

道路橋橋脚の地震時限界状態設計法に関する 共同研究報告書(VIII)

— 鋼製橋脚の正負交番繰返し載荷実験(その2) —

平成10年9月

建設省土木研究所
首都高速道路公団
阪神高速道路公団
名古屋高速道路公社
(社)鋼材倶楽部
(社)日本橋梁建設協会

Copyright © (1998) by P.W.R.I

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

道路橋橋脚の地震時限界状態設計法に関する 共同研究報告書(VIII)

—鋼製橋脚の正負交番繰返し載荷実験(その2)—

建設省土木研究所
首都高速道路公団
阪神高速道路公団
名古屋高速道路公社
(社)鋼材倶楽部
(社)日本橋梁建設協会

要 旨

平成7年1月17日に発生した兵庫県南部地震では、都市内高速道路橋における多数の鋼製橋脚に座屈、変形、われ等の被害が生じた。こうした被災状況を踏まえ、地震以降既設橋脚の補強方法および新設橋脚の耐震設計法に関する調査研究を進めているところであるが、その検討の一環として鋼製橋脚の耐力および変形性能を確認するために大型供試体を用いた二軸正負交番繰返し載荷実験を行っている。本報告書は、平成9年度に行った大型供試体3体の実験結果についてとりまとめたものである。

キーワード：鋼製橋脚，変形性能，じん性，耐力，繰返し載荷実験，コンクリート充填補強，耐震設計法

ま え が き

平成7年1月17日に発生した兵庫県南部地震では、道路橋においても橋脚の倒壊や落橋等の多くの被害が生じた。都市内高架橋の鋼製橋脚についても、我が国では初めて大きな被害を受け、その被害は橋脚を構成する補剛板や鋼管の局部座屈、変形、われ等であり、そのうち2基は倒壊に至っている。

平成7年2月には、こうした状況を踏まえ、建設省より関係機関に「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様」¹⁾が通知され、当面の措置として、鋼製橋脚については、コンクリートを充填すること等により必要なじん性を確保するものとし、コンクリートを充填した鋼製橋脚の地震時保有水平耐力法が示された。

地震以降、平成7年度～9年度にわたり、鋼製橋脚の耐震設計法の確立のための基礎的データを得ることを目的として、建設省土木研究所、首都高速道路公団、阪神高速道路公団、名古屋高速道路公社(平成8年度から)、(社)鋼材倶楽部、(社)日本橋梁建設協会の6者において、鋼製橋脚の正負交番繰返し載荷実験を中心とした検討を行ってきた。その成果の一部については平成8年12月に改訂された道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編に反映されているところである。鋼製橋脚の耐震性を向上させる方法については各種の検討がなされてきているが、その1つとして“コンクリートを部分的に充填した鋼製橋脚”の強度および変形性能についての研究が2、3の研究機関において進められてきており、耐震性能の向上に有効であることが明らかになっている。

本報告書は、共同研究において平成9年度に名古屋高速道路公社が主に担当した正負交番繰返し載荷実験についてとりまとめたものである。

共同研究担当者名簿

(平成7～9年度)

建設省土木研究所 構造橋梁部

藤城 泰行 (～H9.3)

岡原美知夫 (H9.4～)

橋梁研究室

西川 和廣

村越 潤

山本 悟司 (～H7.10)

上仙 靖

高橋 実

耐震技術研究センター

(H8.5以前は地震防災部)

横山 功一

耐震研究室

大塚 久哲 (～H8.9)

運上 茂樹 (H8.10～)

寺山 徹

近藤 益央 (H9.4～)

長屋 和宏

佐藤 貴志 (～H9.3)

首都高速道路公団

山崎 和夫 (～H9.1)

小坂 寛巳

高野 晴夫 (H9.1～)

柄川 伸一 (～H8.5)

半野 久光 (H8.5～)

田嶋 仁志

川田 成彦 (～H9.6)

船本 浩二 (H9.7～)

阪神高速道路公団

中島 裕之 (～H8.5)

北澤 正彦 (H8.6～)

長沼 敏彦 (～H8.5)

南荘 淳 (H8.6～)

堀江 佳平

小林 寛

名古屋高速道路公社

吉田 守孝 (～H9.3)

内藤 清美 (H9.4～)

深田 清明

岡本 真悟

柴田 昌弘 (～H9.3)

鷺見 高典 (H9.4～)

(社)鋼材倶楽部

大田 孝二 (～H8.3)

安波 博道

寺田 昌弘

橋本 修身

中村 聖三

篠原 敏雄

水谷 慎吾

小林 洋一

関 崇彦

下畑 隆司 (～H8.3)

山内 学 (H9.4～)

中川 知和

(社)日本橋梁建設協会

高久 達将

熊谷 洋司

奥 守

石毛 立也

黒川 達雄

塚原 弘光

岡本 隆

池田 茂

尾関 一成

安藤 紘三

川井 豊

森下 泰光

共同研究報告書の主担当および内容

報告書 番号	主 担 当	内 容
(Ⅰ) 第178号	建設省土木研究所 構造橋梁部 橋梁研究室	・ 鋼製橋脚の正負交番繰返し載荷実験
(Ⅱ) 第179号	建設省土木研究所 耐震技術研究センター 耐震研究室	・ 鋼製橋脚の正負交番繰返し載荷実験 ・ 鋼製橋脚のハイブリッド地震応答実験
(Ⅲ) 第180号	首都高速道路公団	・ 鋼製橋脚の正負交番繰返し載荷実験
(Ⅳ) 第181号	阪神高速道路公団	・ 鋼製橋脚の正負交番繰返し載荷実験
(Ⅴ) 第182号	名古屋高速道路公社	・ 鋼製橋脚の正負交番繰返し載荷実験
(Ⅵ) 第183号	(社)鋼材倶楽部	・ 鋼製橋脚の正負交番繰返し載荷実験
(Ⅶ) 第184号	(社)日本橋梁建設協会	・ 鋼製橋脚の正負交番繰返し載荷実験 ・ 鋼製橋脚の弾塑性有限変位解析 ・ 鋼製橋脚のハイブリッド地震応答実験 ・ 鋼製橋脚の非線形動的応答解析
(Ⅷ) 第212号	名古屋高速道路公社	・ 鋼製橋脚の正負交番繰返し載荷実験(その2)

はじめに

平成7年1月17日に発生した兵庫県南部地震では、道路橋においても橋脚の倒壊や落橋等多くの被害が生じた。鋼製橋脚については、我が国では初めて大きな被害を受け、その被害は橋脚を構成する補剛板や鋼管の局部座屈、変形、割れ等であり、うち矩形断面橋脚2基では倒壊に至っている。

こうした被災状況を踏まえ、平成7年2月に建設省より通知された「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様」¹⁾（以下、復旧仕様）では、当面の措置として、鋼製橋脚においては中埋めコンクリートを充填する等により必要なじん性を確保するものとし、コンクリートを充填した鋼製橋脚の地震時保有水平耐力照査法が示された。平成7年6月には『「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様」の準用に関する参考資料(案)』²⁾が出版され、新設橋梁の設計や既設橋梁の補強をできるだけ円滑に行うことができるように設計計算例とこれを行う際に参考となる補足事項が示された。

地震以降、平成7年度～9年度にわたり、鋼製橋脚の耐震設計法の確立のための基礎的データを得ることを目的として、建設省土木研究所、首都高速道路公団、阪神高速道路公団、名古屋高速道路公社(平成8年度から)、(社)鋼材倶楽部、(社)日本橋梁建設協会の6者において、鋼製橋脚の正負交番繰返し載荷実験を中心とした検討を行ってきた。その成果の一部については平成8年12月に改訂された道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編に反映されているところである。鋼製橋脚の耐震性を向上させる方法については各種の検討がなされてきているが、その1つとして“コンクリートを部分的に充填した鋼製橋脚”の強度および変形性能についての研究^{3)～11)}が2、3の研究機関において進められており、耐震性能の向上に有効であることが明らかになっている。

ここでは、これらの研究の補完として大型供試体を用い、“コンクリートを部分的に充填した鋼製橋脚”の終局耐力や変形性能等を検討するために二軸正負交番繰返し載荷実験を行っている。

本報告書は、平成9年度に行った3体のコンクリートを部分的に充填した鋼製橋脚大型供試体の繰返し載荷実験結果についてとりまとめたものである。

目 次

ま え が き

共同研究担当者名簿

共同研究報告書の主担当および内容

は じ め に

1.	部分充填鋼製橋脚供試体の設計方針	1
2.	実験概要	2
2.1	供試体	2
2.1.1	形状・寸法・諸元	2
2.1.2	材料試験結果	3
2.1.3	製作および溶接条件	3
2.2	載荷方法	4
2.3	計測項目と計測位置	4
2.3.1	荷重	5
2.3.2	供試体の変位	5
2.3.3	供試体のひずみ	5
2.3.4	載荷フレームの変位	6
2.3.5	変形状況	6
3.	実験結果	6
3.1	実験結果	6
3.1.1	実験結果一覧	6
3.1.2	水平荷重－水平変位関係（ヒステリシス曲線）	7
3.1.3	包絡線	7
3.1.4	水平荷重－鉛直変位関係	7
3.1.5	水平変位の鉛直方向分布	8
3.1.6	エネルギー吸収量	8
3.1.7	等価減衰定数	8
3.1.8	ひずみ分布	9
3.1.9	載荷サイクルと供試体の変形状況	9
3.1.10	フランジおよびウェブの面外変位等高線	9
3.1.11	変形状況および写真	9
3.1.12	コンクリートの損傷状況	9
3.1.13	脚内側の変形状況	9
3.2	まとめ	9
3.2.1	供試体の破壊形態	9
3.2.2	コンクリートの破壊状況	10
3.2.3	終局耐力・終局変位	10
	参考文献	11
	鋼製橋脚の耐震設計法に関する研究会の委員名簿と研究体制	12

図 表	13
1. 実験概要	15
2. 実験結果	41
参考資料	107
1. 実験データ	109
2. 終局耐力・終局変位の計算	129

1. 部分充填鋼製橋脚供試体の設計方針

本実験は、コンクリートを部分的に充填した矩形断面供試体に対して、準静的繰返し載荷試験を実施するものとした。

新設橋脚および補強した既設橋脚を想定した供試体については、文献12)、13)に基づき設計を行った。

既設橋脚を想定した供試体については、名古屋高速道路初期に建設された矩形断面橋脚を想定しパラメータの値を決定し、これに基づき寸法・諸元を設定した。

本実験では、N-3、N-4、N-5の3体の矩形断面供試体について実験を行うものとした。

なお、供試体基本寸法は平成8年度に行われた実験との整合を考え、外形寸法をN-1、N-2供試体に合わせた。また、矩形断面を構成する補剛板の母材板厚は、載荷荷重が実験装置の能力内に収まるように配慮した。縦リブ断面、本数およびダイヤフラム間隔については、溶接施工性等、供試体の製作性を考慮した。

各供試体の基本的考えを以下に示す。

・N-3 供試体

新設橋脚を対象にモデル化を考える。

文献12)提案の照査法の条件に極力忠実にモデル化する。

幅厚比パラメータ $R_R \leq 0.5$ (鋼中空断面部)

$R_R \leq 0.7$ (コンクリート充填部)

縦リブ剛比 $\gamma_r/\gamma^* \geq 3$ (鋼中空断面部)

$\gamma_r/\gamma^* \geq 1$ (コンクリート充填部)

コンクリート充填比 $H_c/H > 0.3$

コンクリート充填部と鋼中空断面部とで縦リブ剛比を変える方法としては、縦リブ断面は全高一定とし、ダイヤフラム(横リブ)間隔を変えるものとする。

ここに、 R_R : 補剛材間のパネルの幅厚比パラメータ

γ_r : 縦方向補剛材の剛比

γ^* : 補剛材の限界剛比 (弾性座屈理論による)

H_c : コンクリートの充填高さ

H : 水平荷重載荷点までの高さ

・N-4 供試体

既設橋脚を対象にモデル化を考える。

名古屋高速道路における初期に建設された鋼製橋脚(昭和48、55年道示対応)のうち、矩形断面橋脚を対象としてモデル化を考える。

幅厚比パラメータ $R_R \leq 0.7$

縦リブ剛比 $\gamma_r/\gamma^* \geq 0.5$

コンクリート充填比 $H_c/H \approx 0.3$

・ N-5 供試体

既設橋脚の補強モデルを対象として考える。

既設橋脚を文献(2)の照査法に合うように構造を変えたモデルを考える。

但し、既設橋脚の幅厚比パラメータ R_R は変えないものとし、縦リブ剛比 $3\gamma^*$ 以上のモデルを作成し、耐荷力特性および耐震性能を確認する。

縦リブ剛比 $\gamma_i/\gamma^* \geq 3$ (鋼中空断面部)

$\gamma_i/\gamma^* \geq 0.5$ (コンクリート充填部)

本供試体は N-4 供試体の補強を想定しており、縦リブ以外は N-4 供試体と同じものとする。

コンクリート充填部と鋼中空断面部とで縦リブ剛比を変える方法としては、ダイヤフラム間隔は一定とし、縦リブ断面を変えるものとする。

2. 実験概要

2.1 供試体

2.1.1 形状・寸法・諸元

供試体はコンクリートを部分的に充填した矩形断面供試体 3 体 (N-3, N-4, N-5) であり、これらの主なパラメータを表-2.1.1 に示す。また、供試体の諸元を表-2.1.2 に、形状・寸法を図-2.1.1(1)~(6) に示す。また、中空鋼断面部の補剛パネルの幅厚比パラメータ R_R と R_F の関係を図-2.1.2 に示す。

(1) 基本寸法

断面 (外形) は $900\text{mm} \times 900\text{mm}$ 、全高は 3470mm とした。

(2) 母材および材質

N-3 は 10mm (SM490)、N-4 と N-5 は 9mm (SM490) とした。

(3) 縦リブ配置

N-3 ではフランジ・ウェブ幅の 4 分割の位置、N-4 と N-5 では 3 分割の位置に配置した。

(4) 縦リブ断面

N-3 は N-1、N-2 と同断面の $75\text{mm} \times 10\text{mm}$ 、N-4 は $56\text{mm} \times 9\text{mm}$ 、N-5 はコンクリート充填部を N-4 と同断面の $56\text{mm} \times 9\text{mm}$ 、鋼中空部を $95\text{mm} \times 14\text{mm}$ とした。

(5) 充填コンクリート

充填コンクリート強度については、過度に高強度にすると基礎構造に負担がかかることになる。コンクリート強度を上げるより、橋脚の変形能を上げることにより耐震性を向上させるほうが好ましいので、充填コンクリートは、比較的低強度におさえ $\sigma_{ck} = 160 \text{ kgf/cm}^2$ とした。

なお、コンクリートは早強コンクリートを使用した。配合については目標値を $\sigma_{ck} = 160 \text{ kgf/cm}^2$ として試験練りを行い、その結果より決定した。

(6) 角溶接

・ N-3 供試体

部分開先とすみ肉を合わせた溶接は N-1、N-2 供試体の実験において最後まで割れを生じず、完全溶け込み溶接と同等とみなせることがわかった。従って、本供試体においてもそれと同様、外側から 8mm 開先の部分溶け込み溶接、内側から脚長 4mm のすみ肉溶接を行うものとした。

・ N-4、N-5 供試体

既設橋脚を調査した結果、角溶接の有効のど厚は母材厚程度となっていたことを考慮し、本供試体の角溶接は外側から 7mm 開先の部分溶け込み溶接、内側から脚長 4mm のすみ肉溶接を行うものとした。

2.1.2 材料試験結果

供試体の鋼材の材料試験の結果およびコンクリートの材料試験結果をそれぞれ表-2.1.3、表-2.1.4に示す。

ここで、N-3 供試体は充填したコンクリートの材齢 14 日に、N-4 供試体は充填したコンクリートの材齢 21 日に、N-5 供試体は充填したコンクリートの材齢 28 日にそれぞれ準静的繰り返し載荷試験を実施しており、材料試験結果を用いた供試体の照査には、この試験実施日に合わせた現場養生による材料試験結果を用いた。

2.1.3 製作および溶接条件

供試体の製作は、下記の順序で行った。

- ①製作図より切断用原図および N/C 切断データを作成し、アイトレーサー切断機、N/C プラズマ切断機にて部材を切断した。
- ②ウェブ、フランジに縦リブ、ダイヤフラムを仮付けしパネルの製作を行った。
- ③角溶接部を仮付けすることにより箱形状に組み立てた。
- ④ベースプレート部に脚部をはめ込み全体の形状を完成させた。このとき、供試体を立てて鉛直度の確認を行った。その後 CO₂ 半自動溶接により本溶接を行った。溶接方向については、良好な溶接姿勢を保てるよう供試体を順次回転させ、常に下向き溶接とした。
- ⑤鉛直度を出すため、ベース下面と天板取付面の機械切削を行った。
- ⑥コンクリートを打設し、4 日放置後、最後に天板を取り付けた。

また、供試体の上ベースプレートから頂部まで (3, 151mm) の橋脚本体部の間は熱処理等によるひずみ取りは行っていない。ただし据え付けを考慮し、天板のみひずみ取りを行った。

なお、N-4、N-5 供試体については、ウェブに設置する吊金具の裏補強として、供試体天端より 500mm の位置に横リブ (N-4) またはダイヤフラム (N-5) を追加した。

2.2 載荷方法

載荷実験は建設省土木研究所構造力学実験施設にある載荷フレームを使用して行った。装置は軸力導入用の300tfの押ジャッキと水平交番載荷を行うための水平力導入用の300tf押引アクチュエータにより構成される。また、柱頭部が水平方向に変位した状態でも、供試体に対して常に鉛直に軸力を加えることができるように、水平方向にスライドすることができるスライド支承に鉛直ジャッキを取り付けた。載荷フレームを写真-2.2.1に、載荷フレームの形状・寸法を図-2.2.1に、載荷装置の能力を表-2.2.1に示す。また、供試体の設置状況を写真-2.2.2に示す。

載荷は、まず供試体に上部構造の死荷重に相当する軸力 N を載荷した後、その軸力を一定に保持した状態で、図-2.2.2に示すように水平変位制御による水平繰返し漸増載荷とした。軸力 N は、鋼材の公称降伏点を用いて計算した公称降伏軸力の15%を基本とした。繰返しの基本水平変位である δy_0 は次式で与えられる。

$$\delta y_0 = \frac{P_{yN} \cdot h^3}{3 E \cdot I} \quad (2.2.1)$$

$$N = 0.15 N_y$$

$$P_{yN} = \left(\sigma_{yN} - \frac{N}{A} \right) \cdot \frac{Z}{h} \quad (2.2.2)$$

$$N_y = A \cdot \sigma_{yN}$$

ここで、 P_{yN} は公称降伏水平荷重(kgf)、 h は供試体基部の上ベースプレートから水平荷重載荷点までの載荷高さ(cm)、 $E \cdot I$ は曲げ剛性(kgf $\cdot$ cm²)、 σ_{yN} は鋼材の公称降伏応力であり、SM490では3200kgf/cm²である。また、 N は軸力(kgf)、 A は供試体の断面積(cm²)、 Z は断面係数(cm³)である。

実験は、まず、2.3.2に示す供試体の補正後水平変位DLTが $+1 \delta y_0$ になるように補正前変位DCを制御しながら載荷し、次に同様に補正後水平変位DLTが $-1 \delta y_0$ になるように補正前変位DCを制御しながら漸増載荷した。1回目の正側の漸増載荷の補正後水平変位DLTを $(DLT)_{n=+1}$ とし、1回目の正側の漸増載荷の補正前水平変位DCを $(DC)_{n=+1}$ とすると、 $+1 \delta y_0 = (DLT)_{n=+1} > (DC)_{n=+1}$ となる。2回目以降(3回目、4回目……)の漸増載荷の場合には、制御時間を短縮させるために1回目の漸増載荷のような制御方法は行わないで、1回目の漸増載荷の時の変位DCを基準にとり、補正前変位DCが2倍(3倍、4倍……)となるようにして載荷した。修正後の各 $n \delta y_0$ は、便宜上 $n \delta y$ と表す。

ここでは、水平方向載荷ジャッキが伸長する方向を正方向、短縮する方向を負方向と呼ぶ。

水平変位の載荷は、約0.2mm/secの速度で行った。載荷実験は水平荷重 P (供試体の水平耐力 P)が公称降伏水平荷重 P_{yN} 以下に低下するまで行った。

2.3 計測項目と計測位置

計測回数は、載荷1サイクル(ヒステリシス曲線1ループ、すなわち1回の正側及び負側の交番載荷間)において約40回を基準とした。また、計測は水平変位の載荷速度をゼロにした状態にて行った。この時の停止時間としては、測定チャンネルが約150chの場合で10秒程度であった。

2.3.1 荷重

軸力載荷用ジャッキおよび水平載荷用アクチュエータの荷重は、それぞれ 300tf用ロードセルにより計測した。水平荷重載荷時の鉛直荷重の変動は ± 2 tf程度である。

2.3.2 供試体の変位

供試体の変位計取り付け位置を図-2.3.1(1)～(4)に示す。変位量は、変位計（ひずみゲージ式変位計およびワイヤ巻取り式変位計）を用いて計測した。供試体が水平力を受けると、供試体が固定されている載荷フレームの固定梁の弾性変形およびアンカーボルトの伸びに起因して、供試体基部（ベース部）に回転と水平力方向の変位が生じる。供試体頂部における水平変位を把握するためには、基部の回転量と水平方向の変位量について補正を行う必要があるため、供試体基部の鉛直方向変位についても計測した。水平荷重載荷位置における供試体の水平変位 DLTは、基部の回転量と水平移動量を補正し、供試体天端の水平変位計測点の補正変位をDTとして次式で与えられる（図-2.3.2参照）。

$$DT = DC - \frac{DS1 + DS2}{2} - \frac{DR1 - DR2}{L} \cdot HM \quad (2.2.3)$$

$$DLT = \frac{HL}{HM} \cdot DT \quad (2.2.4)$$

2.3.3 供試体のひずみ

供試体のひずみは鋼断面部および中詰めコンクリート部において計測した。鋼断面部のひずみ量はひずみゲージ（ゲージ長 5mmの塑性域ゲージ；約10%のひずみまで計測可能）を貼付して計測した。また中詰めコンクリートのひずみはモールドゲージにより計測した。供試体N-3、N-4、N-5のひずみ計測位置をそれぞれ図-2.3.3(1)～(3)に示す。

各供試体における、計測位置の選定理由を以下に示す。

基本的に載荷方向の圧縮および引張フランジ面を中心にひずみを計測した。ひずみは基本的に高さ方向（軸方向）を計測し、水平方向が必要な場合は2軸ゲージを取り付けた。図-2.3.3(1)～(3)に示した各断面でのひずみ計測位置は、以下の考え方に基づいている。

(1) コンクリート充填部

下記のゲージを基部上のコンクリートの区域に3段に配置する。

〔フランジ中央部〕：軸方向応力状態を計測する。（1軸ゲージ）

〔フランジコーナー部〕：軸方向および座屈時に角溶接割れを引き起こすと考えられる軸直角方向応力を計測する。（2軸ゲージ）

〔縦リブ〕：軸方向応力状態を計測する。（1軸ゲージ）

〔コンクリート部〕：コンクリートのひずみを計測するためモールドゲージを埋め込んでおくものとする。

(2) 鋼断面部

下記のゲージを中空鋼断面部下端部の区域にN-3は2段、N-4、N-5は3段に配置する。

〔フランジ部〕 : 軸方向応力状態を計測する。(1軸ゲージ)

〔縦リブ〕 : 軸方向応力状態を計測する。また、面外方向の影響も計測できるよう裏表両面に配置する。(1軸ゲージ)

2.3.4 載荷フレームの変位

供試体載荷フレームの変位量は変位計(ひずみゲージ式変位系およびパイ型変位計)により計測した。載荷フレームの変位量を測定する変位計の取り付け位置を図-2.3.4に示す

2.3.5 変形状況

供試体のフランジ面外変形量を定規により計測した。さらに、面外変形状況を目視により観察し、その結果を記録するとともに写真撮影を行った。計測、記録、写真撮影は、水平変位が $\pm n \cdot \delta y_0$ に達した時点で載荷を一旦停止(アクチュエータのストロークを保持)して行った。

図-2.3.5(1)、(2)には面外変形量の測定位置を示す。また、写真-2.3.1には面外変形量の測定状況を示す。

3. 実験結果

3.1 実験結果

3.1.1 実験結果一覧

表-3.1.1に実験結果を一覧表にして示す。表中の記号の説明を図-3.1.1(c)に示す。

表中の降伏変位 δy_{EN} は、以下のように実験より得られる水平荷重-変位関係(正側載荷の包絡線)の初期勾配と降伏変位 P_{yM} を用いて求めた。まず、材料試験結果の下降伏点を用いて式(2.2.2)により、降伏荷重 P_{yM} を求める。荷重-変位の実験結果(正側載荷の包絡線)において、基本的に荷重が P_{yM} の約20%~40%の値のときに計測された少なくとも5点以上の荷重-変位データの割線勾配を最小二乗法によって求めたものを実験初期勾配とし、 P_{yN} をこの実験初期勾配で除算した値を δy_{EN} とした。実験初期勾配を求める際に荷重の範囲を P_{yM} の約20%~40%としたのは、荷重が低いと荷重が低いことによる誤差を含みやすいこと、逆に荷重が高いと変位量が座屈等の幾何学的非線形の影響を受けやすいことを考慮したものである。また、初期勾配の計算には、基本的に+1 δy_0 載荷時までのデータを用いた。なお、 δy_{EN} は2.2で述べた δy_0 とは異なる。

理論初期勾配は、式(2.2.2)を用いて求めた P_{yN} を式(2.2.1)を用いて求めた δy_0 で除算したものであり、原点を通る直線である。

塑性率 μ を評価する場合、正規化するための降伏水平変位 δy の設定が重要となる。

降伏水平変位 δy を算定する場合の重要な要素として、①水平荷重-変位関係における初期勾配(初期剛性)と②材料降伏点 σ_y の2つがあげられ、今回の実験結果によればそれぞれ理論値(公称値)と実験値

の間に差があり、設定にあたっては次の点に留意する必要がある。

①初期勾配について

初期勾配については曲げ剛性を考慮した理論値よりも実験値の方が傾きが大きくなる傾向にあり、実験値を基本に塑性率を求めると安全側の評価となってしまう可能性がある。

②材料降伏点 σ_y について

材料降伏点の公称値と実験値の間には、今回の矩形断面供試体(鋼種SM490)を例にすると17~30%程度の差が見られる。

部材の座屈強度の評価においては、材料降伏点 σ_y による実験データの正規化が妥当であることがわかっている。

図-3.1.1(a), (b)は今回の矩形断面の基本供試体 (No. 20) *を対象として、同一の鋼種・寸法諸元を有し、材料降伏点 σ_y のみが異なる2供試体について、正負交番載荷時を想定したFEM解析を試行的に行い、結果を比較したものである。荷重軸側について、正規化された両者の最大耐力はほぼ一致しており、材料降伏点(実験値)を基本とした正規化が概ね妥当であることがわかる。

一方、変位軸側については、材料降伏点により正規化すると最大耐力以降の変形性能に大きな差が見られ、このような変形が進行した状態では幾何学的非線形性の影響も大きくなると考えられ、材料降伏点(実験値)を正規化のためのパラメータとして用いることは適当とは言い難い。

降伏水平変位 δ_y の与え方としては、初期勾配と材料降伏点の組合せにより図-3.1.1(c)に示す4ケースが考えられ、適用の際にはそれぞれ用途に応じて選択されればよいと考えられる。このうち塑性率が最も過小評価されるのは、材料降伏点(実験値)と初期勾配(実験値)より求められる降伏水平変位 δ_{yEM} により正規化する場合である。

本研究では、実務に供することを踏まえ、変形性能についていたずらに安全側の評価をねらうことを避け現実的な値を与えることとした。ここでは降伏水平変位として δ_{yEN} 、すなわち初期勾配として実験勾配を、材料降伏点として上述の解析結果を参考に公称値を用いることとした。

※「道路橋橋脚の地震時限界状態設計法に関する共同研究報告書(1) 2.1.1(1)基本供試体」参照

3.1.2 水平荷重—水平変位関係(ヒステリシス曲線)

図-3.1.2(1)~(3)に荷重と水平荷重載荷点における水平変位の関係(ヒステリシスループ)を示す。

3.1.3 包絡線

図-3.1.3(1)~(3)に 図-3.1.2のヒステリシス曲線に対する包絡線を正側載荷、負側載荷それぞれ区別して示す。

3.1.4 水平荷重—鉛直変位関係

図-3.1.4に水平荷重と鉛直変位との関係を示す。

3.1.5 水平変位の鉛直方向分布

図-3.1.5に各 δy_0 時の水平変位の鉛直方向分布を示す。水平変位が各 δy_0 に到達したときの水平変位の鉛直分布とする。

3.1.6 エネルギー吸収量

図-3.1.6に各サイクルにおける正側と負側の水平変位の平均値（平均水平変位と呼ぶ）とエネルギー吸収量との関係を示す。エネルギー吸収量は次の通り算出した。

1 サイクルの吸収エネルギーは、ヒステリシス曲線と変位軸とで囲まれる面積で表すことができ、図-3.1.7(a), (b) の斜線部分のようになる。これを図-3.1.7(c) のように台形積分により求めた。

1 サイクルの始点・終点（水平変位が 0mm の点）において変位やひずみ等を計測するようにしたが、計測誤差によって正確に始点・終点において計測できていないのが一般的である。そこで、各サイクルでの吸収エネルギーをそれぞれ正確に計算するため、水平変位が 0mm である点（1 サイクルの始点・終点）の水平荷重の値を把握するために内挿により 1 サイクルの始点・終点を求めることとした。1 サイクルでのエネルギー吸収量 ΔW は次式で求められる。

$$\Delta W = \frac{1}{2} \left\{ \sum_{i=1}^{n-1} (h_{i+1} + h_i) (d_{i+1} - d_i) \right\} + \frac{1}{2} \left\{ (h_1 + h_s) (d_1 - d_s) + (h_e + h_n) (d_e - d_n) \right\} \quad (3.1.1)$$

ここで、 h_i , d_i はそれぞれ計測した水平荷重および載荷点真変位であり、 n は 1 サイクル内に含まれる計測数（図-3.1.7(c) の四角形で表した点の数）、 s は内挿により求めた 1 サイクルの始点（同図の s 点）、 e は同様に求めた 1 サイクルの終点（同図の e 点）を表す。任意のサイクルの e 点とその次のサイクルの s 点は同一の点である。

3.1.7 等価減衰定数

図-3.1.8(1)に各サイクルにおける平均水平変位と等価減衰定数 h_e の関係を示す。

ここで、等価減衰定数 h_e は次式で与えられる。

$$h_e = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{\Delta W}{W} \quad (3.1.2)$$

ここに、 W は図-3.1.8(2)に示される三角形 OAC と三角形 OBD の面積の和で表されるエネルギーである。ただし、この 2 つの三角形は以下のとおりとした。1 サイクルのループにおいて絶対変位が最大となる A 点と B 点の水平荷重の平均を求め、この平均水平荷重の値に対して載荷点変位軸に平行な直線 L を描く。点 A と点 B から直線 L に下ろした垂線の足をそれぞれ C 、 D とし、点 A と点 B とを結んだ線分と直線 L との交点を O とした。参考として図-3.1.8(2)における A 点と B 点を結んだ直線の勾配は等価剛性にあたる。

3.1.8 ひずみ分布

図-3.1.9(1)～(6)に各荷重ステップにおける供試体基部から 126mmの位置と、コンクリート直上のダイヤフラム上面から 44mm(N-3)、60mm(N-4、N-5)の位置における鋼部材のひずみ分布を示す。

図-3.1.10(1)～(3)には供試体基部から 126mmの位置におけるコンクリートのひずみ分布を示す。

3.1.9 荷重サイクルと供試体の変形状況

図-3.1.11(1)～(3)に最大荷重時および実験終了時における供試体の外面の変形状況の目視観察記録を示す。ここで、最大荷重時とは、ヒステリシス曲線の中で水平荷重が最大となるループにおいて荷重変位が最大となった時のことを示す。

3.1.10 フランジおよびウェブの面外変位等高線

図-3.1.12(1)～(3)に最大荷重時および実験終了時の各段階における供試体のフランジおよびウェブの面外変位計測結果を等高線図として示す。面外変形の測定は、定規により 0.5mm単位で目視で読み取り記録した。D面については計測を行わなかった。

3.1.11 変形状況および写真

表-3.1.2(1)～(3)に各荷重ステップでの変形状況を、写真-3.1.1(1)～(3)に代表的荷重サイクルにおける供試体の外面変形の状況を示す。

3.1.12 コンクリートの損傷状況

実験終了後の供試体についてウェブ、フランジプレートを取り外し、コンクリートの損傷状況を観察した。損傷を受けた部分をはつり取り、凹の深さを計測した結果を等高線図として図-3.1.13(1)～(3)に示す。写真-3.1.2(1)～(6)にコンクリート状況を示す。

3.1.13 脚内側の変形状況

写真-3.1.3(1)～(6)に脚内側の変形状況を示す。

3.2 まとめ

3.2.1 供試体の破壊形態

- 1) 最大水平荷重はN-3、N-4、N-5供試体それぞれ、 $-7\delta y$ 、 $-4\delta y$ 、 $-5\delta y$ で記録された。
- 2) N-3、N-5供試体では、最大水平荷重以降も急激な耐力の低下は見られなかったが、N-4供試体では最大荷重後、一気に低下した。
- 3) 事前の設計による破壊部分の想定通り、N-3供試体ではコンクリート充填部に、N-4供試体では鋼中空部に損傷が集中した。N-5供試体では、コンクリート充填部、鋼中空部双方に損傷が見られた。

4) N-4、N-5 供試体の結果より、鋼中空部の補強効果が明確に見られた。

5) 鋼材の材料試験の結果は、公称降伏点、公称引張強度より大きなものとなっていた。コンクリートの圧縮試験の結果は、材齢14日強度、実験日（14日、21日、28日）強度とも設計基準強度に近い値となっていた。

載荷試験結果に及ぼす、材料的な問題はなかったと考えられる。

3.2.2 コンクリートの破壊状況

N-3とN-5では、破壊範囲が基部から第1ダイアフラム（横リブ）にかけて全体におよび、充填高の1/4～1/3の位置で最深となっていた。

N-4では、フランジ面でわずかな破壊が見られたほかは、全く破壊は見られなかった。

3.2.3 終局耐力・終局変位

文献12)、13)に従い、材料強度に材料試験結果を用いた場合の計算終局耐力と終局変位は、N-3、N-5において、実験における最大荷重と最大荷重時の水平変位にほぼ一致していた。N-4については、当初の予測通り鋼中空部の局部座屈で終局状況に至り、計算時の条件である、終局状況は柱基部で生じるという状況とは異なったため、実験結果と計算結果の比較はできなかった。

[参考文献]

- 1) 日本道路協会：「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様」の準用に関する参考資料(案), pp. 参-1~参-25, (平成7年6月) [但し、「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様」は平成7年2月27日に建設省より関係機関に通知された。]
- 2) 日本道路協会：「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様」の準用に関する参考資料(案), (平成7年6月)
- 3) 宇佐美 勉、水谷慎吾、青木徹彦、伊藤義人、安波博道：補剛箱形断面鋼圧縮部材の繰返し弾塑性挙動に関する実験的研究, (構造工学論文集, Vol. 38A, pp. 105-117, 1992年3月)
- 4) 宇佐美 勉、葛 漢彬、水谷慎吾：コンクリートを部分的に充填した無補剛箱形鋼柱の繰返し弾塑性挙動, (構造工学論文集, Vol. 39A, pp. 249-262, 1993年3月)
- 5) 葛 漢彬、宇佐美 勉、戸谷和彦：繰返し荷重を受けるコンクリート充填鋼柱の強度と変形性能に関する研究, (構造工学論文集, Vol. 40A, pp. 163-176, 1994年3月)
- 6) 才塚邦宏、木曾英滋、宇佐美 勉、伊藤義人：コンクリートを部分的に充填した鋼製橋脚のハイブリッド地震応答実験, (構造工学論文集, Vol. 41A, pp. 277-288, 1995年3月)
- 7) 土木学会鋼構造委員会鋼構造新技術小委員会：鋼構造の新技術に関する調査研究・報告書(中間報告), (1993年3月)
- 8) 土木学会鋼構造委員会鋼構造新技術小委員会：鋼構造の新技術に関する調査研究・報告書(中間報告), (1994年3月)
- 9) 中井 博、北田俊行、吉川 紀、中西克佳、尾山達巳：コンクリートを充填した長方形箱形断面柱の耐力と変形性能に関する実験的研究, (構造工学論文集, Vol. 39A, pp. 1347-1360, 1993年3月)
- 10) 中井 博、北田俊行、中西克佳、杉山 功、河野康史：地震荷重を受けた後の合成柱(充填形式)の耐力, (構造工学論文集, Vol. 40A, pp. 1401-1412, 1994年3月)
- 11) Kawashima, K., MacRae, G. A., Hasegawa, K., Ikeuchi, T. and Oshima, K. : Ductility of Steel Bridge Piers from Dynamic Loading Tests. *Stability and Ductility of Steel Structures under Cyclic Loading*, Y. Fukumoto and G. Lee, ed., CRC press, Florida, pp. 149-162, 1992
- 12) 宇佐美 勉、鈴木 森晶、Iraj, H. P. Mamaghani、葛 漢彬：コンクリートを部分的に充填した鋼製橋脚の地震時保有水平耐力照査法の提案, (土木学会論文集, No. 525/ I -33, pp. 69-82, 1995年10月)
- 13) 葛西 昭、宇佐美 勉、葛 漢彬：コンクリート部分充填鋼製橋脚の破壊基準と最適充填高さに関する研究, (土木学会第51回年次学術講演会講演概要集 I -A17 pp. 34-35, 1996年9月)

鋼製橋脚の耐震設計法に関する研究会名簿

〔第1回研究会（平成7年8月1日）、第2回研究会（平成7年11月14日）時点〕

本研究を進めるにあたり、委員の方々から貴重なご意見を賜った。ここに記して謝意を表します。

座長	横山 功一	建設省土木研究所構造橋梁部長
委員	青木 徹彦	愛知工業大学工学部土木工学科教授
	家村 浩和	京都大学工学部土木工学科教授
	宇佐美 勉	名古屋大学工学部土木工学科教授
	北田 俊行	大阪市立大学工学部土木工学科助教授
	後藤 芳顕	名古屋工業大学工学部社会開発工学科教授
	崎元 達郎	熊本大学工学部土木環境工学科教授
	杉浦 邦征	京都大学工学部土木工学科助教授
	中井 博	大阪市立大学工学部土木工学科教授
	長井 正嗣	長岡技術科学大学工学部建設系助教授
	福本 秀士	大阪大学工学部土木工学科教授
	藤野 陽三	東京大学工学部土木工学科教授
	藤原 稔	東北大学工学部土木工学科教授
	増田 陳紀	武蔵工業大学工学部土木工学科教授
	三木 千寿	東京工業大学工学部土木工学科教授
	依田 照彦	早稲田大学理工学部土木工学科教授
	渡邊 英一	京都大学工学部土木工学科教授
	西川 和廣	建設省土木研究所構造橋梁部橋梁研究室長
	大塚 久哲	〃 地震防災部耐震研究室長
	運上 茂樹	〃 地震防災部耐震研究室主任研究員
	寺山 徹	〃 地震防災部耐震研究室主任研究員
	村越 潤	〃 構造橋梁部橋梁研究室主任研究員
	山本 悟司	〃 構造橋梁部橋梁研究室研究員
	上仙 靖	〃 構造橋梁部橋梁研究室研究員
	岩城 達思	〃 構造橋梁部橋梁研究室交流研究員
	三百田健治	日本道路公団技術部構造技術課課長代理
	緒方 辰男	〃 技術部構造技術課
	柄川 伸一	首都高速道路公団工務部設計技術課課長補佐
	田嶋 仁志	〃 工務部設計技術課設計基準班長
	堀江 佳平	阪神高速道路公団工務部設計課設計係長
	乙黒 幸年	〃 保全施設部保全技術課
	大橋 治一	本州四国連絡橋公団設計第二課課長代理
	安波 博道	新日本製鐵(株)鉄鋼研究所鋼構造研究開発センター主任研究員
	名取 暢	(株)横河ブリッジ技術本部研究所研究課長
事務局	植野 芳彦	(財)国土開発技術研究センター研究第二部上席主任研究員
	大場 敦史	〃 研究第二部研究員

鋼製橋脚の耐震設計法に関する研究体制

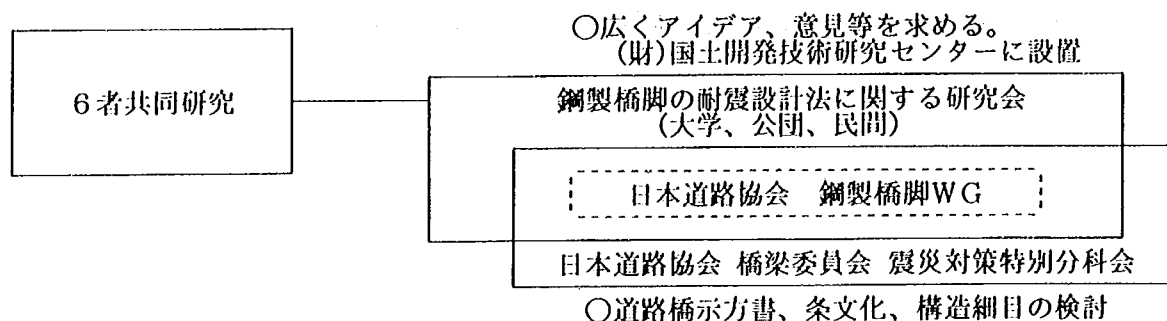


図 表

1. 実験概要

表2.1.1 主なパラメータ (矩形断面)

供試体	種類	荷重 方法 ^{*1)}	軸力比 $N/N_M^{*2)}$	幅厚比 $R_R^{*3)}$	幅厚比 $R_F^{*4)}$	リブ剛度 $\gamma_1/\gamma_1^{*5)}$	リブ剛度 $\gamma_1/\gamma_{1,req}^{*6)}$	中詰めコン クリートの高さ (mm)	実験 年度	実験 場所
N-3	充填	1	0.133 (中空部)	0.491	0.481	1.044	1.196	1090	119	土研
N-4	充填	1	0.131 (中空部)	0.733	0.972	0.524	0.524	1030	119	土研
N-5	充填	1	0.131 (中空部)	0.733	0.972	0.524	0.524	1030	119	土研

ここに、*1) “数字” は正負交番繰り返し荷重における繰り返し回数をさす (図-2.2.2 参照)。

*2) N : 軸力 (tf)、 N_M : 降伏軸力 (tf)、 A : 断面積 (cm²)、 σ_y : 材料降伏点 (kgf/cm²)

$$*3) R_R: \text{補剛材間のパネルの幅厚比パラメータ} \quad \left(= \frac{b}{t} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E} \frac{12(1-\mu^2)}{\pi^2 k_R}} \right)$$

t : 板厚 (cm)

b : 補剛板の全幅 (cm)、 E : ヤング係数 (2.1×10^6 kgf/cm²)、 μ : ポアソン比 (=0.3)

k_R : 座屈係数 (=4 n^2)、 n : 縦方向補剛材によって区切られるパネル数 ($n \geq 2$)

$$*4) R_F: \text{補剛板全体の幅厚比パラメータ} \quad \left(= \frac{b}{t} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E} \frac{12(1-\mu^2)}{\pi^2 k_F}} \right)$$

$$k_F: \text{座屈係数} \quad k_F = \frac{(1+\alpha^2)^2 + n\gamma_1}{\alpha^2(1+n\delta_1)} \quad (\alpha \leq \alpha_0)$$

$$k_F = \frac{2(1+\sqrt{1+n\gamma_1})}{1+n\delta_1} \quad (\alpha > \alpha_0)$$

$$\gamma_1: \text{縦方向補剛材の剛比} \quad \left(= \frac{I_1}{bt^3} \right)$$

α : 補剛材の縦横寸法比、 $\alpha = a/b$

α_0 : 限界縦横寸法比、 $\alpha_0 = \sqrt{1+n\gamma_1}$

I_1 : 縦方向補剛材 1 個の断面二次モーメント (cm⁴)

A_1 : 縦方向補剛材 1 個の断面積 (cm²)

$$\delta_1: \text{補剛材の断面積比} \quad \left(= \frac{A_1}{bt} \right)$$

*5) γ_1^* : 補剛材の限界剛比 (弾性座屈理論による)

$$\gamma_1^* = \begin{cases} \frac{4a^2n(1+n\delta_1) - (1+\alpha^2)^2}{n} & (\alpha < \sqrt{1+n\gamma_1}) \\ \frac{1}{n} \left[\left\{ 2n^2(1+n\delta_1) - 1 \right\}^2 - 1 \right] & (\alpha \geq \sqrt{1+n\gamma_1}) \end{cases}$$

*6) $\gamma_{1,req}$: 補剛材の必要剛比

名古屋高速道路公社 供試体 N-3 (その1)

H9.5.13 ゲージ線用孔追加
H9.5.16 ゲージ線用孔位置変更

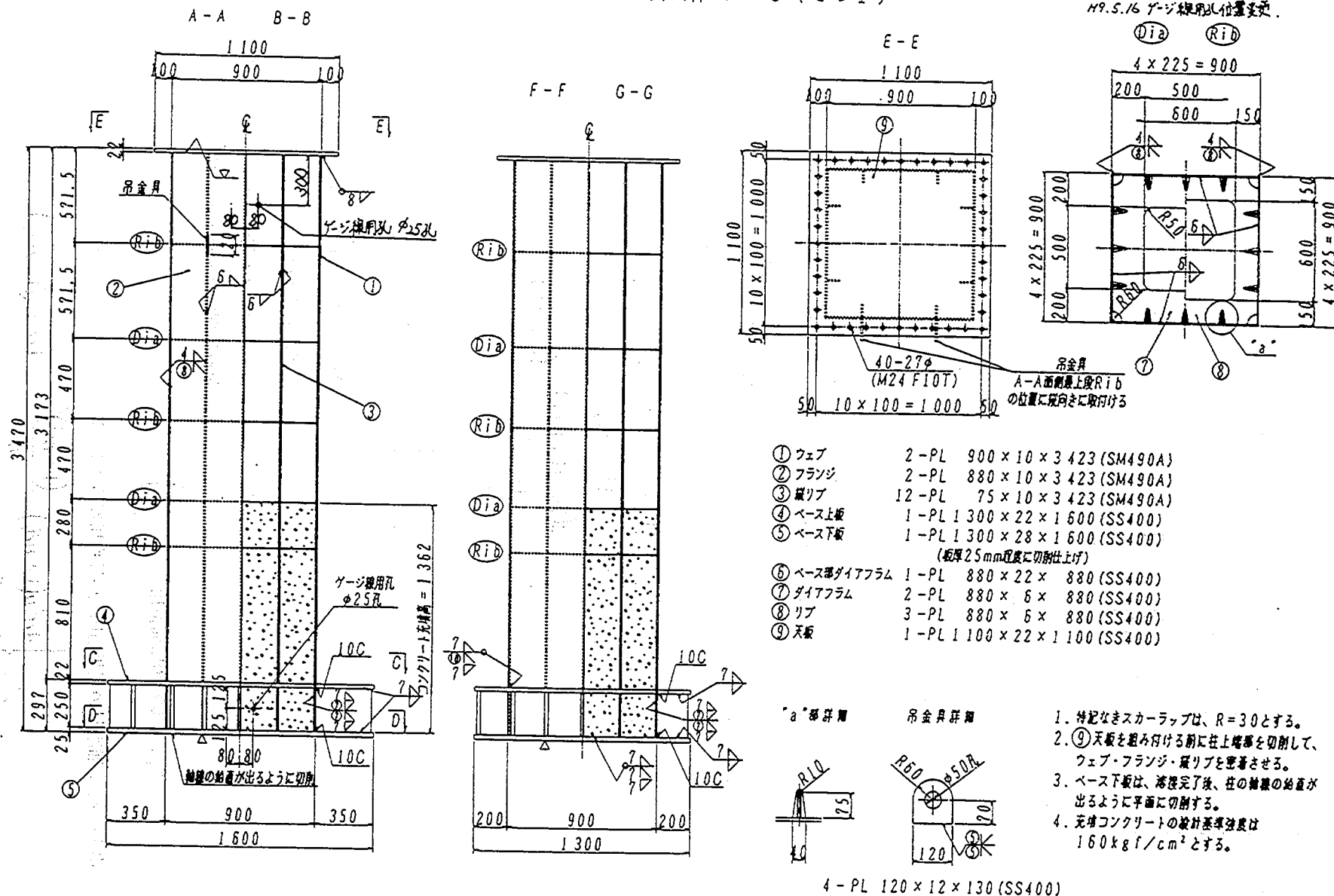


図-2.1.1(1) 矩形断面供試体の形状・寸法 (N-3)

＜ベース部構造図＞

名古屋高速道路公社 供試体 N-4 (その2)

＜ベース部構造図＞

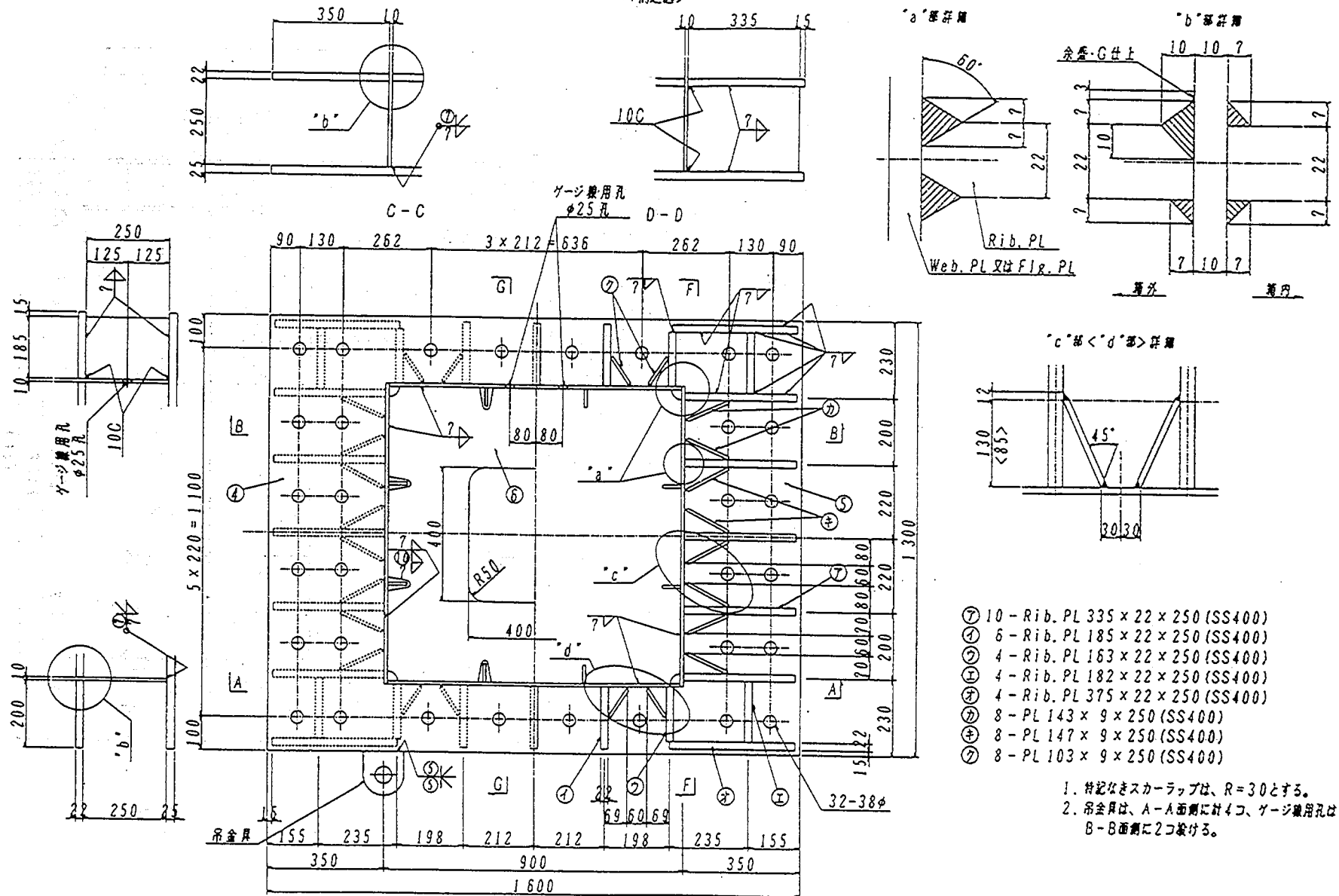


図-2.1.1(4) 矩形断面供試体の形状・寸法 (N-4)

名古屋高速道路公社 供試体 N-5 (その2)

<ベース部構造図>

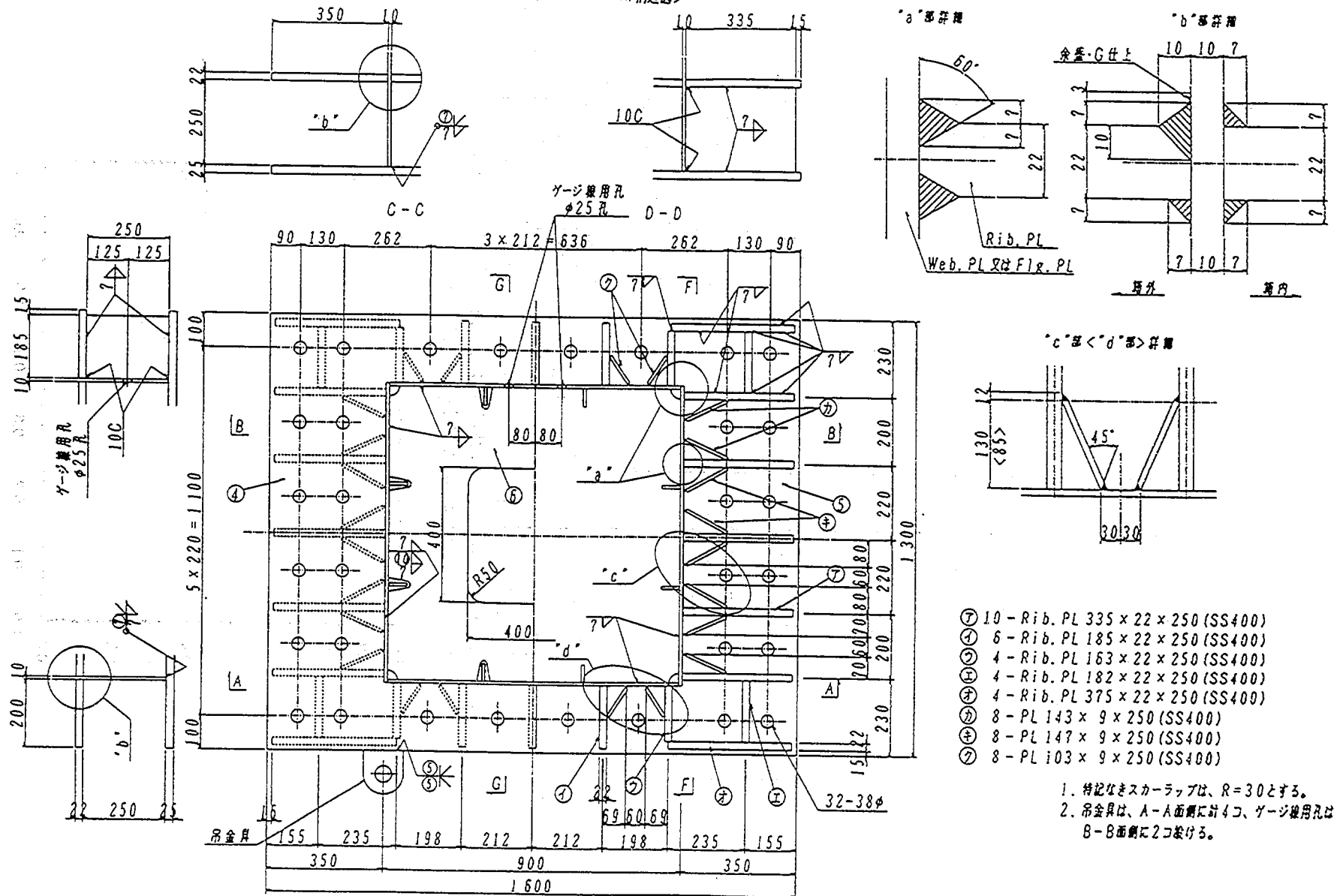


図-2.1.1(6) 矩形断面供試体の形状・寸法 (N-5)

表-2.1.2 供試体諸元一覧表

				N - 3	N - 4	N - 5	備 考
主要材質				SM490	SM490	SM490	
フランジ、ウェブ厚			mm	10	9	9	
ダイヤフラム(横リブ)間隔	コンクリート部		mm	810	1030	1030	
	鋼断面部		mm	470	1030	1030	
縦リブ断面	コンクリート部		mm	75*10	56*9	56*9	
	鋼断面部		mm	75*10	56*9	95*14	
縦リブ分割数				4	3	3	
縦リブ間隔			mm	225	300	300	
ダイヤフラム(横リブ) 厚			mm	6	6	6	SS400
充填コンクリート高			mm	1090	1030	1030	上ベースから
幅厚比 パラメータ	コンクリート部	板要素RR		0.462	0.684	0.684	
		補剛材RF		0.452	0.868	0.868	
		縦リブRH		0.470	0.390	0.390	
	鋼断面部	板要素RR		0.462	0.684	0.684	
		補剛材RF		0.268	0.868	0.395	
		縦リブRH		0.470	0.390	0.425	
縦リブ 剛比	コンクリート部	γI		17.188	8.833	8.833	
		$\gamma *$		16.461	16.873	16.873	
		$\gamma Ireq$		14.369	16.873	16.873	
		$\gamma I / \gamma *$		1.044	0.524	0.524	
		$\gamma I / \gamma Ireq$		1.196	0.524	0.524	
	鋼断面部	γI		17.188	8.833	67.081	
		$\gamma *$		5.413	16.873	21.681	
		$\gamma Ireq$		4.709	16.873	21.681	
		$\gamma I / \gamma *$		3.175	0.524	3.094	
		$\gamma I / \gamma Ireq$		3.650	0.524	3.094	
断面積		A	cm ²	446.0	361.1	361.1	
断面 2 次モーメント		I	cm ⁴	558342	463429	463429	
断面係数		Z	cm ³	12408	10298	10298	
鉛直荷重		PN	tf	214.1	173.3	173.3	0.15*σY
水平荷重		Py	tf	98.3	81.6	81.6	

注) P_N、P_Yの計算においては、鋼材強度は公称値を使用している。
また、コンクリートは有効断面には含んでいない。

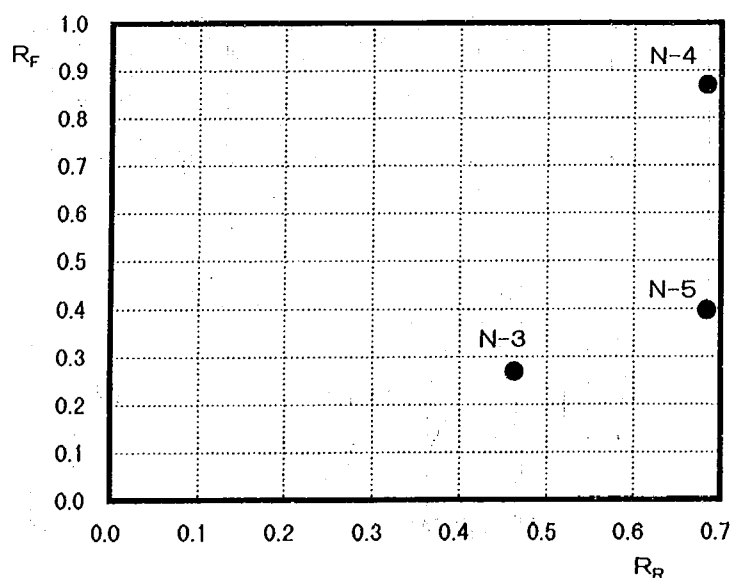
図-2.1.2 中空鋼断面部の R_R 、 R_F の関係

表-2.1.3 材料試験結果(鋼材)

試験体	鋼種	公称板厚 (mm)	試験体の 採取方向	試験体に使用 する部位	製作図面の 番号		板厚 (mm)	弾性係数 (kgf/cm ²)	ポアソン比	上降伏点 (kgf/cm ²)	下降伏点 (kgf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)	破断伸び (%)
N-3	SM490A	10	ロール方向	ウェブ, フランジ	①、②	No.1	9.68	2.07×10 ⁶	0.27	3743	3661	5530	36.4
						No.2	9.63	2.09×10 ⁶	0.27	3773	3629	5503	38.9
						No.3	9.60	2.11×10 ⁶	0.28	3761	3644	5527	38.5
						平均	9.64	2.09×10 ⁶	0.27	3759	3645	5520	37.9
	SM490A	10	ロール直角方向	ウェブ, フランジ	①、②	No.1	9.69	2.11×10 ⁶	0.28	3696	3605	5480	35.2
						No.2	9.74	2.09×10 ⁶	0.27	3677	3541	5484	35.8
						No.3	9.70	2.11×10 ⁶	0.27	3759	3595	5472	34.5
						平均	9.71	2.10×10 ⁶	0.27	3711	3580	5479	35.2
	SM490A	10	ロール方向	縦補剛材	③	No.1	9.66	2.11×10 ⁶	0.27	3758	3621	5554	37.3
						No.2	9.65	2.10×10 ⁶	0.28	3677	3574	5495	38.4
						No.3	9.68	2.12×10 ⁶	0.27	3733	3651	5495	38.2
						平均	9.66	2.11×10 ⁶	0.27	3723	3615	5515	38.0
N-4 N-5	SM490A	9	ロール方向	ウェブ, フランジ	①、②	No.1	9.08	2.08×10 ⁶	0.27	3777	3689	5489	36.4
						No.2	9.08	2.10×10 ⁶	0.27	3752	3664	5463	38.5
						No.3	9.10	2.09×10 ⁶	0.26	3908	3702	5499	37.1
						平均	9.09	2.09×10 ⁶	0.27	3812	3685	5484	37.3
	SM490A	9	ロール直角方向	ウェブ, フランジ	①、②	No.1	9.24	2.12×10 ⁶	0.28	3768	3630	5467	35.3
						No.2	9.24	2.14×10 ⁶	0.27	3866	3702	5507	37.3
						No.3	9.24	2.13×10 ⁶	0.27	3803	3630	5519	36.8
						平均	9.24	2.13×10 ⁶	0.27	3812	3654	5498	36.5
	SM490A	9	ロール方向	縦補剛材	③	No.1	9.09	2.07×10 ⁶	0.27	3841	3643	5465	39.2
						No.2	9.09	2.06×10 ⁶	0.26	3844	3713	5445	37.5
						No.3	9.12	2.08×10 ⁶	0.26	3858	3705	5467	36.7
						平均	9.10	2.07×10 ⁶	0.26	3848	3687	5459	37.8
N-5	SM490A	14	ロール方向	縦補剛材	③	No.1	13.89	2.12×10 ⁶	0.27	3817	3601	5501	42.8
						No.2	13.90	2.14×10 ⁶	0.27	3798	3618	5504	42.3
						No.3	13.91	2.07×10 ⁶	0.27	3695	3615	5476	42.5
						平均	13.90	2.11×10 ⁶	0.27	3770	3611	5494	42.5

(備考) J I S 5号試験片、標点距離50mm

表-2.1.4 コンクリート材料試験結果表

	標準養生の圧縮試験結果				現場封緘養生の圧縮試験結果			
	試験体	圧縮強度 (kgf/cm ²)	弾性係数 (kgf/cm ²)	ポアソン比	試験体	圧縮強度 (kgf/cm ²)	弾性係数 (kgf/cm ²)	ポアソン比
材齢14日 N3供試体	No. 1	152	1.92×10^5	0.161	No. 1	160	2.03×10^5	0.151
	No. 2	159	2.01×10^5	0.189	No. 2	150	2.08×10^5	0.154
	No. 3	163	1.95×10^5	0.193	No. 3	163	2.14×10^5	0.178
	平均	158	1.96×10^5	0.181	平均	157	2.08×10^5	0.161
材齢21日 M4供試体					No. 1	170	2.03×10^5	0.179
					No. 2	173	1.86×10^5	0.156
					No. 3	178	2.12×10^5	0.180
					平均	174	2.00×10^5	0.172
材齢28日 N5供試体	No. 1	183	2.09×10^5	0.185	No. 1	166	2.31×10^5	0.182
	No. 2	178	1.86×10^5	0.175	No. 2	182	1.92×10^5	0.163
	No. 3	166	2.33×10^5	0.202	No. 3	166	2.03×10^5	0.217
	平均	176	2.09×10^5	0.187	平均	171	2.08×10^5	0.187

表-2.2.1 土木研究所の載荷装置の能力

Items		Specification and Performance	
Type		Horizontal type, bi-axial loading	
Specimen Size		Max. height : 3,470mm	
Loading Capacity (Static)		Axial force : Compression $\leq 3,000\text{kN}$ Stroke $\pm 100\text{mm}$	
		Horizontal force : Compression $\leq 3,000\text{kN}$ Tension $\leq 3,000\text{kN}$ Stroke $\pm 250\text{mm}$	
		Automatic mode : Load control, Displacement control Manual mode :	
Main Components	Oil Cylinder	Oil pressure : $\leq 70\text{MPa}$	
	Swivel Joint	Endurable load : 3,000kN	
	Slide Base	Endurable load : 5,000kN	
		Stroke : $\leq 500\text{mm}$	
		Friction : ≤ 0.005 coefficient	
	Restraining Equipment	Restraining force : $\leq 100\text{kN}$ Restraining range : Axial $\pm 100\text{mm}$ Horizontal $\pm 250\text{mm}$	

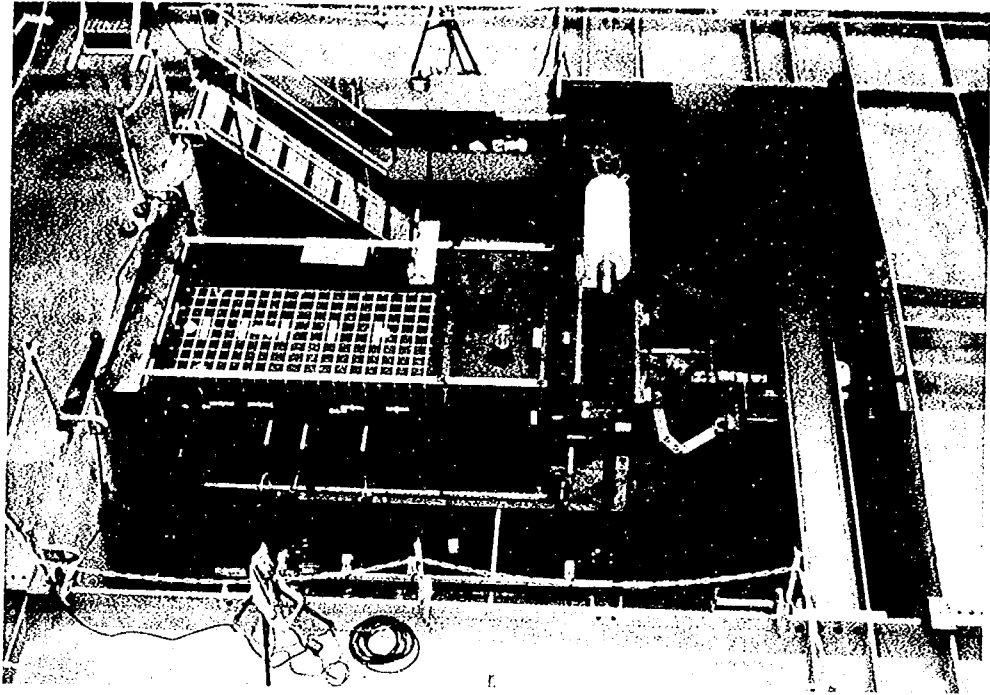


写真-2. 2. 1 土木研究所の載荷フレーム

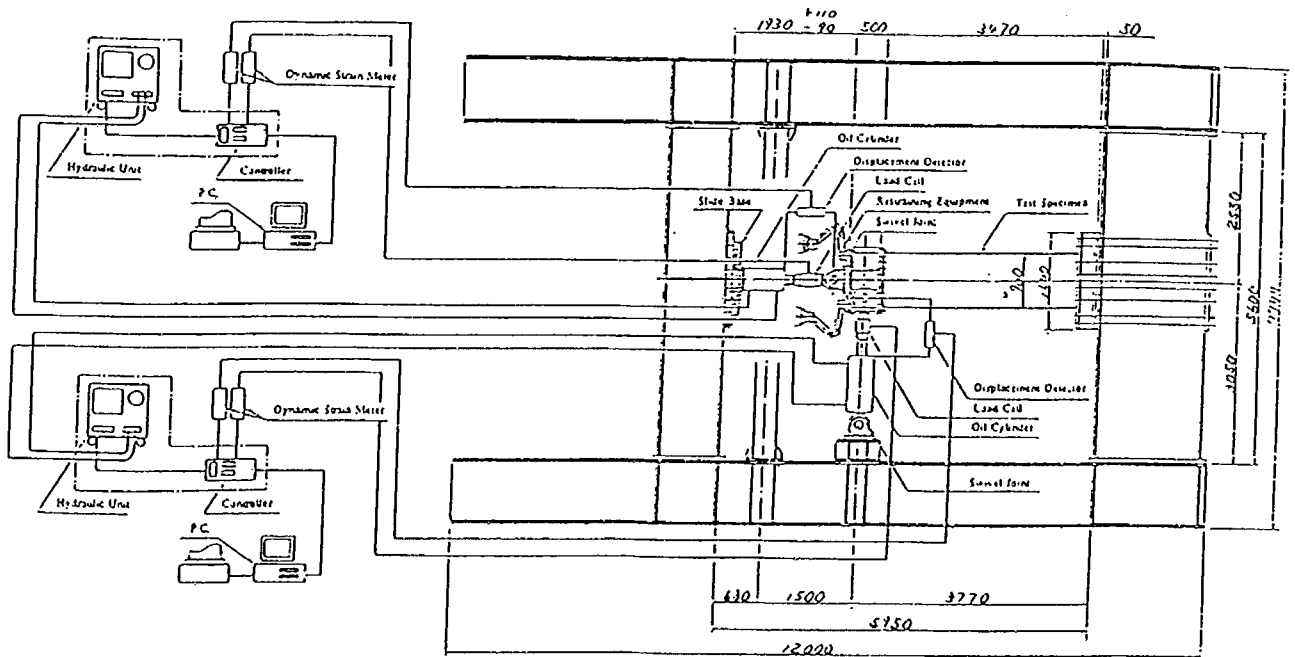


図-2. 2. 1 土木研究所の載荷フレームの形状・寸法

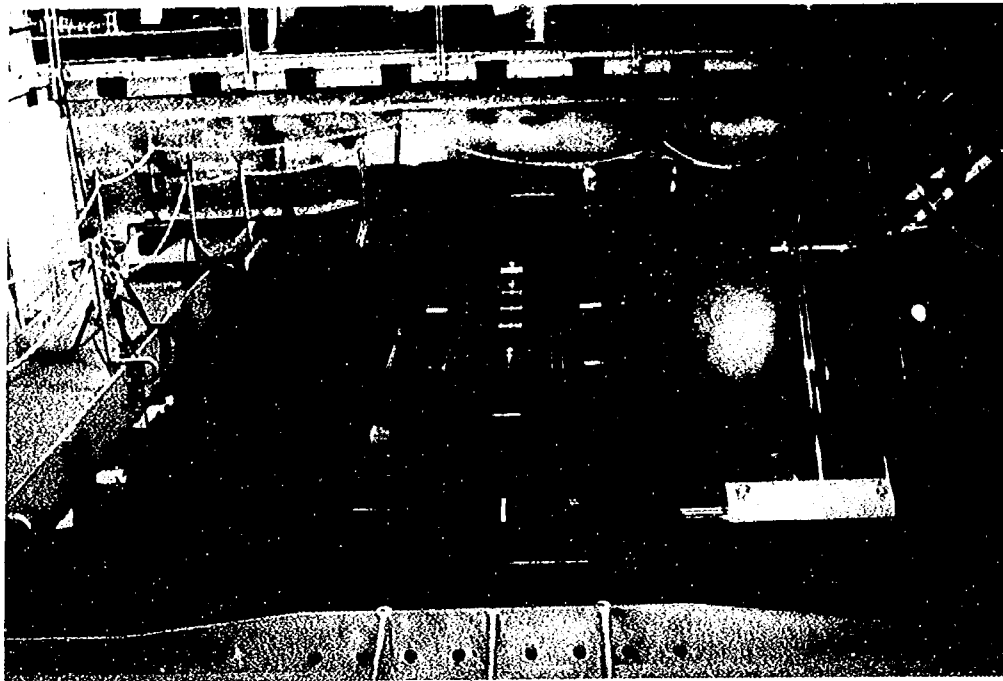


写真-2. 2. 2 供試体設置状況

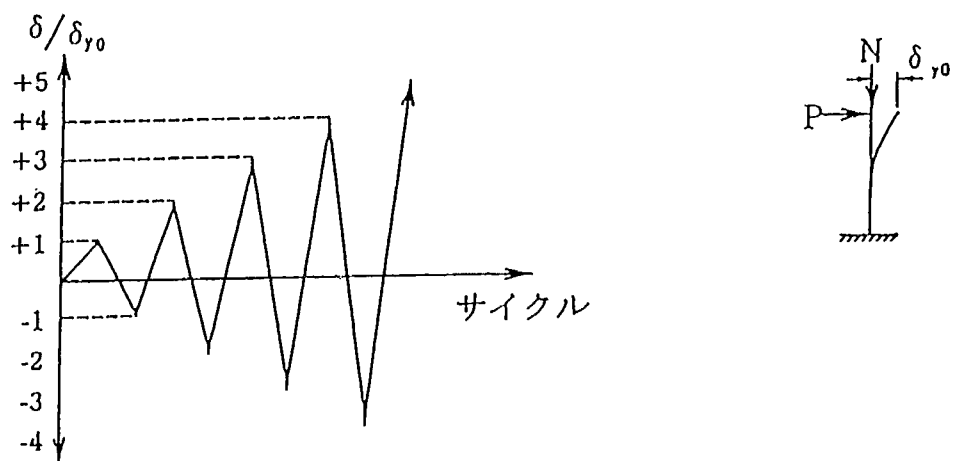


図-2. 2. 2 載荷方法

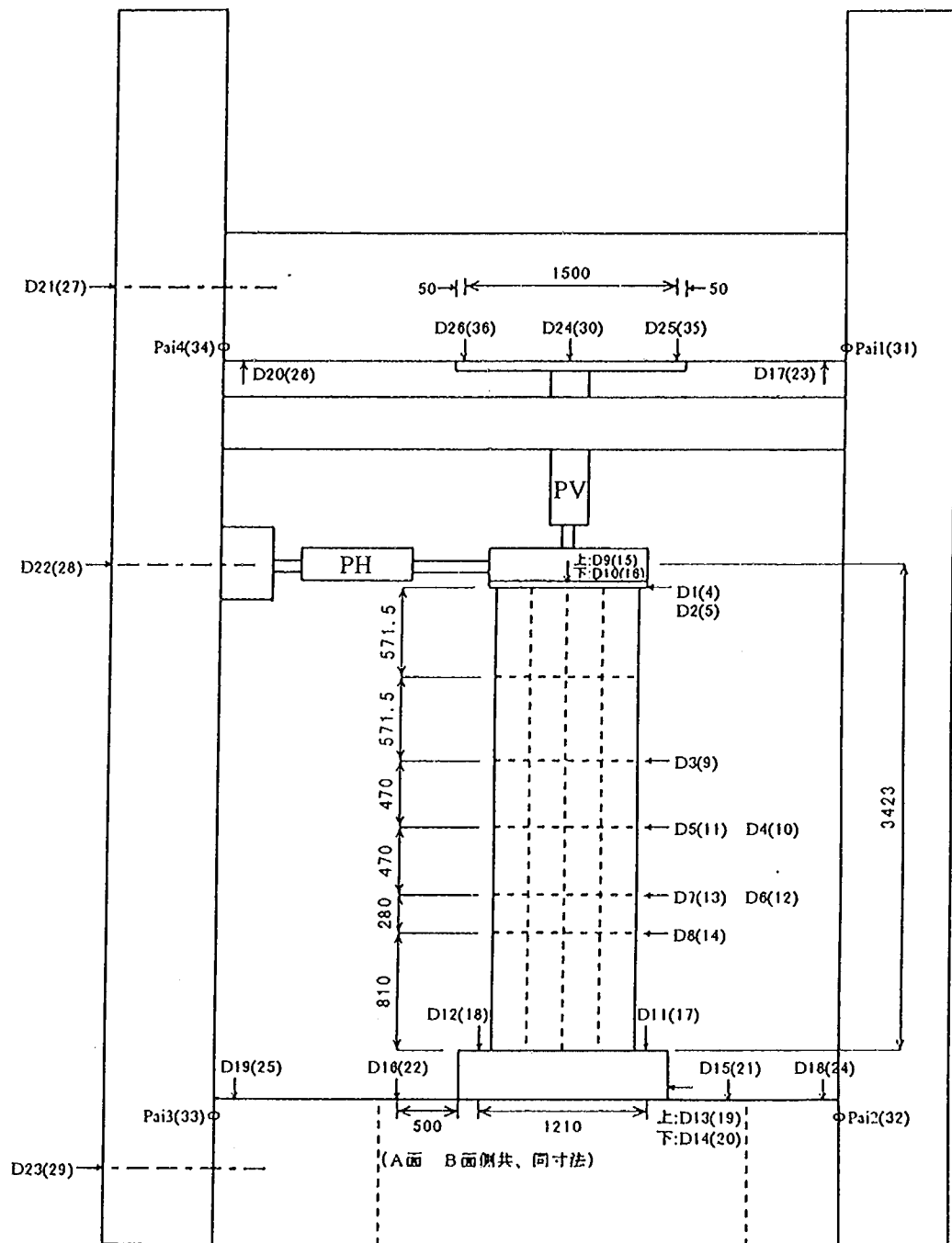
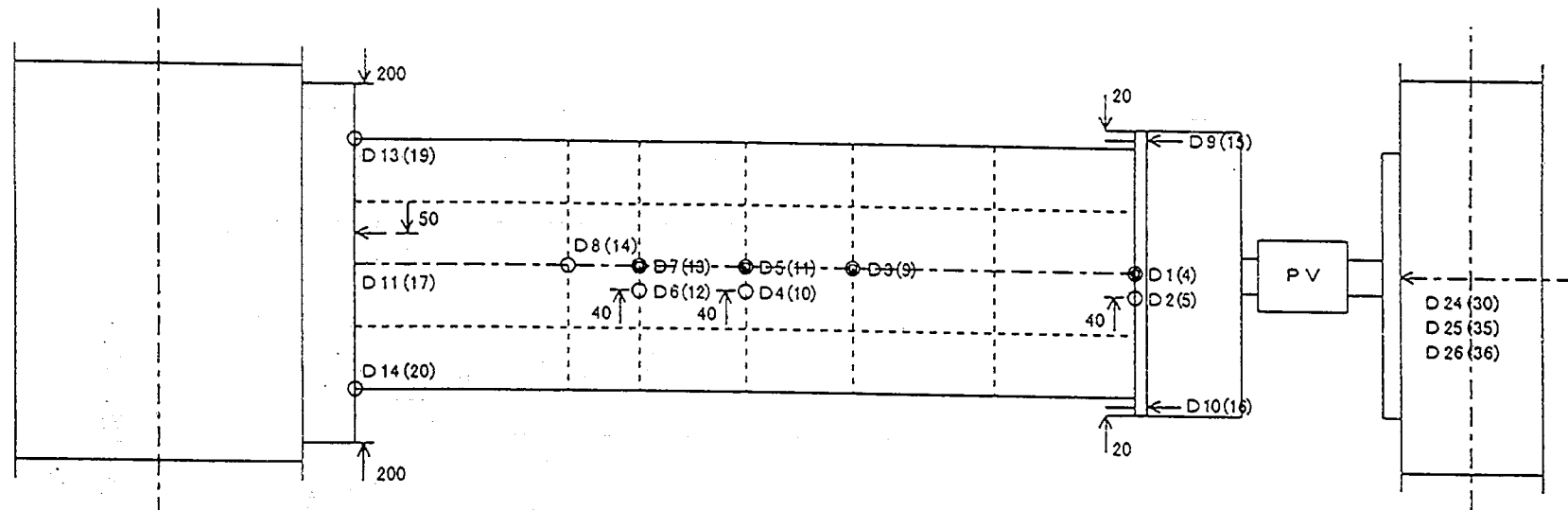


図-2.3.1(1) 供試体の変位計取り付け位置(N-3)



* 試験機の変位計は高さ方向センターに取り付ける

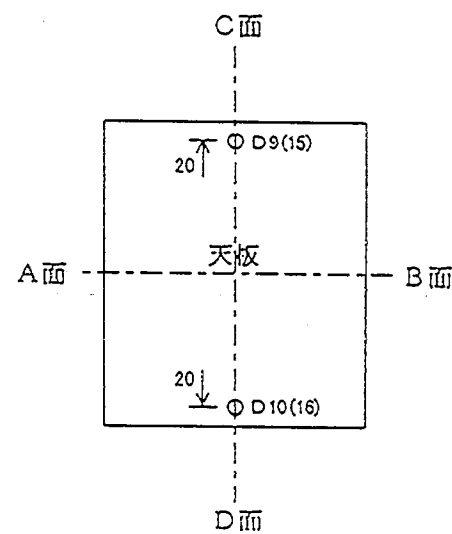
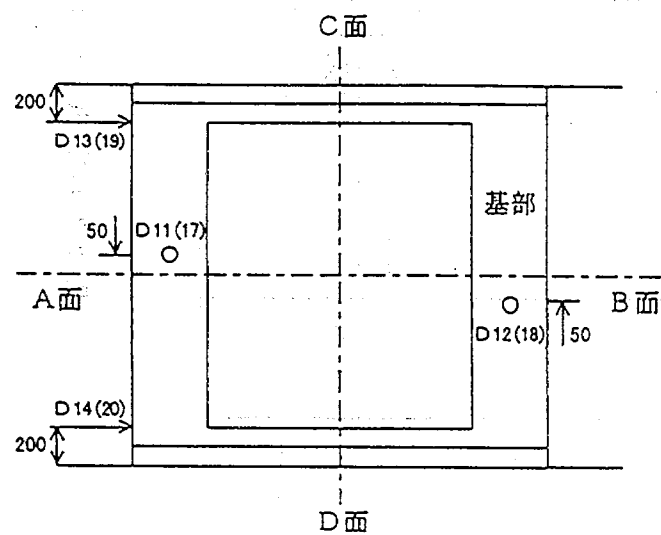
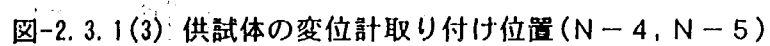
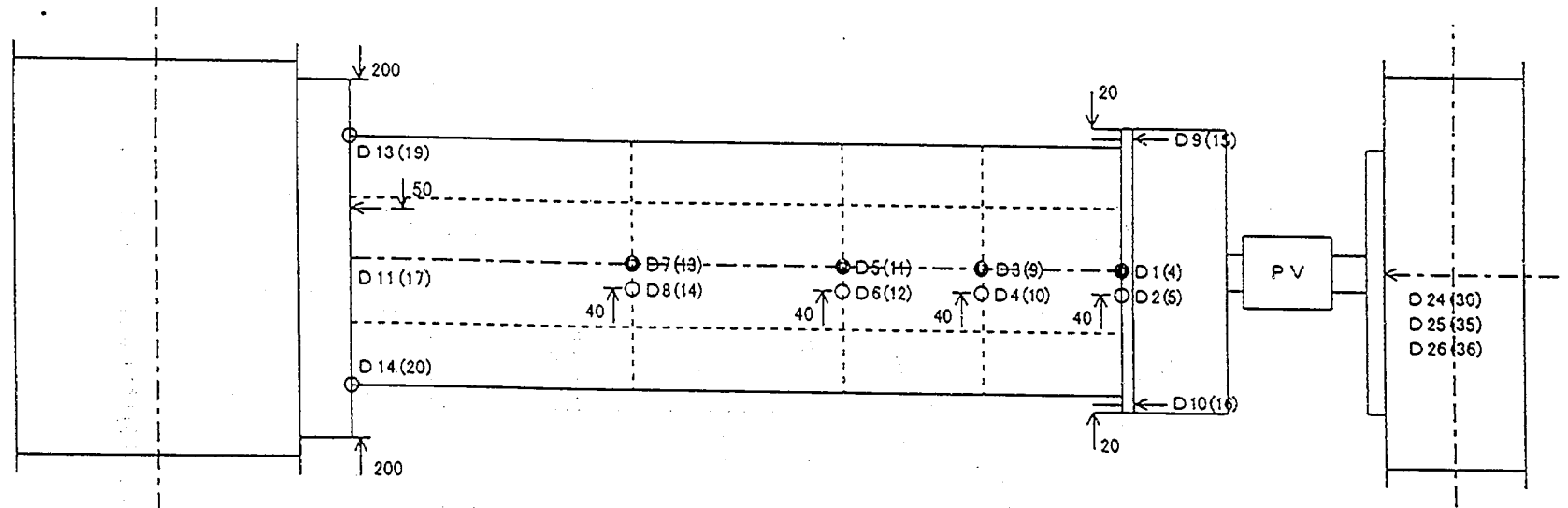


図-2.3.1(2) 供試体の変位計取り付け位置(N-3)





* 試験機の変位計は高さ方向センターに取り付ける

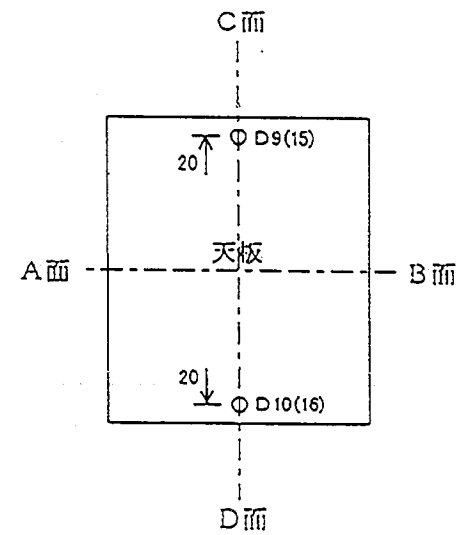
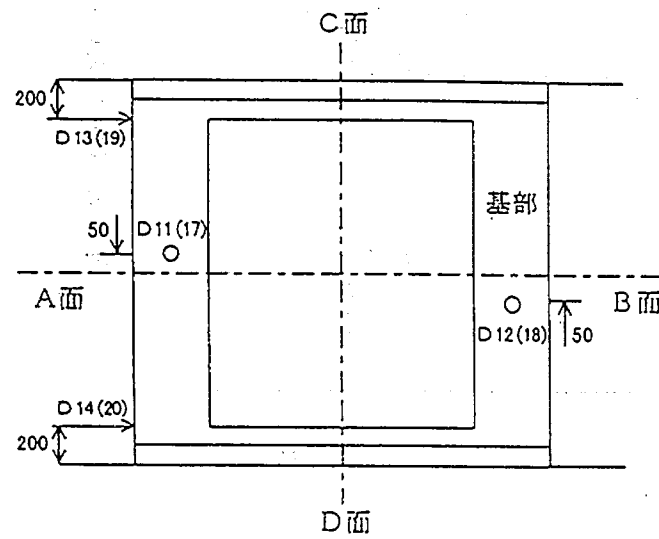
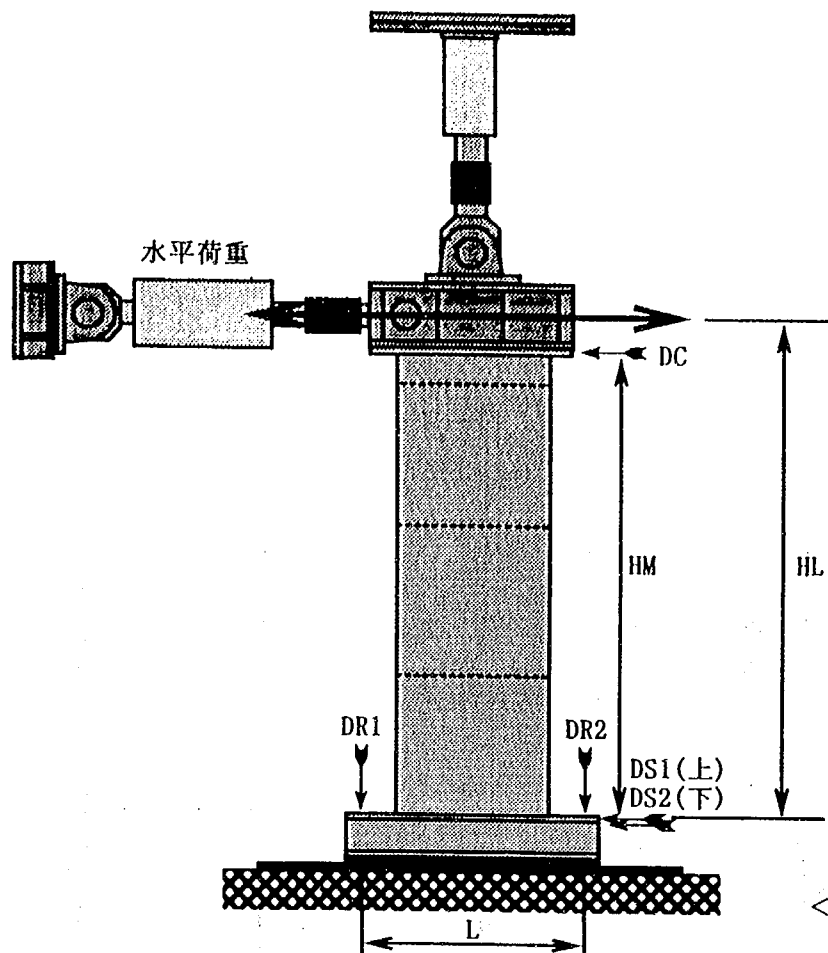


図-2.3.1(4) 供試体の変位計取り付け位置 (N-4, N-5)



<注>

$L = 1290\text{mm}$

$HM = 3173\text{mm}$

$HL = 3423\text{mm}$

変位計DCは、ワイヤ巻取り式変位計
それ以外はひずみゲージ式一般変位計

←←：変位計の取付け位置と方向

⊗：紙面に対して表面から裏面
方向に向けて取付けた場合
の変位計取付け位置と方向

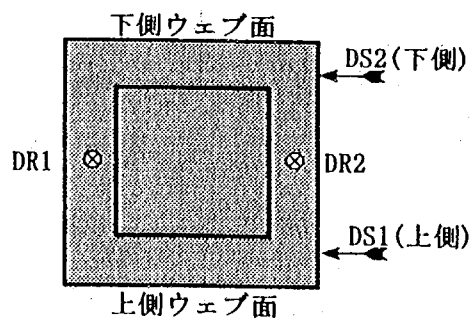
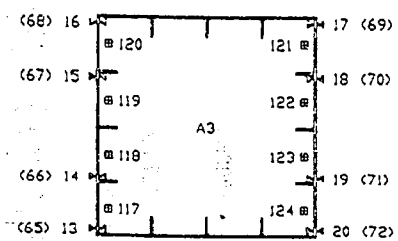
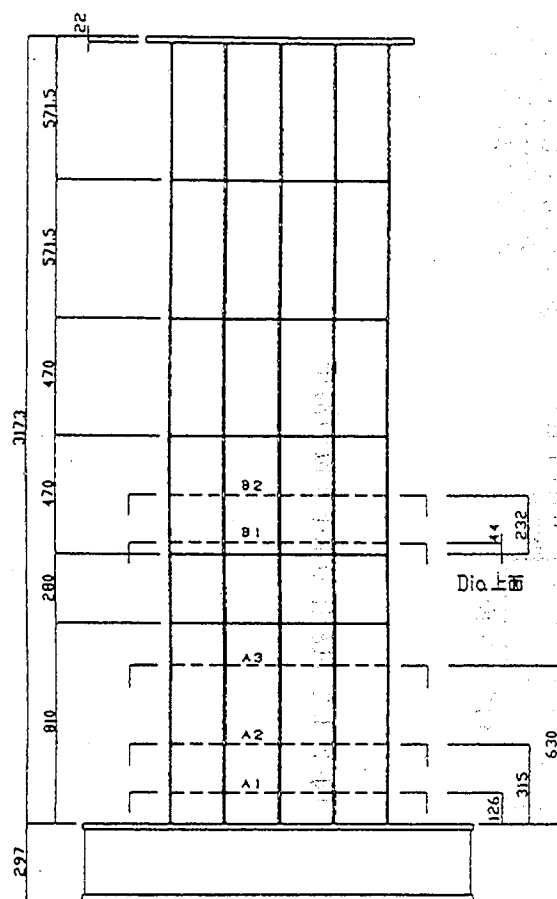


図-2. 3. 2 供試体の水平変位の補正



△ : 1 輪ゲージ
 ⊙ : 2 輪ゲージ
 ⊞ : コンクリートゲージ

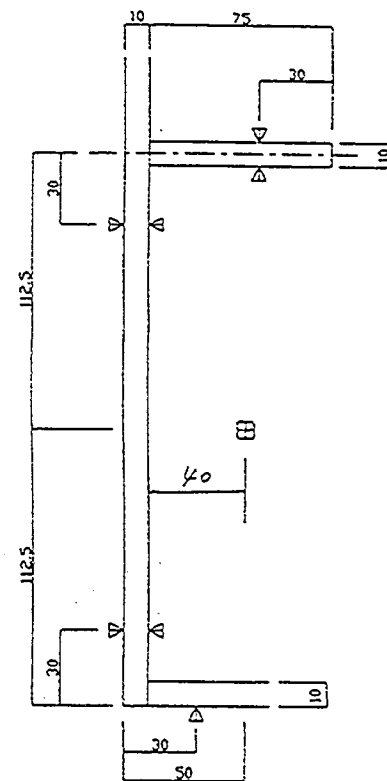
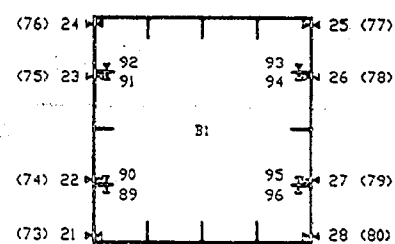
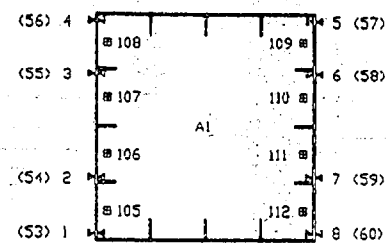
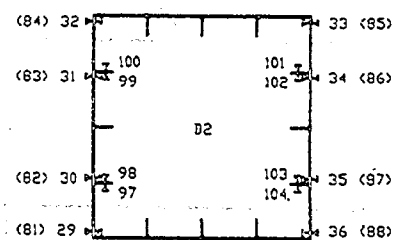
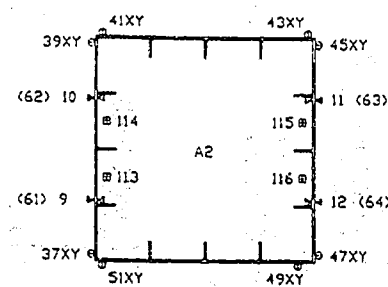
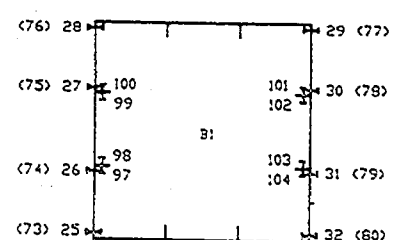
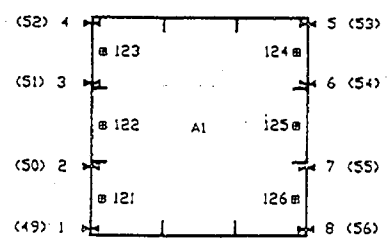
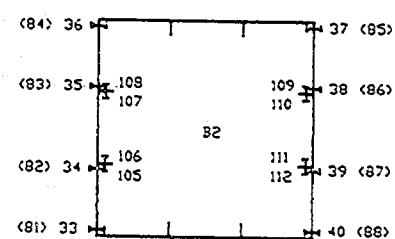
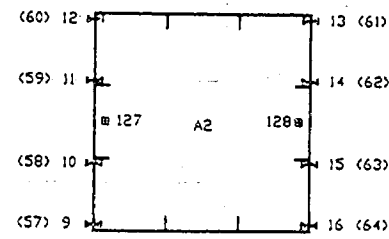
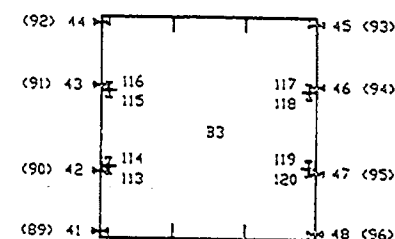
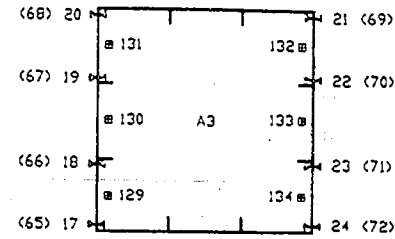
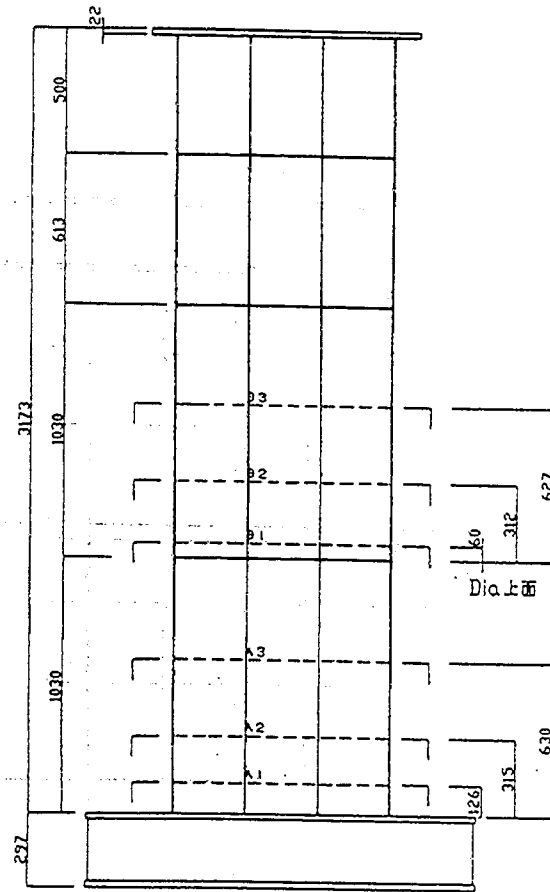


図-2.3.3(1) 供試体のひずみゲージ貼付位置(N-3)



△ : 1 輪ゲージ
 ○ : 2 輪ゲージ
 田 : コンクリートゲージ

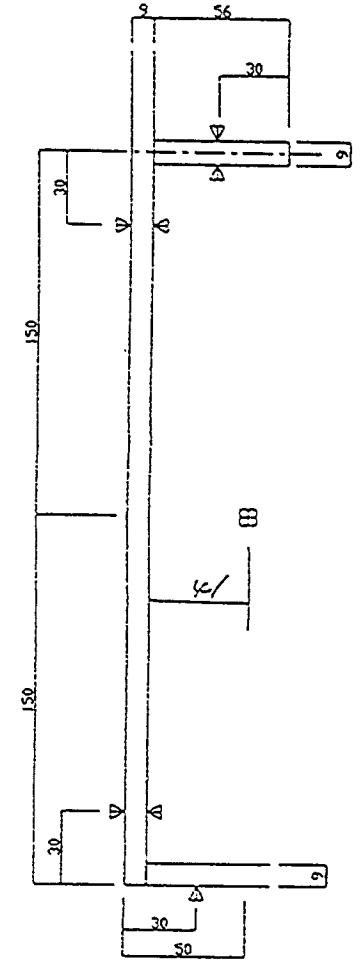


図-2.3.3(2) 供試体のひずみゲージ貼付位置(N-4)

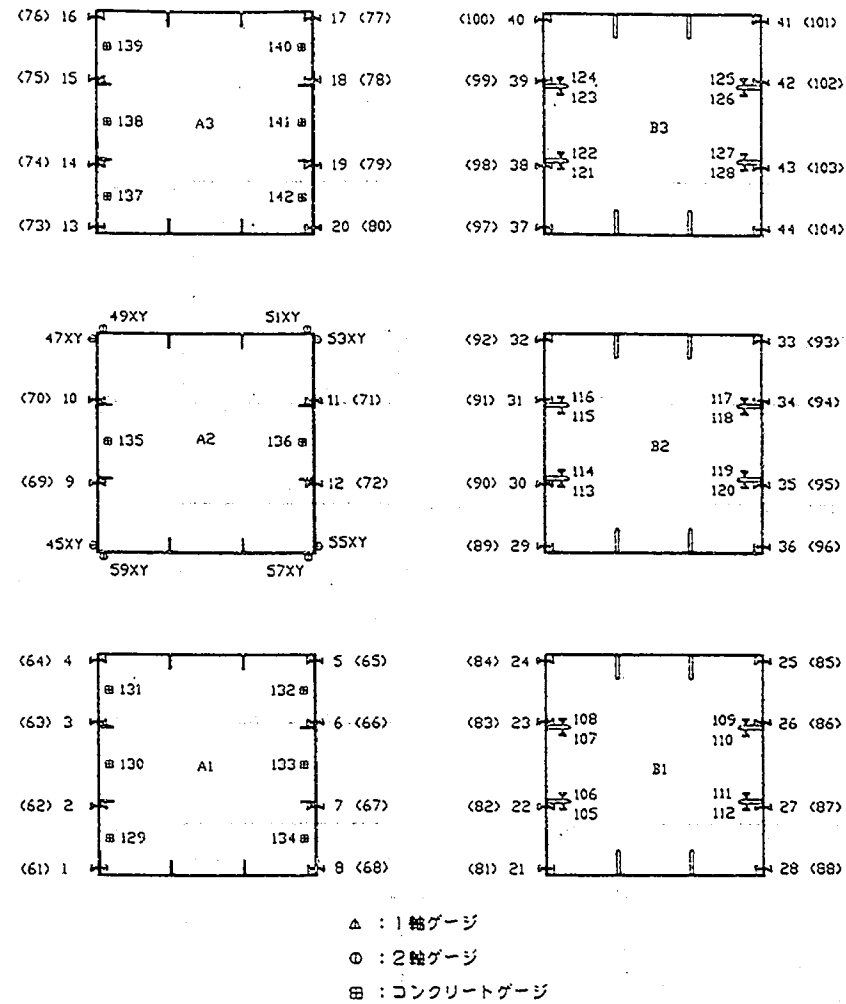
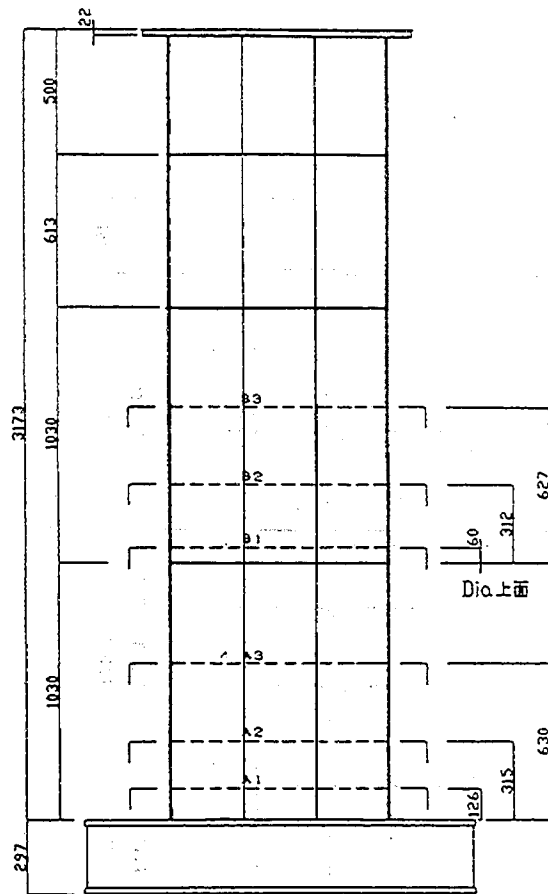
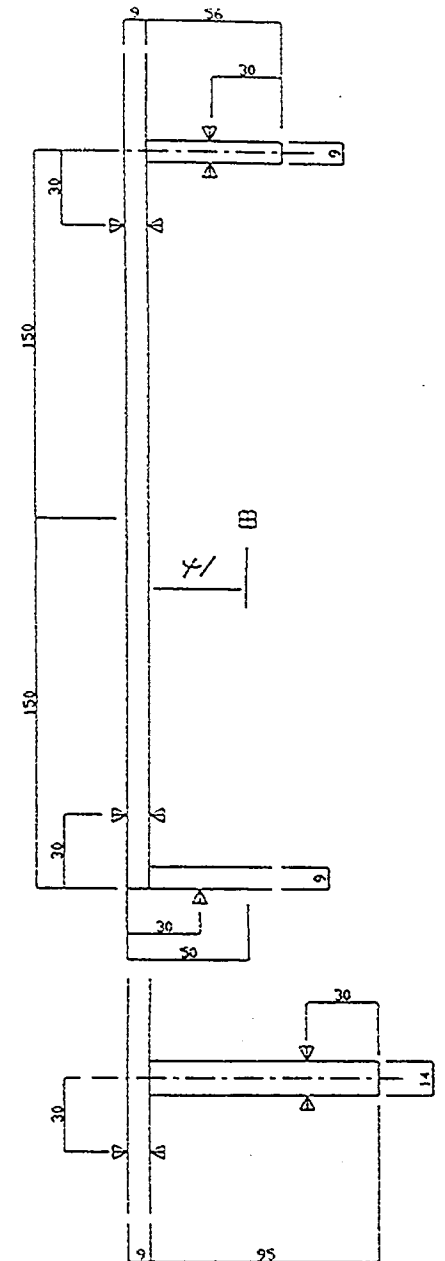


図-2. 3. 3(3) 供試体のひずみゲージ貼付位置(N-5)



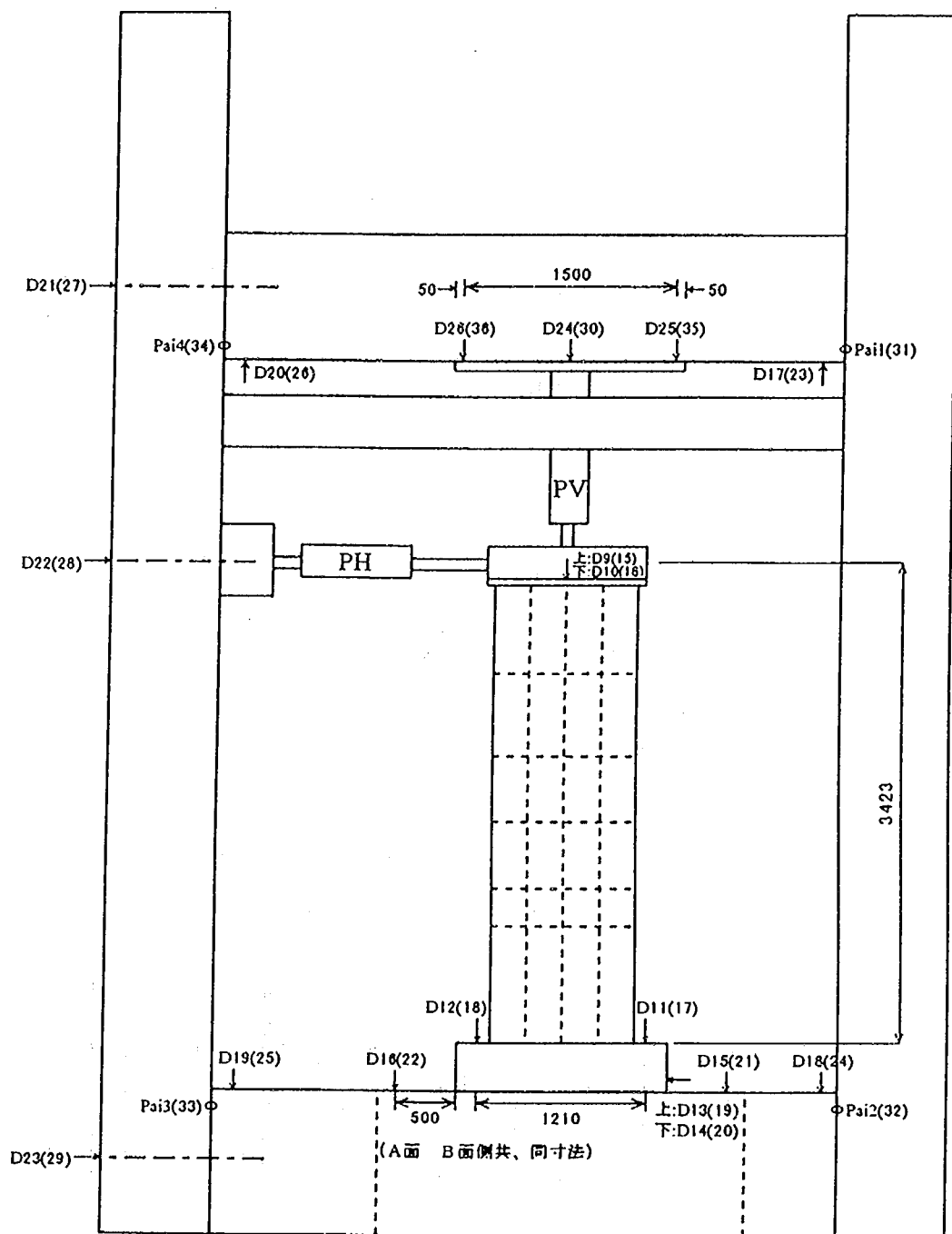


図-2. 3. 4 土木研究所の載荷フレームの変位計取付け位置

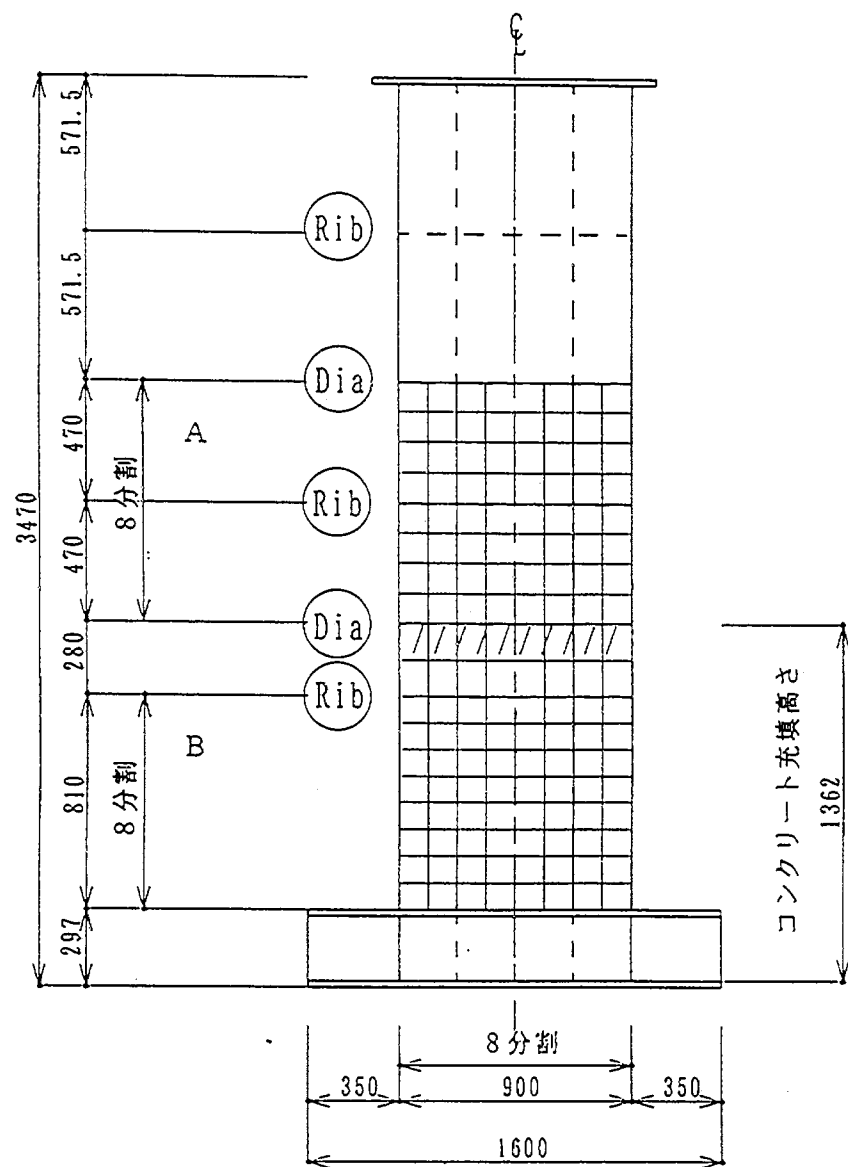


図-2.3.5(1) 面外変位の測定位置(N-3)

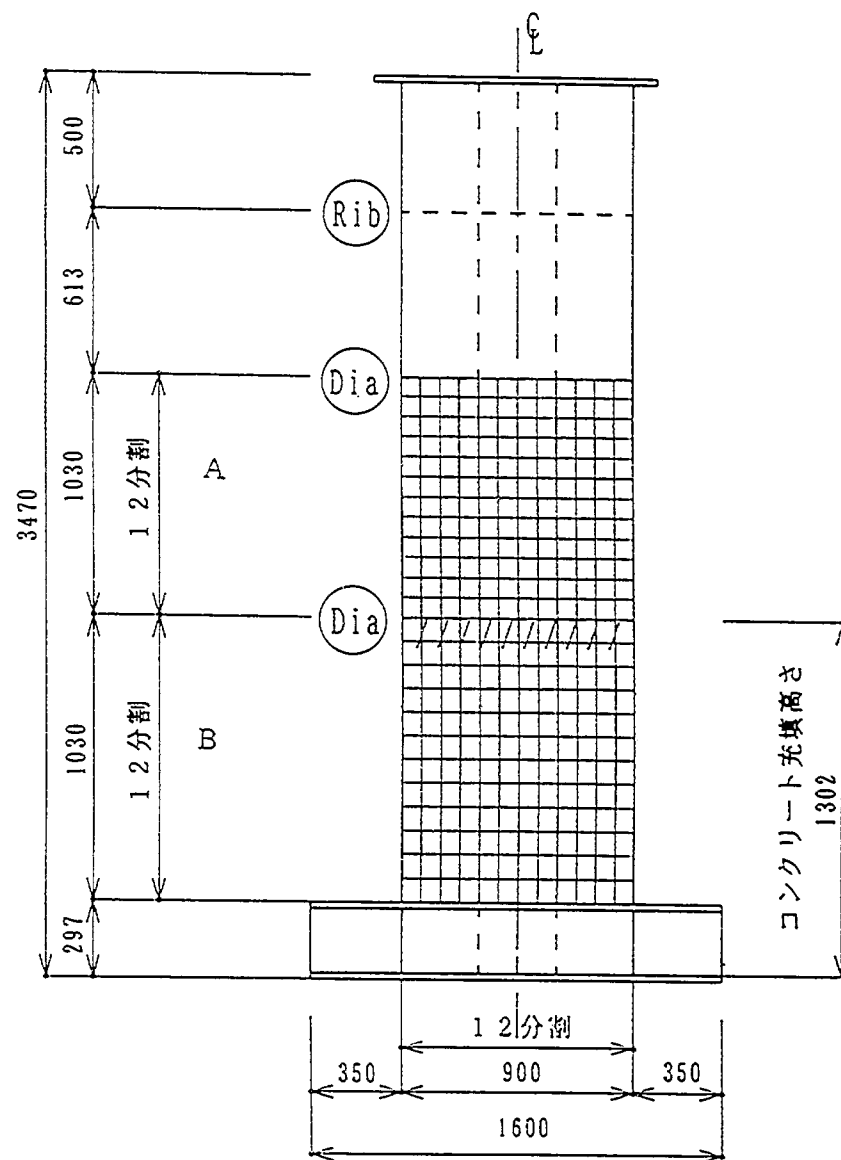


図-2.3.5(2) 面外変位の測定位置(N-4, N-5)

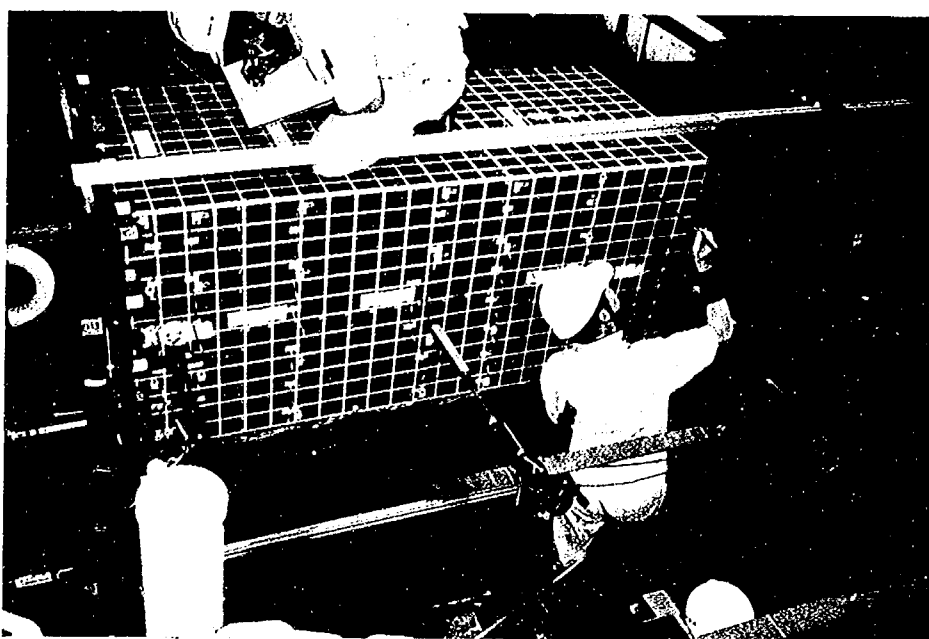


写真-2.3.1 面外変位測定状況

2. 実験結果

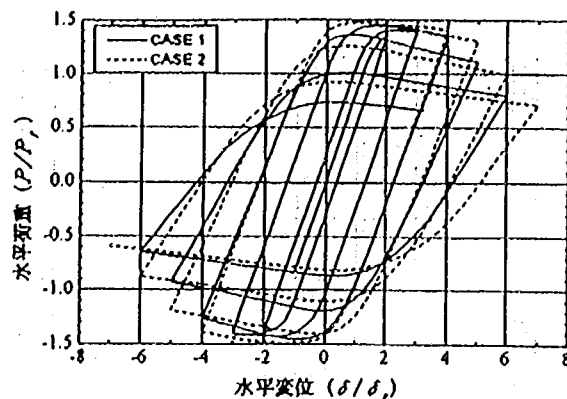
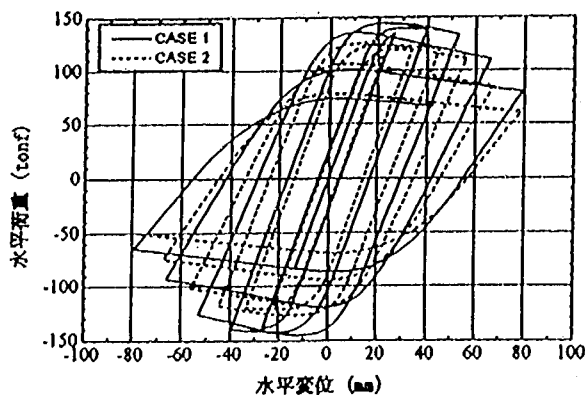
表-3.1.1 実験結果一覧

矩形断面 供試体		外形寸法 b×b (mm)	板厚 t (mm)	縦リブ寸法 (mm)	横リブ 間隔 a (mm)	パネル 数	鋼種	鋼材降伏 点 σ_{yM} (kgf/cm ²)	断面積 A (cm ²)	断面2次 モーメント I (cm ⁴)	断面2次 半径 r (cm)	有効座屈 長 $\ell(=2h)$ (cm)	細長比 λ	幅厚比パラメータ R_R R_F	リブ剛度 γ_U/γ^*	リブ剛度 $\gamma_U/\gamma_{l_{rec}}$	軸力 N (tf)	軸力比 N/N _{yN}	軸力比 N/N _{yM}	
N-3	中詰め部、 $\gamma \geq \gamma^*$	900×900	10	75×10	810	4	SM490	3613	446.0	558342	35.38	684.6	0.255	0.491	0.481	1.044	1.196	214.1	0.150	0.133
	鋼断面部、 $\gamma \geq 3\gamma^*$	900×900	10	75×10	470	4	SM490	3613	446.0	558342	35.38	684.6	0.255	0.491	0.282	3.175	3.650	214.1	0.150	0.133
N-4	中詰め部、 $\gamma < \gamma^*$	900×900	9	56×9	1030	3	SM490	3675	361.1	463429	35.82	684.6	0.254	0.733	0.972	0.524	0.524	173.3	0.150	0.131
	鋼断面部、 $\gamma < \gamma^*$	900×900	9	56×9	1030	3	SM490	3675	361.1	463429	35.82	684.6	0.254	0.733	0.972	0.524	0.524	173.3	0.150	0.131
N-5	中詰め部、 $\gamma < \gamma^*$	900×900	9	56×9	1030	3	SM490	3675	361.1	463429	35.82	684.6	0.254	0.733	0.972	0.524	0.524	173.3	0.150	0.131
	鋼断面部、 $\gamma \geq 3\gamma^*$	900×900	9	95×14	1030	3	SM490	3675	427.2	519207	34.86	684.6	0.261	0.733	0.428	3.094	3.094	173.3	0.150	0.131

供試体	P _{yN} (tf)	P _{yM} (tf)	P _u (tf)	$\frac{P_u}{P_{yM}}$	δ_{yTN} (mm)	δ_{yTM} (mm)	δ_{yEN} (mm)	δ_{yEM} (mm)	δ_m (mm)	δ_{97} (mm)	δ_{95} (mm)	δ_{lim} (mm)	δ_u (mm)	$\frac{\delta_m}{\delta_{yEN}}$	$\frac{\delta_{97}}{\delta_{yEN}}$	$\frac{\delta_{95}}{\delta_{yEN}}$	$\frac{\delta_{lim}}{\delta_{yEN}}$	$\frac{\delta_u}{\delta_{yEN}}$
N-3	98.6	113.6	213.0	1.88	11.2	12.9	9.5	11.0	104.6	115.9	121.3	109.4	159.4	11.0	12.2	12.8	11.5	16.8
N-4	81.8	96.1	160.1	1.67	11.2	13.2	9.6	11.2	44.7	49.0	50.3	50.8	71.9	4.7	5.1	5.3	5.3	7.5
N-5	81.8	96.1	172.5	1.79	11.2	13.2	9.9	11.7	63.8	75.6	83.4	63.8	149.3	6.4	7.6	8.4	6.4	15.1

 σ_{yN} : 公称降伏点(kgf/cm²) σ_{yM} : 材料試験による鋼材の降伏点の平均値(kgf/cm²) $r = \sqrt{\frac{I}{A}}$: 断面2次半径(cm) $\bar{\lambda} = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\sigma_{yM} \cdot \ell}{E} \cdot \frac{\ell}{r}}$: 細長比パラメータE : ヤング係数(=2.1×10⁶ kgf/cm²) ℓ : 有効座屈長(=2×h)(cm)

h : 供試体基部から載荷点までの高さ(=342.3cm)

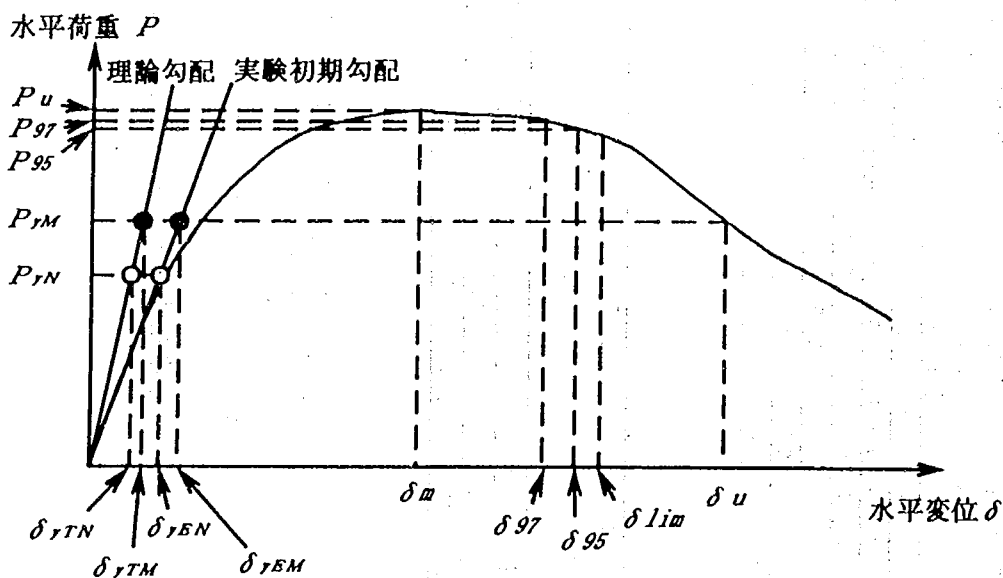


CASE 1 : $\sigma_y = 3,765 \text{ kgf/cm}^2$, $N/N_{YM} = 0.15$, $N = 213.7 \text{ tonf}$,
 $\delta_y = 13.22 \text{ mm}$, $P_y = 99.86 \text{ tonf}$

CASE 2 : $\sigma_y = 3,200 \text{ kgf/cm}^2$, $N/N_{YM} = 0.15$, $N = 181.6 \text{ tonf}$,
 $\delta_y = 11.24 \text{ mm}$, $P_y = 84.87 \text{ tonf}$

(a) FEM解析結果(正規化前)

(b) FEM解析結果(正規化後)



図中の記号の説明:

P_u : 最大水平荷重

P_{97} : P_u の97%の荷重

P_{95} : P_u の95%の荷重

$$P_{TM} = \left(\sigma_{TM} - \frac{N}{A} \right) \frac{Z}{h}$$

$$P_{TN} = \left(\sigma_{TN} - \frac{N}{A} \right) \frac{Z}{h} \quad \dots \text{式(2.2.2)}$$

$$\delta_{TM} = \frac{P_{TM} h^3}{3EI} = \delta_{T0} \quad \dots \text{式(2.2.1)}$$

$$\delta_{TM} = \frac{P_{TM} h^3}{3EI}$$

δ_{EN} : 実験初期勾配において水平荷重が P_{TN} の時の水平変位

δ_{EM} : 実験初期勾配において水平荷重が P_{TM} の時の水平変位

δ_m : 包絡線において水平荷重が P_u の時の水平変位

δ_{97} : 包絡線において水平荷重が P_{97} の時の水平変位

δ_{95} : 包絡線において水平荷重が P_{95} の時の水平変位

δ_{lim} : ヒステリシスループのそれぞれの変位の折り返し点において、この点と同じ水平変位における次の繰返し載荷のループの水平荷重が P_u の2%以上低下(劣化)していない最大の変位折り返し点の水平変位。

δ_u : 包絡線において水平荷重が P_{TM} の時の水平変位

(c) 記号説明

図-3.1.1 水平荷重—水平変位関係

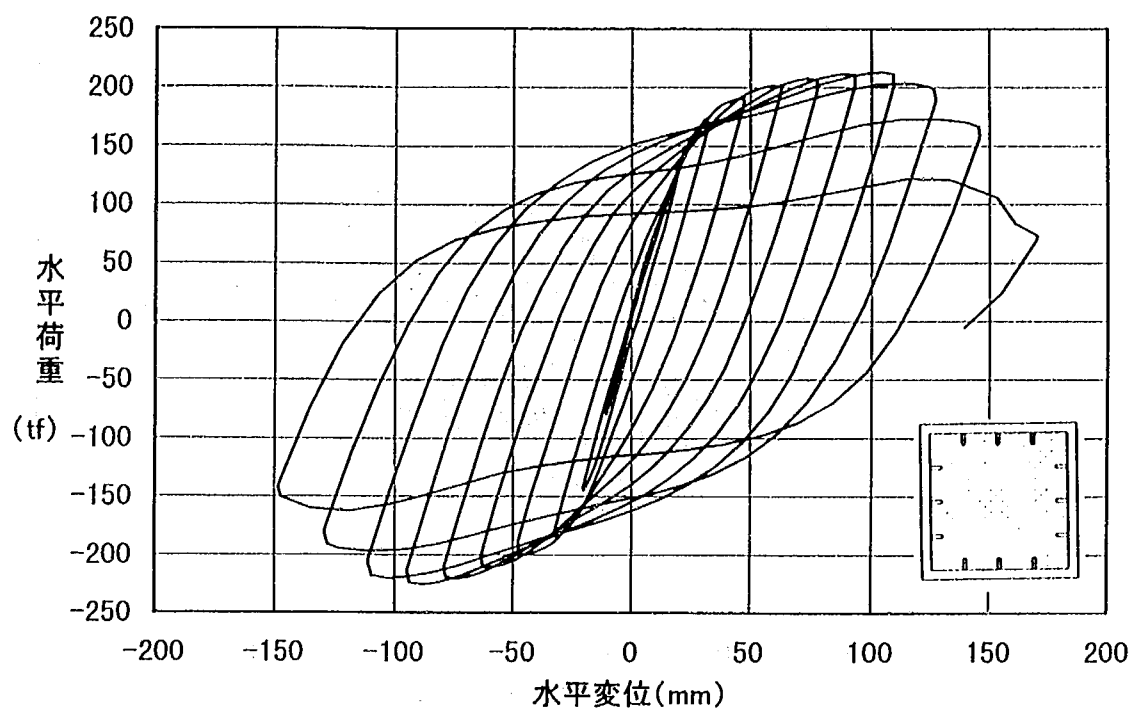


図-3.1.2(1) 水平荷重—水平変位関係(N-3)

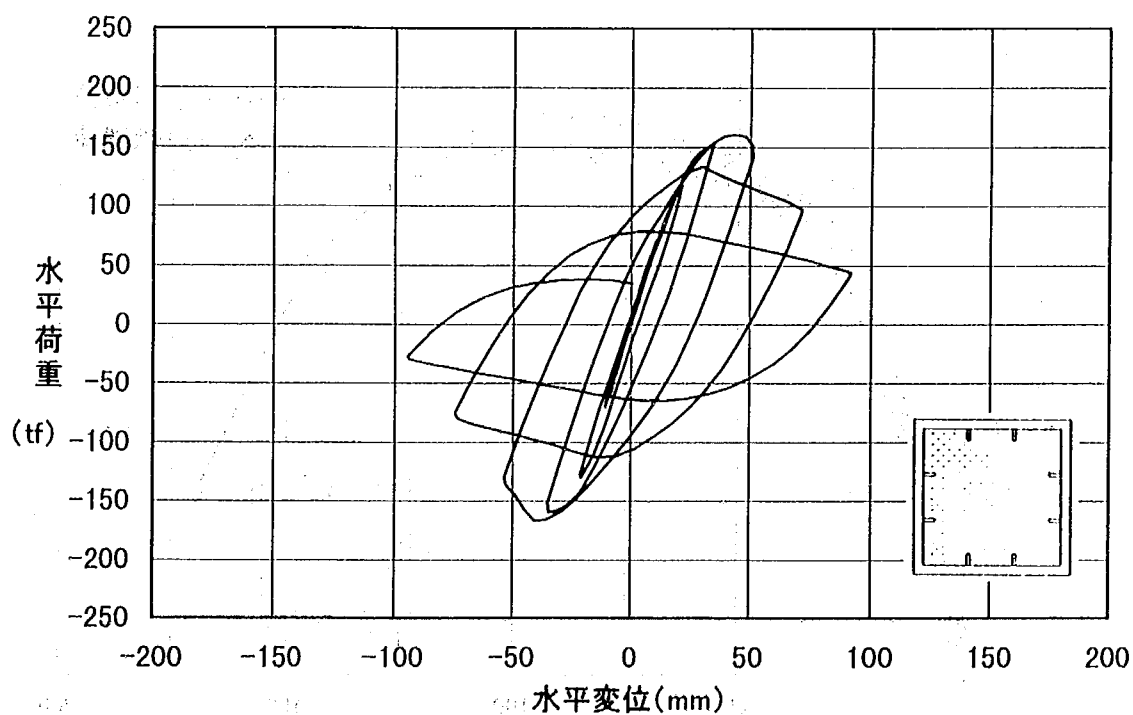


図-3.1.2(2) 水平荷重—水平変位関係(N-4)

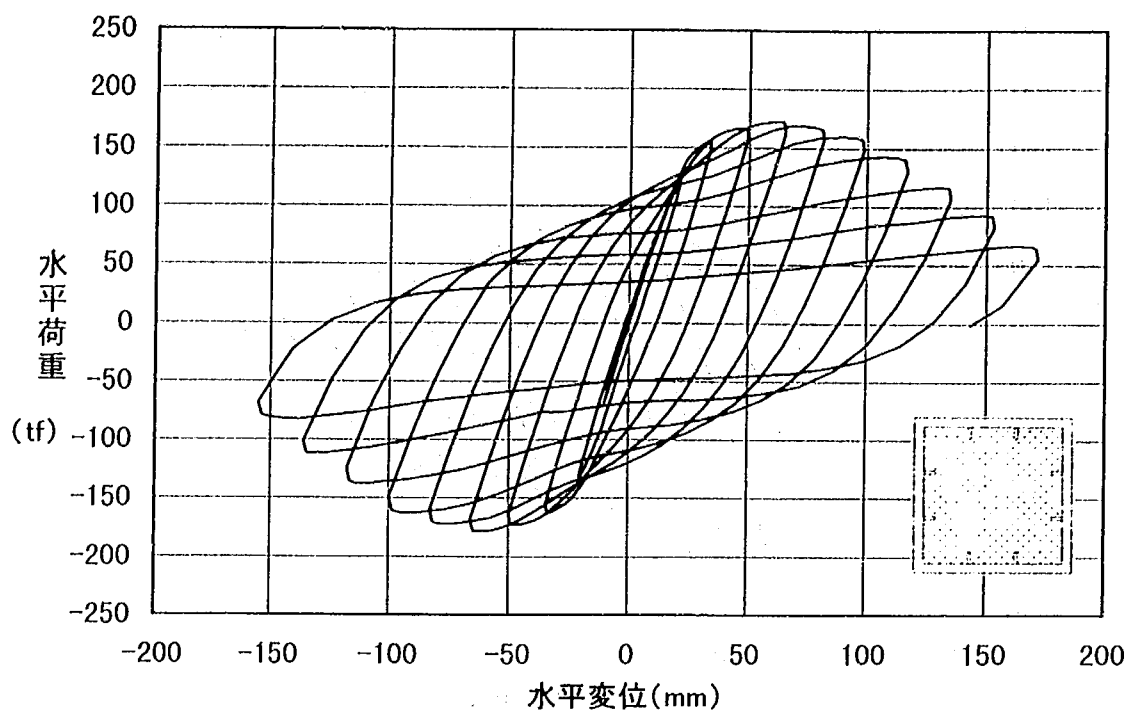


図-3.1.2(3) 水平荷重—水平変位関係(N-5)

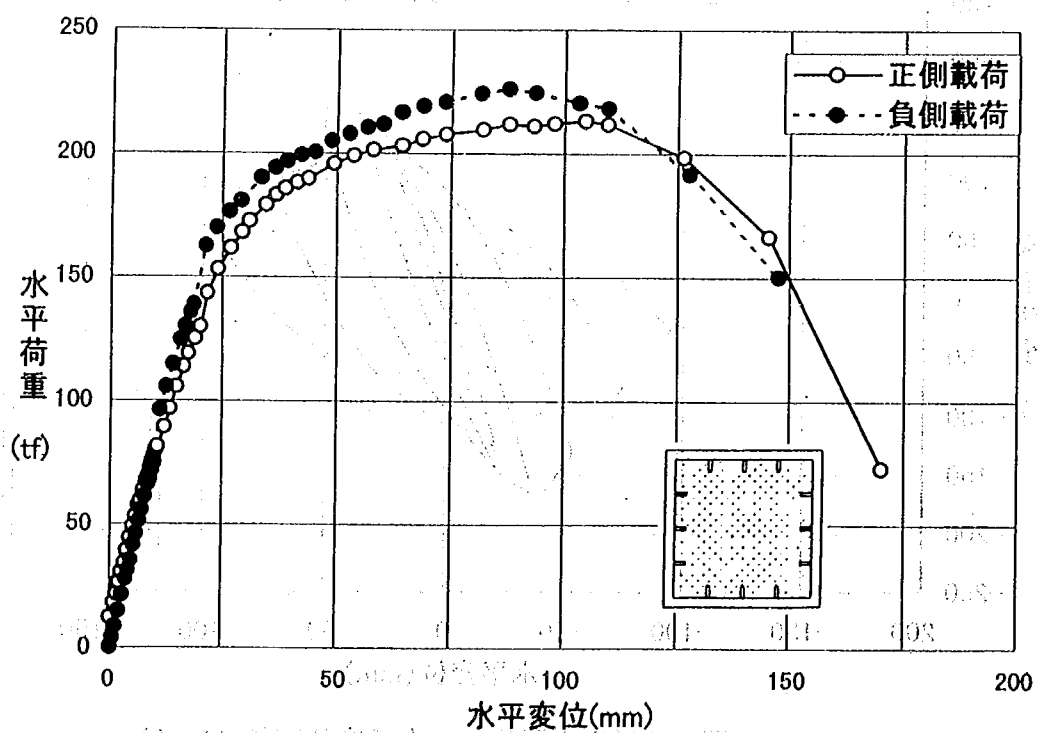


図-3.1.3(1) 水平荷重—水平変位関係の包絡線(N-3)

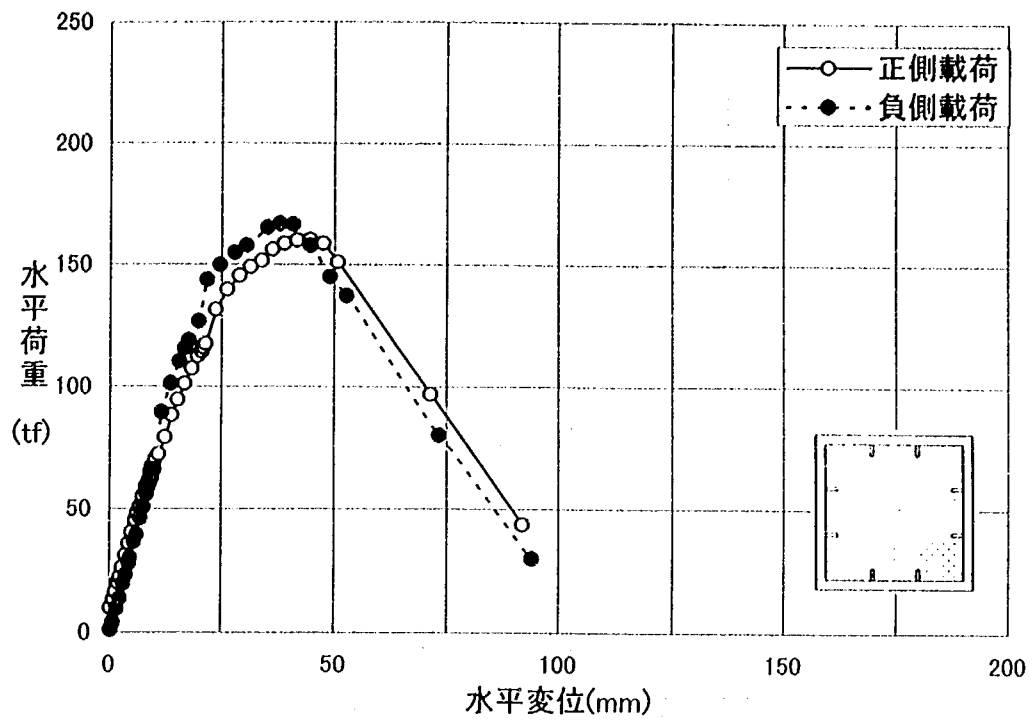


図-3.1.3(2) 水平荷重—水平変位関係の包絡線(N-4)

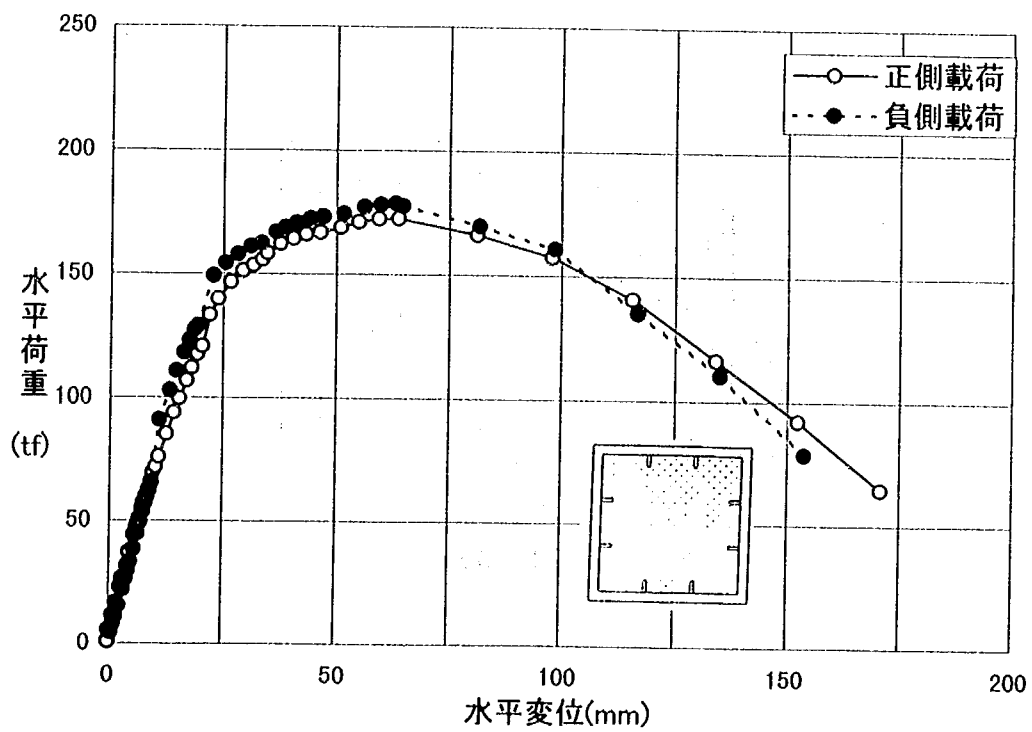
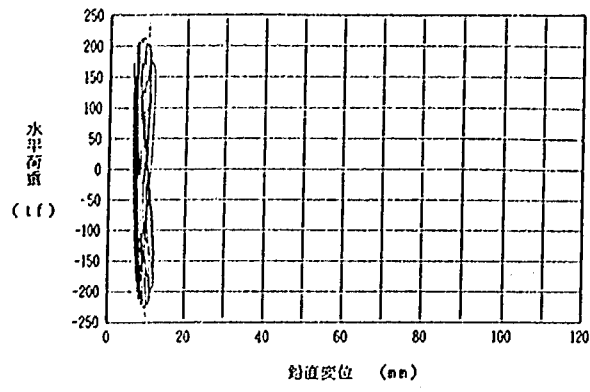
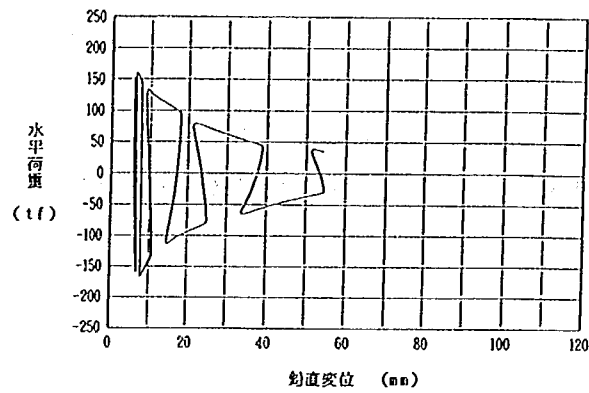


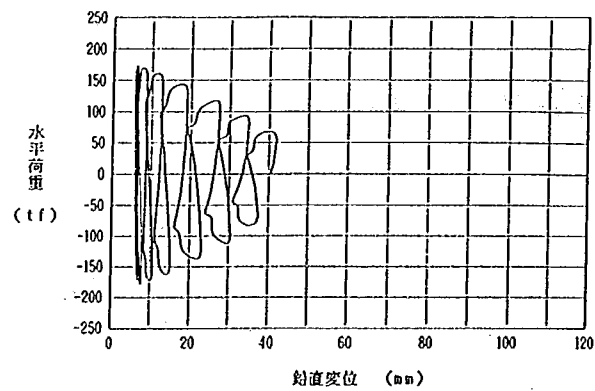
図-3.1.3(3) 水平荷重—水平変位関係の包絡線(N-5)



(N-3)



(N-4)



(N-5)

圖-3.1.4 水平荷重—鉛直變位關係 (S-N)

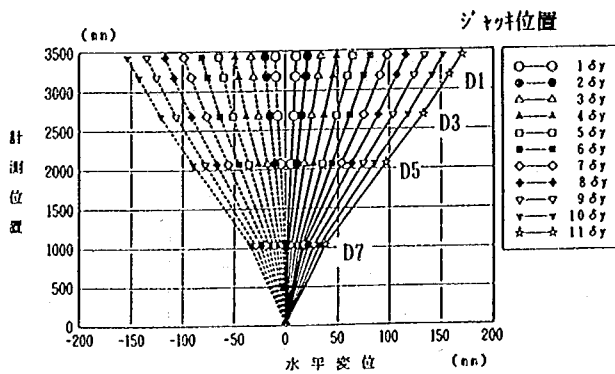
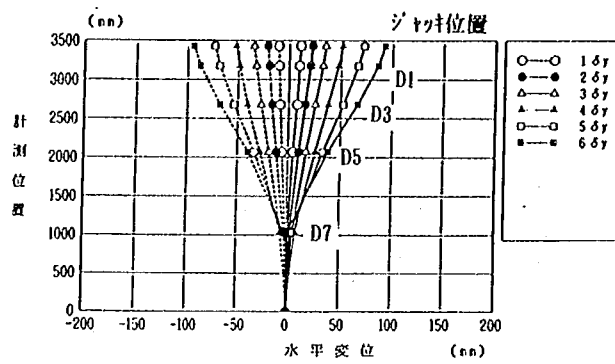
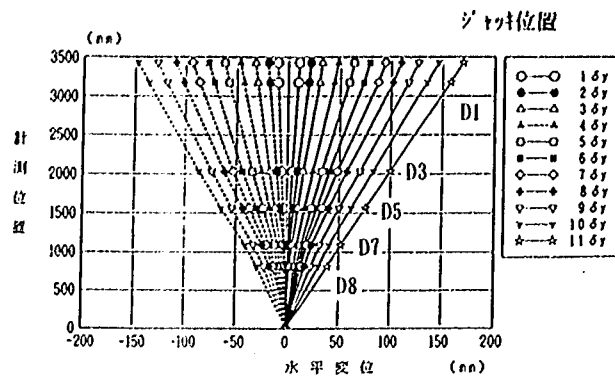
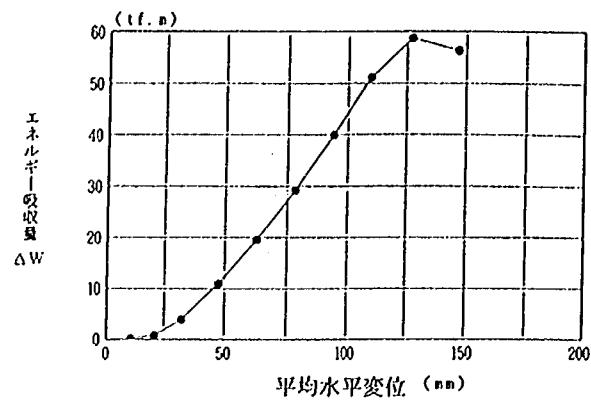
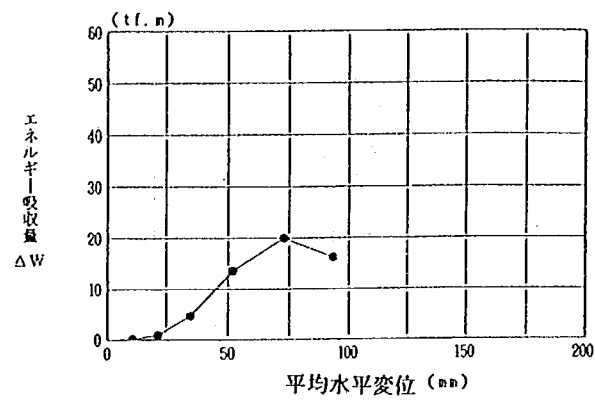


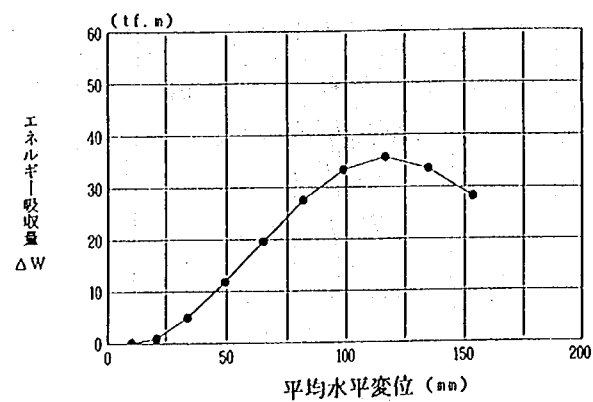
図-3. 1. 5 水平変位の鉛直方向分布



(N-3)

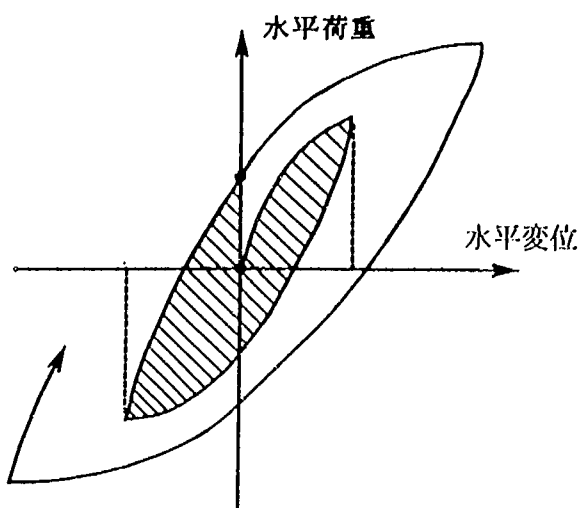


(N-4)

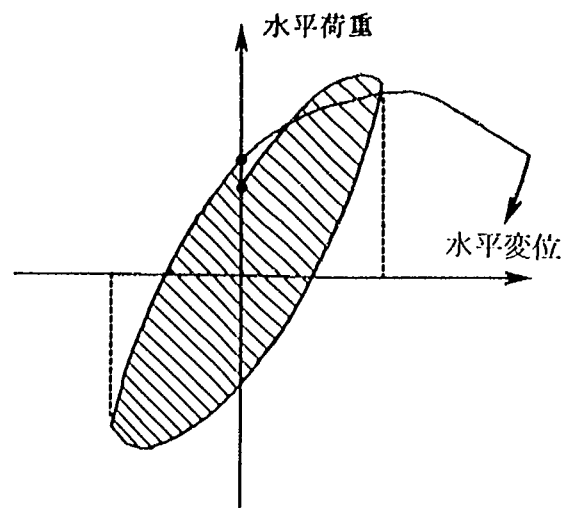


(N-5)

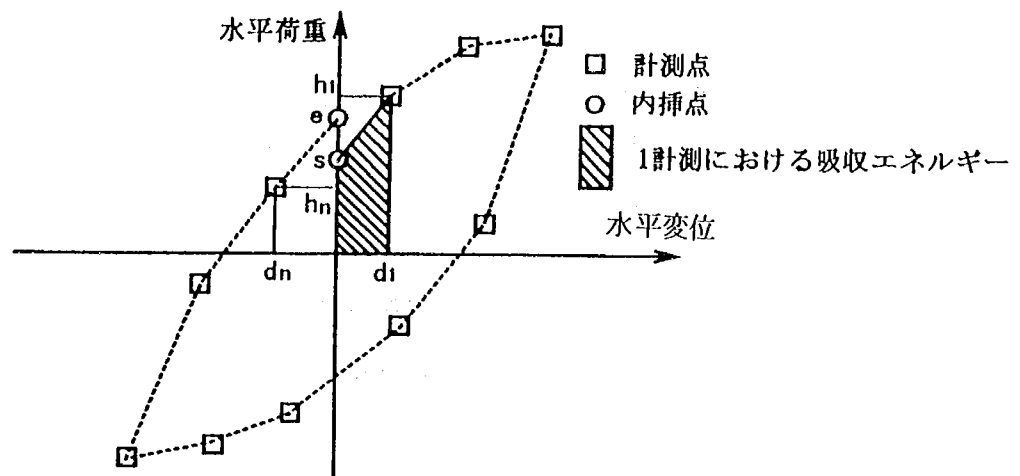
図-3.1.6 エネルギー吸収量



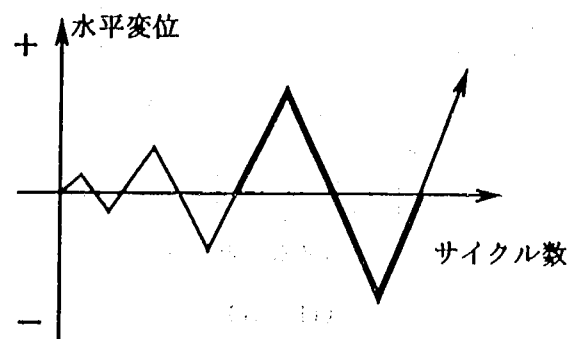
(a) 初期の場合の吸収エネルギーの定義



(b) 強度低下を起こした場合の吸収エネルギーの定義

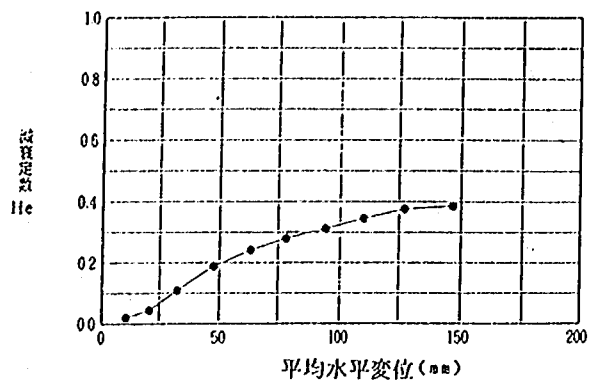


(c) 吸収エネルギーの計算方法

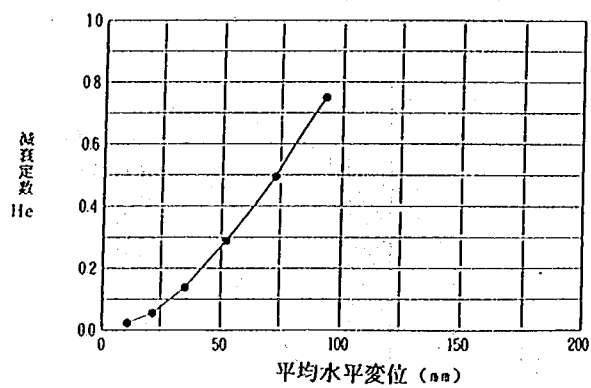


(d) 1 サイクルの定義

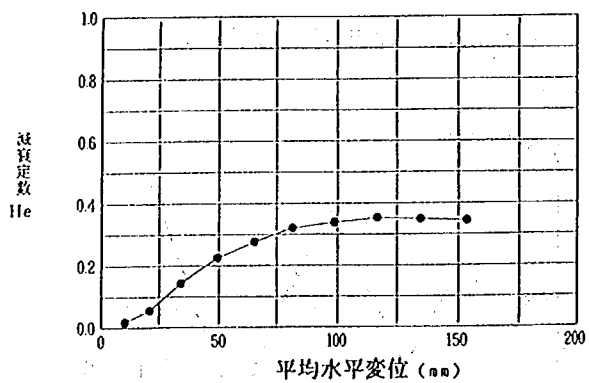
図-3.1.7 エネルギー吸収量の算出方法



(N-3)



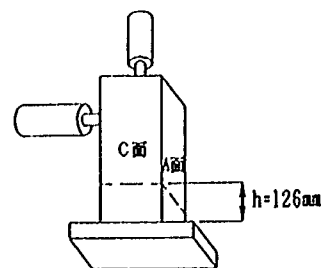
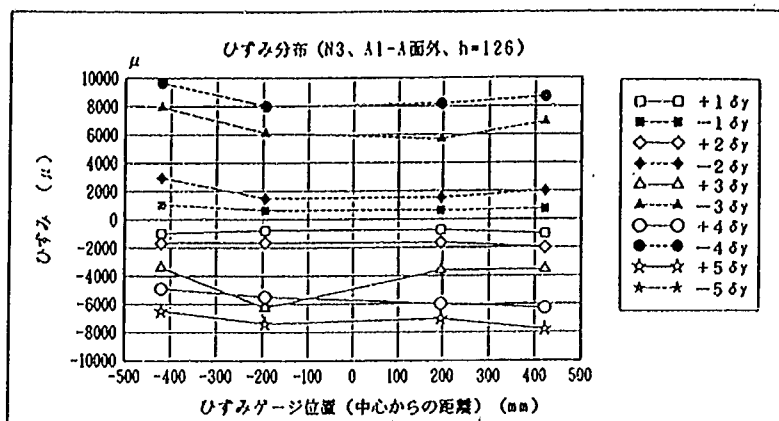
(N-4)



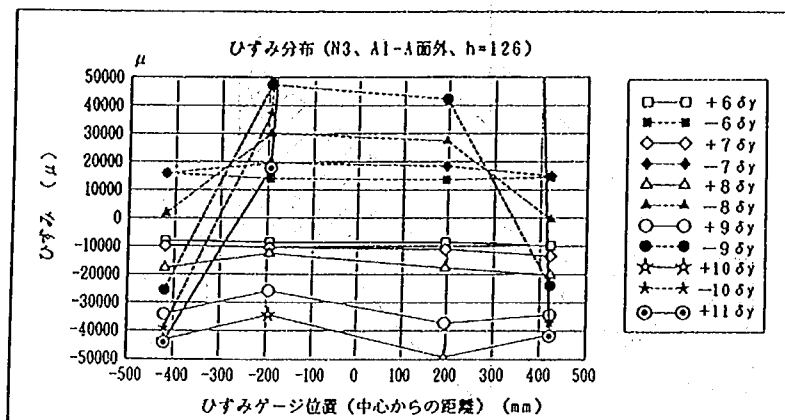
(N-5)

図-3.1.8(1) 等価減衰定数

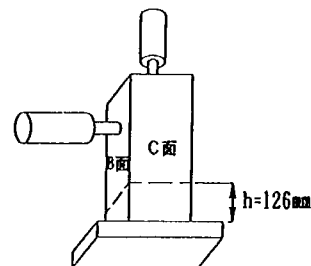
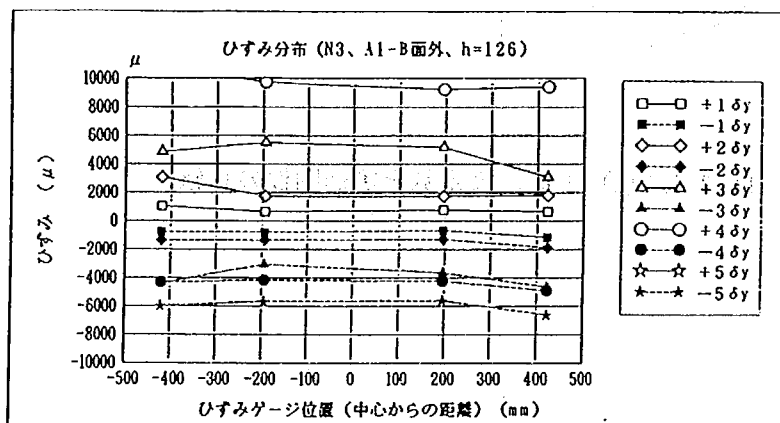
A 面



A 面



B 面



B 面

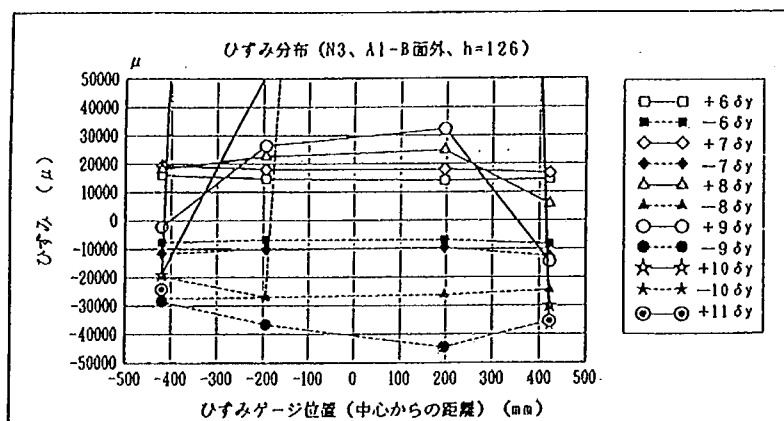
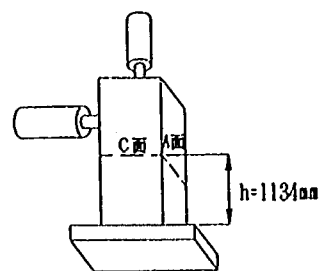
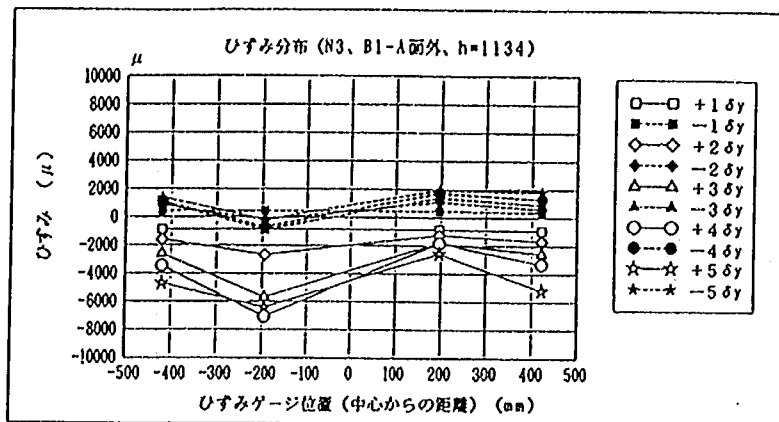
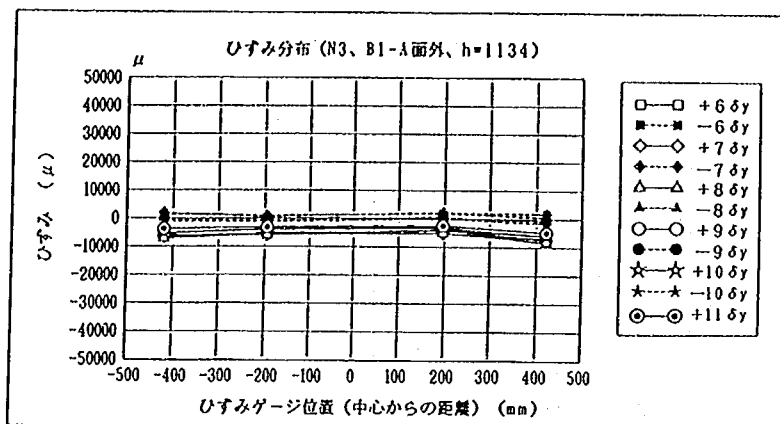


図-3. 1. 9(1) ひずみ分布 (N-3、h=126)

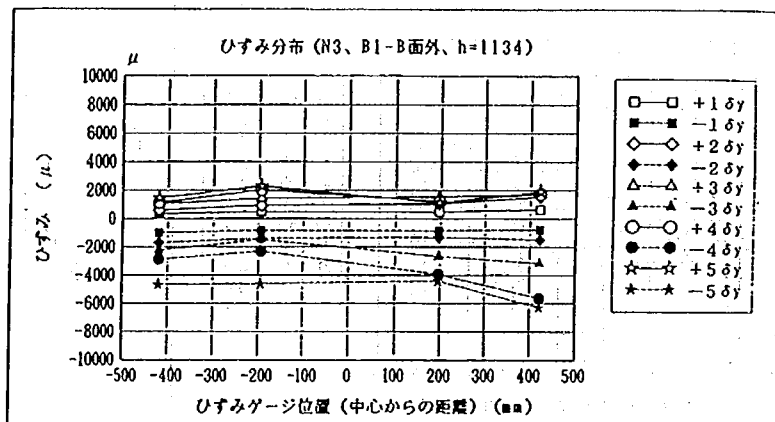
A 面



A 面



B 面



B 面

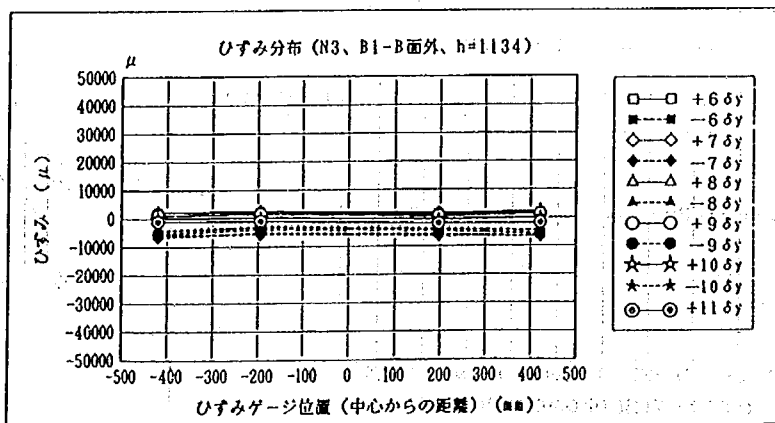
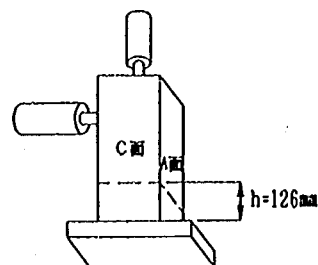
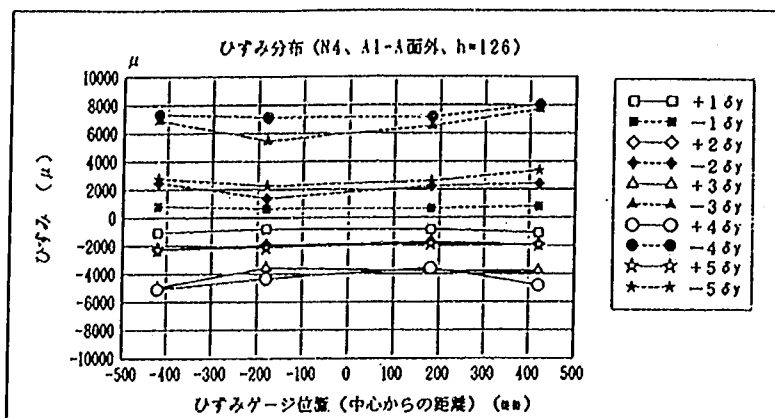
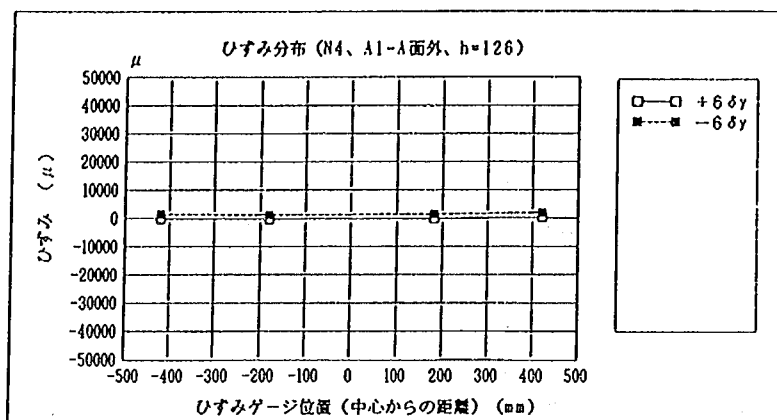


図-3. 1. 9(2) ひずみ分布 (N3、h=1134)

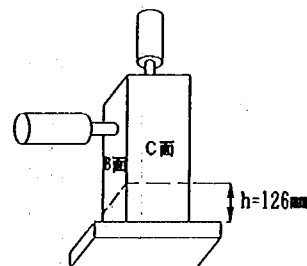
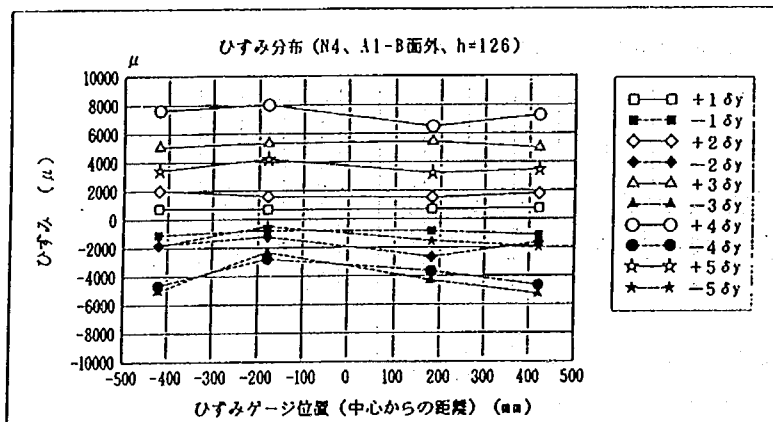
A 面



A 面



B 面



B 面

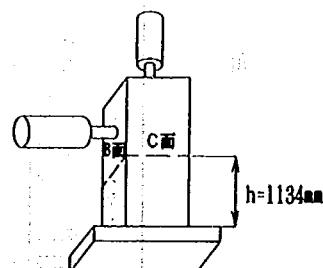
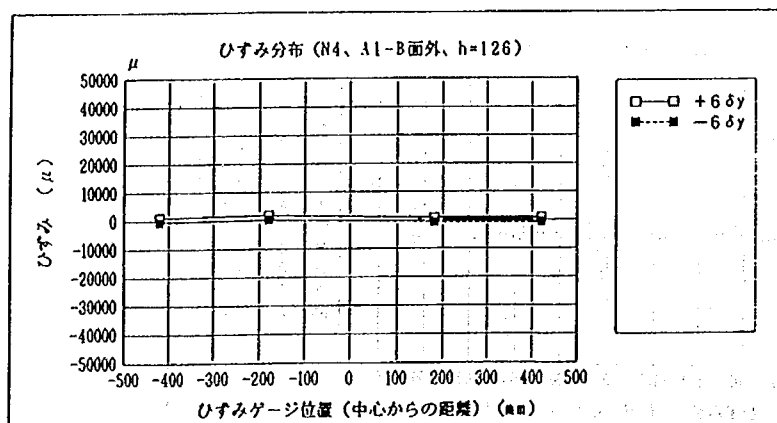
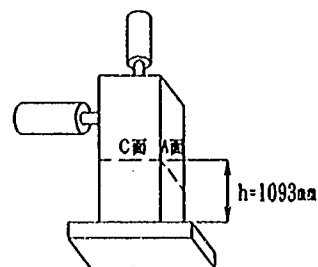
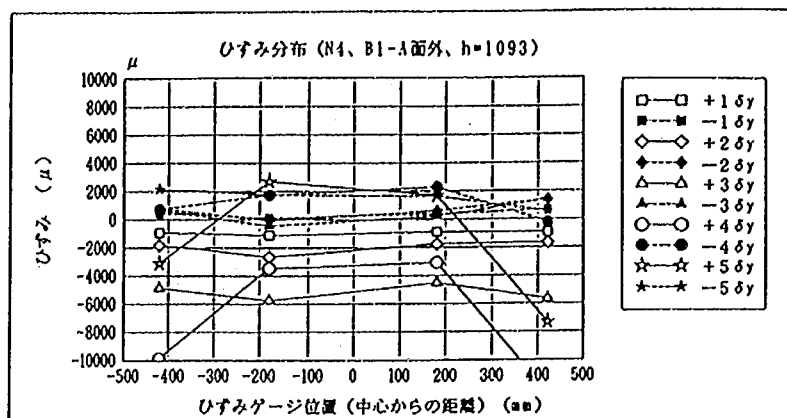
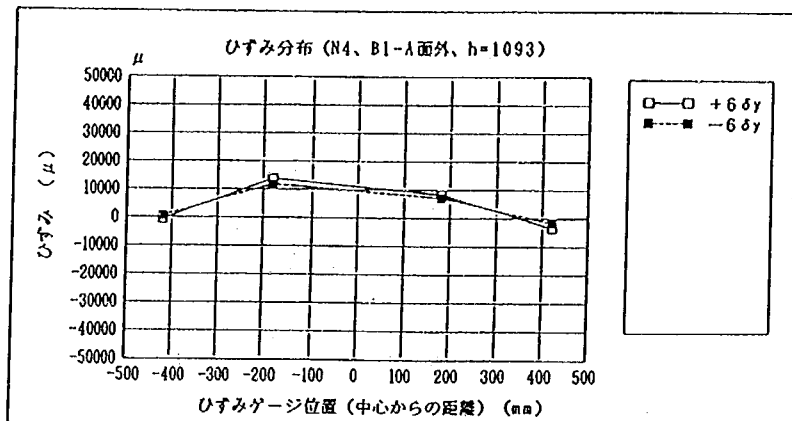


図-3.1.9(3) ひずみ分布 (N-4、 $h=126$)

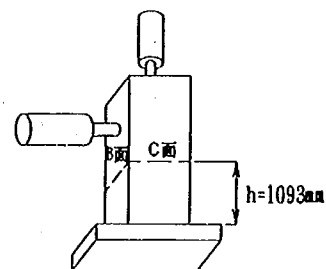
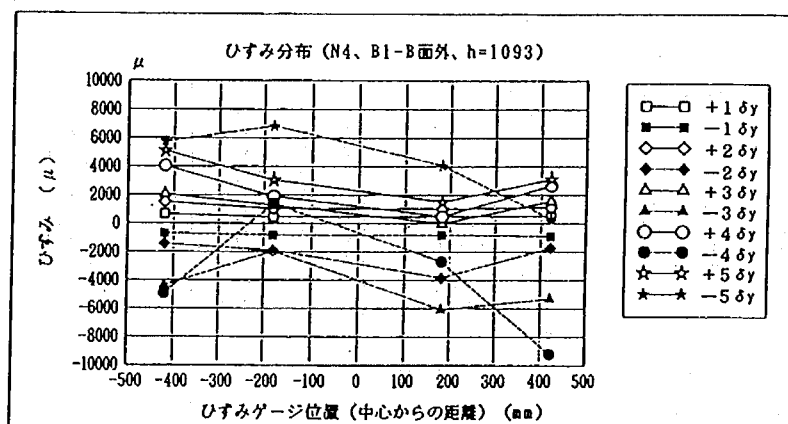
A 面



A 面



B 面



B 面

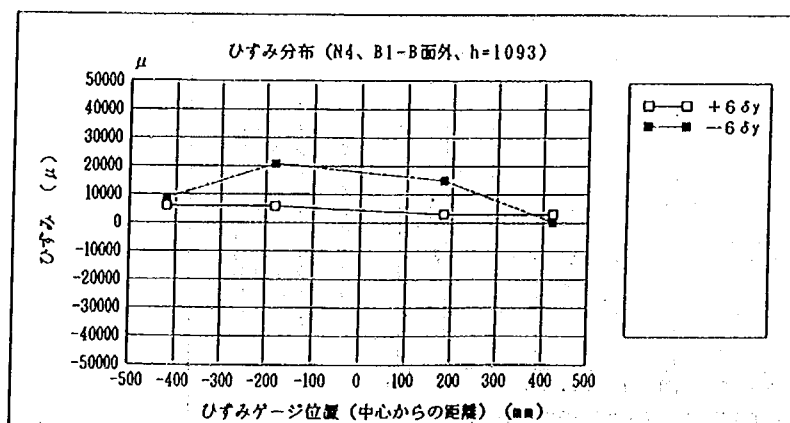
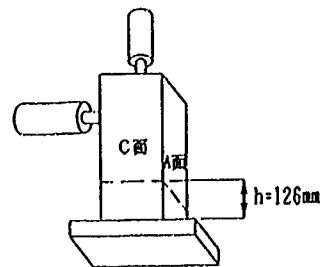
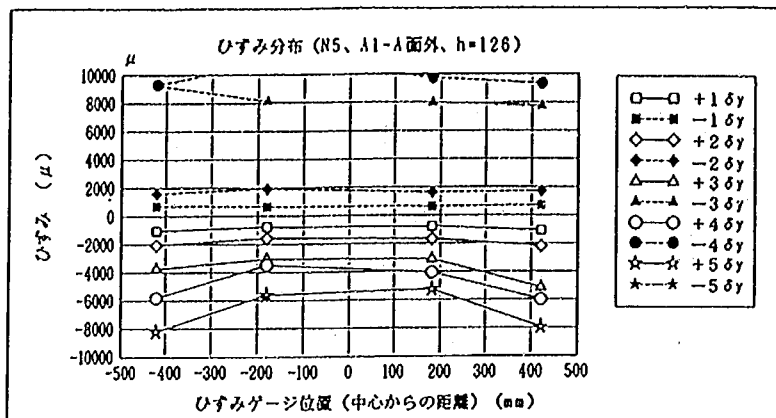
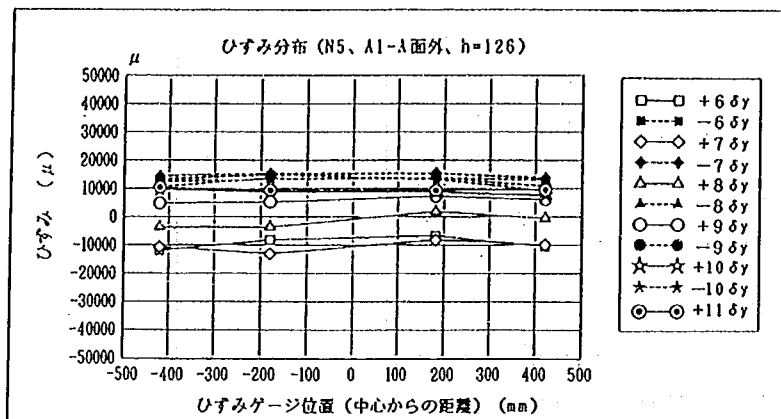


図-3.1.9(4) ひずみ分布 (N4、h=1093)

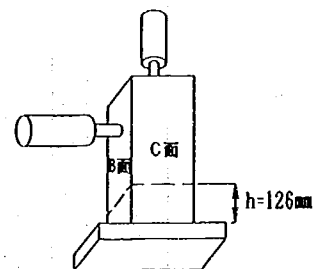
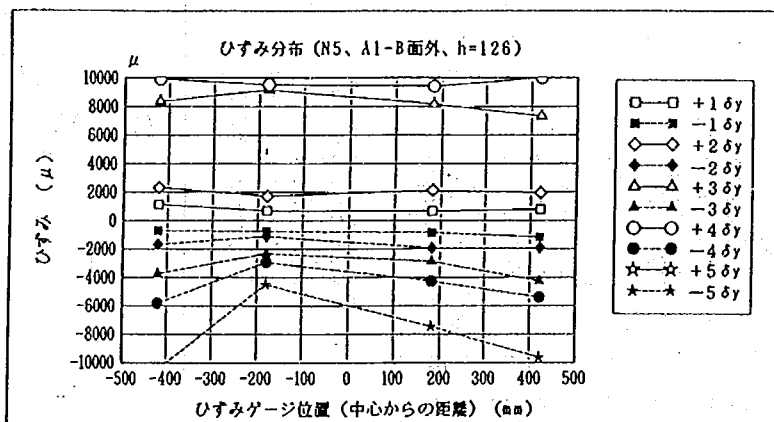
A 面



A 面



B 面



B 面

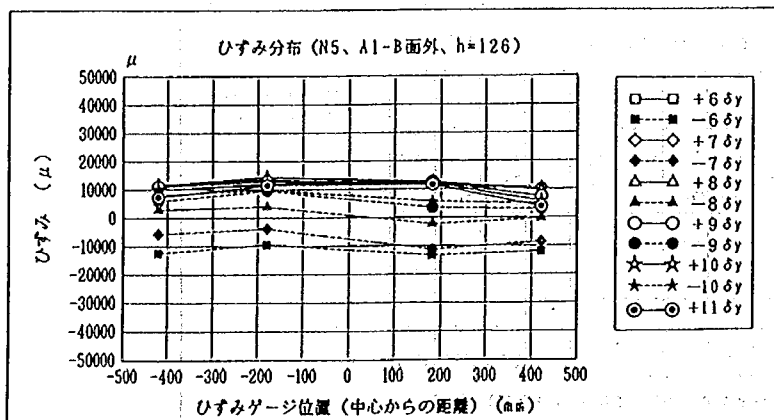
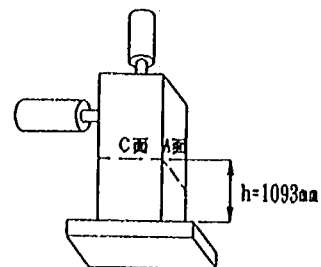
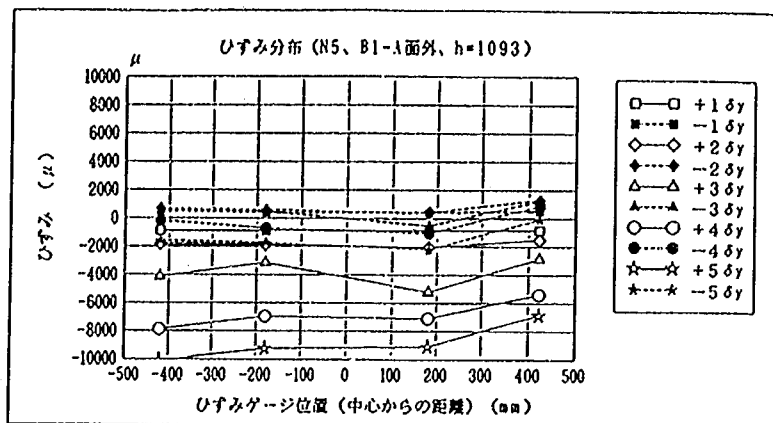
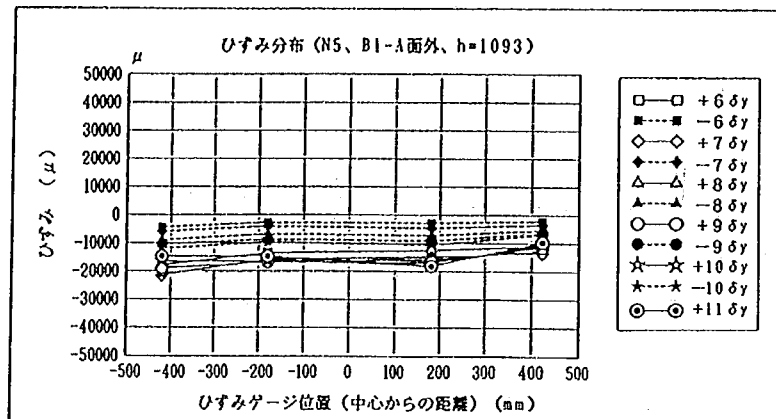


図-3.1.9(5) ひずみ分布 (N=5, h=126) (単位: μ)

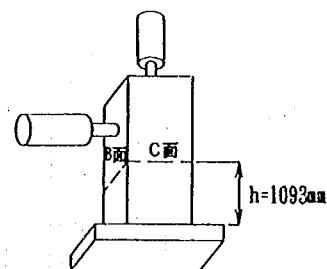
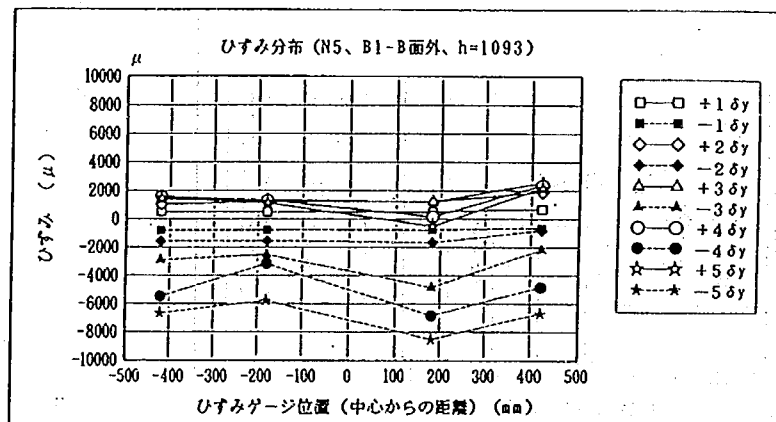
A 面



A 面



B 面



B 面

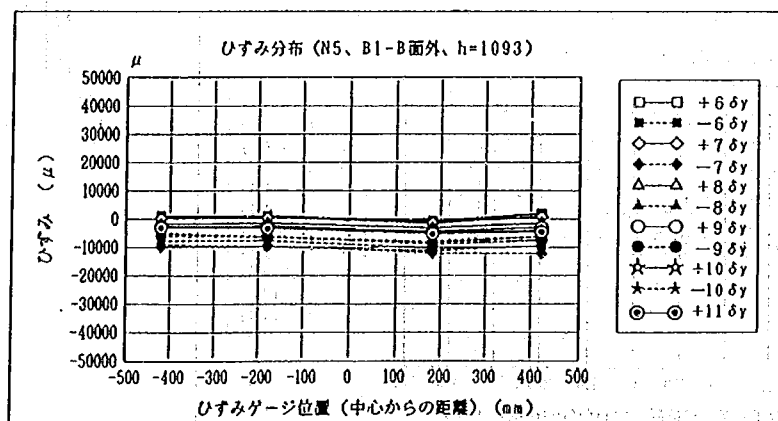
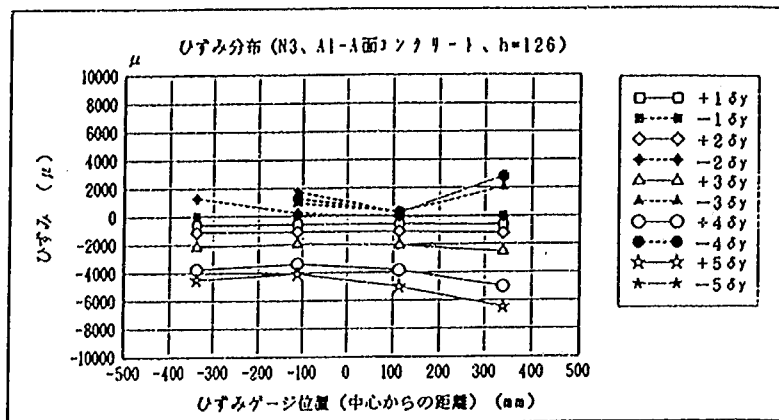
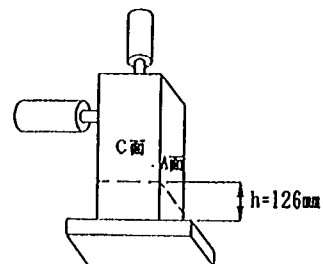
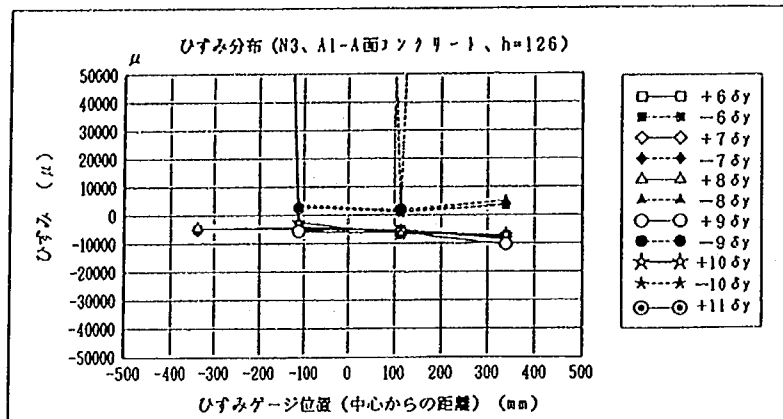


図-3.1.9(6) ひずみ分布 (N = 5, h=1093)

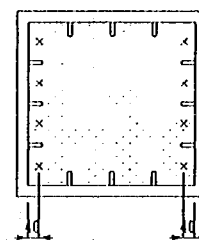
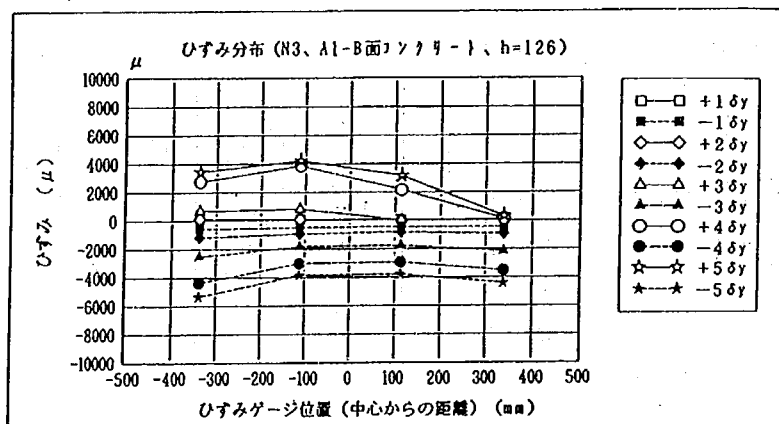
A 面



A 面



B 面



B 面

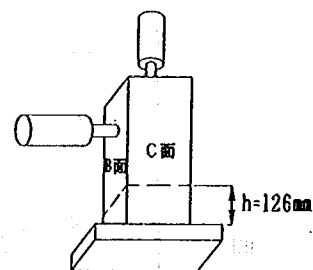
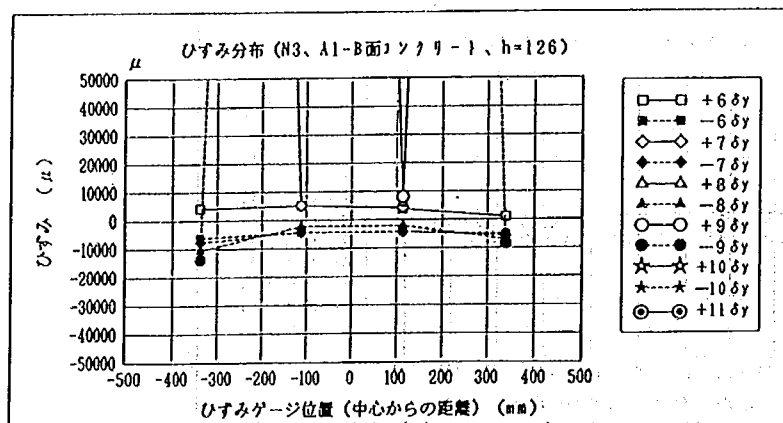
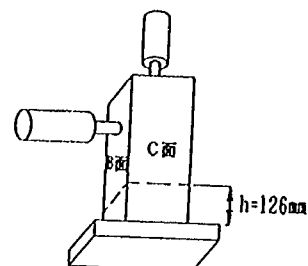
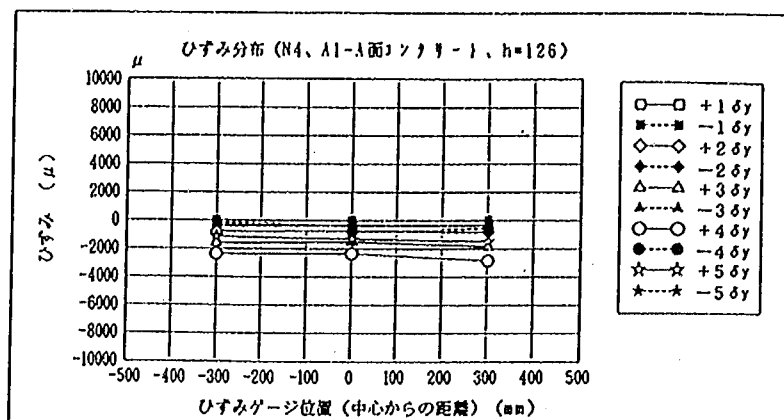
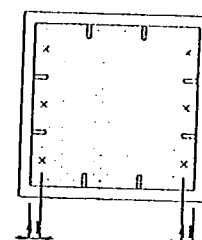
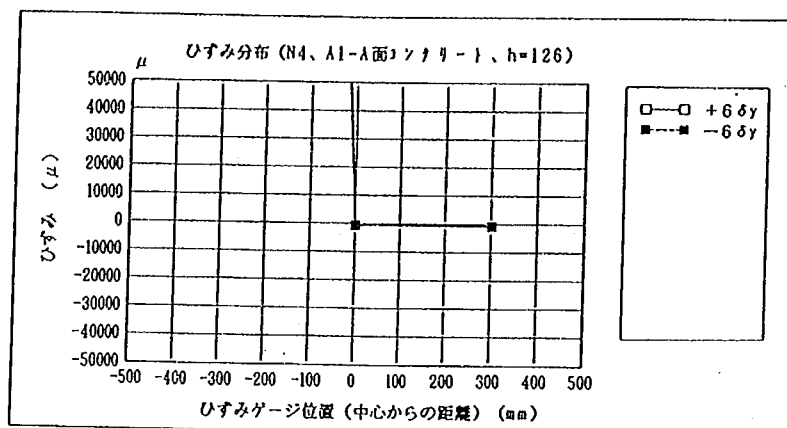


図-3. 1. 10(1) コンクリートひずみ分布 ($N=3$ 、 $h=126$)

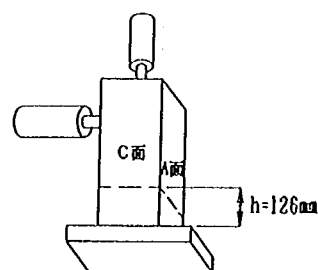
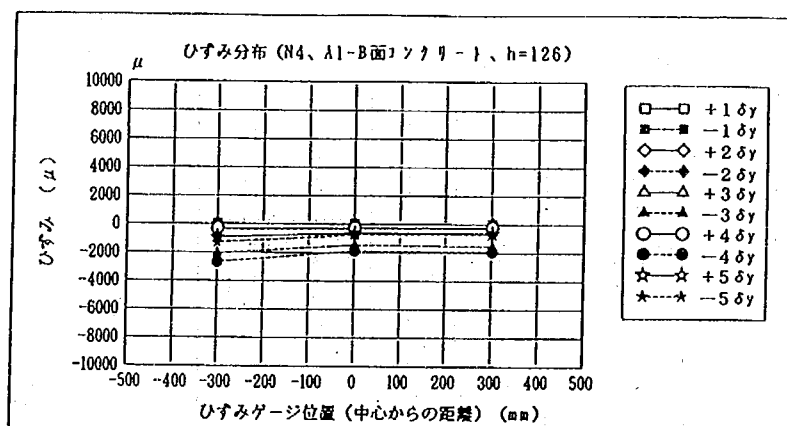
A 面



A 面



B 面



B 面

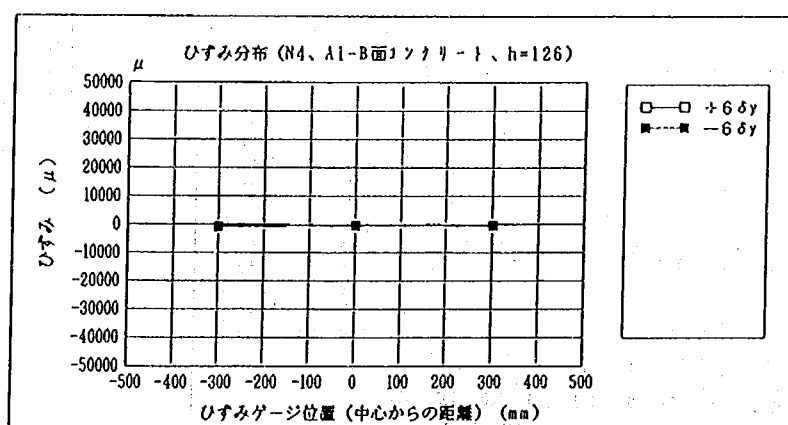
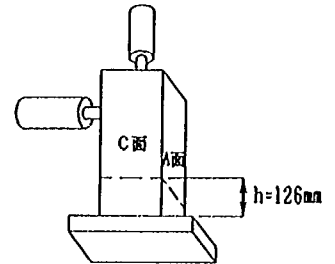
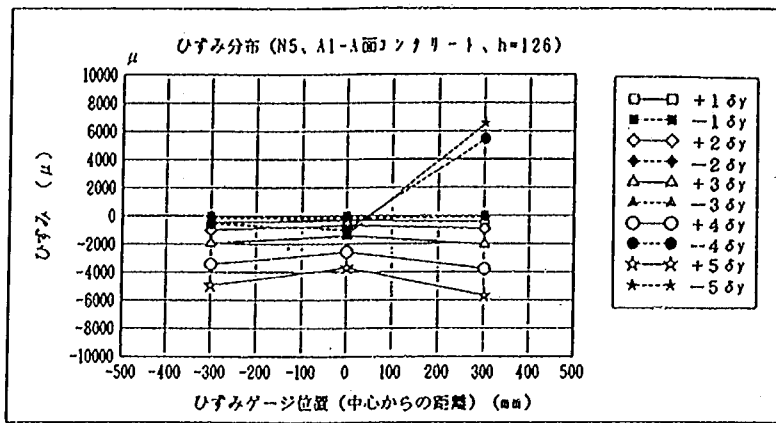
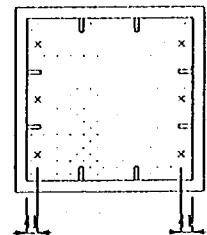
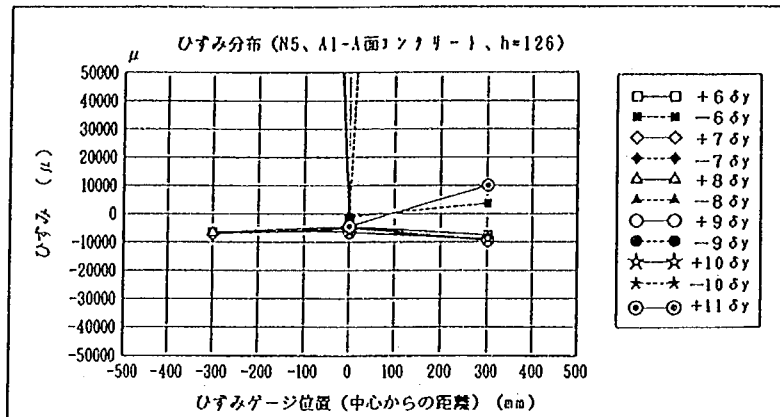


図-3.1.10(2) コンクリートひずみ分布 (N-4、 $h=126$)

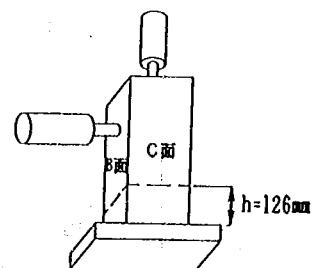
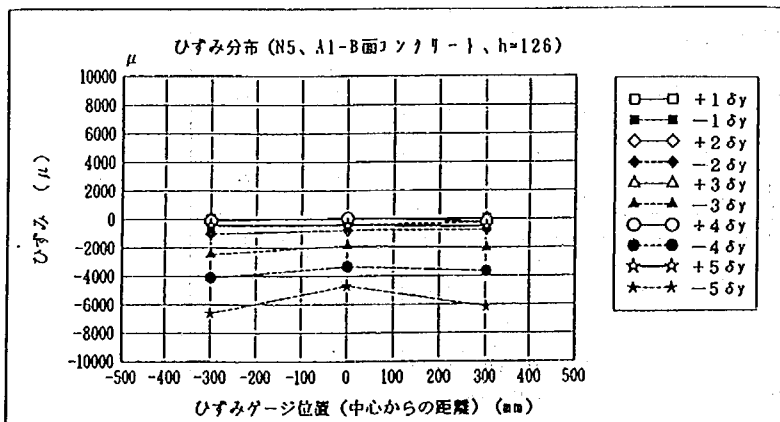
A 面



A 面



B 面



B 面

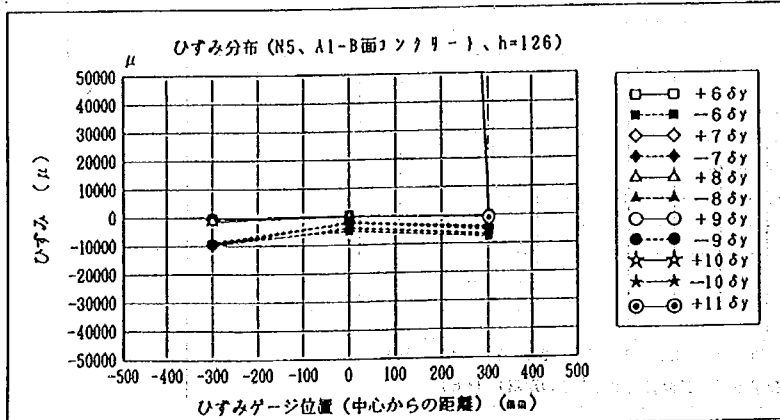
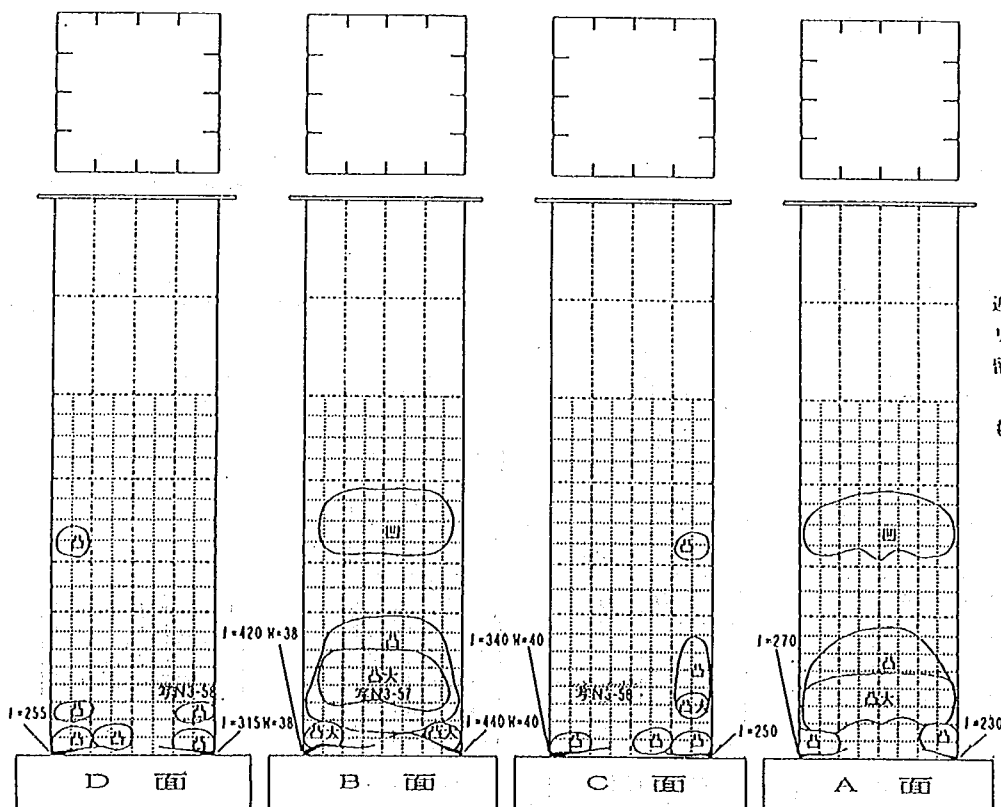
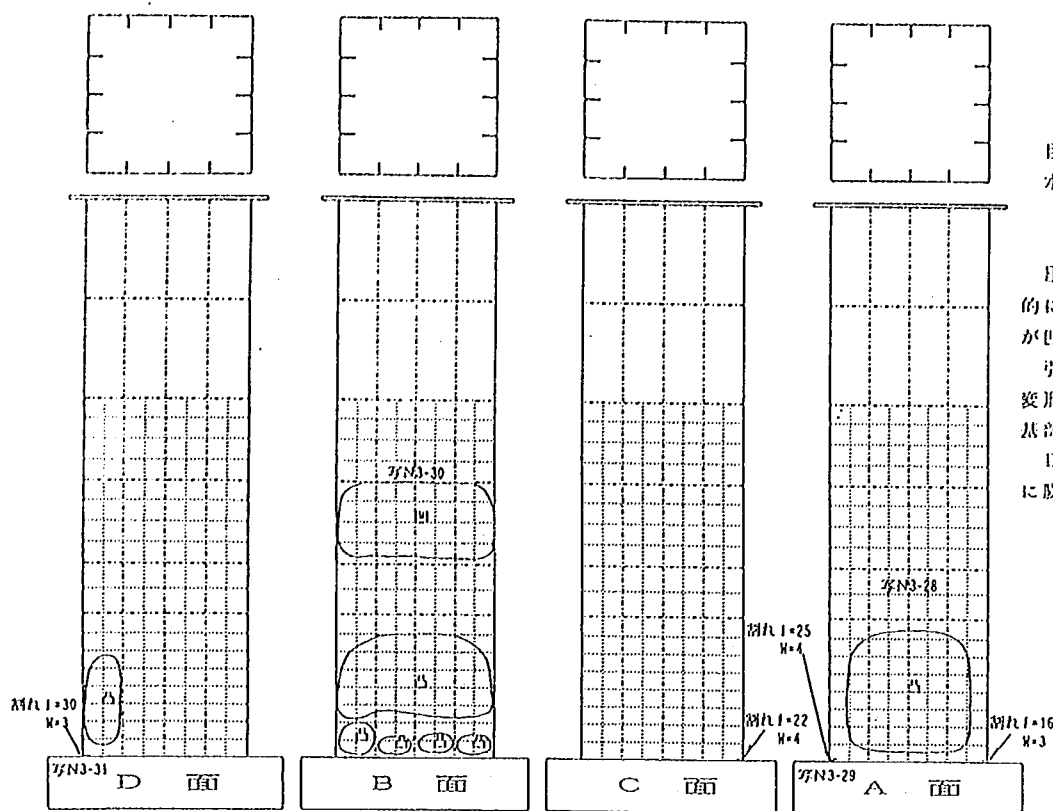
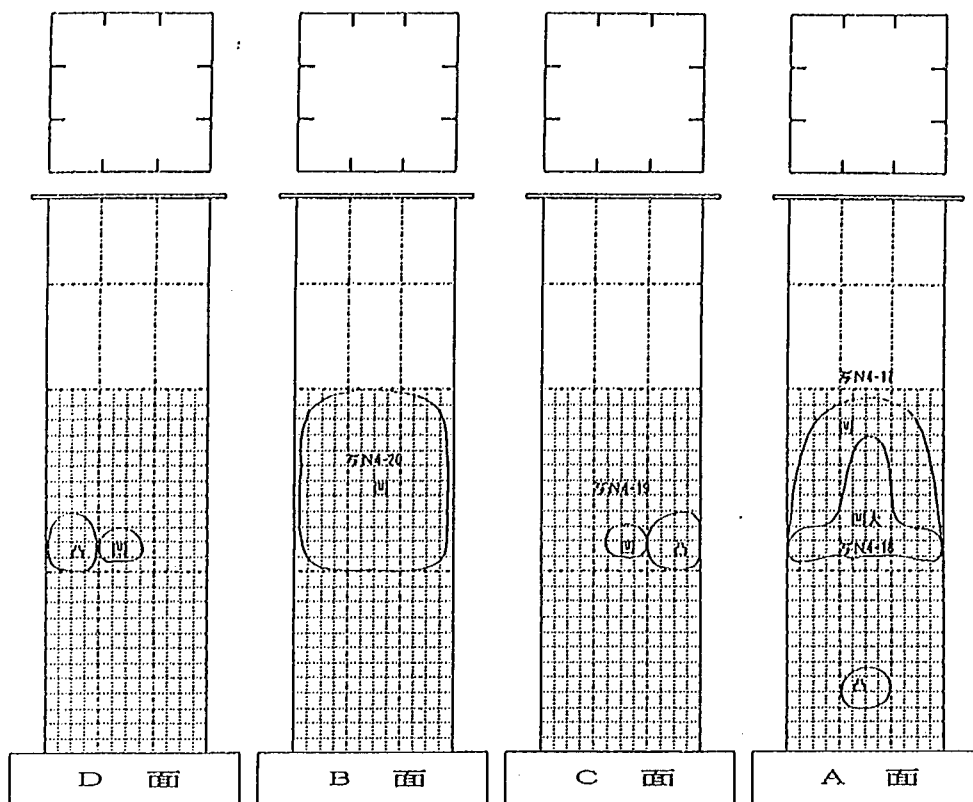


図-3.1.10(3) コンクリートひずみ分布(N-5、 $h=126$)



I : 割れ長さ (mm)
W : 割れ幅 (mm)
D : コーナラインの
面外変形 (mm)

図-3.1.11(1) 供試体の変形状況(N-3)

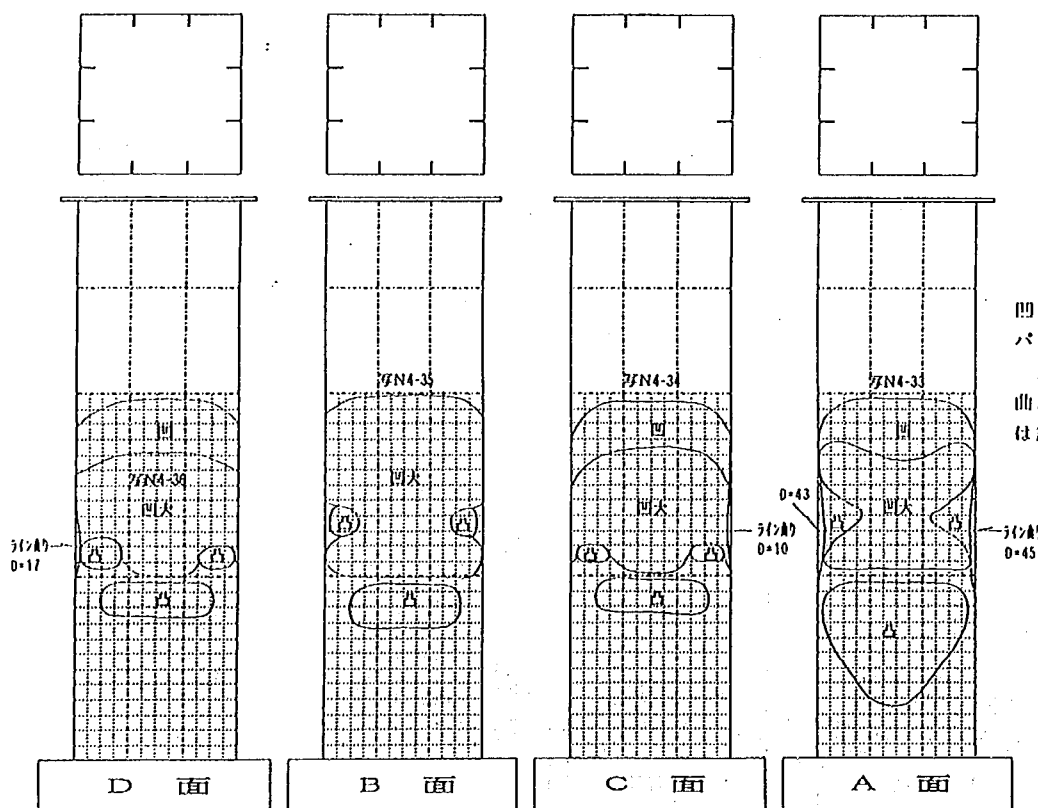


4 δ y

目標変位 60.00mm
水平荷重 150.9ton

圧縮側A面では第2パネルが全体に凹み、コンクリート打設面付近で大きく凹んでいる。
引張側B面では第2パネル全体に残留変形が認められる。
C D面ではコンクリート打設面付近で圧縮側が膨らんでいる。
基部付近角部、コンクリート打設面付近角部の割れは認められない。

(i) 最大荷重時



6 δ y

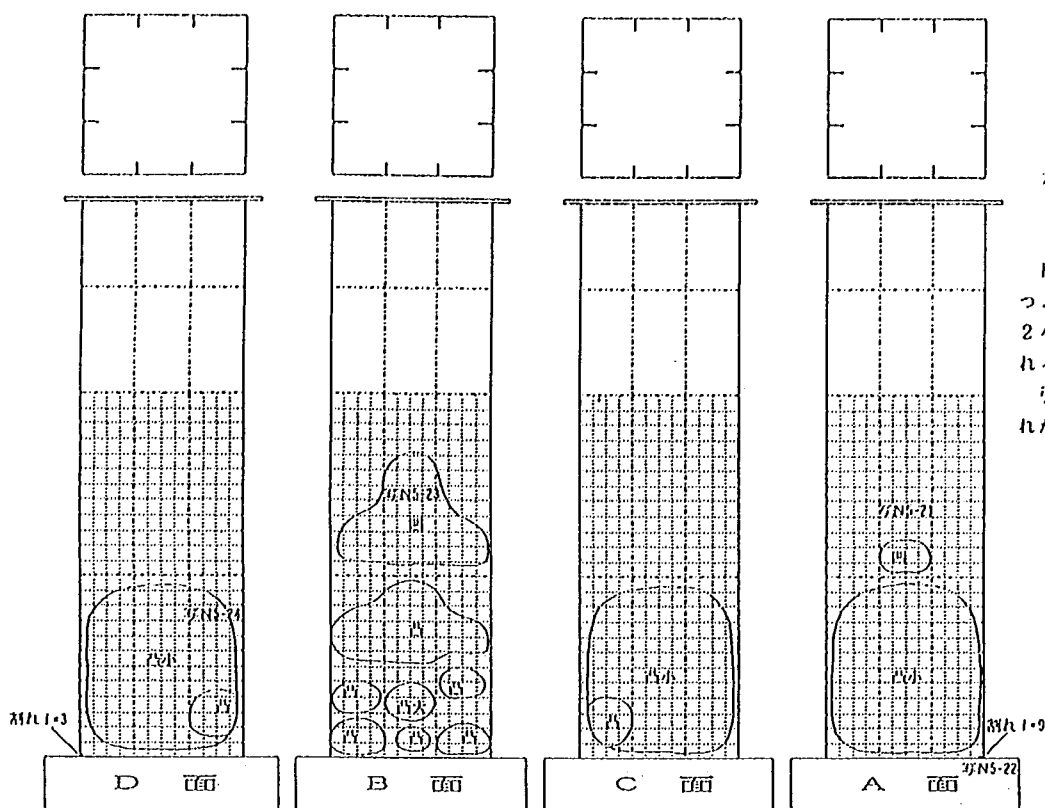
目標変位 90.00mm
水平荷重 43.8ton

各面共に第2パネルが大きく凹み、ダイヤフラムを境に第1パネルは僅かに膨らんでいる。
圧縮側角部のラインも大きく曲がっているが、溶接線の割れは認められない。

I : 割れ長さ (mm)
W : 割れ幅 (mm)
D : コーナーラインの
面外変形 (mm)

(ii) 実験終了時

図-3.1.11(2) 供試体の変形状況 (N-4)

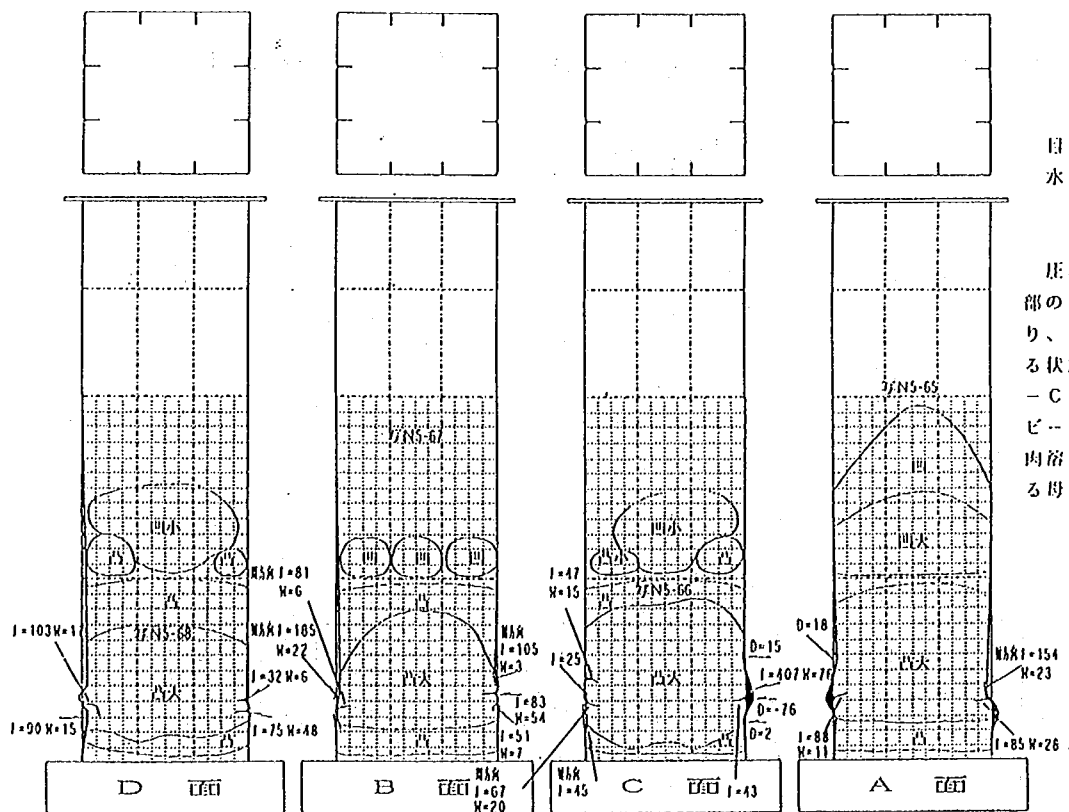


(i) 最大荷重時

- 5 δ y

目標変位 -75.00mm
水平荷重 -177.5ton

圧縮側B面第1パネルは被褥
つように膨らみ、引張側A面第
2パネルでも残留変形が認めら
れるようになった。
引張側A-D角部で小さな割
れが発生した。



(ii) 実験終了時

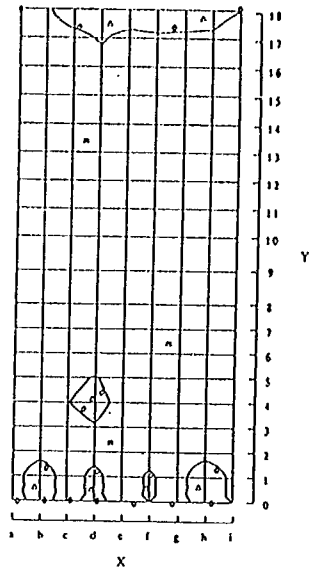
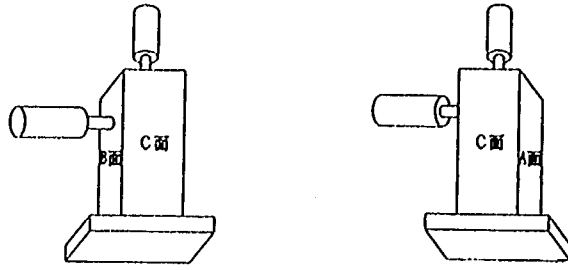
11 δ y

目標変位 165.00mm
水平荷重 64.5ton

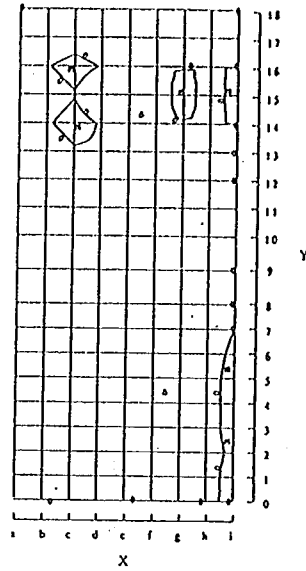
圧縮側ではA-C、A-D角
部の軸方向割れの開口部が広が
り、コンクリート片が落ちてく
る状態である。角部の割れはB
-C、B-D角部と同様に溶接
ビードに沿った割れと内面の鰹
肉溶接部から進展したと思われ
る母材割れが認められる。

I: 割れ長さ (mm)
W: 割れ幅 (mm)
D: コーライの
面外変形 (mm)

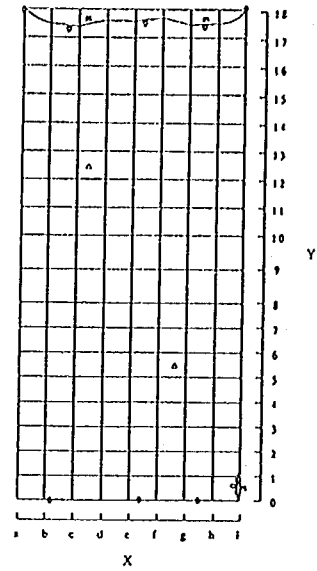
図-3.1.11(3) 供試体の変形状況(N-5)



(b) フランジ(B面)

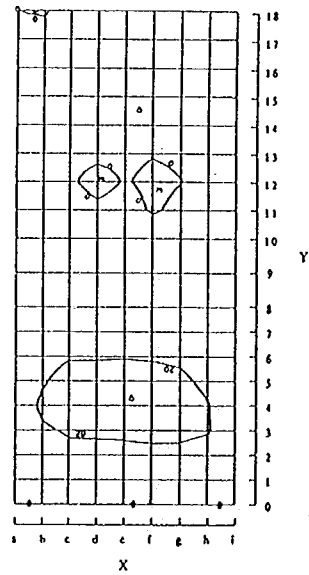


(c) ウェブ(C面)

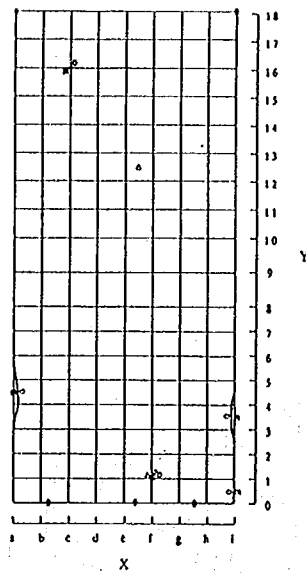


(a) フランジ(A面)

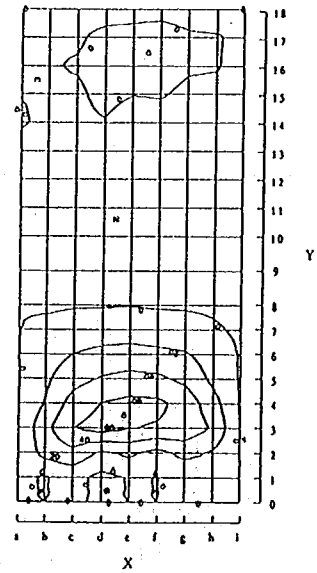
(i) 最大荷重時



(b) フランジ(B面)



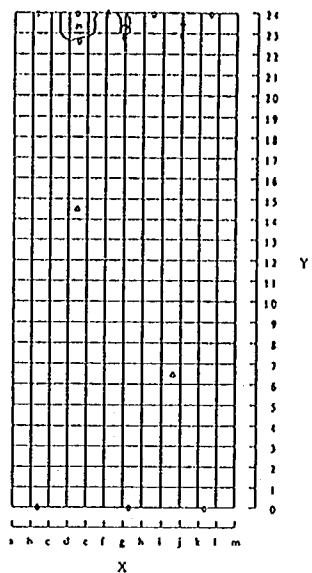
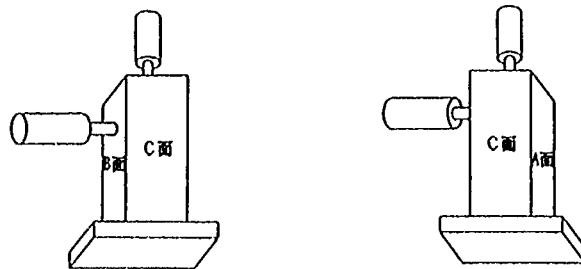
(c) ウェブ(C面)



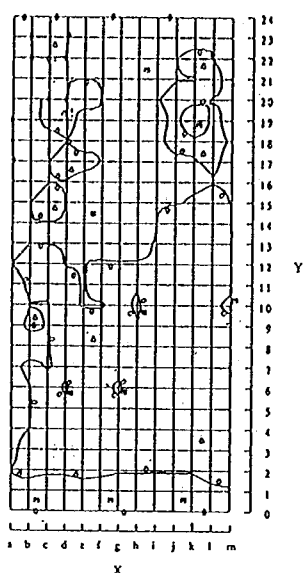
(a) フランジ(A面)

(ii) 実験終了時

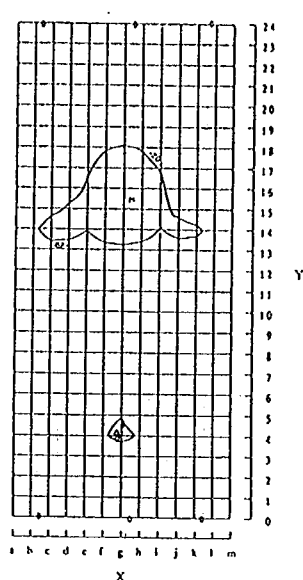
図-3. 1. 12(1) フランジおよびウェブの面外変位等高線図(N-3)



(b) フランジ(B面)

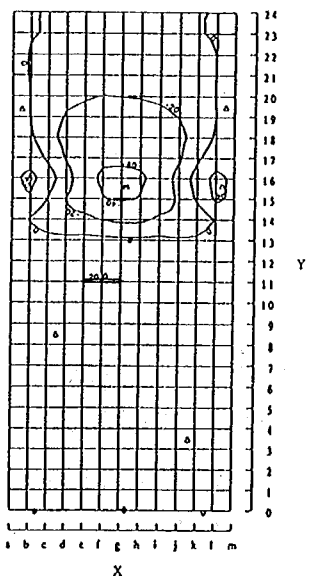


(c) ウェブ(C面)

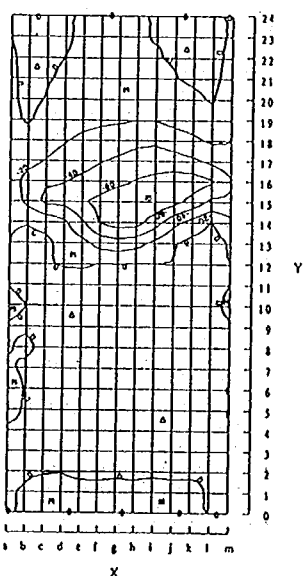


(a) フランジ(A面)

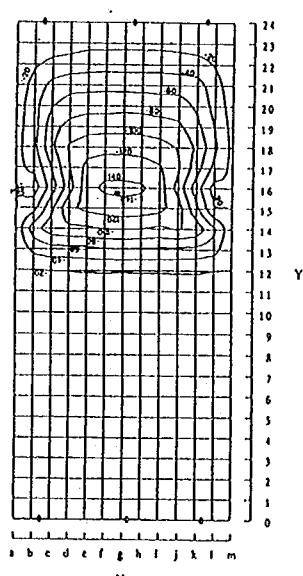
(i) 最大荷重時



(b) フランジ(B面)



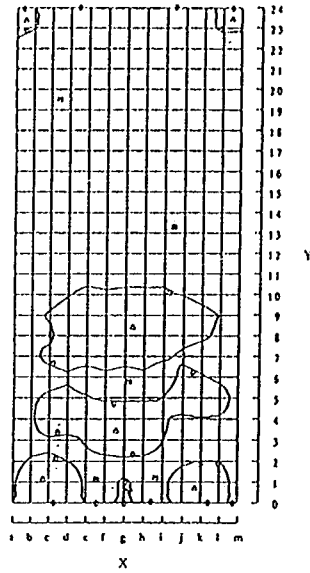
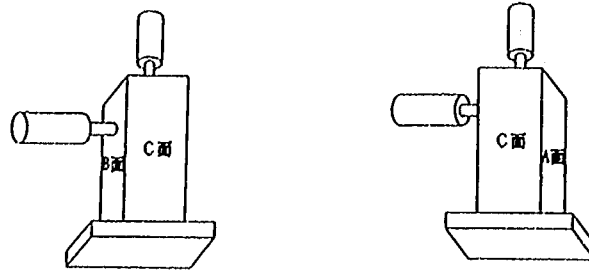
(c) ウェブ(C面)



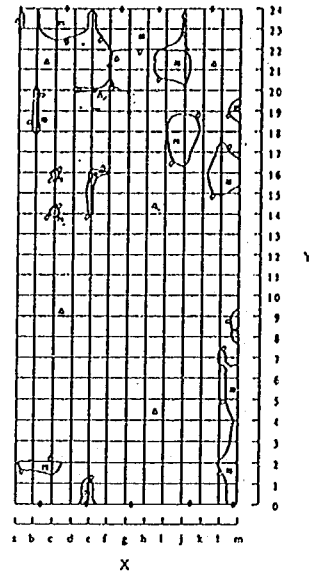
(a) フランジ(A面)

(ii) 実験終了時

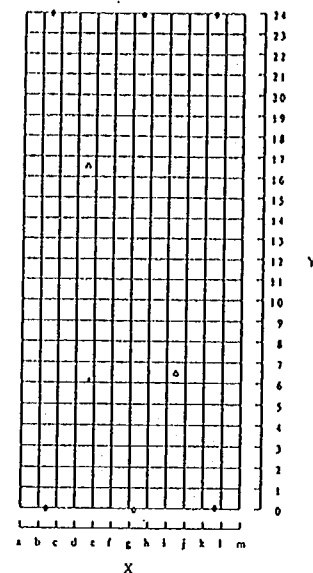
図-3. 1. 12(2) フランジおよびウェブの面外変位等高線図(N-4)



(b) フランジ(B面)

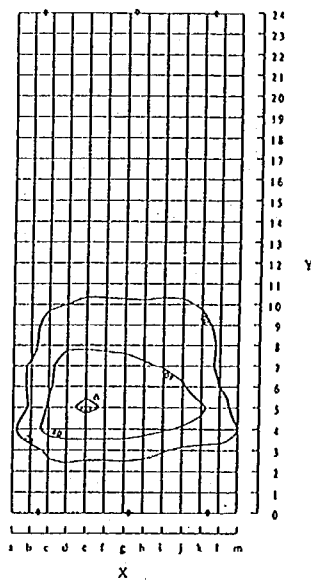


(c) ウェブ(C面)

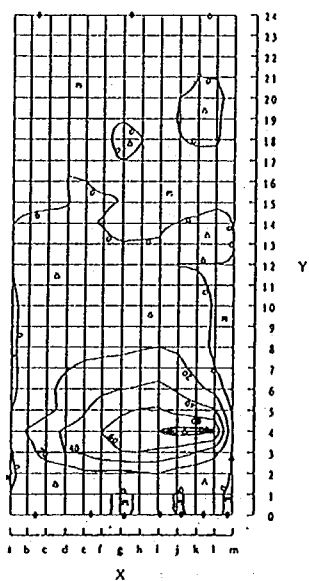


(a) フランジ(A面)

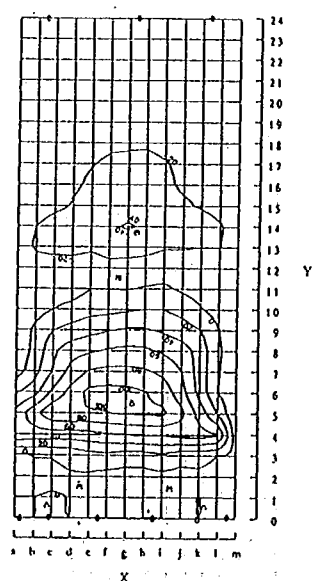
(i) 最大荷重時



(b) フランジ(B面)



(c) ウェブ(C面)



(a) フランジ(A面)

(ii) 実験終了時

図-3. 1. 12(3) フランジおよびウェブの面外変位等高線図(N=5)

表-3. 1. 2(1) 供試体の損傷状況(N-3)

載荷サイクル n δy	変状進行状況
1	黒皮のひび割れ、パネルの変形等は認められない。
-1	圧縮側B面の1、2枚目のダイヤフラム付近で僅かに線状の黒皮のひび割れが認められる。パネルの変形は認められない。
2	圧縮側A面で第3パネルまで広い範囲で線状の黒皮のひび割れが認められる。D面第2パネル付近の圧縮側でも僅かに黒皮のひび割れが認められる。パネルの変形は認められない。
-2	圧縮側B面で第3パネルまで広い範囲で線状の黒皮のひび割れが認められるが、A面ほど密ではない。C面第2パネルの圧縮側付近でも僅かに黒皮のひび割れが認められる。パネルの変形は認められない。
3	圧縮側A面の黒皮のひび割れは第4パネルまで広がり、一部には黒皮の剥落も認められる。CD面の圧縮側でも黒皮のひび割れが広がっている。パネルの変形は認められない。
-3	圧縮側B面の黒皮のひび割れは第4パネルまで広がり、一部には黒皮の剥落も認められる。CD面の圧縮側でも黒皮のひび割れが広がり、D面はC面に比べて密にひび割れている。パネルの変形は認められない。
4	圧縮側A面第1パネルの中央部付近では縦リブ間で僅かに凹みが認められる。CD面の引張側基部付近の角部で小さな割れが発生した。
-4	圧縮側B面ではコンクリート打設面から約10cmの位置から25cmの範囲で中央部が僅かに凹んでいる。引張側A面のパネル変形は元に戻っている。
5	圧縮側A面では基部から30～70cmの範囲で縦リブ位置が外面へ僅かに膨らみ、パネルとコンクリート間に空隙が生じ、打音でも判別できる。引張側基部付近の割れは進展していない。
-5	圧縮側B面ではコンクリート打設面から約40cmの範囲で中央部に僅かな凹みが認められる。また、基部から40～70cmの範囲ではパネルとコンクリート間に空隙が生じている。引張側A面のパネル変形は元に戻り、A-C、A-D角部の基部付近では小さい割れが発生した。
6	圧縮側A面第2、3パネルで縦リブを挟んだ凹みが認められる。特に、第3パネル中央部の変形は顕著である。引張側B面のパネル変形は元に戻り、基部付近のB-C、B-D角部では割れが進展した。CD面のパネル変形は認められない。
-6	圧縮側B面第3パネルの中央部ではパネルの変形が進み、第1パネル中央部では全体的な膨らみが目立ってきた。引張側A面のパネル変形は元に戻っているが、第1パネル上半部ではコンクリートの付着が切れている。基部付近の割れは僅かに進展している。

表-3. 1. 2(2) 供試体の損傷状況(N-4)

載荷サイクル $n \delta y$	変状進行状況
1	目立った変化はない。
-1	目立った変化はない。
2	圧縮側A面では第2パネル下半部まで線状の黒皮のひび割れが認められる。また、コンクリート打設面の上方中央部で僅かにパネルが凹んでいる。CD面圧縮側では基部付近とダイヤフラム付近で僅かに黒皮のひび割れが認められる。
-2	圧縮側B面では第2パネル下半部まで線状の黒皮のひび割れが認められる。また、コンクリート打設面の上方で縦リブを挟むように僅かにパネルが凹んでいる。引張側A面のパネル変形は元に戻っている。CD面圧縮側では基部付近とダイヤフラム付近で僅かに黒皮のひび割れが認められる。
3	圧縮側A面では黒皮のひび割れが出切った状態で一部剥落している。また、第1パネル下半部では中央部が僅かに膨らみ、第2パネル下半部では変形量は少ないが、広い範囲で凹んでいる。引張側B面のパネル変形は元に戻っている。CD面では圧縮側を中心に第2パネル上部まで黒皮のひび割れが広がっている。各面共に第1パネルはコンクリートとの付着が切れて浮いた状態である。
-3	圧縮側B面では黒皮のひび割れが出切った状態で一部剥落している。また、第2パネルは全体が僅かに凹んでいる。引張側A面では第2パネルで広く残留変形が認められる。CD面でのパネル変形は認められない。
4	圧縮側A面では第2パネルが全体に凹み、コンクリート打設面付近で大きく凹んでいる。引張側B面では第2パネル全体に残留変形が認められる。CD面ではコンクリート打設面付近で圧縮側が膨らんでいる。基部付近角部、コンクリート打設面付近角部の割れは認められない。
-4	圧縮側B面第2パネルは全体的に大きく凹むようになり、引張側A面第2パネルの残留変形も大きい。B面の変形に伴ってCD面圧縮側の変形も大きい。角部ラインの曲りは認められない。

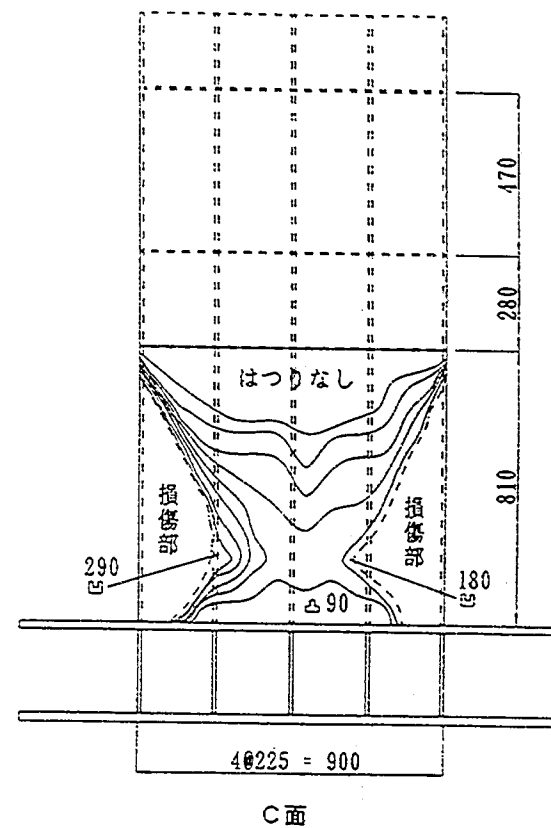
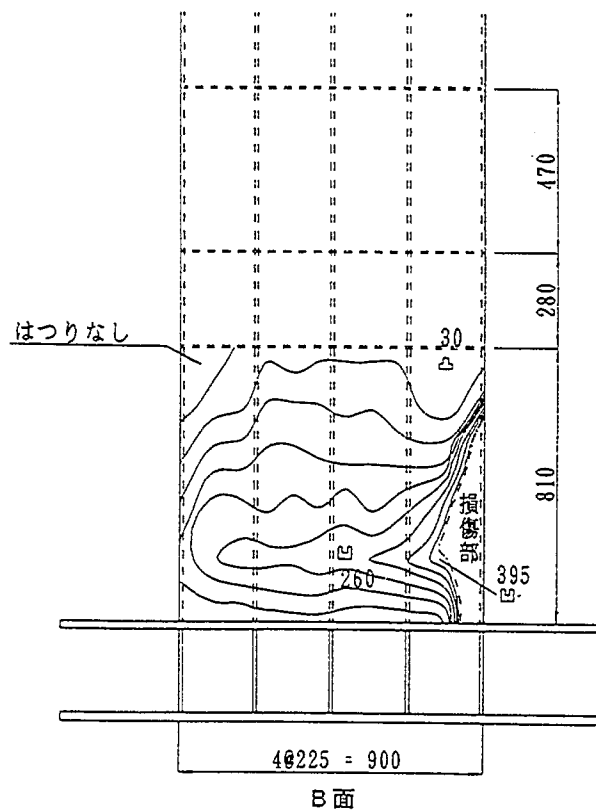
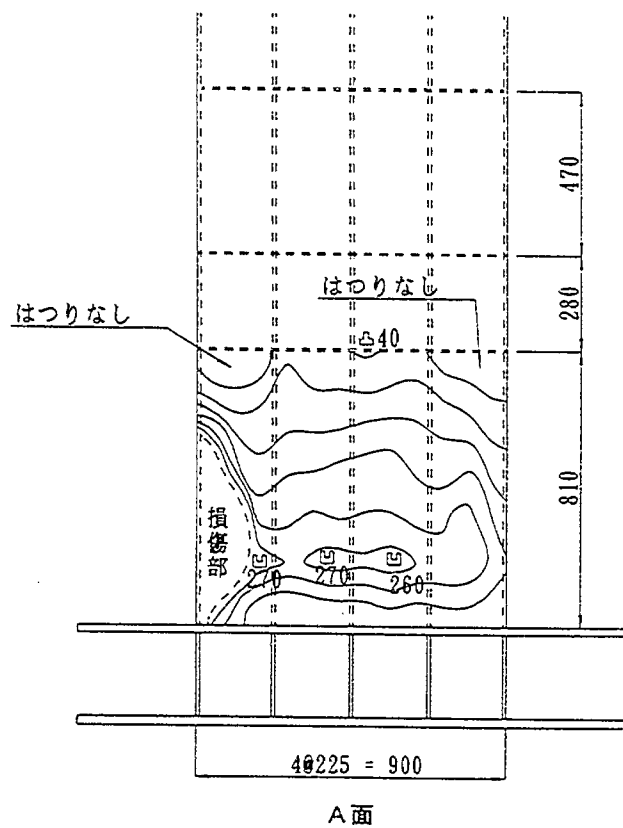
載荷サイクル $n \delta y$	変状進行状況
5	圧縮側A面第2パネルは内側に畳み込まれるように大きく凹んでいる。また、このパネルの大変形に伴って角部でラインが曲り始めた。第1パネルではダイヤフラム付近で膨らみが認められる。 引張側B面では残留変形も大きくなり、第1パネルのダイヤフラム付近で僅かに膨らみが認められる。CD面でも第2パネル全体が圧縮側を中心に大きく変形している。
-5	圧縮側B面第2パネルは大きく凹んでいる。また、このパネルの大変形に伴って角部でラインが曲り始めた。第1パネルではダイヤフラム付近で膨らみが認められる。引張側A-C、A-D角部のライン変形は元に戻っている。CD面でも第2パネル全体が圧縮側を中心に大きく変形している。
6	各面共に第2パネルが大きく凹み、ダイヤフラムを境に第1パネルは僅かに膨らんでいる。圧縮側角部のラインも大きく曲がっているが、溶接線の割れは認められない。
-6	各面共に第2パネルが大きく凹み、AB面ではダイヤフラムを境に僅かに膨らみが認められる。圧縮側角部のラインも大きく曲がっているが、溶接線の割れは認められない。

表-3. 1. 2(3) 供試体の損傷状況(N-5)

載荷サイクル $n \delta y$	変状進行状況
1	圧縮側A面のコンクリート打設面付近で僅かに線状の黒皮のひび割れが認められる。また、基部から約51~80cmの範囲ではパネルとコンクリートの付着が切れている。
-1	圧縮側B面のコンクリート打設面付近で僅かに線状の黒皮のひび割れが認められる。また、基部から約26~77cmの広い範囲でパネルとコンクリートの付着が切れている。
2	圧縮側A面では第2パネル下部まで黒皮のひび割れが広がり、基部から約28~45cmと61~90cmの範囲でコンクリートの付着が切れている。引張側B面では基部から約8~47cmの範囲でコンクリートの付着が切れている。パネルの変形は認められない。
-2	圧縮側B面では第2パネル下部まで黒皮のひび割れが広がり、基部から約23~82cmの範囲でコンクリートの付着が切れている。CD面第1パネルでもAB面同様にコンクリートの付着が切れている。パネルの変形は認められない。
3	圧縮側A面では第2パネルで黒皮のひび割れが広がり、下半部で縦リブを挟んで僅かに凹みが認められる。また、第1パネル中央部付近では膨らみが認められる。CD面の圧縮側でも黒皮のひび割れが認められ、第2パネルでは縦リブを挟むように僅かに凹みが認められる。
-3	圧縮側B面第2パネルでは黒皮のひび割れが広がり、下半部では縦リブを挟んで僅かに凹みが認められる。引張側A面のパネル変形は元に戻っている。C面第1パネルでは圧縮側で僅かに膨らみが認められ、黒皮のひび割れも広がっている。D面第1パネルでは上部の中央部付近で膨らみが認められ、C面同様に圧縮側で黒皮のひび割れが広がっている。
4	圧縮側A面第1パネルは局所的な膨らみが認められるが、他の3面は全体的に僅かに膨らんだ状態である。圧縮側A面第2パネルではっきりとした凹みが認められるが、他の3面では初期変形との区別がつかない程度である。C面引張側基部付近の角部で小さな割れが発生した。
-4	圧縮側B面第1パネルは局所的な膨らみが認められるが、他の3面は全体的に僅かに膨らんだ状態である。圧縮側B面第2パネルではっきりとした凹みが認められるが、他の3面では初期変形との区別がつかない程度である。
5	圧縮側A面では局所的な変形が目立ち、他の3面では第1パネルの全体的な膨らみが認められる程度である。
-5	圧縮側B面第1パネルは波打つように膨らみ、引張側A面第2パネルでも残留変形が認められるようになった。引張側A-D角部で小さな割れが発生した。

載荷サイクル $n \delta y$	変状進行状況
11	圧縮側ではA-C、A-D角部の軸方向割れの開口部が広がり、コンクリート片が落ちてくる状態である。角部の割れはB-C、B-D角部と同様に溶接ビードに沿った割れと内面の隅肉溶接部から進展したと思われる母材割れが認められる。

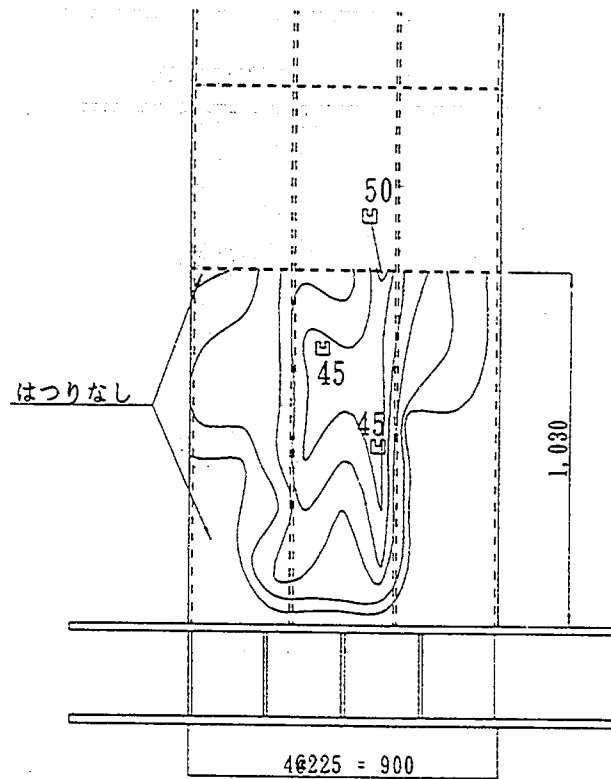
N-3 供試体



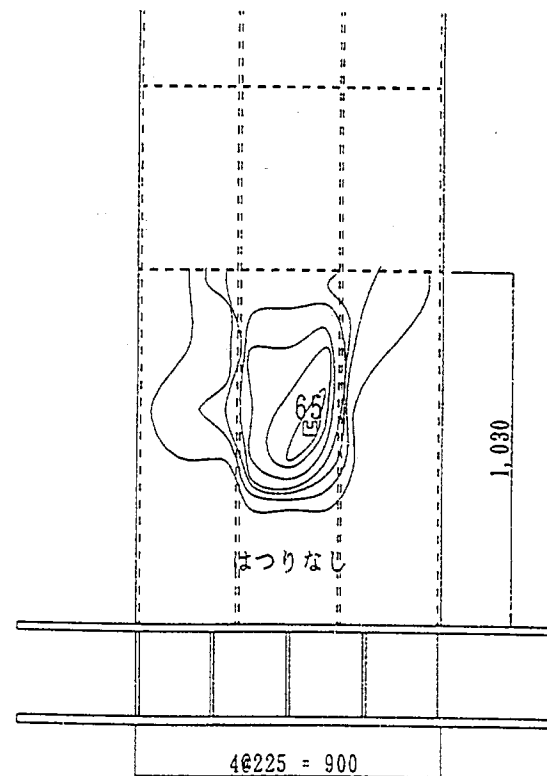
等高線は、40mmピッチを示す。

図-3. 1. 13(1) コンクリート損傷深さ等高線図(N-3)

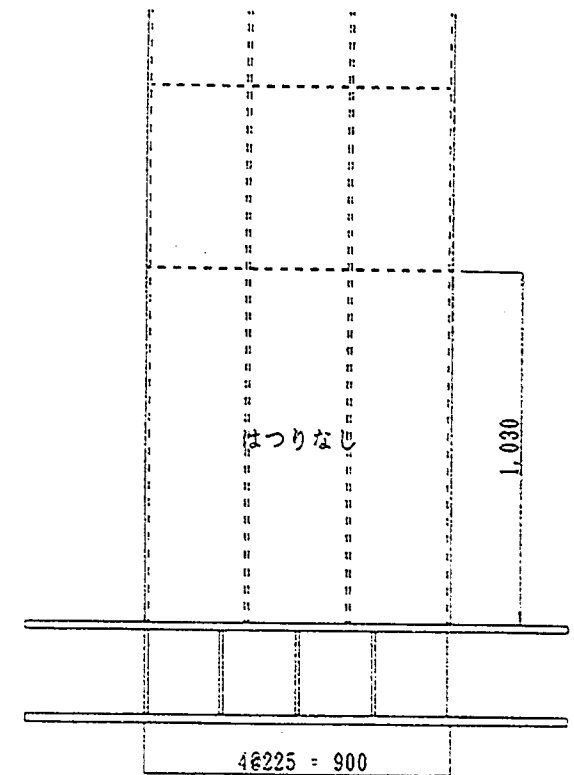
N-4 供試体



A 面



B 面

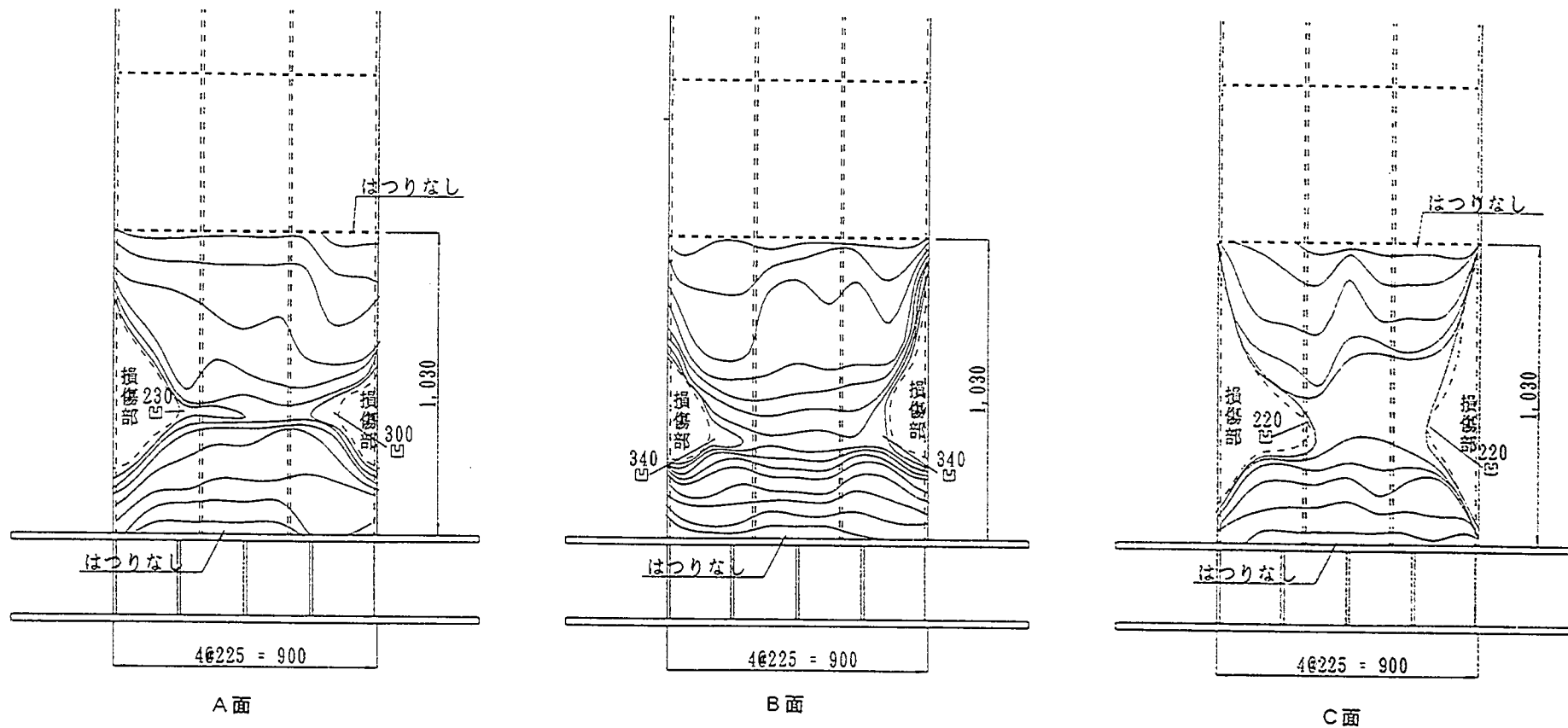


C 面

等高線は、10mmピッチを示す。

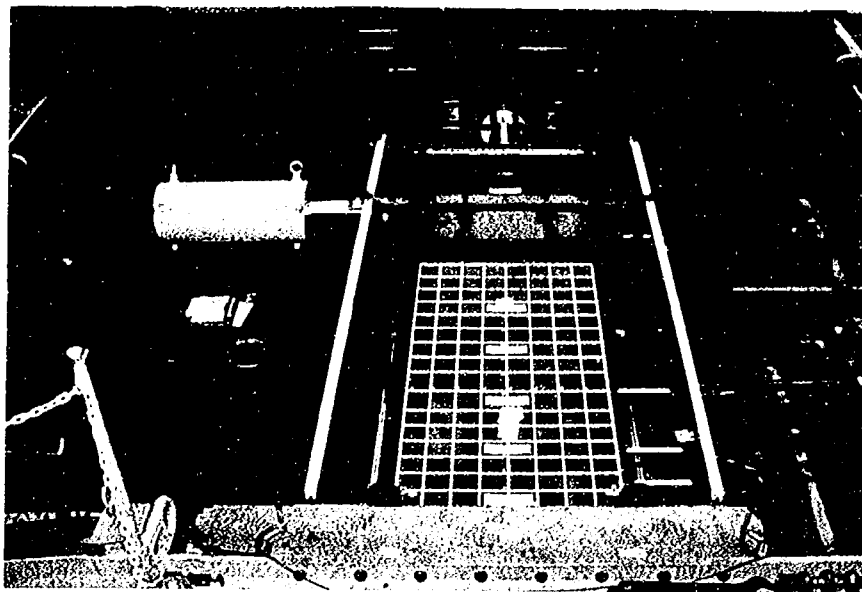
図-3.1.13(2) コンクリート損傷深さ等高線図(N-4)

N-5 供試体

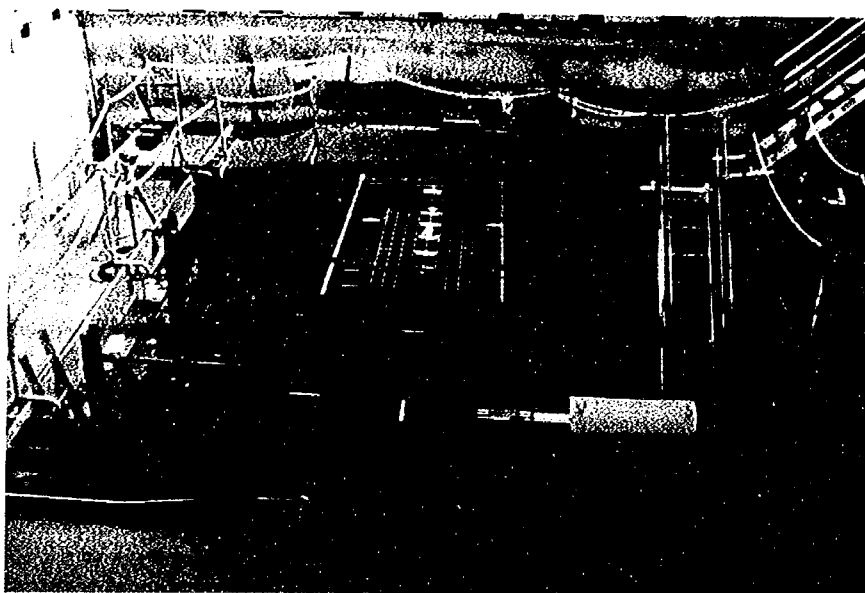


等高線は、40mmピッチを示す。

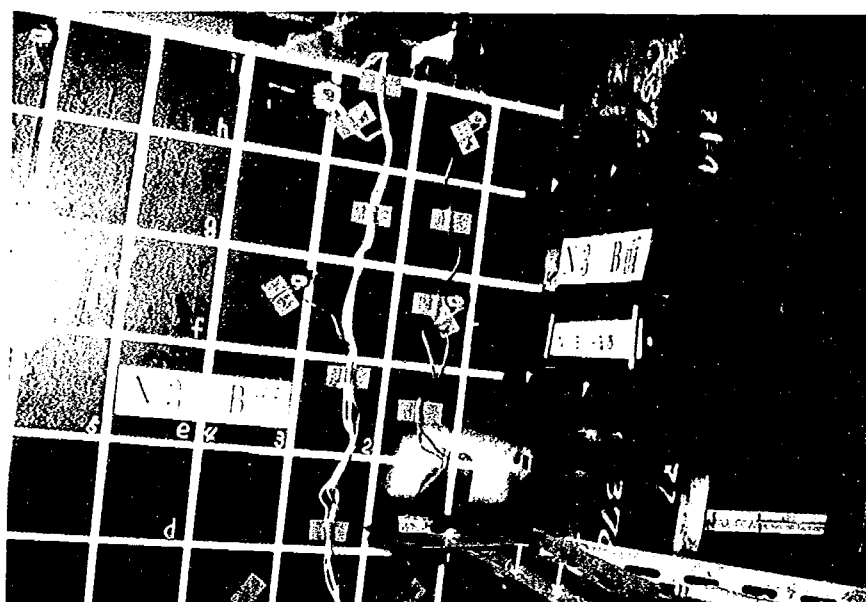
図-3. 1. 13(3) コンクリート損傷深さ等高線図(N-5)



試 験 体	N-3
変 位	
試験体セット状況 (固定側より)	

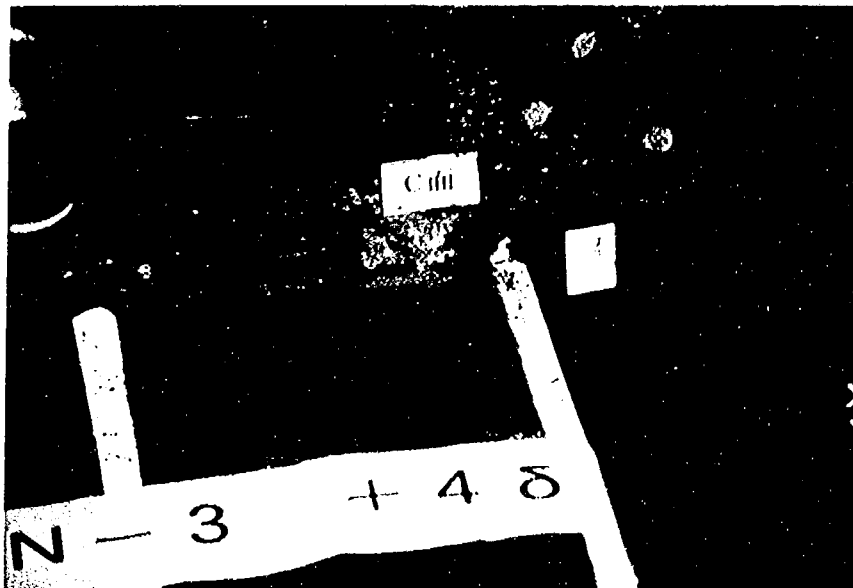


試 験 体	N-3
変 位	
試験体セット状況 (載荷側より)	



試 験 体	N-3
変 位	$\pm 3 \delta y$
A面、B面の黒皮のひび割れが増える。C面、D面にも黒皮のひび割れが認められる。	

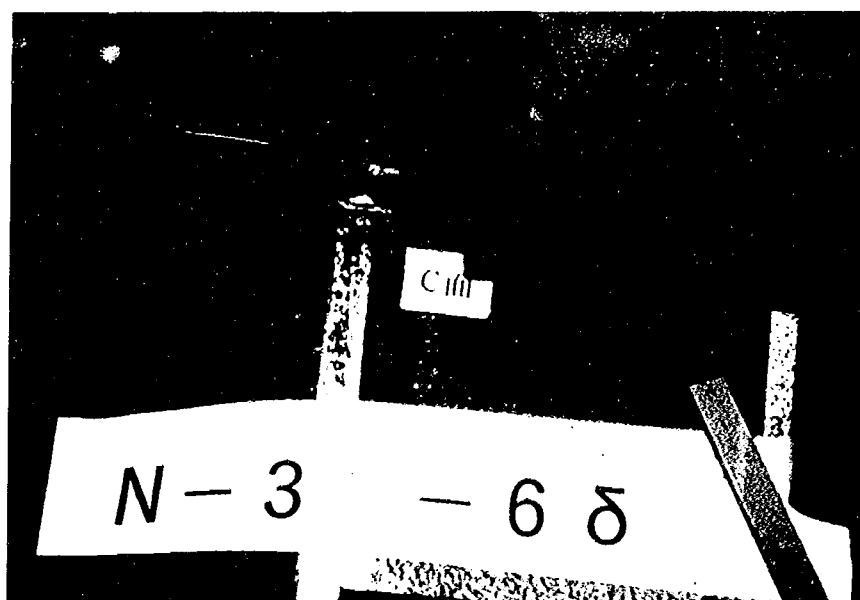
写真-3. 1. 1(1) 変位状況(N-3)



試験体	N-3
変位	+4 δ y
C, B面の引張側基部のコーナーの溶接部に亀裂が発生。	

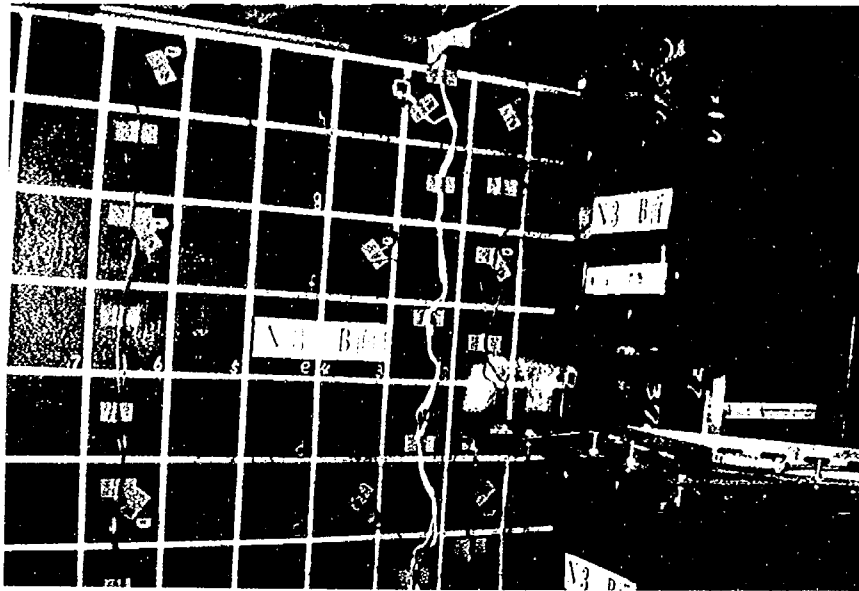


試験体	N-3
変位	+5 δ y
A面（圧縮側）の基部から約30～70cmの範囲で縦リブ位置が若干外側に膨らみ、コンクリートとの間に空隙が生じる。	

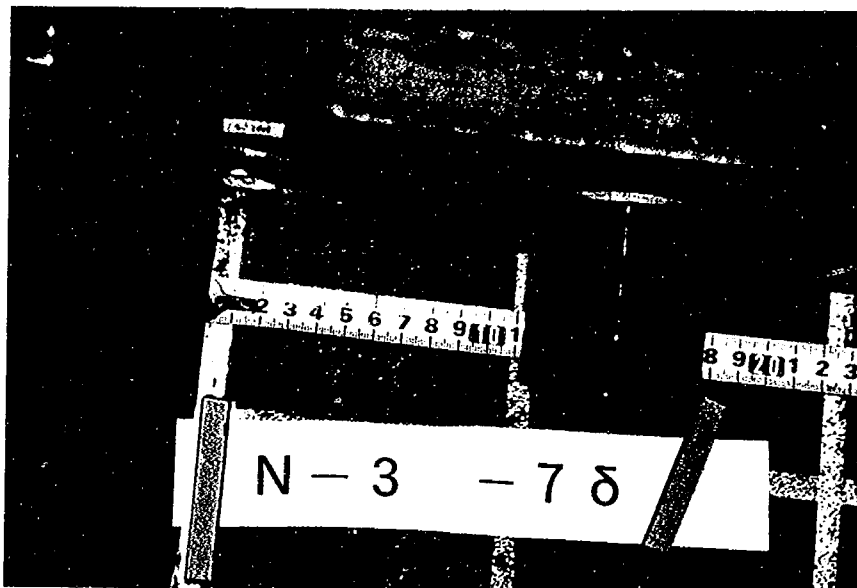


試験体	N-3
変位	-6 δ y
C, A面の引張側基部コーナーの溶接部の亀裂が進行する。	

写真-3.1.1(1) 変位状況(N-3)



試験体	N-3
変位	-7 δy
B面側第1パネルは、全体的に凸の面外変形となり、第3パネルは、全体的に凹となる。	

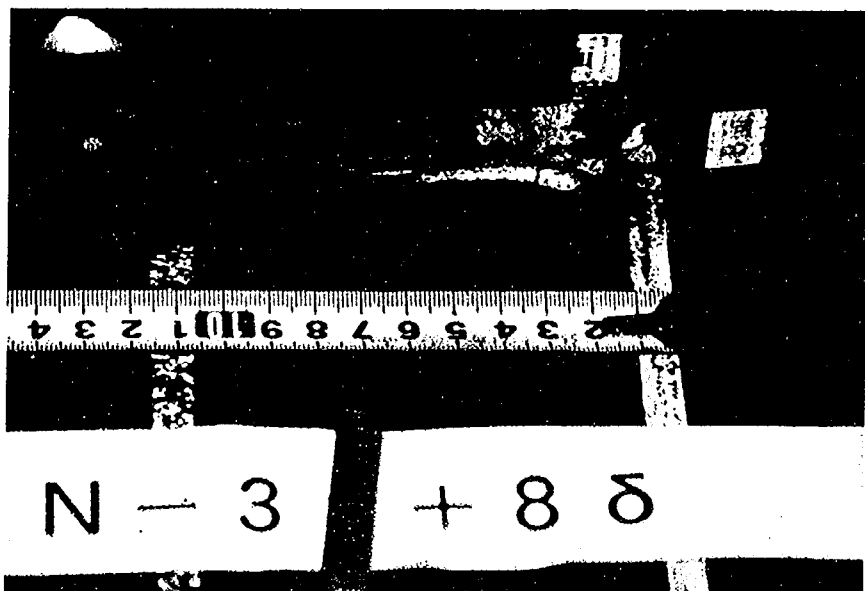


試験体	N-3
変位	-7 δy
C, A面の引張側基部コーナーの溶接部の亀裂が進行する。	

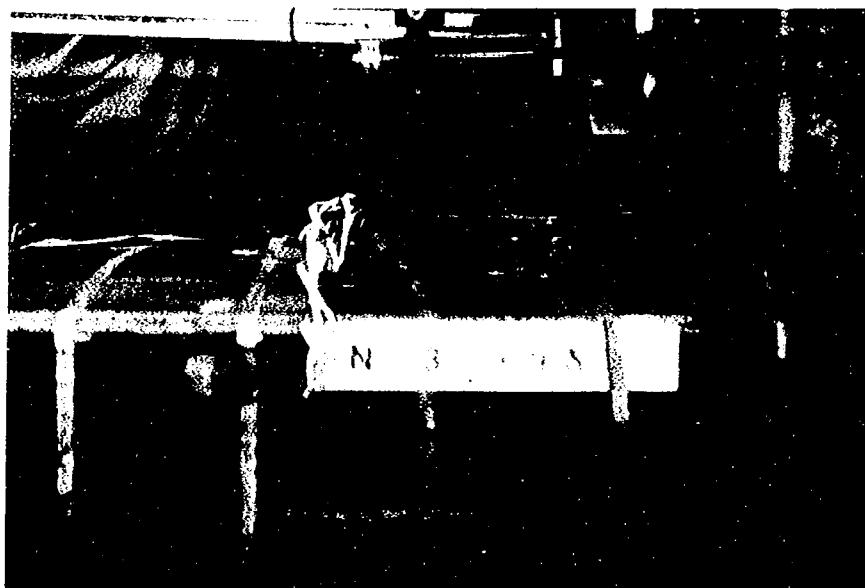


試験体	N-3
変位	+8 δy
A面（圧縮側）で広い範囲で面外変形（凸）が認められる。	

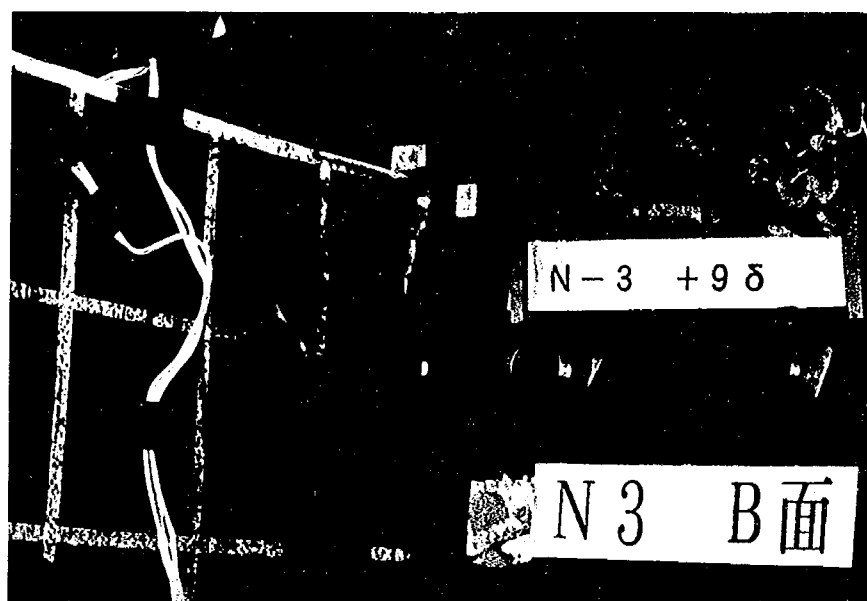
写真-3. 1. 1(i) 変位状況(N-3)



試験体	N-3
変位	+8 δy
B面の引張側基部上下のコーナーの溶接部の亀裂が進行する。	

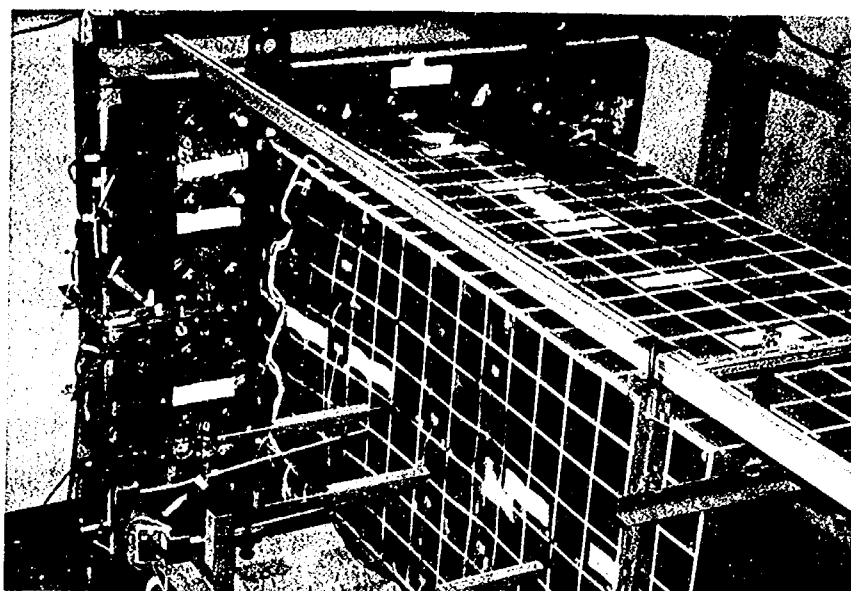


試験体	N-3
変位	+9 δy
A面（圧縮側）第1パネルの基部付近で角部のラインが曲がり、パネルは、全体的に大きく凸となる。	

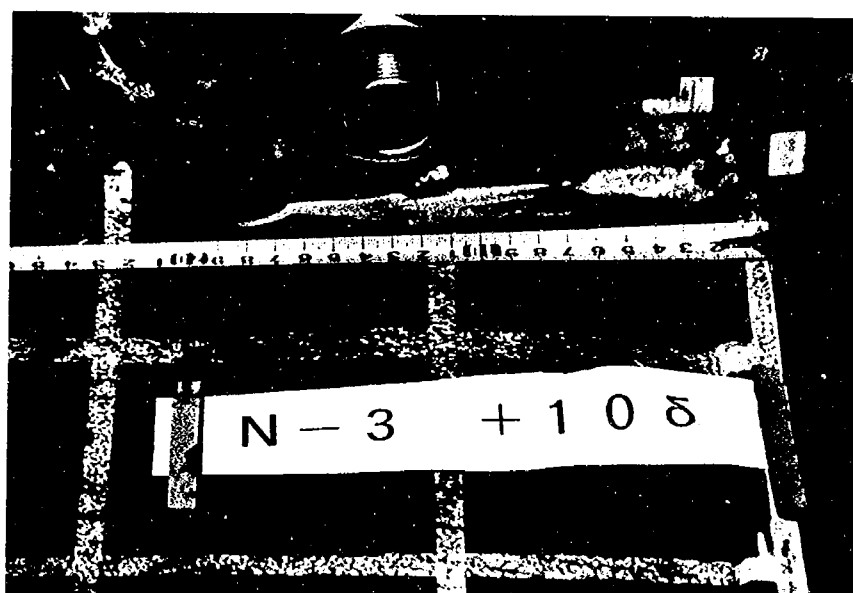


試験体	N-3
変位	+9 δy
B面の引張側基部上下のコーナーの部よりの亀裂が進行する。	

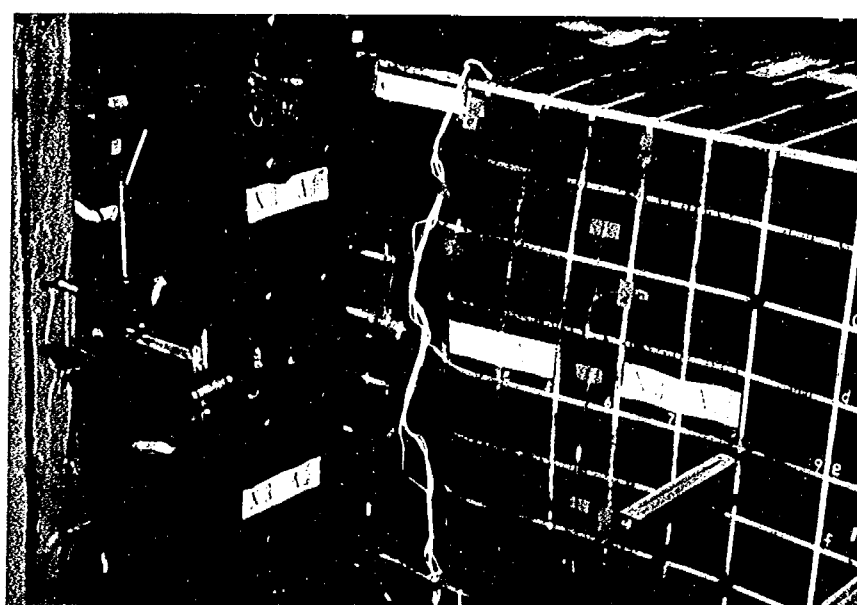
写真-3.1.1(1) 変位状況(N-3)



試験体	N-3
変位	$+10\delta y$
A面（圧縮側）第1パネル全体が大きく凸となる。	

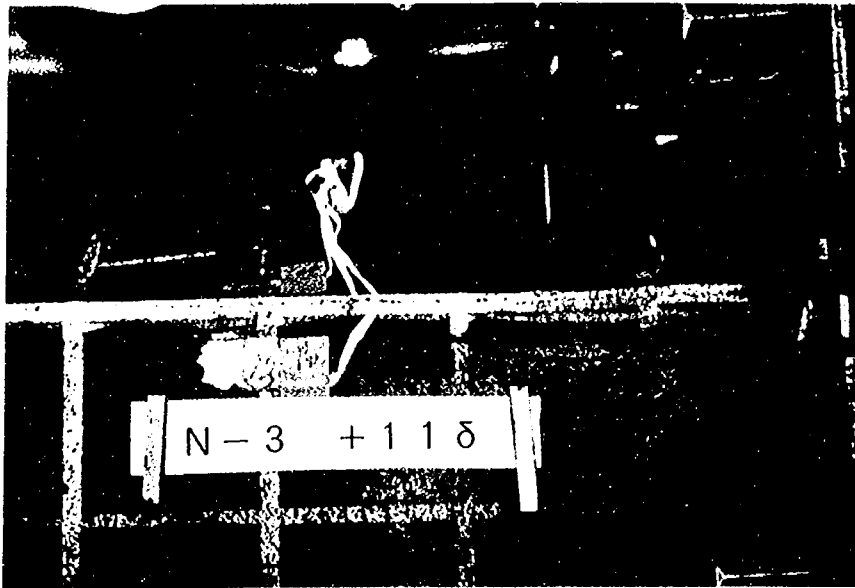


試験体	N-3
変位	$+10\delta y$
B面の引張側基部上下のコーナーの部よりの亀裂が進行する。	

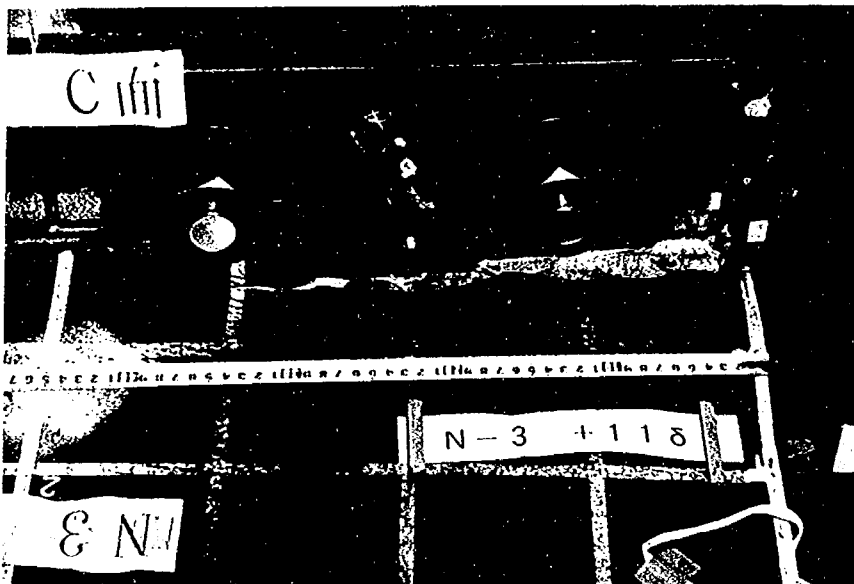


試験体	N-3
変位	$+11\delta y$
A面（圧縮側）第1パネルの面外変形（凸）がさらに進行する。	

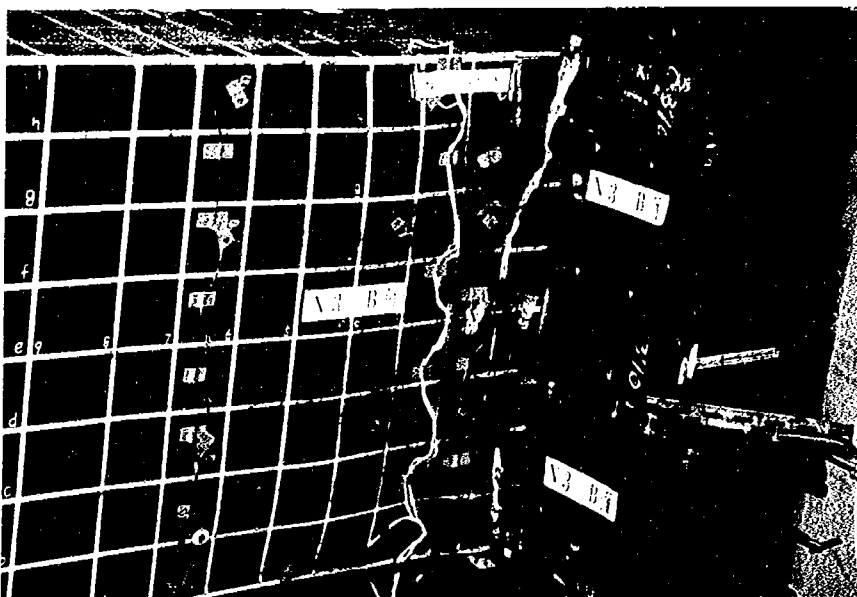
写真-3.1.1(1) 変位状況(N-3)



試験体	N-3
変位	$+11\delta y$
A面（圧縮側）第1パネルの面外変形（凸）がさらに進行する。	

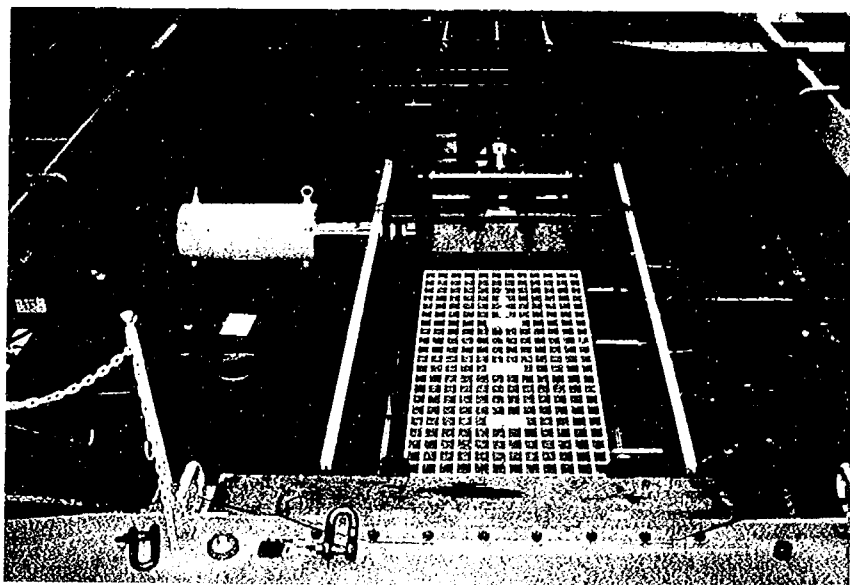


試験体	N-3
変位	$+11\delta y$
B面の引張側基部上下のコーナーの部よりの亀裂がさらに進行する。	

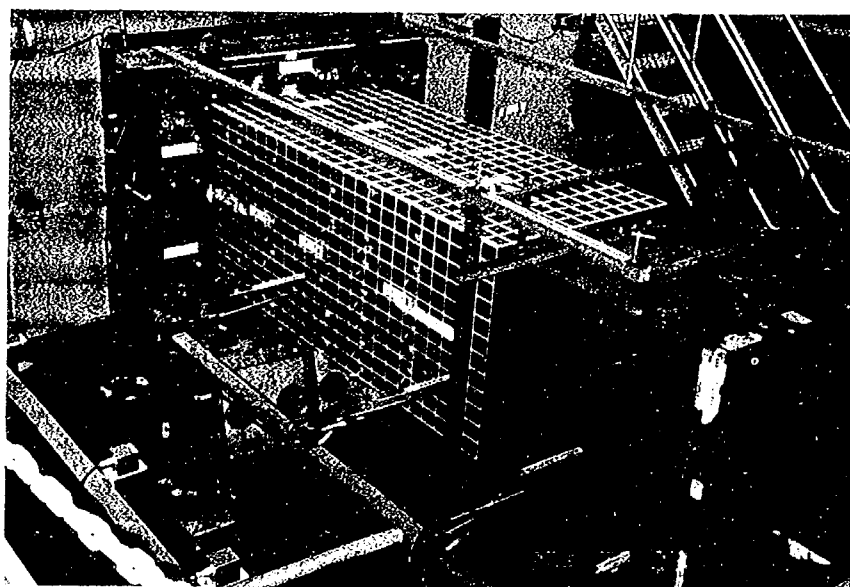


試験体	N-3
変位	$+11\delta y$
B面の引張側基部上下のコーナーの部よりの亀裂がさらに進行し、ほぼ繋がる。水平荷重は低下し、実験を終了する。	

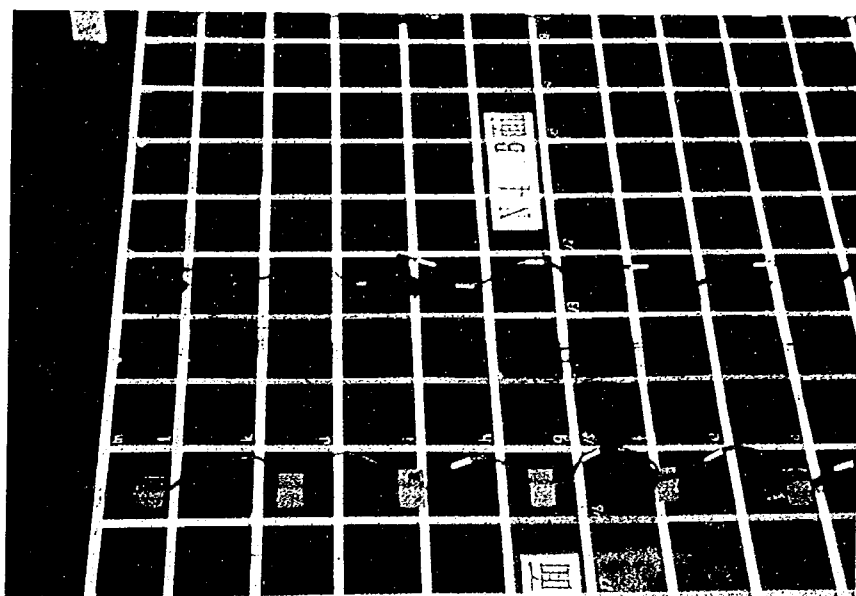
写真-3. 1. 1(1) 変位状況(N-3)



試験体	N-4
変位	
試験体セット状況 (固定側より)	

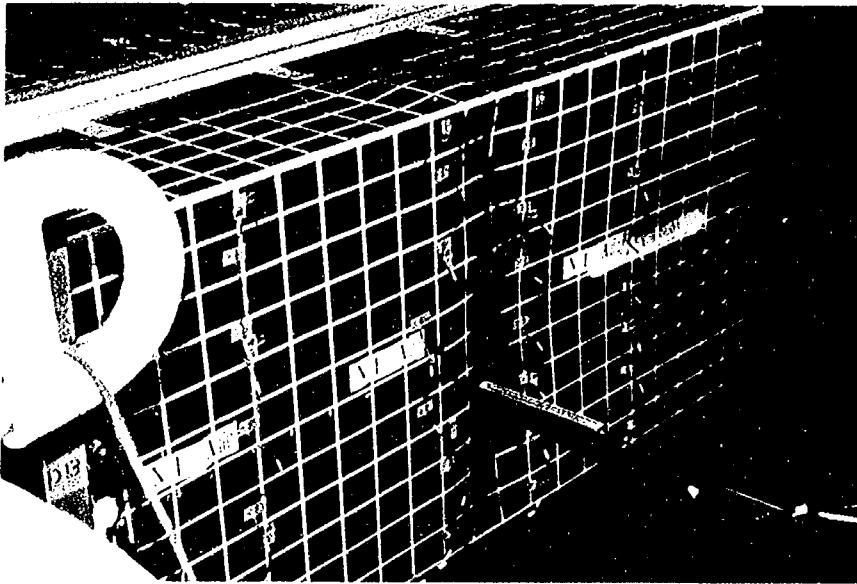


試験体	N-4
変位	
試験体セット状況 (A面側より)	

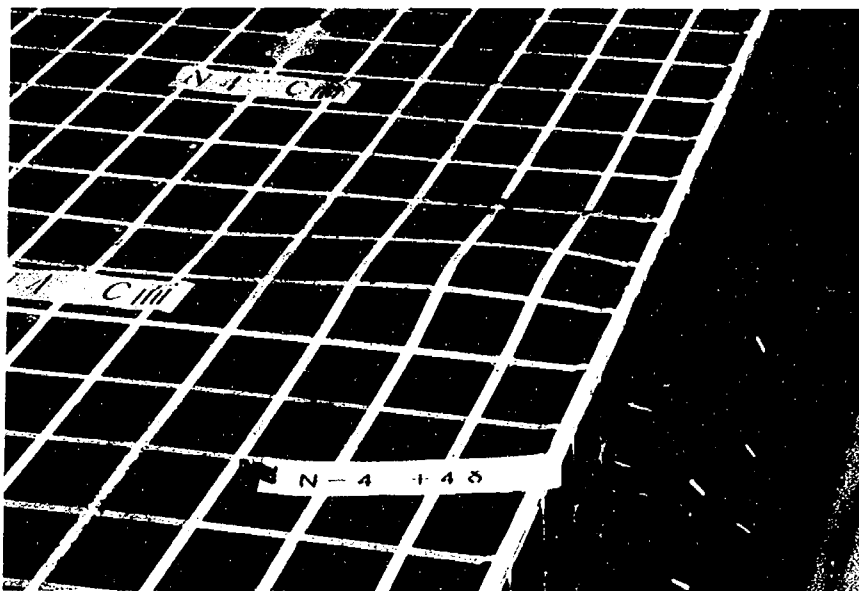


試験体	N-4
変位	-3 δy
中埋めコンクリート天端上部のダイヤフラム間において圧縮フランジ全体に面外変形が発生。 (写真はA面(圧縮フランジ)を示す)	

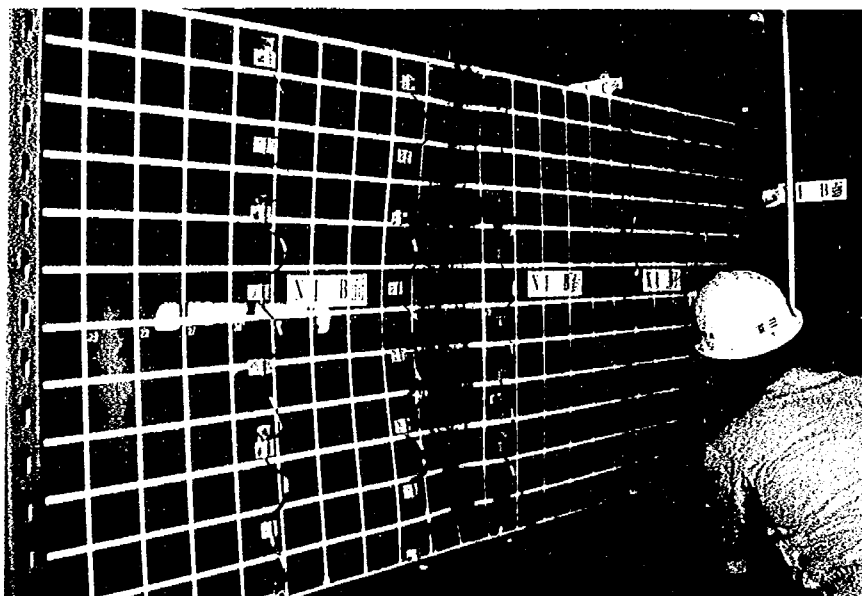
写真-3. 1. 1(2) 変位状況(N-4)



試験体	N-4
変位	$+4\delta y$
圧縮フランジの縦リブ間で座屈が発生し、面外変形が極度に増大する。	

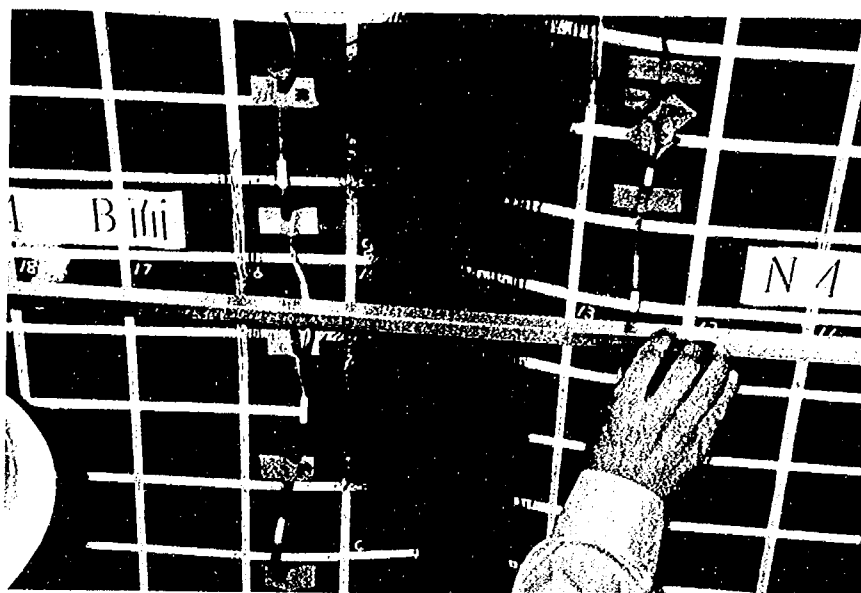


試験体	N-4
変位	$+4\delta y$
圧縮フランジの面外変形の増大にともない、ウェブ圧縮側の縦リブ間で面外変形が発生。	

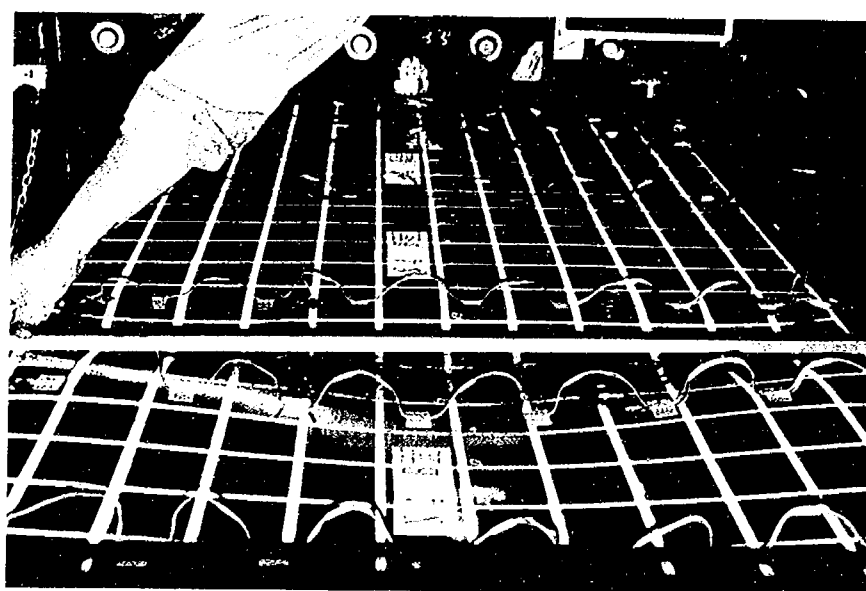


試験体	N-4
変位	$-4\delta y$
最大荷重 -172tf を発生。中埋めコンクリート上部の面外変形は進行するが、コンクリート充填部での大きな面外変形は見られない。	

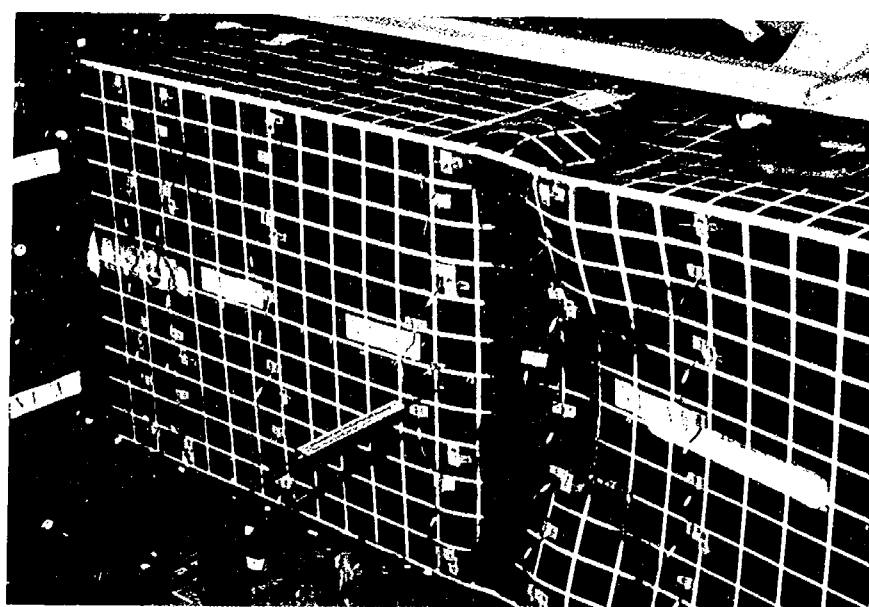
写真-3. 1. 1(2) 変位状況(N-4)



試験体	N-4
変位	$-4\delta y$
中埋めコンクリート天端 (メッシュ12番)の直上での面外 変形が増大する。	

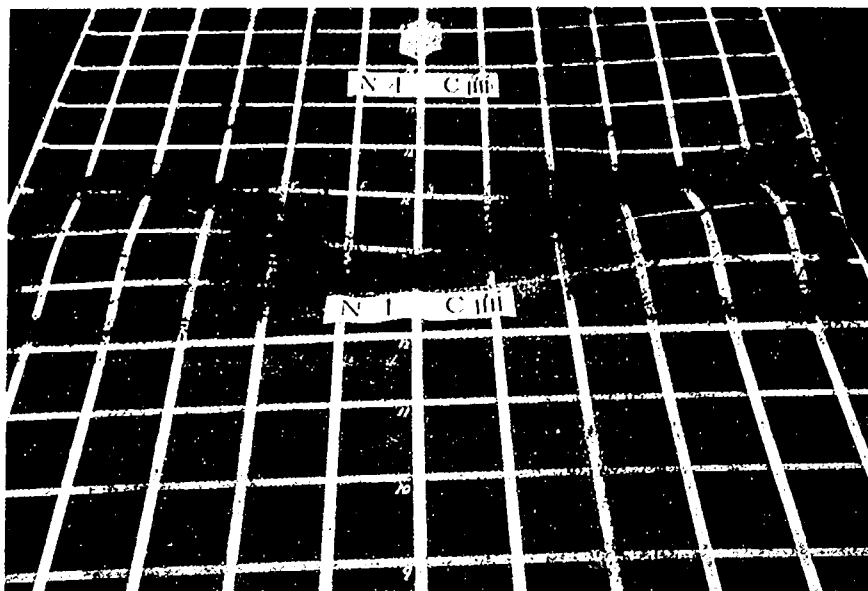


試験体	N-4
変位	$-4\delta y$
圧縮フランジの面外変形は ウェブ間で顕著となる。 (変形量30mm程度)	

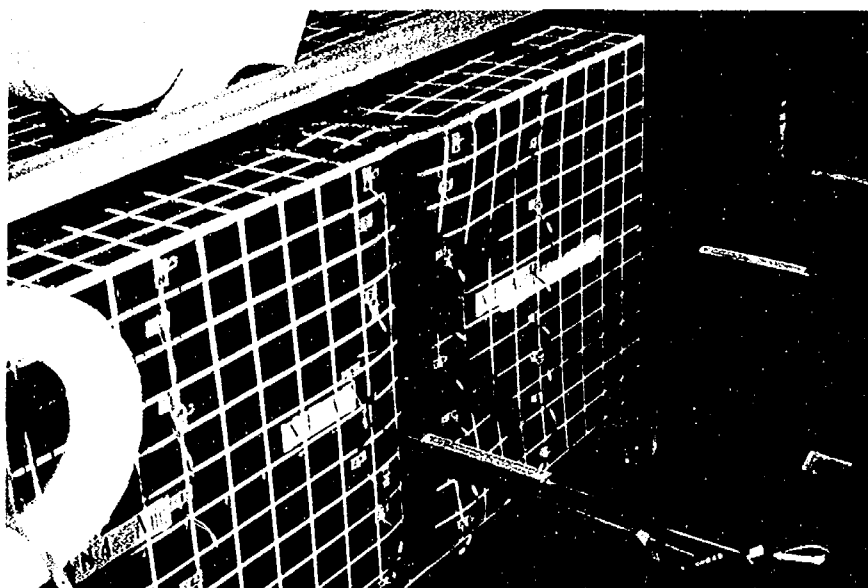


試験体	N-4
変位	$+5\delta y$
圧縮フランジの凹の面外変 形に対して、ウェブ圧縮側 で凸の面外変形が増大する	

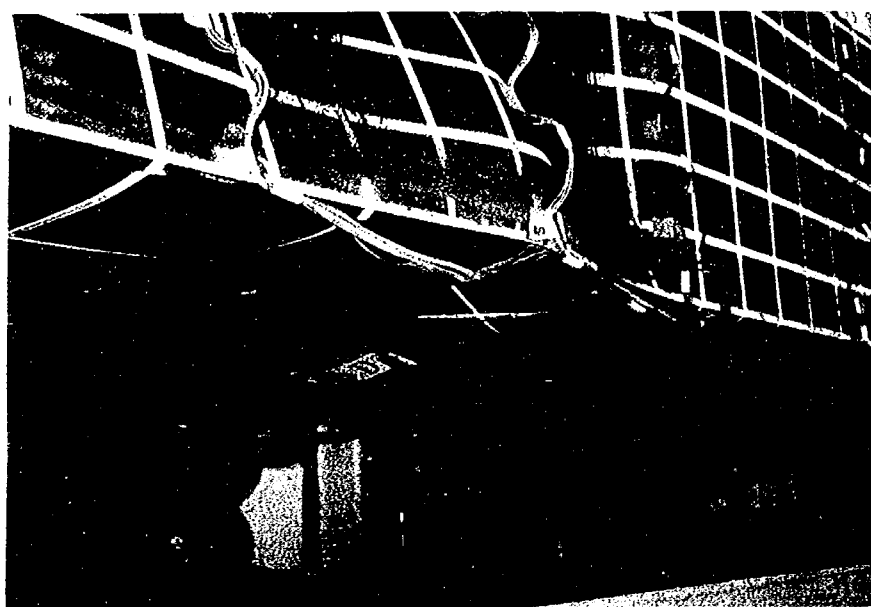
写真-3.1.1(2) 変位状況(N-4)



試験体	N-4
変位	+5 δy
ウェブは縦リブ間の面外変形が顕著となる。	

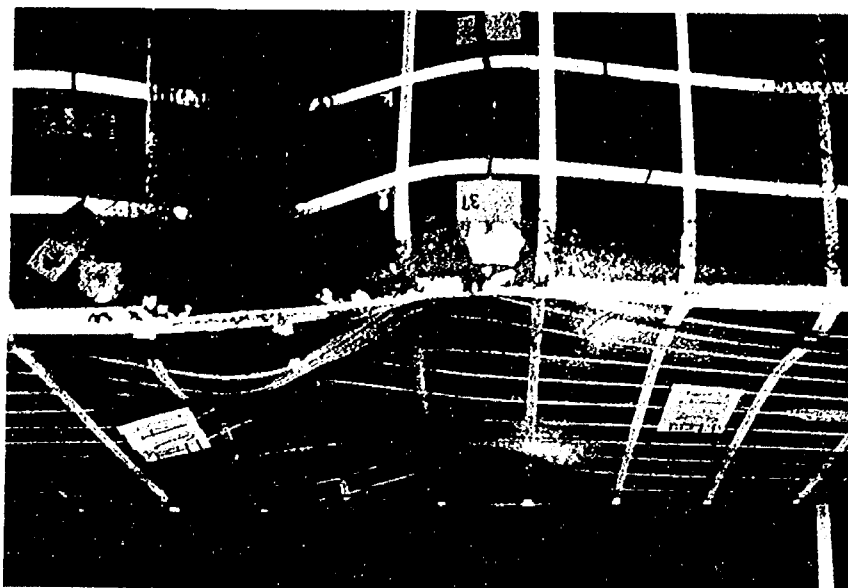


試験体	N-4
変位	-5 δy
圧縮フランジの変形が進行する一方で、引張フランジの面外変形が残留するようになる。 (写真はA面(引張フランジ)を示す。)	

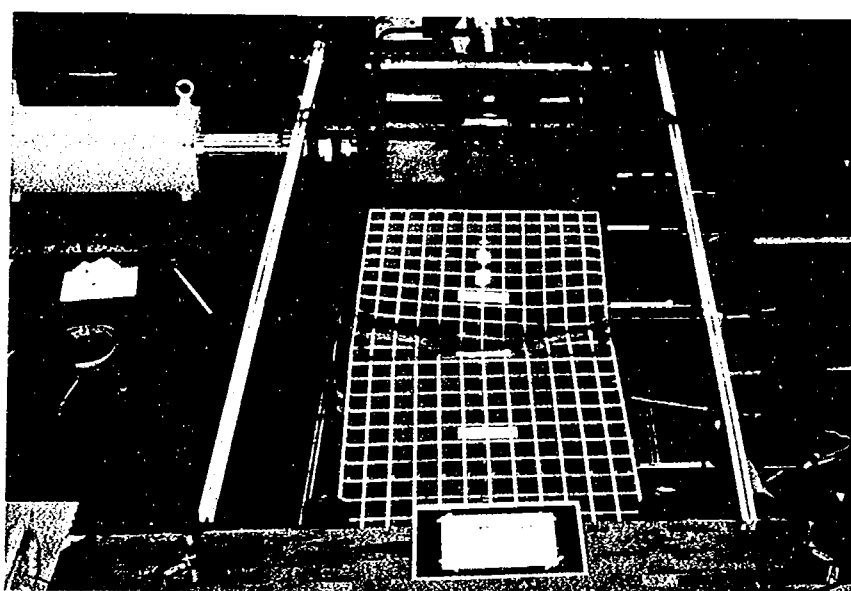


試験体	N-4
変位	-5 δy
フランジ・ウェブのコーナー部の変形が進行するものの、溶接部のクラックは観察されない。	

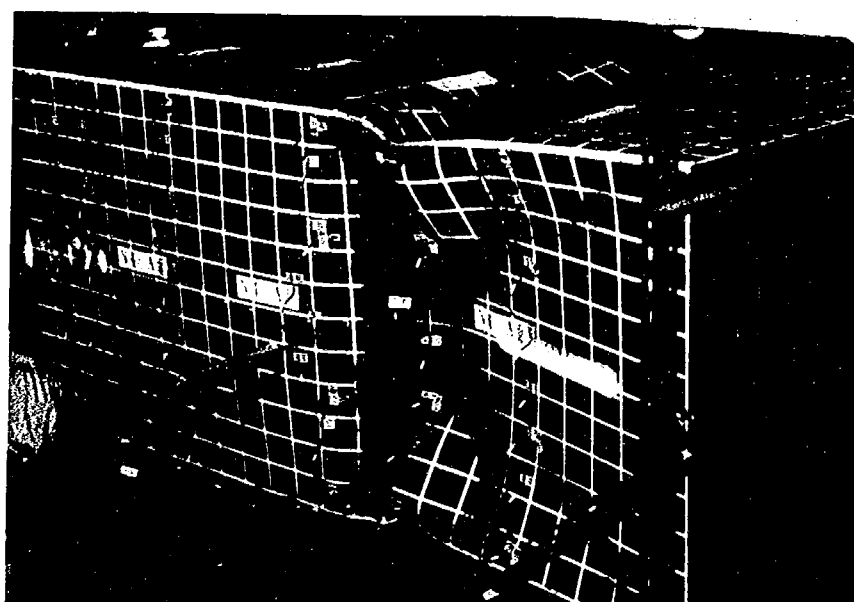
写真-3. 1. 1(2) 変位状況(N-4)



試験体	N-4
変位	$-5\delta y$
ウェブにおいて、フランジ間と縦リブ間で変形が増大する。	

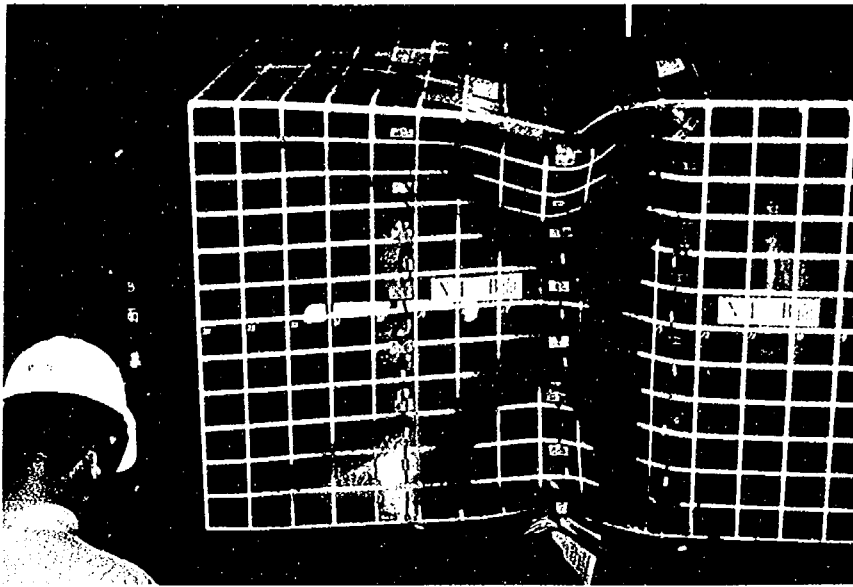


試験体	N-4
変位	$+6\delta y$
フランジ・ウェブの変形によって、鉛直方向に約40mmの変位する。	

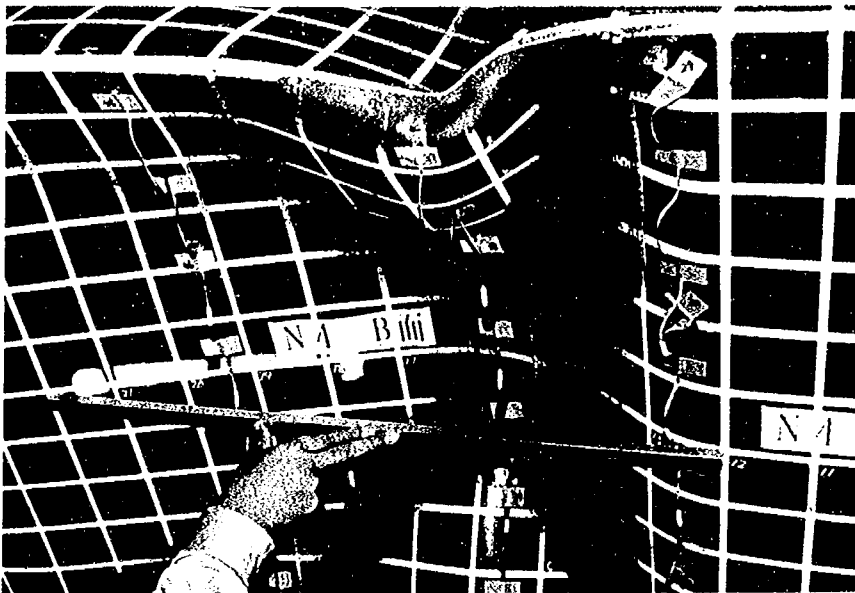


試験体	N-4
変位	$+6\delta y$
圧縮フランジおよびウェブの変形が増大により水平耐力が、極度に低下する。	

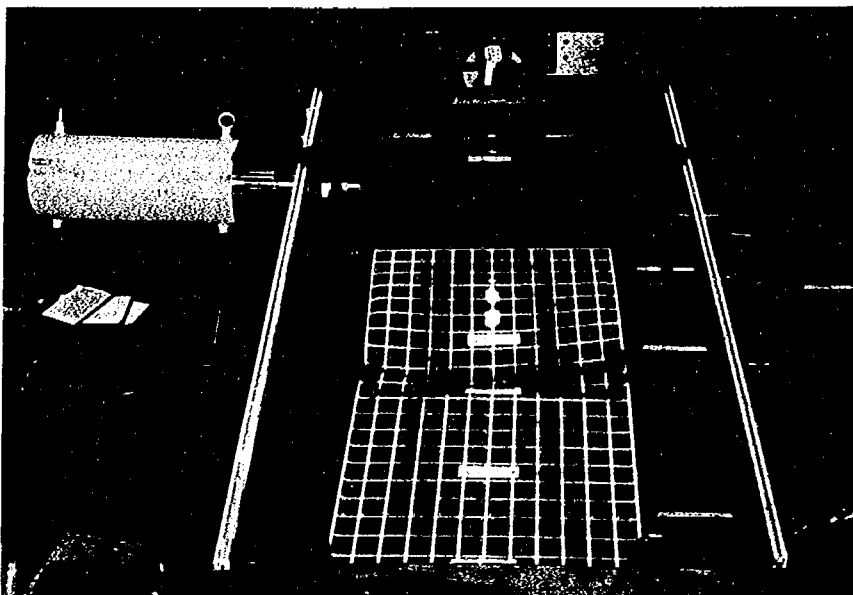
写真-3. 1. 1(2) 変位状況(N-4)



試 験 体	N-4
変 位	-6 δy
フランジ・ウェブの変形によって、中埋めコンクリートの直上が、ヒンジに近い状態となる。	

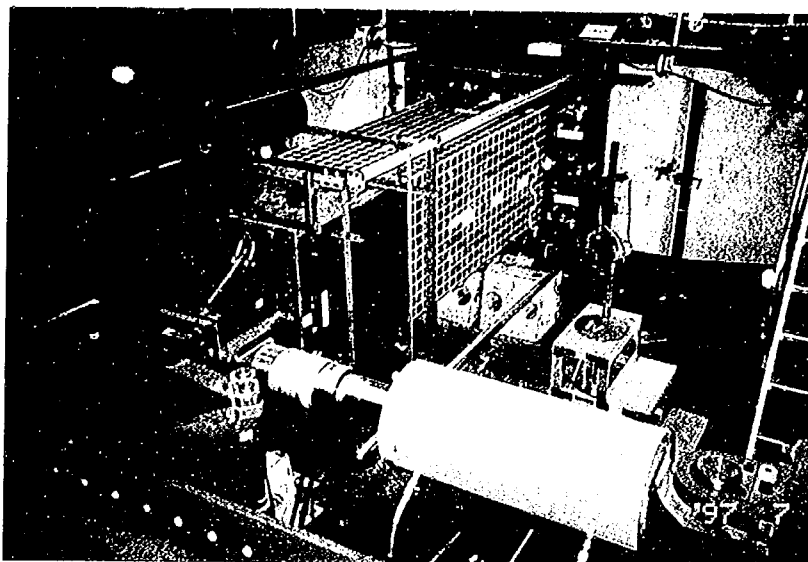


試 験 体	N-4
変 位	-6 δy
圧縮フランジの変形状態 (変形量 約150mm)	



試 験 体	N-4
変 位	-6 δy
実験終了時	

写真-3. 1. 1(2) 変位状況(N-4)



試験体	N-5
変位	
試験体セット状態	

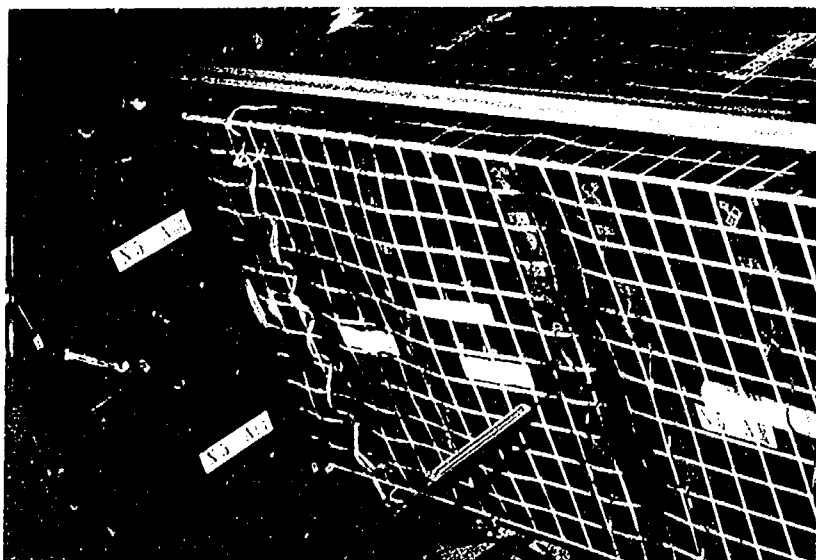


試験体	N-5
変位	
余備載荷時	

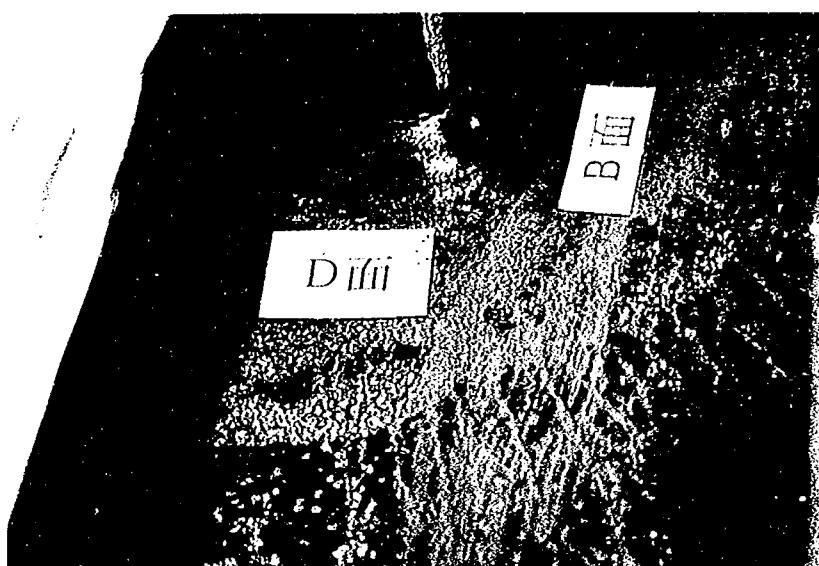


試験体	N-5
変位	$-5\delta y$
A面（引張側）の基部コーナー部の亀裂が10mm程度に進行。（亀裂は $-4\delta y$ 時に発生）	

写真-3. 1. 1(3) 変位状況(N-5)



試験体	N-5
変位	$+6\delta y$
A面（圧縮側）の基部～第一ダイヤフラム間で、局部座屈（凸）が発生。	

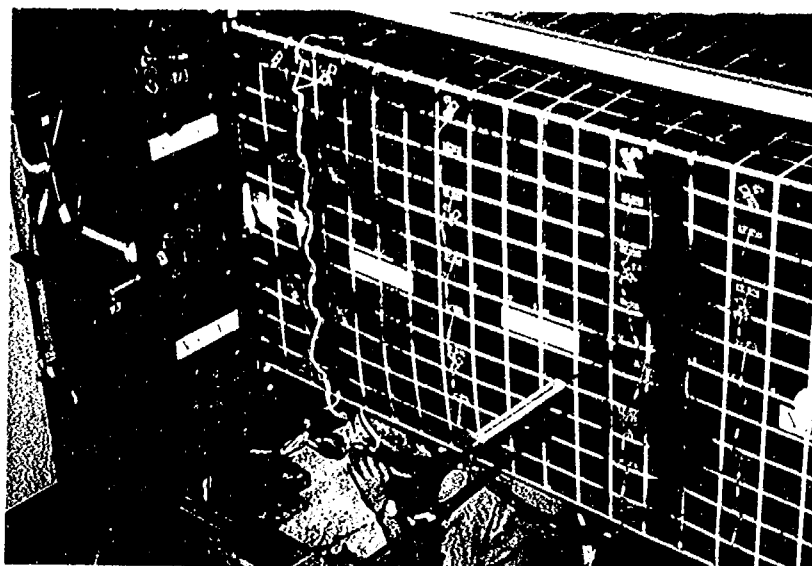


試験体	N-5
変位	$+6\delta y$
B面（引張側）の基部コーナー部に亀裂が10mm程度に進行。（亀裂は $+4\delta y$ 時に発生）	

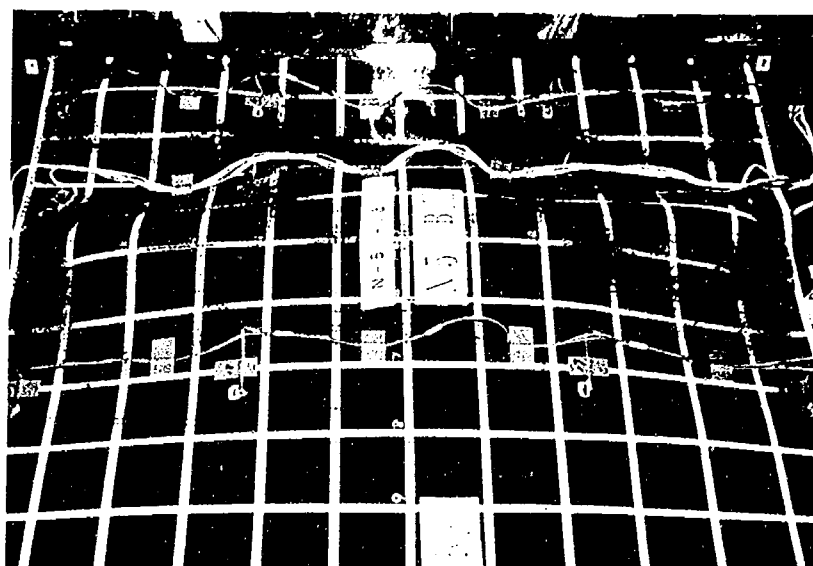


試験体	N-5
変位	$+7\delta y$
A面（圧縮側）の局部座屈（凸）が進行。	

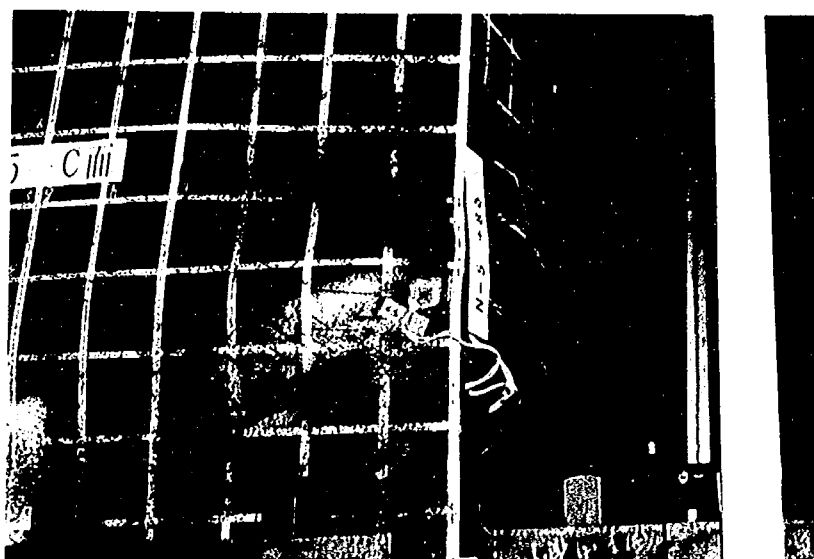
写真-3.1.1(3) 変位状況(N-5)



試験体	N-5
変位	$+7\delta y$
面外変形はC面（ウェブ）にも発生。 （写真上側がC面）	

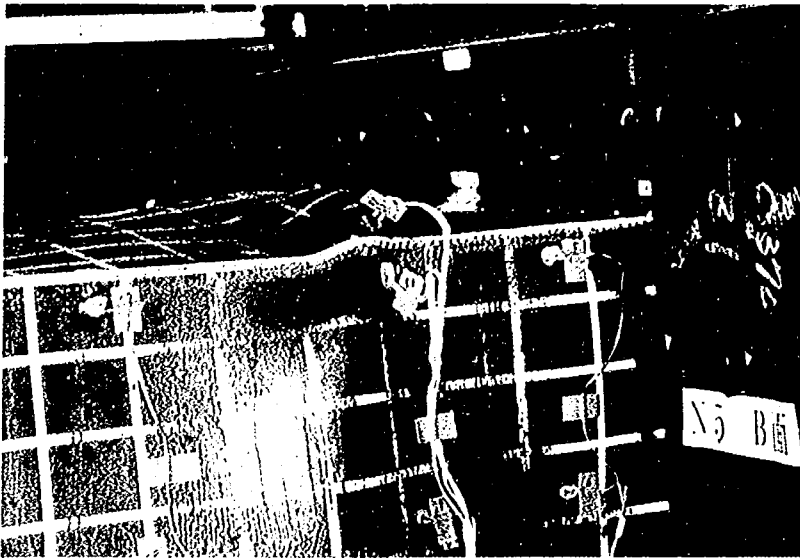


試験体	N-5
変位	$-7\delta y$
B面（圧縮側）の面外変形は、基部から350mmの位置をピークに進行。	



試験体	N-5
変位	$+8\delta y$
A面（圧縮側）、C面（ウェブ）の面外変形が進行。	

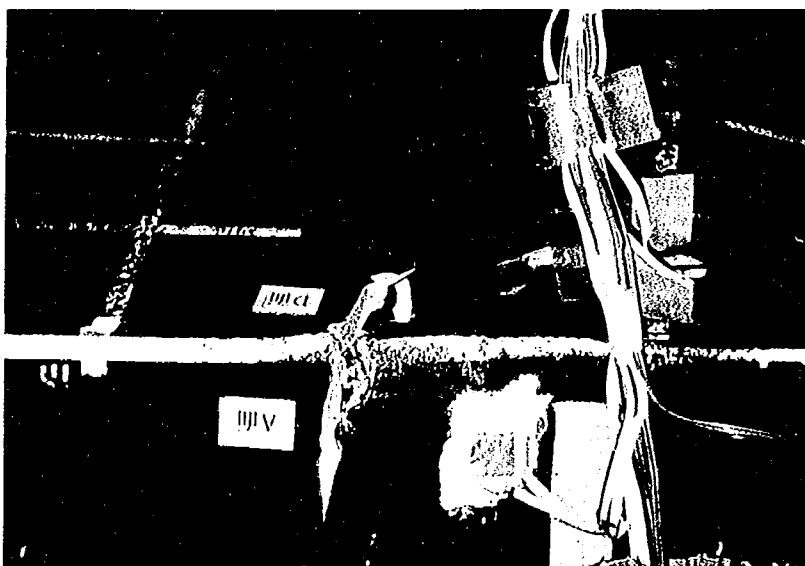
写真-3. 1. 1(3) 変位状況(N-5)



試験体	N-5
変位	-8 δy
B面（圧縮側）、C面（引張側）の面外変形が進行。 （写真手前がB面、上がC面）	

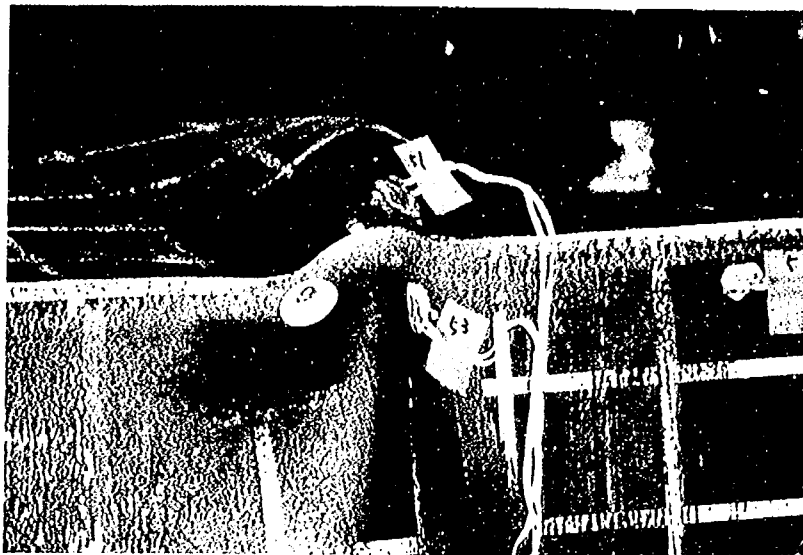


試験体	N-5
変位	+9 δy
基礎から300mmのB面（引張側）角溶接に亀裂が数本発生。	

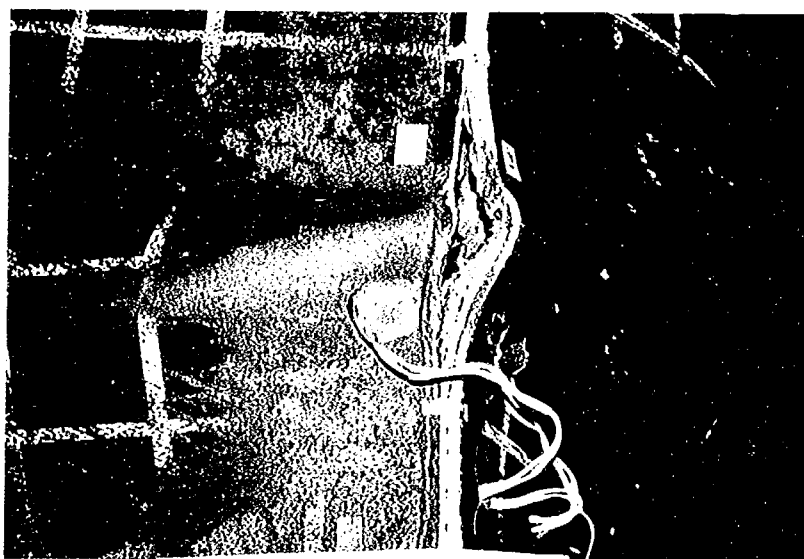


試験体	N-5
変位	-9 δy
基部から300mmのA面（引張側）角溶接部より亀裂発生。亀裂は幅約10mm、長さ約150mm。	

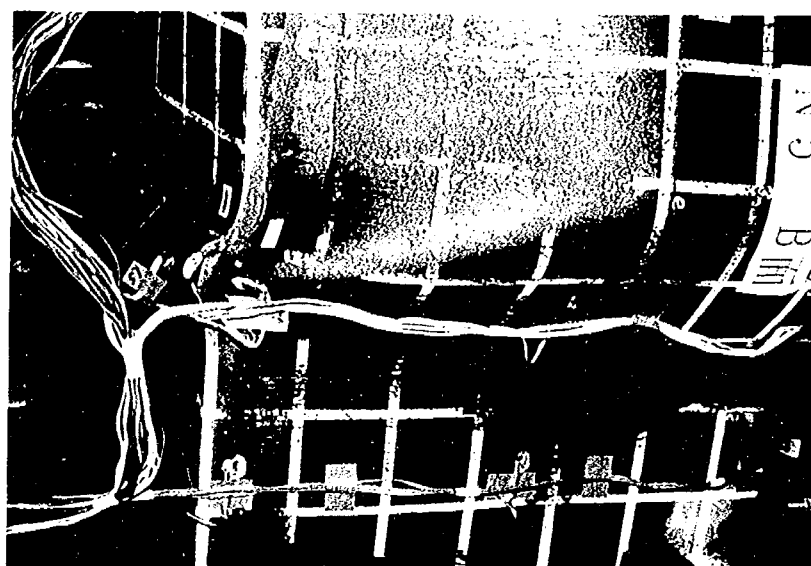
写真-3. 1. 1(3) 変位状況(N-5)



試験体	N-5
変位	-9δy
+9δyで数本の亀裂を生じたB面（圧縮側）角部付近の変形状況。	



試験体	N-5
変位	+10δy
基部から約300~400mmのA面（圧力側）の角溶接が割裂。割裂長約100mm。	

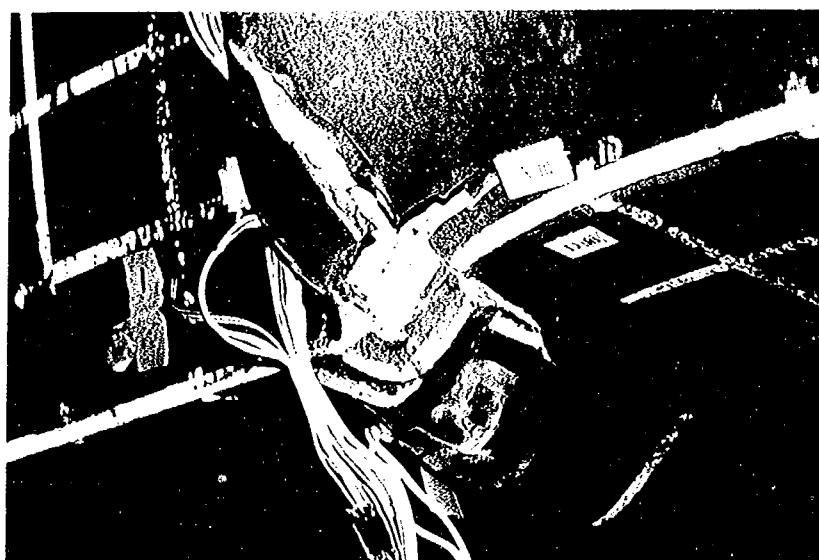


試験体	N-5
変位	-10δy
基部から約300mmのB面（圧縮側）角部変形が進行。	

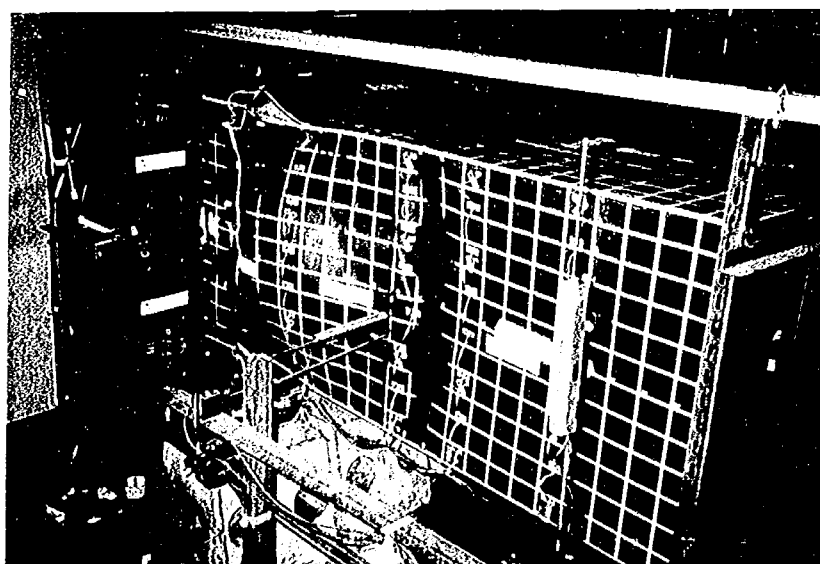
写真-3.1.1(3) 変位状況(N-5)



試験体	N-5
変位	+11 δy
A面（圧縮側）角部の割裂部から、A面内に亀裂が進行。 （写真はA、C面）	

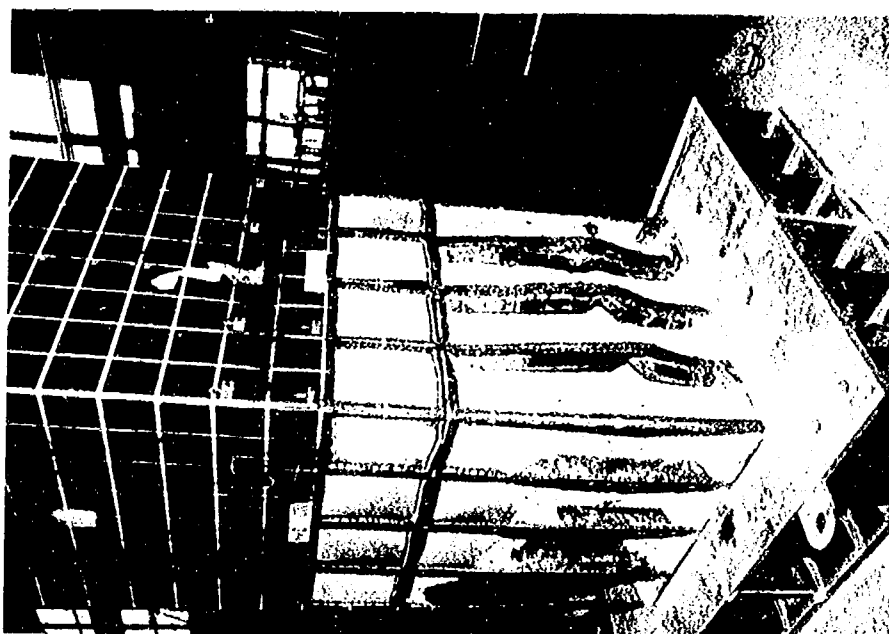


試験体	N-5
変位	+11 δy
A面（圧縮側）角部の割裂部から、A面、D面（ウェブ）に亀裂が進行。 （写真はA、D面）	



試験体	N-5
変位	+11 δy
実験終了時	

写真-3.1.1(3) 変位状況(N-5)



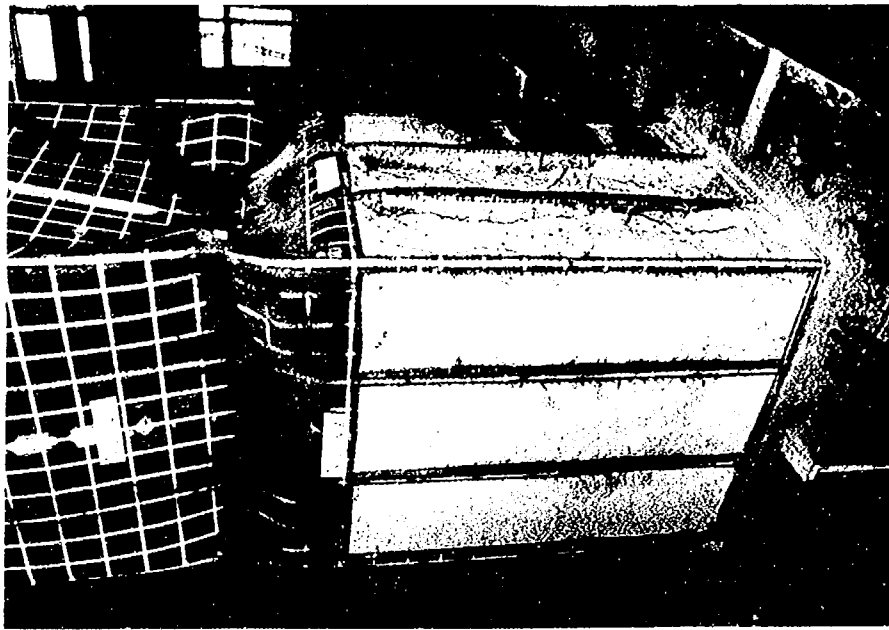
N-3試験体
A, C面
コンクリートはつり後

写真-3. 1. 2(1) コンクリート状況(N-3)



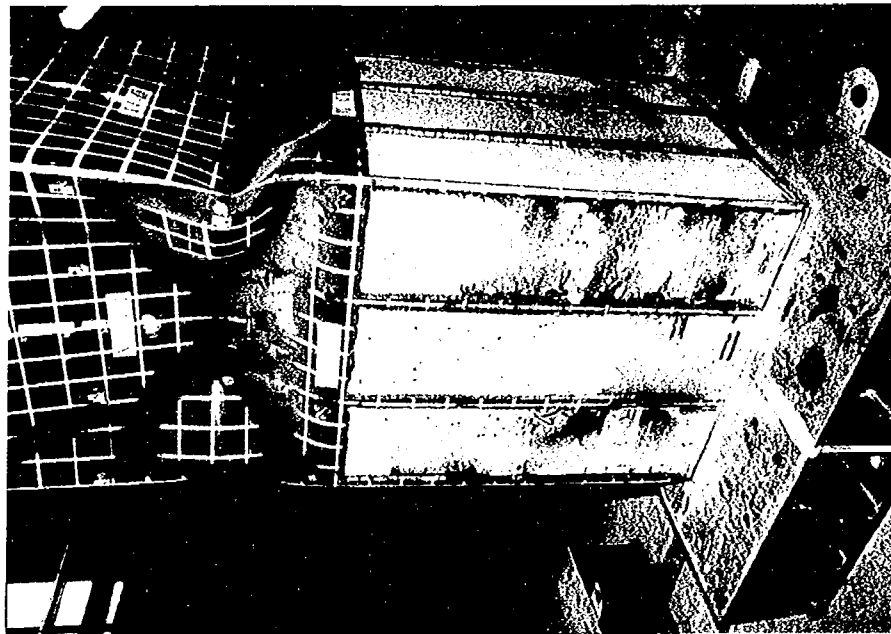
N-3試験体
B面
コンクリートはつり後

写真-3. 1. 2(2) コンクリート状況(N-3)



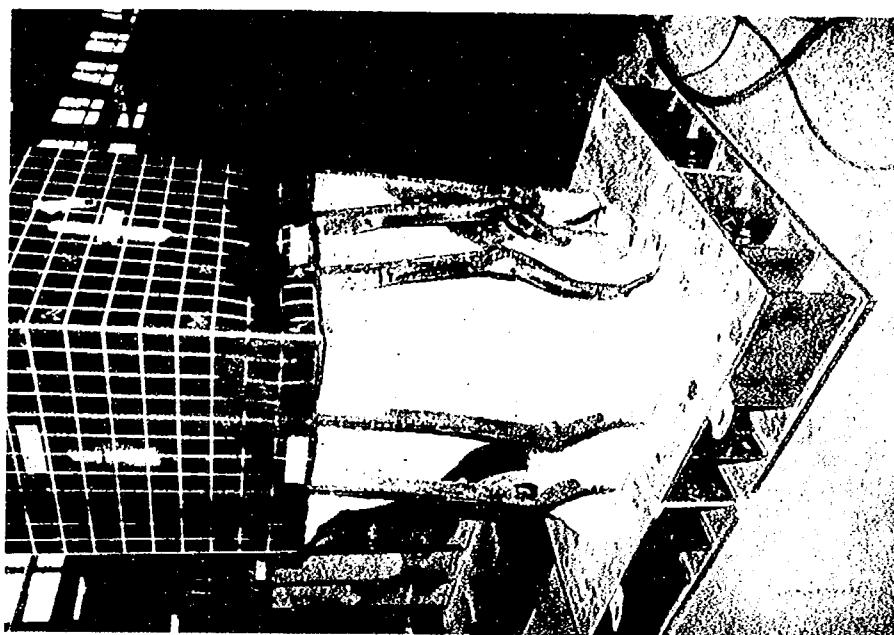
N-4試験体
A, C面
コンクリートはつき後

写真-3.1.2(3) コンクリート状況(N-4)



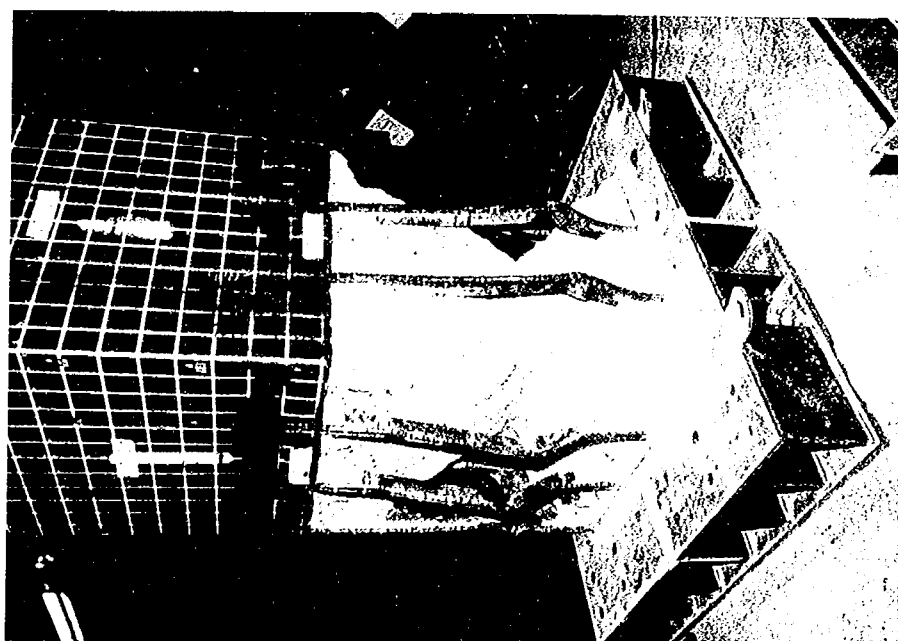
N-4試験体
B, C面
コンクリートはつき後

写真-3.1.2(4) コンクリート状況(N-4)



N-5試験体
A, C面
コンクリートはつり後

写真-3. 1. 2(5) コンクリート状況(N-5)



N-5試験体
B, C面
コンクリートはつり後

写真-3. 1. 2(6) コンクリート状況(N-5)

N-3 試驗体
柱基部側 断面写真

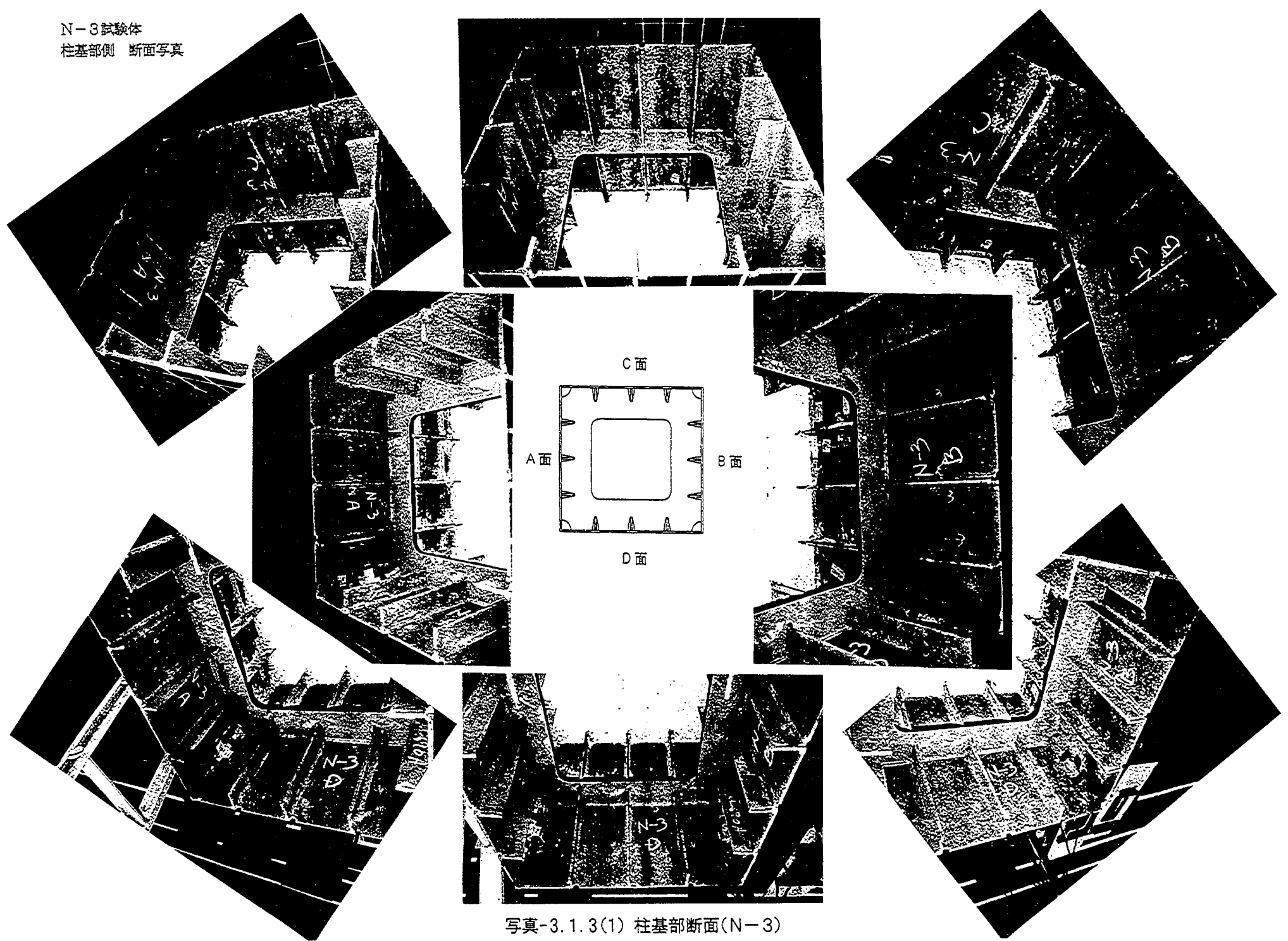


写真-3.1.3(1) 柱基部断面(N-3)

N-3 試験体
柱頭部側 断面写真

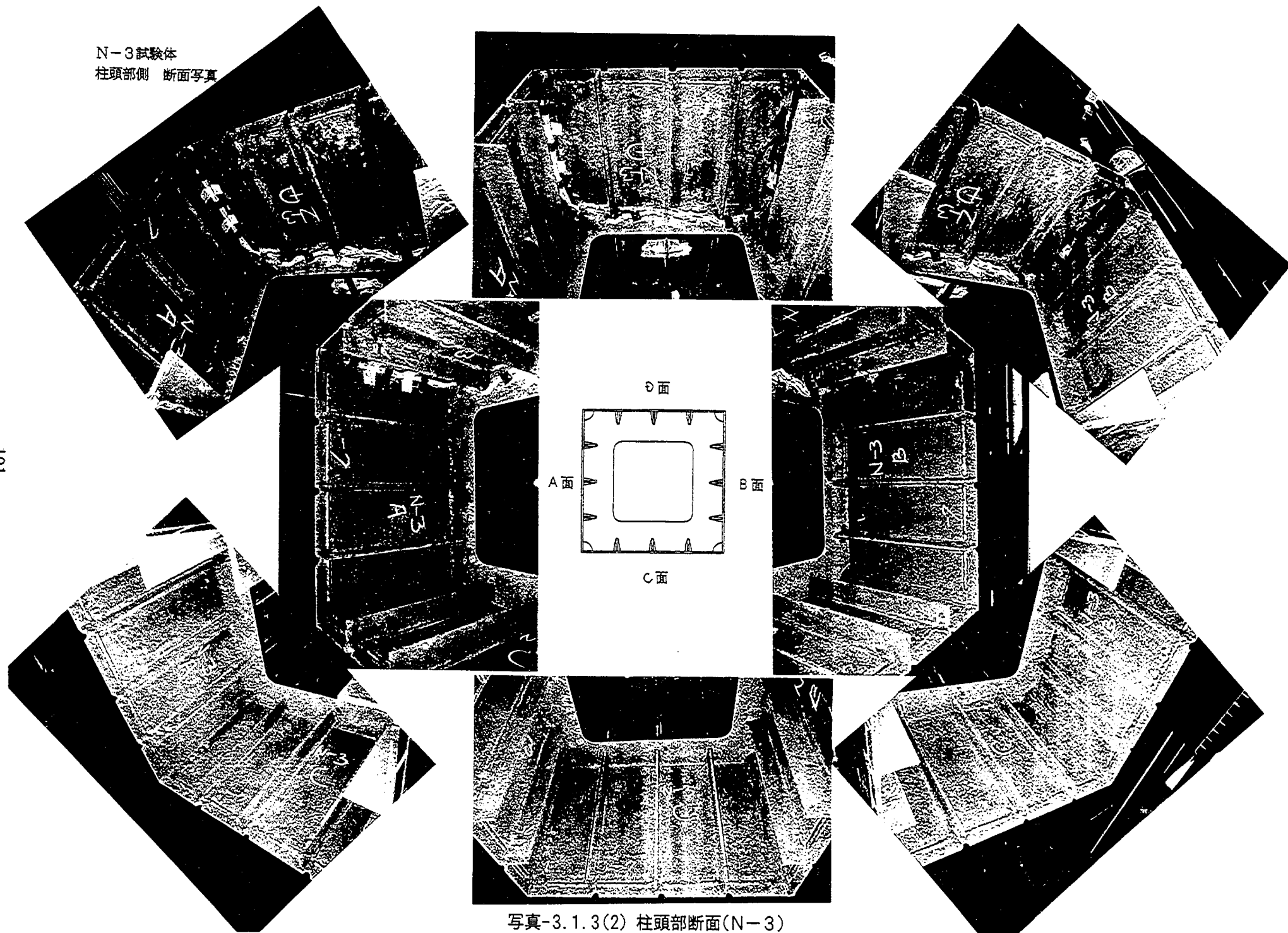


写真-3.1.3(2) 柱頭部断面(N-3)

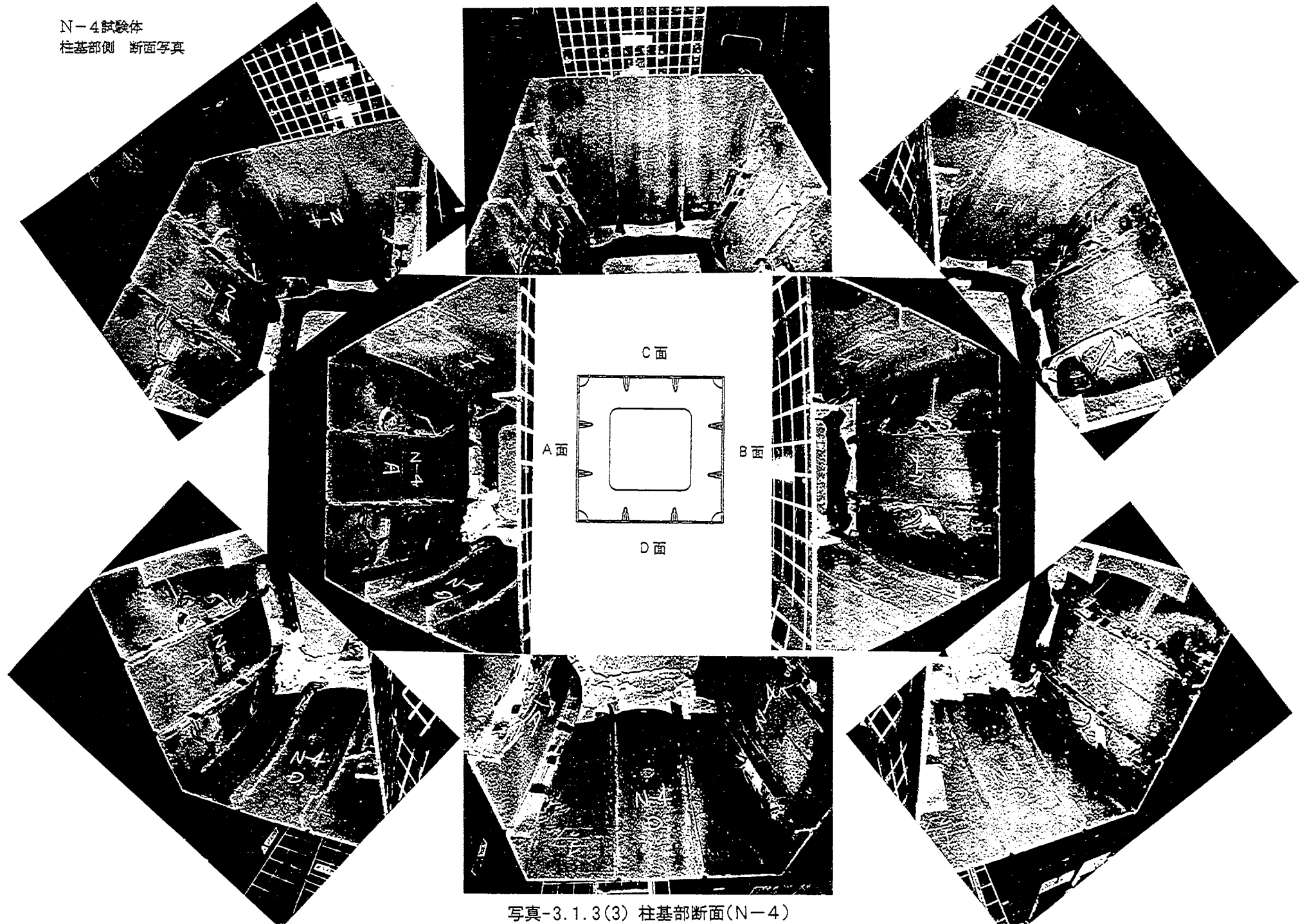


写真-3.1.3(3) 柱基部断面(N-4)

27-4試驗体
柱頭部断面写真

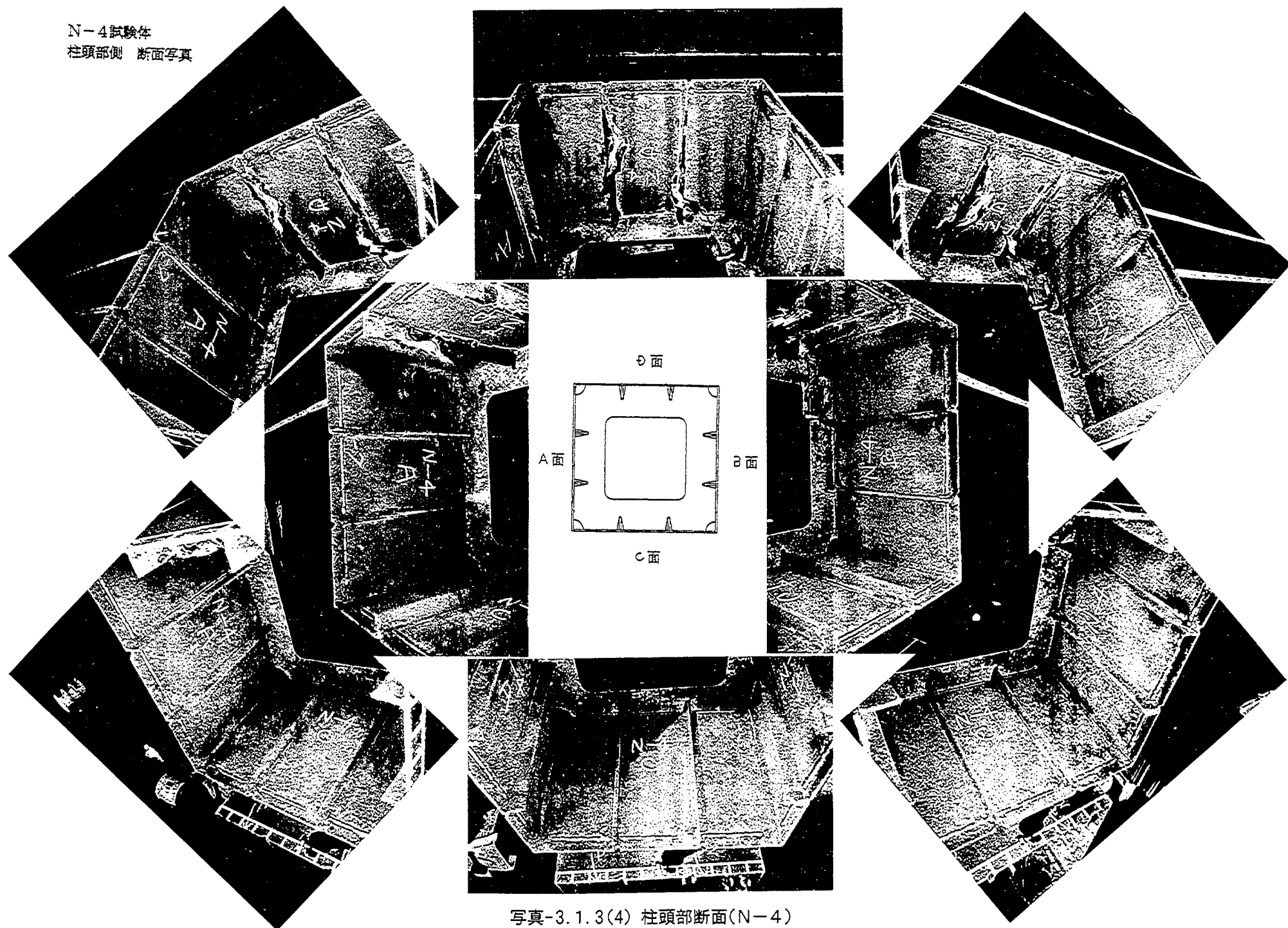


写真-3.1.3(4) 柱頭部断面(N-4)

N-5 試験体
柱基部側 断面写真

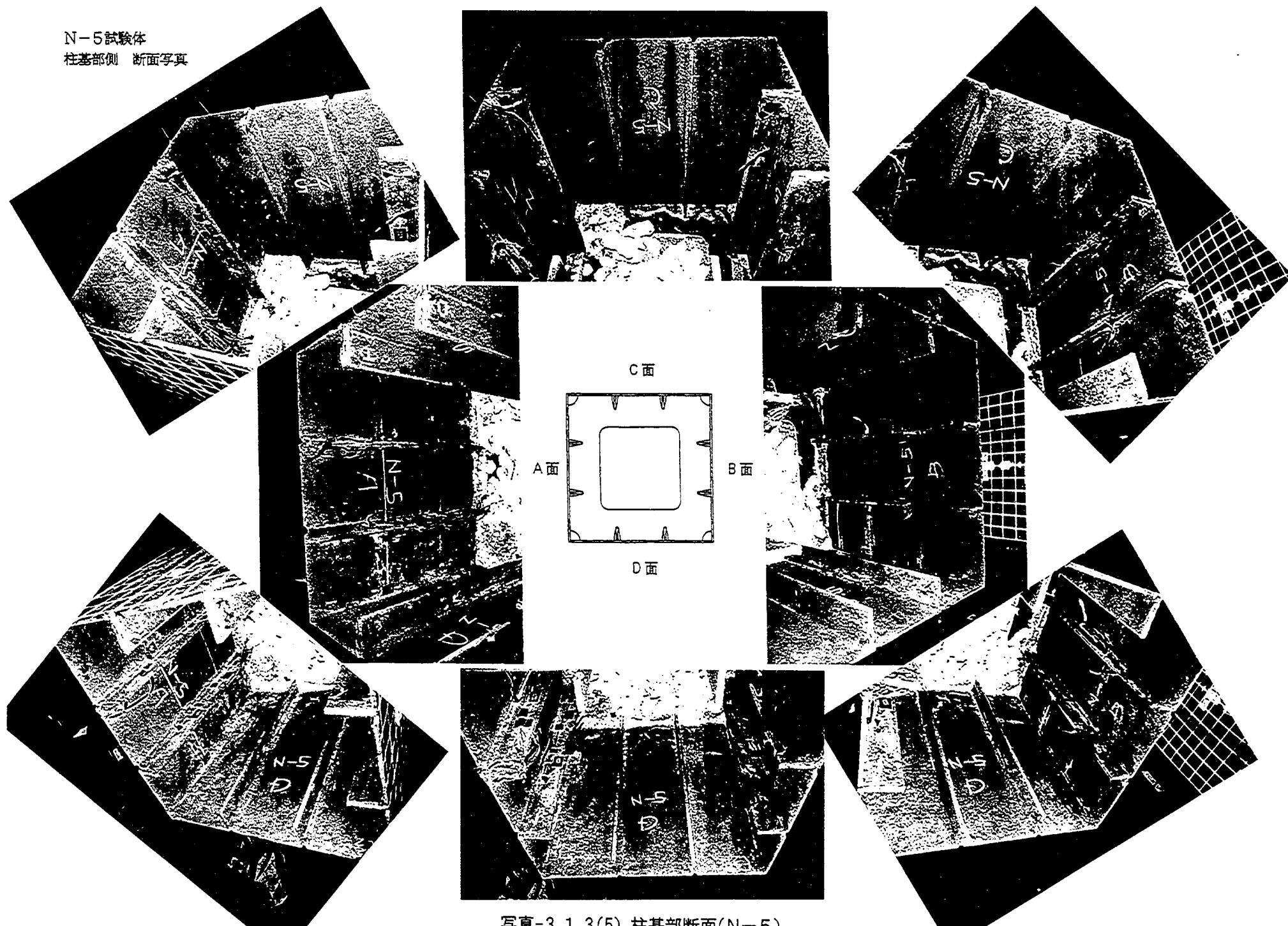


写真-3.1.3(5) 柱基部断面(N-5)

N-5 試驗体
柱頭部側 断面写真

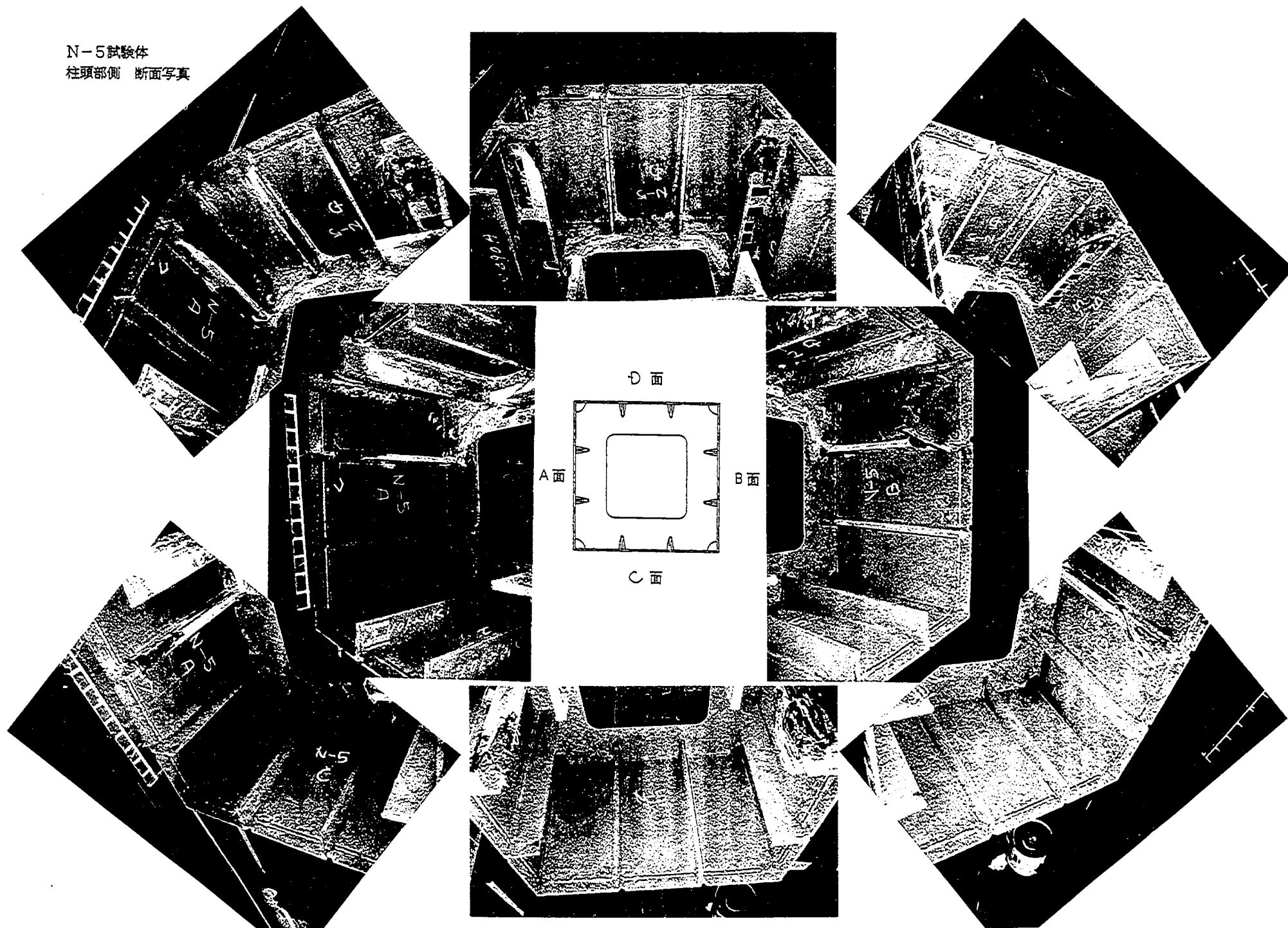


写真-3.1.3(6) 柱頭部断面(N-5)

参考資料

1. 実験データ

1. 包絡線のデジタルデータ

表-参考-1.1 包絡線データ

N3供試体		N3供試体つづき		N4供試体		N5供試体	
水平荷重(tf)	水平変位(mm)	水平荷重(tf)	水平変位(mm)	水平荷重(tf)	水平変位(mm)	水平荷重(tf)	水平変位(mm)
0.45	-0.17	211.96	97.94	0.45	-0.08	0.60	-0.02
0.60	-0.26	213.00	104.59	0.59	-0.20	0.30	-0.61
6.96	-0.34	211.66	109.43	5.48	-0.24	5.18	0.09
11.99	0.22	198.32	126.47	9.92	0.39	11.39	0.95
17.92	1.06	166.32	145.51	13.17	1.02	16.43	1.72
21.61	1.60	72.81	170.07	16.28	1.51	22.79	2.56
26.35	2.17			19.98	1.99	26.49	3.00
30.34	2.66			22.34	2.45	31.36	4.05
34.04	3.37			26.19	2.96	36.99	4.54
39.09	3.81			31.07	3.72	44.09	5.55
44.26	4.51			35.96	4.43	47.49	6.12
48.85	5.17			40.39	5.08	50.60	6.66
52.84	5.76			45.43	5.91	54.89	7.32
57.43	6.45			48.09	6.32	57.11	7.56
59.21	6.86			50.90	6.96	59.77	8.10
63.50	7.52			55.04	7.64	62.72	8.68
67.35	8.14			59.18	8.38	65.54	9.26
69.42	8.63			61.11	8.84	69.39	9.71
72.53	9.02			65.10	9.41	71.61	10.31
75.19	9.37			67.18	9.71	75.75	11.04
77.26	9.84			68.07	10.04	85.07	12.74
79.93	10.28			70.43	10.48	93.65	14.31
79.78	10.18			72.21	11.15	99.42	15.54
81.27	10.63			79.16	12.54	106.67	17.15
89.12	12.10			88.18	14.01	111.85	18.23
96.66	13.38			94.55	15.33	117.32	19.51
105.39	14.79			101.06	16.93	120.58	20.53
113.54	16.42			107.12	18.46	133.15	22.15
118.86	17.45			112.31	19.78	139.81	23.98
124.93	18.95			114.08	20.67	146.62	26.76
129.68	20.18			115.70	21.05	151.05	29.38
143.27	21.75			117.33	21.47	153.42	31.74
152.90	24.17			131.39	23.80	155.66	33.77
161.49	26.99			139.67	26.40	158.15	34.83
167.85	29.43			145.29	29.08	161.98	37.92
172.42	30.92			148.99	31.51	164.22	40.81
178.97	34.46			151.51	34.02	165.85	43.59
182.93	36.60			156.10	36.46	166.74	46.63
185.61	38.63			158.59	39.17	168.66	51.07
188.13	41.19			159.94	41.95	171.01	54.99
189.61	43.74			160.09	44.72	172.34	59.45
195.68	49.41			158.61	47.63	172.49	63.84
199.06	53.75			150.93	50.83	166.01	81.22
201.28	58.13			96.91	71.55	157.40	98.04
203.06	64.38			43.80	92.04	140.67	115.84
205.72	68.74					116.26	134.14
207.50	73.96					92.01	152.38
209.42	82.11					64.49	171.01
211.64	87.95						
210.90	93.41						

2. 水平荷重－鉛直変位・ひずみ曲線（抜粋）

2. 1 ひずみゲージ位置

ひずみゲージ位置を図－参考－1. 1 (1) ～ (3) に示す。

2. 2 添付図一覧

次に示すものについて、水平荷重－鉛直変位・ひずみ曲線の抜粋として図を添付する。

・ N－3 供試体について

[N 3－1] 水平荷重－鉛直変位

[N 3－2] 水平荷重－軸方向ひずみ（A面基部 S 2）

[N 3－3] 水平荷重－軸方向ひずみ（B面基部 S 6）

[N 3－4] 水平荷重－軸方向ひずみ（B面中空鋼断面部 S 2 6）

[N 3－5] 水平荷重－軸方向ひずみ（B面中空鋼断面部縦リブ S 9 3）

[N 3－6] 水平荷重－軸方向ひずみ（B面中空鋼断面部縦リブ S 9 4）

[N 3－7] 水平荷重－軸方向ひずみ（A面コンクリート充填部角部 S 3 7 X）

[N 3－8] 水平荷重－軸直角方向ひずみ（A面コンクリート充填部角部 S 3 7 Y）

[N 3－9] 水平荷重－コンクリートひずみ（A面基部 S 1 0 6）

[N 3－1 0] 水平荷重－コンクリートひずみ（A面基部内側 S 1 1 0）

・ N－4 供試体について

[N 4－1] 水平荷重－鉛直変位

[N 4－2] 水平荷重－軸方向ひずみ（A面基部 S 2）

[N 4－3] 水平荷重－軸方向ひずみ（B面基部 S 6）

[N 4－4] 水平荷重－軸方向ひずみ（B面中空鋼断面部 S 3 0）

[N 4－5] 水平荷重－軸方向ひずみ（B面中空鋼断面部縦リブ S 1 0 1）

[N 4－6] 水平荷重－軸方向ひずみ（B面中空鋼断面部縦リブ S 1 0 2）

[N 4－7] 水平荷重－コンクリートひずみ（A面基部 S 1 2 2）

[N 4－8] 水平荷重－コンクリートひずみ（A面基部内側 S 1 2 5）

・ N－5 供試体について

[N 5－1] 水平荷重－鉛直変位

[N 5－2] 水平荷重－軸方向ひずみ（A面基部 S 2）

[N 5－3] 水平荷重－軸方向ひずみ（B面基部 S 6）

[N 5－4] 水平荷重－軸方向ひずみ（B面中空鋼断面部 S 2 6）

[N 5－5] 水平荷重－軸方向ひずみ（B面中空鋼断面部縦リブ S 1 0 9）

[N 5－6] 水平荷重－軸方向ひずみ（B面中空鋼断面部縦リブ S 1 1 0）

[N 5－7] 水平荷重－軸方向ひずみ（A面コンクリート充填部角部 S 4 5 X）

[N 5－8] 水平荷重－軸直角方向ひずみ（A面コンクリート充填部角部 S 4 5 Y）

[N 5－9] 水平荷重－コンクリートひずみ（A面基部 S 1 3 0）

[N 5－1 0] 水平荷重－コンクリートひずみ（A面基部内側 S 1 3 3）

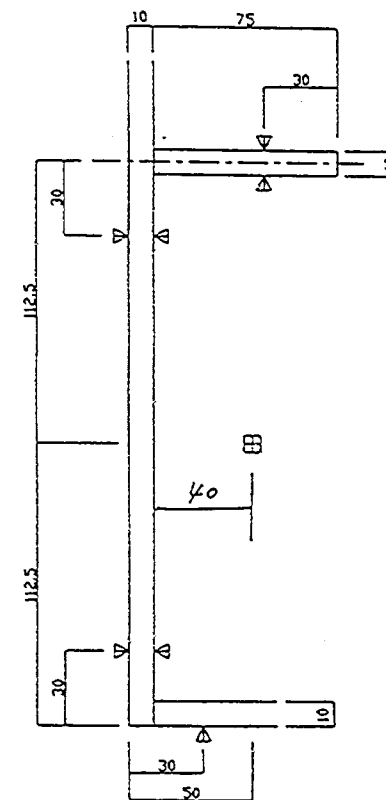
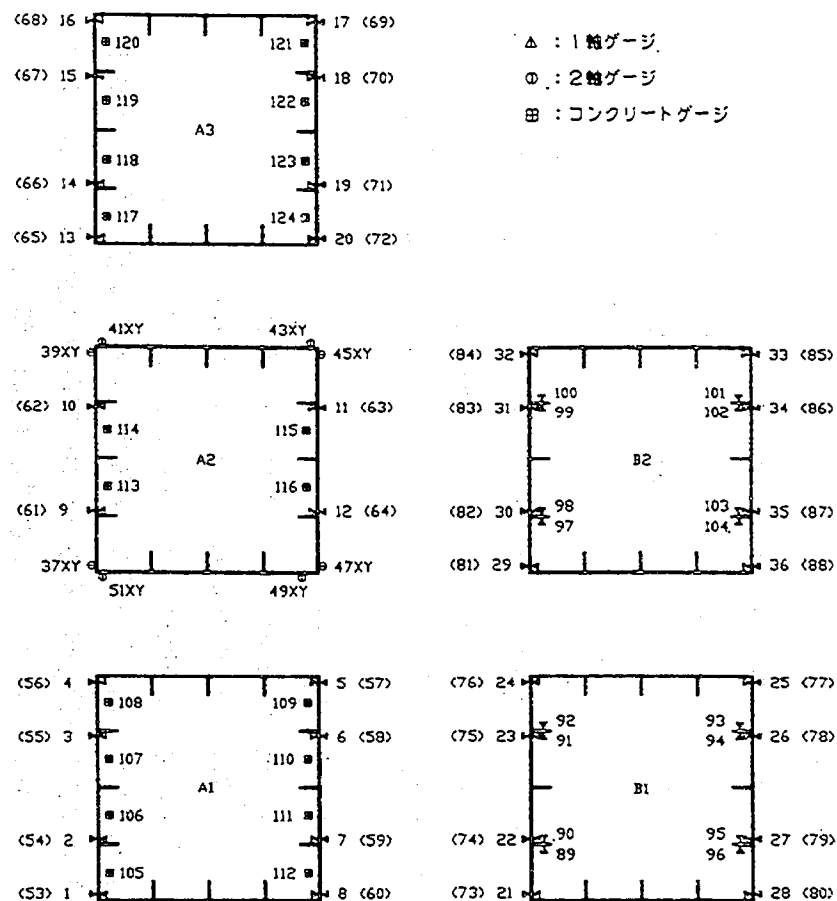
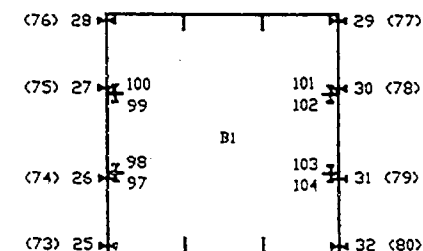
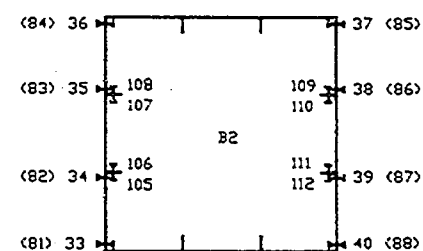
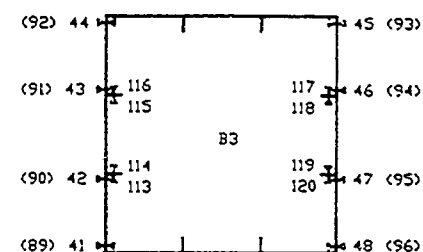
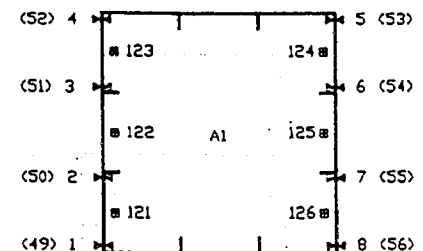
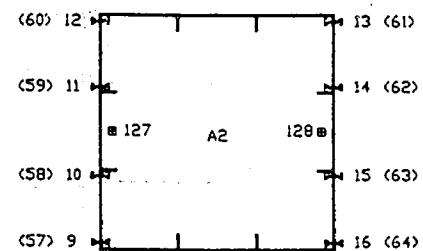
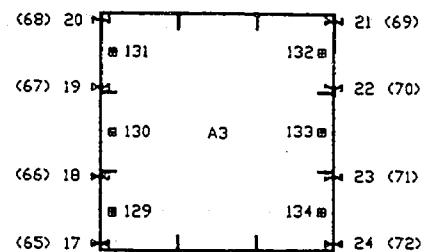
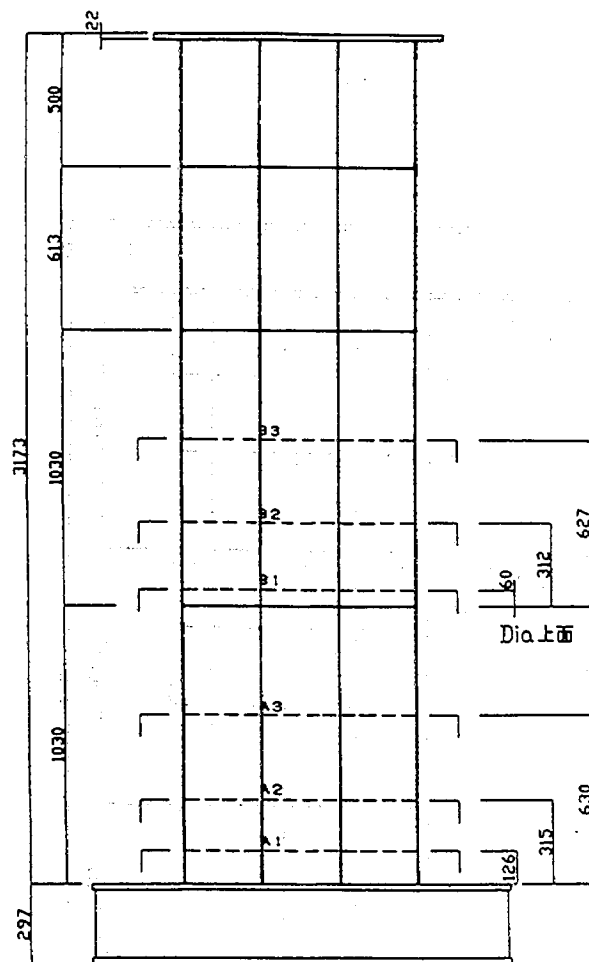


図-参考-1.1(1) 供試体のひずみゲージ貼付位置(N-3)



△ : 1軸ゲージ
 ○ : 2軸ゲージ
 田 : コンクリートゲージ

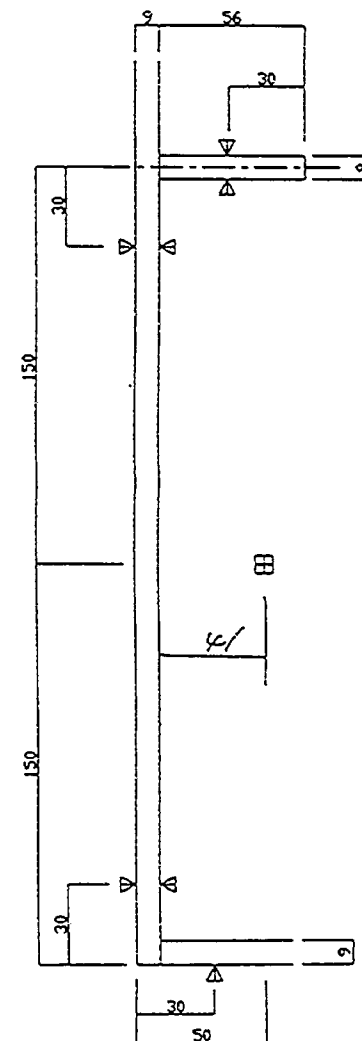


図-参考-1.1(2) 供試体のひずみゲージ貼付位置(N-4)

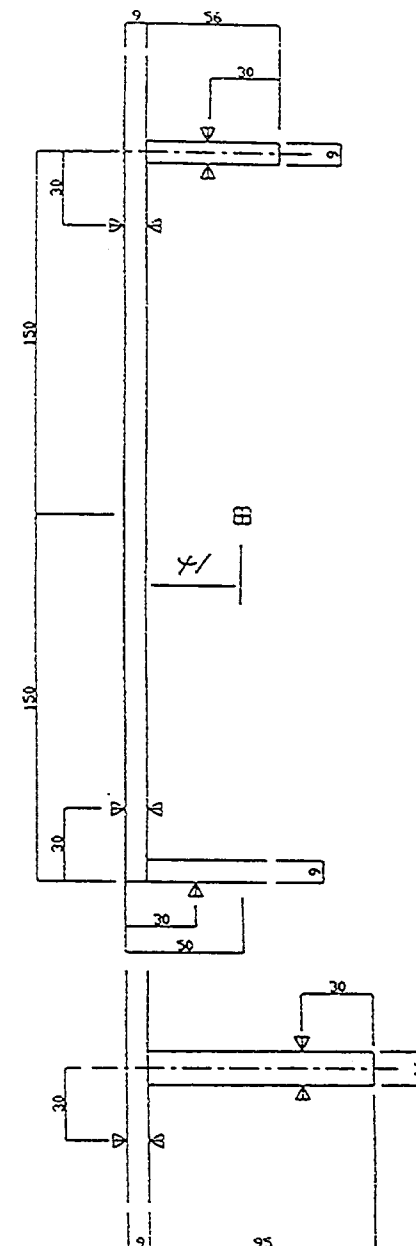
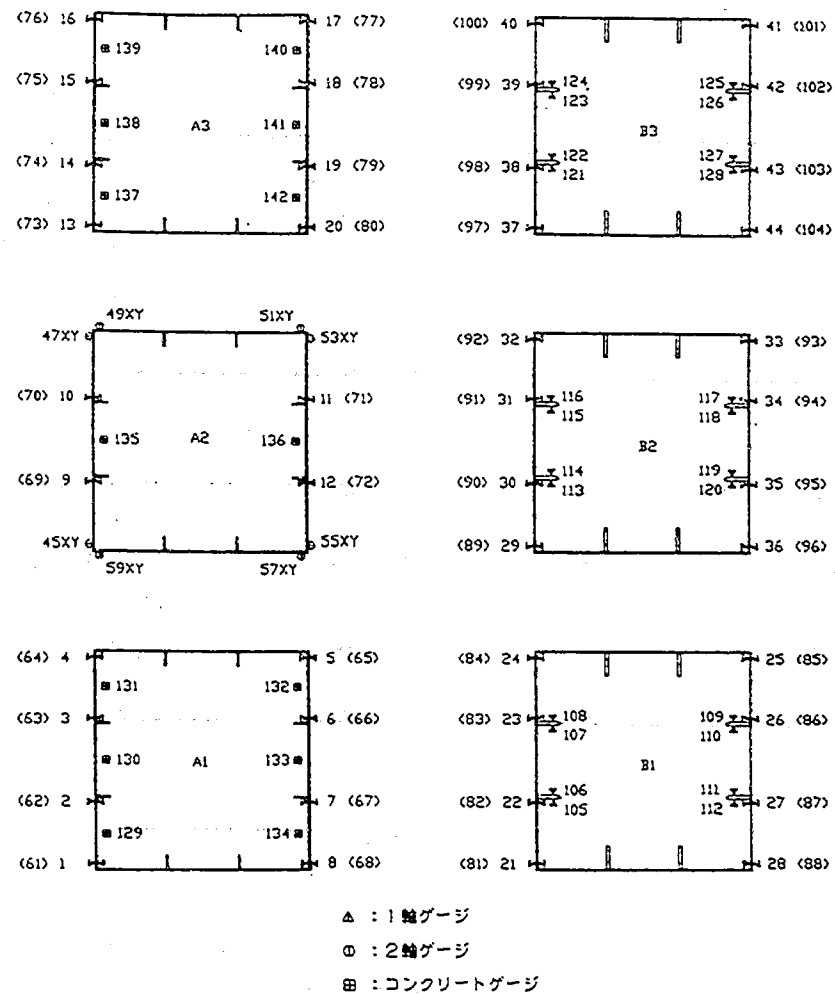
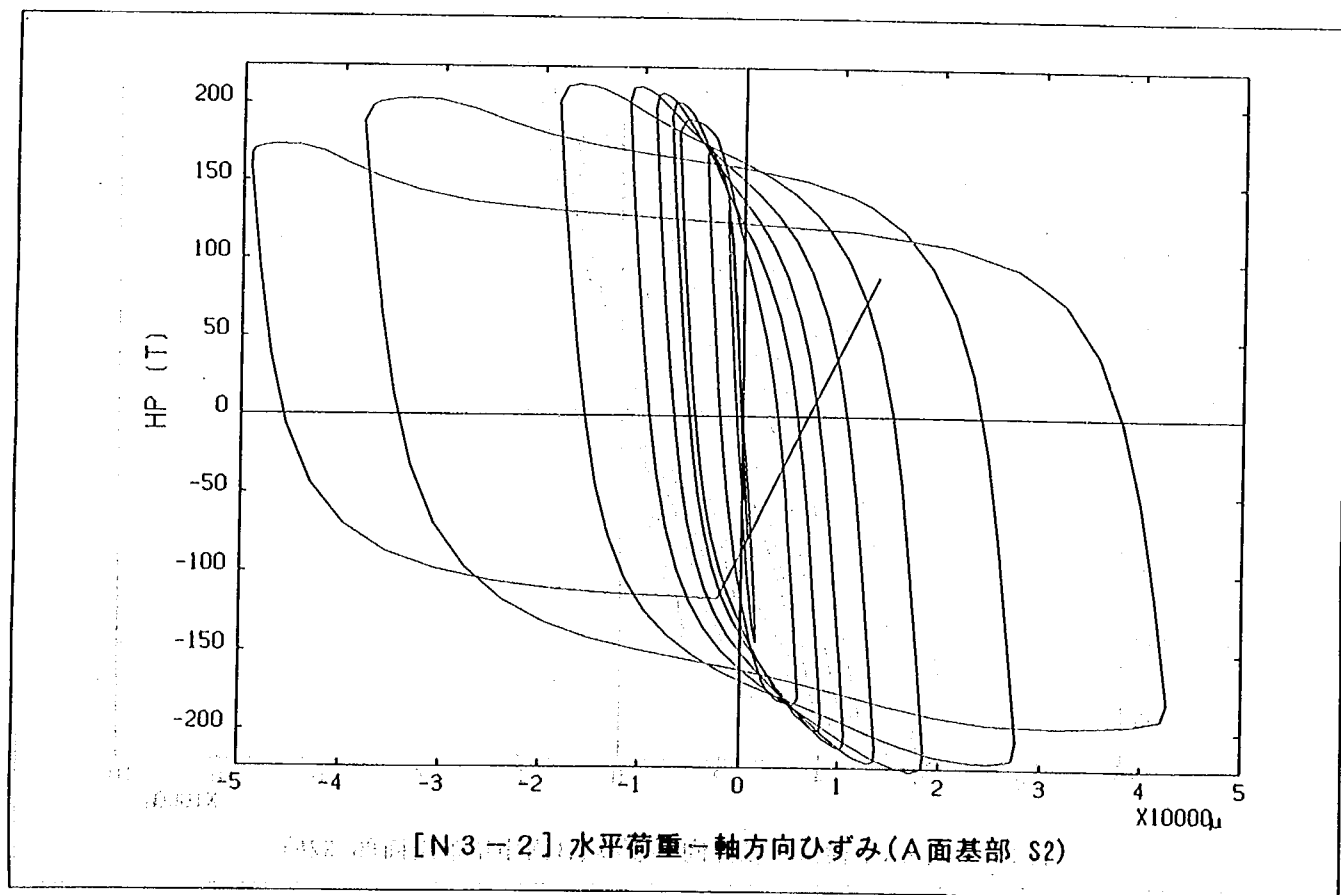
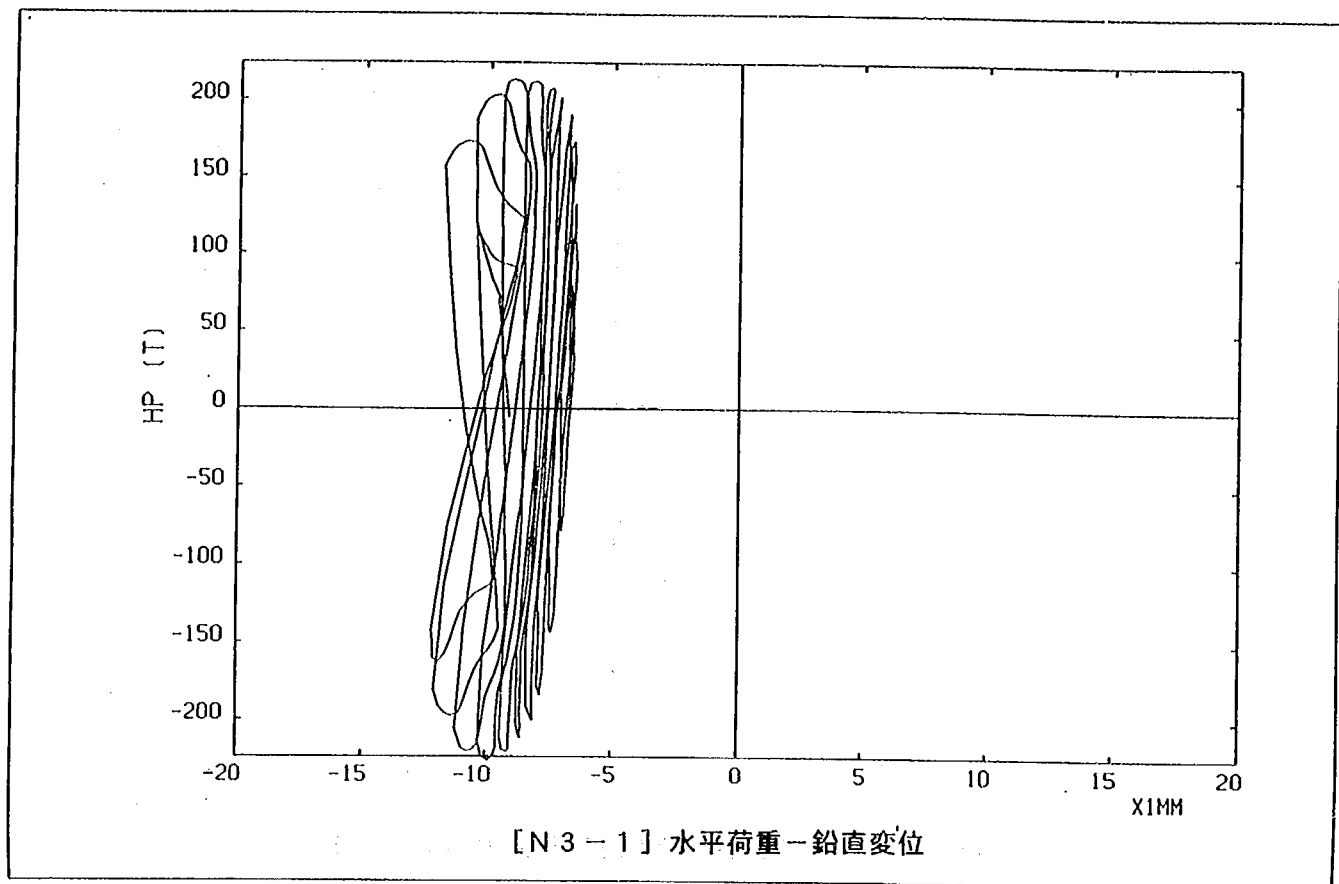
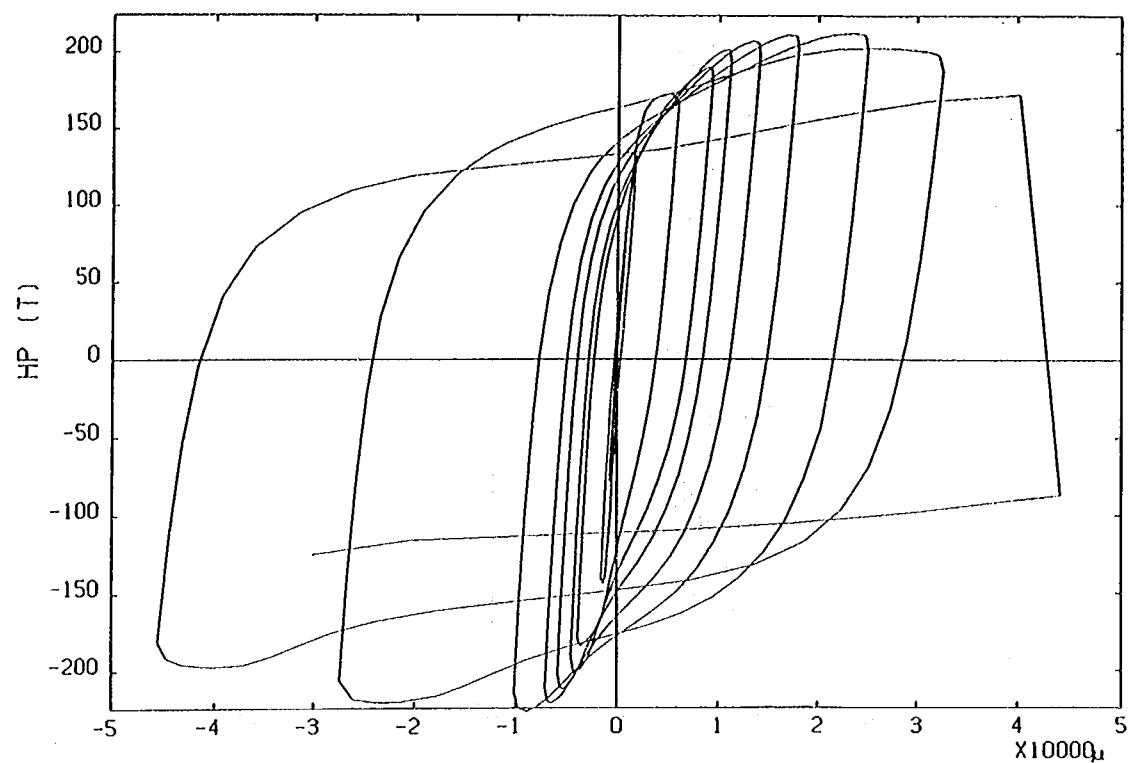
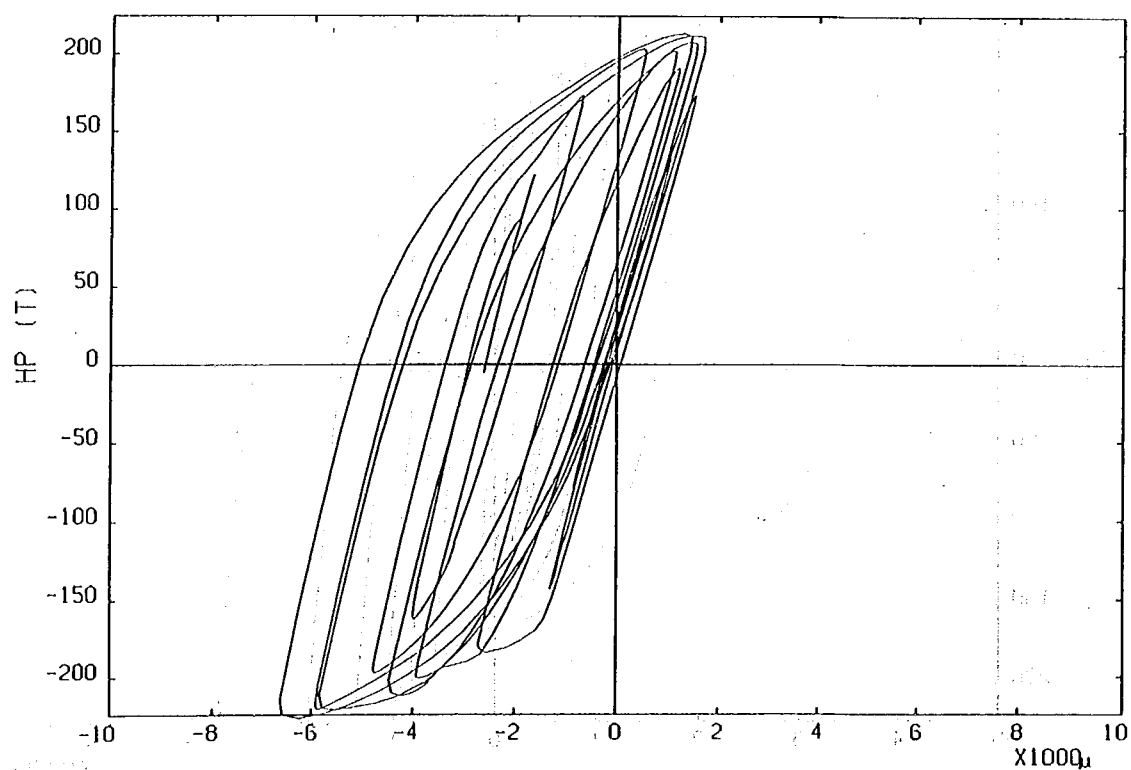


図-参考-1.1(3) 供試体のひずみゲージ貼付位置(N-5)

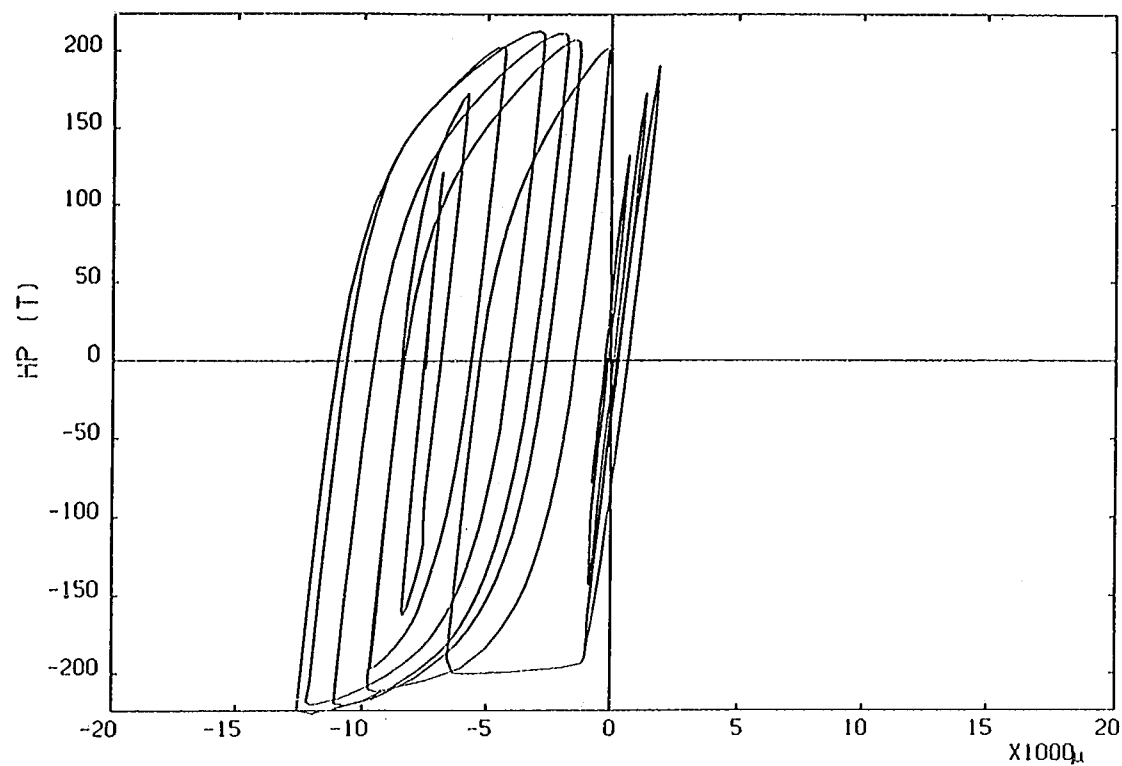




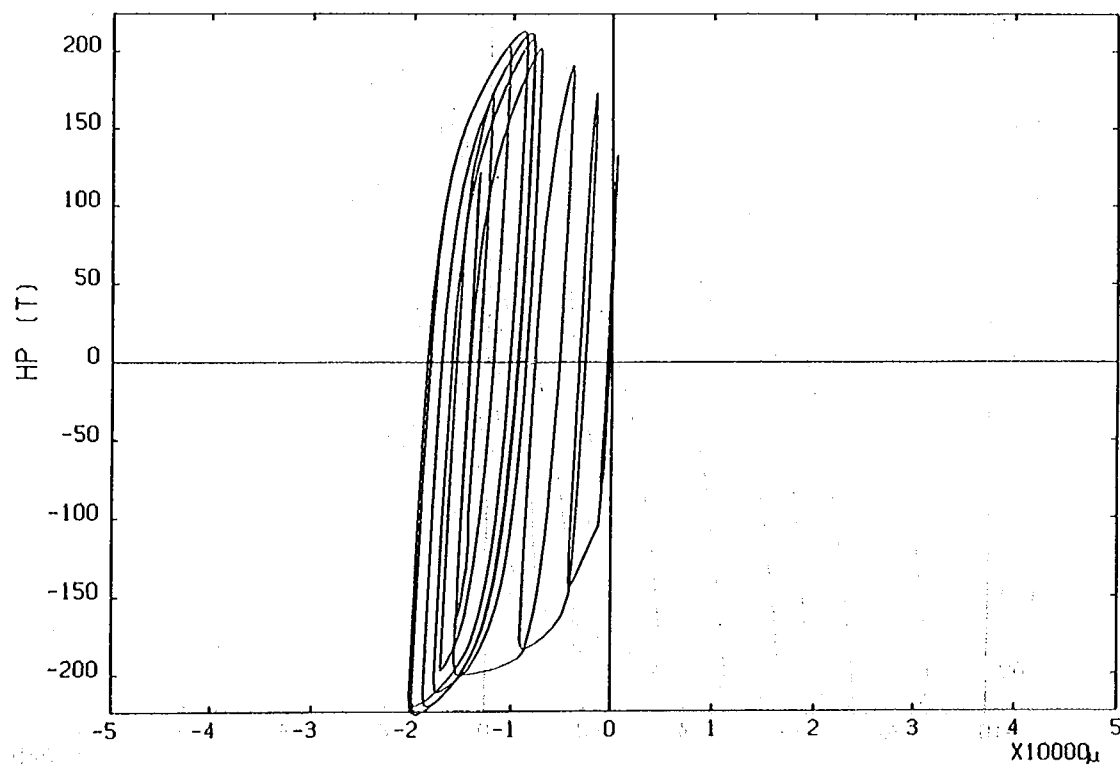
[N 3 - 3] 水平荷重-軸方向ひずみ (B面基部 S6)



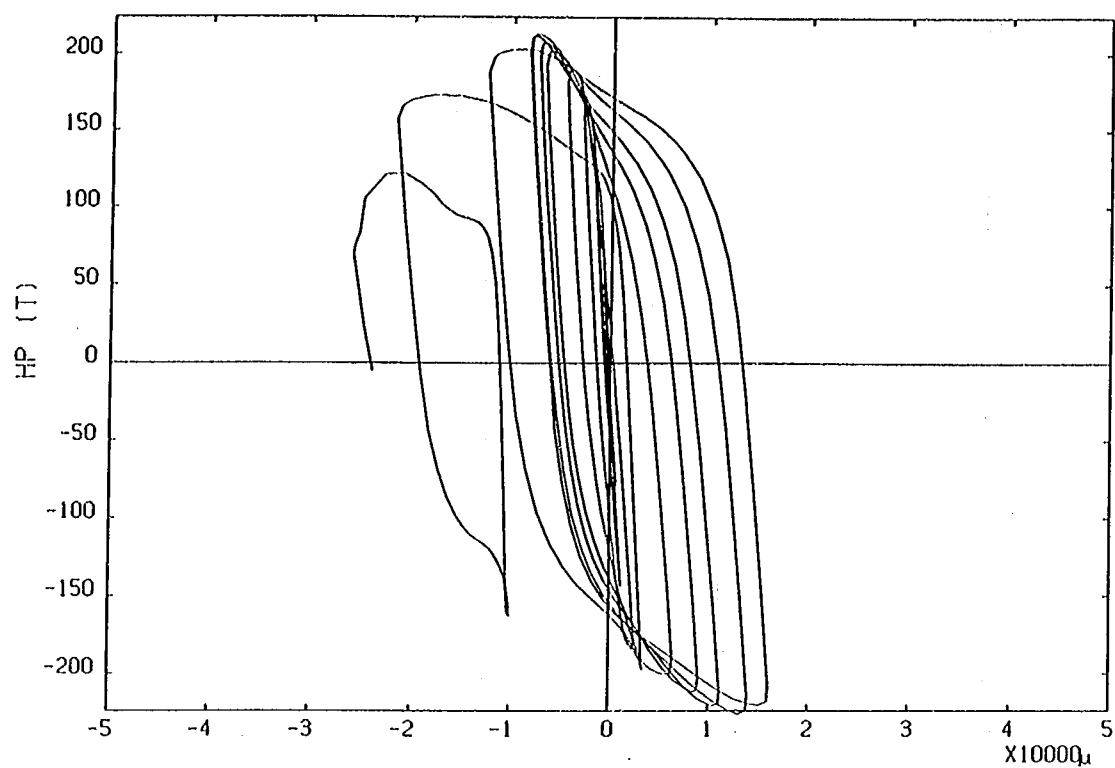
[N 3 - 4] 水平荷重-軸方向ひずみ (B面中空鋼断面部 S26)



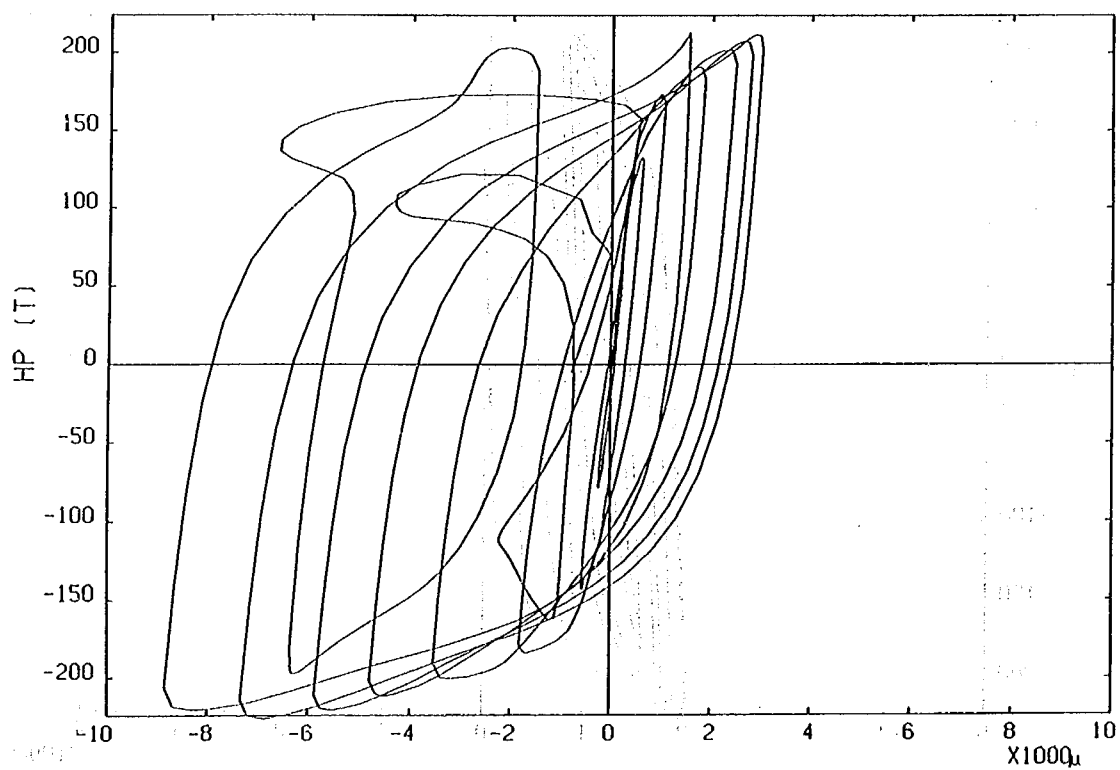
[N 3 - 5] 水平荷重－軸方向ひずみ (B面中空鋼断面部縦リブ S93)



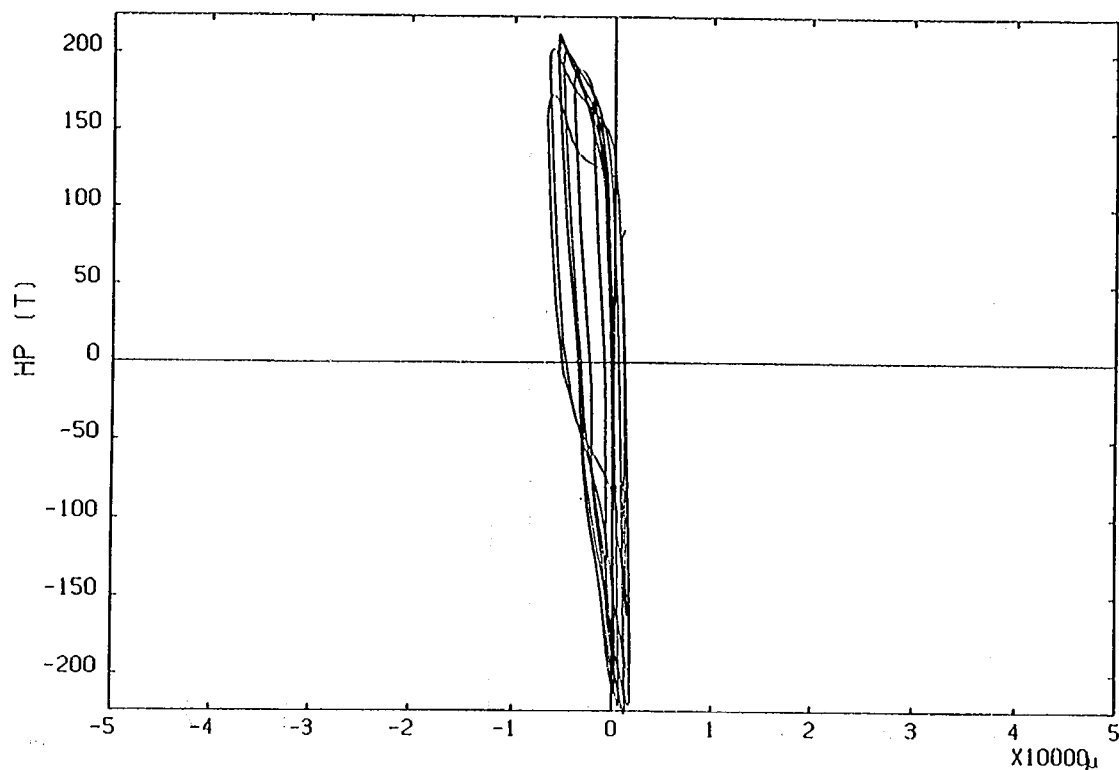
[N 3 - 6] 水平荷重－軸方向ひずみ (B面中空鋼断面部縦リブ S94)



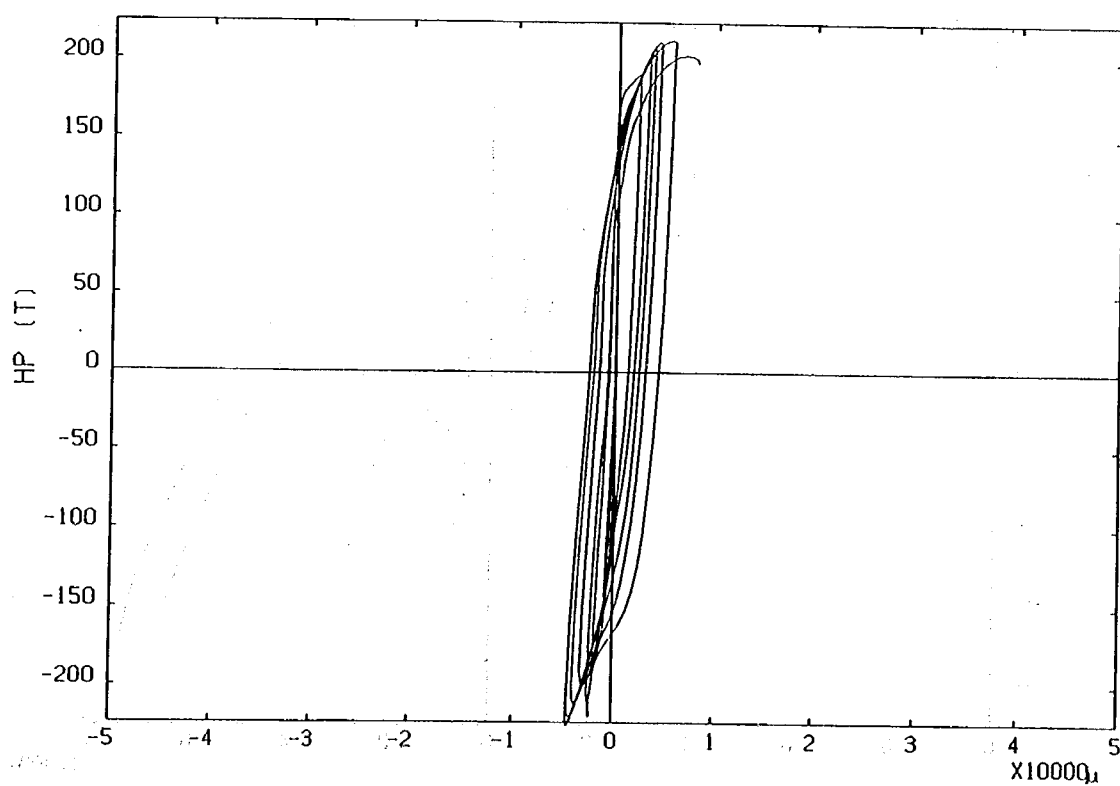
[N 3 - 7] 水平荷重-軸方向ひずみ (A面コンクリート充填部角部 S37X)



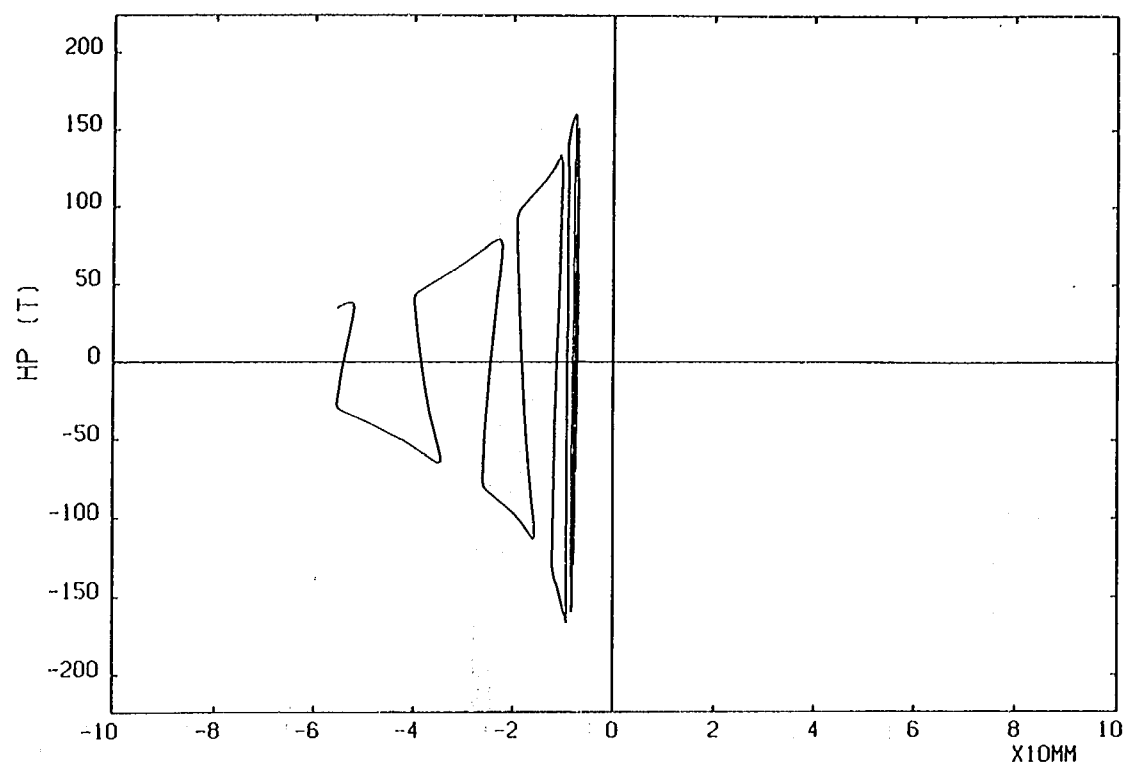
[N 3 - 8] 水平荷重-軸直角方向ひずみ (A面コンクリート充填部角部 S37Y)



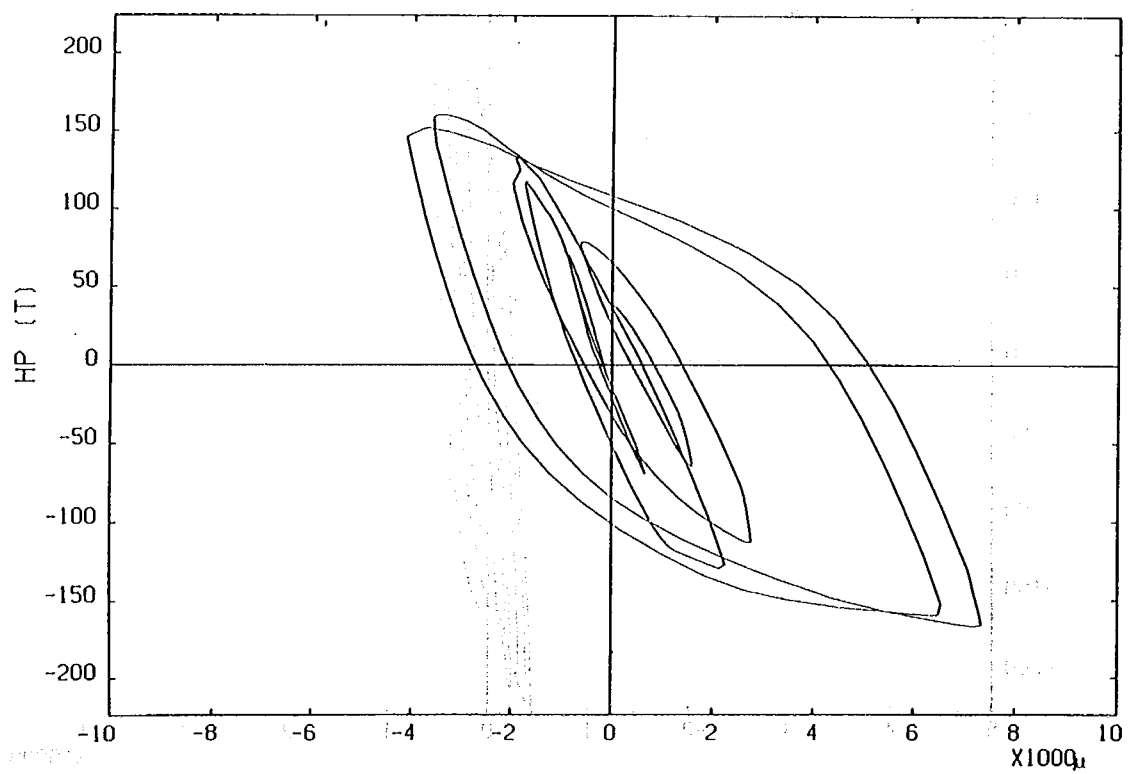
[N3-9] 水平荷重-コンクリートひずみ(A面基部 S106)



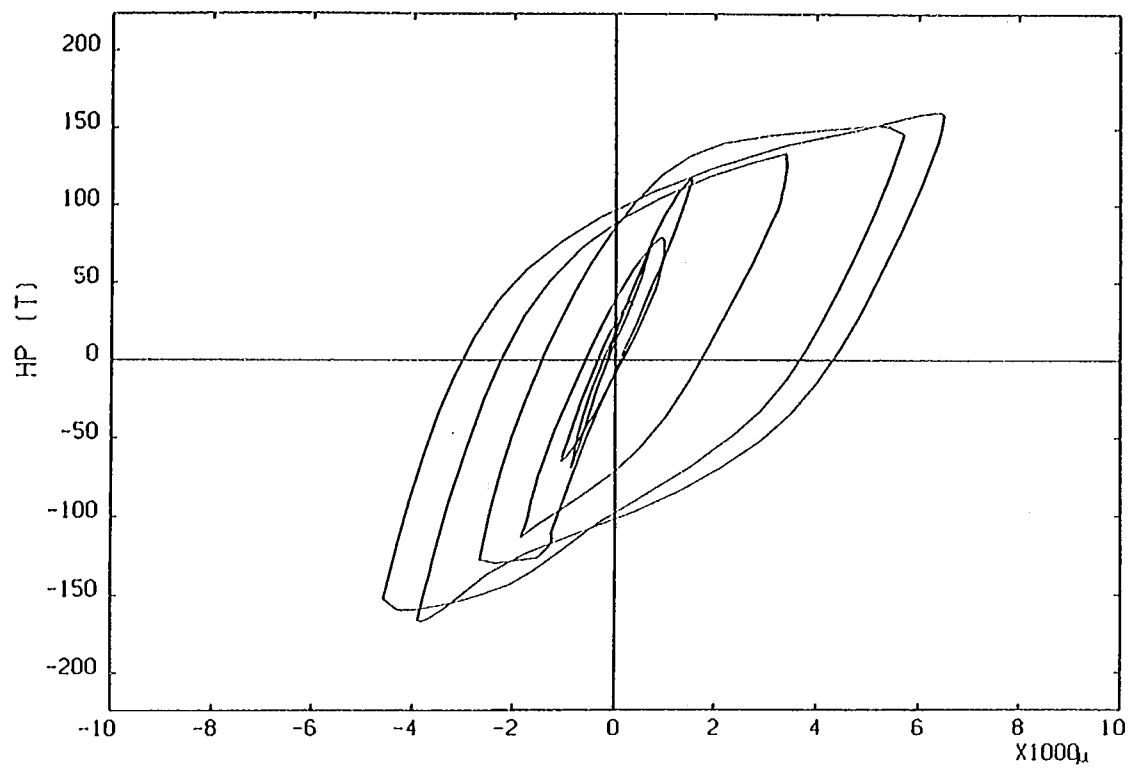
[N3-10] 水平荷重-コンクリートひずみ(A面基部内側 S110)



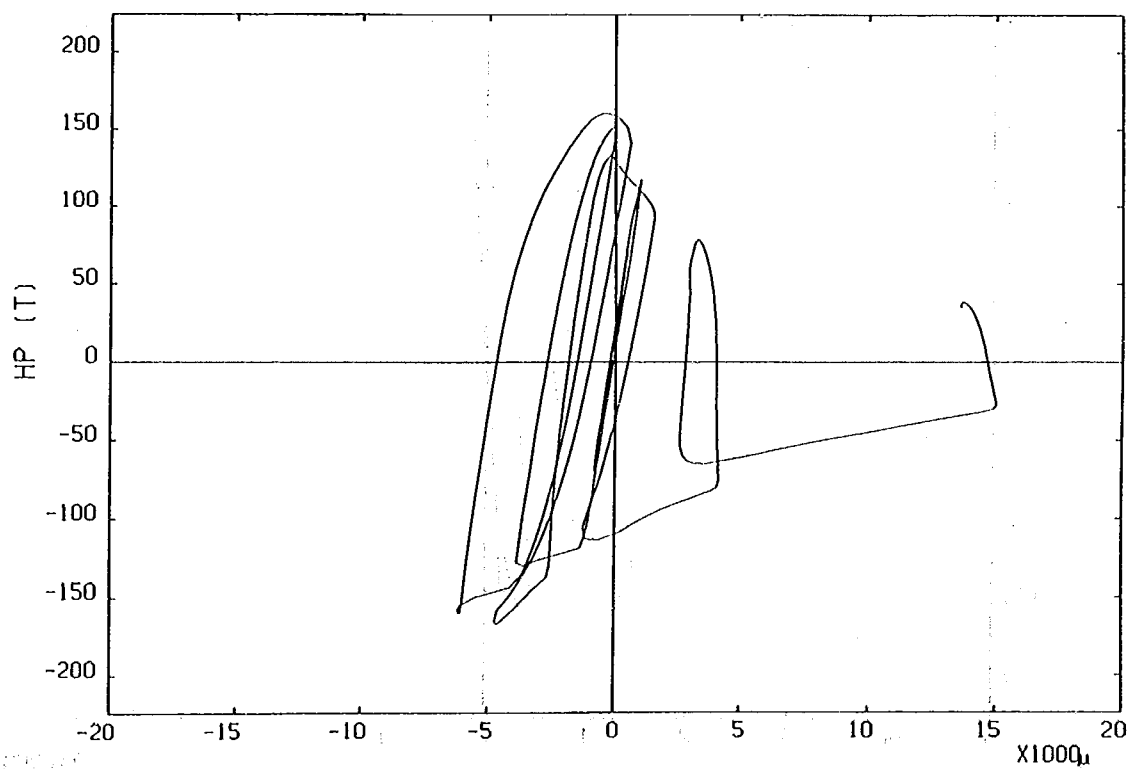
[N 4 - 1] 水平荷重 - 鉛直変位



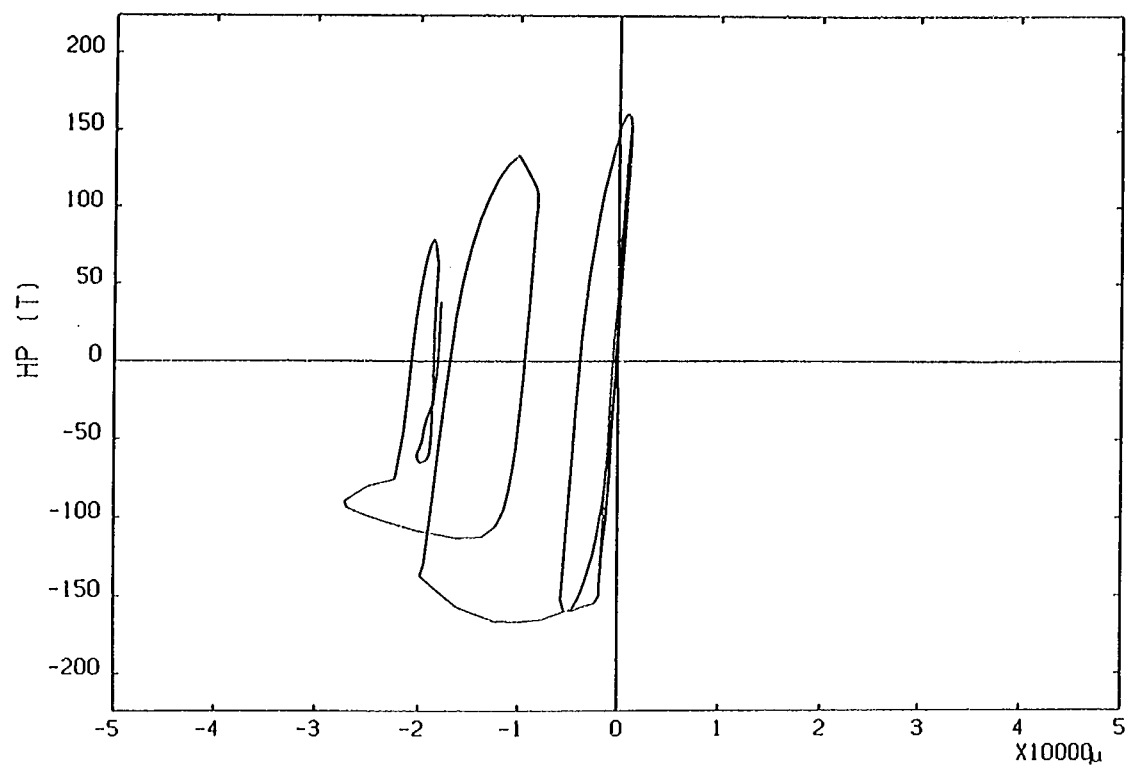
[N 4 - 2] 水平荷重 - 軸方向ひずみ (A面基部 S2)



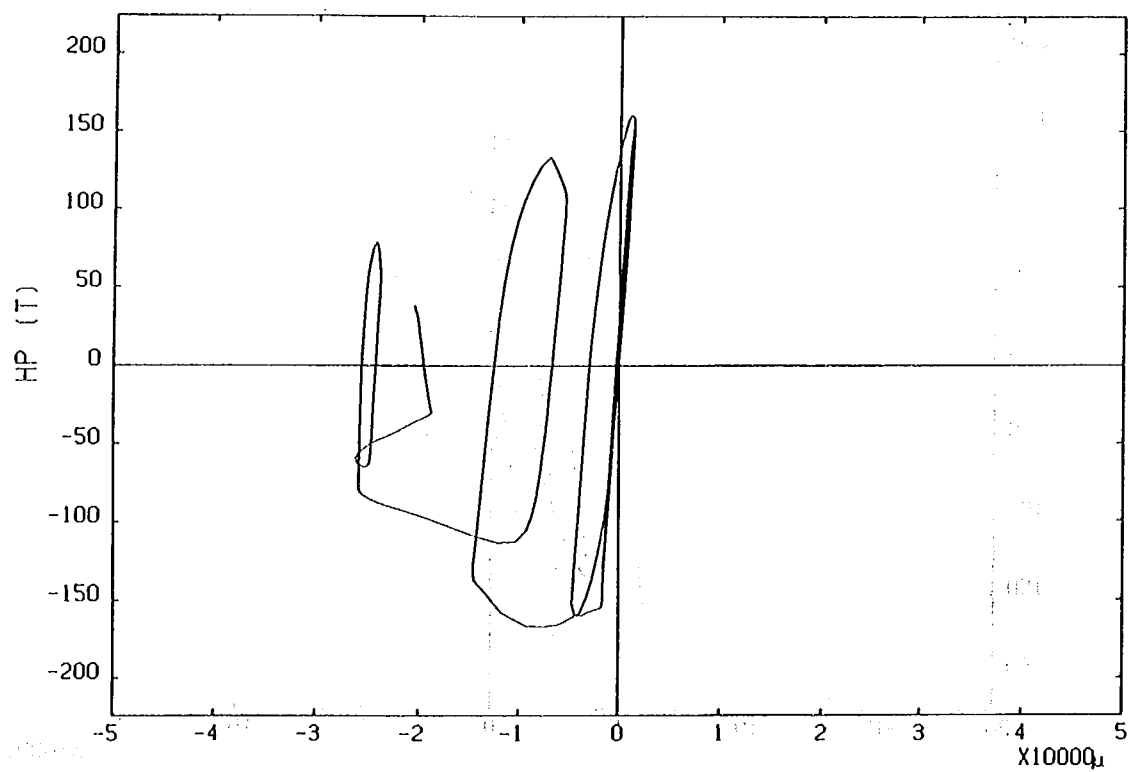
[N 4 - 3] 水平荷重—軸方向ひずみ (B面基部 S6)



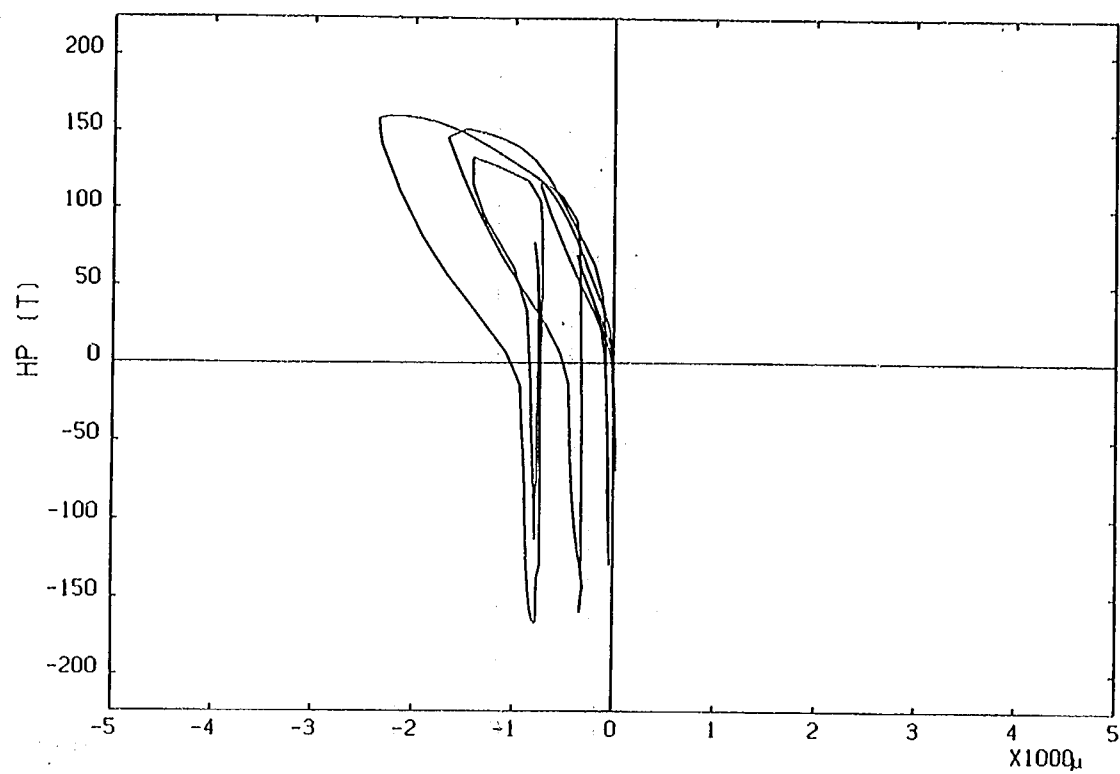
[N 4 - 4] 水平荷重—軸方向ひずみ (B面中空鋼断面部 S30)



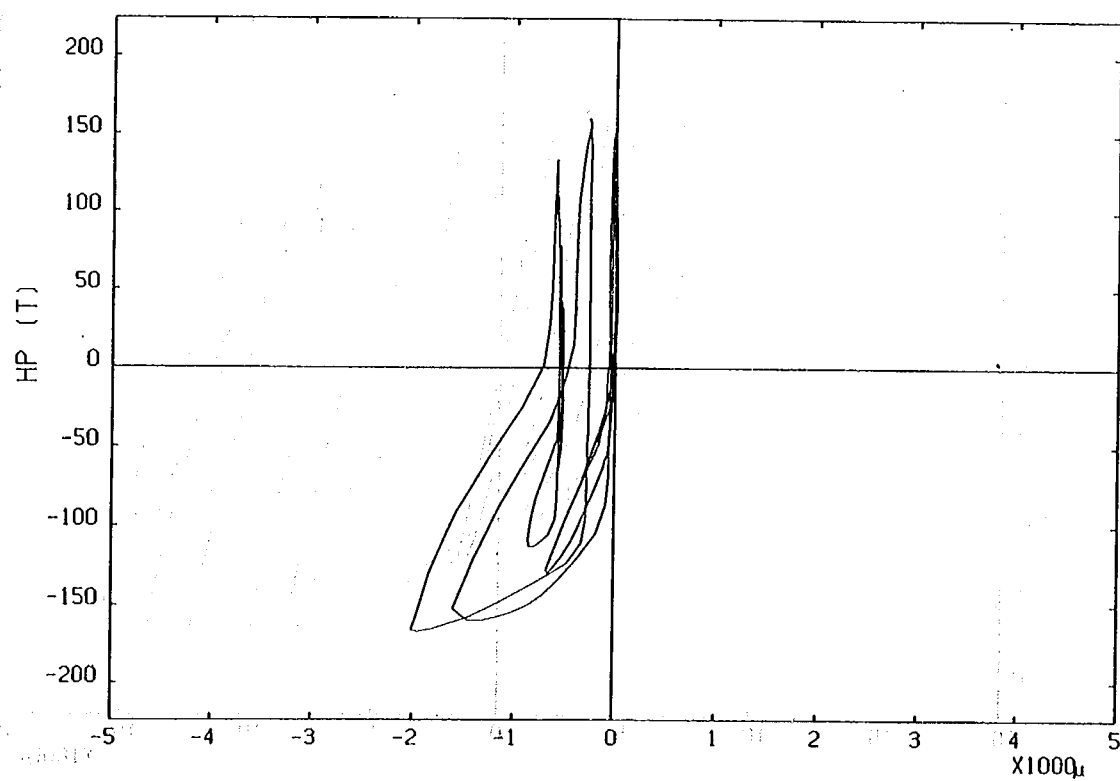
〔N 4 - 5〕 水平荷重－軸方向ひずみ (B 面中空鋼断面部縦リブ S101)



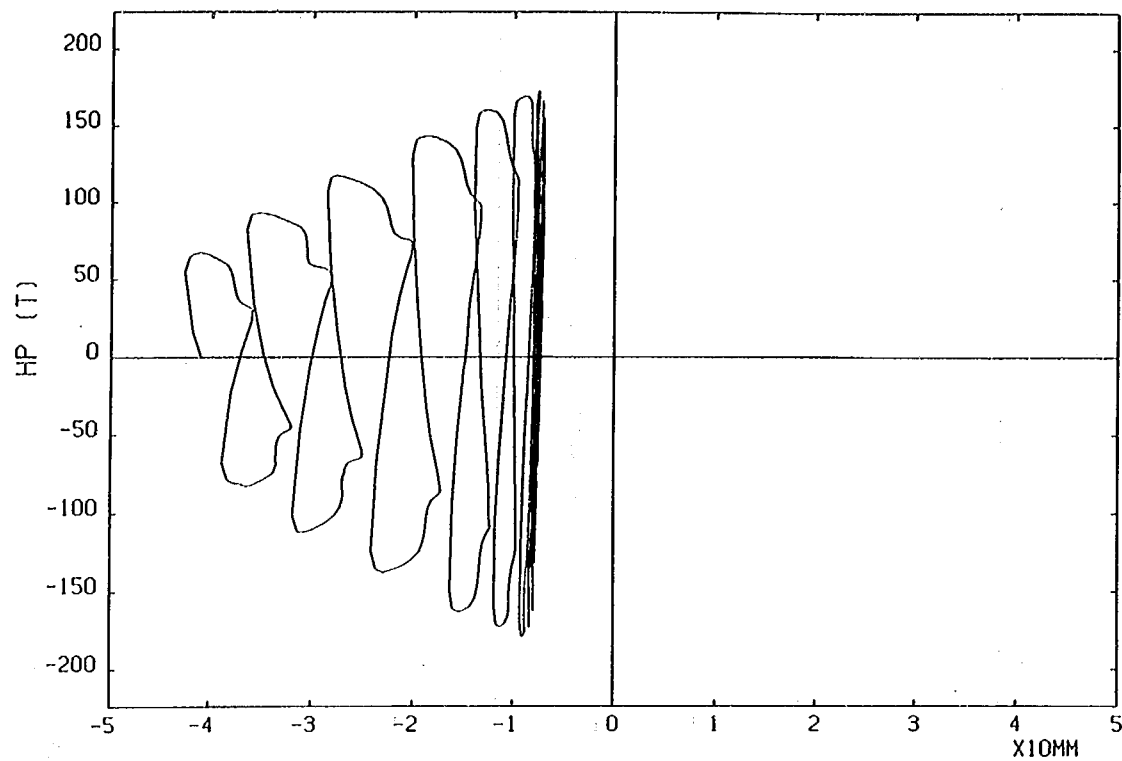
〔N 4 - 6〕 水平荷重－軸方向ひずみ (B 面中空鋼断面部縦リブ S102)



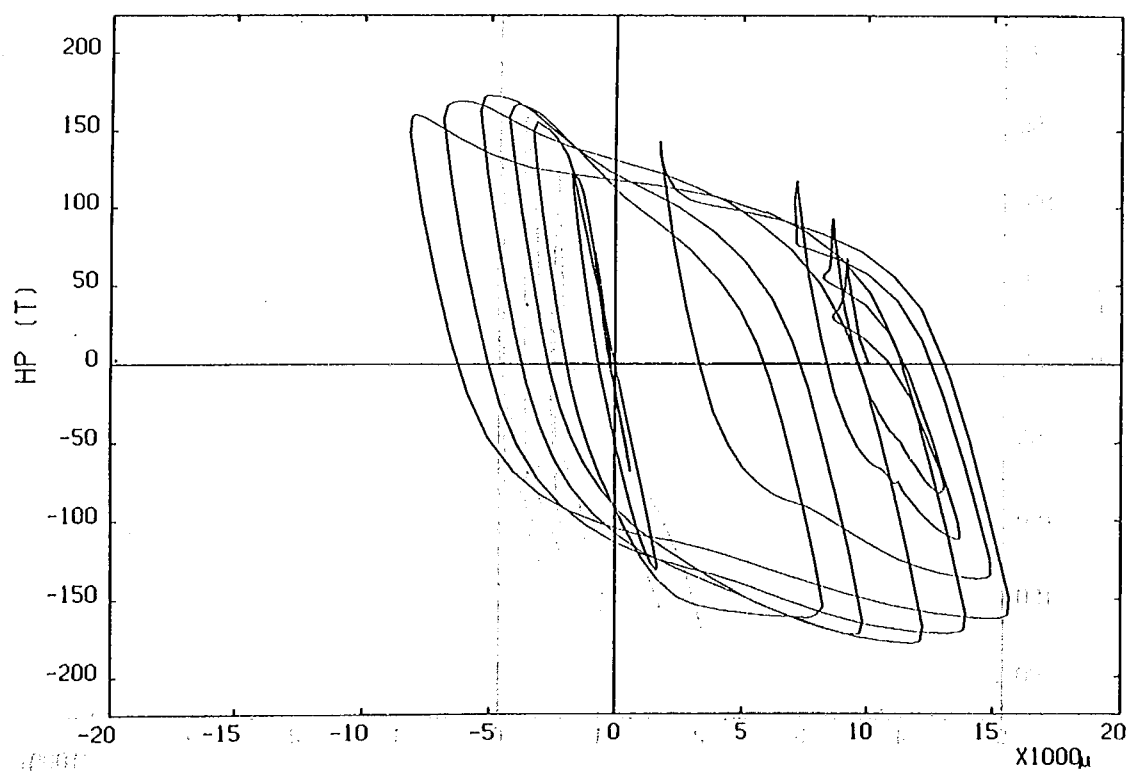
[N 4 - 7] 水平荷重-コンクリートひずみ(A面基部 S122)



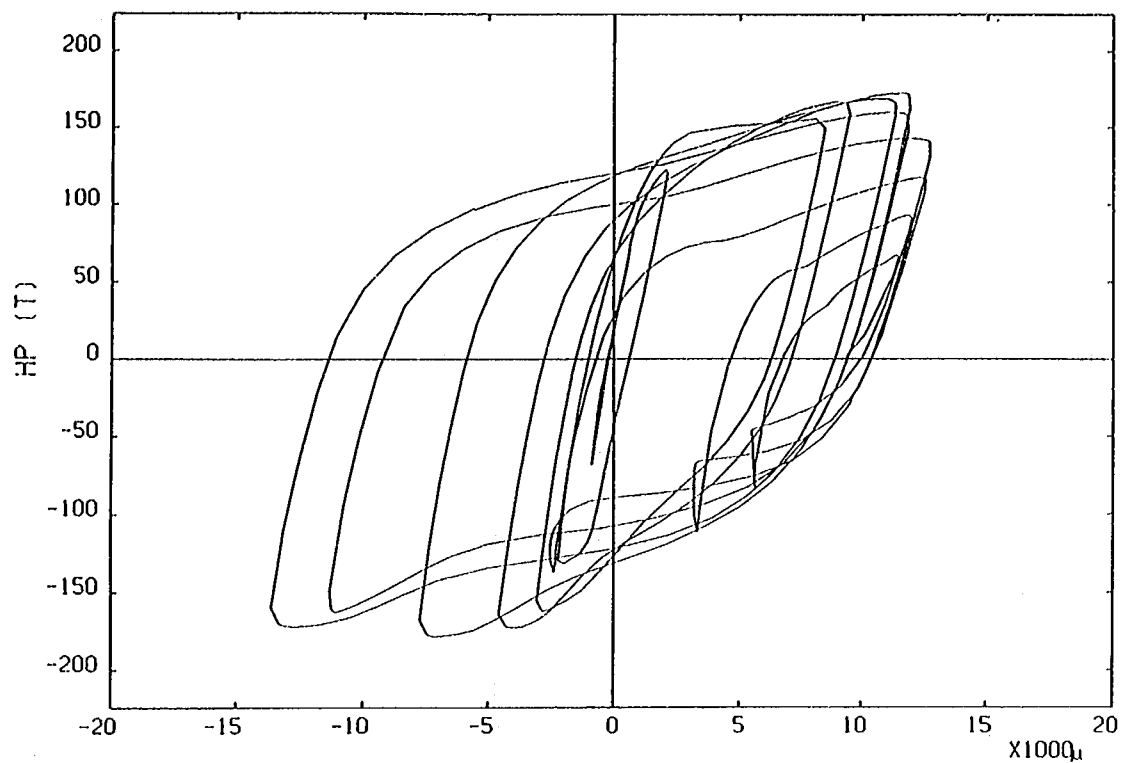
[N 4 - 8] 水平荷重-コンクリートひずみ(A面基部内側 S125)



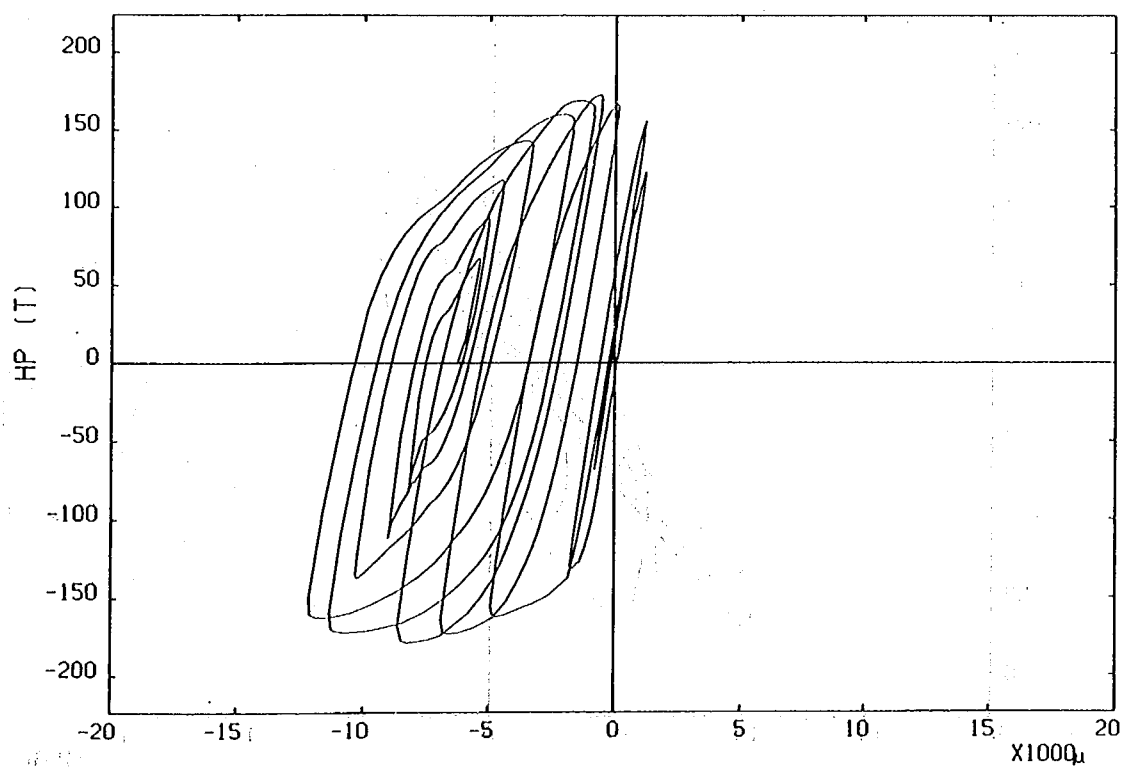
[N 5-1] 水平荷重-鉛直変位



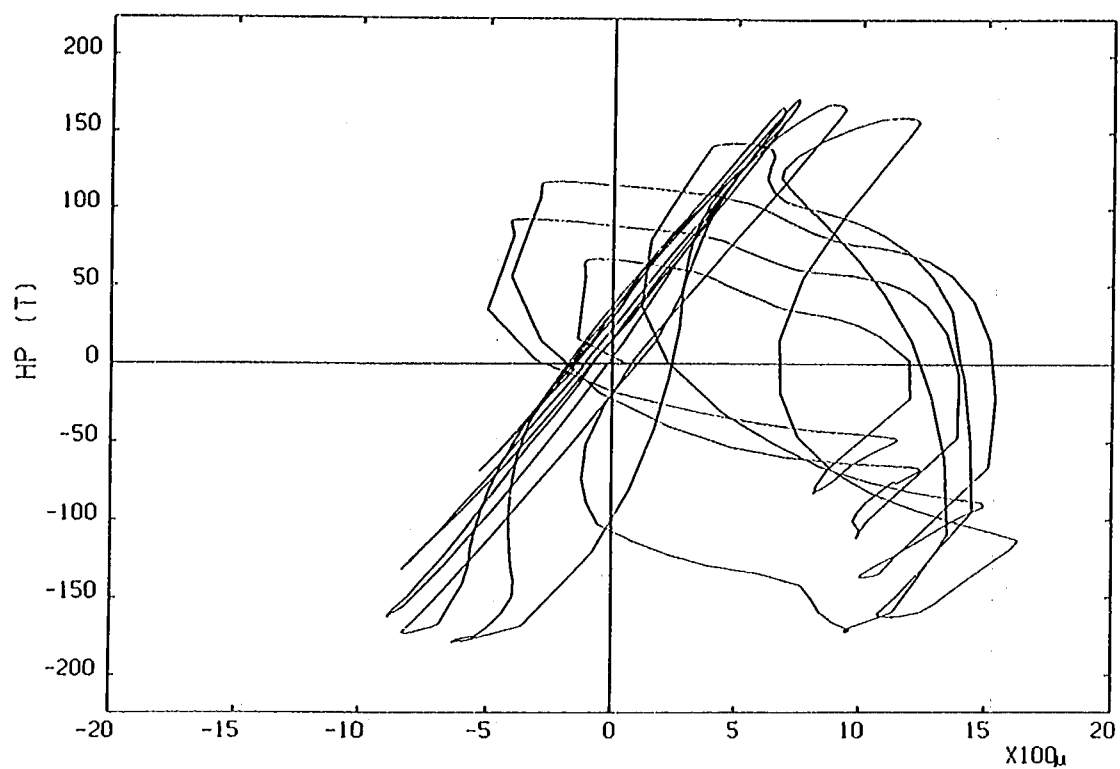
[N 5-2] 水平荷重-軸方向ひずみ(A面基部 S2)



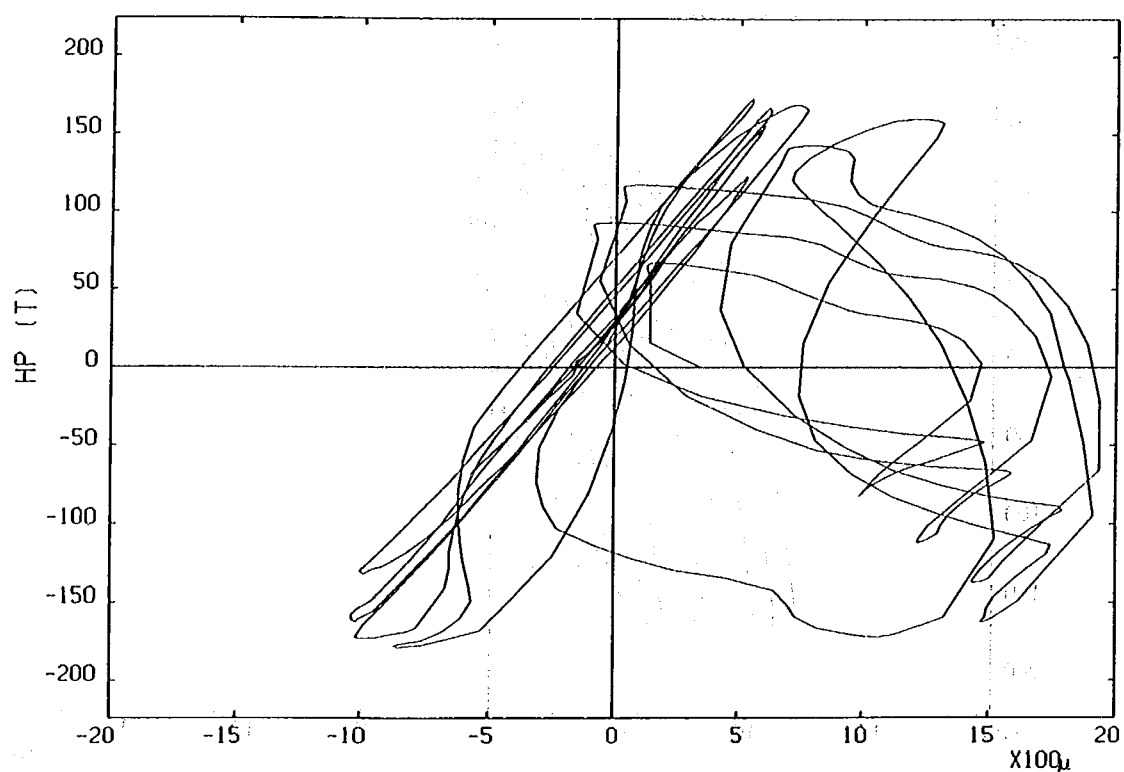
[N 5 - 3] 水平荷重-軸方向ひずみ (B面基部 S6)



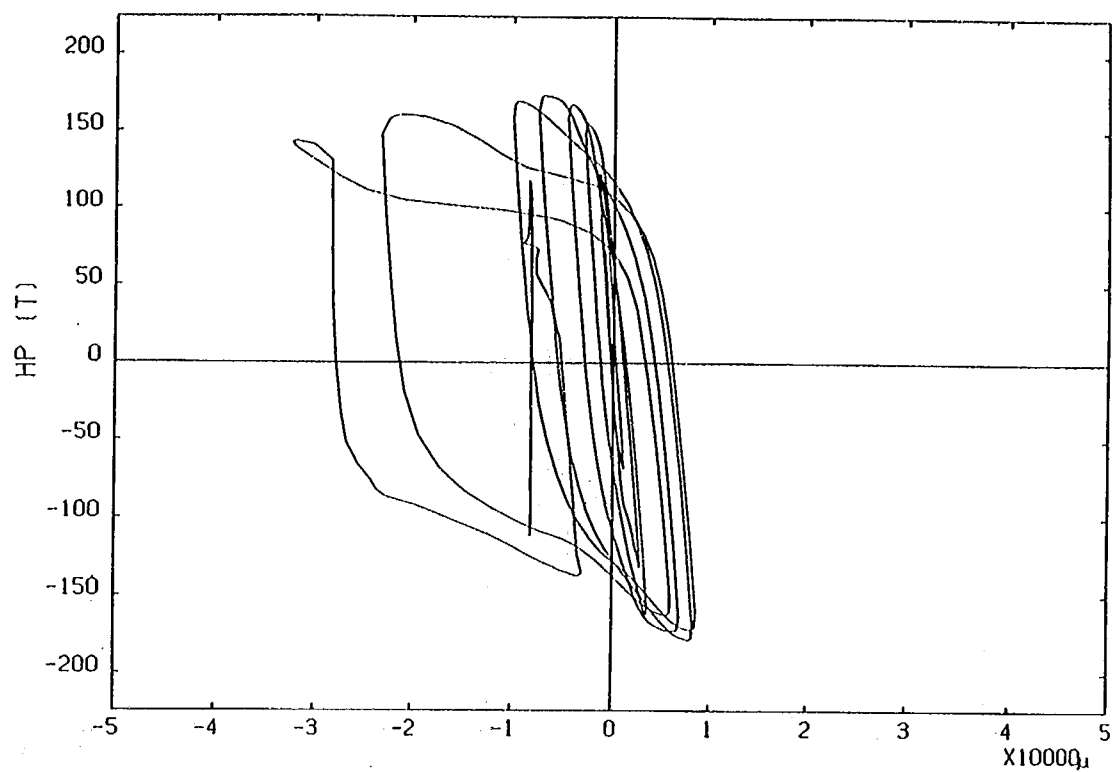
[N 5 - 4] 水平荷重-軸方向ひずみ (B面中空鋼断面部 S26)



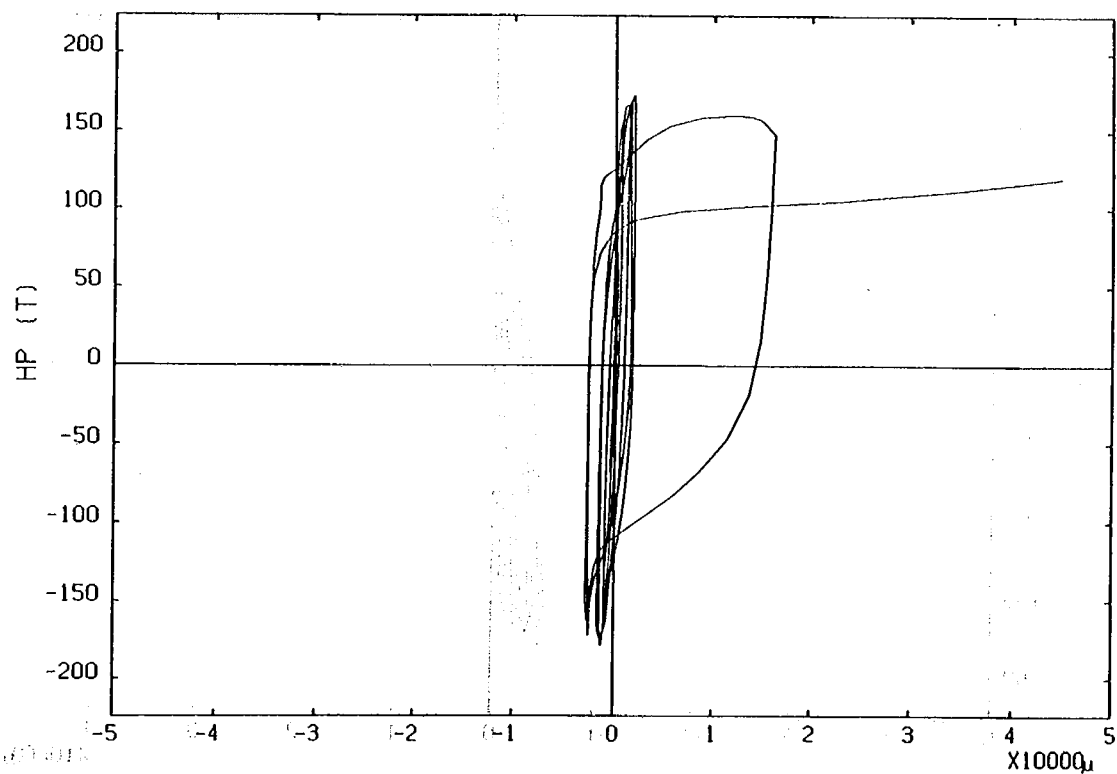
[N 5 - 5] 水平荷重-軸方向ひずみ(B面中空鋼断面部縦リブ S109)



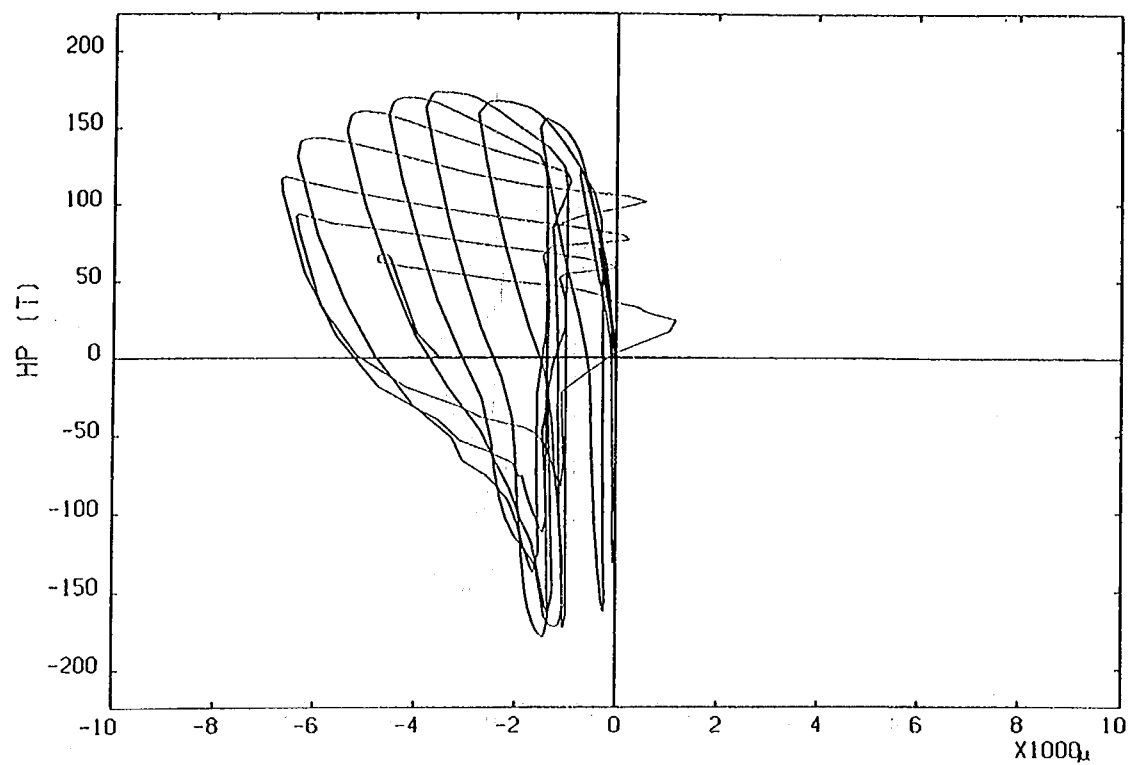
[N 5 - 6] 水平荷重-軸方向ひずみ(B面中空鋼断面部縦リブ S110)



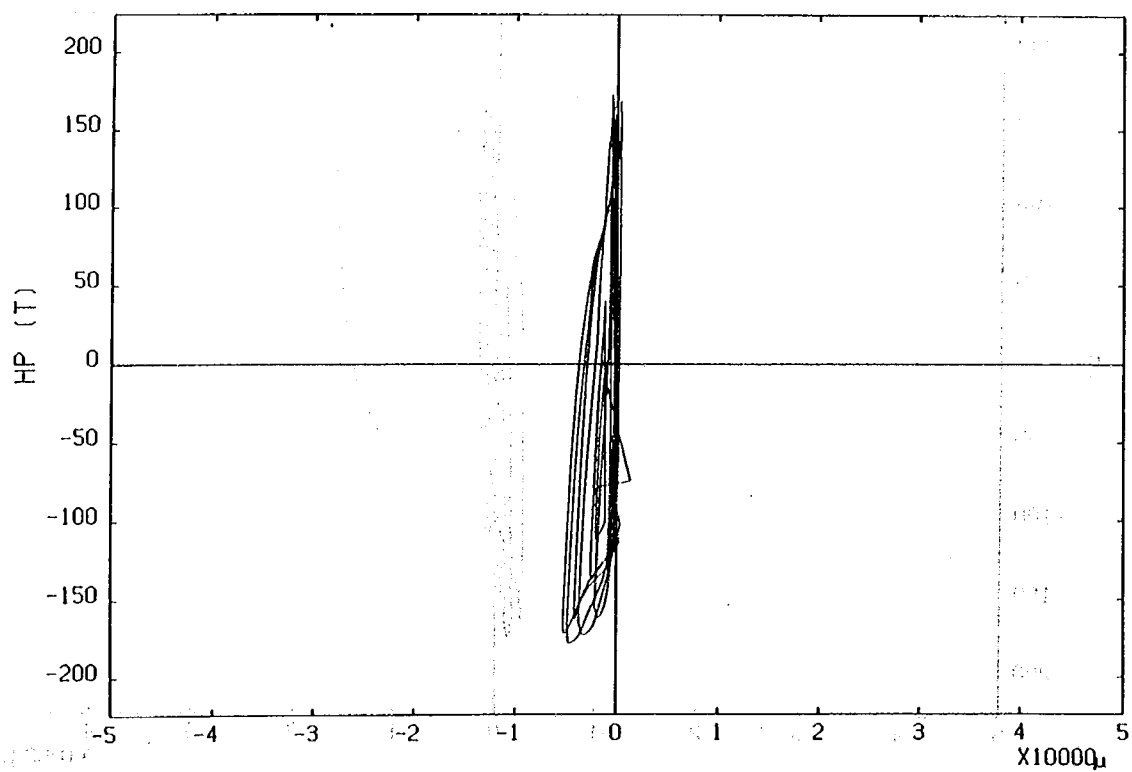
〔N 5-7〕 水平荷重-軸方向ひずみ (A面コンクリート充填部角部 S45X)



〔N 5-8〕 水平荷重-軸直角方向ひずみ (A面コンクリート充填部角部 S45Y)



[N5-9] 水平荷重-コンクリートひずみ(A面基部 S130)



[N5-10] 水平荷重-コンクリートひずみ(A面基部内側 S133)

2. 終局耐力・終局変位の計算

目 次

1. 概 要	131
2. 使用プログラム	131
3. 計算ケース	131
4. 計算結果	131
※巻末資料（終局耐力・終局変位の計算リスト）	
・公称値 N－3	134
・公称値 N－5	148
・材料試験結果 N－3	162
・材料試験結果 N－5	176

終局耐力、終局変位の算出

1. 概 要

文献a)、b)に基づき、供試体の終局耐力、終局変位を算出するとともに、コンクリート充填高さの検証を行った。

コンクリートの充填高さについては、実橋脚で経済的な設計を行う場合はコンクリート充填部と中空鋼断面部がほぼ同時に終局状態に達するように設定する^{a)}のが好ましいが、今回の実験ではコンクリート充填部が先に終局状態に達するように設定した。コンクリートの限界ひずみ^{a)}は 0.010としている。

- a) 宇佐美 勉、鈴木森品、Iraj, H. P. Mamaghani、葛 漢彬：『コンクリートを部分的に充填した鋼製橋脚の地震時保有水平耐力照査法の提案』（土木学会論文集、No. 525/I-33, pp. 69-82, 1995年10月）
- b) 葛西 昭、宇佐美 勉、葛 漢彬：『コンクリート部分充填鋼製橋脚の破壊基準と最適充填高さに関する研究』（土木学会第51回年次学術講演会講演概要集 I-A17 pp. 34-35, 1996年9月）

2. 使用プログラム

計算には下記のプログラムを使用した。

名古屋高速道路公社・名濃道路 限定版の鋼製橋脚地震時保有水平耐力プログラム

STPIER/LIMIT/M Ver 1.22 (株式会社 横河技術情報)

3. 計算ケース

コンクリート設計基準強度と鋼材の降伏点に公称値を用いた場合と材料試験結果（コンクリートは実験日強度）を用いた場合について、供試体N-3、N-5それぞれ計算を行った。供試体N-4は中空鋼断面部が先に終局状態^{a)}に達するので使用プログラムの適用範囲外となり、ここでの計算は省いた。

鋼材の降伏点の材料試験結果については、プログラム上任意数値の入力が不可能であり材質ごとの公称値の入力となるため、材料試験結果に最も近い値として 3600kgf/cm² (SM490Yの値)とした。

計算ケースは次の4ケースである。

- ・ 公称値 N-3
- ・ 公称値 N-5
- ・ 材料試験結果 N-3
- ・ 材料試験結果 N-5

4. 計算結果

計算結果をまとめたものを表-参考-2.1に示す。また、計算リストを巻末資料に示す。

表-参考-2.1 供試体の終局耐力、終局変位算出結果

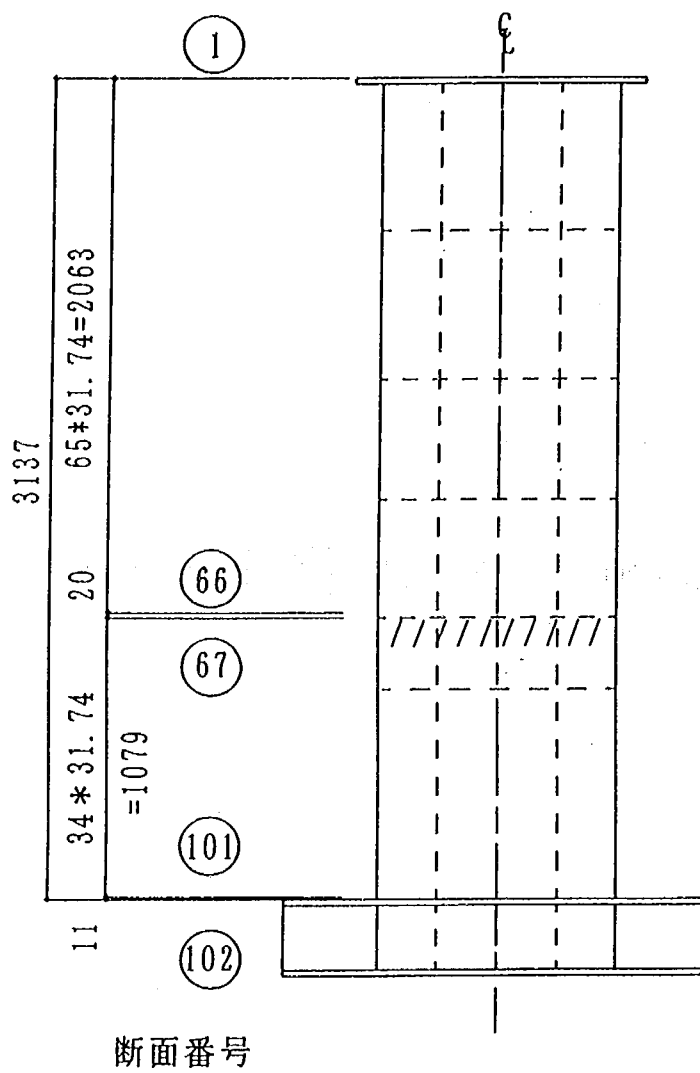
	公 称 値		材料試験結果	
	N-3	N-5	N-3	N-5
概 略 諸 元				
柱全高 (mm)	3173	3173	3173	3173
コンクリート充填高さ (mm)	1090	1030	1090	1030
軸方向 (tf)	214.1	173.3	214.1	173.3
鋼材のヤング係数 (kgf/cm ²)	2.10E+06	2.10E+06	2.10E+06	2.10E+06
コンクリート設計基準 (kgf/cm ²)	160	160	157	171
鋼材の降伏点 (kgf/cm ²)	3200	3200	3600	3600
コンクリート充填高さの検証				
$\epsilon_{a,c}$	0.00987	0.00999	0.00986	0.00991
$\epsilon_{u,c}$	0.010	0.010	0.010	0.010
D c	0.987	0.999	0.986	0.991
$\epsilon_{a,s}$	0.00317	0.00179	0.00236	0.00185
$\epsilon_{u,s}$	0.00593	0.00275	0.00572	0.00294
D s	0.534	0.649	0.412	0.628
終局耐力・終局変位				
H y (tf)	98.3	81.6	112.8	93.6
H u (tf)	192.2	164.2	208.1	179.8
δ_y (cm)	0.966	0.909	1.118	1.043
δ_u (cm)	7.149	7.654	6.948	7.702

卷末資料

終局耐力・終局変位計算リスト

{N-3 公称值}

1. 断面番号



2. 入力データ (公称値による計算値)

2.1 基本データ

適用公社：名古屋高速道路公社
橋脚名：N-3
照査方向：橋軸直角方向

2.2 橋脚形状寸法データ

1) 梁形状 (単位：mm, tf)

重量 = .0
橋軸方向偏心量 = .0
直角方向偏心量 = .0

2) 柱形状 (単位：mm, tf/m)

柱タイプ：角柱断面 断面数：3

	断面長	単位重量	ダイヤフラム間隔
Sec- 3	1143.0	.350	571.5
Sec- 2	940.0	.350	470.0
Sec- 1	1090.0	2.149	810.0
柱全高 (Σh)	3173.0		

コンクリート充填高さ： 1090.0

2.3 柱断面データ

Sec	部材	寸法	配置
Sec- 3	2 - Flg Pl	880 * 10	
	6 - Flg Rib	75 * 10	(ピッチ: 215 + 2 @ 225 + 215)
	2 - Web Pl	900 * 10	
Sec- 2	6 - Web Rib	75 * 10	(ピッチ: 225 + 2 @ 225 + 225)
	2 - Flg Pl	880 * 10	
	6 - Flg Rib	75 * 10	(ピッチ: 215 + 2 @ 225 + 215)
Sec- 1	2 - Web Pl	900 * 10	
	6 - Web Rib	75 * 10	(ピッチ: 225 + 2 @ 225 + 225)
	2 - Flg Pl	880 * 10	
	6 - Flg Rib	75 * 10	(ピッチ: 215 + 2 @ 225 + 215)
	2 - Web Pl	900 * 10	
	6 - Web Rib	75 * 10	(ピッチ: 225 + 2 @ 225 + 225)

2.4 上部工データ

	橋軸方向	直角方向
上部構造の作用位置 (mm)	250.0	250.0
上部構造の偏心量 (mm)	.0	.0
上部構造による軸力 (tf)	214.1	214.1

2.5 設計一般データ

1) 設計一般データ

鋼材 のヤング係数 (kgf/cm²) E_s = 2.1×10^6

コンクリート設計基準強度 (kgf/cm²) σ_{ck} = 160.0

鋼材の降伏点 (kgf/cm²) $\sigma_{sy}(3)$ = 3200.0 SM490
 $\sigma_{sy}(2)$ = 3200.0 SM490
 $\sigma_{sy}(1)$ = 3200.0 SM490

コンクリートの限界ひずみ ϵ_{uc} = .0100

2) その他の計算用データ

柱の高さ方向分割数	=	100
柱の水平方向分割数	=	100
平均ひずみの誤差の範囲	=	.000200
収束計算用の最大ひずみ	=	.050000
曲げモーメントの誤差の範囲	=	1.1(tfm)

2.6 上部工および橋脚梁部の偏心モーメント

直角方向: $M_o = .0 \text{ tf}\cdot\text{m}$

3. 各断面での寸法制限の照査

α : 補剛板の縦横寸法比
 α_0 : 限界縦横寸法比
 R : 補剛板の幅厚比
 γ : 縦方向補剛材剛比
 γ^* : 線形座屈理論より求められる縦方向補剛材の最適剛比

3.1 橋軸方向の照査 (ウ エ プ)

Sec - 3	中空鋼断面		
α	=	.6494	$\alpha_0 = 2.9060$
R	=	.4517	
γ	=	17.5781	$3\gamma^* = 25.6301$
Sec - 2	中空鋼断面		
α	=	.5341	$\alpha_0 = 2.9060$
R	=	.4517	
γ	=	17.5781	$3\gamma^* = 17.1210$
Sec - 1	コンクリート充填断面		
α	=	.9205	$\alpha_0 = 2.9060$
R	=	.4517	
γ	=	17.5781	$\gamma^* = 17.3240$

3.2 直角方向の照査 (フランジ)

Sec - 3	中空鋼断面		
α	=	.6494	$\alpha_0 = 2.9060$
R	=	.4517	
γ	=	17.5781	$3\gamma^* = 25.6301$
Sec - 2	中空鋼断面		
α	=	.5341	$\alpha_0 = 2.9060$
R	=	.4517	
γ	=	17.5781	$3\gamma^* = 17.1210$
Sec - 1	コンクリート充填断面		
α	=	.9205	$\alpha_0 = 2.9060$
R	=	.4517	
γ	=	17.5781	$\gamma^* = 17.3240$

4. 各計算位置の断面力集計 (橋軸直角方向)

断面 番号	Y1(m)	Y2(m)	躯体自重 Wc(tf)	軸 力 N(tf)	偏心モーメント Mo(tf・m)
1	3.173	.250	.0	214.1	.0
2	3.141	.282	.0	214.1	.0
3	3.110	.313	.0	214.1	.0
4	3.078	.345	.0	214.1	.0
5	3.046	.377	.0	214.1	.0
6	3.014	.409	.1	214.2	.0
7	2.983	.440	.1	214.2	.0
8	2.951	.472	.1	214.2	.0
9	2.919	.504	.1	214.2	.0
10	2.887	.536	.1	214.2	.0
11	2.856	.567	.1	214.2	.0
12	2.824	.599	.1	214.2	.0
13	2.792	.631	.1	214.2	.0
14	2.761	.662	.1	214.2	.0
15	2.729	.694	.2	214.3	.0
16	2.697	.726	.2	214.3	.0
17	2.665	.758	.2	214.3	.0
18	2.634	.789	.2	214.3	.0
19	2.602	.821	.2	214.3	.0
20	2.570	.853	.2	214.3	.0
21	2.538	.885	.2	214.3	.0
22	2.507	.916	.2	214.3	.0
23	2.475	.948	.2	214.3	.0
24	2.443	.980	.3	214.4	.0
25	2.411	1.012	.3	214.4	.0
26	2.380	1.043	.3	214.4	.0
27	2.348	1.075	.3	214.4	.0
28	2.316	1.107	.3	214.4	.0
29	2.285	1.138	.3	214.4	.0
30	2.253	1.170	.3	214.4	.0
31	2.221	1.202	.3	214.4	.0
32	2.189	1.234	.3	214.4	.0
33	2.158	1.265	.4	214.5	.0
34	2.126	1.297	.4	214.5	.0
35	2.094	1.329	.4	214.5	.0
36	2.062	1.361	.4	214.5	.0
37 上側	2.030	1.393	.4	214.5	.0
37 下側	2.030	1.393	.4	214.5	.0
38	1.998	1.425	.4	214.5	.0
39	1.967	1.456	.4	214.5	.0
40	1.935	1.488	.4	214.5	.0
41	1.903	1.520	.4	214.5	.0
42	1.871	1.552	.5	214.6	.0
43	1.840	1.583	.5	214.6	.0
44	1.808	1.615	.5	214.6	.0
45	1.776	1.647	.5	214.6	.0
46	1.744	1.679	.5	214.6	.0
47	1.713	1.710	.5	214.6	.0
48	1.681	1.742	.5	214.6	.0
49	1.649	1.774	.5	214.6	.0
50	1.618	1.805	.5	214.6	.0
51	1.586	1.837	.6	214.7	.0
52	1.554	1.869	.6	214.7	.0
53	1.522	1.901	.6	214.7	.0
54	1.491	1.932	.6	214.7	.0
55	1.459	1.964	.6	214.7	.0
56	1.427	1.996	.6	214.7	.0
57	1.395	2.028	.6	214.7	.0
58	1.364	2.059	.6	214.7	.0
59	1.332	2.091	.6	214.7	.0
60	1.300	2.123	.7	214.8	.0
61	1.268	2.155	.7	214.8	.0

62	1.237	2.186	.7	214.8	.0
63	1.205	2.218	.7	214.8	.0
64	1.173	2.250	.7	214.8	.0
65	1.142	2.281	.7	214.8	.0
66	1.110	2.313	.7	214.8	.0
67 上侧	1.090	2.333	.7	214.8	.0
67 下侧	1.090	2.333	.7	214.8	.0
68	1.058	2.365	.8	214.9	.0
69	1.027	2.396	.9	215.0	.0
70	.995	2.428	.9	215.0	.0
71	.963	2.460	1.0	215.1	.0
72	.931	2.492	1.1	215.2	.0
73	.900	2.523	1.1	215.2	.0
74	.868	2.555	1.2	215.3	.0
75	.836	2.587	1.3	215.4	.0
76	.804	2.619	1.3	215.4	.0
77	.773	2.650	1.4	215.5	.0
78	.741	2.682	1.5	215.6	.0
79	.709	2.714	1.5	215.6	.0
80	.678	2.745	1.6	215.7	.0
81	.646	2.777	1.7	215.8	.0
82	.614	2.809	1.8	215.9	.0
83	.582	2.841	1.8	215.9	.0
84	.551	2.872	1.9	216.0	.0
85	.519	2.904	2.0	216.1	.0
86	.487	2.936	2.0	216.1	.0
87	.455	2.968	2.1	216.2	.0
88	.424	2.999	2.2	216.3	.0
89	.392	3.031	2.2	216.3	.0
90	.360	3.063	2.3	216.4	.0
91	.328	3.095	2.4	216.5	.0
92	.297	3.126	2.4	216.5	.0
93	.265	3.158	2.5	216.6	.0
94	.233	3.190	2.6	216.7	.0
95	.202	3.221	2.6	216.7	.0
96	.170	3.253	2.7	216.8	.0
97	.138	3.285	2.8	216.9	.0
98	.106	3.317	2.8	216.9	.0
99	.075	3.348	2.9	217.0	.0
100	.043	3.380	3.0	217.1	.0
101	.011	3.412	3.0	217.1	.0
102	.000	3.423	3.1	217.2	.0

5.1 降伏モーメントおよび曲率の計算 (橋軸直角方向)

断面 番号	計算位置 Y2(m)	作用軸力 N(tf)	中立軸 Xy(cm)	ひずみ ϵ_c *E-3	降伏時 曲げモーメント My(tf·m)	曲率 ϕ_y *E-5(1/m)	My-Mo PHY=----- (tf) Y2
1	.250	214.1	52.9	1.524	337.5	287.826	1349.9
2	.282	214.1	52.9	1.524	337.5	287.823	1197.8
3	.313	214.1	52.9	1.524	337.5	287.820	1076.6
4	.345	214.1	52.9	1.524	337.5	287.818	977.6
5	.377	214.1	52.9	1.524	337.5	287.815	895.3
6	.409	214.2	52.9	1.524	337.5	287.813	825.8
7	.440	214.2	52.9	1.524	337.5	287.810	766.3
8	.472	214.2	52.9	1.524	337.4	287.808	714.8
9	.504	214.2	52.9	1.524	337.4	287.805	669.7
10	.536	214.2	52.9	1.524	337.4	287.802	630.1
11	.567	214.2	52.9	1.524	337.4	287.800	594.8
12	.599	214.2	52.9	1.524	337.4	287.797	563.3
13	.631	214.2	52.9	1.524	337.4	287.794	535.0
14	.662	214.2	52.9	1.524	337.4	287.792	509.3
15	.694	214.3	52.9	1.524	337.4	287.789	486.1
16	.726	214.3	52.9	1.524	337.4	287.786	464.8
17	.758	214.3	52.9	1.524	337.4	287.784	445.3
18	.789	214.3	53.0	1.524	337.4	287.781	427.4
19	.821	214.3	53.0	1.524	337.4	287.779	410.9
20	.853	214.3	53.0	1.524	337.4	287.776	395.6
21	.885	214.3	53.0	1.524	337.4	287.773	381.4
22	.916	214.3	53.0	1.524	337.4	287.771	368.2
23	.948	214.3	53.0	1.524	337.4	287.768	355.9
24	.980	214.4	53.0	1.524	337.4	287.765	344.4
25	1.012	214.4	53.0	1.524	337.4	287.763	333.6
26	1.043	214.4	53.0	1.524	337.4	287.760	323.4
27	1.075	214.4	53.0	1.524	337.4	287.757	313.9
28	1.107	214.4	53.0	1.524	337.4	287.755	304.9
29	1.138	214.4	53.0	1.524	337.4	287.752	296.4
30	1.170	214.4	53.0	1.524	337.4	287.749	288.3
31	1.202	214.4	53.0	1.524	337.4	287.747	280.7
32	1.234	214.4	53.0	1.524	337.4	287.744	273.5
33	1.265	214.5	53.0	1.524	337.4	287.742	266.6
34	1.297	214.5	53.0	1.524	337.4	287.739	260.1
35	1.329	214.5	53.0	1.524	337.4	287.737	253.9
36	1.361	214.5	53.0	1.524	337.4	287.734	248.0
37 上側	1.393	214.5	53.0	1.524	337.4	287.731	242.2
37 下側	1.393	214.5	53.0	1.524	337.4	287.731	242.2
38	1.425	214.5	53.0	1.524	337.4	287.728	236.8
39	1.456	214.5	53.0	1.524	337.4	287.726	231.6
40	1.488	214.5	53.0	1.524	337.4	287.723	226.7
41	1.520	214.5	53.0	1.524	337.3	287.720	222.0
42	1.552	214.6	53.0	1.524	337.3	287.718	217.4
43	1.583	214.6	53.0	1.524	337.3	287.715	213.1
44	1.615	214.6	53.0	1.524	337.3	287.713	208.9
45	1.647	214.6	53.0	1.524	337.3	287.710	204.8
46	1.679	214.6	53.0	1.524	337.3	287.707	201.0
47	1.710	214.6	53.0	1.524	337.3	287.705	197.2
48	1.742	214.6	53.0	1.524	337.3	287.702	193.6
49	1.774	214.6	53.0	1.524	337.3	287.699	190.2
50	1.805	214.6	53.0	1.524	337.3	287.697	186.8
51	1.837	214.7	53.0	1.524	337.3	287.694	183.6
52	1.869	214.7	53.0	1.524	337.3	287.691	180.5
53	1.901	214.7	53.0	1.524	337.3	287.689	177.5
54	1.932	214.7	53.0	1.524	337.3	287.686	174.6
55	1.964	214.7	53.0	1.524	337.3	287.684	171.7
56	1.996	214.7	53.0	1.524	337.3	287.681	169.0
57	2.028	214.7	53.0	1.524	337.3	287.678	166.4
58	2.059	214.7	53.0	1.524	337.3	287.676	163.8
59	2.091	214.7	53.0	1.524	337.3	287.673	161.3
60	2.123	214.8	53.0	1.524	337.3	287.671	158.9

61	2.155	214.8	53.0	1.524	337.3	287.668	156.5
62	2.186	214.8	53.0	1.524	337.3	287.665	154.3
63	2.218	214.8	53.0	1.524	337.3	287.663	152.1
64	2.250	214.8	53.0	1.524	337.3	287.660	149.9
65	2.281	214.8	53.0	1.524	337.3	287.657	147.8
66	2.313	214.8	53.0	1.524	337.3	287.654	145.8
67 上側	2.333	214.8	53.0	1.524	337.3	287.653	144.6
67 下側	2.333	214.8	53.0	1.524	337.3	287.653	144.6
68	2.365	214.9	53.0	1.524	337.2	287.637	142.6
69	2.396	215.0	53.0	1.524	337.2	287.621	140.7
70	2.428	215.0	53.0	1.524	337.2	287.604	138.9
71	2.460	215.1	53.0	1.524	337.2	287.588	137.1
72	2.492	215.2	53.0	1.524	337.2	287.572	135.3
73	2.523	215.2	53.0	1.524	337.2	287.556	133.6
74	2.555	215.3	53.0	1.524	337.1	287.540	131.9
75	2.587	215.4	53.0	1.524	337.1	287.523	130.3
76	2.619	215.4	53.0	1.524	337.1	287.507	128.7
77	2.650	215.5	53.0	1.524	337.1	287.491	127.2
78	2.682	215.6	53.0	1.524	337.1	287.475	125.7
79	2.714	215.6	53.0	1.524	337.0	287.459	124.2
80	2.745	215.7	53.0	1.524	337.0	287.443	122.8
81	2.777	215.8	53.0	1.524	337.0	287.426	121.3
82	2.809	215.9	53.0	1.524	337.0	287.410	120.0
83	2.841	215.9	53.0	1.524	337.0	287.394	118.6
84	2.872	216.0	53.0	1.524	336.9	287.378	117.3
85	2.904	216.1	53.0	1.524	336.9	287.362	116.0
86	2.936	216.1	53.0	1.524	336.9	287.346	114.8
87	2.968	216.2	53.0	1.524	336.9	287.330	113.5
88	2.999	216.3	53.0	1.524	336.9	287.313	112.3
89	3.031	216.3	53.0	1.524	336.9	287.297	111.1
90	3.063	216.4	53.0	1.524	336.8	287.281	110.0
91	3.095	216.5	53.0	1.524	336.8	287.265	108.8
92	3.126	216.5	53.0	1.524	336.8	287.249	107.7
93	3.158	216.6	53.1	1.524	336.8	287.232	106.6
94	3.190	216.7	53.1	1.524	336.8	287.216	105.6
95	3.221	216.7	53.1	1.524	336.7	287.200	104.5
96	3.253	216.8	53.1	1.524	336.7	287.184	103.5
97	3.285	216.9	53.1	1.524	336.7	287.168	102.5
98	3.317	216.9	53.1	1.524	336.7	287.151	101.5
99	3.348	217.0	53.1	1.524	336.7	287.135	100.5
100	3.380	217.1	53.1	1.524	336.6	287.119	99.6
101	3.412	217.1	53.1	1.524	336.6	287.103	98.7
102	3.423	217.2	53.1	1.524	336.6	287.097	98.3

最小水平力 PHY(min) = 98.3 tf

5.2 終局モーメントおよび曲率の計算 (橋軸直角方向)

1) 柱基部での照査 (コンクリート有)

Sec- 1

照査 番号	計算位置 Y2(m)	破壊領域 Y(m)	柱基部終局 曲げモーメント Mu(tf・m)	ひずみ ϵ *E-3	中立軸 Xu(cm)	曲 率 ϕ_u *E-5(1/m)
1	3.423	.000	657.8	17.979	35.7	5180.276
2	3.391	.032	651.5	17.099	35.7	4933.232
3	3.360	.063	645.2	16.256	35.6	4697.349
4	3.328	.095	639.1	15.453	35.6	4472.500
5	3.297	.126	633.0	14.693	35.5	4258.855
6	3.265	.157	627.0	13.968	35.4	4055.196
7	3.234	.189	621.2	13.276	35.4	3860.850
8	3.202	.221	615.5	12.620	35.3	3676.106
9	3.171	.252	610.0	11.994	35.3	3499.942
10	3.139	.284	603.0	11.199	35.2	3276.099
11	3.108	.315	596.7	10.455	35.1	3066.387
12	3.076	.347	592.1	9.698	34.9	2863.117
13	3.045	.378	585.3	8.664	34.6	2580.686
14	3.013	.410	578.9	7.761	34.3	2328.541
15	2.982	.441	573.2	6.976	34.2	2103.740
16	2.950	.472	567.8	5.325	34.5	1588.312
17	2.919	.504	561.9	3.786	35.2	1105.989
18	2.887	.535	554.5	2.977	36.2	844.978
19	2.856	.567	548.9	2.601	37.0	722.911
20	2.824	.599	543.5	2.348	37.6	640.627
21	2.793	.630	537.0	2.126	38.4	568.666

平均ひずみ ϵ_{ac} = .009869
 限界ひずみ ϵ_{uc} = .010000
 損傷度 $D_c = \epsilon_{ac} / \epsilon_{uc}$ = .9869

2) 中空鋼断面での照査 (コンクリート無)

Sec- 2

照査 番号	計算位置 Y2(m)	破壊領域 Y(m)	柱基部終局 曲げモーメント Mu(tf・m)	ひずみ ϵ *E-3	中立軸 Xu(cm)	曲 率 ϕ_u *E-5(1/m)
1	2.333	.000	448.2	10.938	57.9	1887.486
2	2.309	.023	444.2	6.836	57.4	1191.441
3	2.286	.047	439.1	5.127	57.5	891.832
4	2.262	.071	434.5	4.166	57.6	723.657
5	2.239	.094	430.9	3.645	57.6	632.716
6	2.215	.117	426.0	3.189	57.5	554.495
7	2.192	.141	421.2	2.890	57.3	504.298
8	2.168	.164	417.5	2.710	57.1	474.345
9	2.145	.188	411.7	2.540	56.5	449.457
10	2.121	.211	407.9	2.461	56.2	437.619
11	2.098	.235	403.9	2.384	56.0	426.020
12	2.074	.258	397.9	2.272	55.6	409.045
13	2.051	.282	393.9	2.201	55.3	398.178
14	2.027	.306	389.8	2.132	55.0	387.578
15	2.004	.329	385.7	2.066	54.8	377.249
16	1.980	.352	381.6	2.001	54.5	367.166
17	1.957	.376	375.2	1.907	54.1	352.390
18	1.933	.399	371.0	1.848	53.9	342.909
19	1.910	.423	366.7	1.790	53.7	333.653
20	1.886	.446	362.0	1.734	53.4	324.523
21	1.863	.470	357.0	1.680	53.2	315.491

平均ひずみ ϵ_{as} = .003168
 限界ひずみ ϵ_{us} = .005933
 損傷度 $D_s = \epsilon_{as} / \epsilon_{us}$ = .5339

照査番号: 1(Y2= 2.333)での降伏曲げモーメント $M_y = 337.3$

3) 断面変化位置での照査 (コンクリート無)

Sec- 2

照査 番号	計算位置 Y2(m)	破壊領域 Y(m)	柱基部終局 曲げモーメント Mu(tf・m)	ひずみ ϵ *E-3	中立軸 Xu(cm)	曲 率 ϕ_u *E-5(1/m)
1	2.333	.000	448.2	10.938	57.9	1887.486
2	2.309	.023	444.2	6.836	57.4	1191.441
3	2.286	.047	439.1	5.127	57.5	891.832
4	2.262	.071	434.5	4.166	57.6	723.657
5	2.239	.094	430.9	3.645	57.6	632.716
6	2.215	.117	426.0	3.189	57.5	554.495
7	2.192	.141	421.2	2.890	57.3	504.298
8	2.168	.164	417.5	2.710	57.1	474.345
9	2.145	.188	411.7	2.540	56.5	449.457
10	2.121	.211	407.9	2.461	56.2	437.619
11	2.098	.235	403.9	2.384	56.0	426.020
12	2.074	.258	397.9	2.272	55.6	409.045
13	2.051	.282	393.9	2.201	55.3	398.178
14	2.027	.306	389.8	2.132	55.0	387.578
15	2.004	.329	385.7	2.066	54.8	377.249
16	1.980	.352	381.6	2.001	54.5	367.166
17	1.957	.376	375.2	1.907	54.1	352.390
18	1.933	.399	371.0	1.848	53.9	342.909
19	1.910	.423	366.7	1.790	53.7	333.653
20	1.886	.446	362.0	1.734	53.4	324.523
21	1.863	.470	357.0	1.680	53.2	315.491

平均ひずみ $\epsilon_{as} = .003168$ 限界ひずみ $\epsilon_{us} = .005933$ 損傷度 $Ds = \epsilon_{as} / \epsilon_{us} = .5339$ 照査番号: 1 (Y2= 2.333) での降伏曲げモーメント $My = 337.3$

4) 断面変化位置での照査 (コンクリート無)

Sec- 3

照査 番号	計算位置 Y2(m)	破壊領域 Y(m)	柱基部終局 曲げモーメント Mu(tf・m)	ひずみ ϵ *E-3	中立軸 Xu(cm)	曲 率 ϕ_u *E-5(1/m)
1	1.393	.000	267.9	1.257	55.0	228.512
2	1.364	.029	262.8	1.238	55.2	224.149
3	1.336	.057	257.8	1.218	55.4	219.854
4	1.307	.086	250.3	1.190	55.7	213.511
5	1.279	.114	245.5	1.171	55.9	209.382
6	1.250	.143	240.7	1.153	56.2	205.318
7	1.222	.171	233.7	1.126	56.5	199.315
8	1.193	.200	229.1	1.108	56.7	195.408
9	1.164	.229	224.6	1.091	57.0	191.562
10	1.136	.257	217.9	1.065	57.3	185.883
11	1.107	.286	213.6	1.049	57.6	182.186
12	1.079	.314	207.2	1.024	58.0	176.726
13	1.050	.343	201.0	1.000	58.4	171.394
14	1.022	.371	196.9	.985	58.6	167.924
15	.993	.400	190.9	.961	59.1	162.798
16	.964	.429	185.0	.939	59.5	157.793
17	.936	.457	179.3	.917	60.0	152.905
18	.907	.486	173.7	.895	60.4	148.132
19	.879	.514	168.2	.874	60.9	143.470
20	.850	.543	162.9	.854	61.5	138.918
21	.821	.572	157.7	.834	62.0	134.473

平均ひずみ $\epsilon_{as} = .001045$ 限界ひずみ $\epsilon_{us} = .003934$ 損傷度 $Ds = \epsilon_{as} / \epsilon_{us} = .2657$ 照査番号: 1 (Y2= 1.393) での降伏曲げモーメント $My = 337.4$

最小水平力 PHU(min) = 192.2 tf

6.1 降伏時の曲げモーメント、曲率および変位の計算（橋軸直角方向）

断面 番号	Y _i (m)	Δ Y _i (m)	My _i (tf·m)	φ _{yi} *E-5(1/m)	φ _y * Y _i *100	δ _i (cm)
1	.250	.250	24.6	21.229	.00531	.0007
2	.282	.032	27.7	23.550	.00663	.0002
3	.313	.032	30.8	25.946	.00813	.0002
4	.345	.032	33.9	28.419	.00981	.0003
5	.377	.032	37.1	30.972	.01167	.0003
6	.409	.032	40.2	33.607	.01373	.0004
7	.440	.032	43.3	36.328	.01600	.0005
8	.472	.032	46.4	39.136	.01848	.0005
9	.504	.032	49.5	42.036	.02118	.0006
10	.536	.032	52.7	45.028	.02412	.0007
11	.567	.032	55.8	48.118	.02730	.0008
12	.599	.032	58.9	49.686	.02976	.0009
13	.631	.032	62.0	52.925	.03338	.0010
14	.662	.032	65.1	56.270	.03728	.0011
15	.694	.032	68.3	57.967	.04024	.0012
16	.726	.032	71.4	61.474	.04463	.0013
17	.758	.032	74.5	63.254	.04793	.0015
18	.789	.032	77.6	66.932	.05284	.0016
19	.821	.032	80.8	68.799	.05649	.0017
20	.853	.032	83.9	70.695	.06029	.0019
21	.885	.032	87.0	74.613	.06600	.0020
22	.916	.032	90.1	76.602	.07019	.0022
23	.948	.032	93.2	78.623	.07454	.0023
24	.980	.032	96.4	82.797	.08112	.0025
25	1.012	.032	99.5	84.916	.08589	.0026
26	1.043	.032	102.6	88.172	.09199	.0028
27	1.075	.032	105.7	90.376	.09715	.0030
28	1.107	.032	108.8	92.615	.10250	.0032
29	1.138	.032	112.0	96.056	.10935	.0034
30	1.170	.032	115.1	98.386	.11513	.0036
31	1.202	.032	118.2	100.752	.12109	.0037
32	1.234	.032	121.3	104.389	.12878	.0040
33	1.265	.032	124.4	106.851	.13520	.0042
34	1.297	.032	127.6	109.352	.14184	.0044
35	1.329	.032	130.7	111.893	.14869	.0046
36	1.361	.032	133.8	114.474	.15575	.0048
37 上側	1.393	.032	137.0	117.096	.16311	.0052
37 下側	1.393	.000	137.0	116.437	.16220	.0000
38	1.425	.032	140.1	119.090	.16967	.0053
39	1.456	.032	143.2	121.785	.17738	.0055
40	1.488	.032	146.3	124.524	.18532	.0058
41	1.520	.032	149.5	127.306	.19349	.0060
42	1.552	.032	152.6	130.132	.20192	.0063
43	1.583	.032	155.7	133.003	.21059	.0065
44	1.615	.032	158.8	135.919	.21952	.0068
45	1.647	.032	161.9	137.388	.22626	.0071
46	1.679	.032	165.1	140.374	.23563	.0073
47	1.710	.032	168.2	143.408	.24527	.0076
48	1.742	.032	171.3	146.490	.25519	.0079
49	1.774	.032	174.4	148.042	.26259	.0082
50	1.805	.032	177.6	151.197	.27299	.0085
51	1.837	.032	180.7	154.403	.28367	.0088
52	1.869	.032	183.8	156.017	.29159	.0091
53	1.901	.032	186.9	159.299	.30278	.0094
54	1.932	.032	190.0	162.634	.31428	.0098
55	1.964	.032	193.2	164.313	.32273	.0101
56	1.996	.032	196.3	167.727	.33476	.0104
57	2.028	.032	199.4	169.446	.34357	.0108
58	2.059	.032	202.5	172.942	.35614	.0111
59	2.091	.032	205.6	174.702	.36531	.0114
60	2.123	.032	208.8	178.281	.37845	.0118
61	2.155	.032	211.9	180.084	.38799	.0122

62	2.186	.032	215.0	183.748	.40172	.0125
63	2.218	.032	218.1	185.594	.41164	.0129
64	2.250	.032	221.2	189.346	.42597	.0133
65	2.281	.032	224.4	191.235	.43629	.0137
66	2.313	.032	227.5	193.140	.44677	.0140
67 上側	2.333	.020	229.4	195.060	.45508	.0089
67 下側	2.333	.000	229.4	153.391	.35786	.0000
68	2.365	.032	232.5	154.868	.36622	.0115
69	2.396	.032	235.7	157.880	.37835	.0118
70	2.428	.032	238.8	159.392	.38703	.0121
71	2.460	.032	241.9	162.476	.39968	.0125
72	2.492	.032	245.0	164.023	.40869	.0128
73	2.523	.032	248.1	167.180	.42186	.0132
74	2.555	.032	251.3	168.764	.43121	.0135
75	2.587	.032	254.4	170.361	.44070	.0138
76	2.619	.032	257.5	173.617	.45463	.0142
77	2.650	.032	260.6	175.251	.46447	.0146
78	2.682	.032	263.7	178.583	.47897	.0150
79	2.714	.032	266.9	180.256	.48917	.0154
80	2.745	.032	270.0	181.941	.49952	.0157
81	2.777	.032	273.1	185.378	.51484	.0161
82	2.809	.032	276.2	187.103	.52556	.0165
83	2.841	.032	279.4	189.727	.53895	.0169
84	2.872	.032	282.5	191.486	.55002	.0173
85	2.904	.032	285.6	193.258	.56125	.0176
86	2.936	.032	288.7	196.870	.57798	.0181
87	2.968	.032	291.8	198.684	.58961	.0185
88	2.999	.032	295.0	200.511	.60140	.0189
89	3.031	.032	298.1	202.353	.61334	.0193
90	3.063	.032	301.2	206.106	.63126	.0197
91	3.095	.032	304.3	207.990	.64363	.0202
92	3.126	.032	307.4	209.889	.65616	.0206
93	3.158	.032	310.6	212.776	.67194	.0211
94	3.190	.032	313.7	214.711	.68487	.0215
95	3.221	.032	316.8	216.247	.69663	.0219
96	3.253	.032	319.9	219.274	.71334	.0224
97	3.285	.032	323.0	220.806	.72532	.0228
98	3.317	.032	326.2	223.907	.74262	.0233
99	3.348	.032	329.3	225.475	.75497	.0238
100	3.380	.032	332.4	228.652	.77286	.0242
101	3.412	.032	335.5	230.258	.78560	.0247
102	3.423	.011	336.6	231.871	.79369	.0088

$$\Sigma (\phi_i \cdot Y_i + \phi_{i-1} \cdot Y_{i-1}) \cdot \Delta Y_i / 2.0 = .966 \text{ cm}$$

6.2 終局時の曲げモーメント、曲率および変位の計算 (橋軸直角方向)

断面 番号	Yi (m)	ΔY_i (m)	Mui (tf·m)	ϕ_{ui} *E-5(1/m)	$\phi_u * Y_i$ *100	δ_i (cm)
1	.250	.250	48.0	41.009	.01025	.0013
2	.282	.032	54.1	45.522	.01282	.0004
3	.313	.032	60.2	51.940	.01628	.0005
4	.345	.032	66.3	56.991	.01967	.0006
5	.377	.032	72.4	62.290	.02348	.0007
6	.409	.032	78.5	67.850	.02773	.0008
7	.440	.032	84.6	71.675	.03156	.0009
8	.472	.032	90.7	77.696	.03668	.0011
9	.504	.032	96.8	81.839	.04123	.0012
10	.536	.032	102.9	88.361	.04732	.0014
11	.567	.032	109.0	92.848	.05267	.0016
12	.599	.032	115.1	98.685	.05912	.0018
13	.631	.032	121.2	103.506	.06529	.0020
14	.662	.032	127.3	108.481	.07187	.0022
15	.694	.032	133.4	113.618	.07888	.0024
16	.726	.032	139.5	118.920	.08633	.0026
17	.758	.032	145.6	124.394	.09425	.0029
18	.789	.032	151.7	128.597	.10152	.0031
19	.821	.032	157.8	134.383	.11035	.0034
20	.853	.032	163.9	140.355	.11970	.0036
21	.885	.032	170.0	144.941	.12822	.0039
22	.916	.032	176.1	149.638	.13712	.0042
23	.948	.032	182.2	156.103	.14799	.0045
24	.980	.032	188.3	161.067	.15781	.0049
25	1.012	.032	194.4	166.151	.16806	.0052
26	1.043	.032	200.5	171.356	.17877	.0055
27	1.075	.032	206.6	176.687	.18994	.0058
28	1.107	.032	212.7	182.146	.20158	.0062
29	1.138	.032	218.8	185.842	.21157	.0066
30	1.170	.032	224.9	191.520	.22411	.0069
31	1.202	.032	231.0	197.335	.23718	.0073
32	1.234	.032	237.1	201.272	.24830	.0077
33	1.265	.032	243.2	207.321	.26234	.0081
34	1.297	.032	249.3	213.516	.27695	.0086
35	1.329	.032	255.4	217.710	.28930	.0090
36	1.361	.032	261.5	223.057	.30348	.0094
37 上側	1.393	.032	267.7	228.512	.31832	.0101
37 下側	1.393	.000	267.7	227.405	.31677	.0000
38	1.425	.032	273.8	234.081	.33350	.0103
39	1.456	.032	279.9	238.602	.34751	.0108
40	1.488	.032	286.0	244.366	.36366	.0113
41	1.520	.032	292.1	249.050	.37854	.0118
42	1.552	.032	298.2	255.023	.39571	.0123
43	1.583	.032	304.3	259.876	.41148	.0128
44	1.615	.032	310.4	264.807	.42769	.0133
45	1.647	.032	316.5	269.816	.44434	.0138
46	1.679	.032	322.6	274.904	.46145	.0144
47	1.710	.032	328.7	280.073	.47901	.0149
48	1.742	.032	334.8	285.324	.49704	.0155
49	1.774	.032	340.9	291.747	.51749	.0161
50	1.805	.032	347.0	300.591	.54271	.0168
51	1.837	.032	353.1	309.464	.56855	.0176
52	1.869	.032	359.2	318.425	.59512	.0185
53	1.901	.032	365.3	332.164	.63134	.0195
54	1.932	.032	371.4	341.397	.65972	.0205
55	1.964	.032	377.5	355.763	.69877	.0216
56	1.996	.032	383.6	370.671	.73981	.0228
57	2.028	.032	389.7	386.142	.78294	.0242
58	2.059	.032	395.8	402.215	.82829	.0256
59	2.091	.032	401.9	418.920	.87599	.0270
60	2.123	.032	408.0	436.289	.92615	.0286
61	2.155	.032	414.1	454.149	.97847	.0302

62	2.186	.032	420.2	495.731	1.08379	.0327
63	2.218	.032	426.3	563.834	1.25057	.0370
64	2.250	.032	432.4	667.678	1.50208	.0437
65	2.281	.032	438.5	891.834	2.03467	.0561
66	2.313	.032	444.5	1191.439	2.75600	.0760
67 上側	2.333	.020	448.4	1887.486	4.40350	.0710
67 下側	2.333	.000	448.4	315.253	.73548	.0000
68	2.365	.032	454.5	319.906	.75649	.0237
69	2.396	.032	460.6	324.636	.77798	.0243
70	2.428	.032	466.7	329.128	.79919	.0250
71	2.460	.032	472.8	337.567	.83039	.0259
72	2.492	.032	478.8	348.370	.86801	.0269
73	2.523	.032	484.9	357.162	.90126	.0281
74	2.555	.032	491.0	366.116	.93547	.0291
75	2.587	.032	497.1	380.565	.98446	.0305
76	2.619	.032	503.2	396.562	1.03843	.0321
77	2.650	.032	509.3	419.374	1.11147	.0341
78	2.682	.032	515.4	443.787	1.19025	.0365
79	2.714	.032	521.5	469.951	1.27533	.0391
80	2.745	.032	527.6	505.619	1.38817	.0423
81	2.777	.032	533.7	535.990	1.48856	.0456
82	2.809	.032	539.8	603.323	1.69470	.0505
83	2.841	.032	545.9	659.012	1.87204	.0566
84	2.872	.032	552.0	796.267	2.28720	.0660
85	2.904	.032	558.1	965.519	2.80400	.0808
86	2.936	.032	564.2	1268.188	3.72323	.1036
87	2.968	.032	570.3	2001.201	5.93876	.1533
88	2.999	.032	576.4	2213.199	6.63811	.1995
89	3.031	.032	582.5	2451.592	7.43092	.2232
90	3.063	.032	588.6	2718.383	8.32583	.2500
91	3.095	.032	594.7	2962.946	9.16889	.2776
92	3.126	.032	600.8	3169.806	9.90960	.3027
93	3.158	.032	606.9	3386.126	10.69331	.3269
94	3.190	.032	613.0	3617.378	11.53838	.3527
95	3.221	.032	619.1	3799.227	12.23897	.3772
96	3.253	.032	625.2	3990.392	12.98141	.4001
97	3.285	.032	631.3	4191.005	13.76703	.4244
98	3.317	.032	637.4	4401.198	14.59714	.4500
99	3.348	.032	643.5	4622.170	15.47668	.4771
100	3.380	.032	649.6	4854.587	16.40893	.5059
101	3.412	.032	655.7	5097.832	17.39287	.5363
102	3.423	.011	657.8	5180.276	17.73208	.1964

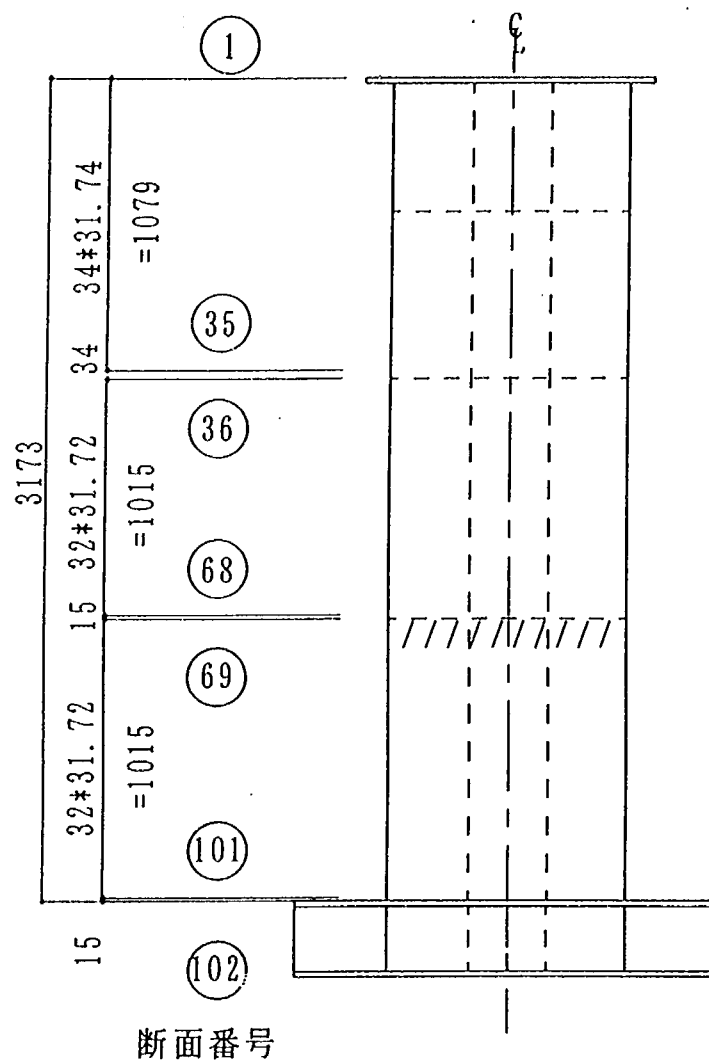
$$\Sigma (\phi_i \cdot Y_i + \phi_{i-1} \cdot Y_{i-1}) \cdot \Delta Y_i / 2.0 = 7.149 \text{ cm}$$

照 查 結 果

橋軸方向	橋軸直角方向
(地震時保有水平耐力)	(地震時保有水平耐力)
$P_y = \text{----- tf}$	$P_y = 98.3 \text{ tf}$
$P_u = \text{----- tf}$	$P_u = 192.2 \text{ tf}$
$\delta y = \text{----- cm}$	$\delta y = .966 \text{ cm}$
$\delta u = \text{----- cm}$	$\delta u = 7.149 \text{ cm}$

{N-5 公称值}

1. 断面番号



2. 入力データ (公称値による計算値)

2.1 基本データ

適用公社：名古屋高速道路公社
橋脚名：N-5
照査方向：橋軸直角方向

2.2 橋脚形状寸法データ

1) 梁形状 (単位：mm, tf)

重量 = .0
橋軸方向偏心量 = .0
直角方向偏心量 = .0

2) 柱形状 (単位：mm, tf/m)

柱タイプ：角柱断面 断面数：3

	断面長	単位重量	ダイヤフラム間隔
Sec- 3	1113.0	.335	1113.0
Sec- 2	1030.0	.335	1030.0
Sec- 1	1030.0	2.102	1030.0
柱全高 (Σh)	3173.0		

コンクリート充填高さ： 1030.0

2.3 柱断面データ

Sec- 3	2 - Flg Pl	882 * 9	
	4 - Flg Rib	95 * 14	(ピッチ： 291 + 1 @ 300 + 291)
	2 - Web Pl	900 * 9	
Sec- 2	4 - Web Rib	95 * 14	(ピッチ： 300 + 1 @ 300 + 300)
	2 - Flg Pl	882 * 9	
	4 - Flg Rib	95 * 14	(ピッチ： 291 + 1 @ 300 + 291)
Sec- 1	2 - Web Pl	900 * 9	
	4 - Web Rib	95 * 14	(ピッチ： 300 + 1 @ 300 + 300)
	2 - Flg Pl	882 * 9	
	4 - Flg Rib	56 * 9	(ピッチ： 291 + 1 @ 300 + 291)
	2 - Web Pl	900 * 9	
	4 - Web Rib	56 * 9	(ピッチ： 300 + 1 @ 300 + 300)

2.4 上部工データ

	橋軸方向	直角方向
上部構造の作用位置(mm)	250.0	250.0
上部構造の偏心量 (mm)	.0	.0
上部構造による軸力(tf)	173.3	173.3

2.5 設計一般データ

1) 設計一般データ

鋼材 のヤング係数(kgf/cm²) E_s = 2.1×10^6
コンクリート設計基準強度(kgf/cm²) σ_{ck} = 160.0
鋼材の降伏点 (kgf/cm²) $\sigma_{sy}(3)$ = 3200.0 SM490
 $\sigma_{sy}(2)$ = 3200.0 SM490
 $\sigma_{sy}(1)$ = 3200.0 SM490
コンクリートの限界ひずみ ϵ_{uc} = .0100

2) その他の計算用データ

柱の高さ方向分割数	=	100
柱の水平方向分割数	=	100
平均ひずみの誤差の範囲	=	.000200
収束計算用の最大ひずみ	=	.050000
曲げモーメントの誤差の範囲	=	1.1 (tfm)

2.6 上部工および橋脚梁部の偏心モーメント

直角方向: $M_0 = .0 \text{ tf}\cdot\text{m}$

3. 各断面での寸法制限の照査

α : 補剛板の縦横寸法比
 $\alpha 0$: 限界縦横寸法比
 R : 補剛板の幅厚比
 γ : 縦方向補剛材剛比
 γ^* : 線形座屈理論より求められる縦方向補剛材の最適剛比

3.1 橋軸方向の照査 (ウェブ)

Sec - 3	中空鋼断面		
α	= 1.2619	$\alpha 0$	= 3.7901
R	= .6707		
γ	= 68.4501	$3\gamma^*$	= 79.4209
Sec - 2	中空鋼断面		
α	= 1.1678	$\alpha 0$	= 3.7901
R	= .6707		
γ	= 68.4501	$3\gamma^*$	= 68.1855
Sec - 1	コンクリート充填断面		
α	= 1.1678	$\alpha 0$	= 2.3011
R	= .6707		
γ	= 9.0133	γ^*	= 17.6198

3.2 直角方向の照査 (フランジ)

Sec - 3	中空鋼断面		
α	= 1.2619	$\alpha 0$	= 3.7901
R	= .6707		
γ	= 68.4501	$3\gamma^*$	= 79.4209
Sec - 2	中空鋼断面		
α	= 1.1678	$\alpha 0$	= 3.7901
R	= .6707		
γ	= 68.4501	$3\gamma^*$	= 68.1855
Sec - 1	コンクリート充填断面		
α	= 1.1678	$\alpha 0$	= 2.3011
R	= .6707		
γ	= 9.0133	γ^*	= 17.6198

4. 各計算位置の断面力集計 (橋軸直角方向)

断面 番号	Y1(m)	Y2(m)	躯体自重 Wc(tf)	軸 力 N(tf)	偏心モーメント Mo(tf・m)
1	3.173	.250	.0	173.3	.0
2	3.141	.282	.0	173.3	.0
3	3.110	.313	.0	173.3	.0
4	3.078	.345	.0	173.3	.0
5	3.046	.377	.0	173.3	.0
6	3.014	.409	.1	173.4	.0
7	2.983	.440	.1	173.4	.0
8	2.951	.472	.1	173.4	.0
9	2.919	.504	.1	173.4	.0
10	2.887	.536	.1	173.4	.0
11	2.856	.567	.1	173.4	.0
12	2.824	.599	.1	173.4	.0
13	2.792	.631	.1	173.4	.0
14	2.761	.662	.1	173.4	.0
15	2.729	.694	.1	173.4	.0
16	2.697	.726	.2	173.5	.0
17	2.665	.758	.2	173.5	.0
18	2.634	.789	.2	173.5	.0
19	2.602	.821	.2	173.5	.0
20	2.570	.853	.2	173.5	.0
21	2.538	.885	.2	173.5	.0
22	2.507	.916	.2	173.5	.0
23	2.475	.948	.2	173.5	.0
24	2.443	.980	.2	173.5	.0
25	2.411	1.012	.3	173.6	.0
26	2.380	1.043	.3	173.6	.0
27	2.348	1.075	.3	173.6	.0
28	2.316	1.107	.3	173.6	.0
29	2.285	1.138	.3	173.6	.0
30	2.253	1.170	.3	173.6	.0
31	2.221	1.202	.3	173.6	.0
32	2.189	1.234	.3	173.6	.0
33	2.158	1.265	.3	173.6	.0
34	2.126	1.297	.4	173.7	.0
35	2.094	1.329	.4	173.7	.0
36 上側	2.060	1.363	.4	173.7	.0
36 下側	2.060	1.363	.4	173.7	.0
37	2.028	1.395	.4	173.7	.0
38	1.997	1.426	.4	173.7	.0
39	1.965	1.458	.4	173.7	.0
40	1.933	1.490	.4	173.7	.0
41	1.901	1.522	.4	173.7	.0
42	1.870	1.553	.4	173.7	.0
43	1.838	1.585	.4	173.7	.0
44	1.806	1.617	.5	173.8	.0
45	1.774	1.649	.5	173.8	.0
46	1.743	1.680	.5	173.8	.0
47	1.711	1.712	.5	173.8	.0
48	1.679	1.744	.5	173.8	.0
49	1.648	1.775	.5	173.8	.0
50	1.616	1.807	.5	173.8	.0
51	1.584	1.839	.5	173.8	.0
52	1.552	1.871	.5	173.8	.0
53	1.521	1.902	.6	173.9	.0
54	1.489	1.934	.6	173.9	.0
55	1.457	1.966	.6	173.9	.0
56	1.425	1.998	.6	173.9	.0
57	1.394	2.029	.6	173.9	.0
58	1.362	2.061	.6	173.9	.0
59	1.330	2.093	.6	173.9	.0
60	1.298	2.125	.6	173.9	.0
61	1.267	2.156	.6	173.9	.0

62	1.235	2.188	.6	173.9	.0
63	1.203	2.220	.7	174.0	.0
64	1.172	2.251	.7	174.0	.0
65	1.140	2.283	.7	174.0	.0
66	1.108	2.315	.7	174.0	.0
67	1.076	2.347	.7	174.0	.0
68	1.045	2.378	.7	174.0	.0
69 上側	1.030	2.393	.7	174.0	.0
69 下側	1.030	2.393	.7	174.0	.0
70	.998	2.425	.8	174.1	.0
71	.967	2.456	.9	174.2	.0
72	.935	2.488	.9	174.2	.0
73	.903	2.520	1.0	174.3	.0
74	.871	2.552	1.1	174.4	.0
75	.840	2.583	1.1	174.4	.0
76	.808	2.615	1.2	174.5	.0
77	.776	2.647	1.3	174.6	.0
78	.744	2.679	1.3	174.6	.0
79	.713	2.710	1.4	174.7	.0
80	.681	2.742	1.5	174.8	.0
81	.649	2.774	1.5	174.8	.0
82	.618	2.805	1.6	174.9	.0
83	.586	2.837	1.7	175.0	.0
84	.554	2.869	1.7	175.0	.0
85	.522	2.901	1.8	175.1	.0
86	.491	2.932	1.9	175.2	.0
87	.459	2.964	1.9	175.2	.0
88	.427	2.996	2.0	175.3	.0
89	.395	3.028	2.1	175.4	.0
90	.364	3.059	2.1	175.4	.0
91	.332	3.091	2.2	175.5	.0
92	.300	3.123	2.3	175.6	.0
93	.268	3.155	2.3	175.6	.0
94	.237	3.186	2.4	175.7	.0
95	.205	3.218	2.5	175.8	.0
96	.173	3.250	2.5	175.8	.0
97	.142	3.281	2.6	175.9	.0
98	.110	3.313	2.7	176.0	.0
99	.078	3.345	2.7	176.0	.0
100	.046	3.377	2.8	176.1	.0
101	.015	3.408	2.9	176.2	.0
102	.000	3.423	2.9	176.2	.0

5.1 降伏モーメントおよび曲率の計算 (橋軸直角方向)

断面 番号	計算位置 Y2(m)	作用軸力 N(tf)	中立軸 Xy(cm)	ひずみ ϵ_c *E-3	降伏時 曲げモーメント My(tf·m)	曲率 ϕ_y *E-5(1/m)	My-Mo PHY=----- (tf) Y2
1	.250	173.3	51.5	1.524	322.4	295.693	1289.6
2	.282	173.3	51.5	1.524	322.4	295.690	1144.3
3	.313	173.3	51.5	1.524	322.4	295.688	1028.5
4	.345	173.3	51.5	1.524	322.4	295.685	933.9
5	.377	173.3	51.5	1.524	322.4	295.682	855.3
6	.409	173.4	51.5	1.524	322.4	295.679	788.9
7	.440	173.4	51.5	1.524	322.4	295.677	732.0
8	.472	173.4	51.5	1.524	322.4	295.674	682.8
9	.504	173.4	51.5	1.524	322.4	295.672	639.8
10	.536	173.4	51.5	1.524	322.4	295.669	601.9
11	.567	173.4	51.5	1.524	322.4	295.667	568.2
12	.599	173.4	51.5	1.524	322.4	295.664	538.1
13	.631	173.4	51.5	1.524	322.4	295.661	511.1
14	.662	173.4	51.5	1.524	322.4	295.659	486.6
15	.694	173.4	51.5	1.524	322.4	295.656	464.3
16	.726	173.5	51.5	1.524	322.3	295.653	444.0
17	.758	173.5	51.5	1.524	322.3	295.650	425.4
18	.789	173.5	51.5	1.524	322.3	295.648	408.3
19	.821	173.5	51.5	1.524	322.3	295.645	392.6
20	.853	173.5	51.5	1.524	322.3	295.643	377.9
21	.885	173.5	51.5	1.524	322.3	295.640	364.4
22	.916	173.5	51.5	1.524	322.3	295.638	351.8
23	.948	173.5	51.5	1.524	322.3	295.635	340.0
24	.980	173.5	51.5	1.524	322.3	295.632	329.0
25	1.012	173.6	51.5	1.524	322.3	295.630	318.7
26	1.043	173.6	51.5	1.524	322.3	295.627	309.0
27	1.075	173.6	51.5	1.524	322.3	295.625	299.8
28	1.107	173.6	51.5	1.524	322.3	295.622	291.2
29	1.138	173.6	51.5	1.524	322.3	295.619	283.1
30	1.170	173.6	51.5	1.524	322.3	295.617	275.4
31	1.202	173.6	51.5	1.524	322.3	295.614	268.2
32	1.234	173.6	51.5	1.524	322.3	295.611	261.3
33	1.265	173.6	51.5	1.524	322.3	295.608	254.7
34	1.297	173.7	51.5	1.524	322.3	295.606	248.5
35	1.329	173.7	51.5	1.524	322.3	295.603	242.5
36 上側	1.363	173.7	51.5	1.524	322.3	295.600	236.5
36 下側	1.363	173.7	51.5	1.524	322.3	295.600	236.5
37	1.395	173.7	51.6	1.524	322.3	295.598	231.1
38	1.426	173.7	51.6	1.524	322.3	295.595	225.9
39	1.458	173.7	51.6	1.524	322.3	295.593	221.0
40	1.490	173.7	51.6	1.524	322.3	295.590	216.3
41	1.522	173.7	51.6	1.524	322.3	295.587	211.8
42	1.553	173.7	51.6	1.524	322.3	295.585	207.5
43	1.585	173.7	51.6	1.524	322.3	295.582	203.3
44	1.617	173.8	51.6	1.524	322.3	295.579	199.3
45	1.649	173.8	51.6	1.524	322.3	295.577	195.5
46	1.680	173.8	51.6	1.524	322.3	295.574	191.8
47	1.712	173.8	51.6	1.524	322.3	295.572	188.2
48	1.744	173.8	51.6	1.524	322.3	295.569	184.8
49	1.775	173.8	51.6	1.524	322.3	295.566	181.5
50	1.807	173.8	51.6	1.524	322.3	295.564	178.3
51	1.839	173.8	51.6	1.524	322.2	295.561	175.2
52	1.871	173.8	51.6	1.524	322.2	295.558	172.3
53	1.902	173.9	51.6	1.524	322.2	295.556	169.4
54	1.934	173.9	51.6	1.524	322.2	295.553	166.6
55	1.966	173.9	51.6	1.524	322.2	295.550	163.9
56	1.998	173.9	51.6	1.524	322.2	295.548	161.3
57	2.029	173.9	51.6	1.524	322.2	295.545	158.8
58	2.061	173.9	51.6	1.524	322.2	295.543	156.3
59	2.093	173.9	51.6	1.524	322.2	295.540	154.0
60	2.125	173.9	51.6	1.524	322.2	295.537	151.7

61	2.156	173.9	51.6	1.524	322.2	295.535	149.4
62	2.188	173.9	51.6	1.524	322.2	295.532	147.3
63	2.220	174.0	51.6	1.524	322.2	295.529	145.2
64	2.251	174.0	51.6	1.524	322.2	295.527	143.1
65	2.283	174.0	51.6	1.524	322.2	295.524	141.1
66	2.315	174.0	51.6	1.524	322.2	295.521	139.2
67	2.347	174.0	51.6	1.524	322.2	295.519	137.3
68	2.378	174.0	51.6	1.524	322.2	295.516	135.5
69 上側	2.393	174.0	51.6	1.524	322.2	295.515	134.6
69 下側	2.393	174.0	53.0	1.524	279.9	287.625	117.0
70	2.425	174.1	53.0	1.524	279.9	287.606	115.4
71	2.456	174.2	53.0	1.524	279.9	287.587	113.9
72	2.488	174.2	53.0	1.524	279.9	287.567	112.5
73	2.520	174.3	53.0	1.524	279.8	287.547	111.0
74	2.552	174.4	53.0	1.524	279.8	287.528	109.7
75	2.583	174.4	53.0	1.524	279.8	287.509	108.3
76	2.615	174.5	53.0	1.524	279.8	287.489	107.0
77	2.647	174.6	53.0	1.524	279.8	287.469	105.7
78	2.679	174.6	53.0	1.524	279.7	287.450	104.4
79	2.710	174.7	53.0	1.524	279.7	287.430	103.2
80	2.742	174.8	53.0	1.524	279.7	287.410	102.0
81	2.774	174.8	53.0	1.524	279.7	287.391	100.8
82	2.805	174.9	53.0	1.524	279.7	287.372	99.7
83	2.837	175.0	53.0	1.524	279.6	287.352	98.6
84	2.869	175.0	53.0	1.524	279.6	287.332	97.5
85	2.901	175.1	53.0	1.524	279.6	287.313	96.4
86	2.932	175.2	53.0	1.524	279.6	287.293	95.3
87	2.964	175.2	53.0	1.524	279.6	287.274	94.3
88	2.996	175.3	53.0	1.524	279.5	287.254	93.3
89	3.028	175.4	53.1	1.524	279.5	287.235	92.3
90	3.059	175.4	53.1	1.524	279.5	287.215	91.4
91	3.091	175.5	53.1	1.524	279.5	287.196	90.4
92	3.123	175.6	53.1	1.524	279.5	287.176	89.5
93	3.155	175.6	53.1	1.524	279.5	287.157	88.6
94	3.186	175.7	53.1	1.524	279.4	287.137	87.7
95	3.218	175.8	53.1	1.524	279.4	287.117	86.8
96	3.250	175.8	53.1	1.524	279.4	287.098	86.0
97	3.281	175.9	53.1	1.524	279.4	287.078	85.1
98	3.313	176.0	53.1	1.524	279.4	287.059	84.3
99	3.345	176.0	53.1	1.524	279.3	287.039	83.5
100	3.377	176.1	53.1	1.524	279.3	287.020	82.7
101	3.408	176.2	53.1	1.524	279.3	287.000	81.9
102	3.423	176.2	53.1	1.524	279.3	286.991	81.6

最小水平力 PHY(min) = 81.6 tf

5.2 終局モーメントおよび曲率の計算 (橋軸直角方向)

1) 柱基部での照査 (コンクリート有)

Sec- 1

照査 番号	計算位置 Y2(m)	破壊領域 Y(m)	柱基部終局 曲げモーメント Mu(tf·m)	ひずみ ϵ *E-3	中立軸 Xu(cm)	曲 率 ϕ_u *E-5(1/m)
1	3.423	.000	561.9	17.355	32.2	5542.802
2	3.391	.032	556.6	16.528	32.2	5281.446
3	3.360	.063	551.3	15.738	32.2	5032.139
4	3.328	.095	546.1	14.984	32.2	4794.480
5	3.297	.126	540.9	14.264	32.1	4567.755
6	3.265	.157	535.8	13.577	32.1	4351.591
7	3.234	.189	530.7	12.922	32.1	4145.493
8	3.202	.221	525.8	12.297	32.0	3949.005
9	3.171	.252	519.4	11.507	32.0	3699.791
10	3.139	.284	516.4	11.136	32.0	3582.891
11	3.108	.315	510.7	10.408	31.9	3355.421
12	3.076	.347	505.0	9.506	31.7	3083.257
13	3.045	.378	500.6	8.846	31.6	2883.205
14	3.013	.410	494.2	7.940	31.4	2604.256
15	2.982	.441	490.2	7.404	31.3	2436.984
16	2.950	.472	484.4	6.665	31.1	2203.561
17	2.919	.504	479.2	6.014	31.1	1994.066
18	2.887	.535	473.9	4.610	31.5	1506.683
19	2.856	.567	468.6	3.104	33.0	966.646
20	2.824	.599	464.4	2.635	33.9	798.052
21	2.793	.630	458.3	2.254	35.0	661.131

平均ひずみ $\epsilon_{ac} = .009985$
 限界ひずみ $\epsilon_{uc} = .010000$
 損傷度 $D_c = \epsilon_{ac} / \epsilon_{uc} = .9985$

2) 中空鋼断面での照査 (コンクリート無)

Sec- 2

照査 番号	計算位置 Y2(m)	破壊領域 Y(m)	柱基部終局 曲げモーメント Mu(tf·m)	ひずみ ϵ *E-3	中立軸 Xu(cm)	曲 率 ϕ_u *E-5(1/m)
1	2.393	.000	391.7	2.539	54.9	462.667
2	2.361	.032	387.9	2.420	54.8	441.424
3	2.330	.063	382.4	2.307	54.4	423.646
4	2.298	.095	376.7	2.198	54.0	406.954
5	2.267	.126	372.8	2.130	53.7	396.273
6	2.235	.157	367.0	2.030	53.3	380.631
7	2.204	.189	361.0	1.935	52.9	365.575
8	2.172	.221	357.1	1.874	52.7	355.926
9	2.141	.252	350.5	1.786	52.3	341.601
10	2.109	.284	345.8	1.731	52.1	332.290
11	2.078	.315	340.8	1.677	51.9	323.101
12	2.046	.347	335.5	1.624	51.7	314.017
13	2.015	.378	329.8	1.573	51.6	305.039
14	1.983	.410	325.0	1.537	51.5	298.251
15	1.952	.441	319.5	1.513	51.6	293.045
16	1.920	.472	315.2	1.495	51.7	289.108
17	1.889	.504	309.6	1.471	51.8	283.921
18	1.857	.535	304.0	1.448	52.0	278.814
19	1.826	.567	299.9	1.431	52.0	275.045
20	1.794	.599	294.5	1.409	52.2	270.077
21	1.763	.630	289.1	1.387	52.3	265.187

平均ひずみ $\epsilon_{as} = .001786$
 限界ひずみ $\epsilon_{us} = .002751$
 損傷度 $D_s = \epsilon_{as} / \epsilon_{us} = .6494$

照査番号: 1 (Y2= 2.393) での降伏曲げモーメント $M_y = 322.2$

3) 断面変化位置での照査 (コンクリート無)

Sec- 2

照査 番号	計算位置 Y2(m)	破壊領域 Y(m)	柱基部終局 曲げモーメント Mu(tf・m)	ひずみ ϵ *E-3	中立軸 Xu(cm)	曲 率 ϕu *E-5(1/m)
1	2.393	.000	391.7	2.539	54.9	462.667
2	2.361	.032	387.9	2.420	54.8	441.424
3	2.330	.063	382.4	2.307	54.4	423.646
4	2.298	.095	376.7	2.198	54.0	406.954
5	2.267	.126	372.8	2.130	53.7	396.273
6	2.235	.157	367.0	2.030	53.3	380.631
7	2.204	.189	361.0	1.935	52.9	365.575
8	2.172	.221	357.1	1.874	52.7	355.926
9	2.141	.252	350.5	1.786	52.3	341.601
10	2.109	.284	345.8	1.731	52.1	332.290
11	2.078	.315	340.8	1.677	51.9	323.101
12	2.046	.347	335.5	1.624	51.7	314.017
13	2.015	.378	329.8	1.573	51.6	305.039
14	1.983	.410	325.0	1.537	51.5	298.251
15	1.952	.441	319.5	1.513	51.6	293.045
16	1.920	.472	315.2	1.495	51.7	289.108
17	1.889	.504	309.6	1.471	51.8	283.921
18	1.857	.535	304.0	1.448	52.0	278.814
19	1.826	.567	299.9	1.431	52.0	275.045
20	1.794	.599	294.5	1.409	52.2	270.077
21	1.763	.630	289.1	1.387	52.3	265.187

平均 ひずみ $\epsilon_{as} = .001786$ 限界 ひずみ $\epsilon_{us} = .002751$ 損傷度 $D_s = \epsilon_{as} / \epsilon_{us} = .6494$ 照査番号: 1 (Y2= 2.393) での降伏曲げモーメント $M_y = 322.2$

4) 断面変化位置での照査 (コンクリート無)

Sec- 3

照査 番号	計算位置 Y2(m)	破壊領域 Y(m)	柱基部終局 曲げモーメント Mu(tf・m)	ひずみ ϵ *E-3	中立軸 Xu(cm)	曲 率 ϕu *E-5(1/m)
1	1.363	.000	223.7	1.117	54.4	205.186
2	1.331	.032	219.5	1.099	54.6	201.310
3	1.300	.063	213.2	1.074	54.9	195.586
4	1.268	.095	209.2	1.057	55.1	191.860
5	1.237	.126	203.2	1.032	55.4	186.358
6	1.205	.157	197.3	1.008	55.7	180.985
7	1.174	.189	193.5	.992	55.9	177.487
8	1.142	.221	187.9	.969	56.2	172.322
9	1.111	.252	182.4	.946	56.6	167.278
10	1.079	.284	177.0	.924	56.9	162.353
11	1.048	.315	171.8	.902	57.3	157.542
12	1.016	.347	166.6	.881	57.7	152.844
13	.985	.378	161.6	.861	58.0	148.257
14	.953	.410	156.8	.840	58.5	143.777
15	.922	.441	150.4	.814	59.0	137.943
16	.890	.472	145.8	.795	59.5	133.706
17	.859	.504	141.3	.776	59.9	129.567
18	.827	.535	135.4	.752	60.6	124.177
19	.796	.567	129.7	.729	61.3	118.956
20	.764	.599	125.6	.712	61.8	115.164
21	.733	.630	120.2	.689	62.5	110.225

平均 ひずみ $\epsilon_{as} = .000903$ 限界 ひずみ $\epsilon_{us} = .002624$ 損傷度 $D_s = \epsilon_{as} / \epsilon_{us} = .3443$ 照査番号: 1 (Y2= 1.363) での降伏曲げモーメント $M_y = 322.3$

最小水平力 PHU(min) = 164.2 tf

6.1 降伏時の曲げモーメント、曲率および変位の計算（橋軸直角方向）

断面 番号	Yi (m)	ΔY_i (m)	Myi (tf·m)	ϕ_{yi} *E-5(1/m)	$\phi_y * Y_i$ *100	δ_i (cm)
1	.250	.250	20.4	19.435	.00486	.0006
2	.282	.032	23.0	21.444	.00604	.0002
3	.313	.032	25.6	23.518	.00737	.0002
4	.345	.032	28.2	25.659	.00886	.0003
5	.377	.032	30.8	27.869	.01050	.0003
6	.409	.032	33.3	30.151	.01232	.0004
7	.440	.032	35.9	32.506	.01432	.0004
8	.472	.032	38.5	34.938	.01649	.0005
9	.504	.032	41.1	37.448	.01887	.0006
10	.536	.032	43.7	40.039	.02144	.0006
11	.567	.032	46.3	42.713	.02423	.0007
12	.599	.032	48.9	44.071	.02640	.0008
13	.631	.032	51.5	46.875	.02957	.0009
14	.662	.032	54.1	49.771	.03297	.0010
15	.694	.032	56.6	51.240	.03557	.0011
16	.726	.032	59.2	54.276	.03940	.0012
17	.758	.032	61.8	55.817	.04229	.0013
18	.789	.032	64.4	59.001	.04658	.0014
19	.821	.032	67.0	60.617	.04978	.0015
20	.853	.032	69.6	63.957	.05455	.0017
21	.885	.032	72.2	65.652	.05808	.0018
22	.916	.032	74.8	69.153	.06337	.0019
23	.948	.032	77.4	70.931	.06725	.0021
24	.980	.032	79.9	72.736	.07127	.0022
25	1.012	.032	82.5	76.467	.07735	.0024
26	1.043	.032	85.1	78.360	.08175	.0025
27	1.075	.032	87.7	80.284	.08630	.0027
28	1.107	.032	90.3	82.238	.09101	.0028
29	1.138	.032	92.9	84.223	.09588	.0030
30	1.170	.032	95.5	88.325	.10336	.0032
31	1.202	.032	98.1	90.407	.10866	.0034
32	1.234	.032	100.7	92.522	.11414	.0035
33	1.265	.032	103.2	94.671	.11979	.0037
34	1.297	.032	105.8	97.973	.12708	.0039
35	1.329	.032	108.4	100.208	.13316	.0041
36 上側	1.363	.034	111.2	102.479	.13968	.0047
36 下側	1.363	.000	111.2	102.282	.13941	.0000
37	1.395	.032	113.8	104.586	.14587	.0045
38	1.426	.032	116.4	106.927	.15253	.0047
39	1.458	.032	119.0	109.304	.15939	.0049
40	1.490	.032	121.6	110.501	.16464	.0051
41	1.522	.032	124.2	112.935	.17185	.0053
42	1.553	.032	126.7	115.409	.17927	.0056
43	1.585	.032	129.3	117.921	.18692	.0058
44	1.617	.032	131.9	120.474	.19479	.0061
45	1.649	.032	134.5	123.067	.20288	.0063
46	1.680	.032	137.1	125.700	.21121	.0066
47	1.712	.032	139.7	128.376	.21978	.0068
48	1.744	.032	142.3	129.723	.22621	.0071
49	1.775	.032	144.9	132.463	.23519	.0073
50	1.807	.032	147.5	135.247	.24442	.0076
51	1.839	.032	150.0	136.648	.25129	.0079
52	1.871	.032	152.6	139.498	.26096	.0081
53	1.902	.032	155.2	142.393	.27089	.0084
54	1.934	.032	157.8	143.851	.27823	.0087
55	1.966	.032	160.4	146.816	.28862	.0090
56	1.998	.032	163.0	149.827	.29929	.0093
57	2.029	.032	165.6	151.343	.30713	.0096
58	2.061	.032	168.2	154.427	.31828	.0099
59	2.093	.032	170.8	155.980	.32643	.0102
60	2.125	.032	173.3	159.137	.33809	.0105
61	2.156	.032	175.9	160.726	.34657	.0109

62	2.188	.032	178.5	163.959	.35874	.0112
63	2.220	.032	181.1	165.586	.36755	.0115
64	2.251	.032	183.7	168.896	.38026	.0119
65	2.283	.032	186.3	170.563	.38942	.0122
66	2.315	.032	188.9	172.242	.39872	.0125
67	2.347	.032	191.5	175.658	.41221	.0129
68	2.378	.032	194.1	177.378	.42187	.0132
69 上側	2.393	.015	195.3	179.113	.42862	.0062
69 下側	2.393	.000	195.3	150.506	.36016	.0000
70	2.425	.032	197.8	153.423	.37201	.0116
71	2.456	.032	200.4	156.386	.38416	.0120
72	2.488	.032	203.0	157.872	.39282	.0123
73	2.520	.032	205.6	159.369	.40160	.0126
74	2.552	.032	208.2	162.426	.41445	.0129
75	2.583	.032	210.8	163.958	.42357	.0133
76	2.615	.032	213.4	166.319	.43494	.0136
77	2.647	.032	216.0	168.587	.44622	.0140
78	2.679	.032	218.6	170.891	.45774	.0143
79	2.710	.032	221.1	173.233	.46951	.0147
80	2.742	.032	223.7	175.612	.48153	.0151
81	2.774	.032	226.3	178.029	.49381	.0155
82	2.805	.032	228.9	180.484	.50635	.0159
83	2.837	.032	231.5	181.727	.51560	.0162
84	2.869	.032	234.1	184.242	.52858	.0166
85	2.901	.032	236.7	186.797	.54184	.0170
86	2.932	.032	239.3	189.393	.55538	.0174
87	2.964	.032	241.9	190.707	.56528	.0178
88	2.996	.032	244.4	193.366	.57930	.0182
89	3.028	.032	247.0	196.068	.59362	.0186
90	3.059	.032	249.6	197.435	.60402	.0190
91	3.091	.032	252.2	200.202	.61884	.0194
92	3.123	.032	254.8	201.602	.62956	.0198
93	3.155	.032	257.4	204.437	.64490	.0202
94	3.186	.032	260.0	207.317	.66056	.0207
95	3.218	.032	262.6	208.774	.67183	.0211
96	3.250	.032	265.2	211.724	.68804	.0216
97	3.281	.032	267.7	213.216	.69965	.0220
98	3.313	.032	270.3	216.238	.71643	.0225
99	3.345	.032	272.9	217.766	.72841	.0229
100	3.377	.032	275.5	220.861	.74577	.0234
101	3.408	.032	278.1	222.427	.75811	.0239
102	3.423	.015	279.3	223.212	.76406	.0111

$$\Sigma (\phi_i \cdot Y_i + \phi_{i-1} \cdot Y_{i-1}) \cdot \Delta Y_i / 2.0 = .909 \text{ cm}$$

6.2 終局時の曲げモーメント、曲率および変位の計算 (橋軸直角方向)

断面 番号	Yi (m)	ΔY_i (m)	Mui (tf·m)	ϕ_{ui} *E-5(1/m)	$\phi_u * Y_i$ *100	δ_i (cm)
1	.250	.250	41.0	37.230	.00931	.0012
2	.282	.032	46.2	42.572	.01199	.0003
3	.313	.032	51.5	46.774	.01466	.0004
4	.345	.032	56.7	52.752	.01821	.0005
5	.377	.032	61.9	55.836	.02105	.0006
6	.409	.032	67.1	62.419	.02551	.0007
7	.440	.032	72.3	65.815	.02898	.0009
8	.472	.032	77.5	71.162	.03360	.0010
9	.504	.032	82.7	76.771	.03868	.0011
10	.536	.032	87.9	80.630	.04318	.0013
11	.567	.032	93.1	84.614	.04800	.0014
12	.599	.032	98.3	90.886	.05444	.0016
13	.631	.032	103.5	95.201	.06005	.0018
14	.662	.032	108.7	99.655	.06602	.0020
15	.694	.032	114.0	104.253	.07237	.0022
16	.726	.032	119.2	109.000	.07913	.0024
17	.758	.032	124.4	113.899	.08630	.0026
18	.789	.032	129.6	118.957	.09391	.0029
19	.821	.032	134.8	122.841	.10087	.0031
20	.853	.032	140.0	128.187	.10933	.0033
21	.885	.032	145.2	132.293	.11703	.0036
22	.916	.032	150.4	137.944	.12640	.0039
23	.948	.032	155.6	142.284	.13489	.0041
24	.980	.032	160.8	146.728	.14376	.0044
25	1.012	.032	166.0	152.845	.15461	.0047
26	1.043	.032	171.2	157.542	.16436	.0051
27	1.075	.032	176.5	162.353	.17453	.0054
28	1.107	.032	181.7	167.279	.18513	.0057
29	1.138	.032	186.9	172.323	.19618	.0060
30	1.170	.032	192.1	175.738	.20564	.0064
31	1.202	.032	197.3	180.985	.21753	.0067
32	1.234	.032	202.5	186.358	.22990	.0071
33	1.265	.032	207.7	189.997	.24041	.0075
34	1.297	.032	212.9	195.586	.25369	.0078
35	1.329	.032	218.1	199.371	.26493	.0082
36 上側	1.363	.034	223.7	205.186	.27967	.0093
36 下側	1.363	.000	223.7	206.094	.28091	.0000
37	1.395	.032	228.9	210.045	.29296	.0091
38	1.426	.032	234.2	214.060	.30535	.0095
39	1.458	.032	239.4	220.227	.32113	.0099
40	1.490	.032	244.6	224.403	.33434	.0104
41	1.522	.032	249.8	228.646	.34792	.0108
42	1.553	.032	255.0	232.956	.36187	.0113
43	1.585	.032	260.2	239.577	.37976	.0118
44	1.617	.032	265.4	244.060	.39461	.0123
45	1.649	.032	270.6	248.615	.40986	.0128
46	1.680	.032	275.8	253.242	.42552	.0133
47	1.712	.032	281.0	257.942	.44160	.0138
48	1.744	.032	286.2	262.717	.45812	.0143
49	1.775	.032	291.4	266.340	.47288	.0148
50	1.807	.032	296.7	271.249	.49021	.0153
51	1.839	.032	301.9	276.235	.50798	.0158
52	1.871	.032	307.1	281.301	.52622	.0164
53	1.902	.032	312.3	286.447	.54494	.0170
54	1.934	.032	317.5	290.352	.56158	.0176
55	1.966	.032	322.7	295.641	.58119	.0181
56	1.998	.032	327.9	300.548	.60038	.0187
57	2.029	.032	333.1	309.475	.62803	.0195
58	2.061	.032	338.3	318.506	.65646	.0204
59	2.093	.032	343.5	327.639	.68568	.0213
60	2.125	.032	348.7	336.888	.71573	.0222
61	2.156	.032	353.9	351.118	.75710	.0234

62	2.188	.032	359.2	360.679	.78916	.0245
63	2.220	.032	364.4	375.546	.83360	.0257
64	2.251	.032	369.6	385.689	.86836	.0270
65	2.283	.032	374.8	401.533	.91677	.0283
66	2.315	.032	380.0	418.004	.96764	.0299
67	2.347	.032	385.2	429.257	1.00731	.0313
68	2.378	.032	390.4	455.558	1.08348	.0332
69 上側	2.393	.015	392.8	462.667	1.10716	.0160
69 下側	2.393	.000	392.8	330.802	.79161	.0000
70	2.425	.032	398.0	339.202	.82247	.0256
71	2.456	.032	403.2	352.217	.86521	.0268
72	2.488	.032	408.4	361.080	.89844	.0280
73	2.520	.032	413.6	374.920	.94477	.0292
74	2.552	.032	418.9	389.318	.99340	.0307
75	2.583	.032	424.1	404.482	1.04493	.0323
76	2.615	.032	429.3	421.578	1.10247	.0341
77	2.647	.032	434.5	446.083	1.18071	.0362
78	2.679	.032	439.7	486.660	1.30355	.0394
79	2.710	.032	444.9	515.565	1.39733	.0428
80	2.742	.032	450.1	563.357	1.54474	.0467
81	2.774	.032	455.3	616.045	1.70876	.0516
82	2.805	.032	460.5	694.508	1.94843	.0580
83	2.837	.032	465.7	839.149	2.38085	.0687
84	2.869	.032	470.9	1190.015	3.41409	.0919
85	2.901	.032	476.1	1866.079	5.41290	.1400
86	2.932	.032	481.4	2060.759	6.04299	.1817
87	2.964	.032	486.6	2277.995	6.75229	.2030
88	2.996	.032	491.8	2519.859	7.54917	.2269
89	3.028	.032	497.0	2693.329	8.15432	.2491
90	3.059	.032	502.2	2982.239	9.12365	.2741
91	3.091	.032	507.4	3189.299	9.85831	.3011
92	3.123	.032	512.6	3410.275	10.64957	.3254
93	3.155	.032	517.8	3640.363	11.48359	.3511
94	3.186	.032	523.0	3821.332	12.17571	.3754
95	3.218	.032	528.2	4078.848	13.12564	.4014
96	3.250	.032	533.4	4211.966	13.68766	.4254
97	3.281	.032	538.6	4495.687	14.75232	.4512
98	3.313	.032	543.9	4718.890	15.63448	.4821
99	3.345	.032	549.1	4952.920	16.56701	.5109
100	3.377	.032	554.3	5198.344	17.55288	.5413
101	3.408	.032	559.5	5455.684	18.59492	.5735
102	3.423	.015	561.9	5542.802	18.97301	.2750

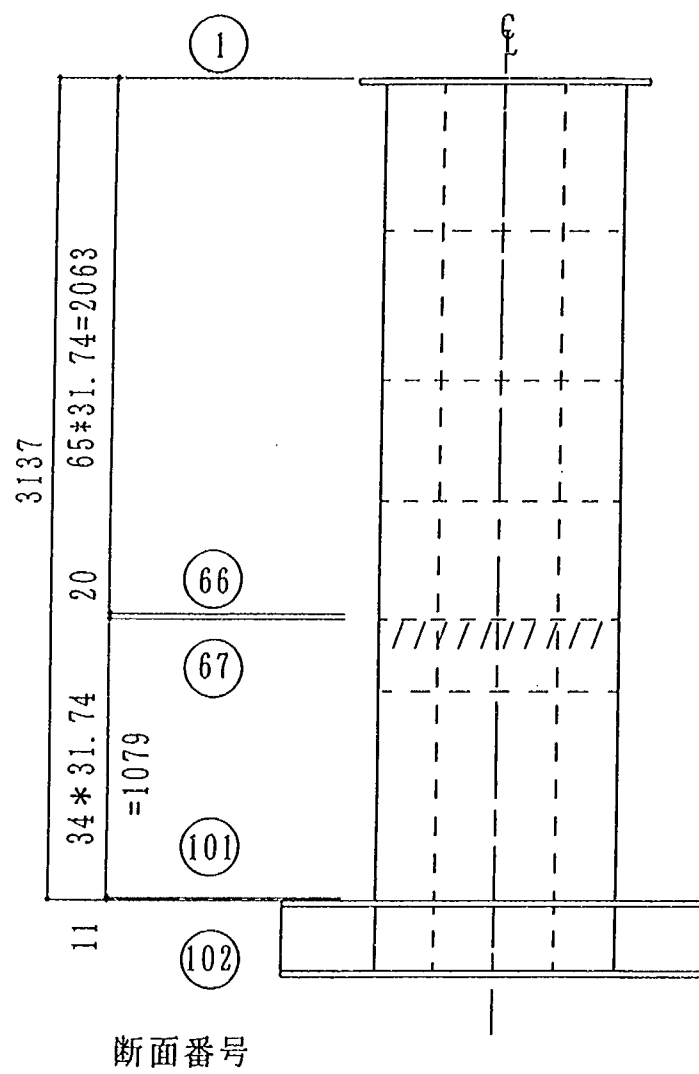
$$\Sigma (\phi_i \cdot Y_i + \phi_{i-1} \cdot Y_{i-1}) \cdot \Delta Y_i / 2.0 = 7.654 \text{ cm}$$

照 查 結 果

橋軸方向	橋軸直角方向
(地震時保有水平耐力)	(地震時保有水平耐力)
$P_y = \text{----- tf}$	$P_y = 81.6 \text{ tf}$
$P_u = \text{----- tf}$	$P_u = 164.2 \text{ tf}$
$\delta y = \text{----- cm}$	$\delta y = .909 \text{ cm}$
$\delta u = \text{----- cm}$	$\delta u = 7.654 \text{ cm}$

〔N-3 材料試験結果〕

1. 断面番号



2. 入力データ (材料試験結果による計算値)

2.1 基本データ

適用公社：名古屋高速道路公社
橋脚名：N-3 (コンクリート実験日強度)
照査方向：橋軸直角方向

2.2 橋脚形状寸法データ

1) 梁形状 (単位：mm, tf)

重量 = .0
橋軸方向偏心量 = .0
直角方向偏心量 = .0

2) 柱形状 (単位：mm, tf/m)

柱タイプ：角柱断面 断面数：3

	断面長	単位重量	ダイヤフラム間隔
Sec- 3	1143.0	.350	571.5
Sec- 2	940.0	.350	470.0
Sec- 1	1090.0	2.149	810.0
柱全高 (Σh)	3173.0		

コンクリート充填高さ： 1090.0

2.3 柱断面データ

Sec	部材	寸法	ピッチ
Sec- 3	2 - Flg Pl	880 * 10	(ピッチ: 215 + 2 @ 225 + 215)
	6 - Flg Rib	75 * 10	
	2 - Web Pl	900 * 10	
Sec- 2	6 - Web Rib	75 * 10	(ピッチ: 225 + 2 @ 225 + 225)
	2 - Flg Pl	880 * 10	
	6 - Flg Rib	75 * 10	
Sec- 1	2 - Web Pl	900 * 10	(ピッチ: 215 + 2 @ 225 + 215)
	6 - Web Rib	75 * 10	
	2 - Flg Pl	880 * 10	
	6 - Flg Rib	75 * 10	(ピッチ: 225 + 2 @ 225 + 225)
	2 - Web Pl	900 * 10	
	6 - Web Rib	75 * 10	

2.4 上部工データ

	橋軸方向	直角方向
上部構造の作用位置 (mm)	250.0	250.0
上部構造の偏心量 (mm)	.0	.0
上部構造による軸力 (tf)	214.1	214.1

2.5 設計一般データ

1) 設計一般データ

鋼材 のヤング係数 (kgf/cm²) E_s = 2.1×10^6

コンクリート設計基準強度 (kgf/cm²) σ_{ck} = 157.0

鋼材の降伏点 (kgf/cm²) $\sigma_{sy}(3)$ = 3600.0 SM520
 $\sigma_{sy}(2)$ = 3600.0 SM520
 $\sigma_{sy}(1)$ = 3600.0 SM520

コンクリートの限界ひずみ ϵ_{uc} = .0100

2) その他の計算用データ

柱の高さ方向分割数	=	100
柱の水平方向分割数	=	100
平均ひずみの誤差の範囲	=	.000200
収束計算用の最大ひずみ	=	.050000
曲げモーメントの誤差の範囲	=	1.1(tfm)

2.6 上部工および橋脚梁部の偏心モーメント

直角方向: $M_o = .0 \text{ tf}\cdot\text{m}$

3. 各断面での寸法制限の照査

α : 補剛板の縦横寸法比
 α_0 : 限界縦横寸法比
 R : 補剛板の幅厚比
 γ : 縦方向補剛材剛比
 γ^* : 線形座屈理論より求められる縦方向補剛材の最適剛比

3.1 橋軸方向の照査 (ウェブ)

Sec - 3	中空鋼断面		
α	=	.6494	$\alpha_0 = 2.9060$
R	=	.4791	
γ	=	17.5781	$3\gamma^* = 25.6301$
Sec - 2	中空鋼断面		
α	=	.5341	$\alpha_0 = 2.9060$
R	=	.4791	
γ	=	17.5781	$3\gamma^* = 17.1210$
Sec - 1	コンクリート充填断面		
α	=	.9205	$\alpha_0 = 2.9060$
R	=	.4791	
γ	=	17.5781	$\gamma^* = 17.3240$

3.2 直角方向の照査 (フランジ)

Sec - 3	中空鋼断面		
α	=	.6494	$\alpha_0 = 2.9060$
R	=	.4791	
γ	=	17.5781	$3\gamma^* = 25.6301$
Sec - 2	中空鋼断面		
α	=	.5341	$\alpha_0 = 2.9060$
R	=	.4791	
γ	=	17.5781	$3\gamma^* = 17.1210$
Sec - 1	コンクリート充填断面		
α	=	.9205	$\alpha_0 = 2.9060$
R	=	.4791	
γ	=	17.5781	$\gamma^* = 17.3240$

4. 各計算位置の断面力集計 (橋軸直角方向)

断面 番号	Y1(m)	Y2(m)	躯体自重 Wc(tf)	軸 力 N(tf)	偏心モーメント Mo(tf・m)
1	3.173	.250	.0	214.1	.0
2	3.141	.282	.0	214.1	.0
3	3.110	.313	.0	214.1	.0
4	3.078	.345	.0	214.1	.0
5	3.046	.377	.0	214.1	.0
6	3.014	.409	.1	214.2	.0
7	2.983	.440	.1	214.2	.0
8	2.951	.472	.1	214.2	.0
9	2.919	.504	.1	214.2	.0
10	2.887	.536	.1	214.2	.0
11	2.856	.567	.1	214.2	.0
12	2.824	.599	.1	214.2	.0
13	2.792	.631	.1	214.2	.0
14	2.761	.662	.1	214.2	.0
15	2.729	.694	.2	214.3	.0
16	2.697	.726	.2	214.3	.0
17	2.665	.758	.2	214.3	.0
18	2.634	.789	.2	214.3	.0
19	2.602	.821	.2	214.3	.0
20	2.570	.853	.2	214.3	.0
21	2.538	.885	.2	214.3	.0
22	2.507	.916	.2	214.3	.0
23	2.475	.948	.2	214.3	.0
24	2.443	.980	.3	214.4	.0
25	2.411	1.012	.3	214.4	.0
26	2.380	1.043	.3	214.4	.0
27	2.348	1.075	.3	214.4	.0
28	2.316	1.107	.3	214.4	.0
29	2.285	1.138	.3	214.4	.0
30	2.253	1.170	.3	214.4	.0
31	2.221	1.202	.3	214.4	.0
32	2.189	1.234	.3	214.4	.0
33	2.158	1.265	.4	214.5	.0
34	2.126	1.297	.4	214.5	.0
35	2.094	1.329	.4	214.5	.0
36	2.062	1.361	.4	214.5	.0
37 上側	2.030	1.393	.4	214.5	.0
37 下側	2.030	1.393	.4	214.5	.0
38	1.998	1.425	.4	214.5	.0
39	1.967	1.456	.4	214.5	.0
40	1.935	1.488	.4	214.5	.0
41	1.903	1.520	.4	214.5	.0
42	1.871	1.552	.5	214.6	.0
43	1.840	1.583	.5	214.6	.0
44	1.808	1.615	.5	214.6	.0
45	1.776	1.647	.5	214.6	.0
46	1.744	1.679	.5	214.6	.0
47	1.713	1.710	.5	214.6	.0
48	1.681	1.742	.5	214.6	.0
49	1.649	1.774	.5	214.6	.0
50	1.618	1.805	.5	214.6	.0
51	1.586	1.837	.6	214.7	.0
52	1.554	1.869	.6	214.7	.0
53	1.522	1.901	.6	214.7	.0
54	1.491	1.932	.6	214.7	.0
55	1.459	1.964	.6	214.7	.0
56	1.427	1.996	.6	214.7	.0
57	1.395	2.028	.6	214.7	.0
58	1.364	2.059	.6	214.7	.0
59	1.332	2.091	.6	214.7	.0
60	1.300	2.123	.7	214.8	.0
61	1.268	2.155	.7	214.8	.0

62	1.237	2.186	.7	214.8	.0
63	1.205	2.218	.7	214.8	.0
64	1.173	2.250	.7	214.8	.0
65	1.142	2.281	.7	214.8	.0
66	1.110	2.313	.7	214.8	.0
67 上側	1.090	2.333	.7	214.8	.0
67 下側	1.090	2.333	.7	214.8	.0
68	1.058	2.365	.8	214.9	.0
69	1.027	2.396	.9	215.0	.0
70	.995	2.428	.9	215.0	.0
71	.963	2.460	1.0	215.1	.0
72	.931	2.492	1.1	215.2	.0
73	.900	2.523	1.1	215.2	.0
74	.868	2.555	1.2	215.3	.0
75	.836	2.587	1.3	215.4	.0
76	.804	2.619	1.3	215.4	.0
77	.773	2.650	1.4	215.5	.0
78	.741	2.682	1.5	215.6	.0
79	.709	2.714	1.5	215.6	.0
80	.678	2.745	1.6	215.7	.0
81	.646	2.777	1.7	215.8	.0
82	.614	2.809	1.8	215.9	.0
83	.582	2.841	1.8	215.9	.0
84	.551	2.872	1.9	216.0	.0
85	.519	2.904	2.0	216.1	.0
86	.487	2.936	2.0	216.1	.0
87	.455	2.968	2.1	216.2	.0
88	.424	2.999	2.2	216.3	.0
89	.392	3.031	2.2	216.3	.0
90	.360	3.063	2.3	216.4	.0
91	.328	3.095	2.4	216.5	.0
92	.297	3.126	2.4	216.5	.0
93	.265	3.158	2.5	216.6	.0
94	.233	3.190	2.6	216.7	.0
95	.202	3.221	2.6	216.7	.0
96	.170	3.253	2.7	216.8	.0
97	.138	3.285	2.8	216.9	.0
98	.106	3.317	2.8	216.9	.0
99	.075	3.348	2.9	217.0	.0
100	.043	3.380	3.0	217.1	.0
101	.011	3.412	3.0	217.1	.0
102	.000	3.423	3.1	217.2	.0

5.1 降伏モーメントおよび曲率の計算 (橋軸直角方向)

断面 番号	計算位置 Y2(m)	作用軸力 N(tf)	中立軸 Xy(cm)	ひずみ ϵ_c *E-3	降伏時 曲げモーメント My(tf·m)	曲率 ϕ_y *E-5(1/m)	My-Mo PHY=----- (tf) Y2
1	.250	214.1	51.9	1.714	387.1	330.154	1548.4
2	.282	214.1	51.9	1.714	387.1	330.152	1374.0
3	.313	214.1	51.9	1.714	387.1	330.149	1234.9
4	.345	214.1	51.9	1.714	387.1	330.146	1121.4
5	.377	214.1	51.9	1.714	387.1	330.144	1027.0
6	.409	214.2	51.9	1.714	387.1	330.141	947.2
7	.440	214.2	51.9	1.714	387.1	330.138	879.0
8	.472	214.2	51.9	1.714	387.1	330.136	819.9
9	.504	214.2	51.9	1.714	387.1	330.133	768.3
10	.536	214.2	51.9	1.714	387.1	330.130	722.7
11	.567	214.2	51.9	1.714	387.1	330.128	682.3
12	.599	214.2	51.9	1.714	387.1	330.125	646.2
13	.631	214.2	51.9	1.714	387.1	330.122	613.6
14	.662	214.2	51.9	1.714	387.1	330.120	584.2
15	.694	214.3	51.9	1.714	387.1	330.117	557.5
16	.726	214.3	51.9	1.714	387.1	330.114	533.2
17	.758	214.3	51.9	1.714	387.1	330.112	510.8
18	.789	214.3	51.9	1.714	387.0	330.109	490.3
19	.821	214.3	51.9	1.714	387.0	330.106	471.3
20	.853	214.3	51.9	1.714	387.0	330.104	453.8
21	.885	214.3	51.9	1.714	387.0	330.101	437.5
22	.916	214.3	51.9	1.714	387.0	330.098	422.4
23	.948	214.3	51.9	1.714	387.0	330.096	408.2
24	.980	214.4	51.9	1.714	387.0	330.093	395.0
25	1.012	214.4	51.9	1.714	387.0	330.091	382.6
26	1.043	214.4	51.9	1.714	387.0	330.088	371.0
27	1.075	214.4	51.9	1.714	387.0	330.085	360.0
28	1.107	214.4	51.9	1.714	387.0	330.083	349.7
29	1.138	214.4	51.9	1.714	387.0	330.080	340.0
30	1.170	214.4	51.9	1.714	387.0	330.077	330.7
31	1.202	214.4	51.9	1.714	387.0	330.075	322.0
32	1.234	214.4	51.9	1.714	387.0	330.072	313.7
33	1.265	214.5	51.9	1.714	387.0	330.070	305.8
34	1.297	214.5	51.9	1.714	387.0	330.067	298.4
35	1.329	214.5	51.9	1.714	387.0	330.064	291.2
36	1.361	214.5	51.9	1.714	387.0	330.062	284.4
37 上側	1.393	214.5	51.9	1.714	387.0	330.059	277.8
37 下側	1.393	214.5	51.9	1.714	387.0	330.059	277.8
38	1.425	214.5	51.9	1.714	387.0	330.056	271.6
39	1.456	214.5	51.9	1.714	387.0	330.054	265.7
40	1.488	214.5	51.9	1.714	387.0	330.051	260.0
41	1.520	214.5	51.9	1.714	387.0	330.048	254.6
42	1.552	214.6	51.9	1.714	387.0	330.046	249.4
43	1.583	214.6	51.9	1.714	387.0	330.043	244.4
44	1.615	214.6	51.9	1.714	387.0	330.041	239.6
45	1.647	214.6	51.9	1.714	387.0	330.038	235.0
46	1.679	214.6	51.9	1.714	387.0	330.035	230.5
47	1.710	214.6	51.9	1.714	387.0	330.033	226.3
48	1.742	214.6	51.9	1.714	387.0	330.030	222.1
49	1.774	214.6	51.9	1.714	387.0	330.027	218.2
50	1.805	214.6	51.9	1.714	386.9	330.025	214.3
51	1.837	214.7	51.9	1.714	386.9	330.022	210.6
52	1.869	214.7	51.9	1.714	386.9	330.019	207.0
53	1.901	214.7	51.9	1.714	386.9	330.017	203.6
54	1.932	214.7	51.9	1.714	386.9	330.014	200.2
55	1.964	214.7	51.9	1.714	386.9	330.012	197.0
56	1.996	214.7	51.9	1.714	386.9	330.009	193.9
57	2.028	214.7	51.9	1.714	386.9	330.006	190.8
58	2.059	214.7	51.9	1.714	386.9	330.004	187.9
59	2.091	214.7	51.9	1.714	386.9	330.001	185.0
60	2.123	214.8	51.9	1.714	386.9	329.999	182.3

61	2.155	214.8	51.9	1.714	386.9	329.996	179.6
62	2.186	214.8	51.9	1.714	386.9	329.993	177.0
63	2.218	214.8	51.9	1.714	386.9	329.991	174.4
64	2.250	214.8	51.9	1.714	386.9	329.988	172.0
65	2.281	214.8	52.0	1.714	386.9	329.985	169.6
66	2.313	214.8	52.0	1.714	386.9	329.983	167.3
67 上側	2.333	214.8	52.0	1.714	386.9	329.981	165.8
67 下側	2.333	214.8	52.0	1.714	386.9	329.981	165.8
68	2.365	214.9	52.0	1.714	386.9	329.965	163.6
69	2.396	215.0	52.0	1.714	386.9	329.949	161.4
70	2.428	215.0	52.0	1.714	386.8	329.932	159.3
71	2.460	215.1	52.0	1.714	386.8	329.916	157.2
72	2.492	215.2	52.0	1.714	386.8	329.900	155.2
73	2.523	215.2	52.0	1.714	386.8	329.884	153.3
74	2.555	215.3	52.0	1.714	386.8	329.868	151.4
75	2.587	215.4	52.0	1.714	386.7	329.851	149.5
76	2.619	215.4	52.0	1.714	386.7	329.835	147.7
77	2.650	215.5	52.0	1.714	386.7	329.819	145.9
78	2.682	215.6	52.0	1.714	386.7	329.803	144.2
79	2.714	215.6	52.0	1.714	386.7	329.787	142.5
80	2.745	215.7	52.0	1.714	386.7	329.771	140.8
81	2.777	215.8	52.0	1.714	386.6	329.754	139.2
82	2.809	215.9	52.0	1.714	386.6	329.738	137.6
83	2.841	215.9	52.0	1.714	386.6	329.722	136.1
84	2.872	216.0	52.0	1.714	386.6	329.706	134.6
85	2.904	216.1	52.0	1.714	386.6	329.690	133.1
86	2.936	216.1	52.0	1.714	386.5	329.673	131.7
87	2.968	216.2	52.0	1.714	386.5	329.657	130.2
88	2.999	216.3	52.0	1.714	386.5	329.641	128.9
89	3.031	216.3	52.0	1.714	386.5	329.625	127.5
90	3.063	216.4	52.0	1.714	386.5	329.609	126.2
91	3.095	216.5	52.0	1.714	386.4	329.593	124.9
92	3.126	216.5	52.0	1.714	386.4	329.577	123.6
93	3.158	216.6	52.0	1.714	386.4	329.560	122.4
94	3.190	216.7	52.0	1.714	386.4	329.544	121.1
95	3.221	216.7	52.0	1.714	386.4	329.528	119.9
96	3.253	216.8	52.0	1.714	386.3	329.512	118.8
97	3.285	216.9	52.0	1.714	386.3	329.496	117.6
98	3.317	216.9	52.0	1.714	386.3	329.479	116.5
99	3.348	217.0	52.0	1.714	386.3	329.463	115.4
100	3.380	217.1	52.0	1.714	386.3	329.447	114.3
101	3.412	217.1	52.0	1.714	386.3	329.431	113.2
102	3.423	217.2	52.0	1.714	386.2	329.425	112.8

最小水平力 PHY(min) = 112.8 tf

5.2 終局モーメントおよび曲率の計算 (橋軸直角方向)

1) 柱基部での照査 (コンクリート有)

Sec- 1

照査 番号	計算位置 Y2(m)	破壊領域 Y(m)	柱基部終局 曲げモーメント Mu(tf・m)	ひずみ ϵ *E-3	中立軸 Xu(cm)	曲 率 ϕ_u *E-5(1/m)
1	3.423	.000	712.4	19.013	36.6	5340.304
2	3.391	.032	705.5	18.073	36.5	5084.529
3	3.360	.063	698.6	17.179	36.5	4840.894
4	3.328	.095	691.9	16.329	36.4	4608.990
5	3.297	.126	685.4	15.520	36.4	4388.021
6	3.265	.157	679.0	14.752	36.3	4177.746
7	3.234	.189	672.8	14.021	36.3	3977.464
8	3.202	.221	666.9	13.325	36.2	3786.711
9	3.171	.252	659.5	12.445	36.1	3544.766
10	3.139	.284	653.0	11.600	36.0	3315.578
11	3.108	.315	646.9	10.543	35.7	3039.652
12	3.076	.347	639.8	9.414	35.4	2738.897
13	3.045	.378	633.3	8.429	35.1	2470.625
14	3.013	.410	626.3	6.365	35.3	1857.777
15	2.982	.441	620.8	4.451	35.6	1285.669
16	2.950	.472	613.5	3.473	36.5	979.458
17	2.919	.504	606.6	2.926	37.2	807.474
18	2.887	.535	601.1	2.630	37.8	714.387
19	2.856	.567	594.5	2.372	38.5	632.988
20	2.824	.599	588.0	2.197	38.9	578.972
21	2.793	.630	582.3	2.085	39.2	545.675

平均ひずみ $\epsilon_{ac} = 009864$
 限界ひずみ $\epsilon_{uc} = 010000$
 損傷度 $Dc = \epsilon_{ac} / \epsilon_{uc} = .9864$

2) 中空鋼断面での照査 (コンクリート無)

Sec- 2

照査 番号	計算位置 Y2(m)	破壊領域 Y(m)	柱基部終局 曲げモーメント Mu(tf・m)	ひずみ ϵ *E-3	中立軸 Xu(cm)	曲 率 ϕ_u *E-5(1/m)
1	2.333	.000	485.2	3.711	56.2	660.508
2	2.309	.023	480.8	3.363	56.1	599.672
3	2.286	.047	475.2	3.048	55.9	545.599
4	2.262	.071	470.7	2.857	55.7	513.187
5	2.239	.094	466.8	2.768	55.5	498.788
6	2.215	.117	460.0	2.638	55.1	479.167
7	2.192	.141	455.5	2.556	54.8	466.611
8	2.168	.164	450.9	2.476	54.5	454.368
9	2.145	.188	446.3	2.399	54.2	442.435
10	2.121	.211	441.7	2.324	53.9	430.799
11	2.098	.235	437.0	2.251	53.7	419.449
12	2.074	.258	432.3	2.181	53.4	408.377
13	2.051	.282	427.5	2.112	53.1	397.573
14	2.027	.306	422.6	2.046	52.9	387.026
15	2.004	.329	417.6	1.983	52.6	376.678
16	1.980	.352	412.1	1.921	52.4	366.450
17	1.957	.376	406.2	1.861	52.2	356.330
18	1.933	.399	403.1	1.831	52.1	351.352
19	1.910	.423	396.6	1.774	52.0	341.393
20	1.886	.446	393.2	1.747	51.9	336.491
21	1.863	.470	388.2	1.719	51.9	331.120

平均ひずみ $\epsilon_{as} = 002360$
 限界ひずみ $\epsilon_{us} = 005723$
 損傷度 $Ds = \epsilon_{as} / \epsilon_{us} = .4124$
 照査番号: 1 (Y2= 2.333) での降伏曲げモーメント $My = 386.9$

3) 断面変化位置での照査 (コンクリート無)

Sec- 2

照査 番号	計算位置 Y2(m)	破壊領域 Y(m)	柱基部終局 曲げモーメント Mu(tf・m)	ひずみ ϵ *E-3	中立軸 Xu(cm)	曲 率 ϕu *E-5(1/m)
1	2.333	.000	485.2	3.711	56.2	660.508
2	2.309	.023	480.8	3.363	56.1	599.672
3	2.286	.047	475.2	3.048	55.9	545.599
4	2.262	.071	470.7	2.857	55.7	513.187
5	2.239	.094	466.8	2.768	55.5	498.788
6	2.215	.117	460.0	2.638	55.1	479.167
7	2.192	.141	455.5	2.556	54.8	466.611
8	2.168	.164	450.9	2.476	54.5	454.368
9	2.145	.188	446.3	2.399	54.2	442.435
10	2.121	.211	441.7	2.324	53.9	430.799
11	2.098	.235	437.0	2.251	53.7	419.449
12	2.074	.258	432.3	2.181	53.4	408.377
13	2.051	.282	427.5	2.112	53.1	397.573
14	2.027	.306	422.6	2.046	52.9	387.026
15	2.004	.329	417.6	1.983	52.6	376.678
16	1.980	.352	412.1	1.921	52.4	366.450
17	1.957	.376	406.2	1.861	52.2	356.330
18	1.933	.399	403.1	1.831	52.1	351.352
19	1.910	.423	396.6	1.774	52.0	341.393
20	1.886	.446	393.2	1.747	51.9	336.491
21	1.863	.470	388.2	1.719	51.9	331.120

平均ひずみ ϵ_{as} = .002360限界ひずみ ϵ_{us} = .005723損傷度 $Ds = \epsilon_{as} / \epsilon_{us}$ = .4124照査番号: 1 (Y2= 2.333) での降伏曲げモーメント $My = 386.9$

4) 断面変化位置での照査 (コンクリート無)

Sec- 3

照査 番号	計算位置 Y2(m)	破壊領域 Y(m)	柱基部終局 曲げモーメント Mu(tf・m)	ひずみ ϵ *E-3	中立軸 Xu(cm)	曲 率 ϕu *E-5(1/m)
1	1.393	.000	290.2	1.343	54.3	247.501
2	1.364	.029	284.7	1.322	54.4	242.841
3	1.336	.057	278.0	1.296	54.7	237.106
4	1.307	.086	272.7	1.276	54.8	232.609
5	1.279	.114	266.2	1.251	55.1	227.074
6	1.250	.143	261.2	1.231	55.3	222.733
7	1.222	.171	253.6	1.202	55.6	216.323
8	1.193	.200	248.7	1.184	55.8	212.150
9	1.164	.229	241.5	1.156	56.1	205.988
10	1.136	.257	236.8	1.138	56.3	201.977
11	1.107	.286	229.9	1.111	56.7	196.053
12	1.079	.314	225.3	1.094	56.9	192.197
13	1.050	.343	218.7	1.068	57.3	186.503
14	1.022	.371	212.2	1.043	57.6	180.942
15	.993	.400	205.8	1.019	58.0	175.511
16	.964	.429	201.6	1.003	58.3	171.976
17	.936	.457	195.5	.979	58.7	166.756
18	.907	.486	189.5	.956	59.2	161.658
19	.879	.514	183.7	.934	59.6	156.680
20	.850	.543	176.1	.905	60.2	150.197
21	.821	.572	170.6	.883	60.7	145.488

平均ひずみ ϵ_{as} = .001114限界ひずみ ϵ_{us} = .004076損傷度 $Ds = \epsilon_{as} / \epsilon_{us}$ = .2733照査番号: 1 (Y2= 1.393) での降伏曲げモーメント $My = 387.0$

最小水平力 PHU(min) = 208.1 tf

6.1 降伏時の曲げモーメント、曲率および変位の計算（橋軸直角方向）

断面 番号	Y _i (m)	Δ Y _i (m)	M _{y_i} (tf·m)	φ _{y_i} *E-5(1/m)	φ _y * Y _i *100	δ _i (cm)
1	.250	.250	28.2	23.973	.00599	.0007
2	.282	.032	31.8	27.648	.00779	.0002
3	.313	.032	35.4	30.176	.00946	.0003
4	.345	.032	39.0	34.156	.01179	.0003
5	.377	.032	42.5	36.894	.01391	.0004
6	.409	.032	46.1	39.720	.01623	.0005
7	.440	.032	49.7	42.638	.01878	.0006
8	.472	.032	53.3	45.650	.02155	.0006
9	.504	.032	56.9	48.759	.02457	.0007
10	.536	.032	60.4	51.969	.02783	.0008
11	.567	.032	64.0	55.282	.03136	.0009
12	.599	.032	67.6	56.964	.03412	.0010
13	.631	.032	71.2	60.438	.03812	.0011
14	.662	.032	74.8	64.025	.04242	.0013
15	.694	.032	78.3	67.727	.04702	.0014
16	.726	.032	81.9	69.607	.05053	.0015
17	.758	.032	85.5	73.489	.05568	.0017
18	.789	.032	89.1	75.460	.05957	.0018
19	.821	.032	92.7	79.532	.06531	.0020
20	.853	.032	96.2	81.599	.06959	.0021
21	.885	.032	99.8	85.869	.07596	.0023
22	.916	.032	103.4	88.036	.08067	.0025
23	.948	.032	107.0	91.367	.08662	.0027
24	.980	.032	110.6	93.622	.09173	.0028
25	1.012	.032	114.1	98.280	.09941	.0030
26	1.043	.032	117.7	100.644	.10500	.0032
27	1.075	.032	121.3	104.278	.11210	.0034
28	1.107	.032	124.9	106.738	.11813	.0037
29	1.138	.032	128.5	109.237	.12436	.0038
30	1.170	.032	132.0	113.077	.13232	.0041
31	1.202	.032	135.6	115.677	.13903	.0043
32	1.234	.032	139.2	118.318	.14596	.0045
33	1.265	.032	142.8	122.376	.15485	.0048
34	1.297	.032	146.4	125.123	.16230	.0050
35	1.329	.032	149.9	127.915	.16998	.0053
36	1.361	.032	153.5	130.750	.17789	.0055
37 上側	1.393	.032	157.2	133.630	.18615	.0059
37 下側	1.393	.000	157.2	133.404	.18583	.0000
38	1.425	.032	160.8	136.327	.19423	.0060
39	1.456	.032	164.3	139.295	.20288	.0063
40	1.488	.032	167.9	142.312	.21179	.0066
41	1.520	.032	171.5	145.376	.22096	.0069
42	1.552	.032	175.1	148.489	.23040	.0072
43	1.583	.032	178.7	151.652	.24012	.0075
44	1.615	.032	182.2	154.864	.25012	.0078
45	1.647	.032	185.8	158.128	.26041	.0081
46	1.679	.032	189.4	161.443	.27099	.0084
47	1.710	.032	193.0	164.811	.28188	.0088
48	1.742	.032	196.6	168.233	.29307	.0091
49	1.774	.032	200.1	169.956	.30146	.0094
50	1.805	.032	203.7	173.459	.31318	.0098
51	1.837	.032	207.3	177.018	.32522	.0101
52	1.869	.032	210.9	180.634	.33760	.0105
53	1.901	.032	214.5	182.455	.34679	.0109
54	1.932	.032	218.1	186.157	.35973	.0112
55	1.964	.032	221.6	189.918	.37303	.0116
56	1.996	.032	225.2	191.811	.38283	.0120
57	2.028	.032	228.8	195.662	.39672	.0124
58	2.059	.032	232.4	197.601	.40693	.0127
59	2.091	.032	236.0	201.544	.42144	.0131
60	2.123	.032	239.5	203.529	.43205	.0135
61	2.155	.032	243.1	207.566	.44721	.0139

62	2.186	.032	246.7	209.599	.45824	.0144
63	2.218	.032	250.3	213.732	.47405	.0148
64	2.250	.032	253.9	215.814	.48552	.0152
65	2.281	.032	257.4	220.046	.50202	.0157
66	2.313	.032	261.0	222.177	.51393	.0161
67 上侧	2.333	.020	263.3	224.326	.52335	.0103
67 下侧	2.333	.000	263.3	178.172	.41568	.0000
68	2.365	.032	266.8	181.550	.42932	.0134
69	2.396	.032	270.4	183.246	.43914	.0138
70	2.428	.032	274.0	186.703	.45335	.0142
71	2.460	.032	277.6	188.438	.46354	.0145
72	2.492	.032	281.2	191.976	.47834	.0149
73	2.523	.032	284.7	193.752	.48891	.0153
74	2.555	.032	288.3	197.372	.50431	.0158
75	2.587	.032	291.9	199.190	.51527	.0162
76	2.619	.032	295.5	201.954	.52883	.0166
77	2.650	.032	299.1	204.750	.54265	.0170
78	2.682	.032	302.6	206.624	.55417	.0174
79	2.714	.032	306.2	210.444	.57109	.0179
80	2.745	.032	309.8	212.361	.58303	.0183
81	2.777	.032	313.4	215.277	.59787	.0187
82	2.809	.032	317.0	218.226	.61299	.0192
83	2.841	.032	320.5	219.883	.62462	.0196
84	2.872	.032	324.1	222.968	.64046	.0201
85	2.904	.032	327.7	226.103	.65663	.0206
86	2.936	.032	331.3	227.688	.66846	.0210
87	2.968	.032	334.9	230.899	.68521	.0215
88	2.999	.032	338.4	234.162	.70233	.0220
89	3.031	.032	342.0	235.812	.71476	.0225
90	3.063	.032	345.6	239.154	.73248	.0230
91	3.095	.032	349.2	240.844	.74530	.0234
92	3.126	.032	352.8	244.269	.76364	.0239
93	3.158	.032	356.3	247.749	.78239	.0245
94	3.190	.032	359.9	249.508	.79586	.0250
95	3.221	.032	363.5	253.073	.81526	.0256
96	3.253	.032	367.1	254.875	.82915	.0261
97	3.285	.032	370.7	257.606	.84621	.0266
98	3.317	.032	374.2	260.370	.86355	.0271
99	3.348	.032	377.8	262.232	.87805	.0276
100	3.380	.032	381.4	266.004	.89912	.0282
101	3.412	.032	385.0	267.911	.91406	.0288
102	3.423	.011	386.2	268.866	.92033	.0103

$$\Sigma (\phi_i \cdot Y_i + \phi_{i-1} \cdot Y_{i-1}) \cdot \Delta Y_i / 2.0 = 1.118 \text{ cm}$$

6.2 終局時の曲げモーメント、曲率および変位の計算（橋軸直角方向）

断面 番号	Yi (m)	ΔY_i (m)	Mui (tf·m)	ϕ_{ui} *E-5(1/m)	$\phi_u * Y_i$ *100	δ_i (cm)
1	.250	.250	52.0	43.722	.01093	.0014
2	.282	.032	58.6	50.020	.01409	.0004
3	.313	.032	65.2	54.976	.01723	.0005
4	.345	.032	71.8	62.026	.02141	.0006
5	.377	.032	78.4	67.572	.02547	.0007
6	.409	.032	85.1	73.392	.02999	.0009
7	.440	.032	91.7	77.396	.03408	.0010
8	.472	.032	98.3	83.698	.03951	.0012
9	.504	.032	104.9	90.311	.04550	.0013
10	.536	.032	111.5	94.861	.05080	.0015
11	.567	.032	118.1	100.781	.05717	.0017
12	.599	.032	124.7	106.940	.06406	.0019
13	.631	.032	131.3	112.027	.07066	.0021
14	.662	.032	137.9	117.278	.07770	.0024
15	.694	.032	144.5	122.698	.08518	.0026
16	.726	.032	151.1	128.294	.09313	.0028
17	.758	.032	157.7	134.069	.10158	.0031
18	.789	.032	164.3	140.032	.11054	.0034
19	.821	.032	170.9	146.186	.12004	.0037
20	.853	.032	177.5	150.912	.12871	.0039
21	.885	.032	184.1	157.418	.13925	.0043
22	.916	.032	190.7	162.414	.14882	.0046
23	.948	.032	197.3	167.530	.15883	.0049
24	.980	.032	203.9	174.572	.17104	.0052
25	1.012	.032	210.5	179.980	.18205	.0056
26	1.043	.032	217.1	185.517	.19354	.0060
27	1.075	.032	223.7	191.188	.20552	.0063
28	1.107	.032	230.3	196.994	.21802	.0067
29	1.138	.032	236.9	202.940	.23104	.0071
30	1.170	.032	243.5	206.966	.24219	.0075
31	1.202	.032	250.2	213.152	.25619	.0079
32	1.234	.032	256.8	219.486	.27076	.0084
33	1.265	.032	263.4	223.775	.28316	.0088
34	1.297	.032	270.0	230.364	.29880	.0092
35	1.329	.032	276.6	235.964	.31355	.0097
36	1.361	.032	283.2	241.675	.32881	.0102
37 上側	1.393	.032	289.9	247.501	.34477	.0109
37 下側	1.393	.000	289.9	248.198	.34574	.0000
38	1.425	.032	296.5	252.943	.36038	.0112
39	1.456	.032	303.1	258.993	.37721	.0117
40	1.488	.032	309.7	263.909	.39275	.0122
41	1.520	.032	316.3	270.178	.41065	.0127
42	1.552	.032	322.9	275.272	.42713	.0133
43	1.583	.032	329.6	281.767	.44614	.0139
44	1.615	.032	336.2	287.044	.46361	.0144
45	1.647	.032	342.8	292.406	.48155	.0150
46	1.679	.032	349.4	297.853	.49997	.0156
47	1.710	.032	356.0	303.386	.51888	.0162
48	1.742	.032	362.6	309.008	.53830	.0168
49	1.774	.032	369.2	314.718	.55824	.0174
50	1.805	.032	375.8	320.520	.57870	.0180
51	1.837	.032	382.4	326.413	.59969	.0187
52	1.869	.032	389.0	332.346	.62114	.0194
53	1.901	.032	395.6	340.015	.64626	.0201
54	1.932	.032	402.2	349.960	.67627	.0210
55	1.964	.032	408.8	360.006	.70710	.0219
56	1.996	.032	415.4	372.770	.74400	.0230
57	2.028	.032	422.0	385.719	.78208	.0242
58	2.059	.032	428.6	398.955	.82158	.0254
59	2.091	.032	435.2	415.449	.86873	.0268
60	2.123	.032	441.8	429.611	.91198	.0283
61	2.155	.032	448.4	447.278	.96367	.0298

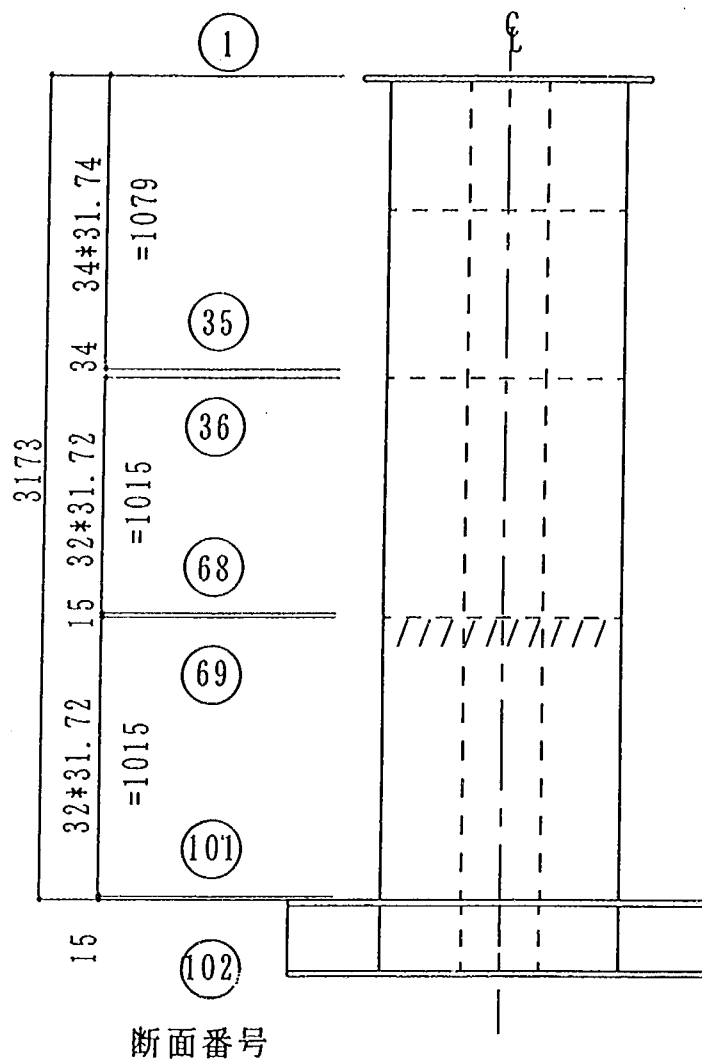
62	2.186	.032	455.0	465.634	1.01799	.0314
63	2.218	.032	461.6	484.713	1.07508	.0332
64	2.250	.032	468.2	504.783	1.13562	.0351
65	2.281	.032	474.8	544.985	1.24335	.0377
66	2.313	.032	481.4	619.807	1.43372	.0425
67 上側	2.333	.020	485.6	660.508	1.54097	.0295
67 下側	2.333	.000	485.6	344.491	.80370	.0000
68	2.365	.032	492.2	348.329	.82370	.0258
69	2.396	.032	498.8	353.528	.84721	.0265
70	2.428	.032	505.4	358.813	.87127	.0273
71	2.460	.032	512.0	364.186	.89587	.0280
72	2.492	.032	518.6	370.347	.92278	.0289
73	2.523	.032	525.2	379.910	.95866	.0298
74	2.555	.032	531.8	389.649	.99560	.0310
75	2.587	.032	538.4	402.117	1.04021	.0323
76	2.619	.032	545.0	412.266	1.07955	.0336
77	2.650	.032	551.6	422.664	1.12019	.0349
78	2.682	.032	558.2	446.592	1.19777	.0368
79	2.714	.032	564.8	465.761	1.26396	.0391
80	2.745	.032	571.4	493.136	1.35390	.0415
81	2.777	.032	578.0	522.511	1.45113	.0445
82	2.809	.032	584.6	562.682	1.58054	.0481
83	2.841	.032	591.2	597.099	1.69617	.0520
84	2.872	.032	597.8	673.444	1.93441	.0576
85	2.904	.032	604.4	760.656	2.20905	.0657
86	2.936	.032	611.0	921.764	2.70618	.0780
87	2.968	.032	617.6	1120.307	3.32462	.0957
88	2.999	.032	624.3	1478.086	4.43327	.1231
89	3.031	.032	630.9	2347.028	7.11398	.1832
90	3.063	.032	637.5	2599.494	7.96170	.2392
91	3.095	.032	644.1	2883.580	8.92329	.2679
92	3.126	.032	650.7	3201.955	10.01011	.3004
93	3.158	.032	657.3	3488.128	11.01543	.3336
94	3.190	.032	663.9	3663.827	11.68654	.3602
95	3.221	.032	670.5	3913.804	12.60808	.3854
96	3.253	.032	677.1	4111.017	13.37383	.4122
97	3.285	.032	683.7	4317.794	14.18351	.4372
98	3.317	.032	690.3	4535.342	15.04204	.4637
99	3.348	.032	696.9	4763.573	15.95015	.4917
100	3.380	.032	703.5	5003.302	16.91160	.5214
101	3.412	.032	710.1	5255.018	17.92916	.5527
102	3.423	.011	712.4	5340.304	18.27986	.2024

$$\Sigma (\phi_i \cdot Y_i + \phi_{i-1} \cdot Y_{i-1}) \cdot \Delta Y_i / 2.0 = 6.948 \text{ cm}$$

照 查 結 果

橋軸方向	橋軸直角方向
(地震時保有水平耐力)	(地震時保有水平耐力)
$P_y = \text{----- tf}$	$P_y = 112.8 \text{ tf}$
$P_u = \text{----- tf}$	$P_u = 208.1 \text{ tf}$
$\delta y = \text{----- cm}$	$\delta y = 1.118 \text{ cm}$
$\delta u = \text{----- cm}$	$\delta u = 6.948 \text{ cm}$

1. 断面番号



2. 入力データ (材料試験結果による計算値)

2.1 基本データ

適用公社：名古屋高速道路公社
橋脚名：N-5 (コンクリート実験日強度)
照査方向：橋軸直角方向

2.2 橋脚形状寸法データ

1) 梁形状 (単位：mm, tf)

重量 = .0
橋軸方向偏心量 = .0
直角方向偏心量 = .0

2) 柱形状 (単位：mm, tf/m)

柱タイプ：角柱断面 断面数：3

	断面長	単位重量	ダイヤラム間隔
Sec- 3	1113.0	.335	1113.0
Sec- 2	1030.0	.335	1030.0
Sec- 1	1030.0	2.102	1030.0
柱全高 (Σh)	3173.0		

コンクリート充填高さ： 1030.0

2.3 柱断面データ

Sec	部材	寸法	配置
Sec- 3	2 - Flg Pl	882 * 9	(ピッチ： 291 + 1 @ 300 + 291)
	4 - Flg Rib	95 * 14	
	2 - Web Pl	900 * 9	
	4 - Web Rib	95 * 14	
Sec- 2	2 - Flg Pl	882 * 9	(ピッチ： 300 + 1 @ 300 + 300)
	4 - Flg Rib	95 * 14	
	2 - Web Pl	900 * 9	
	4 - Web Rib	95 * 14	
Sec- 1	2 - Flg Pl	882 * 9	(ピッチ： 291 + 1 @ 300 + 291)
	4 - Flg Rib	56 * 9	
	2 - Web Pl	900 * 9	
	4 - Web Rib	56 * 9	

2.4 上部工データ

	橋軸方向	直角方向
上部構造の作用位置 (mm)	250.0	250.0
上部構造の偏心量 (mm)	.0	.0
上部構造による軸力 (tf)	173.3	173.3

2.5 設計一般データ

1) 設計一般データ

鋼材 のヤング係数 (kgf/cm²) E_s = 2.1×10^6
コンクリート設計基準強度 (kgf/cm²) σ_{ck} = 171.0
鋼材の降伏点 (kgf/cm²) $\sigma_{sy}(3)$ = 3600.0 SM520
 $\sigma_{sy}(2)$ = 3600.0 SM520
 $\sigma_{sy}(1)$ = 3600.0 SM520
コンクリートの限界ひずみ ϵ_{uc} = .0100

2) その他の計算用データ

柱の高さ方向分割数	=	100
柱の水平方向分割数	=	100
平均ひずみの誤差の範囲	=	.000200
収束計算用の最大ひずみ	=	.050000
曲げモーメントの誤差の範囲	=	1.1(tfm)

2.6 上部工および橋脚梁部の偏心モーメント

直角方向: $M_0 = .0 \text{ tf}\cdot\text{m}$

3. 各断面での寸法制限の照査

α : 補剛板の縦横寸法比
 α_0 : 限界縦横寸法比
 R : 補剛板の幅厚比
 γ : 縦方向補剛材剛比
 γ^* : 線形座屈理論より求められる縦方向補剛材の最適剛比

3.1 橋軸方向の照査 (ウェブ)

Sec - 3	中空鋼断面		
α	=	1.2619	$\alpha_0 = 3.7901$
R	=	.7114	
γ	=	68.4501	$3\gamma^* = 79.4209$
Sec - 2	中空鋼断面		
α	=	1.1678	$\alpha_0 = 3.7901$
R	=	.7114	
γ	=	68.4501	$3\gamma^* = 68.1855$
Sec - 1	コンクリート充填断面		
α	=	1.1678	$\alpha_0 = 2.3011$
R	=	.7114	
γ	=	9.0133	$\gamma^* = 17.6198$

3.2 直角方向の照査 (フランジ)

Sec - 3	中空鋼断面		
α	=	1.2619	$\alpha_0 = 3.7901$
R	=	.7114	
γ	=	68.4501	$3\gamma^* = 79.4209$
Sec - 2	中空鋼断面		
α	=	1.1678	$\alpha_0 = 3.7901$
R	=	.7114	
γ	=	68.4501	$3\gamma^* = 68.1855$
Sec - 1	コンクリート充填断面		
α	=	1.1678	$\alpha_0 = 2.3011$
R	=	.7114	
γ	=	9.0133	$\gamma^* = 17.6198$

4. 各計算位置の断面力集計 (橋軸直角方向)

断面 番号	Y1(m)	Y2(m)	躯体自重 Wc(tf)	軸 力 N(tf)	偏心モーメント Mo(tf・m)
1	3.173	.250	.0	173.3	.0
2	3.141	.282	.0	173.3	.0
3	3.110	.313	.0	173.3	.0
4	3.078	.345	.0	173.3	.0
5	3.046	.377	.0	173.3	.0
6	3.014	.409	.1	173.4	.0
7	2.983	.440	.1	173.4	.0
8	2.951	.472	.1	173.4	.0
9	2.919	.504	.1	173.4	.0
10	2.887	.536	.1	173.4	.0
11	2.856	.567	.1	173.4	.0
12	2.824	.599	.1	173.4	.0
13	2.792	.631	.1	173.4	.0
14	2.761	.662	.1	173.4	.0
15	2.729	.694	.1	173.4	.0
16	2.697	.726	.2	173.5	.0
17	2.665	.758	.2	173.5	.0
18	2.634	.789	.2	173.5	.0
19	2.602	.821	.2	173.5	.0
20	2.570	.853	.2	173.5	.0
21	2.538	.885	.2	173.5	.0
22	2.507	.916	.2	173.5	.0
23	2.475	.948	.2	173.5	.0
24	2.443	.980	.2	173.5	.0
25	2.411	1.012	.3	173.6	.0
26	2.380	1.043	.3	173.6	.0
27	2.348	1.075	.3	173.6	.0
28	2.316	1.107	.3	173.6	.0
29	2.285	1.138	.3	173.6	.0
30	2.253	1.170	.3	173.6	.0
31	2.221	1.202	.3	173.6	.0
32	2.189	1.234	.3	173.6	.0
33	2.158	1.265	.3	173.6	.0
34	2.126	1.297	.4	173.7	.0
35	2.094	1.329	.4	173.7	.0
36 上側	2.060	1.363	.4	173.7	.0
36 下側	2.060	1.363	.4	173.7	.0
37	2.028	1.395	.4	173.7	.0
38	1.997	1.426	.4	173.7	.0
39	1.965	1.458	.4	173.7	.0
40	1.933	1.490	.4	173.7	.0
41	1.901	1.522	.4	173.7	.0
42	1.870	1.553	.4	173.7	.0
43	1.838	1.585	.4	173.7	.0
44	1.806	1.617	.5	173.8	.0
45	1.774	1.649	.5	173.8	.0
46	1.743	1.680	.5	173.8	.0
47	1.711	1.712	.5	173.8	.0
48	1.679	1.744	.5	173.8	.0
49	1.648	1.775	.5	173.8	.0
50	1.616	1.807	.5	173.8	.0
51	1.584	1.839	.5	173.8	.0
52	1.552	1.871	.5	173.8	.0
53	1.521	1.902	.6	173.9	.0
54	1.489	1.934	.6	173.9	.0
55	1.457	1.966	.6	173.9	.0
56	1.425	1.998	.6	173.9	.0
57	1.394	2.029	.6	173.9	.0
58	1.362	2.061	.6	173.9	.0
59	1.330	2.093	.6	173.9	.0
60	1.298	2.125	.6	173.9	.0
61	1.267	2.156	.6	173.9	.0

62	1.235	2.188	.6	173.9	.0
63	1.203	2.220	.7	174.0	.0
64	1.172	2.251	.7	174.0	.0
65	1.140	2.283	.7	174.0	.0
66	1.108	2.315	.7	174.0	.0
67	1.076	2.347	.7	174.0	.0
68	1.045	2.378	.7	174.0	.0
69 上側	1.030	2.393	.7	174.0	.0
69 下側	1.030	2.393	.7	174.0	.0
70	.998	2.425	.8	174.1	.0
71	.967	2.456	.9	174.2	.0
72	.935	2.488	.9	174.2	.0
73	.903	2.520	1.0	174.3	.0
74	.871	2.552	1.1	174.4	.0
75	.840	2.583	1.1	174.4	.0
76	.808	2.615	1.2	174.5	.0
77	.776	2.647	1.3	174.6	.0
78	.744	2.679	1.3	174.6	.0
79	.713	2.710	1.4	174.7	.0
80	.681	2.742	1.5	174.8	.0
81	.649	2.774	1.5	174.8	.0
82	.618	2.805	1.6	174.9	.0
83	.586	2.837	1.7	175.0	.0
84	.554	2.869	1.7	175.0	.0
85	.522	2.901	1.8	175.1	.0
86	.491	2.932	1.9	175.2	.0
87	.459	2.964	1.9	175.2	.0
88	.427	2.996	2.0	175.3	.0
89	.395	3.028	2.1	175.4	.0
90	.364	3.059	2.1	175.4	.0
91	.332	3.091	2.2	175.5	.0
92	.300	3.123	2.3	175.6	.0
93	.268	3.155	2.3	175.6	.0
94	.237	3.186	2.4	175.7	.0
95	.205	3.218	2.5	175.8	.0
96	.173	3.250	2.5	175.8	.0
97	.142	3.281	2.6	175.9	.0
98	.110	3.313	2.7	176.0	.0
99	.078	3.345	2.7	176.0	.0
100	.046	3.377	2.8	176.1	.0
101	.015	3.408	2.9	176.2	.0
102	.000	3.423	2.9	176.2	.0

5.1 降伏モーメントおよび曲率の計算（橋軸直角方向）

断面 番号	計算位置 Y2(m)	作用軸力 N(tf)	中立軸 Xy(cm)	ひずみ ϵ_c *E-3	降伏時 曲げモーメント My(tf·m)	曲率 ϕ_y *E-5(1/m)	My-Mo PHY=----- (tf) Y2
1	.250	173.3	50.7	1.714	368.5	338.021	1474.2
2	.282	173.3	50.7	1.714	368.5	338.018	1308.1
3	.313	173.3	50.7	1.714	368.5	338.016	1175.7
4	.345	173.3	50.7	1.714	368.5	338.013	1067.6
5	.377	173.3	50.7	1.714	368.5	338.011	977.7
6	.409	173.4	50.7	1.714	368.5	338.008	901.8
7	.440	173.4	50.7	1.714	368.5	338.005	836.8
8	.472	173.4	50.7	1.714	368.5	338.003	780.6
9	.504	173.4	50.7	1.714	368.5	338.000	731.4
10	.536	173.4	50.7	1.714	368.5	337.997	688.1
11	.567	173.4	50.7	1.714	368.5	337.995	649.6
12	.599	173.4	50.7	1.714	368.5	337.992	615.2
13	.631	173.4	50.7	1.714	368.5	337.989	584.2
14	.662	173.4	50.7	1.714	368.5	337.987	556.2
15	.694	173.4	50.7	1.714	368.5	337.984	530.8
16	.726	173.5	50.7	1.714	368.5	337.981	507.6
17	.758	173.5	50.7	1.714	368.5	337.979	486.3
18	.789	173.5	50.7	1.714	368.5	337.976	466.8
19	.821	173.5	50.7	1.714	368.5	337.973	448.8
20	.853	173.5	50.7	1.714	368.5	337.971	432.1
21	.885	173.5	50.7	1.714	368.5	337.968	416.6
22	.916	173.5	50.7	1.714	368.5	337.965	402.1
23	.948	173.5	50.7	1.714	368.5	337.963	388.7
24	.980	173.5	50.7	1.714	368.5	337.960	376.1
25	1.012	173.6	50.7	1.714	368.5	337.957	364.3
26	1.043	173.6	50.7	1.714	368.5	337.955	353.2
27	1.075	173.6	50.7	1.714	368.5	337.952	342.8
28	1.107	173.6	50.7	1.714	368.5	337.949	332.9
29	1.138	173.6	50.7	1.714	368.5	337.947	323.7
30	1.170	173.6	50.7	1.714	368.5	337.944	314.9
31	1.202	173.6	50.7	1.714	368.5	337.942	306.6
32	1.234	173.6	50.7	1.714	368.5	337.939	298.7
33	1.265	173.6	50.7	1.714	368.5	337.936	291.2
34	1.297	173.7	50.7	1.714	368.4	337.934	284.1
35	1.329	173.7	50.7	1.714	368.4	337.931	277.3
36 上側	1.363	173.7	50.7	1.714	368.4	337.928	270.3
36 下側	1.363	173.7	50.7	1.714	368.4	337.928	270.3
37	1.395	173.7	50.7	1.714	368.4	337.926	264.2
38	1.426	173.7	50.7	1.714	368.4	337.923	258.3
39	1.458	173.7	50.7	1.714	368.4	337.920	252.7
40	1.490	173.7	50.7	1.714	368.4	337.918	247.3
41	1.522	173.7	50.7	1.714	368.4	337.915	242.1
42	1.553	173.7	50.7	1.714	368.4	337.912	237.2
43	1.585	173.7	50.7	1.714	368.4	337.910	232.4
44	1.617	173.8	50.7	1.714	368.4	337.907	227.9
45	1.649	173.8	50.7	1.714	368.4	337.905	223.5
46	1.680	173.8	50.7	1.714	368.4	337.902	219.3
47	1.712	173.8	50.7	1.714	368.4	337.899	215.2
48	1.744	173.8	50.7	1.714	368.4	337.897	211.3
49	1.775	173.8	50.7	1.714	368.4	337.894	207.5
50	1.807	173.8	50.7	1.714	368.4	337.892	203.9
51	1.839	173.8	50.7	1.714	368.4	337.889	200.3
52	1.871	173.8	50.7	1.714	368.4	337.886	196.9
53	1.902	173.9	50.7	1.714	368.4	337.884	193.6
54	1.934	173.9	50.7	1.714	368.4	337.881	190.5
55	1.966	173.9	50.7	1.714	368.4	337.878	187.4
56	1.998	173.9	50.7	1.714	368.4	337.876	184.4
57	2.029	173.9	50.7	1.714	368.4	337.873	181.5
58	2.061	173.9	50.7	1.714	368.4	337.871	178.7
59	2.093	173.9	50.7	1.714	368.4	337.868	176.0
60	2.125	173.9	50.7	1.714	368.4	337.865	173.4

61	2.156	173.9	50.7	1.714	368.4	337.863	170.8
62	2.188	173.9	50.7	1.714	368.4	337.860	168.4
63	2.220	174.0	50.7	1.714	368.4	337.857	166.0
64	2.251	174.0	50.7	1.714	368.4	337.855	163.6
65	2.283	174.0	50.7	1.714	368.4	337.852	161.3
66	2.315	174.0	50.7	1.714	368.4	337.849	159.1
67	2.347	174.0	50.7	1.714	368.4	337.847	157.0
68	2.378	174.0	50.7	1.714	368.4	337.844	154.9
69 上側	2.393	174.0	50.7	1.714	368.3	337.843	153.9
69 下側	2.393	174.0	52.0	1.714	321.1	329.954	134.2
70	2.425	174.1	52.0	1.714	321.1	329.934	132.4
71	2.456	174.2	52.0	1.714	321.1	329.915	130.7
72	2.488	174.2	52.0	1.714	321.0	329.895	129.0
73	2.520	174.3	52.0	1.714	321.0	329.875	127.4
74	2.552	174.4	52.0	1.714	321.0	329.856	125.8
75	2.583	174.4	52.0	1.714	321.0	329.836	124.3
76	2.615	174.5	52.0	1.714	321.0	329.817	122.7
77	2.647	174.6	52.0	1.714	320.9	329.797	121.3
78	2.679	174.6	52.0	1.714	320.9	329.778	119.8
79	2.710	174.7	52.0	1.714	320.9	329.758	118.4
80	2.742	174.8	52.0	1.714	320.9	329.739	117.0
81	2.774	174.8	52.0	1.714	320.9	329.719	115.7
82	2.805	174.9	52.0	1.714	320.9	329.700	114.4
83	2.837	175.0	52.0	1.714	320.8	329.680	113.1
84	2.869	175.0	52.0	1.714	320.8	329.660	111.8
85	2.901	175.1	52.0	1.714	320.8	329.641	110.6
86	2.932	175.2	52.0	1.714	320.8	329.621	109.4
87	2.964	175.2	52.0	1.714	320.8	329.602	108.2
88	2.996	175.3	52.0	1.714	320.7	329.583	107.1
89	3.028	175.4	52.0	1.714	320.7	329.563	105.9
90	3.059	175.4	52.0	1.714	320.7	329.543	104.8
91	3.091	175.5	52.0	1.714	320.7	329.524	103.7
92	3.123	175.6	52.0	1.714	320.7	329.504	102.7
93	3.155	175.6	52.0	1.714	320.6	329.484	101.6
94	3.186	175.7	52.0	1.714	320.6	329.465	100.6
95	3.218	175.8	52.0	1.714	320.6	329.445	99.6
96	3.250	175.8	52.0	1.714	320.6	329.426	98.7
97	3.281	175.9	52.0	1.714	320.6	329.407	97.7
98	3.313	176.0	52.0	1.714	320.5	329.387	96.8
99	3.345	176.0	52.0	1.714	320.5	329.368	95.8
100	3.377	176.1	52.1	1.714	320.5	329.348	94.9
101	3.408	176.2	52.1	1.714	320.5	329.328	94.0
102	3.423	176.2	52.1	1.714	320.5	329.319	93.6

最小水平力 PHY(min) = 93.6 tf

5.2 終局モーメントおよび曲率の計算 (橋軸直角方向)

1) 柱基部での照査 (コンクリート有)

Sec- 1

照査 番号	計算位置 Y2(m)	破壊領域 Y(m)	柱基部終局 曲げモーメント Mu(tf·m)	ひずみ ϵ *E-3	中立軸 Xu(cm)	曲 率 ϕ_u *E-5(1/m)
1	3.423	.000	615.3	17.947	32.2	5740.728
2	3.391	.032	609.4	17.085	32.1	5469.315
3	3.360	.063	603.6	16.261	32.1	5210.335
4	3.328	.095	597.8	15.474	32.1	4963.344
5	3.297	.126	592.1	14.723	32.0	4727.784
6	3.265	.157	586.5	14.007	32.0	4503.269
7	3.234	.189	581.1	13.327	32.0	4289.604
8	3.202	.221	575.9	12.679	31.9	4085.874
9	3.171	.252	569.2	11.852	31.9	3826.584
10	3.139	.284	564.0	11.023	31.7	3577.546
11	3.108	.315	559.0	10.247	31.5	3344.238
12	3.076	.347	553.0	9.358	31.4	3073.025
13	3.045	.378	548.3	8.713	31.2	2874.152
14	3.013	.410	541.7	7.825	31.0	2596.715
15	2.982	.441	535.5	7.040	30.9	2347.580
16	2.950	.472	530.1	6.352	30.8	2124.287
17	2.919	.504	524.9	4.166	31.8	1349.708
18	2.887	.535	518.9	3.047	33.0	948.390
19	2.856	.567	513.4	2.586	33.9	782.962
20	2.824	.599	508.6	2.336	34.6	693.377
21	2.793	.630	501.2	2.105	35.2	613.559

平均ひずみ $\epsilon_{ac} = .009912$
 限界ひずみ $\epsilon_{uc} = .010000$
 損傷度 $Dc = \epsilon_{ac} / \epsilon_{uc} = .9912$

2) 中空鋼断面での照査 (コンクリート無)

Sec- 2

照査 番号	計算位置 Y2(m)	破壊領域 Y(m)	柱基部終局 曲げモーメント Mu(tf·m)	ひずみ ϵ *E-3	中立軸 Xu(cm)	曲 率 ϕ_u *E-5(1/m)
1	2.393	.000	430.9	2.490	53.4	465.955
2	2.361	.032	424.3	2.374	53.0	447.783
3	2.330	.063	419.9	2.299	52.7	436.152
4	2.298	.095	413.2	2.192	52.3	419.107
5	2.267	.126	407.6	2.106	51.9	405.431
6	2.235	.157	402.8	2.040	51.7	394.738
7	2.204	.189	396.2	1.960	51.4	381.510
8	2.172	.221	390.6	1.899	51.2	371.123
9	2.141	.252	384.7	1.840	51.0	360.869
10	2.109	.284	378.4	1.782	50.8	350.742
11	2.078	.315	373.4	1.741	50.7	343.251
12	2.046	.347	368.2	1.713	50.7	337.667
13	2.015	.378	361.7	1.687	50.8	331.720
14	1.983	.410	356.9	1.667	50.9	327.331
15	1.952	.441	350.6	1.641	51.0	321.545
16	1.920	.472	344.4	1.615	51.1	315.851
17	1.889	.504	339.8	1.596	51.2	311.648
18	1.857	.535	333.7	1.571	51.3	306.108
19	1.826	.567	327.8	1.547	51.4	300.655
20	1.794	.599	321.9	1.523	51.6	295.286
21	1.763	.630	316.2	1.499	51.7	290.002

平均ひずみ $\epsilon_{as} = .001847$
 限界ひずみ $\epsilon_{us} = .002941$
 損傷度 $Ds = \epsilon_{as} / \epsilon_{us} = .6278$

照査番号: 1 (Y2= 2.393) での降伏曲げモーメント $M_y = 368.3$

3) 断面変化位置での照査 (コンクリート無)

Sec- 2

照査 番号	計算位置 Y2(m)	破壊領域 Y(m)	柱基部終局 曲げモーメント Mu(tf・m)	ひずみ ϵ *E-3	中立軸 Xu(cm)	曲 率 ϕ_u *E-5(1/m)
1	2.393	.000	430.9	2.490	53.4	465.955
2	2.361	.032	424.3	2.374	53.0	447.783
3	2.330	.063	419.9	2.299	52.7	436.152
4	2.298	.095	413.2	2.192	52.3	419.107
5	2.267	.126	407.6	2.106	51.9	405.431
6	2.235	.157	402.8	2.040	51.7	394.738
7	2.204	.189	396.2	1.960	51.4	381.510
8	2.172	.221	390.6	1.899	51.2	371.123
9	2.141	.252	384.7	1.840	51.0	360.869
10	2.109	.284	378.4	1.782	50.8	350.742
11	2.078	.315	373.4	1.741	50.7	343.251
12	2.046	.347	368.2	1.713	50.7	337.667
13	2.015	.378	361.7	1.687	50.8	331.720
14	1.983	.410	356.9	1.667	50.9	327.331
15	1.952	.441	350.6	1.641	51.0	321.545
16	1.920	.472	344.4	1.615	51.1	315.851
17	1.889	.504	339.8	1.596	51.2	311.648
18	1.857	.535	333.7	1.571	51.3	306.108
19	1.826	.567	327.8	1.547	51.4	300.655
20	1.794	.599	321.9	1.523	51.6	295.286
21	1.763	.630	316.2	1.499	51.7	290.002

平均ひずみ $\epsilon_{as} = .001847$ 限界ひずみ $\epsilon_{us} = .002941$ 損傷度 $Ds = \epsilon_{as} / \epsilon_{us} = .6278$ 照査番号: 1 (Y2= 2.393) での降伏曲げモーメント $My = 368.3$

4) 断面変化位置での照査 (コンクリート無)

Sec- 3

照査 番号	計算位置 Y2(m)	破壊領域 Y(m)	柱基部終局 曲げモーメント Mu(tf・m)	ひずみ ϵ *E-3	中立軸 Xu(cm)	曲 率 ϕ_u *E-5(1/m)
1	1.363	.000	245.9	1.208	53.6	225.531
2	1.331	.032	239.0	1.180	53.8	219.239
3	1.300	.063	234.6	1.162	54.0	215.144
4	1.268	.095	228.0	1.135	54.3	209.096
5	1.237	.126	221.5	1.108	54.5	203.190
6	1.205	.157	217.3	1.091	54.7	199.345
7	1.174	.189	211.2	1.065	55.0	193.668
8	1.142	.221	205.1	1.040	55.3	188.123
9	1.111	.252	199.2	1.016	55.6	182.709
10	1.079	.284	193.4	.992	55.9	177.421
11	1.048	.315	187.8	.969	56.2	172.258
12	1.016	.347	182.3	.946	56.6	167.216
13	.985	.378	176.9	.924	56.9	162.291
14	.953	.410	171.7	.902	57.3	157.482
15	.922	.441	164.9	.874	57.8	151.220
16	.890	.472	159.9	.853	58.2	146.671
17	.859	.504	153.5	.827	58.7	140.747
18	.827	.535	148.8	.807	59.2	136.443
19	.796	.567	142.7	.782	59.8	130.839
20	.764	.599	136.7	.758	60.4	125.410
21	.733	.630	131.0	.734	61.1	120.151

平均ひずみ $\epsilon_{as} = .000970$ 限界ひずみ $\epsilon_{us} = .002825$ 損傷度 $Ds = \epsilon_{as} / \epsilon_{us} = .3433$ 照査番号: 1 (Y2= 1.363) での降伏曲げモーメント $My = 368.4$

最小水平力 PHU(min) = 179.8 tf

6.1 降伏時の曲げモーメント、曲率および変位の計算（橋軸直角方向）

断面 番号	Yi (m)	ΔY_i (m)	Myi (tf·m)	ϕ_{yi} *E-5(1/m)	$\phi y * Y_i$ *100	δ_i (cm)
1	.250	.250	23.4	20.596	.00515	.0006
2	.282	.032	26.4	24.828	.00699	.0002
3	.313	.032	29.3	27.012	.00847	.0002
4	.345	.032	32.3	30.449	.01051	.0003
5	.377	.032	35.3	32.814	.01237	.0004
6	.409	.032	38.3	35.255	.01441	.0004
7	.440	.032	41.2	37.775	.01664	.0005
8	.472	.032	44.2	40.376	.01906	.0006
9	.504	.032	47.2	43.062	.02170	.0006
10	.536	.032	50.1	45.834	.02455	.0007
11	.567	.032	53.1	48.695	.02762	.0008
12	.599	.032	56.1	51.649	.03094	.0009
13	.631	.032	59.1	54.698	.03450	.0010
14	.662	.032	62.0	56.246	.03726	.0011
15	.694	.032	65.0	59.444	.04127	.0012
16	.726	.032	68.0	62.745	.04555	.0014
17	.758	.032	70.9	64.420	.04881	.0015
18	.789	.032	73.9	67.882	.05359	.0016
19	.821	.032	76.9	69.639	.05718	.0018
20	.853	.032	79.9	73.269	.06249	.0019
21	.885	.032	82.8	75.112	.06644	.0020
22	.916	.032	85.8	78.919	.07232	.0022
23	.948	.032	88.8	80.851	.07665	.0024
24	.980	.032	91.7	84.843	.08313	.0025
25	1.012	.032	94.7	86.870	.08787	.0027
26	1.043	.032	97.7	89.984	.09388	.0029
27	1.075	.032	100.6	92.092	.09900	.0031
28	1.107	.032	103.6	94.234	.10429	.0032
29	1.138	.032	106.6	98.658	.11232	.0034
30	1.170	.032	109.6	100.904	.11808	.0037
31	1.202	.032	112.5	103.186	.12402	.0038
32	1.234	.032	115.5	106.692	.13162	.0041
33	1.265	.032	118.5	109.065	.13801	.0043
34	1.297	.032	121.4	111.477	.14460	.0045
35	1.329	.032	124.4	113.927	.15139	.0047
36 上側	1.363	.034	127.6	117.690	.16041	.0053
36 下側	1.363	.000	127.6	116.924	.15937	.0000
37	1.395	.032	130.6	119.460	.16661	.0052
38	1.426	.032	133.6	122.036	.17408	.0054
39	1.458	.032	136.5	124.654	.18177	.0056
40	1.490	.032	139.5	127.313	.18969	.0059
41	1.522	.032	142.5	130.014	.19784	.0061
42	1.553	.032	145.4	132.759	.20622	.0064
43	1.585	.032	148.4	135.547	.21486	.0067
44	1.617	.032	151.4	138.378	.22374	.0070
45	1.649	.032	154.4	141.255	.23287	.0072
46	1.680	.032	157.3	144.178	.24226	.0075
47	1.712	.032	160.3	147.147	.25192	.0078
48	1.744	.032	163.3	150.164	.26185	.0082
49	1.775	.032	166.2	151.683	.26931	.0084
50	1.807	.032	169.2	154.771	.27971	.0087
51	1.839	.032	172.2	157.909	.29039	.0090
52	1.871	.032	175.1	161.096	.30136	.0094
53	1.902	.032	178.1	162.701	.30952	.0097
54	1.934	.032	181.1	165.965	.32100	.0100
55	1.966	.032	184.1	169.280	.33278	.0104
56	1.998	.032	187.0	170.950	.34149	.0107
57	2.029	.032	190.0	174.344	.35380	.0110
58	2.061	.032	193.0	176.054	.36286	.0114
59	2.093	.032	195.9	179.529	.37572	.0117
60	2.125	.032	198.9	183.060	.38892	.0121
61	2.156	.032	201.9	184.839	.39856	.0125

62	2.188	.032	204.9	188.453	.41233	.0129
63	2.220	.032	207.8	190.274	.42235	.0132
64	2.251	.032	210.8	193.976	.43673	.0136
65	2.283	.032	213.8	195.840	.44714	.0140
66	2.315	.032	216.7	199.630	.46212	.0144
67	2.347	.032	219.7	201.539	.47294	.0148
68	2.378	.032	222.7	203.462	.48391	.0152
69 上側	2.393	.015	224.0	205.403	.49153	.0071
69 下側	2.393	.000	224.0	174.319	.41714	.0000
70	2.425	.032	227.0	176.728	.42852	.0134
71	2.456	.032	230.0	179.177	.44014	.0138
72	2.488	.032	233.0	181.664	.45201	.0142
73	2.520	.032	235.9	184.191	.46415	.0145
74	2.552	.032	238.9	186.759	.47654	.0149
75	2.583	.032	241.9	189.369	.48921	.0153
76	2.615	.032	244.8	190.689	.49867	.0157
77	2.647	.032	247.8	193.361	.51180	.0160
78	2.679	.032	250.8	196.076	.52520	.0165
79	2.710	.032	253.8	198.836	.53890	.0169
80	2.742	.032	256.7	201.639	.55290	.0173
81	2.774	.032	259.7	204.488	.56720	.0178
82	2.805	.032	262.7	205.929	.57773	.0182
83	2.837	.032	265.6	208.846	.59254	.0186
84	2.869	.032	268.6	211.811	.60768	.0190
85	2.901	.032	271.6	214.824	.62314	.0195
86	2.932	.032	274.6	216.348	.63442	.0200
87	2.964	.032	277.5	219.434	.65043	.0204
88	2.996	.032	280.5	222.571	.66679	.0209
89	3.028	.032	283.5	224.157	.67866	.0213
90	3.059	.032	286.4	227.369	.69560	.0218
91	3.091	.032	289.4	228.994	.70783	.0223
92	3.123	.032	292.4	232.285	.72538	.0227
93	3.155	.032	295.3	233.950	.73800	.0232
94	3.186	.032	298.3	237.321	.75616	.0237
95	3.218	.032	301.3	240.747	.77472	.0243
96	3.250	.032	304.3	242.480	.78799	.0248
97	3.281	.032	307.2	244.227	.80141	.0252
98	3.313	.032	310.2	247.765	.82089	.0257
99	3.345	.032	313.2	249.554	.83473	.0263
100	3.377	.032	316.1	253.180	.85489	.0268
101	3.408	.032	319.1	255.013	.86917	.0274
102	3.423	.015	320.5	255.933	.87606	.0128

$$\Sigma (\phi_i \cdot Y_i + \phi_{i-1} \cdot Y_{i-1}) \cdot \Delta Y_i / 2.0 = 1.043 \text{ cm}$$

6.2 終局時の曲げモーメント、曲率および変位の計算 (橋軸直角方向)

断面 番号	Yi (m)	ΔY_i (m)	Mui (tf·m)	ϕ_{ui} *E-5(1/m)	$\phi_u * Y_i$ *100	δ_i (cm)
1	.250	.250	44.9	41.070	.01027	.0013
2	.282	.032	50.6	46.667	.01315	.0004
3	.313	.032	56.3	51.071	.01601	.0005
4	.345	.032	62.1	57.336	.01979	.0006
5	.377	.032	67.8	62.265	.02347	.0007
6	.409	.032	73.5	67.437	.02756	.0008
7	.440	.032	79.2	72.862	.03209	.0009
8	.472	.032	84.9	78.555	.03709	.0011
9	.504	.032	90.6	82.472	.04155	.0012
10	.536	.032	96.3	88.638	.04747	.0014
11	.567	.032	102.0	92.880	.05269	.0016
12	.599	.032	107.7	99.558	.05964	.0018
13	.631	.032	113.4	104.153	.06570	.0020
14	.662	.032	119.1	108.896	.07214	.0022
15	.694	.032	124.8	113.792	.07900	.0024
16	.726	.032	130.5	118.846	.08628	.0026
17	.758	.032	136.2	124.063	.09400	.0029
18	.789	.032	141.9	129.449	.10219	.0031
19	.821	.032	147.6	135.009	.11086	.0034
20	.853	.032	153.3	140.747	.12004	.0037
21	.885	.032	159.0	145.155	.12840	.0039
22	.916	.032	164.7	151.221	.13857	.0042
23	.948	.032	170.4	155.879	.14778	.0045
24	.980	.032	176.1	160.649	.15740	.0048
25	1.012	.032	181.8	167.216	.16914	.0052
26	1.043	.032	187.5	172.258	.17971	.0055
27	1.075	.032	193.2	177.422	.19072	.0059
28	1.107	.032	198.9	182.709	.20221	.0062
29	1.138	.032	204.6	188.124	.21417	.0066
30	1.170	.032	210.4	193.668	.22662	.0070
31	1.202	.032	216.1	197.422	.23728	.0074
32	1.234	.032	221.8	203.190	.25066	.0077
33	1.265	.032	227.5	209.096	.26458	.0082
34	1.297	.032	233.2	213.095	.27640	.0086
35	1.329	.032	238.9	219.239	.29133	.0090
36	1.363	.034	245.0	225.531	.30740	.0102
36	1.363	.000	245.0	225.205	.30695	.0000
37	1.395	.032	250.7	229.460	.32004	.0099
38	1.426	.032	256.4	235.998	.33664	.0104
39	1.458	.032	262.1	240.424	.35058	.0109
40	1.490	.032	267.8	244.921	.36491	.0114
41	1.522	.032	273.5	251.829	.38320	.0119
42	1.553	.032	279.2	256.507	.39845	.0124
43	1.585	.032	284.9	261.259	.41412	.0129
44	1.617	.032	290.6	267.318	.43221	.0134
45	1.649	.032	296.3	272.242	.44881	.0140
46	1.680	.032	302.1	277.243	.46585	.0145
47	1.712	.032	307.8	282.325	.48335	.0151
48	1.744	.032	313.5	287.487	.50131	.0156
49	1.775	.032	319.2	292.731	.51974	.0162
50	1.807	.032	324.9	298.058	.53866	.0168
51	1.839	.032	330.6	303.470	.55807	.0174
52	1.871	.032	336.3	307.577	.57538	.0180
53	1.902	.032	342.0	313.140	.59572	.0186
54	1.934	.032	347.7	318.792	.61659	.0192
55	1.966	.032	353.4	324.533	.63799	.0199
56	1.998	.032	359.1	328.889	.65699	.0205
57	2.029	.032	364.8	334.790	.67940	.0212
58	2.061	.032	370.5	340.671	.70214	.0219
59	2.093	.032	376.2	345.824	.72374	.0226
60	2.125	.032	381.9	355.892	.75610	.0235
61	2.156	.032	387.6	366.083	.78937	.0245

62	2.188	.032	393.3	376.406	.82357	.0256
63	2.220	.032	399.0	386.854	.85871	.0267
64	2.251	.032	404.7	397.444	.89482	.0278
65	2.283	.032	410.4	413.749	.94466	.0292
66	2.315	.032	416.1	424.806	.98338	.0306
67	2.347	.032	421.8	442.071	1.03738	.0321
68	2.378	.032	427.5	453.858	1.07944	.0336
69 上側	2.393	.015	430.2	465.955	1.11503	.0161
69 下側	2.393	.000	430.2	354.068	.84729	.0000
70	2.425	.032	435.9	363.255	.88079	.0274
71	2.456	.032	441.6	377.491	.92729	.0287
72	2.488	.032	447.3	387.150	.96330	.0300
73	2.520	.032	453.0	402.172	1.01344	.0314
74	2.552	.032	458.7	412.440	1.05240	.0328
75	2.583	.032	464.4	428.477	1.10692	.0343
76	2.615	.032	470.1	445.167	1.16416	.0360
77	2.647	.032	475.8	462.539	1.22427	.0379
78	2.679	.032	481.5	481.643	1.29012	.0399
79	2.710	.032	487.2	517.637	1.40295	.0427
80	2.742	.032	492.9	548.422	1.50379	.0461
81	2.774	.032	498.6	590.292	1.63733	.0498
82	2.805	.032	504.3	645.878	1.81200	.0547
83	2.837	.032	510.0	729.516	2.06980	.0616
84	2.869	.032	515.7	824.281	2.36482	.0704
85	2.901	.032	521.4	1077.042	3.12415	.0871
86	2.932	.032	527.1	1684.371	4.93926	.1279
87	2.964	.032	532.8	2232.557	6.61761	.1833
88	2.996	.032	538.5	2468.364	7.39489	.2223
89	3.028	.032	544.2	2731.156	8.26884	.2485
90	3.059	.032	549.9	2919.646	8.93216	.2729
91	3.091	.032	555.7	3233.781	9.99581	.3003
92	3.123	.032	561.4	3458.891	10.80139	.3299
93	3.155	.032	567.1	3700.127	11.67212	.3565
94	3.186	.032	572.8	3954.276	12.59931	.3851
95	3.218	.032	578.5	4151.573	13.35967	.4118
96	3.250	.032	584.2	4432.022	14.40278	.4405
97	3.281	.032	589.9	4652.932	15.26831	.4707
98	3.313	.032	595.6	4884.809	16.18419	.4990
99	3.345	.032	601.3	5128.002	17.15265	.5289
100	3.377	.032	607.0	5382.985	18.17634	.5605
101	3.408	.032	612.7	5650.171	19.25780	.5939
102	3.423	.015	615.3	5740.728	19.65051	.2848

$$\Sigma (\phi_i \cdot Y_i + \phi_{i-1} \cdot Y_{i-1}) \cdot \Delta Y_i / 2 \cdot 0 = 7.702 \text{ cm}$$

照 查 結 果

橋軸方向	橋軸直角方向
(地震時保有水平耐力)	(地震時保有水平耐力)
$P_y = \text{----- tf}$	$P_y = 93.6 \text{ tf}$
$P_u = \text{----- tf}$	$P_u = 179.8 \text{ tf}$
$\delta y = \text{----- cm}$	$\delta y = 1.043 \text{ cm}$
$\delta u = \text{----- cm}$	$\delta u = 7.702 \text{ cm}$

道路橋橋脚の地震時限界状態設計
法に関する共同研究報告書 (Ⅷ)

共同研究報告書第212号
平成10年9月(1998)

建設省土木研究所, 首都高速道路公団, 阪神高速道路公団,
名古屋高速道路公社, (株)鋼材倶楽部, (株)日本橋梁建設協会

要 旨 平成7年1月17日に発生した兵庫県南部地震では、都市内高速道路橋における多数の鋼製橋脚に座屈、変形、われ等の被害が生じた。こうした被災状況を踏まえ、地震以降既設橋脚の補強方法および新設橋脚の耐震設計法に関する調査研究を進めているところであるが、その検討の一環として鋼製橋脚の耐力および変形性能を確認するために大型供試体を用いた二軸正負交番繰返し載荷実験を行っている。本報告書は、平成9年度に行った大型供試体3体の実験結果についてとりまとめたものである。

キーワード：鋼製橋脚、変形性能、じん性、耐力、繰返し載荷実験、コンクリート充填補強、耐震設計法

郵便はがき

50
円
切
手
を
は
つ
て
下
さい

305-0804

建設省土木研究所

構造橋梁部橋梁研究室 御中

茨城県つくば市旭一番地

No. 029

No. 029

配布先氏名

配布先住所





共同研究報告書第212号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名

印

共同研究報告書第212号

