

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 (IV)

— 鋼製橋脚の正負交番繰返し載荷実験 —

平成9年12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 © (1997) 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、本報告書の全文又は一部の転載、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。

保 存 用

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(IV)

－鋼製橋脚の正負交番繰返し載荷実験－

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5年度、および平成7年度に行った大型供試体9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。しかしながら、鋼製橋脚の大地震時における応答、抵抗メカニズムおよびじん性の評価等については未解明な部分が多く、これらの特性を明らかにし早急に既設橋脚の補強方法および新設橋脚の耐震設計法を確立していく必要がある。²⁾

このような観点から、鋼製橋脚の耐震設計法の確立のための基礎的データを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、地震以降、平成7年度～9年度の予定で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いる。

本報告書は、共同研究において平成7年度に阪神高速道路公団が主に担当した正負交番繰返し載荷実験（大型実験供試体5体）³⁾と平成5年度に行った正負交番繰返し載荷実験（大型実験供試体4体）についてとりまとめたものである。

目 次

1. はじめに	1
1.1 研究目的	1
1.2 実験概要	1
2. 実 験	4
2.1 実験供試体	4
2.2 計測項目と計測位置	6
2.3 載荷装置	7
2.4 材料試験結果	7
3. 実験結果	8
3.1 結果一覧表	8
3.2 水平荷重—水平変位	8
3.3 ダイヤフラム間の橋脚軸方向変位	8
3.4 エネルギー吸収量	8
3.5 等価減衰定数	9
3.6 ひずみ分布	9
3.7 最終崩壊状況	9
4. 考 察	10
4.1 基本モデル（供試体H 1, H 2, およびH 3）の荷重変位曲線	10
4.2 供試体H 4 の脆性破断	10
4.3 改良モデル（矩形断面モデル、H 5 ～H 8）	11
4.4 供試体H 9（円形モデル）	13
図 表	17
参考資料	131
実験記録（H 1 ～H 3）	133
実験記録（H 4）	145
実験記録（H 5 ～H 9）	157
実験状況写真集（H 1）	193
実験状況写真集（H 2）	203
実験状況写真集（H 3）	211
実験状況写真集（H 4）	219
実験状況写真集（H 5）	231
実験状況写真集（H 6）	243
実験状況写真集（H 7）	253
実験状況写真集（H 8）	263
実験状況写真集（H 9）	273

共同研究担当者名簿

(平成7～8年度)

建設省土木研究所

構造橋梁部

藤城 泰行

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

寺山 徹

長屋 和宏

佐藤 貴志

首都高速道路公団

山崎 和夫 (～H9.1)

小坂 寛巳

高野 晴夫

柄川 伸一 (～H8.5)

半野 久光

田嶋 仁志

川田 成彦

阪神高速道路公団

中島 裕之

鈴木 巖

長沼 敏彦

南荘 淳

西岡 敬治

堀江 佳平

小林 寛

名古屋高速道路公社

吉田 守孝

深田 清明

岡本 真悟

柴田 昌弘

(社)鋼材倶楽部

大田 孝二

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

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

塚原 弘光

岡本 隆

池田 茂

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 ・鋼製橋脚の擬似動的載荷実験
(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 ・有限要素法による弾塑性有限変位解析 ・ハイブリッド地震応答実験 ・非線形動的解析

1. はじめに

1.1 研究目的

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。鋼製橋脚についても我が国では前例のない被害を受けた。阪神高速道路の被害事例では、鋼製橋脚柱の基部、外縁鋼板の板厚変化点、および開口部(マンホール)周辺において多くの局部座屈が見られた。これらの中には、局部座屈による面外変位と延性亀裂を伴ったものも多く見られた。

矩形断面を有する鋼製橋脚の中には、補剛版全体の局部座屈による面外変位が極度に進展し、断面角部の直線性が失われ、その結果、角部の溶接割れが生じ倒壊に至った橋脚が存在した。また、円形断面を有する鋼製橋脚では、提灯座屈による面外変位が増大して柱断面が破断に至ったものが存在した。

これらの不安定な崩壊を防止する対策としては、(i)局部座屈による面外変位が増大した後に安定な構造を形成させる方法と(ii)局部座屈の発生を抑制するとともに、発生し得る座屈モードを縦補剛材位置が節となる座屈モードになるように断面を構成し、変形性能に優れた構造とする方法に大別される。

阪神公団では、(ii)の観点に立って矩形断面を有する鋼製橋脚の変形性能を定量的に評価するために、次に挙げるパラメータに着目して、平成4年度より、建設省土木研究所・耐震研究室との共同研究を開始した。そして、平成7年度からは、同・橋梁研究室他6者の共同研究として実験的研究を行ってきた。

①補剛板の板パネルの幅厚比パラメータ R_R

②縦補剛材の幅厚比パラメータ R_I

③補剛材剛比 γ/γ^*

④荷重載荷回数

⑤中埋めコンクリートの有無

1.2 実験概要

1.2.1 平成4年度～平成5年度の実験概要

阪神高速道路の既存の鋼製橋脚(昭和55年道示準拠)をプロトタイプにして、これを1/3スケールに忠実に再現した3体の供試体を用いて、④荷重載荷回数(H1:片振り載荷、H2:両振り載荷) ⑤中埋めコンクリートの有無(H3)の影響を載荷実験により調べた。さらに、①補剛板の板パネルの幅厚比パラメータ R_R 、②縦補剛材の幅厚比パラメータ R_I 、および③補剛材剛比 γ/γ^* の各パラメータをそれぞれ $R_R=0.4$ 、 $R_I=0.5$ 、および $\gamma/\gamma^*=5$ に改善し、かつ溶接量を減らしたコンパクト断面の供試体(H4)を用いた実験も実施した。

1.2.2 平成7年度～平成8年度の実験

(1)矩形断面(供試体H5～H8)の場合

兵庫県南部地震以後、平成4年度～5年度の実験成果(供試体H1～H4)を踏まえて、新たに兵庫県南部地震規模の地震力に対する既設鋼製橋脚の耐震補強法、および鋼製橋脚の耐震設計法を確立するため

に以下の点に着目し、4体の大型実験供試体（矩形断面：H5～H8）を設計製作し、正負交番載荷実験を実施した。平成4年度～5年度の実験との比較検討を行うため、実験供試体H5～H8の外形寸法（断面外寸法：800mm×800mm、高さ：6,000mm）、および載荷軸力(131tf)は供試体H1～H4と同様とした。

- | | |
|---------------------------|---|
| ①補剛板の板パネルの幅厚比パラメータ R_R | ($R_R \leq 0.4$) |
| ②縦補剛材の幅厚比パラメータ R_I | ($R_I \leq 0.5$) |
| ③縦補剛材剛比 γ/γ^* | (γ/γ^* :H5、H6、H7:3.0、H8:1.0) |
| ④荷重載荷回数 | (単調:H5、両振り1回:H6、H8、両振り3回:H7) |

ここで（ ）内は供試体設計時の制限値、または設定値である。

①、および②に挙げた幅厚比パラメータは補剛板の構成要素である縦横の補剛材で囲まれた板パネル（4辺単純支持）、および縦補剛材（3辺単純支持、1辺自由）の座屈耐荷力 σ_{cr} の指標である。

ここでは補剛板を構成する板の圧縮応力が降伏点の σ_y に達するまで局部座屈が発生しないようにこれらの幅厚比パラメータ値を設定（制限）し、断面を設計した。

③に挙げた縦補剛材剛比 γ/γ^* は、局部座屈の発生モードを支配するパラメータである。補剛板の縦補剛材剛比 γ/γ^* が1以上の値を満たすとき、発生する座屈モードが縦補剛材をふくむ補剛板全体のモードから、縦補剛材位置を節とする座屈モードになることが、板の弾性座屈理論より明らかにされている。実験的には $\gamma/\gamma^*=3\sim5$ の時、縦補剛材の位置を節とする座屈モードになるとされている。

縦補剛材が節となる座屈モードの場合、局部座屈による面外変位の増大が縦補剛材により制限され、耐荷力の低下の度合いも緩やかとなり、変形性能の向上に効果的であると考えられる。そこで縦補剛材剛比 γ/γ^* と変形性能の関係を実験的に明らかにするため、供試体H8($\gamma/\gamma^*=1.0$)、および供試体H6($\gamma/\gamma^*=3.0$)を設計製作し、他の条件を同様にして正負交番載荷実験を行った。

また基本モデル(H1～H3)の実験結果では、局部座屈発生以降（最大耐力以降）の耐荷力、変形性能は荷重載荷回数の影響が大きく、荷重載荷回数に応じて、局部座屈により生じた面外変位が増大し耐荷力は急激に低下した。こうした④荷重載荷回数の影響について着目した座屈パラメータに対して設定した制限値を満足する供試体に対しても同様であるか、実験的に明らかにするために供試体H5(単調載荷)、供試体H6(両振り1回)、および供試体H7(両振り3回)の実験結果を比較検討する。

(2)円形断面(供試体H9)の場合

兵庫県南部地震により被災した円形断面を有する鋼製橋脚の代表的な被災状況は、提灯座屈（象足座屈）であった。この座屈現象は大地震時にまず、圧縮縁端の外縁鋼板に局部座屈による面外変位が発生し、その後、地震時慣性力が繰り返し載荷され、この面外変位が全周に伝搬して生じるものである。この局部座屈は、断面変化点、および開口部（マンホール）等に発生しており、ほぼ全周にわたって亀裂が生じた橋脚も見られた。

円形断面橋脚の補強方法は矩形断面の場合と同様に、まず局部座屈を抑制すること、そして面外変位

が橋脚断面全周に伝搬するモードを縦補剛材により抑制することが効果的であると考えられる。

そこで、この縦補剛材が、円形断面を有する鋼製橋脚の変形性能に及ぼす影響を実験的に明らかにするため、供試体H9を設計製作し、正負交番載荷実験を行った。なお、供試体H9の荷重条件、構造諸元は、阪神高速道路3号神戸線明治工区において、再構築された鋼製橋脚をプロトタイプとしている。

円形断面を有する鋼製橋脚の座屈パラメータとして径厚比 R/t がある。道示には鋼管の局部座屈を考慮した許容応力度が鋼材と径厚比との関係により規定されている。供試体H9の外縁鋼板の径厚比 R/t は33.3(SM490Y)であり、許容応力度の上限値を使用できる範囲にある。

縦補剛材の幅厚比パラメータ R_t は、矩形断面の場合と同様の値($R_t \leq 0.5$)に設定し、縦補剛材の板厚は、供試体製作上の都合から外縁鋼板と同じ板厚とした。また、縦補剛材の本数は局部座屈による面外変位が断面全周に伝搬することを防ぐため8本とした。

円形断面の場合、圧縮を受ける板要素に曲面が存在し、さらに応力勾配があるため、矩形断面の場合と同様な方法では、補剛板の幅厚比パラメータ R_F 、および板パネルの幅厚比パラメータ R_P を求めることができない。したがって、補剛材剛比 γ/γ^* に相当する座屈パラメータは存在しない。

2. 実験

2.1 実験供試体

表-2.1.1に、平成4年度～5年度の実験供試体の一覧を示し、表-2.1.2には、平成7年度～8年度の実験供試体の一覧を示している。これらの供試体の内訳を次に示す。

①矩形断面

- ・基本供試体（中埋めコンクリートを高さ1520mmまで打設した供試体H3を含む）：3体（H1～H3）
- ・座屈パラメータに制限値を設定し、溶接量を減じたコンパクト断面を有する供試体：1体（H4）
- ・座屈パラメータに制限値を設定した供試体：4体（H5～H8）

②円形断面

- ・縦補剛材を有する円形断面供試体：1体（H9）

これらの供試体の説明を以下に記す。

(1) 基本供試体

基本供試体（H1～H3）の実験は、既存鋼製橋脚の耐荷力特性を把握し、地震時保有水平耐力の照査法確立のための基礎データを得るためのものである。供試体の製作に使用する材質は実橋脚と同じものを使用し、1/3スケールで、できるだけ忠実に対象橋脚の詳細部も再現するようにした。供試体の細長比パラメータ λ は載荷装置との取り扱い関係から、実橋脚と比較して大きくなっている。基本供試体は3体製作し、鋼断面は全て同じである。

①供試体H1

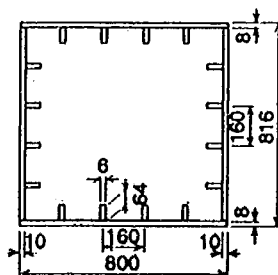
供試体H1は、鋼部材のみで構成されている。荷重載荷方法は変位制御とし、片振り載荷である。この実験の目的は後の実験、および解析の基本データの収集にある。

②供試体H2

供試体H2は供試体H1と同様寸法の供試体であるが、その載荷方法は両振り載荷（3回）である。その目的は地震荷重を想定した繰り返し載荷を行うことにより、既往の研究成果と同様に地震時の鋼製橋脚の挙動を実験的に把握することにある。

③供試体H3

供試体H3は中埋めコンクリートが供試体下端から1,520mmの高さまで充填されている。荷重載荷方法は供試体H2と同様に両振り載荷（3回）である。これは、通常の鋼製橋脚の基部に車両衝突対策として打設されているコンクリートが、鋼製橋脚の変形性能に及ぼす影響を明らかにすることを目的としている。



基本供試体断面 (供試体H1～H3)

(2) コンパクト断面を有する供試体 (H4, S29)

基本供試体H1～H3の崩壊モードは、全て供試体基部、または中埋めコンクリートより上の補剛板の局部座屈により崩壊した。供試体H4は、式(2.1.1)～(2.1.3)に示す座屈パラメータに関する制限値を満足している。また、供試体H4は、溶接量を減じるために縦補剛材をフランジ、およびウェブの縦補剛材を1本としたコンパクト断面を有する実験供試体である。荷重載荷方法は両振り載荷(10回)とし、中埋めコンクリートは打設していない。

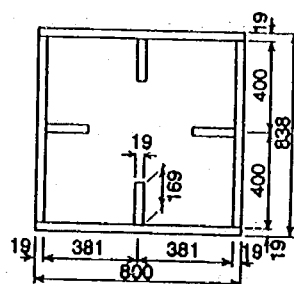
供試体S29は建設省土木研究所・耐震研究室の実験供試体である。この供試体の幅厚比パラメータ R_R と R_I は供試体H4と同様の制限値を満足しているが、フランジ、およびウェブの縦補剛材本数を3本としており、縦補剛材の剛比 γ/γ^* は4.11である。

$$\text{板パネルの幅厚比パラメータ} : R_R \leq 0.4 \quad (0.37) \quad (2.1.1)$$

$$\text{縦補剛材の幅厚比パラメータ} : R_I \leq 0.5 \quad (0.48) \quad (2.1.2)$$

$$\text{縦補剛材の補剛材剛比} : \gamma/\gamma^* \geq 5.0 \quad (5.03) \quad (2.1.3)$$

ここで、()内の数値は、供試体H4の設定値である。



コンパクト断面を有する供試体断面(供試体H4、S29)

(3) 座屈パラメータに制限値を設定した供試体 (H5～H8)

供試体H5～H8は、兵庫県南部地震規模の地震に対する既設鋼製橋脚の耐震補強法、および鋼製橋脚の耐震設計法を確立することを目的としている。これらの供試体は全て、局部座屈を抑制し、変形性能を向上させるために、式(2.1.1)、および式(2.1.2)の制限値を満足している。これらの供試体の外形寸法(断面外形寸法: 800×800、高さ: 6,000mm)、および載荷軸力(131tf)は基本供試体と同様である。これは基本供試体の実験結果との比較検討を行うためである。なお、供試体H5～H8には中埋めコンクリートは打設されていない。

① 供試体H5

供試体H5は、補剛板の局部座屈を抑制し、変形性能するために、次に挙げる座屈パラメータの値を有する供試体であり、荷重載荷方法は単調載荷としている。

$$1) \text{板パネルの幅厚比パラメータ} : R_R = 0.39$$

$$2) \text{縦補剛材の幅厚比パラメータ} : R_I = 0.50$$

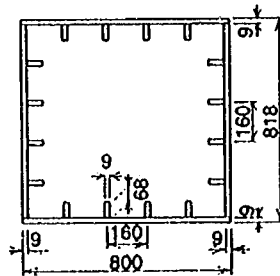
3) 縦補剛材の補剛材剛比 : $\gamma/\gamma^*=3.04$

②供試体H6、および供試体H7

供試体H6、および供試体H7は、供試体H5と同様の断面諸元を有するが、荷重載荷方法が異なる。供試体H6は両振り(1回)載荷であり、供試体H7は両振り(3回)である。これは荷重載荷方法が鋼製橋脚の変形性能に及ぼす影響を実験的に明らかにするためである。

③供試体H8

供試体H8の断面構成は、供試体H5～H7と同様であるが、縦補剛材剛比 γ/γ^* は、ダイヤフラム間を640mmとすることにより、 $\gamma/\gamma^*=1.0$ としている。荷重載荷方法は両振り(1回載荷)である。これは、縦補剛材剛比 γ/γ^* が鋼製橋脚の変形性能に及ぼす影響を実験的に明らかにするためである。

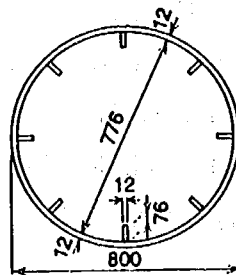


座屈パラメータに制限値を設定した供試体断面(H5～H8)

図-2.1.1～図-2.1.5は実験供試体の詳細図である。また表-2.1.3には降伏点 σ_w (実測値)を元にして再計算した各実験供試体の座屈パラメータの一覧を示している。表中の降伏点 σ_w は使用した鋼材の平均値である。

(4) 円形断面供試体(H9)

供試体H9は円形断面を有し、局部座屈を抑制するとともに、座屈による面外変位が供試体全周に伝搬することを抑制するために縦補剛材8本を内側に設置したものである。この実験における荷重条件、および構造諸元は阪神高速道路3号神戸線明治工区において、再構築された橋脚をプロトタイプとしている。供試体H9には中埋めコンクリートは打設されていない。



円形断面供試体断面(H9)

2.2 計測項目と計測位置

図-2.2.1～図-2.2.11にH1～H9に設置した変位計、およびひずみゲージの配置を示す。

2.3 載荷装置

載荷実験は、建設省土木研究所・部材耐震実験棟において行った。図-2.3.1に、実験ピット配置図を示し、表-2.3.1には実験に使用した載荷装置の能力の一覧表を示す。また、写真-2.3.1には供試体の据え付け状況を示している。

荷重載荷方法は、軸力を載荷しながら変位制御である。図-2.3.2には、載荷変位のパターンを示している。

2.4 材料試験結果

表-2.4.1には、供試体II5～II9の製作に用いた鋼材の材料試験結果を示している。なお、平成5年度の実験供試体II1～II4の材料試験結果は残存していない。

3. 実験結果

3.1 結果一覧表

表-3.1.1に実験結果の一覧を示している。表中の降伏水平変位 δ_m 、および降伏水平力 H_m は軸力による軸圧縮応力 σ_c を考慮している。

荷重載荷位置における変位計による観測値には基部架台の変形による誤差が含まれているため、基部のベースブロックに設置した変位計の観測値から基部架台の変形（回転、水平変位）を取り除いた（一次補正、図-3.1.1）。しかしながら、一次補正した後においても、降伏時近傍での、片持ち梁モデルとみなした水平変位の計算値 δ_{yc} と実験値 δ_{yeml} の間には、10%～20%の差が存在した（図-3.1.3(b)参照）。そこで、これらを近似するために、降伏水平荷重 H_y 点近傍の実験値（一次補正值）から、計算値との差 Δ_{oy} を求め、これが各載荷ステップにおいて、水平荷重に比例すると仮定し、各ステップの観測値からさし引くことにより、最終的な補正を行った。すなわち、式(3.1.1)により、各荷重ステップにおける差を求め、一次補正した水平変位 $\delta_{yeml}(x)$ から $\Delta_{oy}(x)$ を減じて、各荷重ステップにおける最終補正值 $\delta_{ye}(x)$ とした（表-3.1.1, 図-3.1.3(a), 表-3.1.2参照）。

最高耐荷力時の水平変位 δ_u は、供試体H4～H9の側面の鉛直方向の変位より求めた平均曲率（図-3.1.2）から得られる水平変位 $\delta_{u,d1}$ （表-3.1.1参照）と比べても、その差は、ほぼ10%以内であり、今回の補正方法は概ね妥当なものと判断した。

ただし、コンクリートが基部に部分充填された供試体H3については充填部の降伏水平力と水平変位との関係が不明であるため、この補正方法は適用できない。よって供試体H3の補正水平変位については、一次補正值を採用して実験結果を評価した。なお、降伏点は供試体H1、H2と同じ値を用いた。

$$\left. \begin{aligned} \Delta_{oy} &= \delta_{yc} - \delta_{yeml} \\ \Delta_{oy}(x) &= H(x) / H_y \cdot \Delta_{oy} \\ \delta_{ye}(x) &= \delta_{yeml}(x) - \Delta_{oy}(x) \end{aligned} \right\} \text{----- (3.1.1)}$$

3.2 水平荷重－水平変位

図-3.2.1～3.2.2に荷重と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。

3.3 ダイヤフラム間の橋脚軸方向変位

図-3.3.1～図-3.3.10、および表-3.3.1～表-3.3.10には、供試体H5～H9の側面に設置した変位計（図-2.2.3～図-2.2.5参照）から得られた荷重最大時のダイヤフラム間の橋脚軸方向変位の分布を示している。

3.4 エネルギー吸収量

図-3.4.1～図-3.4.9に水平荷重最大時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の関係を示す。エネルギー吸収量は次ぎのとおり算出した。

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.

4.10(a)(b)の斜線部分のようになる。これを図-3.4.10(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 は次式によって求められる。

$$\Delta W = \frac{1}{2} \left(\sum_{i=1}^{n-1} (h_{i+1} + h_i) \cdot (d_{i+1} - d_i) \right) + \frac{1}{2} \left((h_1 + h_s) \cdot (d_1 - d_s) + (h_e + h_n) \cdot (d_e - d_n) \right) \quad \text{----- (3.4.1)}$$

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-3.4.10(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。

3.5 等価減衰定数

図-3.5.1～図-3.5.4に最大荷重時における平均水平変位と等価減衰定数の関係を示す。

ここで、等価減衰定数 h_e は次式で与えられる。

$$h_e = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{\Delta W}{W} \quad \text{----- (3.5.1)}$$

ここに、 W は図-3.5.5に示される三角形OACと三角形OBDの面積の和で表せ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-3.5.5におけるA点と点Bを結んだ直線の勾配は等価剛性にあたる。

3.6 ひずみ分布

図-3.6.1～図-3.6.16、および表-3.6.1～表-3.6.16に最大荷重時における供試体高さ方向のひずみ分布を示す。最大荷重時におけるひずみとは、水平荷重が H_u に到達した時に計測したひずみの値である。

また、図-3.6.17～図-3.6.80に計測断面内のひずみ分布を示している。

3.7 最終崩壊状況

図-3.7.1～図-3.7.8に最終崩壊状況を示す。

4. 考 察^{7), 8), 9)}

4.1 基本モデル(供試体H1、H2、およびH3)の荷重変位曲線

図-4.1.1に供試体H1(片振り載荷)、H2(繰り返し載荷)および供試体H3(コンクリート充填断面)の実験結果を比較して示す。最高荷重点 H_u 以降の耐荷力の低下は基部の補剛板の局部座屈に起因している。最高荷重点に達するまでの両者の挙動に大きな差異は小さい。しかし、最高荷重点以降の耐荷力の低下状況は、供試体H1に比べ急激であり、最高荷重点以降の耐荷力の低下に荷重載荷方法の影響が大きいことがわかる。

供試体H2(鋼単独断面)とH3(コンクリート充填断面)の実験結果を比較した場合、供試体H3の最高荷重点における水平荷重 H_u 、および水平変位 δ_u ともに供試体H2と比較してそれぞれ大きい。また、供試体H3の最高荷重点以降の耐荷力の低下度合いもH2に比較して緩やかである。これは、供試体H3の中に打設された中埋コンクリートが耐荷力と変形性能の向上に効果的であることを示している。

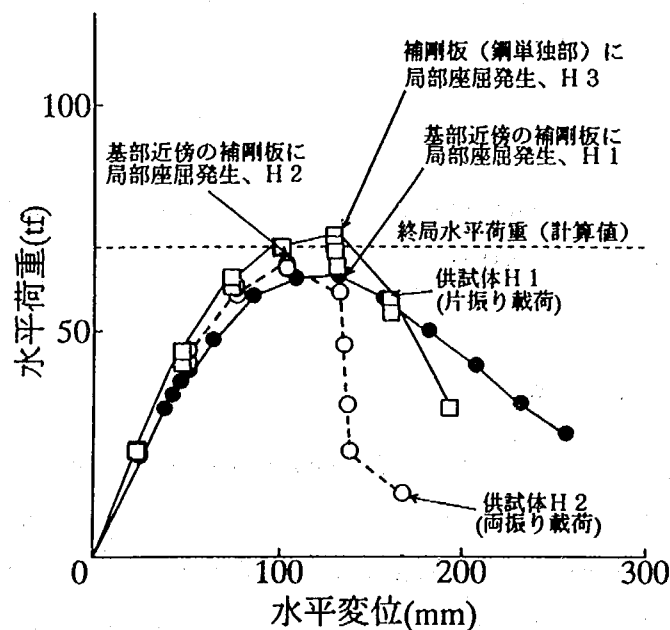


図-4.1.1 基本モデルの荷重変位曲線(供試体H1、H2、およびH3)

4.2 供試体H4の脆性破断

図-4.2.1に供試体H4の実験結果を示す。実験は降伏荷重以降も10回づつ繰り返し載荷を行ったが、 $\delta = 80$ mmの載荷サイクル中に基部のウェブとベースプレートとの溶接部に微小なクラックが発見され、 $\delta = 120$ mmの載荷サイクル中に、このクラックが進展したため、その後は荷重載荷回数を1回とした。図中の実線は荷重変位曲線の最終経路を示している。供試体H4は最高荷重($H_u = 102.4$ tf)に達したのち、次の載荷サイクル途中において引張り応力状態にあるフランジが突然、破断した。このとき、圧縮側フランジ、および引張りフランジともに塑性化し、ひずみ硬化領域に達している。

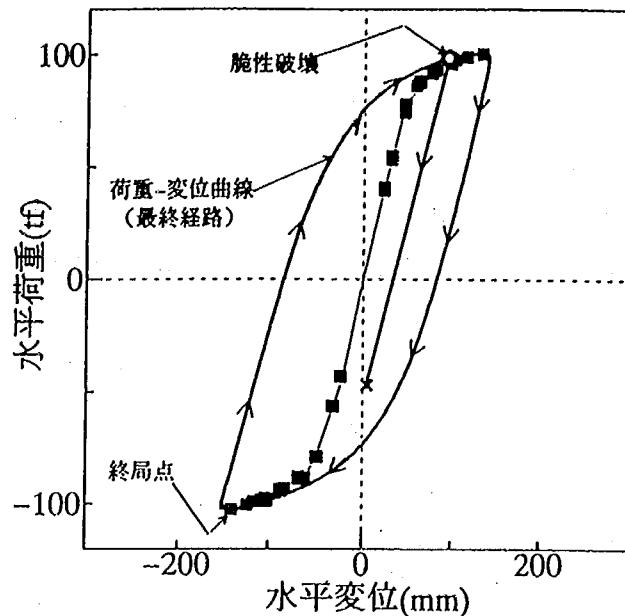


図-4.2.1 供試体H4の荷重変位曲線（脆性破断）

4.3 改良モデル（矩形断面モデル、H5～H8）

(1) 荷重変位曲線における縦補剛材剛比 γ/γ^* の影響

図-4.3.1に供試体H2 ($\gamma/\gamma^*=0.54$)、H6 ($\gamma/\gamma^*=3.0$)、およびH8 ($\gamma/\gamma^*=1.0$)の実験結果を比較して示す。最高耐荷力点H₀以降の耐荷力の低下は、いずれの供試体も基部の補剛板の局部座屈に起因している。最高耐荷力点に着目した場合、供試体H6、H8が、供試体H2と比較して、水平荷重H₀、水平変位 δ_0 ともに大きく、最高耐荷力点以降の耐荷力の低下状況も供試体H2と比較して緩やかである。

補剛板の崩壊過程は、供試体H2の場合は、基部のフランジ全面に、ウェブ位置を支点とする面外変位が観察され、この変位が荷重載荷回数に応じて増大し、ウェブの縁端が座屈した時に耐荷力が急激に低下した。発生した座屈モードは補剛板全体が座屈するものであった。

これに対して供試体H6では、まず縦補剛材間の板パネルに縦補剛材の位置を節とする微小な面外変位が観察されたが、耐荷力の低下は発生しなかった。その後、この面外変位が増大し、断面の角部にある補剛材間の板パネルの顕著な座屈により耐荷力は低下した。発生した座屈のモードは最終崩壊に至るまで、ほぼ縦補剛材位置を節とする形態を維持していた。また、供試体H8は、最高耐荷力点において、縦補剛材間の板パネルに微小な面外変位が発生し、この面外変位が補剛板全体に進展して耐荷力が低下した。最終的な崩壊モードは供試体H2と同様に補剛板全体が座屈する崩壊モードであった。

これらのことは、設定した設計パラメータに対する制限が、薄肉補剛断面を有する鋼製橋脚の耐荷力と変形性能の向上に効果的であることを示している。特に、補剛材の剛比(γ/γ^*)の値を3にすることにより、座屈モードが補剛板全体座屈モードから縦補剛材間の板パネルの座屈モードになる。この結果、薄肉補剛断面全体の形状保持能力が増し、耐荷力と変形性能が向上するものと考えられる。

(2) 荷重変位曲線における荷重載荷回数の影響

図-4.3.2に供試体H5(単調載荷)、H6(繰返し載荷、1回)、およびH7(繰返し載荷、3回)の荷重変位曲線を示す。

供試体H5の場合、最高耐荷力点(H_u)は、供試体H6、およびH7と比較して最も低い。これは、供試体H6、およびH7が塑性領域において繰り返し载荷されることにより、使用した鋼材(SM490Y)が繰り返し硬化し、鋼材強度が増加するためと考えられる。

また、供試体H5の最高荷重点以降の耐荷力の低下は供試体H6、およびH7と比較して緩やかである。さらに、供試体H7の耐荷力の低下は、供試体H6と比較して早期に発生しているが、耐荷力の劣化勾配はほぼ同様である。

これは、繰り返し载荷の場合、最高荷重点付近で発生する縦補剛材間の微小な局部座屈による面外変位が、荷重载荷回数に応じて増大するためと考えられる。

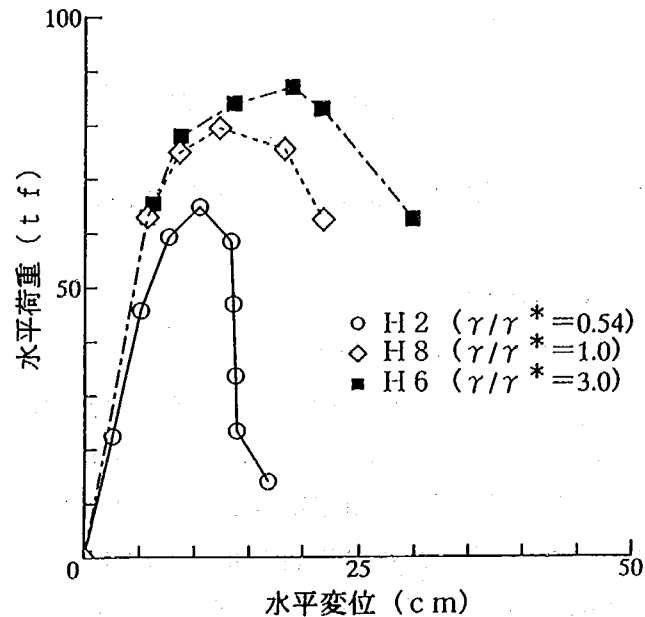


図-4.3.1 縦補剛材剛比 γ/γ^* の変形性能に対する影響

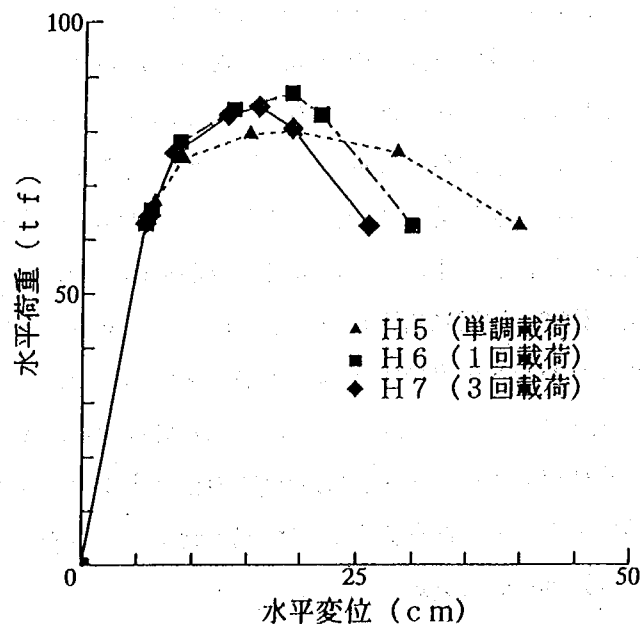


図-4.3.2 荷重载荷方法の変形性能に対する影響

4.4 供試体H9（円形モデル）

この供試体は、阪神大震災により被災した鋼製橋脚の再構築に採用された橋脚の断面構成を忠実に縮尺1/3で再現したものである。対象とした橋脚の損傷状況は、断面変化点における、鋼管全周にわたる象足座屈であった。この載荷実験の主な着目点は、円形断面の径厚比、軸力比 σ_c/σ_r 、および縦補剛材が変形性能に及ぼす影響の実験的確認である。

図-4.4.1に供試体H9の荷重変位曲線を示す。耐荷力の低下は、矩形断面と同様に、基部の局部座屈により発生した。しかし、その座屈モードは、縦補剛材位置を節とするものであり、耐荷力の低下の状況は非常に緩やかであった。

これは鋼管の内側に設置した縦補剛材が、断面の形状保持に効果的であったことを示している。また、軸力比 σ_c/σ_r が、他の供試体に比較して低いことも一因であると考えられる。

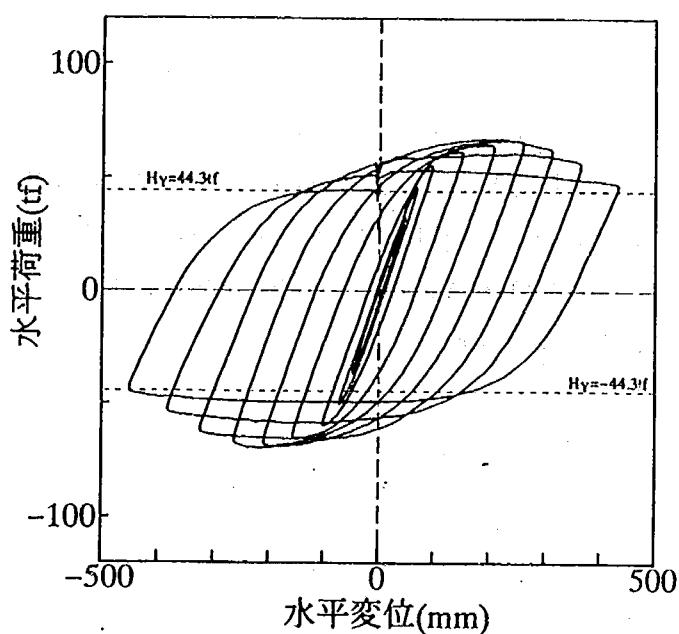


図-4.4.1 荷重変位曲線（供試体H9）

【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）、（平成7年6月）
- 2) 日本道路協会：「道路橋示方書・同解説：V. 耐震設計編、1996年12月
- 3) 阪神高速道路公団：鋼製橋脚の地震時保有水平耐力に関する調査研究業務報告書（その2）・概要報告書、1994年3月
- 4) 阪神高速道路公団：設計基準、第2部、構造物設計基準（橋梁編）、第2編鋼構造、pp. 2-91～2-94、1994年5月
- 5) 阪神高速道路公団：鋼製橋脚の再構築設計要領（素案）、1995年5月
- 6) 阪神高速道路公団：既設鋼製橋脚の耐震補強設計要領（素案）、1997年3月
- 7) 北沢正彦、堀江佳平、西岡敬治：阪神高速道路における鋼製橋脚の耐震設計、土木学会、鋼製橋脚の非線形数値解析と耐震設計に関する論文集、pp. 17～22、1997年5月
- 8) 南 淳、堀江佳平、陵城成樹、井元 泉：鋼製橋脚の変形性能に関する実験的研究、土木学会、鋼製橋脚の非線形数値解析と耐震設計に関する論文集、pp. 189～196、1997年5月
- 9) A. Nanjo, Y. Horie, S. Okashiro, I. Imoto : EXPERIMENTAL STUDY ON THE DUCTILITY OF STEEL BRIDGE PIERS, PROCEEDINGS OF 5TH INTERNATIONAL COLLOQUIUM ON STABILITY AND DUCTILITY OF STEEL STRUCTURES, Vol1, pp. 229～pp. 236, JULY 1997

鋼製橋脚の耐震設計法に関する研究会の委員名簿

〔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 喙士	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

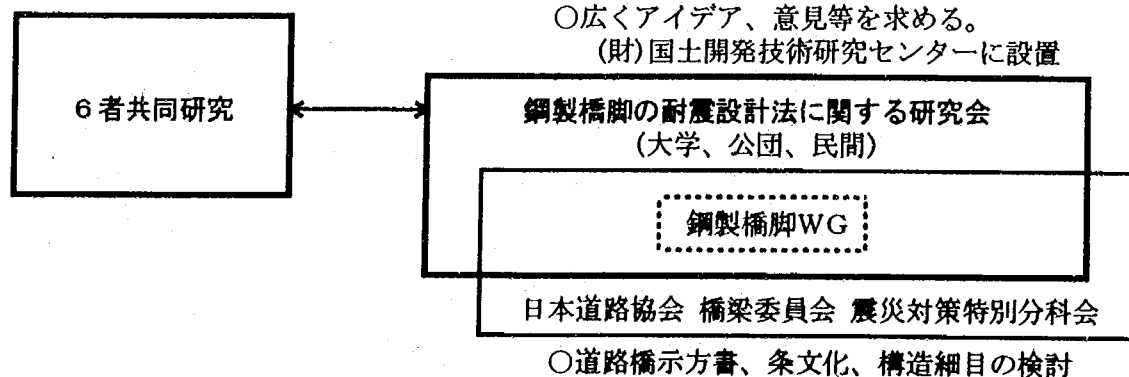


圖 表

表-2.1.1 平成4年度～5年度 実験結果概要

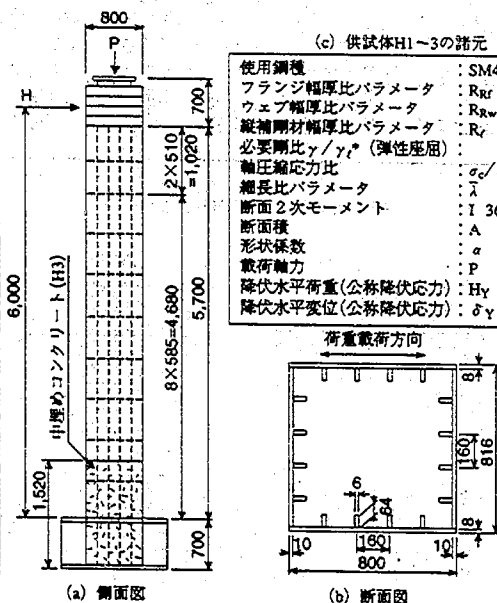
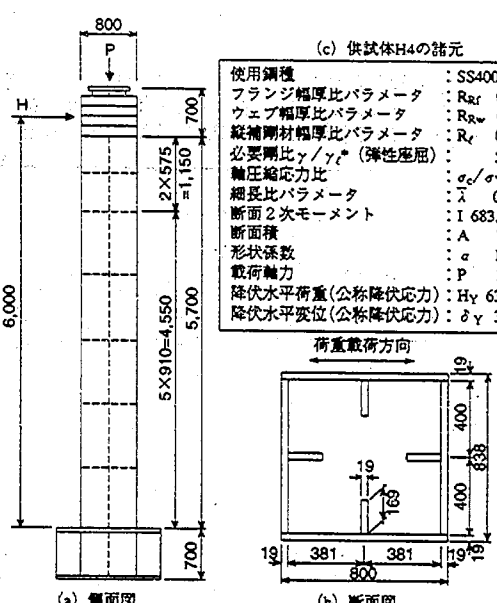
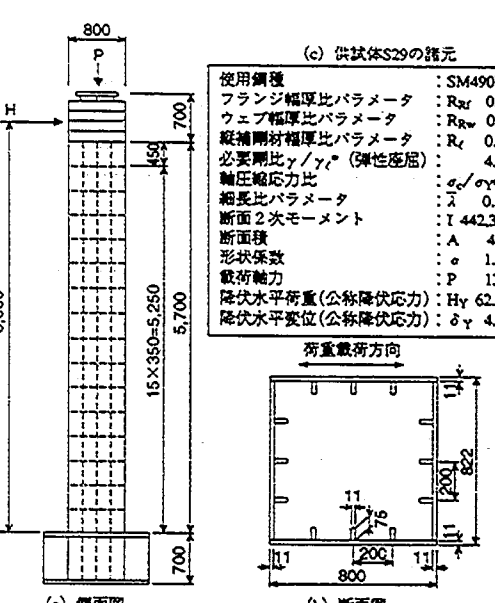
位置づけ	既存の鋼製橋脚 (NP41) の大地震時の基本モデル			鋼製橋脚の改良モデル	鋼製橋脚の改良モデル (土木研究所)
供試体NO.	H 1	H 2	H 3	H 4	S 2 9
荷重載荷方法	片振り載荷	繰り返し載荷 (両振り載荷) 3 回ループ	繰り返し載荷 (両振り載荷) 3 回ループ	繰り返し載荷 (両振り載荷) 10 回ループ	繰り返し載荷 (両振り載荷) 3 回ループ
実験供試体	(c) 供試体H1～3の諸元 使用鋼種 : SM490Y フランジ幅厚比パラメータ : R_{Rf} 0.35 ウェブ幅厚比パラメータ : R_{Rw} 0.44 縦補剛材幅厚比パラメータ : R_f 0.71 必要剛比 γ/γ_p^* (弾性座屈) : 0.56 軸圧縮応力比 : $\sigma_c/\sigma_y = 0.104$ 細長比パラメータ : λ 0.49 断面 2 次モーメント : I 367,228cm⁴ 断面積 : A 349cm² 形状係数 : α 1.15 載荷軸力 : P 131tf 降伏水平荷重 (公称降伏応力) : H_y 49.35tf 降伏水平変位 (公称降伏応力) : δ_y 4.61cm  (a) 側面図 (b) 断面図 供試体 H1, H2, および H3 (寸法: mm)			(c) 供試体H4の諸元 使用鋼種 : SS400 フランジ幅厚比パラメータ : R_{Rf} 0.37 ウェブ幅厚比パラメータ : R_{Rw} 0.37 縦補剛材幅厚比パラメータ : R_f 0.48 必要剛比 γ/γ_p^* (弾性座屈) : 5.03 軸圧縮応力比 : $\sigma_c/\sigma_y = 0.07$ 細長比パラメータ : λ 0.57 断面 2 次モーメント : I 683,800cm⁴ 断面積 : A 736cm² 形状係数 : α 1.16 載荷軸力 : P 131tf 降伏水平荷重 (公称降伏応力) : H_y 63.31tf 降伏水平変位 (公称降伏応力) : δ_y 3.17cm  (a) 側面図 (b) 断面図 供試体 H4 (寸法: mm)	(c) 供試体S29の諸元 使用鋼種 : SM490Y フランジ幅厚比パラメータ : R_{Rf} 0.40 ウェブ幅厚比パラメータ : R_{Rw} 0.40 縦補剛材幅厚比パラメータ : R_f 0.45 必要剛比 γ/γ_p^* (弾性座屈) : 4.11 軸圧縮応力比 : $\sigma_c/\sigma_y = 0.08$ 細長比パラメータ : λ 0.53 断面 2 次モーメント : I 442,389cm⁴ 断面積 : A 451cm² 形状係数 : α 1.16 載荷軸力 : P 131tf 降伏水平荷重 (公称降伏応力) : H_y 62.19tf 降伏水平変位 (公称降伏応力) : δ_y 4.82cm  (a) 側面図 (b) 断面図 供試体 S29 (寸法: mm)
目 的	①対象鋼製橋脚は阪神高速道路のNP41 (T型単柱式) である。 ②鋼製橋脚の基本変形性能および崩壊モードの実験的確認を目的とする。 ③主な着眼点は、変形性能に及ぼす荷重載荷方法、中埋めコンクリートの影響である。			①基本モデルの実験結果および既往の研究成果 (座屈設計ガイドライン等) に基づいて、補剛板パネルの塑性座屈を抑制する方法として、以下の寸法制限値の設定を行い、その効果の確認を目的とする。 1) 補剛材間の板パネルの幅厚比パラメータ、 $R_p \leq 0.4$ 2) 縦補剛材剛比、 $\gamma/\gamma_p^* \geq 5.0$ 3) 縦補剛材の幅厚比パラメータ、 $R_f \leq 0.5$	①H 4 と同様の思想で、寸法制限値の設定を行った。 ②既往の実験結果 (S 2 3) との比較を行うため、補剛材剛比、 γ/γ_p^* は、4.1 に設定した (他は、H 4 と同様である)。 ③H 4 の結果から、崩壊モードを基部の補剛板パネルの塑性座屈にするため載荷回数 を 3 回 に設定した。
実験結果の概要	①鋼製橋脚の耐力低下は、外縁の補剛板パネルの塑性領域における局部座屈に起因して発生する。 ②最大耐力点に達するまでは、荷重載荷方法の影響は小さい。 ③最大耐力点以降の H 1 の耐力の低下は、H 2 に比べ緩やかである。 ④中埋めコンクリートは基部の補剛板パネルの塑性座屈の発生を抑制し、耐力および変形性能の向上に有効である。			①設定した寸法制限値は変形性能の向上に有効である。 ②H 4 の崩壊モードは基部コーナ部部の疲労クラックに起因する脆性破壊であった。 ③疲労クラックについては、別途、局部モデルによる実験を実施し、限界ひずみ振幅の設定を行った。 ④実際の地震時の動的挙動と載荷方法の関係を明確にする必要がある。 ⑤軸力比の変形性能に及ぼす影響が大きい。	①設定した寸法制限値は変形性能の向上に有効である。 ②H 2 9 の崩壊モードは基部補剛板パネルの補剛材間の局部座屈 (塑性座屈) であった。

表-2.1.2 平成7年度 実験供試体

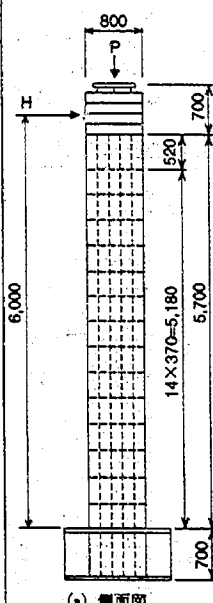
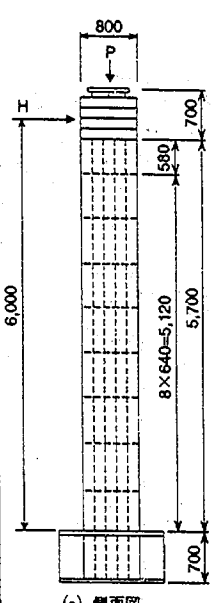
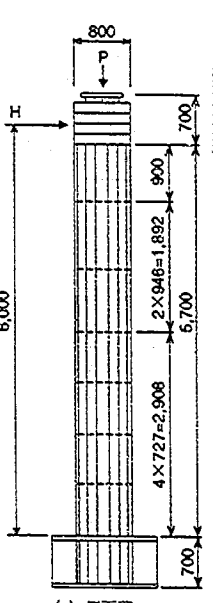
位置づけ	復旧仕様確認			阪神公団設計基準確認	明治工区復旧のための確認実験																																																																														
供試体NO.	H 5	H 6	H 7	H 8	H 9																																																																														
荷重載荷方法	単調載荷	繰り返し載荷 (両振り載荷) 1 回ループ	繰り返し載荷 (両振り載荷) 3 回ループ	繰り返し載荷 (両振り載荷) 1 回ループ	繰り返し載荷 (両振り載荷) 1 回ループ																																																																														
実験供試体	 (c) 供試体H5～H7の諸元 <table><tr><td>使用鋼種</td><td>SM490Y</td></tr><tr><td>フランジ幅厚比パラメータ</td><td>R_{Rf} 0.39</td></tr><tr><td>ウェブ幅厚比パラメータ</td><td>R_{Rw} 0.39</td></tr><tr><td>縦補剛材幅厚比パラメータ</td><td>R_r 0.50</td></tr><tr><td>必要剛比γ/γ_p (弾性座屈)</td><td>3.04</td></tr><tr><td>軸圧縮応力比</td><td>$\sigma_c/\sigma_y=0.094$</td></tr><tr><td>細長比パラメータ</td><td>λ 0.53</td></tr><tr><td>断面2次モーメント</td><td>I 380.313cm⁴</td></tr><tr><td>断面積</td><td>A 386cm²</td></tr><tr><td>形状係数</td><td>α 1.19</td></tr><tr><td>載荷軸力</td><td>P 131tf</td></tr><tr><td>降伏水平荷重(公称降伏応力)</td><td>H_y 51.67tf</td></tr><tr><td>降伏水平変位(公称降伏応力)</td><td>δ_y 4.66cm</td></tr></table> 荷重載荷方向 (a) 側面図 (b) 断面図 供試体H5, H6, H7 (寸法: mm)			使用鋼種	SM490Y	フランジ幅厚比パラメータ	R_{Rf} 0.39	ウェブ幅厚比パラメータ	R_{Rw} 0.39	縦補剛材幅厚比パラメータ	R_r 0.50	必要剛比 γ/γ_p (弾性座屈)	3.04	軸圧縮応力比	$\sigma_c/\sigma_y=0.094$	細長比パラメータ	λ 0.53	断面2次モーメント	I 380.313cm ⁴	断面積	A 386cm ²	形状係数	α 1.19	載荷軸力	P 131tf	降伏水平荷重(公称降伏応力)	H_y 51.67tf	降伏水平変位(公称降伏応力)	δ_y 4.66cm	 (c) 供試体H8の諸元 <table><tr><td>使用鋼種</td><td>SM490Y</td></tr><tr><td>フランジ幅厚比パラメータ</td><td>R_{Rf} 0.39</td></tr><tr><td>ウェブ幅厚比パラメータ</td><td>R_{Rw} 0.39</td></tr><tr><td>縦補剛材幅厚比パラメータ</td><td>R_r 0.50</td></tr><tr><td>必要剛比γ/γ_p (弾性座屈)</td><td>1.00</td></tr><tr><td>軸圧縮応力比</td><td>$\sigma_c/\sigma_y=0.094$</td></tr><tr><td>細長比パラメータ</td><td>λ 0.53</td></tr><tr><td>断面2次モーメント</td><td>I 380.313cm⁴</td></tr><tr><td>断面積</td><td>A 386cm²</td></tr><tr><td>形状係数</td><td>α 1.19</td></tr><tr><td>載荷軸力</td><td>P 131tf</td></tr><tr><td>降伏水平荷重(公称降伏応力)</td><td>H_y 51.67tf</td></tr><tr><td>降伏水平変位(公称降伏応力)</td><td>δ_y 4.66cm</td></tr></table> 荷重載荷方向 (a) 側面図 (b) 断面図 供試体H8 (寸法: mm)			使用鋼種	SM490Y	フランジ幅厚比パラメータ	R_{Rf} 0.39	ウェブ幅厚比パラメータ	R_{Rw} 0.39	縦補剛材幅厚比パラメータ	R_r 0.50	必要剛比 γ/γ_p (弾性座屈)	1.00	軸圧縮応力比	$\sigma_c/\sigma_y=0.094$	細長比パラメータ	λ 0.53	断面2次モーメント	I 380.313cm ⁴	断面積	A 386cm ²	形状係数	α 1.19	載荷軸力	P 131tf	降伏水平荷重(公称降伏応力)	H_y 51.67tf	降伏水平変位(公称降伏応力)	δ_y 4.66cm	 (c) 供試体H9の諸元 <table><tr><td>使用鋼種</td><td>SM490Y</td></tr><tr><td>径厚比 (外鋼板)</td><td>$R/t = 33.3$</td></tr><tr><td>径厚比 (縦補剛材考慮)</td><td>$R/t_o = 27.6$</td></tr><tr><td>縦補剛材幅厚比パラメータ</td><td>R_r 0.42</td></tr><tr><td>軸圧縮応力比</td><td>$\sigma_c/\sigma_y=0.057$</td></tr><tr><td>細長比パラメータ</td><td>λ 0.58</td></tr><tr><td>断面2次モーメント</td><td>I 275.500cm⁴</td></tr><tr><td>断面積</td><td>A 370cm²</td></tr><tr><td>形状係数</td><td>α 1.27</td></tr><tr><td>載荷軸力</td><td>P 76tf</td></tr><tr><td>降伏水平荷重(公称降伏応力)</td><td>H_y 38.97tf</td></tr><tr><td>降伏水平変位(公称降伏応力)</td><td>δ_y 4.85cm</td></tr></table> 荷重載荷方向 (a) 側面図 (b) 断面図 供試体H9 (寸法: mm)	使用鋼種	SM490Y	径厚比 (外鋼板)	$R/t = 33.3$	径厚比 (縦補剛材考慮)	$R/t_o = 27.6$	縦補剛材幅厚比パラメータ	R_r 0.42	軸圧縮応力比	$\sigma_c/\sigma_y=0.057$	細長比パラメータ	λ 0.58	断面2次モーメント	I 275.500cm ⁴	断面積	A 370cm ²	形状係数	α 1.27	載荷軸力	P 76tf	降伏水平荷重(公称降伏応力)	H_y 38.97tf	降伏水平変位(公称降伏応力)	δ_y 4.85cm
	使用鋼種	SM490Y																																																																																	
フランジ幅厚比パラメータ	R_{Rf} 0.39																																																																																		
ウェブ幅厚比パラメータ	R_{Rw} 0.39																																																																																		
縦補剛材幅厚比パラメータ	R_r 0.50																																																																																		
必要剛比 γ/γ_p (弾性座屈)	3.04																																																																																		
軸圧縮応力比	$\sigma_c/\sigma_y=0.094$																																																																																		
細長比パラメータ	λ 0.53																																																																																		
断面2次モーメント	I 380.313cm ⁴																																																																																		
断面積	A 386cm ²																																																																																		
形状係数	α 1.19																																																																																		
載荷軸力	P 131tf																																																																																		
降伏水平荷重(公称降伏応力)	H_y 51.67tf																																																																																		
降伏水平変位(公称降伏応力)	δ_y 4.66cm																																																																																		
使用鋼種	SM490Y																																																																																		
フランジ幅厚比パラメータ	R_{Rf} 0.39																																																																																		
ウェブ幅厚比パラメータ	R_{Rw} 0.39																																																																																		
縦補剛材幅厚比パラメータ	R_r 0.50																																																																																		
必要剛比 γ/γ_p (弾性座屈)	1.00																																																																																		
軸圧縮応力比	$\sigma_c/\sigma_y=0.094$																																																																																		
細長比パラメータ	λ 0.53																																																																																		
断面2次モーメント	I 380.313cm ⁴																																																																																		
断面積	A 386cm ²																																																																																		
形状係数	α 1.19																																																																																		
載荷軸力	P 131tf																																																																																		
降伏水平荷重(公称降伏応力)	H_y 51.67tf																																																																																		
降伏水平変位(公称降伏応力)	δ_y 4.66cm																																																																																		
使用鋼種	SM490Y																																																																																		
径厚比 (外鋼板)	$R/t = 33.3$																																																																																		
径厚比 (縦補剛材考慮)	$R/t_o = 27.6$																																																																																		
縦補剛材幅厚比パラメータ	R_r 0.42																																																																																		
軸圧縮応力比	$\sigma_c/\sigma_y=0.057$																																																																																		
細長比パラメータ	λ 0.58																																																																																		
断面2次モーメント	I 275.500cm ⁴																																																																																		
断面積	A 370cm ²																																																																																		
形状係数	α 1.27																																																																																		
載荷軸力	P 76tf																																																																																		
降伏水平荷重(公称降伏応力)	H_y 38.97tf																																																																																		
降伏水平変位(公称降伏応力)	δ_y 4.85cm																																																																																		
目的	① H 1～H 4 および S 2 9 の実験結果をもとに寸法制限モデルの最適設定を行うものである。 ② H 5～H 7 の供試体は、阪神高速道路公団の復旧要領に基づいて断面の構成を行ったものである。 ③ 寸法制限値の最大耐力点以降の領域 (劣化領域) での有効性を実験的に確認することを目的とする。 ④ H 5 は、H 6～H 7 の基本モデルに位置づけられるものである。 ⑤ H 6 は、劣化領域における挙動を H 5 と比較検討し荷重載荷方法の影響を実験的に明らかにする事を目的とする。 ⑥ H 7 は既往の実験結果 (H 1～H 4、S 2 9) との比較検討を行う事を目的とする。 ⑦ 動的解析における P-δ 曲線の実験的設定を行う。			① 平成 6 年阪神公団設計基準の確認実験であり寸法制限モデル (H 4～H 7、S 2 9) の基準モデルである。 ② 補剛材剛比の最適値の実験的設定を目的とする。	① 明治工区復旧のための確認実験。 ② 円形断面の最大耐力時の曲率 (ひずみ) 分布を実験的に明らかにする。 ③ 着目した設計パラメータは、径厚比および縦補剛材の幅厚比パラメータである。 ④ 局部座屈発生後の座屈モードに及ぼす、縦補剛材の効果の確認を目的とする。																																																																														

表-2.1.3 座屈パラメータ

Model	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9
σ_y (kg/cm ²)	4070	4070	4070	2876	4297	4297	4297	4297	4062
R_F	0.488	0.488	0.488	0.197	0.246	0.246	0.246	0.423	-
R_R	0.370	0.370	0.370	0.410	0.423	0.423	0.423	0.423	-
R_i	0.758	0.758	0.758	0.531	0.551	0.551	0.551	0.551	0.499
γ/γ^*	0.560	0.560	0.560	5.030	3.044	3.044	3.044	0.988	-
σ_c/σ_y	0.092	0.092	0.092	0.062	0.079	0.079	0.079	0.079	0.051
λ	0.52	0.52	0.52	0.46	0.55	0.55	0.55	0.55	0.62

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

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($n \geq 2$)

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

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

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

γ_1 : 縦方向補剛材の剛比 $\left(= \frac{I_1}{bt^3} \right)$

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)

δ_1 : 補剛材の断面積比 $\left(= \frac{A_1}{bt} \right)$

*3) γ_1^* : 補剛材の限界剛比 (弾性座屈理論による)

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



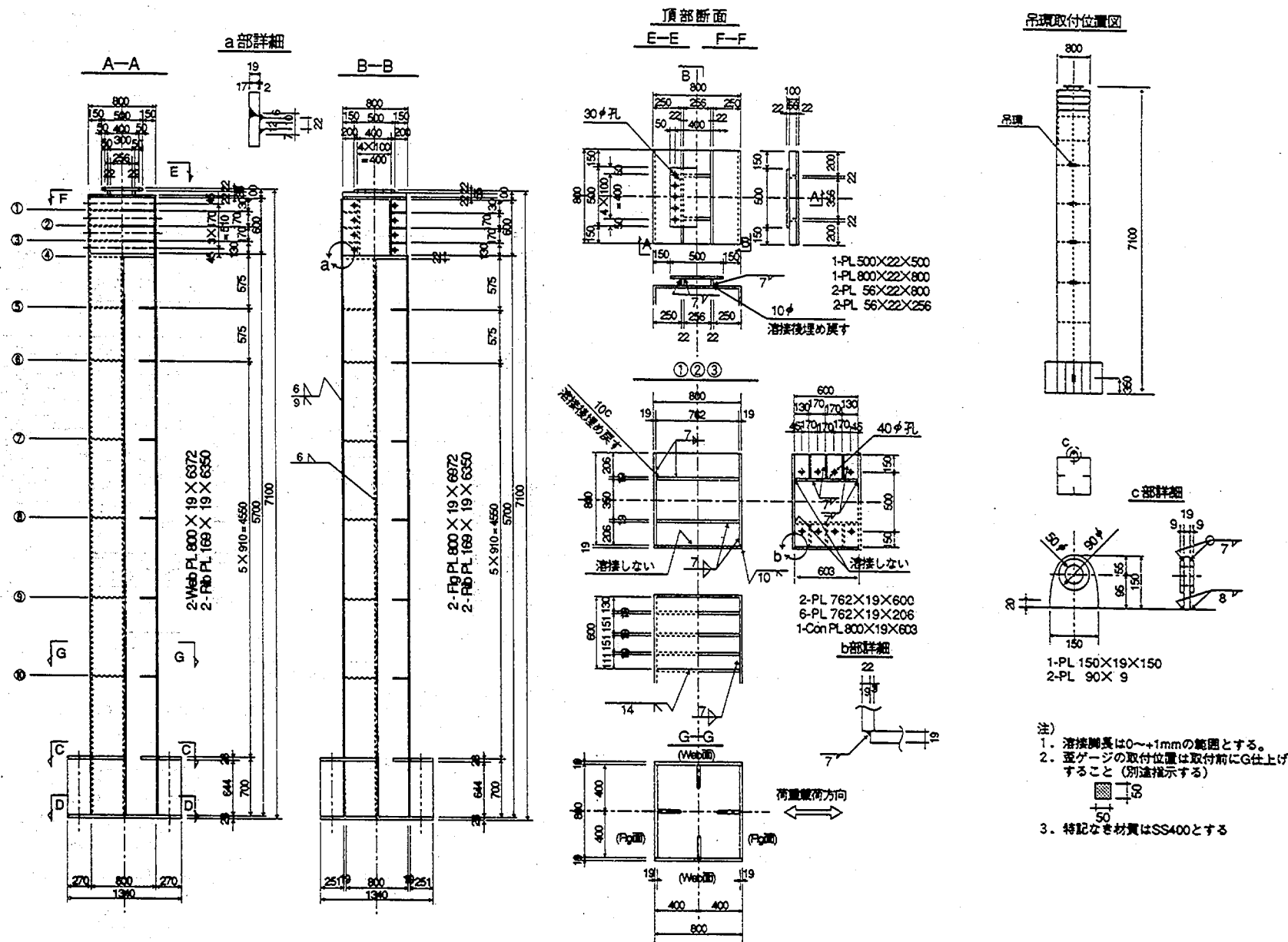
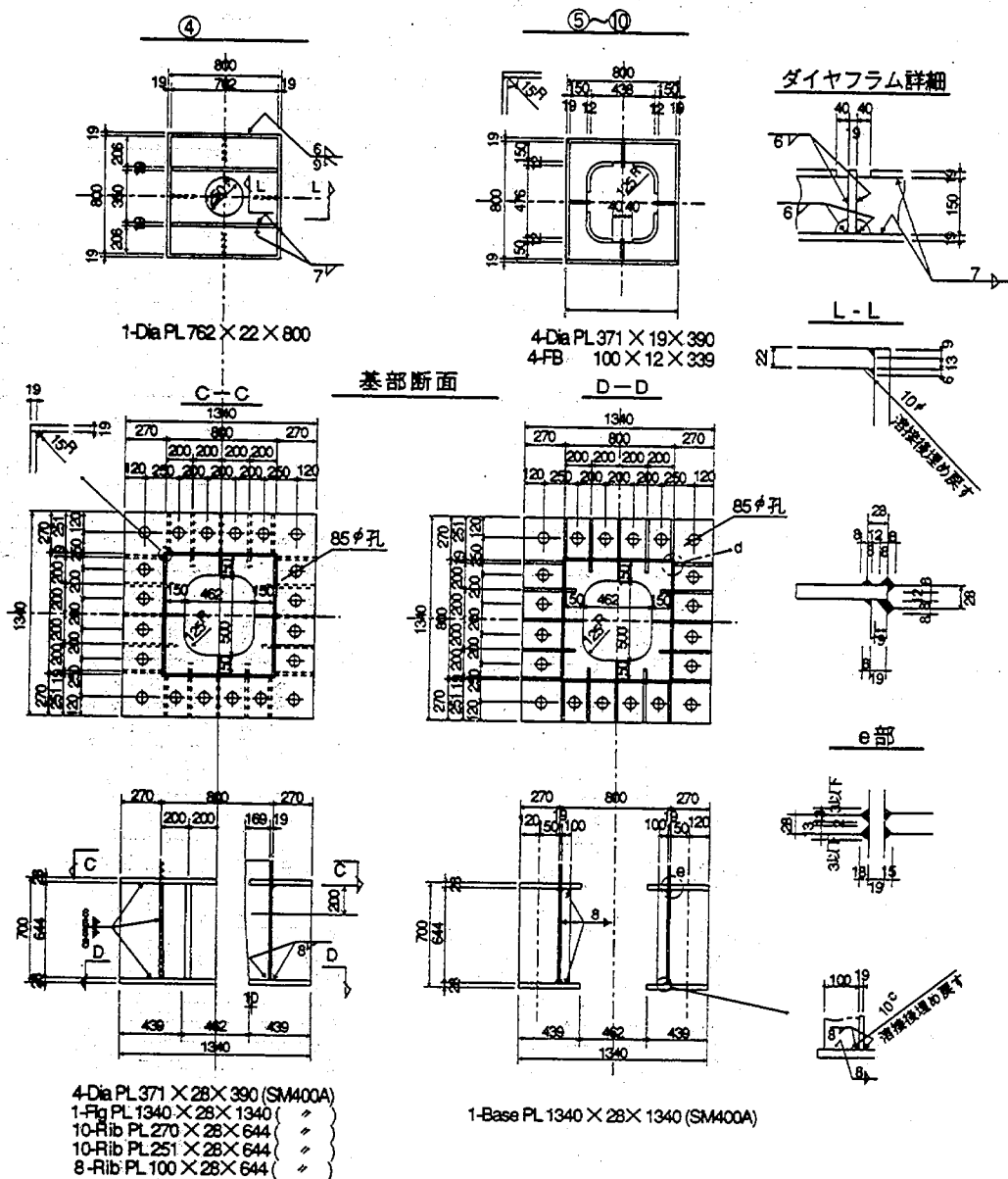


図-2.1.2 (i) 供試体 H4 詳細図 (その1)



材料表(吊環及びボルト類含まず)

種別	断面	長さ	本数	単位重量	1本当り重量	重量	材質	摘要
R	500 × 22	500	1	86.35	43.2	43	SS400	頂部
〃	800 × 22	800	1	138.16	110.5	111	〃	〃
〃	56 × 22	800	2	9.671	7.73	15	〃	〃
〃	〃	256	2	〃	2.48	5	〃	〃
〃	762 × 19	600	2	113.65	68.2	136	〃	〃
〃	〃	206	6	〃	23.4	140	〃	〃
〃	800 × 19	603	1	119.32	71.9	72	〃	〃
R	800 × 19	6372	2	119.32	760.3	1521	SS400	Web
〃	〃	6972	2	〃	831.9	1664	〃	Flg
〃	169 × 19	6350	4	25.21	160.1	690	〃	Rib
R	762 × 22	800	1	131.59	94.8	95	SS400	Dia
〃	371 × 19	390	24	55.33	14.0	336	〃	〃
FB	100 × 12	339	24	9.420	3.19	77	〃	〃
R	371 × 28	390	4	81.55	20.7	83	SM400A	基部 Dia
〃	1340 × 28	1340	1	294.53	256.5	257	〃	Flg
〃	270 × 28	644	10	59.35	38.2	382	〃	Rib
〃	251 × 28	644	10	55.17	35.5	355	〃	Rib
〃	100 × 28	644	8	21.98	14.2	113	〃	Rib
〃	1340 × 28	1340	1	294.53	355.2	355	〃	Base
						Σ = 6400	kg	
内訳								
R	t = 28					1545	kg	
〃	22					269	kg	
〃	19					4509	kg	
FB	100 × 12					77	kg	

注) 1. 特記なき材質はSS400とする。

図 -2.1.2 (ii) 供試体 H4 詳細図 (その2)

E-E F-F

① ② ③

1-PL 500X22X500 (SM490YB)
1-PL 800X22X800 (SM490YB)
2-PL 56X22X800 (SM490YB)
2-PL 56X22X256 (SM490YB)

2-PL 768X16X600 (SM490YA)
6-PL 768X16X206 (SM490YA)
1-Corr PL 800X16X600 (SM490YA)

S-PL 150X19X150
10-PL 90 ϕ X 9

注記
1. 特記なき材質は、SS400とする。

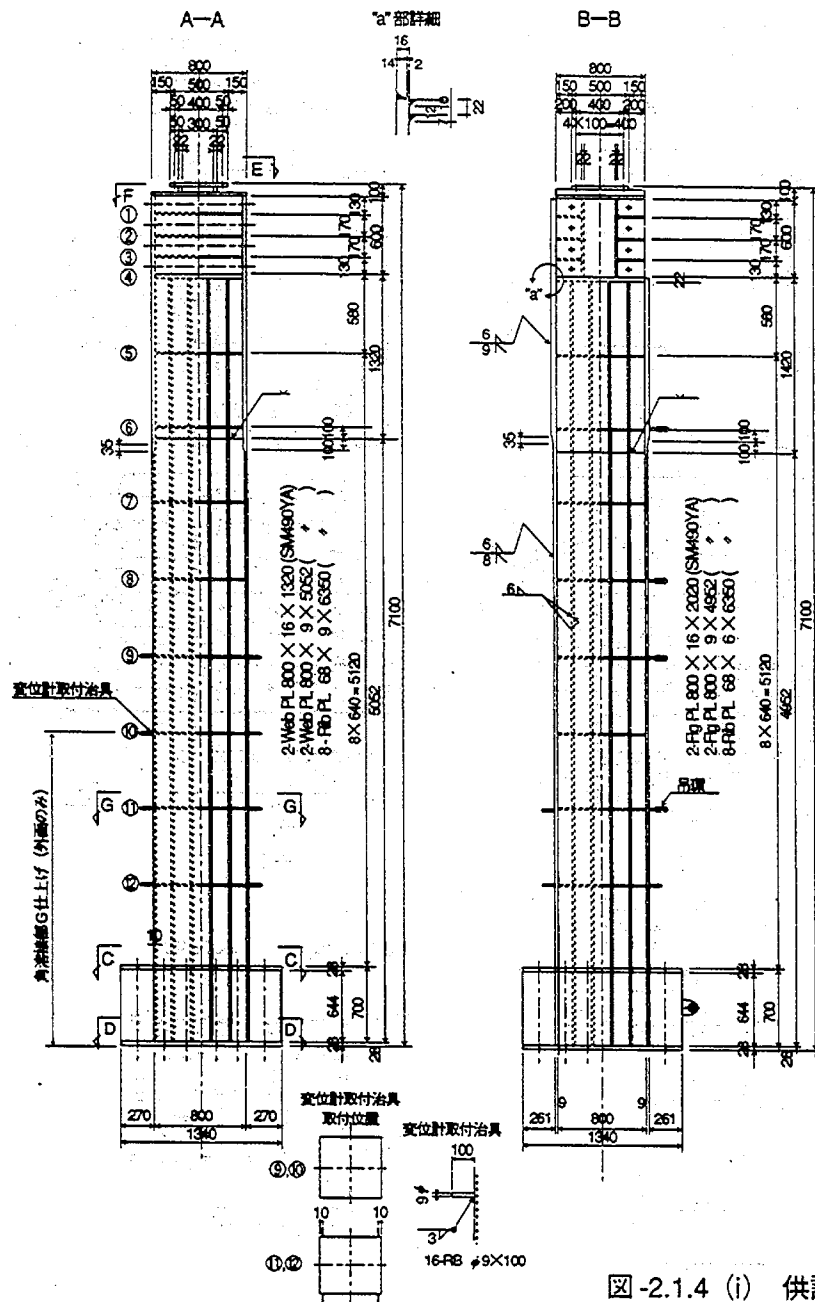
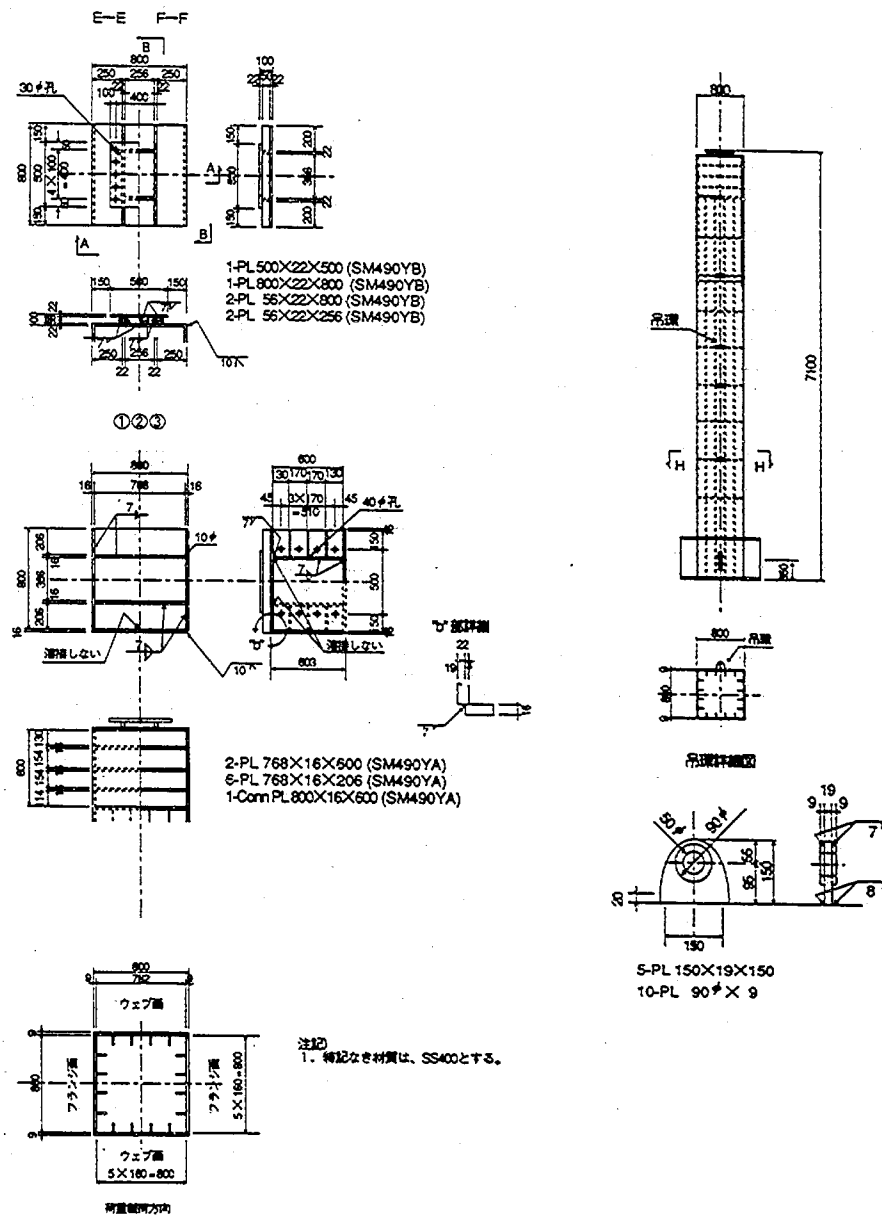
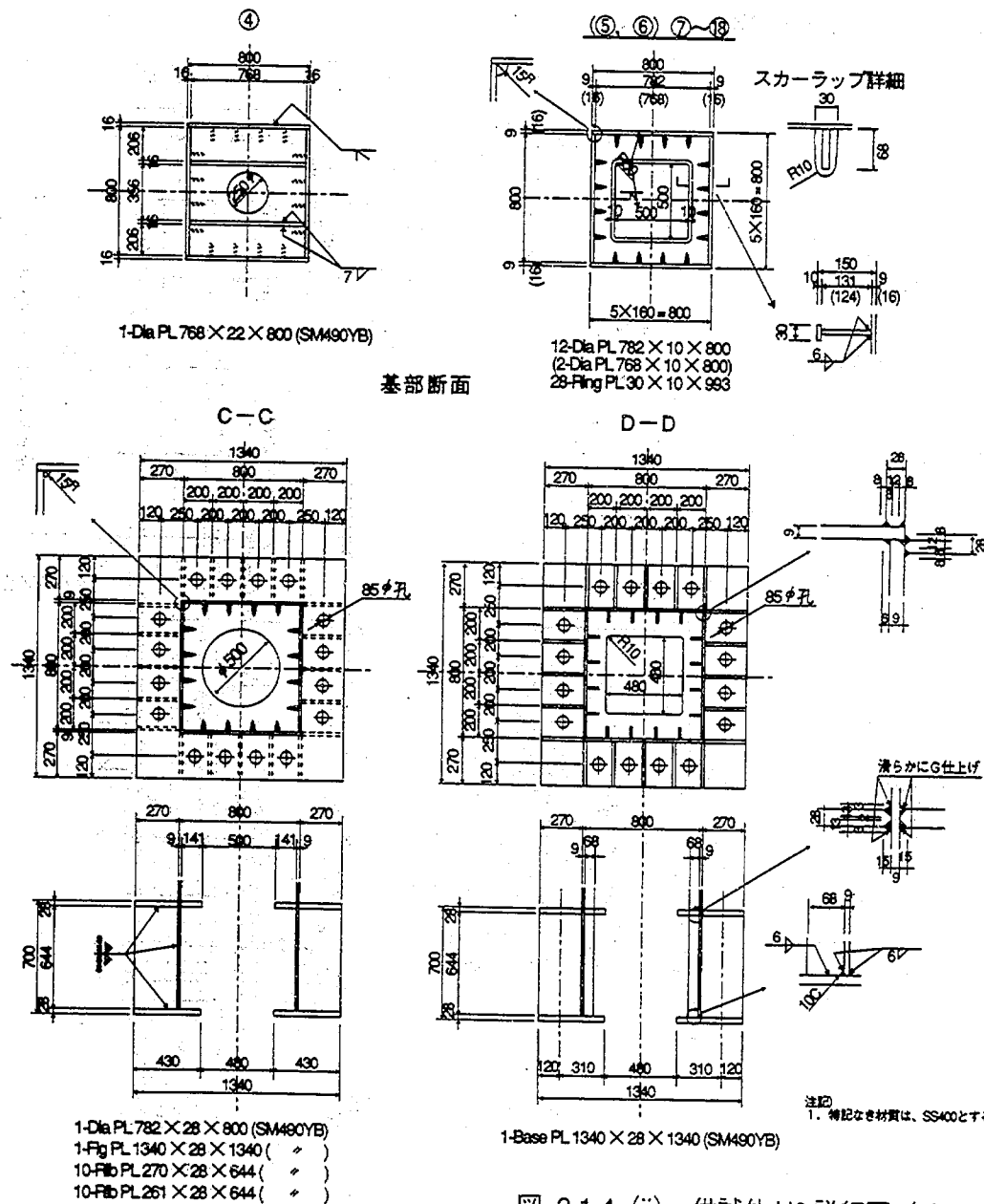


図-2.1.4 (i) 供試体 H8 詳細図 (その1)





材料表(ボルト類含まず)

種別	断面	長さ	本数	単位重量	1本当り重量	重量	材質	摘要
R	800 × 16	1320	2	100.48	132.6	265	SM490YA	Web
R	800 × 9	5052	2	56.52	285.5	571	SM490YA	Web
R	68 × 9	6350	8	4.80	30.5	244	SM490YA	Rib
R	800 × 16	2020	2	100.48	203	406	SM490YA	Flg
R	800 × 9	4952	2	56.52	279.9	560	SM490YA	Flg
R	68 × 9	6350	8	4.80	30.5	244	SM490YA	Rib
R	500 × 22	500	1	86.35	43.2	43	SM490YB	頂部
R	800 × 22	800	1	138.16	110.5	111	SM490YB	頂部
R	56 × 22	800	2	9.67	7.74	15	SM490YB	頂部
R	56 × 22	256	2	9.67	2.48	5	SM490YB	頂部
R	768 × 16	600	2	96.46	57.9	116	SM490YA	頂部
R	768 × 16	206	6	96.46	19.9	119	SM490YA	頂部
R	800 × 16	600	1	100.48	60.3	60	SM490YA	頂部
R	768 × 22	800	1	132.63	95.4	95	SM490YB	Dia
R	782 × 10	800	6	61.39	29.5	177	SS400	Dia
R	768 × 10	800	2	60.29	28.9	58	SS400	Dia
R	30 × 10	993	16	2.36	2.34	37	SS400	Ring
R	782 × 28	800	1	171.88	96.3	96	SM490YB	基部 Dia
R	1340 × 28	1340	1	294.53	256.5	257	SM490YB	+ Flg
R	270 × 28	644	10	59.35	38.2	382	SM490YB	+ Rib
R	261 × 28	644	10	57.37	36.9	369	SM490YB	+ Rib
R	1340 × 28	1340	1	294.53	335.4	335	SM490YB	+ Base
R	150 × 19	150	5	22.37	3.02	15	SS400	吊環
R	90φ	9	10		0.45	5	SS400	吊環
RB	9φ	100	16	0.499	0.05	1	SS400	変位計
Σ = 4586 kg								
内 訳(1基当たり)								
R	SM490YB	t=28	1439	kg				
R	SM490YB	22	269	kg				
R	SM490YA	16	966	kg				
R	SM490YA	9	1619	kg				
R	SS400	19	15	kg				
R	SS400	10	272	kg				
R	SS400	9	5	kg				
RB	SS400	94	1	kg				

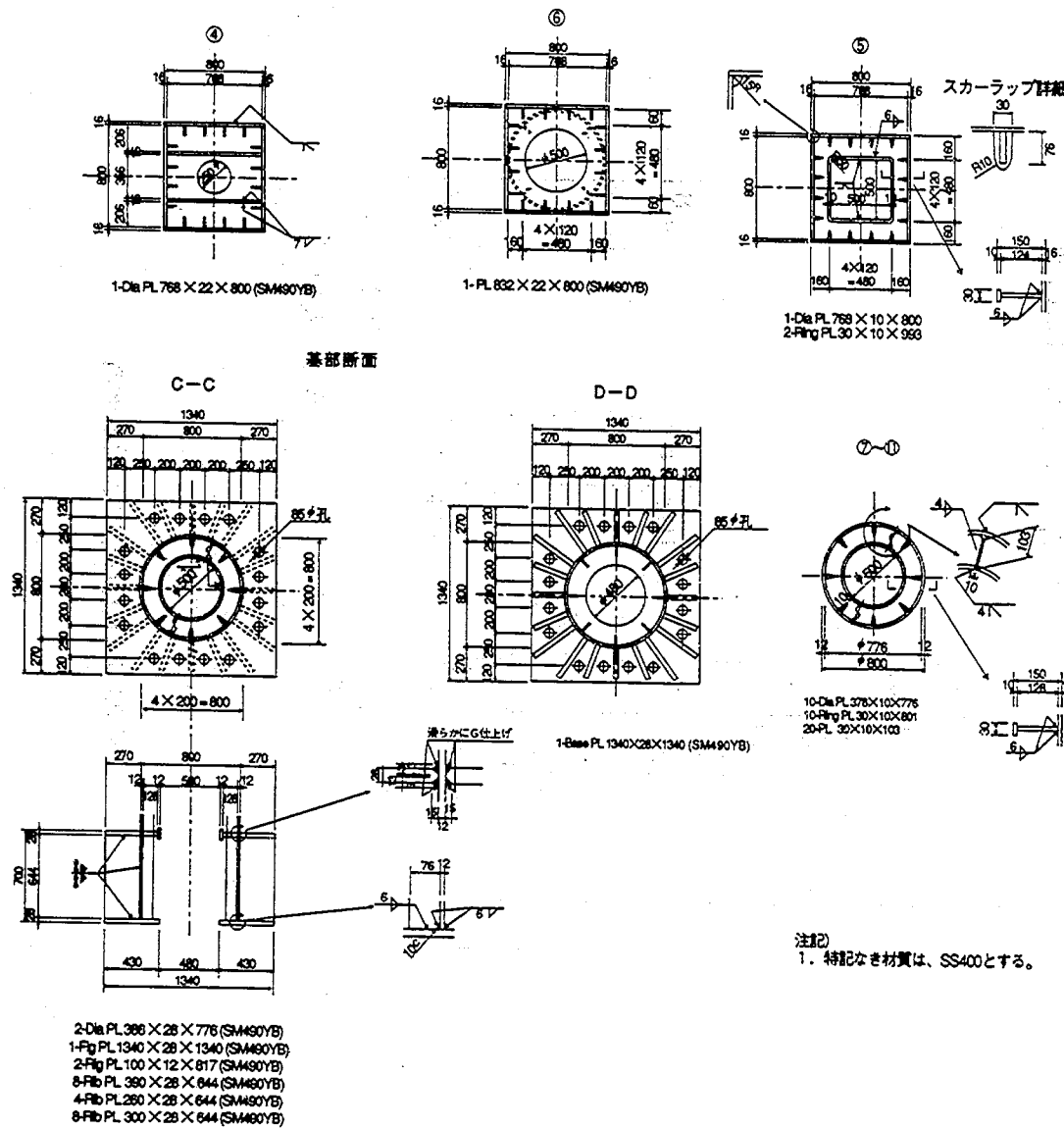
図-2.1.4 (ii) 供試体 H8 詳細図 (その2)

[illegible]

吊環取付位置圖

吊環詳細圖

S-PL 150×19×150
10-PL 90 ϕ × 9



材料表(ボルト類を含まず)

種別	断面	長さ	本数	単位重量	1本当り重量	重量	材質	摘要
R	800 X 16	900	2	100.48	99.4	181	SM490YA	Web
R	1257 X 12	5450	2	118.41	645.3	1291	SM490YA	Web
R	76 X 12	5450	8	7.16	39.0	312	SM490YA	Rib
R	800 X 16	1500	2	100.48	150.7	301	SM490YA	Fig
R	76 X 12	878	20	7.16	6.29	126	SM490YA	Rib
R	500 X 22	500	1	86.35	43.2	43	SM490YB	頂部
R	800 X 22	800	1	138.16	110.5	111	SM490YB	頂部
R	56 X 22	800	2	9.67	7.74	15	SM490YB	頂部
R	56 X 22	256	2	9.67	2.48	5	SM490YB	頂部
R	768 X 16	600	2	96.46	57.9	116	SM490YA	頂部
R	768 X 16	206	6	96.46	19.9	119	SM490YA	頂部
R	800 X 16	603	1	100.48	60.3	61	SM490YA	頂部
R	768 X 22	800	1	132.63	95.4	95	SM490YB	Dia
R	832 X 22	800	1	143.68	69.0	69	SM490YB	Dia
R	768 X 10	800	1	60.29	28.9	29	SS400	Dia
R	30 X 10	993	2	2.36	2.34	5	SS400	Ring
R	378 X 10	776	10	29.67	9.21	92	SS400	Dia
R	30 X 10	801	10	2.36	1.89	19	SS400	Ring
R	30 X 10	103	10	2.36	0.24	2	SS400	
R	388 X 28	776	2	85.28	26.5	53	SM490YB	基部 Dia
R	1340 X 28	1340	1	294.53	256.5	257	SM490YB	+ Fig
R	100 X 12	817	2	9.42	7.70	15	SM490YA	+ Ring
R	390 X 28	644	8	85.72	55.2	441	SM490YB	+ Rib
R	260 X 28	644	4	57.15	36.8	147	SM490YB	+ Rib
R	1340 X 28	1340	1	294.53	335.5	335	SM490YB	+ Base
R	150 X 19	150	5	22.37	3.02	15	SS400	吊環
R	90°	9	10		0.45	5	SS400	吊環
R	300 X 28	644	8	65.94	42.5	340	SM490YB	基部 Rib
RB	9°	100	12	0.499	0.05	1	SS400	変位計
Σ = 4601 kg								
内 訳 (1基当たり)								
R	SM490YB	t = 28	1573	kg				
R	SM490YB	22	338	kg				
R	SM490YA	16	778	kg				
R	SM490YA	12	1744	kg				
R	SS400	19	15	kg				
R	SS400	10	150	kg				
R	SS400	9	2	kg				
RB	SS400	94	1	kg				

図-2.1.5 (ii) 供試体 H9 詳細図 (その2)

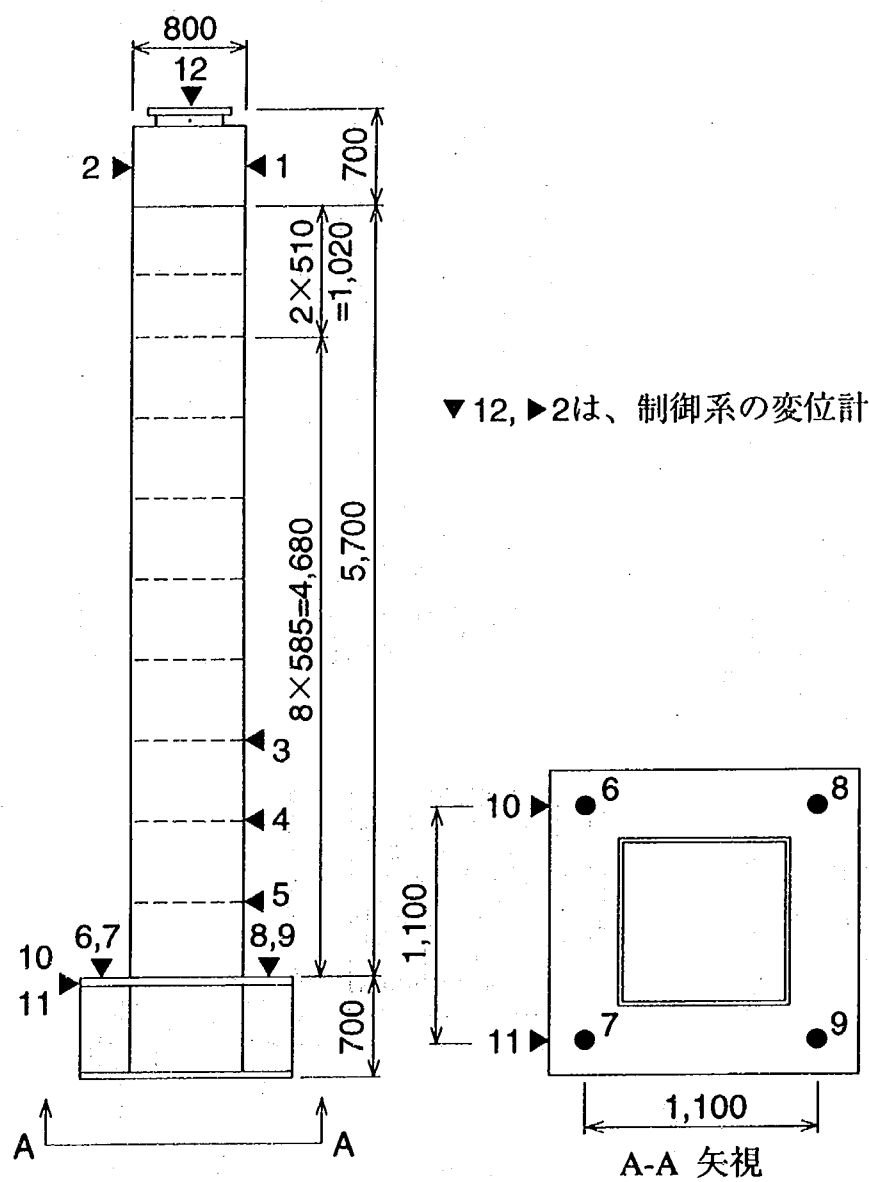


図-2.2.1 H1, H2, H3変位計配置

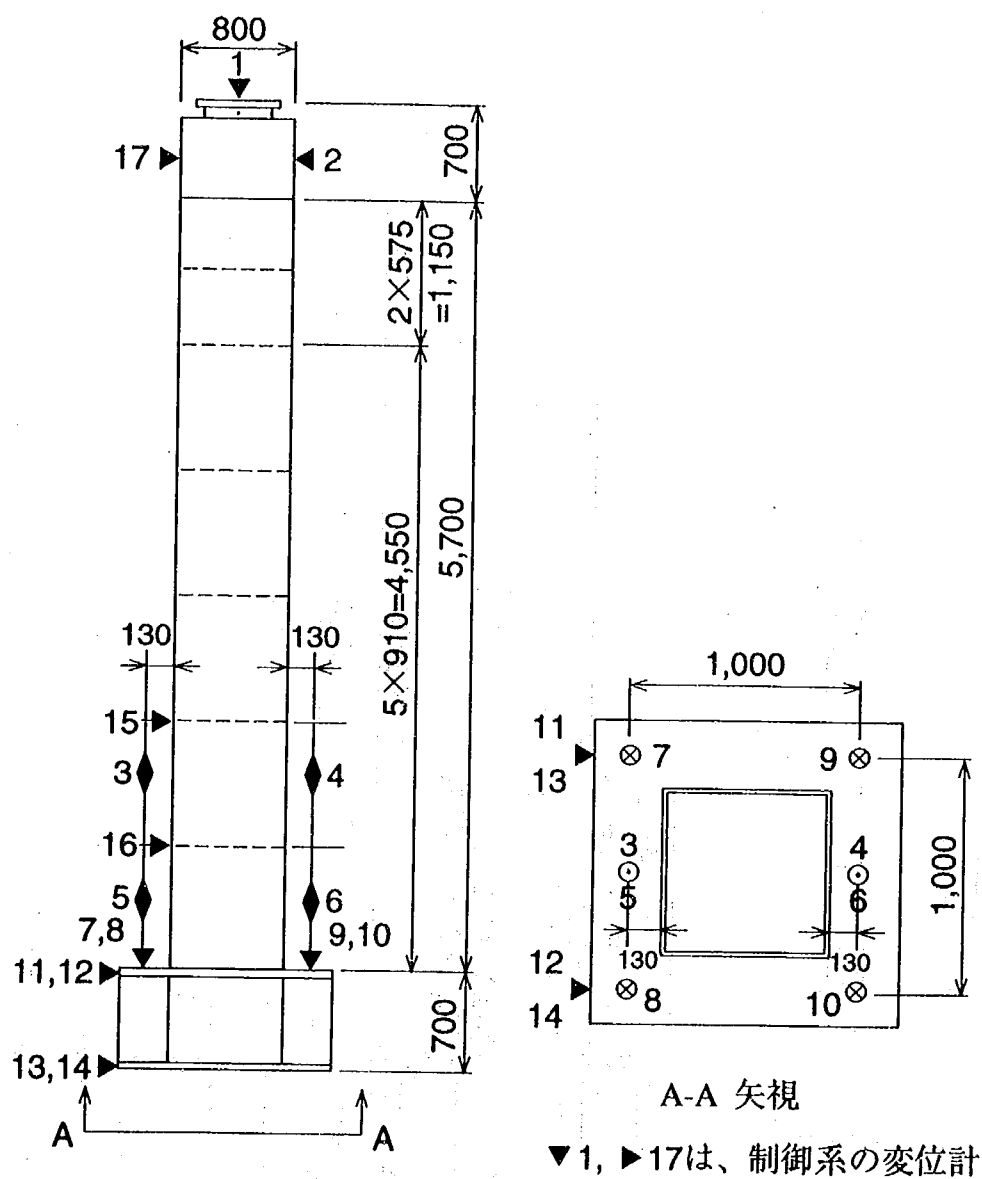


図-2.2.2 H4 変位計配置

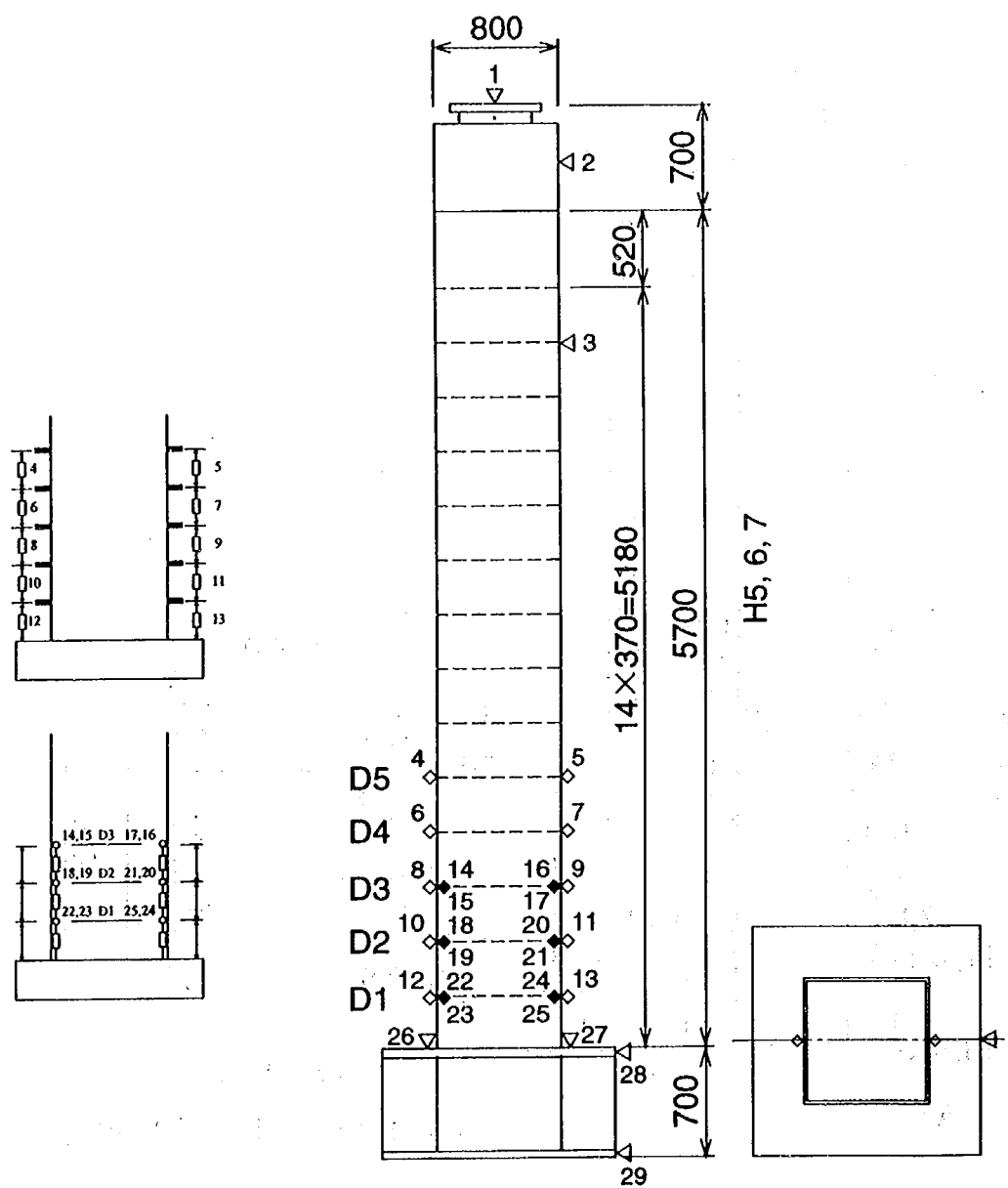


図-2.2.3 H5, H6, H7 変位計配置

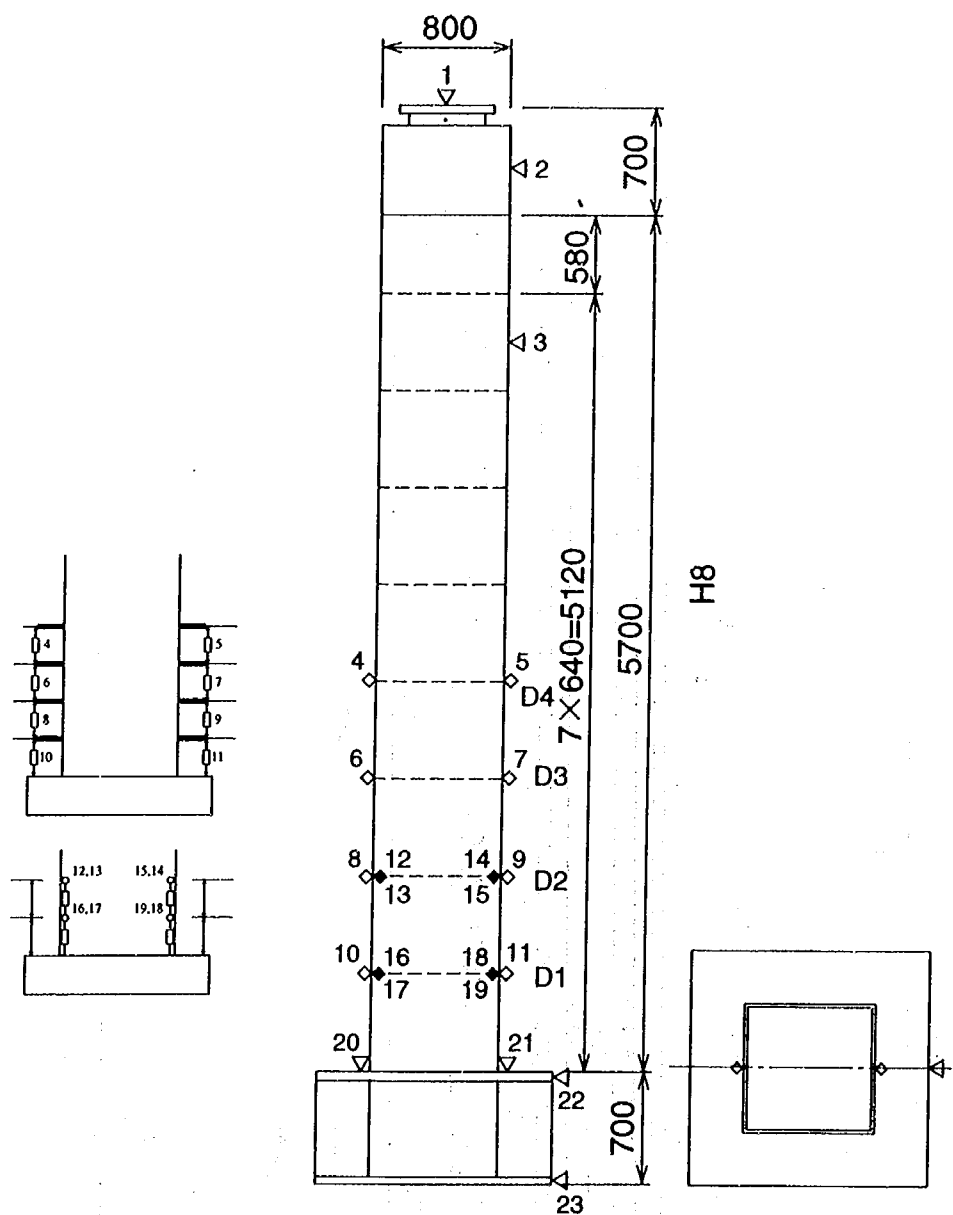


図-2.2.4 H8 変位計配置

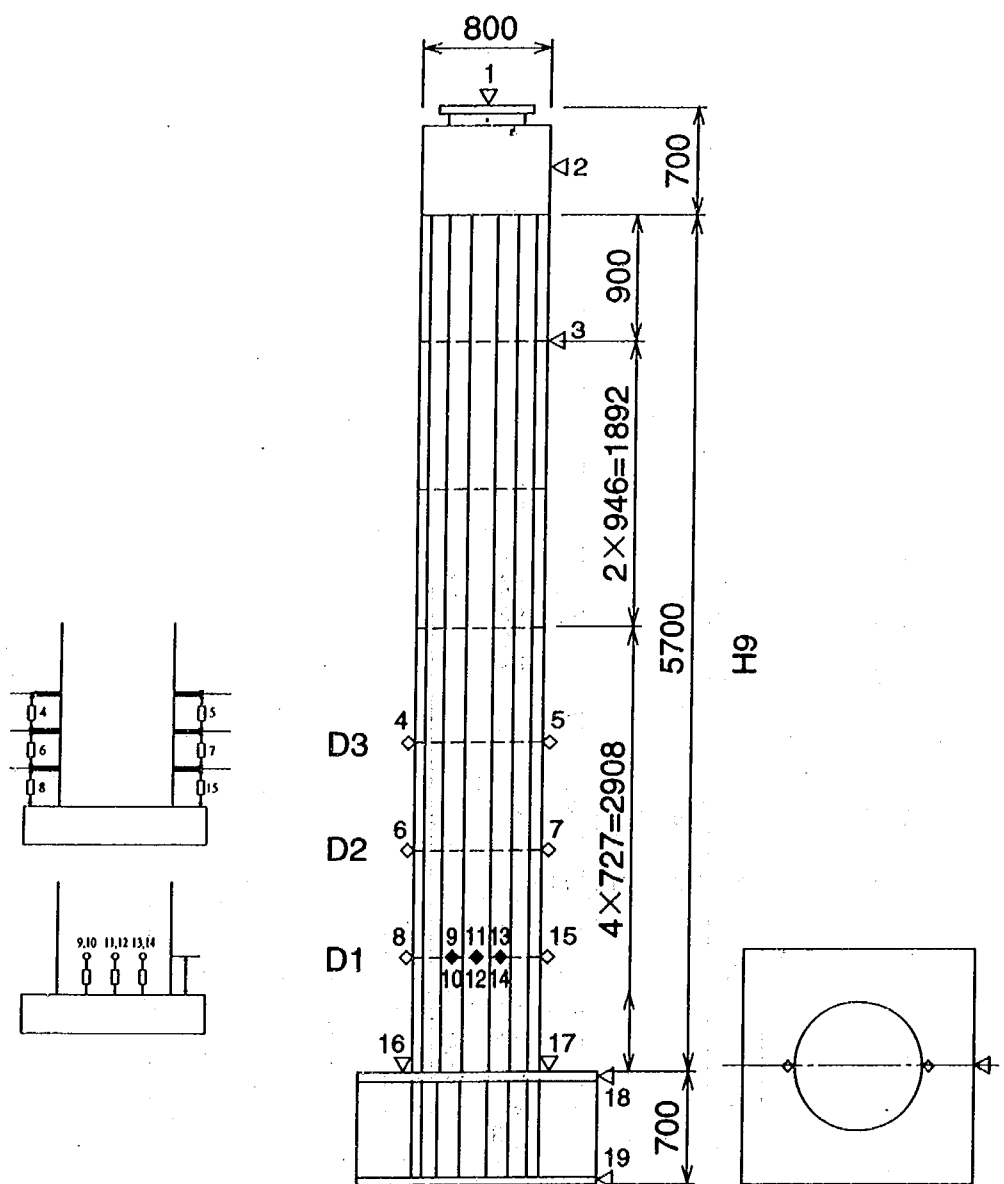


図-2.2.5 H9変位計配置

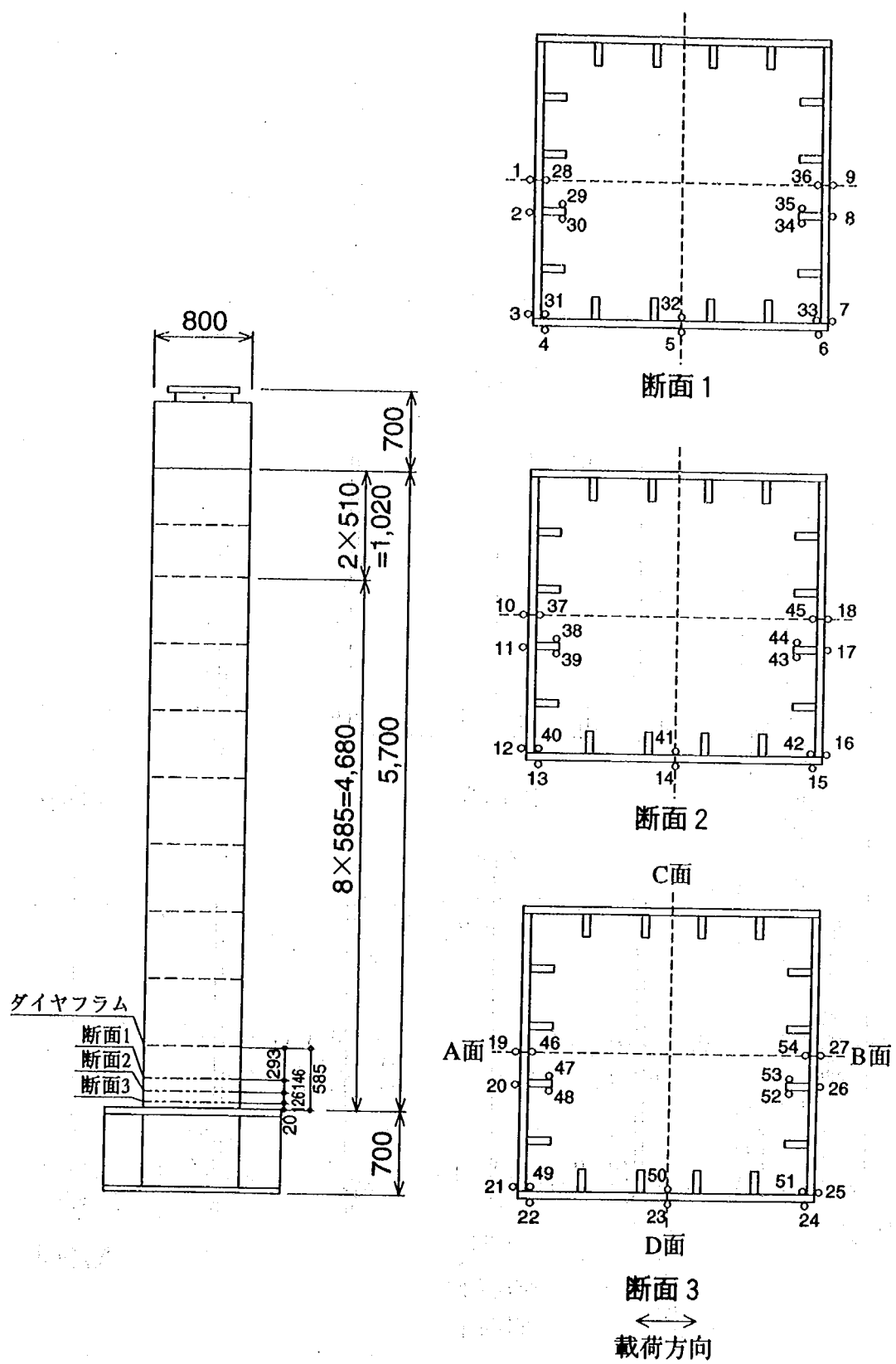


図-2.2.6 H1, H2ひずみゲージ配置

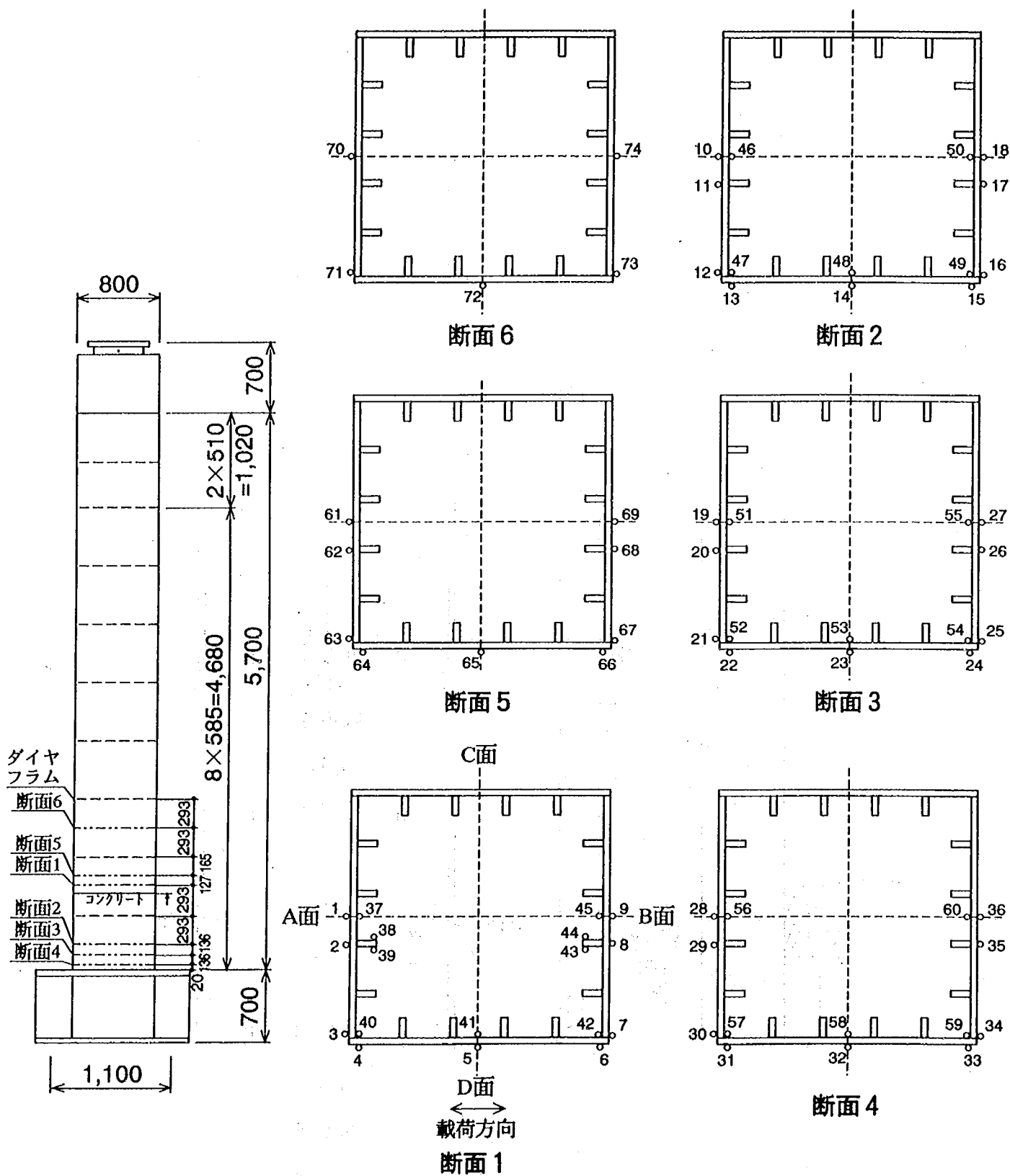


図-2.2.7 H3 ひずみゲージ配置

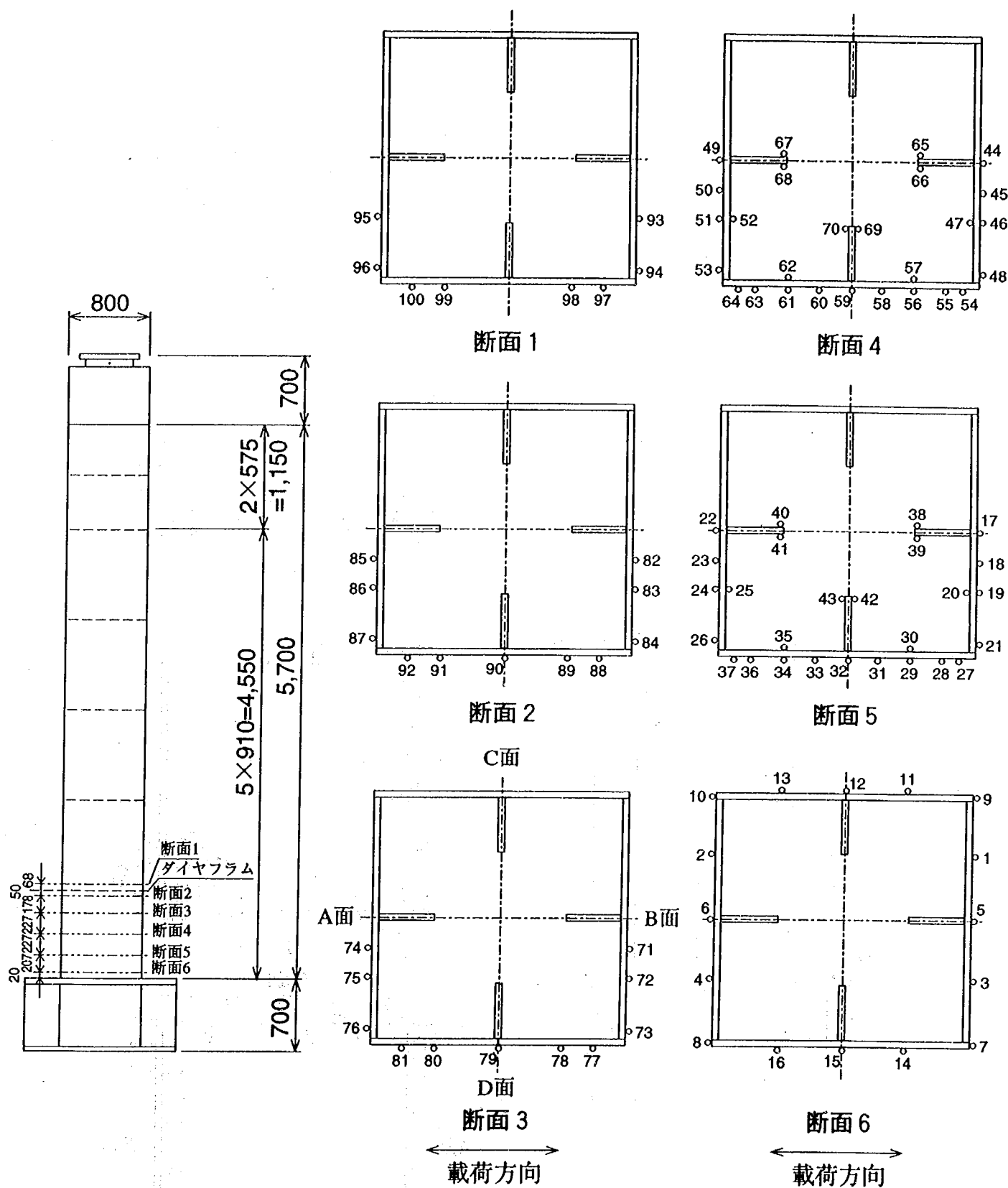


図-2.2.8 H4 ひずみゲージ配置

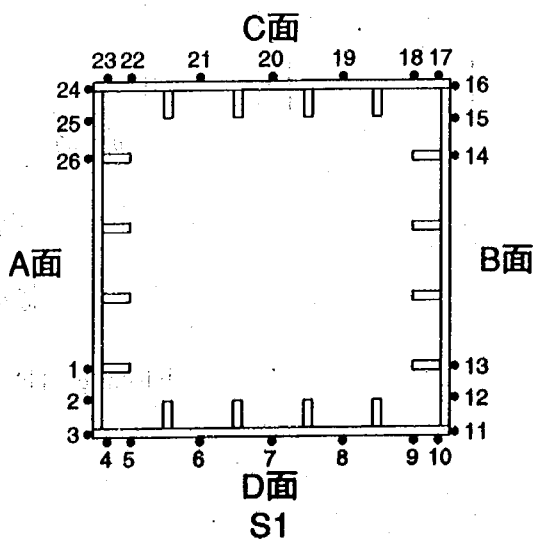
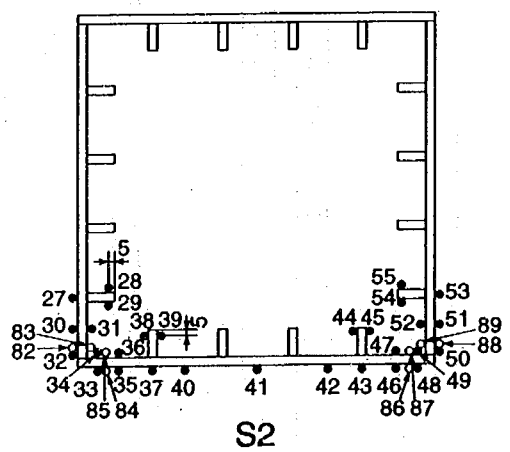
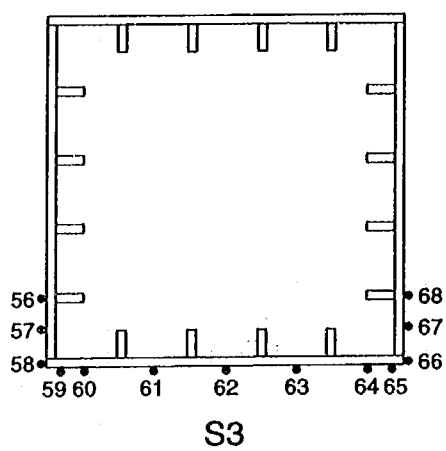
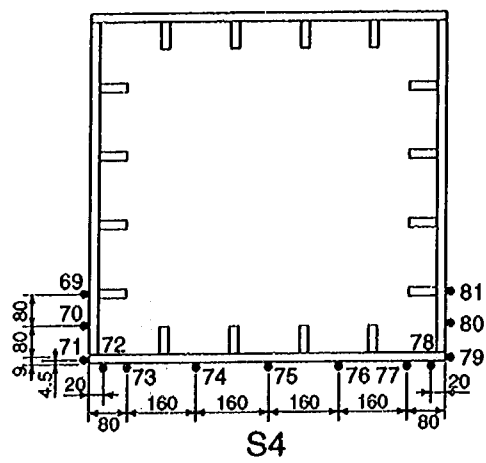
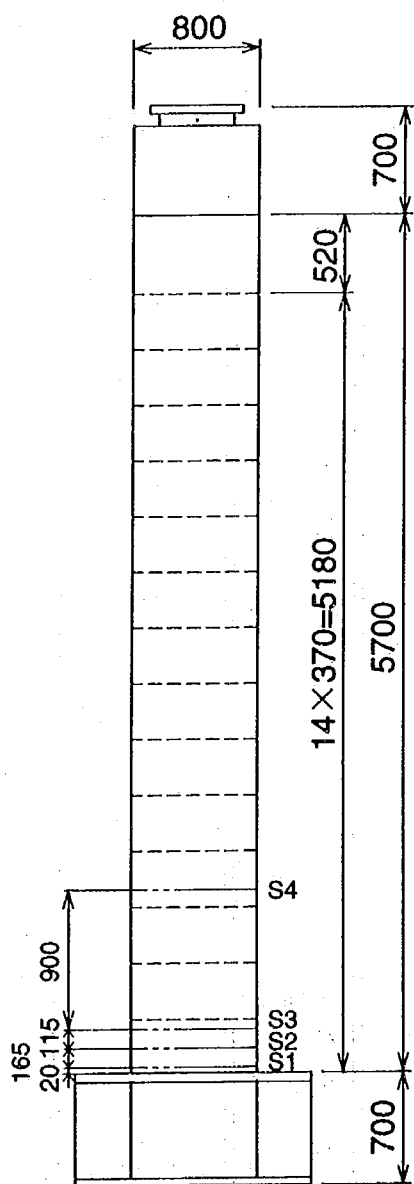


図-2.2.9 H5, H6, H7 ひずみゲージ

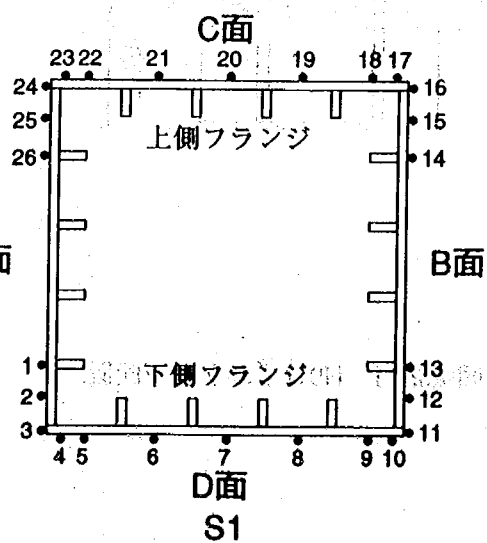
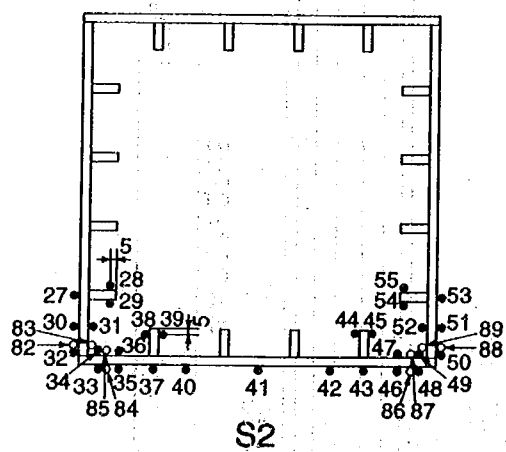
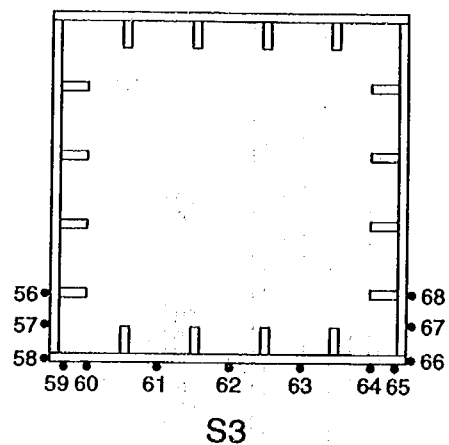
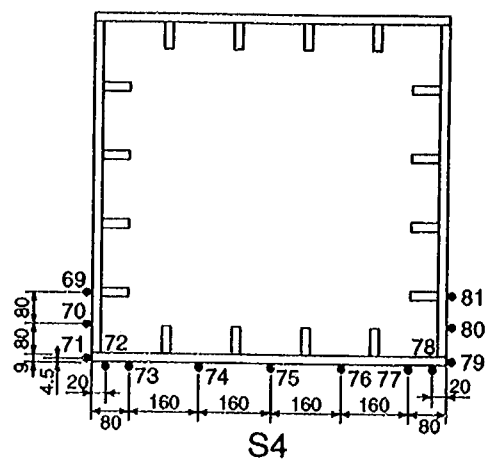
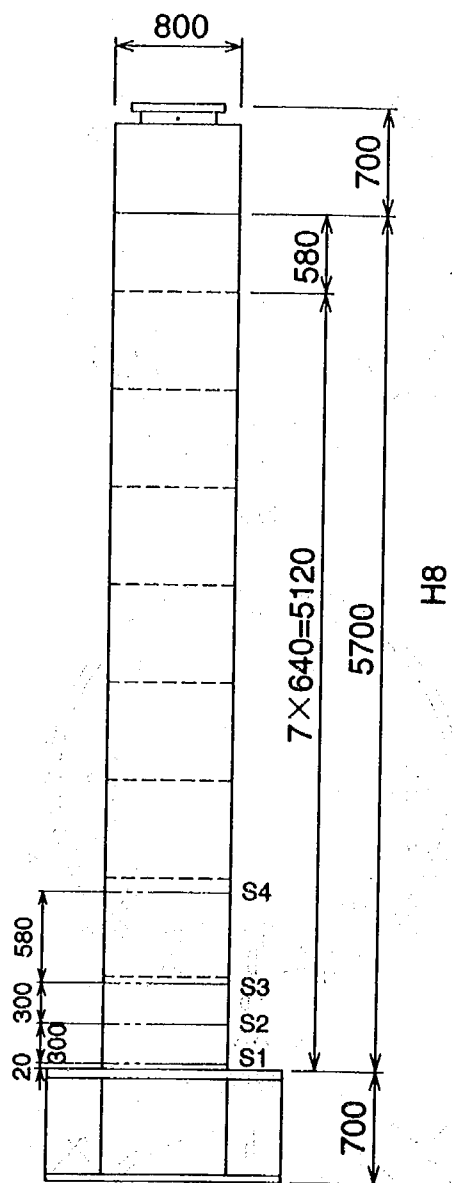
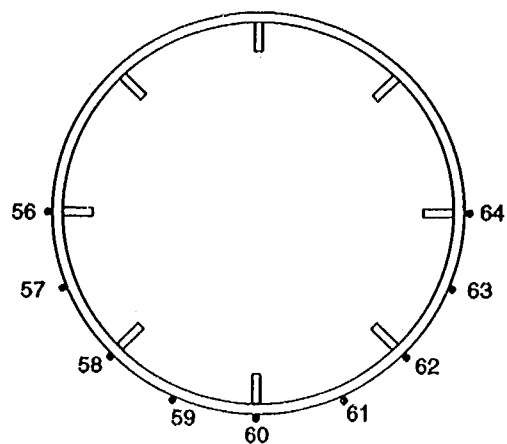
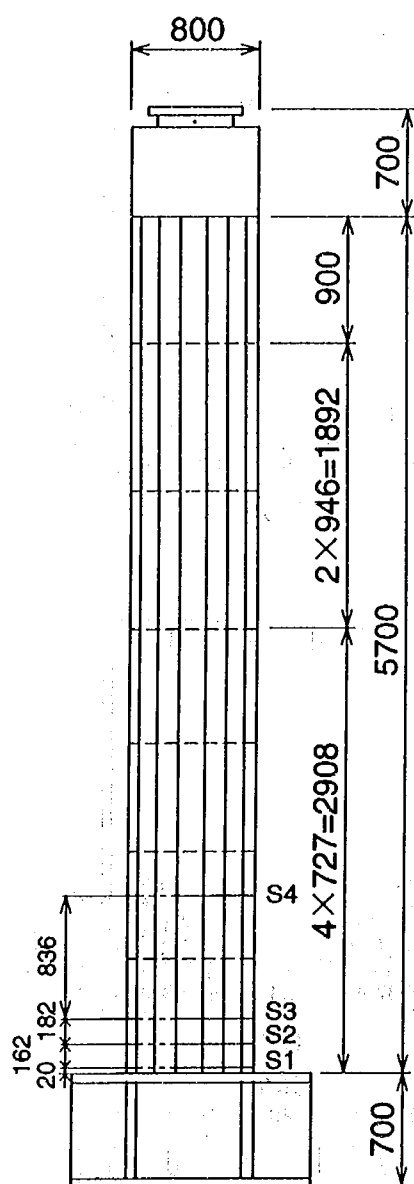
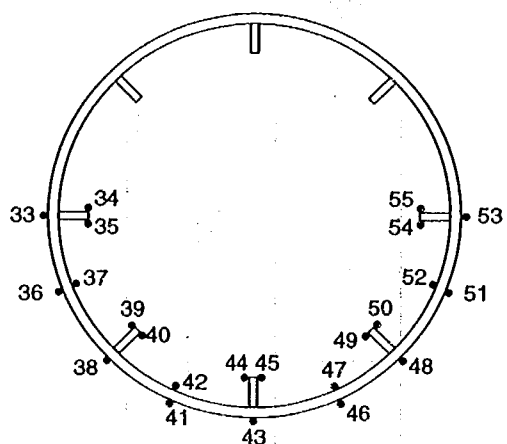


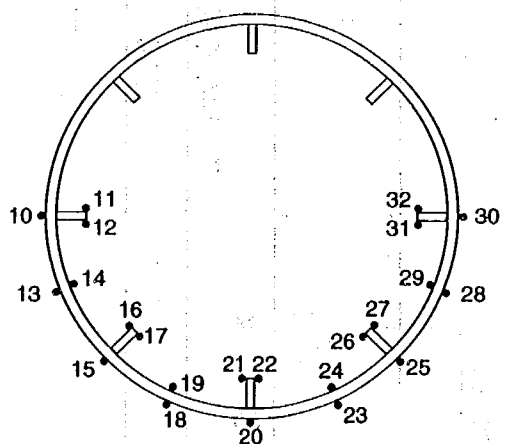
図-2.2.10 H8 ひずみゲージ配置



S4



S3



S2

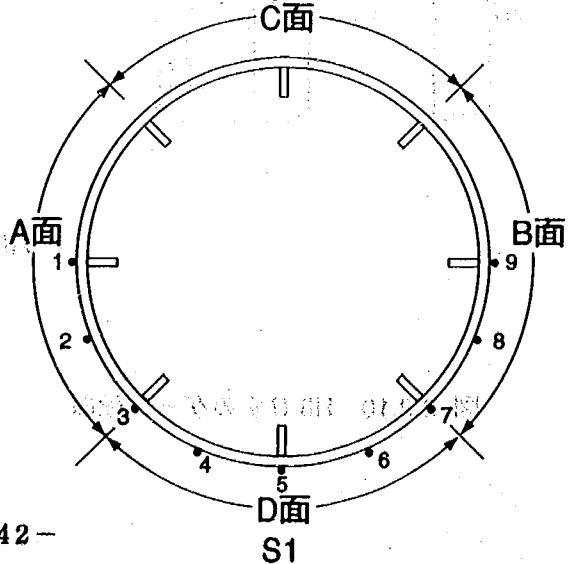


図-2.2.11 H9ひずみゲージ配置

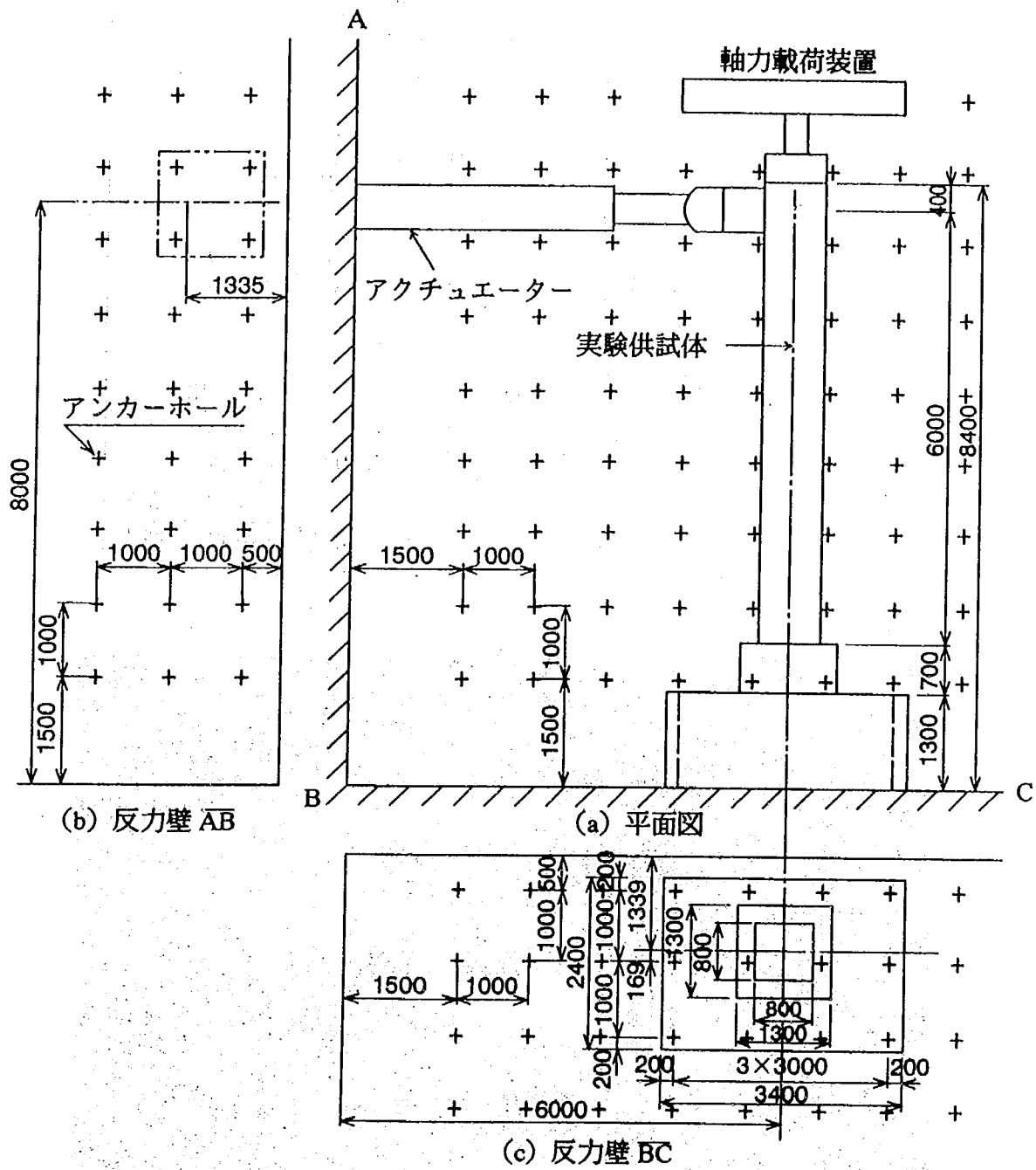


図-2.3.1 実験ビット配置図 (寸法単位: mm)

表-2.3.1 荷重載荷装置の能力

載荷装置	項 目	性 能
水平方向 載荷装置	軸 力	$\pm 125 \text{ tf}$ (動的) $\pm 150 \text{ tf}$ (静的)
	最大ストローク	$\pm 500 \text{ mm}$
	最大速度	$\pm 1 \text{ m/sec}$
	周波数 Hz	DC - 30 Hz
	長 さ	5 m
	重 量	4 tf
	軸 力	$\pm 200 \text{ tf}$ (圧縮) 50 tf (引張)
軸 方 向 載荷方向	最大ストローク 限界移動量	$\pm 300 \text{ mm}$ $\pm 500 \text{ mm}$ (水平方向) $\pm 10 \text{ mm}$ (鉛直方向) $\pm 5^\circ$
	載荷速度	0.1 m/sec
	許容周波数	DC - 0.5 Hz ~ 30 Hz
	ロードセル	軸 力
		200 tf (圧縮) 50 tf (引張)
		せん断力
		$\pm 10 \text{ tf}$ (水平方向) $\pm 10 \text{ tf}$ (鉛直方向)

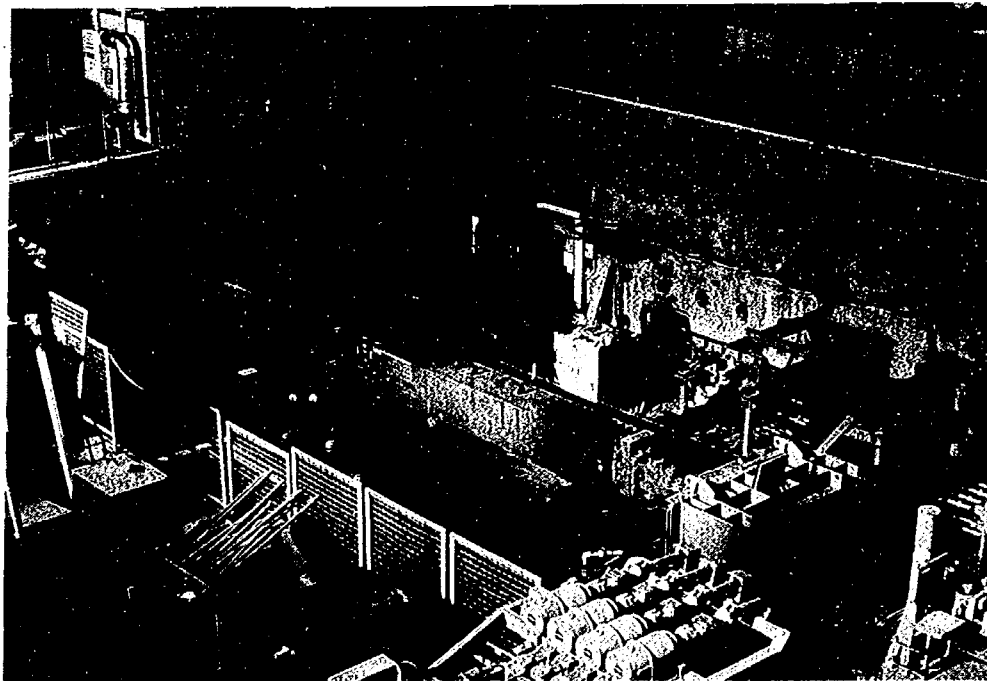


写真-2.3.1 供試体据付け状況

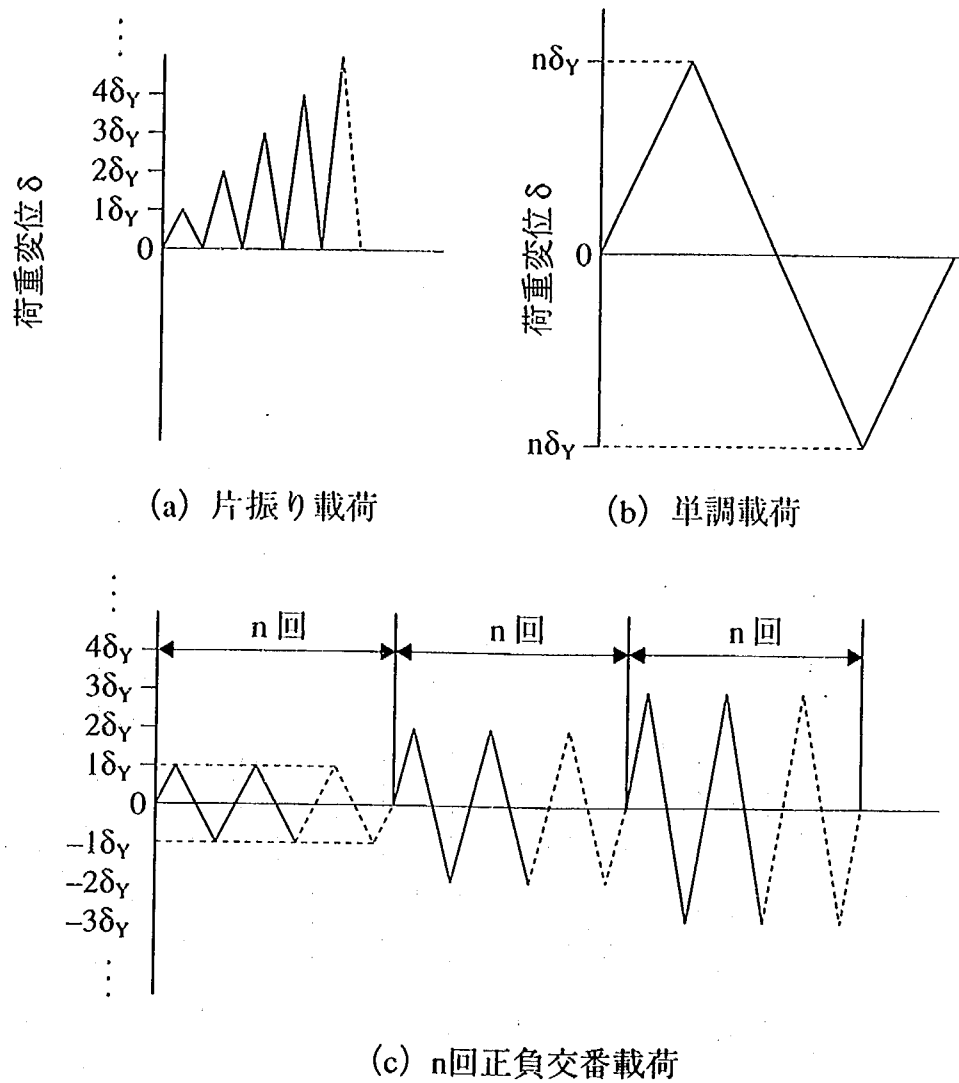
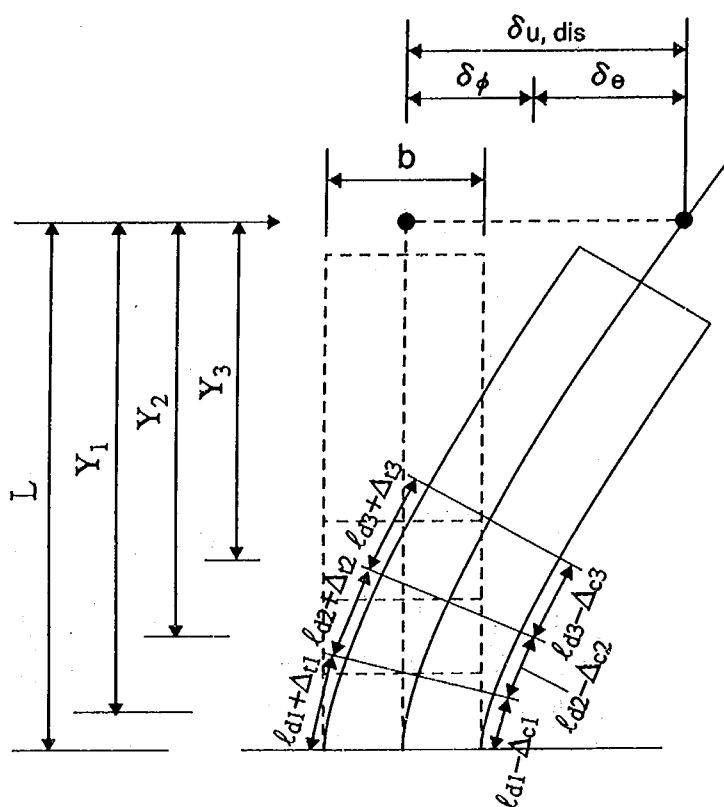


図-2.3.2 荷重载荷方法

表2.4.1 材料試験結果

規格:JIS Z 2201 1A号試験片 材質:JIS G 3106 SM 490YA

供試体 No.	試験片番号	標点距離 mm	試料形状		原断面積 mm ²	弾性係数 kgf/mm ²	上 降 伏 点		下降伏点 kgf/mm ²	引張強さ kgf/mm ²	破断点 kgf/mm ²	伸 び		
			T mm	W mm			応 力 kgf/mm ²	歪 μ				初期値 mm	破断後 mm	伸び %
H5	C896691TC1	200	9.34	40.62	379.39	20381	43.39	2159	41.65	54.69	41.91	201.52	243.21	20.69
	C896691TC2	200	9.16	40.56	371.53	20433	44.28	3727	42.26	55.85	42.12	201.69	243.46	20.71
	C896691TC3	200	9.16	40.72	373.00	21365	44.95	2091	42.63	56.30	40.70	201.40	249.87	24.07
	C896701TC1	200	9.00	40.61	365.49	22280	42.44	1886	41.04	54.72	40.77	200.67	252.76	25.96
	C896701TC2	200	8.98	40.82	366.56	21458	42.00	2114	40.78	54.29	40.42	200.93	251.69	25.27
	C896701TC3	200	9.10	40.77	371.01	22037	41.71	1886	40.97	53.91		201.11	253.78	26.19
	C896711TC1	200	9.26	40.53	375.31	22515	48.39	2159	46.63	57.55	42.70	202.00	247.54	22.55
	C896711TC2	200	9.28	40.51	375.93	22629	49.18	2159	47.48	57.99	43.76	201.95	249.83	23.71
	C896711TC3	200	9.29	40.48	376.06	22538	49.02	2477	47.60	58.10	43.01	200.56	244.68	22.00
	C896741TC1	200	9.43	40.60	382.86	20184	41.67	2136	41.14	53.54	39.48	200.59	251.12	25.19
	C896741TC2	200	9.27	40.62	376.55	21844	42.97	1977	42.09	54.97	40.63	201.27	255.79	27.09
	C896741TC3	200	9.25	40.52	374.81	21416	44.11	2772	43.22	55.76	41.12	201.83	253.32	25.51
	C896751TC1	200	9.40	40.50	380.70	22250	49.91	2205	47.54	57.79	42.65	201.52	243.57	20.86
	C896751TC2	200	9.40	40.60	381.64	22079	48.51	2295	46.64	57.51	42.90	201.27	243.26	20.86
	C896751TC3	200	9.40	40.80	383.52	22085	46.94	2341	44.85	56.97	41.37	201.24	245.07	21.78
	C896761TC1	200	9.02	40.64	366.57	22354	44.50	1977	43.10	55.65	42.09	201.02	246.92	22.83
	C896761TC2	200	9.05	40.63	367.70	20146	43.63	2205	42.15	55.48	42.31	201.29	247.05	22.73
	C896761TC3	200	9.10	40.64	369.82	22058	44.65	2023	43.53	55.16	41.01	200.88	246.56	22.74
	C896821TC1	200	9.00	41.00	369.00	20472	40.58	1960	39.57	53.66	39.96	201.48	254.08	26.11
	C896821TC2	200	9.00	40.80	367.20	20320	41.84	2272	40.03	54.19	39.71	202.00	252.11	24.81
	C896821TC3	200	9.00	40.70	366.30	22127	43.00	2182	41.50	54.87	40.19	199.80	251.00	25.62
H8	C896831TC1	200	8.91	40.45	360.41	22061	42.76	1955	41.90	55.08	40.24	200.81	249.79	24.39
	C896831TC2	200	8.91	40.46	360.50	21872	43.07	2091	41.47	54.98	40.32	200.18	250.22	25.00
	C896831TC3	200	9.08	40.47	367.47	21862	43.31	2000	41.64	54.75	39.92	201.28	251.82	25.11
	C940981TC1	200	12.23	40.64	497.03	22127	41.95	1909	41.04	53.62	38.30	200.26	252.43	26.05
	C940981TC2	200	12.14	40.61	493.01	19942	41.34	2227	40.06	53.75	38.52	201.06	252.16	25.42
	C940981TC3	200	12.17	40.62	494.35	22629	42.63	1864	41.27	54.01	38.07	201.61	259.23	28.58
	C940991TC1	200	12.05	40.42	487.06	21902	40.72	1841	39.93	54.00	40.64	200.87	250.12	24.52
	C940991TC2	200	12.03	40.39	485.89	20526	39.99	2045	39.41	52.89	40.05	200.30	249.85	24.74
	C940991TC3	200	12.04	40.47	487.26	22062	40.57	1886	39.81	53.57	40.15	200.74	255.44	27.25
	C941001TC1	200	12.11	40.56	491.18	22266	41.70	1864	40.82	54.46	41.74	201.09	254.83	26.73
	C941001TC2	200	12.27	40.37	495.34	21246	44.26	2318	42.40	55.62	42.81	200.79	247.29	23.16
	C941001TC3	200	12.12	40.43	490.01	22250	42.10	1886	40.82	54.69	41.55	201.13	255.61	27.09



$$\epsilon_{ti} = \Delta_{ti} / \ell_{di}$$

$$\epsilon_{ci} = \Delta_{ci} / \ell_{di}$$

$$\phi_i = \frac{\epsilon_{ti} - \epsilon_{ci}}{b}$$

$$\delta_{\phi} = \sum_{i=1}^3 \phi_i \cdot \ell_d \cdot Y_i$$

$$\delta_e = \frac{H_u L^3}{3 E I}$$

$$\delta_{u, dis} = \delta_{\phi} + \delta_e$$

ϕ_i : ダイヤフラム間の平均曲率

Δ_{ti} : ダイヤフラム間の伸び

Δ_{ci} : ダイヤフラム間の縮み

ϵ_{ti} : ダイヤフラム間の平均引張りひずみ

ϵ_{ci} : ダイヤフラム間の平均圧縮ひずみ

ℓ_{di} : ダイヤフラム間の距離

b : 変位計の水平間隔

δ : 水平変位

δ_{ϕ} : 基部平均曲率より求まる水平変位

δ_e : 変位計設置面以外の弾性水平変位

Y_i : 荷重載荷位置から各ダイヤフラム間の中心までの距離

図-3.1.2 供試体側面に配置した変位計と平均曲率との関係（概念図）

表-3.1.2 降伏時の補正值の算出結果（鋼単独断面供試体）

供試体	載荷方向	H_{YE}	δ_{YC}	δ_{YEMI}	Δ_{eY}	Δ_e	δ_{YE}	$H_{Y,ave}$	H_{YM}
H1	十側	56.69	54.45	79.87	25.42	25.42	54.45	56.69	56.53
H2	十側	56.42	54.19	70.01	15.82		59.29	56.42	56.53
	一側	-56.42	-54.19	-59.81	-5.62	10.72	-49.09		
H4	十側	76.28	38.19	45.30	7.11		37.42	76.32	76.9
	一側	-76.37	-38.23	-46.87	-8.63	7.87	-39.00		
H5	十側	63.45	57.20	74.95	17.75	17.75	57.20	63.45	62.7
H6	十側	62.25	56.12	64.80	8.68		58.13	62.51	62.7
	一側	-62.76	-56.58	-61.24	-4.66	6.67	-54.57		
H7	十側	62.01	55.90	67.80	11.90		58.66	62.33	62.7
	一側	-62.64	-56.47	-62.86	-6.39	9.15	-53.71		
H8	十側	62.01	56.42	66.49	10.07		57.81	62.33	62.7
	一側	-62.64	-56.54	-63.84	-7.30	8.69	-55.15		
H9	十側	44.40	55.26	63.71	8.45		59.08	44.26	44.3
	一側	-44.12	-54.90	-55.72	-0.82	4.64	-50.26		

$$H_{YM} = \left[\sigma_{YM} - \frac{N}{A} \right] \frac{Z}{h}$$

 σ_{YM} : 材料試験より求めた降伏点 (kgf/cm²)

Z: 断面定数、h: 供試体高さ

H_{YE} : H_{YM} とほぼ等しい水平荷重の実験数値データ
(両振り載荷の場合は、+側、-側の値が得られる)

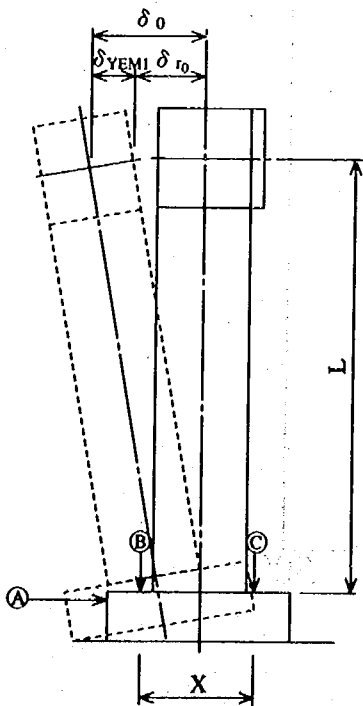
$$\delta_{YC} = \frac{H_{YE} \cdot h^3}{3EI}$$

 δ_{YEM1} : 水平荷重が H_{YE} のときの水平変位の一次補正值
$$\Delta_{\epsilon Y} : \delta_{YEM1} - \delta_{YC} \text{ (両振り載荷の場合は+側、-側の値が得られる)}$$

Δ_c : 補正量、 Δ_c は+側載荷時、-側載荷時の Δ_{cy} の絶対値の平均値

$$\delta_{YE} : \text{補正水平変位、} \delta_{YE} = \delta_{YEM1} - \Delta_c$$

ただし、代表値として、+側載荷時の水平変位を採用している。

$$H_{Y, \text{ave}} : H_{YE} \text{の絶対値の平均値}$$
 δ_{r0} : 基部の変形による水平変位 δ_0 : 全水平変位

δ_{YEMI} : 供試体の曲げ変形による頂部の水平変位

 Δ_A : A点の水平変位 Δ_B : B点の鉛直変位 Δ_c : C点の鉛直変位

X : A-B間の距離

L : 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

$$\delta r_0 = \Delta_A + \frac{(\Delta_C - \Delta_B) \cdot L}{X}$$

$$\delta YEM1 = \delta_0 - \delta_{r_0}$$

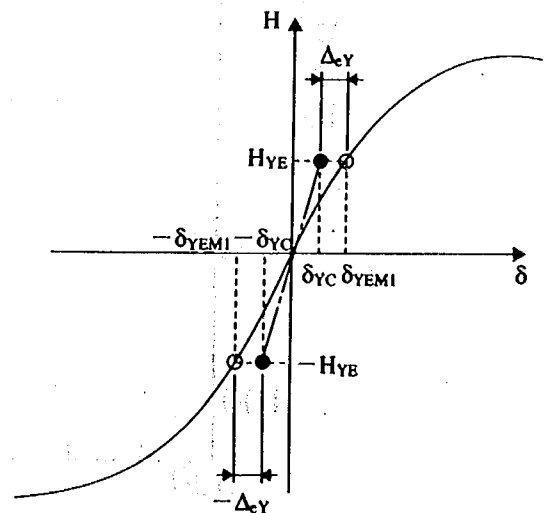
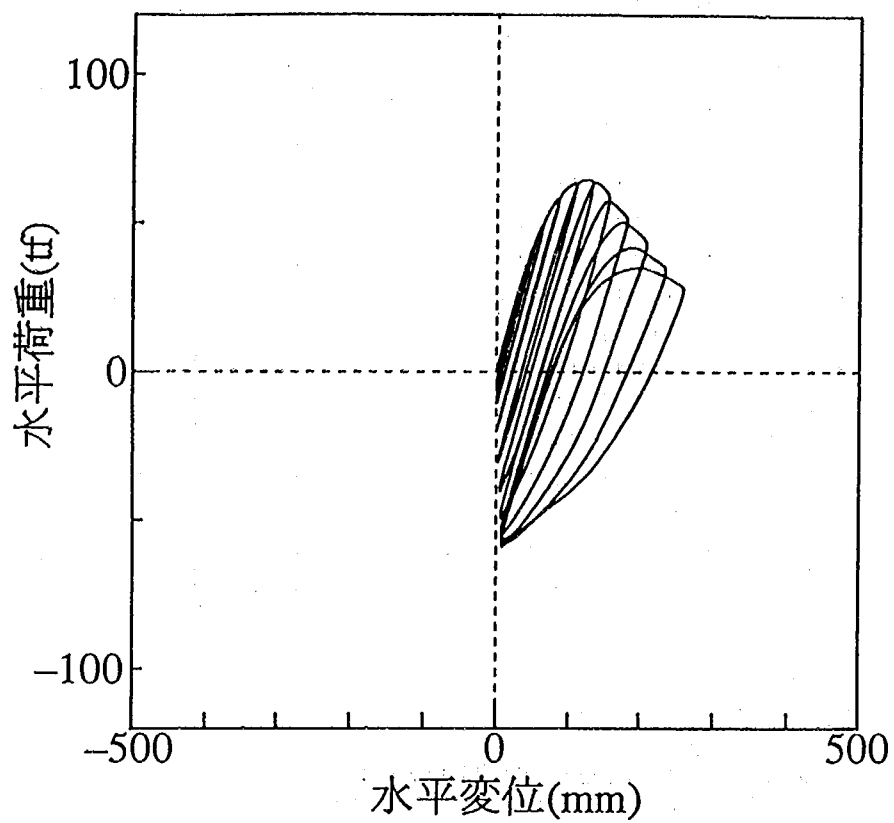
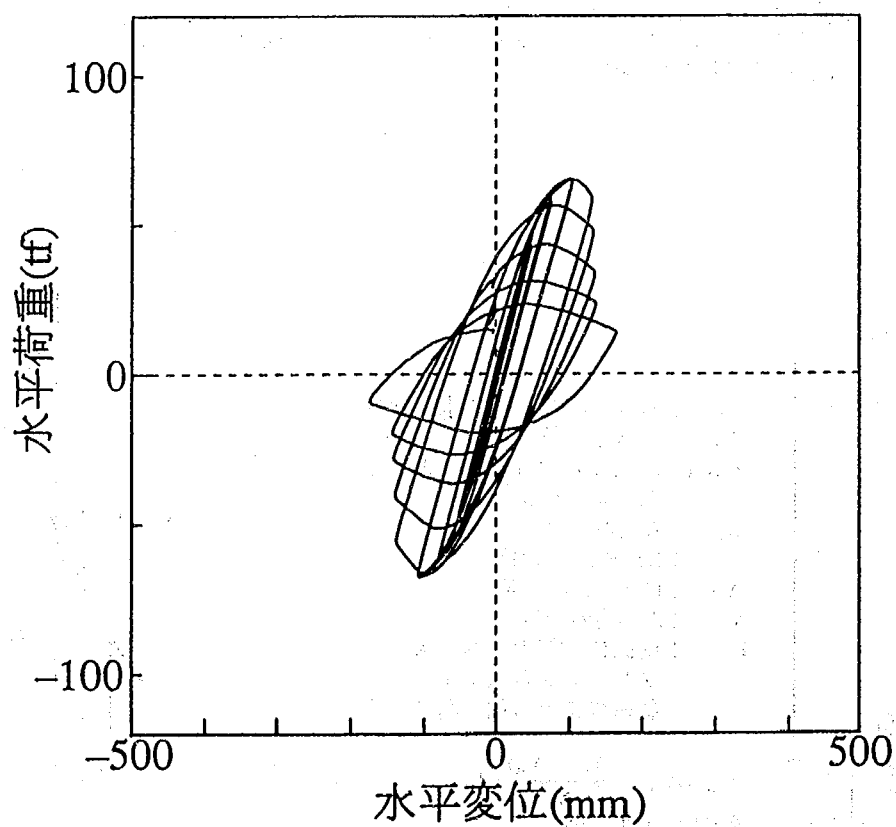


図-3.1.3 (a) 基部の架台の変形の一次補正方法

図-3.1.3 (b) 降伏点近傍の誤差



(a)供試体 H 1



(b)供試体 H 2

図-3.2.1 水平荷重と水平変位との関係

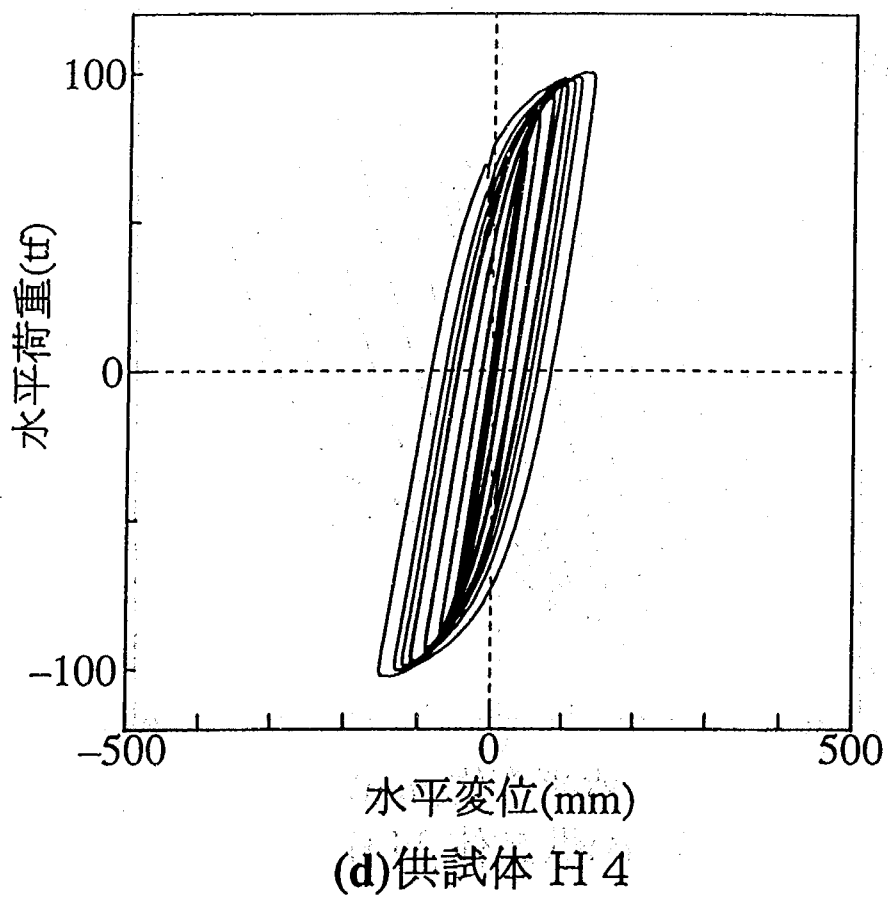
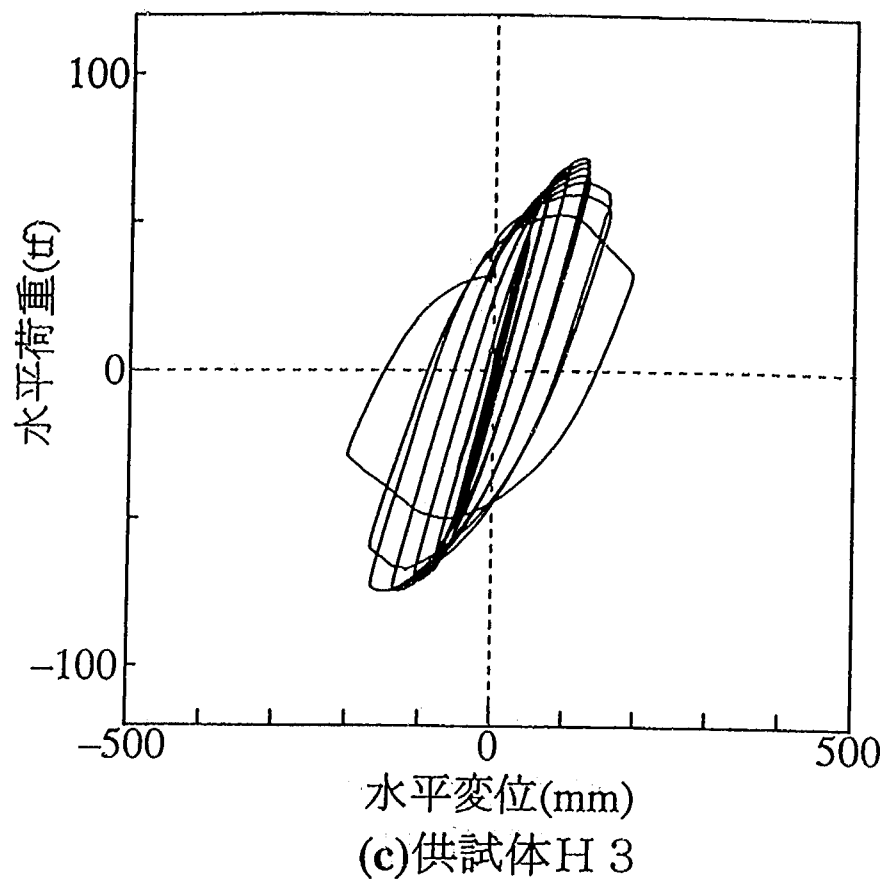
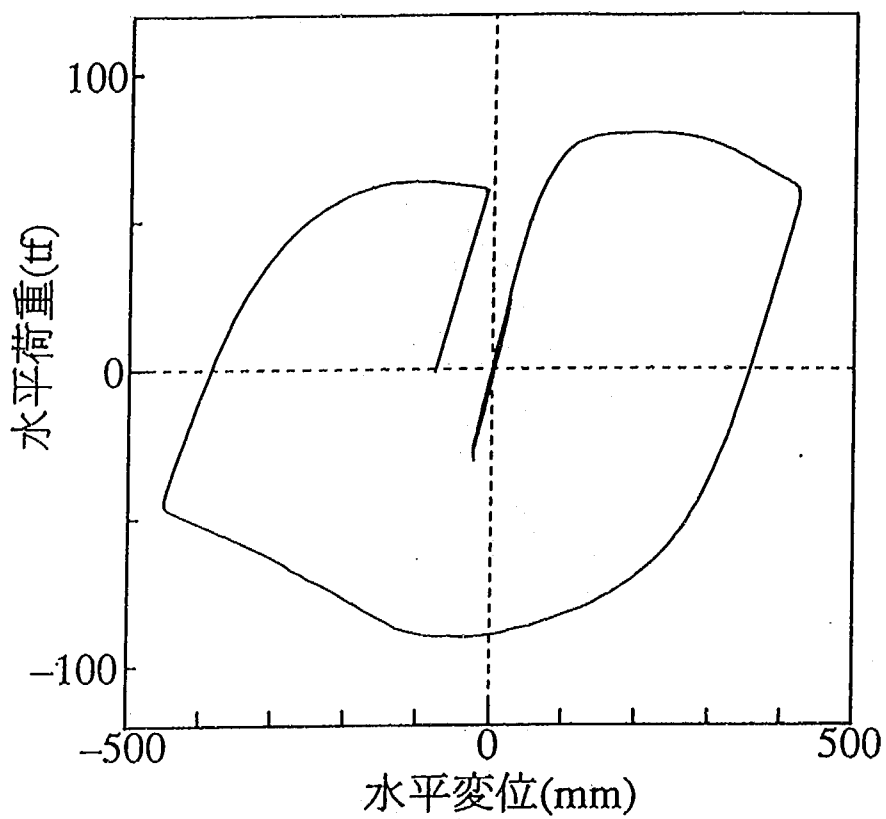
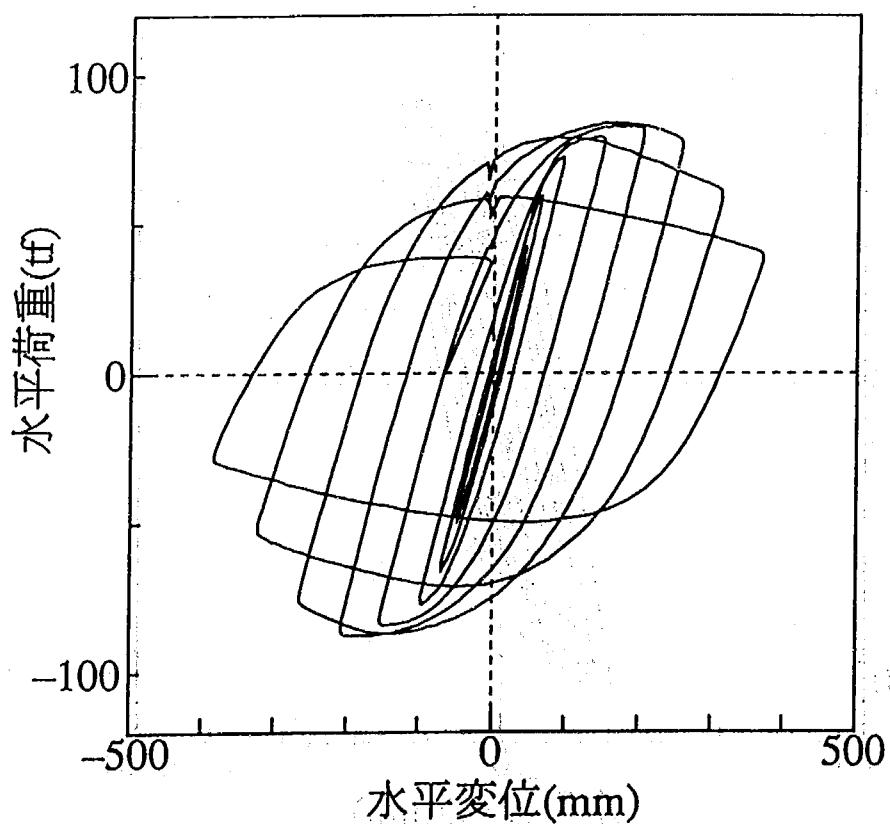


図-3.2.1 水平荷重と水平変位との関係



(e)供試体 H 5



(f)供試体 H 6

図-3.2.1 水平荷重と水平変位との関係

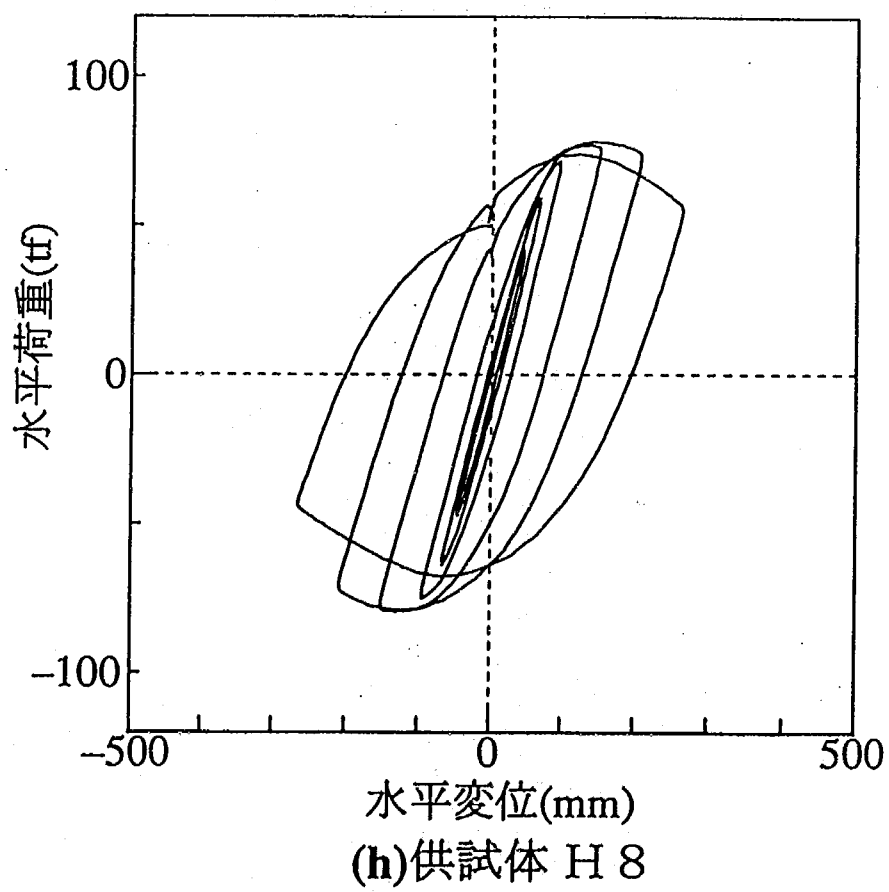
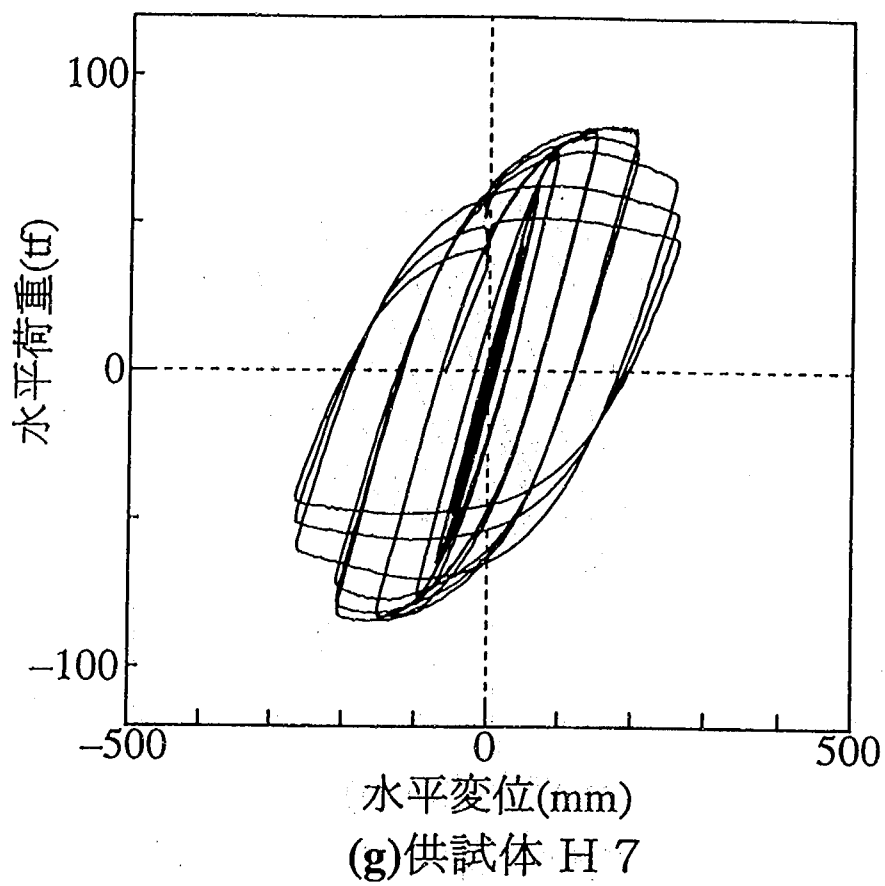
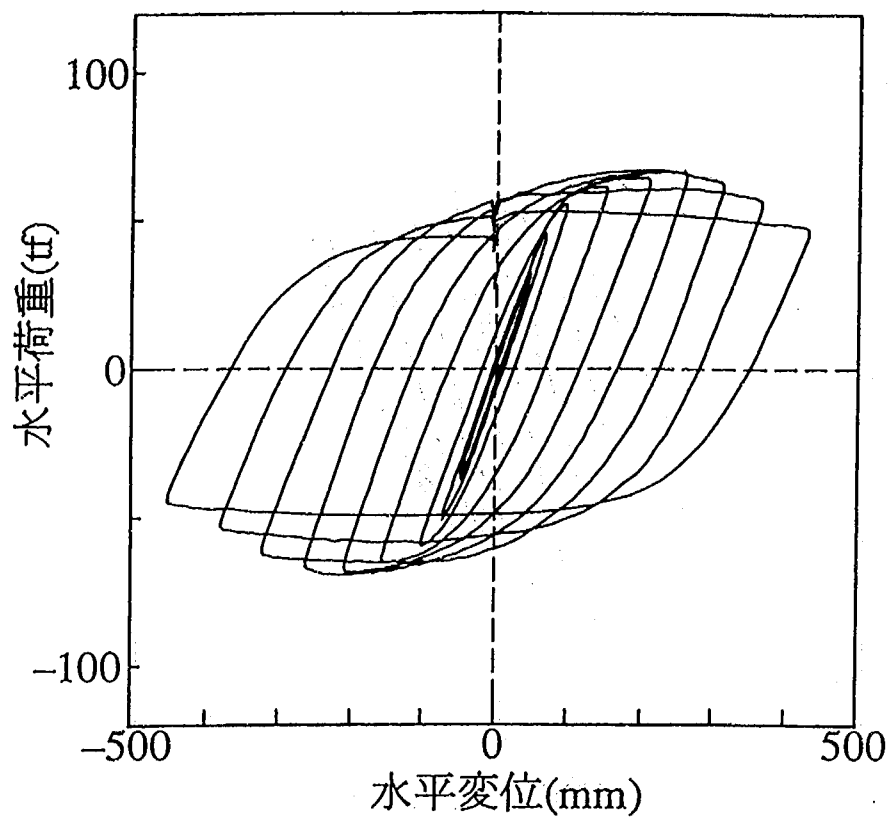


図-3.2.1 水平荷重と水平変位との関係



(i)供試体H 9

図-3.2.1 水平荷重と水平変位との関係

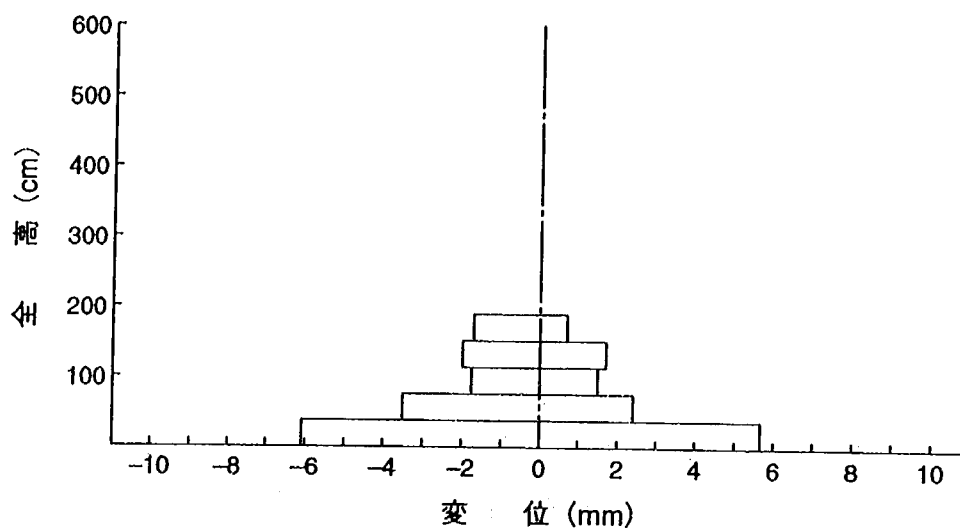


図-3.3.1 荷重最大時のダイヤフラム間の橋脚軸方向変位分布図 (H5 十載荷時)

表-3.3.1 荷重最大時のダイヤフラム間の橋脚軸方向変位分布

水平荷重 (tf)		79.86	
変位計 No.		圧縮側変位 (mm)	引張側変位 (mm)
4	5	-1.81	0.72
6	7	-1.98	1.63
14	16	*-1.88	*1.49
15	17		
18	20	*-3.50	*2.39
19	21		
22	24	*-6.09	*5.66
23	25		

注) * 平均値

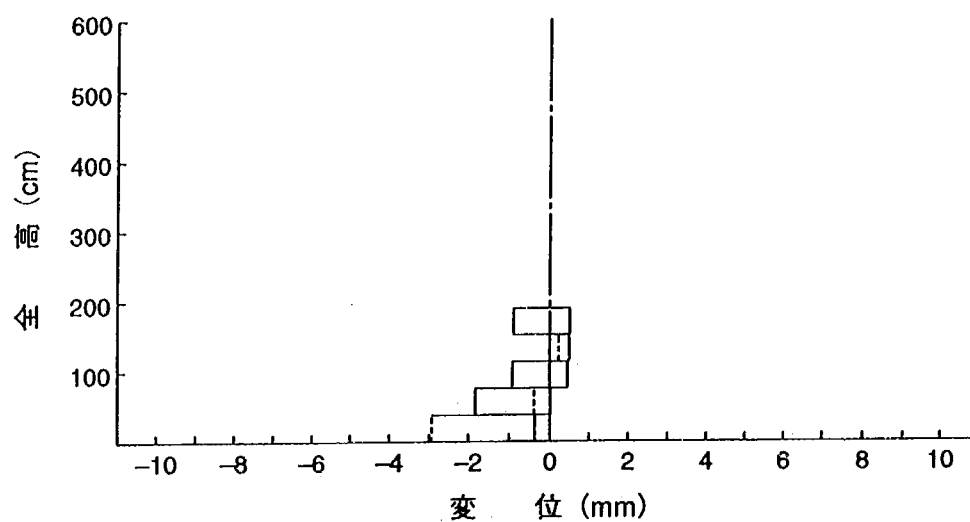


図-3.3.2 荷重最大時のダイヤフラム間の橋脚軸方向変位分布図 (H5 一載荷時)

表-3.3.2 荷重最大時のダイヤフラム間の橋脚軸方向変位分布

水平荷重 (tf)		-90.42	
変位計 No.		圧縮側変位 (mm)	引張側変位 (mm)
5	4	-1.81	0.91
7	6	0.36	0.90
16 17	14 15	*-1.84	*0.63
20 21	18 19	*-3.54	*-0.89
24 25	22 23	*-0.83	*-5.82

注) * 平均値

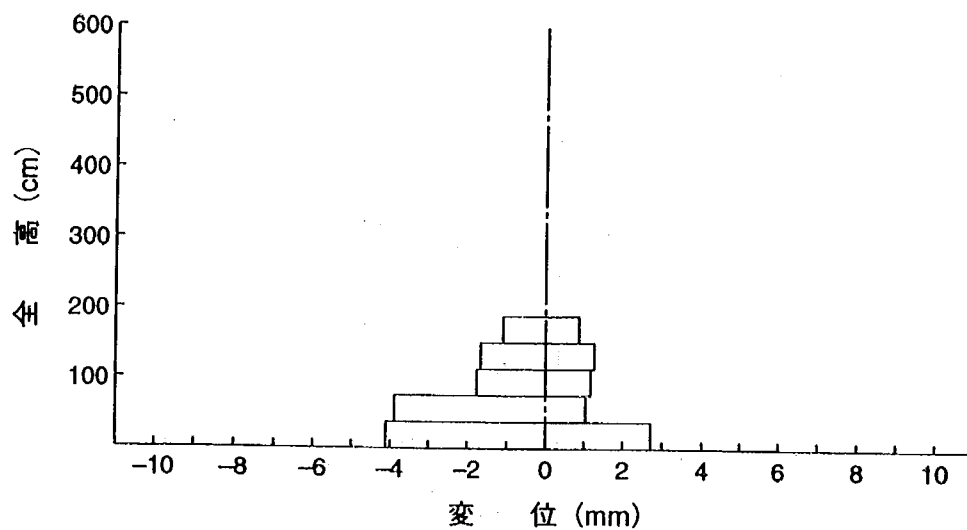


図-3.3.3 荷重最大時のダイヤフラム間の橋脚軸方向変位分布図 (H6十載荷時)

表-3.3.3 荷重最大時のダイヤフラム間の橋脚軸方向変位分布

水平荷重 (tf)		84.015	
変位計 No.		圧縮側変位 (mm)	引張側変位 (mm)
4	5	-1.09	0.91
6	7	-0.18	1.27
14 15	16 17	*-1.88	*1.14
18 19	20 21	*-3.96	*1.07
22 23	24 25	*-4.15	*2.74

注) * 平均値

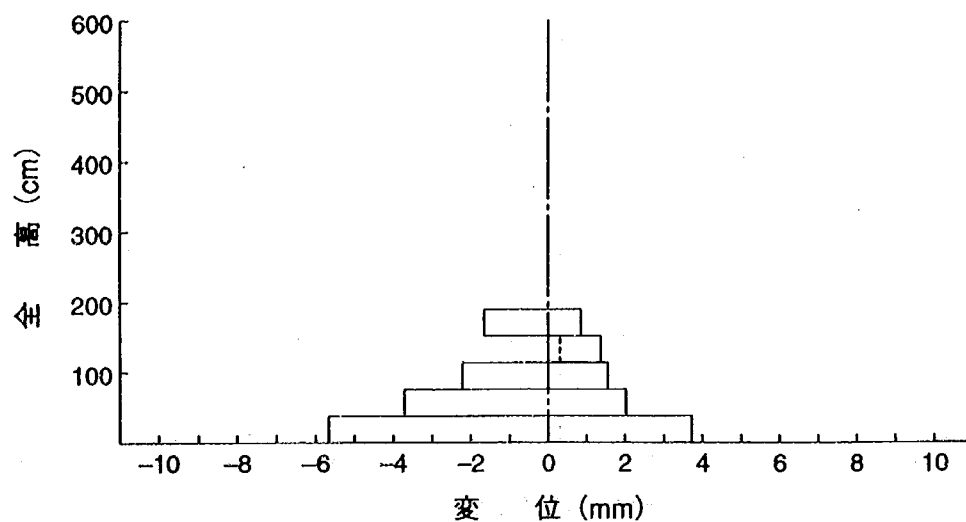


図-3.3.4 荷重最大時のダイヤフラム間の橋脚軸方向変位分布図（H6一載荷時）

表-3.3.4 荷重最大時のダイヤフラム間の橋脚軸方向変位分布

水平荷重 (tf)		-87.885	
変位計 No.		圧縮側変位 (mm)	引張側変位 (mm)
5	4	-1.81	0.91
7	6	0.36	1.26
16 17	14 15	*-2.28	*1.52
20 21	18 19	*-3.72	*2.07
24 25	22 23	*-5.66	*3.68

注) *平均値

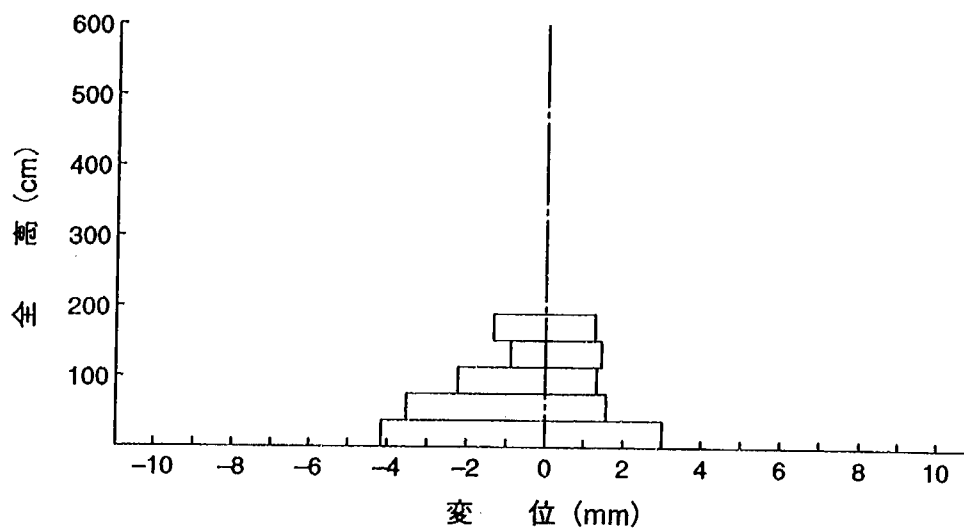


図-3.3.5 荷重最大時のダイヤフラム間の橋脚軸方向変位分布図 (H7 十載荷時)

表-3.3.5 荷重最大時のダイヤフラム間の橋脚軸方向変位分布

水平荷重 (tf)		82.71	
変位計 No.		圧縮側変位 (mm)	引張側変位 (mm)
4	5	-1.27	1.27
6	7	-0.90	1.45
14 15	16 17	*-2.24	*1.32
18 19	20 21	*-3.50	*1.51
22 23	24 25	*-4.15	*3.03

注) * 平均値

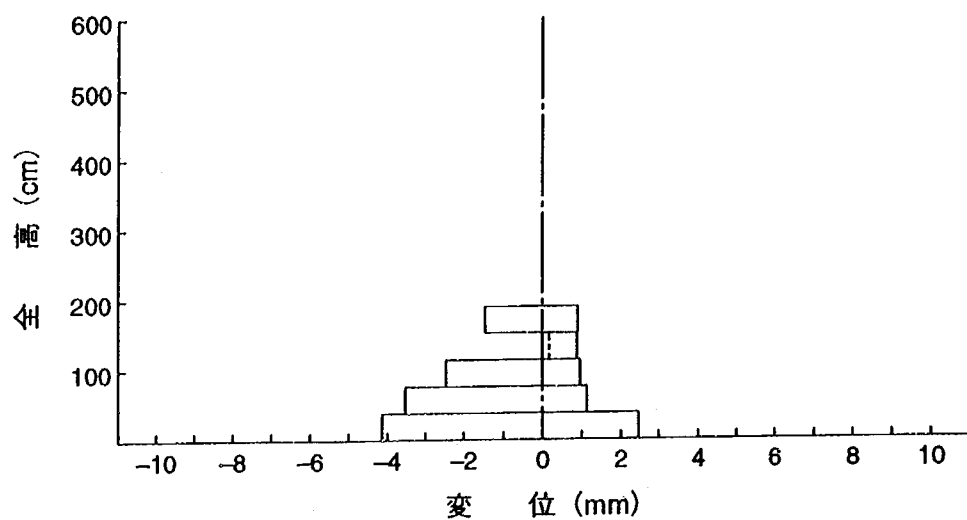


図-3.3.6 荷重最大時のダイヤフラム間の橋脚軸方向変位分布図 (H7 一載荷時)

表-3.3.6 荷重最大時のダイヤフラム間の橋脚軸方向変位分布

水平荷重 (tf)		-84.39	
変位計 No.		圧縮側変位 (mm)	引張側変位 (mm)
5	4	-1.45	0.91
7	6	0.18	0.90
16 17	14 15	*-2.46	*0.99
20 21	18 19	*-3.54	*1.17
24 25	22 23	*-4.14	*2.48

注) * 平均値

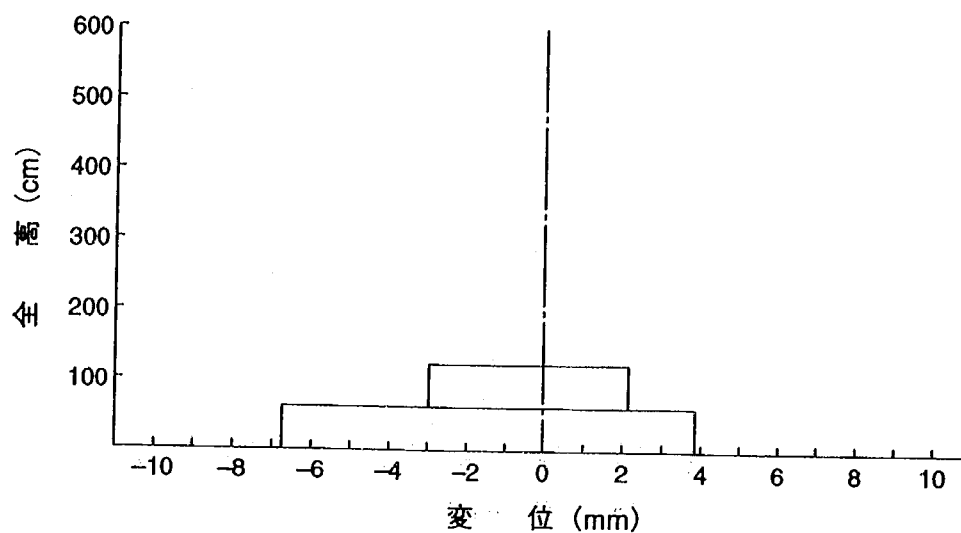


図-3.3.7 荷重最大時のダイヤフラム間の橋脚軸方向変位分布図 (H8 十載荷時)

表-3.3.7 荷重最大時のダイヤフラム間の橋脚軸方向変位分布

水平荷重 (tf)		78.32	
変位計 No.		圧縮側変位 (mm)	引張側変位 (mm)
12 13	14 15	*-2.98	*2.16
16 17	18 19	*-6.73	*3.85

注) * 平均値

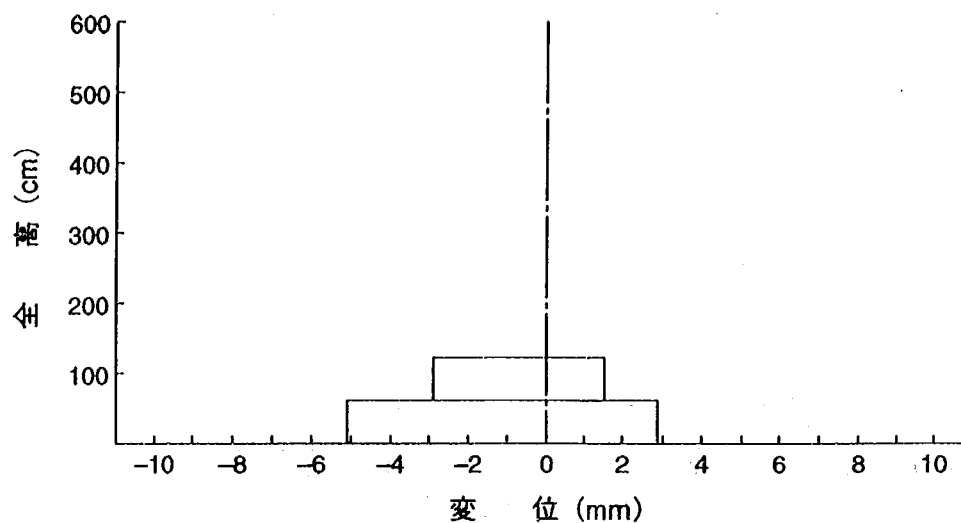


図-3.3.8 荷重最大時のダイヤフラム間の橋脚軸方向変位分布図 (H8一載荷時)

表-3.3.8 荷重最大時のダイヤフラム間の橋脚軸方向変位分布

水平荷重 (tf)		-79.53	
変位計 No.		圧縮側変位 (mm)	引張側変位 (mm)
12 13	14 15	*-2.88	*1.58
16 17	18 19	*-5.11	*2.83

注) * 平均値

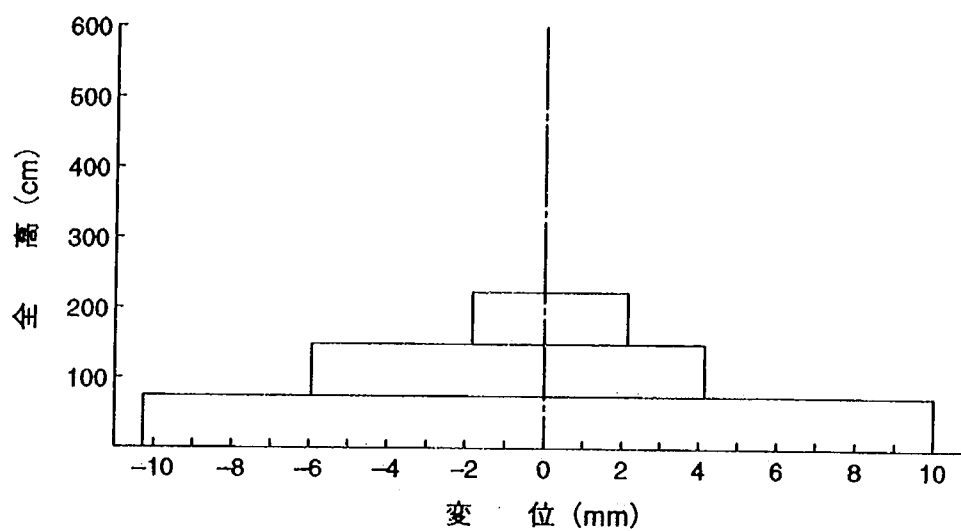


図-3.3.9 荷重最大時のダイヤフラム間の橋脚軸方向変位分布図 (H9 + 載荷時)

表-3.3.9 荷重最大時のダイヤフラム間の橋脚軸方向変位分布

水平荷重 (tf)		67.56	
変位計 No.		圧縮側変位 (mm)	引張側変位 (mm)
5	4	-1.81	2.17
7	6	-5.94	4.16
15	8	-10.27	10.05

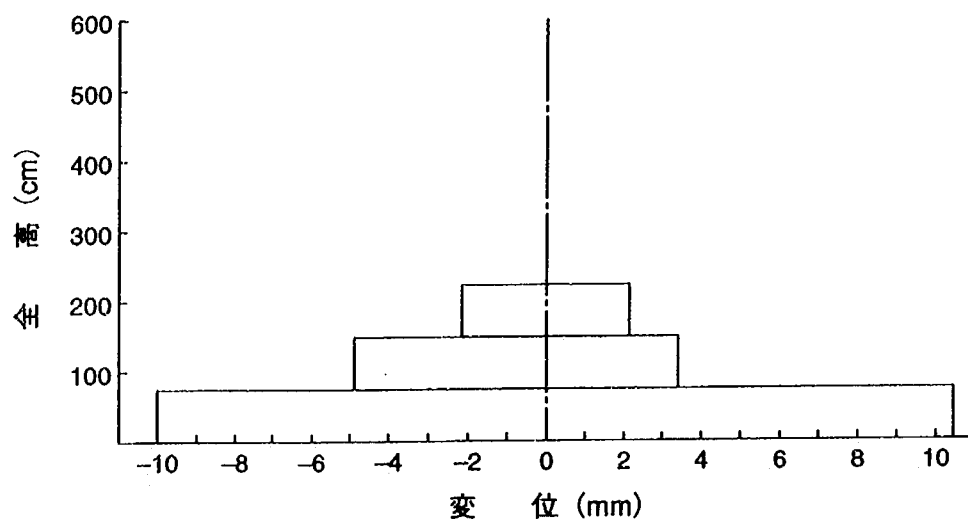


図-3.3.10 荷重最大時のダイヤフラム間の橋脚軸方向変位分布図 (H9 一載荷時)

表-3.3.10 荷重最大時のダイヤフラム間の橋脚軸方向変位分布

水平荷重 (tf)		-69.405	
変位計 No.		圧縮側変位 (mm)	引張側変位 (mm)
4	5	-2.17	2.17
6	7	-4.89	3.42
8	15	-10.41	10.45

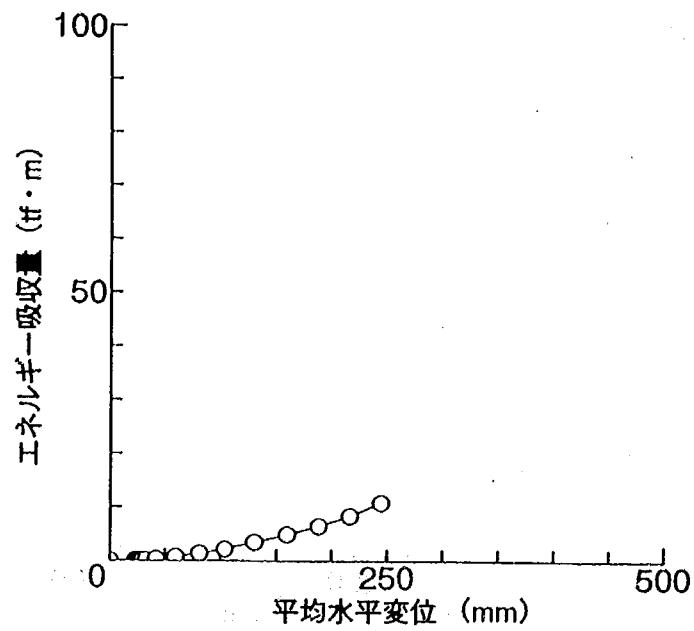


図-3.4.1 エネルギー吸収量 (H1)

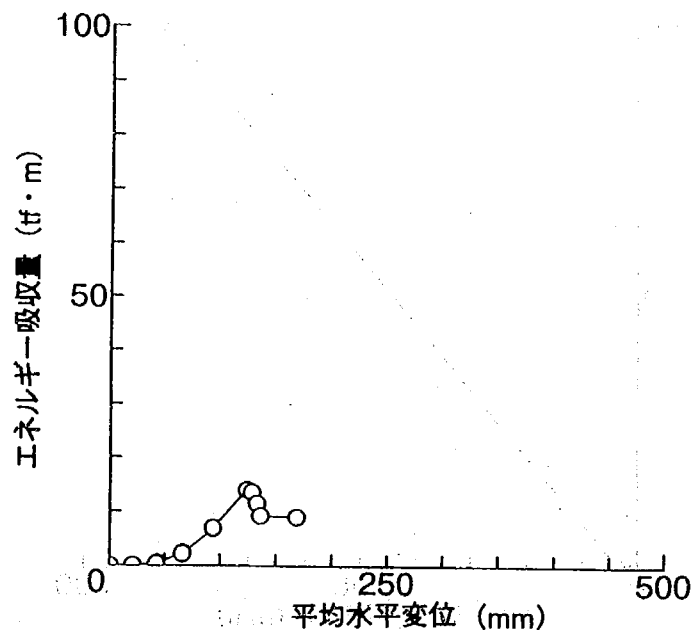


図-3.4.2 エネルギー吸収量 (H2)

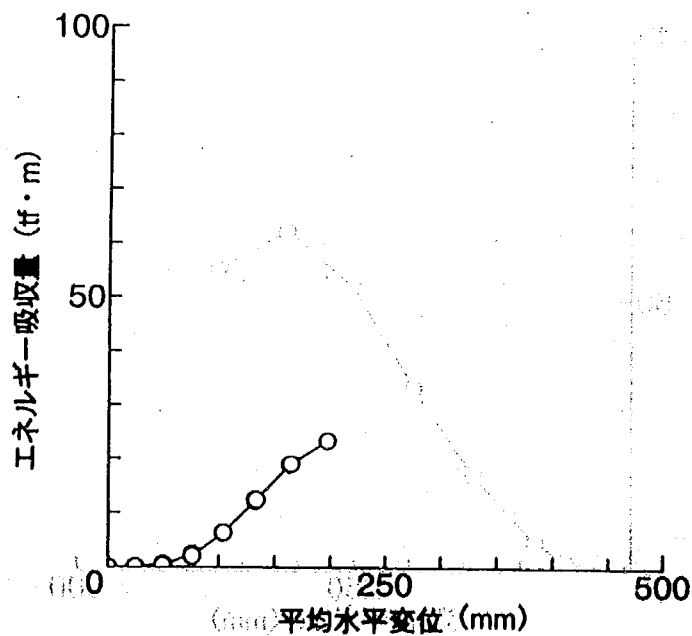


図-3.4.3 エネルギー吸収量 (H3)

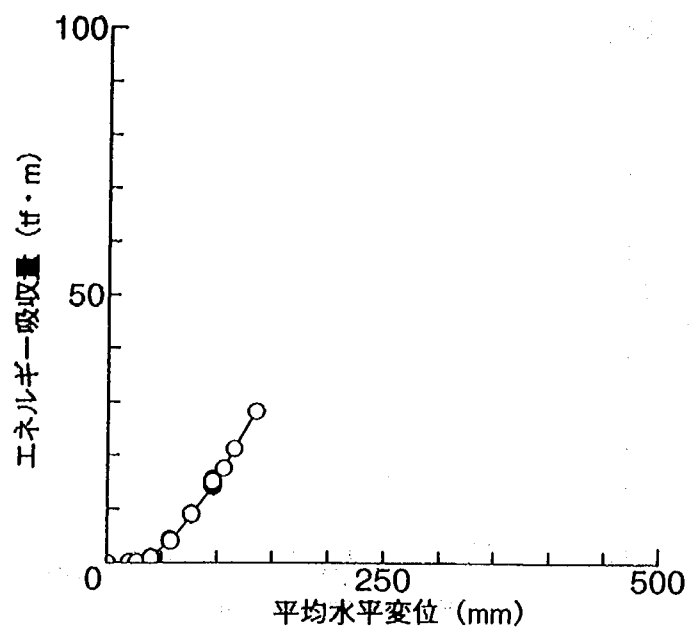


図-3.4.4 エネルギー吸収量 (H4)

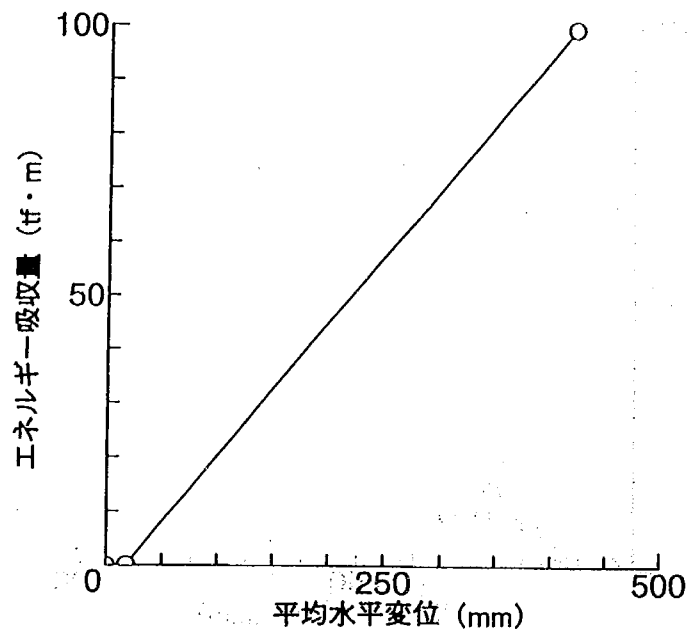


図-3.4.5 エネルギー吸収量 (H5)

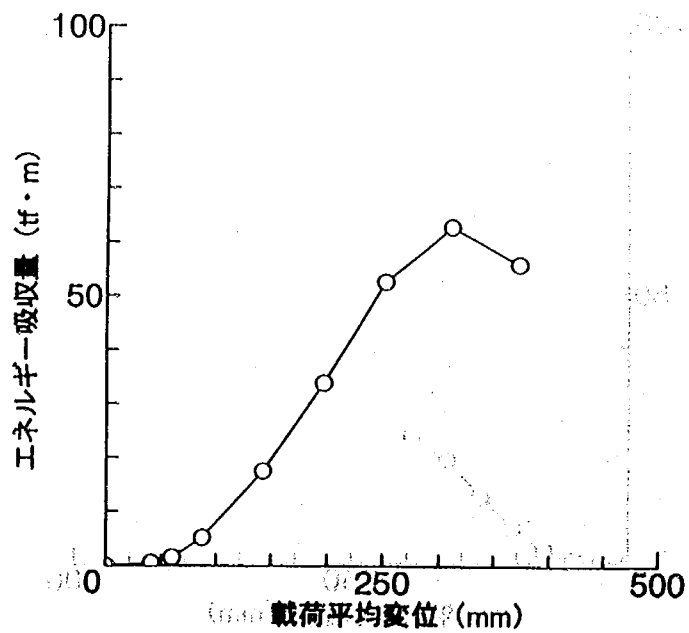


図-3.4.6 エネルギー吸収量 (H6)

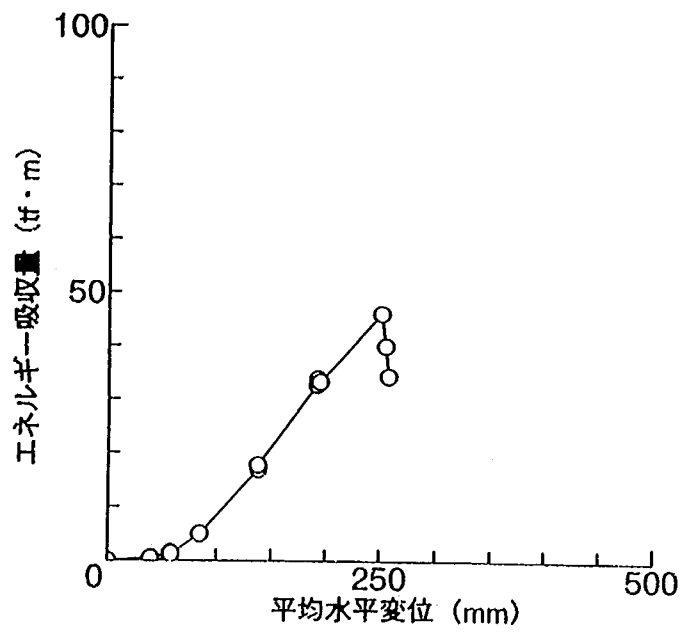


図-3.4.7 エネルギー吸収量 (H7)

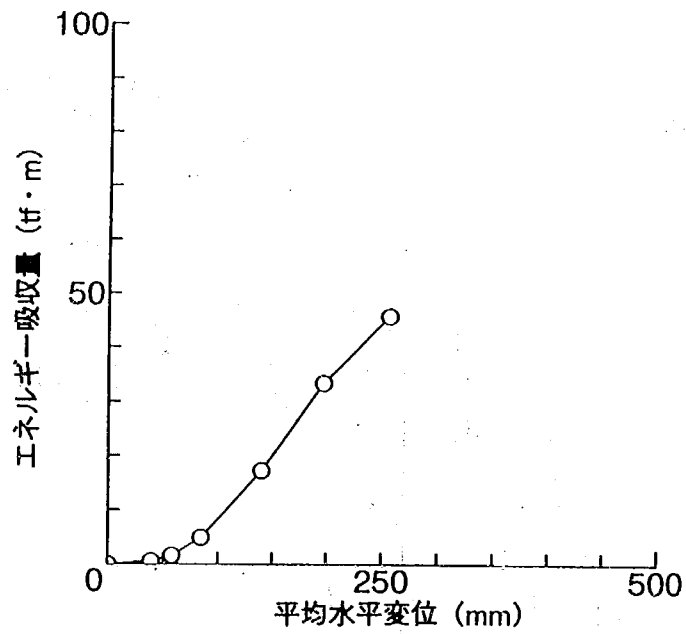


図-3.4.8 エネルギー吸収量 (H8)

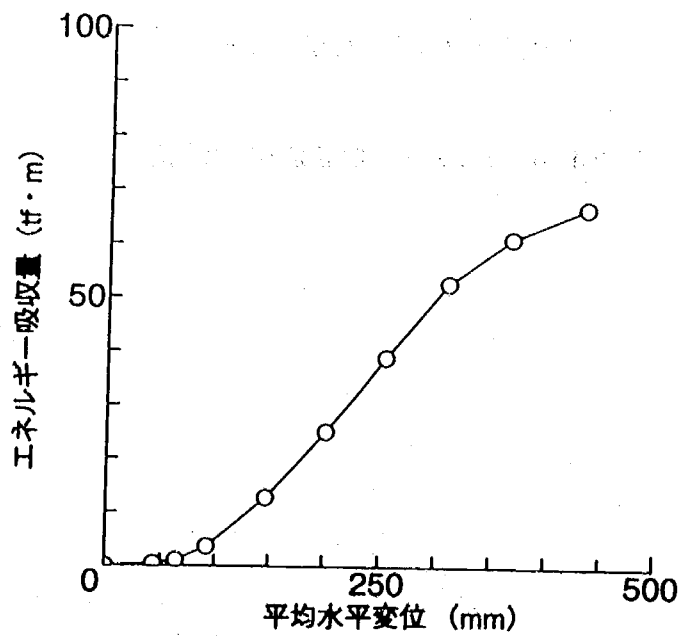
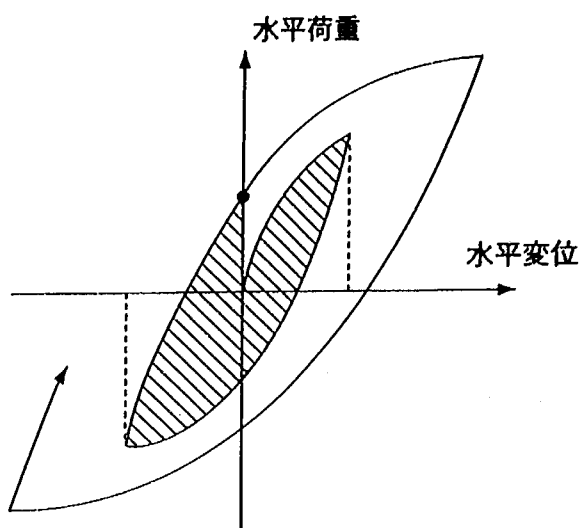
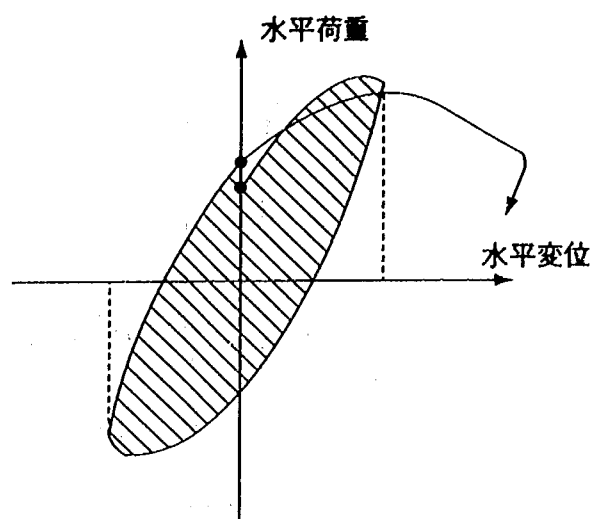


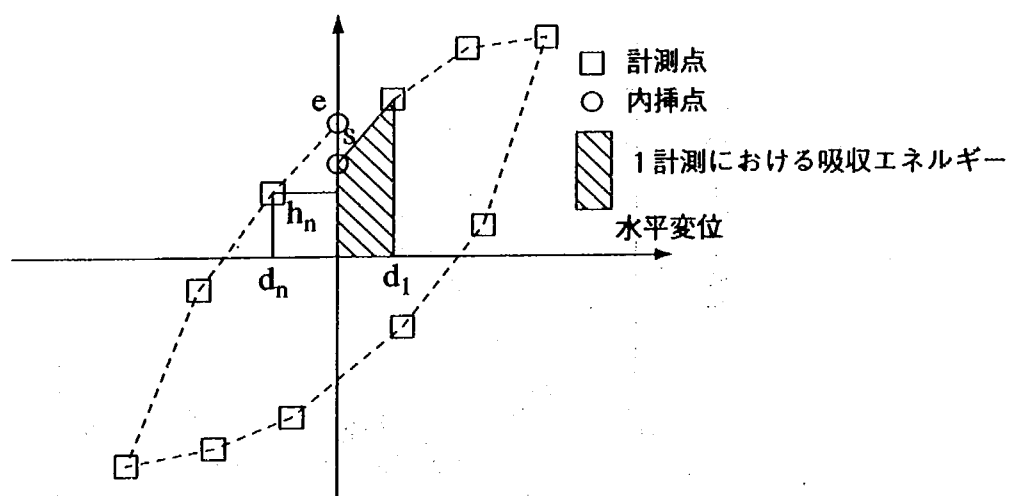
図-3.4.9 エネルギー吸収量 (H9)



(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

図-2.4.10 エネルギー吸収量の算出方法

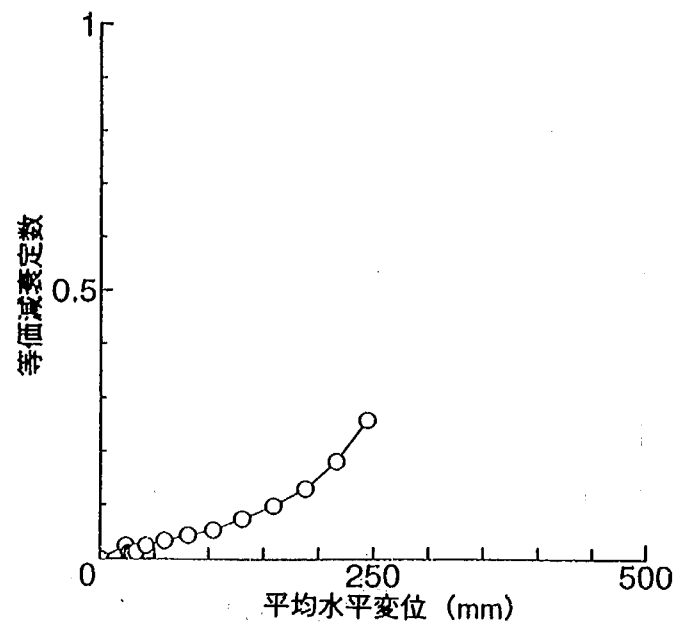


図-3.5.1 等価減衰定数 (H1)

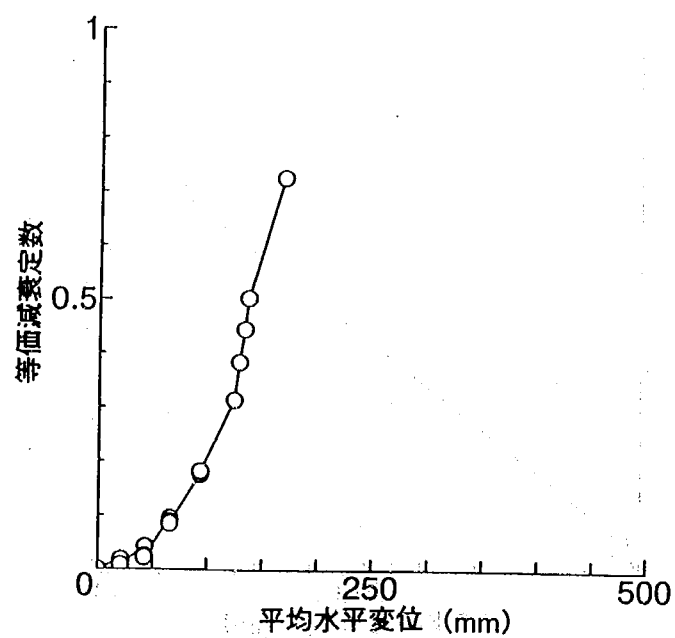


図-3.5.2 等価減衰定数 (H2)

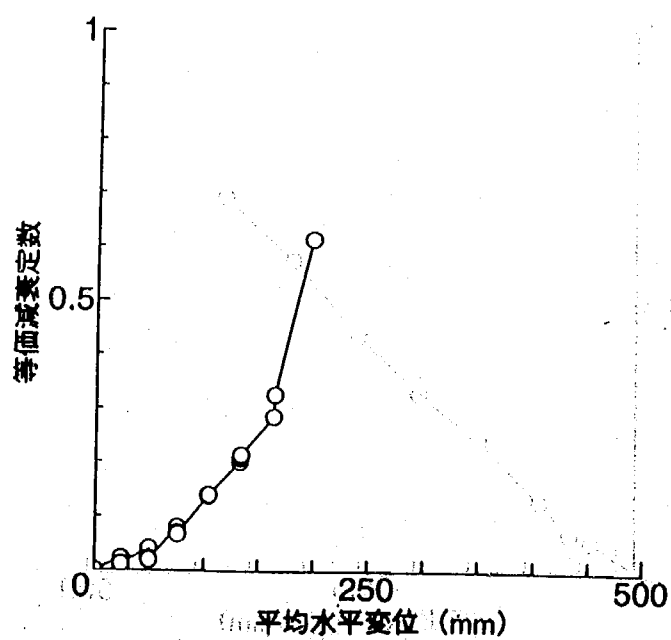


図-3.5.3 等価減衰定数 (H3)

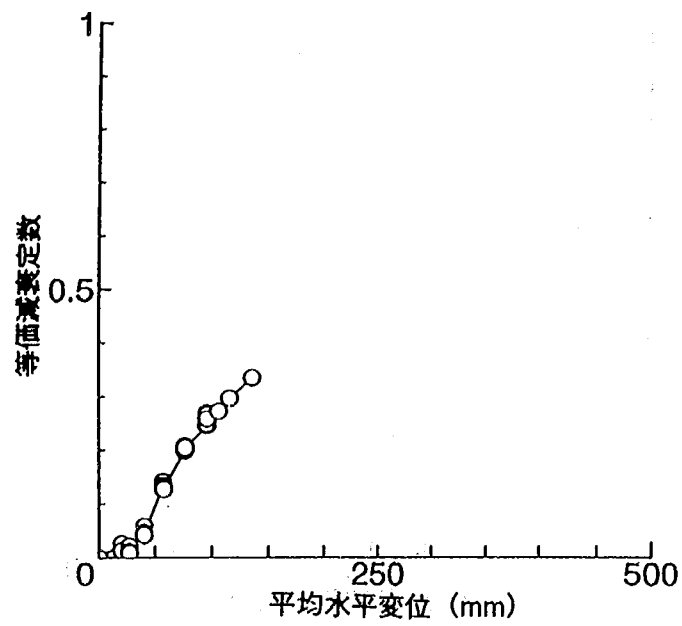


図-3.5.4 等価減衰定数 (H4)

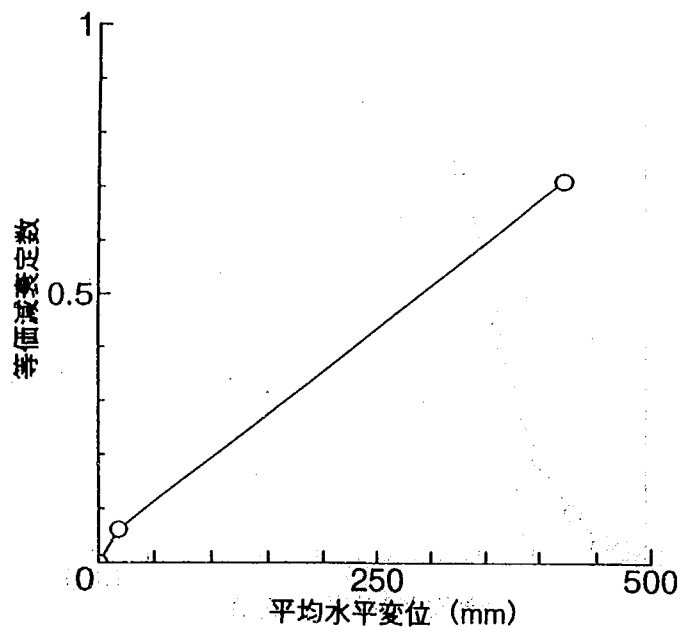


図-3.5.5 等価減衰定数 (H5)

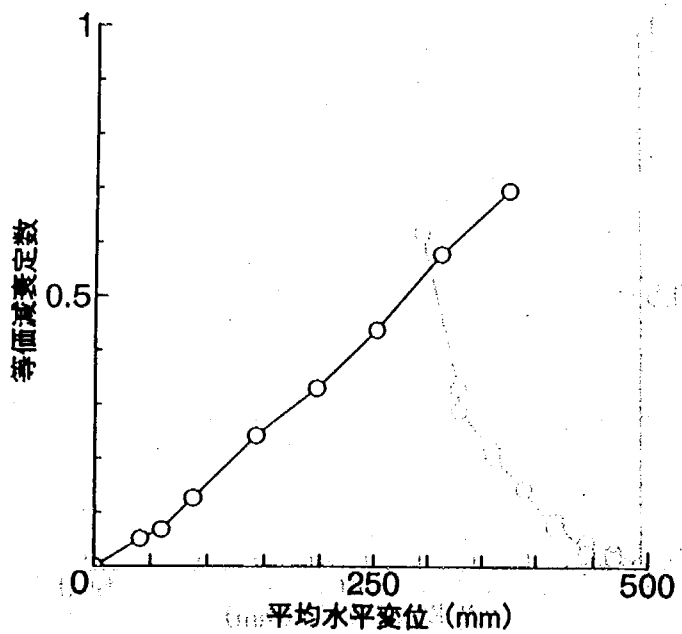


図-3.5.6 等価減衰定数 (H6)

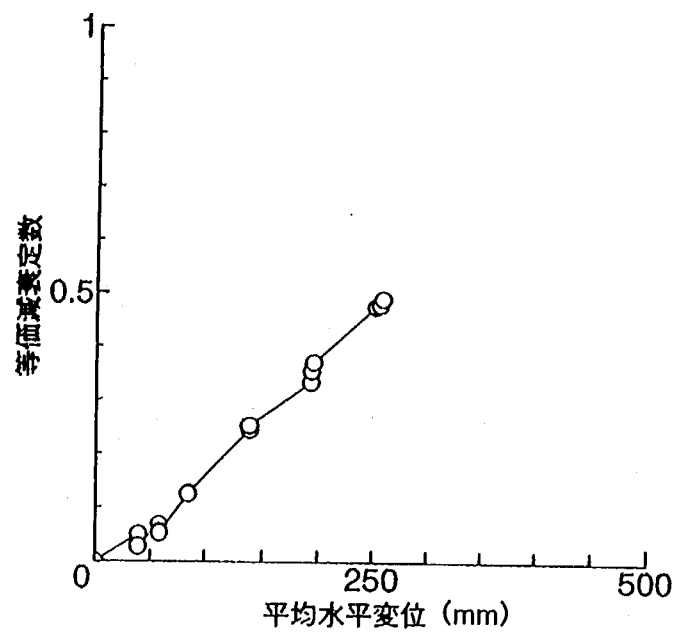


図-3.5.7 等価減衰定数 (H7)

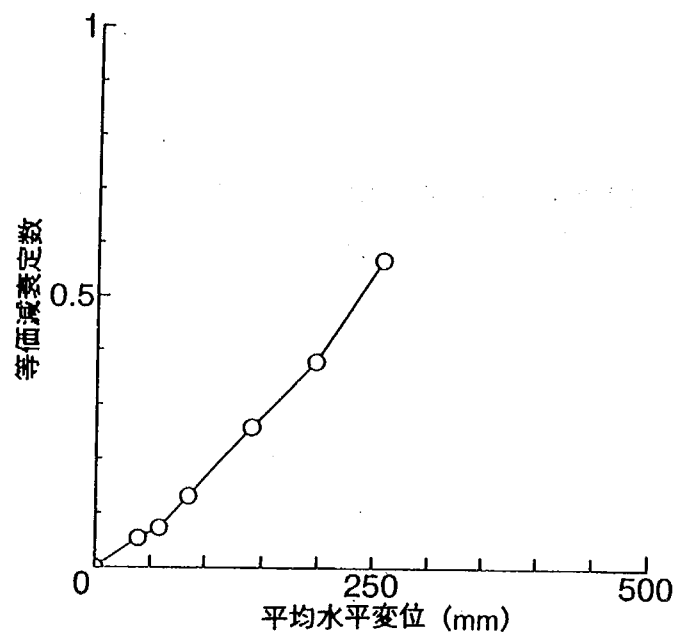


図-3.5.8 等価減衰定数 (H8)

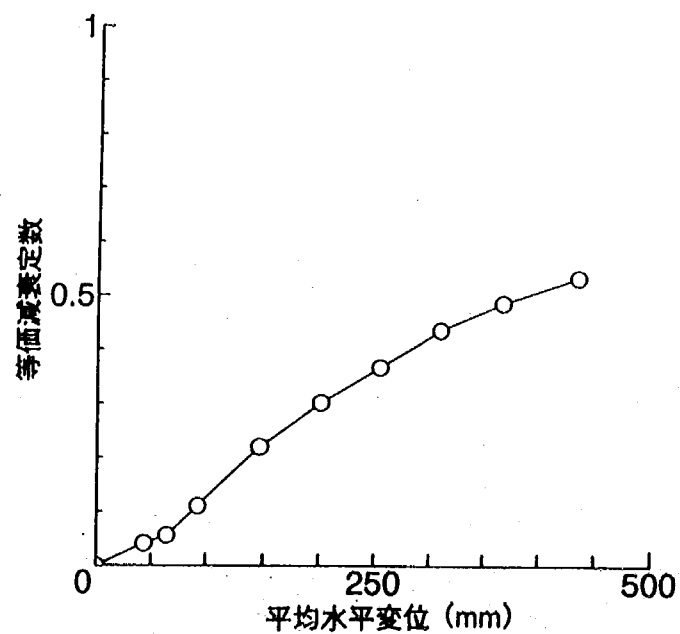


図-3.5.9 等価減衰定数 (H9)

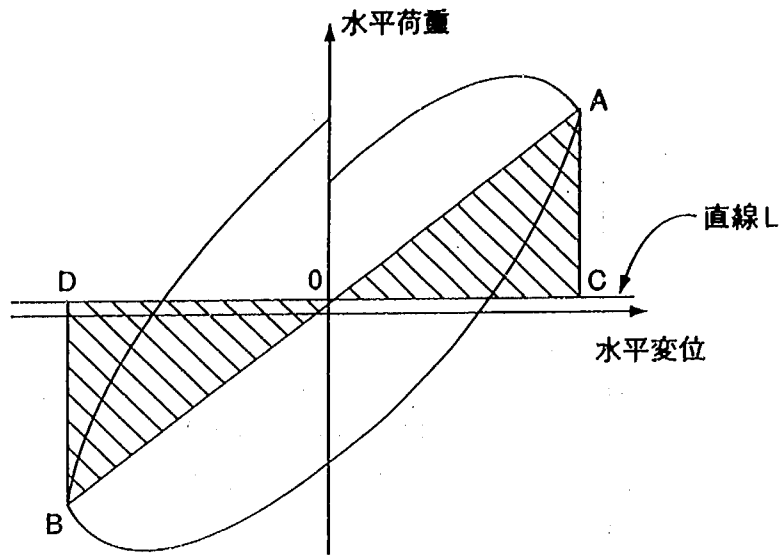


図-3.5.10 等価減衰定数と等価剛性の定義

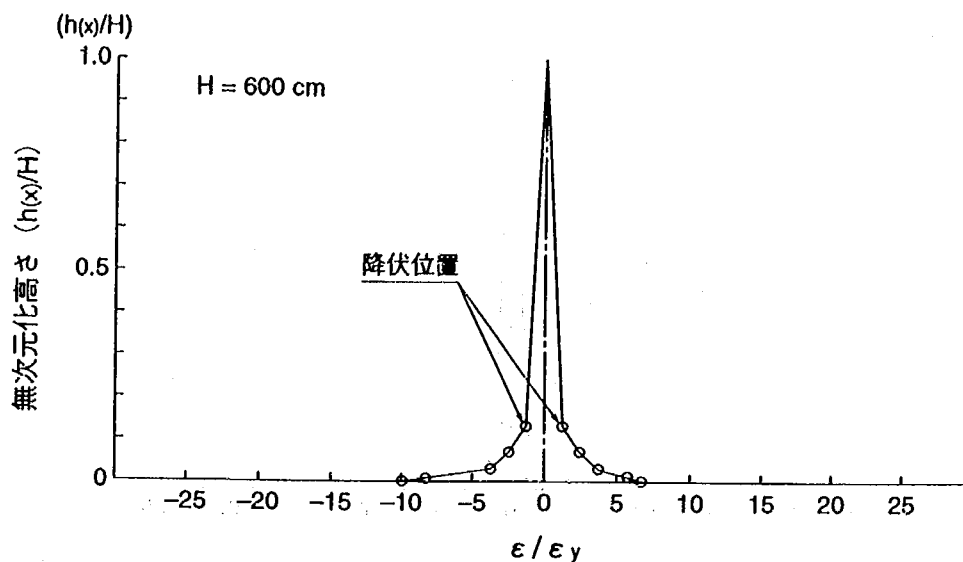


図-3.6.1 最大水平荷重時におけるひずみ分布図 (H1 + 載荷時)

表-3.6.1 最大水平荷重時におけるひずみ分布

水平荷重 (tf)	64.56	
計測点	圧縮ひずみ $\times 10^{-6}$	引張ひずみ $\times 10^{-6}$
* ϵ_y , 降伏位置	-1,938	1,938
ϵ_1 , 断面1 (4, 6)	-5,002	3,554
ϵ_2 , 断面2 (13, 15)	-6,229	6,738
ϵ_3 , 断面3 (22, 24)	-17,414	11,129
** ϵ_u , 下端	-19,189	11,8262

← 計算値

← 計算値

注) () 内はゲージNO.

$$*) \epsilon_y = \frac{\sigma_y}{E} \quad \left\{ \begin{array}{l} \sigma_y = 4070 \text{ kg/cm}^2 \\ E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right.$$

$$**) \epsilon_u = \frac{\epsilon_3 - \epsilon_2}{l_{S2-S3}} \cdot l_{S0} + \epsilon_3$$

l_{S2-S3} : 断面2と断面3との距離

l_{S0} : 断面3と下端との距離

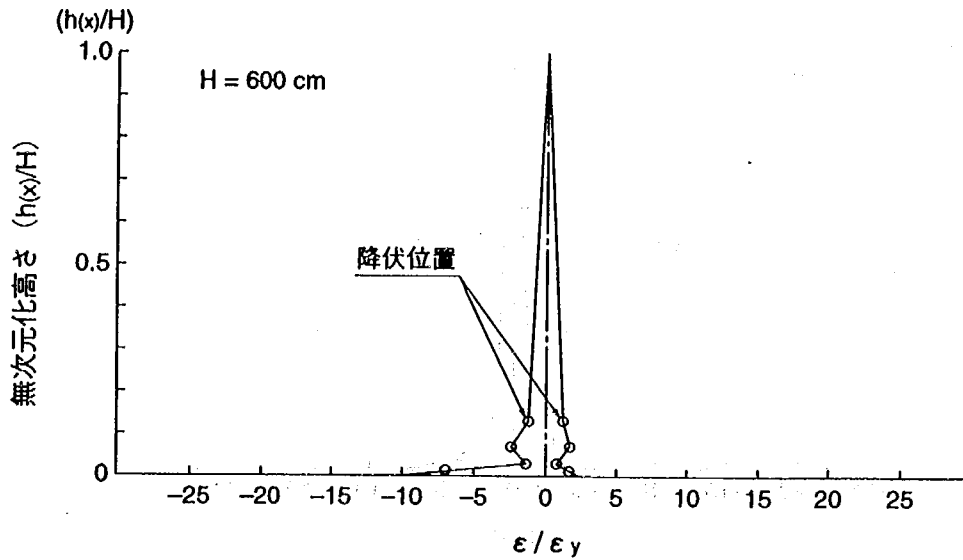


図-3.6.2 最大水平荷重時におけるひずみ分布図 (H2十載荷時)

表-3.6.2 最大水平荷重時におけるひずみ分布

水平荷重 (tf)	65.43	
計測点	圧縮ひずみ $\times 10^{-6}$	引張ひずみ $\times 10^{-6}$
* ϵ_y , 降伏位置	-1,938	1,938
ϵ_1 , 断面1 (4, 6)	-4,622	2,185
ϵ_2 , 断面2 (13, 15)	-2,099	1,289
ϵ_3 , 断面3 (22, 24)	-13,973	3,388
** ϵ_u , 下端	-15,858	3,721

← 計算値

← 計算値

注) () 内はゲージ NO.

$$*) \epsilon_y = \frac{\sigma_y}{E} \quad \left\{ \begin{array}{l} \sigma_y = 4070 \text{ kg/cm}^2 \\ E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right.$$

$$**) \epsilon_u = \frac{\epsilon_3 - \epsilon_2}{l_{S2-S3}} \cdot l_{S0} + \epsilon_3$$

l_{S2-S3} : 断面2と断面3との距離

l_{S0} : 断面3と下端との距離

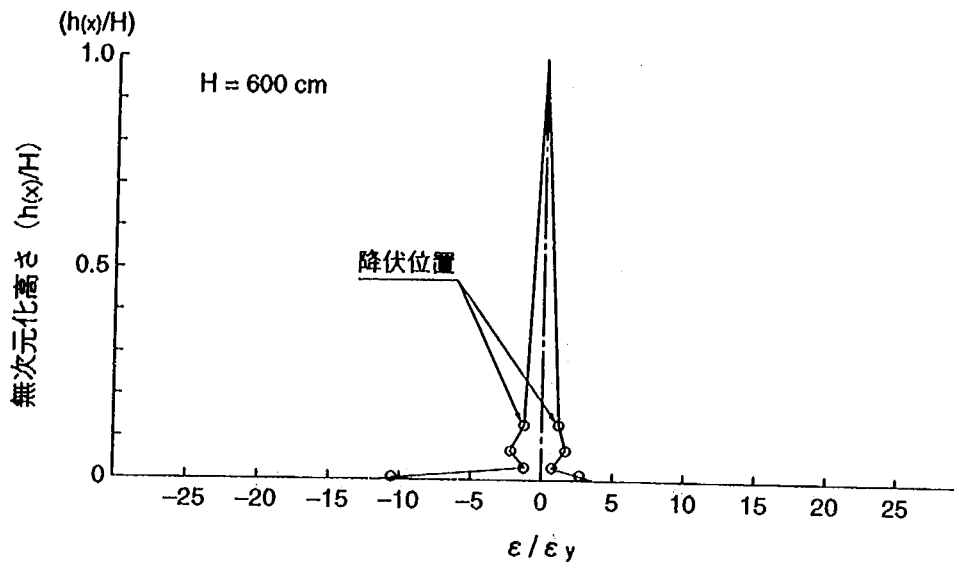


図-3.6.3 最大水平荷重時におけるひずみ分布図 (H2一載荷時)

表-3.6.3 最大水平荷重時におけるひずみ分布

水平荷重 (tf)	67.82	
計測点	圧縮ひずみ $\times 10^{-6}$	引張ひずみ $\times 10^{-6}$
* ϵ_y , 降伏点	-1,938	1,938
ϵ_1 , 断面1 (6, 4)	-4,025	2,638
ϵ_2 , 断面2 (15, 13)	-1,834	1,250
ϵ_3 , 断面3 (24, 22)	-20,578	5,935
** ϵ_u , 下端	-22,850	6,679

← 計算値

← 計算値

注) () 内はゲージ NO.

$$*) \epsilon_y = \frac{\sigma_y}{E} \quad \left\{ \begin{array}{l} \sigma_y = 4070 \text{ kg/cm}^2 \\ E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right.$$

$$**) \epsilon_u = \frac{\epsilon_3 - \epsilon_2}{l_{S2-S3}} \cdot l_{S0} + \epsilon_3$$

l_{S2-S3} : 断面2と断面3との距離

l_{S0} : 断面3と下端との距離

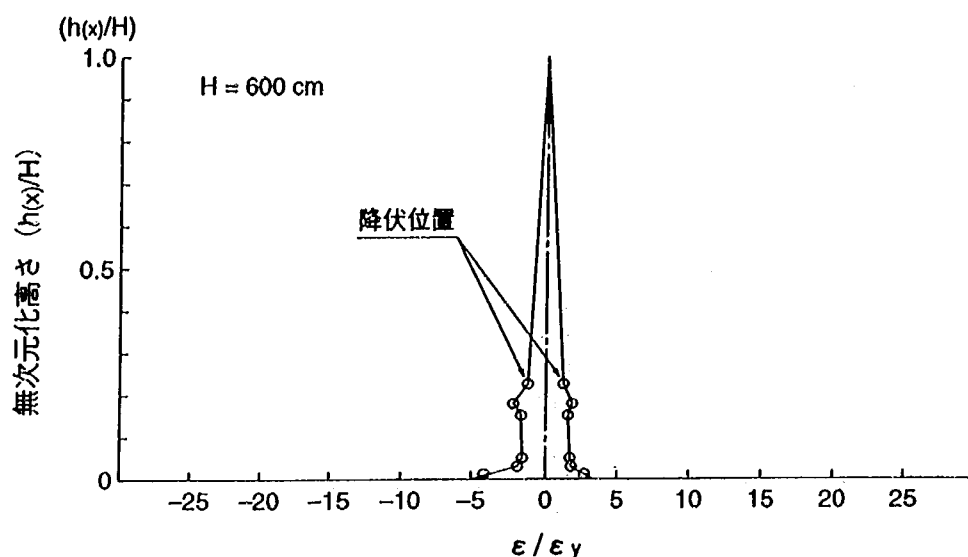


図-3.6.4 最大水平荷重時におけるひずみ分布図 (H3 + 載荷時)

表-3.6.4 最大水平荷重時におけるひずみ分布

水平荷重 (tf)	71.85		
計測点	圧縮ひずみ $\times 10^{-6}$	引張ひずみ $\times 10^{-6}$	
* ϵ_y , 降伏位置	-1,938	1,938	← 計算値
ϵ_5 , 断面 5 (64, 66)	-5,006	3,422	
ϵ_1 , 断面 1 (4, 6)	-3,946	2,869	
ϵ_2 , 断面 2 (13, 15)	-3,655	3,242	
ϵ_3 , 断面 3 (22, 24)	-4,014	3,270	
ϵ_4 , 断面 4 (31, 33)	-8,144	5,743	
** ϵ_u , 下 端	-8,751	6,107	← 計算値

注) () 内はゲージ NO.

$$*) \epsilon_y = \frac{\sigma_y}{E} \quad \left\{ \begin{array}{l} \sigma_y = 2876 \text{ kg/cm}^2 \\ E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right.$$

$$**) \epsilon_u = \frac{\epsilon_4 - \epsilon_3}{l_{S3-S4}} \cdot l_{S0} + \epsilon_4$$

l_{S3-S4} : 断面 3 と断面 4 との距離

l_{S0} : 断面 4 と下端との距離

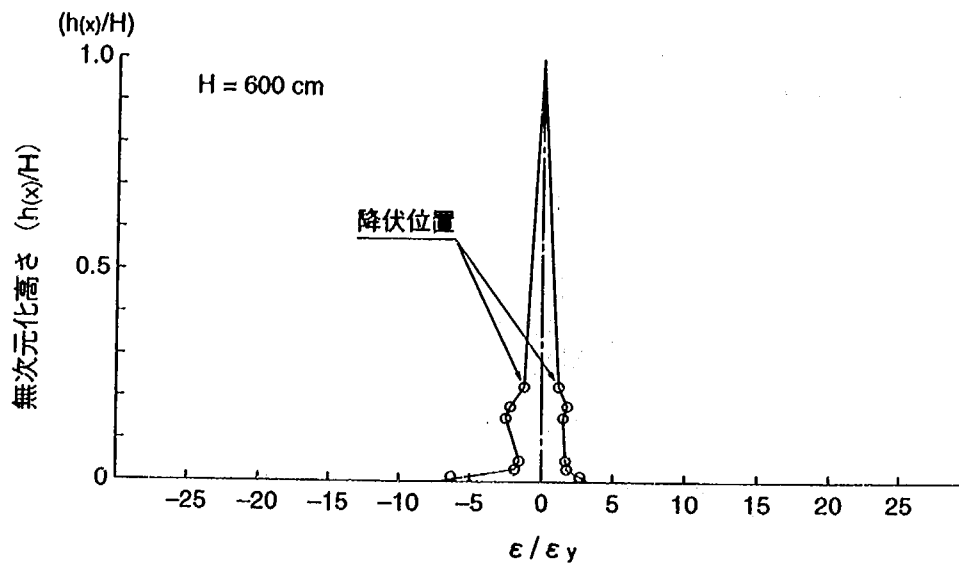


図-3.6.5 最大水平荷重時におけるひずみ分布図 (H3 一載荷時)

表-3.6.5 最大水平荷重時におけるひずみ分布

水平荷重 (tf)	74.76		
計測点	圧縮ひずみ × 10 ⁻⁶	引張ひずみ × 10 ⁻⁶	
* ε _y , 降伏位置	-1,938	1,938	← 計算値
ε ₅ , 断面 5 (66, 64)	-4,406	2,955	
ε ₁ , 断面 1 (6, 4)	-4,503	2,299	
ε ₂ , 断面 2 (15, 13)	-4,070	3,215	
ε ₃ , 断面 3 (24, 22)	-4,272	3,616	
ε ₄ , 断面 4 (33, 31)	-12,893	5,172	
** ε _u , 下 端	-14,161	5,401	← 計算値

注) () 内はゲージ NO.

$$*) \epsilon_y = \frac{\sigma_y}{E} \quad \left\{ \begin{array}{l} \sigma_y = 2876 \text{ kg/cm}^2 \\ E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right.$$

$$**) \epsilon_u = \frac{\epsilon_4 - \epsilon_3}{l_{S3-S4}} \cdot l_{S0} + \epsilon_4$$

l_{S3-S4} : 断面 3 と断面 4 との距離

l_{S0} : 断面 4 と下端との距離

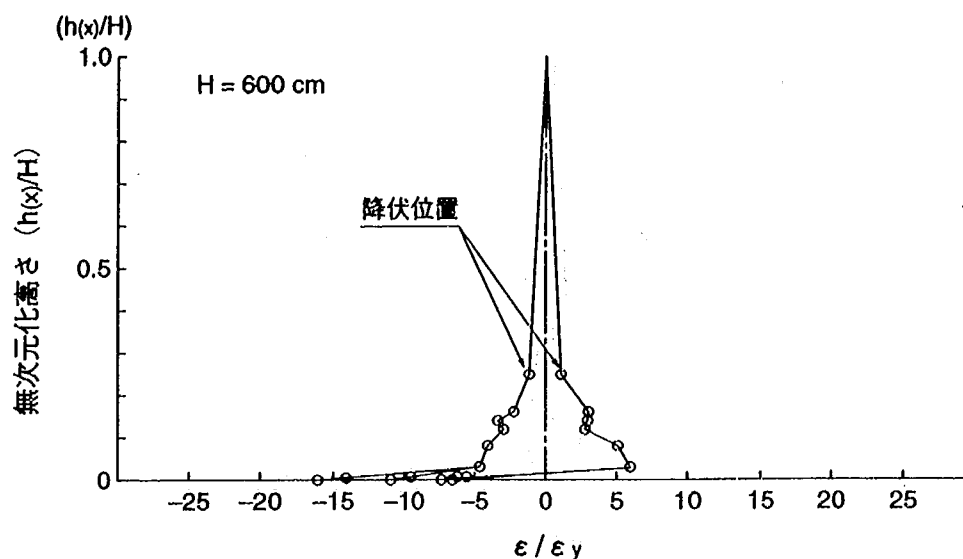


図-3.6.6 (1) 最大水平荷重時におけるひずみ分布図 (H4十載荷時)

表-3.6.6 (1) 最大水平荷重時におけるひずみ分布

水平荷重 (tf)		100.29	
計測点		圧縮ひずみ $\times 10^{-6}$	引張ひずみ $\times 10^{-6}$
* ϵ_y , 降伏位置		-1,370	1,370
ϵ_1 , 断面1 (96, 94)		-3,755	4,337
ϵ_2 , 断面2 (87, 84)		-5,082	4,353
ϵ_3 , 断面3 (76, 73)		-4,396	4,090
ϵ_4 , 断面4 (53, 48)		-5,595	7,155
ϵ_5 , 断面5 (26, 21)		-6,409	8,341
ϵ_6 , 断面6	(10, 9)	-20,412	-8,866
	(8, 7)	-12,796	-12,766
** ϵ_u , 下端	(10, 9)	-21,765	-10,529
	(8, 7)	-13,413	-14,805

← 計算値

← 計算値

注) () 内はゲージ NO.

$$*) \epsilon_y = \frac{\sigma_y}{E} \quad \left\{ \begin{array}{l} \sigma_y = 2876 \text{ kg/cm}^2 \\ E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right.$$

$$**) \epsilon_u = \frac{\epsilon_6 - \epsilon_5}{l_{S5-S6}} \cdot l_{S0} + \epsilon_6$$

l_{S5-S6} : 断面5と断面6との距離

l_{S0} : 断面6と下端との距離

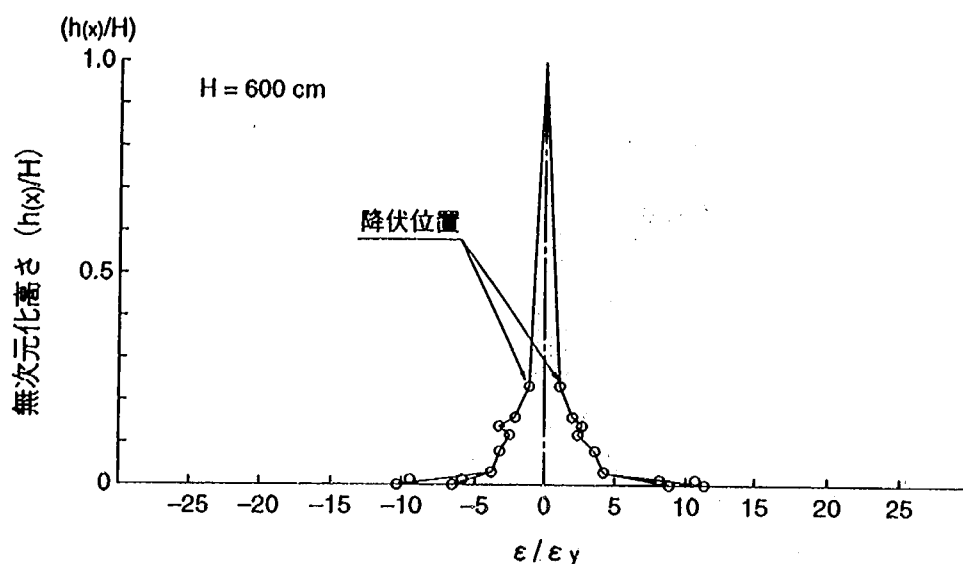


図-3.6.6 (2) コーナー部 (NO.8) 破断直前のひずみ分布図 (H4 十載荷時)

表-3.6.6 (2) ひずみ分布

水平荷重 (tf)		98.04	
計測点		圧縮ひずみ × 10 ⁻⁶	引張ひずみ × 10 ⁻⁶
* ε _y , 降伏位置		-1,370	1,370
ε ₁ , 断面 1 (96, 94)		-2,202	2,280
ε ₂ , 断面 2 (87, 84)		-4,051	3,132
ε ₃ , 断面 3 (76, 73)		-3,213	2,579
ε ₄ , 断面 4 (53, 48)		-3,866	4,268
ε ₅ , 断面 5 (26, 21)		-4,566	5,375
ε ₆ , 断面 6	(8, 7)	-8,304	11,214
	(10, 9)	-12,930	14,534
** ε _w , 下端	(8, 7)	-8,665	11,778
	(10, 9)	-13,738	15,419

← 計算値

← 計算値

注) () 内はゲージ NO.

$$*) \epsilon_y = \frac{\sigma_y}{E} \quad \left\{ \begin{array}{l} \sigma_y = 2876 \text{ kg/cm}^2 \\ E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right.$$

$$**) \epsilon_u = \frac{\epsilon_6 - \epsilon_5}{l_{S5-S6}} \cdot l_{S0} + \epsilon_6$$

l_{S5-S6} : 断面 5 と断面 6 との距離

l_{S0} : 断面 6 と下端との距離

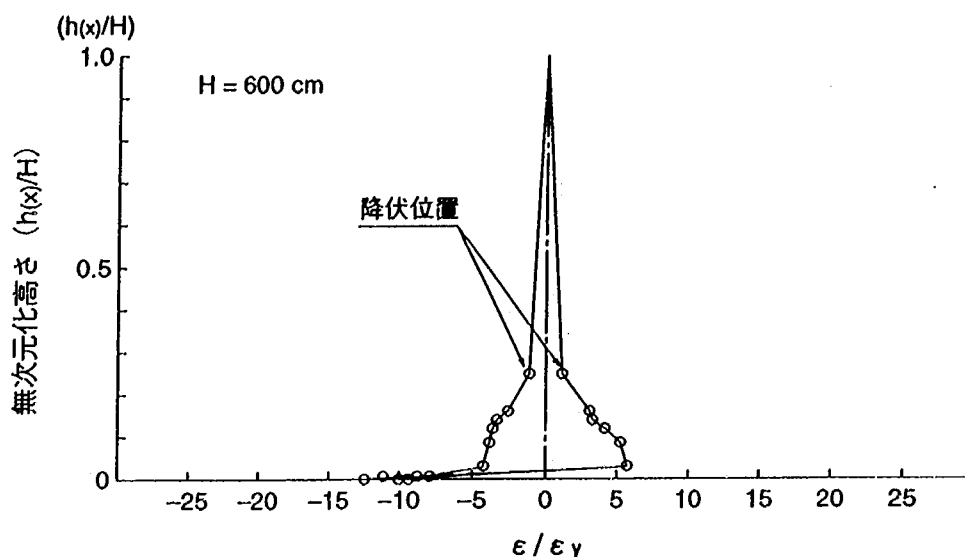


図-3.6.7 (1) 最大水平荷重時におけるひずみ分布図 (H4 一載荷時)

表-3.6.7 (1) 最大水平荷重時におけるひずみ分布

水平荷重 (tf)		-102.42	
計測点		圧縮ひずみ $\times 10^{-6}$	引張ひずみ $\times 10^{-6}$
* ϵ_y , 降伏位置		-1,370	1,370
ϵ_1 , 断面1 (94, 96)		-3,983	3,824
ϵ_2 , 断面2 (84, 87)		-4,951	4,218
ϵ_3 , 断面3 (73, 76)		-5,190	5,615
ϵ_4 , 断面4 (48, 53)		-5,485	7,072
ϵ_5 , 断面5 (21, 26)		-5,773	7,463
ϵ_6 , 断面6	(9, 10)	-11,314	-15,260
	(7, 8)	-12,801	-11,861
** ϵ_u , 下端	(9, 10)	-11,849	-17,456
	(7, 8)	-13,480	-13,728

注) () 内はゲージ NO.

$$*) \epsilon_y = \frac{\sigma_y}{E} \quad \left\{ \begin{array}{l} \sigma_y = 2876 \text{ kg/cm}^2 \\ E = 2.1 \times 10^8 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right.$$

$$**) \epsilon_u = \frac{\epsilon_6 - \epsilon_5}{l_{S5-S6}} \cdot l_{S0} + \epsilon_6$$

l_{S5-S6} : 断面5と断面6との距離

l_{S0} : 断面6と下端との距離

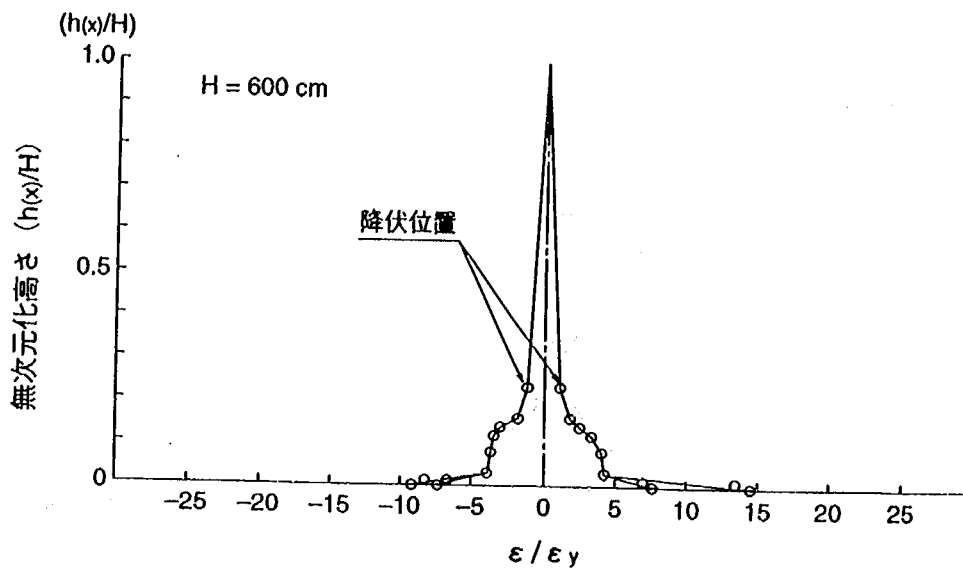


図-3.6.7 (2) コーナー部 (NO.8) 破断直前のひずみ分布図 (H4 一載荷時)

表-3.6.7 (2) ひずみ分布

水平荷重 (tf)		-98.82	
計測点		圧縮ひずみ $\times 10^{-6}$	引張ひずみ $\times 10^{-6}$
* ϵ_y , 降伏位置		-1,370	1,370
ϵ_1 , 断面1 (94, 96)		-1,992	2,240
ϵ_2 , 断面2 (84, 87)		-3,723	2,633
ϵ_3 , 断面3 (73, 76)		-4,046	3,902
ϵ_4 , 断面4 (48, 53)		-4,553	5,002
ϵ_5 , 断面5 (21, 26)		-4,650	5,232
ϵ_6 , 断面6	(7, 8)	-9,435	18,498
	(9, 10)	-11,160	8,656
** ϵ_u , 下端	(7, 8)	-9,897	19,780
	(9, 10)	-11,789	8,987

注) () 内はゲージ NO.

$$*) \epsilon_y = \frac{\sigma_y}{E} \quad \left\{ \begin{array}{l} \sigma_y = 2876 \text{ kg/cm}^2 \\ E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right.$$

$$**) \epsilon_u = \frac{\epsilon_6 - \epsilon_5}{l_{S5-S6}} \cdot l_{S0} + \epsilon_6$$

l_{S5-S6} : 断面5と断面6との距離

l_{S0} : 断面6と下端との距離

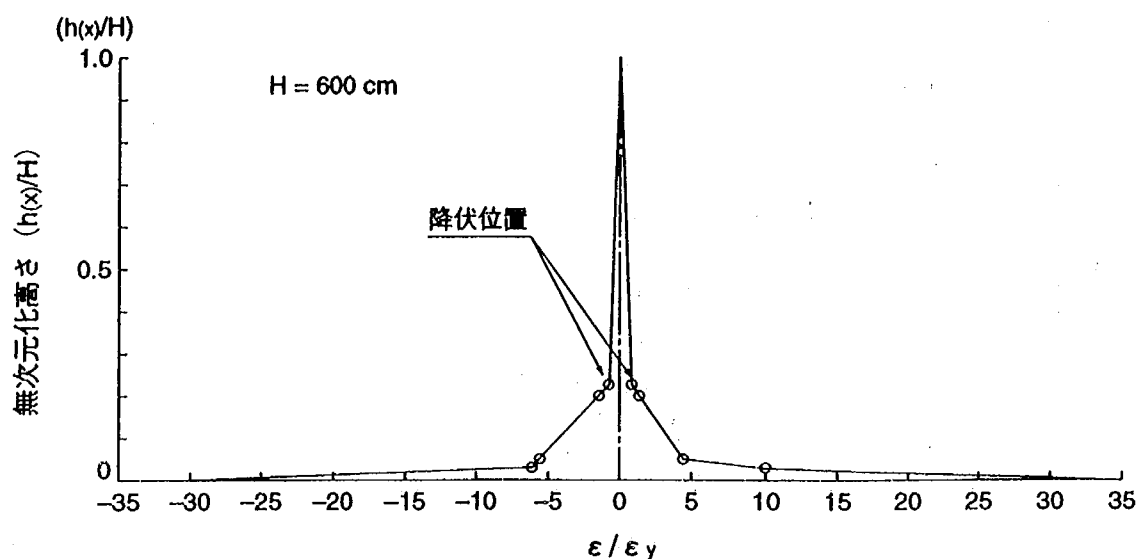


図-3.6.8 最大水平荷重時におけるひずみ分布図 (H5十載荷時)

表-3.6.8 最大水平荷重時におけるひずみ分布

水平荷重 (tf)	79.86		
計測点	圧縮ひずみ $\times 10^{-6}$	引張ひずみ $\times 10^{-6}$	
* ϵ_y , 降伏位置	-2,046	2,046	← 計算値
S4: ϵ_1 , 断面1 (71, 79)	-3,713	4,395	
S3: ϵ_2 , 断面2 (58, 66)	-12,073	15,175	
S2: ϵ_3 , 断面3 (32, 50)	-12,558	9,979	
S1: ϵ_4 , 断面4 (24, 11)	-58,130	62,172	
** ϵ_u , 下 端	-63,654	68,498	← 計算値

注) () 内はゲージ NO.

$$*) \epsilon_y = \frac{\sigma_y}{E} \quad \left\{ \begin{array}{l} \sigma_y = 4297 \text{ kg/cm}^2 \\ E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right\}$$

$$**) \epsilon_u = \frac{\epsilon_4 - \epsilon_3}{l_{S3-S4}} \cdot l_{S0} + \epsilon_4$$

l_{S3-S4} : 断面3と断面4との距離

l_{S0} : 断面4と下端との距離

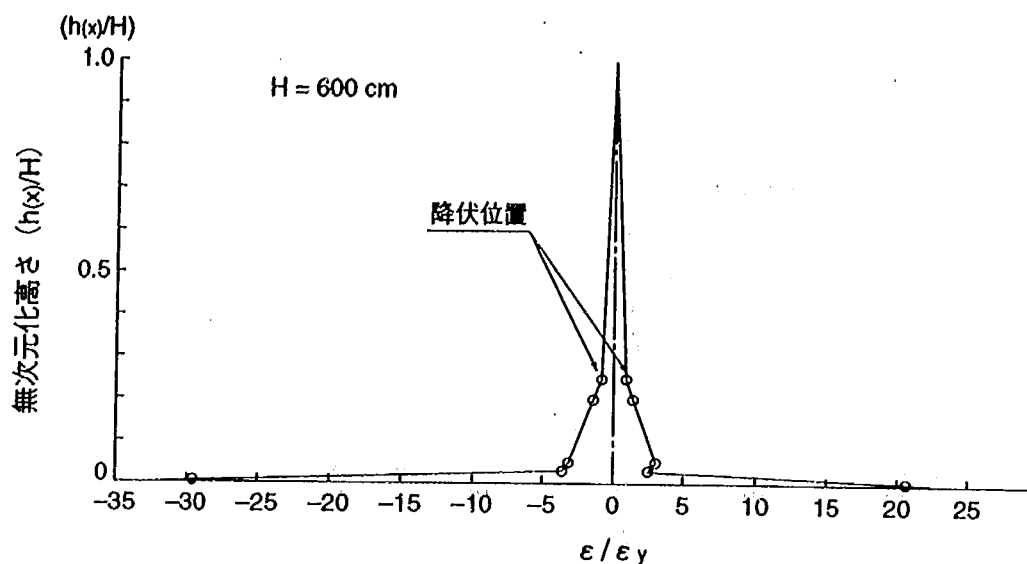


図-3.6.9 最大水平荷重時におけるひずみ分布図 (H6 + 載荷時)

表-3.6.9 最大水平荷重時におけるひずみ分布

水平荷重 (tf)	84.02	
計測点	圧縮ひずみ $\times 10^{-6}$	引張ひずみ $\times 10^{-6}$
* ϵ_y , 降伏位置	-2,046	2,046
S4: ϵ_1 , 断面1 (71, 79)	-4,333	3,721
S3: ϵ_2 , 断面2 (58, 66)	-6,611	6,529
S2: ϵ_3 , 断面3 (32, 50)	-7,500	5,728
S1: ϵ_4 , 断面4 (24, 11)	-59,782	43,744
** ϵ_u , 下 端	-66,119	48,352

注) () 内はゲージ NO.

* 水平荷重 82.89 tf のときの値

$$*) \epsilon_y = \frac{\sigma_y}{E} \quad \left\{ \begin{array}{l} \sigma_y = 4297 \text{ kg/cm}^2 \\ E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right.$$

$$**) \epsilon_u = \frac{\epsilon_4 - \epsilon_3}{l_{S3-S4}} \cdot l_{S0} + \epsilon_4$$

l_{S3-S4} : 断面 3 と断面 4 との距離

l_{S0} : 断面 4 と下端との距離

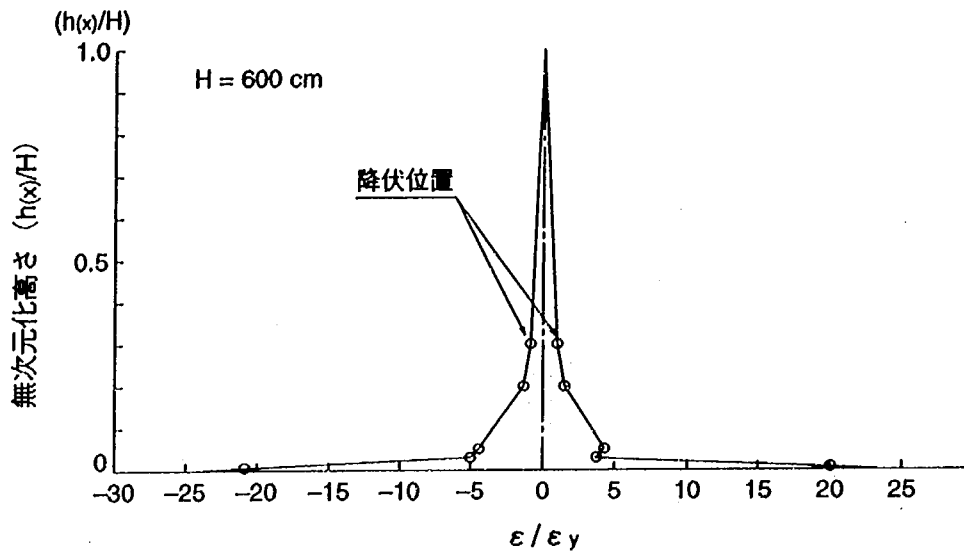


図-3.6.10 最大水平荷重時におけるひずみ分布図 (H6一載荷時)

表-3.6.10 最大水平荷重時におけるひずみ分布

水平荷重 (tf)	87.89	
計測点	圧縮ひずみ $\times 10^{-6}$	引張ひずみ $\times 10^{-6}$
* ϵ_y , 降伏位置	-2,046	2,046
S4: ϵ_1 , 断面1 (79, 71)	-2,890	2,724
S3: ϵ_2 , 断面2 (66, 58)	-9,603	9,170
S2: ϵ_3 , 断面3 (50, 32)	-10,431	8,608
S1: ϵ_4 , 断面4 (11, 24)	-43,526	41,972
** ϵ_u , 下端	-47,538	46,016

← 計算値

← 計算値

注) () 内はゲージ NO.

$$*) \epsilon_y = \frac{\sigma_y}{E} \quad \left\{ \begin{array}{l} \sigma_y = 4297 \text{ kg/cm}^2 \\ E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right\}$$

$$**) \epsilon_u = \frac{\epsilon_4 - \epsilon_3}{l_{S3-S4}} \cdot l_{S0} + \epsilon_4$$

l_{S3-S4} : 断面3と断面4との距離

l_{S0} : 断面4と下端との距離

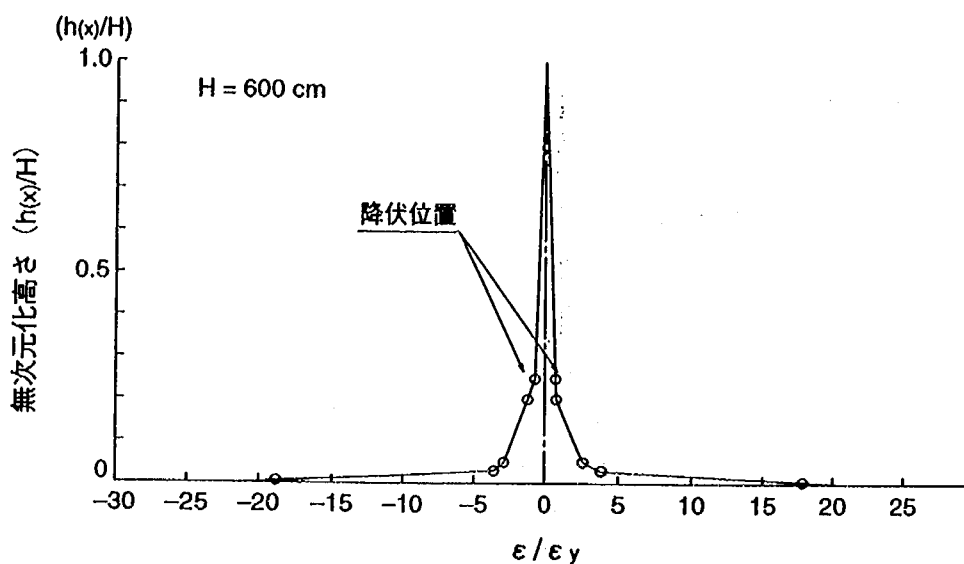


図-3.6.11 最大水平荷重時におけるひずみ分布図 (H7十載荷時)

表-3.6.11 最大水平荷重時におけるひずみ分布

水平荷重 (tf)	82.71	
計測点	圧縮ひずみ $\times 10^{-6}$	引張ひずみ $\times 10^{-6}$
* ϵ_y , 降伏位置	-2,046	2,046
S4: ϵ_1 , 断面1 (71, 79)	-4,096	1,649
S3: ϵ_2 , 断面2 (58, 66)	-6,375	7,263
S2: ϵ_3 , 断面3 (32, 50)	-7,185	7,708
S1: ϵ_4 , 断面4 (3, 11)	-38,335	36,834
** ϵ_u , 下端	-42,111	40,364

← 計算値

← 計算値

注) () 内はゲージ NO.

$$*) \quad \epsilon_y = \frac{\sigma_y}{E} \quad \left\{ \begin{array}{l} \sigma_y = 4297 \text{ kg/cm}^2 \\ E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right.$$

$$**) \quad \epsilon_u = \frac{\epsilon_4 - \epsilon_3}{l_{S3-S4}} \cdot l_{S0} + \epsilon_4$$

l_{S3-S4} : 断面3と断面4との距離

l_{S0} : 断面4と下端との距離

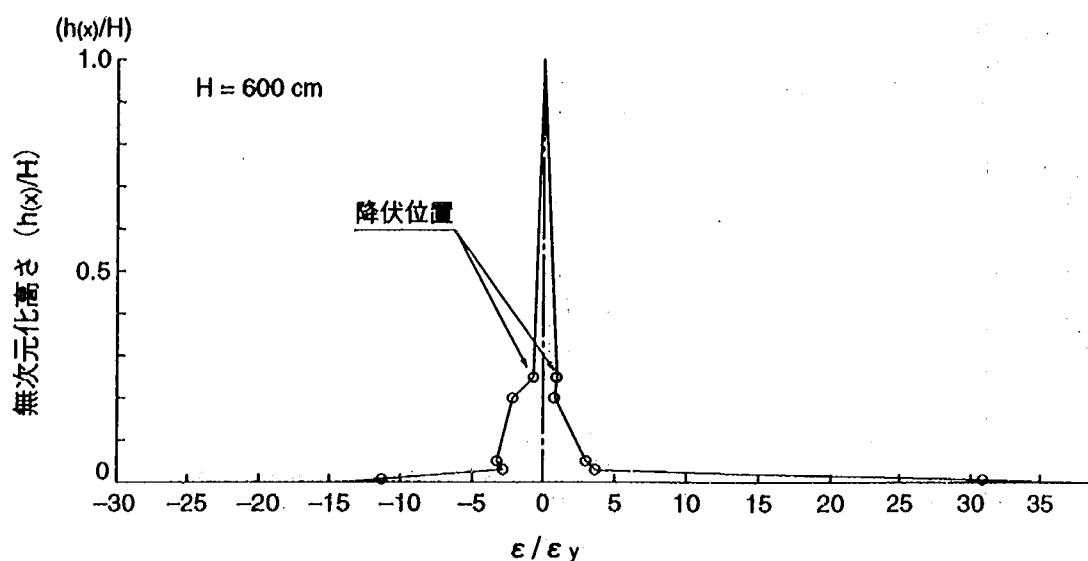


図-3.6.12 最大水平荷重時におけるひずみ分布図 (H7 一載荷時)

表-3.6.12 最大水平荷重時におけるひずみ分布

水平荷重 (tf)	84.39		
計測点	圧縮ひずみ × 10 ⁻⁶	引張ひずみ × 10 ⁻⁶	
* ε _y , 降伏位置	-2,046	2,046	← 計算値
S4: ε ₁ , 断面1 (79, 71)	-5,215	1,930	
S3: ε ₂ , 断面2 (66, 58)	-7,133	7,124	
S2: ε ₃ , 断面3 (50, 32)	-6,095	8,367	
S1: ε ₄ , 断面4 (11, 3)	-24,413	*65,379	
** ε _u , 下 端	-26,633	72,290	← 計算値

注) () 内はゲージ NO.

* 水平荷重 82.94 tf のときの値

$$*) \epsilon_y = \frac{\sigma_y}{E} \quad \left\{ \begin{array}{l} \sigma_y = 4297 \text{ kg/cm}^2 \\ E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right\}$$

$$**) \epsilon_u = \frac{\epsilon_4 - \epsilon_3}{l_{S3-S4}} \cdot l_{S0} + \epsilon_4$$

l_{S3-S4} : 断面3と断面4との距離

l_{S0} : 断面4と下端との距離

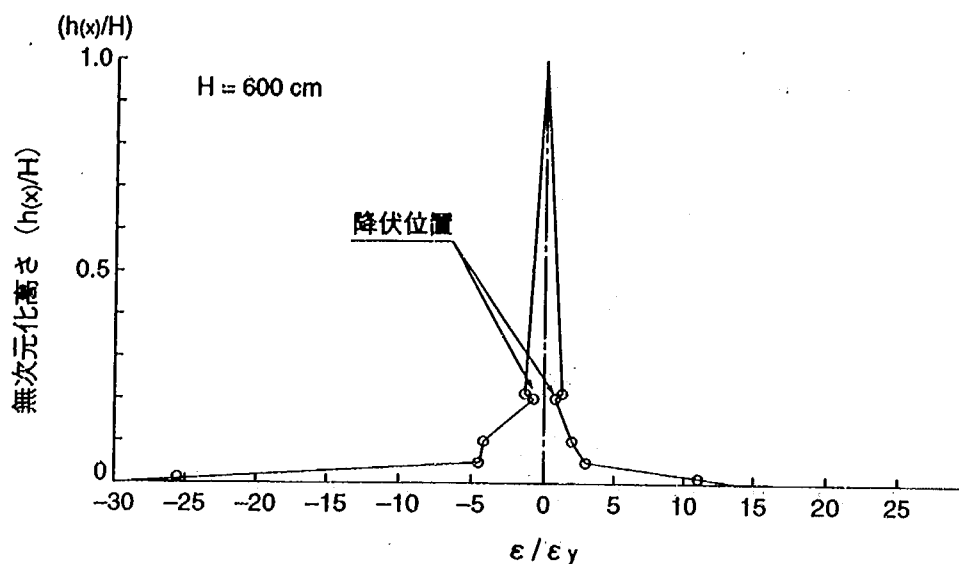


図-3.6.13 最大水平荷重時におけるひずみ分布図 (H8 十載荷時)

表-3.6.13 最大水平荷重時におけるひずみ分布

水平荷重 (tf)	78.32	
計測点	圧縮ひずみ $\times 10^{-6}$	引張ひずみ $\times 10^{-6}$
S4: ϵ_1 , 断面1 (71, 79)	-2,507	2,524
* ϵ_y , 降伏位置	-2,046	2,046
S3: ϵ_2 , 断面2 (58, 66)	-8,833	4,038
S2: ϵ_3 , 断面3 (32, 50)	-9,650	6,217
S1: ϵ_4 , 断面4 (24, 16)	-54,435	24,814
** ϵ_u , 下 端	-57,421	26,054

← 計算値

← 計算値

注) () 内はゲージ NO.

$$*) \epsilon_y = \frac{\sigma_y}{E} \quad \left\{ \begin{array}{l} \sigma_y = 4297 \text{ kg/cm}^2 \\ E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right.$$

$$**) \epsilon_u = \frac{\epsilon_4 - \epsilon_3}{l_{S3-S4}} \cdot l_{S0} + \epsilon_4$$

l_{S3-S4} : 断面3と断面4との距離

l_{S0} : 断面4と下端との距離

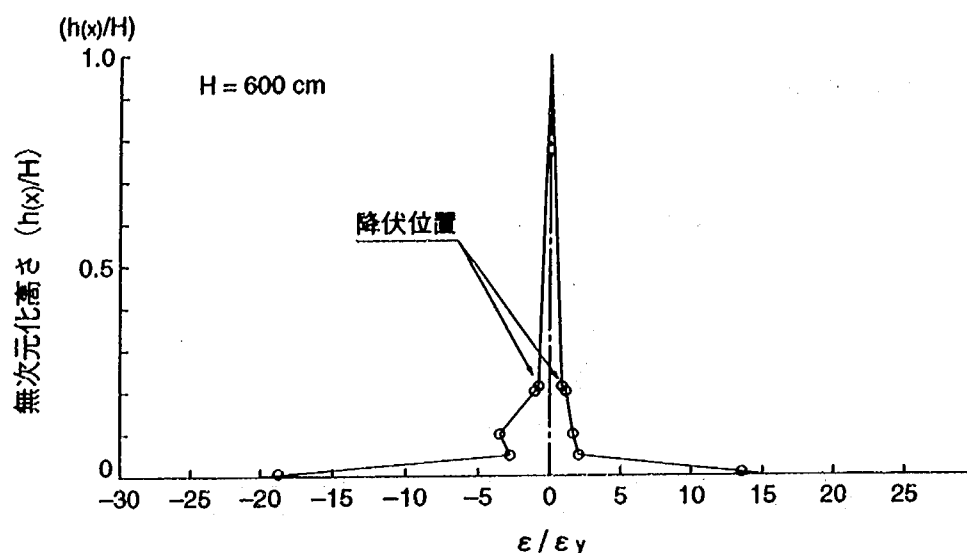


図-3.6.14 最大水平荷重時におけるひずみ分布図 (H8一載荷時)

表-3.6.14 最大水平荷重時におけるひずみ分布

水平荷重 (tf)	79.53	
計測点	圧縮ひずみ $\times 10^{-6}$	引張ひずみ $\times 10^{-6}$
* ϵ_y , 降伏位置	-2,046	2,046
S4: ϵ_1 , 断面1 (79, 71)	-2,473	2,765
S3: ϵ_2 , 断面2 (66, 58)	-7,607	4,151
S2: ϵ_3 , 断面3 (50, 32)	-5,864	4,656
S1: ϵ_4 , 断面4 (16, 24)	-37,115	27,702
** ϵ_u , 下端	-39,198	29,238

← 計算値

← 計算値

注) () 内はゲージ NO.

$$*) \epsilon_y = \frac{\sigma_y}{E} \quad \left\{ \begin{array}{l} \sigma_y = 4297 \text{ kg/cm}^2 \\ E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right.$$

$$**) \epsilon_u = \frac{\epsilon_4 - \epsilon_3}{\ell_{S3-S4}} \cdot \ell_{S0} + \epsilon_4$$

ℓ_{S3-S4} : 断面3と断面4との距離

ℓ_{S0} : 断面4と下端との距離

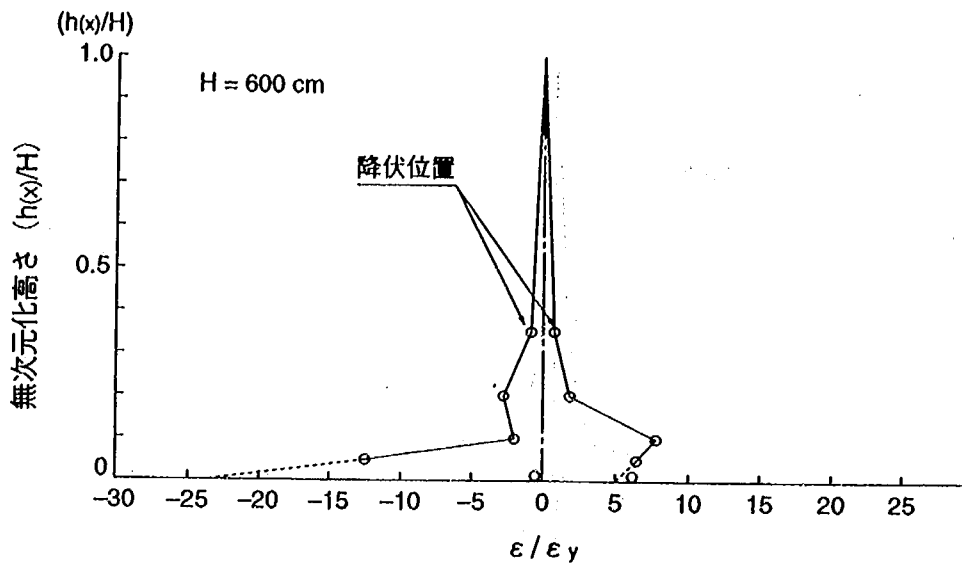


図-3.6.15 最大水平荷重時におけるひずみ分布図 (H9十載荷時)

表-3.6.15 最大水平荷重時におけるひずみ分布

水平荷重 (tf)	66.77		
計測点	圧縮ひずみ × 10 ⁻⁶	引張ひずみ × 10 ⁻⁶	
* ε _y , 降伏位置	-1,934	1,934	← 計算値
S4: ε ₁ , 断面1 (56, 64)	-5,621	3,219	
S3: ε ₂ , 断面2 (33, 53)	-5,178	16,666	
S2: ε ₃ , 断面3 (10, 30)	-24,878	13,256	
S1: ε ₄ , 断面4 (1, 9)	-1,590	12,911	
** ε _u , 下 端	-44,578	9,846	← 計算値

注) () 内はゲージNO.

$$*) \epsilon_y = \frac{\sigma_y}{E} \quad \left\{ \begin{array}{l} \sigma_y = 4062 \text{ kg/cm}^2 \\ E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right.$$

$$**) \epsilon_u = \frac{\epsilon_3 - \epsilon_2}{l_{S3-S2}} \cdot l_{S0}$$

l_{S3-S2} : 断面3と断面2との距離

l_{S0} : 断面3と下端との距離

(S2, S3断面の値により外そう補間)

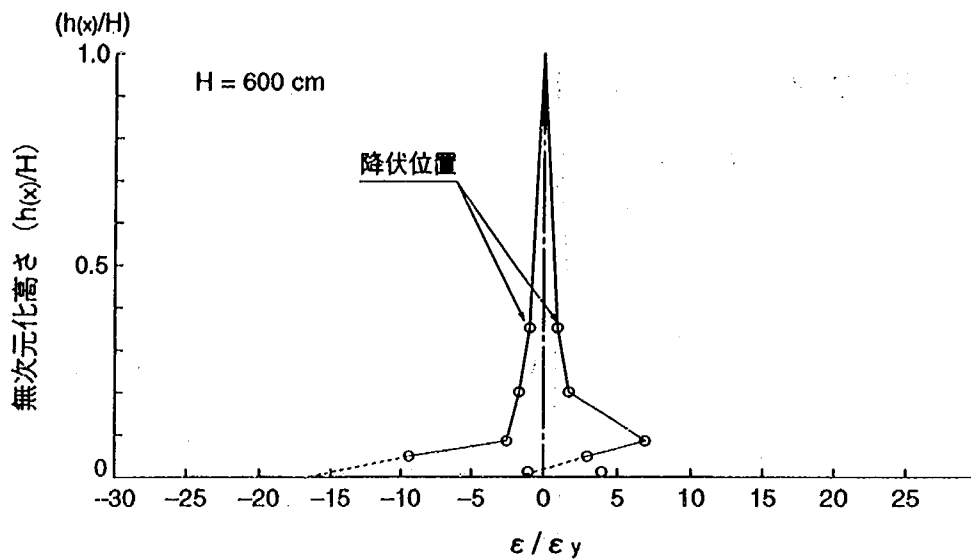


図-3.6.16 最大水平荷重時におけるひずみ分布図 (H9一載荷時)

表-3.6.16 最大水平荷重時におけるひずみ分布

水平荷重 (tf)	69.41		
計測点	圧縮ひずみ × 10 ⁻⁶	引張ひずみ × 10 ⁻⁶	
* ϵ_y , 降伏位置	-1,934	1,934	← 計算値
S4: ϵ_1 , 断面1 (64, 56)	-3,335	3,407	
S3: ϵ_2 , 断面2 (53, 33)	-5,607	13,735	
S2: ϵ_3 , 断面3 (30, 10)	-18,402	5,784	
S1: ϵ_4 , 断面4 (9, 1)	-1,511	7,236	
** ϵ_u , 下 端	-31,197	-2,167	← 計算値

注) () 内はゲージ NO.

$$*) \epsilon_y = \frac{\sigma_y}{E} \quad \left\{ \begin{array}{l} \sigma_y = 4062 \text{ kg/cm}^2 \\ E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right\}$$

$$**) \epsilon_u = \frac{\epsilon_3 - \epsilon_2}{l_{S3-S2}} \cdot l_{S0}$$

l_{S3-S2} : 断面3と断面2との距離

l_{S0} : 断面3と下端との距離

(S2, S3断面の値により外そう補間)

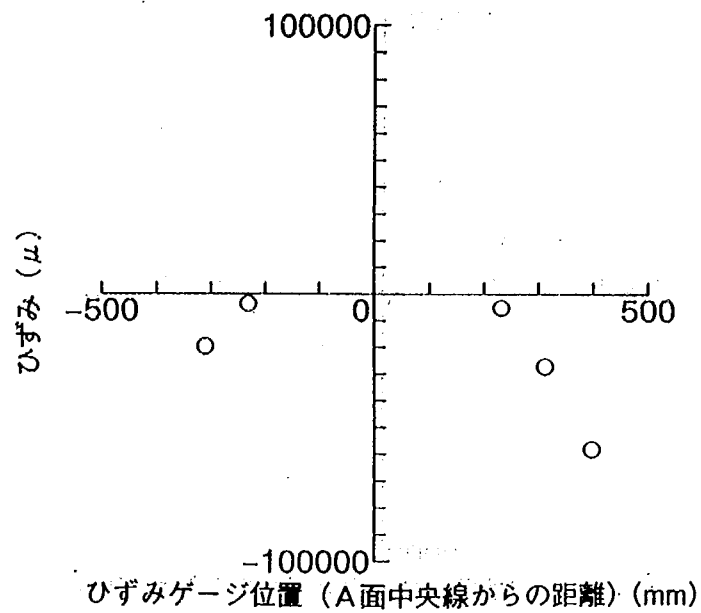


図-3.6.17 ひずみ分布 (H5 + 載荷時, S1 断面, A面)

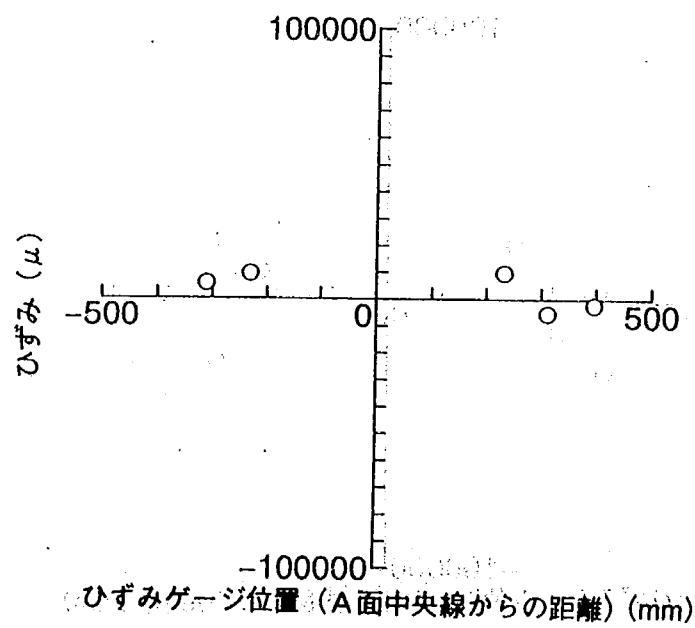


図-3.6.18 ひずみ分布 (H5 - 載荷時, S1 断面, A面)

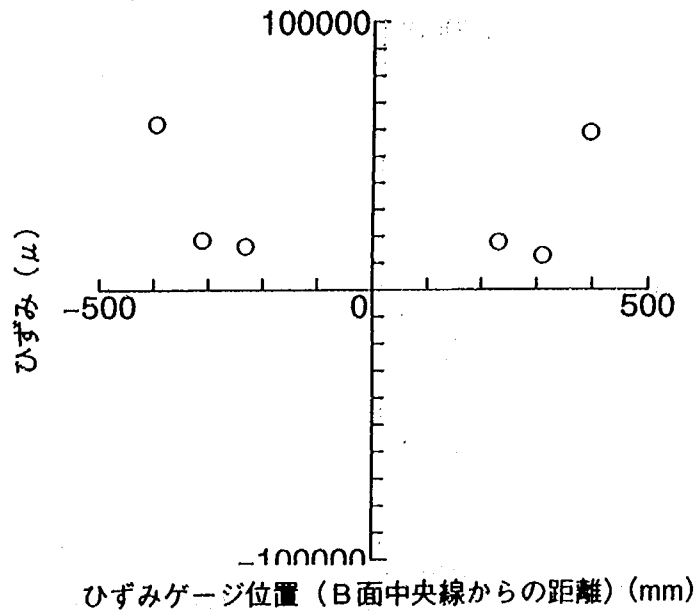


図-3.6.19 ひずみ分布 (H5十載荷時, S1断面, B面)

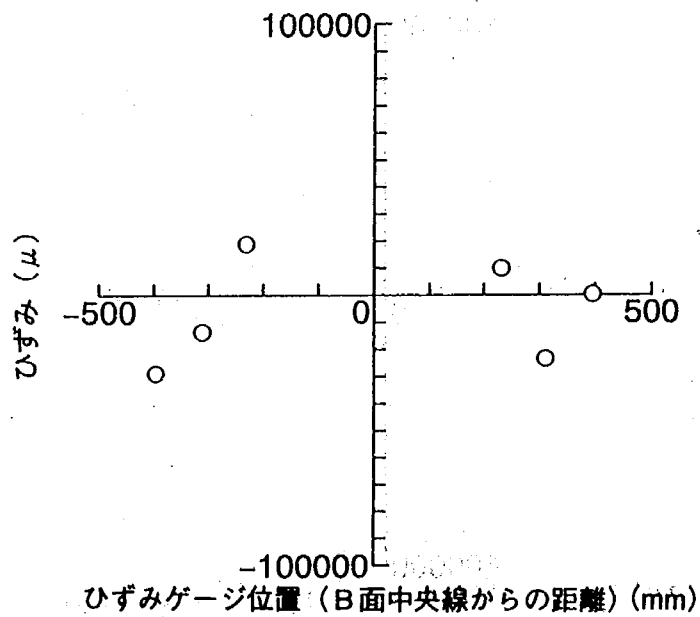


図-3.6.20 ひずみ分布 (H5一載荷時, S1断面, B面)

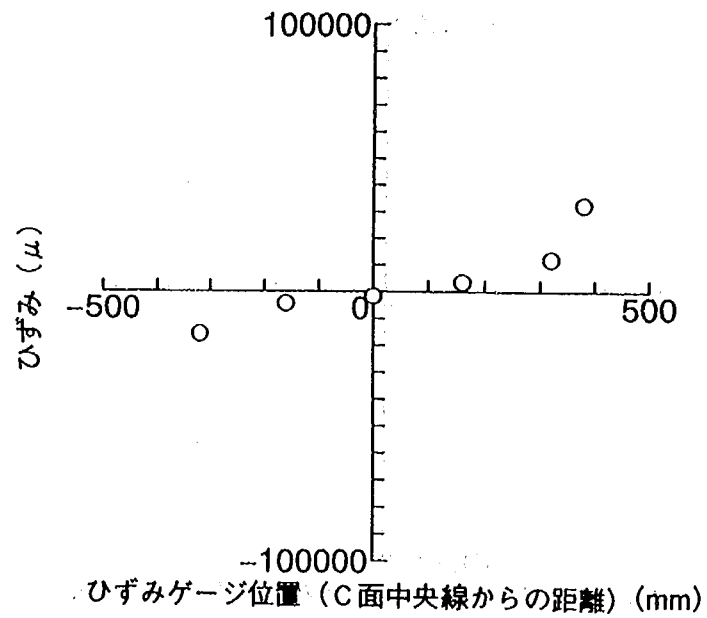


図-3.6.21 ひずみ分布 (H5 + 載荷時, S1 断面, C 面)

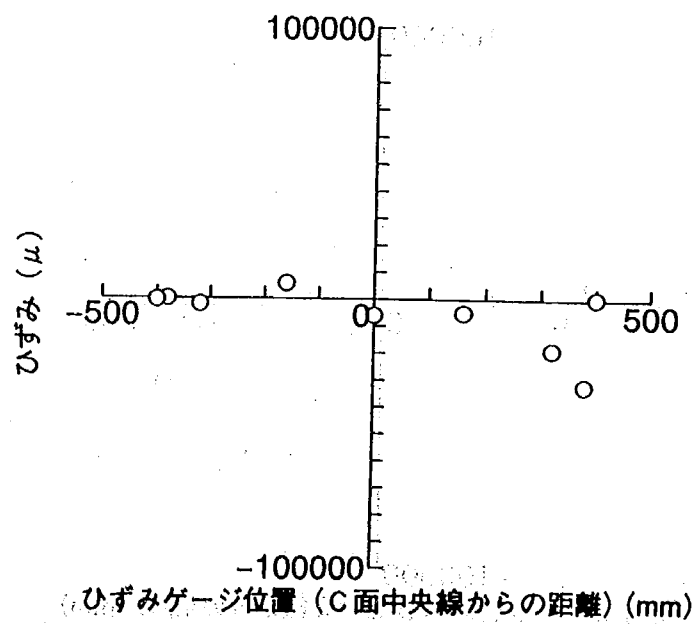


図-3.6.22 ひずみ分布 (H5 - 載荷時, S1 断面, C 面)

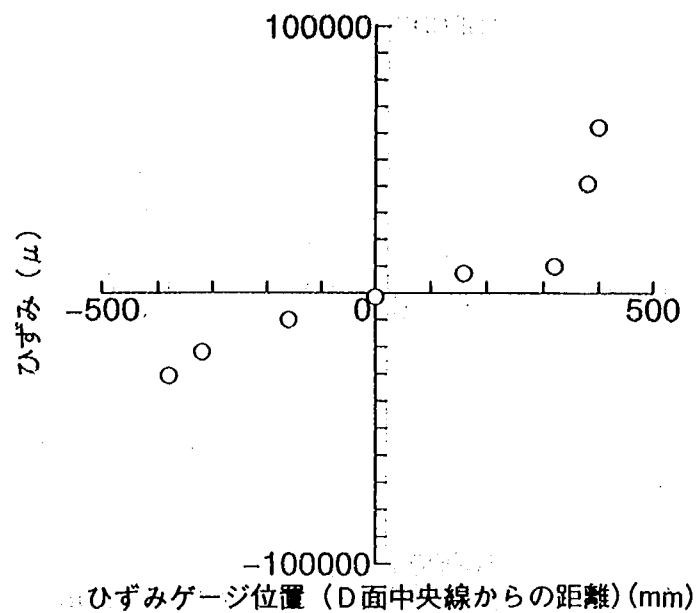


図-3.6.23 ひずみ分布 (H5+載荷時, S1断面, D面)

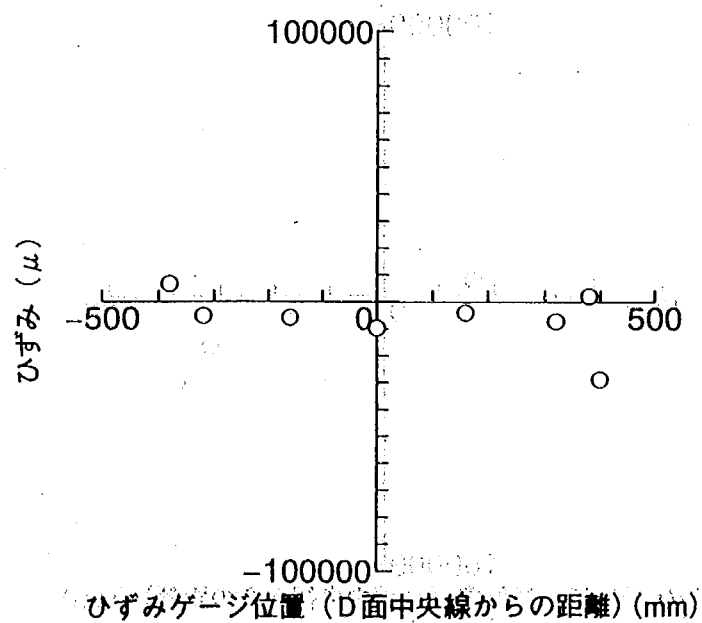


図-3.6.24 ひずみ分布 (H5-載荷時, S1断面, D面)

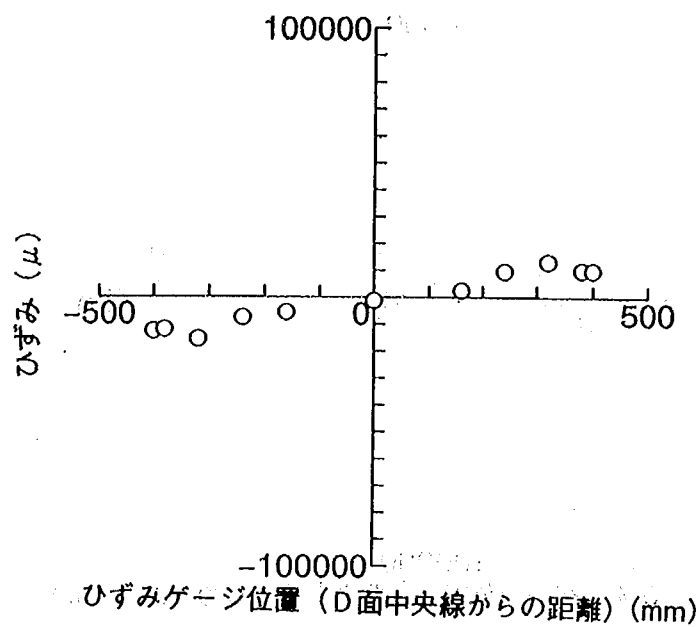


図-3.6.25 ひずみ分布 (H5 + 載荷時, S2断面, D面)

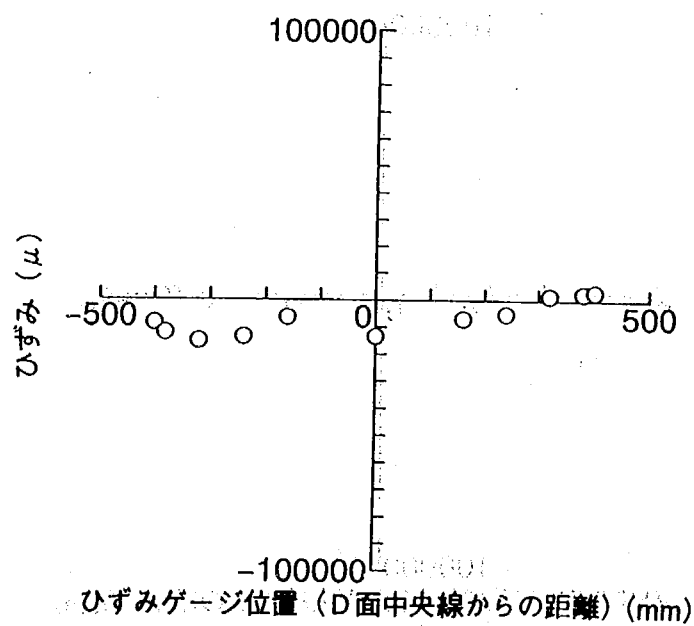


図-3.6.26 ひずみ分布 (H5 - 載荷時, S2断面, D面)

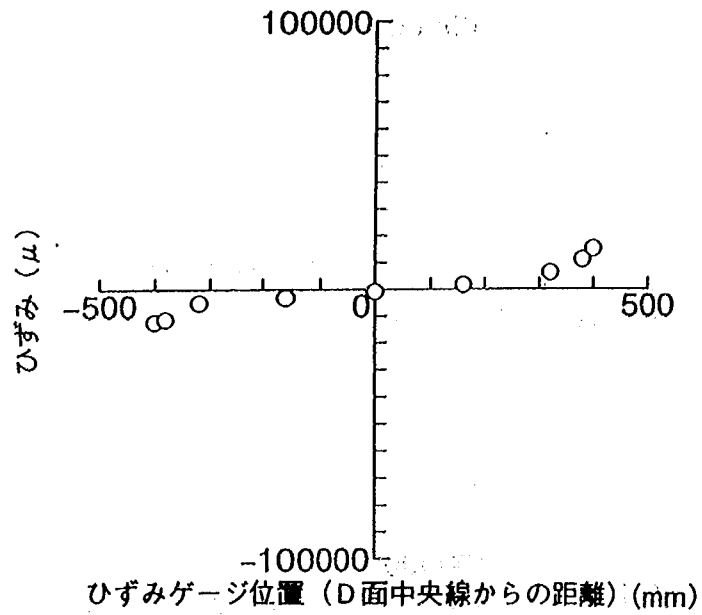


図-3.6.27 ひずみ分布 (H5 + 載荷時, S3断面, D面)

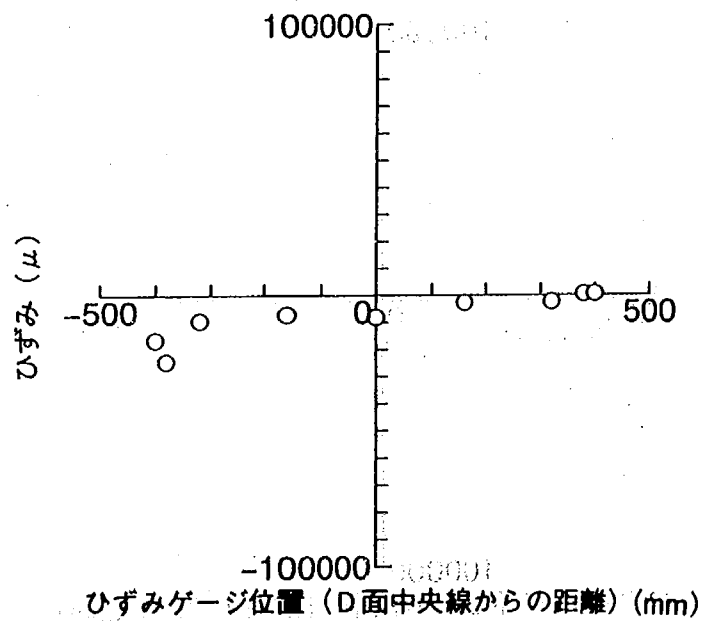


図-3.6.28 ひずみ分布 (H5 - 載荷時, S3断面, D面)

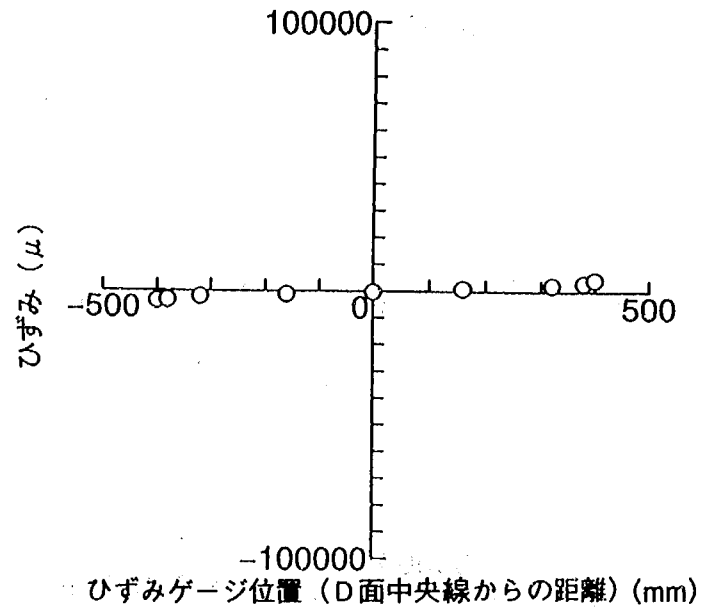


図-3.6.29 ひずみ分布 (H5+載荷時, S4断面, D面)

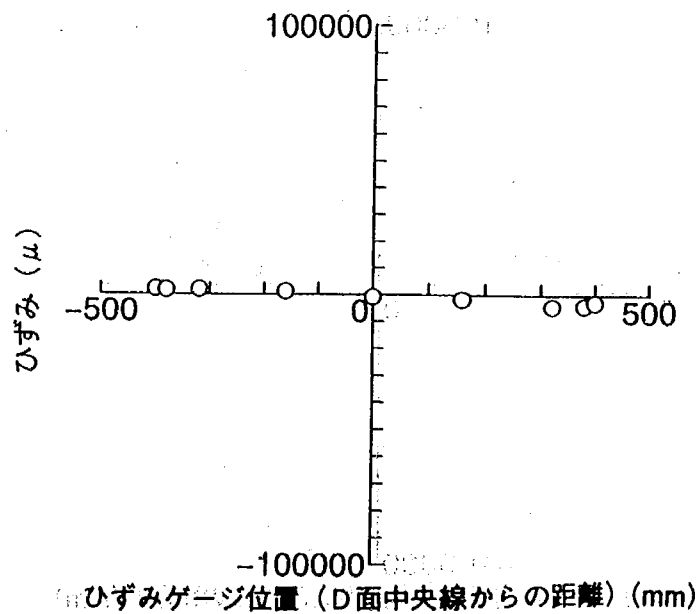


図-3.6.30 ひずみ分布 (H5-載荷時, S4断面, D面)

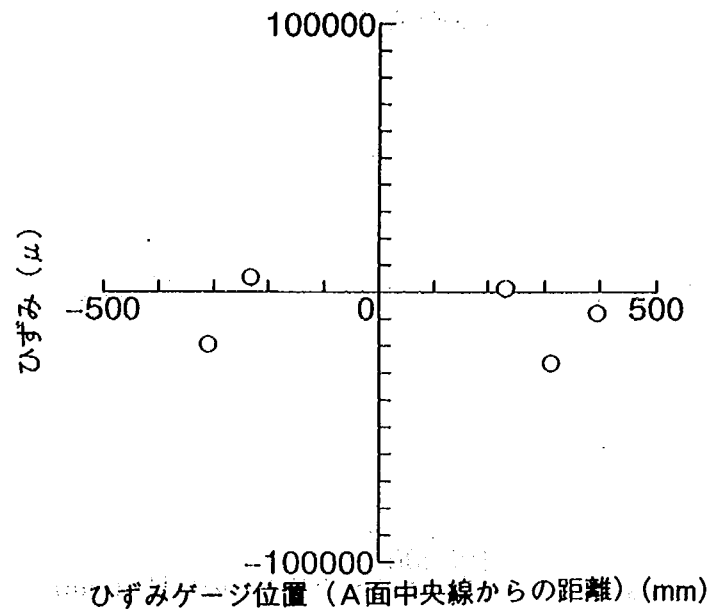


図-3.6.31 ひずみ分布 (H6十載荷時, S1断面, A面)

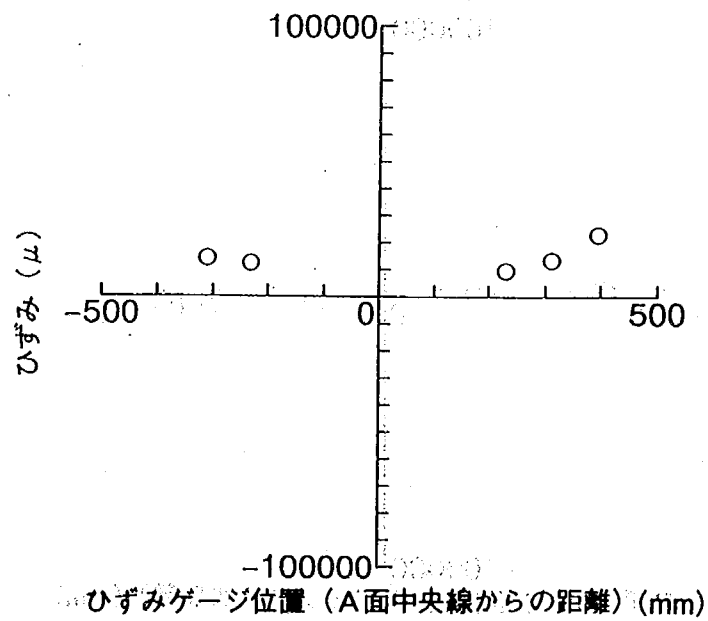


図-3.6.32 ひずみ分布 (H6一載荷時, S1断面, A面)

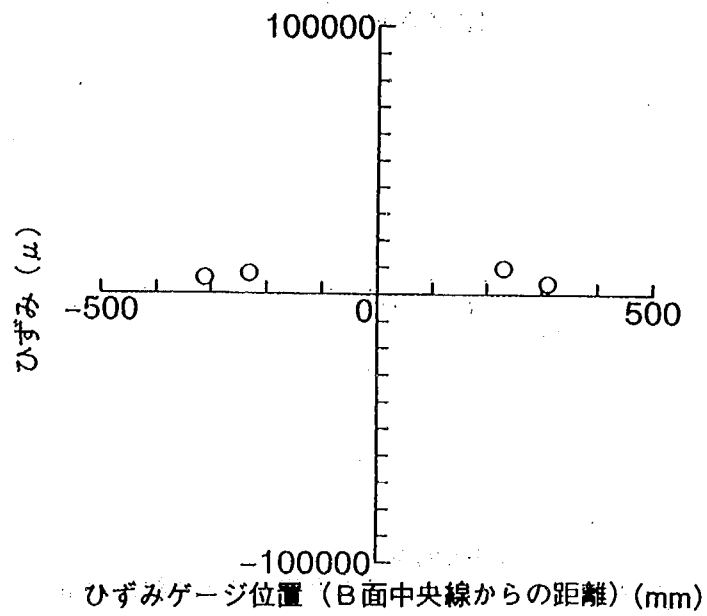


図-3.6.33 ひずみ分布 (H6 + 載荷時, S1 断面, B 面)

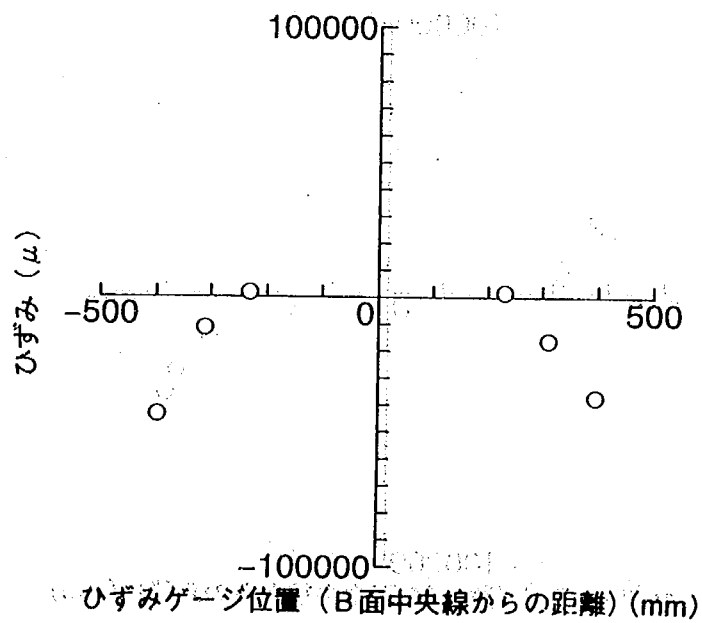


図-3.6.34 ひずみ分布 (H6 - 載荷時, S1 断面, B 面)

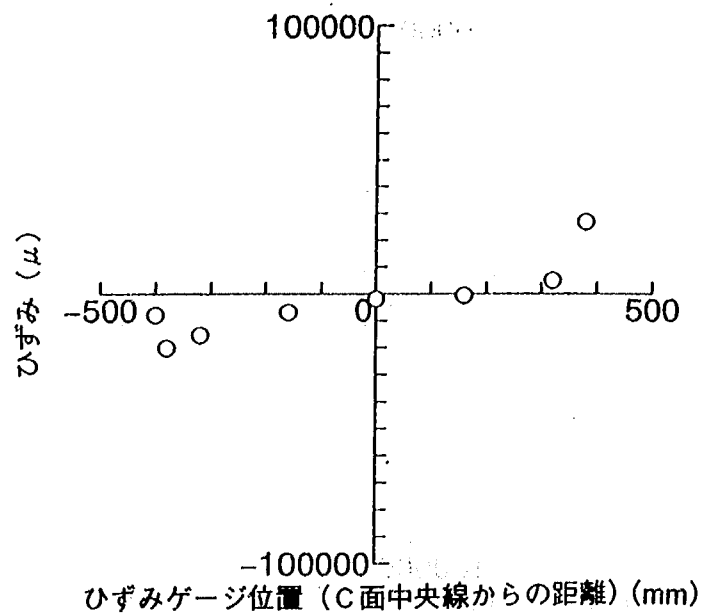


図-3.6.35 ひずみ分布 (H6 + 載荷時, S1 断面, C 面)

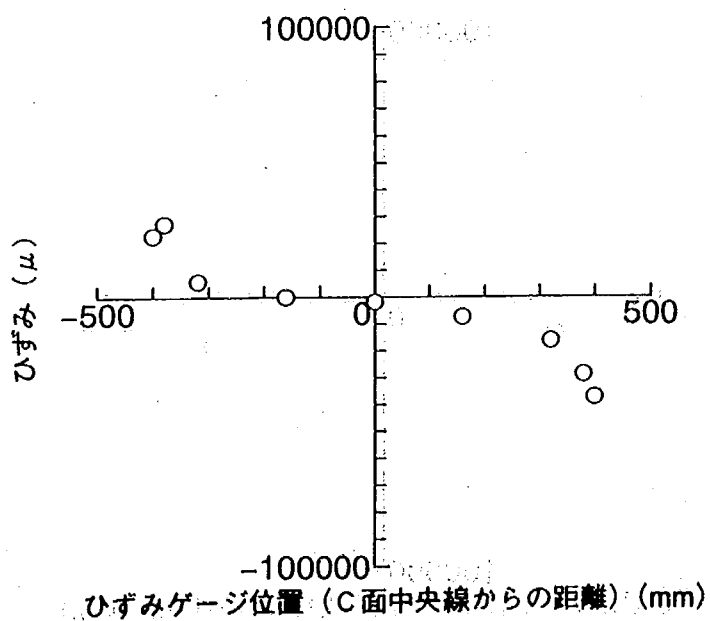


図-3.6.36 ひずみ分布 (H6 - 載荷時, S1 断面, C 面)

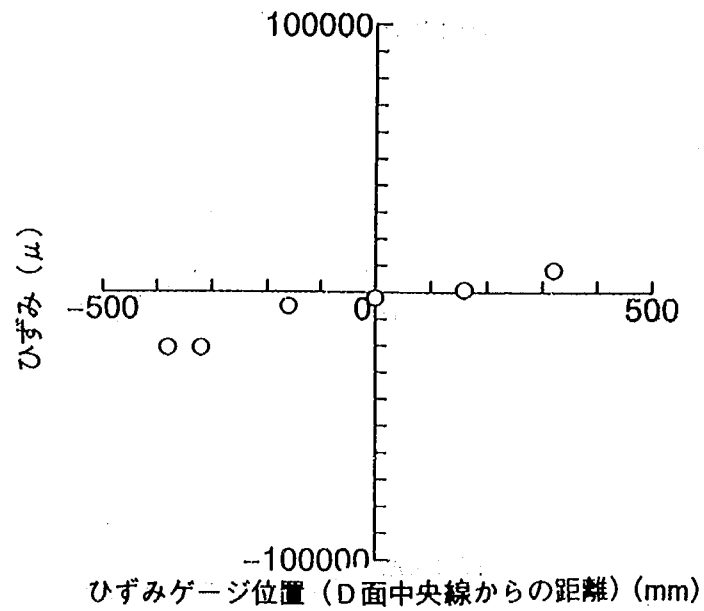


図-3.6.37 ひずみ分布 (H6 + 載荷時, S1 断面, D面)

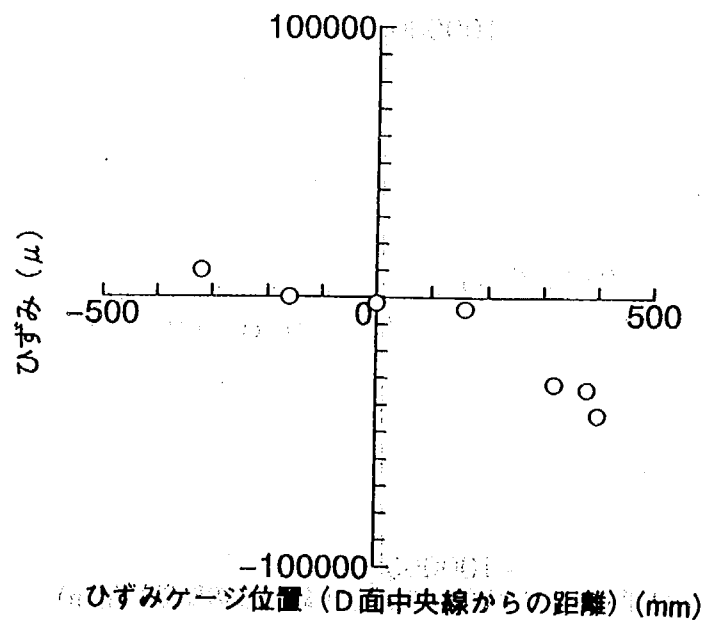


図-3.6.38 ひずみ分布 (H6 - 載荷時, S1 断面, D面)

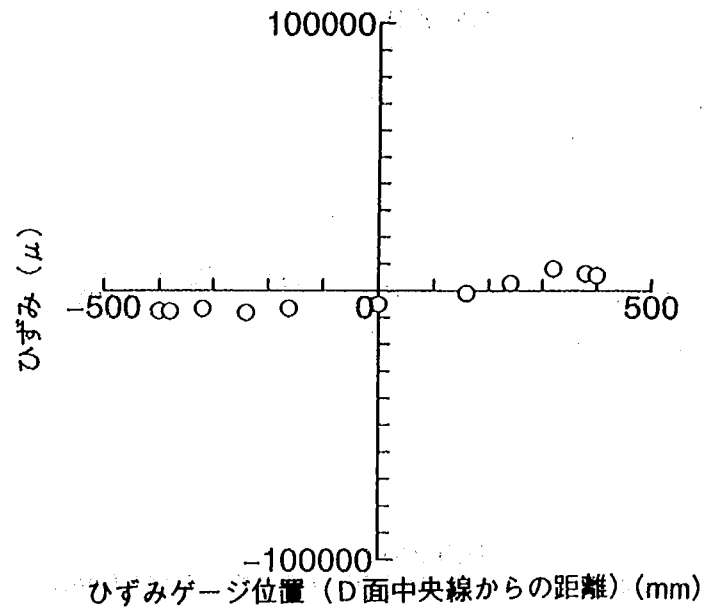


図-3.6.39 ひずみ分布 (H6 + 載荷時, S2断面, D面)

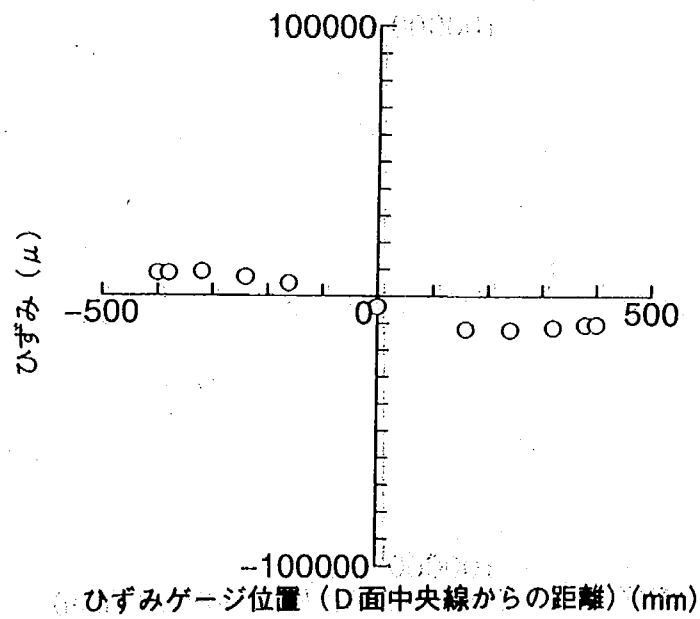


図-3.6.40 ひずみ分布 (H6 - 載荷時, S2断面, D面)

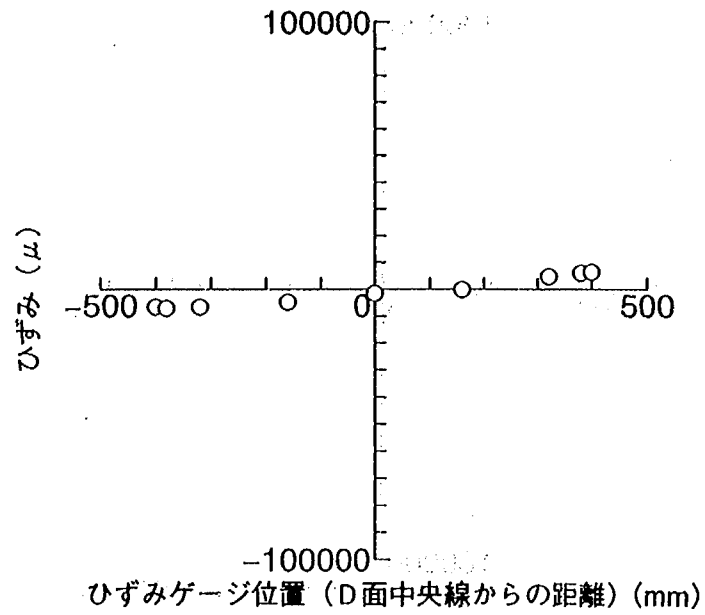


図-3.6.41 ひずみ分布 (H6 + 載荷時, S3 断面, D面)

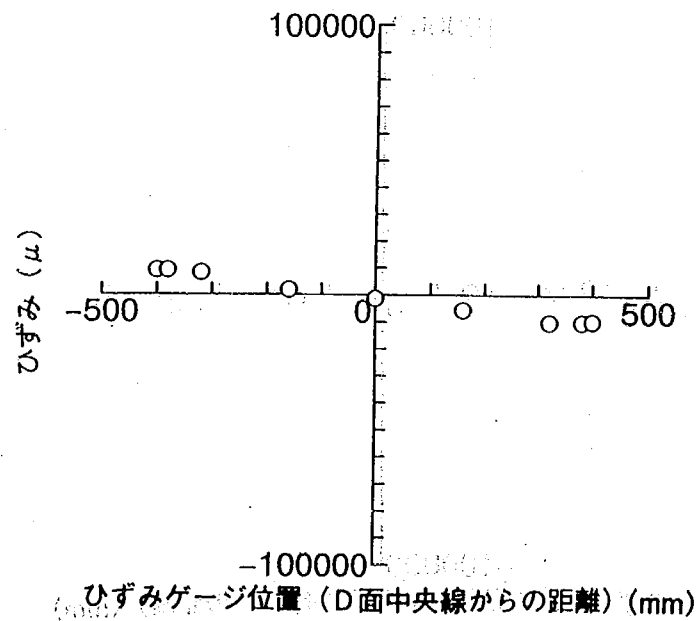


図-3.6.42 ひずみ分布 (H6 - 載荷時, S3 断面, D面)

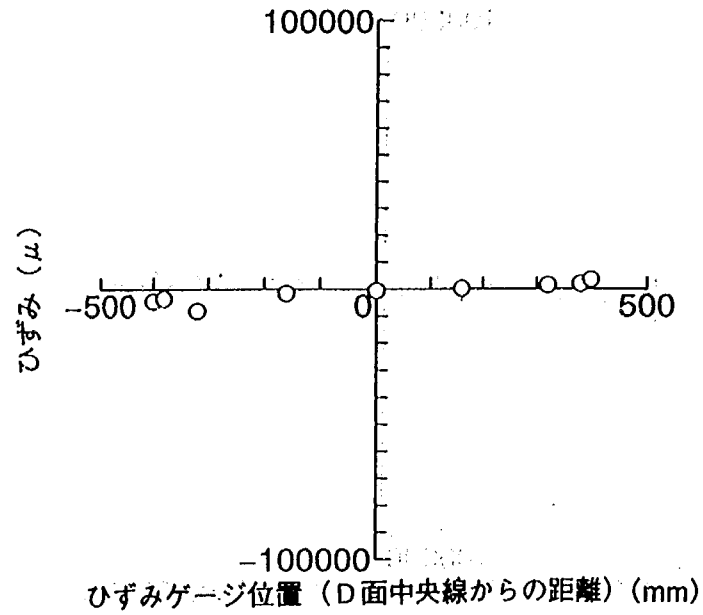


図-3.6.43 ひずみ分布 (H6 + 載荷時, S4 断面, D 面)

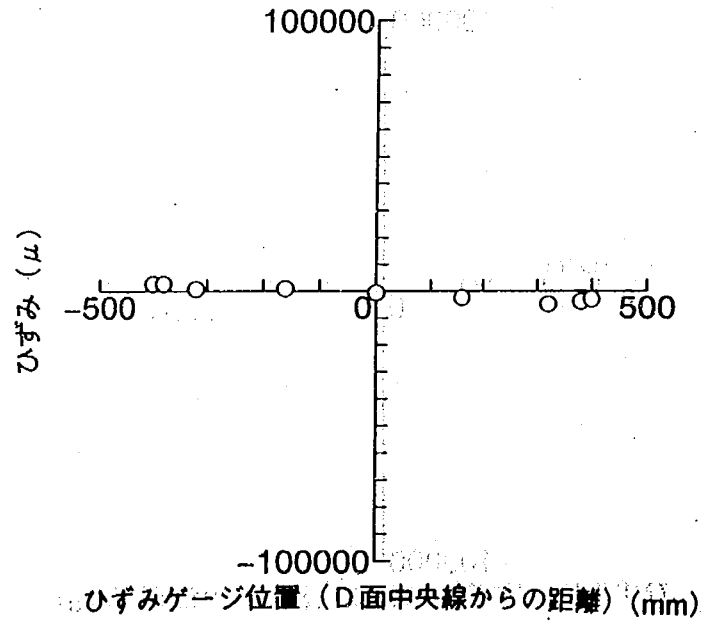


図-3.6.44 ひずみ分布 (H6 - 載荷時, S4 断面, D 面)

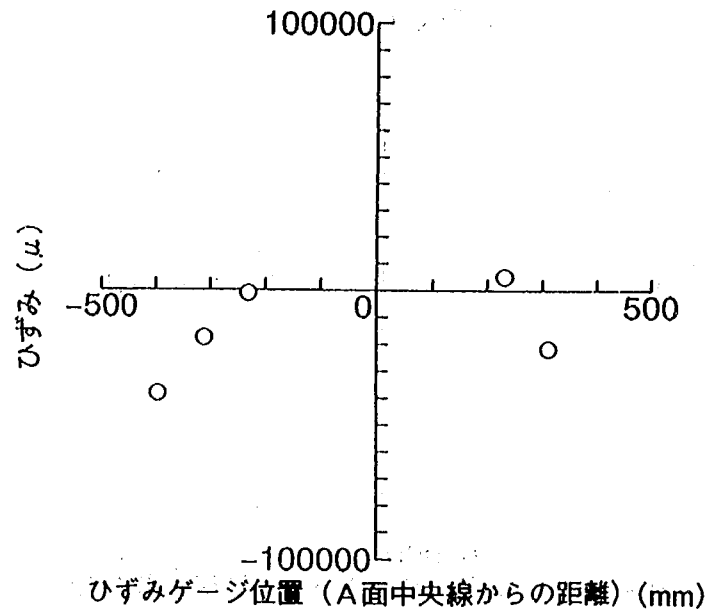


図-3.6.45 ひずみ分布 (H7 十 載荷時, S1 断面, A 面)

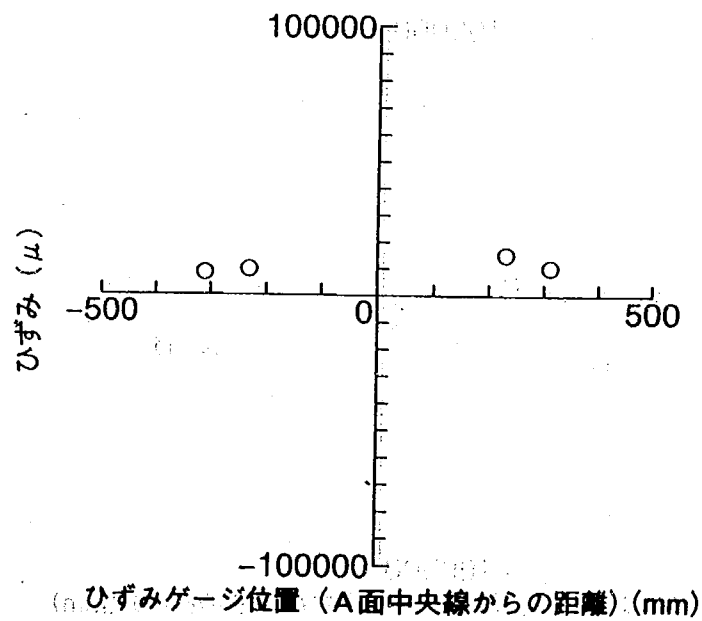


図-3.6.46 ひずみ分布 (H7 ー 載荷時, S1 断面, A 面)

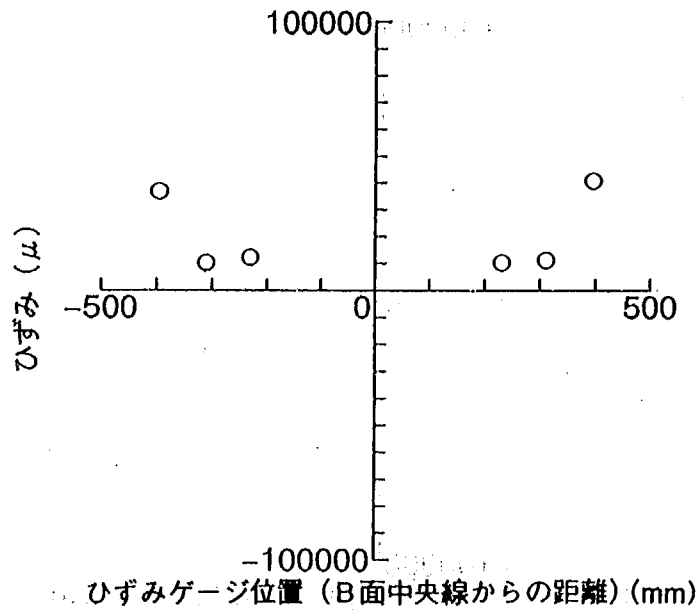


図-3.6.47 ひずみ分布 (H7 + 載荷時, S1 断面, B 面)

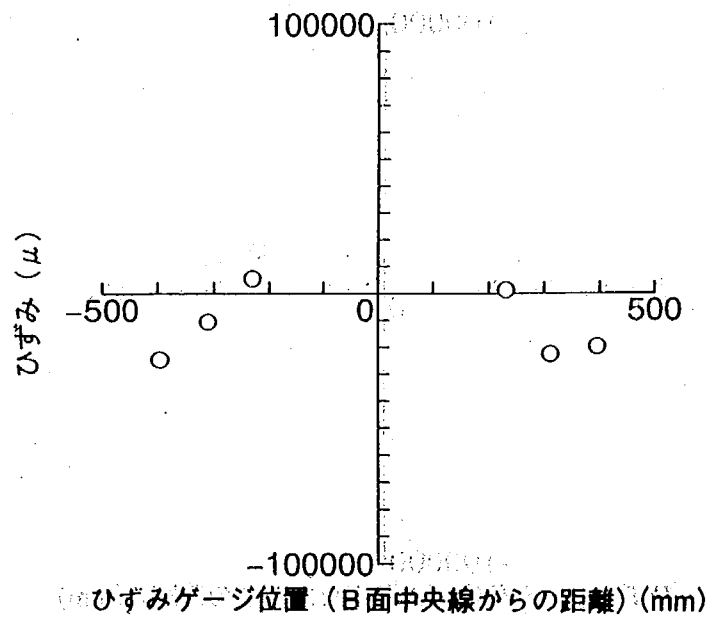


図-3.6.48 ひずみ分布 (H7 - 載荷時, S1 断面, B 面)

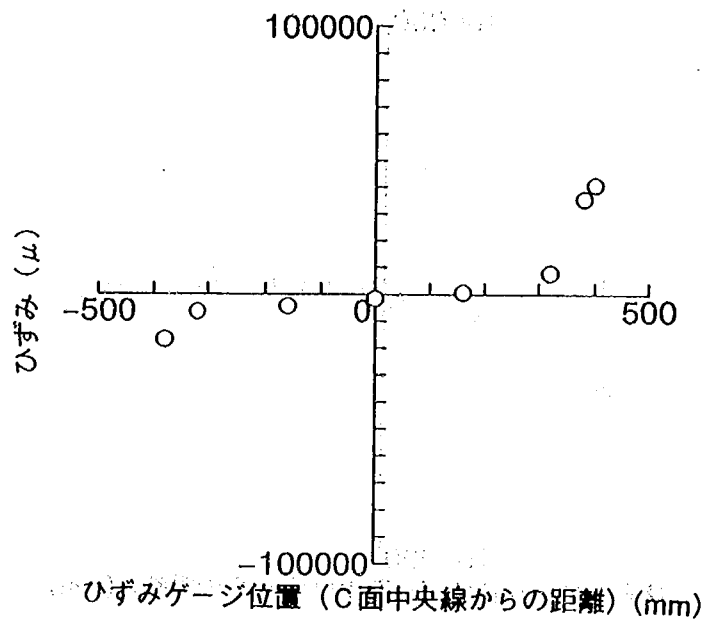


図-3.6.49 ひずみ分布 (H7 + 載荷時, S1 断面, C面)

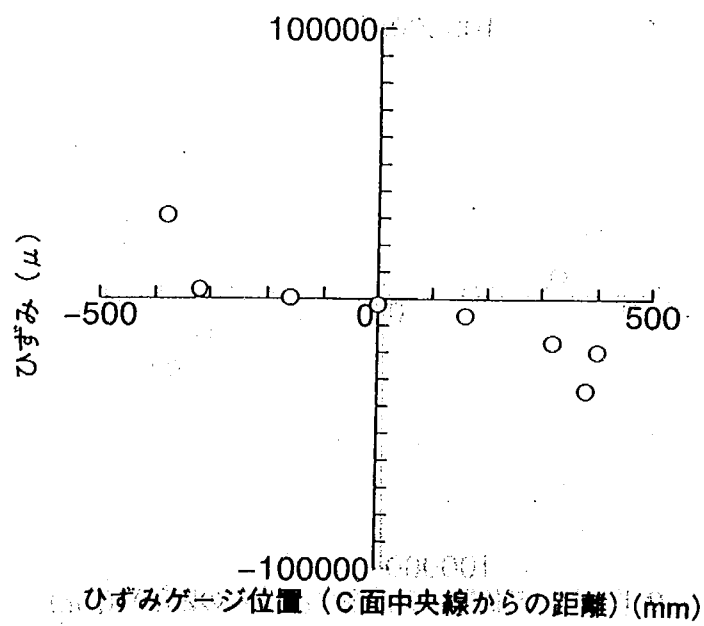


図-3.6.50 ひずみ分布 (H7 - 載荷時, S1 断面, C面)

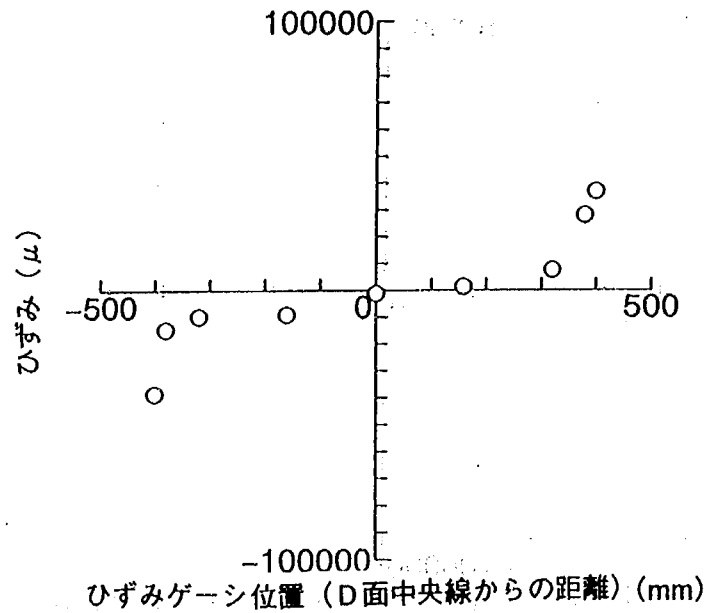


図-3.6.51 ひずみ分布 (H7 + 載荷時, S1 断面, D 面)

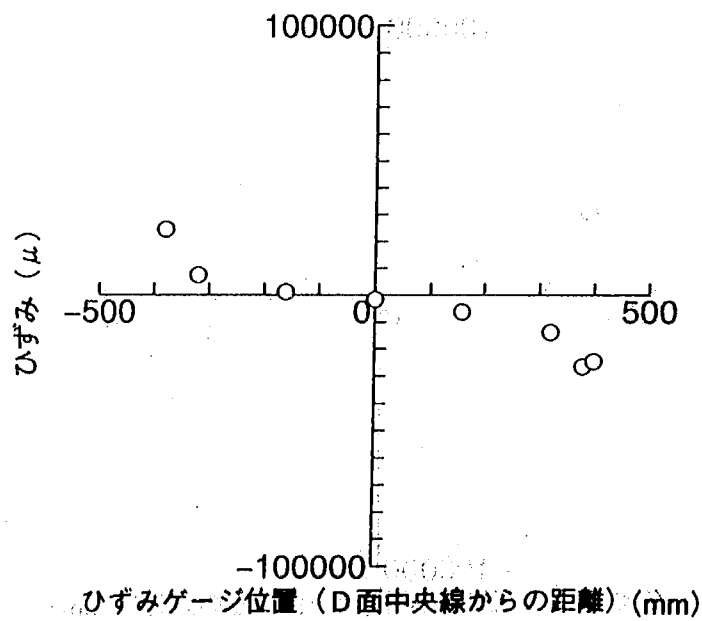


図-3.6.52 ひずみ分布 (H7 - 載荷時, S1 断面, D 面)

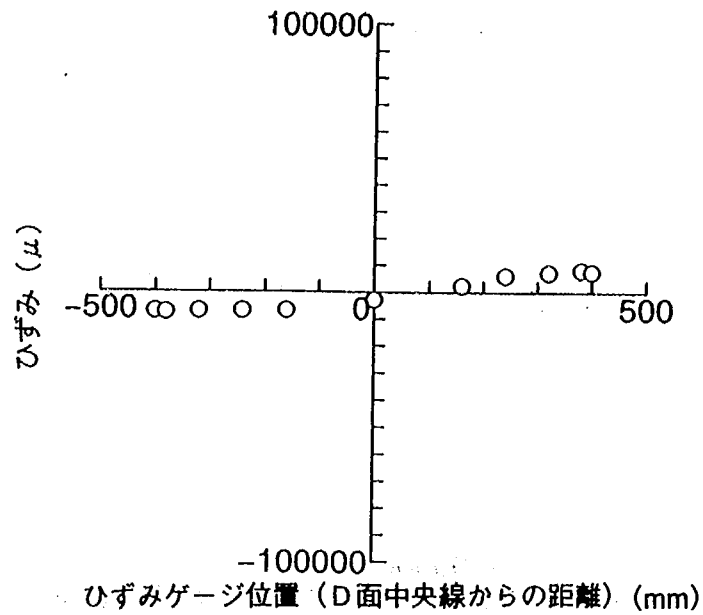


図-3.6.53 ひずみ分布 (H7 + 載荷時, S2 断面, D面)

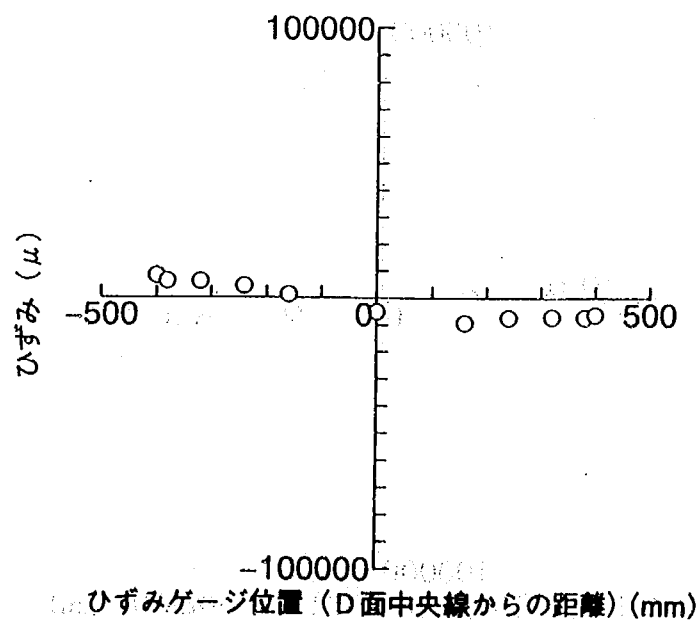


図-3.6.54 ひずみ分布 (H7 - 載荷時, S2 断面, U面)

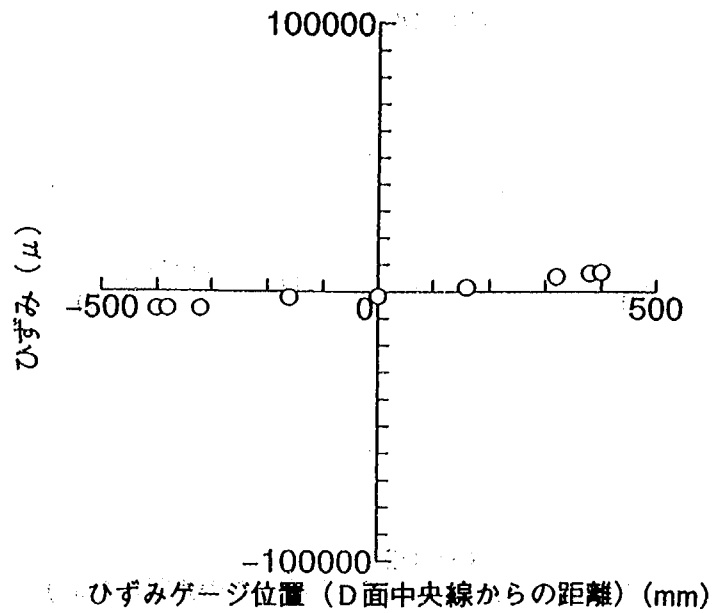


図-3.6.55 ひずみ分布 (H7 + 載荷時, S3断面, D面)

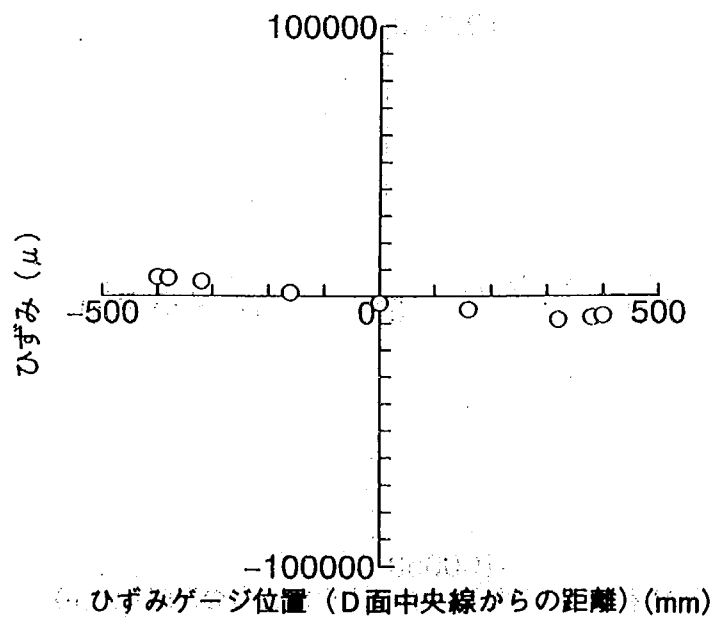


図-3.6.56 ひずみ分布 (H7 - 載荷時, S3断面, D面)

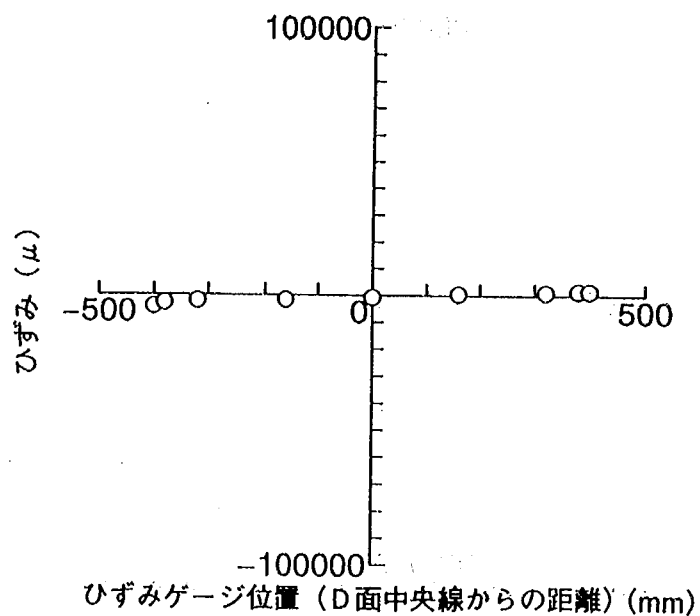


図-3.6.57 ひずみ分布 (H7 + 載荷時, S4 断面, D面)

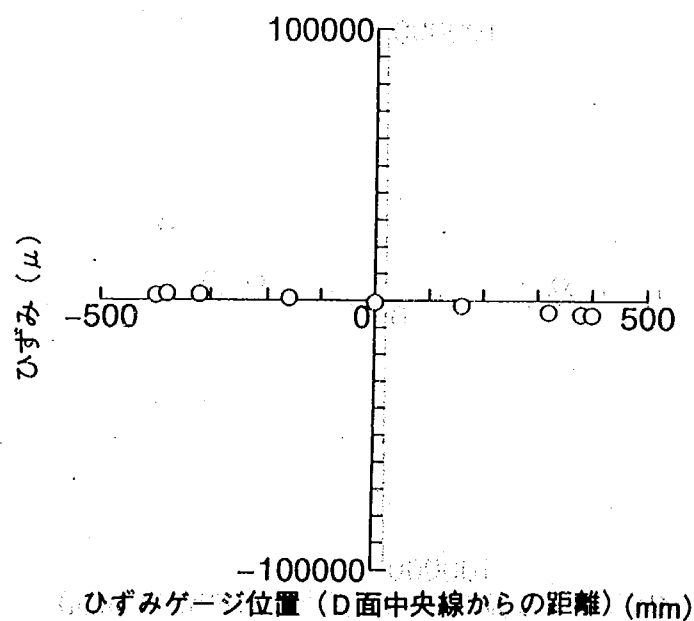


図-3.6.58 ひずみ分布 (H7 - 載荷時, S4 断面, D面)

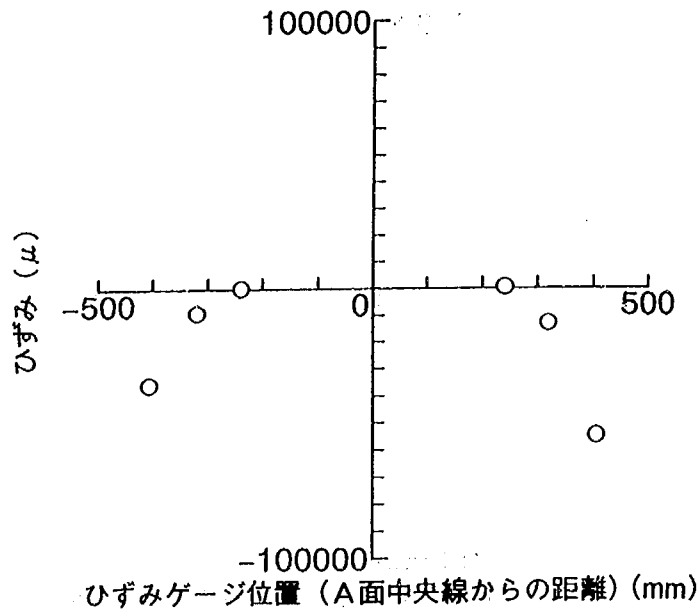


図-3.6.59 ひずみ分布 (H8十載荷時, S1断面, A面)

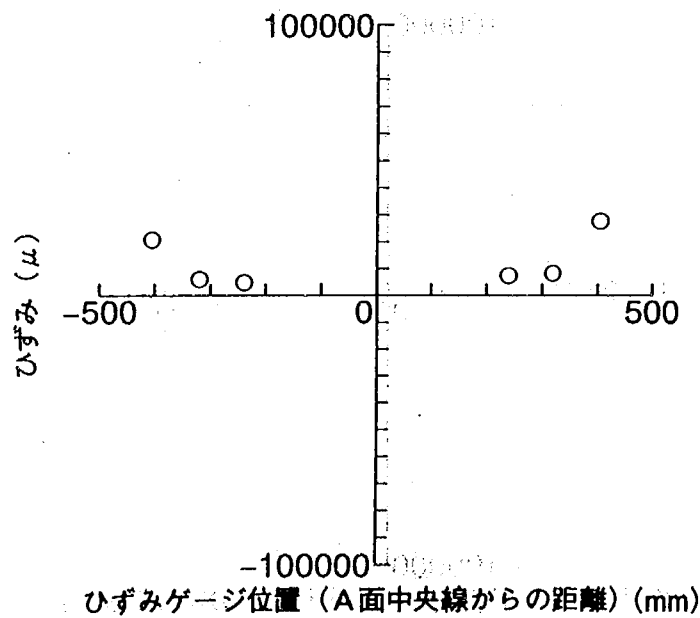


図-3.6.60 ひずみ分布 (H8一載荷時, S1断面, A面)

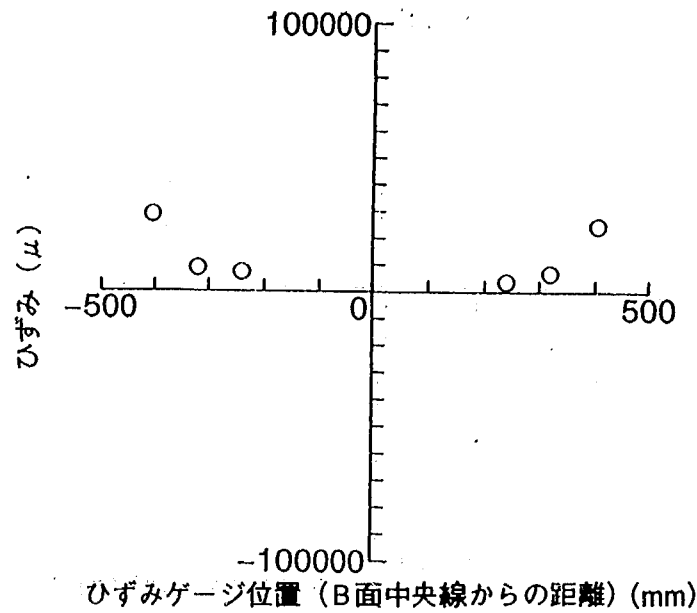


図-3.6.61 ひずみ分布 (H8 + 載荷時, S1 断面, B 面)

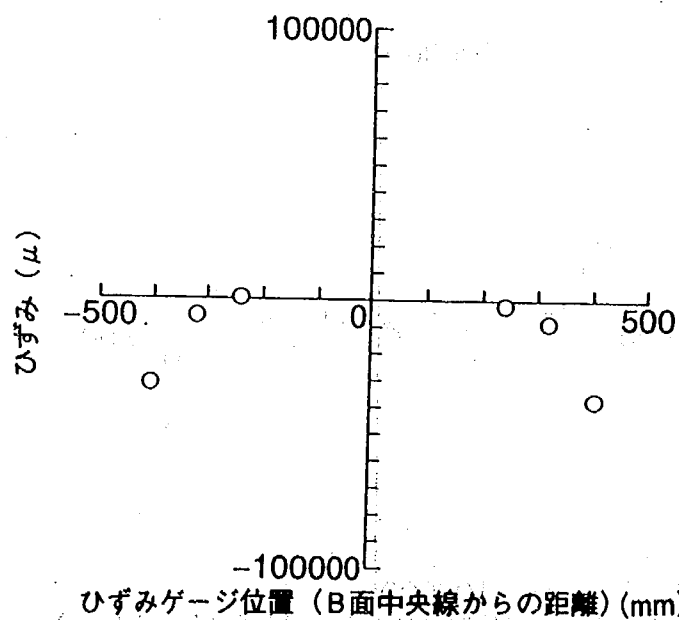


図-3.6.62 ひずみ分布 (H8 - 載荷時, S1 断面, B 面)

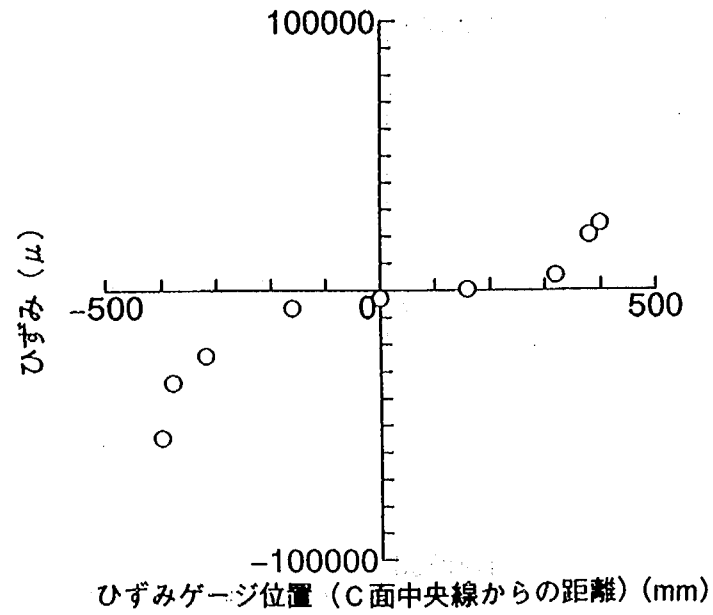


図-3.6.63 ひずみ分布 (H8 + 載荷時, S1 断面, C 面)

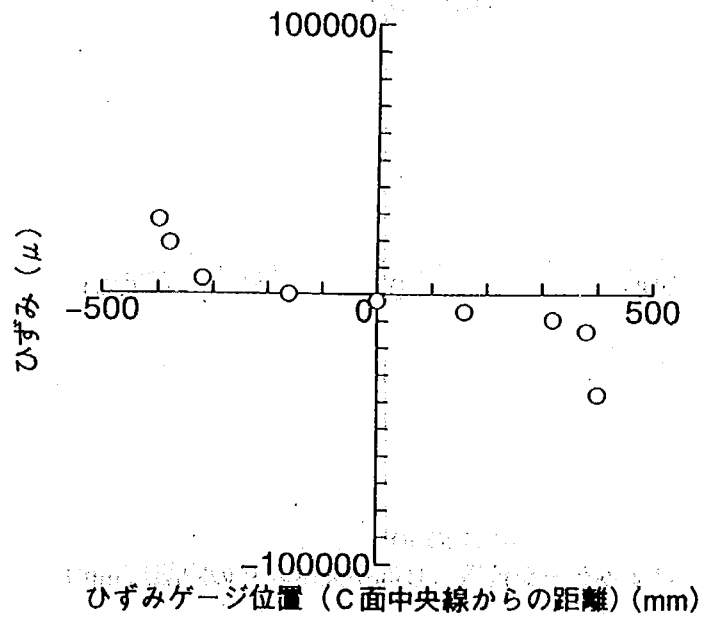


図-3.6.64 ひずみ分布 (H8 - 載荷時, S1 断面, C 面)

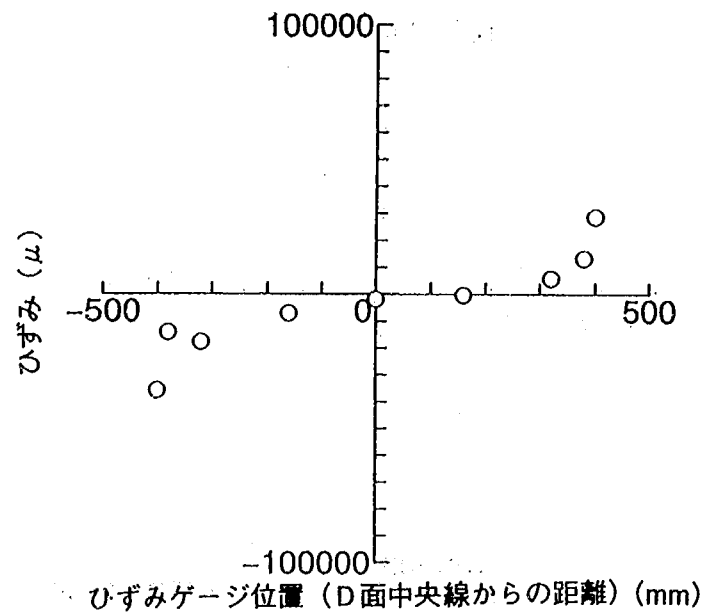


図-3.6.65 ひずみ分布 (H8 + 載荷時, S1 断面, D面)

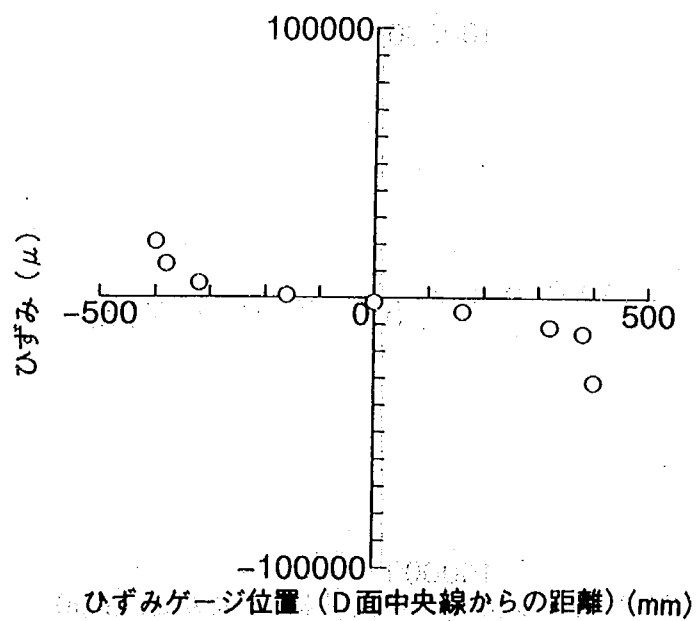


図-3.6.66 ひずみ分布 (H8 - 載荷時, S1 断面, D面)

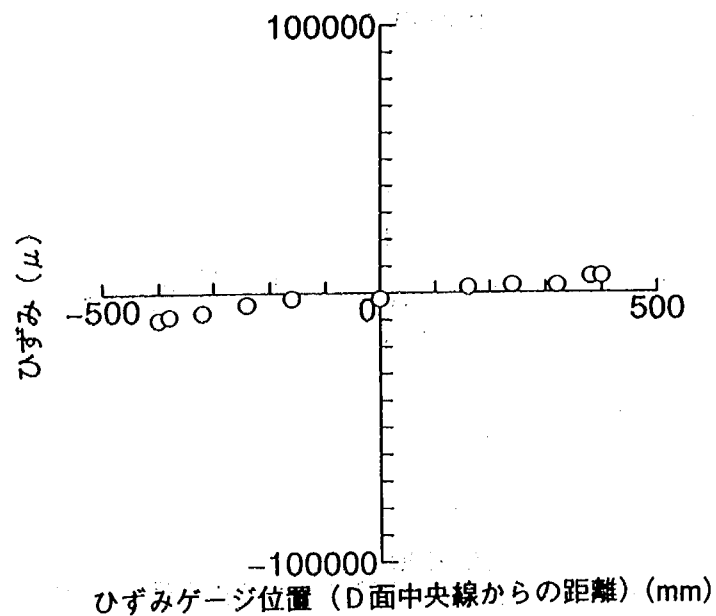


図-3.6.67 ひずみ分布 (H8 十 載荷時, S2 断面, D 面)

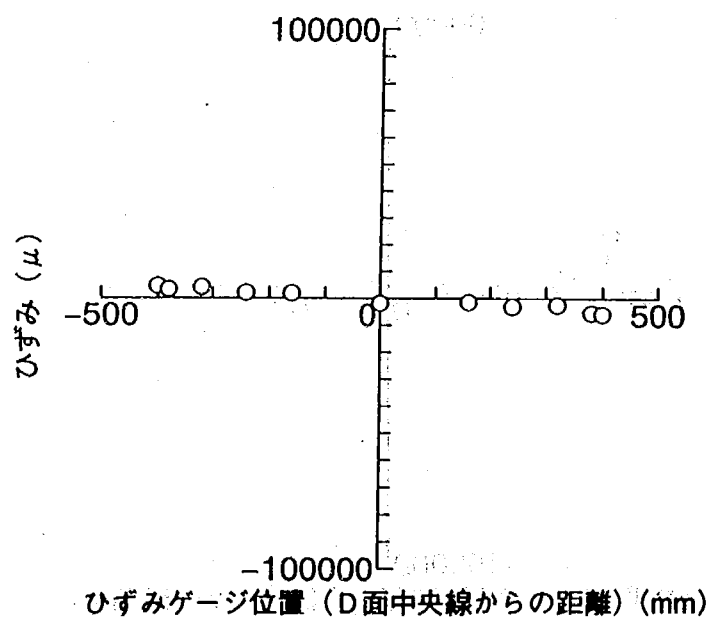


図-3.6.68 ひずみ分布 (H8 一 載荷時, S2 断面, D 面)

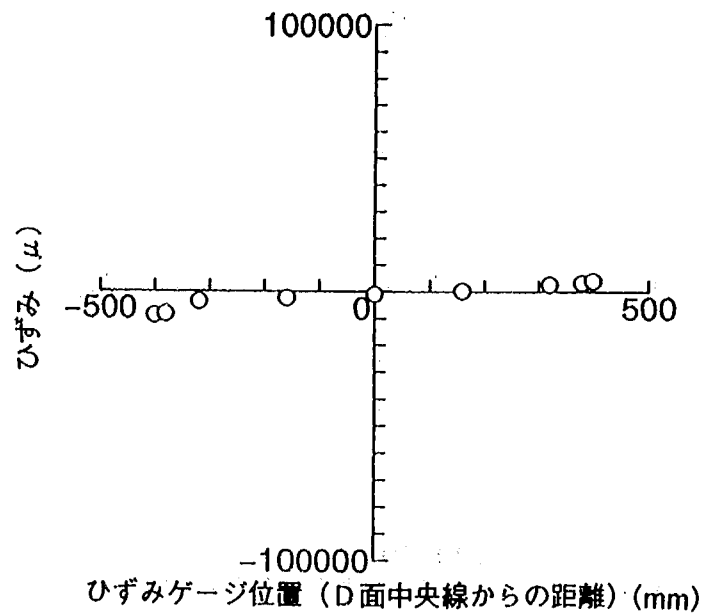


図-3.6.69 ひずみ分布 (H8 + 載荷時, S3 断面, D面)

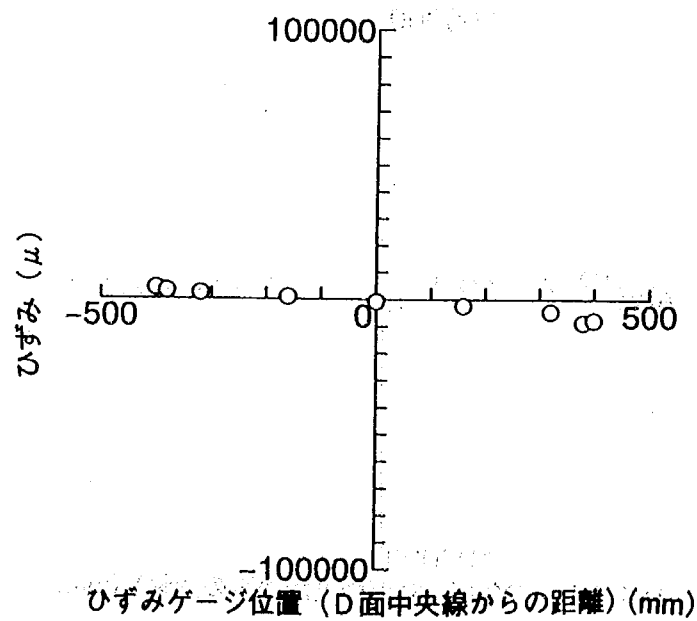


図-3.6.70 ひずみ分布 (H8 - 載荷時, S3 断面, D面)

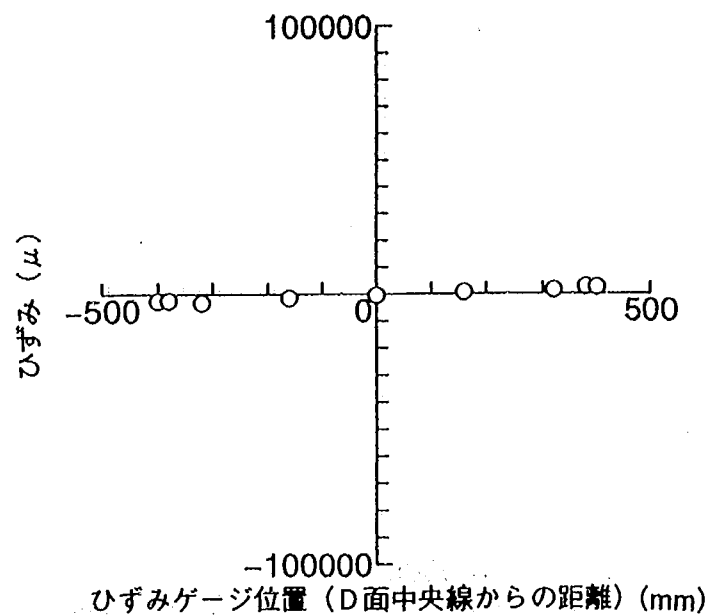


図-3.6.71 ひずみ分布 (H8 + 載荷時, S4 断面, D 面)

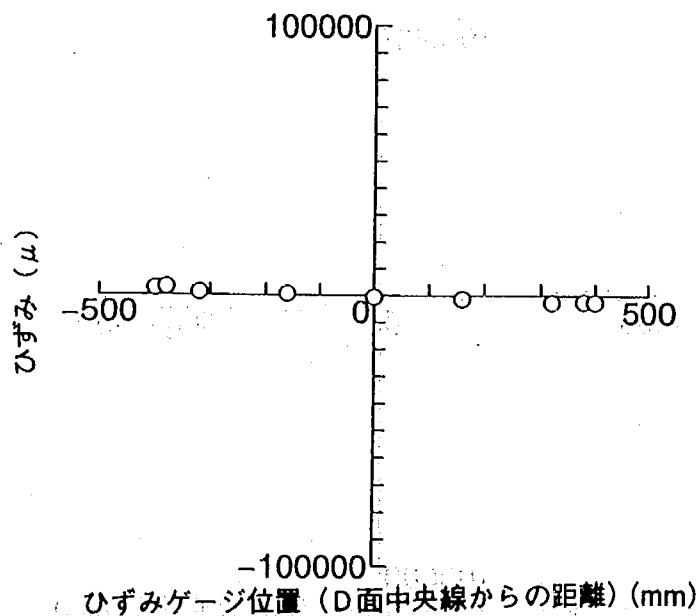


図-3.6.72 ひずみ分布 (H8 - 載荷時, S4 断面, D 面)

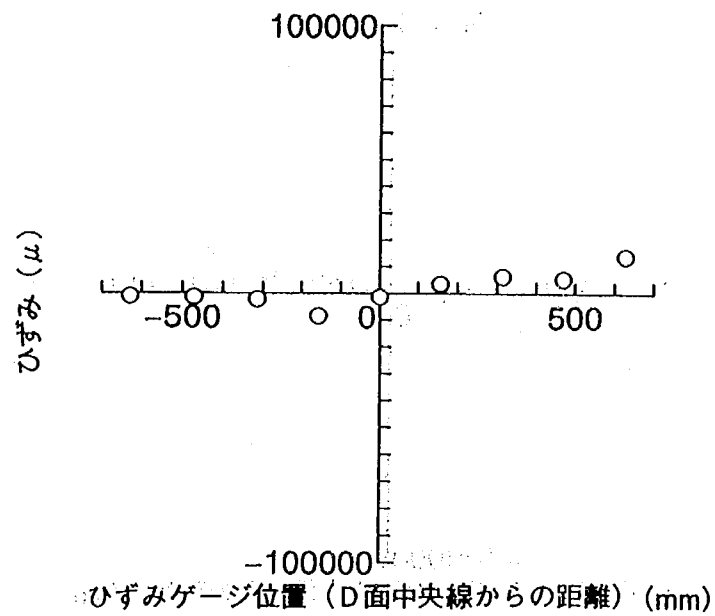


図-3.6.73 ひずみ分布 (H9 + 載荷時, S1 断面, D 面)

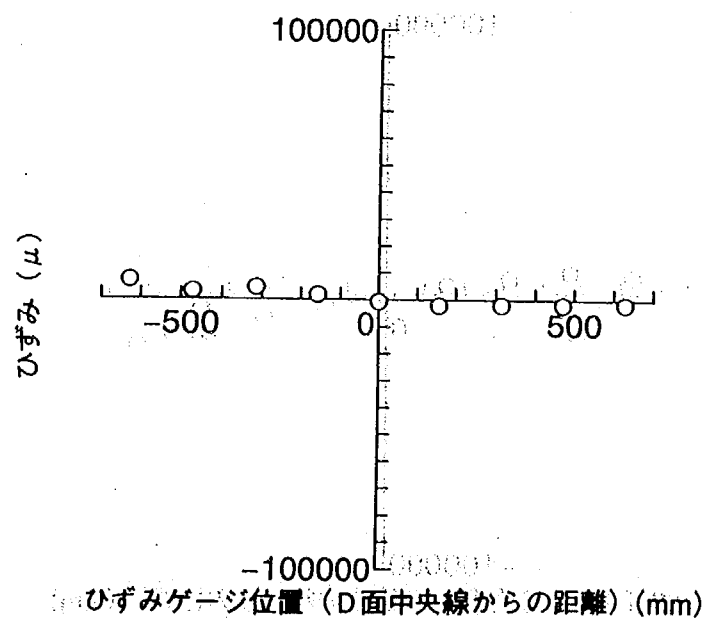


図-3.6.74 ひずみ分布 (H9 - 載荷時, S1 断面, D 面)

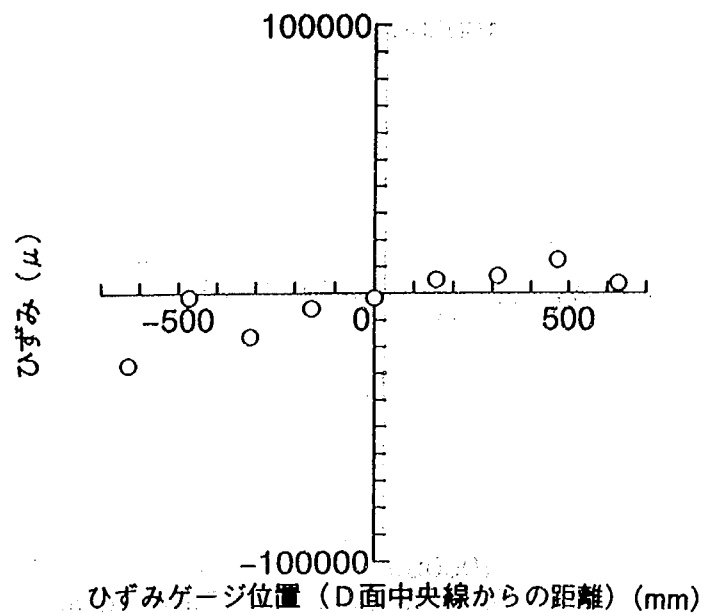


図-3.6.75 ひずみ分布 (H9 + 載荷時, S2 断面, D 面)

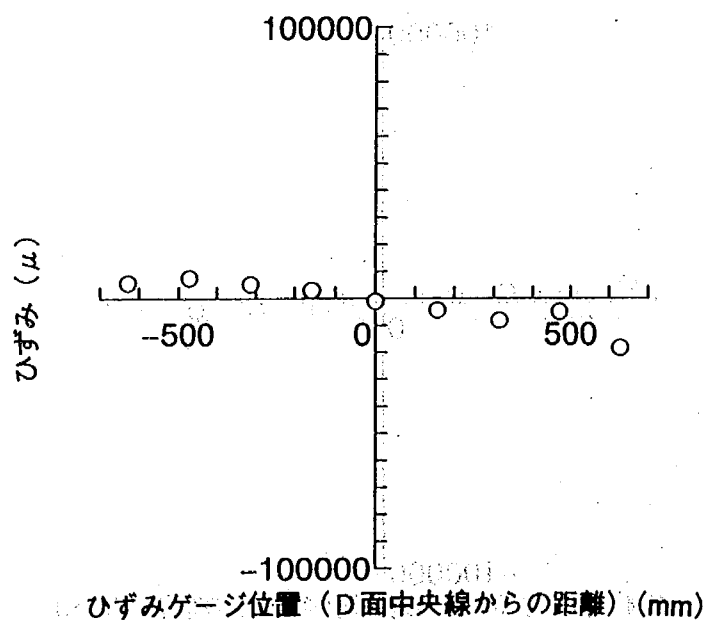


図-3.6.76 ひずみ分布 (H9 - 載荷時, S2 断面, D 面)

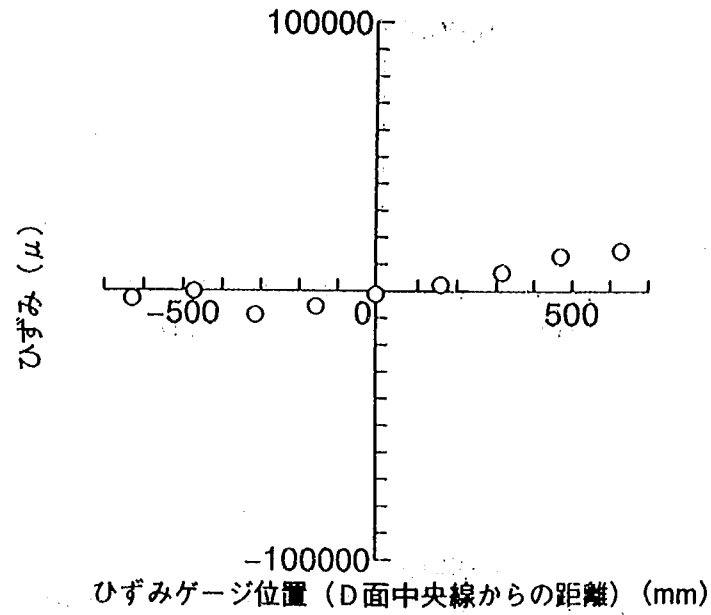


図-3.6.77 ひずみ分布 (H9 + 載荷時, S3断面, D面)

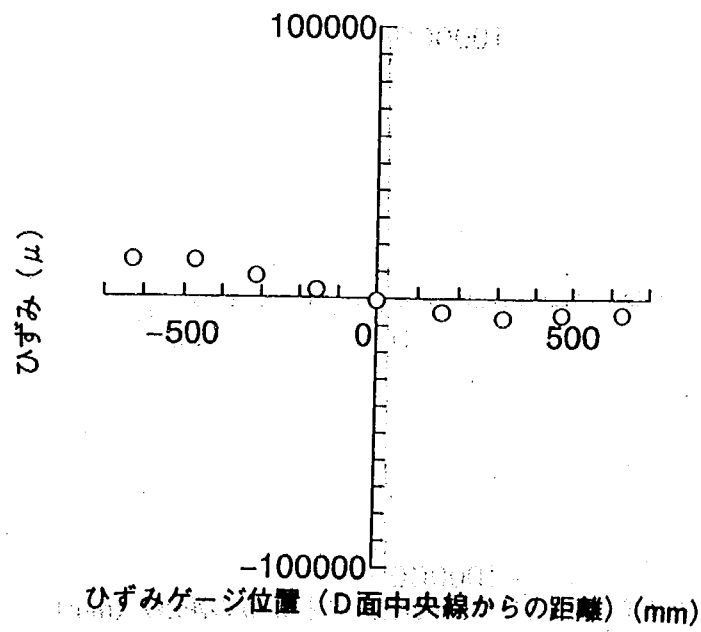


図-3.6.78 ひずみ分布 (H9 - 載荷時, S3断面, D面)

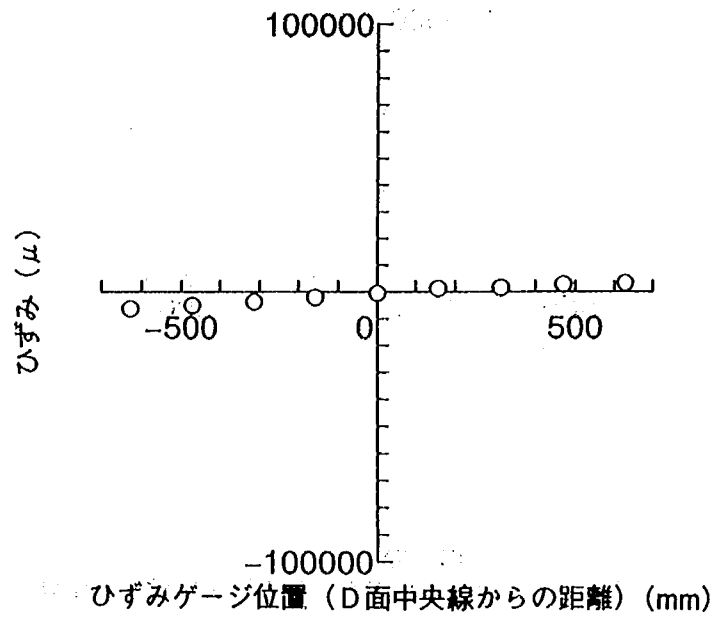


図-3.6.79 ひずみ分布 (H9 十載荷時, S4 断面, D面)

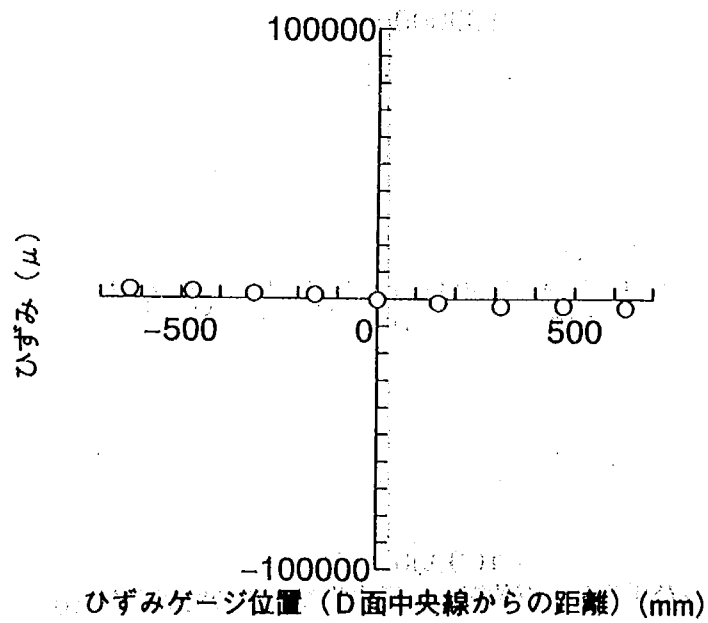
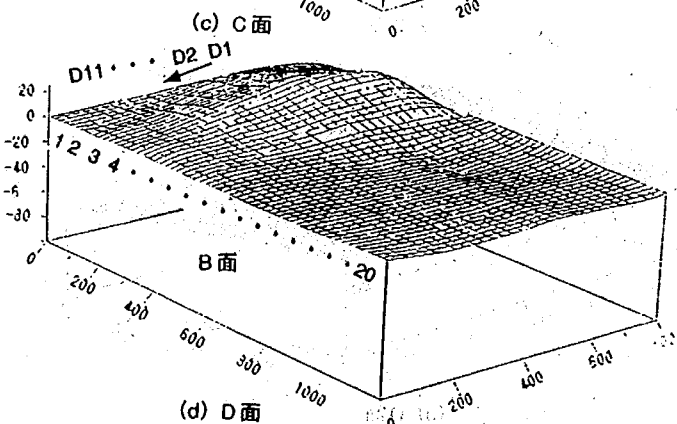
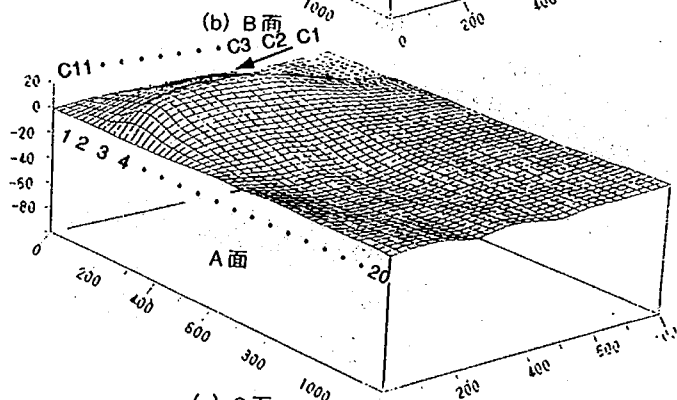
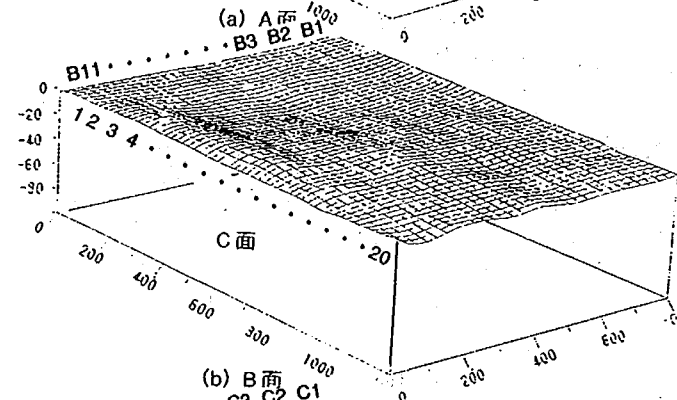
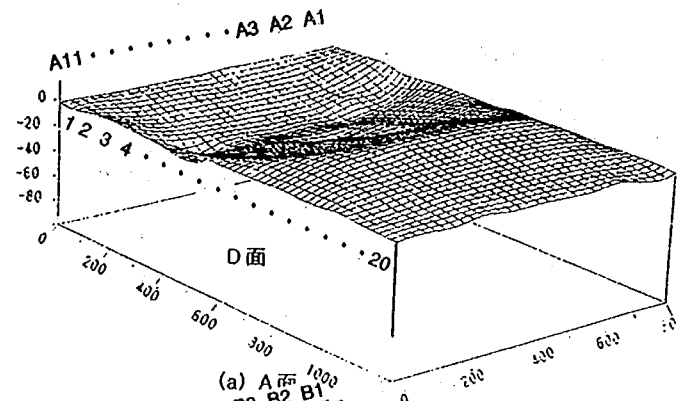
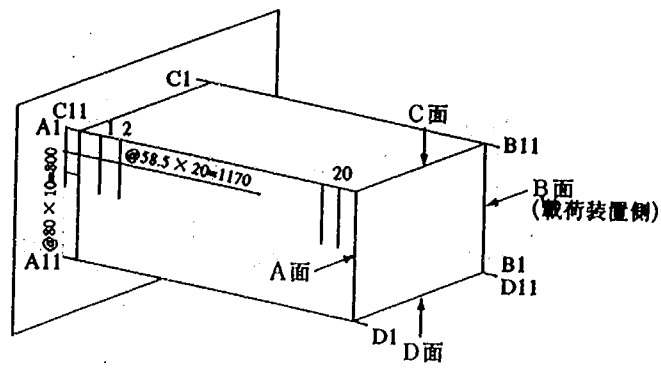
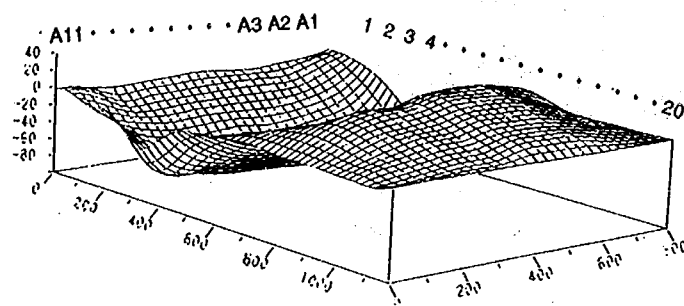
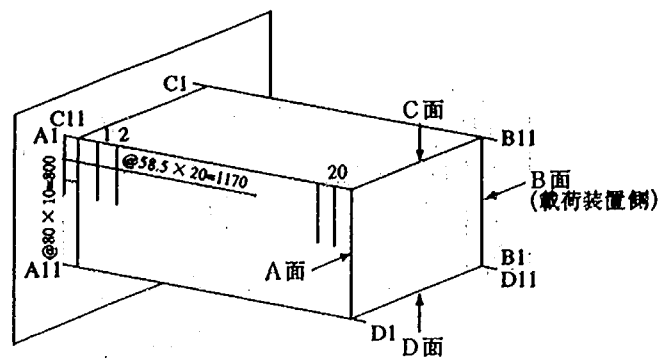


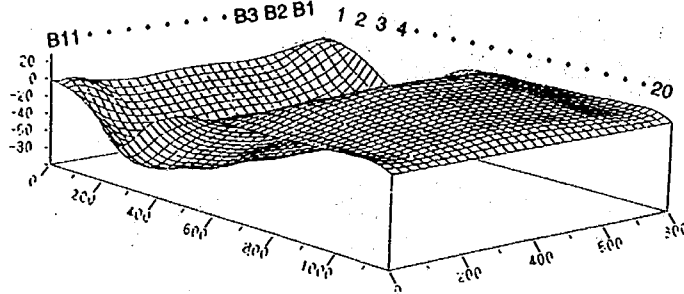
図-3.6.80 ひずみ分布 (H9 一載荷時, S4 断面, D面)



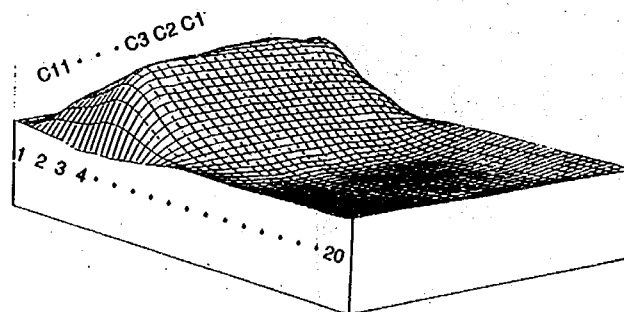
図(3.7.1) 最終崩壊状況 (H1)



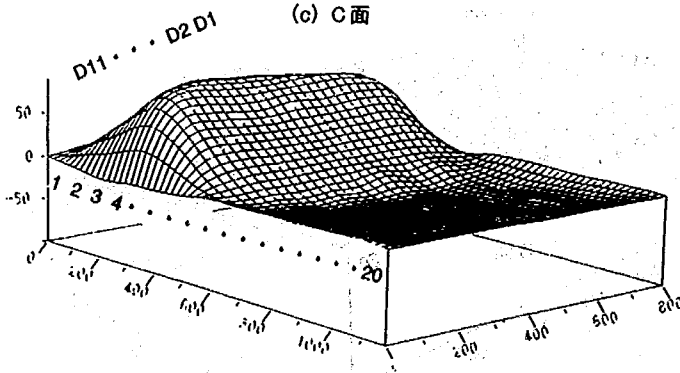
(a) A面



(b) B面

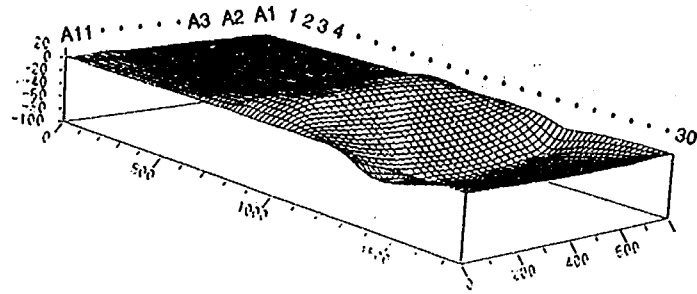
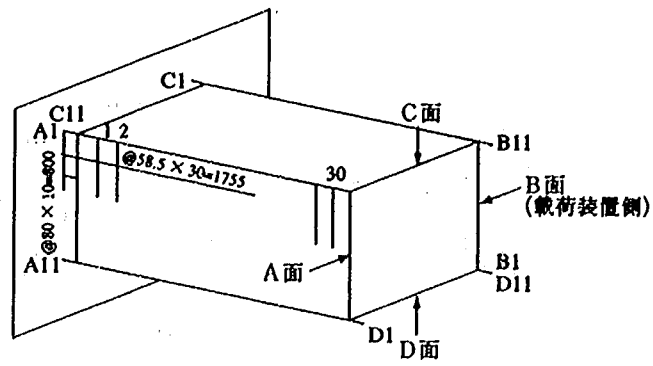


(c) C面

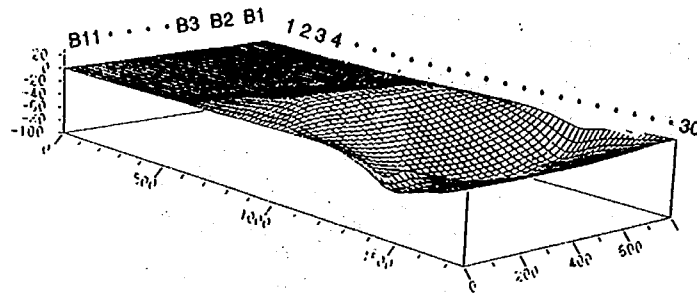


(d) D面

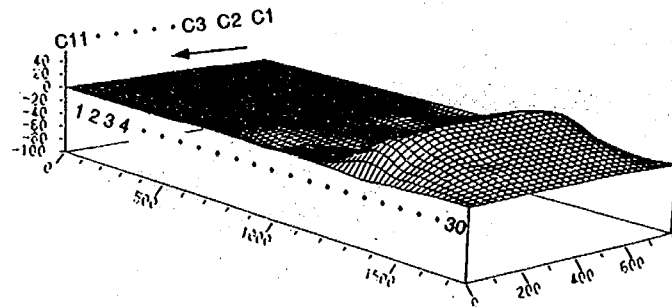
圖-3.7.2 最終崩壞狀況 (H2)



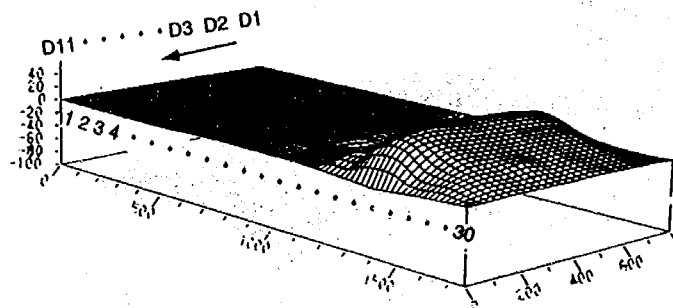
(a) A面



(b) B面



(c) C面



(d) D面

図 3.7.3 最終崩壊状況 (H3)

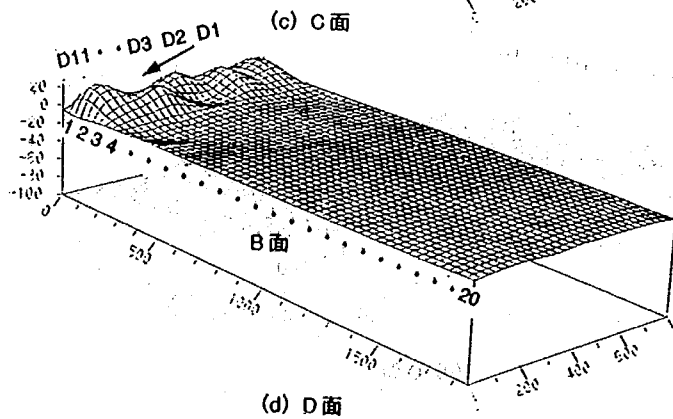
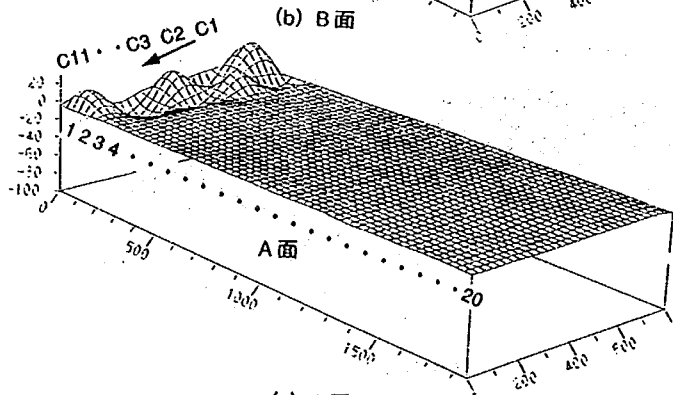
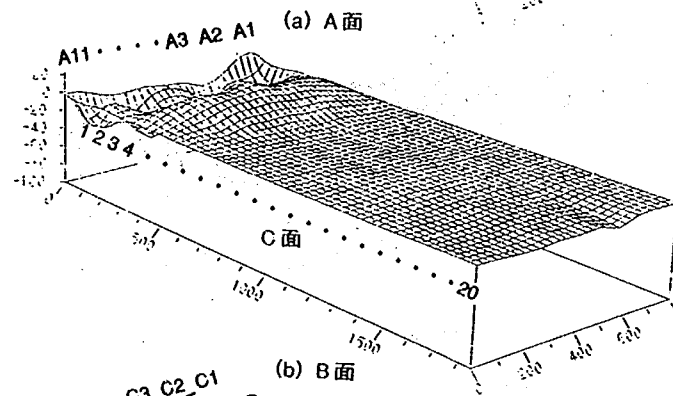
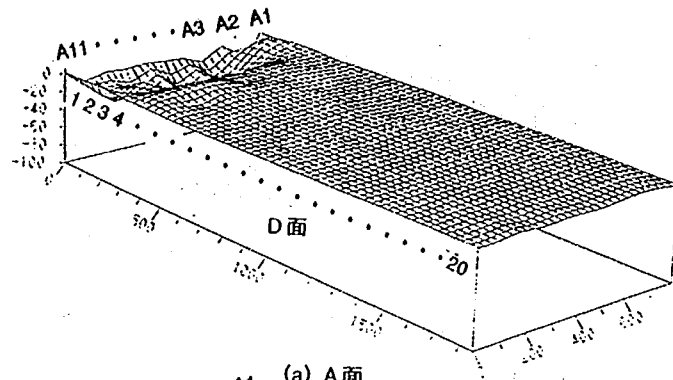
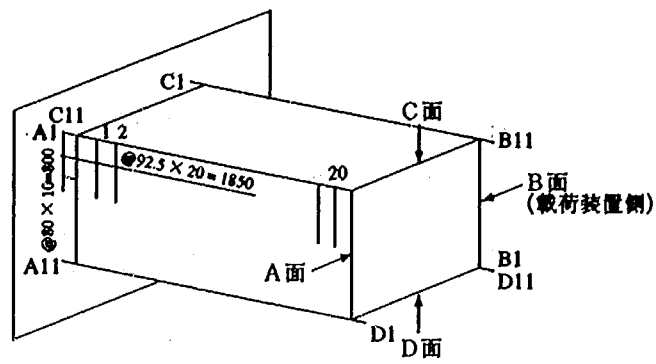


圖 3:7.4 最終崩壞狀況 (H5)

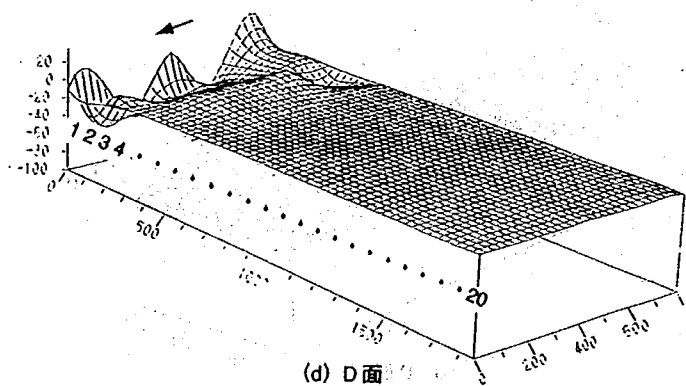
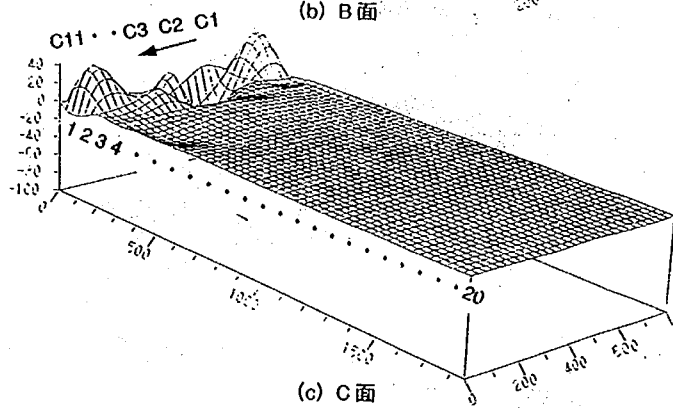
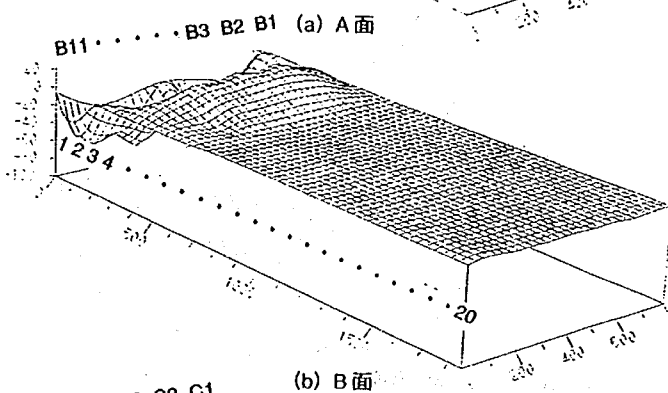
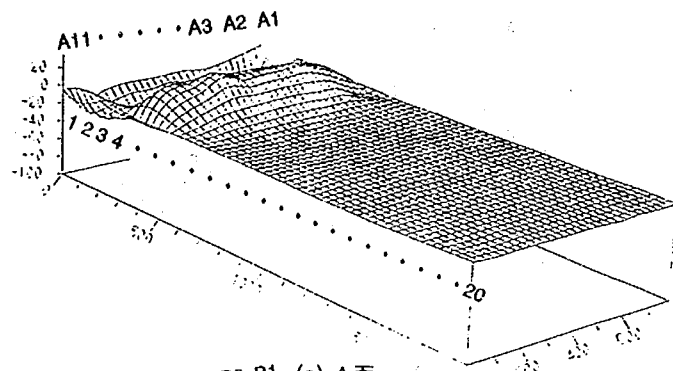
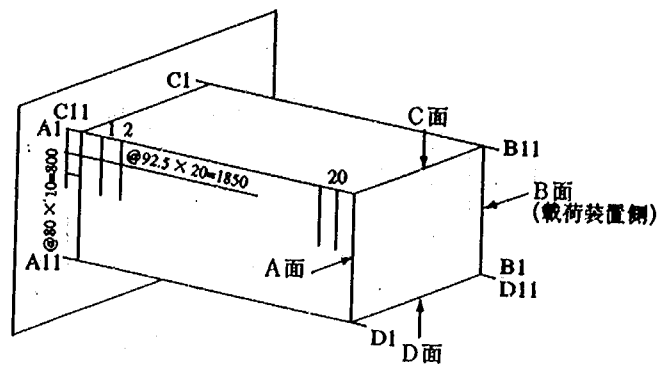


图-3.7.5 最終崩壊状況 (H6)

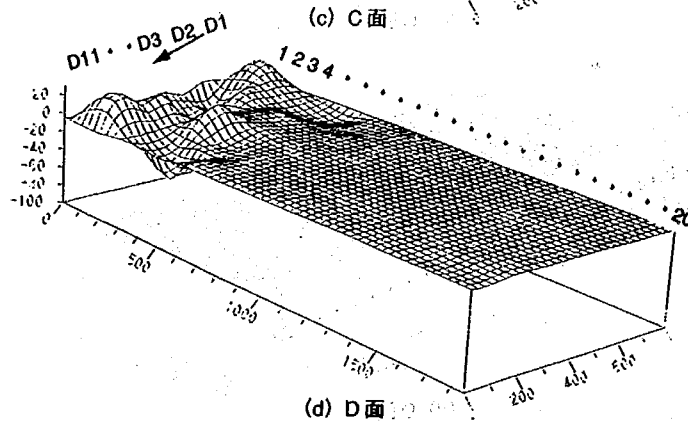
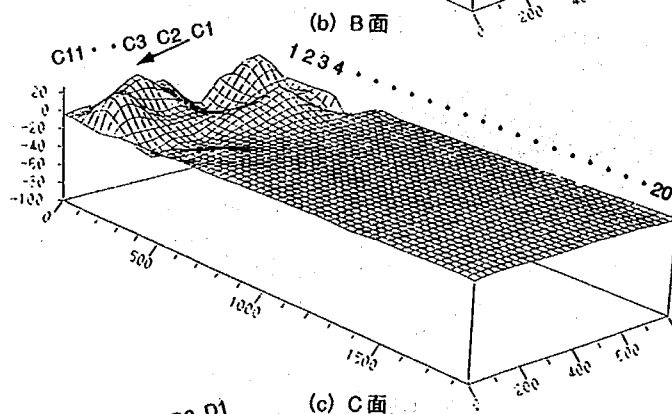
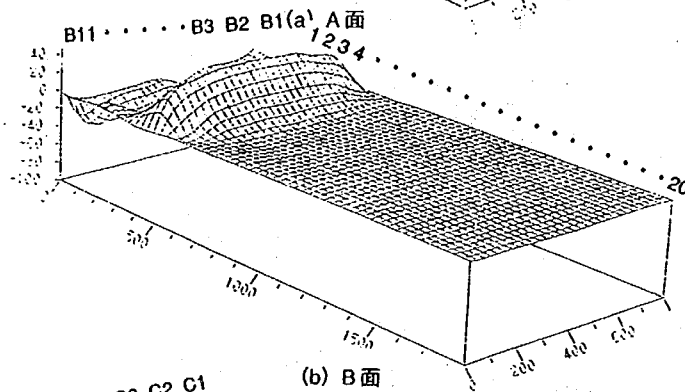
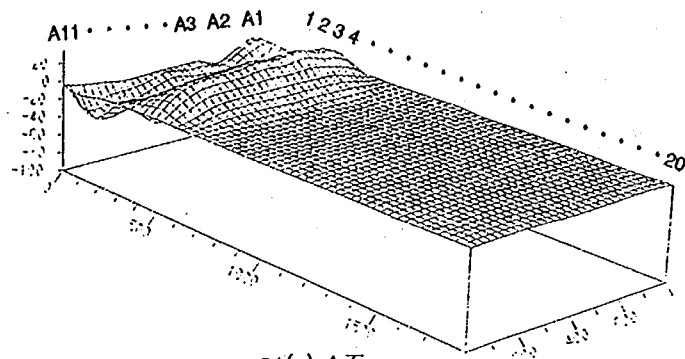
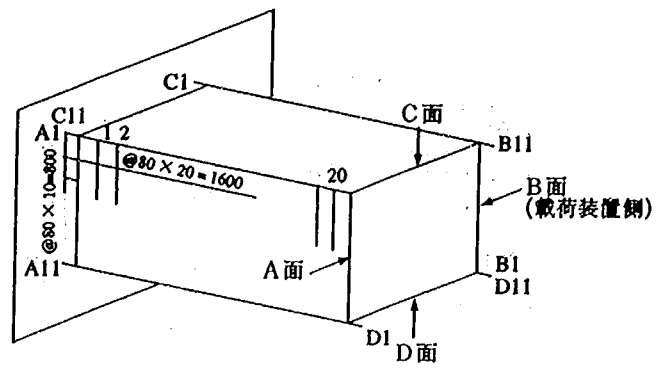


图-3.7.6 最終崩壊状況 (H7)

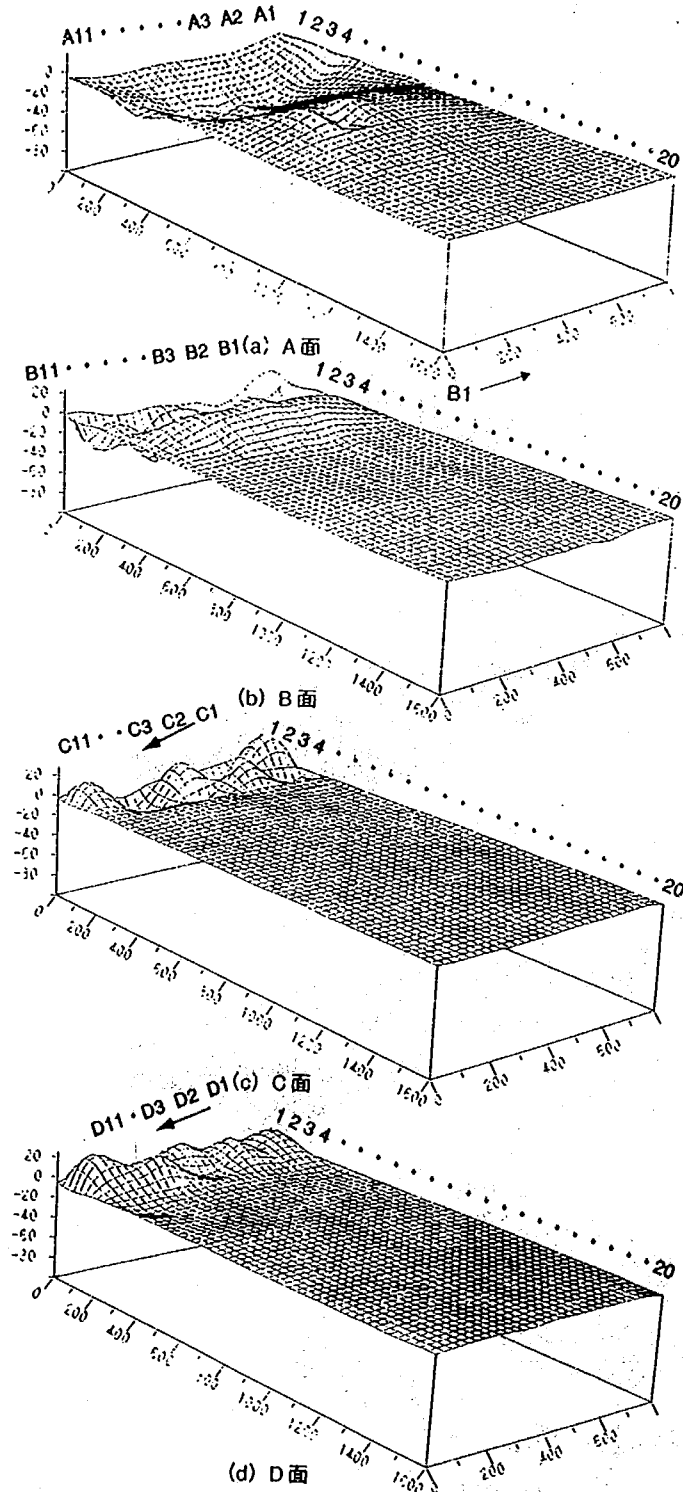
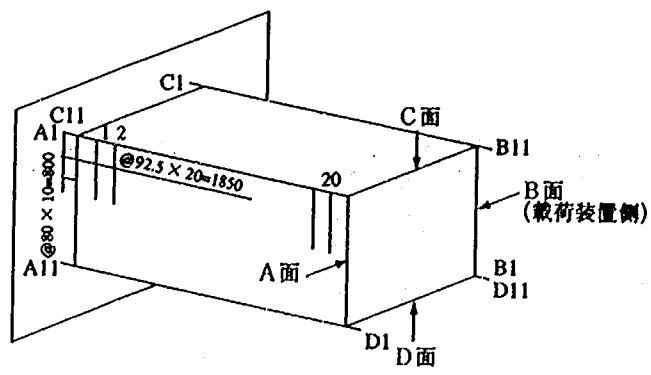


図-3.7.7 最終崩壊状況 (H8)

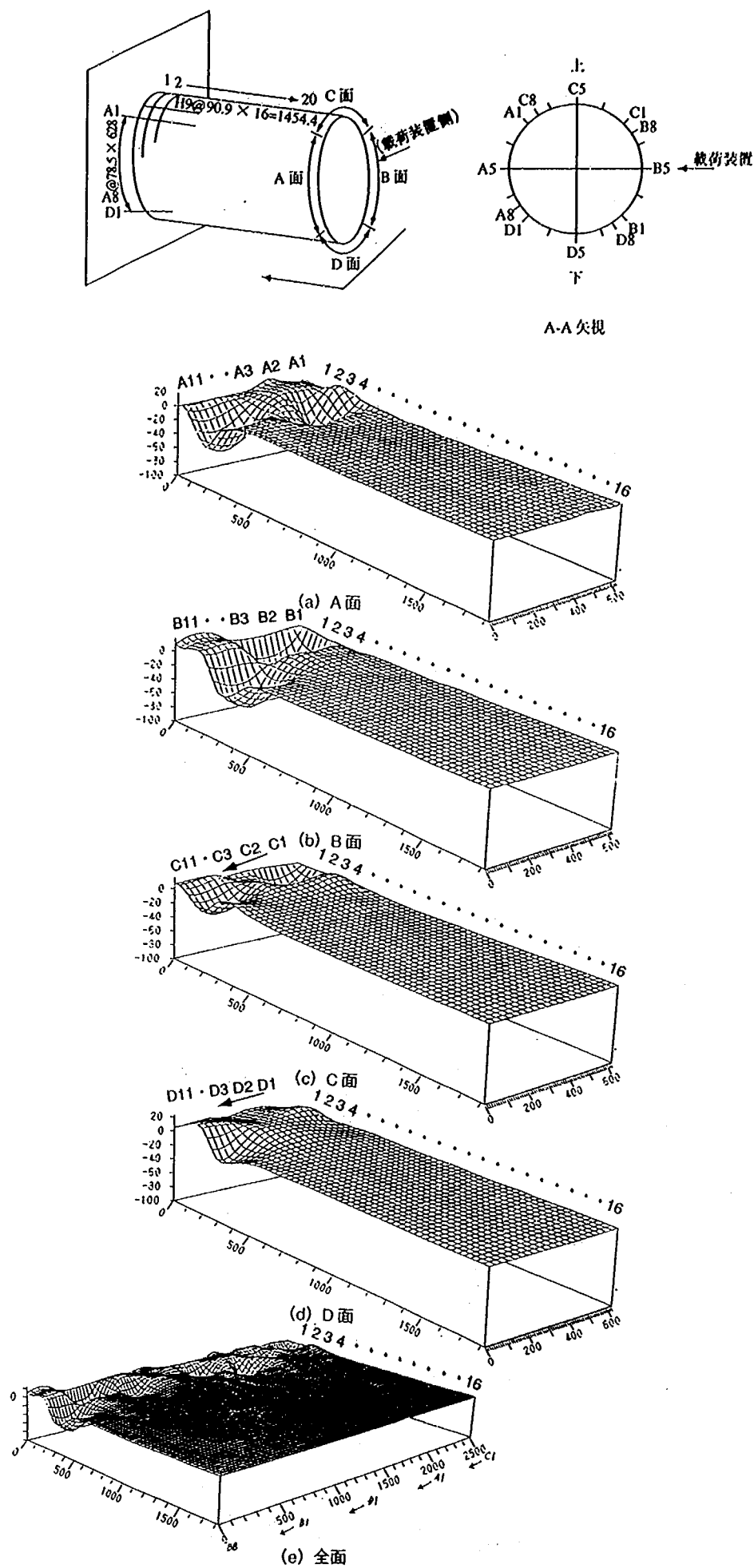


図-3.7.8 最終崩壊状況 (H9)

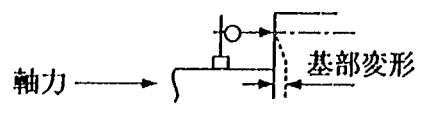
參考資料

実験記録

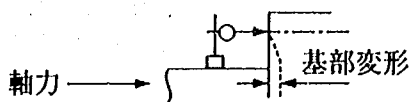
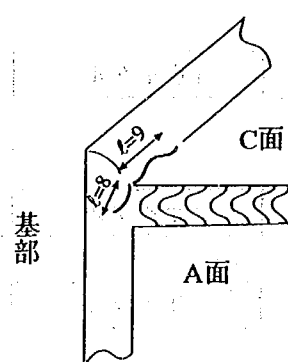
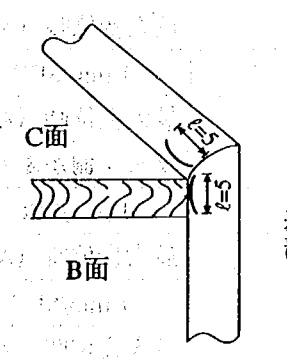
(H 1 ~ H 3)

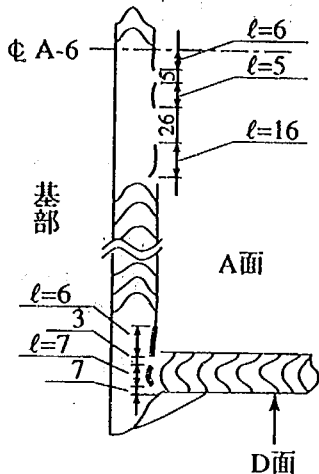
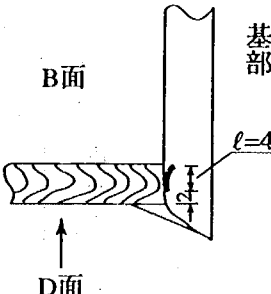
阪公鋼製橋脚載荷試験状況

供試体：H 1（片振り載荷）

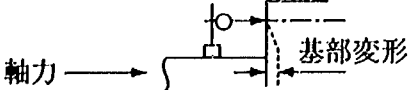
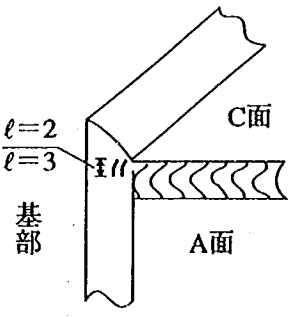
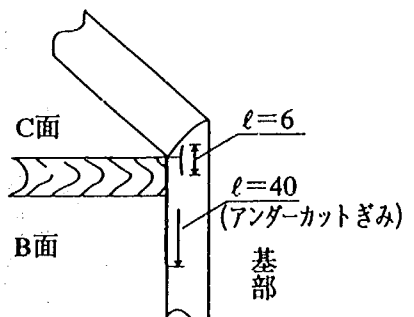
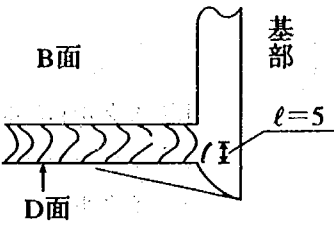
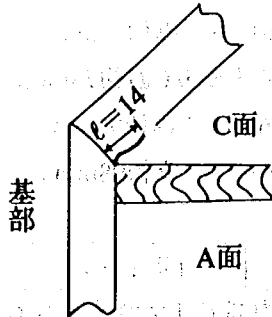
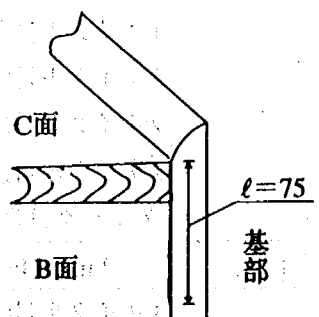
CASE	載荷スピード (mm/SEC)	変位 δ (mm)	サイクル数	加振周波数 (Hz)
0	—	—	—	—
軸力荷重131ton載荷 基部変形 0.045 mm 				
1	1 mm/SEC	45 mm	1サイクル	—
2	1 mm/SEC	50 mm	1サイクル	—
3	1 mm/SEC	55 mm	1サイクル	—
4	1 mm/SEC	60 mm	1サイクル	—
5	1 mm/SEC	75 mm	1サイクル	—
若干面外変形見られる。				
6	1 mm/SEC	100 mm	1サイクル	—
7	1 mm/SEC	125 mm	1サイクル	—
最大変位時に、A3-4, 5, 6, A4-4, 5, 6 に0.5mm程度のへこみ発生。				
8	1 mm/SEC	150 mm	1サイクル	—
最大変位位置においてボーンという音発生。				
9	1 mm/SEC	175 mm	1サイクル	—
最大変位時（A5-6）へこみ14mm. 最大変位時（A14-6）ふくらみ15mm.				
10	1 mm/SEC	200 mm	1サイクル	—
最大変位時（A5-6）へこみ19mm. ウェブ側がふくらむ。				
11	1 mm/SEC	225 mm	1サイクル	—
最大変位時（A5-6）へこみ24mm.				
12	1 mm/SEC	250 mm	1サイクル	—
最大変位時（A5-6）へこみ28mm. 変位0mmに引き戻し後モーメントのリミッターが働き軸力が0になる。 再度軸力を131ton載荷しケース13を開始する。				
13	1 mm/SEC	275 mm	1サイクル	—
試験終了				

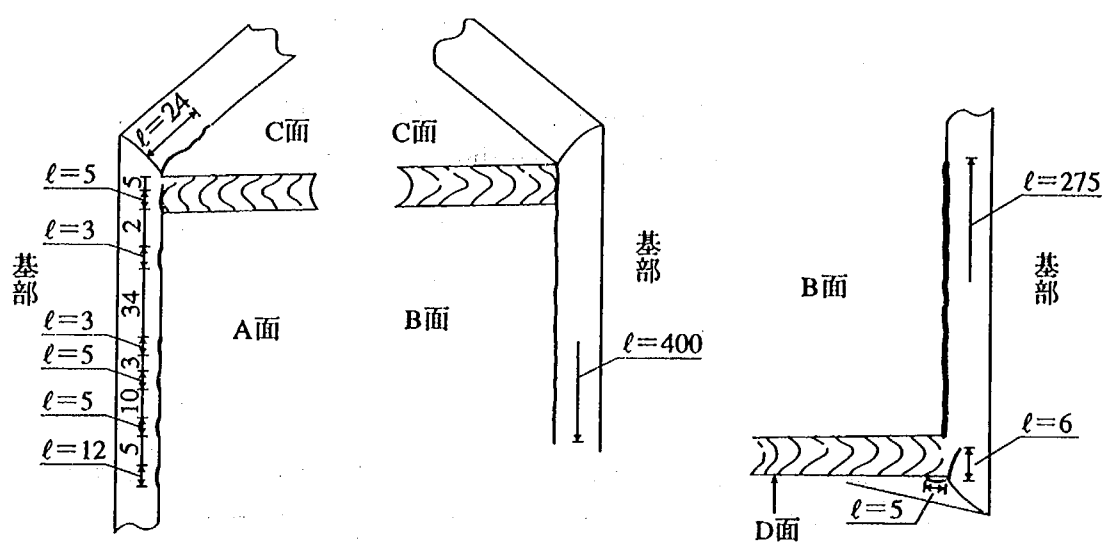
供試体：H2（両振り載荷）

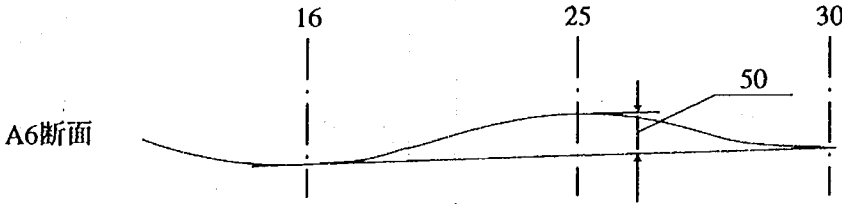
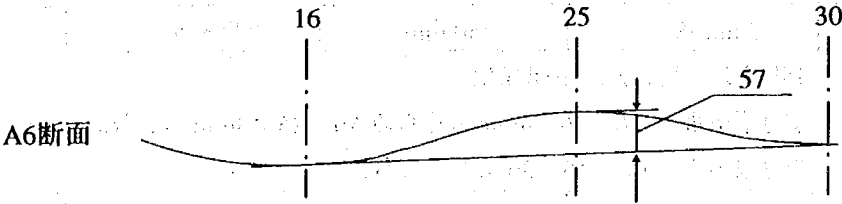
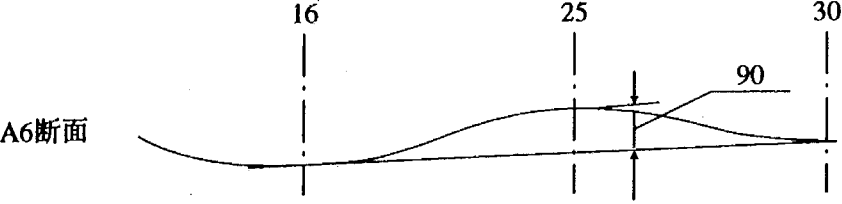
CASE	載荷スピード (mm/SEC)	変位 δ (mm)	サイクル数	加振周波数 (Hz)
0	—	—	—	—
軸力荷重131ton載荷 基部変形 0.04 mm 				
1	0.57 mm/SEC	30 mm	2サイクル	0.0048Hz
載荷スピードを120mm/210secで載荷する。				
2-1	1 mm/SEC	60 mm	2サイクル	0.0042Hz
2-2	1 mm/SEC	60 mm	2サイクル	0.0042Hz
3-1	2 mm/SEC	90 mm	2サイクル	0.0056Hz
1サイクル目⊖側変位80~90mmでボーンという音3回発生。 2サイクル目⊖側変位80~90mmでボーンという音連続的に7~8回発生。 終了後B側 B6-6において2~3mmへこむ。（座屈発生）				
3-2	2 mm/SEC	90 mm	2サイクル	0.0056Hz
1サイクル目⊖側変位80~90mmでボーンという音連続的に7~8回発生。 2サイクル目⊖側変位80~90mmでボーンという音連続的に3~4回発生。 終了後MT検査 アンダーカットぎみに上側コーナー部4カ所指示模様あり。  				
4-1	2 mm/SEC	120 mm	2サイクル	0.0042Hz
1サイクル目⊖側変位80~90mmでボーンという音1回発生。 1サイクル目⊖側変位120mmから戻り時にボーンという音連続的に発生。 座屈拡大 2サイクル目⊖側変位120mmから戻り時にボーンという音連続的に発生。 第2パネルにも座屈がみられる。 終了後MT検査 アンダーカットぎみに上側コーナー部4カ所指示模様の輝度が増す。 終了後A面 A6-6において2mmへこむ。 終了後B面 B6-6において4mmへこむ。				

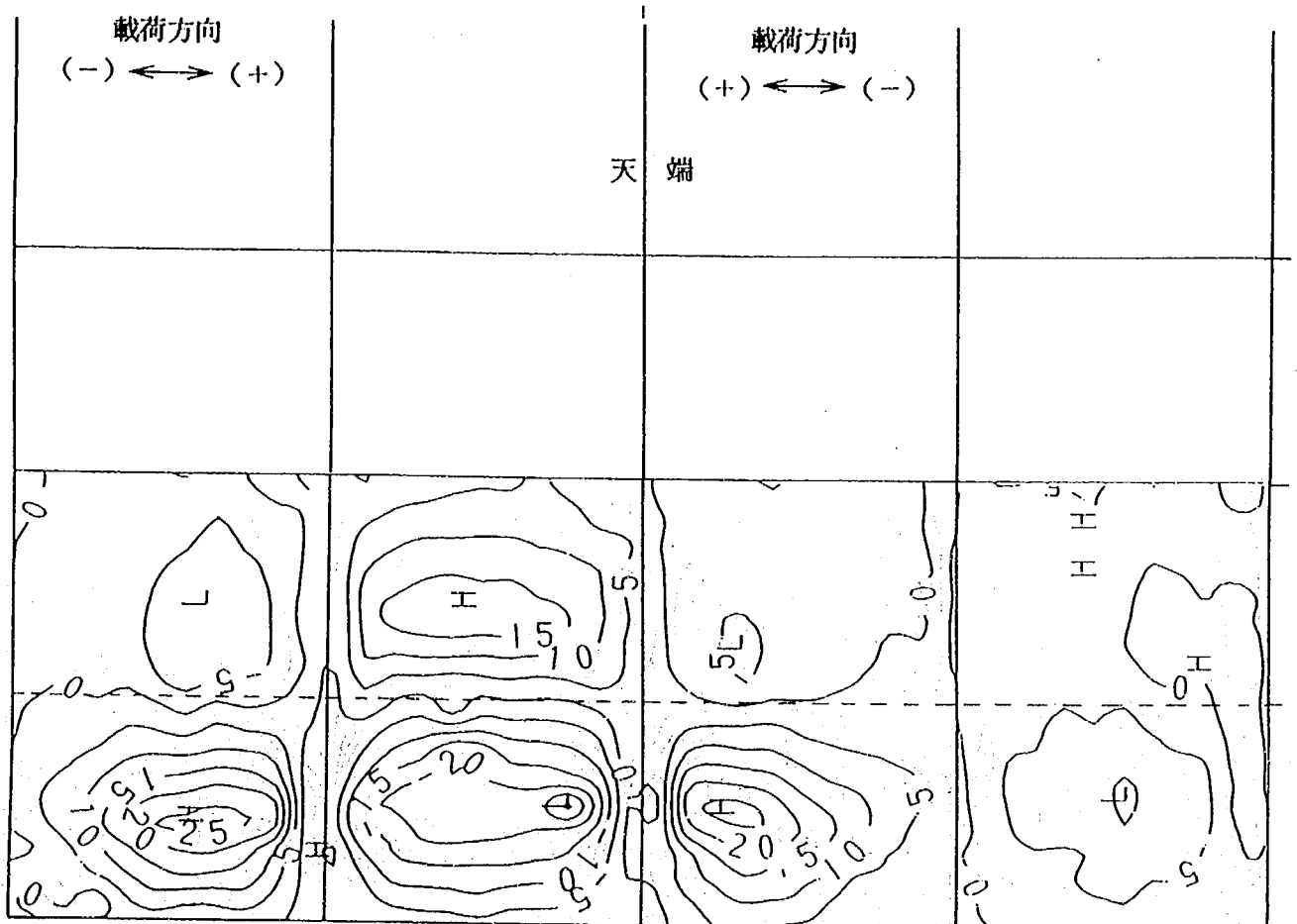
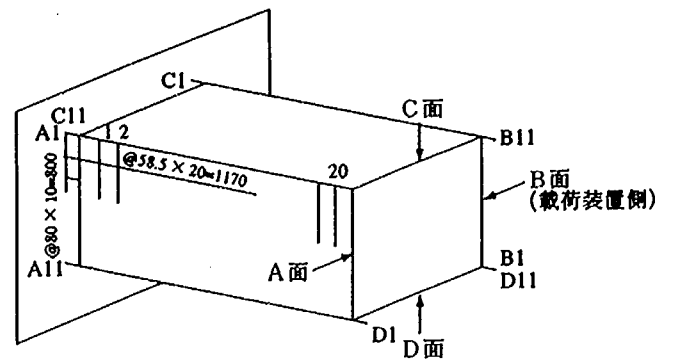
CASE	載荷スピード (mm/SEC)	変位 δ (mm)	サイクル数	加振周波数 (Hz)
4-2	2 mm/SEC	120 mm	2サイクル	0.0042Hz
1サイクル目⊖側変位120mmから戻り時にボーンという音連続的に発生。 2サイクル目⊖側変位120mmから戻り時にボーンという音連続的に発生。 終了後MT検査 A面中央、下側にも指示模様発生。 B面下側にも指示模様発生。 上側コーナー部4カ所目視にてクラックを確認。 終了後A面 A6-6において2.5mmへこむ。 終了後B面 B6-6において4.5mmへこむ。  				
5-1	2 mm/SEC	150 mm	2サイクル	0.0033Hz
1サイクル目⊖側変位時ウェブC、D面 (5~6) が盛り上がり始める。 1サイクル目⊖側変位時B面 (12~13) が盛り上がり始める。 2サイクル目 面外変形かなり拡大。 終了後A面 A6-6において約25mmへこむ。 終了後B面 B6-6において約38mmへこむ。				
5-2	2 mm/SEC	150 mm	2サイクル	0.0033Hz
1サイクル目⊖側最大変位時ウェブC面 (5~6) 盛り上がり約60mm。 1サイクル目⊖側最大変位時B面 (B6-6) へこみ約72mm。 2サイクル目⊖側最大変位時ウェブ盛り上がりC面約73mm、D面約80mm。 2サイクル目⊕側最大変位時A面 (A6-6) へこみ約95mm。 2サイクル目⊖側最大変位時B面 (B6-6) へこみ約98mm。 クラックは進展せず。				
6-1	2 mm/SEC	180 mm	1サイクル	0.0028Hz
1サイクル目⊕側最大からの戻り時に内部でリブの破断音有り。 試験終了。				

供試体：H3（両振り載荷－中埋コンクリート有り）

CASE	載荷スピード (mm/SEC)	変位 δ (mm)	サイクル数	加振周波数 (Hz)
0	—	—	—	—
軸力荷重131ton載荷 基部変形 0.048 mm 				
1-1	1 mm/SEC	30 mm	2サイクル	0.0083Hz
1-2	1 mm/SEC	30 mm	2サイクル	0.0083Hz
2-1	1 mm/SEC	60 mm	2サイクル	0.0042Hz
塔頂部よりボンボンという音（ベッド部摩擦？）発生。				
2-2	1 mm/SEC	60 mm	2サイクル	0.0042Hz
終了後MT検査 A面上側コーナー部，B面上側コーナー部，下側コーナー部隅 肉部に指示模様あり。   				
3-1	2 mm/SEC	90 mm	2サイクル	0.0056Hz
クラック進行。  				

CASE	载荷スピード (mm/SEC)	変位 δ (mm)	サイクル数	加振周波数 (Hz)
3-2	2 mm/SEC	90 mm	2サイクル	0.0056Hz
終了後MT検査 A面上側コーナー部クラック進行, B面下側コーナー部クラック進行。 				
4-1	2 mm/SEC	120 mm	2サイクル	0.0042Hz
クラックほとんど進行無し。				
4-2	2 mm/SEC	120 mm	2サイクル	0.0042Hz
1サイクル目⊕側最大変位付近で一瞬荷重が落ちる。 終了後A面 A6-14において2~3mmふくらむ。				
5-1	2 mm/SEC	150 mm	2サイクル	0.0033Hz
1サイクル目にA面座屈発生。 終了後A面 A6-16で4mmふくらみA6-25で3mmへこむ。 終了後B面 B6-16で3mmふくらむ。				
5-2	2 mm/SEC	150 mm	2サイクル	0.0033Hz
座屈進行、クラックは進展せず。 2サイクル目⊕側最大変位時A面 (A6-25) へこみ約30mm。 終了後A面 A6-16で13mmふくらみA6-25で10mmへこむ。 終了後B面 B6-16で4mmふくらみB6-26で2.5mmへこむ。				

CASE	载荷スピード (mm/SEC)	変位 δ (mm)	サイクル数	加振周波数 (Hz)
6-1	2 mm/SEC	180 mm	1サイクル	0.0028Hz
1サイクル目 ウェブがふくらみだす。 1サイクル目⊕側最大変位時A面 (A6-16) と (A6-25) の差約50mm。 1サイクル目⊖側変位時B面 (14~16) ふくらみ出す。 終了後A面 (A6-16) と (A6-25) の差約25mm。 終了後A面 A6-16で14mmふくらみA6-25で13mmへこむ。 終了後B面 B6-16で15mmふくらみB6-26で7mmへこむ。 				
6-2	2 mm/SEC	180 mm	1サイクル	0.0028Hz
1サイクル目 ウェブC, D面 (24~25) がふくらみだす。 1サイクル目 ウェブC面 (C2-16, 17) がへこむ。 1サイクル目⊕側最大変位時A面 (A6-16) と (A6-25) の差約57mm。 終了後A面 (A6-16) と (A6-25) の差約34mm。 終了後A面 A6-16で18mmふくらみA6-25で20mmへこむ。 終了後B面 B6-17で18mmふくらみB6-24で20mmへこむ。 				
7-1	2 mm/SEC	210 mm	1サイクル	0.0024Hz
1サイクル目⊕側最大変位時A面 (A6-16) と (A6-25) の差約90mm。 A面 A11-23 ビード上クラック発生。 試験終了 				



ベースプレート

(上面ウェブ)

(南面フランジ)

(下面ウェブ)

(北面フランジ)

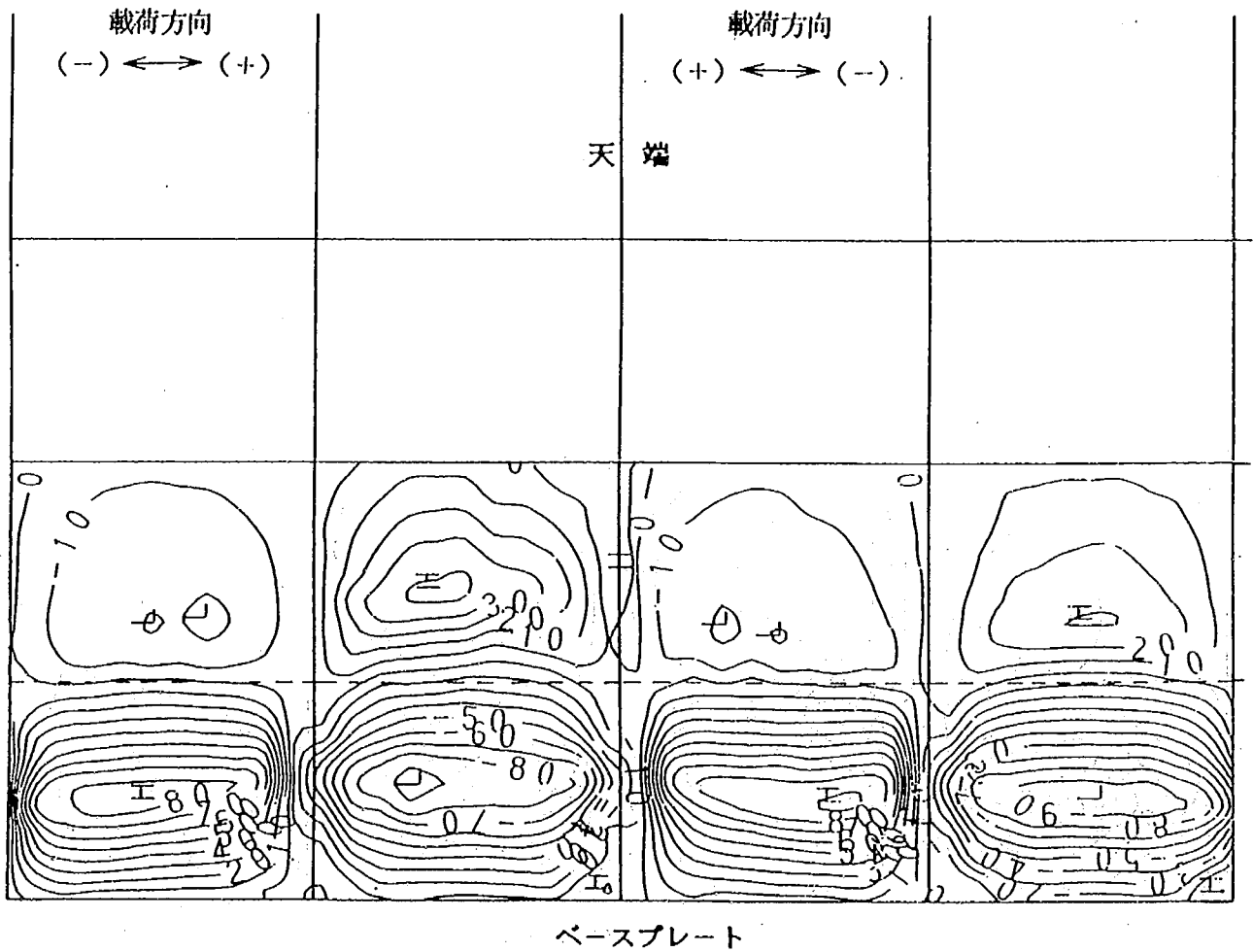
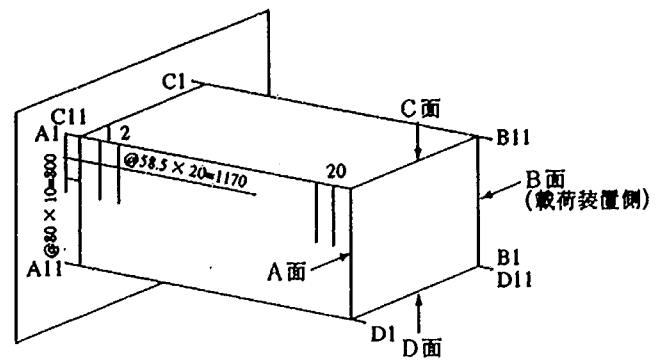
C

A

D

B

コンター (最終変形状態) H-1



(上面ウェブ)

(南面フランジ)

(下面ウェブ)

(北面フランジ)

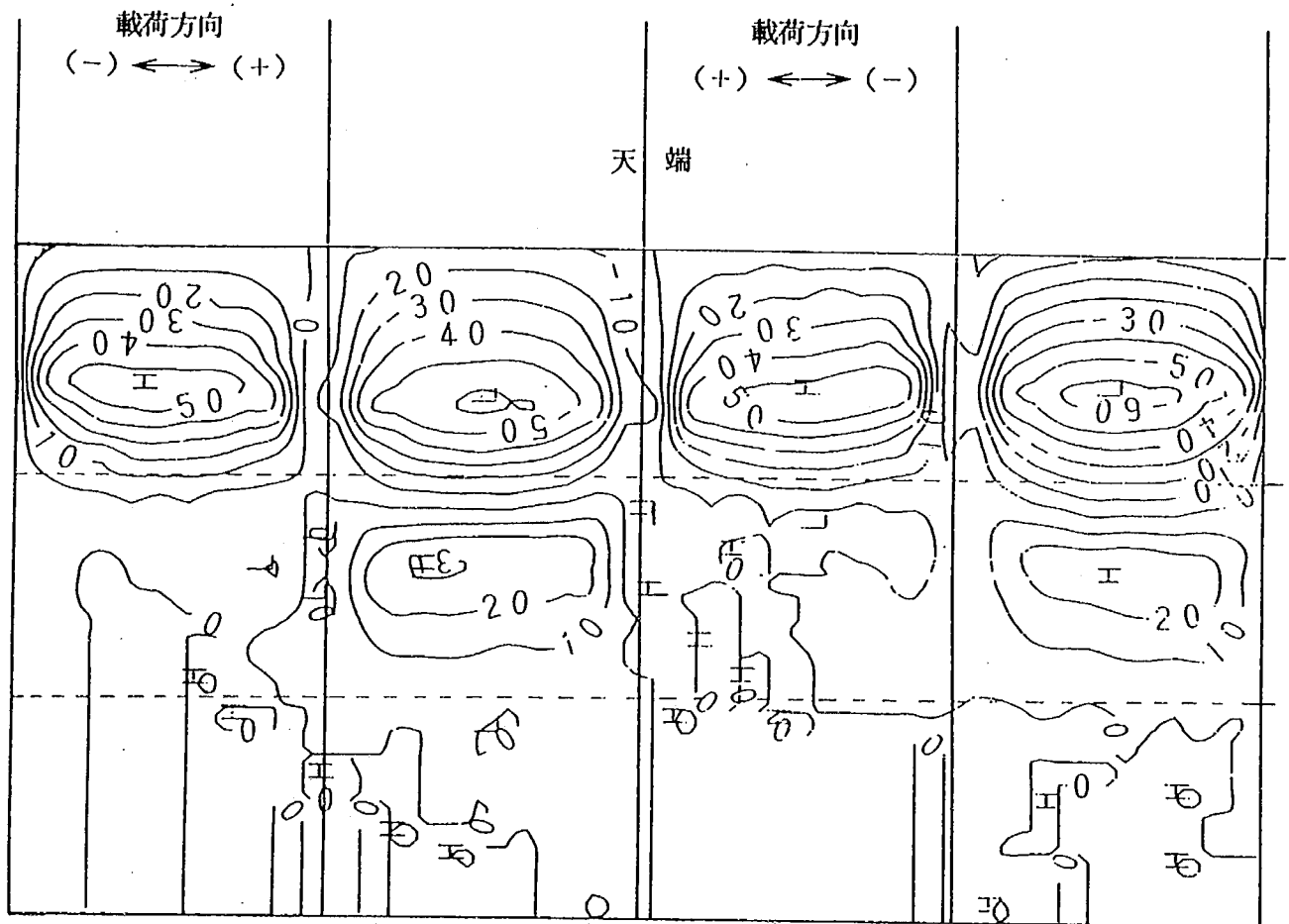
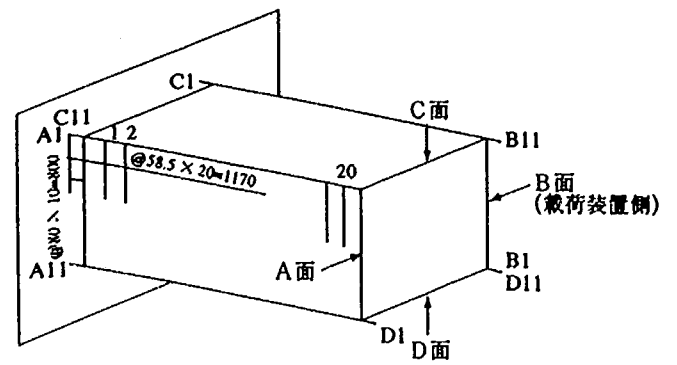
C

A

D

B

コンター (最終変形状態) H-2



(上面ウェブ)

C

(南面フランジ)

A

(下面ウェブ)

D

(北面フランジ)

B

コンター (最終変形状態) H-3

実験記録

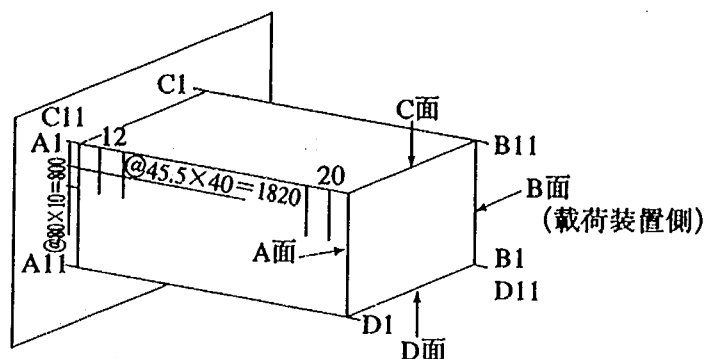
(H 4)

阪公鋼製橋脚載荷試験状況

供試体：H4（両振り載荷）

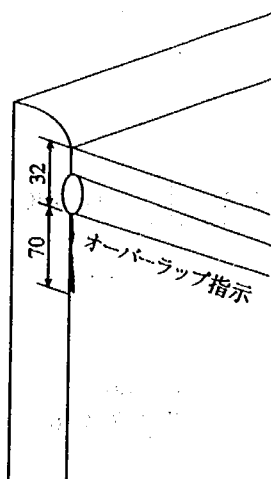
TEST NAME	載荷スピード (mm/SEC)	変位 δ (mm)	サイクル数	周期 T (SEC)	加振周波数 (Hz)
-----------	--------------------	---------------------	-------	---------------	---------------

供試体面設定状態

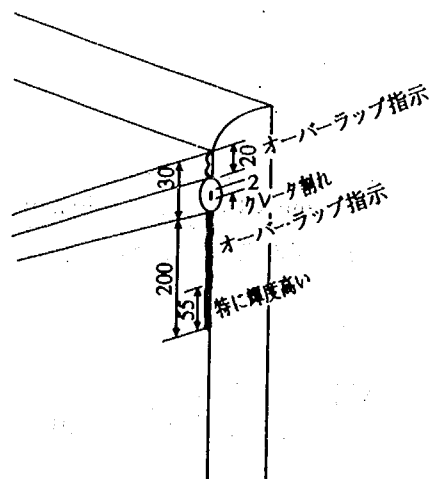


供試体 初期状態での磁粉探傷検査結果（MT検査結果）

A面 $\delta = 0$
初期状態 サイクル



B面 $\delta = 0$
初期状態 サイクル



T-0

軸力荷重131ton載荷
基部変形 0.020mm
形状等の変化特に無し

T-30-1-3

1 mm/SEC

30 mm

3サイクル

120 SEC

0.0083Hz

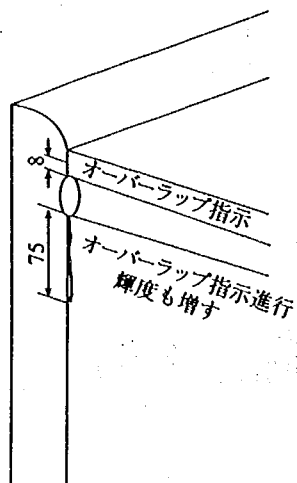
形状等の変化特に無し

TEST NAME	载荷スピード (mm/SEC)	変位 δ (mm)	サイクル数	周期 T (SEC)	加振周波数 (Hz)
T-40-1-5	1 mm/SEC	40 mm	5サイクル	160 SEC	0.00625Hz

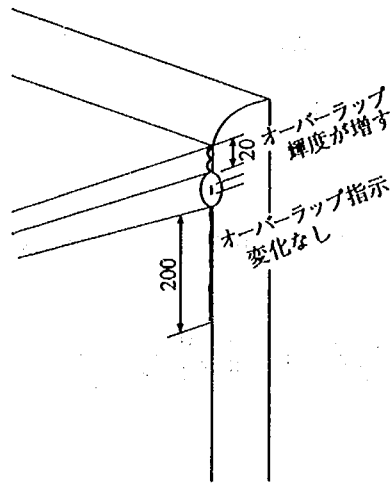
形状等の変化特に無し

MT検査結果

A面 $\delta = 40$
サイクル 1~5



B面 $\delta = 40$
サイクル 1~5

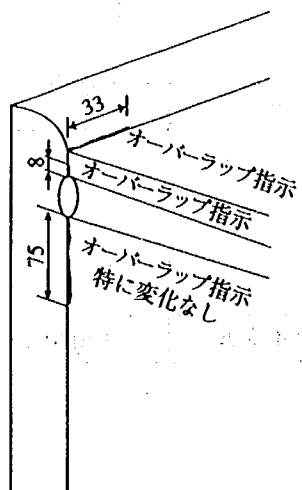


T-40-6-10	1 mm/SEC	40 mm	5サイクル	160 SEC	0.00625Hz
-----------	----------	-------	-------	---------	-----------

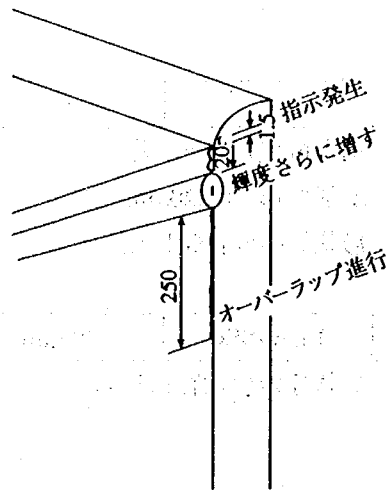
形状等の変化特に無し

MT検査結果

A面 $\delta = 40$
サイクル 6~10



B面 $\delta = 40$
サイクル 6~10

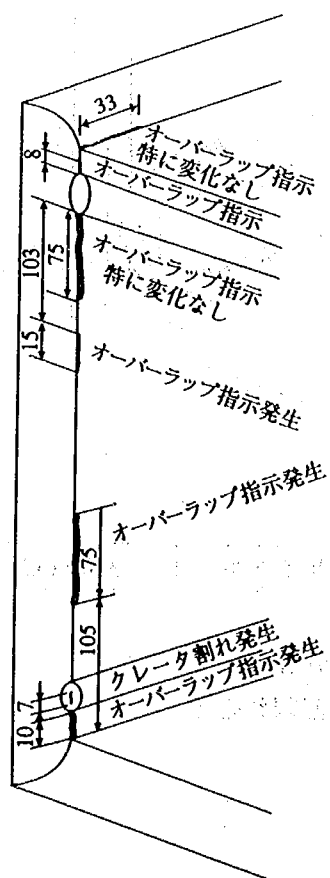


TEST NAME	载荷スピード (mm/SEC)	変位 δ (mm)	サイクル数	周期 T (SEC)	加振周波数 (Hz)
T-0-2	—	—	—	—	—
軸力荷重131ton除荷					
T-0-3	—	—	—	—	0.00625Hz
軸力荷重131ton載荷 基部変形 0.032mm 形状等の変化特に無し					
T-60-01	1 mm/SEC	60 mm	1サイクル	240 SEC	0.004166Hz
形状等の変化特に無し					
T-60-2-5	3 mm/SEC	60 mm	4サイクル	80 SEC	0.0125Hz

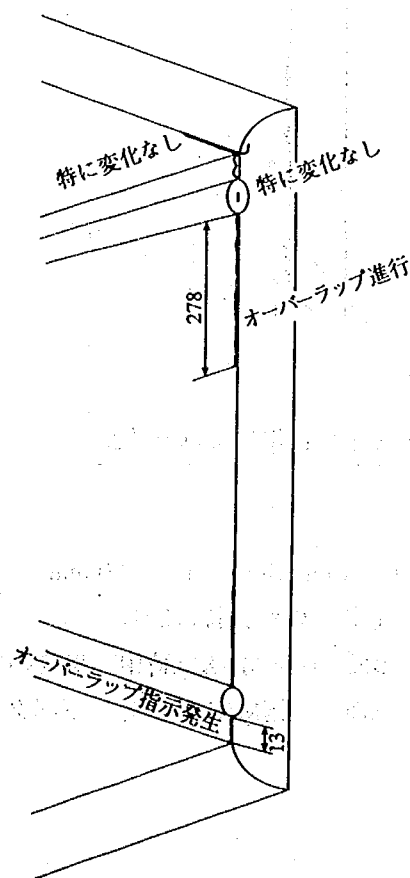
形状等の変化特に無し

MT検査結果

A面 $\delta = 60$
サイクル 2~5



B面 $\delta = 60$
サイクル 2~5



TEST NAME	载荷スピード (mm/SEC)	変位 δ (mm)	サイクル数	周期 T (SEC)	加振周波数 (Hz)
T-60-6-10	3 mm/SEC	60 mm	5サイクル	80 SEC	0.0125Hz

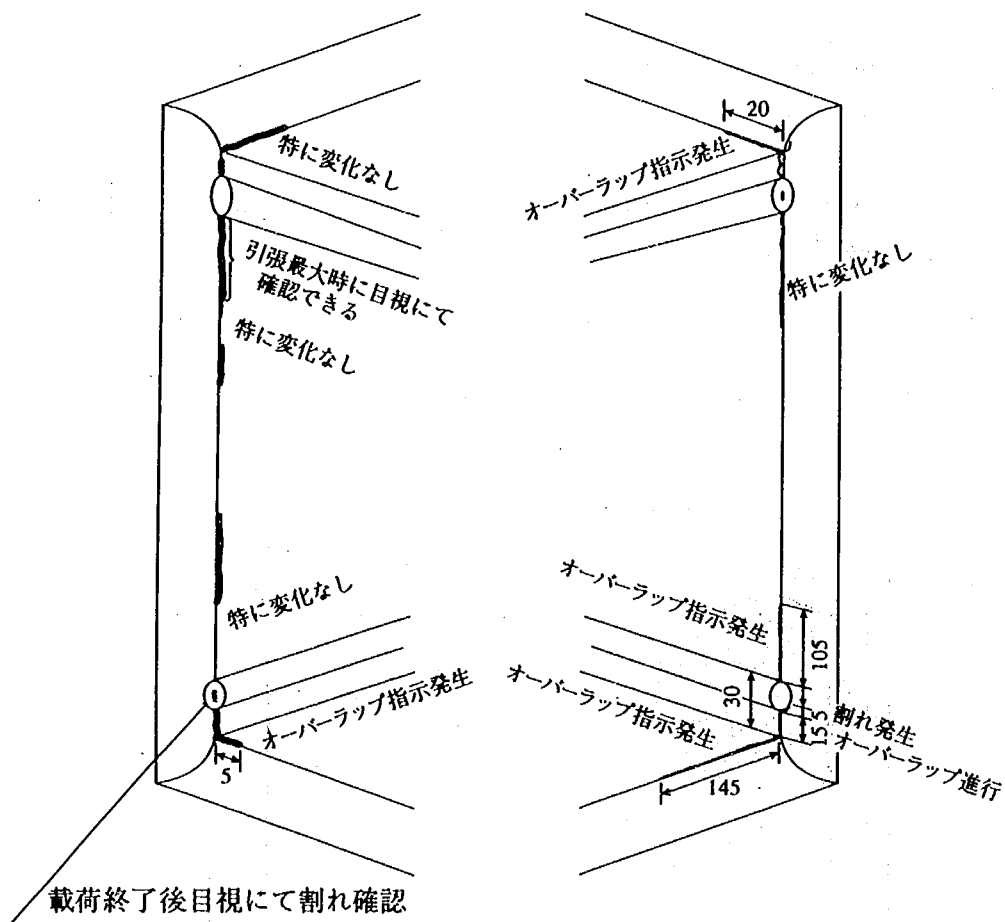
形状等の変化特に無し

B面 ⊕側MAX载荷中 黒皮の割れる音有り

MT検査結果

A面 $\delta = 60$
サイクル 6~10

B面 $\delta = 60$
サイクル 6~10



T-80-01	1 mm/SEC	80 mm	1サイクル	320 SEC	0.003125Hz
---------	----------	-------	-------	---------	------------

形状等の変化特に無し

B面 ⊕側MAX载荷中 黒皮の割れる音有り

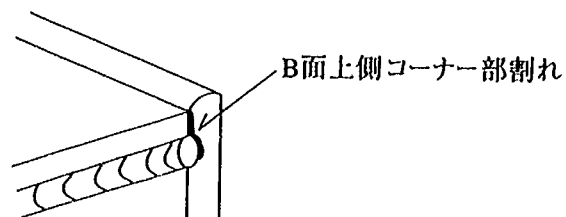
A面 ⊖側MAX载荷時 下部クレータ部割れ確認

TEST NAME	载荷スピード (mm/SEC)	変位 δ (mm)	サイクル数	周期 T (SEC)	加振周波数 (Hz)
T-80-2-5	3 mm/SEC	80 mm	4サイクル	107 SEC	0.009375Hz

B面 ⊕側MAX载荷時 上側コーナー部の割れの開き確認、下側は変化無し

A面 ⊖側MAX载荷時 下部クレータ部割れ拡大確認

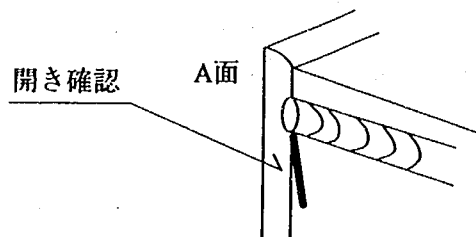
面外変形特に無し



T-80-6-10	3 mm/SEC	80 mm	5サイクル	107 SEC	0.009375Hz
-----------	----------	-------	-------	---------	------------

形状等の変化特に無し

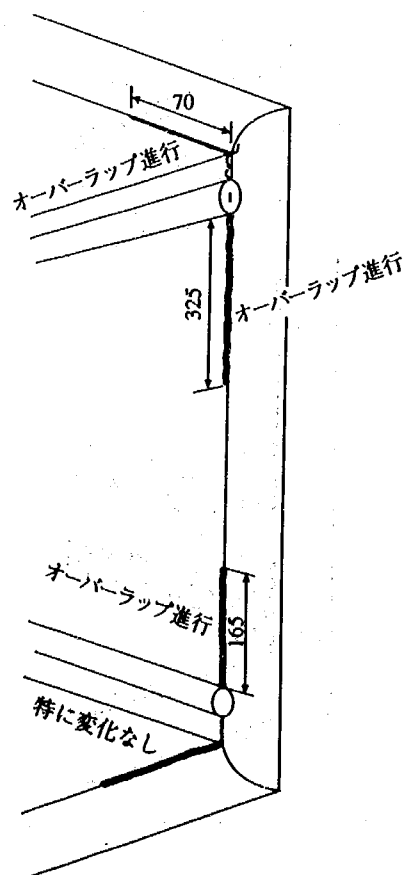
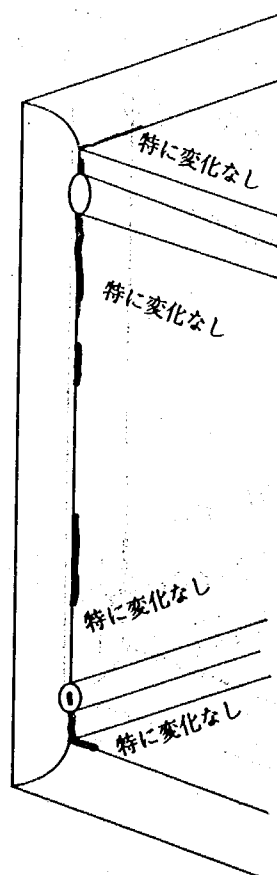
载荷終了後 A面上側オーバーラップ部が若干開いているのが確認



MT検査結果

A面 $\delta = 80$
サイクル 6~10

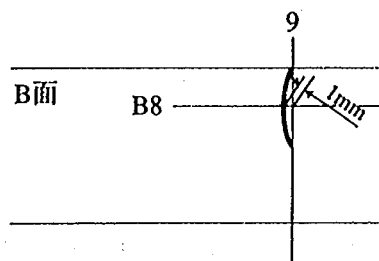
B面 $\delta = 80$
サイクル 6~10



TEST NAME	载荷スピード (mm/SEC)	変位 δ (mm)	サイクル数	周期 T (SEC)	加振周波数 (Hz)
T-100-01	1 mm/SEC	100 mm	1サイクル	400 SEC	0.0025Hz

B面 ⊖側MAX载荷時 9-B8にて1mmの凹み（初期凹み0.5mm）確認

A面 面外変形特に無し



T-100-2-5	3 mm/SEC	100 mm	4サイクル	133 SEC	0.0075Hz
-----------	----------	--------	-------	---------	----------

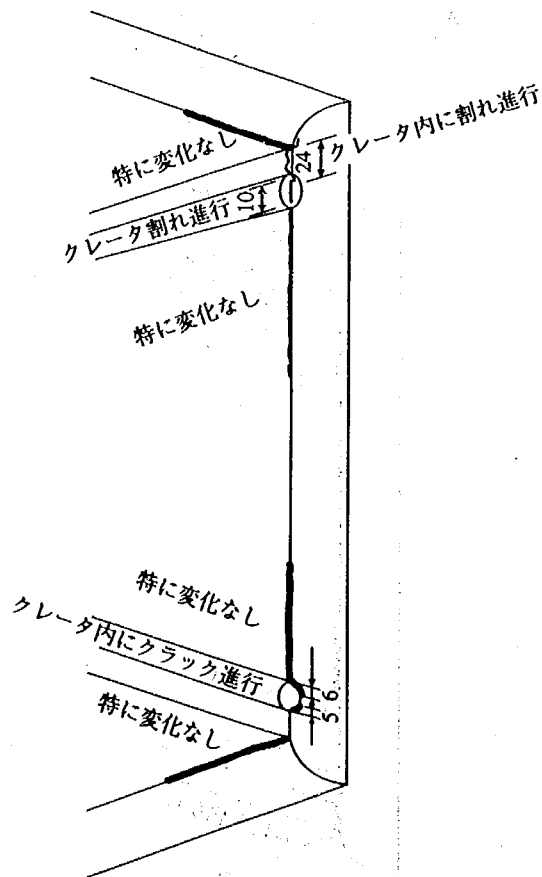
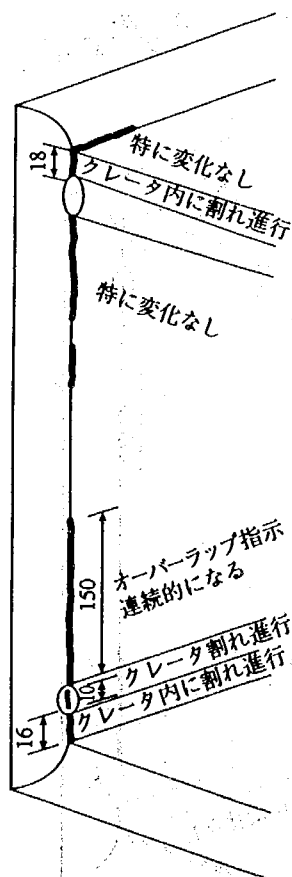
A面 ⊕側MAX载荷時 9-A4にて2mm程度の凹み（初期凹み0.5mm）確認

载荷終了後 凹み0.5mmに戻る（初期値）

MT検査結果

A面 $\delta = 100$
サイクル 2~5

B面 $\delta = 100$
サイクル 2~5

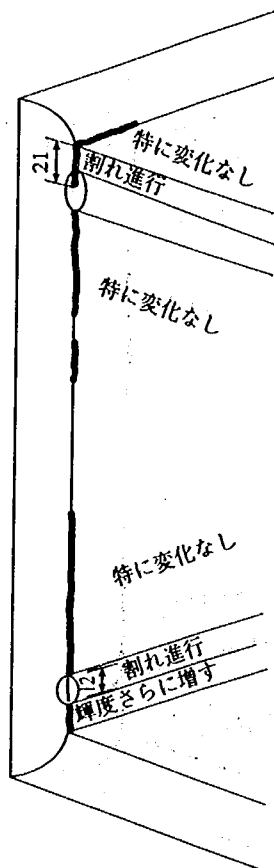


TEST NAME	載荷スピード (mm/SEC)	変位 δ (mm)	サイクル数	周期 T (SEC)	加振周波数 (Hz)
T-100-6-10	3 mm/SEC	100 mm	5サイクル	133 SEC	0.0075Hz

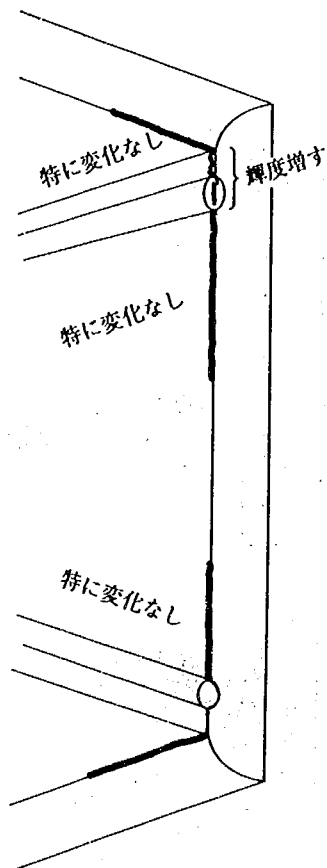
A面 ⊖側MAX載荷時 上側クレータ部割れ確認

MT検査結果

A面 $\delta = 100$
サイクル 6~10



B面 $\delta = 100$
サイクル 6~10



T-120-01	1 mm/SEC	120 mm	1サイクル	480 SEC	0.002083Hz
----------	----------	--------	-------	---------	------------

A面 ⊕側MAX載荷時 9-A4にて2mm程度の凹み確認

B面 ⊖側MAX載荷時 9-B8にて2mm程度の凹み確認

但し、両面とも載荷終了後の変形は判断できない

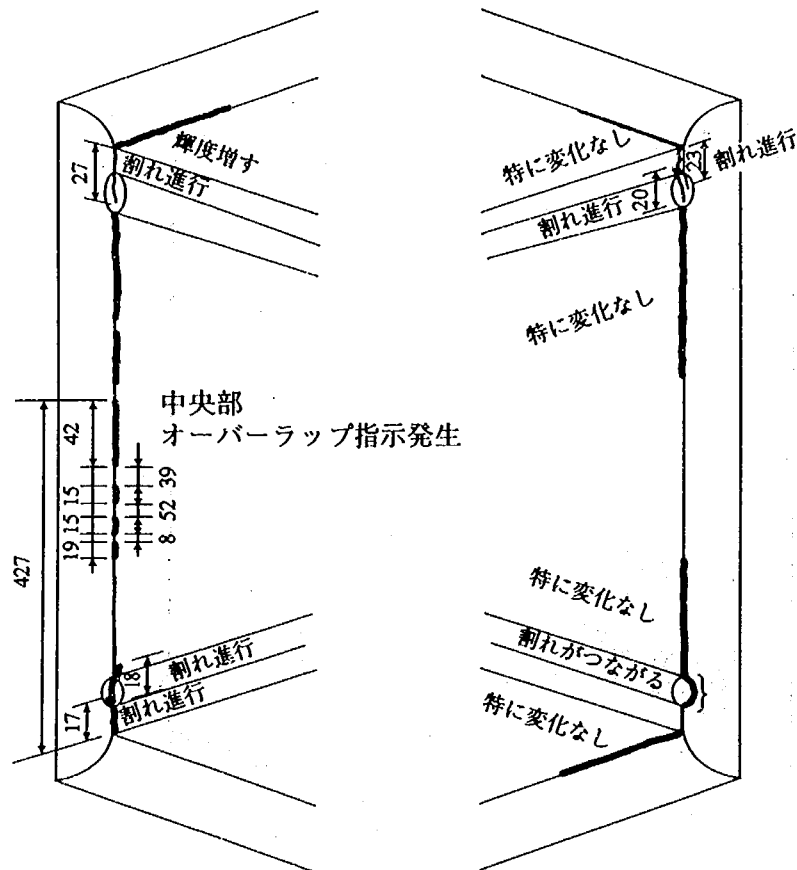
TEST NAME	载荷スピード (mm/SEC)	変位 δ (mm)	サイクル数	周期 T (SEC)	加振周波数 (Hz)
T-120-2-5	6 mm/SEC	120 mm	4サイクル	80 SEC	0.0125Hz

A面 ⊕側MAX载荷時 9-A4にて2.5mm (2サイクル),
9-A7にて3mm (5サイクル) 凹み確認

MT検査結果

A面 $\delta = 120$
サイクル 2~5

B面 $\delta = 120$
サイクル 2~5

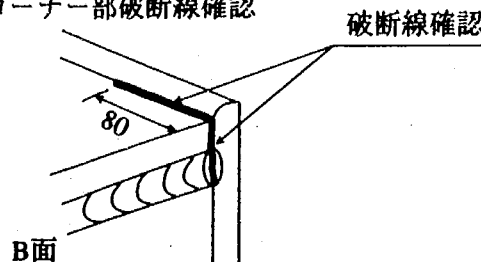


T-120-6-10	6 mm/SEC	120 mm	5サイクル	80 SEC	0.0125Hz
------------	----------	--------	-------	--------	----------

8サイクル ⊕側MAX载荷時 B面側にて破断音有り

T-130-01	1 mm/SEC	130 mm	1サイクル	520 SEC	0.001923Hz
----------	----------	--------	-------	---------	------------

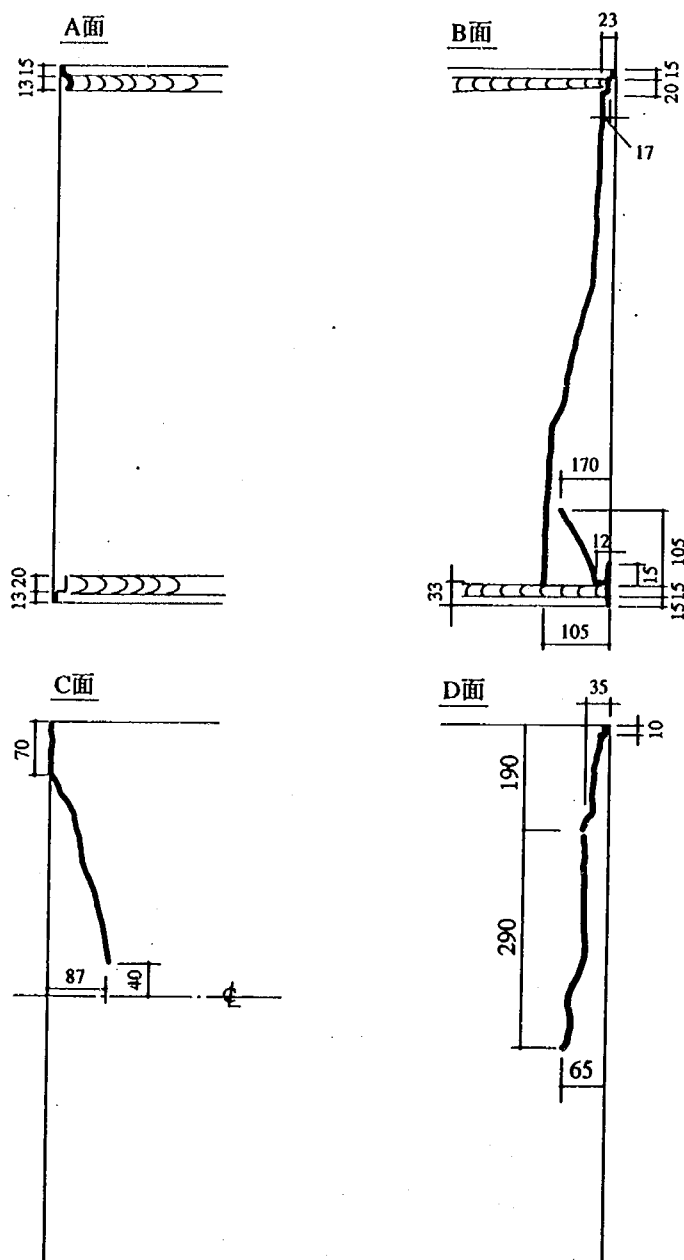
A面 ⊕側MAX载荷時 12-A7にて3.5mmの凹み確認
B面 ⊖側MAX载荷時 9-B8にて3mmの凹み確認 (終了後2mm)
载荷終了後B面上側コーナー部破断線確認

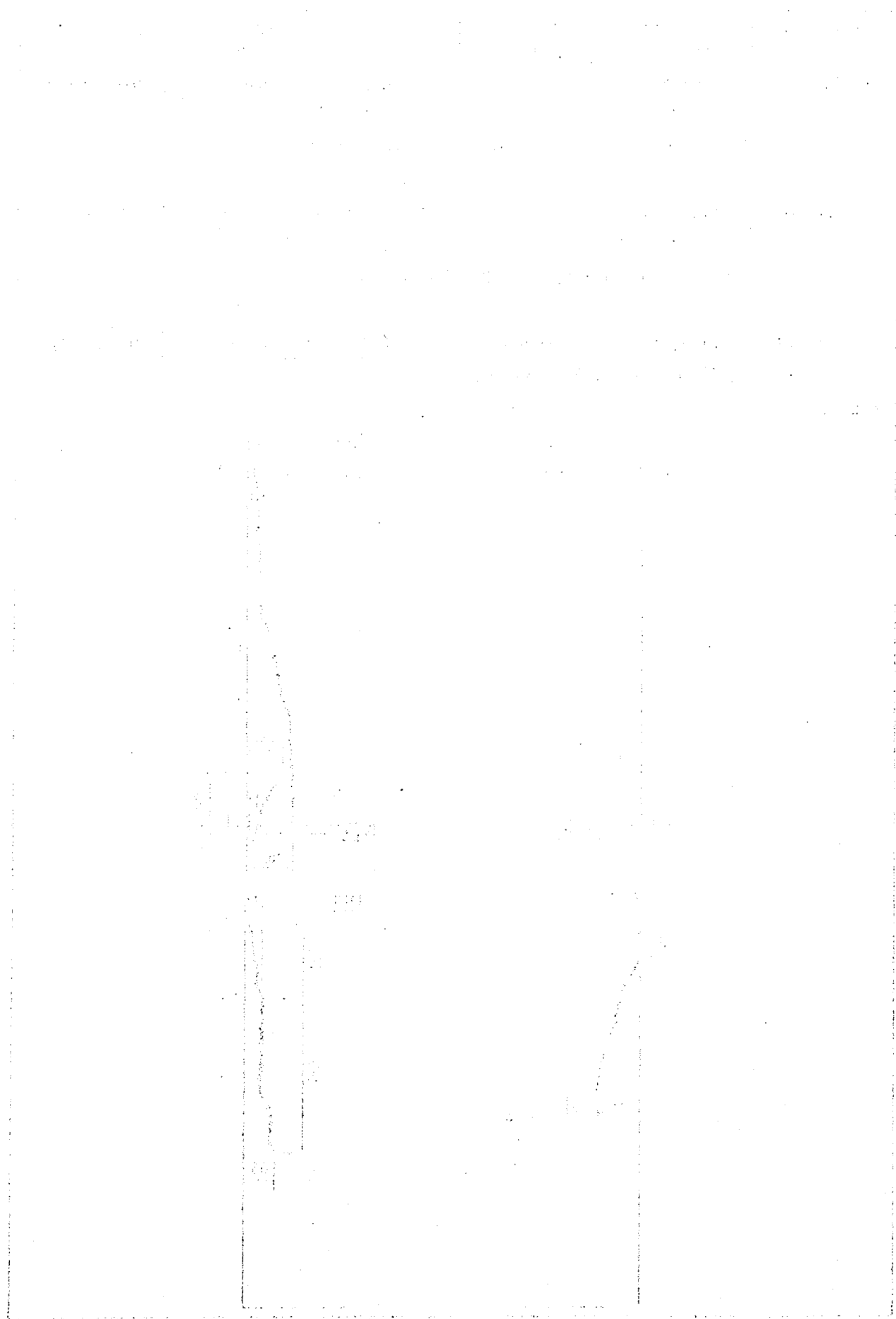


TEST NAME	載荷スピード (mm/SEC)	変位 δ (mm)	サイクル数	周期 T (SEC)	加振周波数 (Hz)
T-140-01	1 mm/SEC	140 mm	1サイクル	560 SEC	0.001786Hz
A面 ⊕側MAX載荷時 12-A5にて4mmの凹み確認 B面 ⊖側MAX載荷時 9-B8にて3mmの凹み確認					
T-160-01	1 mm/SEC	160 mm	1サイクル	640 SEC	0.001563Hz
A面 ⊕側MAX載荷時 12-A4にて4.5mmの凹み確認 B面 ⊖側MAX載荷時 9-B8にて4mmの凹み確認					
T-180-01	1 mm/SEC	180 mm	1サイクル	720 SEC	0.001389Hz

載荷途中供試体破断のため実験終了

破断状況





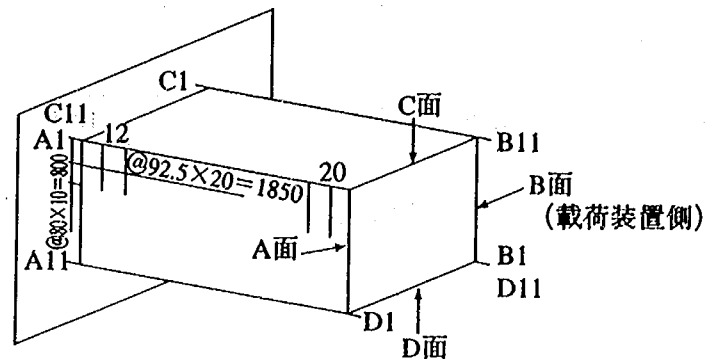
実験記録

(H 5 ~ H 9)

阪公鋼製橋脚載荷試験状況
供試体：H5（両振り単調載荷）

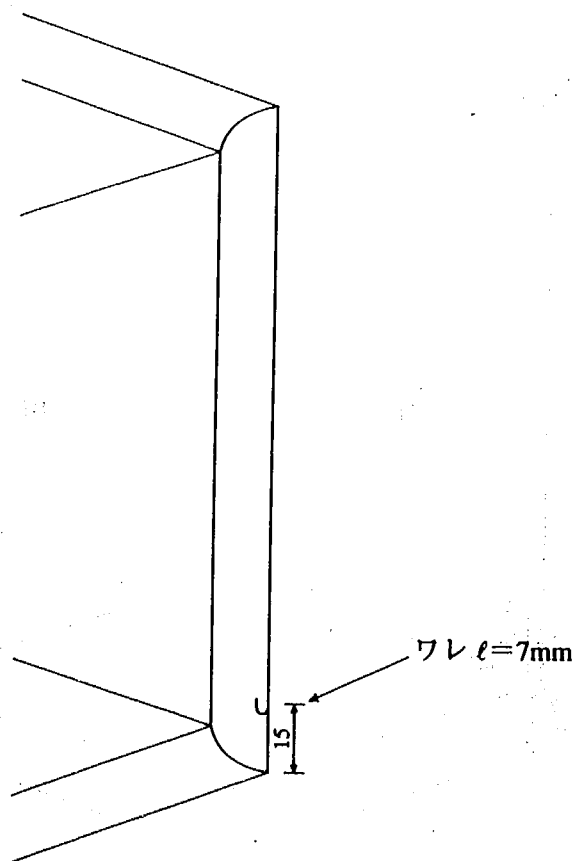
TEST NAME	載荷スピード (mm/SEC)	変位 δ (mm)	サイクル数	周期 T (SEC)	加振周波数 (Hz)
-----------	--------------------	---------------------	-------	---------------	---------------

供試体面設定状態



供試体 初期状態での磁粉探傷検査結果（MT検査結果）

B面



H5T0

—

—

—

—

—

軸力荷重131ton載荷 取付ボルト増締め

基部変形 0.060mm

形状等の変化特に無し

TEST NAME	载荷スピード (mm/SEC)	変位 δ (mm)	サイクル数	周期 T (SEC)	加振周波数 (Hz)
H5T1	0.5	30	1	240	0.00417

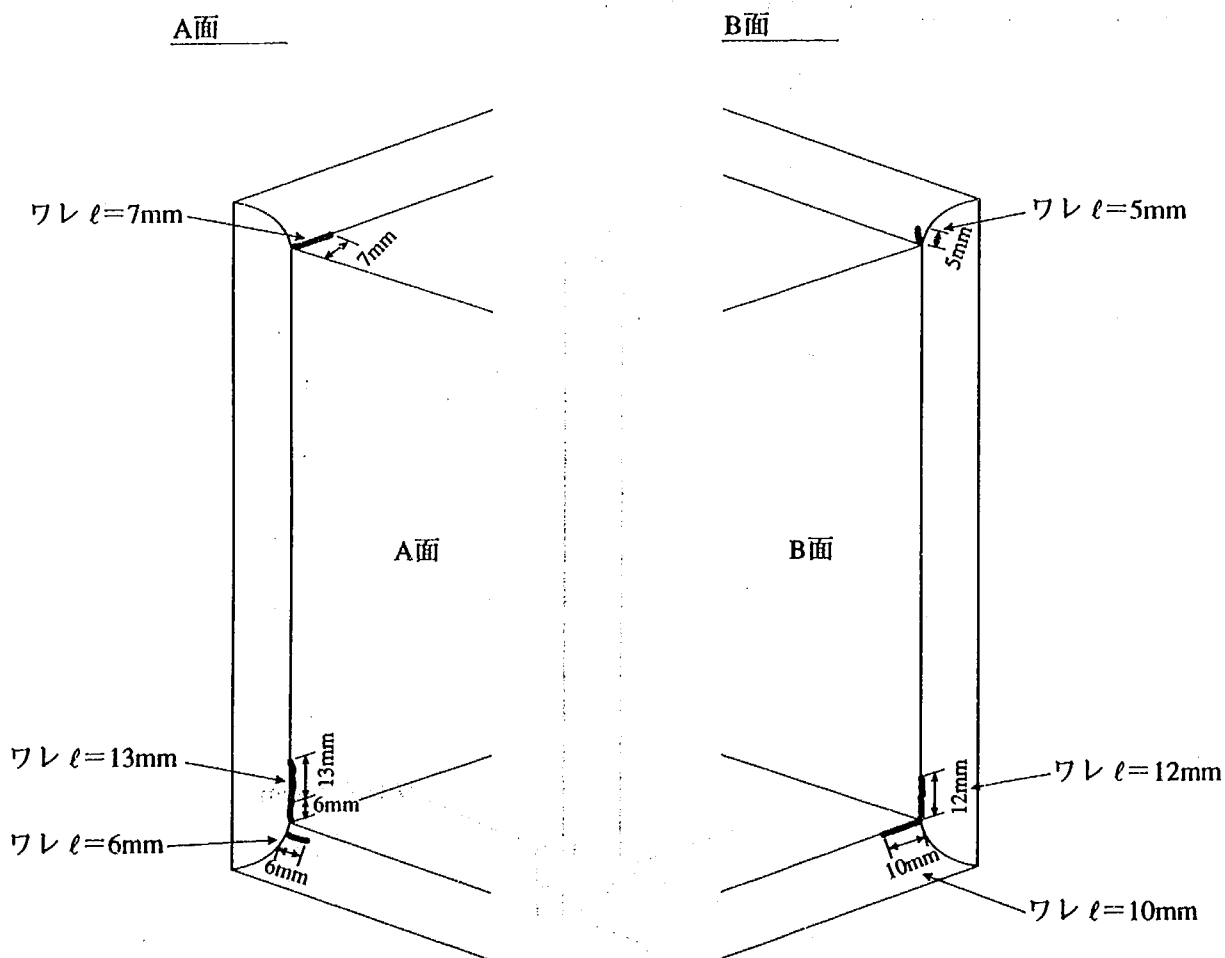
形状等の変化特に無し

H5T2	1.5	450	1	1200	0.00083
------	-----	-----	---	------	---------

A面側MAX50mm凹み

B面側柱基部と第1ダイヤフラムとの中間部で座屈発生

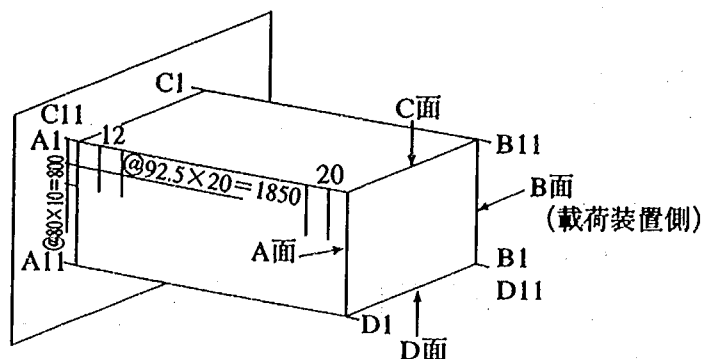
MT検査結果



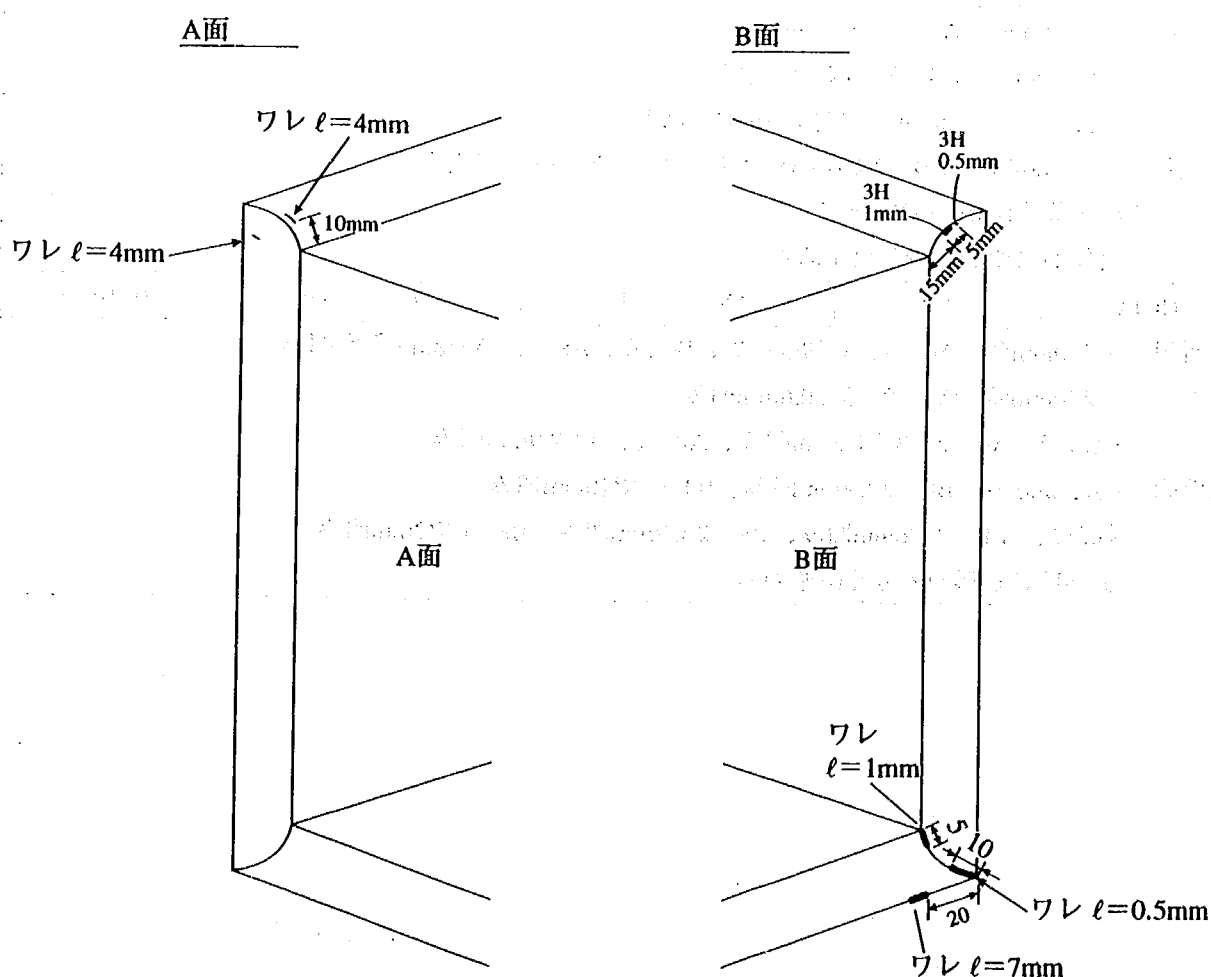
供試体：H6（両振り繰り返し1回ループ载荷）

TEST NAME	载荷スピード (mm/SEC)	変位 δ (mm)	サイクル数	周期 T (SEC)	加振周波数 (Hz)
-----------	--------------------	---------------------	-------	---------------	---------------

供試体面設定状態



供試体 初期状態での磁粉探傷検査結果（MT検査結果）



H6T0

—

—

—

—

—

軸力荷重131ton载荷 取付ボルト増締め

基部変形 0.055mm

形状等の変化特に無し

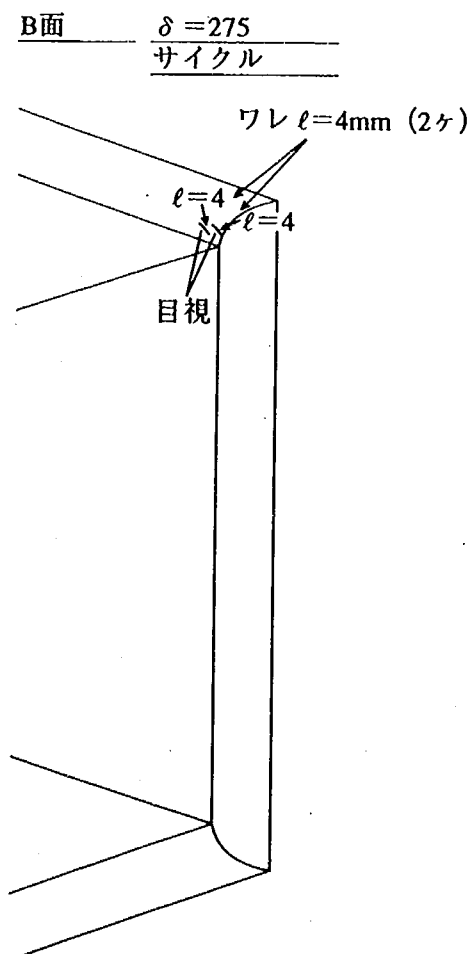
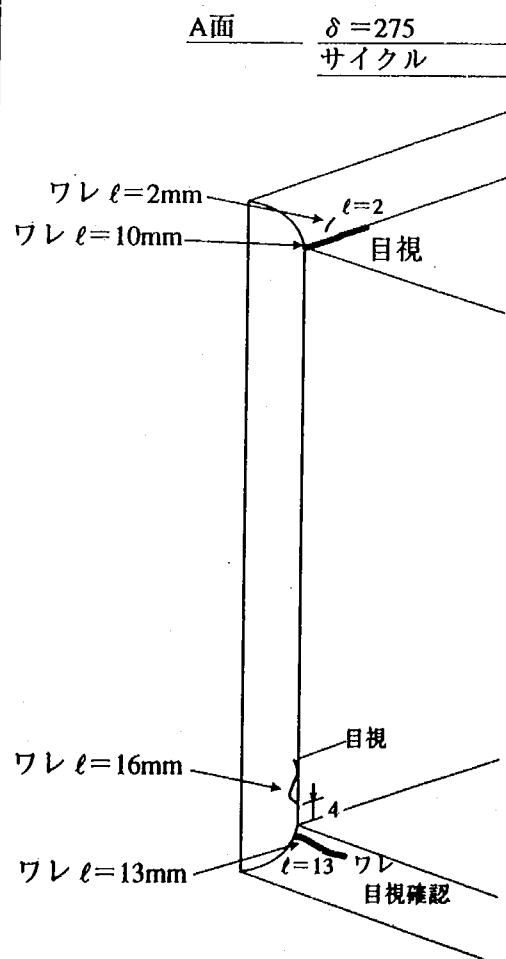
TEST NAME	載荷スピード (mm/SEC)	変位 δ (mm)	サイクル数	周期 T (SEC)	加振周波数 (Hz)
H6T1	0.5	55	1	440	0.00227
形状等の変化特に無し A面, B面側とも黒皮のひび割れ発生					
H6TY	0.5	80	1	640	0.00156
形状等の変化特に無し A面, B面側とも黒皮のひび割れ拡大 載荷後MT検査 指示模様に変化無し					
H6T2	1.0	110	1	440	0.00227
形状等の変化特に無し A面, B面側とも黒皮のひび割れ拡大					
H6T3	1.0	165	1	660	0.00152
A面側 ⊕165mm時 A4-2, 3で2mm程度の凹み ⊖165mm時 A4-2, 3で凹み無し 載荷後 A1-2, A2-2間で3mm程度膨らみ B面側 ⊖165mm時 B10-2で1mm程度の凹み、B2-2では変化無し 載荷後 B10-2で2mm程度凹み 全体的に変形が少し出始める					
H6T4	1.0	220	1	880	0.00114
A面側 ⊕220mm時 A4-2, 3で9mm程度の凹み、A8-2, 3で8mm程度凹み ⊖220mm時 A4-2, 3で0.6mm凹み 載荷後 A4-2, 3で1.9mm凹み、A8-2, 3で2.9mm凹み B面側 ⊖220mm時 B8-2で8mm凹み、B4-2で10mm凹み 載荷後 B8-2で6mm凹み、B4-2で7mm凹み、B8-6で2mm凹み 全体的に変形が大きく出始める					

TEST NAME	载荷スピード (mm/SEC)	変位 δ (mm)	サイクル数	周期 T (SEC)	加振周波数 (Hz)
H6T5	1.0	275	1	1100	0.00091

A面側 ⊕275mm時 A4-3で21mm程度の凹み、A8-3で28mm程度凹み
 ⊕275mm時 A1-2-A11-2が凹み、A1-6-A11-6が膨らむ
 ⊖275mm時 A4-6で4mm膨らみ、A4-2、3で5mm凹み、A8-2、3で5mm凹み
 载荷後 A3-2、3で10mm凹み、A8-2、3で8mm凹み、A4-6で6mm膨らみ
 A-C面角部に10mm程度の割れ発生、A-D面角部に13~16mmの割れ発生

B面側 ⊕275mm時 変形量が0mmとなる
 ⊖140mm程度から変形が出始める
 ⊖275mm時 B8-2で39mm凹み、B4-2で39mm凹み
 载荷後 B8-2で24mm凹み、B4-2で28mm凹み、B5-6で9mm膨らみ
 B-C面角部に4mm程度の割れ発生、C1-2、D11-2あたりが盛り上がる

载荷後MT検査 A-C面、A-D面、B-C面角部に割れ発生、目視にて確認

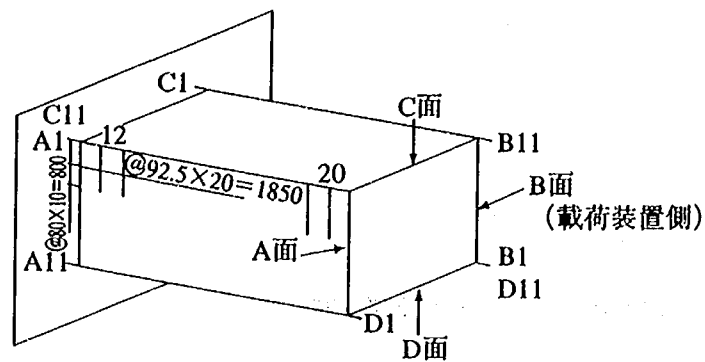


TEST NAME	載荷スピード (mm/SEC)	変位 δ (mm)	サイクル数	周期 T (SEC)	加振周波数 (Hz)
H6T6	1.5	330	1	880	0.00114
A面側 ⊕330mm時 A4-2, 3で45mm程度の凹み、A4-6で32mm程度膨らみ ⊖260mm時 破断音発生 ⊖330mm時 A4-6で13mm膨らみ、A4-2, 3で18mm凹み、A8-2, 3で20mm凹み 載荷後 A4-2, 3で15mm凹み、A8-2, 3で25mm凹み、A4-5で25mm膨らみ A11-1, 2で開口亀裂2カ所発生、C11-2あたりが20mm程度盛り上がり B面側 ⊖260mm時 破断音発生 B-C面B11-2で割れ発生 ⊖40mm時 (0点へ戻る時) B-C面角部で割れ発生 載荷後 B8-2で49mm凹み、B4-2で57mm凹み、B5-6で14mm膨らみ					
H6T7	1.5	385	1	1027	0.00097
A面側 ⊕100mm時 破断音発生 ⊕385mm時 C11-2あたりで53mm程度盛り上がり A1-2, A11-2あたりの割れが進展 B面側 B-C面B11-2あたりの割れが進展 載荷後 B8-2で75mm凹み、B4-2で68mm凹み、B5-6で20mm膨らみ					

供試体：H7（両振り繰り返し3回ループ载荷）一部塗装剥離観察用の塗装有り

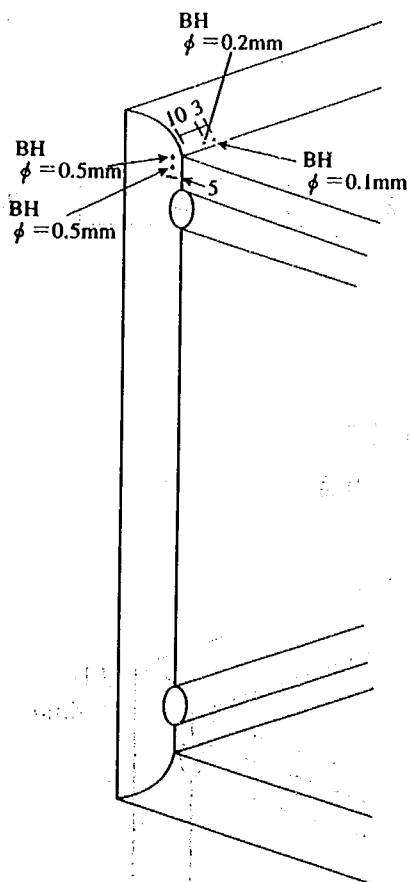
TEST NAME	载荷スピード (mm/SEC)	変位 δ (mm)	サイクル数	周期 T (SEC)	加振周波数 (Hz)
-----------	--------------------	---------------------	-------	---------------	---------------

供試体面設定状態

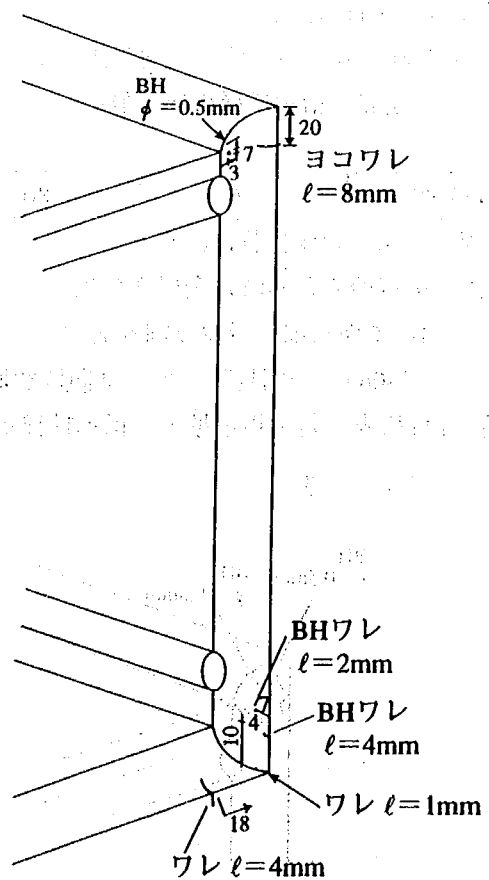


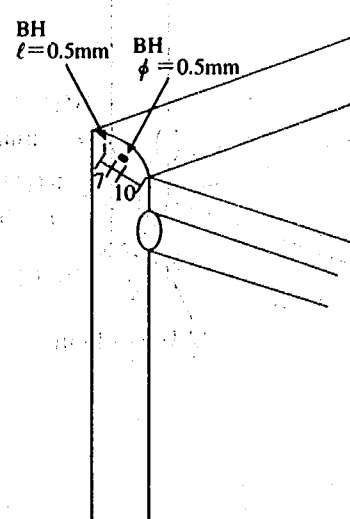
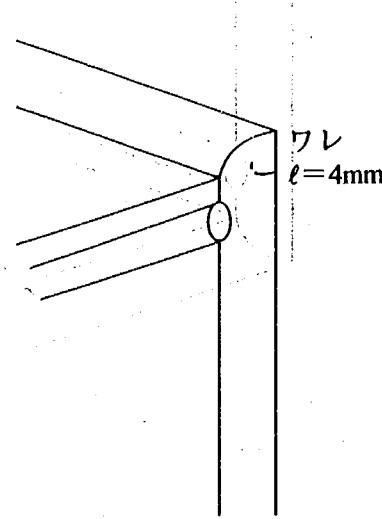
供試体 初期状態での磁粉探傷検査結果 (MT検査結果)

A面



B面



TEST NAME	载荷スピード (mm/SEC)	変位 δ (mm)	サイクル数	周期 T (SEC)	加振周波数 (Hz)
H7T0	—	—	—	—	—
軸力荷重131ton载荷 取付ボルト増締め 基部変形 0.075mm 形状等の変化特に無し					
H7T11	1.0	55	1	220	0.00455
形状等の変化特に無し A面, B面側とも黒皮のひび割れ発生、塗装の伸び、割れ無し					
H7T12	1.0	55	2	220	0.00455
形状等の変化特に無し A面, B面側とも黒皮のひび割れ発生、塗装の伸び、割れ無し					
H7TY1	1.0	80	1	320	0.00313
形状等の変化特に無し A面, B面側とも塗装の伸び、割れ無し 载荷後MT検査 指示模様の進展無し					
H7TY2	1.0	80	2	320	0.00313
A面側 形状等の変化特に無し B面側 载荷始めと同時に金属音発生 B-C面角部に微少な割れ発生 $\phi 80\text{mm}$ 2回目時 縦リブ間に変形無し 载荷後MT検査 若干指示拡大、指示模様がはっきりしてくる					
A面  B面 					

TEST NAME	載荷スピード (mm/SEC)	変位 δ (mm)	サイクル数	周期 T (SEC)	加振周波数 (Hz)
H7T21	2.0	110	1	220	0.00455

A面側 黒皮の剥がれが多くなる

B面側 $\ominus 50\text{mm}$ ぐらいから黒皮の剥がれが多くなる

縦リブ間で微少の変形がでてくる

載荷後MT検査 特に指示模様の進展無し

H7T22	2.0	110	2	220	0.00455
-------	-----	-----	---	-----	---------

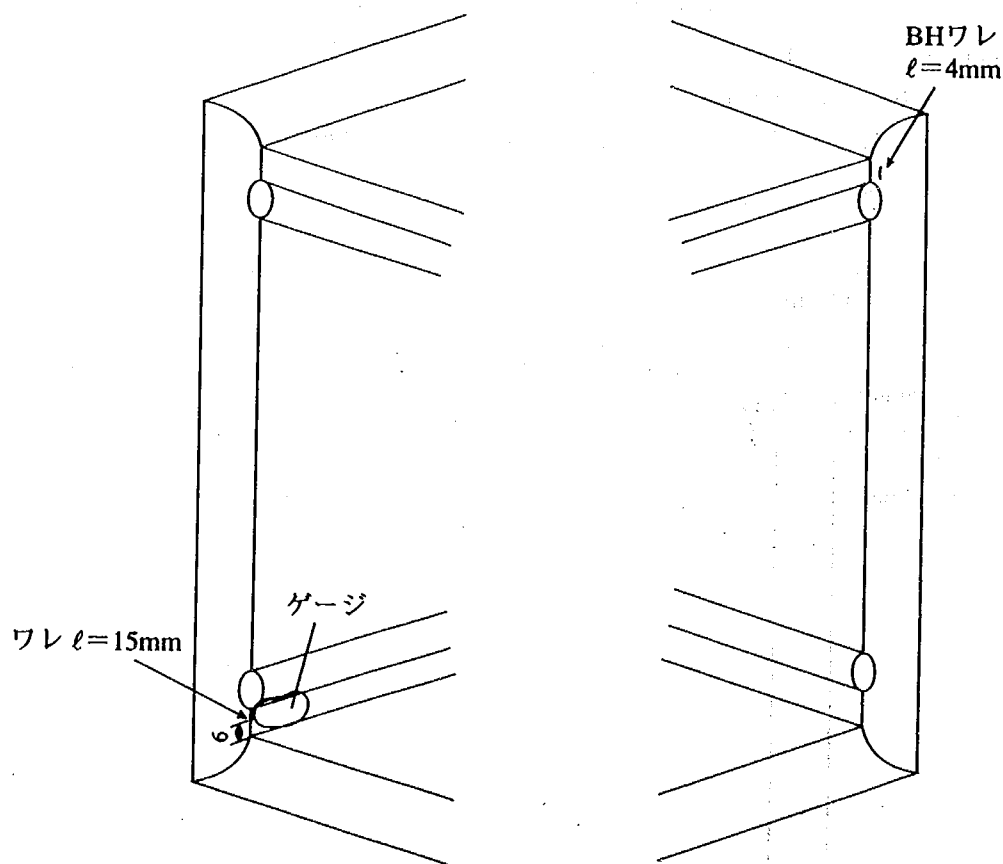
A面側 黒皮の剥がれが多くなる

B面側 B面側圧縮時に縦リブ間に0.5mm程度の変形発生

縦リブ間で微少の変形がでてくる

載荷後MT検査 A-D、B-C面角部に新しい割れ発生

A面



H7T31	2.0	165	1	330	0.00303
-------	-----	-----	---	-----	---------

A面側 $\oplus 165\text{mm}$ 時 A4-6で1.5mm膨らみ、A8-6で0.8mm膨らみ、載荷後は戻る

B面側 $\ominus 165\text{mm}$ 時 B8-2で3.5mm凹み

載荷後 B8-2で1mm凹み

載荷後MT検査 特に指示模様の進展無し

TEST NAME	载荷スピード (mm/SEC)	変位 δ (mm)	サイクル数	周期 T (SEC)	加振周波数 (Hz)
H7T32	2.0	165	2	330	0.00303
A面側 ⊕165mm時2回目 A4-3で4.5mm凹み、A4-6で5mm膨らみ、A4-8で4mm膨らみ 载荷後 A4-3で2mm凹み、A-D面角部で15mm程度の塗装のひび割れ発生 B面側 ⊖165mm時2回目 B8-2で3.5mm凹み ⊖165mm時3回目 B8-2で5mm凹み 塗装のシワ、伸びは無し B面の変形が目視でわかる 载荷後MT検査 特に指示模様の進展無し					
H7T41	2.0	220	1	440	0.00227
A面側 ⊕220mm時 A3-3で10mm凹み、A3-6で6mm膨らみ ⊖170mm時 破断音発生 载荷後 A-C、A-D面角部で割れ確認、A9基部溶接部に20mm程度の割れ確認 B面側 ⊖125mmぐらいから変形出始める ⊖220mm時 B8-2で7mm凹み 载荷後MT検査 A-C、A-D面角部で割れ確認、A9基部溶接部に20mm程度の割れ確認					
A面					

TEST NAME	載荷スピード (mm/SEC)	変位 δ (mm)	サイクル数	周期 T (SEC)	加振周波数 (Hz)
H7T42	2.0	220	2	440	0.00227

A面側 ⊕220mm時2,3回目 A3-2,3で40mm凹み、A8-2,3で35mm凹み、A6-6で15mm膨らみ

載荷後 A4-2,3で12mm凹み、A8-2,3で18mm凹み、A4-6, A8-6で9mm膨らみ

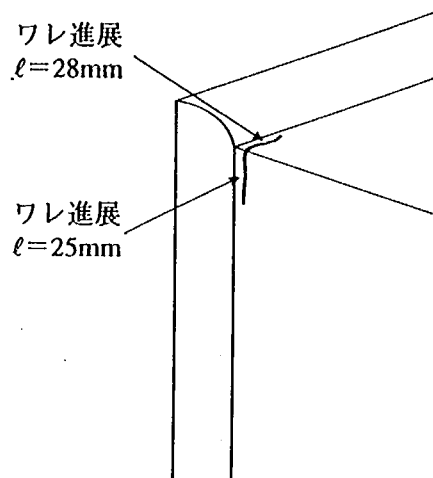
載荷後 A-C, A-D面角部で割れ進展

B面側 ⊖220mm時2, 3回目 B8-3で13.5mm凹み

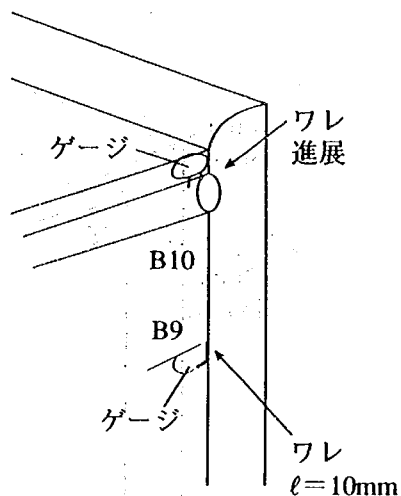
載荷後MT検査 A-C, A-D面角部で割れ進展、B-C, B-D面角部で割れ進展、

B9基部で割れ確認

A面

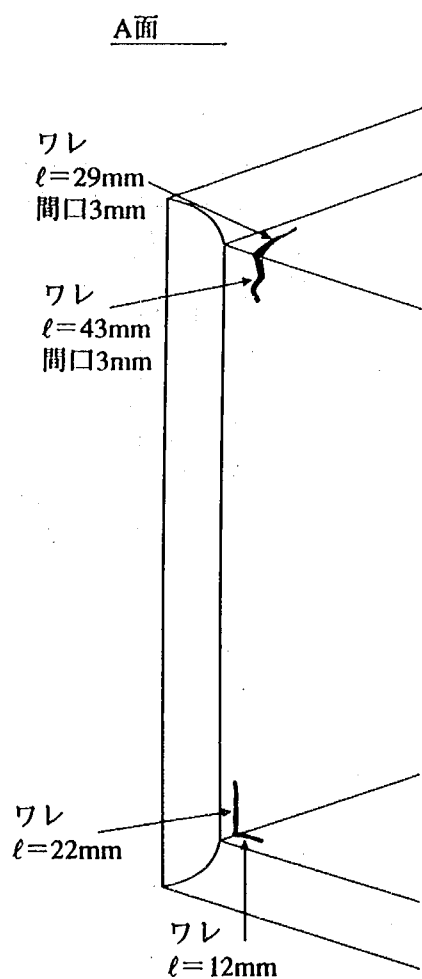


B面



TEST NAME	载荷スピード (mm/SEC)	変位 δ (mm)	サイクル数	周期 T (SEC)	加振周波数 (Hz)
H7T51	3.0	275	1	367	0.00273

A面側 ⊕275mm時 C11-3あたりで30mm程度盛り上がり、座屈が進展
 载荷後 A4-3で22mm凹み、A8-3で23mm凹み、A4-6で20mm膨らみ、
 A8-6で8mm膨らみ
 载荷後 A-C, A-D面角部で割れ進展
 B面側 ⊖225mm時 C2-2あたりで17mm程度盛り上がり、座屈が進展



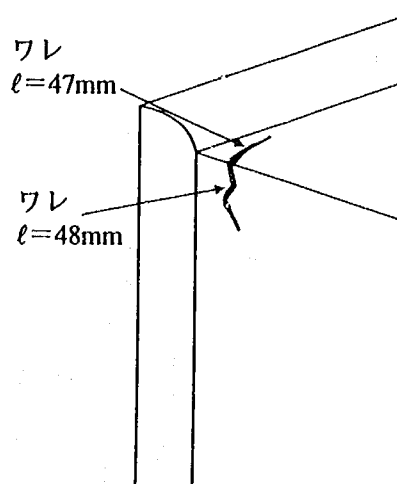
TEST NAME	载荷スピード (mm/SEC)	変位 δ (mm)	サイクル数	周期 T (SEC)	加振周波数 (Hz)
H7T52	3.0	275	1	367	0.00273

A面側 ⊕275mm時 C11-3あたりで60mm程度盛り上がり、座屈が進展

载荷後 A-C面角部で割れ進展

B面側 B11-2角部、B1-2, 3角部、B11-5, 6角部に割れ発生、座屈が進展

A面



H7T53	3.0	275	1	367	
A面側 A1-3角部に割れ発生、座屈が進展					
B面側 座屈が進展					

TEST NAME	载荷スピード (mm/SEC)	変位 δ (mm)	サイクル数	周期 T (SEC)	加振周波数 (Hz)
-----------	--------------------	---------------------	-------	---------------	---------------

Technical drawing of a vertical profile with the following dimensions and labels:

- Top Section:**
 - スラグ巻き $\ell=2\text{mm}$
 - ワレ $\ell=2\text{mm}$
 - 10mm (vertical dimension)
 - スラグ巻き $\ell=2\text{mm}$
 - スラグ巻き $\ell=1\text{mm}$
- Bottom Section:**
 - アンダーカット $\ell=15\text{mm}$
 - スラグ巻き $\ell=3\text{mm}$
- Other Labels:**
 - A面 (top left)
 - $\delta =$ (top right)
 - サイクル (top right)
 - A面 (middle right)

-172-

TEST NAME	載荷スピード (mm/SEC)	変位 δ (mm)	サイクル数	周期 T (SEC)	加振周波数 (Hz)
H8T0	—	—	—	—	—
軸力荷重131ton載荷 取付ボルト増締め 基部変形 0.030mm 形状等の変化特に無し					
H8Ti	0.5	55	1	440	0.00227
形状等の変化特に無し A面, B面側とも黒皮のひび割れ発生					
H8TY	0.5	80	1	640	0.00156
形状等の変化特に無し A面, B面側とも黒皮のひび割れ拡大					
H8T2	1.0	110	1	440	0.00227
A面, B面側とも黒皮のひび割れ拡大 A面側 ⊕110mm時 A8-5で1.4mm程度の凹み、 B面側 ⊖110mm時 B8-4で1mm程度の凹み、 載荷後MT検査 指示模様に変化無し					

TEST NAME	载荷スピード (mm/SEC)	変位 δ (mm)	サイクル数	周期 T (SEC)	加振周波数 (Hz)
H8T3	1.0	165	1	660	0.00152

A面側 ⊕165mm時 A6-4で5.1mm程度の凹み

B面側 ⊖165mm時 B6-4で10mm程度の凹み

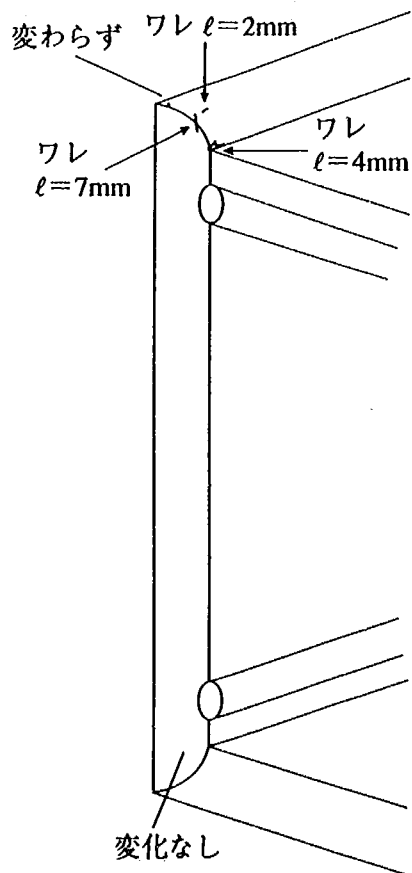
全体的に座屈が始まる

载荷後 変形が残る

载荷後MT検査 A-C面角部の指示が若干増す

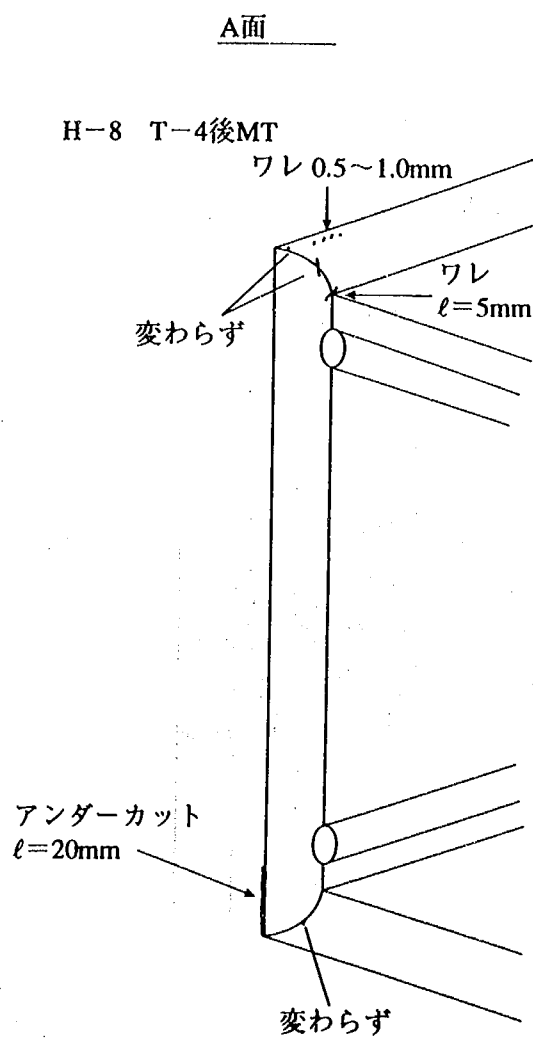
A面

H-8 T-3後MT



TEST NAME	载荷スピード (mm/SEC)	変位 δ (mm)	サイクル数	周期 T (SEC)	加振周波数 (Hz)
H8T4	1.0	220	1	880	0.00114

A面側 ⊕220mm時 A6-4で35mm程度の凹み、A6-11で11mm程度膨らみ
 ⊖220mm時 A5-5で8mm凹み
 载荷後 A6-4で5mm膨らみ、A6-4で12mm凹み、C11-4あたりが盛り上がる
 B面側 ⊖220mm時 B6-4で52mm凹み、
 载荷後 B6-4で31mm凹み、B6-11で14mm膨らみ、C1-4で12mm盛り上がり
 载荷後MT検査 A-C面、A-D面角部の指示が若干増す



TEST NAME	载荷スピード (mm/SEC)	変位 δ (mm)	サイクル数	周期 T (SEC)	加振周波数 (Hz)
H8T5	1.0	275	1	1100	0.00091

A面側 ⊕275mm時 A6-4で68mm程度の凹み、A6-11で22mm程度凹み

⊕275mm時 C11-4あたりで40mm程度膨らみ

⊖170mm時 A1-4, A11-4で10mm程度の亀裂発生

⊖275mm時 A6-4で30mm凹み、A6-11で16mm膨らみ

载荷後 A6-4で45mm凹み、A6-11で16mm膨らみ

A-C面角部に10mm程度の割れ発生、

B面側 ⊖275mm時 B6-4で83mm凹み、

载荷後 B6-4で61mm凹み、B6-11で28mm膨らみ

B-C面B11-4あたりの盛り上がり部に割れ発生、

B-D面B1-4あたりの盛り上がり部に割れ発生、

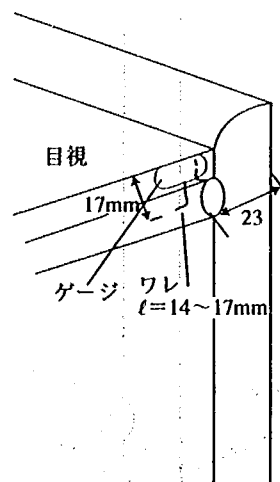
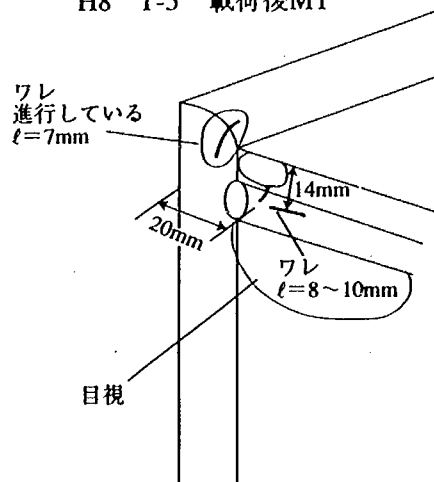
B-C面角部に17mm程度の割れ発生、

载荷後MT検査 A-C面, B-C面角部に割れ発生、目視にて確認

A面

B面

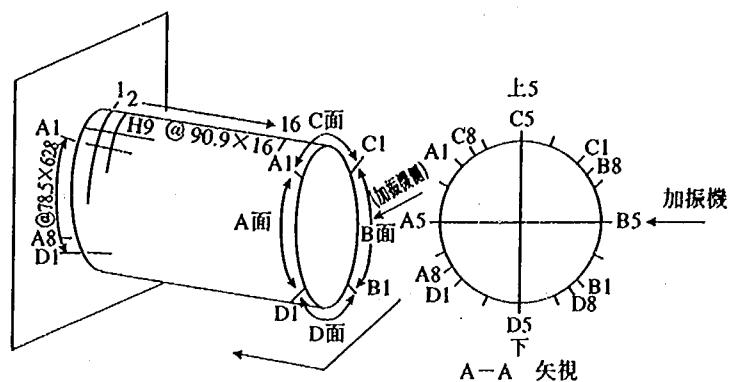
H8 T-5 载荷後MT



供試体：H9（両振り繰り返し1回ループ载荷）一部塗装剥離観察用の塗装有り

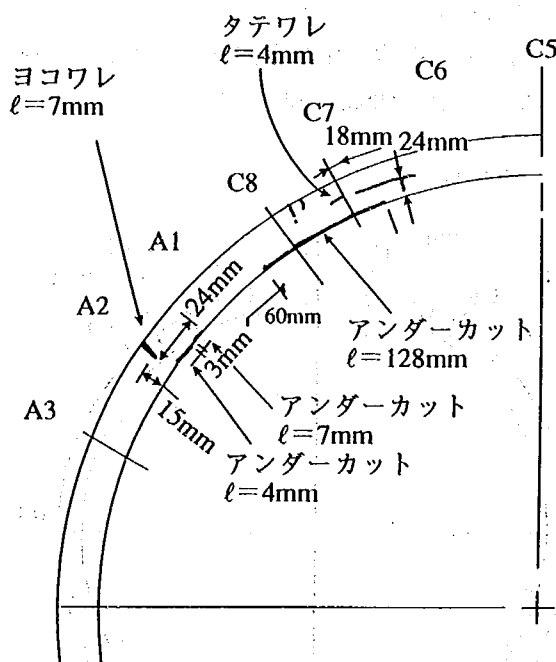
TEST NAME	载荷スピード (mm/SEC)	変位 δ (mm)	サイクル数	周期 T (SEC)	加振周波数 (Hz)
-----------	--------------------	---------------------	-------	---------------	---------------

供試体面設定状態

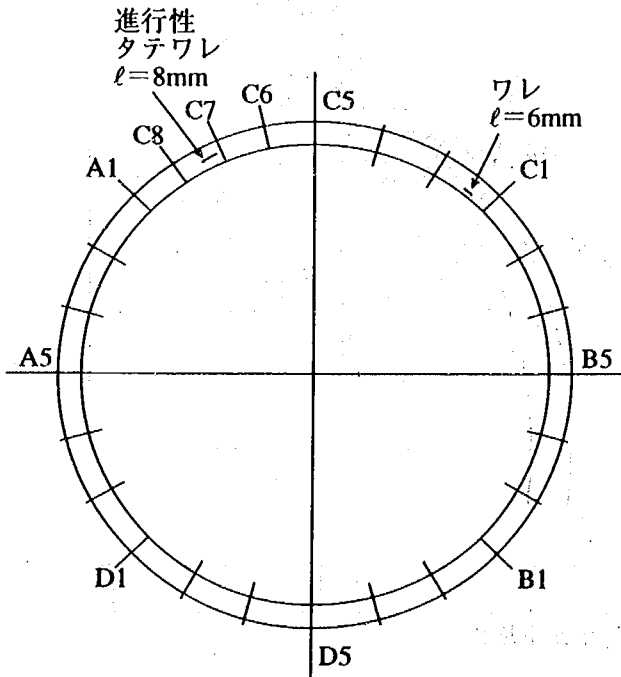


供試体 初期状態での磁粉探傷検査結果 (MT検査結果)

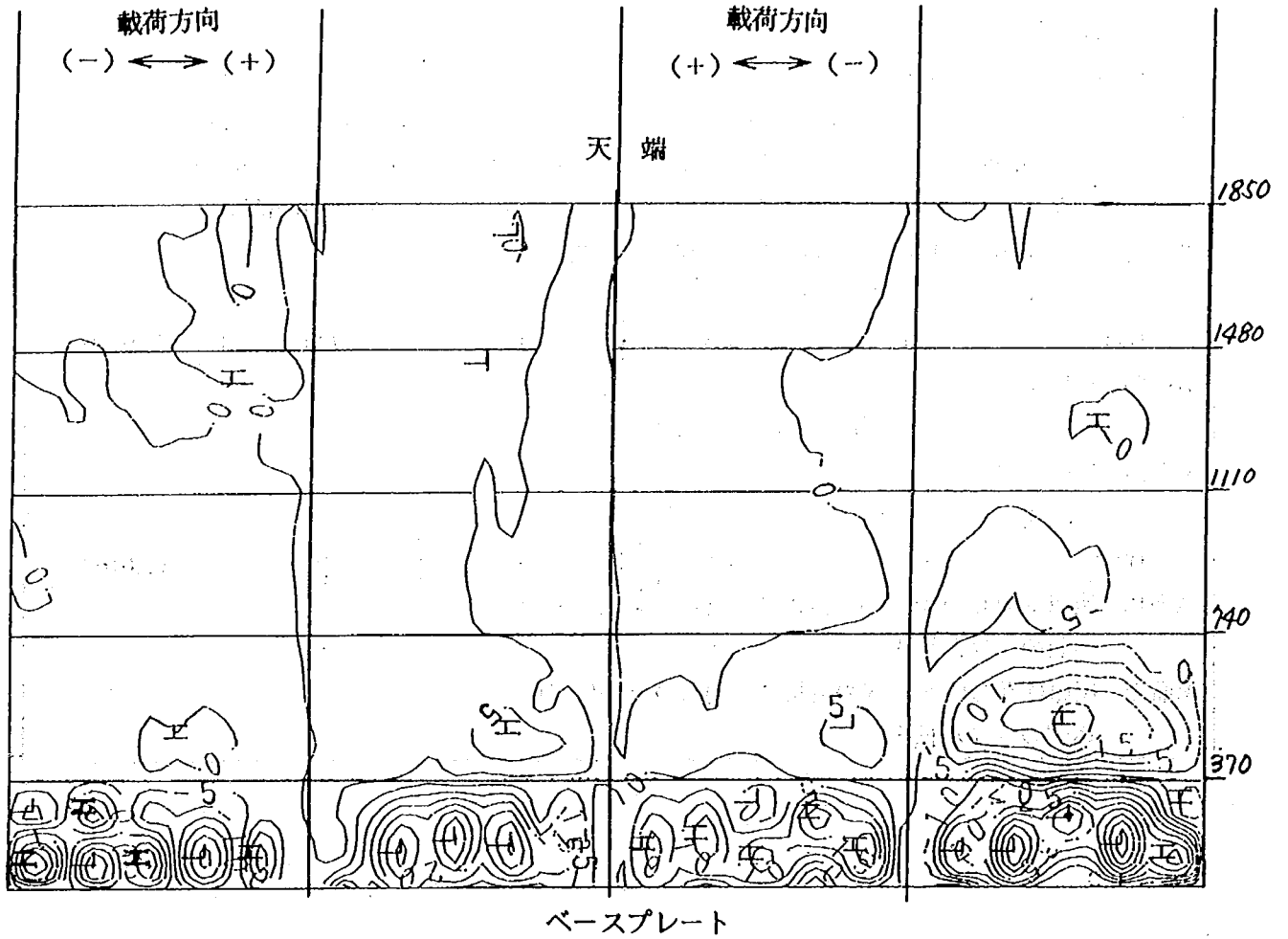
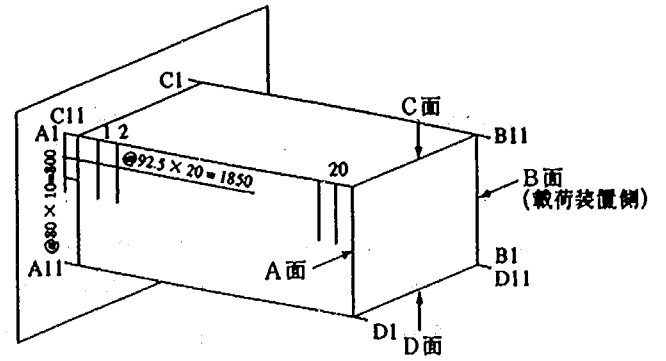
基部溶接部



H9T0	—	—	—	—	—
軸力荷重131ton载荷 取付ボルト増締め 基部変形 0.040mm 形状等の変化特に無し					
H9T1	0.5	55	1	440	0.00227
形状等の変化特に無し A面, B面側とも黒皮のひび割れ、塗装の伸び、割れ無し					

TEST NAME	载荷スピード (mm/SEC)	変位 δ (mm)	サイクル数	周期 T (SEC)	加振周波数 (Hz)
H9TY	0.5	80	1	640	0.00156
A面, B面側とも黒皮のひび割れ、塗装の伸び、割れ無し A面側 形状等の変化特に無し B面側 形状等の変化特に無し					
H9T2	1.0	110	1	440	0.00227
A面側 基部近傍に微少な膨らみ発生 B面側 微少な座屈を観察 (手で表面を触って確認)					
H9T3	1.0	165	1	660	0.00152
A面側 ⊕165mm時 A3-2で若干の膨らみ ⊖165mm時 A3-2で0.4mmの凹み B面側 载荷後 B3-1, B7-1あたりに微少な座屈を観察 (手で触って確認、計測は不能) 载荷後MT検査 基部溶接C7-C8間、C1-C2間に割れ発生					
					
H9T4	1.0	220	1	880	0.00114
A面側 ⊕220mm時 A3-2で6.3mm程度の膨らみ、 ⊖220mm時 A3-2で0.3mm凹み 载荷後 A3-2で1.4mm膨らみ、A5-2で0.4mm膨らみ B面側 ⊖210mm時 B7-1で8mm膨らみ、 载荷後 B7-1で4mm膨らみ、					

TEST NAME	載荷スピード (mm/SEC)	変位 δ (mm)	サイクル数	周期 T (SEC)	加振周波数 (Hz)
H9T5	1.0	275	1	1100	0.00091
A面側 ⊕275mm時 A3-2で10.5mm膨らみ、A5-2で2.6mm膨らみ ⊖275mm時 A3-2で0.5mm凹み、A5-2で0mm、 載荷後 A3-2で4.7mm膨らみ、A5-2で1.3mm膨らみ、 B面側 ⊖275mm時 B7-1で10mm膨らみ、B3-3で11mm凹み 載荷後MT検査 指示模様の進展は認められず					
H9T6	1.5	330	1	880	0.00114
A面側 ⊕330mm時 A3-2で15.8mm膨らみ、A5-2で2.9mm膨らみ、A7-3で29.7mm凹み ⊖330mm時 A3-2で3.7mm膨らみ、A5-2で1mm膨らみ、A7-3で3.7mm凹み 載荷後 A3-2で8.3mm膨らみ、A5-2で2.7mm膨らみ、A7-3で9.2mm凹み B面側 ⊖310mm時 B3-3で58mm凹み、B7-1で30mm膨らみ B4-3で塗装にシワ発生					
H9T7	2.0	385	1	770	0.00130
A面側 座屈が進展する A6-3、A7-3あたりに塗装にシワが発生 B面側 座屈が進展する B4-3、B3-3あたりに塗装にシワが発生					
H9T8	3.0	450	1	600	0.00167
A面側 座屈は激しいが基部の溶接等に割れの発生は無い 塗装のシワが拡大 B面側 座屈は激しいが基部の溶接等に割れの発生は無い 塗装のシワが拡大					



(上面ウェブ)

C

(南面フランジ)

A

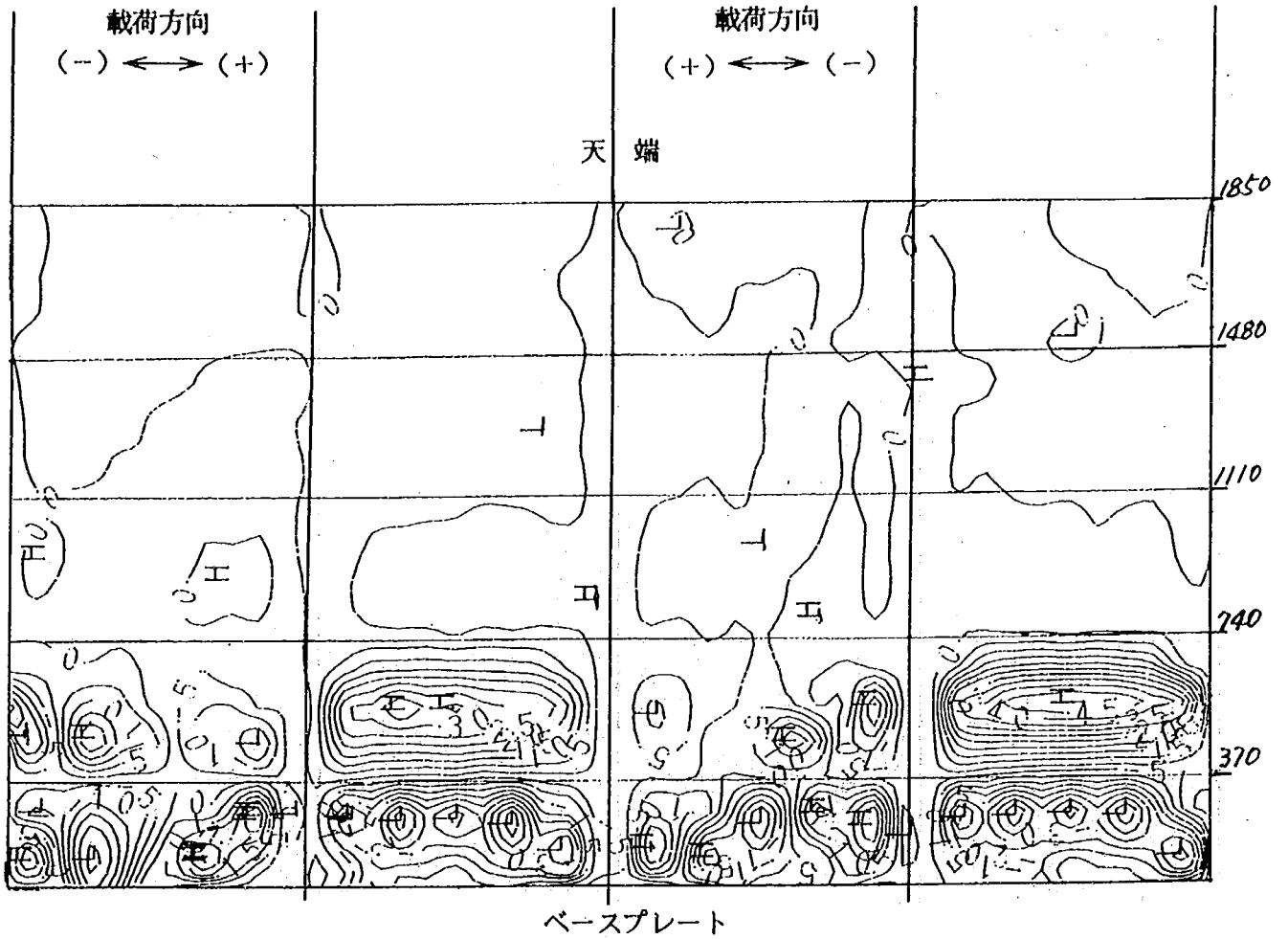
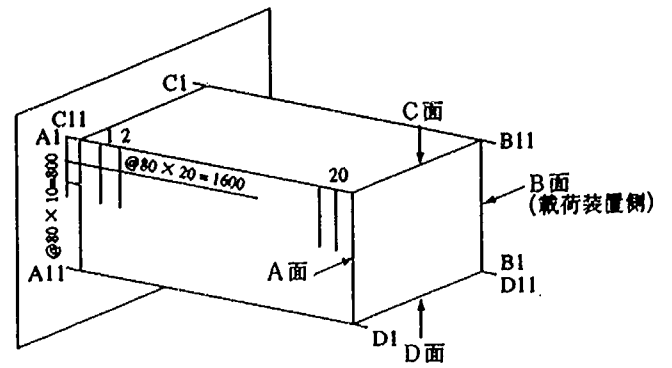
(下面ウェブ)

D

(北面フランジ)

B

コンター (最終変形状態) H-5



(上面ウェブ)

C

(南面フランジ)

A

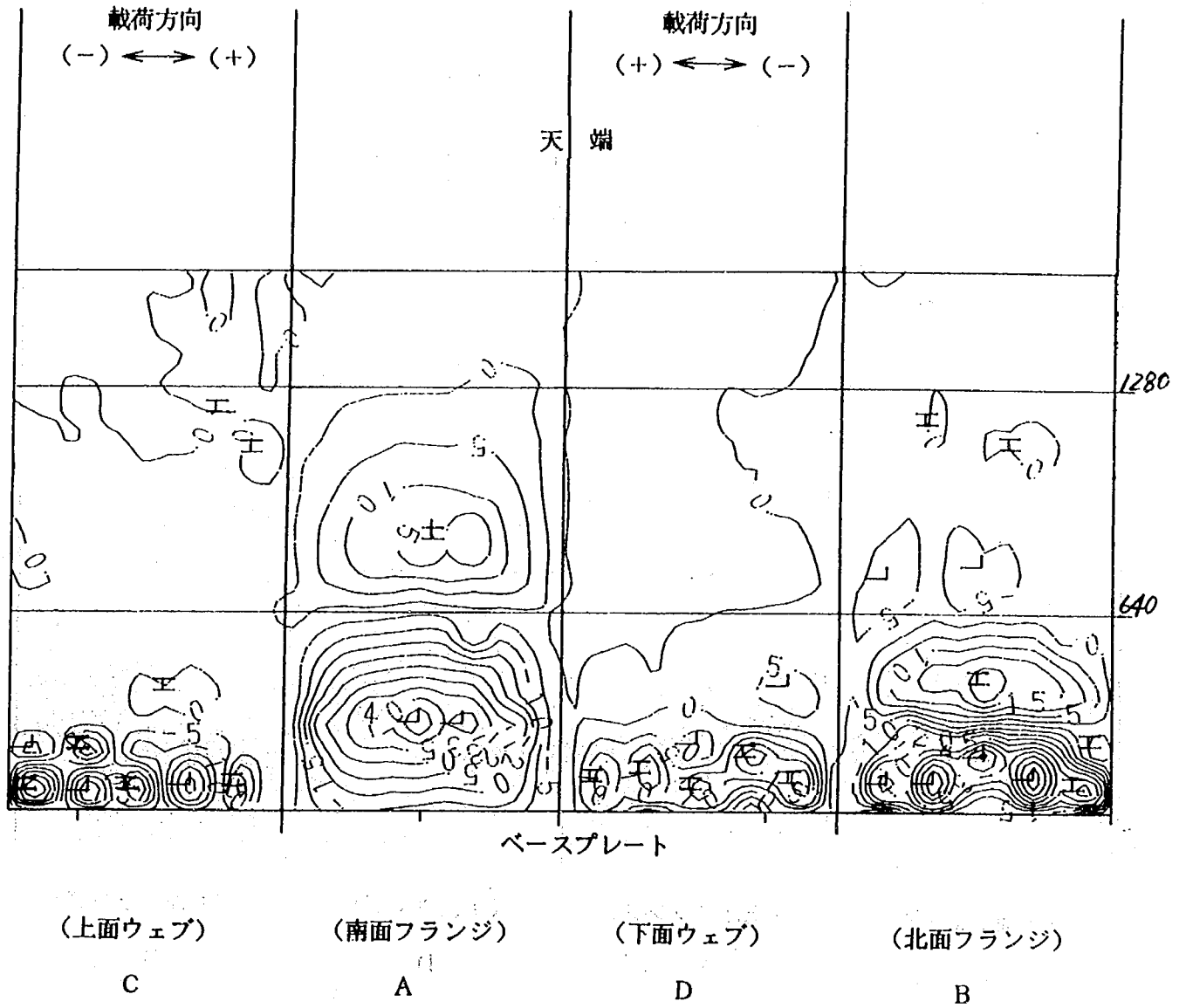
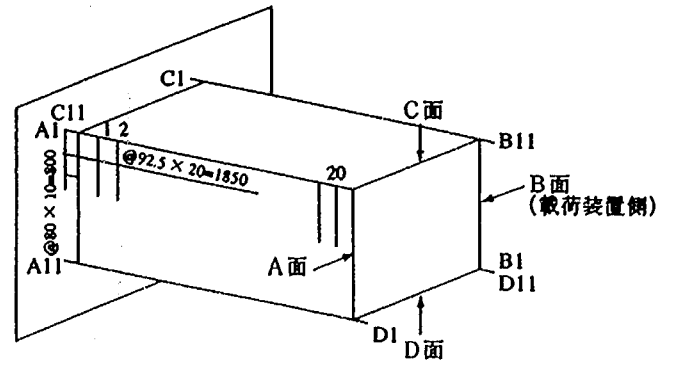
(下面ウェブ)

D

(北面フランジ)

B

コンター (最終変形状態) H-7



コンター (最終変形状態) H-8

(a)供試体H1 変位最大時

降伏荷重 H_y (tf): 56.53降伏変位 δ_y (cm): 5.43

ループNo	水平変位 δ			水平荷重 H (tf)			吸収エネルギー (tf·cm)	等価 減衰定数
	+側(cm)	-側(cm)	平均(cm)	+側(tf)	-側(tf)	平均(tf)		
1	2.33	0.16	2.33	32.90	-3.24	32.90	11.79	0.024
2	2.63	0.21	2.63	35.96	-4.16	35.96	6.63	0.011
3	2.92	0.26	2.92	38.84	-4.95	38.84	7.76	0.011
4	3.26	0.34	3.26	41.24	-6.03	41.24	11.03	0.013
5	4.22	0.58	4.22	48.05	-10.20	48.05	31.71	0.025
6	5.95	1.06	5.95	57.77	-18.47	57.77	74.22	0.034
7	8.11	1.68	8.11	61.56	-28.74	61.56	139.93	0.045
8	10.43	2.27	10.43	62.19	-38.93	62.19	220.67	0.054
9	13.11	2.85	13.11	57.24	-48.96	57.24	356.22	0.076
10	15.95	3.20	15.95	50.07	-54.71	50.07	499.61	0.100
11	18.84	3.30	18.84	42.33	-55.94	42.33	658.79	0.131
12	21.70	3.10	21.70	33.99	-52.74	33.99	845.67	0.183
13	24.48	3.32	24.48	27.35	-55.97	27.35	1089.95	0.259

※平均水平変位および平均水平荷重は+側最大値とする。

(b)供試体H2 変位最大時

降伏荷重 H_y (tf): 56.53降伏変位 δ_y (cm): 5.43

ループNo	水平変位 δ			水平荷重 H (tf)			吸収エネルギー (tf·cm)	等価 減衰定数
	+側(cm)	-側(cm)	平均(cm)	+側(tf)	-側(tf)	平均(tf)		
1-1	2.06	-2.15	2.10	22.49	-25.07	23.78	5.68	0.018
1-2	2.04	-2.16	2.10	23.16	-24.95	24.05	2.40	0.008
2-1	4.25	-4.32	4.28	43.14	-47.01	45.08	51.51	0.042
2-2	4.19	-4.31	4.25	45.81	-47.15	46.48	30.60	0.025
2-3	4.19	-4.32	4.26	45.48	-47.13	46.31	28.13	0.023
2-4	4.17	-4.32	4.24	45.78	-46.94	46.36	26.66	0.022
3-1	6.53	-6.74	6.64	57.96	-61.25	59.60	238.36	0.096
3-2	6.44	-6.73	6.59	59.36	-61.40	60.38	224.99	0.090
3-3	6.43	-6.74	6.58	60.08	-61.55	60.81	218.87	0.087
3-4	6.42	-6.74	6.58	59.99	-61.55	60.77	214.69	0.085
4-1	9.13	-9.52	9.33	63.66	-67.08	65.37	683.88	0.178
4-2	9.13	-9.52	9.33	64.86	-67.10	65.98	705.94	0.183
4-3	9.13	-9.54	9.34	64.56	-67.22	65.89	685.01	0.177
4-4	9.15	-9.55	9.35	63.90	-66.44	65.17	701.22	0.183
5-1	12.18	-12.70	12.44	58.52	-56.06	57.29	1408.65	0.315
5-2	12.63	-13.13	12.88	46.95	-40.74	43.85	1365.82	0.385
5-3	13.08	-13.58	13.33	33.68	-28.31	30.99	1157.01	0.446
5-4	13.39	-13.90	13.65	23.42	-19.70	21.56	930.65	0.504
6-1	16.45	-17.21	16.83	14.04	-9.48	11.76	903.75	0.727

(c)供試体H3 変位最大時
(片側補正変位)降伏荷重 H_y (tf): 56.53降伏変位 δ_y (cm): 5.43

ループNo	水平変位 δ			水平荷重 H (tf)			吸収エネルギー (tf·cm)	等価 減衰定数
	+側(cm)	-側(cm)	平均(cm)	+側(tf)	-側(tf)	平均(tf)		
1-1	2.35	-2.53	2.44	23.57	-26.54	25.06	8.46	0.022
1-2	2.35	-2.53	2.44	23.85	-26.30	25.08	4.86	0.013
1-3	2.30	-2.60	2.45	23.45	-26.99	25.22	4.70	0.012
1-4	2.31	-2.58	2.44	23.27	-26.75	25.01	4.38	0.011
2-1	4.74	-5.16	4.95	42.81	-50.13	46.47	59.81	0.041
2-2	4.71	-5.16	4.94	45.45	-49.88	47.67	33.71	0.023
2-3	4.72	-5.17	4.94	45.59	-49.70	47.65	30.66	0.021
2-4	4.74	-5.19	4.97	45.38	-49.53	47.46	28.17	0.019
3-1	7.36	-7.82	7.59	59.76	-64.34	62.05	239.33	0.081
3-2	7.33	-7.84	7.58	61.62	-64.31	62.97	211.53	0.070
3-3	7.34	-7.81	7.57	61.74	-64.08	62.91	205.75	0.069
3-4	7.35	-7.88	7.62	61.85	-63.93	62.89	203.18	0.068
4-1	10.02	-10.77	10.39	68.19	-70.91	69.55	634.21	0.140
4-2	9.99	-10.76	10.38	68.67	-70.83	69.75	639.23	0.141
4-3	10.04	-10.71	10.38	68.46	-70.26	69.36	624.22	0.138
4-4	10.12	-10.75	10.43	68.49	-70.16	69.33	637.07	0.140
5-1	12.95	-13.64	13.29	71.07	-73.80	72.44	1219.58	0.202
5-2	12.96	-13.66	13.31	69.15	-73.80	71.48	1253.26	0.210
5-3	13.02	-13.67	13.35	67.43	-73.47	70.45	1233.85	0.209
5-4	13.12	-13.66	13.39	64.19	-73.40	68.80	1245.32	0.215
6-1	16.05	-16.64	16.34	56.78	-72.30	64.54	1904.13	0.287
6-2	16.08	-16.79	16.43	53.91	-59.40	56.66	1915.74	0.328
7-1	19.33	-20.04	19.69	32.84	-28.83	30.84	2350.42	0.616

(d)供試体H4 変位最大時

降伏荷重 H_y (tf):

76.90

降伏変位 δ_y (cm):

3.85

ル-7 No	水平変位 δ			水平荷重 H (tf)			吸収エネルギー (tf·cm)	等価 減衰定数
	+側(cm)	-側(cm)	平均(cm)	+側(tf)	-側(tf)	平均(tf)		
T-30-1	1.91	-2.07	1.99	39.08	-42.93	41.00	13.55	0.026
T-30-2	1.91	-2.09	2.00	40.46	-42.93	41.69	7.25	0.014
T-30-3	1.91	-2.08	1.99	40.46	-43.25	41.85	6.73	0.013
T-40-1	2.61	-2.76	2.68	52.53	-56.19	54.36	19.46	0.021
T-40-2	2.59	-2.76	2.68	54.08	-56.15	55.11	11.02	0.012
T-40-3	2.61	-2.76	2.68	54.18	-56.13	55.16	9.55	0.010
T-40-4	2.60	-2.76	2.68	54.50	-56.19	55.34	9.55	0.010
T-40-5	2.60	-2.77	2.69	54.24	-56.19	55.22	8.96	0.010
T-40-6	2.60	-2.77	2.69	54.48	-56.07	55.28	9.98	0.011
T-40-7	2.60	-2.75	2.68	54.48	-56.13	55.31	9.67	0.010
T-40-8	2.62	-2.76	2.69	54.48	-56.10	55.29	8.79	0.009
T-40-9	2.61	-2.76	2.69	54.45	-56.15	55.30	8.09	0.009
T-40-10	2.63	-2.77	2.70	54.41	-56.18	55.29	7.71	0.008
T-60-1	3.91	-4.19	4.05	73.10	-78.47	75.78	112.71	0.058
T-60-2	3.85	-4.18	4.01	77.28	-78.99	78.14	92.90	0.047
T-60-3	3.86	-4.18	4.02	77.03	-78.08	77.55	87.21	0.045
T-60-4	3.83	-4.18	4.01	77.25	-78.90	78.08	90.27	0.046
T-60-5	3.87	-4.18	4.02	76.97	-77.90	77.43	83.41	0.043
T-60-6	3.87	-4.20	4.03	77.60	-78.98	78.29	84.00	0.042
T-60-7	3.90	-4.20	4.05	77.25	-79.22	78.23	85.05	0.043
T-60-8	3.90	-4.20	4.05	77.37	-78.84	78.11	82.45	0.041
T-60-9	3.89	-4.20	4.04	76.44	-78.93	77.69	83.71	0.042
T-60-10	3.90	-4.22	4.06	77.25	-78.72	77.99	83.63	0.042
T-80-1	5.54	-6.03	5.79	83.33	-87.11	85.22	419.52	0.135
T-80-2	5.49	-5.96	5.73	86.33	-87.41	86.87	442.14	0.141
T-80-3	5.48	-5.95	5.72	87.72	-88.68	88.20	421.14	0.133
T-80-4	5.47	-5.97	5.72	85.92	-88.37	87.14	419.17	0.134
T-80-5	5.48	-5.97	5.73	87.35	-88.17	87.76	399.46	0.127
T-80-6	5.48	-6.00	5.74	87.24	-87.92	87.58	408.77	0.129
T-80-7	5.49	-6.03	5.76	87.90	-87.17	87.53	409.74	0.129
T-80-8	5.50	-6.01	5.75	87.41	-88.16	87.78	407.24	0.128
T-80-9	5.51	-6.04	5.78	87.11	-86.18	86.64	406.21	0.129
T-80-10	5.53	-6.06	5.79	86.90	-87.63	87.26	403.29	0.127
T-100-1	7.41	-8.03	7.72	90.12	-91.65	90.89	892.99	0.203
T-100-2	7.32	-7.98	7.65	91.95	-93.53	92.74	916.64	0.206
T-100-3	7.31	-7.98	7.64	91.52	-93.41	92.46	925.77	0.208
T-100-4	7.32	-7.98	7.65	92.60	-93.77	93.18	890.64	0.199
T-100-5	7.32	-7.99	7.66	91.73	-93.39	92.56	914.75	0.205
T-100-6	7.32	-7.98	7.65	92.66	-92.00	92.33	890.43	0.201
T-100-7	7.32	-7.99	7.65	93.20	-93.24	93.22	916.68	0.204
T-100-8	7.34	-7.92	7.63	92.57	-93.39	92.98	886.56	0.199
T-100-9	7.34	-8.00	7.67	92.94	-92.90	92.92	915.19	0.204
T-100-10	7.35	-7.99	7.67	92.37	-91.95	92.16	906.76	0.204
T-120-1	9.26	-10.02	9.64	94.01	-96.09	95.05	1418.30	0.246
T-120-2	9.19	-9.96	9.57	94.62	-97.98	96.30	1561.51	0.270
T-120-3	9.16	-9.95	9.55	96.69	-96.56	96.62	1465.27	0.253
T-120-4	9.11	-9.99	9.55	94.70	-98.00	96.35	1550.78	0.268
T-120-5	9.13	-9.95	9.54	96.23	-98.51	97.37	1435.37	0.246
T-120-6	9.15	-9.95	9.55	95.67	-98.21	96.94	1532.44	0.263
T-120-7	9.18	-9.94	9.56	97.01	-96.12	96.56	1454.73	0.251
T-120-8	9.19	-9.92	9.55	97.31	-97.58	97.44	1457.19	0.249
T-120-9	9.21	-9.94	9.57	95.75	-95.28	95.51	1531.16	0.267
T-120-10	9.21	-9.97	9.59	96.83	-97.10	96.96	1511.37	0.259
T-130-1	10.21	-11.00	10.61	96.92	-97.80	97.36	1766.06	0.272
T-140-1	11.18	-11.99	11.58	97.44	-99.26	98.35	2128.69	0.297
T-180-1	13.09	-14.07	13.58	97.05	-100.70	98.87	2828.49	0.335
T-180-1	8.51	1.01	3.75	98.30	-44.13	71.21		

(e)供試体H5 変位最大時

降伏荷重 $H_y(tf)$: 62.70
降伏変位 $\delta y(cm)$: 5.65

ル-フNo	水平変位 δ			水平荷重 $H(tf)$			吸収エネルギー (tf·cm)	等価 減衰定数
	+側(cm)	-側(cm)	平均(cm)	+側(tf)	-側(tf)	平均(tf)		
H5T1	1.78	-1.75	1.76	23.67	-27.75	25.71	17.45	0.061
H5T2	40.48	-43.67	42.08	59.76	-46.08	52.92	9930.15	0.710

(f)供試体H6 変位最大時

降伏荷重 $H_y(tf)$: 62.70
降伏変位 $\delta y(cm)$: 5.65

ル-フNo	水平変位 δ			水平荷重 $H(tf)$			吸収エネルギー (tf·cm)	等価 減衰定数
	+側(cm)	-側(cm)	平均(cm)	+側(tf)	-側(tf)	平均(tf)		
H6T1	3.95	-4.18	4.07	41.97	-47.48	44.73	59.11	0.052
H6TY	5.92	-6.06	5.99	59.24	-65.51	62.38	160.66	0.068
H6T2	8.70	-8.80	8.75	72.30	-76.95	74.63	520.77	0.127
H6T3	14.10	-14.39	14.24	78.32	-83.48	80.90	1753.26	0.242
H6T4	19.46	-19.83	19.64	79.94	-86.37	83.16	3383.23	0.330
H6T5	24.78	-25.60	25.19	77.60	-74.48	76.04	5266.73	0.438
H6T6	30.51	-31.71	31.11	60.27	-51.05	55.66	6285.86	0.578
H6T7	36.46	-38.13	37.29	39.68	-28.98	34.33	5594.22	0.695

(g)供試体H7 変位最大時

降伏荷重 $H_y(tf)$: 62.70
降伏変位 $\delta y(cm)$: 5.65

ル-フNo	水平変位 δ			水平荷重 $H(tf)$			吸収エネルギー (tf·cm)	等価 減衰定数
	+側(cm)	-側(cm)	平均(cm)	+側(tf)	-側(tf)	平均(tf)		
H7T11	3.97	-3.89	3.93	41.70	-48.11	44.91	55.82	0.050
H7T12	3.83	-3.94	3.88	44.24	-47.52	45.88	32.59	0.029
H7T12	3.87	-3.92	3.90	44.43	-47.94	46.19	31.25	0.028
H7TY1	5.73	-5.87	5.80	58.35	-64.91	61.63	153.76	0.068
H7TY2	5.87	-5.79	5.83	62.01	-64.70	63.36	129.45	0.056
H7TY2	5.87	-5.81	5.84	61.94	-64.89	63.42	121.64	0.052
H7T21	8.48	-8.55	8.52	71.63	-76.14	73.89	497.81	0.126
H7T22	8.45	-8.54	8.50	73.36	-76.38	74.87	510.98	0.128
H7T22	8.43	-8.53	8.48	73.59	-75.99	74.79	501.15	0.126
H7T31	13.76	-14.02	13.89	78.53	-80.91	79.72	1704.46	0.245
H7T32	13.67	-13.94	13.81	79.94	-82.61	81.28	1783.85	0.253
H7T32	13.73	-13.98	13.86	79.20	-81.92	80.56	1778.66	0.254
H7T41	19.16	-19.49	19.32	81.06	-81.24	81.15	3283.57	0.333
H7T42	19.14	-19.61	19.37	79.76	-77.51	78.64	3397.94	0.355
H7T42	19.39	-19.76	19.58	73.94	-72.05	73.00	3332.51	0.371
H7T51	24.89	-25.60	25.25	64.26	-58.34	61.30	4618.37	0.475
H7T52	25.32	-25.89	25.60	53.28	-51.05	52.17	4013.26	0.478
H7T53	25.59	-26.10	25.85	44.13	-42.56	43.35	3444.40	0.489

(h)供試体H8 変位最大時

降伏荷重 $H_y(tf)$: 62.70
降伏変位 $\delta y(cm)$: 5.65

ル-フNo	水平変位 δ			水平荷重 $H(tf)$			吸収エネルギー (tf·cm)	等価 減衰定数
	+側(cm)	-側(cm)	平均(cm)	+側(tf)	-側(tf)	平均(tf)		
H8T1	3.83	-3.95	3.89	41.36	-47.39	44.38	58.44	0.054
H8TY	5.84	-5.79	5.82	58.64	-62.66	60.65	162.25	0.073
H8T2	8.48	-8.43	8.45	68.39	-73.25	70.82	494.61	0.132
H8T3	14.04	-14.04	14.04	74.79	-76.59	75.69	1724.86	0.258
H8T4	19.58	-19.87	19.72	71.96	-70.08	71.02	3340.70	0.380
H8T5	25.45	-25.97	25.71	55.61	-44.31	49.96	4584.35	0.568

(i)供試体H9 変位最大時

降伏荷重 $H_y(tf)$: 44.30
降伏変位 $\delta y(cm)$: 5.51

ル-フNo	水平変位 δ			水平荷重 $H(tf)$			吸収エネルギー (tf·cm)	等価 減衰定数
	+側(cm)	-側(cm)	平均(cm)	+側(tf)	-側(tf)	平均(tf)		
H9T1	4.29	-4.40	4.35	32.42	-36.80	34.61	39.43	0.042
H9TY	6.29	-6.54	6.41	45.78	-49.94	47.86	108.91	0.056
H9T2	9.02	-9.50	9.26	54.75	-59.42	57.09	366.45	0.110
H9T3	14.40	-14.93	14.66	61.31	-64.91	63.11	1283.42	0.221
H9T4	20.02	-20.17	20.10	64.22	-67.74	65.98	2519.01	0.302
H9T5	25.25	-25.70	25.47	65.73	-66.92	66.33	3897.84	0.367
H9T6	30.45	-31.61	31.03	62.19	-62.01	62.10	5275.31	0.436
H9T7	35.85	-37.57	36.71	56.01	-53.07	54.54	6108.64	0.486
H9T8	42.58	-44.53	43.55	47.10	-44.84	45.97	6687.52	0.532

(a)供試体H1 荷重最大時

降伏荷重 $H_y(\text{tf})$: 56.53降伏変位 $\delta y(\text{cm})$: 5.43

ル-フNo	水平荷重H(tf)			水平変位 δ			剛性 (tf/cm)	等価剛性
	+側(tf)	-側(tf)	平均(tf)	+側(cm)	-側(cm)	平均(cm)		
1	33.20	-3.47	33.20	2.30	0.18	2.30	14.10	1.355
2	36.17	-4.16	36.17	2.60	0.21	2.60	13.69	1.315
3	39.11	-4.95	39.11	2.89	0.26	2.89	13.29	1.276
4	41.84	-6.17	41.84	3.21	0.36	3.21	12.67	1.217
5	49.55	-10.26	49.55	4.13	0.61	4.13	11.39	1.094
6	58.67	-18.54	58.67	5.88	1.07	5.88	9.71	0.933
7	63.48	-29.64	63.48	8.01	1.73	8.01	7.59	0.729
8	64.56	-40.29	64.56	10.07	2.35	10.07	5.96	0.573
9	63.62	-49.29	63.62	10.86	2.94	10.86	4.37	0.420
10	57.35	-55.22	57.35	13.02	3.24	13.02	3.14	0.301
11	50.19	-58.37	50.19	15.31	3.52	15.31	2.25	0.216
12	41.88	-58.56	41.88	17.11	3.47	17.11	1.57	0.150
13	34.98	-56.58	34.98	18.56	3.46	18.56	1.12	0.107

※平均水平変位および平均水平荷重は+側最大値 とする。

(b)供試体H2 荷重最大時

降伏荷重 $H_y(\text{tf})$: 56.53降伏変位 $\delta y(\text{cm})$: 5.43

ル-フNo	水平荷重H(tf)			水平変位 δ			剛性 (tf/cm)	等価剛性
	+側(tf)	-側(tf)	平均(tf)	+側(cm)	-側(cm)	平均(cm)		
1-1	22.49	-25.10	23.79	2.06	-2.15	2.10	11.31	1.086
1-2	23.19	-24.95	24.07	2.03	-2.16	2.09	11.47	1.102
2-1	43.14	-47.15	45.14	4.25	-4.29	4.27	10.53	1.011
2-2	45.81	-47.16	46.49	4.19	-4.30	4.24	10.94	1.051
2-3	45.86	-47.15	46.50	4.16	-4.28	4.22	10.88	1.045
2-4	46.01	-47.30	46.65	4.16	-4.30	4.23	10.92	1.049
3-1	57.96	-61.64	59.80	6.53	-6.73	6.63	8.98	0.863
3-2	59.94	-61.86	60.90	6.43	-6.71	6.57	9.17	0.880
3-3	60.08	-61.70	60.89	6.43	-6.70	6.57	9.23	0.887
3-4	60.15	-61.77	60.96	6.40	-6.71	6.56	9.23	0.887
4-1	64.82	-67.82	66.32	8.83	-9.40	9.11	7.01	0.673
4-2	65.43	-67.74	66.59	8.96	-9.21	9.08	7.07	0.680
4-3	65.34	-67.38	66.36	8.99	-9.44	9.22	7.06	0.678
4-4	65.03	-67.22	66.12	8.92	-9.36	9.14	6.97	0.669
5-1	65.03	-66.42	65.72	9.33	-8.87	9.10	4.61	0.442
5-2	56.36	-51.78	54.07	7.08	-6.41	6.75	3.40	0.327
5-3	43.34	-36.77	40.05	6.02	-5.26	5.64	2.33	0.223
5-4	31.08	-26.97	29.03	4.26	-5.56	4.91	1.58	0.152
6-1	23.43	-19.77	21.60	3.56	-0.49	2.03	0.70	0.067

(c)供試体H3 荷重最大時
(片側補正変位)降伏荷重 $H_y(\text{tf})$: 56.53降伏変位 $\delta y(\text{cm})$: 5.43

ル-フNo	水平荷重H(tf)			水平変位 δ			剛性 (tf/cm)	等価剛性
	+側(tf)	-側(tf)	平均(tf)	+側(cm)	-側(cm)	平均(cm)		
1-1	23.57	-26.60	25.09	2.35	-2.52	2.44	10.27	0.987
1-2	23.94	-26.30	25.12	2.35	-2.50	2.43	10.28	0.987
1-3	23.45	-27.11	25.28	2.30	-2.59	2.44	10.30	0.989
1-4	23.31	-26.91	25.11	2.30	-2.58	2.44	10.24	0.983
2-1	42.81	-50.13	46.47	4.74	-5.16	4.95	9.39	0.902
2-2	45.53	-49.88	47.71	4.71	-5.16	4.93	9.65	0.927
2-3	45.60	-49.70	47.65	4.71	-5.17	4.94	9.64	0.926
2-4	45.60	-49.70	47.65	4.73	-5.18	4.96	9.56	0.918
3-1	60.15	-64.92	62.54	7.33	-7.78	7.55	8.17	0.785
3-2	62.01	-64.61	63.31	7.33	-7.79	7.56	8.30	0.797
3-3	62.07	-64.28	63.18	7.33	-7.80	7.56	8.31	0.798
3-4	61.85	-64.01	62.93	7.32	-7.84	7.58	8.26	0.793
4-1	68.85	-71.60	70.23	9.85	-10.70	10.28	6.69	0.643
4-2	69.00	-71.03	70.02	9.86	-10.68	10.27	6.72	0.646
4-3	68.83	-70.64	69.74	9.98	-10.59	10.29	6.68	0.642
4-4	68.79	-70.47	69.63	10.02	-10.64	10.33	6.65	0.638
5-1	71.85	-74.76	73.31	12.21	-13.32	12.76	5.45	0.523
5-2	70.32	-74.48	72.40	11.97	-13.51	12.74	5.37	0.516
5-3	68.61	-74.13	71.37	12.10	-13.18	12.64	5.28	0.507
5-4	66.35	-73.80	70.08	11.84	-13.53	12.68	5.14	0.494
6-1	63.96	-74.63	69.30	11.74	-14.94	13.34	3.95	0.379
6-2	59.54	-67.25	63.40	11.67	-11.89	11.78	3.45	0.331
7-1	52.89	-50.01	51.45	8.75	-6.65	7.70	1.57	0.150

(d)供試体H4 荷重最大時

降伏荷重 $H_y(\text{tf})$:

76.90

降伏変位 $\delta_y(\text{cm})$:

3.85

ル-7 No	水平荷重 $H(\text{tf})$			水平変位 δ			剛性 (tf/cm)	等価剛性
	+側(tf)	-側(tf)	平均(tf)	+側(cm)	-側(cm)	平均(cm)		
T-30-1	39.41	-42.93	41.17	1.90	-2.07	1.98	20.60	1.031
T-30-2	40.46	-42.93	41.69	1.91	-2.09	2.00	20.84	1.043
T-30-3	40.61	-43.25	41.93	1.91	-2.08	1.99	21.00	1.051
T-40-1	53.04	-56.33	54.68	2.57	-2.76	2.66	20.27	1.015
T-40-2	54.27	-56.15	55.21	2.59	-2.76	2.67	20.60	1.031
T-40-3	54.42	-56.21	55.31	2.60	-2.74	2.67	20.55	1.029
T-40-4	54.50	-56.19	55.34	2.60	-2.76	2.68	20.66	1.034
T-40-5	54.45	-56.19	55.32	2.59	-2.77	2.68	20.54	1.028
T-40-6	54.48	-56.36	55.42	2.60	-2.75	2.67	20.58	1.030
T-40-7	54.56	-56.52	55.54	2.59	-2.74	2.67	20.67	1.035
T-40-8	54.54	-56.28	55.41	2.59	-2.75	2.67	20.57	1.030
T-40-9	54.45	-56.33	55.39	2.61	-2.75	2.68	20.57	1.030
T-40-10	54.42	-56.30	55.36	2.63	-2.77	2.70	20.47	1.025
T-60-1	73.88	-78.99	76.43	3.88	-4.17	4.03	18.72	0.937
T-60-2	77.28	-78.99	78.14	3.85	-4.18	4.01	19.47	0.975
T-60-3	77.42	-79.01	78.21	3.81	-4.17	3.99	19.28	0.965
T-60-4	77.25	-78.90	78.08	3.83	-4.18	4.01	19.48	0.975
T-60-5	77.18	-79.14	78.16	3.85	-4.17	4.01	19.24	0.963
T-60-6	77.60	-78.98	78.29	3.87	-4.20	4.03	19.40	0.971
T-60-7	77.43	-79.22	78.32	3.86	-4.20	4.03	19.32	0.967
T-60-8	77.37	-78.84	78.11	3.90	-4.20	4.05	19.28	0.965
T-60-9	77.33	-78.93	78.13	3.88	-4.20	4.04	19.21	0.962
T-60-10	77.25	-78.87	78.06	3.90	-4.18	4.04	19.21	0.962
T-80-1	86.21	-88.52	87.36	5.08	-5.33	5.20	14.72	0.737
T-80-2	88.01	-88.92	88.46	5.37	-5.65	5.51	15.16	0.759
T-80-3	88.17	-89.27	88.72	5.40	-5.87	5.63	15.43	0.773
T-80-4	87.84	-89.04	88.44	5.41	-5.91	5.66	15.24	0.763
T-80-5	87.75	-88.97	88.36	5.45	-5.92	5.68	15.33	0.767
T-80-6	87.77	-88.47	88.12	5.47	-5.97	5.72	15.25	0.764
T-80-7	87.90	-88.50	88.20	5.49	-6.01	5.75	15.19	0.761
T-80-8	87.42	-88.44	87.93	5.40	-5.94	5.67	15.26	0.764
T-80-9	87.27	-88.08	87.68	5.44	-5.97	5.70	15.00	0.751
T-80-10	87.35	-87.90	87.62	5.48	-6.00	5.74	15.06	0.754
T-100-1	91.53	-93.23	92.38	6.81	-7.44	7.12	11.77	0.589
T-100-2	92.90	-94.32	93.61	7.28	-7.93	7.61	12.12	0.607
T-100-3	93.03	-94.20	93.62	7.20	-7.80	7.50	12.10	0.606
T-100-4	93.38	-94.17	93.77	7.10	-7.89	7.50	12.18	0.610
T-100-5	93.20	-94.01	93.60	7.02	-7.81	7.42	12.09	0.605
T-100-6	93.47	-94.29	93.88	7.25	-7.92	7.59	12.07	0.604
T-100-7	93.24	-94.28	93.76	7.23	-7.85	7.54	12.18	0.610
T-100-8	93.18	-94.16	93.67	7.16	-7.87	7.52	12.18	0.610
T-100-9	92.94	-93.71	93.32	7.25	-7.86	7.55	12.12	0.607
T-100-10	93.08	-93.48	93.28	7.15	-7.91	7.53	12.01	0.601
T-120-1	95.87	-97.43	96.65	8.96	-9.42	9.19	9.86	0.494
T-120-2	97.70	-98.88	98.29	8.83	-9.75	9.29	10.06	0.504
T-120-3	98.03	-98.82	98.42	8.61	-9.52	9.06	10.11	0.506
T-120-4	98.04	-98.82	98.43	8.84	-9.80	9.32	10.09	0.505
T-120-5	97.98	-98.93	98.45	9.04	-9.62	9.33	10.21	0.511
T-120-6	98.45	-98.85	98.65	8.82	-9.73	9.28	10.15	0.508
T-120-7	98.12	-98.45	98.28	9.03	-9.90	9.46	10.10	0.506
T-120-8	97.89	-98.58	98.24	8.93	-9.23	9.08	10.20	0.511
T-120-9	97.73	-98.42	98.07	8.75	-9.62	9.19	9.98	0.500
T-120-10	97.46	-98.19	97.82	8.99	-9.86	9.42	10.11	0.506
T-130-1	97.61	-99.08	98.34	9.45	-10.71	10.08	9.18	0.460
T-140-1	98.82	-100.50	99.66	10.76	-11.40	11.08	8.49	0.425
T-160-1	100.29	-102.42	101.36	12.53	-13.11	12.82	7.28	0.365
T-180-1	98.30	-44.13	71.21	8.51	1.01	3.75		

(e)供試体H5 荷重最大時

降伏荷重 H_y (tf): 62.70降伏変位 δ_y (cm): 5.65

ル-フNo	水平荷重H(tf)			水平変位 δ			剛性 (tf/cm)	等価剛性
	+側(tf)	-側(tf)	平均(tf)	+側(cm)	-側(cm)	平均(cm)		
H5T1	24.05	-28.13	26.09	1.76	-1.73	1.75	14.59	1.315
H5T2	79.86	-90.42	85.14	19.27	-2.51	10.89	1.26	0.113

(f)供試体H6 荷重最大時

降伏荷重 H_y (tf): 62.70降伏変位 δ_y (cm): 5.65

ル-フNo	水平荷重H(tf)			水平変位 δ			剛性 (tf/cm)	等価剛性
	+側(tf)	-側(tf)	平均(tf)	+側(cm)	-側(cm)	平均(cm)		
H6T1	41.97	-49.04	45.51	3.95	-4.10	4.03	10.99	0.990
H6TY	59.24	-65.70	62.47	5.92	-6.08	6.00	10.41	0.938
H6T2	72.59	-77.60	75.10	8.64	-8.51	8.57	8.53	0.768
H6T3	79.34	-84.29	81.82	13.39	-13.40	13.40	5.68	0.512
H6T4	82.89	-87.89	85.39	17.48	-18.58	18.03	4.23	0.381
H6T5	84.02	-87.21	85.62	15.72	-13.32	14.52	3.02	0.272
H6T6	79.13	-71.48	75.31	7.56	-4.03	5.79	1.79	0.161
H6T7	58.86	-50.03	54.45	0.05	3.84	-1.89	0.92	0.083

(g)供試体H7 荷重最大時

降伏荷重 H_y (tf): 62.70降伏変位 δ_y (cm): 5.65

ル-フNo	水平荷重H(tf)			水平変位 δ			剛性 (tf/cm)	等価剛性
	+側(tf)	-側(tf)	平均(tf)	+側(cm)	-側(cm)	平均(cm)		
H7T11	41.70	-48.11	44.91	3.97	-3.89	3.93	11.42	1.029
H7T12	44.39	-48.65	46.52	3.80	-3.91	3.86	11.81	1.064
H7T12	44.79	-48.57	46.68	3.82	-3.90	3.86	11.85	1.068
H7TY1	58.68	-64.94	61.81	5.74	-5.85	5.79	10.62	0.957
H7TY2	62.03	-64.86	63.45	5.76	-5.77	5.77	10.87	0.980
H7TY2	61.97	-64.98	63.48	5.74	-5.77	5.75	10.86	0.979
H7T21	72.17	-76.36	74.27	8.19	-8.12	8.15	8.68	0.782
H7T22	73.89	-76.46	75.18	8.35	-8.45	8.40	8.81	0.794
H7T22	73.86	-76.19	75.03	8.42	-8.39	8.40	8.82	0.795
H7T31	79.50	-83.00	81.25	13.18	-13.00	13.09	5.74	0.517
H7T32	80.81	-83.37	82.09	12.96	-13.66	13.31	5.89	0.530
H7T32	81.08	-82.94	82.01	13.55	-13.46	13.50	5.81	0.524
H7T41	82.71	-84.39	83.55	15.79	-15.43	15.61	4.20	0.378
H7T42	82.36	-81.74	82.05	15.37	-14.21	14.79	4.06	0.366
H7T42	79.05	-77.51	78.28	14.08	-12.36	13.22	3.73	0.336
H7T51	74.19	-70.26	72.23	11.44	-8.32	9.88	2.43	0.219
H7T52	62.61	-57.05	59.83	7.85	-9.94	8.89	2.04	0.184
H7T53	51.54	-48.35	49.95	4.97	-11.32	8.14	1.68	0.151

(h)供試体H8 荷重最大時

降伏荷重 H_y (tf): 62.70降伏変位 δ_y (cm): 5.65

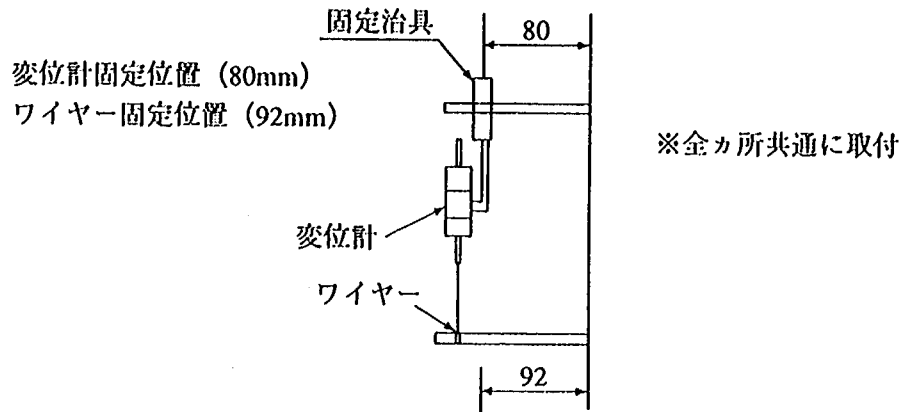
ル-フNo	水平荷重H(tf)			水平変位 δ			剛性 (tf/cm)	等価剛性
	+側(tf)	-側(tf)	平均(tf)	+側(cm)	-側(cm)	平均(cm)		
H8T1	41.51	-47.46	44.49	3.77	-3.91	3.84	11.42	1.029
H8TY	58.80	-63.62	61.21	5.75	-5.72	5.74	10.42	0.939
H8T2	71.28	-75.11	73.20	8.40	-8.41	8.40	8.38	0.755
H8T3	77.13	-79.53	78.33	12.70	-12.00	12.35	5.39	0.486
H8T4	78.32	-78.95	78.64	14.36	-10.48	12.42	3.60	0.325
H8T5	73.97	-67.64	70.81	11.06	-4.90	7.98	1.94	0.175

(i)供試体H9 荷重最大時

降伏荷重 H_y (tf): 44.30降伏変位 δ_y (cm): 5.51

ル-フNo	水平荷重H(tf)			水平変位 δ			剛性 (tf/cm)	等価剛性
	+側(tf)	-側(tf)	平均(tf)	+側(cm)	-側(cm)	平均(cm)		
H9T1	32.55	-37.04	34.80	4.31	-4.39	4.35	7.97	0.991
H9TY	45.78	-50.12	47.95	6.29	-6.53	6.41	7.46	0.928
H9T2	55.71	-59.60	57.66	8.94	-9.35	9.15	6.16	0.767
H9T3	61.74	-65.45	63.60	13.54	-14.64	14.09	4.30	0.535
H9T4	64.80	-68.43	66.62	17.83	-18.36	18.09	3.28	0.408
H9T5	66.77	-69.41	68.09	23.01	-19.19	21.10	2.60	0.324
H9T6	67.56	-65.36	66.46	21.19	-11.80	16.49	2.00	0.249
H9T7	61.20	-58.76	59.98	21.48	-16.61	19.05	1.49	0.185
H9T8	53.39	-49.59	51.49	8.84	-9.81	9.33	1.06	0.131

変位計固定治具取付位置 および変位計, ワイヤー固定位置

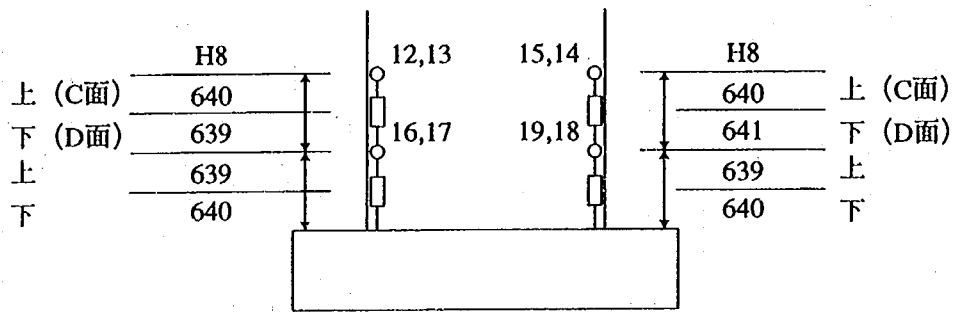
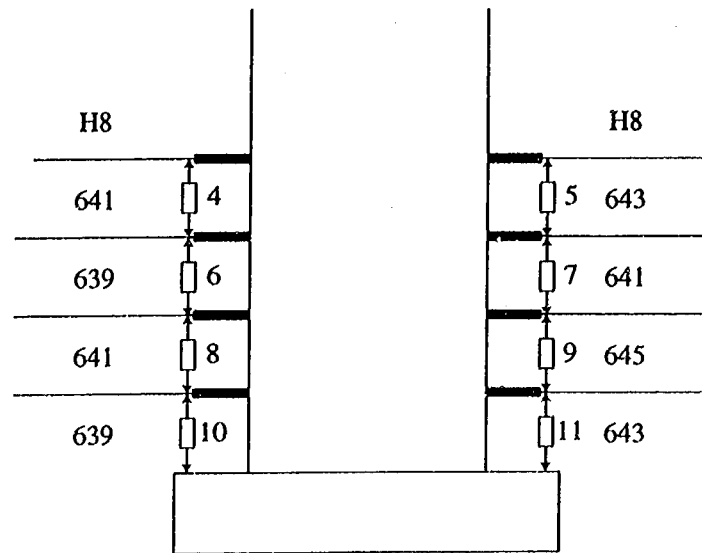


H5, 6, 7

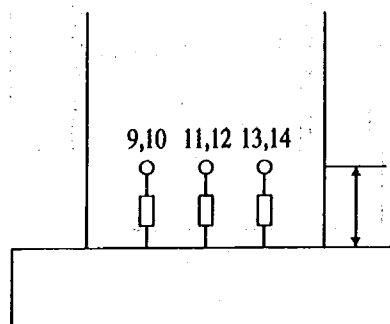
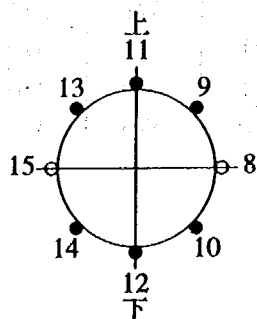
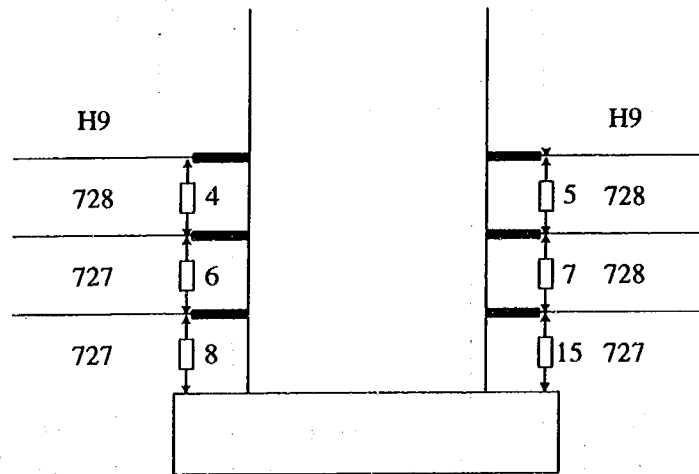
H5	H6	H7				H7	H6	H5
368	371	375	4		5	375	375	371
374	368	366	6		7	365	365	370
363	370	370	8		9	375	370	371
375	372	373	10		11	370	370	370
372	369	366	12		13	371	372	369

上 (C面)	H5	H6	H7		14,15 D3 17,16		H7	H6	H5	上 (C面)
下 (D面)	369	370	372		18,19 D2 21,20		370	370	368	下 (D面)
上	370	371	376		22,23 D1 25,24		369	371	370	上
下	371	370	369				370	371	374	下
上	368	370	369				371	371	370	上
下	370	370	370				371	370	370	下
下	371	370	370				370	370	371	下

H8



H9

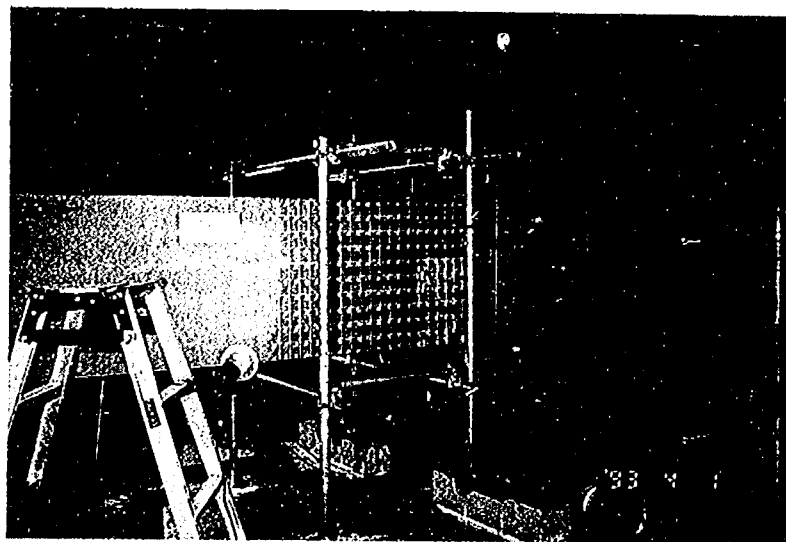


9	10	11	12	13	14
729	727	726	728	726	728

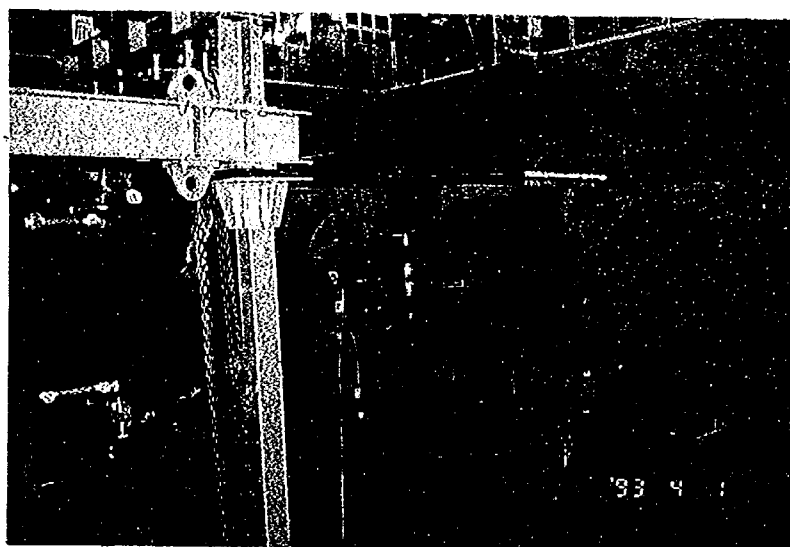
実験状況写真集

(H 1)

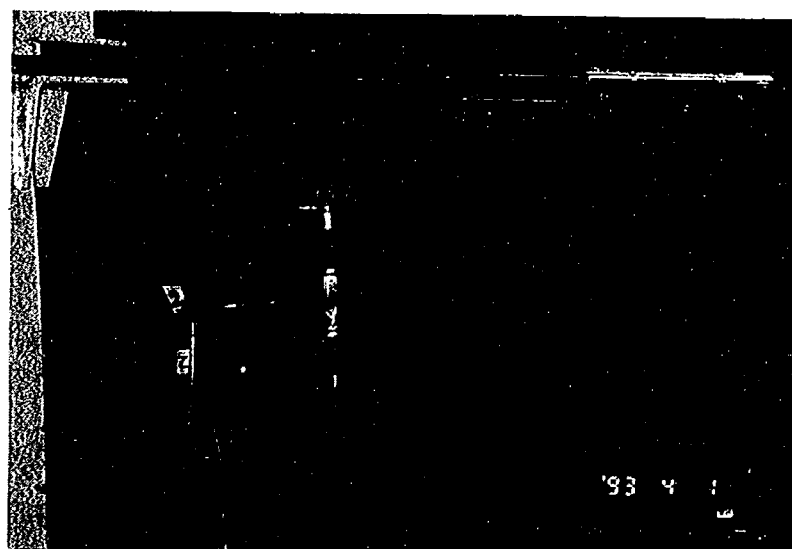
据付け



水平荷重用加振機

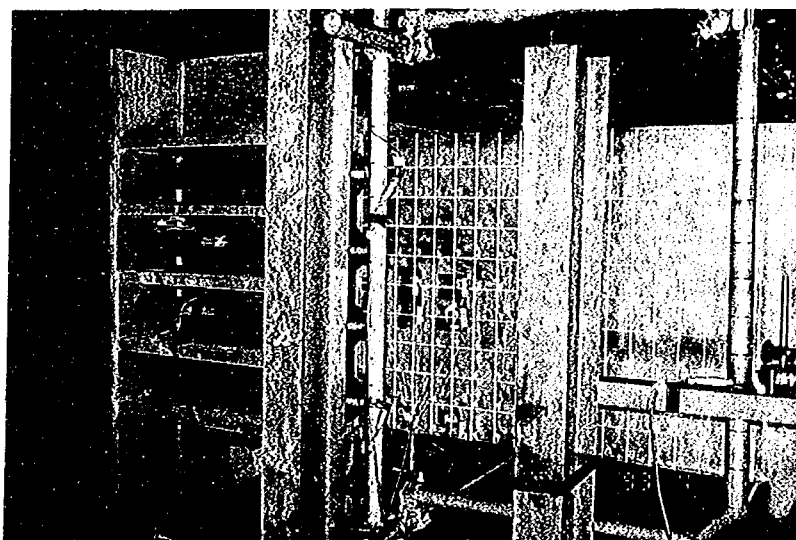


水平荷重用スイベルヘッド

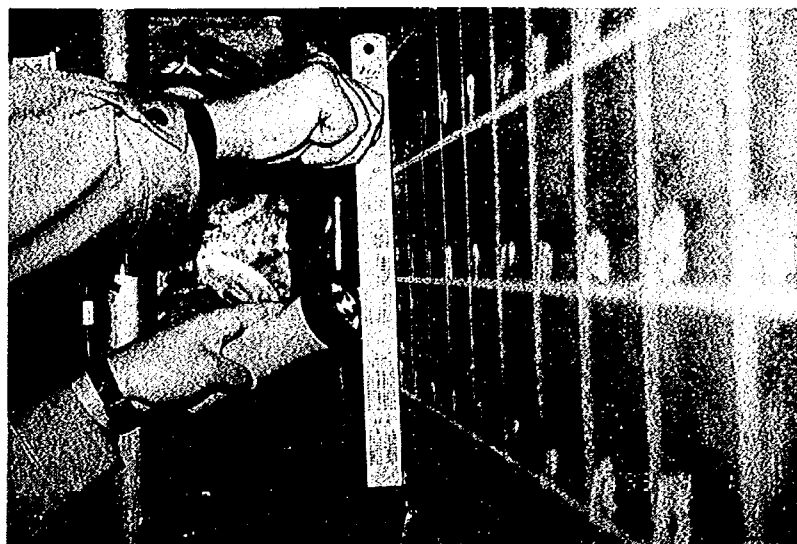




Case 5 $\delta = 7.5$ mm
変形若干見られる

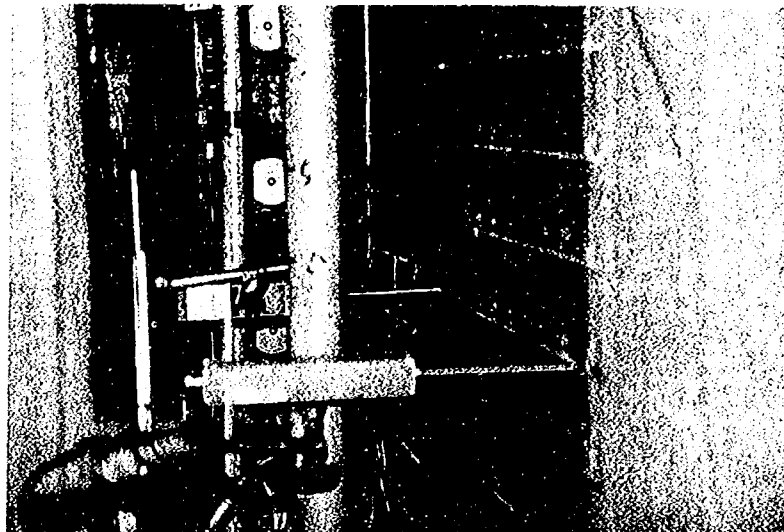


Case 5

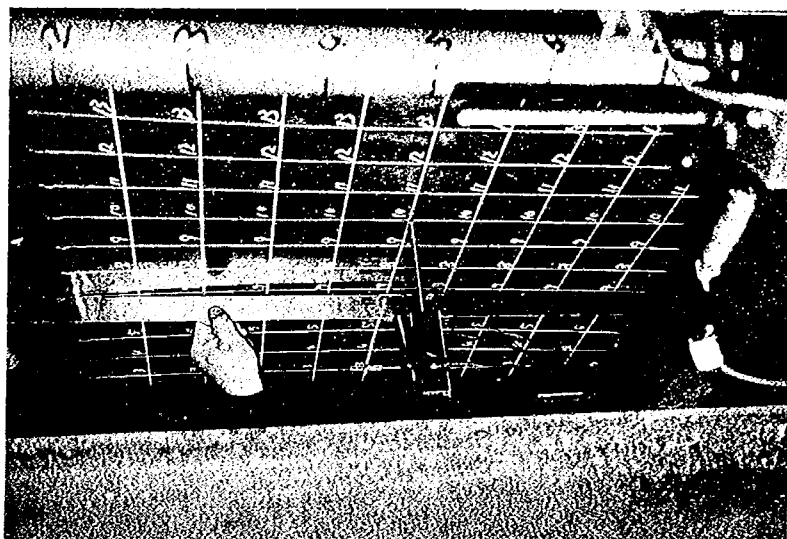


Case 7 $\delta = 12.5$ mm
A3-4, 5, 6 }
A4-4, 5, 6 }
0.5 mm程度へこみ

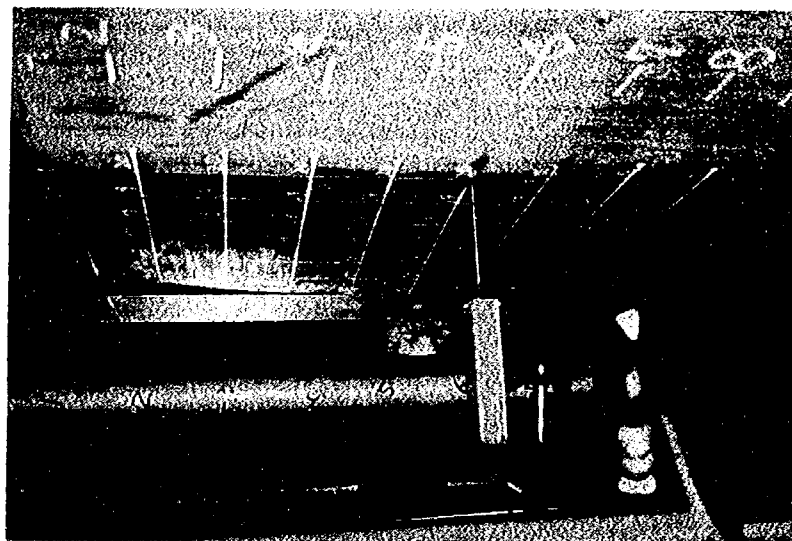
Case 9 $\delta = 175\text{mm}$
A面

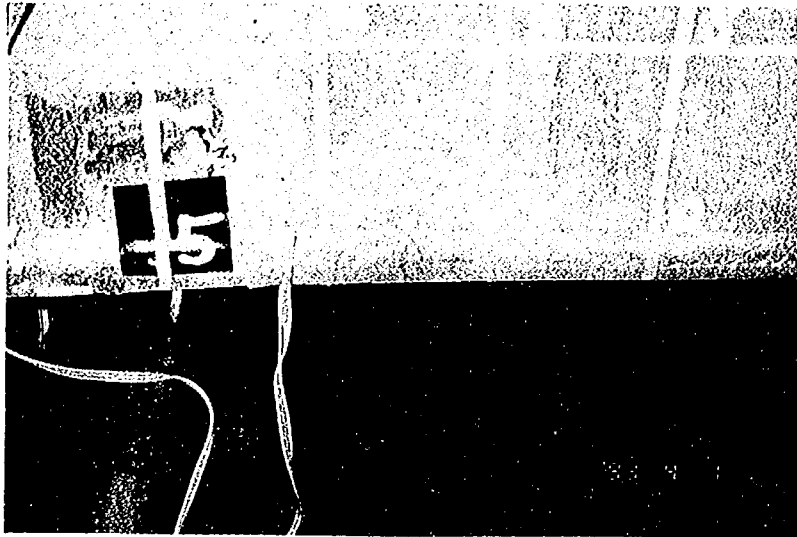


Case 9 $\delta = 175\text{mm}$
A面
A6-7へこみ

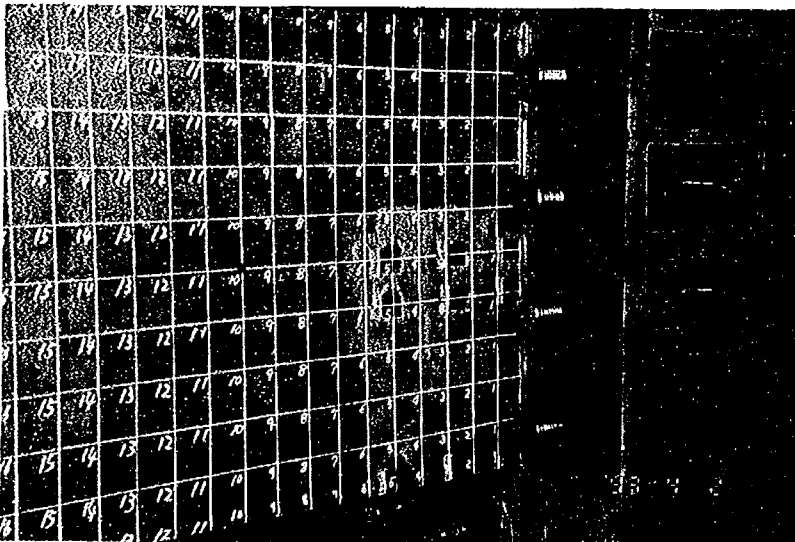


Case 9 $\delta = 175\text{mm}$
A14-6ふくらみ

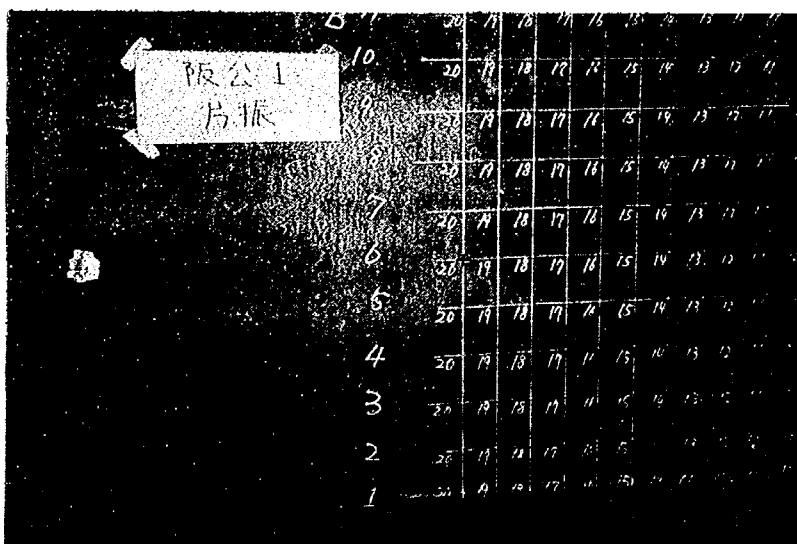




終了後
A11-6, 7

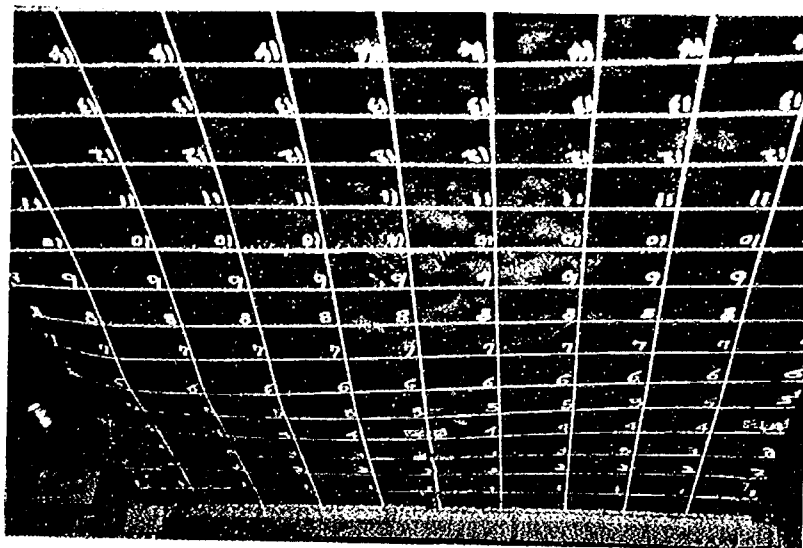


終了後
B面

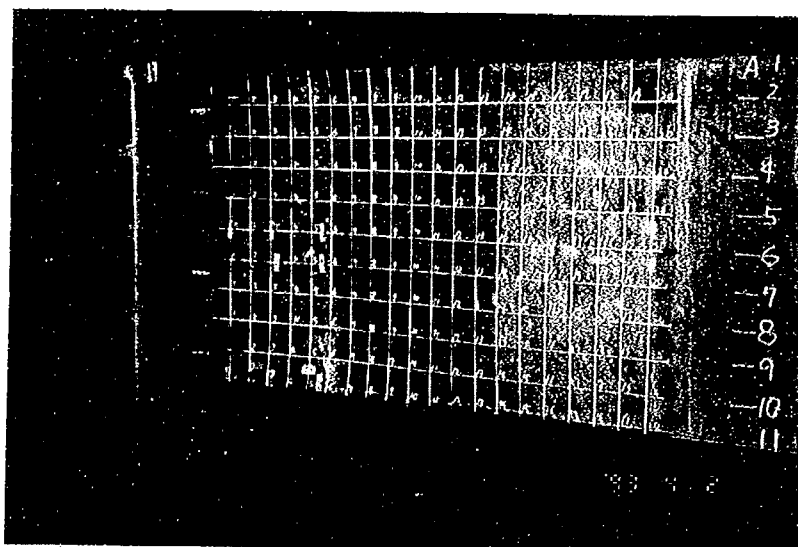


終了後
B面

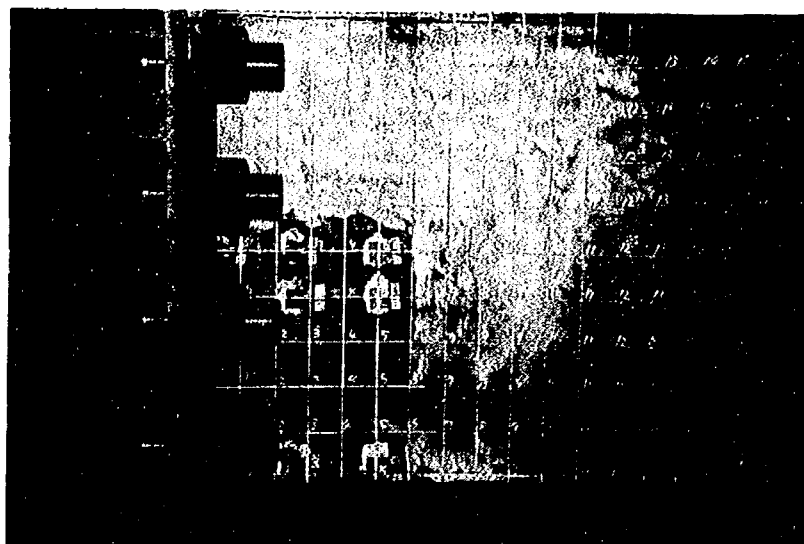
終了後
D面

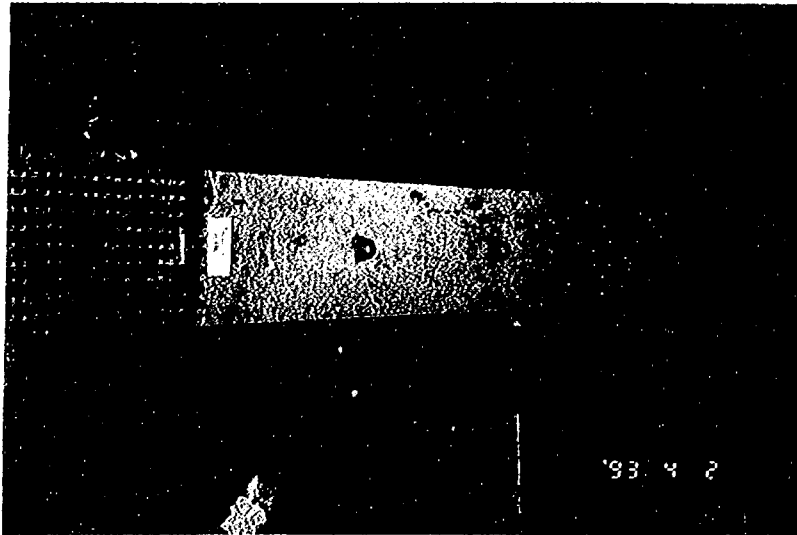


終了後
A面

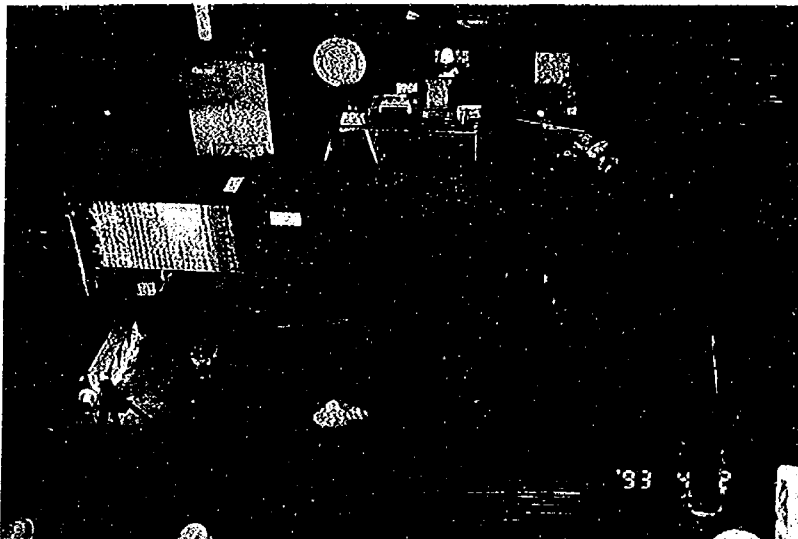


終了後
A面

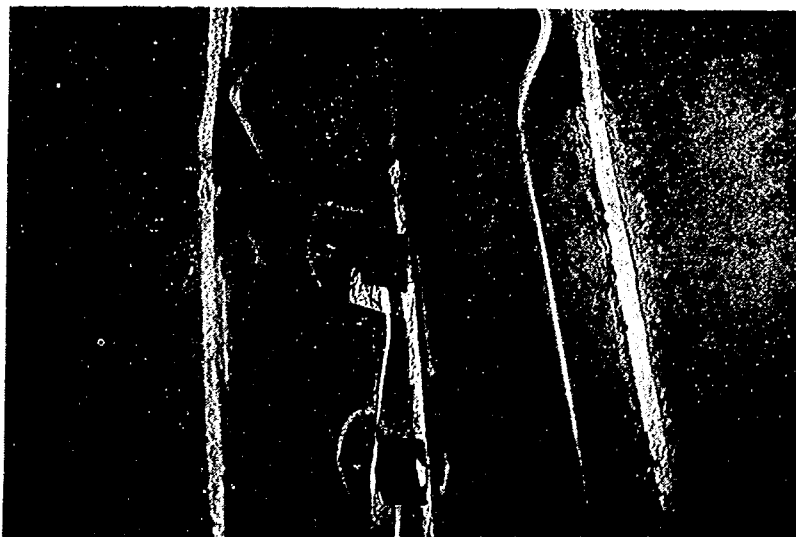




終了後

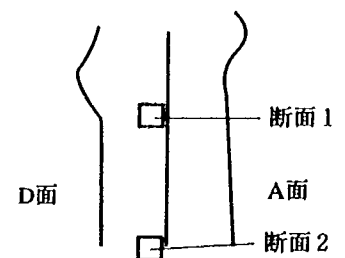


終了後



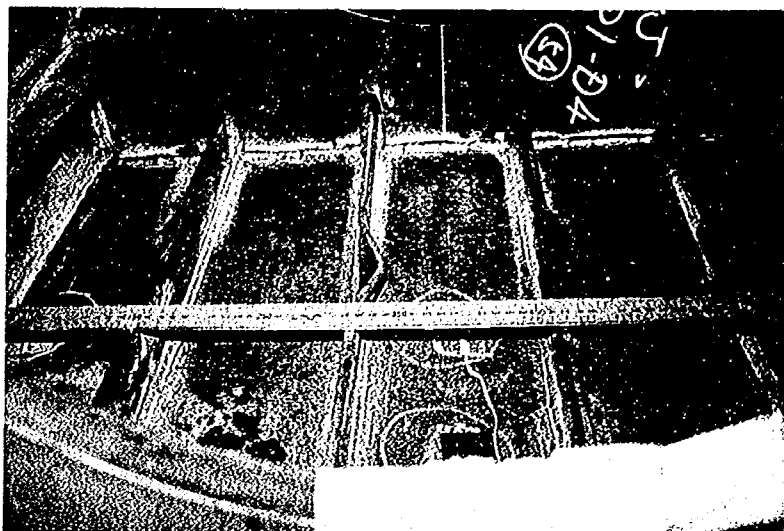
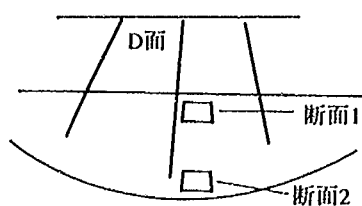
内面リブ

D, A面, 断面 1, 2

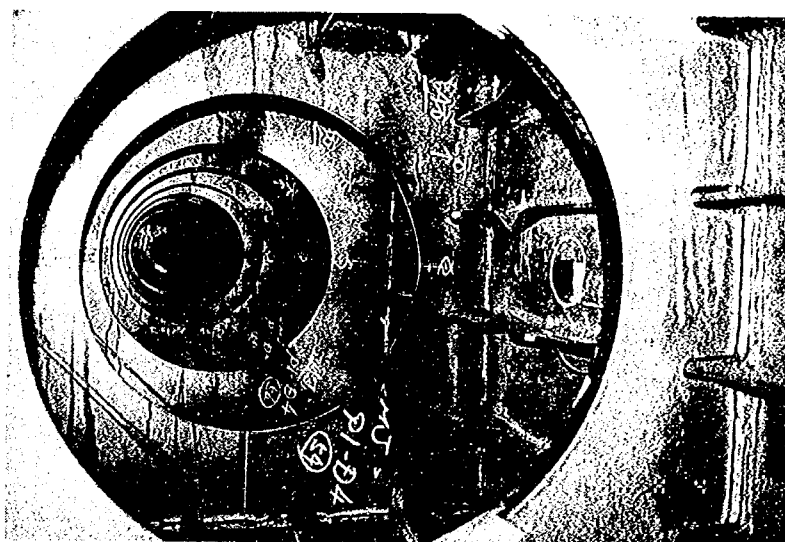
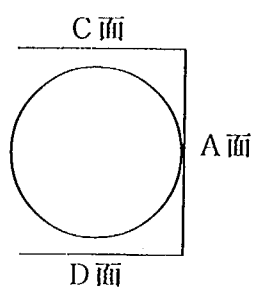


内面

D面 断面1, 2

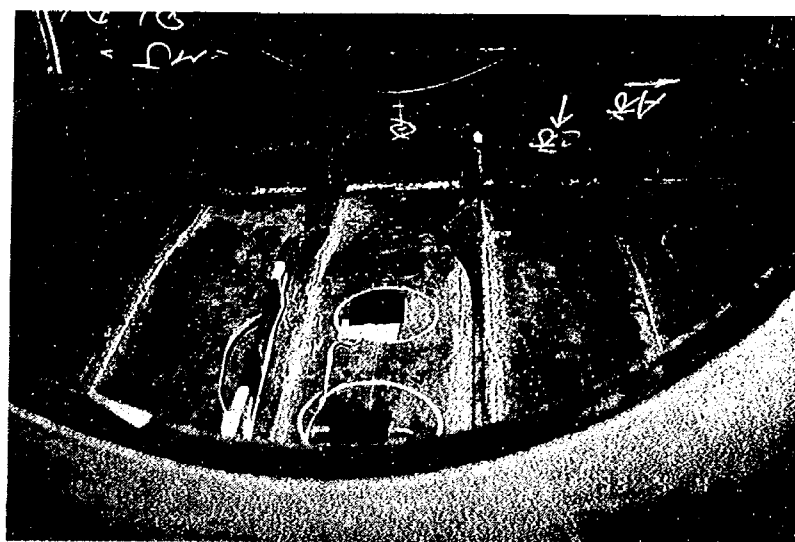
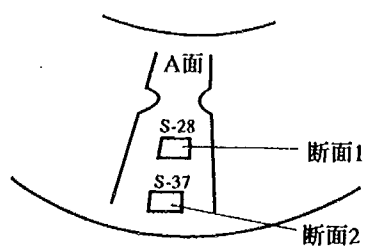


内面



内面

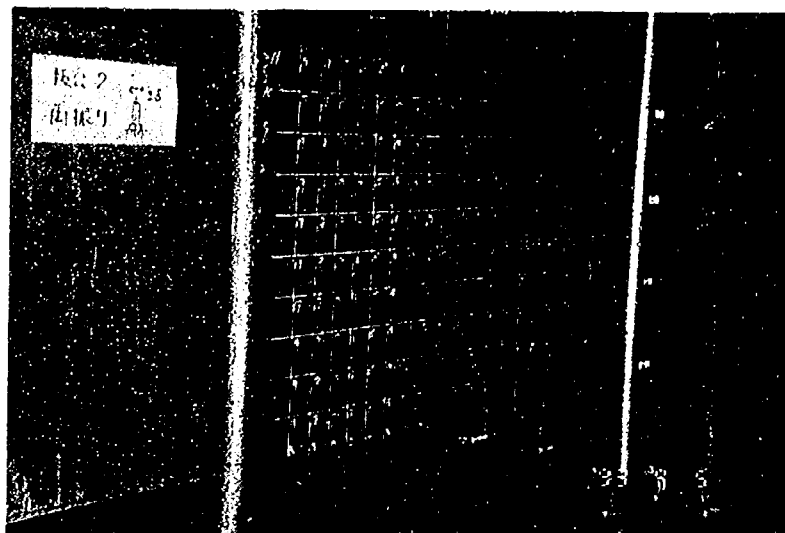
A面



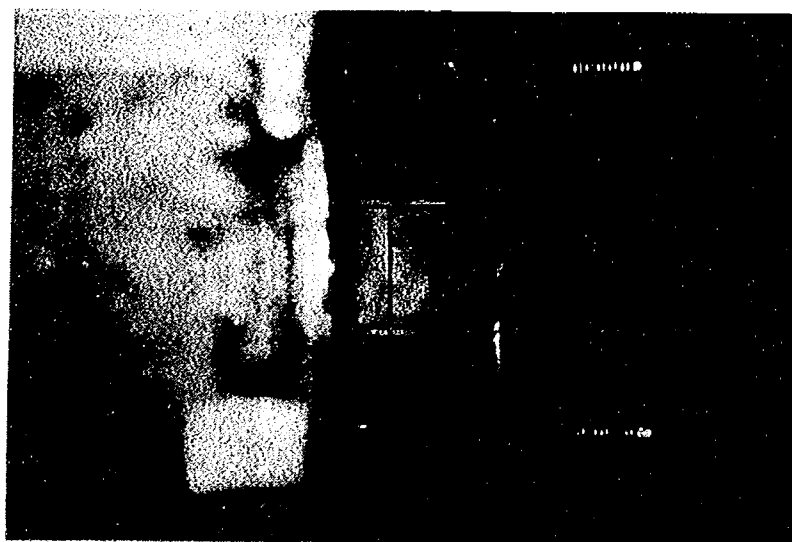
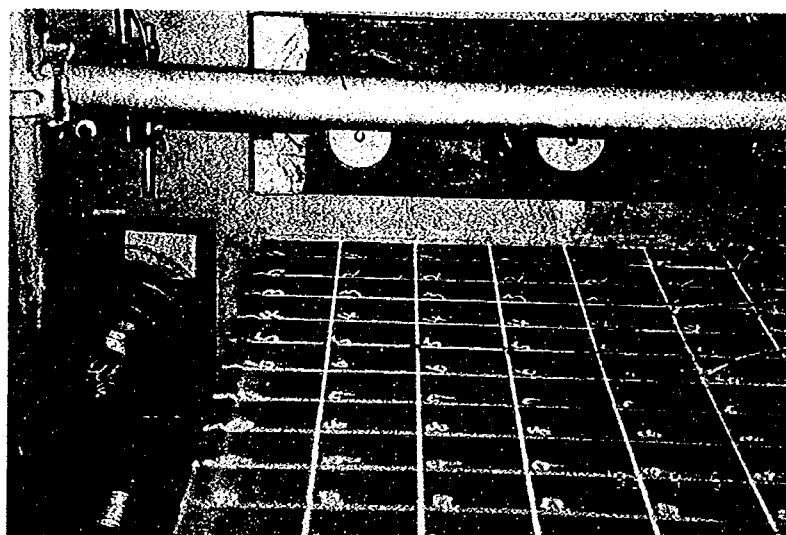
実験状況写真集

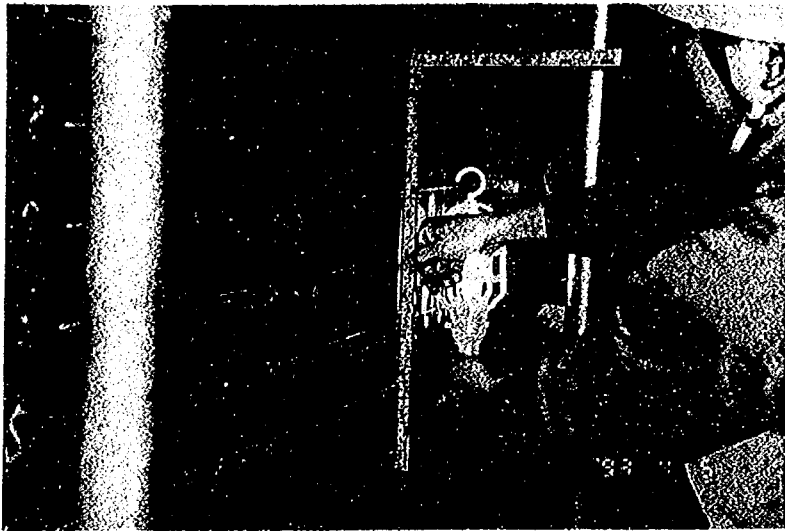
(H 2)

据付け
B面

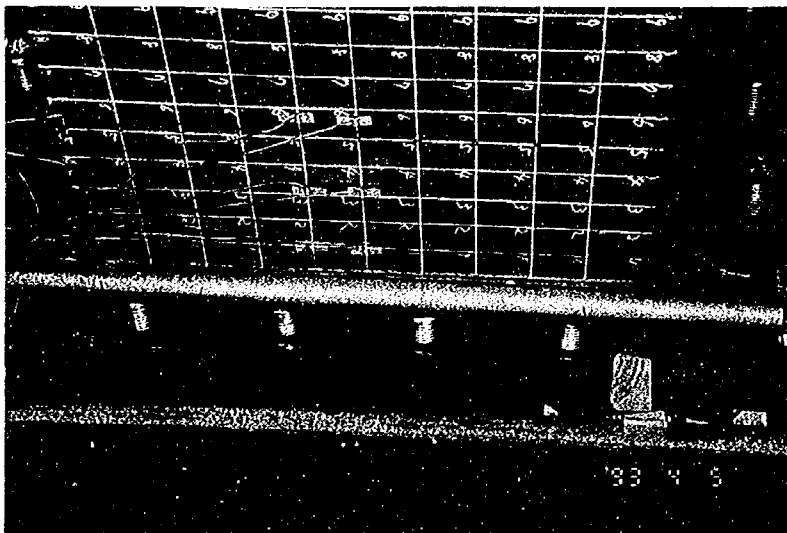


B面

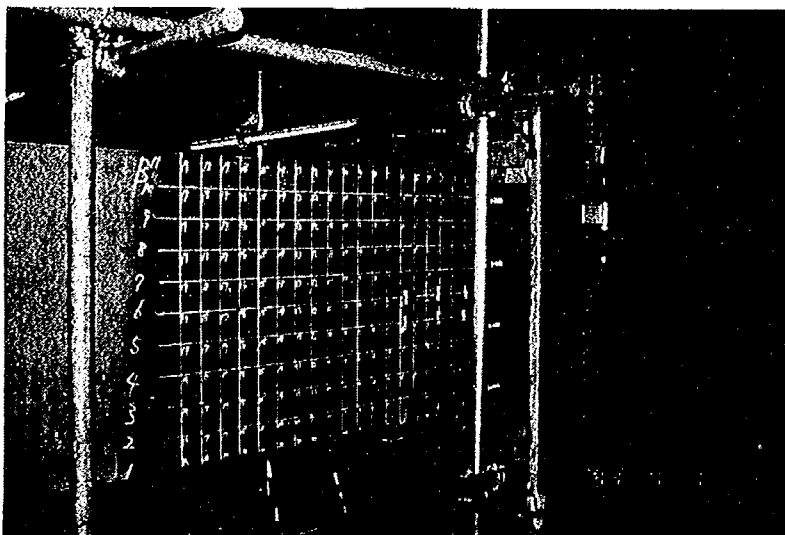




Case 3-1 $\delta = 90^\circ$
B面 B6-6 2~3mmへこむ



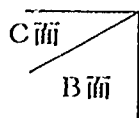
Case 3-1 $\delta = 90^\circ$
B面



据付け
B面

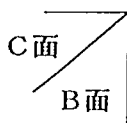
Case 4 - 1

C, B面コーナー基部MT



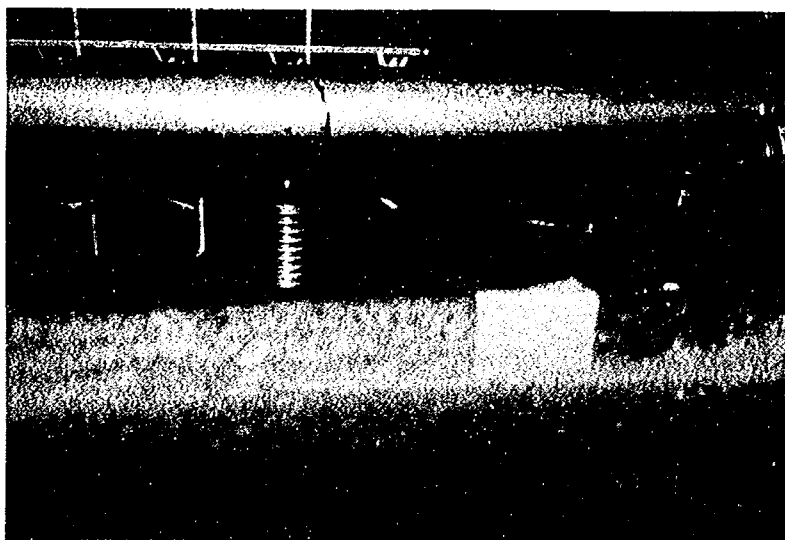
Case 4 - 1

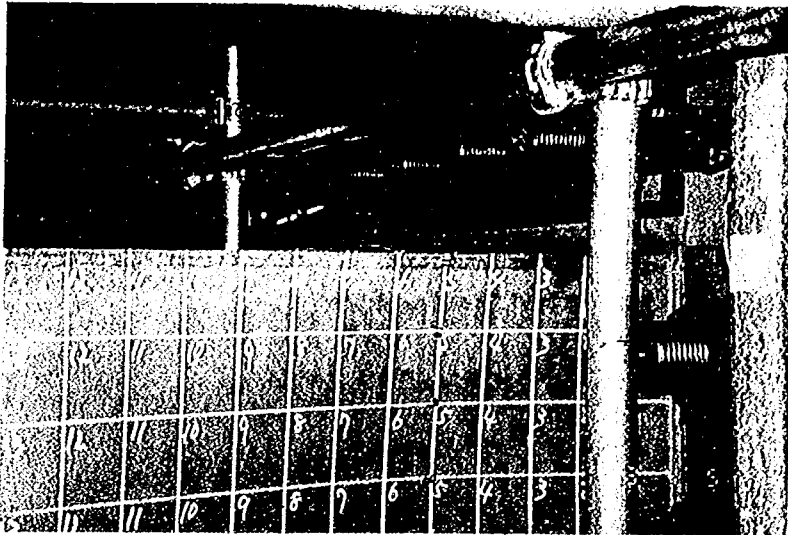
C, B面コーナー基部MT



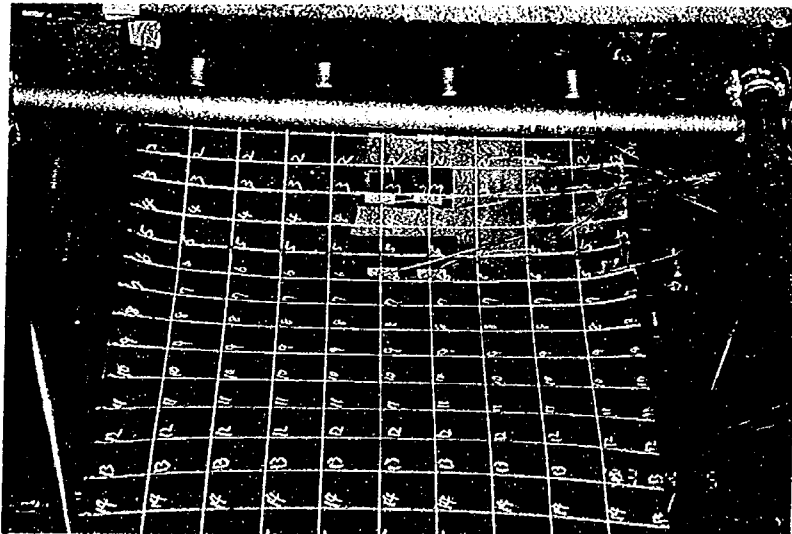
Case 4 - 2

C, B面コーナー基部

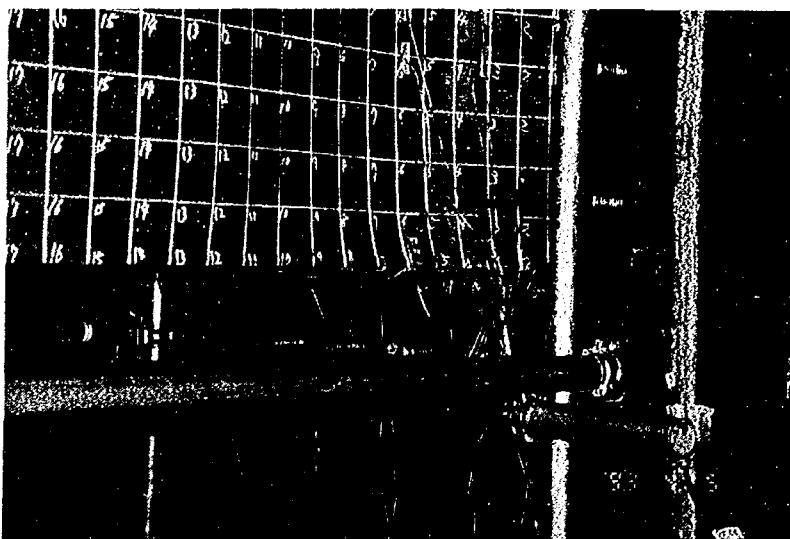




Case 5-1 1 サイクル目
B面
C面ウェブふくらみ出す

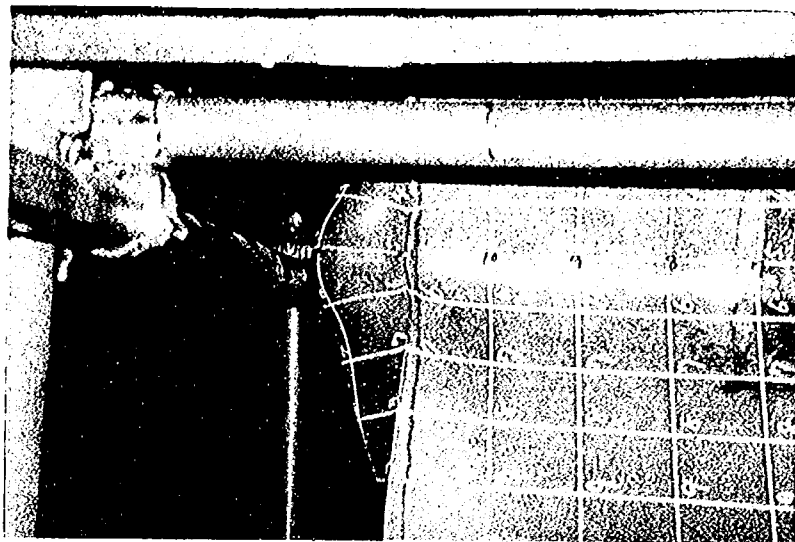


Case 5-1 2 サイクル目
 $\delta = 150 \text{ mm}$
B面



Case 5-1 2 サイクル目
 $\delta = 150 \text{ mm}$
B面

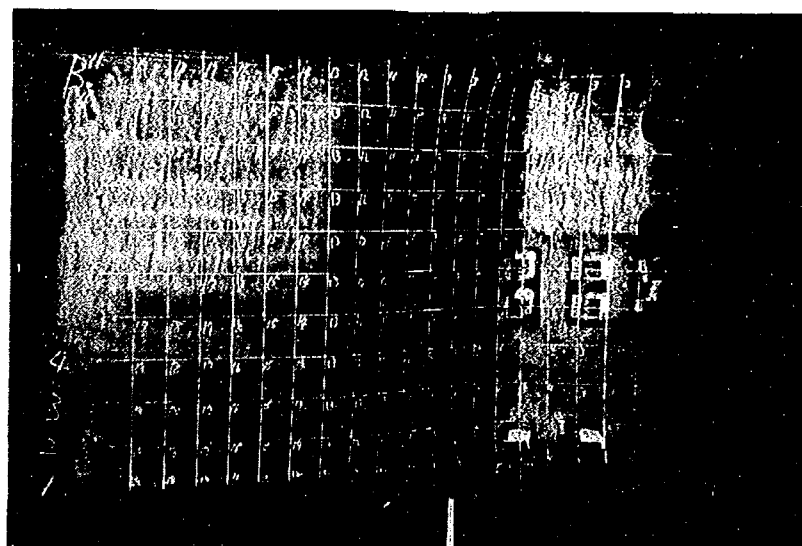
Case 6 - 1
 $\delta = 180\text{mm}$
 B, C面
 B11-5破断

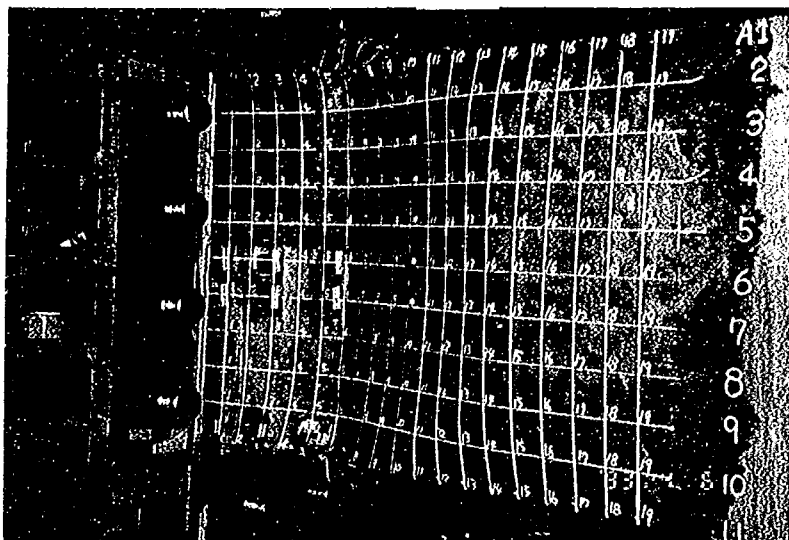


Case 6 - 1
 $\delta = 180\text{mm}$
 B, C面

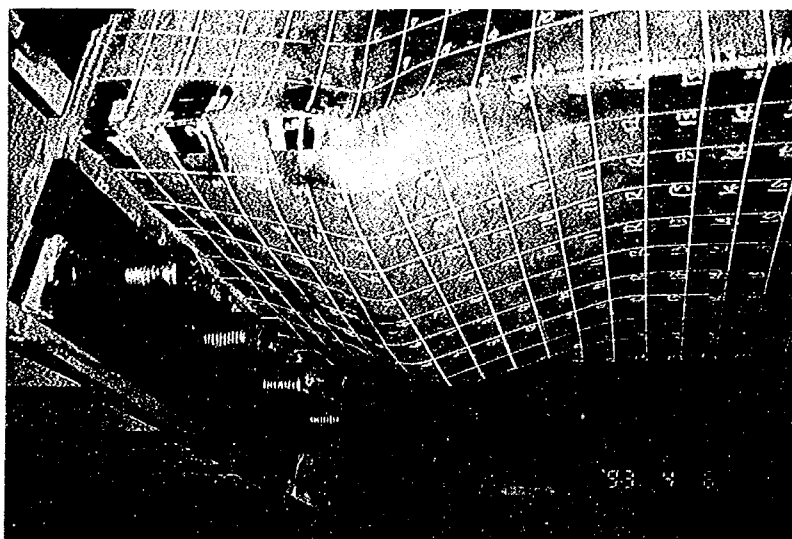


終了後
 B面

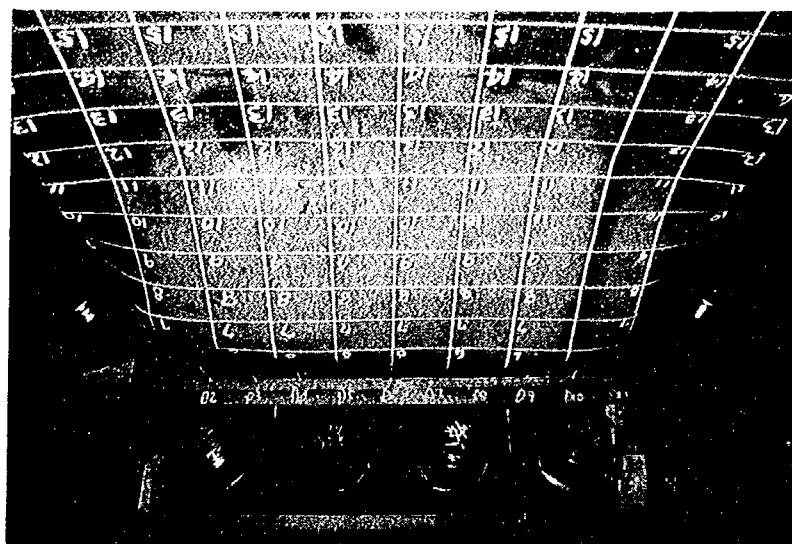




終了後
A面



終了後
D面

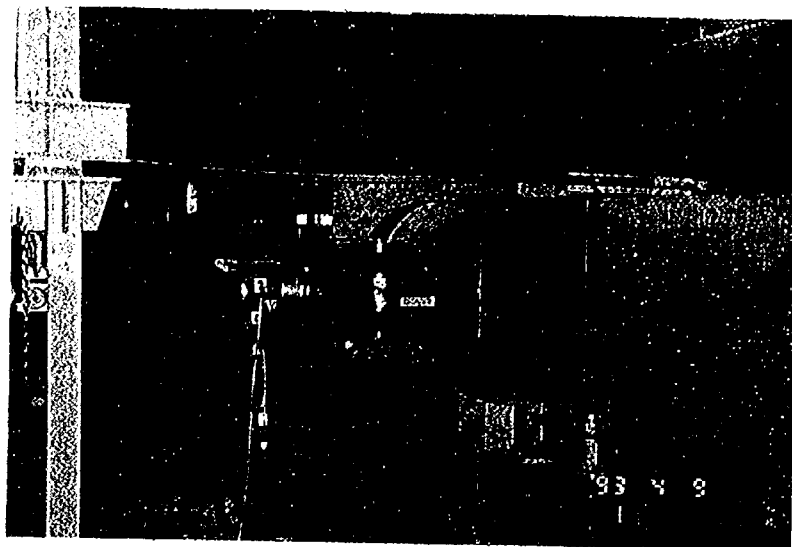


終了後
D面

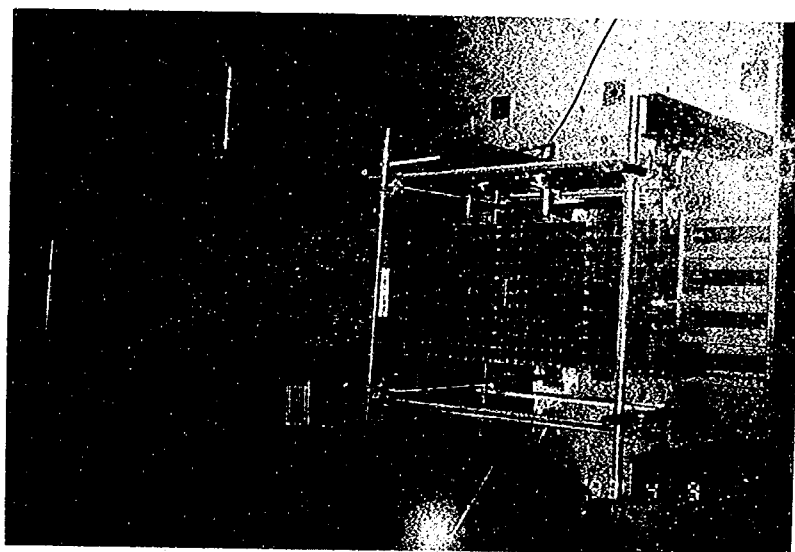
実験状況写真集

(H 3)

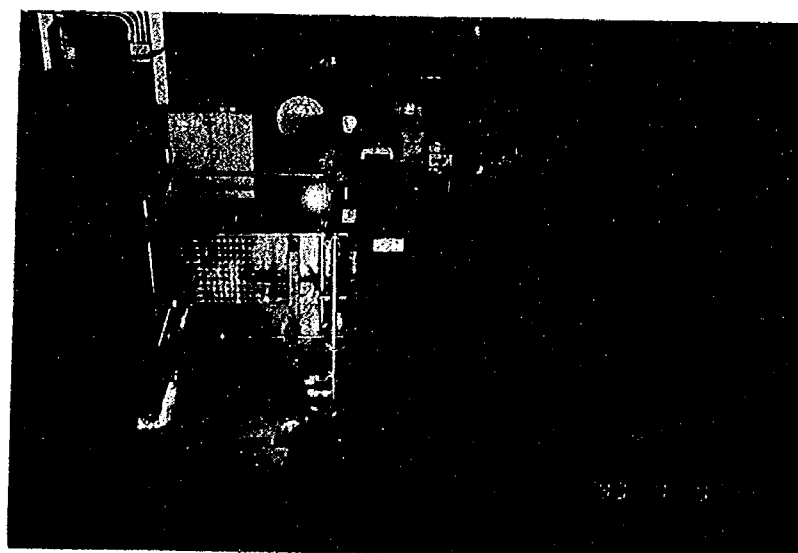
水平荷重用スイベルヘッド

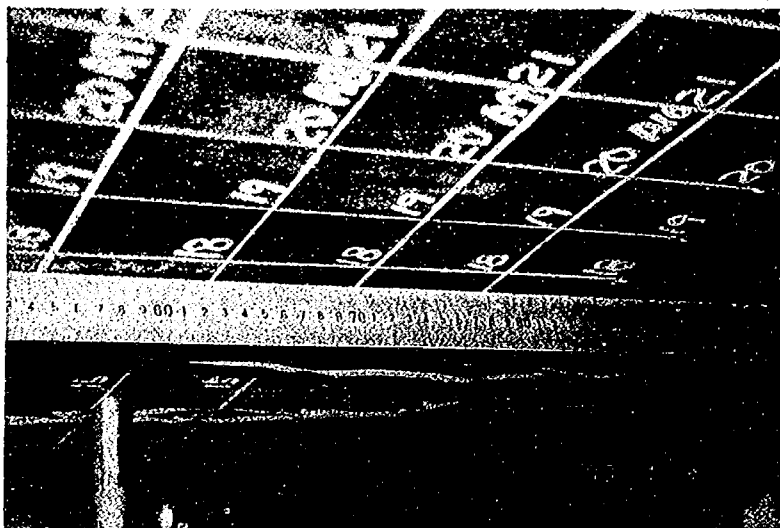


据付け



据付け

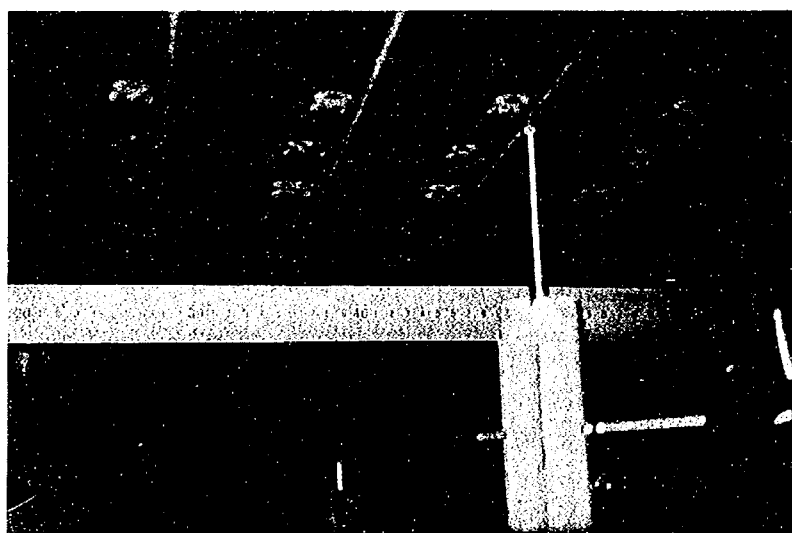




Case 5-1 $\delta = 150$ mm

A面

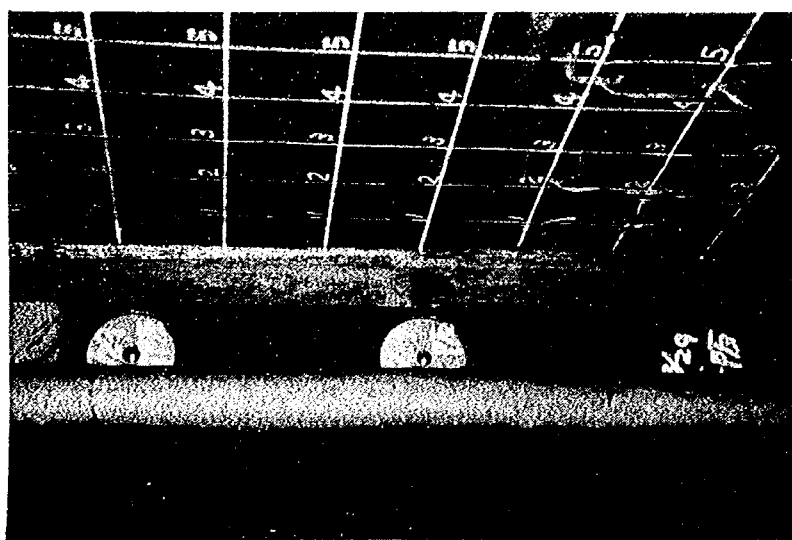
A 6-16, 17 4mmふくらみ



Case 5-1

A面

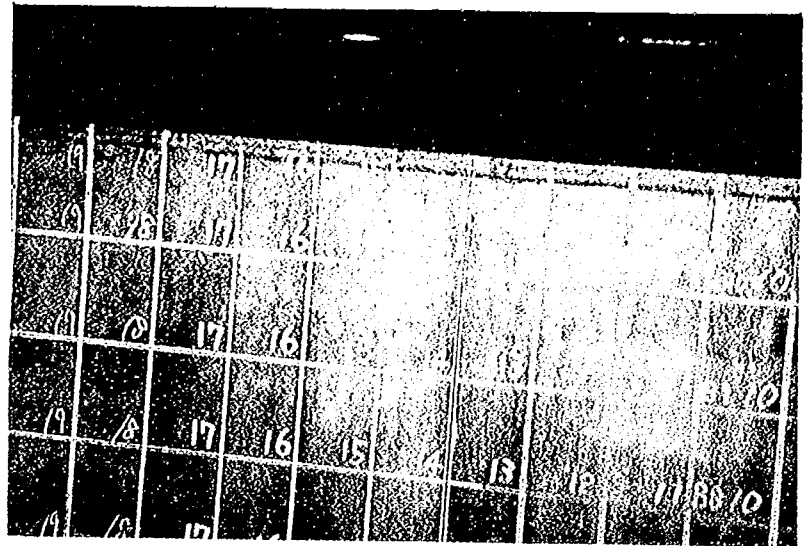
A 6-25 3mmへこみ



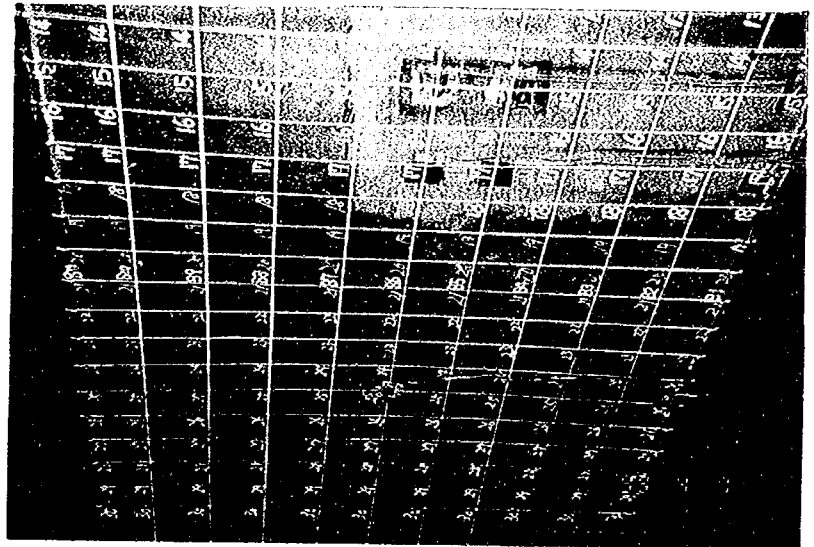
Case 5-1

A面基部

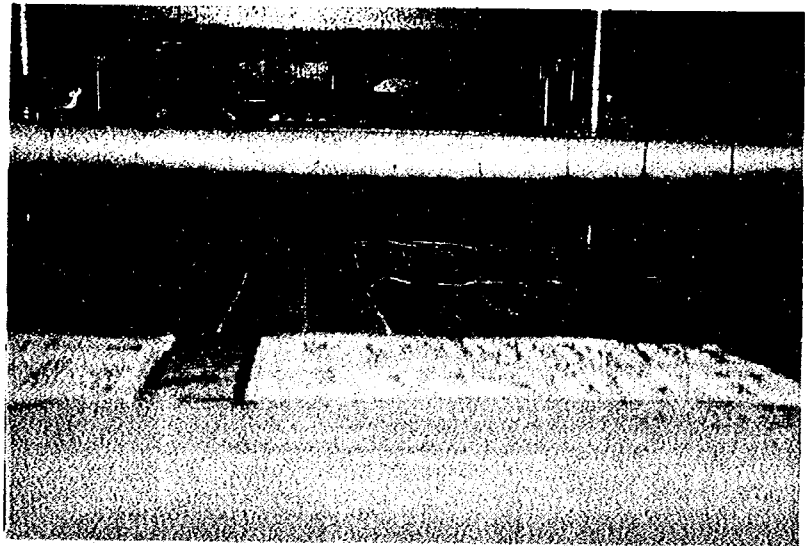
Case 6-1 $\delta = 180^\circ$
B面, C面ウェブふくらみ出す

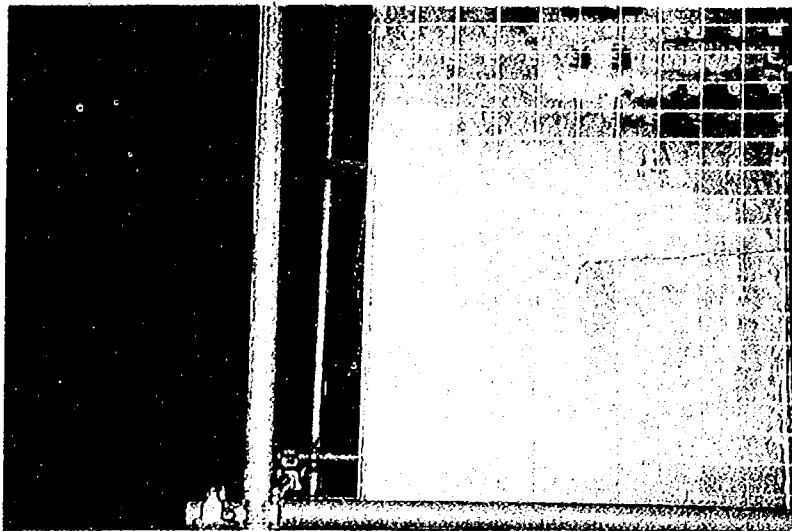


Case 6-1
B面

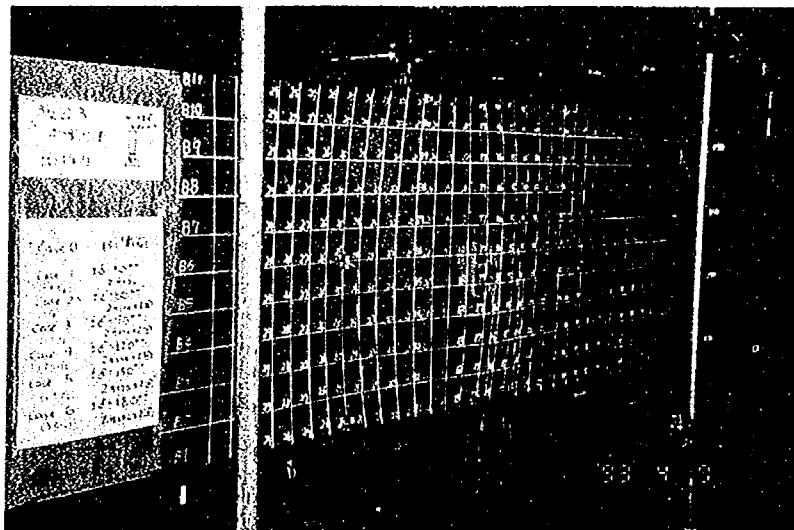


Case 6-1
B面

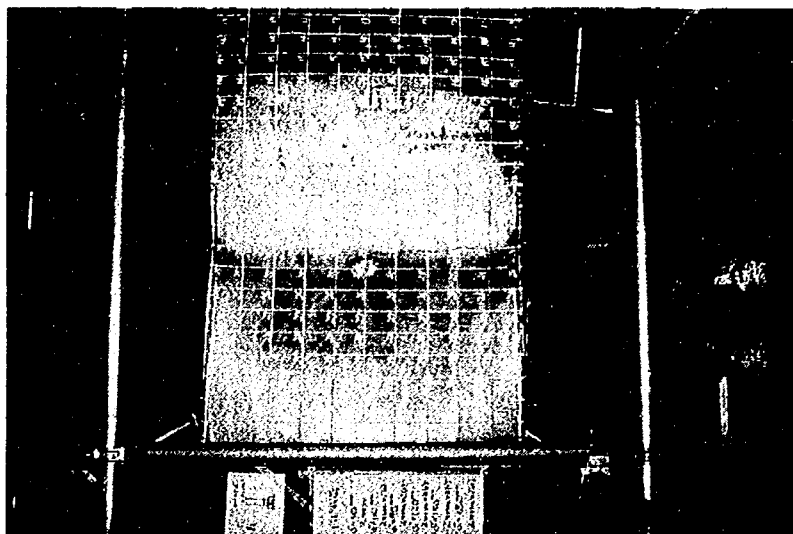




Case 7 - 1
(+側)
B面

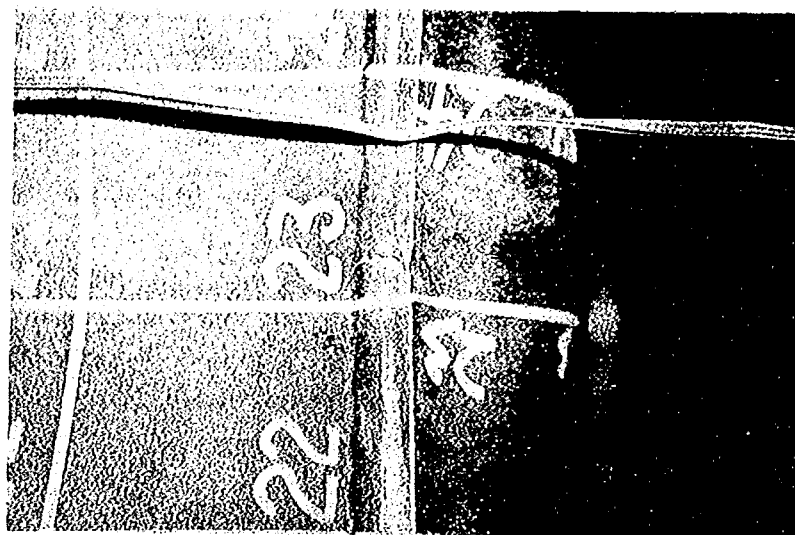


Case 7 - 1
B面

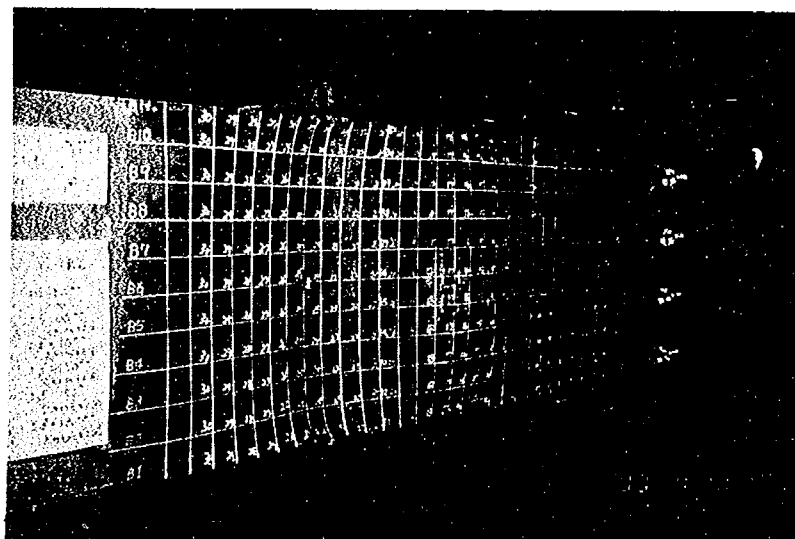


Case 7 - 1
(-側)
B面

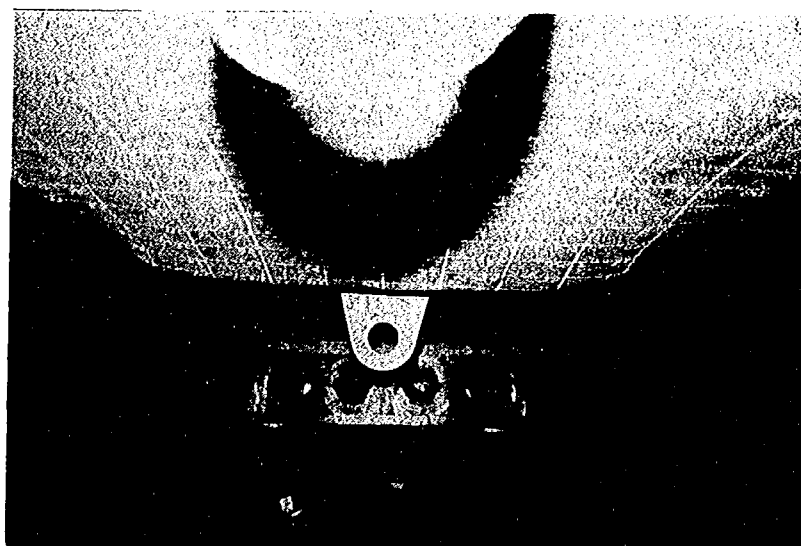
終了後
A面
A11-23 破断

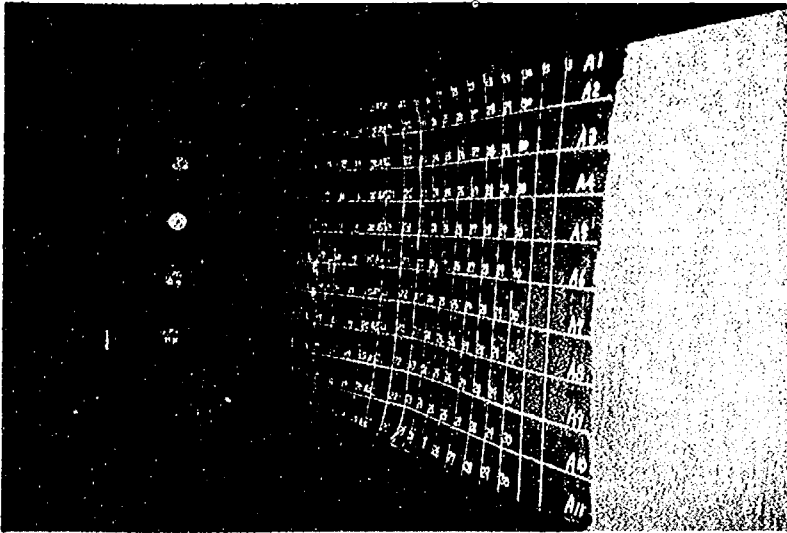


終了後
B面

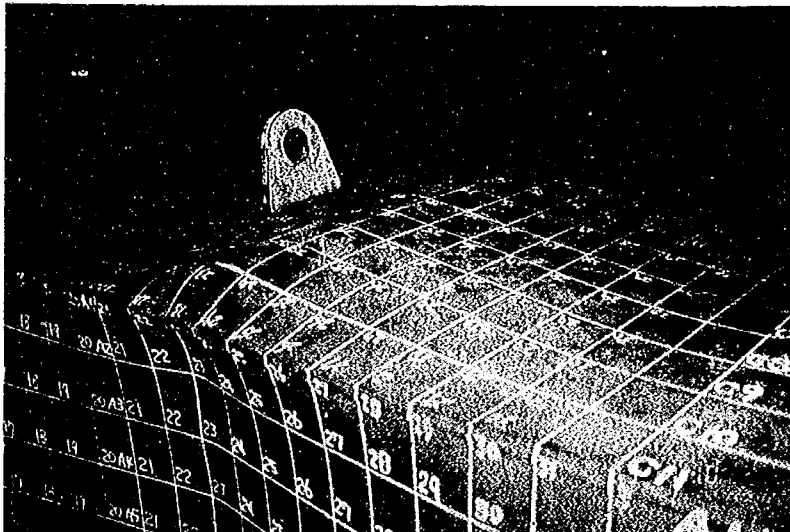


終了後
D面

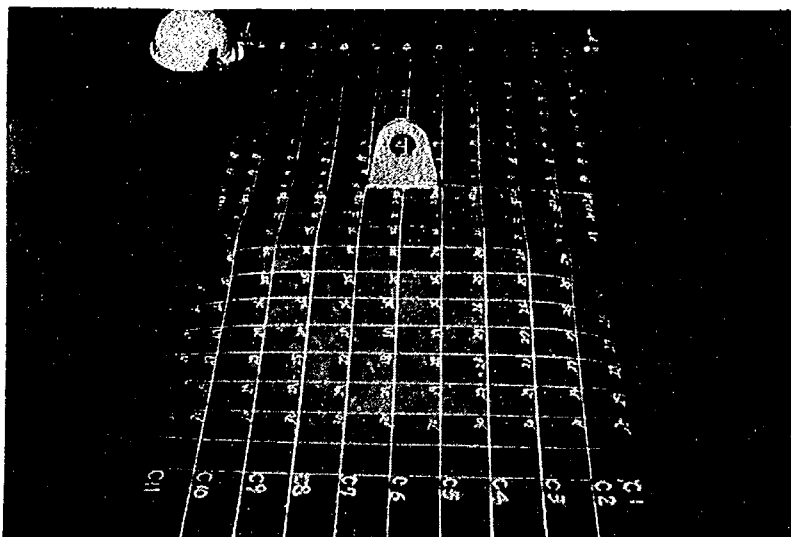




終了後
A面



終了後
C, A面

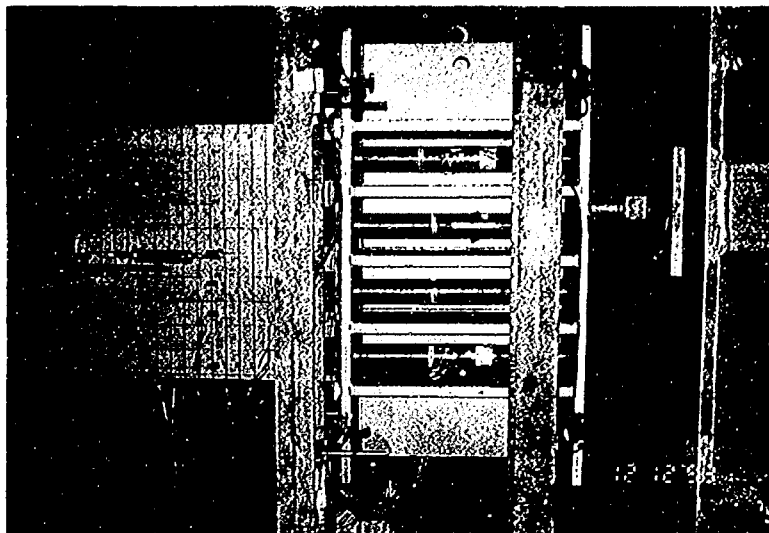


終了後
C面

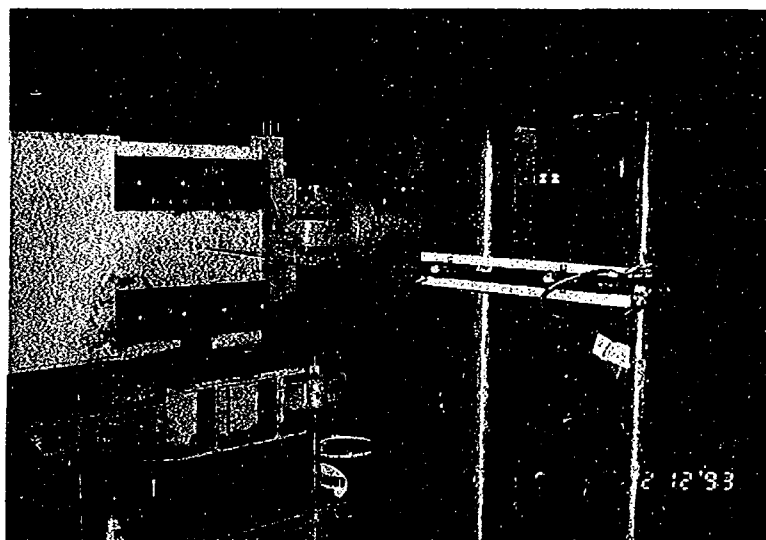
実験状況写真集

(H 4)

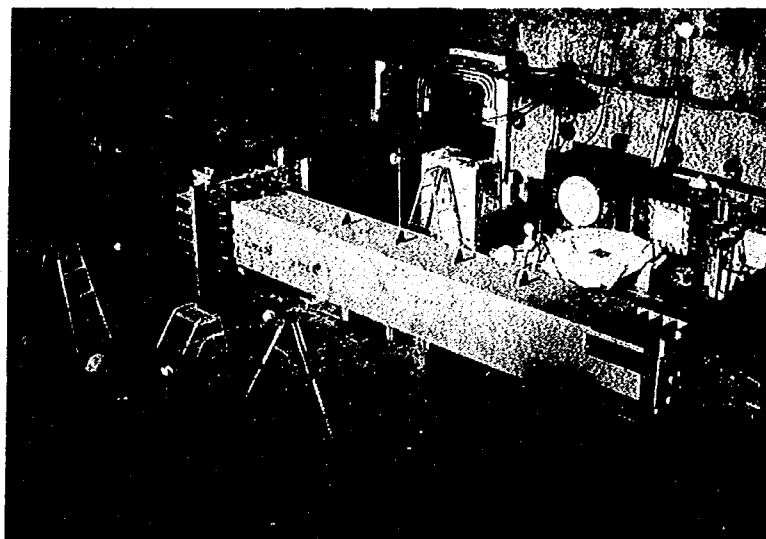
供試体
架台変位計取付け



供試体
頂部変位計取付け



実験準備完了

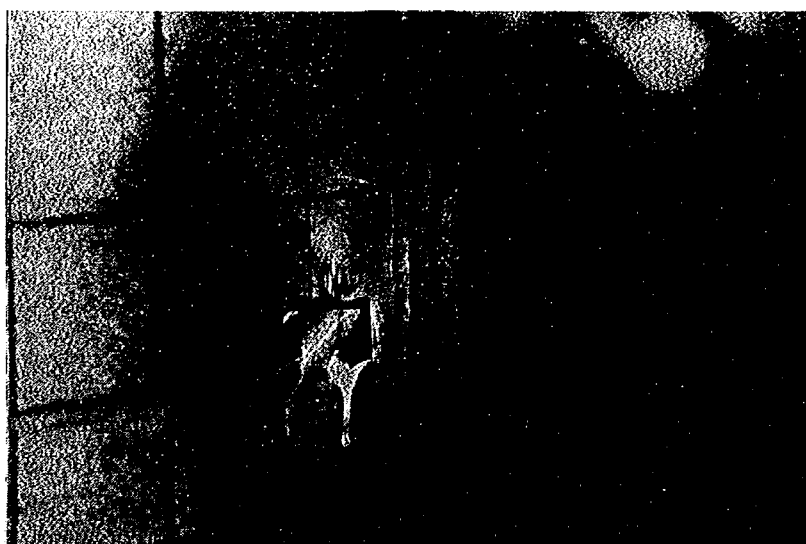




供試体初期状態
磁粉探傷検査 A面

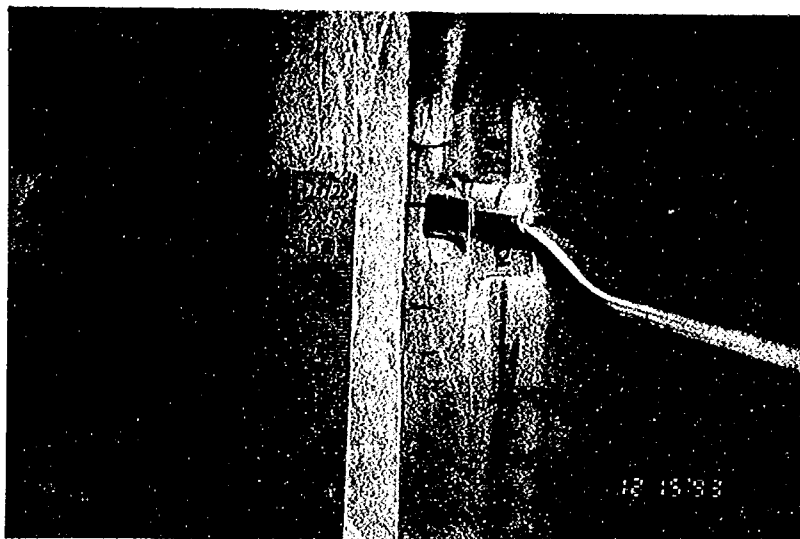


供試体初期状態
磁粉探傷検査 B面



供試体初期状態
磁粉探傷検査 B面

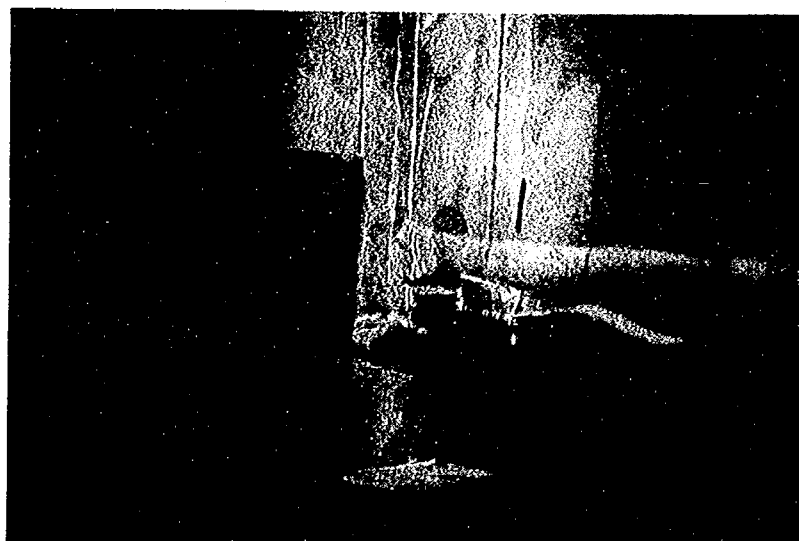
T-120-2-5 載荷実験
MT検査
A面中央部



T-120-2-5 載荷実験
MT検査
A面中央部

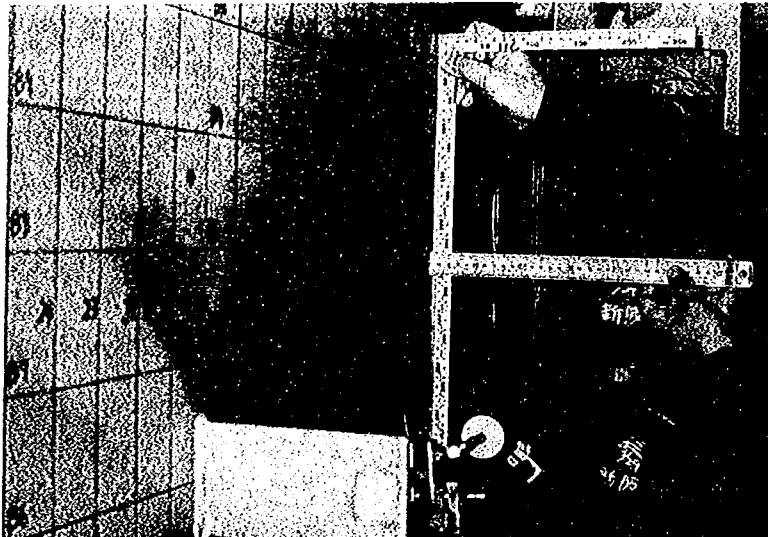


T-120-2-5 載荷実験
MT検査
A面下側コーナー部





T-140-01 載荷実験
(3.5 δy)
D面コーナー部

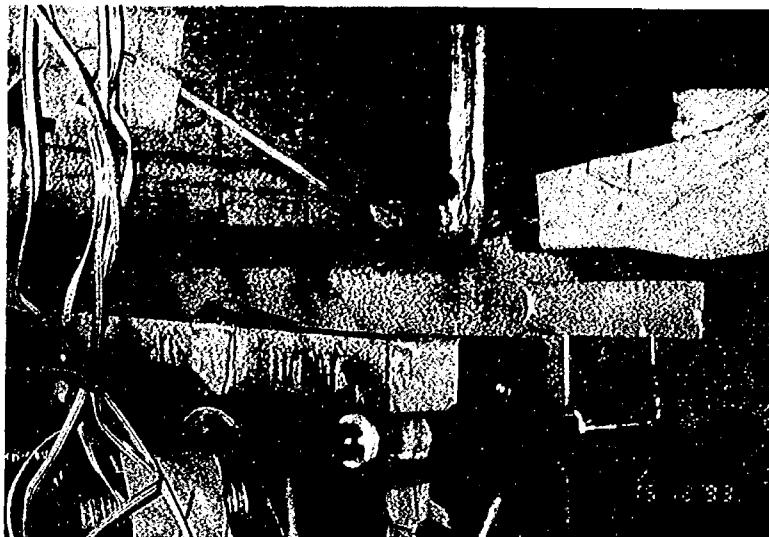


T-140-01 載荷実験
(3.5 δy)
B面, 面外変形計測

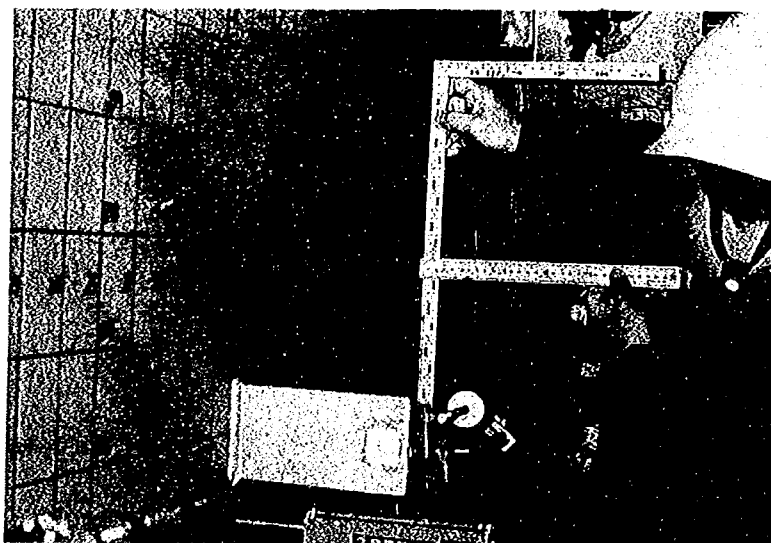


T-160-01 載荷実験
(4.0 δy)
C面

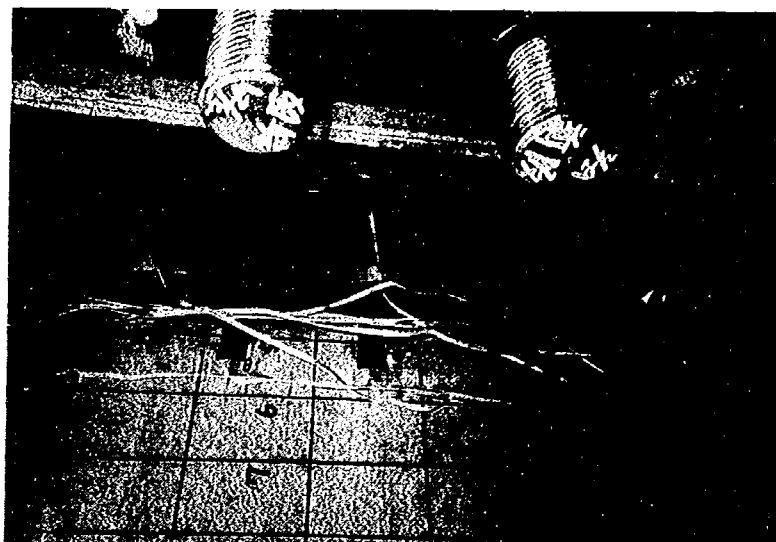
T-160-01 載荷実験
(4.0 δy)
B面下側コーナー部

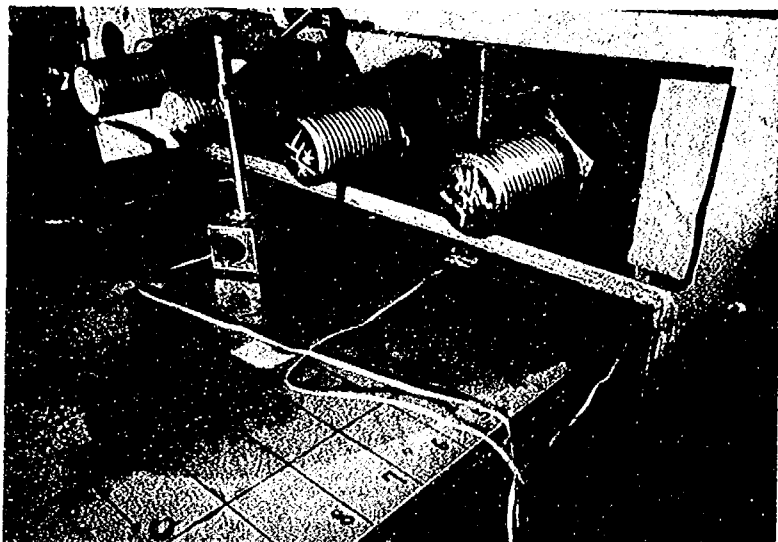


T-160-01 載荷実験
(4.0 δy)
B面, 面外変形計測 (4 mm)

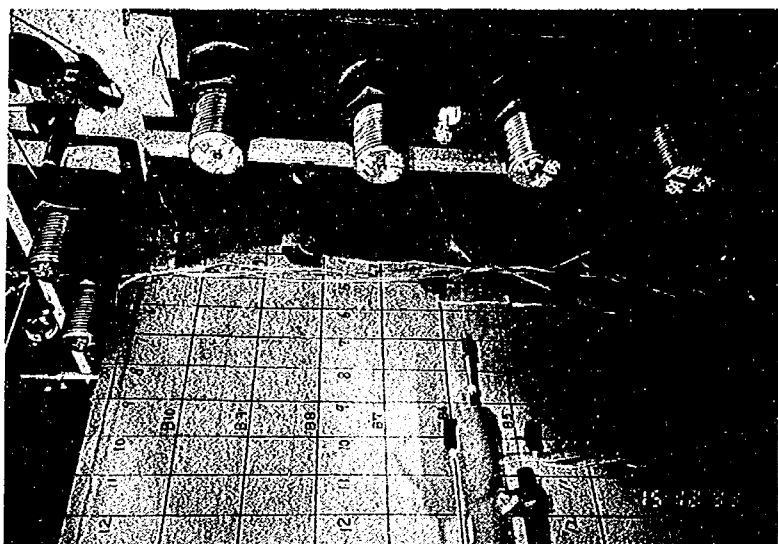


T-180-01 載荷実験
(4.5 δy)
B面 (実験完了)

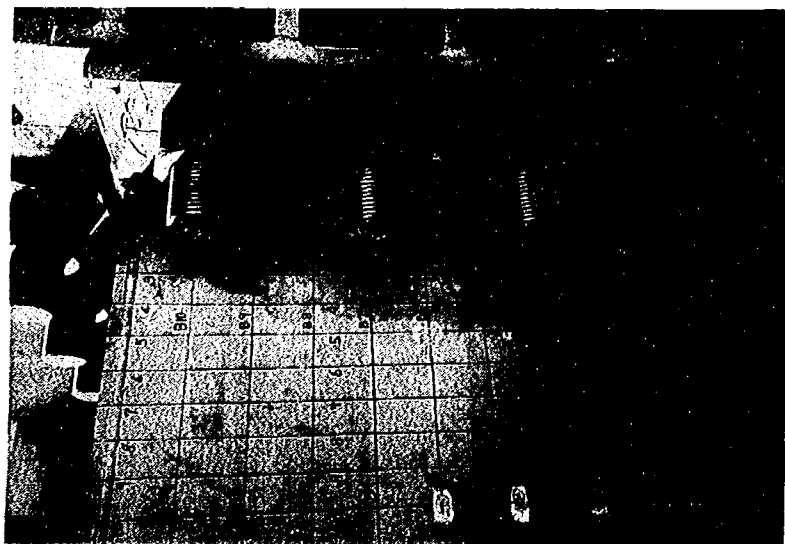




T-180-01 載荷実験
(4.5 δy)
C面 (実験完了)

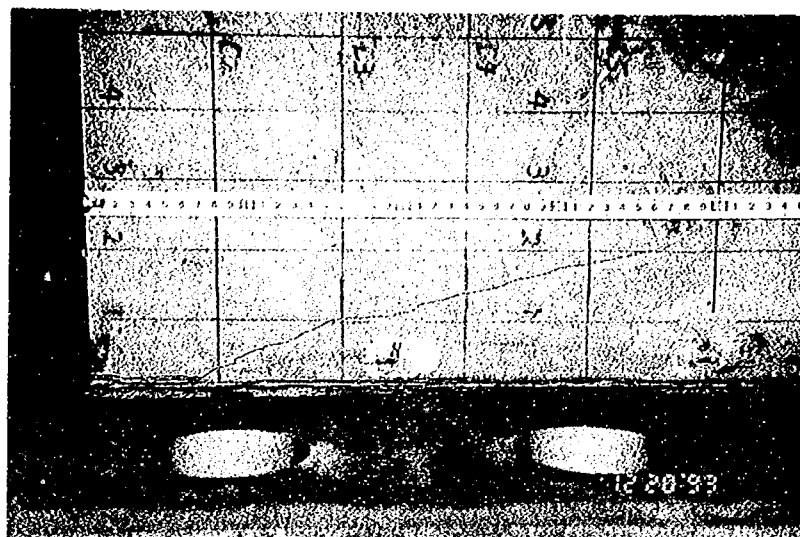


T-180-01 載荷実験
(4.5 δy)
B面 (実験完了)

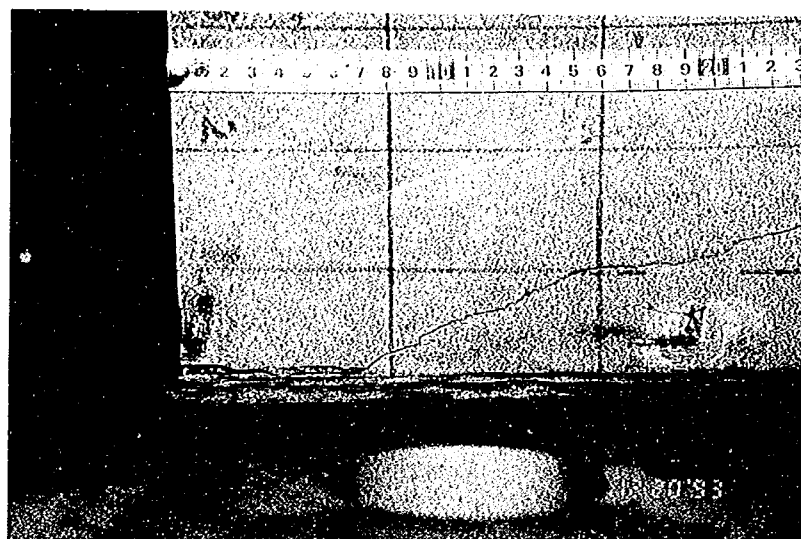


破断後
B面

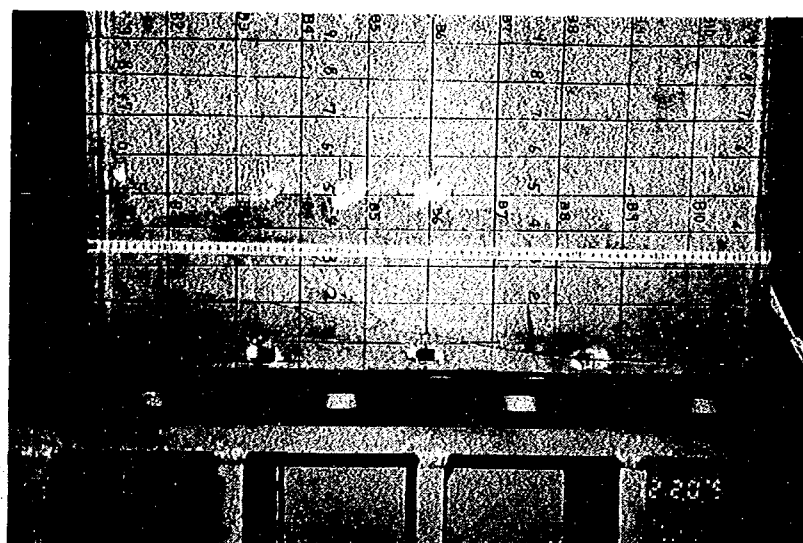
破断後供試体
C面 (D側コーナー)

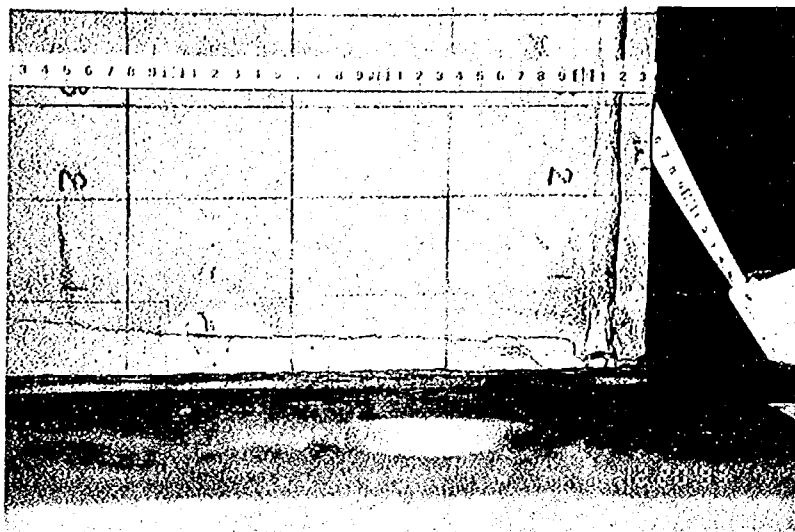


破断後供試体
C面 (D側コーナー)

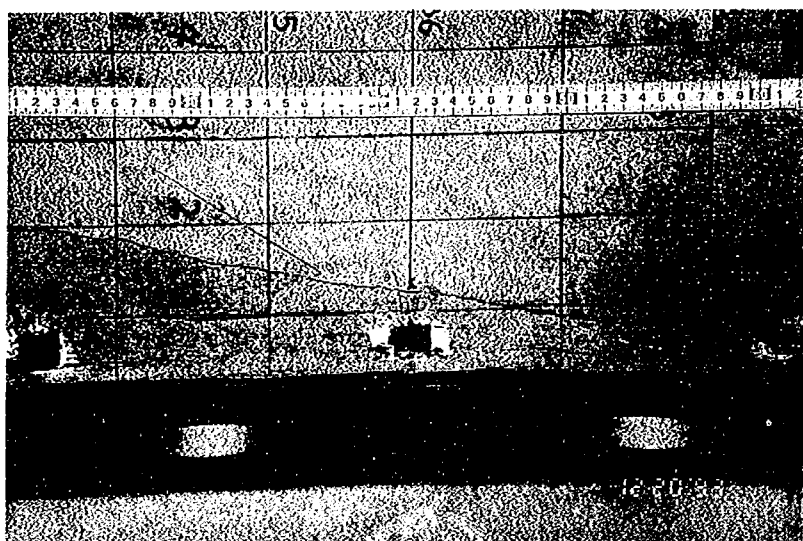


破断後供試体
B面

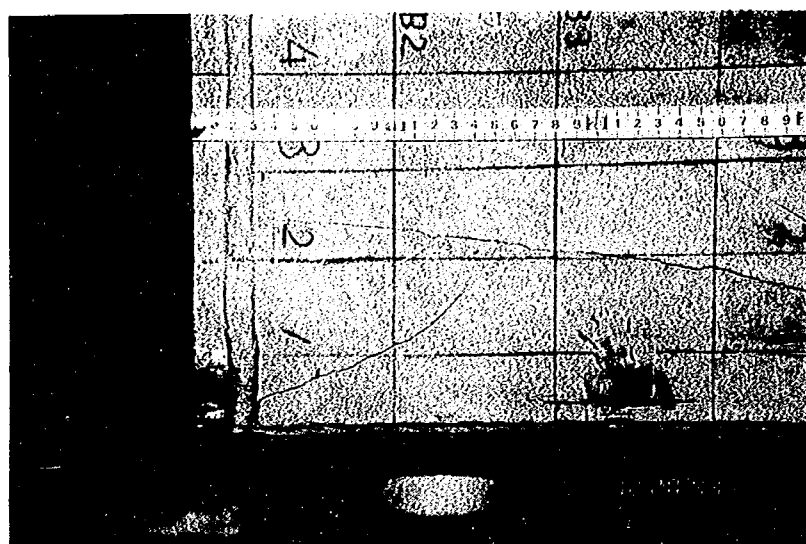




破断後供試体
B面（C側コーナー）

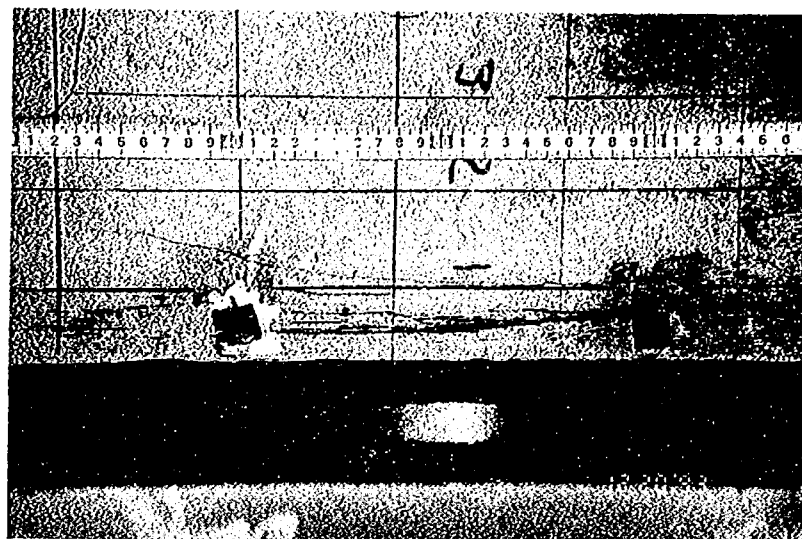


破断後供試体
B面（中央）

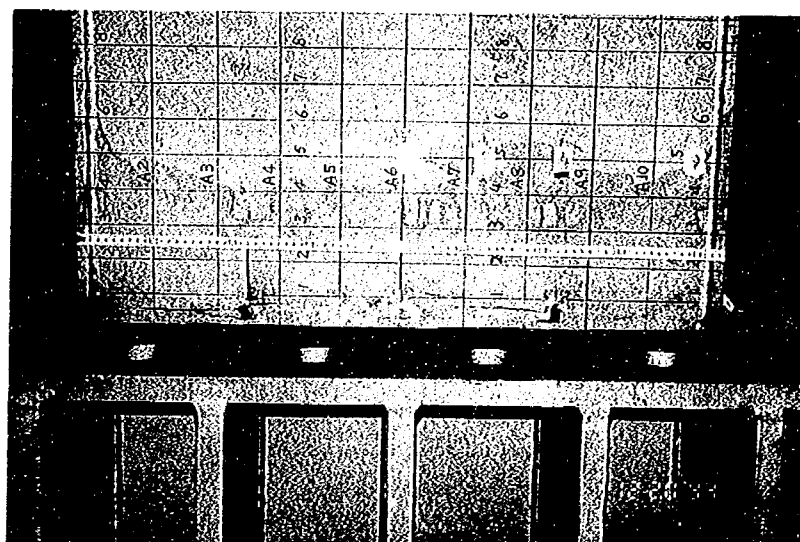


破断後供試体
B面（D側コーナー）

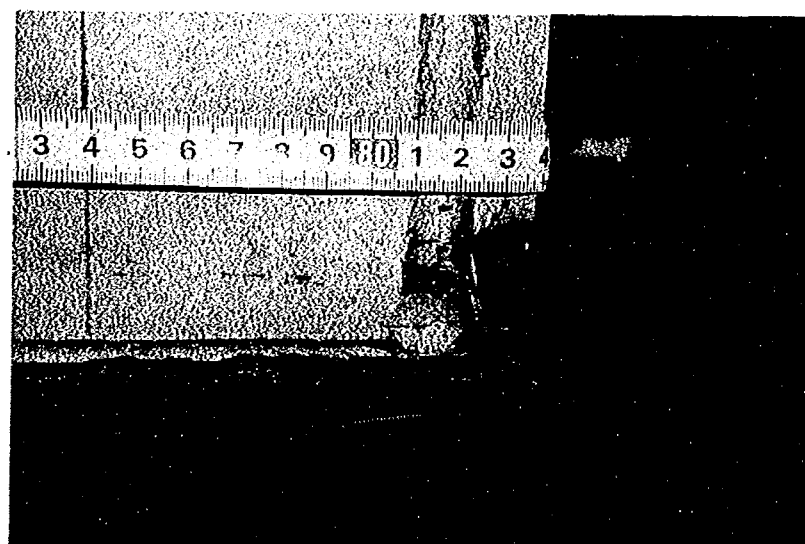
破断後供試体
D面 (中央)

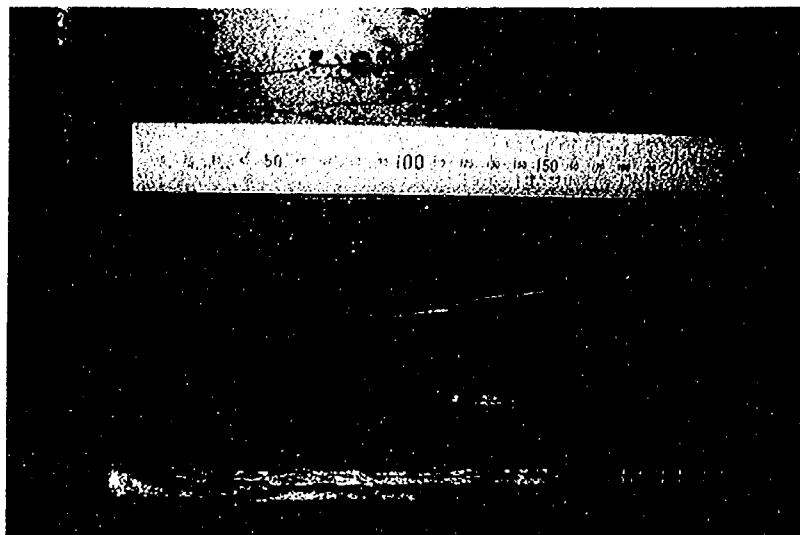


破断後供試体
A面

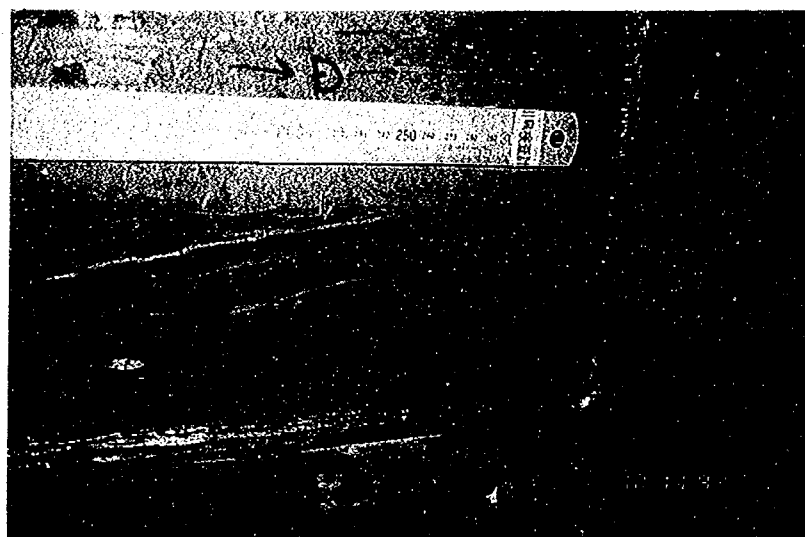


破断後供試体
A面 (D側コーナー)

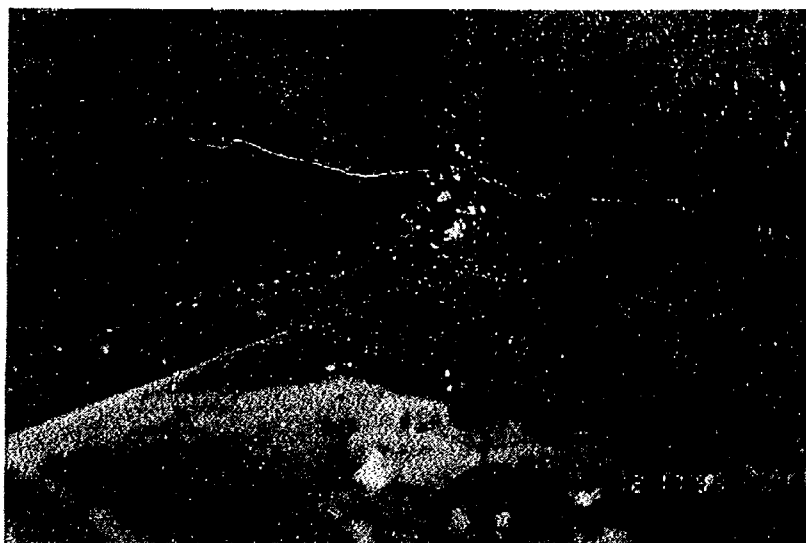




破断後供試体内面
B面（中央）



破断後供試体内面
B面（D側コーナー）

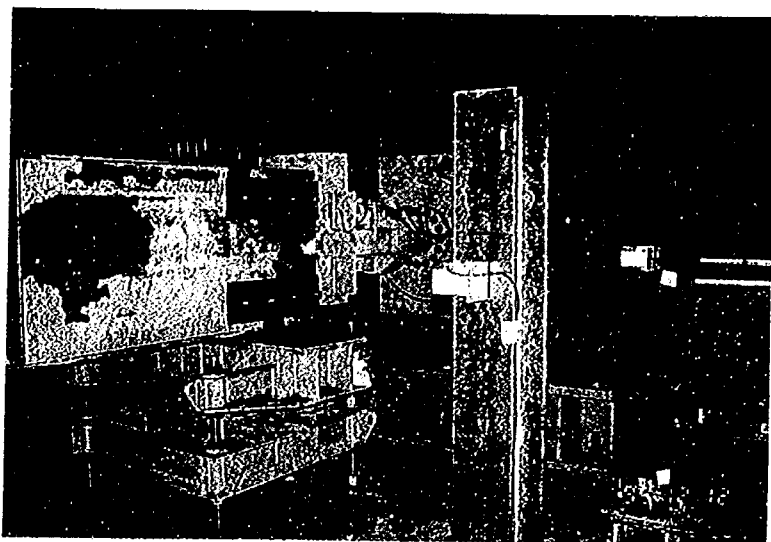


破断後供試体内面
B面（D側コーナー）

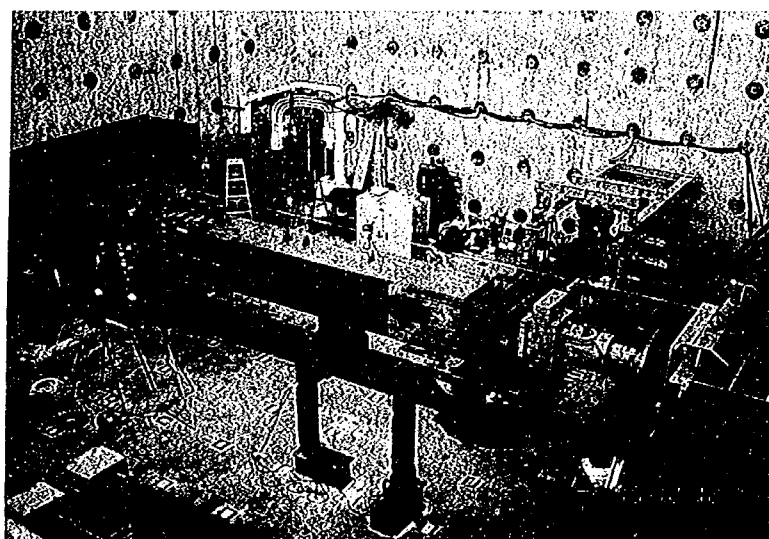
実験状況写真集

(H 5)

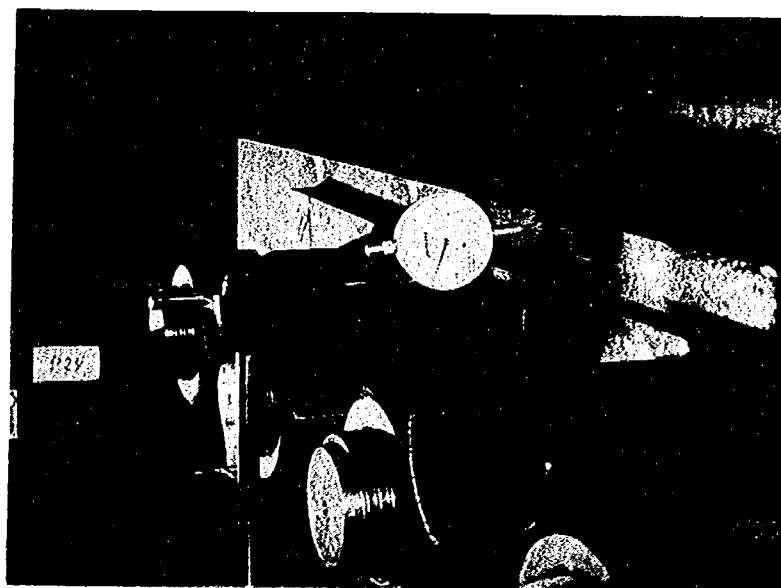
計測機器
(変位計頂部)

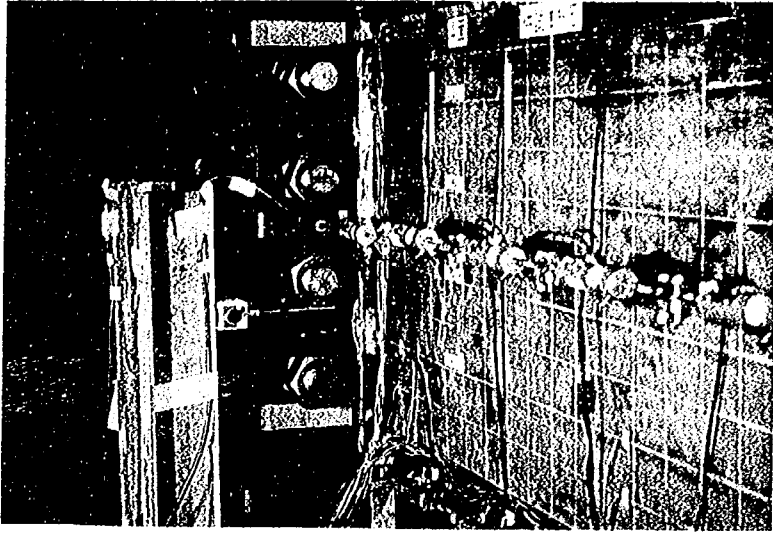


H5 試験前
(全景)

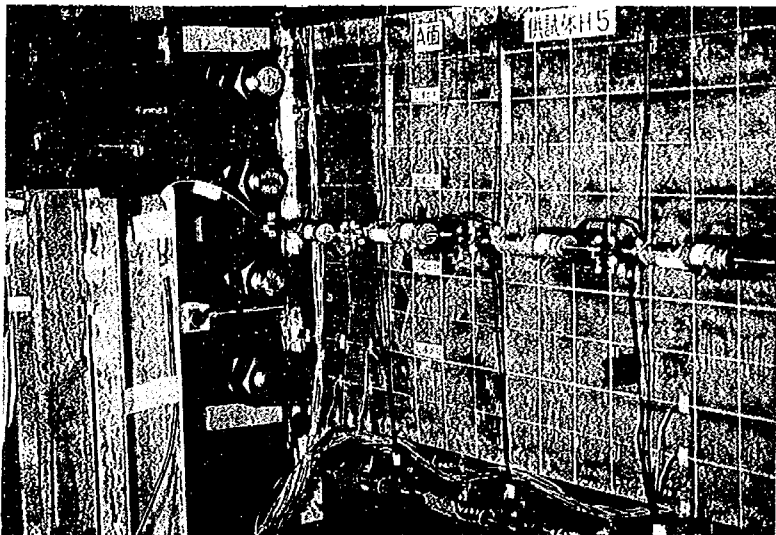


軸力載荷後のダイヤルゲージ

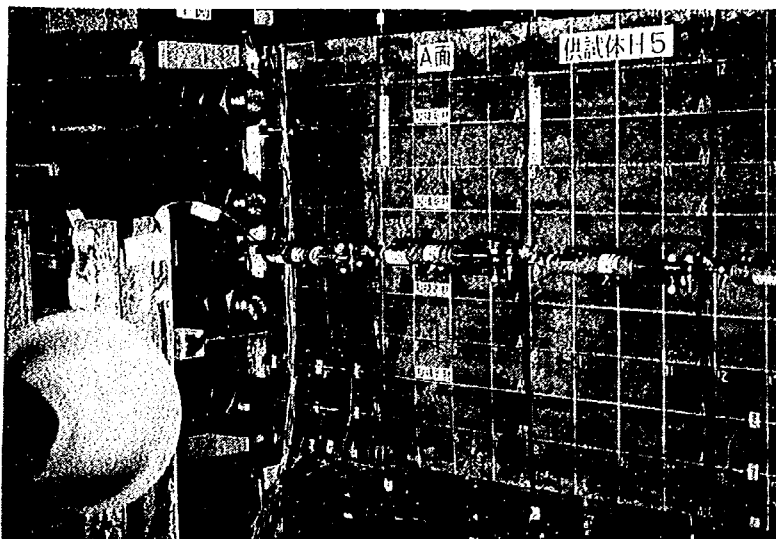




H5 載荷中
($8\delta y = 450\text{mm}$)

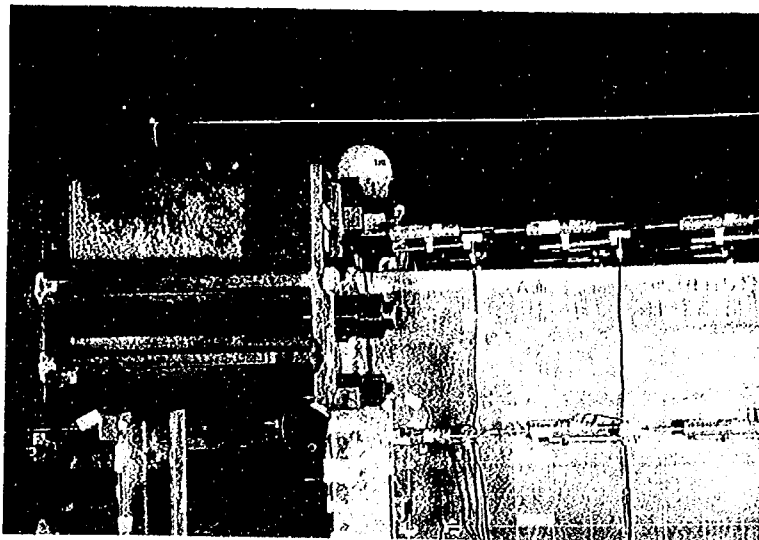


H5 載荷中
($8\delta y = 450\text{mm}$)

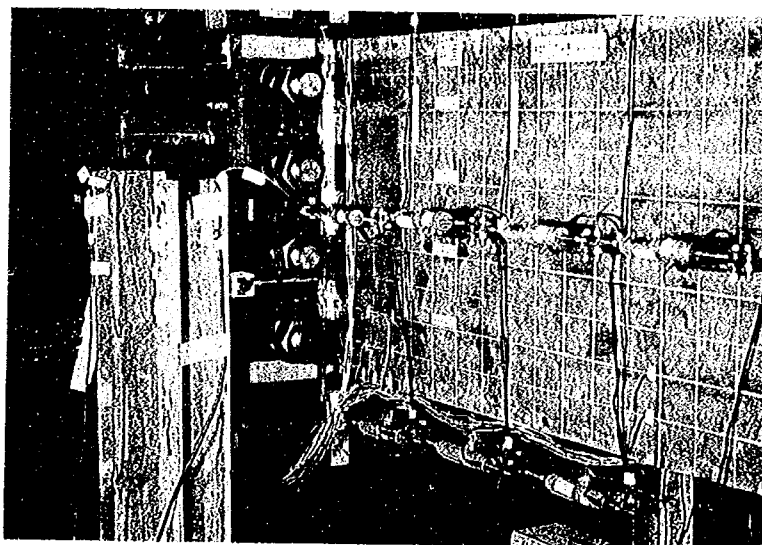


H5 載荷中
($8\delta y = 450\text{mm}$)

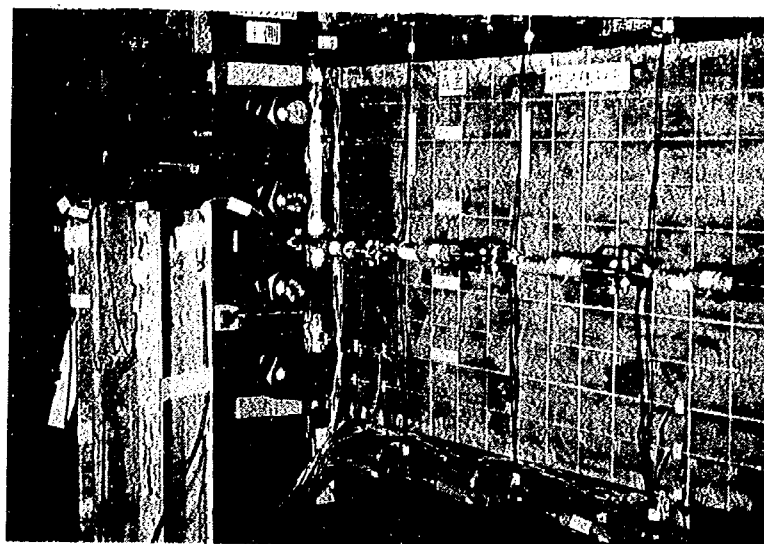
H5 載荷中
($8\delta y = 450\text{mm}$)

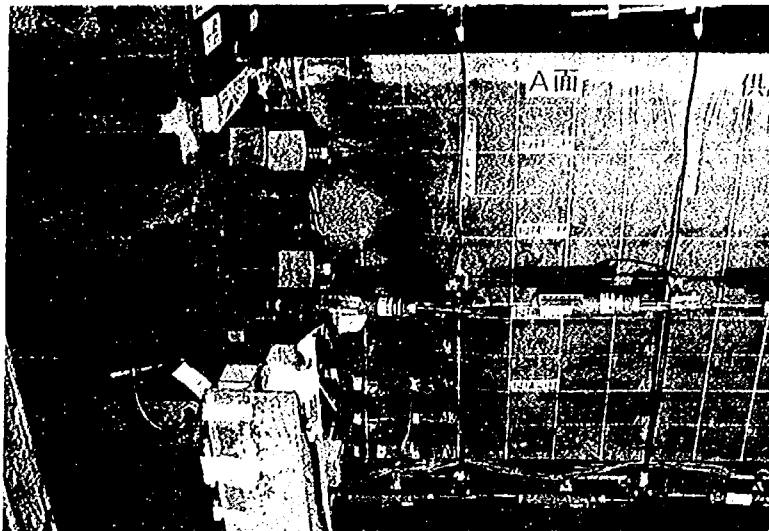


H5 載荷後
($8\delta y = 450\text{mm}$)

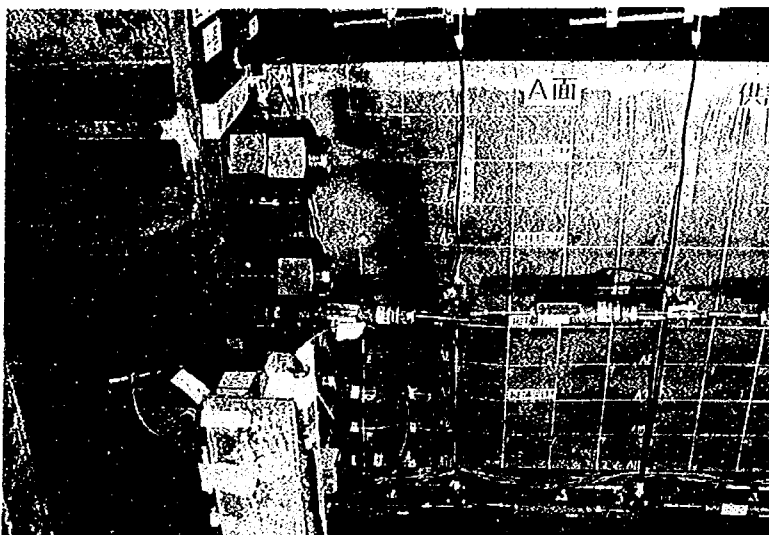


H5 載荷後
($8\delta y = 450\text{mm}$)

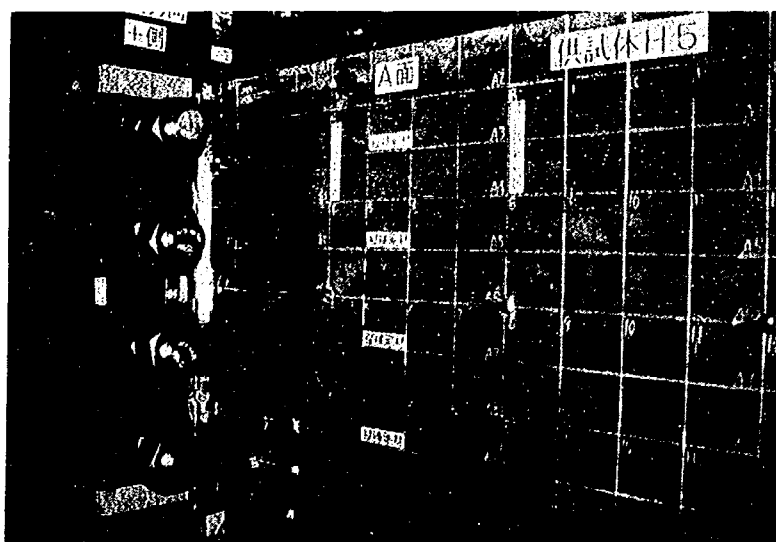




H5 載荷後
(A, C面)



H5 載荷後
(A, C面)



H5 載荷後
(A面)

H5 載荷後
MT (B, Dコーナー)

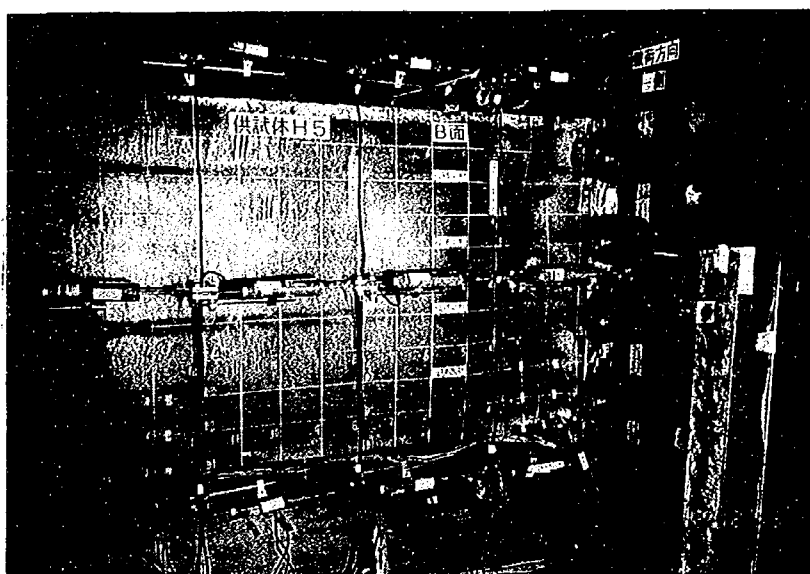
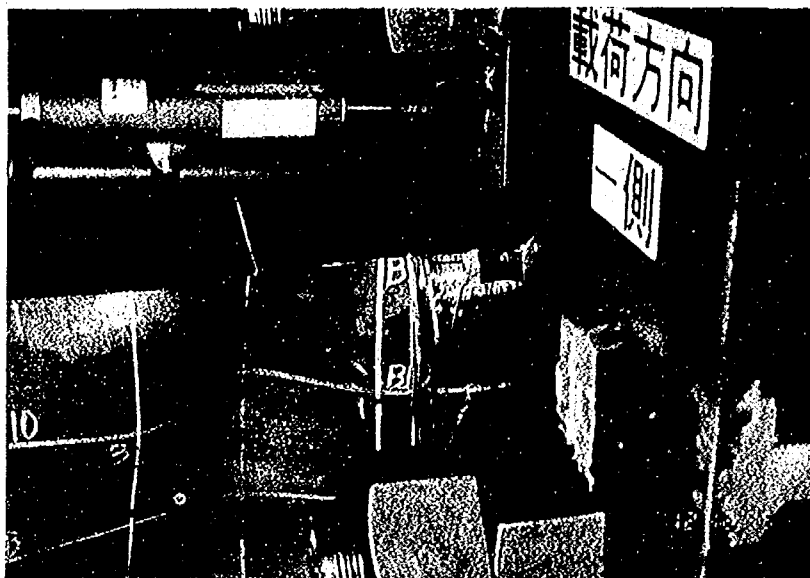


H5 載荷後
MT (B, Dコーナー)



H5 載荷後
MT (A, Cコーナー)

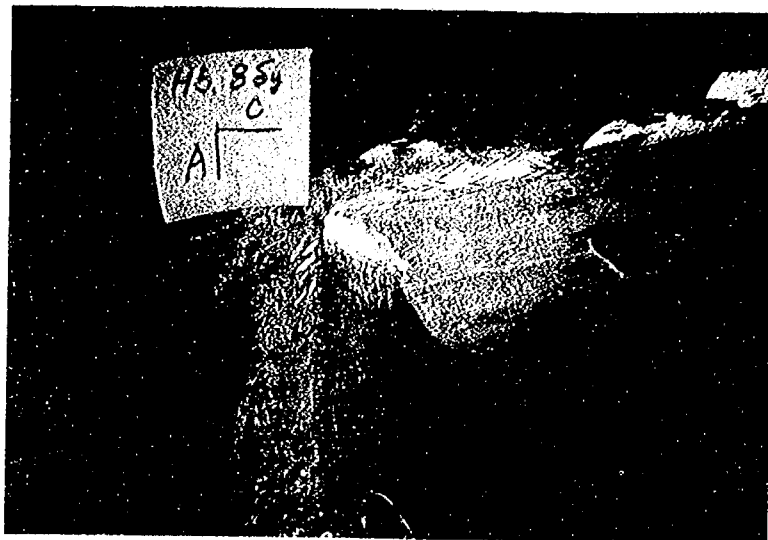




実験終了後の写真



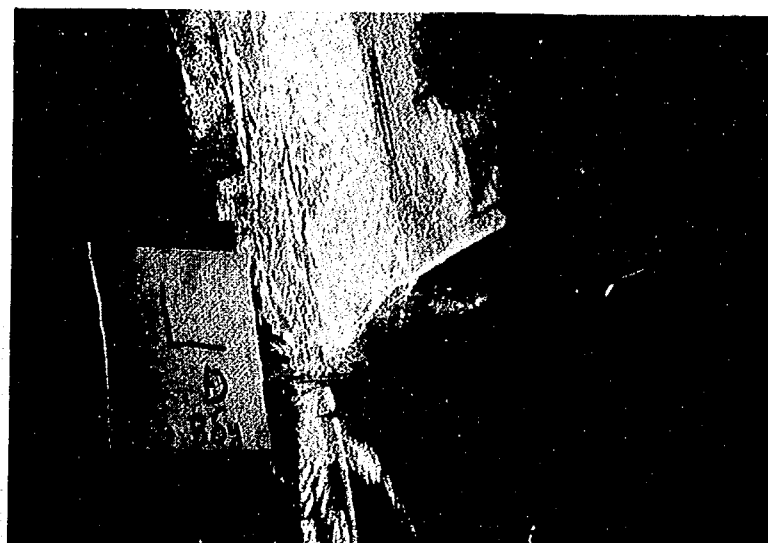
H5 8δy 載荷後
MT (A, Cコーナー)

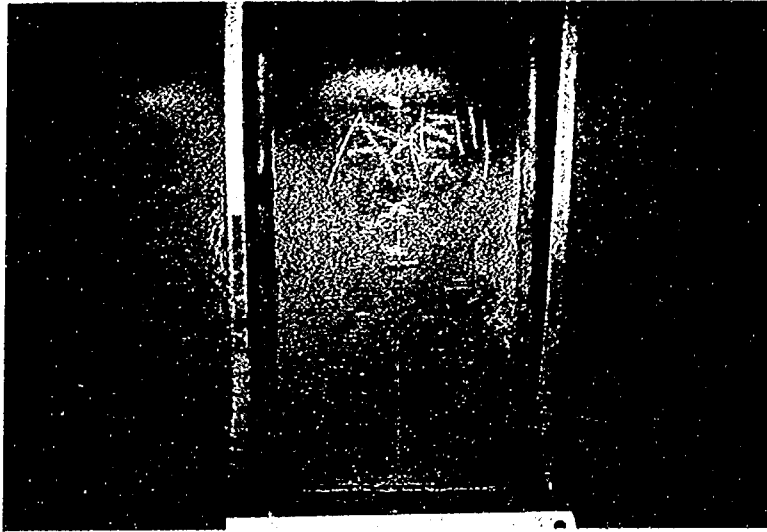


H5 8δy 載荷後
MT (A, Dコーナー)

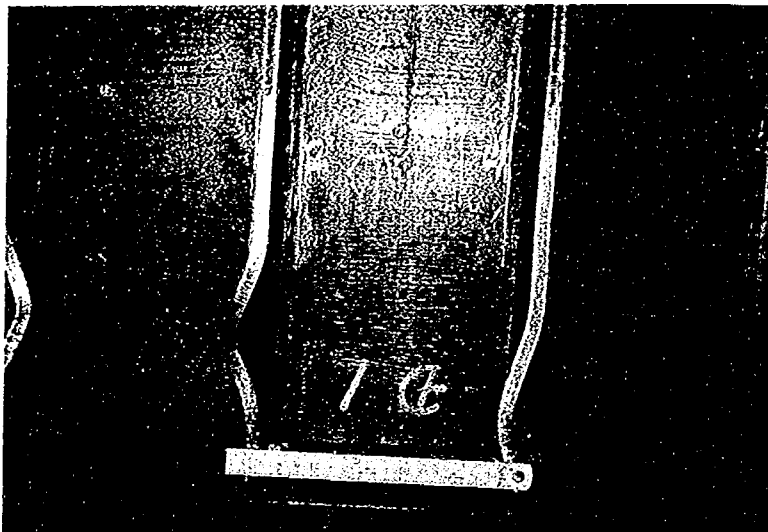


H5 8δy 載荷後
MT (A, Dコーナー)

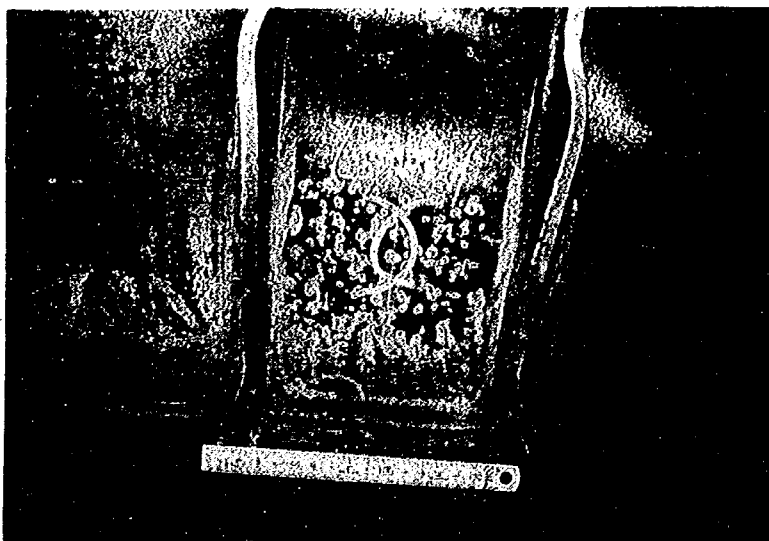




H5 試験後
内面 A面
(基部-第1ダイヤフラム間)

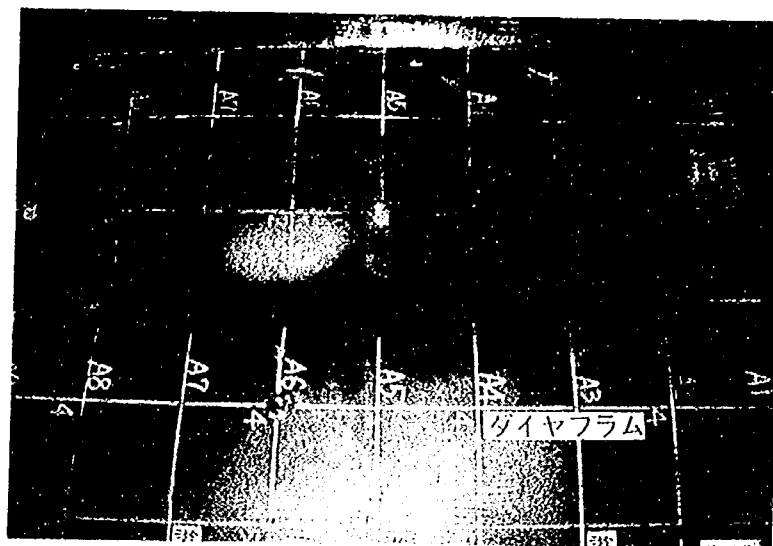


H5 試験後
内面 A面
(第1-第2ダイヤフラム間)

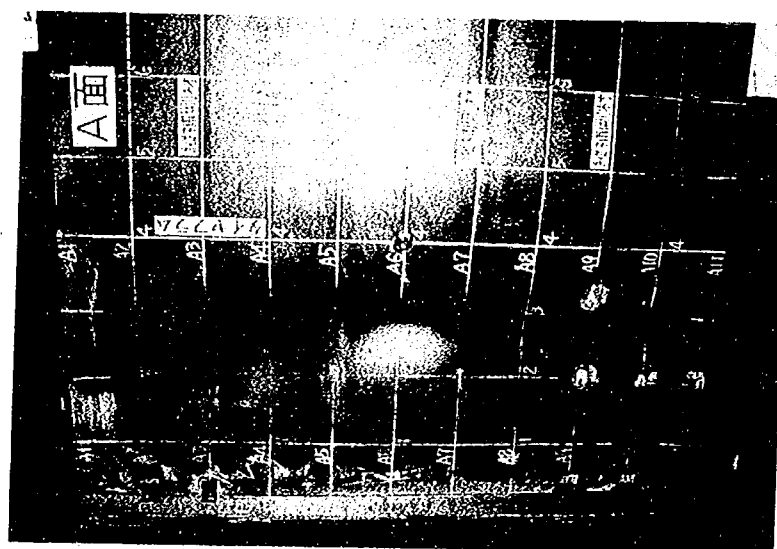


H5 試験後
内面 B面
(基部-第1ダイヤフラム間)

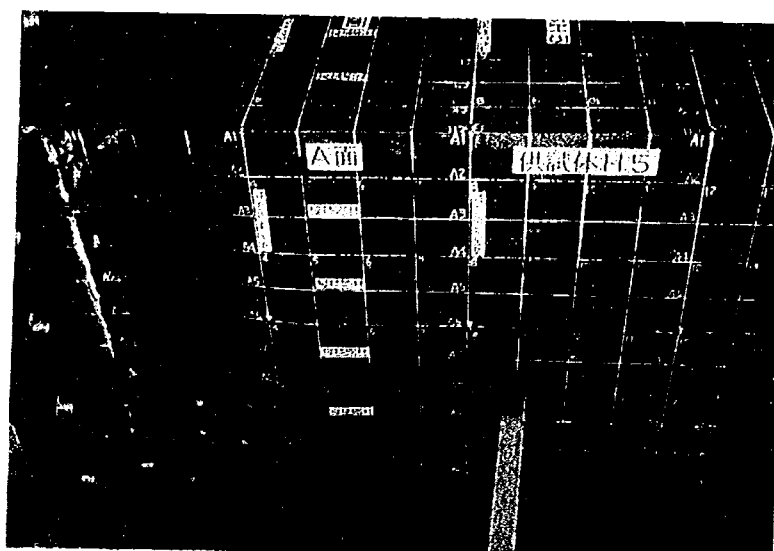
H5 試験後
A面 ボツ

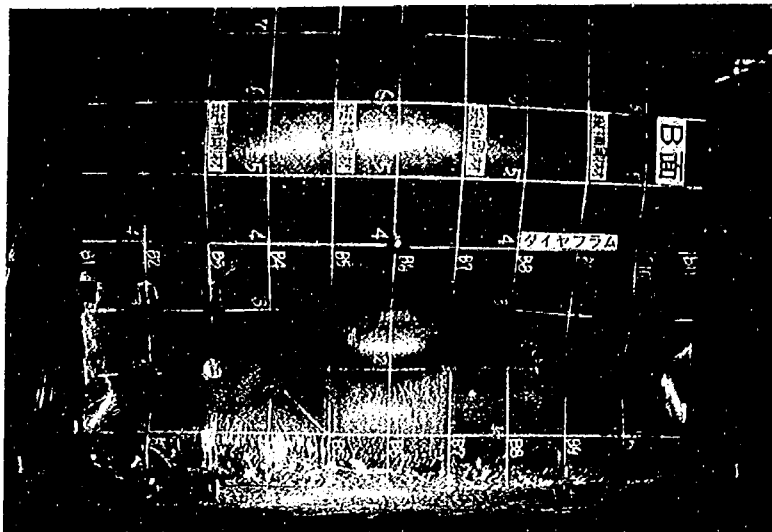


H5 試験後
A面

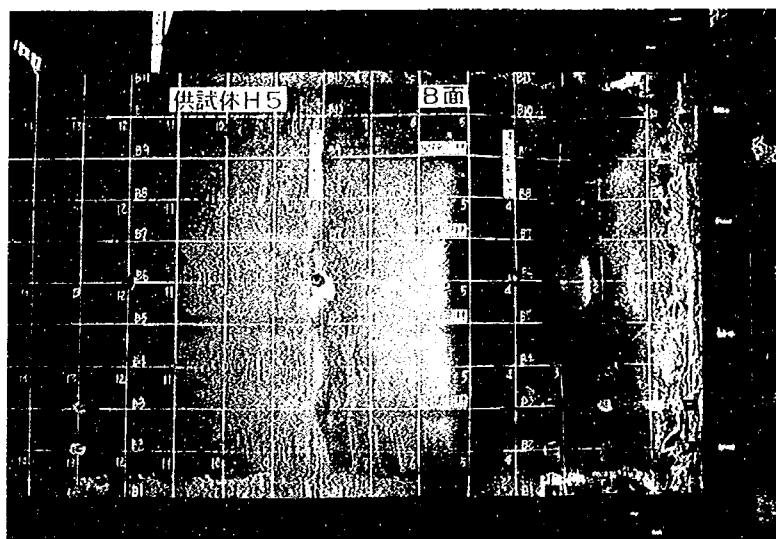


H5 試験後
A面 全体

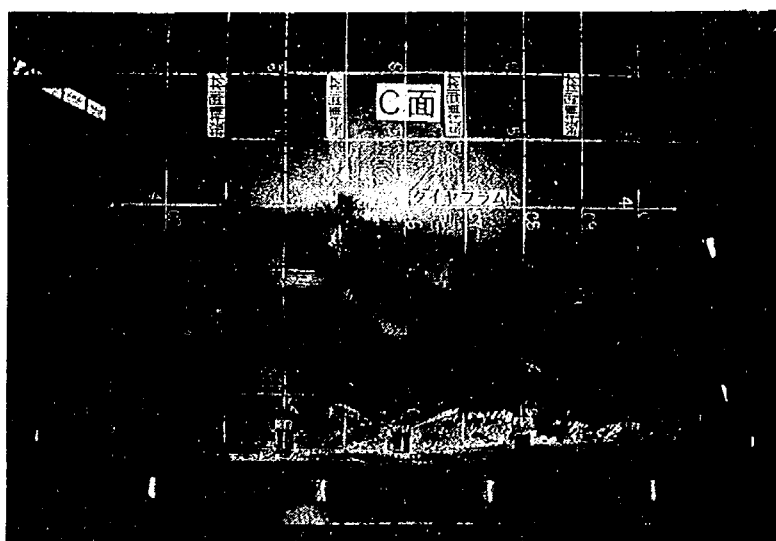




H 5 試験後
B面



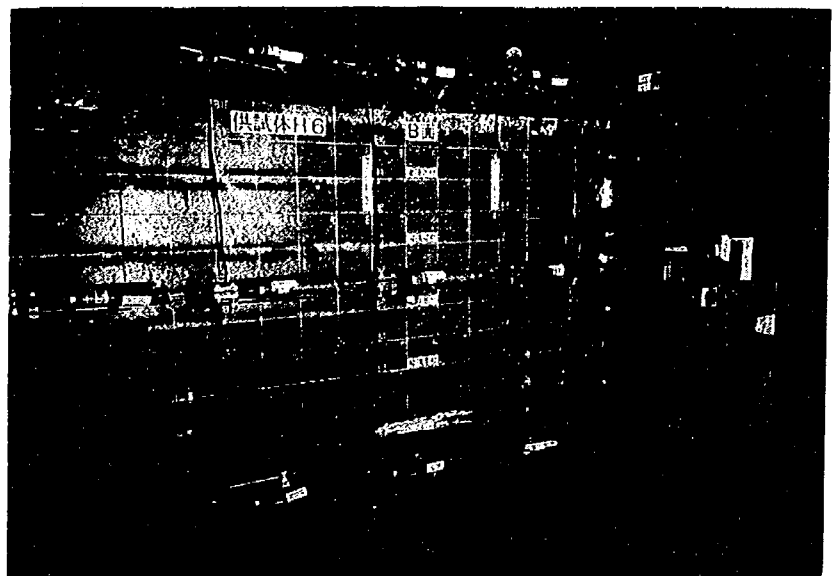
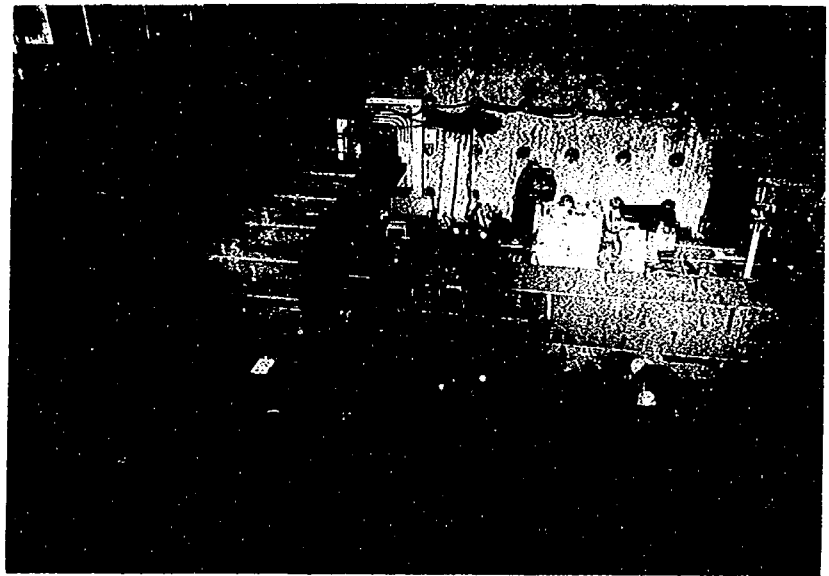
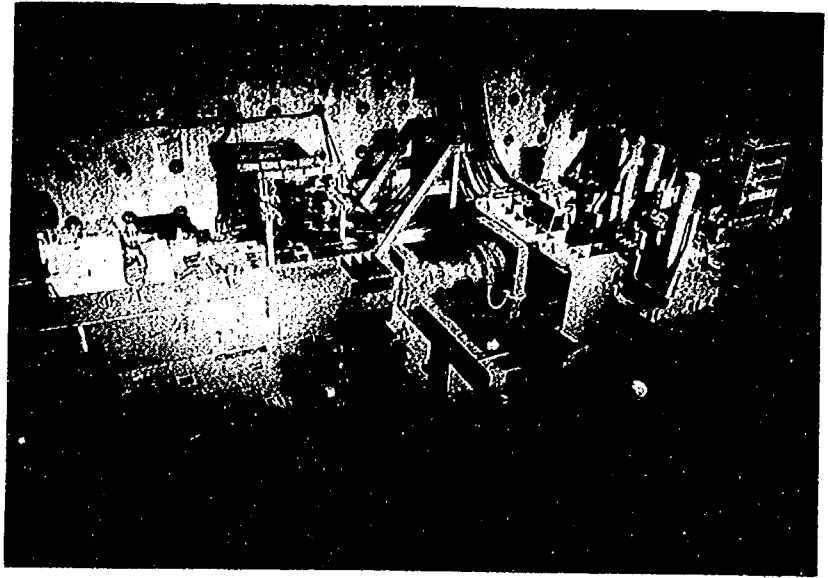
H 5 試験後
B面 全体

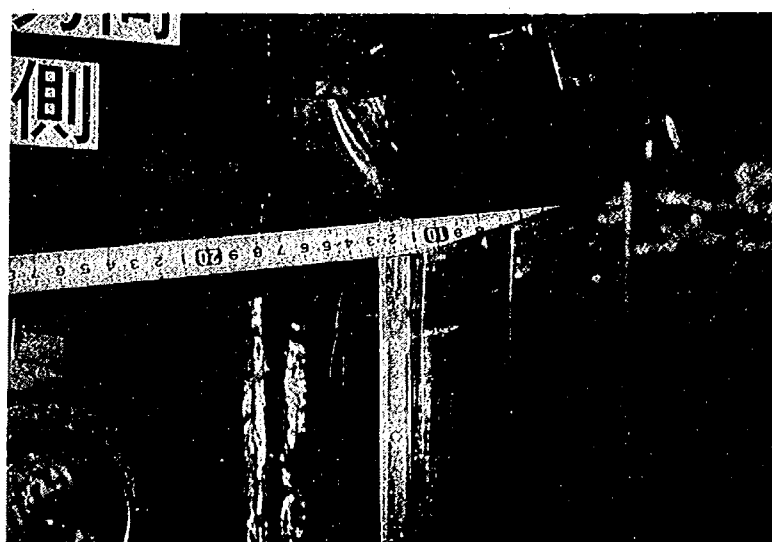
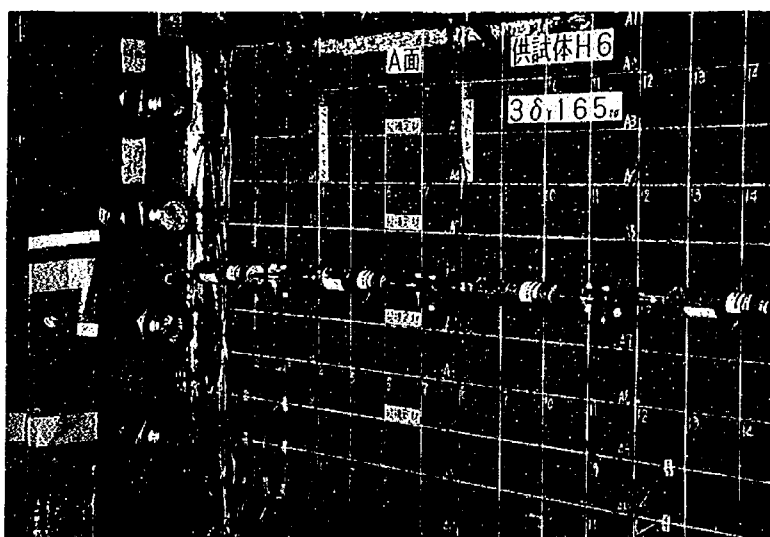
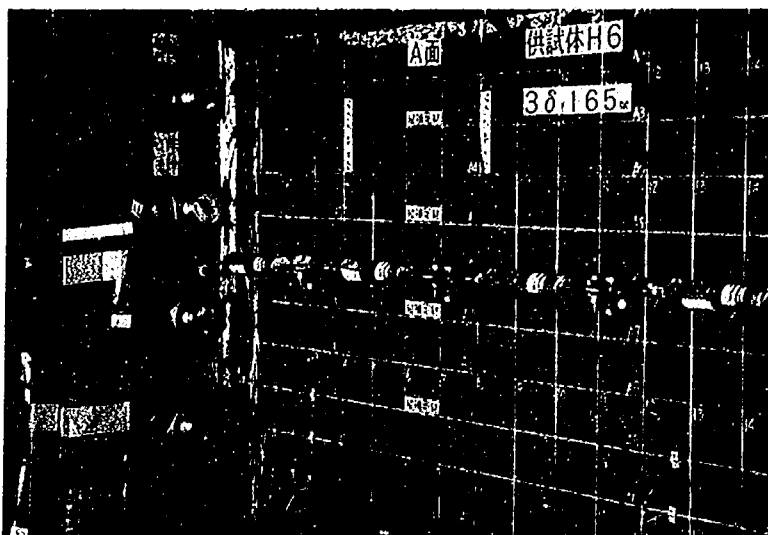


H 5 試験後
C面

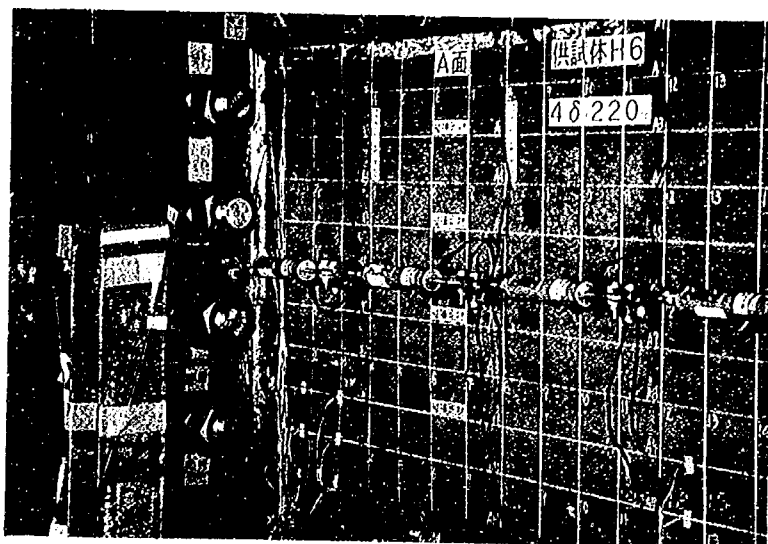
実験状況写真集

(H 6)

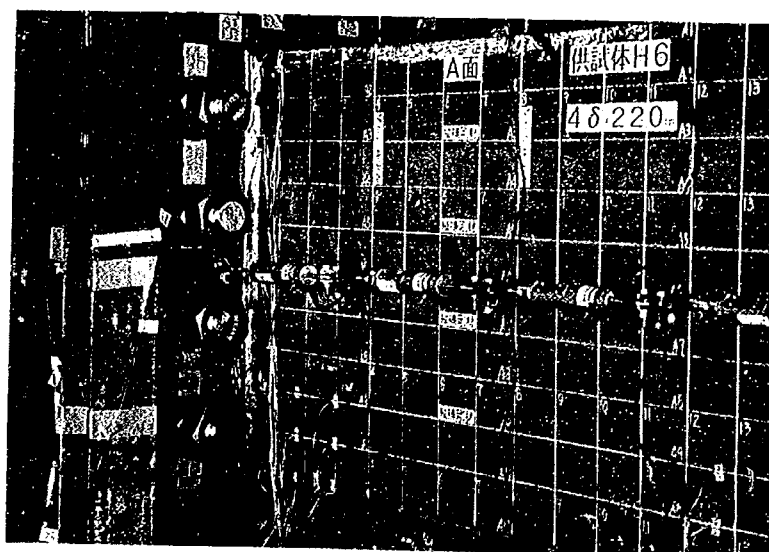




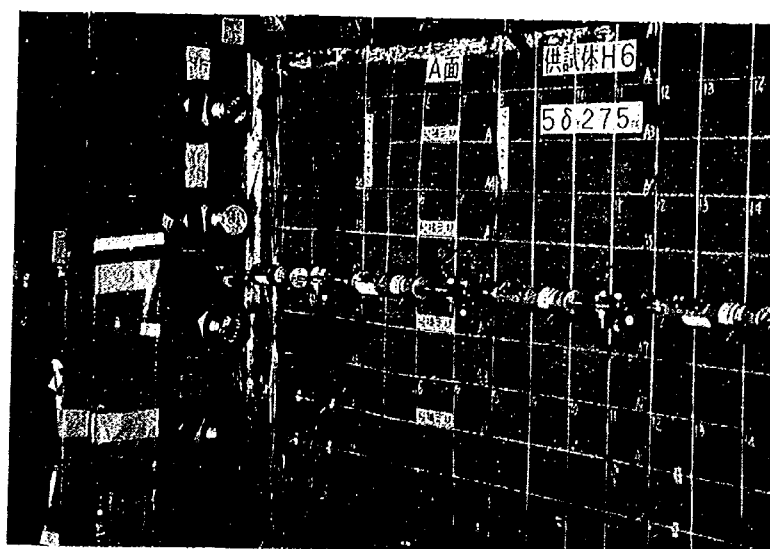
H6 載荷中
 $(4\delta y = +220\text{mm})$

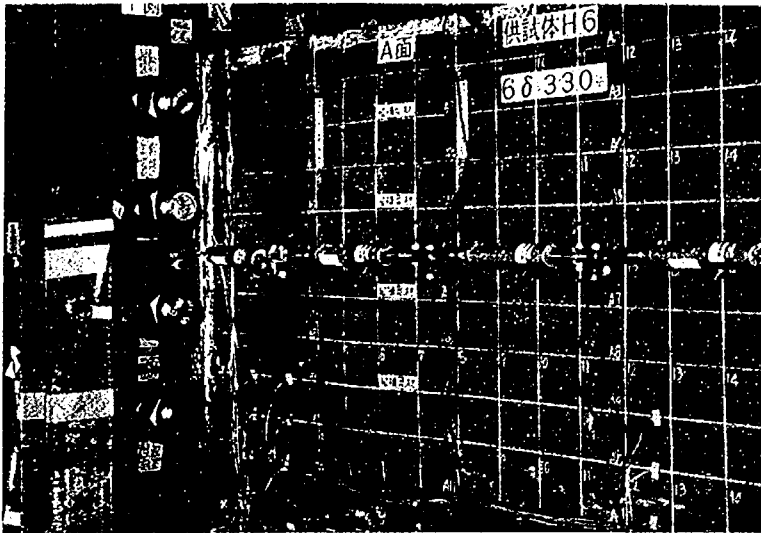


H6 載荷中
 $(4\delta y = -220\text{mm})$

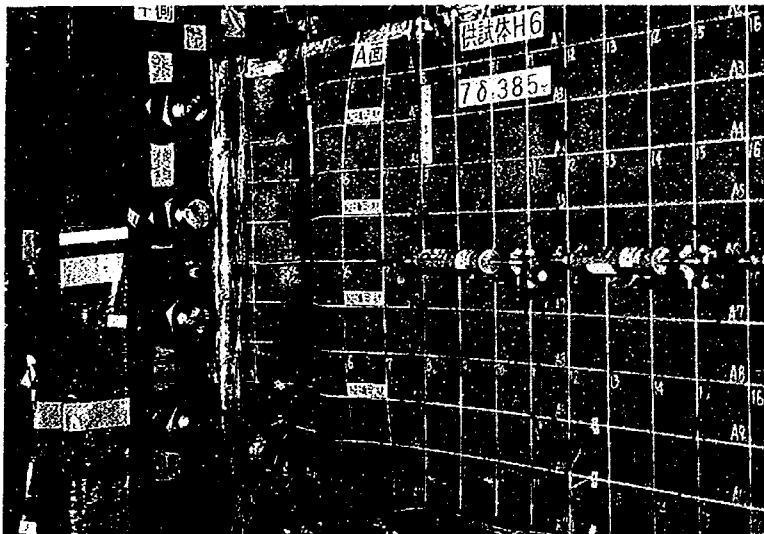


H6 載荷中
 $(5\delta y = +275\text{mm})$

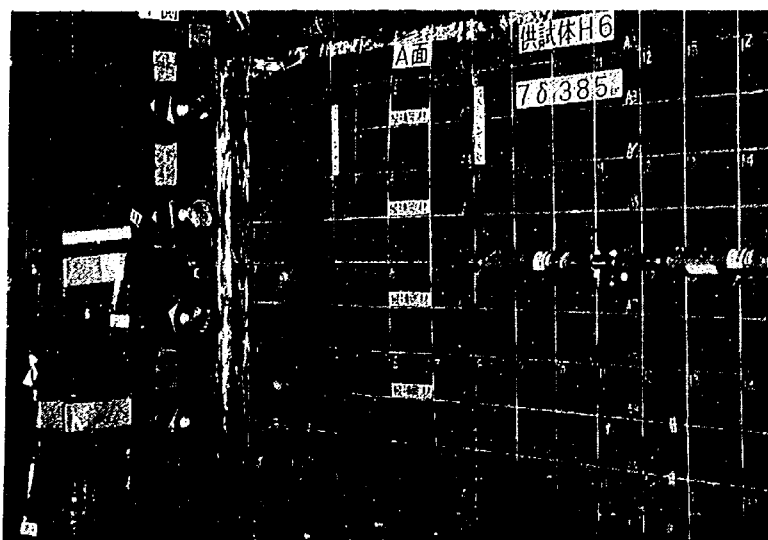




H6 載荷中
($6\delta y = -330\text{mm}$)

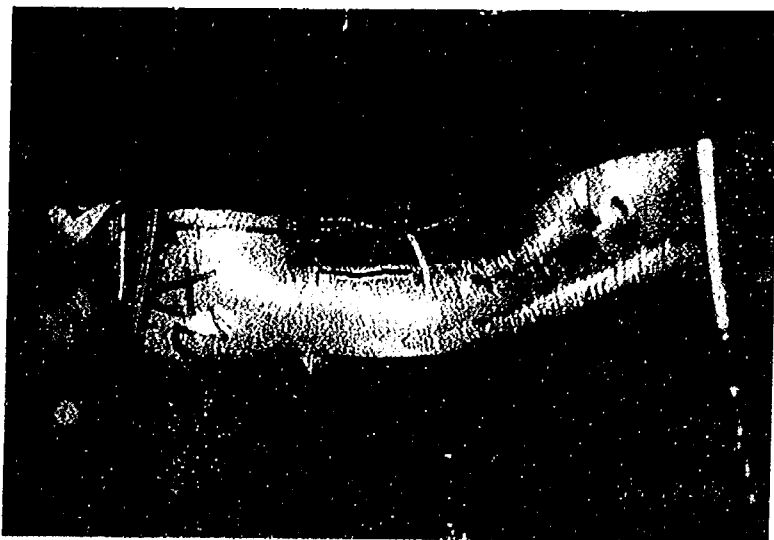


H6 載荷中
($7\delta y = +385\text{mm}$)



H6 載荷中
($7\delta y = -385\text{mm}$)

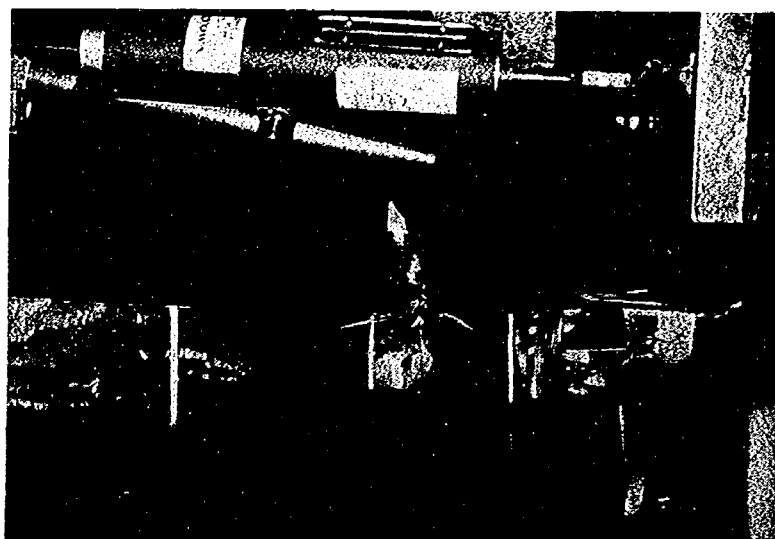
H6 7 δy 載荷後
(割れ部 A1-2)

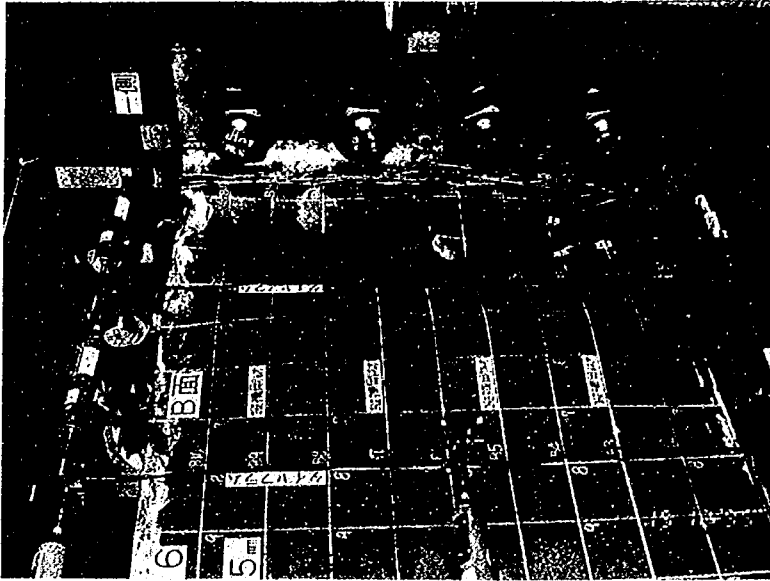


H6 7 δy 載荷後
(割れ部 A11-2, 3間)

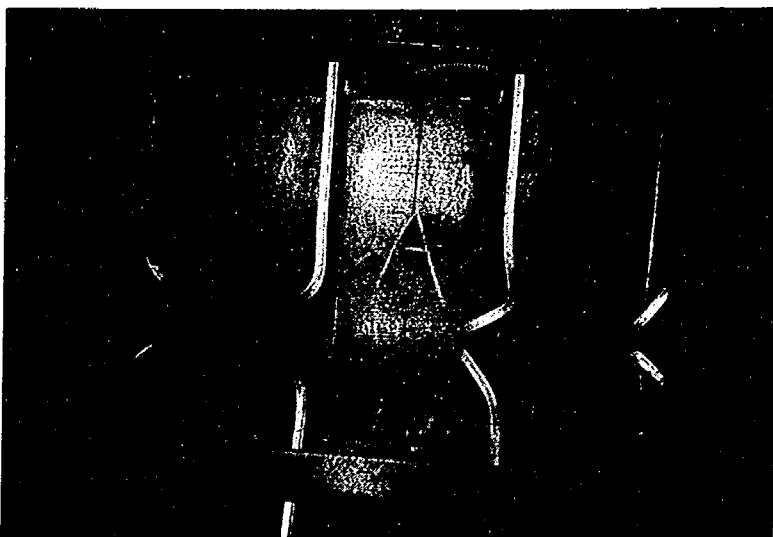
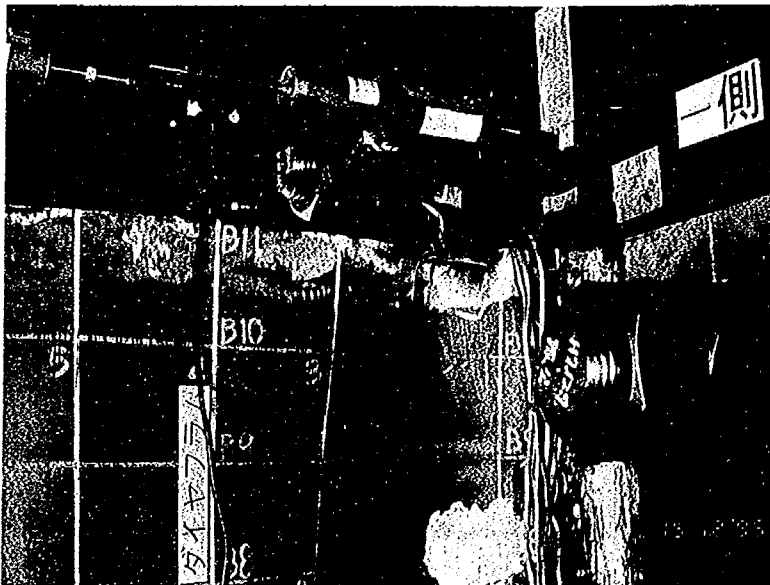


H6 7 δy 載荷後
(割れ部 B11-2, C1-2)



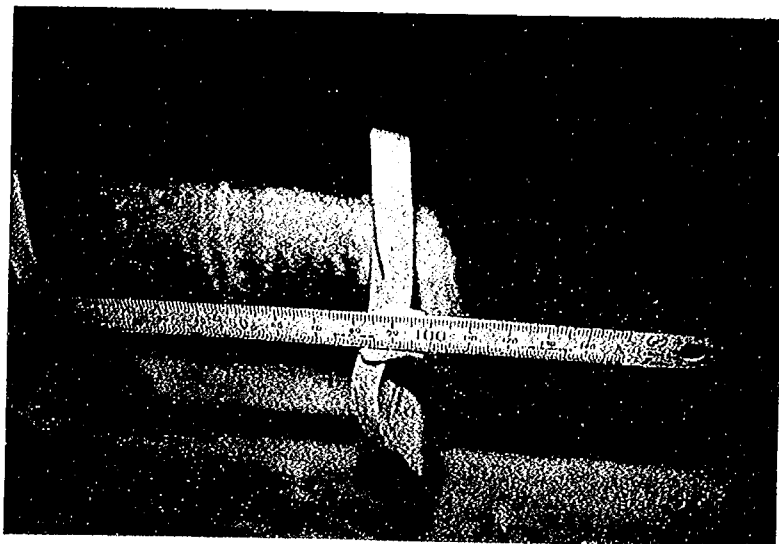


B面側実験終了後

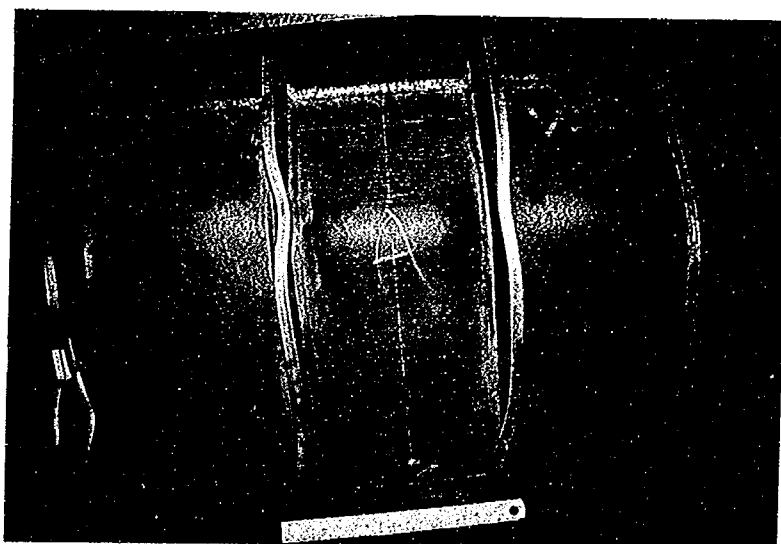


H6 試験後
内面 A面
(第1-第2ダイヤフラム間)

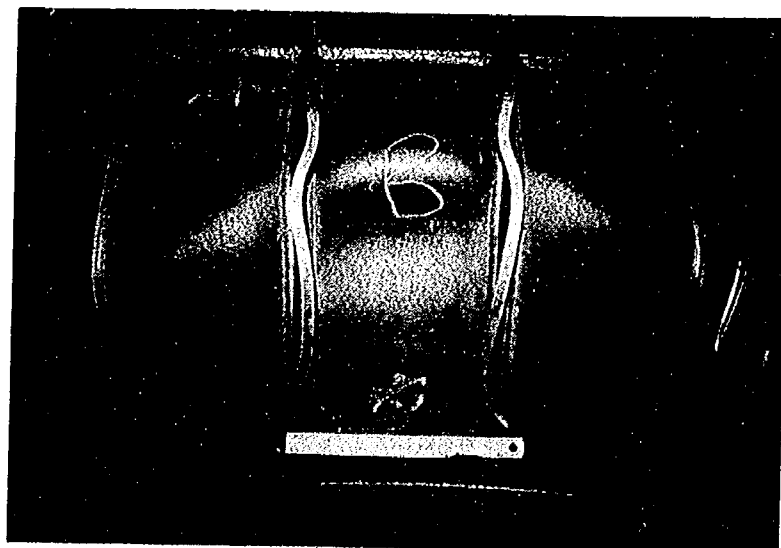
H 6 試験後
内面 破断 B面
(基部-第1ダイヤフラム間)

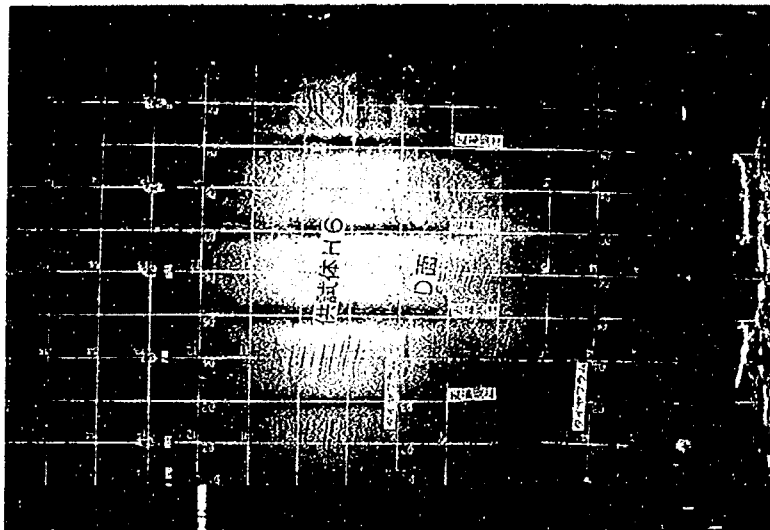


試験後
内面 A面
(基部-第1ダイヤフラム間)

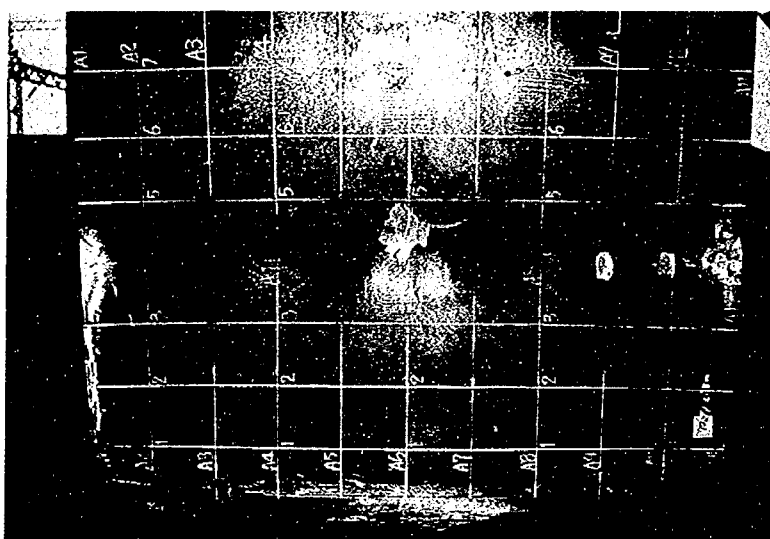


H 6 試験後
内面 B面
(基部-第1ダイヤフラム間)

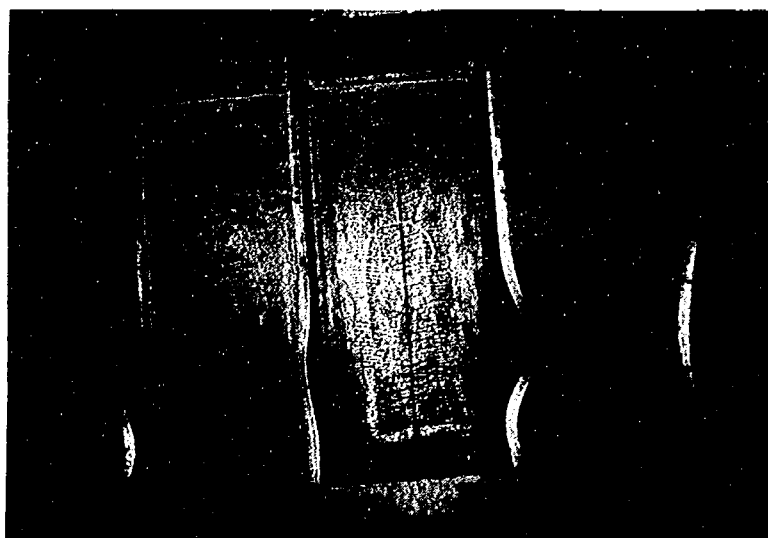




H6 試験後
D面 全体



H8 試験後
A面

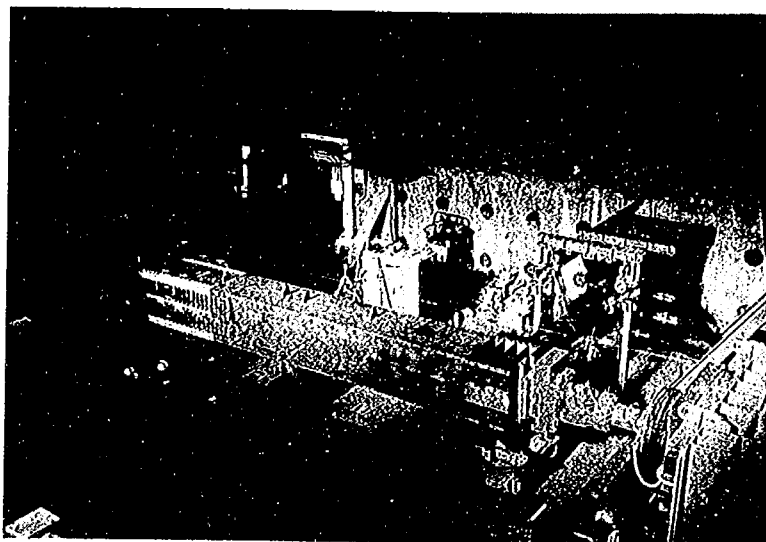


H6 試験後
内面 D面
(第1-第2ダイヤフラム間)

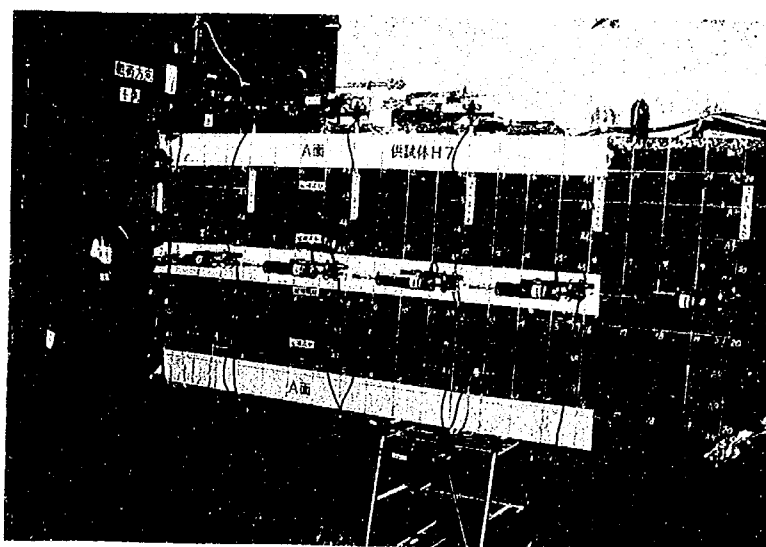
実験状況写真集

(H 7)

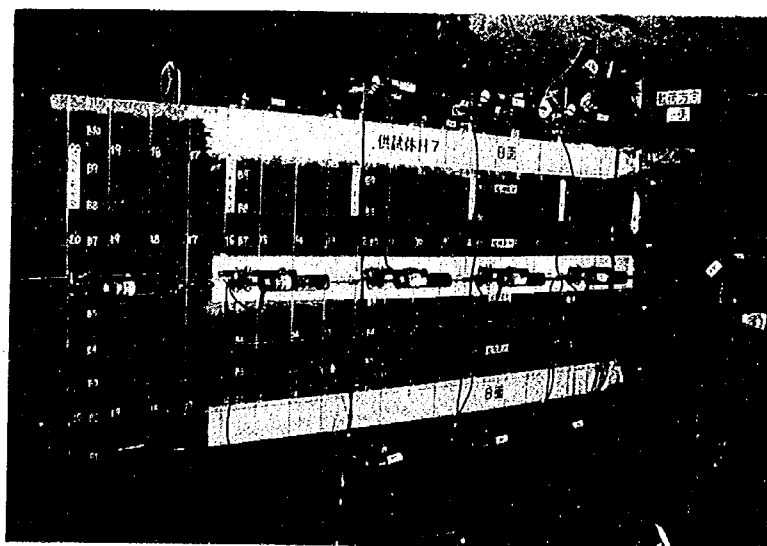
H7 試験前
(全景)

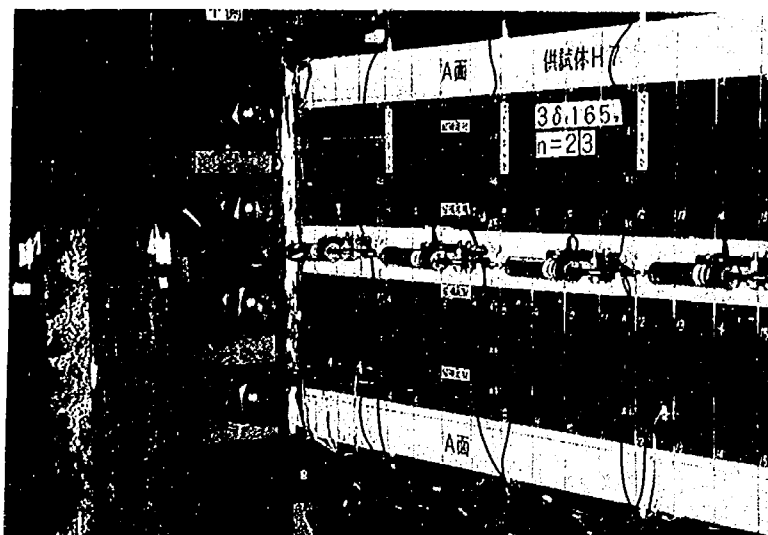


H7 試験前
(A面)



H7 試験前
(B面)





H7 載荷中
($3\delta y = -165$ 3ループ)

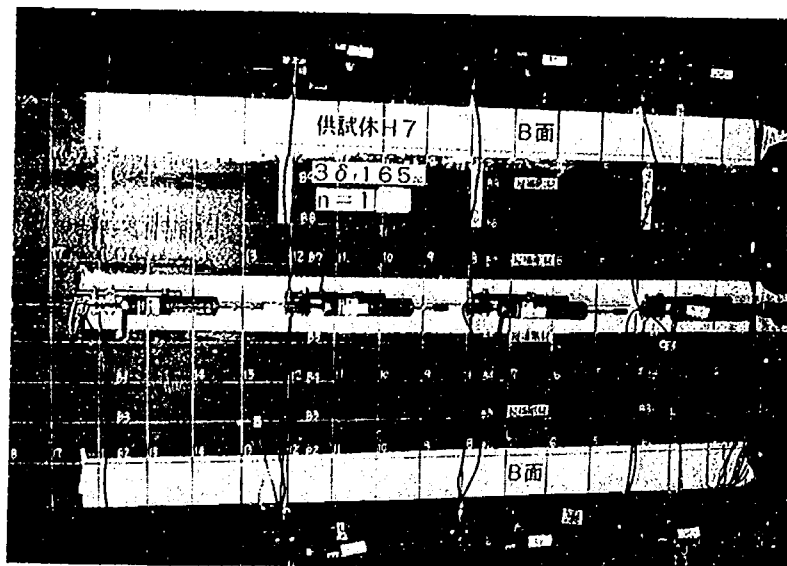


H7 $3\delta y$ 載荷後
(塗膜ひび割れA, Dコーナー)



H7 $3\delta y$ 載荷後
(塗膜ひび割れA, Dコーナー)

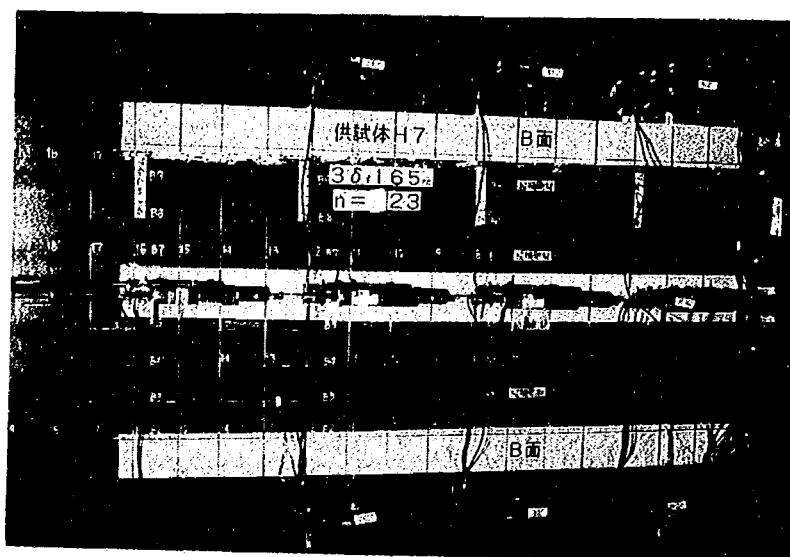
B面側 $\delta = -165$ mm 1回目載荷時

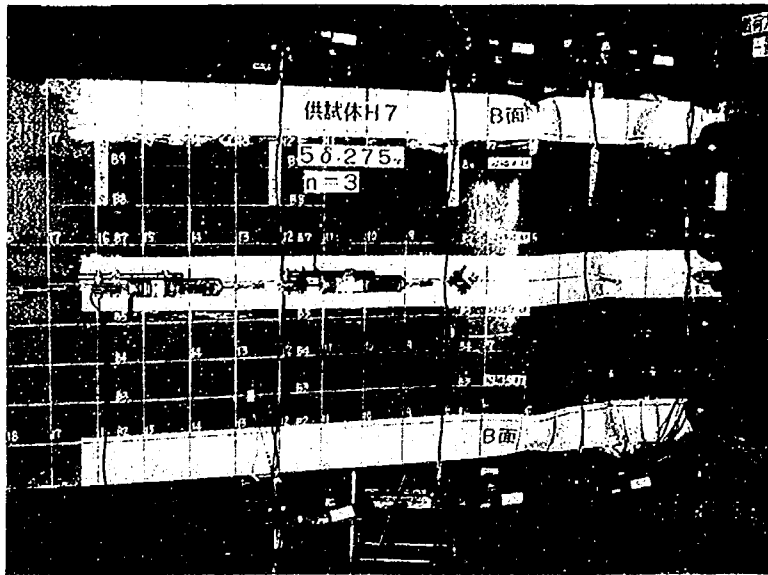


B面側 $\delta = -165$ mm 1回目時
B8-2箇所
(変形量凹 = 3.5 mm)

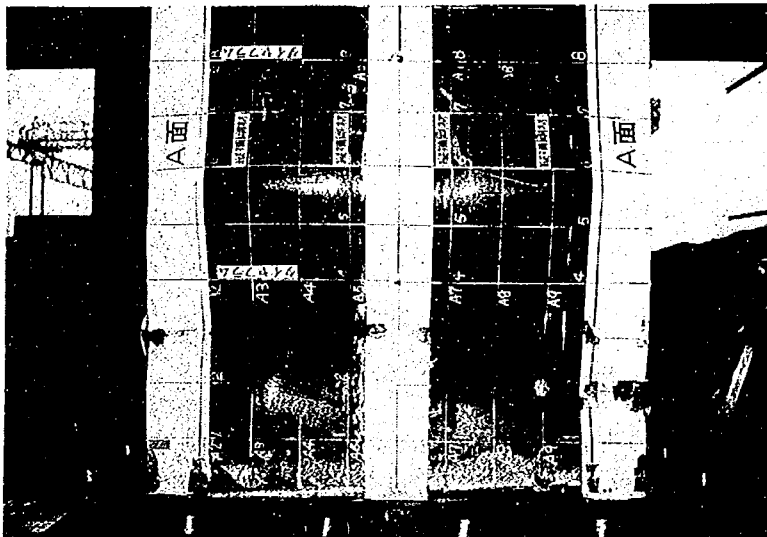


B面側 $\delta = +165$ mm 2回目載荷時

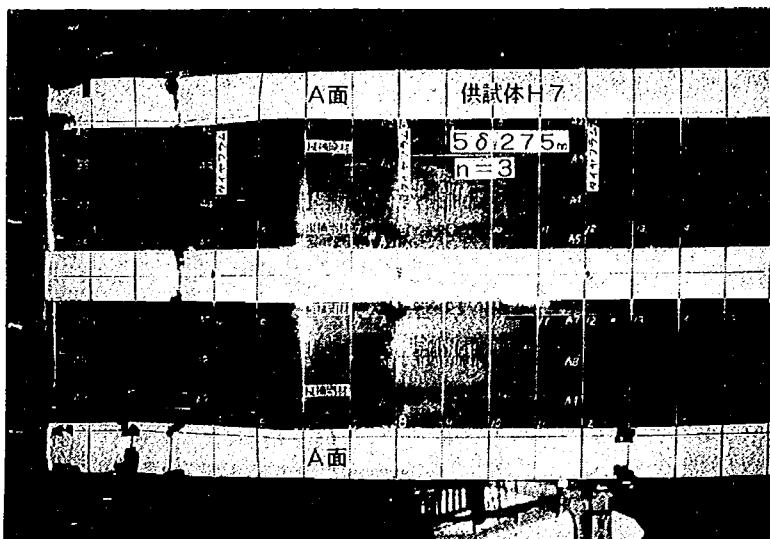




B面側 $\delta = -275$ mm 3回目載荷時

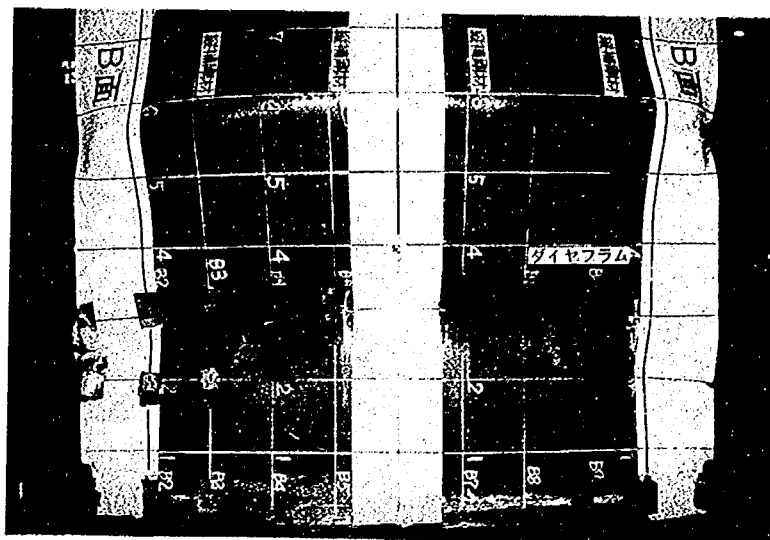


H7 試験後
A面

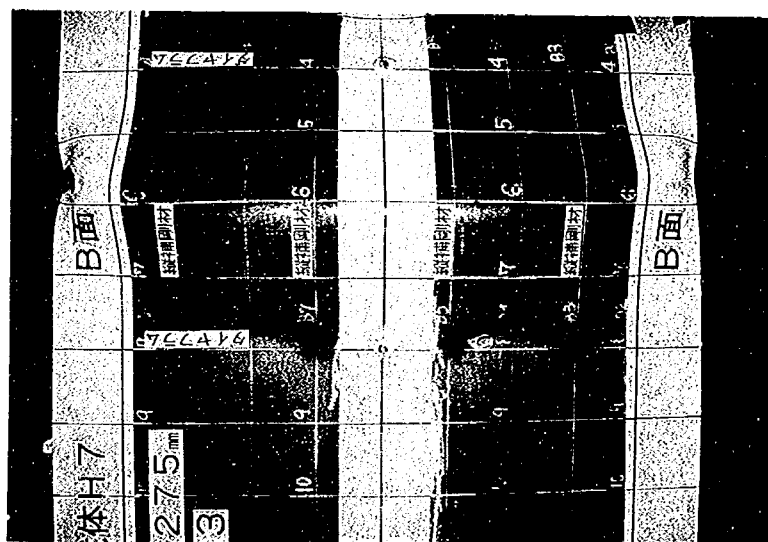


H7 試験後
A面 全体

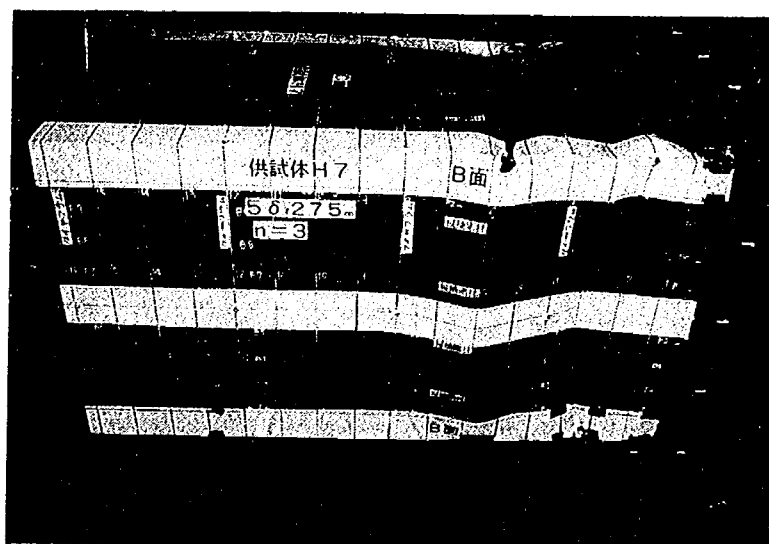
H7 試験後
B面

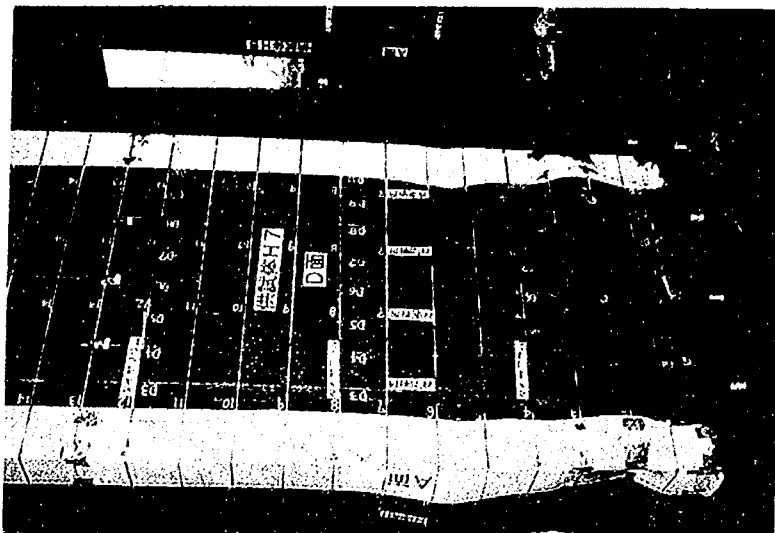


H7 試験後
B面

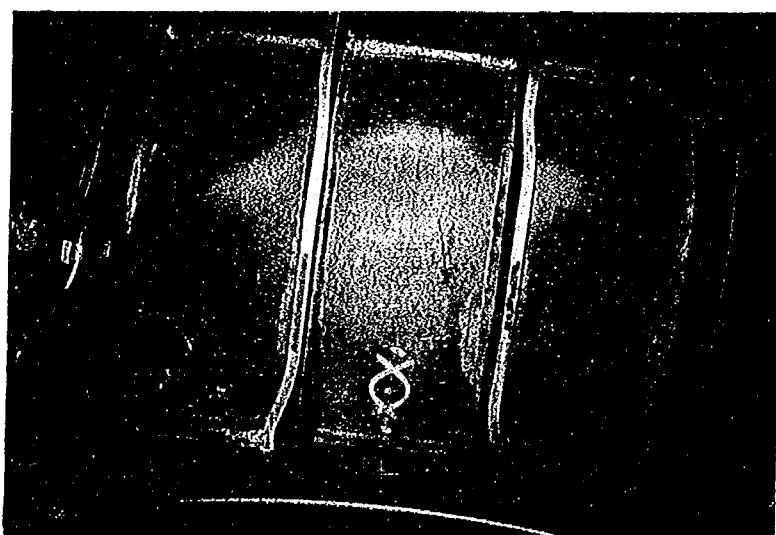


H7 試験後
B面 全体

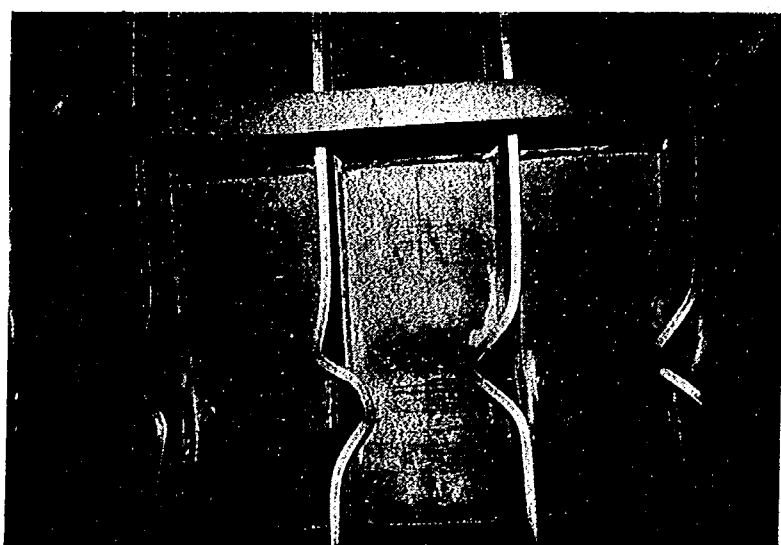




H7 試験後
D面 全体

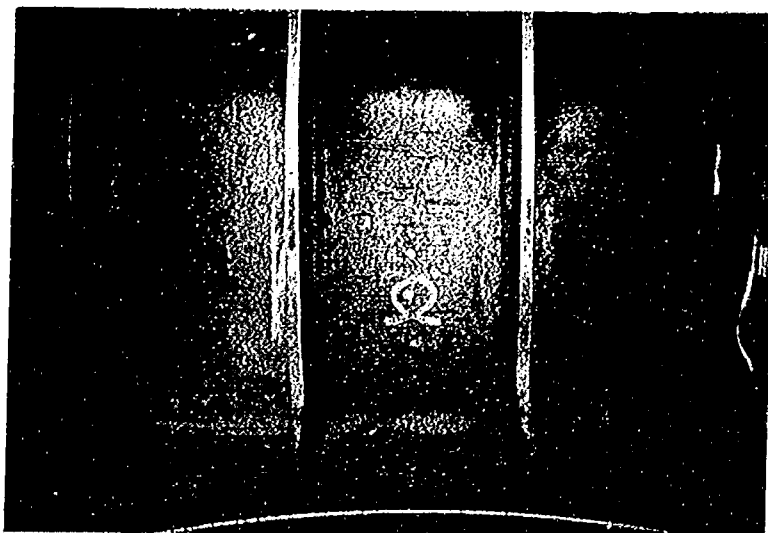


H7 試験後
内面 A面
(基部-第1ダイヤフラム間)



H7 試験後
内面 A面
(第1-第2ダイヤフラム間)

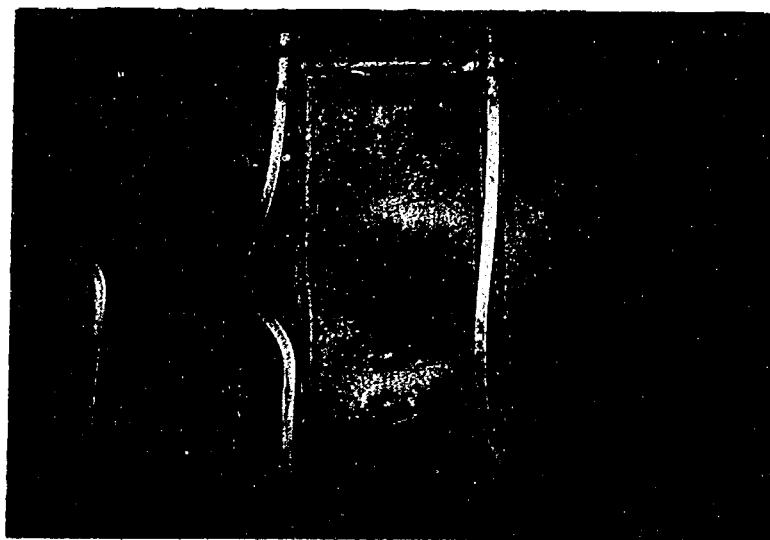
H7 試験後
内面 B面
(基部-第1ダイヤフラム間)



H7 試験後
内面 B面
(第1-第2ダイヤフラム間)



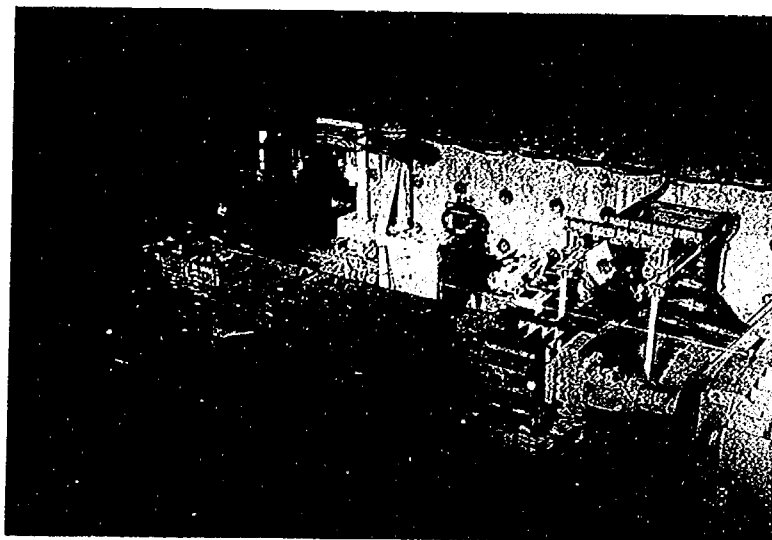
H7 試験後
内面 C面
(基部-第1ダイヤフラム間)



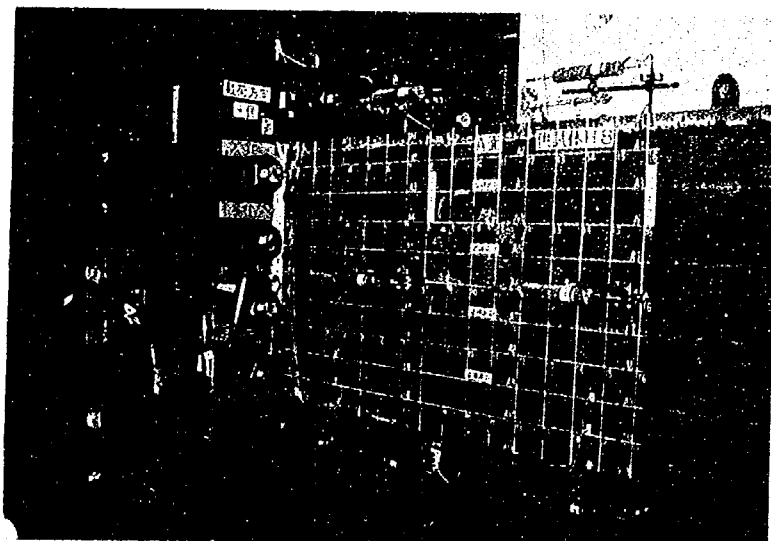
実験状況写真集

(H 8)

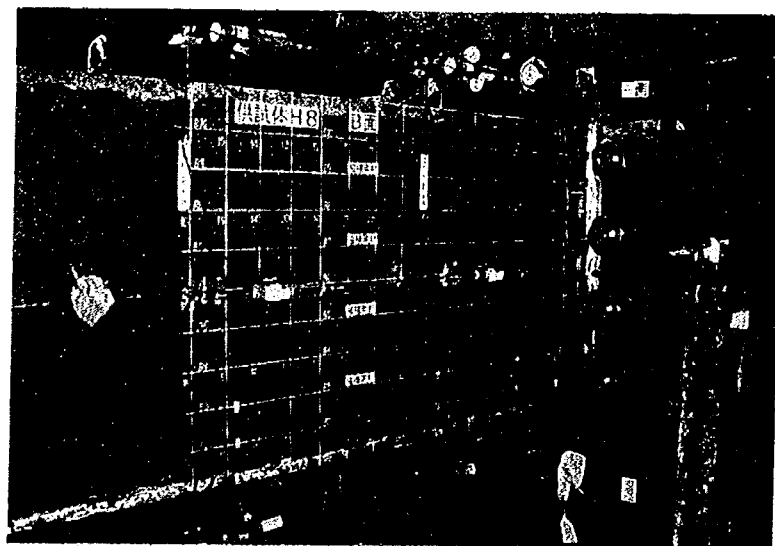
H8 試験前
(全景)

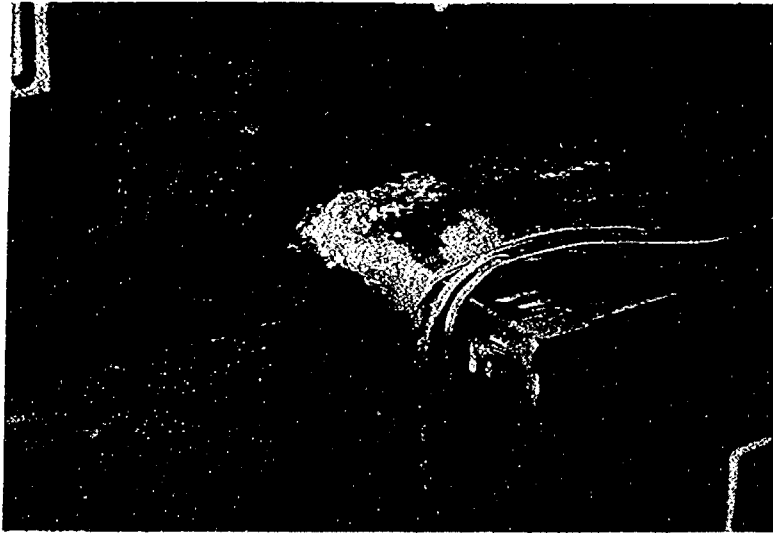


H8 試験前
(A面)

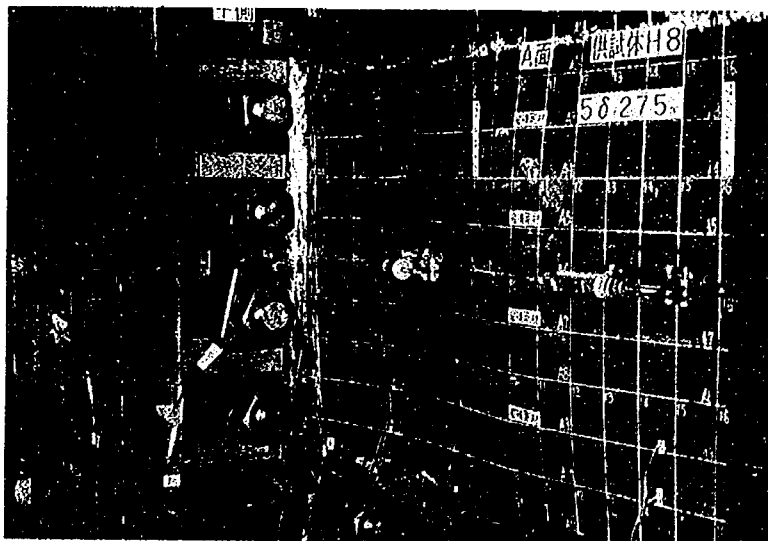


H8 試験前
(B面)

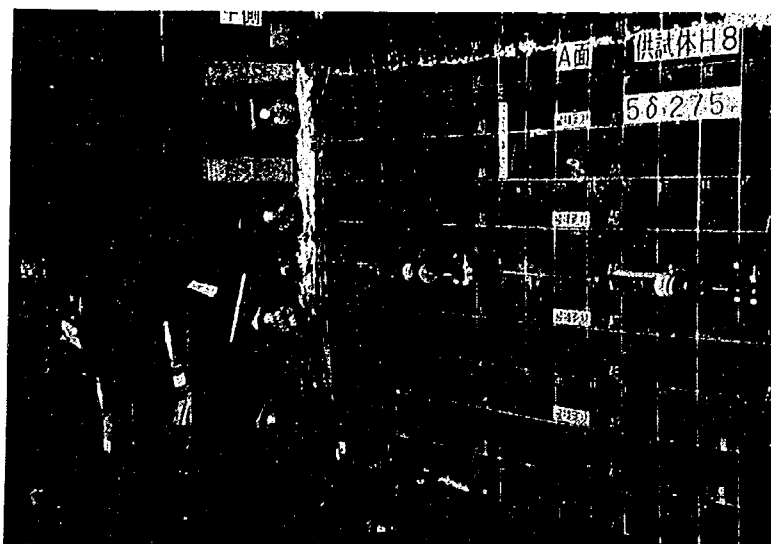




H8 $4\delta y$ 載荷後
MT (A, Cコーナー)

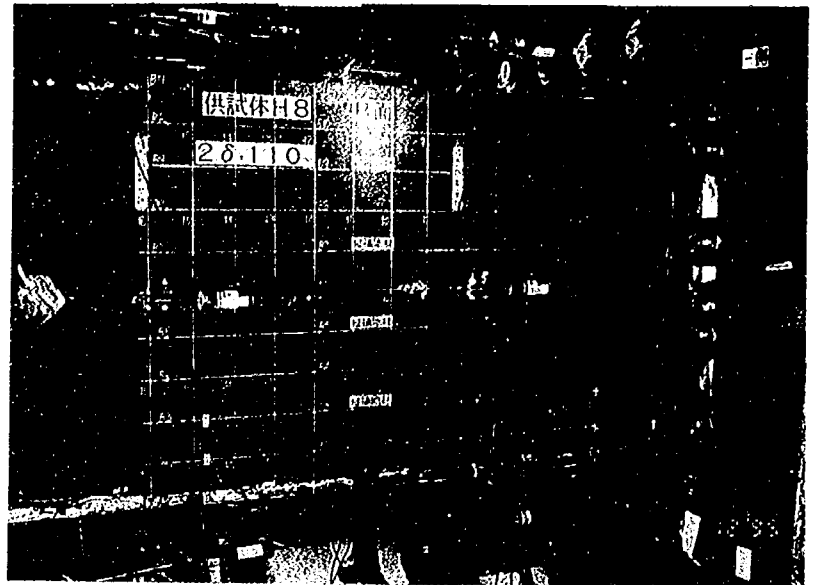


H8 載荷中
($5\delta y = +275\text{mm}$)

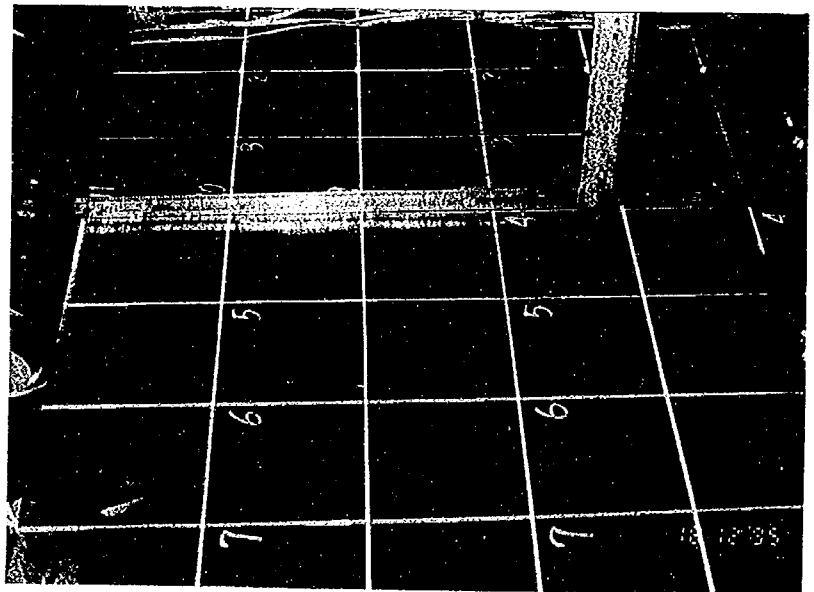


H8 載荷中
($5\delta y = -275\text{mm}$)

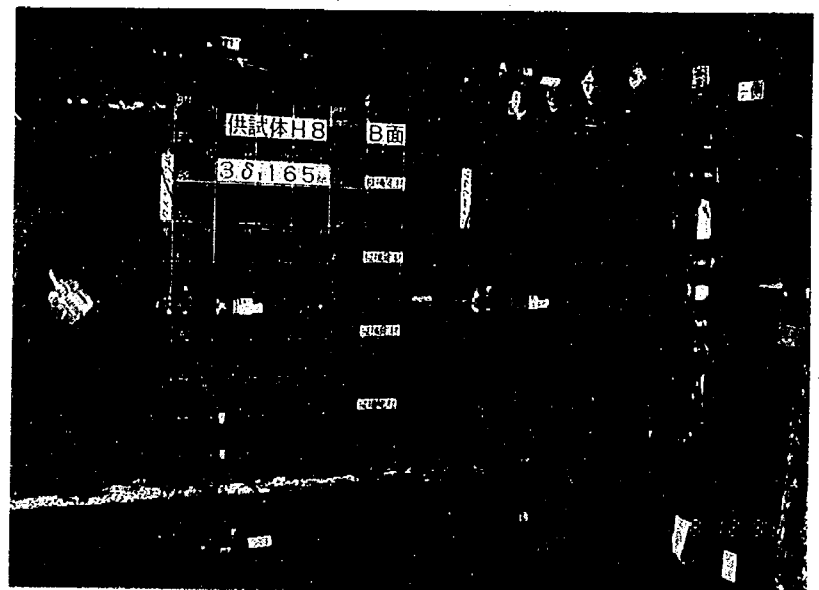
B面側 $\delta = -110\text{mm}$ 載荷時

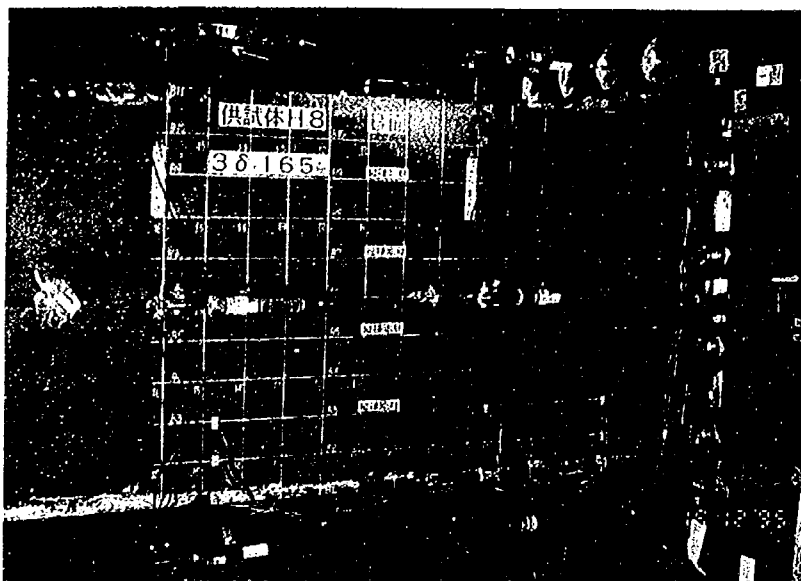


B面側 $\delta = -110\text{mm}$ 時
B 8-4 箇所
(変形量 $\Delta = 1\text{mm}$)

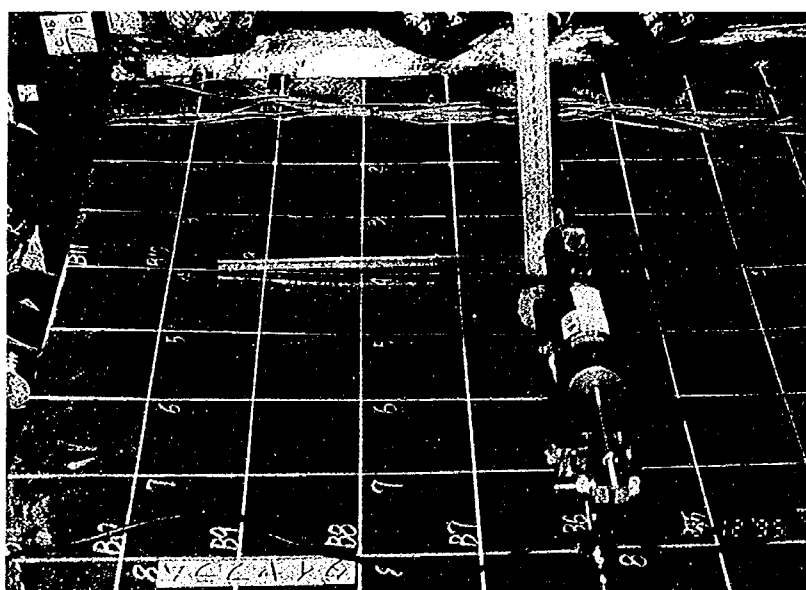


B面側 $\delta = +165\text{mm}$ 載荷時

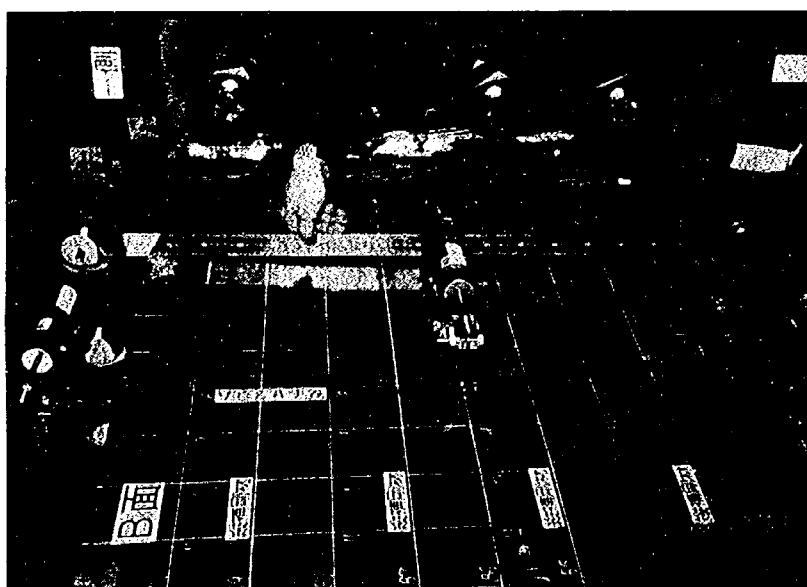




B面側 $\delta = -165$ mm 載荷時

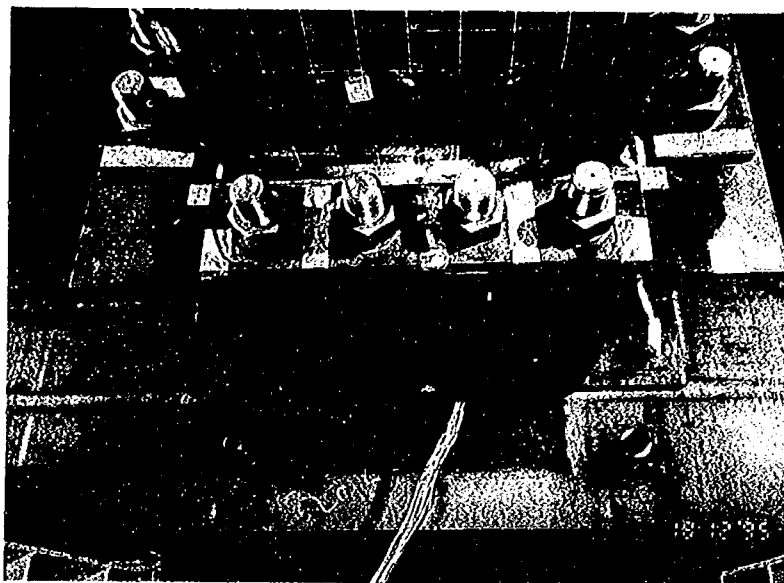


B面側 $\delta = -165$ mm 時
B6-4箇所
(変形量 $\Delta = 10$ mm)

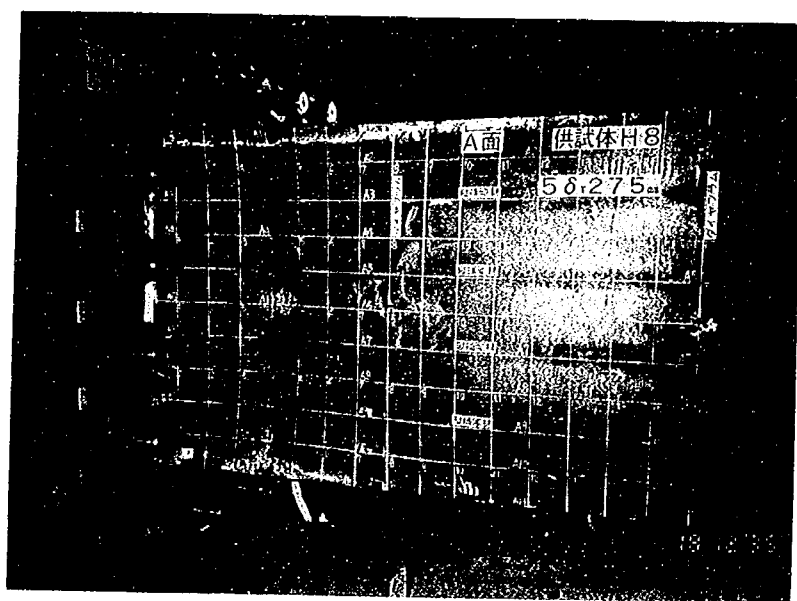


B面側 $\delta = 0$ mm 時

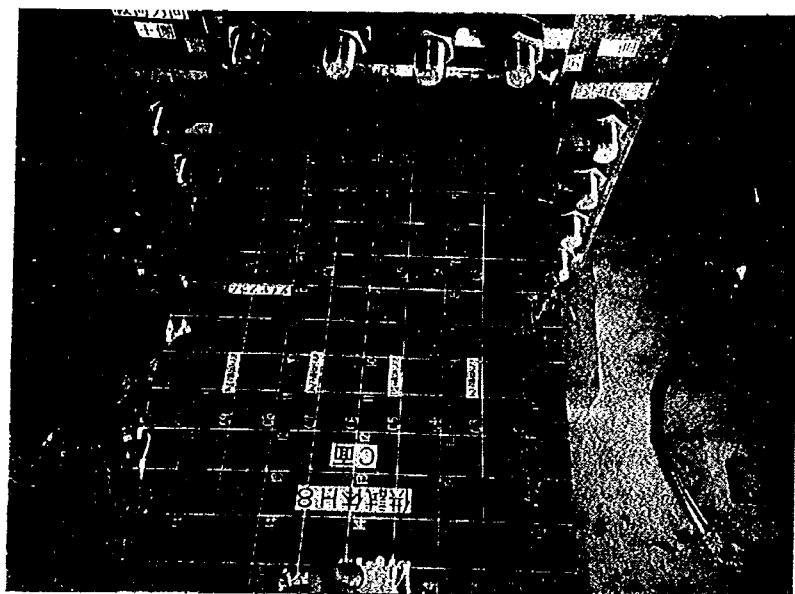
D面側

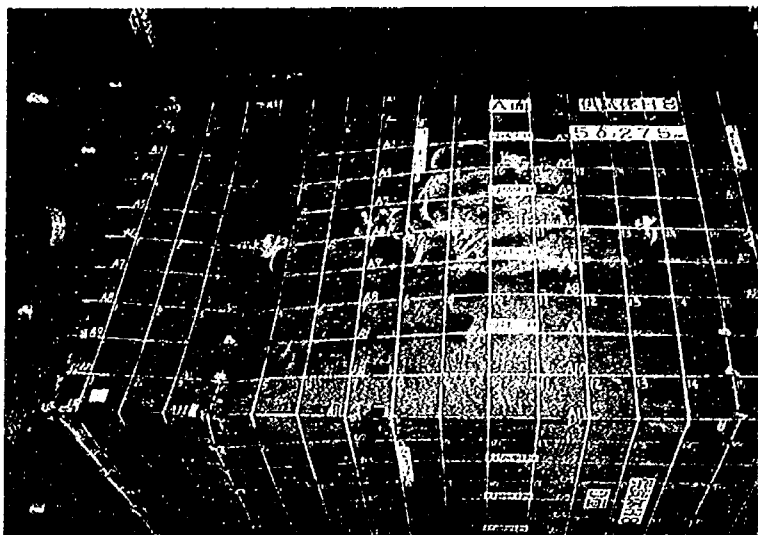


A面側

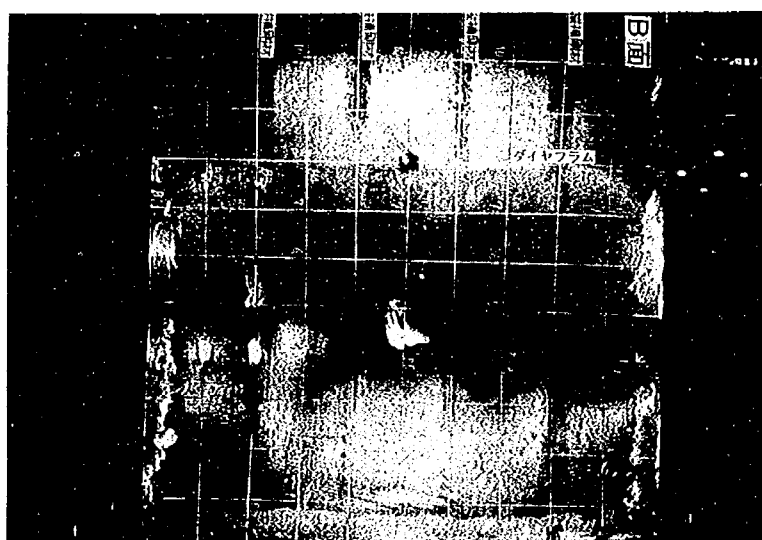


C面側

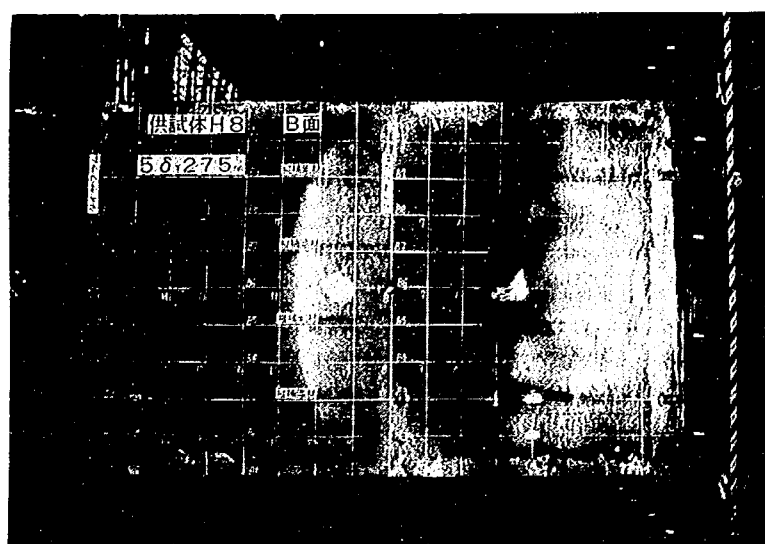




H8 試験後
A面 全体

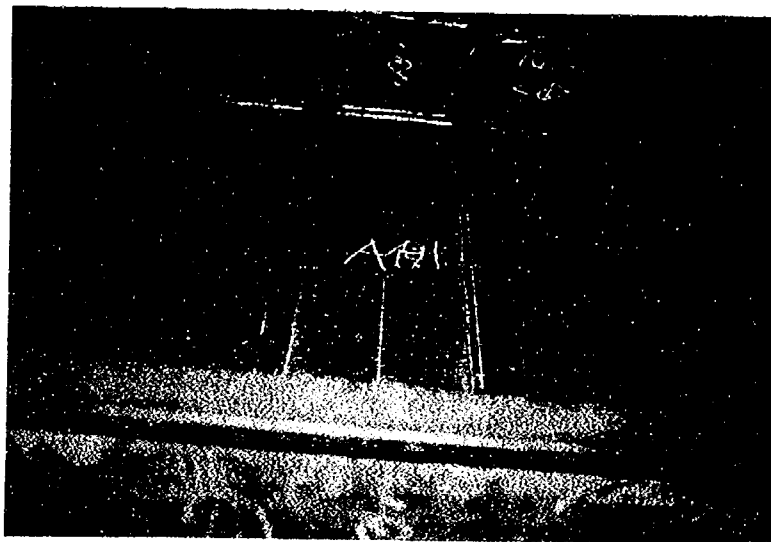


H8 試験後
B面

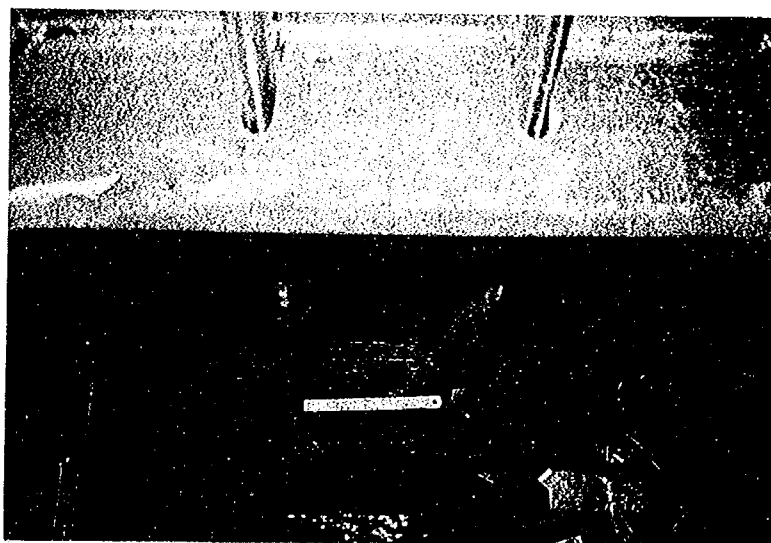


H8 試験後
B面 全体

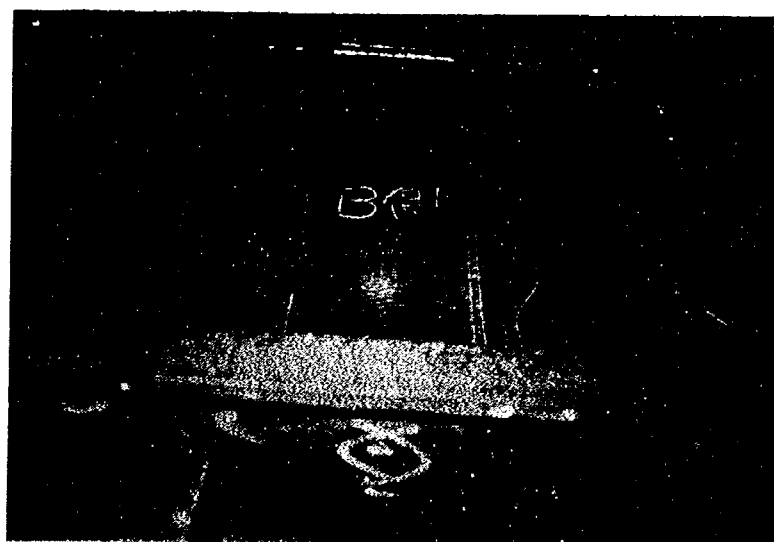
H 8 試験後
内面 A面
(第1-第2ダイヤフラム間)

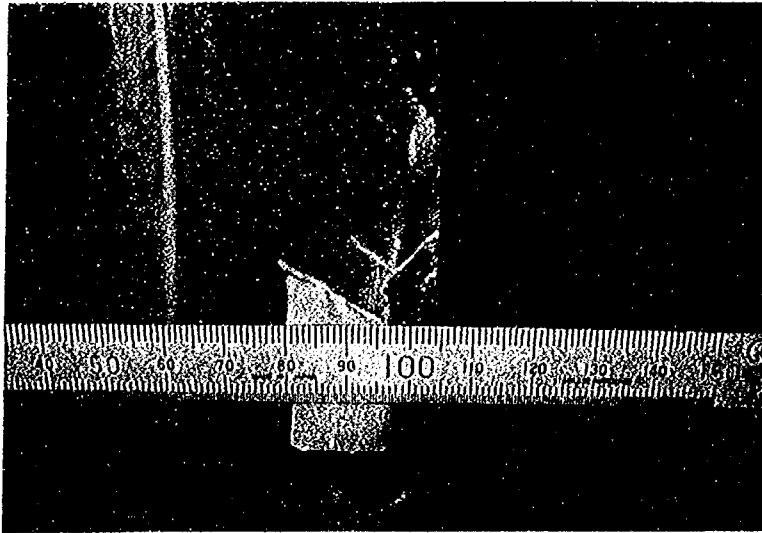


H 8 試験後
内面 B面
(基部-第1ダイヤフラム間)

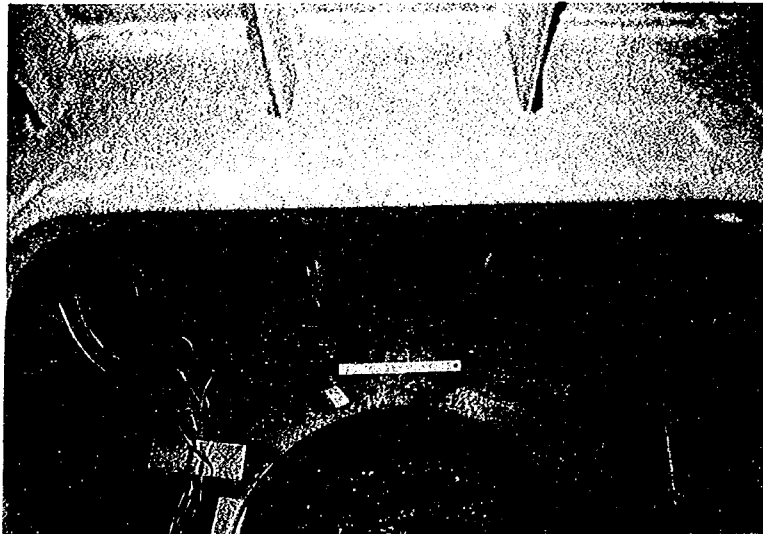


H 8 試験後
内面 B面
(第1-第2ダイヤフラム間)

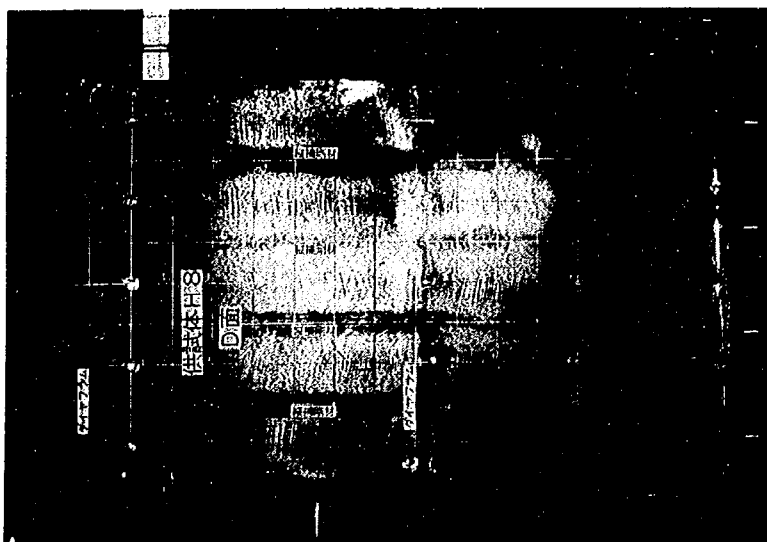




H 8 試験後
内面 破断 B面
(基部-第1ダイヤフラム間)



H 8 試験後
内面 A面
(基部-第1ダイヤフラム間)

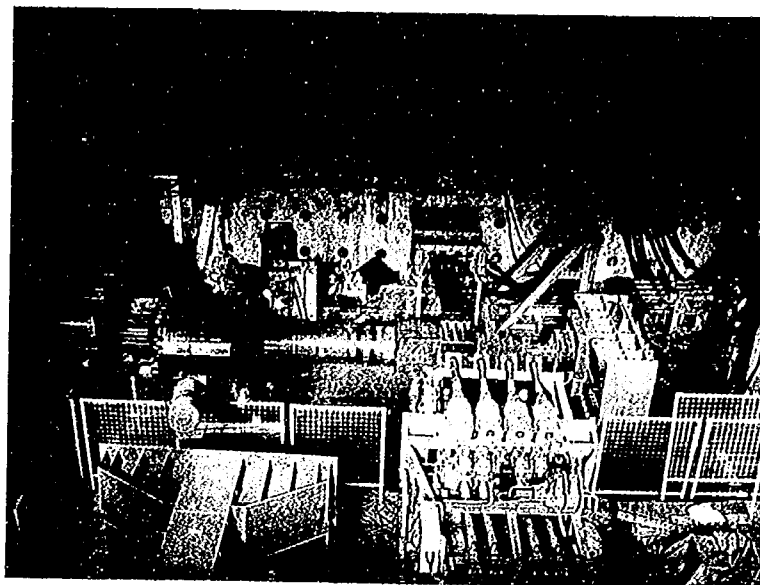


H 8 試験後
D面 全体

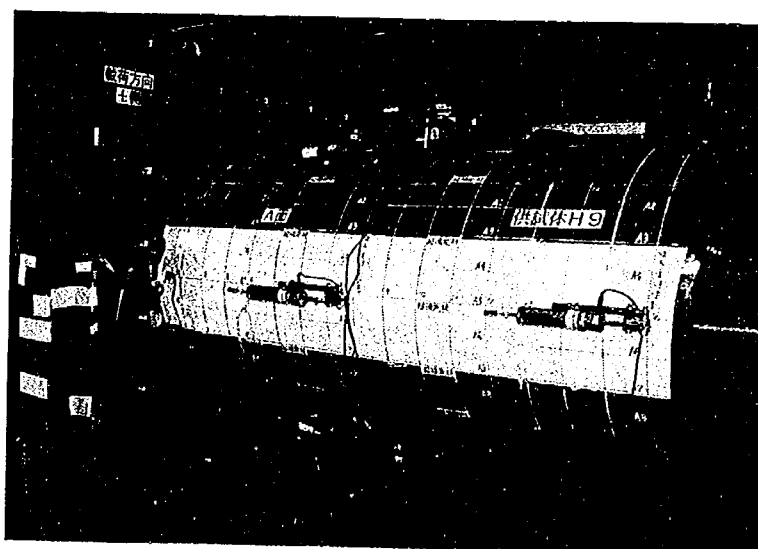
実験状況写真集

(H 9)

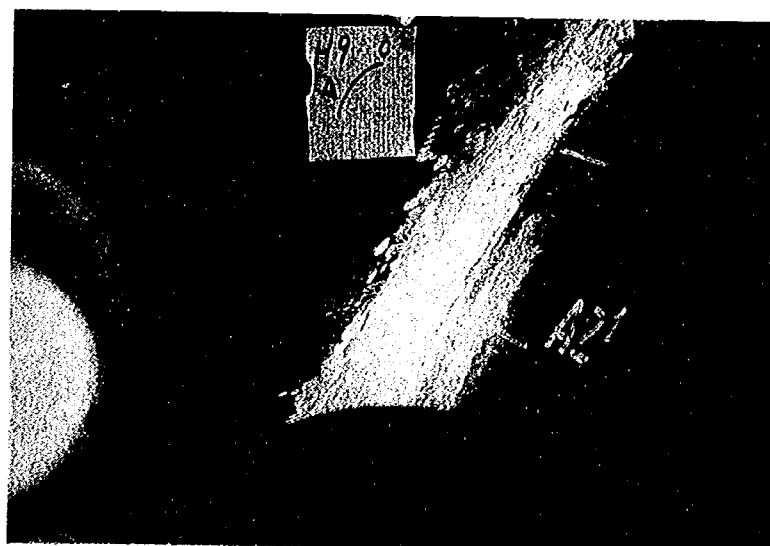
H9 試験前
(全景)

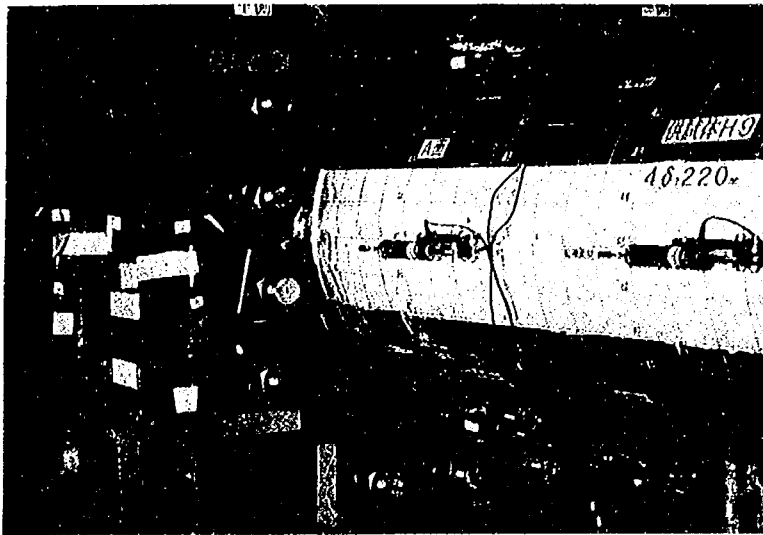


H9 試験前
(A面)

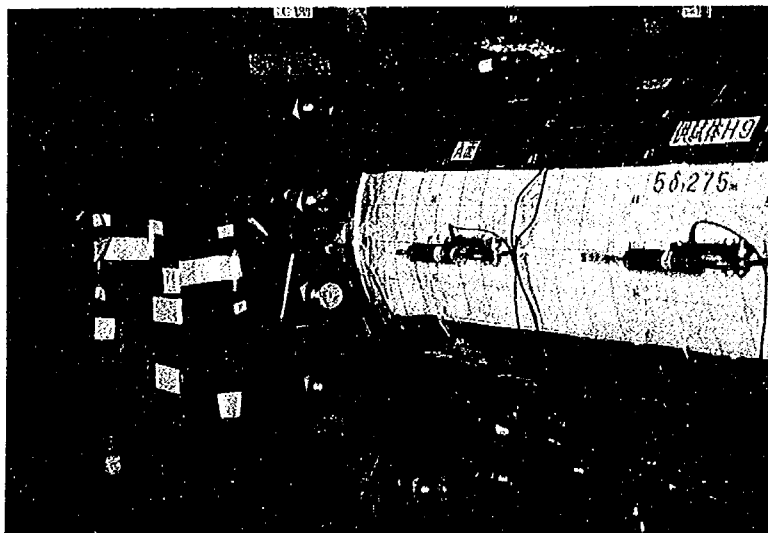


H9 初期MT
(A1, A2間)

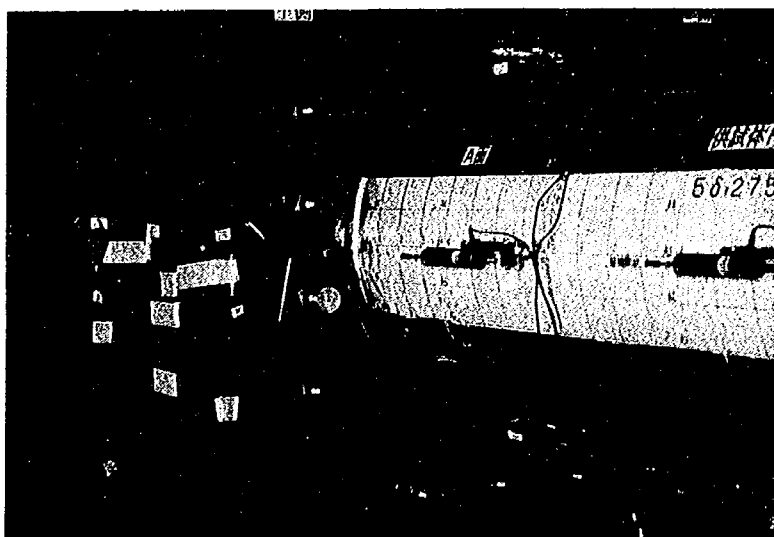




H9 載荷中
($4 \delta y = -220 \text{ mm}$)

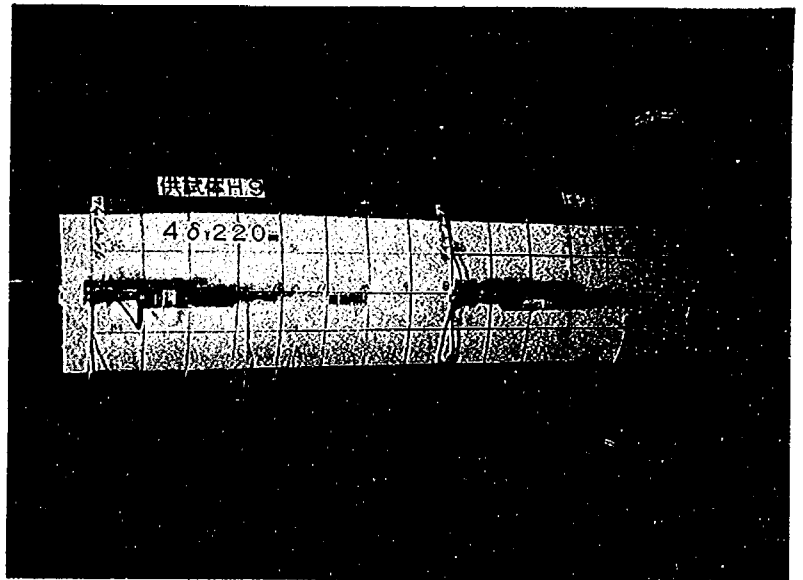


H9 載荷中
($5 \delta y = +275 \text{ mm}$)

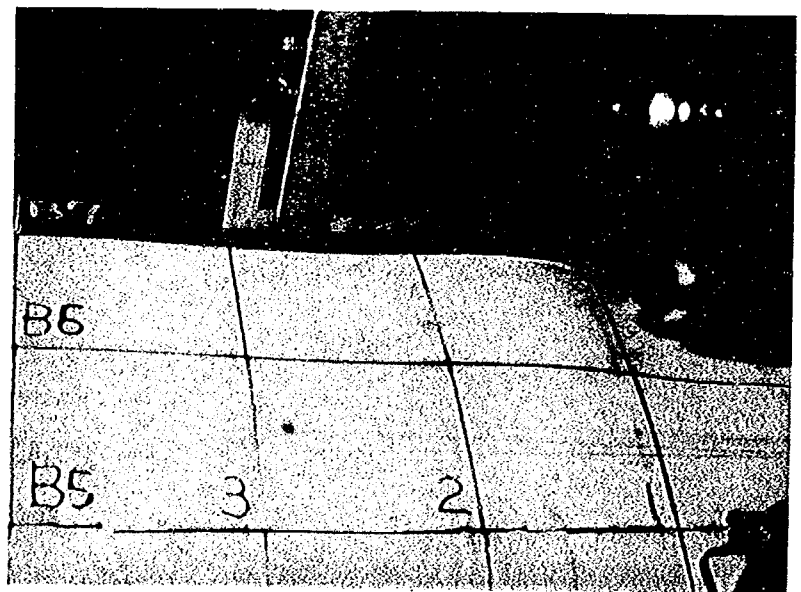


H9 載荷中
($5 \delta y = -275 \text{ mm}$)

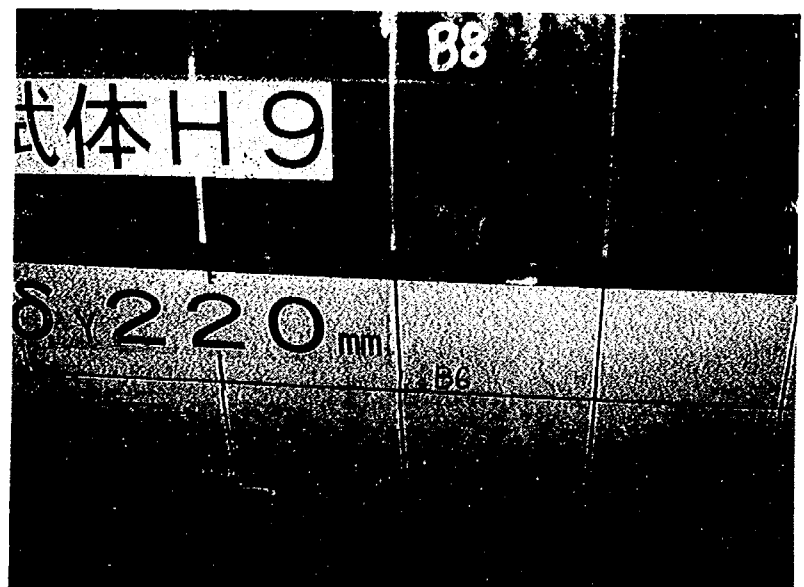
B面側 $\delta = -220$ mm 載荷時

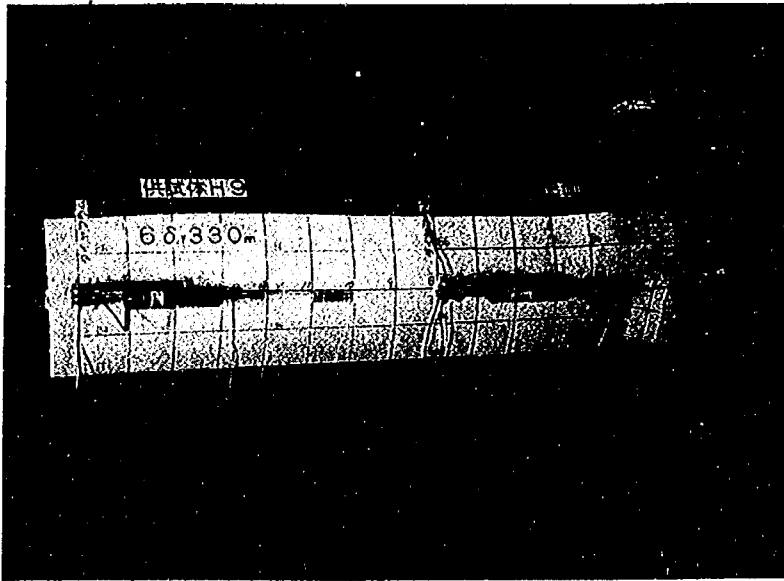


B面 $\delta = -210$ mm 時
B7-1箇所
(変形量凸=8mm)

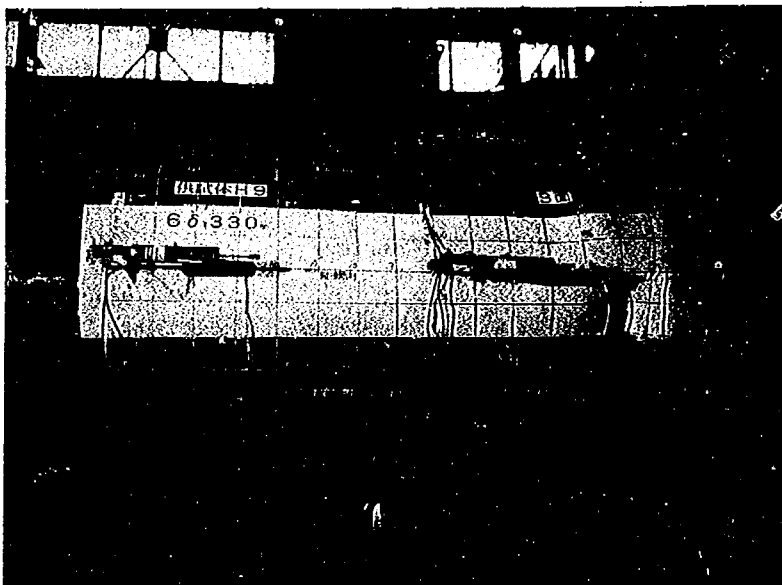


B面側 $\delta = 0$ mm 時
B7-12水平方向

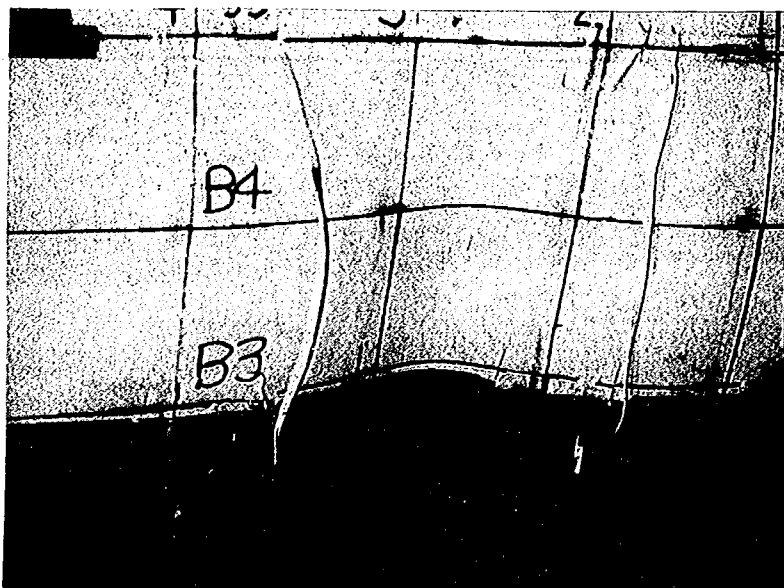




B面側 $\delta = -330$ mm 載荷時

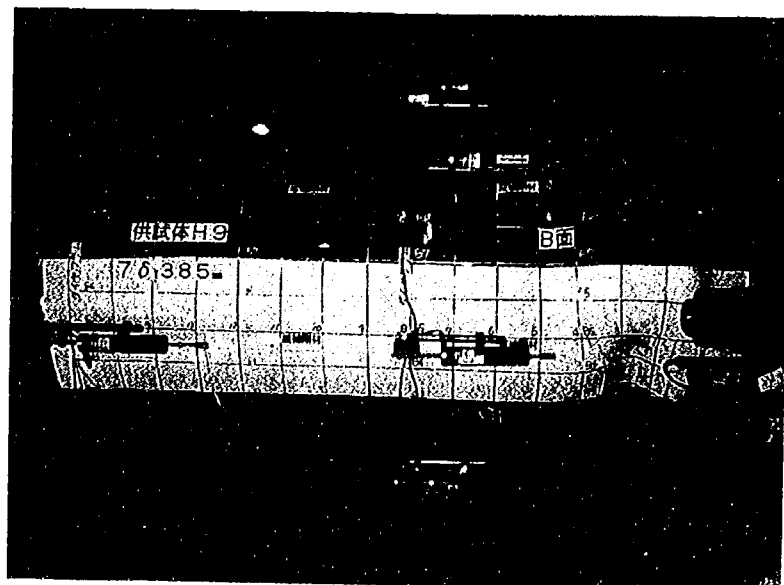


B面側 $\delta = -330$ mm 載荷時



B面側 B4-3 面に
塗装のシワを観察

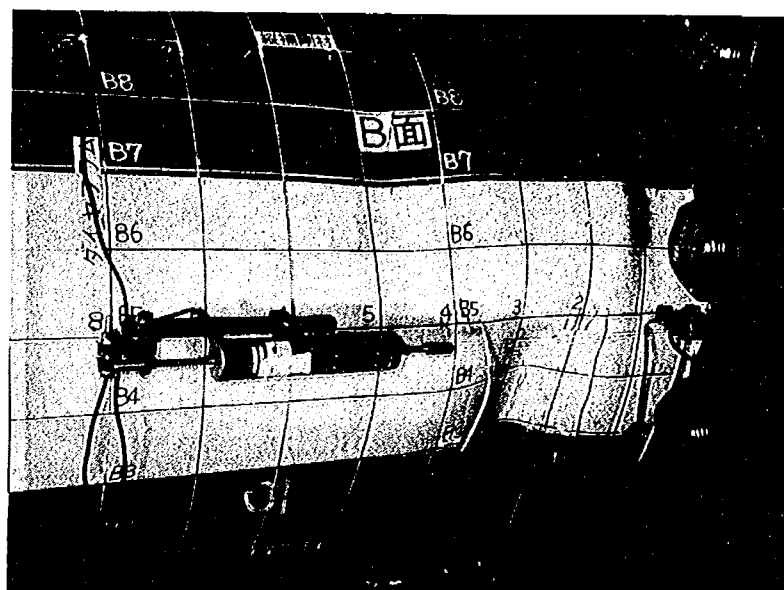
B面側 $\delta = -385$ mm 載荷時

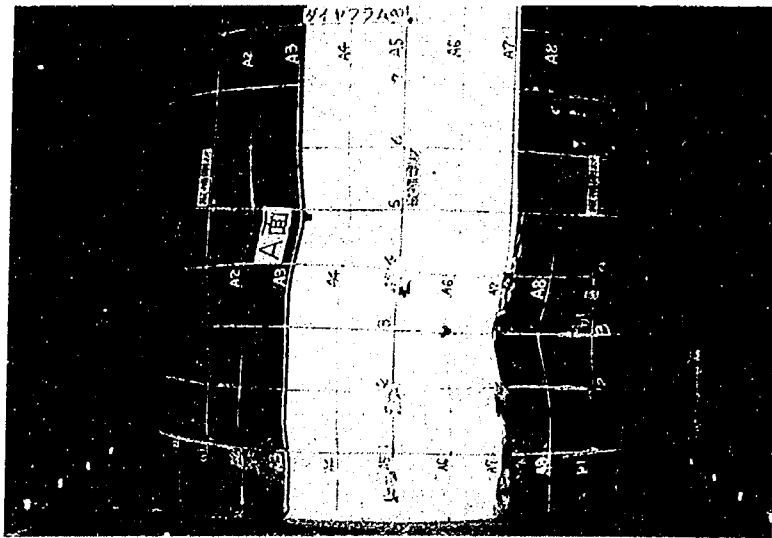


B面側 $\delta = -385$ mm 載荷時

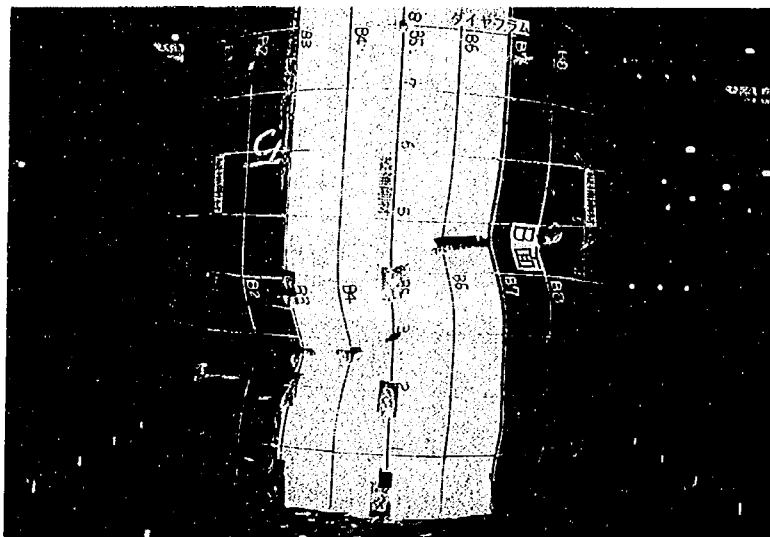


B面側 $\delta = 0$ mm 時

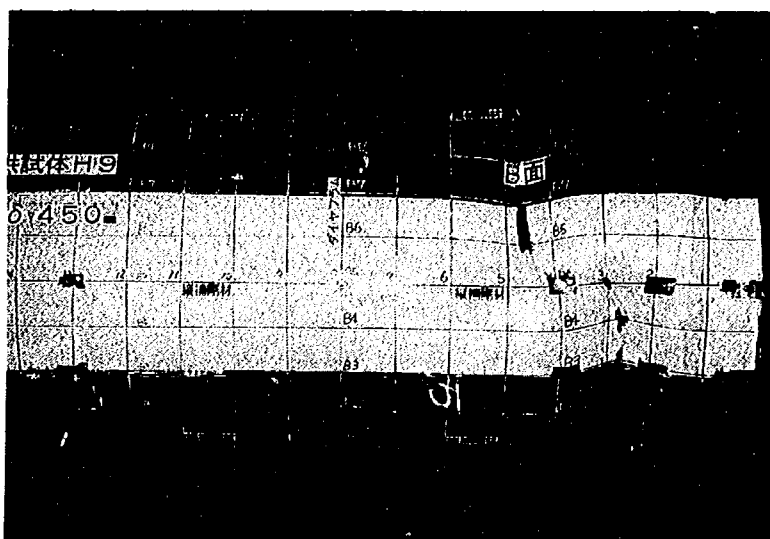




H9 試験後
A面



H9 試験後
B面



H9 試験後
B面 全体

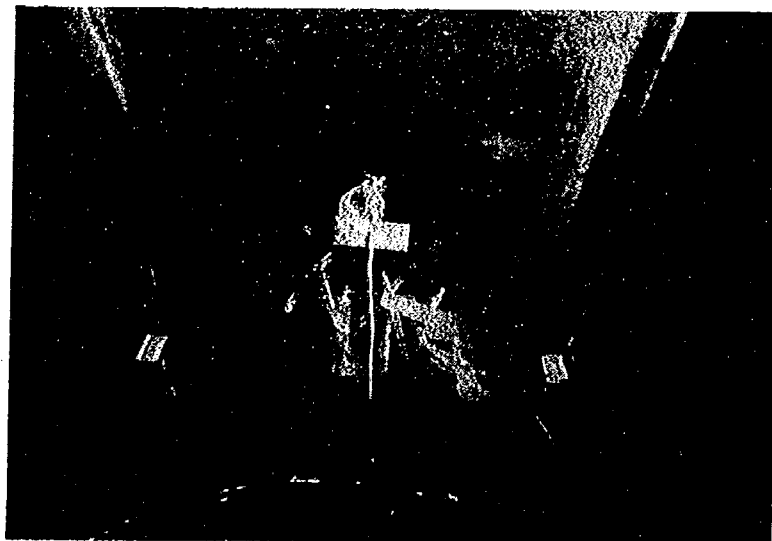
H9 試験後
内面 A面
(基部-第1ダイヤフラム間)



H9 試験後
内面 B面
(基部-第1ダイヤフラム間)



H9 試験後
内面 B面
(基部-第1ダイヤフラム間)



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(IV)

共同研究報告書第181号
平成9年12月(1997)

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5年度、および平成7年度に行った大型供試体9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
をはいて
下さい

305-□□

茨城県つくば市旭一番地

建設省土木研究所

構造橋梁部橋梁研究室

御中

No. 22

No. 22

配布先氏名

配布先住所





共同研究報告書 第 181 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 181 号

