

東海第二発電所 第5回設計及び工事計画審査資料	
資料番号	補足-28 改1
提出年月日	2026年7月10日

東海第二発電所

設計及び工事計画に係る補足説明資料

第5回申請

(防潮堤（鋼製防護壁）の耐震・強度計算書に係る補足説明)

<4章>

2026年7月

日本原子力発電株式会社

本資料中の ☐ は、商業秘密又は防護上の観点で公開できません。

目 次

1. 防潮堤（鋼製防護壁）の耐震計算書に関する補足説明
2. 防潮堤（鋼製防護壁）の強度計算書に関する補足説明
3. 防潮堤（鋼製防護壁）の地中連続壁部の残置影響評価に関する補足説明
4. 防潮堤（鋼製防護壁）の接合アンカーに関する補足説明 **今回ご説明の範囲**
5. 防潮堤（鋼製防護壁）の止水機構に関する補足説明

4. 防潮堤（鋼製防護壁）の接合部アンカーに関する補足説明

目 次

1. 概要及び目的	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 工認設計及び3次元解析（COM3）における断面力の取り扱い	12
2.3.1 工認設計	12
2.3.2 3次元解析（COM3）	13
2.4 検討方針	14
2.4.1 検討条件	14
2.4.2 3次元解析（COM3）による評価フロー	15
3. 解析方法	17
3.1 3次元静的フレーム解析（支間部断面力の抽出モデル）	17
3.2 3次元解析（COM3）	18
3.2.1 解析モデル	18
3.2.2 検討ケース	22
4. 評価方法	25
4.1 アンカーボルト及びベースプレートの評価	25
4.2 周辺鉄筋コンクリートの評価	25
5. 評価結果	26
5.1 アンカーボルト及びベースプレートの評価結果	26
5.1.1 アンカーボルトの発生応力度	26
5.1.2 アンカーボルト定着部の発生応力度の評価	27
5.1.3 ベースプレートの評価	28
5.2 周辺鉄筋コンクリート及び中実鉄筋コンクリートの評価結果	30
5.2.1 評価結果総括表	30
5.2.2 中詰め鉄筋コンクリート	32
5.2.3 頂版鉄筋コンクリート	45
5.2.4 中実鉄筋コンクリート	76
6. まとめ	89

1. 概要及び目的

「1. 防潮堤（鋼製防護壁）の耐震計算書に関する補足説明」及び「2. 防潮堤（鋼製防護壁）の強度計算書に関する補足説明」における防潮堤（鋼製防護壁）の設計（以下「工認設計」という。）は、鋼製防護壁の自重、地震荷重及び津波荷重（以下「設計荷重」という。）が作用する部材に対し、各種基準に基づく許容応力度設計法を適用した弾性設計を行っている。本章で対象とする接合部においても、同様の設計を行っている。

この設計では、接合部であるアンカーボルトは、「鋼構造物設計基準（Ⅱ鋼製橋脚編，名古屋高速道路公社，平成 15 年 10 月）」に基づき設計しており、その基準は橋梁の設計を想定しているため、防潮堤に作用する津波荷重のような大規模な水平荷重を想定していない。また、頂版鉄筋コンクリートは、中詰め鉄筋コンクリート、中実鉄筋コンクリート、巻立て鉄筋コンクリート及び鋼管杭と結合した構造となっている。このため、各部材に複雑かつ大きな応力が発生することが予想される。

以上より本章では、鉄筋コンクリート及び無筋コンクリートの材料非線形性を考慮でき、複雑な応力を精緻に解析できる 3 次元静的非線形解析（以下「3 次元解析（COM3）」という。）を用いて評価を行う。具体的には、設計荷重により接合部に発生する軸力、モーメント及びせん断力に対して、その応力状態及び応力伝達を評価し、**工認設計の妥当性**を確認することを目的とする。

3 次元解析（COM3）の評価対象部材は、防潮堤（鋼製防護壁）の接合部である、アンカーボルト、ベースプレート及び鋼製防護壁からの荷重を直接負担する中詰め鉄筋コンクリートとする。加えて、アンカーボルトから荷重が伝達される頂版鉄筋コンクリート（中詰め鉄筋コンクリートと併せて以下「周辺鉄筋コンクリート」という。）も評価対象とする。

アンカーボルト及びベースプレートについては、設計荷重により接合部に発生する軸力、モーメント及びせん断力から算定される応力度が許容限界以下であることを確認する。

周辺鉄筋コンクリートについても、アンカーボルト及びベースプレートと同様に確認する。

なお、中実鉄筋コンクリートは、軸方向鉄筋（鉛直方向）により周辺鉄筋コンクリートと一体化されているため、併せて評価する。

2. 基本方針

2.1 位置

防潮堤（鋼製防護壁）の位置図を図 2.1-1 に示す。

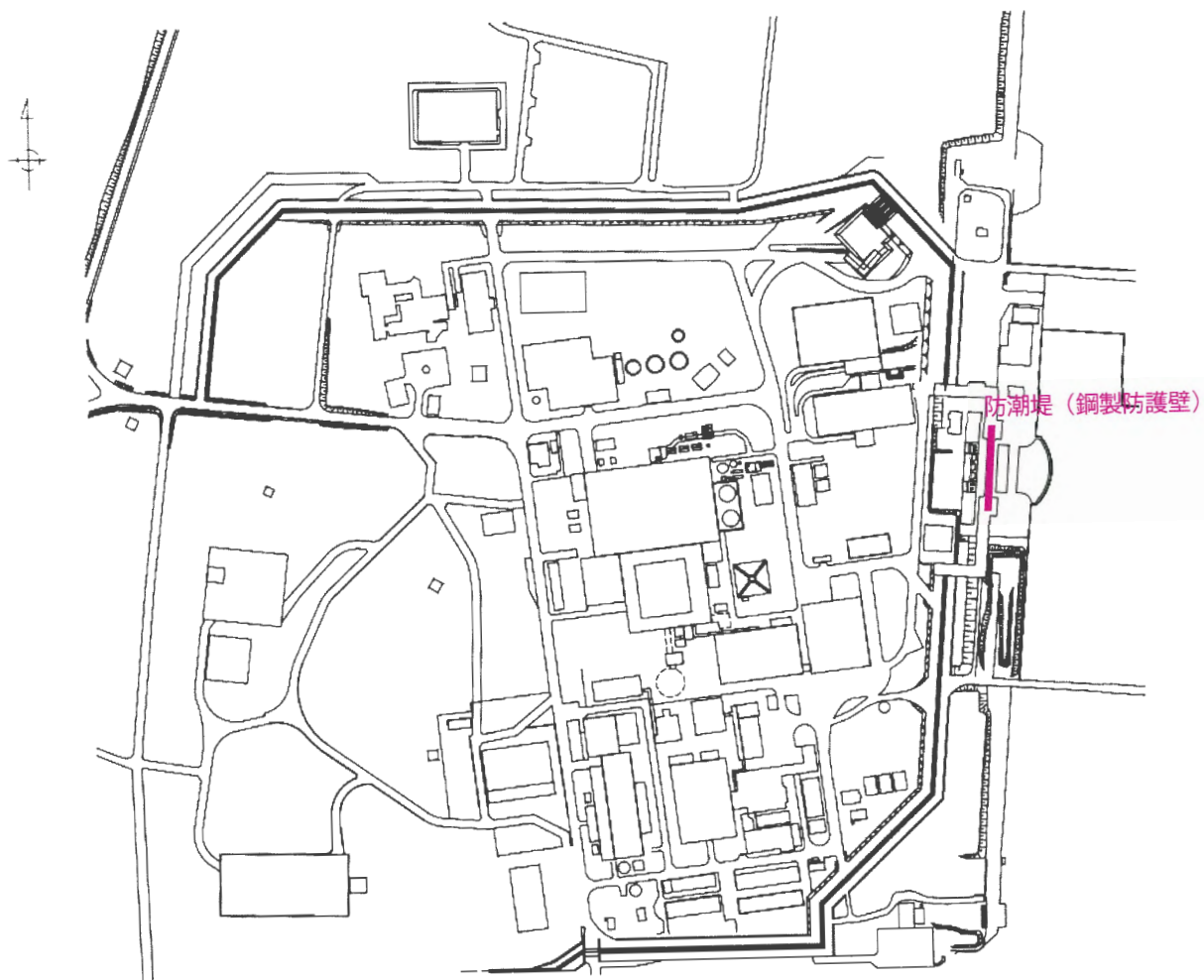


図 2.1-1 防潮堤（鋼製防護壁）の位置図

2.2 構造概要

防潮堤（鋼製防護壁）の構造図を図 2.2-1 に示す。また、3次元解析（COM3）における評価部材の設計上の役割を表 2.2-1 に示す。

防潮堤（鋼製防護壁）は図 2.2-1 に示すとおり、上部構造（以下「鋼製防護壁」という。）と下部構造（以下「鋼製防護壁基礎」という。）から構成される。鋼製防護壁は図 2.2-1 に示すとおり、幅約 81 m、高さ約 17 m、奥行き約 5 m の鋼製の構造物であり、幅約 50 m の既設構造物を横断し、既設構造物の側方に配置した鋼製防護壁基礎を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置する。

鋼製防護壁は図 2.2-2 に示すとおり、下端標高 T.P. +3.20 m から天端標高 T.P. +20.0 m までを頂板鋼板を含めて 10 層の鋼殻で構成される構造とする。各層は、堤軸方向の内部隔壁、堤軸直交方向の鉛直隔壁及び水平隔壁並びにこれらを取り囲む外面鋼板により構成される鋼殻構造であり、施工性を考慮して分割したブロックを組み合わせることにより全体を構成する。

鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎との接合部の概要図を図 2.2-3 に示す。また、接合部の構造図を図 2.2-4～図 2.2-9 に示す。鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎はアンカーボルト及びベースプレートによって剛結合されており、アンカーボルトは鋼製防護壁からの引抜き力を頂版鉄筋コンクリートに伝達する。鋼製防護壁の鋼殻内部の中詰め鉄筋コンクリートは、鋼製防護壁からのせん断力、水平回転モーメントを頂版鉄筋コンクリートに伝達する。なお、アンカーボルト頭部には防食等を目的に根巻き鉄筋コンクリートを配置し、ベースプレートのリブ間空隙部はグラウトにて充填する。

鋼製防護壁基礎は、図 2.2-10 に示すとおり、既設構造物の南北両側に配置され、津波荷重等を受ける鋼製防護壁を支持する構造である。本基礎は頂版鉄筋コンクリート、中実鉄筋コンクリート、鋼管杭、及び巻立て鉄筋コンクリートで構成される。

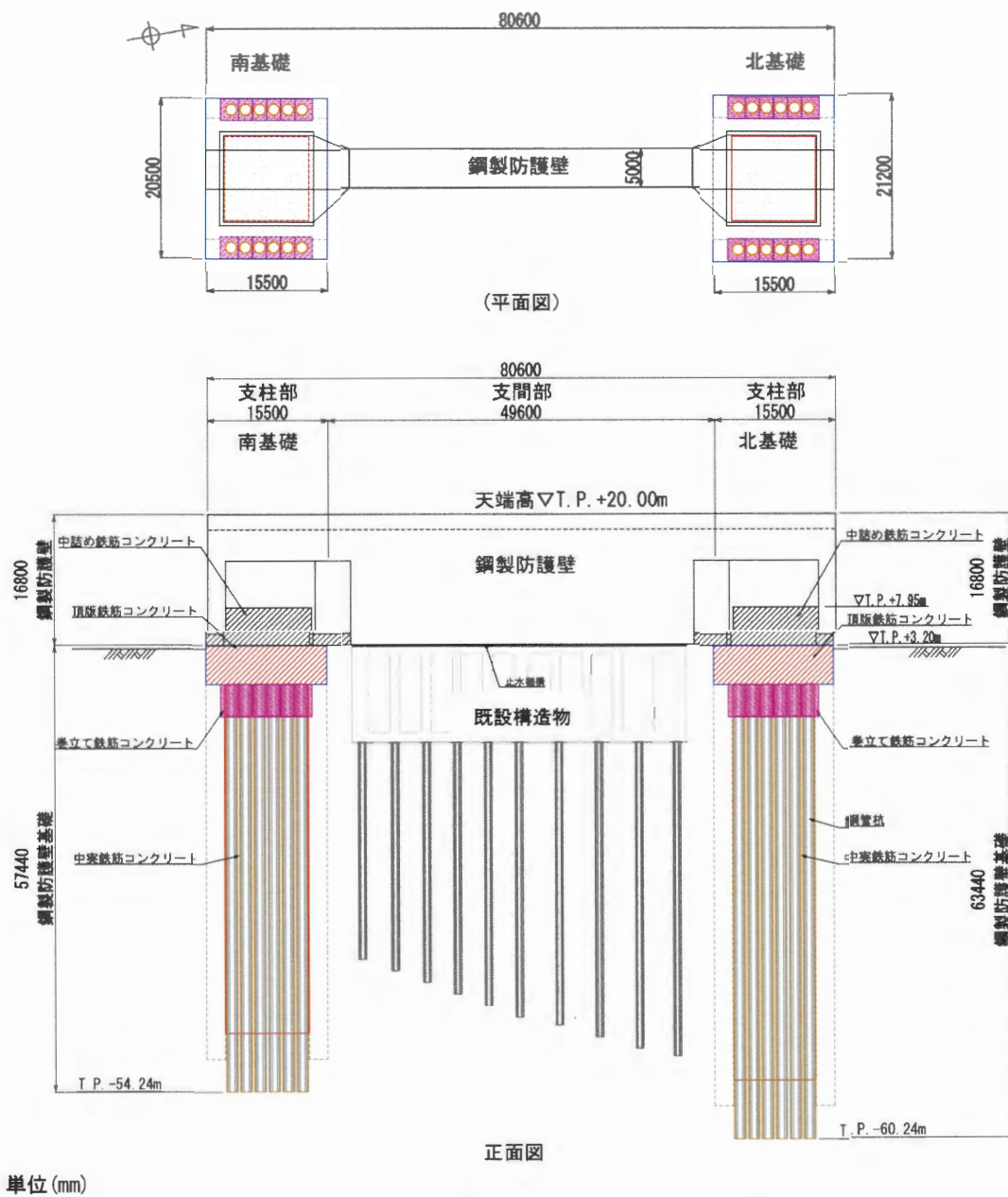
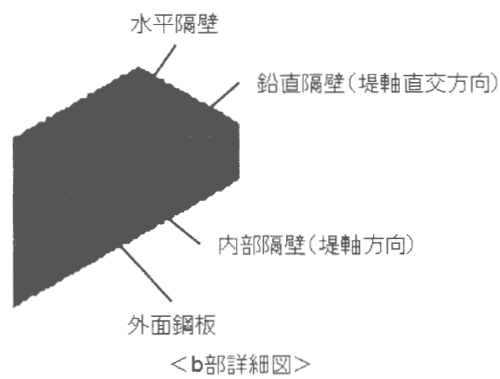
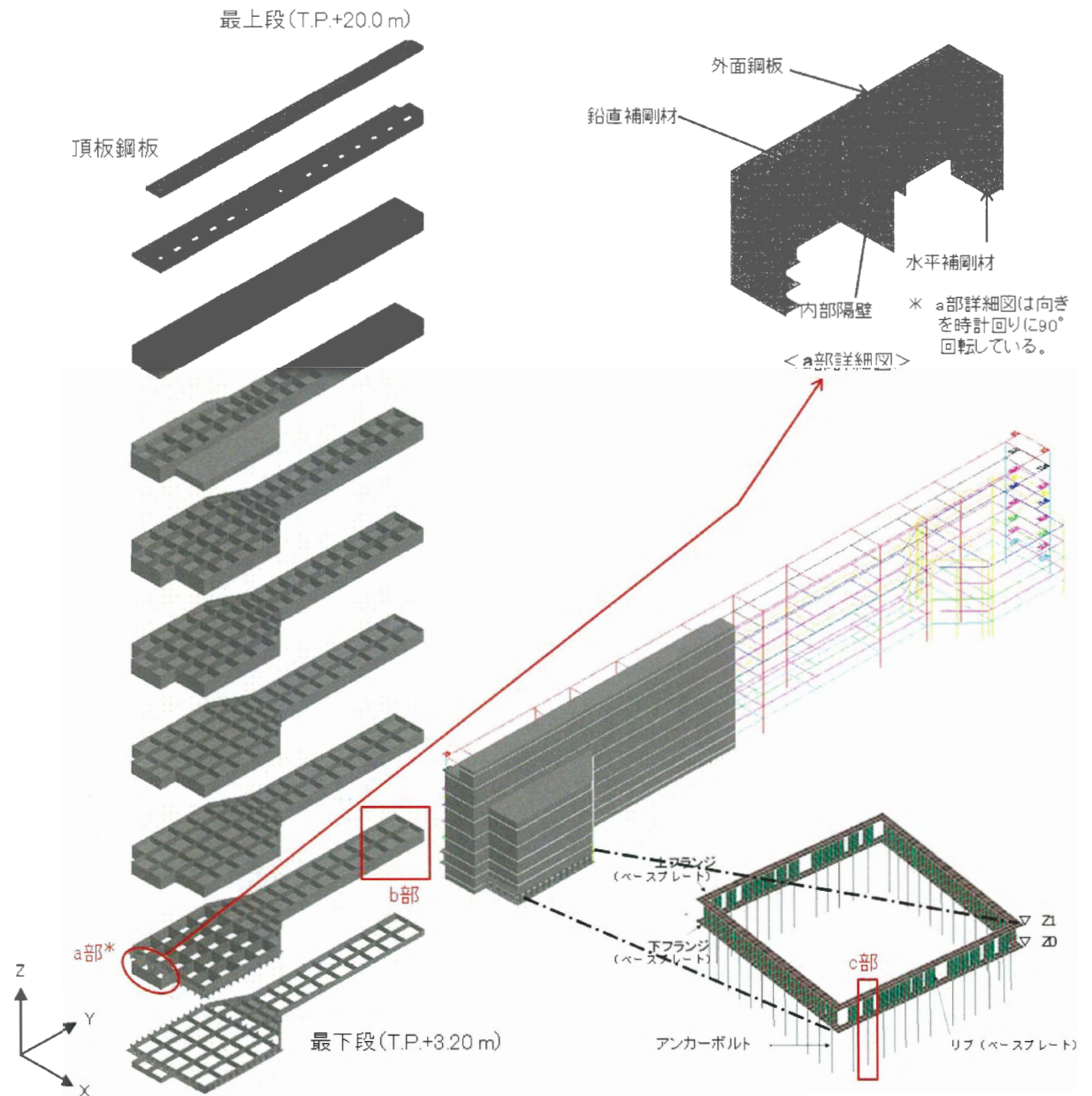


図 2.2-1 防潮堤（鋼製防護壁）全体の構造図

表 2.2-1 3次元解析 (COM3) における評価部材の設計上の役割

評価部材	設計上の役割
アンカーボルト (SM520B相当)	鋼製防護壁からの引抜力を負担する。
ベースプレート (SM490Y, SM570)	アンカーボルトからの曲げ軸力, せん断力を負担する。
頂版鉄筋コンクリート ($f'_{ck}=50 \text{ N/mm}^2$)	鋼製防護壁からのせん断力, 曲げ軸力を負担する。アンカーボルト, 鋼管杭及び中詰め鉄筋コンクリート, 中実鉄筋コンクリート, 巻立て鉄筋コンクリート内の鉄筋を定着する。
中詰め鉄筋コンクリート ($f'_{ck}=50 \text{ N/mm}^2$)	鋼殻内部の鉄筋コンクリートで, 鋼製防護壁からのせん断力, 水平回転モーメントを負担する。
中実鉄筋コンクリート ($f'_{ck}=50 \text{ N/mm}^2$)	鋼製防護壁からのせん断力, 曲げ軸力を負担する。



- ・ベースプレートは鋼殻(外面鋼板)に溶接
- ・アンカーボルトはベースプレートにナットにより固定

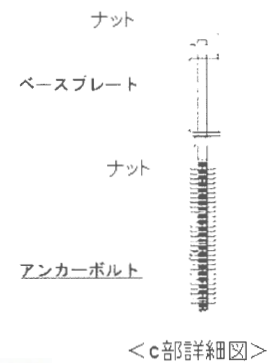


図 2.2-2 鋼製防護壁の構造概要図

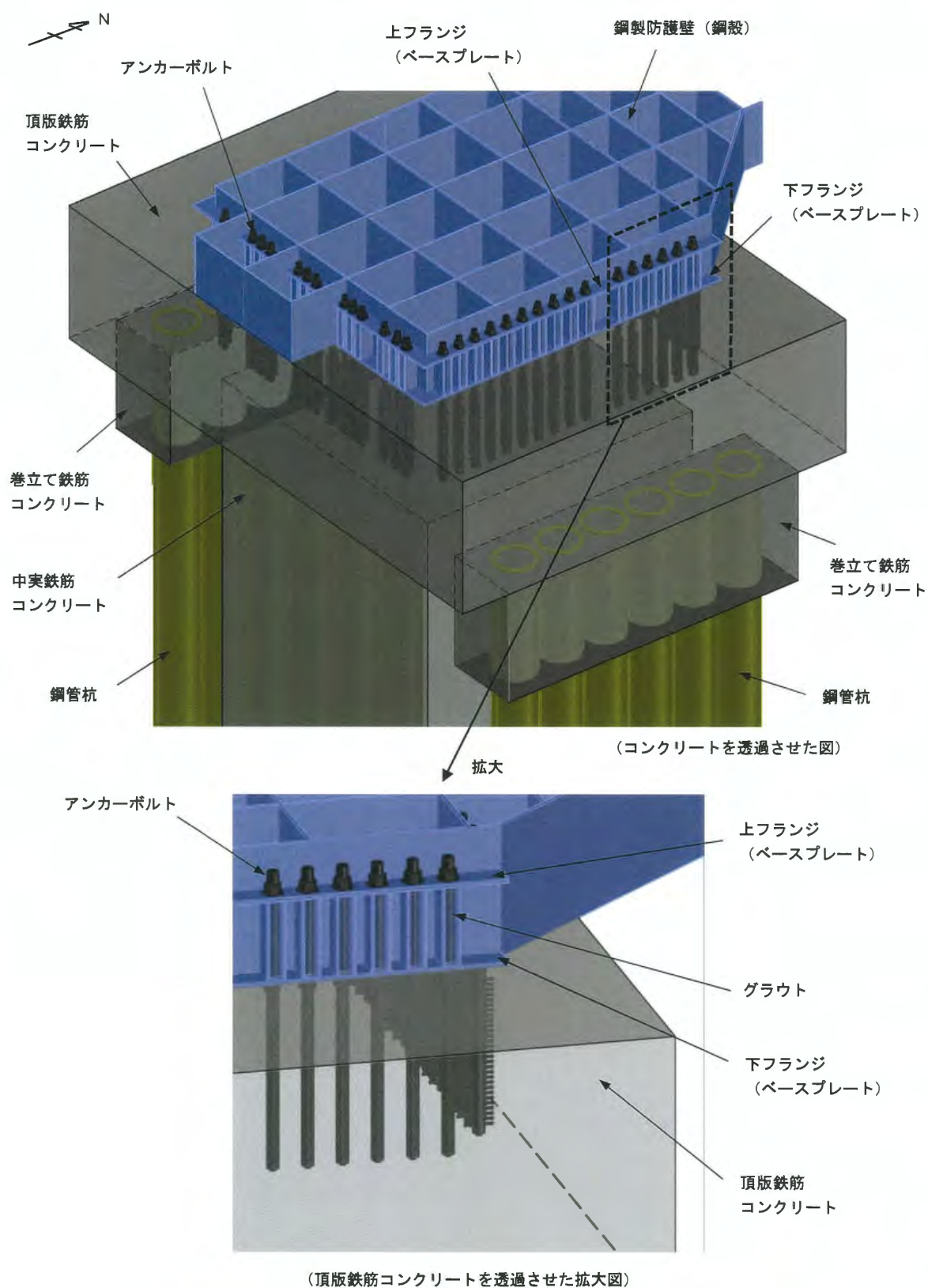


図 2.2-3 鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎の接合部概要図（南基礎）

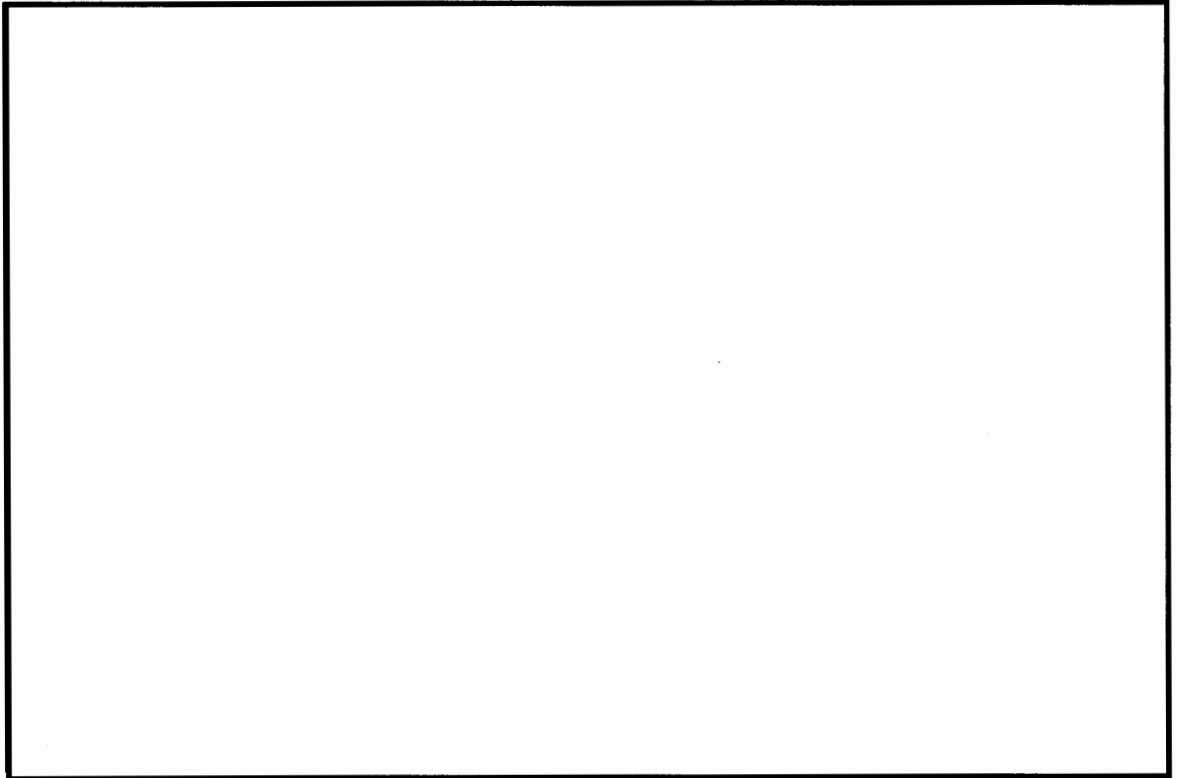


図 2.2-4 鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎の接合部構造図(南基礎：A－A断面)

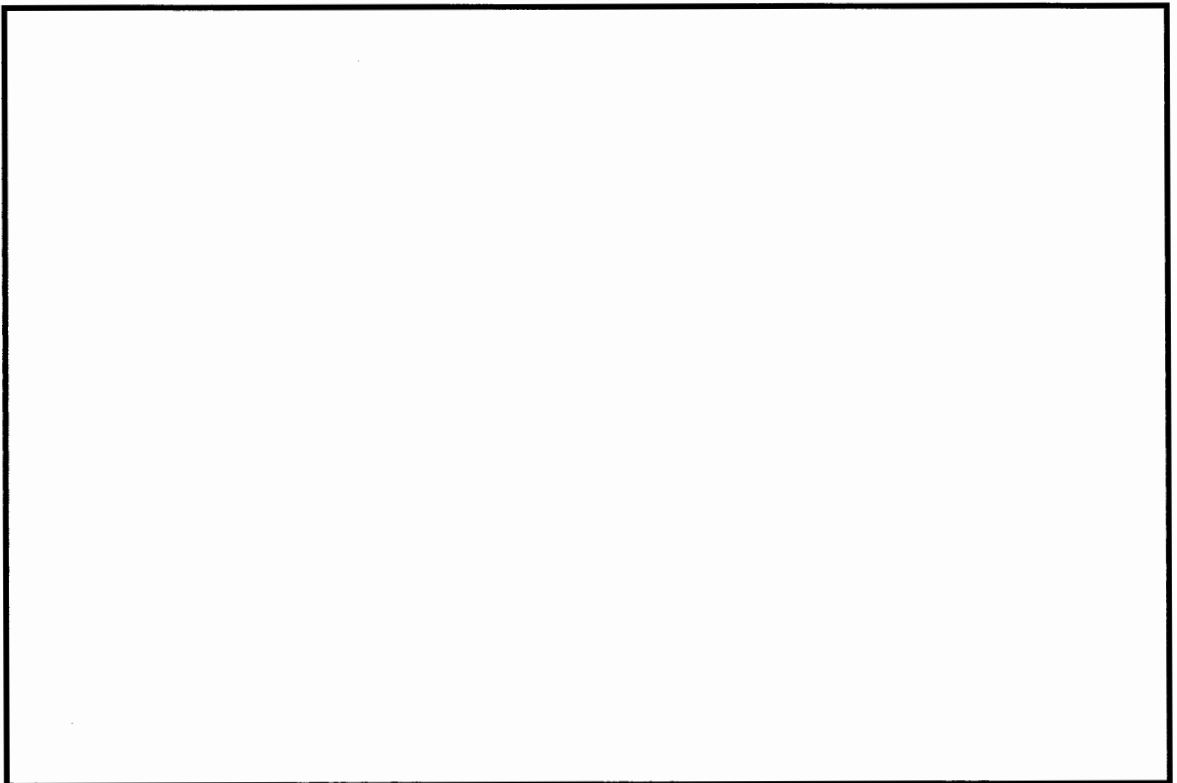


図 2.2-5 鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎の接合部構造図(南基礎：B－B断面)

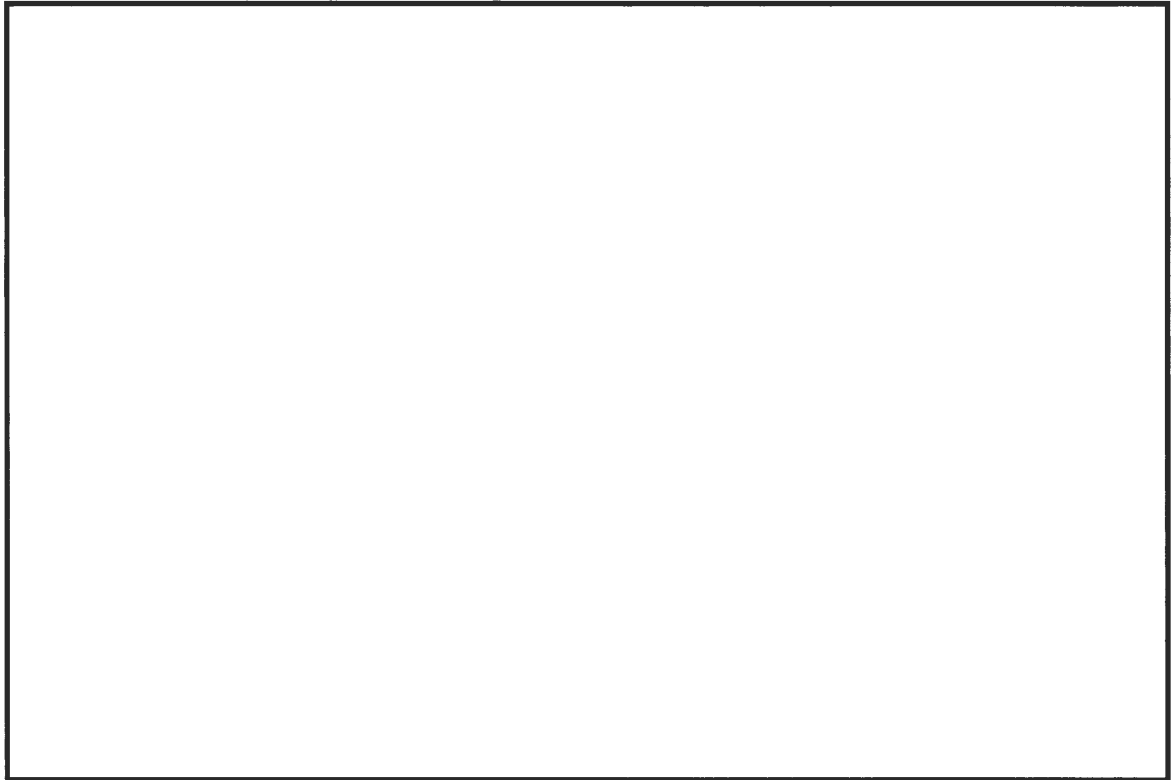


図 2.2-6 鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎の接合部構造図(南基礎：C－C断面)

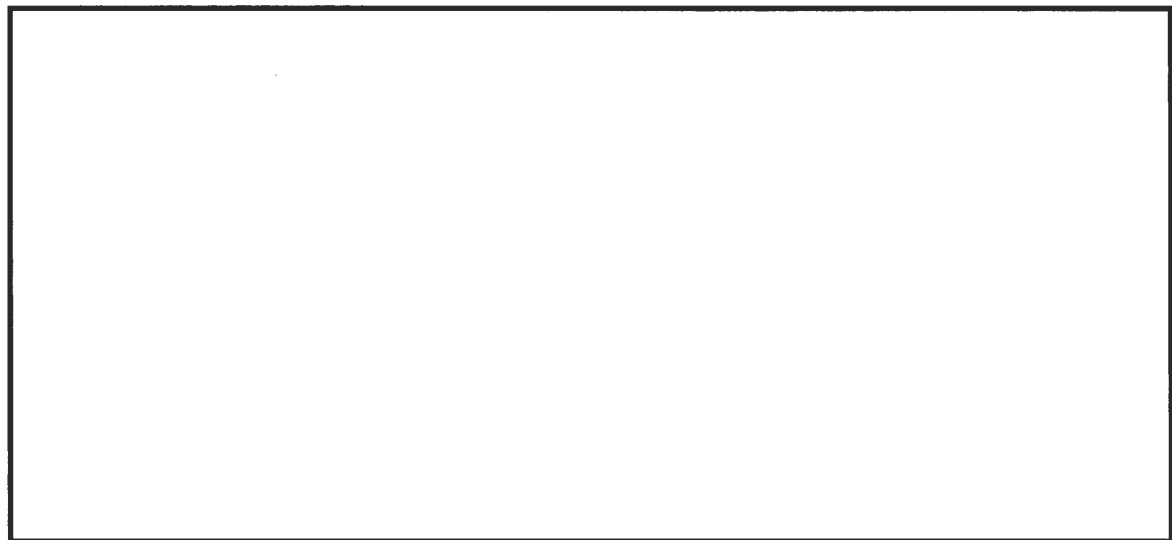


図 2.2-7 鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎の接合部構造図(南基礎：D－D断面)

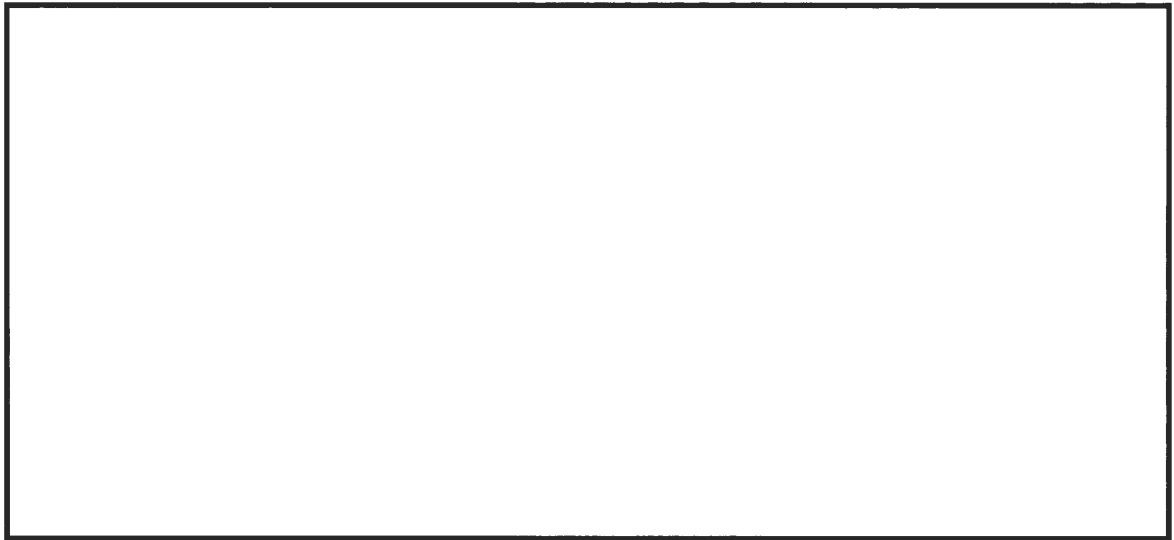


図 2.2-8 鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎の接合部構造図(南基礎：E－E断面)

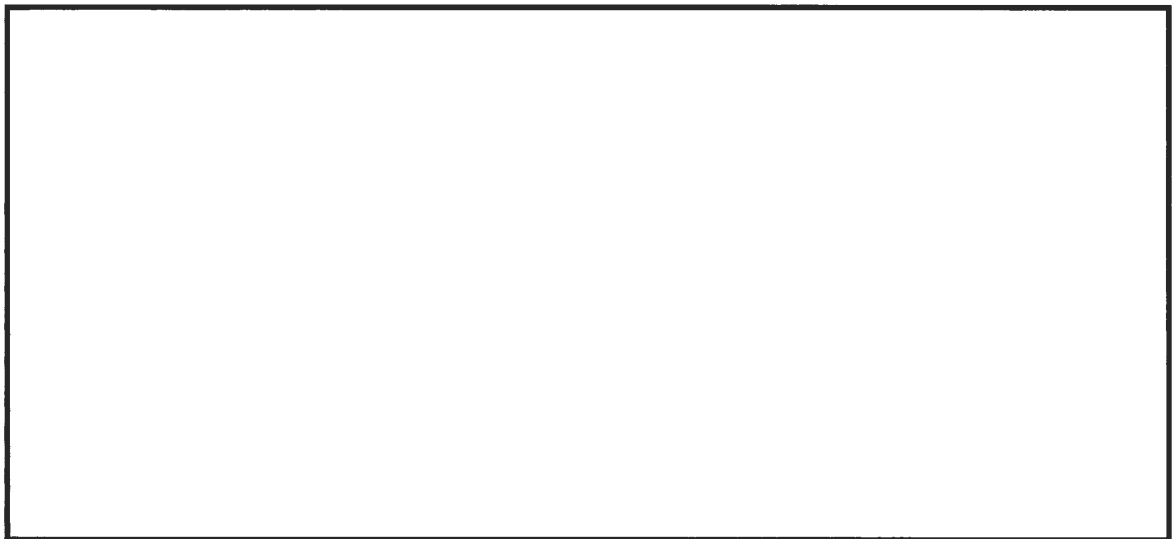


図 2.2-9 鋼製防護壁と鋼製防護壁基礎の接合部構造図(南基礎：F－F断面)

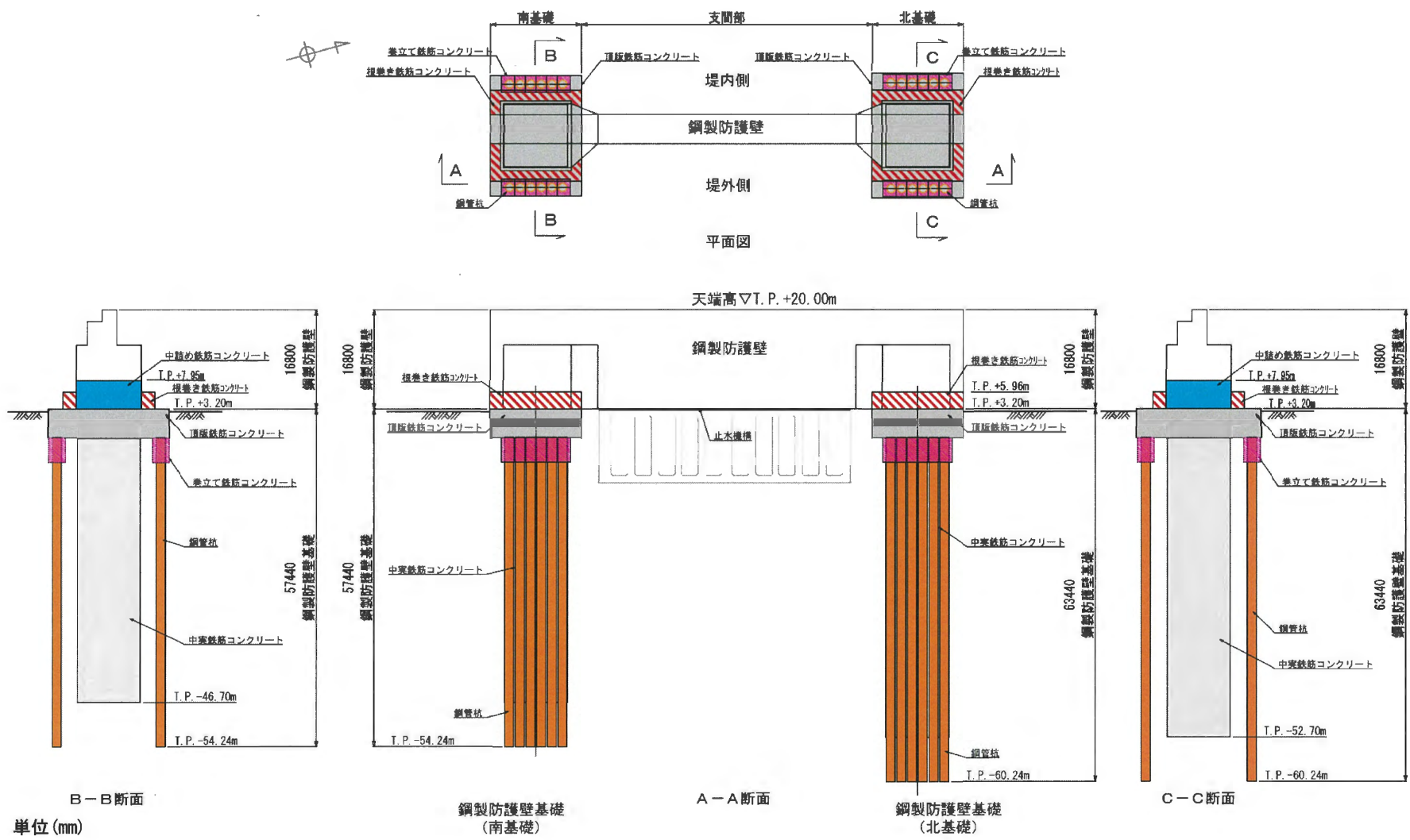


図 2.2-10 鋼製防護壁基礎の構造概要図

2.3 工認設計及び3次元解析（COM3）における断面力の取り扱い

2.3.1 工認設計

工認設計では、接合部で発生する断面力をアンカーボルトと周辺鉄筋コンクリートが負担する断面力に分けて評価する。接合部各部材の荷重伝達イメージを図 2.3-1 に示す。

アンカーボルトは、設計荷重による軸力、X軸回りのモーメント及びY軸回りのモーメントの断面力をアンカーボルトの引抜き力に換算して評価する。なお、ベースプレートもアンカーボルトと同様に評価する。

周辺鉄筋コンクリートは、設計荷重によるX軸方向のせん断力、Y軸方向のせん断力及びZ軸回りのモーメント（以下「水平回転モーメント」という。）の断面力に対して評価する。

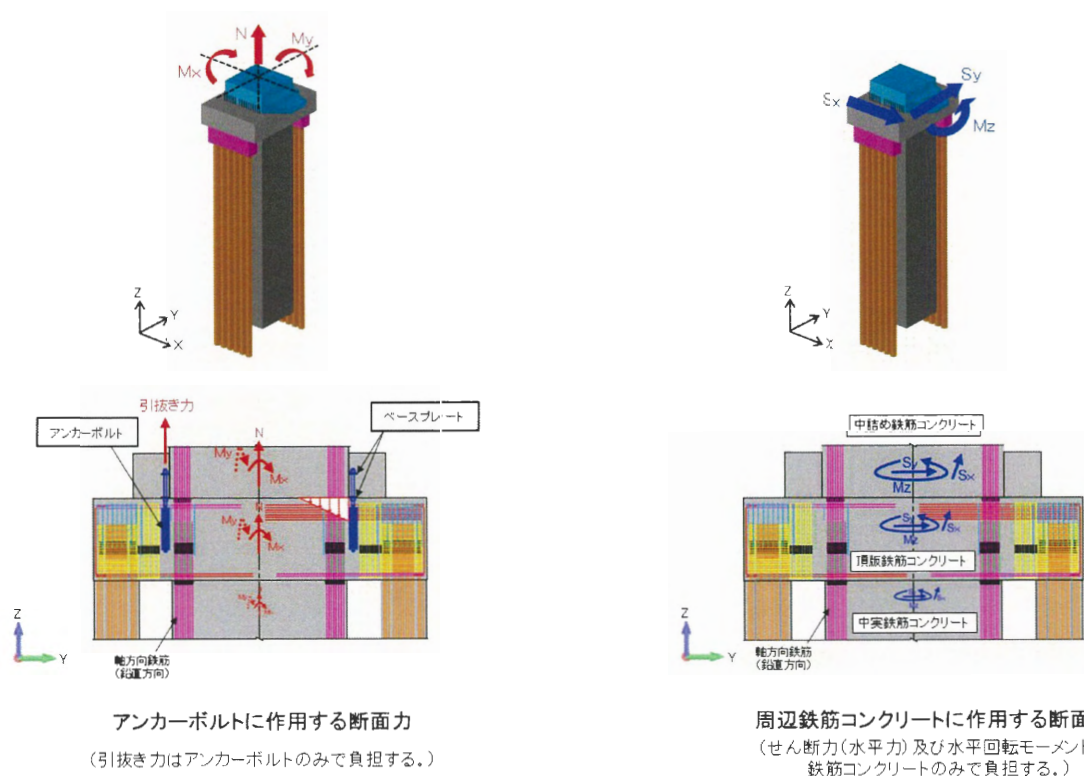


図 2.3-1 接合部各部材の荷重伝達イメージ（工認設計）

2.3.2 3次元解析 (COM3)

工認設計では、接合部で発生する断面力をアンカーボルト及びベースプレートと周辺鉄筋コンクリートそれぞれに分担して評価するが、3次元解析 (COM3) では、接合部で発生する全断面力に対して各部材を評価する。接合部の荷重伝達イメージを図 2.3-2 に示す。

3次元解析 (COM3) では、設計荷重により発生する軸力、水平回転モーメント、X軸回りのモーメント、Y軸回りのモーメント、X軸方向及びY軸方向のせん断力の断面力を対象として、アンカーボルト、ベースプレート及び周辺鉄筋コンクリートの評価を行う。

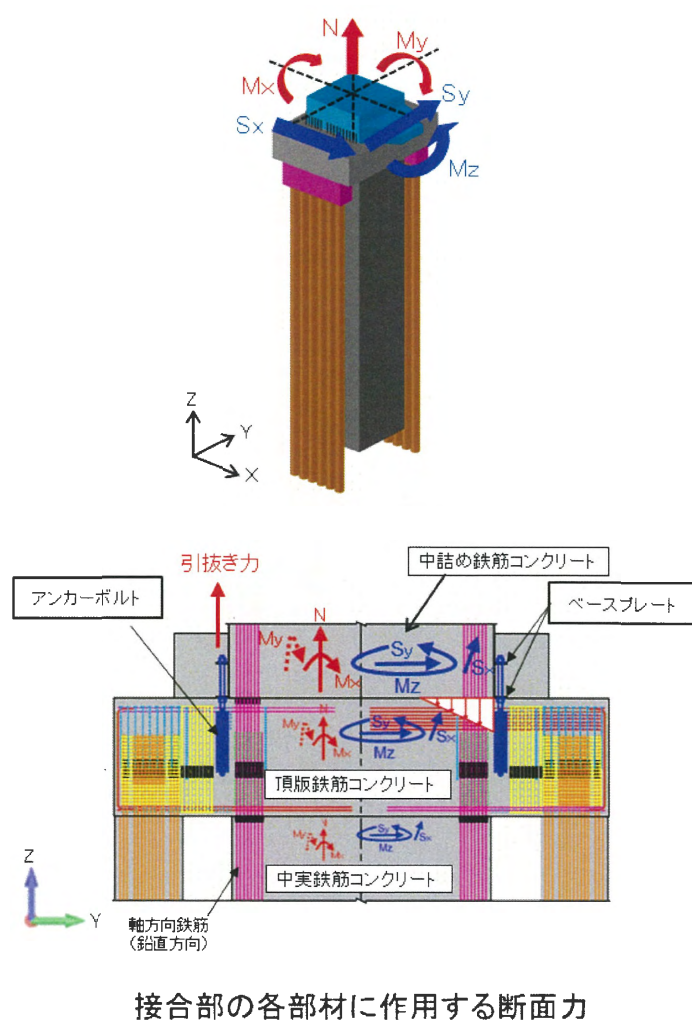


図 2.3-2 接合部の荷重伝達イメージ (3次元解析 (COM3))

2.4 検討方針

2.4.1 検討条件

(1) 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、「2. 防潮堤（鋼製防護壁）の強度計算書に関する補足説明」の「4.3 使用材料及び材料の物性値」と同様に設定する。

(2) 地盤の物性値

地盤の物性値については、「2. 防潮堤（鋼製防護壁）の強度計算書に関する補足説明」の「4.4 地盤の物性値」と同様に設定する。

(3) 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せについては、「2. 防潮堤（鋼製防護壁）の強度計算書に関する補足説明」の「4.5 荷重及び荷重の組合せ」と同様に設定する。

3次元解析（COM3）に用いる荷重は、耐震評価及び耐津波評価のうち鋼製防護壁に対して荷重が最大となり、接合部への負担が大きくなる敷地に遡上する津波の津波荷重と余震荷重が同時に作用する（以下「重畳時」という。）荷重とする。余震荷重の地震動はS_d-D1とする。

(4) 許容限界

評価部材における評価項目と許容限界を表 2.4-1 に示す。

表 2.4-1 評価部材における評価項目と許容限界

評価部材	材質	評価項目	許容限界 (敷地に遡上する津波)		基準類	
			項目	N/mm ²		
アンカーボルト	鋼材 (SM520B 相当)	引張応力	短期許容 応力度	355	適用基準*1	
		引抜き力 (付着応力)	短期許容 付着応力度	6		
ベース プレート	鋼材：フランジ (SM490Y)	直応力	短期許容 応力度	355	適用基準*1	
		せん断応力	短期許容 応力度	205		
	鋼材：リブ (SM570)	直応力	短期許容 応力度	450		
		せん断応力	短期許容 応力度	260		
周辺鉄筋コンク リート・ 中実鉄筋コンク リート	コンクリート (f' _{ck} =50 N/mm ²)		圧縮応力	短期許容 応力度	32	適用基準*2
	鉄筋	SD685	引張応力	短期許容 応力度	660	適用基準*3
		SD490			478.5	適用基準*3
		SD390			339.9	適用基準*4

注記 *1：鋼構造物設計基準（Ⅱ鋼製橋脚編，名古屋高速道路公社，平成 15 年 10 月）

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

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

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

2.4.2 3次元解析 (COM3) による評価フロー

3次元解析 (COM3) による評価フローを図 2.4-1 に示す。

3次元解析（COM3）は、「2. 防潮堤（鋼製防護壁）の強度計算書に関する補足説明」に示す3次元静的フレーム解析の結果に基づき、アンカーボルトの照査値が最も厳しくなる南基礎を対象として解析モデルを設定する。

まず、1次元有効応力解析から得られる地盤変位及び加速度（設計震度）に基づき算定した応答変位、慣性力及び動水圧並びに津波荷重を用いて、3次元静的フレーム解析を実施する。次に、当該解析により鋼製防護壁支間部の南基礎側端部に発生する断面力を抽出する。抽出した断面力は、3次元解析（COM3）モデルの南基礎側端部に設けた剛な平板要素を介して入力する。この際、点として抽出した断面力を、当該断面力と等価な面荷重分布となるよう平板要素上に再現することにより、南基礎側端部より北側の挙動を3次元解析（COM3）に反映する。

3次元解析（COM3）では、アンカーボルト及び周辺鉄筋コンクリートを一体構造としてモデル化し、評価部材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。

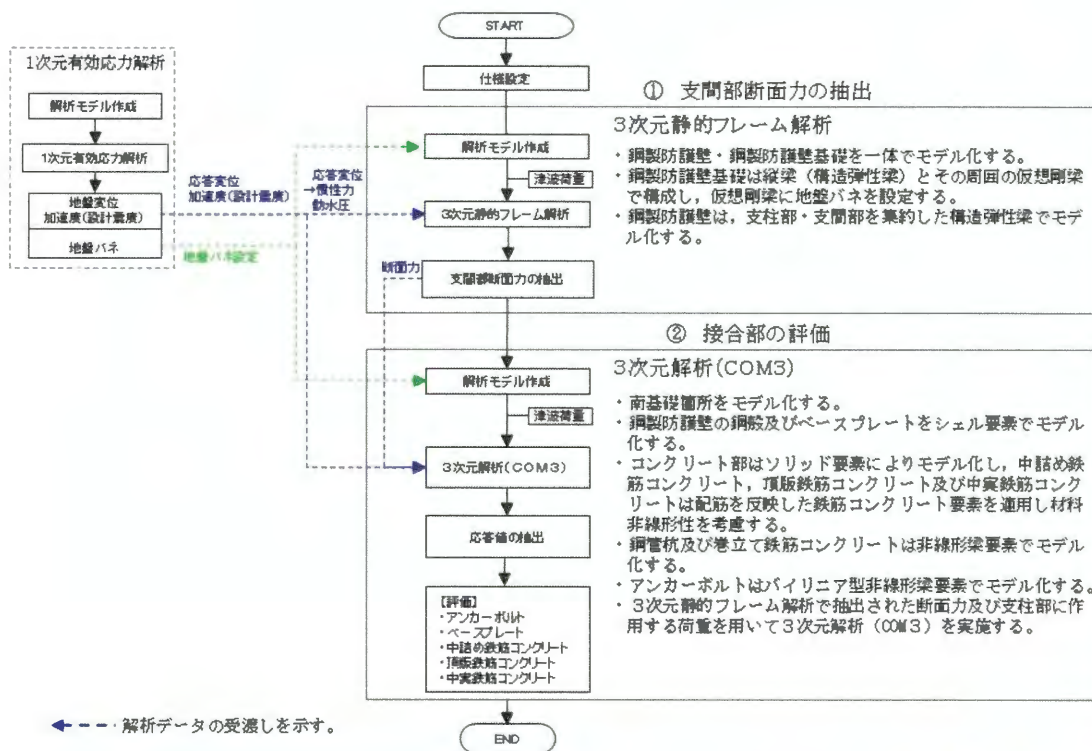


図 2.4-1 3次元解析 (COM3) による評価フロー及び断面力の受渡し

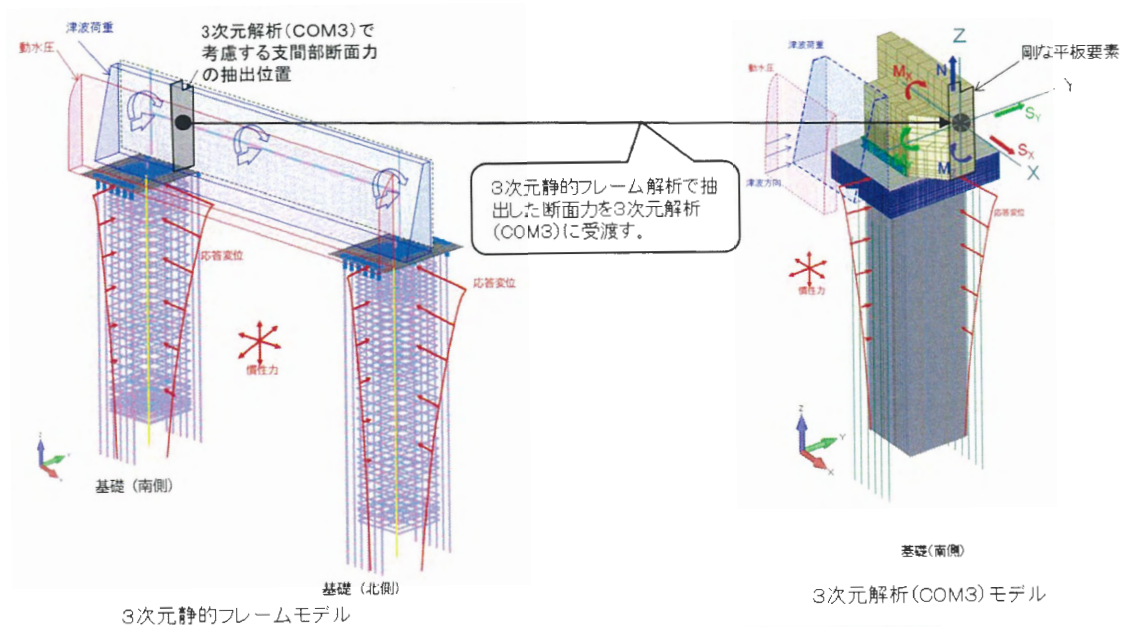


図 2.4-2 3次元解析 (COM3) への断面力の受渡しイメージ

3. 解析方法

3.1 3次元静的フレーム解析（支間部断面力の抽出モデル）

3次元静的フレーム解析モデルにおいて、鋼製防護壁基礎は「2. 防潮堤（鋼製防護壁）の強度計算書に関する補足説明」の「4.8.2 解析モデル及び解析条件（重畳時）」に示すモデルと同様とし、鋼製防護壁は支柱部・支間部を集約した構造弾性梁でモデル化する。

3次元静的フレーム解析では、1次元有効応力解析から算定される地盤変位及び加速度（設計震度）から求められる応答変位、慣性力、動水圧並びに津波荷重を考慮する。なお、鋼製防護壁を支柱部・支間部を1本の構造弾性梁に集約したモデル化とするため、津波荷重及び動水圧に等価となるよう荷重の並進成分（Y軸方向）と回転成分（X軸回り）を鋼製防護壁（構造弾性梁）に作用させる。これらの設計荷重に対して3次元静的フレーム解析を行い、鋼製防護壁支間部の南基礎側端部に発生する断面力を抽出する。この断面力を外力として3次元解析（COM3）に入力する。

3次元静的フレーム解析モデルの概念図を図 3.1-1 に示す。

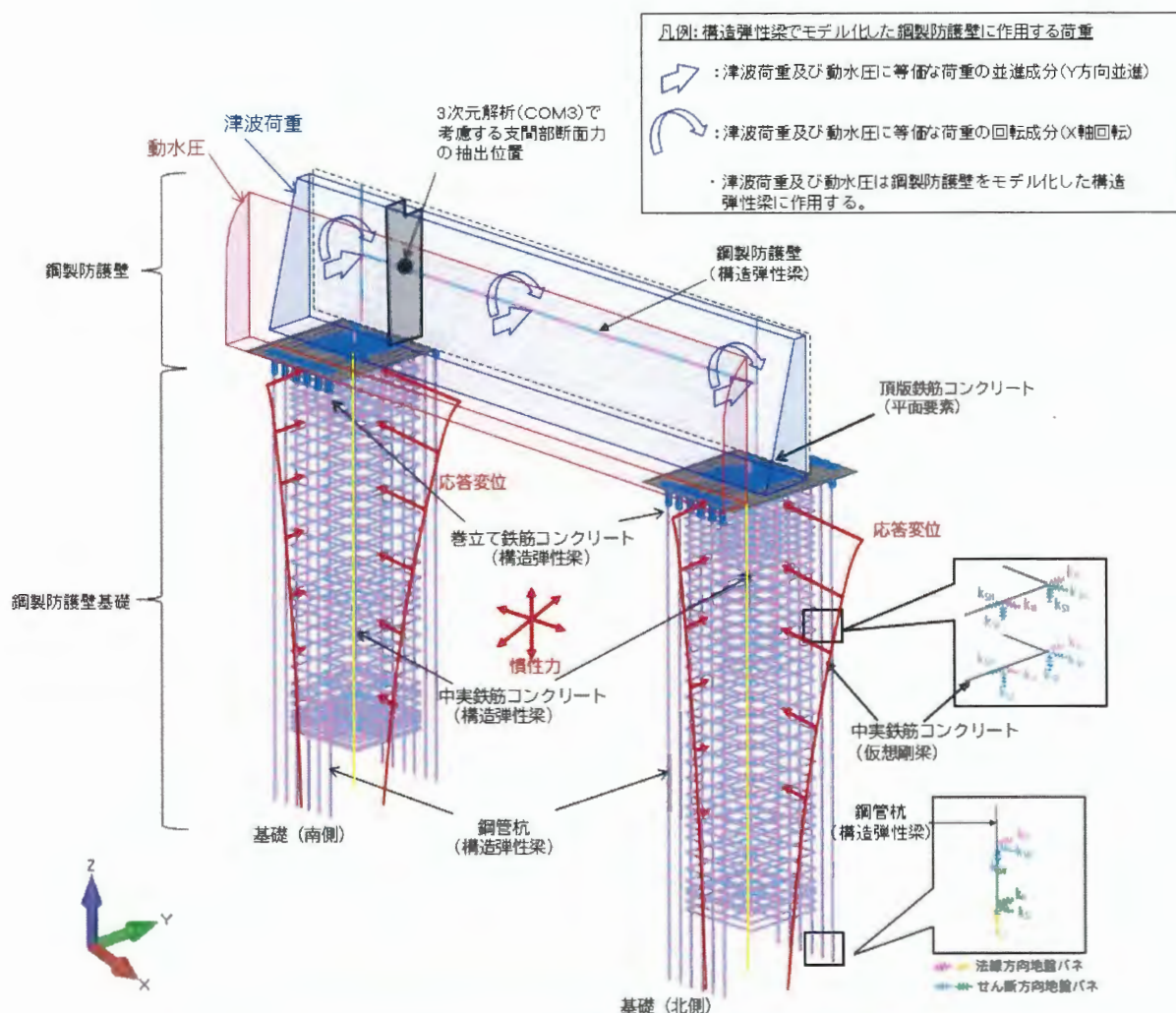


図 3.1-1 3次元静的フレーム解析モデルの概念図

3.2 3次元解析 (COM3)

3.2.1 解析モデル

3次元解析 (COM3) に関する荷重、断面力及び地盤バネのイメージを図 3.2-1 に示す。

3次元解析モデルの要素分割図を図 3.2-2 に示し、解析モデル断面図を図 3.2-3 に示す。鋼製防護壁の鋼殻及びベースプレートをシェル要素でモデル化し、コンクリート部及びグラウトはソリッド要素でモデル化する。中詰め鉄筋コンクリート、頂版鉄筋コンクリート及び中実鉄筋コンクリートは、いずれも配筋を反映した鉄筋コンクリート要素または無筋コンクリート要素からなる材料非線形モデルとする。配筋を反映した要素の配置を図 3.2-3 に示す。巻立て鉄筋コンクリート及び鋼管杭は、非線形梁要素でモデル化する。アンカーボルトはバイリニア型非線形梁要素でモデル化する。なお、根巻き鉄筋コンクリートは非構造部材とし、自重のみを考慮する。

地盤バネは、「2. 防潮堤 (鋼製防護壁) の強度計算書に関する補足説明」の「4.8.2 (2) e. 地盤バネと地盤反力係数の設定」と同様に設定する。

以上のとおり設定したモデルに、3次元静的フレーム解析で抽出された鋼製防護壁支間部の南基礎側端部に発生する断面力及び支柱部に作用する設計荷重を入力し、評価部材に発生する応力及びひずみを算出する。3次元解析 (COM3) において作用する荷重及び荷重の作用方向のイメージを図 3.2-4 に示す。

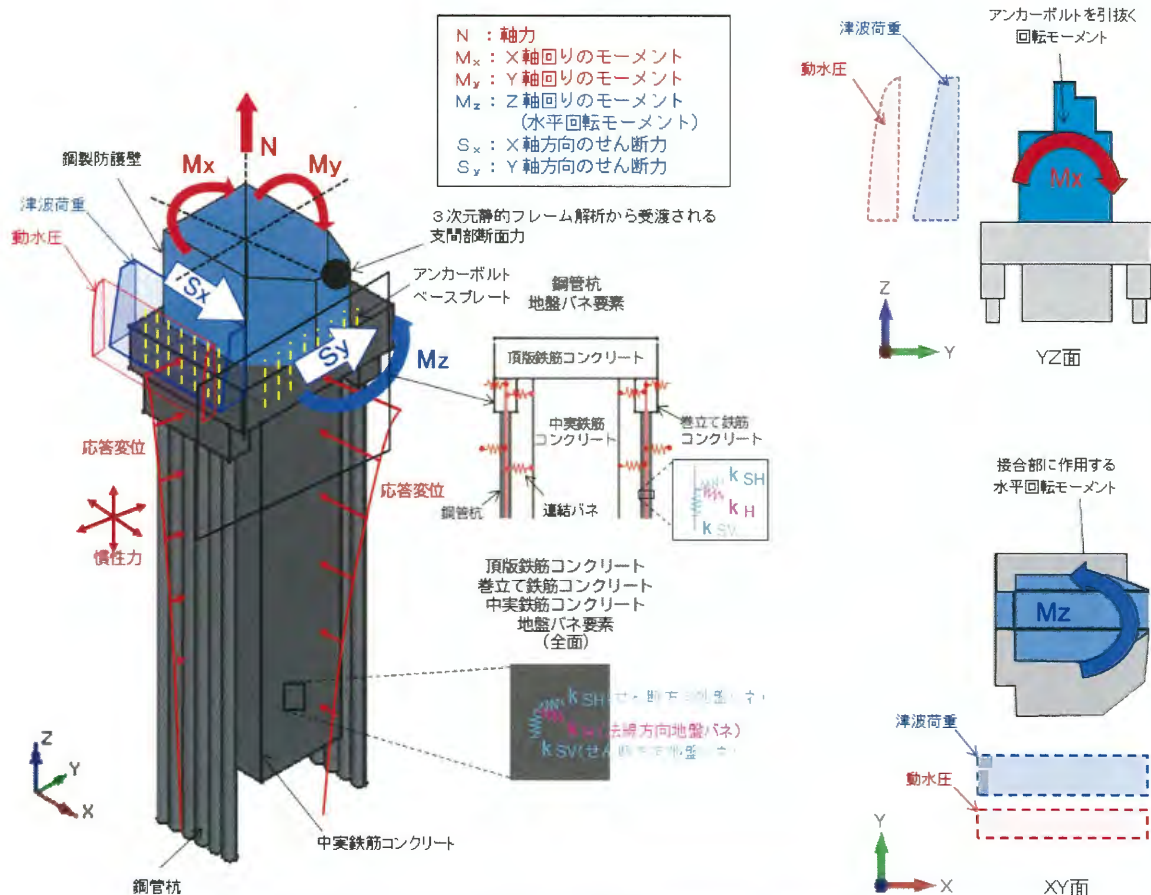
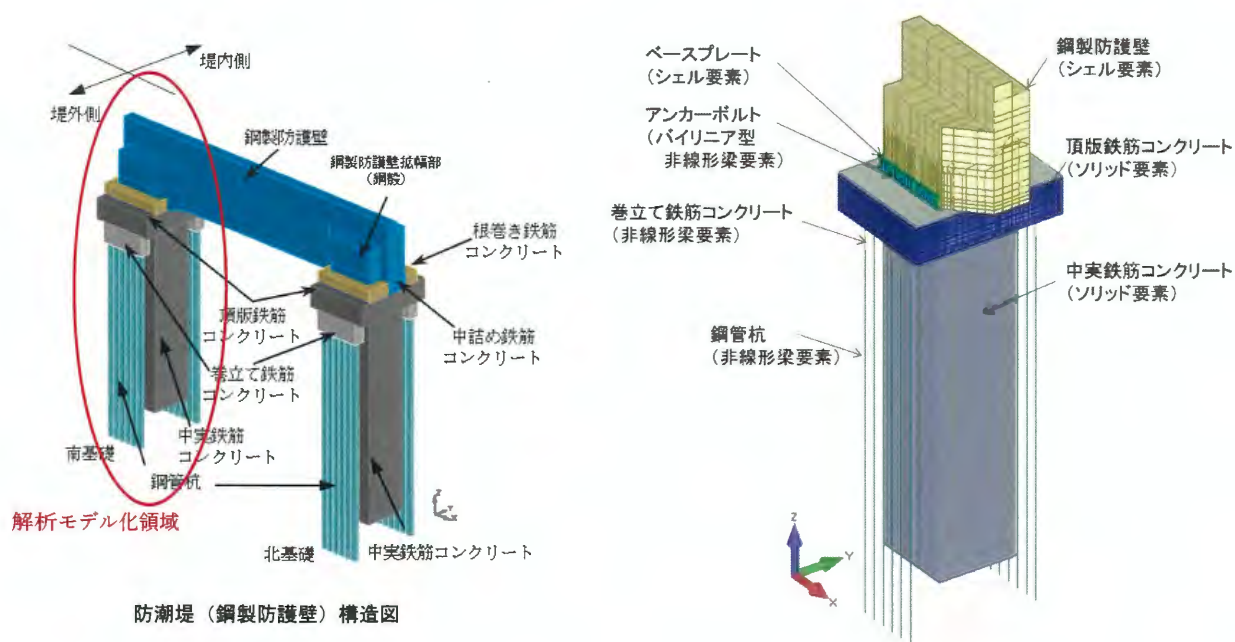
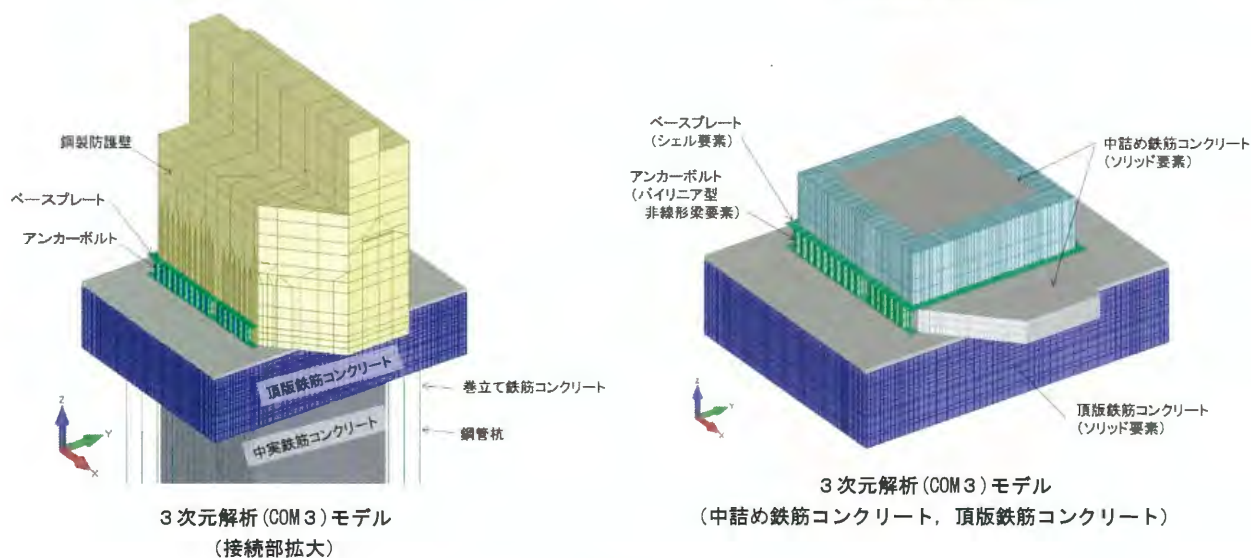


図 3.2-1 3次元解析 (COM3) に関する荷重、断面力及び地盤バネのイメージ



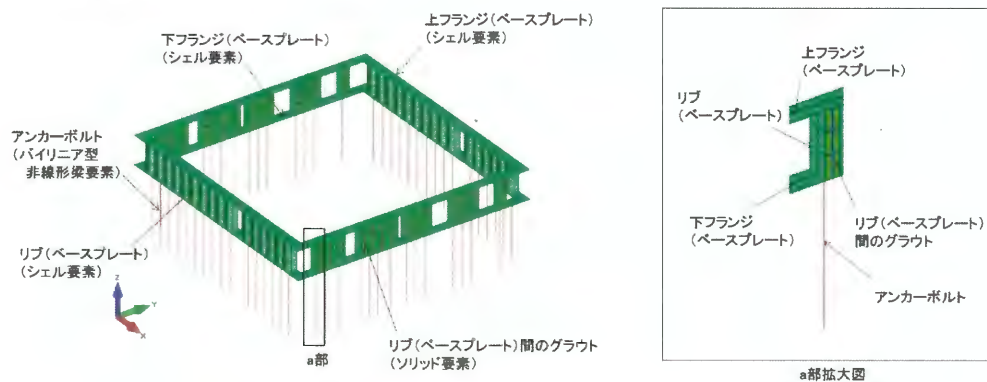
防潮堤（鋼製防護壁）構造図

3次元解析 (COM3) モデル



3次元解析 (COM3) モデル
(接続部拡大)

3次元解析 (COM3) モデル
(中詰め鉄筋コンクリート, 頂版鉄筋コンクリート)



3次元解析 (COM3) モデル
(アンカーボルト及びベースプレート)

図 3.2-2 3次元解析 (COM3) モデルの要素分割図

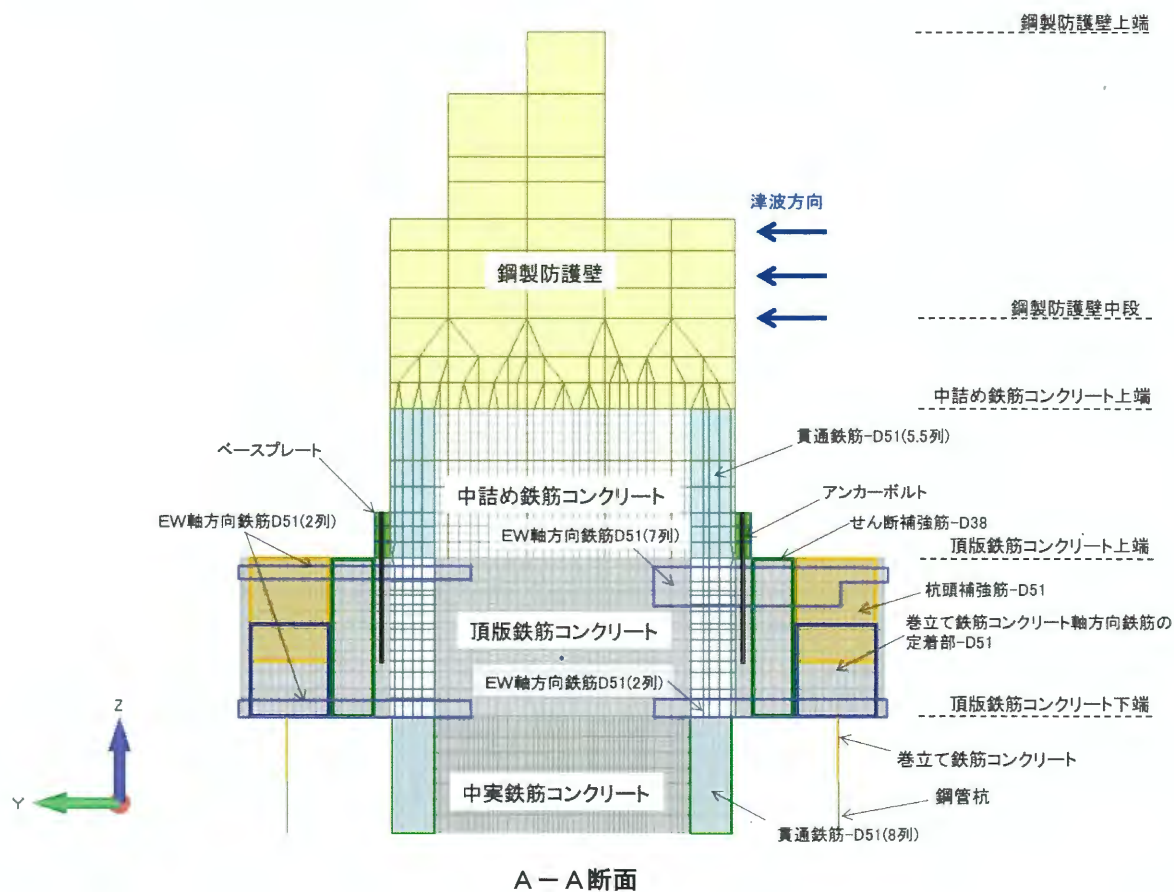
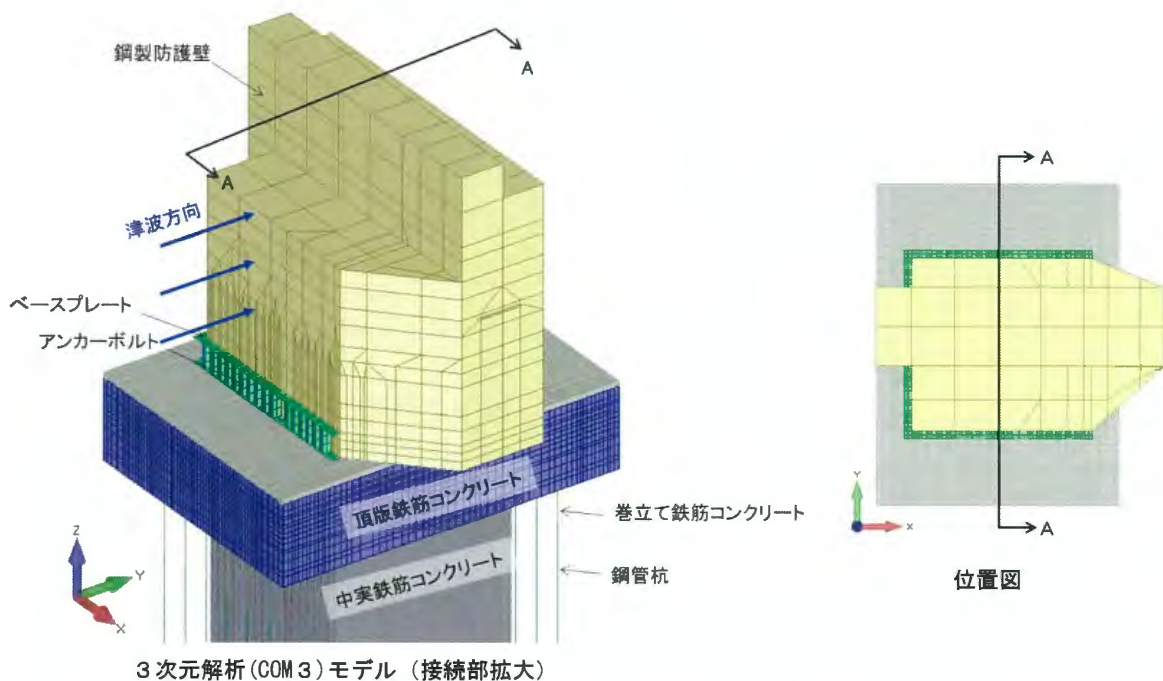


図 3.2-3 解析モデル断面図

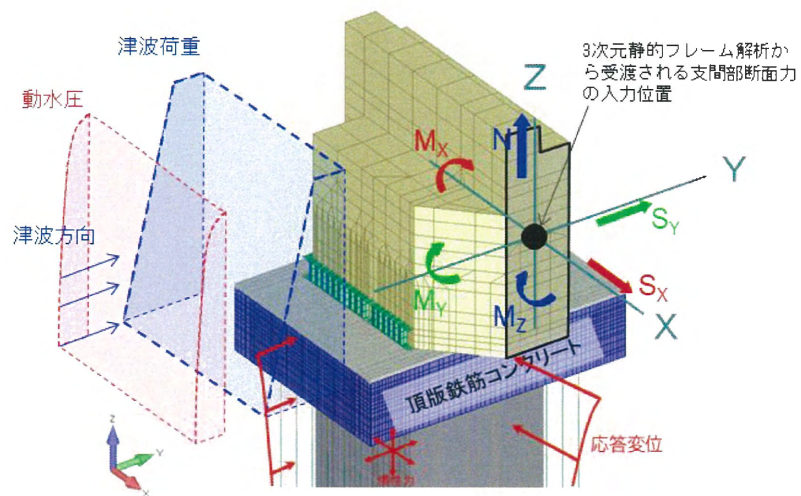


図 3.2-4 3次元解析 (COM 3) において作用する荷重及び荷重の作用方向のイメージ

3.2.2 検討ケース

3次元解析（COM3）の設計荷重は「2.4 検討方針」で述べたとおり，耐震評価及び耐津波評価のうち，鋼製防護壁に作用する荷重が最大となる敷地に遡上する津波による重畳時の荷重とする。

地盤バネは，「2. 防潮堤（鋼製防護壁）の強度計算書に関する補足説明」で行った3次元静的フレーム解析の結果に基づき選定する。

3次元解析（COM3）の評価対象部材について，工認設計モデルにおける地盤バネ4と地盤バネ5の照査値の比較を表3.2-1に示すが，両者の照査値は概ね同等であることから，構造変更後に採用したSD685鉄筋の照査値がより大きい地盤バネ4を採用する。

なお，地盤バネ4は1次元有効応力解析より，地表面変位が最大となる時刻の収束剛性及び収束強度から設定する。地盤バネの設定概要を表3.2-2に，地盤バネ4の詳細を「2. 防潮堤（鋼製防護壁）の強度計算書に関する補足説明」の「3. 設計条件」に示す。

検討ケースは，津波荷重と余震荷重の方向に着目した組合せケースであり，堤軸直交方向（津波荷重方向）の係数を最大の1.0とする。

検討ケースにおける組合せ係数を表3.2-3に示し，荷重の概念図を図3.2-5に示す。

表 3.2-1 地盤バネ4と地盤バネ5の照査値の比較

評価対象部材	評価対象項目	最大照査値*	
		地盤バネ4	地盤バネ5
南基礎 アンカーボルト	引張応力度に対する照査	0.61	0.61
	コーンせん断に対する照査	0.74	0.74
	ベースプレートに対する照査	0.37	0.37
南基礎 中詰め鉄筋コンクリート	せん断力に対する照査	0.89	0.89
	水平回転モーメントに対する照査	0.69	0.70
南基礎 頂版鉄筋コンクリート	曲げ軸力に対する照査（コンクリート）	0.58	0.59
	曲げ軸力に対する照査（SD685鉄筋）	0.78	0.77
	曲げ軸力に対する照査（SD490鉄筋）	0.86	0.91
	せん断力に対する照査	0.91	0.94
南基礎 中実鉄筋コンクリート	曲げ軸力に対する照査（コンクリート）	0.53	0.51
	曲げ軸力に対する照査（SD490鉄筋）	0.56	0.55
	せん断力に対する照査	0.87	0.86

注記 *：上記の最大照査値は，南基礎の最大照査値を示す。
照査値が大きい方をハッチで示す。

表 3.2-2 地盤バネの設定概要（重畳時）

地盤バネの ケース	余震の 有無	地盤ケース	地盤反力係数	地盤反力上限値	地盤剛性 地盤強度
地盤バネ 3	余震あり 重畳時	以下に示す3種類の地盤ケースに対して 1次元有効応力解析を実施して、地盤の 応答値が最大となる地盤条件を選定	地表面加速度が最大 となる時刻の収束剛 性より設定	地表面加速度が最大 となる時刻の収束強 度より設定	大
地盤バネ 4		地盤ケース⑤ (平均 V_s による地盤物性 非液化化条件) 地盤ケース⑥ ($+1\sigma V_s$ による地盤物性 非液化化条件)	地表面変位が最大と なる時刻の収束剛性 より設定	地表面変位が最大と なる時刻の収束強度 より設定	小
地盤バネ 5		地盤ケース③' ($-1\sigma V_s$ による地盤物性 非液化化条件)	せん断ひずみが最大 となる時刻の収束剛 性より設定	せん断ひずみが最大 となる時刻の収束強 度より設定	小

注記 * : 地盤ケース⑤, ⑥, ③' に対し1次元有効応力解析を行い、地盤の応答値が最大となる地盤条件を選定
 σ : せん断波速度 V_s の標準偏差

地盤ケース	① 原地盤に基 づく液化化強度 特性を用いた 地盤ケース (基本ケー ス)	② 地盤物性のば らつき ($+1\sigma$) を考慮し た地盤ケース	③ 地盤物性のば らつき (-1σ) を考慮し た地盤ケース	④ 地盤を強制的 に液化化させ ることを仮定 した地盤ケー ス	⑤ 原地盤におい て非液化化の 条件を仮定し た地盤ケース	⑥ 地盤物性のば らつき ($+1\sigma$) を考慮し て非液化化の 条件を仮定し た地盤ケース	③' 地盤物性のば らつき (-1σ) を考慮し て非液化化の 条件を仮定し た地盤ケース
液化化強度 特性の設定	原地盤に基 づく液化化強度 特性 (標準偏 差を考慮)	原地盤に基 づく液化化強度 特性 (標準偏 差を考慮)	原地盤に基 づく液化化強度 特性 (標準偏 差を考慮)	敷地に存在し ない豊浦標準 砂の液化化強 度特性	液化化パラメ ータを適用し ない	液化化パラメ ータを適用し ない	液化化パラメ ータを適用し ない

表 3.2-3 検討ケースにおける組合せ係数

重畳時	組合せ係数		
	X方向 (堤軸方向)	Y方向 (堤軸直交方向)	Z方向 (鉛直方向)
慣性力	-0.4	+1.0	+0.4
応答変位	-0.4	+1.0	—
動水圧	-0.4	+1.0	+0.4

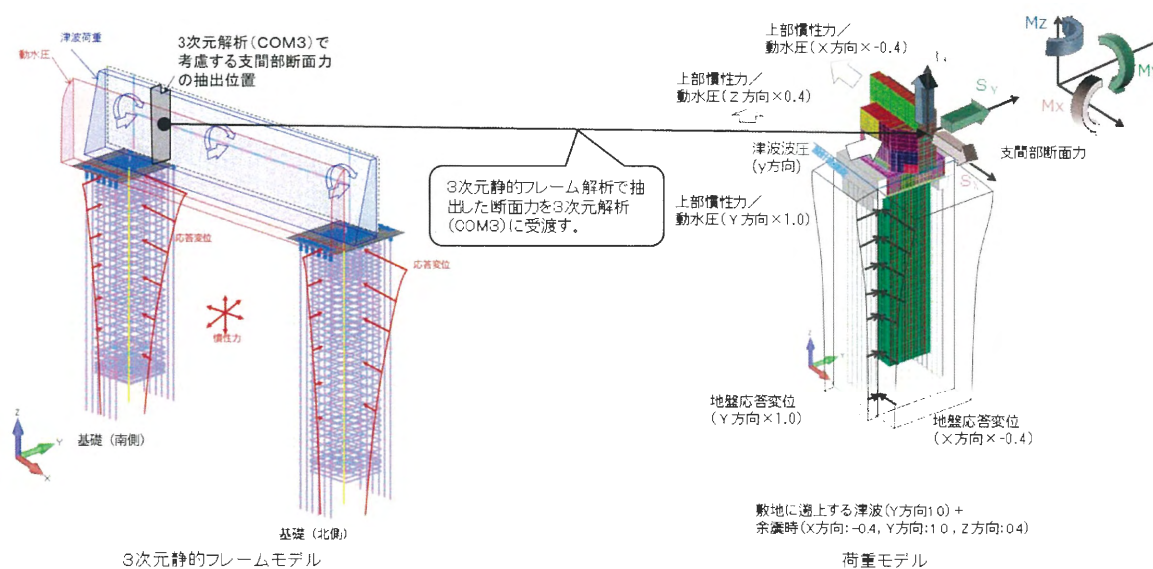


図 3.2-5 検討ケースの荷重の概念図

4. 評価方法

4.1 アンカーボルト及びベースプレートの評価

アンカーボルト及びベースプレートは、引抜き力に抵抗する部材であり、「鋼構造物設計基準（Ⅱ鋼製橋脚編，名古屋高速道路公社，平成15年10月）」の「7.2 アンカー部の設計方法」を参考に、引抜き力に対してアンカーボルト，ベースプレート及びアンカーボルトとコンクリートとの付着について評価する。なお，アンカーボルトの付着バネ特性は，前野ほか（2000）に示されている付着試験の結果を参考に設定した。

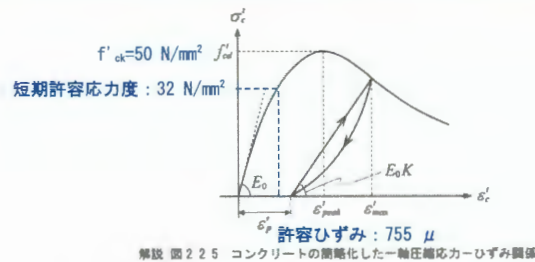
アンカーボルトの評価は，アンカーボルトに発生する応力度及びアンカーボルト定着部のコンクリートに発生する付着応力度が許容限界以下であることを確認する。ベースプレートの評価は，ベースプレートに発生する応力度が許容限界以下であることを確認する。

注記 前野ほか（2000）：前野裕文，後藤芳顕，上條崇，小林洋一：鋼製橋脚に用いる実大付着型アンカーボルトの力学特性と定着部挙動の評価，構造工学論文集，Vol.46A，pp.1525-1533，土木学会，2000年04月

4.2 周辺鉄筋コンクリートの評価

周辺鉄筋コンクリートの評価は，コンクリート及び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。なお，中実鉄筋コンクリートについても，周辺鉄筋コンクリートと同様にコンクリート及び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。

3次元解析（COM3）では，コンクリート及び鉄筋のひずみが算出されるため，許容限界としての許容ひずみを設定し応力度に換算する。コンクリートの許容ひずみは，「コンクリート標準示方書[設計編]（土木学会，2022年制定）」の「10編2章 材料のモデル化」に基づいて設定した応力－ひずみ関係から算出する。図4.2-1にコンクリートの一軸圧縮応力－ひずみ関係を示す。



$$\sigma'_c = E_0 K (\epsilon'_c - \epsilon'_p) \geq 0 \quad (\text{解 2.2.7})$$

$$E_0 = \frac{2 \cdot f'_{cd}}{\epsilon'_{peak}} \quad (\text{解 2.2.8})$$

$$K = \exp \left\{ -0.73 \frac{\epsilon'_{max}}{\epsilon'_{peak}} \left(1 - \exp \left(-1.25 \frac{\epsilon'_{max}}{\epsilon'_{peak}} \right) \right) \right\} \quad (\text{解 2.2.9})$$

$$\epsilon'_p = \epsilon'_{max} - 2.86 \cdot \epsilon'_{peak} \left\{ 1 - \exp \left(-0.35 \frac{\epsilon'_{max}}{\epsilon'_{peak}} \right) \right\} \quad (\text{解 2.2.10})$$

ここに， $f'_{cd} = f'_{ck} / \gamma_c$

ϵ'_{peak} ：圧縮強度に対応するひずみ（一般に，0.002としてもよい。）

ϵ'_{max} ：過去に受けた圧縮ひずみの最大値

ϵ'_p ：塑性ひずみ

K ：弾性率残存率

図 4.2-1 コンクリートの簡略化した一軸圧縮応力－ひずみ関係

5. 評価結果

5.1 アンカーボルト及びベースプレートの評価結果

5.1.1 アンカーボルトの発生応力度

アンカーボルトの配置図を図 5.1-1 に、アンカーボルトに発生する応力度分布図を図 5.1-2 に示す。

アンカーボルトの発生応力度は No. 16 で最大応力度が発生しており、発生応力度は 221 N/mm^2 となる。津波荷重を直接受ける東面の引張応力度がほぼ一定で分布し、鋼殻により剛性が高い北面では直線的に変化して西面で圧縮に転じる。四隅はアンカーボルトの配列方向が変わることから、発生応力度の差はそれぞれ 50 N/mm^2 程度あるが、南には凸の鋼殻があるため、東面に向かったの応力増加が制限されて、南東角での発生応力度の差は 100 N/mm^2 程度と大きくなっている。

発生応力度分布図よりアンカーボルトの発生応力度が短期許容応力度以下であることを確認した。

以上のことから、アンカーボルトの発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

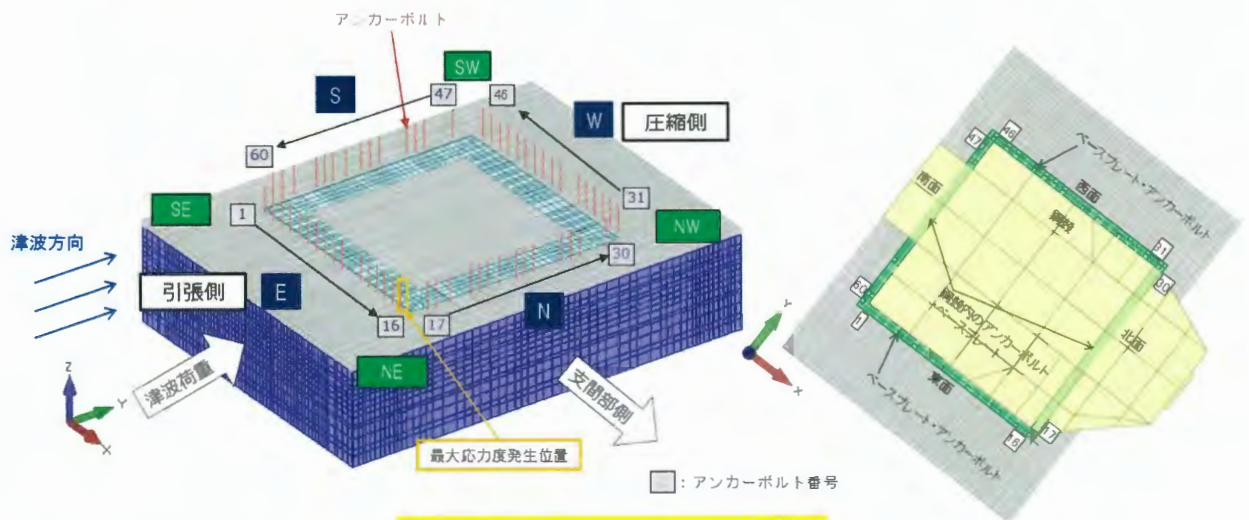


図 5.1-1 アンカーボルトの配置図

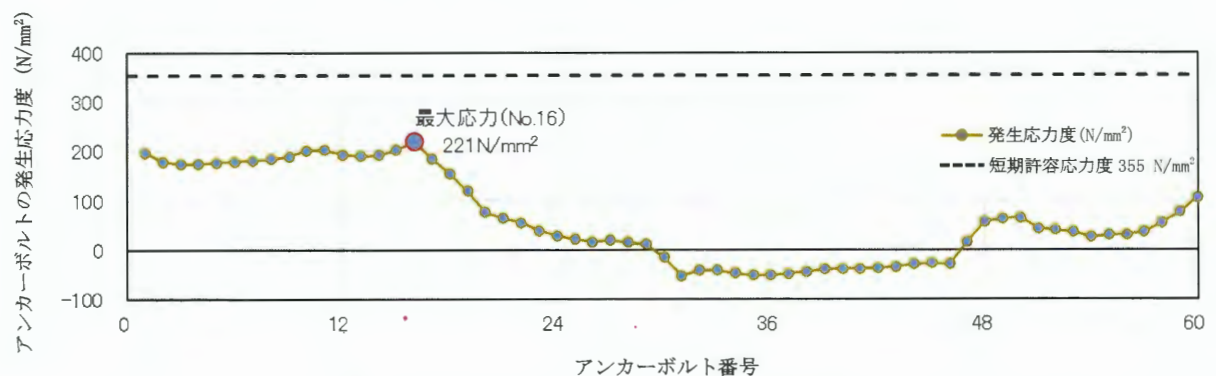


図 5.1-2 アンカーボルトの発生応力度分布図

5.1.2 アンカーボルト定着部の発生応力度の評価

引抜き力によりアンカーボルト定着部に発生する応力度は、NE角部（No. 16）で最大となる。NE角部（No. 16）のアンカーボルトの発生応力度及び発生付着応力度の発生応力度深度分布図を図 5.1-3 に示す。

アンカーボルトの最大発生応力度は 221 N/mm^2 で、定着部下端から定着部上端に向かって増加することが確認された。また、発生付着応力度は、T.P. +2.0 m 付近で最大： 5.8 N/mm^2 となり、T.P. +1.0 m 付近で最小となる。アンカーボルトの発生応力度の鉛直分布がS字状に変化しているのに対応して発生付着応力度も鉛直方向に増減している。一般に、固定されたコンクリート塊に定着された状況であれば両者とも単調減少傾向を示すが、本構造では定着先の頂版鉄筋コンクリートが中実鉄筋コンクリートや巻立て鉄筋コンクリートに拘束された状態で津波荷重を受けて変形を生じる。これに伴って、定着側のコンクリートの深さ方向にひずみレベルの変化が生じるが、アンカーボルトについても、頂版鉄筋コンクリートの変形に応じたひずみ分布が深さ方向に生じる。アンカーボルトに生じた軸力は、付着作用を介して周囲のコンクリートへ伝達されるため、深さ方向に徐々に減少する。特に定着部下端付近では、アンカーボルトの有無による構造体としての剛性変化の影響を受けて残存する軸力をコンクリートへ伝達するため、軸力の減少割合が大きくなり、これに伴い付着応力度も増加する。

発生応力度深度分布図よりアンカーボルトの発生応力度及び発生付着応力度が短期許容応力度以下であることを確認した。

以上のことから、アンカーボルト定着部の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

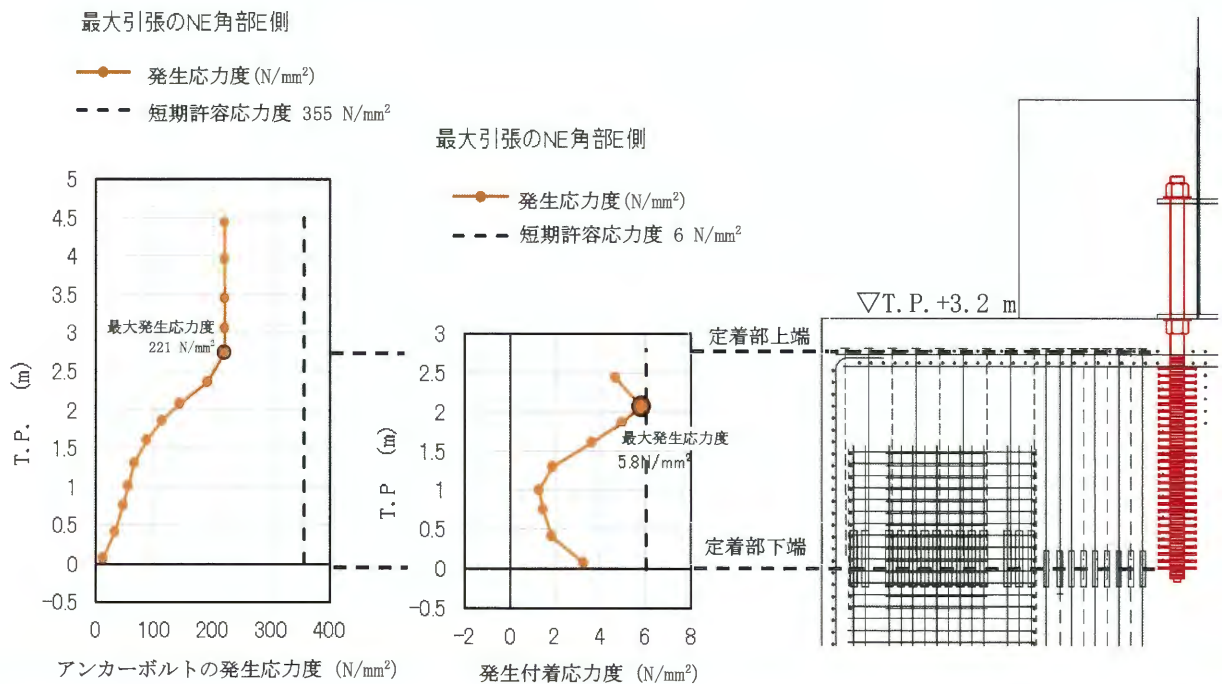


図 5.1-3 NE角部（No. 16）でのアンカーボルトの発生応力度及び発生付着応力度の発生応力度深度分布図

5.1.3 ベースプレートの評価

(1) 上下フランジ（ベースプレート）

上下フランジ（ベースプレート）に発生する直応力度及びせん断応力度が最大値を示す東西（Y）方向及びせん断応力度が最大値を示す南北（X）方向の応力コンターを図 5.1-4 に示す。

上下フランジ（ベースプレート）の直応力度は、アンカーボルトの最大引張応力度の発生に対応して北東角部付近で最大引張応力度 351 N/mm^2 が発生している。せん断応力度についても北東角部周辺に集中する傾向にあるが、北面における鋼殻の拘束効果により最大せん断応力度 103 N/mm^2 は角部から東面中央付近に移動している。

応力コンター図より上下フランジ（ベースプレート）の発生引張応力度及び発生せん断応力度が短期許容応力度以下であることを確認した。

以上のことから、上下フランジ（ベースプレート）の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

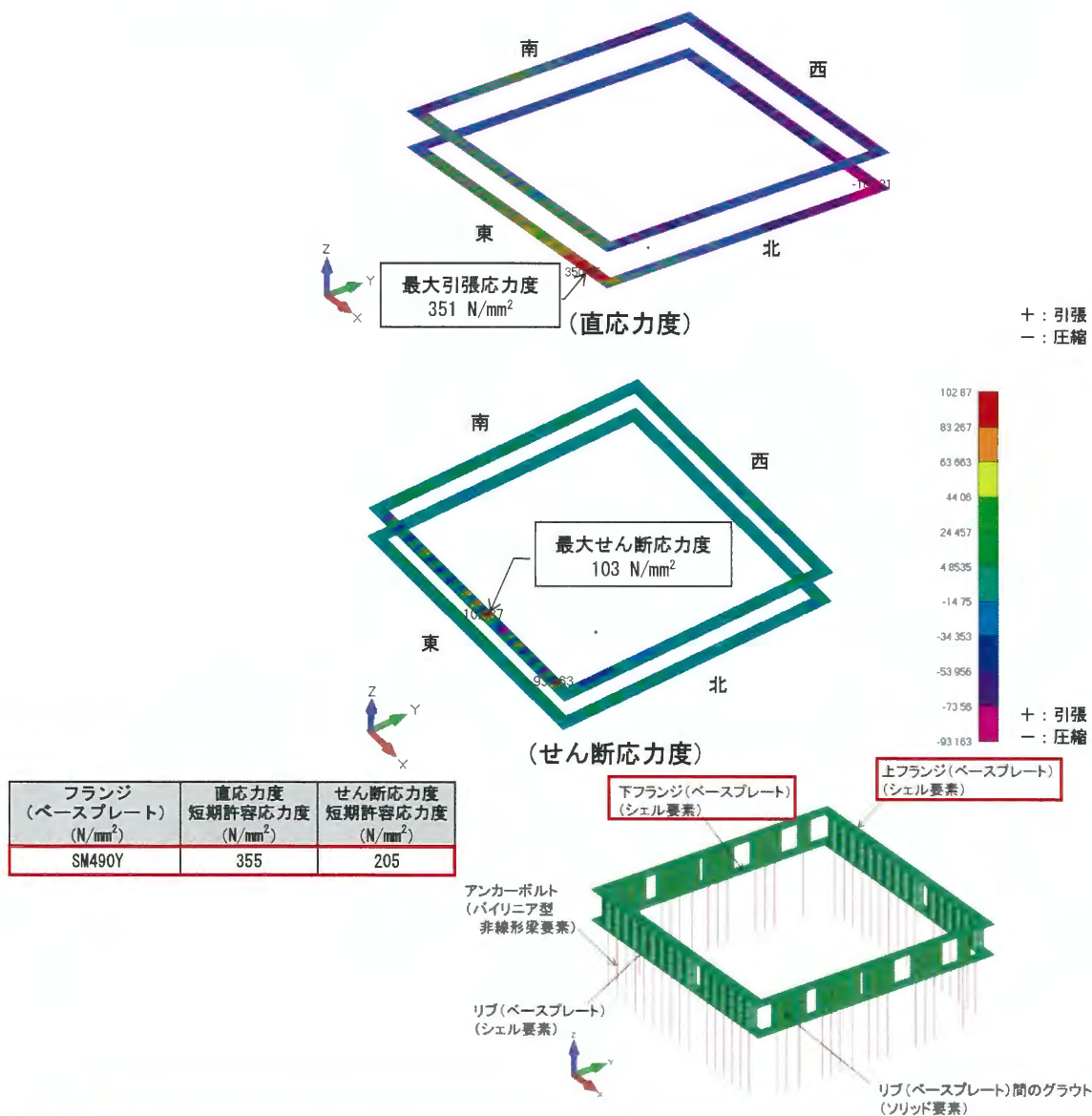


図 5.1-4 上下フランジ（ベースプレート）の応力度及びせん断応力度の応力コンター図

(2) リブ（ベースプレート）

リブ（ベースプレート）に発生する直応力度及びせん断応力度の応力コンター図を図 5.1-5 に示す。

リブの直応力度は、アンカーボルトの最大圧縮応力度の発生に対応してアンカーボルトの北西角部付近で最大圧縮応力度 262 N/mm^2 が発生している。せん断応力度も同様に北西角部付近で最大せん断応力度 139 N/mm^2 が発生している。鋼殻全体の押込みとねじり挙動の影響が、北面の鋼殻による拘束により北西角部に顕著に現れている。

応力コンター図よりリブ（ベースプレート）の発生圧縮応力度及び発生せん断応力度が短期許容応力度以下であることを確認した。

以上のことから、リブ（ベースプレート）の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

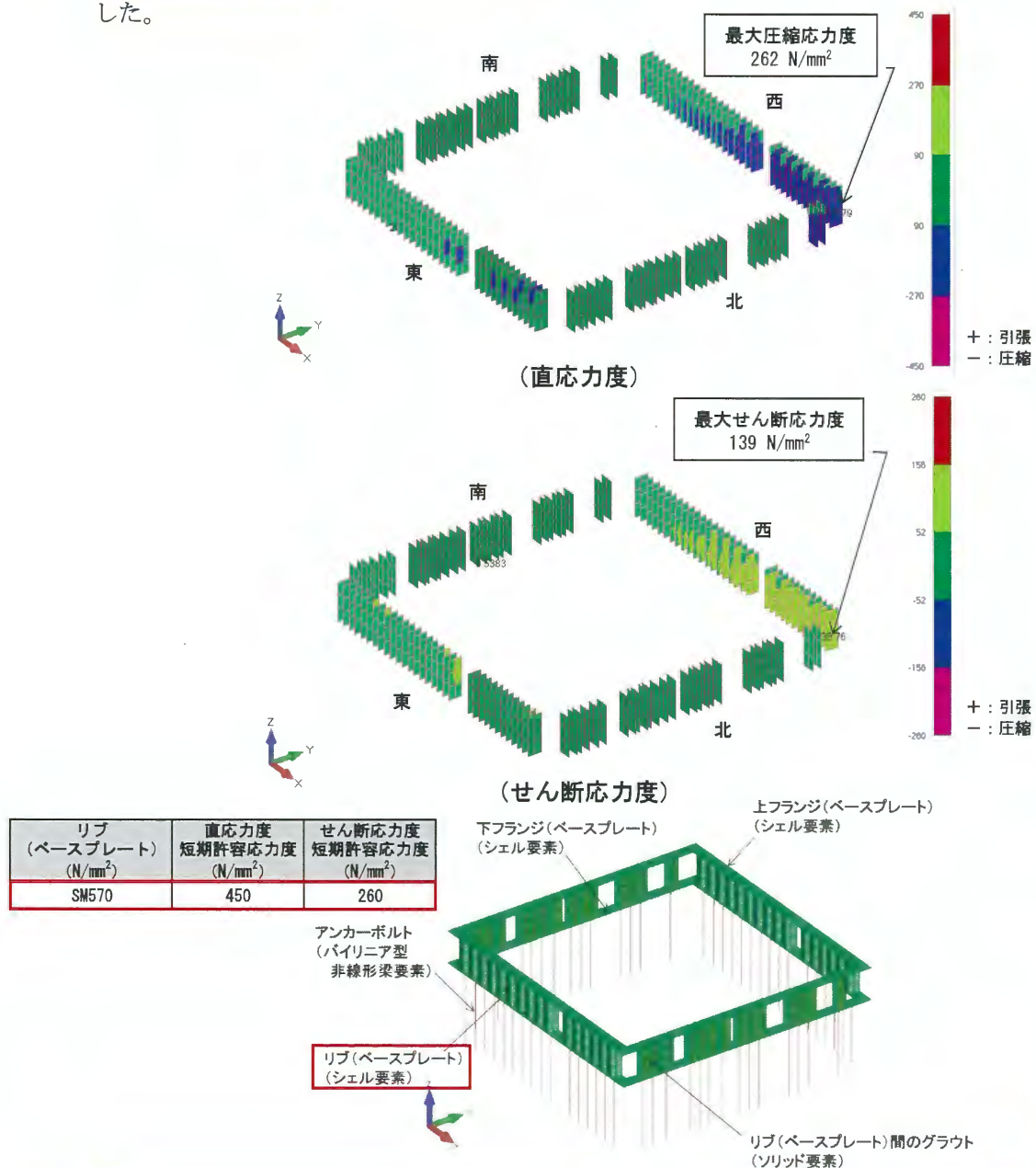


図 5.1-5 リブ（ベースプレート）の直応力度及びせん断応力度の応力コンター図

5.2 周辺鉄筋コンクリート及び中実鉄筋コンクリートの評価結果

5.2.1 評価結果総括表

3次元解析（COM3）では評価部材のひずみが算出されるため、ひずみを σ に換算して評価する。 σ は、ひずみにヤング係数を乗じて算定する。3次元解析（COM3）の結果、各要素において発生 σ が σ_{lim} 以下であり、弾性範囲内であることを確認した。

周辺鉄筋コンクリート及び中実鉄筋コンクリートにおけるコンクリートの評価結果総括を表 5.2-1 に、鉄筋の評価結果総括を表 5.2-2 に示す。

コンクリートについては中実鉄筋コンクリートの鉛直（Z）方向の照査値 0.75 が最大となり、鉄筋については頂版鉄筋コンクリートの東西（Y）方向の上面軸方向鉄筋（SD685）の照査値 0.96 が最大となる。

以上のことから、周辺鉄筋コンクリート及び中実鉄筋コンクリートのいずれについてもコンクリート及び鉄筋の発生 σ が σ_{lim} 以下であることを確認した。

表 5.2-1 周辺鉄筋コンクリート及び中実鉄筋コンクリート評価結果総括表（コンクリート）

部材	方向	発生 σ * (N/mm ²)	短期許容 σ 度 (N/mm ²)	照査値
中詰め鉄筋 コンクリート	X 南北	23.7	32	0.75
	Y 東西	21.8	32	0.69
	Z 鉛直	16.1	32	0.51
頂版鉄筋 コンクリート	X 南北	15.5	32	0.49
	Y 東西	18.2	32	0.57
	Z 鉛直	23.5	32	0.74
中実鉄筋 コンクリート	X 南北	5.6	32	0.18
	Y 東西	9.8	32	0.31
	Z 鉛直	23.8	32	0.75

注記 *：発生 σ 度＝ひずみ×ヤング係数（コンクリートのヤング係数： 3.3×10^4 N/mm²）

ハッチは最大値を示す。

表 5.2-2 周辺鉄筋コンクリート及び中実鉄筋コンクリート評価結果総括表（鉄筋）

部材	方向	鉄筋 材質	種別	発生 応力度* (N/mm ²)	短期 許容 応力度 (N/mm ²)	照査値
中詰め鉄筋 コンクリート	X 南北	SD390	せん断補強鉄筋	245.4	339.9	0.73
		SD490	鉛直貫通鉄筋のフープ筋	223.6	478.5	0.47
	Y 東西	SD390	せん断補強鉄筋	317.2	339.9	0.94
		SD490	鉛直貫通鉄筋のフープ筋	230.8	478.5	0.49
	Z 鉛直	SD490	鉛直貫通鉄筋	265.8	478.5	0.56
頂版鉄筋 コンクリート	X 南北	SD390	杭頭接合部のフープ筋	231.6	339.9	0.69
		SD490	上面軸方向鉄筋	328.8	478.5	0.69
		SD490	下面軸方向鉄筋	384.4	478.5	0.81
		SD490	側面・鉛直貫通鉄筋の フープ筋	202.0	478.5	0.43
	Y 東西	SD390	杭頭接合部のフープ筋	292.6	339.9	0.87
		SD685	上面軸方向鉄筋（東側）	629.8	660	0.96
		SD490	上面軸方向鉄筋（西側）	438.6	478.5	0.92
		SD490	下面軸方向鉄筋（東側）	409.6	478.5	0.86
		SD685	下面軸方向鉄筋（西側）	611.0	660	0.93
		SD490	側面・鉛直貫通鉄筋の フープ筋	400.0	478.5	0.84
	Z 鉛直	SD390	せん断補強鉄筋	317.2	339.9	0.94
		SD490	鉛直貫通鉄筋	445.0	478.5	0.93
		SD490	杭頭接合部のせん断補強鉄筋 及び外周の鉛直方向鉄筋	375.8	478.5	0.79
		SD685	杭頭接合部の軸方向鉄筋 （鉛直方向）	510.6	660	0.78
中実鉄筋 コンクリート	X 南北	SD390	せん断補強鉄筋	306.4	339.9	0.91
		SD490	フープ筋	177.2	478.5	0.38
	Y 東西	SD390	せん断補強鉄筋	288.2	339.9	0.85
		SD490	フープ筋	360.4	478.5	0.76
	Z 鉛直	SD490	鉛直貫通鉄筋	441.6	478.5	0.93

注記 *：発生応力度＝ひずみ×ヤング係数（鉄筋のヤング係数： 2.0×10^5 N/mm²）

ハッチは最大値を示す。

5.2.2 中詰め鉄筋コンクリート

(1) コンクリート（南北方向）

中詰め鉄筋コンクリートの南北（X）方向のひずみコンター図を図 5.2-1 に、評価対象位置を図 5.2-2 に示す。

南北（X）方向のひずみは、北西角付近で最大圧縮ひずみ 719μ が発生する。

ひずみコンター図より南北（X）方向の発生圧縮ひずみが許容ひずみ以下であることを確認した。

以上のことから、南北（X）方向の発生ひずみが許容限界以下であることを確認した。

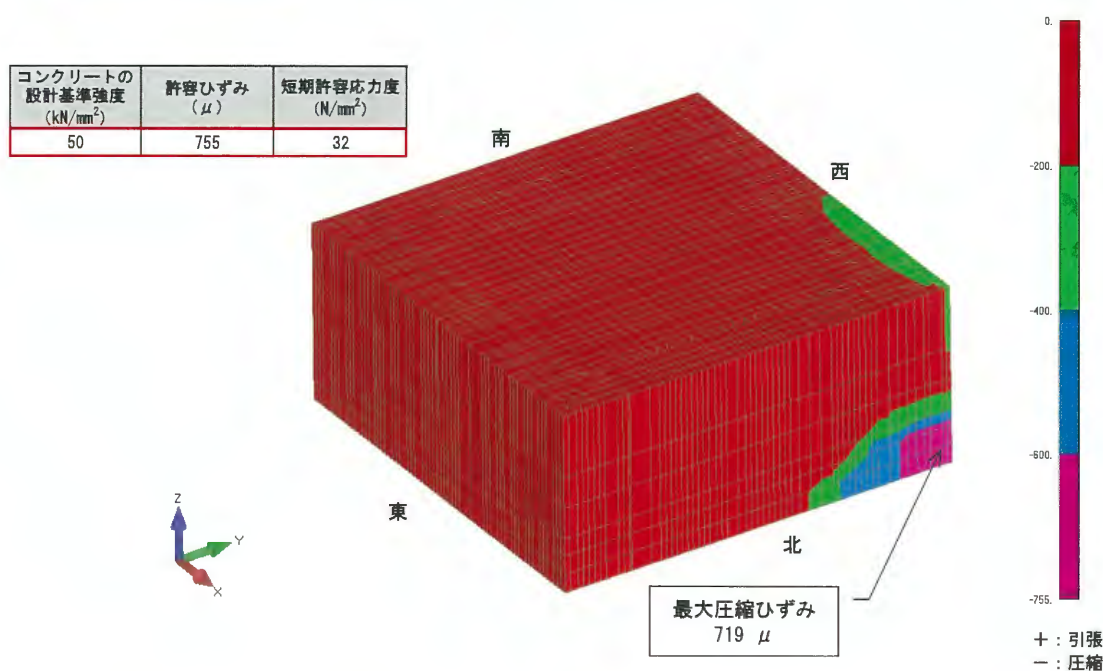


図 5.2-1 中詰め鉄筋コンクリートの南北（X）方向のひずみコンター図

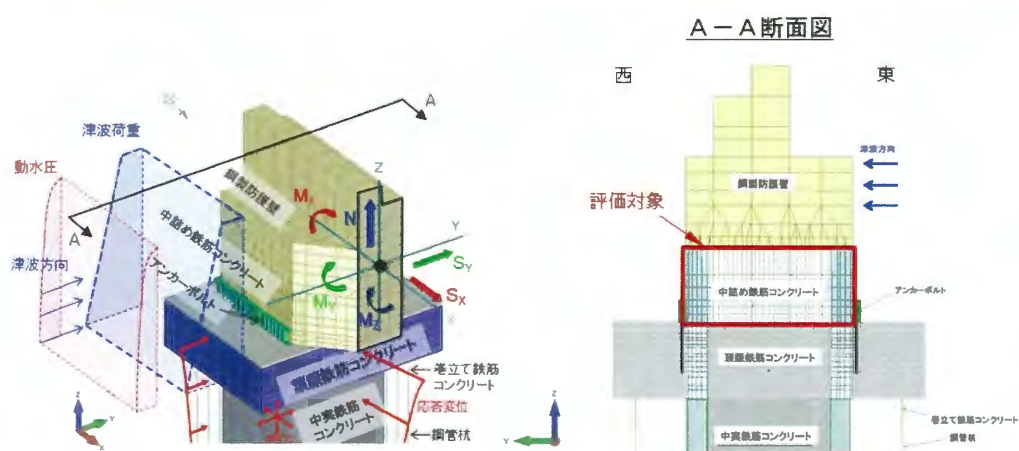


図 5.2-2 中詰め鉄筋コンクリートの南北（X）方向の評価対象位置

(2) コンクリート (東西方向)

中詰め鉄筋コンクリートの東西（Y）方向のひずみコンター図を図 5.2-3 に、評価対象位置を図 5.2-4 に示す。

東西（Y）方向のひずみは、北東角付近で最大圧縮ひずみ 660μ が発生する。

ひずみコンター図より東西（Y）方向の発生圧縮ひずみが許容ひずみ以下であることを確認した。

以上のことから、東西（Y）方向の発生ひずみが許容限界以下であることを確認した。

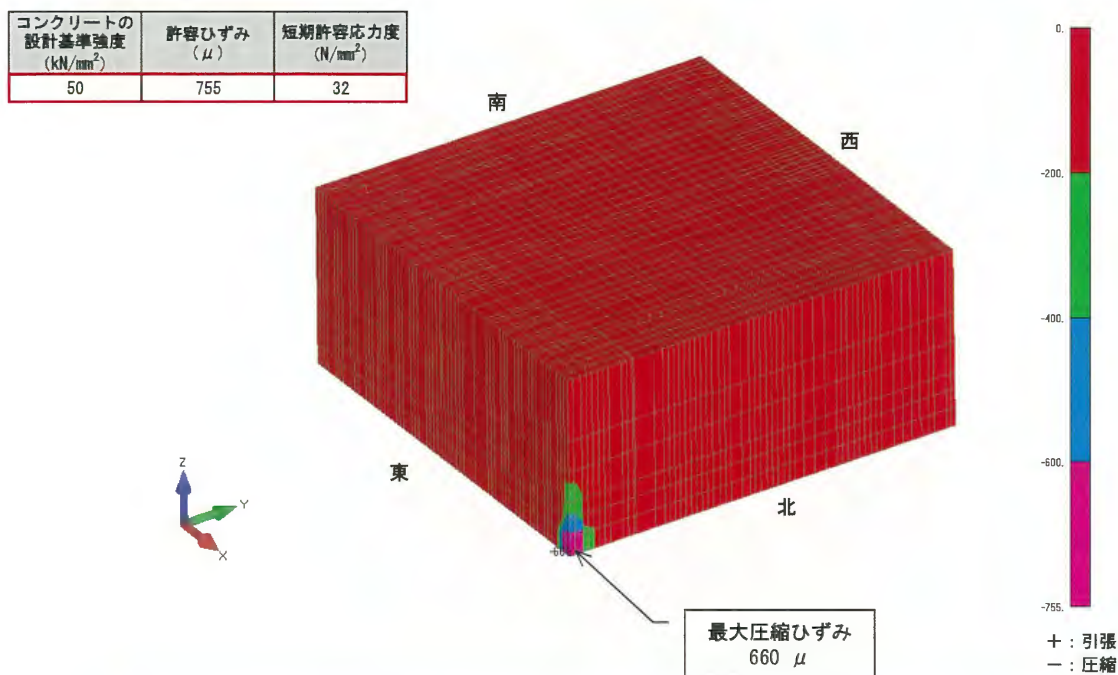


図 5.2-3 中詰め鉄筋コンクリートの東西 (Y) 方向のひずみコンター図

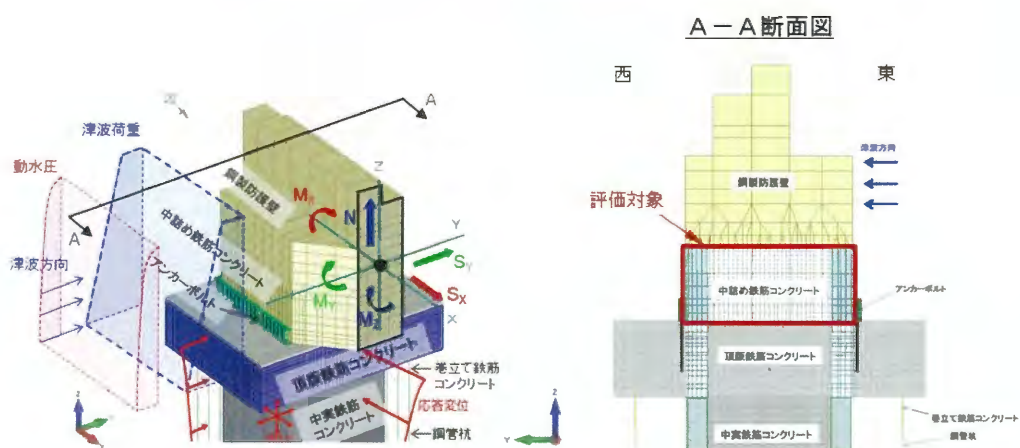


図 5.2-4 中詰め鉄筋コンクリートの東西（Y）方向の評価対象位置

(3) コンクリート（鉛直方向）

中詰め鉄筋コンクリートの鉛直（Z）方向のひずみコンター図を図 5.2-5 に、評価対象位置を図 5.2-6 に示す。

鉛直（Z）方向のひずみは、北西角付近で最大圧縮ひずみ 487μ が発生する。

ひずみコンター図より鉛直（Z）方向の発生圧縮ひずみが許容ひずみ以下であることを確認した。

以上のことから、鉛直（Z）方向の発生ひずみが許容限界以下であることを確認した。

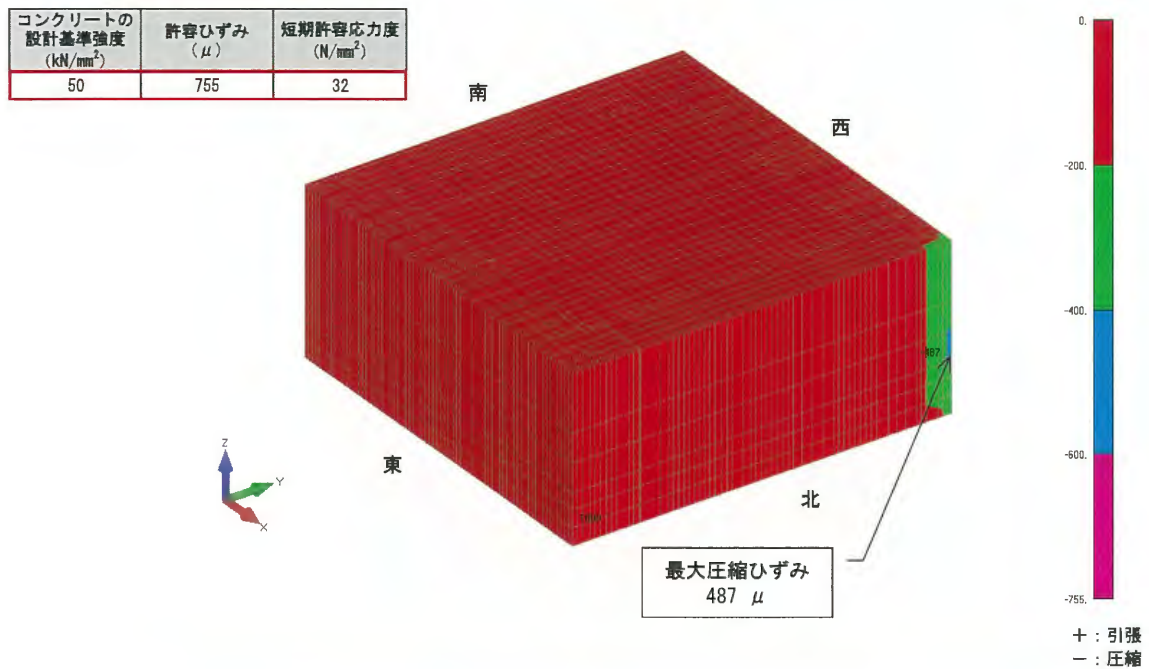


図 5.2-5 中詰め鉄筋コンクリートの鉛直（Z）方向のひずみコンター図

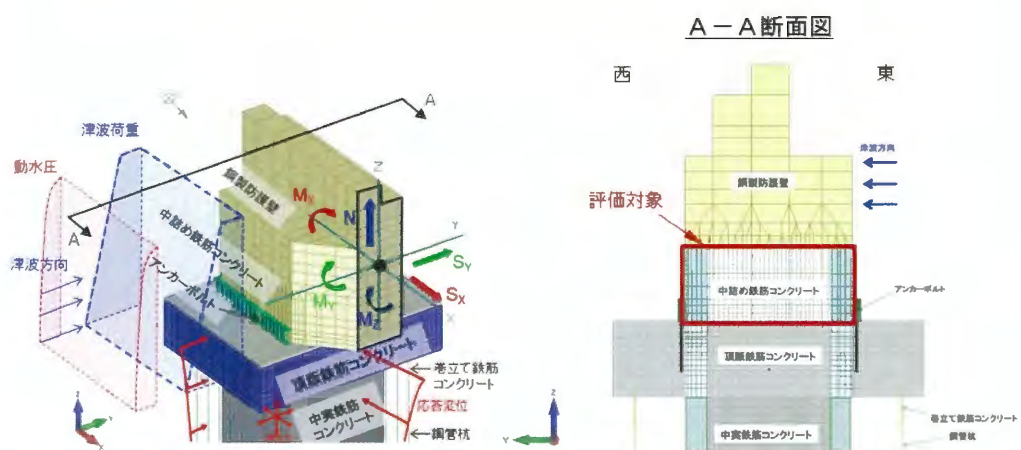


図 5.2-6 中詰め鉄筋コンクリートの鉛直（Z）方向の評価対象位置

(4) せん断補強鉄筋（南北方向）

中詰め鉄筋コンクリートの水平せん断力に対する補強鉄筋として、南北（X）方向のせん断補強鉄筋のひずみコンター図を図 5.2-7 に、評価対象位置を図 5.2-8 に、評価対象の鉄筋を図 5.2-9 に示す。

南北（X）方向のせん断補強鉄筋のひずみは、北東付近で最大引張ひずみ 1227 μ が発生する。

ひずみコンター図より南北（X）方向のせん断補強鉄筋の発生引張ひずみが許容ひずみ以下であることを確認した。

以上のことから、南北（X）方向のせん断補強鉄筋の発生ひずみが許容限界以下であることを確認した。

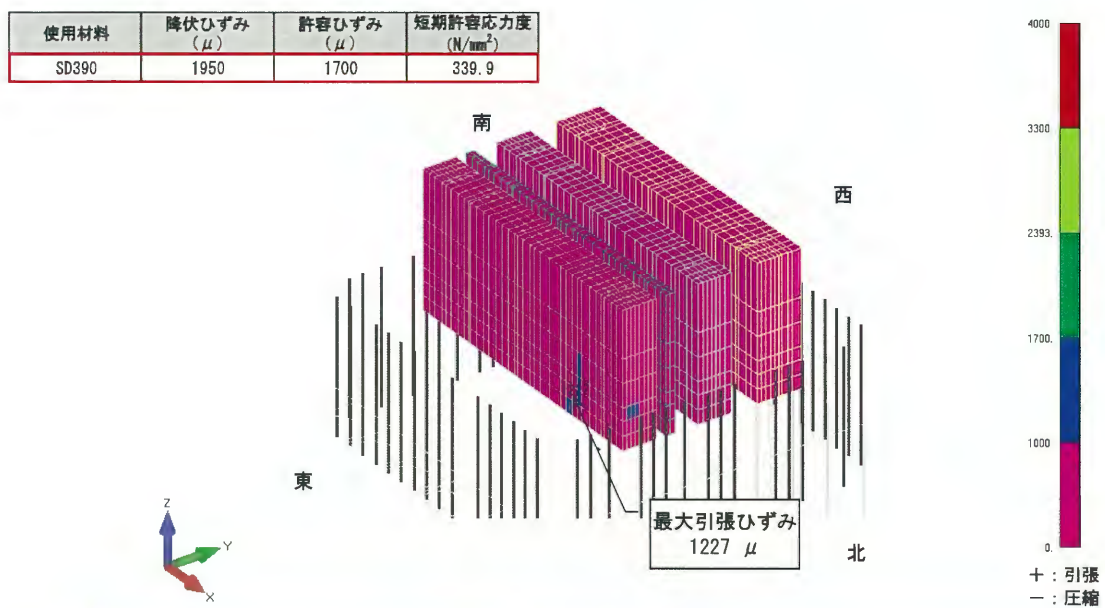


図 5.2-7 中詰め鉄筋コンクリートの南北（X）方向のせん断補強鉄筋（SD390）のひずみコンター図

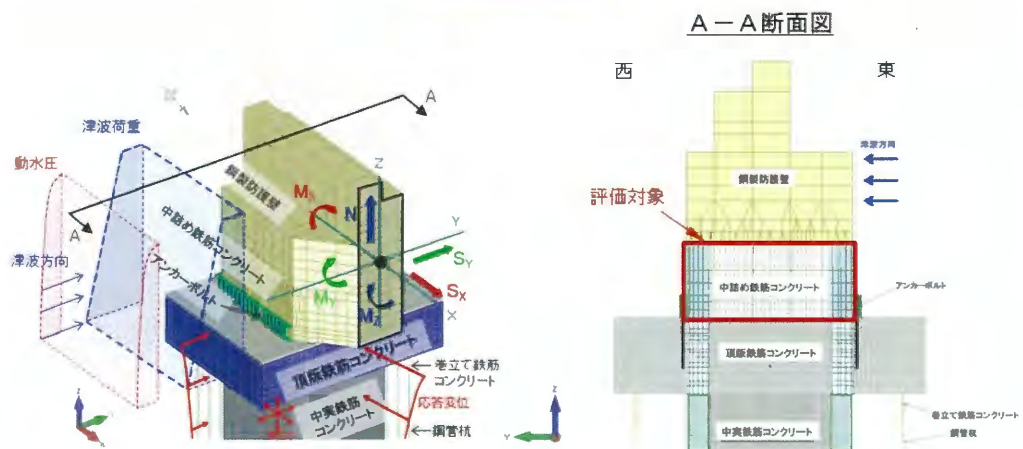


図 5.2-8 中詰め鉄筋コンクリートの南北（X）方向のせん断補強鉄筋（SD390）の評価対象位置

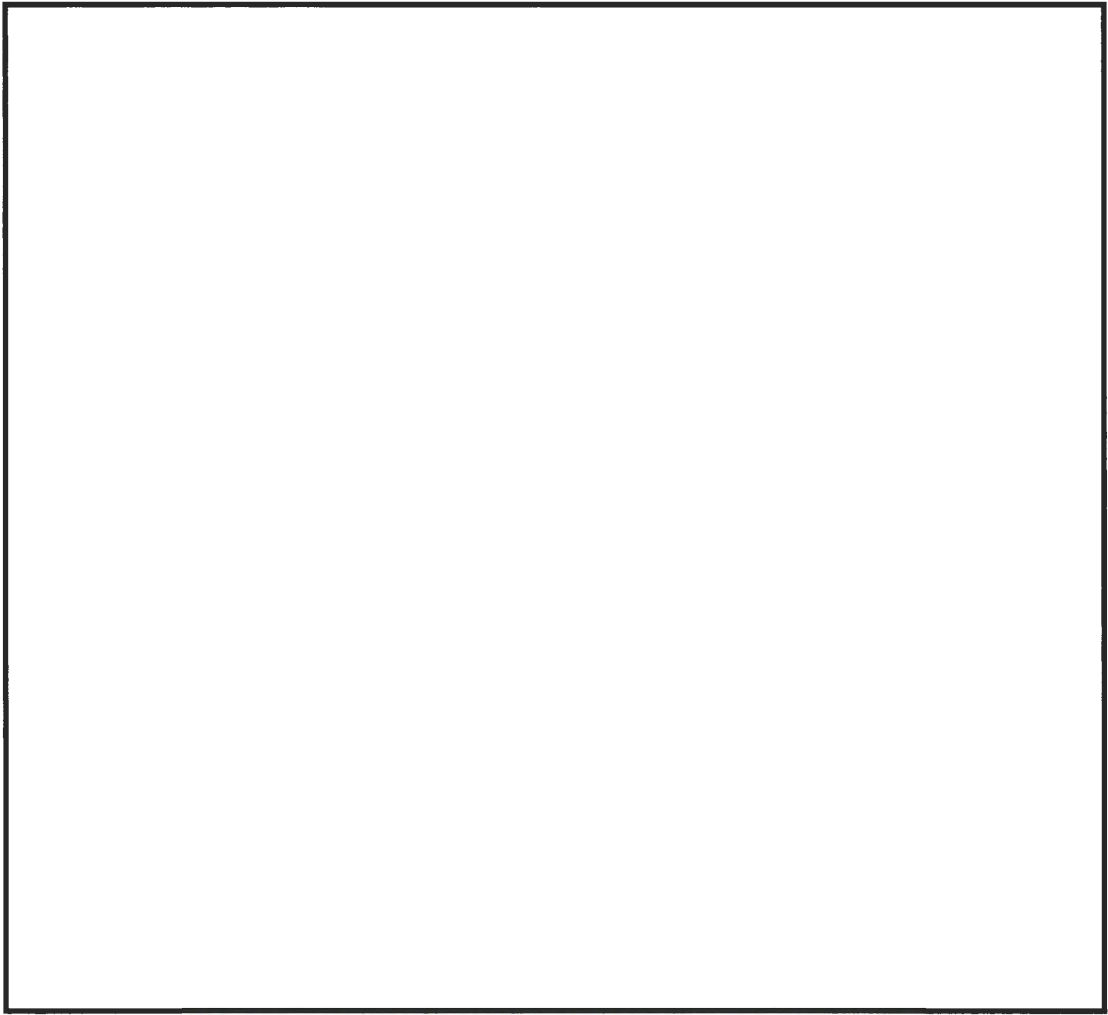


図 5.2-9 評価対象の鉄筋（せん断補強鉄筋（南北方向））

(5) 鉛直貫通鉄筋のフープ筋（南北方向）

中詰め鉄筋コンクリートの水平回転モーメントに対する補強鉄筋として、鉛直貫通鉄筋の南北（X）方向のフープ筋のひずみコンター図を図 5.2-10 に、評価対象位置を図 5.2-11 に、評価対象の鉄筋を図 5.2-12 に示す。

鉛直貫通鉄筋の南北（X）方向のフープ筋のひずみは、北東角付近で最大引張ひずみ 1118 μ が発生する。

ひずみコンター図より鉛直貫通鉄筋の南北（X）方向のフープ筋の発生引張ひずみが許容ひずみ以下であることを確認した。

以上のことから、鉛直貫通鉄筋の南北（X）方向のフープ筋の発生ひずみが許容限界以下であることを確認した。

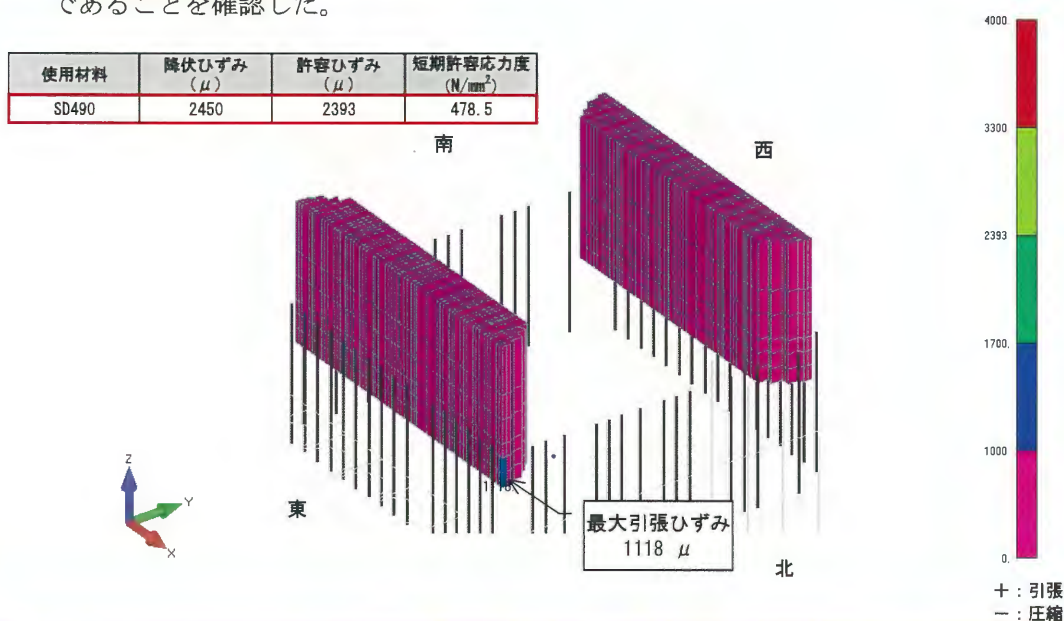


図 5.2-10 中詰め鉄筋コンクリートの鉛直貫通鉄筋の南北（X）方向のフープ筋（SD490）のひずみコンター図

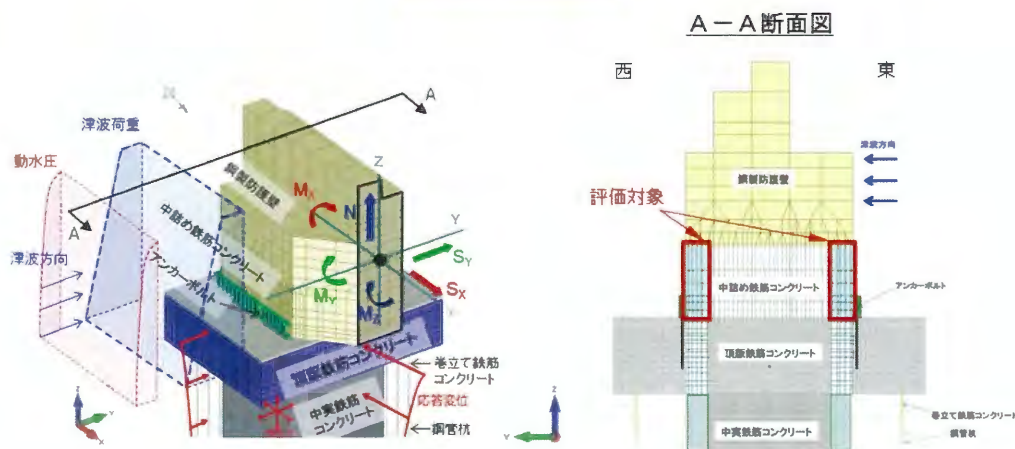


図 5.2-11 中詰め鉄筋コンクリートの鉛直貫通鉄筋の南北（X）方向のフープ筋（SD490）の評価対象位置

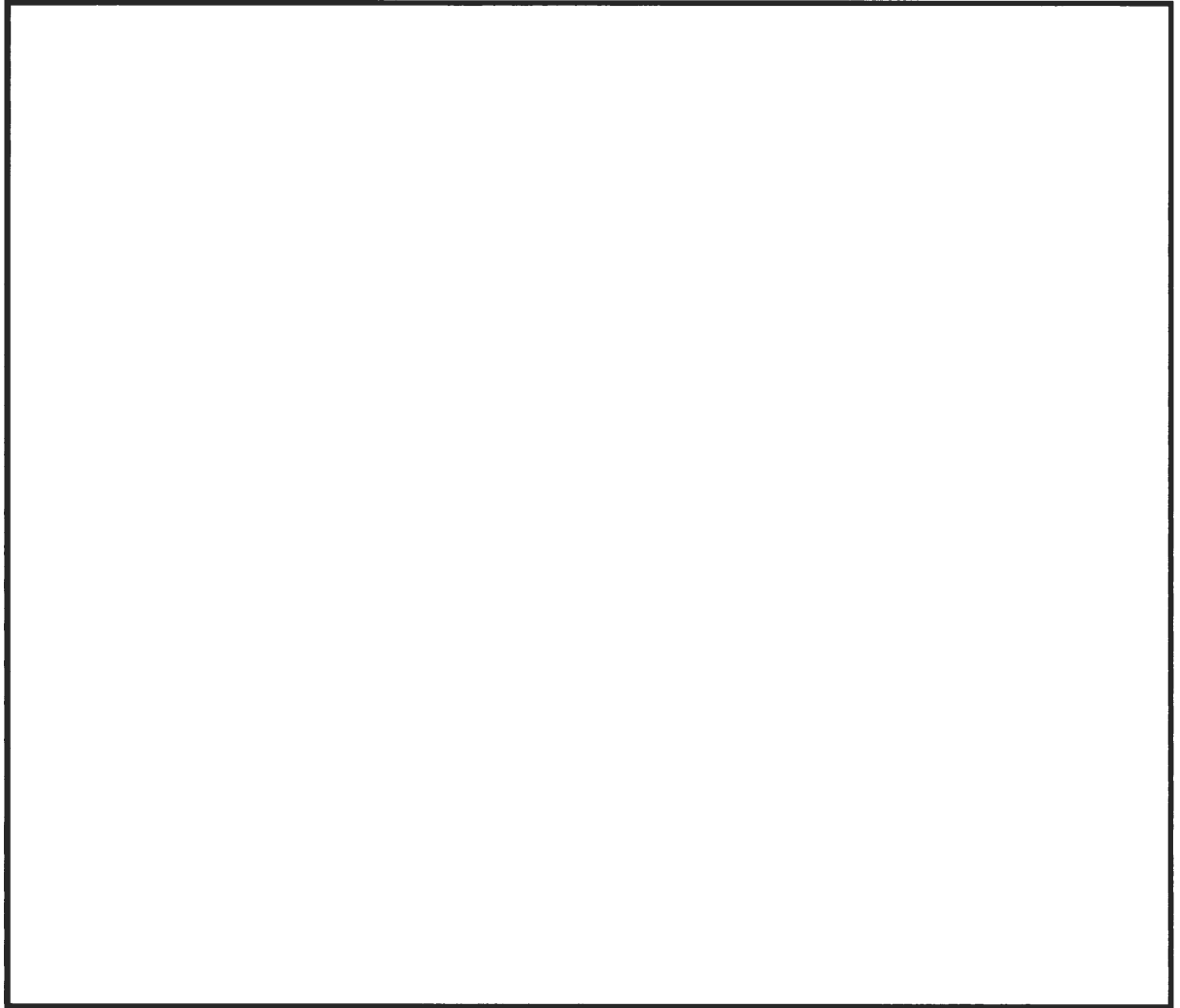


図 5.2-12 評価対象の鉄筋（鉛直貫通鉄筋のフープ筋（南北方向））

(6) せん断補強鉄筋（東西方向）

中詰め鉄筋コンクリートの水平せん断力に対する補強鉄筋として、東西（Y）方向のせん断補強鉄筋のひずみコンター図を図 5.2-13 に、評価対象位置を図 5.2-14 に、評価対象の鉄筋を図 5.2-15 に示す。

東西（Y）方向のせん断補強鉄筋のひずみは、東面付近で最大引張ひずみ 1586 μ が発生する。

ひずみコンター図より東西（Y）方向のせん断補強鉄筋の発生引張ひずみが許容ひずみ以下であることを確認した。

以上のことから、東西（Y）方向のせん断補強鉄筋の発生ひずみが許容限界以下であることを確認した。

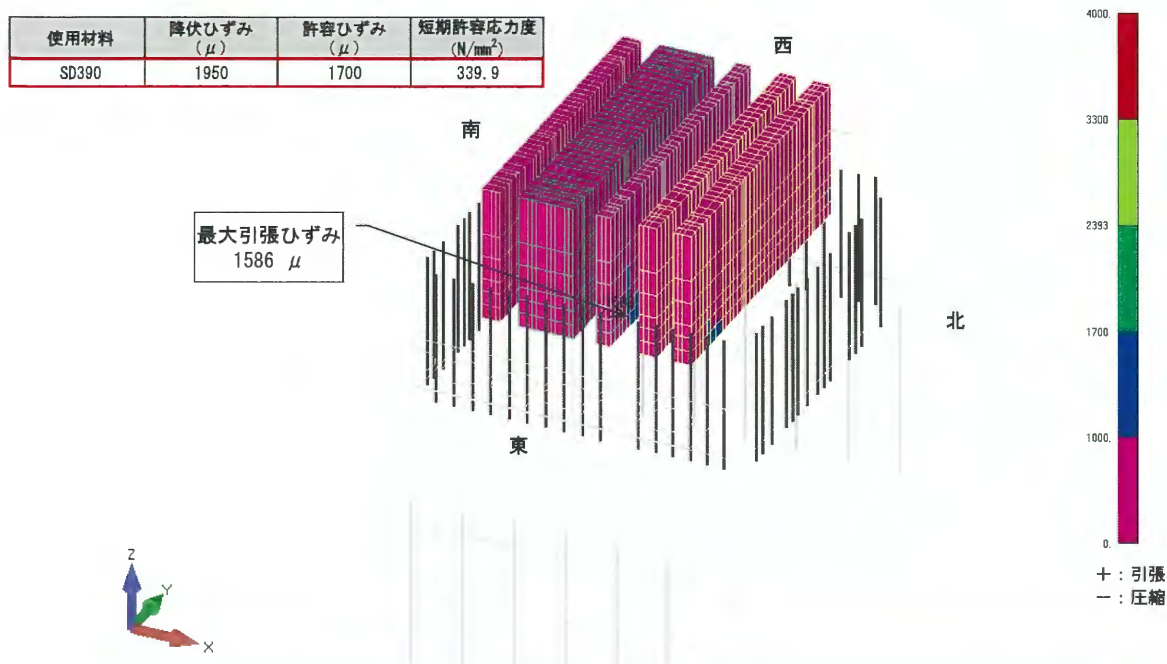


図 5.2-13 中詰め鉄筋コンクリートの東西（Y）方向のせん断補強鉄筋（SD390）のひずみコンター図

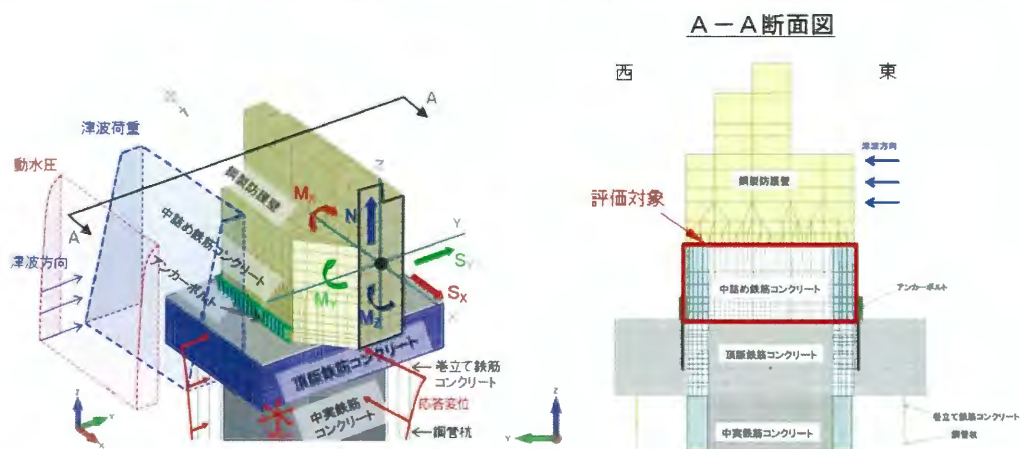


図 5.2-14 中詰め鉄筋コンクリートの東西（Y）方向のせん断補強鉄筋（SD390）の評価対象位置

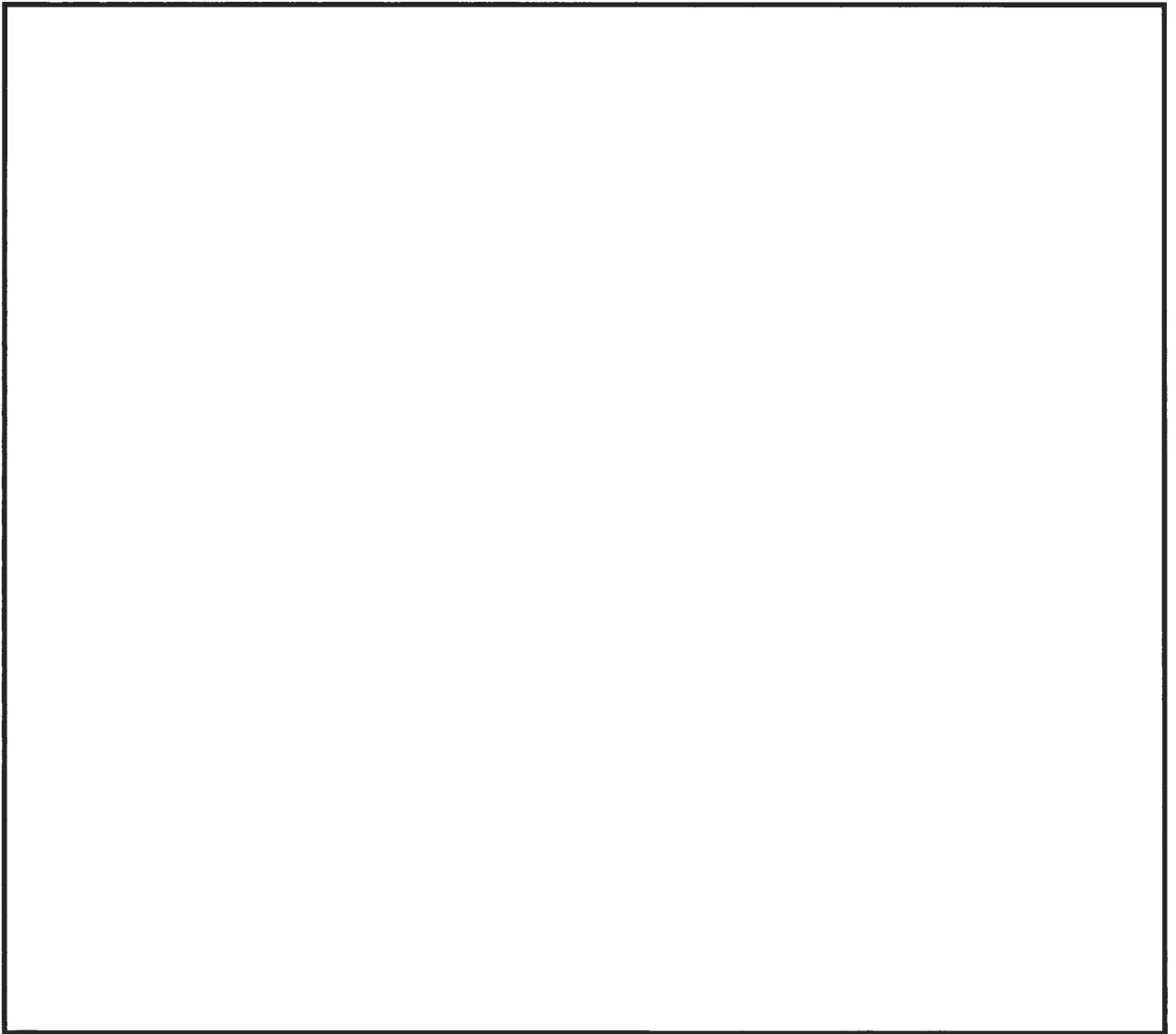


図 5.2-15 評価対象の鉄筋（せん断補強鉄筋（東西方向））

(7) 鉛直貫通鉄筋のフープ筋（東西方向）

中詰め鉄筋コンクリートの水平回転モーメントに対する補強鉄筋として、鉛直貫通鉄筋の東西（Y）方向のフープ筋のひずみコンター図を図 5.2-16 に、評価対象位置を図 5.2-17 に、評価対象の鉄筋を図 5.2-18 に示す。

鉛直貫通鉄筋の東西（Y）方向のフープ筋のひずみは、北東角付近で最大引張ひずみ 1154 μ が発生する。

ひずみコンター図より鉛直貫通鉄筋の東西（Y）方向のフープ筋の発生引張ひずみが許容ひずみ以下であることを確認した。

以上のことから、鉛直貫通鉄筋の東西（Y）方向のフープ筋の発生ひずみが許容限界以下であることを確認した。

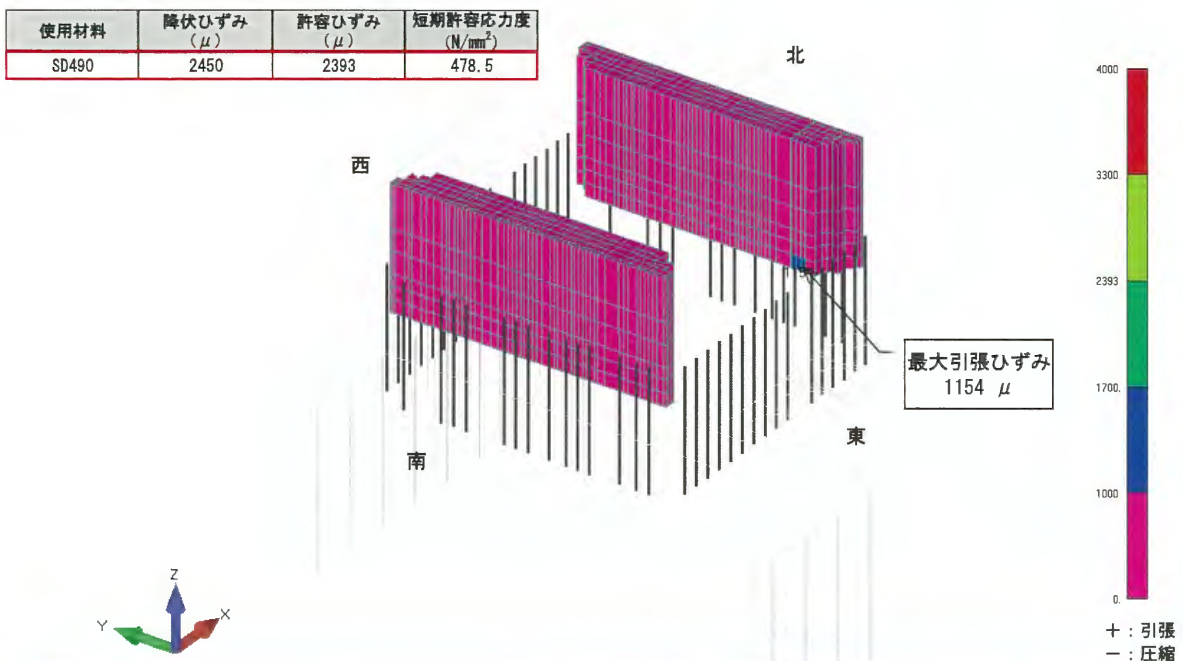


図 5.2-16 中詰め鉄筋コンクリートの鉛直貫通鉄筋の東西（Y）方向のフープ筋（SD490）のひずみコンター図

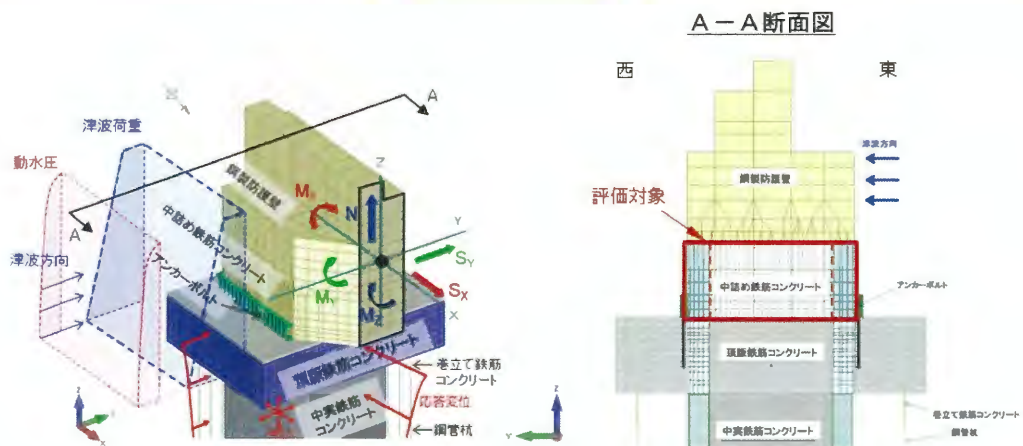


図 5.2-17 中詰め鉄筋コンクリートの鉛直貫通鉄筋の東西（Y）方向のフープ筋（SD490）の評価対象位置

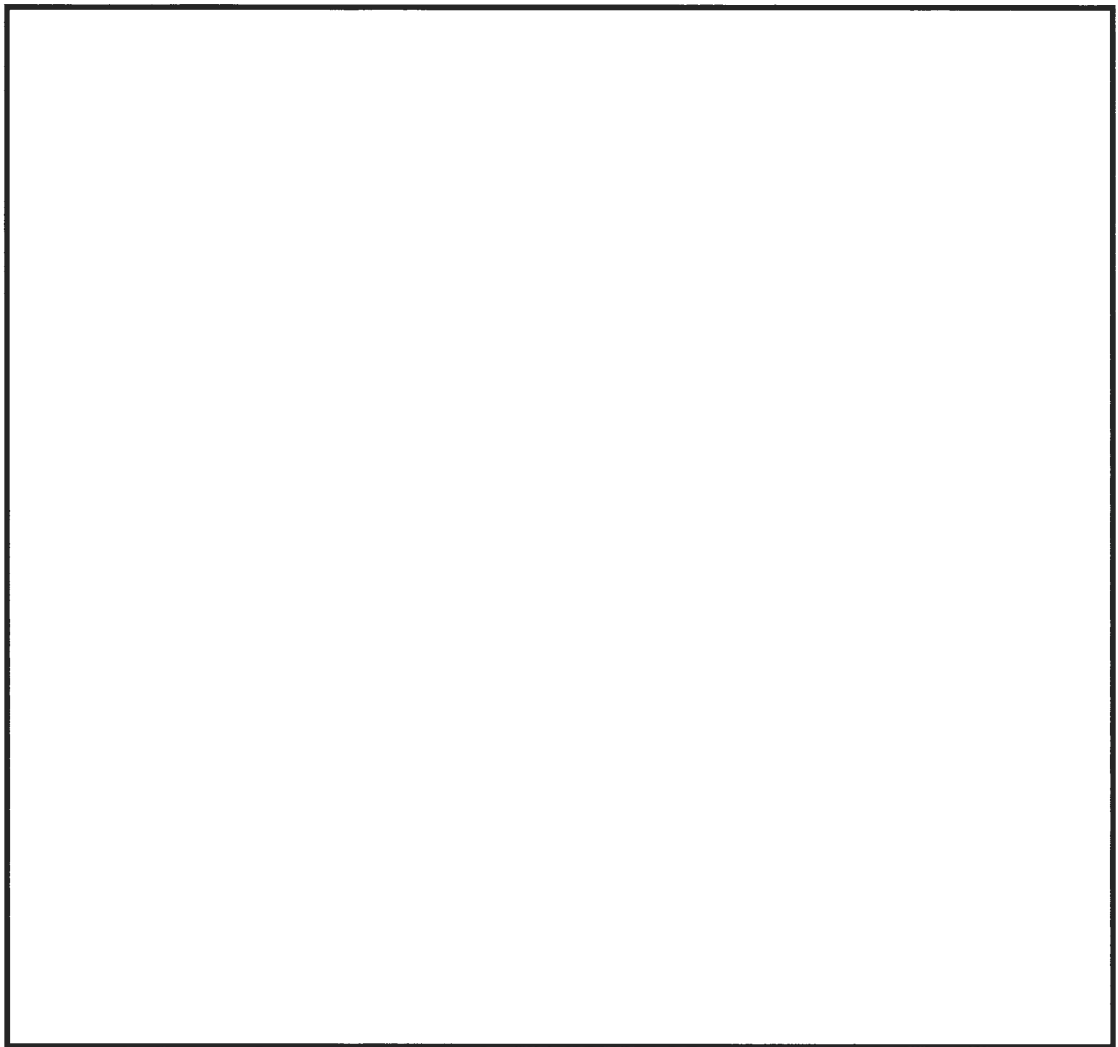


図 5.2-18 評価対象の鉄筋（鉛直貫通鉄筋のフープ筋（東西方向））

(8) 鉛直貫通鉄筋（軸方向鉄筋（鉛直方向））

中詰め鉄筋コンクリートの鉛直（Z）方向の鉛直貫通鉄筋のひずみコンター図を図 5.2-19 に、評価対象位置を図 5.2-20 に、評価対象の鉄筋を図 5.2-21 に示す。

鉛直貫通鉄筋の鉛直（Z）方向のひずみは、南東角付近で最大引張ひずみ 1329 μ が発生する。

ひずみコンター図より鉛直貫通鉄筋の鉛直（Z）方向の発生引張ひずみが許容ひずみ以下であることを確認した。

以上のことから、鉛直貫通鉄筋の鉛直（Z）方向の発生ひずみが許容限界以下であることを確認した。

使用材料	降伏ひずみ (μ)	許容ひずみ (μ)	短期許容応力度 (N/mm^2)
SD490	2450	2393	478.5

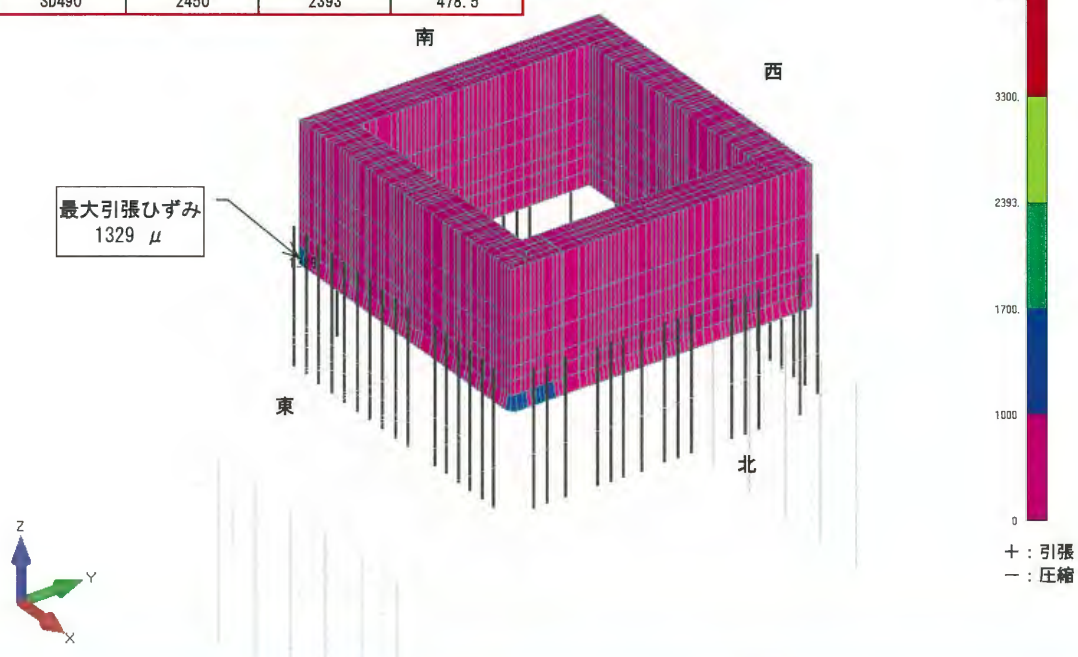


図 5.2-19 中詰め鉄筋コンクリートの鉛直（Z）方向の鉛直貫通鉄筋（SD490）のひずみコンター図

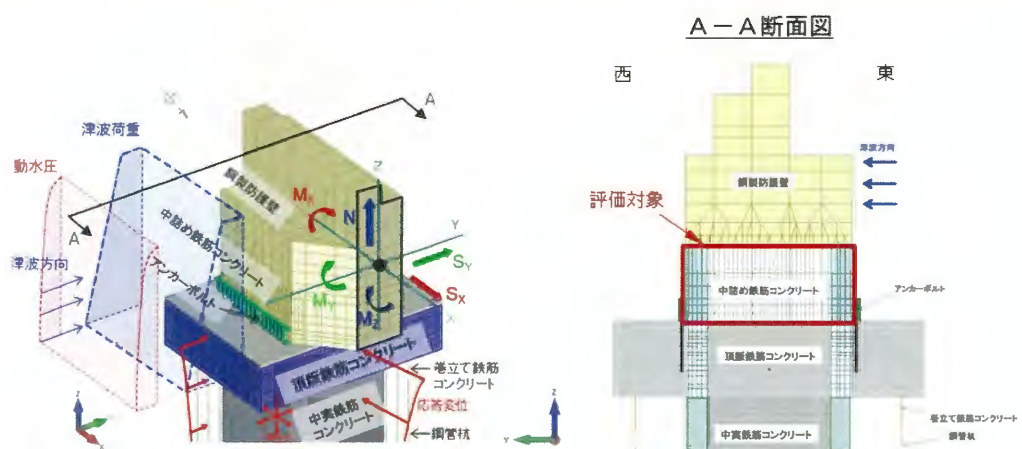


図 5.2-20 中詰め鉄筋コンクリート鉛直（Z）方向の鉛直貫通鉄筋（SD490）の評価対象位置

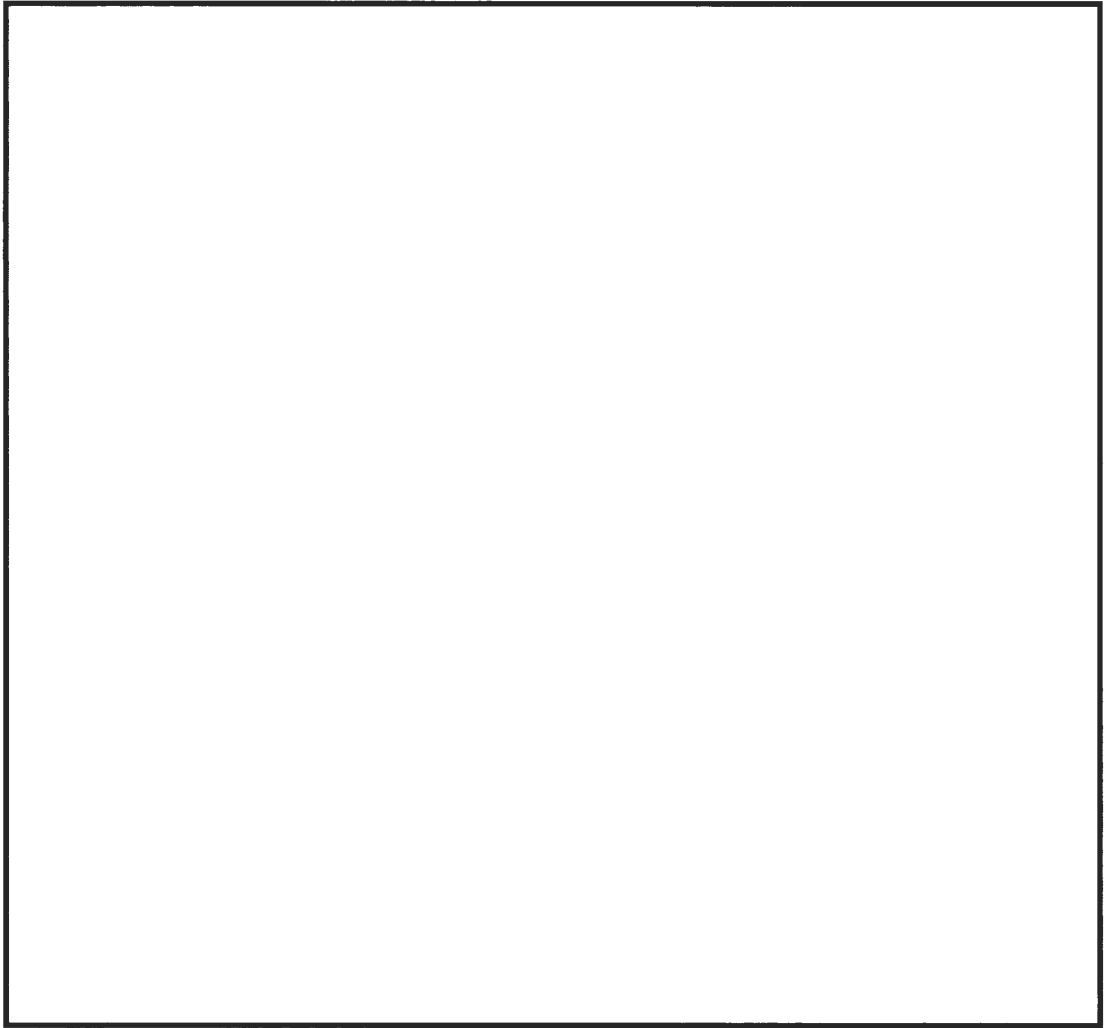


図 5.2-21 評価対象の鉄筋（鉛直貫通鉄筋（軸方向鉄筋（鉛直方向）））

(1) コンクリート (南北方向)

南北（X）方向のひずみは、アンカーボルト下方の南側で最大圧縮ひずみ 470 μ が発生する。

以上のことから、南北（X）方向の発生ひずみが許容限界以下であることを確認した。

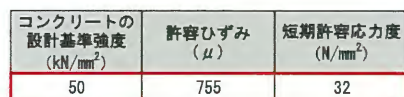
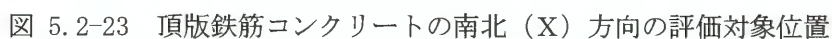


図 5.2-22 頂版鉄筋コンクリートの南北 (X) 方向のひずみコンター図



(2) コンクリート（東西方向）

頂版鉄筋コンクリートの東西（Y）方向のひずみコンター図を図 5.2-24 に、評価対象位置を図 5.2-25 に示す。

東西（Y）方向のひずみは、北東角付近の底面で最大圧縮ひずみ 550μ が発生する。

ひずみコンター図より東西（Y）方向の発生圧縮ひずみが許容ひずみ以下であることを確認した。

以上のことから、東西（Y）方向の発生ひずみが許容限界以下であることを確認した。

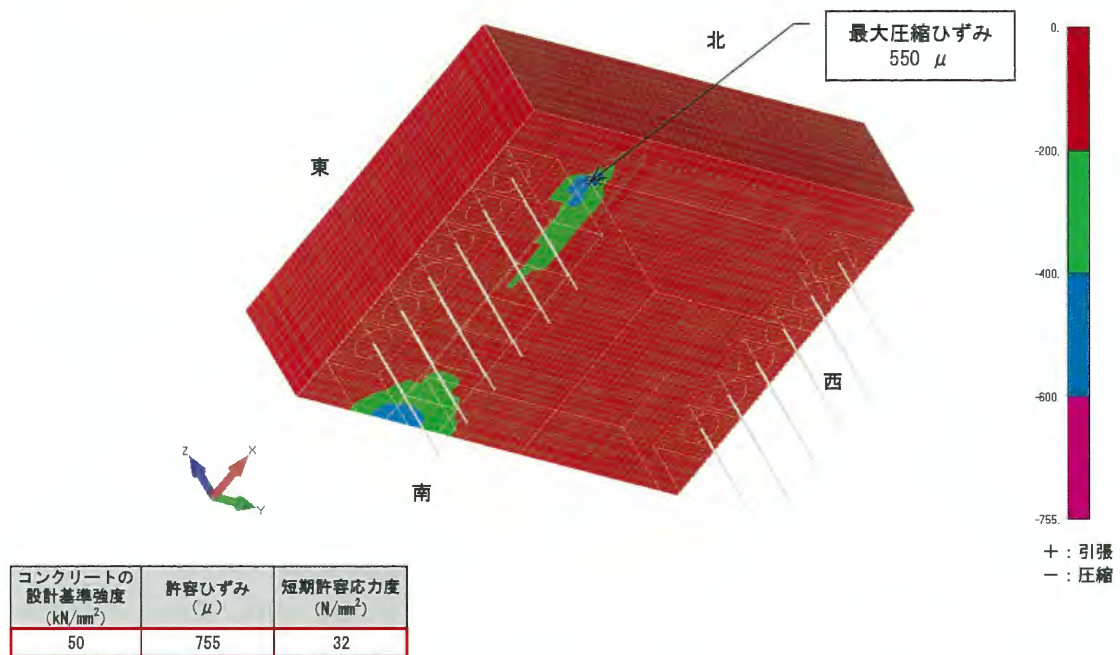


図 5.2-24 頂版鉄筋コンクリートの東西（Y）方向のひずみコンター図

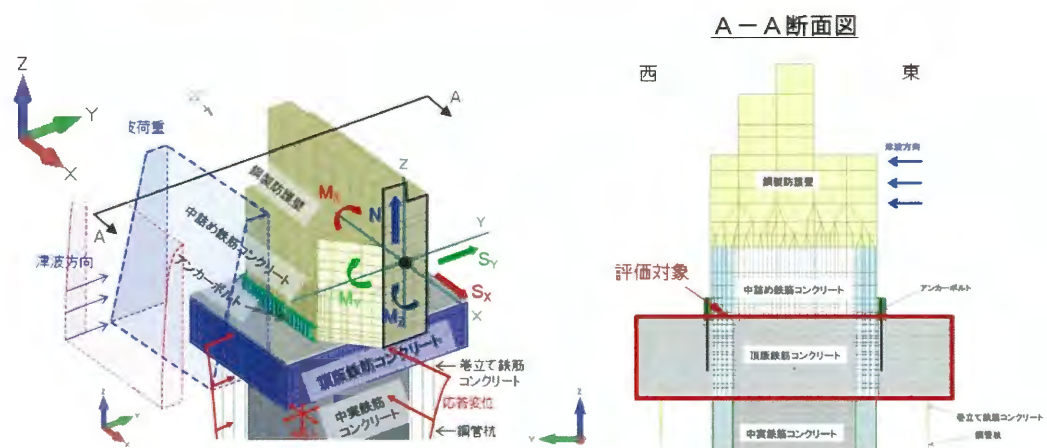


図 5.2-25 頂版鉄筋コンクリートの東西（Y）方向の評価対象位置

(3) コンクリート（鉛直方向）

頂版鉄筋コンクリートの鉛直（Z）方向のひずみコンター図を図 5.2-26 に、評価対象位置を図 5.2-27 に示す。

鉛直（Z）方向のひずみは、ベースプレートの北西角付近で最大圧縮ひずみ 712μ が発生する。

ひずみコンター図より鉛直（Z）方向の発生圧縮ひずみが許容ひずみ以下であることを確認した。

以上のことから、鉛直（Z）方向の発生ひずみが許容限界以下であることを確認した。

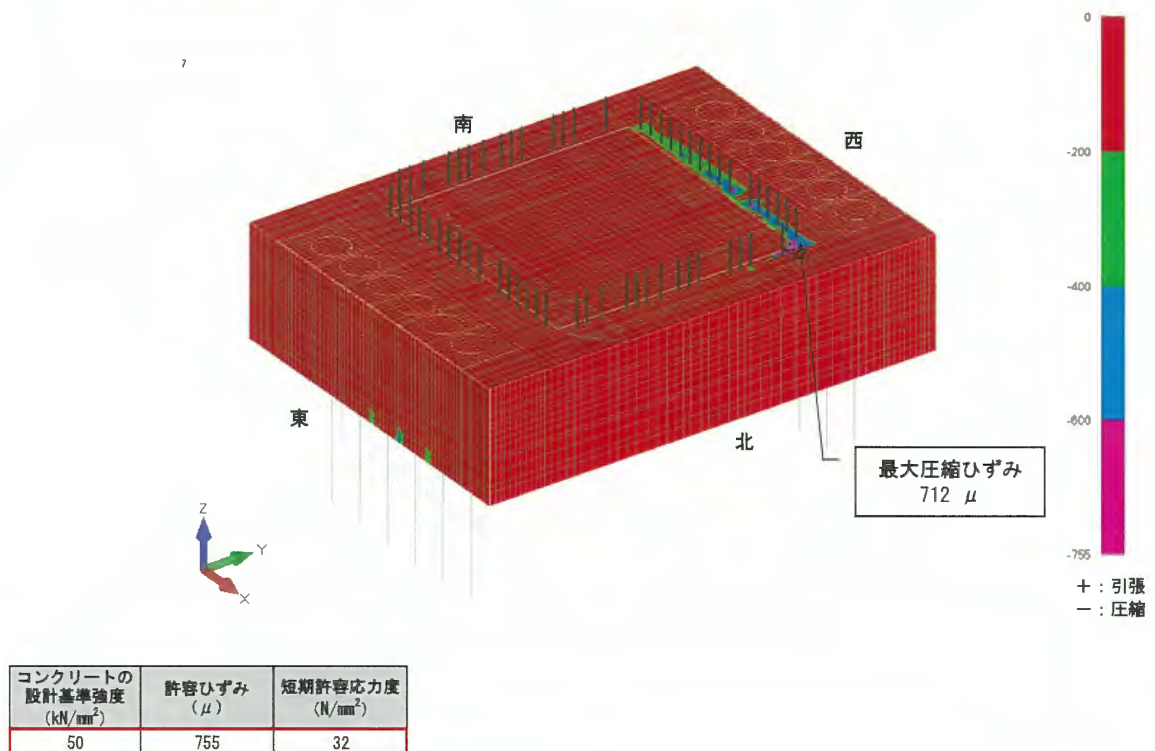


図 5.2-26 頂版鉄筋コンクリートの鉛直（Z）方向のひずみコンター図

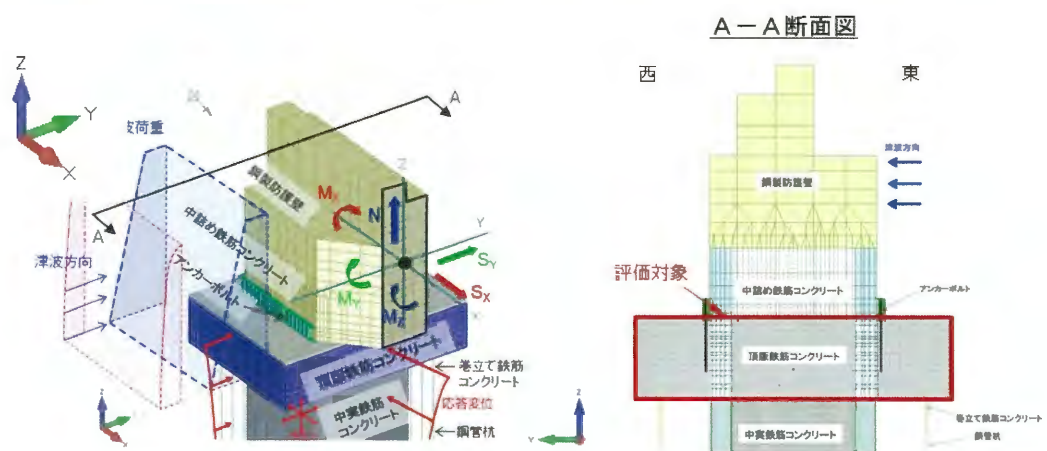


図 5.2-27 頂版鉄筋コンクリートの鉛直（Z）方向の評価対象位置

(4) 杭頭接合部のフープ筋（南北方向）

頂版鉄筋コンクリートの杭頭接合部における南北（X）方向のフープ筋のひずみコンター図を図 5.2-28 に、評価対象位置を図 5.2-29 に、評価対象の鉄筋を図 5.2-30 に示す。

杭頭接合部の南北（X）方向のフープ筋のひずみは、北東角付近で最大引張ひずみ 1158 μ が発生する。

ひずみコンター図より杭頭接合部の南北（X）方向のフープ筋の発生引張ひずみが許容ひずみ以下であることを確認した。

以上のことから、杭頭接合部の南北（X）方向のフープ筋の発生ひずみが許容限界以下であることを確認した。

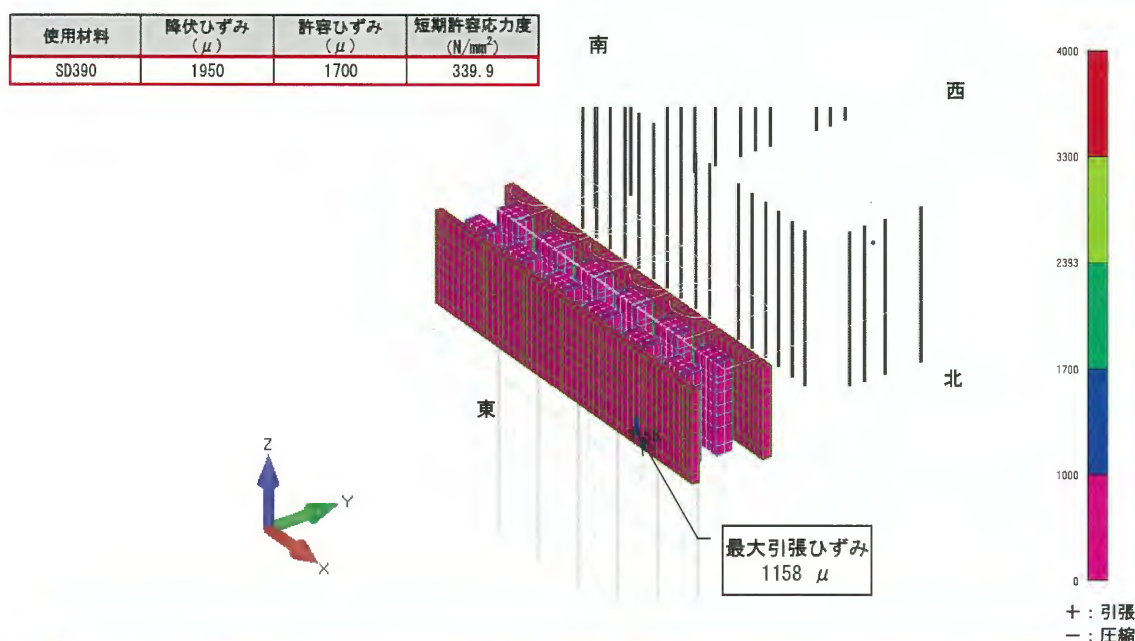


図 5.2-28 頂版鉄筋コンクリートの杭頭接合部の南北（X）方向のフープ筋（SD390）のひずみコンター図

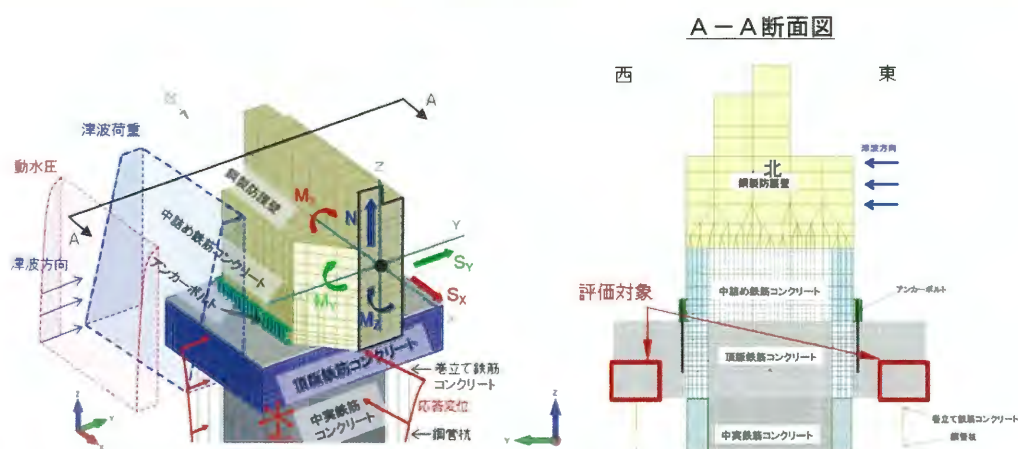


図 5.2-29 頂版鉄筋コンクリートの杭頭接合部の南北（X）方向のフープ筋（SD390）の評価対象位置

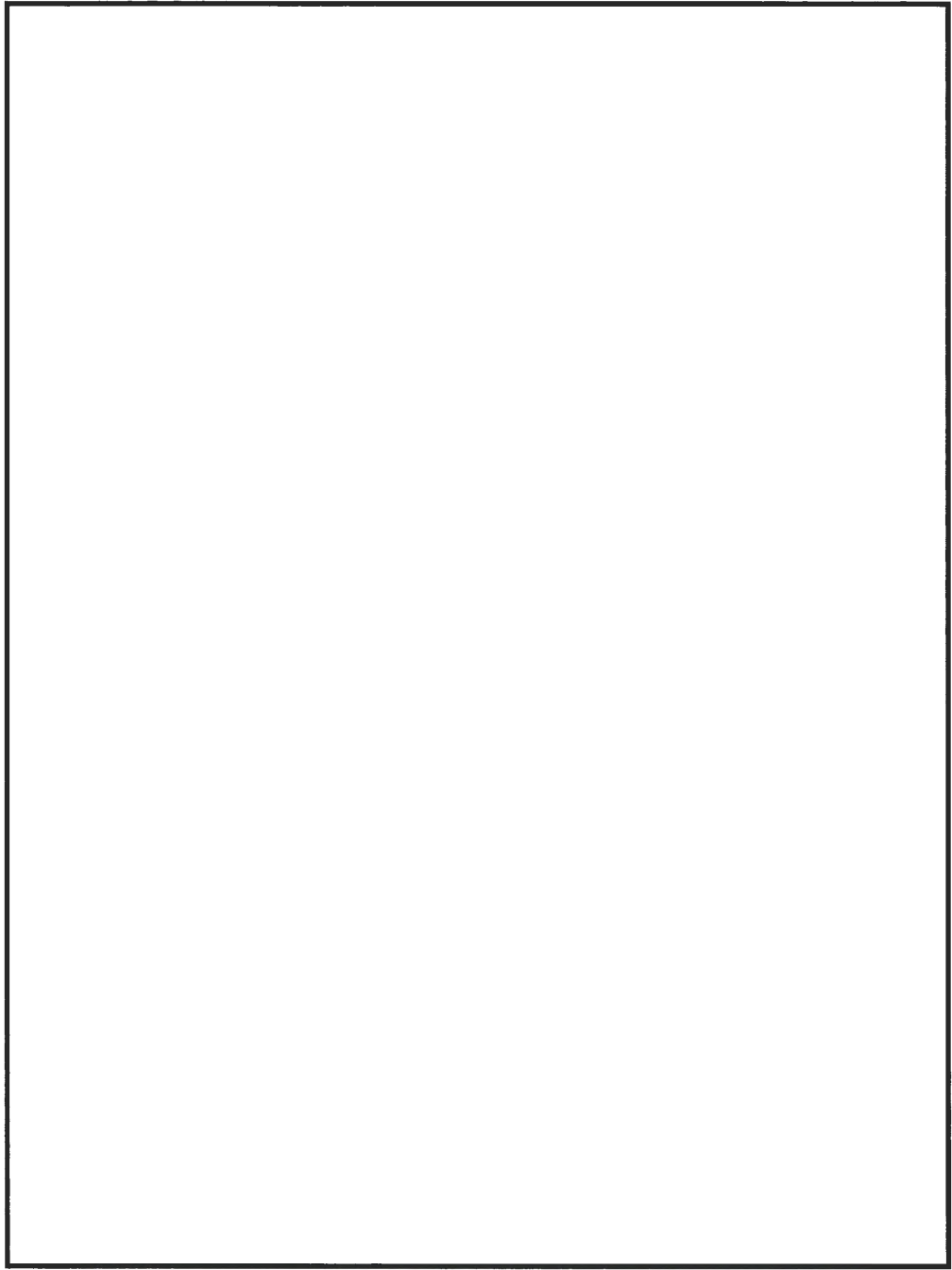


図 5.2-30 評価対象の鉄筋（杭頭接合部のフープ筋（南北方向））

(5) 上面軸方向鉄筋（南北方向）

頂版鉄筋コンクリートの南北（X）方向の上面軸方向鉄筋のひずみコンター図を
図 5.2-31 に、評価対象位置を図 5.2-32 に、評価対象の鉄筋を図 5.2-33 に示す。

南北（X）方向の上面軸方向鉄筋のひずみは、頂版鉄筋コンクリートの東側で最大引張ひずみ 1644 μ が発生する。

ひずみコンター図より南北（X）方向の上面軸方向鉄筋の発生引張ひずみが許容ひずみ以下であることを確認した。

以上のことから、南北（X）方向の上面軸方向鉄筋の発生ひずみが許容限界以下であることを確認した。

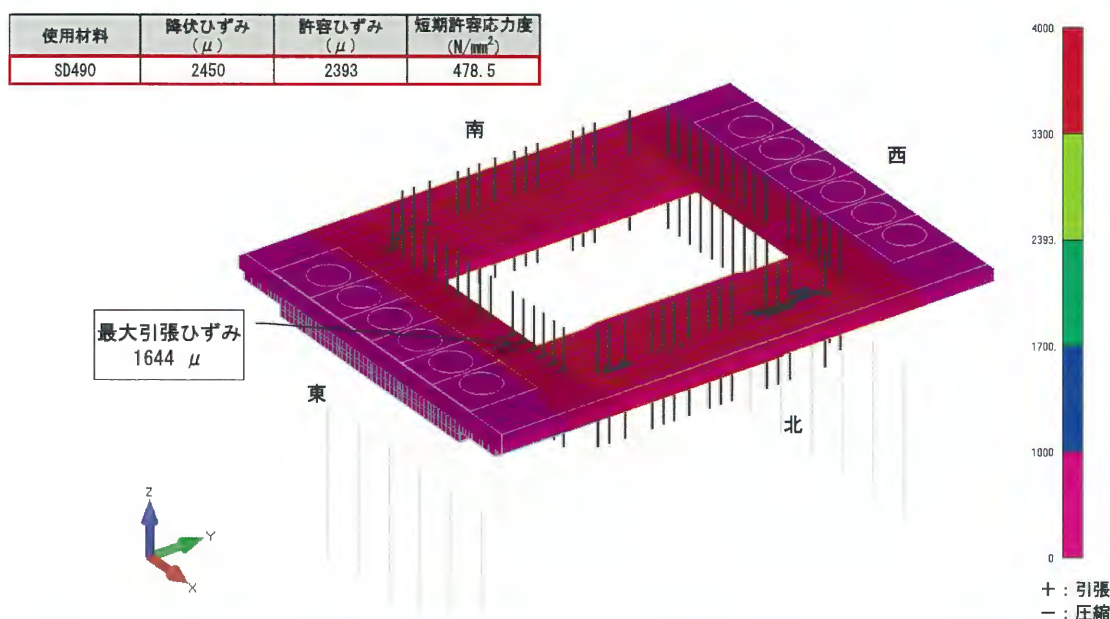


図 5.2-31 頂版鉄筋コンクリートの南北（X）方向の上面軸方向鉄筋（SD490）のひずみコンター図

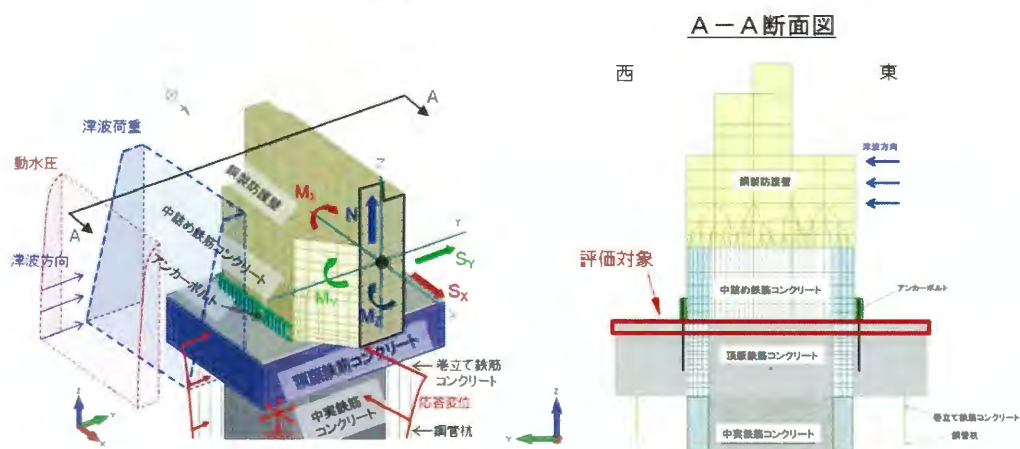


図 5.2-32 頂版鉄筋コンクリート南北（X）方向の上面軸方向鉄筋（SD490）の評価対象位置

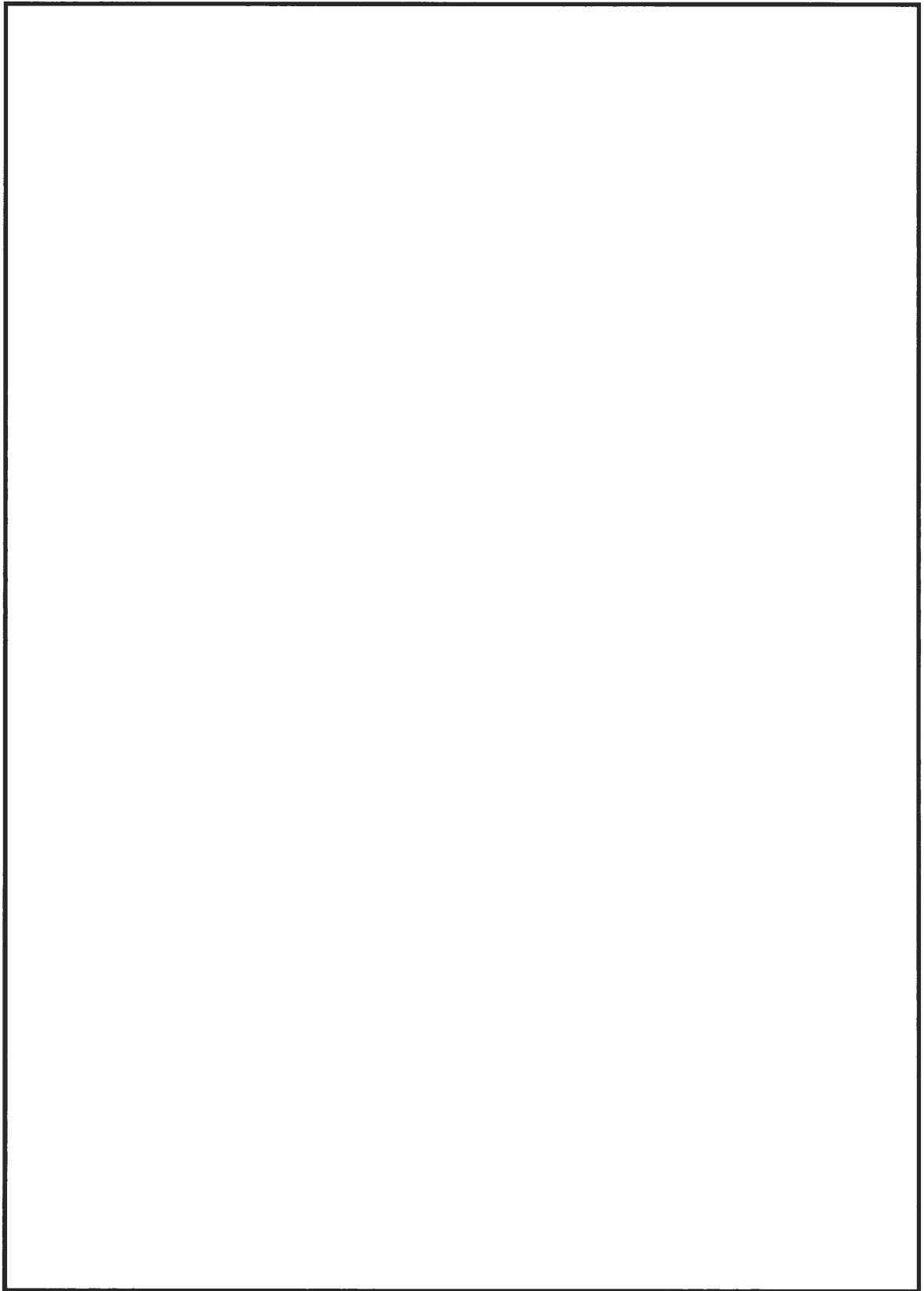


図 5.2-33 評価対象の鉄筋（上面軸方向鉄筋（南北方向））

(6) 下面軸方向鉄筋（南北方向）

頂版鉄筋コンクリートの南北（X）方向の下面軸方向鉄筋のひずみコンター図を図 5.2-34 に、評価対象位置を図 5.2-35 に、評価対象の鉄筋を図 5.2-36 に示す。

南北（X）方向の下面軸方向鉄筋のひずみは、頂版鉄筋コンクリートの南側で最大引張ひずみ 1922 μ が発生する。

ひずみコンター図より南北（X）方向の下面軸方向鉄筋の発生引張ひずみが許容ひずみ以下であることを確認した。

以上のことから、南北（X）方向の下面軸方向鉄筋の発生ひずみが許容限界以下であることを確認した。

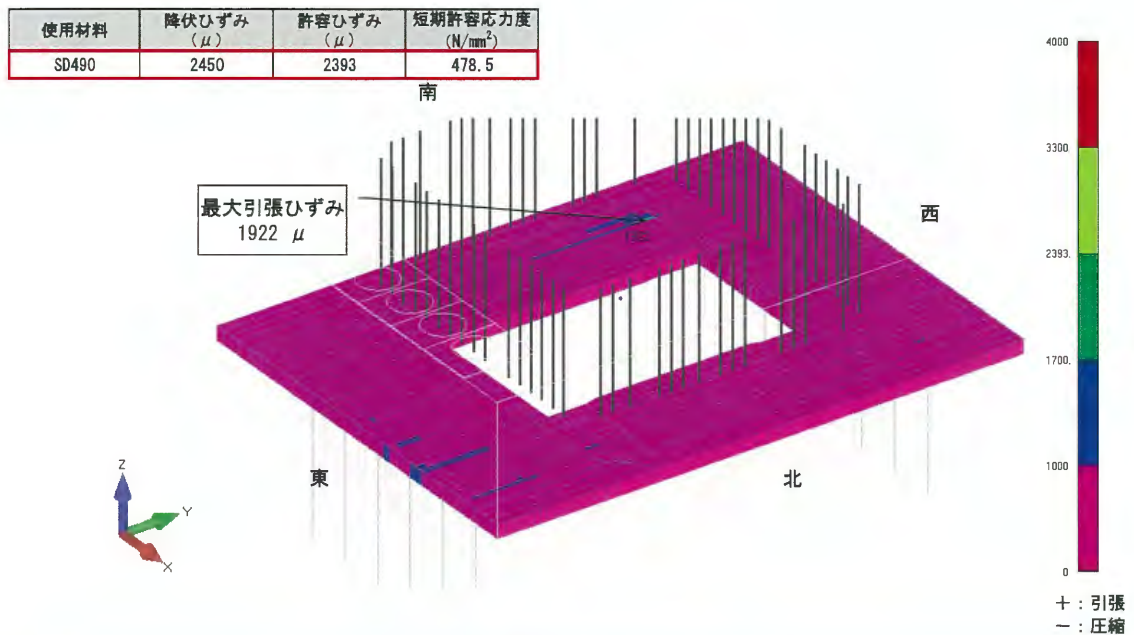


図 5.2-34 頂版鉄筋コンクリートの南北（X）方向の下面軸方向鉄筋（SD490）のひずみコンター図

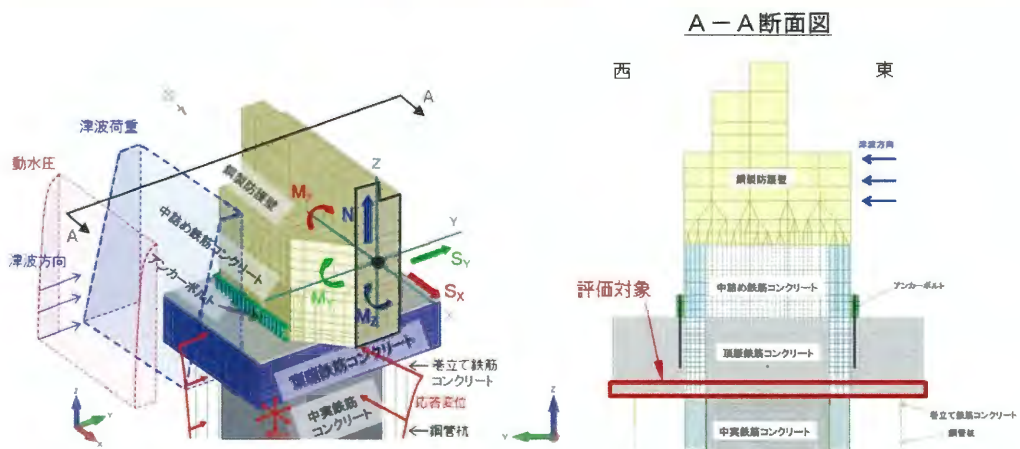


図 5.2-35 頂版鉄筋コンクリート南北（X）方向の下面軸方向鉄筋（SD490）の評価対象位置

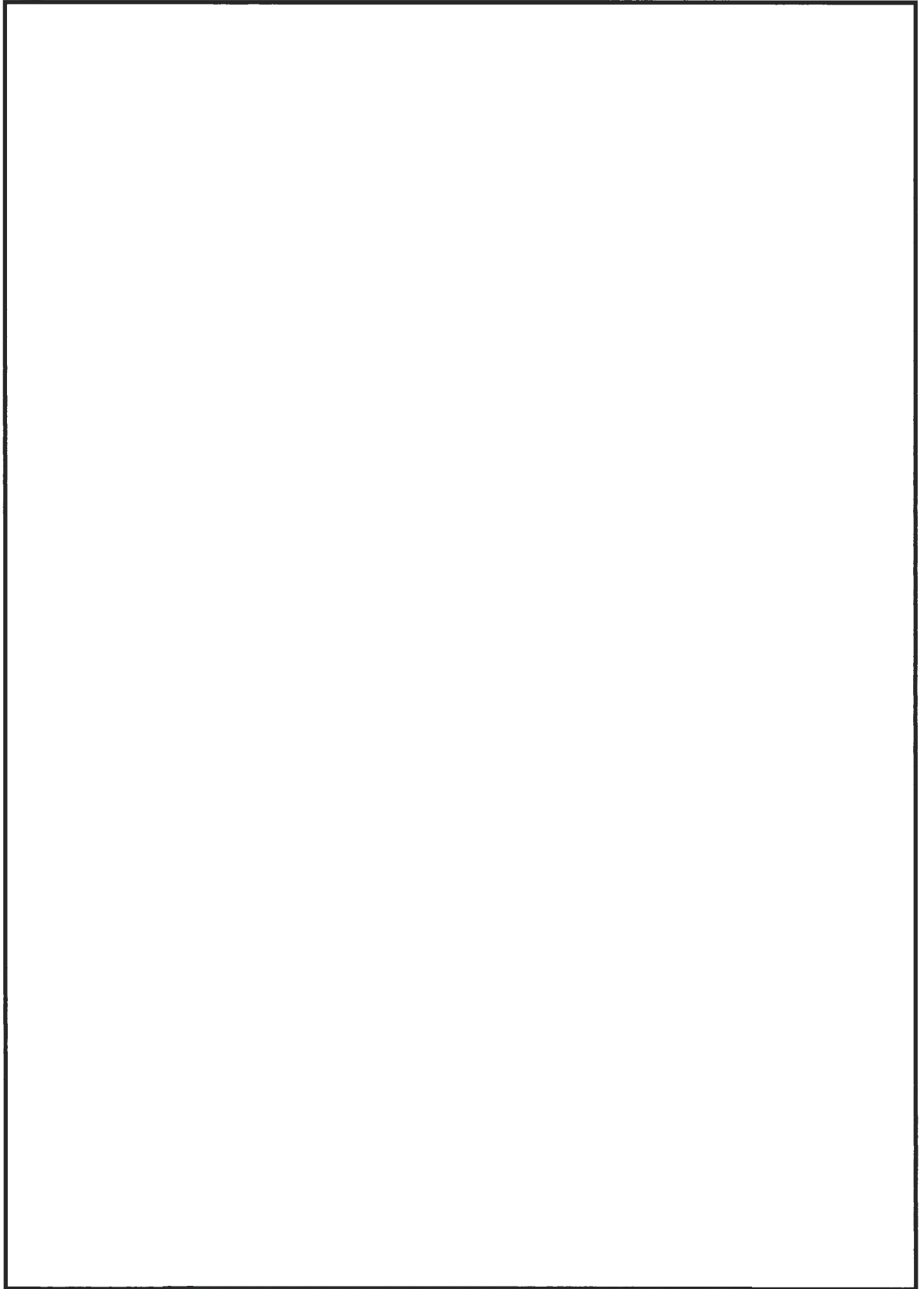


図 5.2-36 評価対象の鉄筋（下面軸方向鉄筋（南北方向））

(7) 側面・鉛直貫通鉄筋のフープ筋（南北方向）

頂版鉄筋コンクリートの水平回転モーメントに対する補強鉄筋として、側面・鉛直貫通鉄筋の南北（X）方向のフープ筋のひずみコンター図を図 5.2-37 に、評価対象位置を図 5.2-38 に、評価対象の鉄筋を図 5.2-39 に示す。

側面・鉛直貫通鉄筋の南北（X）方向のフープ筋のひずみは、北東付近で最大引張ひずみ 1010 μ が発生する。

ひずみコンター図より側面・鉛直貫通鉄筋の南北（X）方向のフープ筋の発生引張ひずみが許容ひずみ以下であることを確認した。

以上のことから、側面・鉛直貫通鉄筋の南北（X）方向のフープ筋の発生ひずみが許容限界以下であることを確認した。

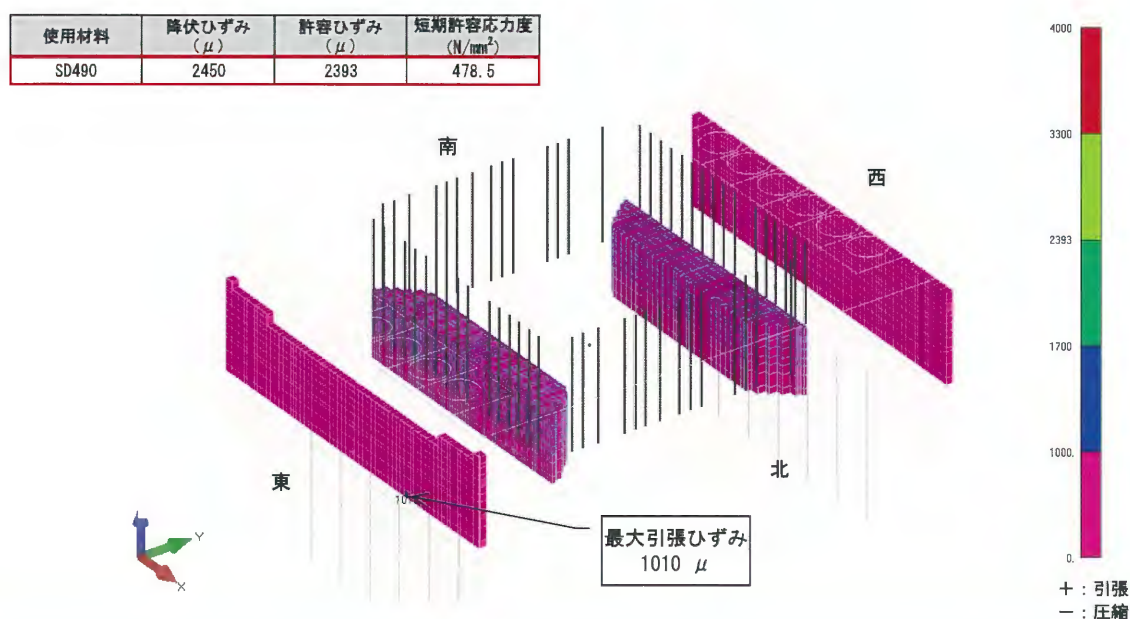


図 5.2-37 頂版鉄筋コンクリートの側面・鉛直貫通鉄筋の南北（X）方向のフープ筋（SD490）のひずみコンター図

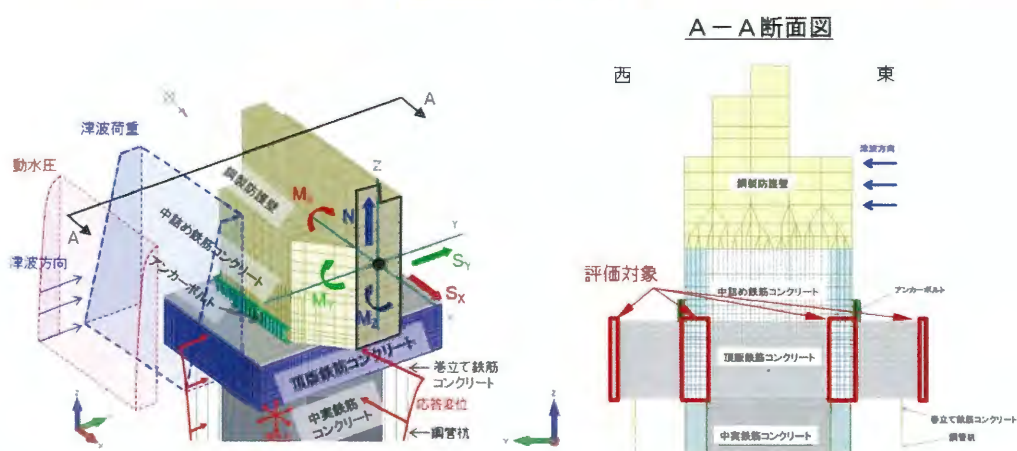


図 5.2-38 頂版鉄筋コンクリートの側面・鉛直貫通鉄筋の南北（X）方向のフープ筋（SD490）の評価対象位置

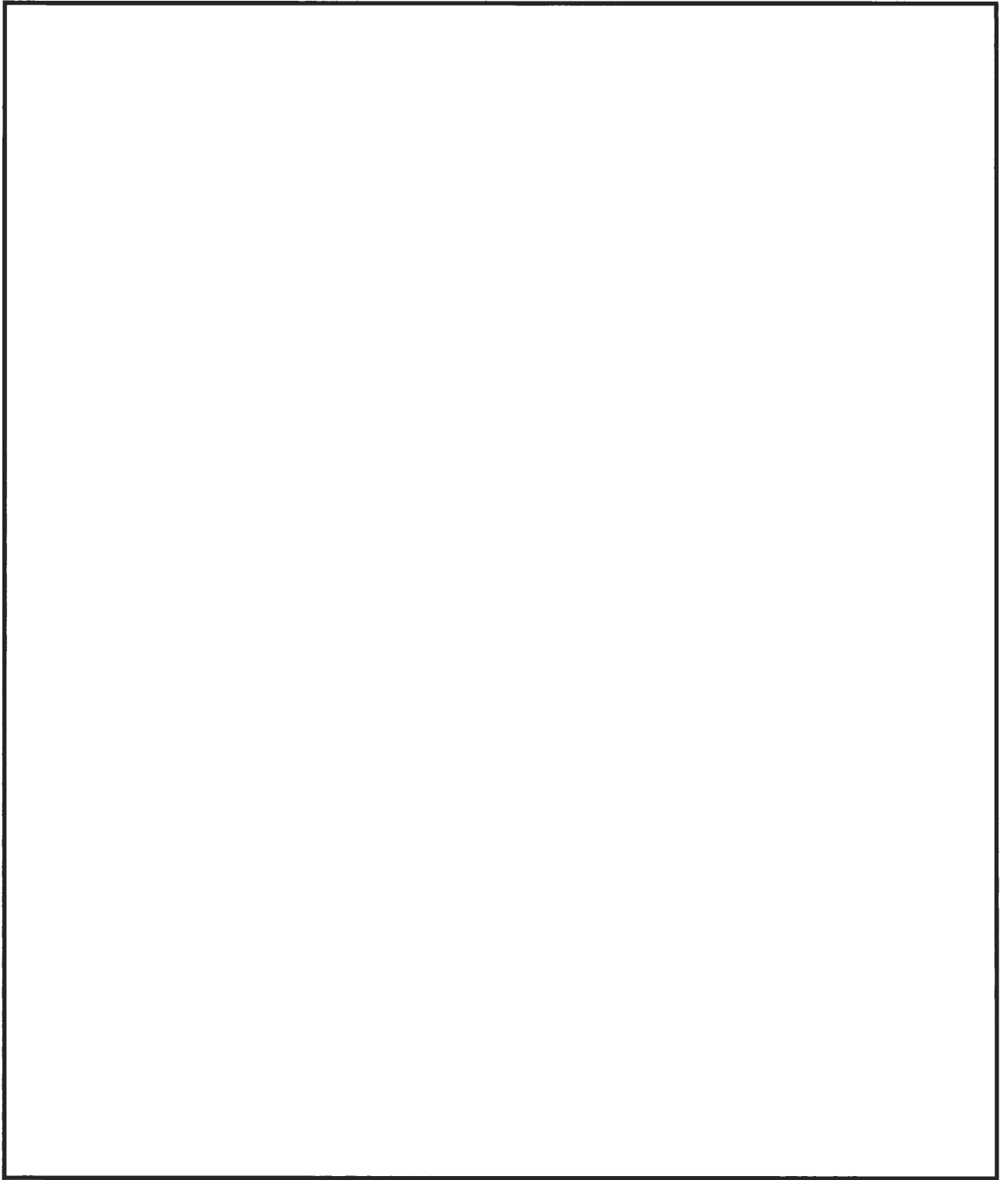


図 5. 2-39 評価対象の鉄筋（側面・鉛直貫通鉄筋のフープ筋（南北方向））

(8) 杭頭接合部のフープ筋（東西方向）

頂版鉄筋コンクリートの杭頭接合部における東西（Y）方向のフープ筋のひずみコンター図を図 5.2-40 に、評価対象位置を図 5.2-41 に、評価対象の鉄筋を図 5.2-42 に示す。

杭頭接合部の東西（Y）方向のフープ筋のひずみは、東側で最大引張ひずみ 1463 μ が発生する。

ひずみコンター図より杭頭接合部の東西（Y）方向のフープ筋の発生引張ひずみが許容ひずみ以下であることを確認した。

以上のことから、杭頭接合部の東西（Y）方向のフープ筋の発生ひずみが許容限界以下であることを確認した。

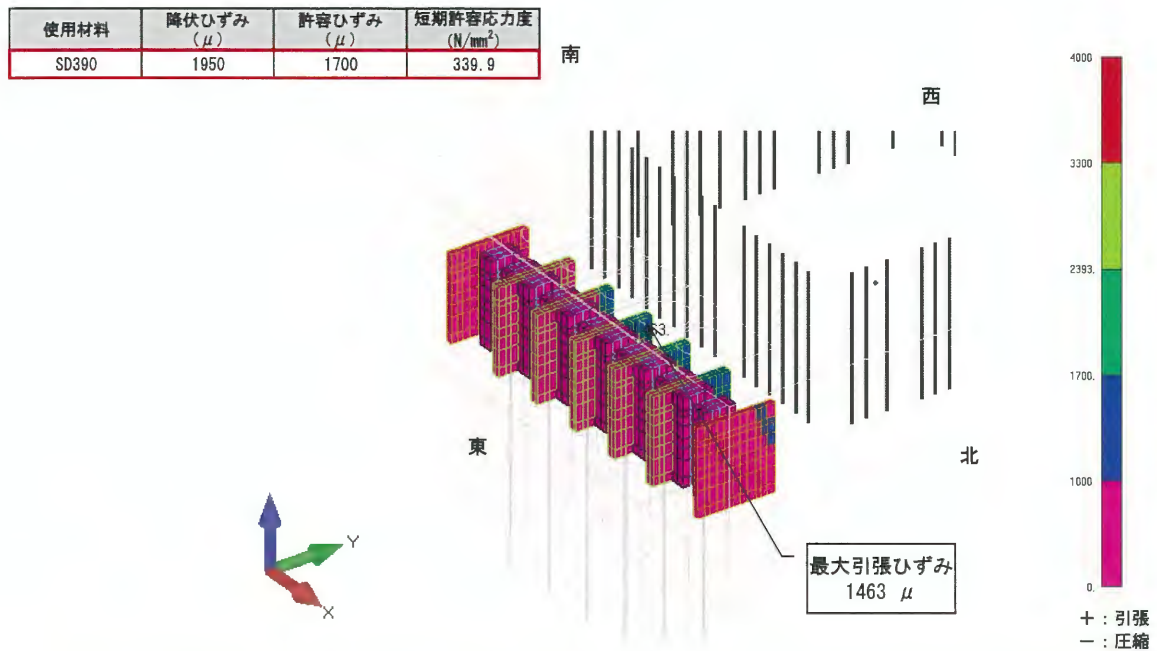


図 5.2-40 頂版鉄筋コンクリートの杭頭接合部の東西（Y）方向のフープ筋（SD390）のひずみコンター図

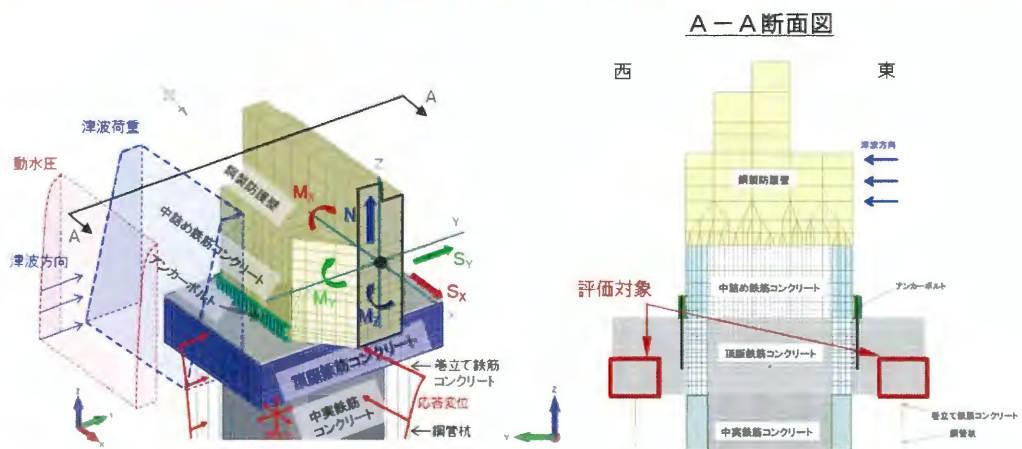


図 5.2-41 頂版鉄筋コンクリートの杭頭接合部の東西（Y）方向のフープ筋（SD390）の評価対象位置

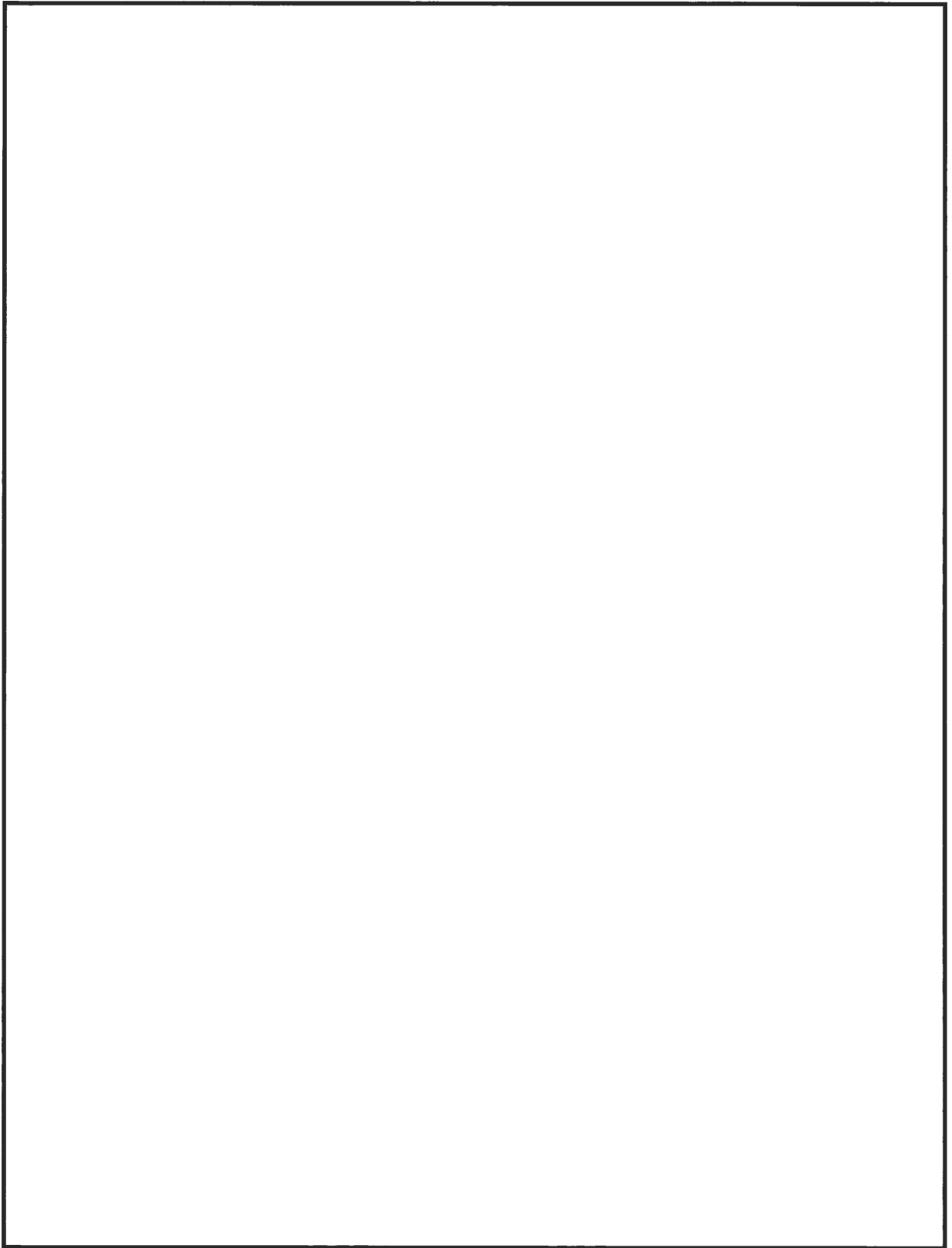


図 5.2-42 評価対象の鉄筋（杭頭接合部のフープ筋（東西方向））

(9) 上面軸方向鉄筋（東西方向，東側）

頂版鉄筋コンクリートの東西（Y）方向の上面軸方向鉄筋（東側）のひずみコンター図を図 5.2-43 に、評価対象位置を図 5.2-44 に、評価対象の鉄筋を図 5.2-45 に示す。

東西（Y）方向の上面軸方向鉄筋（東側）のひずみは、頂版鉄筋コンクリートの北東付近で最大引張ひずみ 3149 μ が発生する。

ひずみコンター図より東西（Y）方向の上面軸方向鉄筋（東側）の発生引張ひずみが許容ひずみ以下であることを確認した。

以上のことから、東西（Y）方向の上面軸方向鉄筋（東側）の発生ひずみが許容限界以下であることを確認した。

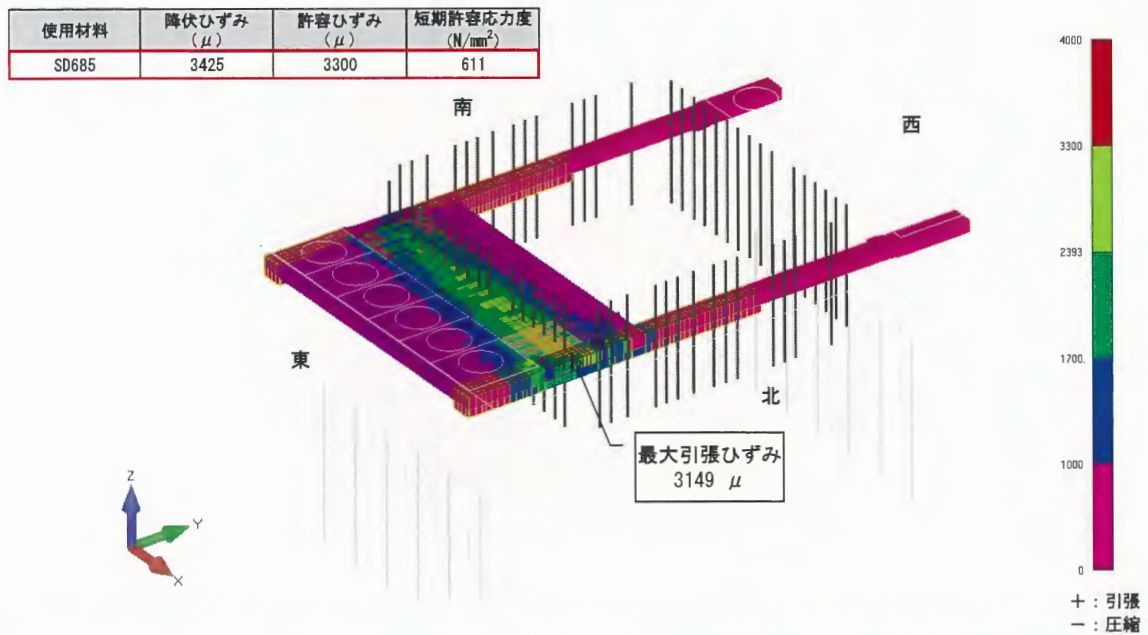


図 5.2-43 頂版鉄筋コンクリートの東西（Y）方向の上面軸方向鉄筋（東側）（SD685）のひずみコンター図

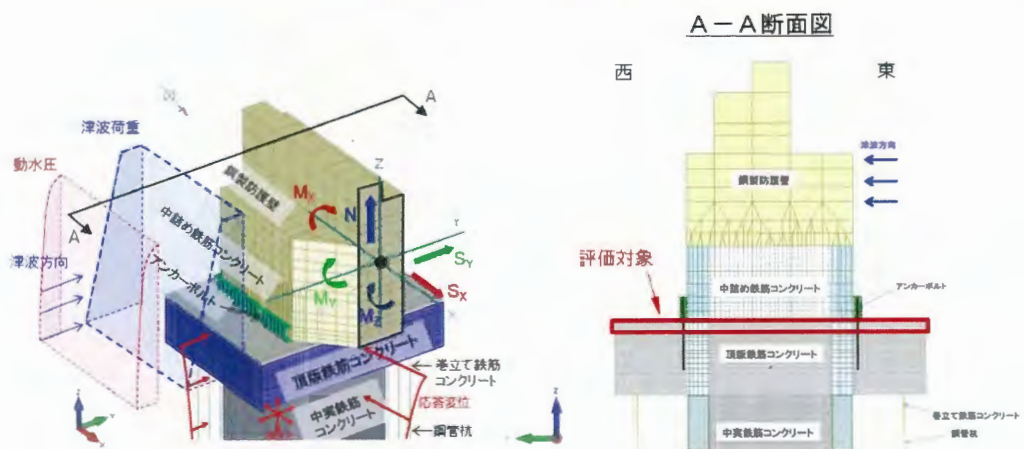


図 5.2-44 頂版鉄筋コンクリートの東西（Y）方向の上面軸方向鉄筋（東側）（SD685）の評価対象位置

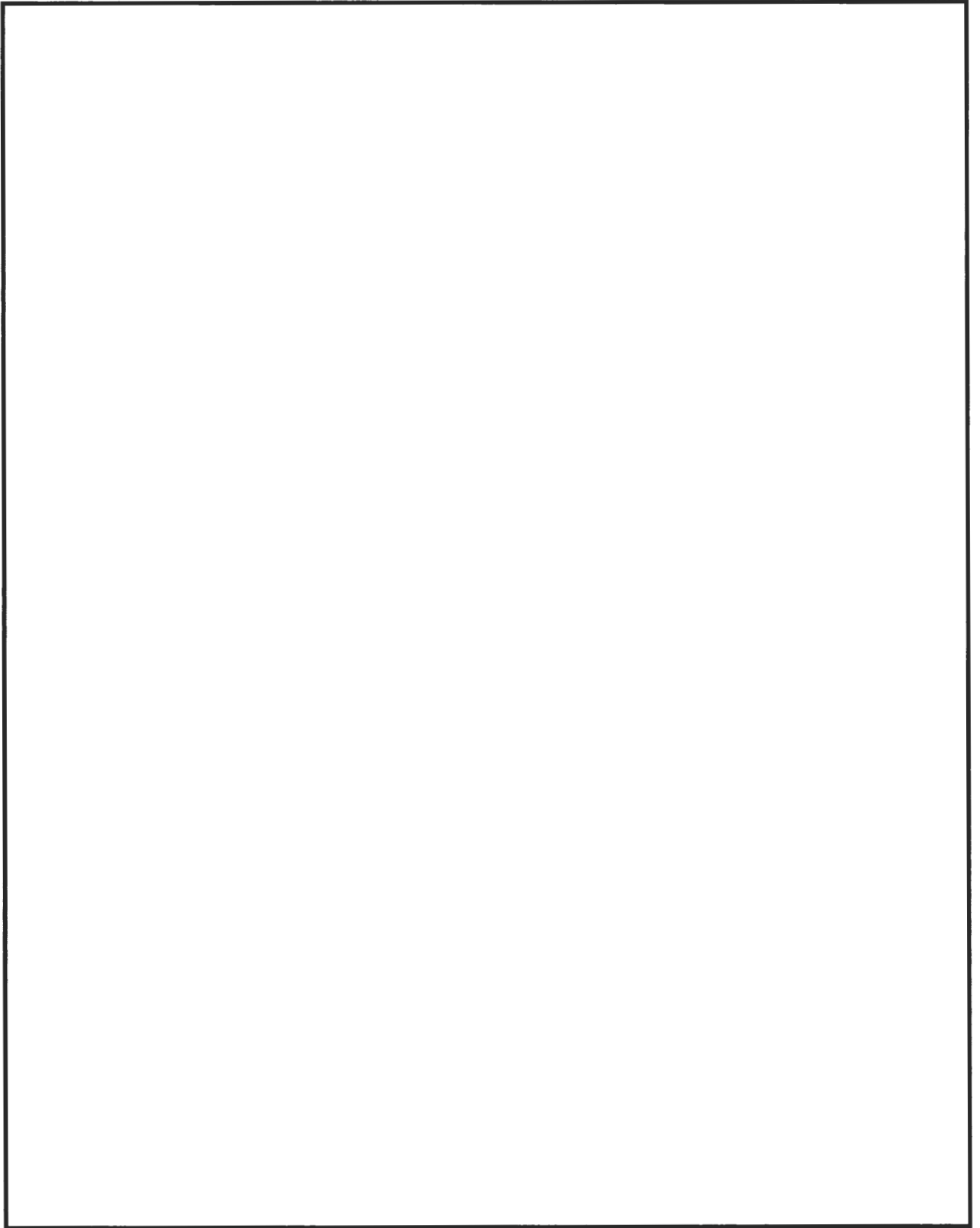


図 5.2-45 評価対象の鉄筋（上面軸方向鉄筋（東西方向））

(10) 上面軸方向鉄筋（東西方向，西側）

頂版鉄筋コンクリートの東西（Y）方向の上面軸方向鉄筋（西側）のひずみコンター図を図 5.2-46 に、評価対象位置を図 5.2-47 に、評価対象の鉄筋を図 5.2-48 に示す。

東西（Y）方向の上面軸方向鉄筋（西側）のひずみは、頂版鉄筋コンクリートの北東付近で最大引張ひずみ 2193 μ が発生する。

ひずみコンター図より東西（Y）方向の上面軸方向鉄筋（西側）の発生引張ひずみが許容ひずみ以下であることを確認した。

以上のことから、東西（Y）方向の上面軸方向鉄筋（西側）の発生ひずみが許容限界以下であることを確認した。

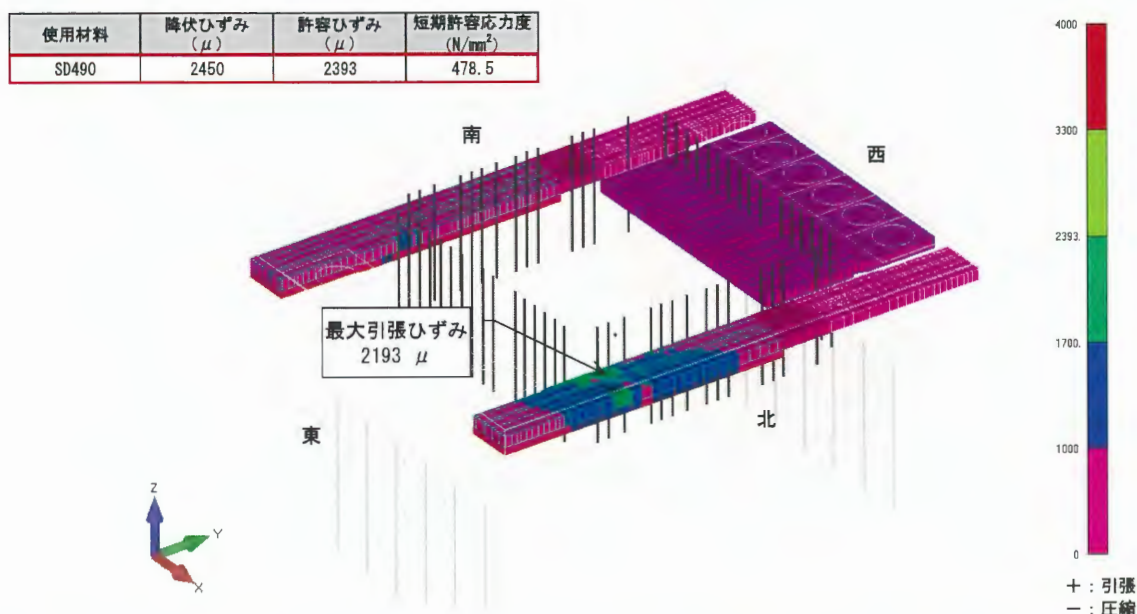


図 5.2-46 頂版鉄筋コンクリートの東西（Y）方向の上面軸方向鉄筋（西側）（SD490）のひずみコンター図

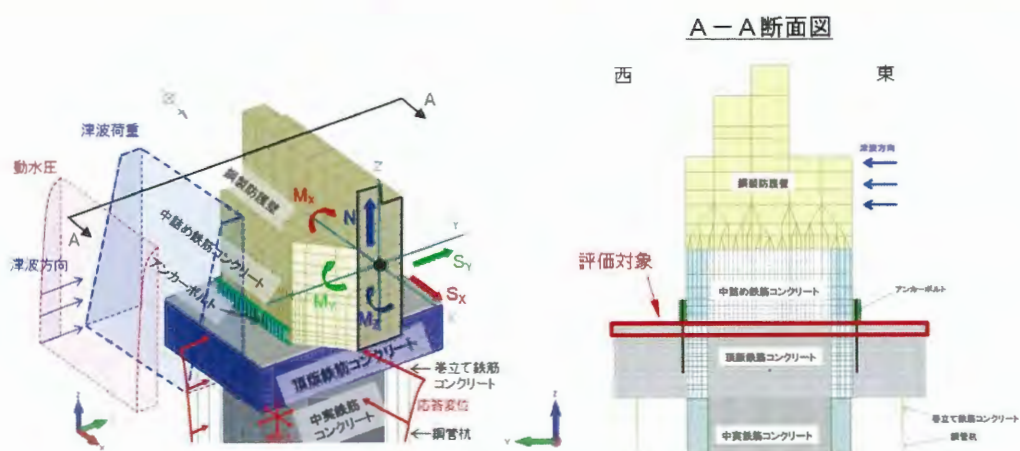


図 5.2-47 頂版鉄筋コンクリートの東西（Y）方向の上面軸方向鉄筋（西側）（SD490）の評価対象位置

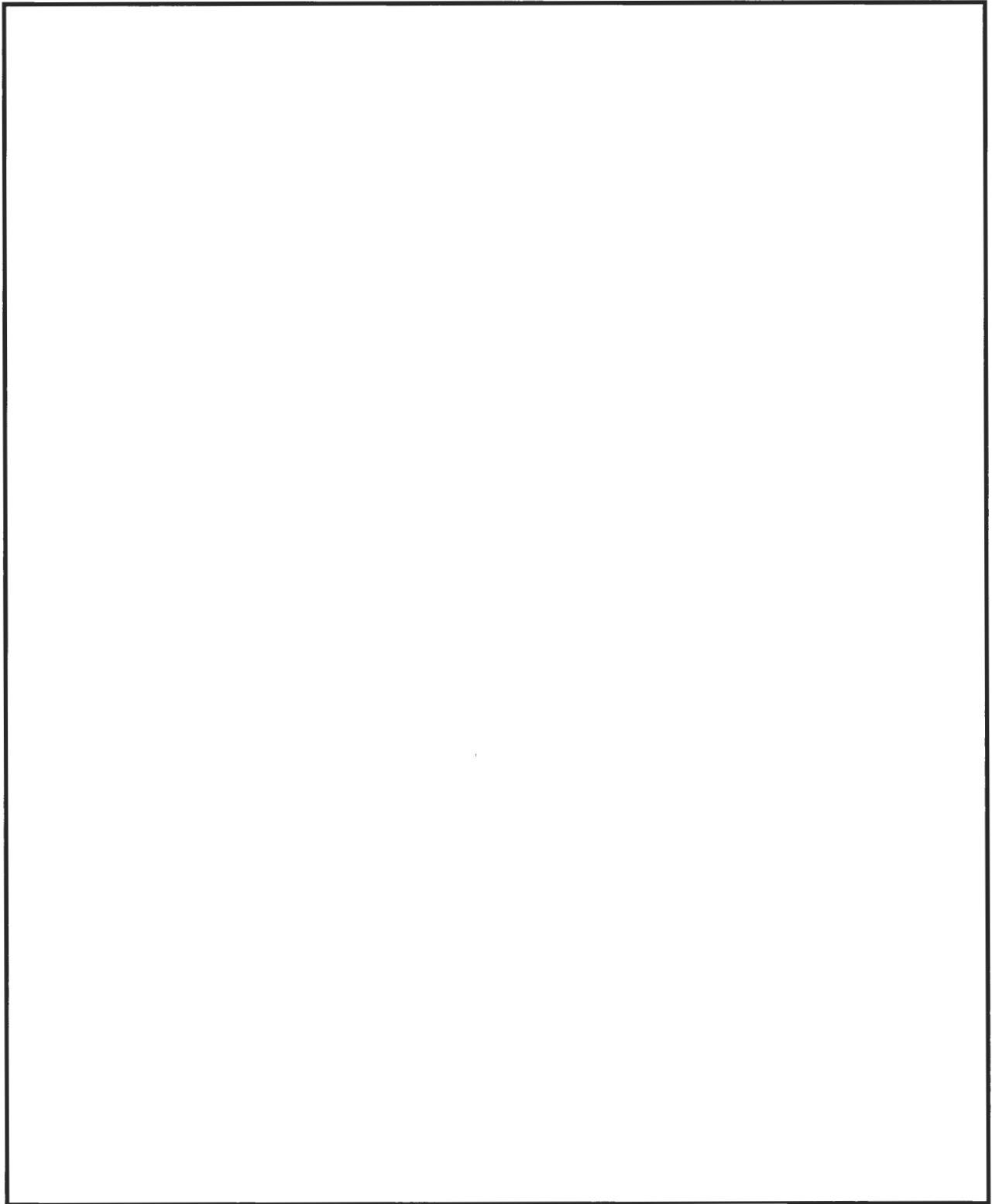


図 5.2-48 評価対象の鉄筋（上面軸方向鉄筋（東西方向））

(11) 下面軸方向鉄筋（東西方向，東側）

頂版鉄筋コンクリートの東西（Y）方向の下面軸方向鉄筋（東側）のひずみコンター図を図 5.2-49 に、評価対象位置を図 5.2-50 に、評価対象の鉄筋を図 5.2-51 に示す。

東西（Y）方向の下面軸方向鉄筋（東側）のひずみは、頂版鉄筋コンクリートの北西付近で最大引張ひずみ 2048 μ が発生する。

ひずみコンター図より東西（Y）方向の下面軸方向鉄筋（東側）の発生引張ひずみが許容ひずみ以下であることを確認した。

以上のことから、東西（Y）方向の下面軸方向鉄筋（東側）の発生ひずみが許容限界以下であることを確認した。

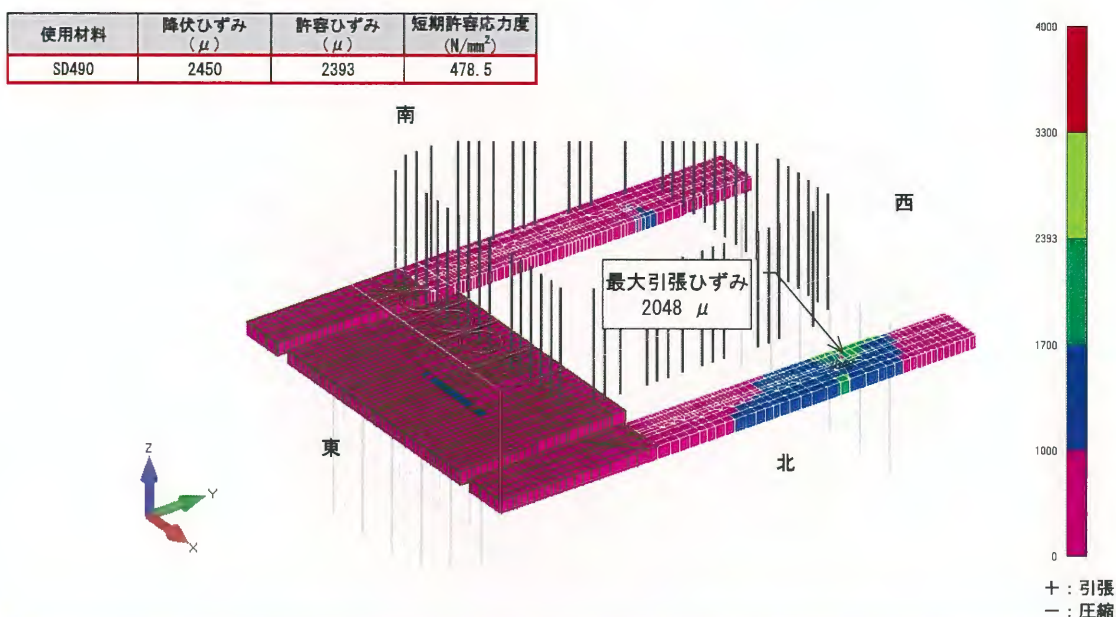


図 5.2-49 頂版鉄筋コンクリートの東西（Y）方向の下面軸方向鉄筋（東側）（SD490）のひずみコンター図

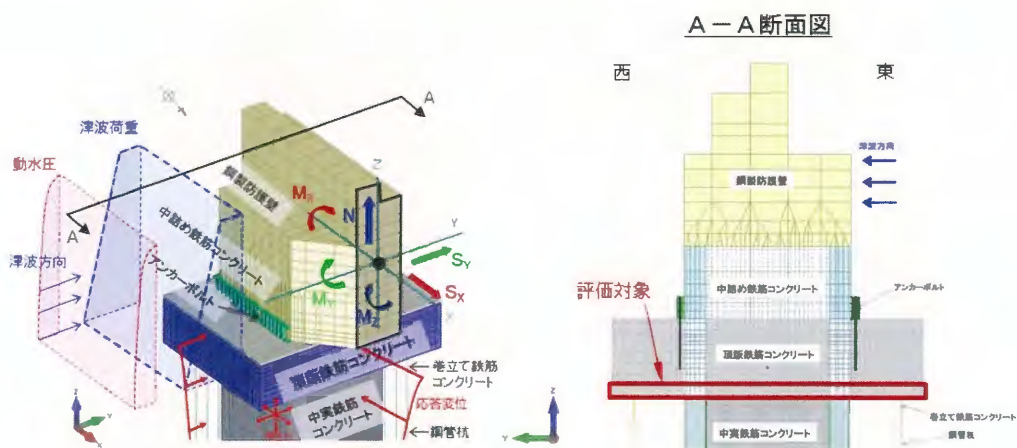


図 5.2-50 頂版鉄筋コンクリートの東西（Y）方向の下面軸方向鉄筋（東側）（SD490）の評価対象位置

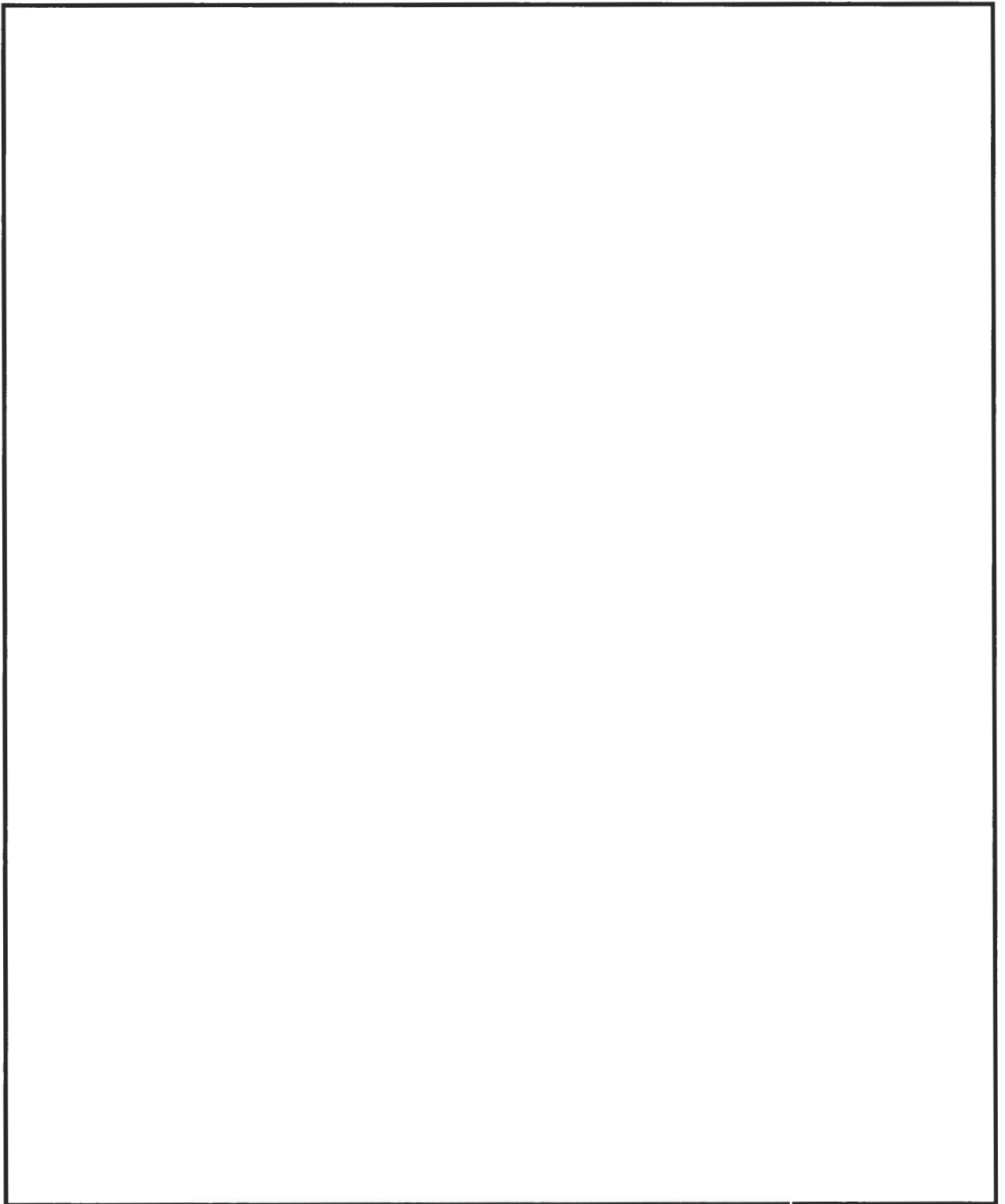


図 5.2-51 評価対象の鉄筋（下面軸方向鉄筋（東西方向））

(12) 下面軸方向鉄筋（東西方向，西側）

頂版鉄筋コンクリートの東西（Y）方向の下面軸方向鉄筋（西側）のひずみコンター図を図 5.2-52 に、評価対象位置を図 5.2-53 に、評価対象の鉄筋を図 5.2-54 に示す。

東西（Y）方向の下面軸方向鉄筋（西側）のひずみは、頂版鉄筋コンクリートの北西付近で最大引張ひずみ 3055 μ が発生する。

ひずみコンター図より東西（Y）方向の下面軸方向鉄筋（西側）の発生引張ひずみが許容ひずみ以下であることを確認した。

以上のことから、東西（Y）方向の下面軸方向鉄筋（西側）の発生ひずみが許容限界以下であることを確認した。

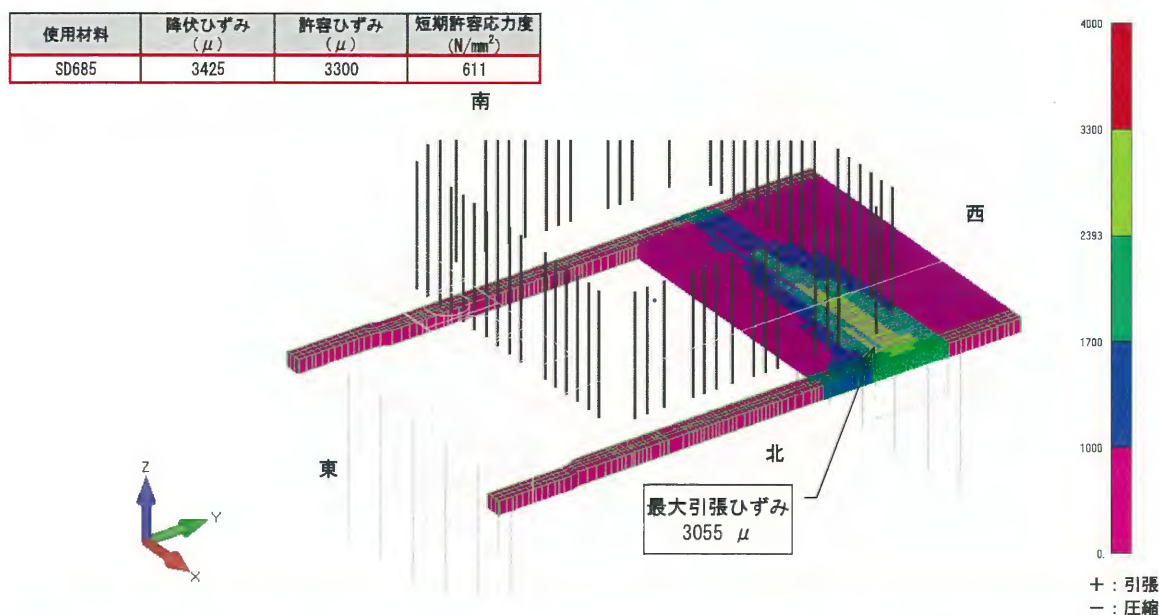


図 5.2-52 頂版鉄筋コンクリートの東西（Y）方向の下面軸方向鉄筋（西側）（SD685）のひずみコンター図

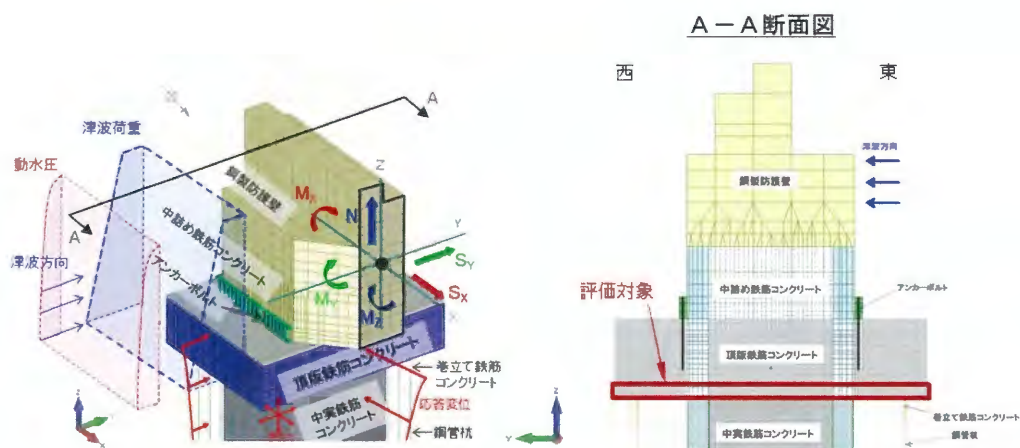


図 5.2-53 頂版鉄筋コンクリートの東西（Y）方向の下面軸方向鉄筋（西側）（SD685）の評価対象位置

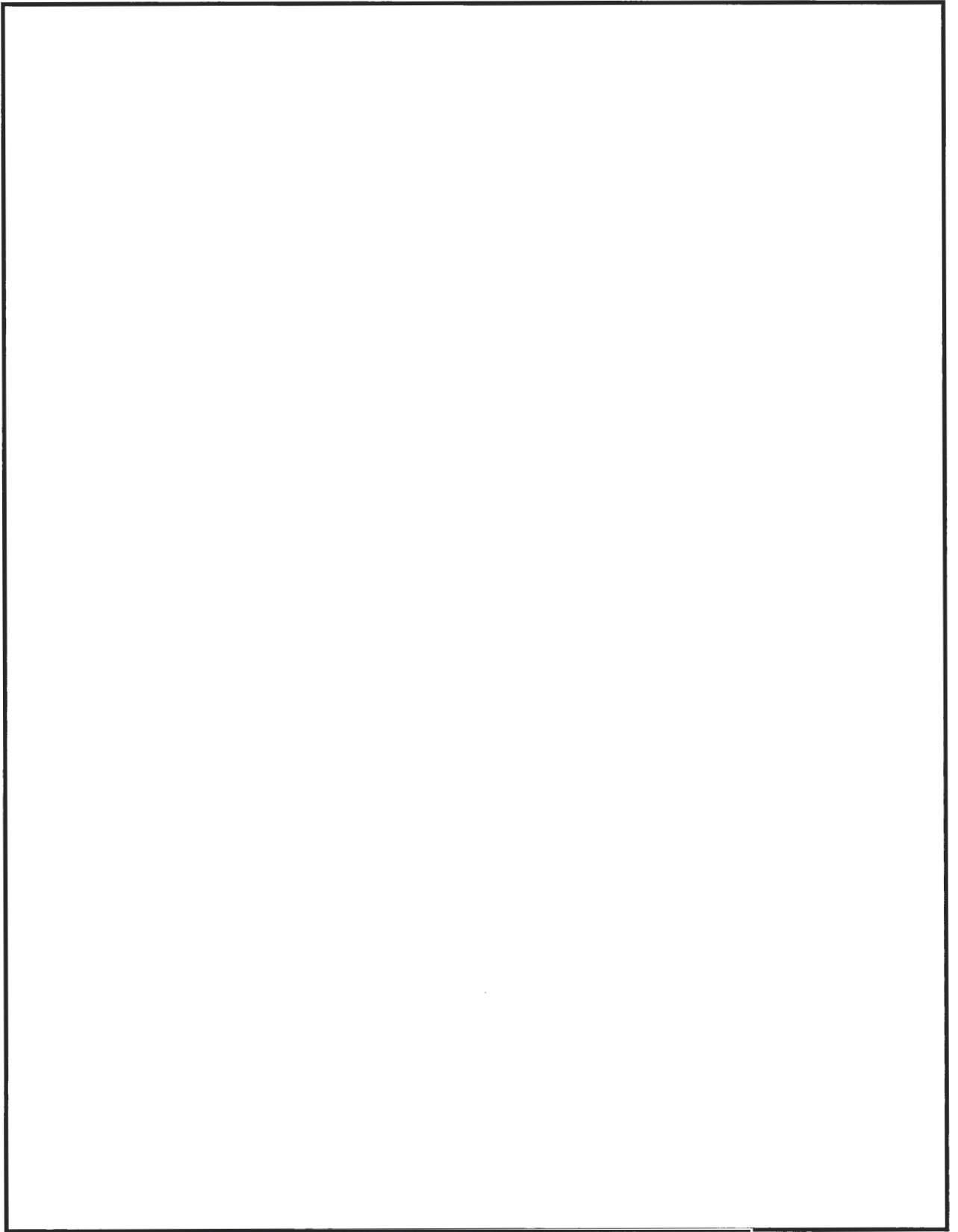


図 5.2-54 評価対象の鉄筋（下面軸方向鉄筋（東西方向））

(13) 側面・鉛直貫通鉄筋のフープ筋（東西方向）

頂版鉄筋コンクリートの水平回転モーメントに対する補強鉄筋として、側面・鉛直貫通鉄筋の東西（Y）方向のフープ筋のひずみコンター図を図 5.2-55 に、評価対象位置を図 5.2-56 に、評価対象の鉄筋を図 5.2-57 に示す。

側面・鉛直貫通鉄筋の東西（Y）方向のフープ筋のひずみは、北西の鉛直貫通鉄筋で最大引張ひずみ 2000 μ が発生する。

ひずみコンター図より側面・鉛直貫通鉄筋の東西（Y）方向のフープ筋の発生引張ひずみが許容ひずみ以下であることを確認した。

以上のことから、側面・鉛直貫通鉄筋の東西（Y）方向のフープ筋の発生ひずみが許容限界以下であることを確認した。

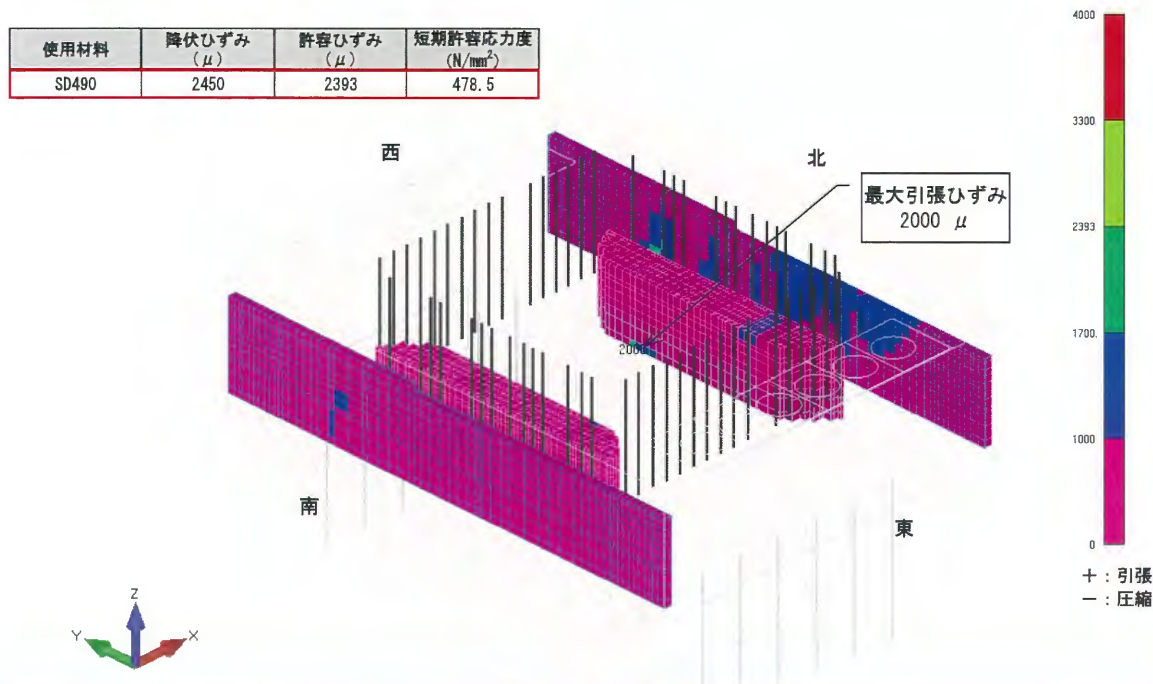


図 5.2-55 頂版鉄筋コンクリートの側面・鉛直貫通鉄筋の東西（Y）方向のフープ筋（SD490）のひずみコンター図

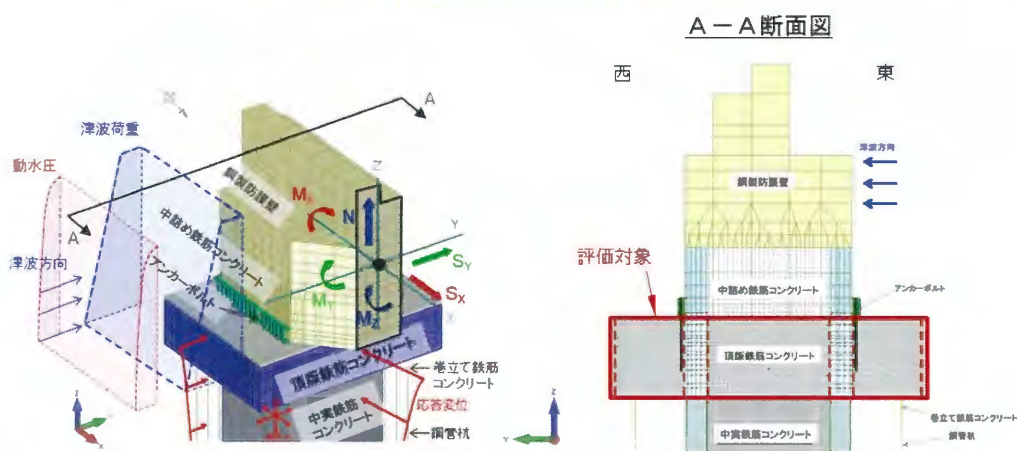


図 5.2-56 頂版鉄筋コンクリートの側面・鉛直貫通鉄筋の東西（Y）方向のフープ筋（SD490）の評価対象位置

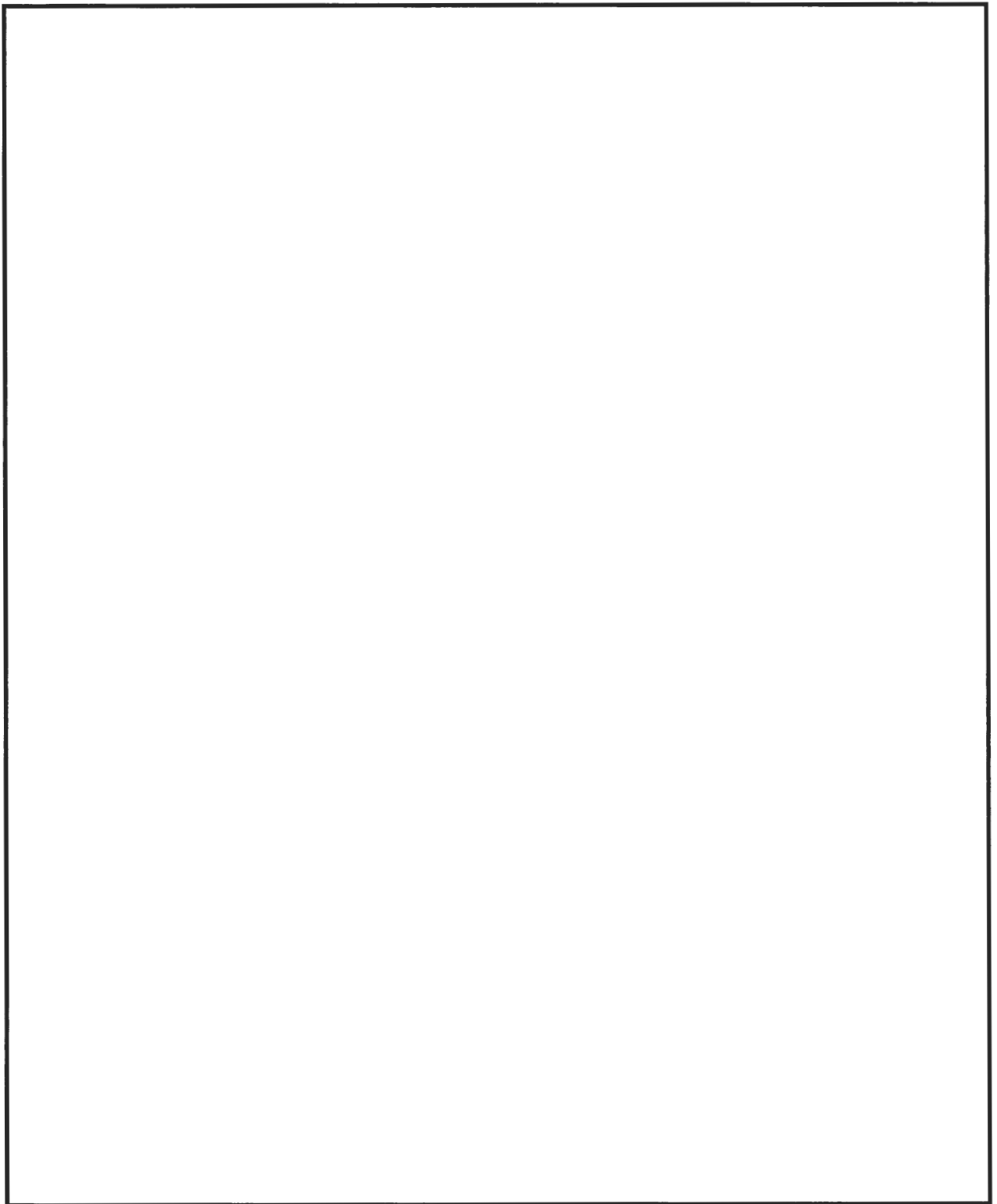


図 5.2-57 評価対象の鉄筋（側面・鉛直貫通鉄筋のフープ筋（東西方向））

(14) せん断補強鉄筋（鉛直方向）

頂版鉄筋コンクリートの鉛直（Z）方向のせん断補強鉄筋のひずみコンター図を図 5.2-58 に、評価対象位置を図 5.2-59 に、評価対象の鉄筋を図 5.2-60 に示す。

鉛直（Z）方向のせん断補強鉄筋のひずみは、北東付近で最大引張ひずみ 1586 μ が発生する。

ひずみコンター図より鉛直（Z）方向のせん断補強鉄筋の発生引張ひずみが許容ひずみ以下であることを確認した。

以上のことから、鉛直（Z）方向のせん断補強鉄筋の発生ひずみが許容限界以下であることを確認した。

使用材料	降伏ひずみ (μ)	許容ひずみ (μ)	短期許容応力度 (N/mm^2)
SD390	1950	1700	339.9

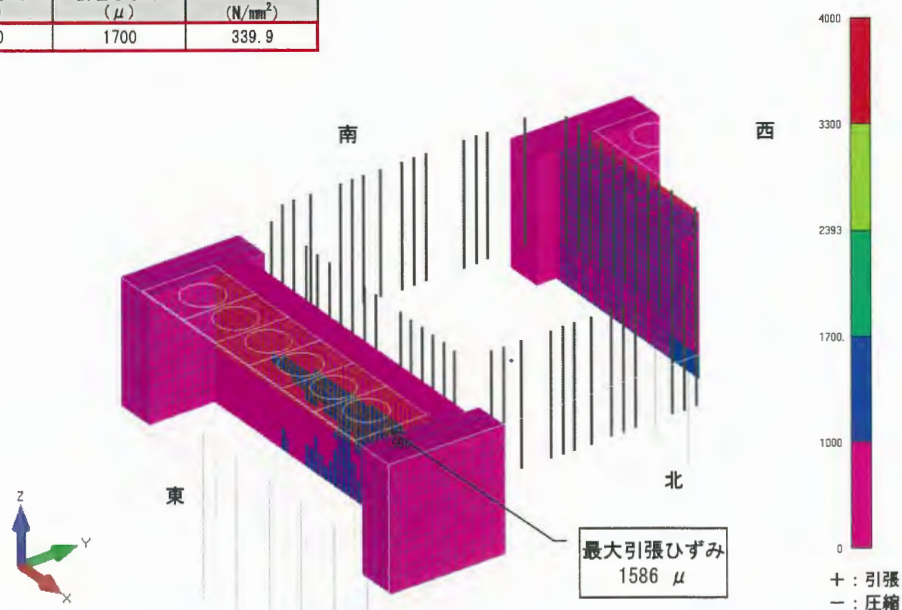


図 5.2-58 頂版鉄筋コンクリートの鉛直（Z）方向のせん断補強鉄筋（SD390）のひずみコンター図

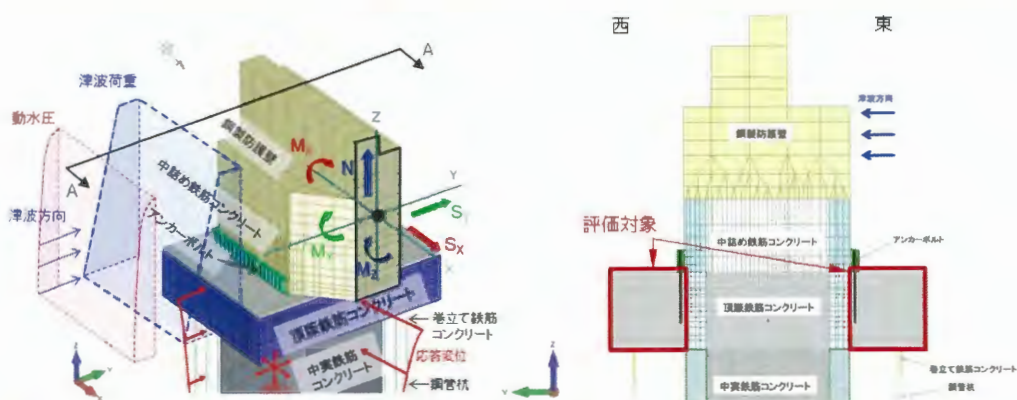


図 5.2-59 頂版鉄筋コンクリート鉛直（Z）方向のせん断補強鉄筋（SD390）の評価対象位置

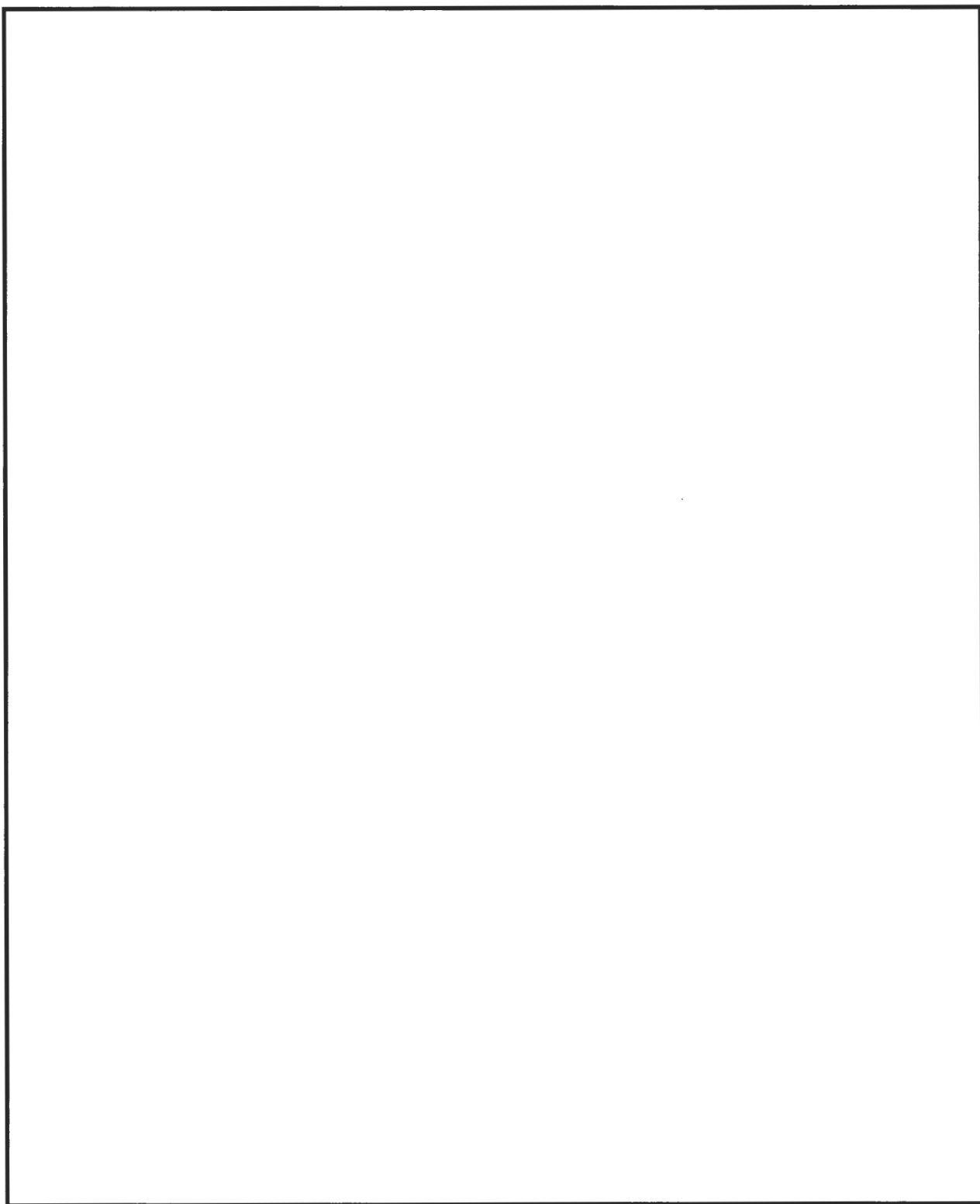


図 5.2-60 評価対象の鉄筋（せん断補強鉄筋（鉛直方向））

(15) 鉛直貫通鉄筋 (軸方向鉄筋 (鉛直方向))

頂版鉄筋コンクリートの鉛直（Z）方向の鉛直貫通鉄筋のひずみコンター図を図 5.2-61 に、評価対象位置を図 5.2-62 に、評価対象の鉄筋を図 5.2-63 に示す。

鉛直貫通鉄筋の鉛直（Z）方向のひずみは、北東角付近で最大引張ひずみ 2225 μ が発生する。

ひずみコンター図より鉛直貫通鉄筋の鉛直（Z）方向の発生引張ひずみが許容ひずみ以下であることを確認した。

以上のことから、鉛直貫通鉄筋の鉛直（Z）方向の発生ひずみが許容限界以下であることを確認した。

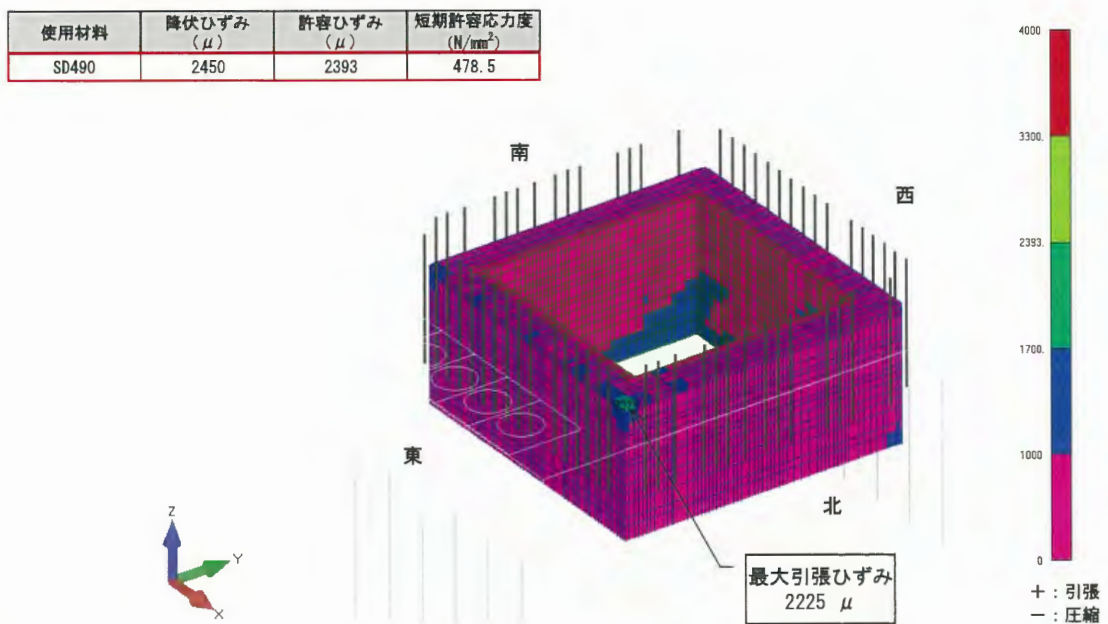


図 5.2-61 頂版鉄筋コンクリートの鉛直（Z）方向の鉛直貫通鉄筋（SD490）のひずみコンター図

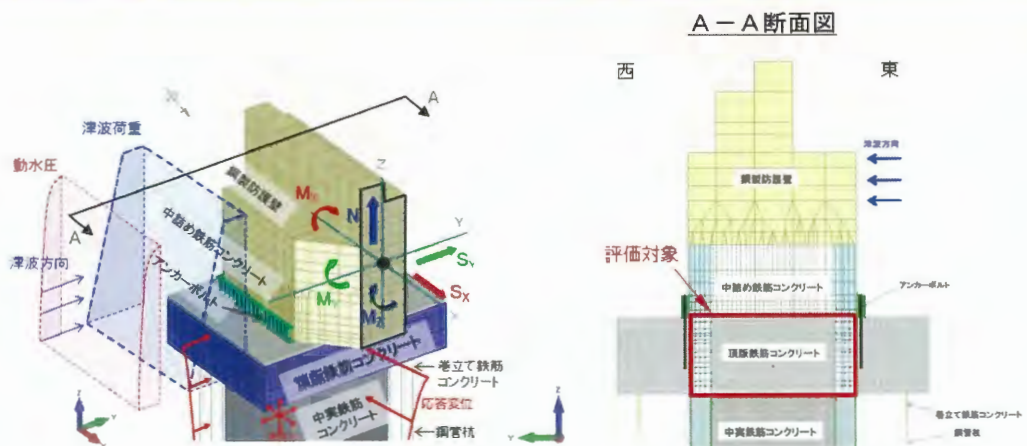


図 5.2-62 頂版鉄筋コンクリート鉛直（Z）方向の鉛直貫通鉄筋（SD490）の
評価対象位置

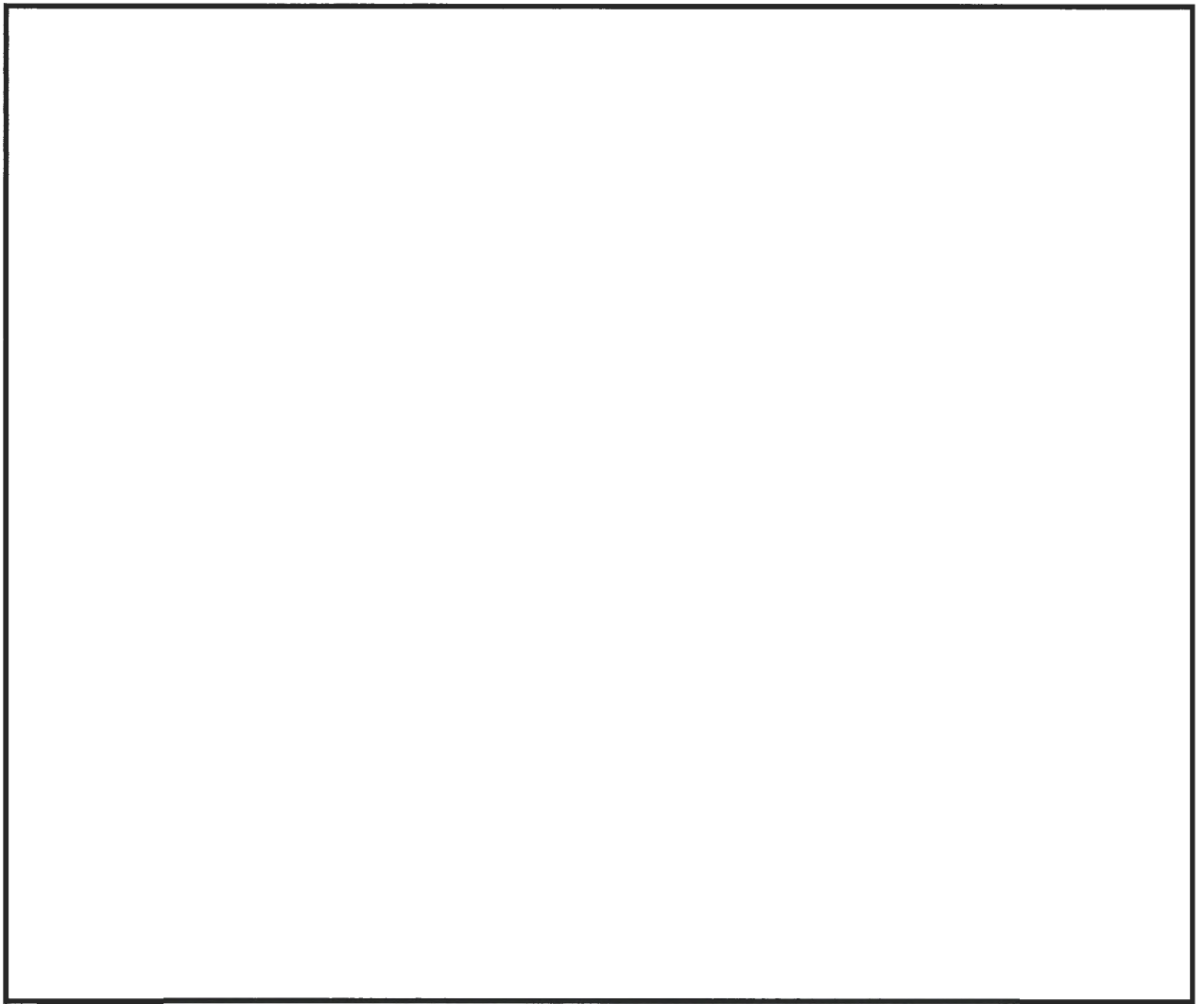


図 5.2-63 評価対象の鉄筋（鉛直貫通鉄筋（軸方向鉄筋（鉛直方向）））

(16) 杭頭接合部のせん断補強鉄筋及び外周の鉛直方向鉄筋（鉛直方向）

頂版鉄筋コンクリートの杭頭接合部の鉛直（Z）方向のせん断補強鉄筋及び外周の鉛直方向鉄筋ひずみコンター図を図 5.2-64 に、評価対象位置を図 5.2-65 に、評価対象の鉄筋を図 5.2-66 に示す。

杭頭接合部の鉛直（Z）方向のせん断補強鉄筋及び外周の鉛直方向鉄筋のひずみは、北東のせん断補強鉄筋で最大引張ひずみ 1879 μ が発生する。

ひずみコンター図より杭頭接合部の鉛直（Z）方向のせん断補強鉄筋及び外周の鉛直方向鉄筋の発生引張ひずみが許容ひずみ以下であることを確認した。

以上のことから、杭頭接合部の鉛直（Z）方向のせん断補強鉄筋及び外周の鉛直方向鉄筋の発生ひずみが許容限界以下であることを確認した。

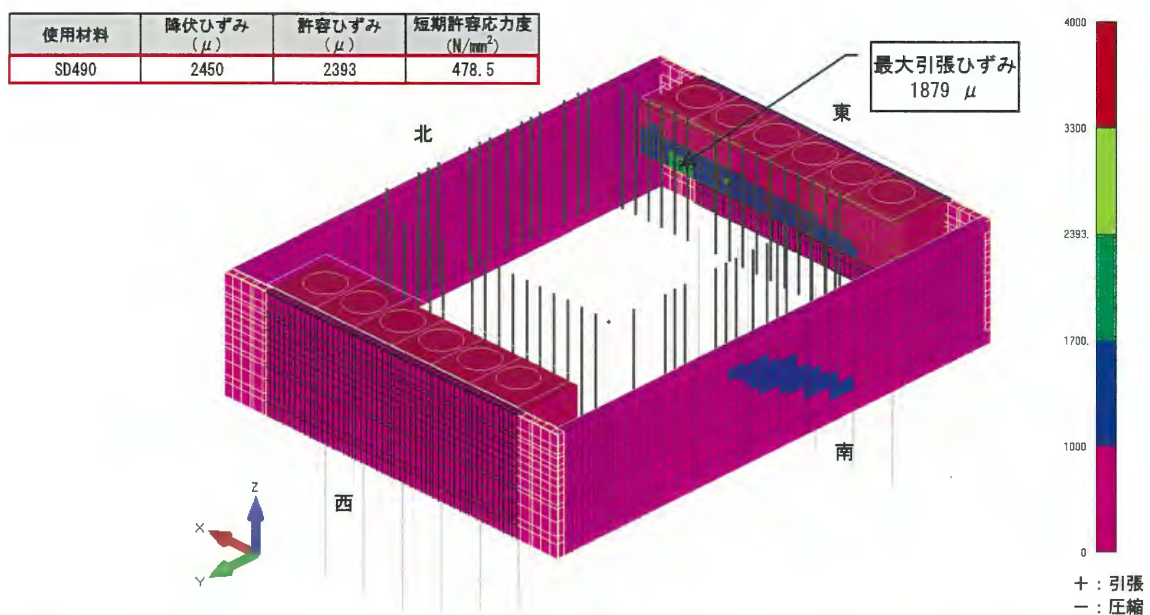


図 5.2-64 頂版鉄筋コンクリートの杭頭接合部の鉛直（Z）方向のせん断補強鉄筋（SD490）及び外周の鉛直方向鉄筋（SD490）のひずみコンター図

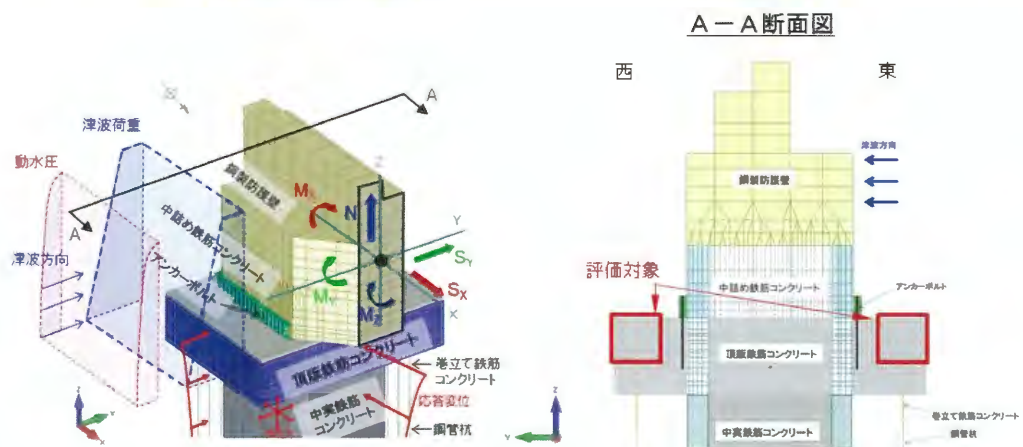


図 5.2-65 頂版鉄筋コンクリートの杭頭接合部の鉛直（Z）方向のせん断補強鉄筋（SD490）の及び外周の鉛直方向鉄筋（SD490）評価対象位置

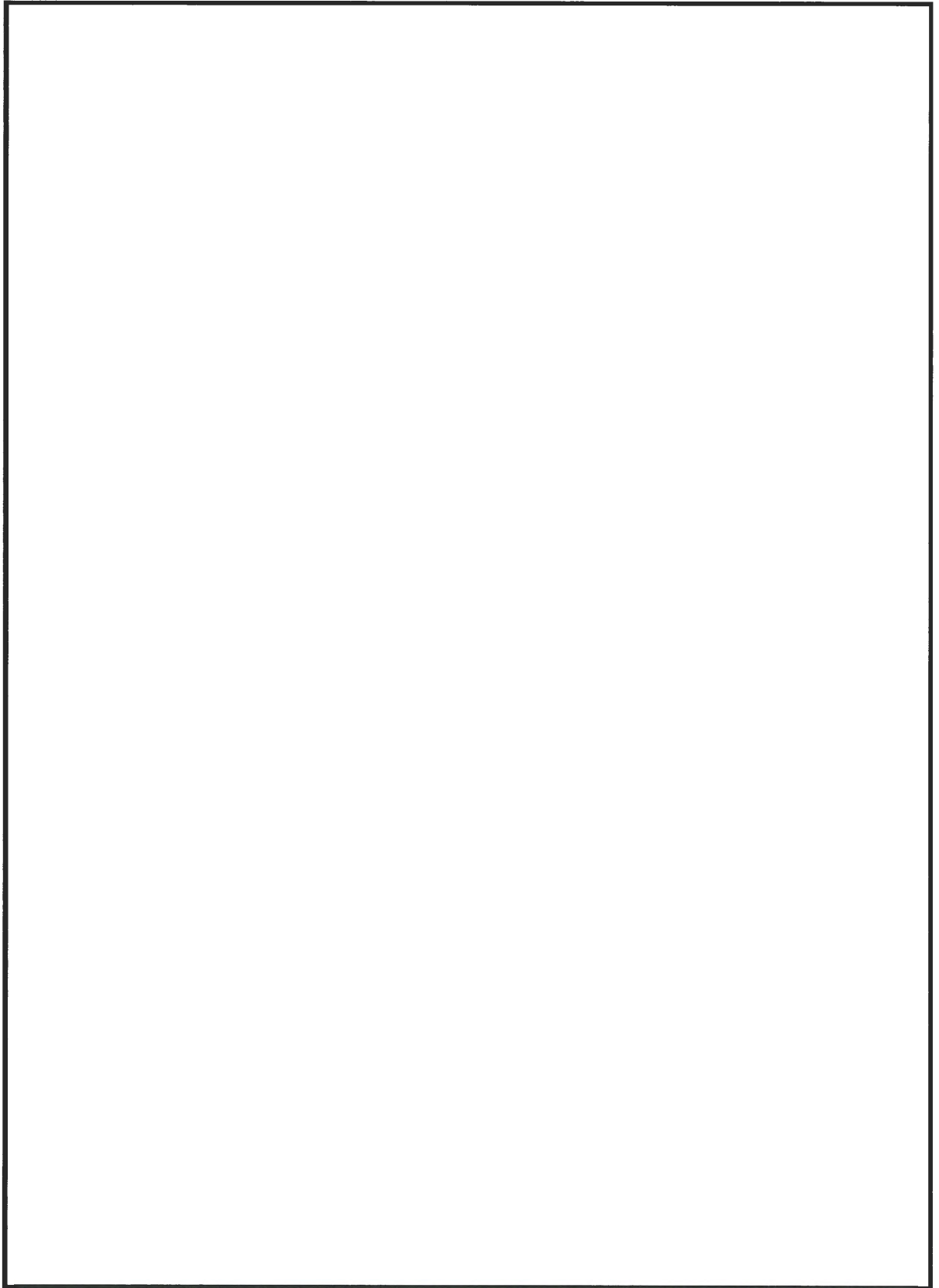


図 5.2-66 評価対象の鉄筋（杭頭接合部のせん断補強鉄筋及び外周の鉛直方向鉄筋（鉛直方向））

(17) 杭頭接合部の軸方向鉄筋（鉛直方向）

頂版鉄筋コンクリートの杭頭接合部の軸方向鉄筋（鉛直（Z）方向）のひずみコンター図を図 5.2-67 に、評価対象位置を図 5.2-68 に、評価対象の鉄筋を図 5.2-69 に示す。

杭頭接合部の軸方向鉄筋（鉛直（Z）方向）のひずみは、東側の下端で最大引張ひずみ 2553 μ が発生する。

ひずみコンター図より杭頭接合部の軸方向鉄筋（鉛直（Z）方向）の発生引張ひずみが許容ひずみ以下であることを確認した。

以上のことから、杭頭接合部の軸方向鉄筋（鉛直（Z）方向）の発生ひずみが許容限界以下であることを確認した。

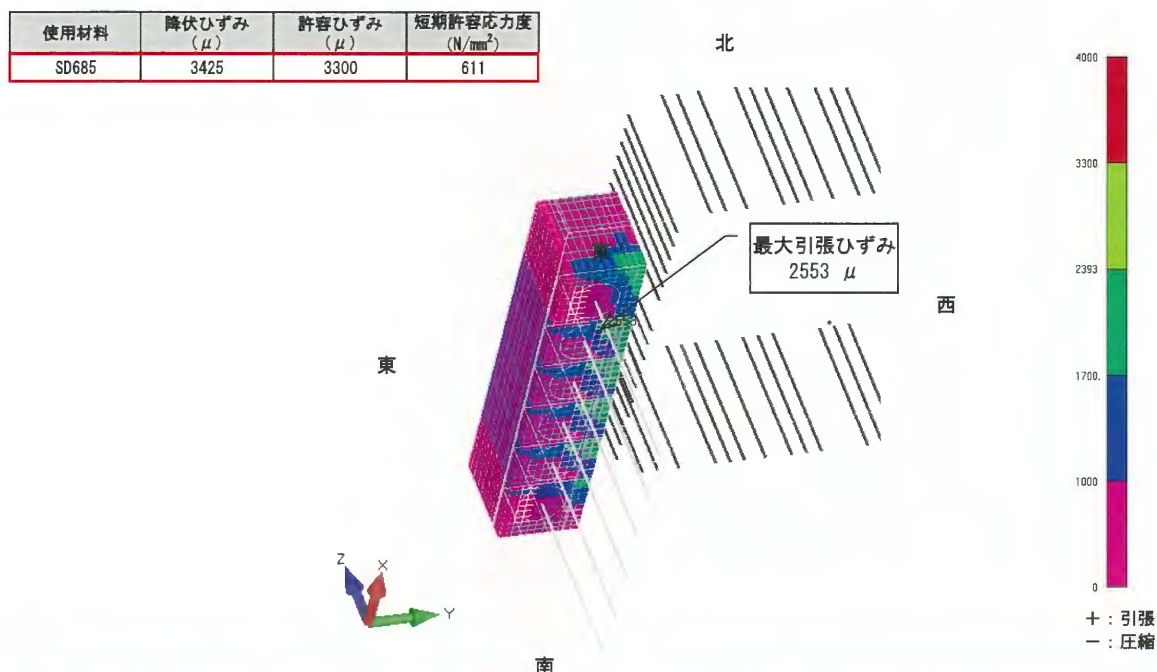


図 5.2-67 頂版鉄筋コンクリートの杭頭接合部の軸方向鉄筋（鉛直（Z）方向）（SD685）のひずみコンター図

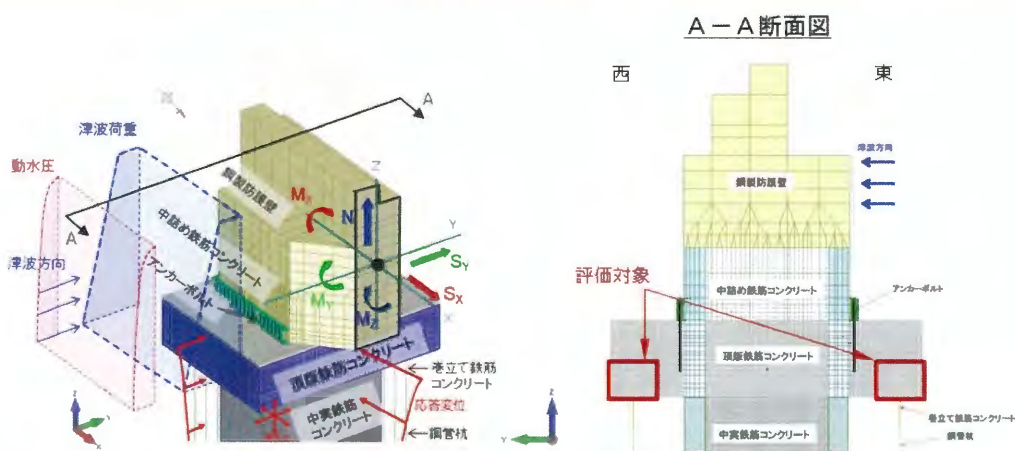


図 5.2-68 頂版鉄筋コンクリートの杭頭接合部の軸方向鉄筋（鉛直（Z）方向）（SD685）の評価対象位置

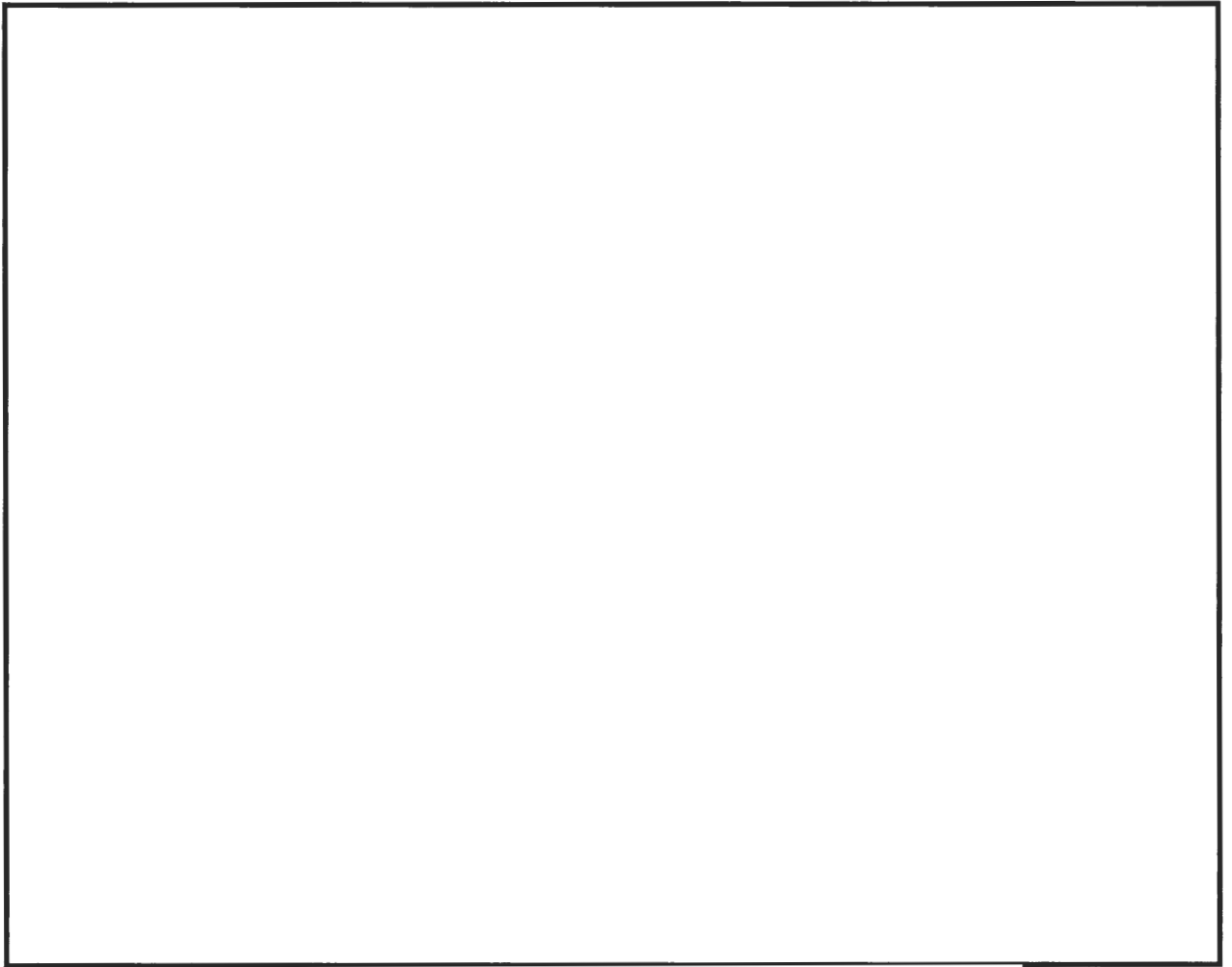


図 5.2-69 評価対象の鉄筋（杭頭接合部の軸方向鉄筋（鉛直方向））

(1) コンクリート (南北方向)

南北（X）方向のひずみは、西寄りの上部で最大圧縮ひずみ 169μ が発生する。

以上のことから、南北（X）方向の発生ひずみが許容限界以下であることを確認した。

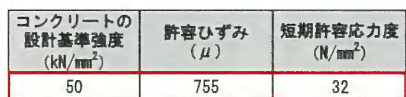


図 5.2-70 中実鉄筋コンクリートの南北 (X) 方向のひずみコンター図

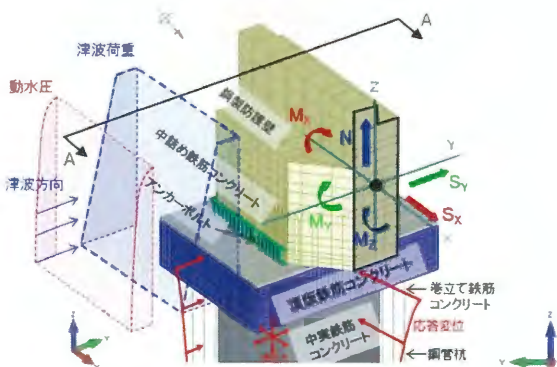


図 5.2-71 中実鉄筋コンクリートの南北（X）方向の評価対象位置

(2) コンクリート（東西方向）

中実鉄筋コンクリートの東西（Y）方向のひずみコンター図を図 5.2-72 に、評価対象位置を図 5.2-73 に示す。

東西（Y）方向のひずみは、南面の上部付近で最大圧縮ひずみ 298μ が発生する。

ひずみコンター図より東西（Y）方向の発生圧縮ひずみが許容ひずみ以下であることを確認した。

以上のことから、東西（Y）方向の発生ひずみが許容限界以下であることを確認した。

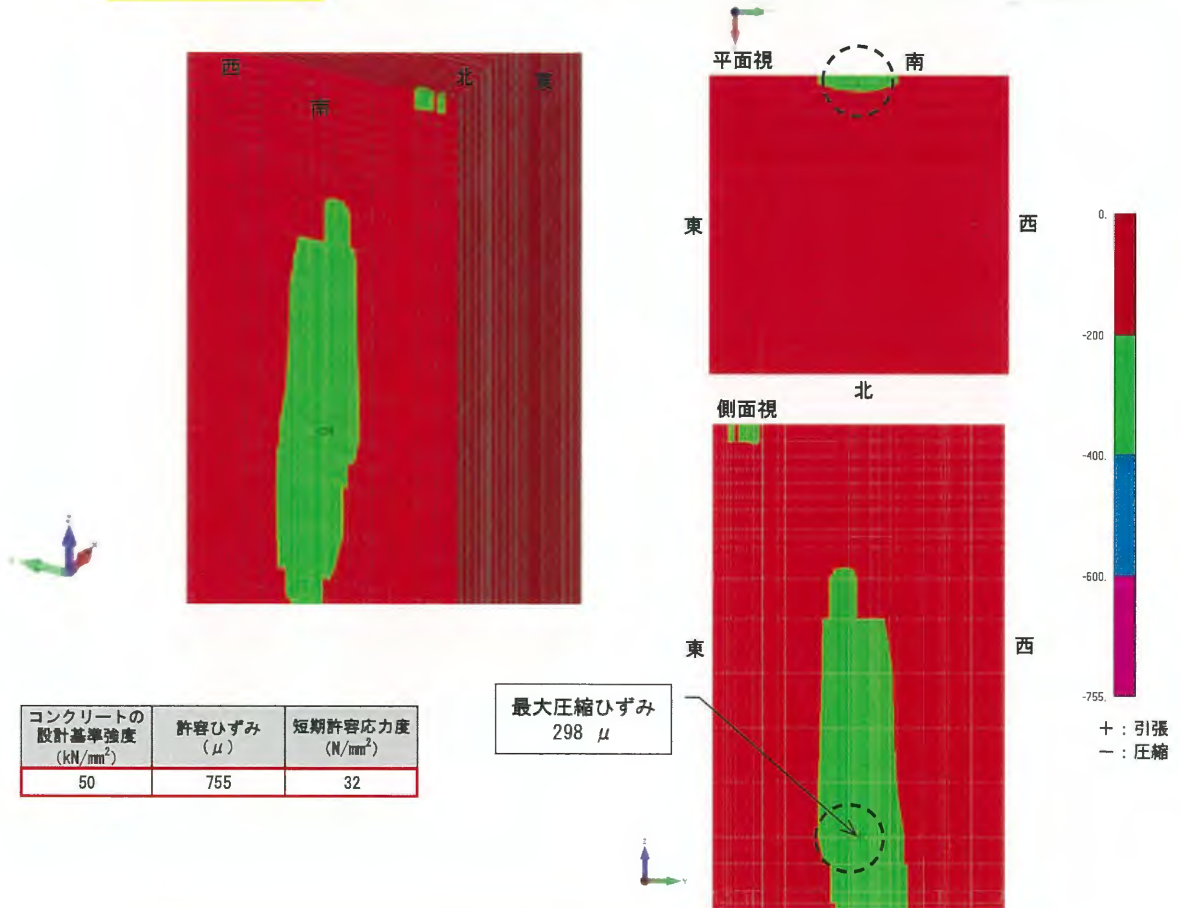


図 5.2-72 中実鉄筋コンクリートの東西（Y）方向のひずみコンター図

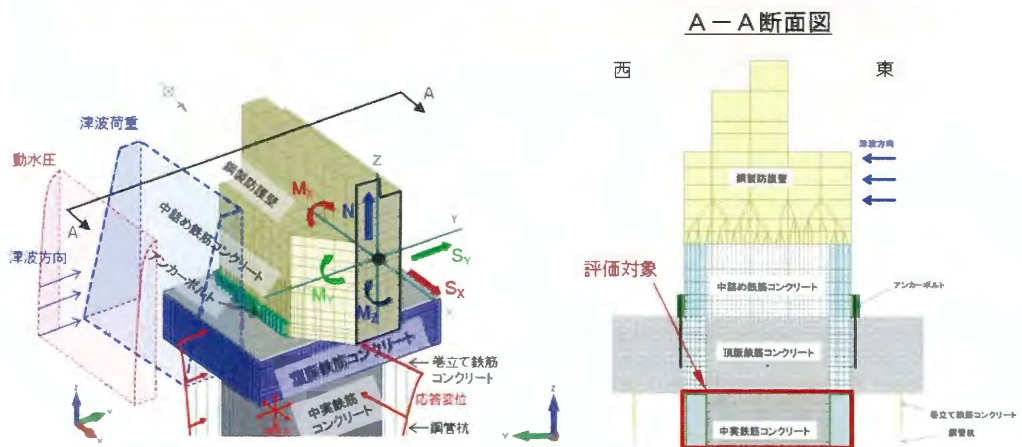


図 5.2-73 中実鉄筋コンクリートの東西（Y）方向の評価対象位置

(3) コンクリート (鉛直方向)

中実鉄筋コンクリートの鉛直（Z）方向のひずみコンター図を図 5.2-74 に，評価対象位置を図 5.2-75 に示す。

鉛直 (Z) 方向のひずみは、北東角付近の上部で最大圧縮ひずみ 720μ が発生する。

ひずみコンター図より鉛直（Z）方向方向の発生圧縮ひずみが許容ひずみ以下であることを確認した。

以上のことから、鉛直（Z）方向の発生ひずみが許容限界以下であることを確認した。

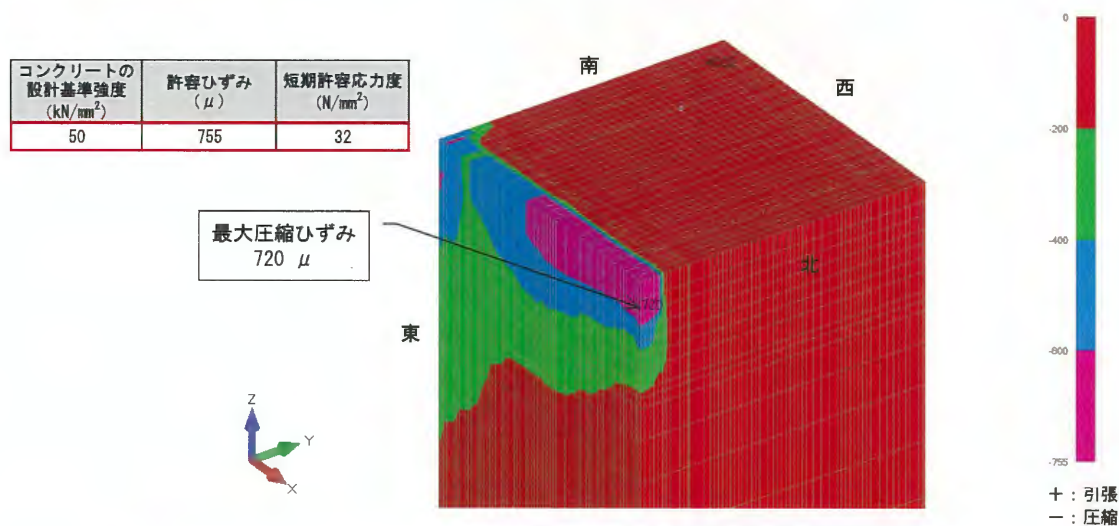


図 5.2-74 中実鉄筋コンクリートの鉛直 (Z) 方向のひずみコンター図

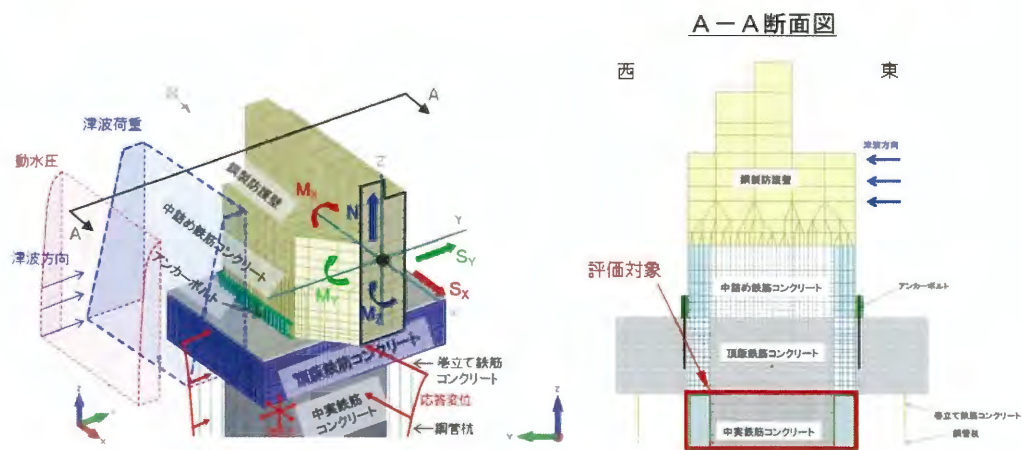


図 5.2-75 中実鉄筋コンクリートの鉛直（Z）方向の評価対象位置

(4) せん断補強鉄筋（南北方向）

中実鉄筋コンクリートの南北（X）方向のせん断補強鉄筋のひずみコンター図を図 5.2-76 に、評価対象位置を図 5.2-77 に、評価対象の鉄筋を図 5.2-78 に示す。

南北（X）方向のせん断補強鉄筋のひずみは、西側で最大引張ひずみ 1532μ が発生する。ひずみコンター図より南北（X）方向のせん断補強鉄筋の発生引張ひずみが許容ひずみ以下であることを確認した。

以上のことから、南北（X）方向のせん断補強鉄筋の発生ひずみが許容限界以下であることを確認した。

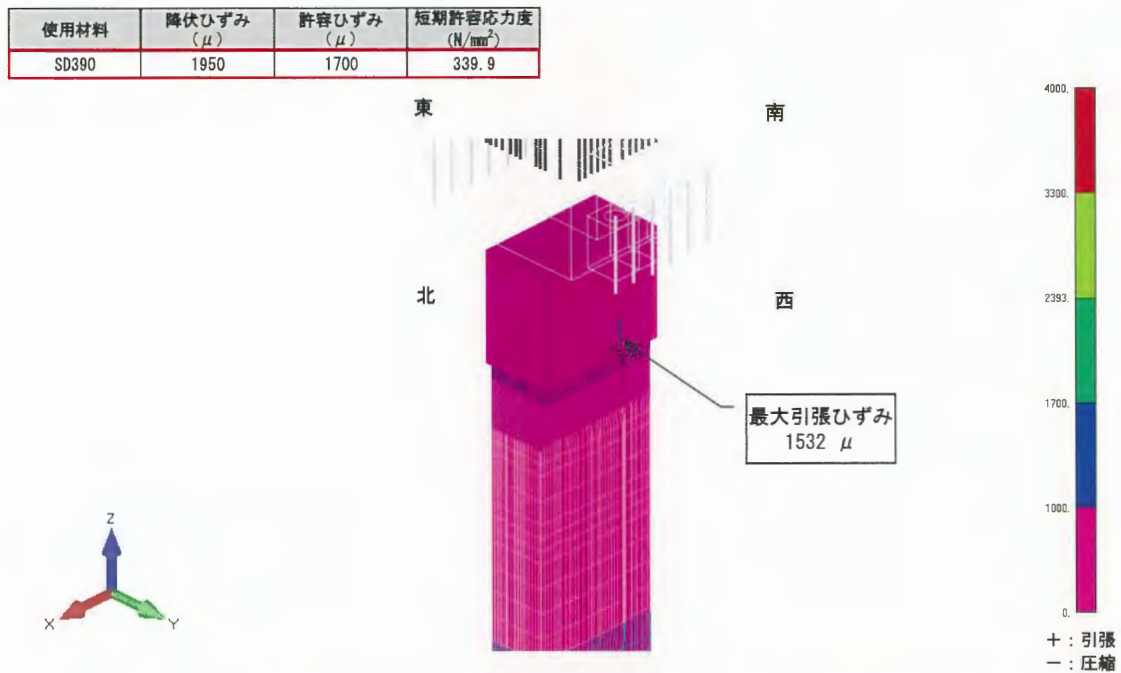


図 5.2-76 中実鉄筋コンクリートの南北（X）方向のせん断補強鉄筋（SD390）のひずみコンター図

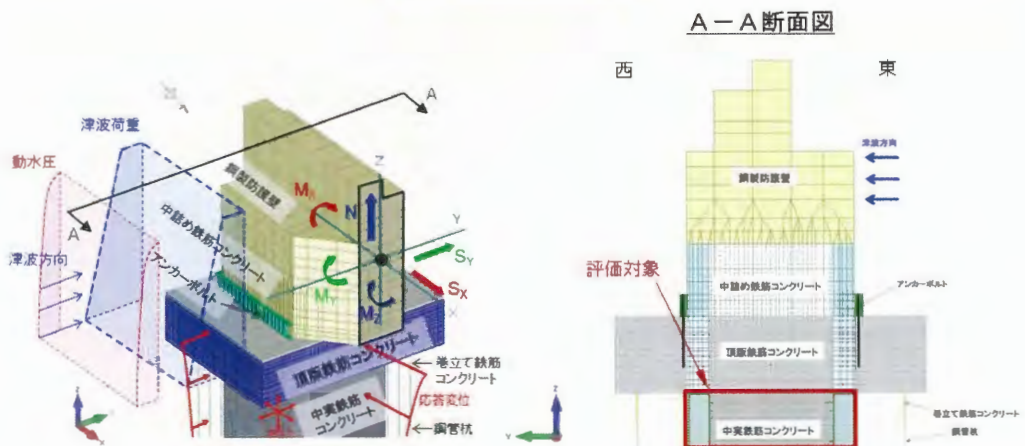


図 5.2-77 中実鉄筋コンクリートの南北（X）方向のせん断補強鉄筋（SD390）の評価対象位置

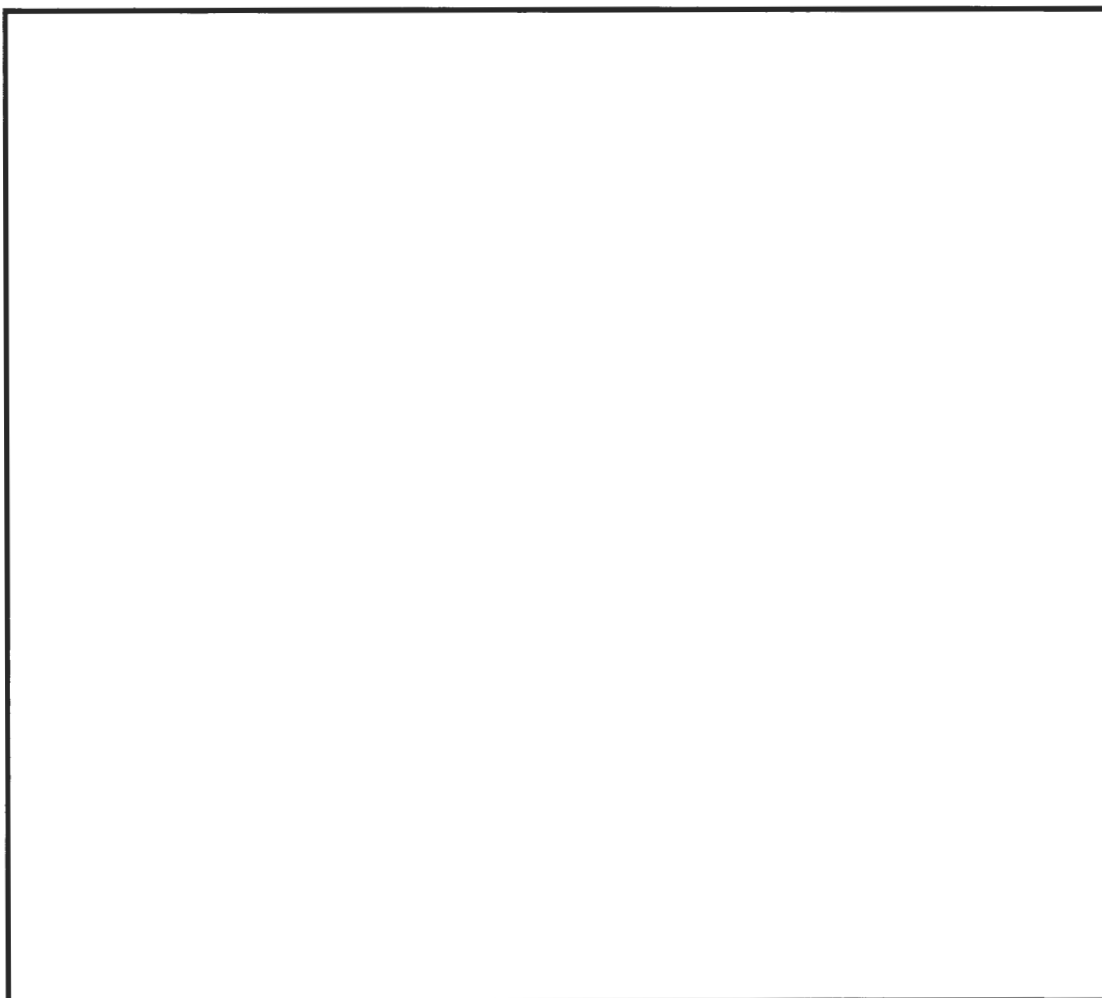


図 5.2-78 評価対象の鉄筋（せん断補強鉄筋（南北方向））

(5) フープ筋（南北方向）

中実鉄筋コンクリートの水平回転モーメントに対する補強鉄筋として、南北（X）方向のフープ筋のひずみコンター図を図 5.2-79 に、評価対象位置を図 5.2-80 に、評価対象の鉄筋を図 5.2-81 に示す。

南北（X）方向のフープ筋のひずみは、南西角付近で最大引張ひずみ 886μ が発生する。ひずみコンター図より南北（X）方向のフープ筋の発生引張ひずみが許容ひずみ以下であることを確認した。

以上のことから、南北（X）方向のフープ筋の発生ひずみが許容限界以下であることを確認した。

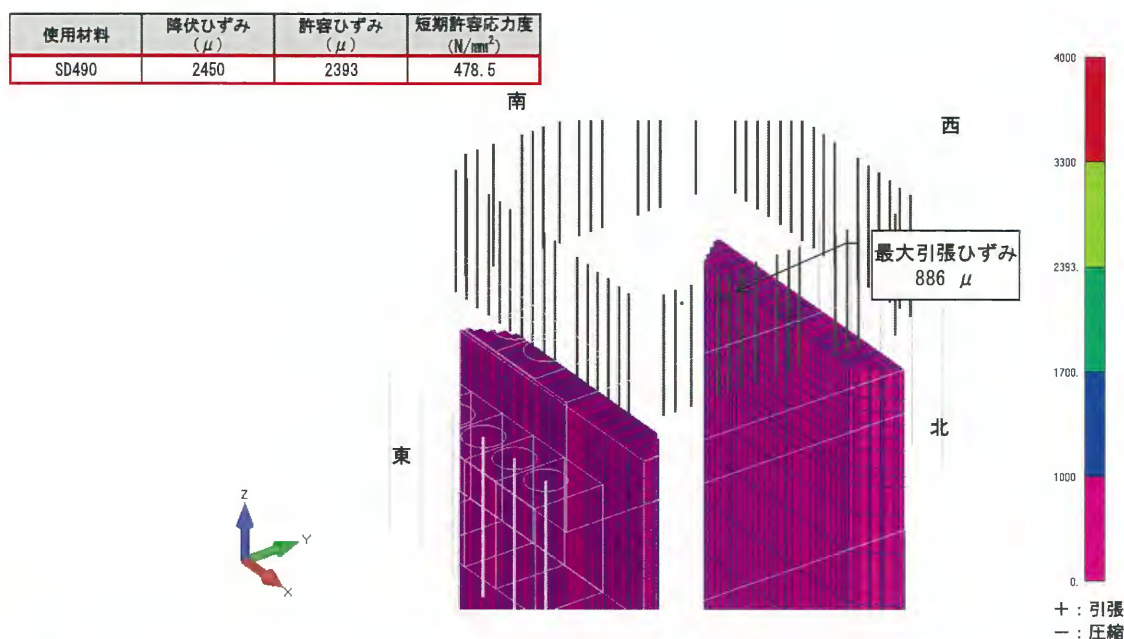


図 5.2-79 中実鉄筋コンクリートの南北（X）方向のフープ筋（SD490）のひずみコンター図

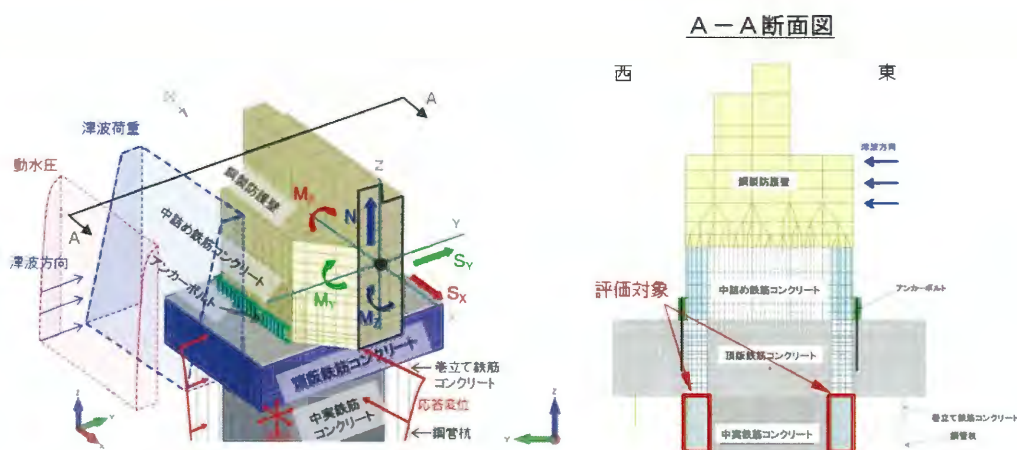


図 5.2-80 中実鉄筋コンクリートの南北（X）方向のフープ筋（SD490）の評価対象位置

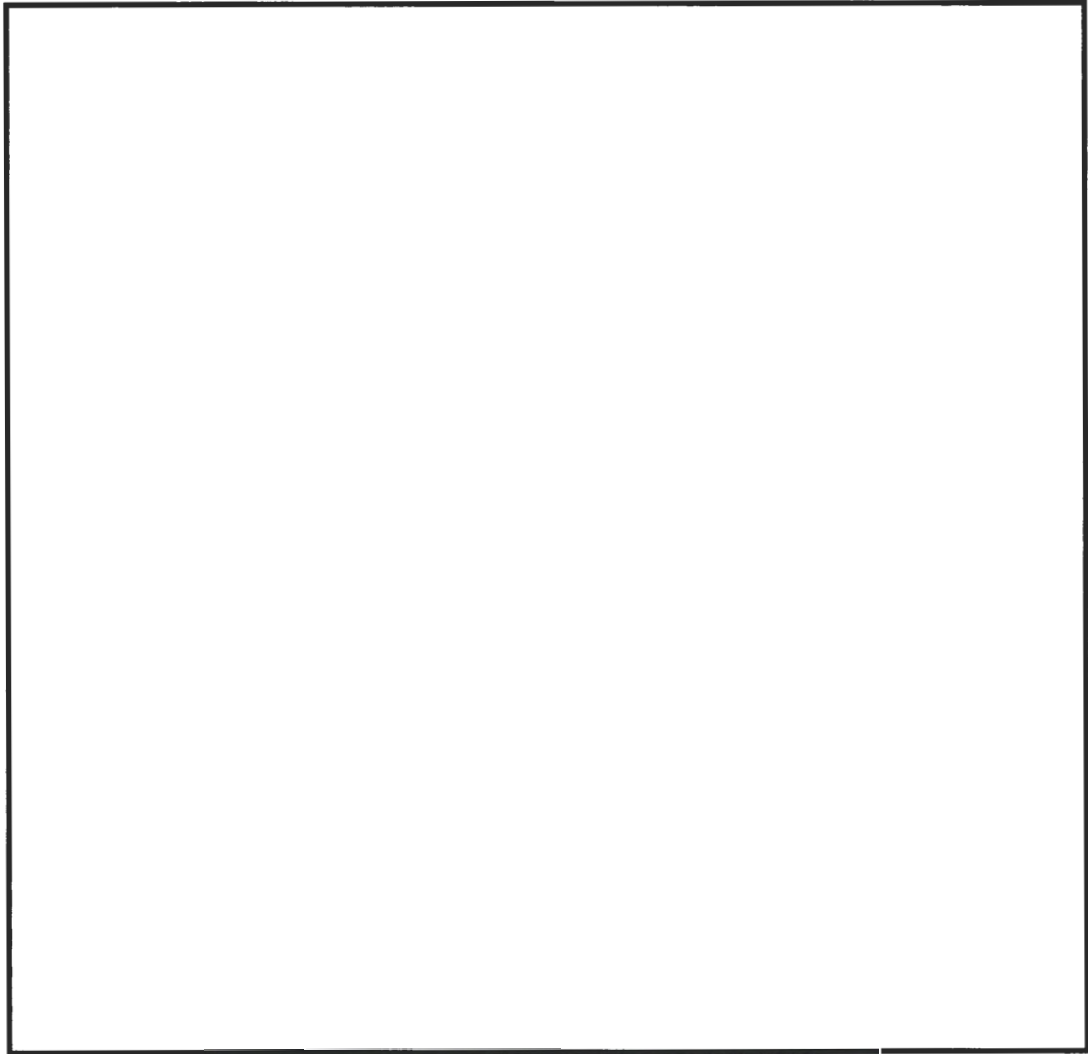


図 5.2-81 評価対象の鉄筋（フープ筋（南北方向））

(6) せん断補強鉄筋（東西方向）

中実鉄筋コンクリートの東西（Y）方向のせん断補強鉄筋のひずみコンター図を図 5.2-82 に、評価対象位置を図 5.2-83 に、評価対象の鉄筋を図 5.2-84 に示す。

東西（Y）方向のせん断補強鉄筋のひずみは、北側で最大引張ひずみ 1441 μ が発生する。ひずみコンター図より東西（Y）方向のせん断補強鉄筋の発生引張ひずみが許容ひずみ以下であることを確認した。

以上のことから、東西（Y）方向のせん断補強鉄筋の発生ひずみが許容限界以下であることを確認した。

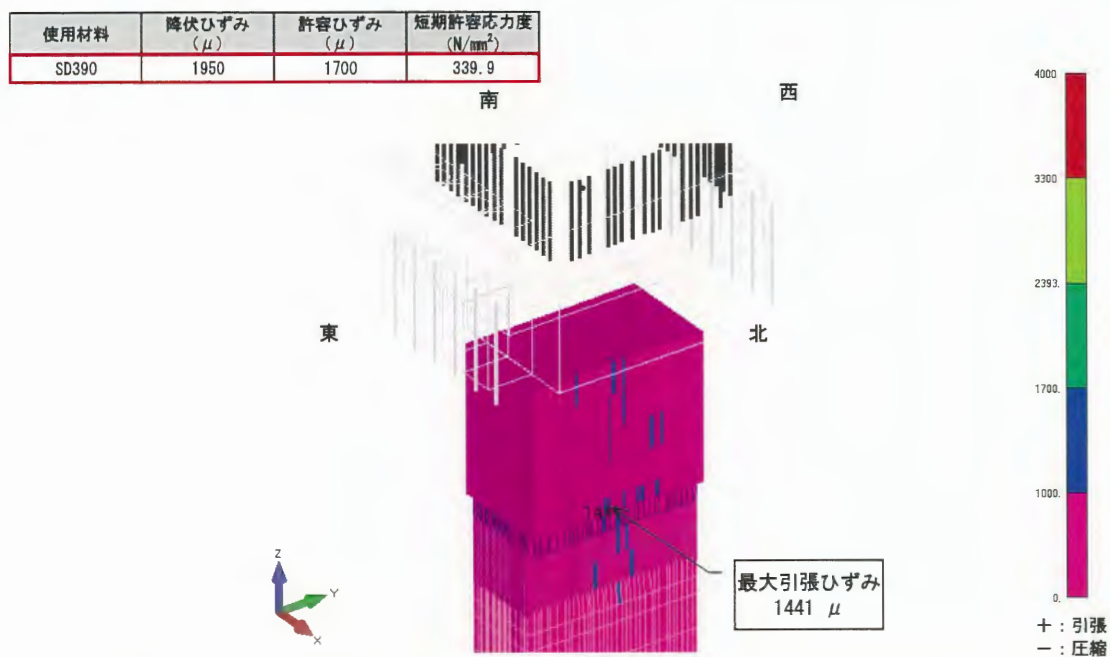


図 5.2-82 中実鉄筋コンクリートの東西（Y）方向のせん断補強鉄筋（SD390）のひずみコンター図

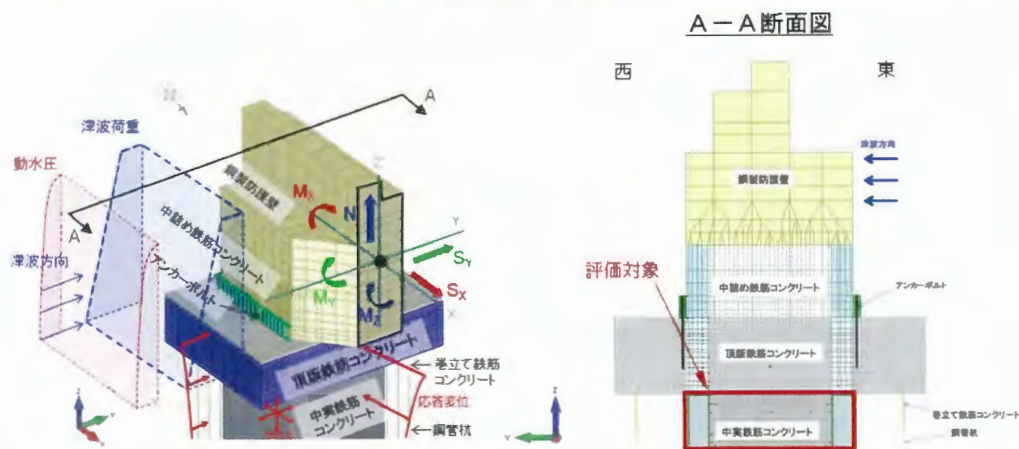


図 5.2-83 中実鉄筋コンクリートの東西（Y）方向のせん断補強鉄筋（SD390）の評価対象位置

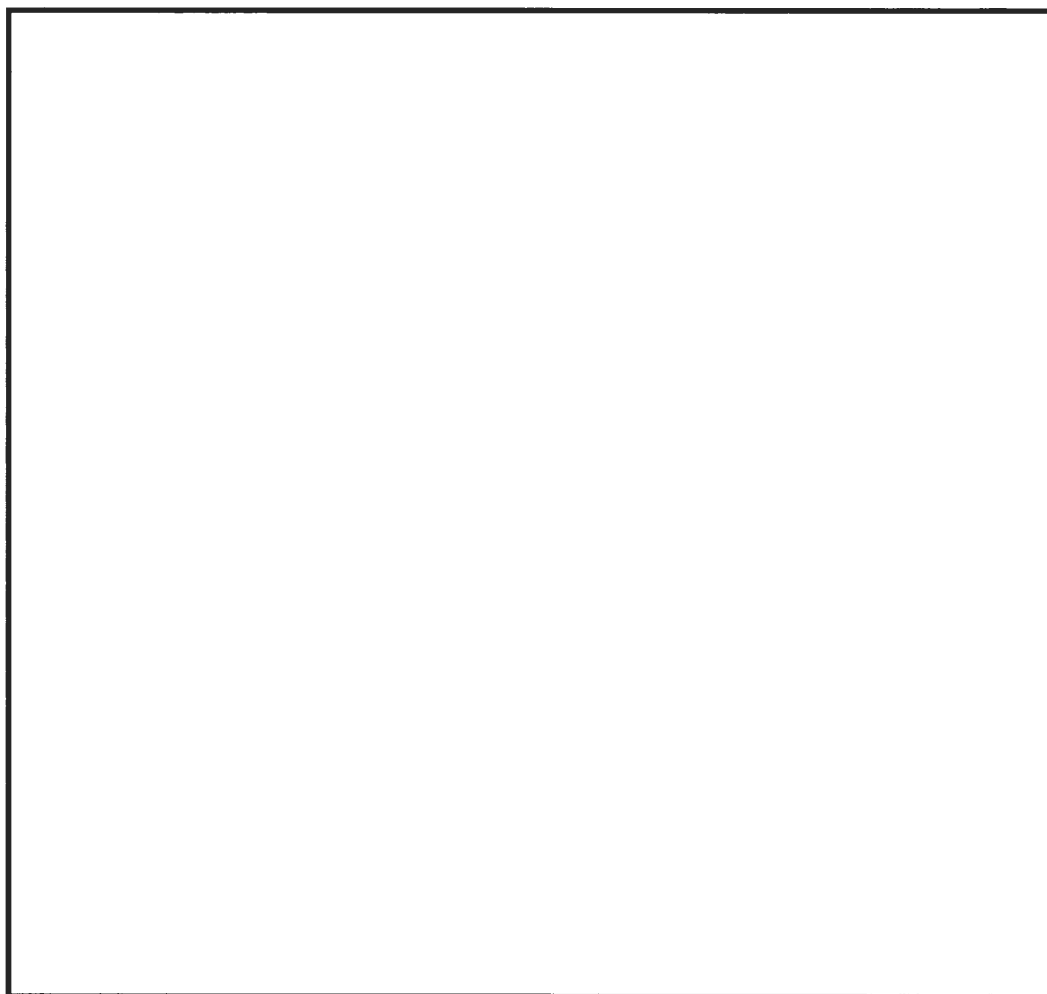


図 5.2-84 評価対象の鉄筋（せん断補強鉄筋（東西方向））

(7) フープ筋（東西方向）

中実鉄筋コンクリートの水平回転モーメントに対する補強鉄筋として、東西（Y）方向のフープ筋のひずみコンター図を図 5.2-85 に、評価対象位置を図 5.2-86 に、評価対象の鉄筋を図 5.2-87 に示す。

東西（Y）方向のフープ筋のひずみは、北西角付近で最大引張ひずみ $1802\ \mu$ が発生する。ひずみコンター図より東西（Y）方向のフープ筋の発生引張ひずみが許容ひずみ以下であることを確認した。

以上のことから、東西（Y）方向のフープ筋の発生ひずみが許容限界以下であることを確認した。

使用材料	降伏ひずみ (μ)	許容ひずみ (μ)	短期許容応力度 (N/mm^2)
SD490	2450	2393	478.5

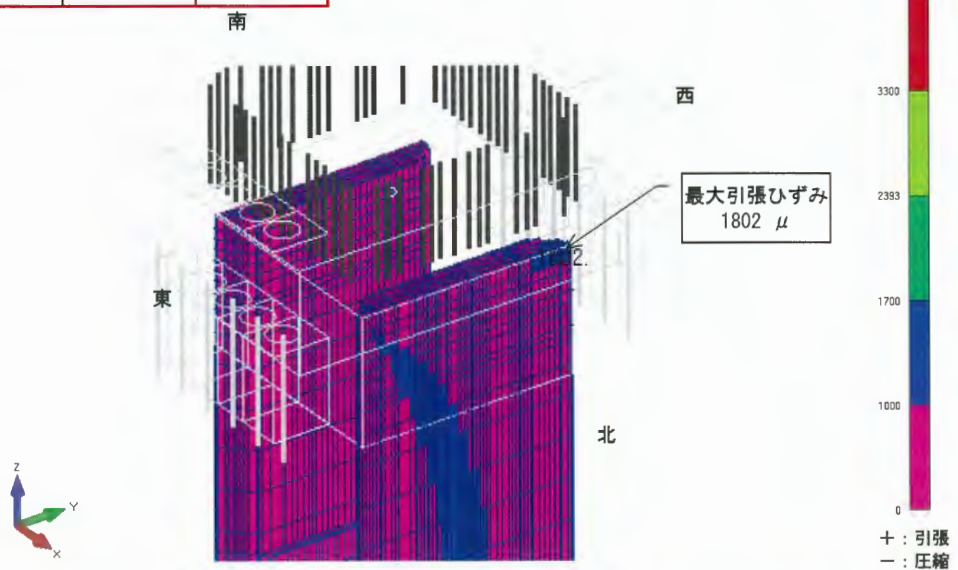


図 5.2-85 中実鉄筋コンクリートの東西（Y）方向のフープ筋（SD490）のひずみコンター図

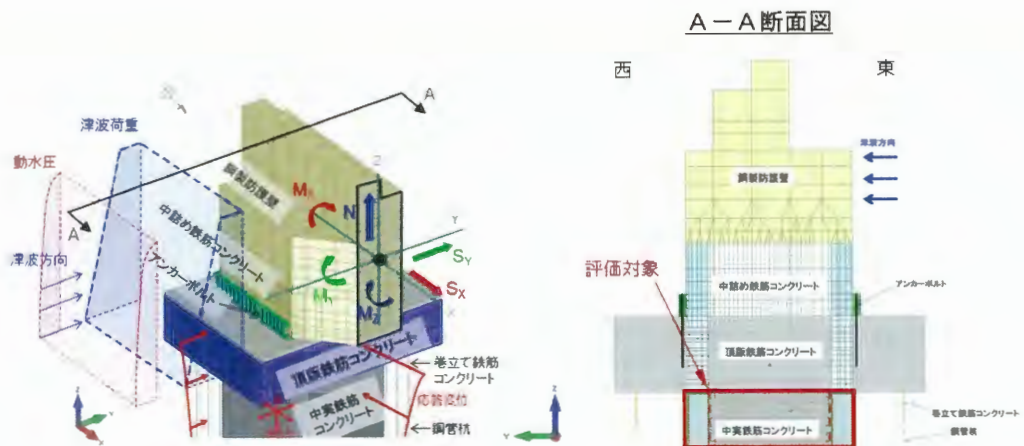


図 5.2-86 中実鉄筋コンクリートの東西（Y）方向のフープ筋（SD490）の評価対象位置

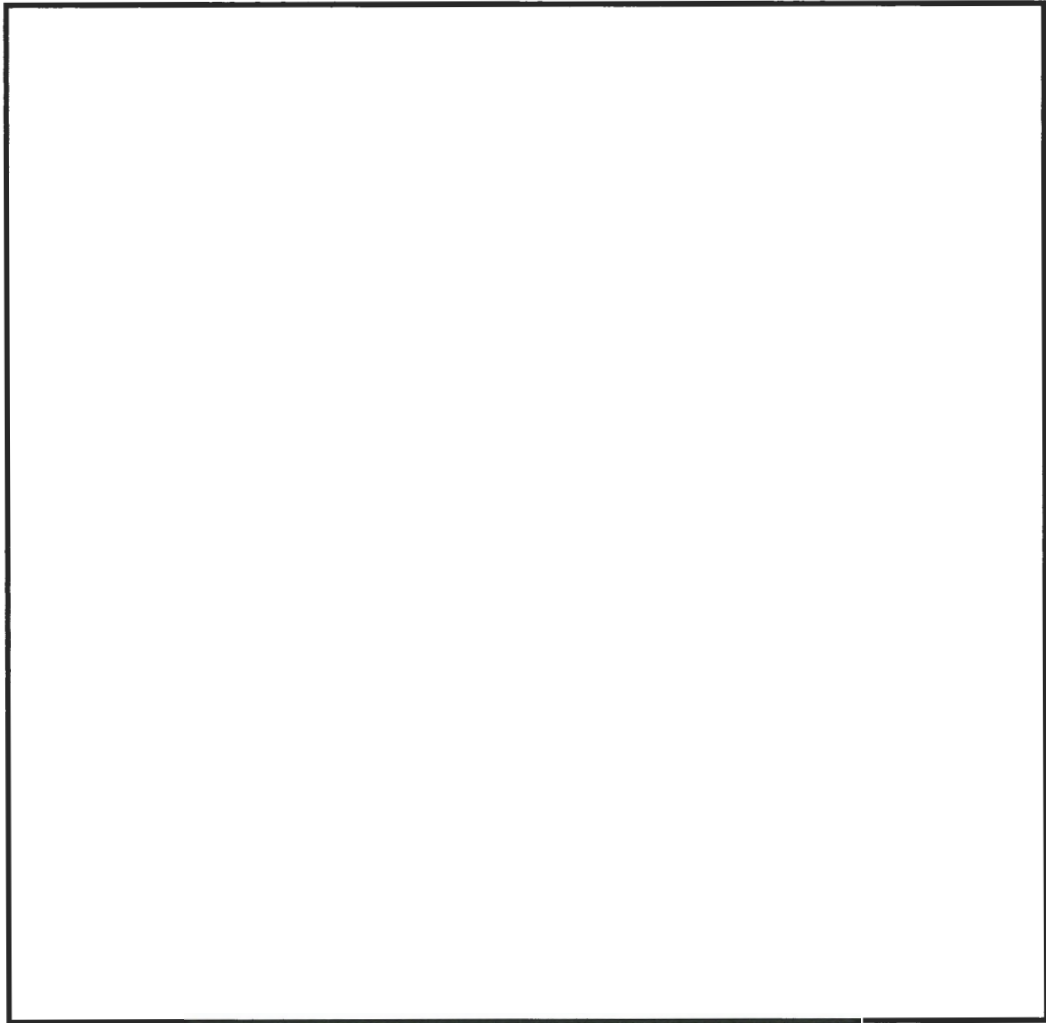


図 5.2-87 評価対象の鉄筋（フープ筋（東西方向））

(8) 鉛直貫通鉄筋 (軸方向鉄筋 (鉛直方向))

中実鉄筋コンクリートの鉛直（Z）方向の鉛直貫通鉄筋のひずみコンター図を図 5.2-88 に、評価対象位置を図 5.2-89 に、評価対象の鉄筋を図 5.2-90 に示す。

鉛直貫通鉄筋の鉛直（Z）方向のひずみは、南西角上端で最大引張ひずみ 2208 μ が発生する。

ひずみコンター図より鉛直貫通鉄筋の鉛直（Z）方向の発生引張ひずみが許容ひずみ以下であることを確認した。

以上のことから、鉛直貫通鉄筋の鉛直（Z）方向の発生ひずみが許容限界以下であることを確認した。

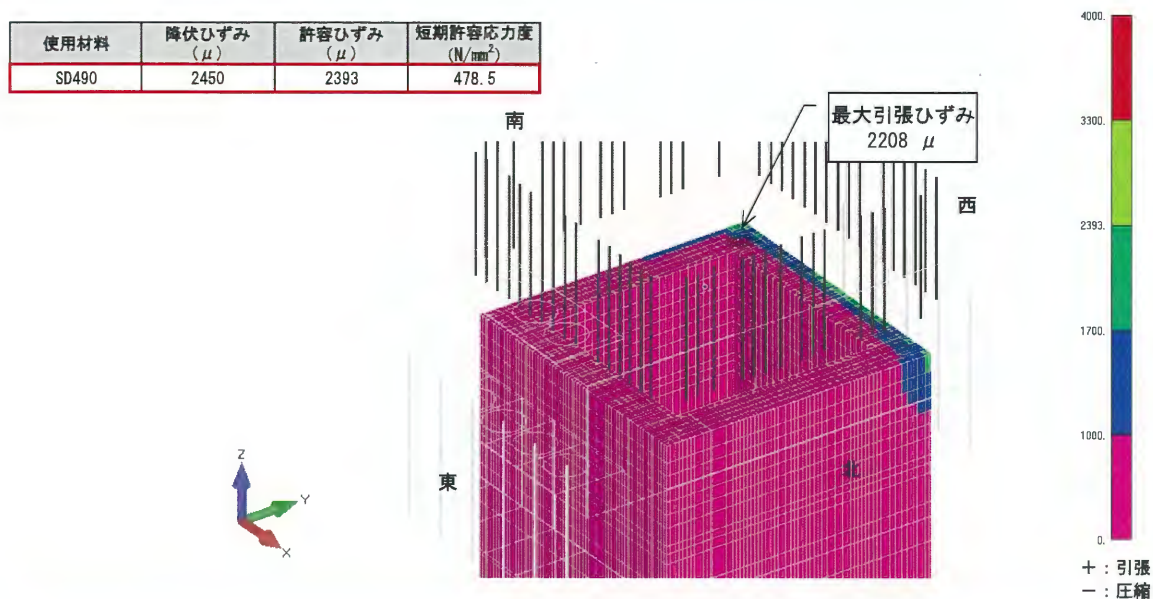


図 5.2-88 中実鉄筋コンクリートの鉛直（Z）方向の鉛直貫通鉄筋（SD490）のひずみコンター図

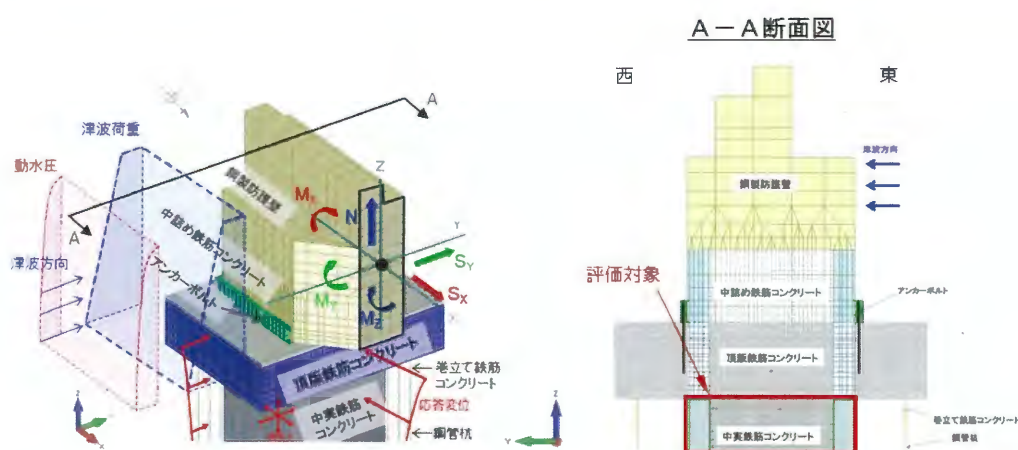


図 5.2-89 中実鉄筋コンクリートの鉛直（Z）方向の鉛直貫通鉄筋（SD490）の
評価対象位置

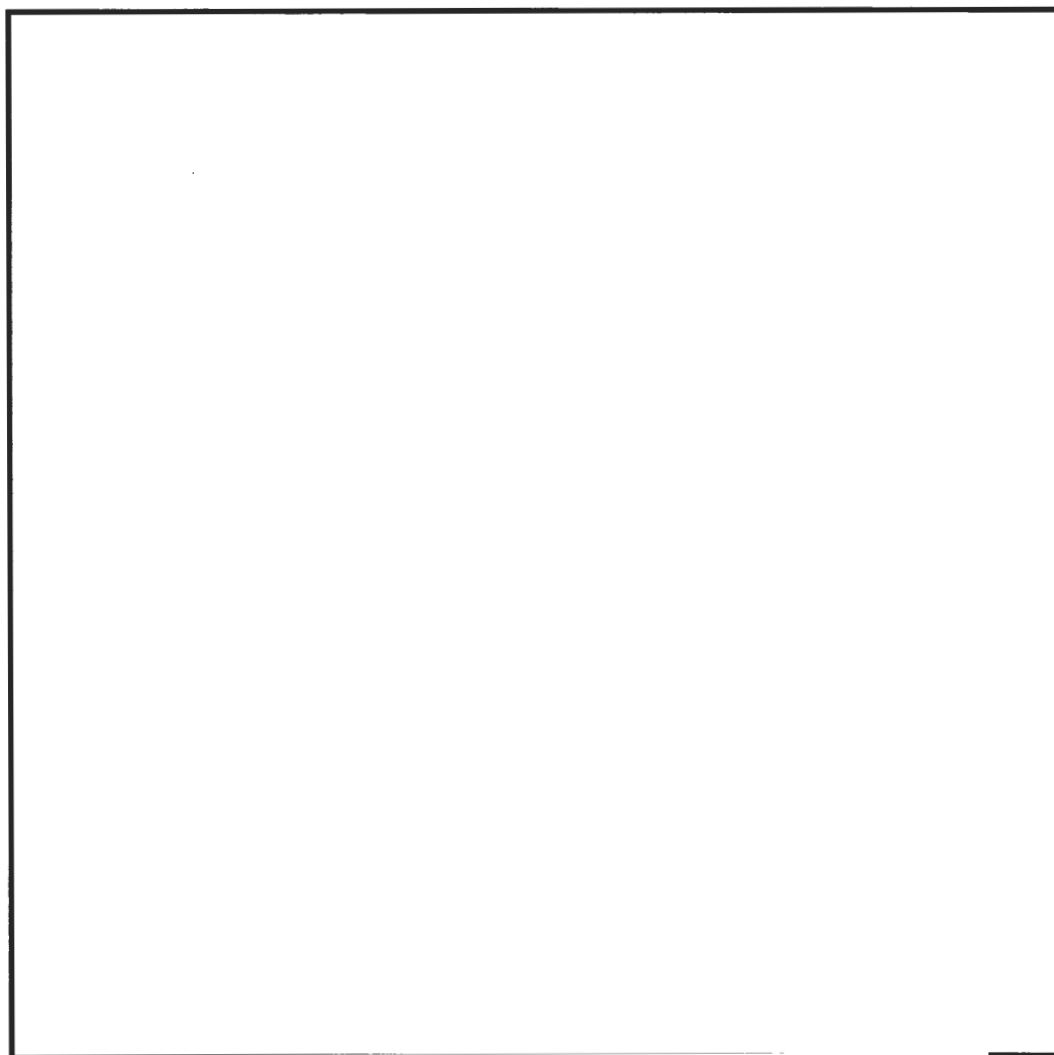


図 5.2-90 評価対象の鉄筋（鉛直貫通鉄筋（軸方向鉄筋（鉛直方向）））

6. まとめ

工認設計は、設計荷重を受けた部材に対し、各種基準類に基づく許容応力度設計法を適用した弾性設計を行っている。

この設計の妥当性を確認するため、鉄筋コンクリート及び無筋コンクリートの材料非線形性を考慮でき、複雑な荷重伝達を精緻に解析できる3次元解析（COM3）を用いて、設計荷重による断面力が接合部に発生した場合の評価を行った。

その結果、アンカーボルト、ベースプレート、周辺鉄筋コンクリート及び中実鉄筋コンクリートのいずれについても、発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

以上より、設計荷重による全断面力が接合部に発生する場合においても、断面力を負担する部材を分けて評価する工認設計が妥当であることを確認した。