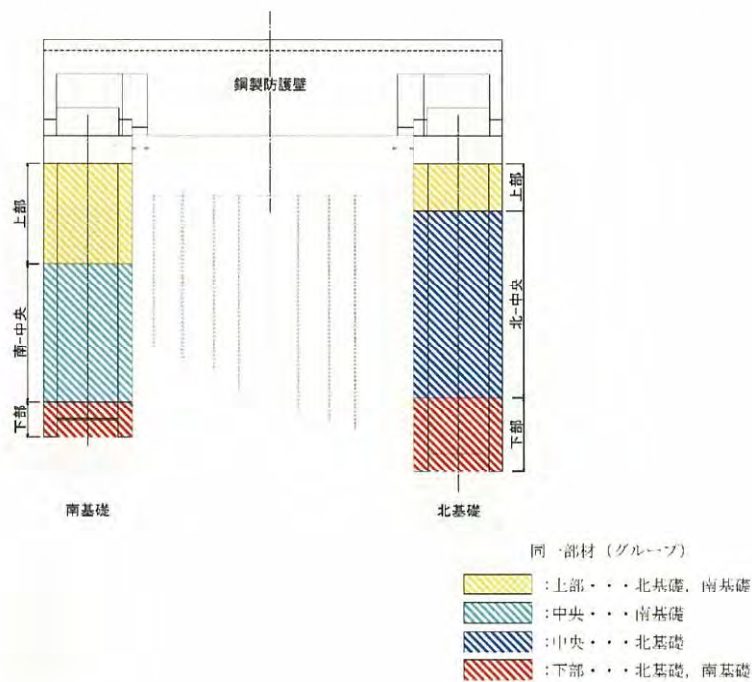


表 6-4 (1) 鉄筋の曲げ軸力照査における各評価位置での照査値
(①-①断面)

解析 ケース	地震動	評価位置	断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	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 ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	軸力 (kN)			
④	S_s-D1	北-上部	15500	15500	12900	D51@150 (9段)	2442037	18955	152.2	435	0.35
①	S_s-D1	南-中央	15500	15500	11789	D51@150 (23段)	2238669	172317	68.4	435	0.16
④	S_s-D1	北-中央	15500	15500	13121	D51@150 (7段)	2264061	21482	150.8	435	0.35
④	S_s-D1	南-下部	15500	15500	13250	D51@150 (5段) D51@300 (1段)	1616935	200460	59.4	435	0.14

注記 ①：原地盤に基づく液化化強度特性を用いた解析ケース

④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液化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

@：鉄筋の配置間隔

評価位置は下図に示す。

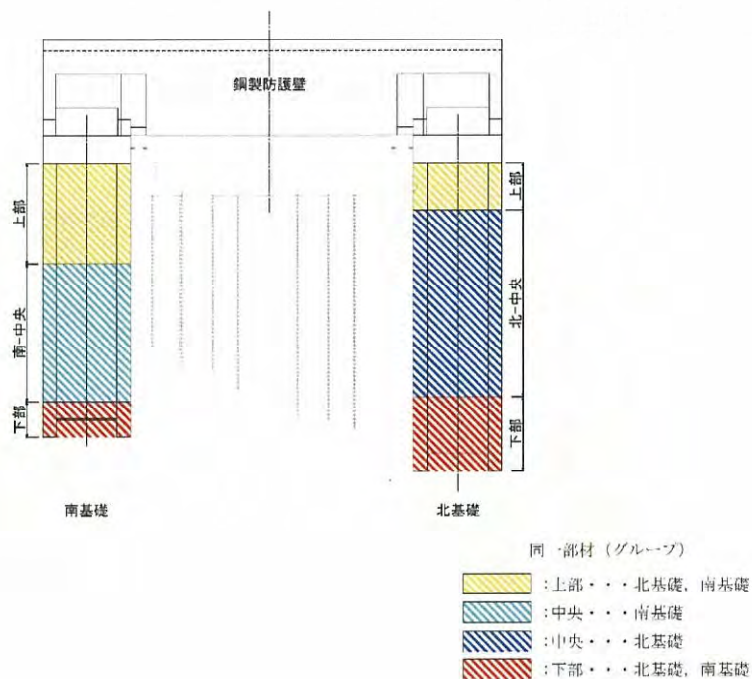


表 6-4 (2) 鉄筋の曲げ軸力照査における各評価位置での照査値
(②-②断面, ③-③断面)

解析 ケース	地震動	評価位置	断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sb} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sb}
			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)			
①	S _s -D 1	南-上部	15500	15500	12900	D51@150 (9段)	1898990	158417	74.9	435	0.18
①	S _s -D 1	南-中央	15500	15500	11789	D51@150 (23段)	2884522	182176	93.4	435	0.22
⑤	S _s -D 1	北-中央	15500	15500	13121	D51@150 (7段)	2251749	253432	81.6	435	0.19
⑤	S _s -D 1	北-下部	15500	15500	13250	D51@150 (5段) D51@300 (1段)	2262596	258107	90.0	435	0.21

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
 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
 @：鉄筋の配置間隔
 評価位置は下図に示す。

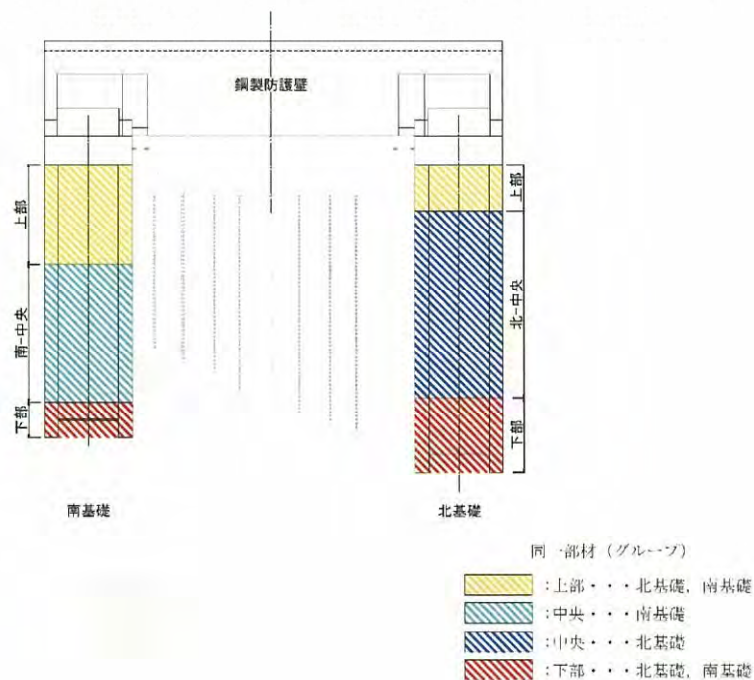


表 6-5 (1) 鉄筋コンクリートのせん断力照査における各評価位置での照査値
(①-①断面)

解析 ケース	地震動	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
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	連続壁基礎 有効高 d (mm)	中実コン クリート 有効高 d (mm)				
④	S _s -D 1	南-上部	15500	15500	13125	10120	21-D38 @300	203701	279573	0.73
④	S _s -D 1	南-中央 T.P.-20.00m ~T.P.-34.00m	15500	15500	13125	9170	39-D38 @300	267244	425047	0.63
④	S _s -D 1	南-中央 T.P.-34.00m ~T.P.-43.50m	15500	15500	13125	9170	45-D38 @300	77326	481225	0.17
①	S _s -D 1	北-中央	15500	15500	13125	10270	28-D38 @300	135261	353702	0.39
④	S _s -D 1	北-下部	15500	15500	13125	10345	28-D38 @300	154806	356135	0.44

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

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

@：鉄筋の配置間隔

評価位置は下図に示す。

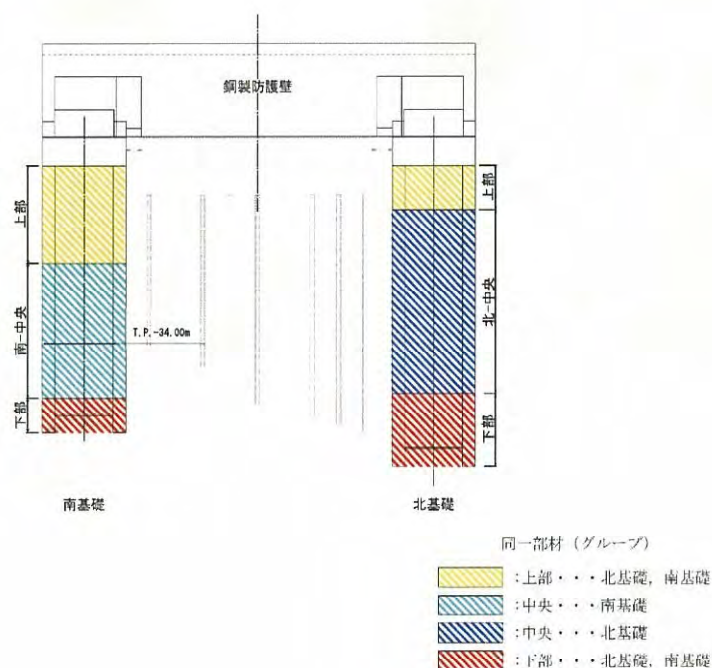


表 6-5 (2) 鉄筋コンクリートのせん断力照査における各評価位置での照査値
(②-②断面, ③-③断面)

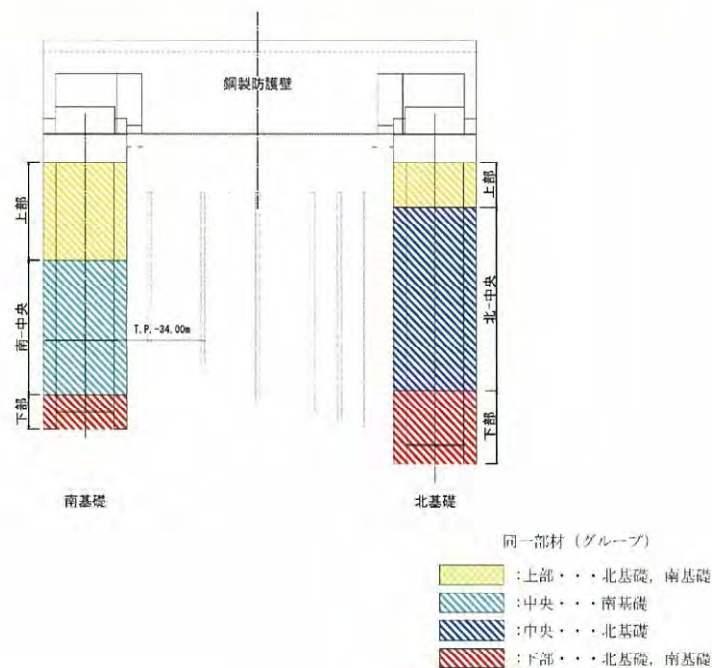
解析 ケース	地震動	評価位置	断面性状				鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V (kN)	短期許容 せん断力 V _a (kN)	照査値 V/V _a
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	連続壁基礎 有効高 d (mm)	中実コン クリート 有効高 d (mm)				
③	S _s -3 1	南-上部	15500	15500	13125	10120	21-D38 @300	144742	279573	0.52
④	S _s -3 1	南-中央 T.P.-20.00m ~T.P.-34.00m	15500	15500	13125	9170	39-D38 @300	165847	425047	0.40
④	S _s -3 1	南-中央 T.P.-34.00m ~T.P.-43.50m	15500	15500	13125	9170	45-D38 @300	69540	481225	0.15
④	S _s -D 1	北-中央	15500	15500	13125	10270	28-D38 @300	129048	353702	0.37
④	S _s -D 1	北-下部	15500	15500	13125	10345	28-D38 @300	143906	356135	0.41

注記 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

@: 鉄筋の配置間隔

評価位置は下図に示す。



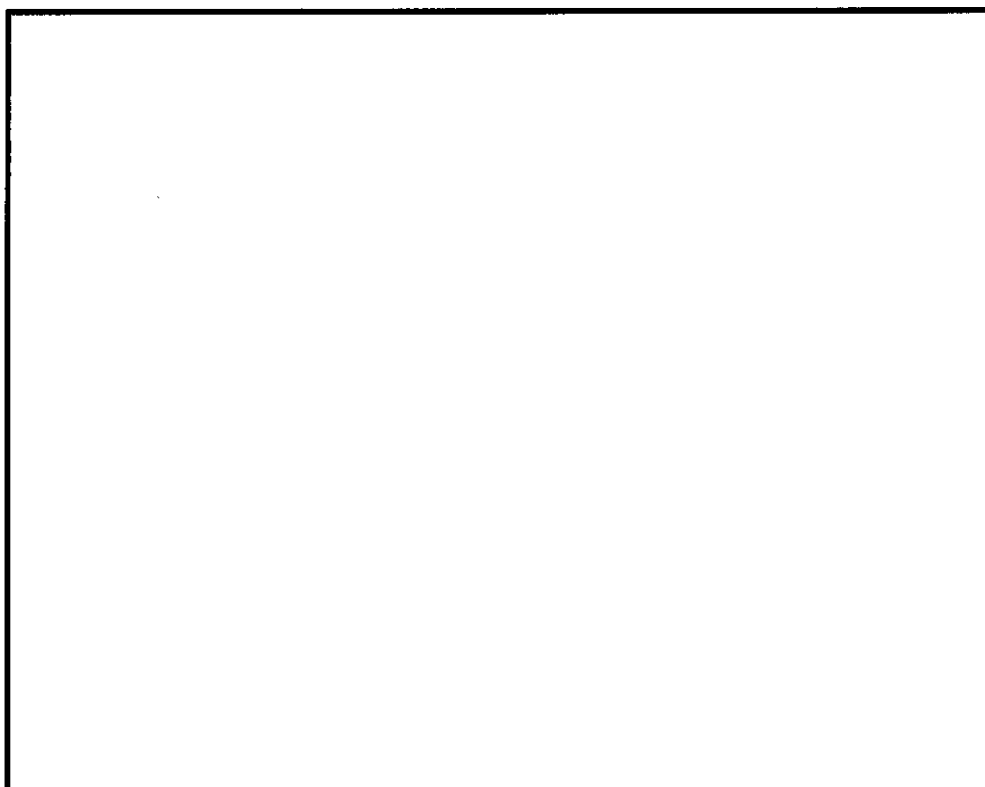


図 6-4 (1) 南基礎上部 (T. P. -1. 84m~-13. 155m) 概略配筋図

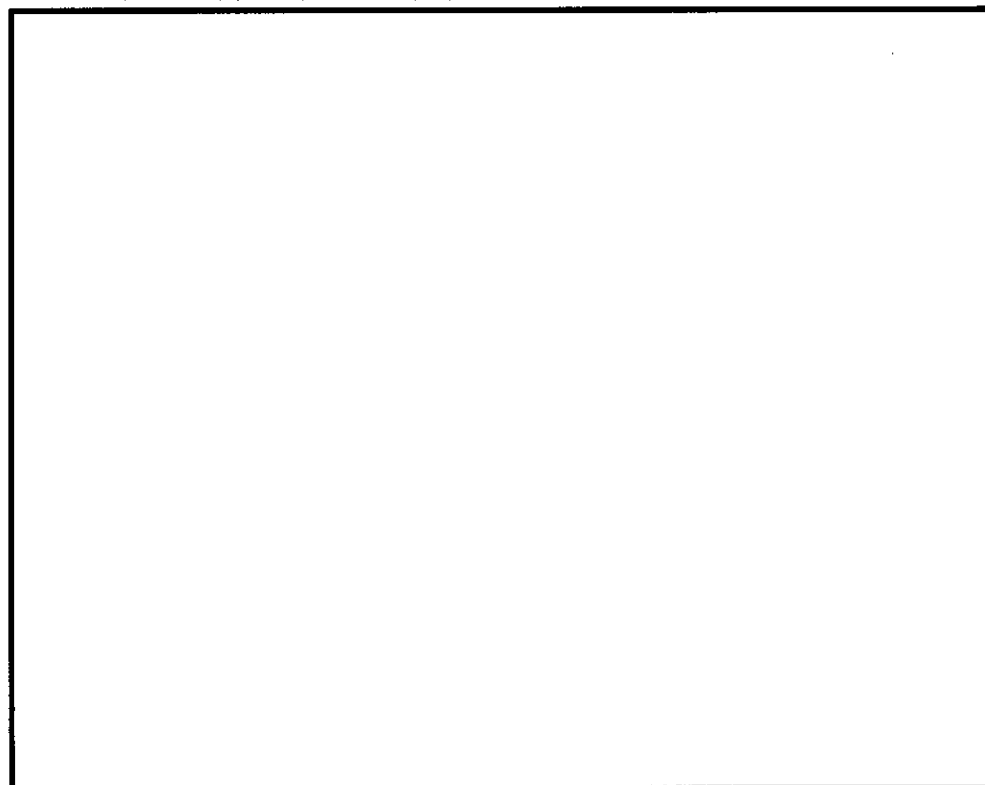


図 6-4 (2) 南基礎上部 (T. P. -13. 155m~-20. 00m) 概略配筋図

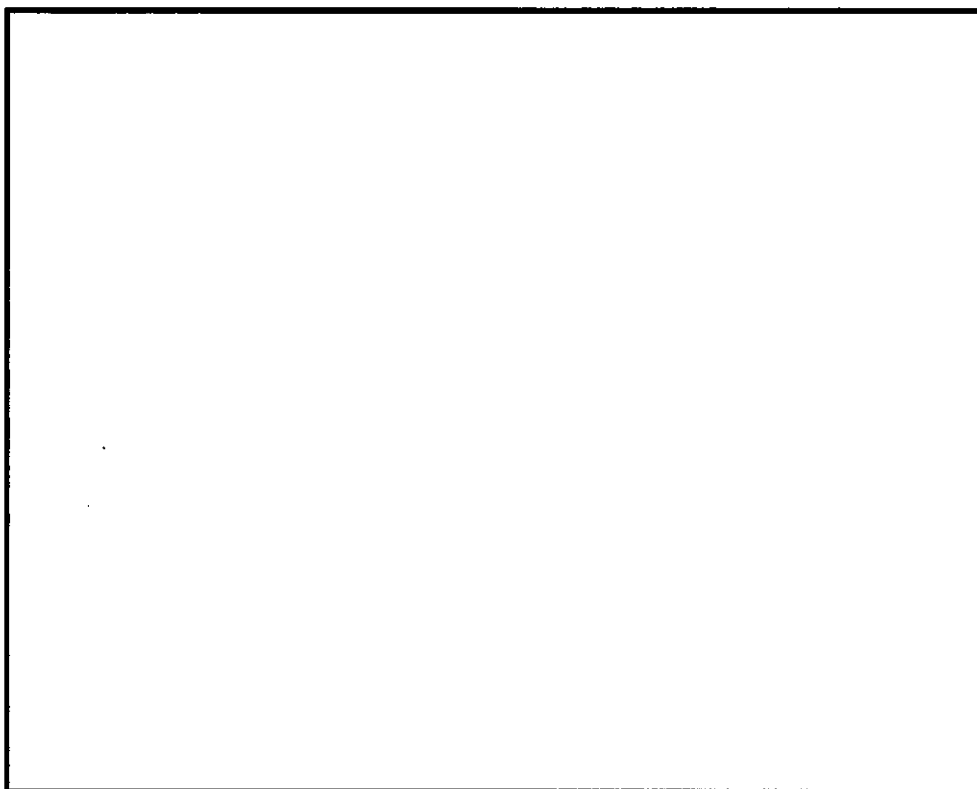


图 6-4 (3) 南基礎中央 (T.P. -20.00m~-34.00m) 概略配筋図

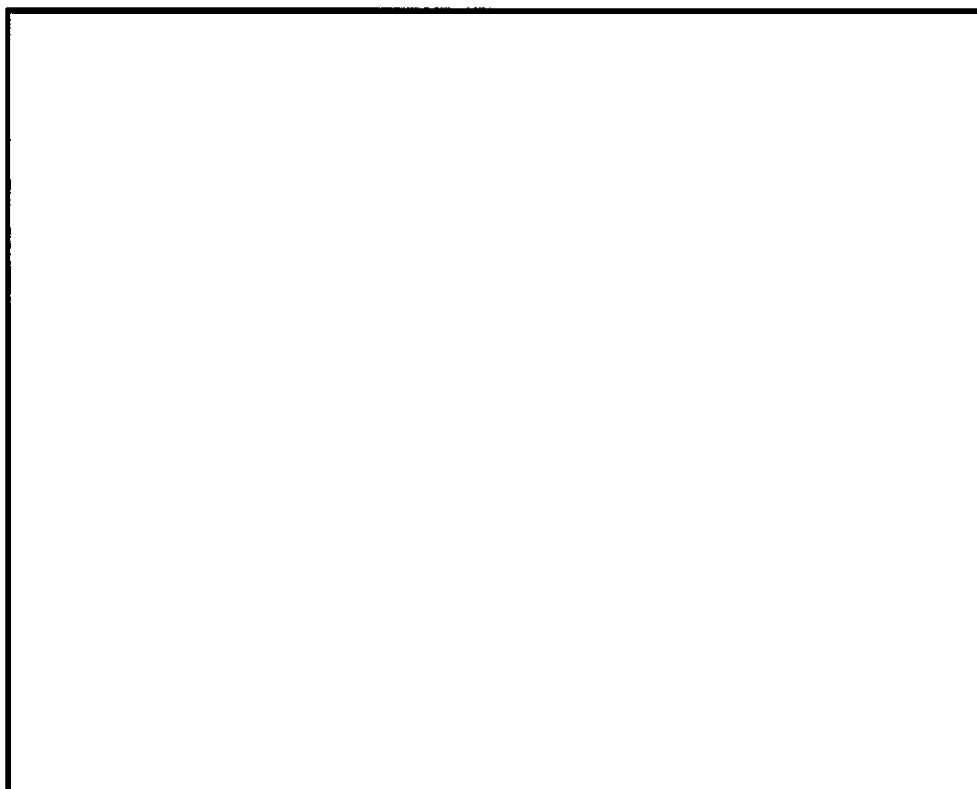


图 6-4 (4) 南基礎中央 (T.P. -34.00m~-43.50m) 概略配筋図

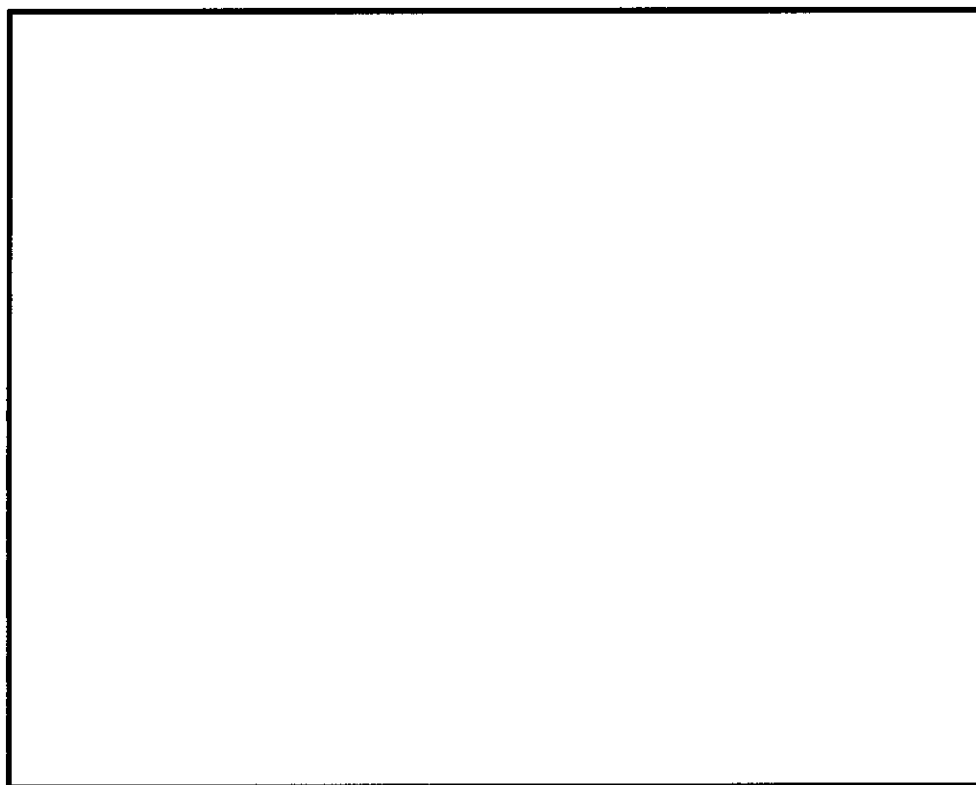


图 6-4 (5) 南基础下部概略配筋图

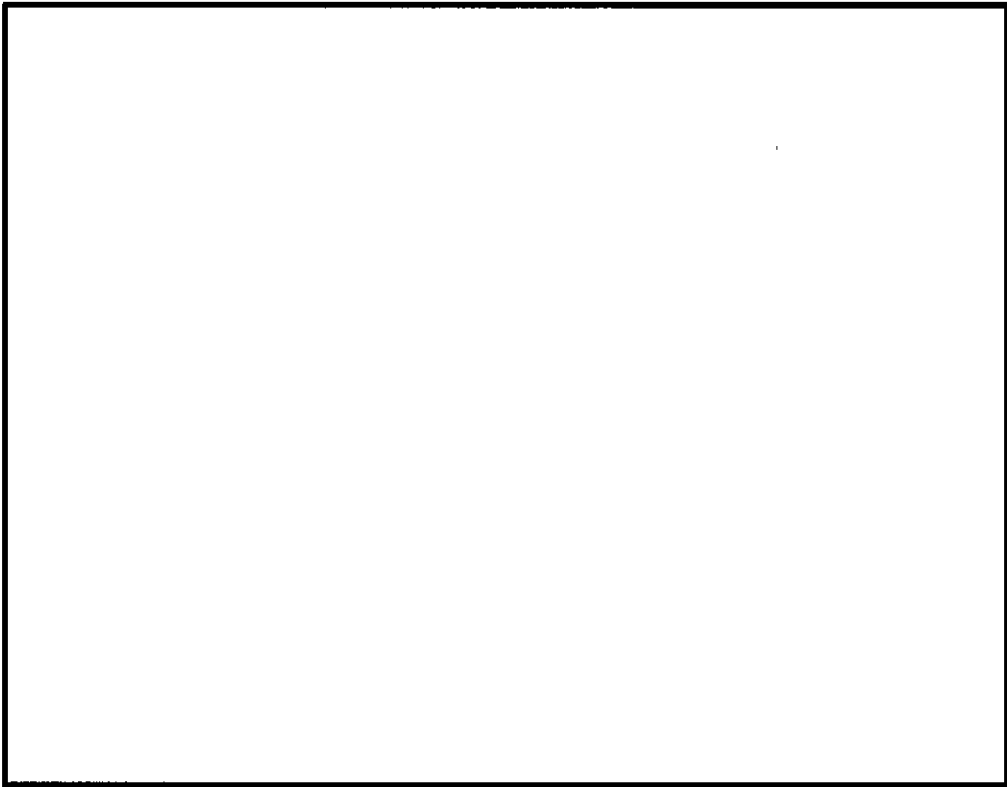


图 6-4 (6) 北基础上部概略配筋图

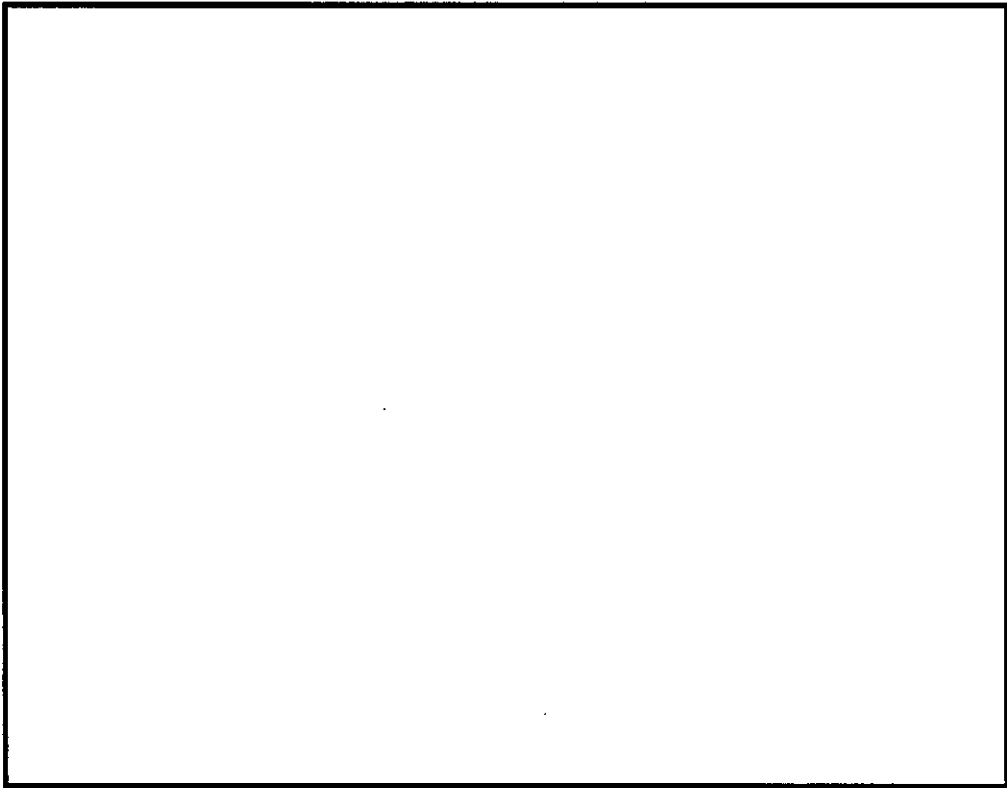


图 6-4 (7) 北基础中央概略配筋图

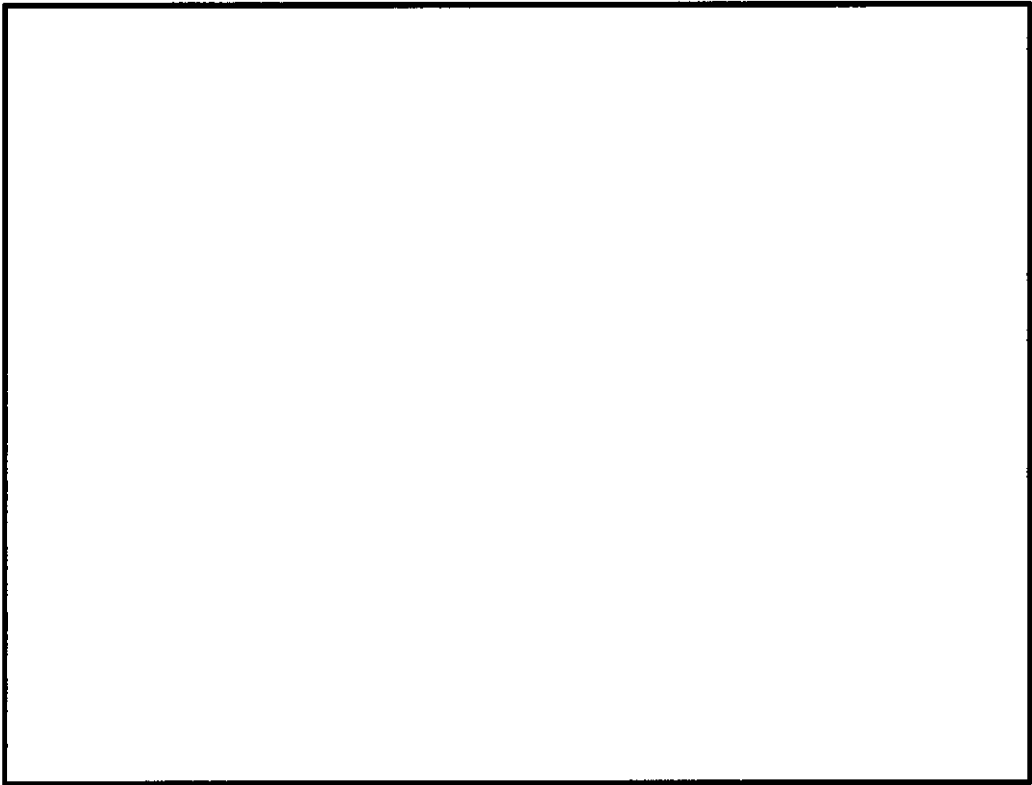


图 6-4 (8) 北基础下部概略配筋图

b. 地中連続壁と中実鉄筋コンクリートの一体化に対する評価結果

ジベル鉄筋量及びせん断力の照査結果を表 6-5 に示す。ジベル鉄筋の仕様及び配置図を図 6-5 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 6-5 (1) ジベル鉄筋量及びせん断力の照査結果 (南基礎)

標高 (T. P. m)		東西面				南北面			
		鉛直1m 当たりの 鉄筋量 (mm ²)	発生 せん断力 (kN/m)	短期許容 せん断力 (kN)	照査値	鉛直1m 当たりの 鉄筋量 (mm ²)	発生 せん断力 (kN/m)	短期許容 せん断力 (kN)	照査値
南 上 部	-1.840	16998	3033	11878	0.26	8645	5389	5756	0.94
	-2.500	16925	3033	11926	0.26	8486	5389	5756	0.94
	-3.500	16724	3074	11938	0.26	8245	5389	5756	0.94
	-4.500	16497	3365	11933	0.29	8240	5526	5899	0.94
	-5.350	16265	3604	11902	0.31	8563	5833	6221	0.94
	-6.040	16082	3792	11881	0.32	8825	6082	6482	0.94
	-6.940	15872	4033	11873	0.34	9349	6496	6934	0.94
	-8.250	15496	4384	11813	0.38	10249	7111	7674	0.93
	-10.000	15019	4887	11751	0.42	11295	7779	8568	0.91
	-12.000	14455	5496	11667	0.48	12351	8511	9505	0.90
	-14.000	13909	6075	11595	0.53	13220	9183	10328	0.89
	-16.000	13383	6624	11536	0.58	13919	9766	11048	0.89
-18.000	12881	7137	11493	0.63	14643	10274	11782	0.88	
南 中 央	-20.000	19816	7608	16433	0.47	24383	10815	18008	0.61
	-22.000	19370	8009	16428	0.49	25465	11368	18960	0.60
	-24.000	18970	8395	16454	0.52	26470	12183	19866	0.62
	-26.025	18625	8204	16520	0.50	28369	13132	21320	0.62
	-27.975	18350	6578	16623	0.40	30069	13939	22642	0.62
	-29.450	18117	5730	16683	0.35	27826	13171	21793	0.61
	-30.500	17949	5228	16725	0.32	25723	12415	20366	0.61
	-31.530	17573	4634	16625	0.28	21434	10791	17905	0.61
	-33.030	16461	3705	16100	0.24	18719	8760	16742	0.53
	-35.000	11982	2568	13389	0.20	9944	6383	11418	0.56
	-37.000	20038	2591	19079	0.14	4422	4483	8349	0.54
	-39.000	25924	3285	23316	0.15	4136	3627	8542	0.43
	-41.000	30054	4041	26377	0.16	8862	3442	11645	0.30
	-42.000	29774	4387	26336	0.17	8554	3658	11604	0.32
	-43.500	29354	4724	26275	0.18	9778	3981	12566	0.32
南 下 部	-45.500	30374	4994	27252	0.19	11178	4061	13712	0.30
	-46.500	26775	5063	24988	0.21	9632	4081	12917	0.32
	-46.700	22176	5077	21936	0.24	7412	4085	11594	0.36

表 6-5 (2) ジベル鉄筋量及びせん断力の照査結果 (北基礎)

標高 (T. P. m)		東西面				南北面			
		鉛直1m 当たりの 鉄筋量 (mm ²)	発生 せん断力 (kN/m)	短期許容 せん断力 (kN)	照査値	鉛直1m 当たりの 鉄筋量 (mm ²)	発生 せん断力 (kN/m)	短期許容 せん断力 (kN)	照査値
北 上 部	-1.840	25293	1851	17435	0.11	8868	3116	5892	0.53
	-2.500	25258	1851	17508	0.11	8661	3116	5862	0.54
	-3.500	25068	1954	17528	0.12	8343	3116	5815	0.54
	-4.500	24838	2087	17520	0.12	8022	3259	5767	0.57
	-5.500	24564	2212	17484	0.13	7695	3461	5715	0.61
	-6.500	24246	2352	17417	0.14	7754	3693	5898	0.63
	-7.500	23881	2519	17320	0.15	8066	3904	6234	0.63
	-8.525	23487	2677	17207	0.16	8297	4086	6526	0.63
	-9.650	23062	2847	17087	0.17	8603	4306	6877	0.63
北 中 央	-10.975	28063	3041	20632	0.15	11294	4487	8711	0.52
	-12.450	27382	3248	20393	0.16	11600	4669	9065	0.52
	-13.950	26596	3461	20086	0.18	12060	4864	9442	0.52
	-15.450	25589	3661	19632	0.19	12150	5064	9831	0.52
	-16.850	24390	3835	19035	0.21	12556	5327	10342	0.52
	-18.250	23178	3995	18428	0.22	12821	5516	10710	0.52
	-19.750	21523	4150	17540	0.24	13051	5702	11070	0.52
	-21.250	19607	4288	16477	0.27	13204	5864	11384	0.52
	-22.750	17426	4402	15236	0.29	13281	6001	11651	0.52
	-24.500	14928	4515	13820	0.33	13272	6131	11902	0.52
	-26.500	11141	4614	11577	0.40	13155	6245	12125	0.52
	-28.500	7769	4707	9138	0.52	13325	6450	12522	0.52
	-30.500	8033	4834	9593	0.51	13490	6653	12916	0.52
	-32.500	13882	4912	13449	0.37	13497	6807	13215	0.52
	-34.500	19788	4941	17339	0.29	15611	6906	14970	0.47
	-36.500	25688	4989	21583	0.24	19730	6888	17776	0.39
	-38.525	32605	5639	27722	0.21	24343	6870	20884	0.33
	-40.075	32428	6292	27831	0.23	24139	6874	20987	0.33
	-41.200	32289	6467	27903	0.24	23969	6780	21050	0.33
	-42.400	32121	6634	27967	0.24	23784	6940	21113	0.33
北 下 部	-43.850	14549	6851	16408	0.42	9169	7331	12352	0.60
	-45.700	14186	7136	16437	0.44	7650	7639	11698	0.66
	-47.700	13790	7438	16465	0.46	5558	7975	10717	0.75
	-49.700	13011	6755	16237	0.42	3441	7013	9718	0.73
	-51.775	11631	5291	15618	0.34	1508	6779	8837	0.77
	-52.700	9926	5334	14612	0.37	1459	7017	8851	0.80

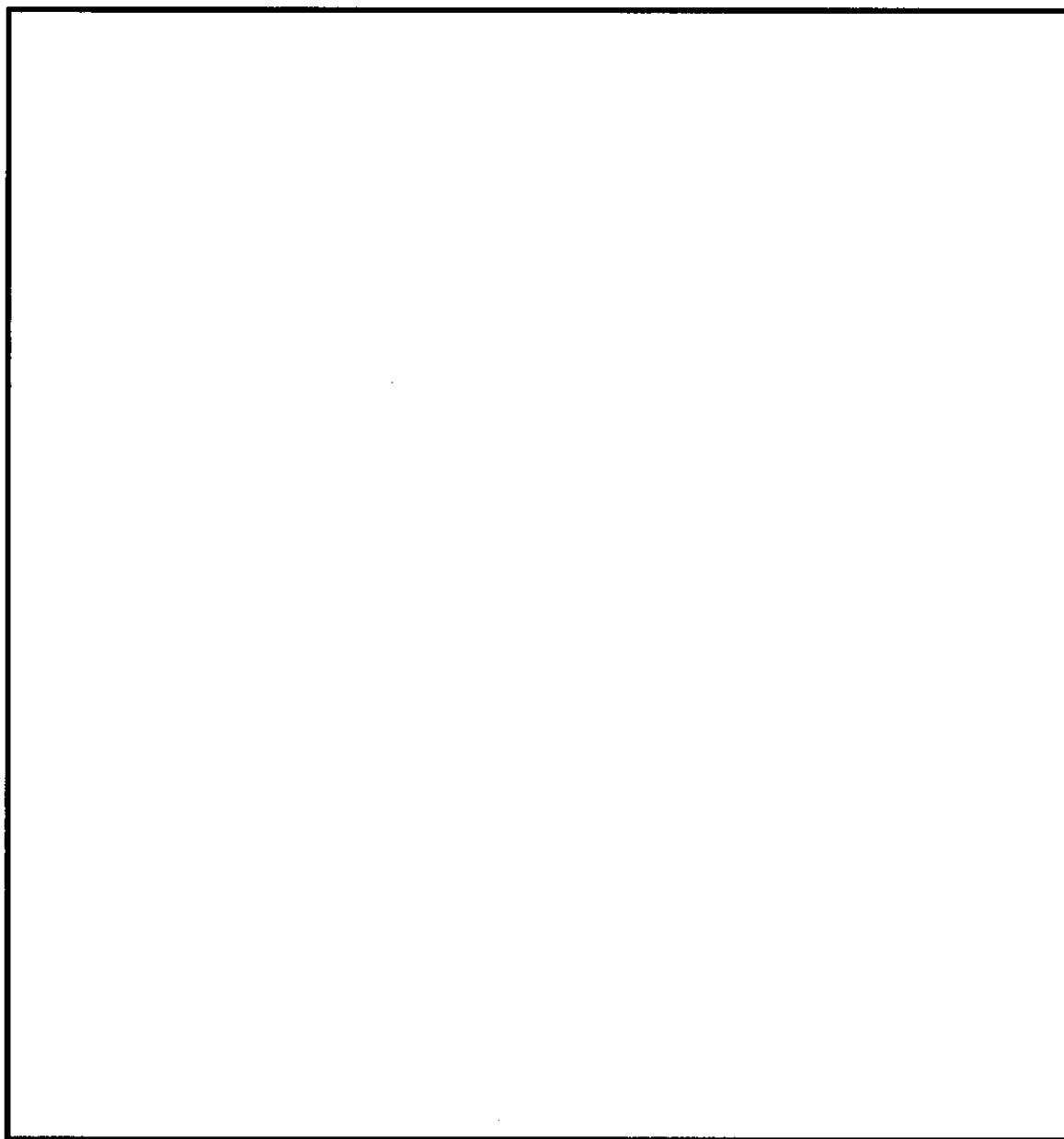


図 6-5 ジベル鉄筋の仕様

(2) 鋼製防護壁に対する評価結果

a. 部材断面諸元

鋼製防護壁の板厚構成図を図 6-6 に示す。

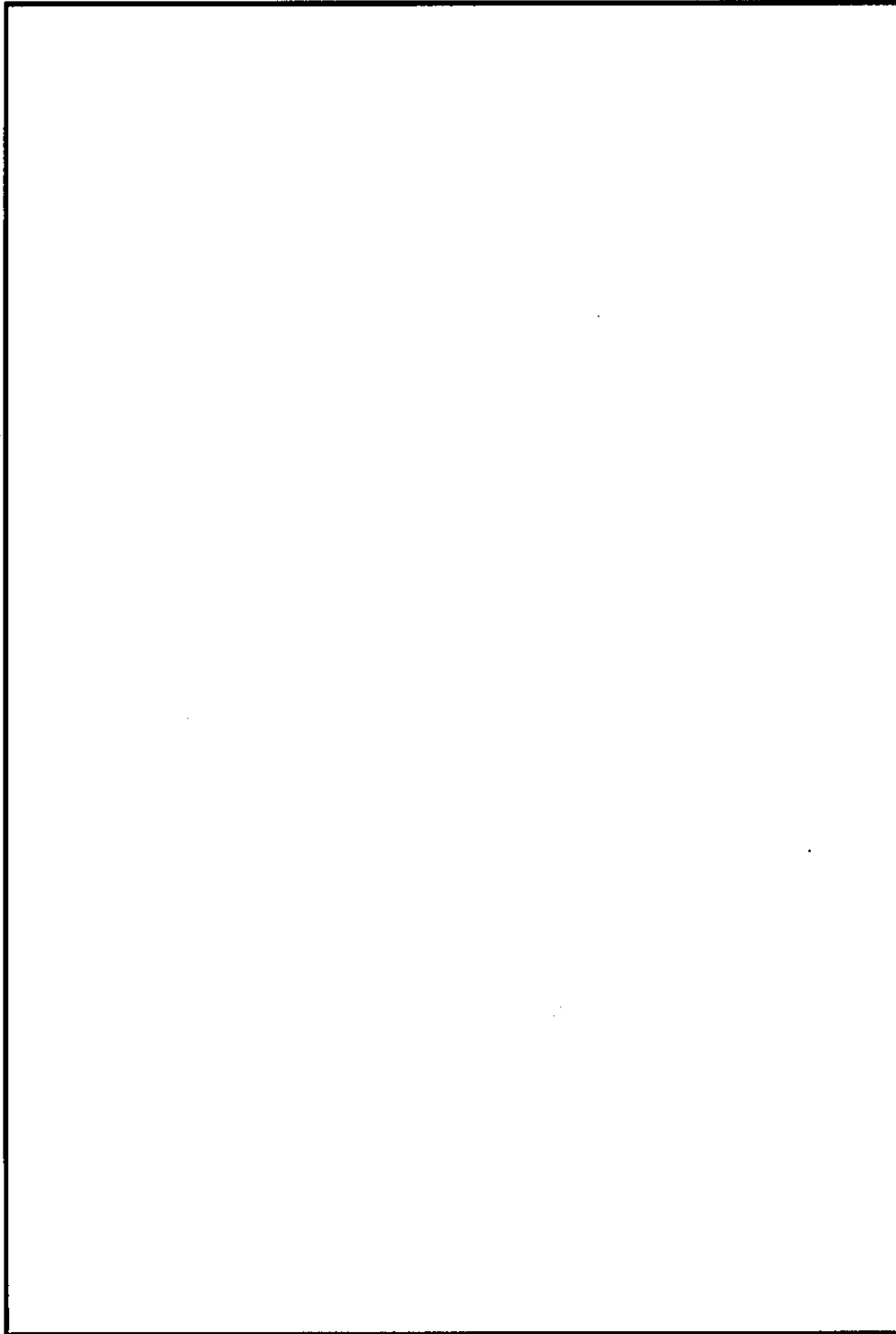


図 6-6 (1) 板厚構成図 (その 1)

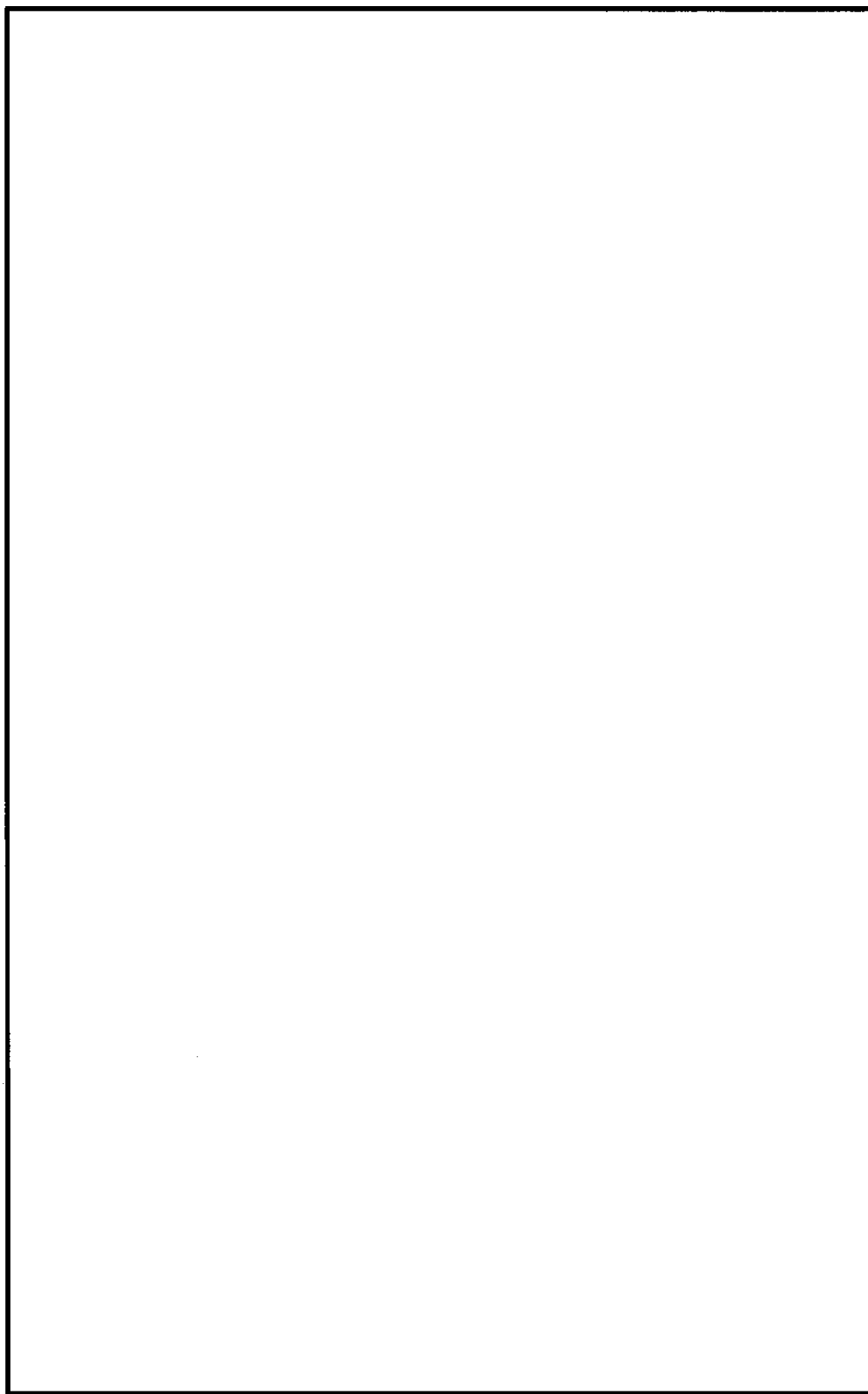


図 6-6 (2) 板厚構成図 (その 2)

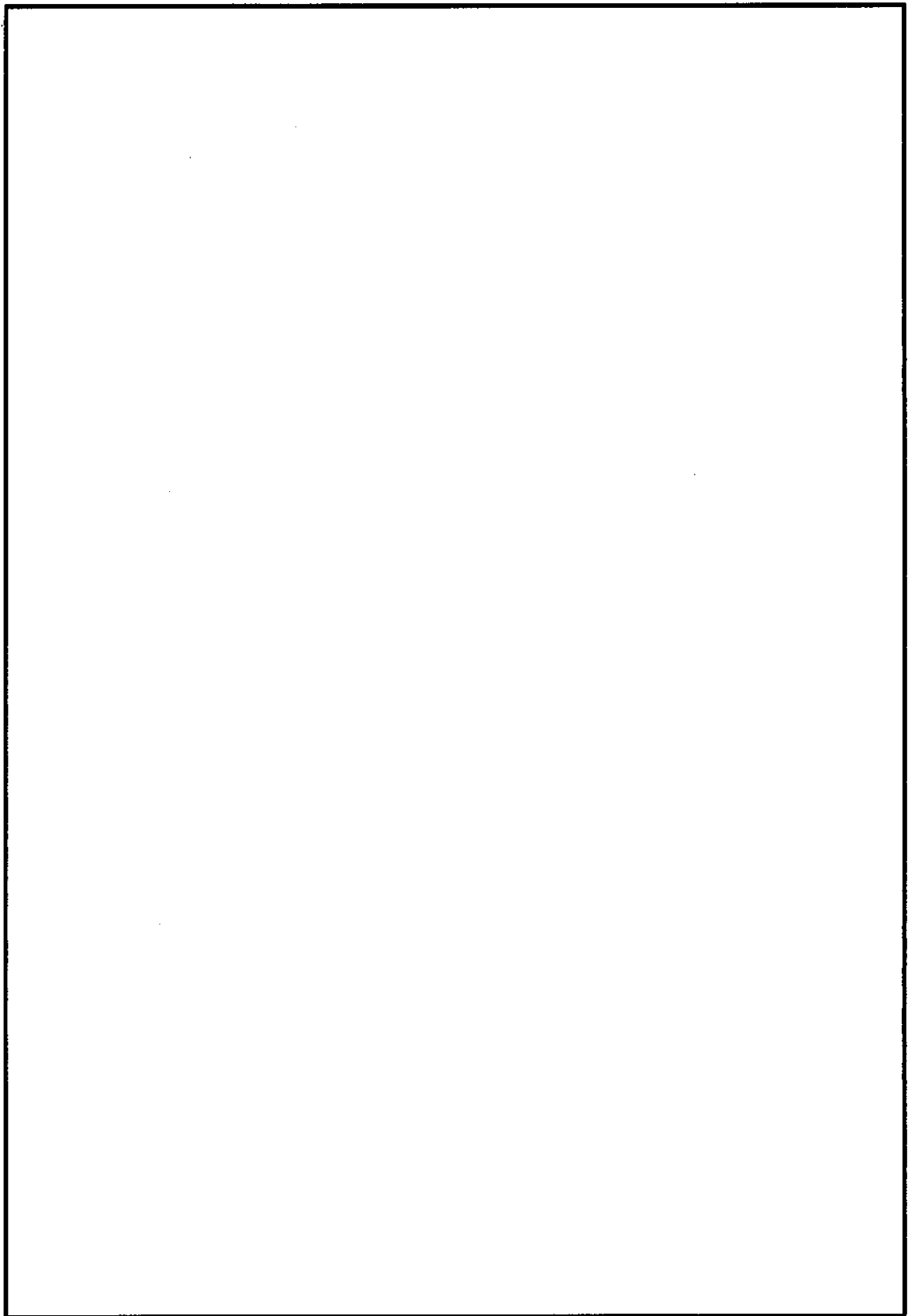


図 6-6 (3) 板厚構成図 (その 3)

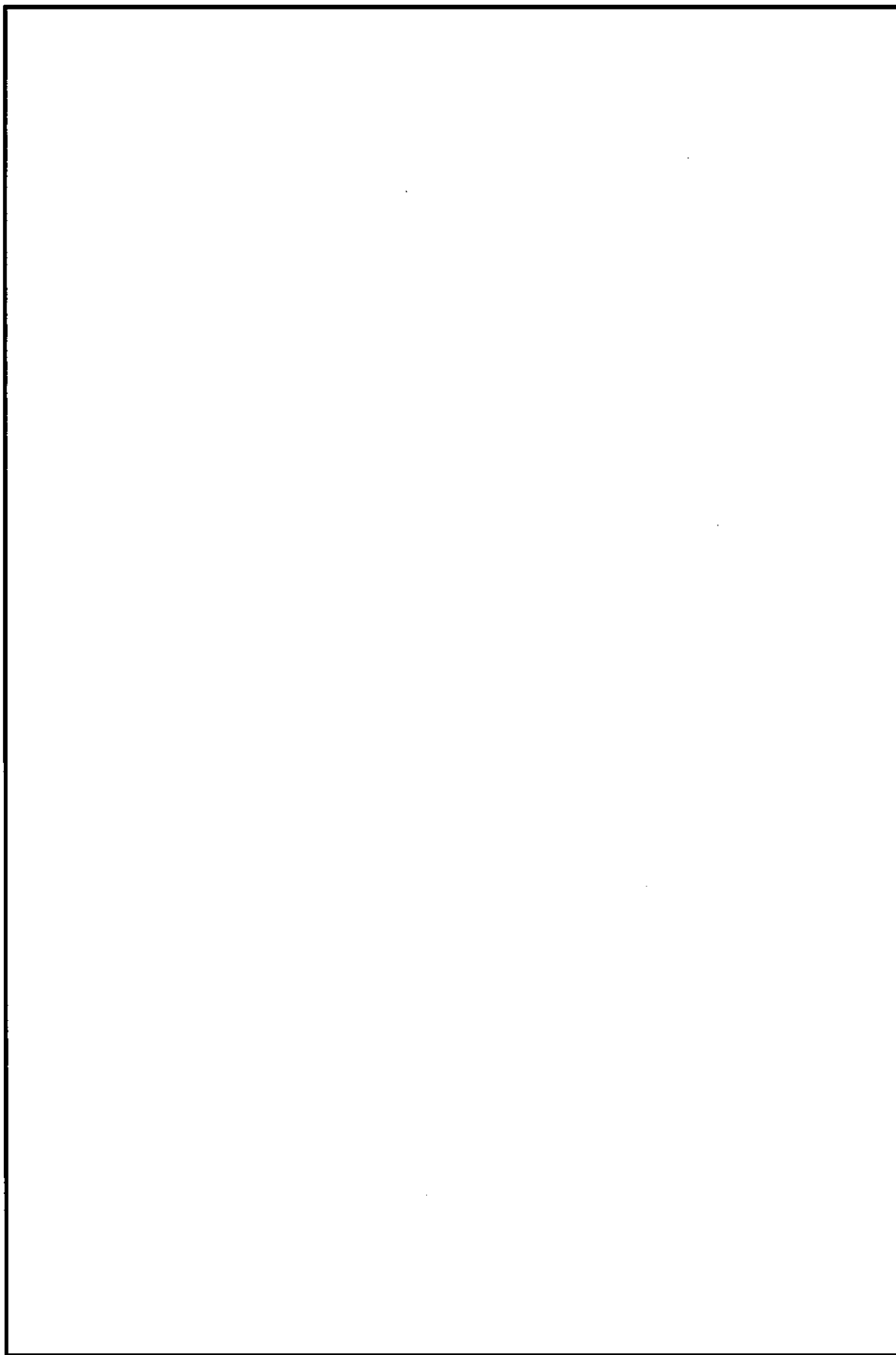


図 6-6 (4) 板厚構成図 (その 4)

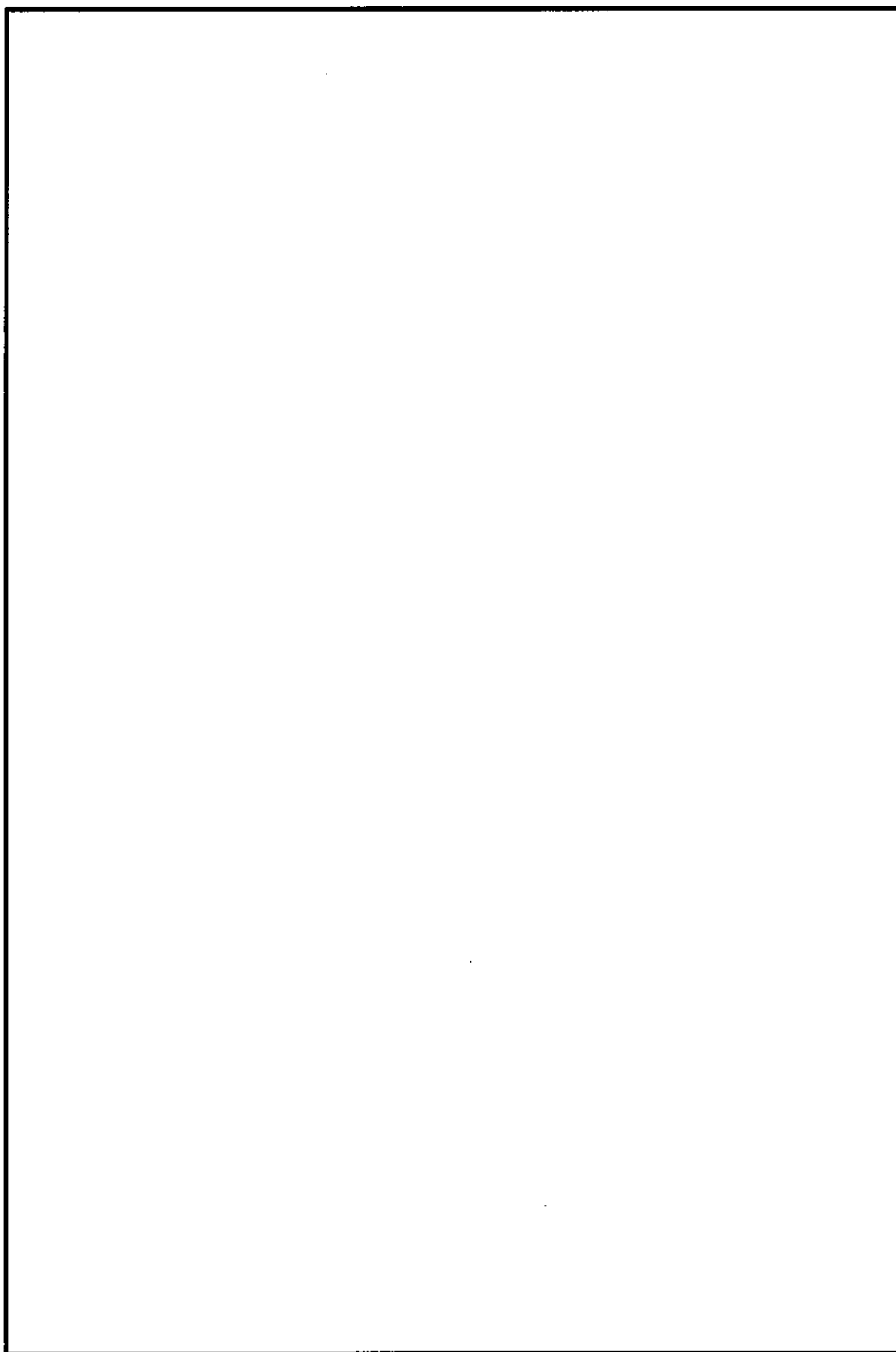


図 6-6 (5) 板厚構成図 (その 5)

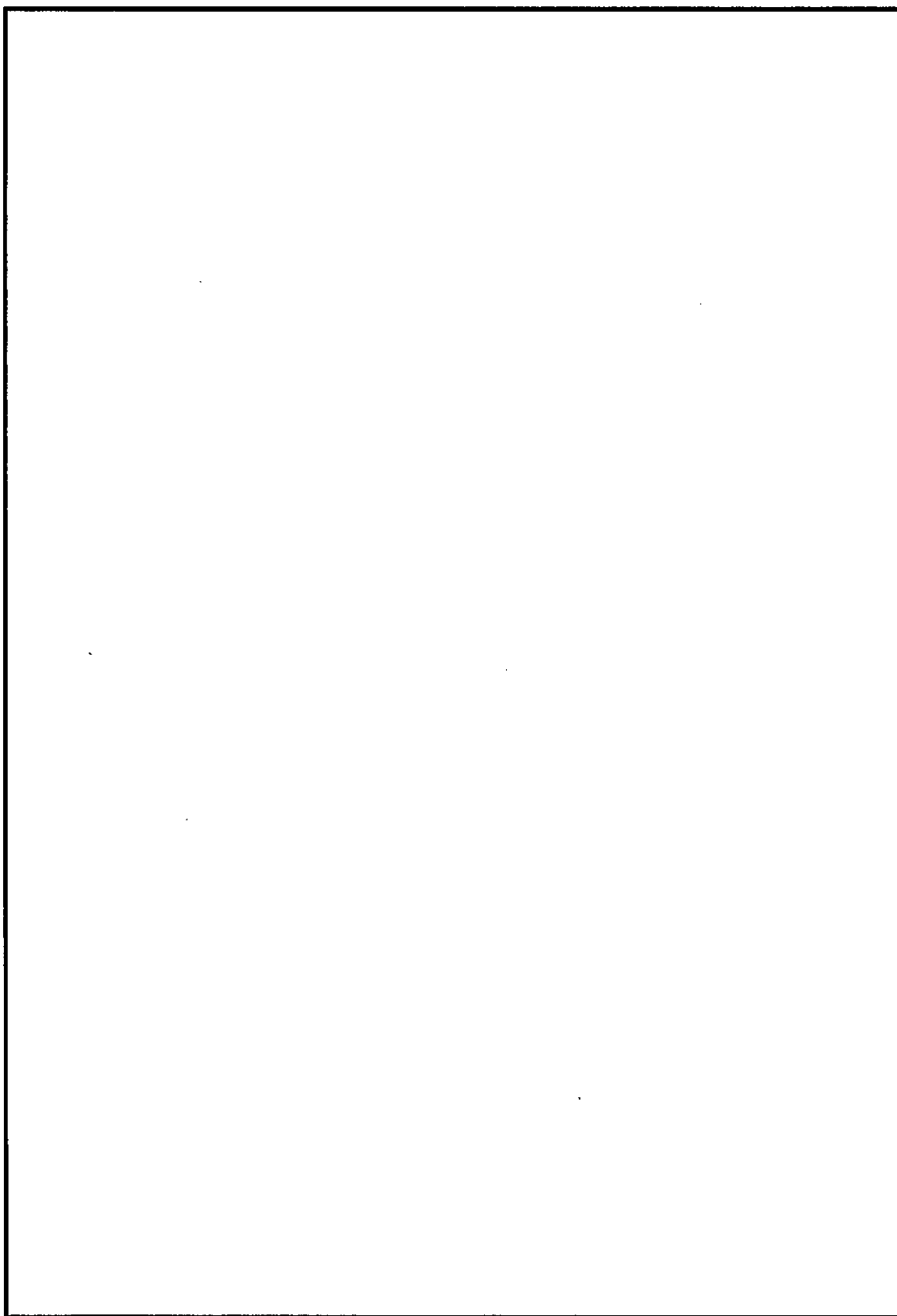


図 6-6 (6) 板厚構成図 (その 6)

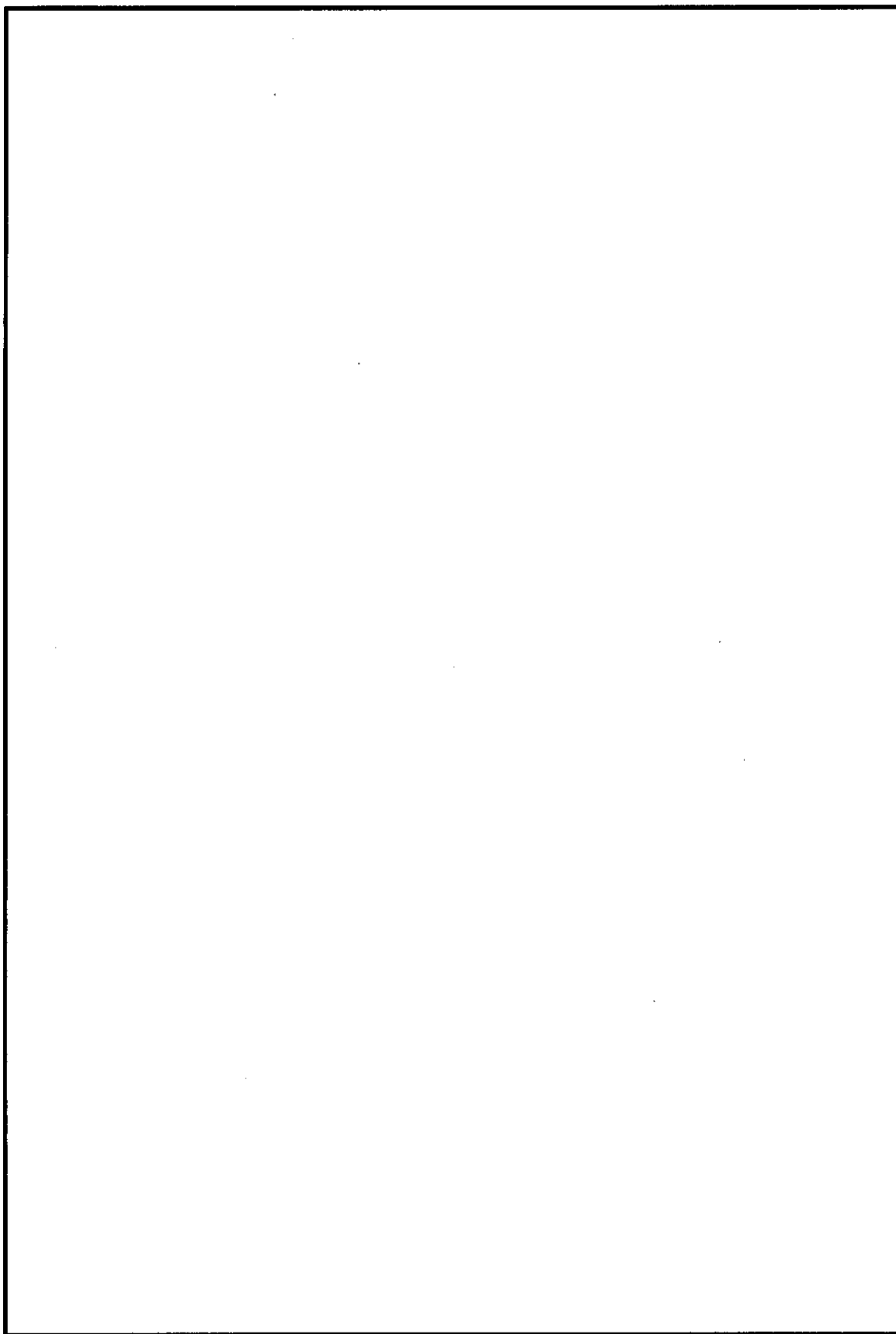


図 6-6 (7) 板厚構成図 (その 7)

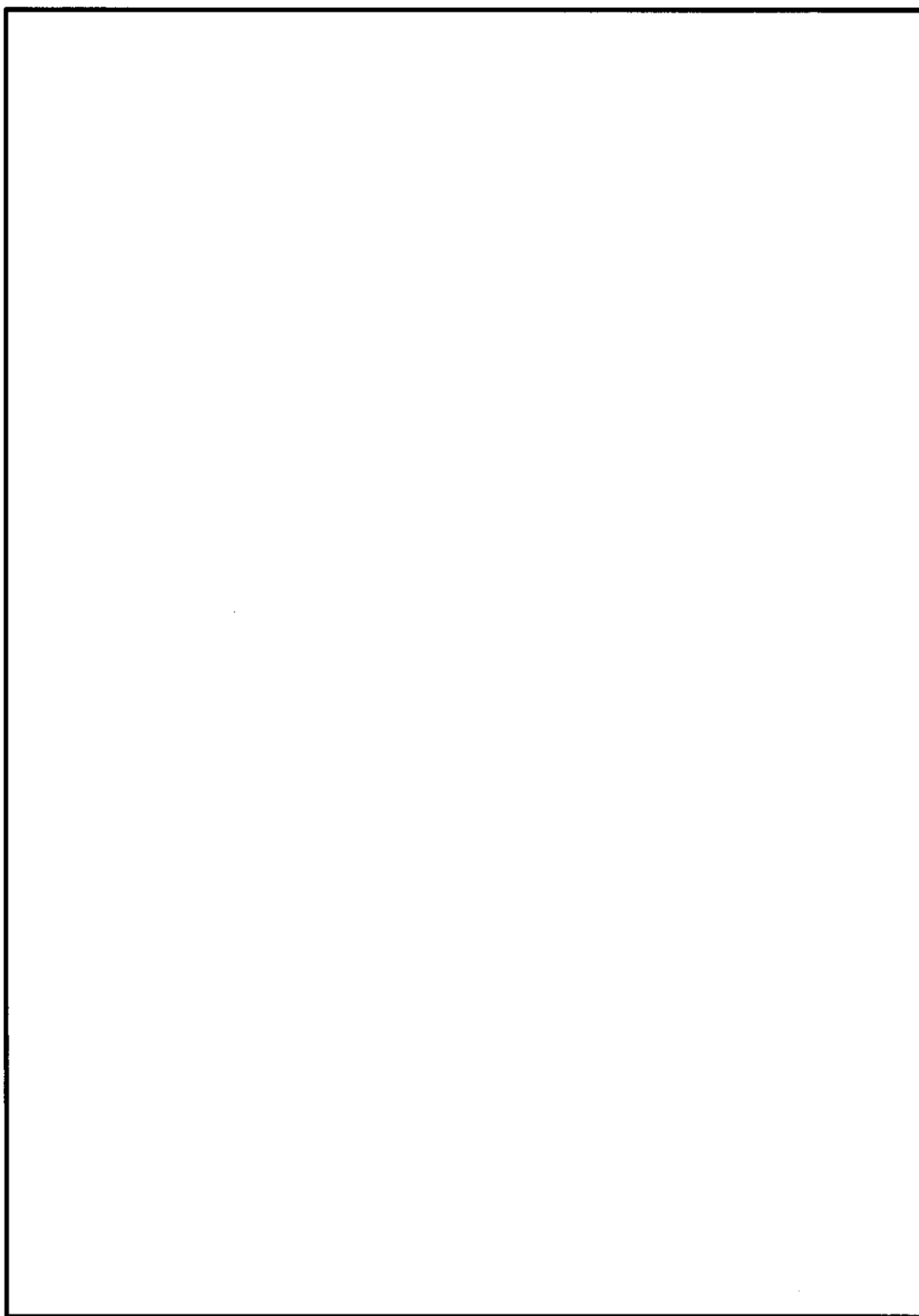


図 6-6 (8) 板厚構成図 (その 8)

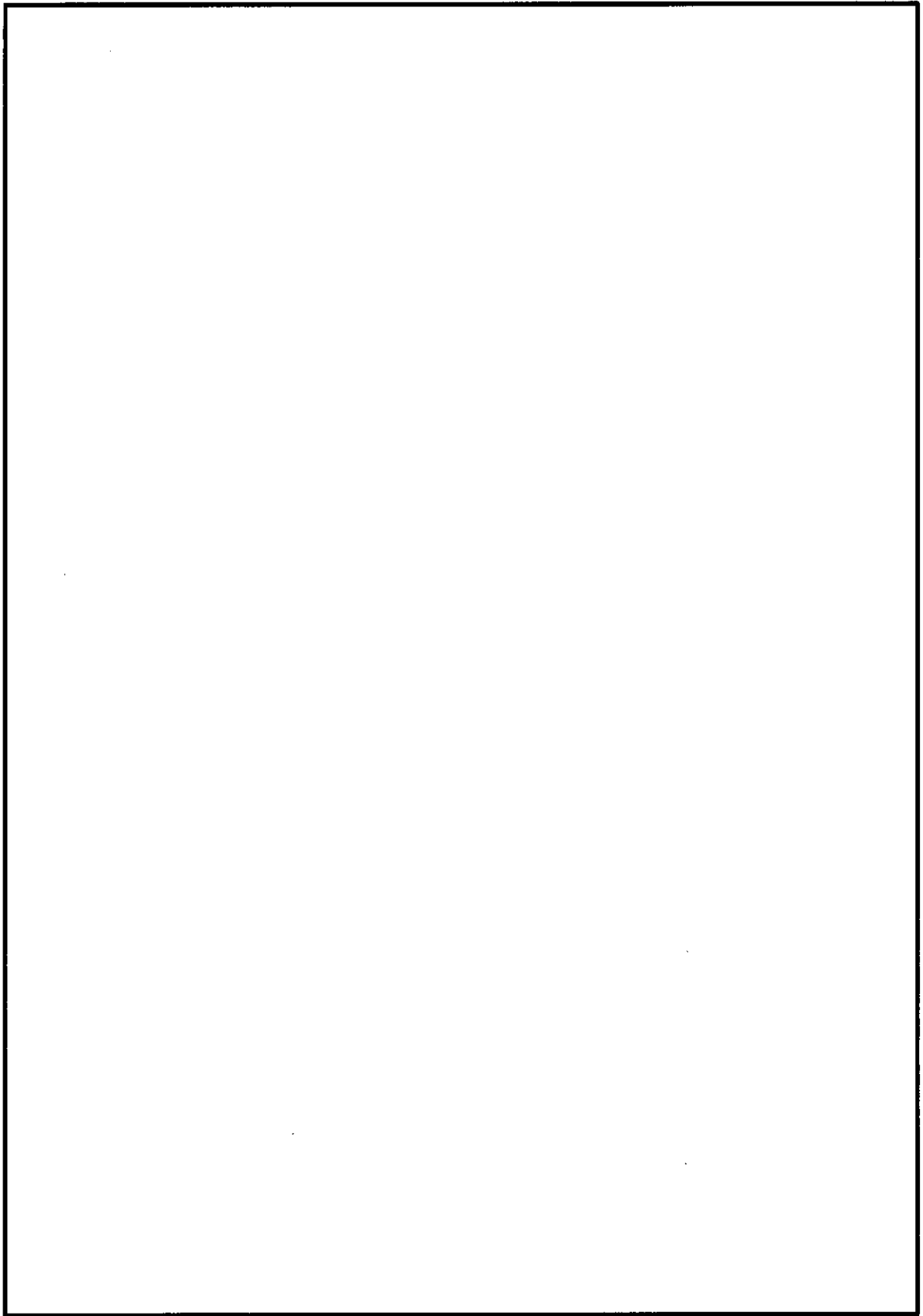


図 6-6 (9) 板厚構成図 (その 9)

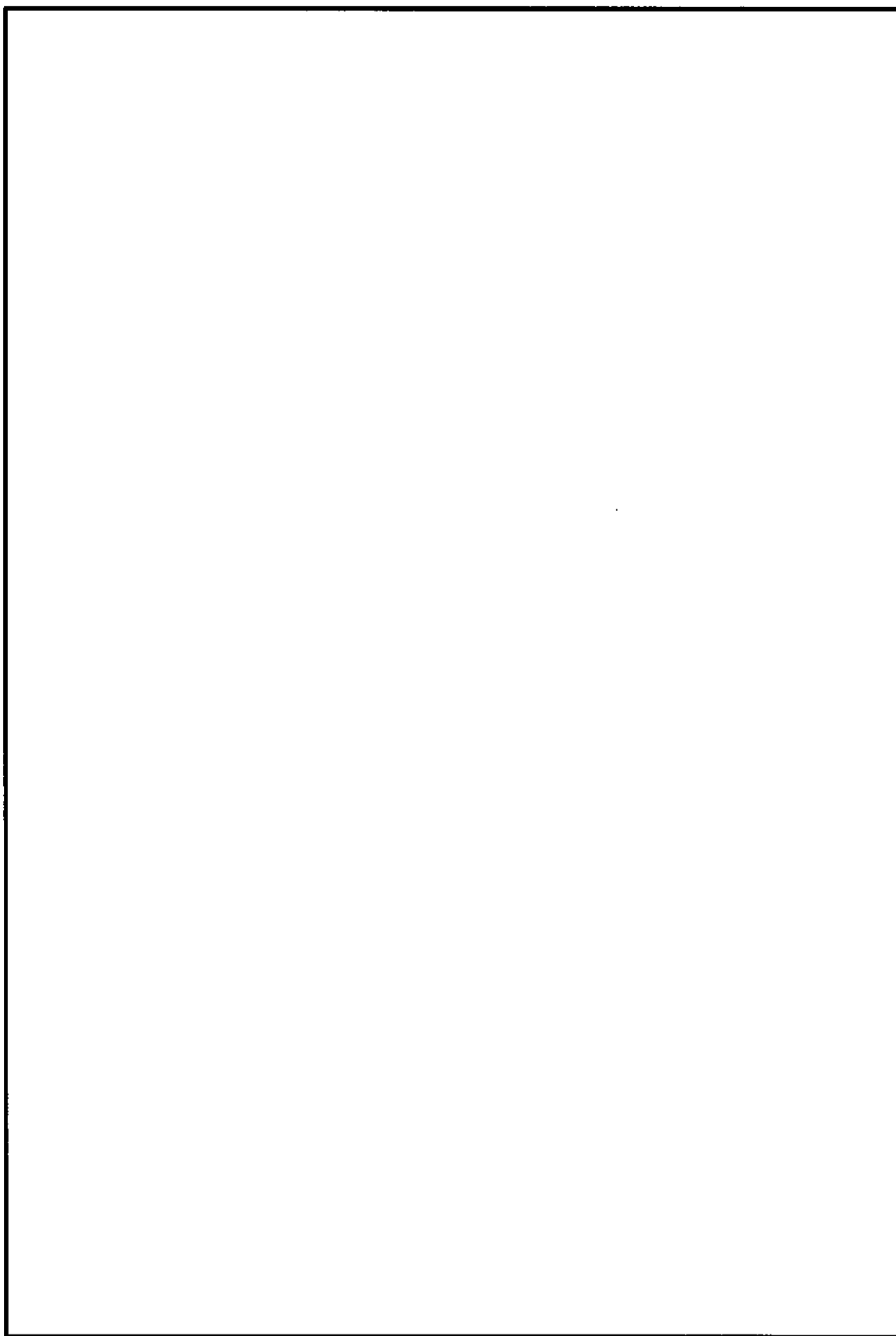


図 6-6 (10) 板厚構成図 (その 1 0)

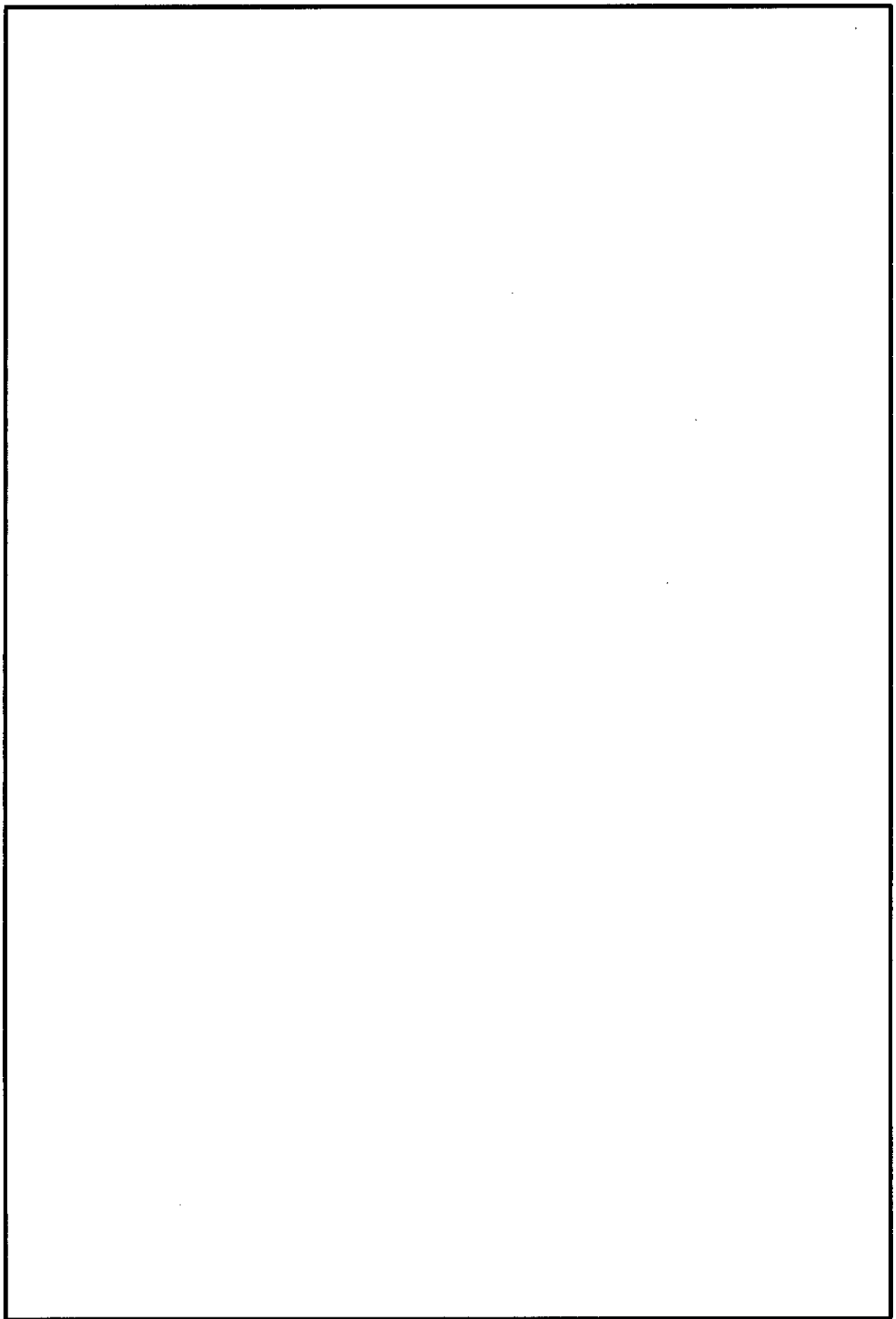


図 6-6 (11) 板厚構成図 (その 1 1)

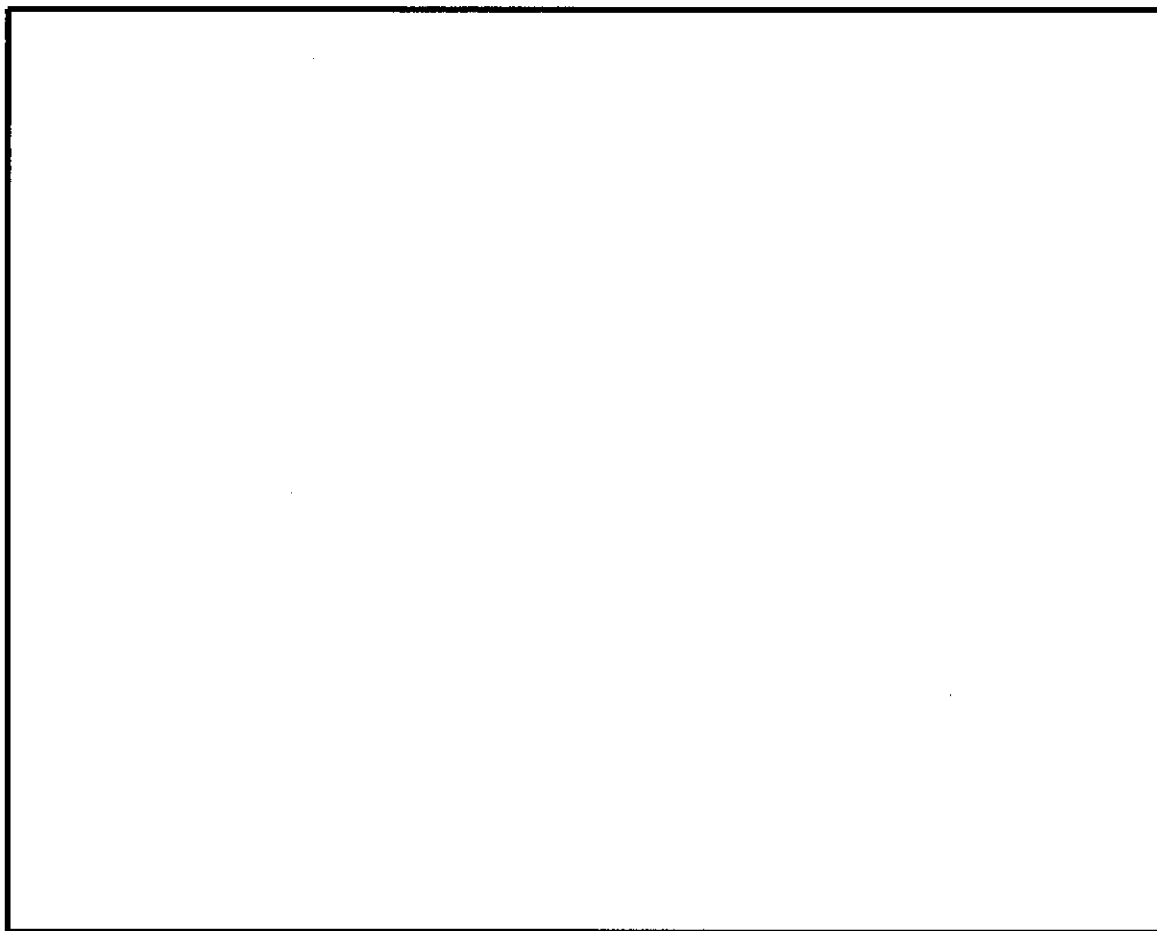


図 6-6 (12) 板厚構成図 (その 1 2)

b. 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 6-6 に示す。また、最大応力発生箇所を図 6-7 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 6-6 外壁及び隔壁からなる主部材の照査結果

解析 ケース	地震動	応力成分	材質	発生 応力	許容限界	照査値*2
④	S _s -D 1	直応力度 σ (N/mm ²)	SBHS700	505	615	0.82
		せん断応力度 τ (N/mm ²)	SBHS700	257	352.5	0.73
		合成応力度 k^{*1} (-)	SBHS700	0.60	1.2	0.52

注記 *1: 合成応力度 $k = (\sigma / \sigma_a)^2 + (\tau / \tau_a)^2$

*2: 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の同時加振による同時刻の断面力の組合せを用いた照査値

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

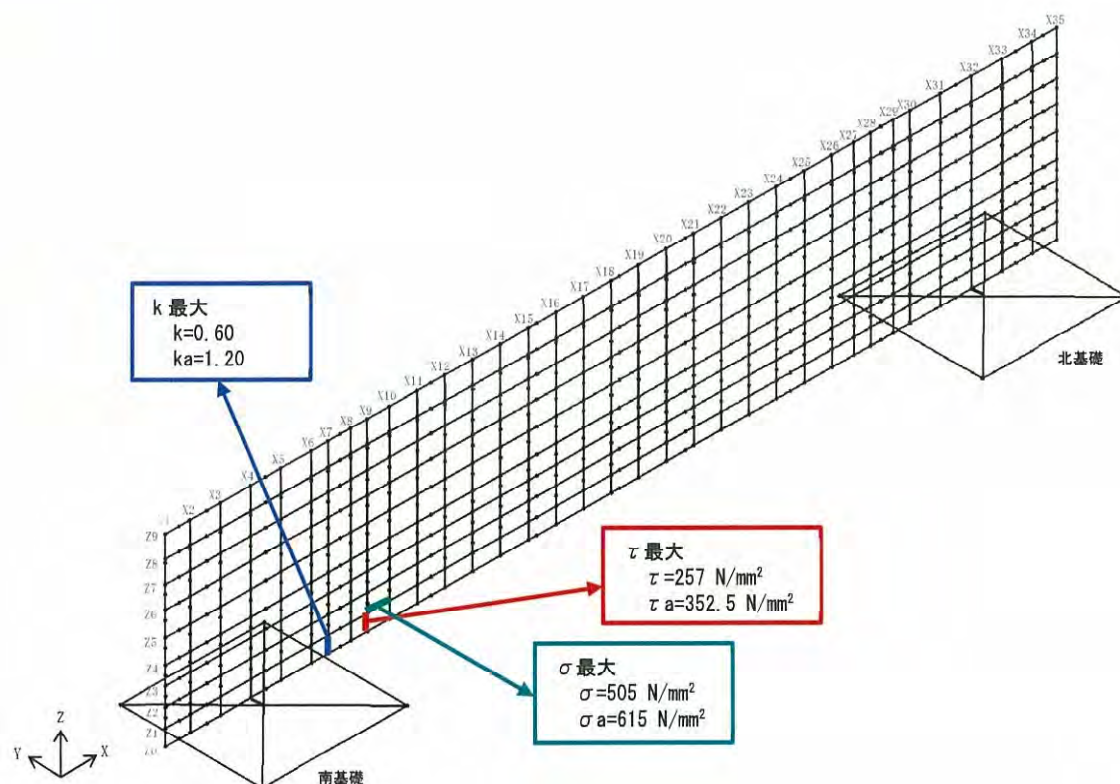


図 6-7 最大応力発生箇所

c. 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の接合部の評価結果については、「5.1 構造部材の健全性に対する評価結果 (2) 鋼製防護壁に対する評価結果 c. 中詰め鉄筋コンクリートと鋼殻の接合部の評価結果」を参照する。

b. 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 6-8 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 6-8 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 * : 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の同時加振による同時刻の断面力の組合せを用いた照査値

c. アンカーボルトのコーンせん断力の評価結果

アンカーボルトのコーンせん断力に対する照査結果を表 6-9 に示す。

アンカーボルトのコーンせん断力が許容限界以下であることを確認した。

表 6-9 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 許容限界 (N/mm ²)	コンクリート 強度で決まる コーン せん断強度 (N/mm ²)	鉄筋補強 による コーンせん断 強度の増加 (N/mm ²)	必要 鉄筋量 (mm ² /m ²)	配置 鉄筋量 4-D25@ 300 (mm ² /m ²)	照査値*
南基礎	1.377	0.825	0.965	3216	6756	0.48
北基礎	1.523	0.825	1.111	3702	6756	0.55

注記 * : 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の同時加振による同時刻の断面力の組合せを用いた照査値

d. 頂版鉄筋コンクリート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

頂版鉄筋コンクリート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 6-10 に示す。頂版鉄筋コンクリート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 6-10 頂版鉄筋コンクリート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

基礎	部位	発生せん断力 (kN)	必要鉄筋量 (mm ²)	配置鉄筋	配置鉄筋量 (mm ²)	照査値 ^{*2}
南基礎	頂版鉄筋コンクリート	83813	4650 ^{*1}	10-D38@200 13-D25@200	17987	0.26
	中詰め鉄筋コンクリート	83813	3270 ^{*1}	14-D35@200	13392	0.25
北基礎	頂版鉄筋コンクリート	55390	4650 ^{*1}	10-D38@200 13-D25@200	17987	0.26
	中詰め鉄筋コンクリート	55390	3270 ^{*1}	14-D35@200	13392	0.25

注記 *1: 最小鉄筋量 (鉛直方向@200)

*2: 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の同時加振による同時刻の断面力の組合せを用いた照査値

e. 頂版鉄筋コンクリート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

頂版鉄筋コンクリート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 6-11 に示す。頂版鉄筋コンクリート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 6-11 頂版鉄筋コンクリート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)	許容限界 (N/mm ²)	照査値*	配置鉄筋	発生応力 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値*
南基礎	頂版鉄筋コンクリート	1769140	2-D38@200 2-D35@200 2-D25@200	188	435	0.44	9-D51	64	435	0.16
	中詰め鉄筋コンクリート	1769140	7-D38@200	266	435	0.62	7-D51	153	435	0.36
北基礎	頂版鉄筋コンクリート	1617310	2-D38@200 2-D35@200 2-D25@200	171	435	0.40	9-D51	59	435	0.14
	中詰め鉄筋コンクリート	1617310	7-D38@200	244	435	0.57	7-D51	140	435	0.30

注記 *: 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の同時加振による同時刻の断面力の組合せを用いた照査値

- f. 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 6-9 に示す。

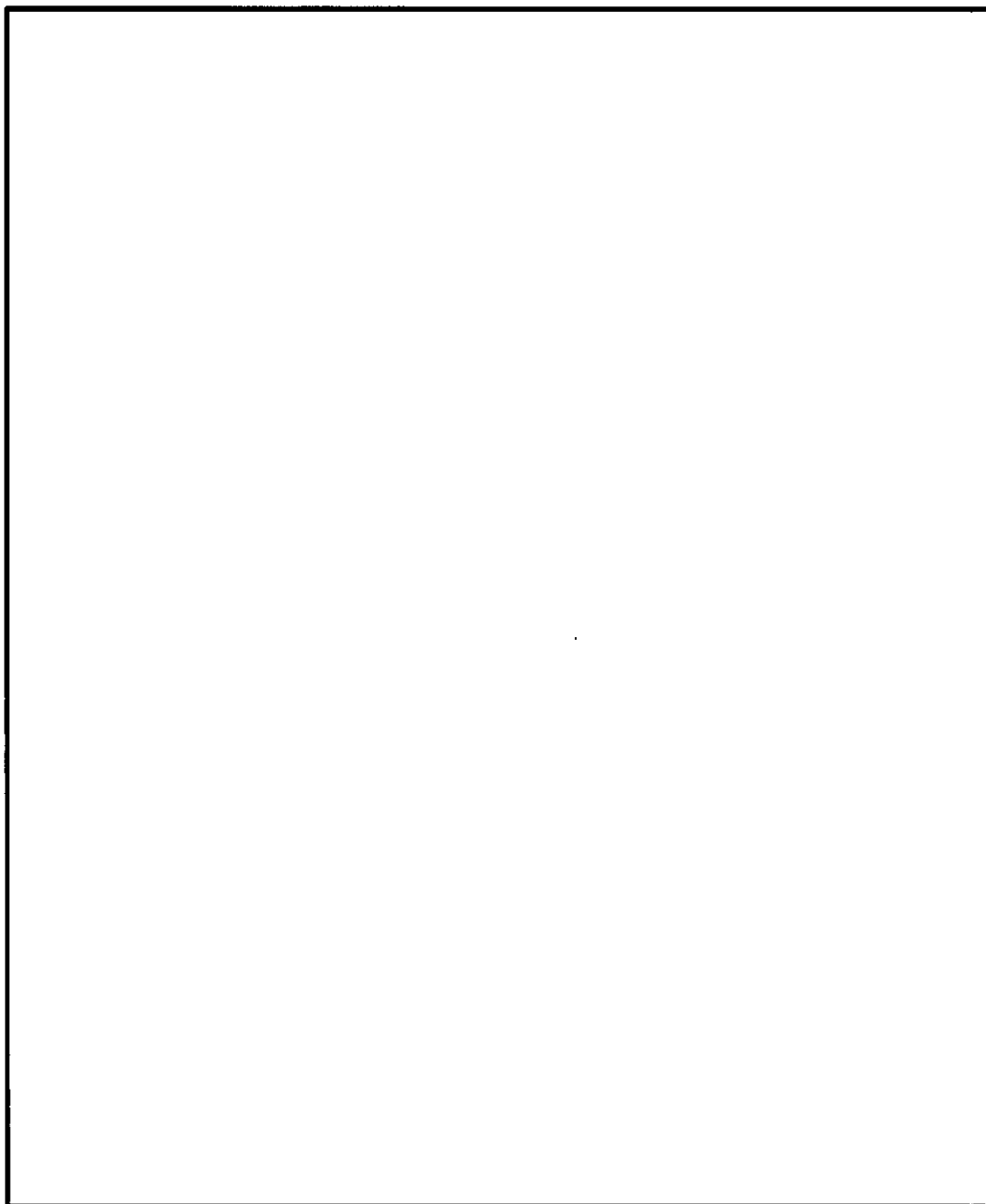


図 6-9 (1) アンカーボルトの配置，頂版鉄筋コンクリートの概略配筋図

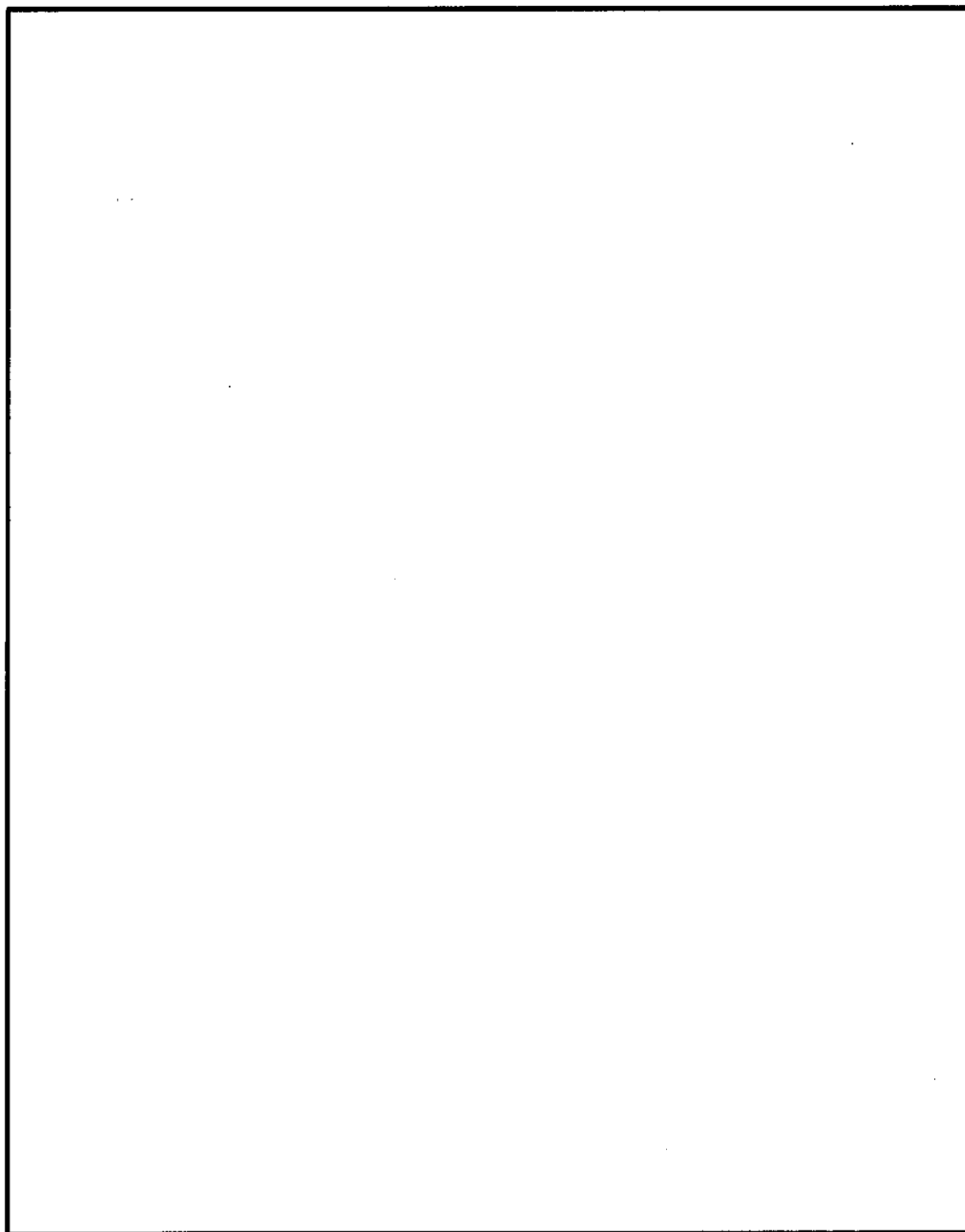


図 6-9 (2) 中詰め鉄筋コンクリートの概略配筋図

6.5.2 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結果については、「5.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果」を参照する。

6.5.3 止水ジョイント部の相対変位量に対する評価結果

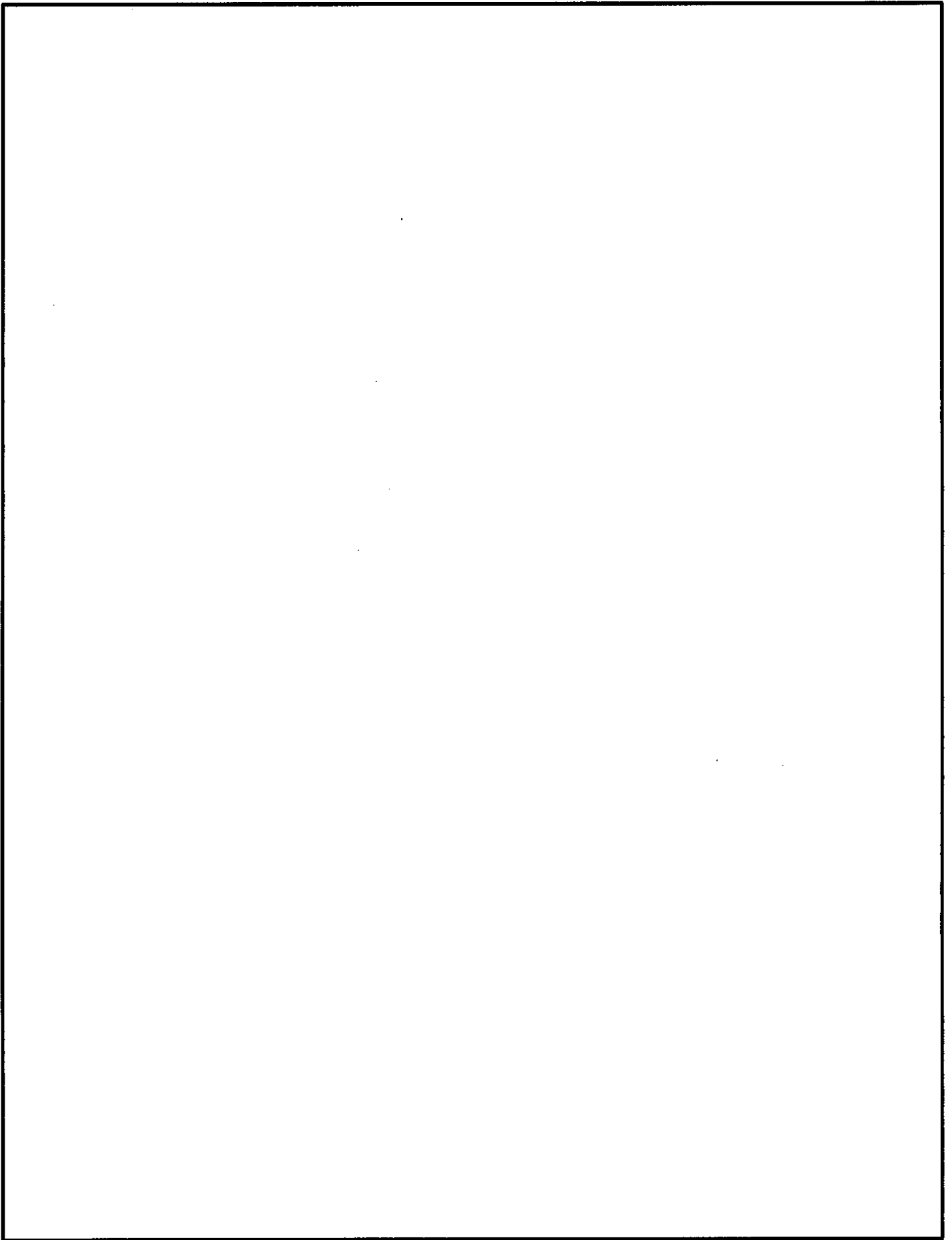
止水ジョイント部の相対変位量に対する評価結果については、「5.3 止水ジョイント部の相対変位量に対する評価結果」を参照する。

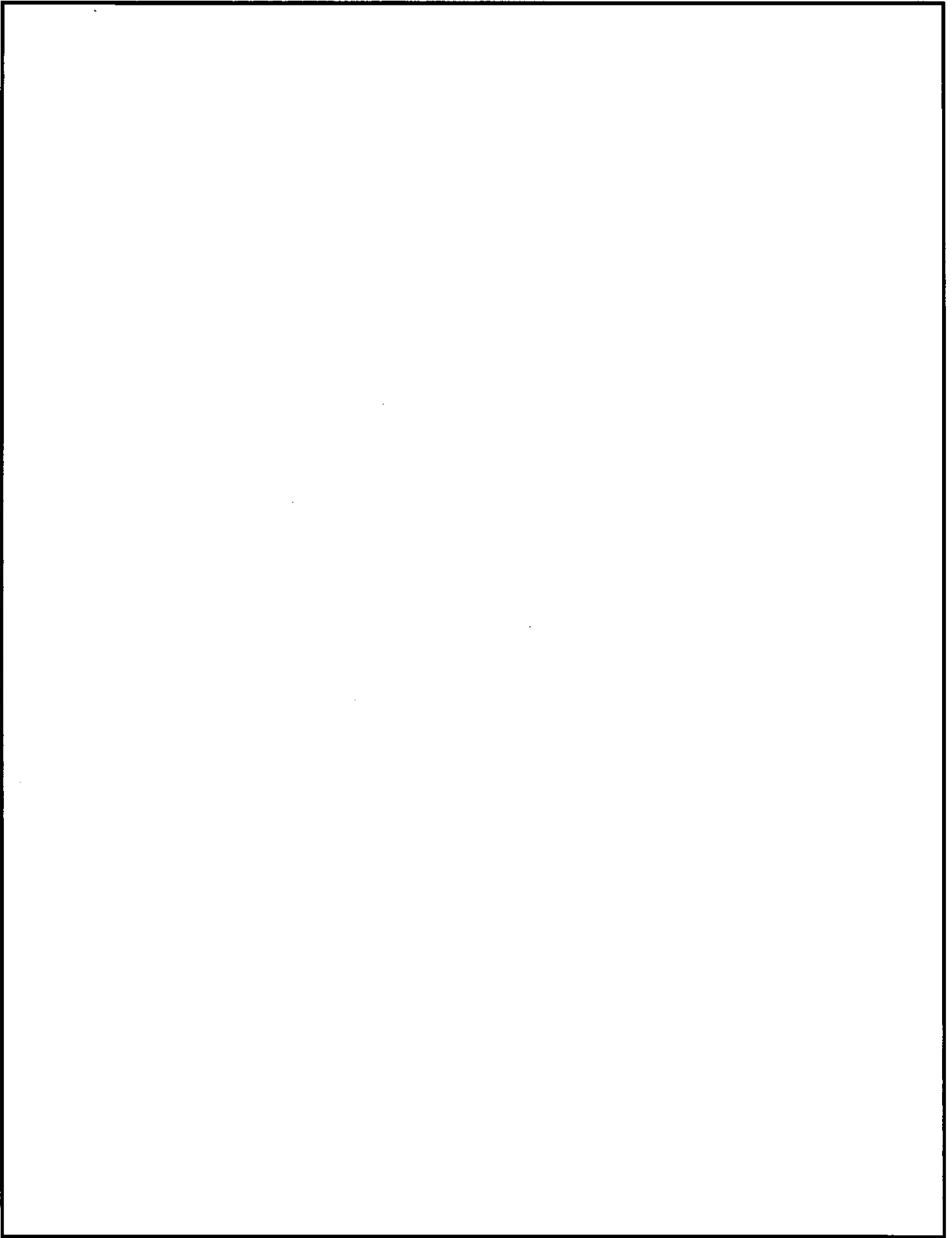
VI-2-4-2-5-1 防潮堤（鋼製防護壁）の耐震性についての計算書

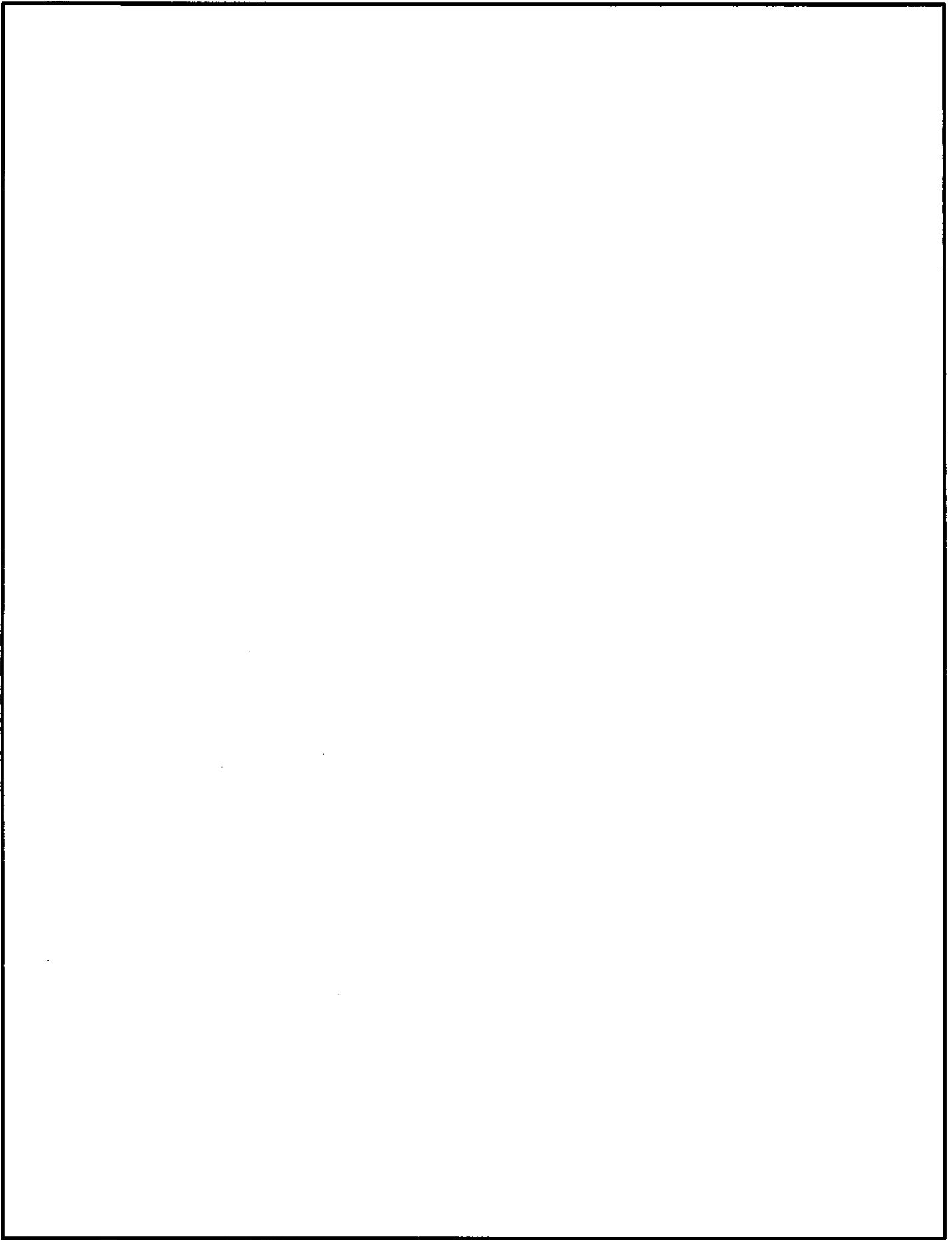
2. 防潮堤（鋼製防護壁）の止水機構に関する耐震計算書

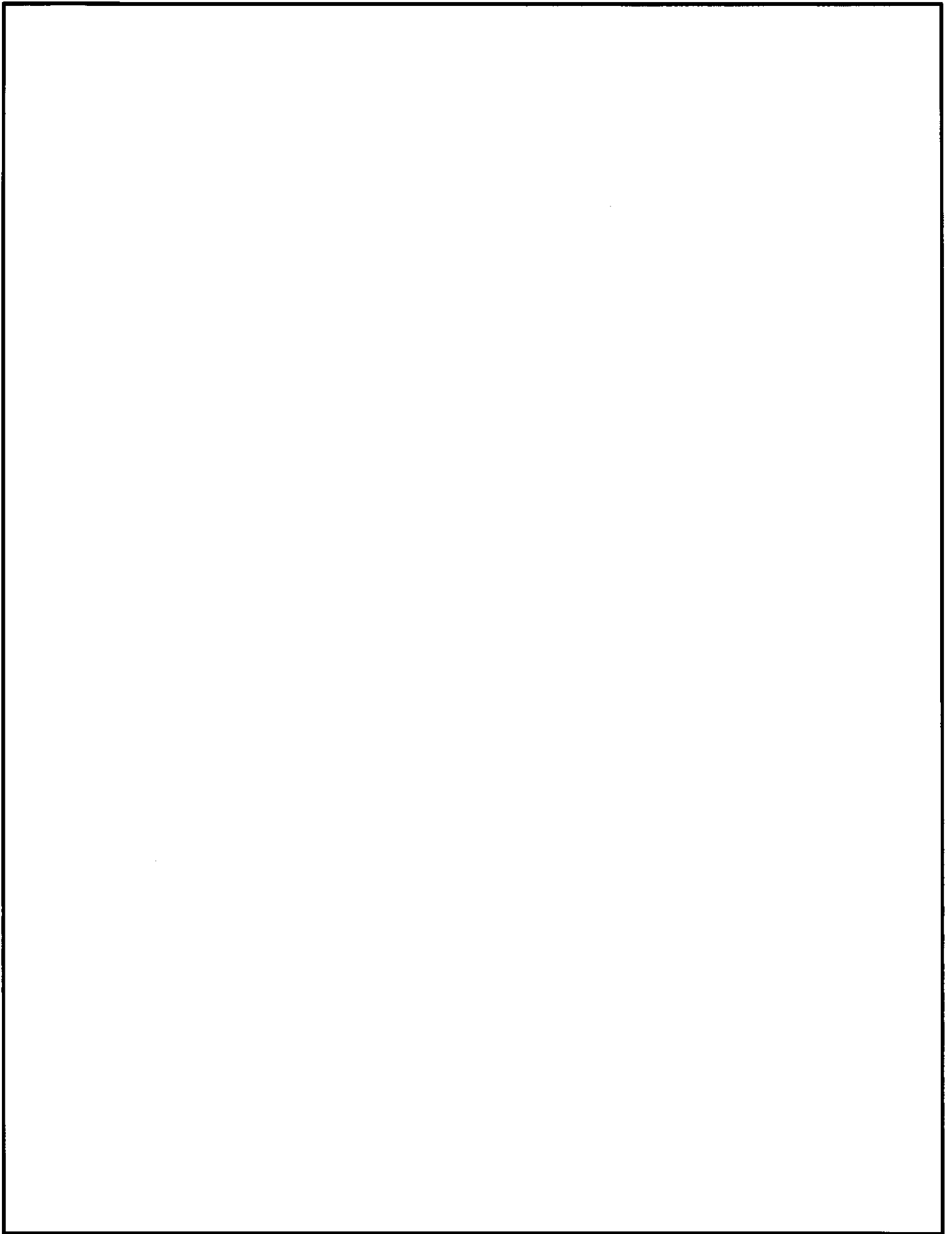
1. 防潮堤（鋼製防護壁）の止水機構に関する耐震計算書

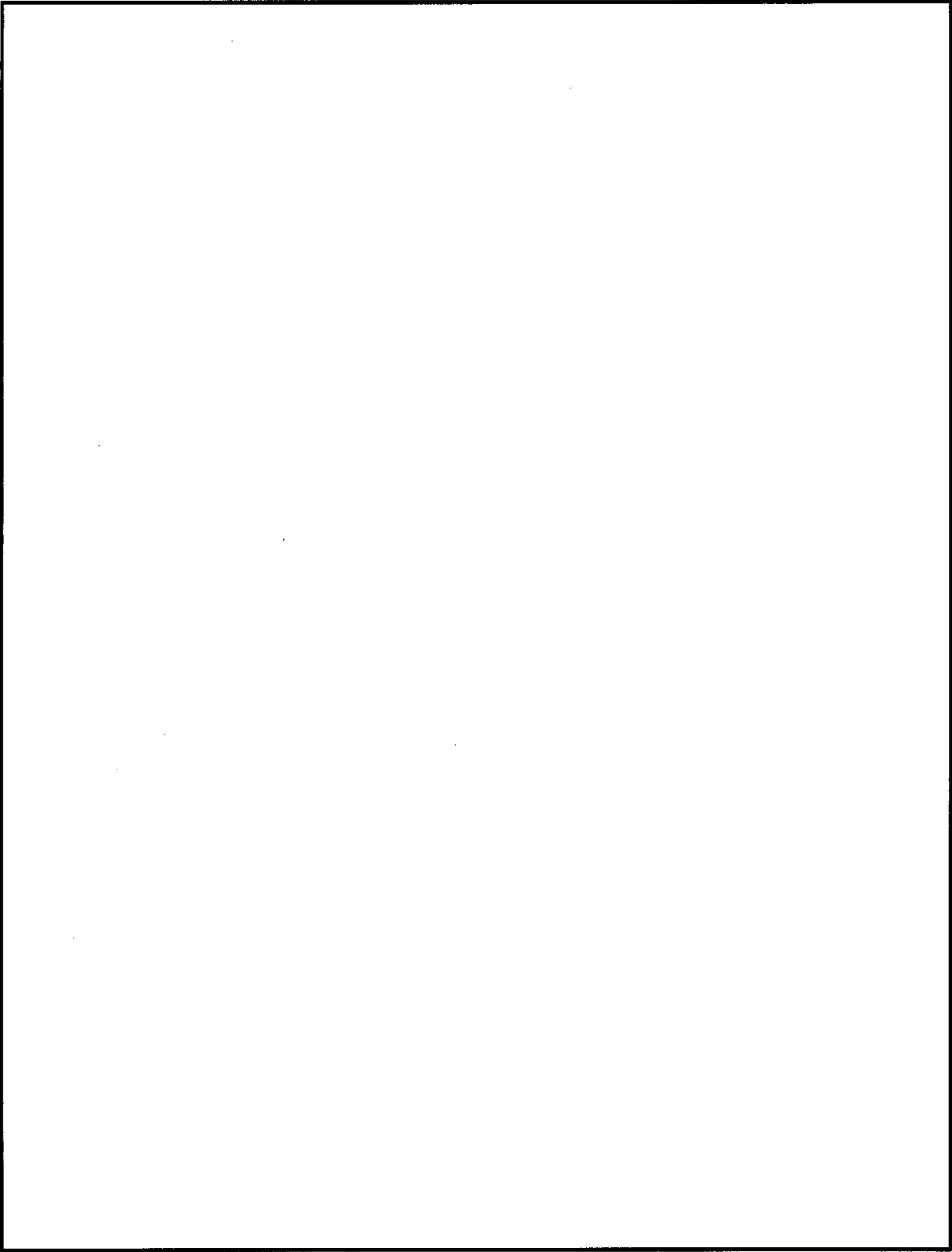
防潮堤（鋼製防護壁）の止水機構に関する耐震計算書は、平成 30 年 10 月 18 日付け原規規
発第 1810181 号にて認可された工事計画の添付書類「V-2-10-2-2-1 防潮堤（鋼製防護壁）の
耐震性についての計算書 2. 防潮堤（鋼製防護壁）の止水機構に関する耐震計算書」から変更
はない。

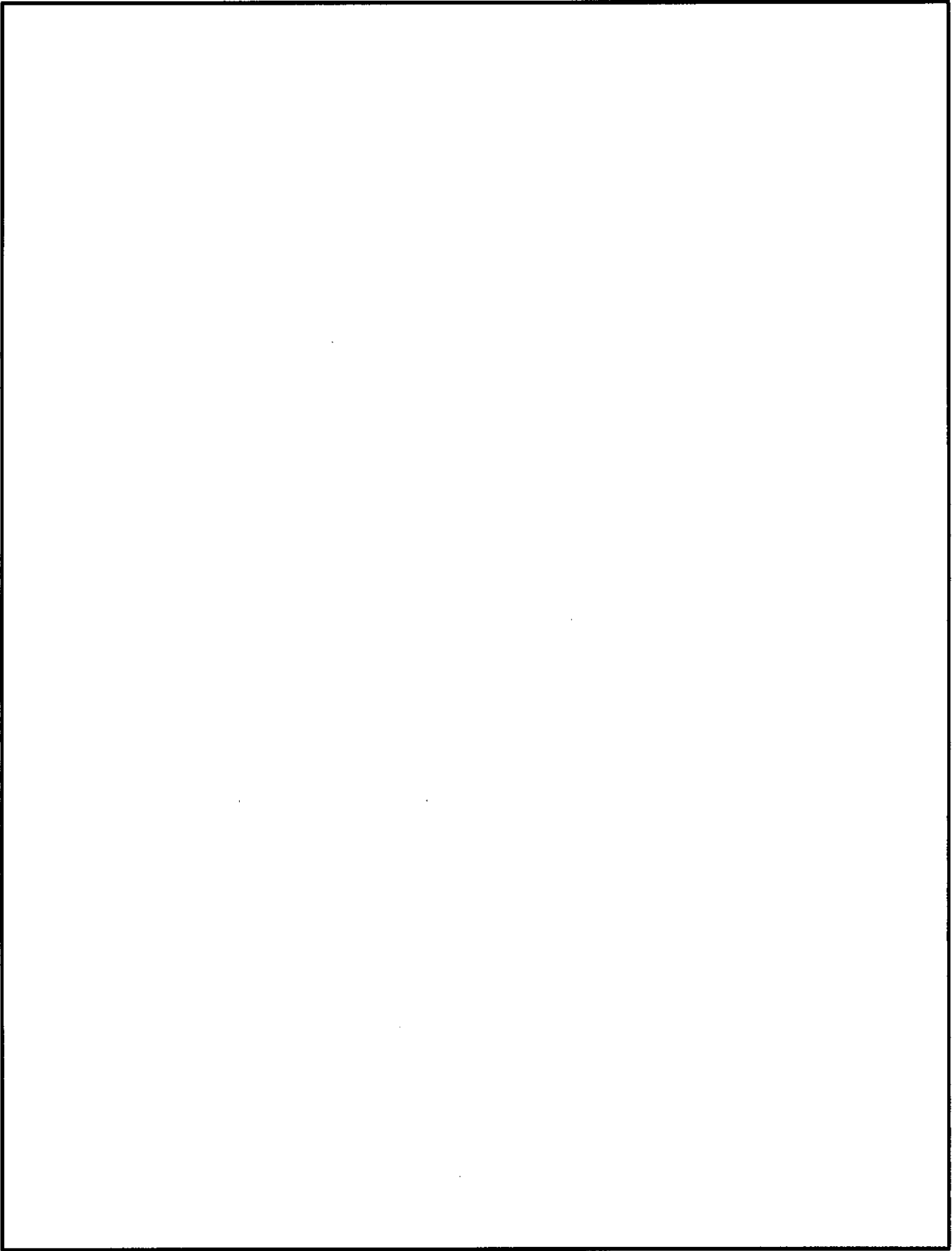


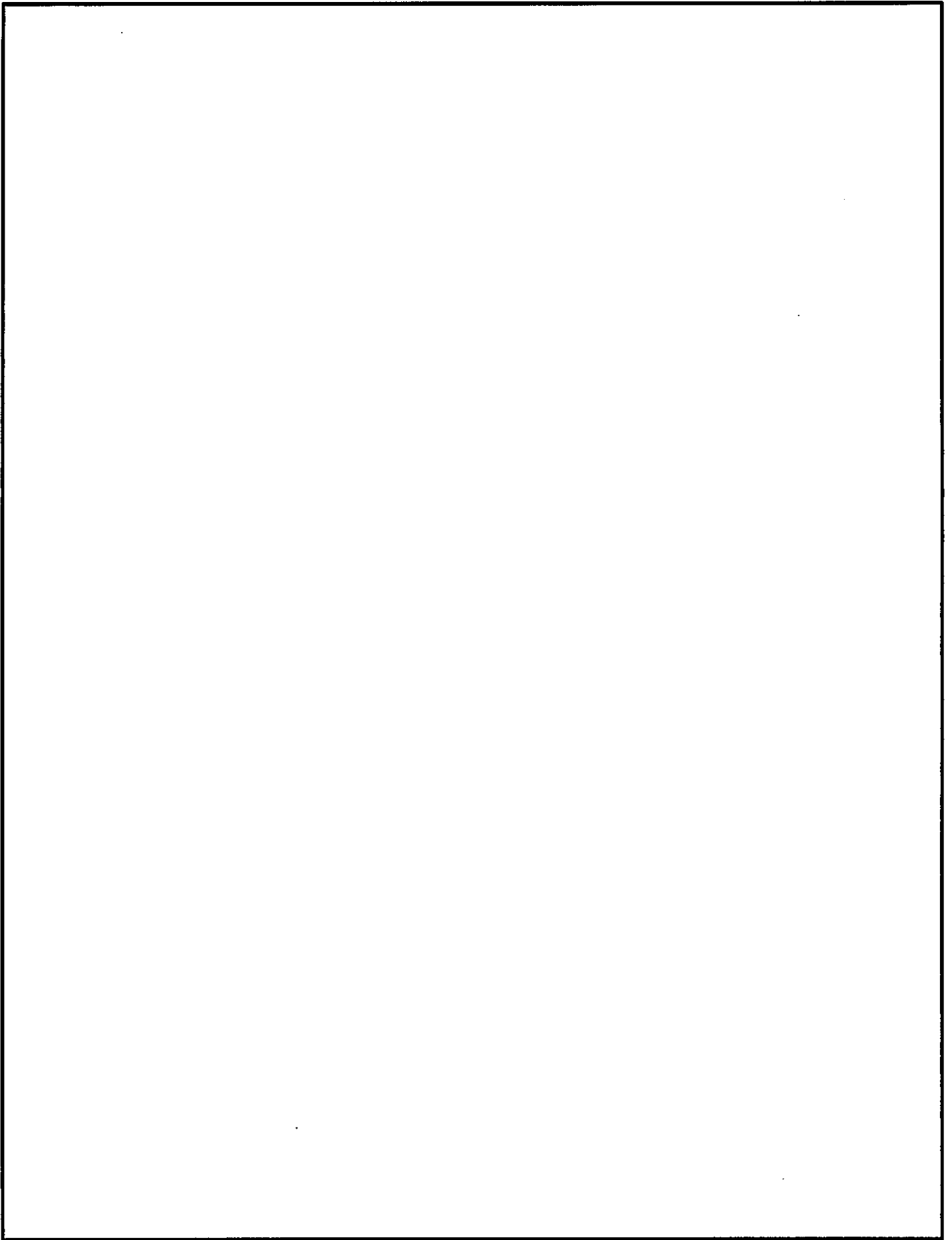


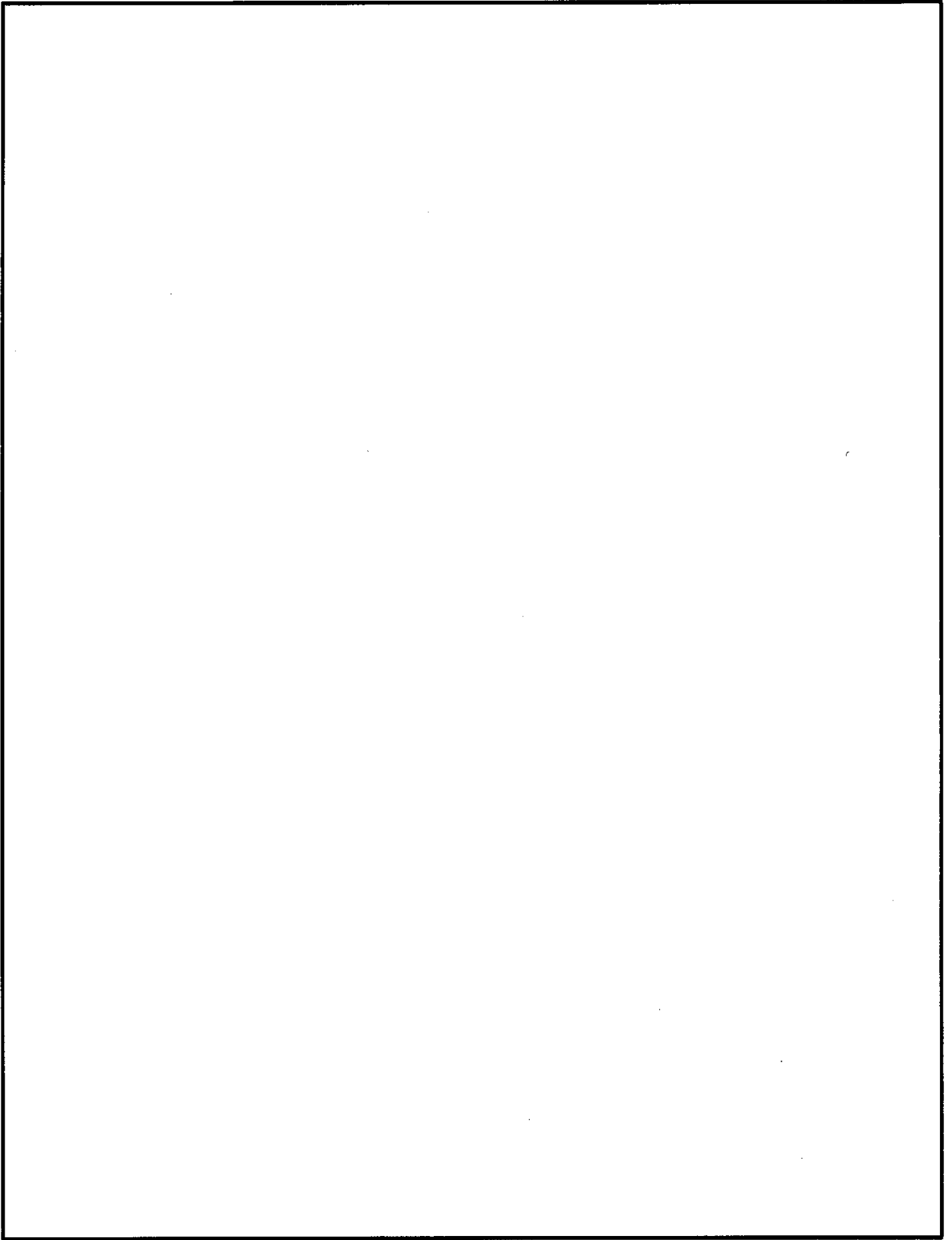


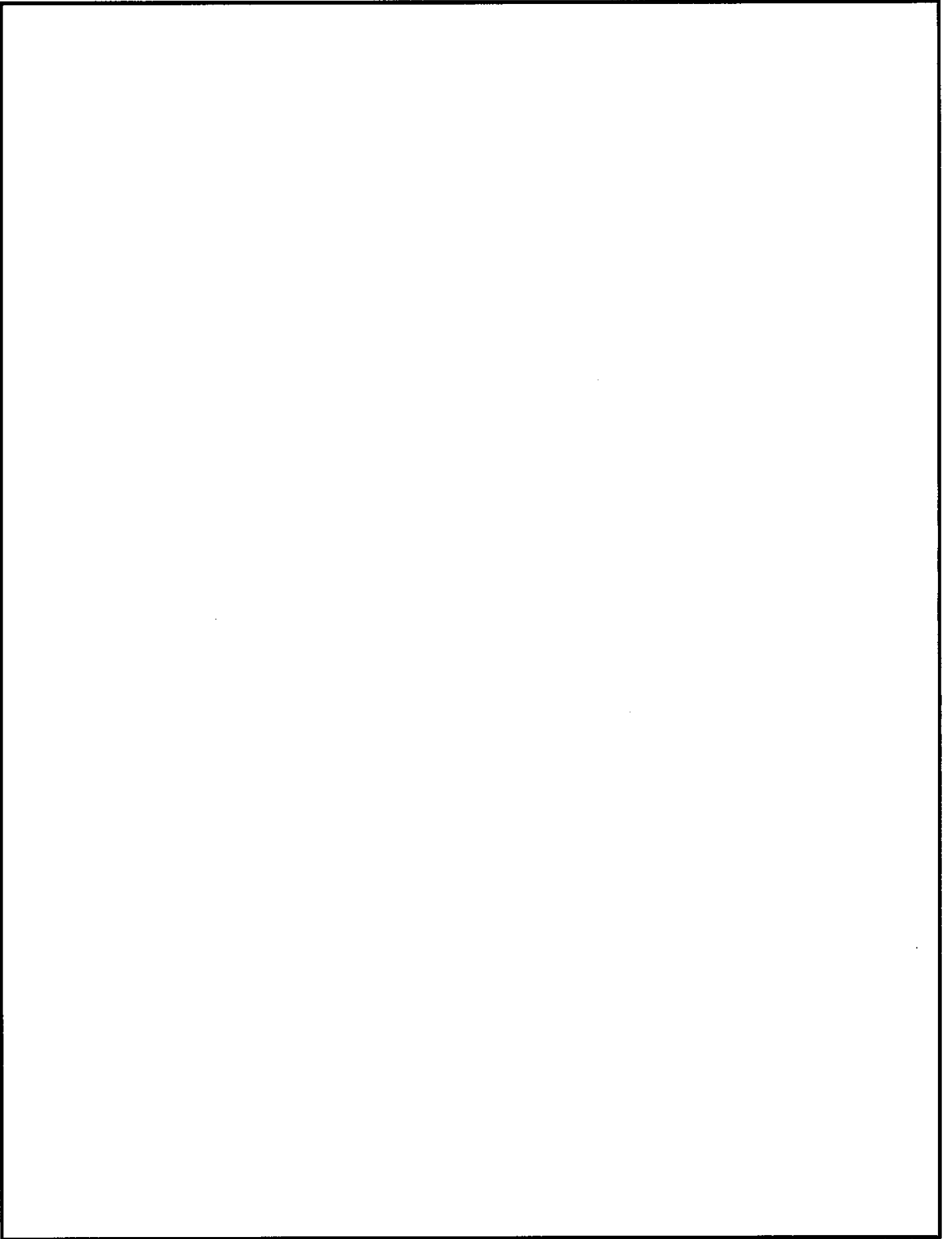


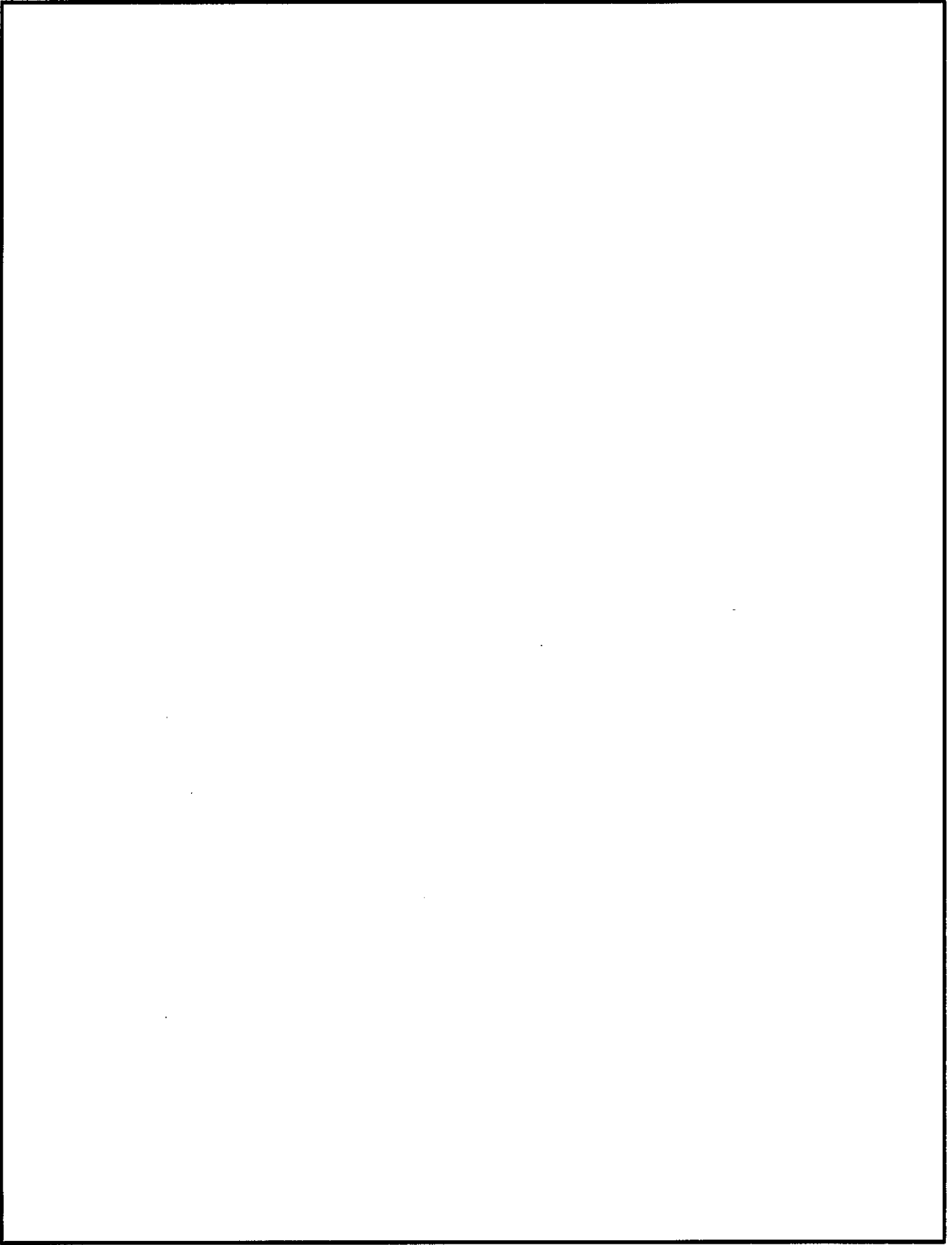


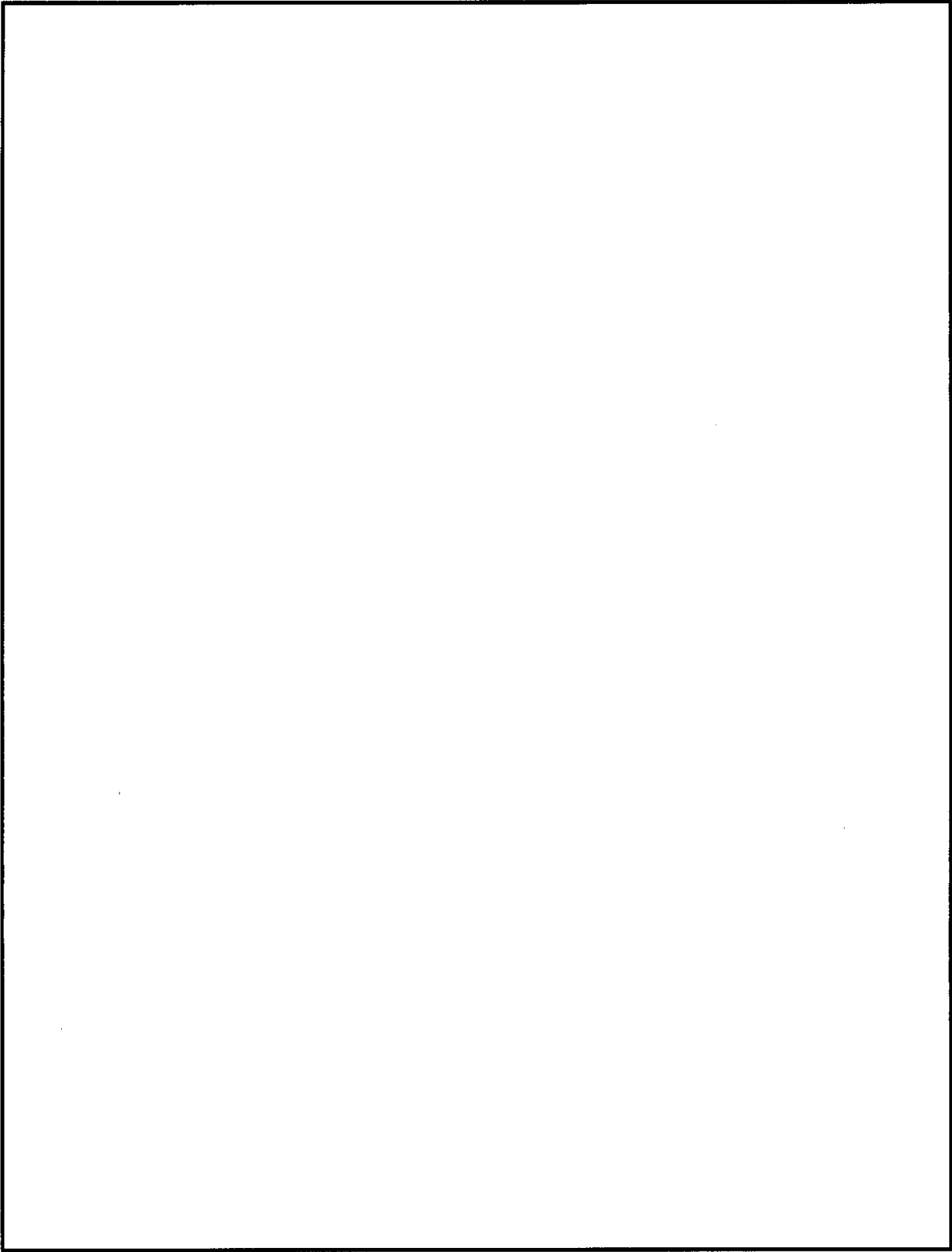


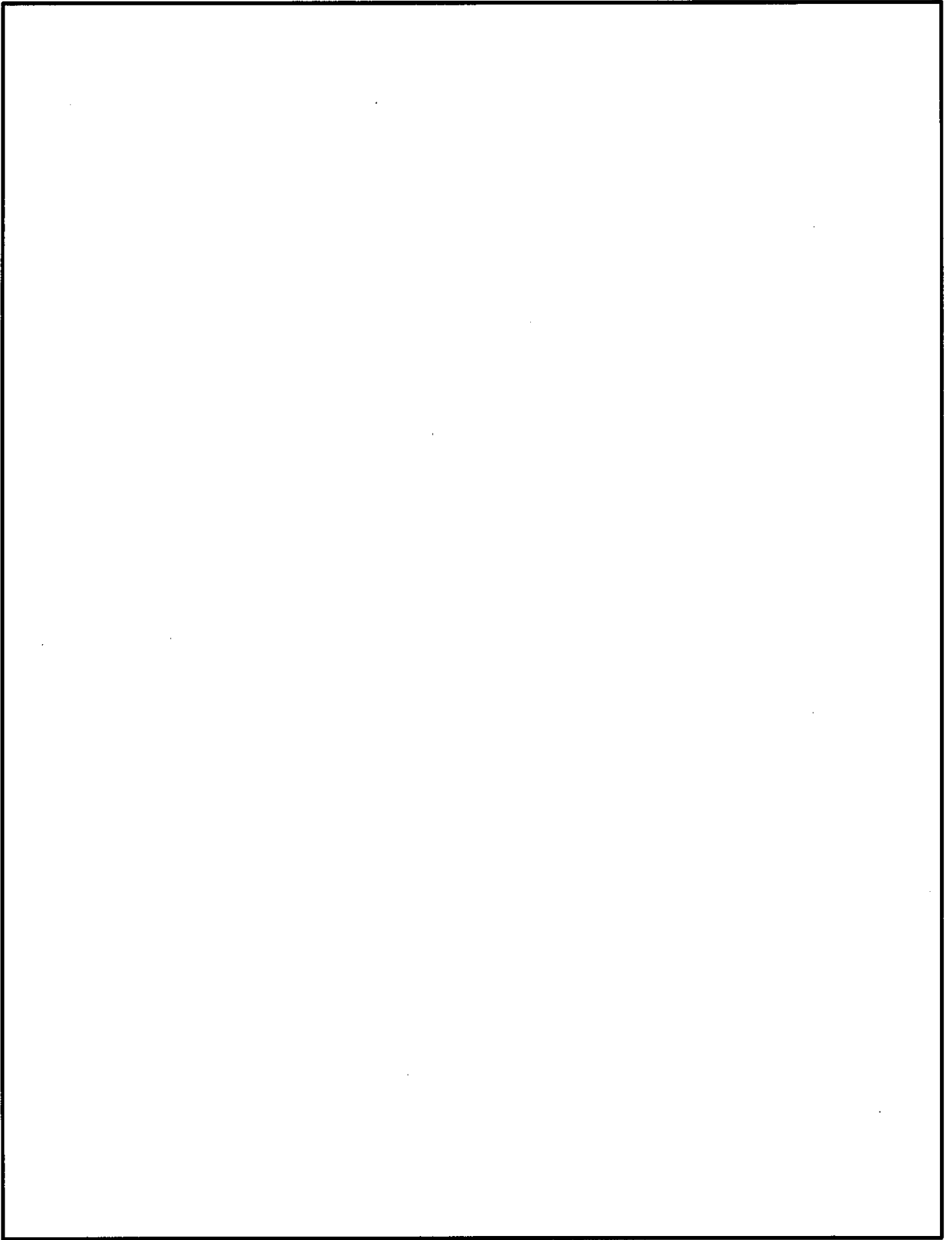


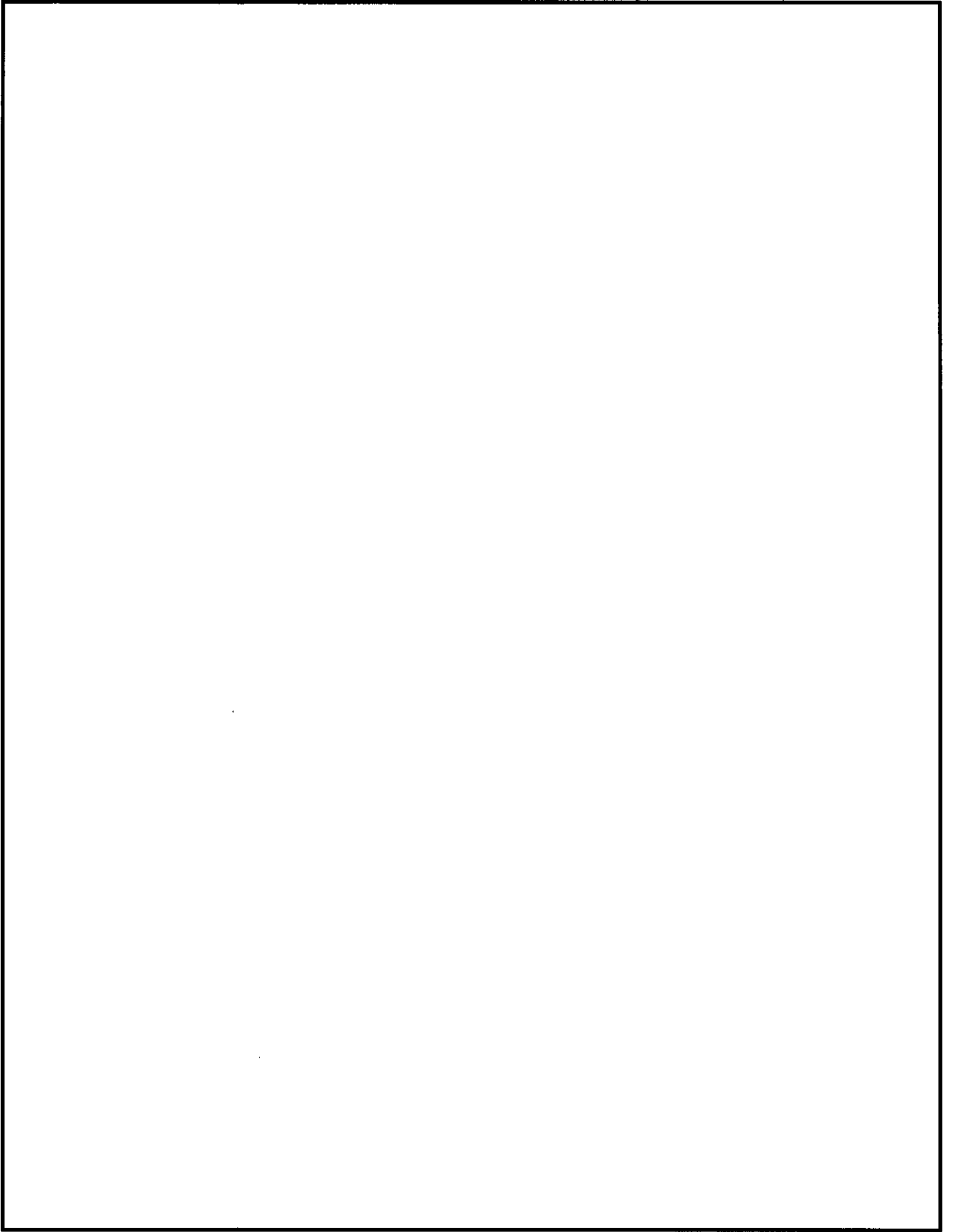


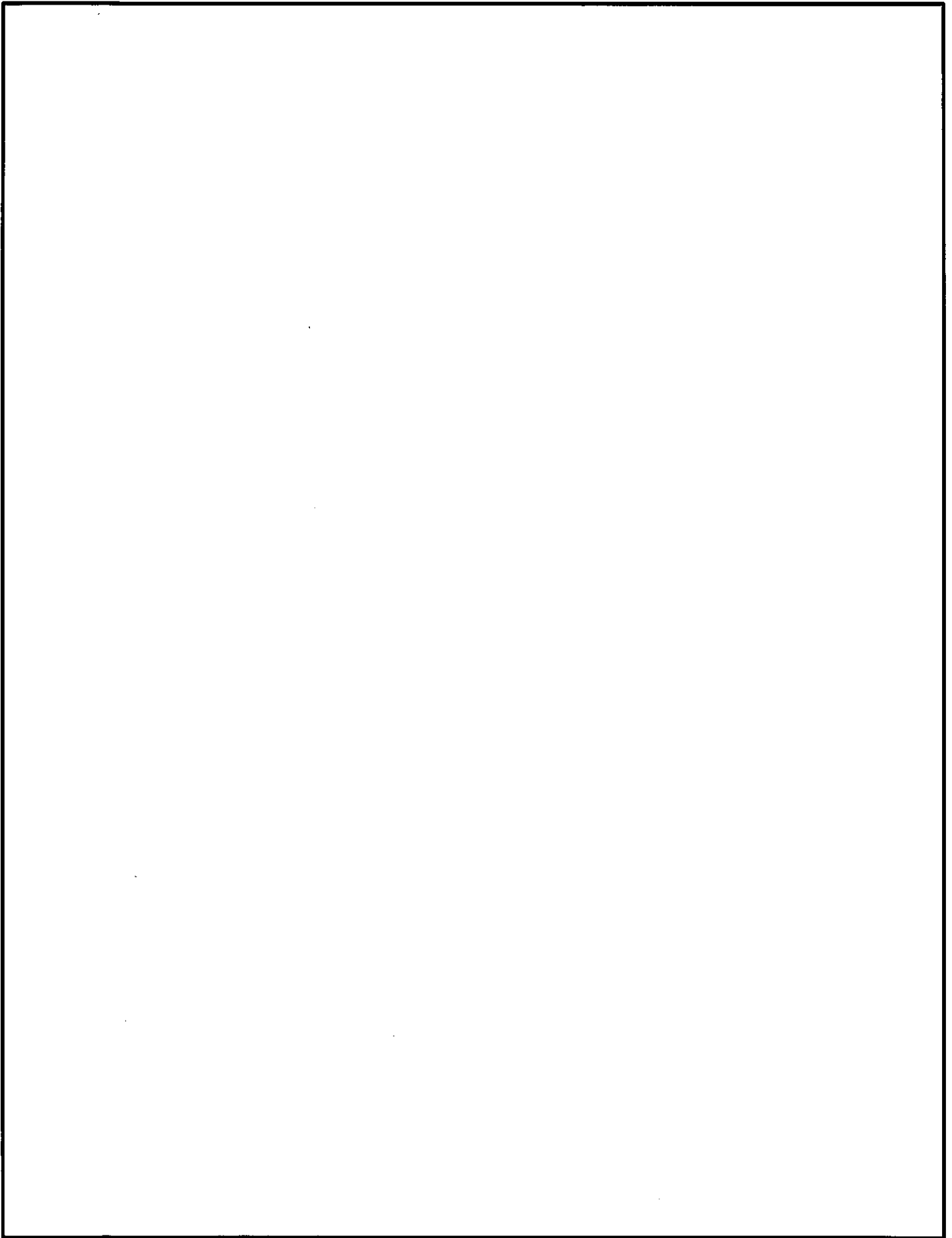


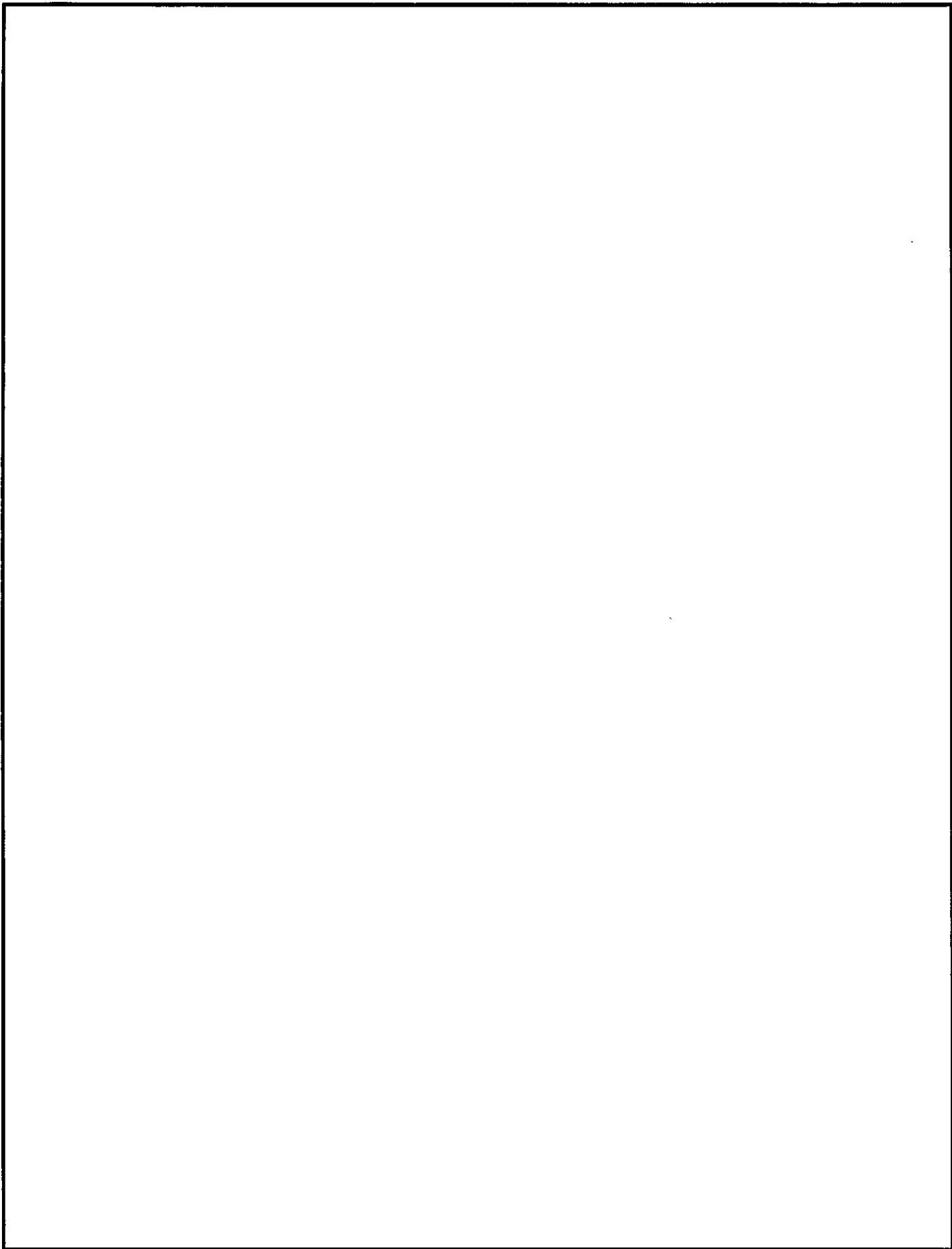


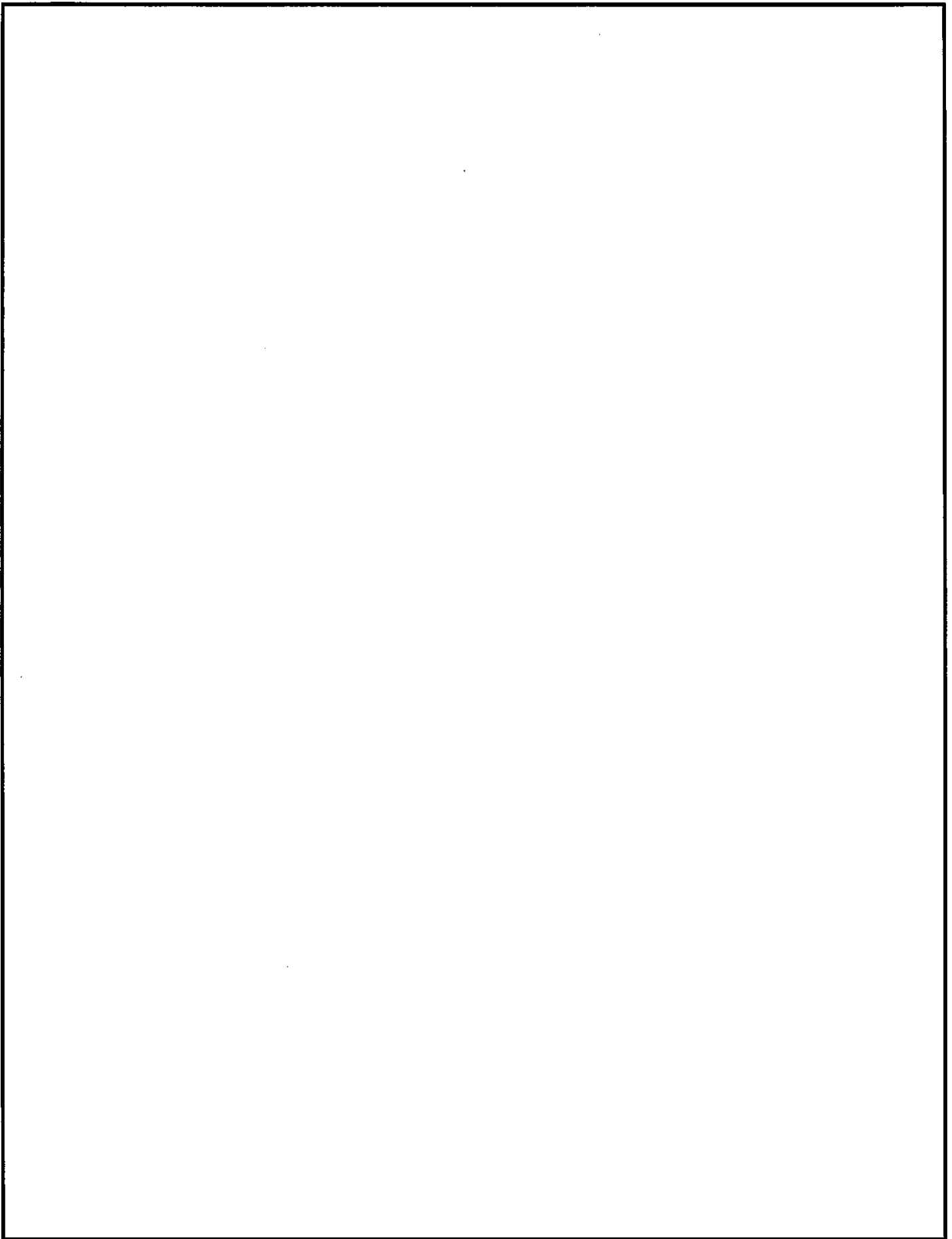


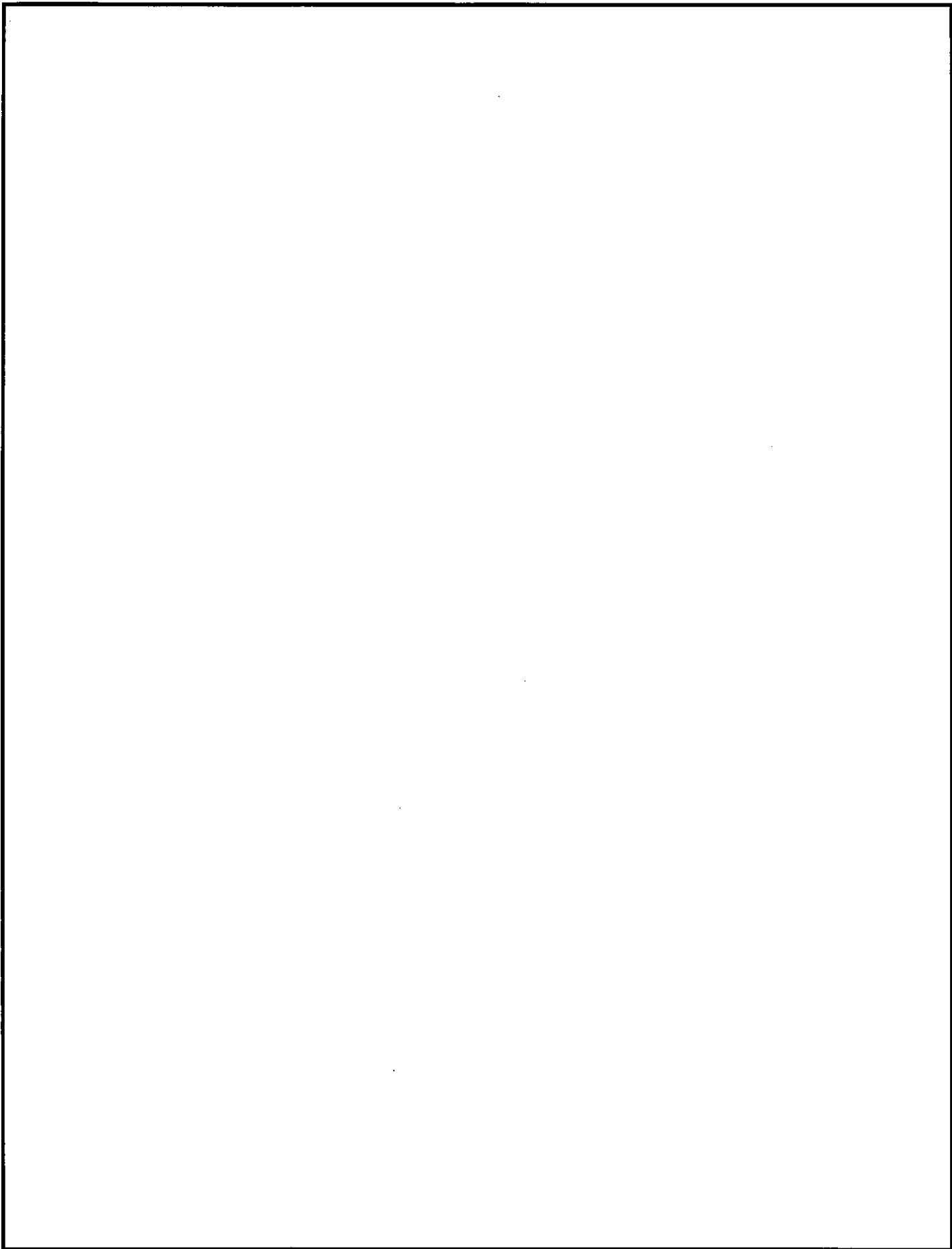


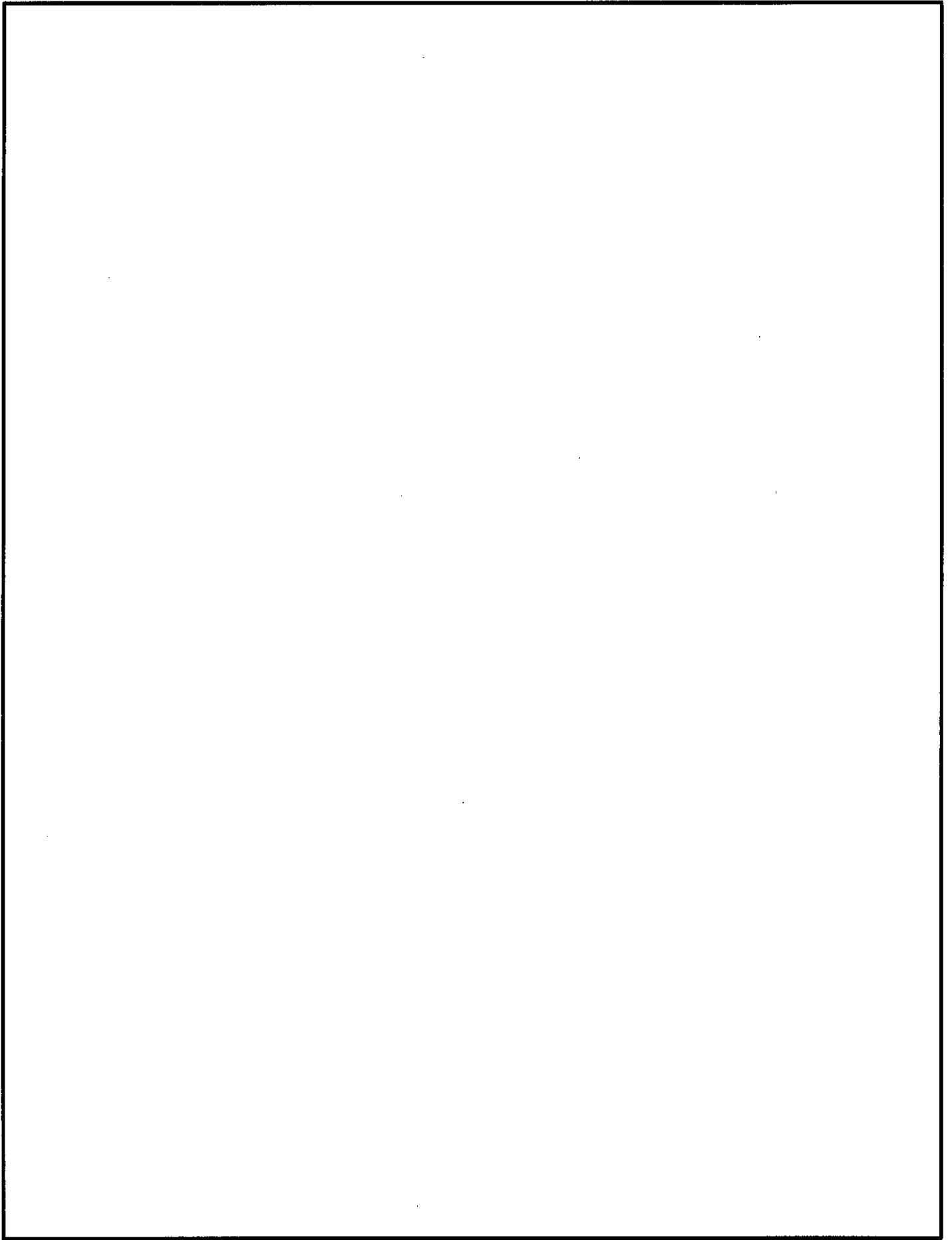


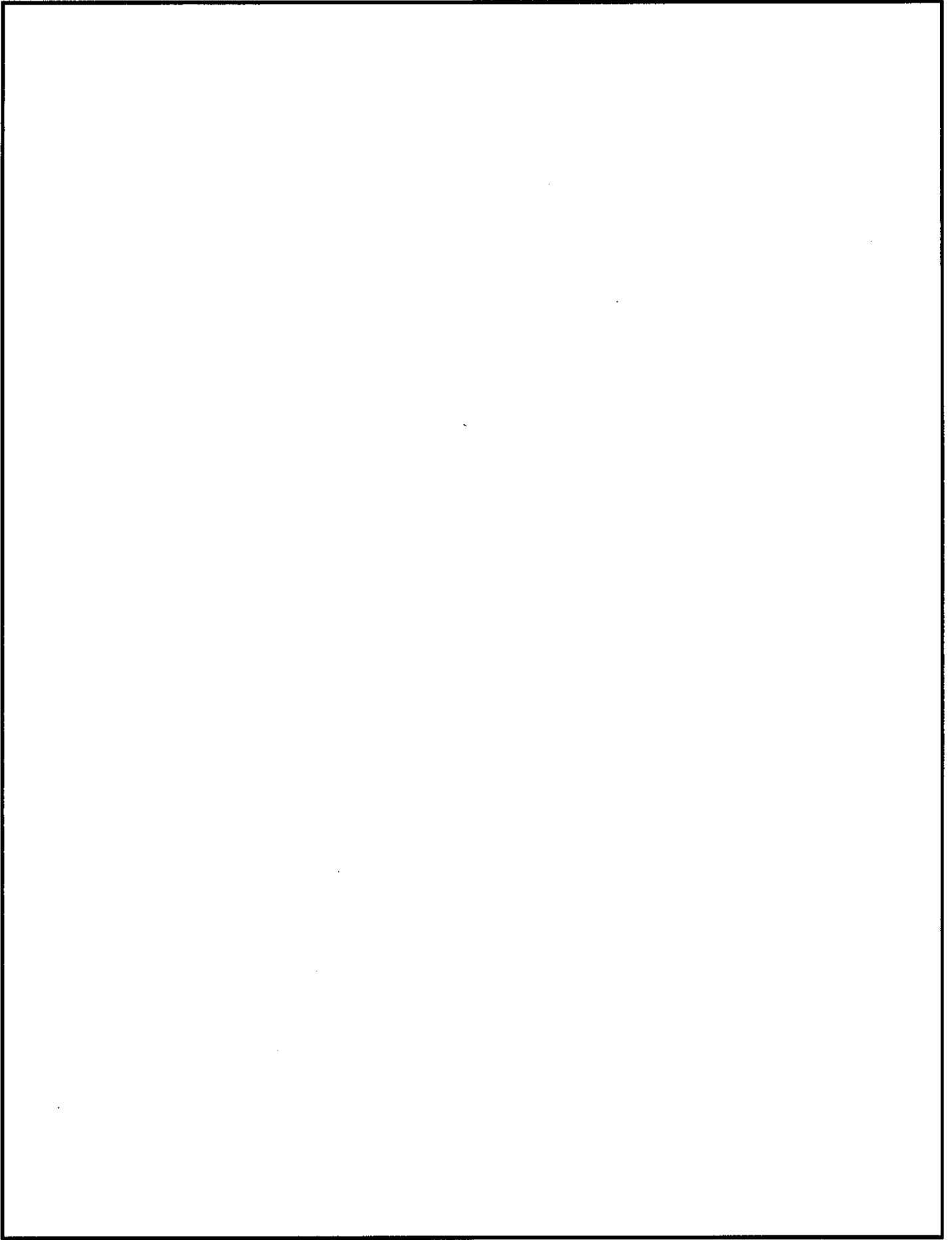


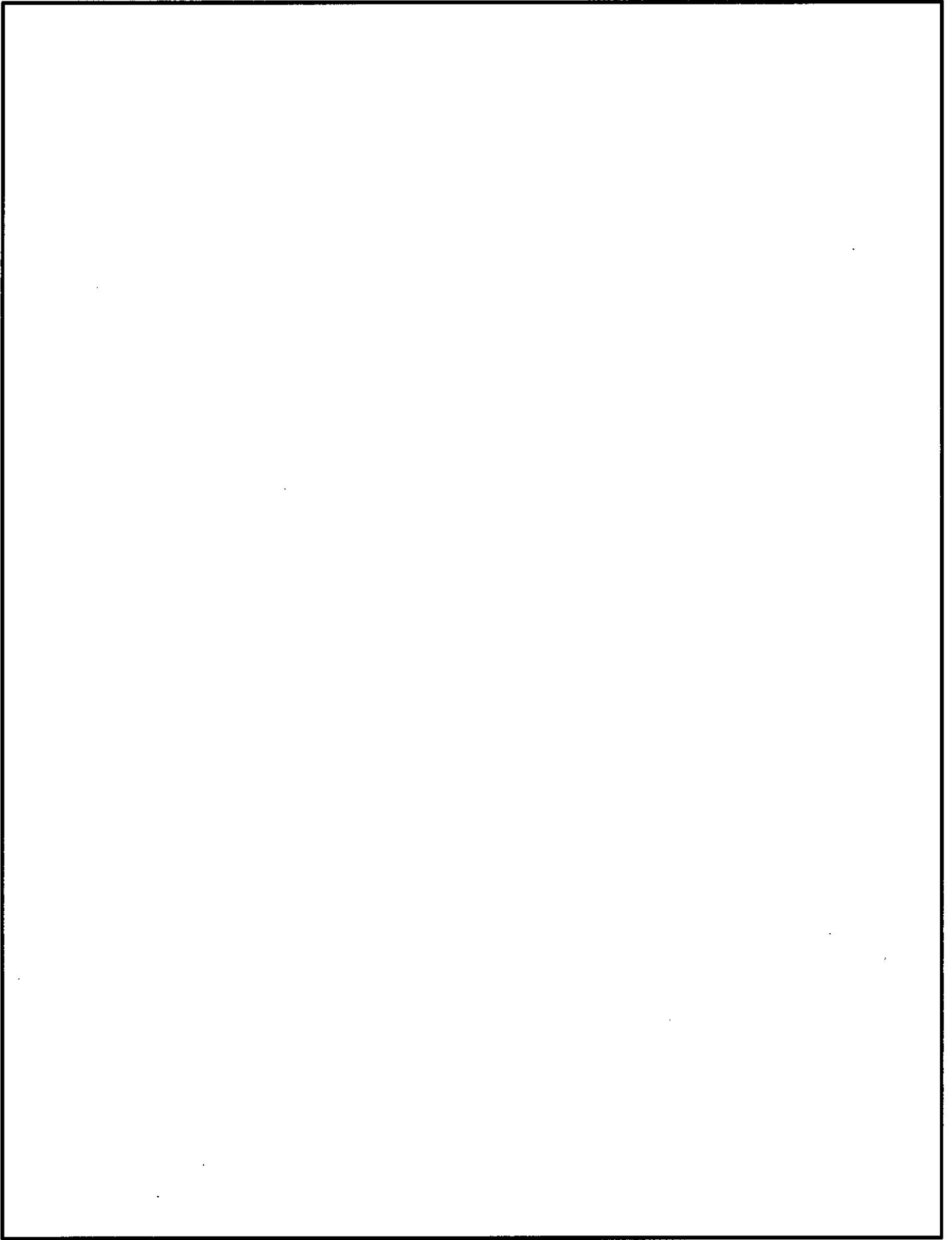


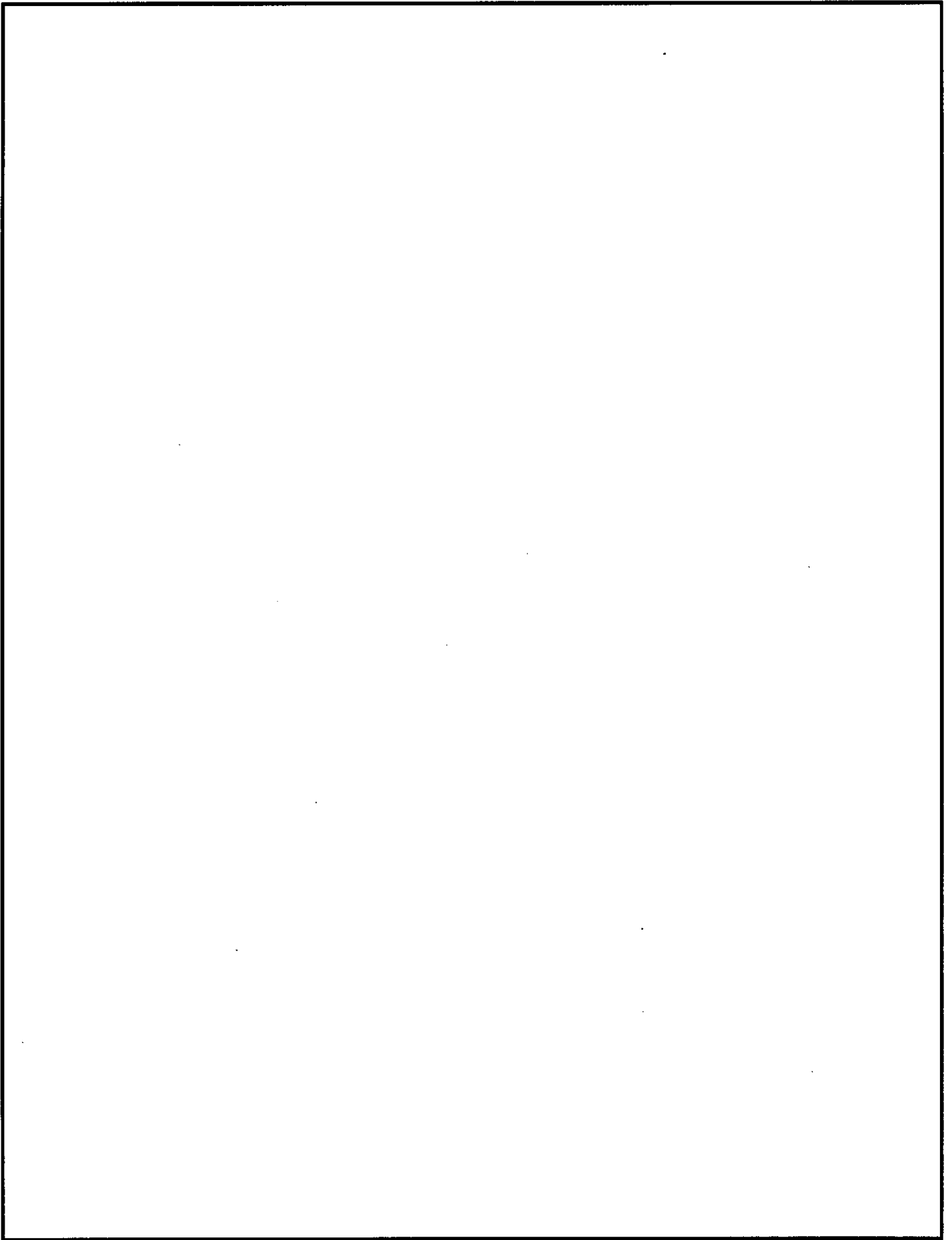


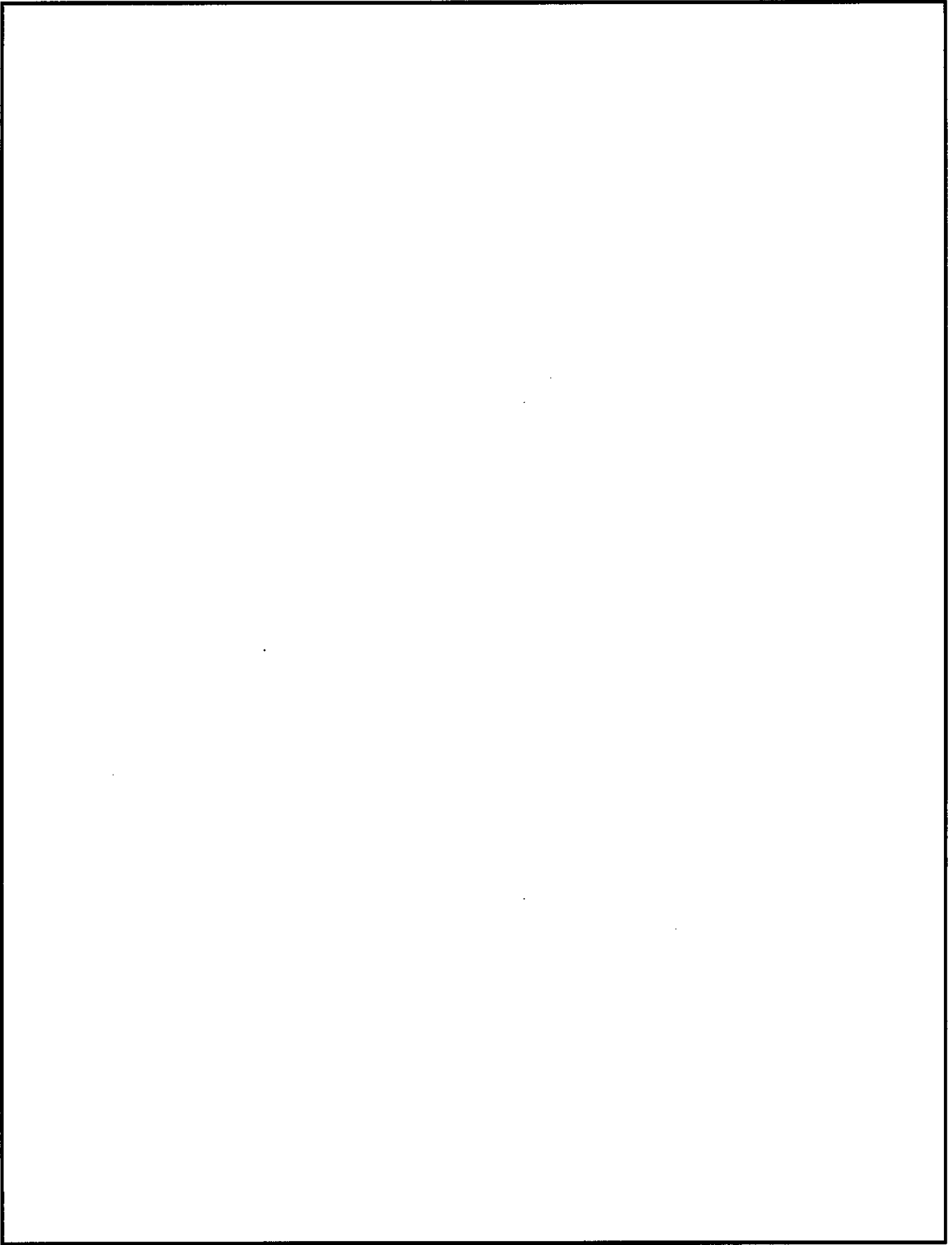












VI-3-別添 1-2-5 防潮堤及び防潮扉の強度計算書

VI-3-別添 1-2-5-1 防潮堤（鋼製防護壁）の強度計算書

防潮堤（鋼製防護壁）の強度計算書

1. 防潮堤（鋼製防護壁）の基礎及び上部構造に関する強度計算書
2. 防潮堤（鋼製防護壁）の止水機構に関する強度計算書

VI-3-別添 1-2-5-1 防潮堤（鋼製防護壁）の強度計算書

1. 防潮堤（鋼製防護壁）の基礎及び上部構造に関する強度計算書

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
6. 現地施工状況等を考慮して実施した強度評価	126
6.1 強度評価の概要	126
6.2 反映すべき現地施工状況等の整理	126
6.3 強度評価に係る基本方針	128
6.4 現地施工状況等を考慮して実施した強度評価結果（津波時）	130
6.5 現地施工状況等を考慮して実施した強度評価結果（重畳時）	146

1. 概要

本資料は、添付書類「VI-3-別添 1-1 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来襲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。

強度計算に当たっては、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。

本資料のうち、「2. 基本方針」～「5. 評価結果」については、平成 30 年 10 月 18 日付け原規規発第 1810181 号にて認可された工事計画の添付書類「V-3-別添 3-2-1-1 防潮堤（鋼製防護壁）の強度計算書」によるものとし、「6. 現地施工状況等を考慮して実施した強度評価」にて鋼製防護壁の現地施工状況等を考慮して実施した強度評価を新たに追加する。

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。

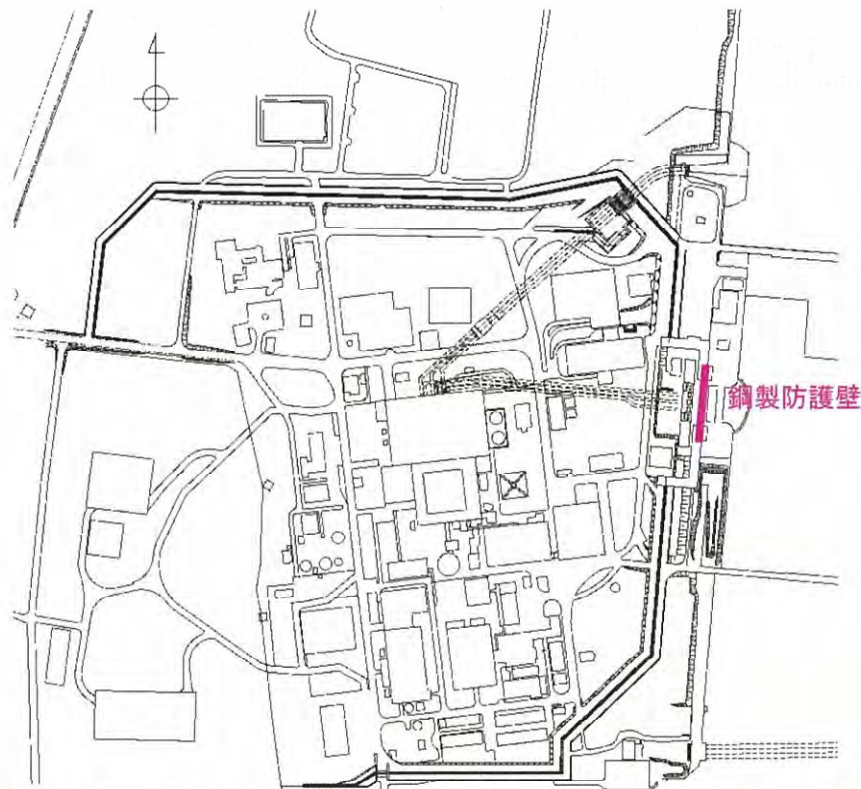


図 2-1 鋼製防護壁位置図

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。

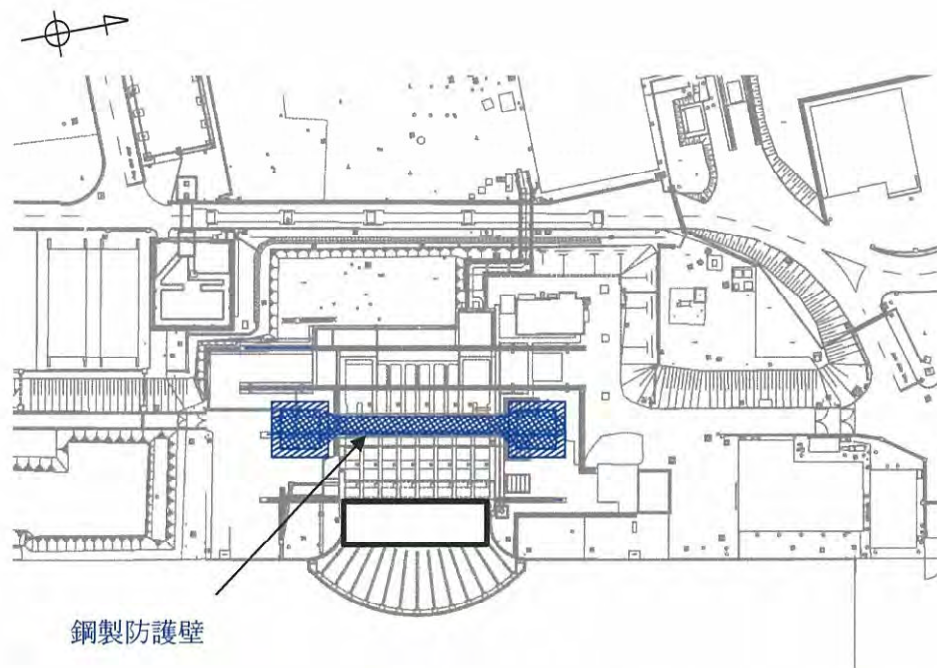


図 2-2 鋼製防護壁の検討対象位置平面図

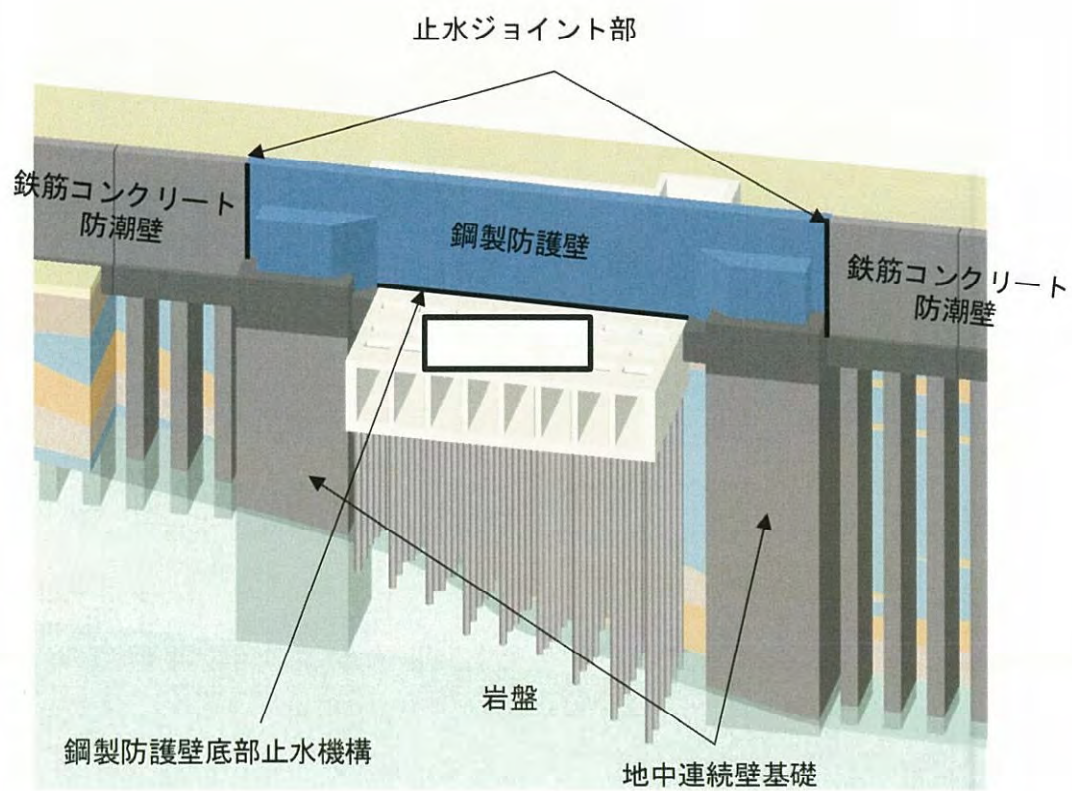


図 2-3 鋼製防護壁の構造概要図

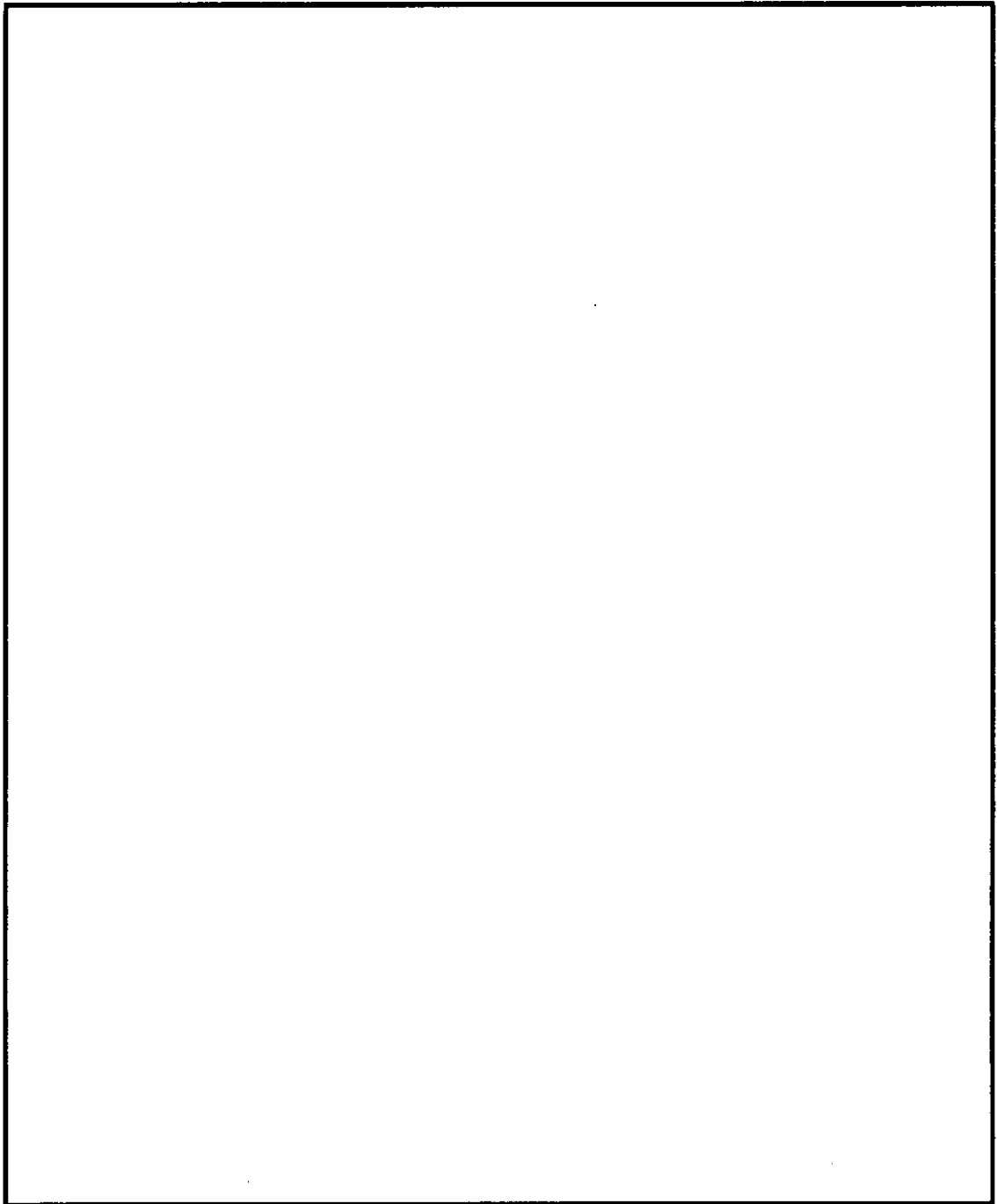


図 2-4 鋼製防護壁の構造図

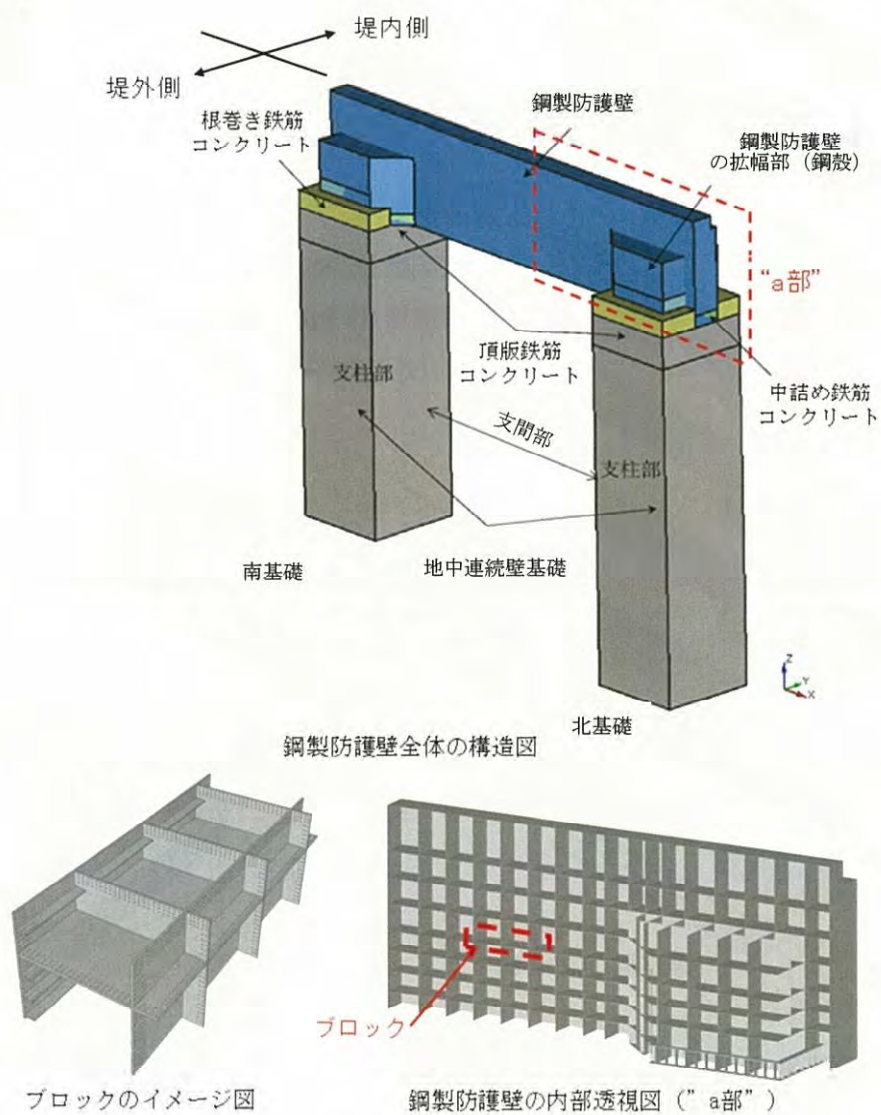


図 2-5 鋼製防護壁全体の構造概要図

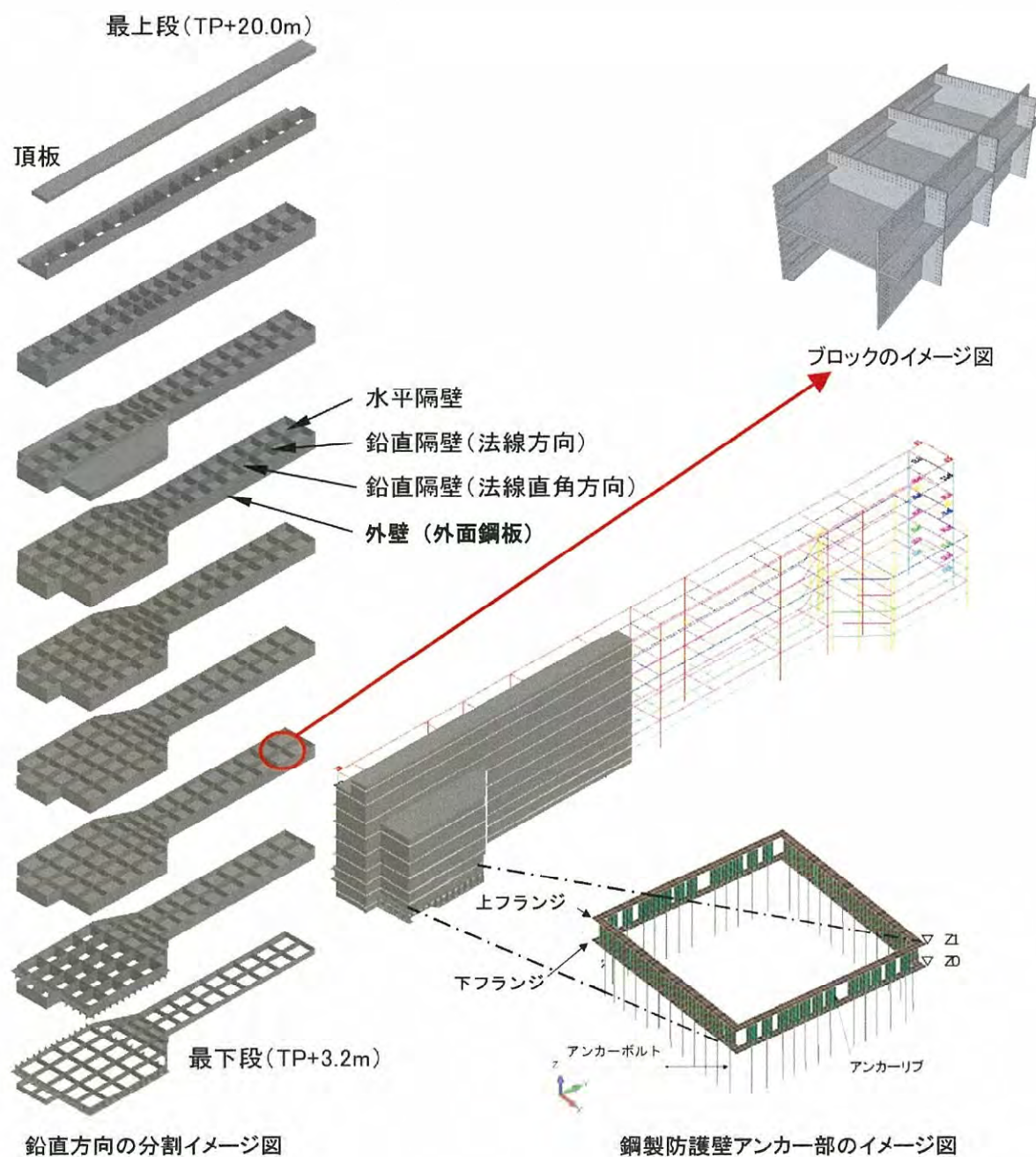


図 2-6 鋼製防護壁の上部構造の構造概念図

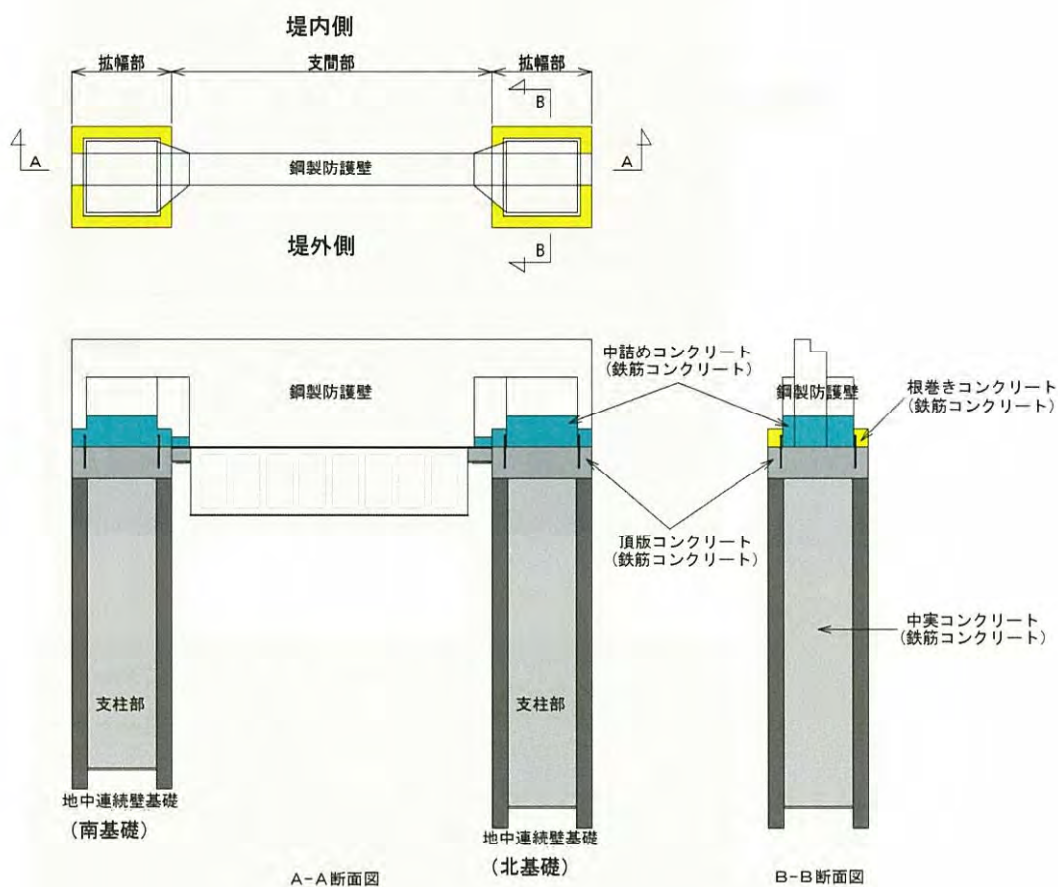


図 2-7 (1) 鋼製防護壁の全体構成図

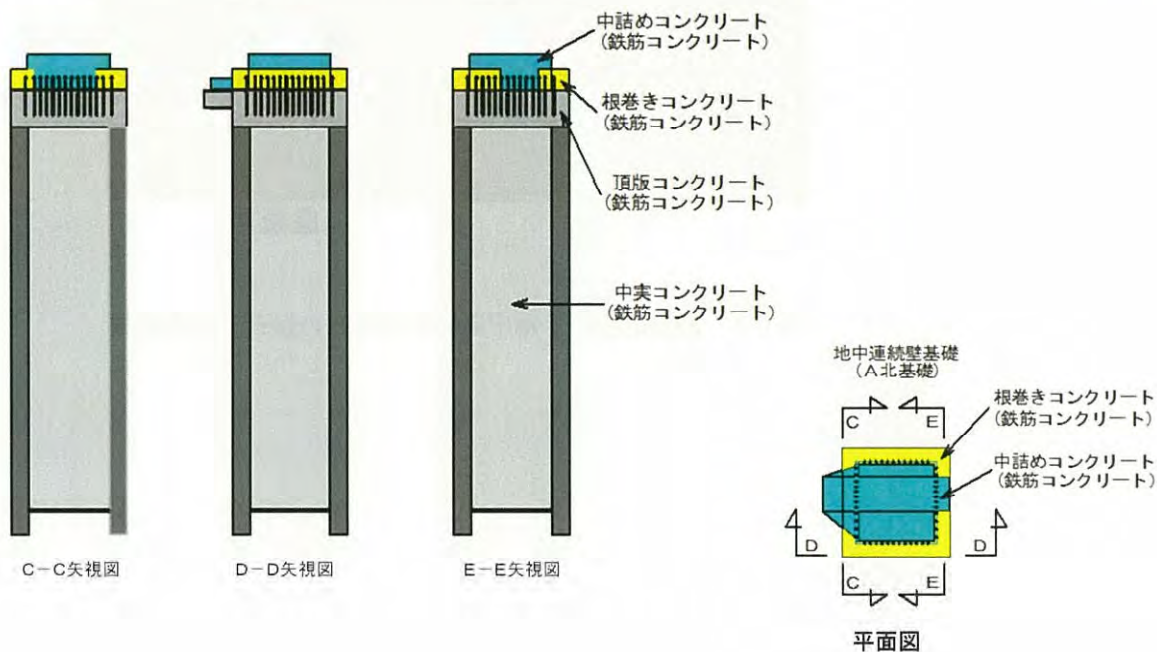


図 2-7 (2) 鋼製防護壁 (地中連続壁基礎) の構成図

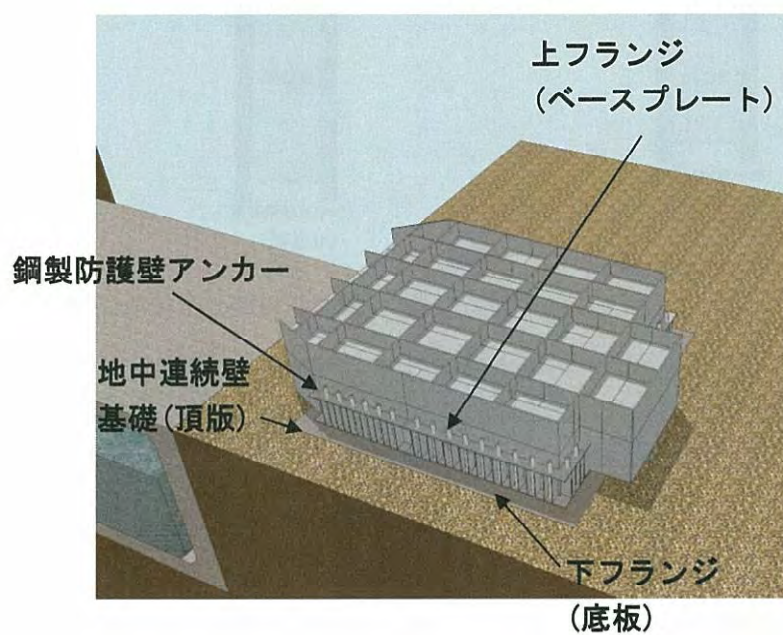


図 2-8 鋼製防護壁と地中連続壁基礎との接合部の概要図

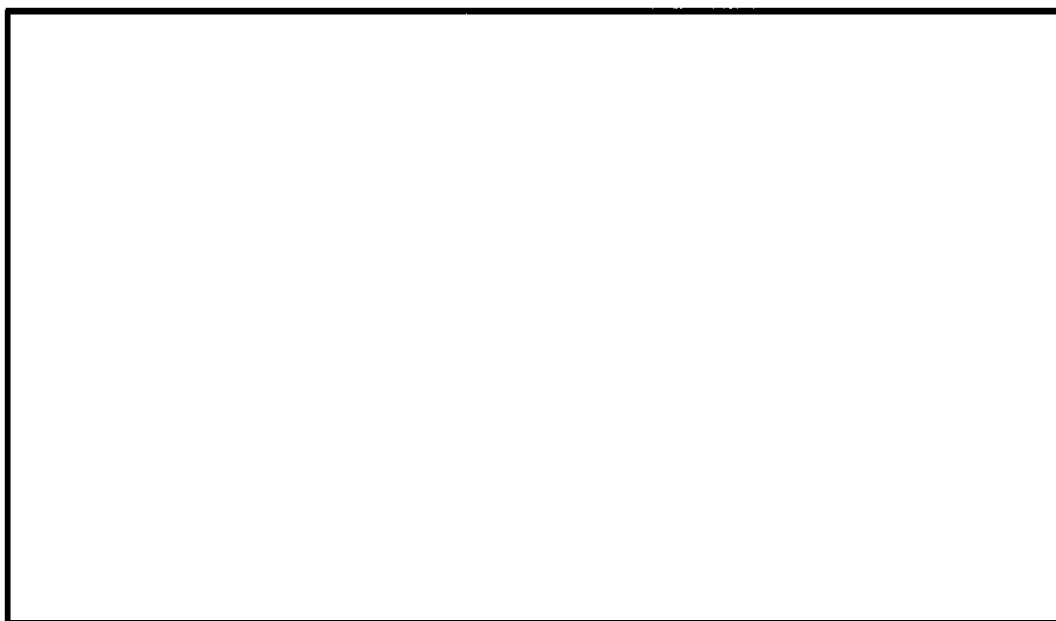


図 2-9 (1) 鋼製防護壁と地中連続壁基礎との接合部構造図 (A-A断面)

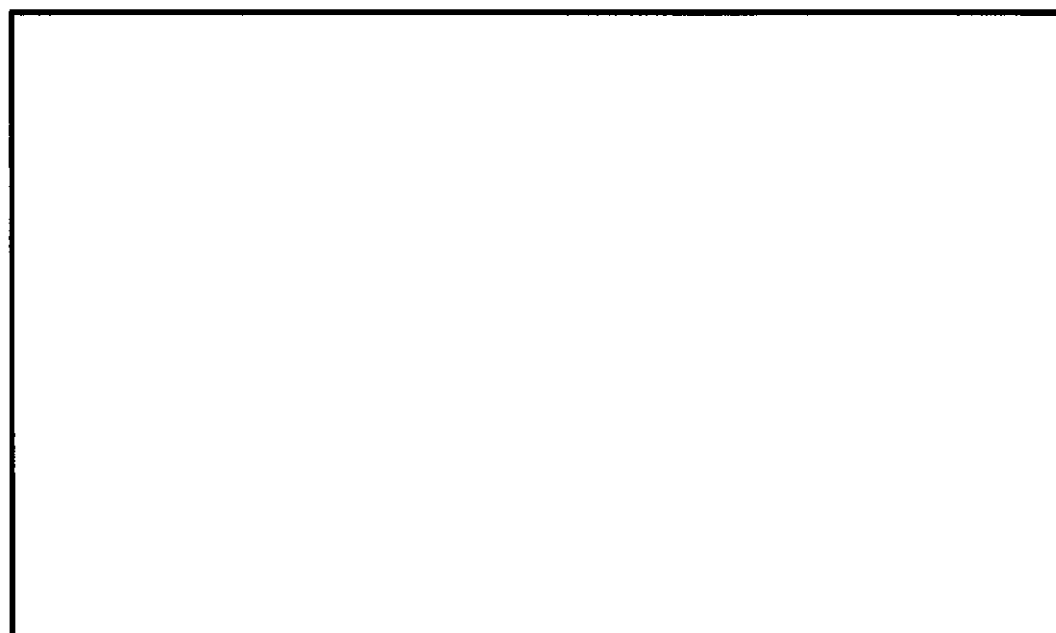


図 2-9 (2) 鋼製防護壁と地中連続壁基礎との接合部構造図 (B-B断面)

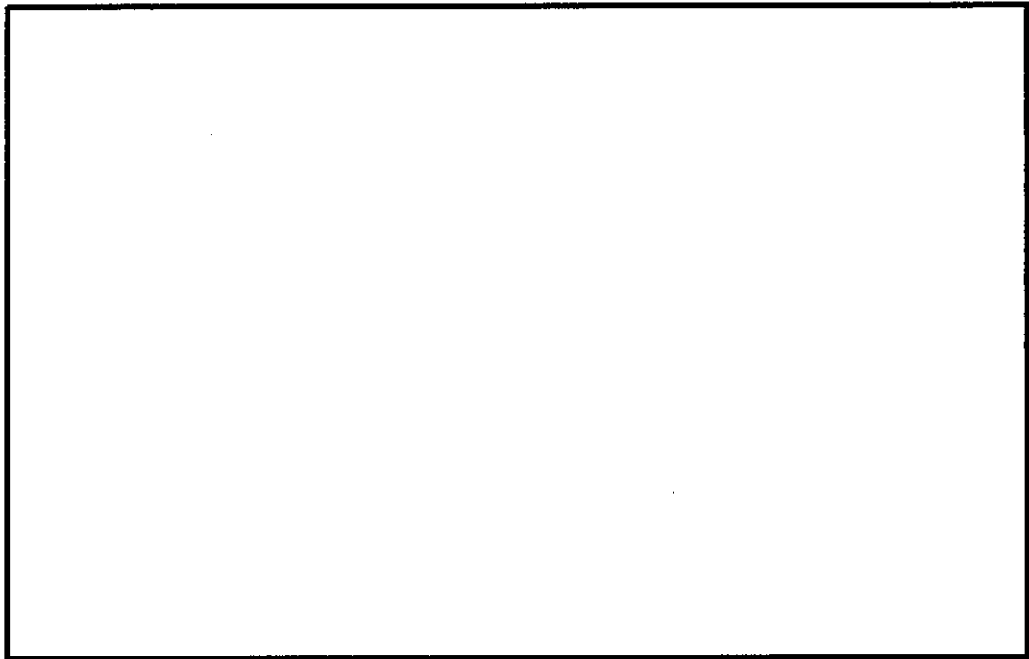


図 2-9 (3) 鋼製防護壁と地中連続壁基礎との接合部構造図 (C-C断面)

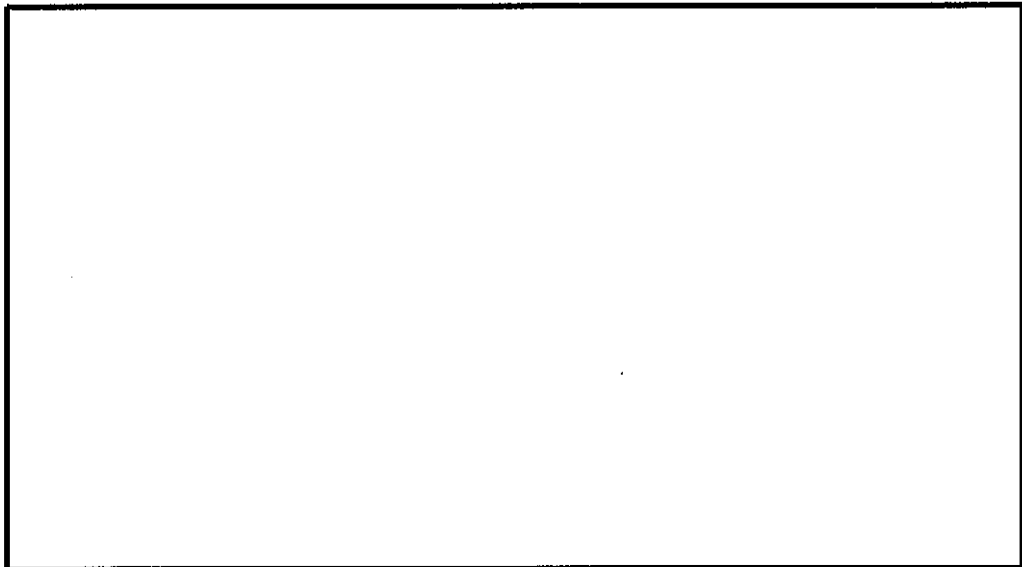


図 2-9 (4) 鋼製防護壁と地中連続壁基礎との接合部構造図 (D-D断面)

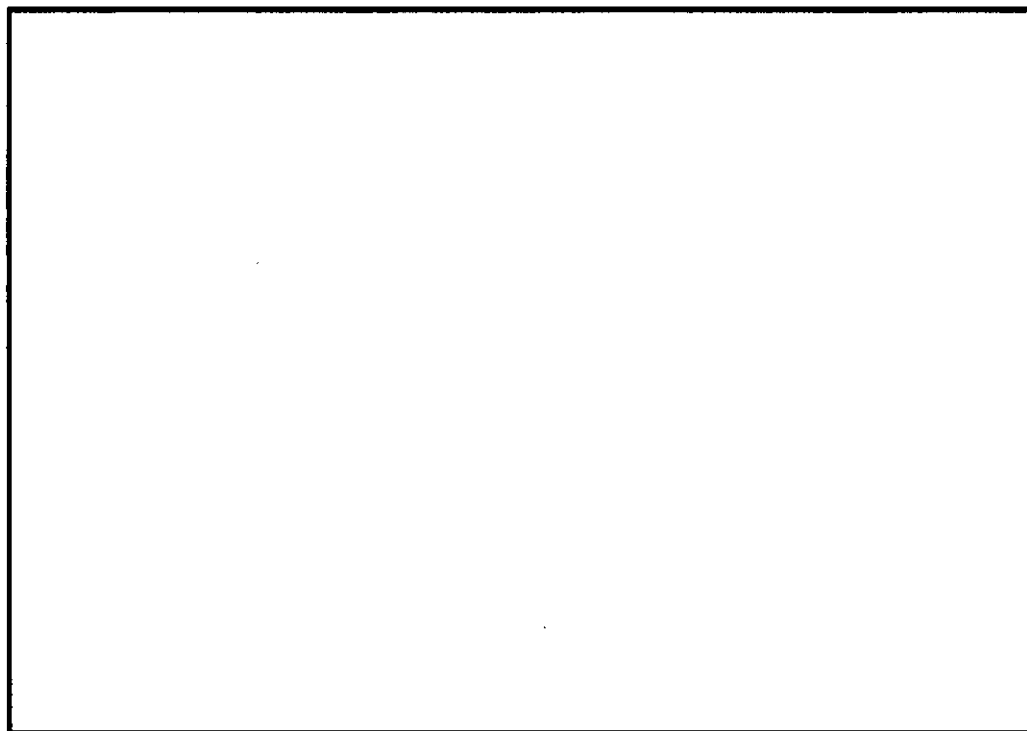


図 2-9 (5) 鋼製防護壁と地中連続壁基礎との接合部構造図 (E-E 断面)

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。

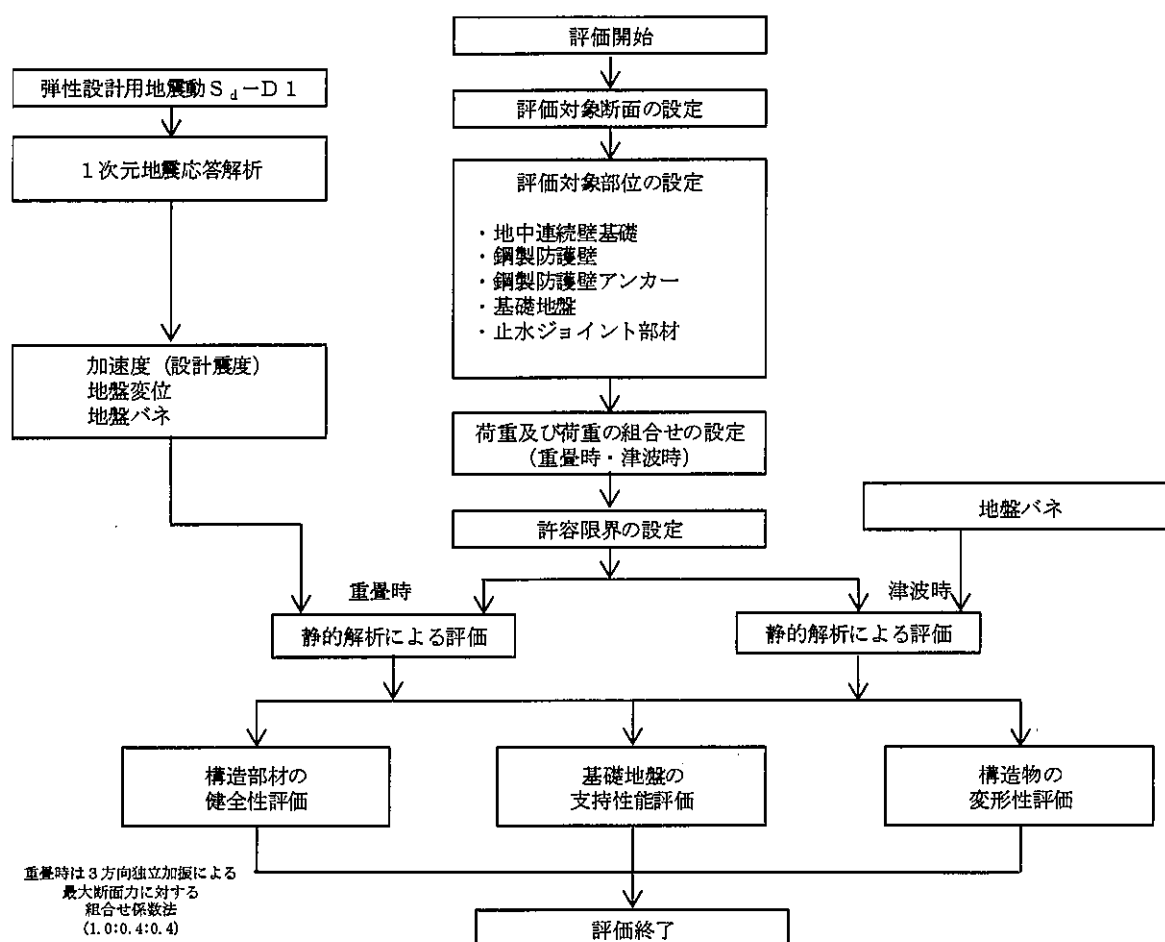


図 2-10 鋼製防護壁の耐津波評価フロー

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_{a1}	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_{ca1}	N/mm ²	コーンせん断応力度（コンクリートのみ）
τ_{ca2}	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_{a1}	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。

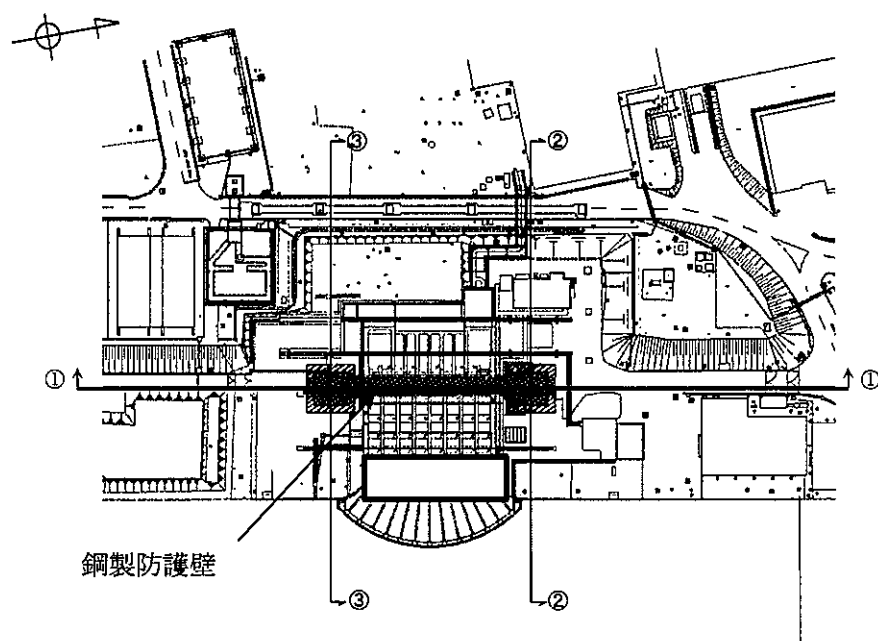


図 3-1 鋼製防護壁の評価対象断面位置

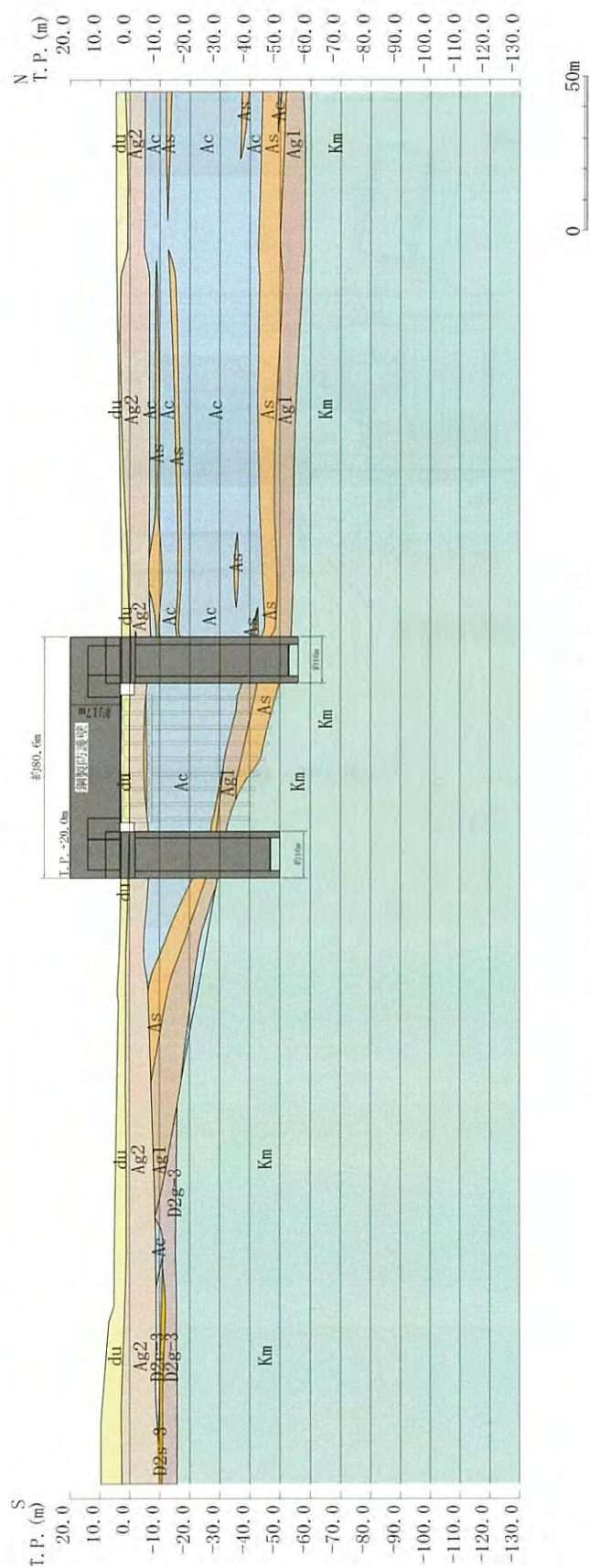


図 3-2 (1) 鋼製防護壁断面図 (①-①断面)

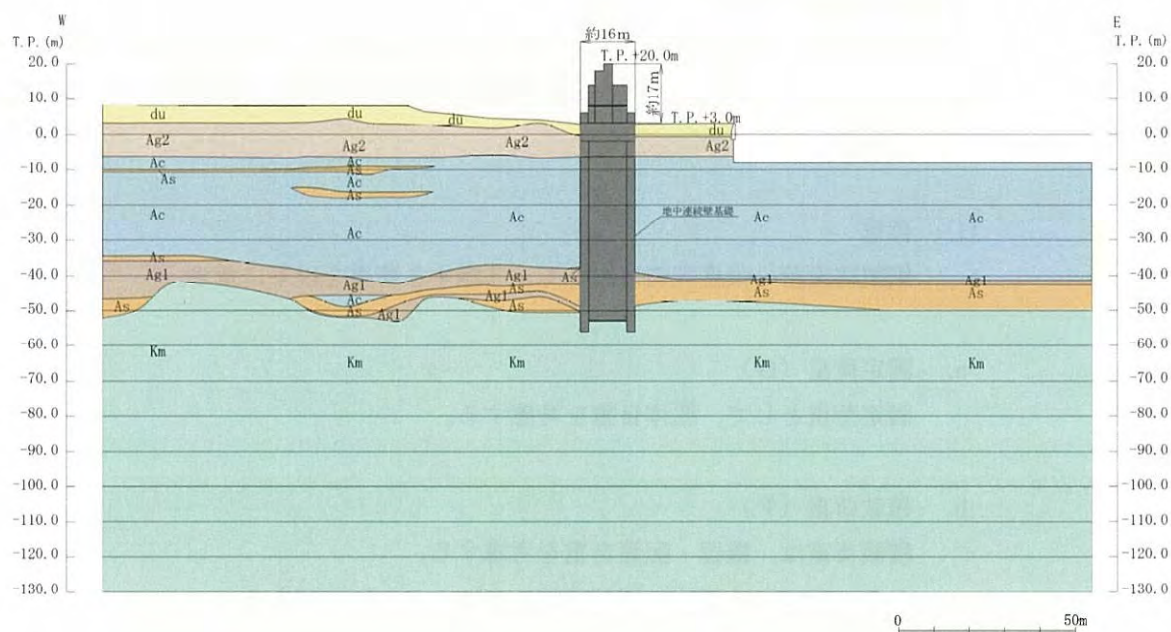


図 3-2 (2) 鋼製防護壁断面図 (②-②断面)

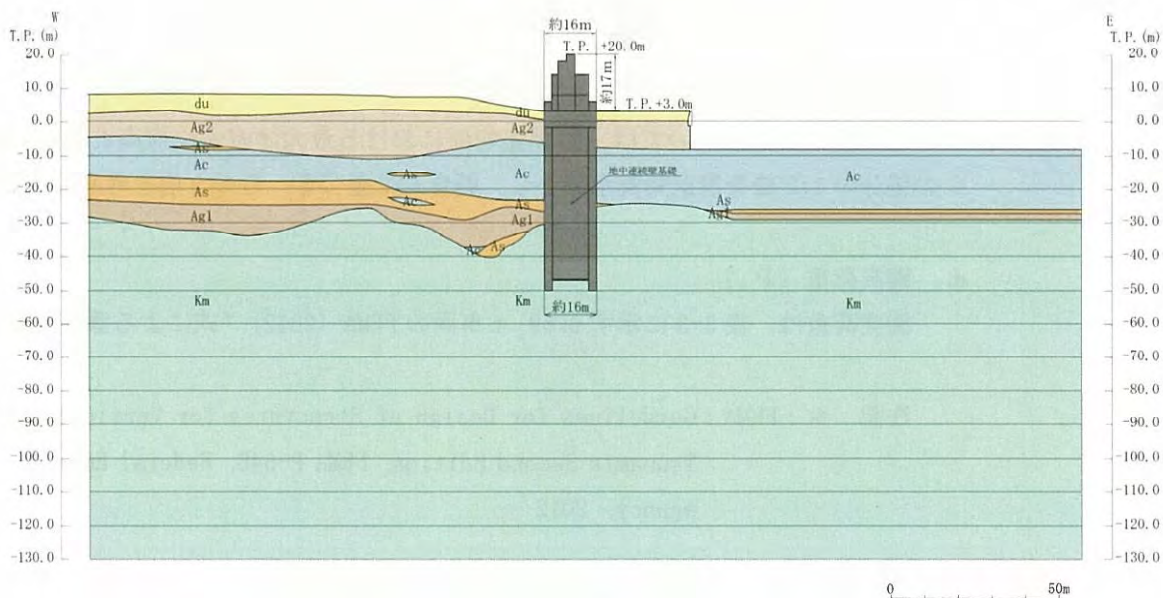


図 3-2 (3) 鋼製防護壁断面図 (③-③断面)

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)

固定荷重として、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_o)

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)

積雪荷重として 30 cm の積雪を考慮する。

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

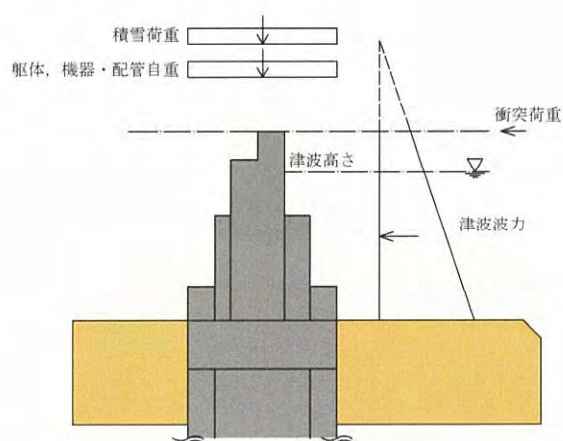


図 3-3 (1) 津波時（基準津波時）の作用図

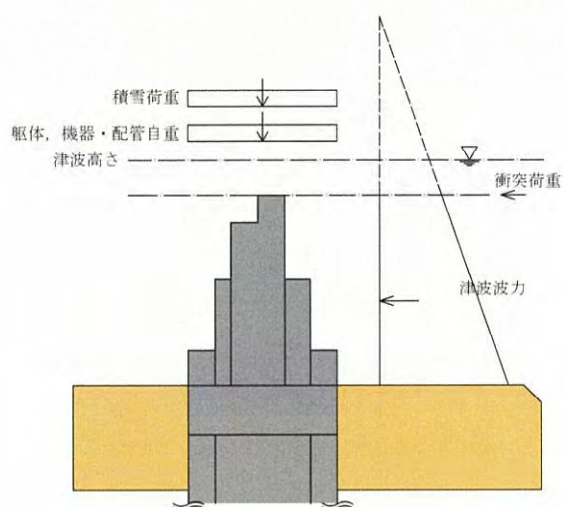


図 3-3 (2) 津波時（敷地に遡上する津波時）の作用図

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

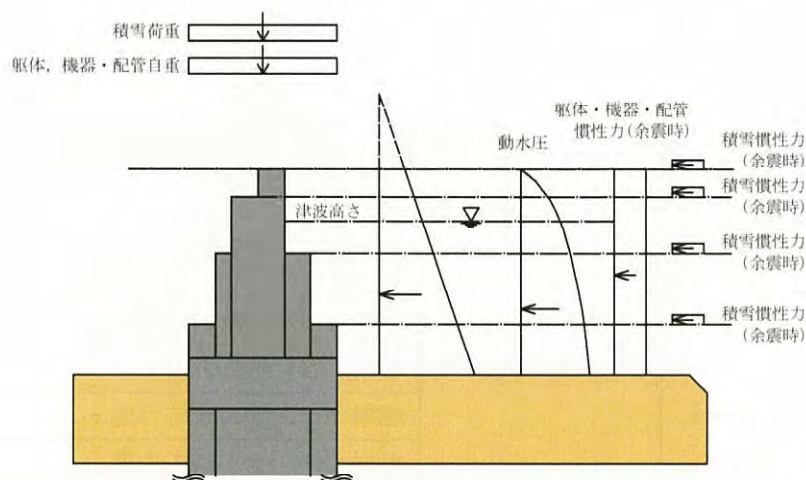


図 3-4 (1) 重畳時（基準津波時）の作用図

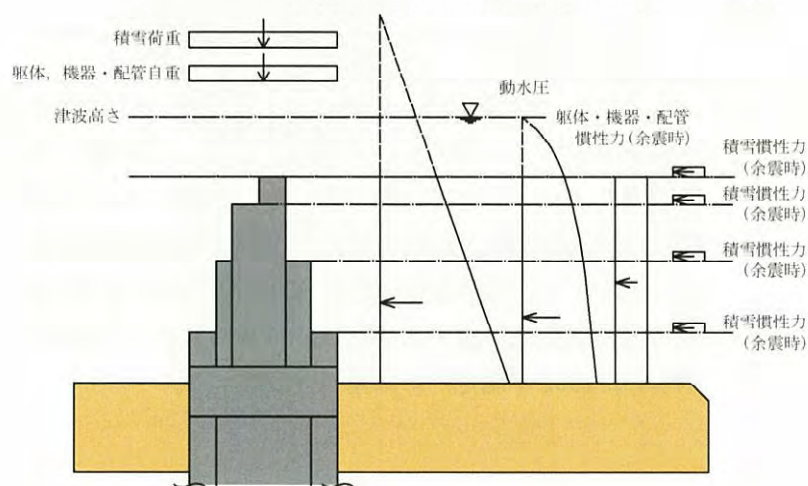


図 3-4 (2) 重畳時（敷地に遡上する津波時）の作用図

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_{sl}	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_{con1}	0.825 *4
		短期コーンせん断応力度 τ_{con2}	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_{sl}	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 基礎地盤の極限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

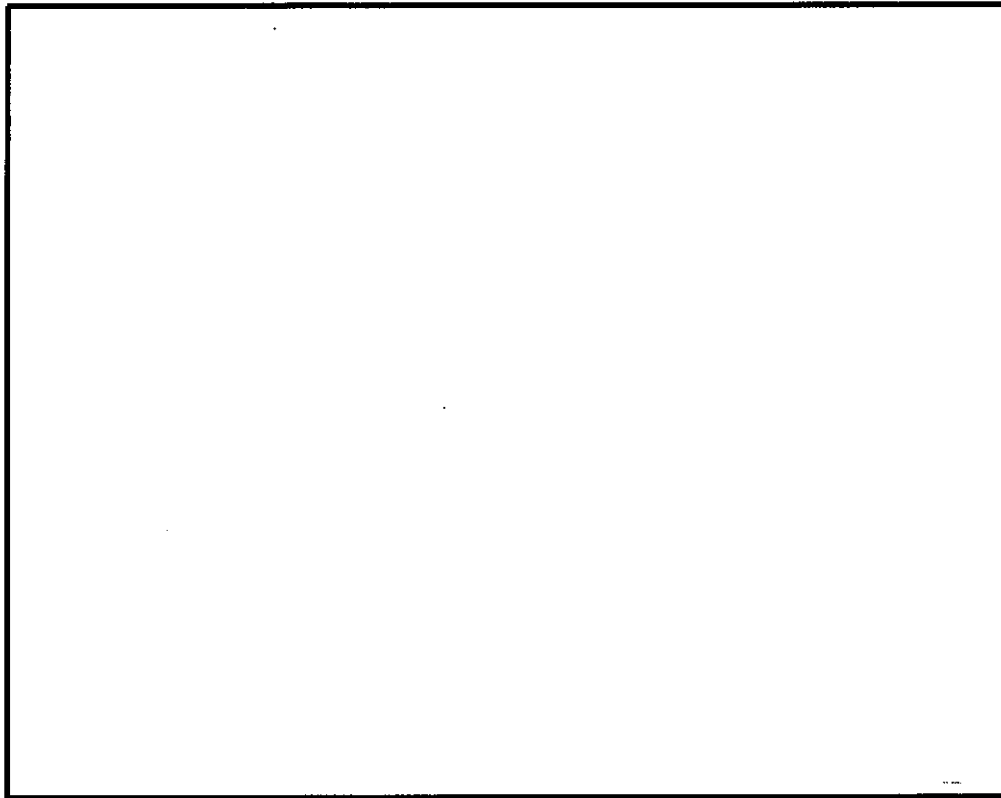
津波時に発生する応答値は、固定荷重、積載荷重及び積雪の長期荷重に加え、津波荷重を作用させるとともに、衝突荷重を鋼製防護壁天端に作用させた3次元静的フレーム解析により算定する。

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，2002年）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。

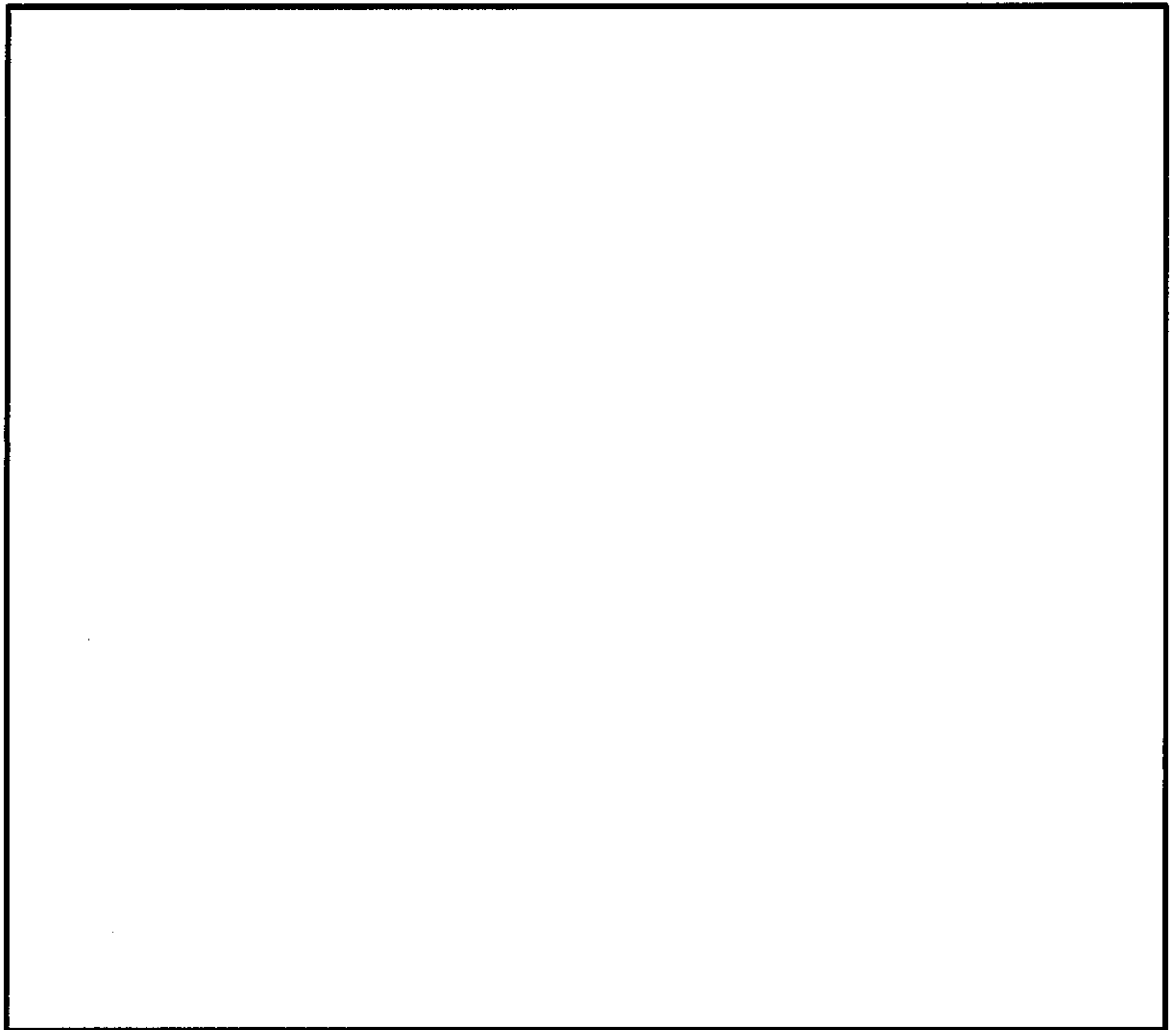


図 3-6 鋼製防護壁の上部構造のモデル化概念図

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	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。 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。 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。									

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)

積雪荷重として 30 cm の積雪を考慮する。

(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られるため, 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られ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

重畳時においては固定荷重、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。

重畳時においては、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・FLIP」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。

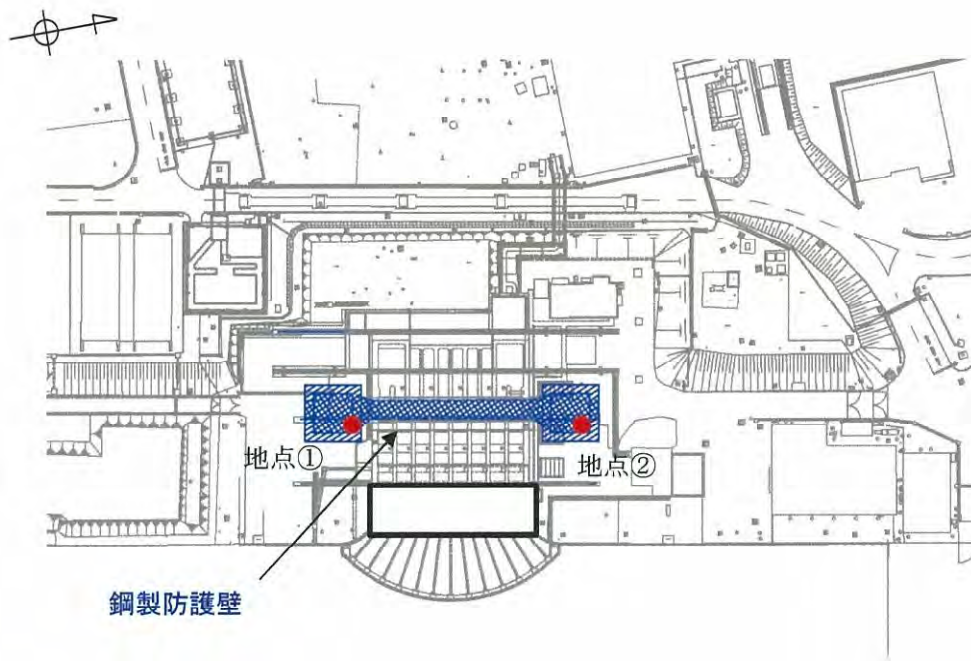


図 3-7 1次元有効応力解析実施位置図

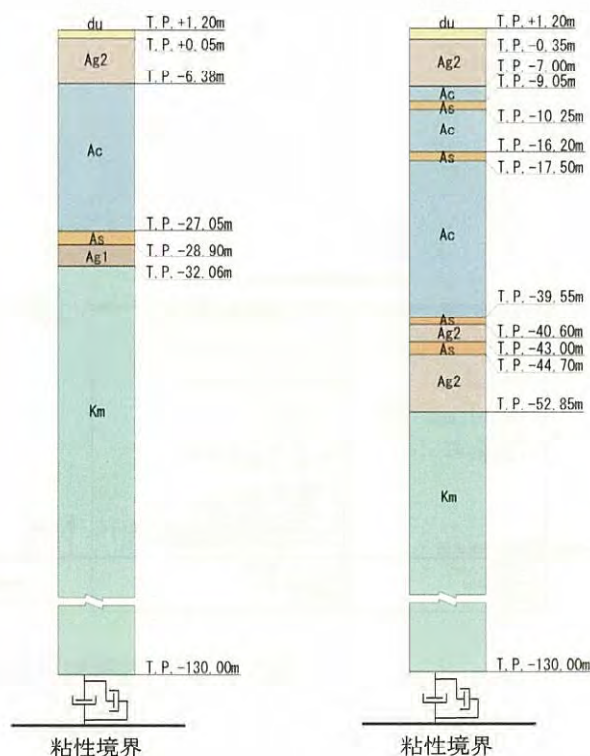


図 3-8 1次元有効応力解析モデル概念図（左：地点①，右：地点②）

(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。

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_a-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。

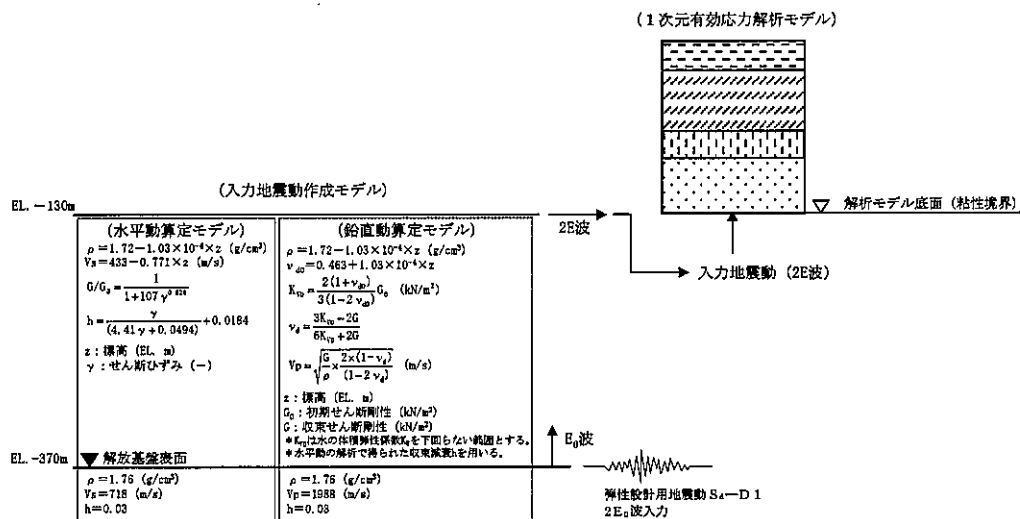
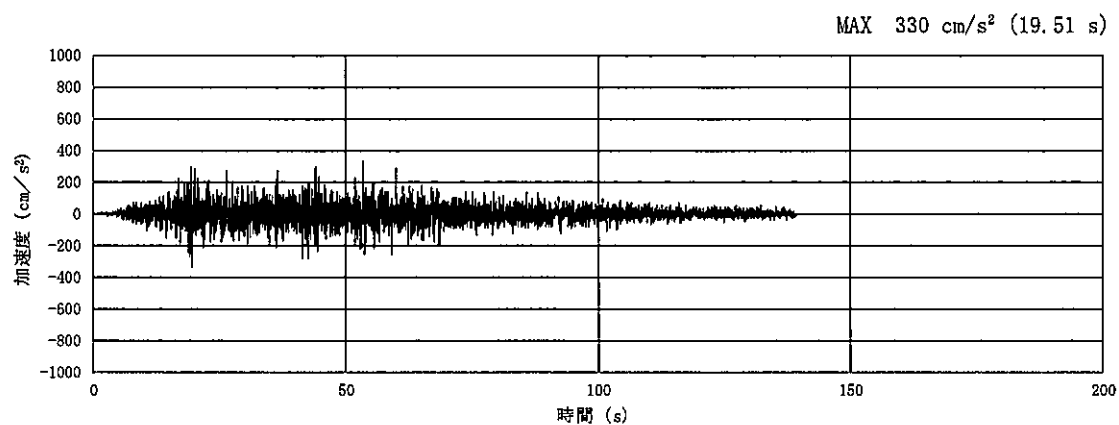
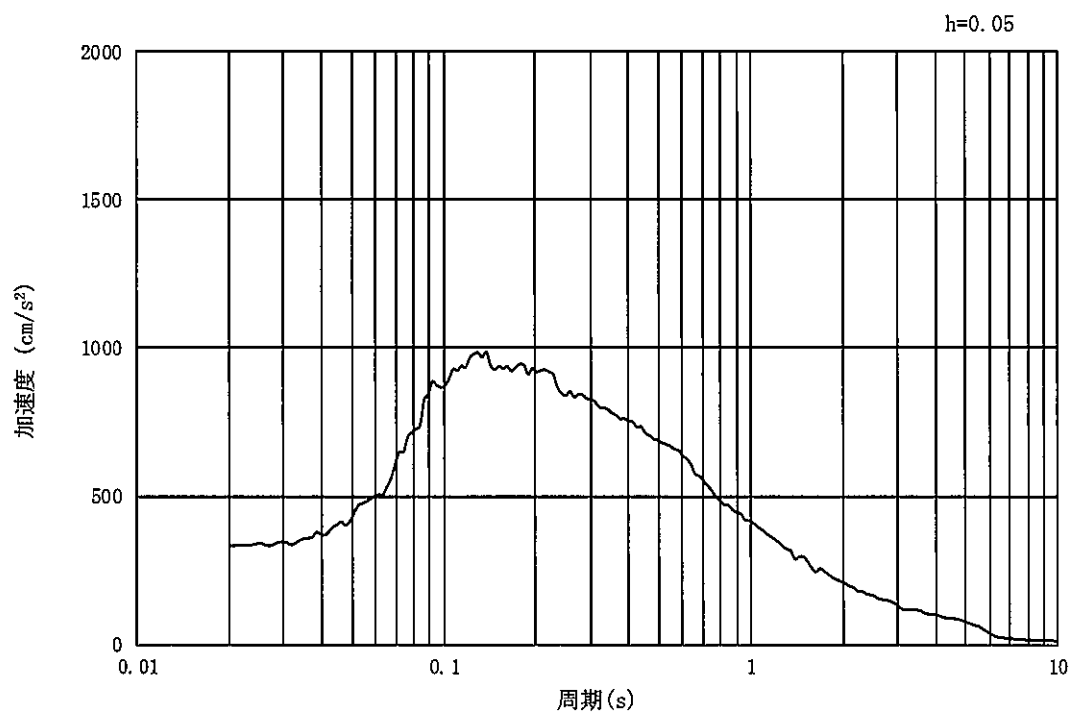


図 3-9 入力地震動算定の概念図

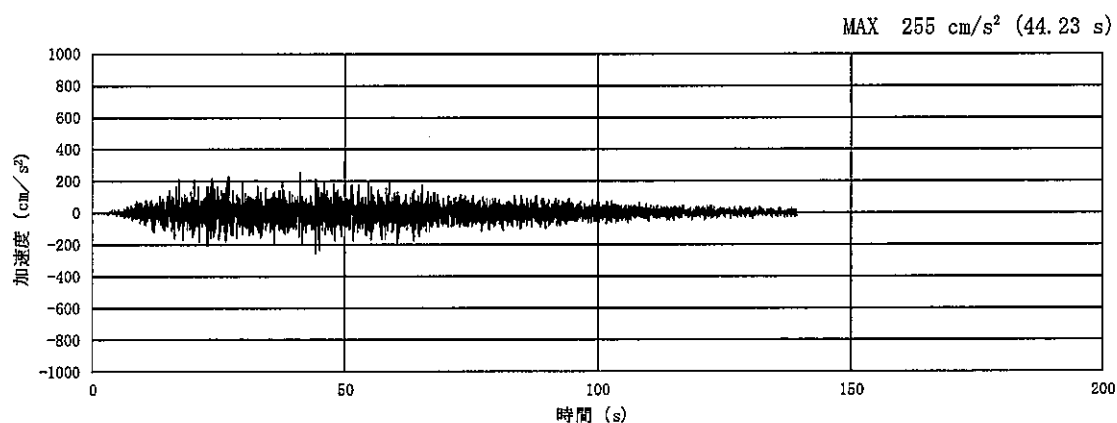


(a) 加速度時刻歴波形

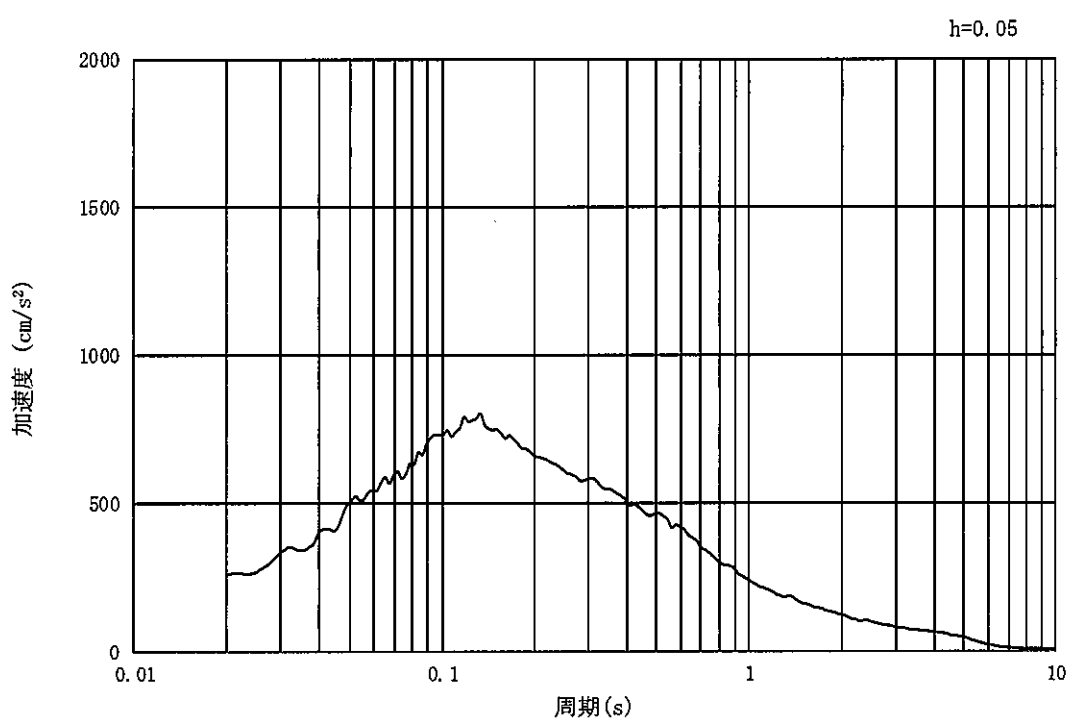


(b) 加速度応答スペクトル

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-D1)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

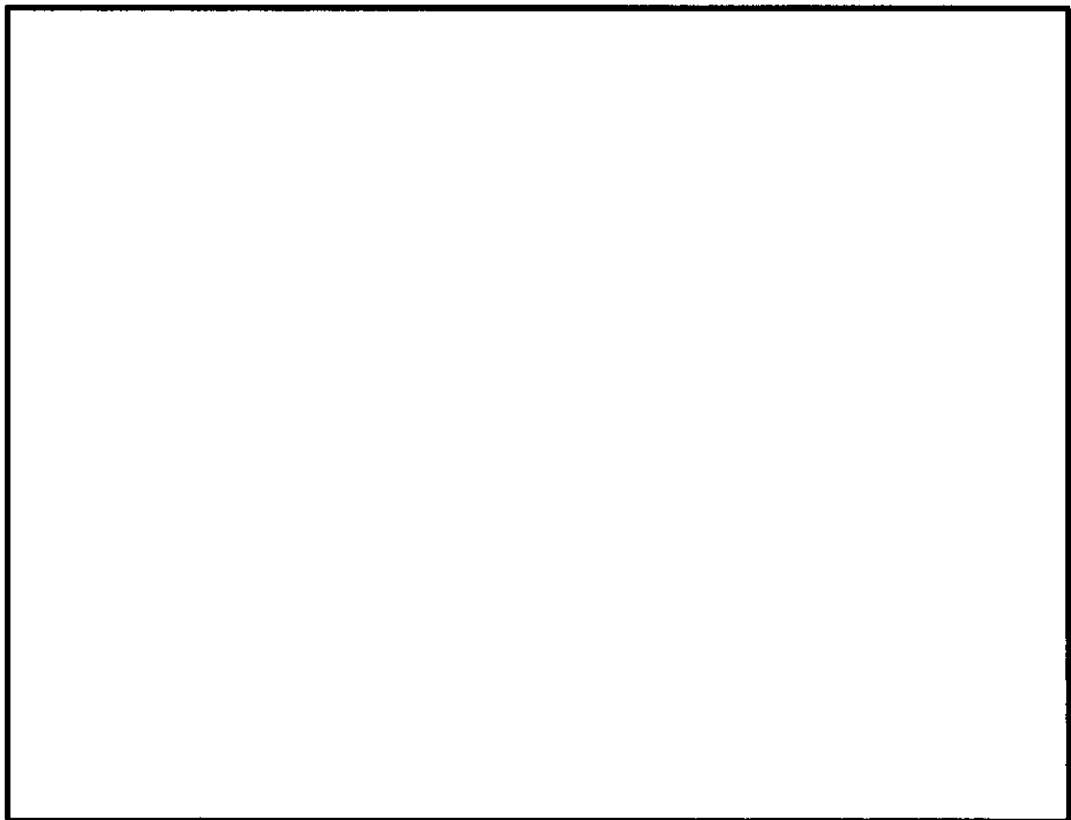
図 3-10 (2) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(①-①及び②-②断面, 鉛直成分: S_d-D1)

(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。

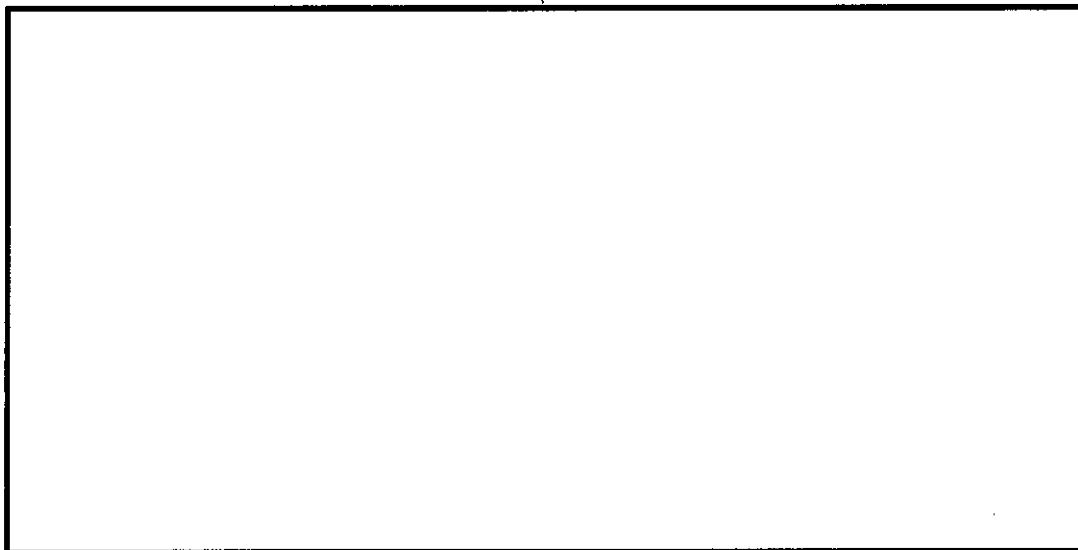
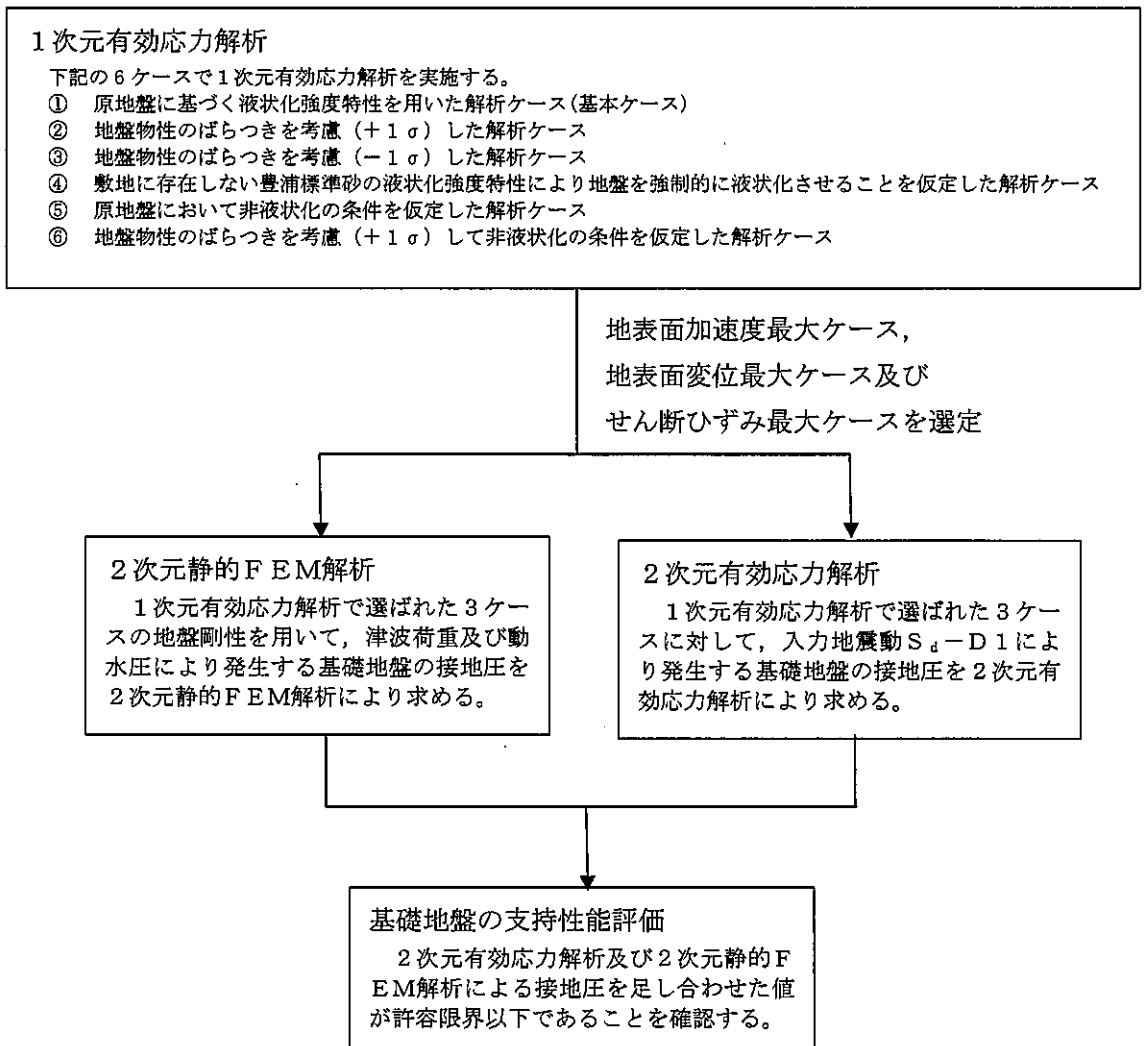


図 3-12 2次元静的FEM解析モデル

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。



*上記の2次元有効応力解析及び2次元静的FEM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

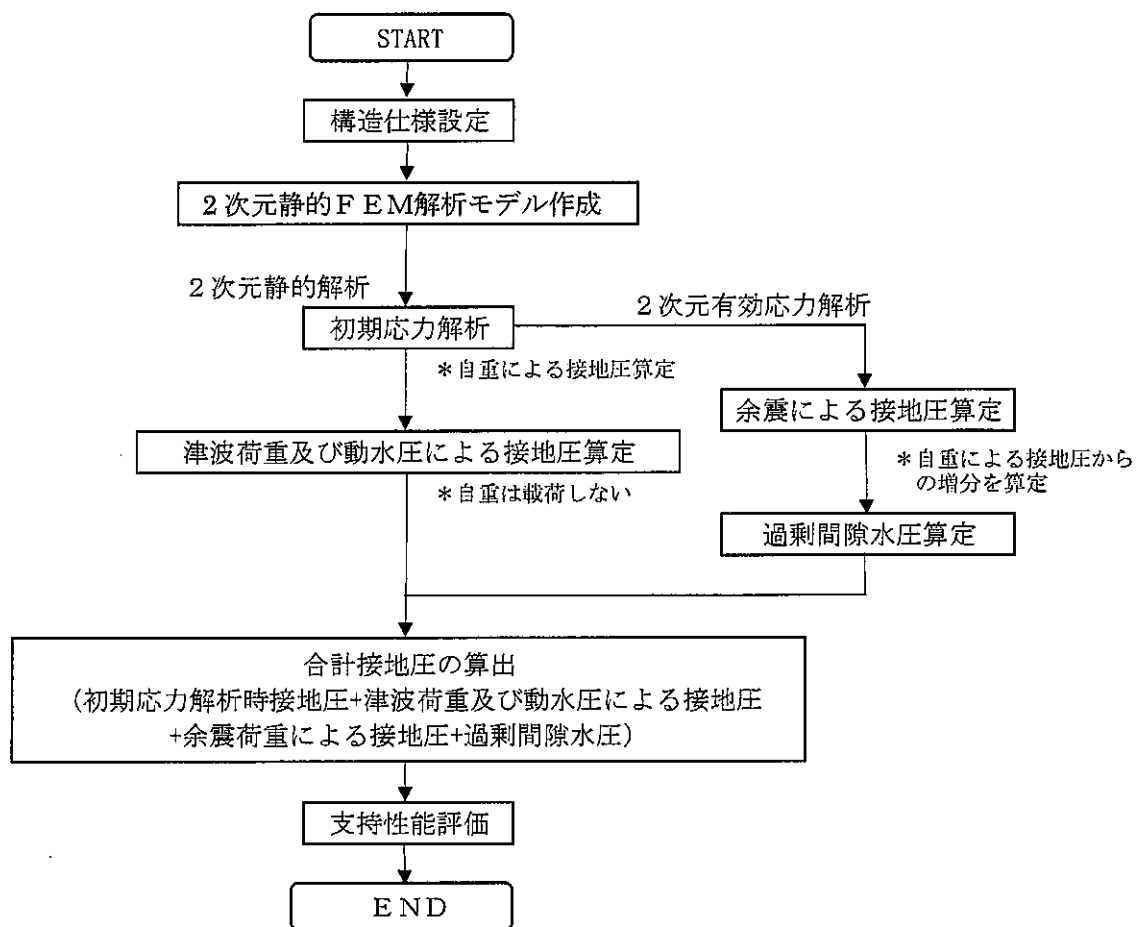


図 3-14 接地圧の算出フロー

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用させる。

(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に負担可能とする。

接合部の荷重分担の概念図を図 3-15 に示す。

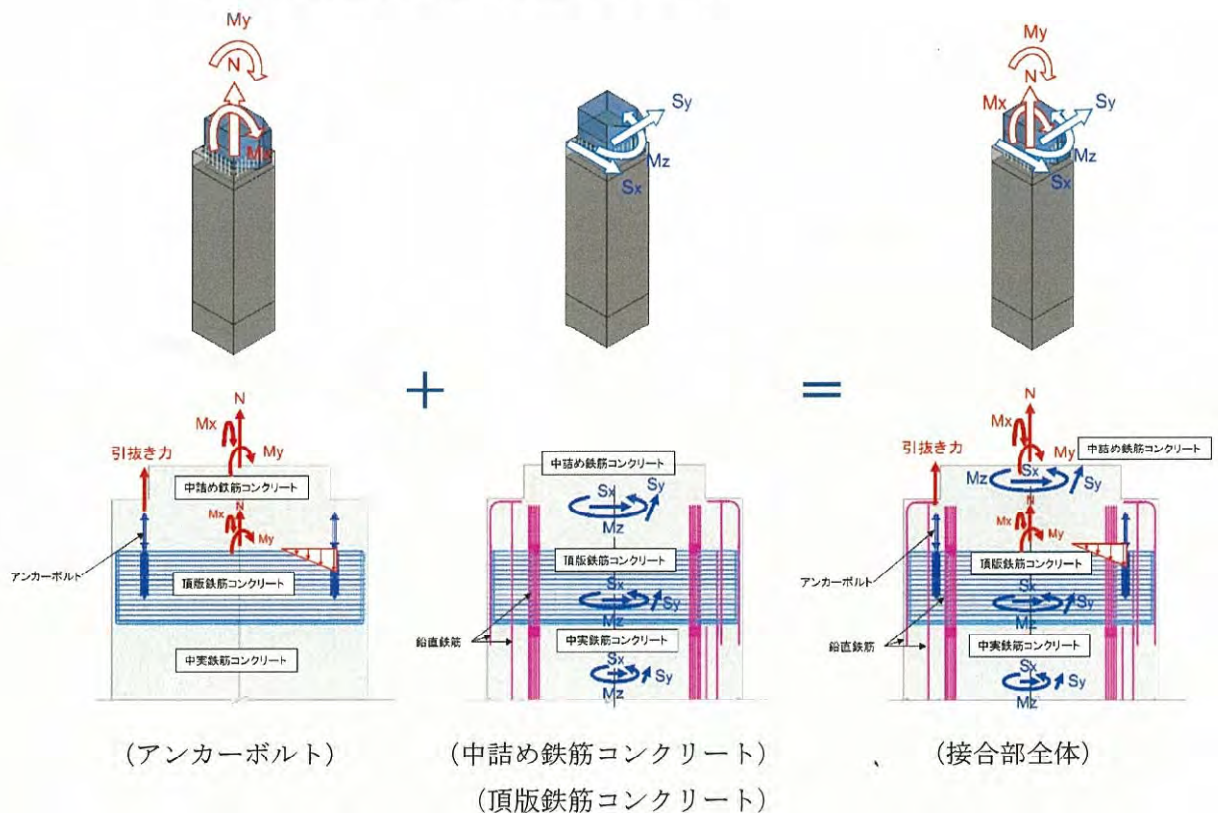


図 3-15 接合部の荷重分担の概念図

(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、付着強度に基づき算定する。

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	設計用浸水深	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_{sd}	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	設計用浸水深	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_o	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_{sd}	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	設計用浸水深	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_o	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_{sd}	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	設計用浸水深	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_{sd}	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) 重畳時

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	設計用浸水深	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	設計用浸水深	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_e	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_{sd}	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	設計用浸水深	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_{sd}	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	設計用浸水深	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_{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 4-9 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	設計用浸水深	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_{sd}	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	設計用浸水深	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_{sd}	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)

検討 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)	1382102	-280393	3.3	21	0.16
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

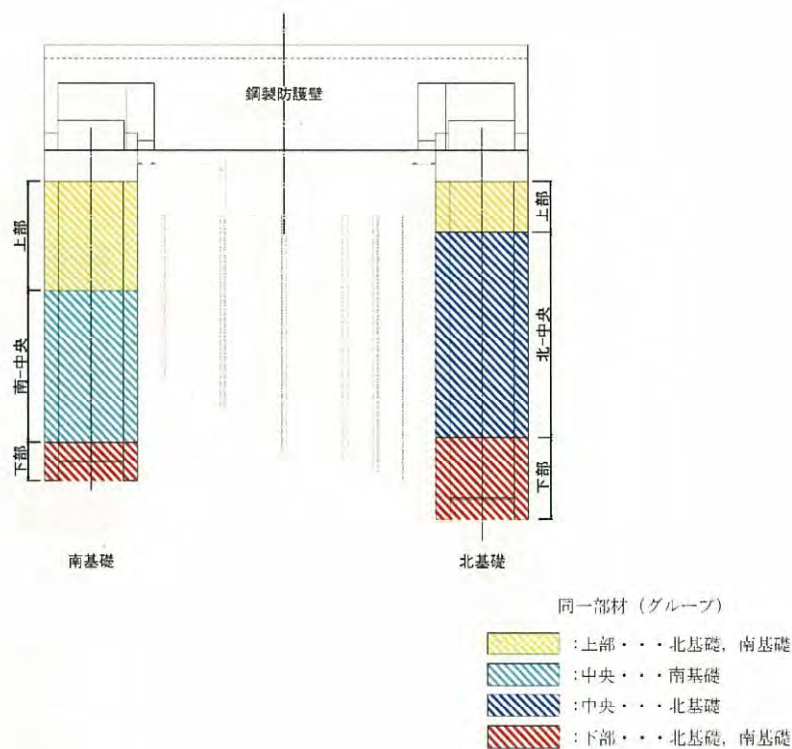


表 5-1 (2) コンクリートの曲げ軸力照査における各評価位置での最大照査値
(敷地に遡上する津波時)

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

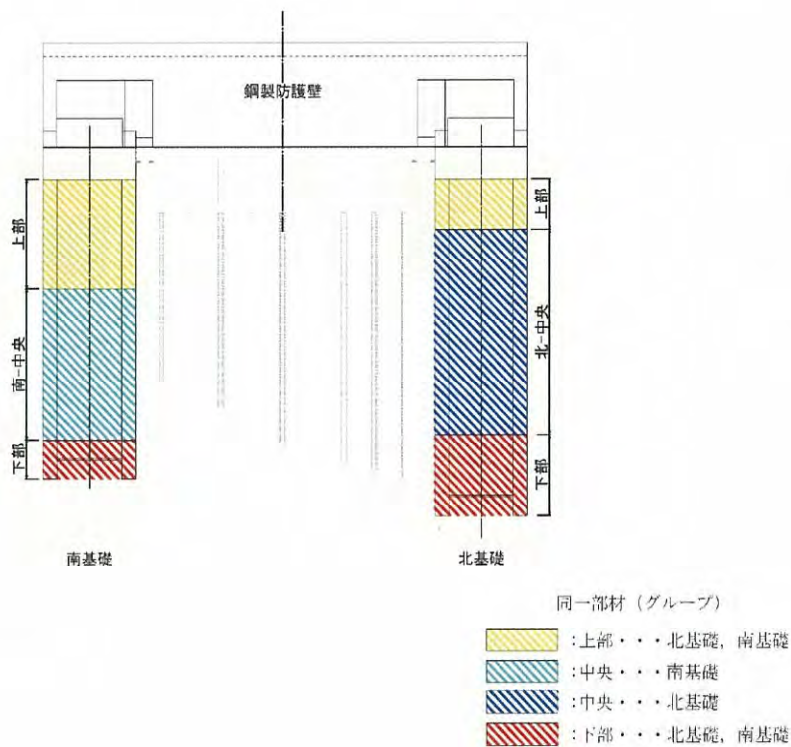


表 5-2 (1) 鉄筋の曲げ軸力照査における各評価位置での最大照査値 (基準津波時)

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_{su} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{su}
			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作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

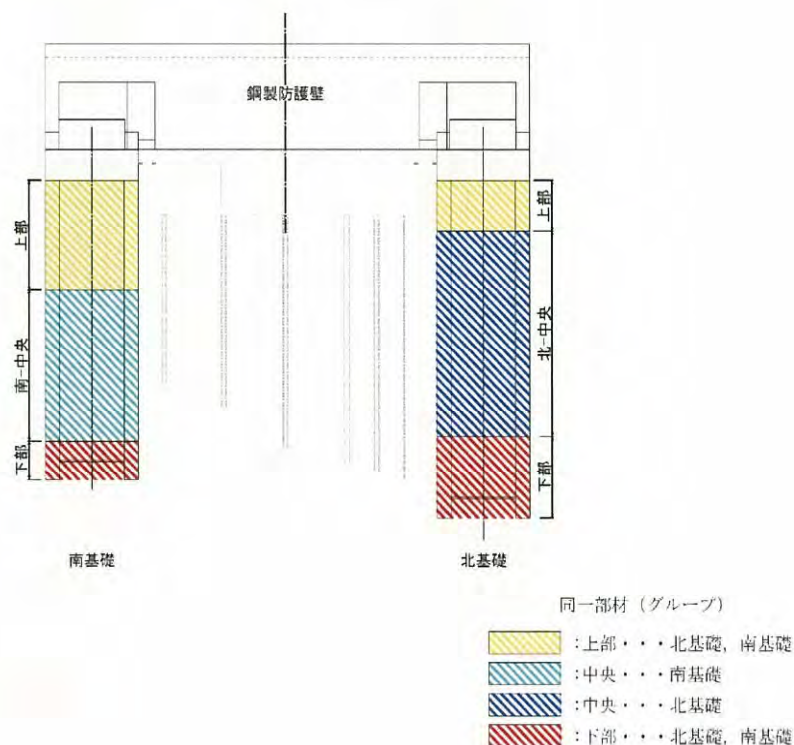


表 5-2 (2) 鉄筋の曲げ軸力照査における各評価位置での最大照査値 (敷地に遡上する津波時)

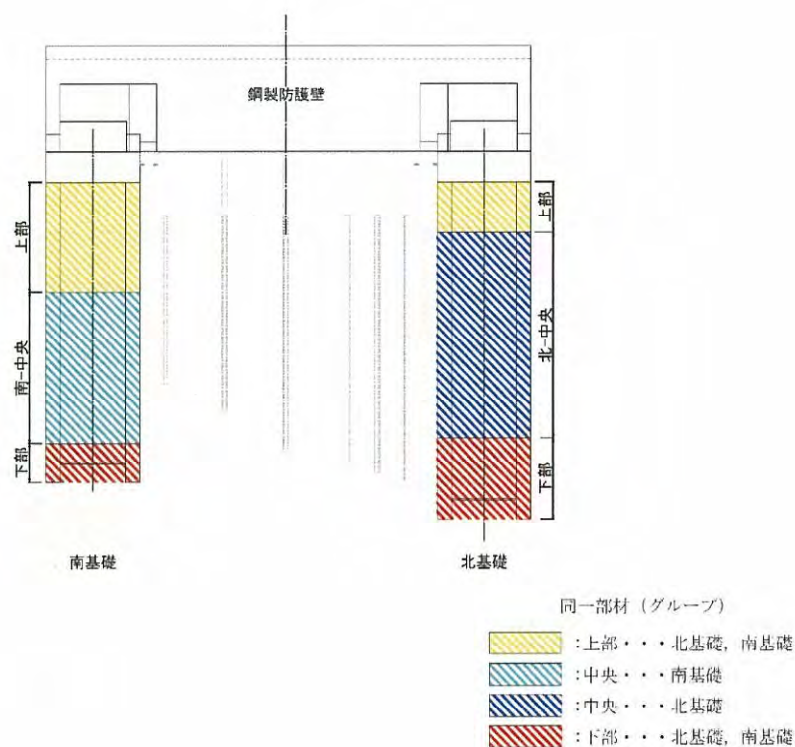
解析 ケース	評価位置		断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)*2	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)*1		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
地盤パネ2	南基礎 -上部	③-③断面	15500	15500	13116	D51@150 (7段)	3684864	-185303	191.5	478.5	0.41
地盤パネ2		①-①断面	15500	15500	13116	D51@150 (7段)	-93963				
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)

検討 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		③-③断面			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		①-①断面			10420				
地盤バネ1	南基礎 -中央	①-①断面	15500	15500	14280	34-D35 @300	3370	410783	0.01
地盤バネ2		③-③断面			9520				
地盤バネ2	北基礎 -下部	③-③断面	15500	15500	14280	24-D38 @300	103585	337247	0.31
地盤バネ2		①-①断面			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

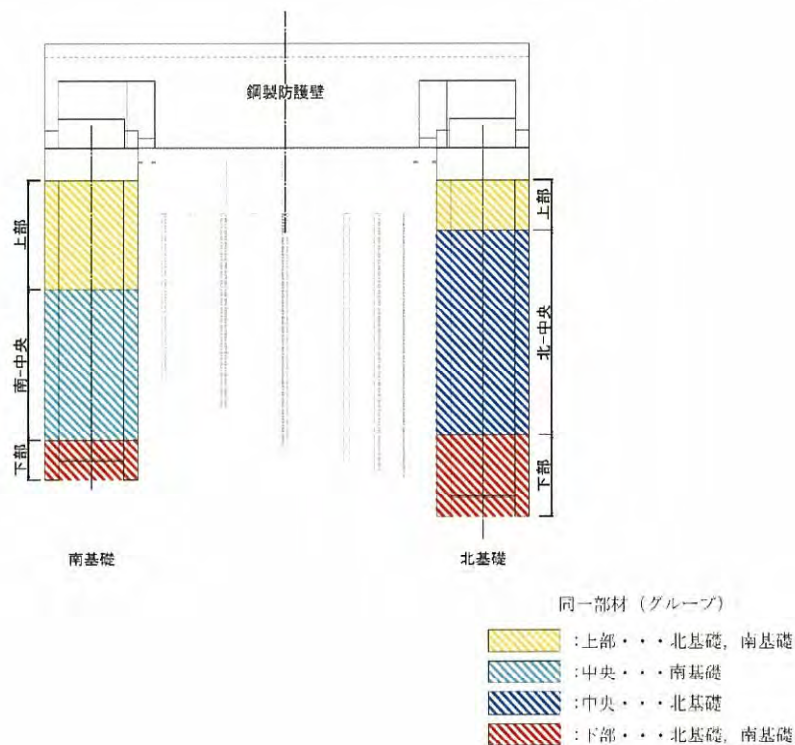


表 5-3 (2) 鉄筋コンクリートのせん断力照査における各評価位置での最大照査値
(敷地に遡上する津波時)

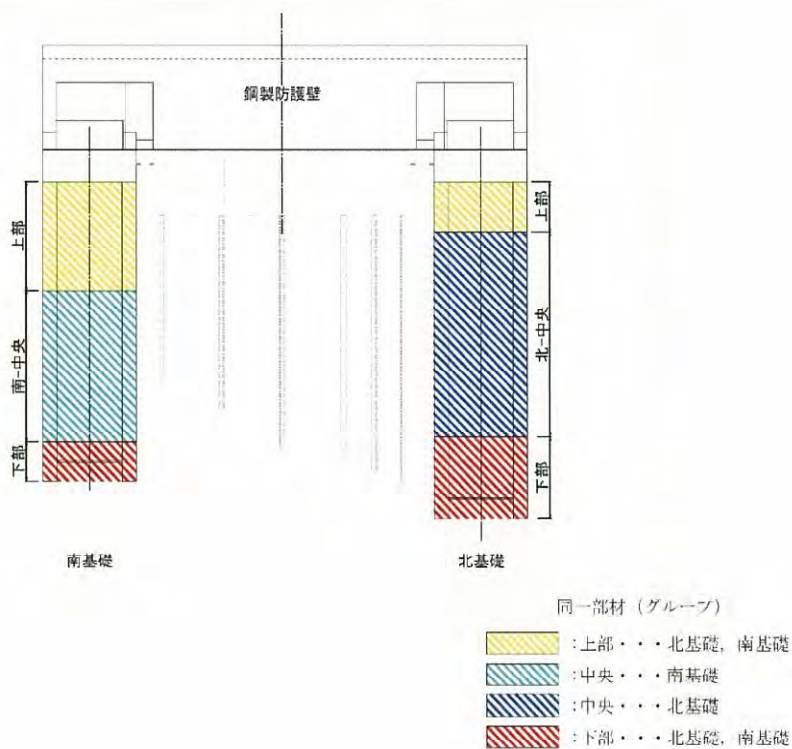
解析 ケース	評価位置		断面性状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)*2	発生 せん断力 V (kN)	短期許容 せん断力 V _a (kN)	照査値 V/V _a
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高*1 d (mm)				
地盤バネ1	北基礎 -上部	①-①断面	15500	15500	14280 10270	14-D38 @300	4520	264489	0.02
地盤バネ2	南基礎 -上部	③-③断面	15500	15500	14280 10270	14-D38 @300	174627	264489	0.67
地盤バネ1	北基礎 -中央	②-②断面	15500	15500	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。

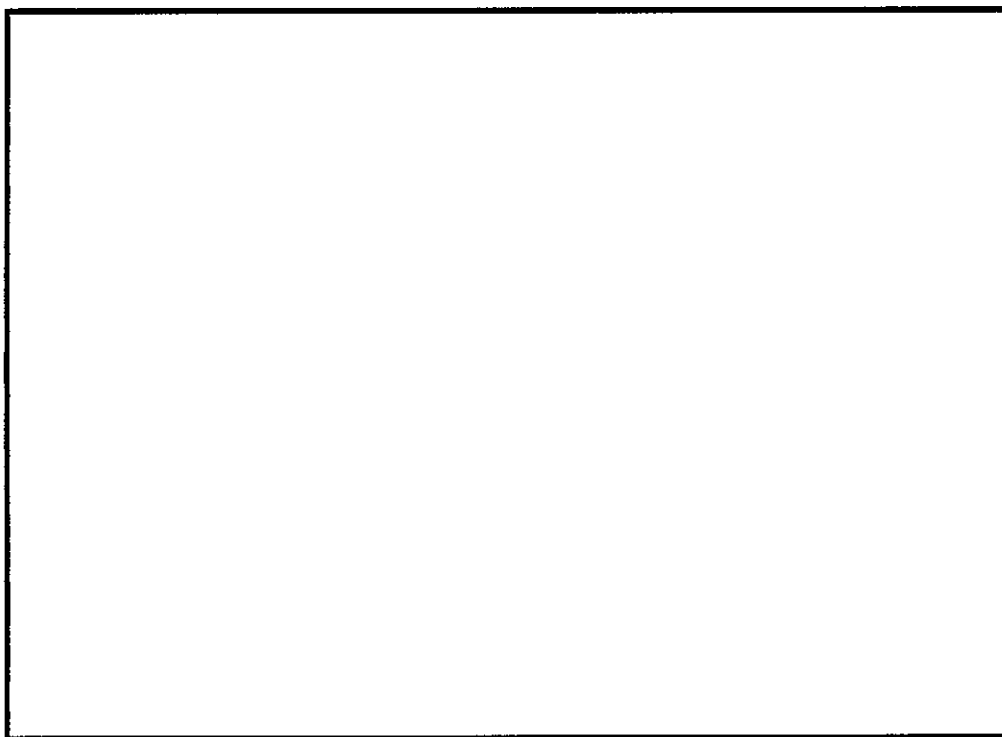


図 5-1 (1) 北基礎上部概略配筋図

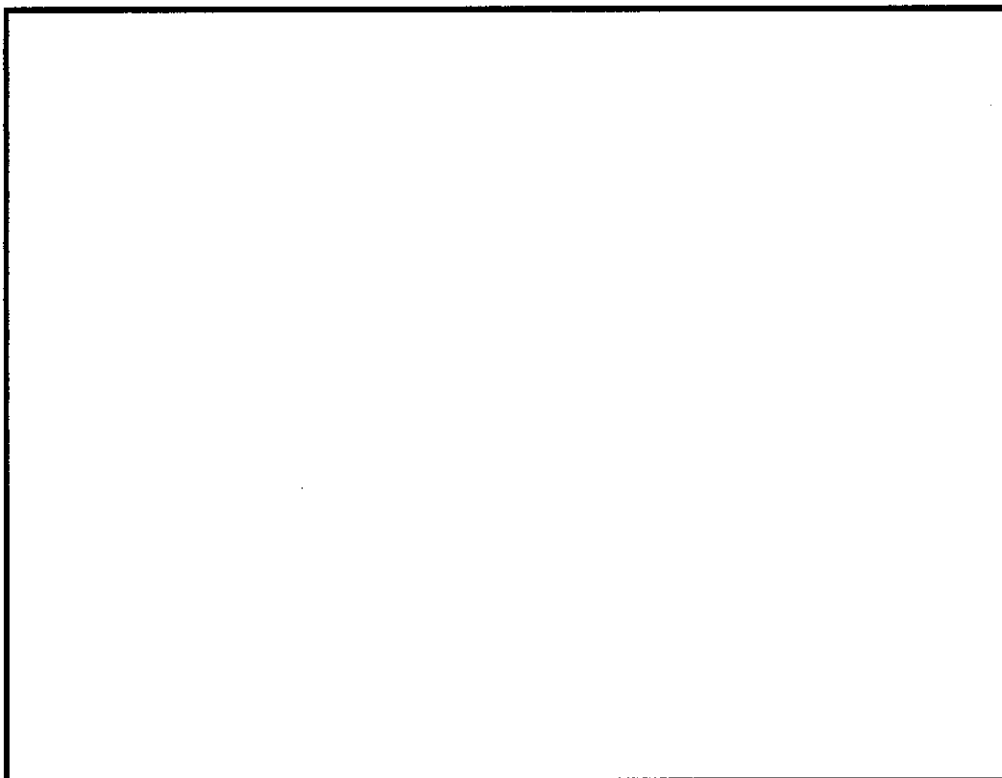


図 5-1 (2) 北基礎中央概略配筋図

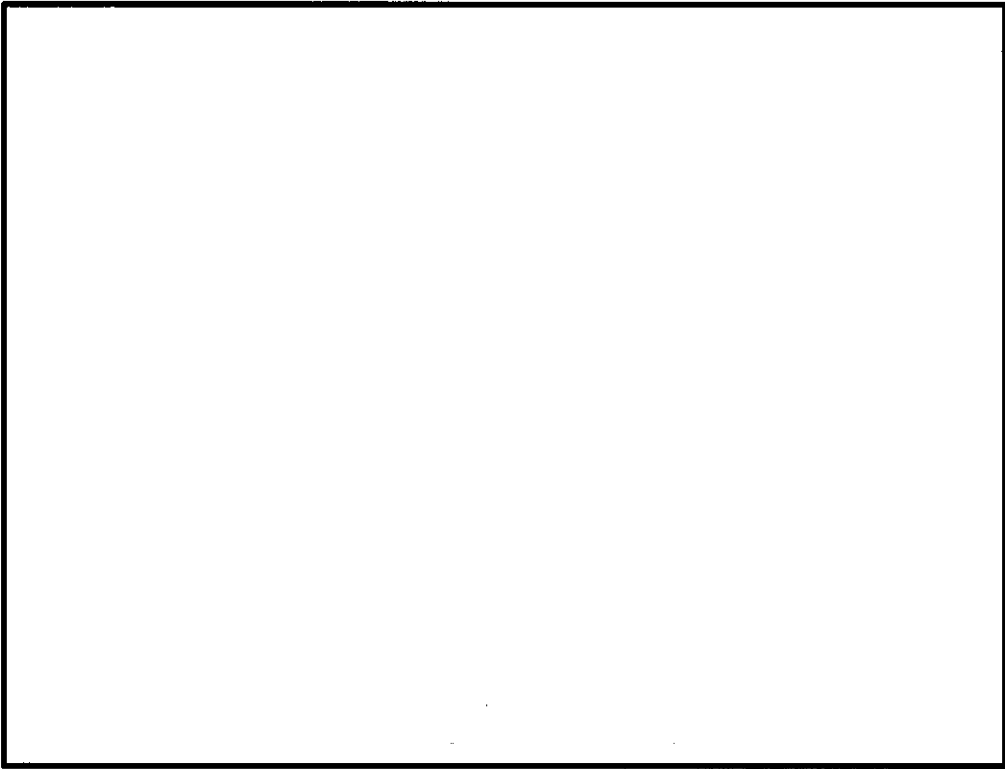


図 5-1 (3) 北基礎下部概略配筋図

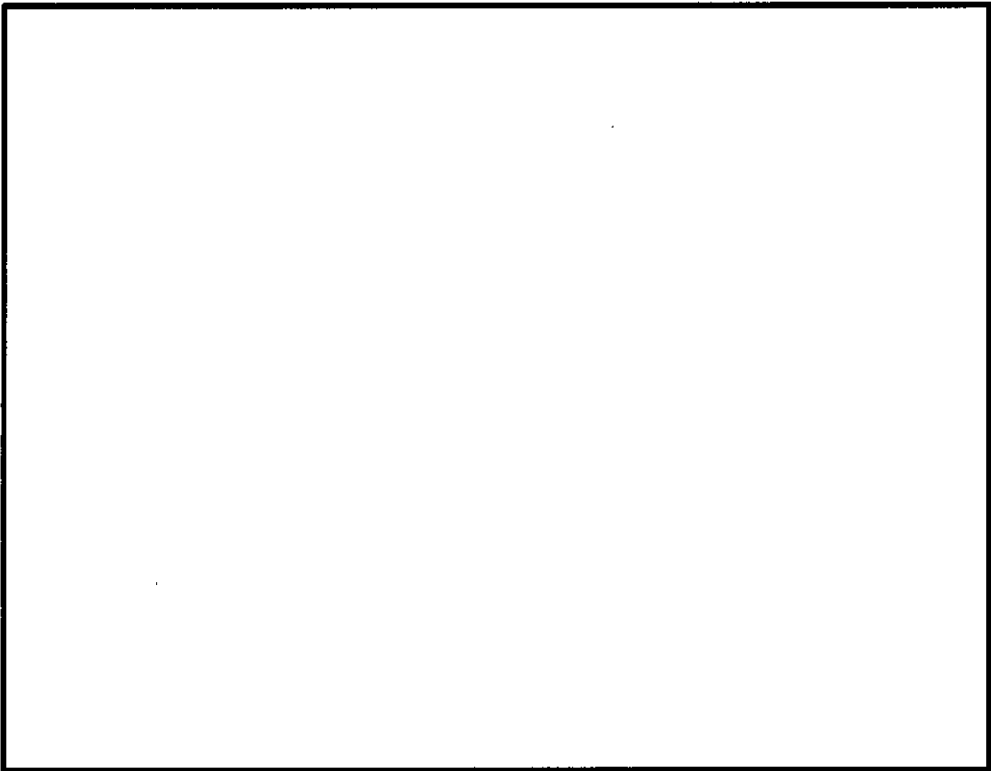


図 5-2 (1) 南基礎上部概略配筋図

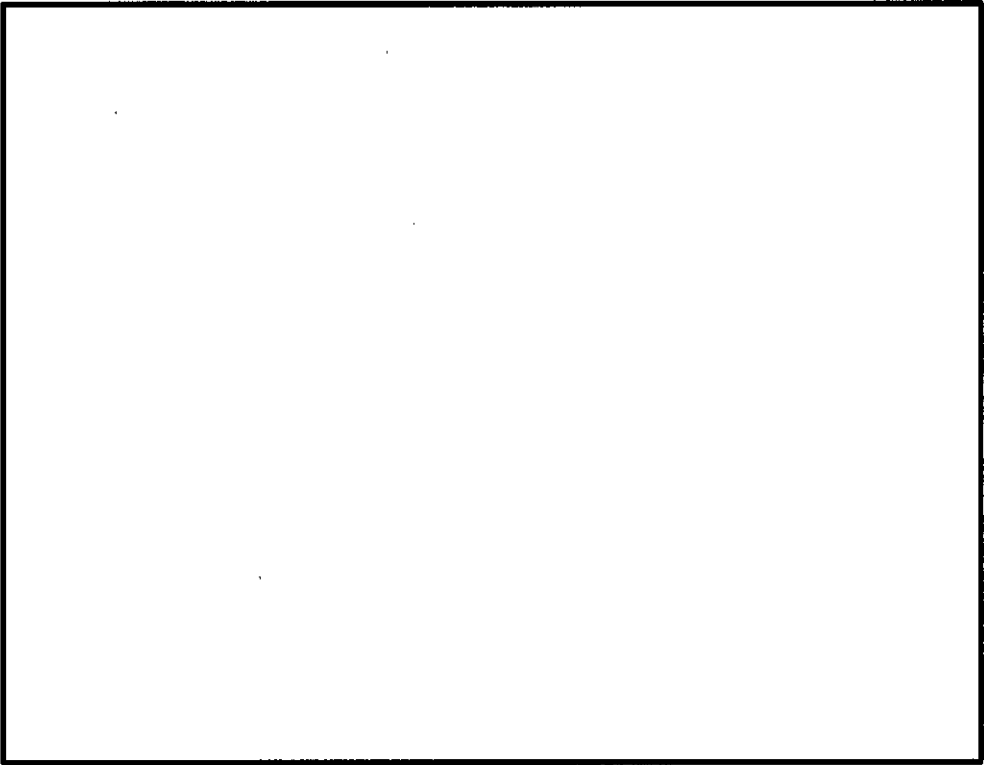


図 5-2 (2) 南基礎中央概略配筋図

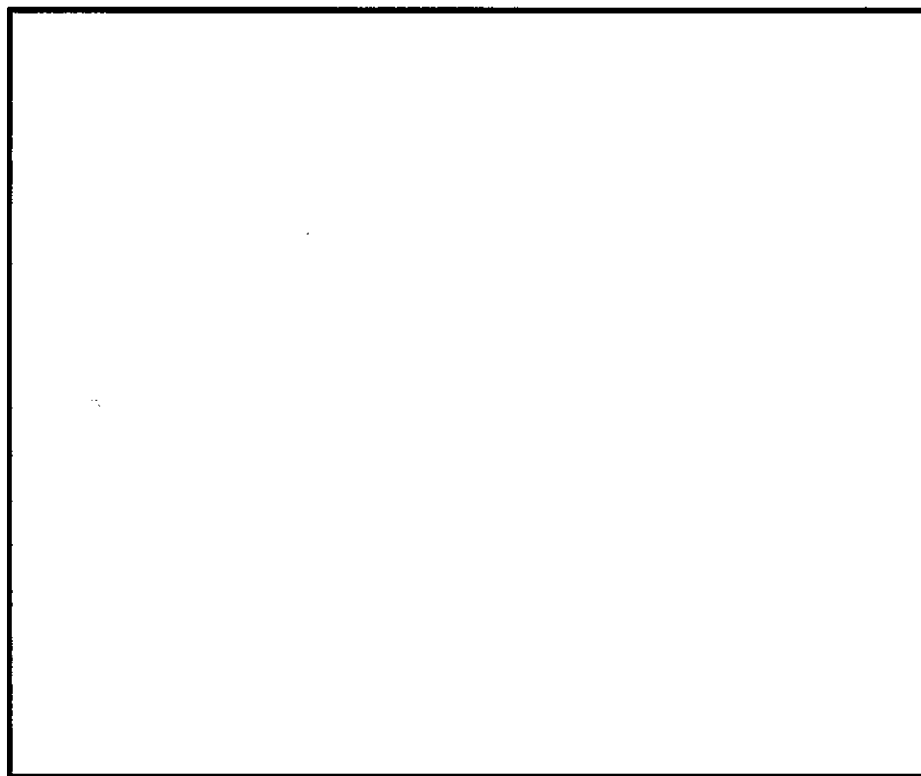


図 5-2 (3) 南基礎下部概略配筋図

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 5-4 に示す。ジベル鉄筋の仕様及び配置図を図 5-3 に示す。

表 5-4 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

注記 @ : 鉄筋の配置間隔

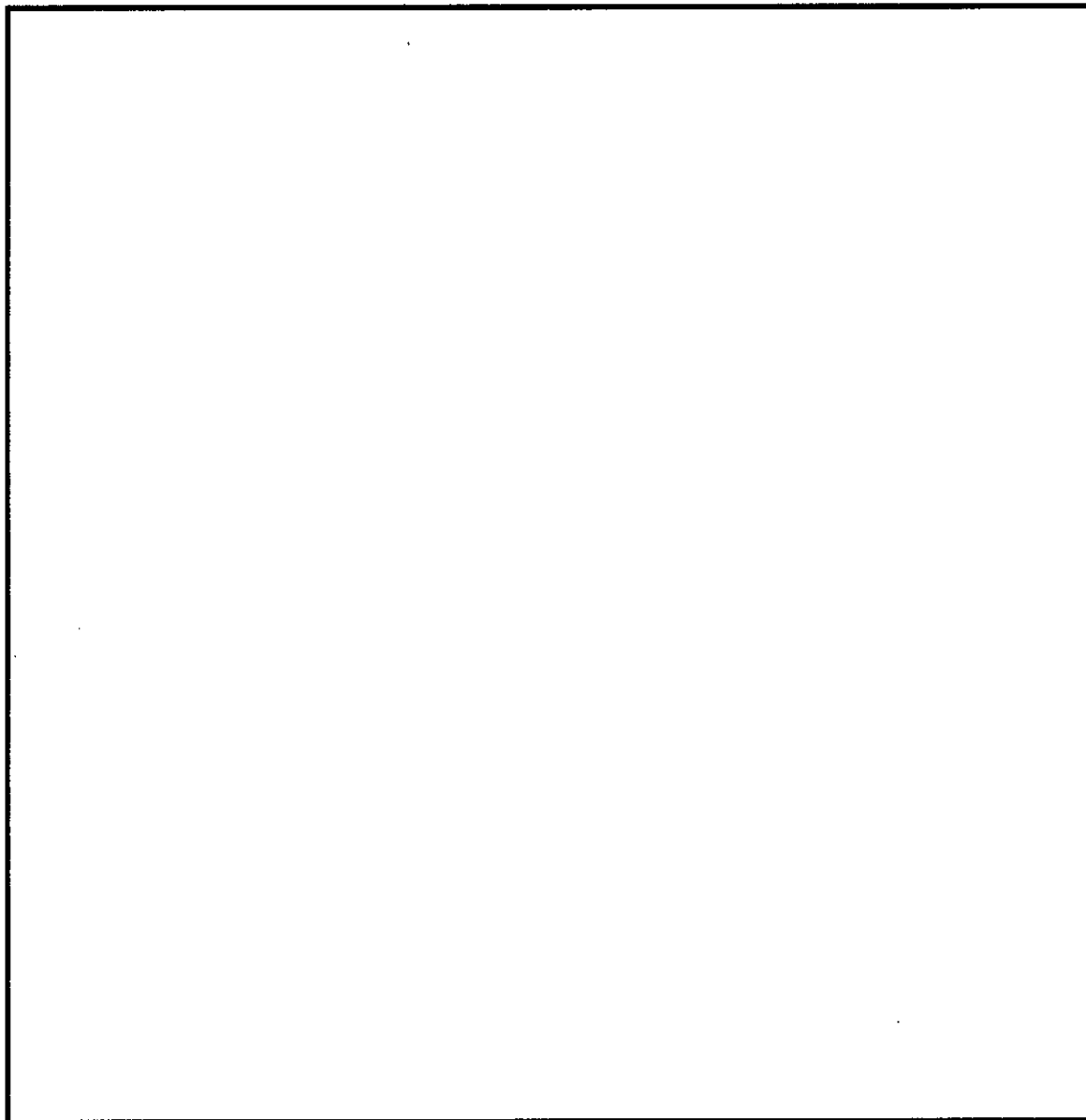


図 5-3 (1) ジベル鉄筋の仕様及び配置図（南基礎上部・北基礎上部）

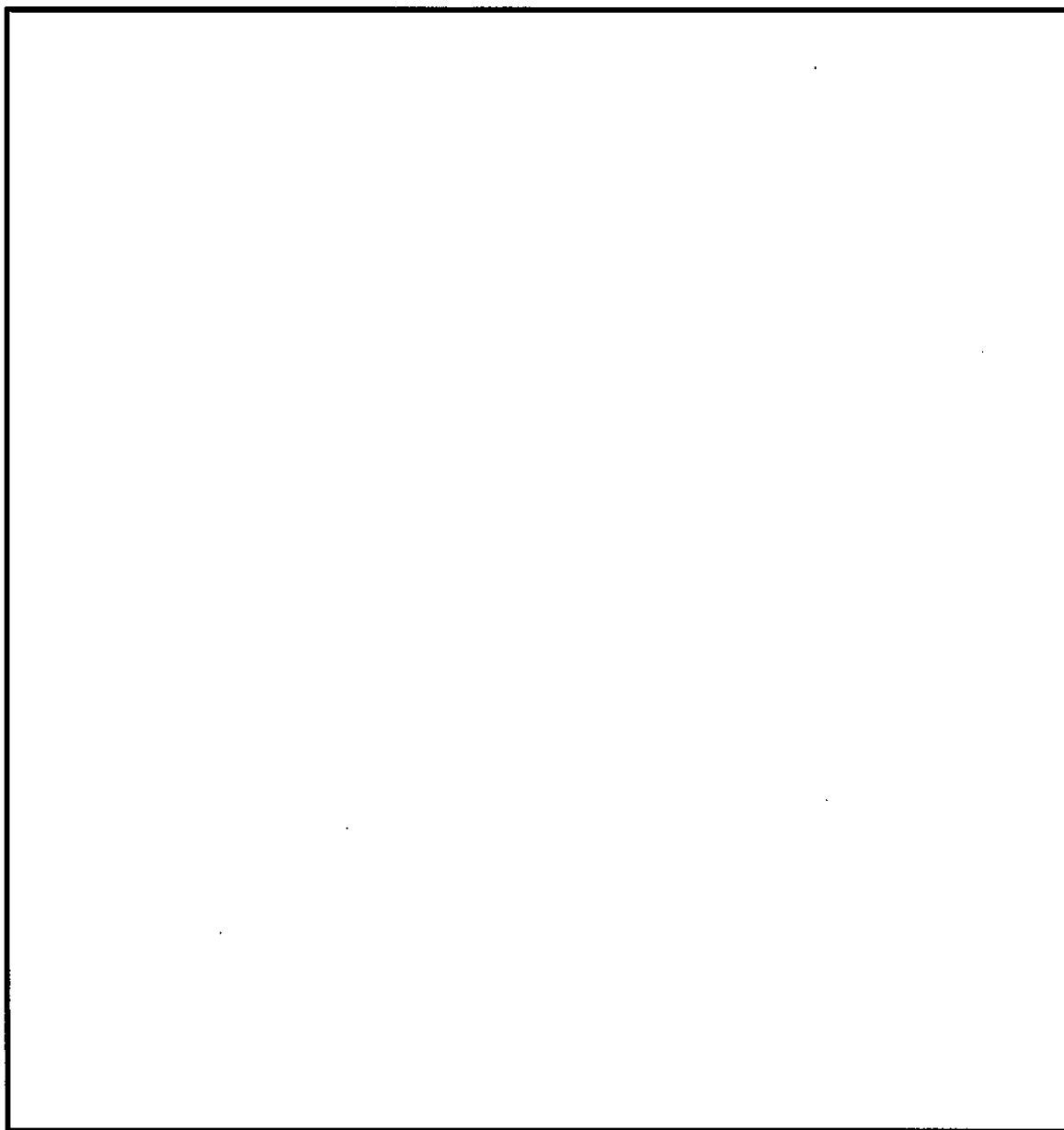


図 5-3 (2) ジベル鉄筋の仕様及び配置図 (南基礎中央)

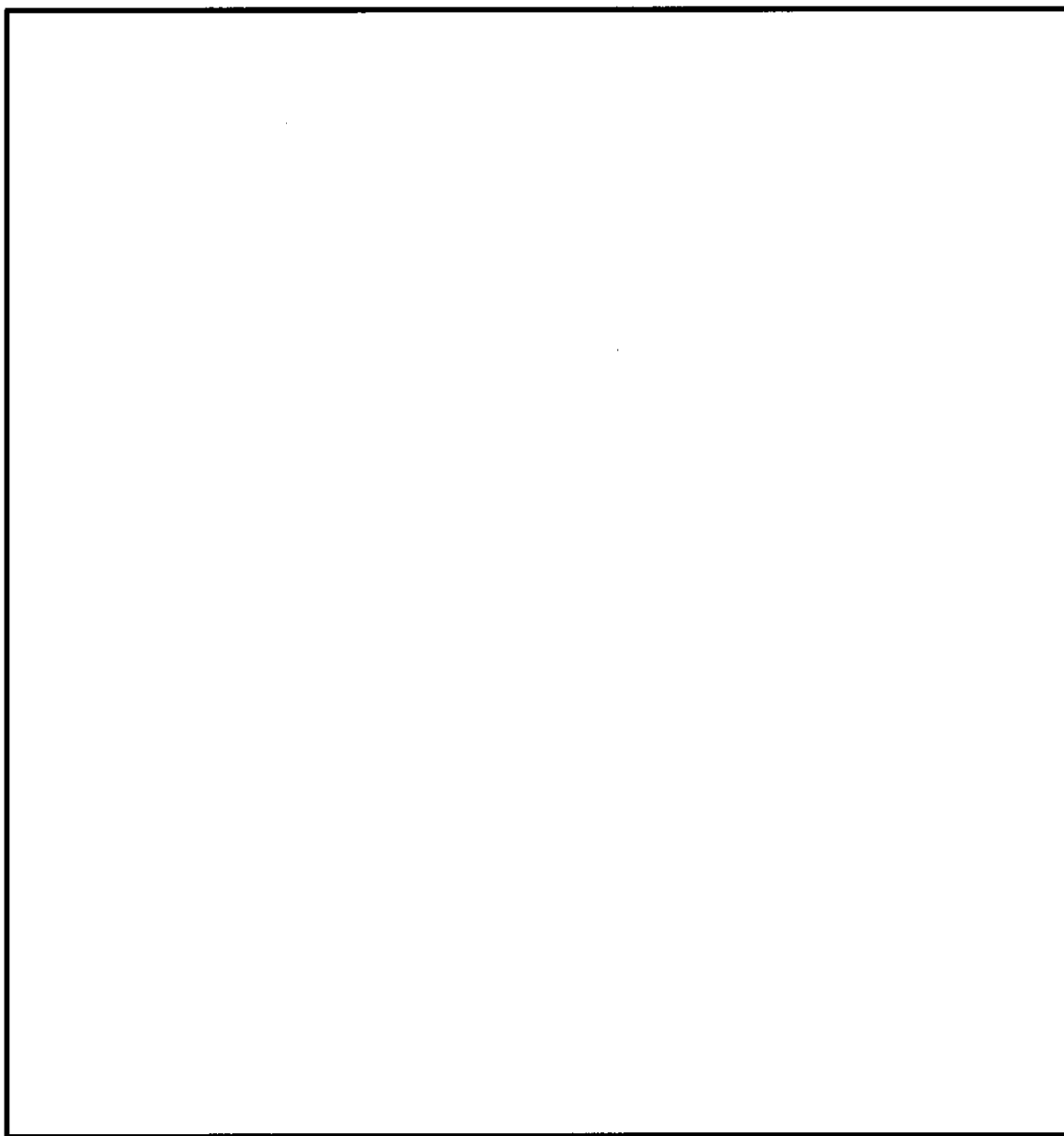


図 5-3 (3) ジベル鉄筋の仕様及び配置図 (北基礎中央)

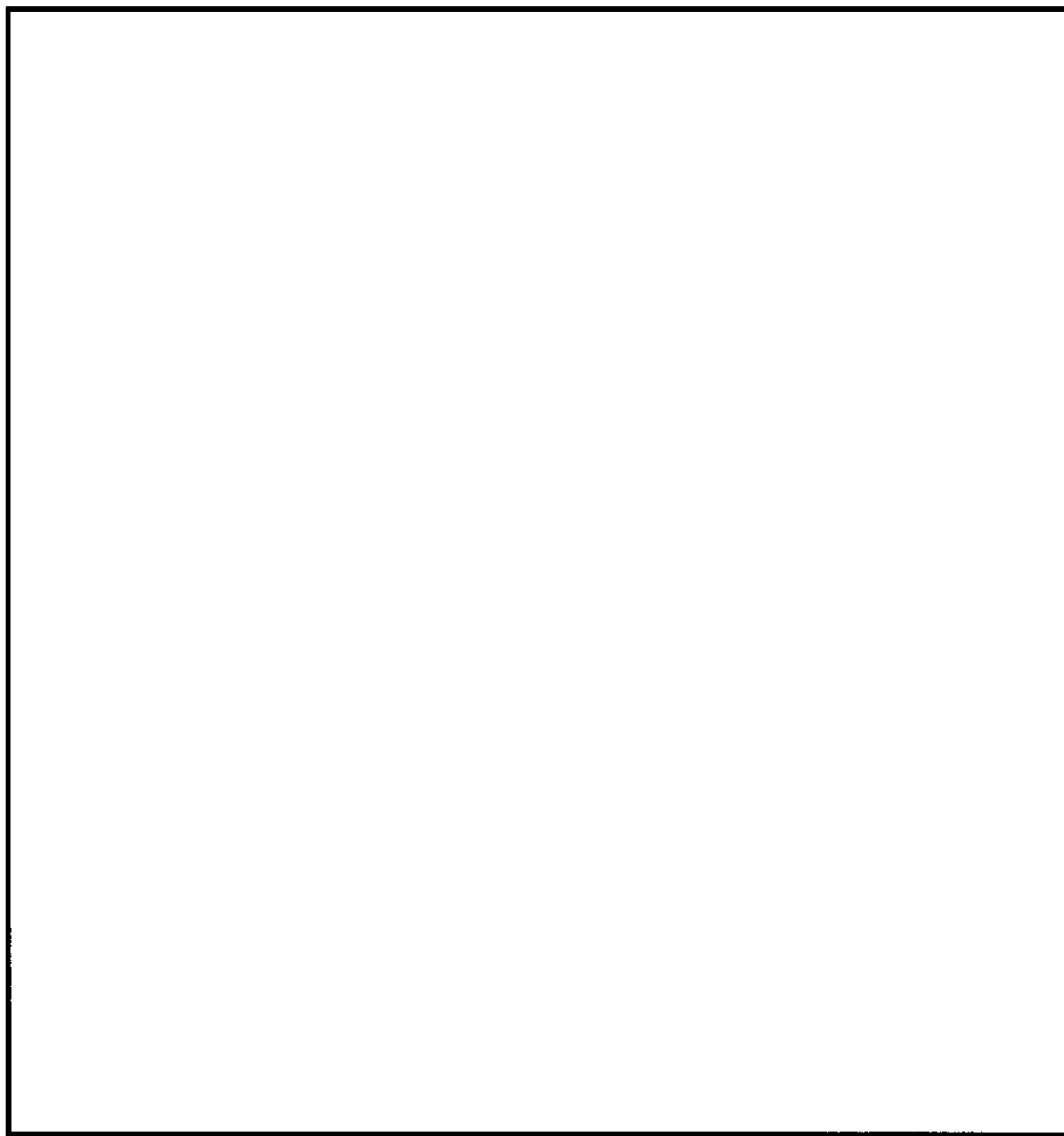


図 5-3 (4) ジベル鉄筋の仕様及び配置図 (南基礎下部・北基礎下部)

5.1.3 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 5-5 及び表 5-6 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 5-5 津波時相対変位量（天端）

	δ_x (m)	δ_y (m)	δ_z (m)	最大発生変位量[m] $\sqrt{(\delta_x^2 + \delta_y^2 + \delta_z^2)}$	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 5-6 津波時相対変位量（地表面）

	δ_x (m)	δ_y (m)	δ_z (m)	最大発生変位量[m] $\sqrt{(\delta_x^2 + \delta_y^2 + \delta_z^2)}$	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5-7に示す。

表 5-7 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 5-7 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'_v 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5-8に示す。

表5-8 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5-8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 5-9 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 5-10 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 5-9 (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)			
地盤バネ5	南基礎 -上部	③-③断面	15500	15500	13116	D51@150 (7段)	3088075	-177067	10.9	21	0.52
地盤バネ5		①-①断面	15500	15500	13116	D51@150 (7段)	1848155				
地盤バネ5	北基礎 -中央	②-②断面	15500	15500	13392	D51@150 (5段)	3026622	-229423	13.1	21	0.63
地盤バネ5		①-①断面	15500	15500	13392	D51@150 (5段)	2264383				
地盤バネ5	南基礎 -中央	③-③断面	15500	15500	12180	D51@150 (17段)	3693993	-237493	14.5	21	0.70
地盤バネ5		①-①断面	15500	15500	12180	D51@150 (17段)	4228787				
地盤バネ3	北基礎 -下部	②-②断面	15500	15500	13578	D51@150 (4段)	3272978	-250130	8.7	21	0.42
地盤バネ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

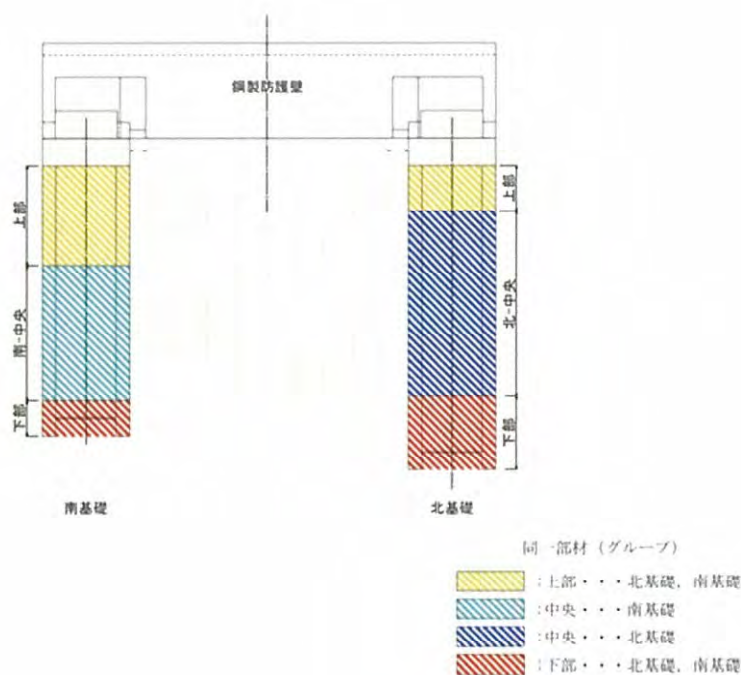


表 5-9 (2) コンクリートの曲げ軸力照査における各評価位置での最大照査値
(敷地に遡上する津波時)

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

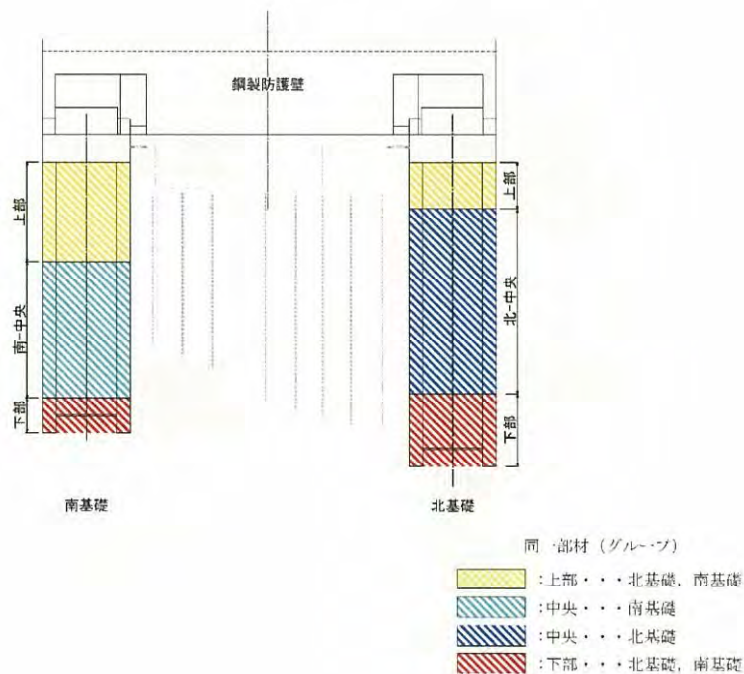


表 5-10 (1) 鉄筋の曲げ軸力照査における各評価位置での最大照査値 (基準津波時)

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で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

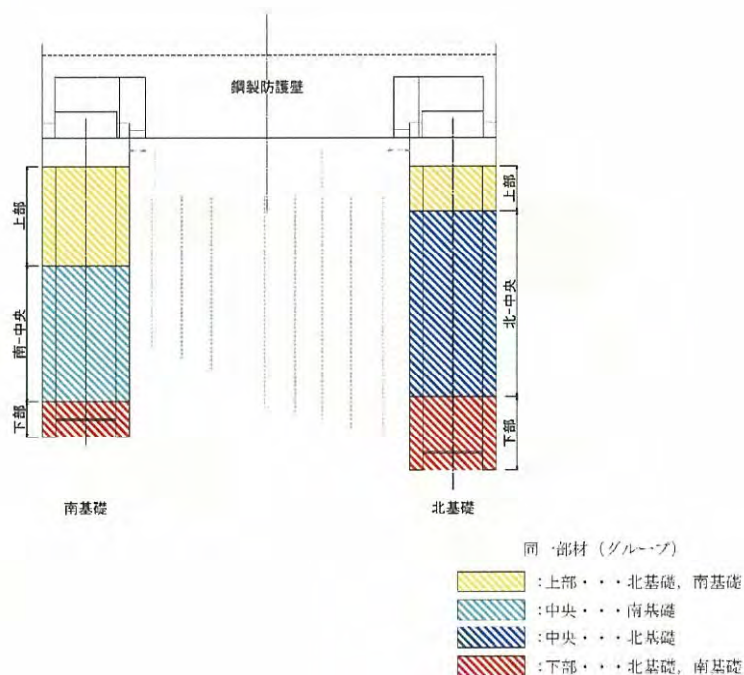


表 5-10 (2) 鉄筋の曲げ軸力照査における各評価位置での最大照査値 (敷地に遡上する津波時)

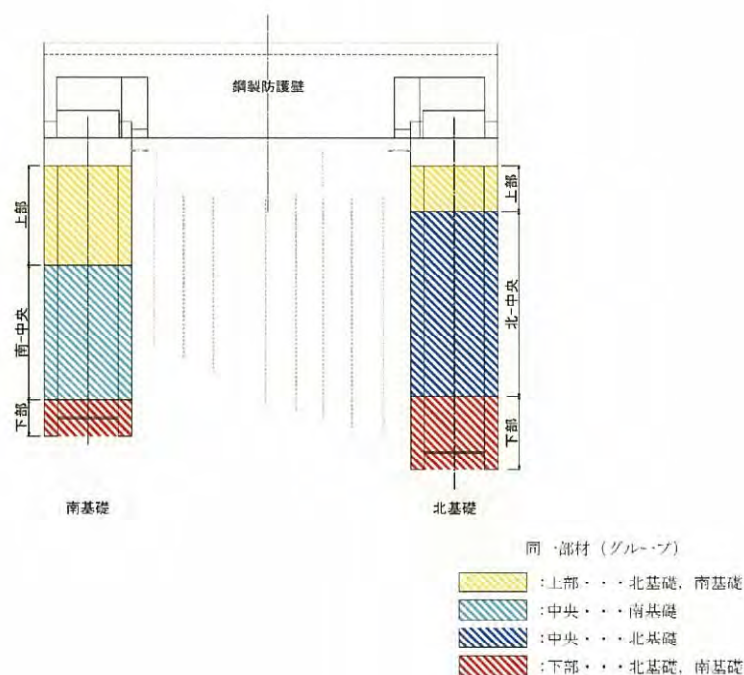
解析 ケース	評価位置		断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋) *2	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm) *1		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
地盤バネ5	南基礎 -上部	③-③断面	15500	15500	13116	D51@150 (7段)	5373564	-150026	385.7	478.5	0.81
地盤バネ5		①-①断面	15500	15500	13116	D51@150 (7段)	-1853625				
地盤バネ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
地盤バネ3		①-①断面	15500	15500	13392	D51@150 (5段)	290545				
地盤バネ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
地盤バネ5		①-①断面	15500	15500	12180	D51@150 (17段)	-4142814				
地盤バネ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
地盤バネ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



(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 5-11 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 5-11 (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3	南基礎 -上部	③-③断面	15500	15500	14280	14-D38 @300	142726	226924	0.63
地盤バネ5		①-①断面			10270				
地盤バネ5	北基礎 -中央	②-②断面	15500	15500	14280	24-D38 @300	249808	335426	0.75
地盤バネ5		①-①断面			10420				
地盤バネ4	南基礎 -中央	③-③断面	15500	15500	14280	34-D35 @300	219757	410783	0.54
地盤バネ5		①-①断面			9520				
地盤バネ5	北基礎 -下部	②-②断面	15500	15500	14280	24-D38 @300	251073	337247	0.75
地盤バネ5		①-①断面			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

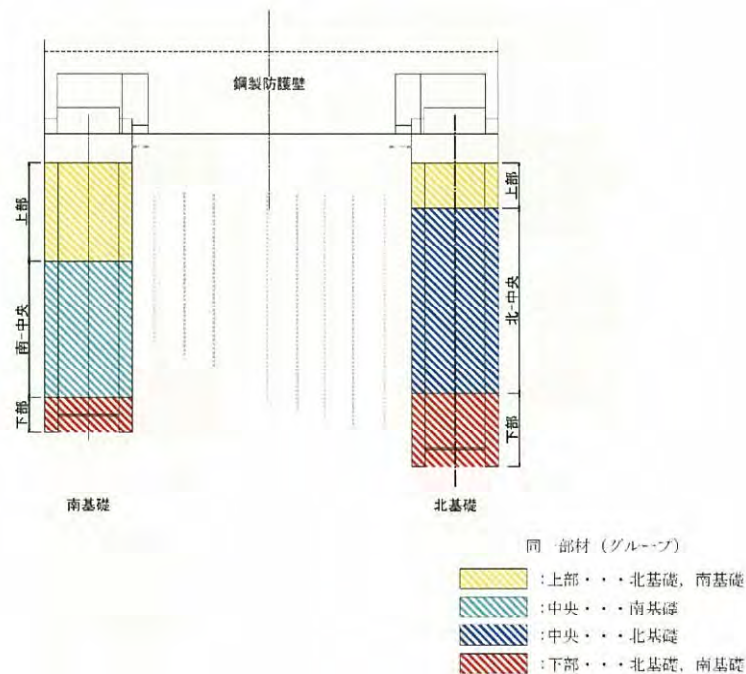


表 5-11 (2) 鉄筋コンクリートのせん断力照査における各評価位置での最大照査値
(敷地に遡上する津波時)

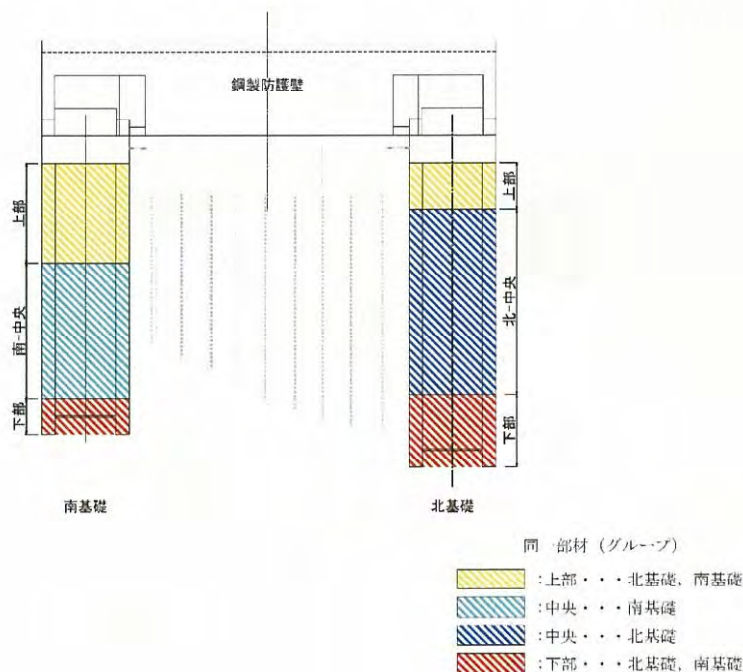
検討 ケース	評価位置		断面性状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)*2	発生 せん断力 V (kN)	短期許容 せん断力 V _a (kN)	照査値 V/V _a
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高*1 d (mm)				
地盤パネ3	南基礎 -上部	③-③断面	15500	15500	14280	14-D38 @300	221890	264489	0.84
地盤パネ5		①-①断面			10270				
地盤パネ5	北基礎 -中央	②-②断面	15500	15500	14280	24-D38 @300	274505	383976	0.72
地盤パネ5		①-①断面	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

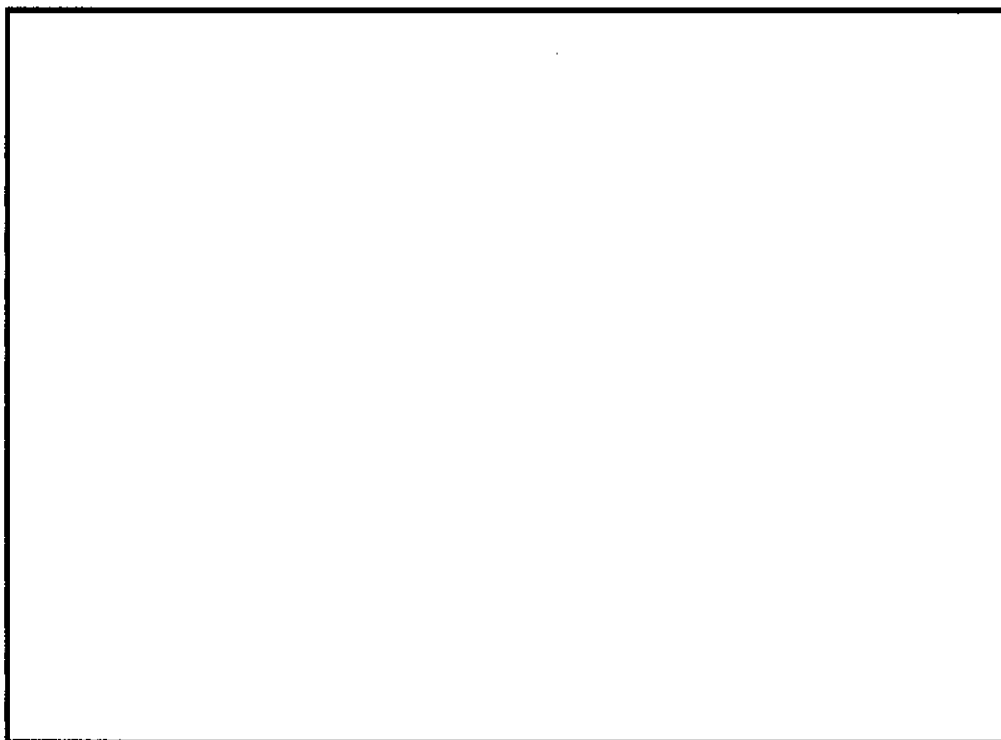


図 5-4 (1) 北基礎上部配筋要領図

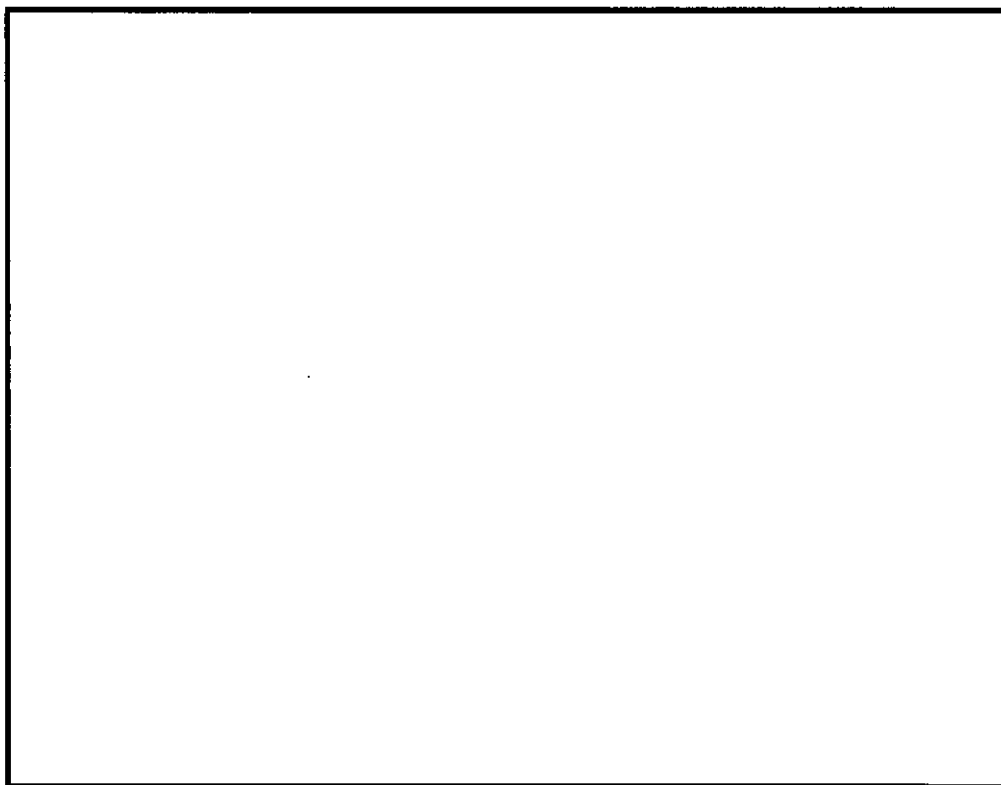


図 5-4 (2) 北基礎中央配筋要領図

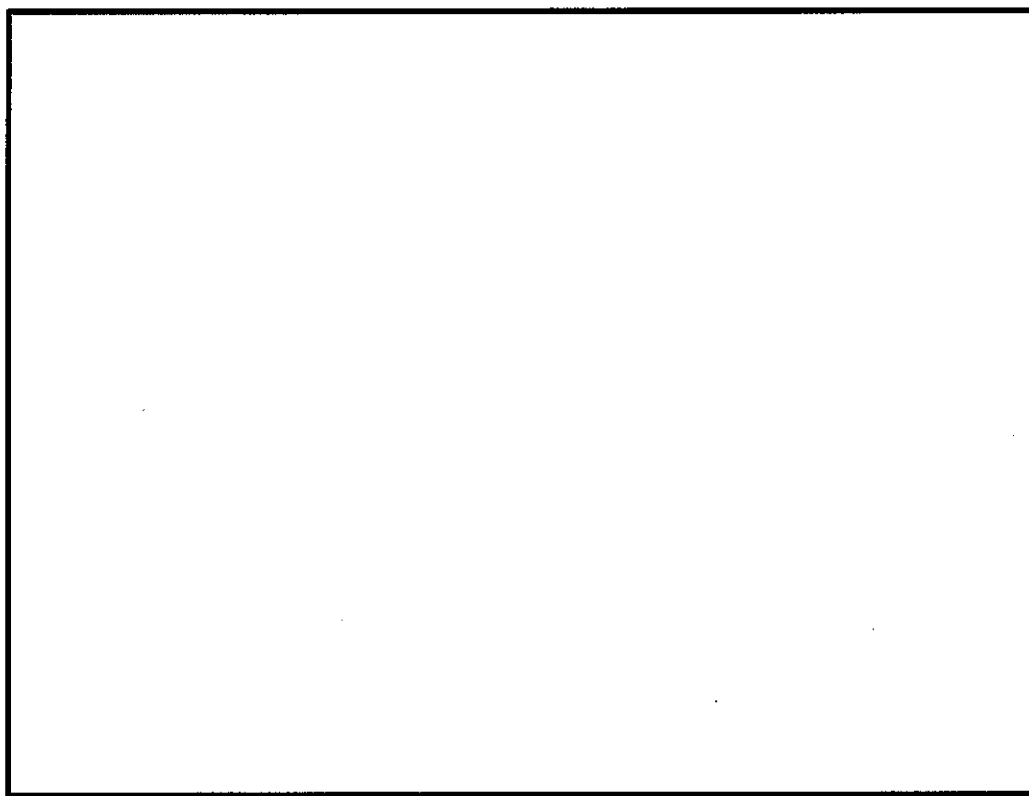


図 5-4 (3) 北基礎下部配筋要領図

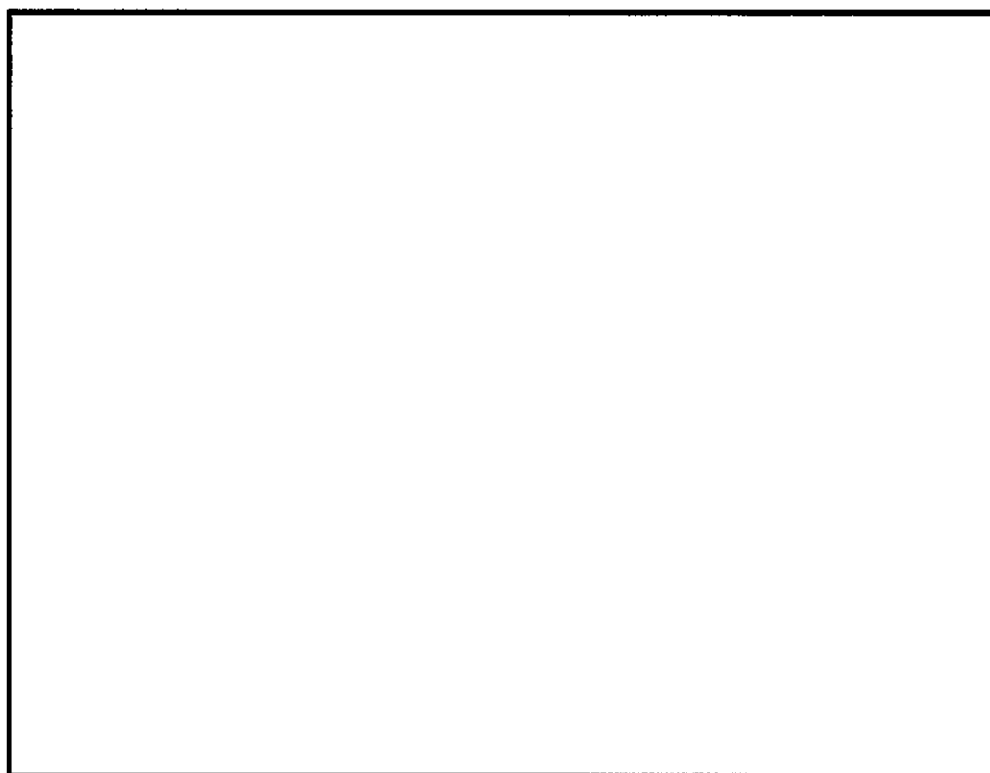


図 5-5 (1) 南基礎上部配筋要領図

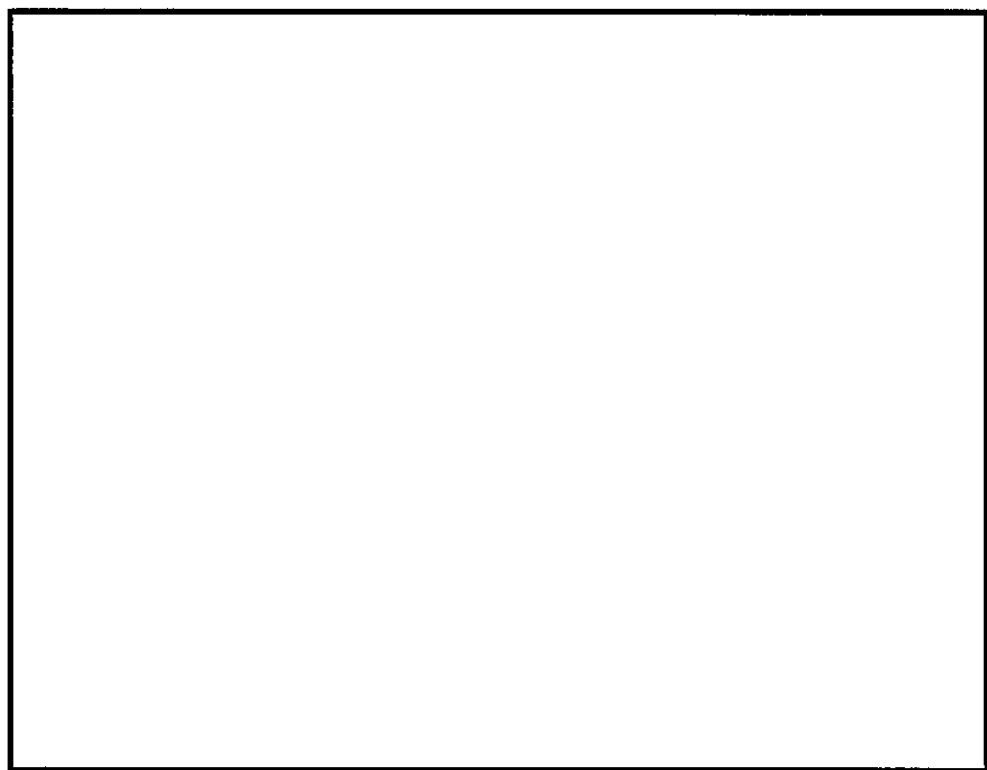


図 5-5 (2) 南基礎中央配筋要領図

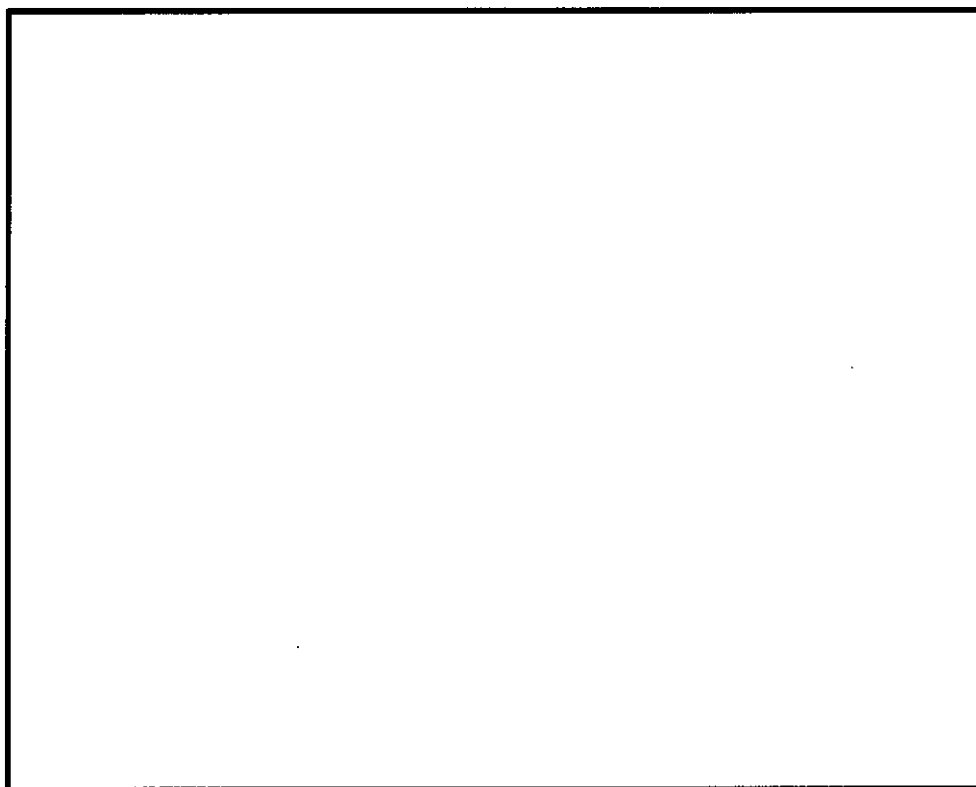


図 5-5 (3) 南基礎下部配筋要領図

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 5-12 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 5-12 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

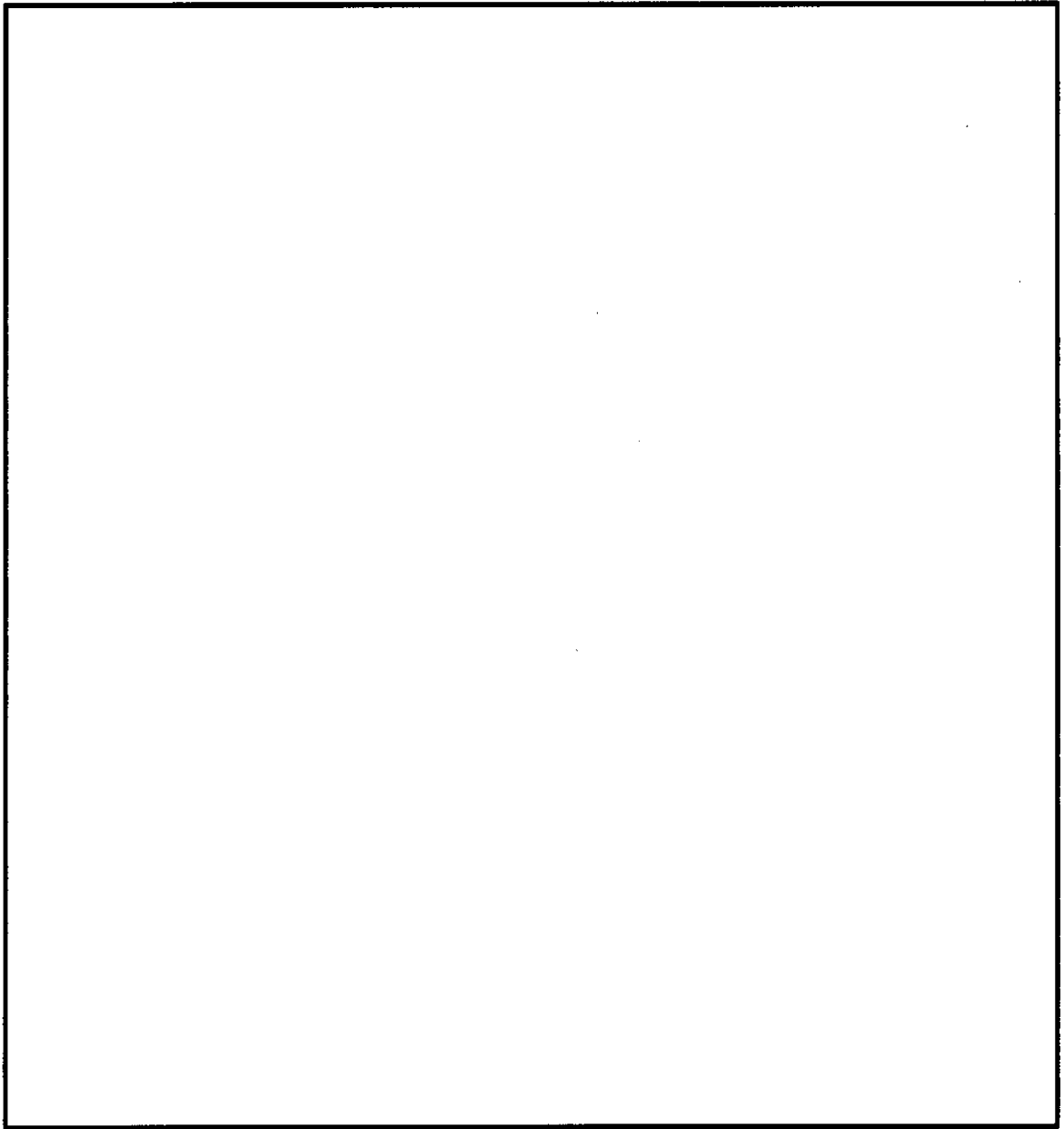


図 5-6 (1) ジベル鉄筋の仕様及び配置図（南基礎上部・北基礎上部）

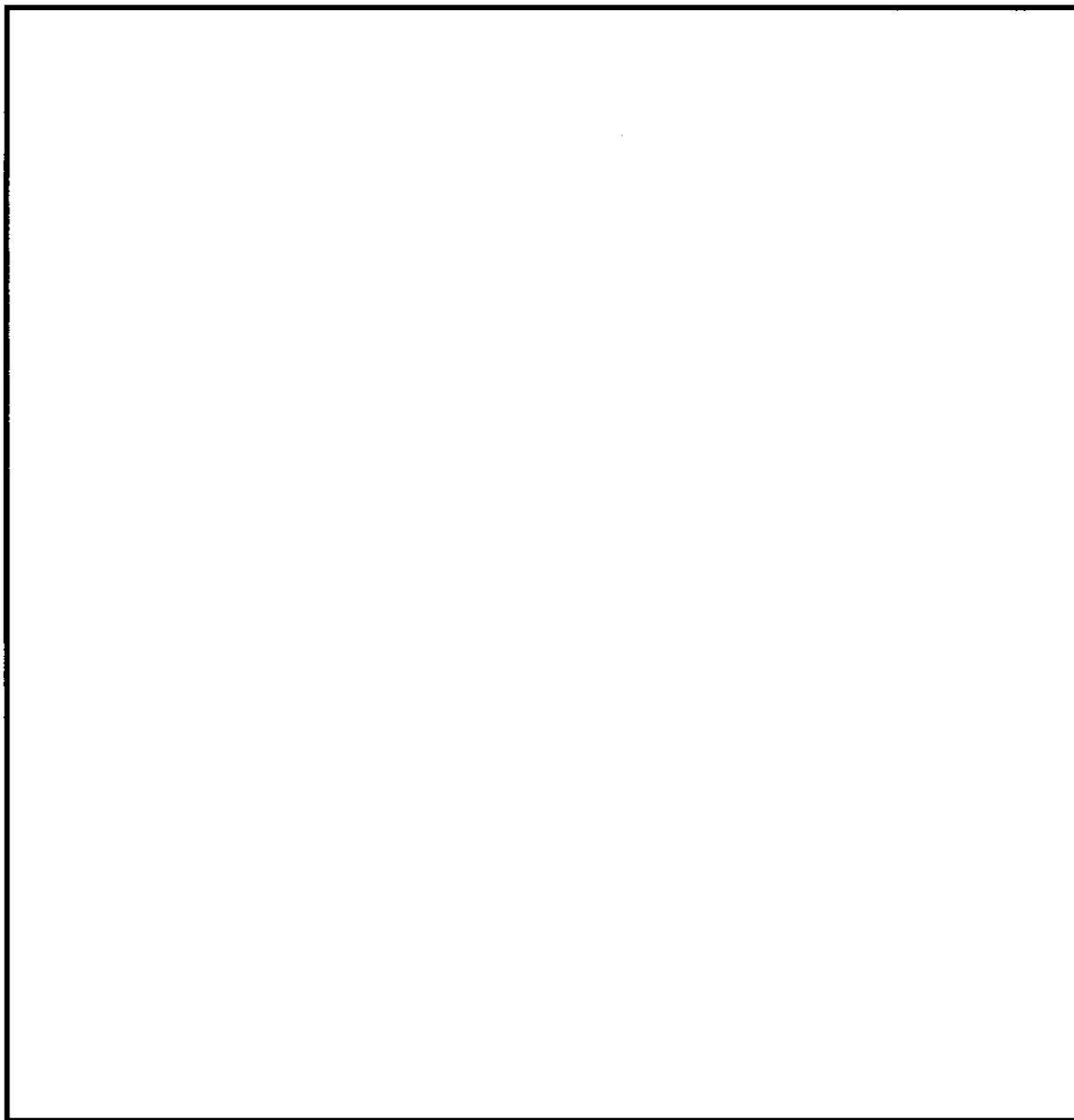


図 5-6 (2) ジベル鉄筋の仕様及び配置図 (南基礎中央)

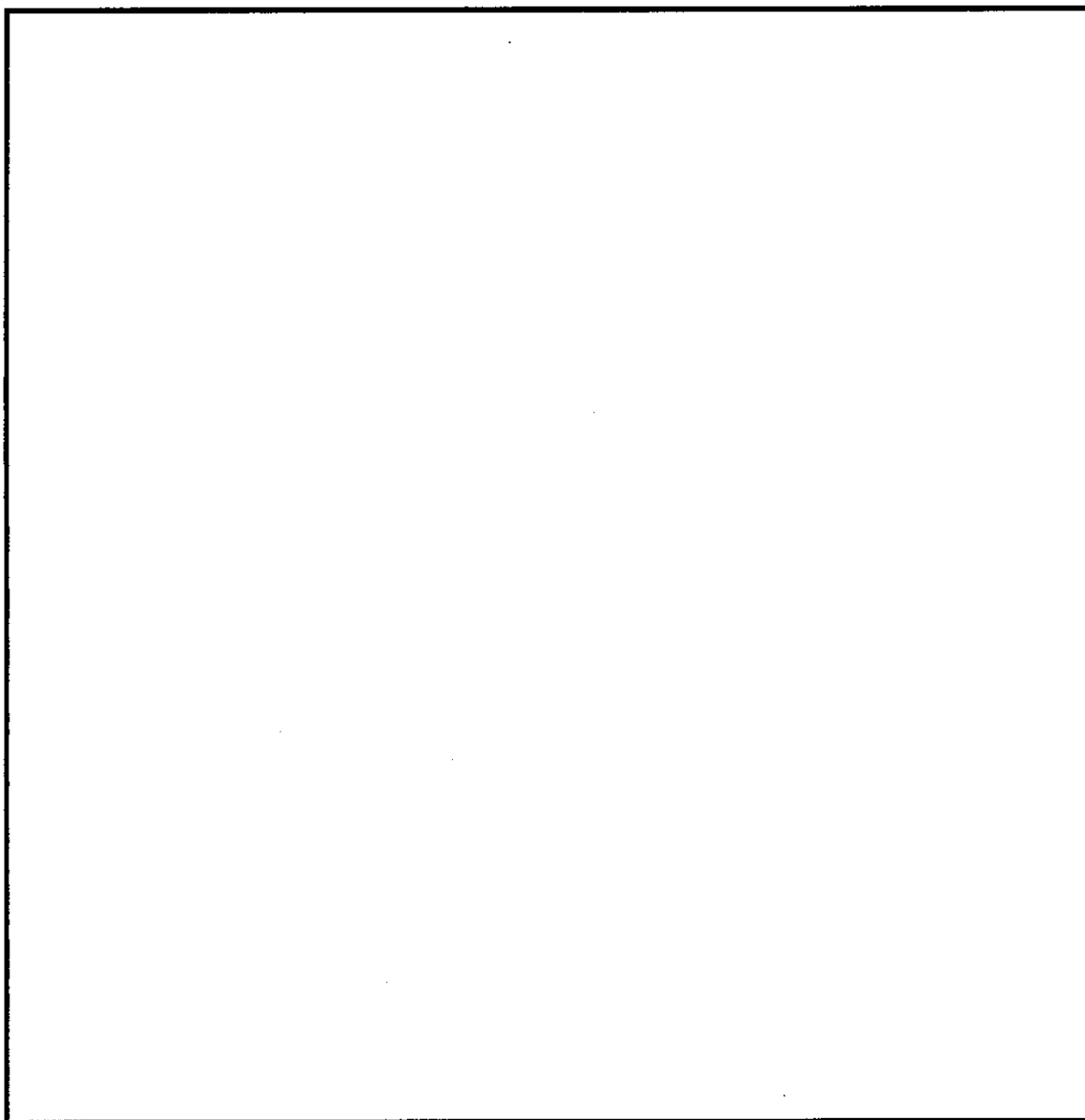


図 5-6 (3) ジベル鉄筋の仕様及び配置図 (北基礎中央)

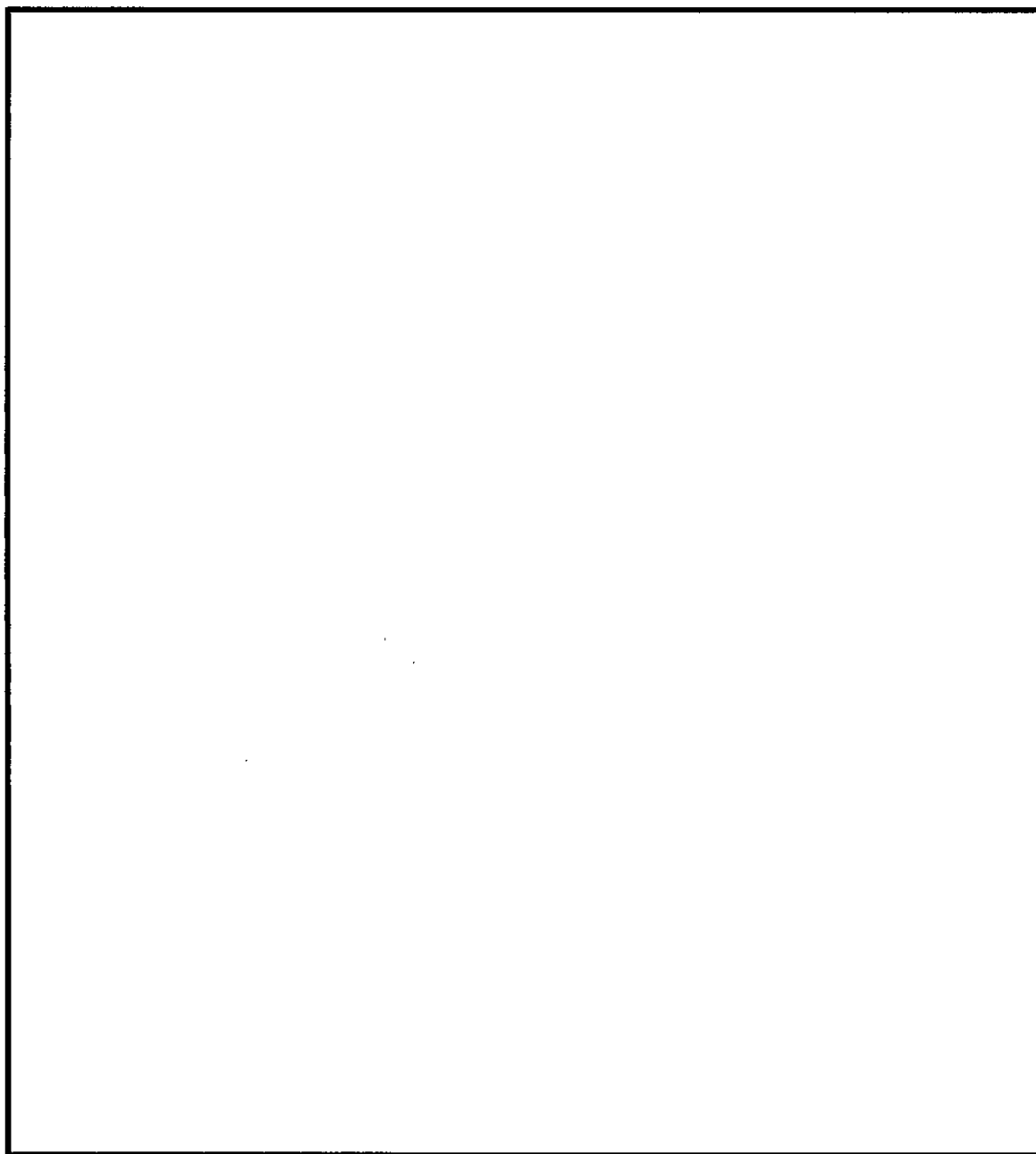


図 5-6 (4) ジベル鉄筋の仕様及び配置図 (南基礎下部・北基礎下部)

5.2.4 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。

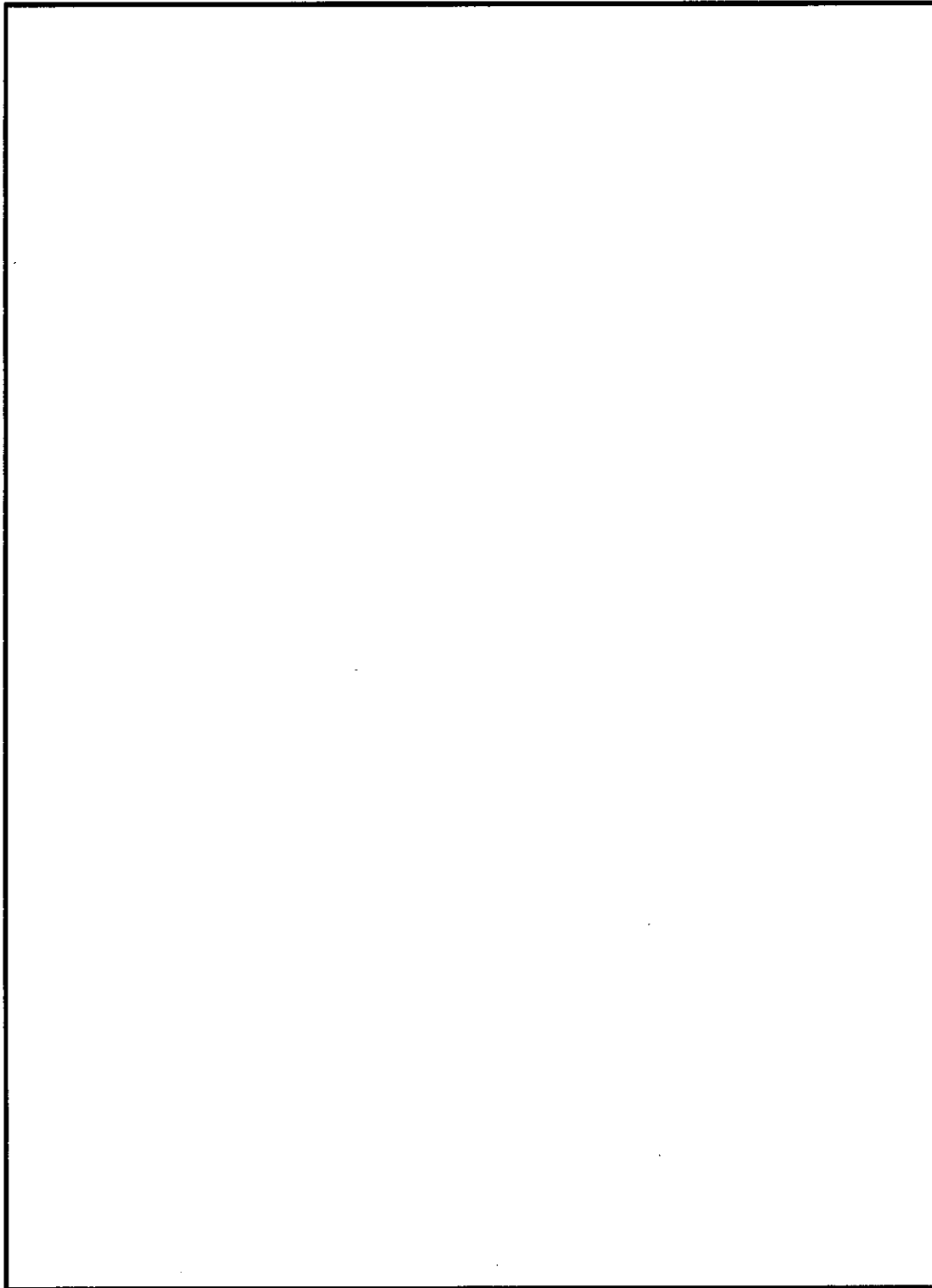


図 5-7 (1) 板厚構成図 (その 1)

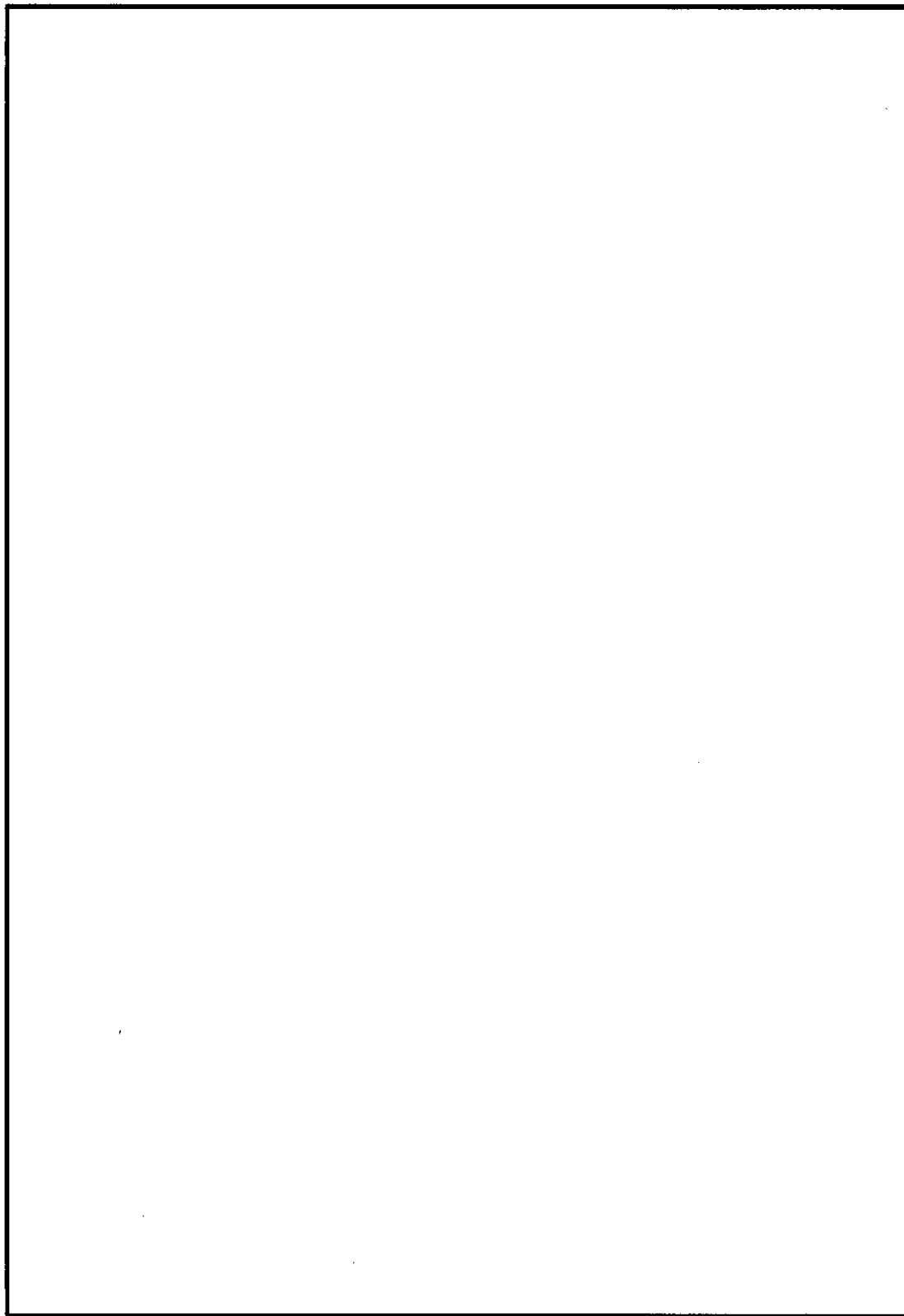


図 5-7 (2) 板厚構成図 (その 2)

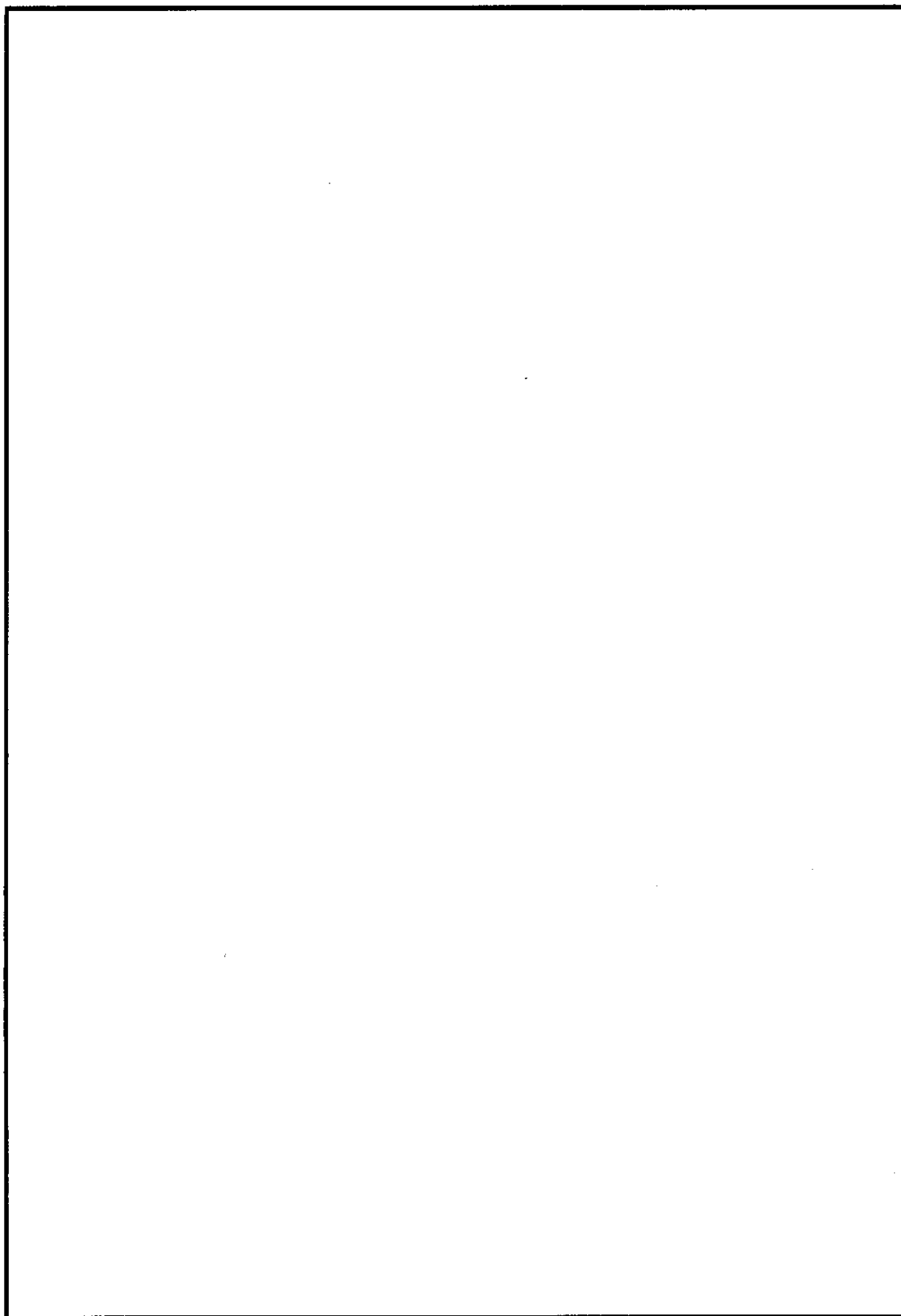


図 5-7 (3) 板厚構成図 (その 3)

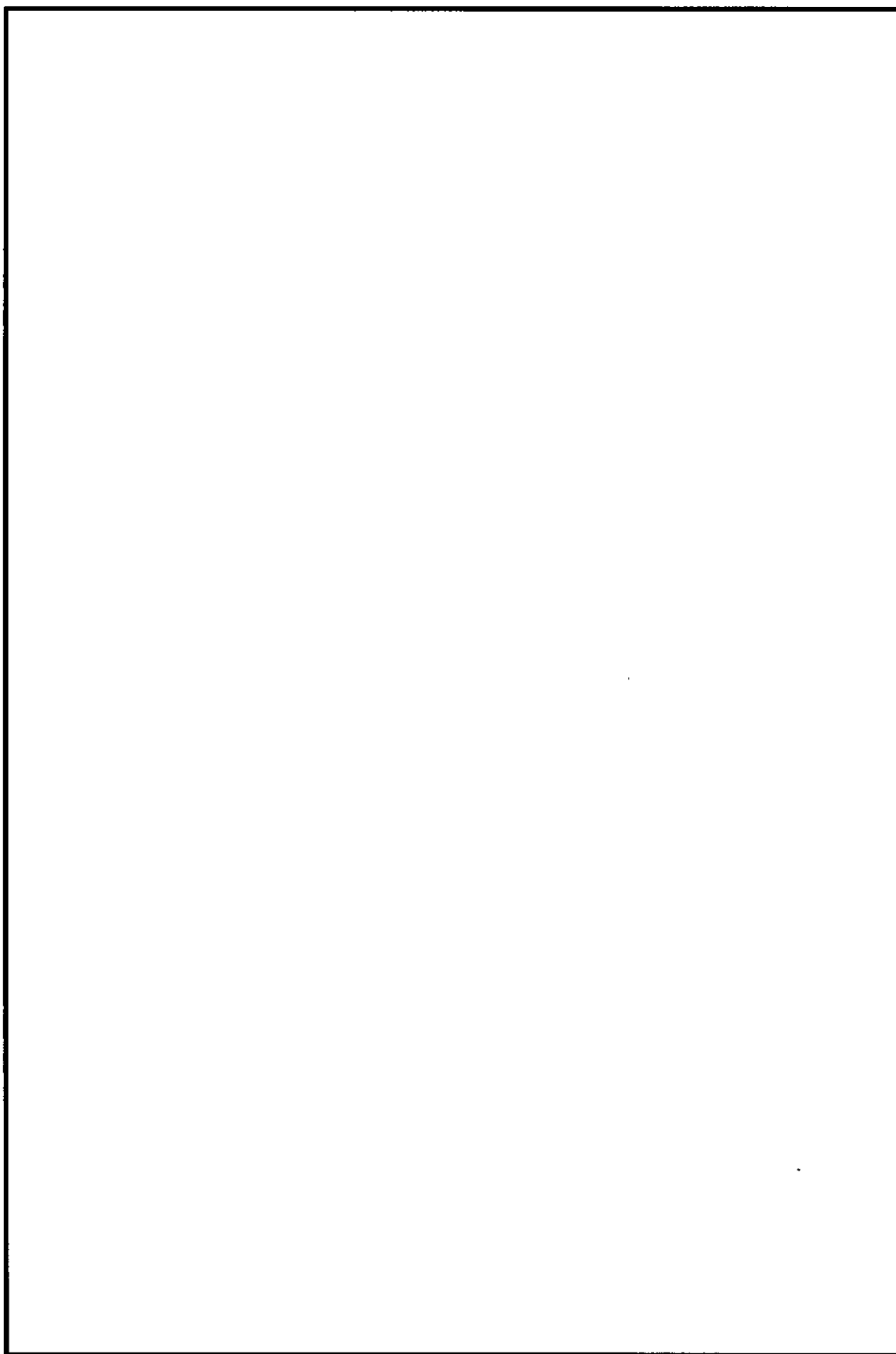


図 5-7 (4) 板厚構成図 (その 4)

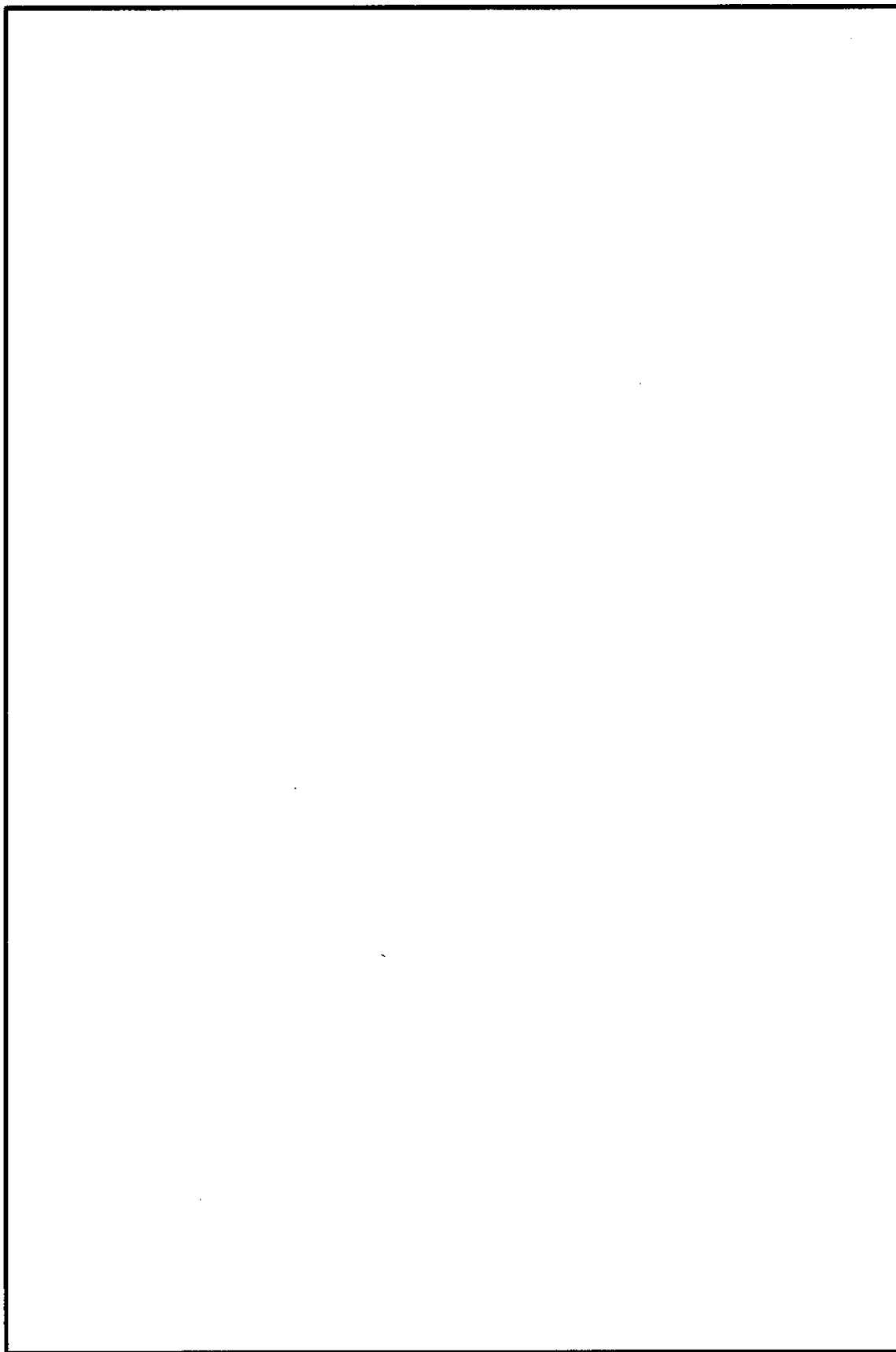


図 5-7 (5) 板厚構成図 (その 5)

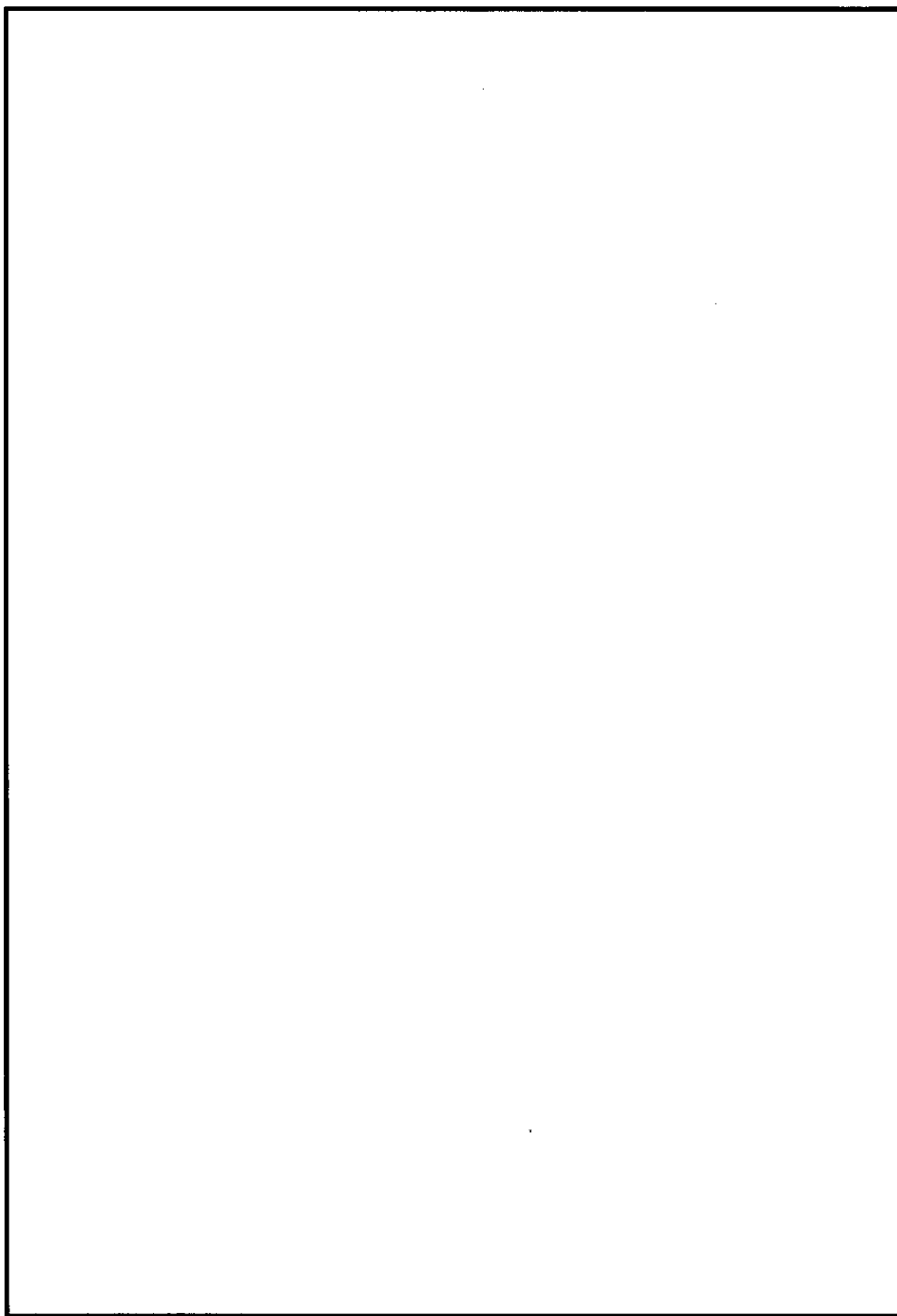


図 5-7 (6) 板厚構成図 (その 6)

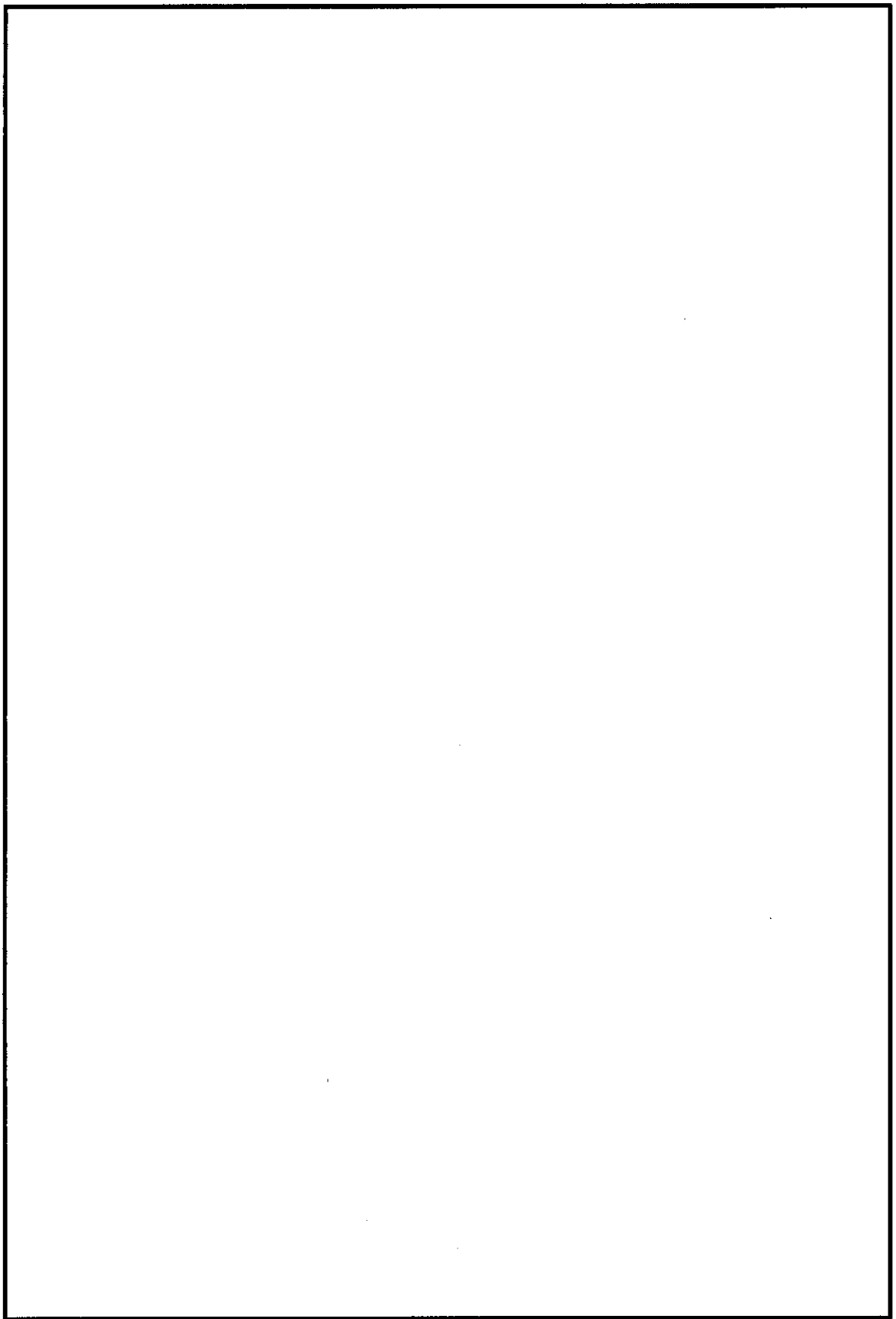


図 5-7 (7) 板厚構成図 (その 7)

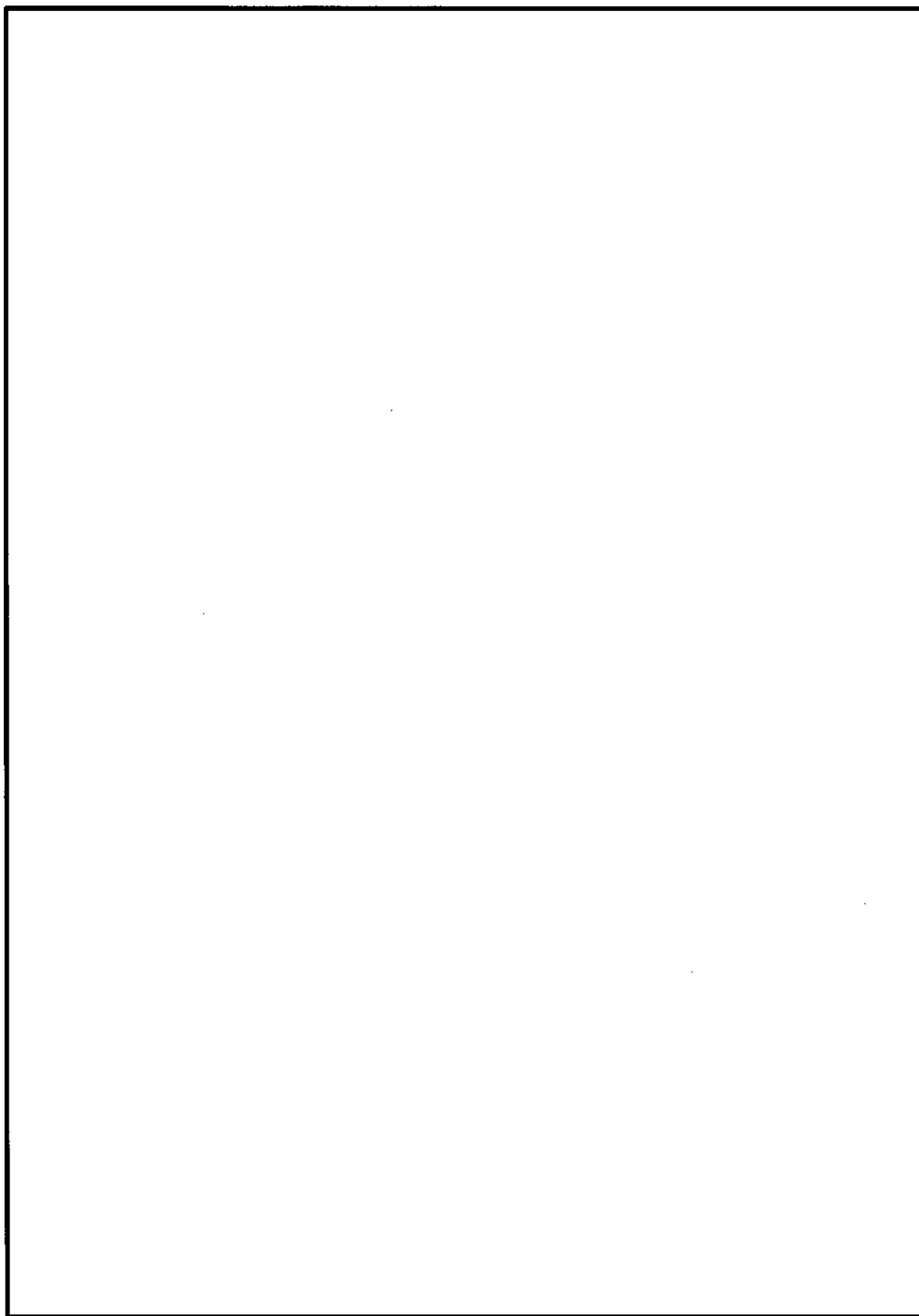


図 5-7 (8) 板厚構成図 (その 8)

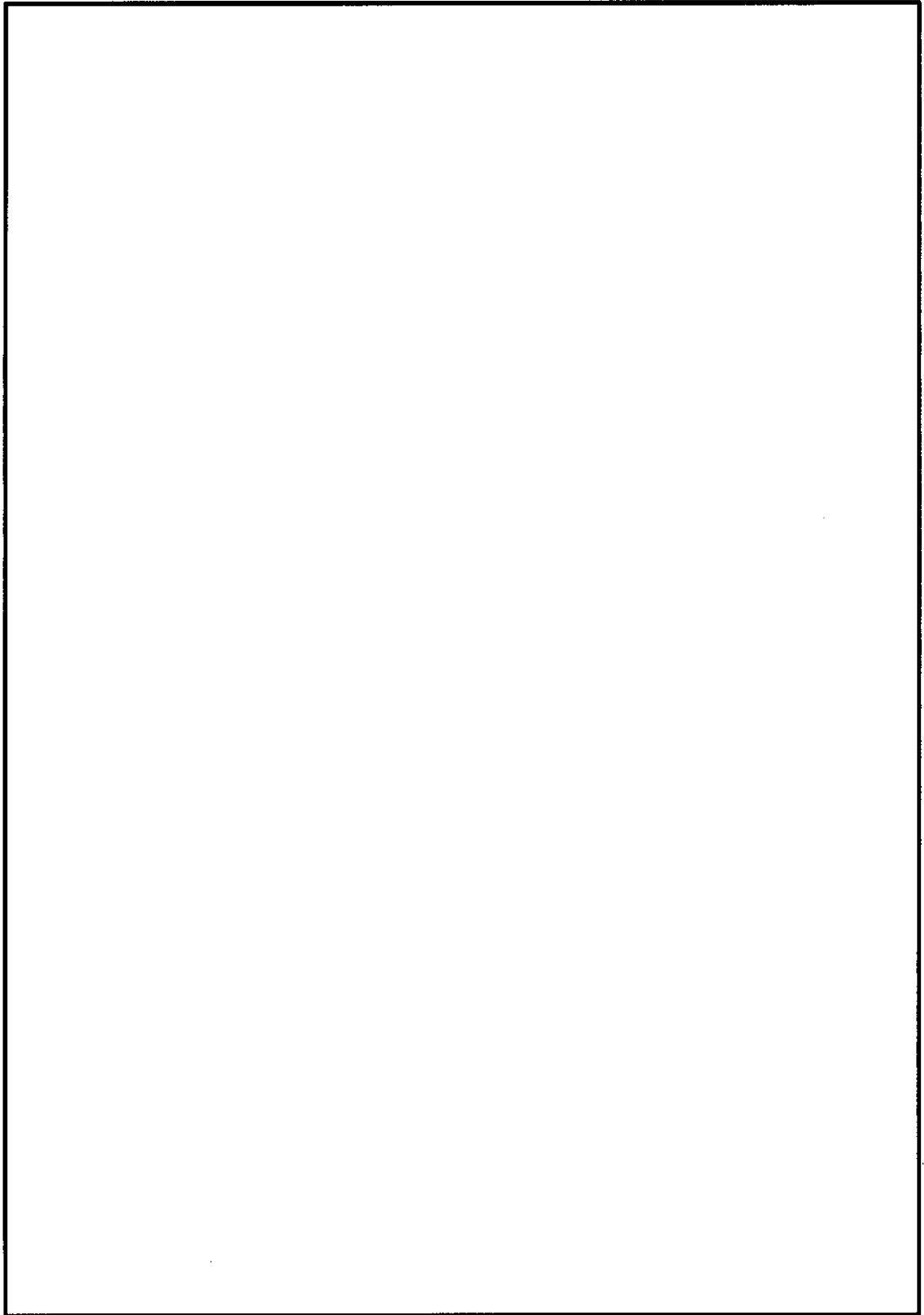


図 5-7 (9) 板厚構成図 (その 9)

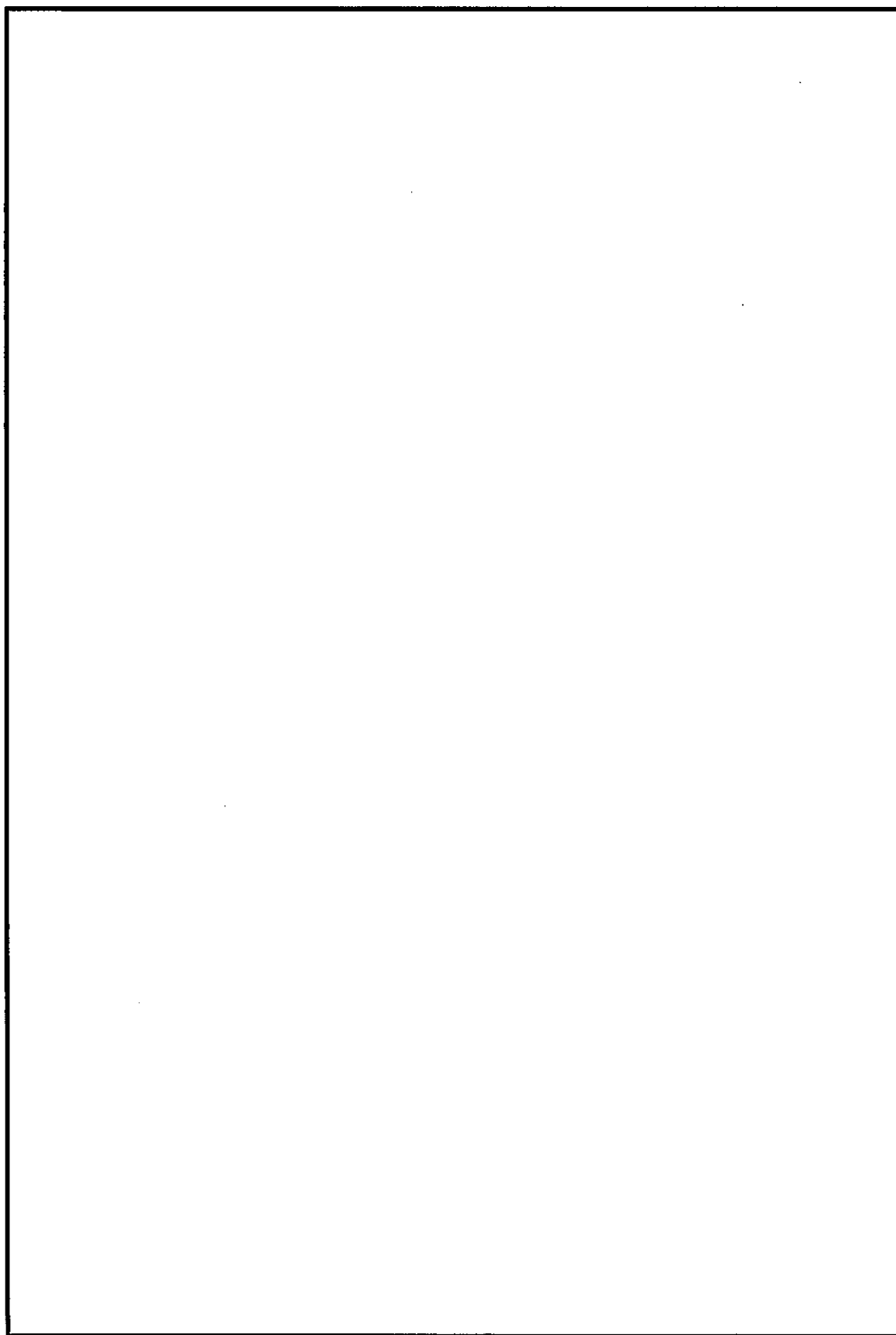


図 5-7 (10) 板厚構成図 (その 1 0)

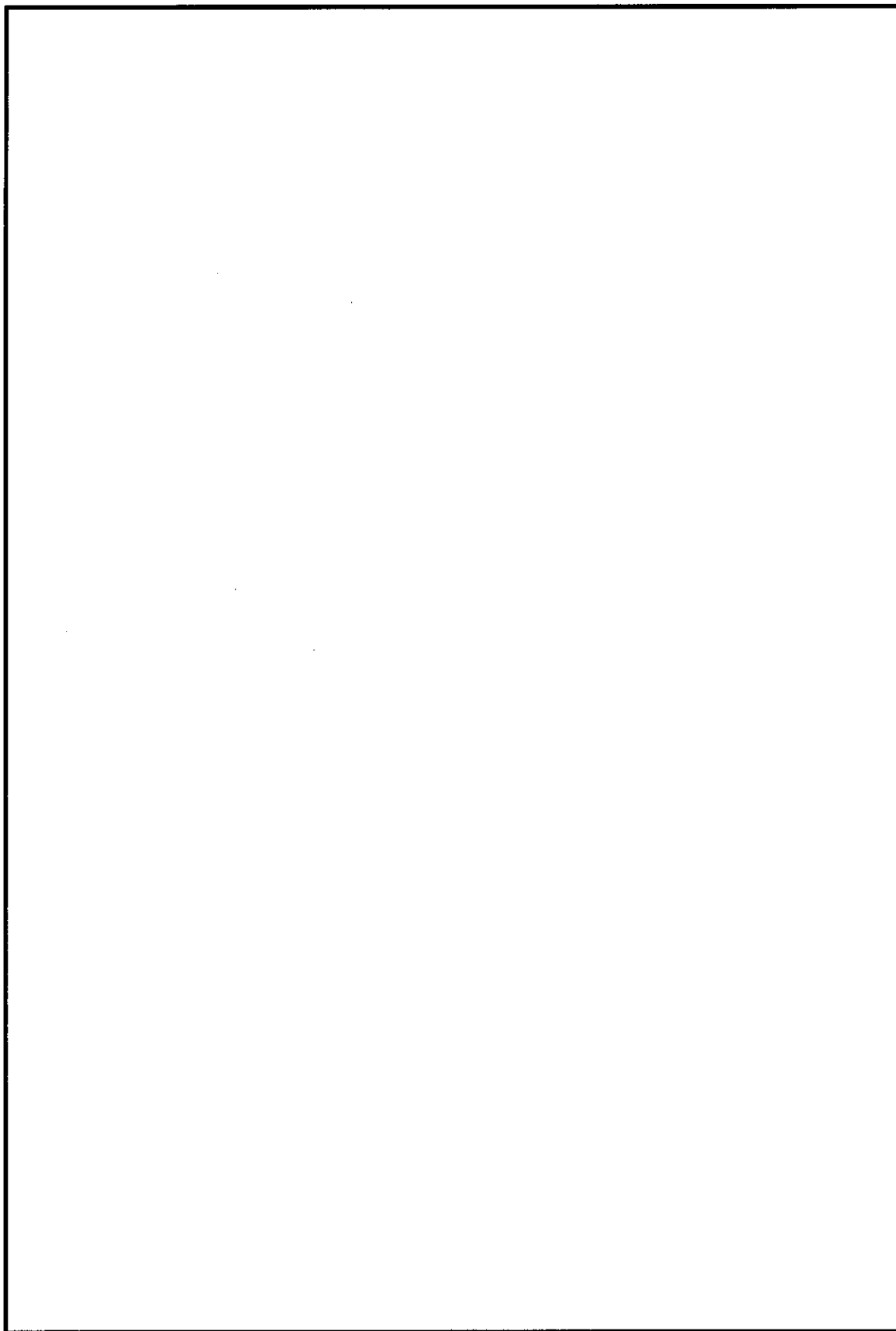


図 5-7 (11) 板厚構成図 (その 1 1)

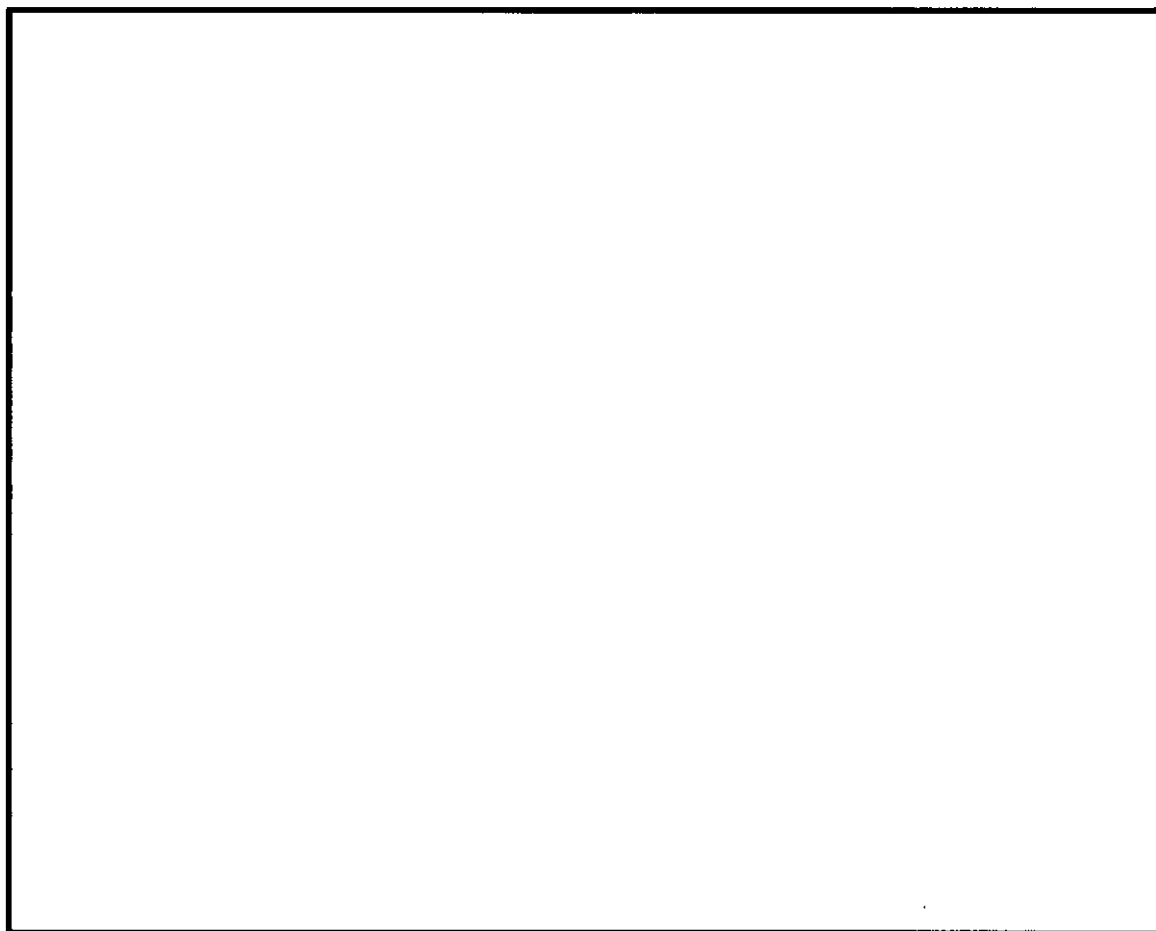


図 5-7 (12) 板厚構成図 (その 1 2)

(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 5-13 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 5-13 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	許容限界	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
	SBHS700	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 5-14 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 5-14 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

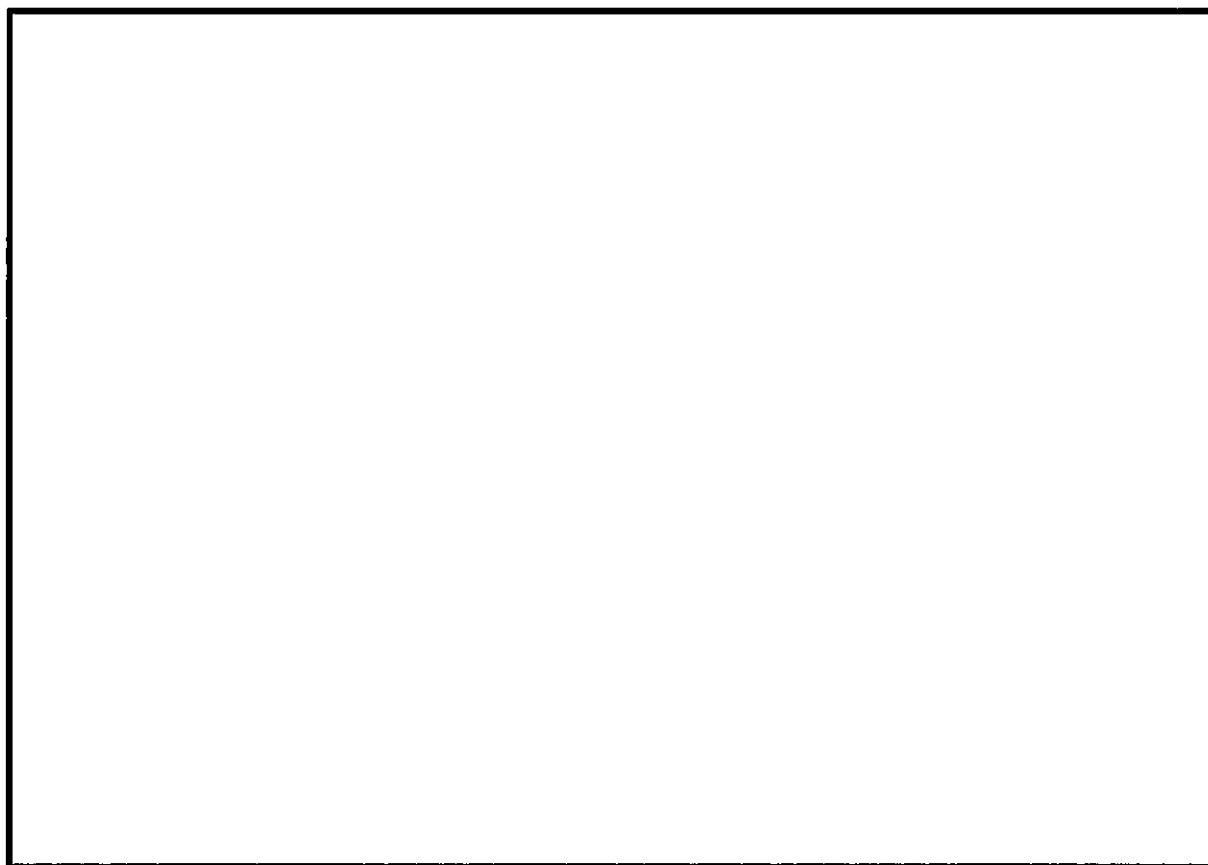


図 5-8 スタッドの仕様及び配置図

5.2.5 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 5-15 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。

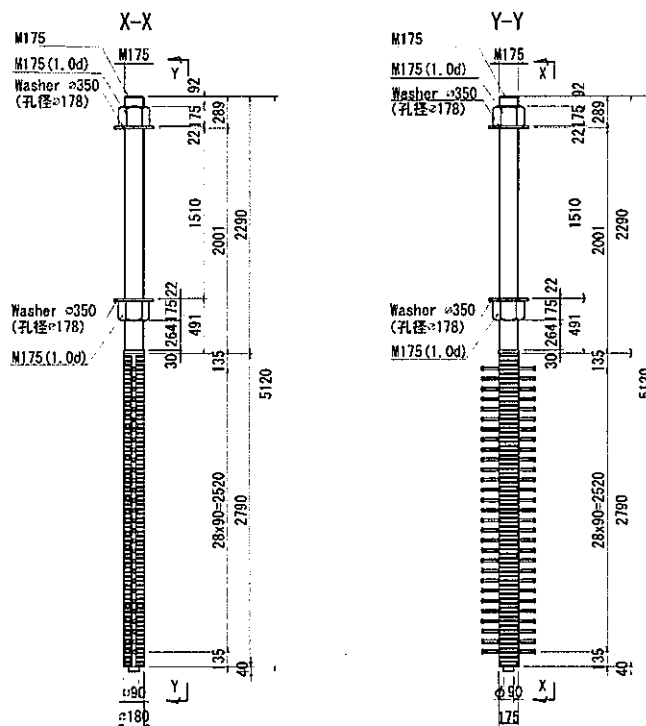
アンカーボルトの発生応力が許容限界以下であることを確認した。

表 5-15 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	許容限界	
基準津波時	地盤パネ 3	南基礎	118	315	0.38
	地盤パネ 5	北基礎	144	315	0.46
敷地に遡上する津波	地盤パネ 3	南基礎	215	355	0.61
	地盤パネ 3	北基礎	198	355	0.56

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 5-9 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 5-16 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 5-16 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力の評価結果

アンカーボルトのコーンせん断力に対する照査結果を表 5-17 に示す。

アンカーボルトのコーンせん断力が許容限界以下であることを確認した。

表 5-17 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 許容限界 (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 4-D25@ 300 (mm ² /m ²)	照査値
南基礎	1.064	0.825	0.651	2171	6756	0.33
北基礎	0.981	0.825	0.568	1895	6756	0.29

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) 頂版鉄筋コンクリート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

頂版鉄筋コンクリート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 5-18 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 5-18 頂版鉄筋コンクリート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	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
北基礎	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

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

- (5) 頂版鉄筋コンクリート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
 頂版鉄筋コンクリート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 5-19 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 5-19 頂版鉄筋コンクリート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)	許容 限界 (N/mm ²)	照査値	配置 鉄筋	発生 応力 (N/mm ²)	許容 限界 (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。

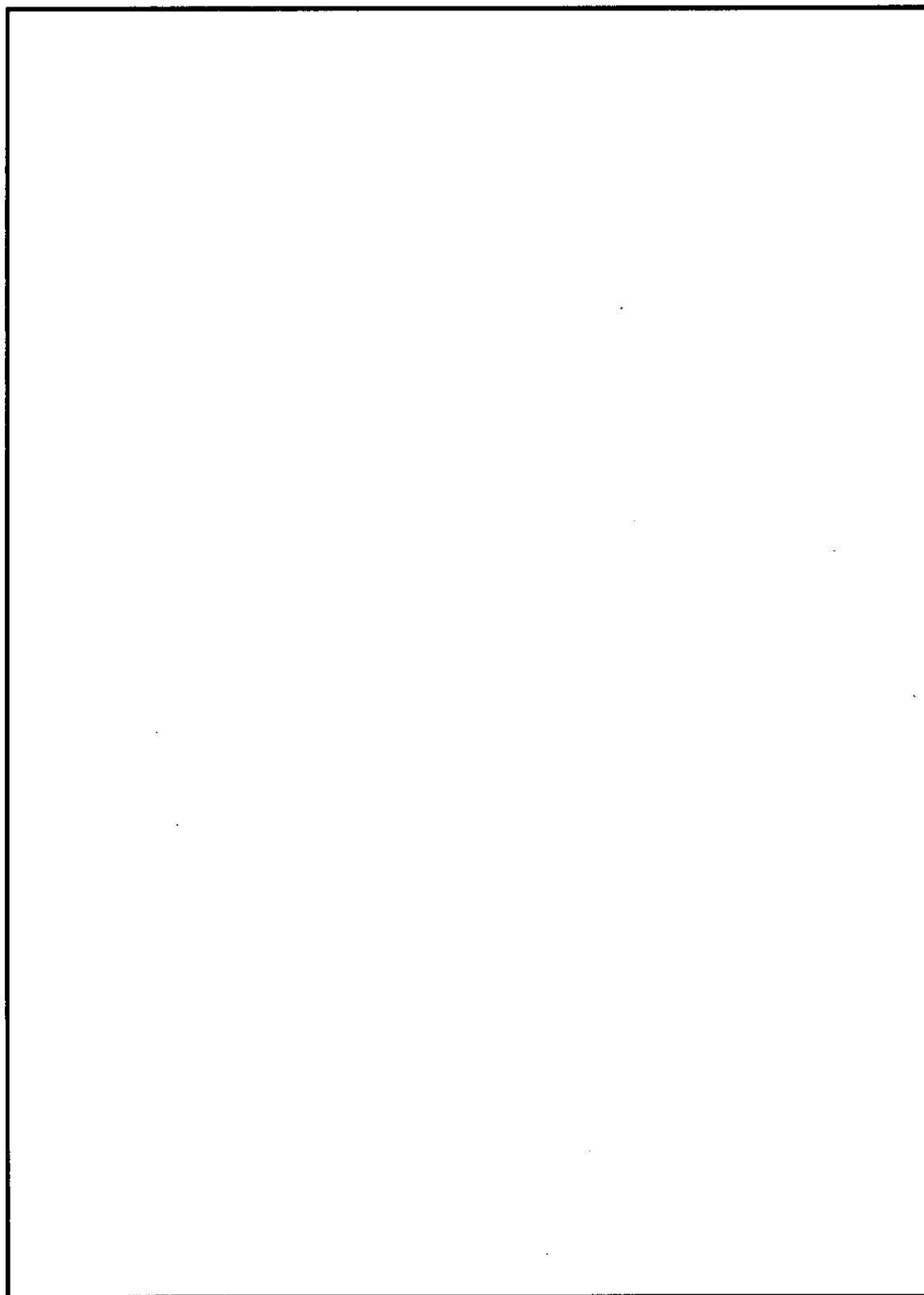


図 5-10 (1) アンカーボルトの配置，頂版鉄筋コンクリートの概略配筋図

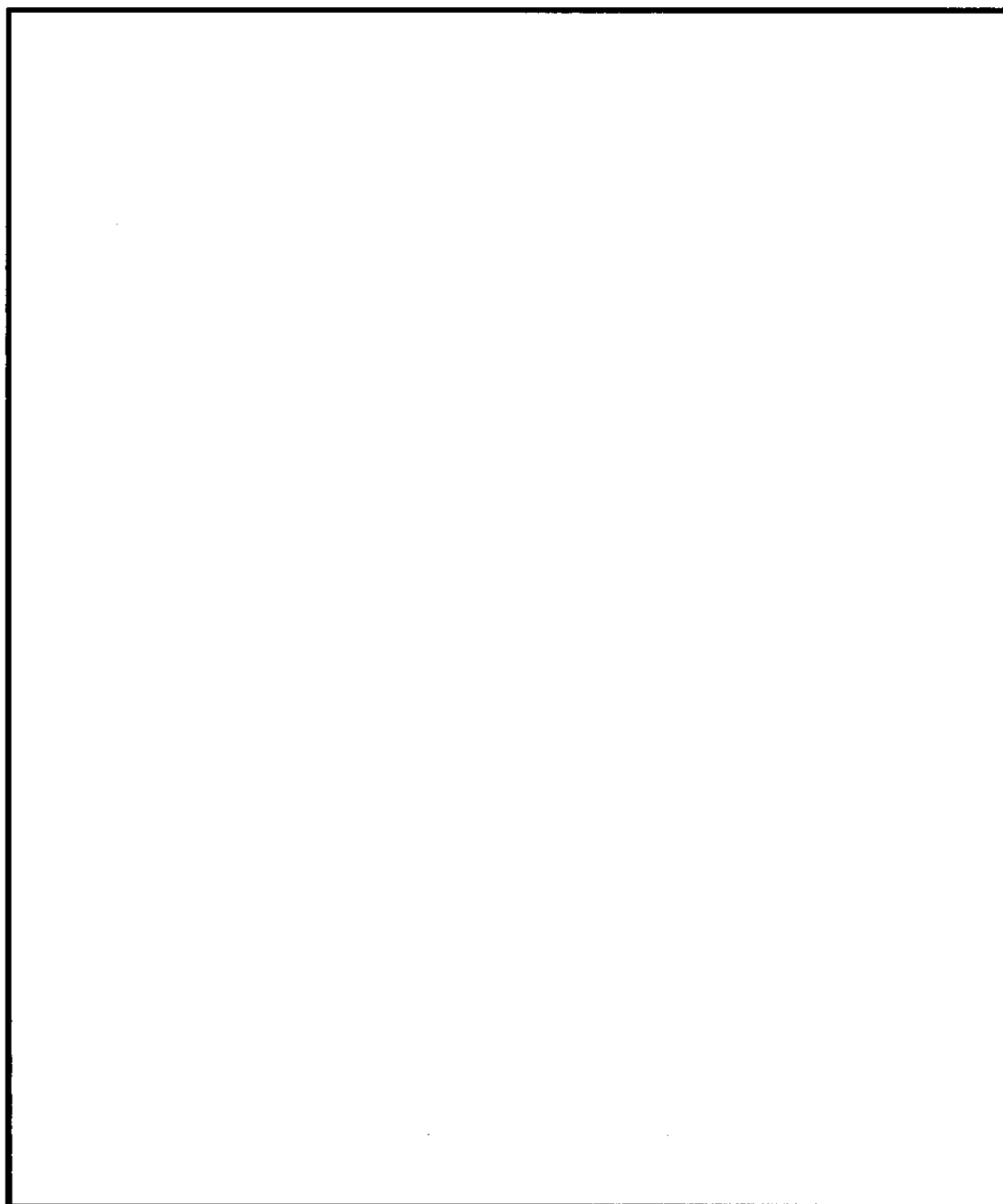


図 5-10 (2) 中詰め鉄筋コンクリートの概略配筋図

(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，頂版鉄筋コンクリート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。

5.2.6 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結果を表 5-20 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 5-20 (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：地盤物性のばらつきを考慮 (-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 5-20 (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：地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

5.2.7 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 5-21 及び表 5-22 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 5-21 重畳時相対変位量（天端）

	δ_x (m)	δ_y (m)	δ_z (m)	最大発生変位量[m] $\sqrt{(\delta_x^2 + \delta_y^2 + \delta_z^2)}$	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 5-22 重畳時相対変位量（地表面）

	δ_x (m)	δ_y (m)	δ_z (m)	最大発生変位量[m] $\sqrt{(\delta_x^2 + \delta_y^2 + \delta_z^2)}$	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

6. 現地施工状況等を考慮して実施した強度評価

6.1 強度評価の概要

本項では、平成 30 年 10 月 18 日以降に実施した防潮堤（鋼製防護壁）の現地施工状況等を考慮し、これを適切に反映した、防潮堤（鋼製防護壁）における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示す。

6.2 反映すべき現地施工状況等の整理

平成 30 年 10 月 18 日以降に実施した防潮堤（鋼製防護壁）の現地施工状況等として、強度評価に反映すべき内容を以下に示す。

・設計変更①：地中連続壁基礎の不具合事象に対応した設計変更

地中連続壁の壁面にて確認したコンクリートの未充填及び鉄筋の変形等を考慮し、地中連続壁及び中実鉄筋コンクリートの設計断面及び配筋の見直しを実施した。（地中連続壁に対して深さ 0.2m×幅 2.5m の断面欠損を 8 箇所設定し、これを補強するため中実鉄筋コンクリートの配筋を見直した。）

・設計変更②：品質向上を目的とした設計変更

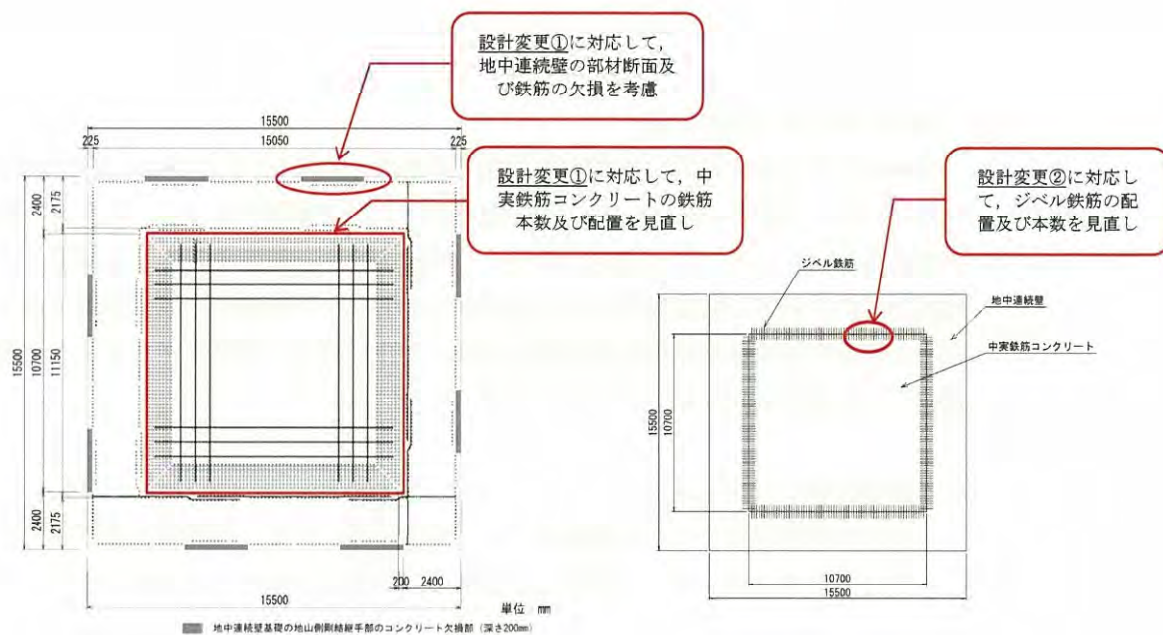
鉄筋が密に配置されている箇所における品質向上を目的として、地中連続壁のアンカーボルト及びジベル鉄筋の配置と本数について見直しを実施した。また、鋼製部材における品質向上を目的として、工場での製作範囲を拡大することを計画し、これに対応するよう一部部材厚と材質の見直しを実施した。

以上の設計変更について、各構造部位における変更箇所の概要を図 6-1 に示す。

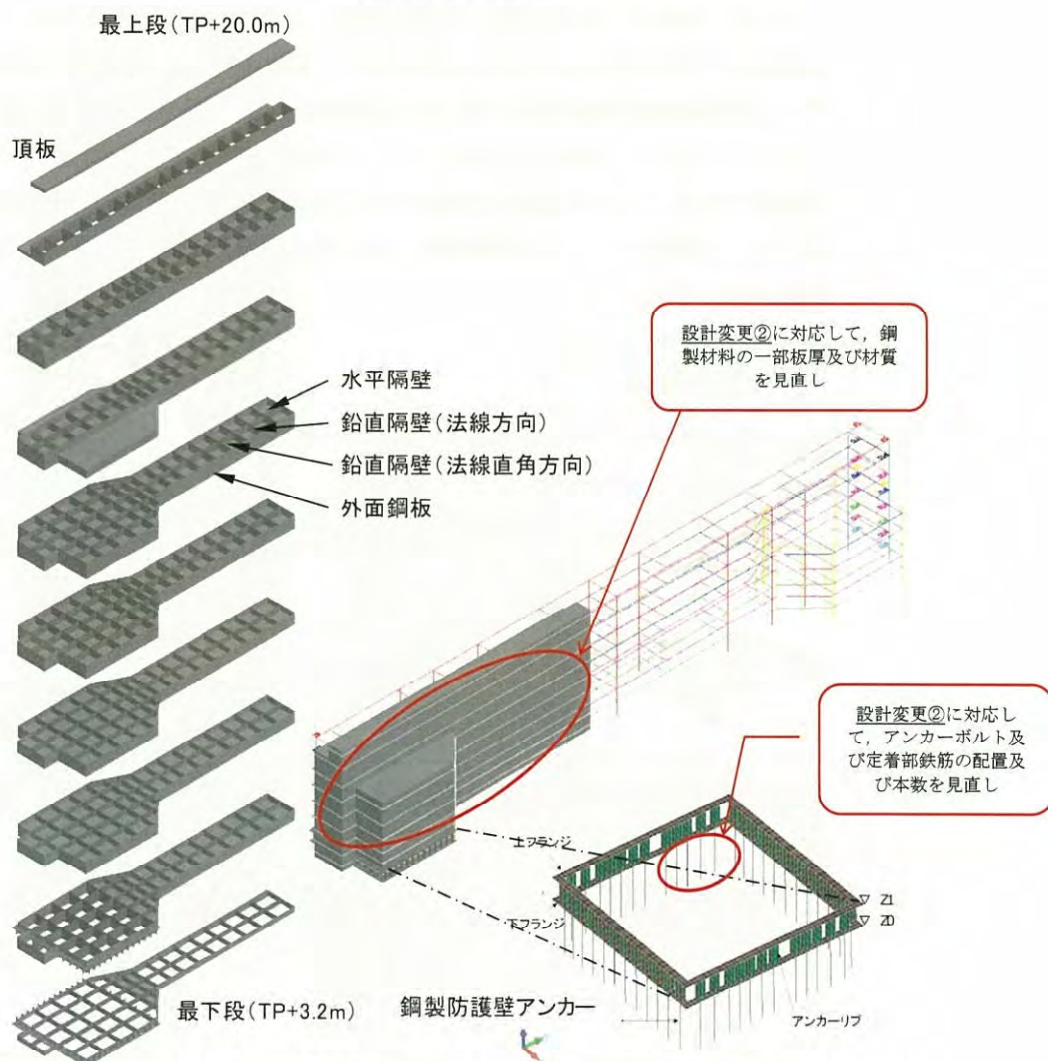
なお、本項 6.4 及び 6.5 に示す強度評価結果については、上記の設計変更が全て反映されている。各項における設計変更の反映状況を下表にとりまとめる。

表 6-1 各項における設計変更の反映状況

本資料の 項目番号	評価項目	反映した 設計変更	反映内容の詳細
6.4.1（津波） 6.4.2（津波） 6.5.2（重畳） 6.5.3（重畳）	地中連続壁基礎に対する評価結果	設計変更① 設計変更②	・断面欠損を考慮した部材諸元の修正 ・ジベル鉄筋の諸元見直し
6.5.4（重畳）	鋼製防護壁に対する評価結果	設計変更②	・鋼製部材の諸元見直し
6.5.5（重畳）	鋼製防護壁（接合部）の評価結果	設計変更②	・アンカーボルト及び定着部鉄筋の諸元見直し
6.5.6（重畳）	基礎地盤の支持性能に対する評価結果	—	—
6.4.3（津波） 6.5.7（重畳）	止水ジョイント部の相対変位量に対する評価結果	—	—



(地中連続壁基礎)



(鋼製防護壁)

図 6-1 各構造部材における変更箇所の概要

6.3 強度評価に係る基本方針

現地施工状況等を考慮して実施した強度評価は、平成30年10月18日付け原規規発第1810181号にて認可された工事計画の添付書類「V-3-別添3-2-1-1 防潮堤（鋼製防護壁）の強度計算書」による「2. 基本方針～4. 評価条件」を踏襲することを基本とする。ただし、強度計算の方針及び強度評価に用いる解析コードは、今回申請の添付書類「VI-3-別添1-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」及び「VI-4 計算機プログラム（解析コード）の概要」の各添付書類に基づくものとする。

(1) 強度評価における検討ケース

今回の強度評価では、本資料の「5. 評価結果」にて、各部材の曲げ軸力及びせん断照査としてとりまとまっている各最大照査値に対応する検討ケースを採用する。

(2) 強度評価モデルの変更について

「6.2 反映すべき現地施工状況の整理」に示す設計変更のうち、“設計変更①：地中連続壁基礎の不具合事象に対応した設計変更”については、防潮堤（鋼製防護壁）の強度評価モデル（地中連続壁基礎の曲げ及びせん断剛性）に影響のある設計変更である。

しかしながら、段階的に実施していく強度評価の中で、本設計変更による応答値への影響が軽微であることを定量的に確認できる場合においては、以降の評価の応答値（発生断面力等）を、本資料の「5. 評価結果」から引用する。応答値の引用の考え方を図6-2に、引用状況を表6-2に示す。

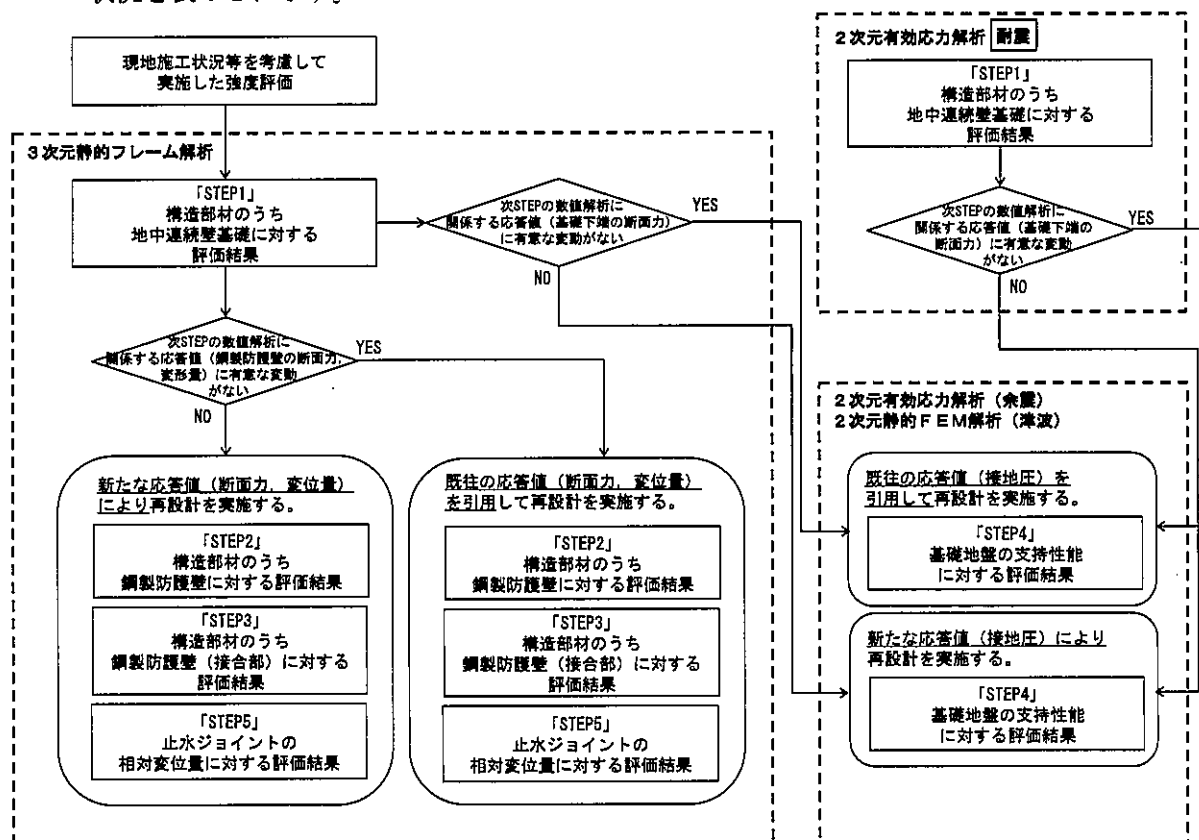


図 6-2 応答値の引用に係る考え方

表 6-2 応答値の引用状況について

解析 STEP	資料の 項目番号	評価項目	応答値の 引用状況	引用可能と判断 した根拠
STEP1	6.4.1 (津波) 6.4.2 (津波) 6.5.2 (重畳) 6.5.3 (重畳)	構造部材のうち 地中連続壁基礎に対する 評価結果 【3次元静的フレーム解析】	引用しない (断面欠損を考 慮する。)	—
STEP2	6.5.4 (重畳)	構造部材のうち 鋼製防護壁に対する 評価結果 【3次元静的フレーム解析】	引用する	STEP1 で実施した 【3次元静的フレー ム解析】の結果、応 答値（鋼製防護壁の 断面力）に有意な変 動がないため。
STEP3	6.5.5 (重畳)	構造部材のうち 鋼製防護壁（接合部） の評価結果 【3次元静的フレーム解析】	引用する	STEP1 で実施した 【3次元静的フレー ム解析】の結果、応 答値（基礎下端の断 面力）に有意な変動 がないため。 また、耐震評価の STEP1 で実施した 【2次元有効応力解 析】の結果、応答値 （基礎下端の断面 力）に有意な変動が ないため。
STEP4	6.5.6 (重畳)	基礎地盤の支持性能に 対する評価結果 【2次元有効応力解析(余震)】 【2次元静的FEM解析(津波)】	引用する	STEP1 で実施した 【3次元静的フレー ム解析】の結果、応 答値（基礎下端の断 面力）に有意な変動 がないため。 また、耐震評価の STEP1 で実施した 【2次元有効応力解 析】の結果、応答値 （基礎下端の断面 力）に有意な変動が ないため。
STEP5	6.4.3 (津波) 6.5.7 (重畳)	止水ジョイントの相対変位量 に対する評価結果 【3次元静的フレーム解析】	引用する	STEP1 で実施した 【3次元静的フレー ム解析】の結果、応 答値（鋼製防護壁の 変位量）に有意な変 動がないため。

6.4 現地施工状況等を考慮して実施した強度評価結果（津波時）

6.4.1 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照査値を表 6-3 に、鉄筋の曲げ軸力照査における各評価位置での照査値を表 6-4 にそれぞれ示す。

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 6-3 (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照査値 (基準津波時)

検討 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	12900	D51@150(9段)	2234879	-178369	4.8	21	0.24
地盤パネ2		①-①断面	15500	15500	12900	D51@150(9段)	-84740				
地盤パネ2	北基礎 -中央	②-②断面	15500	15500	13121	D51@150(7段)	1864928	-164944	4.3	21	0.21
地盤パネ2		①-①断面	15500	15500	13121	D51@150(7段)	83246				
地盤パネ2	南基礎 -中央	③-③断面	15500	15500	11789	D51@150(23段)	2373778	-227918	4.4	21	0.22
地盤パネ2		①-①断面	15500	15500	11789	D51@150(23段)	-52771				
地盤パネ2	北基礎 -下部	②-②断面	15500	15500	13250	D51@150(5段) D51@300(1段)	1379369	-277105	3.2	21	0.16
地盤パネ2		①-①断面	15500	15500	13250	D51@150(5段) D51@300(1段)	27833				

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。

@: 鉄筋の配置間隔

評価位置は下図に示す。

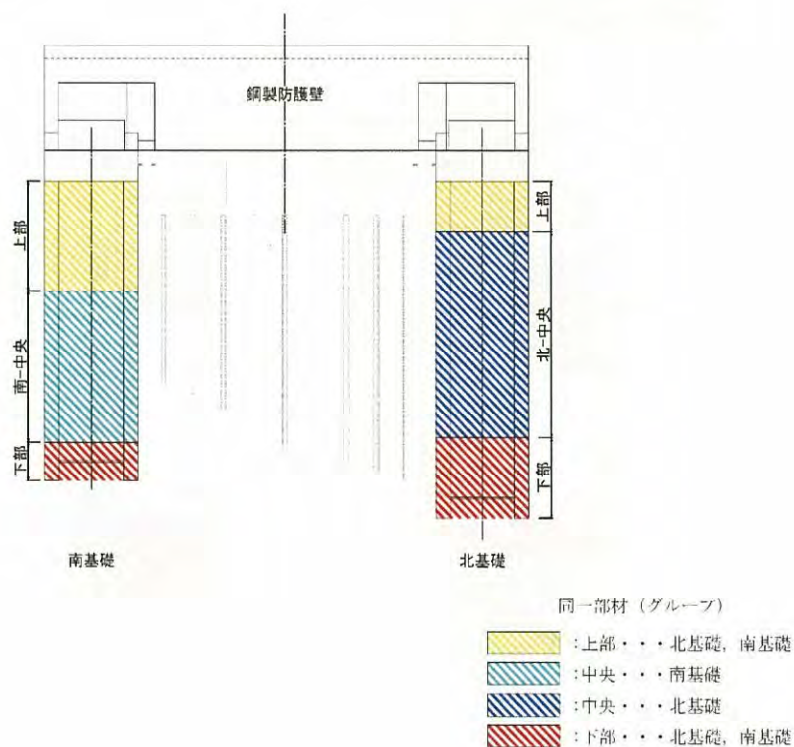


表 6-3 (2) コンクリートの曲げ軸力照査における各評価位置での照査値
(敷地に遡上する津波時)

検討 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)			
地盤バネ2	南基礎 -上部	③-③断面	15500	15500	12900	D51@150(9段)	3681257	-183729	7.8	28	0.28
地盤バネ2		①-①断面	15500	15500	12900	D51@150(9段)	-94142				
地盤バネ2	北基礎 -中央	②-②断面	15500	15500	13121	D51@150(7段)	3107933	-180154	7.1	28	0.26
地盤バネ2		①-①断面	15500	15500	13121	D51@150(7段)	103987				
地盤バネ2	南基礎 -中央	③-③断面	15500	15500	11789	D51@150(23段)	3890237	-232921	7.1	28	0.26
地盤バネ2		①-①断面	15500	15500	11789	D51@150(23段)	-63301				
地盤バネ2	北基礎 -下部	②-②断面	15500	15500	13250	D51@150(5段) D51@300(1段)	2299206	-284329	5.4	28	0.20
地盤バネ2		①-①断面	15500	15500	13250	D51@150(5段) D51@300(1段)	42936				

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。

@: 鉄筋の配置間隔

評価位置は下図に示す。

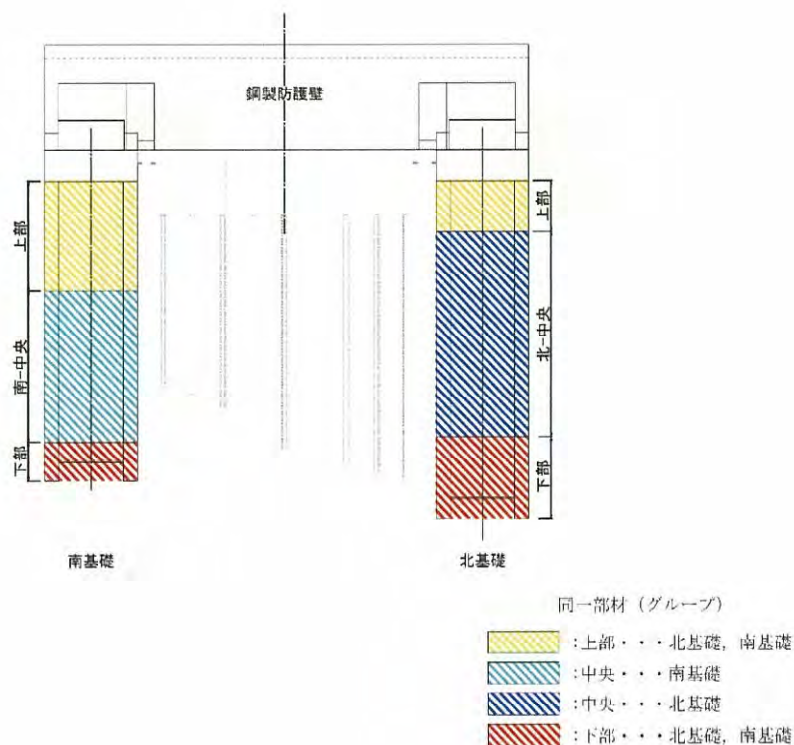


表 6-4 (1) 鉄筋の曲げ軸力照査における各評価位置での照査値 (基準津波時)

検討 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	12900	D51@150 (9段)	2234879	-178369	92.9	435	0.22
地盤パネ2		①-①断面	15500	15500	12900	D51@150 (9段)	-84740				
地盤パネ2	北基礎 -中央	②-②断面	15500	15500	13121	D51@150 (7段)	1772932	-135568	85.5	435	0.20
地盤パネ2		①-①断面	15500	15500	13121	D51@150 (7段)	99292				
地盤パネ2	南基礎 -中央	③-③断面	15500	15500	11789	D51@150 (23段)	2281137	-188996	70.0	435	0.17
地盤パネ2		①-①断面	15500	15500	11789	D51@150 (23段)	-78006				
地盤パネ2	北基礎 -下部	②-②断面	15500	15500	13250	D51@150 (5段) D51@300 (1段)	1379369	-277105	25.3	435	0.06
地盤パネ2		①-①断面	15500	15500	13250	D51@150 (5段) D51@300 (1段)	27833				

注記 *1: 有効高は地中連続壁基礎, 中実鉄筋コンクリートで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。

@: 鉄筋の配置間隔

評価位置は下図に示す。

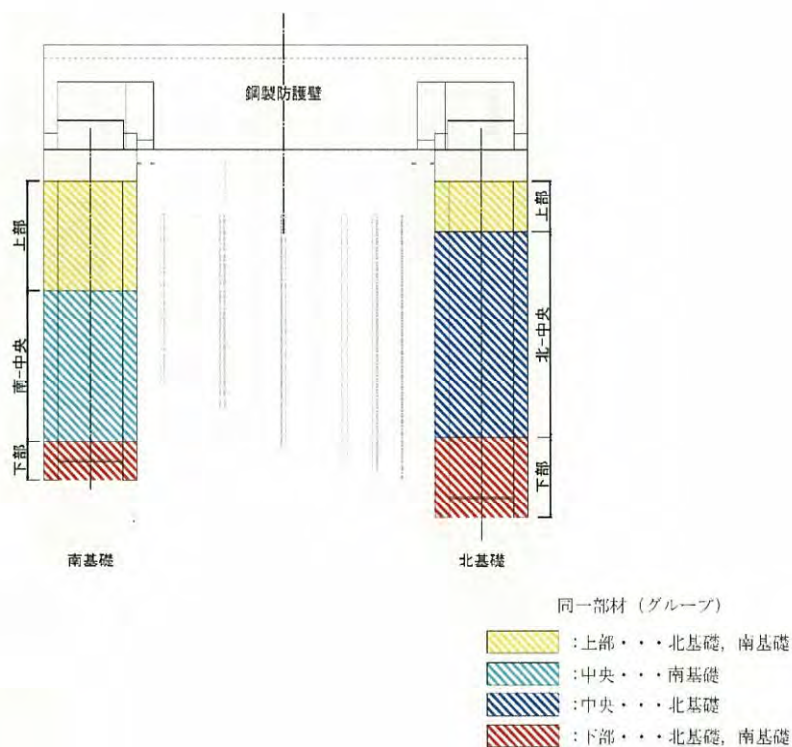


表 6-4 (2) 鉄筋の曲げ軸力照査における各評価位置での照査値 (敷地に遡上する津波時)

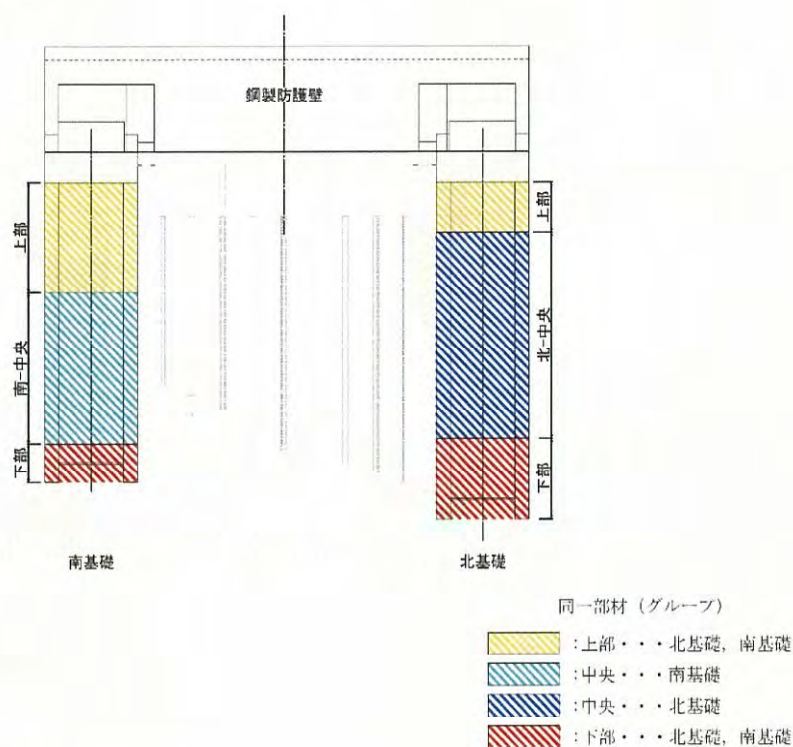
検討 ケース	評価位置		断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)*2	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s/σ_{sa}
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)*1		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
地盤パネ2	南基礎 -上部	③-③断面	15500	15500	12900	D51@150 (9段)	3681257	-183729	178.4	478.5	0.38
地盤パネ2		①-①断面	15500	15500	12900	D51@150 (9段)	-94142				
地盤パネ2	北基礎 -中央	②-②断面	15500	15500	13121	D51@150 (7段)	3083575	-165485	167.5	478.5	0.36
地盤パネ2		①-①断面	15500	15500	13121	D51@150 (7段)	112498				
地盤パネ2	南基礎 -中央	③-③断面	15500	15500	11789	D51@150 (23段)	3855414	-215156	130.6	478.5	0.28
地盤パネ2		①-①断面	15500	15500	11789	D51@150 (23段)	-74625				
地盤パネ2	北基礎 -下部	②-②断面	15500	15500	13250	D51@150 (5段) D51@300 (1段)	2299206	-284329	86.1	478.5	0.18
地盤パネ2		①-①断面	15500	15500	13250	D51@150 (5段) D51@300 (1段)	42936				

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。

@: 鉄筋の配置間隔

評価位置は下図に示す。



(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照査値を表 6-5 に示す。

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 6-5 (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照査値
(基準津波時)

検討 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
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
地盤バネ1	南基礎-上部	①-①断面	15500	15500	13125	21-D38 @300	5630	279573	0.03
地盤バネ2					10120				
地盤バネ2	南基礎-上部	③-③断面	15500	15500	13125	21-D38 @300	108804	279573	0.39
地盤バネ1					10120				
地盤バネ1	北基礎-中央	②-②断面	15500	15500	13125	28-D38 @300	46264	353702	0.14
地盤バネ1					10270				
地盤バネ1	北基礎-中央	①-①断面	15500	15500	13125	28-D38 @300	4444	353702	0.02
地盤バネ2					10270				
地盤バネ1	南基礎-中央 T. P. -20.00m~	①-①断面	15500	15500	13125	39-D38 @300	3379	425047	0.01
地盤バネ2					9170				
地盤バネ2	南基礎-中央 T. P. -34.00m	③-③断面	15500	15500	13125	39-D38 @300	43816	425047	0.11
地盤バネ1					9170				
地盤バネ1	南基礎-中央 T. P. -34.00m~	①-①断面	15500	15500	13125	45-D38 @300	900	481225	0.01
地盤バネ2					9170				
地盤バネ2	南基礎-中央 T. P. -43.50m	③-③断面	15500	15500	13125	45-D38 @300	117541	481225	0.25
地盤バネ1					9170				
地盤バネ2	南基礎-下部	③-③断面	15500	15500	13125 9170	33-D38 @300	103193	368869	0.28
地盤バネ2	北基礎-下部	①-①断面	15500	15500	13125 10345	28-D38 @300	2328	356135	0.01

注記 @ : 鉄筋の配置間隔
評価位置は下図に示す。

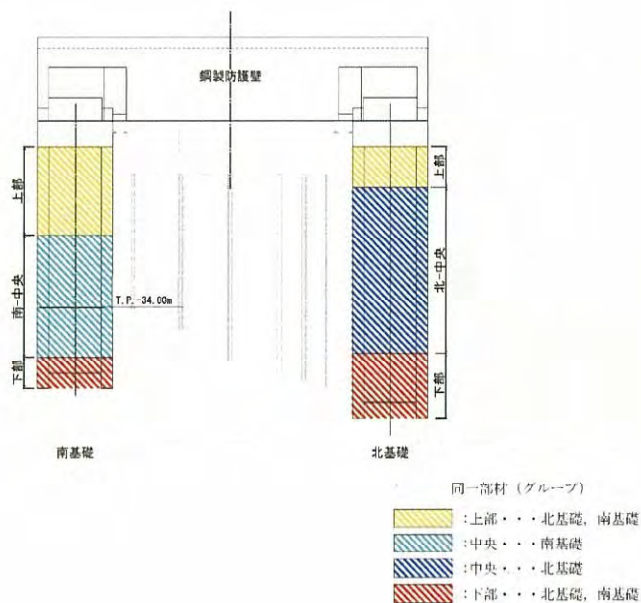
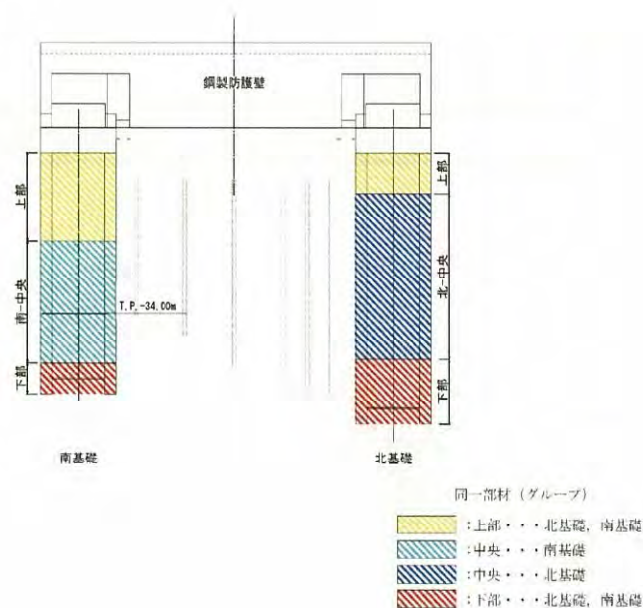


表 6-5 (2) 鉄筋コンクリートのせん断力照査における各評価位置での照査値
(敷地に遡上する津波時)

検討 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
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
地盤パネ1	北基礎-上部	①-①断面	15500	15500	13125 10120	18-D38 @300	4492	283943	0.02
地盤パネ2	南基礎-上部	③-③断面	15500	15500	13125 10120	21-D38 @300	174606	321417	0.55
地盤パネ1	北基礎-中央	②-②断面	15500	15500	13125 10270	28-D38 @300	78870	403093	0.20
地盤パネ1		①-①断面	15500	15500	13125 10270	28-D38 @300	4324	403093	0.02
地盤パネ2	南基礎-中央 T. P. -20.00m~ T. P. -34.00m	③-③断面	15500	15500	13125 9170	39-D38 @300	76027	480584	0.16
地盤パネ2		①-①断面	15500	15500	13125 9170	39-D38 @300	3630	480584	0.01
地盤パネ2	南基礎-中央 T. P. -34.00m~ T. P. -43.50m	③-③断面	15500	15500	13125 9170	45-D38 @300	196225	542379	0.37
地盤パネ2		①-①断面	15500	15500	13125 9170	45-D38 @300	3718	542379	0.01
地盤パネ2	南基礎-下部	③-③断面	15500	15500	13125 9170	33-D38 @300	174445	418788	0.42
地盤パネ2	北基礎-下部	①-①断面	15500	15500	13125 10345	28-D38 @300	2945	405837	0.01

注記 @ : 鉄筋の配置間隔
評価位置は下図に示す。



(3) 概略配筋図

各部材の評価結果で決定された配筋を図 6-3 及び図 6-4 に示す。

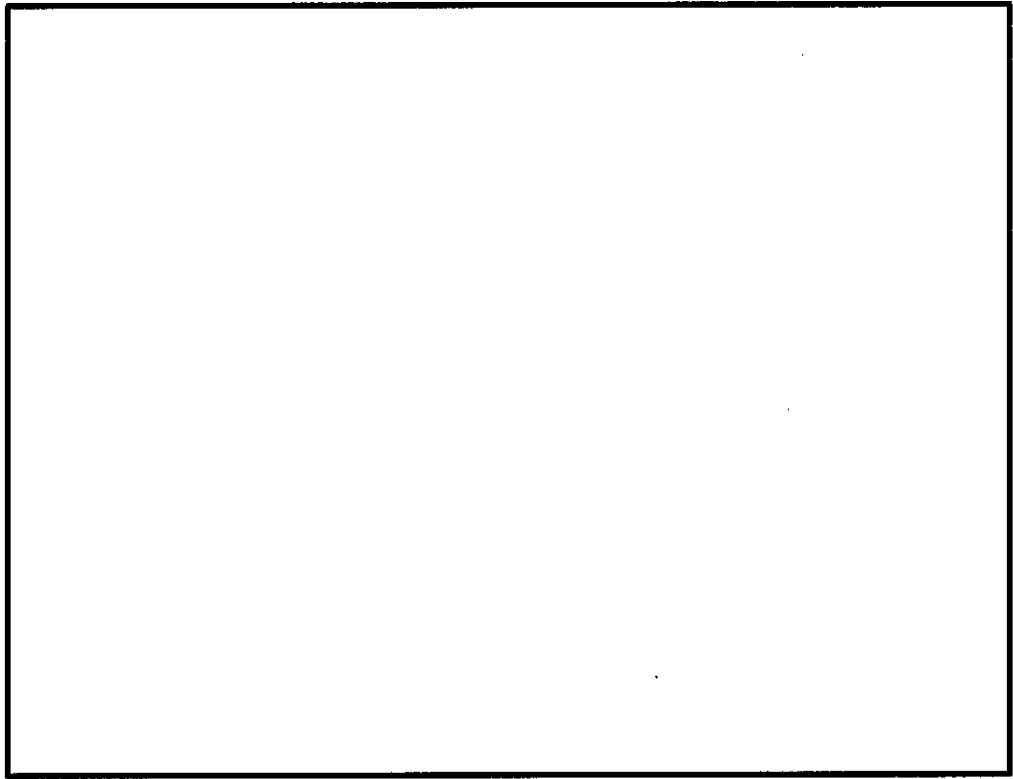


図 6-3 (1) 北基礎上部配筋要領図

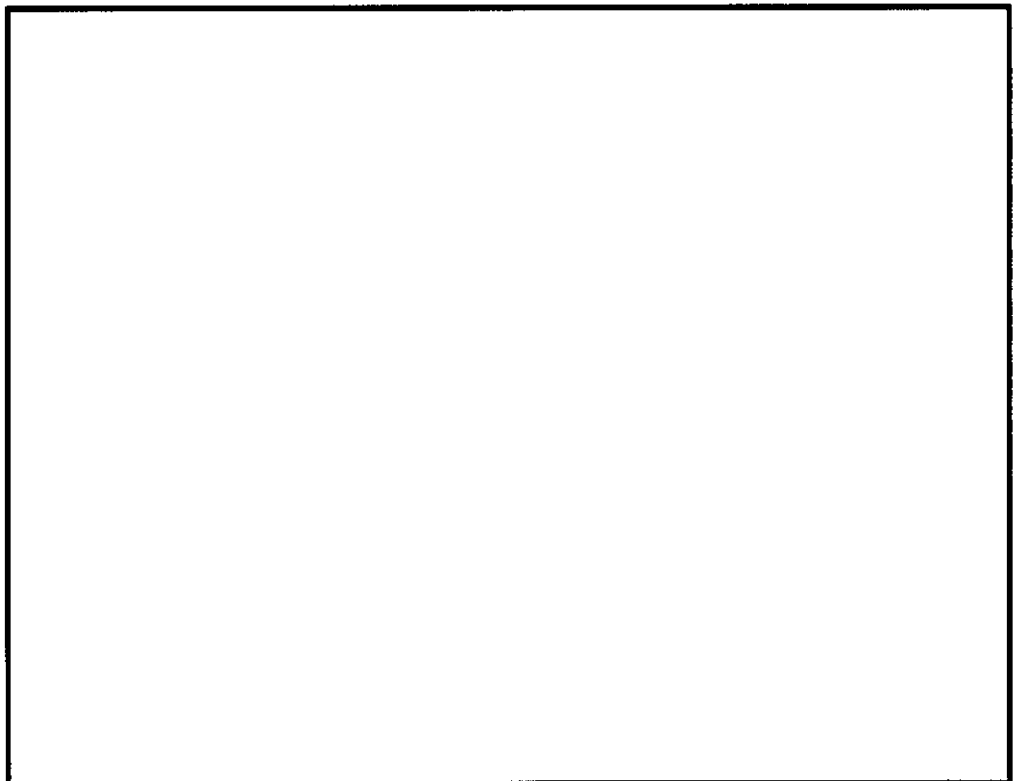


図 6-3 (2) 北基礎中央配筋要領図

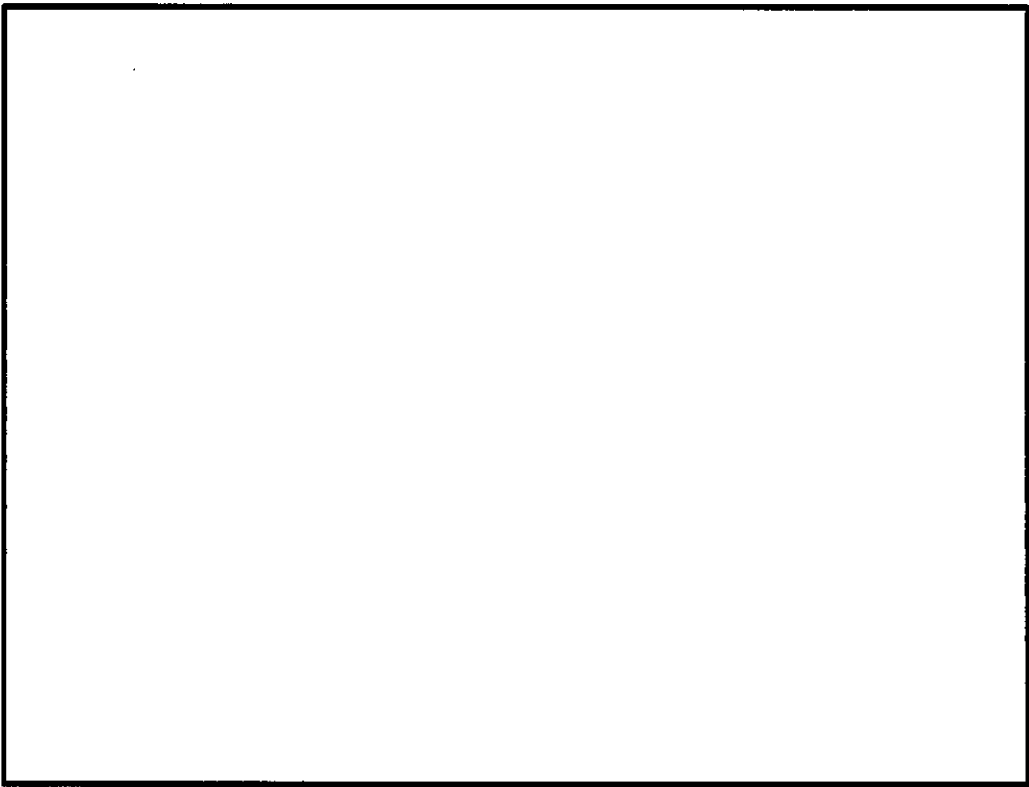


図 6-3 (3) 北基礎下部配筋要領図

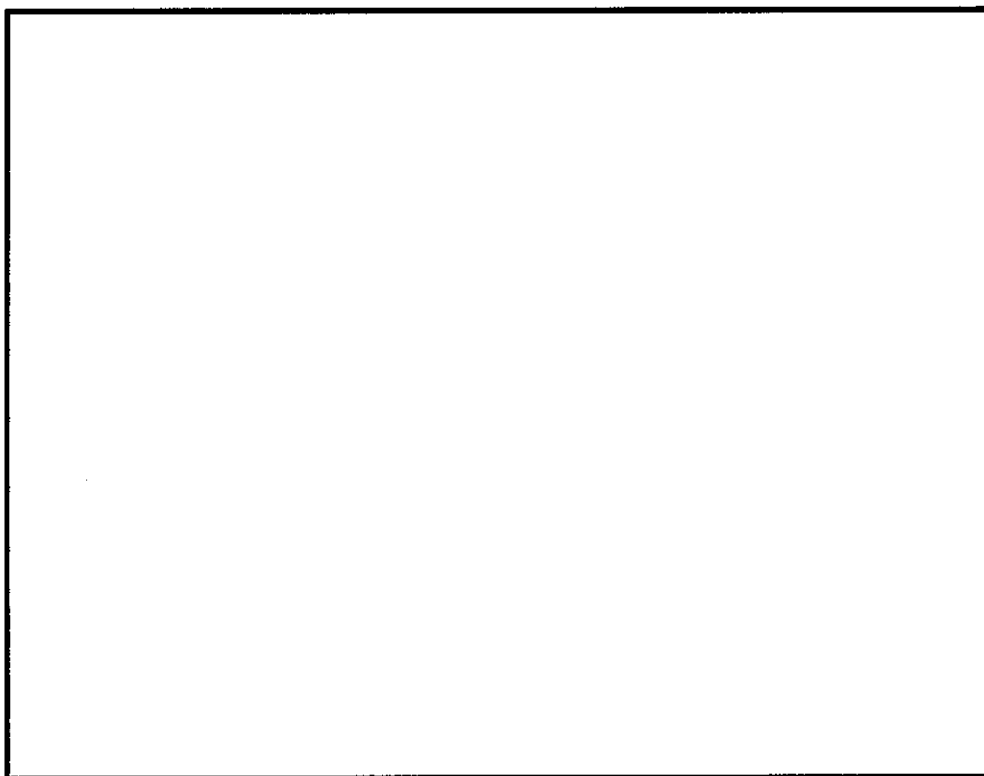


図 6-4 (1) 南基礎上部 (T.P. -1.84m~-13.155m) 配筋要領図

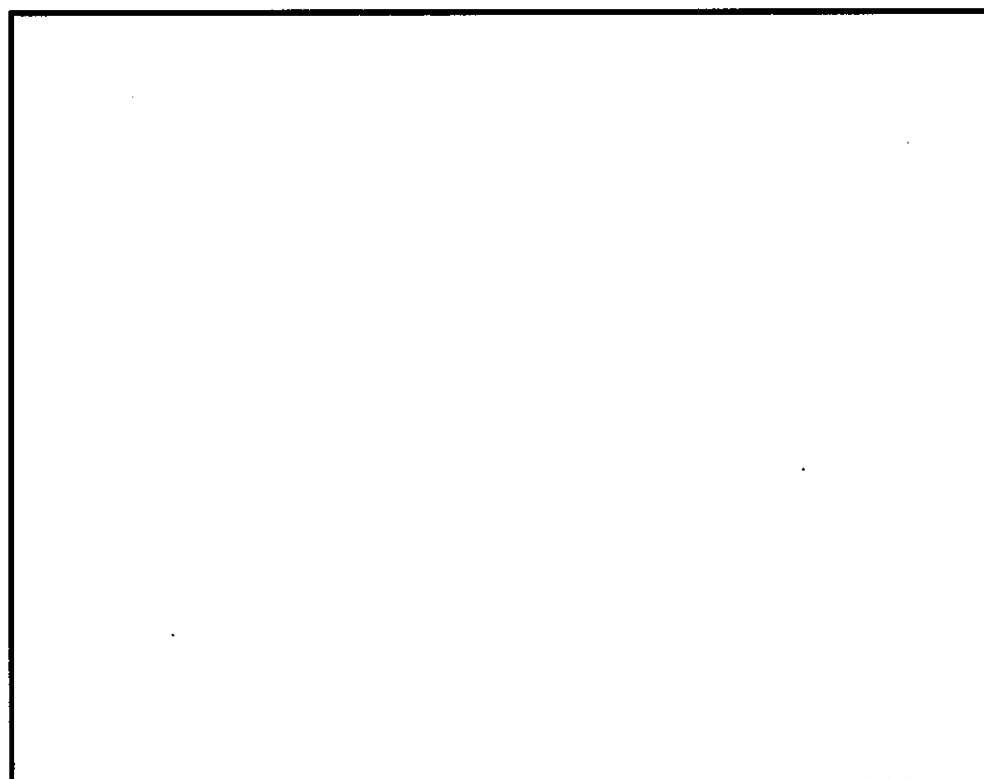


図 6-4 (2) 南基礎上部 (T.P. -13.155m~-20.00m) 配筋要領図

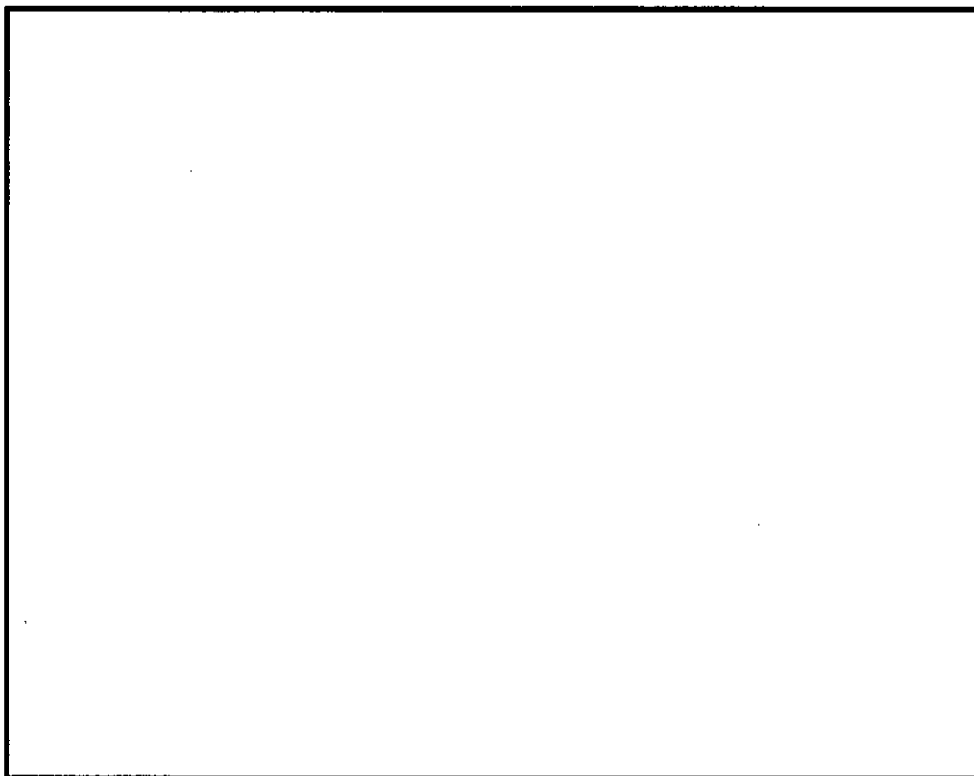


図 6-4 (3) 南基礎中央 (T. P. -20. 00m~-34. 00m) 配筋要領図

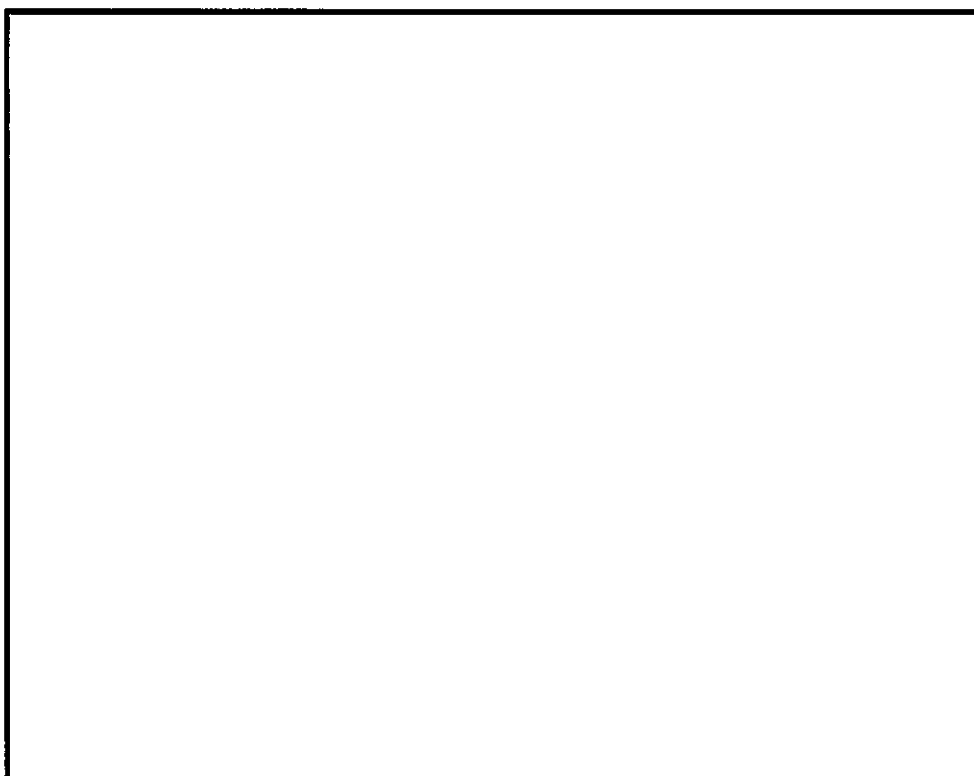


図 6-4 (4) 南基礎中央 (T. P. -34. 00m~-43. 50m) 配筋要領図

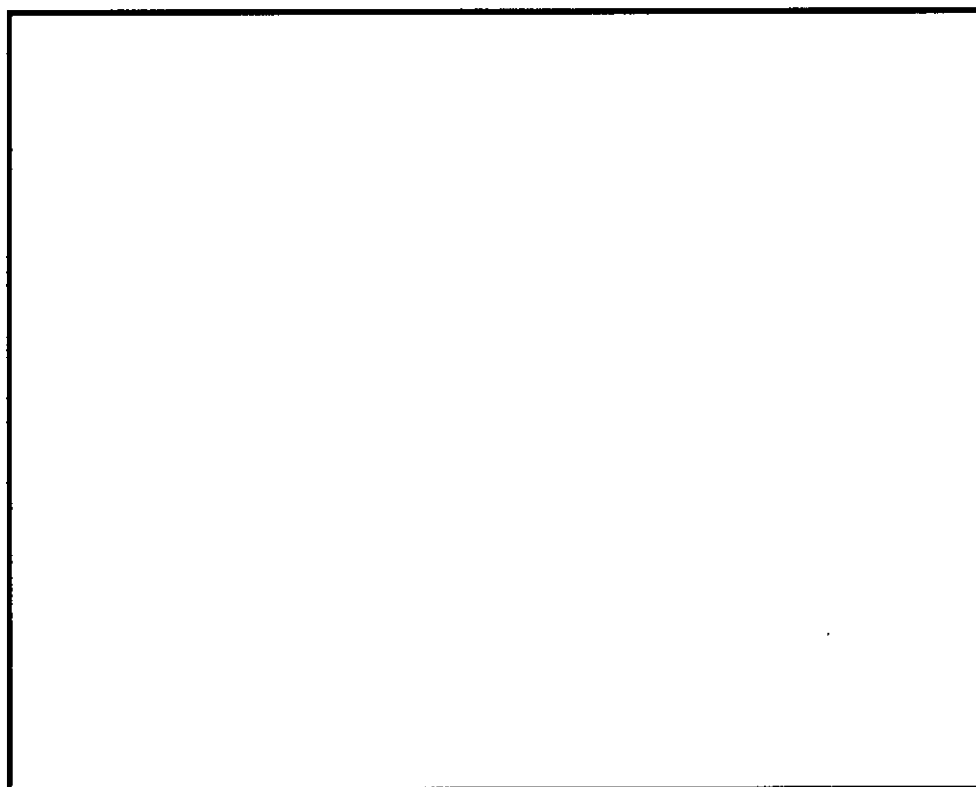


図 6-4 (5) 南基礎下部配筋要領図

6.4.2 地中連続壁と中実鉄筋コンクリートの一体化に対する評価結果

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

ジベル鉄筋の発生せん断力応力が許容限界以下であることを確認した。

表 6-6 (1) ジベル鉄筋量及びせん断力の照査結果 (南基礎)

標高 (T.P. m)		東西面				南北面			
		鉛直1m 当たりの 鉄筋量 (mm ²)	発生 せん断力 (kN/m)	短期許容 せん断力 (kN)	照査値	鉛直1m 当たりの 鉄筋量 (mm ²)	発生 せん断力 (kN/m)	短期許容 せん断力 (kN)	照査値
南 上 部	-1.840	16998	8180	11878	0.69	8645	284	5756	0.05
	-2.500	16925	8180	11926	0.69	8486	284	5756	0.05
	-3.500	16724	7732	11938	0.65	8245	279	5756	0.05
	-4.500	16497	7262	11933	0.61	8240	274	5899	0.05
	-5.350	16265	6770	11902	0.57	8563	268	6221	0.05
	-6.040	16082	6414	11881	0.54	8825	263	6482	0.05
	-6.940	15872	6061	11873	0.52	9349	258	6934	0.04
	-8.250	15496	5775	11813	0.49	10249	252	7674	0.04
	-10.000	15019	5361	11751	0.46	11295	244	8568	0.03
	-12.000	14455	4766	11667	0.41	12351	233	9505	0.03
	-14.000	13909	4188	11595	0.37	13220	221	10328	0.03
	-16.000	13383	3634	11536	0.32	13919	212	11048	0.02
南 中 央	-18.000	12881	3109	11493	0.28	14643	205	11782	0.02
	-20.000	19816	2616	16433	0.16	24383	198	18008	0.02
	-22.000	19370	2252	16428	0.14	25465	191	18960	0.02
	-24.000	18970	2723	16454	0.17	26470	183	19866	0.01
	-26.025	18625	3127	16520	0.19	28369	175	21320	0.01
	-27.975	18350	3430	16623	0.21	30069	174	22642	0.01
	-29.450	18117	3759	16683	0.23	27826	174	21793	0.01
	-30.500	17949	4023	16725	0.25	25723	175	20366	0.01
	-31.530	17573	4261	16625	0.26	21434	177	17905	0.01
	-33.030	16461	4857	16100	0.31	18719	188	16742	0.02
	-35.000	11982	6588	13389	0.50	9944	192	11418	0.02
	-37.000	20038	8594	19079	0.46	4422	192	8349	0.03
	-39.000	25924	9798	23316	0.43	4136	190	8542	0.03
	-41.000	30054	10135	26377	0.39	8862	181	11645	0.02
	-42.000	29774	10135	26336	0.39	8554	166	11604	0.02
-43.500	29354	10135	26275	0.39	9778	166	12566	0.02	
南 下 部	-45.500	30374	9010	27252	0.34	11178	130	13712	0.01
	-46.500	26775	8188	24988	0.33	9632	114	12917	0.01
	-46.700	22176	7156	21936	0.33	7412	97	11594	0.01

表 6-6 (2) ジベル鉄筋量及びせん断力の照査結果 (北基礎)

標高 (T.P. m)		東西面				南北面			
		鉛直1m 当たりの 鉄筋量 (mm ²)	発生 せん断力 (kN/m)	短期許容 せん断力 (kN)	照査値	鉛直1m 当たりの 鉄筋量 (mm ²)	発生 せん断力 (kN/m)	短期許容 せん断力 (kN)	照査値
北 上 部	-1.840	25293	7672	17435	0.45	8868	284	5892	0.05
	-2.500	25258	7672	17508	0.44	8661	284	5862	0.05
	-3.500	25068	7087	17528	0.41	8343	279	5815	0.05
	-4.500	24838	6476	17520	0.37	8022	273	5767	0.05
	-5.500	24564	5840	17484	0.34	7695	266	5715	0.05
	-6.500	24246	5182	17417	0.30	7754	257	5898	0.05
	-7.500	23881	4503	17320	0.27	8066	248	6234	0.04
	-8.525	23487	4279	17207	0.25	8297	243	6526	0.04
	-9.650	23062	4033	17087	0.24	8603	237	6877	0.04
北 中 央	-10.975	28063	3391	20632	0.17	11294	230	8711	0.03
	-12.450	27382	2934	20393	0.15	11600	221	9065	0.03
	-13.950	26596	2467	20086	0.13	12060	214	9442	0.03
	-15.450	25589	2011	19632	0.11	12150	208	9831	0.03
	-16.850	24390	1566	19035	0.09	12556	202	10342	0.02
	-18.250	23178	1132	18428	0.07	12821	196	10710	0.02
	-19.750	21523	1583	17540	0.10	13051	189	11070	0.02
	-21.250	19607	1990	16477	0.13	13204	182	11384	0.02
	-22.750	17426	2357	15236	0.16	13281	174	11651	0.02
	-24.500	14928	2785	13820	0.21	13272	166	11902	0.02
	-26.500	11141	3147	11577	0.28	13155	156	12125	0.02
	-28.500	7769	3443	9138	0.38	13325	155	12522	0.02
	-30.500	8033	3676	9593	0.39	13490	155	12916	0.02
	-32.500	13882	3852	13449	0.29	13497	155	13215	0.02
	-34.500	19788	3973	17339	0.23	15611	155	14970	0.02
	-36.500	25688	4046	21583	0.19	19730	154	17776	0.01
	-38.525	32605	4074	27722	0.15	24343	154	20884	0.01
	-40.075	32428	4074	27831	0.15	24139	153	20987	0.01
	-41.200	32289	4070	27903	0.15	23969	152	21050	0.01
	-42.400	32121	4226	27967	0.16	23784	149	21113	0.01
北 下 部	-43.850	14549	4430	16408	0.27	9169	146	12352	0.02
	-45.700	14186	4804	16437	0.30	7650	144	11698	0.02
	-47.700	13790	5005	16465	0.31	5558	136	10717	0.02
	-49.700	13011	5016	16237	0.31	3441	128	9718	0.02
	-51.775	11631	5016	15618	0.33	1508	118	8837	0.02
	-52.700	9926	4796	14612	0.33	1459	106	8851	0.02

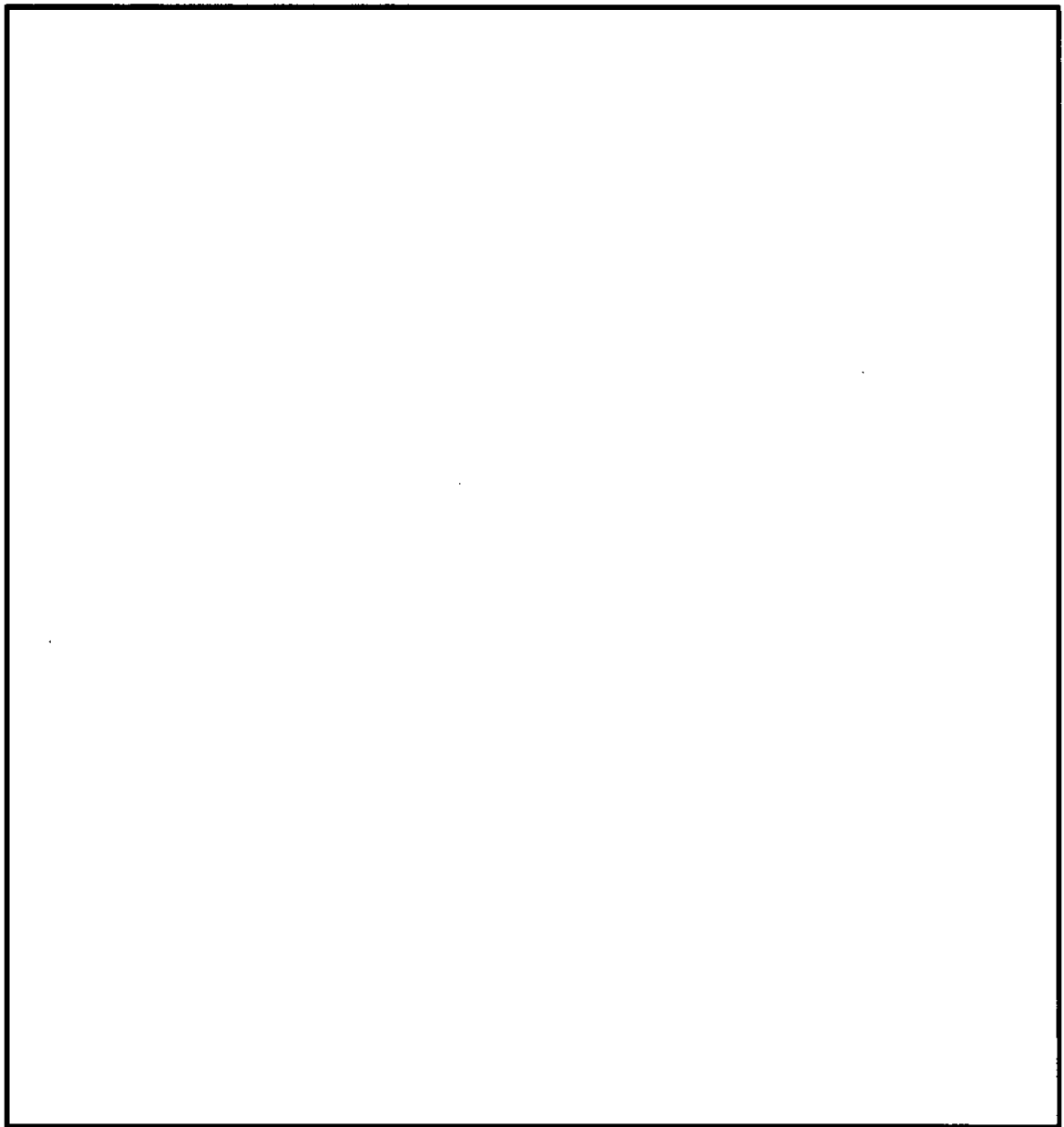


図 6-5 ジベル鉄筋の仕様

6.4.3 止水ジョイント部の相対変位量に対する評価結果

止水ジョイント部の相対変位量に対する評価結果については、「5.1.3 止水ジョイント部の相対変位量に対する評価結果」を参照する。

6.5 現地施工状況等を考慮して実施した強度評価結果（重畳時）

6.5.1 1次元有効応力解析結果

1次元有効応力解析結果については、「5.2.1 1次元有効応力解析結果」を参照する。

6.5.2 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照査値を表 6-7 に、鉄筋の曲げ軸力照査における各評価位置での照査値を表 6-8 にそれぞれ示す。

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 6-7 (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照査値 (基準津波時)

検討 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	12900	D51@150(9段)	3083978	-175553	10.7	21	0.51
地盤パネ5		①-①断面	15500	15500	12900	D51@150(9段)	1838549				
地盤パネ5	北基礎 -中央	②-②断面	15500	15500	13121	D51@150(7段)	3024655	-202096	12.3	21	0.59
地盤パネ5		①-①断面	15500	15500	13121	D51@150(7段)	2263506				
地盤パネ5	南基礎 -中央	③-③断面	15500	15500	11789	D51@150(23段)	3686049	-234906	14.6	21	0.70
地盤パネ5		①-①断面	15500	15500	11789	D51@150(23段)	4215879				
地盤パネ3	北基礎 -下部	②-②断面	15500	15500	13250	D51@150(5段) D51@300(1段)	3255672	-247108	8.5	21	0.41
地盤パネ3		①-①断面	15500	15500	13250	D51@150(5段) D51@300(1段)	349701				

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

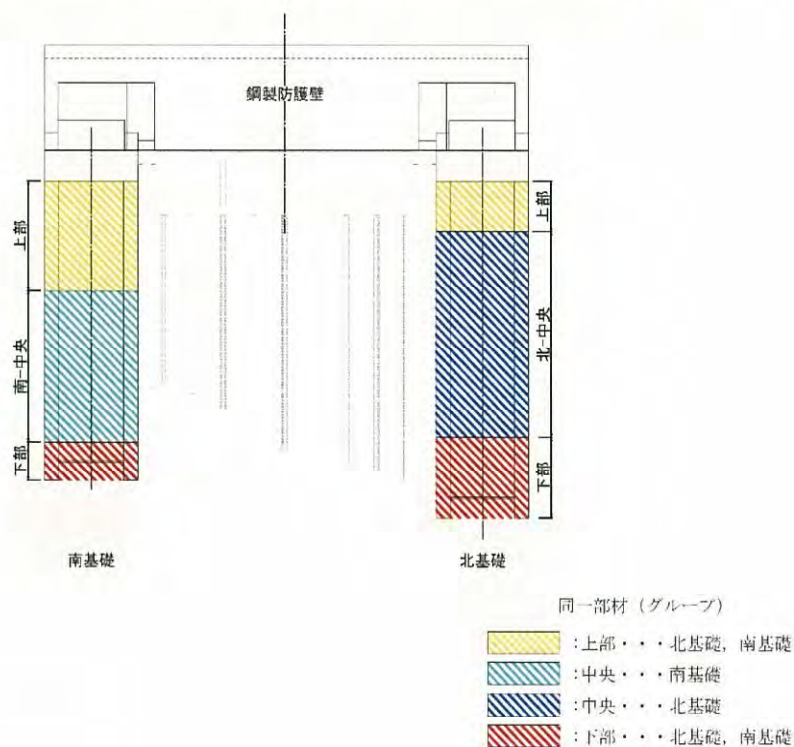


表 6-7 (2) コンクリートの曲げ軸力照査における各評価位置での照査値
(敷地に遡上する津波時)

検討 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)			
地盤バネ5	南基礎 -上部	③-③断面	15500	15500	12900	D51@150(9段)	5395536	-180606	15.6	28	0.56
地盤バネ5		①-①断面	15500	15500	12900	D51@150(9段)	1846914				
地盤バネ5	北基礎 -中央	②-②断面	15500	15500	13121	D51@150(7段)	4932307	-224010	16.6	28	0.60
地盤バネ5		①-①断面	15500	15500	13121	D51@150(7段)	2268899				
地盤バネ5	南基礎 -中央	③-③断面	15500	15500	11789	D51@150(23段)	6833326	-239551	20.3	28	0.73
地盤バネ5		①-①断面	15500	15500	11789	D51@150(23段)	4221465				
地盤バネ3	北基礎 -下部	②-②断面	15500	15500	13250	D51@150(5段) D51@300(1段)	5548248	-259612	13.9	28	0.50
地盤バネ3		①-①断面	15500	15500	13250	D51@150(5段) D51@300(1段)	373824				

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

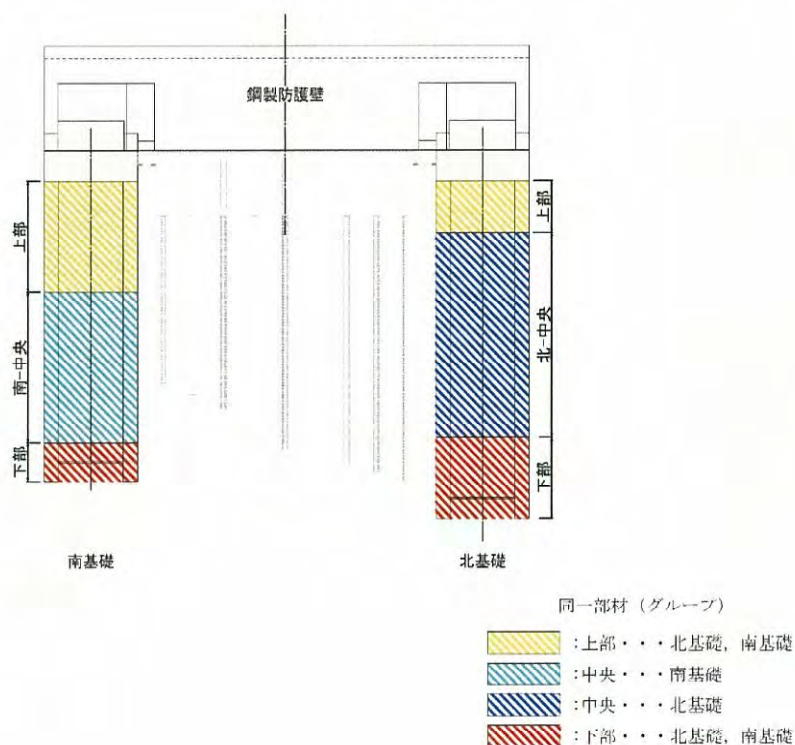


表 6-8 (1) 鉄筋の曲げ軸力照査における各評価位置での照査値 (基準津波時)

検討 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	12900	D51@150 (9段)	3058876	-143508	219.4	435	0.51
地盤パネ5		①-①断面	15500	15500	12900	D51@150 (9段)	-1831119				
地盤パネ5	北基礎 -中央	②-②断面	15500	15500	13121	D51@150 (7段)	2993417	-174745	250.8	435	0.58
地盤パネ5		①-①断面	15500	15500	13121	D51@150 (7段)	-2194237				
地盤パネ5	南基礎 -中央	③-③断面	15500	15500	11789	D51@150 (23段)	3681526	-203593	256.9	435	0.60
地盤パネ5		①-①断面	15500	15500	11789	D51@150 (23段)	-4118234				
地盤パネ3	北基礎 -下部	②-②断面	15500	15500	13250	D51@150 (5段) D51@300 (1段)	3255672	-247108	184.7	435	0.43
地盤パネ3		①-①断面	15500	15500	13250	D51@150 (5段) D51@300 (1段)	349701				

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

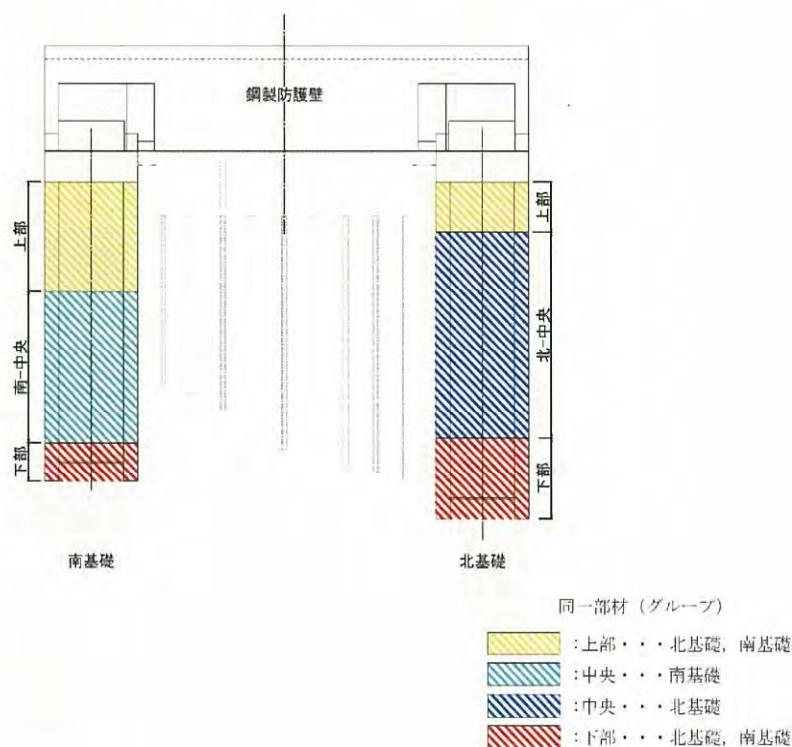


表 6-8 (2) 鉄筋の曲げ軸力照査における各評価位置での照査値 (敷地に遡上する津波時)

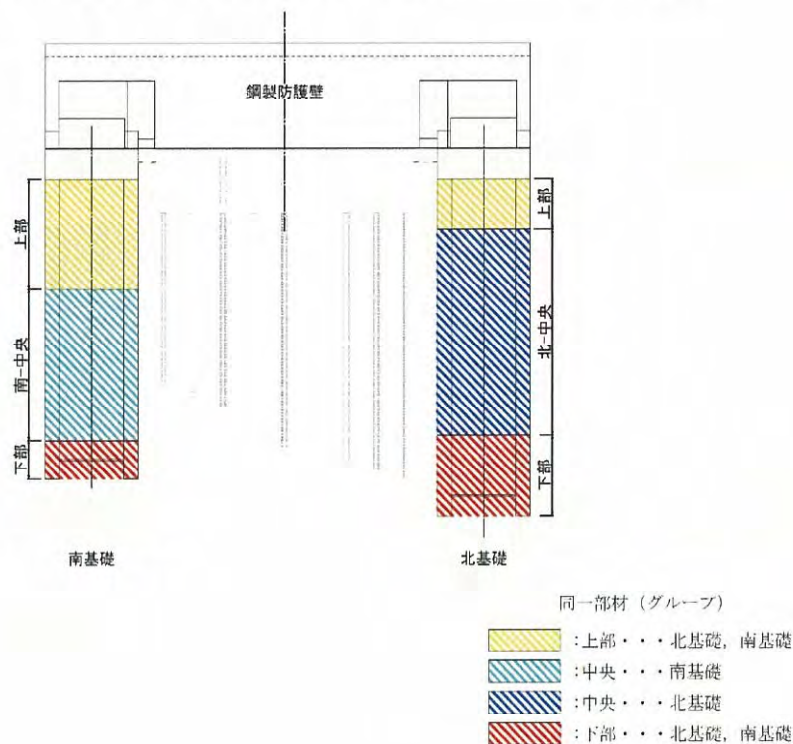
検討 ケース	評価位置		断面性状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)*2	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)*1		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
地盤バネ5	南基礎 -上部	③-③断面	15500	15500	12900	D51@150(9段)	5370070	-148403	355.8	478.5	0.75
地盤バネ5		①-①断面	15500	15500	12900	D51@150(9段)	-1844701				
地盤バネ3	北基礎 -中央	②-②断面	15500	15500	13121	D51@150(7段)	6404290	-217944	388.9	478.5	0.82
地盤バネ3		①-①断面	15500	15500	13121	D51@150(7段)	293212				
地盤バネ5	南基礎 -中央	③-③断面	15500	15500	11789	D51@150(23段)	6828548	-208091	377.8	478.5	0.79
地盤バネ5		①-①断面	15500	15500	11789	D51@150(23段)	-4130367				
地盤バネ3	北基礎 -下部	②-②断面	15500	15500	13250	D51@150(5段) D51@300(1段)	5548248	-259612	365.0	478.5	0.77
地盤バネ3		①-①断面	15500	15500	13250	D51@150(5段) D51@300(1段)	373824				

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



(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照査値を表 6-9 に示す。

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 6-9 (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照査値
(基準津波時)

検討 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
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
地盤バネ3	南基礎-上部	③-③断面	15500	15500	13125	21-D38 @300	142368	279573	0.51
地盤バネ5					10120				
地盤バネ5	北基礎-中央	②-②断面	15500	15500	13125	21-D38 @300	147858	279573	0.53
地盤バネ5					10120				
地盤バネ5	北基礎-中央	②-②断面	15500	15500	13125	28-D38 @300	249757	353702	0.71
地盤バネ5					10270				
地盤バネ5	北基礎-中央	①-①断面	15500	15500	13125	28-D38 @300	205253	353702	0.59
地盤バネ5					10270				
地盤バネ4	南基礎-中央 T. P. -20.00m~	③-③断面	15500	15500	13125	39-D38 @300	161995	425047	0.39
地盤バネ5					9170				
地盤バネ5	南基礎-中央 T. P. -34.00m~	①-①断面	15500	15500	13125	39-D38 @300	217258	425047	0.52
地盤バネ5					9170				
地盤バネ4	南基礎-中央 T. P. -34.00m~	③-③断面	15500	15500	13125	45-D38 @300	219226	481225	0.46
地盤バネ5					9170				
地盤バネ5	南基礎-中央 T. P. -43.50m~	①-①断面	15500	15500	13125	45-D38 @300	142548	481225	0.30
地盤バネ5					9170				
地盤バネ5	北基礎-下部	②-②断面	15500	15500	13125	28-D38 @300	251001	356135	0.71
地盤バネ5					10345				
地盤バネ5	北基礎-下部	①-①断面	15500	15500	13125	28-D38 @300	206702	356135	0.59
地盤バネ5					10345				

注記 評価位置は下図に示す。

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

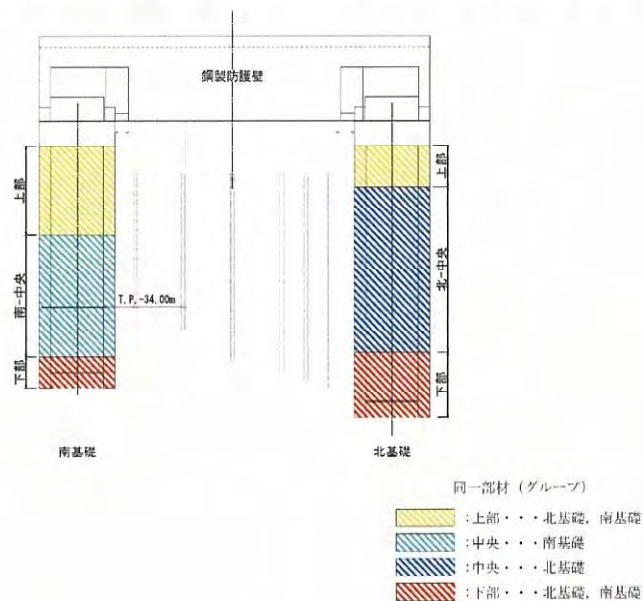
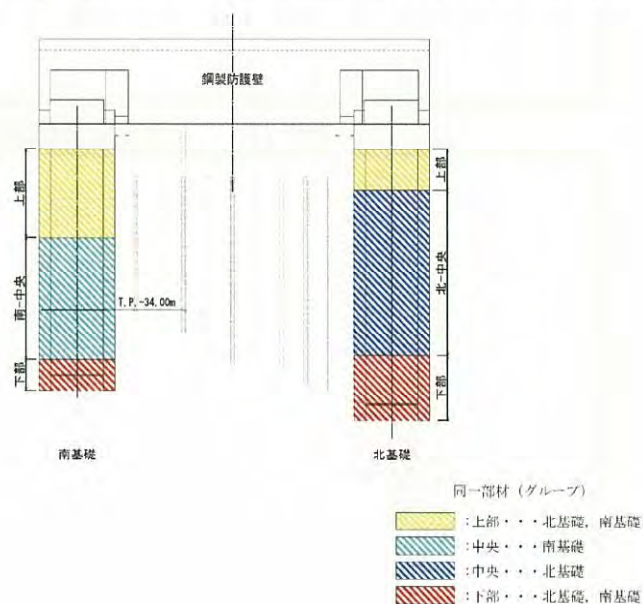


表 6-9 (2) 鉄筋コンクリートのせん断力照査における各評価位置での照査値
(敷地に遡上する津波時)

検討 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
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
地盤パネ3	南基礎-上部	③-③断面	15500	15500	13125	21-D38	221850	321417	0.70
地盤パネ5					10120	③300			
地盤パネ5	北基礎-中央	①-①断面	15500	15500	13125	21-D38	147380	321417	0.46
地盤パネ5					10120	③300			
地盤パネ5		②-②断面	15500	15500	13125	28-D38	274543	403093	0.69
地盤パネ5					10270	③300			
地盤パネ4	南基礎-中央 T. P. -20.00m~	③-③断面	15500	15500	13125	39-D38	215223	480584	0.45
地盤パネ5					9170	③300			
地盤パネ5	南基礎-中央 T. P. -34.00m	①-①断面	15500	15500	13125	39-D38	216890	480584	0.46
地盤パネ5					9170	③300			
地盤パネ4	南基礎-中央 T. P. -34.00m~	③-③断面	15500	15500	13125	45-D38	341747	542379	0.64
地盤パネ5					9170	③300			
地盤パネ5	南基礎-中央 T. P. -43.50m	①-①断面	15500	15500	13125	45-D38	142474	542379	0.27
地盤パネ5					9170	③300			
地盤パネ4	南基礎-下部	③-③断面	15500	15500	13125	33-D38	322346	418788	0.77
地盤パネ4					9170	③300			
地盤パネ5	北基礎-下部	①-①断面	15500	15500	13125	28-D38	208475	405837	0.52
地盤パネ5					10345	③300			

注記 評価位置は下図に示す。

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) 概略配筋図

各部材の評価結果で決定された配筋を図 6-6 及び図 6-7 に示す。

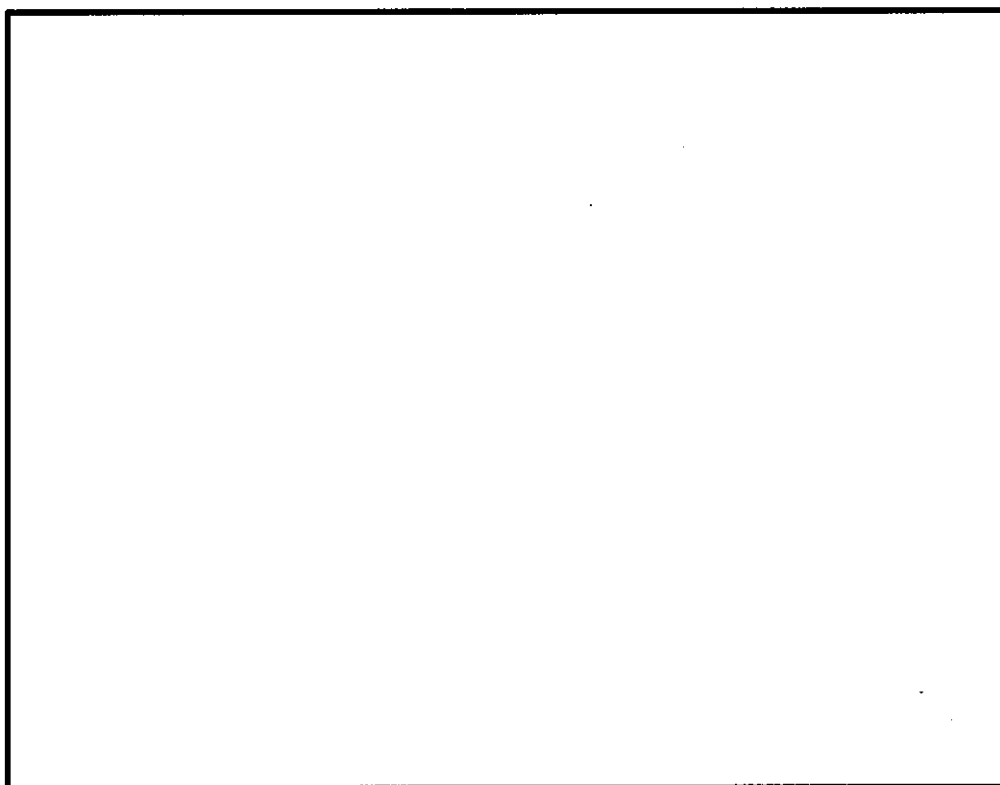


図 6-6 (1) 北基礎上部配筋要領図

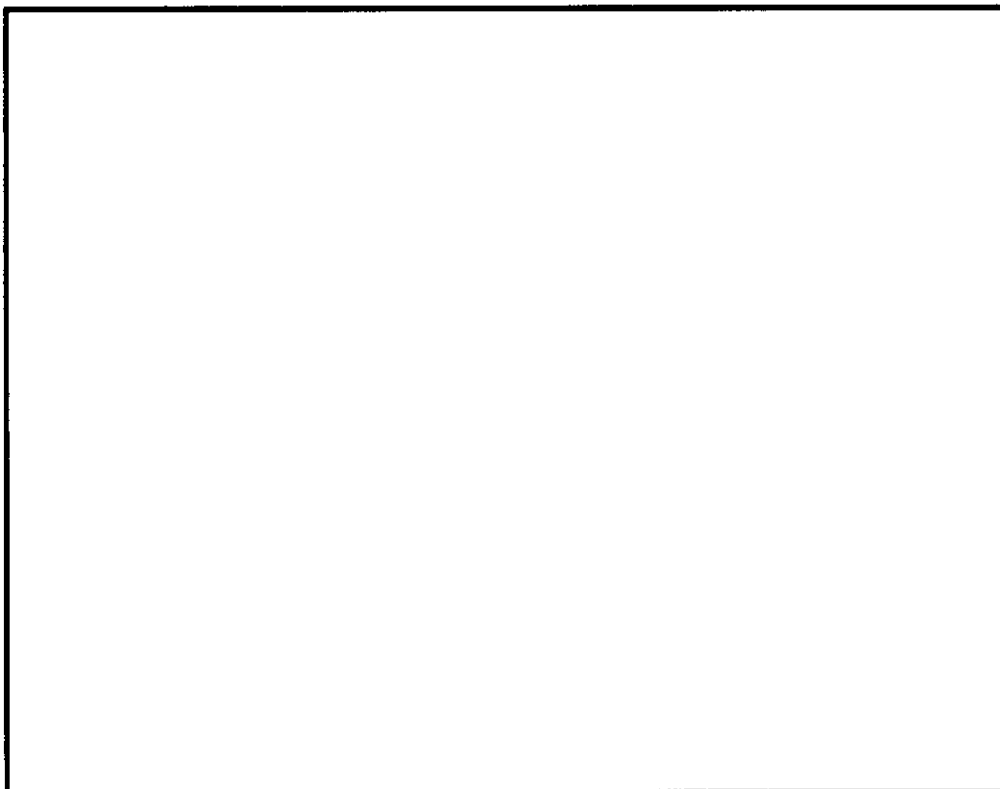


図 6-6 (2) 北基礎中央配筋要領図

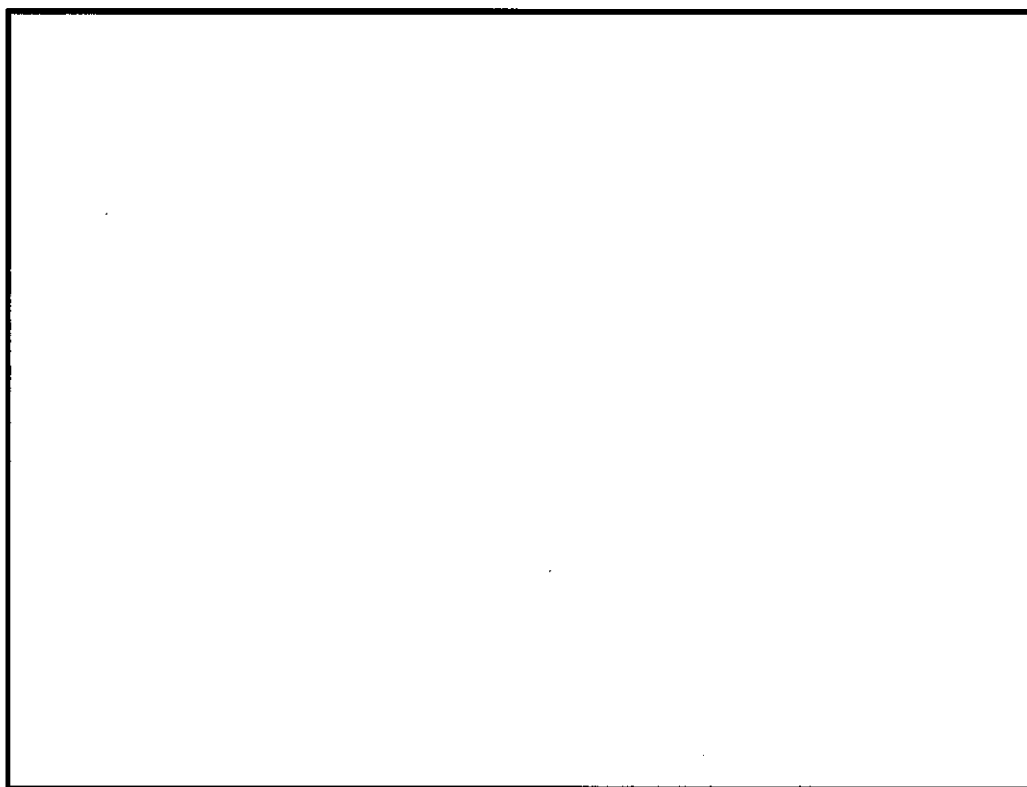


図 6-6 (3) 北基礎下部配筋要領図

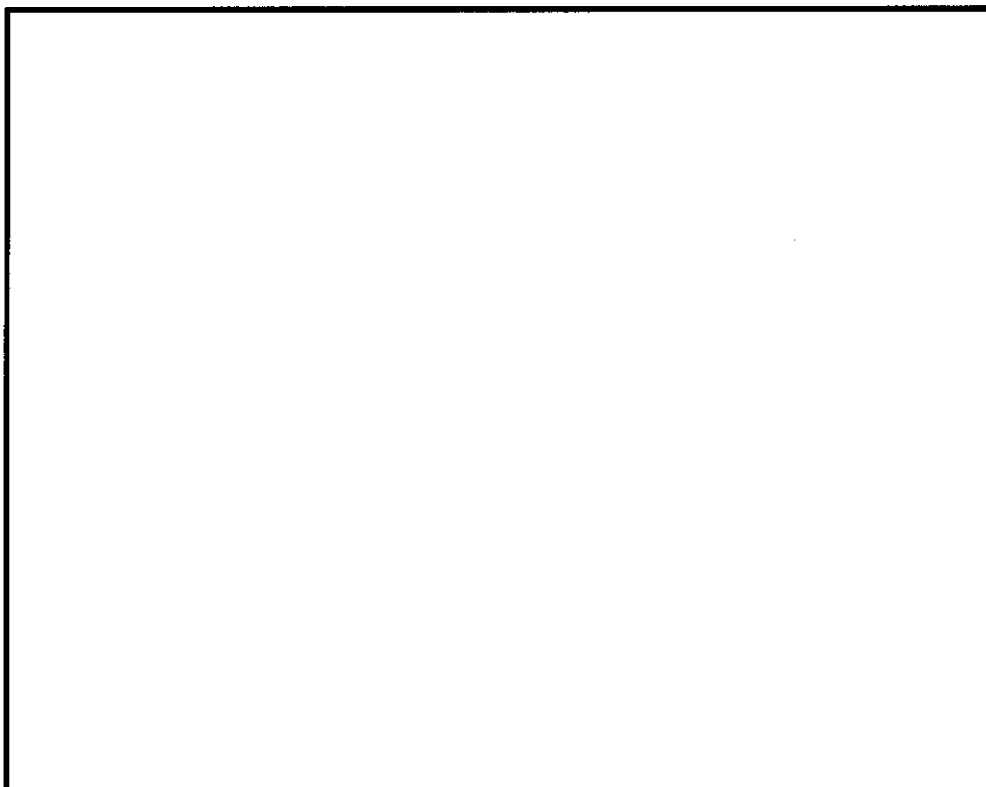


図 6-7 (1) 南基礎上部 (T.P. -1.84m~-13.155m) 配筋要領図

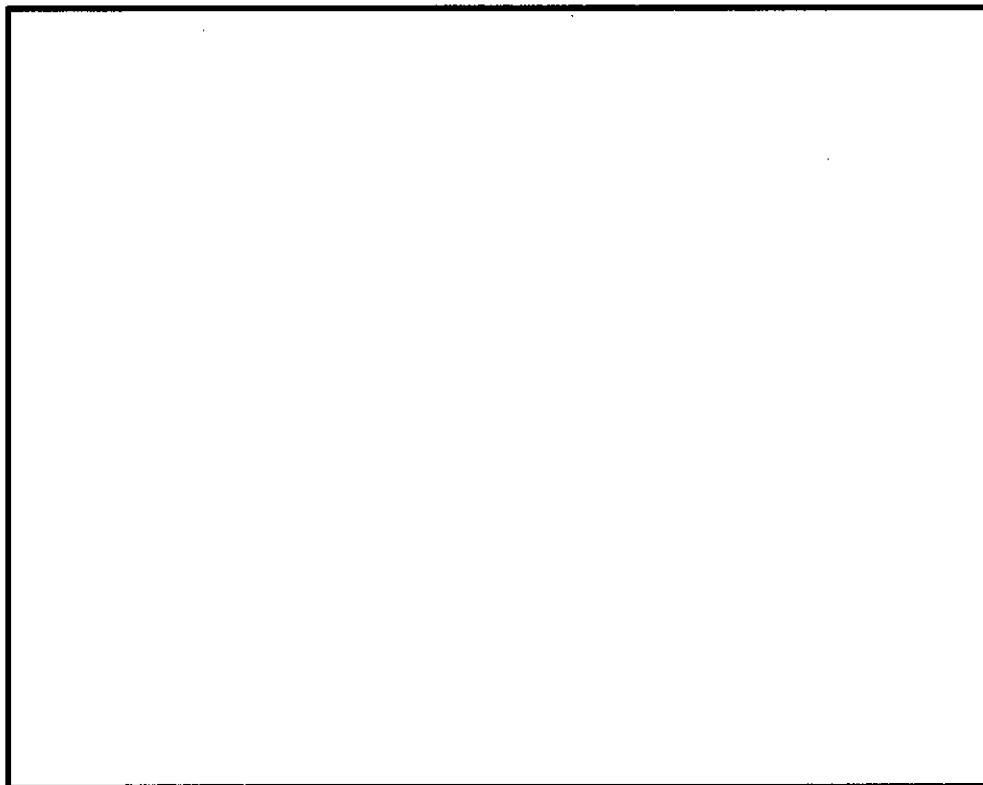


図 6-7 (2) 南基礎上部 (T.P. -13.155m~-20.00m) 配筋要領図

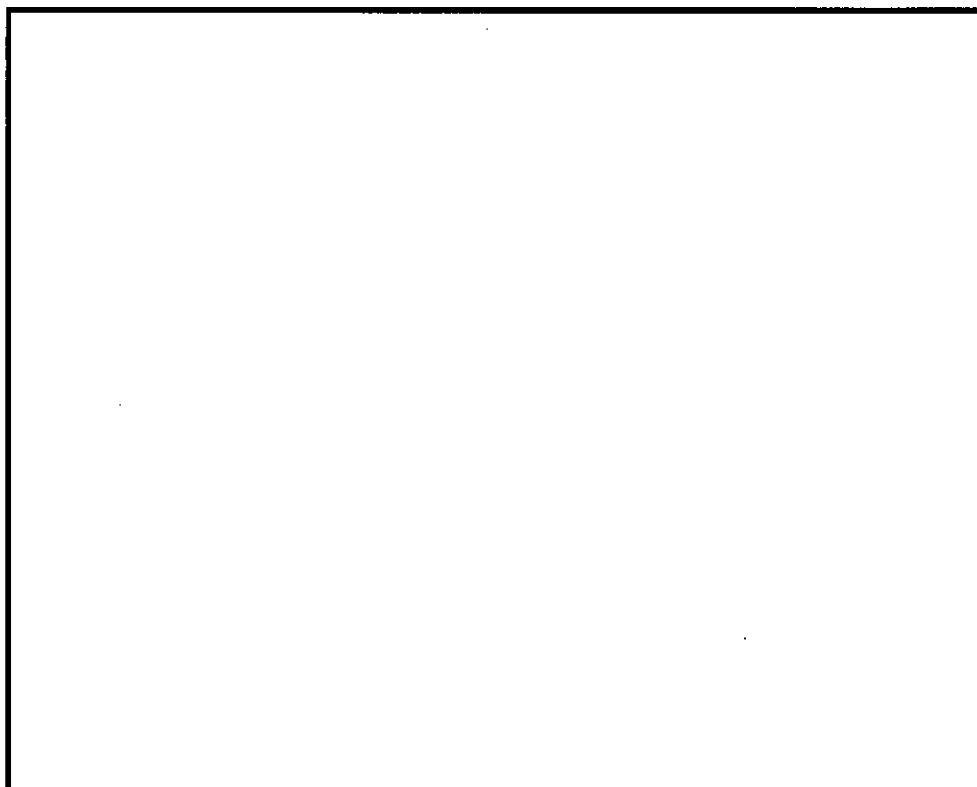


図 6-7 (3) 南基礎中央 (T.P. -20.00m~-34.00m) 配筋要領図

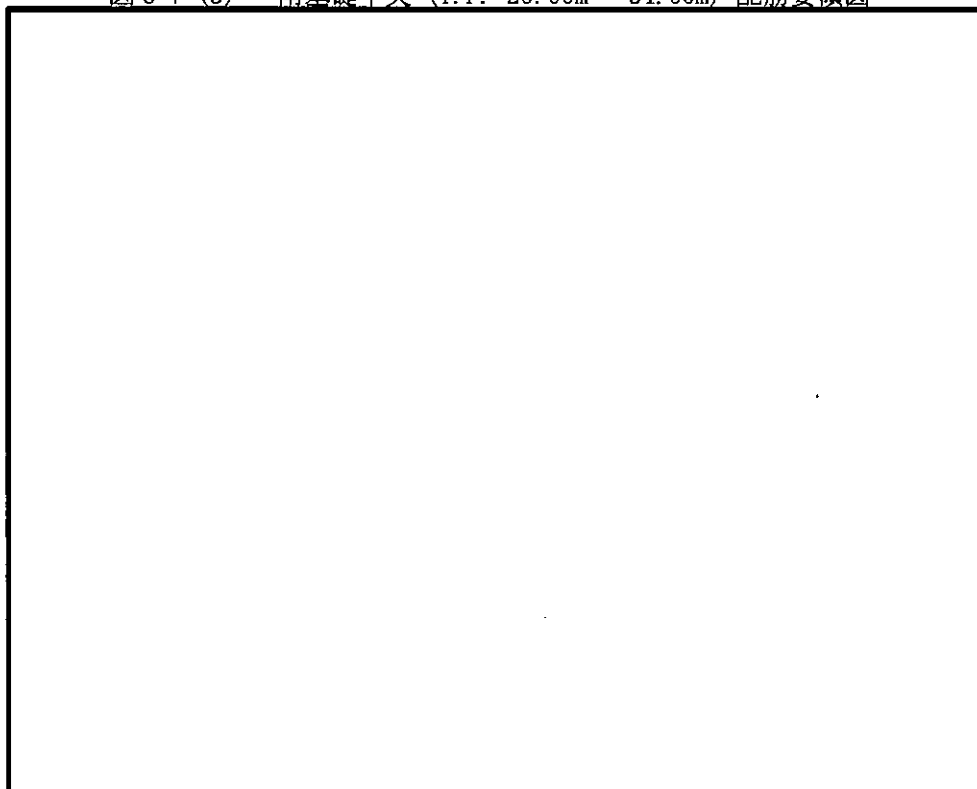


図 6-7 (4) 南基礎中央 (T.P. -34.00m~-43.50m) 配筋要領図

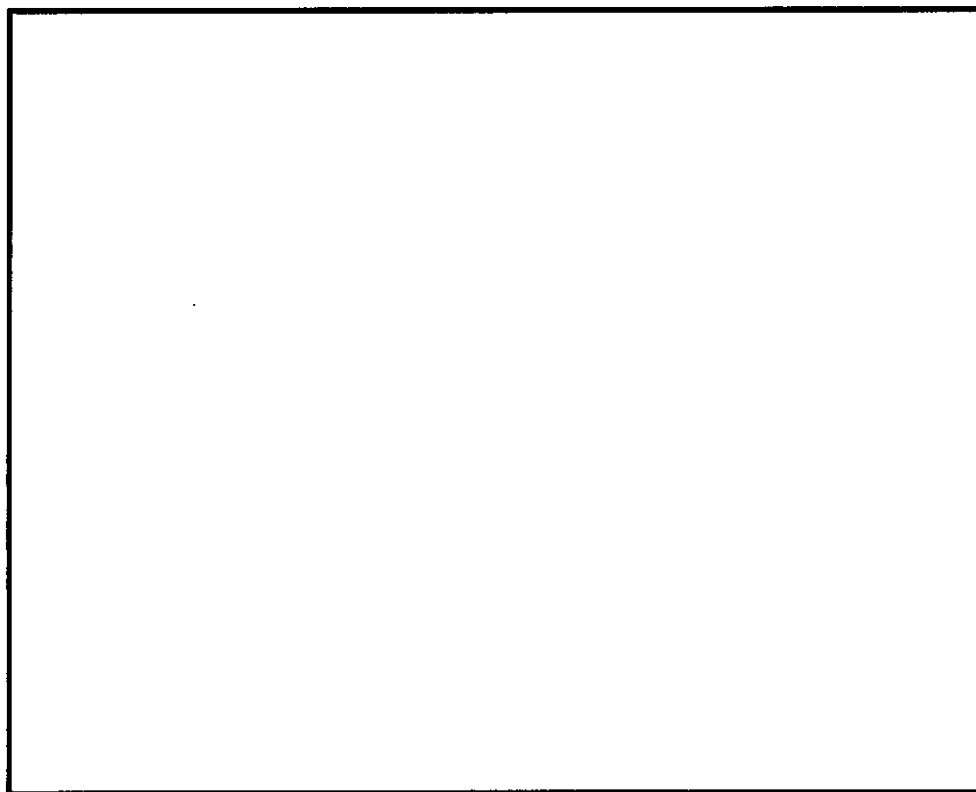


図 6-7 (5) 南基礎下部配筋要領図

6.5.3 地中連続壁と中実鉄筋コンクリートの一体化に対する評価結果

ジベル鉄筋量及びせん断力の照査結果を表 6-10 に示す。ジベル鉄筋の仕様及び配置図を図 6-8 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 6-10 (1) ジベル鉄筋量及びせん断力の照査結果 (南基礎)

標高 (T.P. m)		東西面				南北面			
		鉛直1m 当たりの 鉄筋量 (mm ²)	発生 せん断力 (kN/m)	短期許容 せん断力 (kN)	照査値	鉛直1m 当たりの 鉄筋量 (mm ²)	発生 せん断力 (kN/m)	短期許容 せん断力 (kN)	照査値
南 上 部	-1.840	16998	11403	11878	0.96	8645	4458	5756	0.78
	-2.500	16925	11449	11926	0.96	8486	4478	5756	0.78
	-3.500	16724	11460	11938	0.96	8245	4509	5756	0.79
	-4.500	16497	11456	11933	0.96	8240	4541	5899	0.77
	-5.350	16265	11426	11902	0.96	8563	4569	6221	0.74
	-6.040	16082	11406	11881	0.96	8825	4593	6482	0.71
	-6.940	15872	11398	11873	0.96	9349	4754	6934	0.69
	-8.250	15496	11341	11813	0.96	10249	4999	7674	0.66
	-10.000	15019	11281	11751	0.96	11295	5377	8568	0.63
	-12.000	14455	11200	11667	0.96	12351	5824	9505	0.62
	-14.000	13909	11131	11595	0.96	13220	6337	10328	0.62
	-16.000	13383	11074	11536	0.96	13919	6922	11048	0.63
	-18.000	12881	11034	11493	0.96	14643	7583	11782	0.65
南 中 央	-20.000	19816	11010	16433	0.67	24383	8323	18008	0.47
	-22.000	19370	11007	16428	0.67	25465	9146	18960	0.49
	-24.000	18970	11024	16454	0.67	26470	10056	19866	0.51
	-26.025	18625	11069	16520	0.67	28369	11082	21320	0.52
	-27.975	18350	11137	16623	0.67	30069	11152	22642	0.50
	-29.450	18117	11178	16683	0.67	27826	11193	21793	0.52
	-30.500	17949	11206	16725	0.67	25723	11221	20366	0.56
	-31.530	17573	11139	16625	0.67	21434	11186	17905	0.63
	-33.030	16461	10787	16100	0.67	18719	11022	16742	0.66
	-35.000	11982	8970	13389	0.67	9944	6864	11418	0.61
	-37.000	20038	12783	19079	0.67	4422	3027	8349	0.37
	-39.000	25924	15622	23316	0.67	4136	5714	8542	0.67
	-41.000	30054	17672	26377	0.67	8862	7782	11645	0.67
	-42.000	29774	17645	26336	0.67	8554	7755	11604	0.67
	-43.500	29354	17604	26275	0.67	9778	8390	12566	0.67
南 下 部	-45.500	30374	16624	27252	0.61	11178	8336	13712	0.61
	-46.500	26775	15242	24988	0.61	9632	7852	12917	0.61
	-46.700	22176	13381	21936	0.61	7412	7047	11594	0.61

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

表 6-10 (2) ジベル鉄筋量及びせん断力の照査結果 (北基礎)

標高 (T. P. m)		東西面				南北面			
		鉛直1m 当たりの 鉄筋量 (mm ²)	発生 せん断力 (kN/m)	短期許容 せん断力 (kN)	照査値	鉛直1m 当たりの 鉄筋量 (mm ²)	発生 せん断力 (kN/m)	短期許容 せん断力 (kN)	照査値
北 上 部	-1.840	25293	10809	17435	0.62	8868	3643	5892	0.62
	-2.500	25258	10854	17508	0.62	8661	3626	5862	0.62
	-3.500	25068	10865	17528	0.62	8343	3597	5815	0.62
	-4.500	24838	10860	17520	0.62	8022	3567	5767	0.62
	-5.500	24564	10836	17484	0.62	7695	3535	5715	0.62
	-6.500	24246	10793	17417	0.62	7754	3502	5898	0.60
	-7.500	23881	10732	17320	0.62	8066	3467	6234	0.56
	-8.525	23487	10661	17207	0.62	8297	3336	6526	0.52
	-9.650	23062	10585	17087	0.62	8603	3187	6877	0.47
北 中 央	-10.975	28063	10512	20632	0.51	11294	3138	8711	0.37
	-12.450	27382	10389	20393	0.51	11600	2844	9065	0.32
	-13.950	26596	10230	20086	0.51	12060	2506	9442	0.27
	-15.450	25589	9996	19632	0.51	12150	2444	9831	0.25
	-16.850	24390	9690	19035	0.51	12556	2731	10342	0.27
	-18.250	23178	9379	18428	0.51	12821	2964	10710	0.28
	-19.750	21523	8925	17540	0.51	13051	3161	11070	0.29
	-21.250	19607	8381	16477	0.51	13204	3309	11384	0.30
	-22.750	17426	7747	15236	0.51	13281	3412	11651	0.30
	-24.500	14928	7024	13820	0.51	13272	3512	11902	0.30
	-26.500	11141	5880	11577	0.51	13155	3529	12125	0.30
	-28.500	7769	4582	9138	0.51	13325	3933	12522	0.32
	-30.500	8033	4892	9593	0.51	13490	5071	12916	0.40
	-32.500	13882	6859	13449	0.51	13497	6304	13215	0.48
	-34.500	19788	8843	17339	0.51	15611	7635	14970	0.51
	-36.500	25688	11007	21583	0.51	19730	9066	17776	0.51
	-38.525	32605	14138	27722	0.51	24343	10651	20884	0.51
	-40.075	32428	14194	27831	0.51	24139	10704	20987	0.51
	-41.200	32289	14231	27903	0.51	23969	10735	21050	0.51
	-42.400	32121	14263	27967	0.51	23784	10768	21113	0.51
北 下 部	-43.850	14549	14275	16408	0.87	9169	10741	12352	0.87
	-45.700	14186	14300	16437	0.87	7650	10173	11698	0.87
	-47.700	13790	14324	16465	0.87	5558	9320	10717	0.87
	-49.700	13011	14125	16237	0.87	3441	8451	9718	0.87
	-51.775	11631	13584	15618	0.87	1508	7680	8837	0.87
	-52.700	9926	12708	14612	0.87	1459	6812	8851	0.77

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

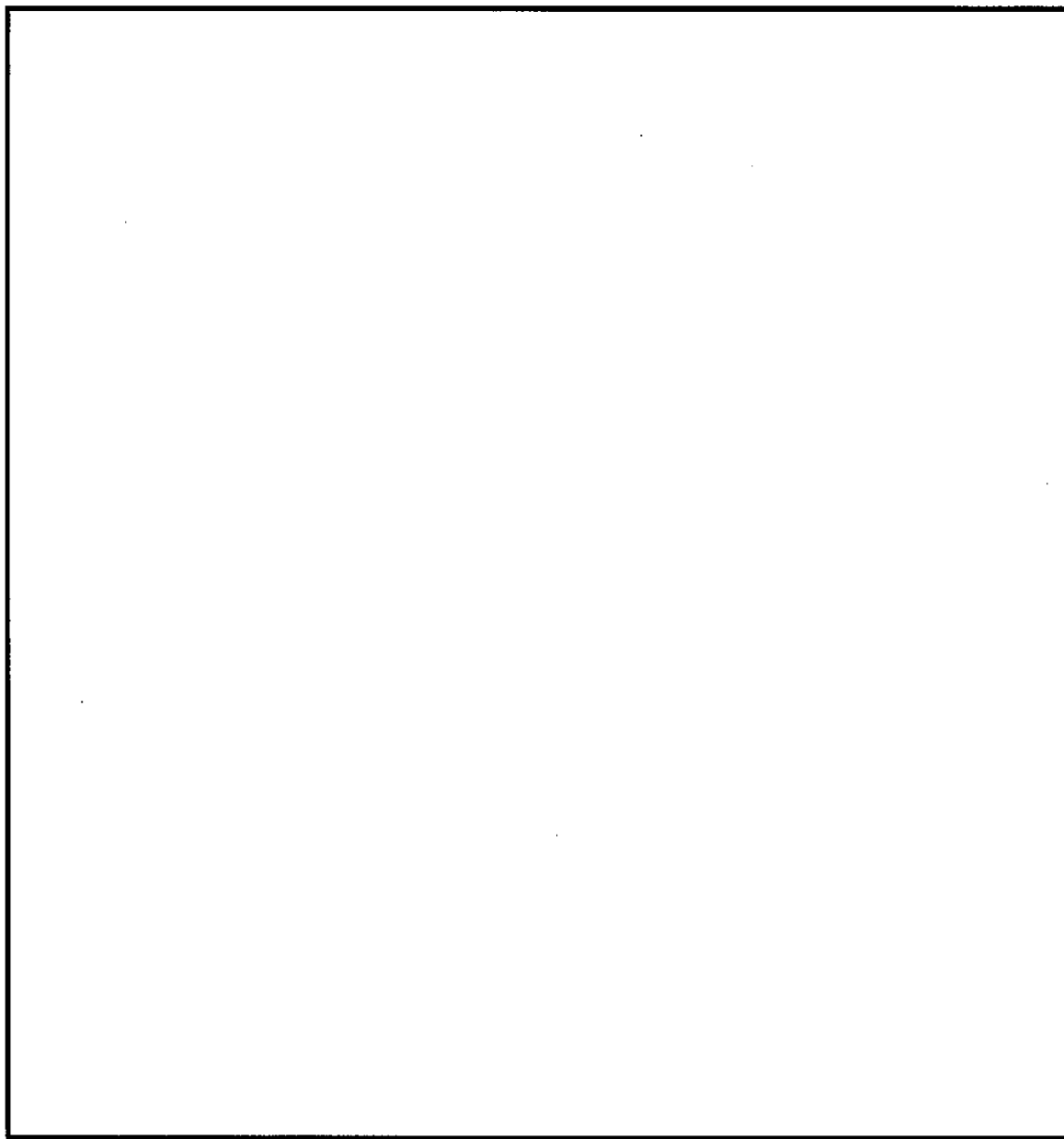


図 6-8 ジベル鉄筋の仕様

6.5.4 鋼製防護壁の評価結果

(1) 部材断面諸元

板厚構成図を図 6-9 に示す。

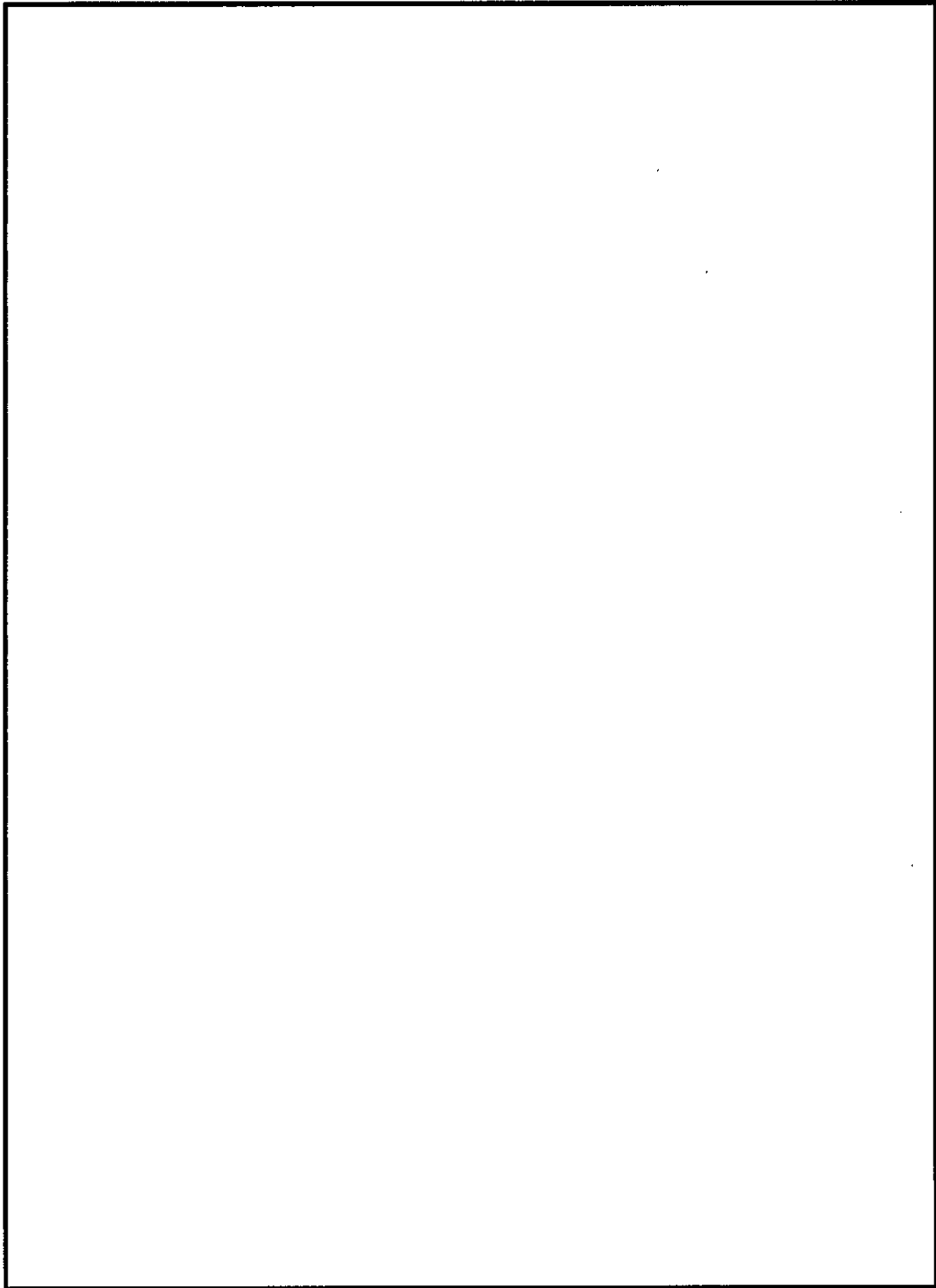


図 6-9 (1) 板厚構成図 (その 1)

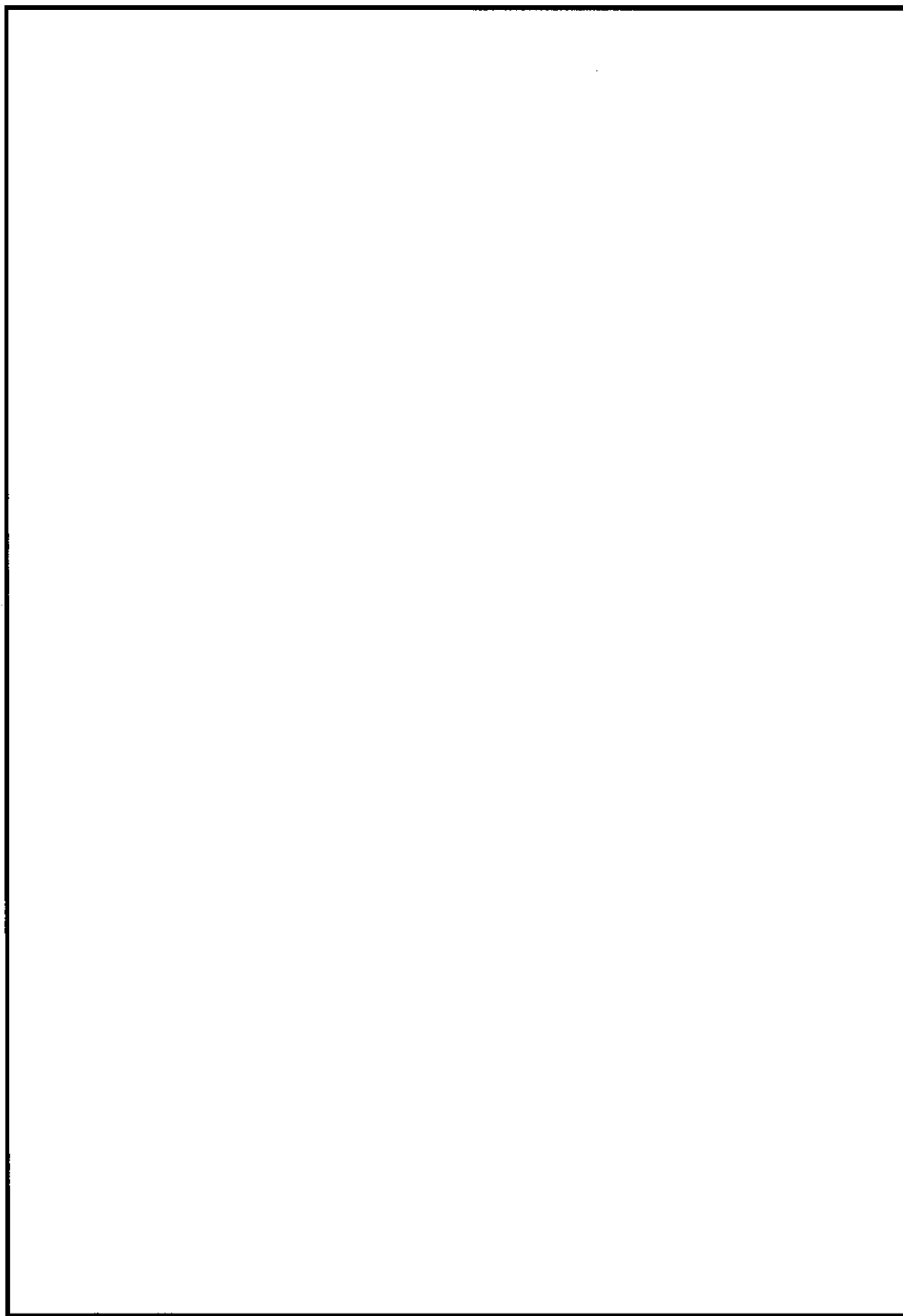


図 6-9 (2) 板厚構成図 (その 2)

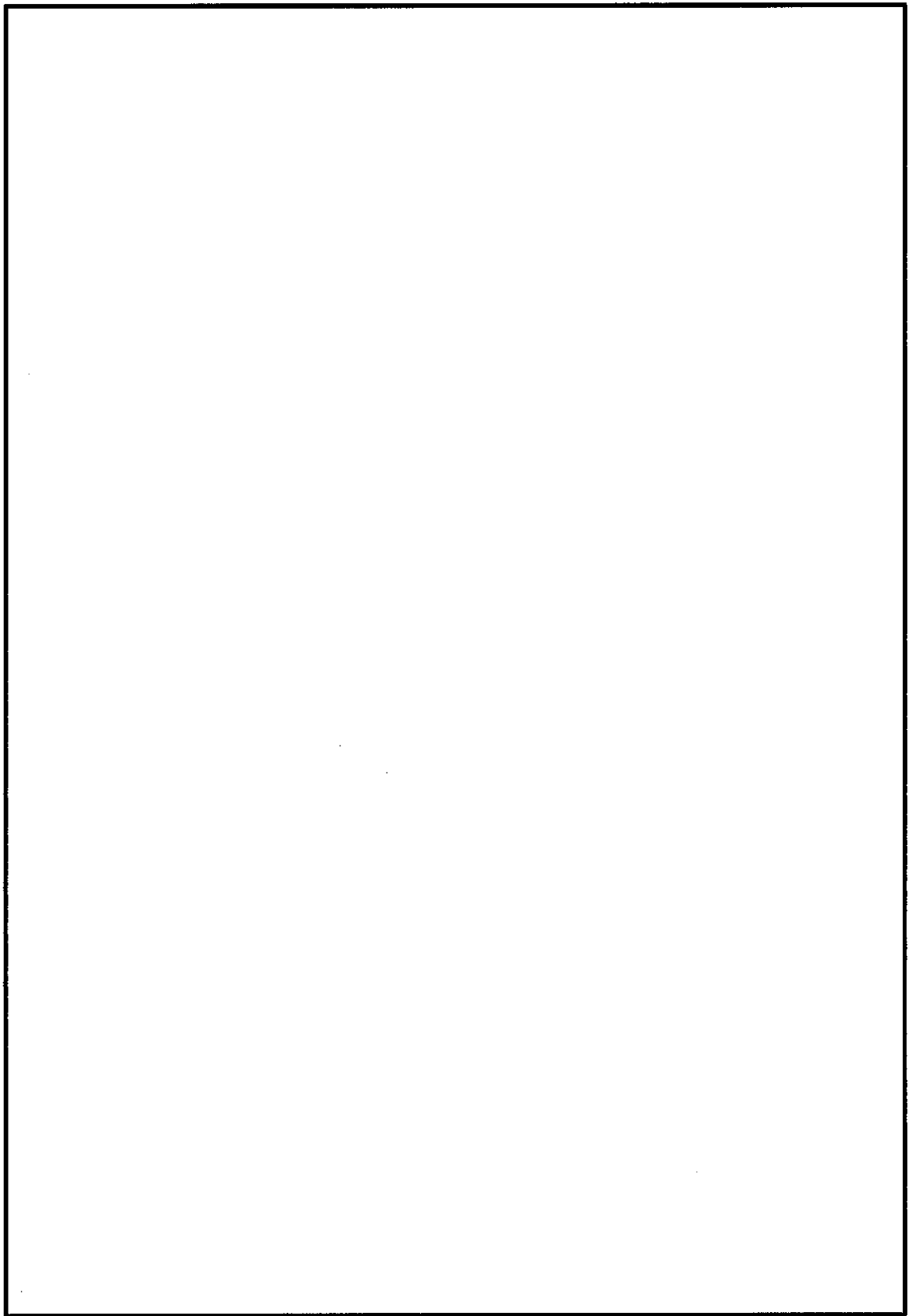


図 6-9 (3) 板厚構成図 (その 3)

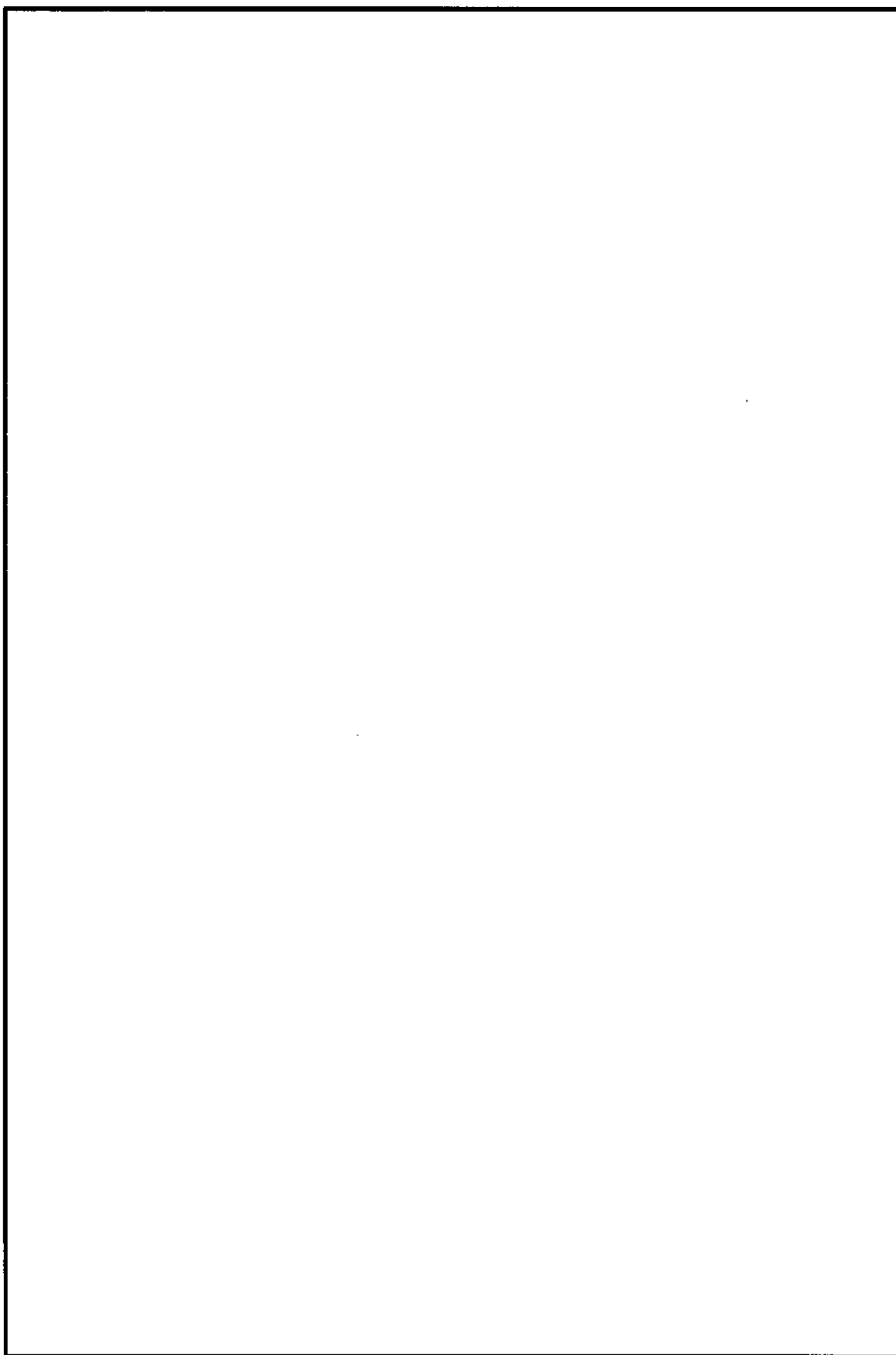


図 6-9 (4) 板厚構成図 (その 4)

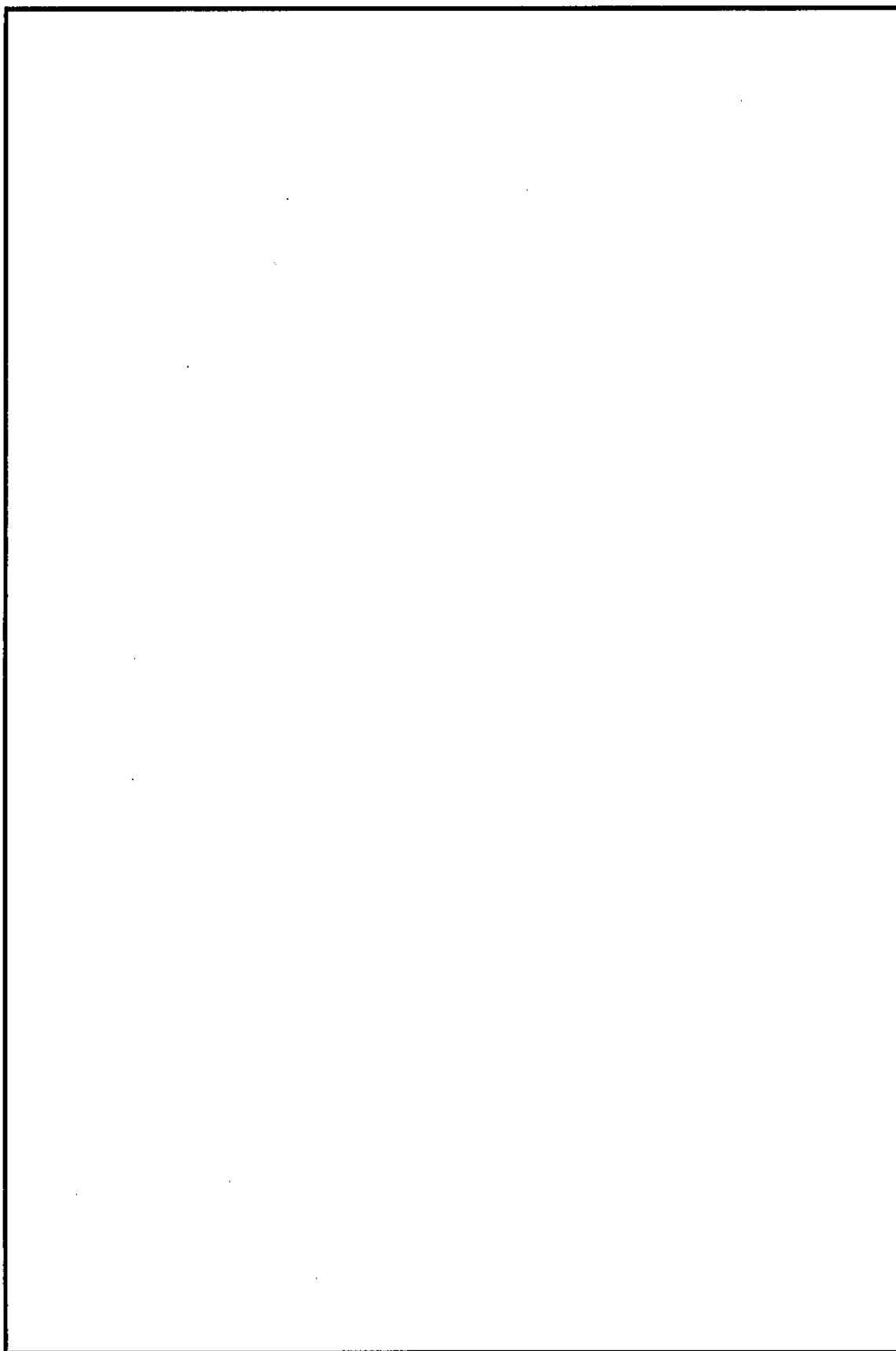


図 6-9 (5) 板厚構成図 (その 5)

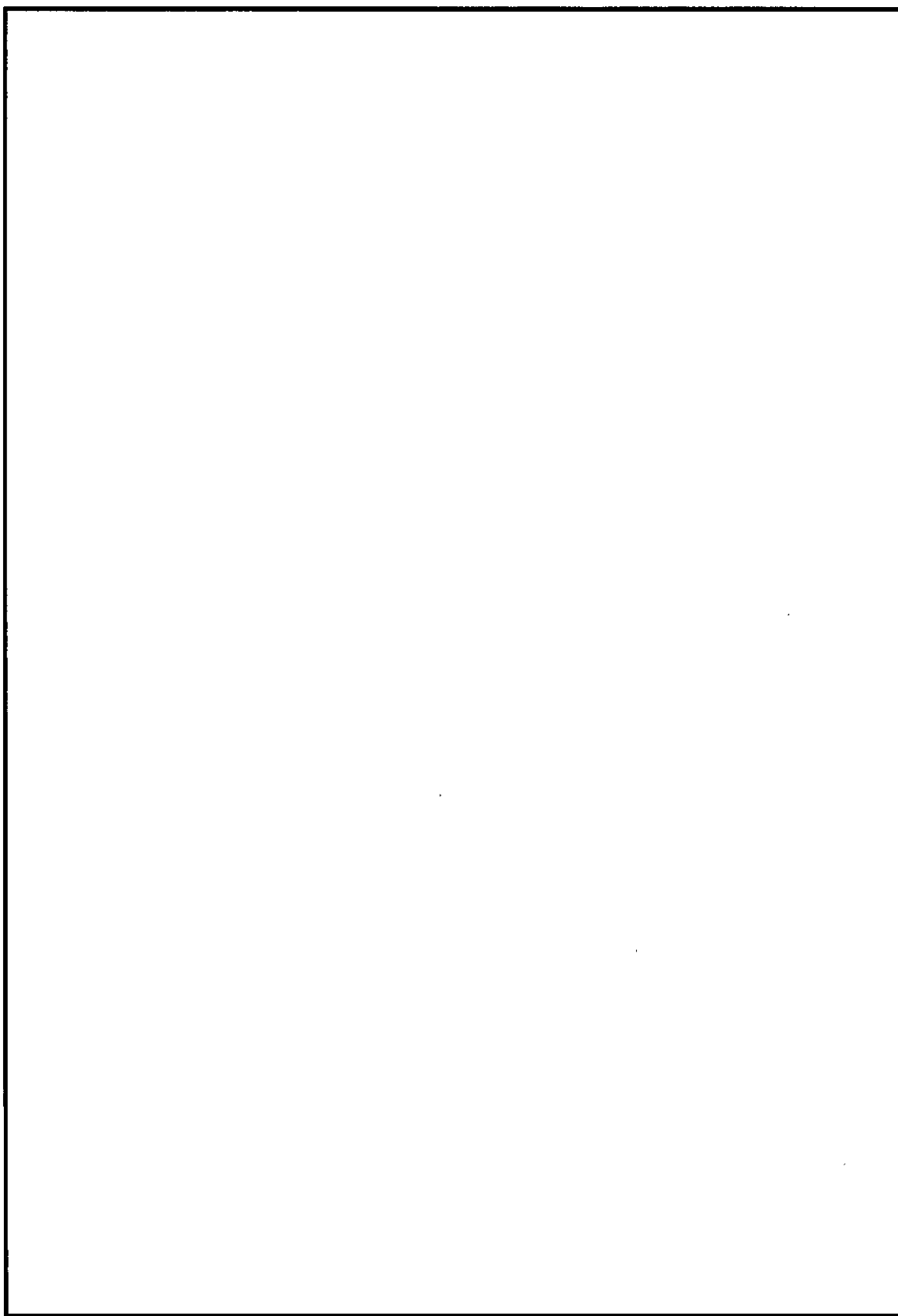


図 6-9 (6) 板厚構成図 (その 6)

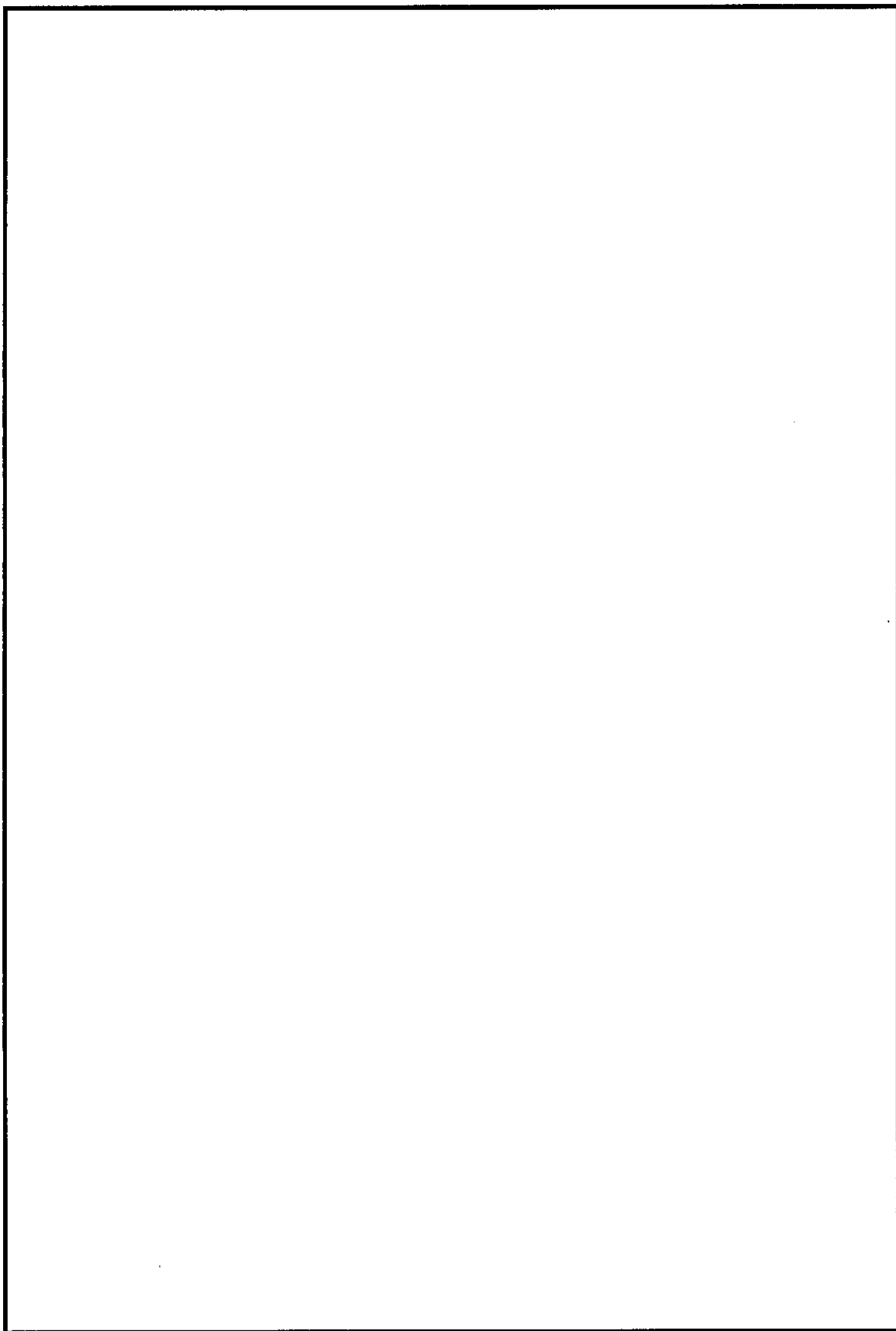


図 6-9 (7) 板厚構成図 (その 7)

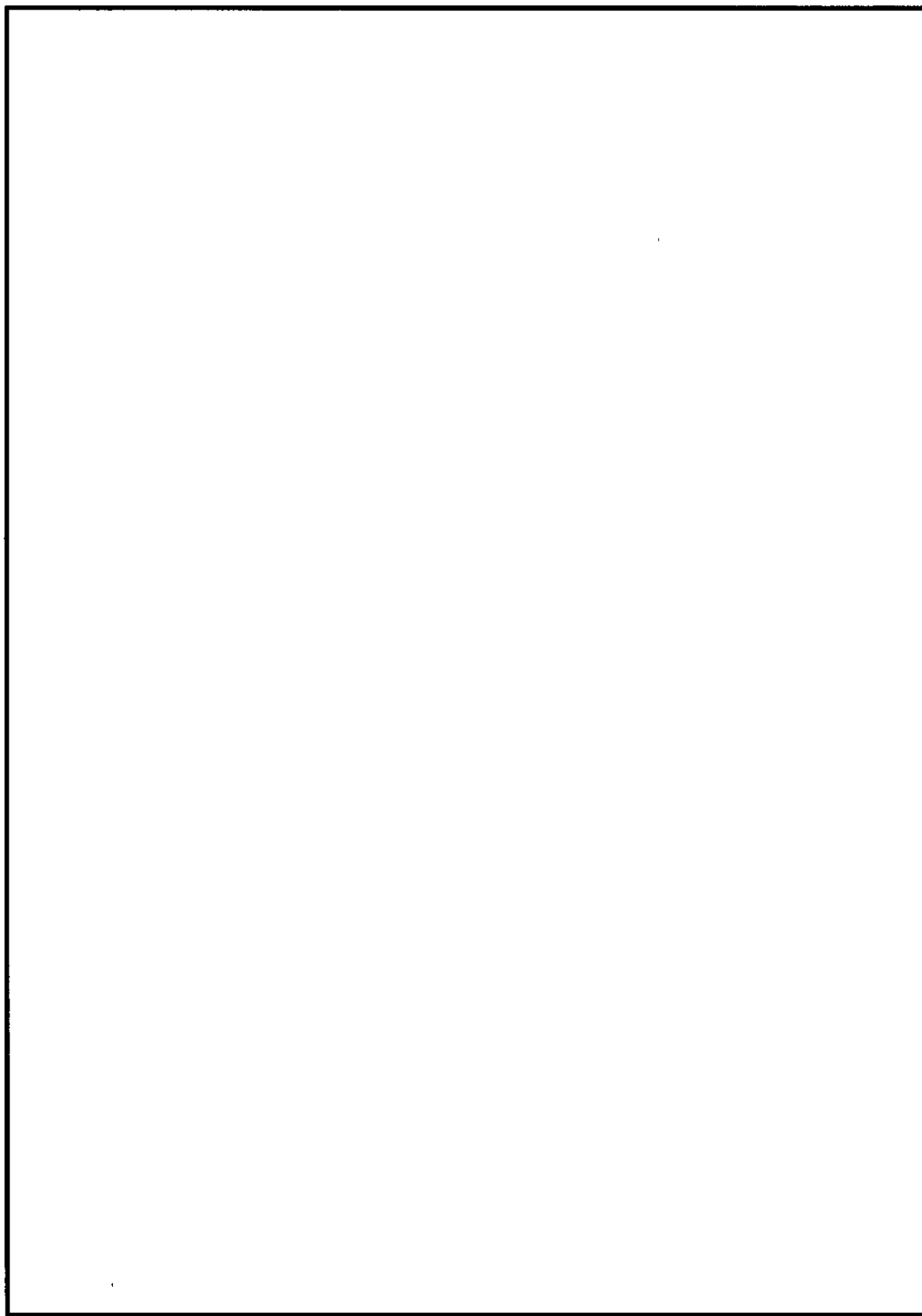


図 6-9 (8) 板厚構成図 (その 8)

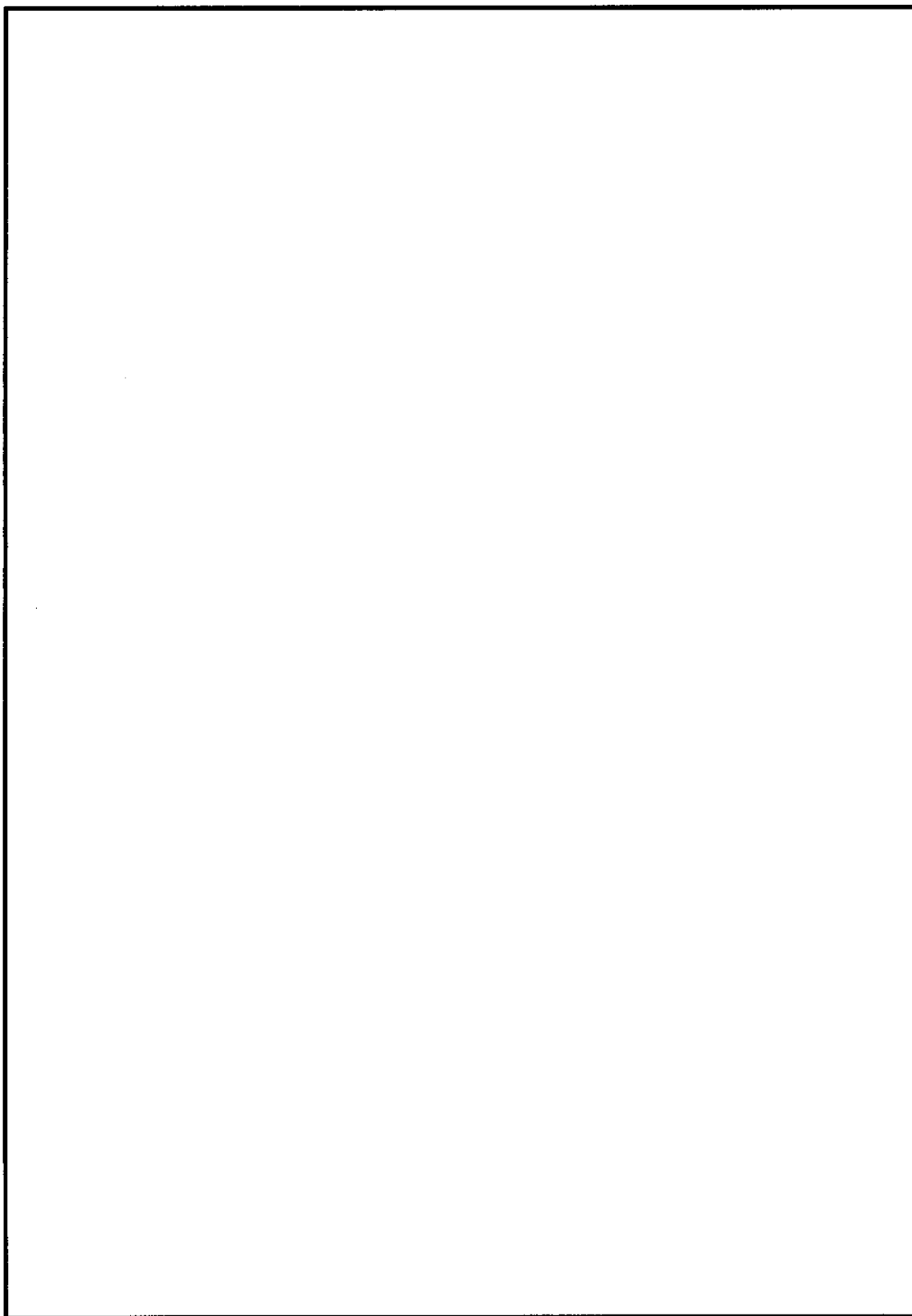


図 6-9 (9) 板厚構成図 (その 9)

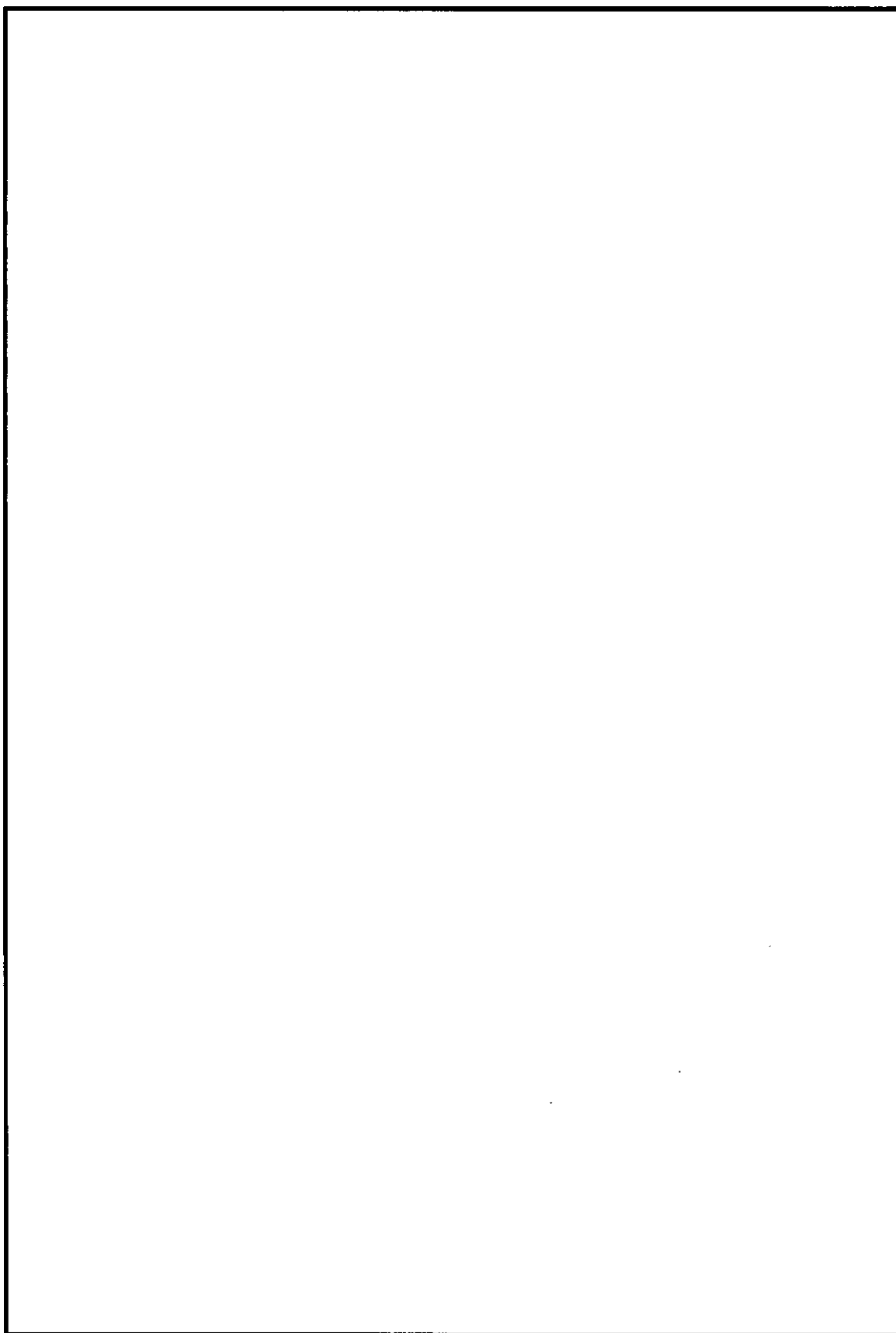


図 6-9 (10) 板厚構成図 (その 1 0)

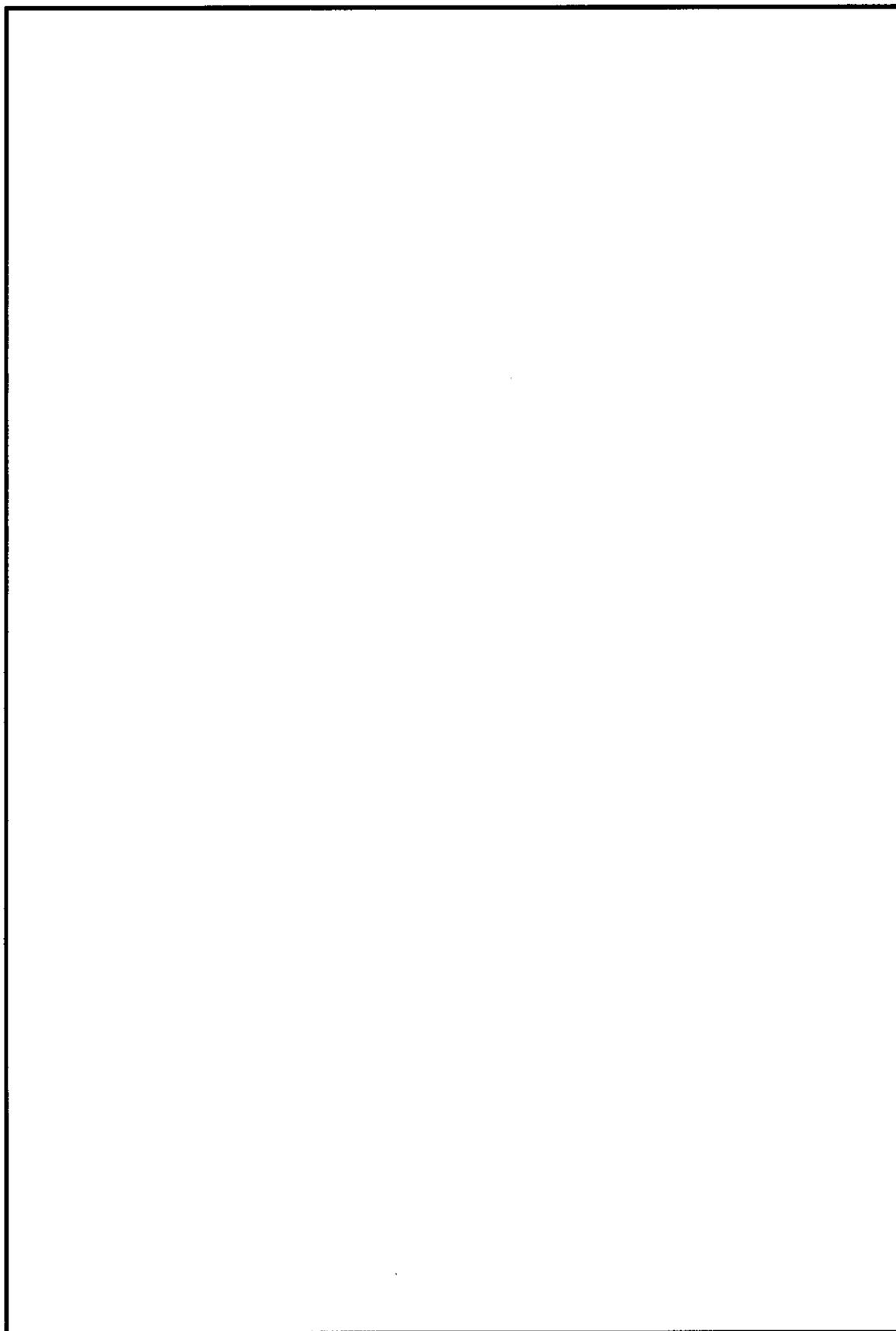


図 6-9 (11) 板厚構成図 (その 1 1)

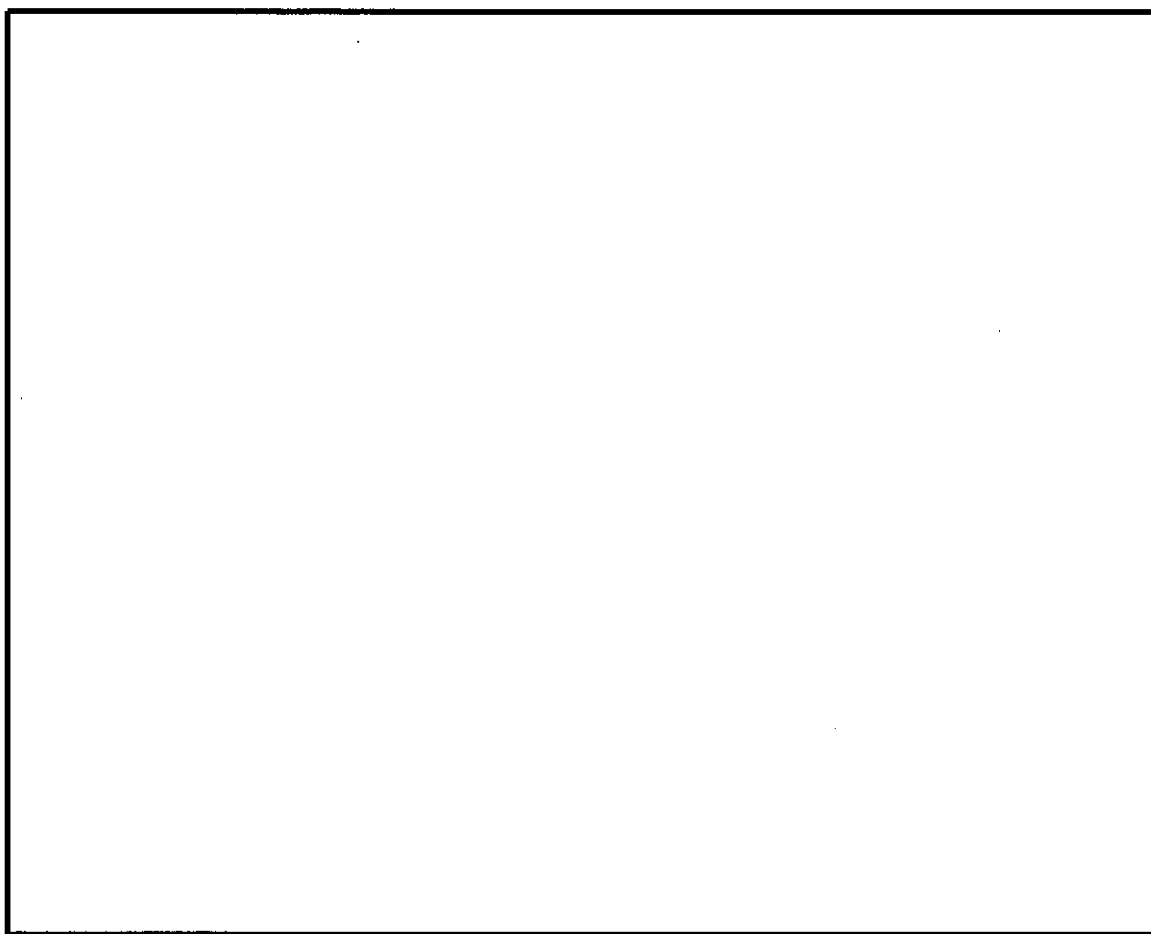


図 6-9 (12) 板厚構成図 (その 1 2)

(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 6-11 に示す。また、最大応力発生箇所を図 6-10 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 6-11 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	許容限界	照査値
敷地に遡上する津波時	SBHS700	直応力度 σ (N/mm ²)	434	697	0.62
	SBHS700	せん断応力度 τ (N/mm ²)	253	399.5	0.63
	SBHS500	合成応力度 k^* (—)	0.81	1.2	0.68

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

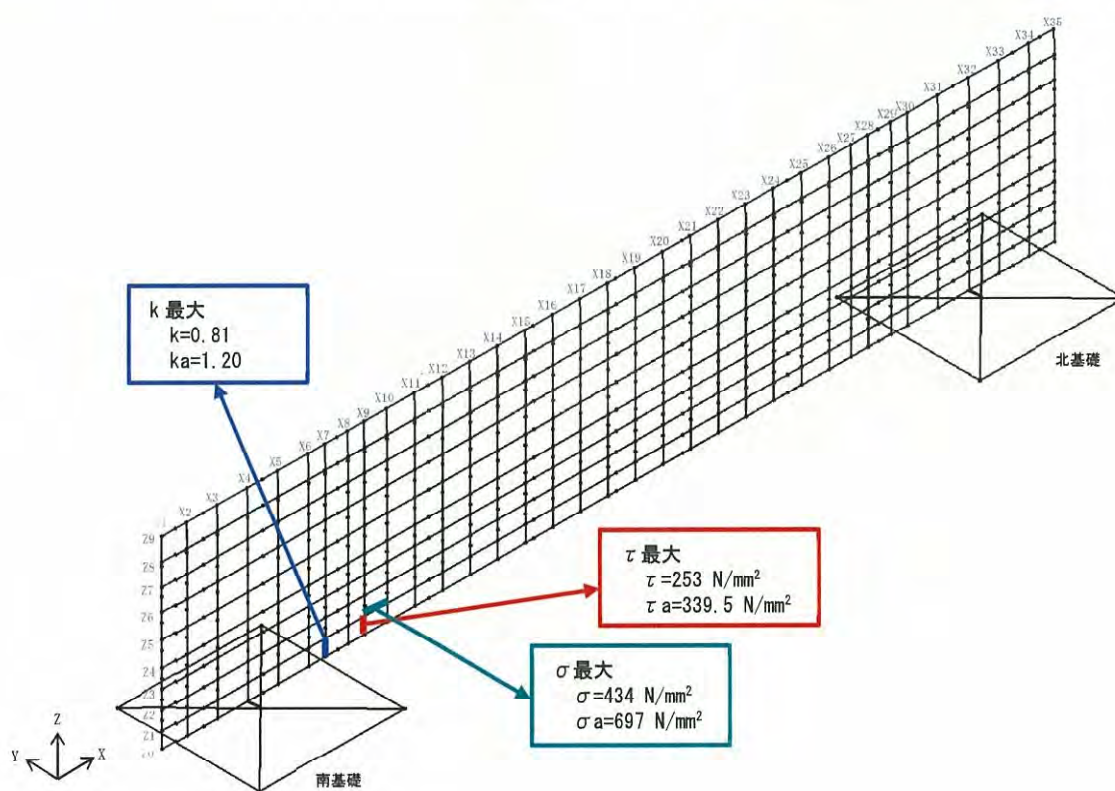


図 6-10 最大応力発生箇所

(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の接合部に対する評価結果については、「5.2.4 鋼製防護壁の評価結果 (3) 中詰め鉄筋コンクリートと鋼殻の接合部の評価結果」を参照する。

6.5.5 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 6-12 に、アンカーボルトの仕様を図 6-11 に示す。配置と仕様を図 6-12 (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 6-12 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	許容限界	
基準津波時	地盤バネ 3	南基礎	98	315	0.32
	地盤バネ 5	北基礎	119	315	0.38
敷地に遡上する津波	地盤バネ 3	南基礎	203	355	0.58
	地盤バネ 5	北基礎	187	355	0.53

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

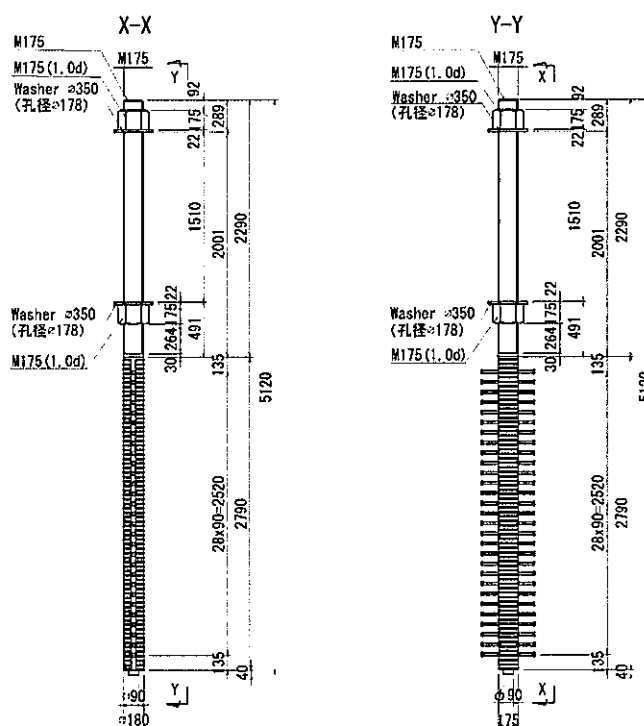


図 6-11 アンカーボルトの仕様

(2) アンカーボルトの評価結果

アンカーボルトの定着長の照査結果を表 6-13 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 6-13 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 6-14 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 6-14 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 許容限界 (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 4-D25@ 300 (mm ² /m ²)	照査値
南基礎	1.004	0.825	0.592	1746	6756	0.26
北基礎	0.924	0.825	0.512	1510	6756	0.23

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) 頂版鉄筋コンクリート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

頂版鉄筋コンクリート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 6-15 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 6-15 頂版鉄筋コンクリート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	215086	8090	10-D38 13-D25	17987	0.45
	中詰め鉄筋コンクリート	215086	10793	14-D35	13392	0.81
北基礎	頂版鉄筋コンクリート	203458	7462	10-D38 13-D25	17987	0.42
	中詰め鉄筋コンクリート	203458	10019	14-D35	13392	0.75

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

- (5) 頂版鉄筋コンクリート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
 頂版鉄筋コンクリート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 6-16 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 6-16 頂版鉄筋コンクリート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)	許容限界 (N/mm ²)	照査値*	配置 鉄筋	発生応力 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値*
南 基 礎	頂版鉄筋 コンクリート	2510806	2-D38@200 2-D35@200 2-D25@200	266	478.5	0.56	9-D51	91	478.5	0.20
	中詰め鉄筋 コンクリート	2510806	7-D38@200	378	478.5	0.80	7-D51	217	478.5	0.38
北 基 礎	頂版鉄筋 コンクリート	1565194	2-D38@200 2-D35@200 2-D25@200	166	478.5	0.35	9-D51	57	478.5	0.12
	中詰め鉄筋 コンクリート	1565194	7-D38@200	236	478.5	0.50	7-D51	136	478.5	0.29

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 6-12 に示す。

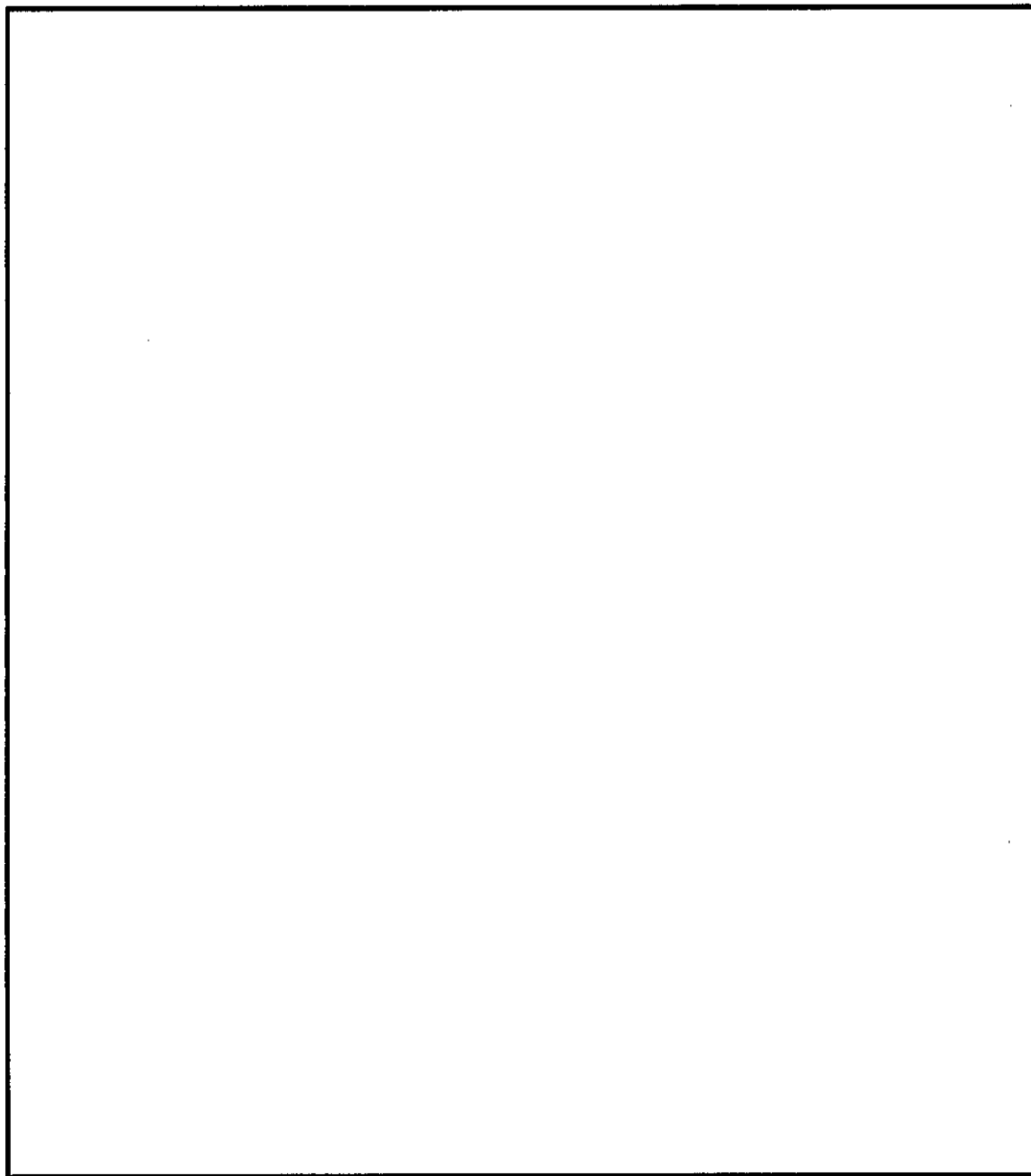


図 6-12 (1) アンカーボルトの配置，頂版鉄筋コンクリートの概略配筋図

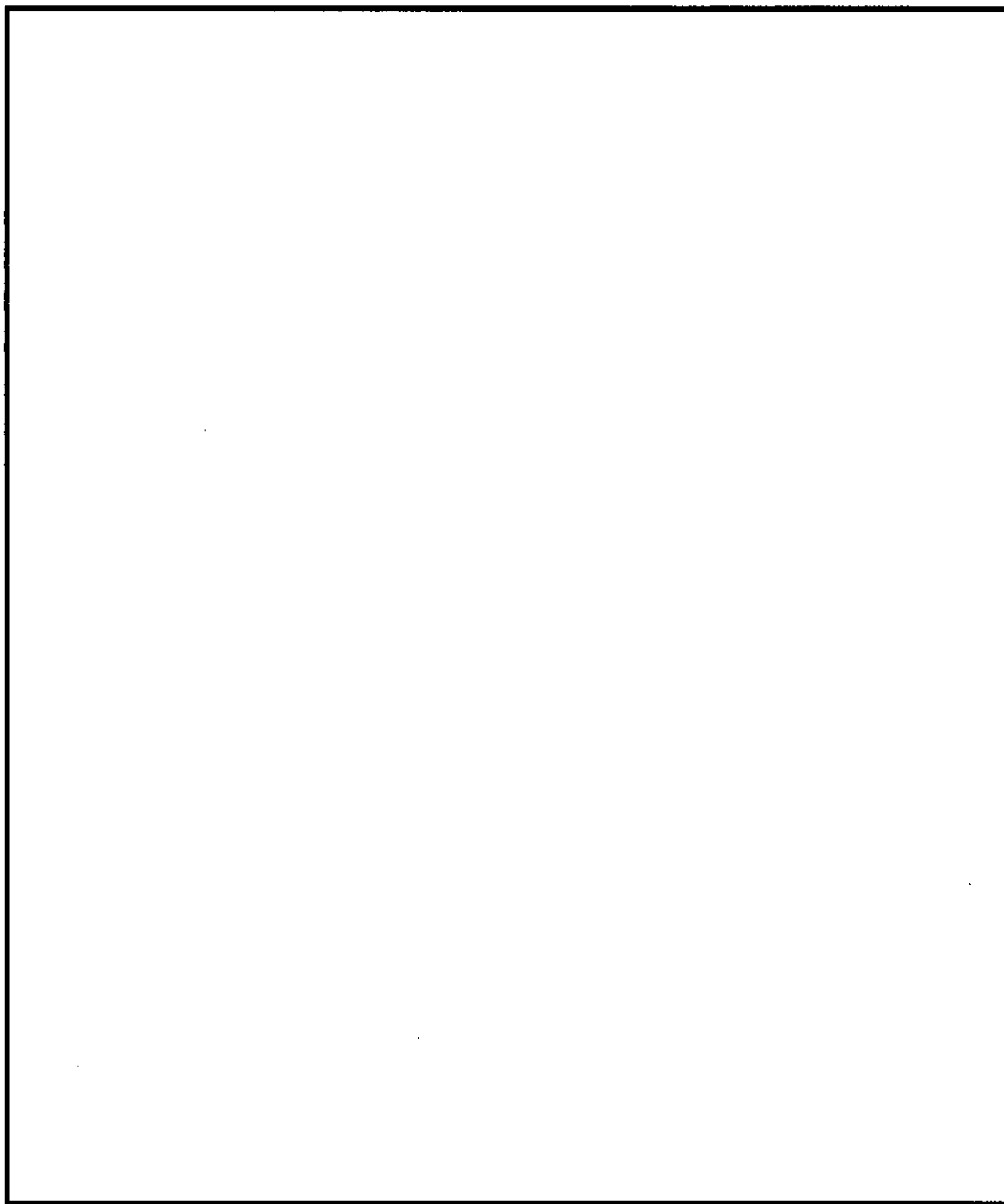


図 6-12 (2) 中詰め鉄筋コンクリートの概略配筋図

6.5.6 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結果については、「5.2.6 基礎地盤の支持性能に対する評価結果」を参照する。

6.5.7 止水ジョイント部の相対変位量に対する評価結果

止水ジョイント部の相対変位量に対する評価結果については、「5.2.7 止水ジョイント部の相対変位量に対する評価結果」を参照する。

VI-3-別添 1-2-5-1 防潮堤（鋼製防護壁）の強度計算書

2. 防潮堤（鋼製防護壁）の止水機構に関する強度計算書

1. 防潮堤（鋼製防護壁）の止水機構に関する強度計算書

防潮堤（鋼製防護壁）の止水機構に関する強度計算書は、平成 30 年 10 月 18 日付け原規規
発第 1810181 号にて認可された工事計画の添付書類「V-3-別添 3-2-1-1 防潮堤（鋼製防護
壁）の強度計算書 2. 防潮堤（鋼製防護壁）の止水機構に関する強度計算書」から変更はな
い。

