

6.3.1.2 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の強度計算書に関する補足資料

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	8
2.4 適用基準	15
3. 強度評価方法	16
3.1 記号の定義	16
3.2 評価対象断面及び部位	18
3.2.1 評価対象断面	18
3.2.2 評価対象部位	20
3.3 荷重及び荷重の組合せ	21
3.3.1 荷重	21
3.3.2 荷重の組合せ	23
3.4 許容限界	27
3.5 解析方法	31
3.5.1 津波時及び重畳時の解析手法	31
3.5.2 地盤沈下の考慮	32
3.5.3 解析モデル及び諸元（津波時）	33
3.5.4 解析モデル及び諸元（重畳時）	49
3.5.5 解析ケース	76
3.6 評価方法	77
3.6.1 津波時	77
3.6.2 重畳時	83
4. 評価条件	87
5. 評価結果	95
5.1 津波時の強度評価結果	95
5.1.1 防潮壁の評価結果	97
5.1.2 地中連続壁基礎（鉛直）の評価結果	118
5.1.3 地中連続壁基礎（水平）の評価結果	137
5.1.4 放水路の評価結果	168
5.1.5 止水ジョイント部の相対変位量に対する評価結果	169
5.2 重畳時の強度評価結果	170
5.2.1 1次元有効応力解析結果	170

5.2.2 防潮壁の評価結果	175
5.2.3 地中連続壁基礎（鉛直）の評価結果	220
5.2.4 地中連続壁基礎（水平）の評価結果	263
5.2.5 放水路の評価結果	354
5.2.6 基礎地盤の支持性能に対する評価結果	355
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	358
5.3 まとめ	359

1. 概要

本資料は、V-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すとおり、防潮堤のうち鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）が地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、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。

2. 基本方針

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 機能維持の方針」を踏まえ、鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の「2.1 位置」及び「2.2 構造概要」を示す。

2.1 位置

鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の位置図を図 2.1-1 に示す。

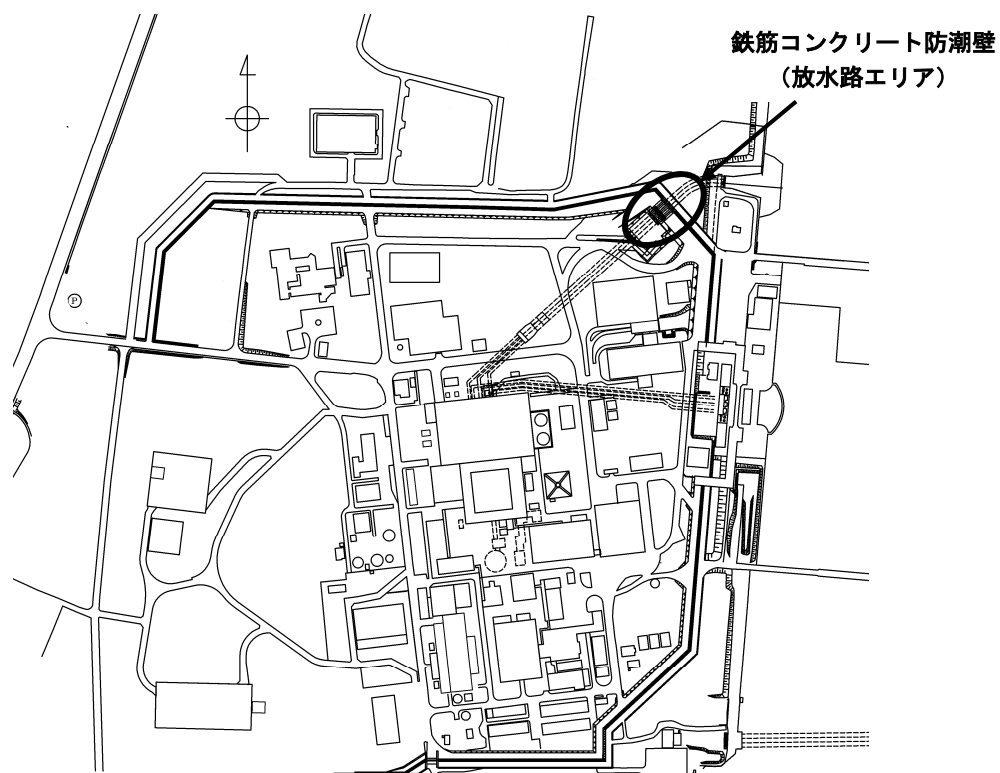


図 2.1-1 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の位置図

2.2 構造概要

鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）は、鉄筋コンクリート製の放水路及び地中連続壁基礎の上に鉄筋コンクリート製の防潮壁を構築するものである。防潮壁、放水路及び地中連続壁基礎はすべて鉄筋コンクリートで一体化した構造とし、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。防潮壁直下に構築する放水路はカルバート構造であり、敷地内への津波の浸水を防止するための放水路ゲートを設置する。また、隣接する鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁との境界には、有意な漏えいを生じないために、変位追従性を有する止水ジョイント部材を設置する。

鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の平面図を図 2.2-1 に、断面図を図 2.2-2 に示す。また、止水ジョイント部材の設置位置図を図 2.2-3 に、概要図を図 2.2-4 に示す。

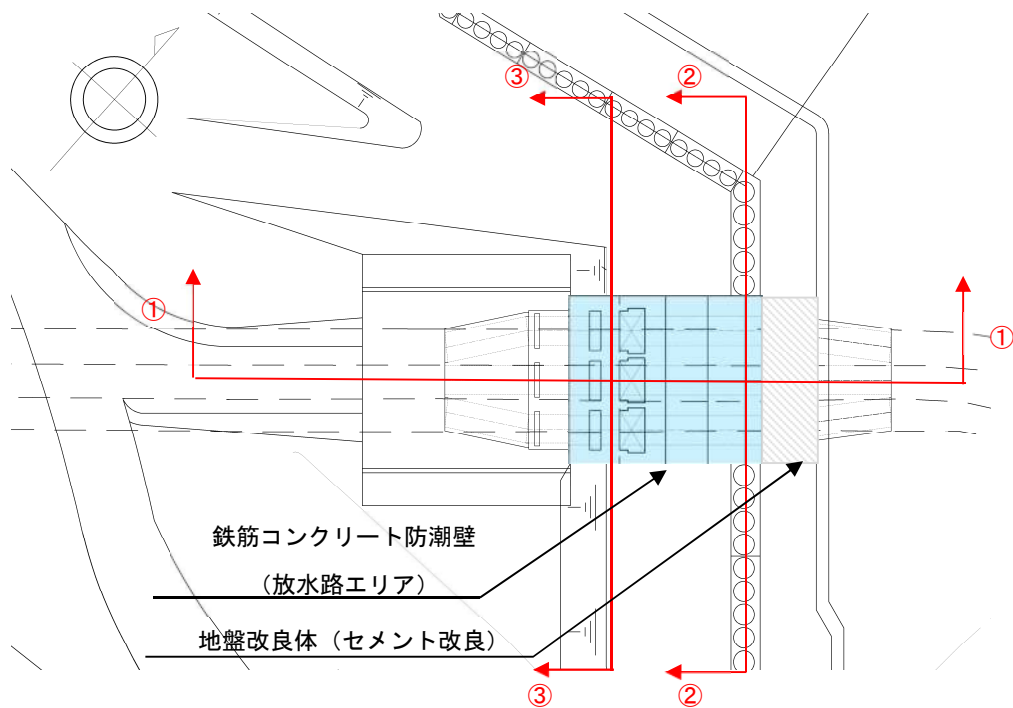


図 2.2-1 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の平面図

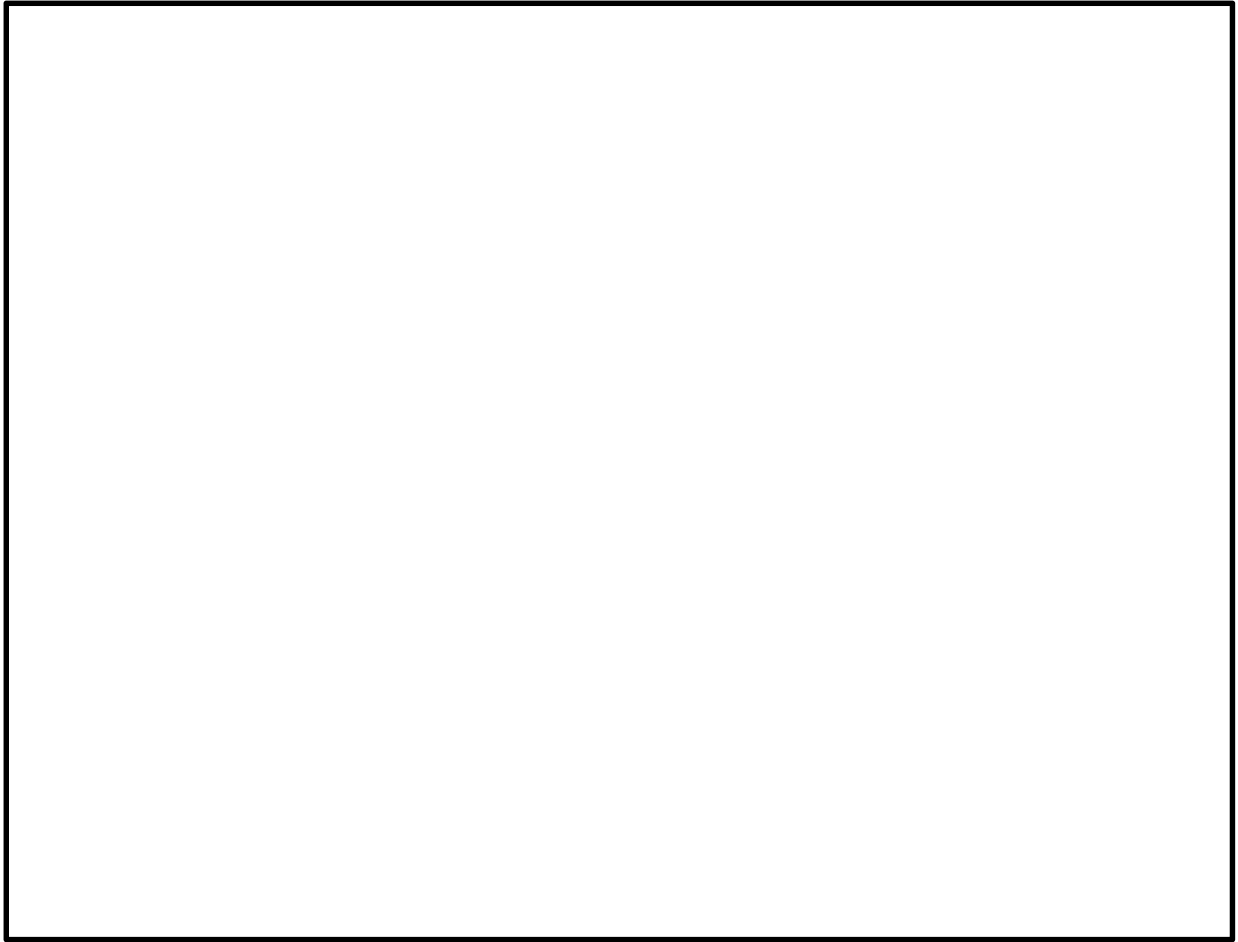


図 2.2-2 (1) 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の断面図

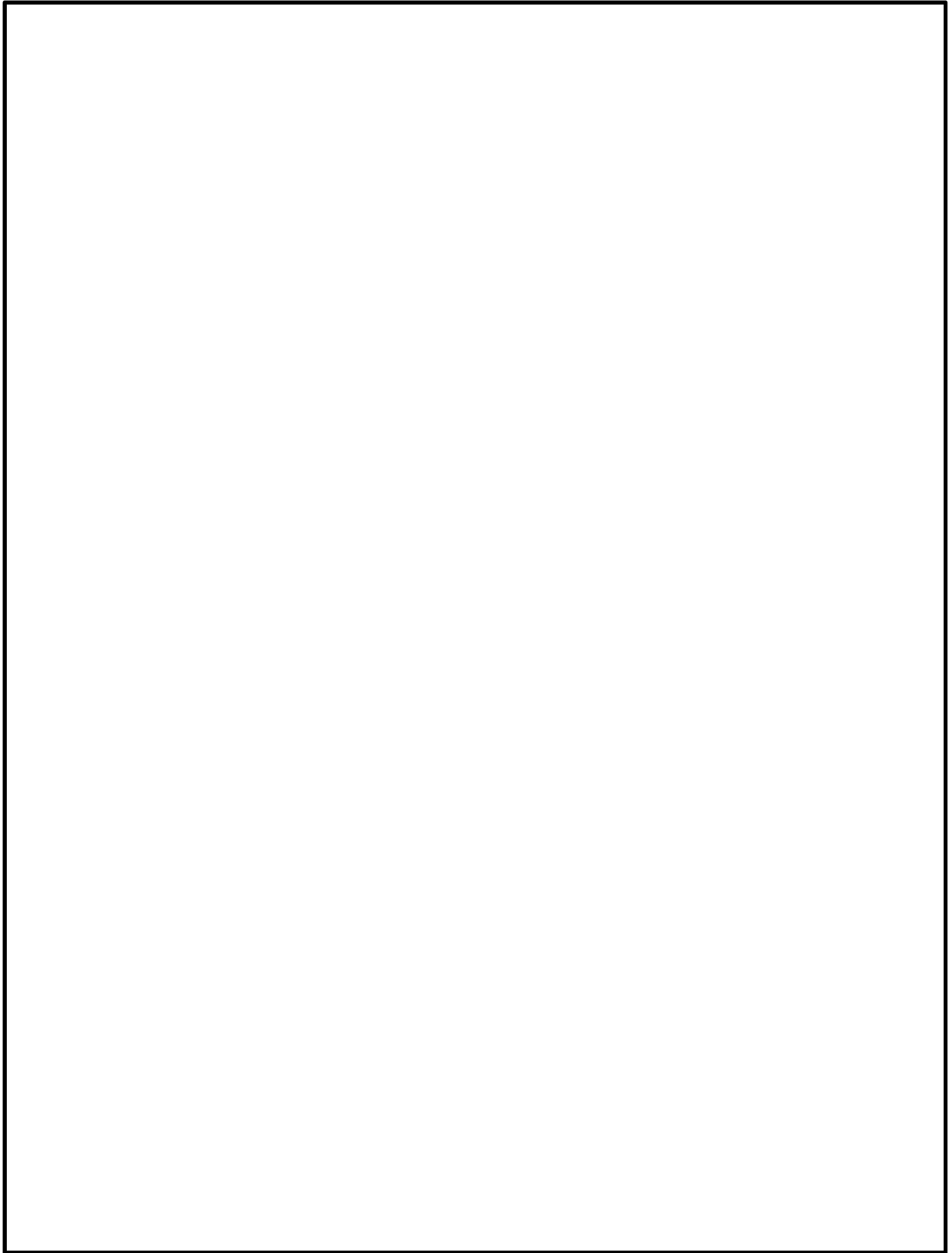


図 2.2-2 (2) 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の断面図

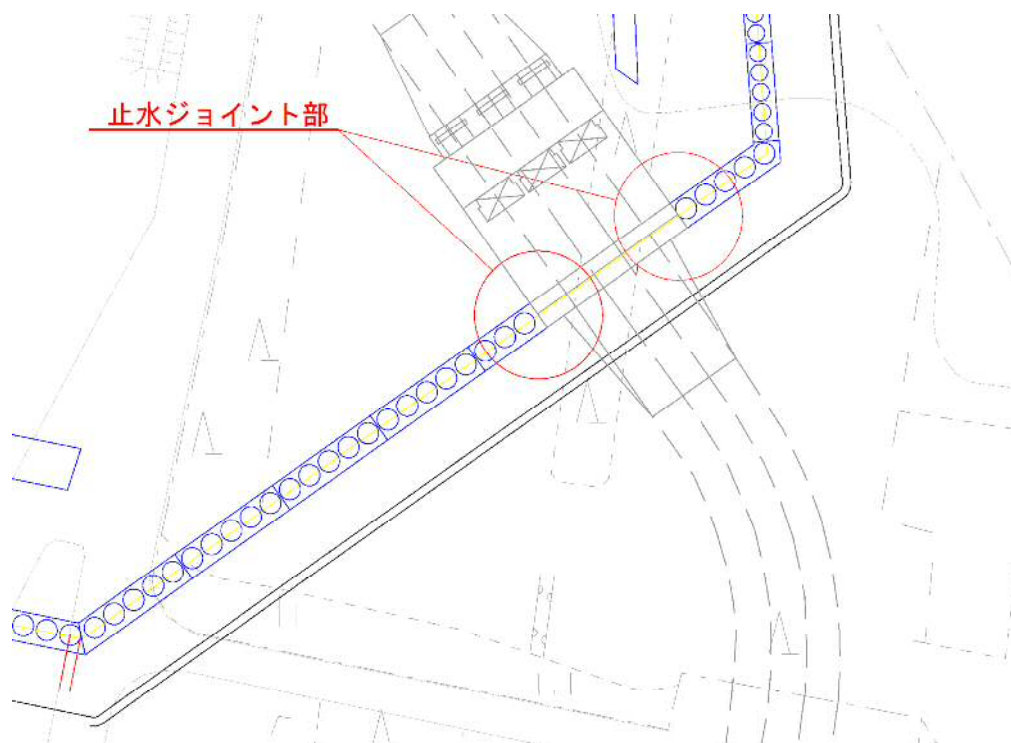
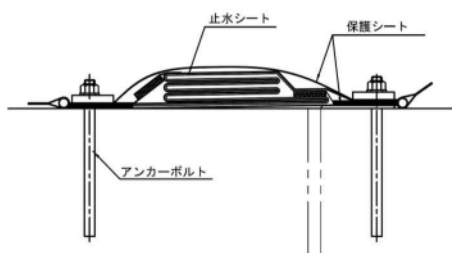


図 2.2-3 止水ジョイント部材の設置位置図



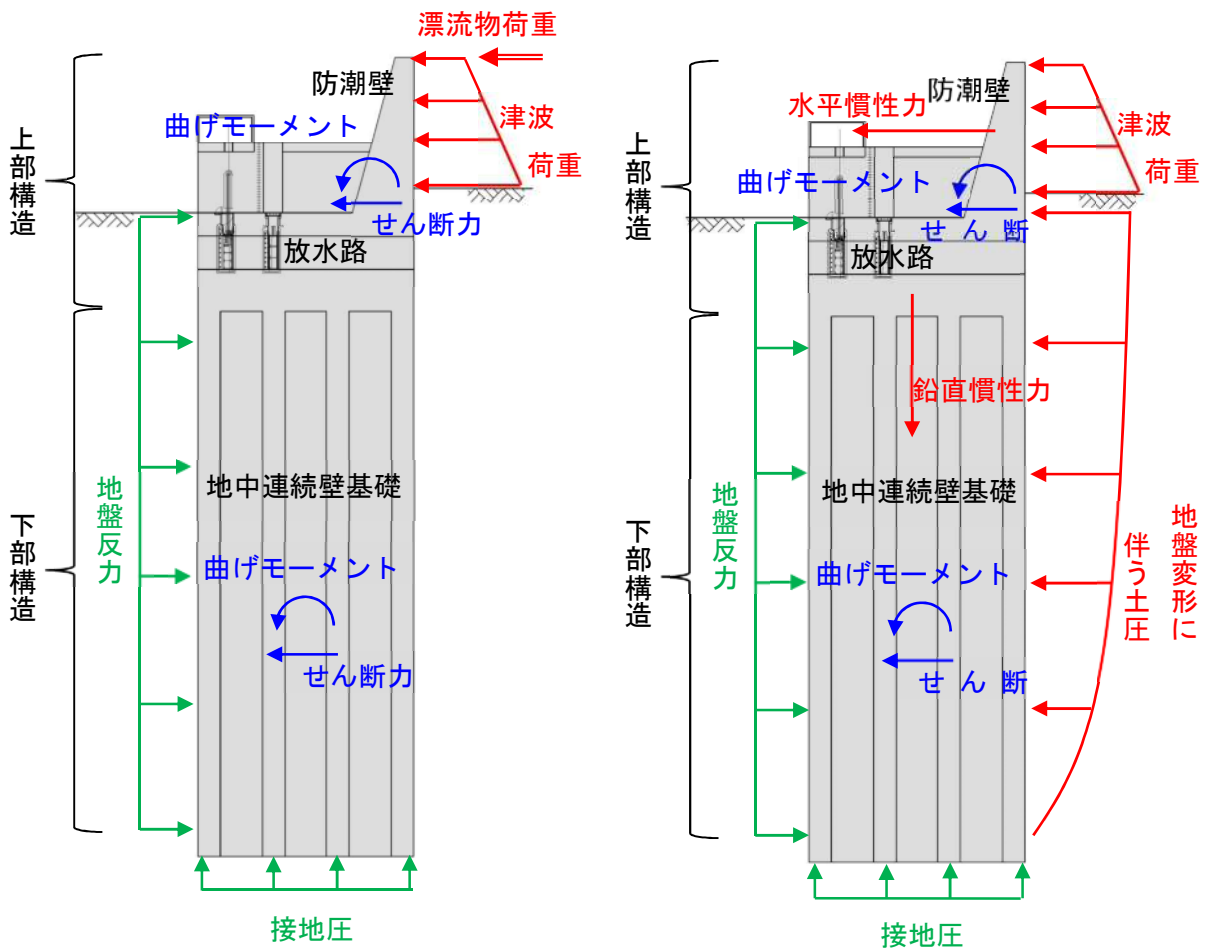
シートジョイント

図 2.2-4 止水ジョイント部材の概要図

津波時及び津波＋余震時（重畳時）の荷重伝達概念図を図 2.2-5 に示す。

津波時には、津波荷重及び漂流物の衝突荷重により上部構造の防潮壁に曲げモーメント及びせん断力が発生する。上部構造に発生した曲げ及びせん断力は、鉄筋コンクリート構造として一体化した下部構造である地中連続壁基礎に伝達され、水平方向の地盤反力及び鉛直方向の接地圧が生じる。

重畳時には、津波荷重及び地震による慣性力、並びに地盤変形に伴う土圧によって、上部構造である防潮壁及び放水路に曲げモーメント及びせん断力が発生する。上部構造に発生した曲げ及びせん断力は、一体化した下部構造である地中連続壁基礎に伝達され、水平方向の地盤反力及び鉛直方向の接地圧が生じる。



(a) 津波時

(b) 重畳時

図 2.2-5 津波時及び津波＋余震時（重畳時）の荷重伝達概念図

2.3 評価方針

鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）は、Sクラス施設である浸水防護施設に分類される。

鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）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」におい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」に示す方法及び評価条件を用いて評価し、「4. 評価結果」より、鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の評価対象部位に発生する応力及び接地圧が許容限界以下であることを確認する。

鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）に関する要求機能と設計方針を表 2.3-1 に示す。

鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）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や伝達過程を考慮し、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。

鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の強度評価は、設計基準対象施設として表 2.3-2 の鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）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のうち津波時の検討では、表 2.3-4 に示すように 2次元静的フレーム解析における地盤ばねの剛性及び上限値を増減させた検討を実施し、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。また、重畳時の検討では、1次元有効応力解析により地盤ばねの剛性及び上限値を設定した 2次元静的フレーム解析を実施し、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。なお、重畳時の検討では、表 2.3-5 に示すような地盤物性のばらつきについて、影響評価を実施する。

赤字：荷重条件
 緑字：要求機能
 青字：対応方針

表 2.3-1 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の耐津波設計における要求性能と設計評価方針

施設名	基本設計方針	要求機能	機能設計		構造強度設計					設計に用いる許容限界	
			性能目標	機能設計方針	性能目標	構造強度設計（評価方針）	評価対象部位	応力等の状態	損傷モード		
防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア））	<ul style="list-style-type: none"> 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）は、地震後の繰返しの襲来を想定した入力津波に対して、鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）に要求される機能を損なう恐れがない設計とする。 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）は、津波の流入による浸水及び漏水を防止する設計とする。 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）は、入力津波高さを上回る高さで設置し、止水性を維持する設計とする。 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の設計における荷重の組合せとしては、常時作用する荷重、津波荷重、余震荷重、漂流物による衝突荷重及び自然条件として積雪荷重を適切に考慮する。 	<ul style="list-style-type: none"> 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）は、地震後の繰返しの襲来を想定した入力津波に対して、余震、漂流物の衝突、積雪を考慮した場合においても、津波防護施設が要求される機能を損なう恐れがないよう、津波による浸水及び漏水を防止することが要求される。 	<ul style="list-style-type: none"> 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）は、基準地震動S_bに対し、主要な構造部材の構造健全性を維持することで、津波時の止水性を保持することを機能設計上の性能目標とする。 	<ul style="list-style-type: none"> 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）は、地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波に対し、余震、漂流物の衝突、積雪を考慮した場合においても、①想定される津波高さに余裕を考慮した防潮堤高さ（浸水高さ T.P. +15.4 m ~ T.P. +17.9 m に余裕を考慮した天端高さ T.P. +20.0 m）の設定により、東二放水路上部に設置する設計とする。 防潮壁は、鉄筋コンクリート製の上部構造を地中連続壁基礎によって、十分な支持性能を有する地盤に支持する設計とする。 上部構造の異種構造物間との境界部は、波圧による変形に追従する止水性を確認した止水ジョイント部材を設置することによる止水処置を講ずる設計とする。 	<ul style="list-style-type: none"> 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）は、地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、積雪を考慮した荷重に対し、十分な支持性能を有する地盤に設置する設計とし、十分な支持性能を有する地盤に設置する設計とともに、主要な構造体の境界部には、止水ジョイント部材を設置して有意な漏えいを生じない設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。 	下部構造	基礎地盤	支持力	支持機能を喪失する状態	「道路橋示方書・同解説（I 共通編・IV 下部構造編）」に基づき妥当な安全余裕を考慮した極限支持力以下とする。	
										地中連続壁基礎	曲げ、せん断
							放水路	曲げ、せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	【基準津波に対して】 「コンクリート標準示方書【構造性能照査編】」に基づき短期許容応力度以下とする。 【敷地に遡上する津波に対して】 「コンクリート標準示方書【構造性能照査編】」に基づき降伏応力度・せん断強度以下とする。	
							防潮壁	曲げ、せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	【基準地震動 S_b ・基準津波に対して】 「コンクリート標準示方書【構造性能照査編】」に基づき短期許容応力度以下とする。 【敷地に遡上する津波に対して】 「コンクリート標準示方書【構造性能照査編】」に基づき降伏応力度・せん断強度以下とする。	
						上部構造	止水ジョイント部	止水ジョイント部材	変形、引張	有意な漏えいに至る変形、引張	メーカー規格及び基準並びに必要な応じて実施する性能試験を参考に定める許容変形量及び許容引張力以下とする。
								鋼製アンカー	引張、せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「各種合成構造設計指針・同解説」を踏まえた短期許容応力度以下とする。
								止水ジョイント部材の鋼製防護部材	曲げ、引張、せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「鋼構造設計基準」を踏まえた短期許容応力度以下とする。

表 2.3-2 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）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	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する。	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する。	極限支持力*
止水性を損なわないこと。	構造部材の健全性	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する。	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する。	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する。	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。

津波時の地盤剛性及び地盤ばねの上限値の設定は、表 2.3-3 に示す地盤剛性 4 種類と地盤ばねの上限値 4 種類を用いて、地盤の最も高い剛性（初期剛性）と最も大きい強度（ピーク強度（平均値））の組合せによる構成式及び地盤の最も低い剛性（静弾性係数）と最も小さい強度（残留強度（ -1σ 低減値））の組合せによる構成式を地盤ばねの設定で用いることにより、各部位で安全側となる設計を行う。地盤の最も高い剛性と最も大きい強度の組合せは、初期剛性とピーク強度（平均値）の組合せを用いる。地盤の最も低い剛性と最も小さい強度の組合せは、津波による影響が支配的な地表面付近の剛性を比較すると、敷地においては静弾性係数の方が地震時の収束剛性よりも小さいことから、静弾性係数と残留強度（ -1σ 低減値）の組合せを用いる。

表 2.3-4 に津波時の検討で考慮する地盤剛性及び地盤ばねの上限値の組合せを示す。

表 2.3-3 津波時の地盤剛性及び地盤ばねの上限値の組合せ

荷重条件	地盤剛性	上限値
津波時	初期剛性 余震時の収束剛性 地震時の収束剛性 静弾性係数	ピーク強度（平均値） ピーク強度（ -1σ 低減値） 残留強度（平均値） 残留強度（ -1σ 低減値）

表 2.3-4 津波時の検討ケース

検討ケース	地盤剛性	上限値
1	初期剛性	ピーク強度（平均値）
2	静弾性係数	残留強度（ -1σ 低減値）

表 2.3-5 重畳時の検討ケース*

検討ケース	地盤剛性	液状化パラメータの適用
①	平均剛性	液状化パラメータ適用
②	$+1\sigma$ 剛性	
③	-1σ 剛性	
④	豊浦標準砂	
⑤	平均剛性	非液状化
⑥	$+1\sigma$ 剛性	

注記 *：1次元有効応力解析を実施し、地表面最大加速度、地表面最大変位、せん断ひずみが最大となるケースを選定し、評価を実施する。

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及びSクラスの設備を支持する機能を損なわないことを確認する。

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。

基礎地盤の支持性能評価については、構造物と地盤の動的相互作用を適切に評価できる2次元有効応力解析を実施し、防潮壁を支持する基礎地盤に生じる接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。なお、津波時に生じる接地圧は、地震時及び重畳時に生じる接地圧に包絡されると考えられるため、強度評価における基礎地盤の支持性能評価は重畳時のみ実施する。

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。相対変位量の算出方法及び鋼製アンカーに対する照査結果は、「6.12 止水ジョイント部材の相対変位量に関する補足説明」に、鋼製防護部材に対する照査結果は、「6.13 止水ジョイント部材の漂流物対策に関する補足説明」に示す。

鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の強度評価フローを図 2.3-1 及び図 2.3-2 に示す。

なお、重畳時の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。

また、地下水位は地表面位置に設定する。

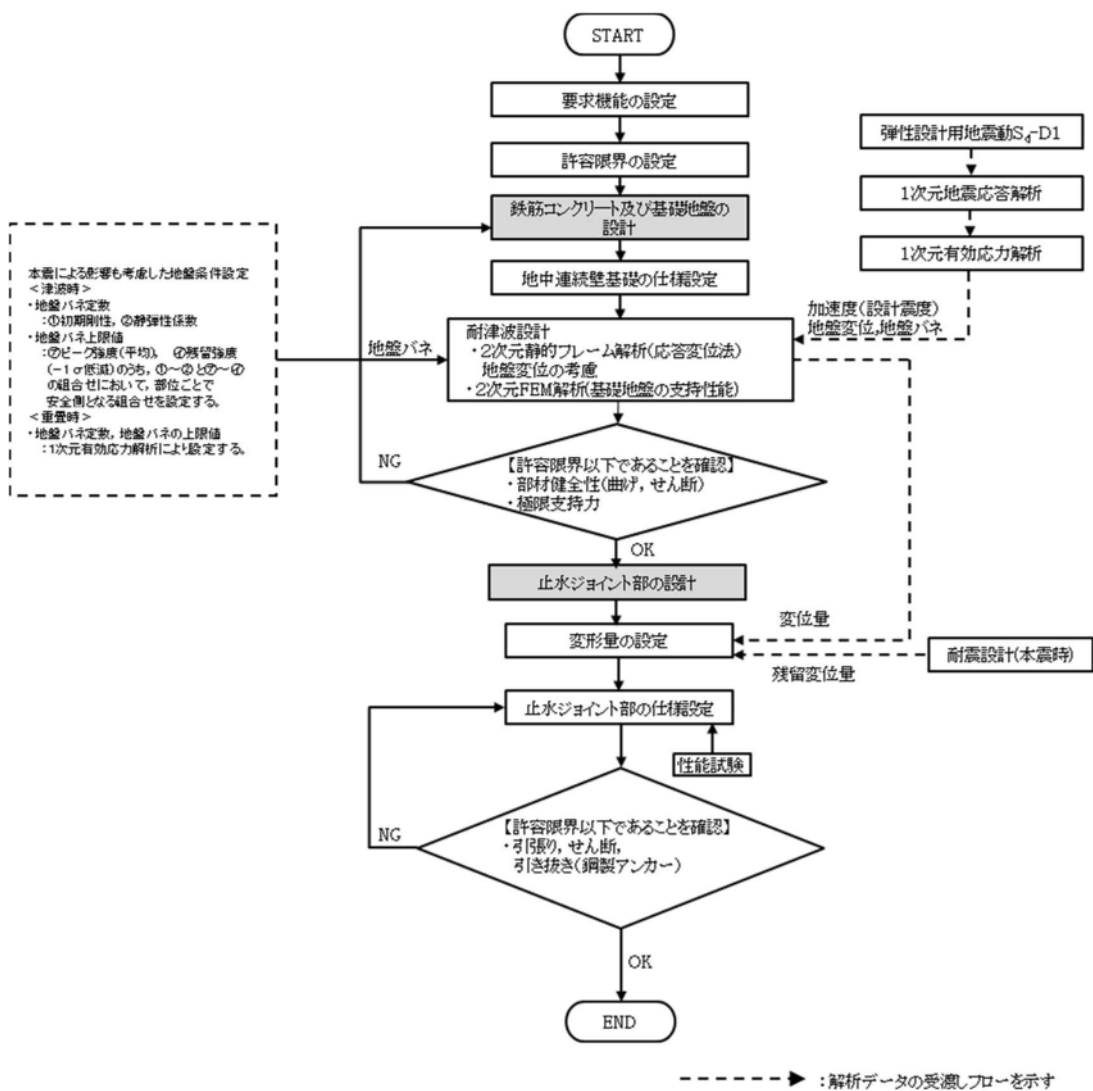


図 2.3-2 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の詳細設計フロー

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〕（（社）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（（社）日本道路協会，平成24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（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術規定 J E A C 4 6 0 1 -1991 追補版（（社）日本電気協会）
- ・鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説—許容応力度設計法—（（社）日本建築学会，1999年）

鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の強度評価に当たっては，原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会），コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002年）を適用するが，鉄筋コンクリートの曲げ及びせん断の許容限界については，道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）及び鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説—許容応力度設計法—（（社）日本建築学会，1999年）を適用する。

表 2.4-1 適用する規格，基準類

項目	適用する規格，基準類	備考
使用材料及び材料定数	・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（2002年制定）	—
荷重及び荷重の組合せ	・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（2002年制定）	・永久荷重＋偶発荷重＋従たる変動荷重の適切な組合せを検討
許容限界	・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（2002年制定） ・道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（平成24年3月） ・鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説—許容応力度設計法—（日本建築学会，1999年）	・曲げ軸力に対する照査は，発生応力度が短期許容応力度以下であることを確認 ・せん断力に対する照査は，発生応力度，又は発生せん断力が短期許容応力度又は短期許容せん断力以下であることを確認
地震応答解析 静的フレーム解析	・ J E A G 4 6 0 1 -1987 ・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会，2005年）	・有限要素法による2次元モデルを用いた時刻歴非線形解析及び静的フレーム解析

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 3.1-1 に示す。

表 3.1-1 (1) 強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
g	m/s^2	重力加速度
γ_w	kN/m^3	海水の単位体積重量
ρ	kg/m^3	海水の密度
G	kN	固定荷重 (防潮壁)
P	kN	積載荷重 (放水路ゲート及び巻上機)
P_s	kN/m^2	積雪荷重
h	m	設計用浸水深
z	m	水面を 0 とし下向きにとった座標
P_t	kN/m^2	遡上津波荷重 (設置地盤標高 : T.P. +6.6 m)
W_c	kN	漂流物の重量
v	m/s	津波最大流速
P_c	kN	衝突荷重
k_h	—	水平震度
k_v	—	鉛直震度
K_{sd}	kN	余震荷重
y	m	動水圧の作用高さ
P_d	kN/m^2	動水圧
σ_{ca}	N/mm^2	コンクリートの短期許容曲げ圧縮応力度
σ_{sa}	N/mm^2	鉄筋の短期許容引張応力度
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 (放水路及び隔壁) の短期許容せん断応力度
V_a	kN	斜め引張鉄筋を考慮する場合の短期許容せん断力
V_c	kN	コンクリートの負担するせん断力
V_s	kN	斜め引張鉄筋の負担するせん断力
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

表 3.1-1 (2) 強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
σ	N/mm^2	曲げモーメント及び軸力による応力度
M	$\text{N}\cdot\text{mm}$	最大曲げモーメント
Z	mm^3	断面係数
N	kN	軸力
A	mm^2	断面積
τ	N/mm^2	せん断応力度
S	kN	せん断力

3.2 評価対象断面及び部位

3.2.1 評価対象断面

鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）では，津波時及び重畳時ともに，防潮壁に作用する遡上津波荷重が主荷重であり，遡上津波荷重の作用方向と同じ方向に余震荷重や衝突荷重等が作用した場合が構造成立性に対して最も厳しいことになる。したがって，津波時及び重畳時の検討では，防潮壁横断方向を評価対象断面とする。図 3.2-1 に評価対象断面を示す。

3.2.2 評価対象部位

(1) 鉄筋コンクリート

鉄筋コンクリートの評価対象部位は、一体構造となっている防潮壁、放水路及び地中連続壁基礎の各部材とする。

津波時及び重畳時の検討では、遡上津波荷重を受ける防潮壁及び防潮壁を支持する地中連続壁基礎を評価対象部材とする。また、放水路上に設置される防潮壁には、遡上津波荷重、衝突荷重や水平慣性力等が作用し、放水路の隔壁及び側壁は強軸断面方向となる壁部材の面内方向に荷重を伝達し、耐震壁と同様の役割を担うと考えられることから、放水路側壁及び隔壁を耐震壁とみなした強度評価を併せて実施する。

(2) 基礎地盤

基礎地盤の評価対象部位は、鉄筋コンクリート防潮堤（放水路エリア）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し、基礎地盤に生じる接地圧を検討する。

(3) 止水ジョイント部材

止水ジョイント部材の評価対象部位は、防潮壁に隣接する鋼管杭で支持された鉄筋コンクリート壁との境界に設置された止水ジョイント部材とする。止水ジョイント部材の変位量の評価対象部位を図 3.2-2 に示す。

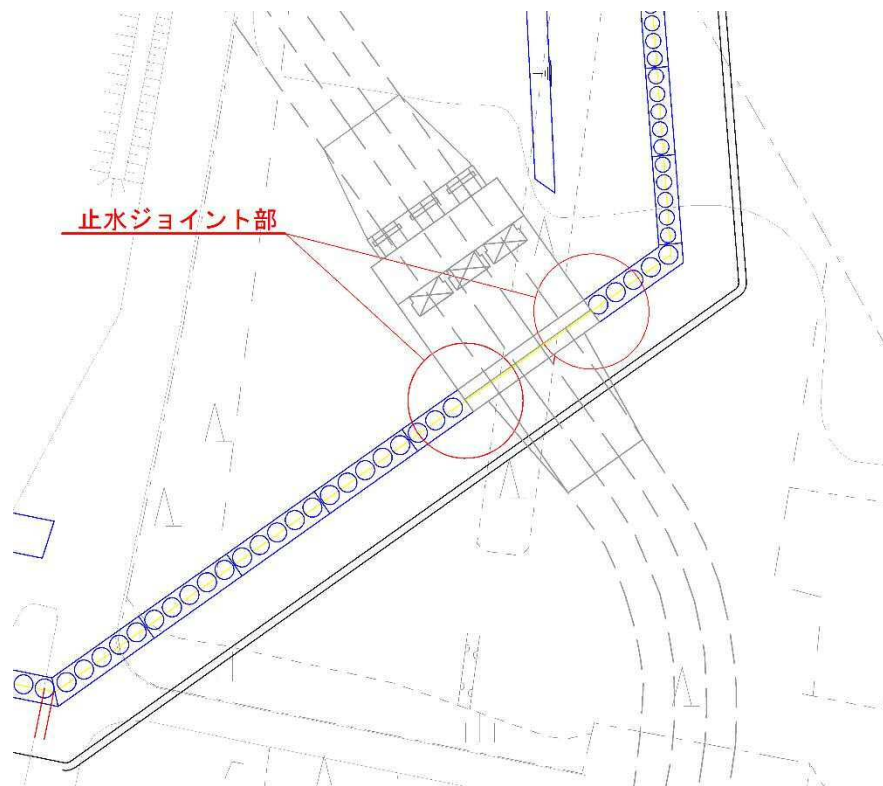


図 3.2-2 止水ジョイント部材の位置図

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。

3.3.1 荷重

鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の強度評価において、考慮する荷重を以下に示す。

(1) 固定荷重（G）

固定荷重として、躯体自重を考慮する。

(2) 積雪荷重（ P_s ）

積雪荷重については、「建築基準法施行令第86条」及び「茨城県建築基準法施工細則第16条の4」に従って設定する。積雪の厚さ1cm当たりの荷重を20 N/m²/cmとして、積雪量は30 cmとしていることから積雪荷重は600 N/m²であるが、地震時短期荷重として積雪荷重の0.35倍である0.21 kN/m²を考慮する。

積雪荷重は構造物上面に付加質量として考慮する。

(3) 風荷重（ P_k ）

津波の遡上時には海面下にあり、風荷重は考慮しない。

(4) 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。なお、防潮堤設置地盤標高については、津波襲来前に発生する地震動による沈下量として「1.2 遡上・浸水域の考え方について（参考1）敷地内の遡上経路の沈下量算定評価について」に基づき、保守的に堤外側の嵩上げ部の天端高さを1.5 m低くしたモデルとする。また、遡上津波荷重として、管路解析より求めた放水路内に作用する水圧も考慮する。

表 3.3-1 津波波圧

	防潮堤 天端高 (T.P.)	入力津波 高さ (T.P.)	設置地盤 標高 (T.P.)	設計用 浸水深 (m)	防潮堤 天端波圧 (kN/m ²)	設置地盤標高 での波圧 (kN/m ²)
基準津波時	+20.0	+17.9	+6.6	5.65	35.9	171.2
敷地に遡上する津波時	+20.0	+24.0	+6.6	8.70	128.3	263.6

(5) 衝突荷重 (P_c)

衝突荷重として、表 3.3-2 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 : Guideline for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis Second Edition, FEMA P-646, Federal Emergency Management Agency, 2012

表 3.3-2 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

(6) 余震荷重 (K_{sd})

余震と津波の「重畳時」は、余震荷重として、弾性設計用地震動 S_d-D1 による躯体慣性力及び動水圧を考慮する。躯体慣性力及び動水圧は、構造物中心位置で実施した 1 次元有効応力解析の地表面最大加速度から水平震度及び鉛直震度を算定し、作用させる。

なお、水平方向の動水圧は、以下で示される Westergaard の式を用いて算定し、鉛直方向の動水圧は、固定水の慣性力として設定する。また、余震時の地震動は、「5.1 地震と津波の組合せで考慮する荷重について 5.1.1 基準津波と余震時」より、弾性設計用地震動 S_d-D1 を用いる。

$$P_d(z) = 7/8 \times \gamma_0 \times K_h \times \sqrt{h \cdot z}$$

ここで、 γ_0 : 水の単位体積重量 (kN/m³)

K_h : 水平震度

h : 設計用浸水深 (m)

z : 水面を 0 とし下向きにとった座標 (m)

(7) 積載荷重 (P)

積載荷重として、放水路ゲート及び巻上機械の機器・配管荷重、並びに放水路内の静水圧による荷重を考慮する。

なお、考慮する積載荷重は表 3.3-3 のとおりである。

表 3.3-3 積載荷重一覧表

機器	備考
放水路ゲート及び巻上機	86 kN/基×3 基

また、敷地に遡上する津波時では、越流した津波による海水重量を防潮壁天端に対して作用させる。

3.3.2 荷重の組合せ

荷重の組合せ及び算定方法を表 3.3-4～表 3.3-7 に示し、荷重の概念図を図 3.3-1 及び図 3.3-2 に示す。強度評価に用いる荷重の組合せは津波時及び重畳時に区分する。

表 3.3-4 荷重の組合せ（津波時）

外力の状態	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

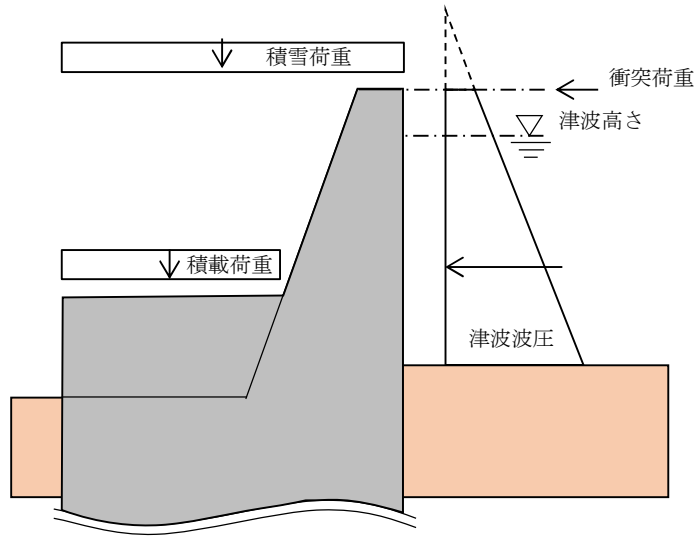
P_t : 遡上津波荷重

P_c : 衝突荷重

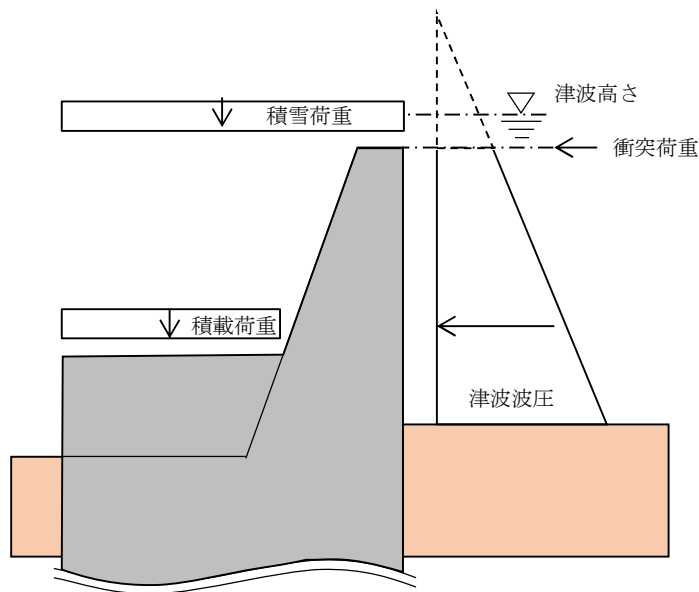
P_s : 積雪荷重

表 3.3-5 荷重の算定方法（津波時）

種別	荷重	算定方法
永久荷重	固定荷重	○ ・設計図書に基づいて、対象構造物の体積に材料の密度を乗じて設定する。
	積載荷重	○ ・放水路ゲート及び巻上機が該当する。
	土被り荷重	－ ・土被りはないため考慮しない。
	上載荷重	－ ・恒常的に配置された設備等はないことから、考慮しない。
	静止土圧	○ ・常時応力解析により設定する。
	外水圧	○ ・地下水位に応じた静水圧として設定する。 ・地下水の密度を考慮する。
	内水圧	○ ・放水路内部の静水圧を考慮する。
変動荷重	積雪荷重	○ ・積雪荷重を考慮する。
	風荷重	－ ・津波の遡上時には海面下にあり、風荷重は考慮しない。
	積雪荷重及び風荷重以外	－ ・積雪荷重及び風荷重以外には発電所の立地特性及び構造物の配置状況を踏まえると、偶発荷重（津波荷重）と組合せべき変動荷重はない。
偶発荷重	遡上津波荷重	○ ・基準津波及び敷地に遡上する津波による水平波圧を考慮する。
	衝突荷重	○ ・質量が 0.69 t である車両の漂流物荷重を考慮する。
	余震荷重	－ ・津波時であることから余震荷重は考慮しない。
	動水圧	－ ・津波時であることから動水圧は考慮しない。



(a) 基準津波時



(b) 敷地に遡上する津波時

図 3.3-1 荷重概念図 (津波時)

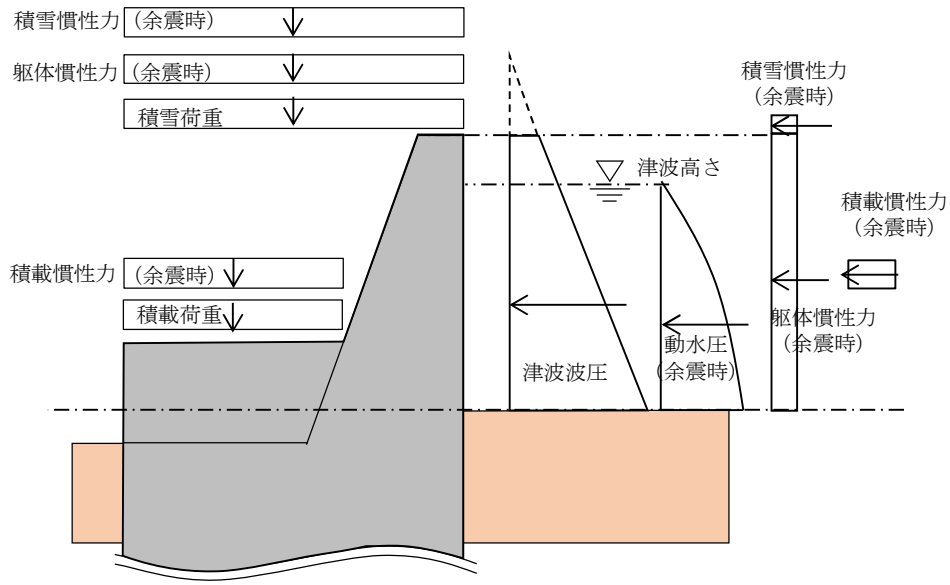
表 3.3-6 荷重の組合せ（重畳時）

外力の状態	荷重の組合せ
重畳時	$G + P + P_t + K_{Sd} + P_s$

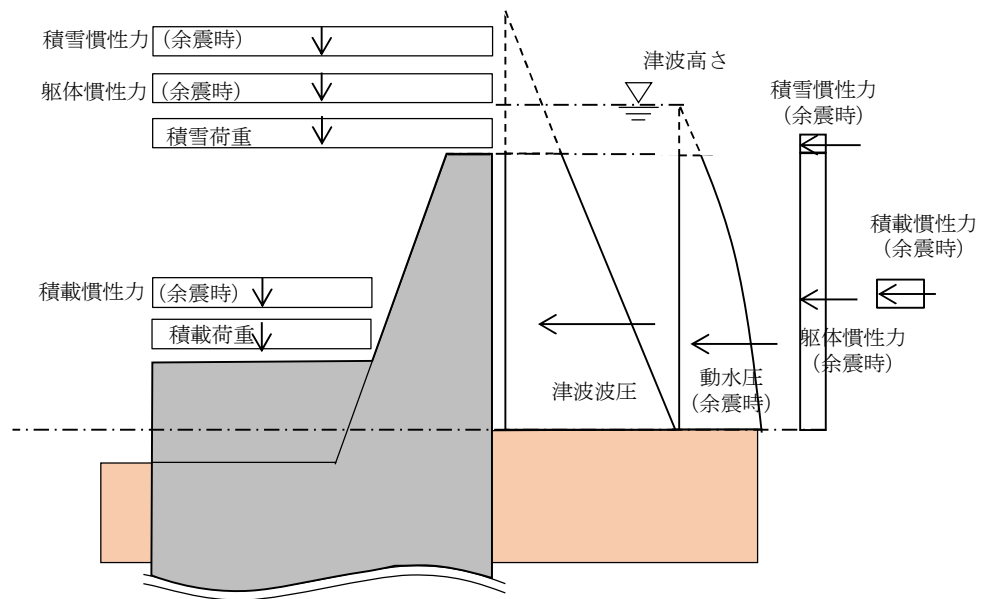
- G : 固定荷重
P : 積載荷重
 P_t : 遡上津波荷重
 K_{Sd} : 余震荷重
 P_s : 積雪荷重

表 3.3-7 荷重の算定方法（重畳時）

種別	荷重	算定方法
永久荷重	固定荷重	○ ・設計図書に基づいて、対象構造物の体積に材料の密度を乗じて設定する。
	積載荷重	○ ・放水路ゲート及び巻上機が該当する。
	土被り荷重	－ ・土被りはないため考慮しない。
	上載荷重	－ ・恒常的に配置された設備等はないことから、考慮しない。
	静止土圧	○ ・常時応力解析により設定する。
	外水圧	○ ・地下水位に応じた静水圧として設定する。 ・地下水の密度を考慮する。
	内水圧	○ ・放水路内部の静水圧を考慮する。
変動荷重	積雪荷重	○ ・積雪荷重を考慮する。
	風荷重	－ ・津波の遡上時には海面下にあり、風荷重は考慮しない。
	積雪荷重及び風荷重以外	－ ・積雪荷重及び風荷重以外には発電所の立地特性及び構造物の配置状況を踏まえると、偶発荷重（津波荷重）と組合せべき変動荷重はない。
偶発荷重	遡上津波荷重	○ ・基準津波及び敷地に遡上する津波による水平波圧を考慮する。
	衝突荷重	－ ・質量が 0.69 t である車両の漂流物荷重を考慮する。
	余震荷重	○ ・津波時であることから余震荷重は考慮しない。
	動水圧	○ ・津波時であることから動水圧は考慮しない。



(a) 基準津波時



(b) 敷地に遡上する津波時

図 3.3-2 荷重概念図 (重畳時)

3.4 許容限界

許容限界は、「3.2 評価対象断面及び部位」にて設定した評価対象部位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」にて設定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

構造部材である鉄筋コンクリートの許容限界は「コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（（社）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（（社）日本道路協会，平成24年3月）」及び「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説—許容応力度設計法—（（社）日本建築学会，1999年）」に基づき、表3.4-1のとおり設定する。なお、表3.4-1に示す許容応力度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倍の割増を考慮する。また、敷地に遡上する津波時は2倍（コンクリート）、1.65倍（鉄筋）の割増を考慮する。

地中連続壁基礎の水平方向断面におけるコンクリート及び鉄筋の許容限界は、施工時におけるエレメント間の継手部を考慮して、コンクリート及び鉄筋の短期許容応力度を20%低減したものをを用いる。

表 3.4-1 鉄筋コンクリートの許容限界
(基準津波時)

評価項目			許容限界 (N/mm ²)
コンクリート	f' _{ck} = 40 N/mm ²	短期許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	21 * ¹
		短期許容せん断応力度 τ_{a1}	0.825 * ³
		短期許容せん断応力度 τ_a	1.35 * ⁴
鉄筋	SD345 * ¹	短期許容引張応力度 σ_{sa}	294
	SD390 * ¹	短期許容引張応力度 σ_{sa}	309
	SD490 * ²	短期許容引張応力度 σ_{sa}	435

(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} = 40 N/mm ²	短期許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	28 * ¹
		短期許容せん断応力度 τ_{a1}	1.1 * ³
		短期許容せん断応力度 τ_a	1.35 * ⁴
鉄筋	SD345 * ¹	短期許容引張応力度 σ_{sa}	323.4
	SD390 * ¹	短期許容引張応力度 σ_{sa}	339.9
	SD490 * ²	短期許容引張応力度 σ_{sa}	478.5

- 注記 *1：コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）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（（社）日本道路協会，平成24年3月）
 *3：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〕（（社）土木学会，2002年制定）」を適用し，次式により算定する短期許容せん断力（ V_a ）を許容限界とする。

$$V_a = V_{ca} + V_{sa}$$

ここに，

V_{ca} : コンクリートの短期許容せん断力

$$V_{ca} = 1/2 \cdot \tau_{a1} \cdot b_w \cdot j \cdot d$$

V_{sa} : 斜め引張鉄筋の短期許容せん断力

$$V_{sa} = A_w \cdot \sigma_{sa} \cdot j \cdot d / s$$

τ_{a1} : 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 : 有効幅

j : $1/1.15$

d : 有効高さ

A_w : 斜め引張鉄筋断面積

σ_{sa} : 鉄筋の短期許容引張応力度

s : 斜め引張鉄筋間隔

- *4：放水路側壁及び隔壁を耐震壁として強度評価する場合，「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説—許容応力度設計法—（（社）日本建築学会，1999年）」により算定する短期許容せん断応力度（ τ_a ）を許容限界とする。

許容せん断応力度（ τ_a' ）は，

$$\tau_a' = F_c / 30 \text{ かつ } 0.5 + F_c / 100$$

で表される。

ここに，

τ_a' : 許容せん断応力度（ N/mm^2 ）

F_c : コンクリートの設計基準強度（ N/mm^2 ）

したがって，短期許容せん断応力度（ τ_a ）は，

$$\tau_a = 1.5 \times \tau_a' = 1.35 \text{ (} N/mm^2 \text{)}$$

と算定される。

表 3.4-2 斜め引張鉄筋を配置する部材のせん断力に対する許容限界

		部位	断面性状		短期許容せん断力 (kN)
			部材幅 (m)	部材高 (m)	
			防潮壁の設計	基準 津波時	防潮壁
	敷地に遡上 する津波時	1.000	6.500	9965	
鉛直断面の設計	基準 津波時	地中連続壁基礎	20.100	23.000	565452
	敷地に遡上 する津波時		20.100	23.000	639934
水平断面の設計	基準 津波時	地中連続壁基礎	1.000	2.360	3245
	敷地に遡上 する津波時		1.000	2.360	3707

(2) 基礎地盤の支持力

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（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）により設定する。

道路橋示方書による地中連続壁基礎の支持力算定式を以下に示す。

$$R_u = q_d \cdot A$$

R_u : 基礎底面地盤の極限支持力 (kN)

q_d : 基礎底面地盤の極限支持力度 (kN/m²)

$$q_d = 3 \cdot q_u$$

q_u : 支持岩盤の一軸圧縮強度 (kN/m²)

* $c_{cu} = q_u / 2$ より， $q_u = c_{cu} \times 2$ 。ここで， c_{cu} は「補足-340-1 地盤の支持性能について」の表 5.1-1 における Km 層の非排水せん断強度

A : 基礎の底面積（内部土は含まない） (m²)

上記にて求められる基礎地盤の極限支持力を表 3.4-3 に示す。

表 3.4-3 基礎地盤の支持力に対する許容限界

	極限支持力度 (kN/m ²)
Km 層 (T.P. -65 m)	6371

(3) 止水ジョイント部材

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 3.4-4 に止水ジョイント部材の変形量の許容限界を示す。

表 3.4-4 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
シートジョイント	1.5 m

3.5 解析方法

3.5.1 津波時及び重畳時の解析手法

防潮壁の津波時及び重畳時の解析手法は、構造部材の健全性評価においては2次元静的フレーム解析、基礎地盤の支持性能評価においては2次元有効応力解析とする。各解析手法ともに、構造部材となる防潮壁、地中連続壁基礎及び放水路（頂版及び底版）を線形はり要素、放水路（中壁及び側壁）を線形平面要素でモデル化する。地盤については、2次元静的フレーム解析では1次元有効応力解析の応答値より設定するバイリニア型の非線形ばねでモデル化する。また、2次元有効応力解析では、地盤はマルチスプリング要素及び間隙水要素でモデル化する。津波時及び重畳時の解析手法の選定フローを図3.5-1に示す。

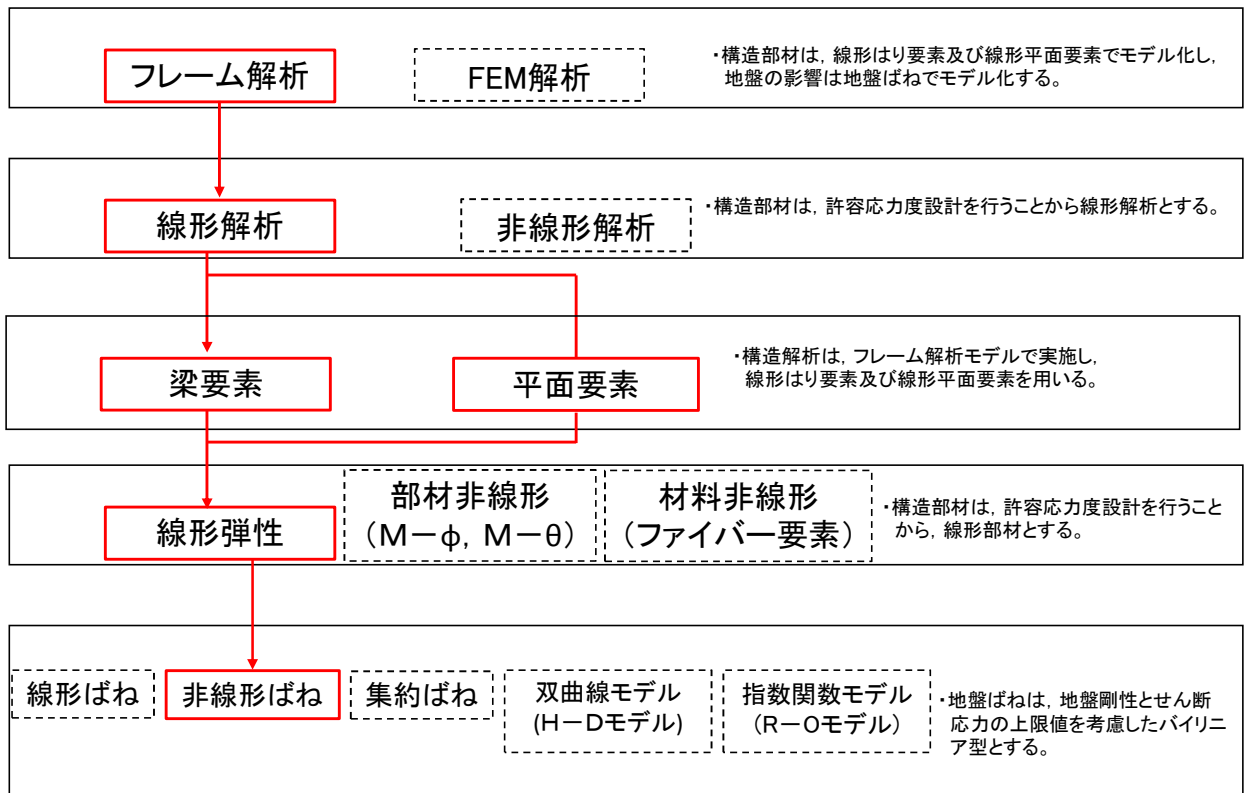


図 3.5-1 構造部材の津波時及び重畳時の解析手法の選定フロー

3.5.2 地盤沈下の考慮

津波時および重畳時の検討では、津波襲来前に発生する本震に伴って周辺地盤が沈下した状態を想定し、設計荷重や地盤抵抗に対して保守側の検討を実施する。本震に伴う周辺地盤の沈下量として、「1.2 遡上・浸水域の考え方について（参考1）敷地内の遡上経路の沈下量算定評価について」における敷地東側の合計沈下量 0.918 m を考慮して保守的に設定した想定沈下量 1.5 m を適用する。本震に伴う地盤沈下の考慮方法を図 3.5-2 に示す。

(1) 設計荷重

本震に伴い周辺地盤が 1.5 m 沈下することで、地盤面上の受圧面積が大きくなることを考慮し、遡上津波荷重及び動水圧を作用させる。

(2) 地盤抵抗

本震に伴い周辺地盤が 1.5 m 沈下することで、地表面以深の地中連続壁基礎に対する地盤抵抗の低減を考慮する。

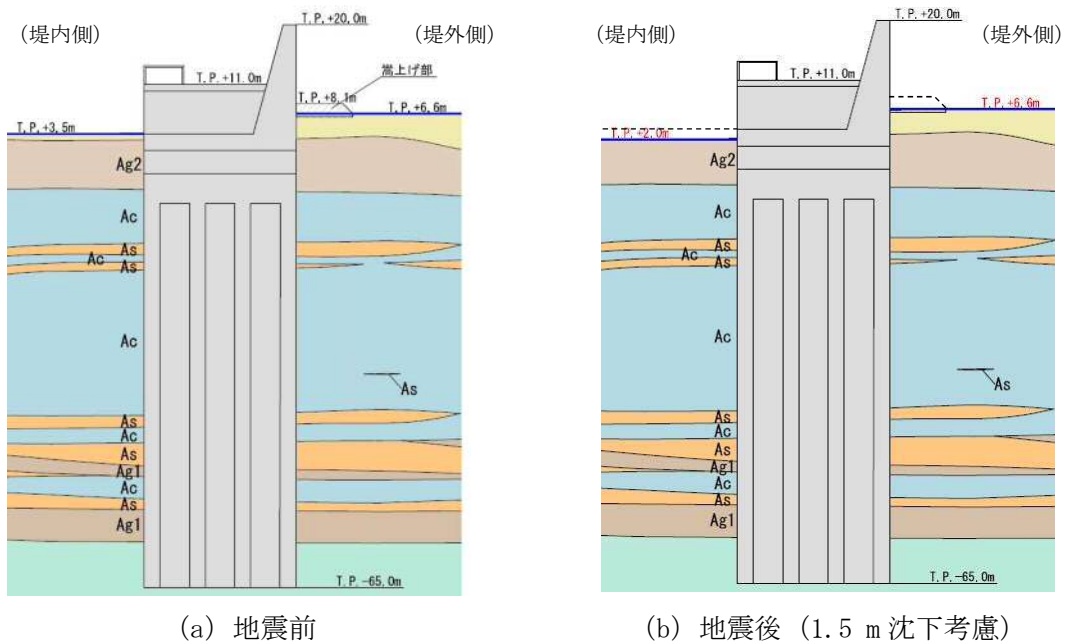


図 3.5-2 本震に伴う地盤沈下の考慮方法

3.5.3 解析モデル及び諸元（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，遡上津波荷重を作用させるとともに，衝突荷重を防潮壁天端に作用させた２次元静的フレーム解析より算定する。

解析コードは「MSC NASTRAN Ver. 2018.0.1」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-5-1 計算機プログラム（解析コード）の概要・MSC NASTRAN」に示す。

(1) ２次元静的フレーム解析

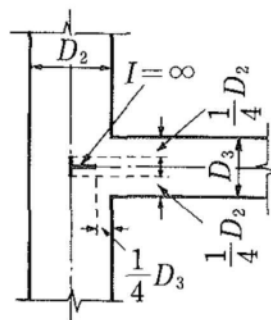
a. 構造物のモデル化

２次元静的フレーム解析では，地中連続壁基礎の奥行幅 20.1 m をモデル化対象範囲とし，モデル化対象範囲における構造物の断面積や断面二次モーメント等を単位奥行き当たりに換算した物性を用いる。

荷重作用方向に対して弱軸断面方向部材となる防潮壁，放水路頂版・底版及び地中連続壁基礎ははり要素を用いてモデル化する。側壁及び隔壁で構成される地中連続壁基礎は，水平全断面の平面保持を考慮した鉛直方向部材とし，水平断面中心位置で線形はり要素としてモデル化する。

地中連続壁基礎の水平方向に対しては，基礎幅分の仮想剛梁を設定する。また，地中連続壁基礎と放水路底版の鉛直方向に対しては，基礎側壁及び隔壁の軸線位置に設けた仮想剛梁で接続する。なお，仮想剛梁の剛性は，原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（（社）土木学会 2005 年 6 月）に基づき，地中連続壁基礎をモデル化したはり要素の 1000 倍の値とする。

地中連続壁基礎の側壁及び隔壁内の地盤は，線形はり要素でモデル化した地中連続壁基礎の付加質量として考慮する。線形はり要素でモデル化した防潮壁及び放水路頂版の接続部は「コンクリート標準示方書[構造性能照査編]」（（社）土木学会 2002 年制定）」に基づき，図 3.5-3 に示すように剛域を設定する。



「コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]」（（社）土木学会，2002 年制定）」より

図 3.5-3 剛域の設定方法

荷重作用方向に対して強軸断面方向部材となる放水路側壁及び隔壁は、線形平面要素を用いてモデル化する。放水路側壁及び隔壁はモデル奥行方向に連続していない壁部材であるため、図 3.5-4 に示すように、2次元静的フレーム解析で用いる線形平面要素の剛性については、壁部材の全部材厚を全奥行で薄めたヤング係数を算定することで考慮する。

なお、構造物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」（（社）土木学会 原子力土木委員会，2002 年 5 月）に基づき、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又は有効高さの 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、部材の断面厚さ又は有効高さの 1.0 倍程度まで細分化して設定する。

地盤はバイリニア型の非線形ばね要素でモデル化し、防潮壁背面の放水路ゲート格納室については、遡上津波荷重に対して防潮壁を支持する構造部材として評価せず、付加質量として考慮する。津波時の検討で用いる解析モデルを図 3.5-5 に示す。

$$E_{eq} = \frac{t_1+t_2+t_3}{b} E_c$$

- ここに、 E_{eq} : モデル奥行幅に対する壁厚を考慮した等価剛性
 $t_1 \sim t_3$: 放水路側壁及び隔壁の壁厚
 E_c : コンクリートのヤング係数
 b : モデル化対象範囲

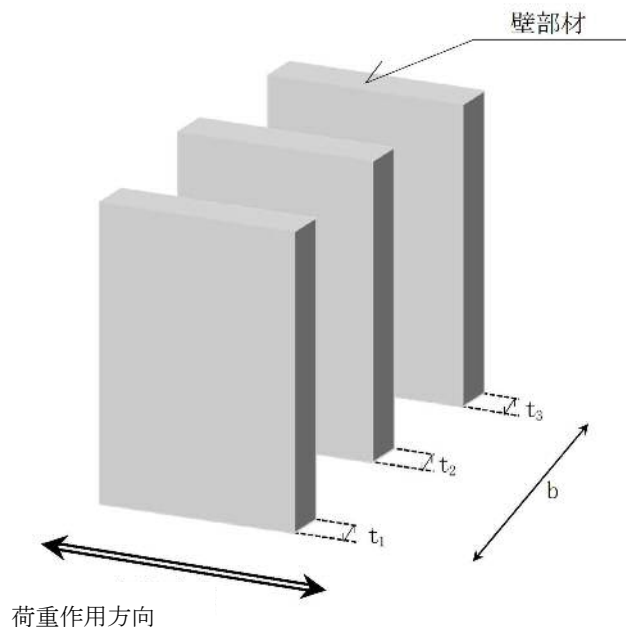


図 3.5-4 壁部材の等価剛性の考え方

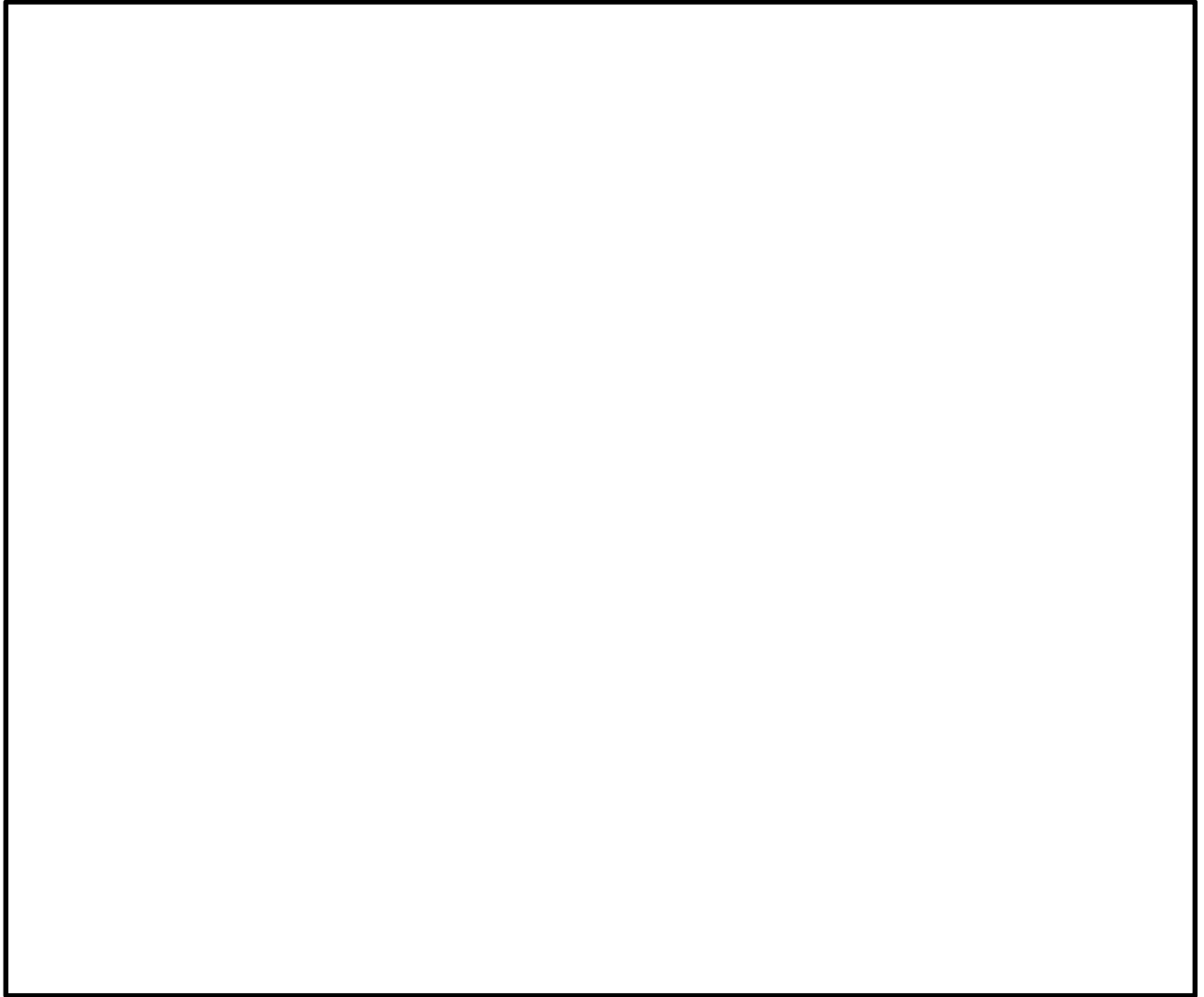


図 3.5-5 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の2次元静的フレーム解析モデル

b. 地盤のモデル化

2次元静的フレーム解析に用いる地盤ばねは「道路橋示方書（I 共通編・IV下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24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。図3.5-6に地盤ばねのバイリニアモデルを示す。

津波時の地盤ばねは，表3.5-1に示す地盤ばね1及び地盤ばね2の2ケースを考慮する。

表 3.5-1 地盤ばねケース

ケース名	地盤ばねのばね定数	地盤ばねの反力上限値	備考
地盤ばね1	初期せん断剛性から設定	ピーク強度（平均値）から設定	地盤抵抗が大きいと仮定した場合
地盤ばね2	静弾性係数から設定	残留強度（ -1σ 低減値）から設定	地盤抵抗が小さいと仮定した場合

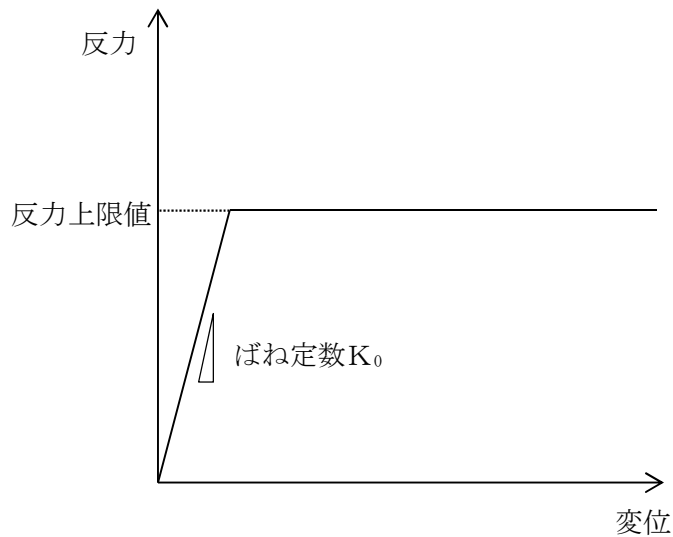


図 3.5-6 地盤ばねのバイリニアモデル

(a) 地盤抵抗が大きいと仮定した場合

地盤のばね定数及び地盤ばねの反力上限値を以下のように設定する。

イ. 基礎前面の水平方向（面直）地盤反力係数 K_H

水平方向地盤反力係数 K_H の算定方法を以下に示す。

$$K_H = \alpha_k K_{H0} \left(\frac{B_H}{0.3} \right)^{-\frac{3}{4}}$$

ここに、

K_H : 基礎前面の地盤反力係数 (kN/m³)

α_k : K_H の推定に用いる補正係数 (=1.5)

K_{H0} : 直径 0.3 m 剛体円板による平板載荷試験の値に相当する水平方向地盤反力係数 (kN/m³) であり、「道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編) ・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 24 年 3 月)」に従い、水平方向地盤反力係数 K_{H0} を以下の式より算定する。

$$K_{H0} = \frac{1}{0.3} \alpha E_0$$

ここに、

α : 地盤反力係数の換算係数 ($\alpha = 1$)

E_0 : 地盤の変形係数 (kN/m²)

E_0 は以下の式より算定する。

$$E_0 = 2(1 + \nu_d) G_m$$

ここに、

ν_d : 動ポアソン比

G_m : 初期せん断弾性係数 (kN/m²)

B_H : 基礎前面の換算載荷幅 (=20.1 m)

ロ. 基礎側面の水平方向地盤反力係数 K_{SHD}

水平方向地盤反力係数 K_{SHD} の算定方法を以下に示す。

$$K_{SHD} = 0.6K_{HD}$$

ここに、

K_{SHD} : 基礎側面の水平方向地盤反力係数 (kN/m²)

K_{HD} : 基礎側面の水平方向 (面直) 地盤反力係数 (kN/m²)

K_{HD} は以下の式より算定する。

$$K_{HD} = \alpha_k K_{H0} \left(\frac{D_H}{0.3} \right)^{-\frac{3}{4}}$$

D_H : 基礎側面の換算載荷幅 (=23.0 m)

ハ. 基礎前背面の鉛直方向地盤反力係数 K_{SVB}

鉛直方向地盤反力係数 K_{SVB} の算定方法を以下に示す。

$$K_{SVB} = 0.3K_H$$

ここに、

K_{SVB} : 基礎前背面の鉛直方向地盤反力係数 (kN/m²)

ニ. 基礎側面の鉛直方向地盤反力係数 K_{SVD}

鉛直方向地盤反力係数 K_{SVD} の算定方法を以下に示す。

$$K_{SVD} = 0.3K_{HD}$$

ここに、

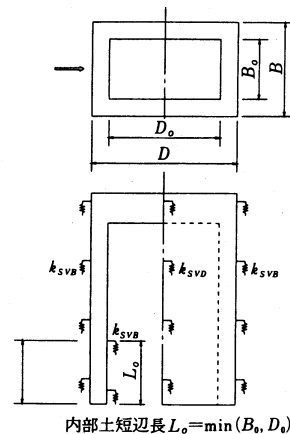
K_{SVD} : 基礎側面の鉛直方向地盤反力係数 (kN/m²)

なお、基礎先端付近の側壁及び隔壁内面の鉛直方向地盤反力は図 3.5-7 に示すように、前背面や側面の鉛直方向地盤反力係数の割り増しを行う。

・この間の地盤反力係数は

$$k_{SVB}' = \left(1 + \frac{B_0}{B}\right) k_{SVB}, \quad k_{SVD}' = \left(1 + \frac{D_0}{D}\right) k_{SVD}$$

と考える。



隔壁がある場合は隔壁間の内面距離の短い方を L_0 とする。

「道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編 (社) 日本道路協会, 平成 24 年 3 月)」より

図 3.5-7 基礎内面の鉛直方向地盤反力

ホ. 基礎底面の鉛直方向地盤反力係数 K_V

鉛直方向地盤反力係数 K_V の算定方法を以下に示す。

$$K_V = K_{V0} \left(\frac{B_V}{0.3} \right)^{-\frac{3}{4}}$$

ここに、

K_V : 基礎底面の鉛直方向地盤反力係数 (kN/m²)

K_{V0} : 直径 0.3 m 剛体円板による平板載荷試験の値に相当する鉛直方向地盤反力係数 (kN/m³) であり、「道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編) ・同解説 (社) 日本道路協会, 平成 24 年 3 月)」に従い、鉛直方向地盤反力係数 K_{V0} を以下の式より算定する。

$$K_{V0} = \frac{1}{0.3} \alpha E_0$$

B_V : 基礎の換算載荷幅 (m)

B_V は以下の式より算定する。

$$B_V = \sqrt{A_V}$$

A_V : 鉛直方向の載荷面積 (=321.60 m²)

ヘ. 基礎底面の水平方向 (面直) 地盤反力係数 K_S

水平方向地盤反力係数 K_S の算定方法を以下に示す。

$$K_S = 0.3K_V$$

ここに、

K_S : 基礎底面の水平方向地盤反力係数 (kN/m²)

ト. 基礎前面の水平方向地盤反力度の上限値 P_{HU}

水平地盤反力度の上限値 P_{HU} の算定方法を以下に示す。

$$P_{HU} = \alpha_P P_{EP}$$

ここに、

P_{HU} : 基礎前面の水平地盤反力度の上限値 (kN/m²)

α_P : 水平地盤反力度の上限値の割増係数

α_P は以下の式により算定する。ただし、N 値 2 以下の軟弱な粘性土の場合は $\alpha_P = 1.0$ とする。

$$\alpha_P = 1.0 + 0.5(z/B_e) \leq 3.0$$

z : 設計上の地盤面からの高さ (m)

B_e : 基礎の有効前面幅 (=20.1m)

P_{EP} : 深さ z における地震時の地盤の受働土圧強度 (kN/m²)

P_{EP} は以下の式により算定する。なお、以下の式は、図 3.5-8 に示したような 3 層地盤の場合の計算式を示す。

$$P_{EP1} = K_{EP1}\gamma_1 h_1 + 2c_1\sqrt{K_{P1}}$$

$$P_{EP2} = K_{EP2}\gamma_2 h_2 + 2c_2\sqrt{K_{P2}} + K_{EP2}\gamma_1 h_1$$

$$P_{EP3} = K_{EP3}\gamma_3 h_3 + 2c_3\sqrt{K_{P3}} + K_{EP3}(\gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2)$$

$P_{EP1}, P_{EP2}, P_{EP3}$: 深さ $h_1, h_1+h_2, h_1+h_2+h_3$ における
地震時の受働土圧強度 (kN/m²)

K_{EP} : 地震時の受働土圧係数

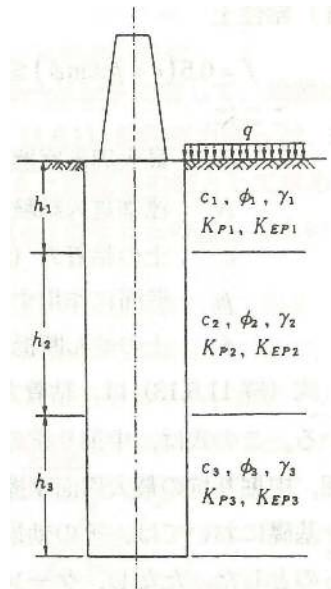
$$K_{EP} = \frac{\cos^2 \phi}{\cos \delta_E \left(1 - \frac{\sin(\phi - \delta_E) \sin(\phi + \alpha)}{\cos \delta_E \cos \alpha} \right)^2}$$

c : 土の粘着力 (kN/m²)

ϕ : 土のせん断抵抗角 (°)

δ_E : 地震時の基礎平面と土の摩擦角 (°) で, $-\phi/6$ とする。

α : 地表面と水平面のなす角度 (°)



「道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編 ((社) 日本道路協会, 平成 24 年 3 月) 」より

図 3.5-8 受働土圧強度算定式における各層物性
(3 層地盤の場合)

チ. 基礎前背面の鉛直方向及び基礎側面の水平方向地盤反力度の上限値 τ_f
地盤反力度の上限値 τ_f の算定方法を以下に示す。

$$\begin{aligned} & \text{(砂質土)} && \tau_f = \min[5N, (c + p_0 \tan\phi)] \leq 200 \\ & \text{(粘性土・地盤改良体 (セメント改良))} && \tau_f = c + p_0 \tan\phi \leq 150 \end{aligned}$$

ここに,

- τ_f : 地盤反力度の上限値 (kN/m²)
- N : 標準貫入試験より得られたN値 (平均値)
- c : 粘着力 (kN/m²)
- p_0 : 基礎壁面に作用する静止土圧強度 (kN/m²)
- ϕ : せん断抵抗角 (°)

リ. 基礎底面の鉛直方向地盤反力度の上限値 P_{BVU}

鉛直方向地盤反力度の上限値 P_{BVU} は、基礎を支持する基礎地盤の極限支持力 q_d とする。基礎地盤の極限支持力度の算定式を以下に示す。

$$q_d = 3q_u$$

ここに,

- q_d : 基礎地盤の極限支持力度 (kN/m²)
- q_u : 一軸圧縮強度 (kN/m²)
 q_u は Km 層の非排水せん断強度 $\times 2$

ヌ. 基礎底面の水平方向地盤反力度の上限値 P_{SU}

水平方向地盤反力度の上限値 P_{SU} の算定方法を以下に示す。

$$P_{SU} = C_B + p_V \tan \varphi_B + \frac{1}{A_e} (A_i c + W_s \tan \varphi)$$

ここに,

P_{SU} : 基礎底面の水平方向地盤反力度の上限値 (kN/m²)

C_B : 基礎底面と地盤との間の付着力 (kN/m²)

岩とコンクリートの付着力 0 kN/m²

p_V : 基礎底面の鉛直地盤反力度 (kN/m²)

φ_B : 基礎底面と地盤との間の摩擦角 (°)

岩とコンクリートの摩擦角 $\tan \phi = 0.6$

A_e : 基礎底面の有効載荷面積 (内部土は含まない) (m²)

A_i : 基礎内部土の面積 (m²)

c : 基礎底面地盤 (Km 層) の粘着力 (kN/m²)

W_s : 基礎底面より上の内部土の有効重量 (kN)

ϕ : 基礎底面地盤 (Km 層) のせん断抵抗角 (°)

(b) 地盤抵抗が小さいと仮定した場合

地盤のばね定数及び地盤ばねの反力上限値を以下のように設定する。

イ. 基礎前面の水平方向（面直）地盤反力係数 K_H

水平方向地盤反力係数 K_H の算定方法は、「(a) 地盤抵抗が大きいと仮定した場合」と同様に、「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）」に従って算出する。ただし，地盤の変形係数 E_0 は静弾性係数とする。

ロ. 基礎側面の水平方向地盤反力係数 K_{SHD}

水平方向地盤反力係数 K_{SHD} の算定方法は、「(a) 地盤抵抗が大きいと仮定した場合」と同様に、「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）」に従って算出する。

ハ. 基礎前背面の鉛直方向地盤反力係数 K_{SVB}

鉛直方向地盤反力係数 K_{SVB} の算定方法は、「(a) 地盤抵抗が大きいと仮定した場合」と同様に、「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）」に従って算出する。

ニ. 基礎側面の鉛直方向地盤反力係数 K_{SVD}

鉛直方向地盤反力係数 K_{SVD} の算定方法は、「(a) 地盤抵抗が大きいと仮定した場合」と同様に、「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）」に従って算出する。

ホ. 基礎底面の鉛直方向地盤反力係数 K_V

鉛直方向地盤反力係数 K_V の算定方法は、「(a) 地盤抵抗が大きいと仮定した場合」と同様に、「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）」に従って算出する。

ヘ. 基礎底面の水平方向地盤反力係数 K_S

水平方向地盤反力係数 K_S の算定方法は、「(a) 地盤抵抗が大きいと仮定した場合」と同様に、「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）」に従って算出する。

ト. 基礎前面の水平方向（面直）地盤反力度の上限値 P_{HU}

水平地盤反力度の上限値 P_{HU} の算定方法は、「(a) 地盤抵抗が大きいと仮定した場合」と同様に、「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）」に従って算出する。

チ. 基礎前背面の鉛直方向及び側面の水平方向地盤反力度の上限値 τ_f

地盤反力度の上限値 τ_f の算定方法は、「(a) 地盤抵抗が大きいと仮定した場合」と同様に、「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）」に従って算出する。

リ. 基礎底面の鉛直方向地盤反力度の上限値 P_{BVU}

鉛直方向地盤反力度の上限値 P_{BVU} の算定方法は、「(a) 地盤抵抗が大きいと仮定した場合」と同様に、「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）」に従って算出する。

ヌ. 基礎底面の水平方向地盤反力度の上限値 P_{SU}

水平方向地盤反力度の上限値 P_{SU} の算定方法は、「(a) 地盤抵抗が大きいと仮定した場合」と同様に、「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）」に従って算出する。

(2) 使用材料及び材料の物性値

使用材料を表 3.5-2 に、材料の物性値を表 3.5-3 に示す。

表 3.5-2 使用材料

使用箇所	材料	諸元
防潮壁	鉄筋	SD345, SD490
	コンクリート	設計基準強度 40 N/mm ²
放水路	鉄筋	SD345
	コンクリート	設計基準強度 40 N/mm ²
地中連続壁基礎	鉄筋	SD345, SD490
	コンクリート	設計基準強度 40 N/mm ²

表 3.5-3 材料の物性値*

使用箇所	材料	単位体積重量 (kN/m ³)	ヤング係数 (N/mm ²)	ポアソン比
防潮壁	鉄筋コンクリート	24.5	3.1×10^4	0.2
放水路	鉄筋コンクリート	24.5	3.1×10^4	0.2
地中連続壁基礎	鉄筋コンクリート	24.5	3.1×10^4	0.2

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

(3) 地盤及び地盤改良体（セメント改良）の物性値

地盤及び嵩上げ部における地盤改良体（セメント改良）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。地盤物性値を表 3.5-4 に、地盤改良体（セメント改良）の物性値を表 3.5-5 に示す。なお、地盤改良体（セメント改良）の一軸圧縮強度は 1.5 N/mm^2 として、動的変形特性及び強度特性を設定する。

表 3.5-4 (1) 地盤の解析用物性値一覧

パラメータ				原地盤								豊浦標準砂
				埋戻土	第四系							
				f1	du	Ag2	As	Ag1	D2s-3	D2g-3	D1g-1	
物理特性	密度 () は地下水位以浅	ρ	g/cm^3	1.98 (1.82)	1.98 (1.82)	2.01 (1.89)	1.74	2.01 (1.89)	1.92	2.15 (2.11)	2.01 (1.89)	1.958
	間隙比	e	—	0.75	0.75	0.67	1.2	0.67	0.79	0.43	0.67	0.702
変形特性	ポアソン比	ν_{CD}	—	0.26	0.26	0.25	0.26	0.25	0.19	0.26	0.25	0.333
	基準平均有効主応力 () は地下水位以浅	σ'_{ma}	kN/m^2	358 (312)	358 (312)	497 (299)	378	814 (814)	966	1167 (1167)	1695 (1710)	12.6
	基準初期せん断剛性 () は地下水位以浅	G_{ma}	kN/m^2	253529 (220739)	253529 (220739)	278087 (167137)	143284	392073 (392073)	650611	1362035 (1362035)	947946 (956776)	18975
	最大履歴減衰率	h_{max}	—	0.220	0.220	0.233	0.216	0.221	0.192	0.130	0.233	0.287
強度特性	粘着力	C_{CD}	N/mm^2	0	0	0	0.012	0	0.01	0	0	0
	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	37.3	37.3	37.4	41	37.4	35.8	44.4	37.4	30

パラメータ				原地盤					
				第四系（非液化化層）					新第三系
				Ac	D2c-3	D2c-2	1m	D1c-1	Km
物理特性	密度 () は地下水位以浅	ρ	g/cm^3	1.65	1.77	1.77	1.47 (1.43)	1.77	$1.72-1.03 \times 10^{-4} \cdot z$
	間隙比	e	—	1.59	1.09	1.09	2.8	1.09	1.16
変形特性	ポアソン比	ν_{CD}	—	0.10	0.22	0.22	0.14	0.22	$0.16+0.00025 \cdot z$
	基準平均有効主応力 () は地下水位以浅	σ'_{ma}	kN/m^2	480	696	696	249 (223)	696	動的変形特性に基づき、z (標高) ごとに 物性値を設定
	基準初期せん断剛性 () は地下水位以浅	G_{ma}	kN/m^2	121829	285223	285223	38926 (35783)	285223	
	最大履歴減衰率	h_{max}	—	0.200	0.186	0.186	0.151	0.186	
強度特性	粘着力	C_{CD}	N/mm^2	0.025	0.026	0.026	0.042	0.026	$0.358-0.00603 \cdot z$
	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	29.1	35.6	35.6	27.3	35.6	$23.2+0.0990 \cdot z$

z : 標高 (m)

表 3.5-4 (2) 地盤の解析用物性値一覧 (新第三系 Km 層)

区分 番号	設定深度 TP (m) Z	適用深度 TP (m)	密度 ρ (g/cm ³)	静ポアソン比 ν_{co}	粘着力 C_{co} (kN/nf)	内部摩擦角 ϕ_{co} (°)	せん断波 速度Vs (m/s)	基準初期 せん断剛性 (kN/nf)	基準体積 弾性係数 K _{ma} (kN/nf)	基準平均有効 主応力 σ'_{ma} (kN/nf)	拘束圧 依存係数 mG, nK	最大履歴 減衰率 hmax(-)	動ポアソン比 ν_d	疎密波 速度Vp (m/s)
1	10	9.5 ~ 10.5	1.72	0.16	298	24.2	425	310,675	353,317	504	0.0	0.105	0.464	1,640
2	9	8.5 ~ 9.5	1.72	0.16	304	24.1	426	312,139	354,982	504	0.0	0.105	0.464	1,644
3	8	7.5 ~ 8.5	1.72	0.16	310	24.0	427	313,606	356,650	504	0.0	0.105	0.464	1,648
4	7	6.5 ~ 7.5	1.72	0.16	316	23.9	428	315,076	358,322	504	0.0	0.105	0.464	1,651
5	6	5.5 ~ 6.5	1.72	0.16	322	23.8	428	315,076	358,322	504	0.0	0.106	0.464	1,651
6	5	4.5 ~ 5.5	1.72	0.16	328	23.7	429	316,551	359,999	504	0.0	0.106	0.464	1,655
7	4	3.5 ~ 4.5	1.72	0.16	334	23.6	430	318,028	361,679	504	0.0	0.106	0.463	1,638
8	3	2.5 ~ 3.5	1.72	0.16	340	23.5	431	319,509	363,363	504	0.0	0.107	0.463	1,642
9	2	1.5 ~ 2.5	1.72	0.16	346	23.4	431	319,509	363,363	504	0.0	0.107	0.463	1,642
10	1	0.5 ~ 1.5	1.72	0.16	352	23.3	432	320,993	365,051	504	0.0	0.107	0.463	1,646
11	0	-0.5 ~ 0.5	1.72	0.16	358	23.2	433	322,481	366,743	504	0.0	0.107	0.463	1,650
12	-1	-1.5 ~ -0.5	1.72	0.16	364	23.1	434	323,972	368,439	504	0.0	0.108	0.463	1,653
13	-2	-2.5 ~ -1.5	1.72	0.16	370	23.0	435	325,467	370,139	504	0.0	0.108	0.463	1,657
14	-3	-3.5 ~ -2.5	1.72	0.16	376	22.9	435	325,467	370,139	504	0.0	0.108	0.463	1,657
15	-4	-4.5 ~ -3.5	1.72	0.16	382	22.8	436	326,965	371,843	504	0.0	0.108	0.463	1,661
16	-5	-5.5 ~ -4.5	1.72	0.16	388	22.7	437	328,467	373,551	504	0.0	0.109	0.462	1,644
17	-6	-6.5 ~ -5.5	1.72	0.16	394	22.6	438	329,972	375,262	504	0.0	0.109	0.462	1,648
18	-7	-7.5 ~ -6.5	1.72	0.16	400	22.5	438	329,972	375,262	504	0.0	0.109	0.462	1,648
19	-8	-8.5 ~ -7.5	1.72	0.16	406	22.4	439	331,480	376,977	504	0.0	0.109	0.462	1,652
20	-9	-9.5 ~ -8.5	1.72	0.16	412	22.3	440	332,992	378,697	504	0.0	0.110	0.462	1,656
21	-10	-11 ~ -9.5	1.72	0.16	418	22.2	441	334,507	380,420	504	0.0	0.110	0.462	1,659
22	-12	-13 ~ -11	1.72	0.16	430	22.0	442	336,026	382,147	504	0.0	0.110	0.462	1,663
23	-14	-15 ~ -13	1.72	0.16	442	21.8	444	339,074	385,614	504	0.0	0.111	0.462	1,671
24	-16	-17 ~ -15	1.72	0.16	454	21.6	445	340,603	387,352	504	0.0	0.111	0.461	1,654
25	-18	-19 ~ -17	1.72	0.16	467	21.4	447	343,671	390,842	504	0.0	0.112	0.461	1,662
26	-20	-21 ~ -19	1.72	0.16	479	21.2	448	345,211	392,593	504	0.0	0.112	0.461	1,665
27	-22	-23 ~ -21	1.72	0.15	491	21.0	450	348,300	381,471	498	0.0	0.112	0.461	1,673
28	-24	-25 ~ -23	1.72	0.15	503	20.8	452	351,403	384,870	498	0.0	0.113	0.461	1,680
29	-26	-27 ~ -25	1.72	0.15	515	20.6	453	352,959	386,574	498	0.0	0.113	0.460	1,664
30	-28	-29 ~ -27	1.72	0.15	527	20.4	455	356,083	389,996	498	0.0	0.114	0.460	1,672
31	-30	-31 ~ -29	1.72	0.15	539	20.2	456	357,650	391,712	498	0.0	0.114	0.460	1,675
32	-32	-33 ~ -31	1.72	0.15	551	20.0	458	360,794	395,155	498	0.0	0.115	0.460	1,683
33	-34	-35 ~ -33	1.72	0.15	563	19.8	459	362,371	396,883	498	0.0	0.115	0.459	1,667
34	-36	-37 ~ -35	1.72	0.15	575	19.6	461	365,536	400,349	498	0.0	0.115	0.459	1,675
35	-38	-39 ~ -37	1.72	0.15	587	19.4	462	367,124	402,088	498	0.0	0.116	0.459	1,678
36	-40	-41 ~ -39	1.72	0.15	599	19.2	464	370,309	405,577	498	0.0	0.116	0.459	1,685
37	-42	-43 ~ -41	1.72	0.15	611	19.0	465	371,907	407,327	498	0.0	0.117	0.459	1,689
38	-44	-45 ~ -43	1.72	0.15	623	18.8	467	375,113	410,838	498	0.0	0.117	0.458	1,678
39	-46	-47 ~ -45	1.72	0.15	635	18.6	468	376,721	412,599	498	0.0	0.117	0.458	1,681
40	-48	-49 ~ -47	1.72	0.15	647	18.4	470	379,948	416,134	498	0.0	0.118	0.458	1,688
41	-50	-51 ~ -49	1.73	0.15	660	18.3	472	385,416	422,122	498	0.0	0.118	0.458	1,696
42	-52	-53 ~ -51	1.73	0.15	672	18.1	473	387,051	423,913	498	0.0	0.118	0.458	1,699
43	-54	-55 ~ -53	1.73	0.15	684	17.9	475	390,331	427,505	498	0.0	0.118	0.457	1,688
44	-56	-57 ~ -55	1.73	0.15	696	17.7	476	391,976	429,307	498	0.0	0.119	0.457	1,692
45	-58	-59 ~ -57	1.73	0.15	708	17.5	478	395,277	432,922	498	0.0	0.119	0.457	1,699
46	-60	-61 ~ -59	1.73	0.15	720	17.3	479	396,933	434,736	498	0.0	0.120	0.457	1,702
47	-62	-63 ~ -61	1.73	0.14	732	17.1	481	400,255	422,491	492	0.0	0.120	0.457	1,709
48	-64	-65 ~ -63	1.73	0.14	744	16.9	482	401,921	424,250	492	0.0	0.120	0.456	1,695
49	-66	-67 ~ -65	1.73	0.14	756	16.7	484	405,263	427,778	492	0.0	0.120	0.456	1,702
50	-68	-69 ~ -67	1.73	0.14	768	16.5	485	406,939	429,547	492	0.0	0.121	0.456	1,705
51	-70	-71 ~ -69	1.73	0.14	780	16.3	487	410,302	433,097	492	0.0	0.121	0.456	1,712
52	-72	-73 ~ -71	1.73	0.14	792	16.1	489	413,679	436,661	492	0.0	0.121	0.456	1,719
53	-74	-75 ~ -73	1.73	0.14	804	15.9	490	415,373	438,449	492	0.0	0.122	0.455	1,705
54	-76	-77 ~ -75	1.73	0.14	816	15.7	492	418,771	442,036	492	0.0	0.122	0.455	1,712
55	-78	-79 ~ -77	1.73	0.14	828	15.5	493	420,475	443,835	492	0.0	0.122	0.455	1,716
56	-80	-81 ~ -79	1.73	0.14	840	15.3	495	423,893	447,443	492	0.0	0.122	0.455	1,723
57	-82	-83 ~ -81	1.73	0.14	852	15.1	496	425,608	449,253	492	0.0	0.123	0.455	1,726
58	-88	-89 ~ -85	1.73	0.14	889	14.5	501	434,232	458,356	492	0.0	0.124	0.454	1,726
59	-92	-93 ~ -90	1.73	0.14	913	14.1	504	439,448	463,862	492	0.0	0.124	0.454	1,736
60	-98	-99 ~ -95	1.73	0.14	949	13.5	509	448,210	473,111	492	0.0	0.125	0.453	1,736
61	-104	-108 ~ -101	1.73	0.13	985	12.9	513	455,282	463,485	486	0.0	0.126	0.452	1,733
62	-112	-115 ~ -108	1.73	0.13	1,033	12.1	519	465,995	474,391	486	0.0	0.127	0.451	1,737
63	-118	-122 ~ -115	1.73	0.13	1,070	11.5	524	475,016	483,575	486	0.0	0.127	0.451	1,754
64	-126	-130 ~ -122	1.73	0.13	1,118	10.7	530	485,967	494,713	486	0.0	0.128	0.450	1,758

表 3.5-5 地盤改良体（セメント改良）の物性値一覧

項目		地盤改良体（セメント改良）	
		一軸圧縮強度（ $\leq 8.5 \text{ N/mm}^2$ の場合）	一軸圧縮強度（ $> 8.5 \text{ N/mm}^2$ の場合）
物理特性	密度 ρ_t (g/cm^3)	改良対象の原地盤の平均密度 $\times 1.1$	
	静弾性係数 (N/mm^2)	581	2159
静的変形特性	静ポアソン比 ν_s	0.260	
動的変形特性	初期せん断剛性 G_0 (N/mm^2)	$G_0 = \rho_t / 1000 \times V_s^2$ $V_s = 147.6 \times q_u^{0.417}$ (m/s) q_u : 地盤改良体の一軸圧縮強度 (kgf/cm^2)	
	動ポアソン比 ν_d	0.431	
	動せん断弾性係数のひずみ依存性 $G/G_0 \sim \gamma$	$G/G_0 = \frac{1}{1 + \gamma / 0.000537}$ γ : せん断ひずみ (-)	$G/G_0 = \frac{1}{1 + \gamma / 0.001560}$ γ : せん断ひずみ (-)
	減衰定数 $h \sim \gamma$	$h = 0.152 \frac{\gamma / 0.000537}{1 + \gamma / 0.000537}$ γ : せん断ひずみ (-)	$h = 0.178 \frac{\gamma / 0.001560}{1 + \gamma / 0.001560}$ γ : せん断ひずみ (-)
強度特性	ピーク強度 C (N/mm^2)	$C = q_u / 2$ q_u : 地盤改良体の一軸圧縮強度 (N/mm^2)	
	残留強度 τ_0 (N/mm^2)	粘着力 $C = 0$ (N/mm^2) 内部摩擦角 $\phi = 29.1$ (度)	
	引張強度 σ_t (N/mm^2)	下記の式を用いて、 σ_t ($=s_t$) を求める。 $q_u = \frac{s_t \cdot q_u}{\sqrt{s_t \cdot (q_u - 3s_t)}}$ s_t ($=\sigma_t$) : 地盤改良体の引張強度 (N/mm^2) q_u : 地盤改良体の一軸圧縮強度 (N/mm^2)	

注記 : 嵩上げ部における地盤改良体（セメント改良）の一軸圧縮強度 : 1.5 N/mm^2

3.5.4 解析モデル及び諸元（重畳時）

重畳時においては，固定荷重，積載荷重の永久荷重及び積雪荷重の変動荷重に加え，津波襲来前に発生する地震動による地盤沈下量を保守的に仮定した 1.5 m を考慮した状態で津波荷重を作用させるとともに，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，2次元静的フレーム解析より算定する。なお，2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，構造物中心位置の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。

解析コードは，2次元静的フレーム解析については「MSC NASTRAN Ver. 2018.0.1」を，1次元及び2次元有効応力解析，並びに2次元静的FEM解析については「FLIP Ver. 7.3.0_2」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それぞれ，添付書類「V-5-1 計算機プログラム（解析コード）の概要・MSC NASTRAN」及び添付書類「V-5-10 計算機プログラム（解析コード）の概要・FLIP」に示す。

(1) 1次元有効応力解析

a. 解析モデル領域

地震応答解析の解析モデル底面は T.P. -100 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. -100 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次元有効応力解析で用いる解析モデル概要図を図 3.5-9 に示す。

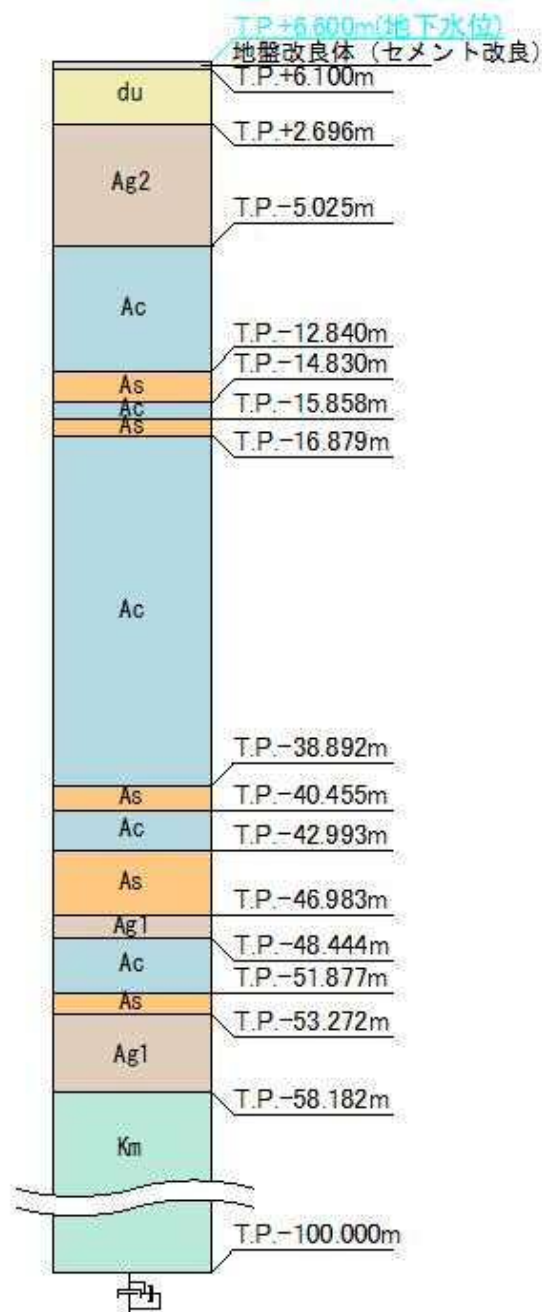


図 3.5-9 1次元有効応力解析で用いる解析モデル概要図

b. 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。

e. 減衰定数

動的解析における地盤及び構造物の減衰については、固有値解析により求められる固有周期及び減衰比に基づき、質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下の Rayleigh 減衰にて与える。なお、Rayleigh 減衰は、 $\alpha=0$ となる剛性比例型減衰とする。

有効応力解析では、時系列で地盤の 1 次固有振動数が低振動数側へシフトしていくことから、Rayleigh 減衰の係数 α 、 β の両方を用いると、質量比例項の減衰 α [M] の影響により、有効応力解析における減衰定数が低振動数帯で過減衰となる場合がある。

一方、有効応力解析における低振動数帯で減衰 α [M] の影響がない剛性比例型減衰では、地盤の 1 次固有振動数が時系列で低振動数側へシフトしていくのに伴い、1 次固有振動モードに対する減衰定数が初期減衰定数より保守的に小さい側へ変化していくことを考慮できる。

ゆえに、有効応力解析では、地震力による時系列での地盤剛性の軟化に伴う 1 次固有振動数の低振動数側へのシフトに応じて、1 次固有振動モードに対する減衰定数として、初期減衰定数よりも保守的に小さい側のモード減衰定数を適用し、地盤応答の適切な評価が行えるように、低振動数帯で減衰 α [M] の影響がない剛性比例型減衰を採用した。

$$[C] = \alpha [M] + \beta [K]$$

ここで、

[C] : 減衰係数マトリックス

[M] : 質量マトリックス

[K] : 剛性マトリックス

α , β : 係数

係数 α 、 β は、以下のように求めている。

$$\alpha = 0$$

$$\beta = \frac{h}{\pi f}$$

ここで、

f : 固有値解析により求められる 1 次固有振動数

h : 各材料の減衰定数

地盤の減衰定数は1%（解析における減衰は、ひずみが大きい領域では履歴減衰が支配的となる。このため、解析上の安定のためになるべく小さい値として1%を採用している。）とする。また、線形材料としてモデル化するコンクリートの減衰定数は5%（J E A G 4 6 0 1 -1987）とする。

Rayleigh 減衰の設定フローを図 3.5-10 に、固有値解析結果を表 3.5-6 に示す。

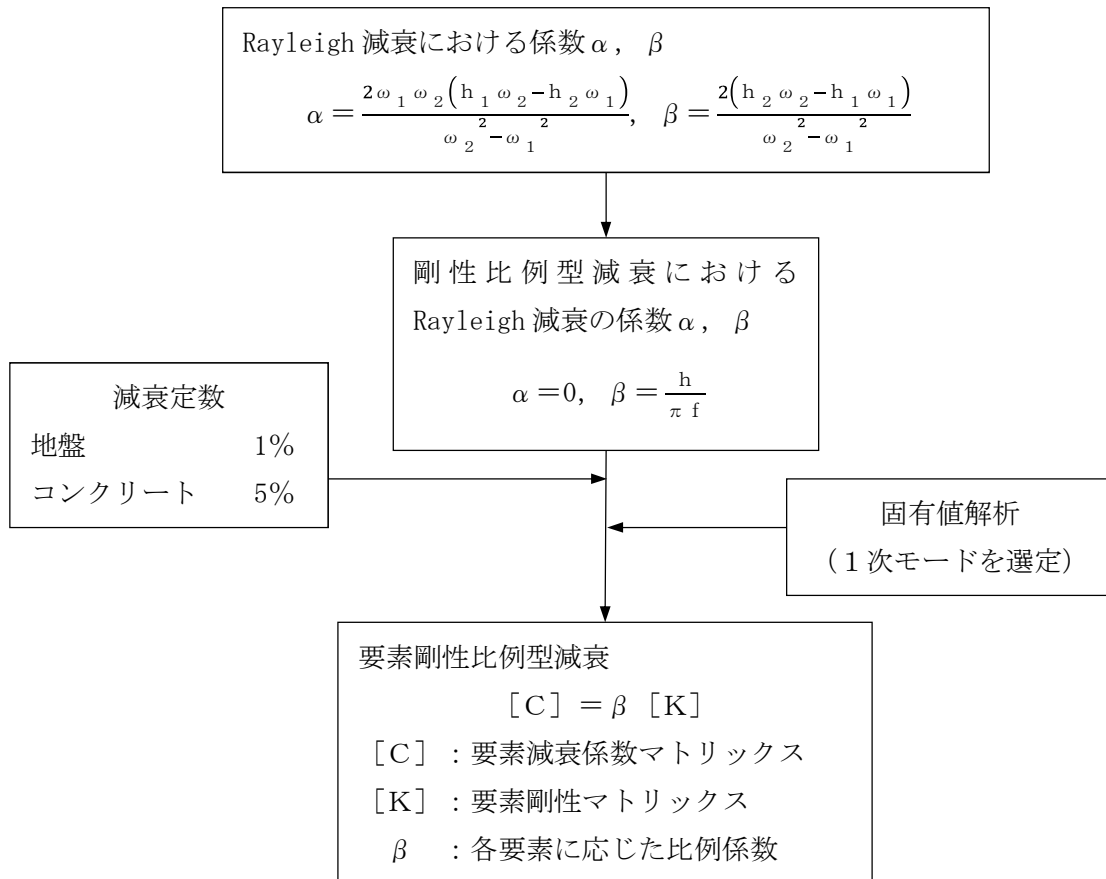


図 3.5-10 Rayleigh 減衰の設定フロー

表 3.5-6 (1) 固有値解析結果

(a) 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

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	0.497	9.99	1次として採用
2	1.400	-5.74	—
3	2.151	-4.93	—
4	2.906	-3.22	—
5	3.765	0.00	—
6	3.782	1.69	—
7	4.710	1.00	—
8	5.554	-1.09	—
9	6.413	1.67	—

(b) 検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) した解析ケース

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	0.538	10.17	1次として採用
2	1.493	-5.94	—
3	2.292	-4.65	—
4	3.129	-2.87	—
5	3.769	0.00	—
6	4.097	1.55	—
7	5.097	-1.02	—
8	5.968	1.31	—
9	6.771	-1.68	—

表 3.5-6 (2) 固有値解析結果

(c) 検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	0.451	9.81	1次として採用
2	1.291	-5.44	—
3	2.004	-5.12	—
4	2.675	-3.73	—
5	3.444	-1.94	—
6	3.761	0.00	—
7	4.286	-1.03	—
8	5.072	-0.93	—
9	5.961	-1.32	—

(d) 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

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	0.471	10.12	1次として採用
2	1.302	-5.20	—
3	2.015	-4.58	—
4	2.654	-4.00	—
5	3.327	-2.21	—
6	3.779	0.00	—
7	4.110	1.20	—
8	4.986	1.04	—
9	5.811	1.09	—

d. 入力地震動

入力地震動は、「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実施する。

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弾性設計用地震動 S_d-D1 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 3.5-11 に示す。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を図 3.5-12 に示す。

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。

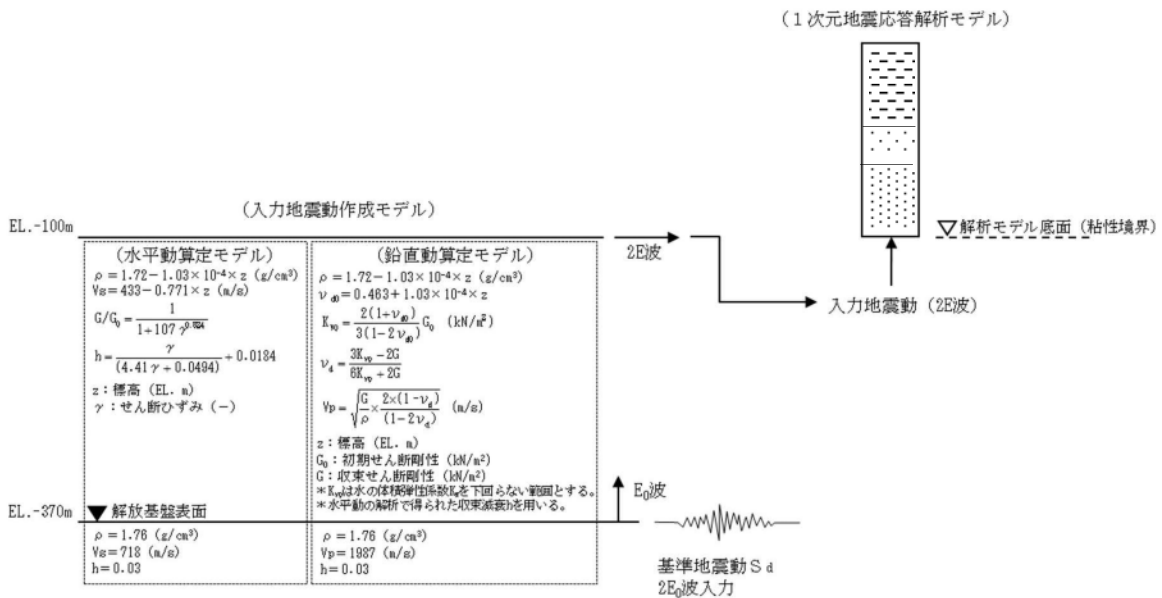
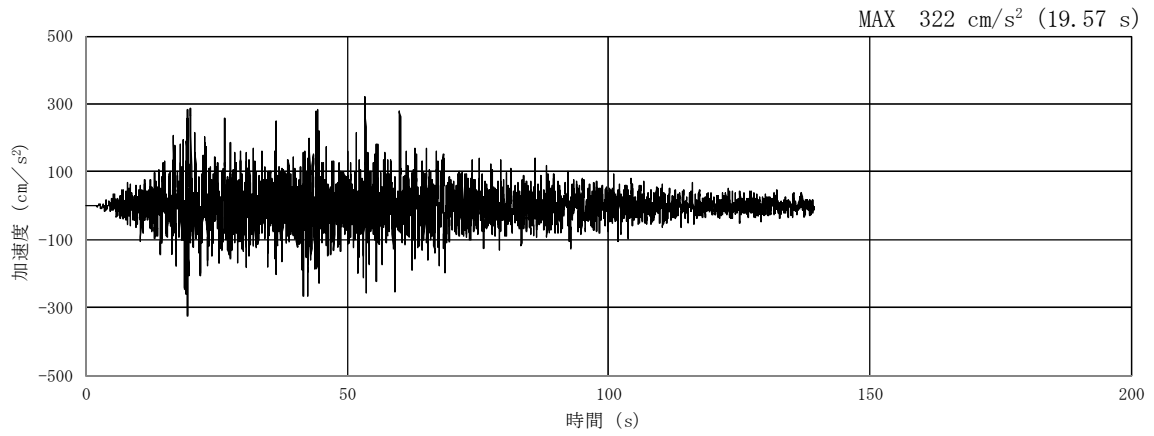
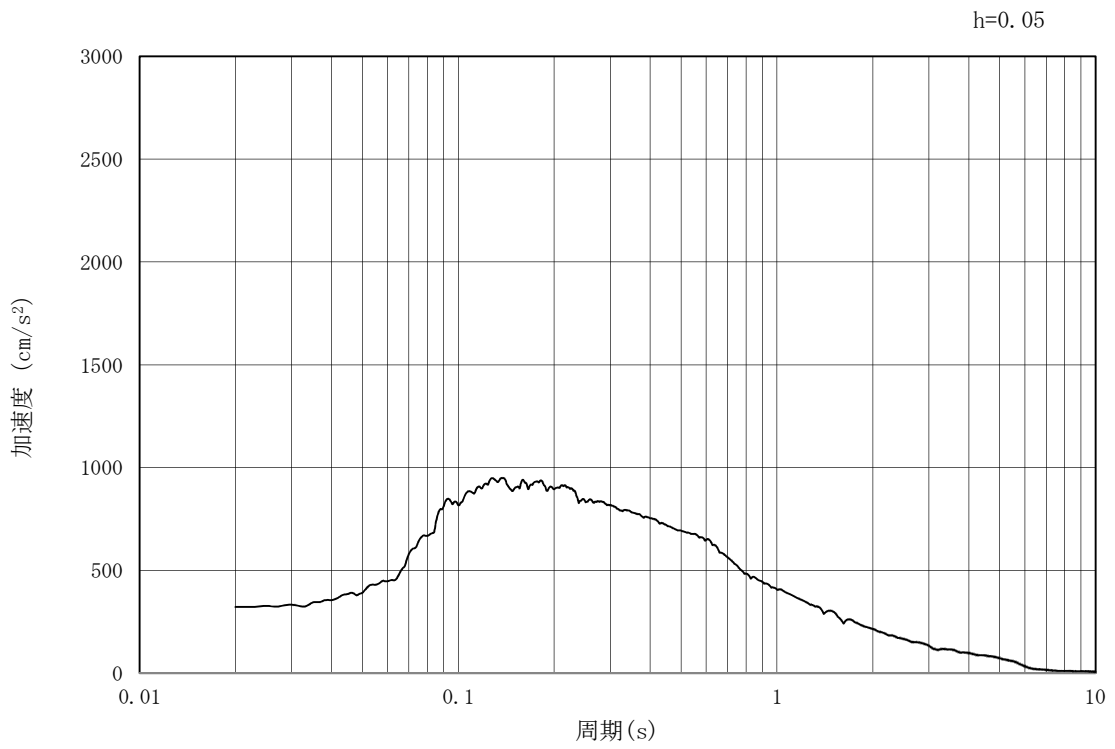


図 3.5-11 入力地震動算定の概念図

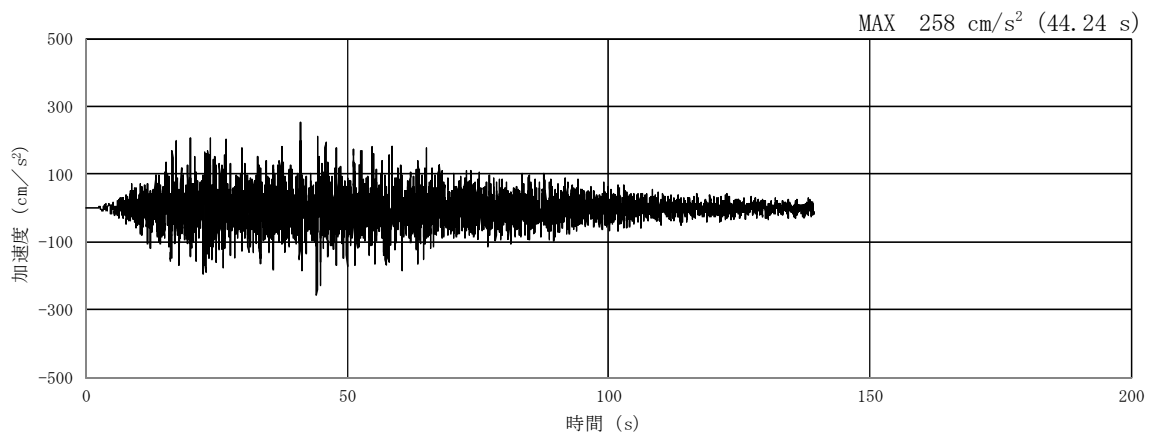


(a) 加速度時刻歴波形

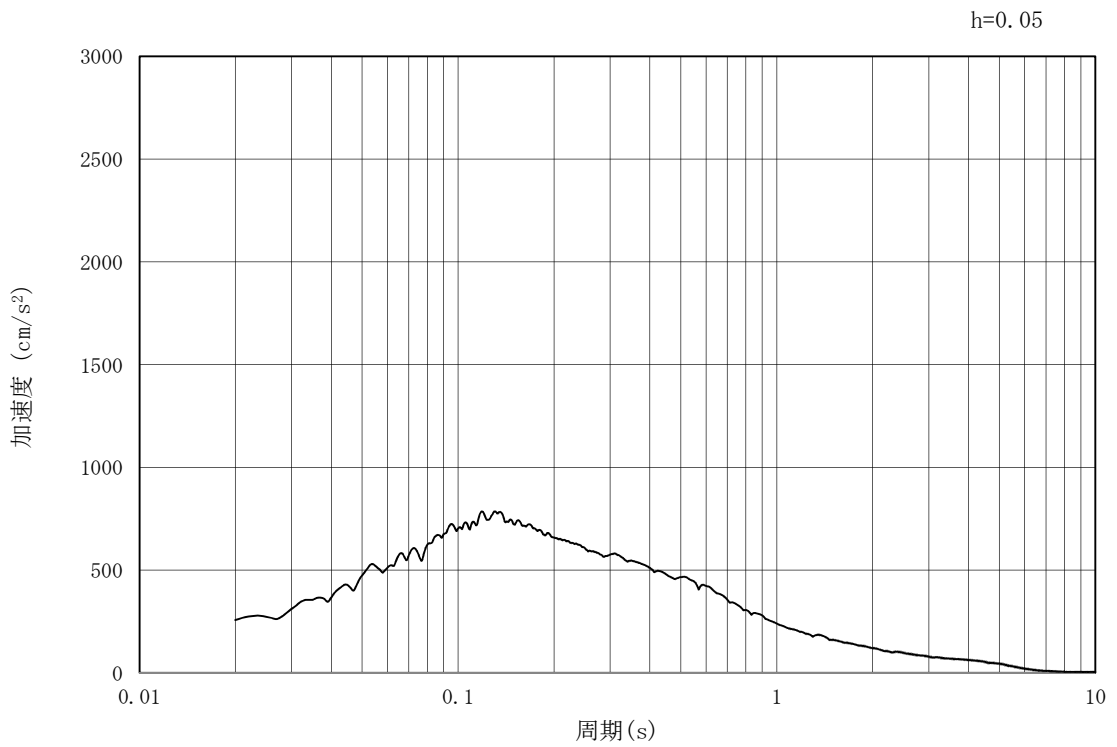


(b) 加速度応答スペクトル

図 3.5-12 (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
(水平方向: S_d-D1)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 3.5-12 (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
(鉛直方向 : $S_d - D1$)

(2) 2次元静的フレーム解析

a. 解析モデル

2次元静的フレーム解析においては、防潮壁、地中連続壁基礎及び放水路（頂版及び底版）を線形はり要素、放水路（中壁及び側壁）を線形平面要素、地盤を1次元有効応力解析の応答値より設定したバイリニア型の非線形ばね要素でモデル化する。防潮壁背面の放水路ゲートは、遡上津波荷重等の作用荷重に対して防潮壁を支持する構造部材として評価せず、付加質量として考慮する。なお、構造物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」（（社）土木学会原子力土木委員会、2002年5月）に基づき、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又は有効高さの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、部材の断面厚さ又は有効高さの1.0倍程度まで細分化して設定する。

重畳時の検討で用いる解析モデルを図3.5-13に示す。

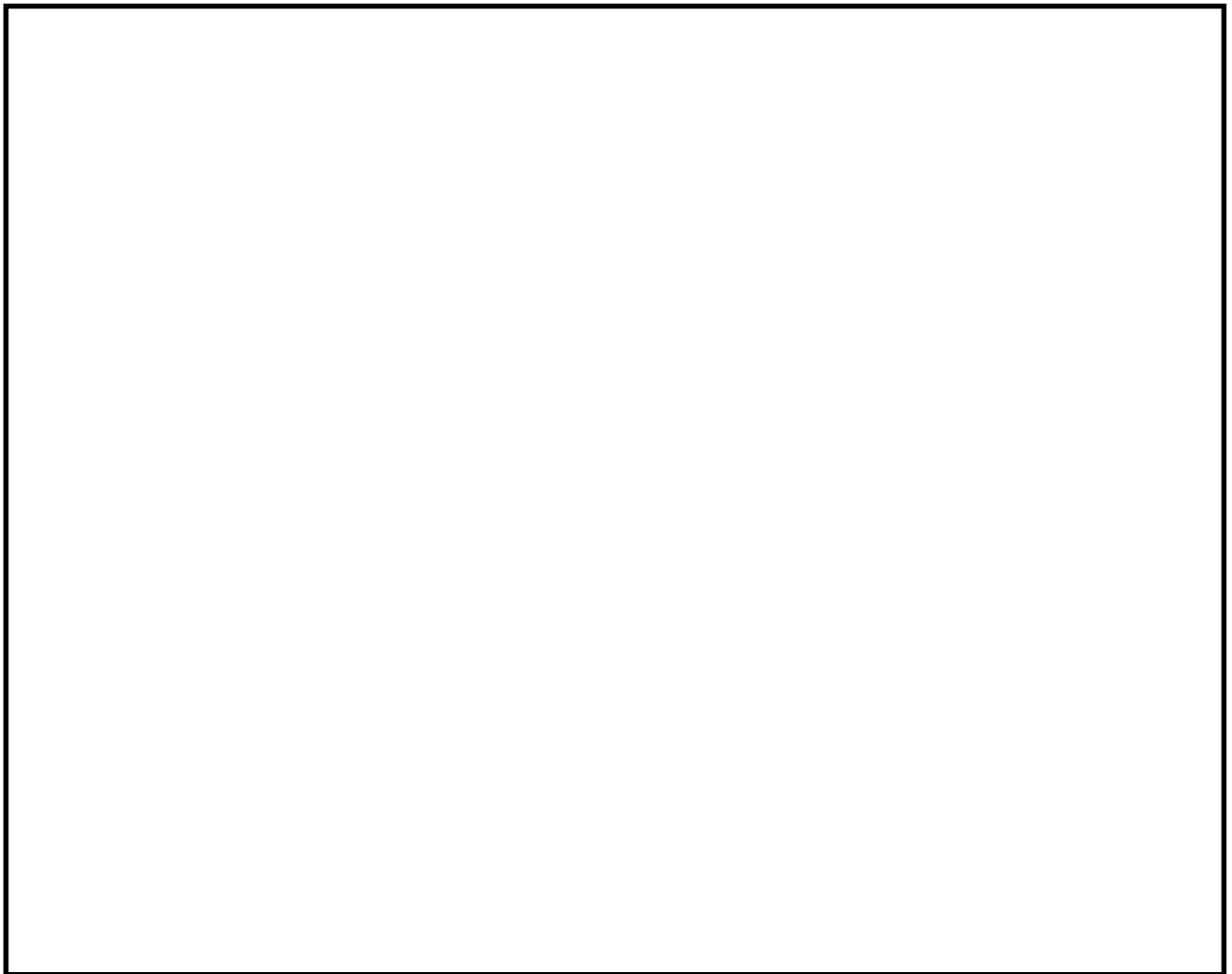


図3.5-13 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の2次元静的フレーム解析モデル

b. 地盤ばねの設定

2次元静的フレーム解析に用いる地盤ばねは、「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）」に準拠し，地盤のばね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3.5-7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。2次元静的フレーム解析で考慮する地盤ばねを表3.5-8に示す。

表3.5-7 2次元静的フレームモデルの地盤ばね設定における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

注記：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ばねを設定する。

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 $+1\sigma$ 」（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。

表 3.5-8 地盤ばねケース

ケース名	地盤ばねのばね定数及び 反力上限値	備考
地盤ばね3	S_a 波による1次元有効応力解析から 地表面加速度最大時刻における地盤物性により設定	地盤抵抗が 大きいケース
地盤ばね4	S_a 波による1次元有効応力解析から 地表面変位最大時刻における地盤物性により設定	地盤抵抗が 小さいケース
地盤ばね5	S_a 波による1次元有効応力解析から せん断ひずみ最大時刻における地盤物性により設定	

(a) 基礎前面の水平方向地盤反力係数 K_H

水平方向地盤反力係数 K_H の算定方法は、「3.5.3 解析モデル及び諸元（津波時）」と同様、「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）」に従って算出する。ただし，地盤の変形係数 E_0 は，1 次元有効応力解析で得られる地表面加速度最大時刻（地盤ばね 3），地表面変位最大時刻（地盤ばね 4）及びせん断ひずみ最大時刻（地盤ばね 5）それぞれの時刻 t_{\max} での平均有効主応力 σ'_m 及びせん断ひずみ γ の深度分布を用いて以下の式で求められる割線せん断剛性 G_s により設定する。

$$E_0 = 2(1 + \nu_d)G_s$$

$$G_s = \frac{\tau_s}{\gamma}$$

$$\tau_s = \frac{\gamma}{\frac{1}{G_{ma} \times \left(\frac{\sigma'_m}{\sigma'_{ma}}\right)^{0.5}} + \left| \frac{\gamma}{C \times \cos \phi_{CD} + \sigma'_m \times \sin \phi_{CD}} \right|}$$

ここに，

ν_d	: 動ポアソン比
G_s	: 割線せん断剛性 (kN/m ²)
τ_s	: 骨格曲線上のせん断応力 (kN/m ²)
γ	: せん断ひずみ
C	: 粘着力 (kN/m ²)
ϕ_{CD}	: 内部摩擦角 (°)

(b) 基礎側面の水平方向地盤反力係数 K_{SHD}

水平方向地盤反力係数 K_{SHD} の算定方法は、「3.5.3 解析モデル及び諸元（津波時）」と同様、「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）」に従って算出する。

(c) 基礎前背面の鉛直方向地盤反力係数 K_{SVB}

鉛直方向地盤反力係数 K_{SVB} の算定方法は、「3.5.3 解析モデル及び諸元（津波時）」と同様、「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）」に従って算出する。

(d) 基礎側面の鉛直方向地盤反力係数 K_{SVD}

鉛直方向地盤反力係数 K_{SVD} の算定方法は、「3.5.3 解析モデル及び諸元（津波時）」と同様、「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）」に従って算出する。

(e) 基礎底面の鉛直方向地盤反力係数 K_V

鉛直方向地盤反力係数 K_V の算定方法は、「3.5.3 解析モデル及び諸元（津波時）」と同様、「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）」に従って算出する。ただし，地盤の変形係数 E_0 は，「(a) 基礎前面の水平方向地盤反力係数」と同様，1次元有効応力解析で得られる地表面加速度最大時刻（地盤ばね3），地表面変位最大時刻（地盤ばね4）及びせん断ひずみ最大時刻（地盤ばね5） t_{max} の応答値に基づき算出する。

(f) 基礎底面の水平方向地盤反力係数 K_S

水平方向地盤反力係数 K_S の算定方法は、「3.5.3 解析モデル及び諸元（津波時）」と同様、「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）」に従って算出する。

(g) 基礎前面の水平方向地盤反力度の上限値 P_{HU}

水平方向地盤反力度の上限値 P_{HU} の算定方法を以下に示す。

$$P_{HU} = c_{CD} \times \cos\varphi_{CD} + \sigma'_m \times (1 + \sin\varphi_{CD})$$

ここに，

P_{HU} : 基礎前面の水平地盤反力度の上限値 (kN/m²)

c_{CD} : 基礎地盤 (Km 層) の粘着力 (kN/m²)

φ_{CD} : 基礎地盤 (Km 層) のせん断抵抗角 (°)

σ'_m : 時刻 t_{max} における地盤の平均有効主応力 (kN/m²)

(h) 基礎底面の水平方向地盤反力度の上限値及び基礎前背面と側面の水平方向及び鉛直方向地盤反力度の上限値 τ_f

地盤反力度の上限値 τ_f の算定方法を以下に示す。

(砂質土)
$$\tau_f = c_{CD} \times \cos\varphi_{CD} + \sigma'_m \times \sin\varphi_{CD} \leq 200$$

(粘性土・地盤改良体（セメント改良）)
$$\tau_f = c_{CD} \times \cos\varphi_{CD} + \sigma'_m \times \sin\varphi_{CD} \leq 150$$

ここに，

τ_f : 地盤反力度の上限値 (kN/m²)

c_{CD} : 粘着力 (kN/m²)

φ_{CD} : せん断抵抗角 (°)

σ'_m : 時刻 t_{max} における地盤の平均有効主応力 (kN/m²)

- (i) 基礎底面の鉛直方向地盤反力度の上限値 P_{BVU}
鉛直方向地盤反力度の上限値 P_{BVU} の算定方法を以下に示す。

$$P_{BVU} = c_{CD} \times \cos\varphi_{CD} + \sigma'_m \times (1 + \sin\varphi_{CD})$$

ここに、

- P_{BVU} : 基礎底面の鉛直地盤反力度の上限値 (kN/m²)
 c_{CD} : 基礎地盤 (Km 層) の粘着力 (kN/m²)
 φ_{CD} : 基礎地盤 (Km 層) のせん断抵抗角 (°)
 σ'_m : 時刻 t_{\max} における地盤の平均有効主応力 (kN/m²)

- (j) 基礎底面の水平方向地盤反力度の上限値 P_{SU}
水平方向地盤反力度の上限値 P_{SU} の算定方法を以下に示す。

$$P_{SU} = c_{CD} \times \cos\varphi_{CD} + \sigma'_m \times \sin\varphi_{CD}$$

ここに、

- P_{SU} : 基礎底面の水平方向地盤反力度の上限値 (kN/m²)
 c_{CD} : 基礎地盤 (Km 層) の粘着力 (kN/m²)
 φ_{CD} : 基礎地盤 (Km 層) のせん断抵抗角 (°)
 σ'_m : 時刻 t_{\max} における地盤の平均有効主応力 (kN/m²)

(3) 2次元有効応力解析

a. 解析モデル領域

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、J E A C 4 6 0 1 -1991 追補版に基づき、モデル幅を構造物幅の3倍以上、構造物下端からモデル下端までの高さを構造物幅以上確保する。なお、地震応答解析時の解析モデルの境界条件は、側面及び底面ともに粘性境界とする。

地盤の要素分割については、地盤の波動をなめらかに表現するために、最大周波数 20 Hz 及びせん断波速度 V_s で算定される波長の5または4分割、すなわち $V_s/100$ または $V_s/80$ を考慮し、第四紀層の要素高さを 1 m 程度まで細分化して設定する。

2次元有効応力解析モデルは、検討対象構造物とその周辺地盤をモデル化した不整形地盤に加え、この不整形地盤の左右に広がる地盤をモデル化した自由地盤で構成される。この自由地盤は、不整形地盤の左右端と同じ地層構成を有する1次元地盤モデル（不整形地盤左右端のそれぞれ縦1列の要素列と同じ地層構成で、水平方向に連続することを表現するために循環境界条件を設定したモデル）である。2次元有効応力解析における自由地盤の初期応力解析から不整形地盤の地震応答解析までのフローを図 3.5-14 に示す。

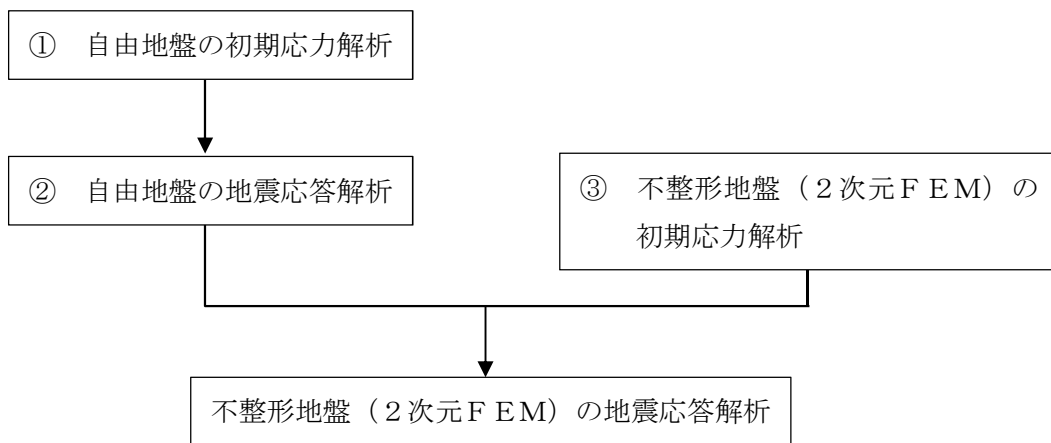


図 3.5-14 自由地盤の初期応力解析から不整形地盤（2次元FEM）の地震応答解析までのフロー

b. 境界条件

(a) 固有値解析時

固有値解析を実施する際の境界条件は、境界が構造物を含めた周辺地盤の振動特性に影響を与えないよう設定する。ここで、底面境界は地盤のせん断方向の卓越変形モードを把握するために固定とし、側面は実地盤が側方に連続していることを模擬するため水平ローラーとする。境界条件の概念図を図 3.5-15 に示す。

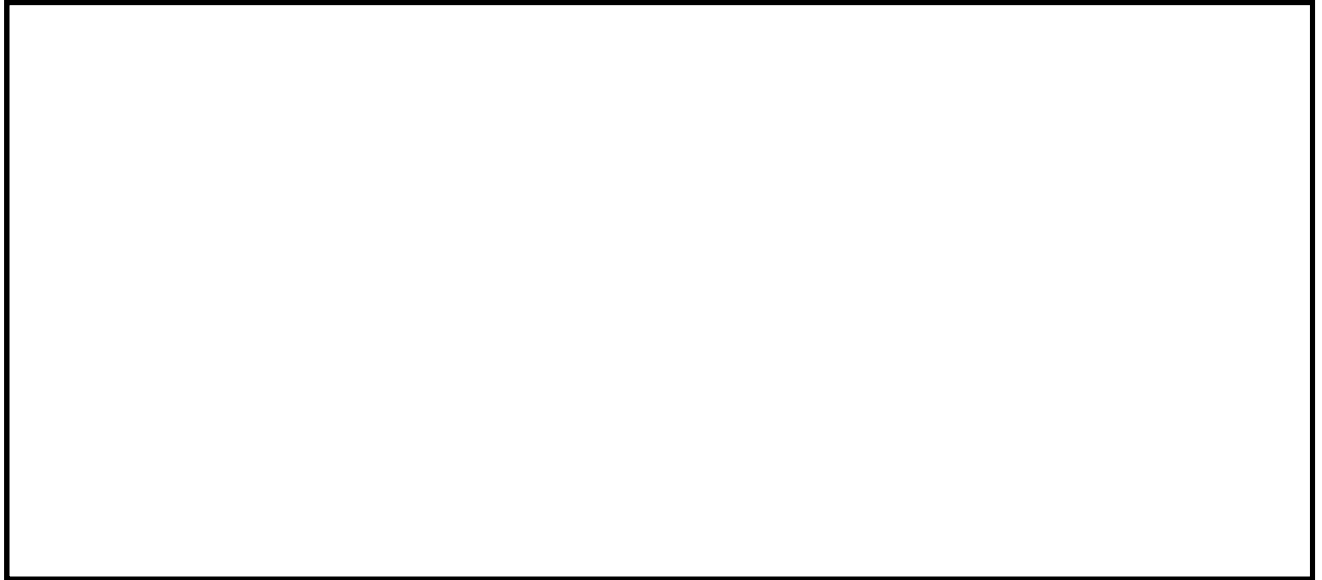


図 3.5-15 固有値解析における境界条件の概念図

(b) 初期応力解析時

初期応力解析は、地盤や構造物の自重及び積雪荷重等の静的な荷重を載荷することによる常時の初期応力を算定するために行う。そこで、初期応力解析時の境界条件は底面固定とし、側方は自重による地盤の鉛直方向の変形を拘束しないよう鉛直ローラーとする。境界条件の概念図を図 3.5-16 に示す。



図 3.5-16 初期応力解析における境界条件の概念図

(c) 地震応答解析時

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。底面の粘性境界については、地震動の下降波がモデル底面境界から半無限地盤へ通過していく状態を模擬するため、ダッシュポットを設定する。側方の粘性境界については、自由地盤の地盤振動と不整形地盤側方の地盤振動の差分が側方を通過していく状態を模擬するため、自由地盤の側方にダッシュポットを設定する。地震応答解析モデルを図 3.5-17 に示す。

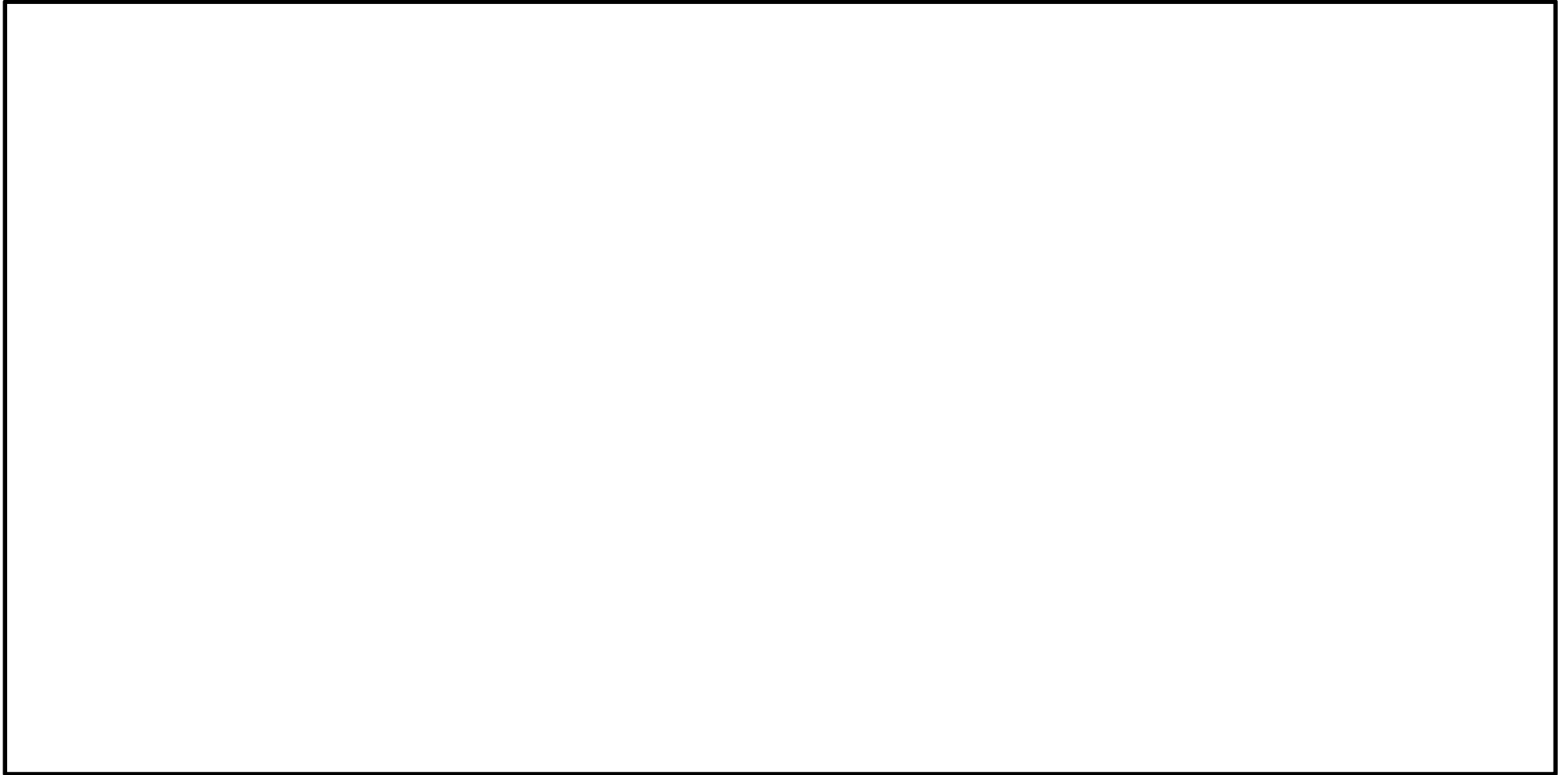


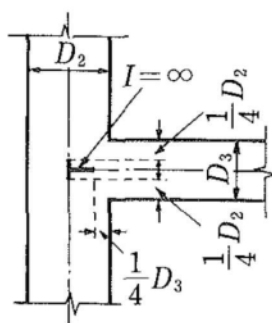
図 3.5-17 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の地震応答解析モデル

c. 構造物のモデル化

2次元有効応力解析では、地中連続壁基礎の奥行幅 20.1 m をモデル化対象範囲とし、構造物の断面積や断面二次モーメント等を単位奥行きあたりに換算した物性を用いる。荷重作用方向に対して弱軸断面方向部材となる防潮壁、放水路頂版・底版及び地中連続壁基礎は、線形はり要素を用いてモデル化する。地中連続壁基礎は、水平全断面の平面保持を考慮した鉛直方向部材とし、水平断面中心位置で線形はり要素としてモデル化する。なお、構造物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」（（社）土木学会 原子力土木委員会，2002年5月）に基づき、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又は有効高さの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、部材の断面厚さ又は有効高さの1.0倍程度まで細分化して設定するとともに、構造物に接する地盤の要素分割に合わせて設定する。

地中連続壁基礎の水平方向に対しては、基礎幅分の仮想剛梁を設定する。また、地中連続壁基礎と放水路底版の鉛直方向に対しては、基礎側壁及び隔壁の軸線位置に設けた仮想剛梁で接続する。なお、仮想剛梁の剛性は、原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（（社）土木学会 2005年6月）に基づき、地中連続壁基礎をモデル化した線形はり要素の1000倍の値とする。

地中連続壁基礎の側壁及び隔壁内の地盤は、線形はり要素でモデル化した地中連続壁基礎の付加質量として考慮する。また、線形はり要素でモデル化した防潮壁及び放水路頂版の接続部は、「コンクリート標準示方書[構造性能照査編]」（（社）土木学会 2002年制定）」に基づき、図3.5-18に示すように剛域を設定する。



「コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]」（（社）土木学会，2002年制定）」より

図 3.5-18 剛域の設定方法

荷重作用方向に対して強軸断面方向部材となる放水路側壁及び隔壁は、線形平面要素を用いてモデル化する。放水路側壁及び隔壁はモデル奥行方向に連続していない壁部材であるため、図 3.5-19 に示すように、2次元有効応力解析で用いる線形平面要素の剛性については、壁部材の全部材厚を全奥行で薄めた等価ヤング係数を算定することで考慮する。

放水路ゲート格納室については、荷重作用方向に対して強軸断面方向部材となり防潮壁を水平支持するが、防潮壁に発生する断面力を保守的に評価するため、部材の剛性は考慮せず、躯体自重及び慣性力のみ考慮する。なお、構造物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」（（社）土木学会 原子力土木委員会，2002年5月）に基づき、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又は有効高さの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、部材の断面厚さ又は有効高さの1.0倍程度まで細分化して設定する。また、地盤と接する要素については、地盤の要素分割と同様にする。鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の構造物モデル概要図を図 3.5-20 に示す。

$$E_{eq} = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{b} E_c$$

- ここに、
 E_{eq} : モデル奥行幅に対する壁厚を考慮した等価剛性
 $t_1 \sim t_3$: 放水路側壁及び隔壁の壁厚
 E_c : コンクリートのヤング係数
 b : モデル化対象範囲

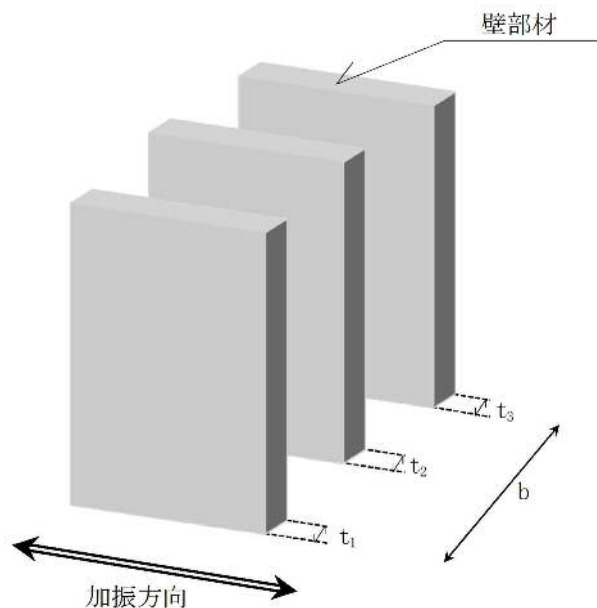


図 3.5-19 壁部材の等価剛性の考え方

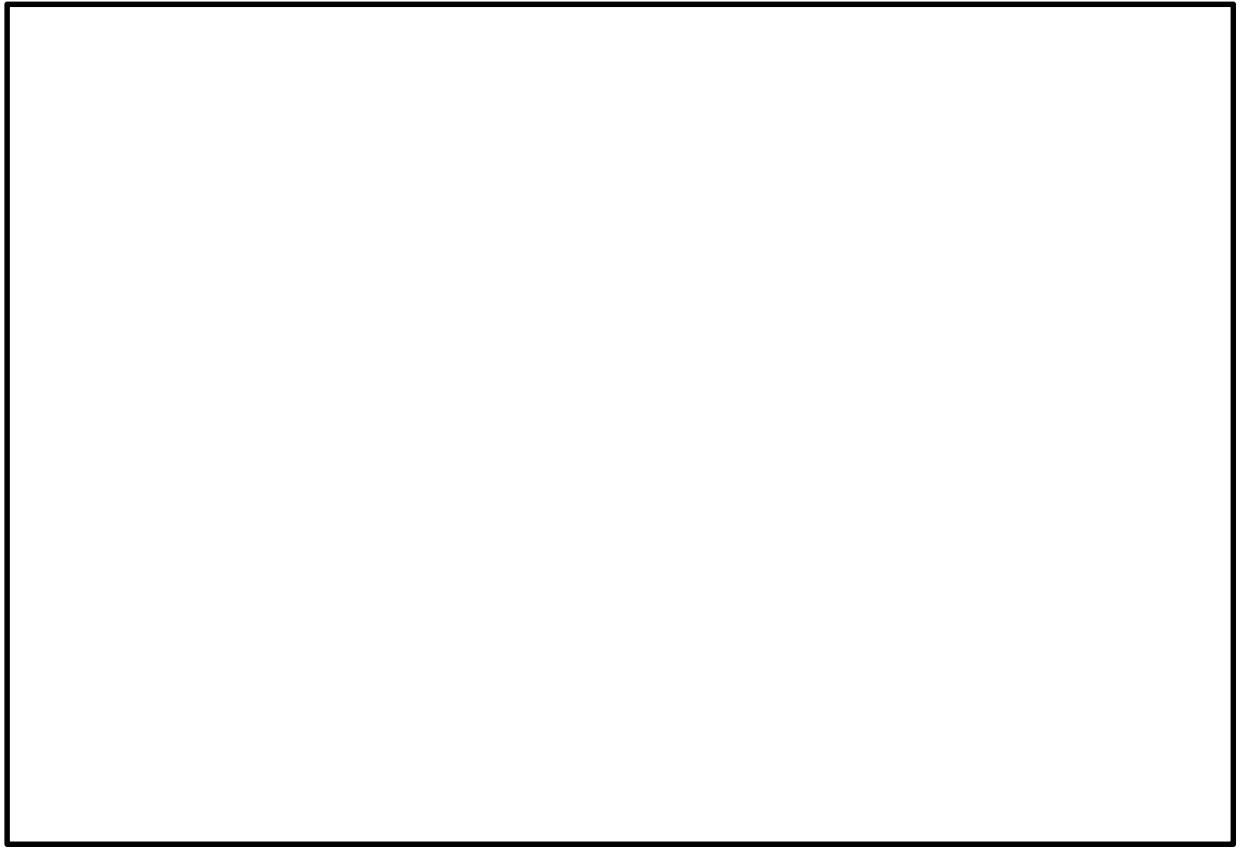


図 3.5-20 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の構造物モデル概要図

d. 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。

e. ジョイント要素の設定

地盤と構造体の接合面にジョイント要素を設けることにより、強震時の地盤と構造体の接合面における剥離及びすべりを考慮する。

ジョイント要素は、地盤と構造体の接合面で法線方向及びせん断方向に対して設定する。法線方向については、常時状態以上の引張荷重が生じた場合、剛性及び応力をゼロとし、剥離を考慮する。せん断方向については、地盤と構造体の接合面におけるせん断抵抗力以上のせん断荷重が生じた場合、せん断剛性をゼロとし、すべりを考慮する。

なお、せん断強度 τ_f は次式の Mohr-Coulomb 式により規定される。 c 、 ϕ は周辺地盤の c 、 ϕ とする。（表 3.5-9 参照）

$$\tau_f = c + \sigma' \tan \phi$$

ここで、

τ_f : せん断強度

c : 粘着力

ϕ : 内部摩擦角

表 3.5-9 周辺地盤及び隣接構造物との境界に用いる強度特性

周辺の状況		粘着力 c (N/mm ²)	内部摩擦角 ϕ (度)
第四紀層	Du 層	0	37.3
	Ag2 層	0	37.4
	Ac 層	0.025	29.1
	As 層	0.012	41.0
	Ag1 層	0	37.4
	D2c-3 層	0.026	35.6
	D2s-3 層	0.010	35.8
	D2g-3 層	0	44.4
新第三系	Km 層	$c = 0.358 - 0.00603 \cdot z$	$\phi = 23.2 + 0.0990 \cdot z$
地盤改良体 (セメント改良)		0.75	0.0

z : 標高(m)

ジョイント要素のばね定数は、数値計算上不安定な挙動を起こさない程度に十分大きい値として、港湾構造物設計事例集（沿岸技術研究センター）に従い、表 3.5-10 のとおり設定する。ジョイント要素設定の考え方を図 3.5-21 に示す。

表 3.5-10 周辺地盤及び隣接構造物との境界に用いる強度特性

	せん断剛性 k_s (kN/m^3)	圧縮剛性 k_n (kN/m^3)
側方及び底面	1.0×10^6	1.0×10^6

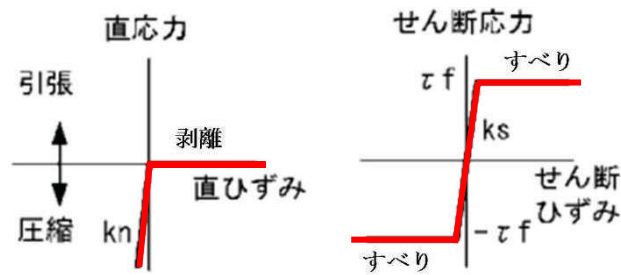


図 3.5-21 ジョイント要素設定の考え方

f. 減衰定数の設定

基礎地盤の支持性能評価における接地圧を求めるために実施する2次元有効応力解析の固有値解析結果を表3.5-11に示す。

表 3.5-11 (1) 固有値解析結果

(a) 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

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	0.735	185.92	地盤の1次として採用
2	0.938	20.50	—
3	1.238	-18.01	—
4	1.477	10.53	—
5	1.588	10.50	—
6	1.783	17.37	—
7	1.838	-60.05	構造物の1次として採用
8	1.846	23.73	—
9	1.965	5.93	—

(b) 検討ケース②：地盤物性のばらつきを考慮 (+1 σ) した解析ケース

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	0.781	190.20	地盤の1次として採用
2	1.017	18.95	—
3	1.339	15.30	—
4	1.603	11.40	—
5	1.729	-11.77	—
6	1.890	11.60	—
7	1.934	55.97	構造物の1次として採用
8	1.990	-23.14	—
9	2.085	81.66	—

表 3.5-11 (2) 固有値解析結果

(c) 検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮 (-1σ) した解析ケース

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	0.665	179.32	地盤の1次として採用
2	0.823	-21.03	—
3	1.089	-22.15	—
4	1.281	-8.77	—
5	1.368	-10.76	—
6	1.565	-10.90	—
7	1.649	-3.18	—
8	1.663	57.05	構造物の1次として採用
9	1.702	46.72	—

(d) 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

モード次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	0.707	186.96	地盤の1次として採用
2	0.887	17.16	—
3	1.171	18.90	—
4	1.429	7.75	—
5	1.532	-9.86	—
6	1.694	17.32	—
7	1.723	52.97	構造物の1次として採用
8	1.779	-6.29	—
9	1.844	36.79	—

g. 入力地震動

入力地震動は、「d. 入力地震動」と同様に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。

(4) 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、「3.5.3 解析モデル及び諸元（津波時）」と同じである。

(5) 地盤及び地盤改良体（セメント改良）の物性値

地盤及び地盤改良体（セメント改良）の物性値は、「3.5.3 解析モデル及び諸元（津波時）」と同じである。

(6) 地下水位

地下水位は地表面に設定する。

3.5.5 解析ケース

(1) 津波時

津波時の2次元静的フレーム解析における解析ケースは、地盤ばねを「3.5.3(1) 2次元静的フレーム解析モデル」で示した地盤ばね1及び地盤ばね2の2つのケースで設定し、それぞれの地盤ばねを用いて「3.3 荷重及び荷重の組合せ」で示した荷重条件に対して照査する。

(2) 重畳時

重畳時は、2次元静的フレーム解析により構造物に発生する変形量や断面力を算定する。また、2次元有効応力解析により基礎直下の接地圧を算定する。

2次元静的フレーム解析では、表3.5-12に示したケースで1次元有効応力解析を実施し、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に対して地盤ばね及び応答変位を設定する。2次元有効応力解析は、1次元有効応力解析により設定した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に対応する検討ケースについて実施する。これらの2次元静的フレーム解析及び2次元有効応力解析について、「3.3 荷重及び荷重の組合せ」で示した荷重条件に対して照査する。

表3.5-12 1次元有効応力解析及び2次元有効応力解析の検討ケース

解析ケース	①	②	③	④	⑤	⑥
解析ケース	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)	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(-1σ)した解析ケース	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	原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース
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(+1σ)	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(+1σ)
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

注記 : 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ばねを設定する。

3.6 評価方法

3.6.1 津波時

鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の強度評価は、解析結果より得られる発生応力が「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。

鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の強度評価は、静的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。

(1) 鉄筋コンクリート

鉄筋コンクリートは、強度評価により算定した曲げ圧縮応力度、曲げ引張応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

a. 防潮壁

防潮壁では、線形はり要素としてモデル化した2次元静的フレーム解析より得られる曲げモーメント及び軸力に基づき、主筋（鉛直方向鉄筋）の引張応力度及びコンクリートの曲げ圧縮応力度が許容限界以下であることを確認する。また、2次元静的フレーム解析より得られるせん断力に基づき、部材に発生するせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

壁部の曲げ軸力照査において、堤内側の軸方向鉄筋の有効断面積 A_s' を図 3.6-1 より、下式のとおりとする。

$$A_s' = A_s \sin \theta$$

ただし、

A_s : 軸方向鉄筋の断面積 (m^2)

θ : 設計断面と軸方向鉄筋のなす角

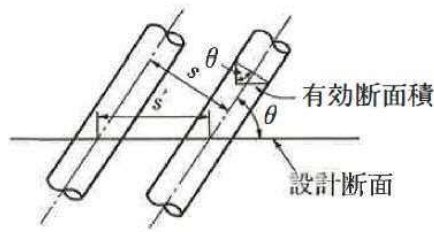


図 3.6-1 鉄筋の有効断面積

なお、設計断面に沿う鉄筋の間隔 s' は下式のとおりとする。

$$s' = s \cdot \operatorname{cosec} \theta$$

ただし、

s : 鉄筋の直角方向の間隔 (mm)

以上より、壁部の斜め構造を考慮した応力度照査に使用する鉄筋量および鉄筋間隔は以下のとおりである。

図 3.6-2 より、

$$\theta = \tan^{-1}(16500/4500) = 74.74^\circ \approx 75^\circ$$

$$\sin \theta = 0.966$$

$$A_s = 202.7 \text{ cm}^2 \text{ より、}$$

$$A_{s'} = 195.8 \text{ cm}^2$$

$$s = 200.0 \text{ mm}$$

$$\operatorname{cosec} \theta = 1/\sin \theta$$

$$s' = 207.1 \text{ mm}$$

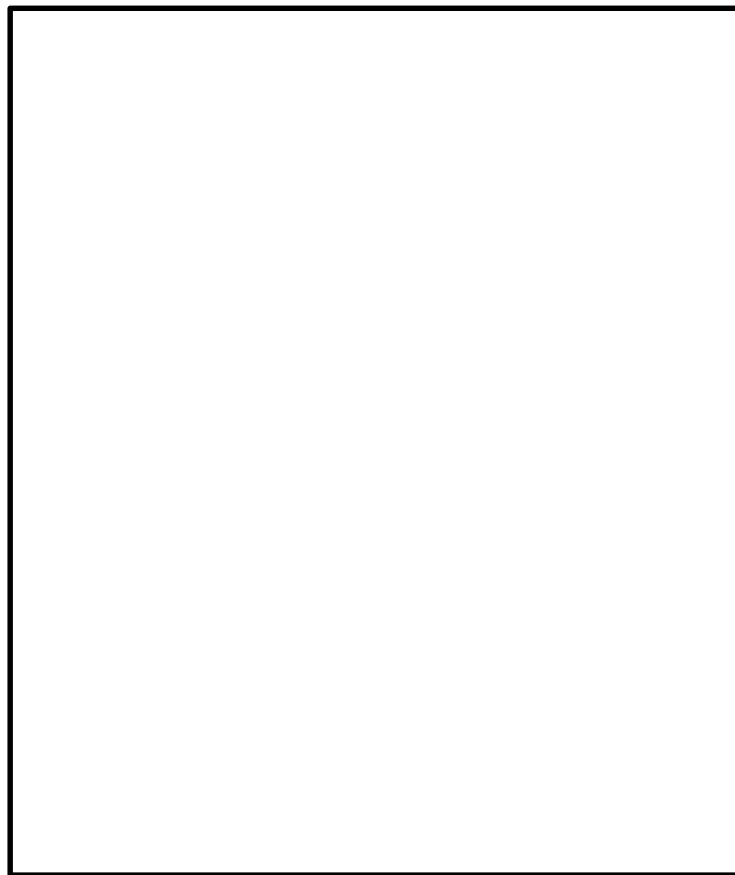


図 3.6-2 防潮壁（横断方向断面）

b. 放水路側壁及び隔壁

放水路側壁及び隔壁は荷重作用方向に対して強軸断面方向部材となるため、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説—許容応力度設計法—（（社）日本建築学会，1999年）」に基づき評価する。放水路側壁及び隔壁では，線形平面要素としてモデル化した2次元静的フレーム解析に基づき，部材に発生するせん断応力を算定し，許容限界以下であることを確認する。

c. 地中連続壁基礎

鉛直断面に対する評価では，2次元静的フレーム解析でモデル化した線形はり要素の曲げモーメント及び軸力に基づき，鉛直鉄筋の引張応力度及びコンクリートの曲げ圧縮応力度が許容限界以下であることを確認する。せん断については，線形はり要素のせん断力に基づき，部材に発生するせん断応力度，又はせん断力が許容限界以下であることを確認する。

水平断面に対する評価では，鉛直断面の評価で実施した2次元静的フレーム解析より抽出した水平荷重を考慮したフレーム解析を実施し，線形はり要素に発生する曲げモーメント及び軸力に基づき，水平鉄筋の引張応力度及びコンクリートの曲げ圧縮応力度が許容限界以下であることを確認する。せん断については，線形はり要素のせん断力に基づき，部材に発生するせん断応力度，又はせん断力が許容限界以下であることを確認する。

(a) 鉛直断面の曲げ及び軸力に対する設計

地中連続壁基礎は、平面的な強軸断面方向及び弱軸断面方向が明確でないことから、防潮壁横断方向及び縦断方向の二方向を設計断面として検討を実施する。地中連続壁基礎の鉛直鉄筋は、2次元静的フレーム解析にて算定される線形はり要素の発生断面力（曲げモーメント及び軸力）を用いて照査を行う。RC断面計算で考慮する鉛直鉄筋は、図 3.6-3 に示すように、加振方向に応じて配置した鉄筋の発生応力を算定し、許容限界以下であることを確認する。

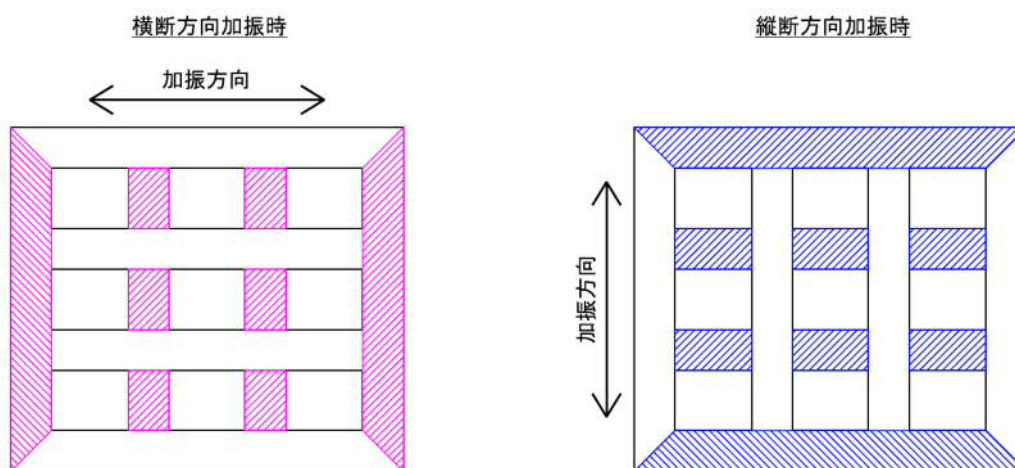


図 3.6-3 鉛直断面の曲げ及び軸力照査時に考慮する鉛直鉄筋

(b) 鉛直断面のせん断に対する設計

鉛直断面のせん断照査では、2次元静的フレーム解析にて算定される線形はり要素の発生断面力（せん断力）を用い、図 3.6-4 に示すように、加振方向に対して強軸断面方向部材となる側壁及び隔壁の断面積を考慮した検討を実施する。

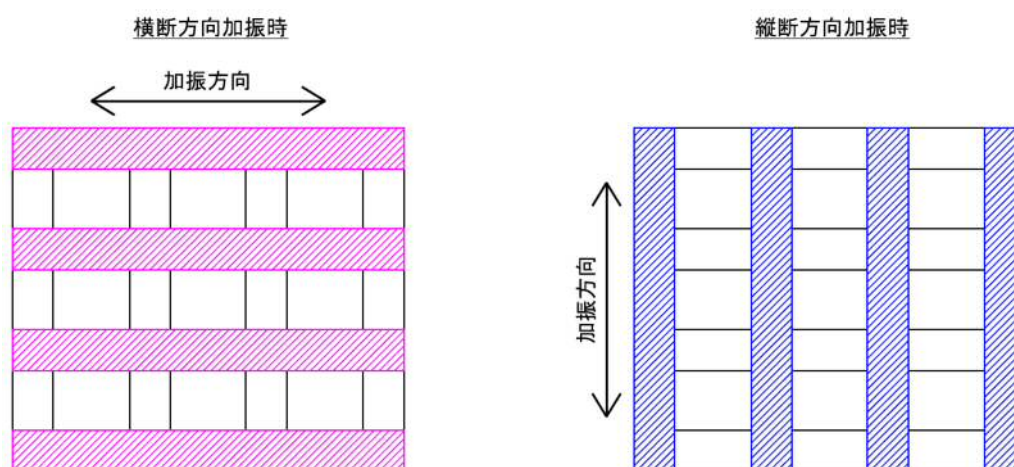


図 3.6-4 鉛直断面のせん断照査時に考慮する有効面積

(c) 水平断面の曲げ及び軸力・せん断に対する設計

地中連続壁基礎側壁及び隔壁に発生する水平方向断面力に対する検討では、「地中連続壁基礎設計施工指針・同解説（（社）日本道路協会，1991年）」に基づき，側壁及び隔壁位置に仮想支点を設け，側壁及び隔壁を線形はり要素としてモデル化した静的フレーム解析を実施する。静的フレーム解析では，鉛直断面の評価で実施した2次元解析フレーム解析より構造物側面の地盤ばね反力の最大値を抽出し，図3.6-5に示すように，仮想支点の反対側から作用させ，部材に発生する曲げモーメント，軸力及びせん断力に基づき，コンクリートや鉄筋に発生する応力度が許容限界以下であることを確認する。

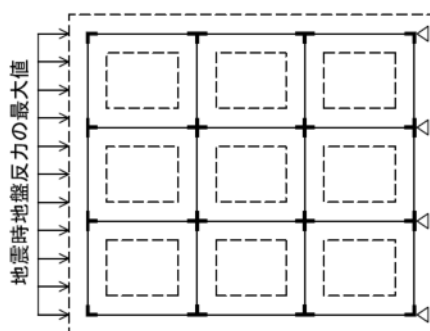


図3.6-5 地中連続壁基礎の水平方向断面力の計算方法

(2) 基礎地盤の支持力

津波時における基礎地盤の支持性能に係る評価では、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ると考えられることから実施しない。

(3) 止水ジョイント部材の変形量

止水ジョイント部材の変形量の評価は、本震後の津波時における変形量が許容限界以下であることを確認する。

3.6.2 重畳時

鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）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。

(1) 鉄筋コンクリート

鉄筋コンクリートの評価は、「3.5.3 解析モデル及び諸元（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。

なお、地中水平断面の評価で実施する静的フレーム解析では、仮想支点の反対側から最大水平荷重を作用させた検討（片押し時）に加え、重畳時における片押し時の照査結果が最も厳しくなるケースについて、図 3.6-6 に示すように、仮想支点側からも最大水平荷重を作用させた検討（両押し時）を実施する。

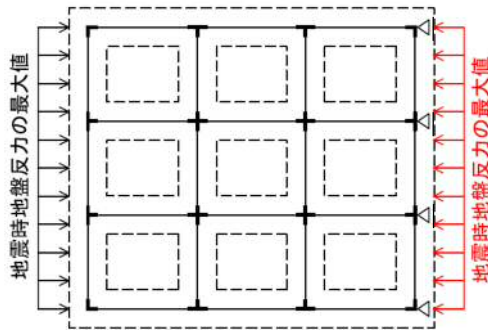


図 3.6-6 地中連続壁基礎の水平方向断面力の計算方法

(2) 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-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、遡上津波荷重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-D1 により発生する基礎地盤の接地圧は、「3.5.4 (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、「6.3.1.1 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の耐震計算書に関する補足説明」に記載する2次元有効応力解析モデルに、「3.5.2 地盤沈下の考慮」で示した保守的に仮定した沈下量1.5m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。

また、遡上津波荷重及び動水圧による接地圧は、同じ3つのケースに対応する地盤剛性を用いた2次元静的FEM解析を実施して求める。2次元静的FEM解析に使用する解析モデルは、「6.3.1.1 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の耐震計算書に関する補足説明」に記載する2次元有効応力解析モデルに、「3.5.2 地盤沈下の考慮」で示した沈下量1.5mを考慮した解析モデルを使用し、図3.6-7に示すように、側方境界条件を水平ローラー、底面境界条件を固定として遡上津波荷重及び動水圧を作用させる。

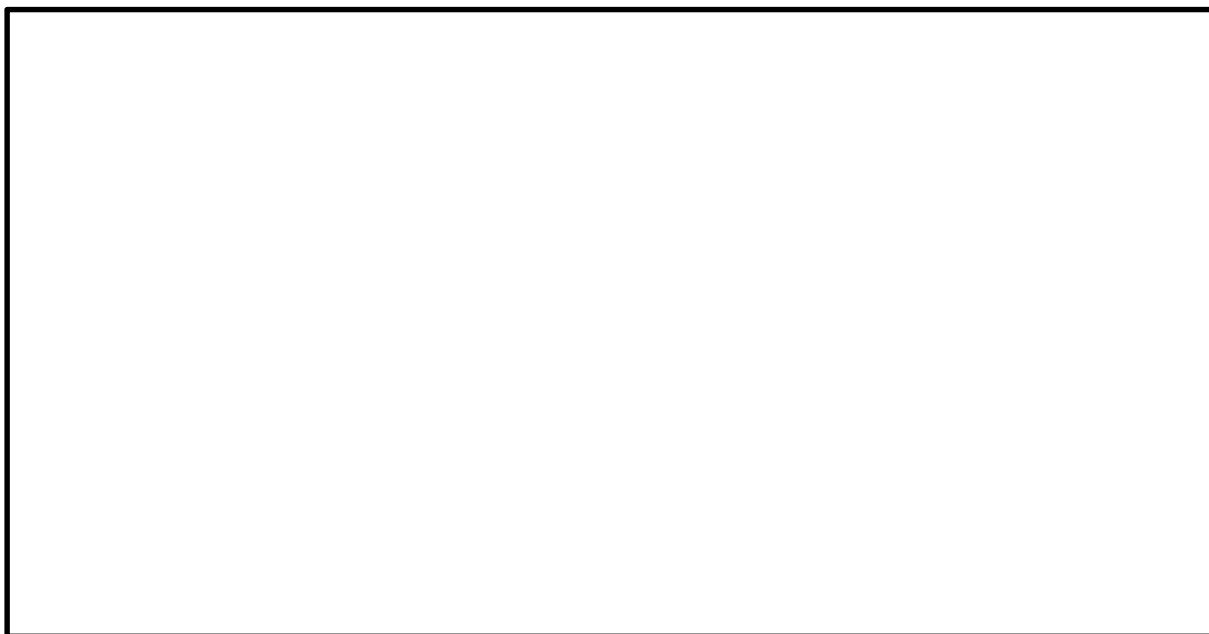
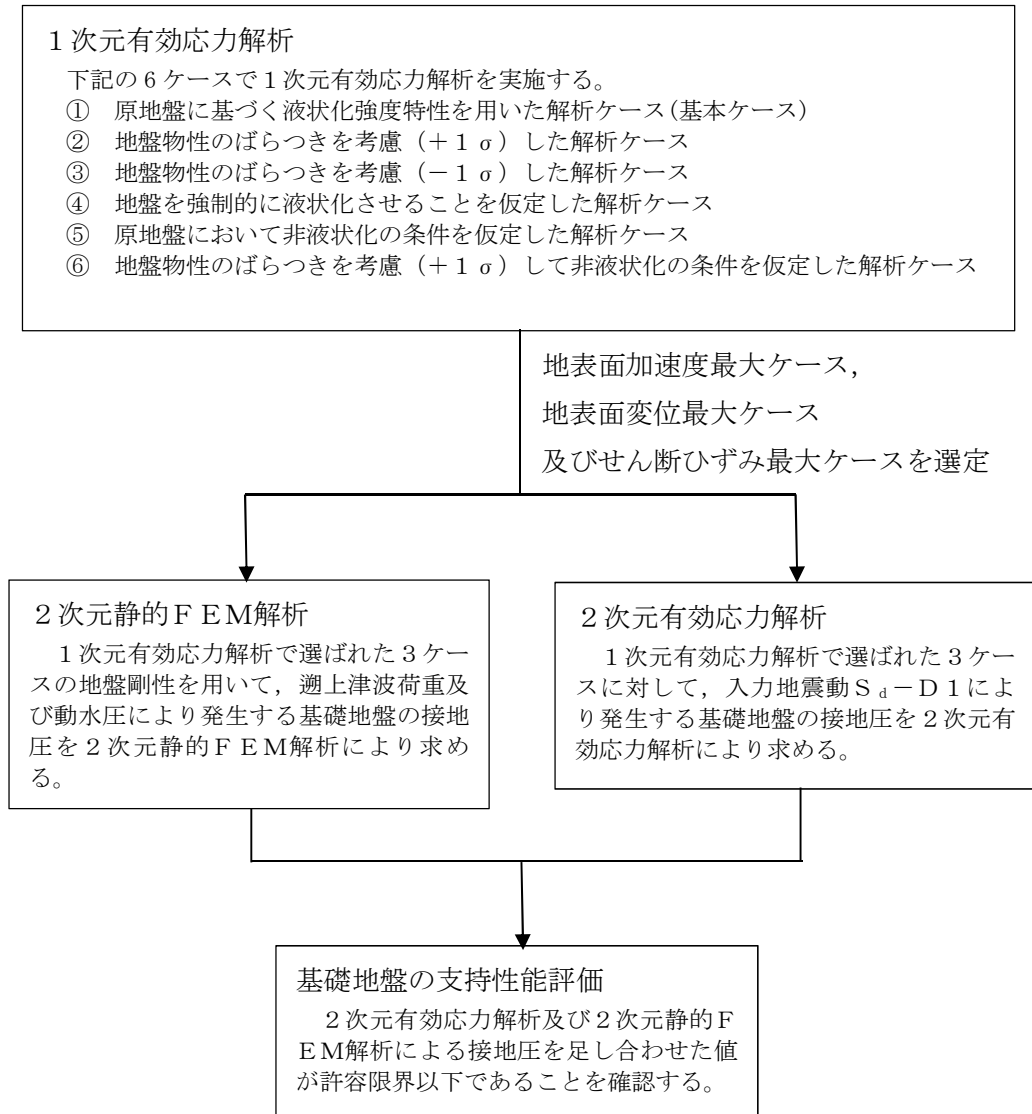


図 3.6-7 2次元静的FEM解析モデル

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、遡上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。図 3.6-8 に基礎地盤の支持性能評価フローを、図 3.6-9 に接地圧の算出フローを示す。



注記 * : 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 3.6-8 基礎地盤の支持性能評価フロー

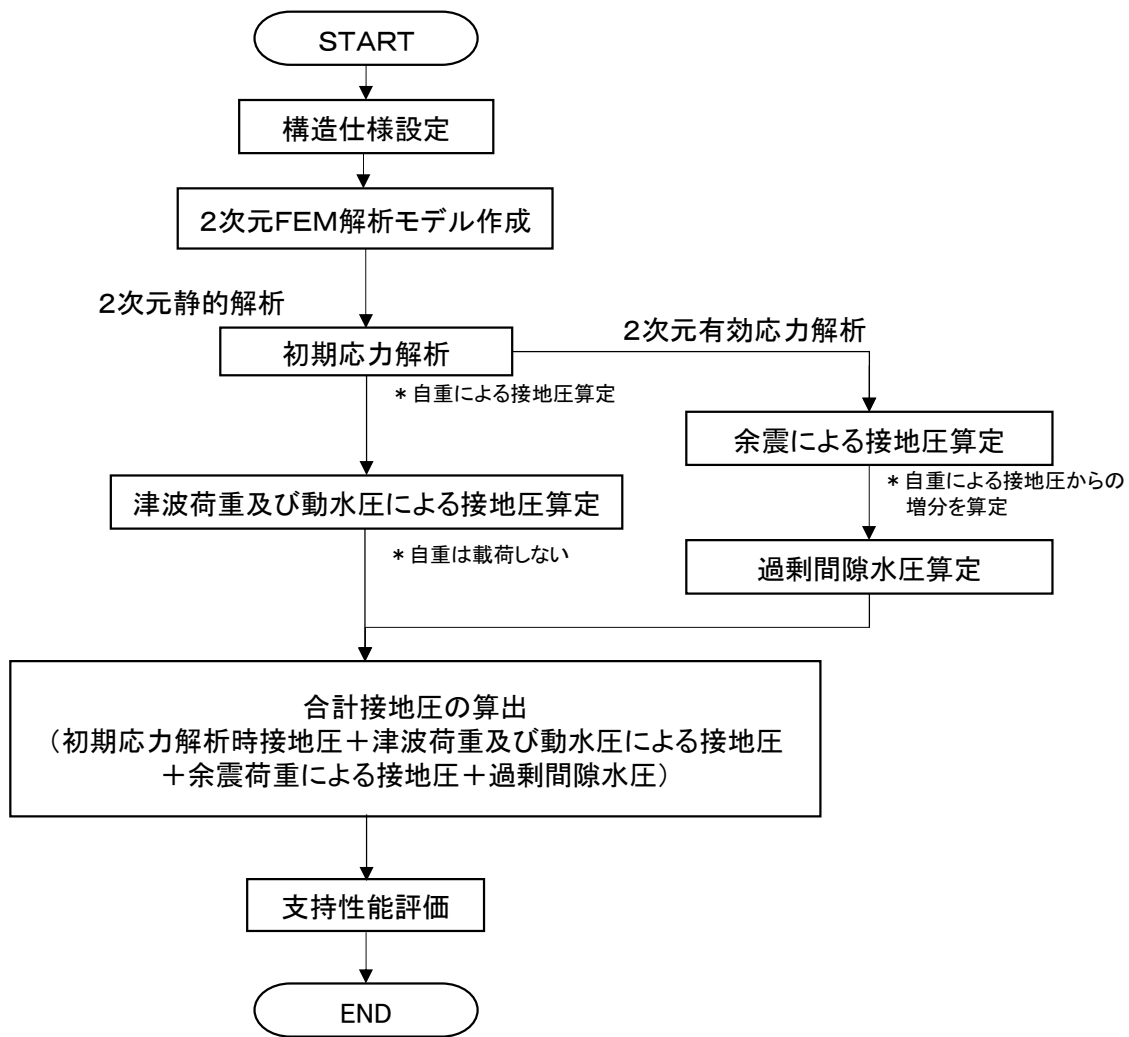


図 3.6-9 接地圧の算出フロー

(3) 止水ジョイント部材の変形量

止水ジョイント部材の変形量の評価は、「3.5.3 解析モデル及び諸元（津波時）」と同じ方法により、本震後の余震と津波の重畳時における変形量が許容限界以下であることを確認する。

4. 評価条件

「3. 強度評価方法」に用いる評価条件を以下に示す。

(1) 津波時

表 4.1-1 強度評価に用いる条件(津波時, 基準津波時)

記号	定義	数値	単位
g	重力加速度	9.80665	m/s^2
γ_w	海水の単位体積重量	10.1	kN/m^3
ρ	海水の密度	1030	kg/m^3
G	固定荷重 (防潮壁)	34533	kN
P	積載荷重 (放水路ゲート及び巻上機)	258	kN
P_s	積雪荷重	0.60	kN/m^2
h	設計用浸水深	5.65	m
P_t	遡上津波荷重 (設置地盤標高 : T. P. +6.6m)	171.2	kN/m^2
W_c	漂流物の重量	0.69	kN
v	津波最大流速	11	m/s
P_c	衝突荷重	759	kN
k_h	水平震度	-	-
k_v	鉛直震度	-	-
K_{Sd}	余震荷重	-	kN
y	動水圧の作用高さ	-	m
P_d	動水圧 (設置地盤標高 : T. P. +6.6m)	-	kN/m^2
σ_{ca}	コンクリートの許容曲げ圧縮応力度	21	N/mm^2
σ_{sa}	鉄筋の短期許容引張応力度 (SD490)	435	N/mm^2
τ_{a1}	コンクリートの短期許容せん断応力度	0.825	N/mm^2
τ_a	コンクリート(放水路及び隔壁)の短期許容せん断応力度	1.35	N/mm^2
V_a	斜め引張鉄筋を考慮する場合の短期許容せん断力	8587	kN

表 4.1-2 強度評価に用いる条件(津波時, 敷地に遡上する津波時)

記号	定義	数値	単位
g	重力加速度	9.80665	m/s^2
γ_w	海水の単位体積重量	10.1	kN/m^3
ρ	海水の密度	1030	kg/m^3
G	固定荷重 (防潮壁)	34533	kN
P	積載荷重 (放水路ゲート及び巻上機)	258	kN
P_s	積雪荷重	0.60	kN/m^2
h	設計用浸水深	8.70	m
P_t	遡上津波荷重 (設置地盤標高 : T. P. +6.6m)	263.6	kN/m^2
W_c	漂流物の重量	0.69	kN
v	津波最大流速	15	m/s
P_c	衝突荷重	1035	kN
k_h	水平震度	-	-
k_v	鉛直震度	-	-
K_{Sd}	余震荷重	-	kN
y	動水圧の作用高さ	-	m
P_d	動水圧 (設置地盤標高 : T. P. +6.6m)	-	kN/m^2
σ_{ca}	コンクリートの許容曲げ圧縮応力度	28	N/mm^2
σ_{sa}	鉄筋の短期許容引張応力度 (SD490)	478.5	N/mm^2
τ_{a1}	コンクリートの短期許容せん断応力度	1.1	N/mm^2
τ_a	コンクリート(放水路及び隔壁)の短期許容せん断応力度	1.35	N/mm^2
V_a	斜め引張鉄筋を考慮する場合の短期許容せん断力	9965	kN

表 4.1-3 強度評価に用いる条件(重畳時, 地盤ばね 3, 基準津波時)

記号	定義	数値	単位
g	重力加速度	9.80665	m/s^2
γ_w	海水の単位体積重量	10.1	kN/m^3
ρ	海水の密度	1030	kg/m^3
G	固定荷重 (防潮壁)	34533	kN
P	積載荷重 (放水路ゲート及び巻上機)	258	kN
P_s	積雪荷重	0.21	kN/m^2
h	設計用浸水深	5.65	m
P_t	遡上津波荷重 (設置地盤標高 : T. P. +6.6m)	171.2	kN/m^2
W_c	漂流物の重量	-	kN
v	津波最大流速	-	m/s
P_c	衝突荷重	-	kN
k_h	水平震度	0.19	-
k_v	鉛直震度	0.20	-
K_{Sd}	余震荷重	震度×自重	kN
y	動水圧の作用高さ	4.52	m
P_d	動水圧 (設置地盤標高 : T. P. +6.6m)	19.0	kN/m^2
σ_{ca}	コンクリートの許容曲げ圧縮応力度	21	N/mm^2
σ_{sa}	鉄筋の短期許容引張応力度 (SD490)	435	N/mm^2
τ_{a1}	コンクリートの短期許容せん断応力度	0.825	N/mm^2
τ_a	コンクリート(放水路及び隔壁)の短期許容せん断応力度	1.35	N/mm^2
V_a	斜め引張鉄筋を考慮する場合の短期許容せん断力	8587	kN

表 4.1-4 強度評価に用いる条件(重畳時, 地盤ばね 3, 敷地に遡上する津波時)

記号	定義	数値	単位
g	重力加速度	9.80665	m/s^2
γ_w	海水の単位体積重量	10.1	kN/m^3
ρ	海水の密度	1030	kg/m^3
G	固定荷重 (防潮壁)	34533	kN
P	積載荷重 (放水路ゲート及び巻上機)	258	kN
P_s	積雪荷重	0.21	kN/m^2
h	設計用浸水深	8.70	m
P_t	遡上津波荷重 (設置地盤標高 : T. P. +6.6m)	263.6	kN/m^2
W_c	漂流物の重量	-	kN
v	津波最大流速	-	m/s
P_c	衝突荷重	-	kN
k_h	水平震度	0.19	-
k_v	鉛直震度	0.20	-
K_{Sd}	余震荷重	震度×自重	kN
y	動水圧の作用高さ	6.96	m
P_d	動水圧 (設置地盤標高 : T. P. +6.6m)	29.2	kN/m^2
σ_{ca}	コンクリートの許容曲げ圧縮応力度	28	N/mm^2
σ_{sa}	鉄筋の短期許容引張応力度 (SD490)	478.5	N/mm^2
τ_{a1}	コンクリートの短期許容せん断応力度	1.1	N/mm^2
τ_a	コンクリート(放水路及び隔壁)の短期許容せん断応力度	1.35	N/mm^2
V_a	斜め引張鉄筋を考慮する場合の短期許容せん断力	9965	kN

表 4.1-5 強度評価に用いる条件(重畳時, 地盤ばね 4, 基準津波時)

記号	定義	数値	単位
g	重力加速度	9.80665	m/s^2
γ_w	海水の単位体積重量	10.1	kN/m^3
ρ	海水の密度	1030	kg/m^3
G	固定荷重 (防潮壁)	34533	kN
P	積載荷重 (放水路ゲート及び巻上機)	258	kN
P_s	積雪荷重	0.21	kN/m^2
h	設計用浸水深	5.65	m
P_t	遡上津波荷重 (設置地盤標高 : T. P. +6.6m)	171.2	kN/m^2
W_c	漂流物の重量	-	kN
v	津波最大流速	-	m/s
P_c	衝突荷重	-	kN
k_h	水平震度	0.08	-
k_v	鉛直震度	0.20	-
K_{Sd}	余震荷重	震度×自重	kN
y	動水圧の作用高さ	4.52	m
P_d	動水圧 (設置地盤標高 : T. P. +6.6m)	8.0	kN/m^2
σ_{ca}	コンクリートの許容曲げ圧縮応力度	21	N/mm^2
σ_{sa}	鉄筋の短期許容引張応力度 (SD490)	435	N/mm^2
τ_{a1}	コンクリートの短期許容せん断応力度	0.825	N/mm^2
τ_a	コンクリート(放水路及び隔壁)の短期許容せん断応力度	1.35	N/mm^2
V_a	斜め引張鉄筋を考慮する場合の短期許容せん断力	8587	kN

表 4.1-6 強度評価に用いる条件(重畳時, 地盤ばね 4, 敷地に遡上する津波時)

記号	定義	数値	単位
g	重力加速度	9.80665	m/s^2
γ_w	海水の単位体積重量	10.1	kN/m^3
ρ	海水の密度	1030	kg/m^3
G	固定荷重 (防潮壁)	34533	kN
P	積載荷重 (放水路ゲート及び巻上機)	258	kN
P_s	積雪荷重	0.21	kN/m^2
h	設計用浸水深	8.70	m
P_t	遡上津波荷重 (設置地盤標高 : T. P. +6.6m)	263.6	kN/m^2
W_c	漂流物の重量	-	kN
v	津波最大流速	-	m/s
P_c	衝突荷重	-	kN
k_h	水平震度	0.08	-
k_v	鉛直震度	0.20	-
K_{Sd}	余震荷重	震度×自重	kN
y	動水圧の作用高さ	6.96	m
P_d	動水圧 (設置地盤標高 : T. P. +6.6m)	12.3	kN/m^2
σ_{ca}	コンクリートの許容曲げ圧縮応力度	28	N/mm^2
σ_{sa}	鉄筋の短期許容引張応力度 (SD490)	478.5	N/mm^2
τ_{a1}	コンクリートの短期許容せん断応力度	1.1	N/mm^2
τ_a	コンクリート(放水路及び隔壁)の短期許容せん断応力度	1.35	N/mm^2
V_a	斜め引張鉄筋を考慮する場合の短期許容せん断力	9965	kN

表 4.1-7 強度評価に用いる条件(重畳時, 地盤ばね 5, 基準津波時)

記号	定義	数値	単位
g	重力加速度	9.80665	m/s^2
γ_w	海水の単位体積重量	10.1	kN/m^3
ρ	海水の密度	1030	kg/m^3
G	固定荷重 (防潮壁)	34533	kN
P	積載荷重 (放水路ゲート及び巻上機)	258	kN
P_s	積雪荷重	0.21	kN/m^2
h	設計用浸水深	5.65	m
P_t	遡上津波荷重 (設置地盤標高 : T. P. +6.6m)	171.2	kN/m^2
W_c	漂流物の重量	-	kN
v	津波最大流速	-	m/s
P_c	衝突荷重	-	kN
k_h	水平震度	0.13	-
k_v	鉛直震度	0.20	-
K_{Sd}	余震荷重	震度×自重	kN
y	動水圧の作用高さ	4.52	m
P_d	動水圧 (設置地盤標高 : T. P. +6.6m)	13.0	kN/m^2
σ_{ca}	コンクリートの許容曲げ圧縮応力度	21	N/mm^2
σ_{sa}	鉄筋の短期許容引張応力度 (SD490)	435	N/mm^2
τ_{a1}	コンクリートの短期許容せん断応力度	0.825	N/mm^2
τ_a	コンクリート(放水路及び隔壁)の短期許容せん断応力度	1.35	N/mm^2
V_a	斜め引張鉄筋を考慮する場合の短期許容せん断力	8587	kN

表 4.1-8 強度評価に用いる条件(重畳時, 地盤ばね 5, 敷地に遡上する津波時)

記号	定義	数値	単位
g	重力加速度	9.80665	m/s^2
γ_w	海水の単位体積重量	10.1	kN/m^3
ρ	海水の密度	1030	kg/m^3
G	固定荷重 (防潮壁)	34533	kN
P	積載荷重 (放水路ゲート及び巻上機)	258	kN
P_s	積雪荷重	0.21	kN/m^2
h	設計用浸水深	8.70	m
P_t	遡上津波荷重 (設置地盤標高 : T. P. +6.6m)	263.6	kN/m^2
W_c	漂流物の重量	-	kN
v	津波最大流速	-	m/s
P_c	衝突荷重	-	kN
k_h	水平震度	0.13	-
k_v	鉛直震度	0.20	-
K_{Sd}	余震荷重	震度×自重	kN
y	動水圧の作用高さ	6.96	m
P_d	動水圧 (設置地盤標高 : T. P. +6.6m)	20.0	kN/m^2
σ_{ca}	コンクリートの許容曲げ圧縮応力度	28	N/mm^2
σ_{sa}	鉄筋の短期許容引張応力度 (SD490)	478.5	N/mm^2
τ_{a1}	コンクリートの短期許容せん断応力度	1.1	N/mm^2
τ_a	コンクリート(放水路及び隔壁)の短期許容せん断応力度	1.35	N/mm^2
V_a	斜め引張鉄筋を考慮する場合の短期許容せん断力	9965	kN

5. 評価結果

5.1 津波時の強度評価結果

津波時の2次元静的フレーム解析に設定した地盤ばね1及び地盤ばね2の水平方向地盤反力係数，地盤反力上限値及びそれぞれの値を比較したものを図5.1-1に示す。

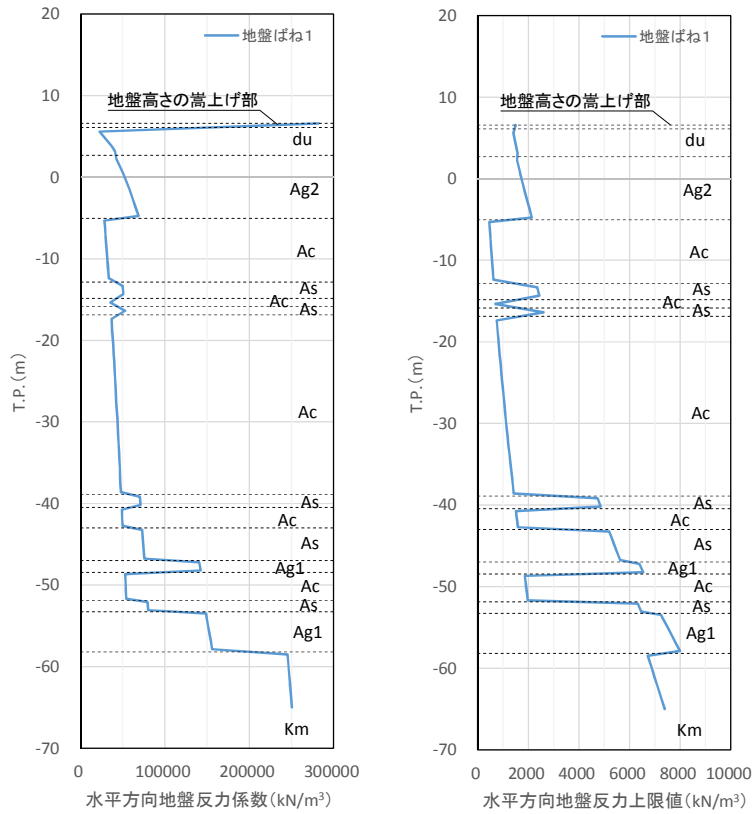


図 5.1-1 (1) 水平方向地盤反力係数及び反力上限値 (地盤ばね1)

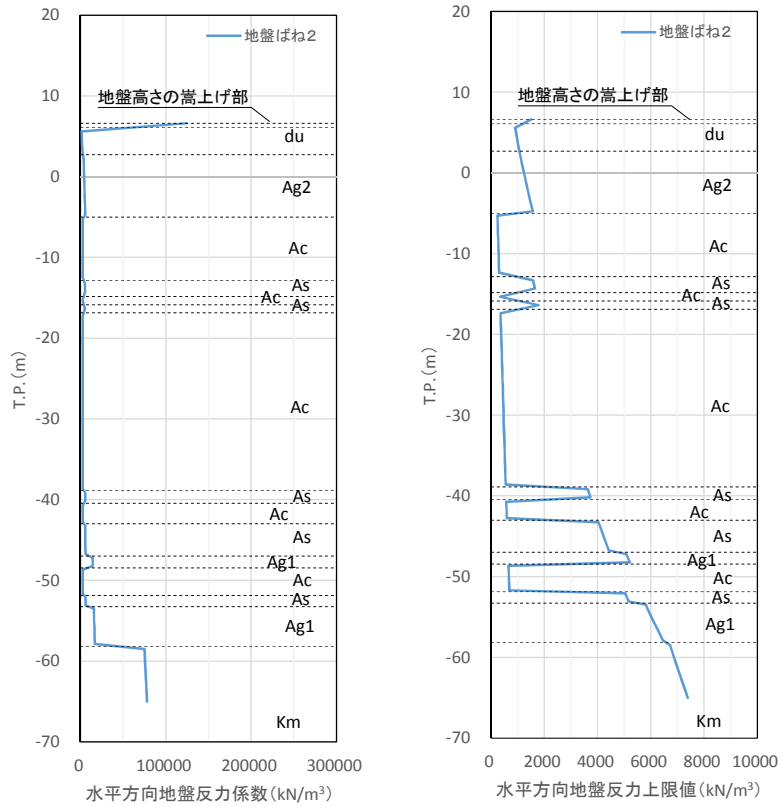


図 5.1-1 (2) 水平方向地盤反力係数及び反力上限値 (地盤ばね 2)

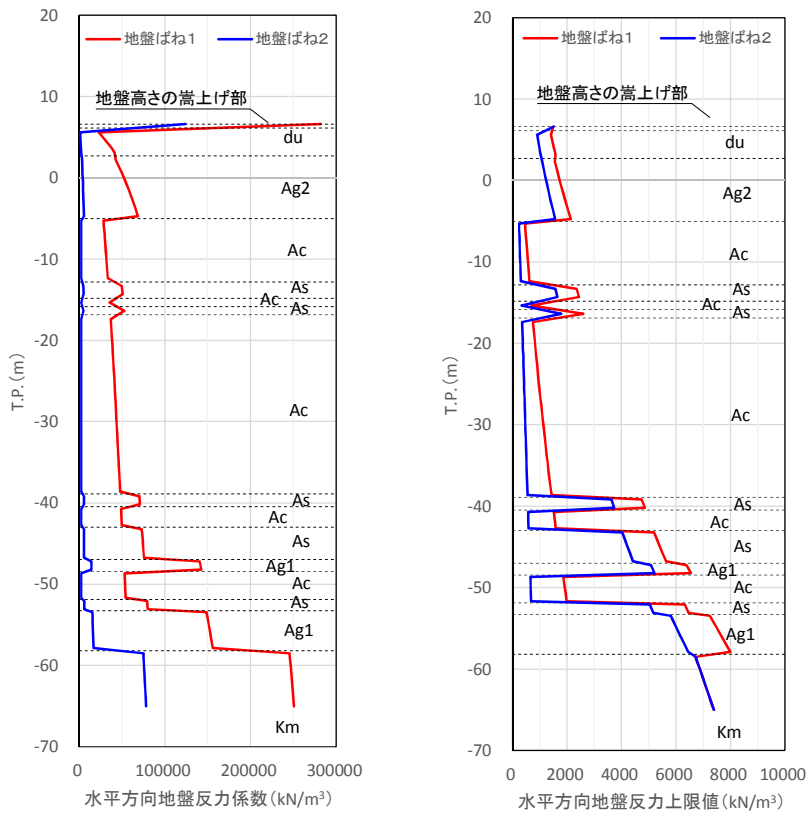


図 5.1-1 (3) 地盤ばね 1 及び地盤ばね 2 の比較

5.1.1 防潮壁の評価結果

(1) コンクリートの曲げ軸力に対する照査

断面計算に用いた断面諸元の一覧を表 5.1-1 に、概略配筋図を図 5.1-2 に、評価位置を図 5.1-3 に示す。

津波時におけるコンクリートの曲げ軸力に対する評価結果を表 5.1-2 に示す。防潮壁に対して許容応力度法による照査を行った結果、圧縮応力度が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各地盤ケースにおいて最大となる値を示している。

表 5.1-1 (1) 断面諸元一覧表 (主鉄筋)

部位	断面性状				主鉄筋				
	部材幅	部材高	かぶり	有効高さ	鉄筋種別	径	段数	鉄筋間隔	鉄筋量
	b (m)	h (m)	d' (m)	d (m)	(-)	(mm)	(-)	(mm)	(cm ²)
防潮壁(堤内側)	1.000	6.500	0.300	6.200	SD490	51	2	200	195.8
防潮壁(堤外側)	1.000	6.500	0.300	6.200	SD490	51	2	200	202.7
地中連続壁 基礎(鉛直)	0.470	22.960	0.260	22.700	SD490	51	1	200	101.4
地中連続壁 基礎(水平)	1.000	2.360	0.309	2.051	SD490	51	1	150	135.1

表 5.1-1 (2) 断面諸元一覧表 (せん断補強鉄筋)

部位	断面性状				せん断補強筋				
	部材幅	部材高	かぶり	有効高さ	鉄筋種別	径	Sb	Ss	鉄筋量
	b (m)	h (m)	d' (m)	d (m)	(-)	(mm)	(mm)	(mm)	(cm ²)
防潮壁	1.000	6.500	0.300	6.200	SD345	29	400	400	40.2
地中連続壁 基礎(鉛直)	0.470	22.960	0.260	22.700	SD490	51	(8本)	150	8.1
地中連続壁 基礎(水平)	1.000	2.360	0.309	2.051	SD345	38	600	300	63.3

注記 : () 内の値は、水平全断面当たりの本数

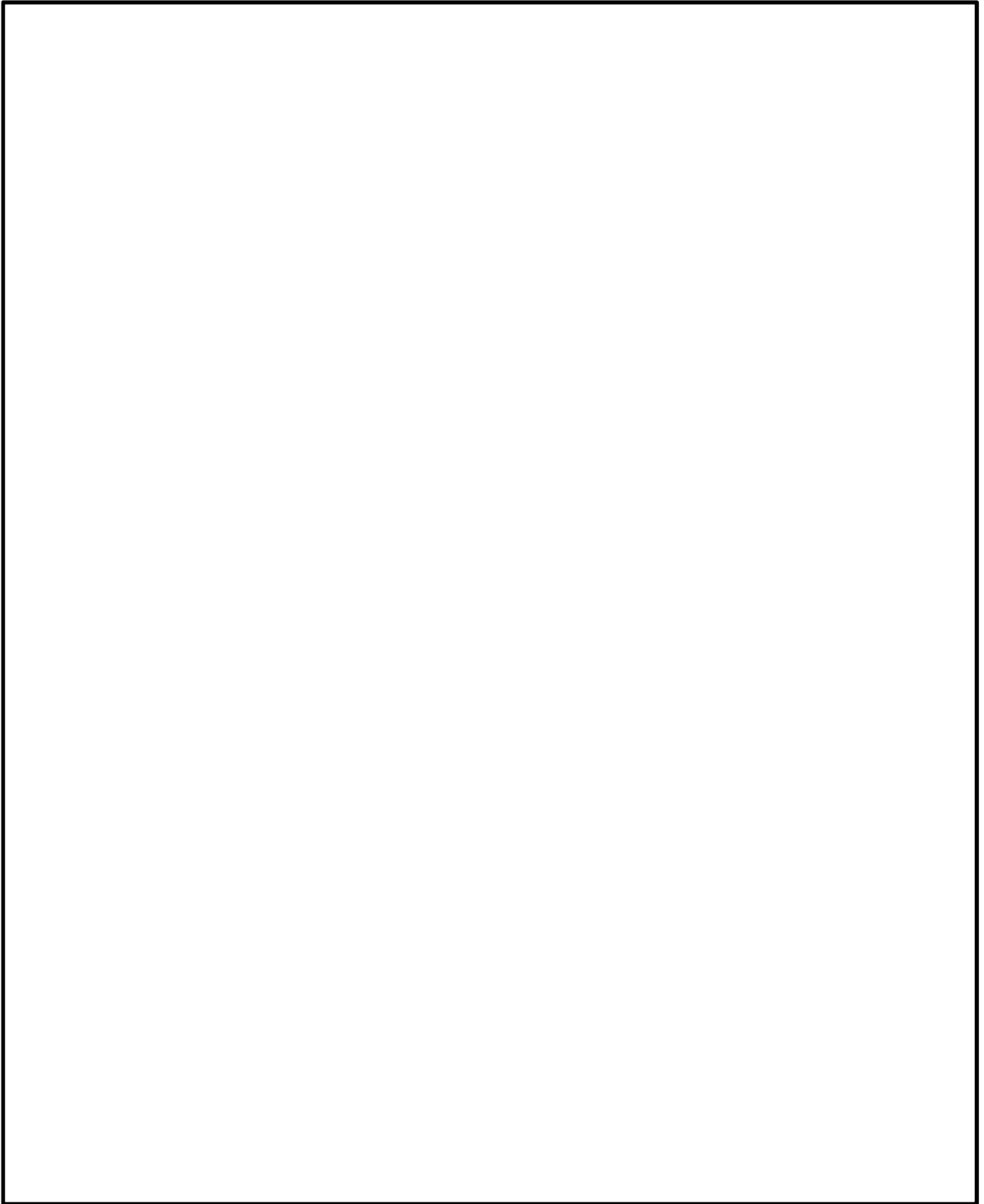


图 5.1-2 (1) 概略配筋图 (防潮壁)

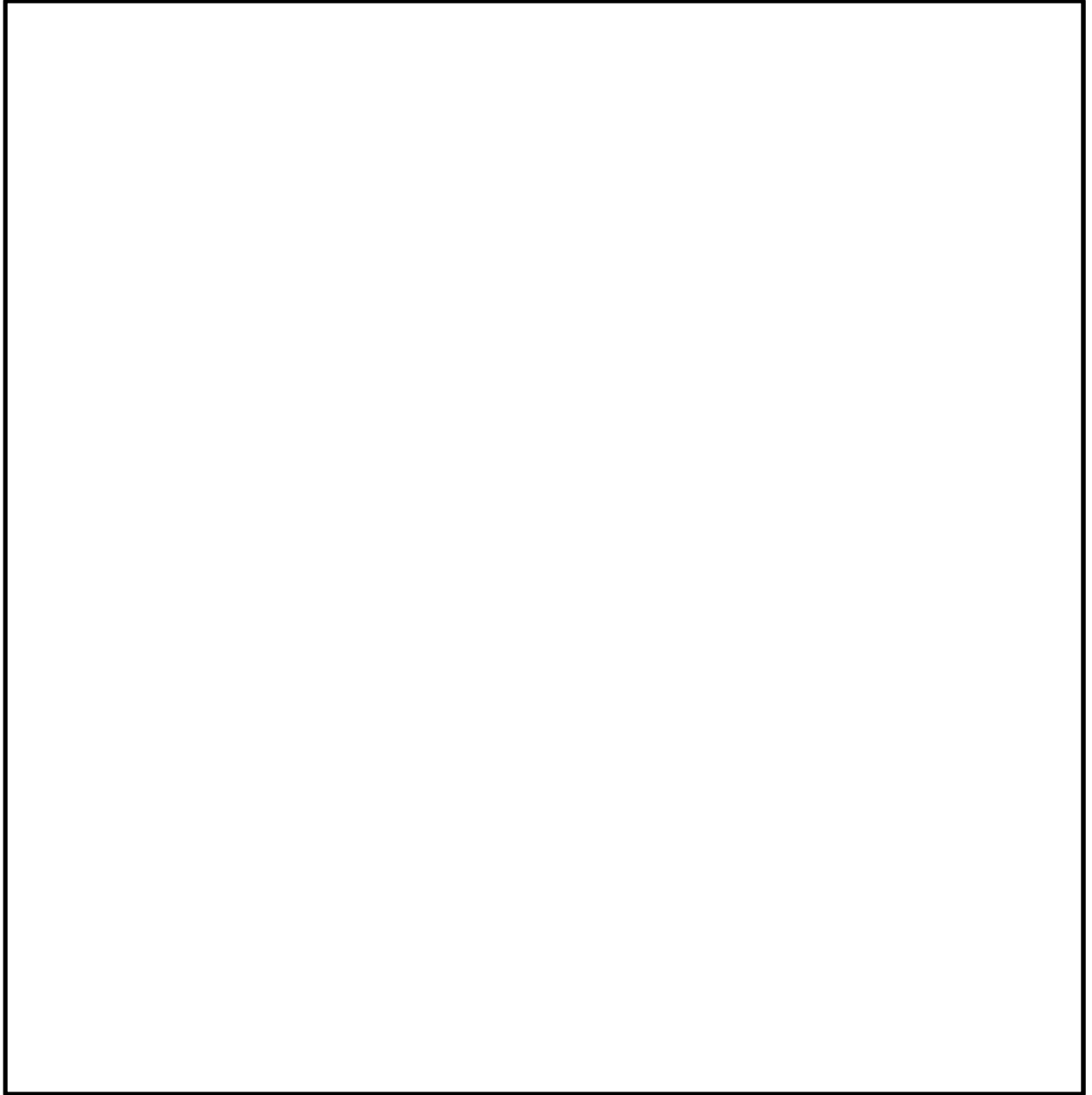
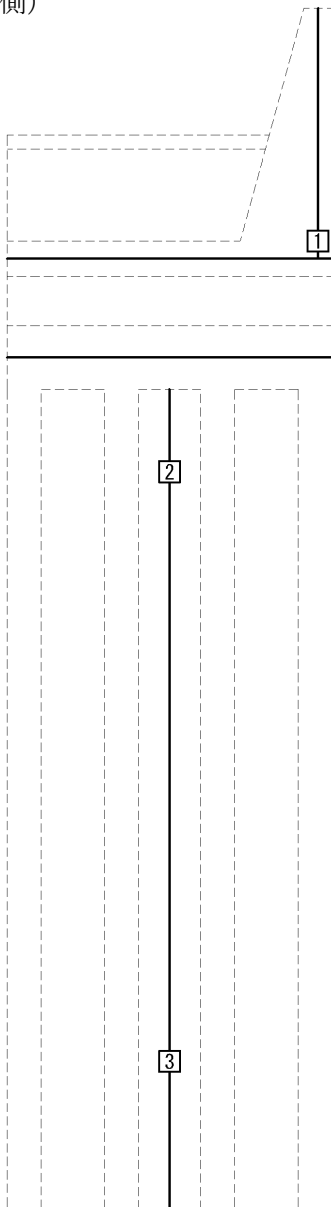


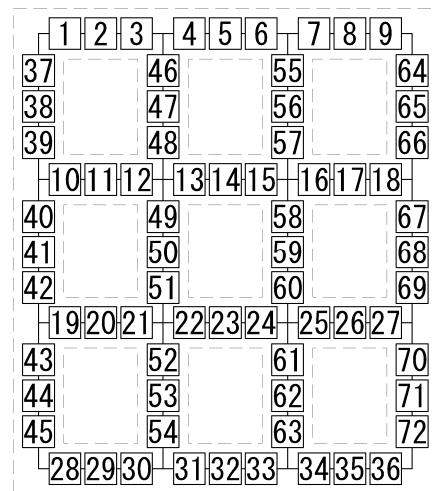
図 5.1-2 (2) 概略配筋図 (地中連続壁基礎)

(堤内側)



(堤外側)

(堤外側)



(堤内側)

防潮壁及び地中連続壁基礎 (鉛直)

地中連続壁基礎 (水平)

図 5.1-3 評価位置

表 5.1-2 (1) コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果 (津波時：基準津波時)

検討ケース	評価位置	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}
		曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)			
地盤ばね 1	1	27947	1694	5.23	21.0	0.25
地盤ばね 2	1	27947	1694	5.23	21.0	0.25

表 5.1-2 (2) コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果 (津波時：敷地に遡上する津波時)

検討ケース	評価位置	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}
		曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)			
地盤ばね 1	1	44820	1774	8.27	28.0	0.30
地盤ばね 2	1	44820	1774	8.27	28.0	0.30

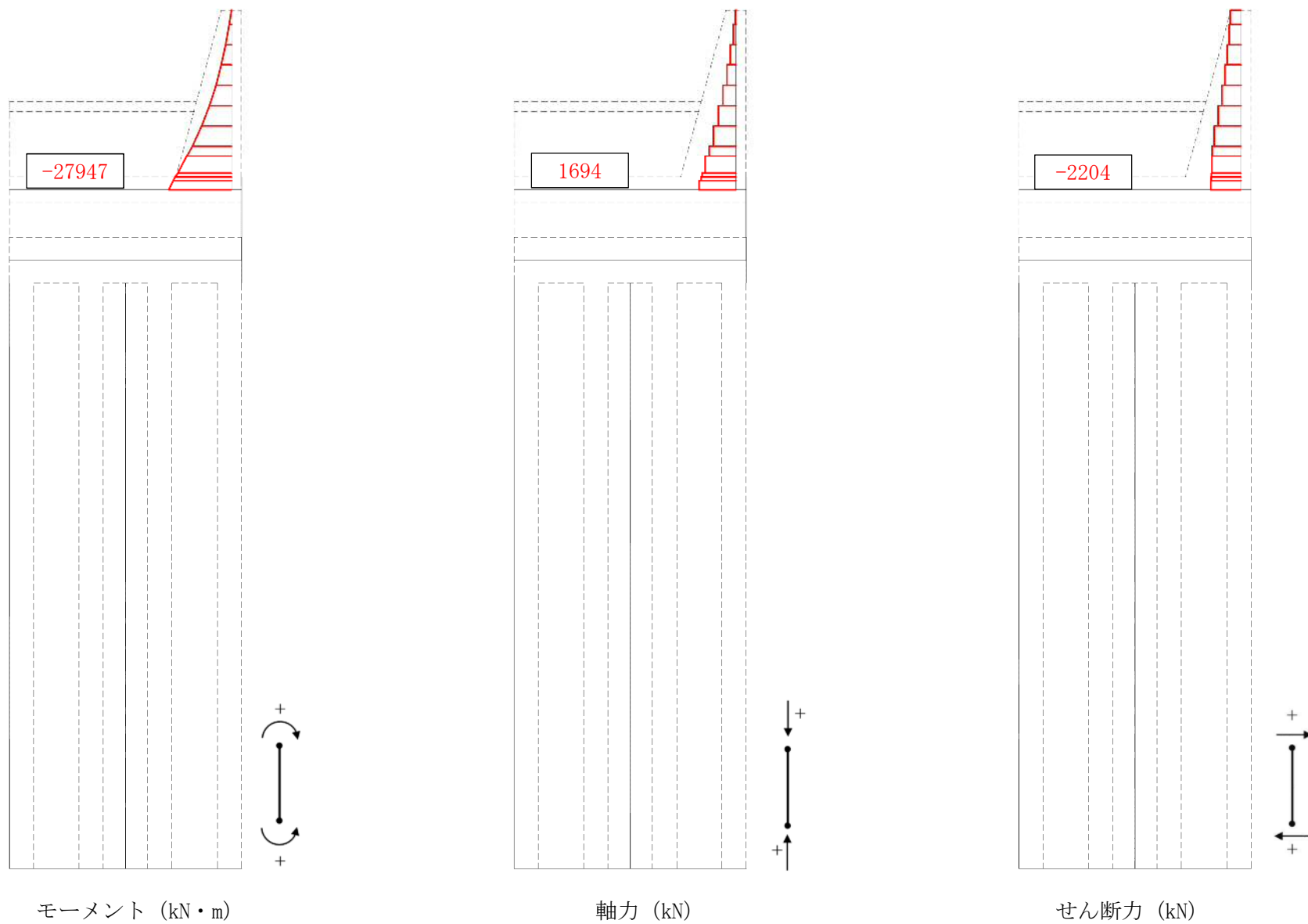


図 5.1-4 (1) 断面力図 (津波時：基準津波時，地盤ばね 1)

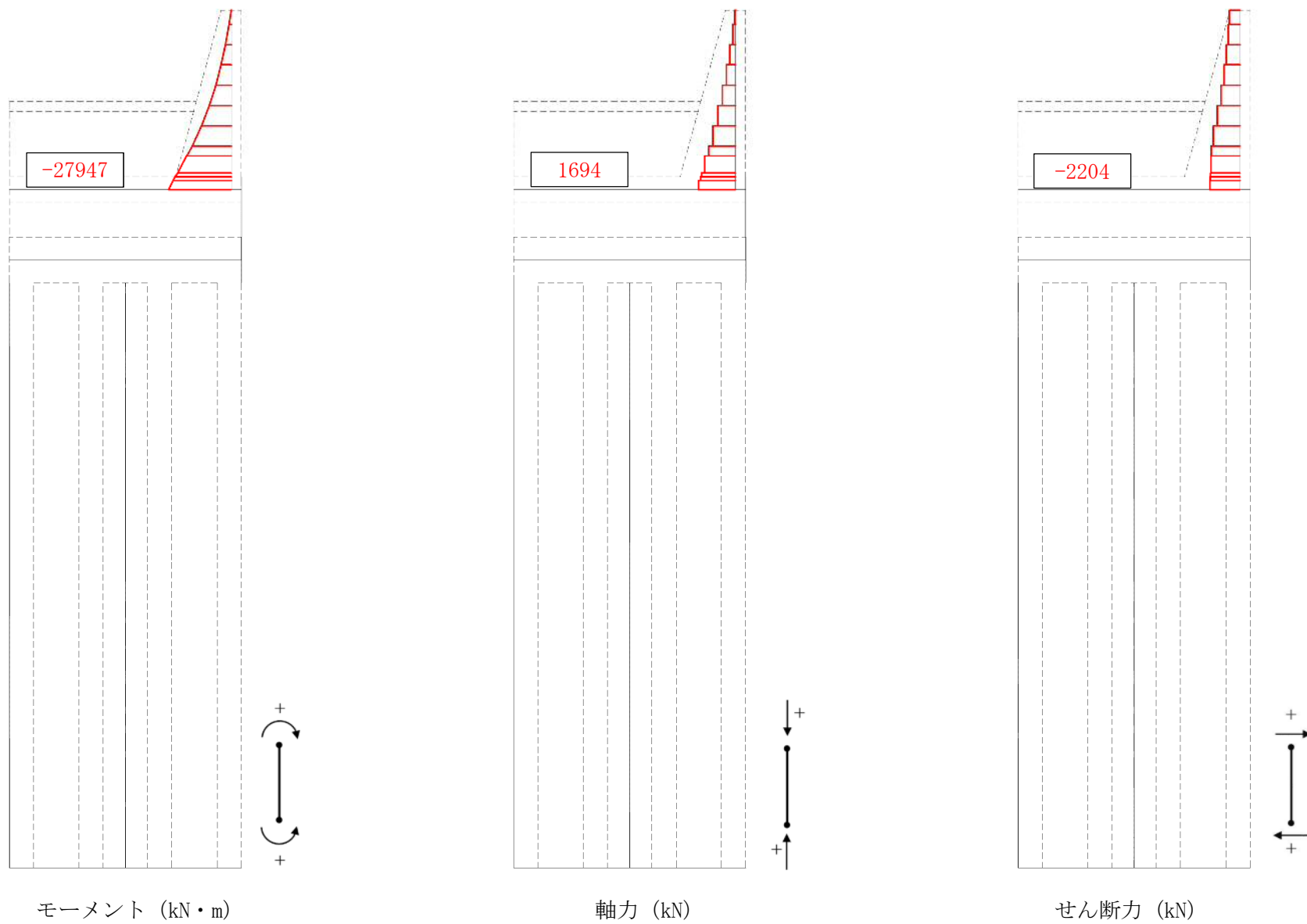


図 5. 1-4 (2) 断面力図 (津波時：基準津波時，地盤ばね 2)

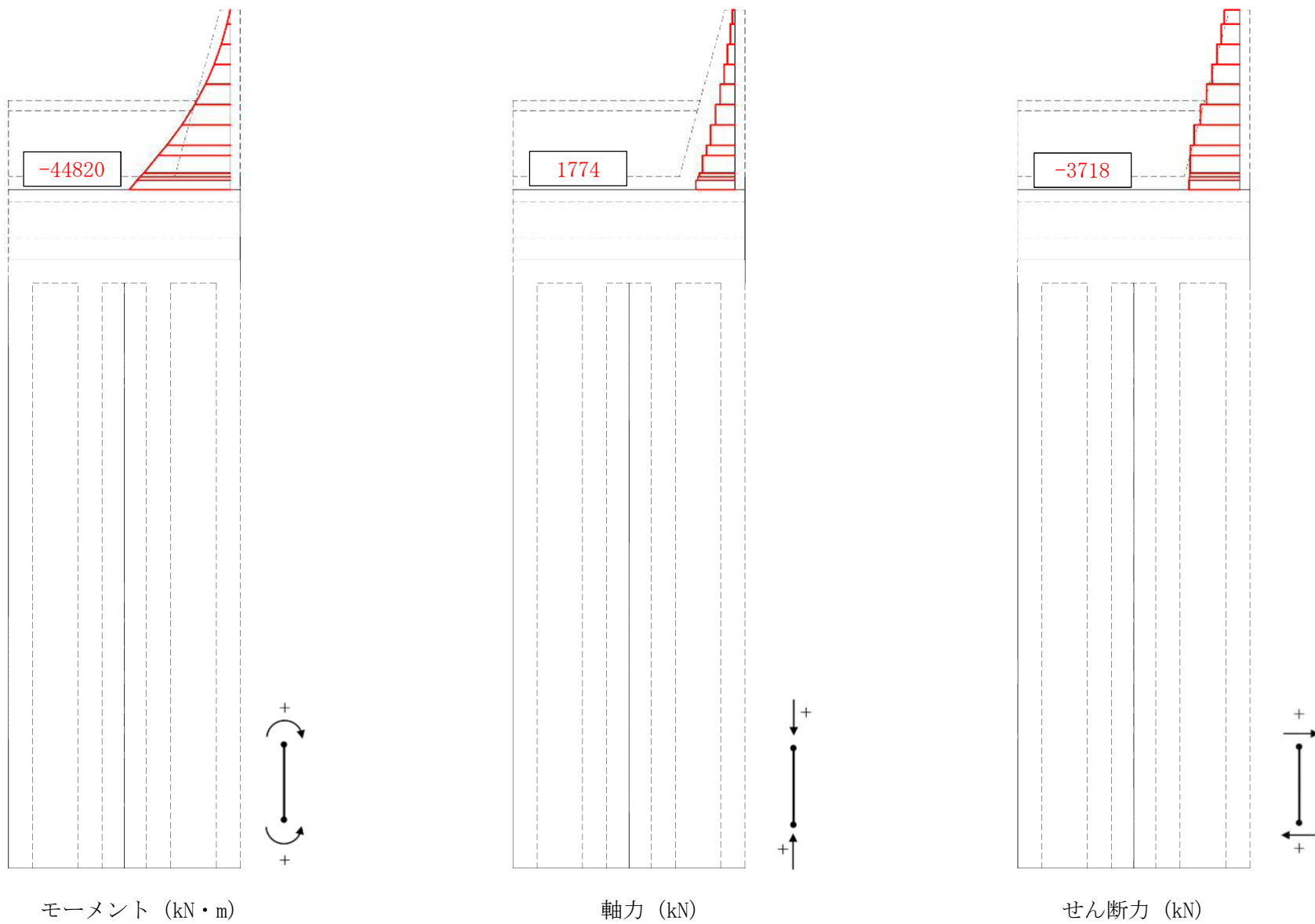


図 5.1-4 (3) 断面力図 (津波時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね1)

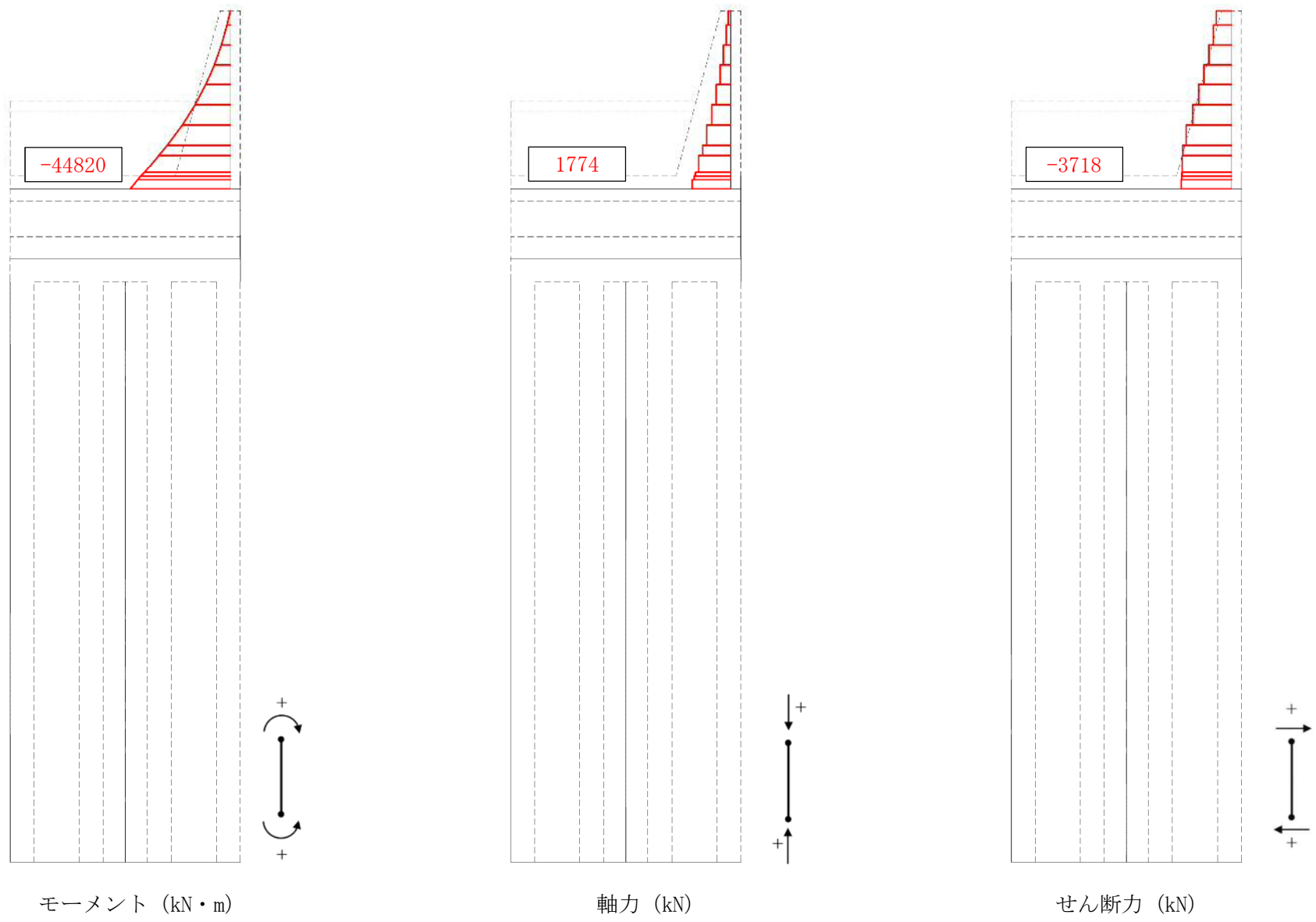


図 5. 1-4 (4) 断面力図 (津波時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね 2)

(2) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査

津波時における鉄筋の曲げ軸力に対する評価結果を表 5.1-3 に示す。防潮壁に対して許容応力度法による照査を行った結果、引張応力度が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各地盤ケースにおいて最大となる値を示している。

また、照査に用いた鉄筋を着色した概略配筋図を図 5.1-5 に示す。

表 5.1-3 (1) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果 (津波時：基準津波時)

検討ケース	評価位置	発生断面力		引張 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}
		曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)			
地盤ばね 1	1	27947	1694	206.77	435.0	0.48
地盤ばね 2	1	27947	1694	206.77	435.0	0.48

表 5.1-3 (2) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果 (津波時：敷地に遡上する津波時)

検討ケース	評価位置	発生断面力		引張 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}
		曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)			
地盤ばね 1	1	44820	1774	352.29	478.5	0.74
地盤ばね 2	1	44820	1774	352.29	478.5	0.74

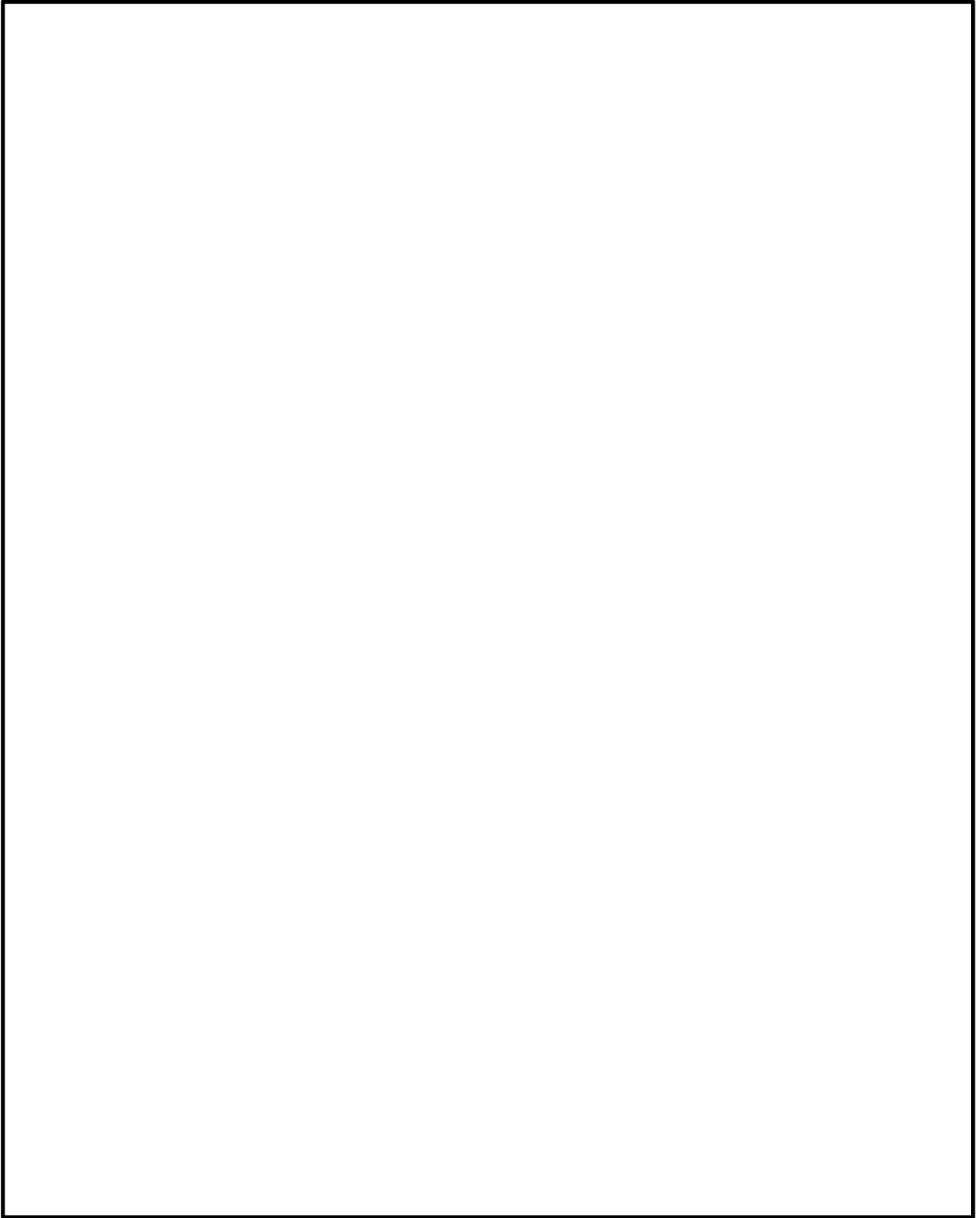


图 5.1—5 概略配筋图 (防潮壁)

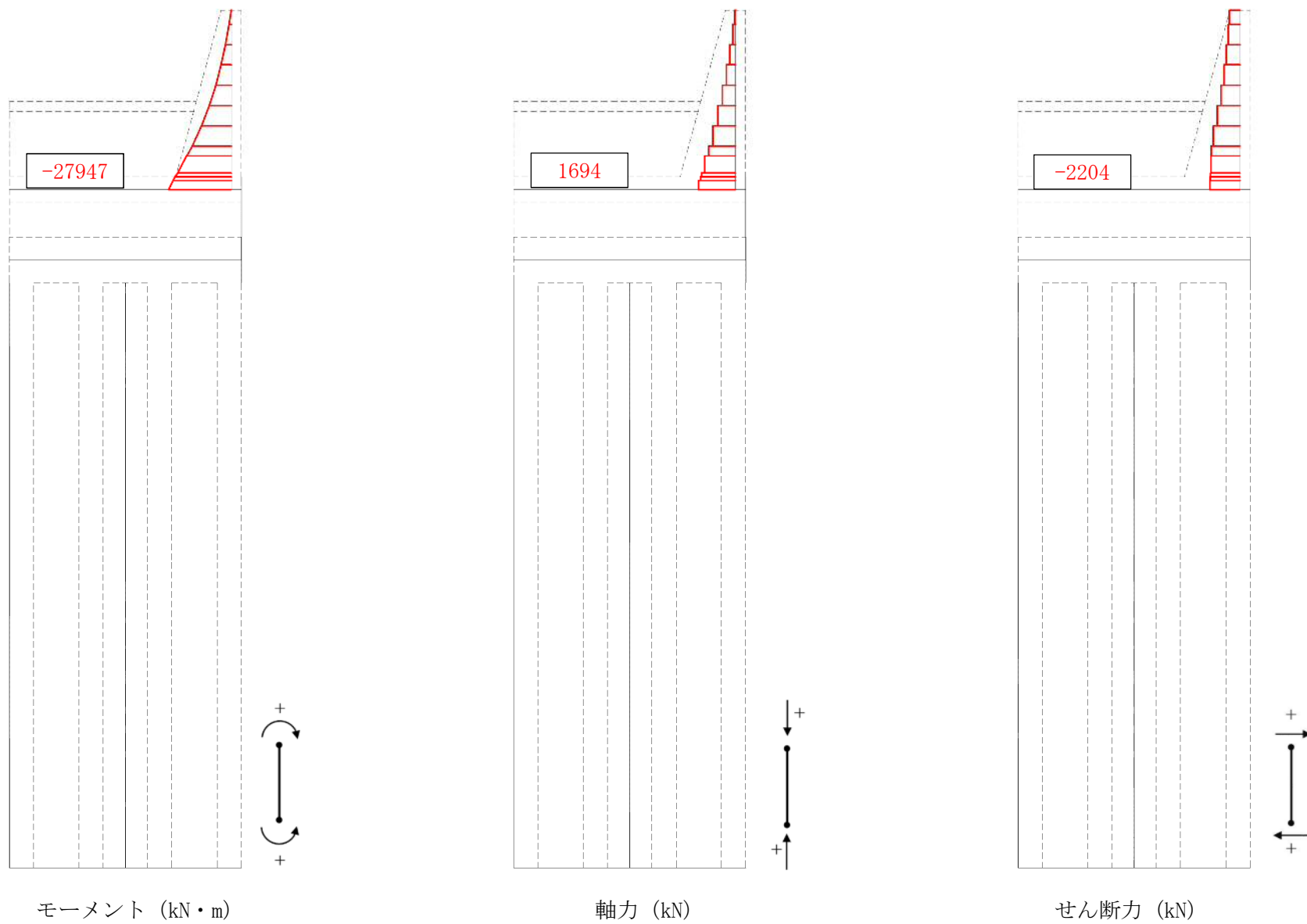


図 5.1-6 (1) 断面力図 (津波時：基準津波時，地盤ばね 1)

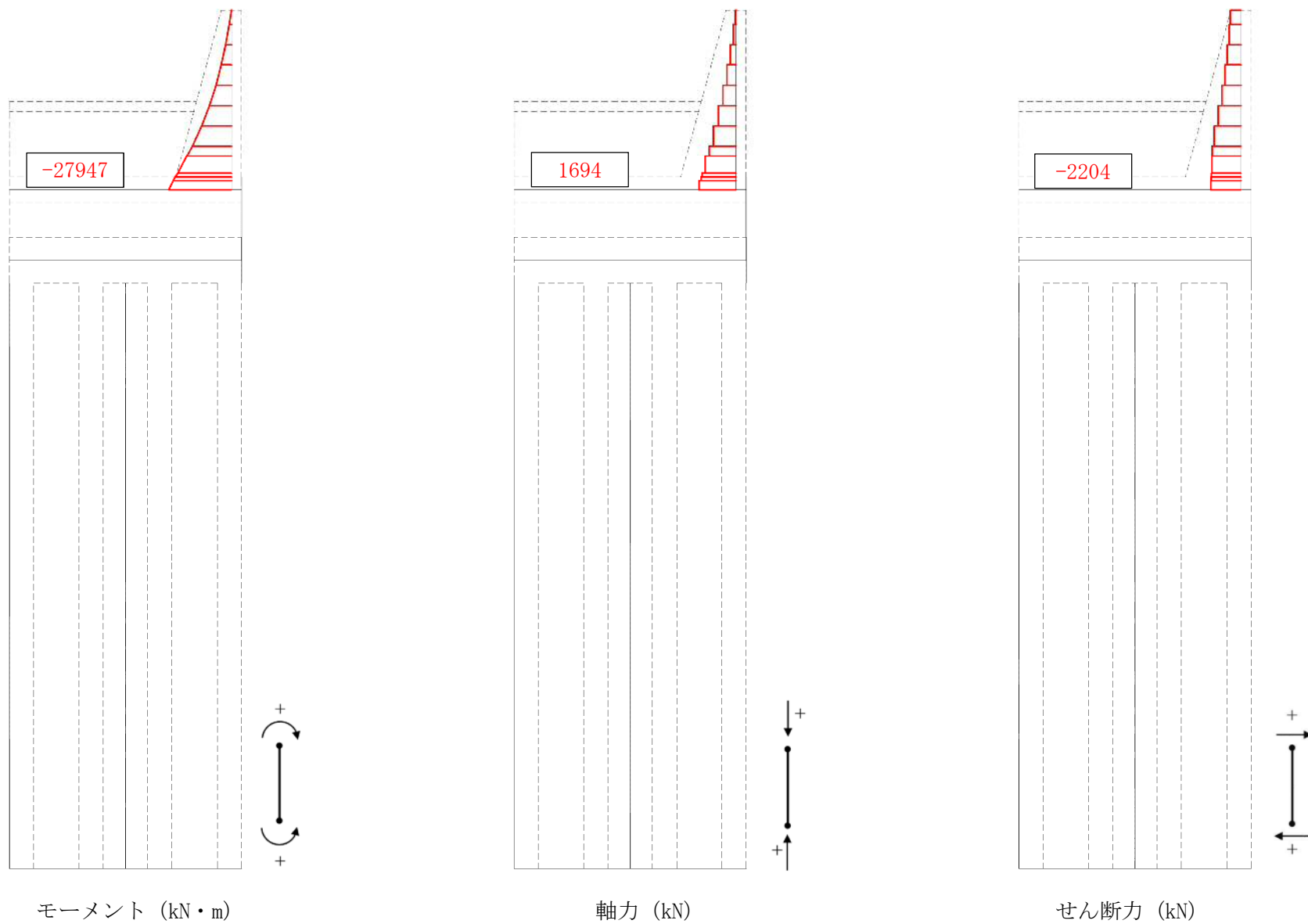


図 5.1-6 (2) 断面力図 (津波時: 基準津波時, 地盤ばね 2)

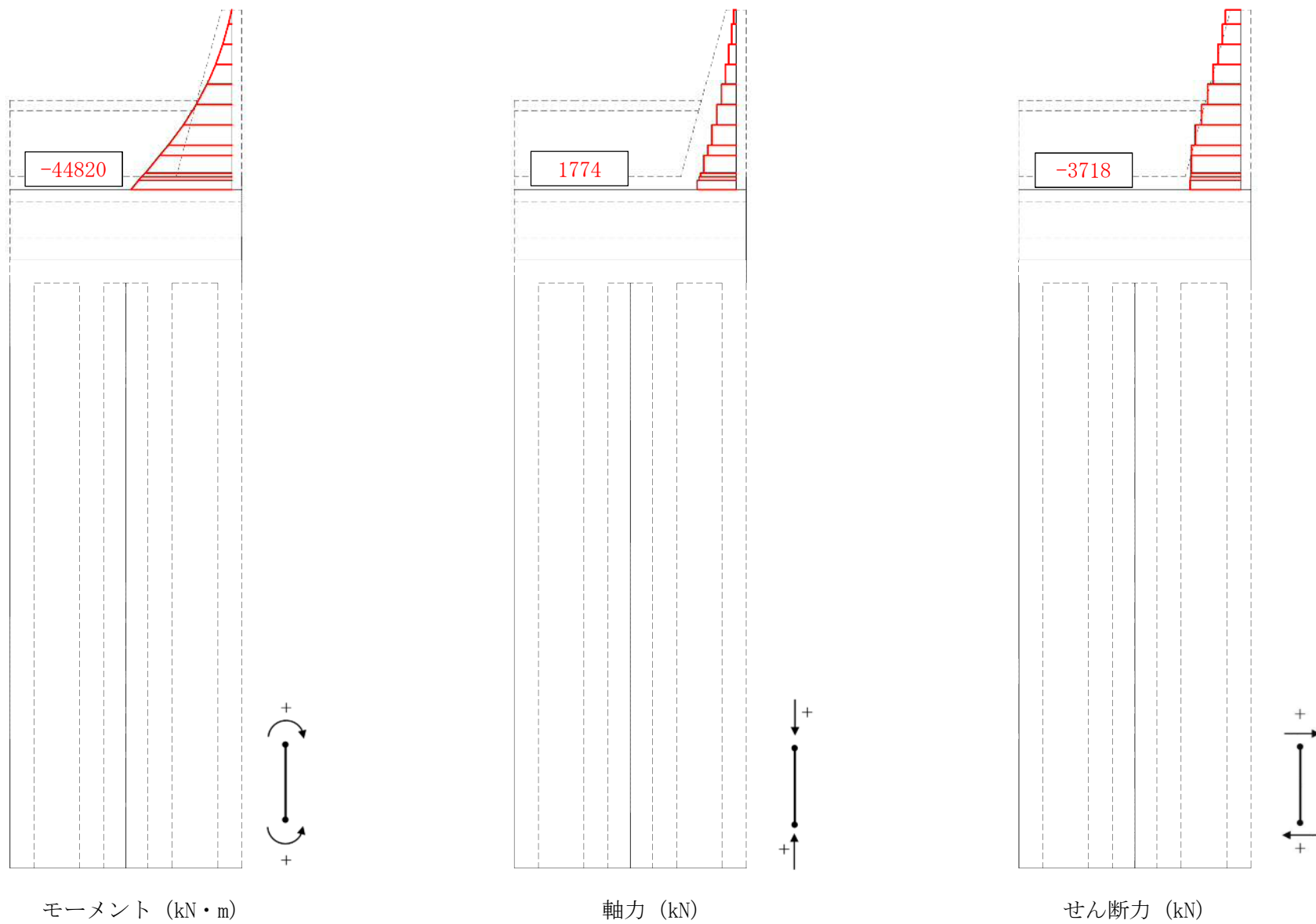


図 5.1-6 (3) 断面力図 (津波時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね 1)

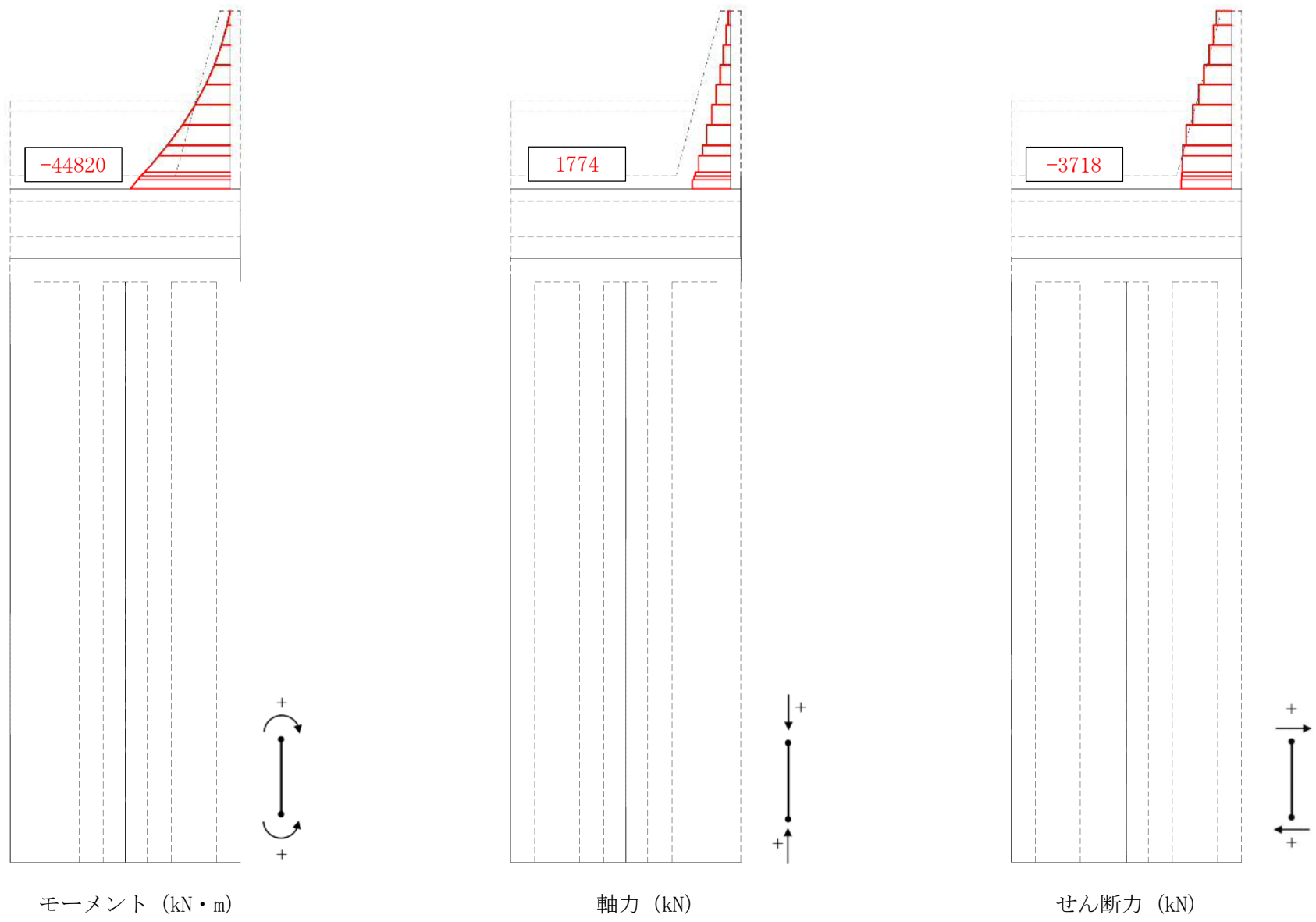


図 5.1-6 (4) 断面力図 (津波時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね2)

(3) せん断力に対する照査

津波時におけるせん断力に対する評価結果を表 5.1-4 に示す。防潮壁に対して許容応力度法による照査を行った結果、せん断応力度が短期許容せん断応力度以下、又は発生せん断力がコンクリートの短期許容せん断力 ($V_{c.a}$) と斜め引張鉄筋の短期許容せん断力 ($V_{s.a}$) を合わせた短期許容せん断力 (V_a) 以下であることを確認した。なお、発生応力は各地盤ケースにおいて最大となる値を示している。

また、照査に用いた鉄筋を着色した概略配筋図を図 5.1-7 に示す。

表 5.1-4 (1) せん断力に対する照査結果 (津波時：基準津波時)

検討ケース	評価位置	発生せん断力 V (kN/m)	せん断応力度 τ (N/mm^2)	短期許容応力度 τ_{a1} (N/mm^2)	照査値 τ / τ_{a1}	短期許容せん断力 V_a (kN/m)	照査値 V/V_a
地盤ばね 1	1	2204	0.380	0.825	0.47	8587	0.26
地盤ばね 2	1	2204	0.380	0.825	0.47	8587	0.26

表 5.1-4 (2) せん断力に対する照査結果 (津波時：敷地に遡上する津波時)

検討ケース	評価位置	発生せん断力 V (kN/m)	せん断応力度 τ (N/mm^2)	短期許容応力度 τ_{a1} (N/mm^2)	照査値 τ / τ_{a1}	短期許容せん断力 V_a (kN/m)	照査値 V/V_a
地盤ばね 1	1	3718	0.650	1.100	0.60	9965	0.38
地盤ばね 2	1	3718	0.650	1.100	0.60	9965	0.38

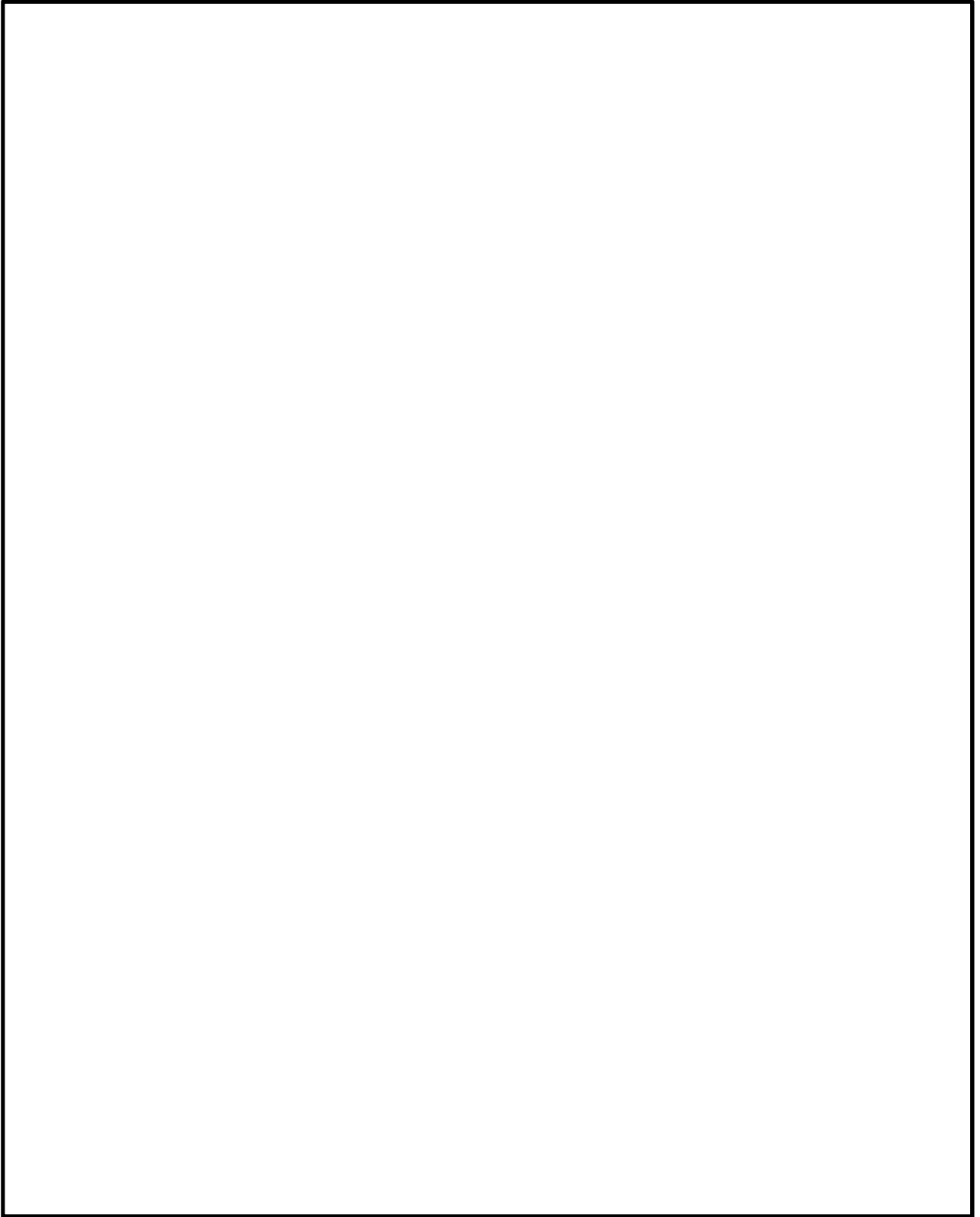


图 5.1—7 概略配筋图 (防潮壁)

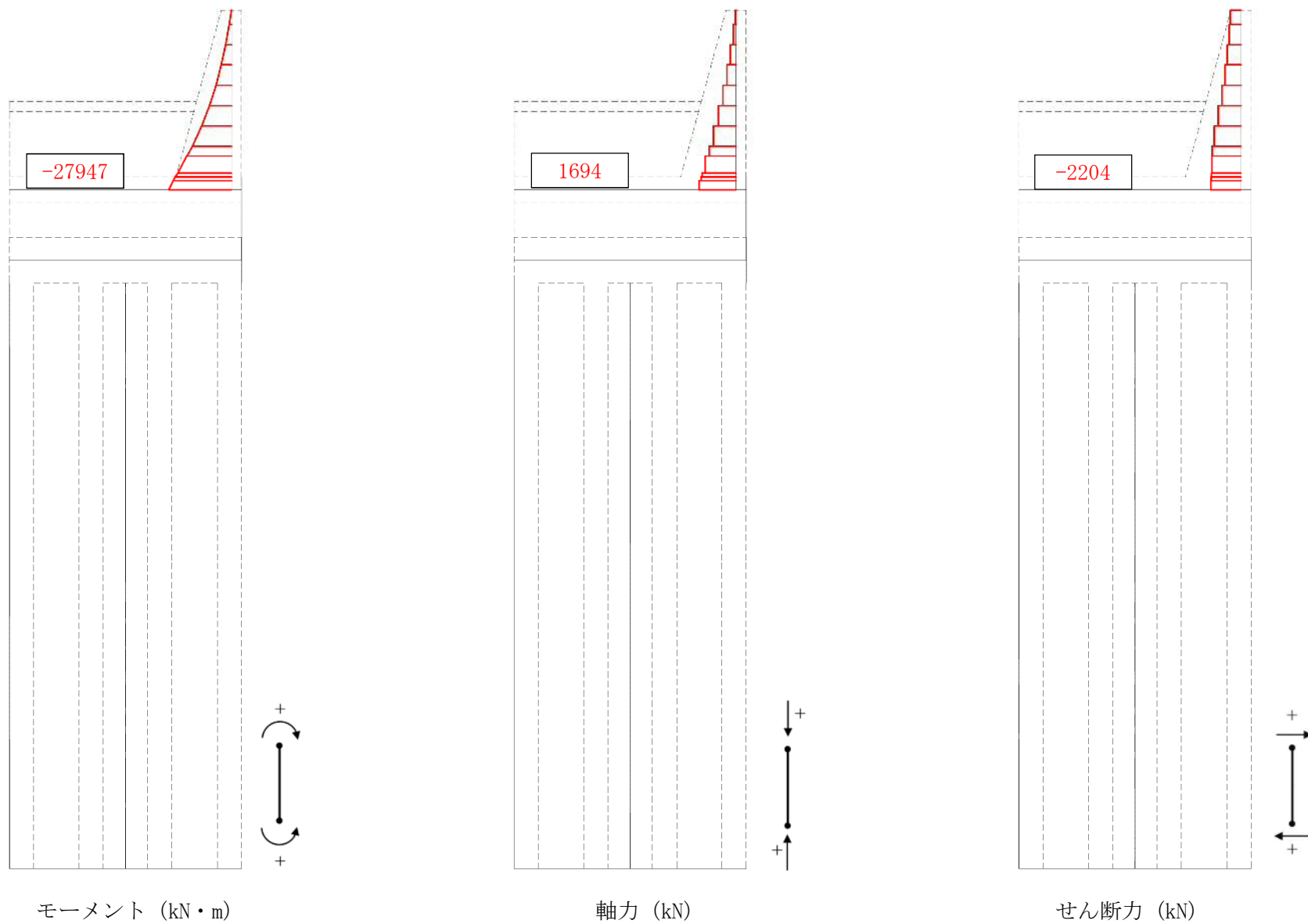


図 5.1-8 (1) 断面力図 (津波時: 基準津波時, 地盤ばね 1)

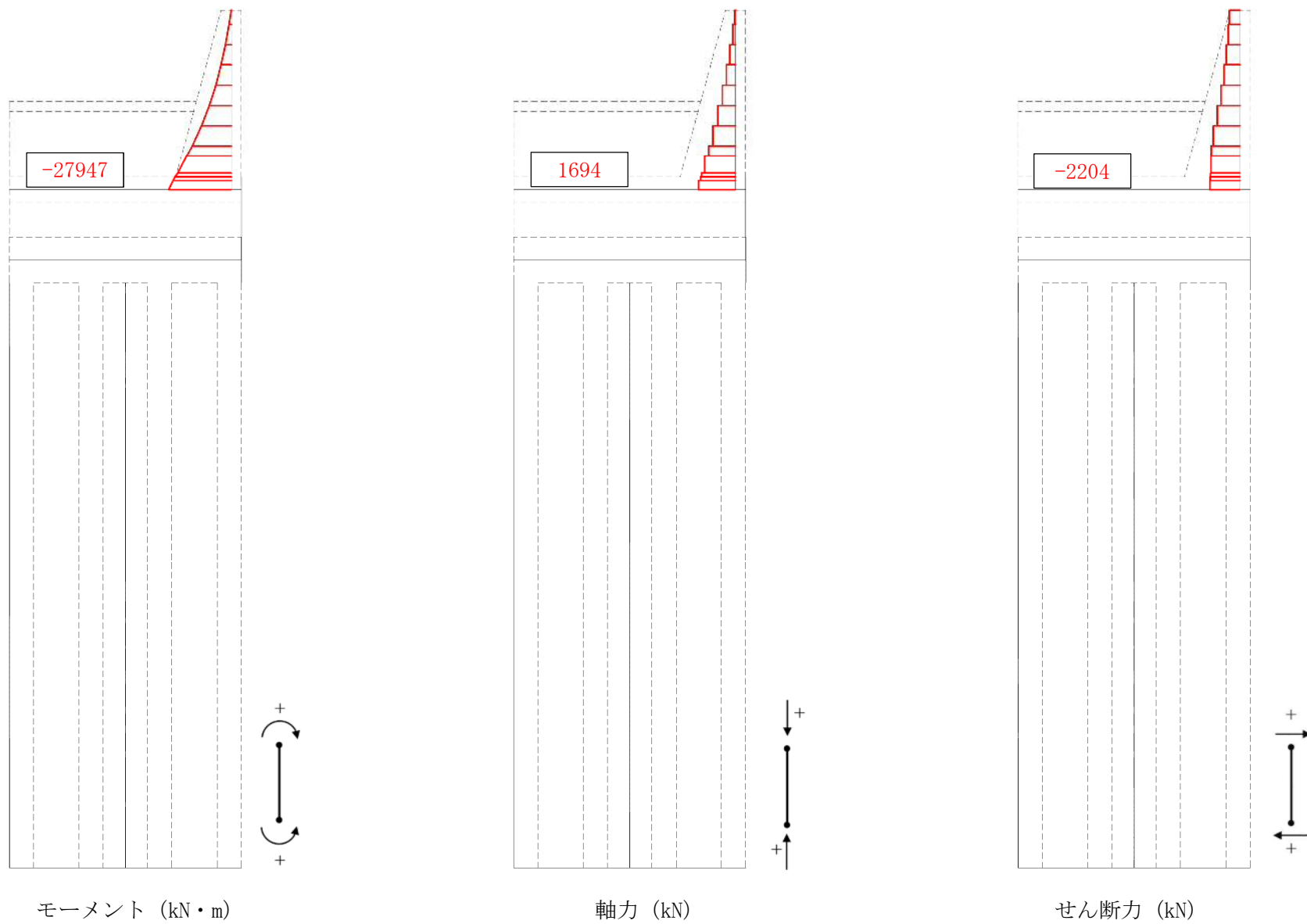


図 5.1-8 (2) 断面力図 (津波時：基準津波時，地盤ばね 2)

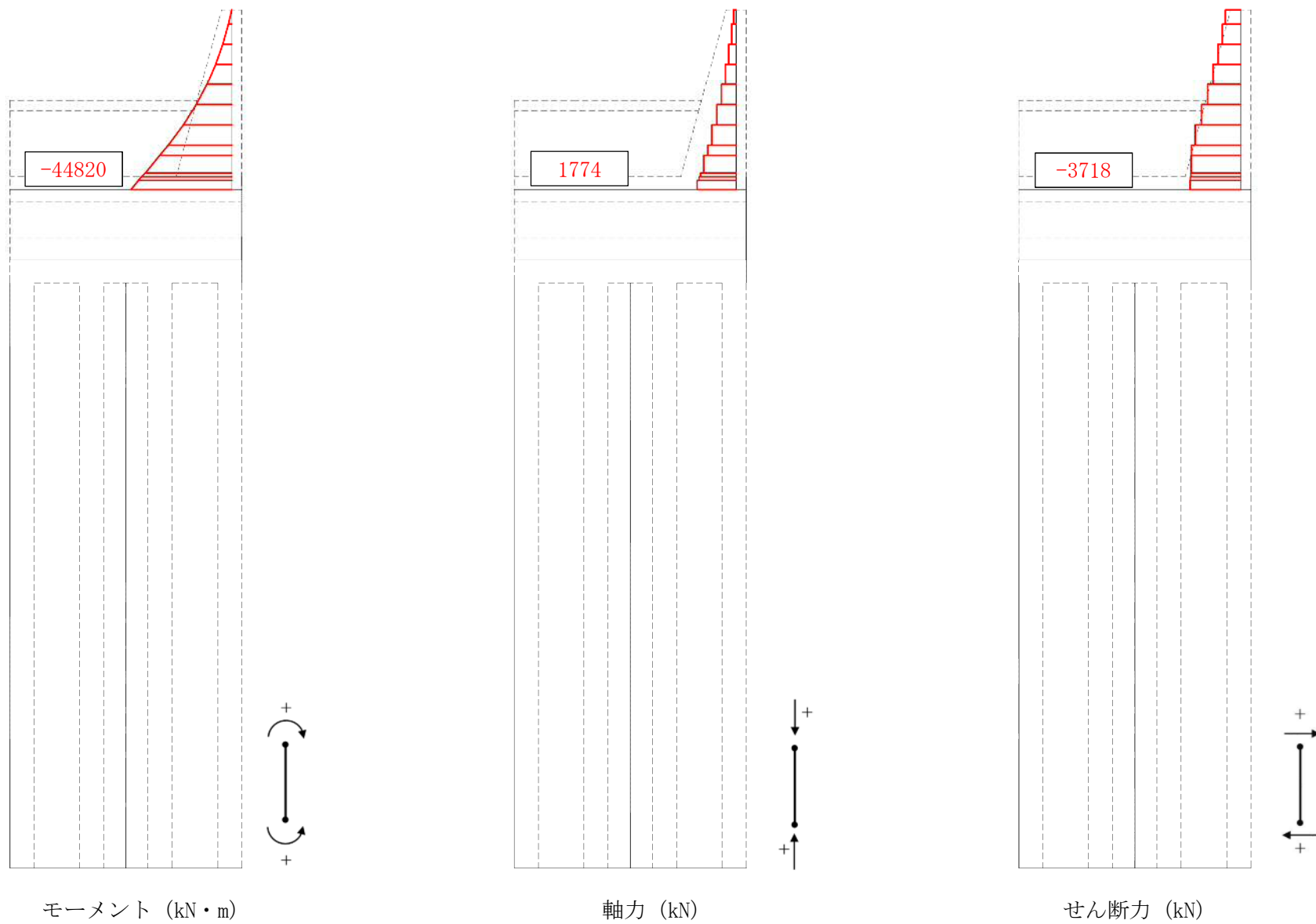


図 5.1-8 (3) 断面力図 (津波時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね 1)

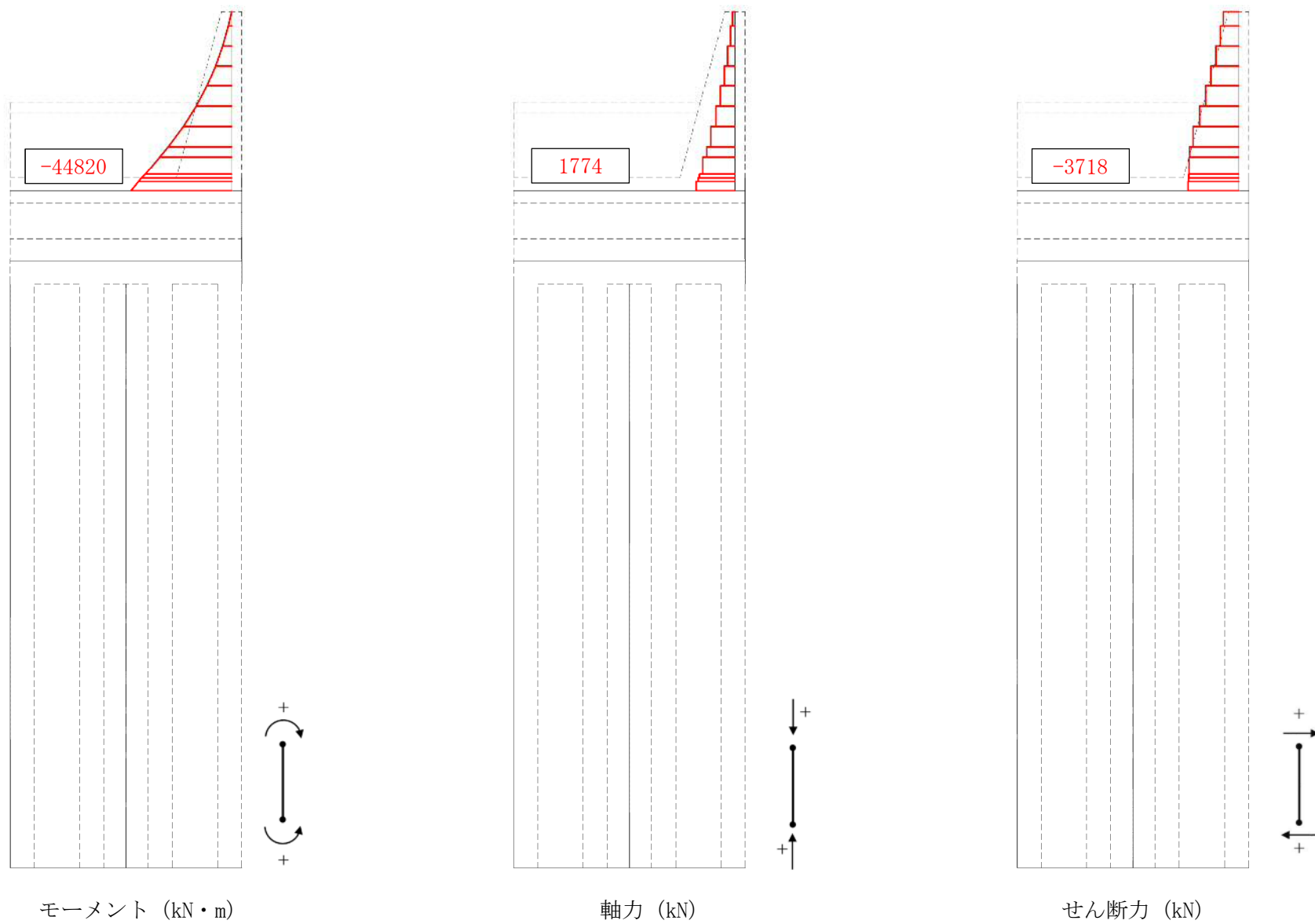


図 5.1-8 (4) 断面力図 (津波時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね2)

5.1.2 地中連続壁基礎（鉛直）の評価結果

(1) コンクリートの曲げ軸力に対する照査

津波時におけるコンクリートの曲げ軸力に対する評価結果を表 5.1-5 に示す。地中連続壁基礎の鉛直方向に対して許容応力度法による照査を行った結果、圧縮応力度が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各地盤ケースにおいて最大となる値を示している。

表 5.1-5 (1) 地中連続壁基礎（鉛直）の曲げ軸力に対する照査結果（津波時：基準津波時）

検討ケース	評価位置	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}
		曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)			
地盤ばね 1	3	19176	19654	1.37	21.0	0.07
地盤ばね 2	3	35012	27143	2.00	21.0	0.10

表 5.1-5 (2) 地中連続壁基礎（鉛直）の曲げ軸力に対する照査結果
（津波時：敷地に遡上する津波時）

検討ケース	評価位置	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}
		曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)			
地盤ばね 1	3	38882	16742	1.47	28.0	0.06
地盤ばね 2	3	46739	27092	2.16	28.0	0.08

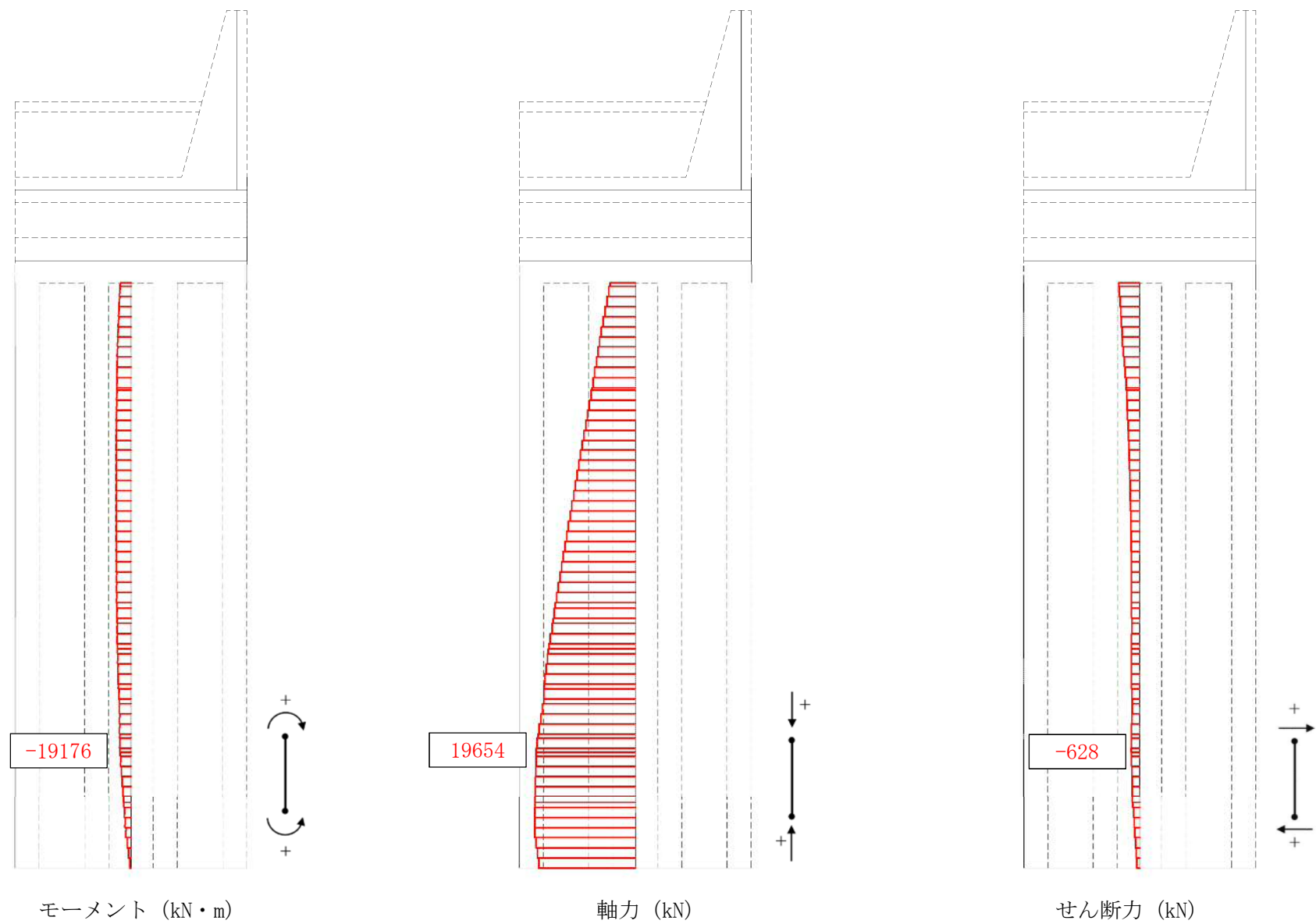


図 5.1-9 (1) 断面力図 (津波時：基準津波時，地盤ばね 1)

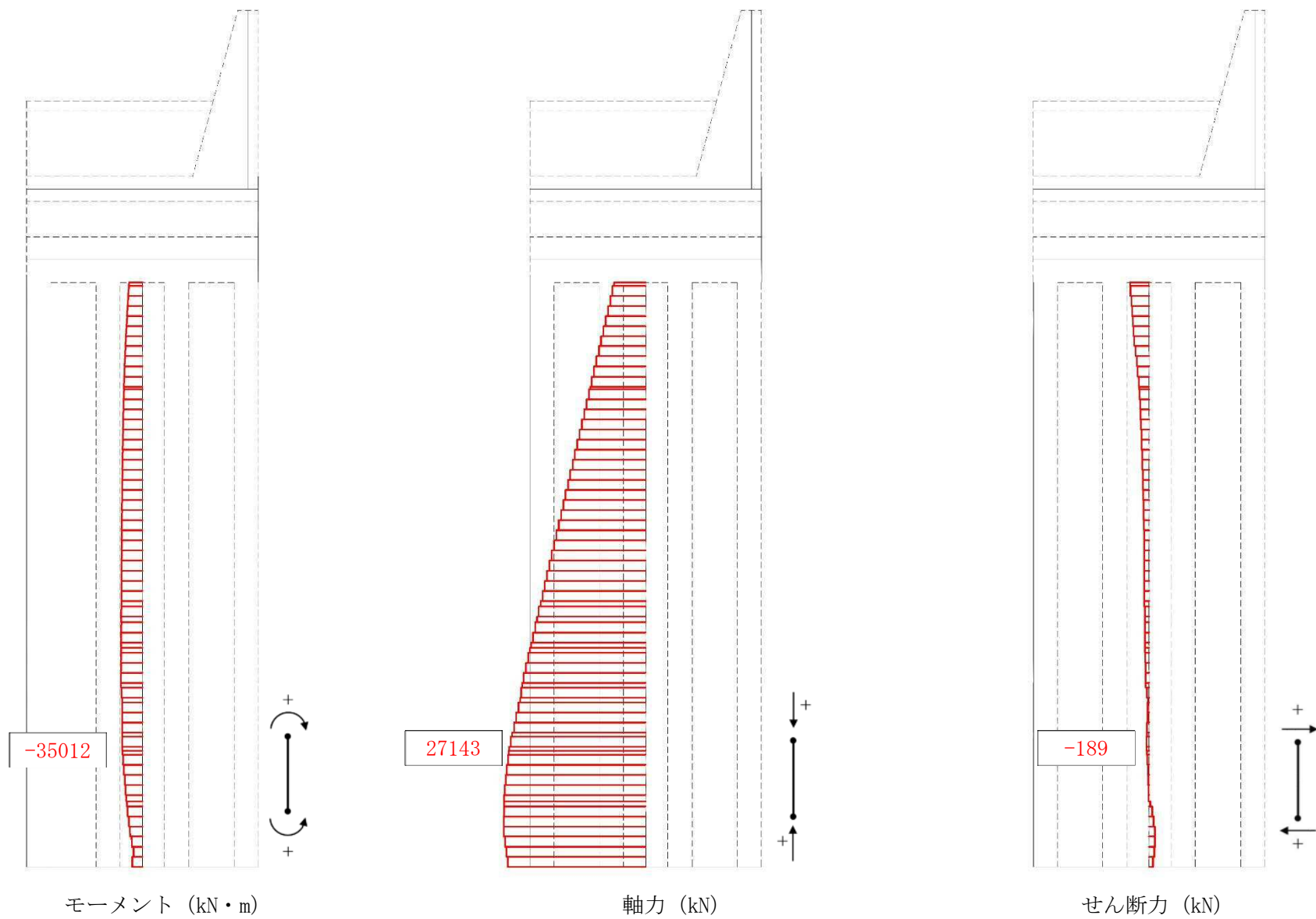


図 5.1-9 (2) 断面力図 (津波時: 基準津波時, 地盤ばね 2)

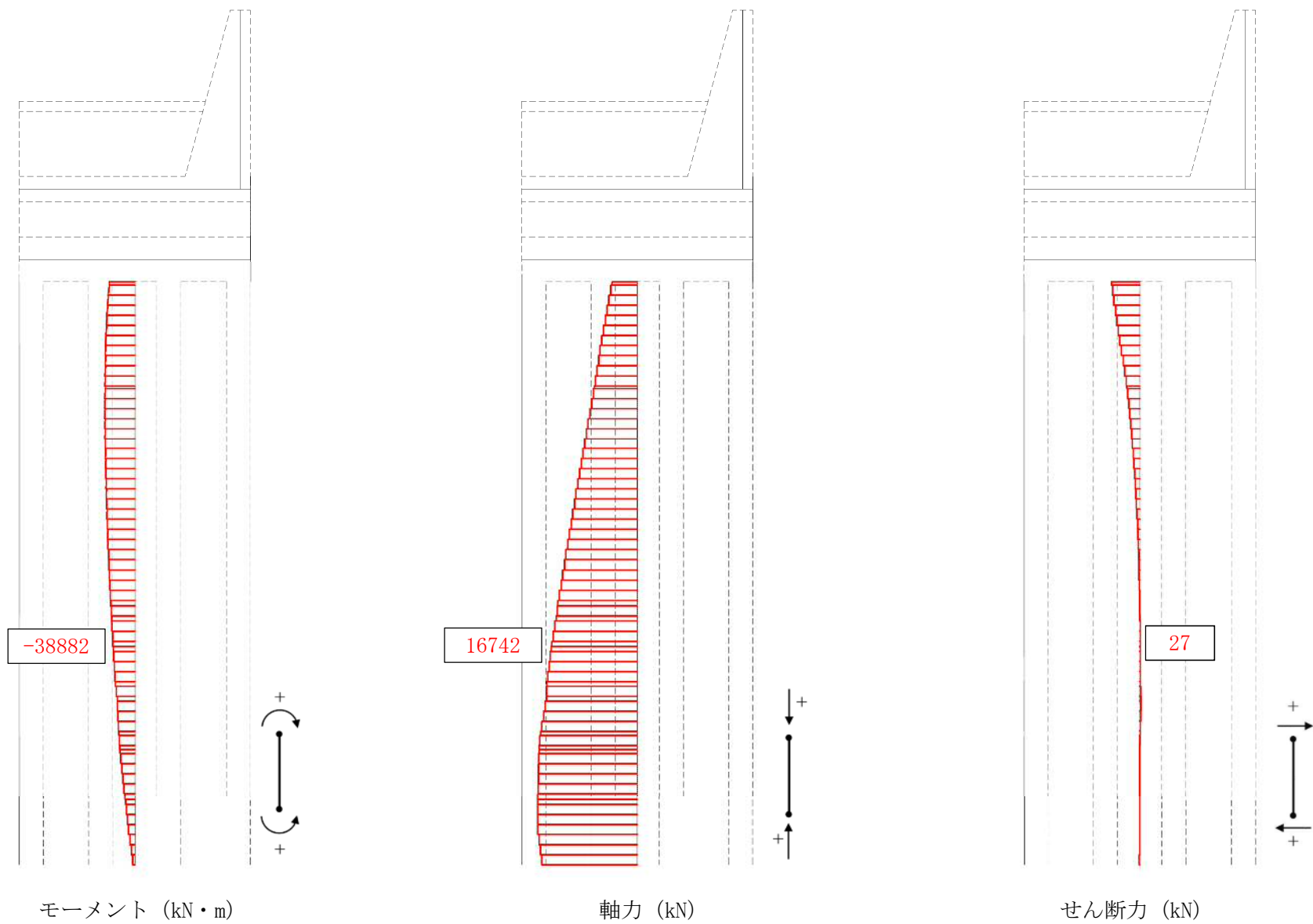


図 5.1-9 (3) 断面力図 (津波時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね 1)

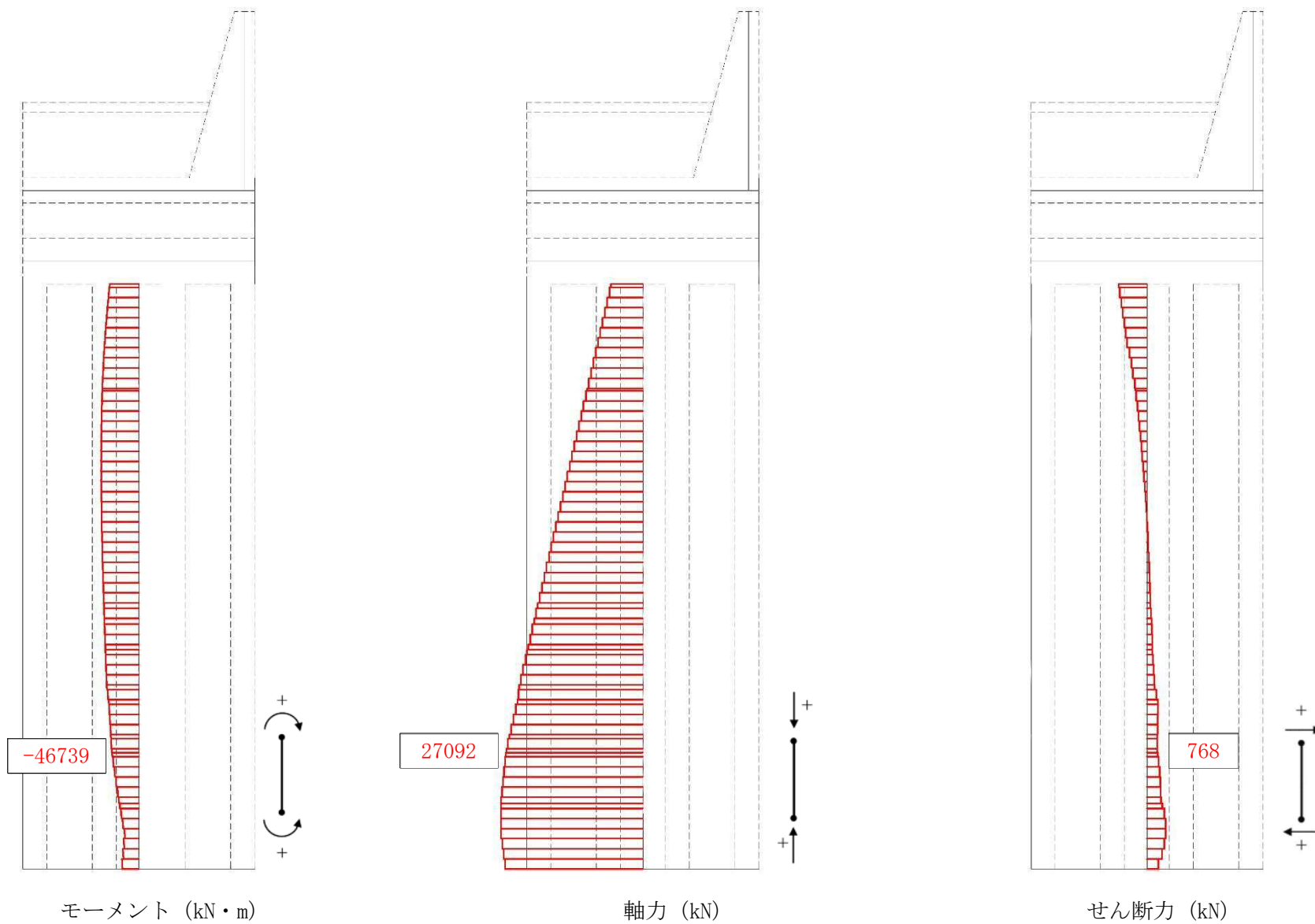


図 5.1-9 (4) 断面力図 (津波時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね2)

(2) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査

津波時における鉄筋の曲げ軸力に対する評価結果を表 5.1-6 に示す。地中連続壁基礎の鉛直方向に対して許容応力度法による照査を行った結果、引張応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各地盤ケースにおいて最大となる値を示している。

また、照査に用いた鉄筋を着色した概略配筋図を図 5.1-10 に示す。

表 5.1-6 (1) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果 (津波時：基準津波時)

検討ケース	評価位置	発生断面力		引張 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}
		曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)			
地盤ばね 1	3	1869	19141	15.92	435.0	0.04
地盤ばね 2	3	15079	27685	20.61	435.0	0.05

表 5.1-6 (2) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果
(津波時：敷地に遡上する津波時)

検討ケース	評価位置	発生断面力		引張 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}
		曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)			
地盤ばね 1	3	3428	19026	15.52	478.5	0.04
地盤ばね 2	3	23615	28164	19.36	478.5	0.05

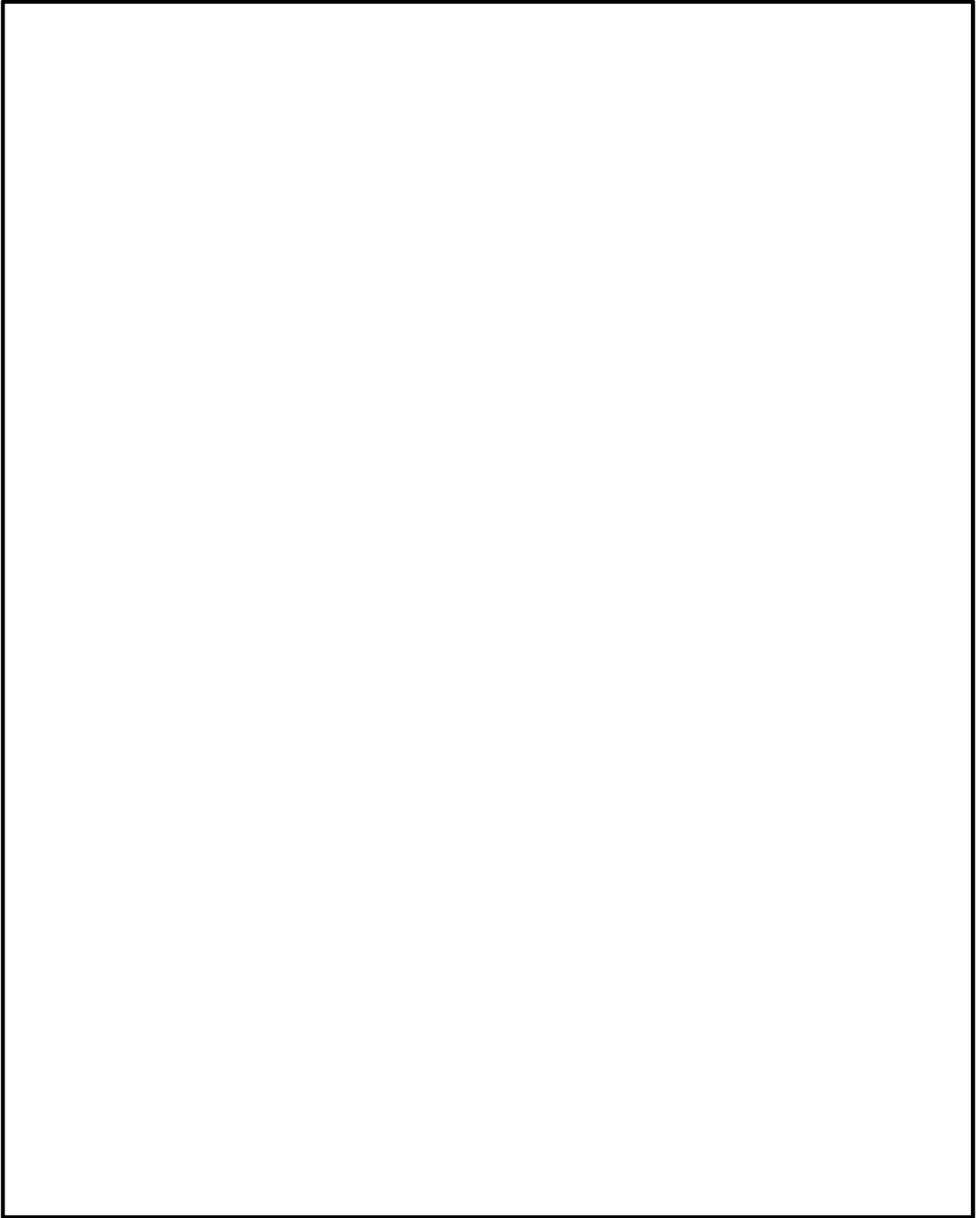


图 5.1-10 (1) 概略配筋图 (防潮壁)

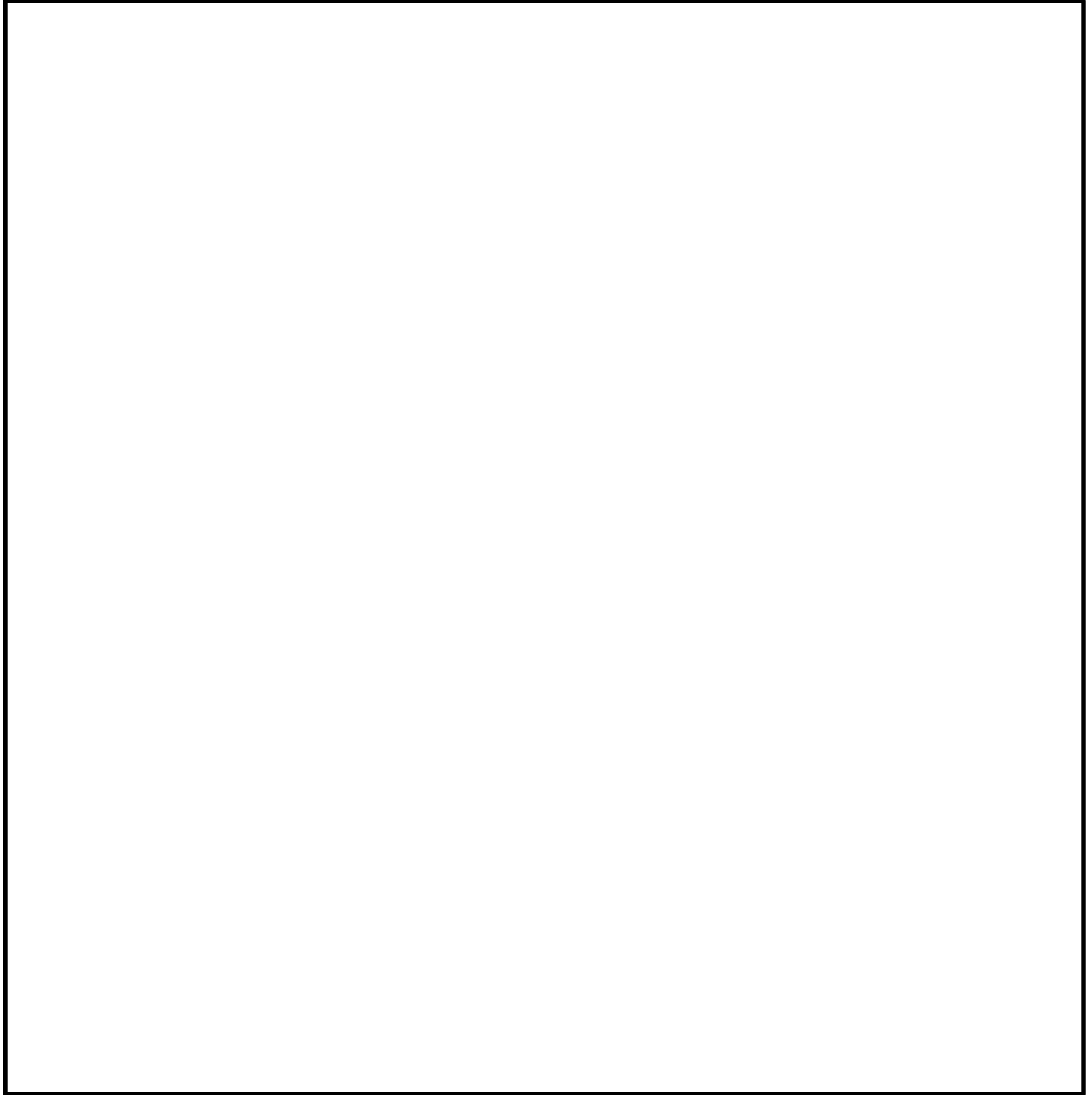


図 5.1-10 (2) 概略配筋図 (地中連続壁基礎)

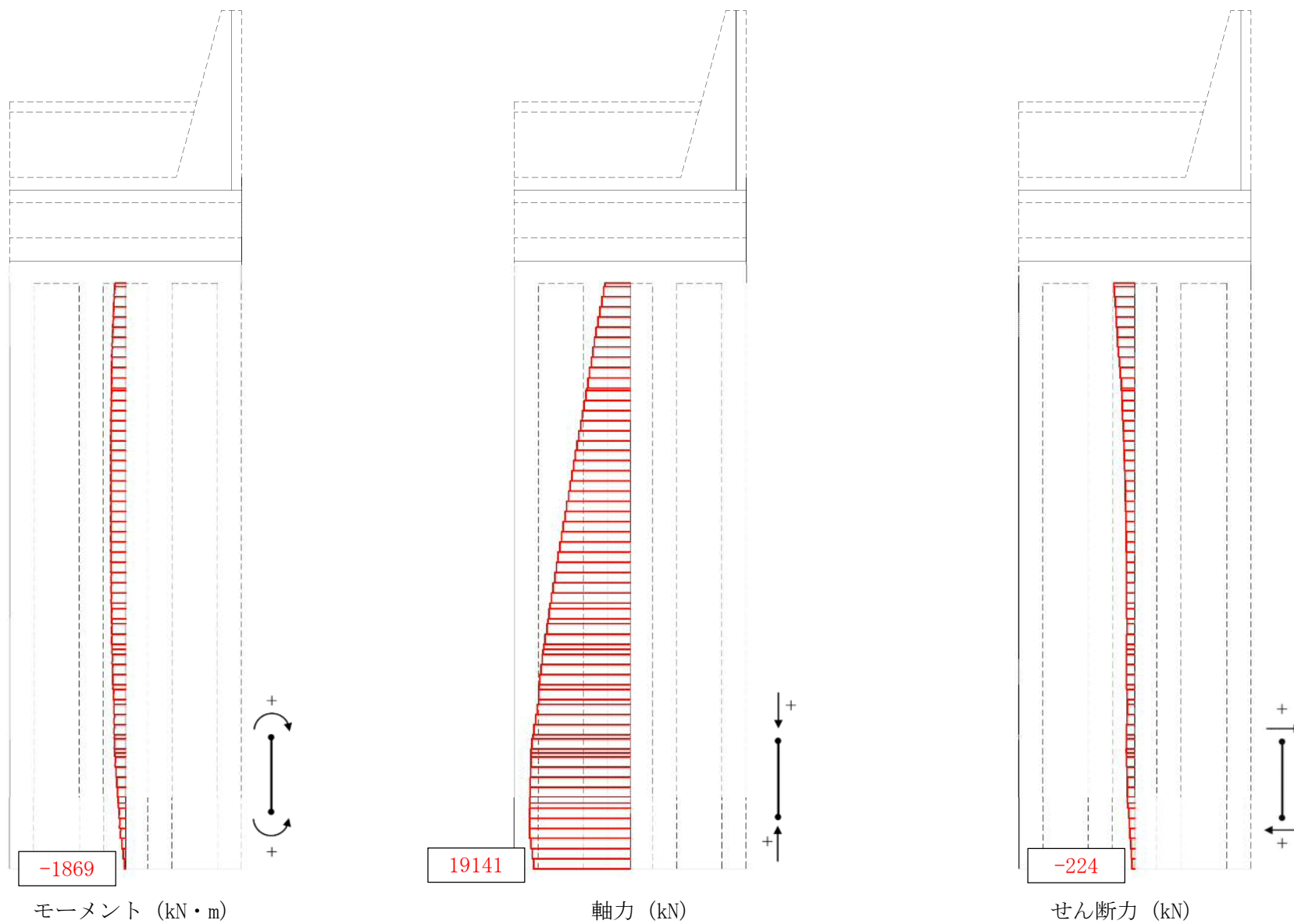


図 5.1-11 (1) 断面力図 (津波時: 基準津波時, 地盤ばね 1)

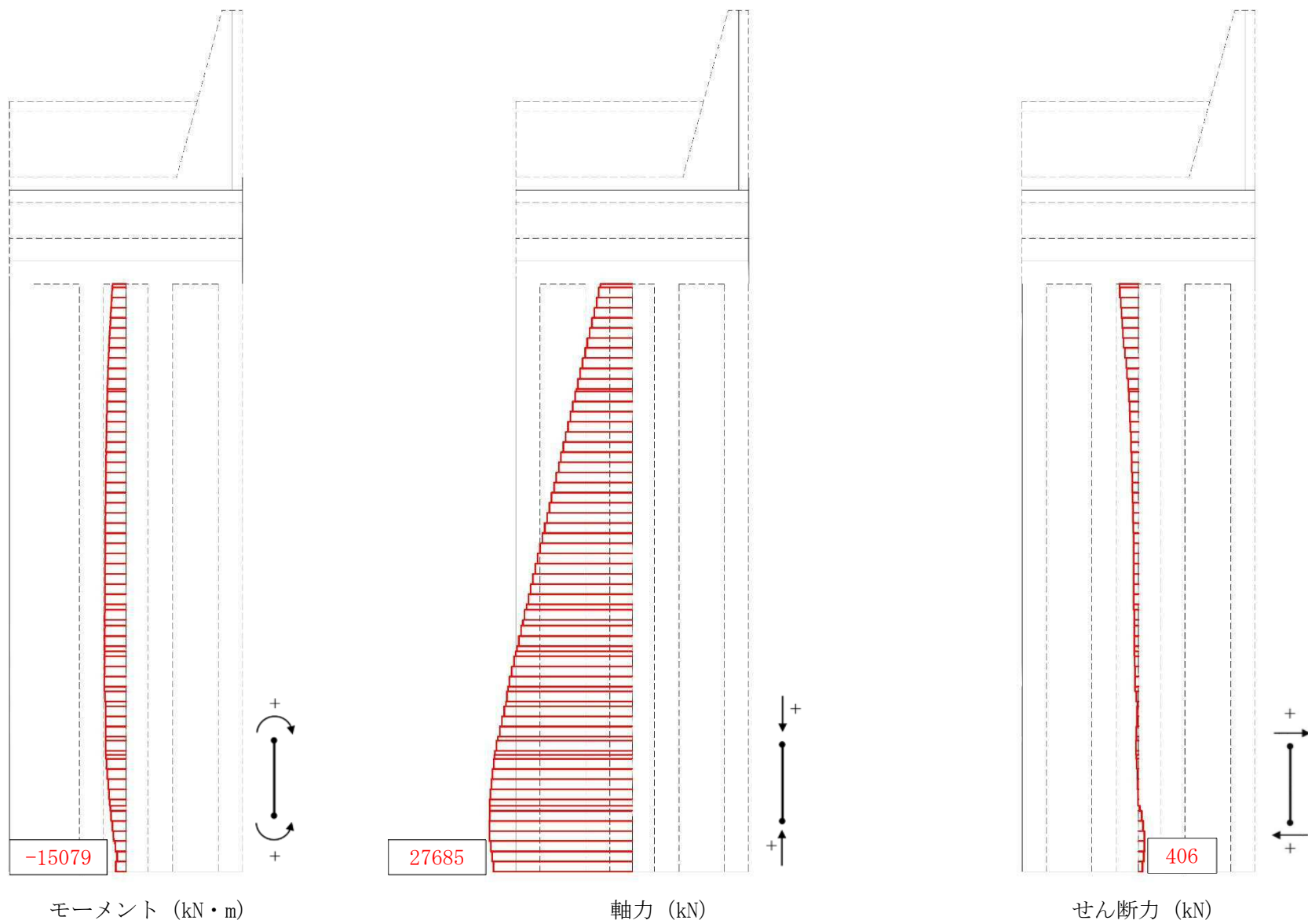


図 5.1-11 (2) 断面力図 (津波時：基準津波時，地盤ばね2)

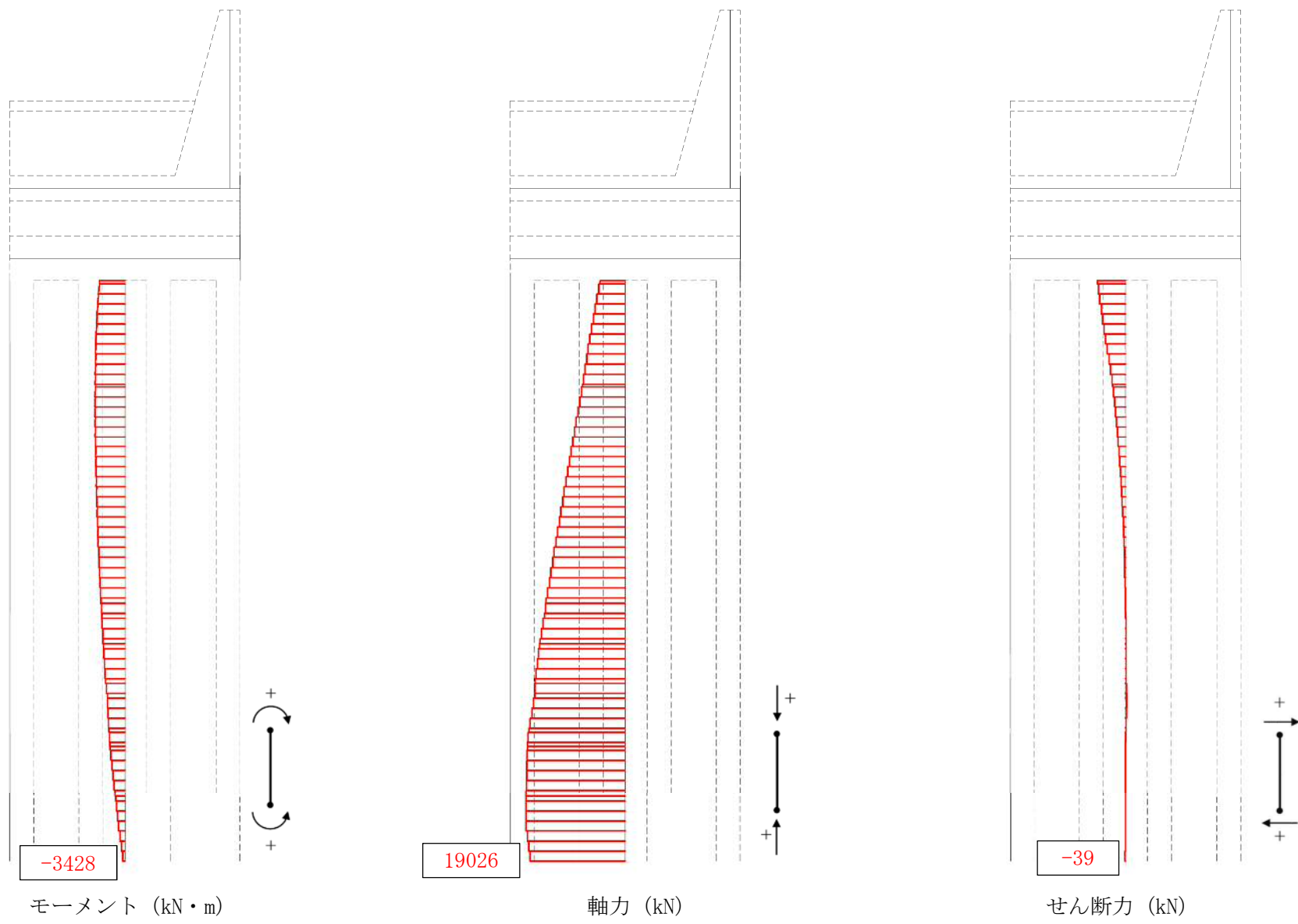


図 5.1-11 (3) 断面力図 (津波時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね 1)

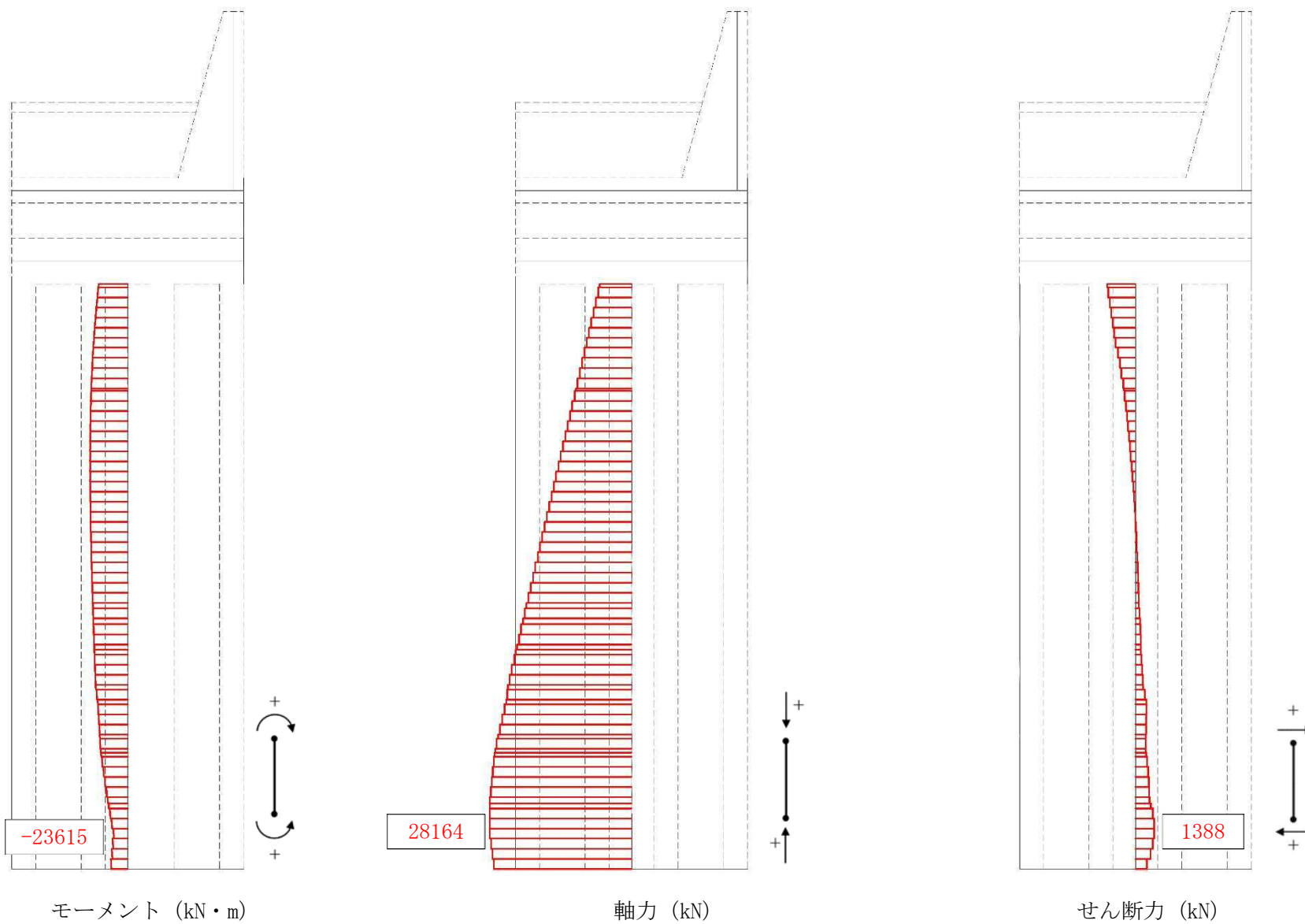


図 5.1-11 (4) 断面力図 (津波時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね 2)

(3) せん断力に対する照査

津波時におけるせん断力に対する評価結果を表 5.1-7 に示す。地中連続壁基礎の鉛直方向に対して許容応力度法による照査を行った結果、せん断応力度が短期許容せん断応力度以下、又は発生せん断力がコンクリートの短期許容せん断力 (V_{ca}) と斜め引張鉄筋の短期許容せん断力 (V_{sa}) を合わせた短期許容せん断力 (V_a) 以下であることを確認した。なお、発生応力は各地盤ケースにおいて最大となる値を示している。

また、照査に用いた鉄筋を着色した概略配筋図を図 5.1-12 に示す。

表 5.1-7 (1) せん断力に対する照査結果 (津波時：基準津波時)

検討ケース	評価位置	発生せん断力 V (kN/m)	せん断応力度 τ (N/mm^2)	短期許容応力度 τ_{a1} (N/mm^2)	照査値 τ / τ_{a1}	短期許容せん断力 V_a (kN/m)	照査値 V/V_a
地盤ばね 1	2	1546	0.210	0.825	0.26	28131	0.06
地盤ばね 2	2	1417	0.190	0.825	0.24	28131	0.06

表 5.1-7 (2) せん断力に対する照査結果 (津波時：敷地に遡上する津波時)

検討ケース	評価位置	発生せん断力 V (kN/m)	せん断応力度 τ (N/mm^2)	短期許容応力度 τ_{a1} (N/mm^2)	照査値 τ / τ_{a1}	短期許容せん断力 V_a (kN/m)	照査値 V/V_a
地盤ばね 1	2	2106	0.280	1.100	0.26	31837	0.07
地盤ばね 2	2	2110	0.280	1.100	0.26	31837	0.07

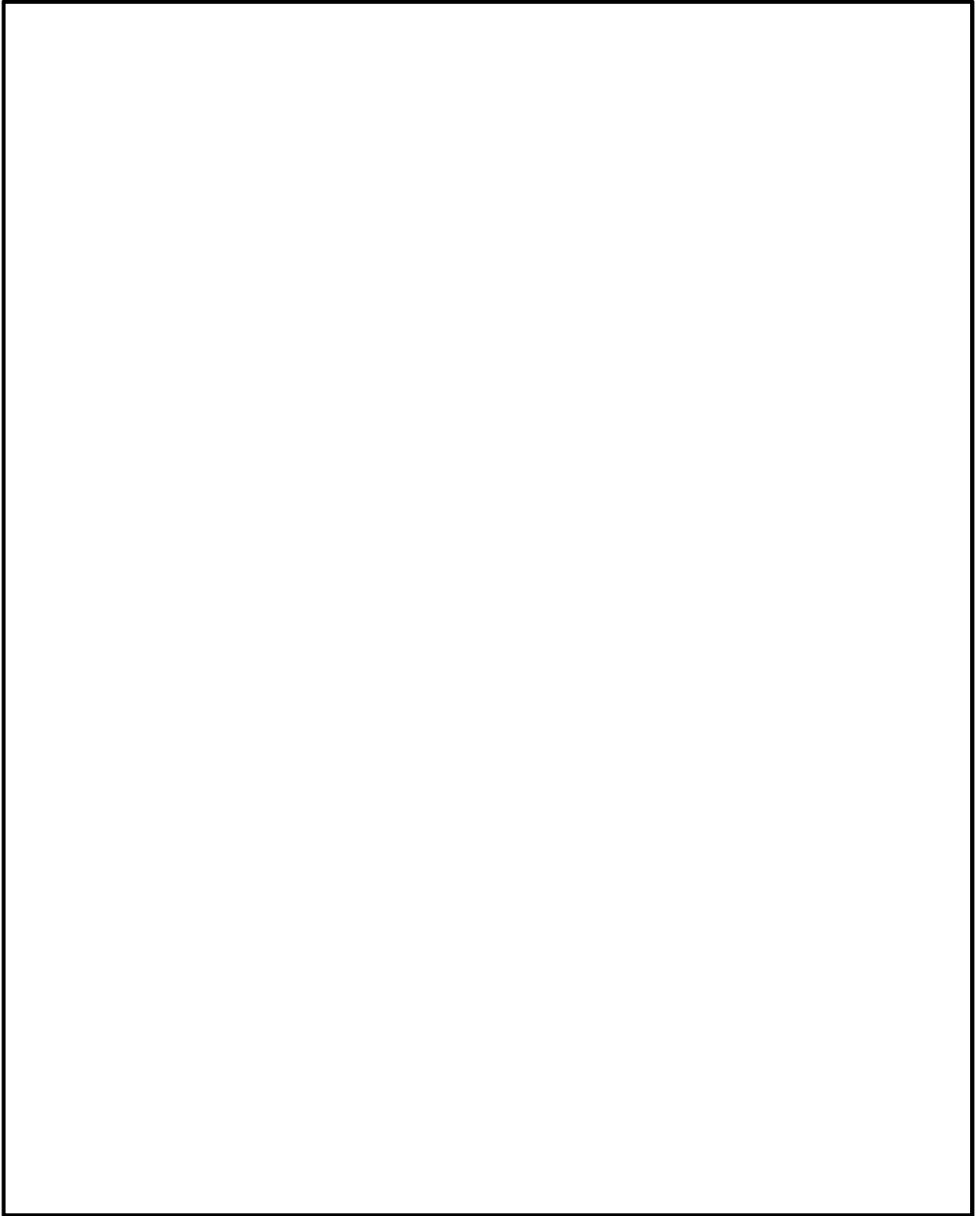


图 5.1-12 (1) 概略配筋图 (防潮壁)

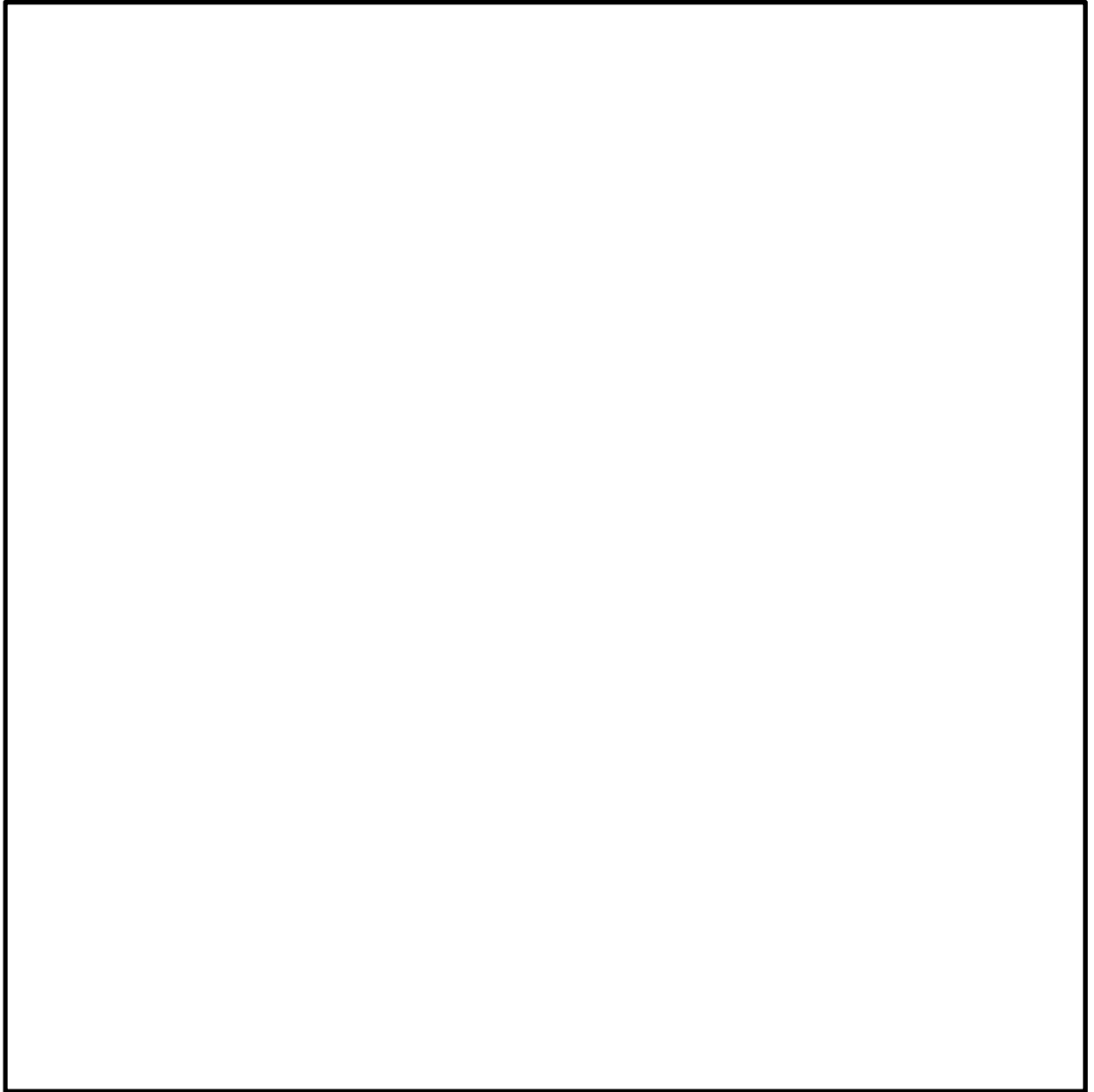


図 5.1-12 (2) 概略配筋図 (地中連続壁基礎)

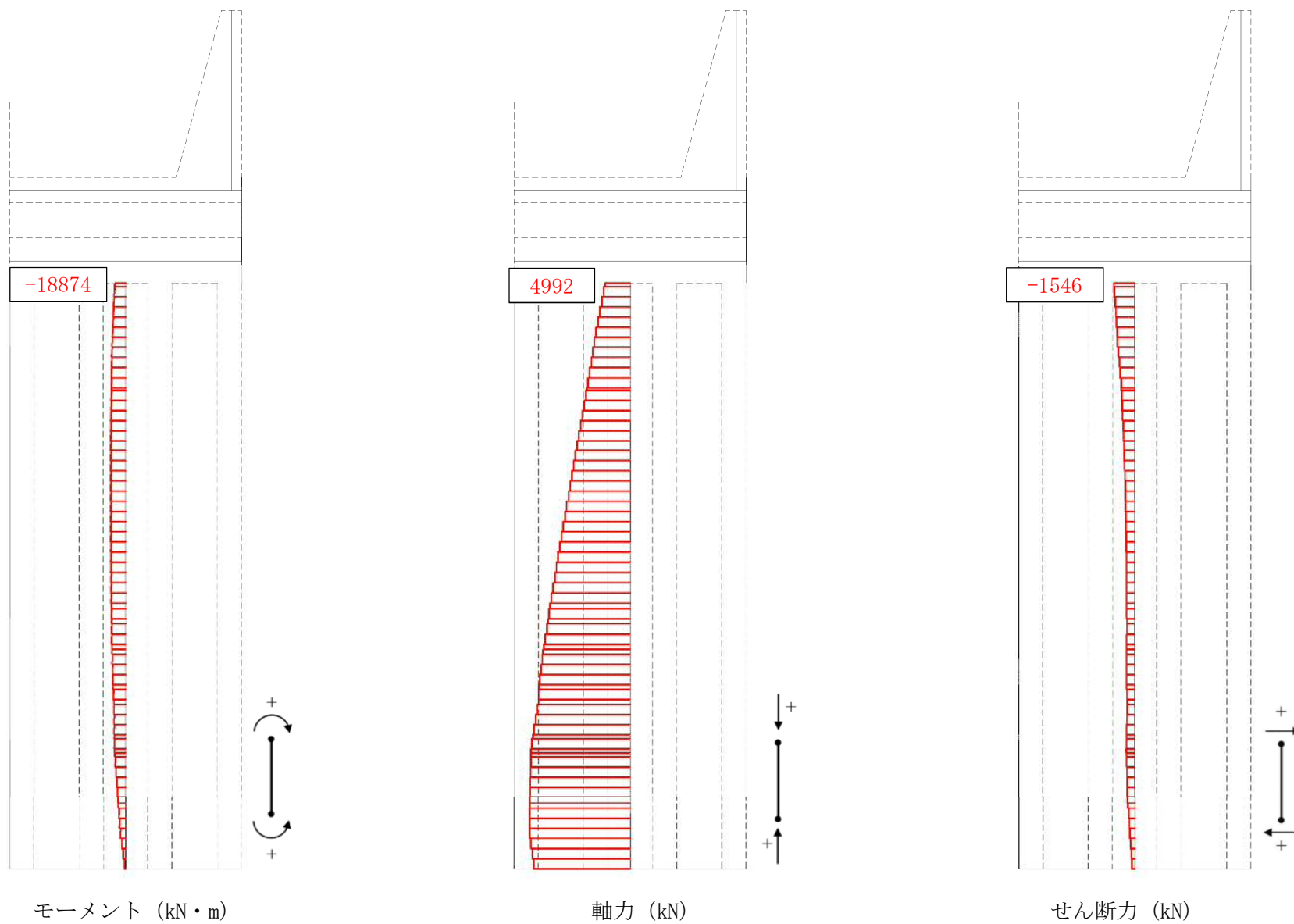


図 5.1-13 (1) 断面力図 (津波時: 基準津波時, 地盤ばね 1)

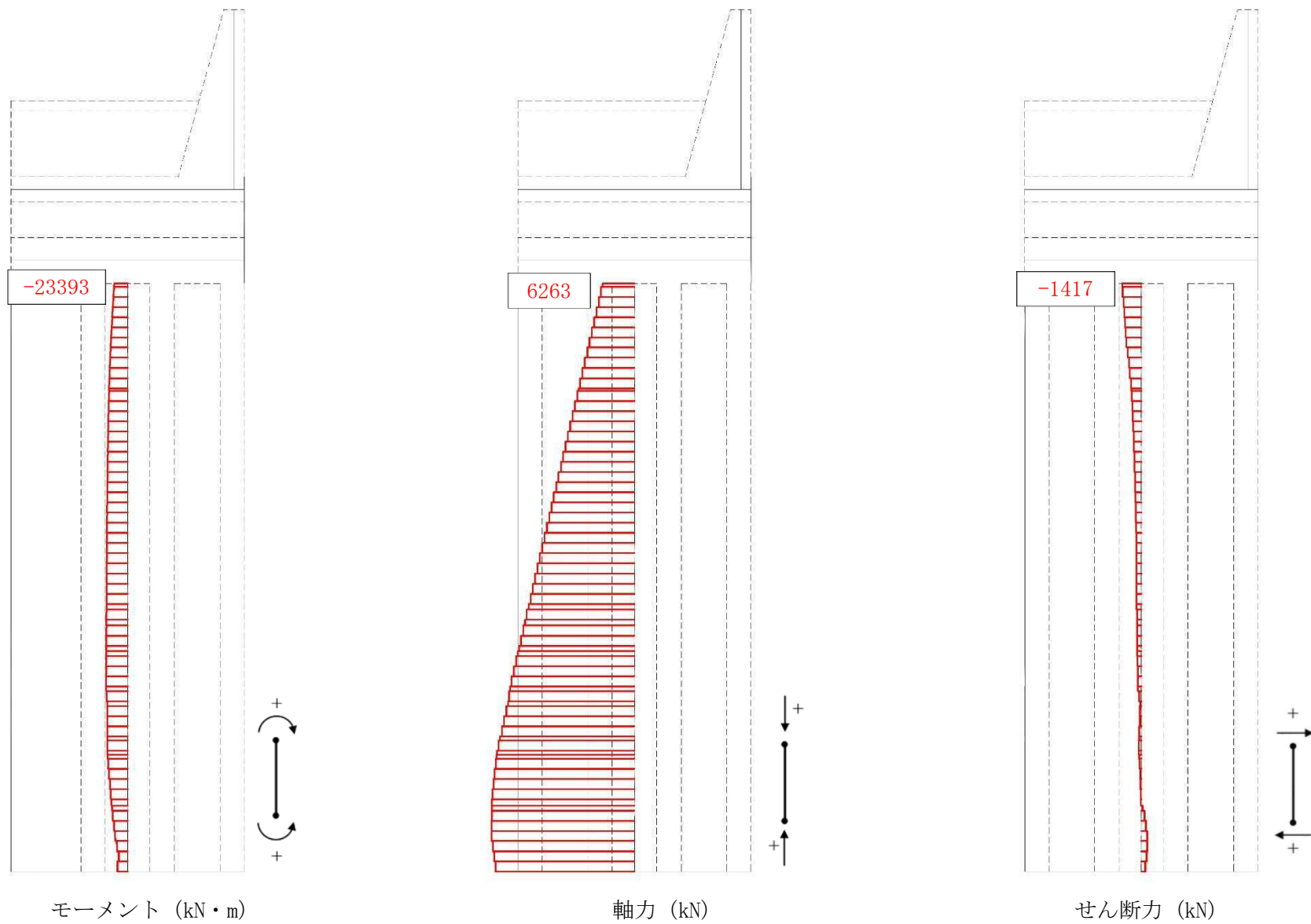


図 5.1-13 (2) 断面力図 (津波時：基準津波時，地盤ばね2)

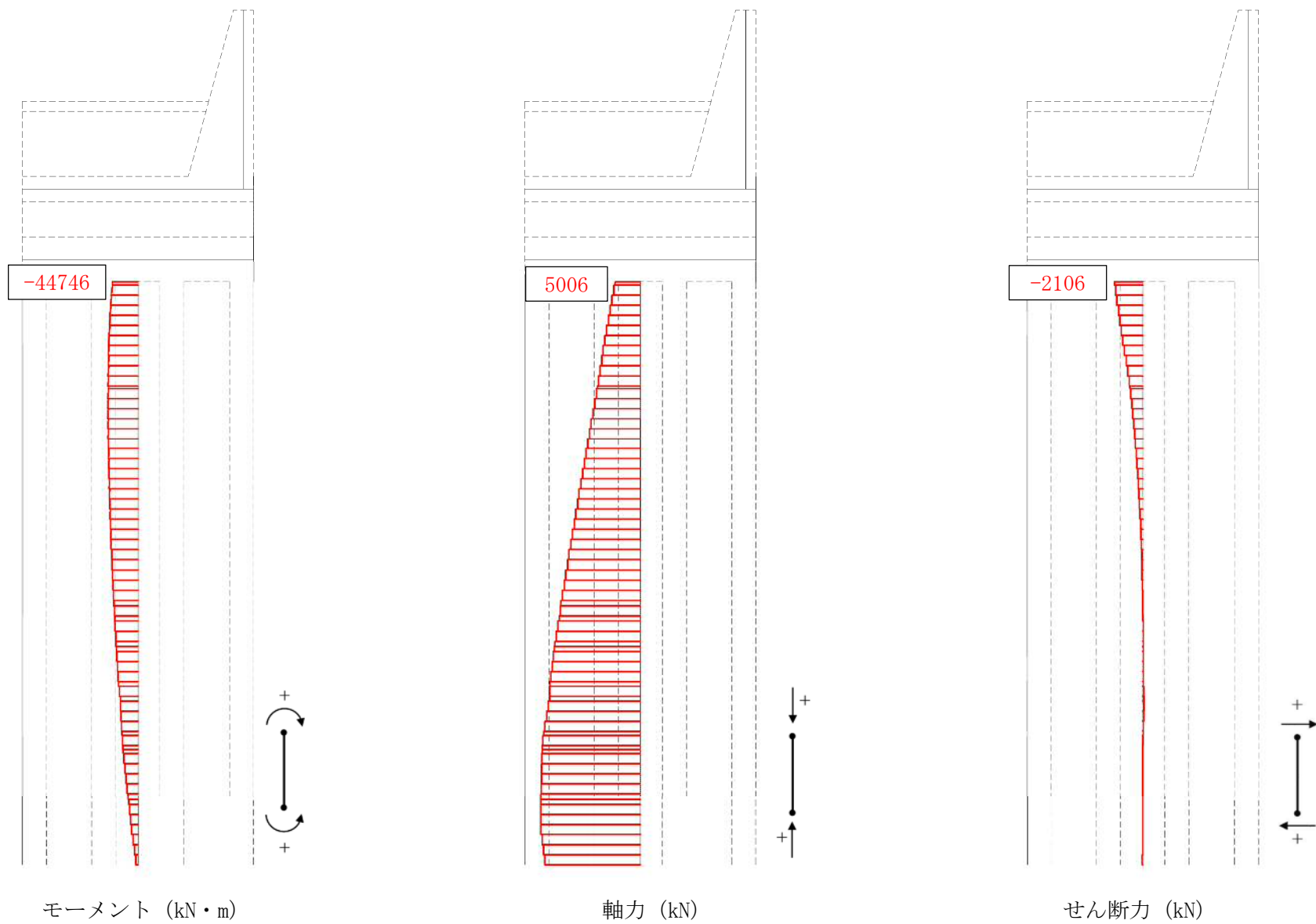


図 5.1-13 (3) 断面力図 (津波時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね 1)

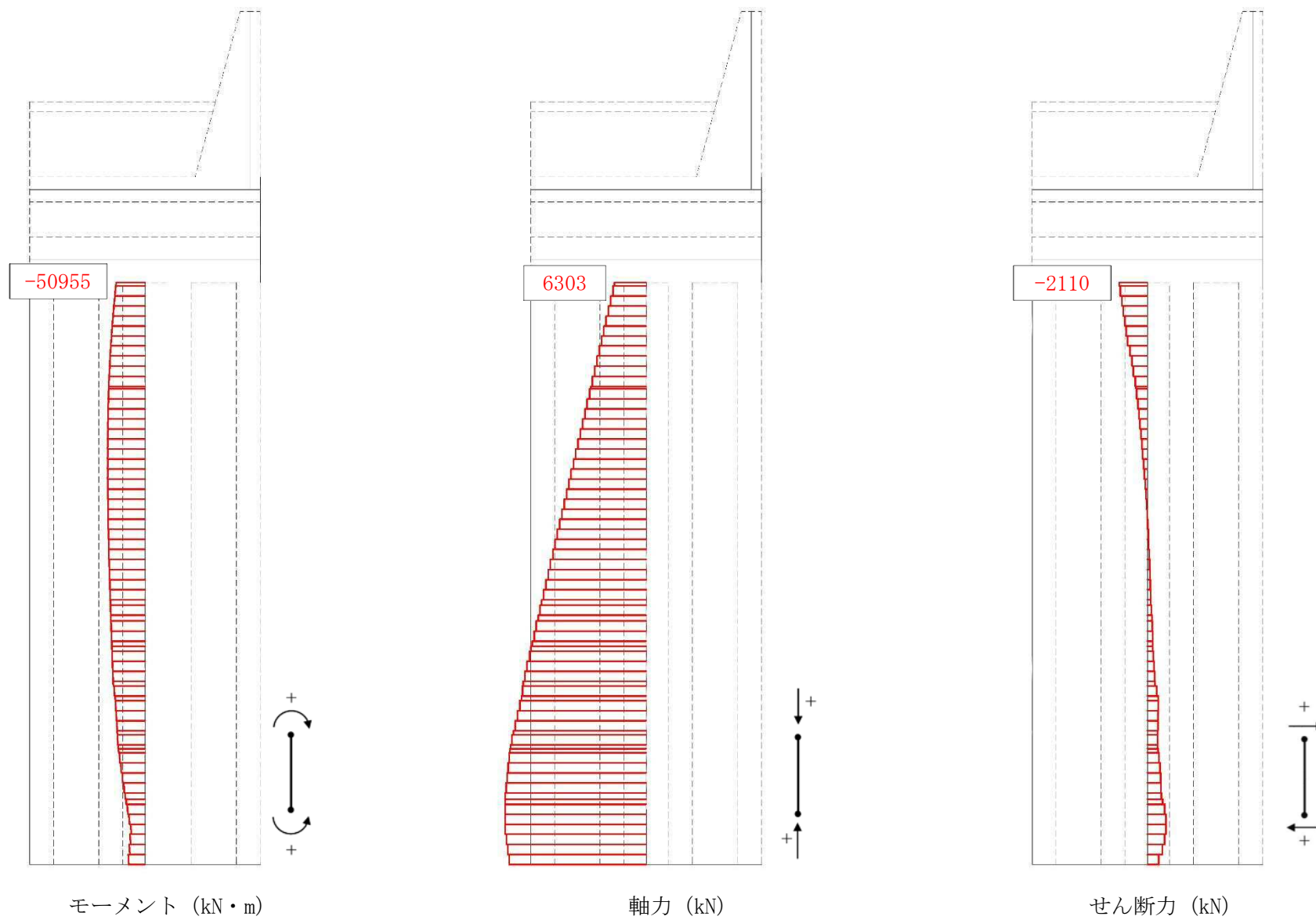


図 5.1-13 (4) 断面力図 (津波時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね 2)

5.1.3 地中連続壁基礎（水平）の評価結果

(1) コンクリートの曲げ軸力に対する照査

津波時におけるコンクリートの曲げ軸力に対する評価結果を表 5.1-8 に示す。地中連続壁基礎の水平方向に対して許容応力度法による照査を行った結果、圧縮応力度が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各地盤ケースにおいて最大となる値を示している。

表 5.1-8 (1) 地中連続壁基礎（水平）の曲げ軸力に対する照査結果（津波時：基準津波時）

検討ケース	評価位置	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}
		曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)			
地盤ばね 1	37, 64	261	366	0.37	16.8	0.03
地盤ばね 2	37, 64	289	405	0.41	16.8	0.03

表 5.1-8 (2) 地中連続壁基礎（水平）の曲げ軸力に対する照査結果
（津波時：敷地に遡上する津波時）

検討ケース	評価位置	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}
		曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)			
地盤ばね 1	37, 64	423	593	0.60	22.4	0.03
地盤ばね 2	37, 64	442	620	0.63	22.4	0.03

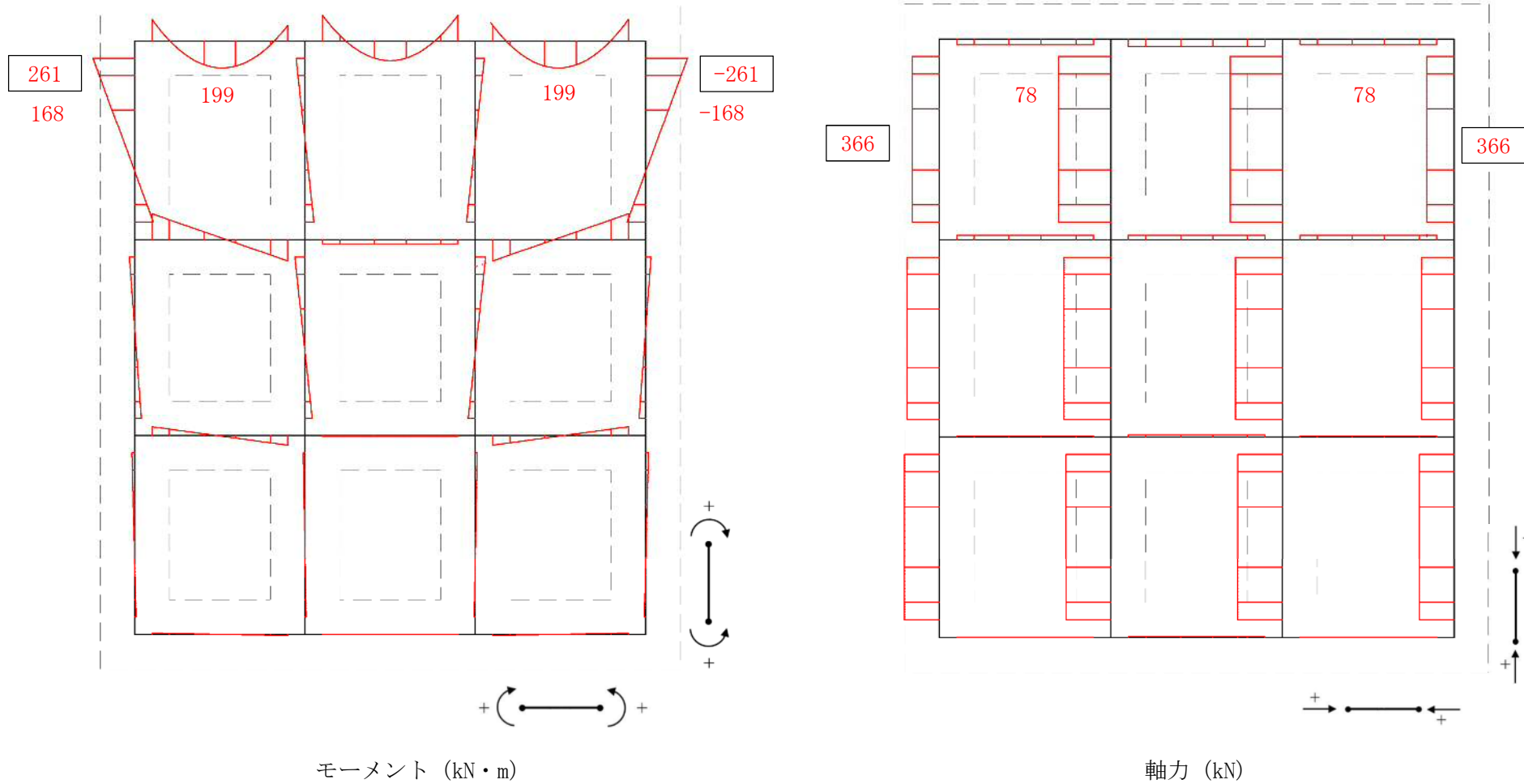
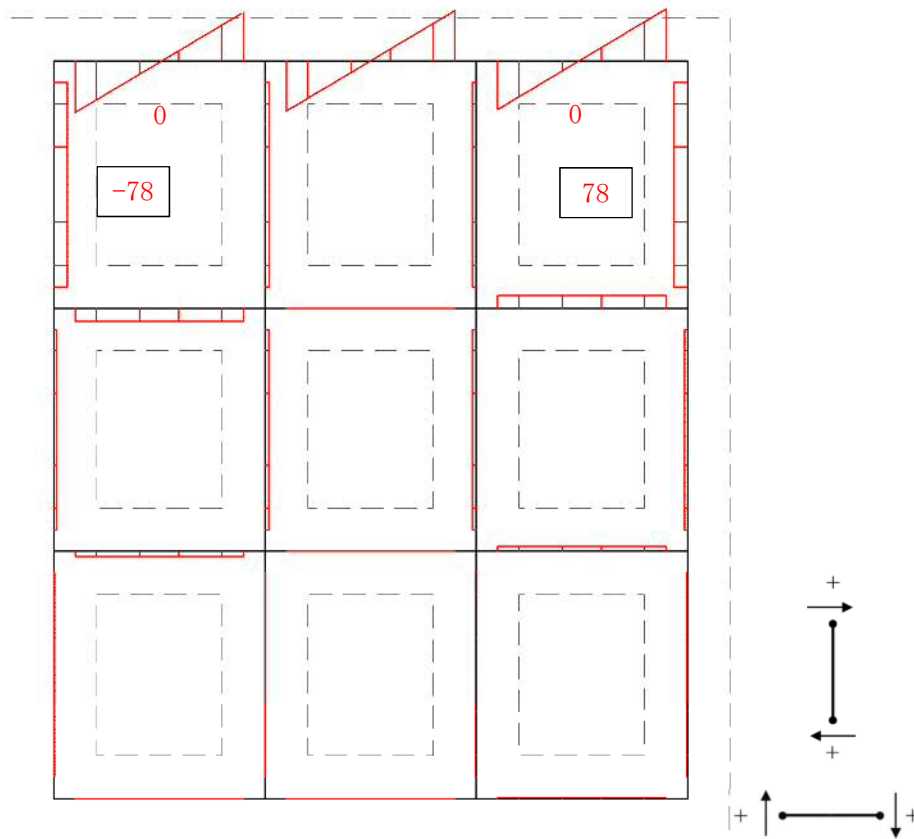
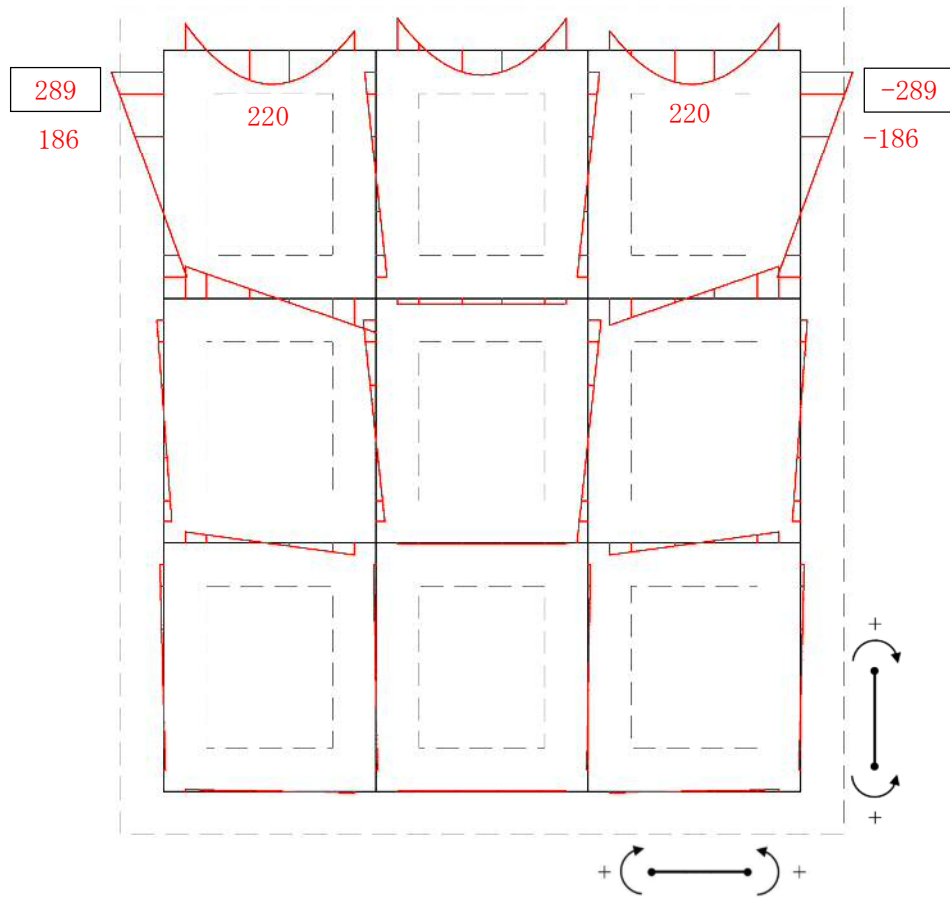


図 5.1-14 (1) 断面力図 (津波時：基準津波時，地盤ばね 1)

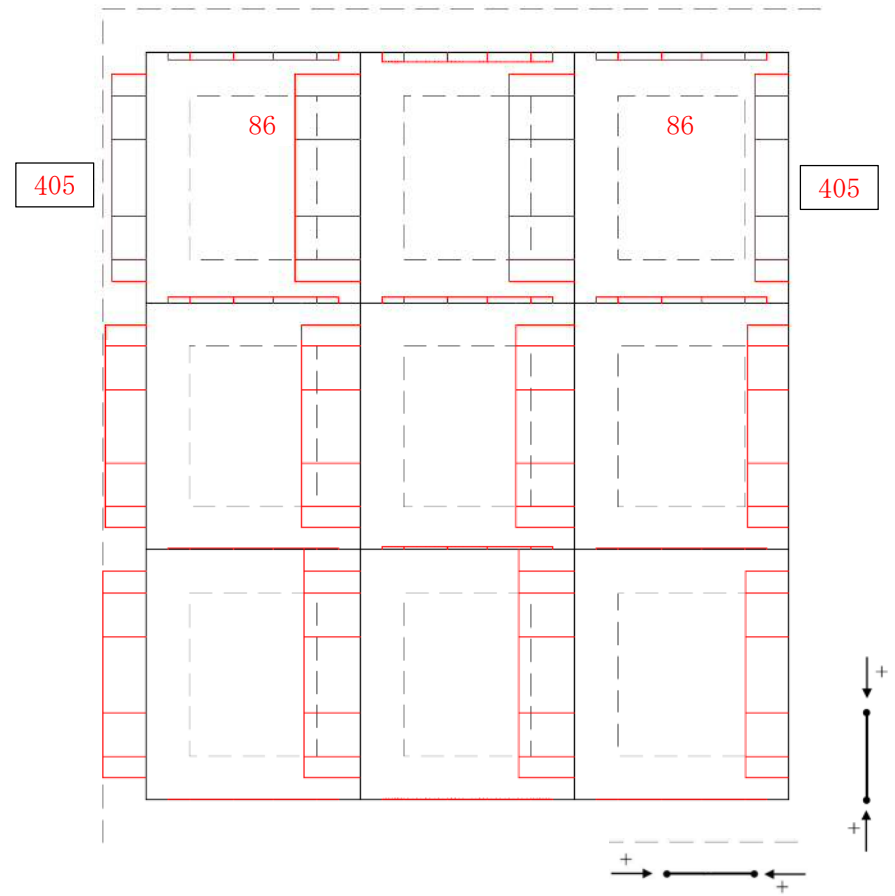


せん断力 (kN)

図 5.1-14 (2) 断面力図 (津波時：基準津波時，地盤ばね 1)

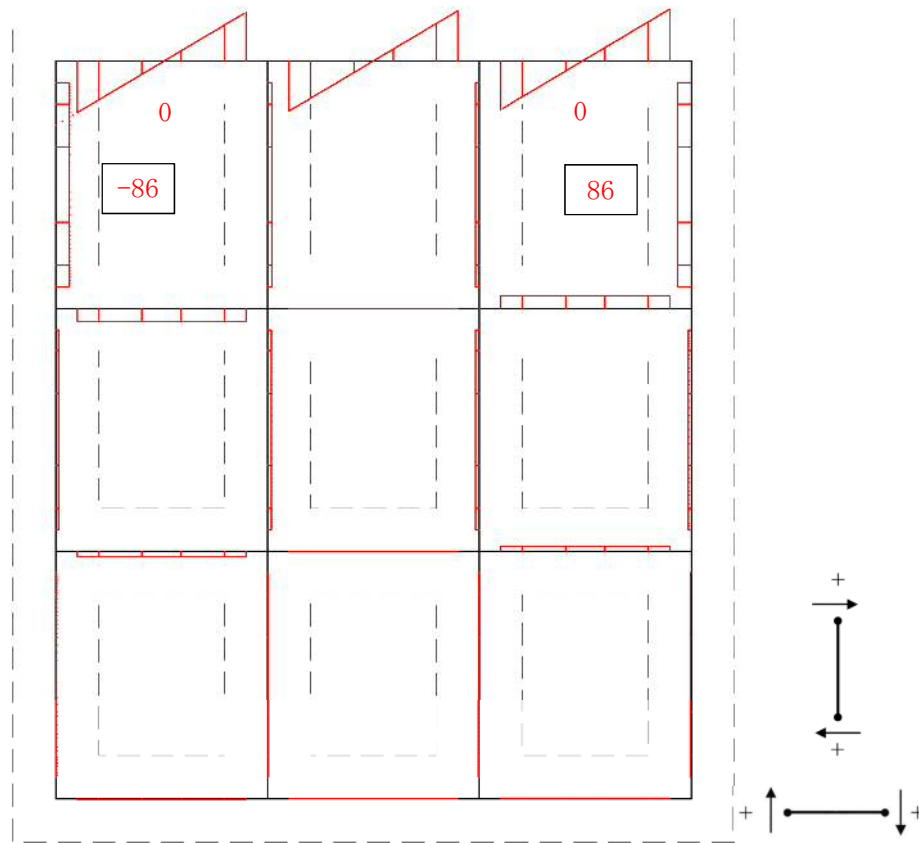


モーメント (kN・m)



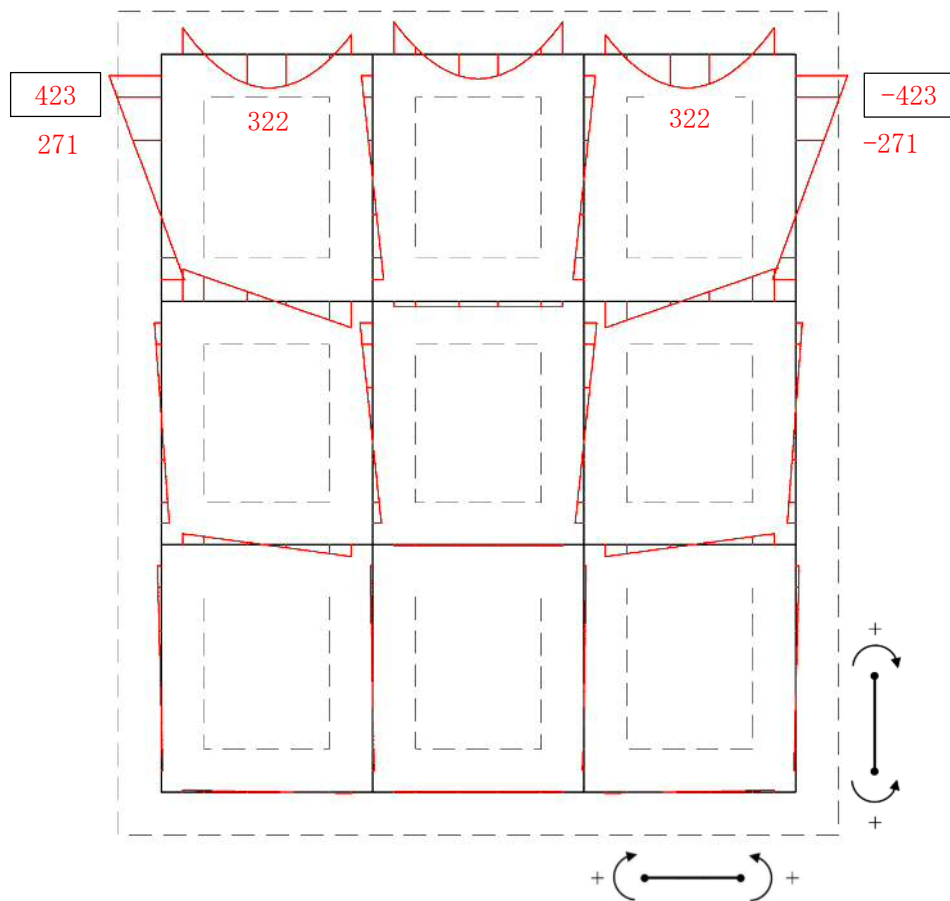
軸力 (kN)

図 5.1-14 (3) 断面力図 (津波時：基準津波時，地盤ばね 2)

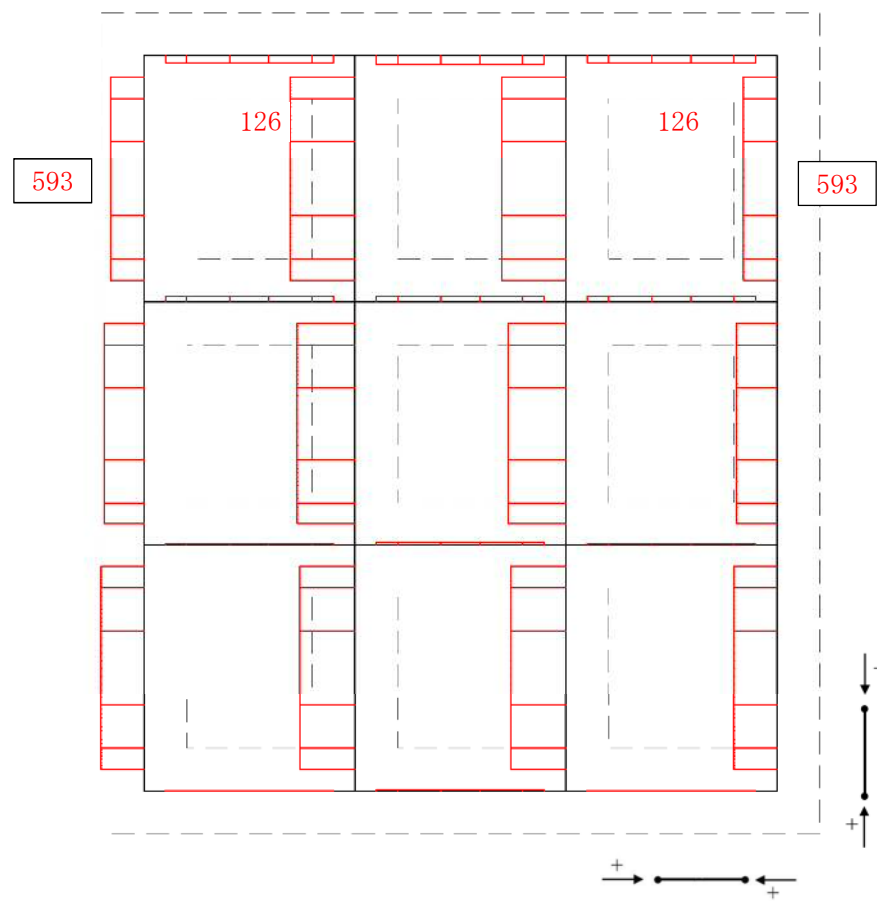


せん断力 (kN)

図 5.1-14 (4) 断面力図 (津波時：基準津波時，地盤ばね2)

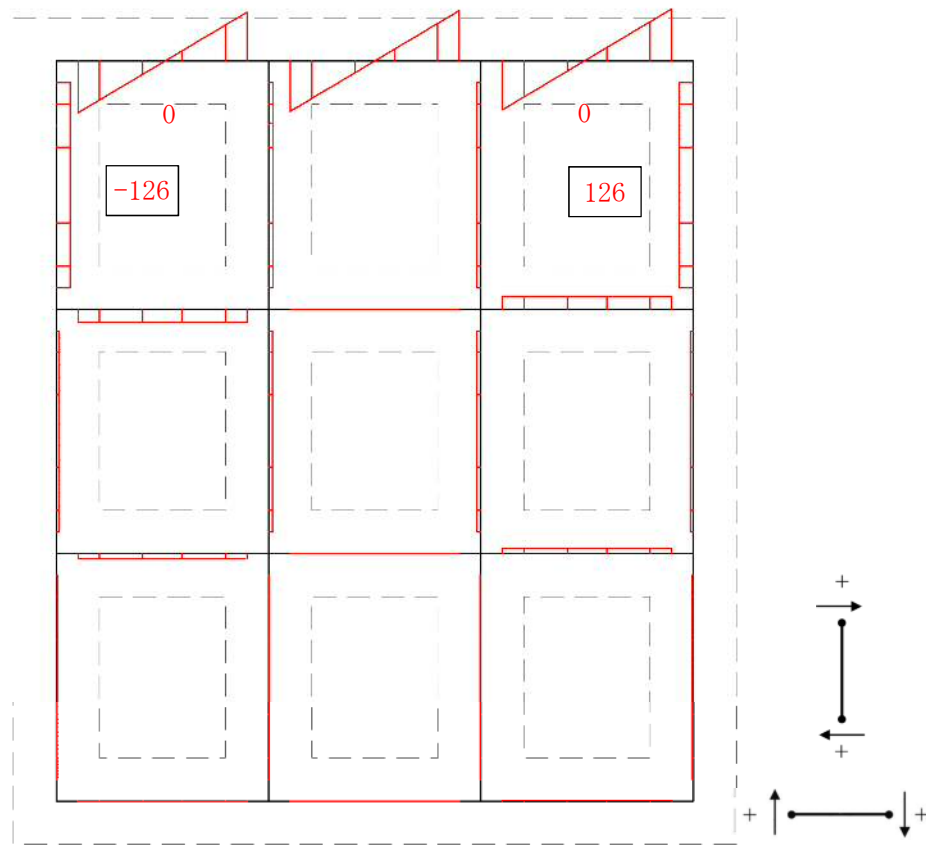


モーメント (kN・m)



軸力 (kN)

図 5.1-14 (5) 断面力図 (津波時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね 1)



せん断力 (kN)

図 5.1-14 (6) 断面力図 (津波時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね 1)

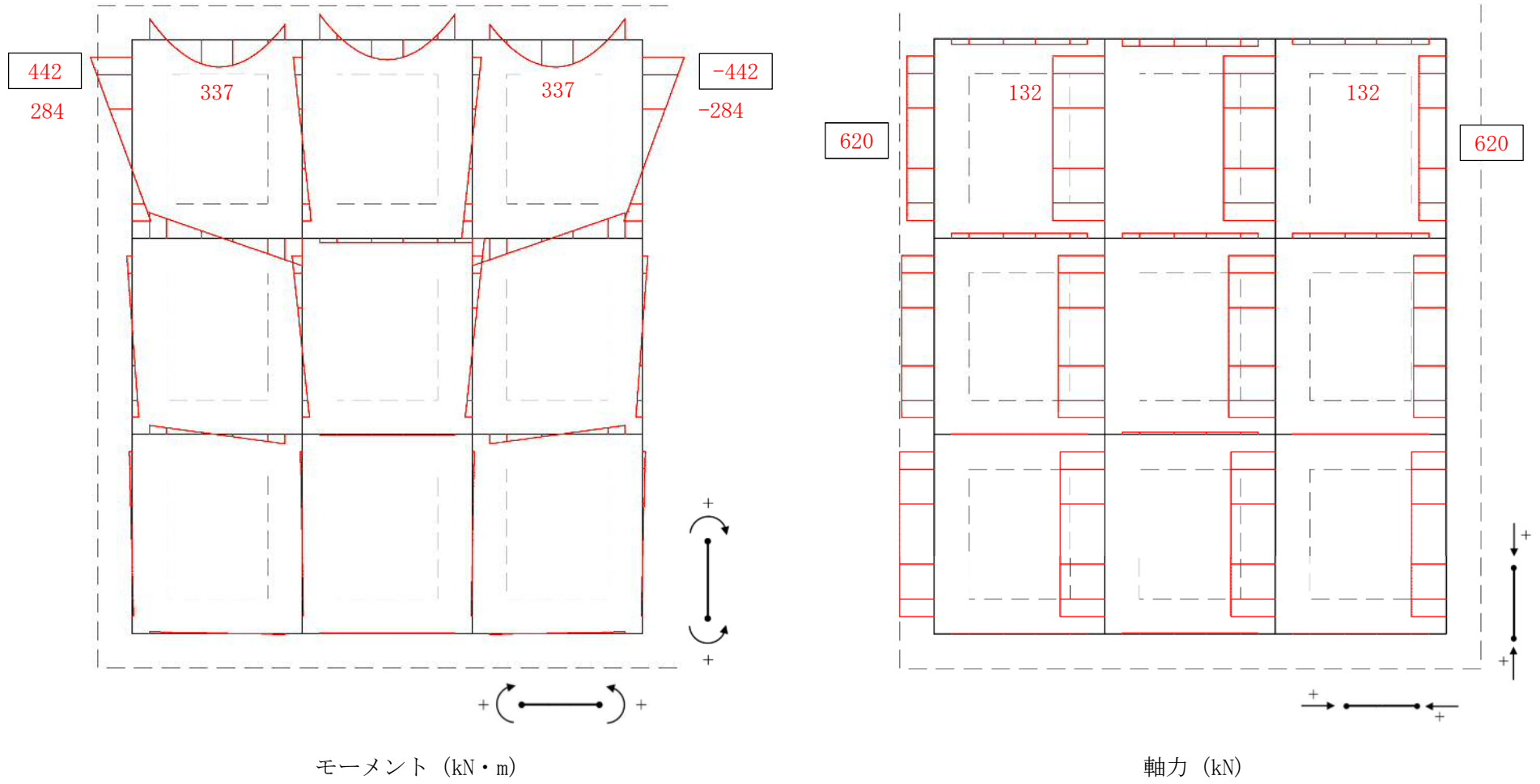
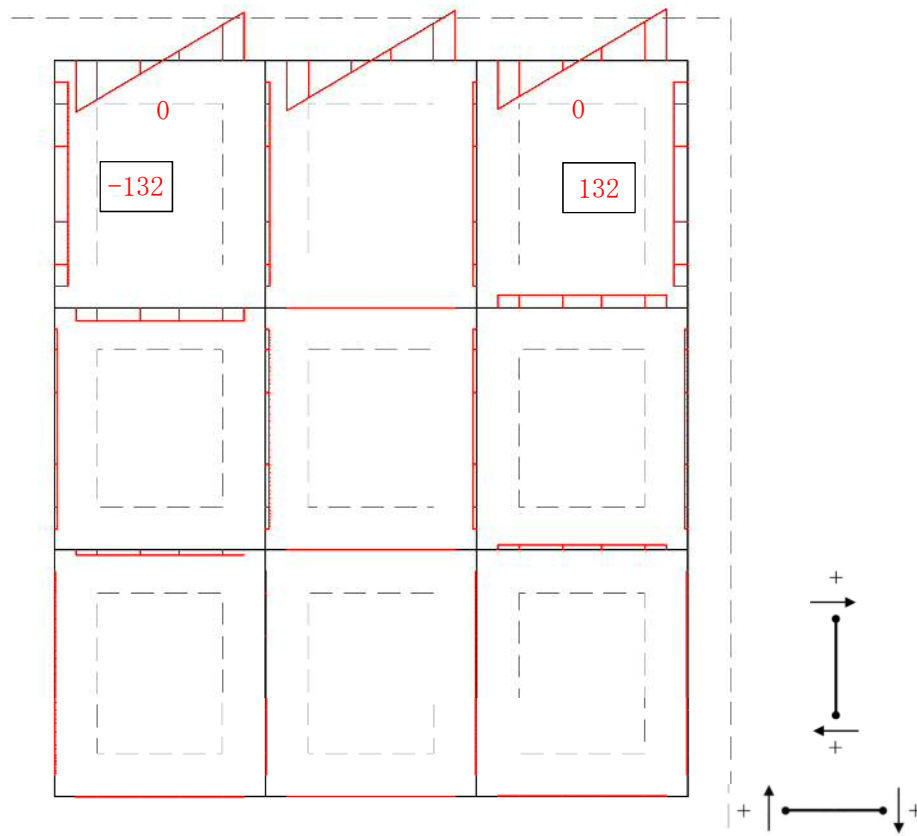


図 5.1-14 (7) 断面力図 (津波時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね 2)



せん断力 (kN)

図 5.1-14 (8) 断面力図 (津波時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね 2)

(2) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査

津波時における鉄筋の曲げ軸力に対する評価結果を表 5.1-9 に示す。地中連続壁基礎の水平方向に対して許容応力度法による照査を行った結果、引張応力度が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各地盤ケースにおいて最大となる値を示している。

また、照査に用いた鉄筋を着色した概略配筋図を図 5.1-15 に示す。

表 5.1-9 (1) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果 (津波時：基準津波時)

検討ケース	評価位置	発生断面力		引張 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}
		曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)			
地盤ばね 1	2, 8	199	78	5.47	348.0	0.02
地盤ばね 2	2, 8	220	86	6.06	348.0	0.02

表 5.1-9 (2) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果
(津波時：敷地に遡上する津波時)

検討ケース	評価位置	発生断面力		引張 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}
		曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)			
地盤ばね 1	2, 8	322	126	8.87	382.8	0.03
地盤ばね 2	2, 8	337	132	9.28	382.8	0.03

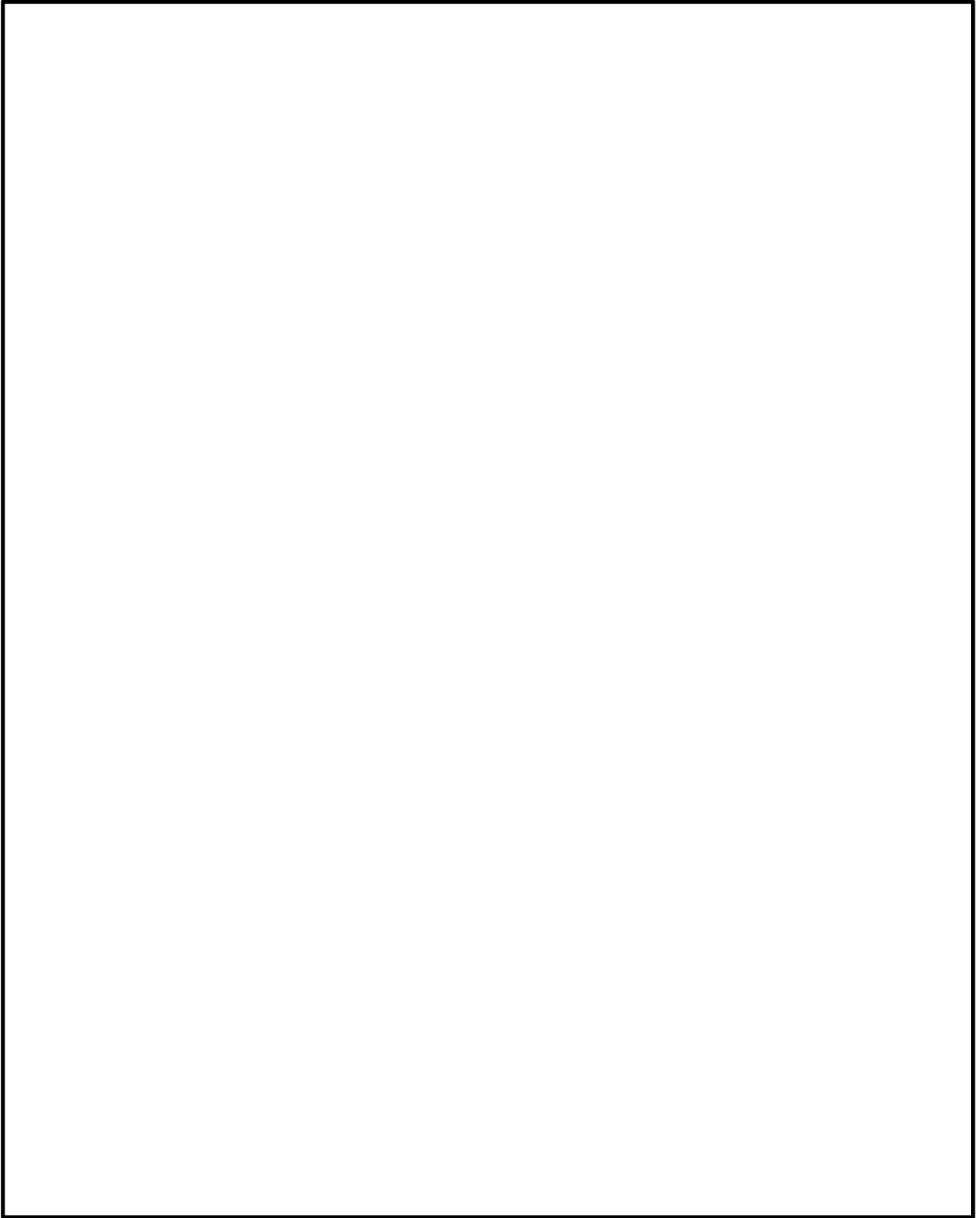


图 5.1-15 (1) 概略配筋图 (防潮壁)

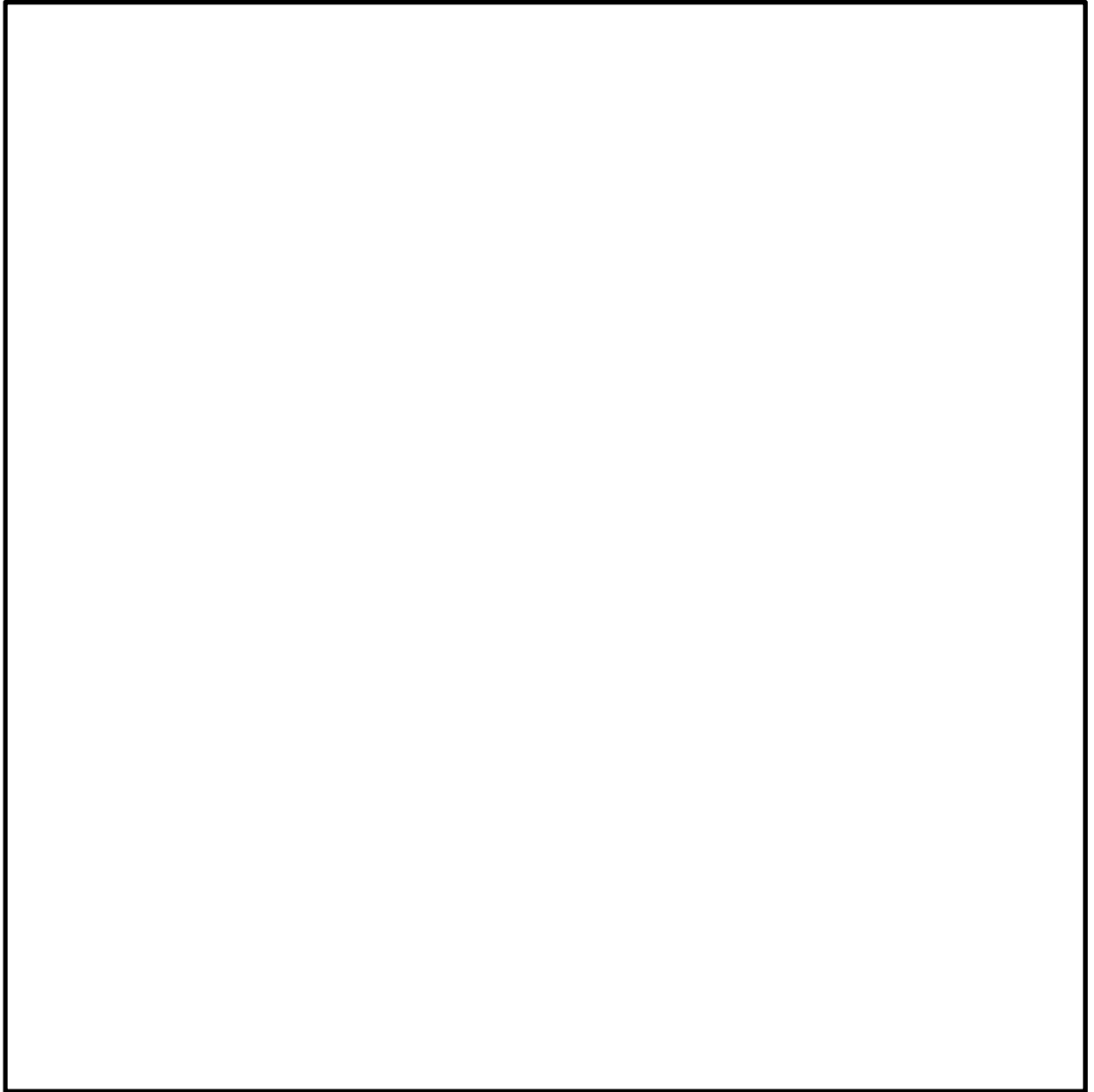
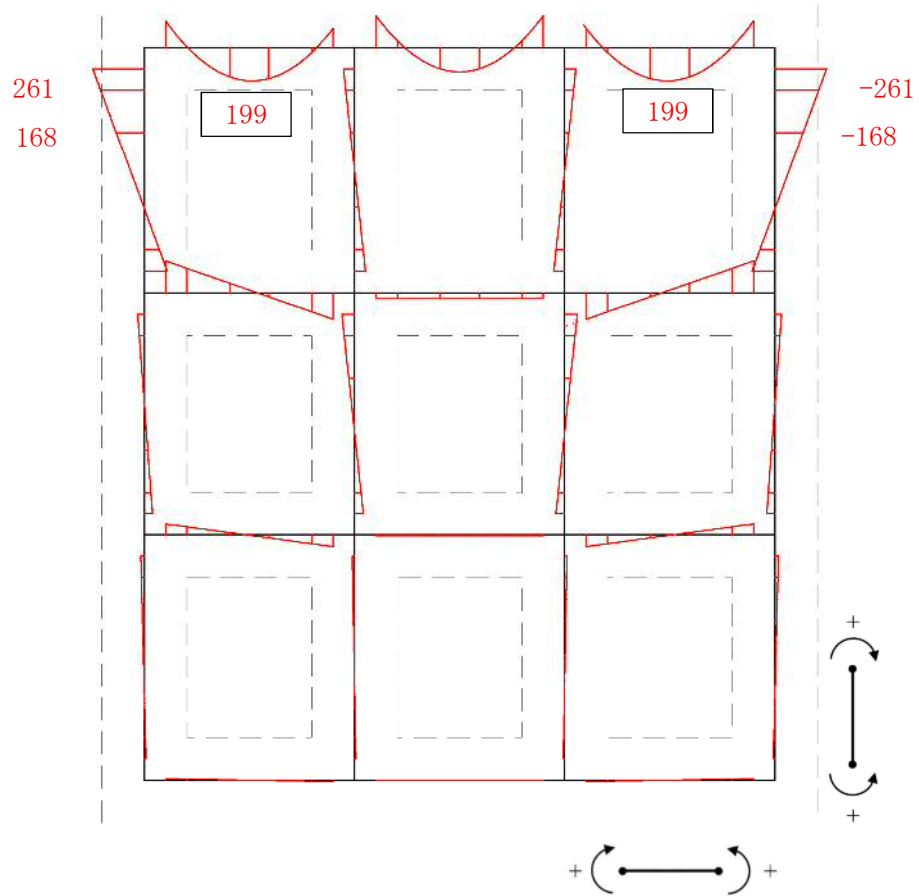
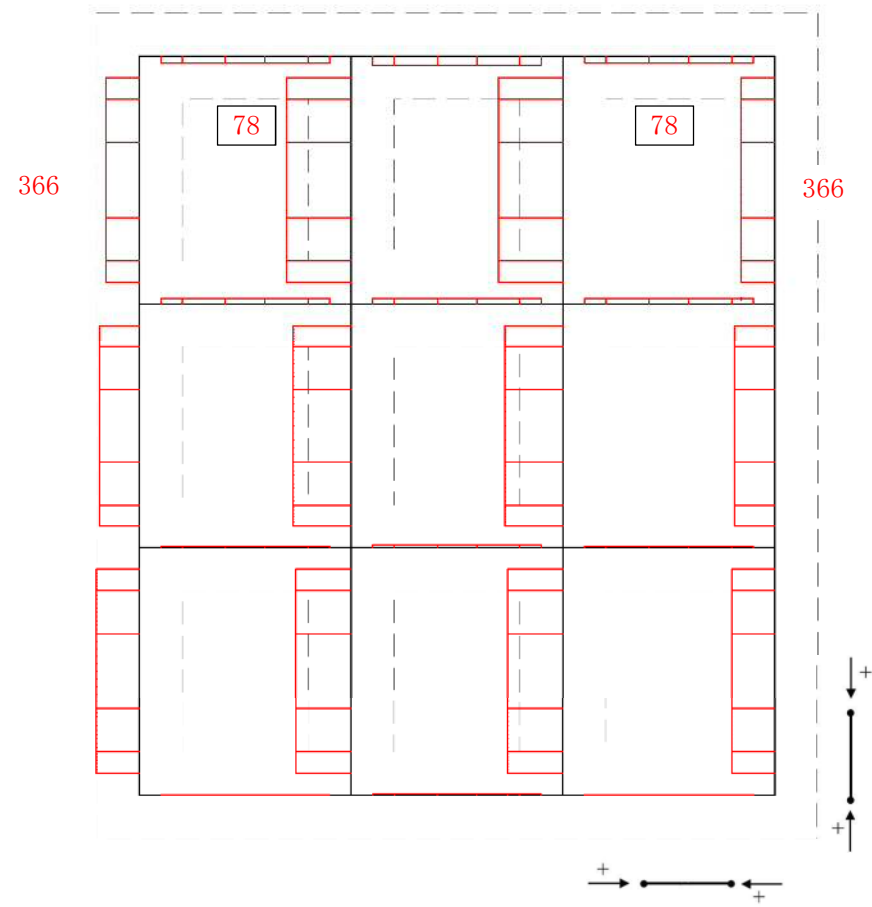


図 5.1-15 (2) 概略配筋図 (地中連続壁基礎)

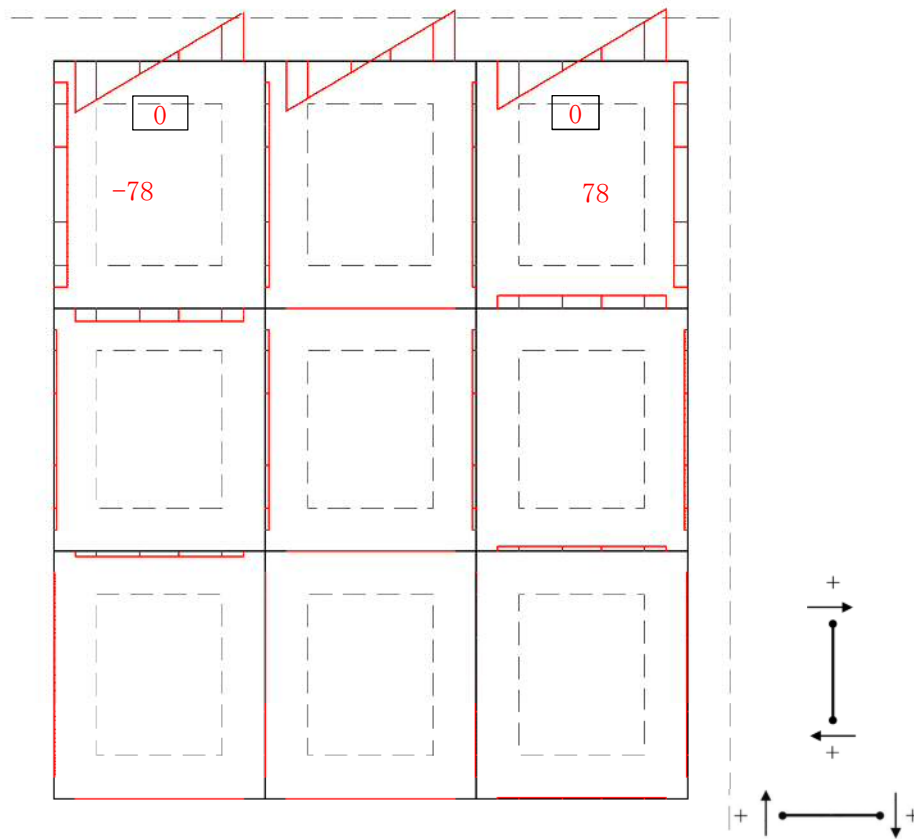


モーメント (kN・m)



軸力 (kN)

図 5.1-16 (1) 断面力図 (津波時：基準津波時，地盤ばね 1)



せん断力 (kN)

図 5. 1-16 (2) 断面力図 (津波時：基準津波時，地盤ばね 1)

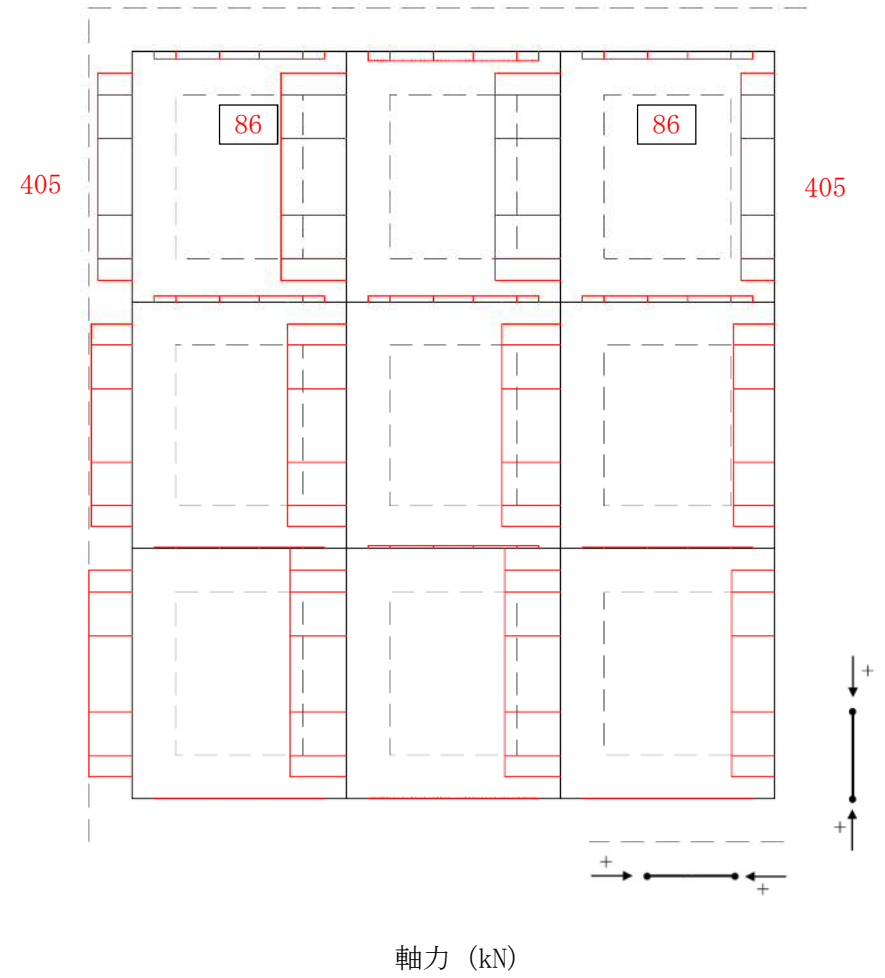
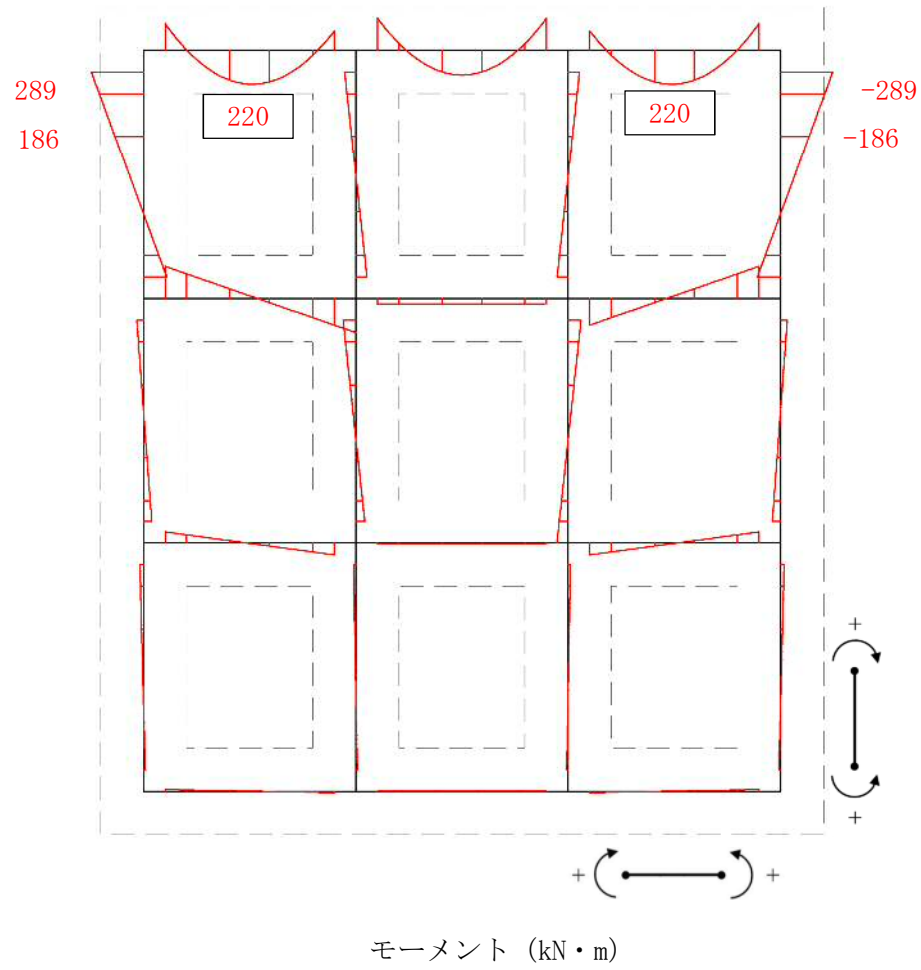
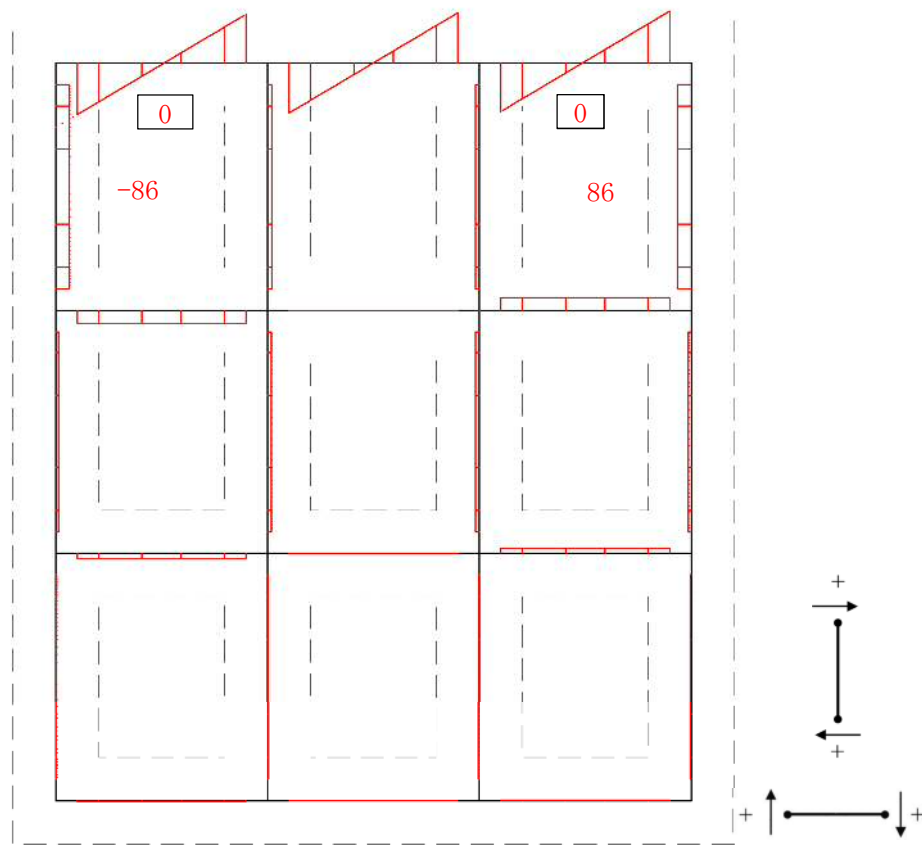
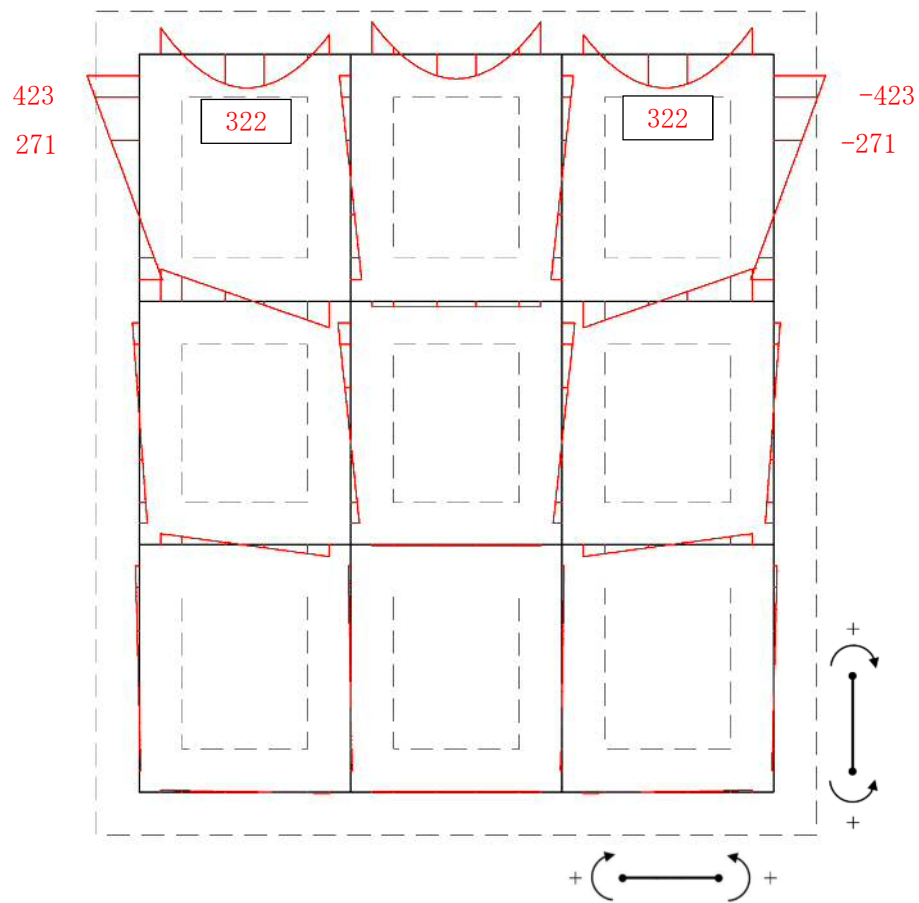


図 5.1-16 (3) 断面力図 (津波時：基準津波時，地盤ばね 2)

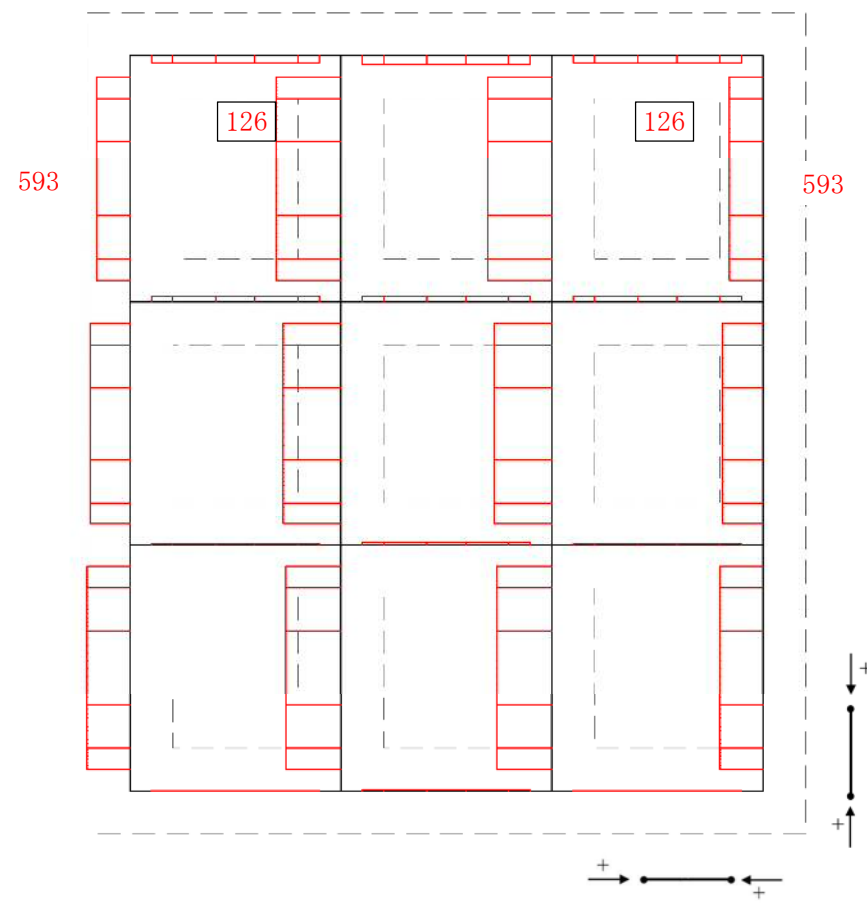


せん断力 (kN)

図 5.1-16 (4) 断面力図 (津波時：基準津波時，地盤ばね2)

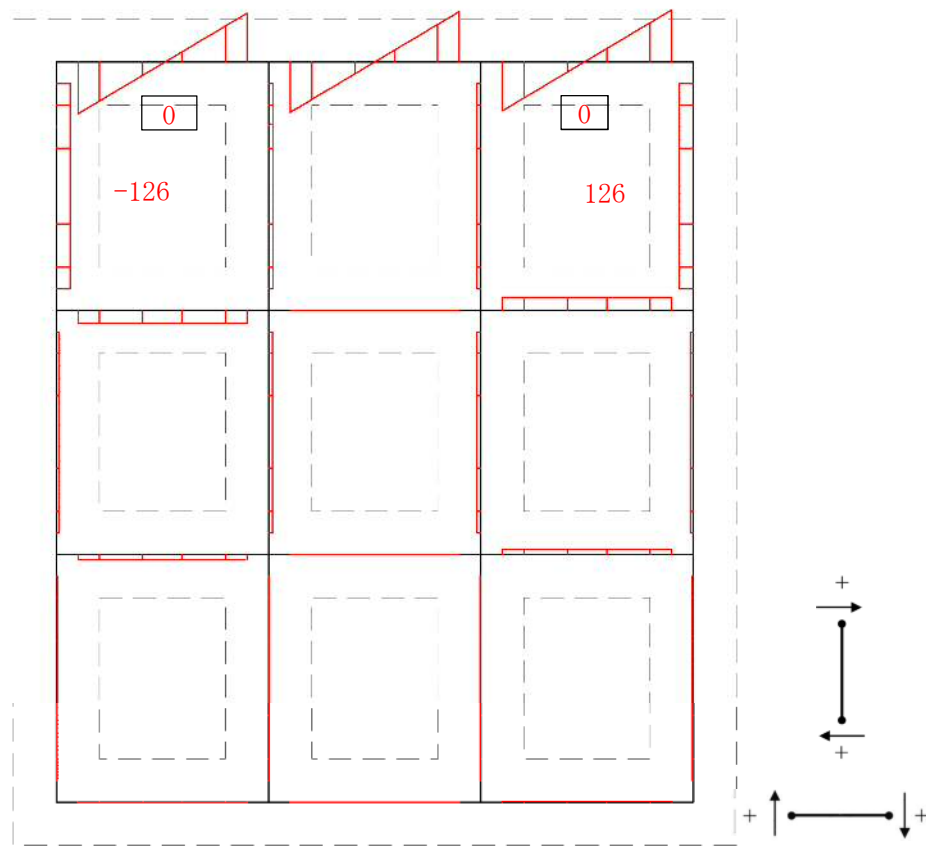


モーメント (kN・m)



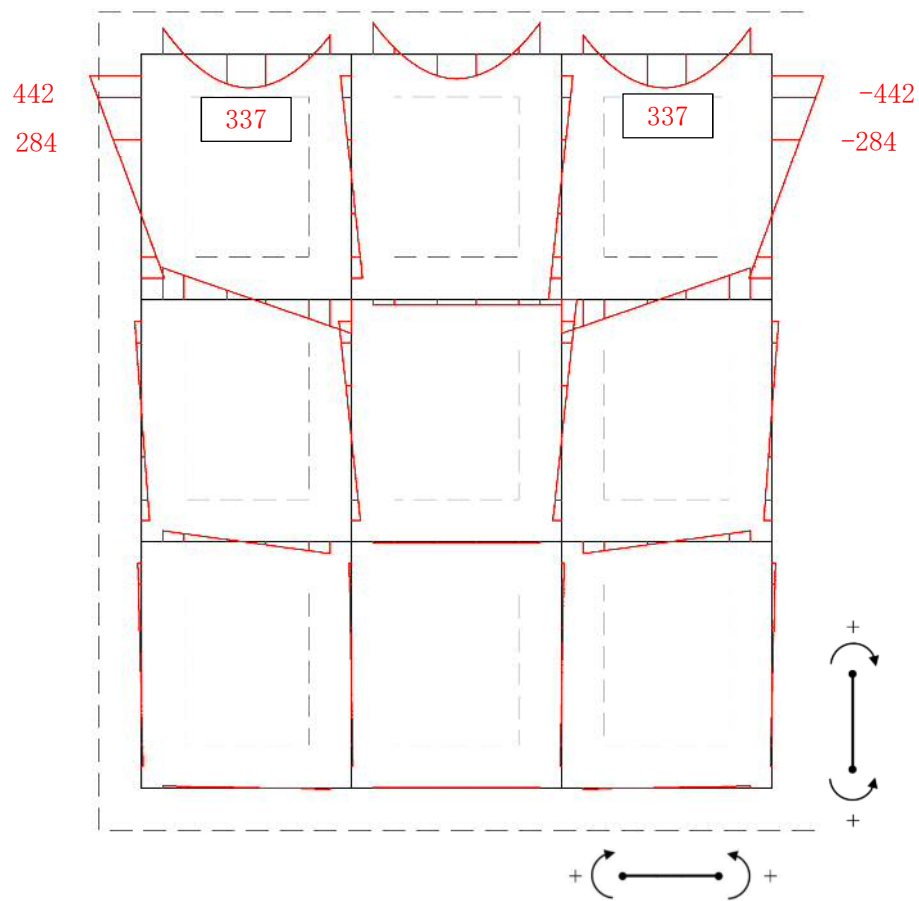
軸力 (kN)

図 5.1-16 (5) 断面力図 (津波時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね 1)

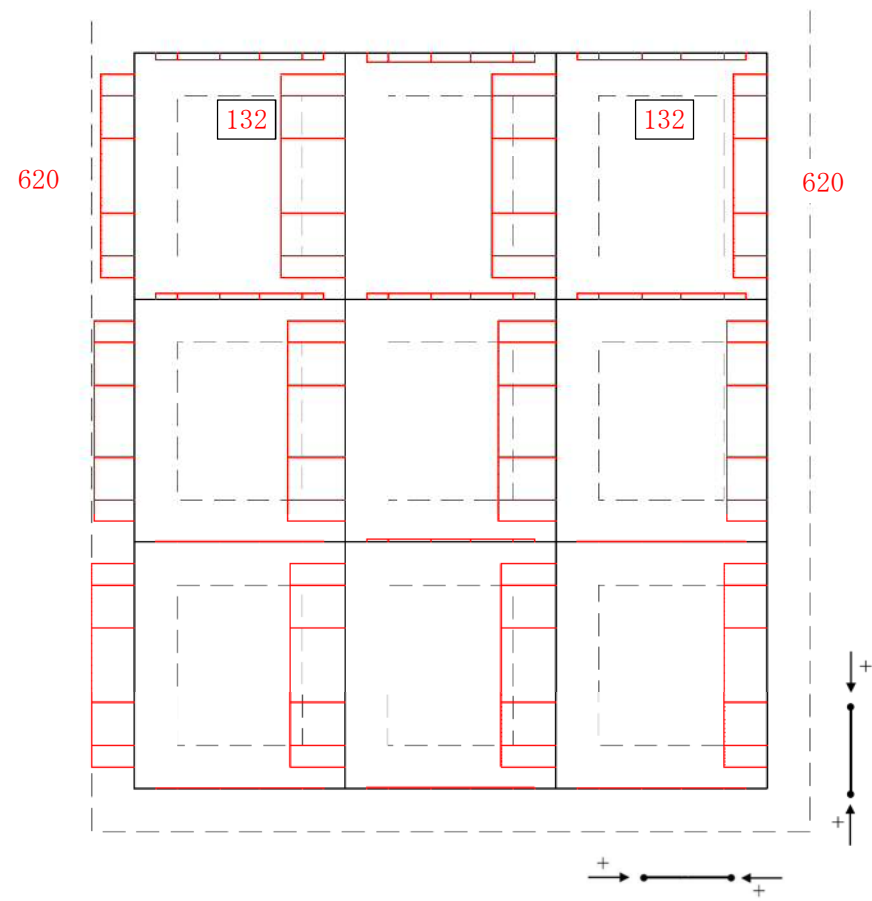


せん断力 (kN)

図 5.1-16 (6) 断面力図 (津波時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね 1)

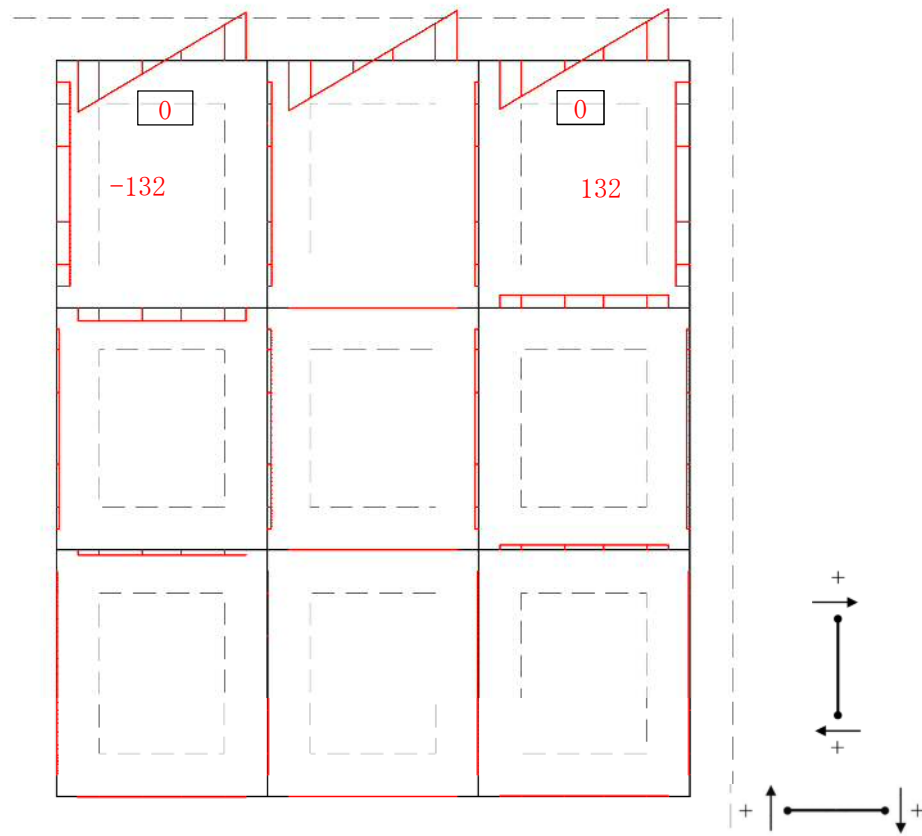


モーメント (kN・m)



軸力 (kN)

図 5.1-16 (7) 断面力図 (津波時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね 2)



せん断力 (kN)

図 5.1-16 (8) 断面力図 (津波時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね 2)

(3) せん断力に対する照査

津波時におけるせん断力に対する評価結果を表 5.1-10 に示す。地中連続壁基礎の水平方向に対して許容応力度法による照査を行った結果、せん断応力度が短期許容せん断応力度以下、又は発生せん断力がコンクリートの短期許容せん断力 ($V_{c,a}$) と斜め引張鉄筋の短期許容せん断力 ($V_{s,a}$) を合わせた短期許容せん断力 (V_a) 以下であることを確認した。なお、発生応力は各地盤ケースにおいて最大となる値を示している。

また、照査に用いた鉄筋を着色した概略配筋図を図 5.1-17 に示す。

表 5.1-10 (1) せん断力に対する照査結果 (津波時：基準津波時)

検討ケース	評価位置	発生せん断力 V (kN/m)	せん断応力度 τ (N/mm^2)	短期許容応力度 τ_{a1} (N/mm^2)	照査値 τ / τ_{a1}	短期許容せん断力 V_a (kN/m)	照査値 V/V_a
地盤ばね 1	38, 65	78	0.043	0.660	0.07	3245	0.03
地盤ばね 2	38, 65	86	0.048	0.660	0.08	3245	0.03

表 5.1-10 (2) せん断力に対する照査結果 (津波時：敷地に遡上する津波時)

検討ケース	評価位置	発生せん断力 V (kN/m)	せん断応力度 τ (N/mm^2)	短期許容応力度 τ_{a1} (N/mm^2)	照査値 τ / τ_{a1}	短期許容せん断力 V_a (kN/m)	照査値 V/V_a
地盤ばね 1	38, 65	126	0.070	0.880	0.08	3707	0.04
地盤ばね 2	38, 65	132	0.073	0.880	0.09	3707	0.04

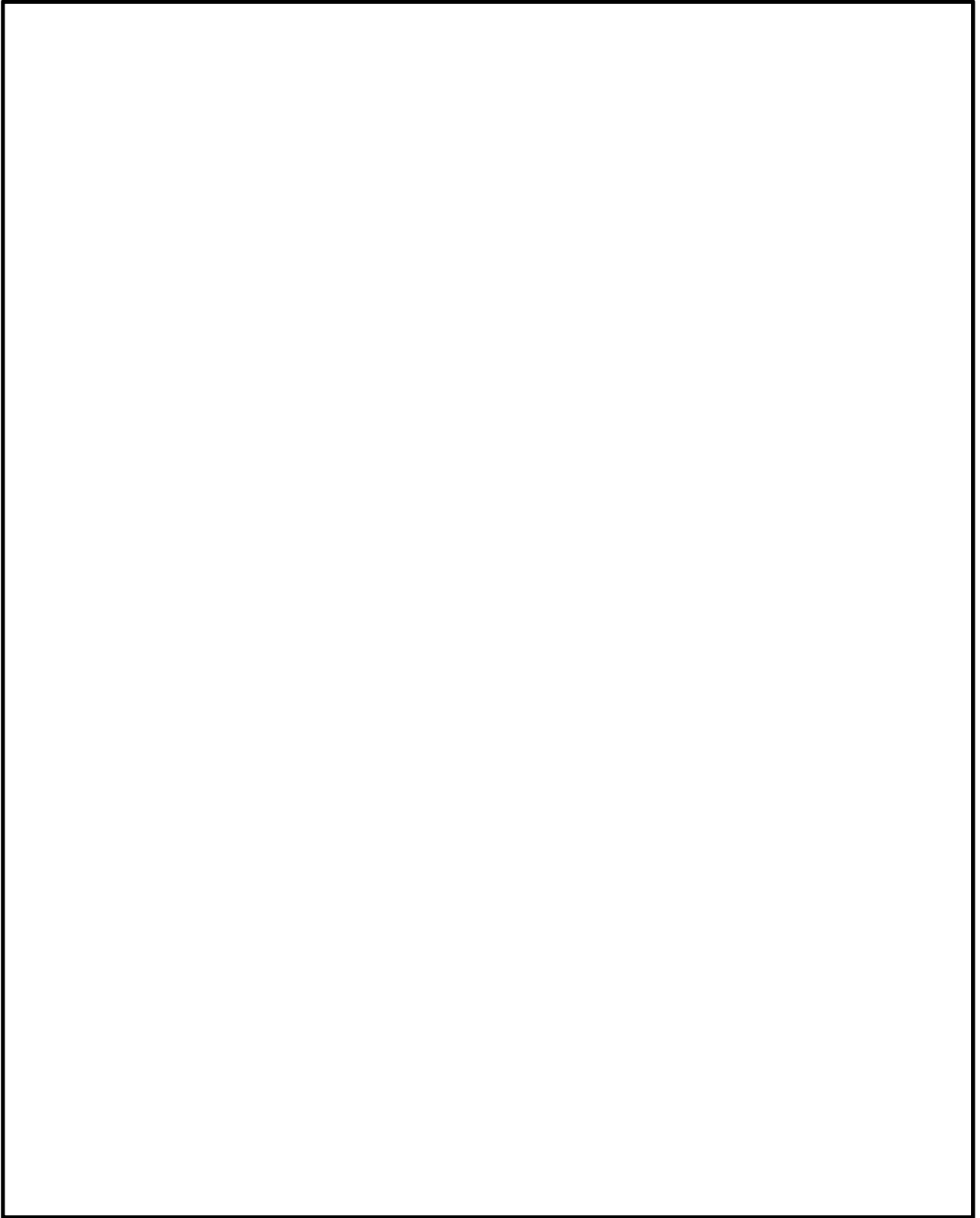


图 5.1-17 (1) 概略配筋图 (防潮壁)

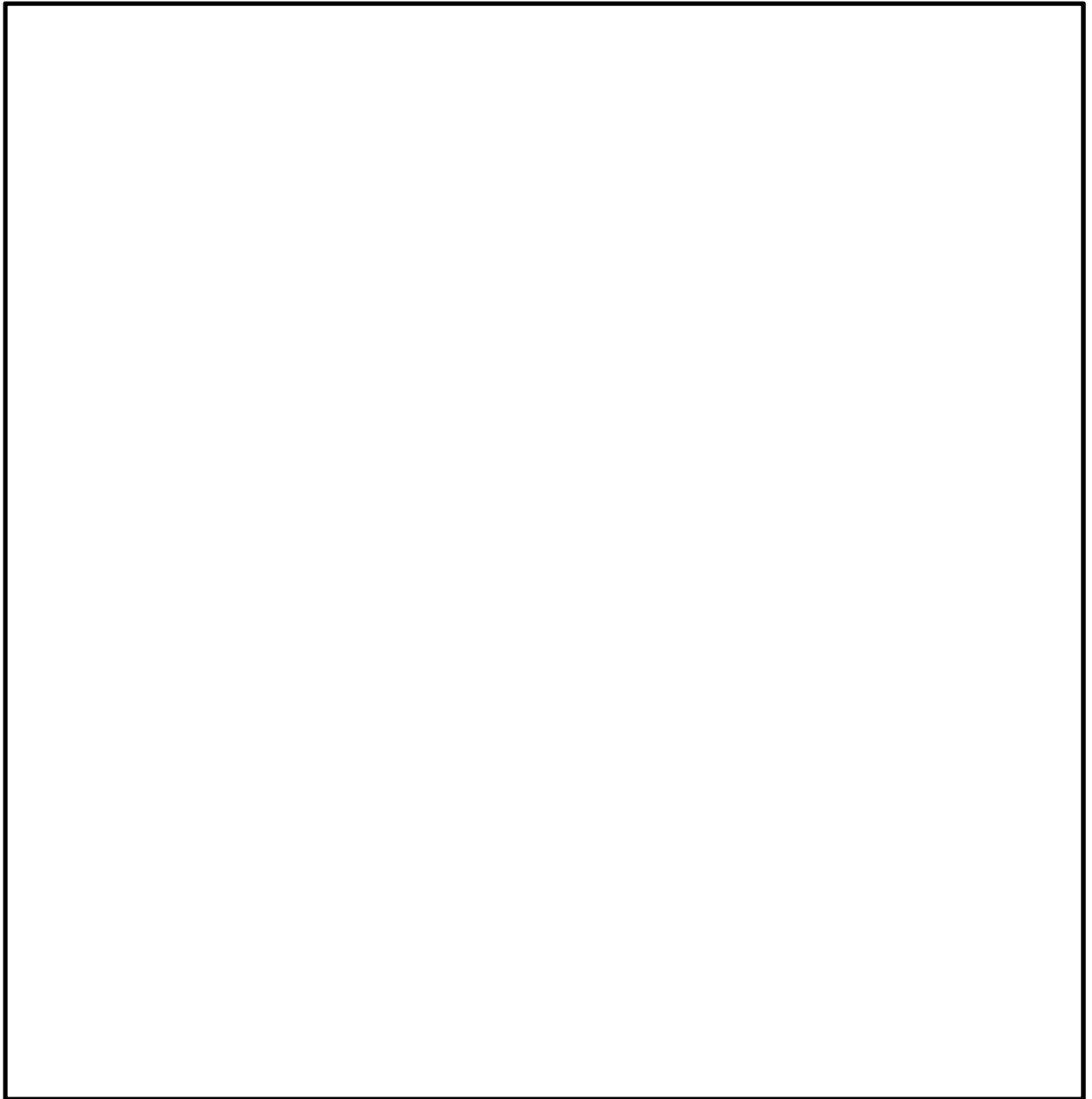
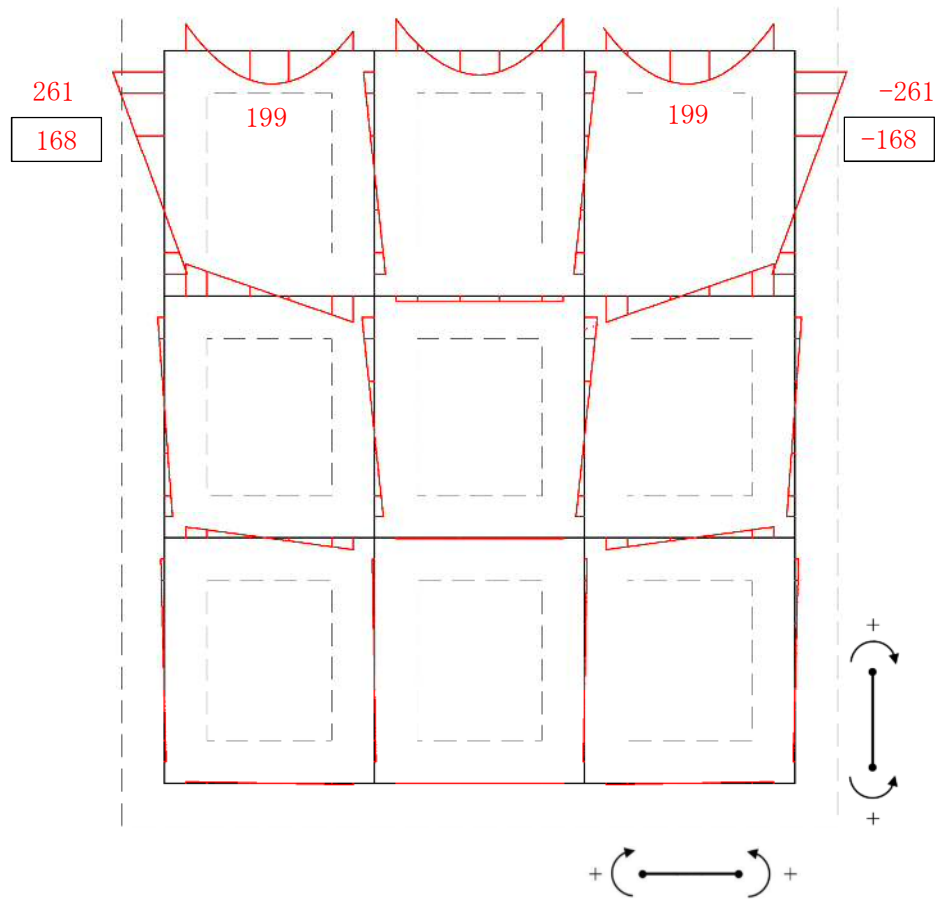
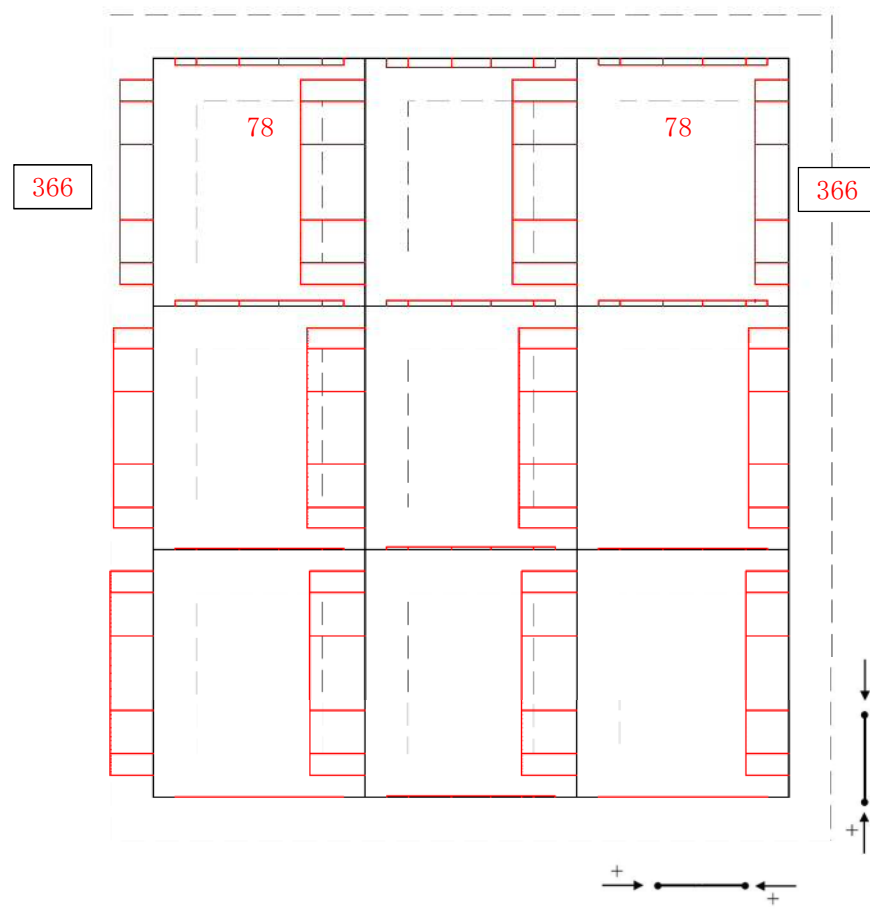


図 5.1-17 (2) 概略配筋図 (地中連続壁基礎)

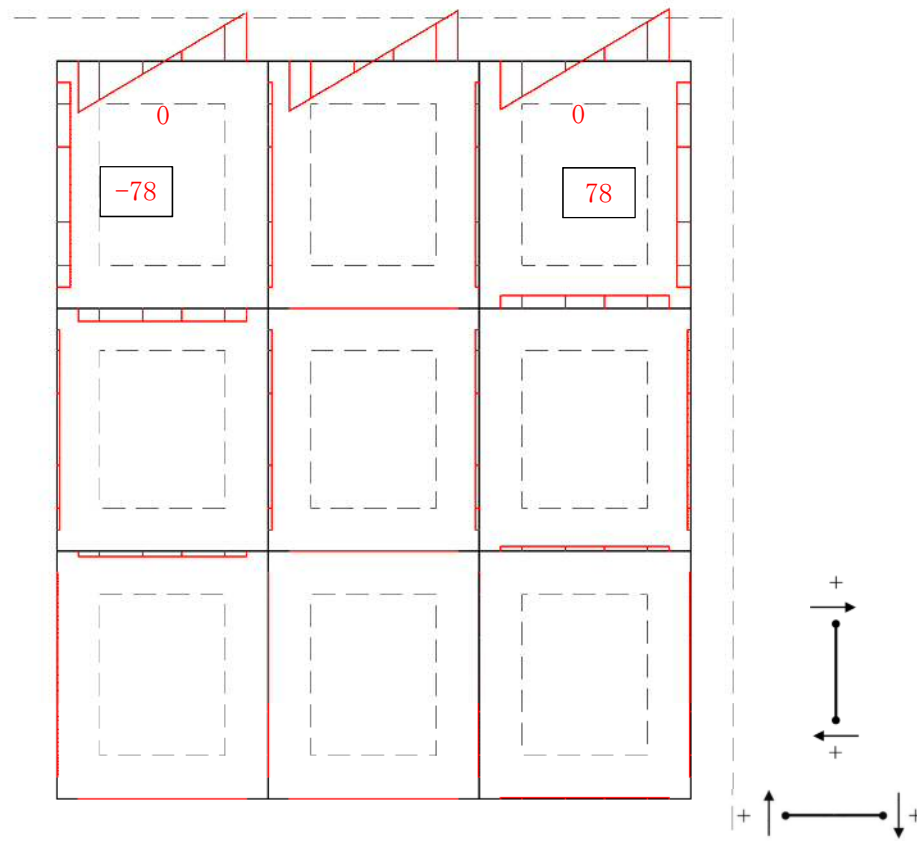


モーメント (kN・m)



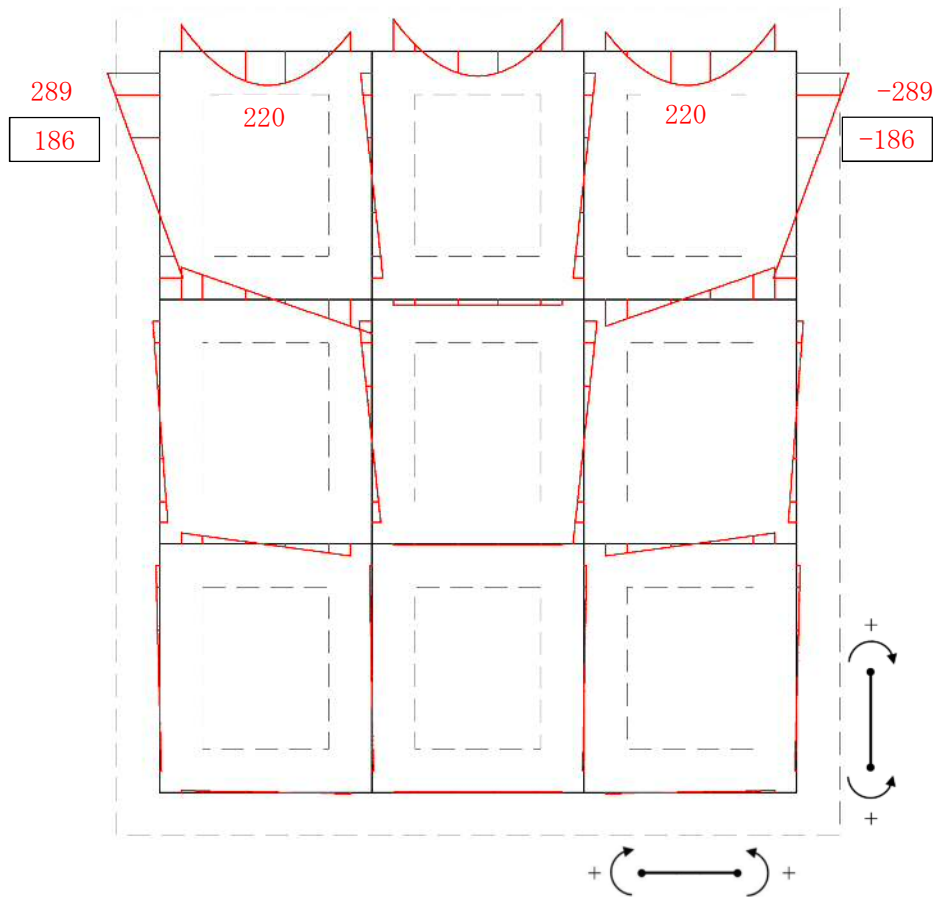
軸力 (kN)

図 5.1-18 (1) 断面力図 (津波時：基準津波時，地盤ばね 1)

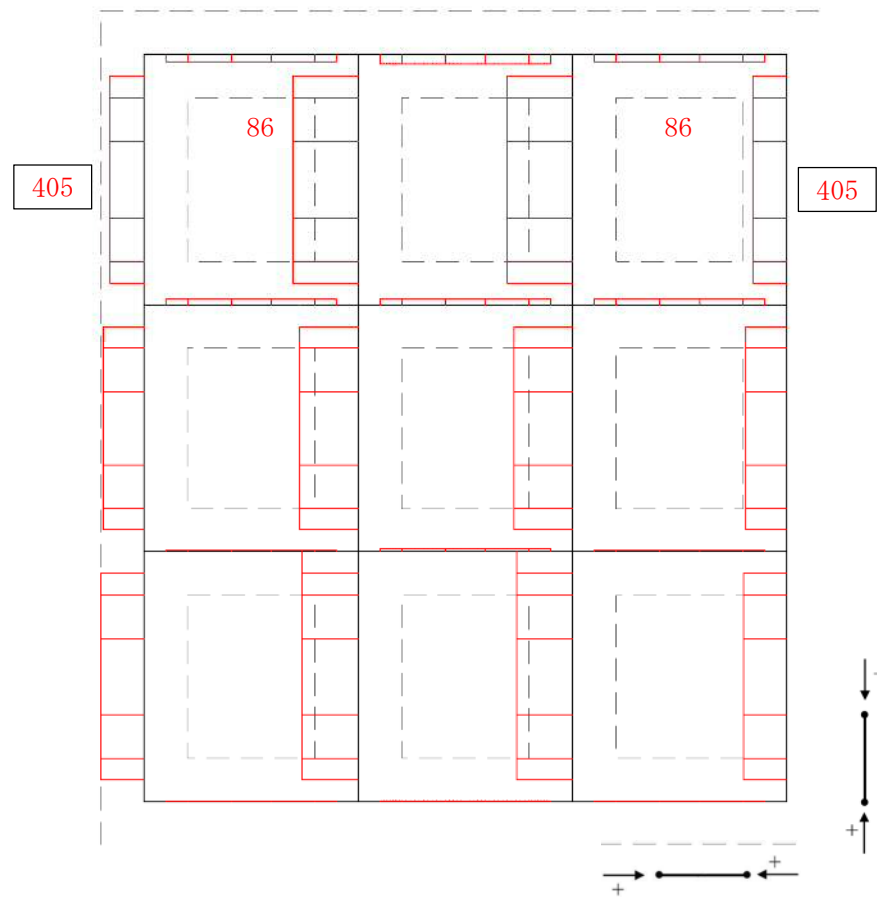


せん断力 (kN)

図 5. 1-18 (2) 断面力図 (津波時：基準津波時，地盤ばね 1)

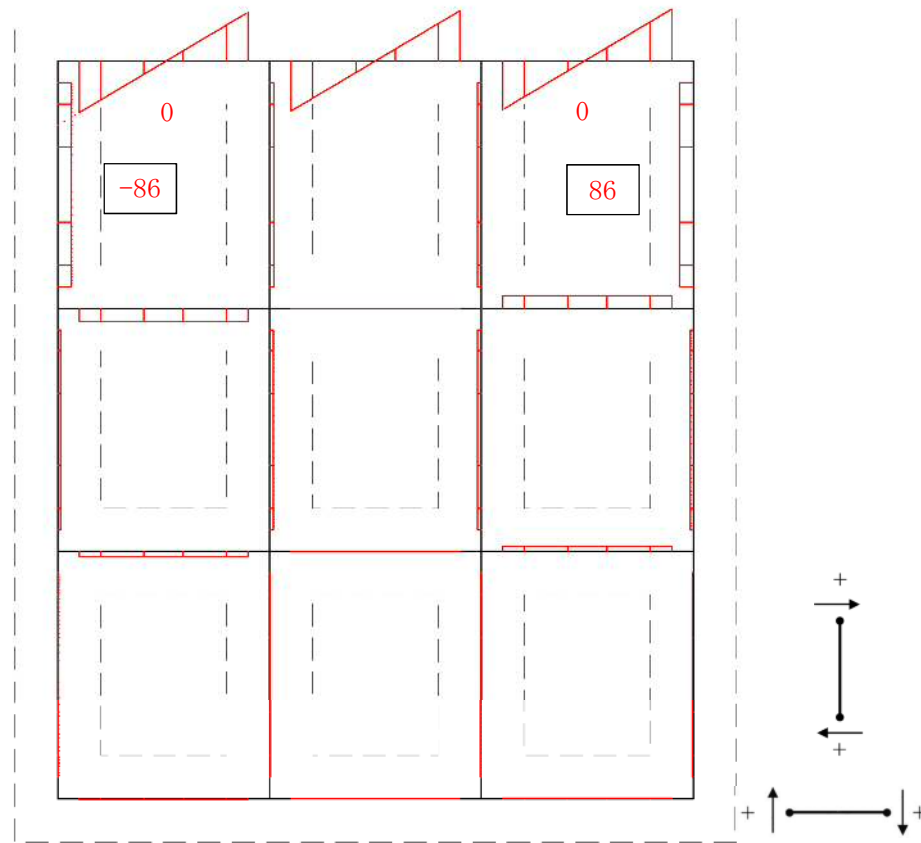


モーメント (kN・m)



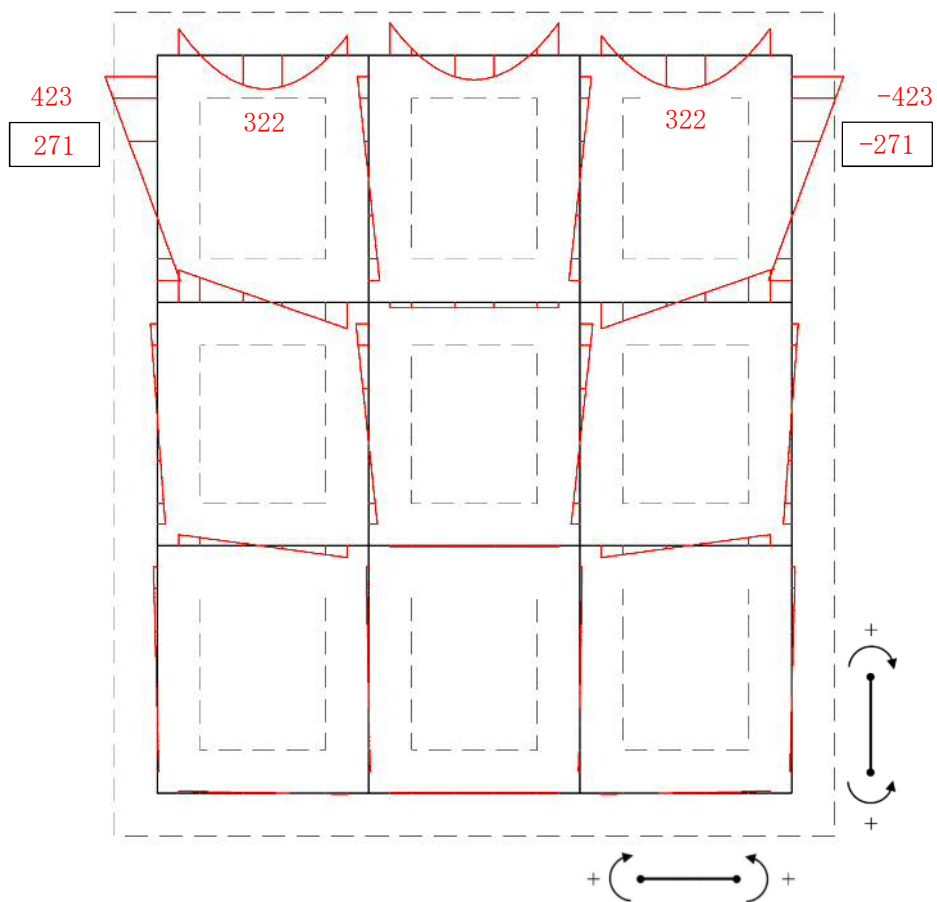
軸力 (kN)

図 5.1-18 (3) 断面力図 (津波時：基準津波時，地盤ばね2)

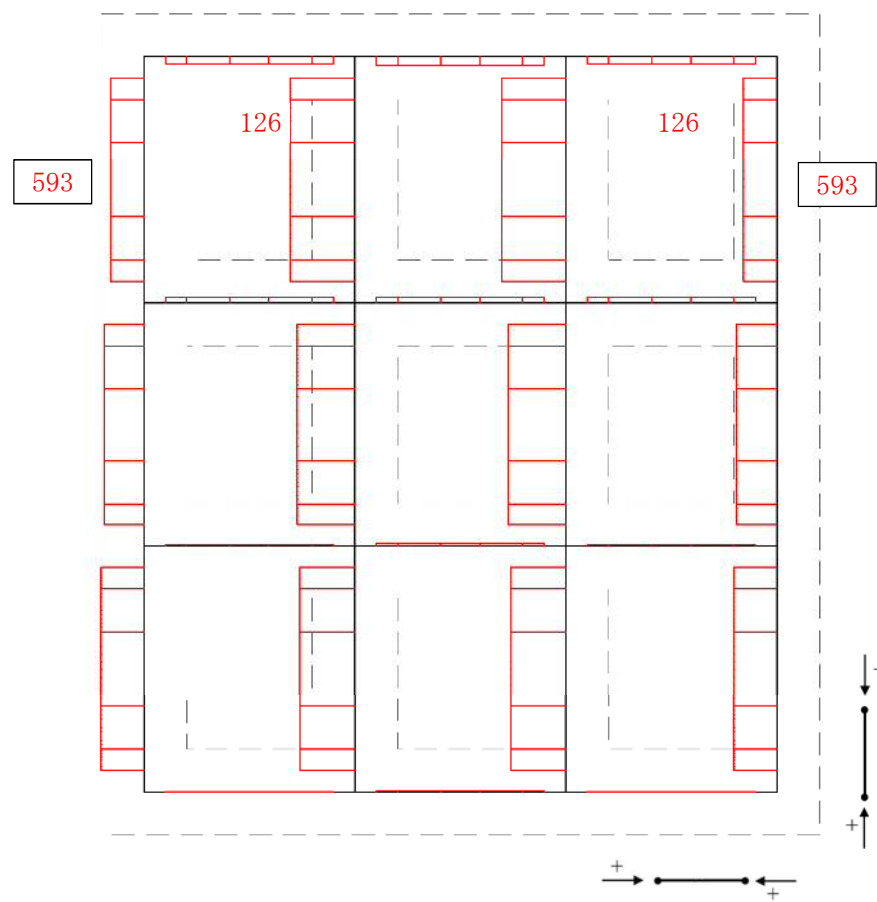


せん断力 (kN)

図 5. 1-18 (4) 断面力図 (津波時：基準津波時，地盤ばね 2)

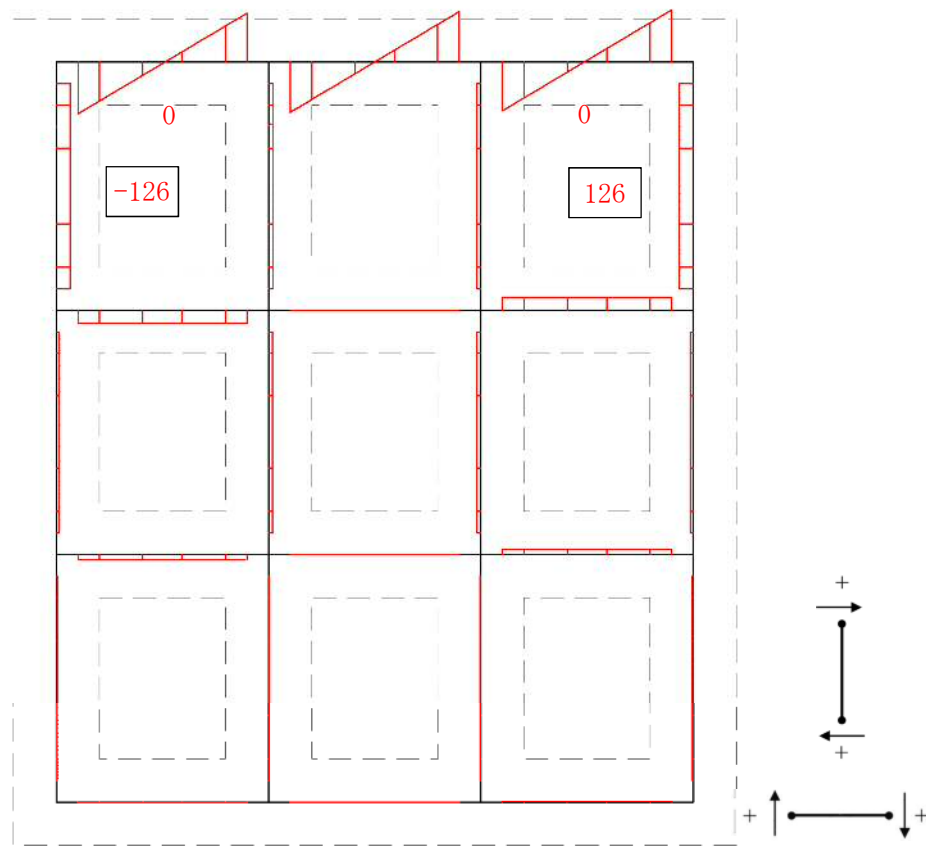


モーメント (kN・m)



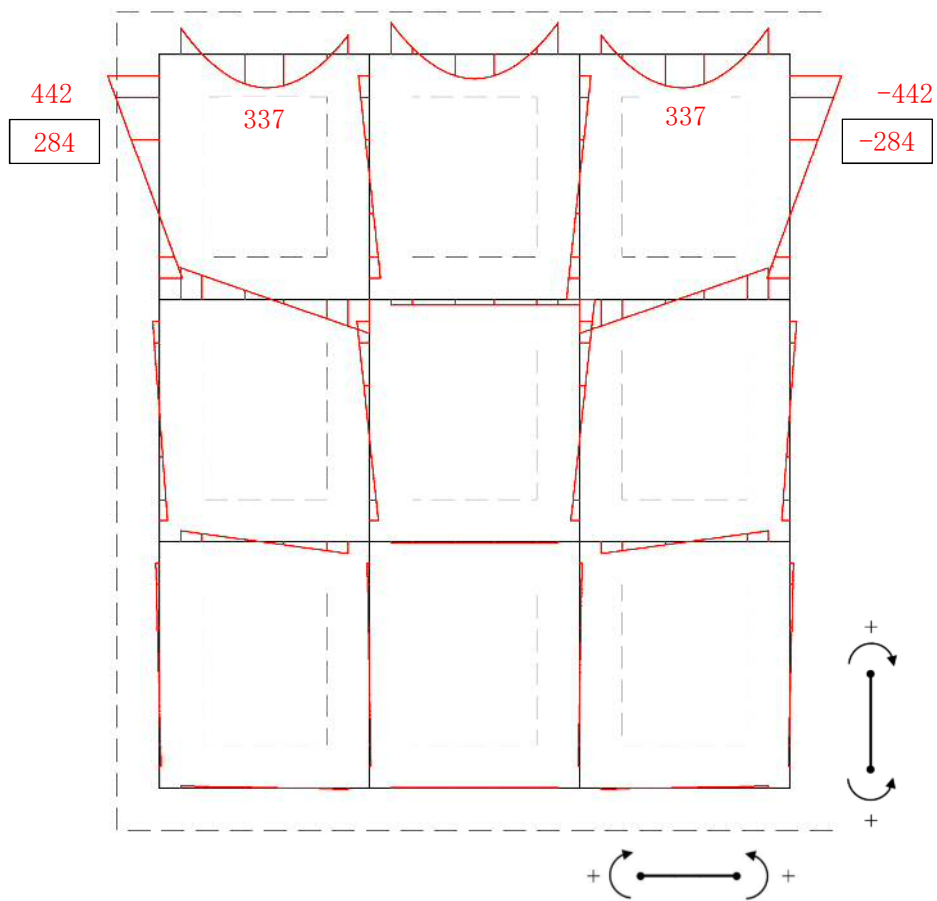
軸力 (kN)

図 5.1-18 (5) 断面力図 (津波時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね 1)

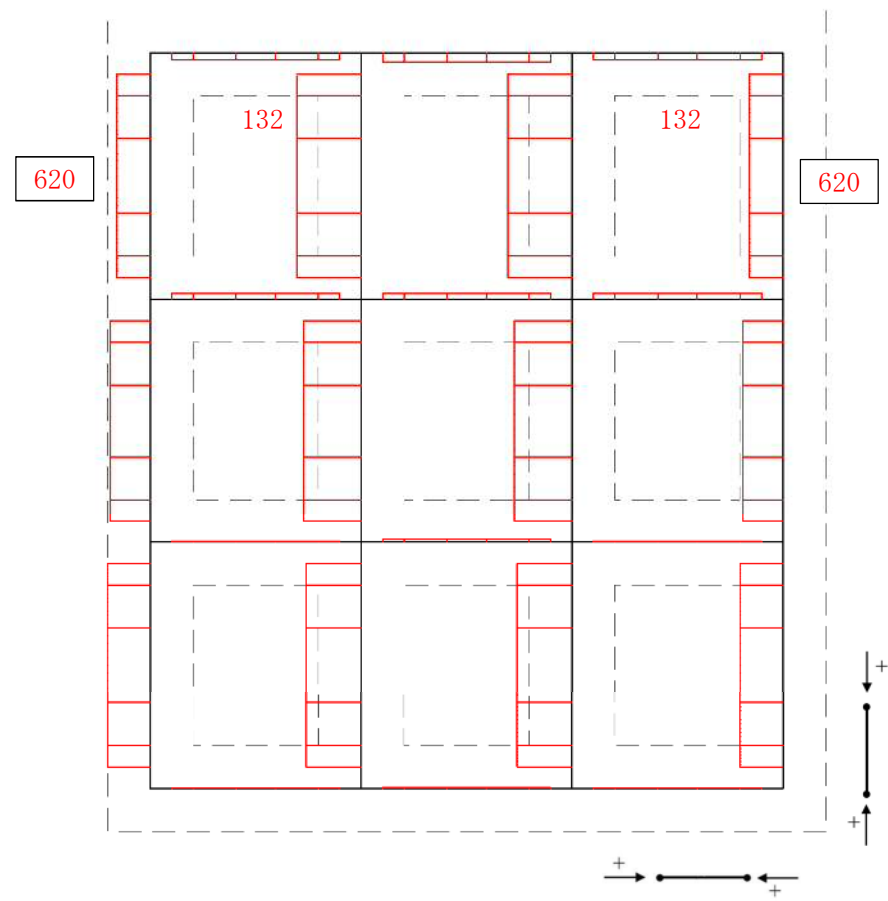


せん断力 (kN)

図 5.1-18 (6) 断面力図 (津波時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね 1)

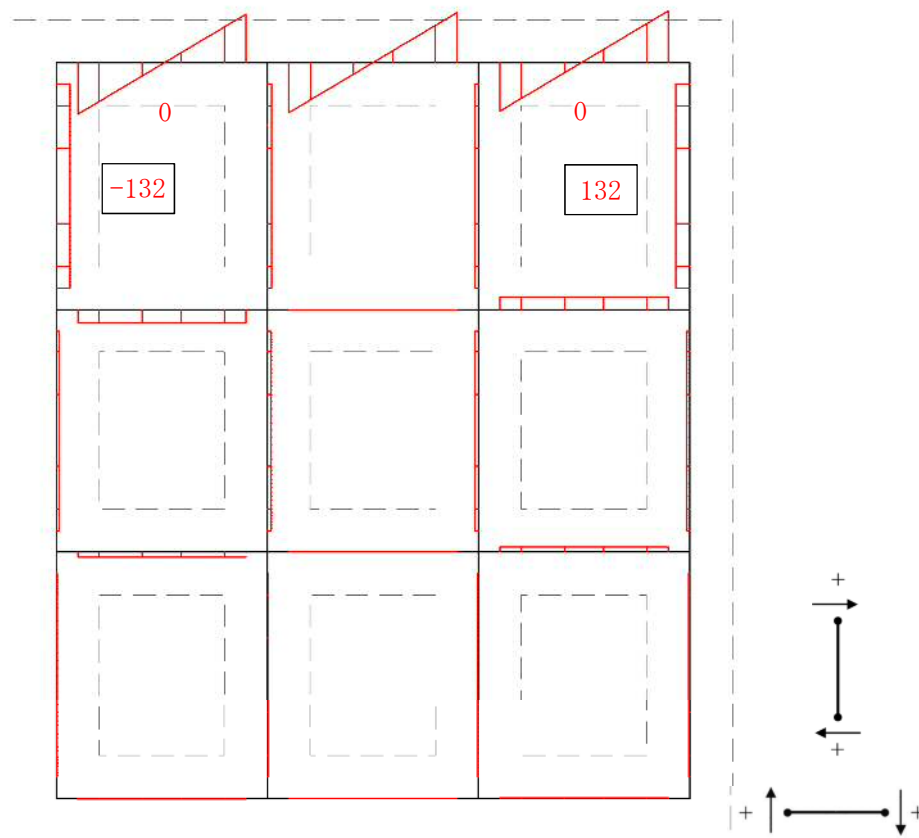


モーメント (kN・m)



軸力 (kN)

図 5.1-18 (7) 断面力図 (津波時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね 2)



せん断力 (kN)

図 5. 1-18 (8) 断面力図 (津波時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね 2)

5.1.4 放水路の評価結果

津波時における放水路の側壁及び隔壁の評価結果を表 5.1-11 に示す。放水路の側壁及び隔壁に対して耐震壁の照査を行った結果、せん断応力度が許容せん断応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各地盤ケースにおいて最大となる値を示している。

表 5.1-11 (1) 放水路の側壁及び隔壁の評価結果 (津波時：基準津波時)

検討ケース	せん断 応力度 τ (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_a (N/mm ²)	照査値 τ / τ_a
地盤ばね 1	0.093	1.350	0.07
地盤ばね 2	0.095	1.350	0.08

表 5.1-11 (2) 放水路の側壁及び隔壁の評価結果 (津波時：敷地に遡上する津波時)

検討ケース	せん断 応力度 τ (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_a (N/mm ²)	照査値 τ / τ_a
地盤ばね 1	0.146	1.350	0.11
地盤ばね 2	0.153	1.350	0.12

5.1.5 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相対変位量に対する照査結果を表 5.1-12 に示す。

津波時の止水ジョイント部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 5.1-12 津波時相対変位量

	δx (m)	δy (m)	δz (m)	3成分合計 (m)
S _s 最終変位×2倍	0.594	0.102	0.074	—
津波時×1倍	0.061	0.061	0.008	—
合計	0.655	0.163	0.082	0.680

5.2 重畳時の強度評価結果1次元有効応力解析結果

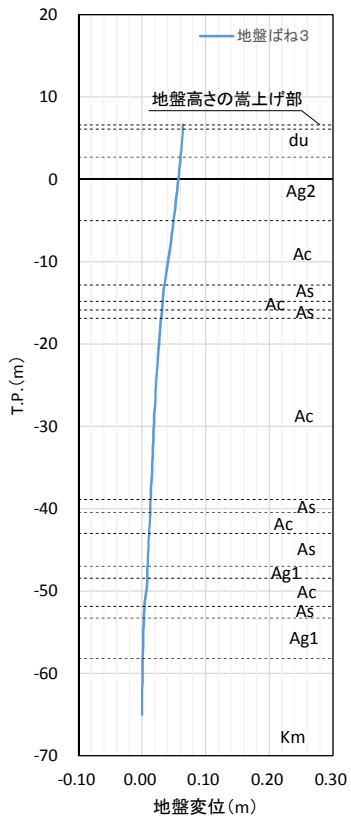
1次元有効応力解析結果から、地表面水平最大加速度、地表面最大変位及び最大せん断ひずみをまとめたものを表5.2-1に示す。

表5.2-1 1次元有効応力解析結果

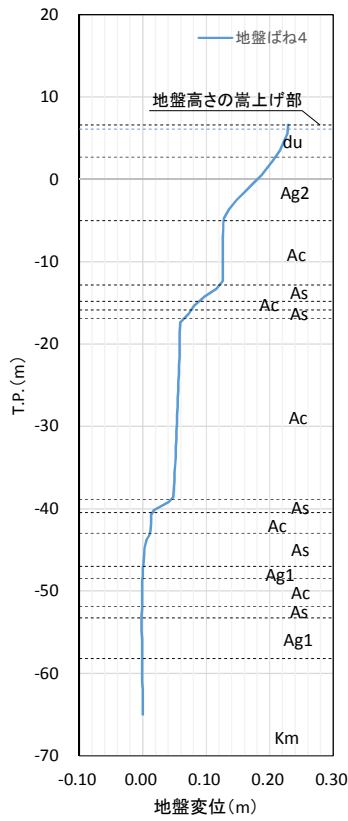
解析ケース	① 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)	② 地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)した解析ケース	③ 地盤物性のばらつきを考慮(-1σ)した解析ケース	④ 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	⑤ 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	⑥ 地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地表面最大水平加速度 (cm/s ²)	127.8	123.1	125.2	77.28	182.7	183.0
地表面最大変位 (m)	0.134	0.130	0.145	0.229	0.119	0.106
最大せん断ひずみ (%)	3.03	3.16	3.24	2.87	0.34	0.30

表5.2-1より、地盤ばね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(+1σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース、地盤ばね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に基づく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、地盤ばね5は最大せん断ひずみが発生する③地盤物性のばらつきを考慮(-1σ)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ばねを設定する。

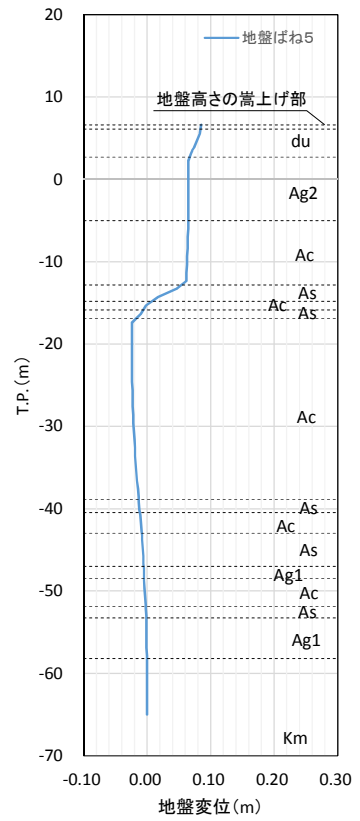
各地盤ケースにおける地盤変位は、地表面最大加速度発生時刻、地表面最大変位発生時刻、最大せん断ひずみ発生時刻それぞれの地盤変位の深度分布を与える。各地盤ケースでの地盤変位分布及びその比較を図5.2-1に、水平方向地盤反力係数、水平方向地盤反力上限値及びその比較を図5.2-2に示す。



地盤ばね3



地盤ばね4



地盤ばね5

図 5.2-1 (1) 地盤変位分布図 (地盤ばね3, 地盤ばね4 及び地盤ばね5)

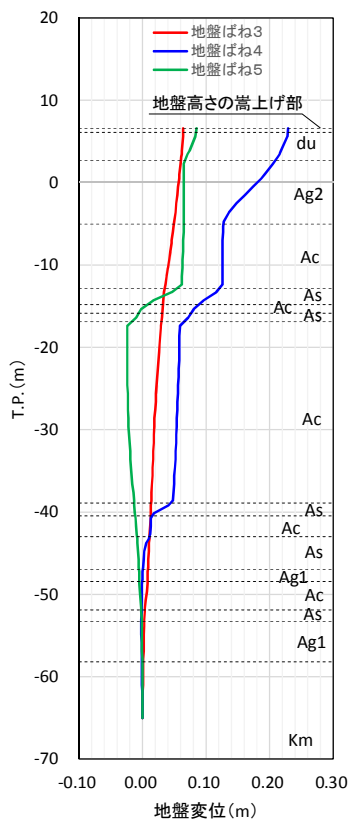


図 5.2-1 (2) 地盤変位分布図の比較 (地盤ばね3, 地盤ばね4 及び地盤ばね5)

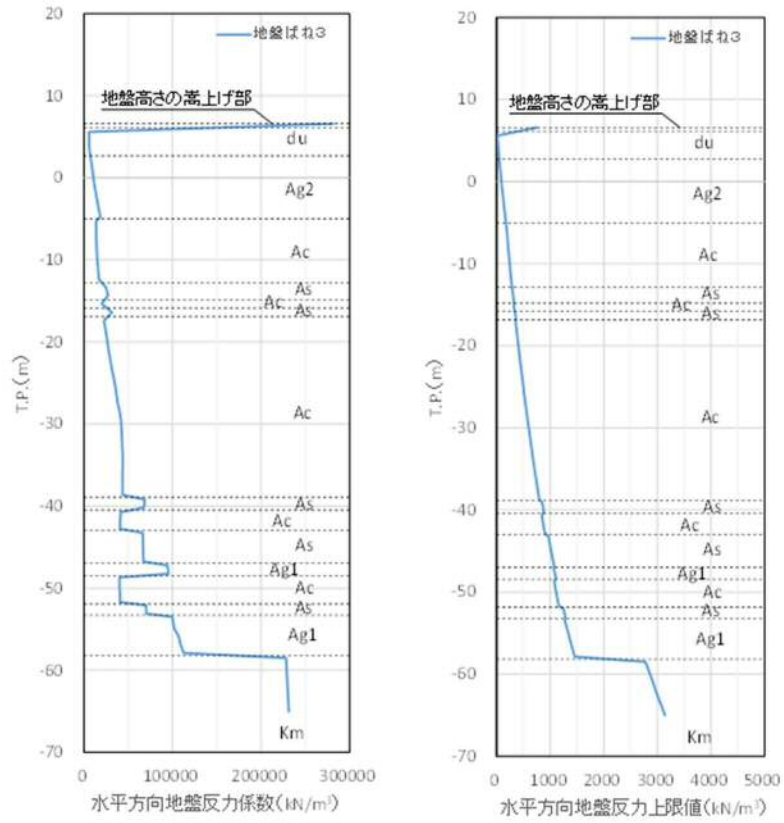


図 5.2-2 (1) 水平方向地盤反力係数及び反力上限値 (地盤ばね 3)

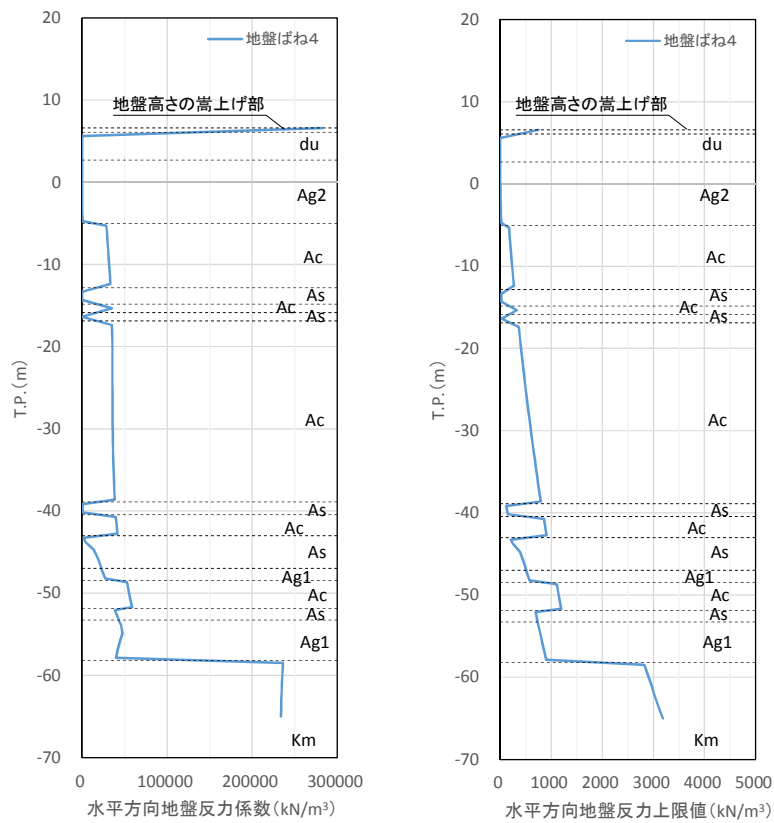


図 5.2-2 (2) 水平方向地盤反力係数及び反力上限値 (地盤ばね 4)

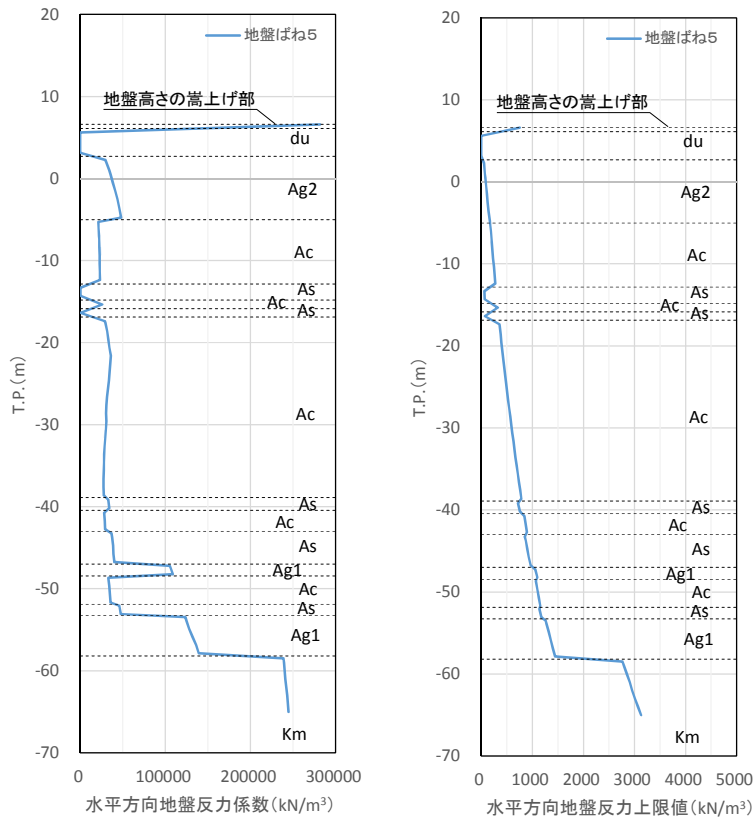


図 5.2-2 (3) 水平方向地盤反力係数及び反力上限値 (地盤ばね 5)

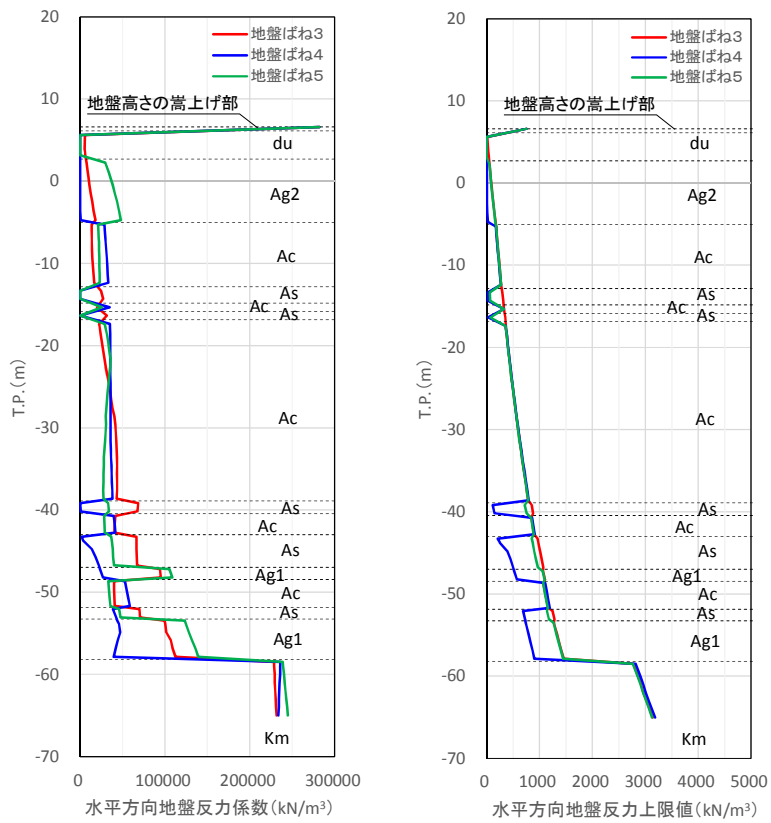


図 5.2-2 (3) 水平方向地盤反力係数及び反力上限値の比較
(地盤ばね 3, 地盤ばね 4 及び地盤ばね 5)

各地盤ケースにおいて構造物に作用させる慣性力は、上記の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の地表面最大加速度から余震時の設計震度を求め、構造物全体に適用する。各地盤ケースの設計震度を表 5.2-2 に示す。

表 5.2-2 各地盤ケースでの余震時の設計震度

	水平震度	鉛直震度
地盤ばね3	0.19 (183.00cm/s ²)	0.20 (194.80cm/s ²)
地盤ばね4	0.08 (77.28cm/s ²)	0.20 (189.30cm/s ²)
地盤ばね5	0.13 (125.20cm/s ²)	0.20 (189.30cm/s ²)

上記の水平震度を用いて、次式により算出した防潮堤天端及び設置地盤標高において算出した余震時の動水圧を表 5.2-3 に示す。

$$P_d(z) = 7/8 \times \gamma_0 \times K_h \times \sqrt{h \cdot z}$$

ここで、 γ_0 ：水の単位体積重量 (kN/m³)

K_h ：水平震度

h ：水深 (m)

z ：水面を0とし下向きにとった座標 (m)

表 5.2-3 (1) 動水圧 (基準津波時)

	防潮堤 天端高 (T.P.)	入力津波 高さ (T.P.)	設置地盤 標高 (T.P.)	防潮堤 天端動水圧 (kN/m ²)	設置地盤標高 での動水圧 (kN/m ²)
地盤ばね3	+20.0	+17.9	+6.6	0.0	19.0
地盤ばね4				0.0	8.0
地盤ばね5				0.0	13.0

表 5.2-3 (2) 動水圧 (敷地に遡上する津波時)

	防潮堤 天端高 (T.P.)	入力津波 高さ (T.P.)	設置地盤 標高 (T.P.)	防潮堤 天端動水圧 (kN/m ²)	設置地盤標高 での動水圧 (kN/m ²)
地盤ばね3	+20.0	+24.0	+6.6	14.0	29.2
地盤ばね4				5.9	12.3
地盤ばね5				9.6	20.0

5.2.2 防潮壁の評価結果

(1) コンクリートの曲げ軸力に対する照査

断面計算に用いた断面諸元の一覧を表 5.2-4 に、概略配筋図を図 5.2-3 に、評価位置を図 5.2-4 示す。

重畳時におけるコンクリートの曲げ軸力に対する評価結果を表 5.2-5 に示す。防潮壁の曲げ軸力に対する照査を行った結果、圧縮応力度が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各地盤ケースにおいて最大となる値を示している。

表 5.2-4 (1) 断面諸元一覧表 (主鉄筋)

部位	断面性状				主鉄筋				
	部材幅	部材高	かぶり	有効高さ	鉄筋種別	径	段数	鉄筋間隔	鉄筋量
	b (m)	h (m)	d' (m)	d (m)	(-)	(mm)	(-)	(mm)	(cm ²)
防潮壁(堤内側)	1.000	6.500	0.300	6.200	SD490	51	2	200	195.8
防潮壁(堤外側)	1.000	6.500	0.300	6.200	SD490	51	2	200	202.7
地中連続壁 基礎(鉛直)	0.470	22.960	0.260	22.700	SD490	51	1	200	101.4
地中連続壁 基礎(水平)	1.000	2.360	0.309	2.051	SD490	51	1	150	135.1

表 5.2-4 (2) 断面諸元一覧表 (せん断補強鉄筋)

部位	断面性状				せん断補強筋				
	部材幅	部材高	かぶり	有効高さ	鉄筋種別	径	Sb	Ss	鉄筋量
	b (m)	h (m)	d' (m)	d (m)	(-)	(mm)	(mm)	(mm)	(cm ²)
防潮壁	1.000	6.500	0.300	6.200	SD345	29	400	400	40.2
地中連続壁 基礎(鉛直)	0.470	22.960	0.260	22.700	SD490	51	(8本)	150	8.1
地中連続壁 基礎(水平)	1.000	2.360	0.309	2.051	SD345	38	600	300	63.3

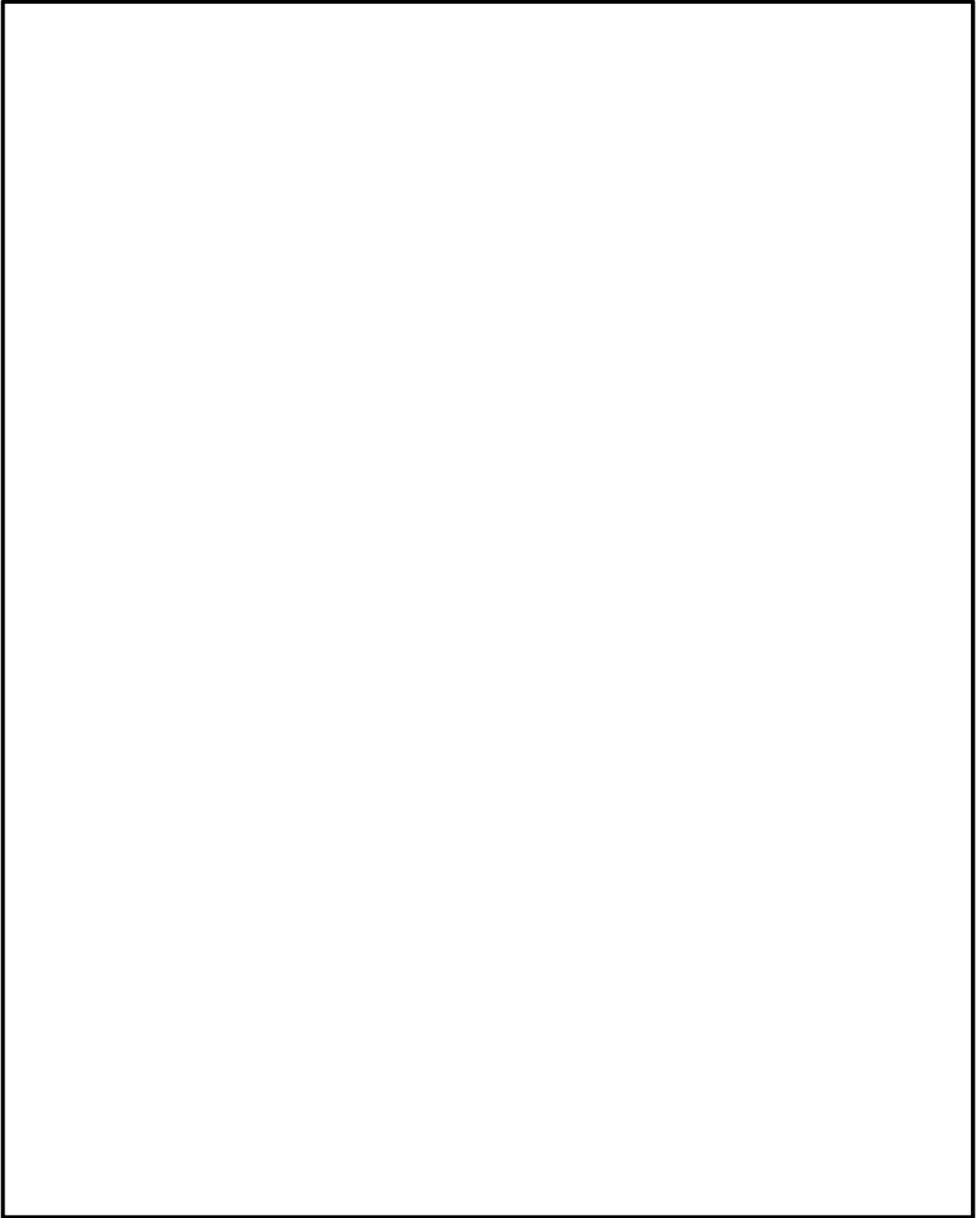


图 5.2-3 (1) 概略配筋图 (防潮壁)

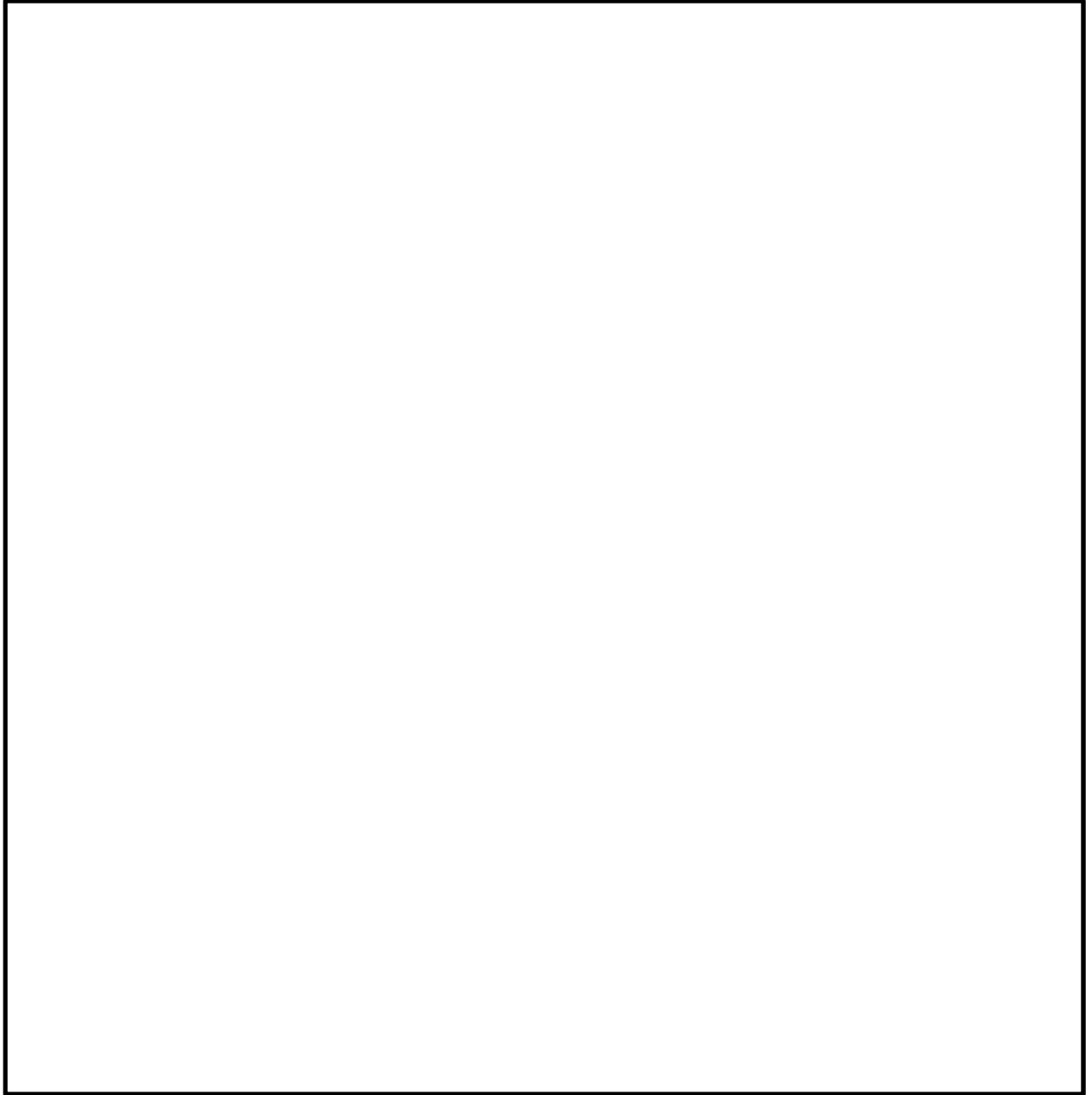
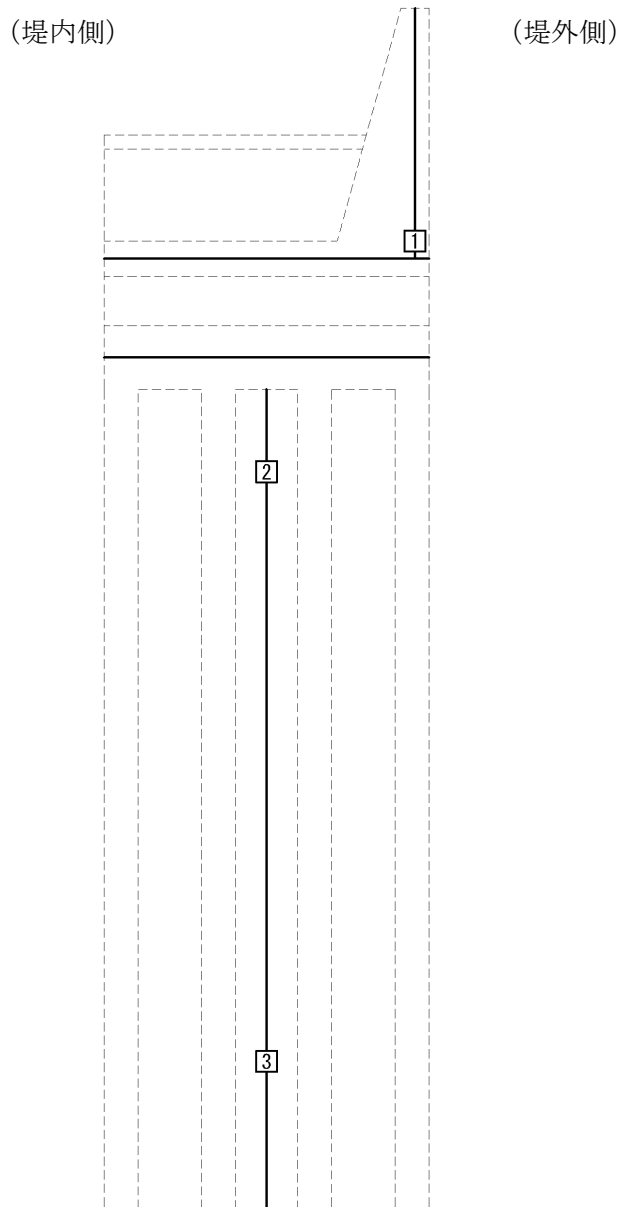
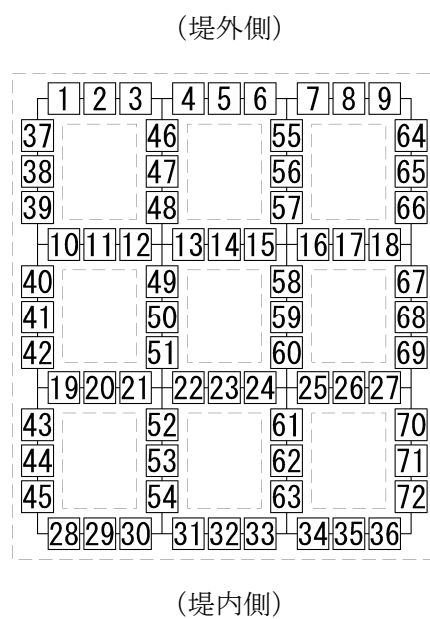


図 5.2-3 (2) 概略配筋図 (地中連続壁基礎)



防潮壁及び地中連続壁基礎（鉛直）



地中連続壁基礎（水平）

図 5.2-4 評価位置

表 5.2-5 (1) コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果 (重畳時：基準津波時)

検討ケース		評価位置	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}
地盤ばね	慣性力		曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)			
地盤ばね 3	鉛直上向き	1	19410	1446	3.66	21.0	0.18
	鉛直下向き	1	20765	2048	3.96	21.0	0.19
地盤ばね 4	鉛直上向き	1	17408	1429	3.29	21.0	0.16
	鉛直下向き	1	18652	1982	3.57	21.0	0.17
地盤ばね 5	鉛直上向き	1	18091	1346	3.41	21.0	0.17
	鉛直下向き	1	19459	1954	3.71	21.0	0.18

表 5.2-5 (2) コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果 (重畳時：敷地に遡上する津波時)

検討ケース		評価位置	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}
地盤ばね	慣性力		曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)			
地盤ばね 3	鉛直上向き	1	32878	1528	6.09	28.0	0.22
	鉛直下向き	1	34155	2172	6.40	28.0	0.23
地盤ばね 4	鉛直上向き	1	30420	1510	5.65	28.0	0.21
	鉛直下向き	1	31781	2115	5.96	28.0	0.22
地盤ばね 5	鉛直上向き	1	31721	1509	5.88	28.0	0.21
	鉛直下向き	1	32954	2057	6.17	28.0	0.23

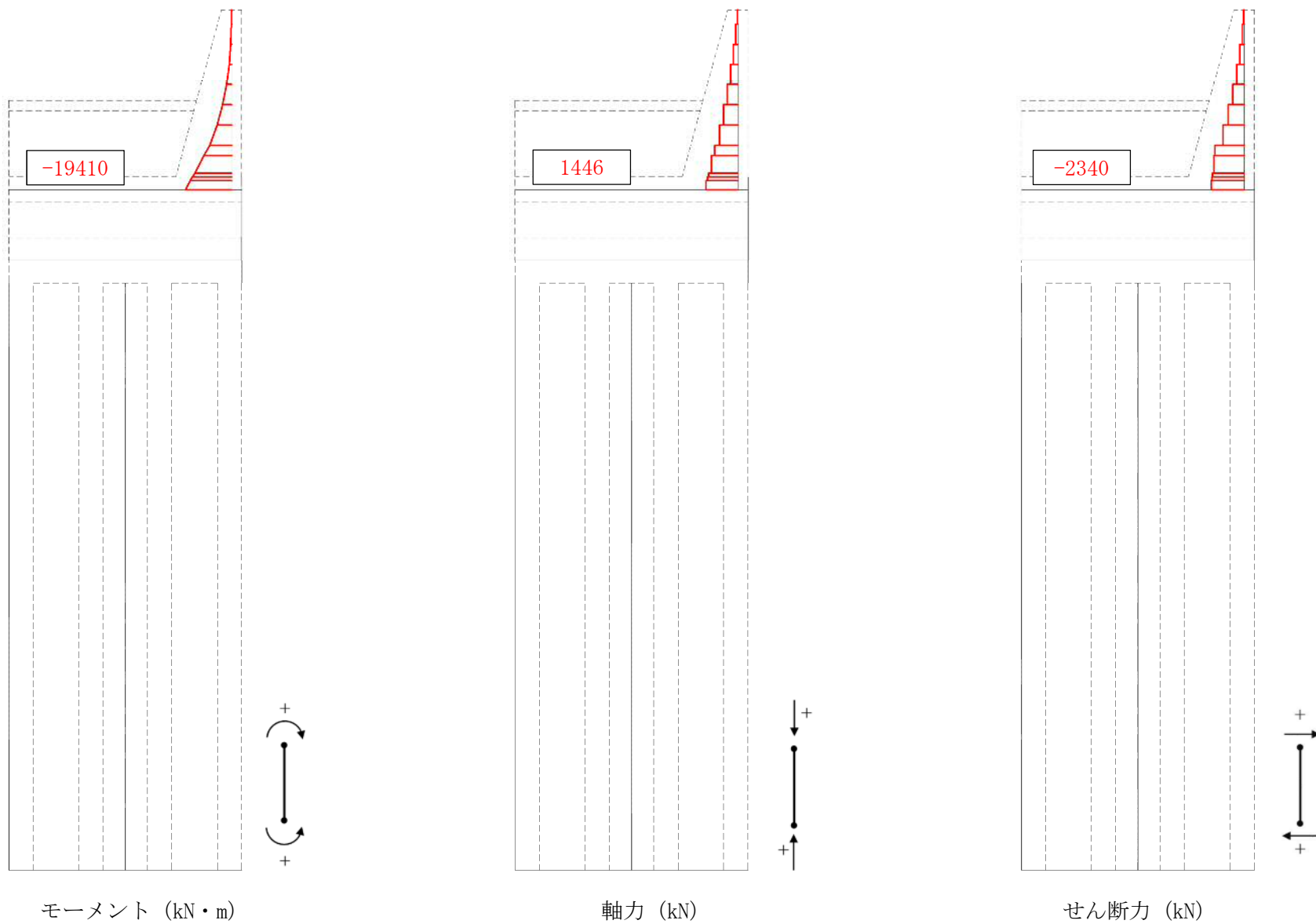


図 5.2-5 (1) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね 3，鉛直上向き)

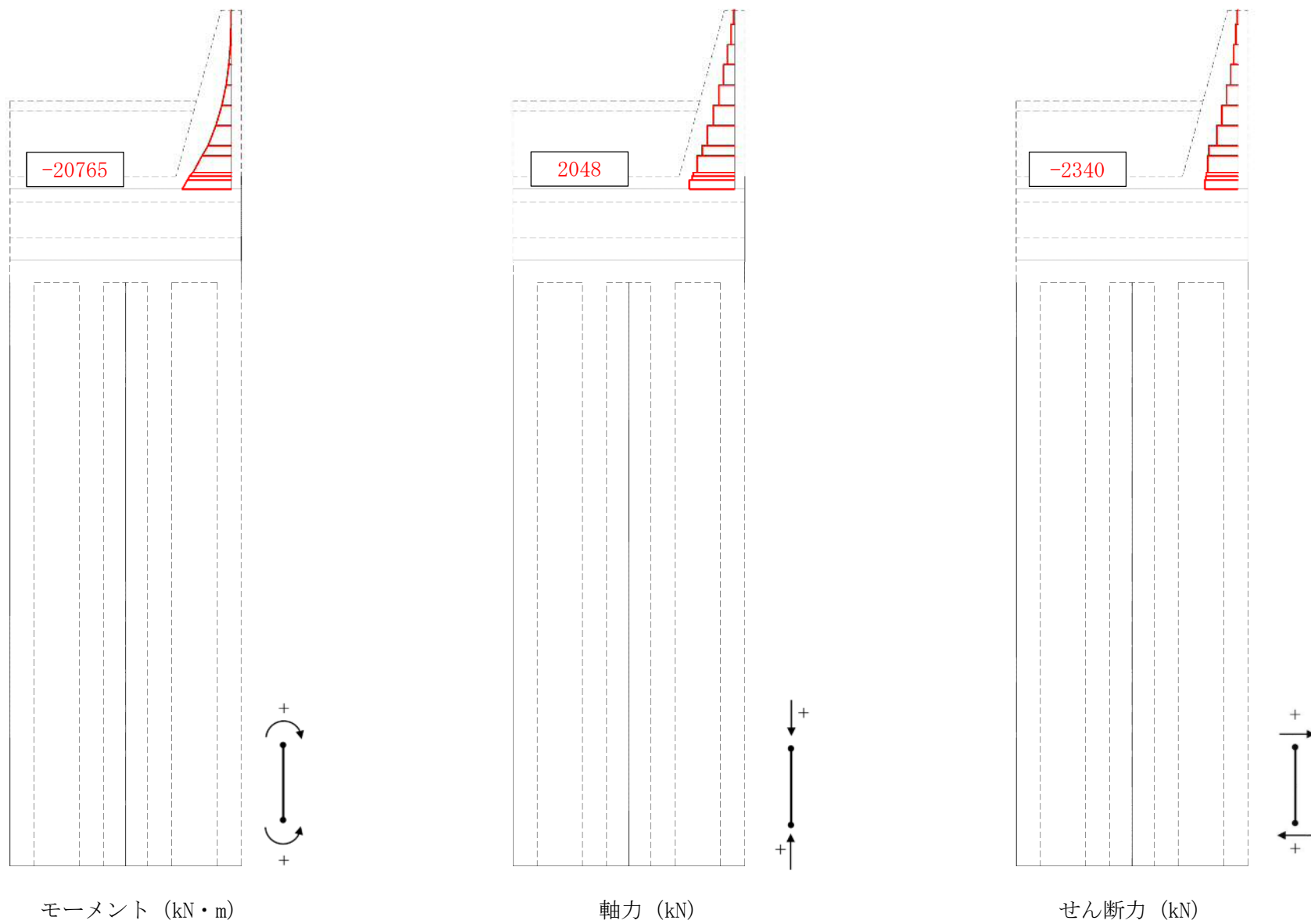


図 5.2-5 (2) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね 3，鉛直下向き)

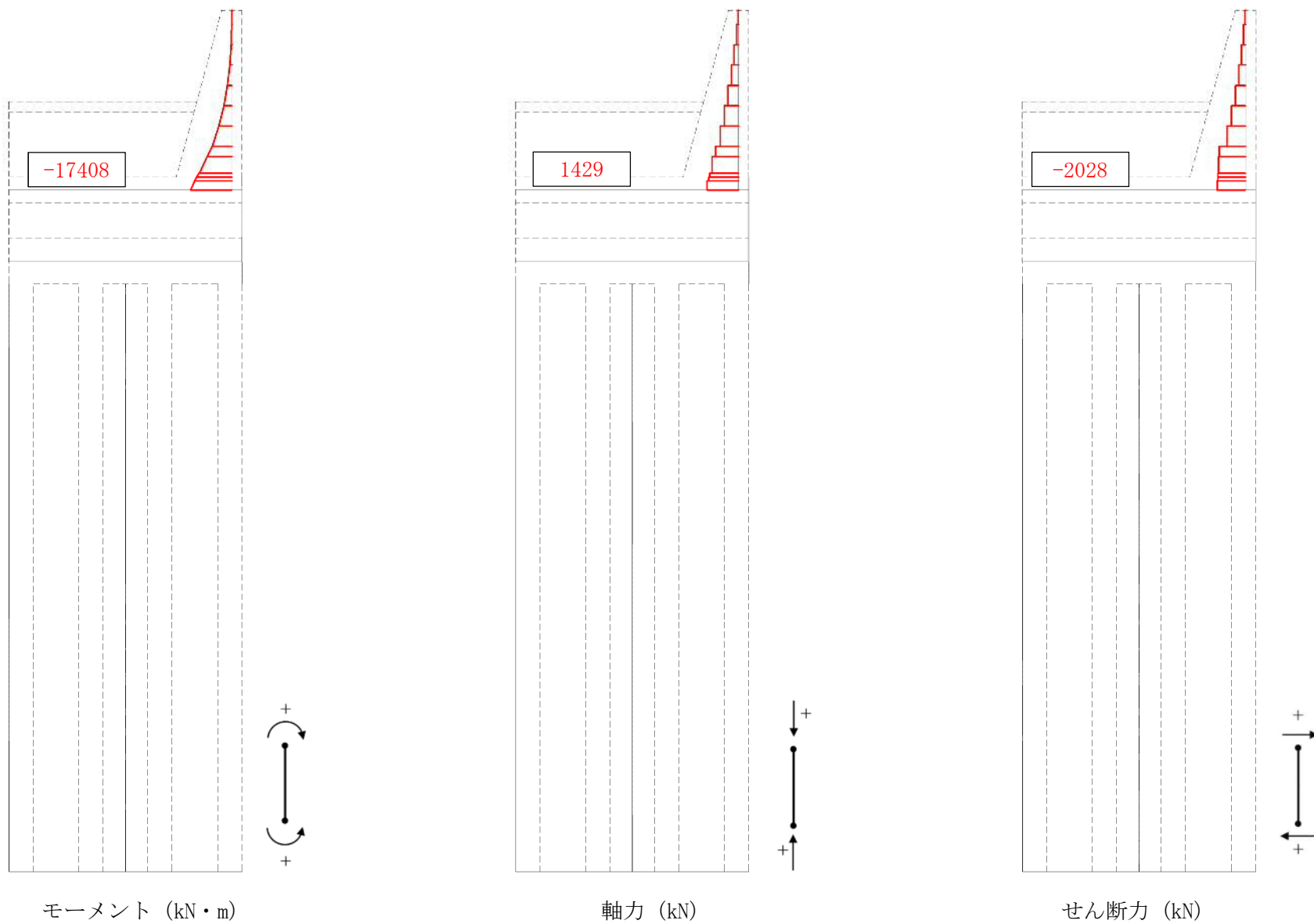


図 5.2-5 (3) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね 4，鉛直上向き)

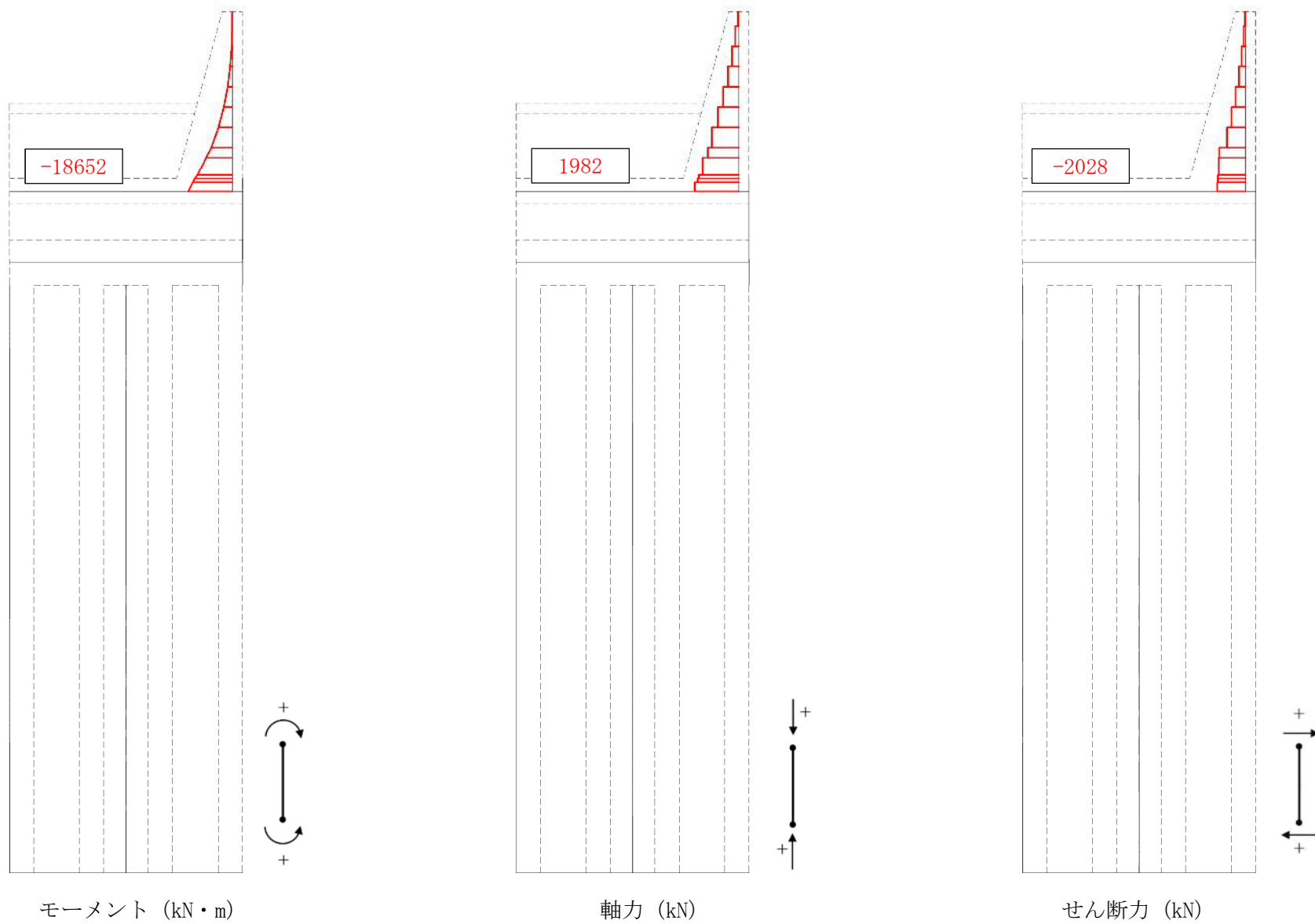


図 5.2-5 (4) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね 4，鉛直下向き)

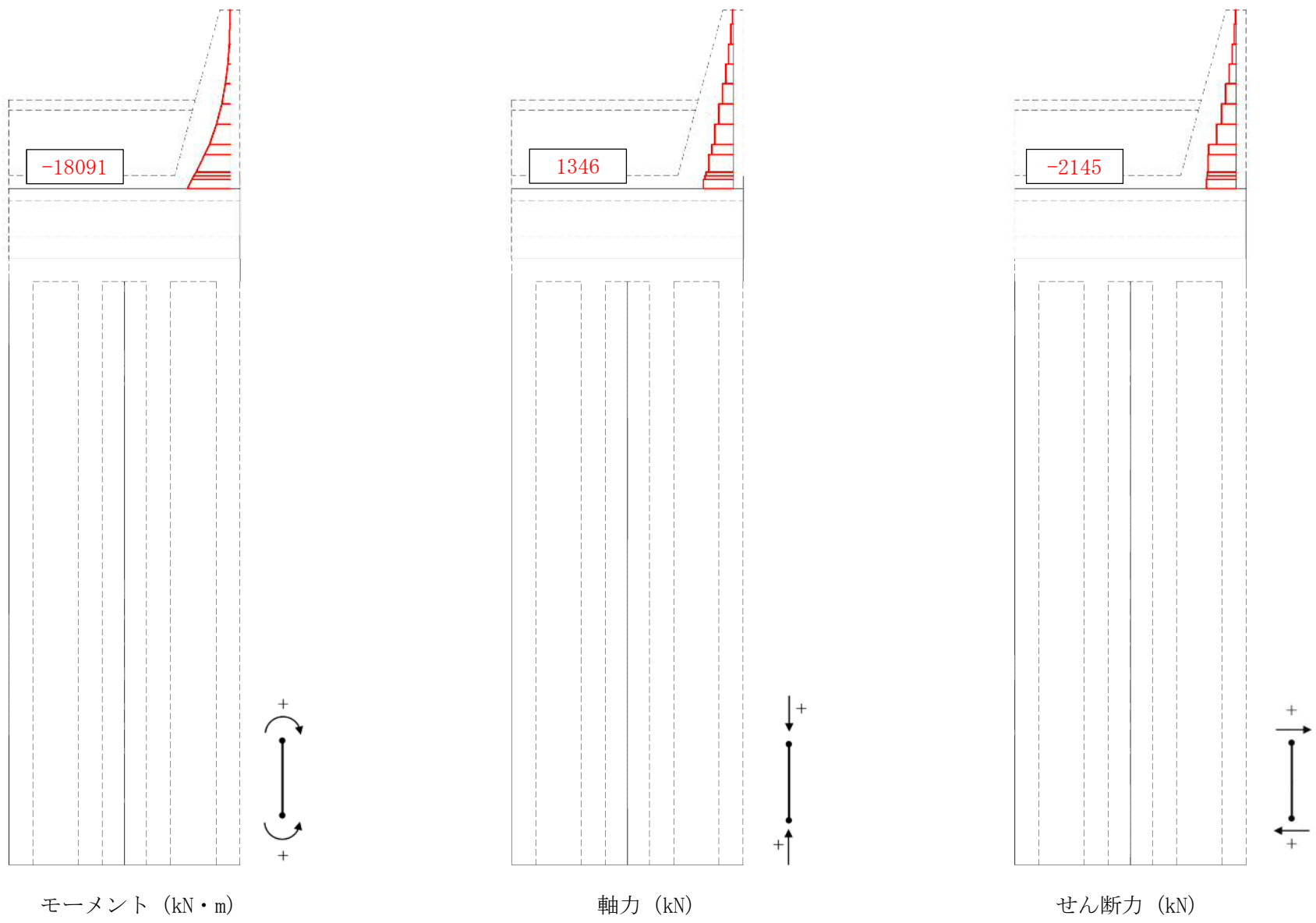


図 5.2-5 (5) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね 5，鉛直上向き)

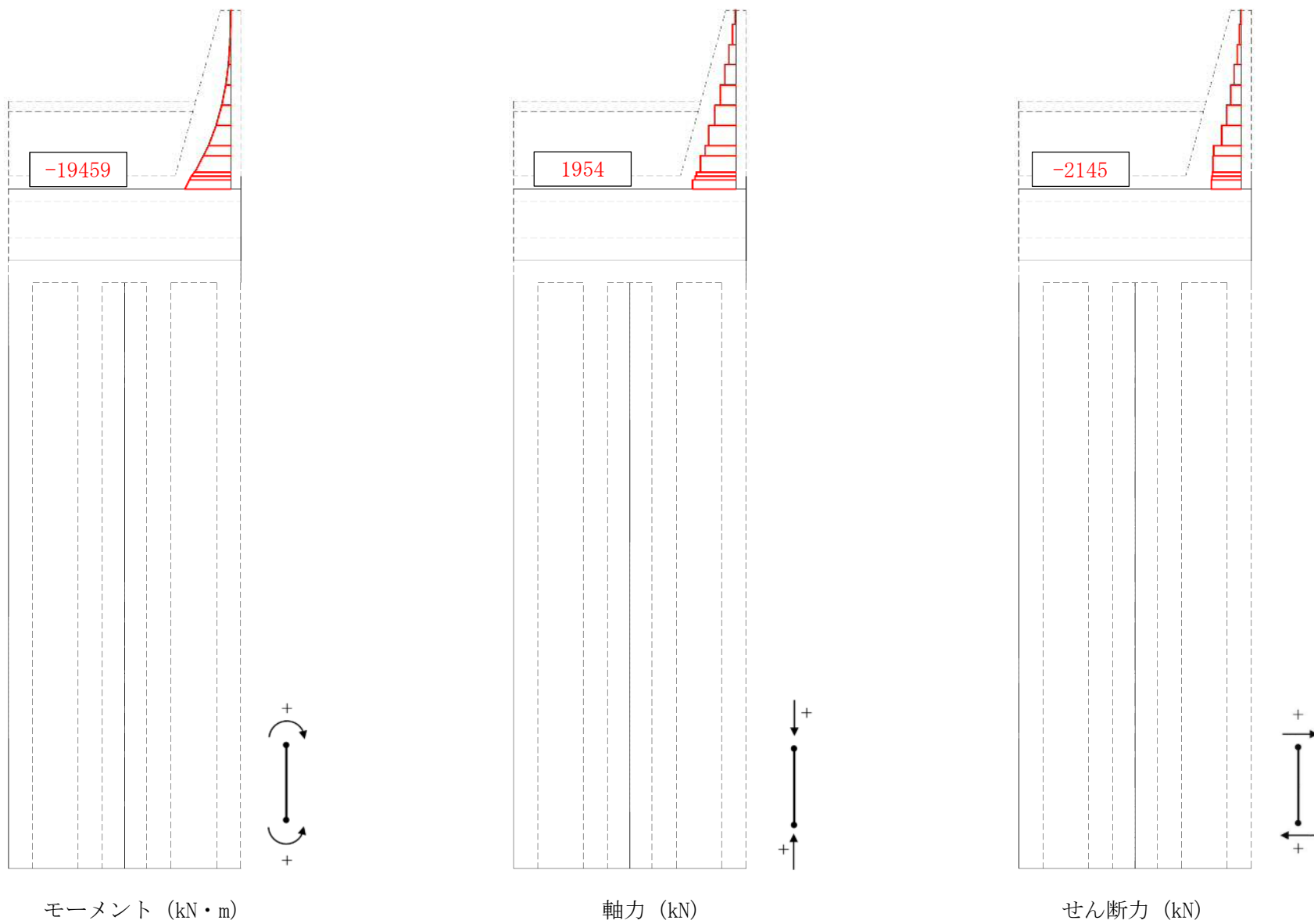


図 5. 2—5 (6) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね 5，鉛直下向き)

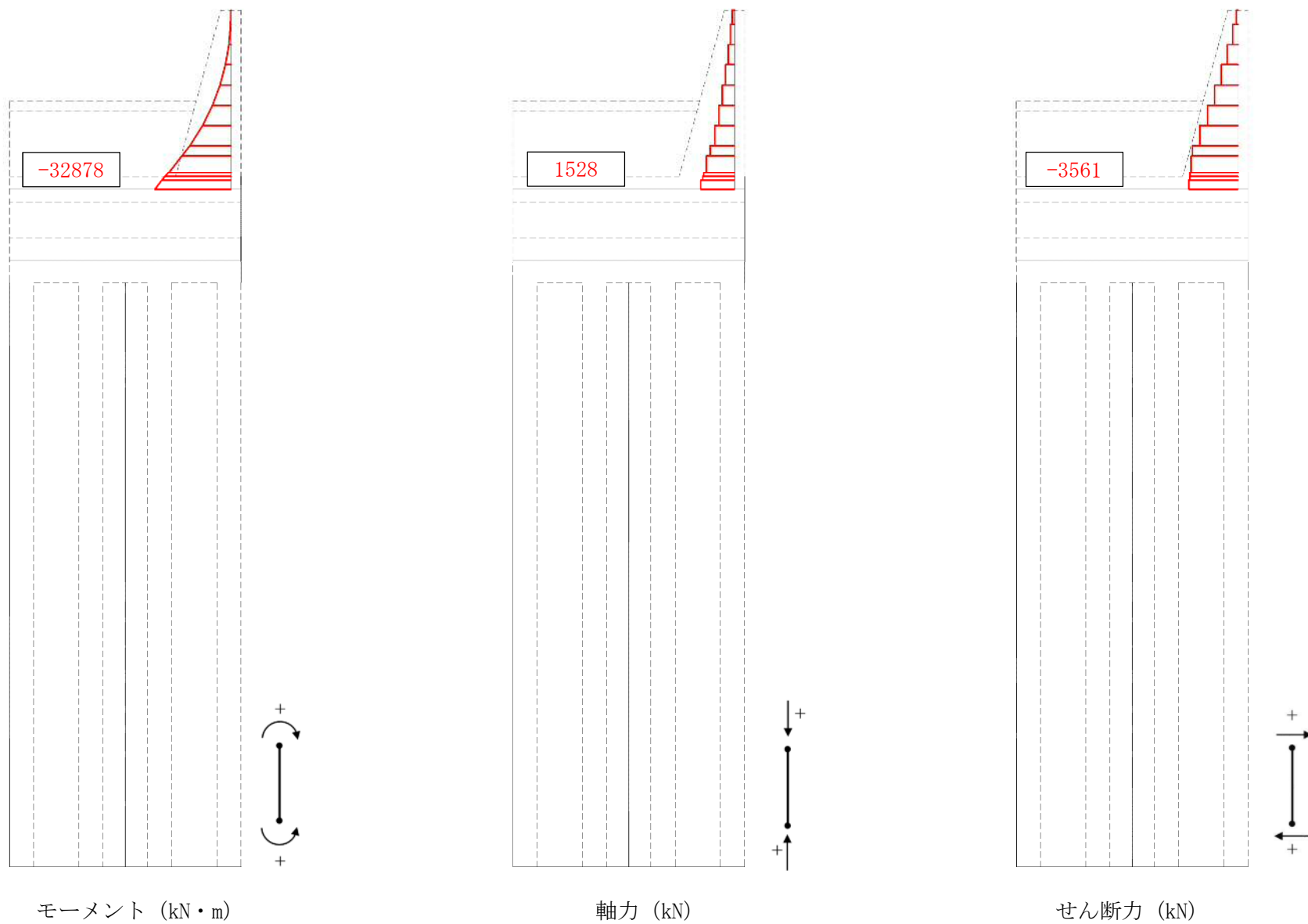


図 5. 2—5 (7) 断面力図 (重畳時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね 3，鉛直上向き)

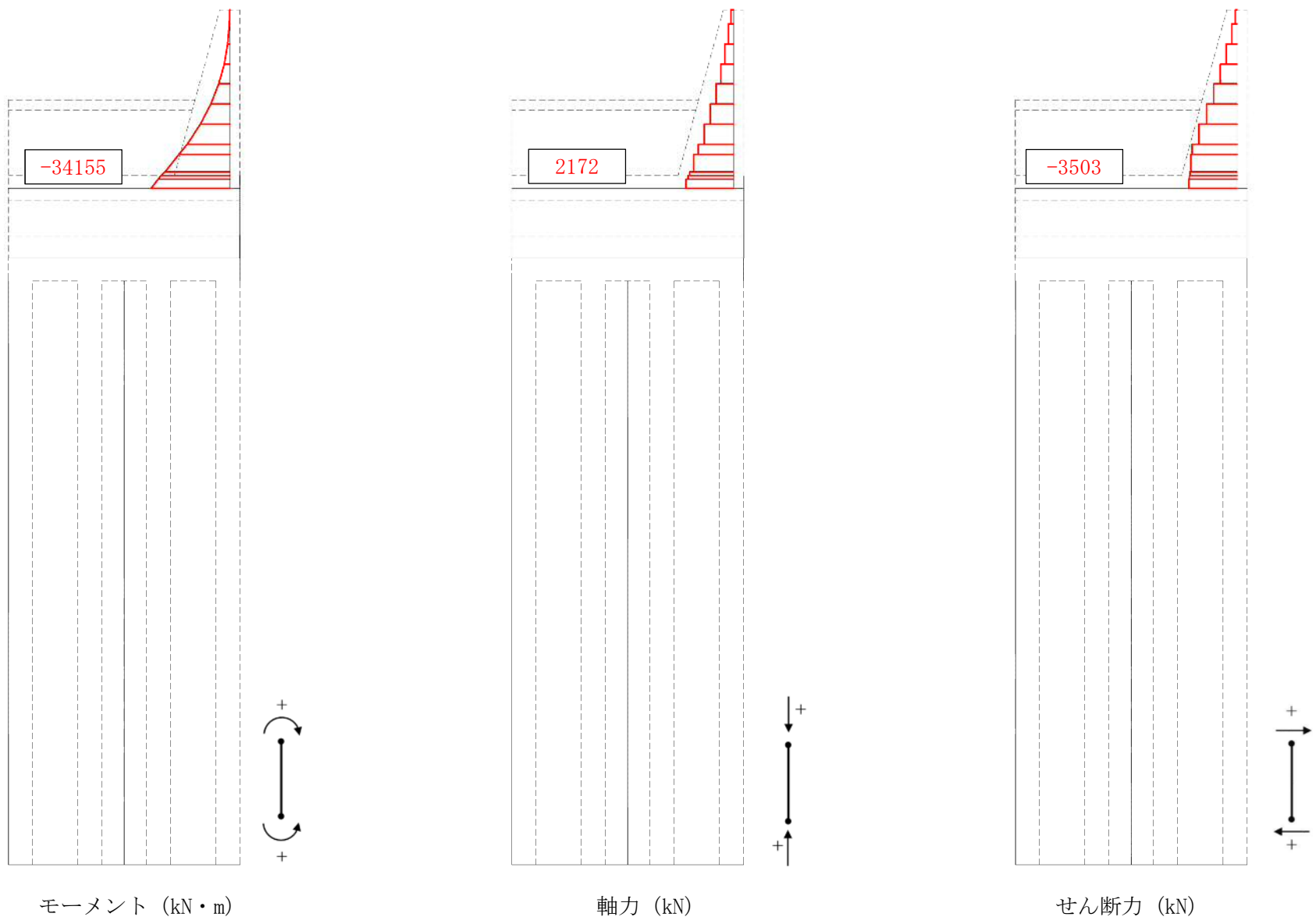


図 5.2-5 (8) 断面力図 (重畳時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね 3, 鉛直下向き)

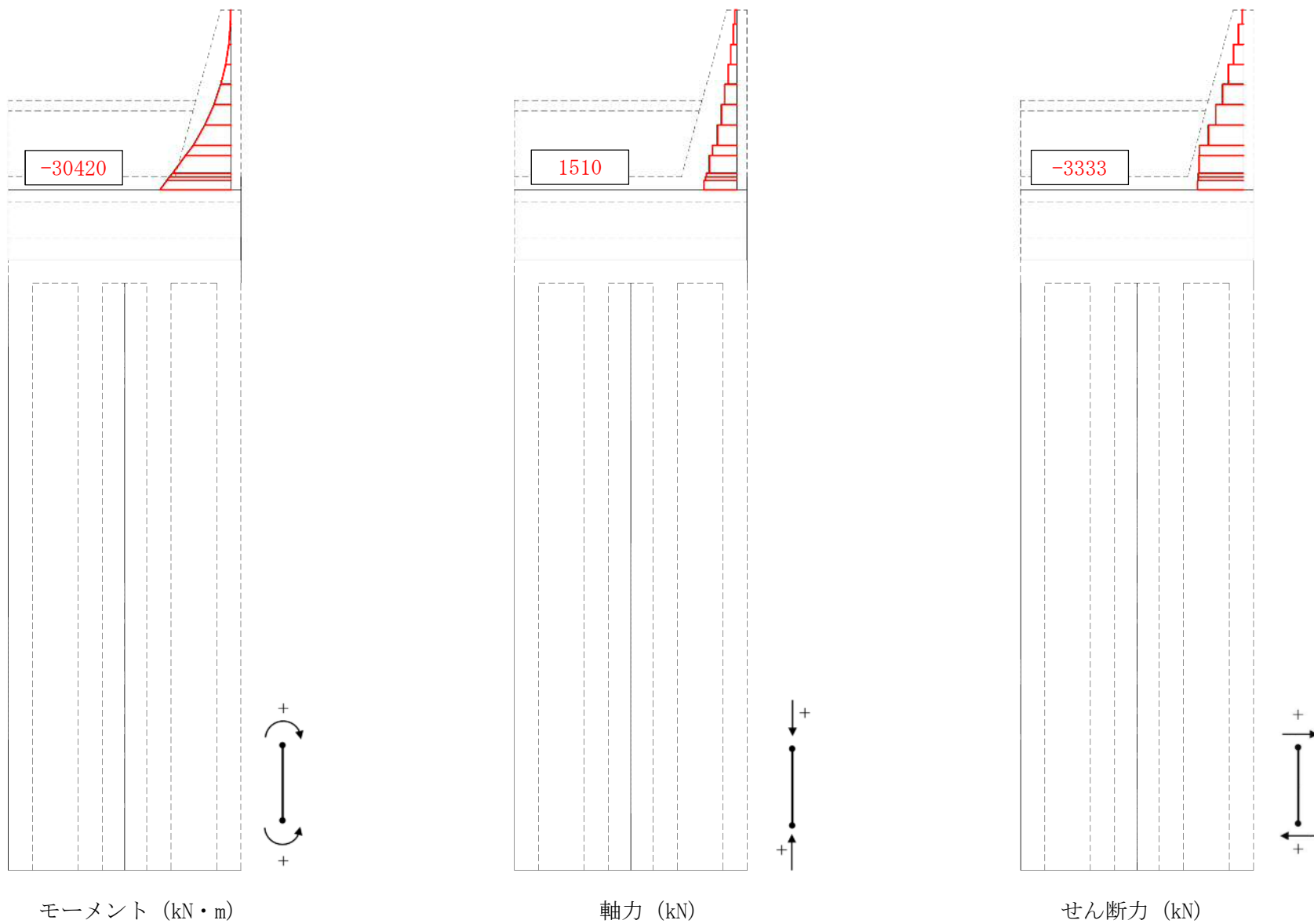


図 5. 2—5 (9) 断面力図 (重畳時: 敷地に遡る津波時, 地盤ばね 4, 鉛直上向き)

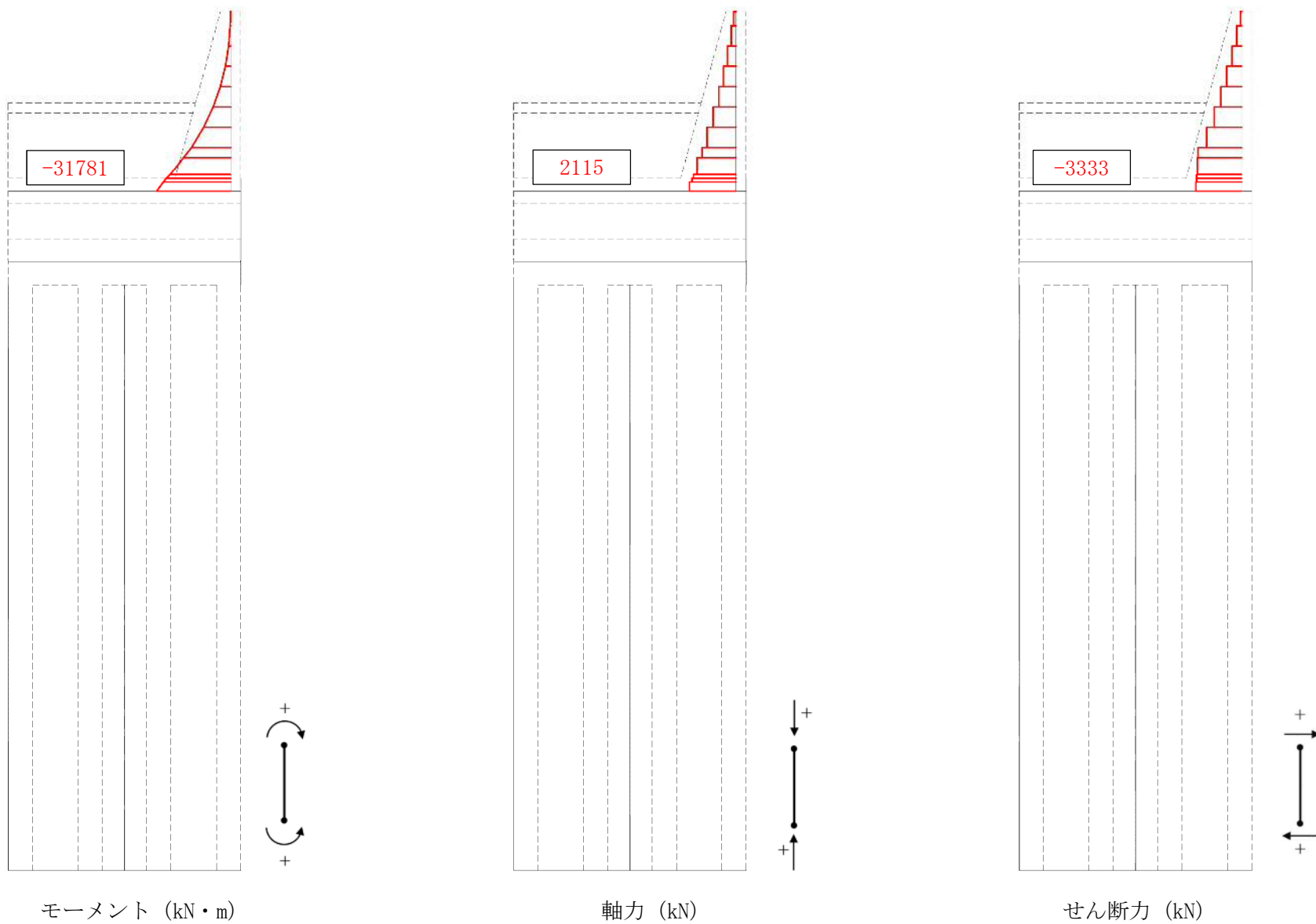


図 5.2-5 (10) 断面力図 (重畳時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね4, 鉛直下向き)

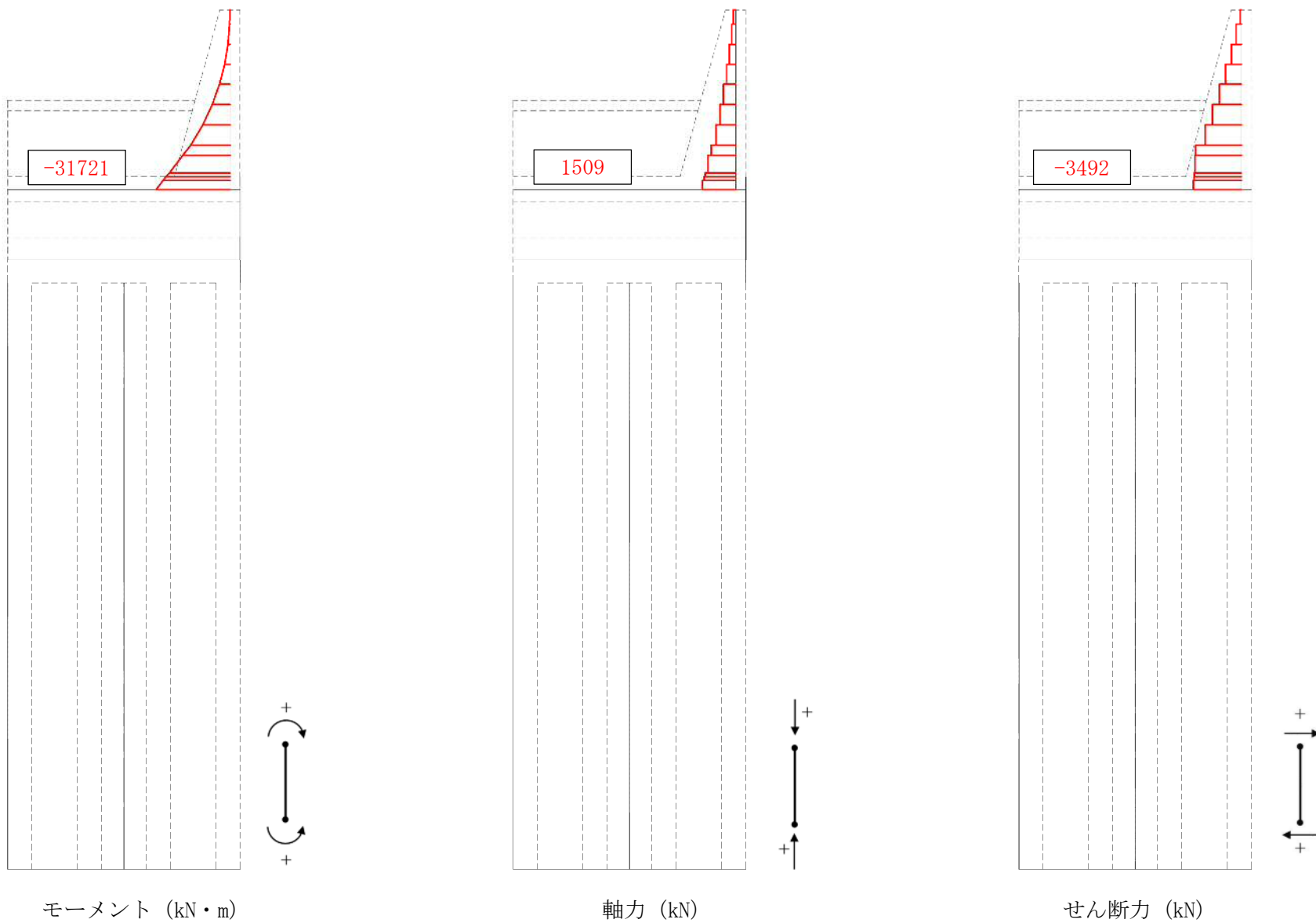


図 5. 2—5 (11) 断面力図 (重畳時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね 5，鉛直上向き)

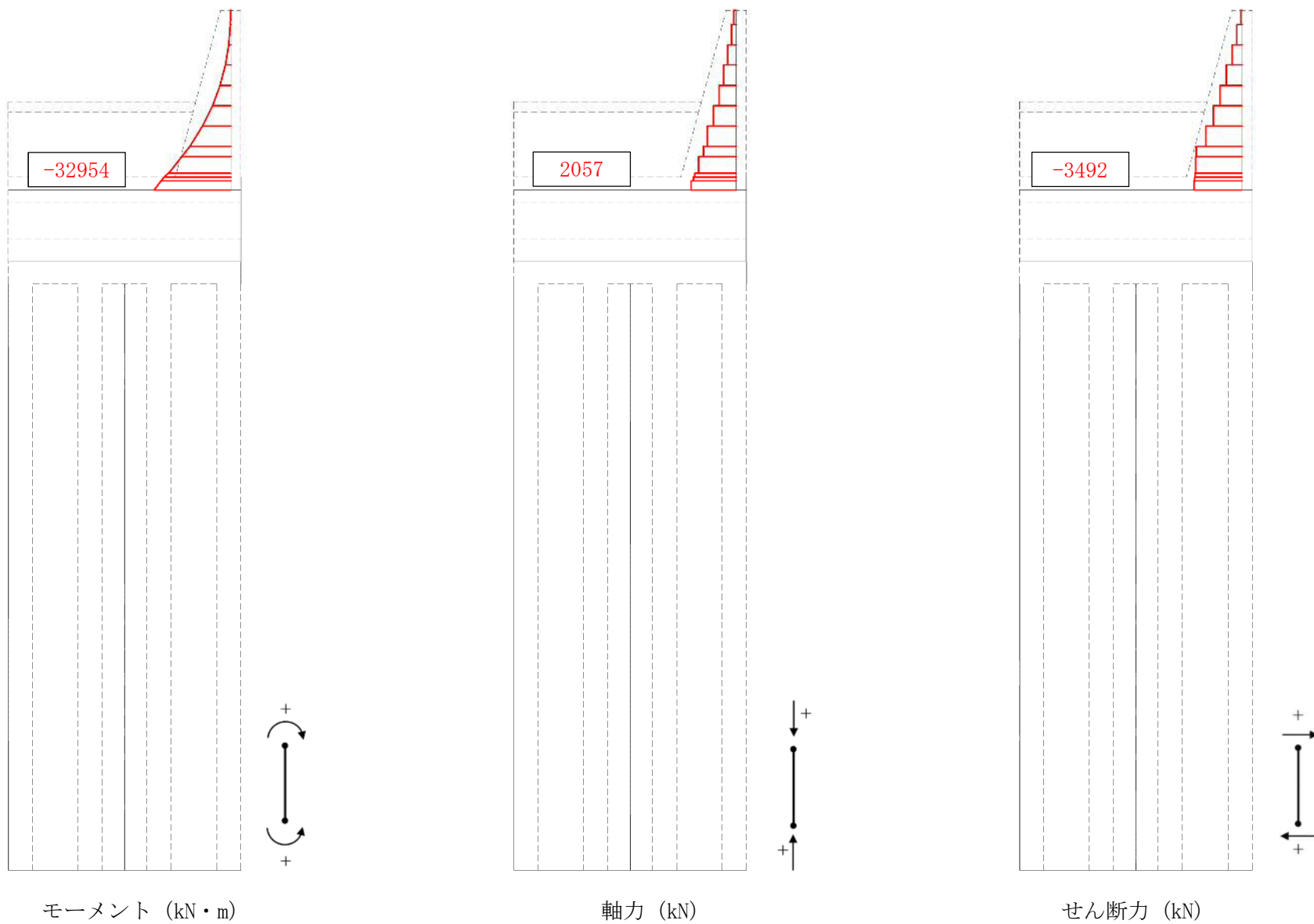


図 5.2-5 (12) 断面力図 (重畳時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね 5, 鉛直下向き)

(2) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査

重畳時における鉄筋の曲げ軸力に対する評価結果を表 5.2-6 に示す。防潮壁の曲げ軸力に対する照査を行った結果、引張応力度が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各地盤ケースにおいて最大となる値を示している。

また、照査に用いた鉄筋を着色した概略配筋図を図 5.2-6 に示す。

表 5.2-6 (1) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果 (重畳時：基準津波時)

検討ケース		評価位置	発生断面力		引張応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
地盤ばね	慣性力		曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)			
地盤ばね 3	鉛直上向き	1	19410	1446	137.77	435.0	0.32
	鉛直下向き	1	20765	2048	136.72	435.0	0.32
地盤ばね 4	鉛直上向き	1	17408	1429	120.73	435.0	0.28
	鉛直下向き	1	18652	1982	119.84	435.0	0.28
地盤ばね 5	鉛直上向き	1	18091	1346	128.45	435.0	0.30
	鉛直下向き	1	19459	1954	127.40	435.0	0.30

表 5.2-6 (2) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果 (重畳時：敷地に遡上する津波時)

検討ケース		評価位置	発生断面力		引張応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
地盤ばね	慣性力		曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)			
地盤ばね 3	鉛直上向き	1	32878	1528	253.42	478.5	0.53
	鉛直下向き	1	34155	2172	250.47	478.5	0.53
地盤ばね 4	鉛直上向き	1	30420	1510	232.37	478.5	0.49
	鉛直下向き	1	31781	2115	231.04	478.5	0.49
地盤ばね 5	鉛直上向き	1	31721	1509	243.75	478.5	0.51
	鉛直下向き	1	32954	2057	242.51	478.5	0.51

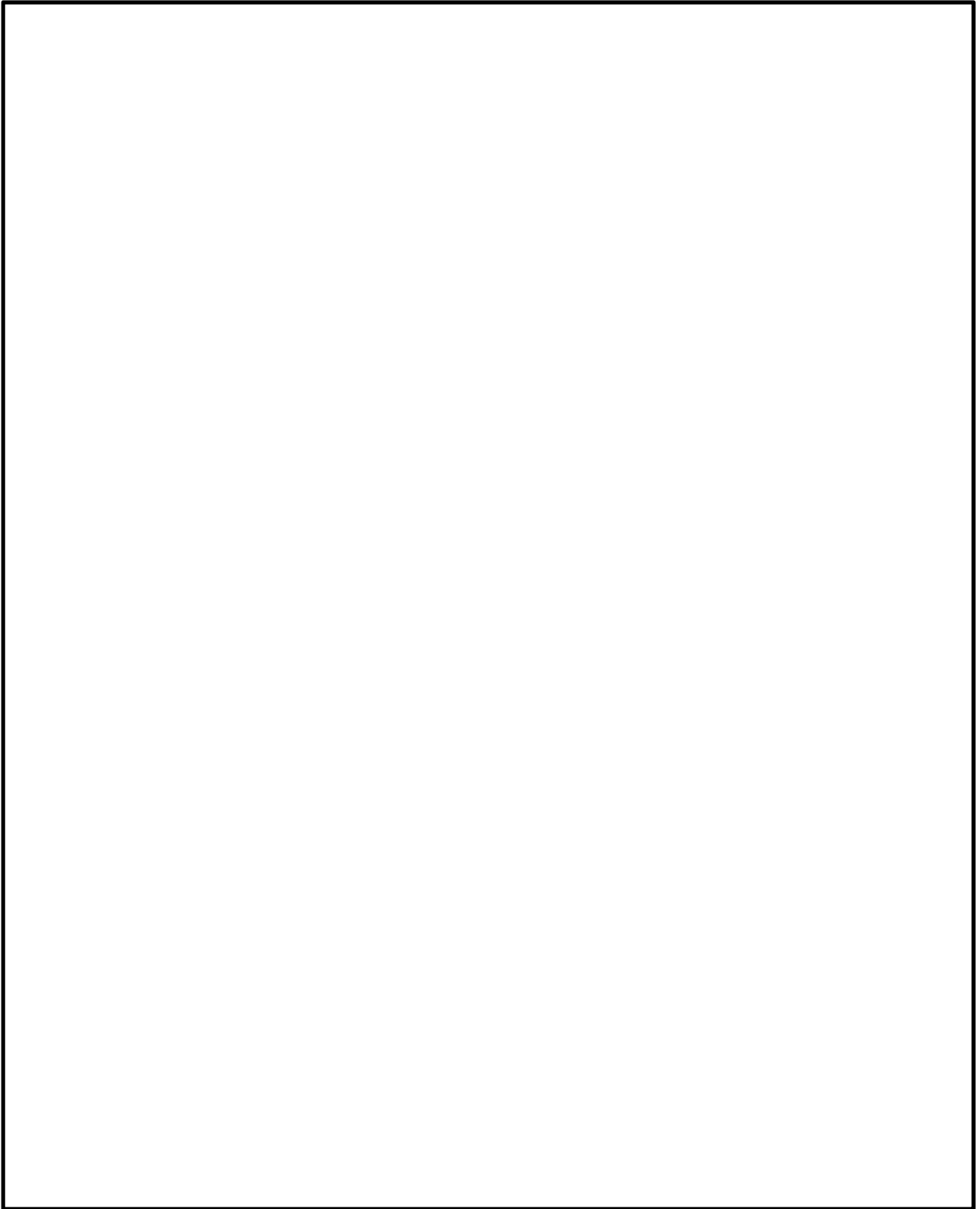


图 5.2-6 概略配筋图 (防潮壁)

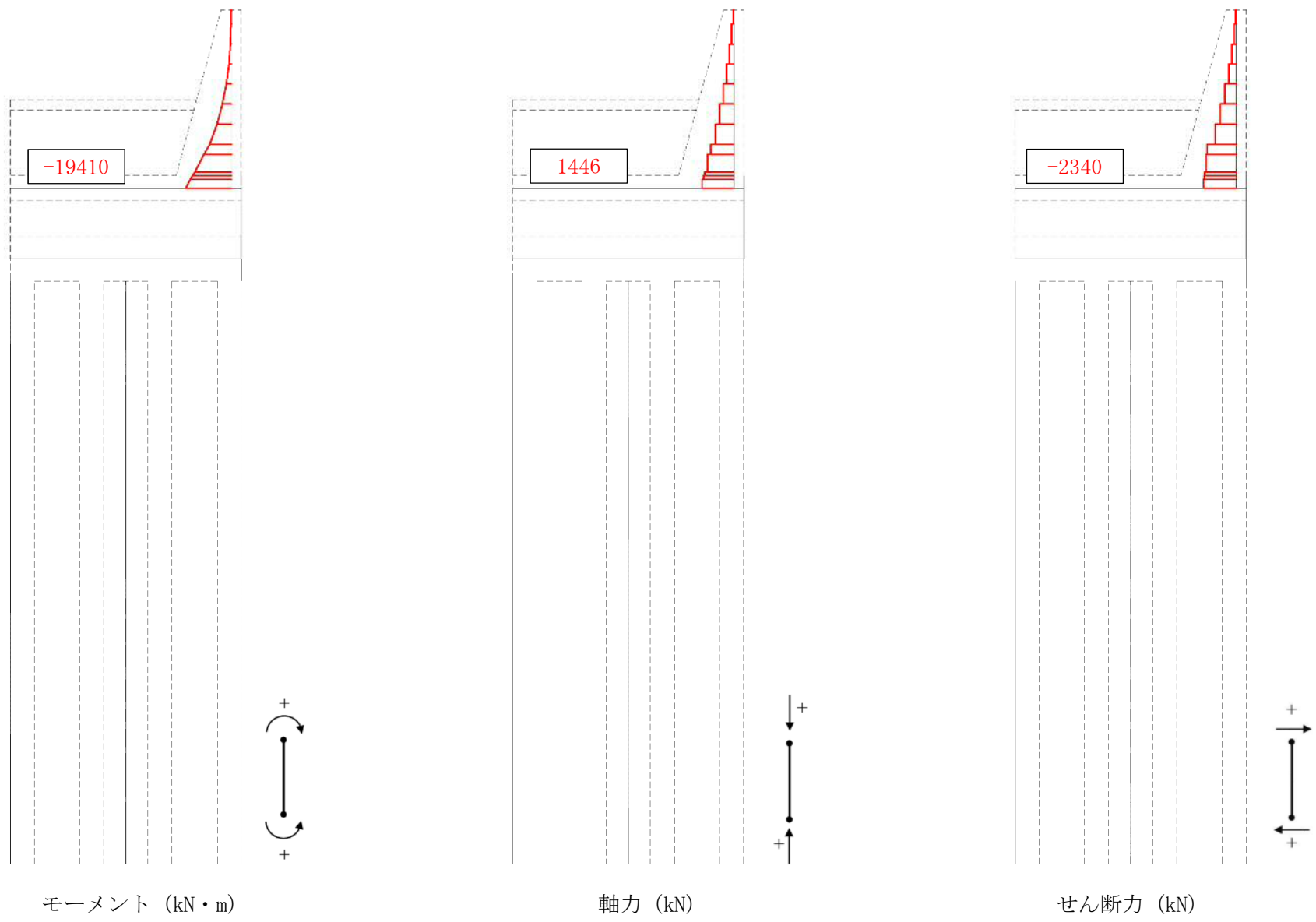


図 5.2-7 (1) 断面力図 (重畳時: 基準津波時, 地盤ばね 3, 鉛直上向き)

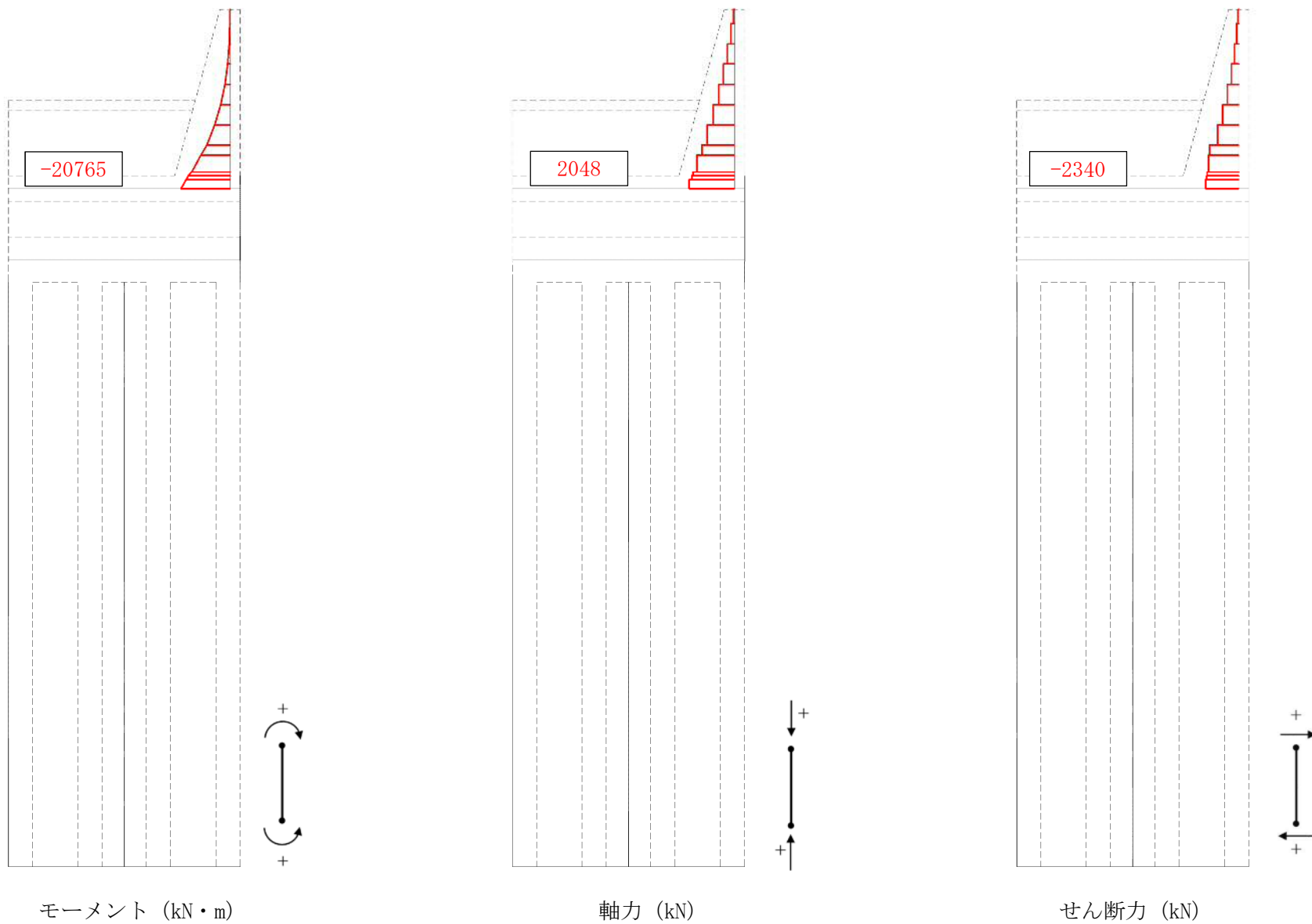


図 5. 2—7 (2) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね 3，鉛直下向き)

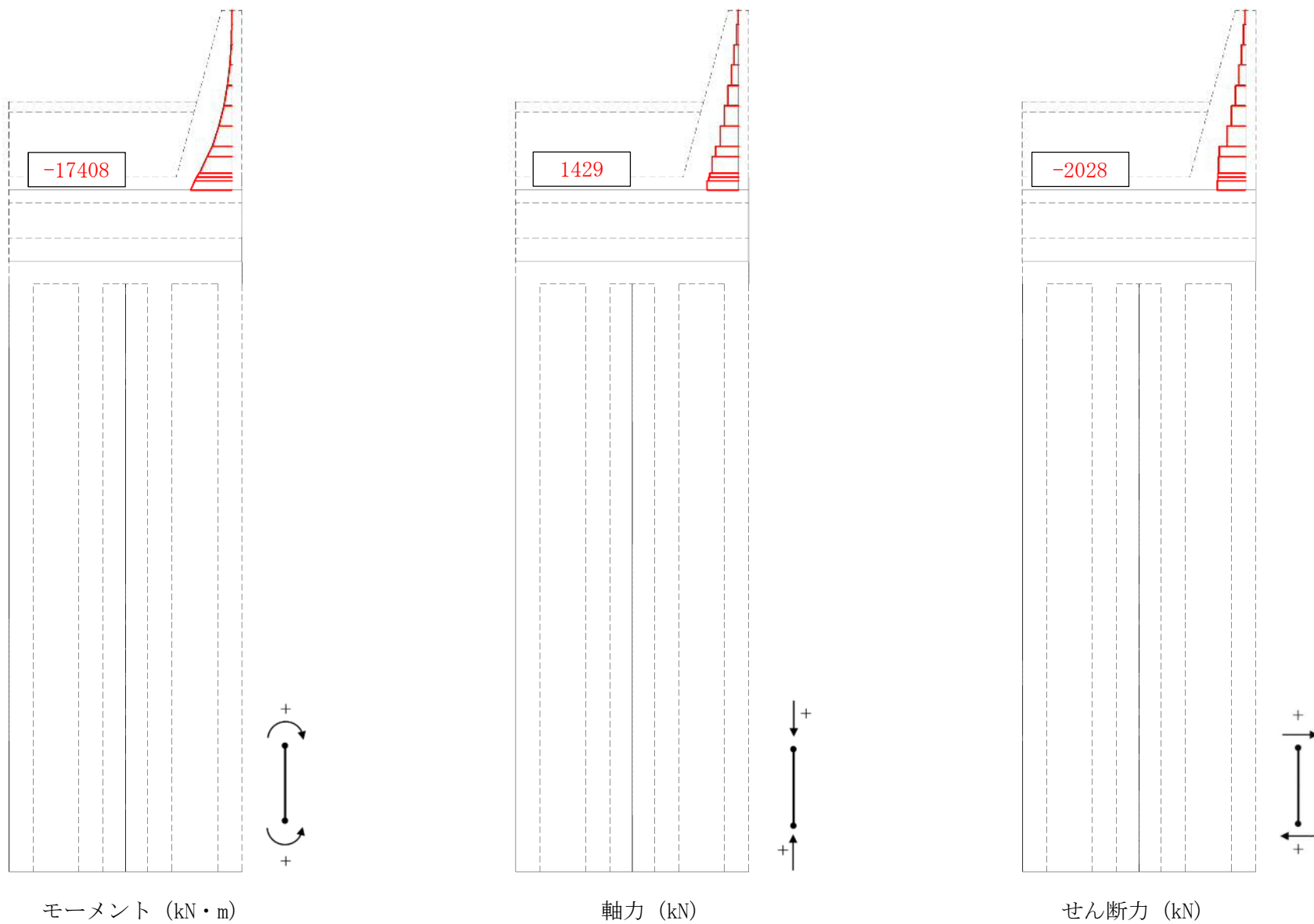


図 5.2-7 (3) 断面力図 (重畳時: 基準津波時, 地盤ばね 4, 鉛直上向き)

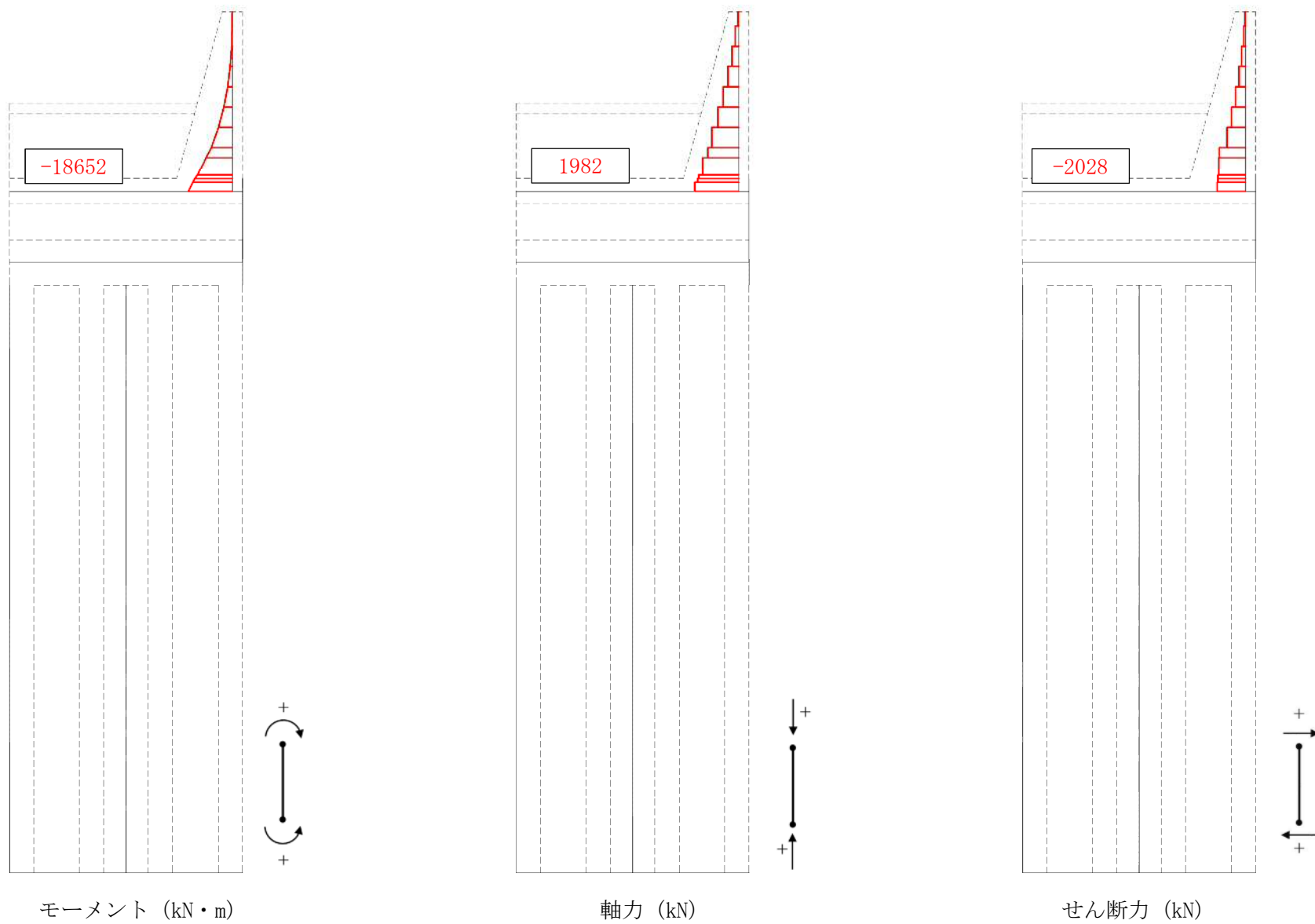


図 5. 2—7 (4) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね 4，鉛直下向き)

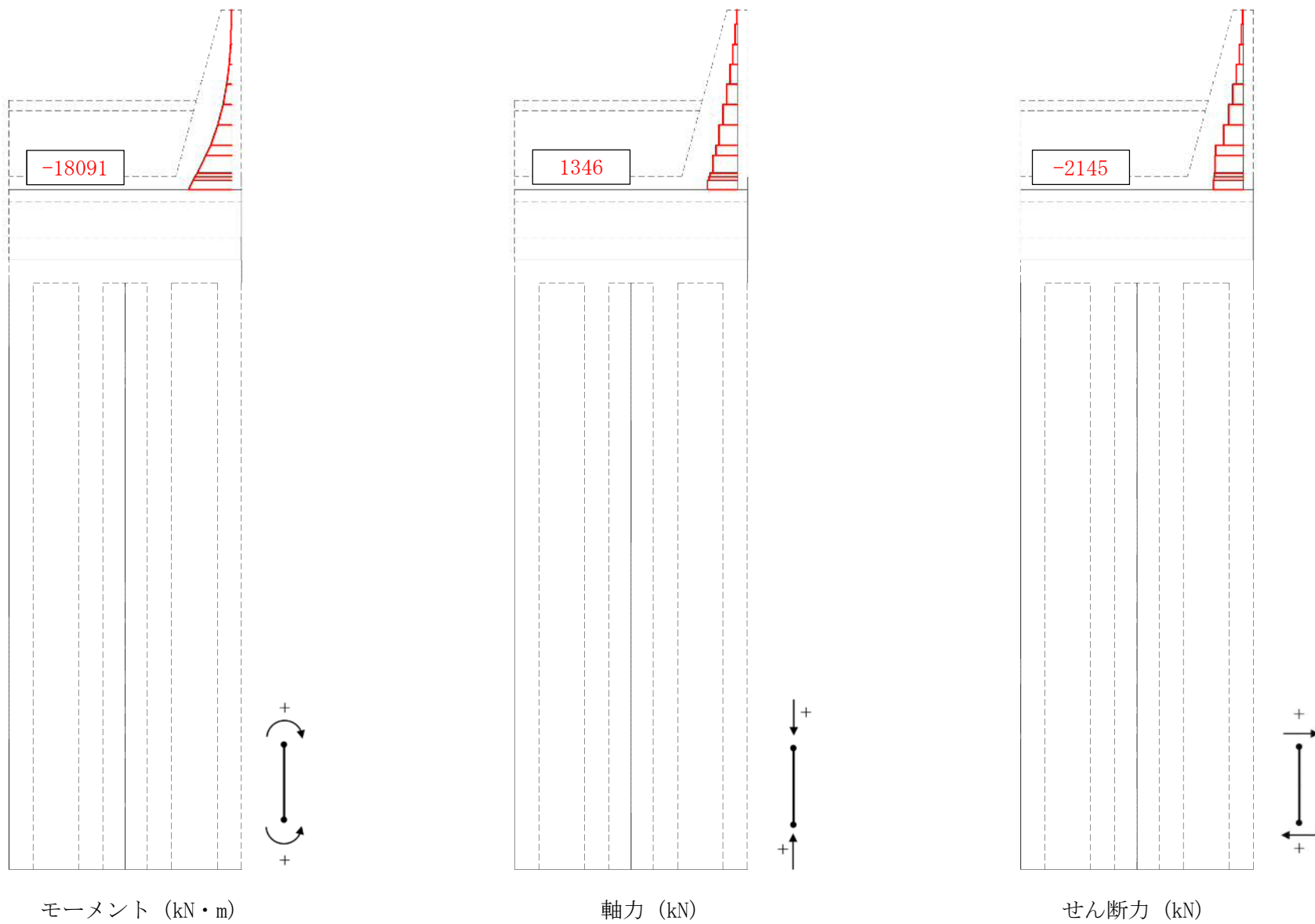


図 5. 2—7 (5) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね 5，鉛直上向き)

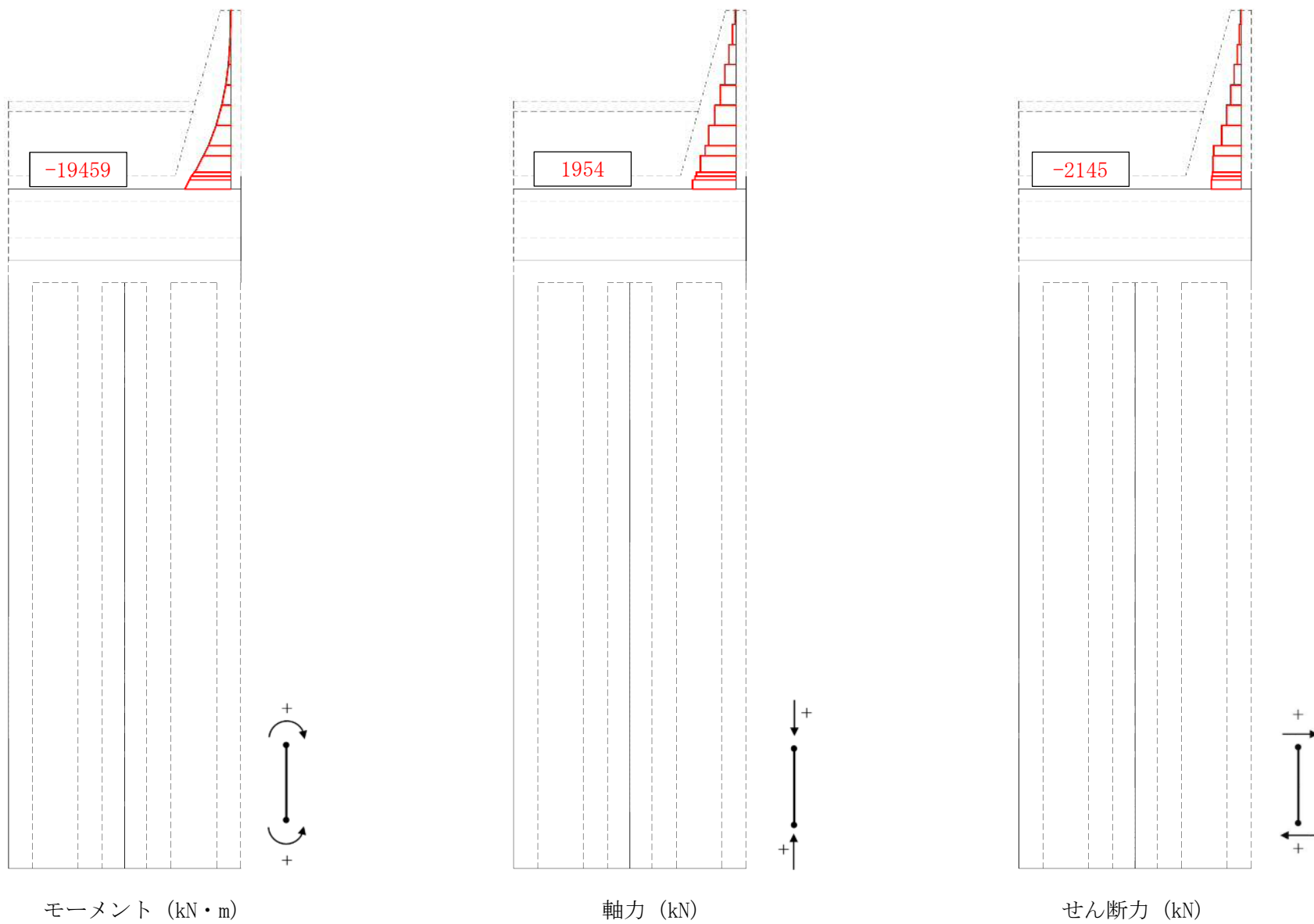


図 5. 2—7 (6) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね 5，鉛直下向き)

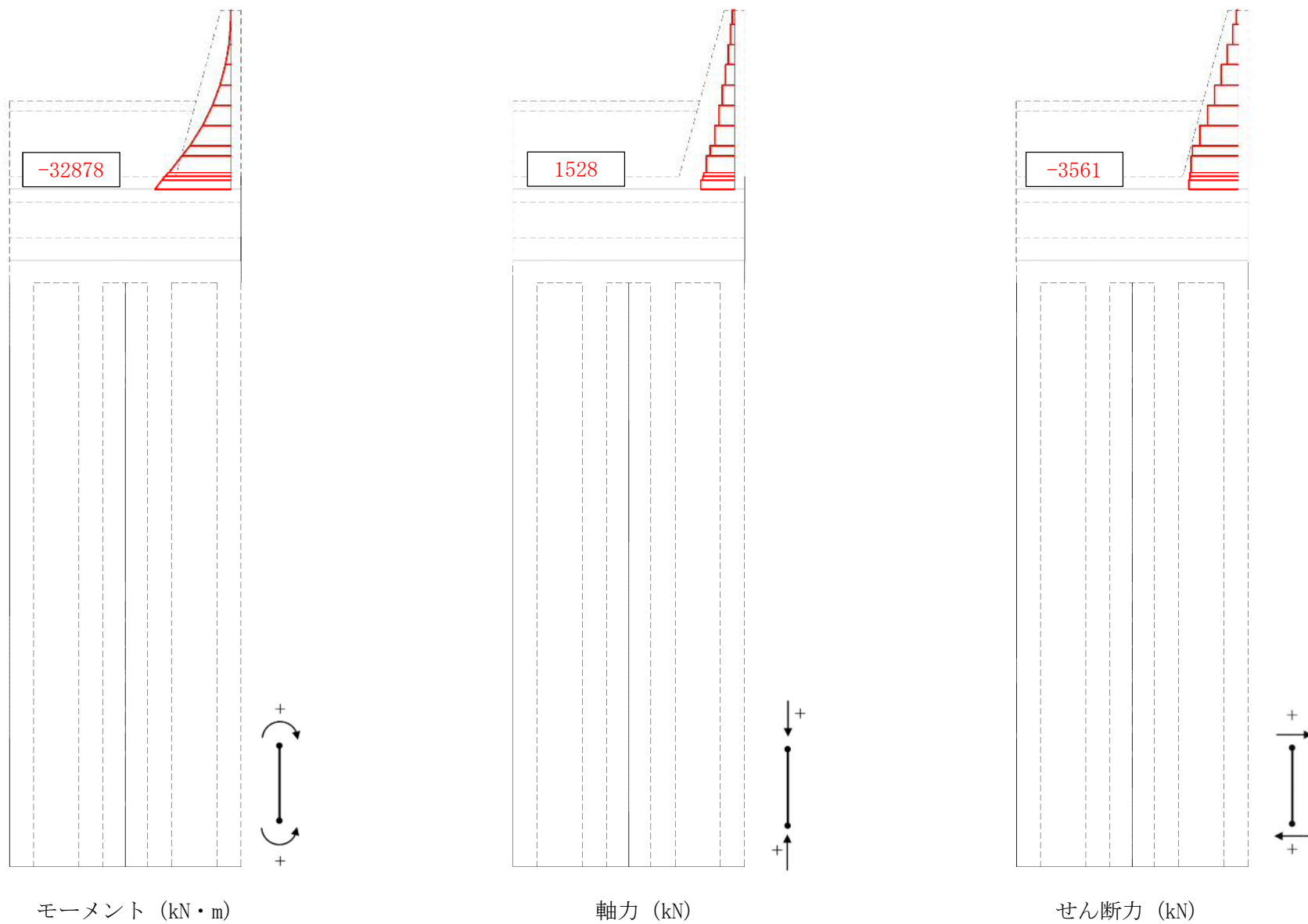


図 5. 2—7 (7) 断面力図 (重畳時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね 3，鉛直上向き)

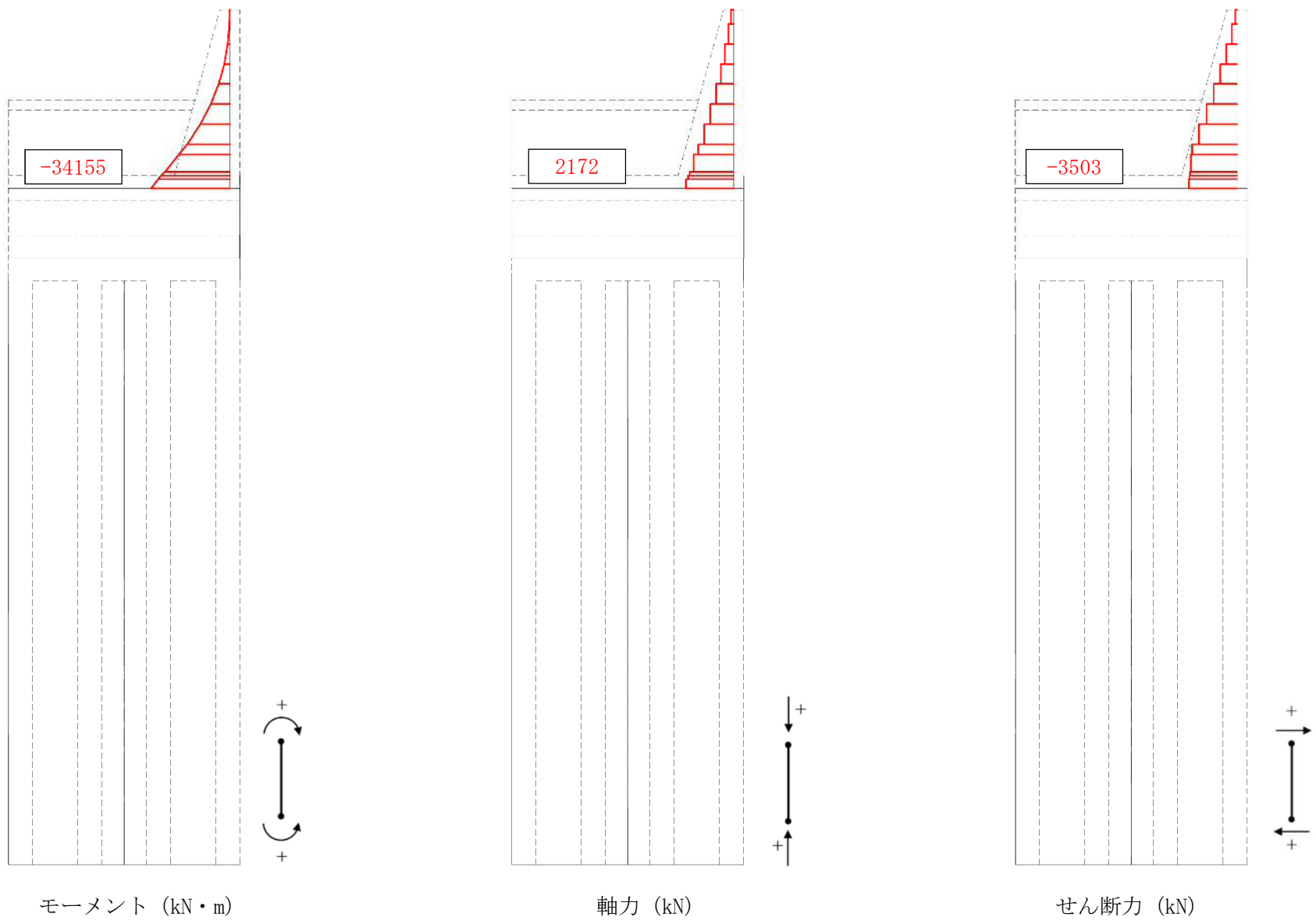


図 5.2-7 (8) 断面力図 (重畳時: 敷地に遡る津波時, 地盤ばね 3, 鉛直下向き)

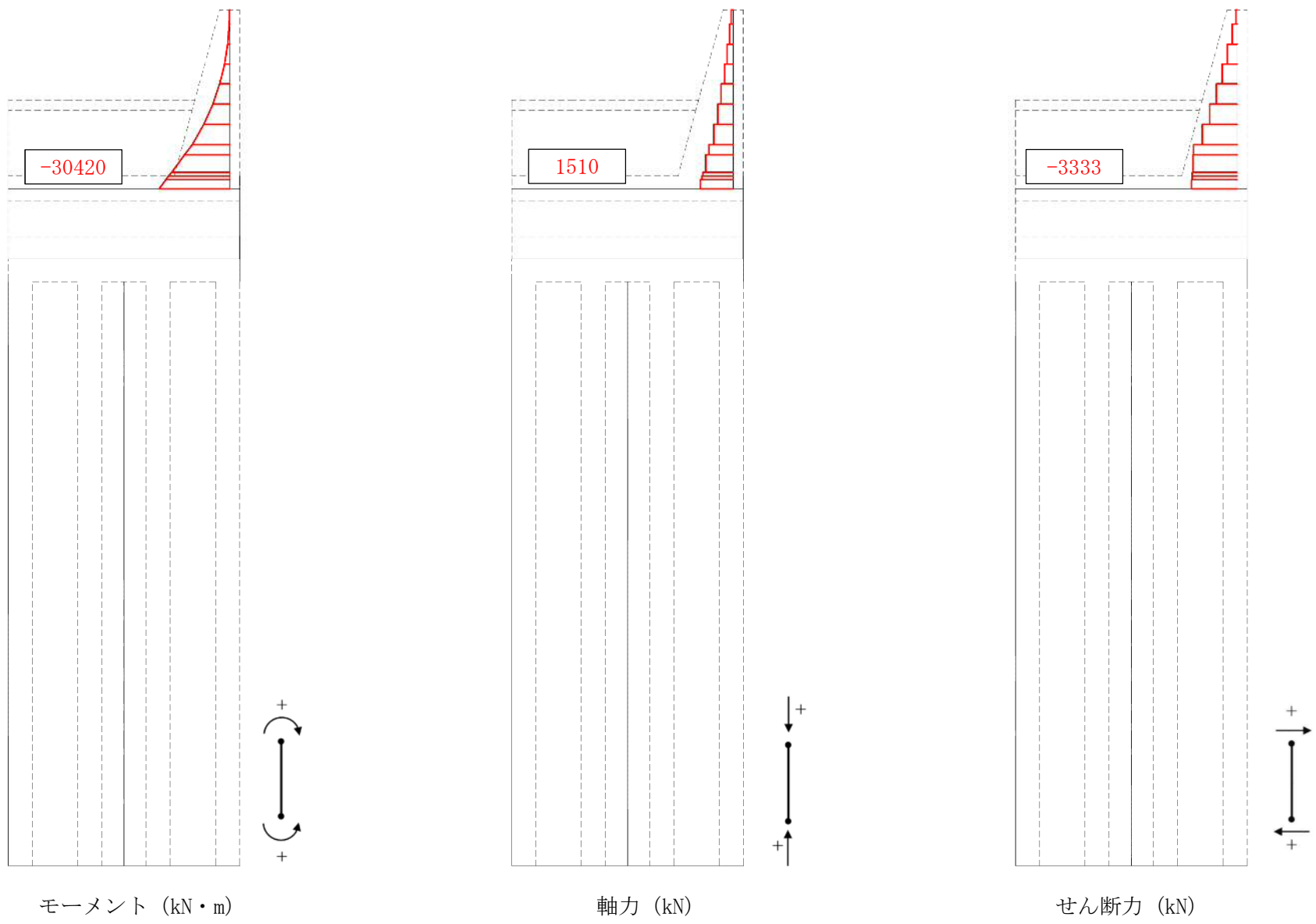


図 5.2-7 (9) 断面力図 (重畳時: 敷地に遡る津波時, 地盤ばね 4, 鉛直上向き)

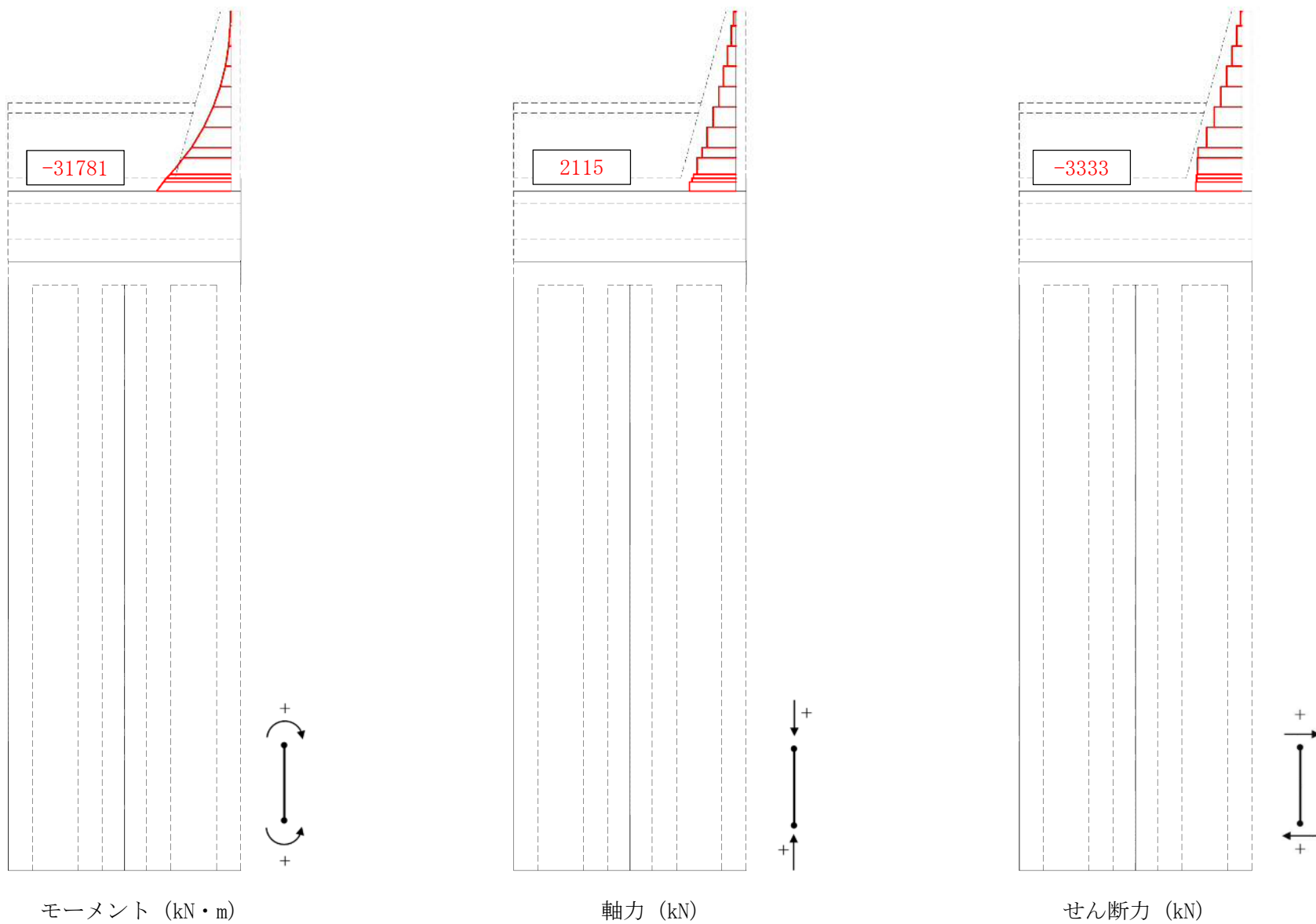


図 5. 2—7 (10) 断面力図 (重畳時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね 4, 鉛直下向き)

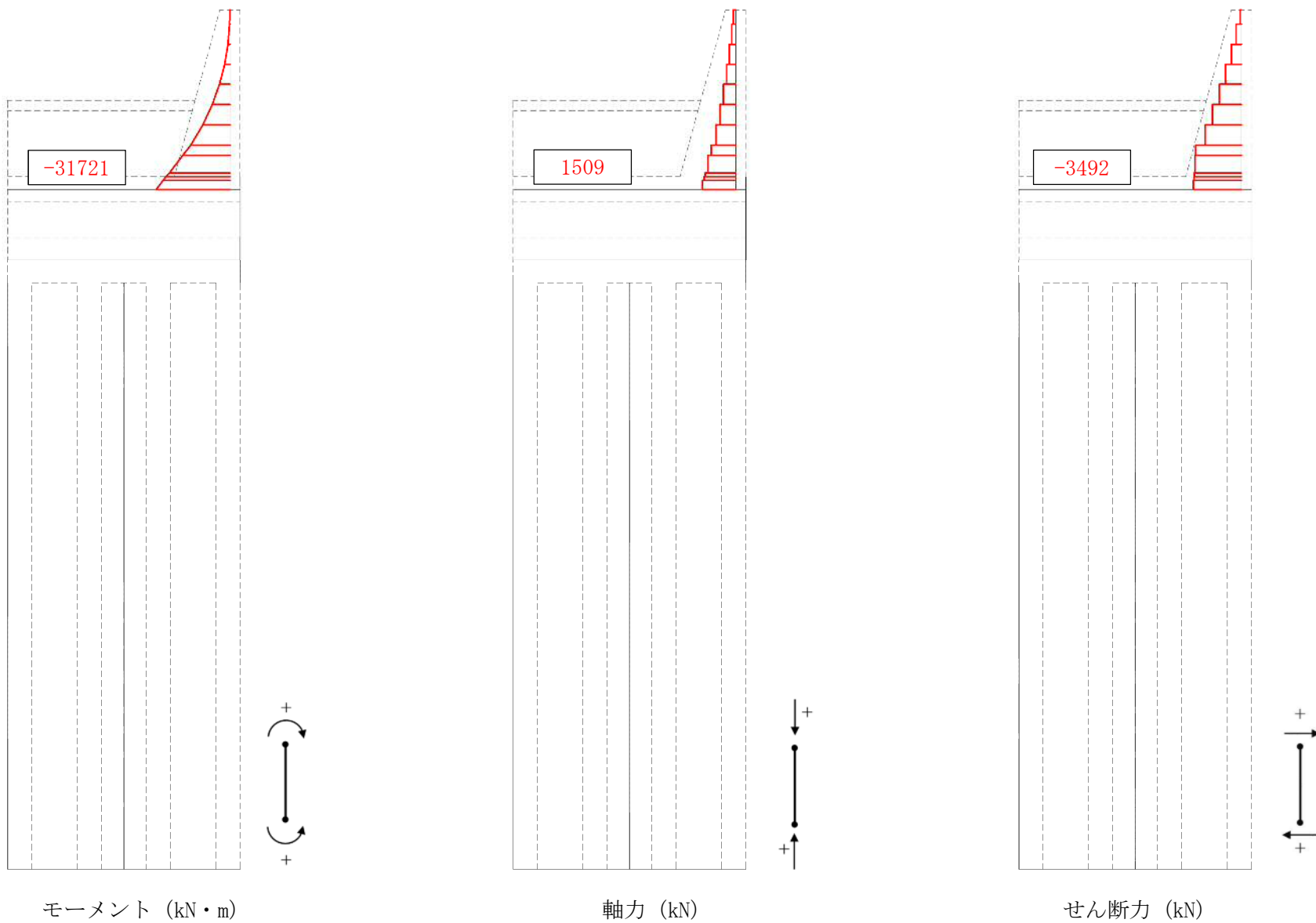


図 5.2-7 (11) 断面力図 (重畳時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね5, 鉛直上向き)

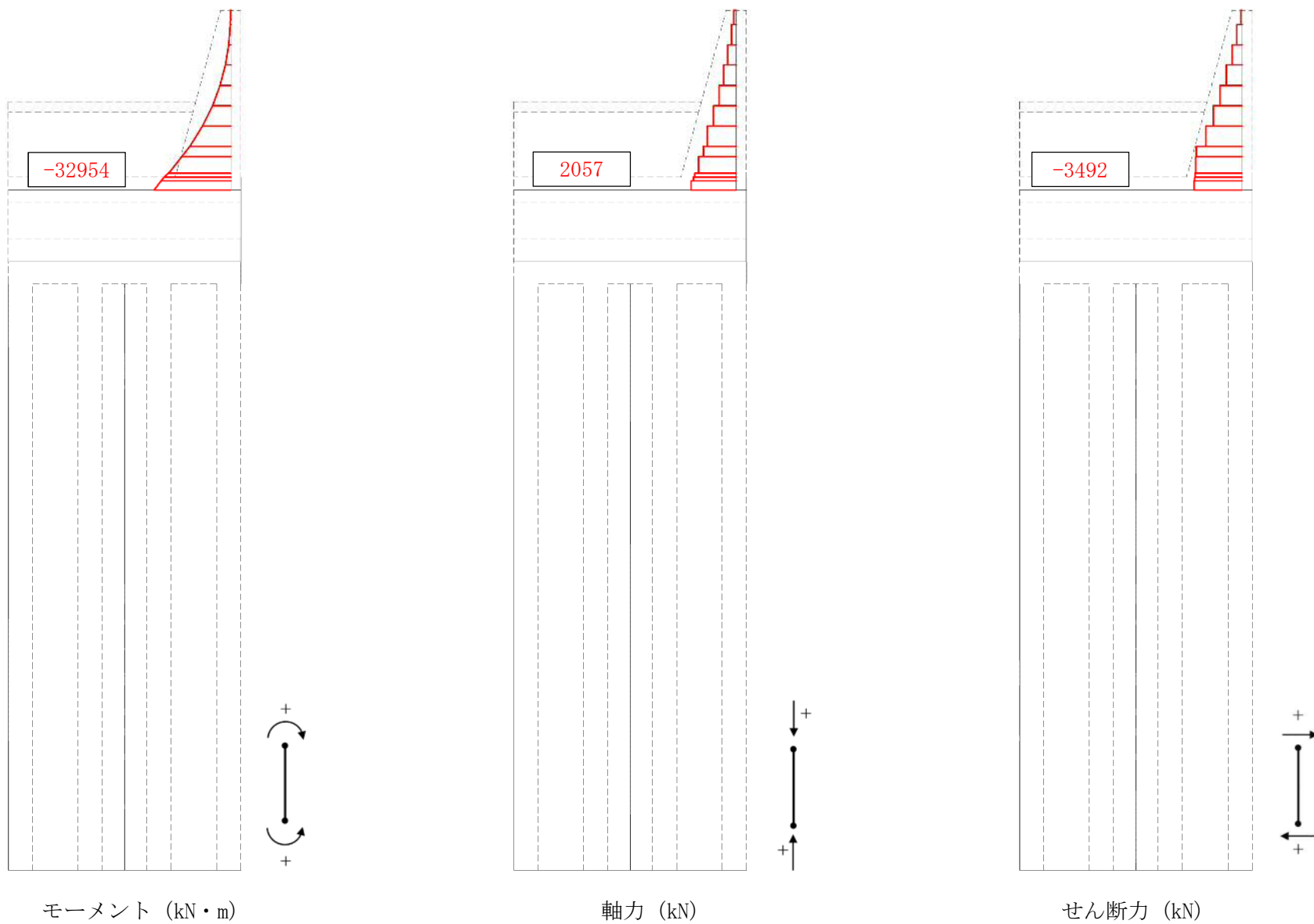


図 5. 2—7 (12) 断面力図 (重畳時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね 5, 鉛直下向き)

(3) せん断力に対する照査

重畳時におけるせん断力に対する評価結果を表 5.2-7 に示す。防潮壁のせん断力に対する照査を行った結果、せん断応力度が短期許容せん断応力度以下、又は発生せん断力がコンクリートの短期許容せん断力 (V_{ca}) と斜め引張鉄筋の短期許容せん断力 (V_{sa}) を合わせた短期許容せん断力 (V_a) 以下であることを確認した。なお、発生応力は各地盤ケースにおいて最大となる値を示している。

また、照査に用いた鉄筋を着色した概略配筋図を図 5.1-8 に示す。

表 5.2-7 (1) せん断力に対する照査結果 (重畳時：基準津波時)

検討ケース		評価位置	発生せん断力 V (kN/m)	せん断応力度 τ (N/mm ²)	短期許容応力度 τ_{a1} (N/mm ²)	照査値 τ / τ_{a1}	短期許容せん断力 V_a (kN/m)	照査値 V/V_a
地盤ばね	慣性力							
地盤ばね 3	鉛直上向き	1	2340	0.410	0.825	0.50	8587	0.28
	鉛直下向き	1	2340	0.410	0.825	0.50	8587	0.28
地盤ばね 4	鉛直上向き	1	2028	0.350	0.825	0.43	8587	0.24
	鉛直下向き	1	2028	0.350	0.825	0.43	8587	0.24
地盤ばね 5	鉛直上向き	1	2145	0.370	0.825	0.45	8587	0.25
	鉛直下向き	1	2145	0.370	0.825	0.45	8587	0.25

表 5.2-7 (2) せん断力に対する照査結果 (重畳時：敷地に遡上する津波時)

検討ケース		評価位置	発生せん断力 V (kN/m)	せん断応力度 τ (N/mm ²)	短期許容応力度 τ_{a1} (N/mm ²)	照査値 τ / τ_{a1}	短期許容せん断力 V_a (kN/m)	照査値 V/V_a
地盤ばね	慣性力							
地盤ばね 3	鉛直上向き	1	3561	0.620	1.100	0.57	9965	0.36
	鉛直下向き	1	3503	0.610	1.100	0.56	9965	0.36
地盤ばね 4	鉛直上向き	1	3333	0.580	1.100	0.53	9965	0.34
	鉛直下向き	1	3333	0.580	1.100	0.53	9965	0.34
地盤ばね 5	鉛直上向き	1	3492	0.610	1.100	0.56	9965	0.36
	鉛直下向き	1	3492	0.610	1.100	0.56	9965	0.36

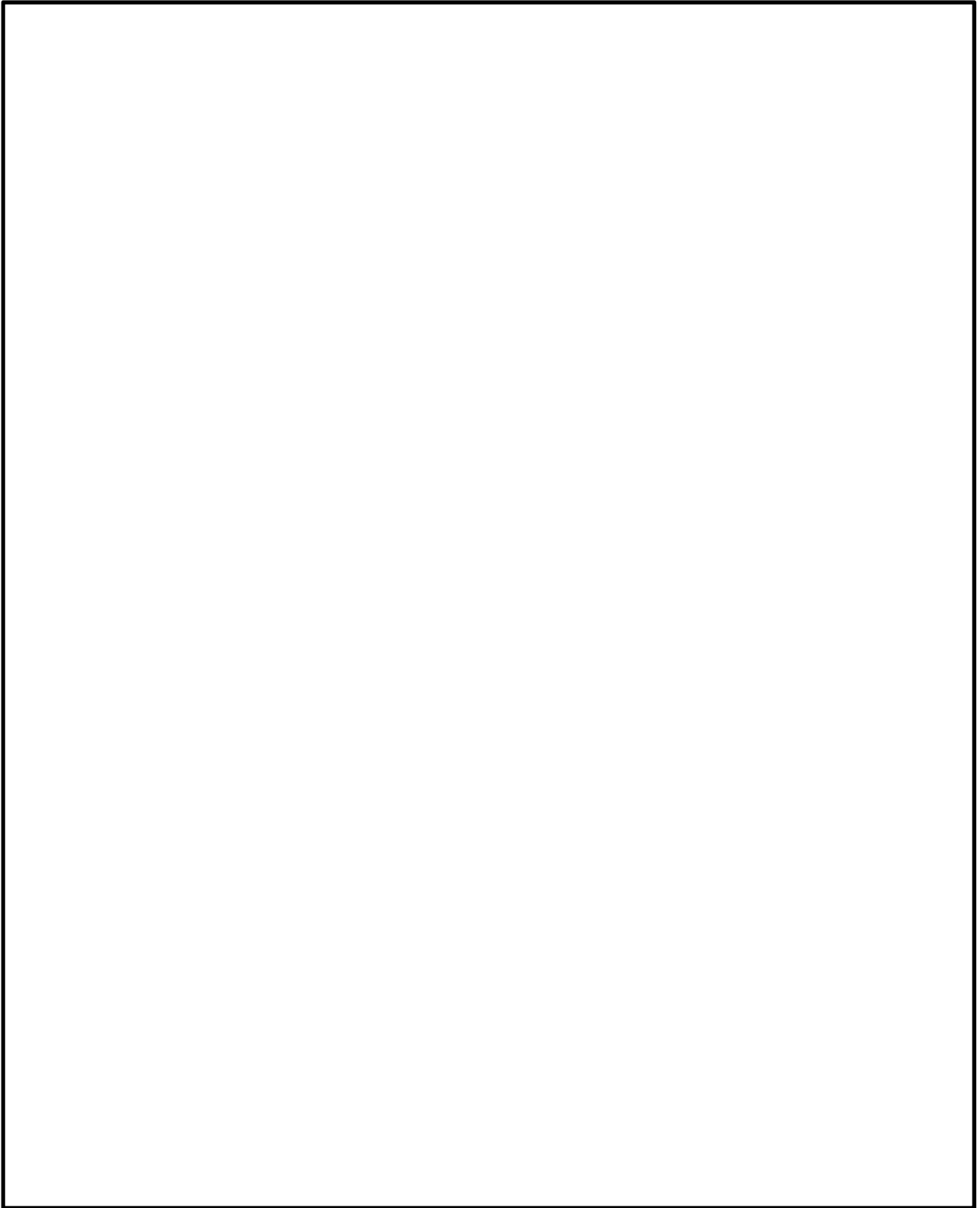


图 5.1—8 概略配筋图 (防潮壁)

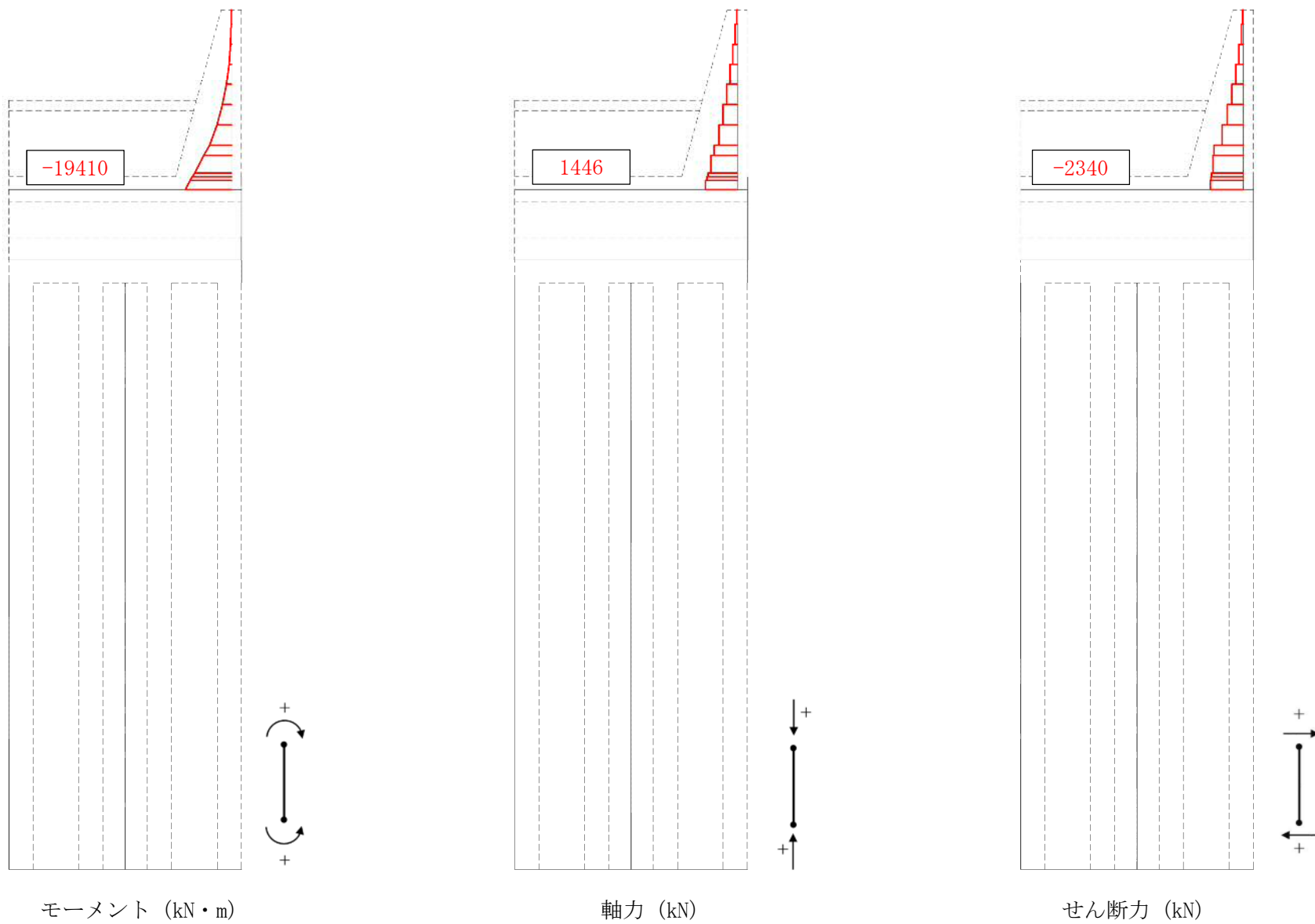


図 5. 2—9 (1) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね 3，鉛直上向き)

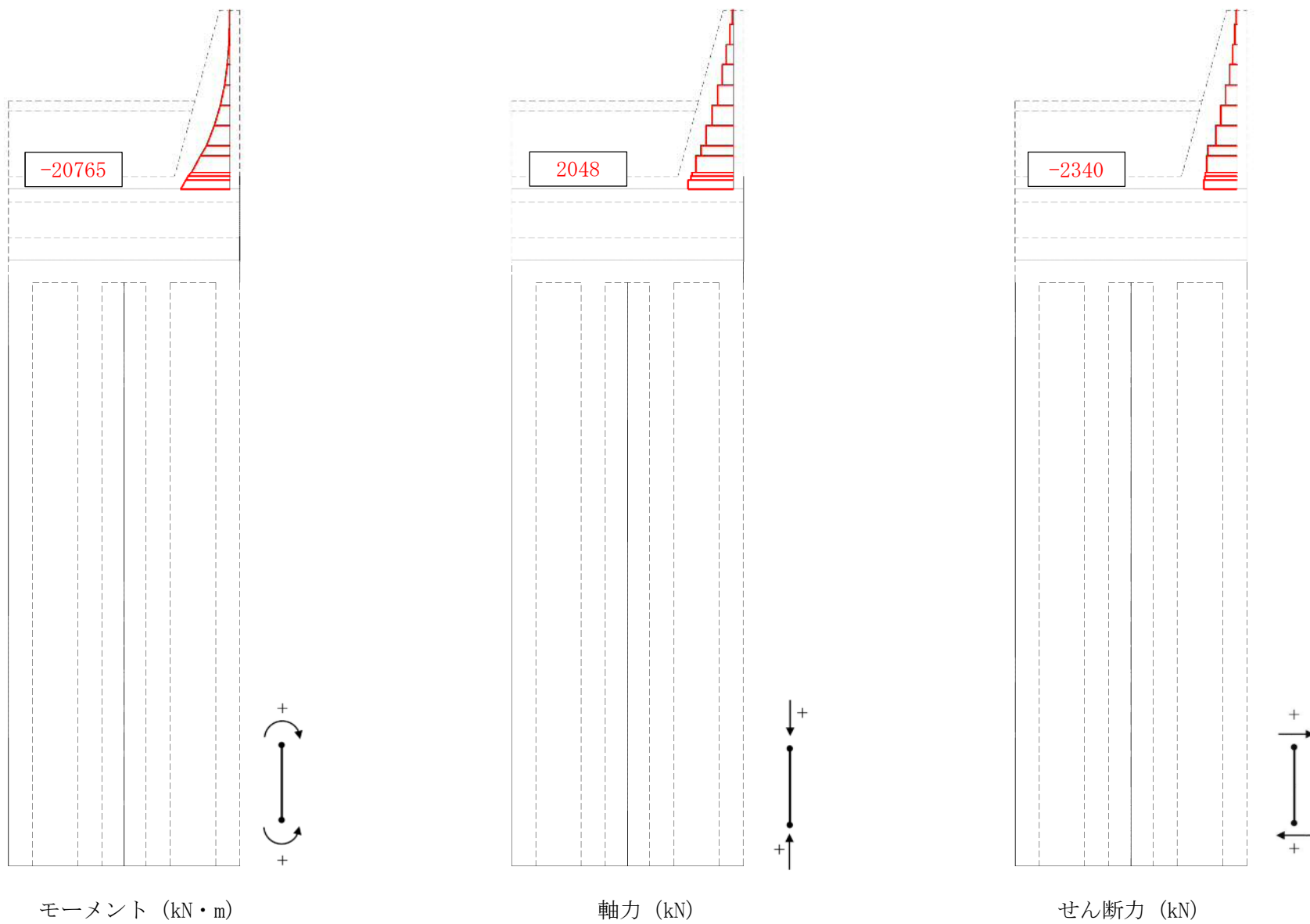


図 5. 2—9 (2) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね 3，鉛直下向き)

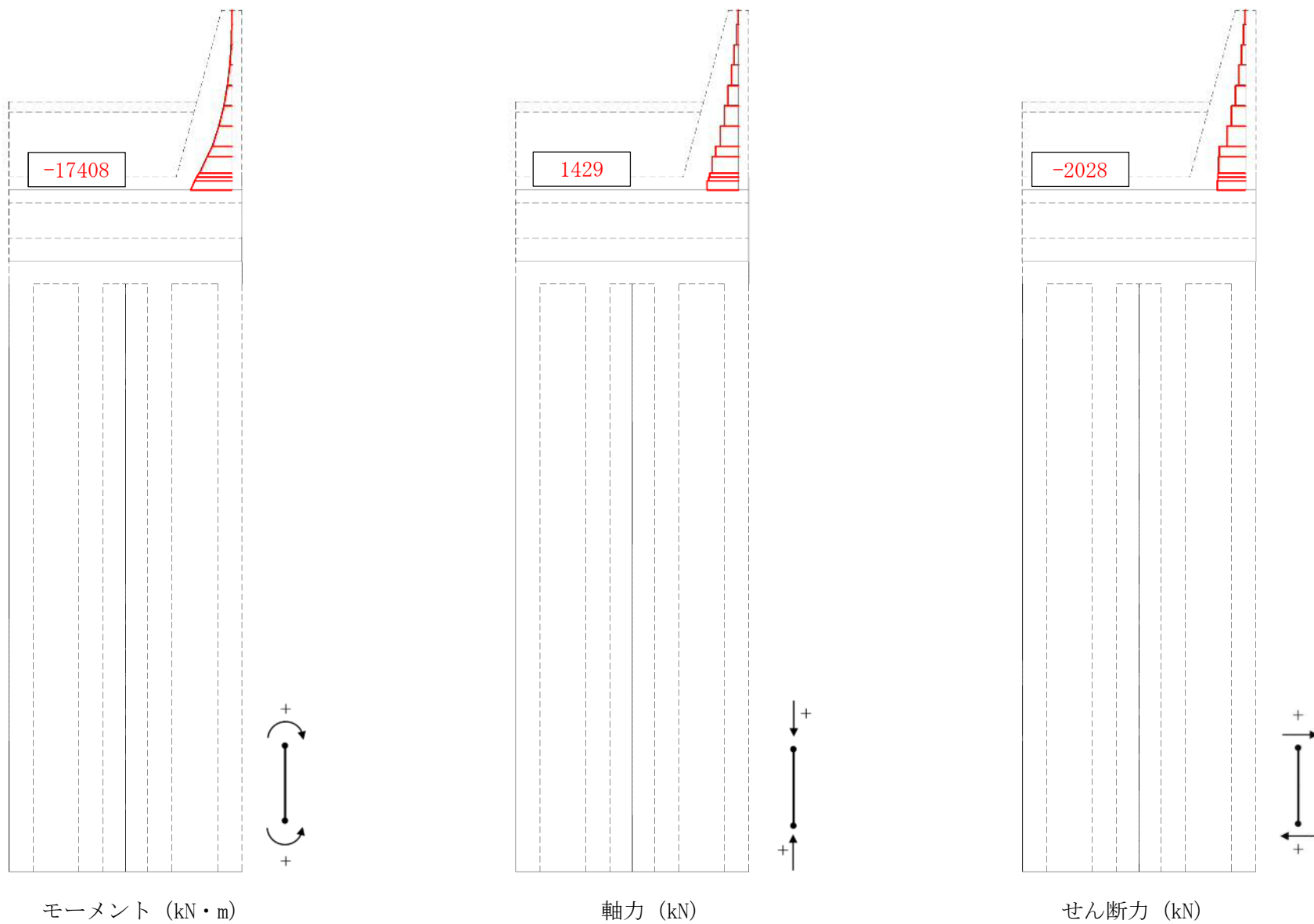


図 5.2-9 (3) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね4，鉛直上向き)

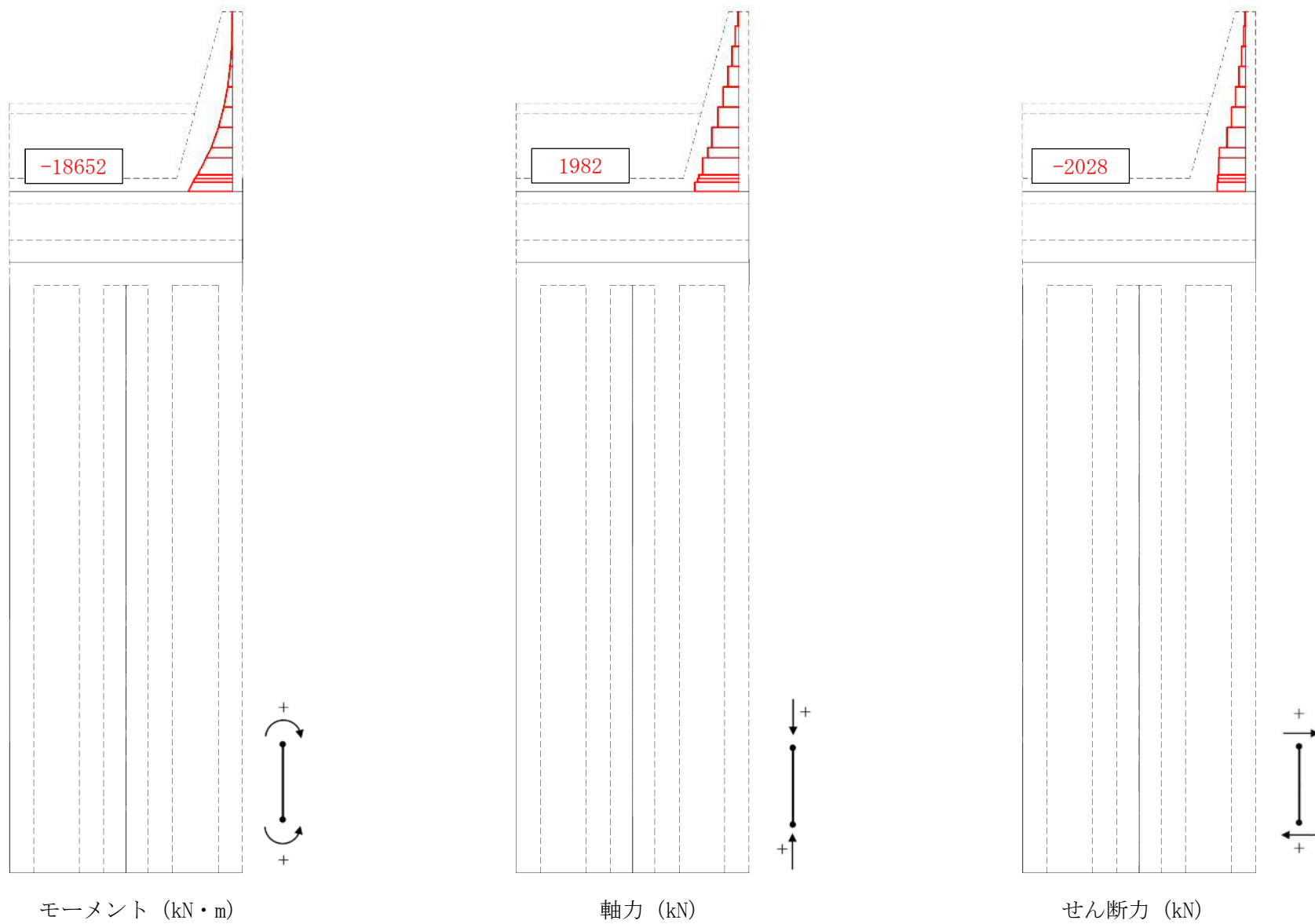


図 5.2-9 (4) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね 4，鉛直下向き)

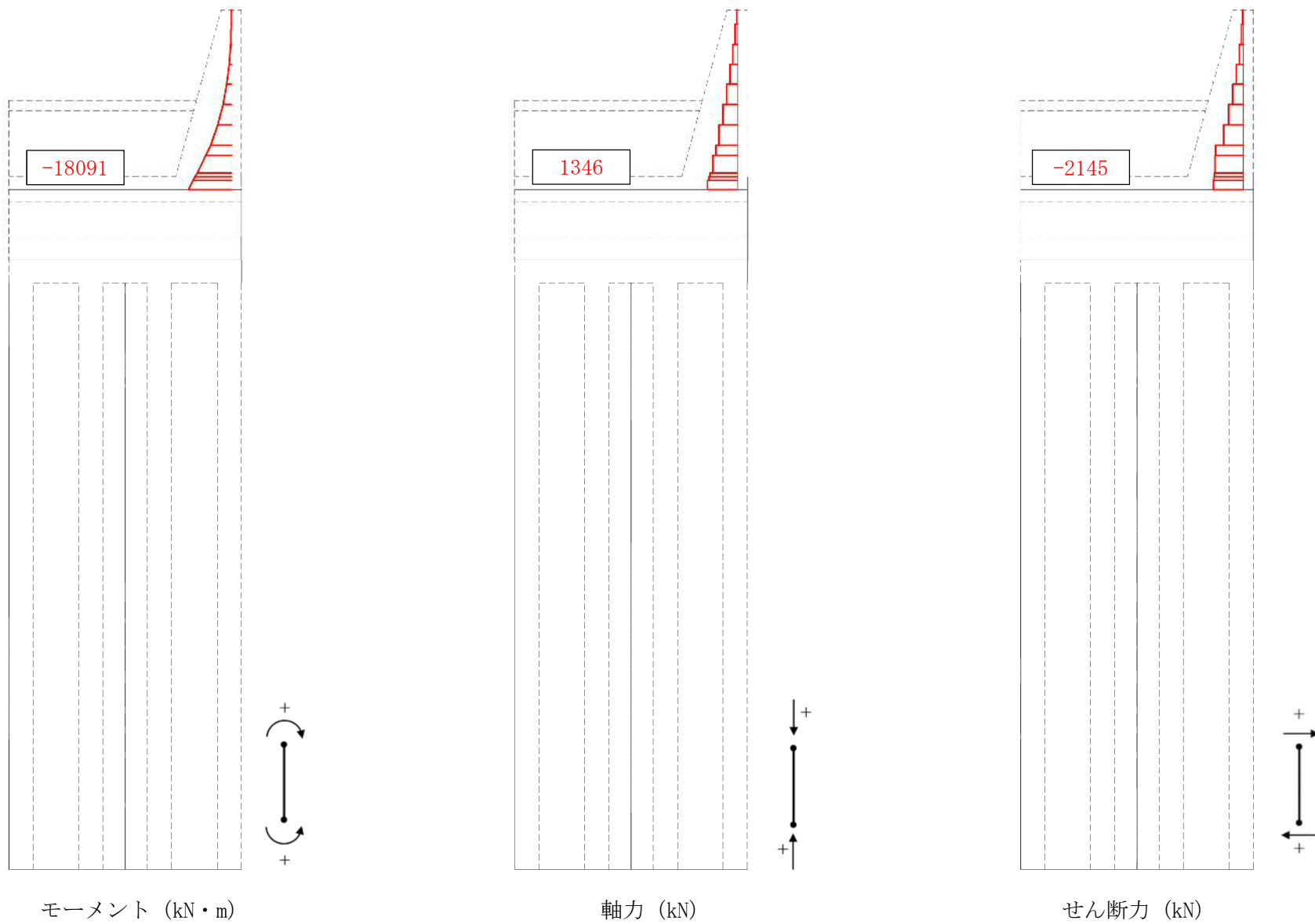


図 5.2-9 (5) 断面力図 (重畳時: 基準津波時, 地盤ばね 5, 鉛直上向き)

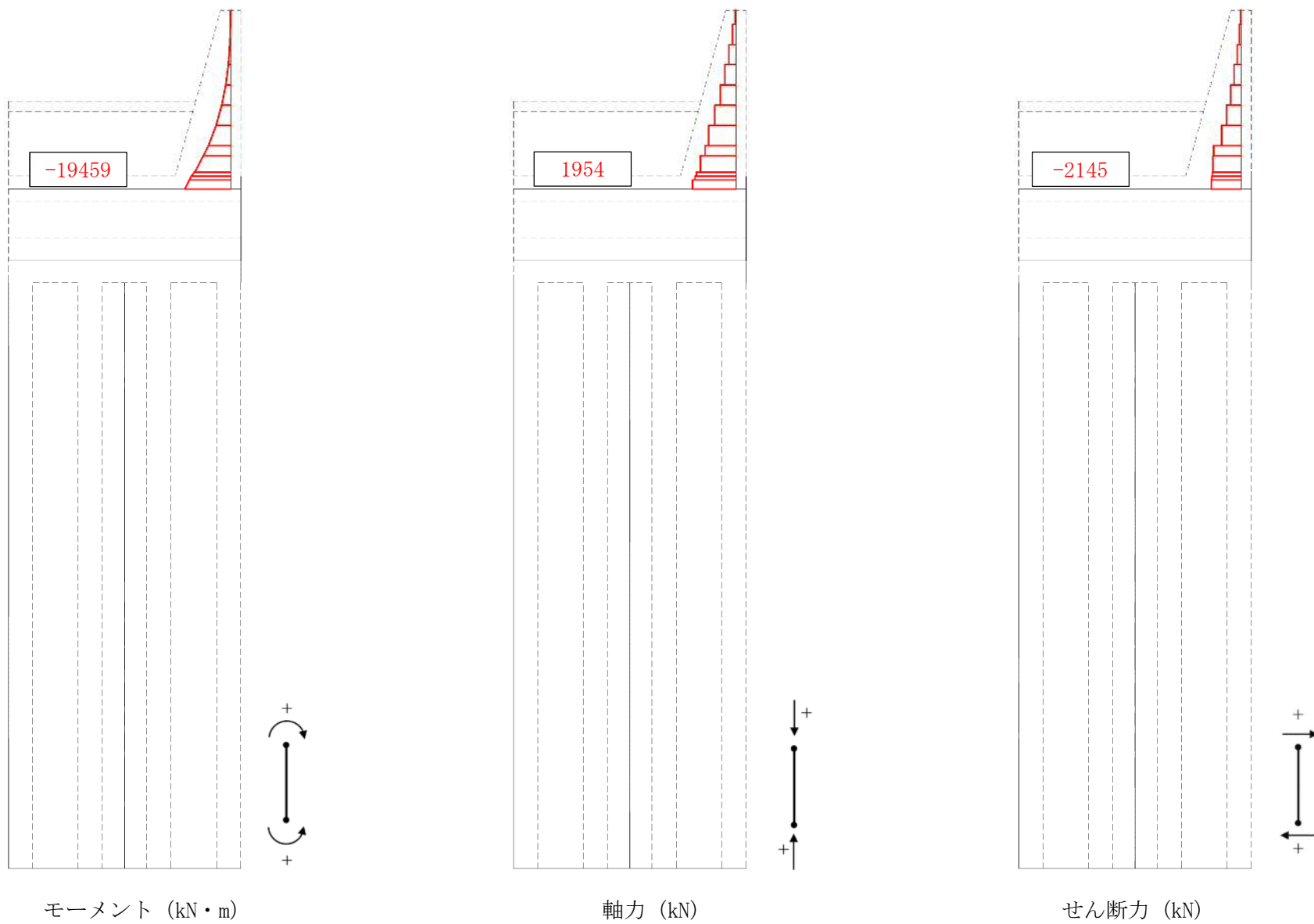


図 5.2-9 (6) 断面力図 (重畳時: 基準津波時, 地盤ばね 5, 鉛直下向き)

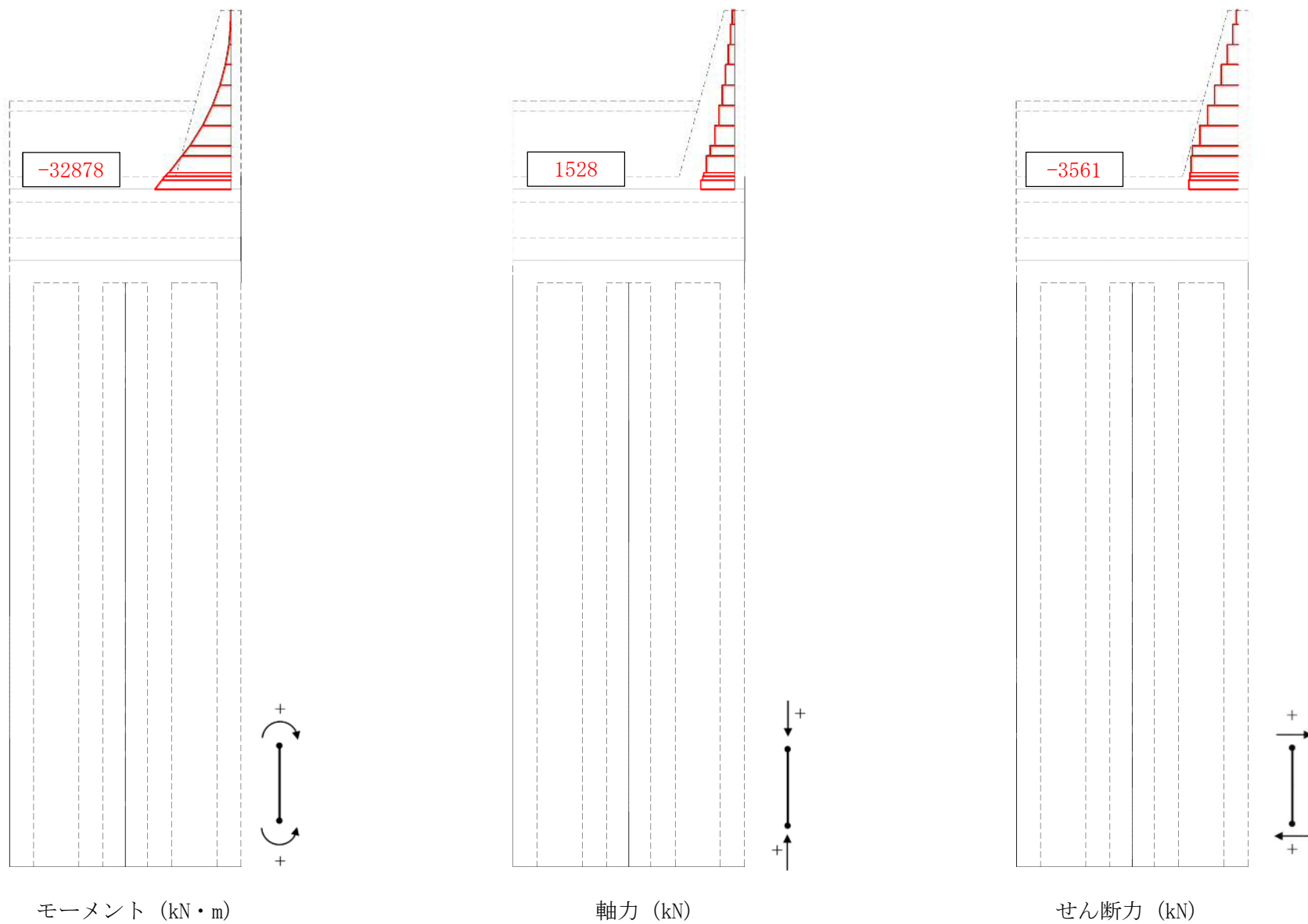


図 5.2-9 (7) 断面力図 (重畳時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね 3, 鉛直上向き)

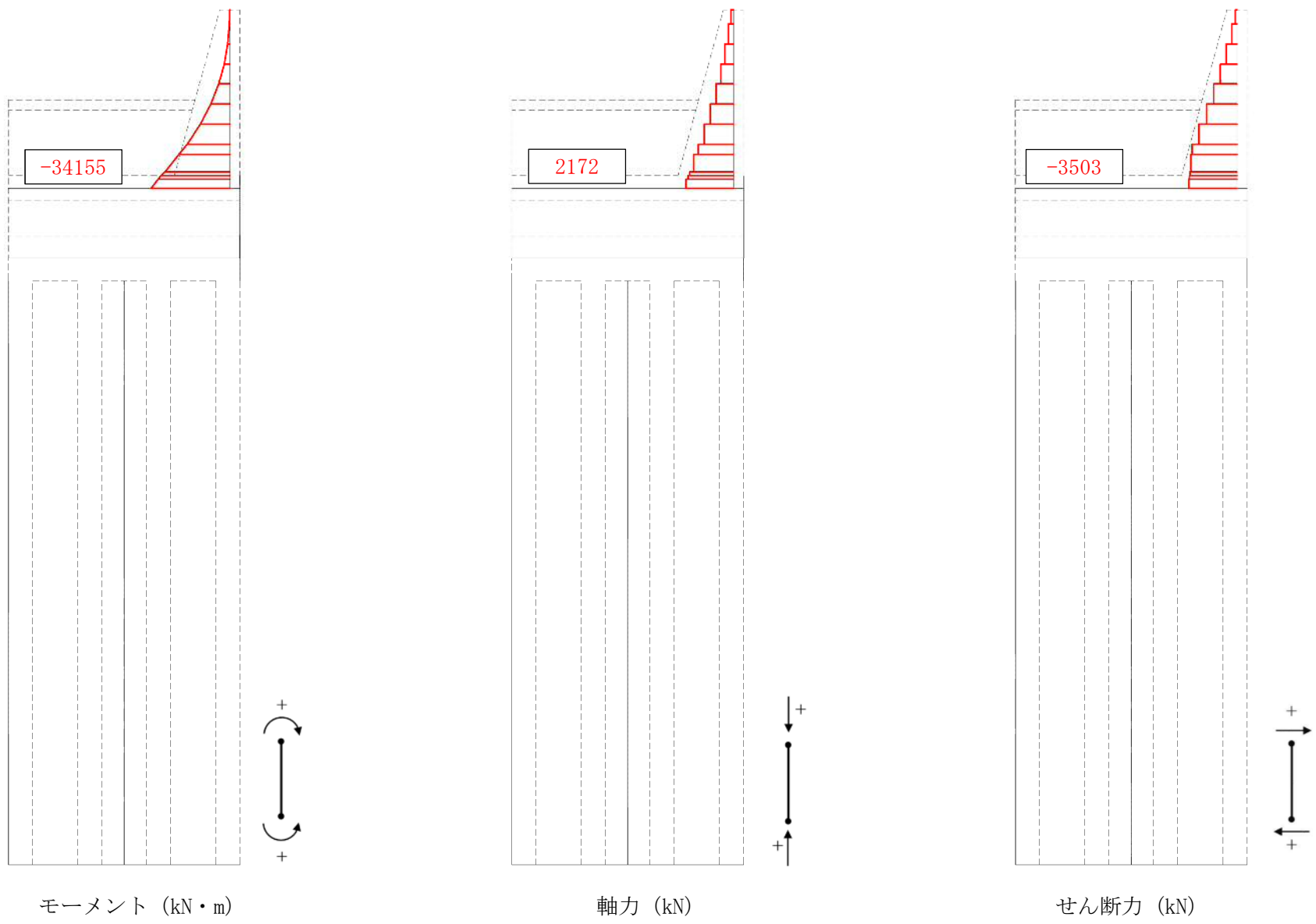


図 5.2-9 (8) 断面力図 (重畳時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね 3, 鉛直下向き)

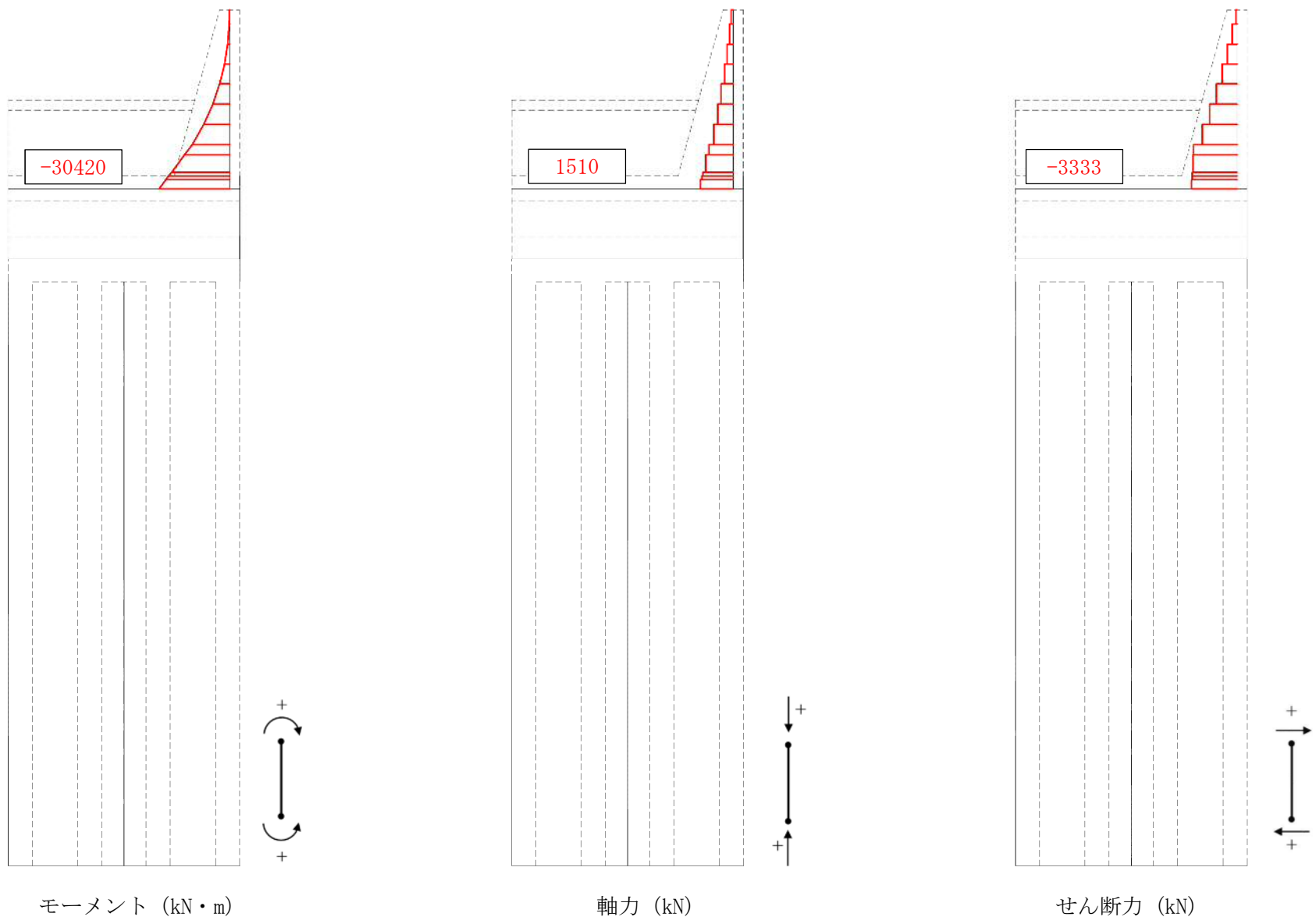


図 5.2-9 (9) 断面力図 (重畳時: 敷地に遡る津波時, 地盤ばね 4, 鉛直上向き)

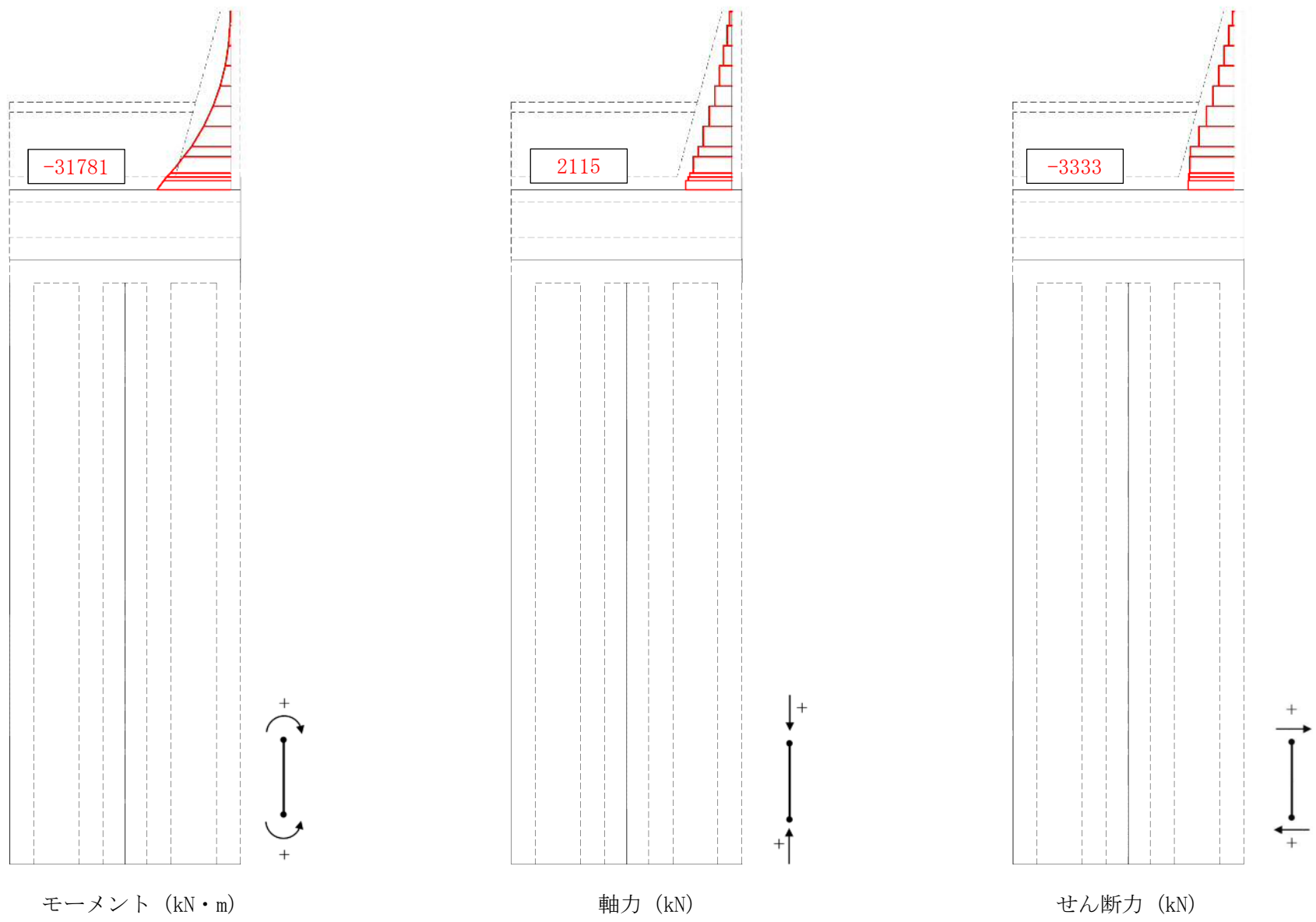


図 5.2-9 (10) 断面力図 (重畳時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね4, 鉛直下向き)

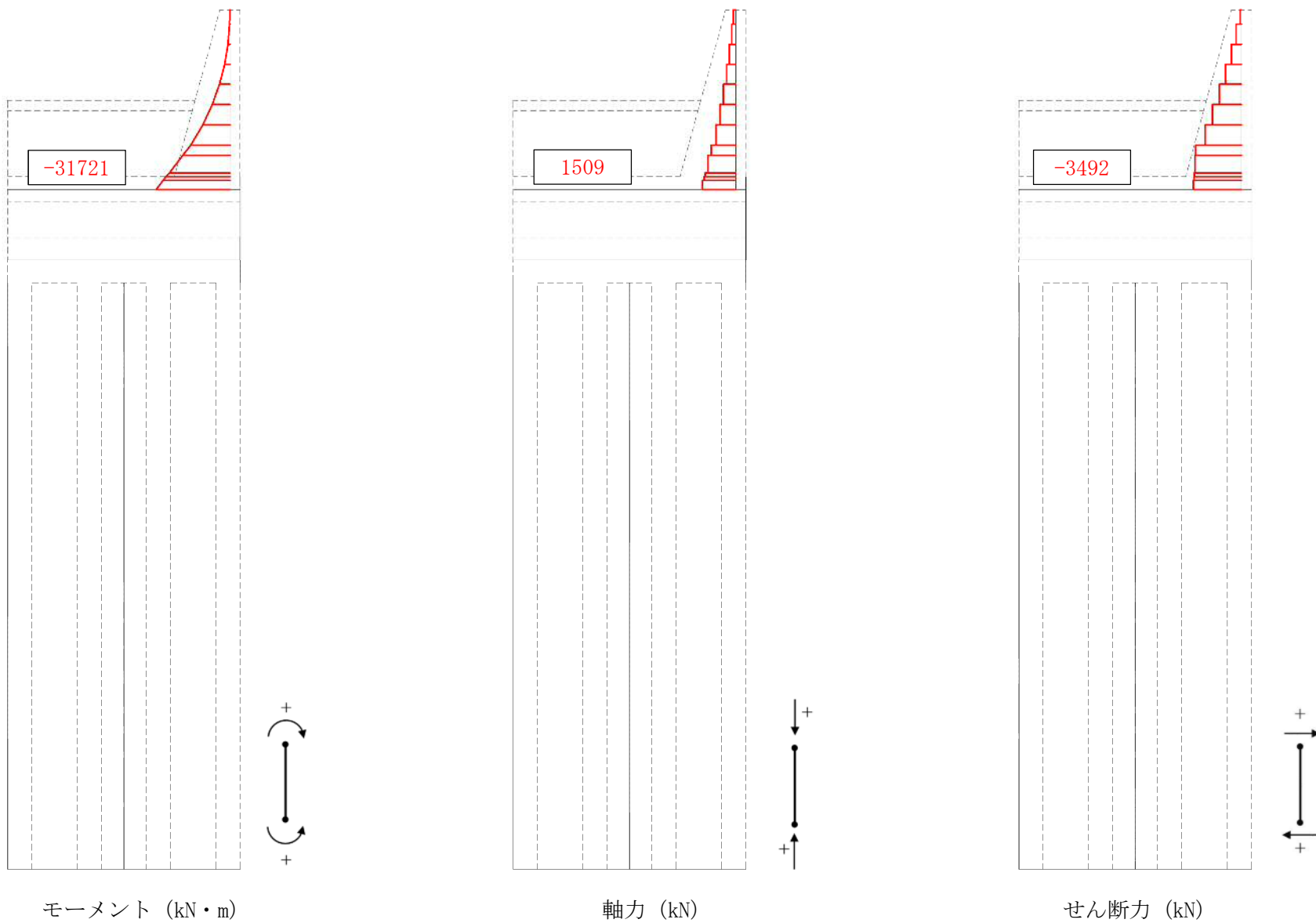


図 5.2-9 (11) 断面力図 (重畳時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね5, 鉛直上向き)

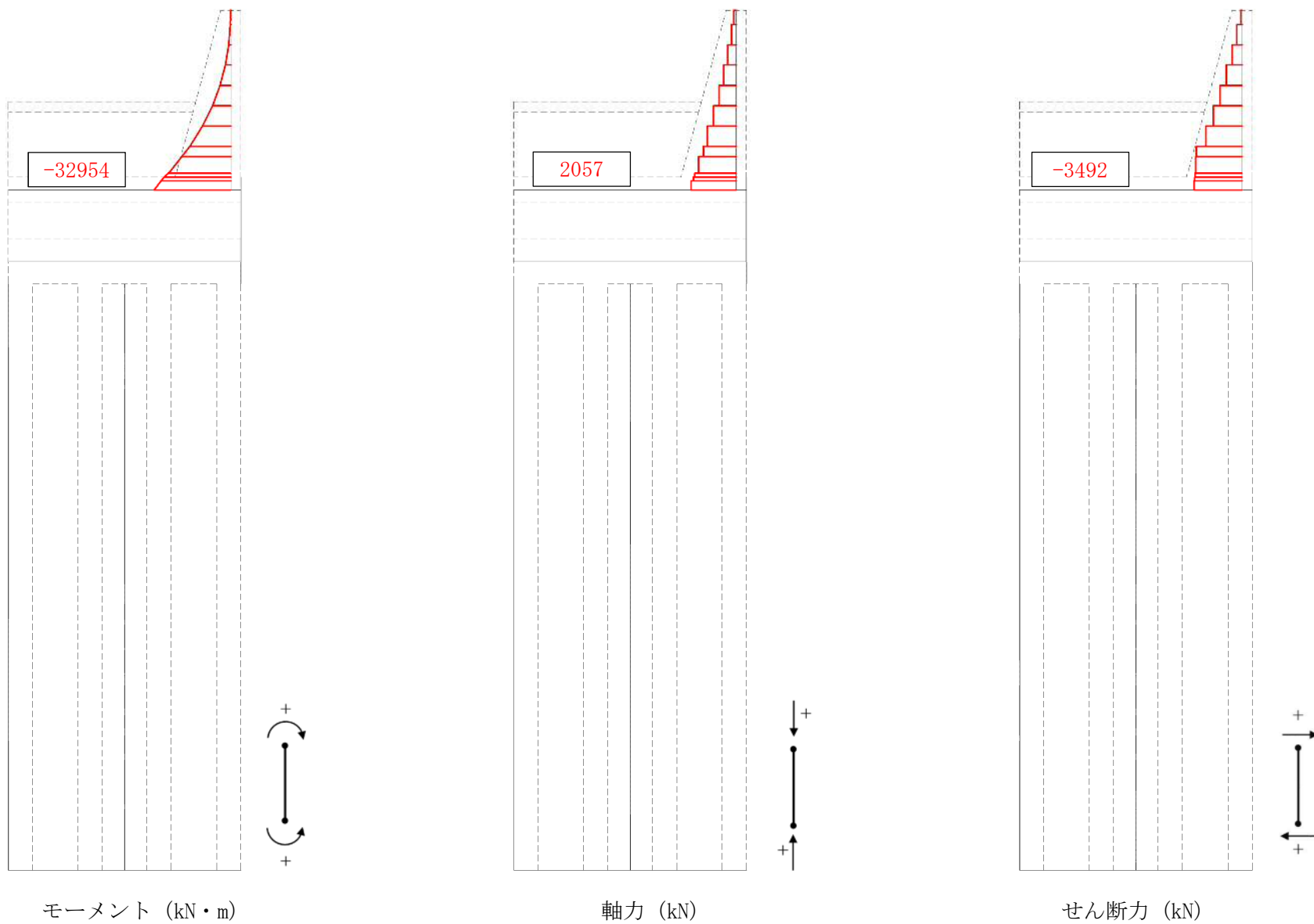


図 5.2-9 (12) 断面力図 (重畳時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね5, 鉛直下向き)

5.2.3 地中連続壁基礎（鉛直）の評価結果

(1) コンクリートの曲げ軸力に対する照査

重畳時におけるコンクリートの曲げ軸力に対する評価結果を表 5.2-8 に示す。地中連続壁基礎の鉛直方向の曲げ軸力に対する照査を行った結果、圧縮応力度が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各地盤ケースにおいて最大となる値を示している。

表 5.2-8 (1) 地中連続壁基礎（鉛直）の曲げ軸力に対する照査結果（重畳時：基準津波時）

検討ケース		評価位置	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}
地盤ばね	慣性力		曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)			
地盤ばね 3	鉛直上向き	2	129332	12529	3.11	21.0	0.15
	鉛直下向き	2	121350	18367	2.85	21.0	0.14
地盤ばね 4	鉛直上向き	3	172556	18269	4.10	21.0	0.20
	鉛直下向き	3	155183	23270	3.64	21.0	0.18
地盤ばね 5	鉛直上向き	2	184603	11932	4.62	21.0	0.22
	鉛直下向き	2	179955	16909	4.34	21.0	0.21

表 5.2-8 (2) 地中連続壁基礎（鉛直）の曲げ軸力に対する照査結果
（重畳時：敷地に遡上する津波時）

検討ケース		評価位置	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}
地盤ばね	慣性力		曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)			
地盤ばね 3	鉛直上向き	2	155169	11980	3.82	28.0	0.14
	鉛直下向き	2	144847	17050	3.40	28.0	0.13
地盤ばね 4	鉛直上向き	3	198840	17586	4.83	28.0	0.18
	鉛直下向き	3	187948	21413	4.42	28.0	0.16
地盤ばね 5	鉛直上向き	2	235181	12665	5.94	28.0	0.22
	鉛直下向き	2	233634	17619	5.77	28.0	0.21

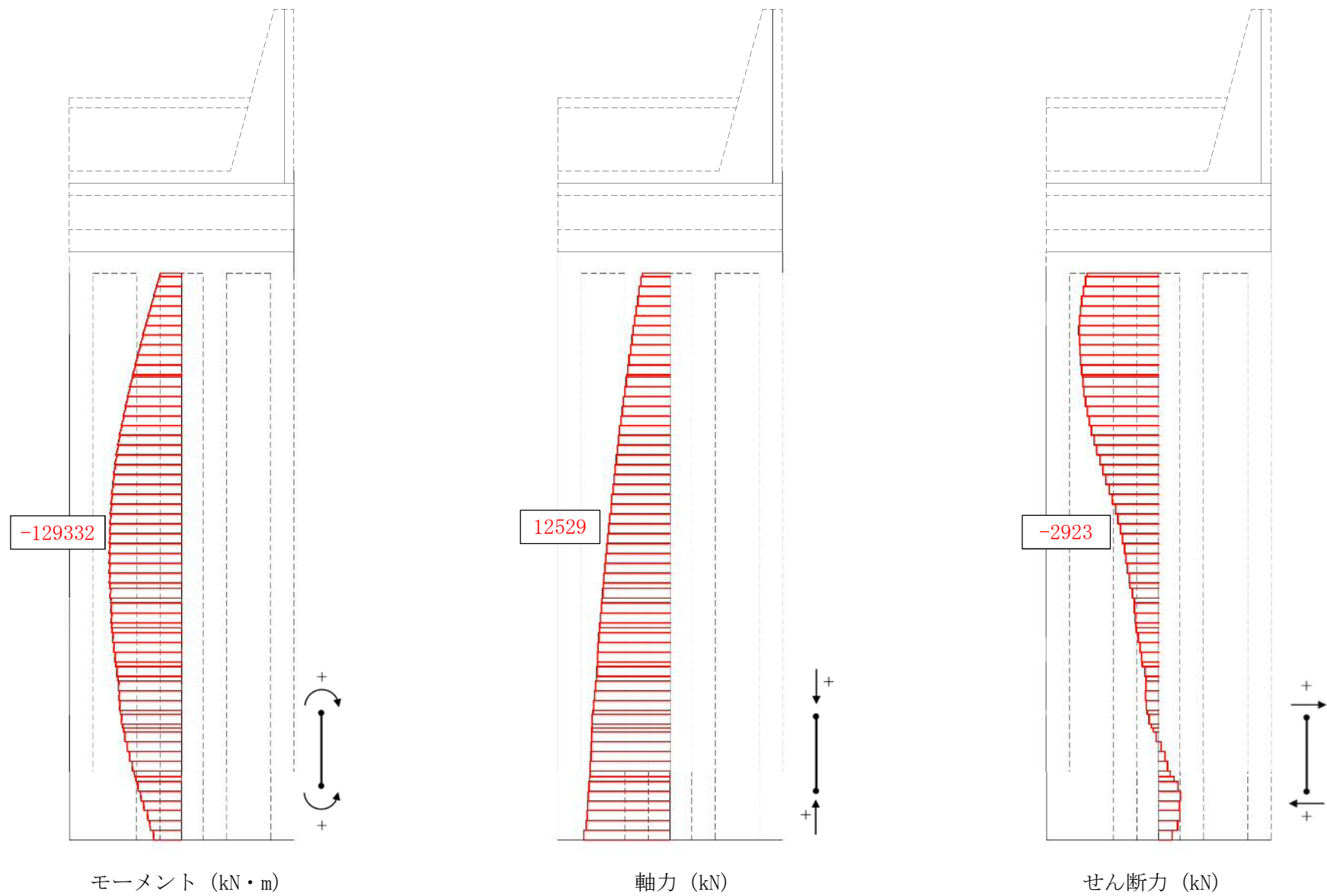


図 5.2-10 (1) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね3，鉛直上向き)

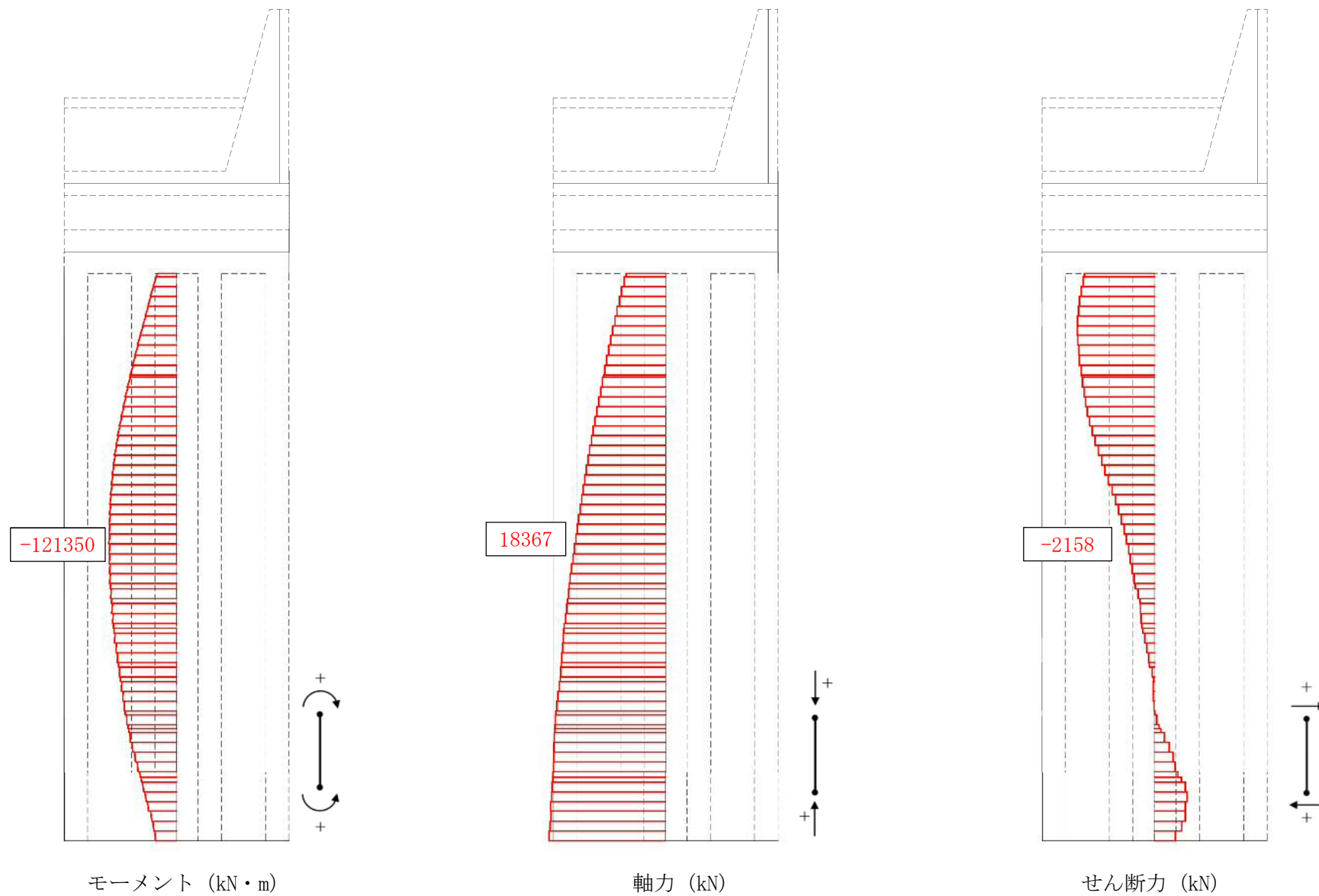


図 5.2-10 (2) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね3，鉛直下向き)

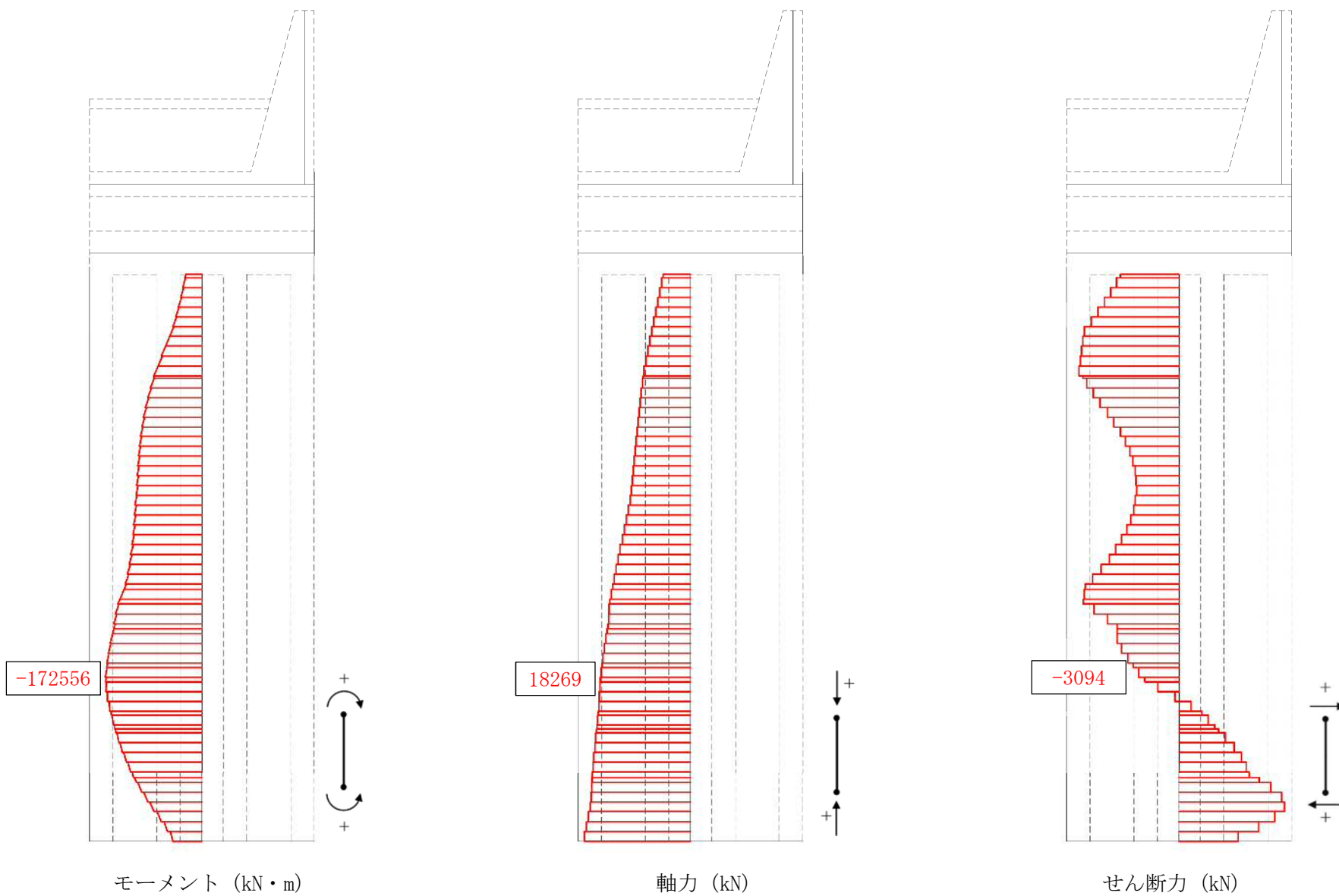


図 5.2-10 (3) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね4，鉛直上向き)

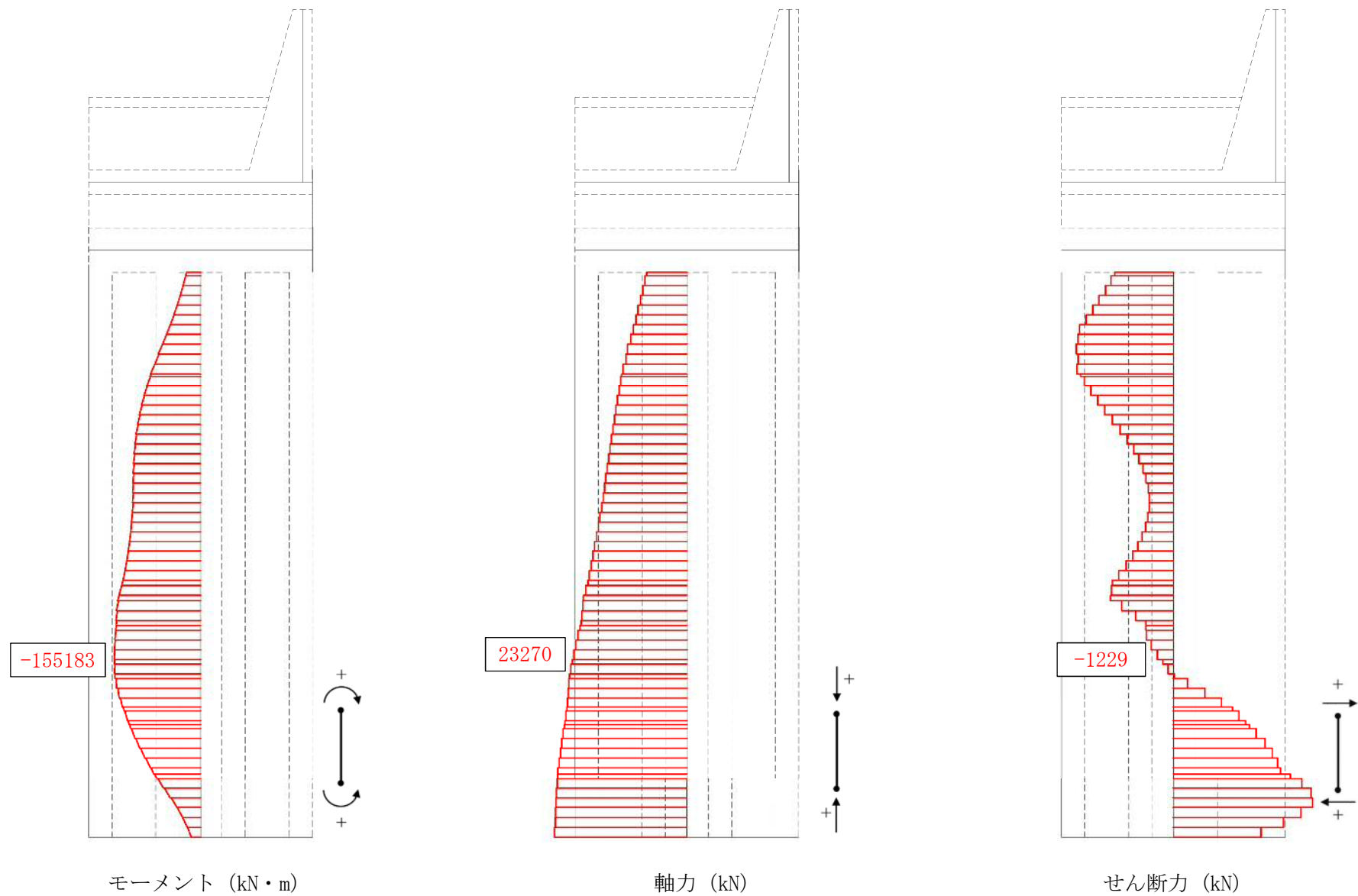


図 5.2-10 (4) 断面力図 (重畳時: 基準津波時, 地盤ばね4, 鉛直下向き)

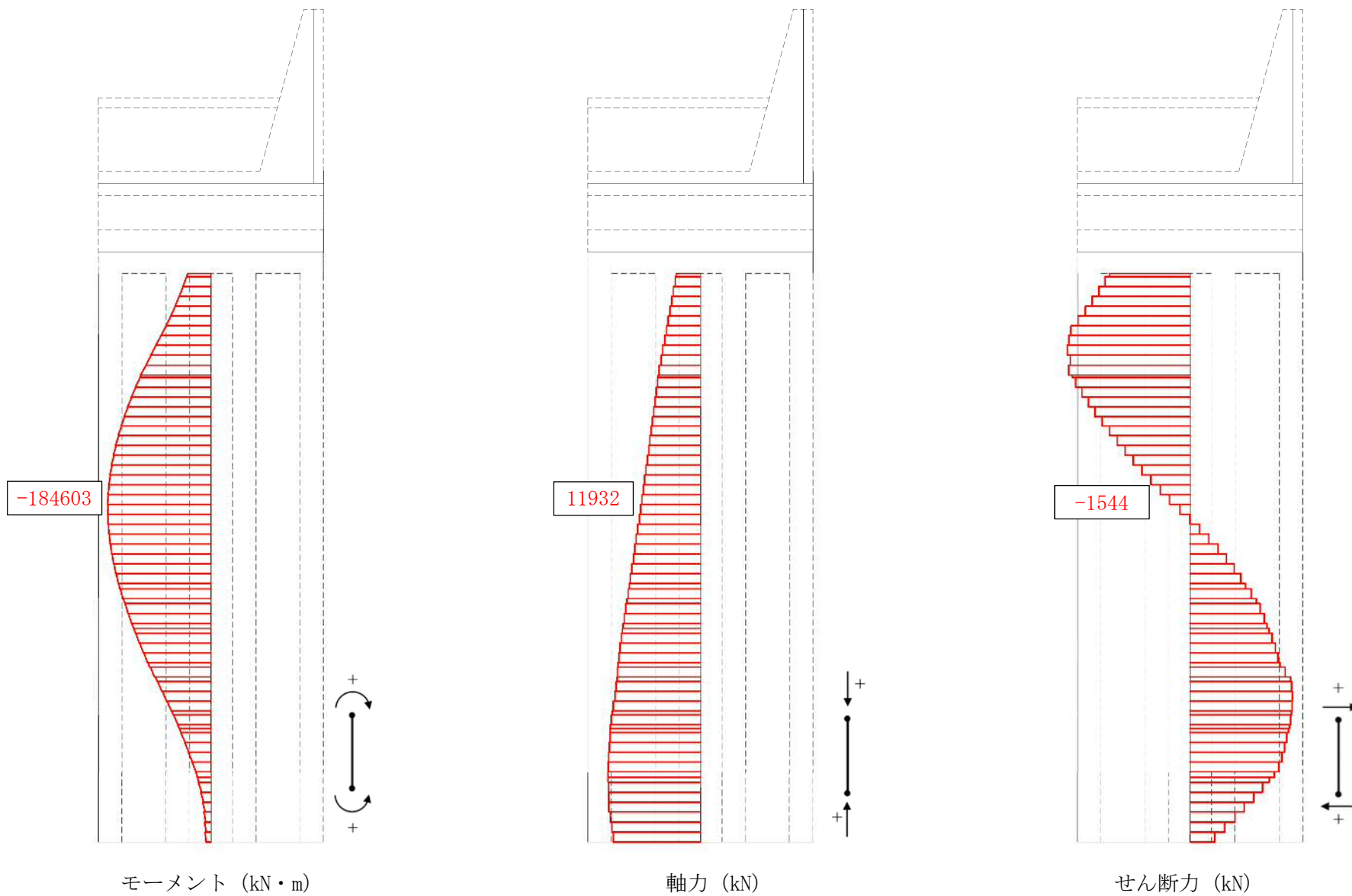


図 5.2-10 (5) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね5，鉛直上向き)

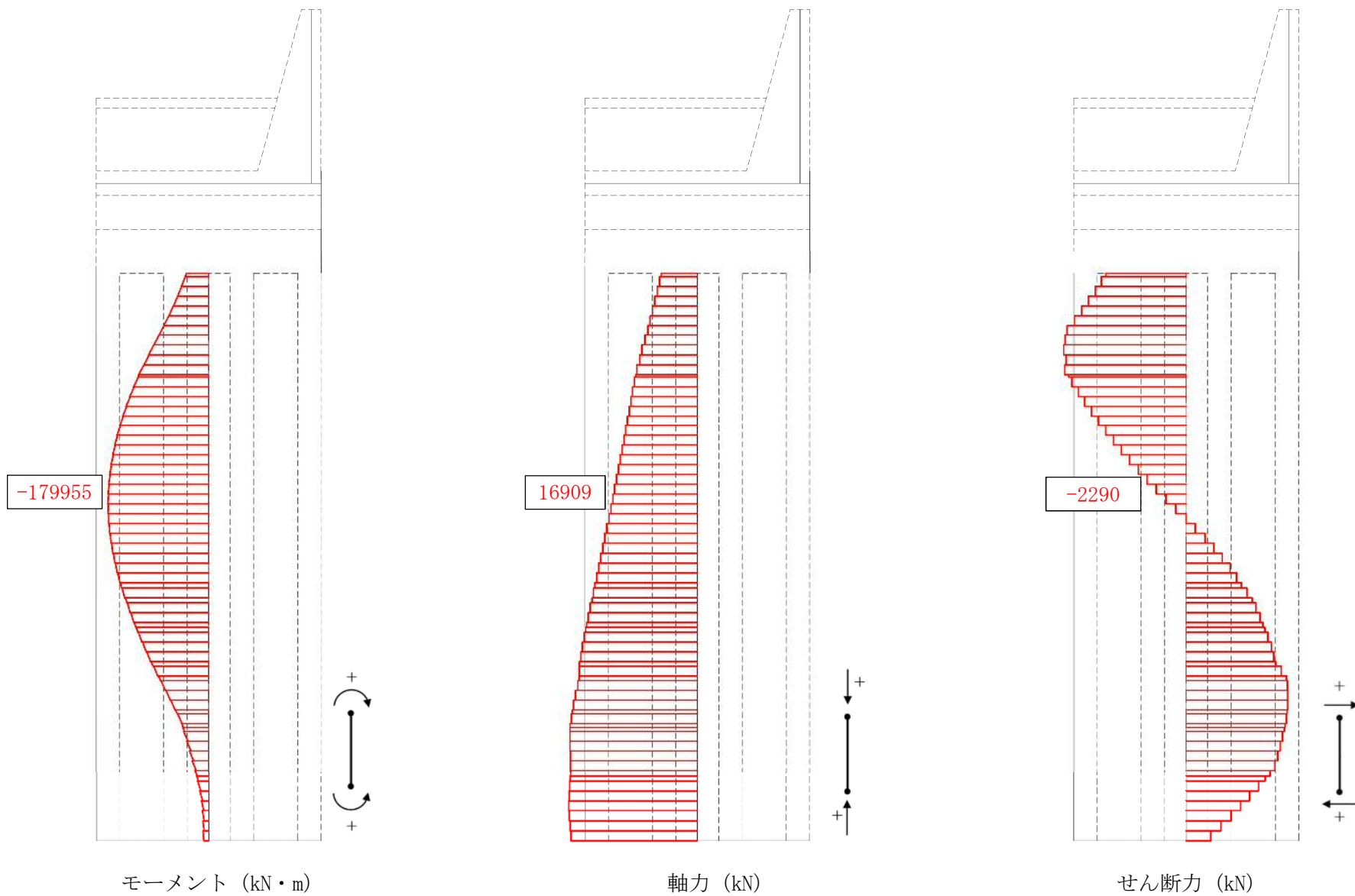


図 5.2-10 (6) 断面力図 (重畳時: 基準津波時, 地盤ばね5, 鉛直下向き)

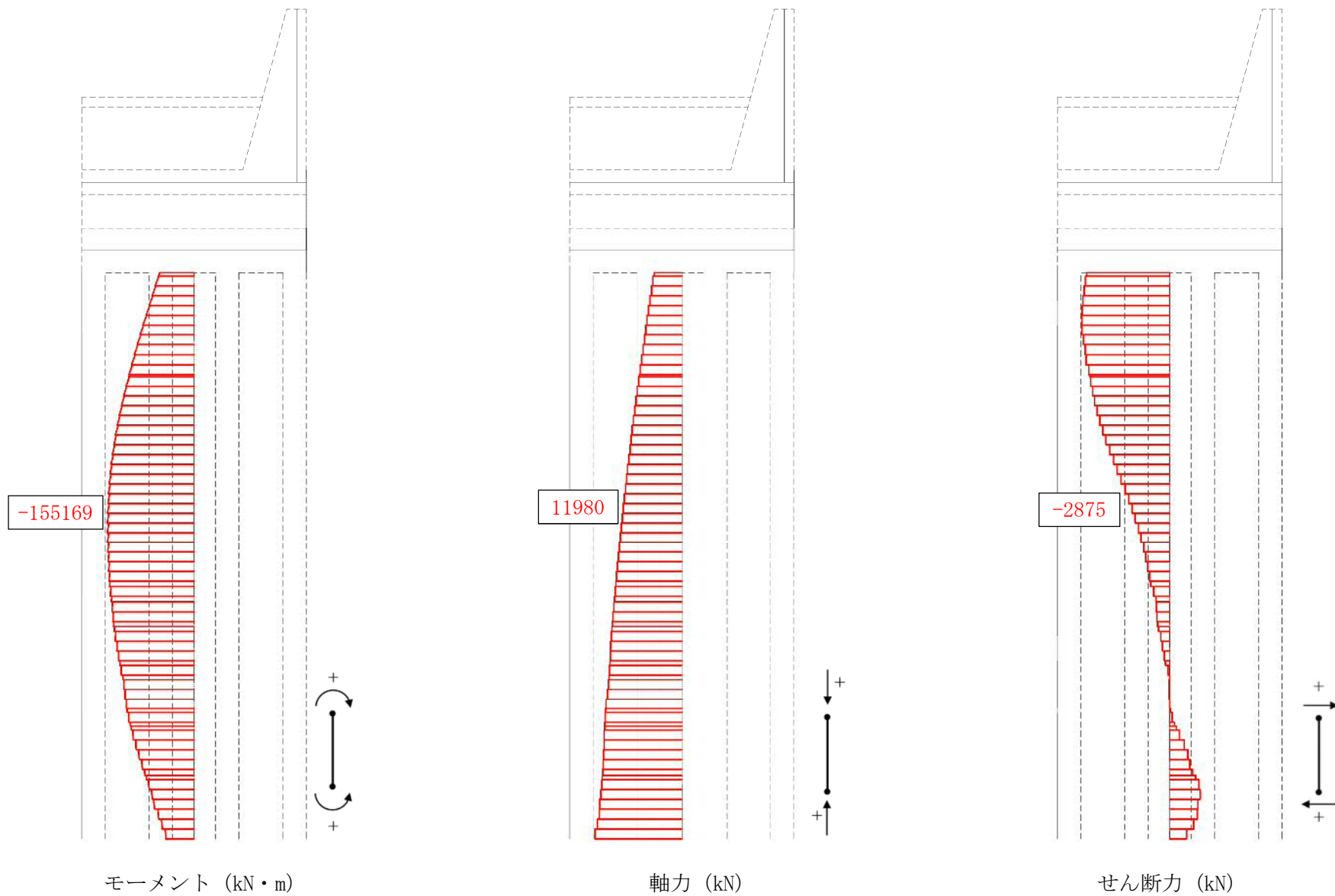


図 5. 2-10 (7) 断面力図 (重疊時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね 3, 鉛直上向き)

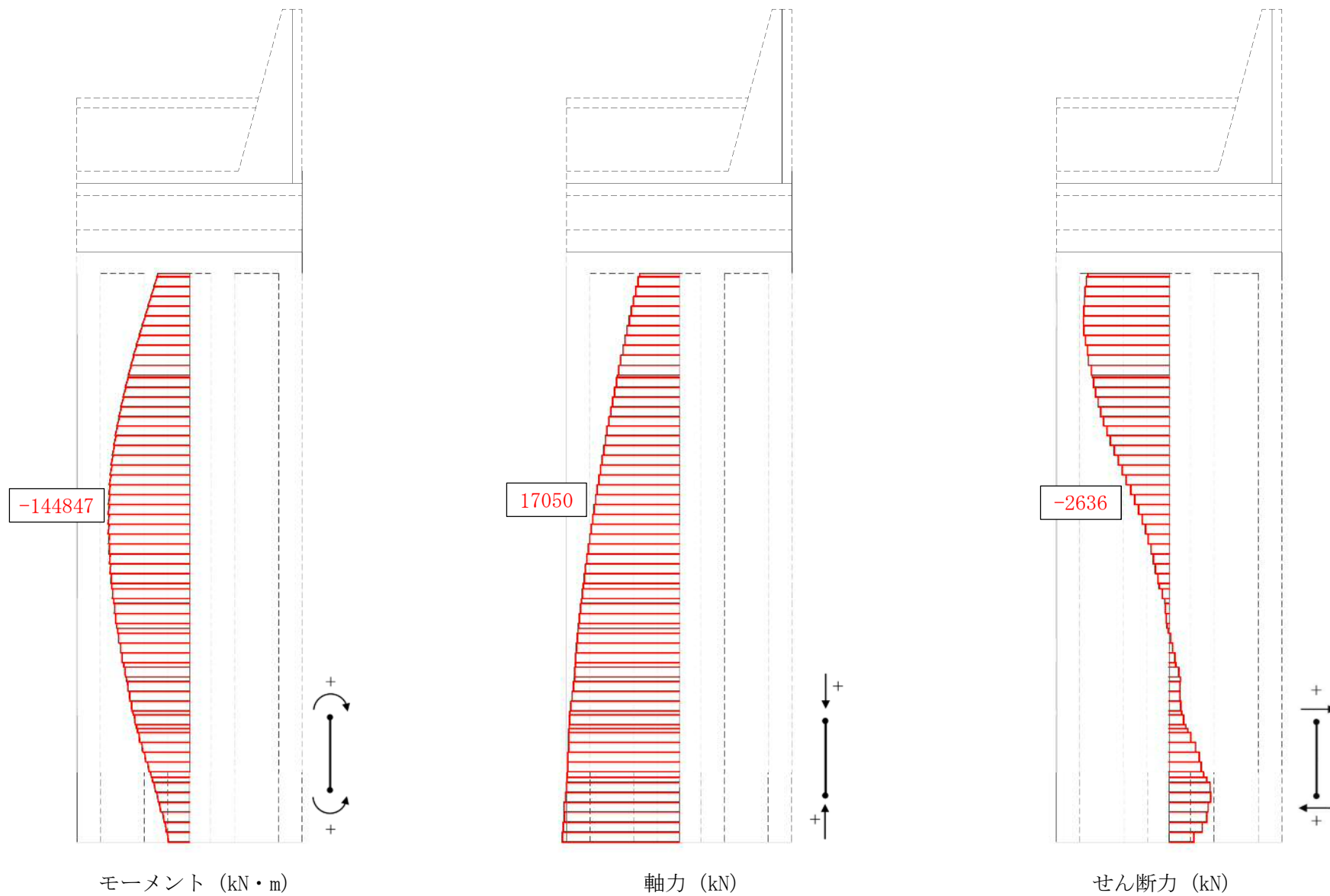


図 5.2-10 (8) 断面力図 (重畳時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね3, 鉛直下向き)

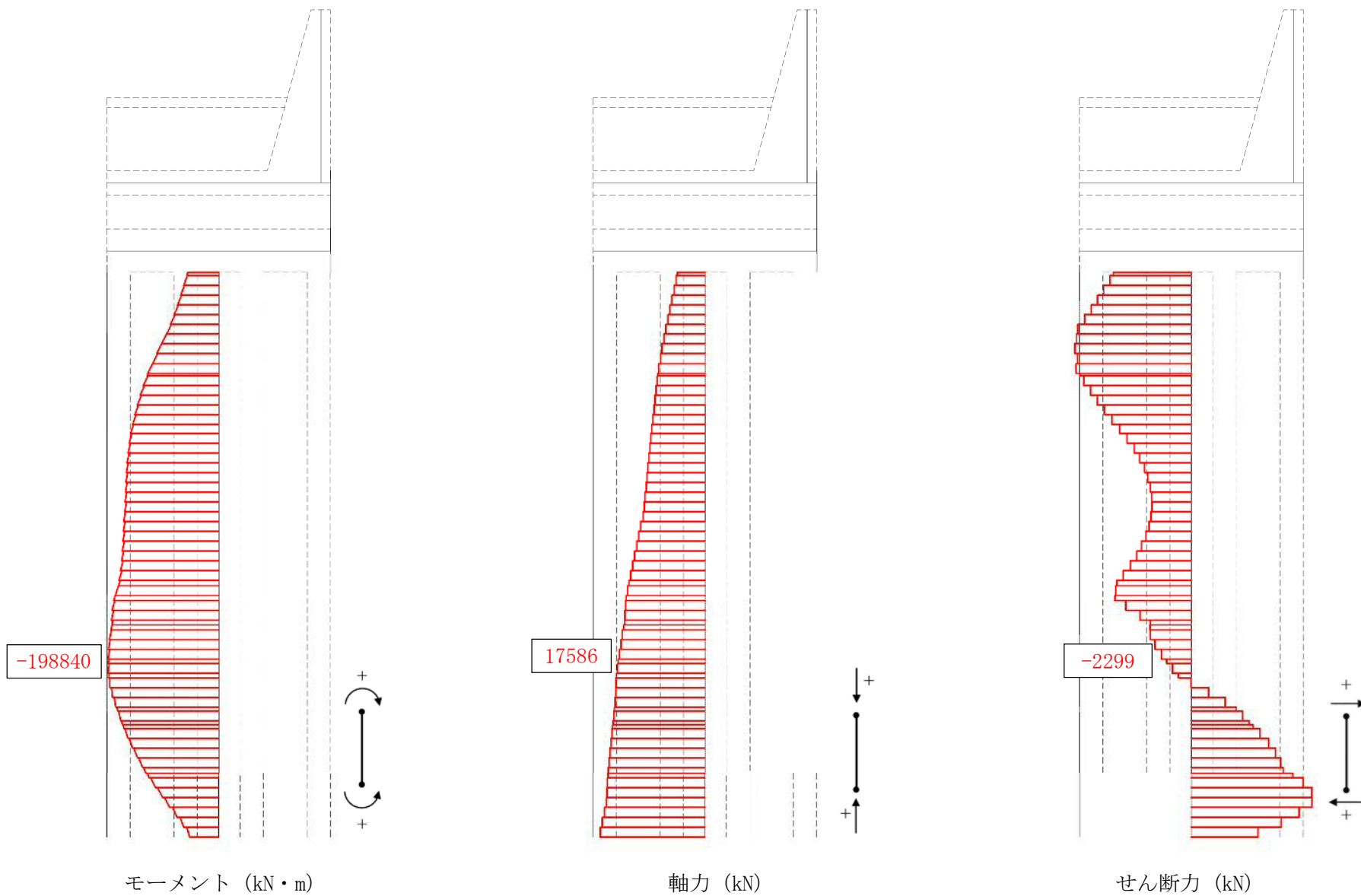


図 5. 2-10 (9) 断面力図 (重畳時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね4, 鉛直上向き)

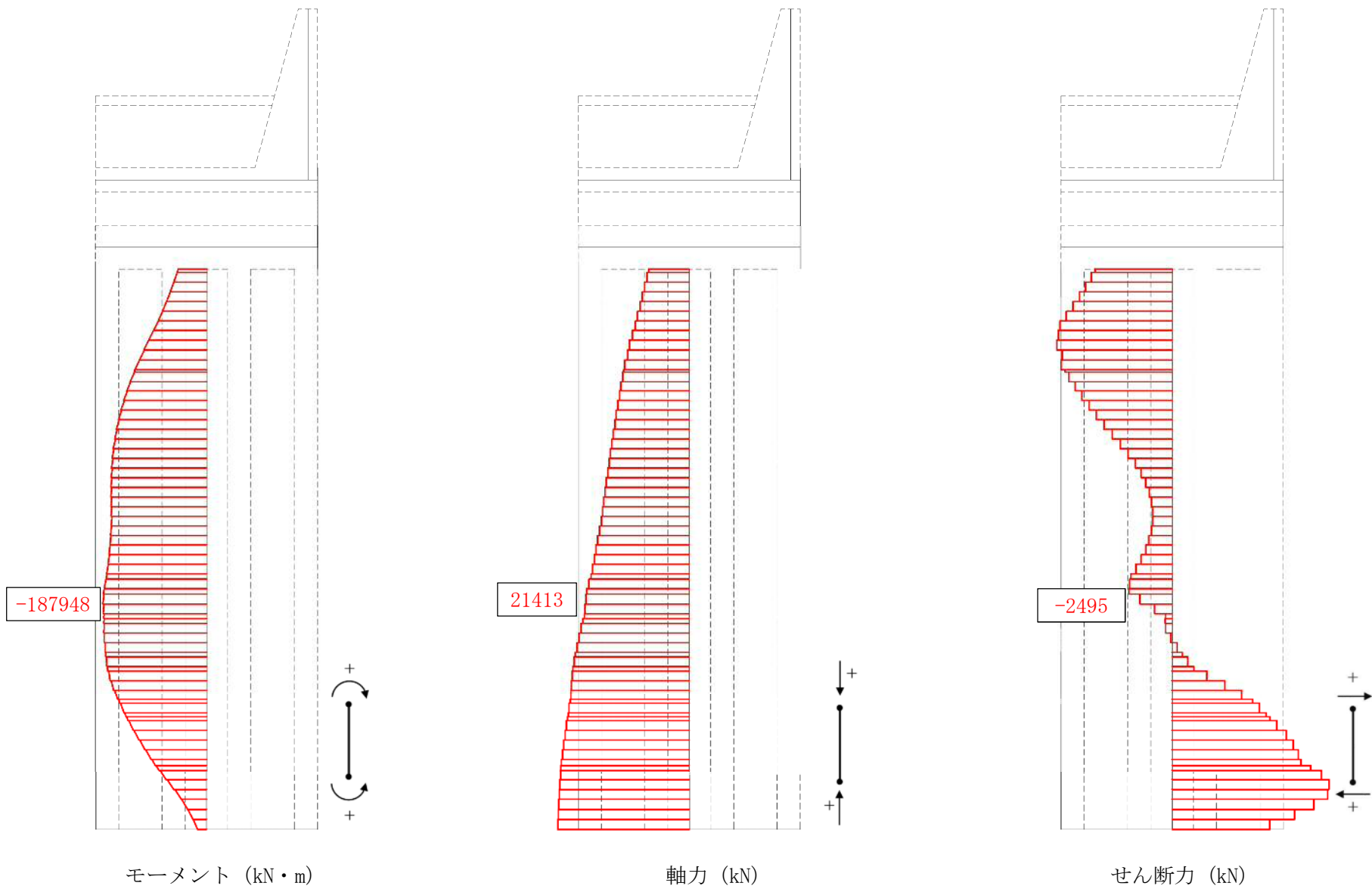


図 5.2-10 (10) 断面力図 (重畳時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね 4, 鉛直下向き)

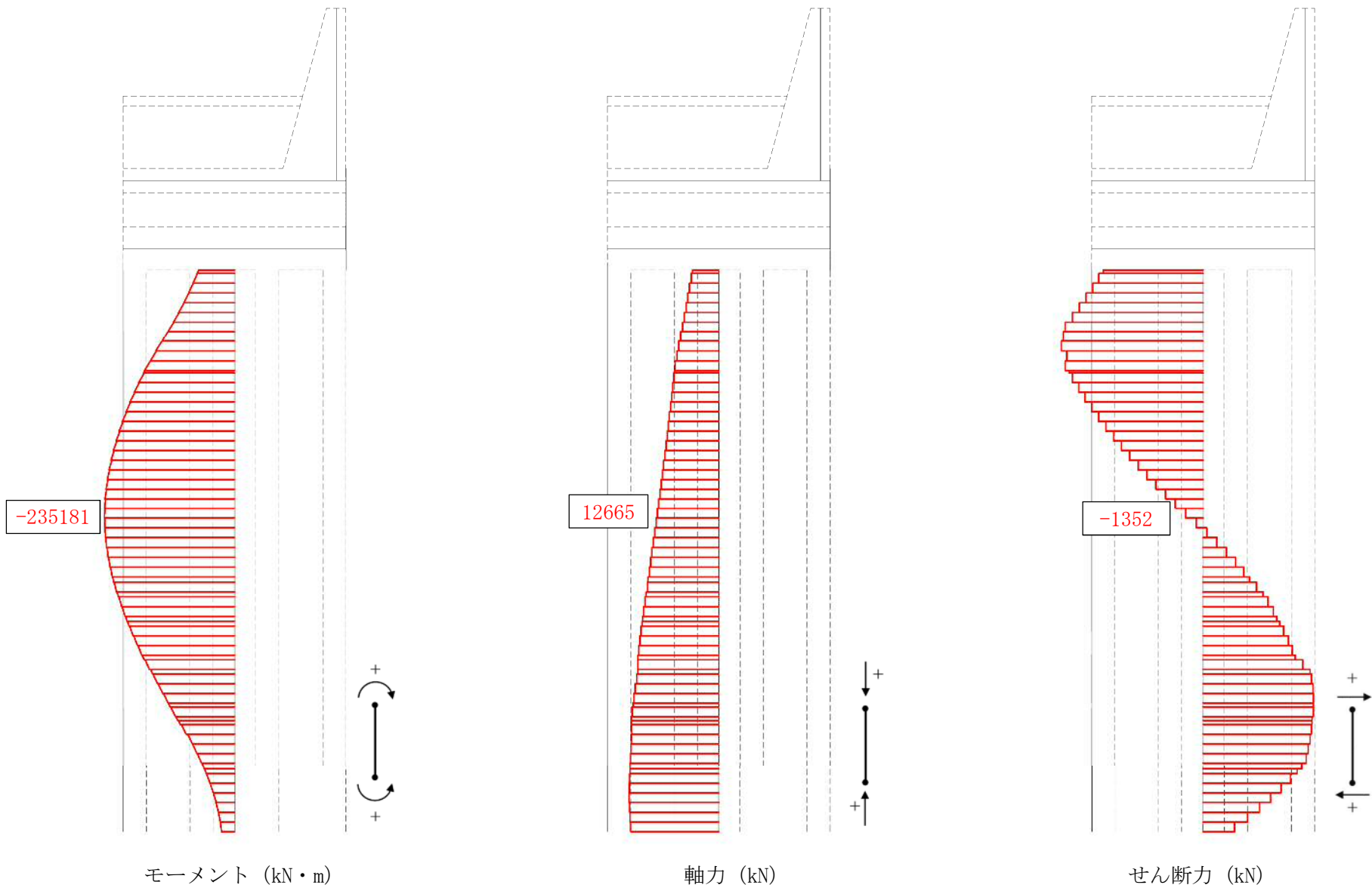


図 5.2-10 (11) 断面力図 (重畳時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね 5, 鉛直上向き)

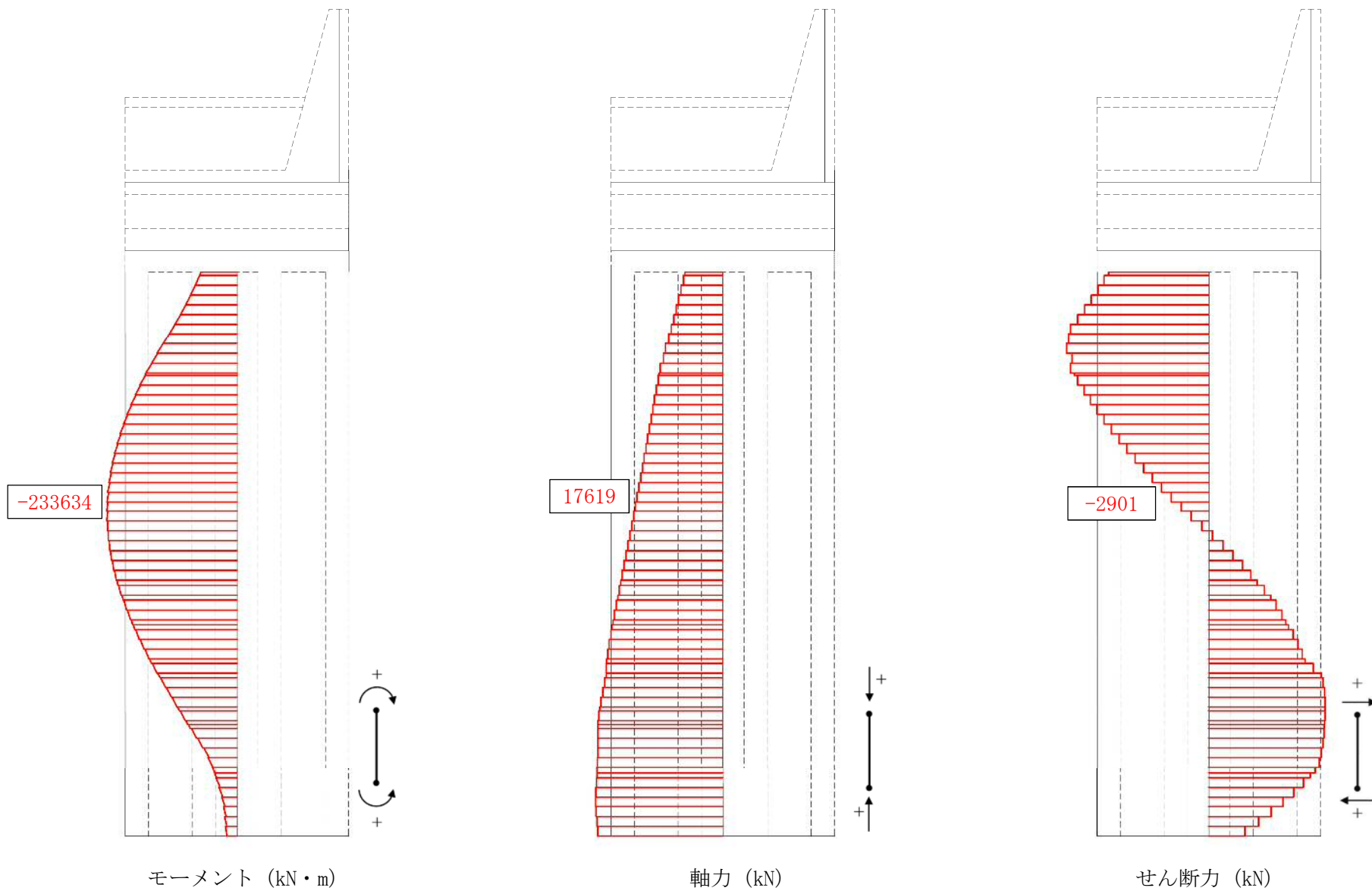


図 5.2-10 (12) 断面力図 (重畳時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね 5, 鉛直下向き)

(2) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査

重畳時における鉄筋の曲げ軸力に対する評価結果を表 5.2-9 に示す。地中連続壁基礎の鉛直方向の曲げ軸力に対する照査を行った結果、引張応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各地盤ケースにおいて最大となる値を示している。

また、照査に用いた鉄筋を着色した概略配筋図を図 5.1-11 に示す。

表 5.2-9 (1) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果 (重畳時：基準津波時)

検討ケース		評価位置	発生断面力		引張応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
地盤ばね	慣性力		曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)			
地盤ばね 3	鉛直上向き	2	125557	11683	49.90	435.0	0.12
	鉛直下向き	2	115469	16198	17.95	435.0	0.05
地盤ばね 4	鉛直上向き	3	172556	18269	54.26	435.0	0.13
	鉛直下向き	3	151433	21400	23.08	435.0	0.06
地盤ばね 5	鉛直上向き	2	182487	11370	114.95	435.0	0.27
	鉛直下向き	2	174708	15756	72.89	435.0	0.17

表 5.2-9 (2) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果
(重畳時：敷地に遡上する津波時)

検討ケース		評価位置	発生断面力		引張応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
地盤ばね	慣性力		曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)			
地盤ばね 3	鉛直上向き	2	152498	11329	81.40	478.5	0.18
	鉛直下向き	2	137887	15410	38.58	478.5	0.09
地盤ばね 4	鉛直上向き	2	164842	11533	93.53	478.5	0.20
	鉛直下向き	2	169158	16045	65.16	478.5	0.14
地盤ばね 5	鉛直上向き	2	232329	11878	169.11	478.5	0.36
	鉛直下向き	2	230419	16900	124.66	478.5	0.27

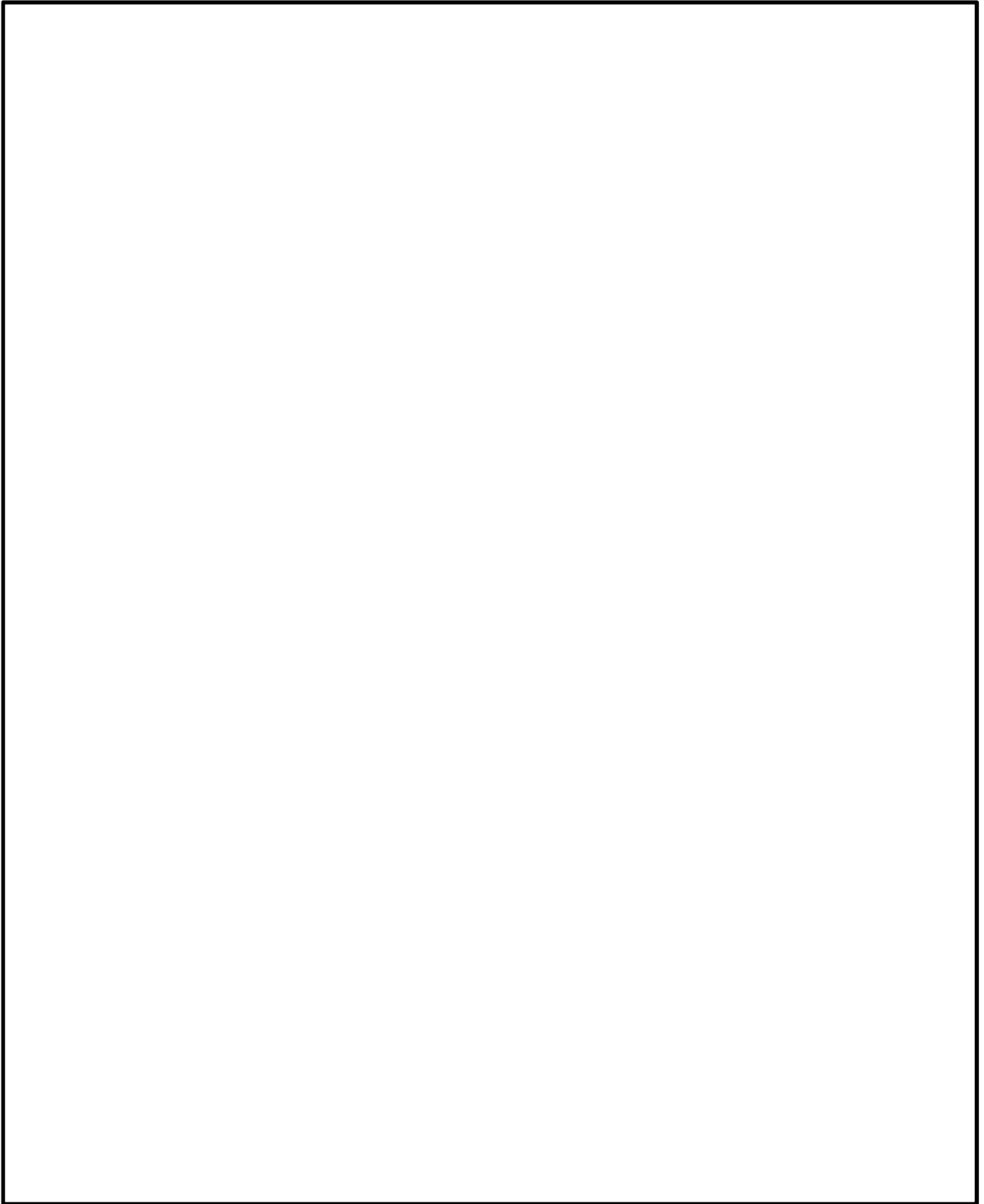


图 5.1-11 (1) 概略配筋图 (防潮壁)

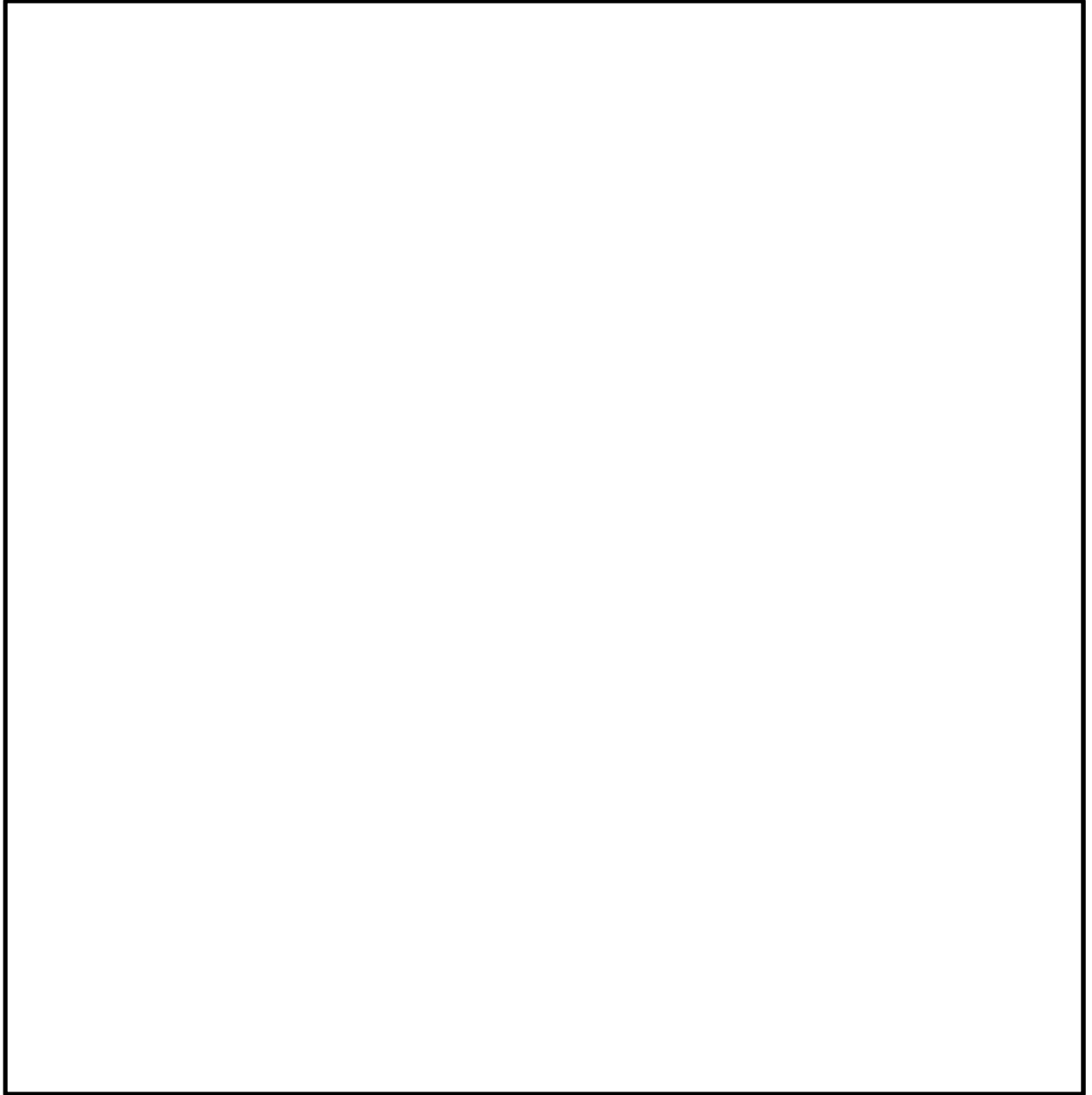


図 5.1-11 (2) 概略配筋図 (地中連続壁基礎)

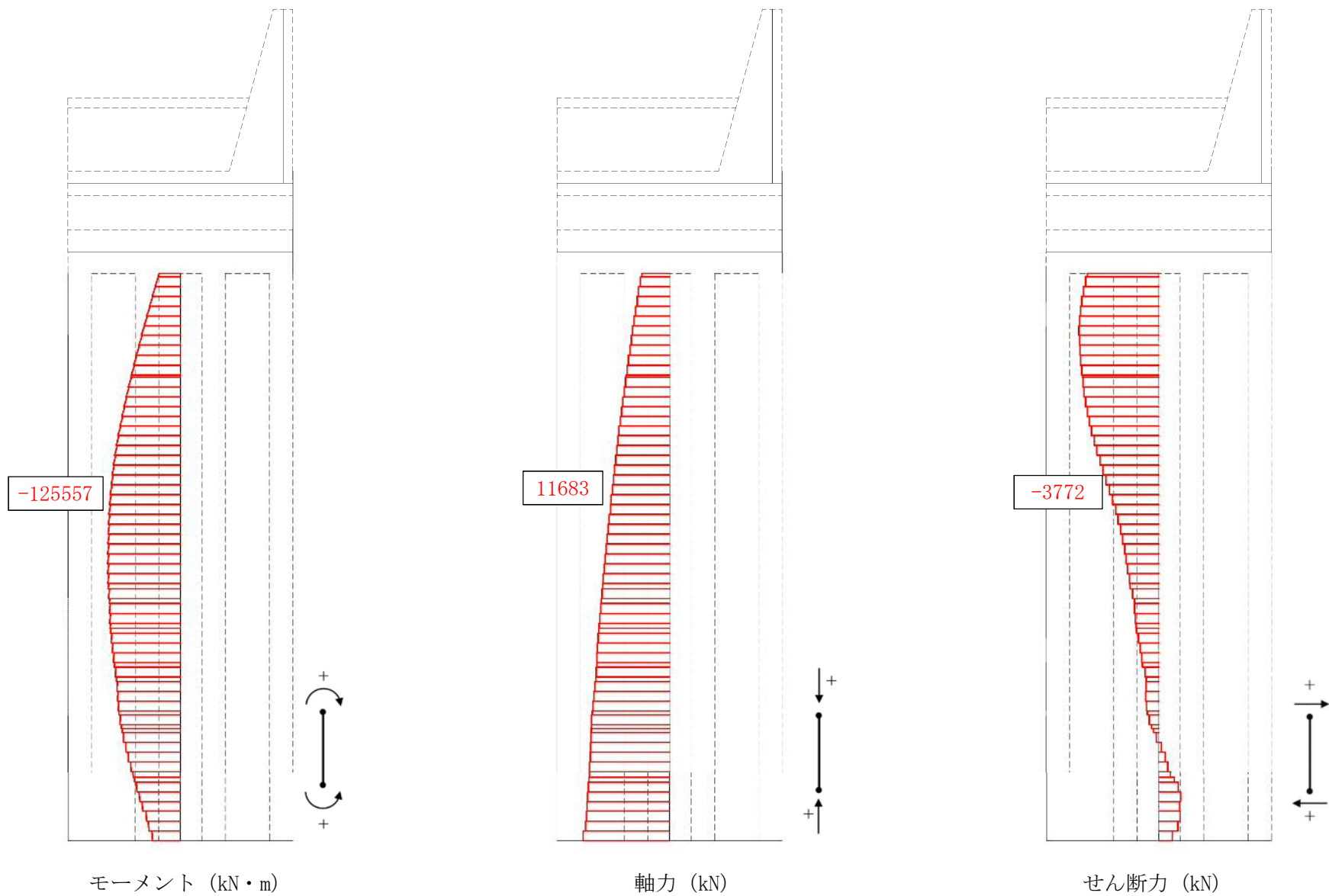


図 5.2-12 (1) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね3，鉛直上向き)

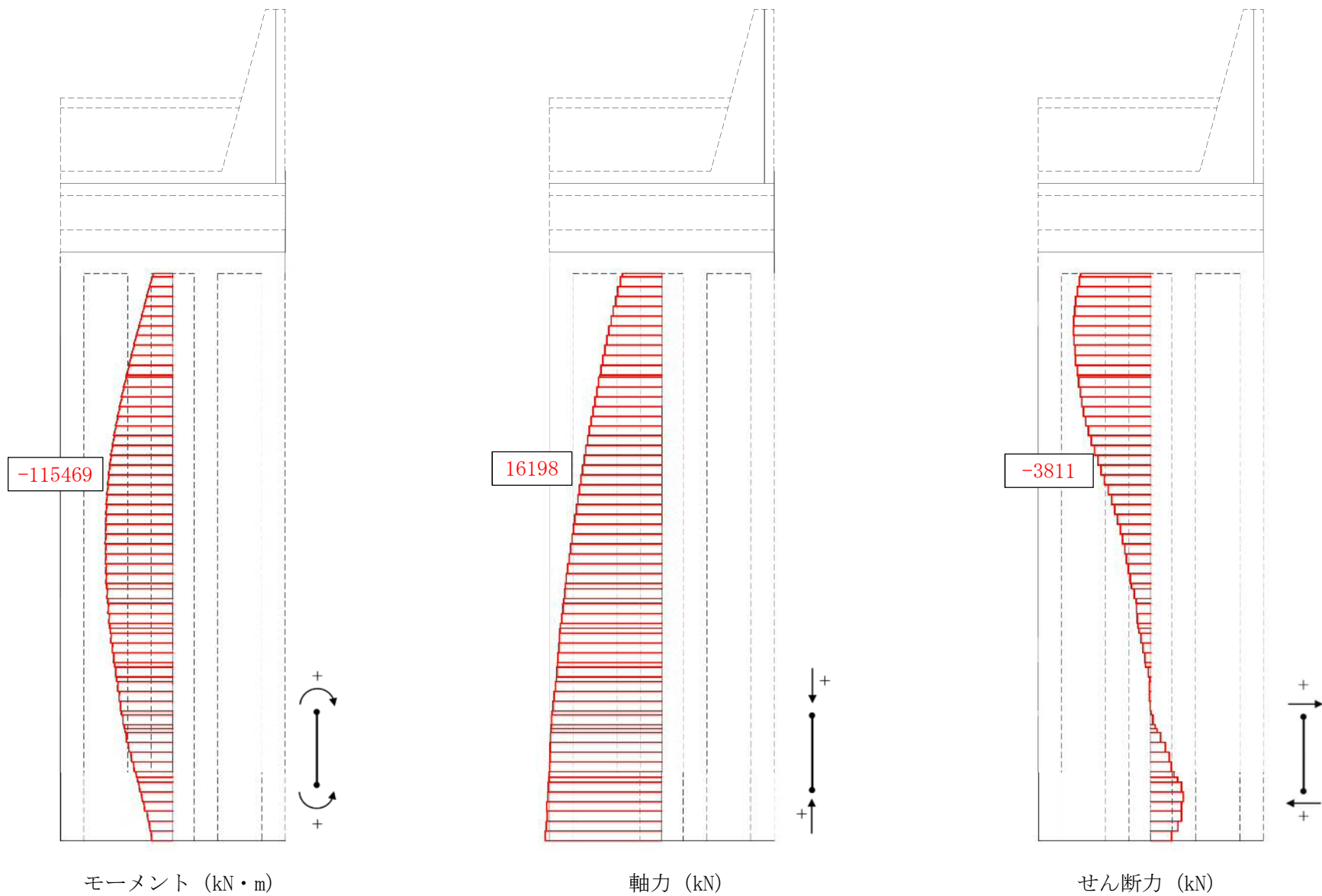


図 5.2-12 (2) 断面力図 (重畳時: 基準津波時, 地盤ばね3, 鉛直下向き)

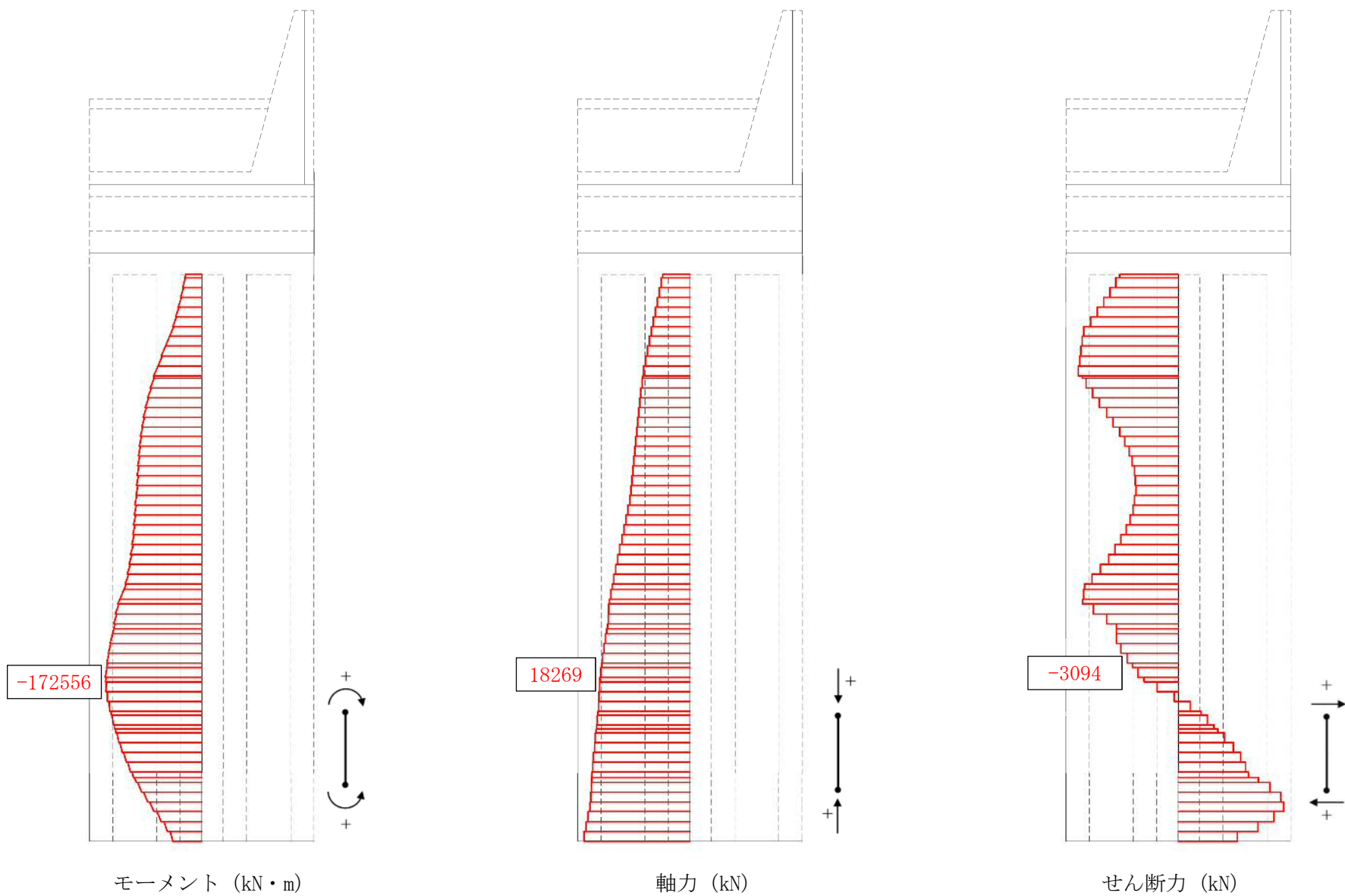


図 5.2-12 (3) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね4，鉛直上向き)

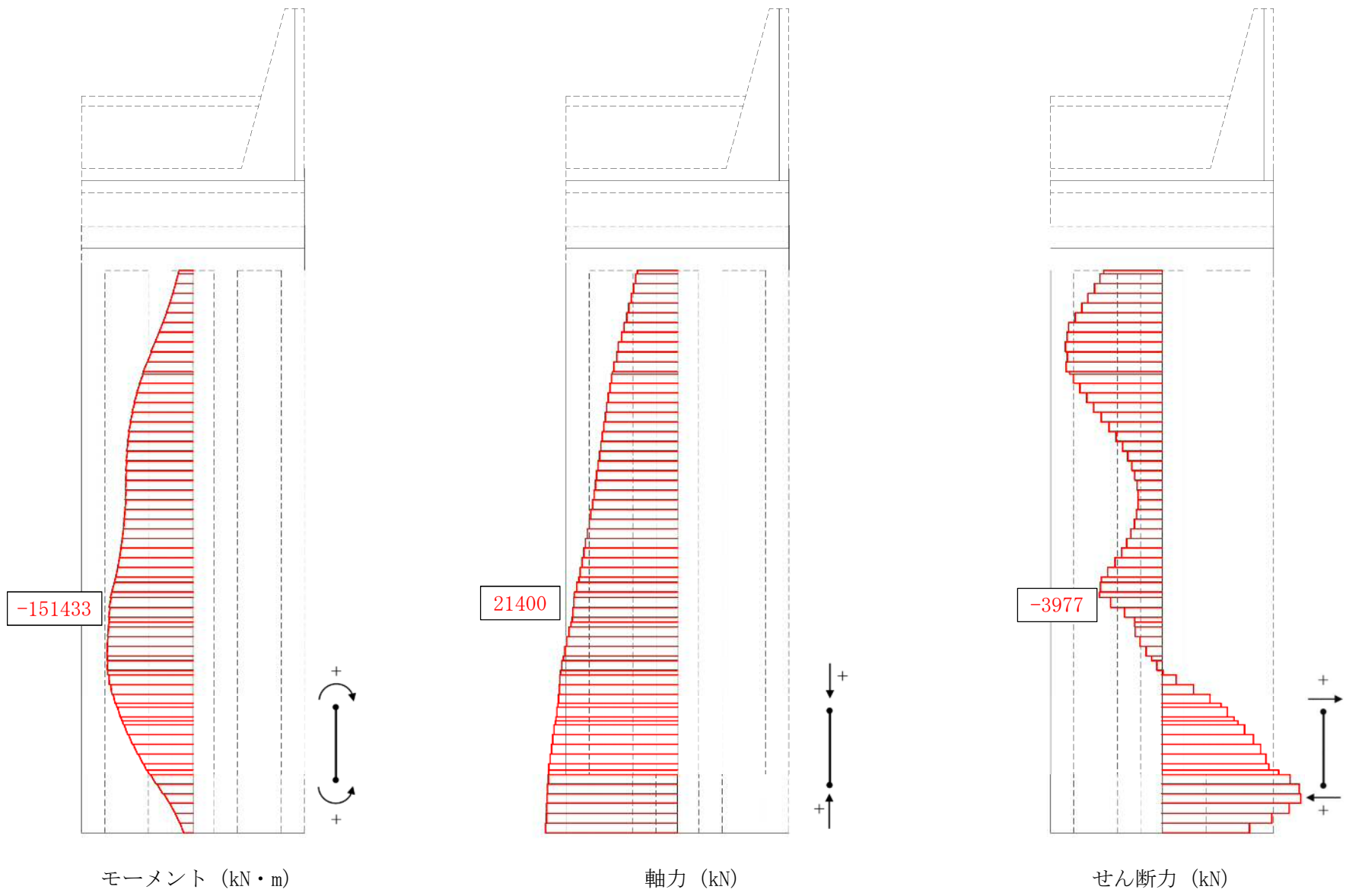


図 5.2-12 (4) 断面力図 (重畳時: 基準津波時, 地盤ばね4, 鉛直下向き)

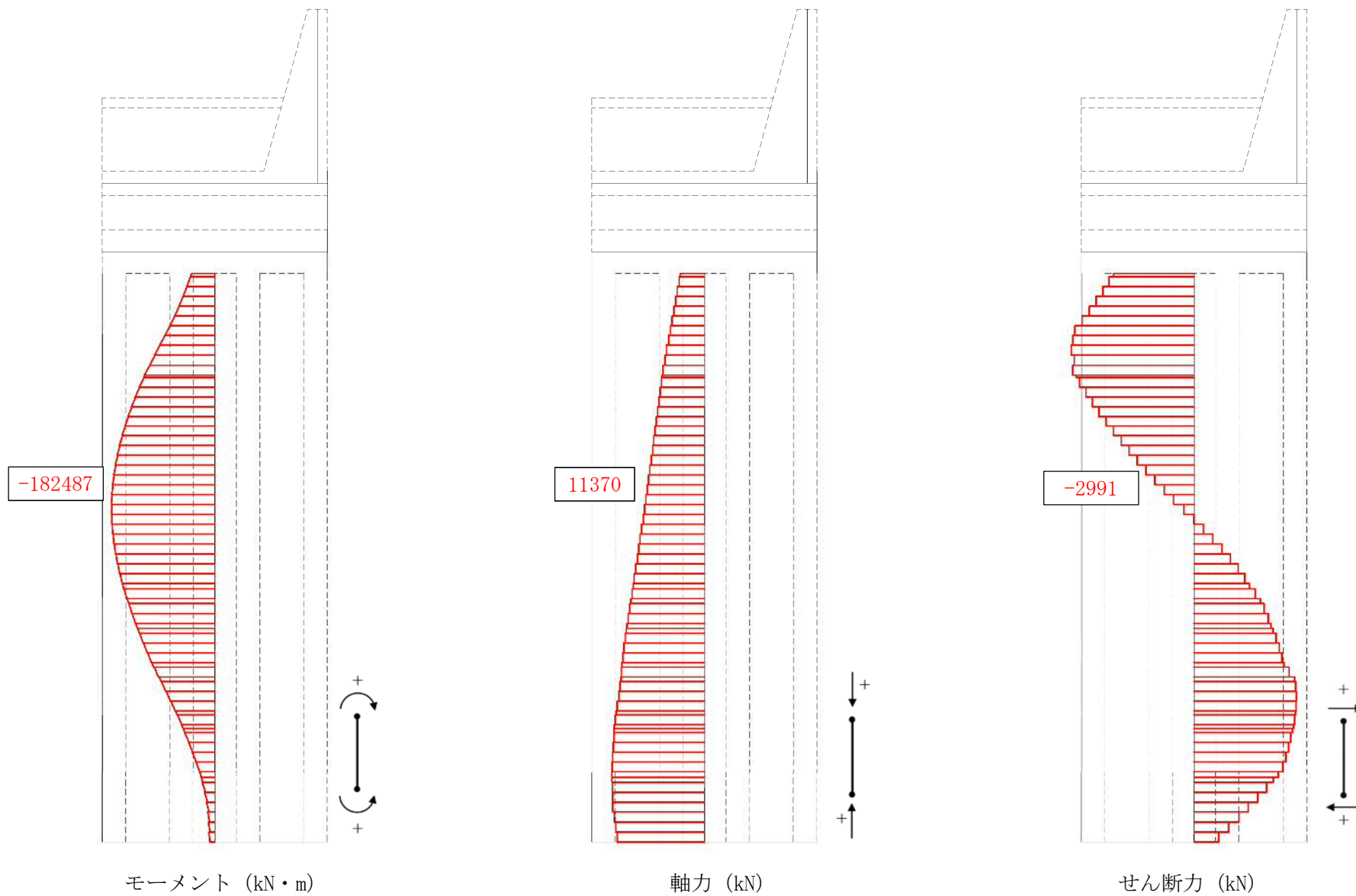


図 5.2-12 (5) 断面力図 (重畳時: 基準津波時, 地盤ばね5, 鉛直上向き)

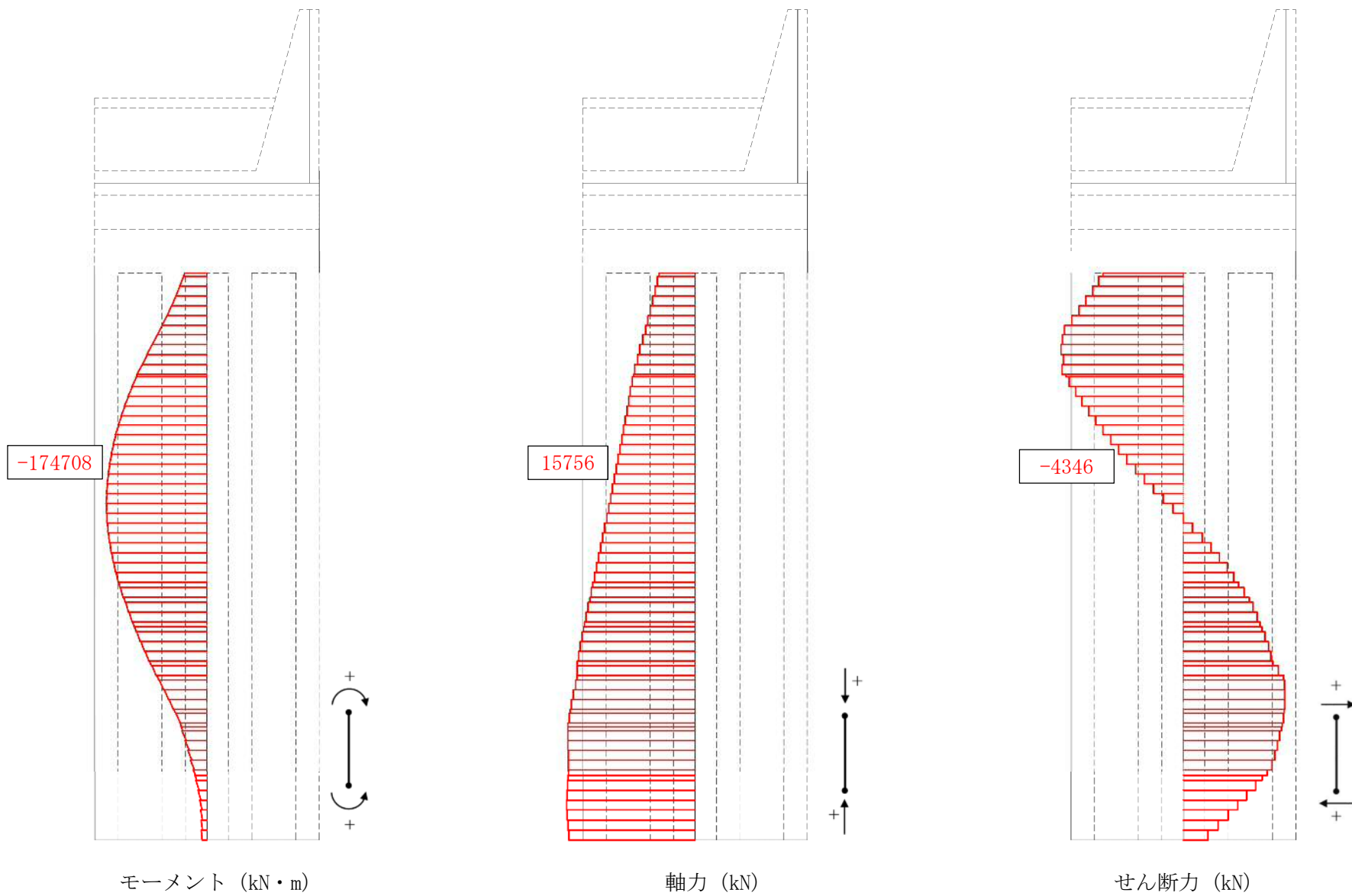


図 5.2-12 (6) 断面力図 (重畳時: 基準津波時, 地盤ばね5, 鉛直下向き)

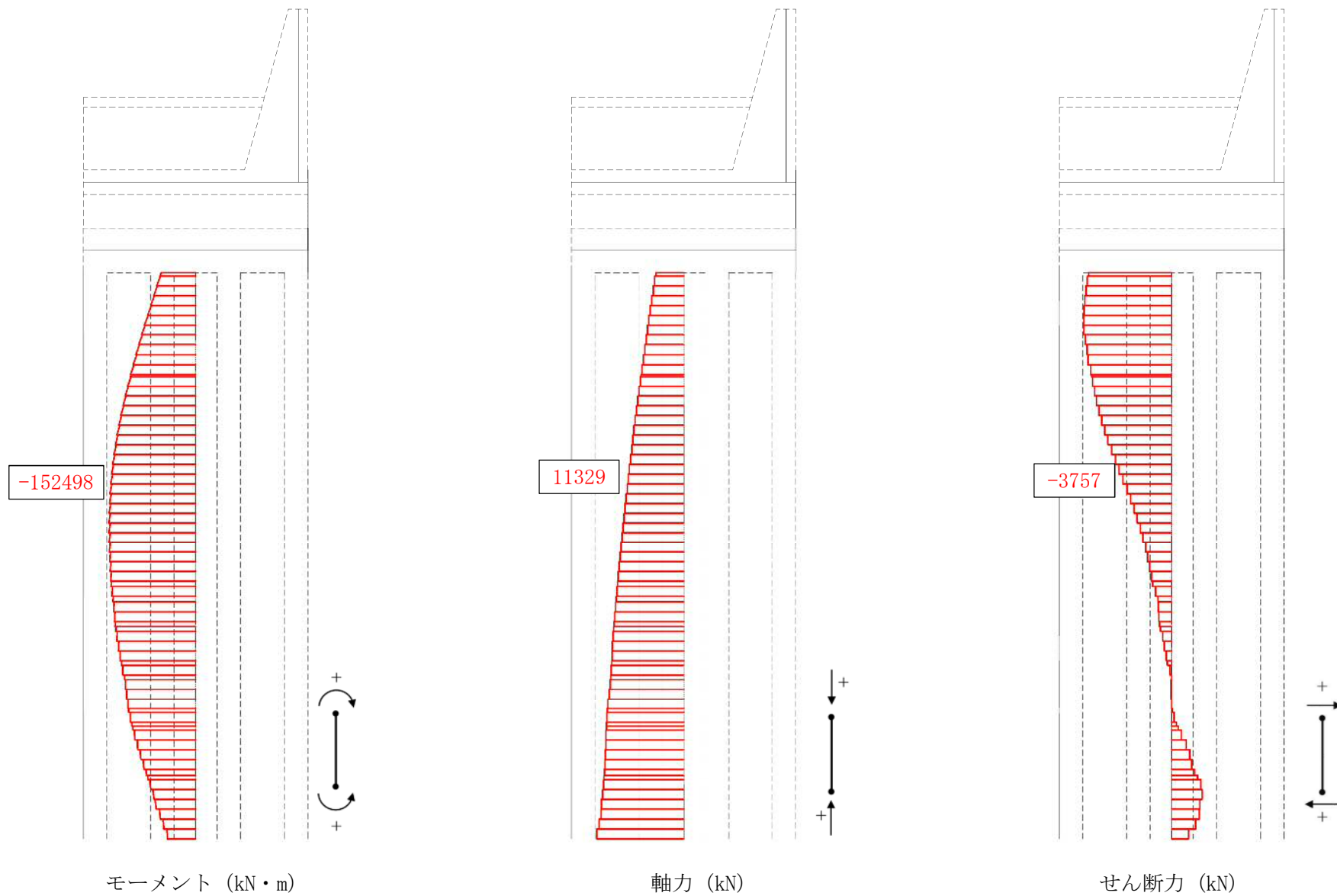


図 5.2-12 (7) 断面力図 (重畳時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね3, 鉛直上向き)

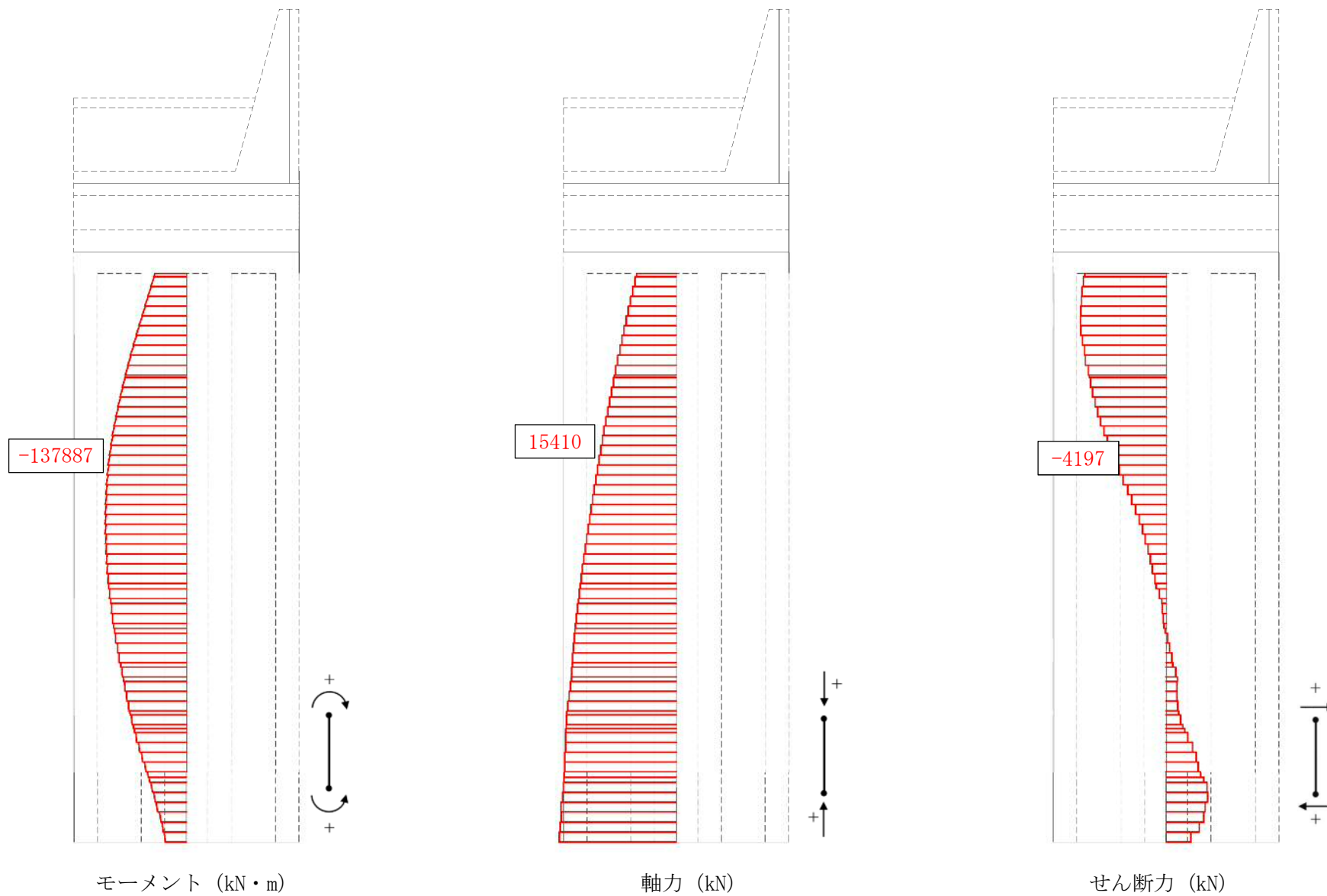


図 5.2-12 (8) 断面力図 (重畳時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね3, 鉛直下向き)

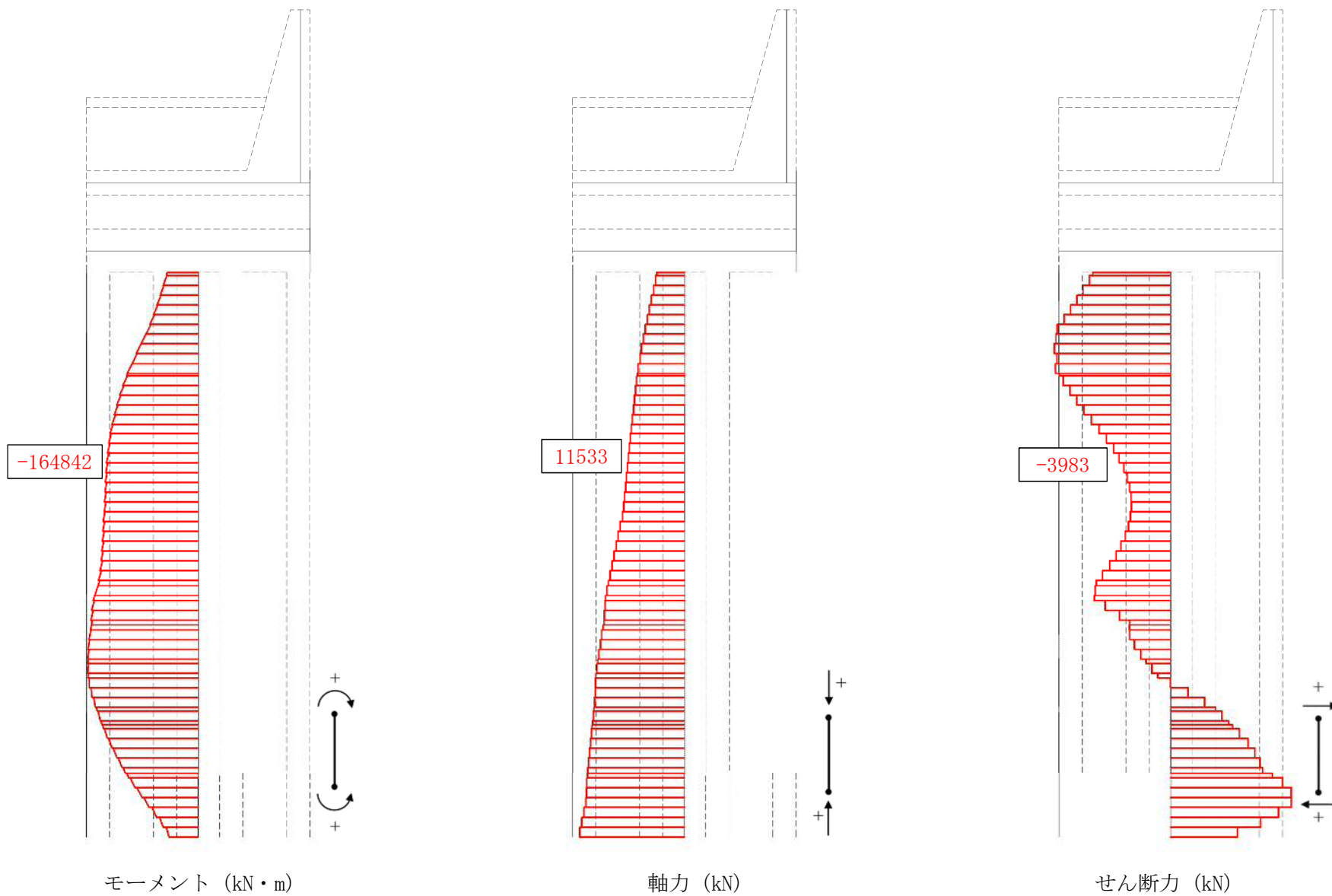


図 5.2-12 (9) 断面力図 (重畳時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね4, 鉛直上向き)

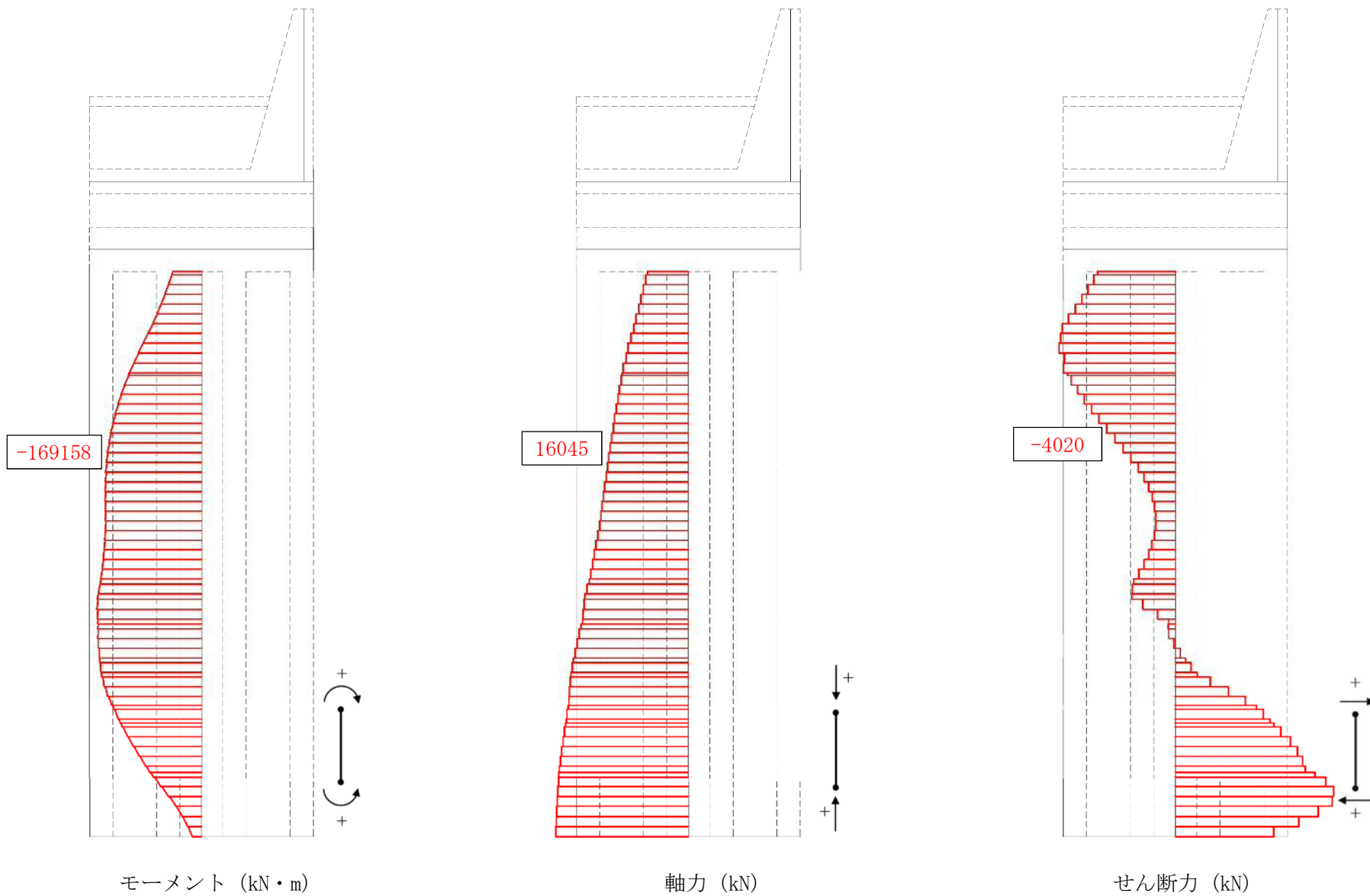


図 5.2-12 (10) 断面力図 (重畳時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね 4, 鉛直下向き)

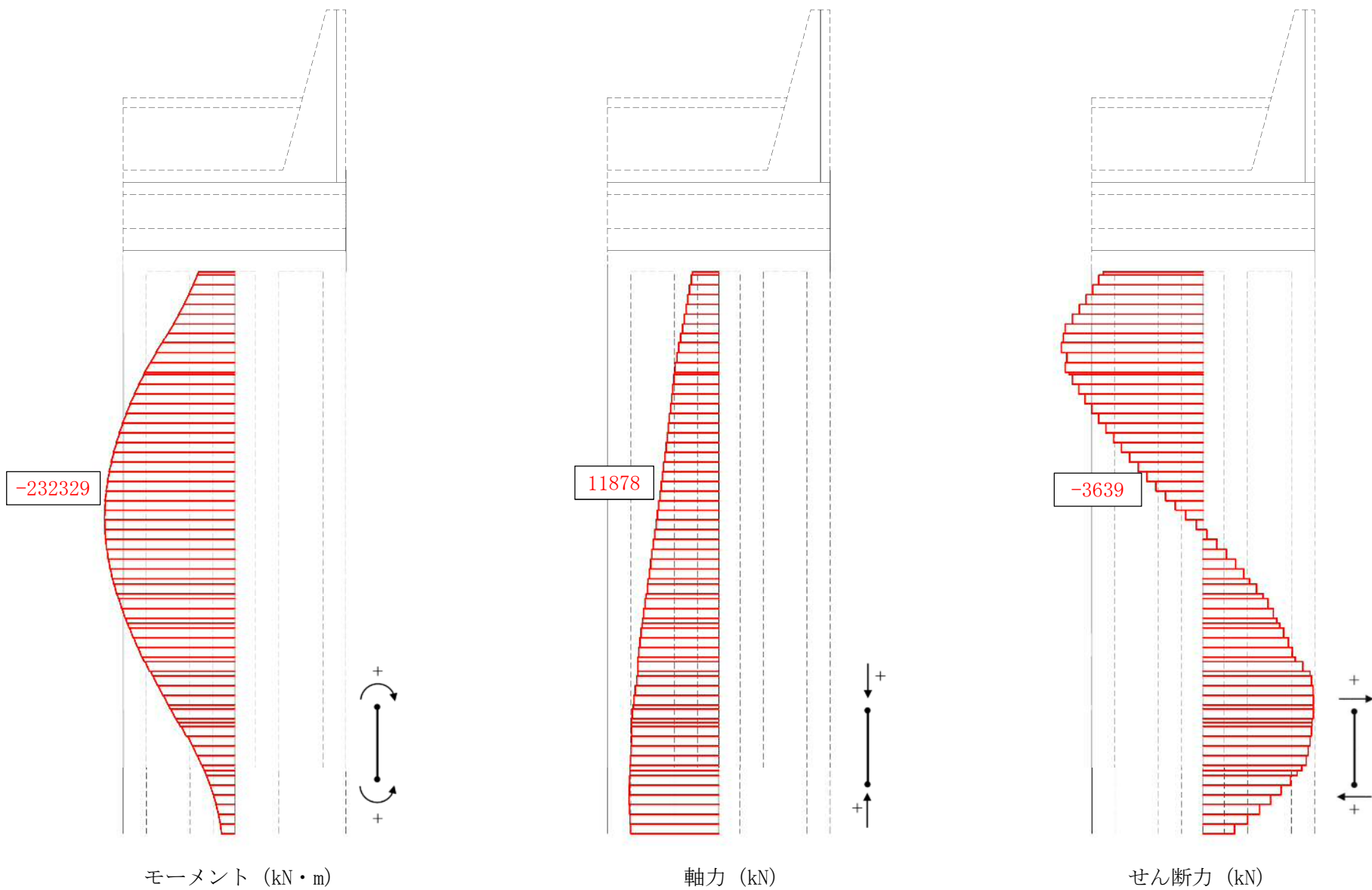


図 5.2-12 (11) 断面力図 (重畳時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね 5, 鉛直上向き)

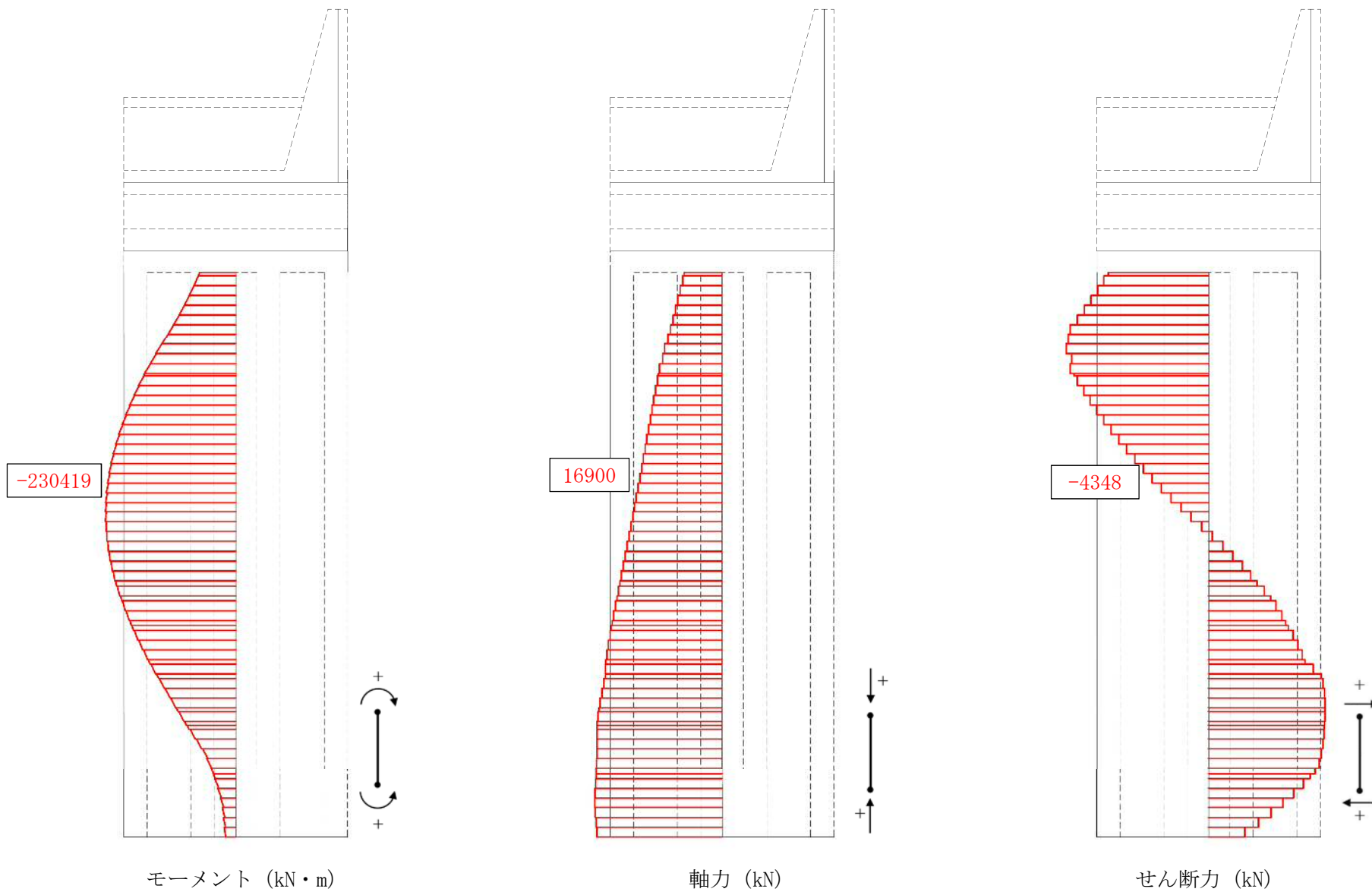


図 5.2-12 (12) 断面力図 (重畳時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね 5, 鉛直下向き)

(3) せん断力に対する照査

重畳時におけるせん断力に対する評価結果を表 5.2-10 に示す。地中連続壁基礎の鉛直方向のせん断力に対する照査を行った結果、せん断応力度が短期許容せん断応力度以下、又は発生せん断力がコンクリートの短期許容せん断力 ($V_{c.a}$) と斜め引張鉄筋の短期許容せん断力 ($V_{s.a}$) を合わせた短期許容せん断力 (V_a) 以下であることを確認した。なお、発生応力は各地盤ケースにおいて最大となる値を示している。

また、照査に用いた鉄筋を着色した概略配筋図を図 5.2-13 に示す。

表 5.2-10 (1) せん断力に対する照査結果 (重畳時：基準津波時)

検討ケース		評価位置	発生せん断力 V (kN/m)	せん断応力度 τ (N/mm ²)	短期許容応力度 τ_{a1} (N/mm ²)	照査値 τ / τ_{a1}	短期許容せん断力 V_a (kN/m)	照査値 V/V_a
地盤ばね	慣性力							
地盤ばね 3	鉛直上向き	2	6130	-	-	-	28131	0.22
	鉛直下向き	2	5943	0.795	0.825	0.97	28131	0.22
地盤ばね 4	鉛直上向き	3	8080	-	-	-	28131	0.29
	鉛直下向き	3	10737	-	-	-	28131	0.39
地盤ばね 5	鉛直上向き	2	9410	-	-	-	28131	0.34
	鉛直下向き	2	9410	-	-	-	28131	0.34

表 5.2-10 (2) せん断力に対する照査結果 (重畳時：敷地に遡上する津波時)

検討ケース		評価位置	発生せん断力 V (kN/m)	せん断応力度 τ (N/mm ²)	短期許容応力度 τ_{a1} (N/mm ²)	照査値 τ / τ_{a1}	短期許容せん断力 V_a (kN/m)	照査値 V/V_a
地盤ばね	慣性力							
地盤ばね 3	鉛直上向き	2	6755	0.903	1.100	0.83	31837	0.22
	鉛直下向き	2	6556	0.880	1.100	0.80	31837	0.21
地盤ばね 4	鉛直上向き	3	9304	-	-	-	31837	0.30
	鉛直下向き	3	12170	-	-	-	31837	0.39
地盤ばね 5	鉛直上向き	2	10965	-	-	-	31837	0.35
	鉛直下向き	2	10964	-	-	-	31837	0.35

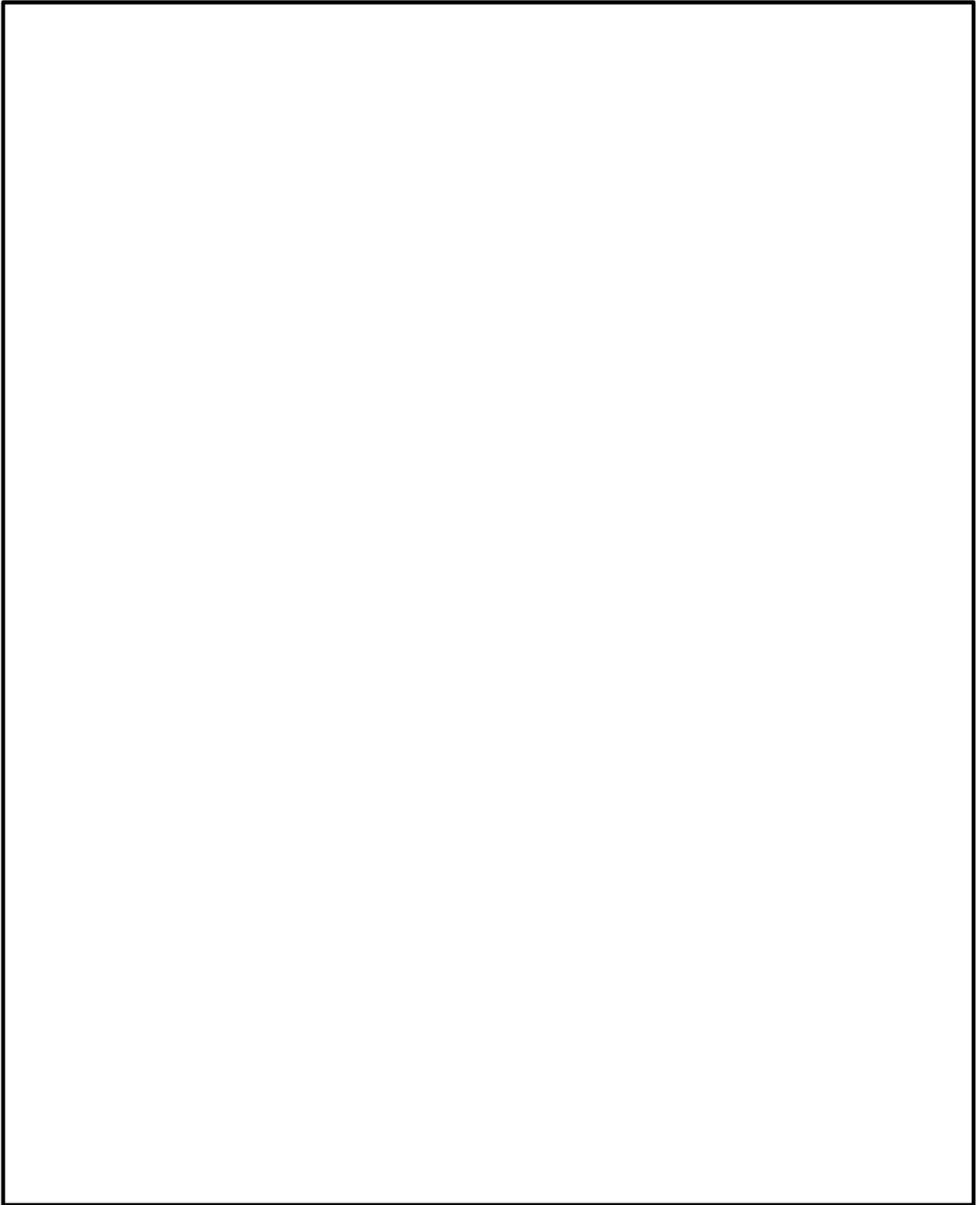


图 5.1-13 (1) 概略配筋图 (防潮壁)

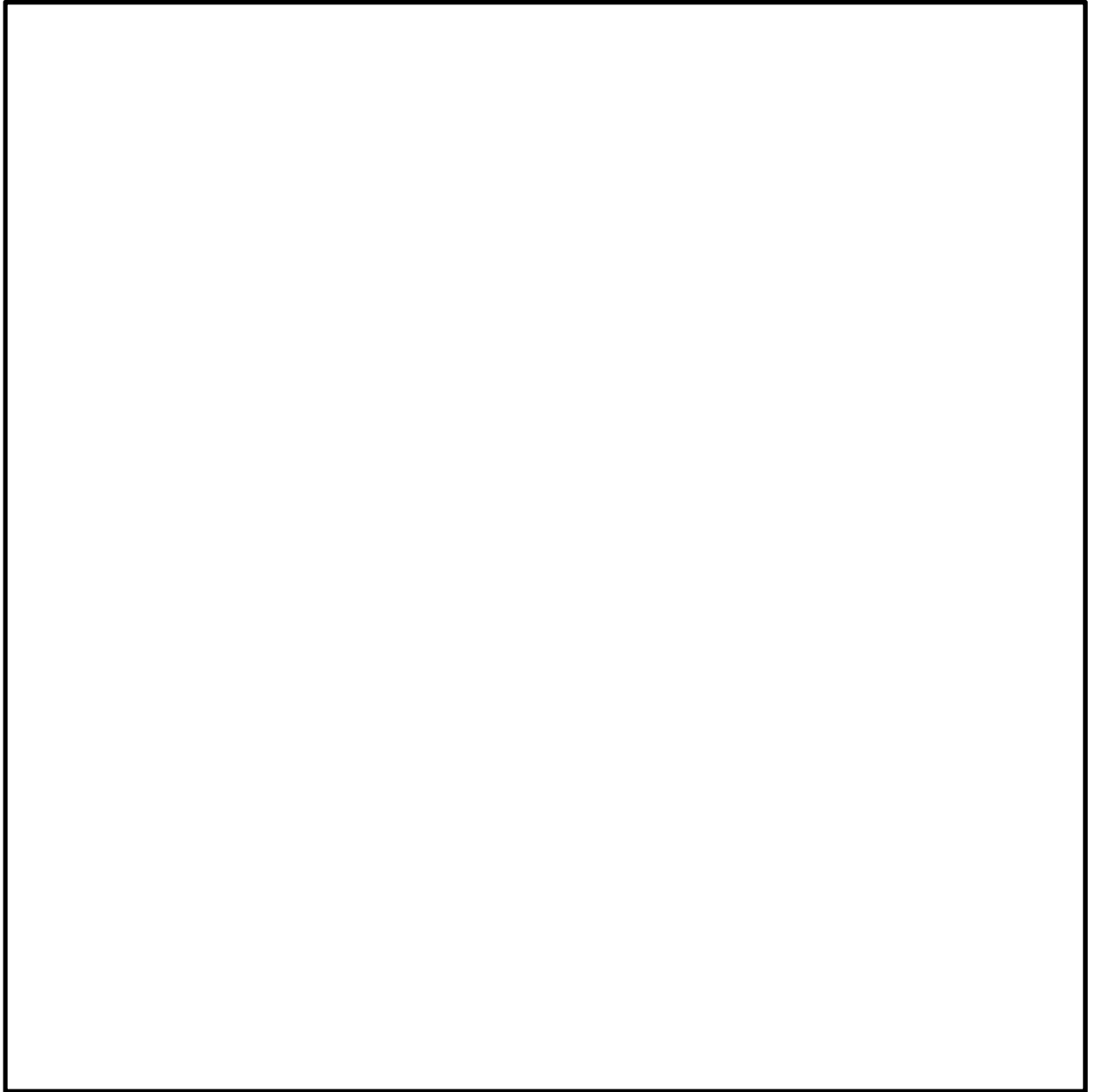


図 5.2-13 (2) 概略配筋図 (地中連続壁基礎)

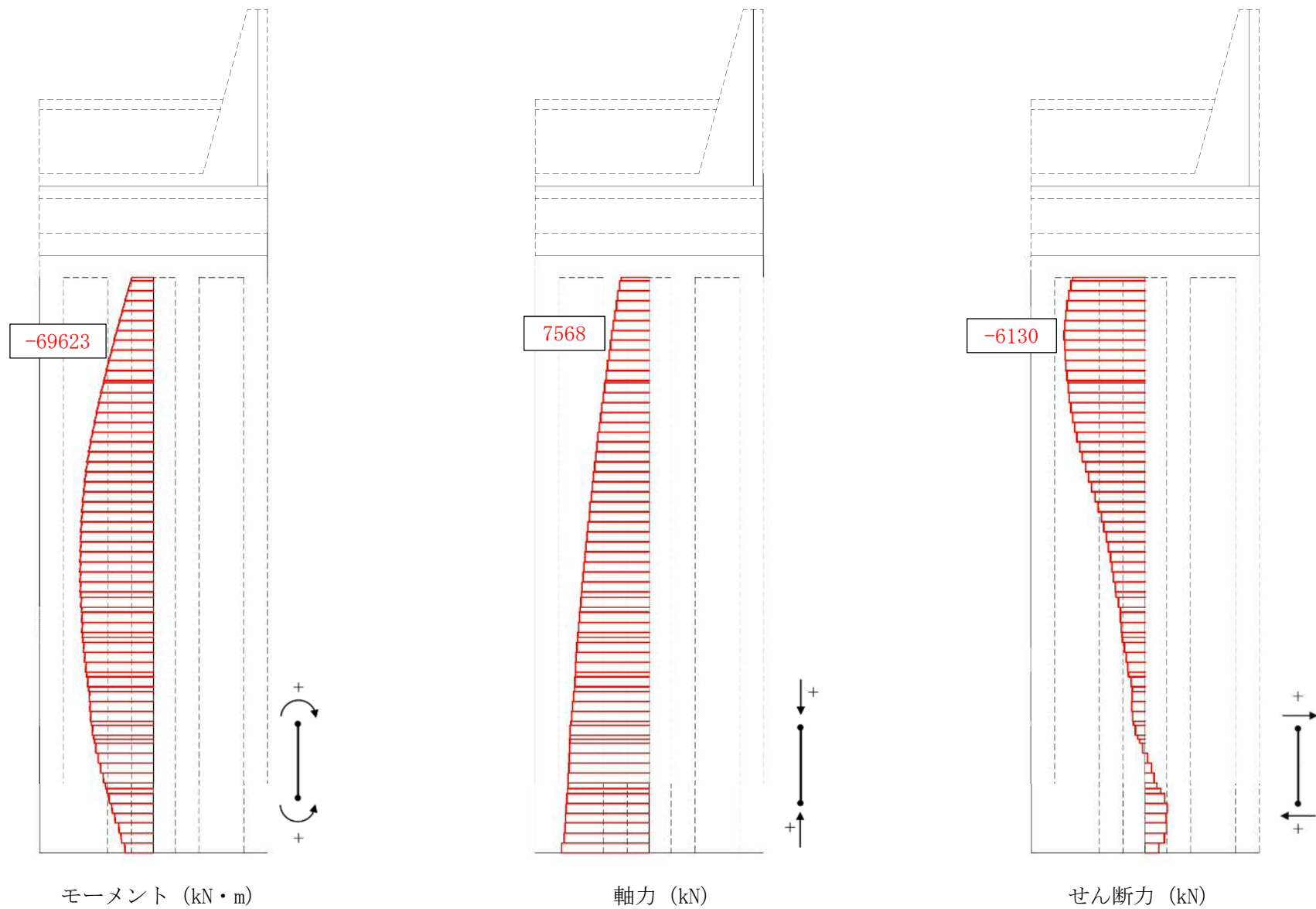


図 5.2-14 (1) 断面力図 (重畳時: 基準津波時, 地盤ばね3, 鉛直上向き)

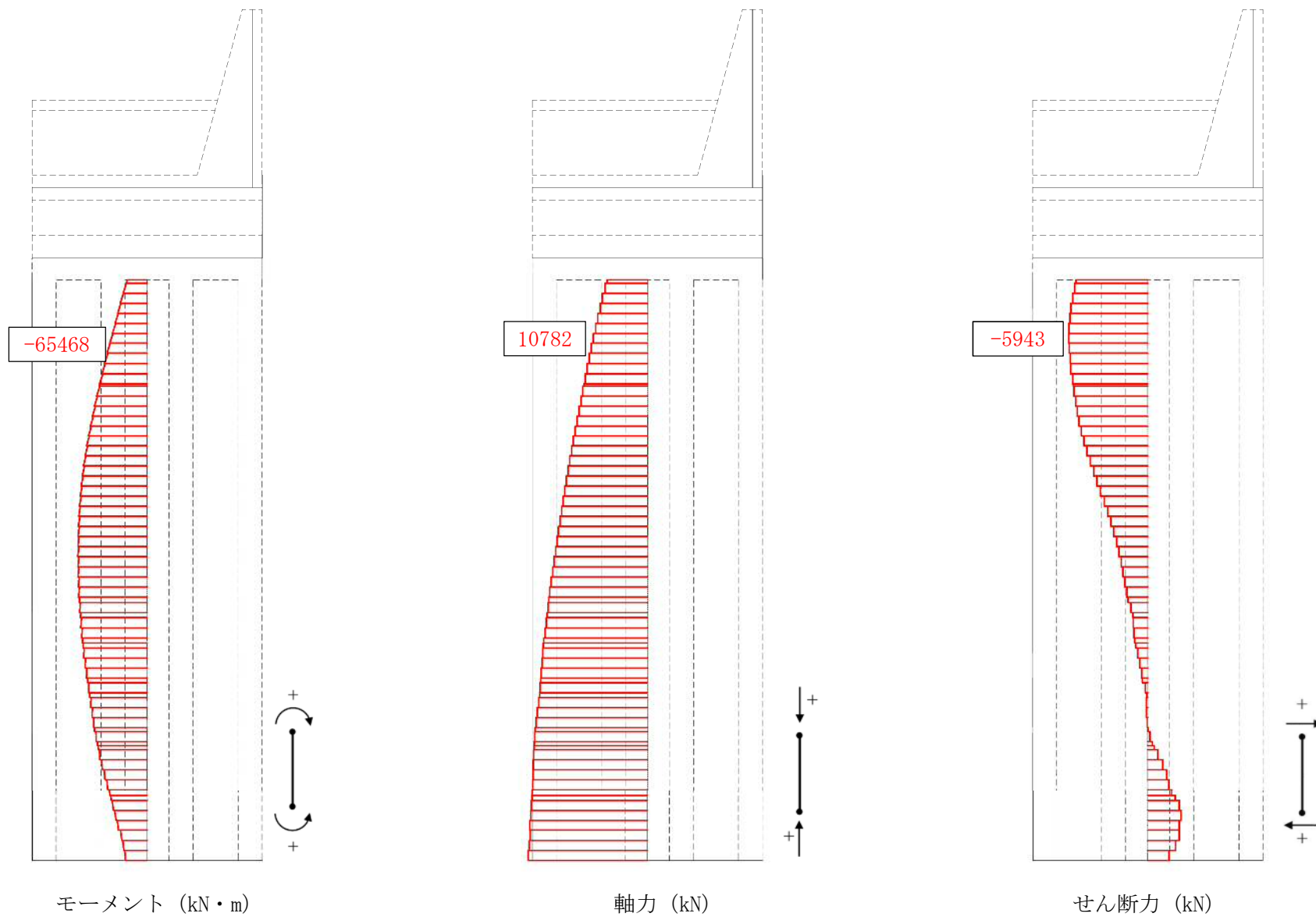


図 5. 2—14 (2) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね 3，鉛直下向き)

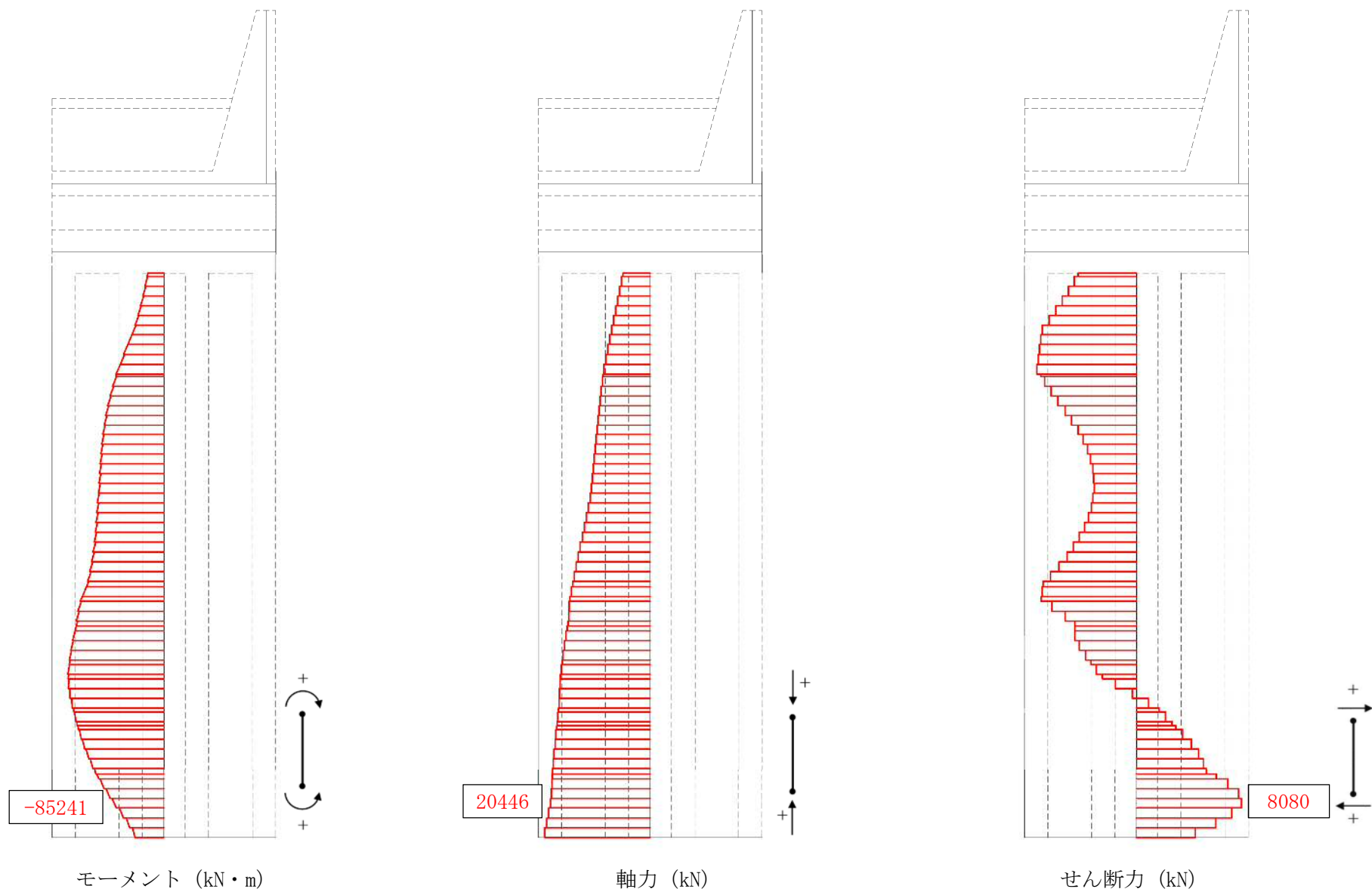


図 5.2-14 (3) 断面力図 (重畳時: 基準津波時, 地盤ばね4, 鉛直上向き)

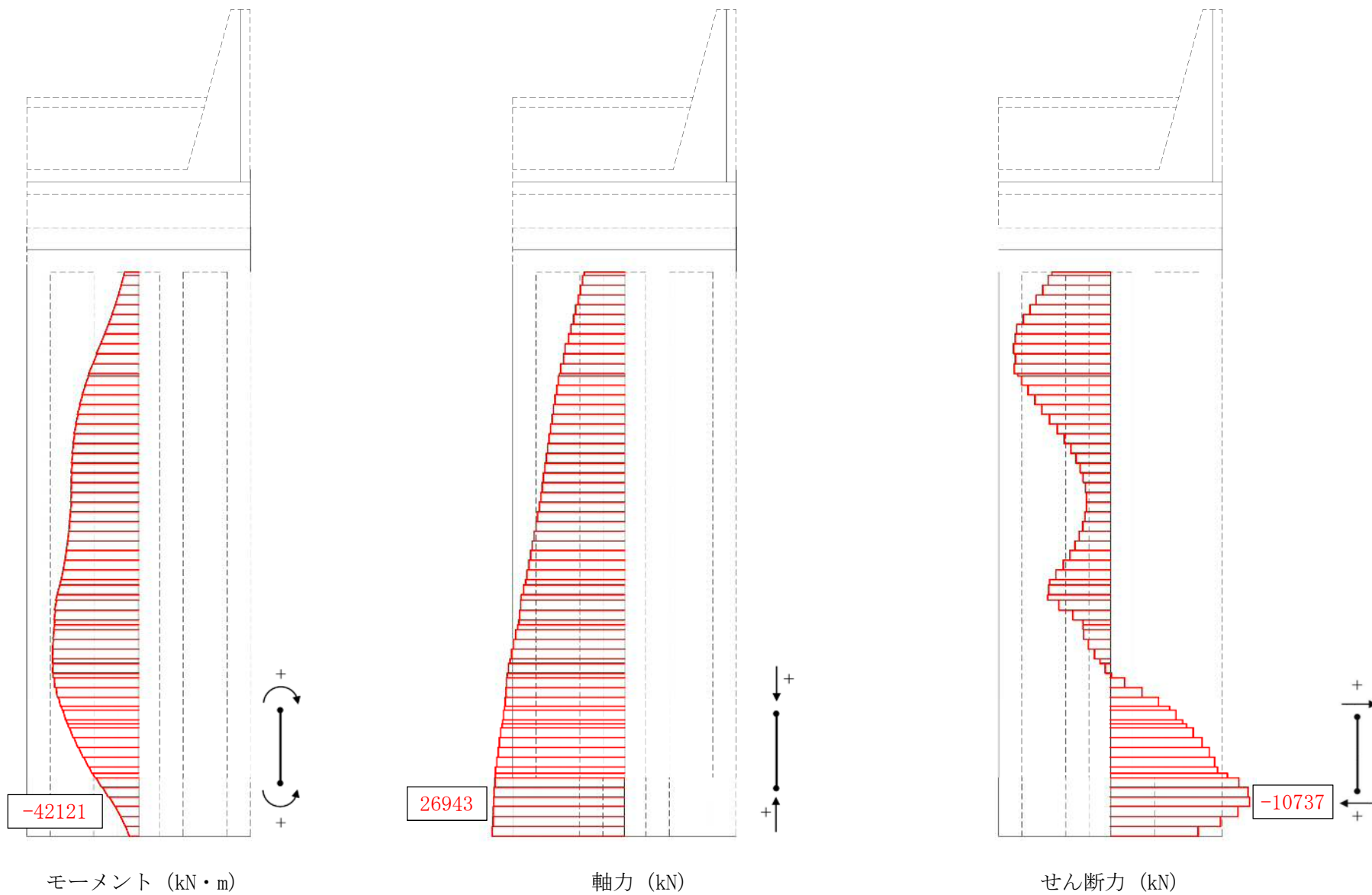


図 5.2-14 (4) 断面力図 (重畳時: 基準津波時, 地盤ばね4, 鉛直下向き)

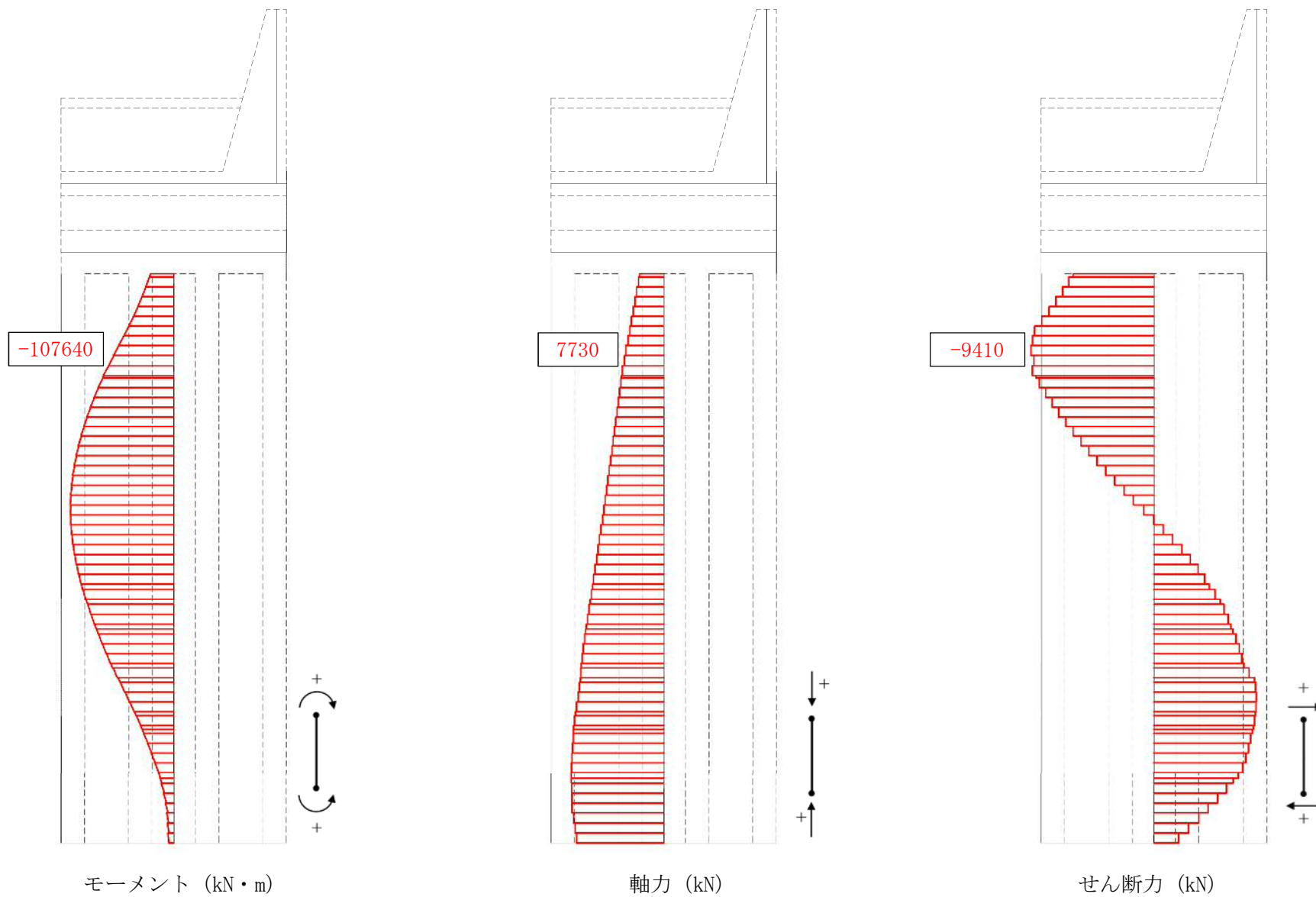


図 5.2-14 (5) 断面力図 (重畳時: 基準津波時, 地盤ばね5, 鉛直上向き)

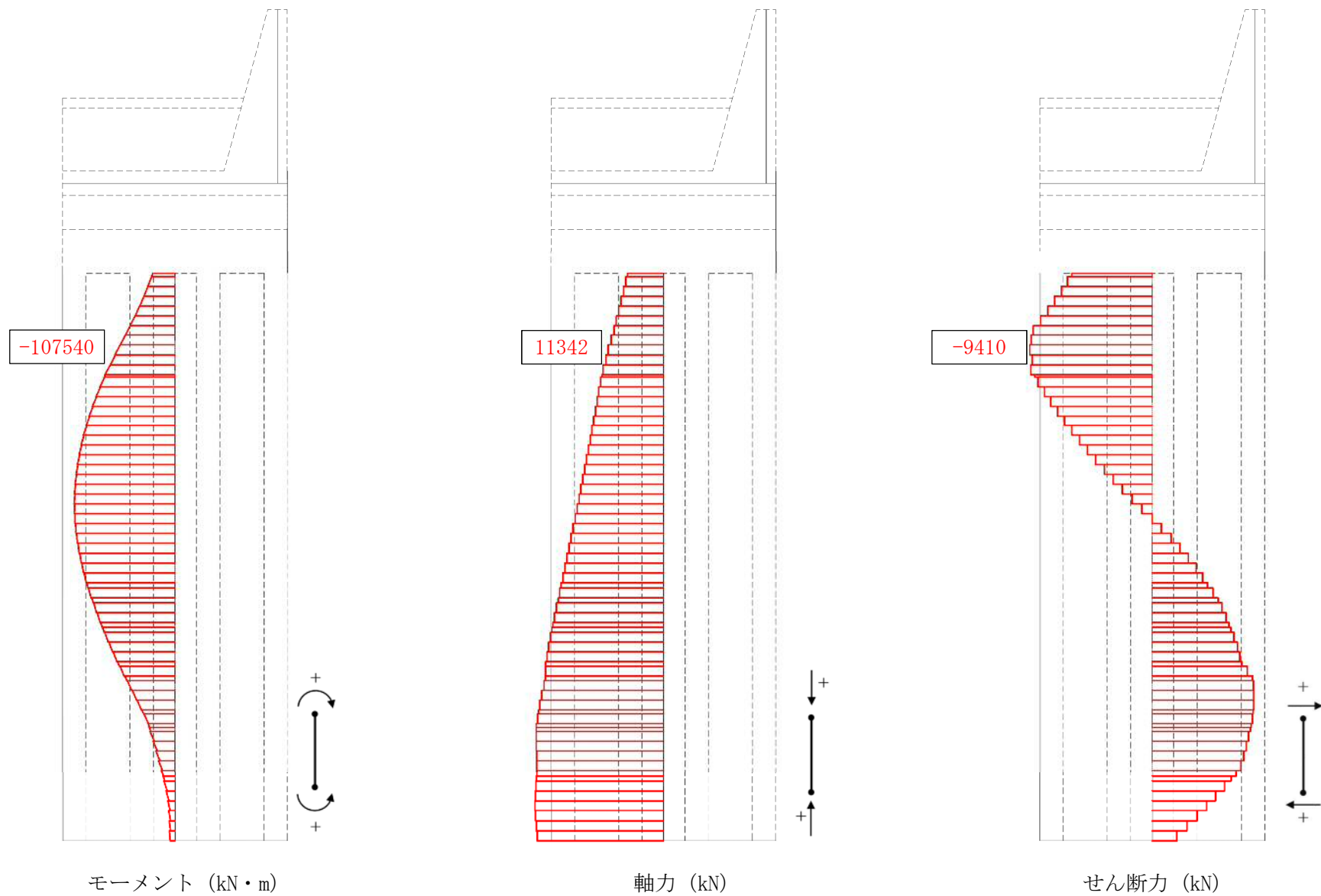


図 5.2-14 (6) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね5，鉛直下向き)

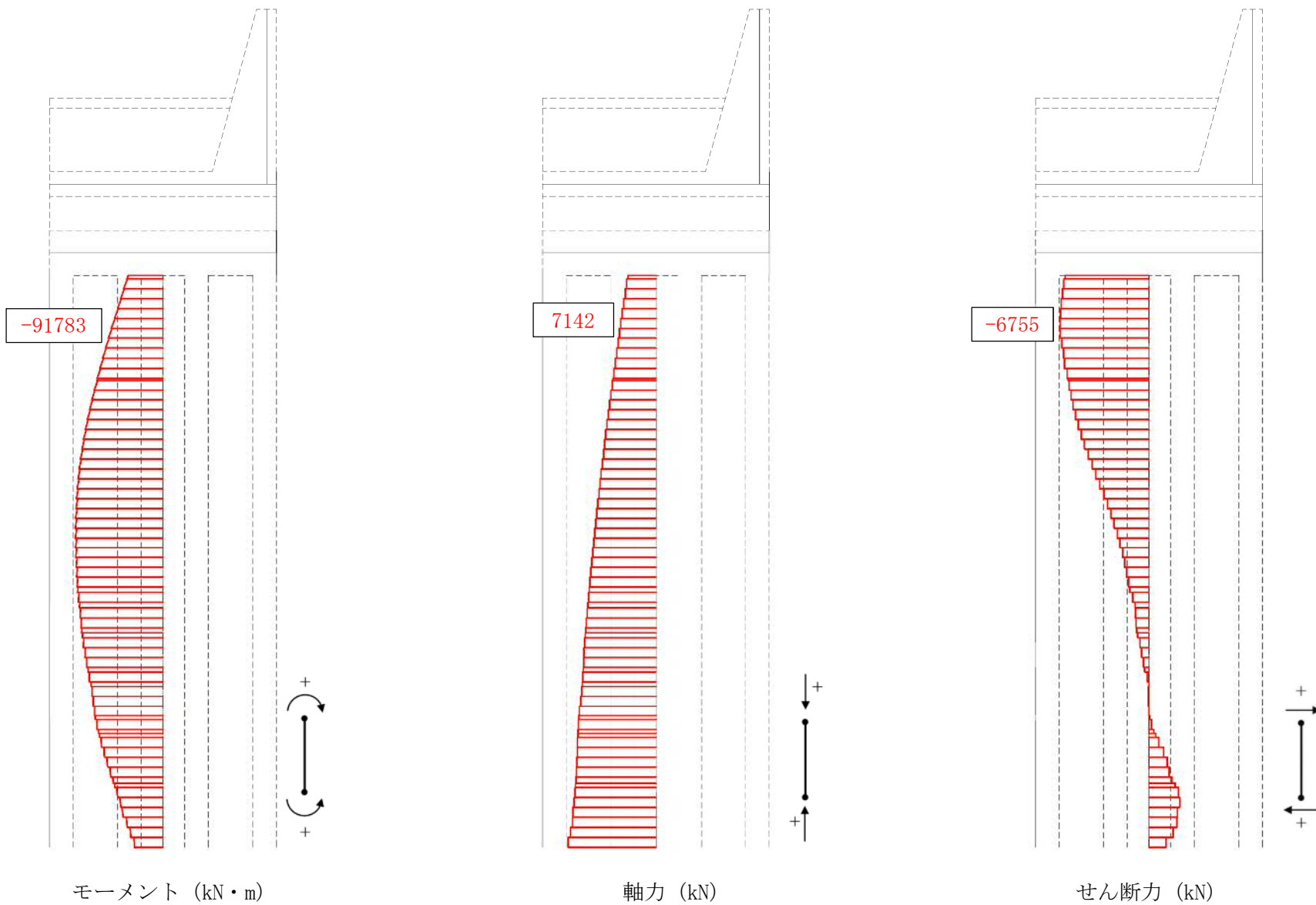


図 5. 2-14 (7) 断面力図 (重畳時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね 3, 鉛直上向き)

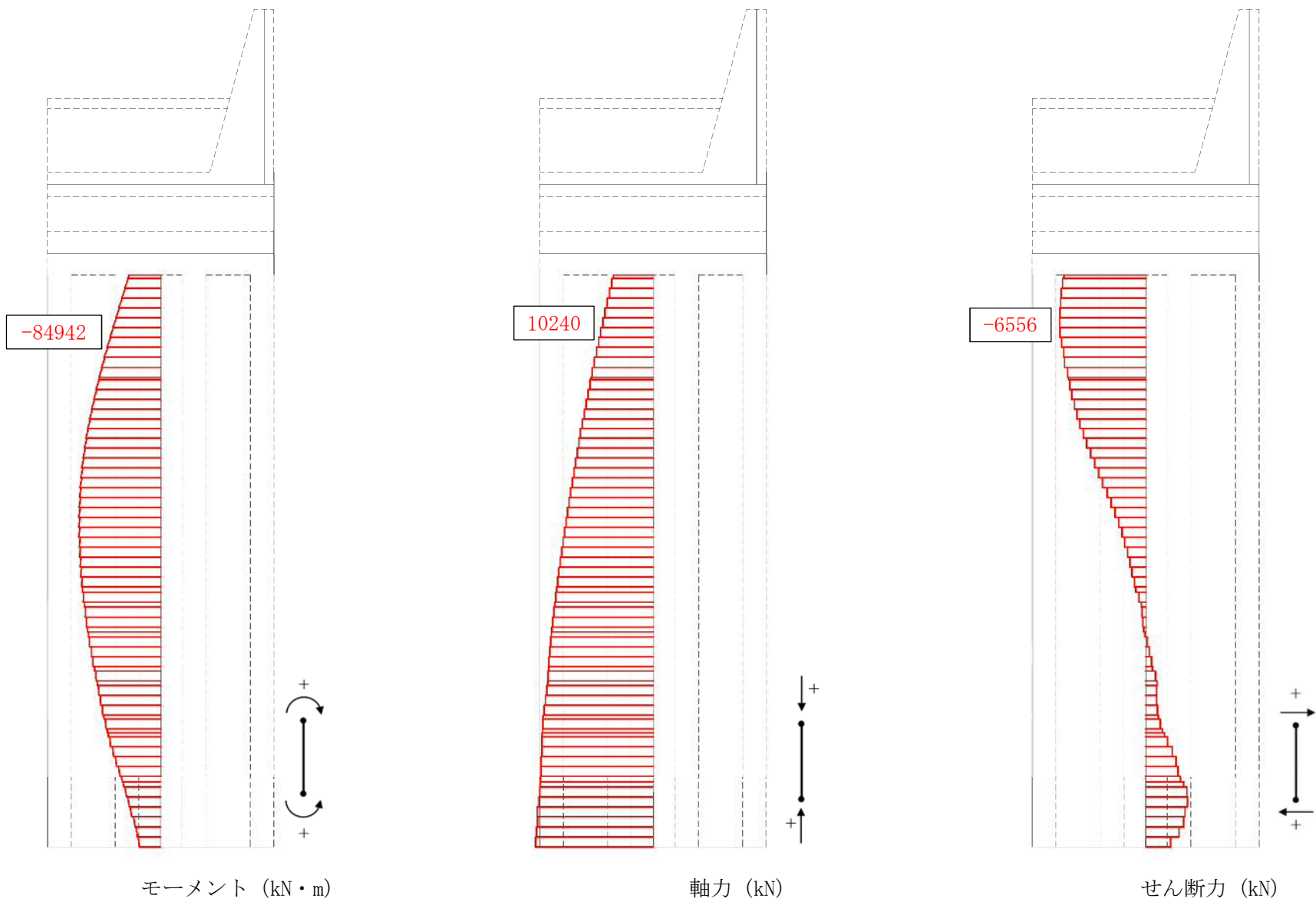


図 5.2-14 (8) 断面力図 (重畳時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね3, 鉛直下向き)

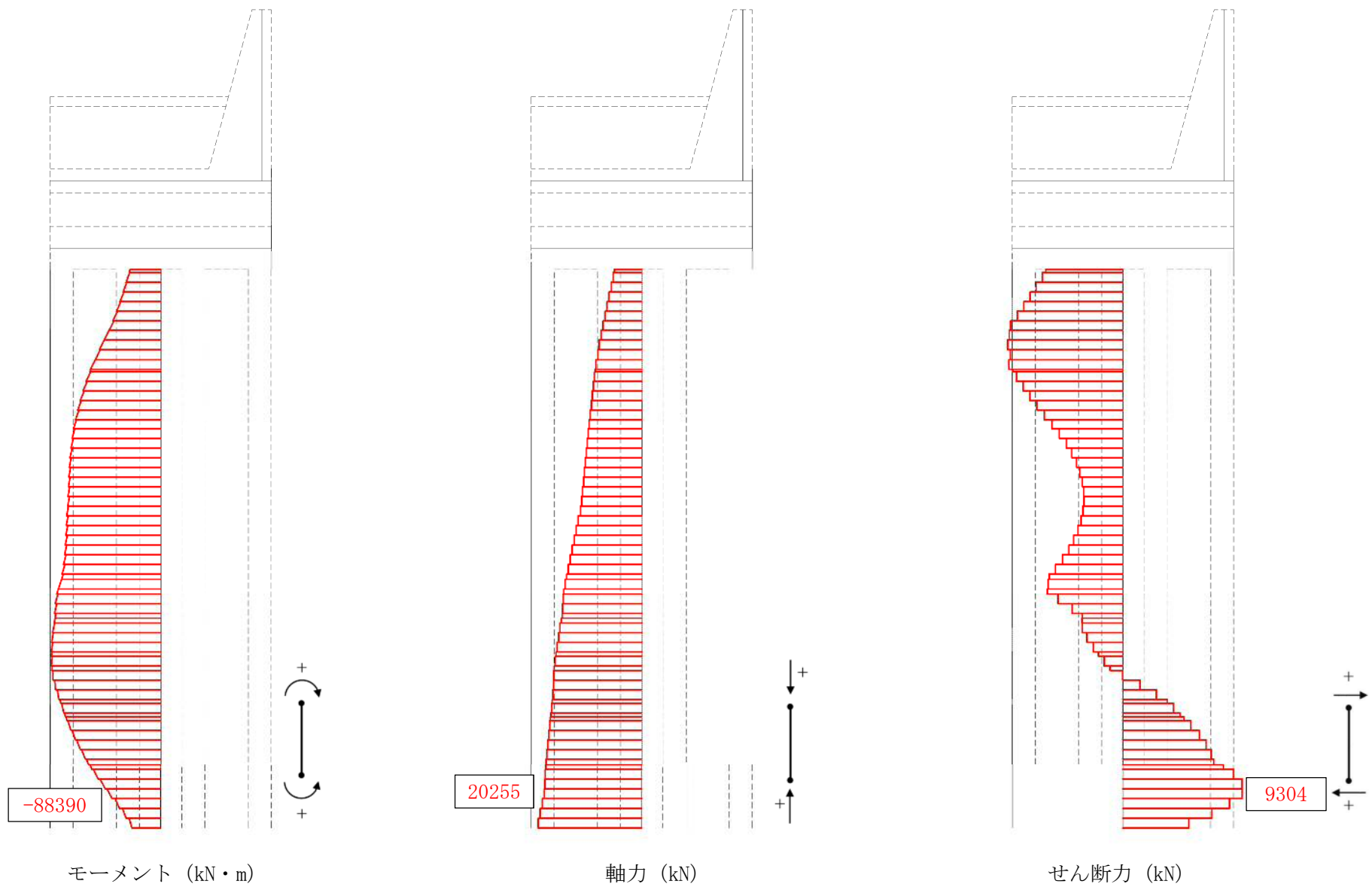


図 5. 2—14 (9) 断面力図 (重疊時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね4，鉛直上向き)

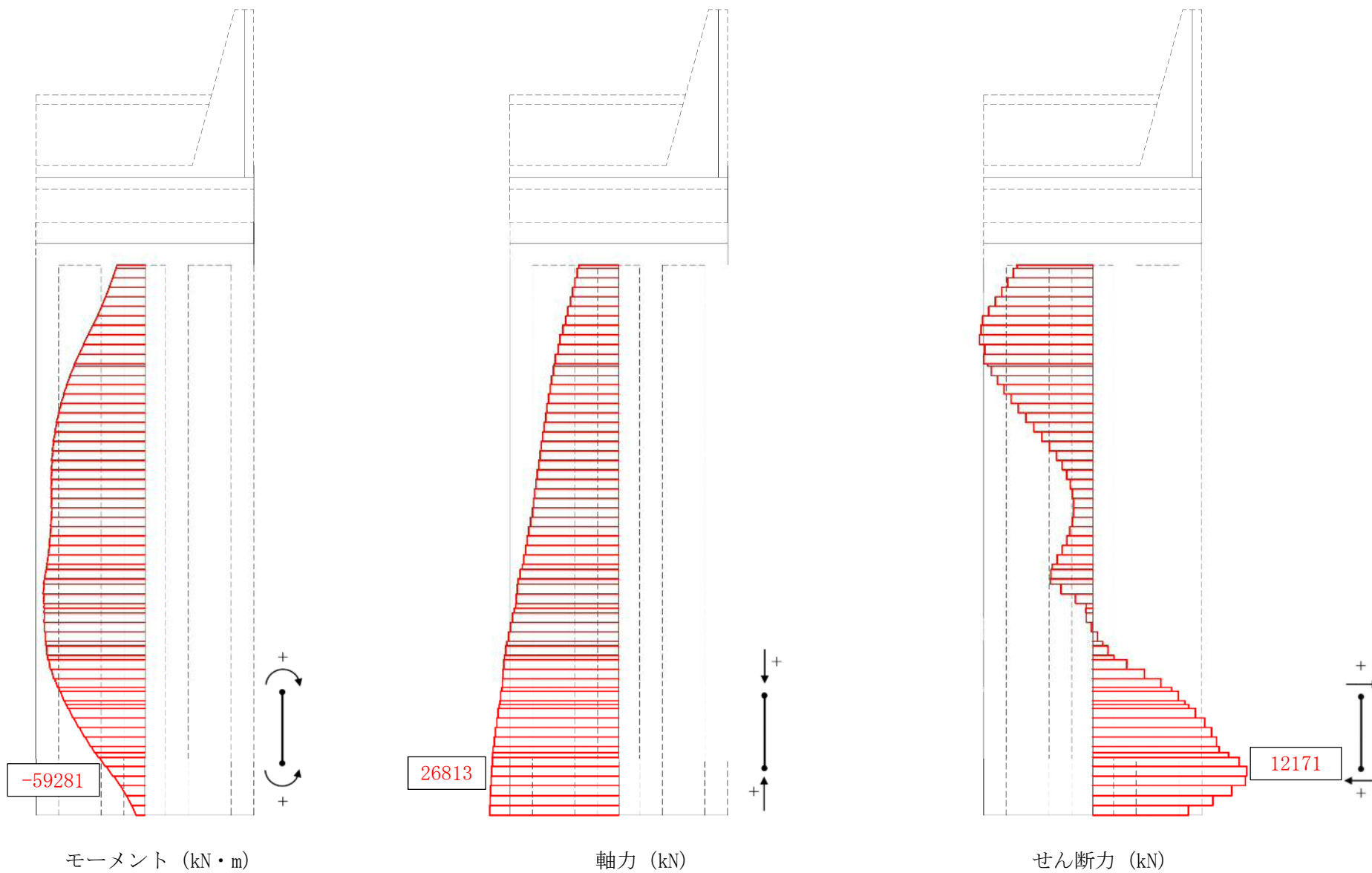


図 5.2-14 (10) 断面力図 (重畳時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね4，鉛直下向き)

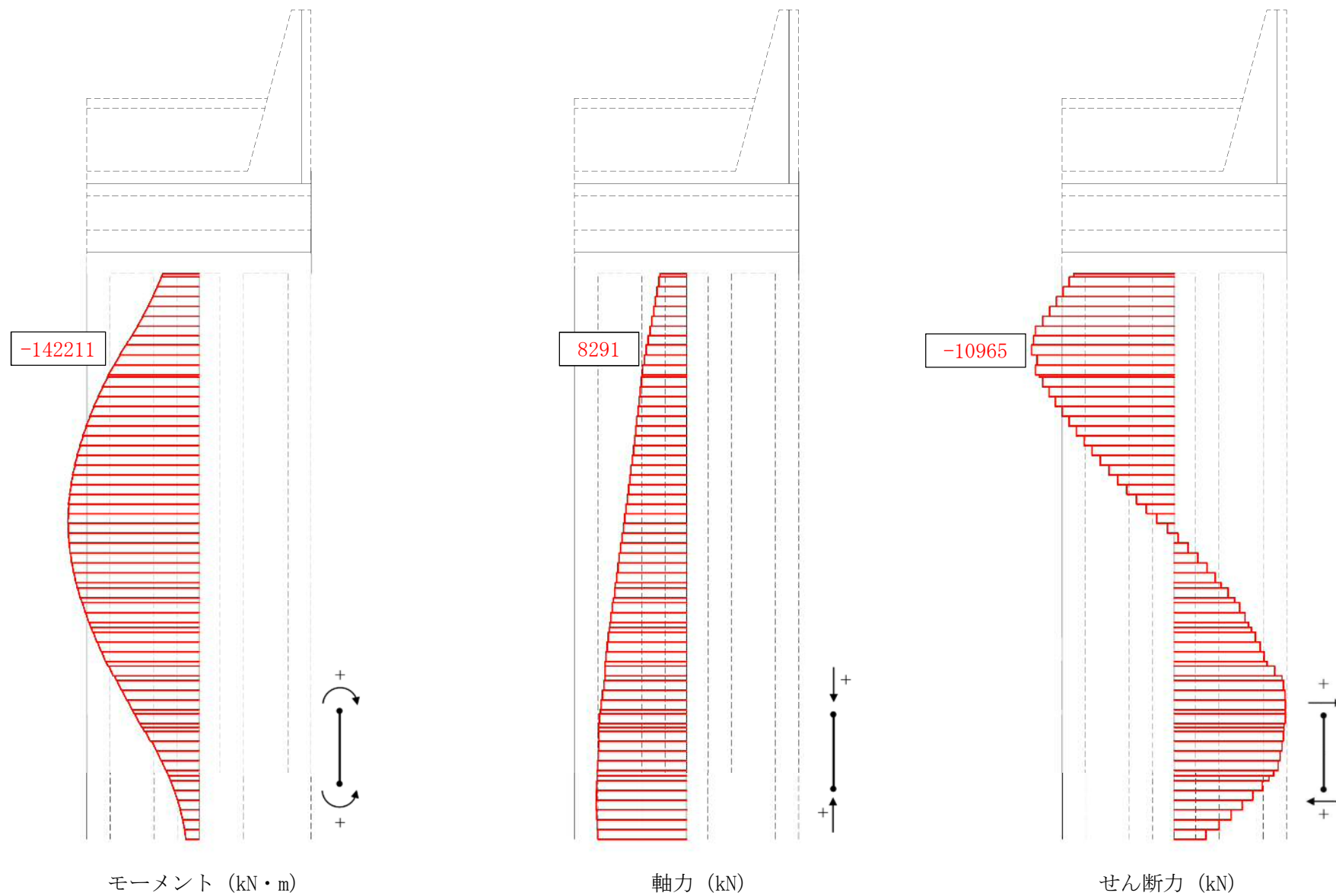


図 5.2-14 (11) 断面力図 (重畳時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね 5, 鉛直上向き)

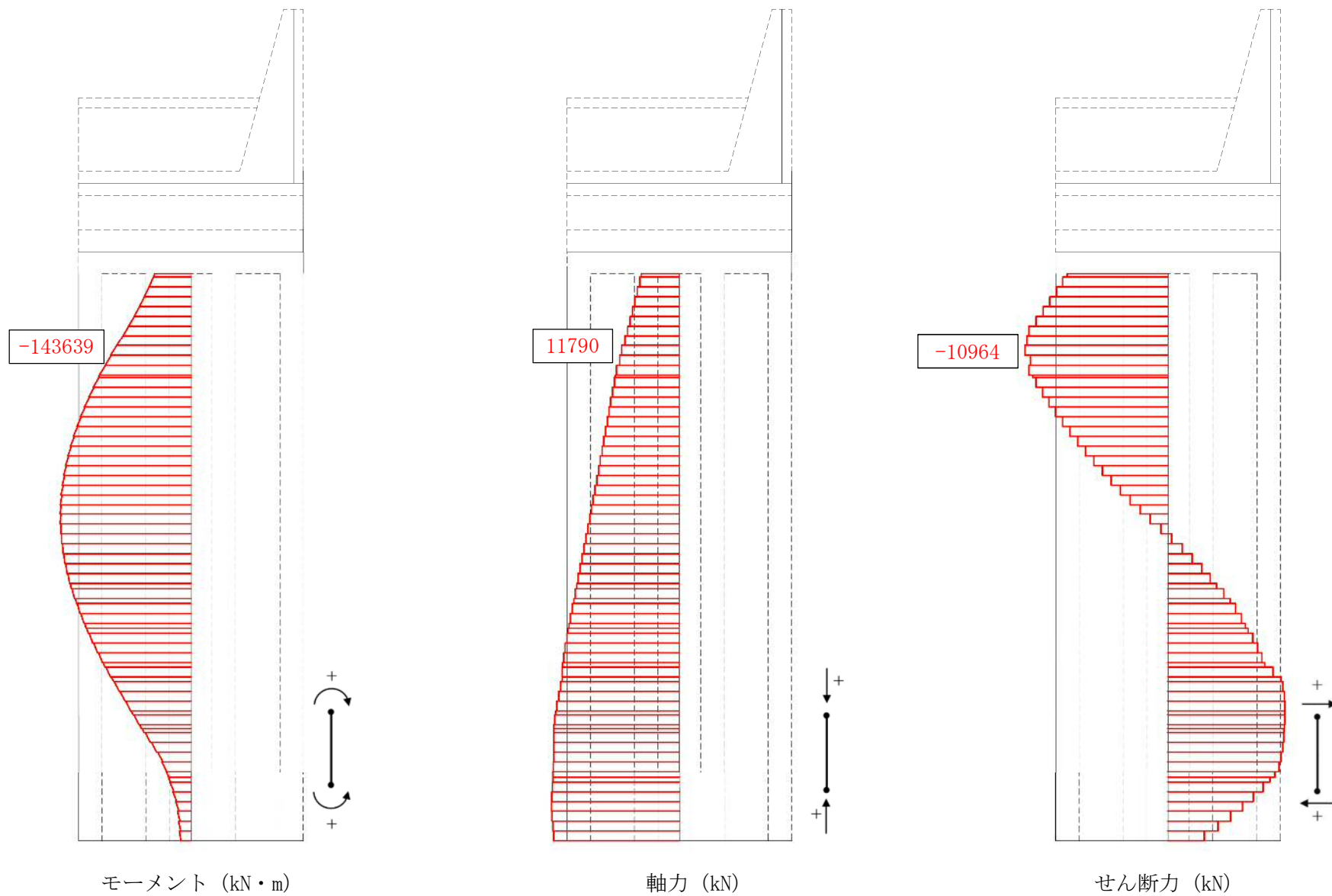


図 5.2—14 (12) 断面力図 (重畳時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね 5，鉛直下向き)

5.2.4 地中連続壁基礎（水平）の評価結果

(1) コンクリートの曲げ軸力に対する照査

重畳時におけるコンクリートの曲げ軸力に対する評価結果を表 5.2-11 に示す。地中連続壁基礎の水平方向の曲げ軸力に対する照査を行った結果、圧縮応力度が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各地盤ケースにおいて最大となる値を示している。

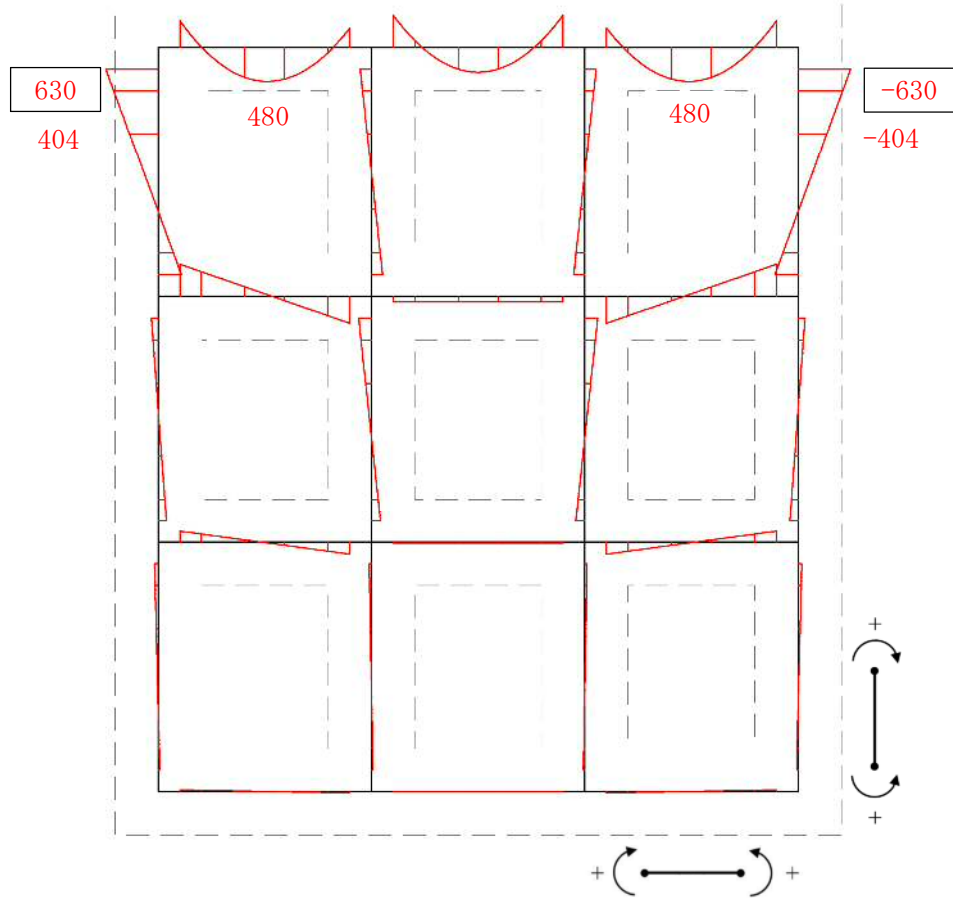
表 5.2-11 (1) 地中連続壁基礎（水平）の曲げ軸力に対する照査結果（重畳時：基準津波時）

検討ケース		評価位置	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}
地盤ばね	慣性力		曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)			
地盤ばね 3	鉛直上向き	37, 64	630	883	0.90	16.8	0.06
	鉛直下向き	37, 64	598	838	0.90	16.8	0.06
地盤ばね 4	鉛直上向き	37, 64	2551	3507	3.60	16.8	0.22
	鉛直下向き	37, 64	3016 (2588)	4118 (3617)	4.30 (3.69)	16.8	0.26 (0.22)
地盤ばね 5	鉛直上向き	37, 64	1271	1781	1.80	16.8	0.11
	鉛直下向き	37, 64	1268	1778	1.80	16.8	0.11

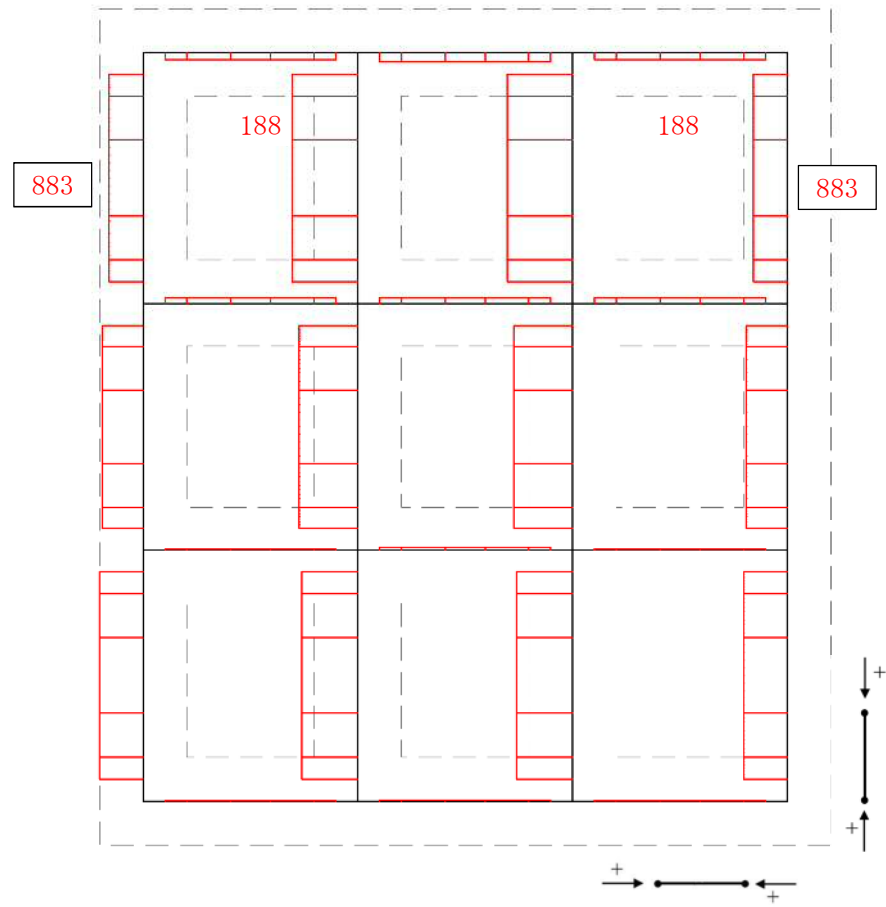
表 5.2-11 (2) 地中連続壁基礎（水平）の曲げ軸力に対する照査結果
（重畳時：敷地に遡上する津波時）

検討ケース		評価位置	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}
地盤ばね	慣性力		曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)			
地盤ばね 3	鉛直上向き	37, 64	554	777	0.79	22.4	0.04
	鉛直下向き	37, 64	685	932	0.97	22.4	0.05
地盤ばね 4	鉛直上向き	37, 64	2994	4118	4.26	22.4	0.20
	鉛直下向き	37, 64	3460 (2977)	4726 (4159)	4.92 (4.24)	22.4	0.22 (0.19)
地盤ばね 5	鉛直上向き	37, 64	1359	1905	1.94	22.4	0.09
	鉛直下向き	37, 64	1417	1942	2.01	22.4	0.09

注記 : () 内の値は、両押し時の照査結果

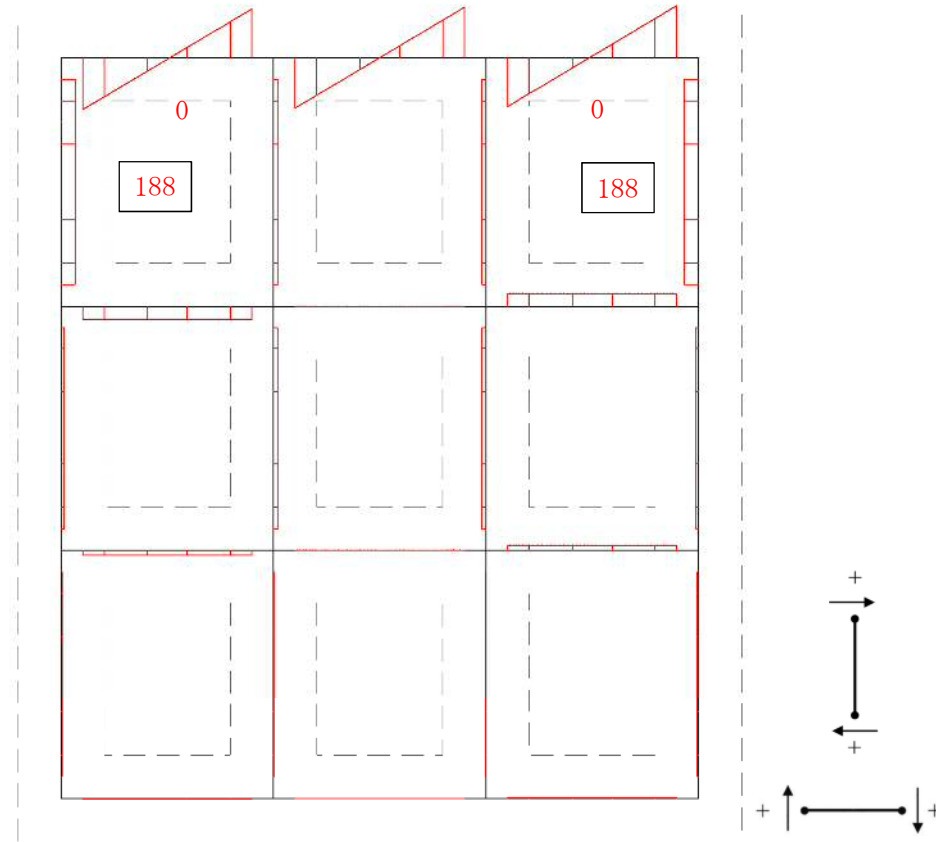


モーメント (kN・m)



軸力 (kN)

図 5.2-15 (1) 断面力図 (重畳時: 基準津波時, 地盤ばね3, 鉛直上向き)



せん断力 (kN)

図 5.2-15 (2) 断面力図 (重畳時: 基準津波時, 地盤ばね 3, 鉛直上向き)

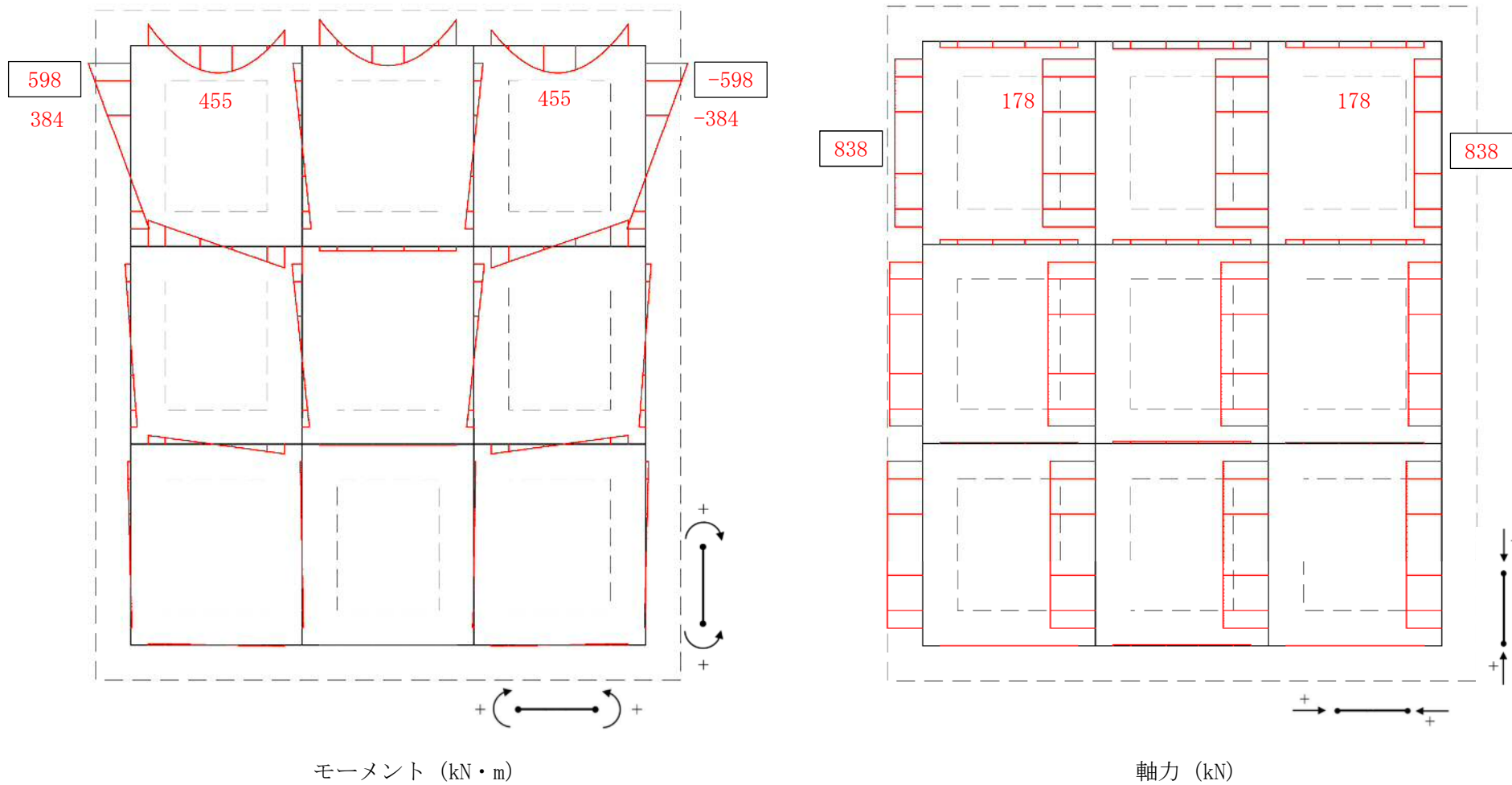
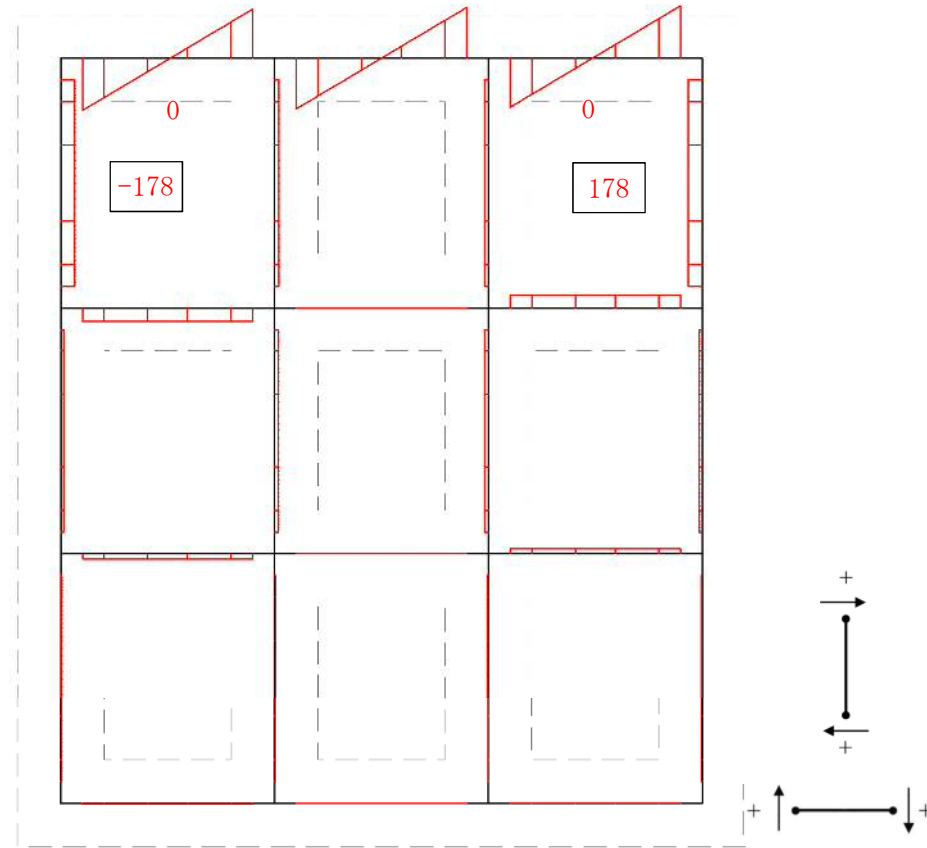
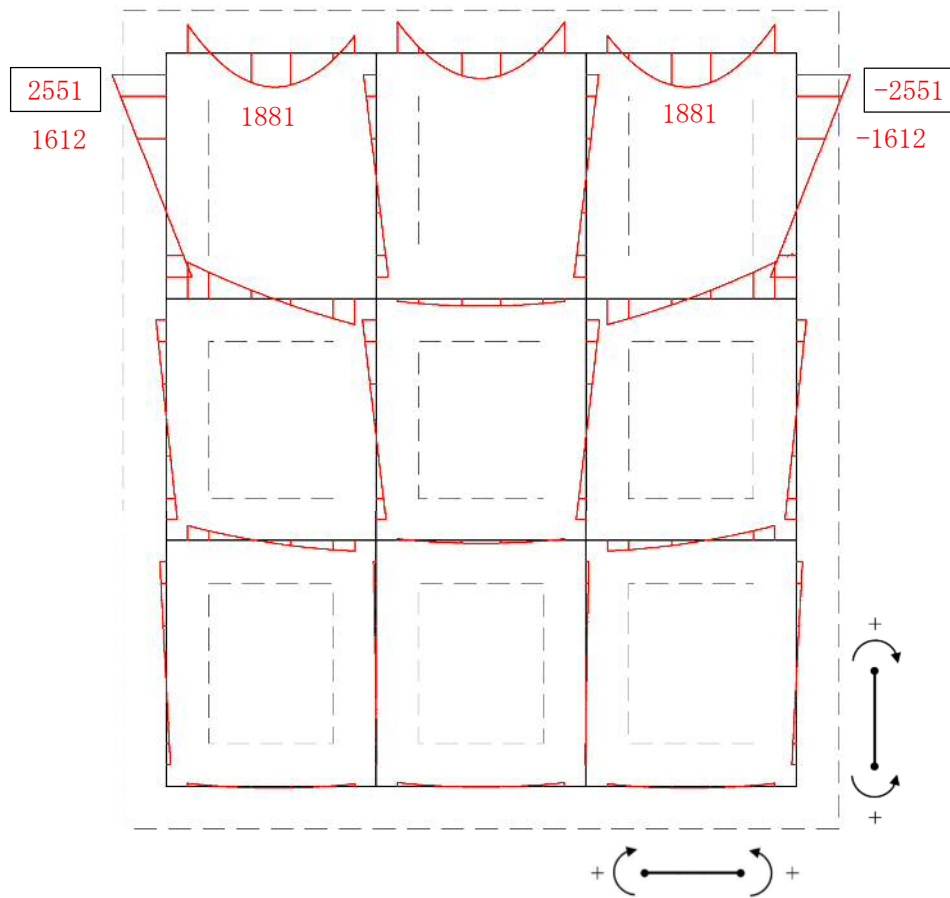


図 5. 2—15 (3) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね 3，鉛直下向き)

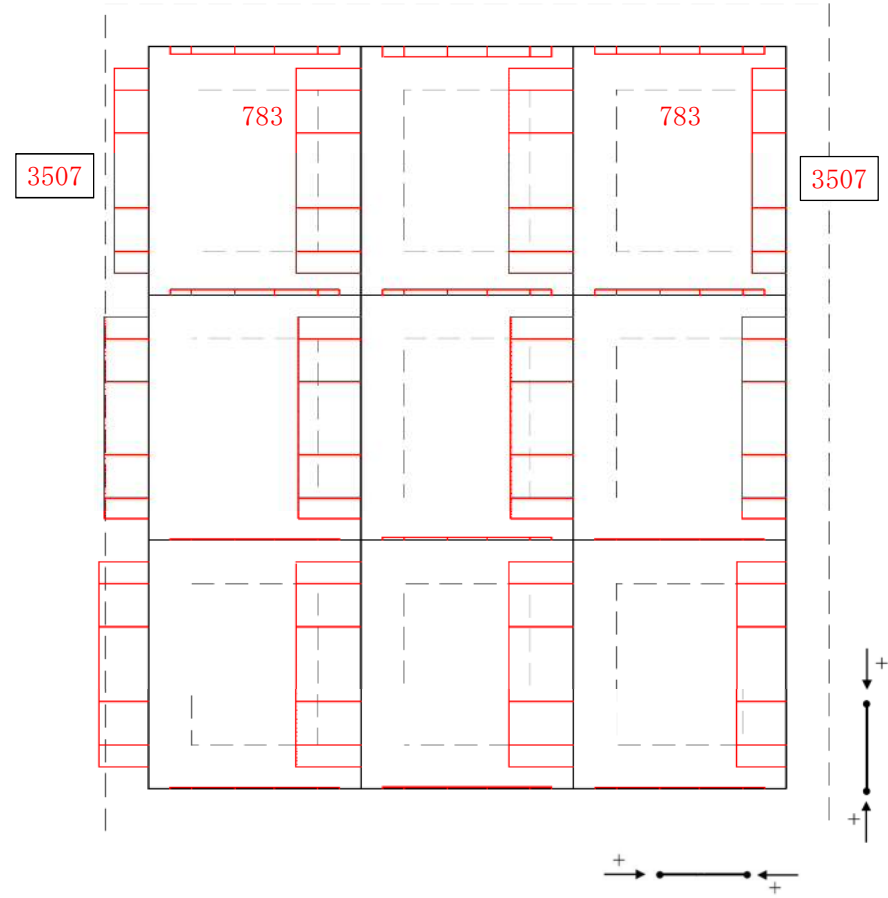


せん断力 (kN)

図 5.2-15 (4) 断面力図 (重畳時: 基準津波時, 地盤ばね 3, 鉛直下向き)

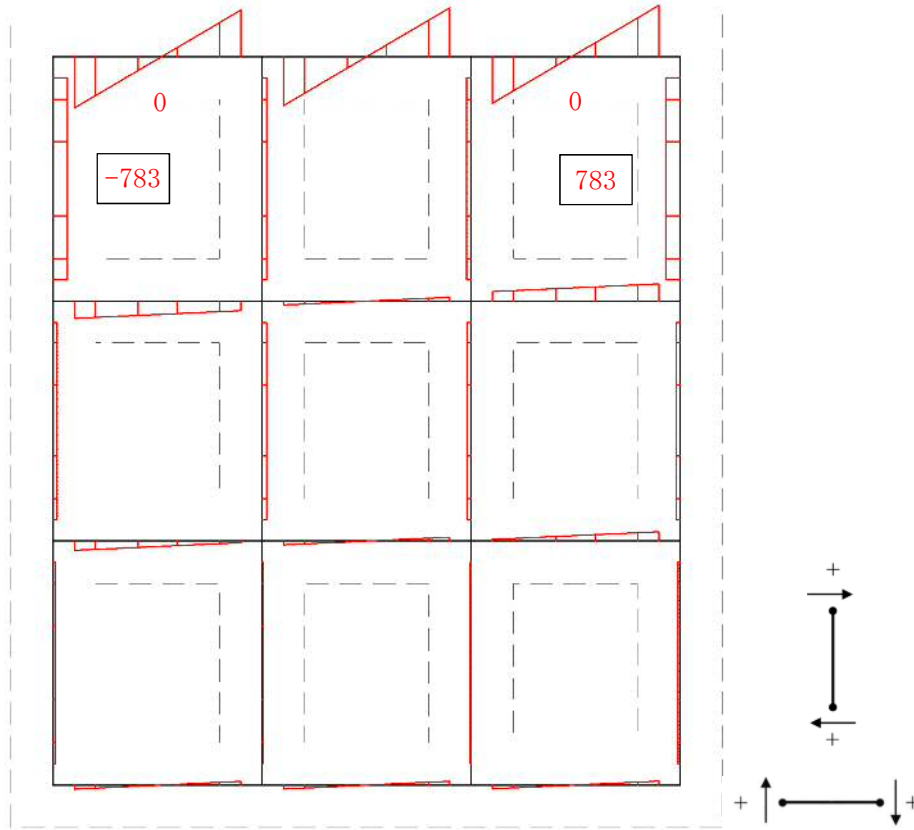


モーメント (kN・m)



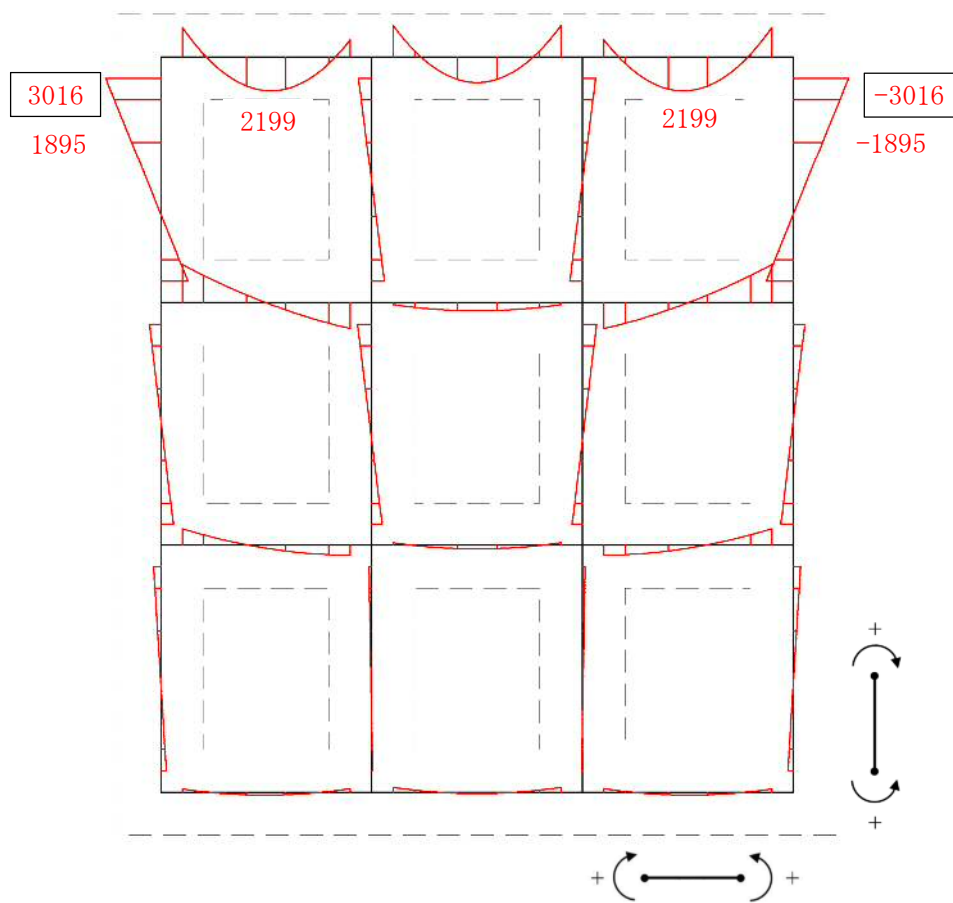
軸力 (kN)

図 5.2-15 (5) 断面力図 (重畳時: 基準津波時, 地盤ばね4, 鉛直上向き)

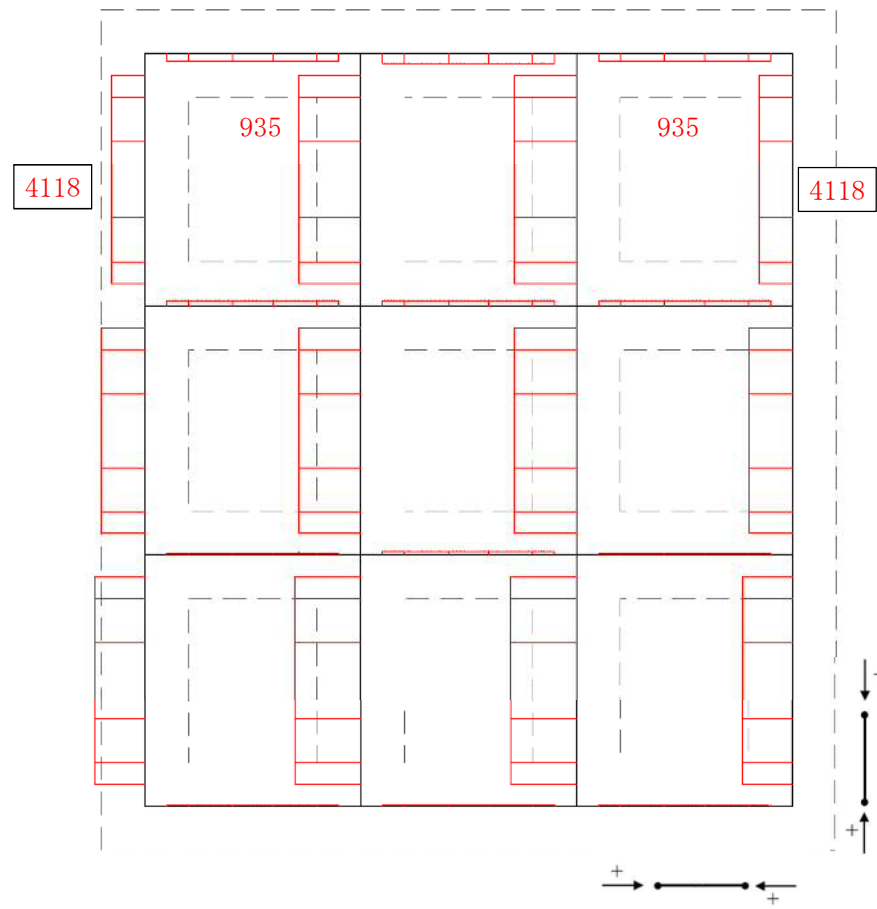


せん断力 (kN)

図 5.2-15 (6) 断面力図 (重畳時: 基準津波時, 地盤ばね 4, 鉛直上向き)

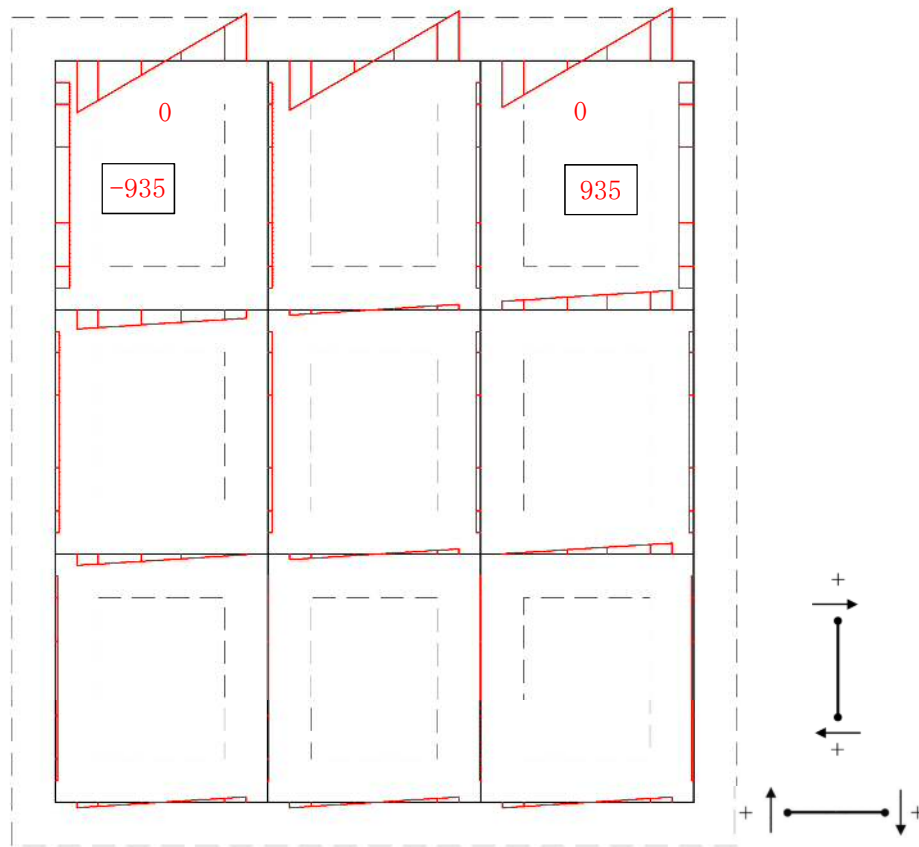


モーメント (kN・m)



軸力 (kN)

図 5. 2—15 (7) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね 4，鉛直下向き)



せん断力 (kN)

図 5.2-15 (8) 断面力図 (重畳時: 基準津波時, 地盤ばね 4, 鉛直下向き)

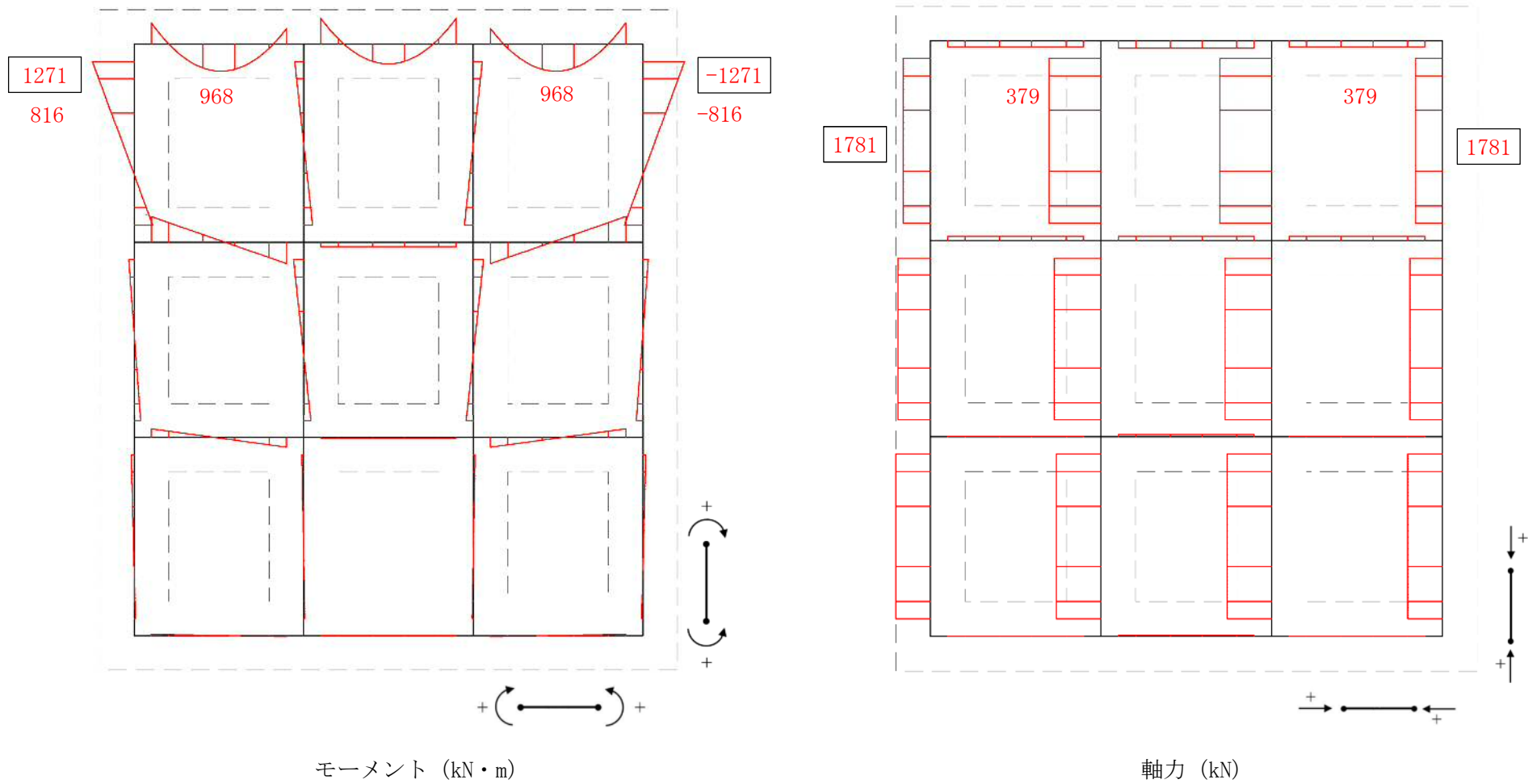
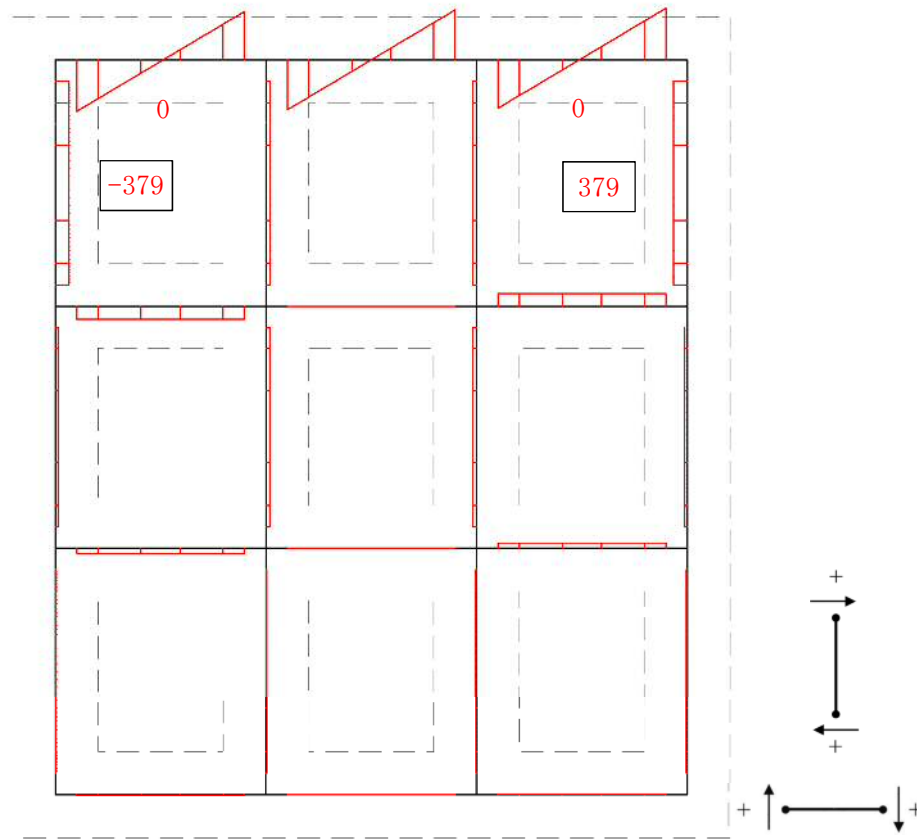


図 5.2-15 (9) 断面力図 (重畳時: 基準津波時, 地盤ばね 5, 鉛直上向き)



せん断力 (kN)

図 5.2-15 (10) 断面力図 (重畳時: 基準津波時, 地盤ばね 5, 鉛直上向き)

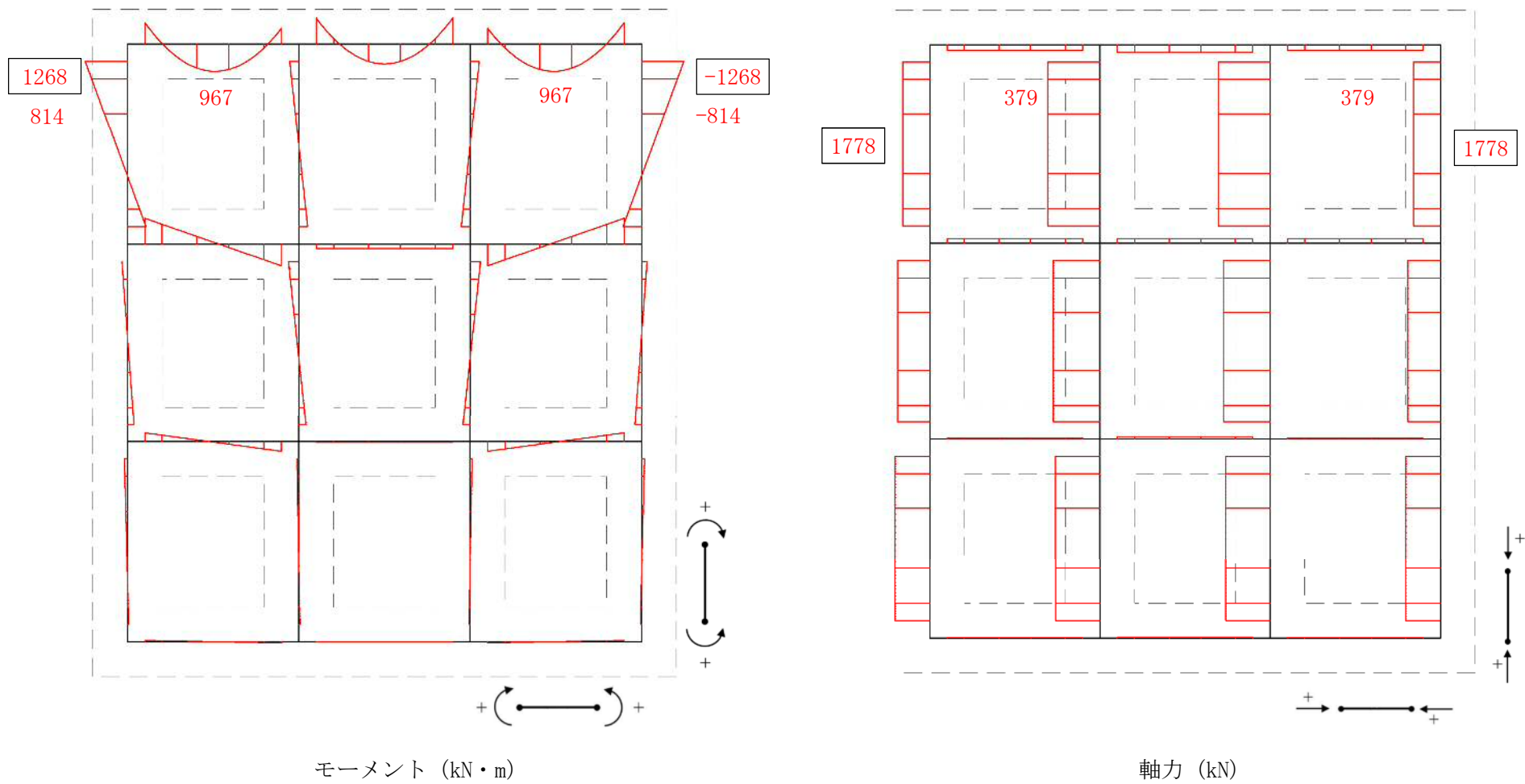
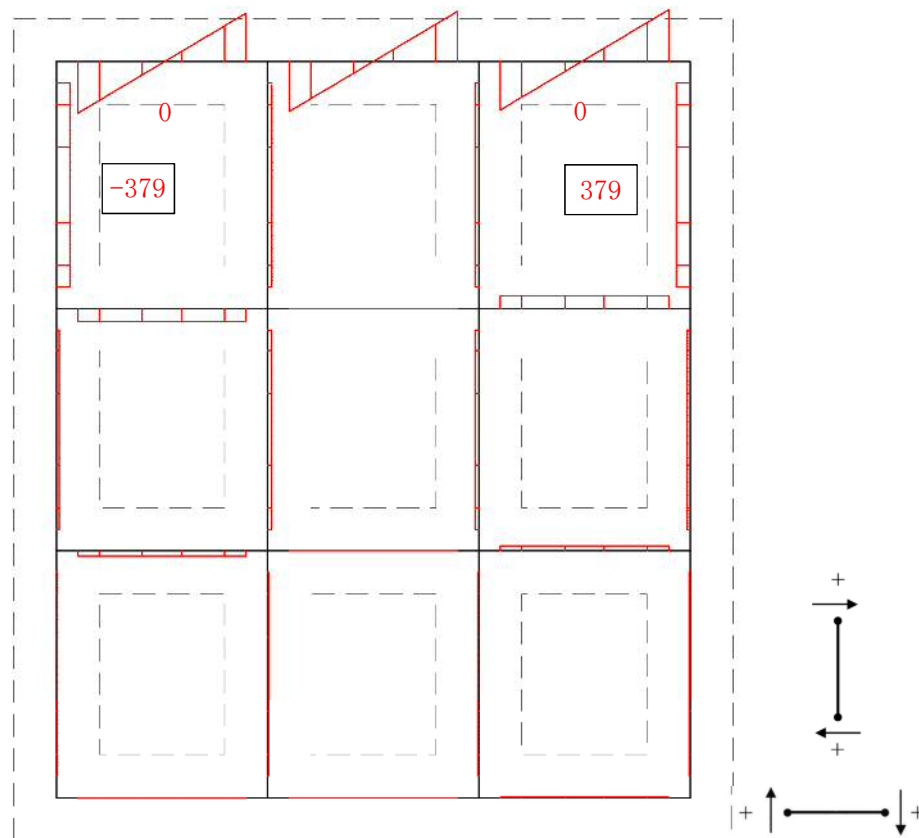
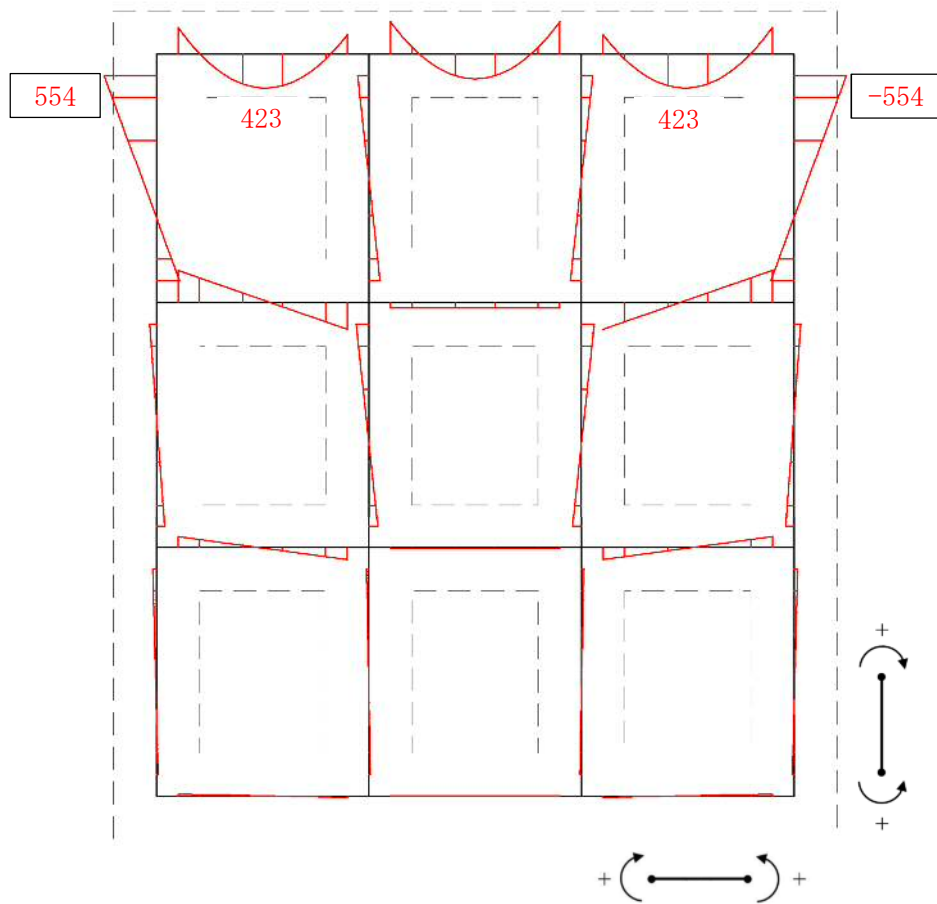


図 5.2-15 (11) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね 5，鉛直下向き)

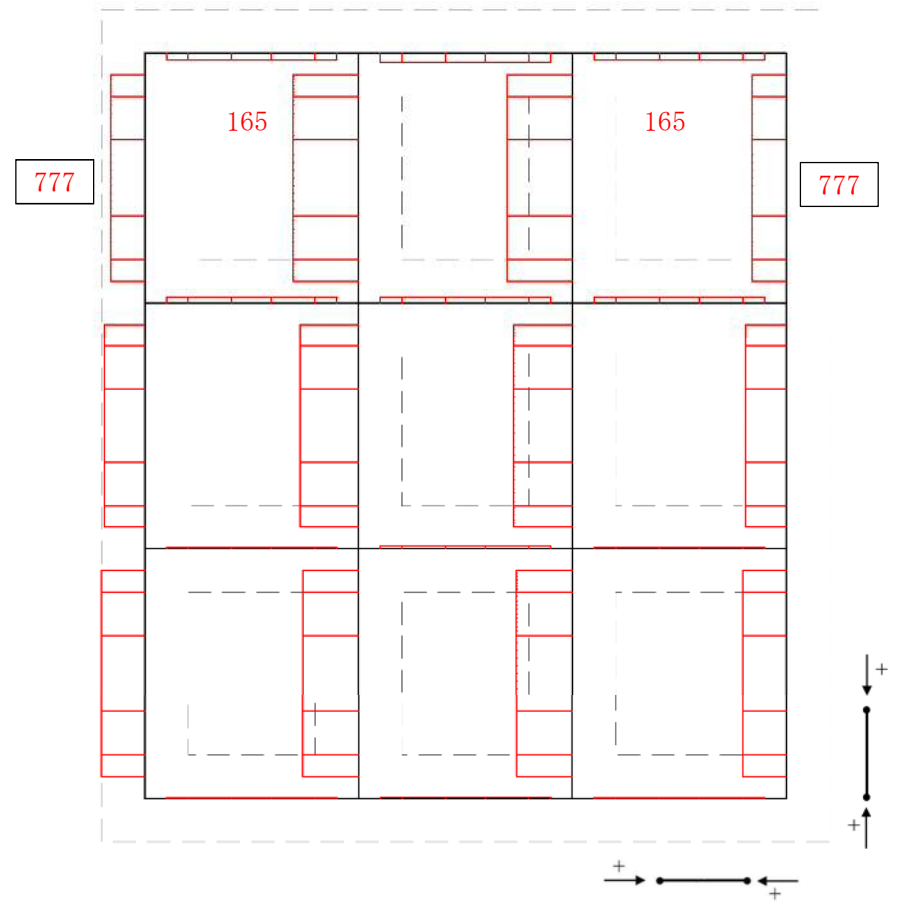


せん断力 (kN)

図 5.2-15 (12) 断面力図 (重畳時: 基準津波時, 地盤ばね 5, 鉛直下向き)

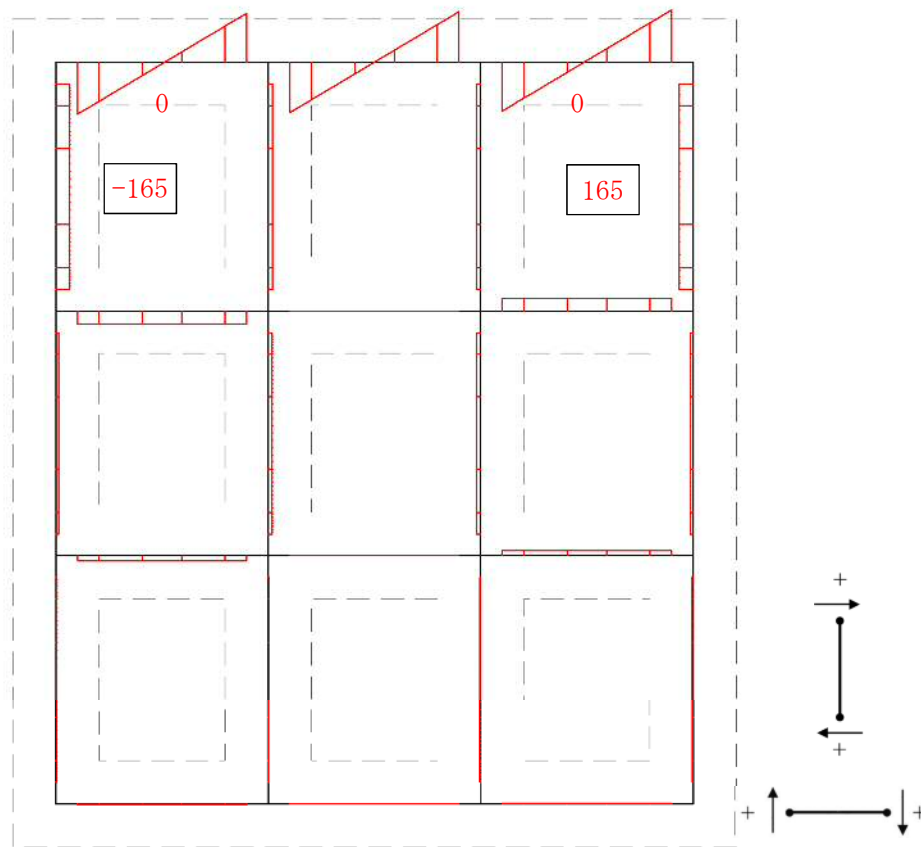


モーメント (kN・m)



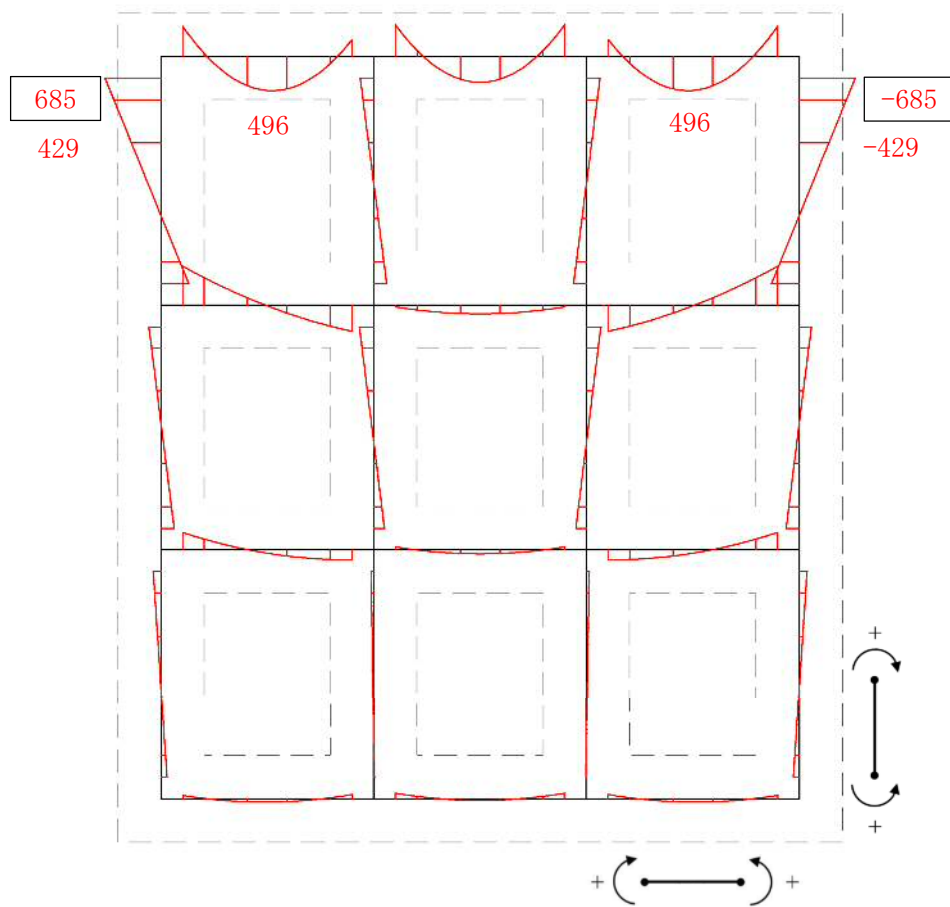
軸力 (kN)

図 5. 2—15 (13) 断面力図 (重畳時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね 3，鉛直上向き)

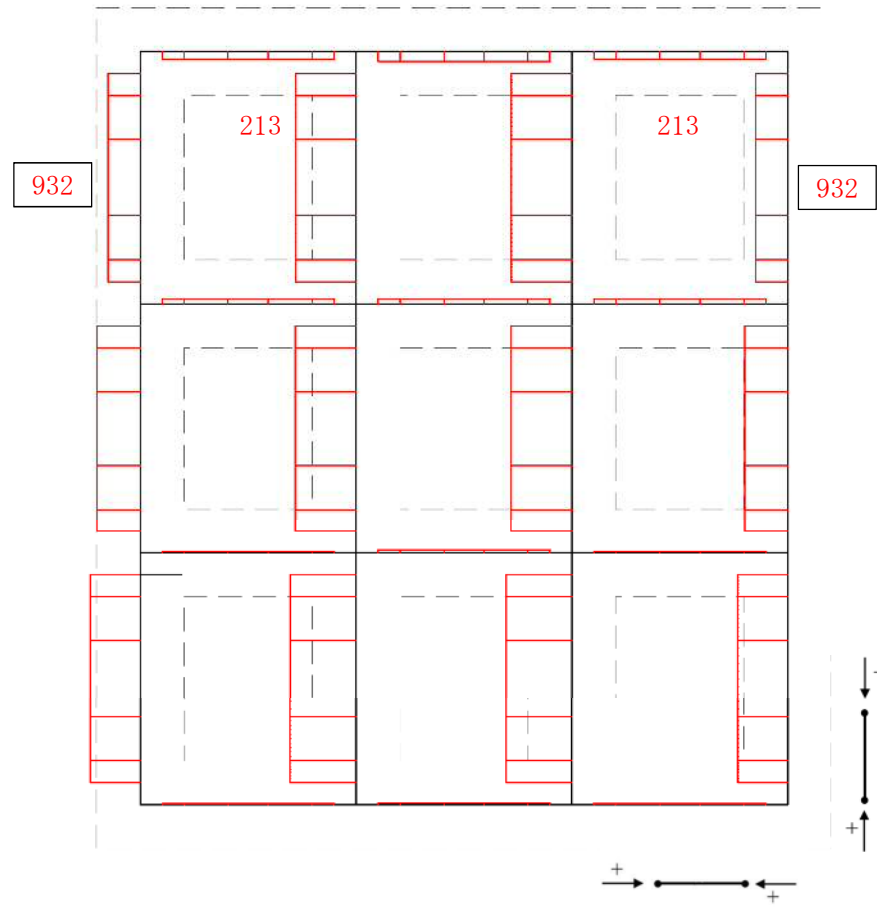


せん断力 (kN)

図 5.2-15 (14) 断面力図 (重畳時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね 3, 鉛直上向き)

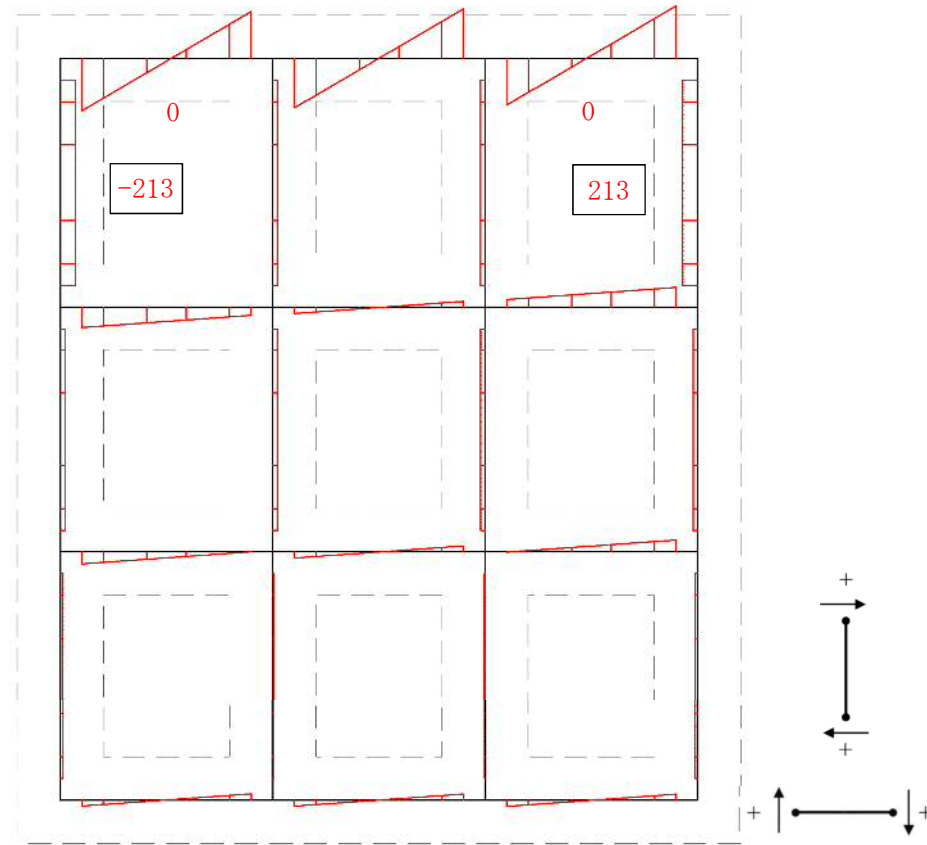


モーメント (kN・m)



軸力 (kN)

図 5. 2—15 (15) 断面力図 (重畳時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね 3，鉛直下向き)



せん断力 (kN)

図 5.2-15 (16) 断面力図 (重畳時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね 3, 鉛直下向き)

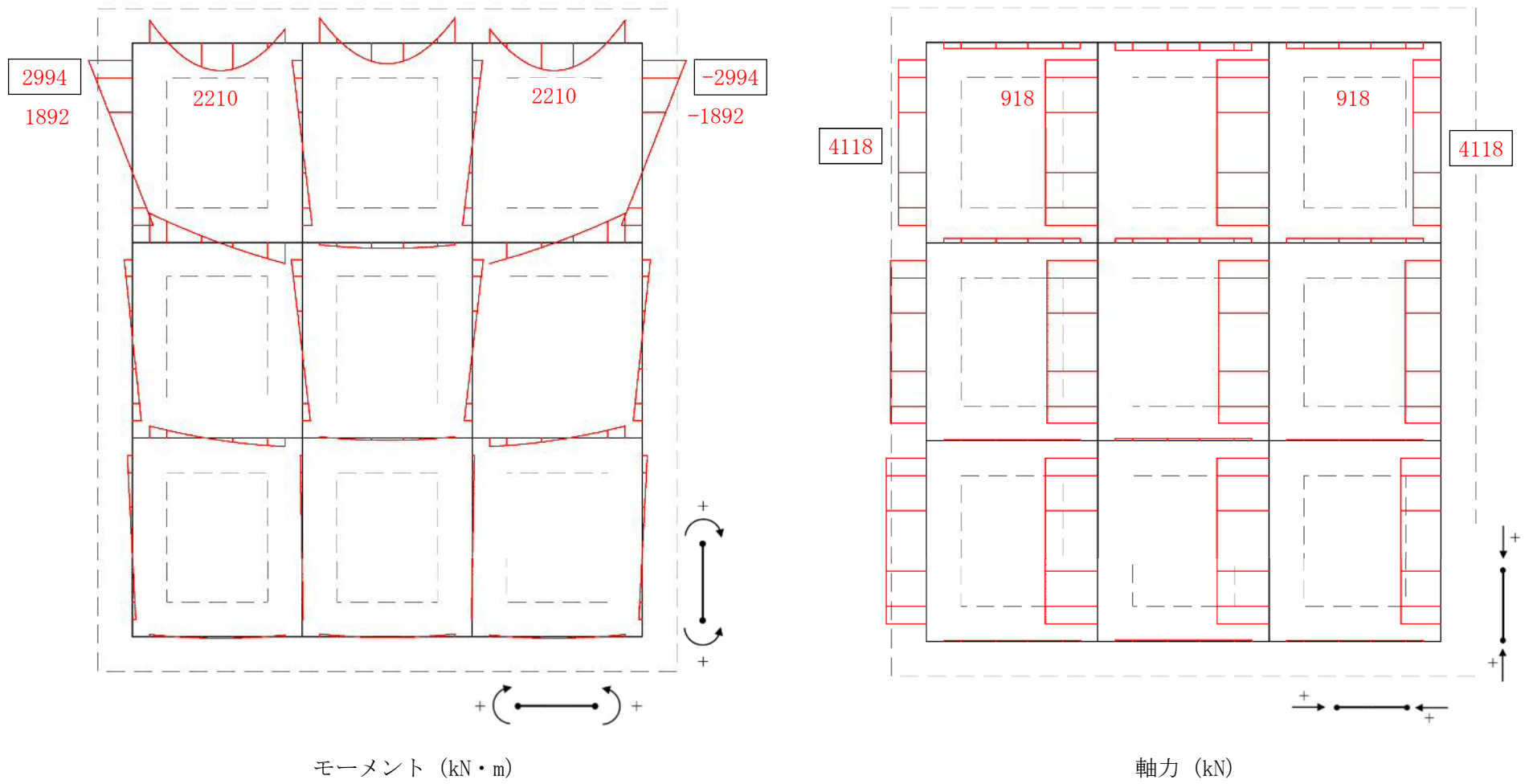
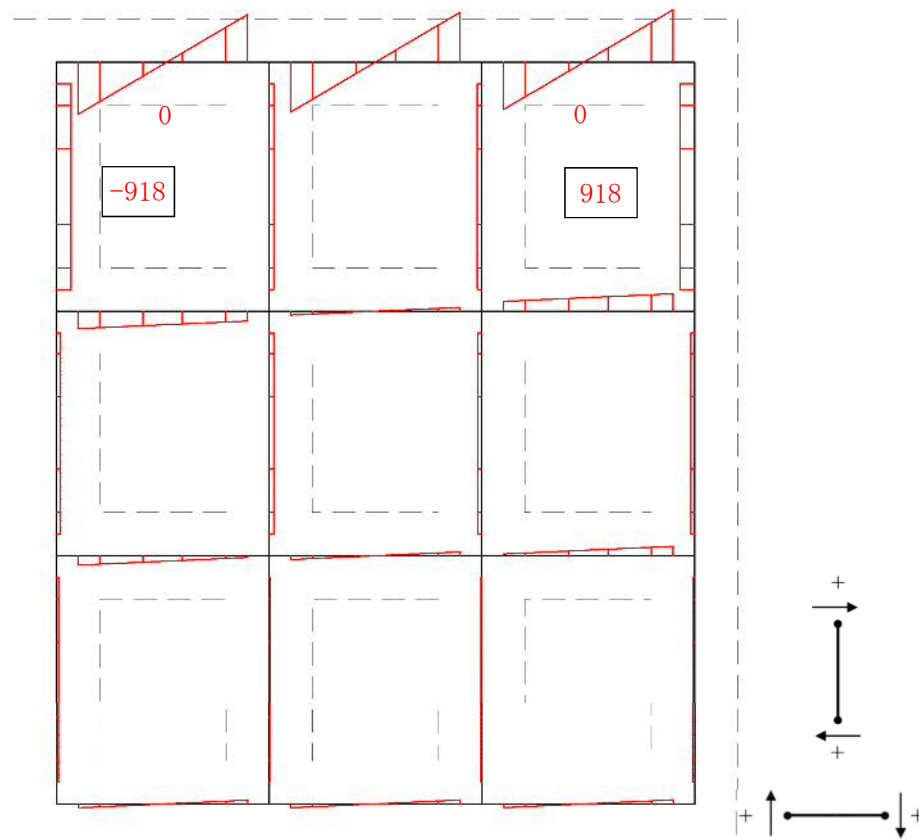


図 5.2-15 (17) 断面力図 (重畳時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね 4, 鉛直上向き)



せん断力 (kN)

図 5. 2—15 (18) 断面力図 (重畳時 : 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね 4, 鉛直上向き)

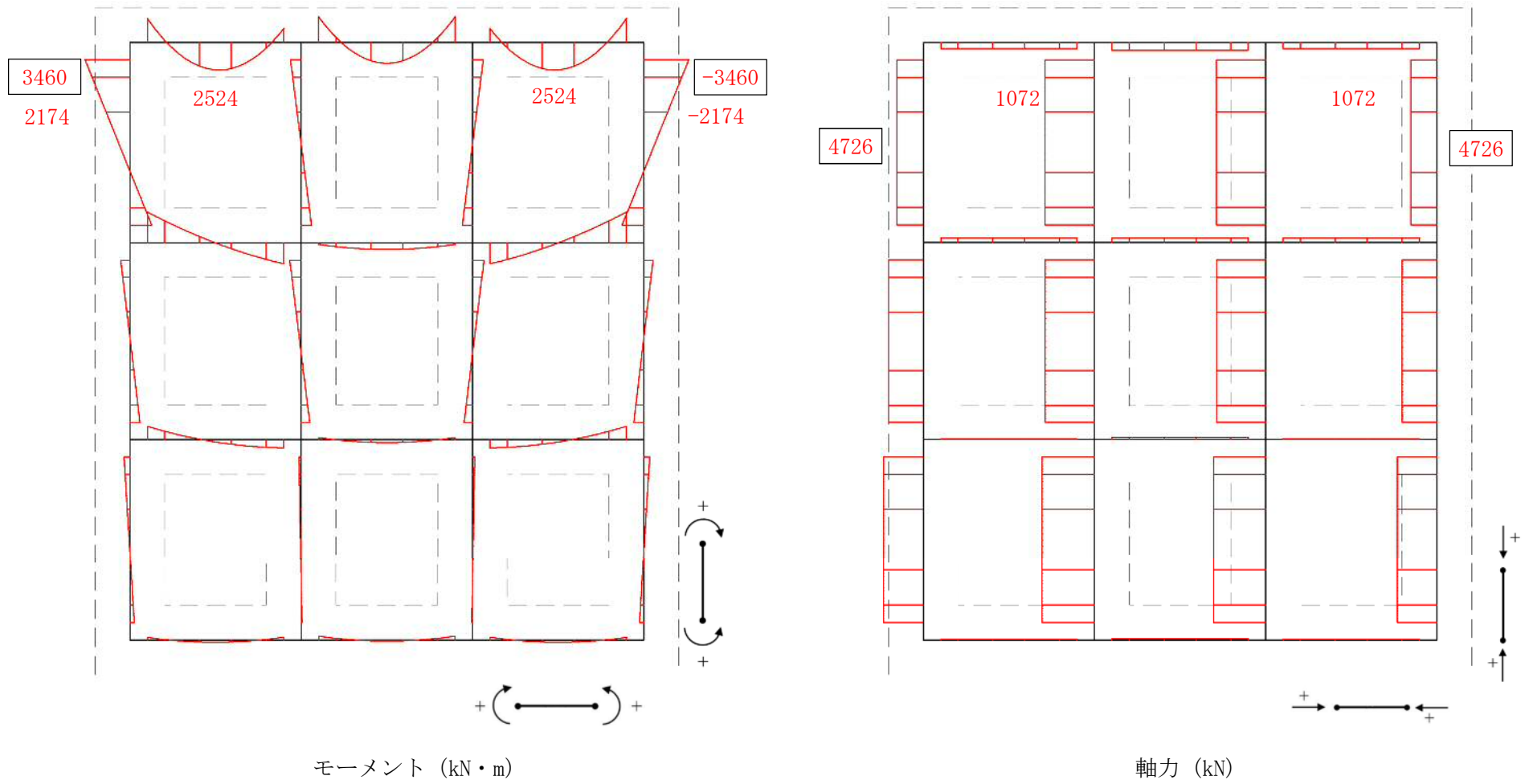
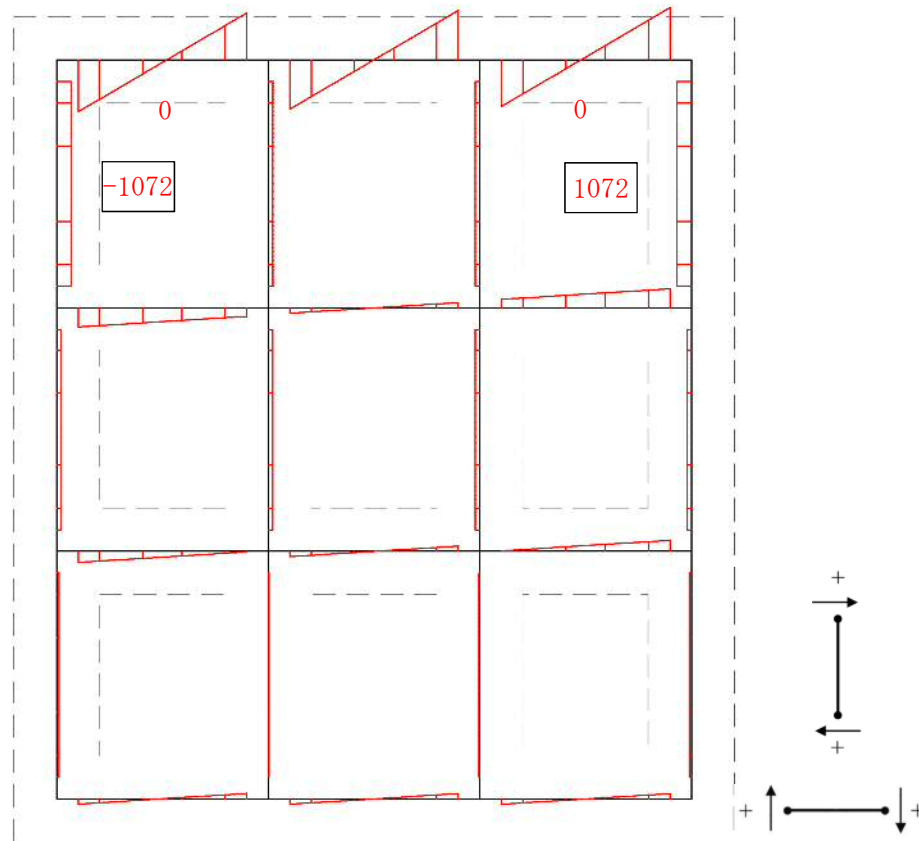


図 5.2-15 (19) 断面力図 (重畳時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね4，鉛直下向き)



せん断力 (kN)

図 5.2-15 (20) 断面力図 (重畳時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね4，鉛直下向き)

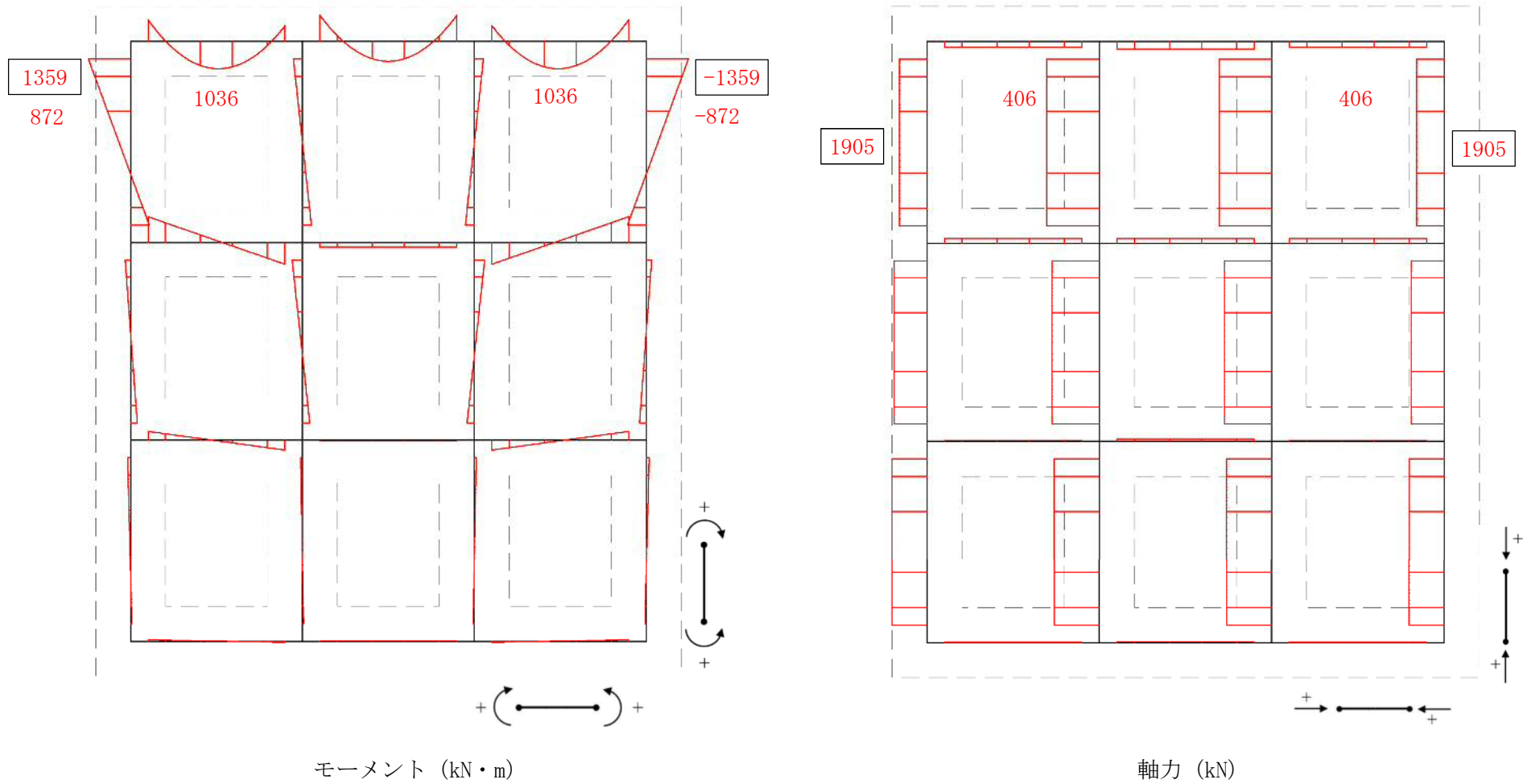
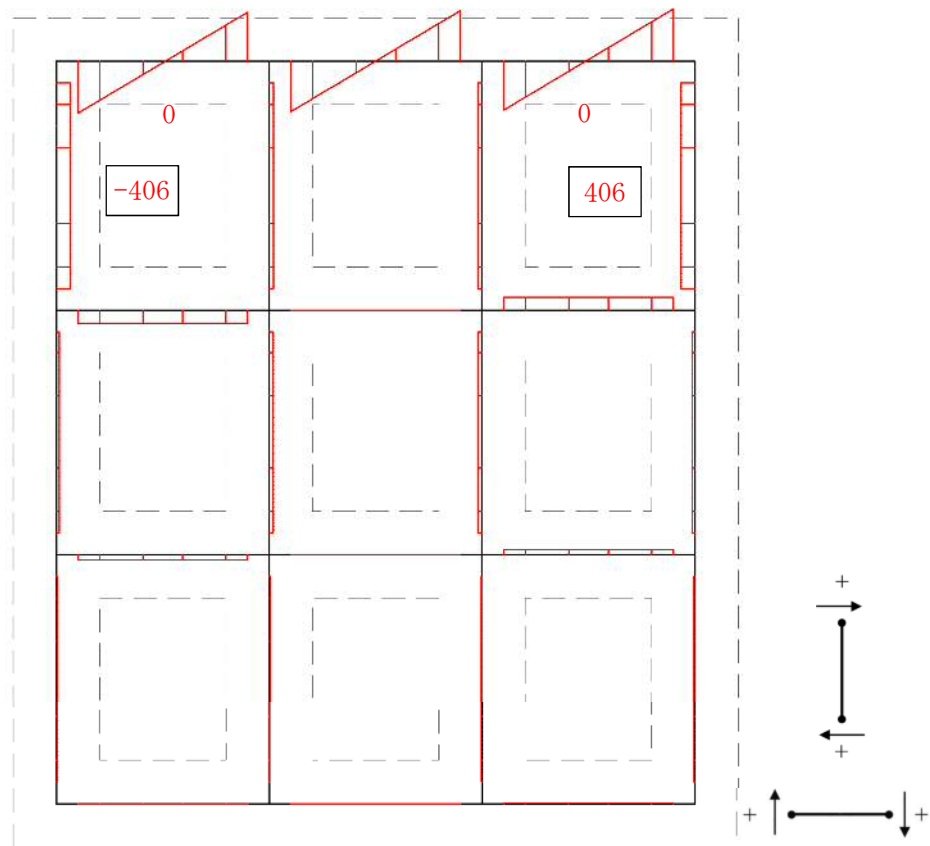


図 5.2-15 (21) 断面力図 (重畳時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね 5，鉛直上向き)



せん断力 (kN)

図 5.2-15 (22) 断面力図 (重畳時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね 5, 鉛直上向き)

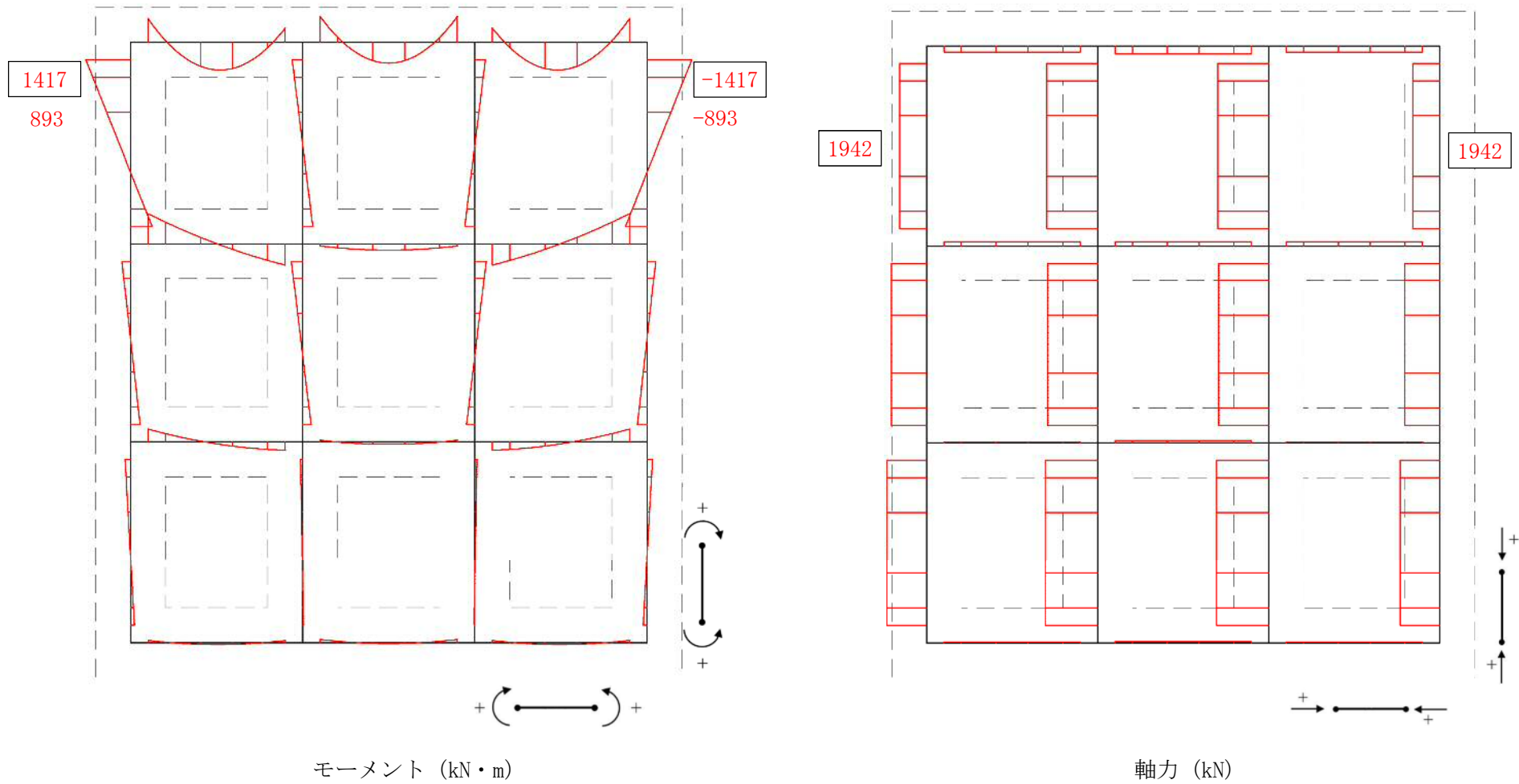
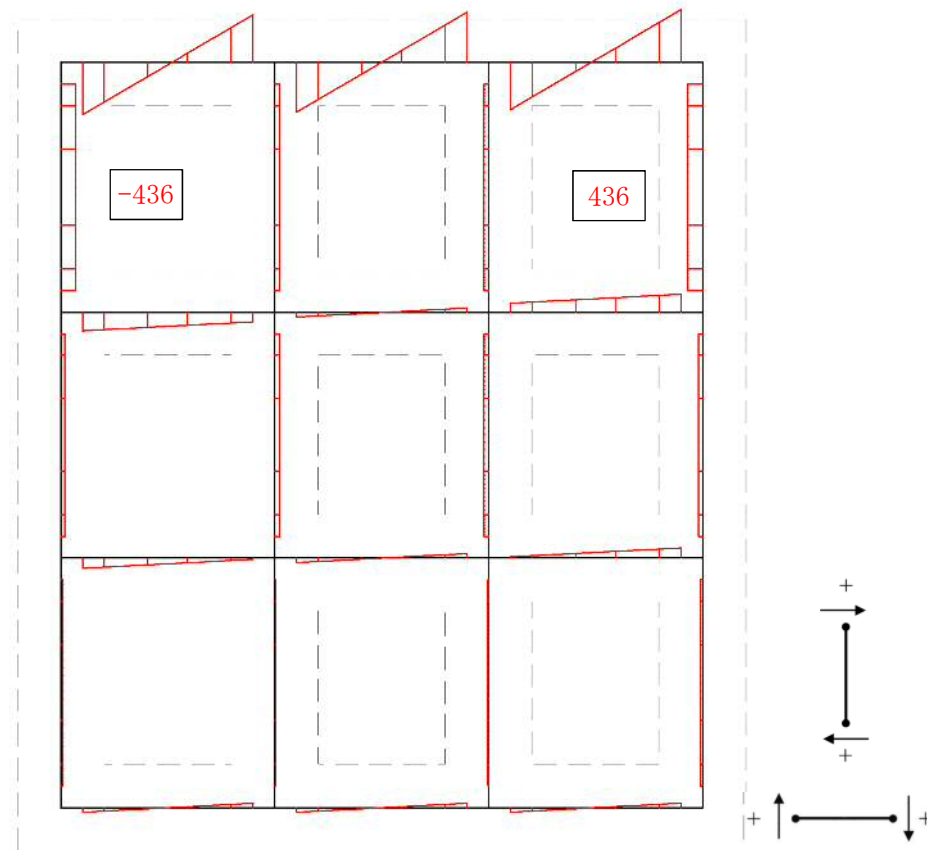


図 5. 2—15 (23) 断面力図 (重畳時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね 5，鉛直下向き)



せん断力 (kN)

図 5.2-15 (24) 断面力図 (重畳時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね5，鉛直下向き)

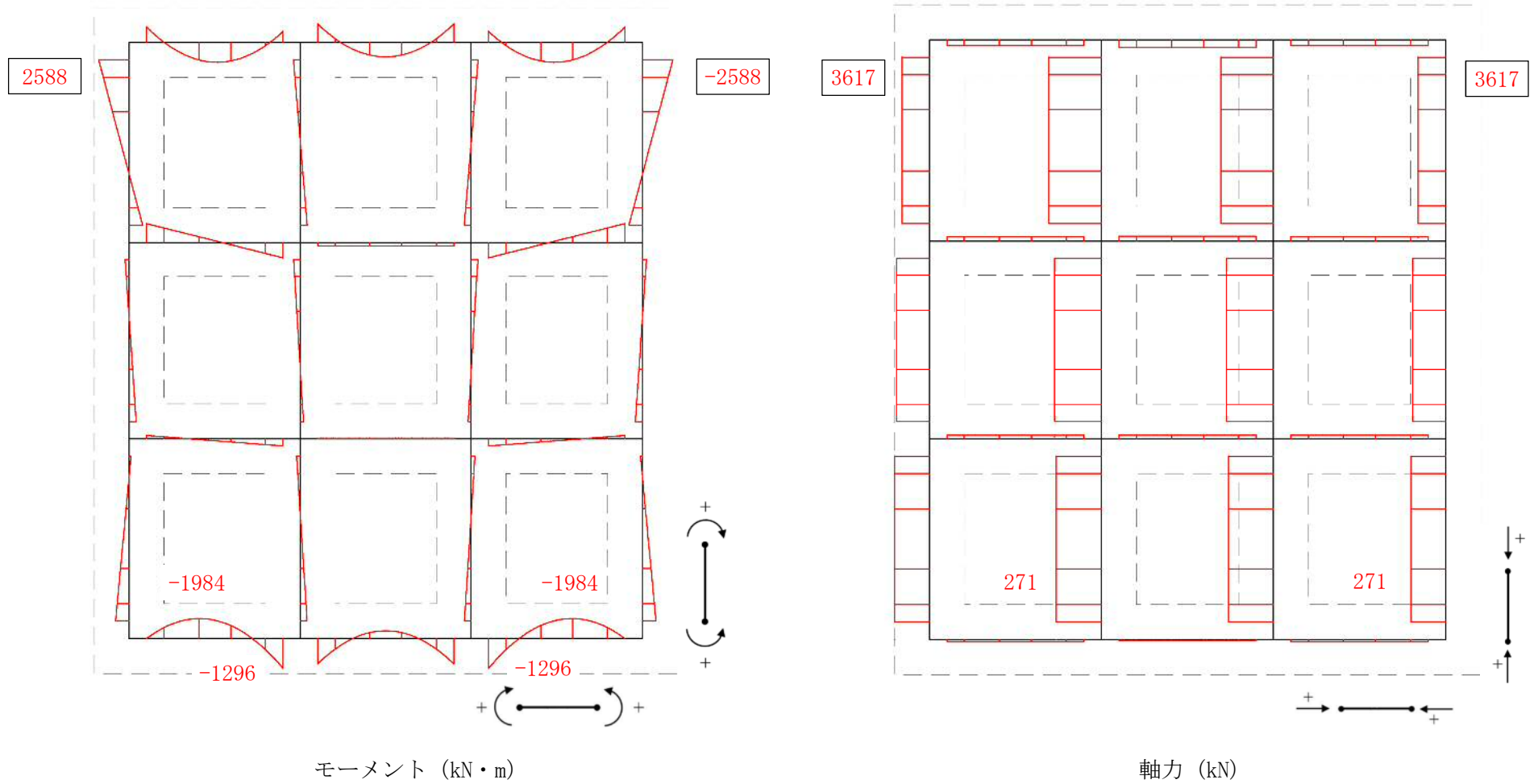


図 5.2-15 (25) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね 4，鉛直下向き，両押し時)

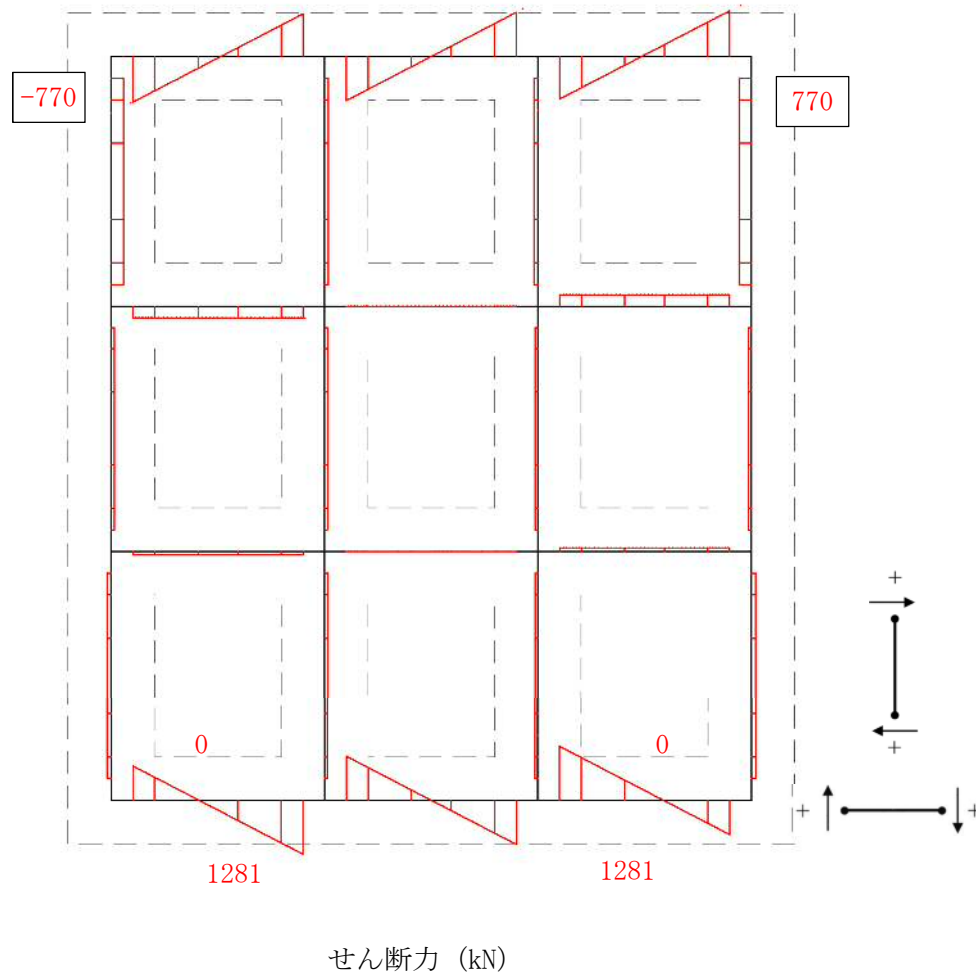


図 5.2-15 (26) 断面力図 (重畳時: 基準津波時, 地盤ばね4, 鉛直下向き, 両押し時)

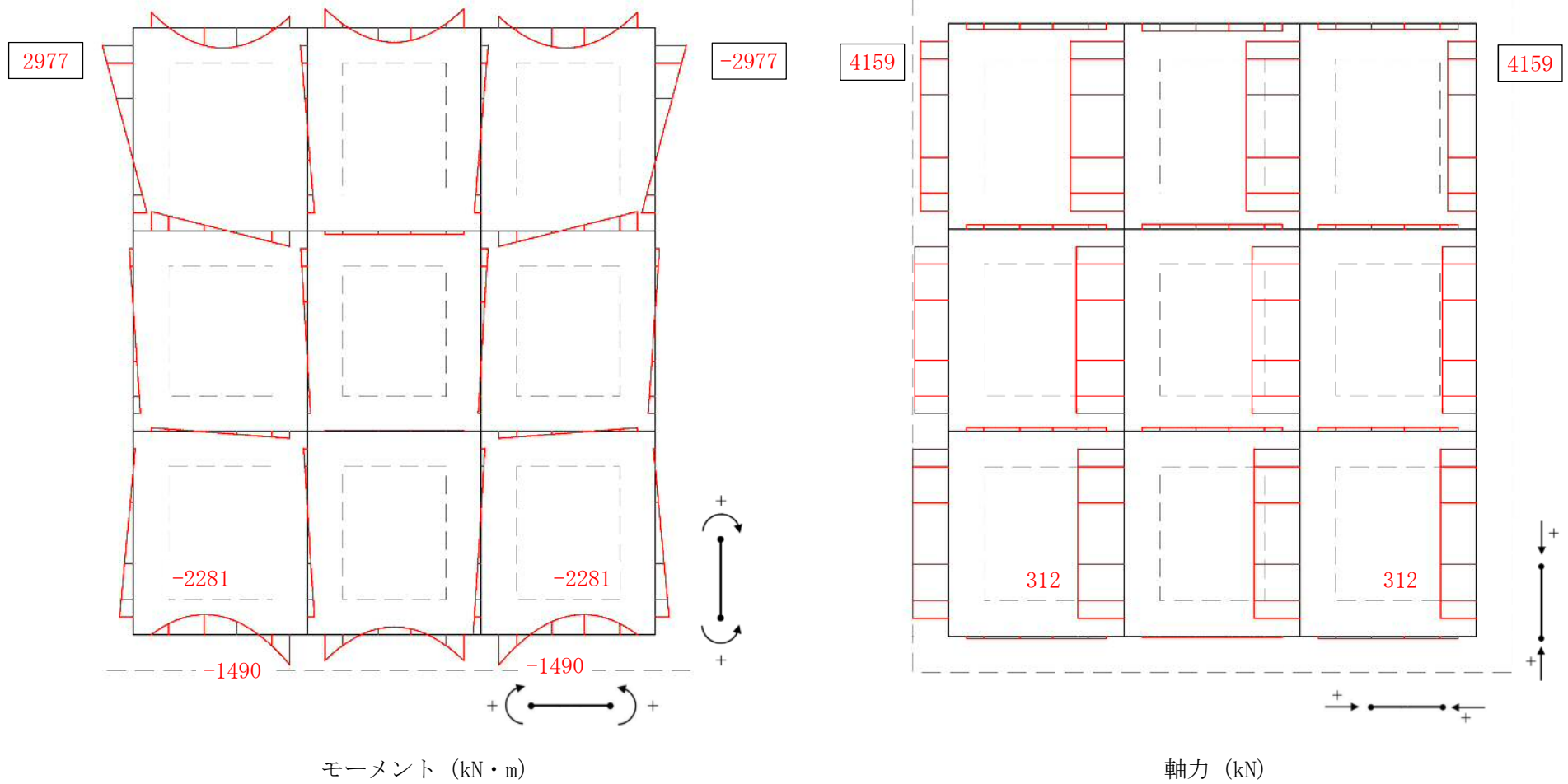


図 5. 2—15 (27) 断面力図 (重畳時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね 4，鉛直下向き，両押し時)

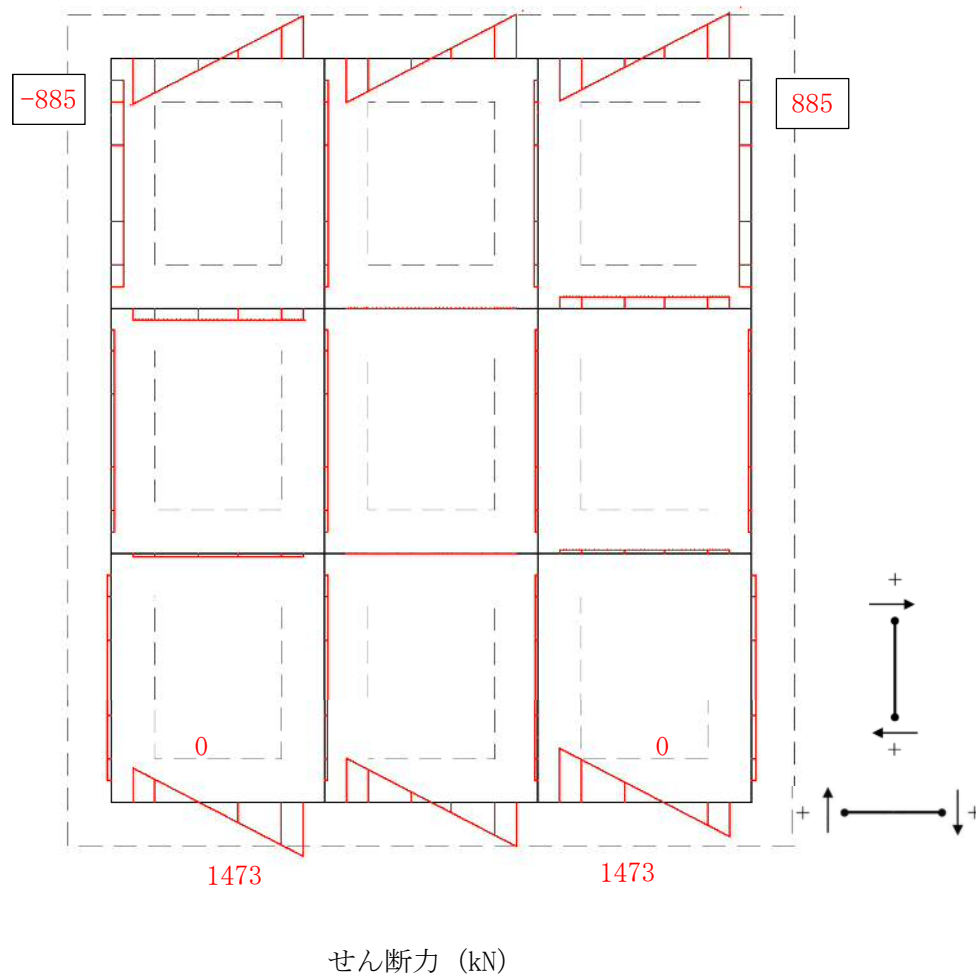


図 5. 2—15 (28) 断面力図 (重畳時 : 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね 4, 鉛直下向き, 両押し時)

(2) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査

重畳時における鉄筋の曲げ軸力に対する評価結果を表 5.2-12 に示す。地中連続壁基礎の水平方向の曲げ軸力に対する照査を行った結果、引張応力度が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各地盤ケースにおいて最大となる値を示している。

また、照査に用いた鉄筋を着色した概略配筋図を図 5.1-16 に示す。

表 5.2-12 (1) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果 (重畳時：基準津波時)

検討ケース		評価位置	発生断面力		引張応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
地盤ばね	慣性力		曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)			
地盤ばね 3	鉛直上向き	2, 8	480	188	13.20	348.0	0.04
	鉛直下向き	2, 8	455	178	12.50	348.0	0.04
地盤ばね 4	鉛直上向き	2, 8	1,881	783	50.30	348.0	0.15
	鉛直下向き	2, 8	2199 (1984)	935 (271)	58.10 (71.53)	348.0	0.17 (0.21)
地盤ばね 5	鉛直上向き	2, 8	968	379	26.70	348.0	0.08
	鉛直下向き	2, 8	967	379	26.60	348.0	0.08

表 5.2-12 (2) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果
(重畳時：敷地に遡上する津波時)

検討ケース		評価位置	発生断面力		引張応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
地盤ばね	慣性力		曲げモーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)			
地盤ばね 3	鉛直上向き	2, 8	423	165	11.63	382.8	0.04
	鉛直下向き	2, 8	496	213	13.06	382.8	0.04
地盤ばね 4	鉛直上向き	2, 8	2210	918	59.13	382.8	0.16
	鉛直下向き	2, 8	2524 (2281)	1072 (312)	66.78 (82.26)	382.8	0.18 (0.22)
地盤ばね 5	鉛直上向き	2, 8	1036	406	28.51	382.8	0.08
	鉛直下向き	2, 8	1047	410	28.82	382.8	0.08

注記 : () 内の値は、両押し時の照査結果

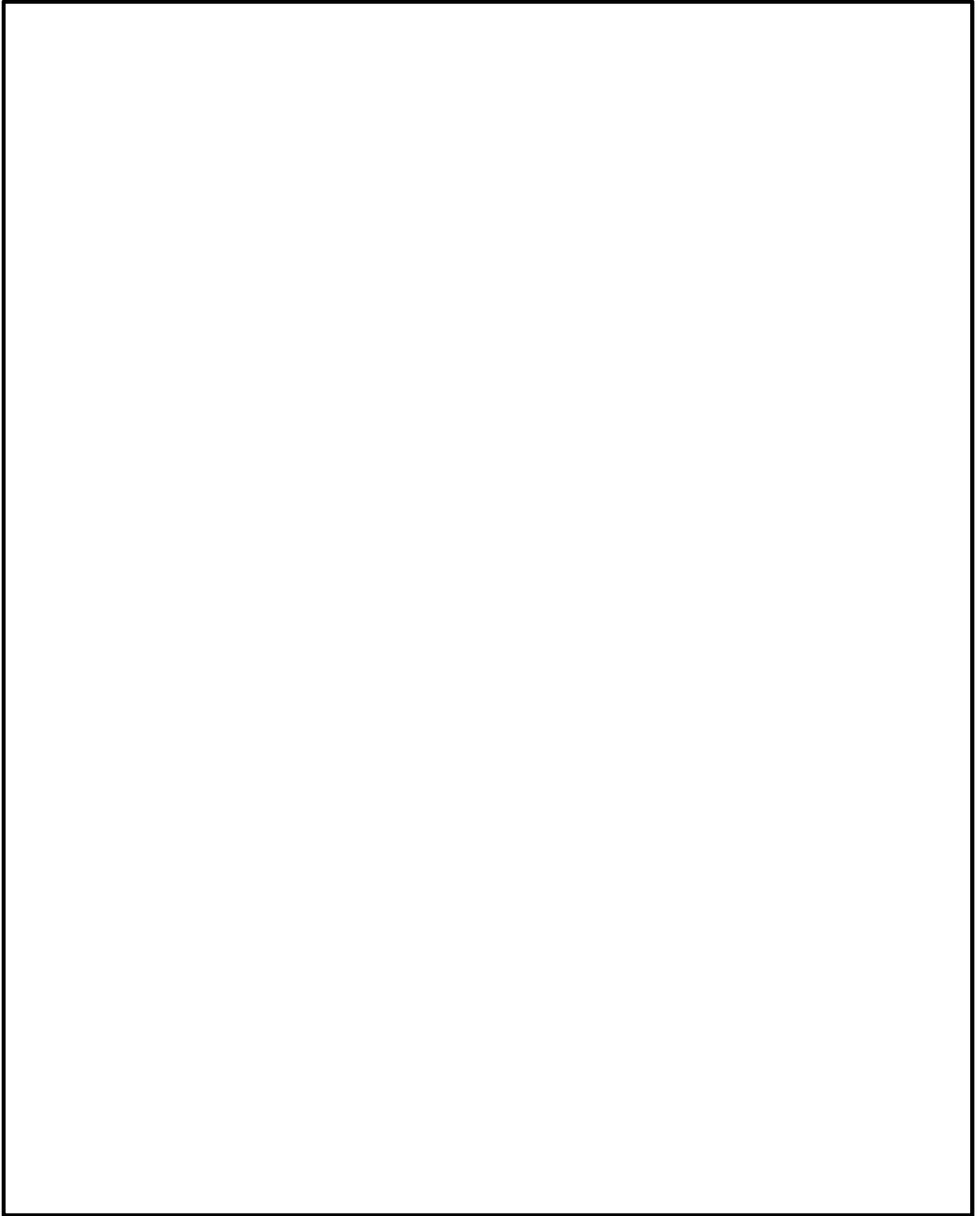


图 5.1-16 (1) 概略配筋图 (防潮壁)

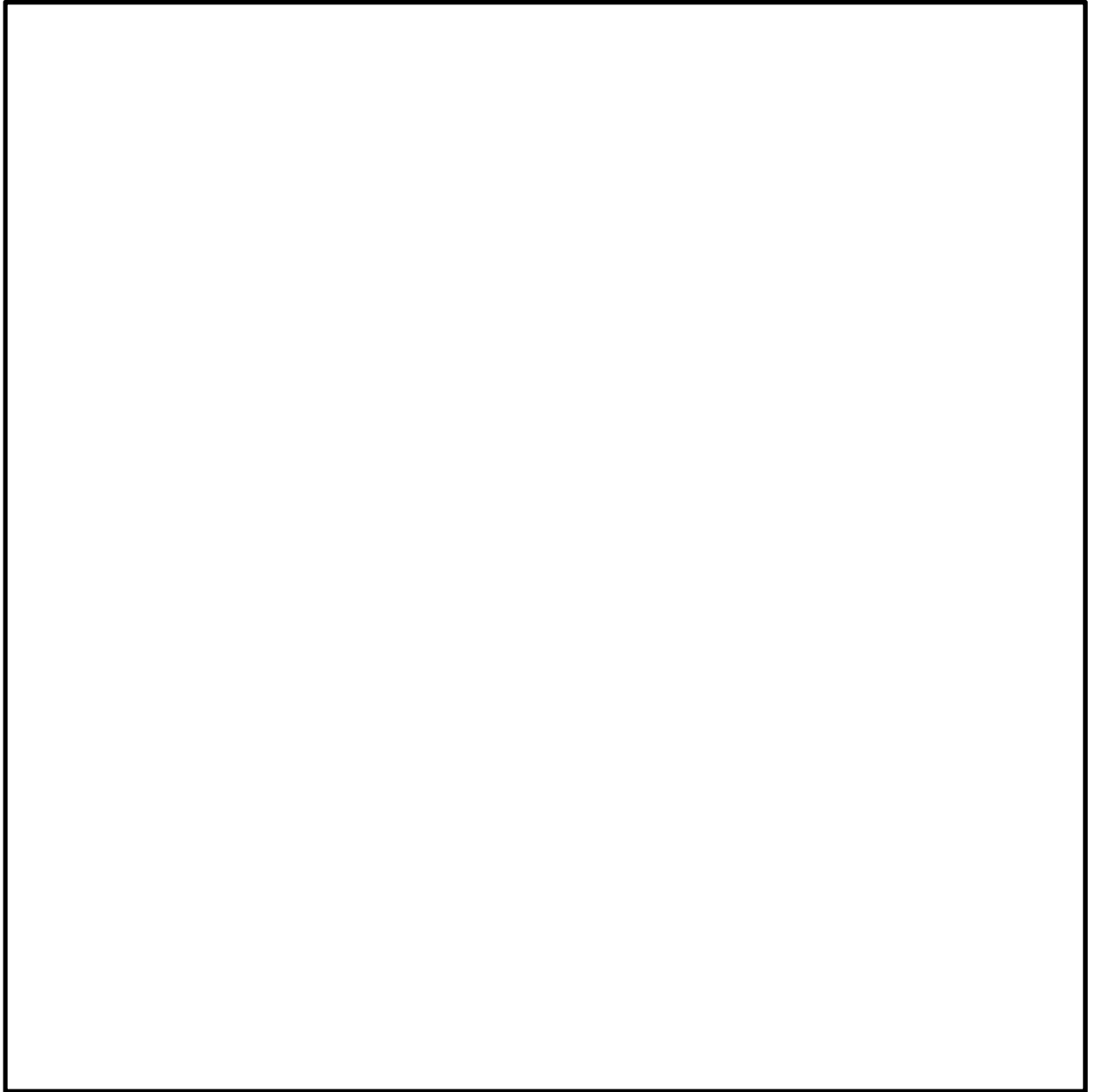


図 5.1-16 (2) 概略配筋図 (地中連続壁基礎)

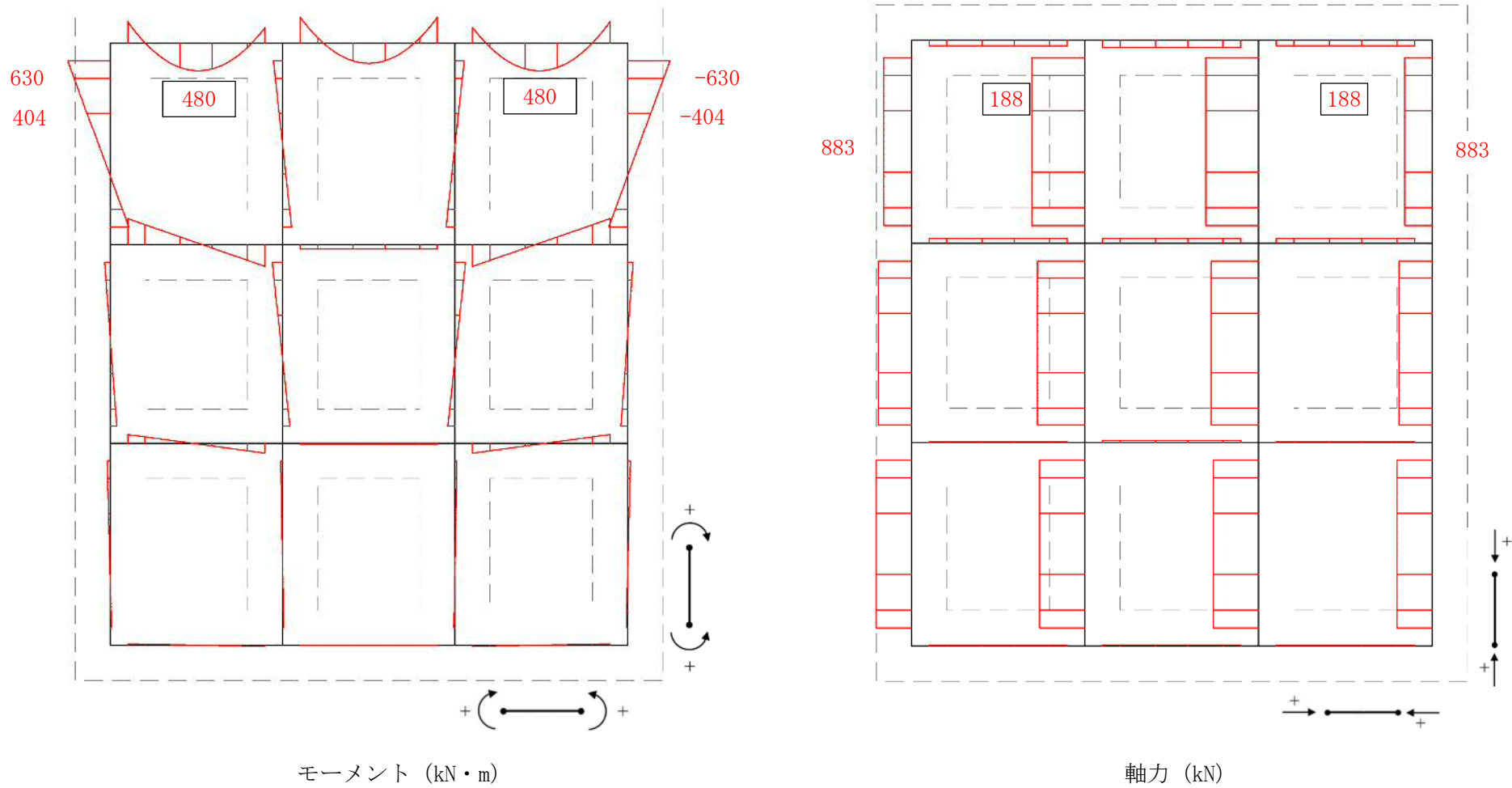
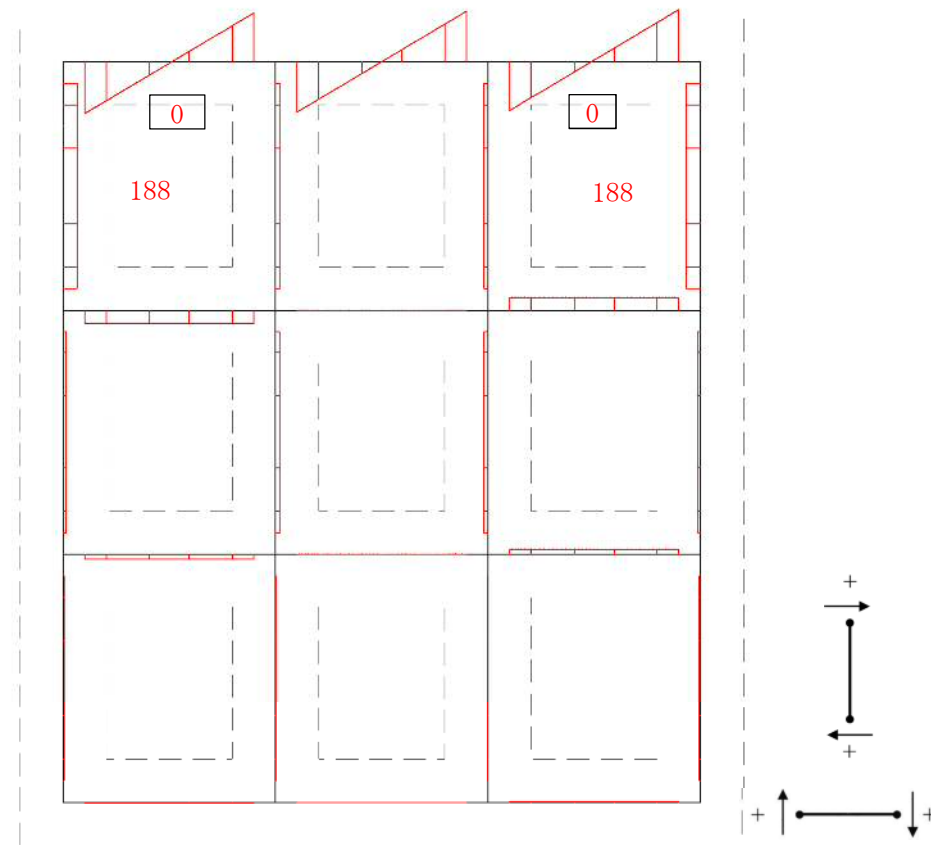
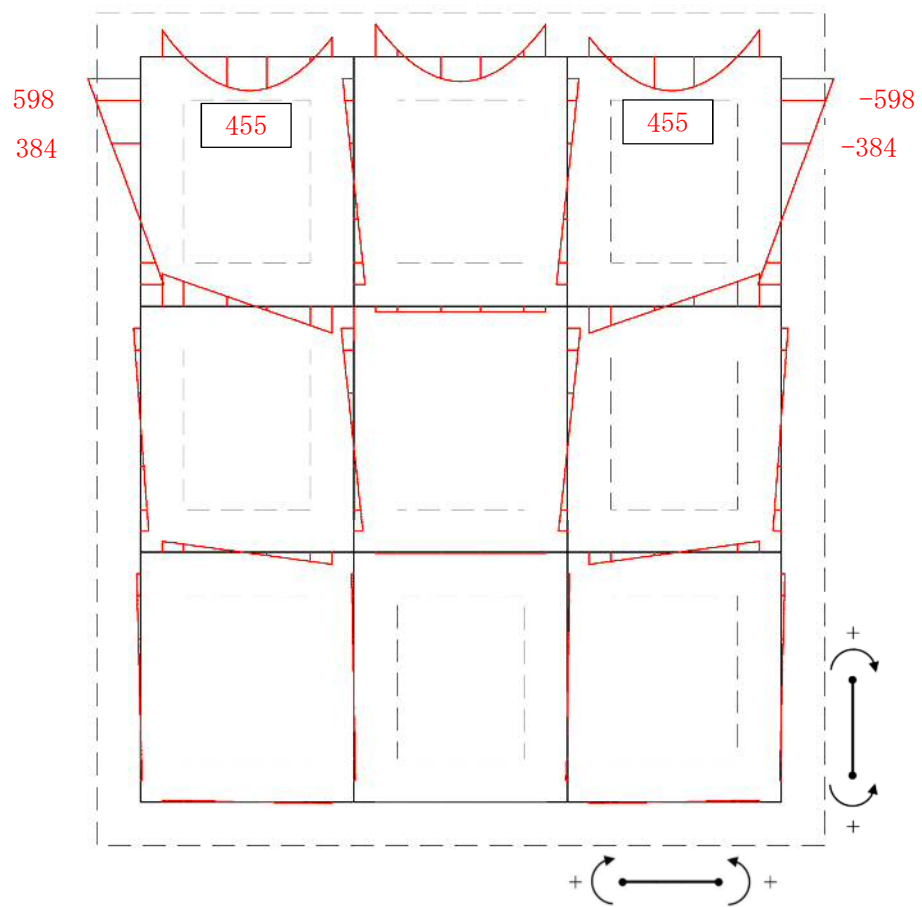


図 5. 2—17 (1) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね 3，鉛直上向き)

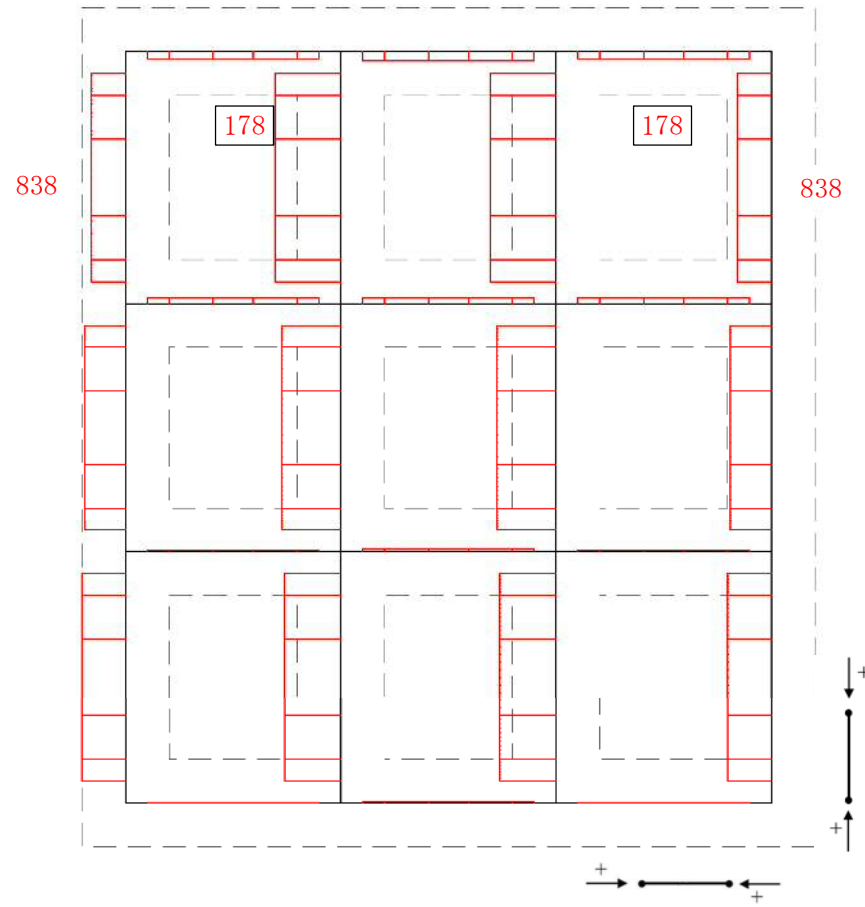


せん断力 (kN)

図 5. 2—17 (2) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね 3，鉛直上向き)

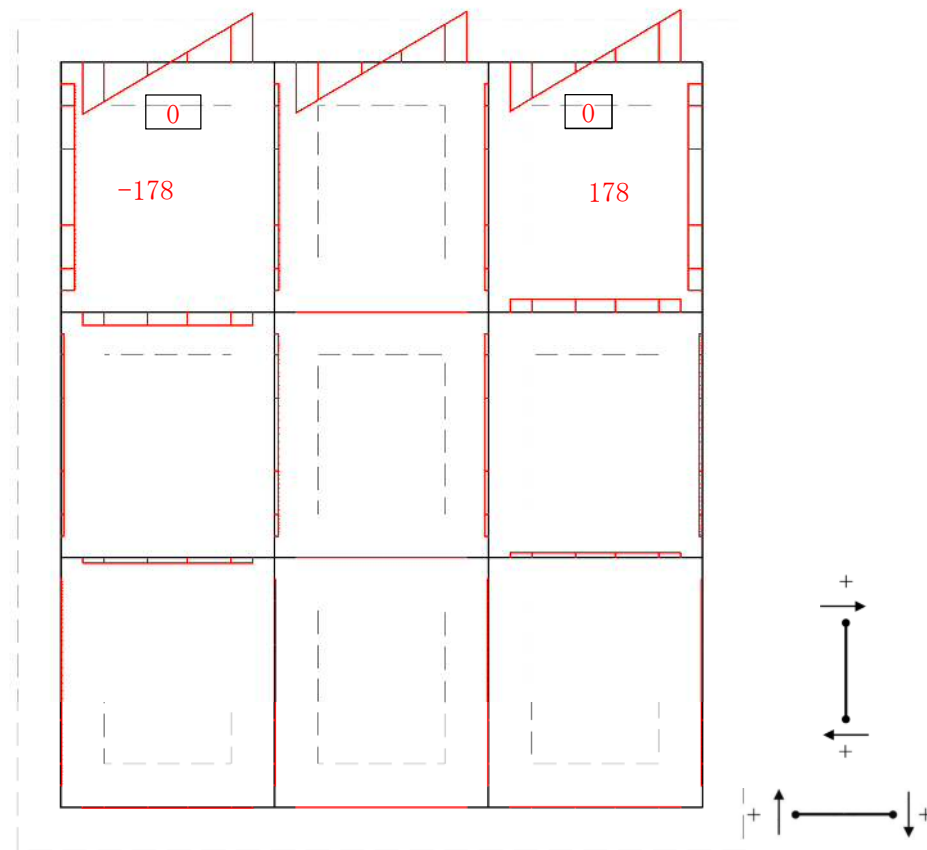


モーメント (kN・m)



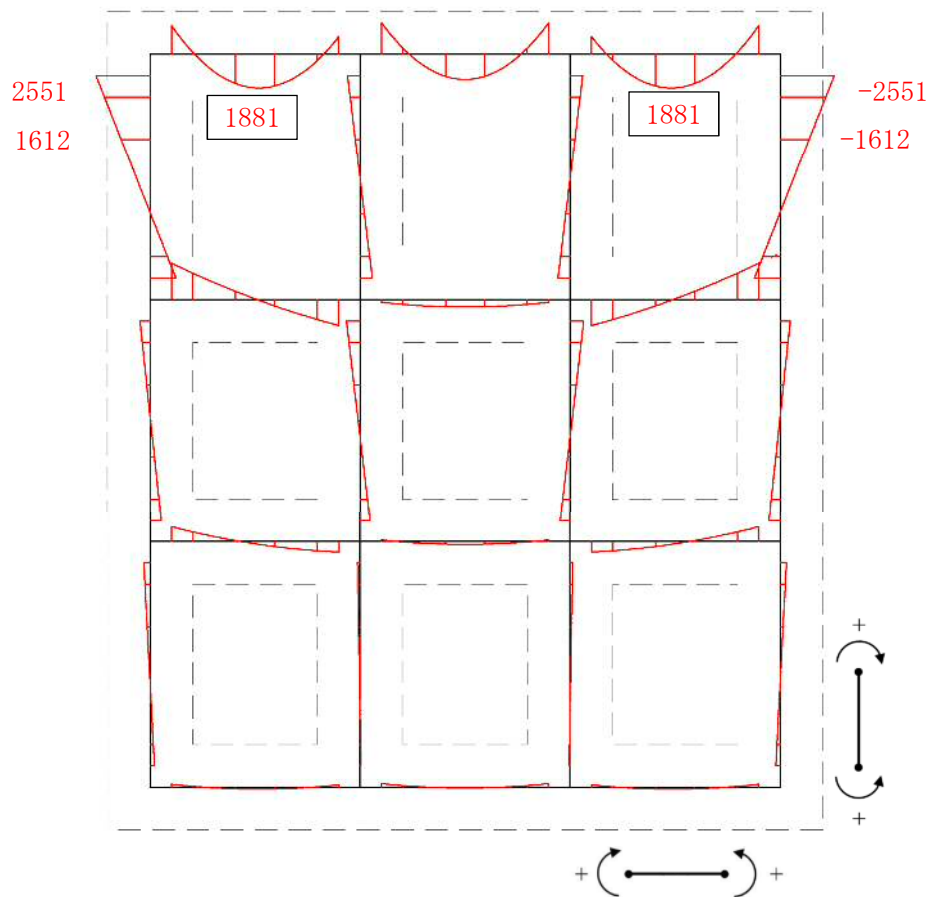
軸力 (kN)

図 5. 2—17 (3) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね 3，鉛直下向き)

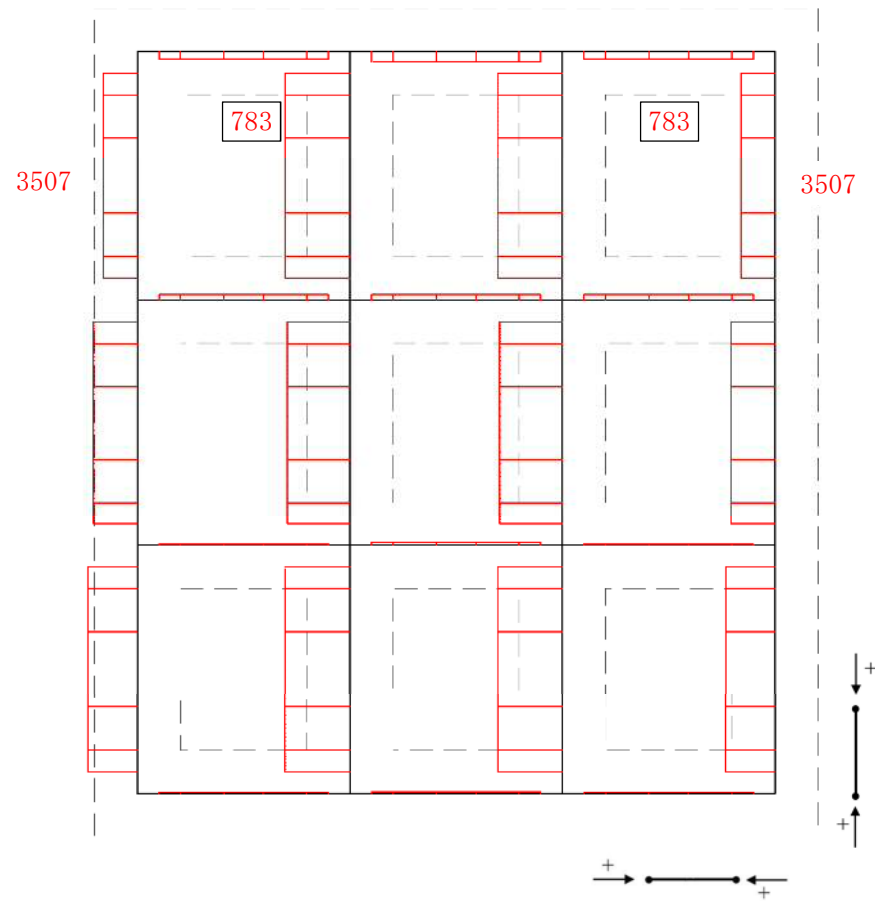


せん断力 (kN)

図 5.2-17 (4) 断面力図 (重畳時: 基準津波時, 地盤ばね 3, 鉛直下向き)

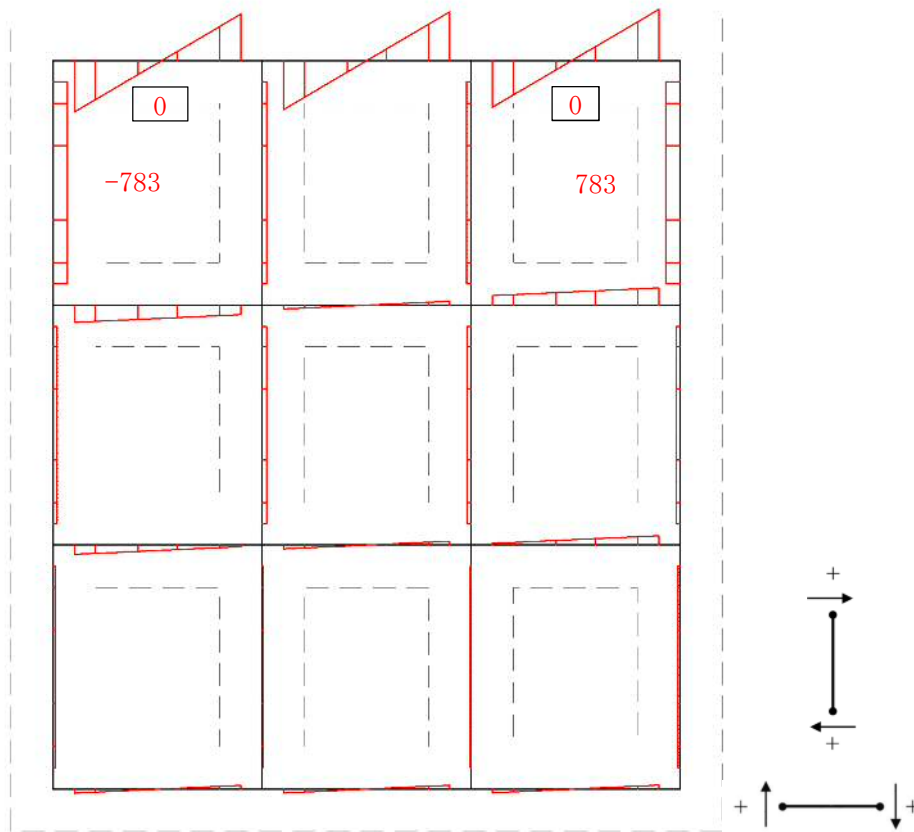


モーメント (kN・m)



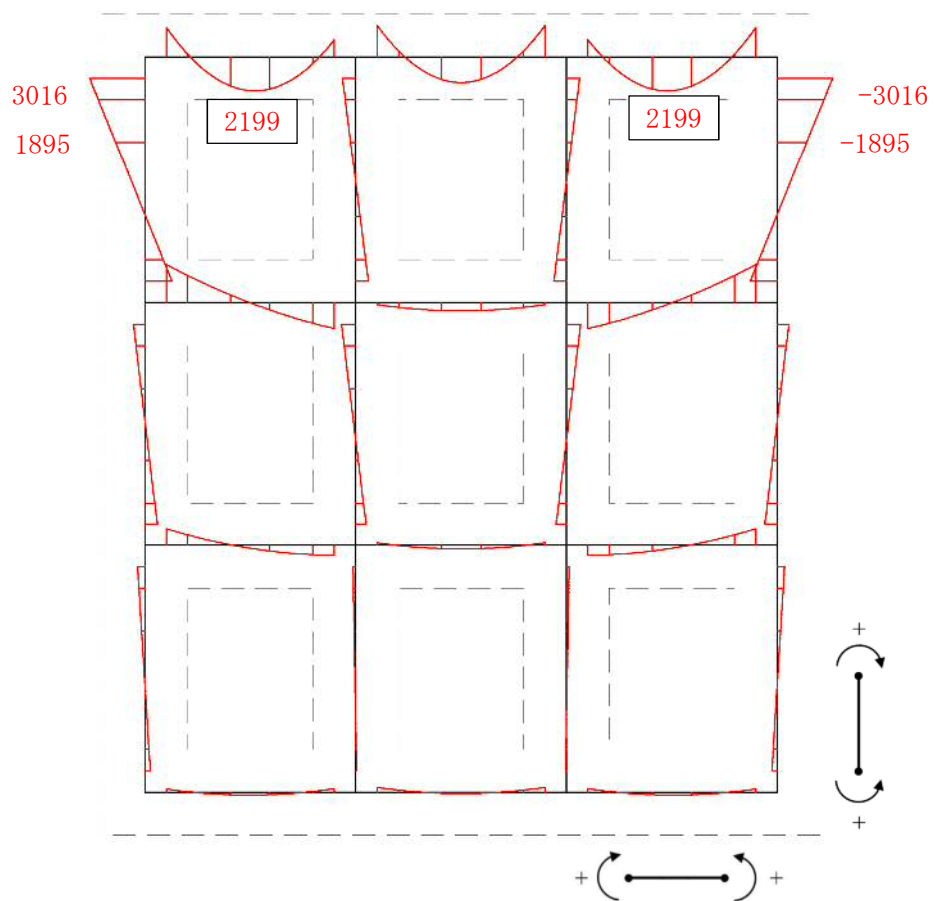
軸力 (kN)

図 5. 2—17 (5) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね4，鉛直上向き)

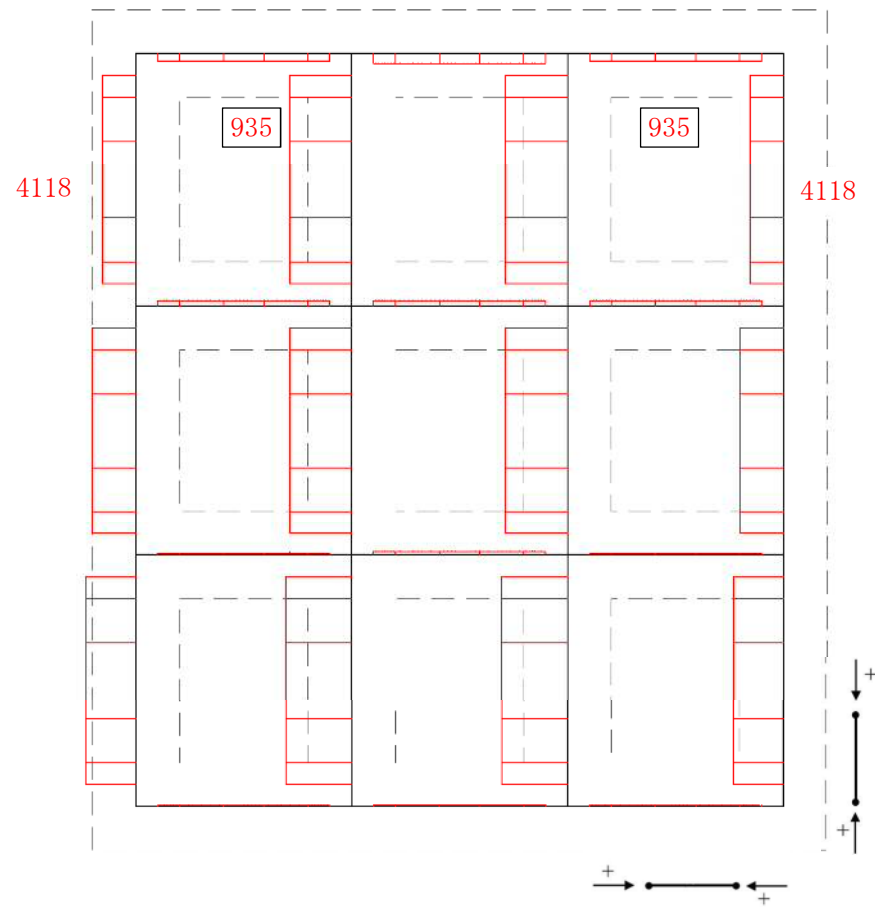


せん断力 (kN)

図 5.2-17 (6) 断面力図 (重畳時: 基準津波時, 地盤ばね 4, 鉛直上向き)

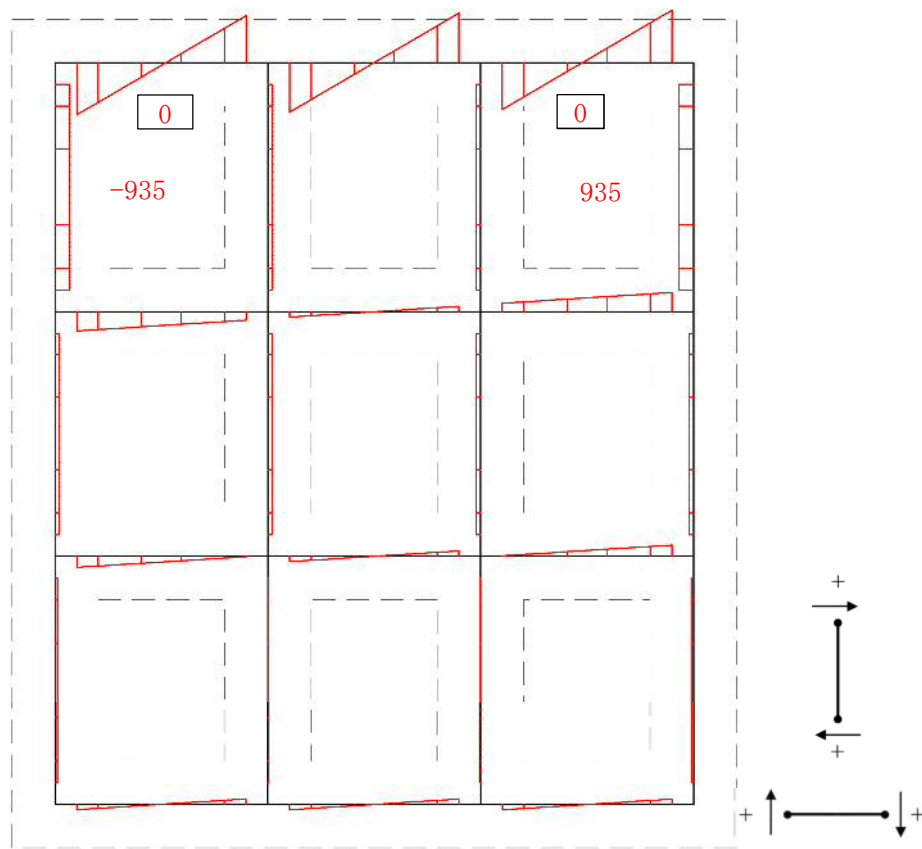


モーメント (kN・m)



軸力 (kN)

図 5. 2—17 (7) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね4，鉛直下向き)



せん断力 (kN)

図 5.2-17 (8) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね4，鉛直下向き)

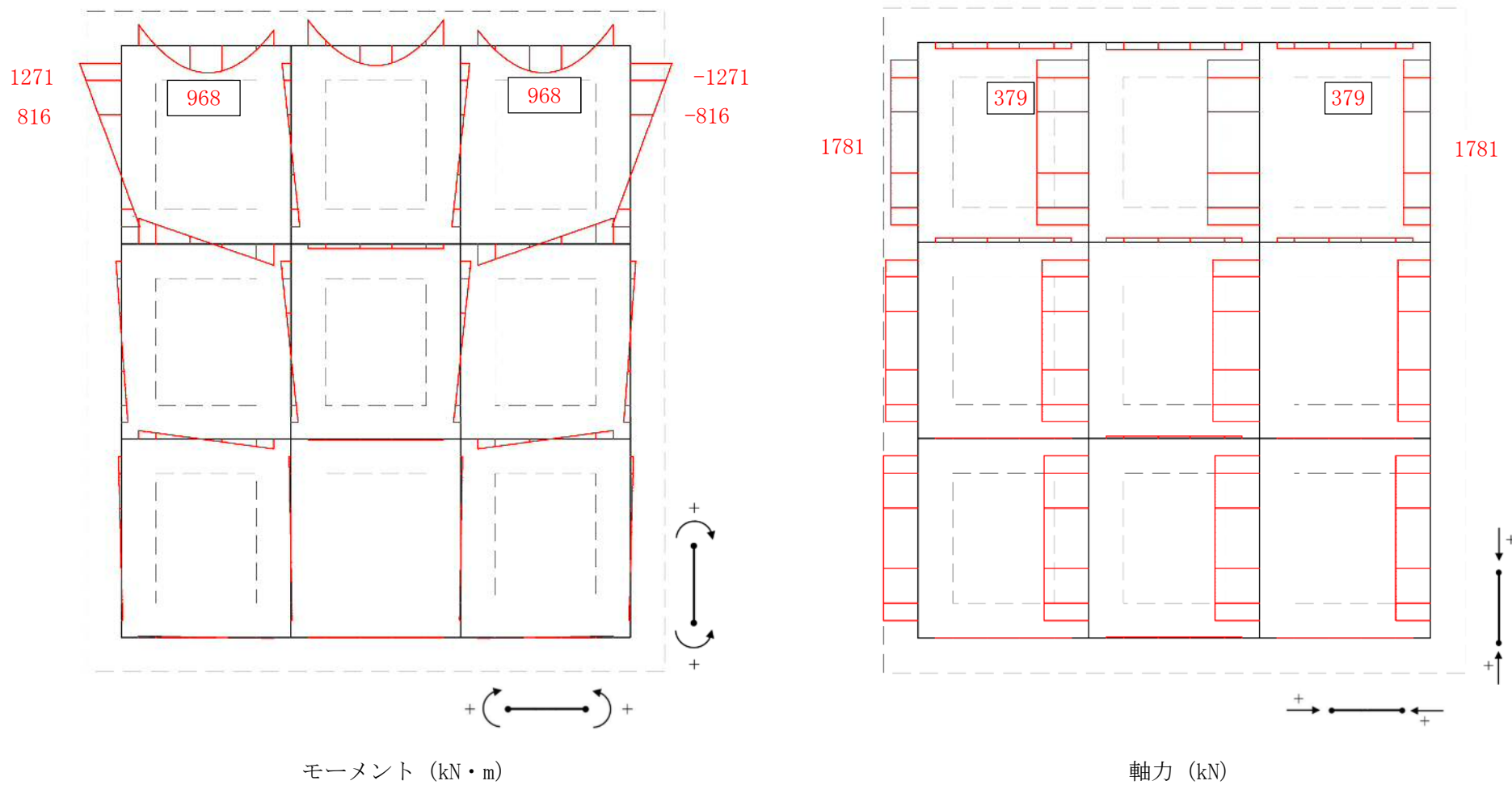
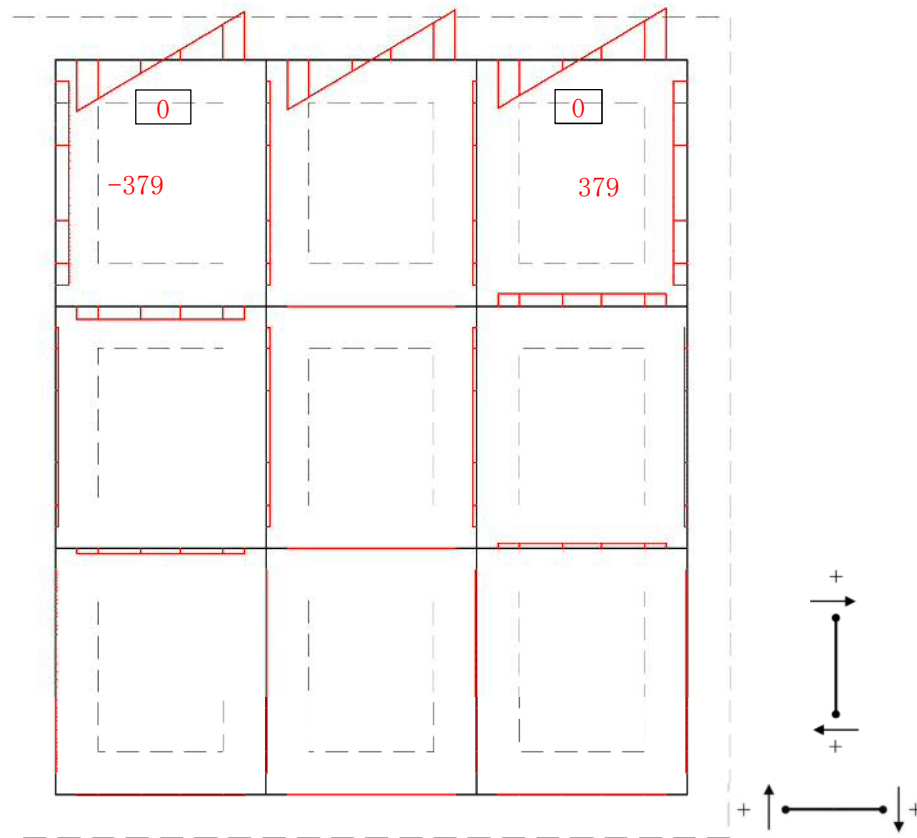


図 5. 2—17 (9) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね 5，鉛直上向き)



せん断力 (kN)

図 5.2-17 (10) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね 5，鉛直上向き)

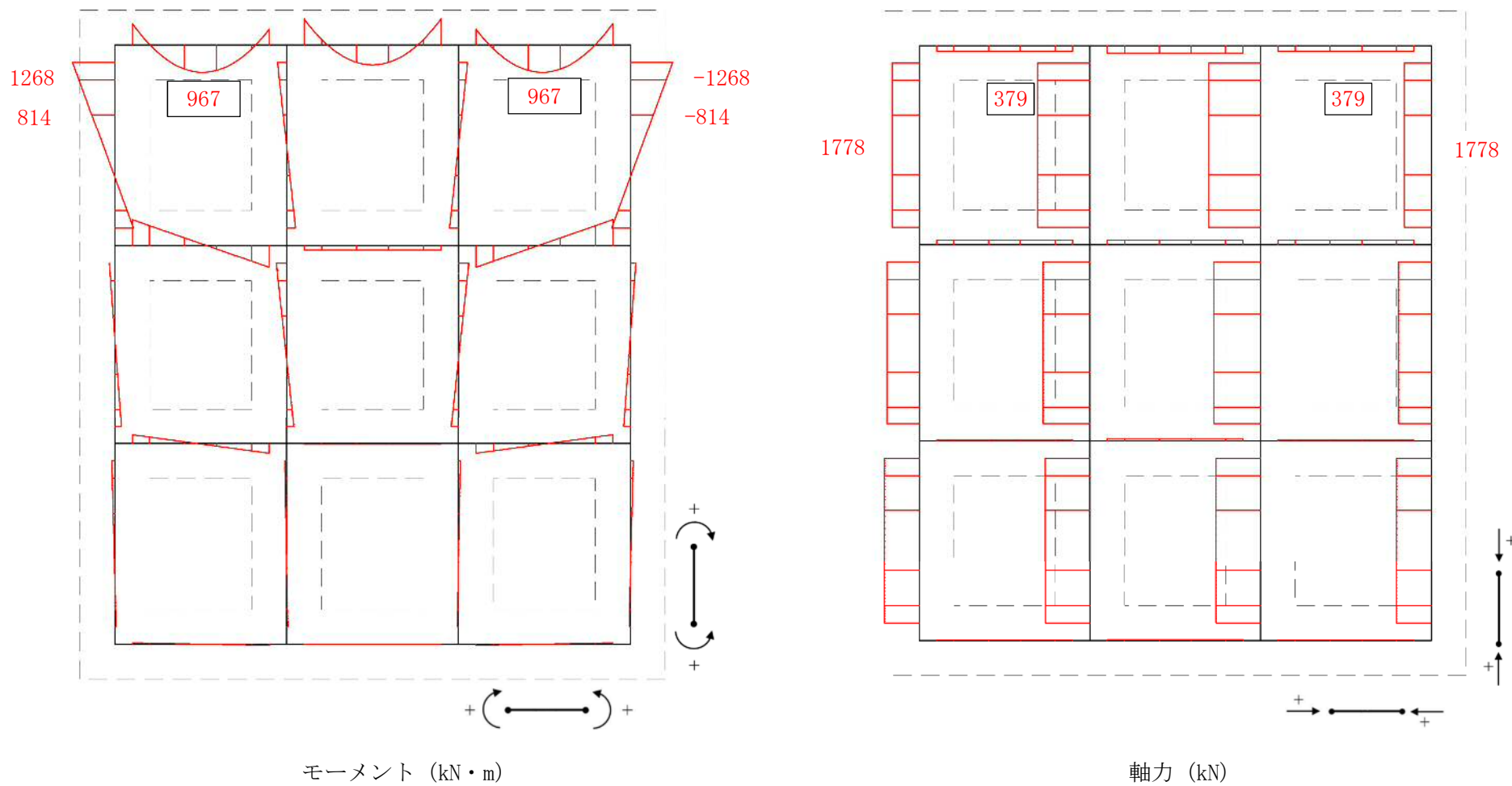
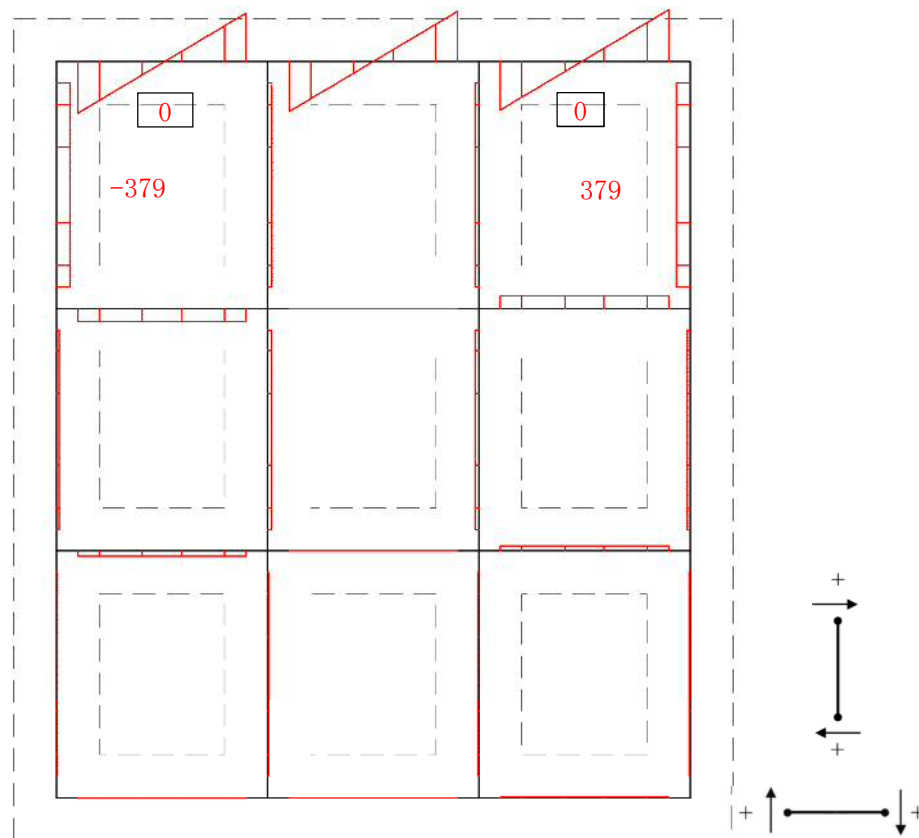
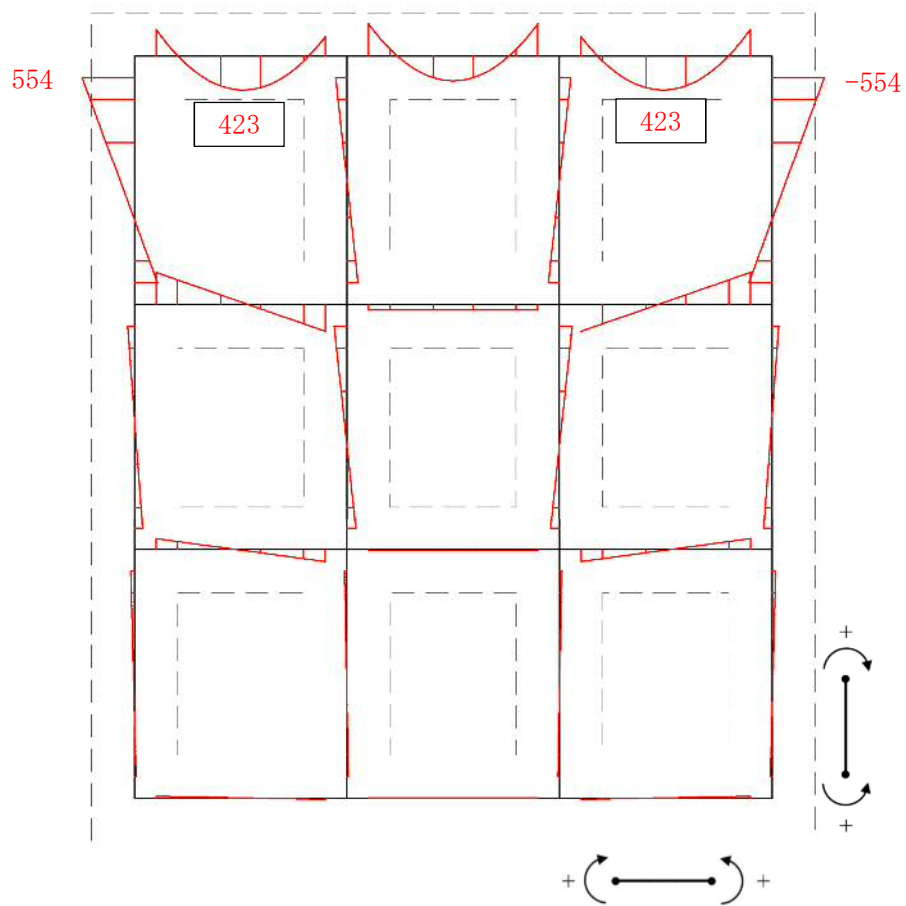


図 5.2-17 (11) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね 5，鉛直下向き)

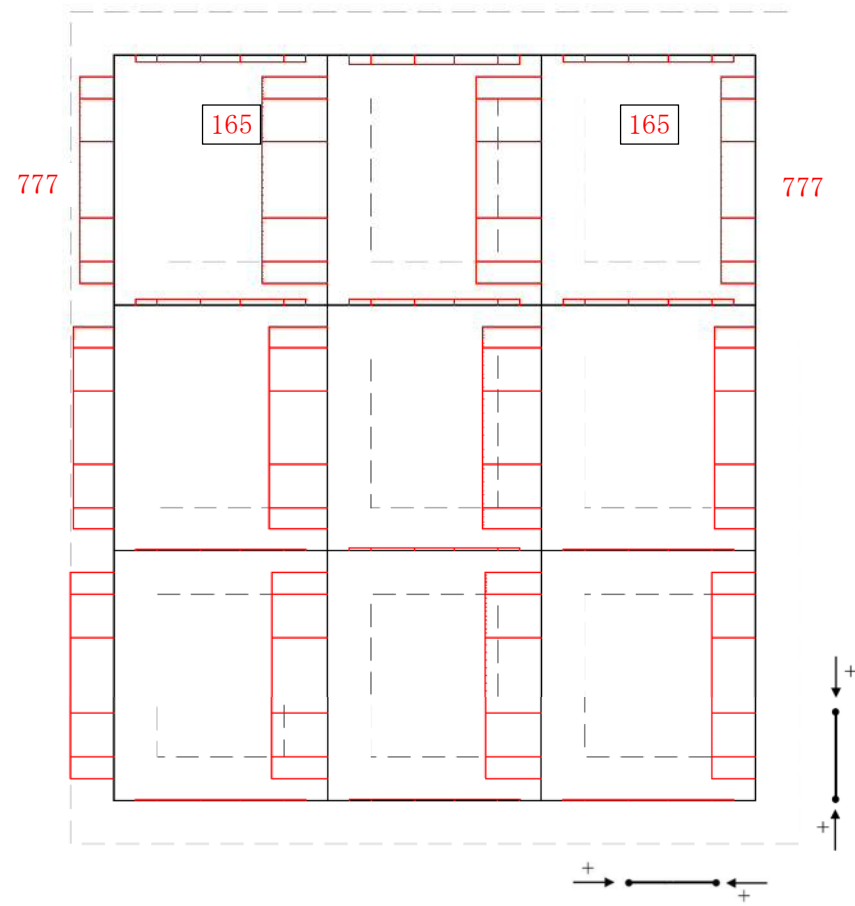


せん断力 (kN)

図 5.2-17 (12) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね 5，鉛直下向き)

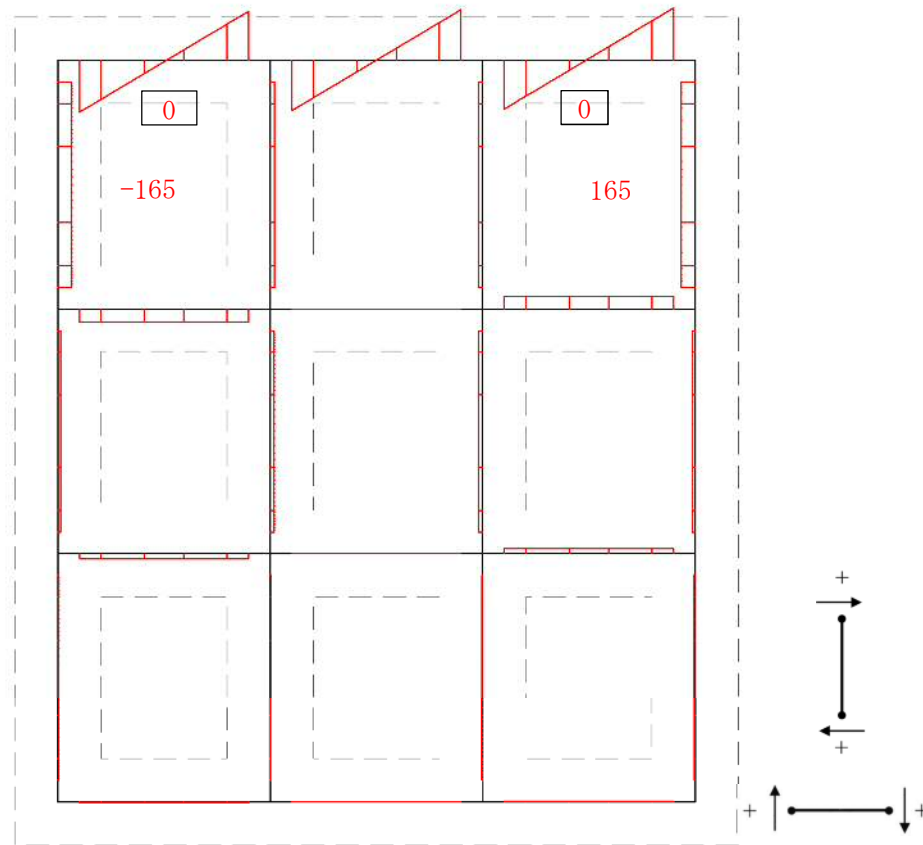


モーメント (kN・m)



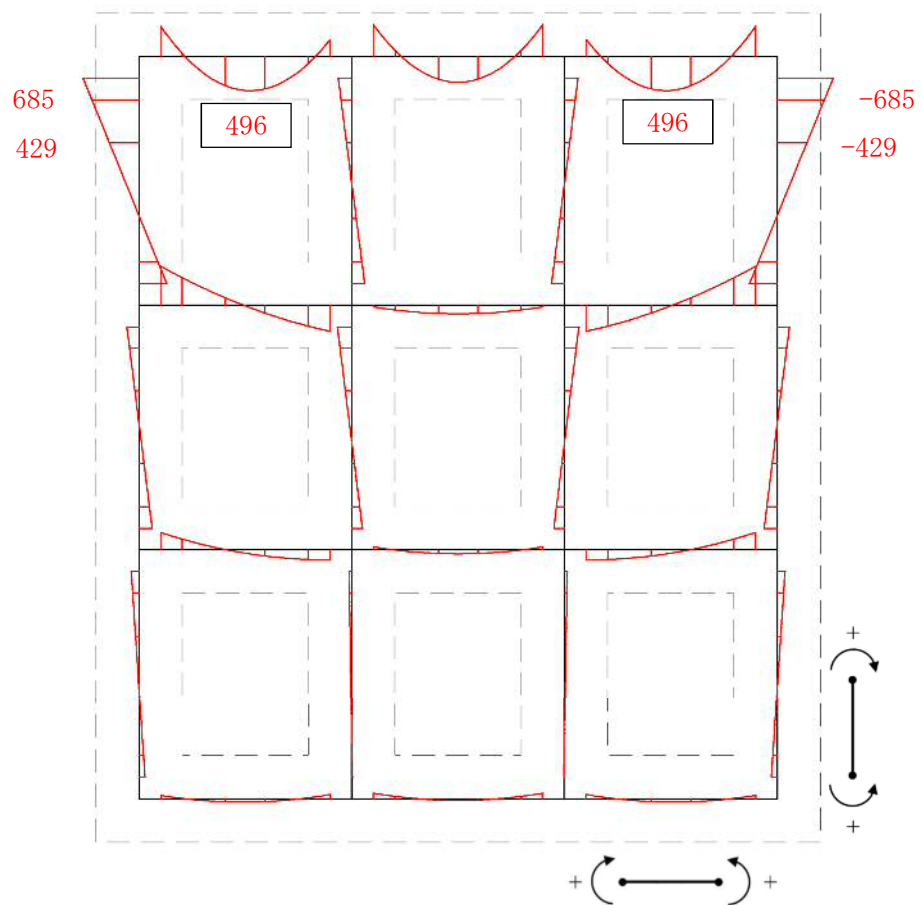
軸力 (kN)

図 5.2-17 (13) 断面力図 (重畳時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね 3，鉛直上向き)

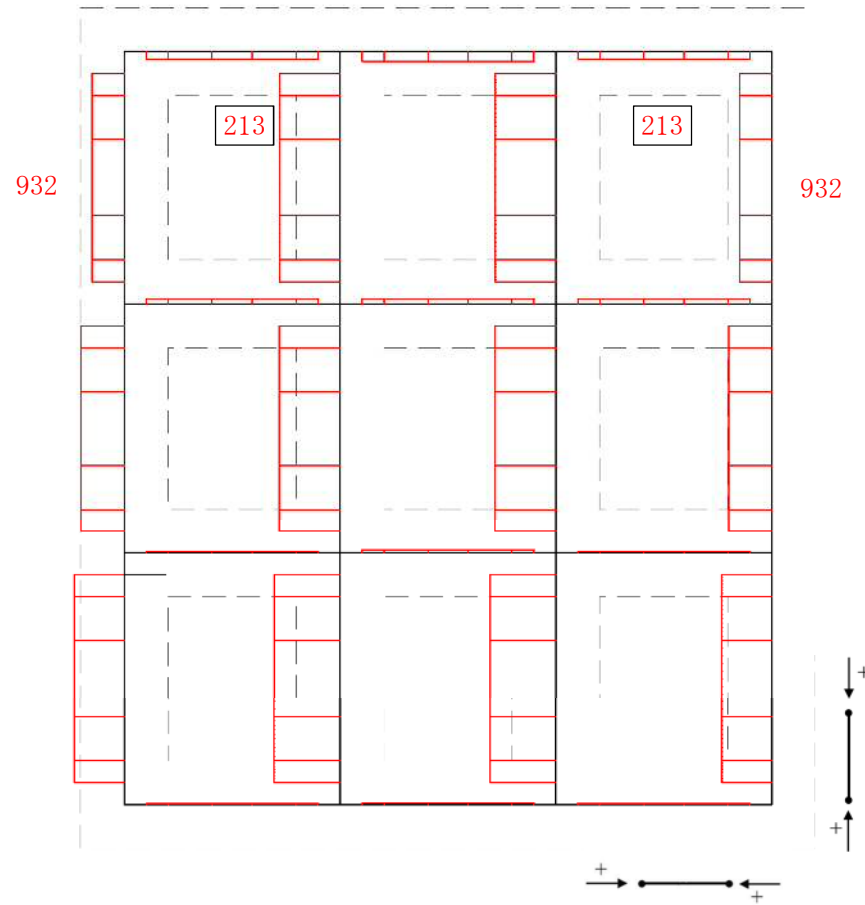


せん断力 (kN)

図 5.2-17 (14) 断面力図 (重畳時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね 3，鉛直上向き)

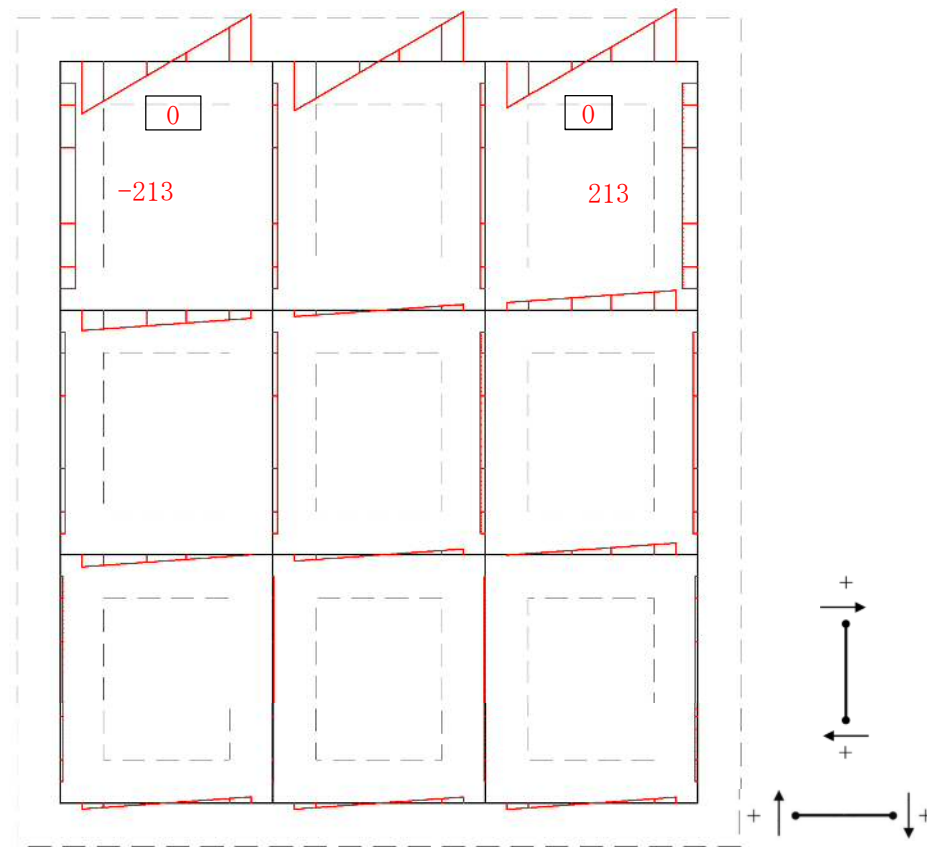


モーメント (kN・m)



軸力 (kN)

図 5. 2—17 (15) 断面力図 (重畳時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね 3，鉛直下向き)



せん断力 (kN)

図 5. 2—17 (16) 断面力図 (重畳時 : 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね 3, 鉛直下向き)

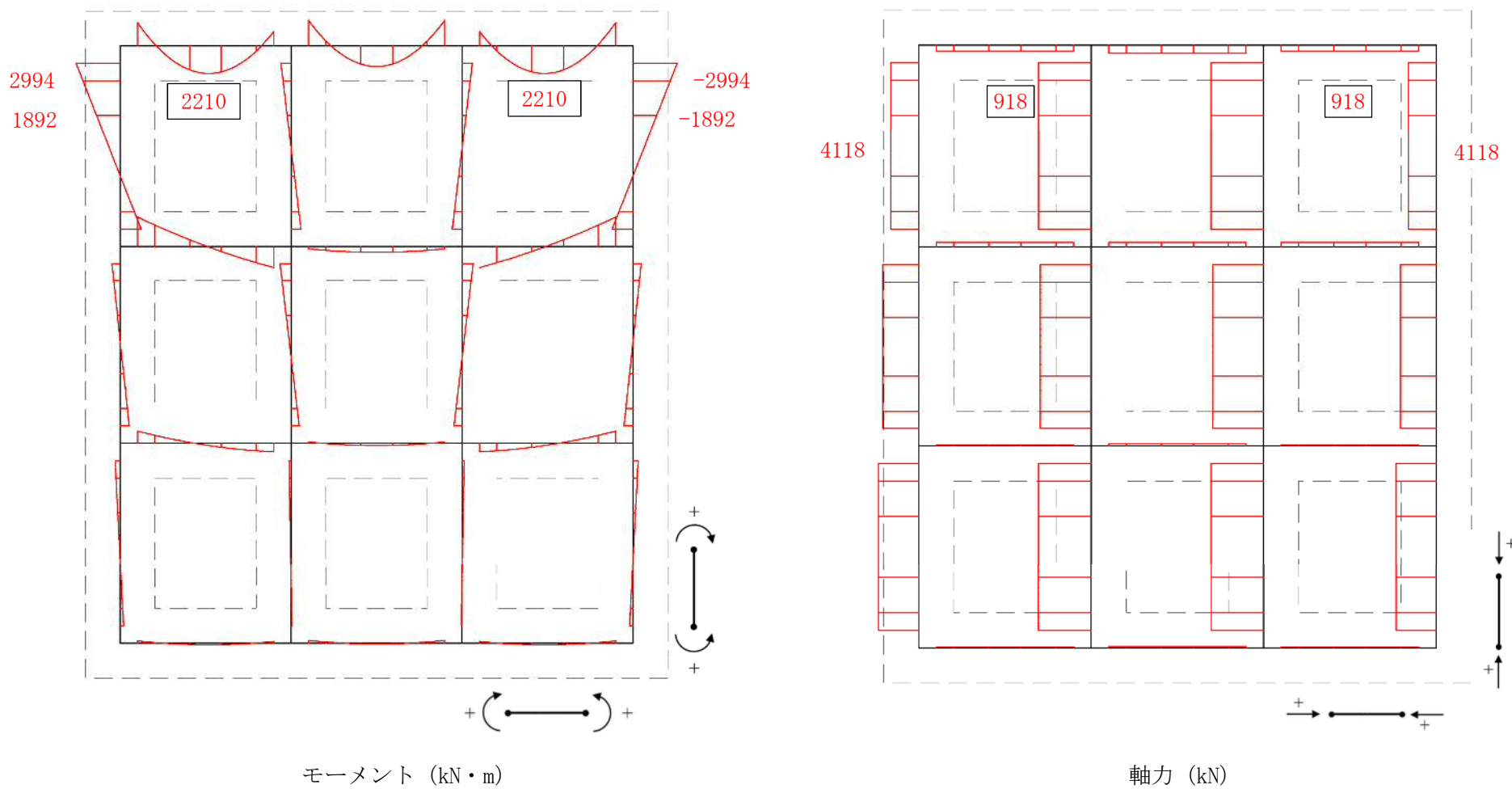
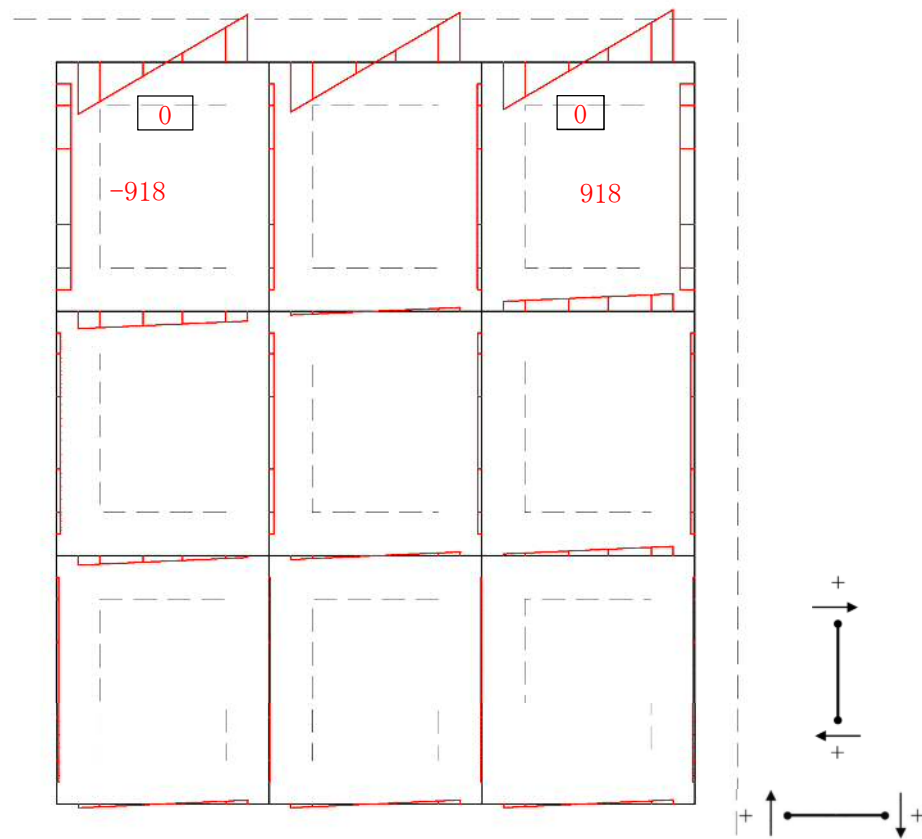


図 5.2-17 (17) 断面力図 (重畳時：敷地に逆上する津波時，地盤ばね4，鉛直上向き)



せん断力 (kN)

図 5. 2—17 (18) 断面力図 (重畳時 : 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね 4, 鉛直上向き)

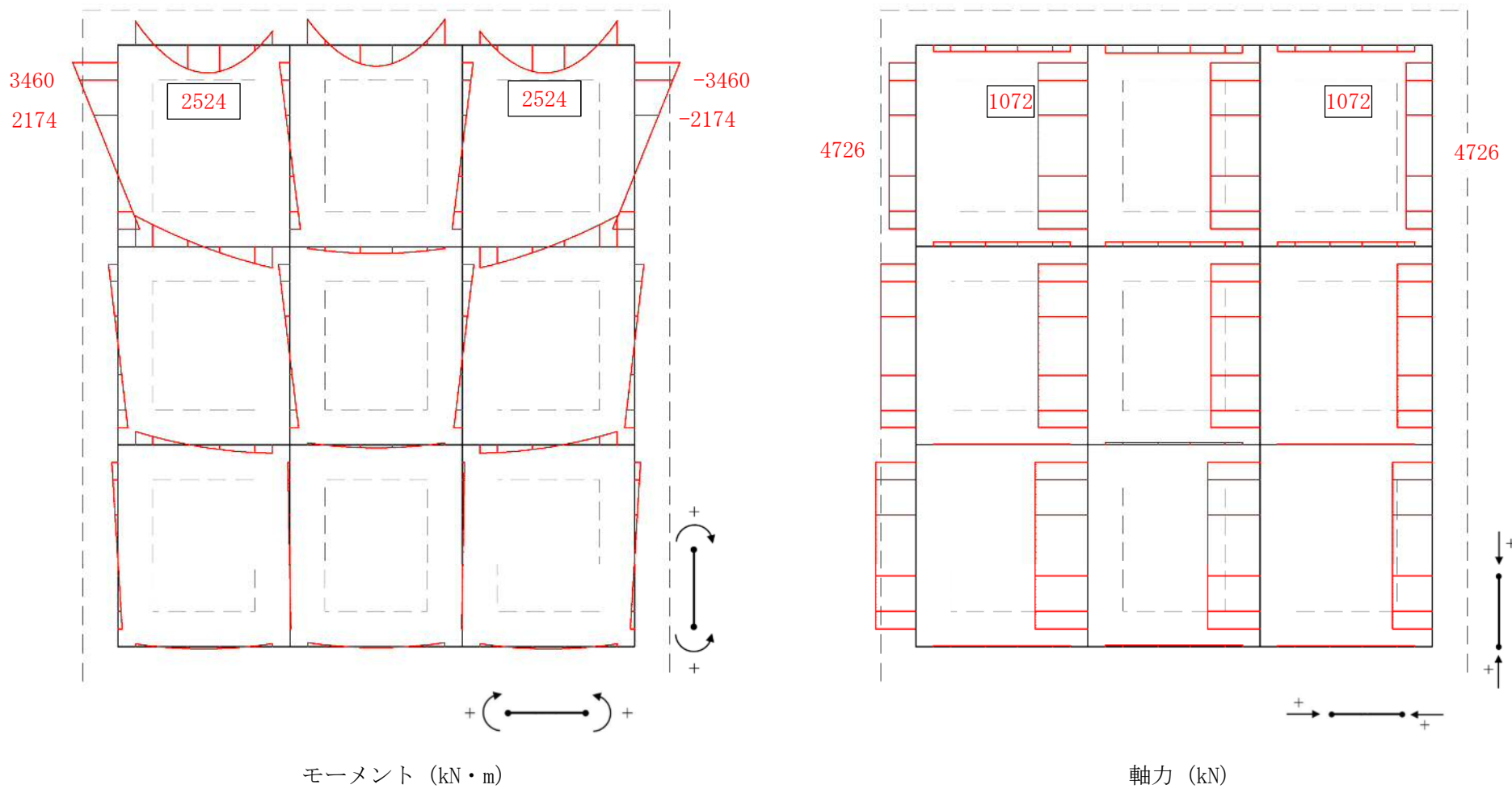
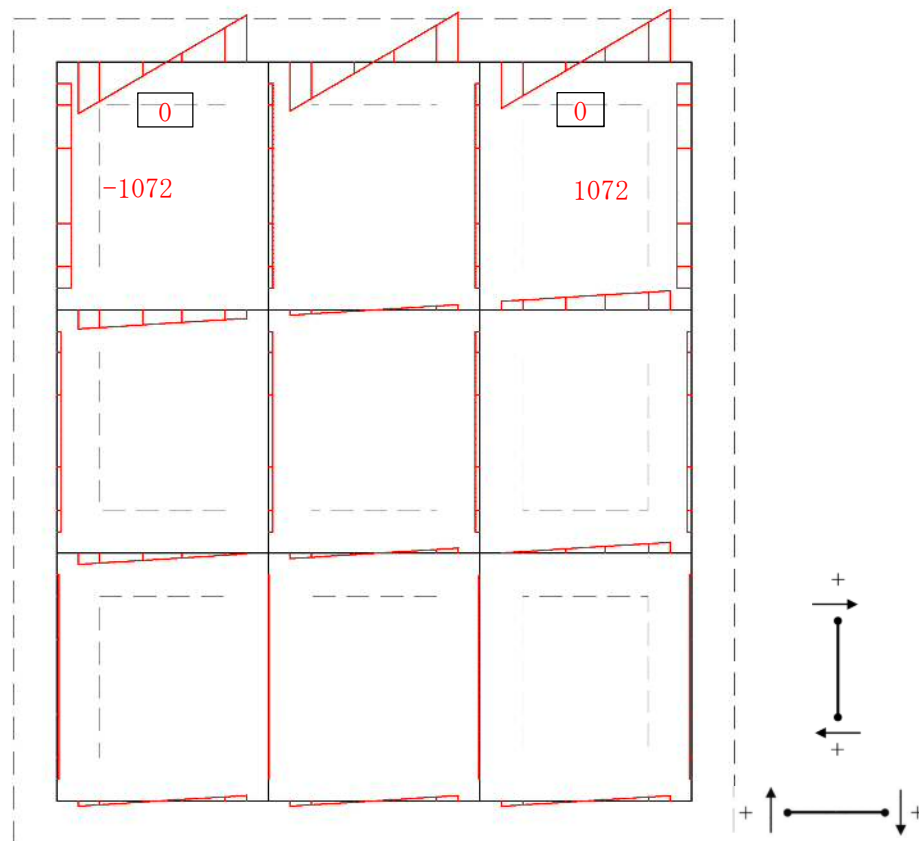
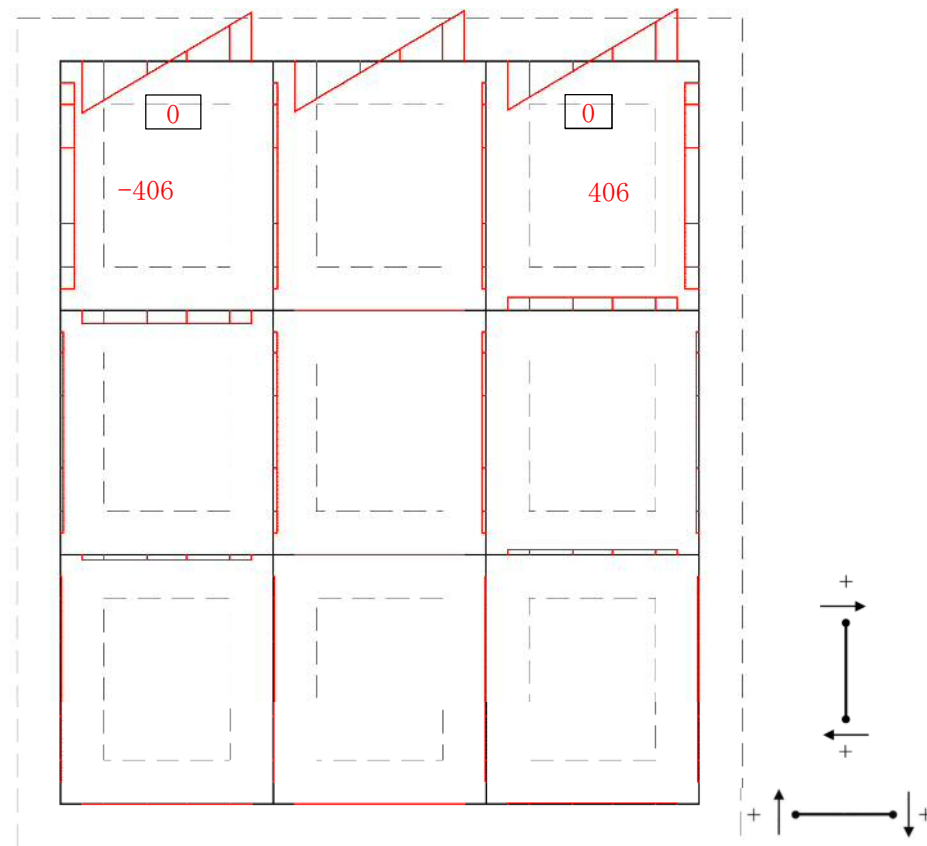


図 5. 2—17 (19) 断面力図 (重畳時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね 4，鉛直下向き)



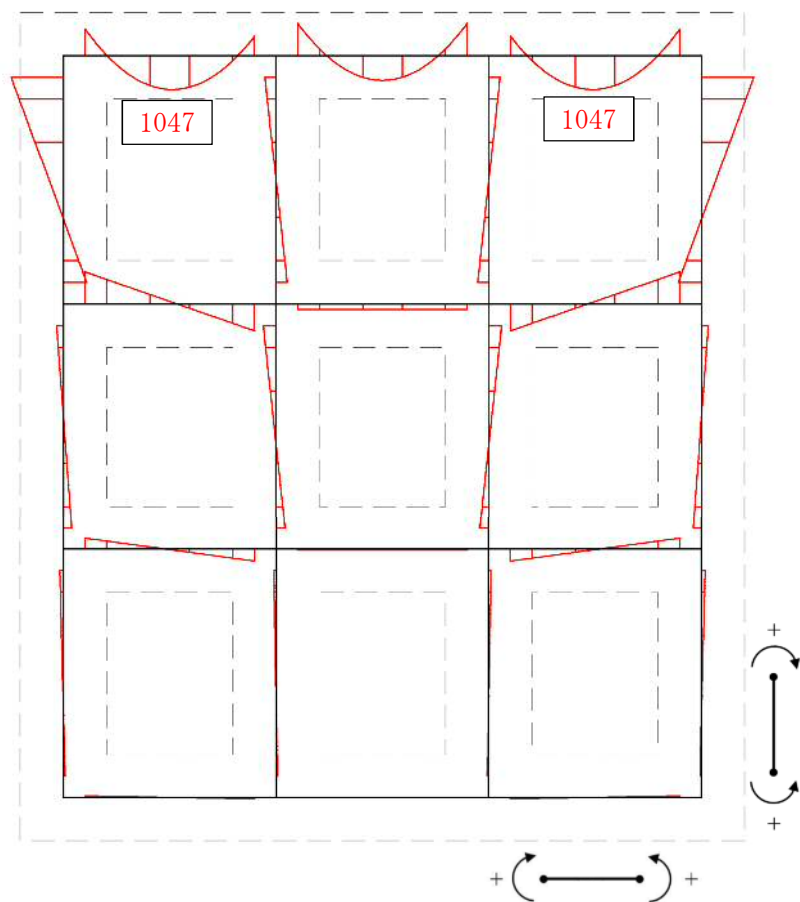
せん断力 (kN)

図 5. 2—17 (20) 断面力図 (重畳時 : 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね 4, 鉛直下向き)

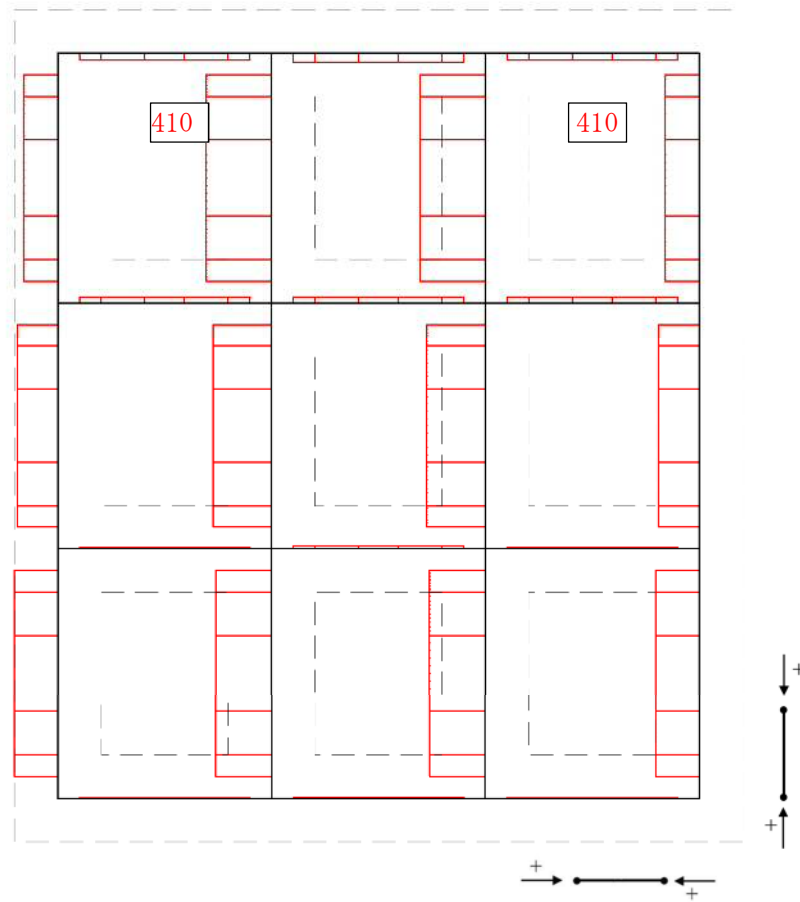


せん断力 (kN)

図 5. 2—17 (22) 断面力図 (重畳時 : 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね 5, 鉛直上向き)

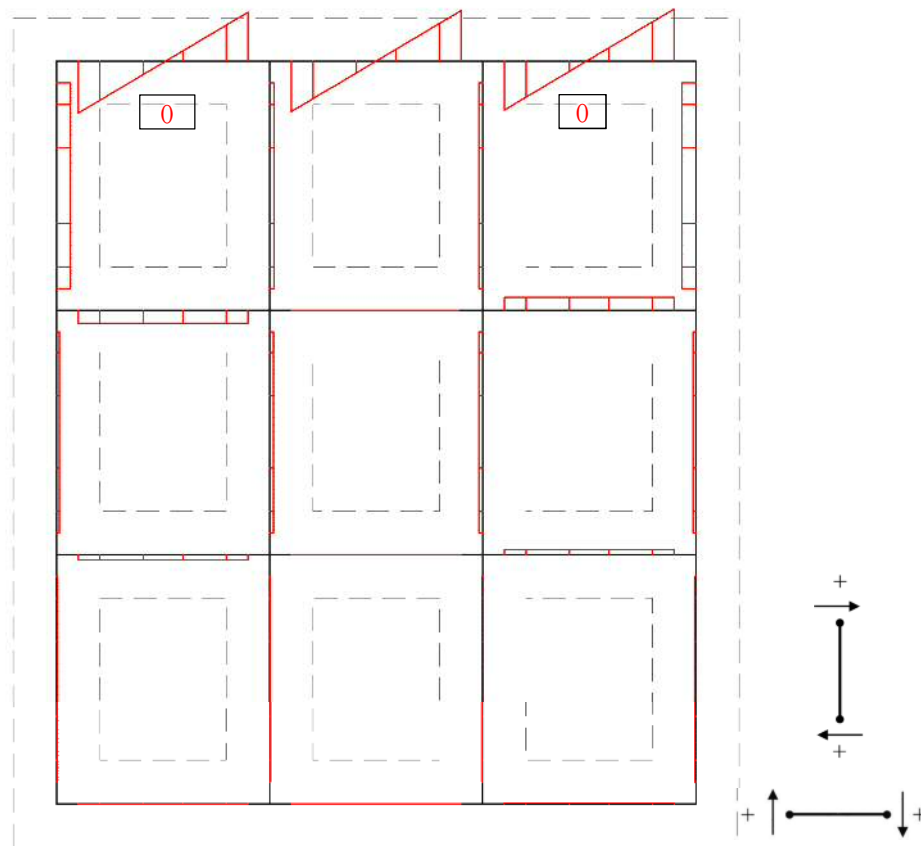


モーメント (kN・m)



軸力 (kN)

図 5.2-17 (23) 断面力図 (重畳時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね5，鉛直下向き)



せん断力 (kN)

図 5.2-17 (24) 断面力図 (重畳時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね 5, 鉛直下向き)

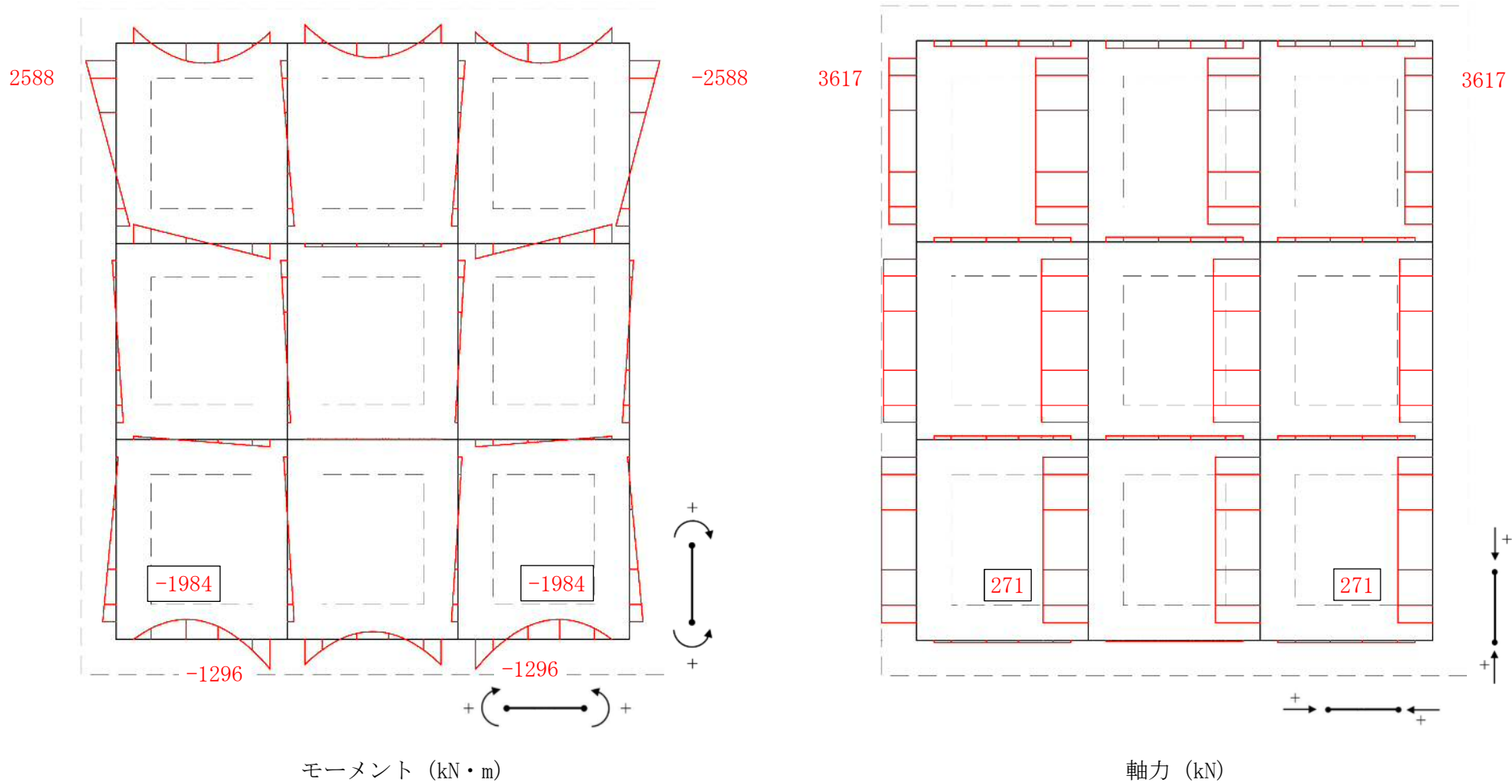


図 5.2-17 (25) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね4，鉛直下向き，両押し時)

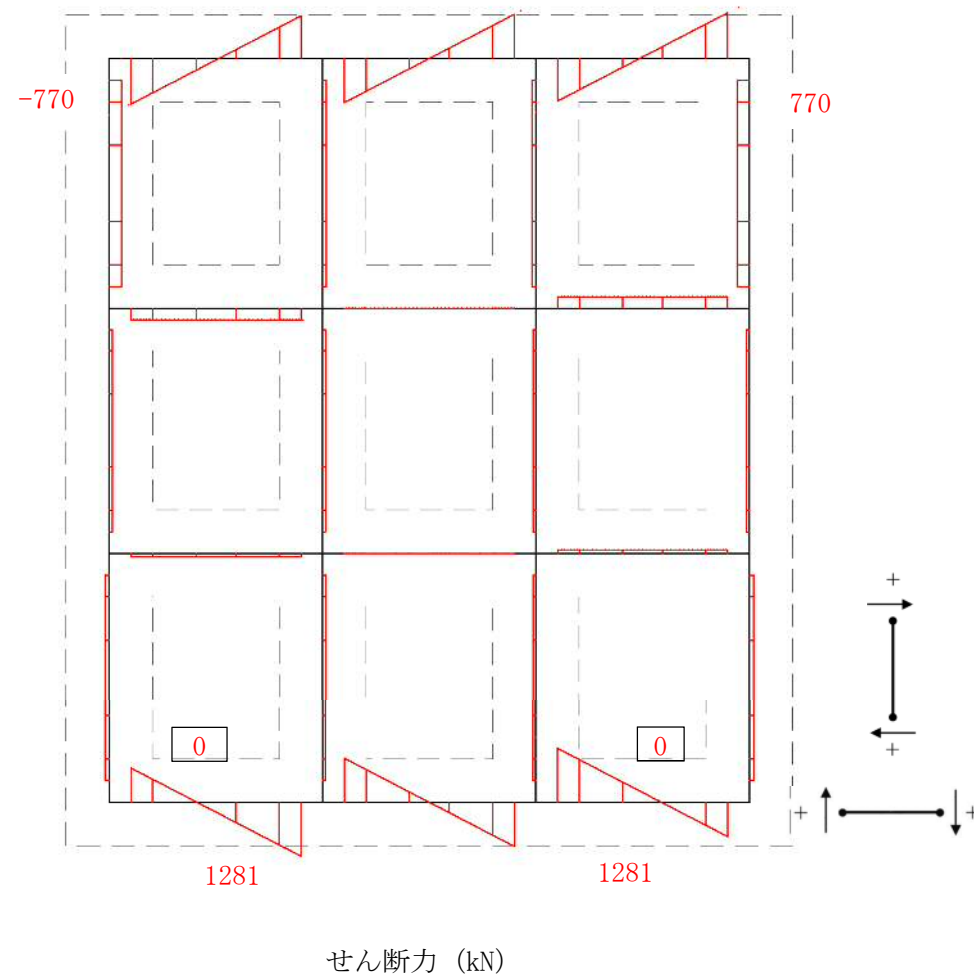


図 5. 2—17 (26) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね4，鉛直下向き，両押し時)

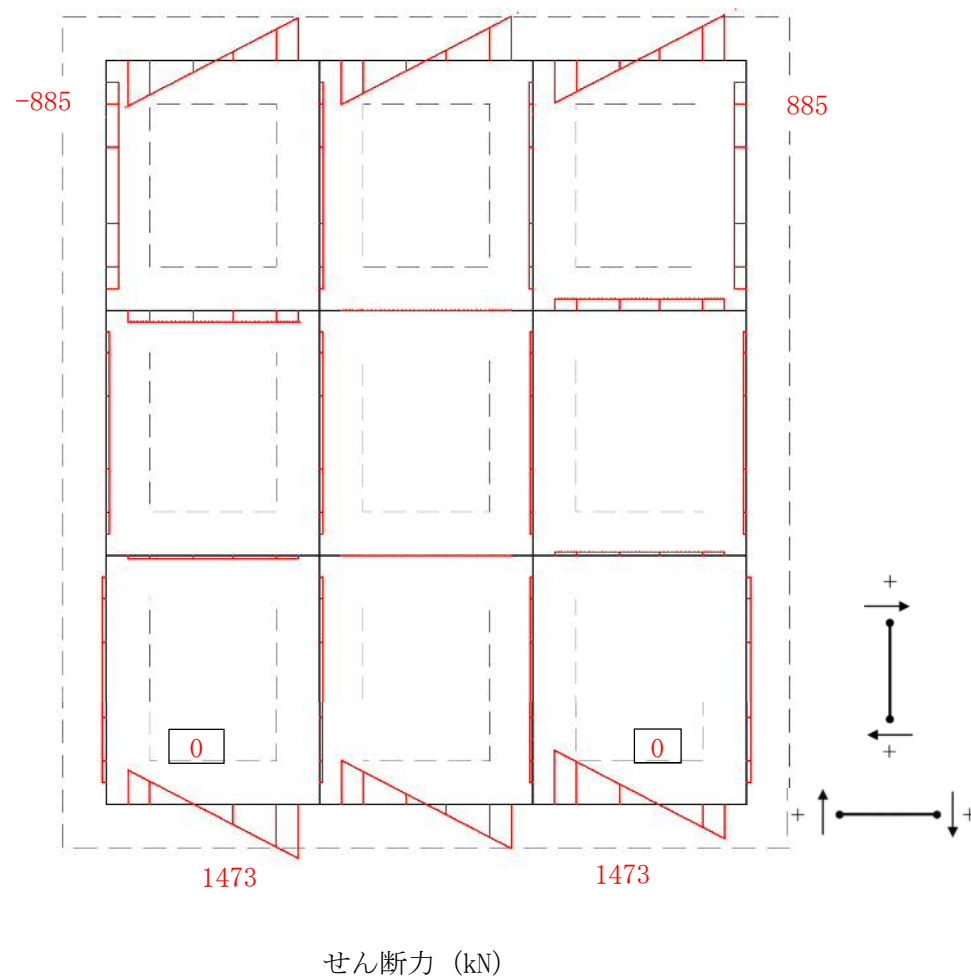


図 5. 2—17 (28) 断面力図 (重畳時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね 4，鉛直下向き，両押し時)

(3) せん断力に対する照査

重畳時におけるせん断力に対する評価結果を表 5.2-13 に示す。地中連続壁基礎の水平方向のせん断力に対する照査を行った結果、せん断応力度が短期許容せん断応力度以下、又は発生せん断力がコンクリートの短期許容せん断力 ($V_{c.a}$) と斜め引張鉄筋の短期許容せん断力 ($V_{s.a}$) を合わせた短期許容せん断力 (V_a) 以下であることを確認した。なお、発生応力は各地盤ケースにおいて最大となる値を示している。

また、照査に用いた鉄筋を着色した概略配筋図を図 5.2-18 に示す。

表 5.2-13 (1) せん断力に対する照査結果 (重畳時：基準津波時)

検討ケース		評価位置	発生せん断力 V (kN/m)	せん断応力度 τ (N/mm ²)	短期許容応力度 τ_{a1} (N/mm ²)	照査値 τ / τ_{a1}	短期許容せん断力 V_a (kN/m)	照査値 V/V_a
地盤ばね	慣性力							
地盤ばね 3	鉛直上向き	38,65	188	0.104	0.660	0.16	3245	0.06
	鉛直下向き	38,65	178	0.098	0.660	0.15	3245	0.06
地盤ばね 4	鉛直上向き	38,65	783	0.430	0.660	0.66	3245	0.25
	鉛直下向き	38,65	935 (1281)	0.52 (-)	0.660	0.79 (-)	3245	0.29 (0.40)
地盤ばね 5	鉛直上向き	38,65	379	0.210	0.660	0.32	3245	0.12
	鉛直下向き	38,65	379	0.210	0.660	0.32	3245	0.12

表 5.2-13 (2) せん断力に対する照査結果 (重畳時：敷地に遡上する津波時)

検討ケース		評価位置	発生せん断力 V (kN/m)	せん断応力度 τ (N/mm ²)	短期許容応力度 τ_{a1} (N/mm ²)	照査値 τ / τ_{a1}	短期許容せん断力 V_a (kN/m)	照査値 V/V_a
地盤ばね	慣性力							
地盤ばね 3	鉛直上向き	38,65	172	0.100	0.880	0.12	3707	0.05
	鉛直下向き	38,65	213	0.120	0.880	0.14	3707	0.06
地盤ばね 4	鉛直上向き	38,65	918	0.510	0.880	0.58	3707	0.25
	鉛直下向き	38,65	1072 (1473)	0.59 (0.81)	0.880	0.68 (0.93)	3707	0.29 (0.40)
地盤ばね 5	鉛直上向き	38,65	406	0.224	0.880	0.26	3707	0.11
	鉛直下向き	38,65	436	0.240	0.880	0.28	3707	0.12

注記 : () 内の値は、両押し時の照査結果

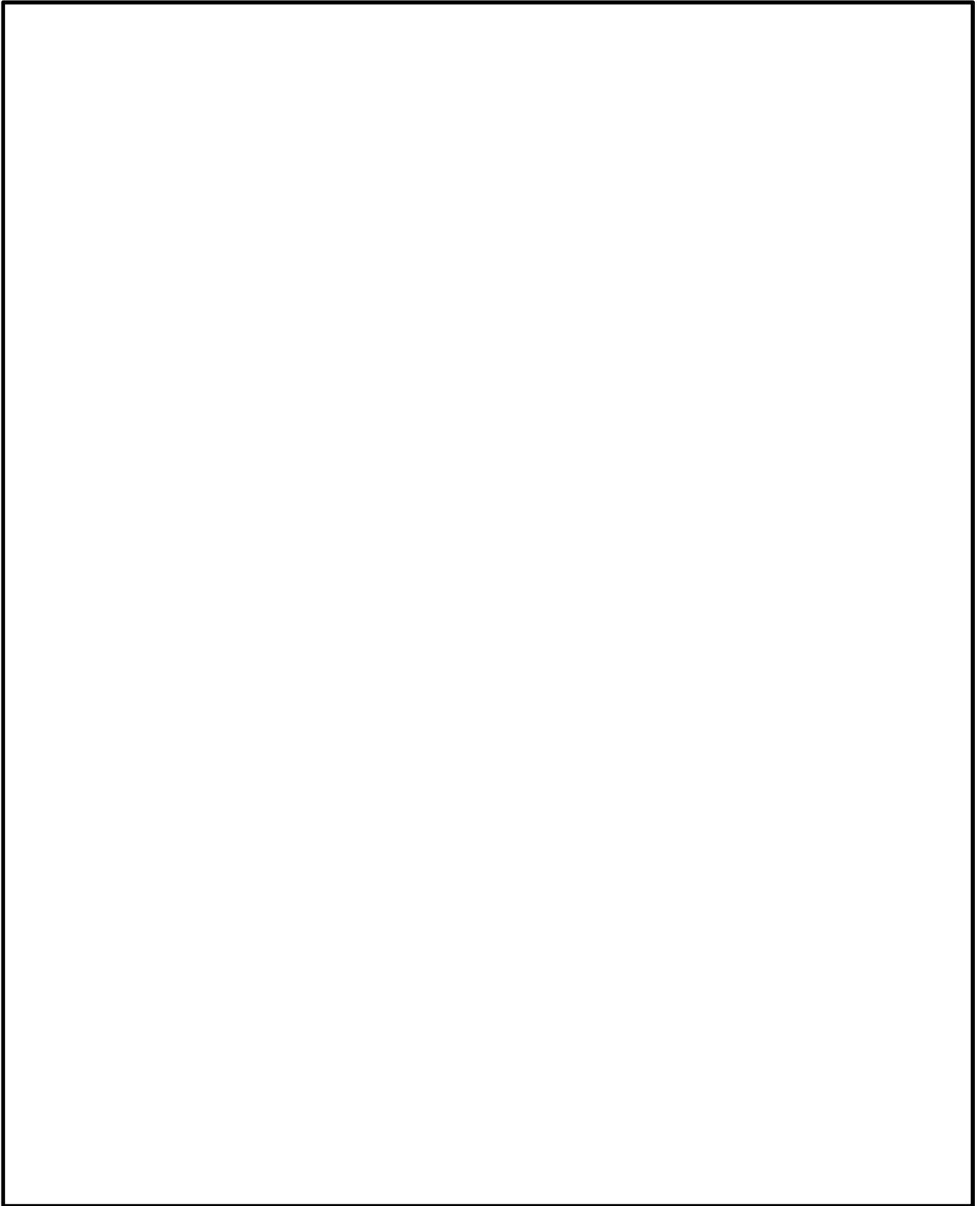


图 5.2-18 (1) 概略配筋图 (防潮壁)

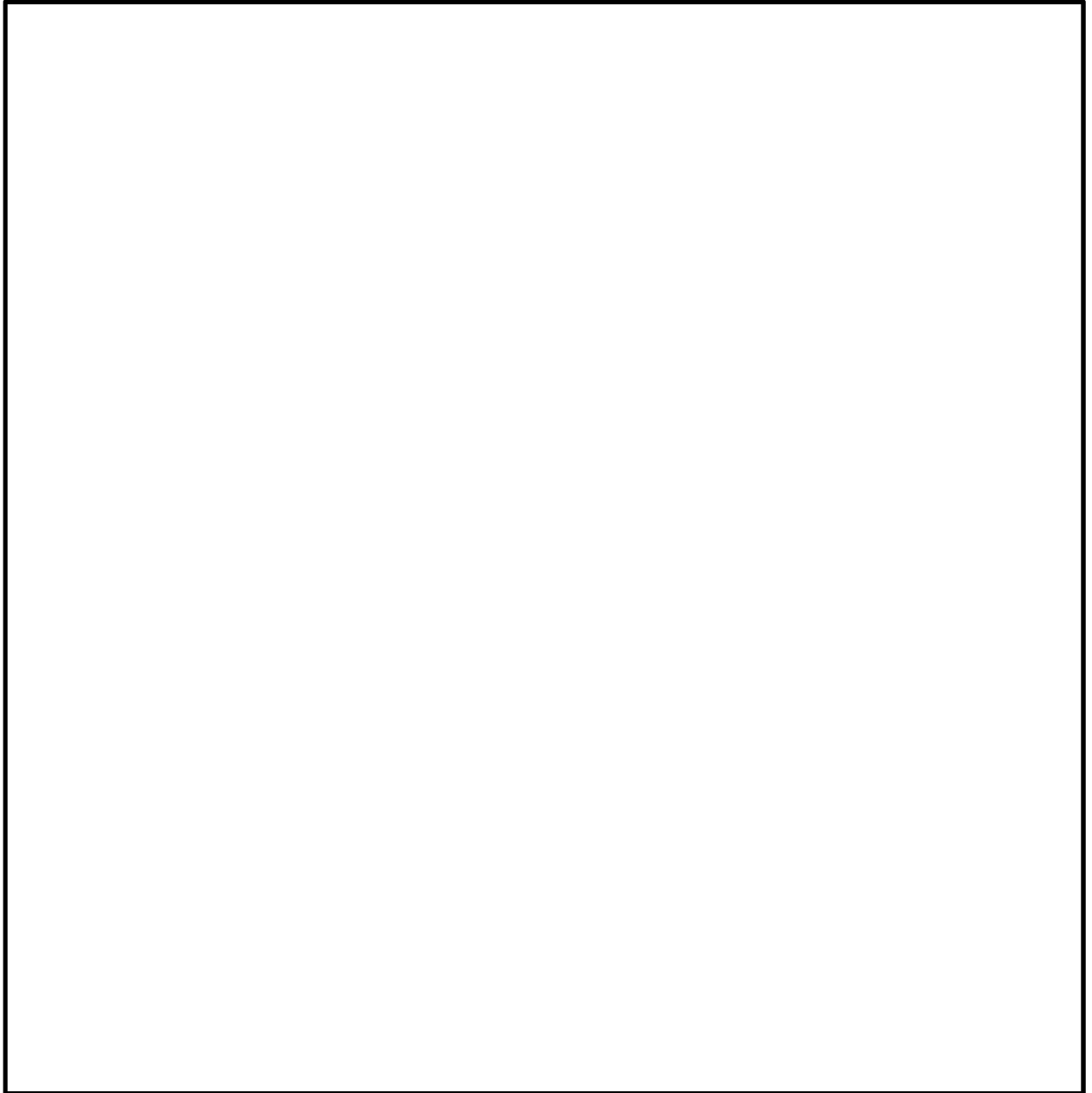
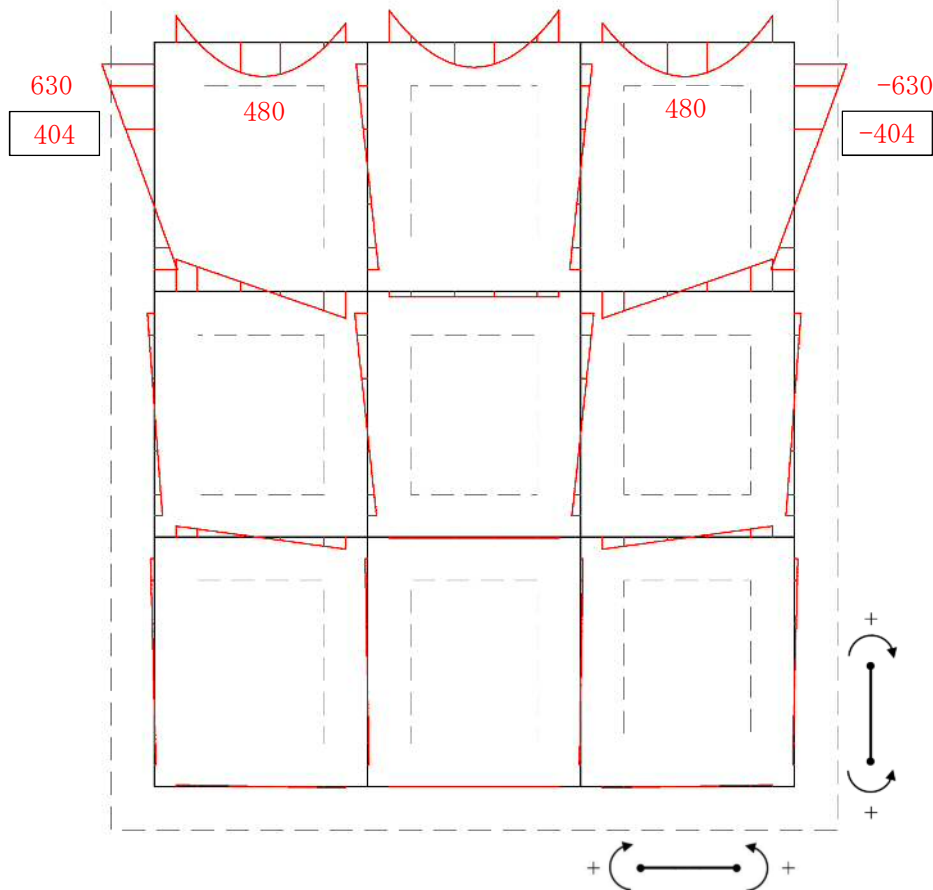
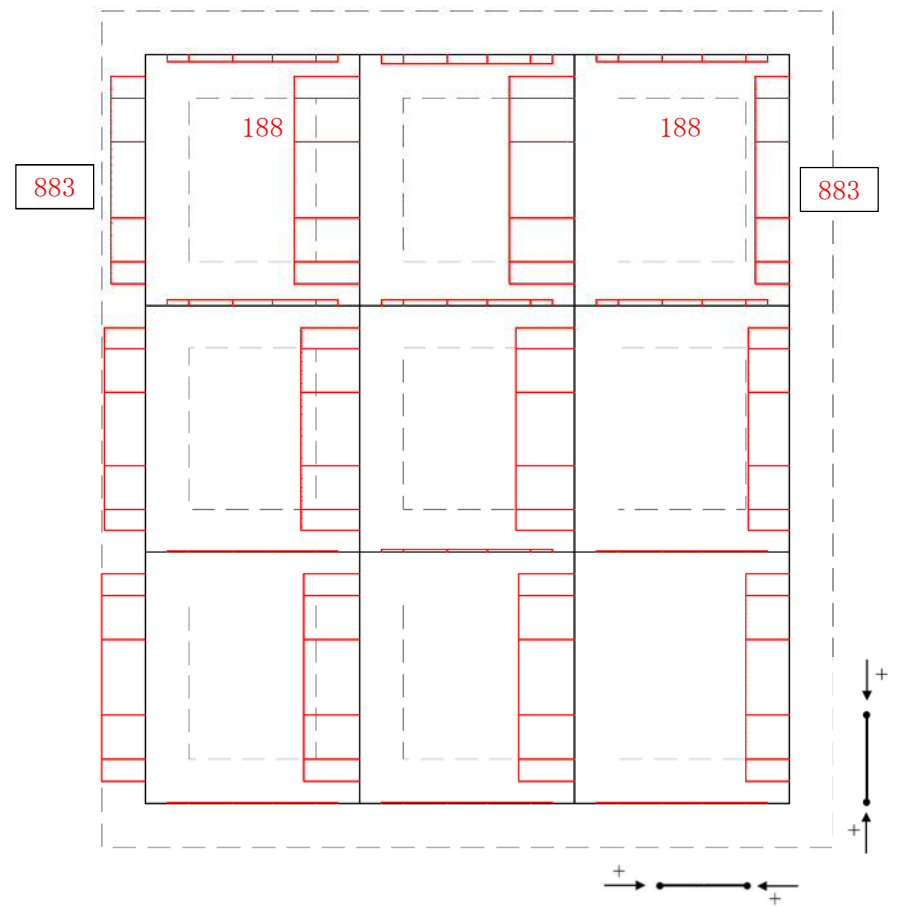


図 5.2-18 (2) 概略配筋図 (地中連続壁基礎)

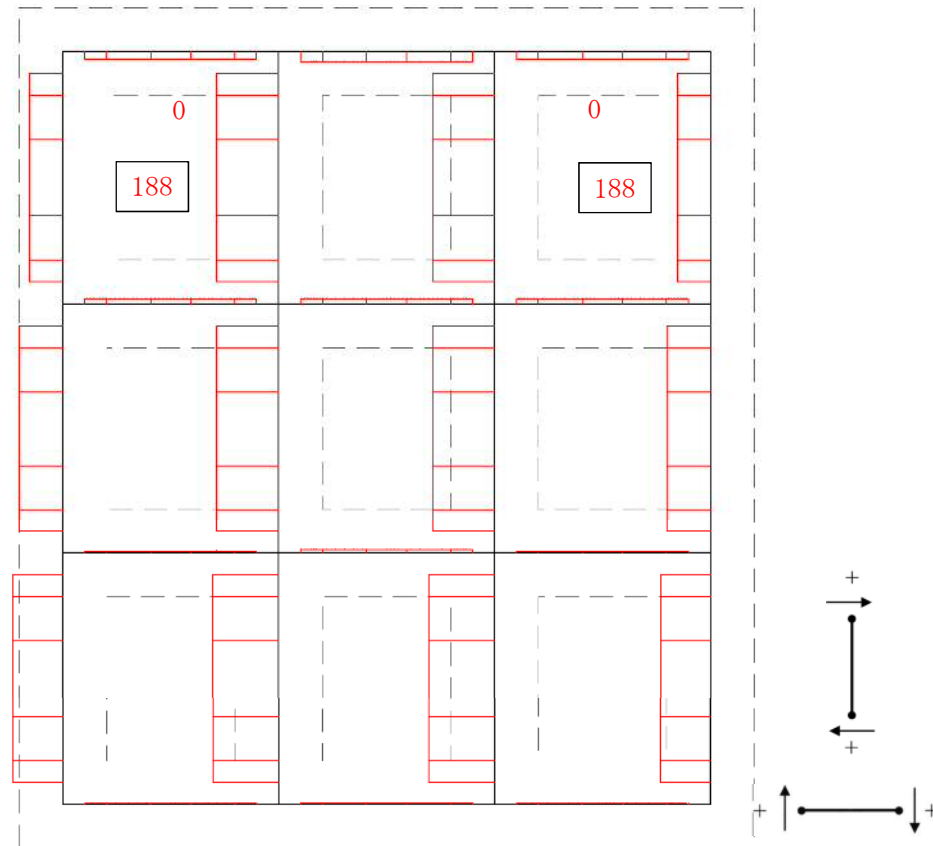


モーメント (kN・m)



軸力 (kN)

図 5.2-19 (1) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね3，鉛直上向き)



せん断力 (kN)

図 5.2-19 (2) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね 3，鉛直上向き)

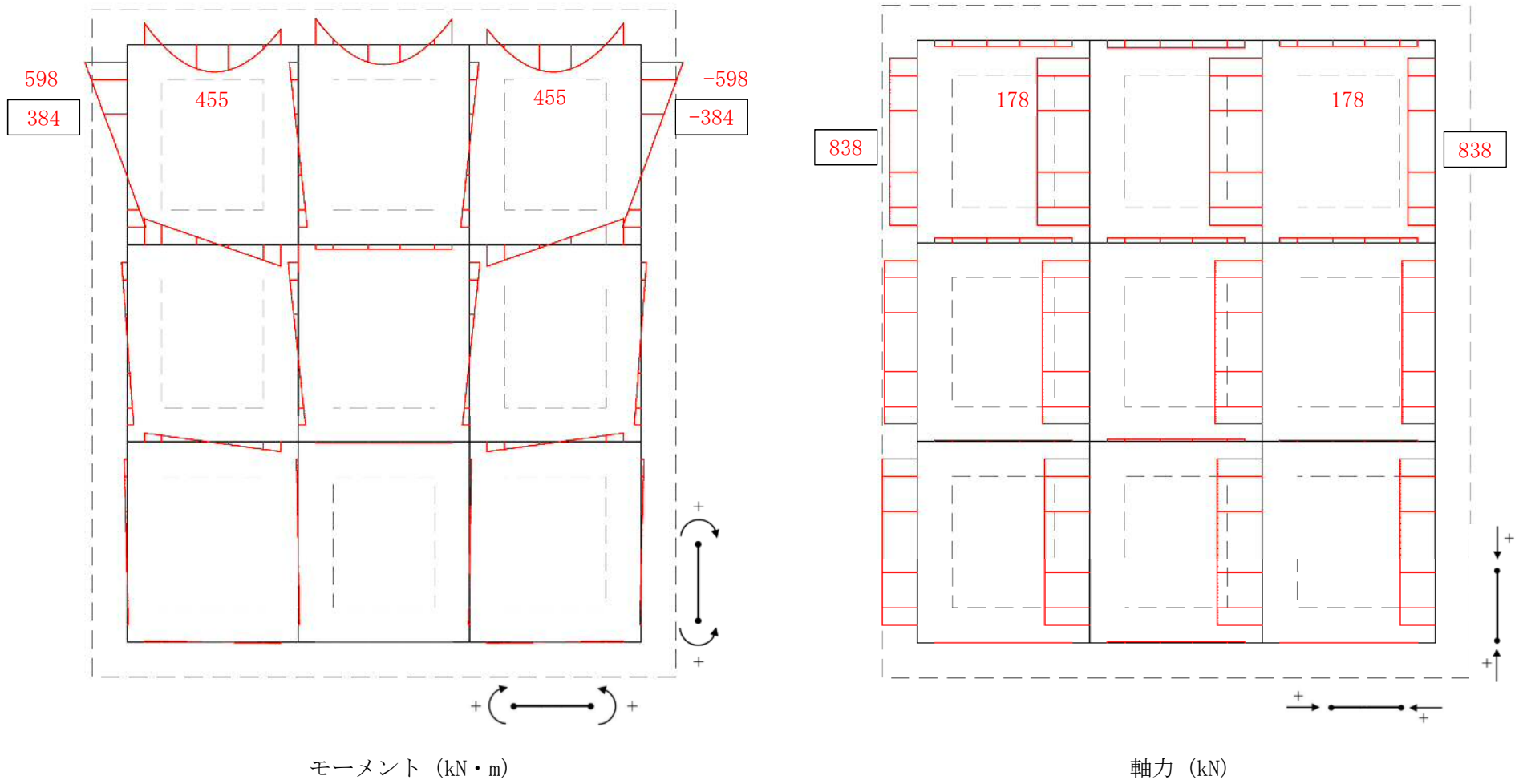
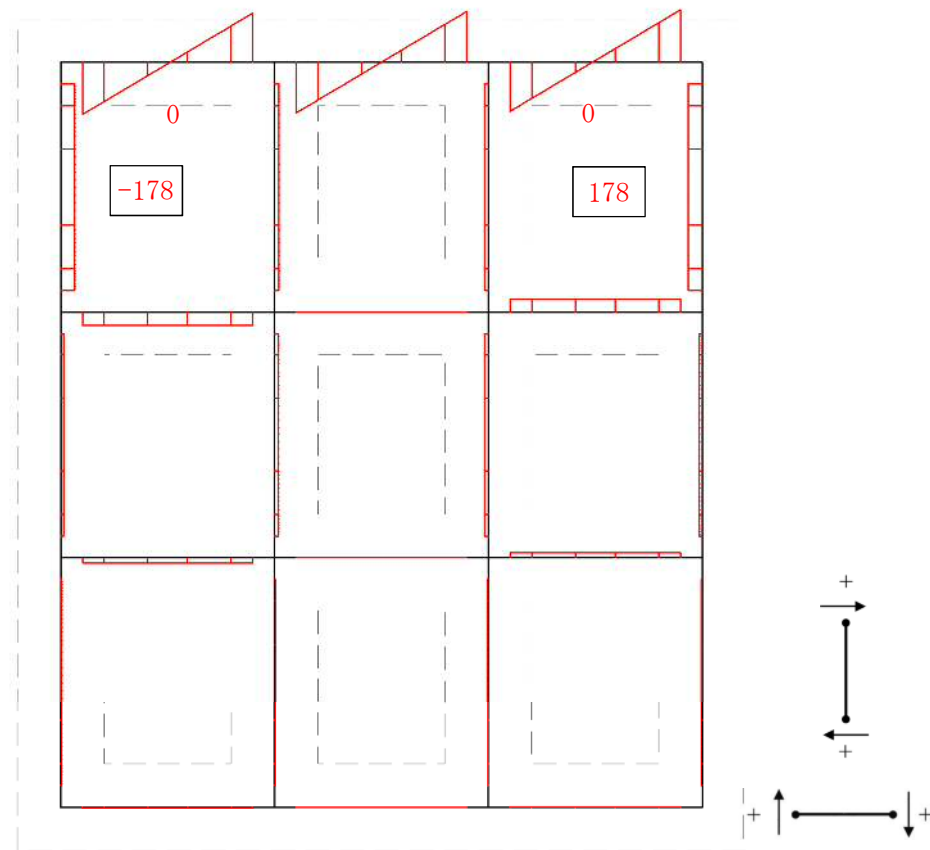


図 5.2-19 (3) 断面力図 (重畳時: 基準津波時, 地盤ばね 3, 鉛直下向き)



せん断力 (kN)

図 5.2-19 (4) 断面力図 (重畳時: 基準津波時, 地盤ばね 3, 鉛直下向き)

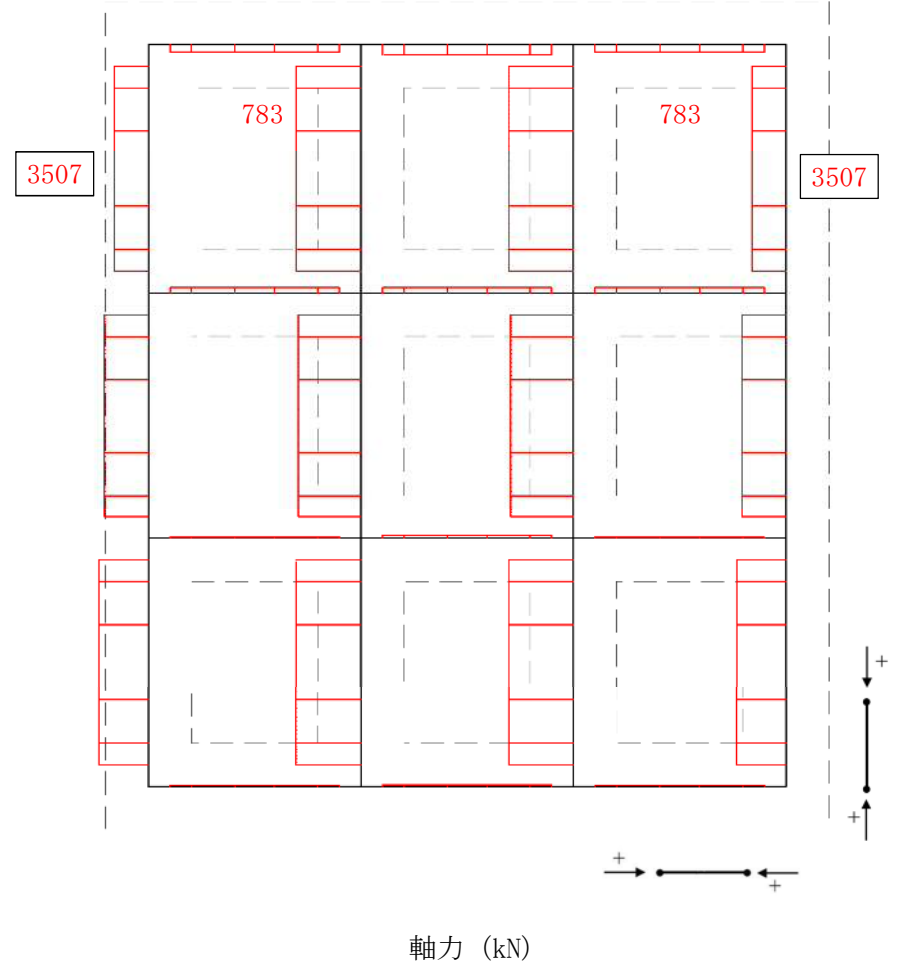
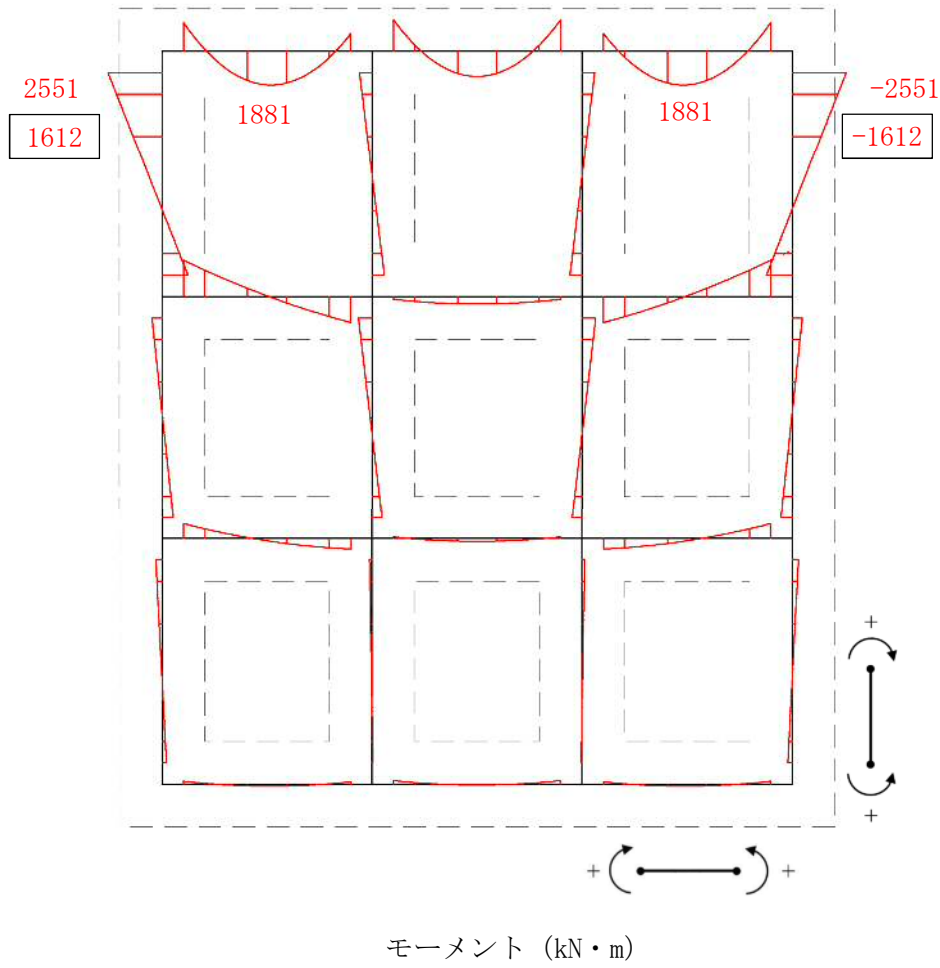
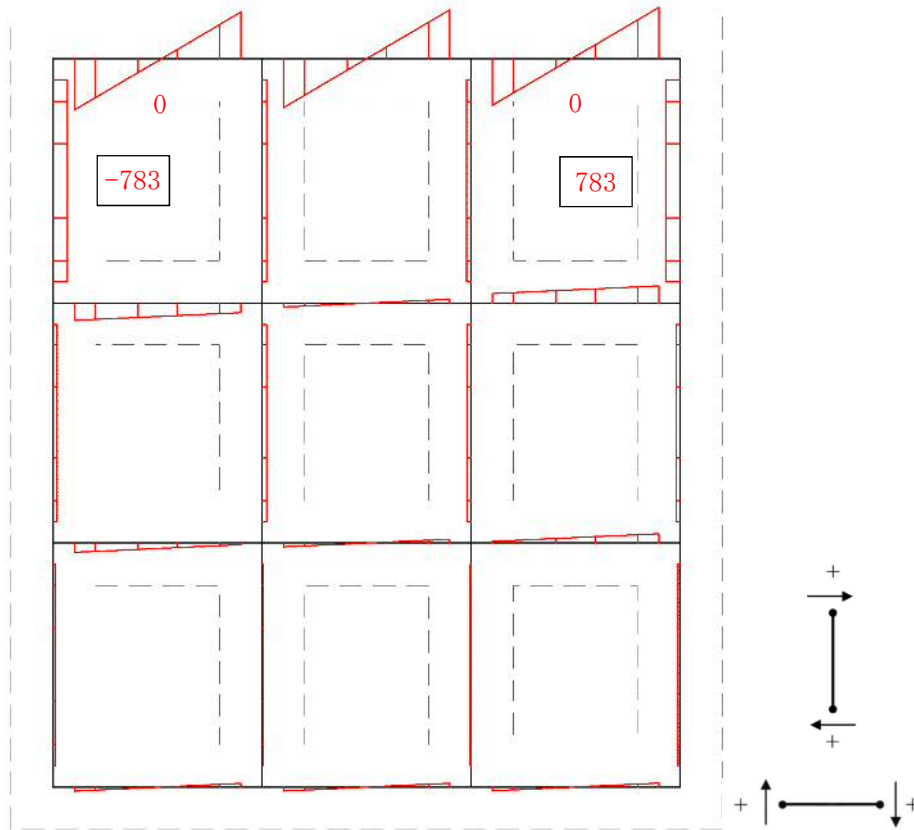


図 5.2-19 (5) 断面力図 (重畳時: 基準津波時, 地盤ばね4, 鉛直上向き)



せん断力 (kN)

図 5.2-19 (6) 断面力図 (重畳時: 基準津波時, 地盤ばね 4, 鉛直上向き)

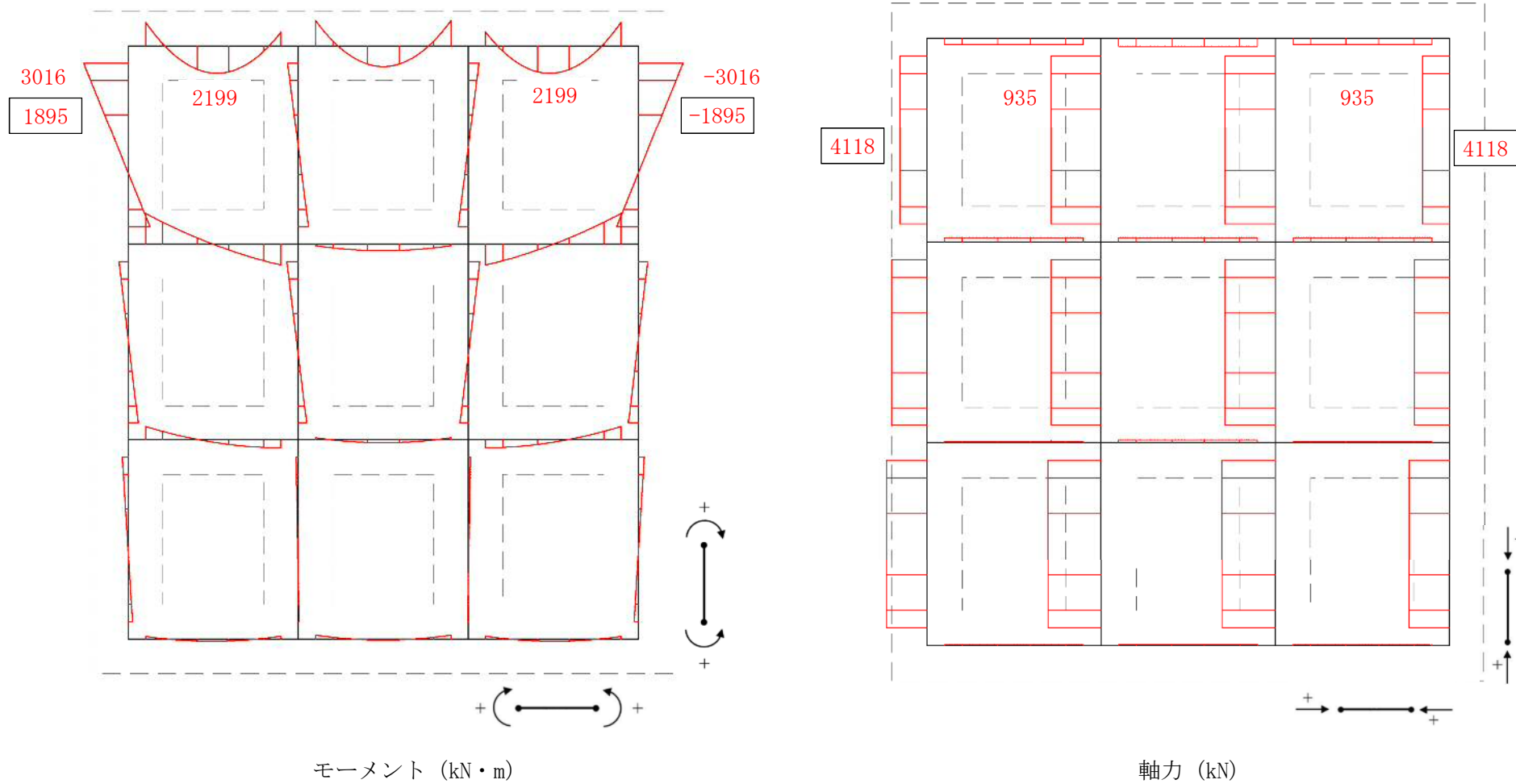
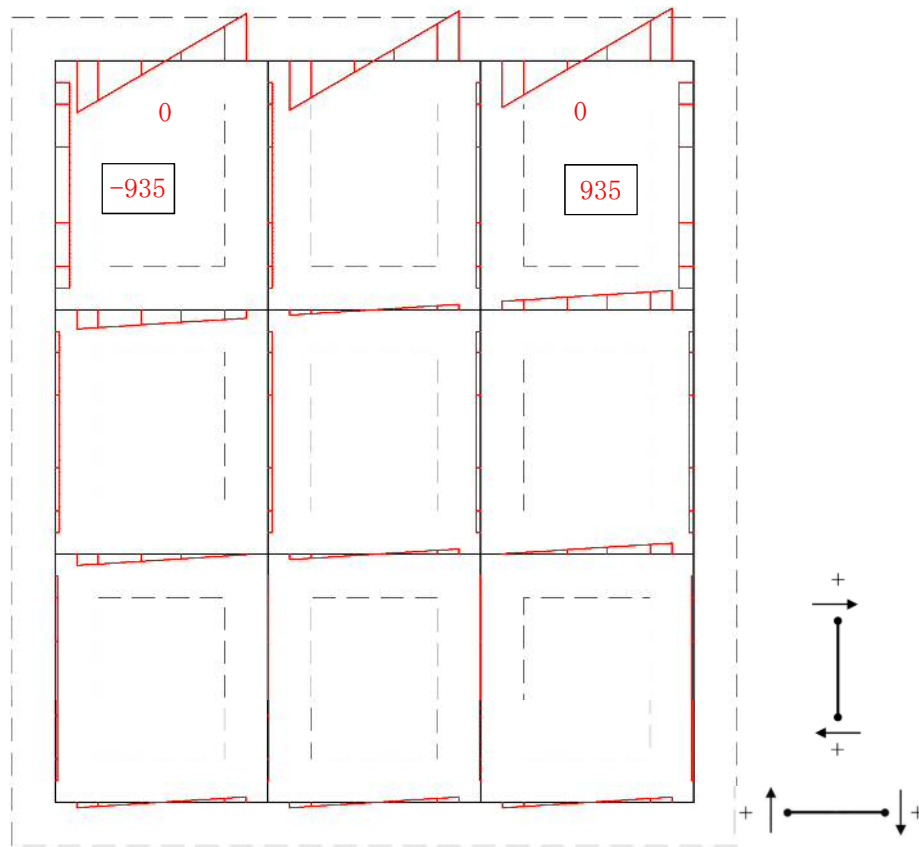


図 5.2-19 (7) 断面力図 (重畳時: 基準津波時, 地盤ばね4, 鉛直下向き)



せん断力 (kN)

図 5.2-19 (8) 断面力図 (重畳時: 基準津波時, 地盤ばね 4, 鉛直下向き)

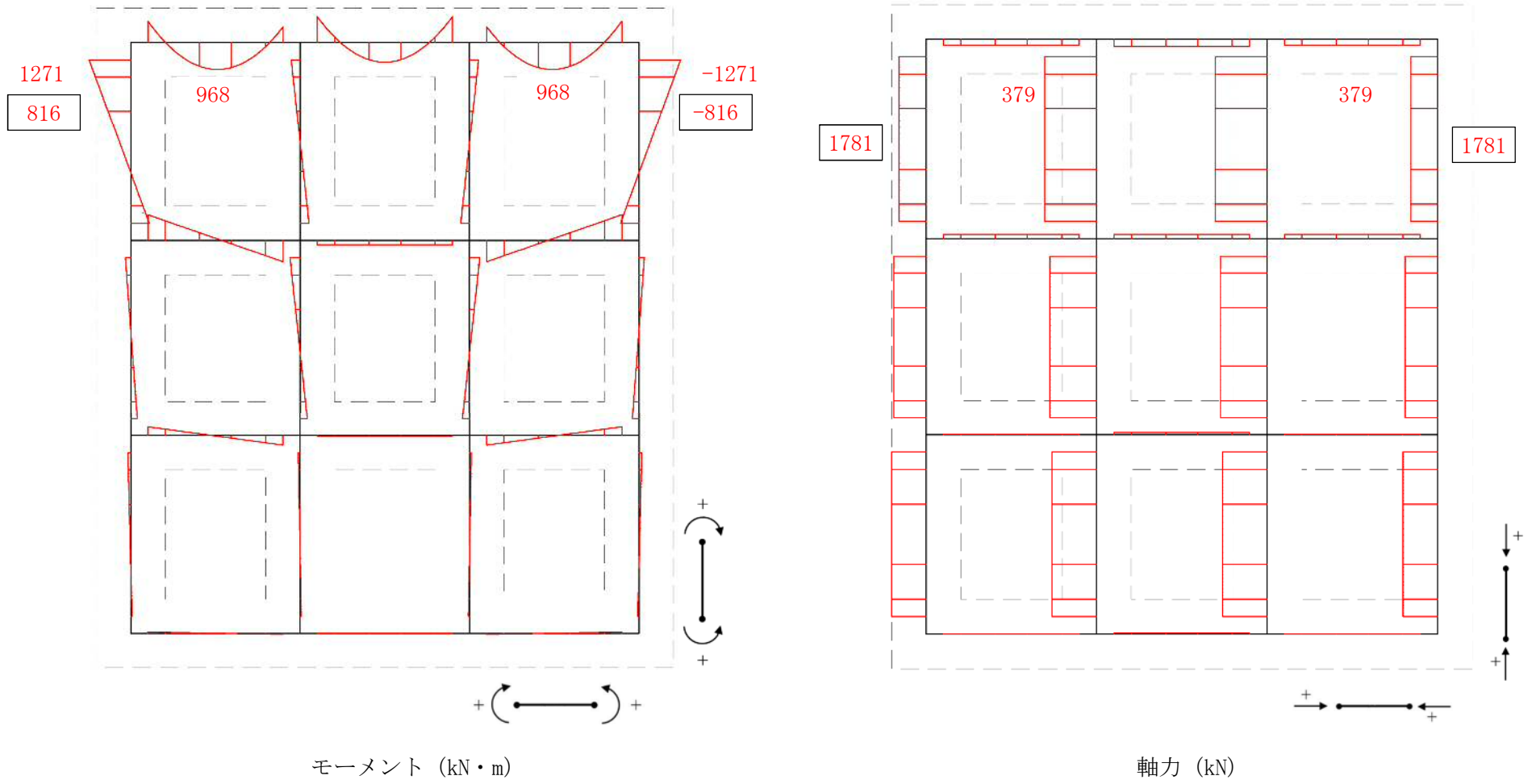
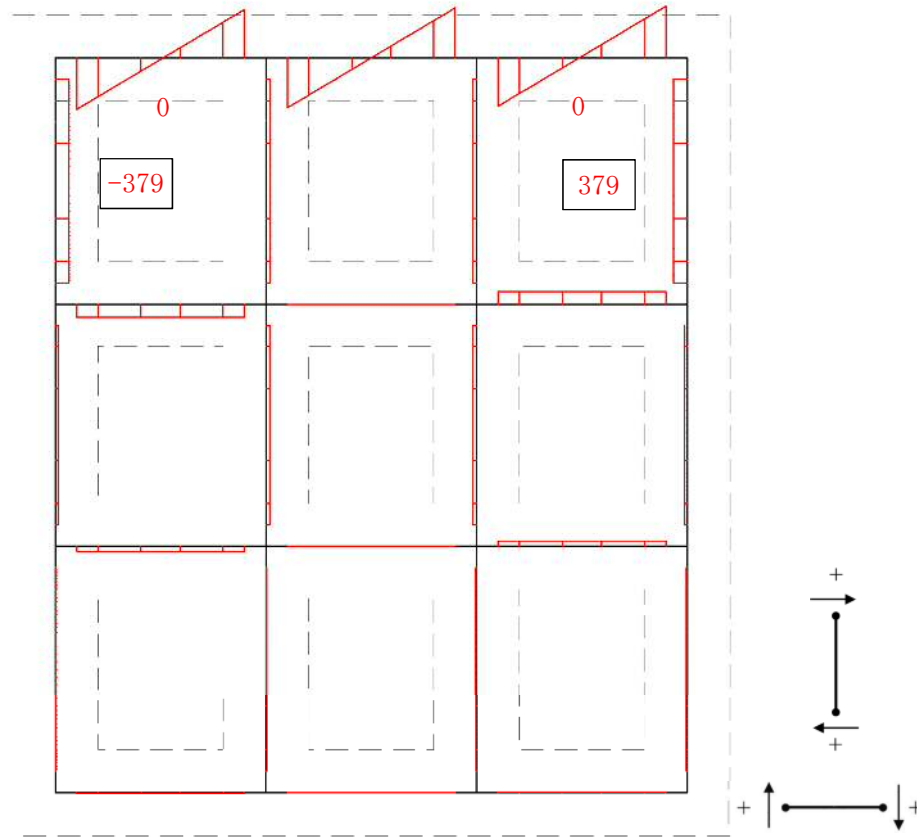


図 5.2-19 (9) 断面力図 (重畳時: 基準津波時, 地盤ばね 5, 鉛直上向き)



せん断力 (kN)

図 5.2-19 (10) 断面力図 (重畳時: 基準津波時, 地盤ばね 5, 鉛直上向き)

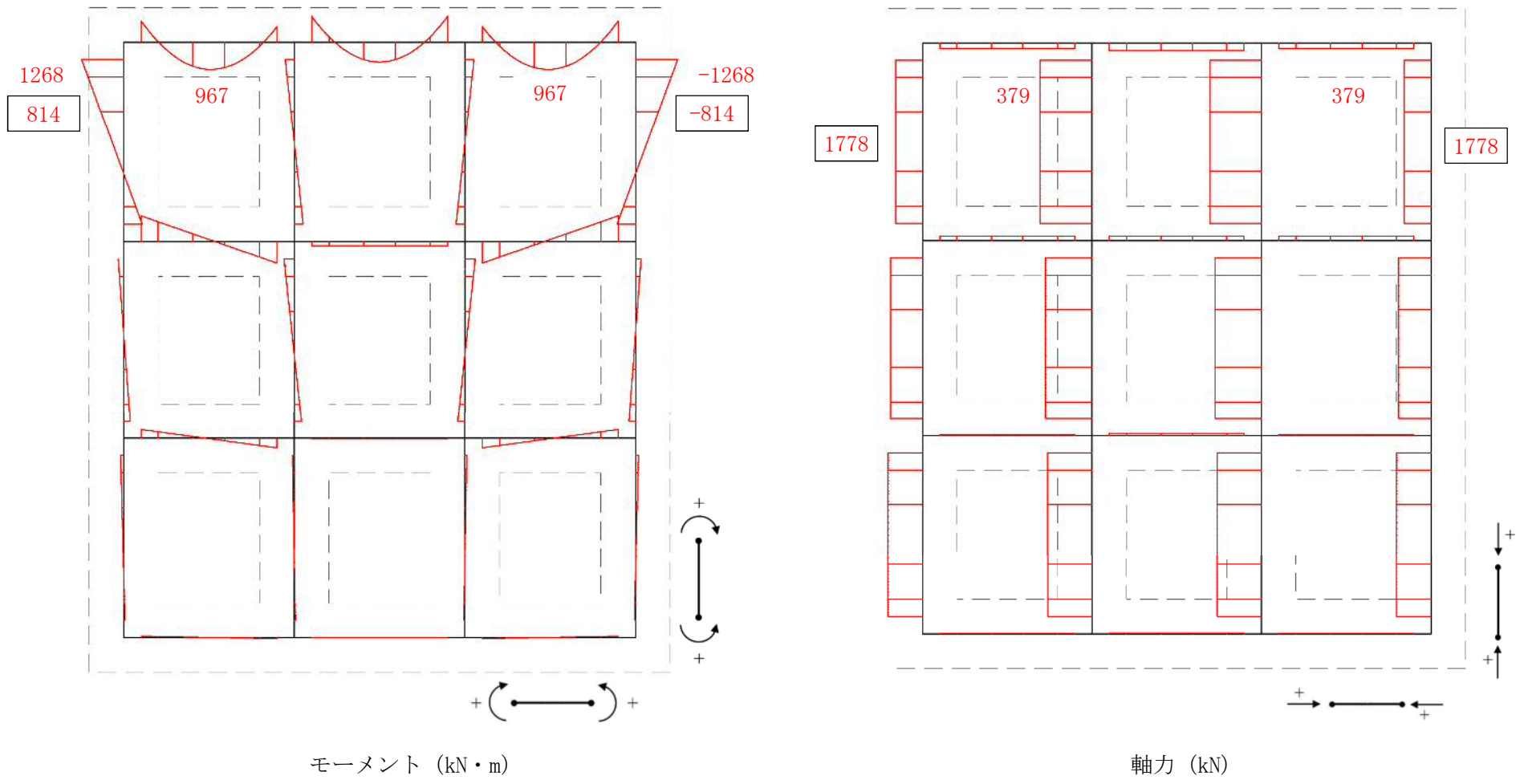
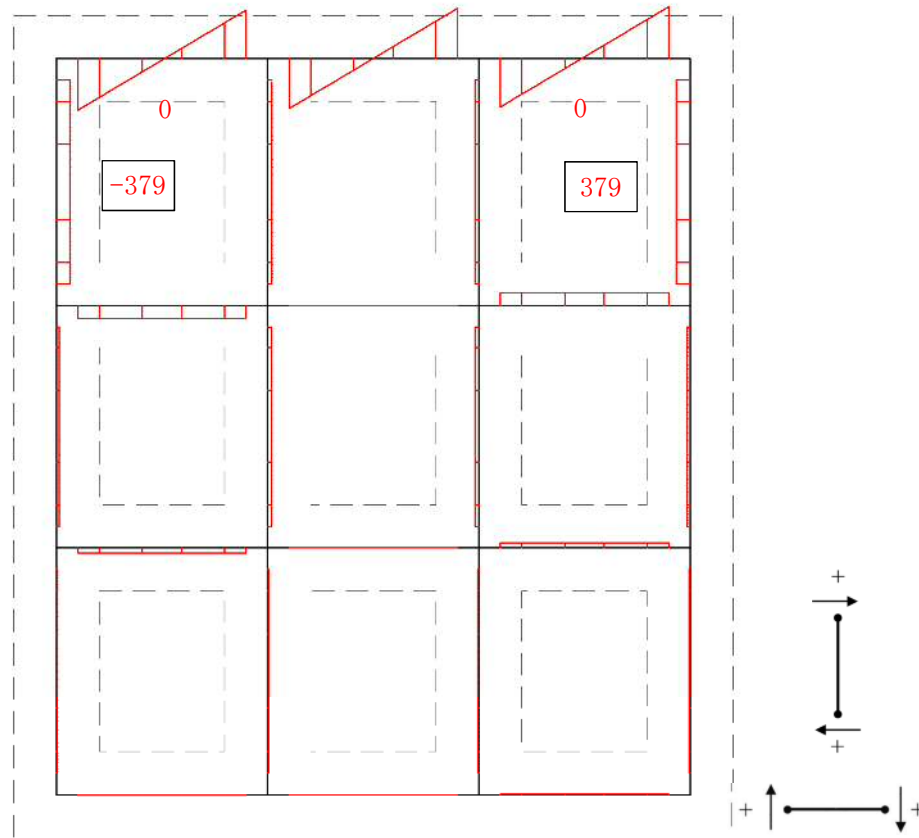


図 5.2-19 (11) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね 5，鉛直下向き)



せん断力 (kN)

図 5.2-19 (12) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね5，鉛直下向き)

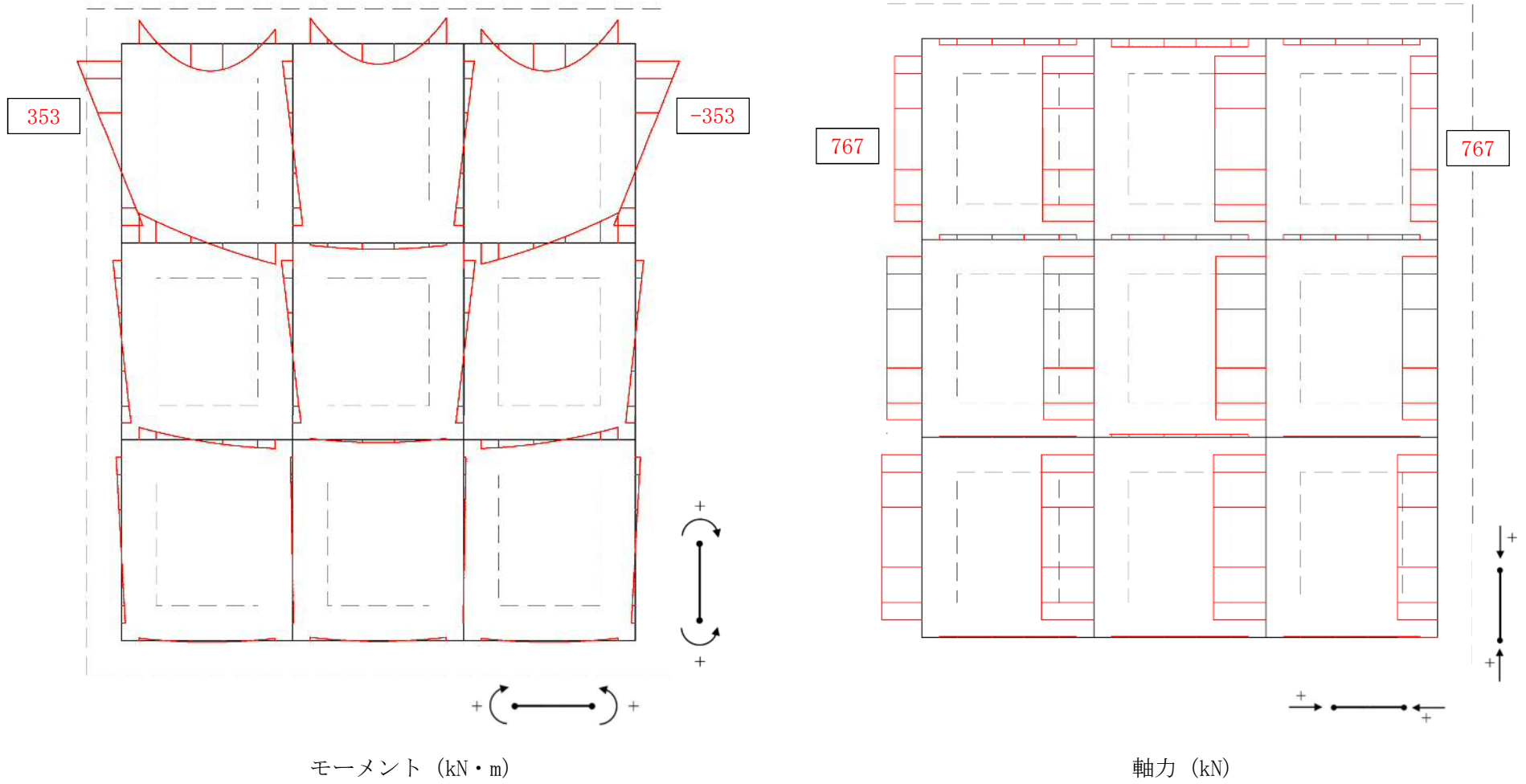
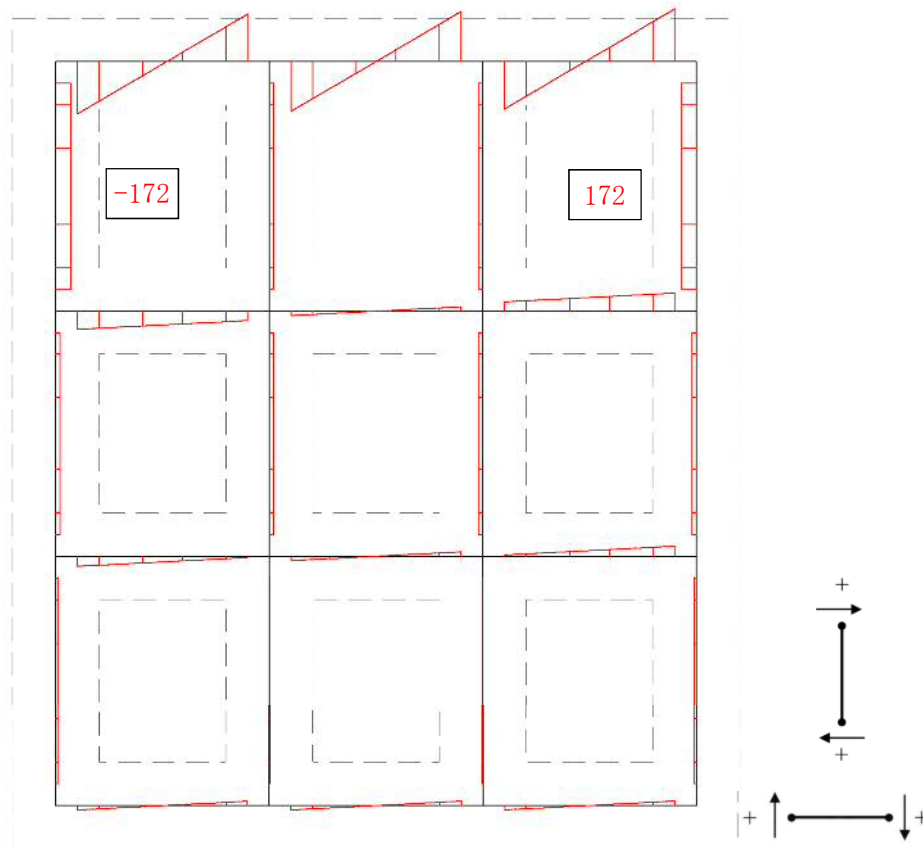
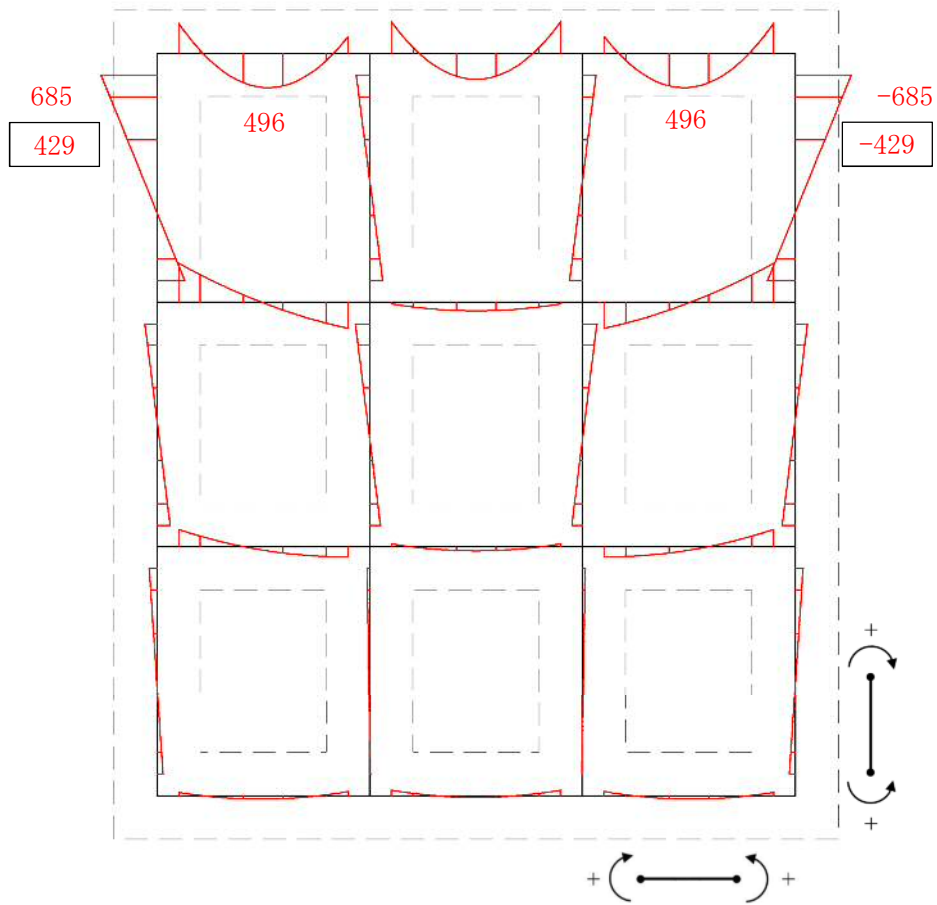


図 5.2-19 (13) 断面力図 (重畳時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね 3，鉛直上向き)

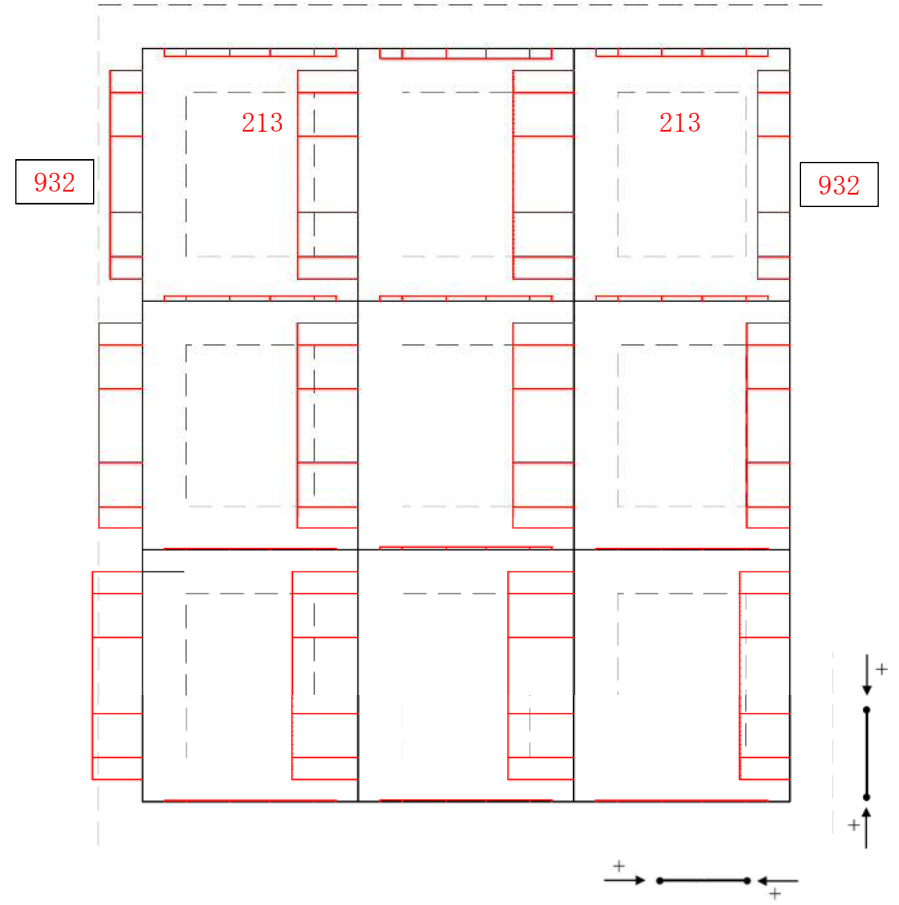


せん断力 (kN)

図 5.2-19 (14) 断面力図 (重畳時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね3，鉛直上向き)

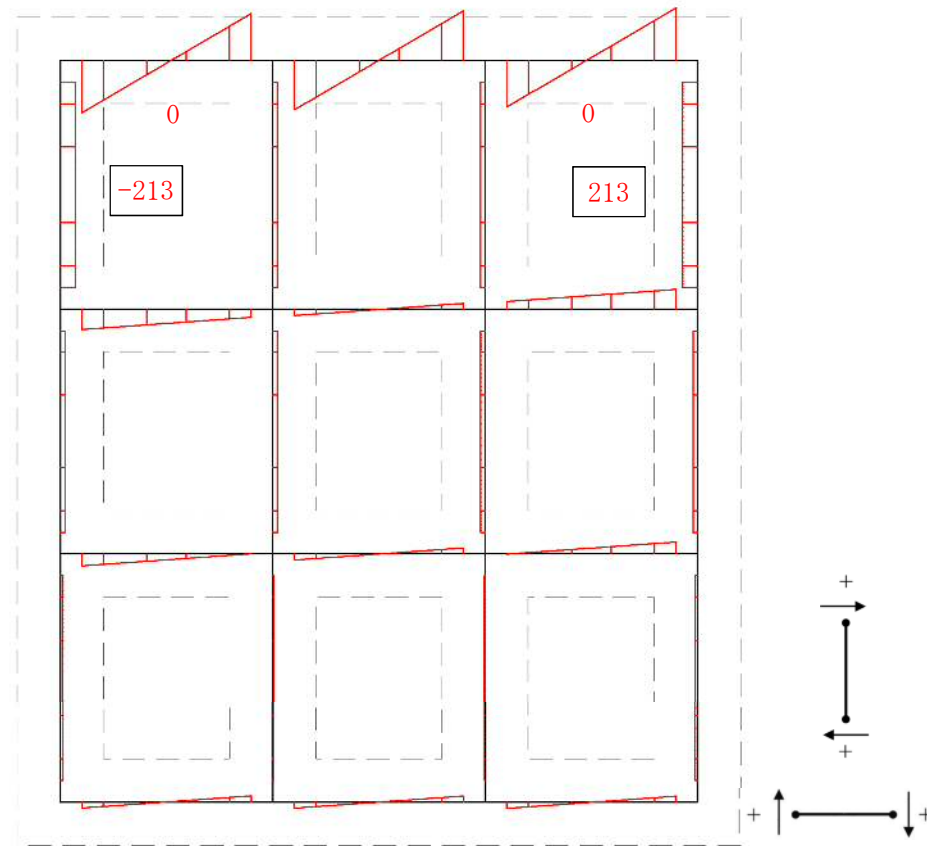


モーメント (kN・m)



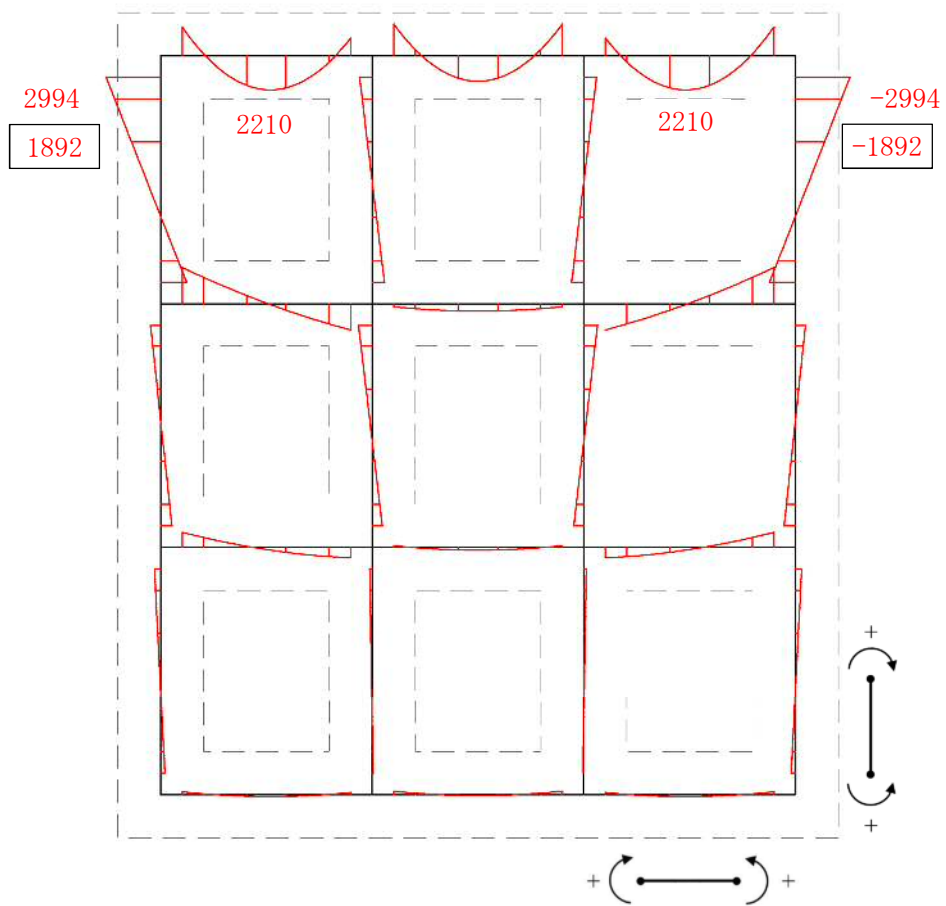
軸力 (kN)

図 5.2-19 (15) 断面力図 (重畳時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね3，鉛直下向き)

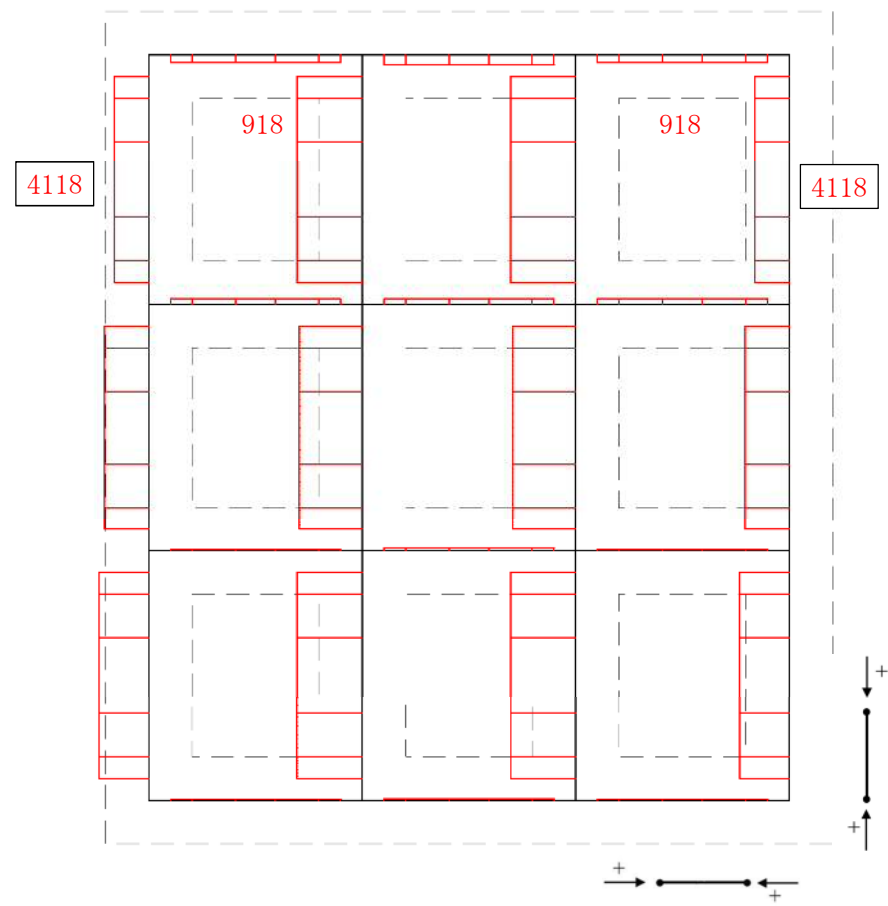


せん断力 (kN)

図 5.2-19 (16) 断面力図 (重畳時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね 3, 鉛直下向き)

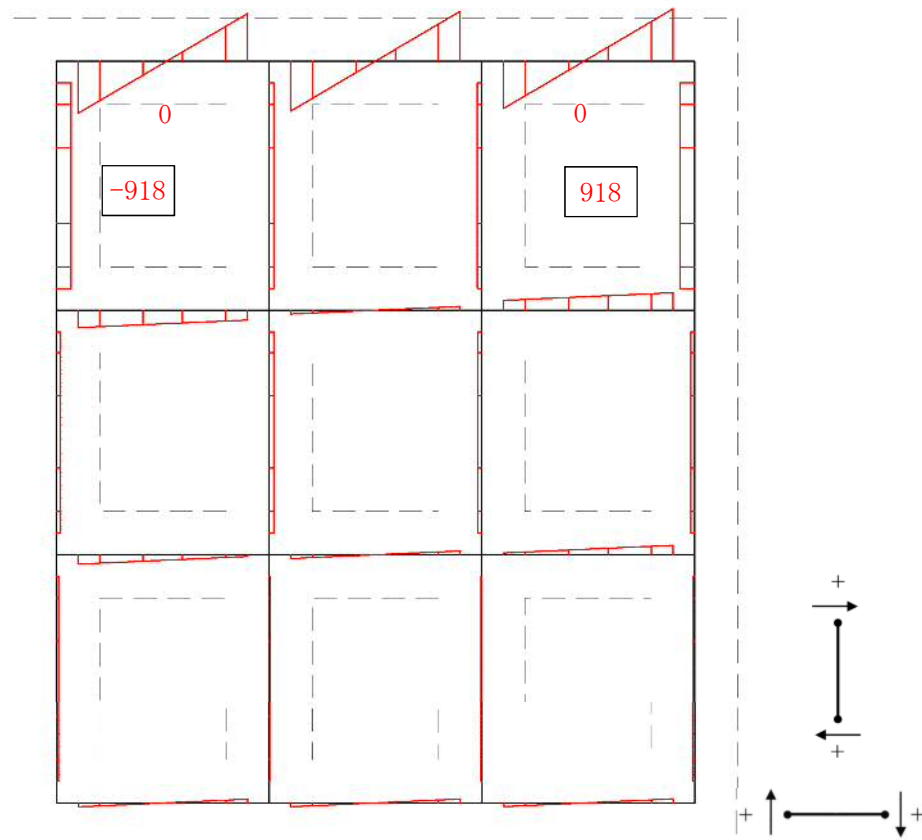


モーメント (kN・m)



軸力 (kN)

図 5.2-19 (17) 断面力図 (重畳時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね4，鉛直上向き)



せん断力 (kN)

図 5.2-19 (18) 断面力図 (重畳時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね4，鉛直上向き)

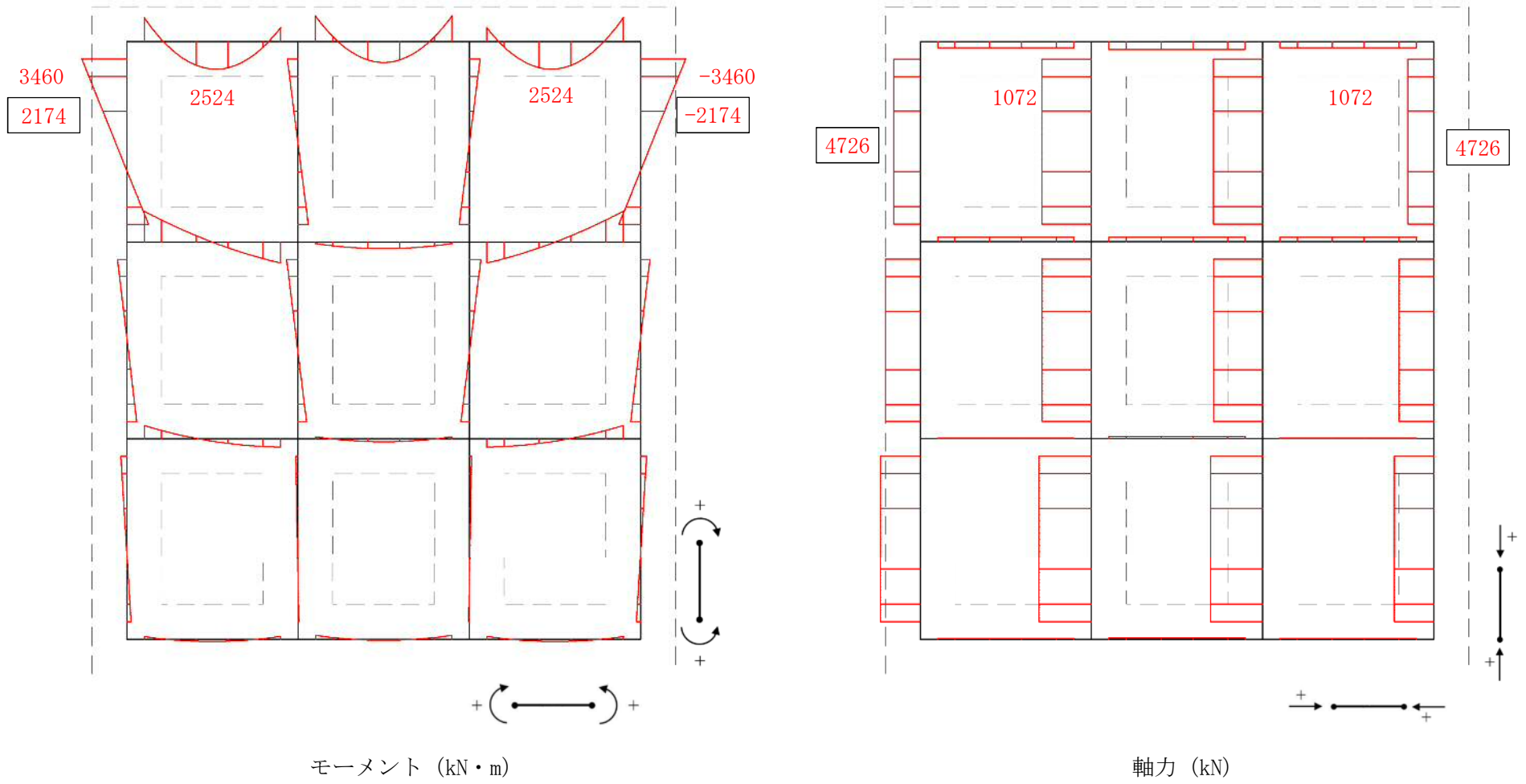
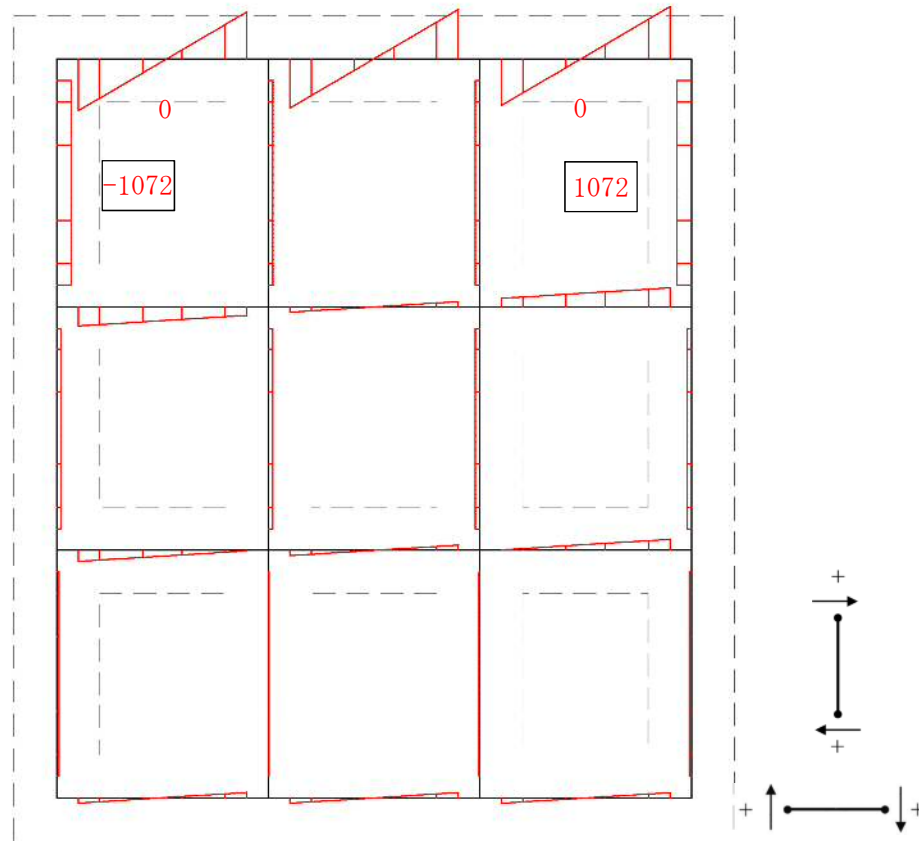


図 5.2-19 (19) 断面力図 (重畳時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね4，鉛直下向き)



せん断力 (kN)

図 5. 2—19 (20) 断面力図 (重畳時 : 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね 4, 鉛直下向き)

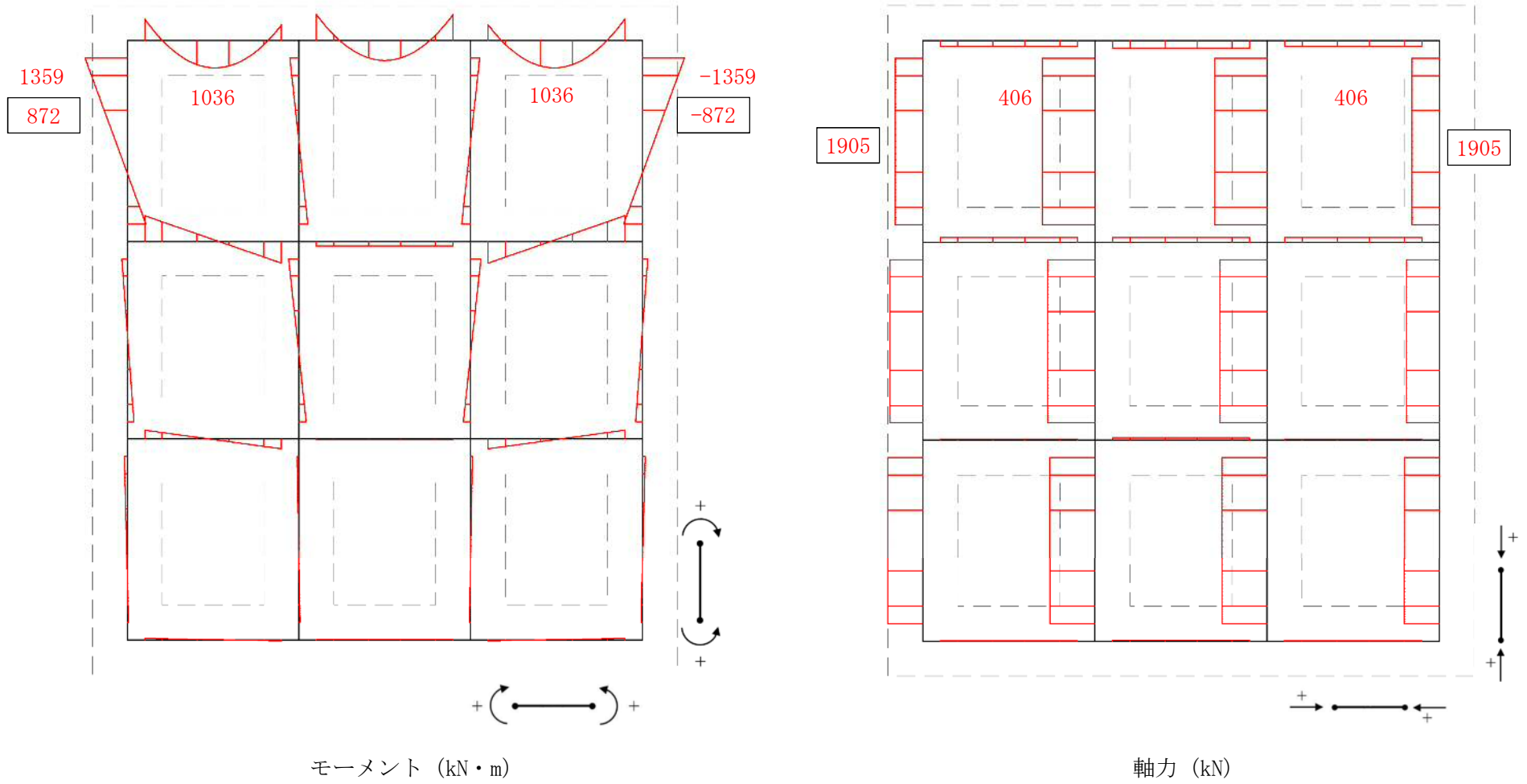
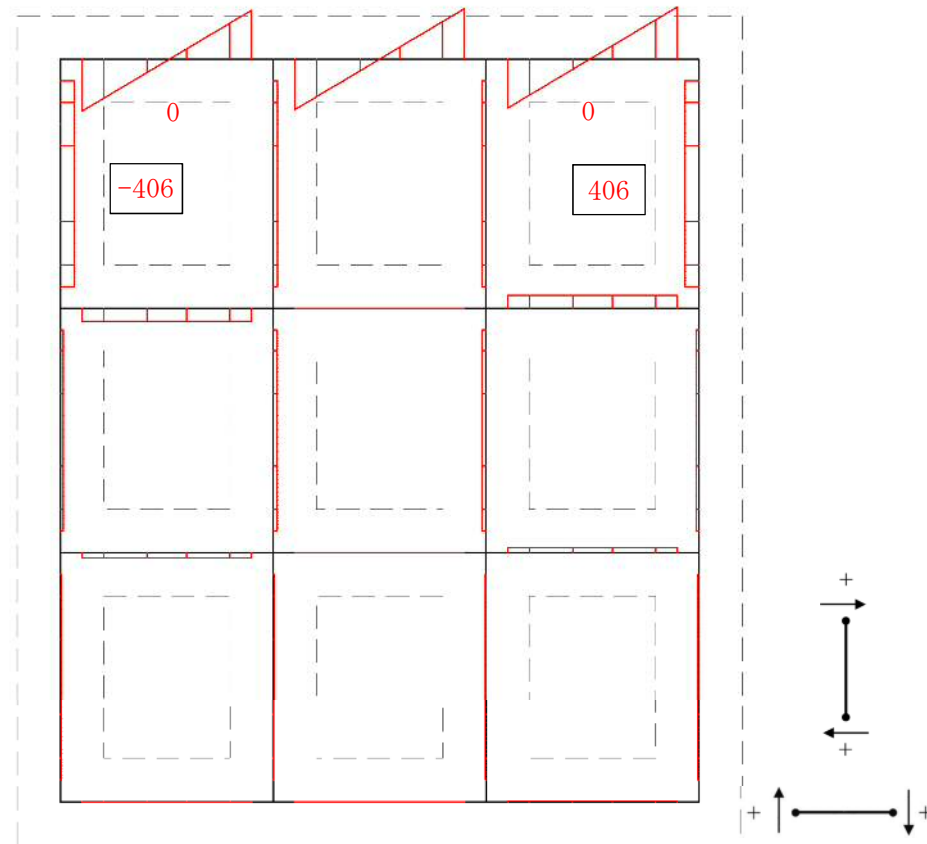


図 5. 2—19 (21) 断面力図 (重畳時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね 5，鉛直上向き)



せん断力 (kN)

図 5.2-19 (22) 断面力図 (重畳時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね 5，鉛直上向き)

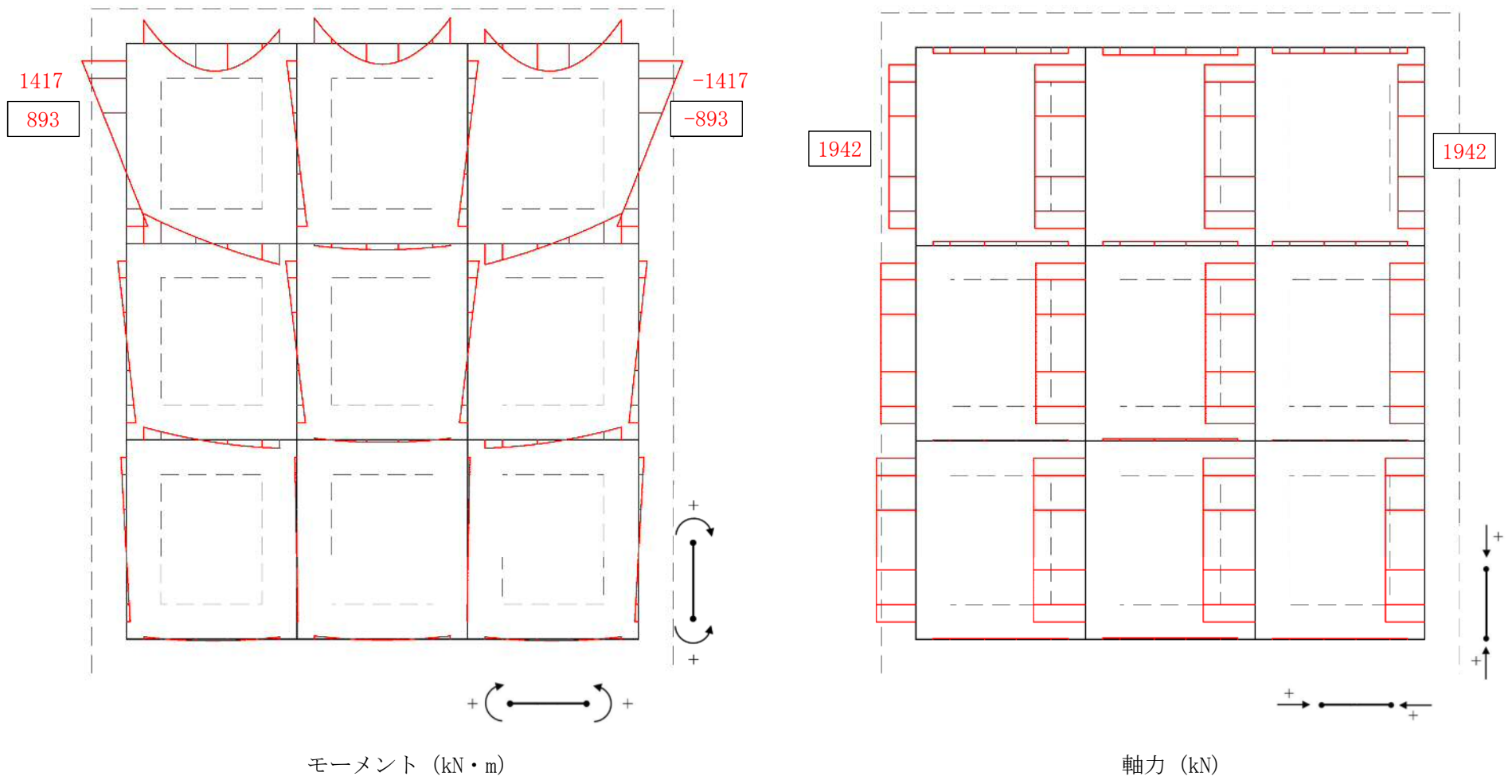
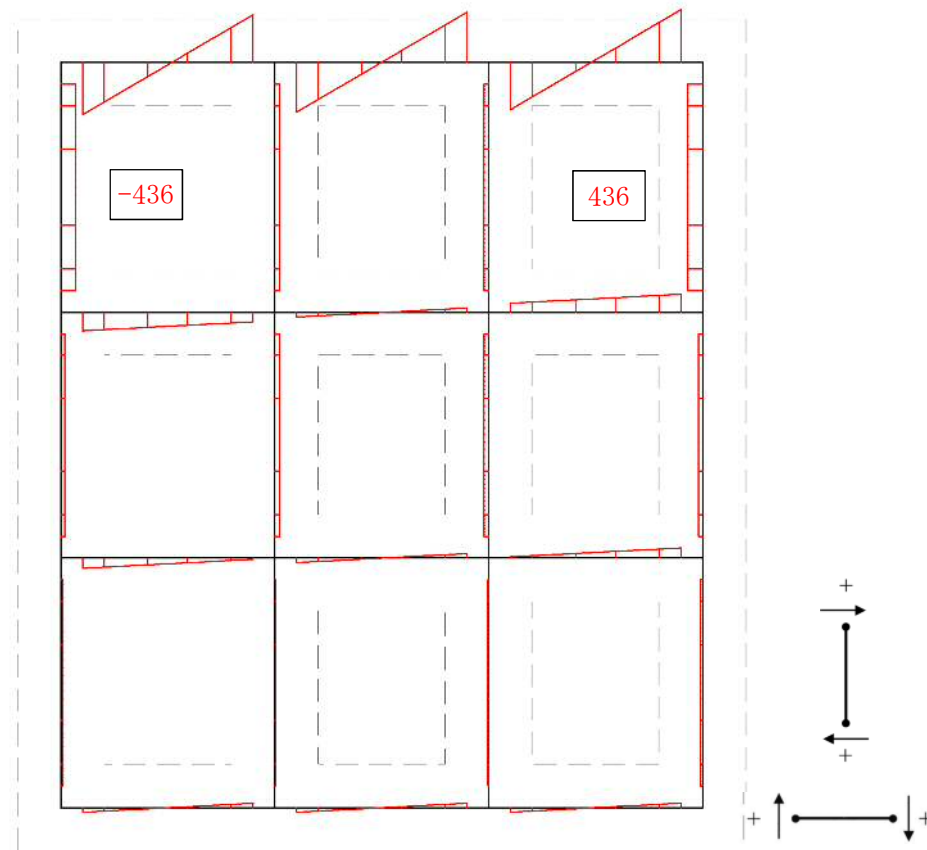


図 5. 2—19 (23) 断面力図 (重畳時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね 5，鉛直下向き)



せん断力 (kN)

図 5.2-19 (24) 断面力図 (重畳時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね 5, 鉛直下向き)

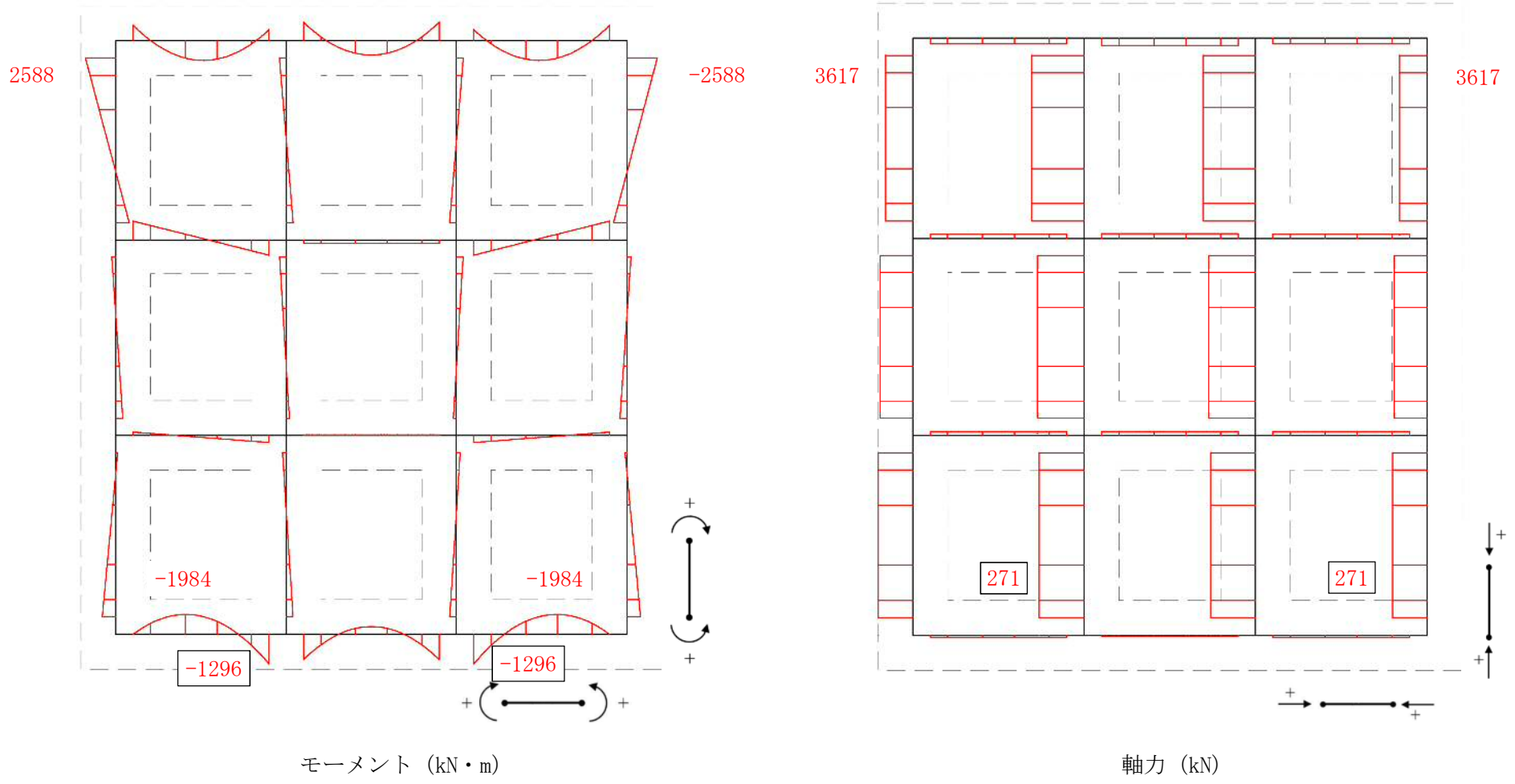


図 5.2-19 (25) 断面力図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね4，鉛直下向き，両押し時)

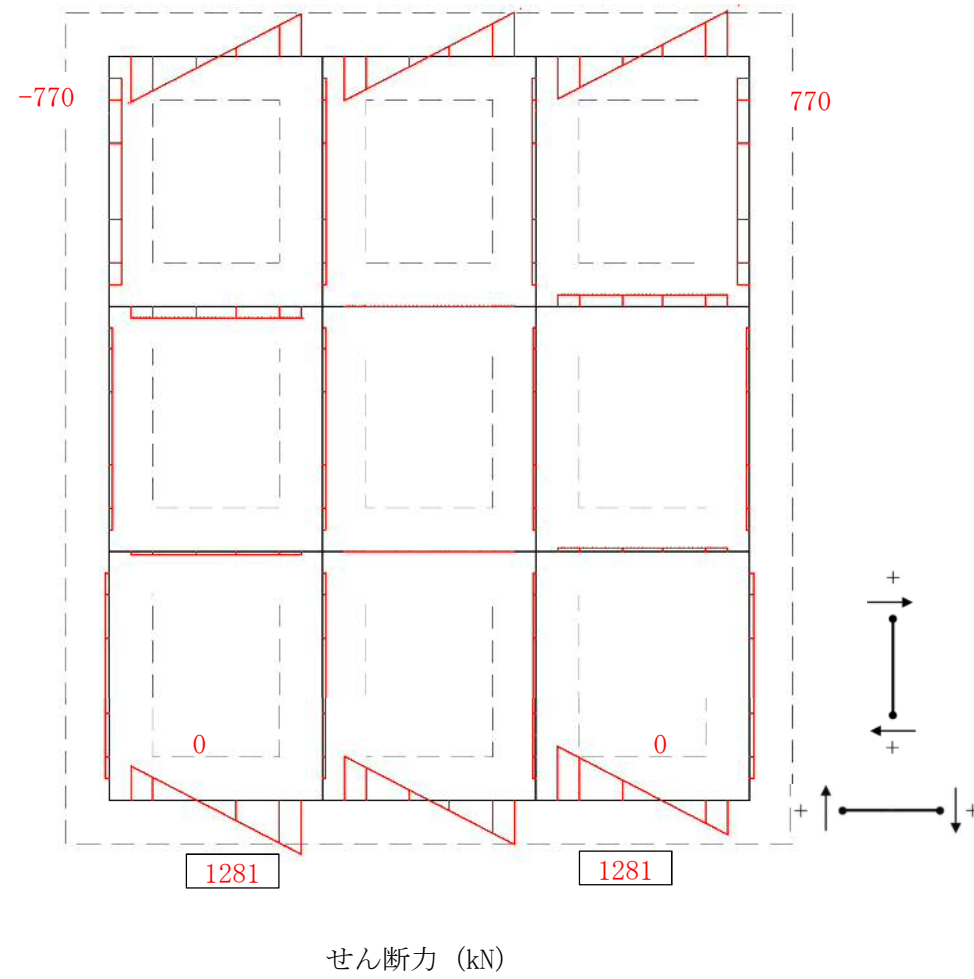
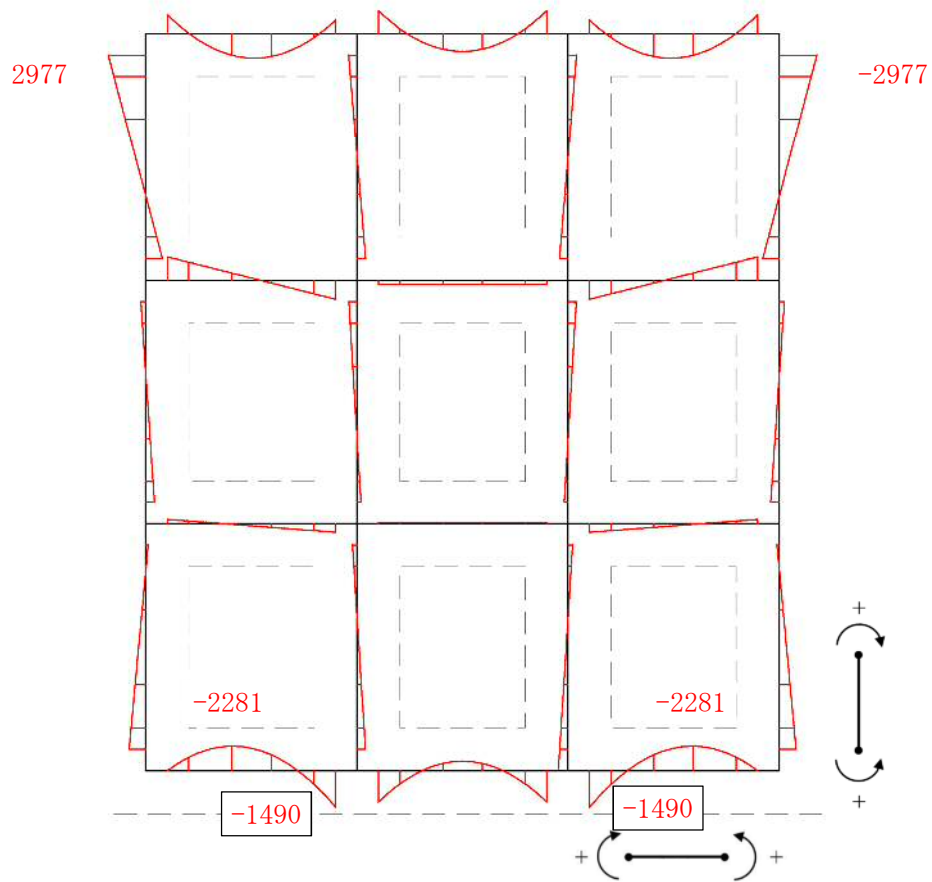
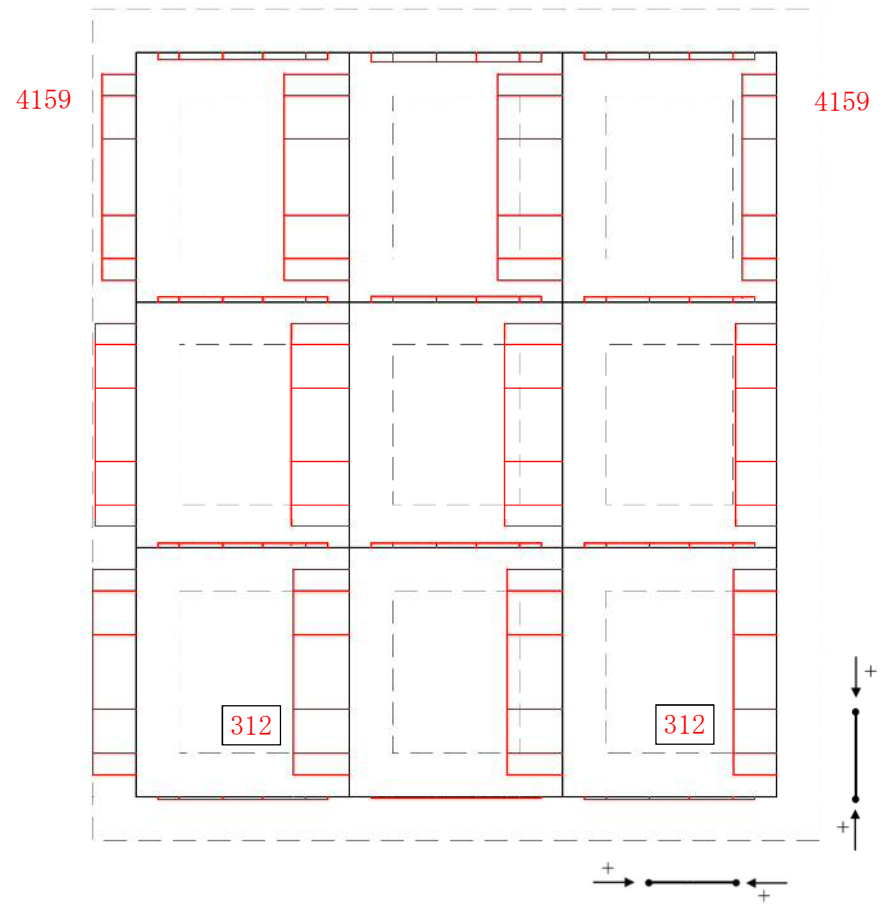


図 5.2-19 (26) 断面力図 (重畳時: 基準津波時, 地盤ばね4, 鉛直下向き, 両押し時)



モーメント (kN・m)



軸力 (kN)

図 5.2-19 (27) 断面力図 (重畳時: 敷地に遡上する津波時, 地盤ばね4, 鉛直下向き, 両押し時)

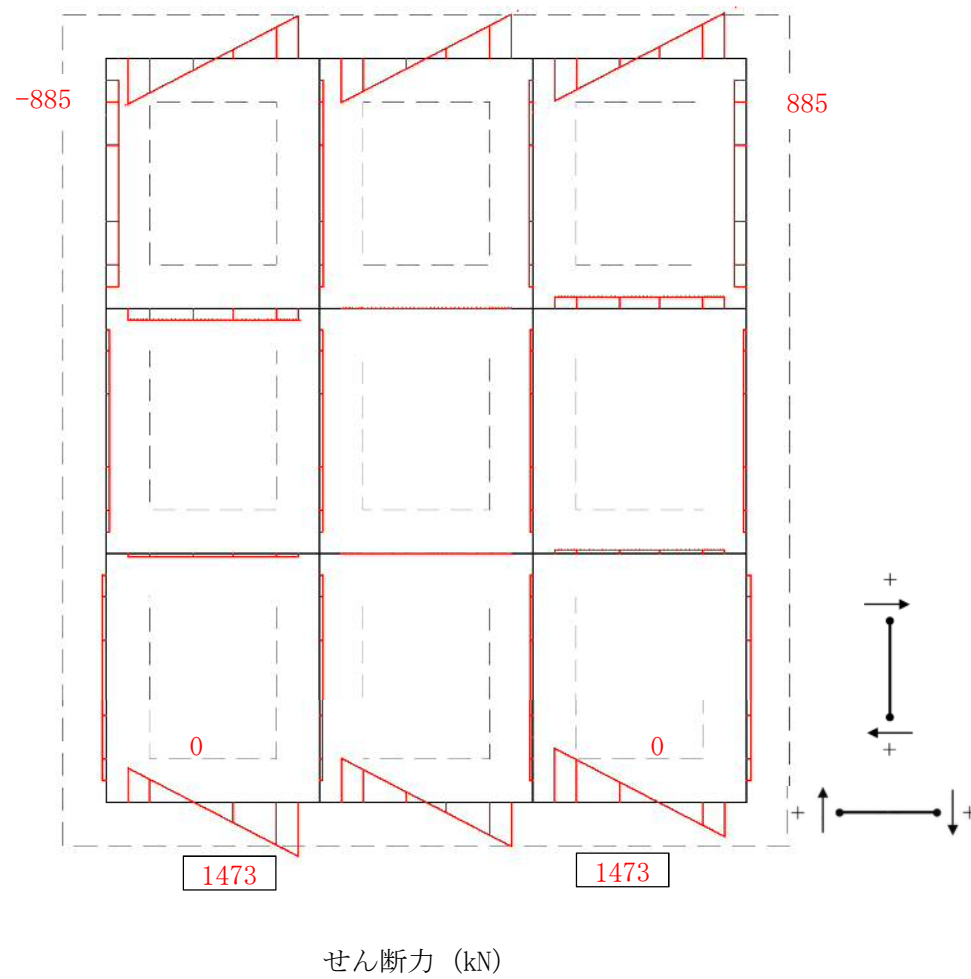


図 5.2—19 (28) 断面力図 (重畳時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね 4，鉛直下向き，両押し時)

5.2.5 放水路の評価結果

重畳時における放水路の側壁及び隔壁の評価結果を表 5.2-14 に示す。放水路の側壁及び隔壁に対して耐震壁の照査を行った結果、せん断応力度が短期許容せん断応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各地盤ケースにおいて最大となる値を示している。

表 5.2-14 (1) 放水路の側壁及び隔壁の評価結果（重畳時：基準津波時）

検討ケース		せん断 応力度 τ (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_a (N/mm ²)	照査値 τ / τ_a
地盤ばね	慣性力			
地盤ばね 3	鉛直上向き	0.202	1.350	0.15
	鉛直下向き	0.202	1.350	0.15
地盤ばね 4	鉛直上向き	0.151	1.350	0.12
	鉛直下向き	0.152	1.350	0.12
地盤ばね 5	鉛直上向き	0.191	1.350	0.15
	鉛直下向き	0.194	1.350	0.15

表 5.2-14 (2) 放水路の側壁及び隔壁の評価結果（重畳時：敷地に遡上する津波時）

検討ケース		せん断 応力度 τ (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_a (N/mm ²)	照査値 τ / τ_a
地盤ばね	慣性力			
地盤ばね 3	鉛直上向き	0.259	1.350	0.20
	鉛直下向き	0.256	1.350	0.19
地盤ばね 4	鉛直上向き	0.222	1.350	0.17
	鉛直下向き	0.223	1.350	0.17
地盤ばね 5	鉛直上向き	0.263	1.350	0.20
	鉛直下向き	0.266	1.350	0.20

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評価結果を表 5.2-15 に、接地圧分布図を図 5.2-20 に示す。

鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の最大接地圧は 2755 kN/m² であり、基礎地盤の極限支持力度 6371 kN/m² 以下である。

以上のことから、鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の基礎地盤は、津波時及び重畳時の荷重に対し、支持性能を有する。

表 5.2-15 (1) 基礎地盤の支持性能評価結果（重畳時：基準津波時）

検討ケース	最大接地圧 (kN/m ²)	極限支持力度 (kN/m ²)
地盤ばね 3	2525	6371
地盤ばね 4	2645	6371
地盤ばね 5	2673	6371

表 5.2-15 (2) 基礎地盤の支持性能評価結果（重畳時：敷地に遡上する津波時）

検討ケース	最大接地圧 (kN/m ²)	極限支持力度 (kN/m ²)
地盤ばね 3	2589	6371
地盤ばね 4	2717	6371
地盤ばね 5	2755	6371

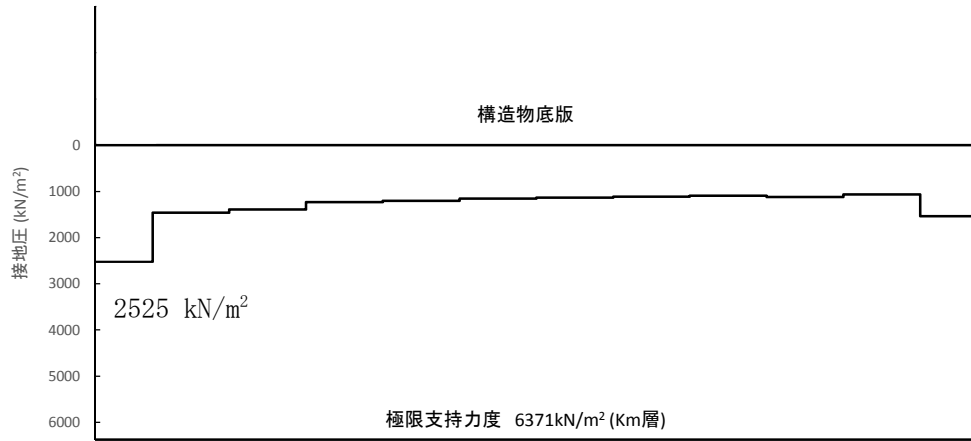


図 5.2-20 (1) 防潮壁横断方向の接地圧分布図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね3)

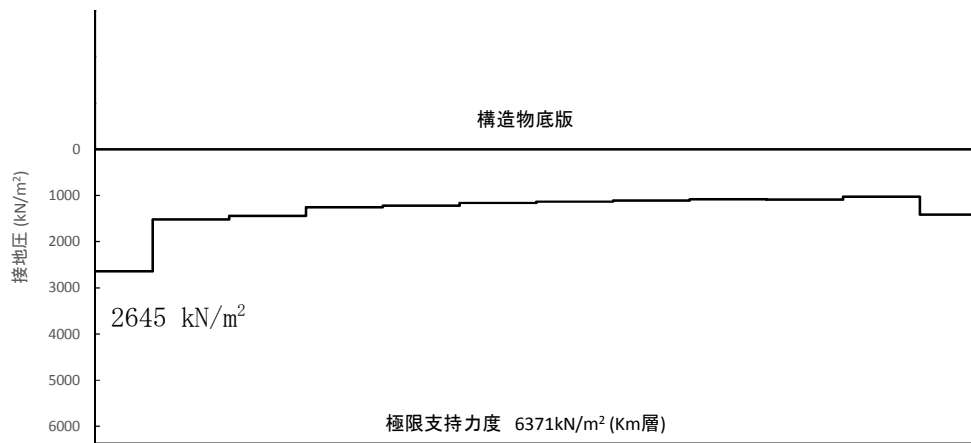


図 5.2-20 (2) 防潮壁横断方向の接地圧分布図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね4)

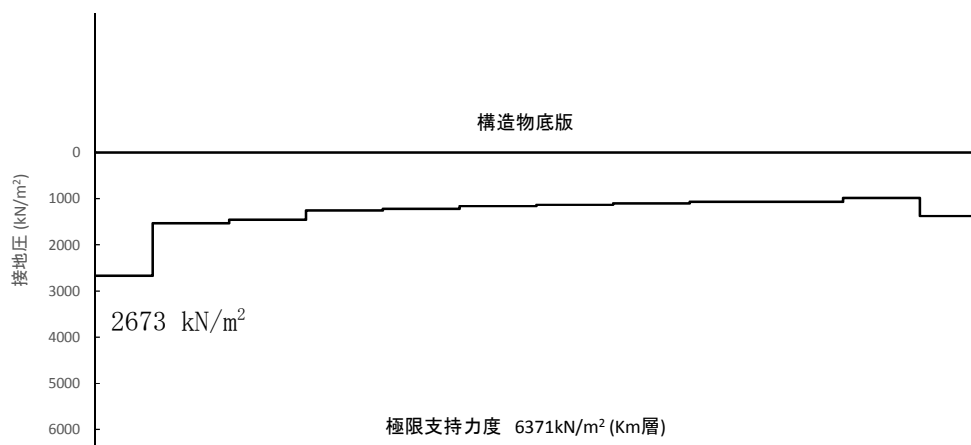


図 5.2-20 (3) 防潮壁横断方向の接地圧分布図 (重畳時：基準津波時，地盤ばね5)

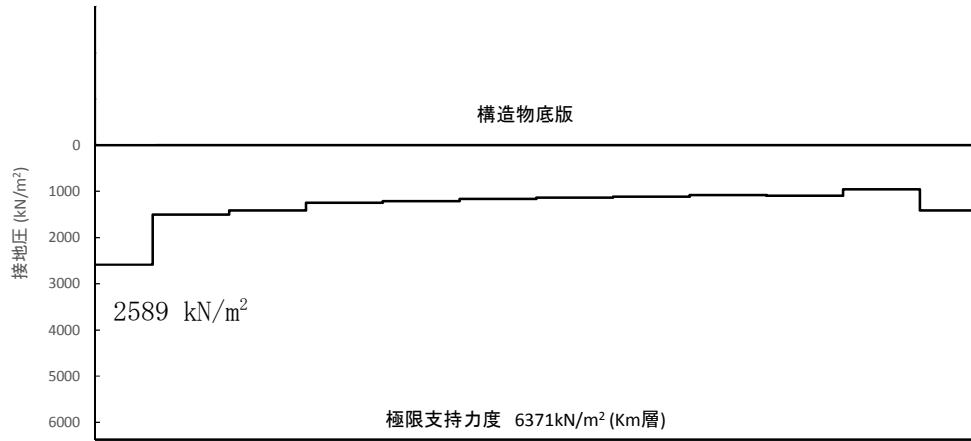


図 5.2-20 (4) 防潮壁横断方向の接地圧分布図（重畳時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね 3）

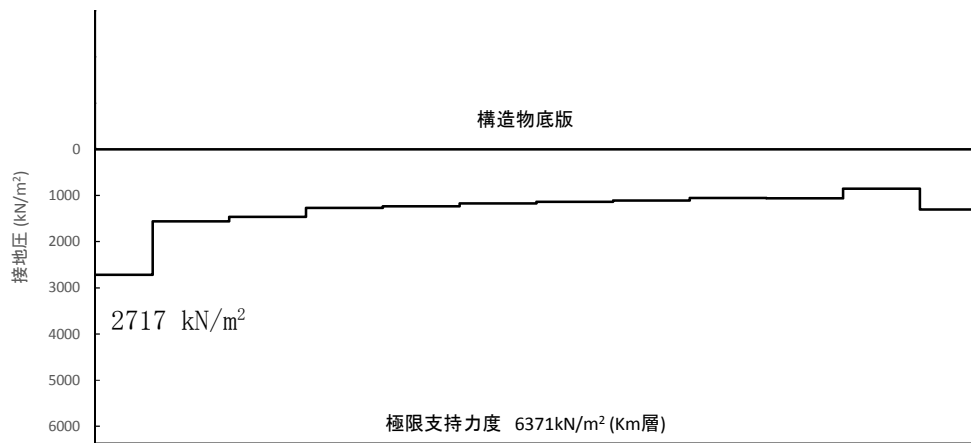


図 5.2-20 (5) 防潮壁横断方向の接地圧分布図（重畳時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね 4）

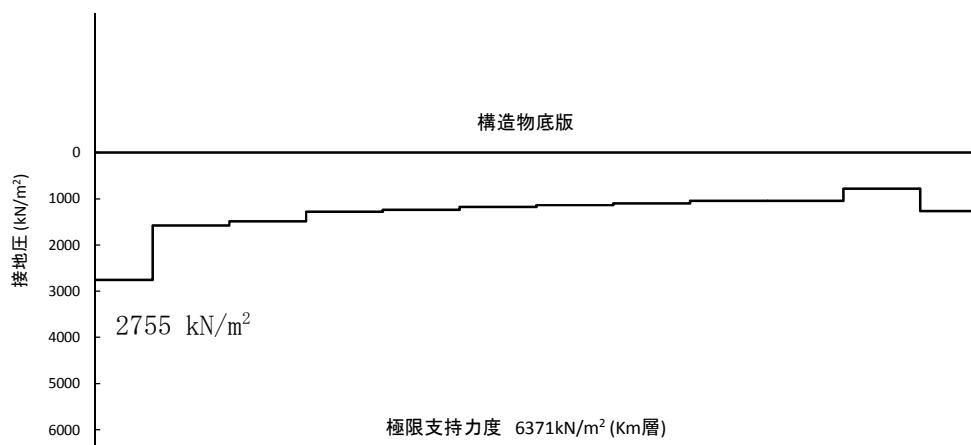


図 5.2-20 (6) 防潮壁横断方向の接地圧分布図（重畳時：敷地に遡上する津波時，地盤ばね 5）

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相対変位量に対する照査結果を表 5.2-16 に示す。

重畳時の止水ジョイント部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 5.2-16 重畳時相対変位量

	δx (m)	δy (m)	δz (m)	3成分合計 (m)
S _s 最終変位×2倍	0.594	0.102	0.074	—
重畳時×1倍	0.150	0.150	0.022	—
合計	0.744	0.252	0.096	0.791

5.3 まとめ

鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）について，津波時及び重畳時の荷重に対し，構造物の曲げ軸力及びせん断力，並びに接地圧が許容限界以下であることを確認した。

以上のことから，鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）は，津波時及び重畳時の荷重に対して，要求機能を維持できる。