マイクロフィルム用資料

ISSN 0386 － 5878
土木研究所資料 第3583号
033

土 木 研 究 所 資 料

鋼製橋脚のハイブリッド地震応答実験

平成11年3月

建 設 省 土 木 研 究 所
構 造 橋 梁 部 橋 梁 研 究 室

Copyright © (1999) 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，土木研究所長の文章による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

土木研究所資料
第3583号1999年3月
033

鋼製橋脚のハイブリッド地震応答実験

構造橋梁部橋梁研究室　室　　長　西川　和廣
同　主任研究員　村越　　潤*
同　研　究　員　山本　悟司**
同　研　究　員　上仙　　靖
同　研　究　員　高橋　　実
同　交流研究員　中嶋　浩之***
同　交流研究員　岡田　　淳****

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対する多数の鋼製橋脚において座屈、変形、割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およびＲＣ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て２軸準静的正負交番繰返し載荷実験およびハイブリッド地震応答実験を行った。本報告書は、一連の実験の中から平成７～９年度に行った大型供試体（鋼製橋脚：17体、ＲＣ橋脚：３体）の実験データ（準静的繰返し載荷実験：９回、ハイブリッド地震応答実験：36回）を資料集としてまとめたものである。

キーワード：ハイブリッド地震応答実験、鋼製橋脚、ＲＣ橋脚、変形性能、じん性、耐力、繰返し載荷実験、耐震補強法、隙間あけ鋼板巻立て補強、耐震設計法

＊　現在：建設省建設経済局調整課環境調整室
＊＊　現在：建設省近畿地方建設局企画部企画課
＊＊＊　交流研究員在職期間（平成７年４月から平成８年３月）
＊＊＊＊　交流研究員在職期間（平成７年６月から平成９年３月）

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多くの被害が生じた．鋼製橋脚については，我が国では初めて大きな被害を受け，その被害は橋脚を構成する補剛板や鋼管の局部座屈，変形，割れ等であり，そのうち矩形断面橋脚２基は倒壊に至っている．

平成７年２月には，こうした被災状況を踏まえ，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]（以下，復旧仕様と呼ぶ）が通知され，当面の措置として，鋼製橋脚においては，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照査法が示された．しかしながら，兵庫県南部地震直後の時点では，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．

このような観点から，鋼製橋脚については，主にコンクリートを充填しない鋼製橋脚について，土木研究所を中心に耐力および変形性能の向上策に関する各種調査研究が精力的かつ迅速に行われ，その研究の一環として，以下に示す耐震構造および耐震補強方法に対して，大型供試体を用いた二軸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[2]．

①矩形断面橋脚

・角部にコーナープレートを溶接または高力ボルトにて取り付ける補強方法（角補強）

・補剛板の幅厚比を制限した耐震構造

・コンクリートを充填する補強方法

②円形断面橋脚

・母材の鋼板の外側に隙間をあけて鋼板を巻立てる補強方法

・コンクリートを充填する補強方法

これらの研究成果の一部は，平成８年 11 月に改訂された道路橋示方書Ⅴ耐震設計編[3]の中に新に設けられた鋼製橋脚の耐震設計に関する規定の基礎資料となった．さらに，これらの成果の一部を踏まえ，平成９年３月には(社)日本道路協会から道路橋の耐震設計に関する資料[4]が発刊され，平成９年８月には既設道路橋の耐震補強に関する参考資料[5]が発刊された．

本報告書は，主に，これら一連の実験の中から平成７年度から９年度の上半期に行った鋼製橋脚大型供試体のハイブリッド地震応答実験結果および同形状寸法の供試体の繰返し載荷実験結果について資料集として取りまとめたものである．

なお，本実験の一部は平成７年度から９年度に実施された鋼製橋脚の耐震設計法に関する共同研究（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）の一環として行われたものである．

目　　次

Ⅰ．実験概要…… 1

1．はじめに…… 3
1．1　ハイブリッド地震応答実験について…… 3
1．2　本実験の目的 …… 4

2．実験条件…… 5
2．1　実験ケースの設定…… 5
2．1．1　実験供試体一覧…… 5
2．1．2　載荷ケース…… 6
2．2　上部工および橋脚高さの仮定…… 9
2．3　橋脚の設計…… 10
2．3．1　橋脚基部における橋軸直角方向の断面力（震度法）…… 10
2．3．2　鋼製橋脚の設計…… 11
2．3．3　ＲＣ橋脚の設計…… 12

3．実験供試体…… 13
3．1　供試体の相似率…… 13
3．2　鋼製橋脚…… 13
3．3　ＲＣ橋脚…… 26

4．実験方法…… 39
4．1　載荷装置…… 39
4．2　準静的載荷実験…… 40
4．2．1　載荷方法…… 40
4．2．2　観察項目…… 41
4．3　ハイブリッド地震応答実験…… 42
4．3．1　実験方法と相似則…… 42
4．3．2　運動方程式の解法…… 43
4．3．3　入力地震波…… 43
4．3．4　実験結果データの記録…… 49
4．3．5　観察項目…… 49
4．3．6　実験精度の検定と精度向上対策…… 49
4．4　計測項目と計測位置…… 50
4．4．1　観察位置の名称…… 50
4．4．2　荷重…… 50
4．4．3　変位…… 50

4．4．4　ひずみ…… 53
4．4．5　使用機器…… 57
参考文献…… 59
研究成果に関する文献…… 60

Ⅱ．実験結果…… 61

5．鋼製橋脚－1…… 63
5．1　概　要…… 63
5．2　材料試験結果…… 66
5．2．1　鋼材引張試験…… 66
5．2．2　コンクリート圧縮試験…… 73
5．3　A1Rシリーズ…… 74
5．3．1　A1R－ST…… 74
5．3．2　A1R－L2…… 82
5．3．3　A1R－HN…… 91
5．4　A3Rシリーズ…… 96
5．4．1　A3R－ST…… 96
5．4．2　A3R－L2…… 106
5．4．3　A3R－HN…… 116
5．5　A1Cシリーズ…… 126
5．5．1　A1C－ST…… 126
5．5．2　A1C－L2…… 136
5．5．3　A1C－HN…… 145
5．6　A3Cシリーズ…… 154
5．6．1　A3C－ST…… 154
5．6．2　A3C－L2…… 164
5．6．3　A3CR－HN…… 173
5．7　P1Rシリーズ…… 182
5．7．1　P1R－ST…… 182
5．7．2　P1R－L2…… 191
5．7．3　P1R－HN…… 200
5．8　A3RS、A3RR、A3RN…… 209
5．8．1　A3RS－ST…… 209
5．8．2　A3RR－ST…… 225
5．8．3　A3RN－ST…… 241

6．RC橋脚－1…… 257
6．1　概　要…… 257

6．2　材料試験結果……258
6．2．1　鉄筋引張試験……258
6．2．2　コンクリート圧縮試験……258
6．3　R1Rシリーズ……259
6．3．1　R1R－ST……259
6．3．2　R1R－L2……269
6．3．3　R1R－HN……278

7．鋼製橋脚－2……287
7．1　概　要……287
7．2　A1Rシリーズ……288
7．2．1　A1R－L2（2回目）……288
7．2．2　A1R－HN（2回目）……296
7．3　A3Rシリーズ……304
7．3．1　A3R－L2（2回目）……304
7．3．2　A3R－L2（3回目）……313
7．3．3　A3R－HN（2回目）……322
7．4　A1Cシリーズ……331
7．4．1　A1C－L2（2回目）……331
7．4．2　A1C－HN（2回目）……339
7．5　A3Cシリーズ……347
7．5．1　A3C－L2（2回目）……347
7．5．2　A3CR－HN（3回目）……355
7．5．3　A3CR－HN（3回目）……363
7．6　P1Rシリーズ……371
7．6．1　P1R－L2（2回目）……371
7．6．2　P1R－L2（3回目）……379
7．6．3　P1R－HN（2回目）……387
7．6．4　P1R－HN（3回目）……395

8．RC橋脚－2……403
8．1　概　要……403
8．2　R1Rシリーズ……404
8．2．1　R1R－L2（2回目）……404

Ⅰ．実験概要

1．はじめに

1．1　ハイブリッド地震応答実験について

大地震に対する道路橋の安全性については，弾性領域だけでなく塑性領域まで含めた動的な地震応答について把握することが求められている．鋼製橋脚についても，塑性領域での動的耐力や変形性能を精度良く把握するために数多くの実験や解析が行われてきている．これらの実験や解析の多くは，復元力モデルの開発を主な目的としているために，一定軸力のもとで水平荷重を一定振幅変位漸増方式で載荷する正負交番繰返し載荷実験や解析として行われてきた．しかし，このような正負交番繰返し載荷実験では，構造物が実際に地震力を受けたときの動的な挙動を直接再現することはできない．

構造物の動的な応答特性を検討するためには振動台実験が最も望ましい実験であるが，この実験には主に以下に示すような制約がある．

①対象とする構造物とこれに影響を与える構造物全体をモデル化して振動実験しなければならず，実験供試体が複雑かつ大規模なものになる場合が多い．

②振動台装置の載荷能力や大きさに制限がある場合が多く，大型供試体を用いた振動実験が不可能な場合がほとんどである．

③－1　①と②を解決するために供試体をスケールダウンさせて振動実験する場合，加速度や時間軸等において相似則を満足させる必要がある．

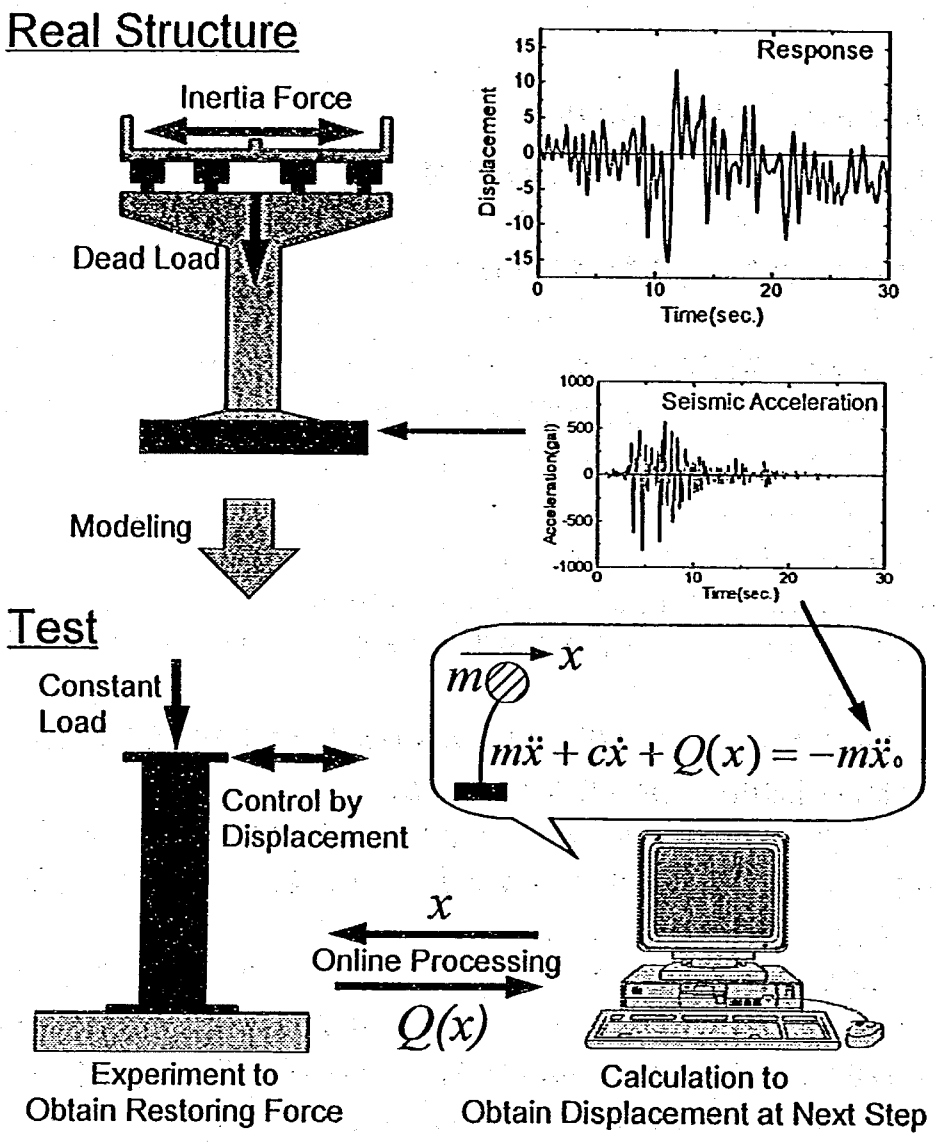
③－2　①と②を解決するためにスケールダウンさせた供試体を製作する場合，実構造物の製作方法と同じ方法で供試体を製作できないことがある．特に，鋼製橋脚の場合，溶接のサイズや方法が制約を受けることがある．

このような制約を解決するために開発された方法の一つがハイブリッド地震応答実験である．

ハイブリッド地震応答実験は，コンピューターによる微分方程式の計算と実験装置による復元力特性の計測を組み合わせて開発された実験手法であり，鋼製橋脚を対象とした実験も報告されている[7)~21)]．本実験手法ではリアルタイムで地震応答を再現できないため，速度に依存する粘性減衰や衝撃の影響などは実験で再現できないところであるが，これらの影響が小さい構造物の挙動に関しては，動的な地震応答を検討するには信頼できる手法であると考えられる．

本研究では，鋼製橋脚供試体に対して，正負交番繰返し載荷実験とハイブリッド地震応答実験を実施し，弾性領域だけではなく塑性領域まで含めた動的な地震応答挙動を検討した．

図－1．1．1にハイブリッド地震応答実験の概念を示す．



図－１．１．１　ハイブリッド地震応答実験の概念

１．２　本実験の目的

本実験では，道路橋橋脚の地震時における複雑な挙動を考慮した鋼製橋脚の耐震設計法を構築するための基礎資料を得ることを目的とし，以下の項目について検討した．実験は，平成７年１月の兵庫県南部地震において地盤上で観測された地震記録を入力した場合の鋼製橋脚およびＲＣ橋脚の時刻歴応答をシミュレートするためにハイブリッド地震応答実験として実施した．

① 地震時の時刻歴応答特性

② 地震時と準静的載荷時における変形挙動の比較

2．実験条件

2．1　実験ケースの設定

2．1．1　実験供試体一覧

表－2．1．1に実験供試体の一覧を示す．対象とする構造は単柱形式とし，断面形状は矩形および円形の２種類とした．地盤種別はⅠ種地盤およびⅢ種地盤とした．実験供試体の構造は，平成２年の道路橋示方書[6]（以下，Ｈ２道示と呼ぶ）に基づいて設計したもの，幅厚比パラメータを制限（以下，幅厚比制限と呼ぶ）して設計したもの，Ｈ２道示に基づいて設計した円形橋脚を隙間あけ鋼板巻立て補強したもの，復旧仕様[1]に従い橋脚内部にコンクリートを充填して補強したものの計４種類とし，載荷装置の能力に合わせて３．１に示す相似率に従いスケールダウンさせた．また，平成７年２月に建設省より通知された復旧仕様[1]に従ったＲＣ橋脚についても，Ⅰ種地盤の矩形断面橋脚に関して実験を行った．実験では，Ｈ２道示，幅厚比制限，および復旧仕様の構造に対して，静的な耐荷力特性を知るための準静的繰返し載荷実験，地震時保有水平耐力照査用のタイプⅠ地震波に対するハイブリッド地震応答実験，および兵庫県南部地震で観測された地震波に対するハイブリッド地震応答実験の計３種類の実験を実施した．Ⅲ種地盤の矩形断面橋脚に対してコンクリートを充填して補強したもの，および鋼断面補強した後にコンクリート充填補強したものに対しては，準静的繰返し載荷実験を行なった．また，Ⅲ種地盤の円形断面橋脚を隙間あけ鋼板巻立て補強したものに対しては，ハイブリッド地震応答実験を行なった．

表－2．1．1　実験供試体一覧

橋脚の種類		鋼製橋脚				RC橋脚
地震波＼構造		H2道示	幅厚比制限 *1	隙間あけ鋼板巻立て	コンクリート充填（復旧仕様）	復旧仕様
Ⅰ種地盤	準静的 n=1 *2	□ ○ (A1R-ST) (A1C-ST)	□ (P1R-ST)			(R1R-ST)
	タイプⅠ	□ ○ (A1R-L2) (A1C-L2)	□ (P1R-L2)			(R1R-L2)
	兵庫県 *3 南部地震	□ ○ (A1R-HN) (A1C-HN)	□ (P1R-HN)			(R1R-HN)
Ⅲ種地盤	準静的 n=1 *2	□ ○ (A3R-ST) (A3C-ST)			(A3RS-ST) (A3RR-ST)	
	タイプⅠ	□ ○ (A3R-L2) (A3C-L2)				
	兵庫県 *3 南部地震	□ (A3R-HN)		◎ (A3CR-HN)		

注）　*1：$R_R \leqq 0.4$，$\gamma / \gamma^* \geqq 3.0$　　□矩形断面の実験　○円形断面の実験

*2：ﾊｲﾌﾞﾘｯﾄﾞ実験ではなく，準静的載荷．
n は繰返し回数．

*3：地盤上での観測波形をほぼそのまま用いており，H8 道示に示される
タイプⅡの加速度応答スペクトルの特性とは異なる．

供試体名は，整理の都合上，表－２．１．１の（　）内に示したように定めた．供試体名のうちハイフンで区切られた左側は設計条件を示し，以下の意味を表す．

- 1文字目は構造形式（A: steel columns designed by Allowable stress method, P: steel columns restricting the width-to-thickness ratio Parameter, R: Reinforced concrete columns)
- 2文字目は地盤種別（1: I種地盤, 3:III種地盤)
- 3文字目は断面形状（R: Rectangular, C: Circular)
- 4文字目に記号（S, R, N）がある場合には断面補強したことを表し，その記号は補強の種類を表す(S: Small weld and normal seismic retrofit with concrete filling method for steel columns, R: small weld and seismic Retrofit with corner plates and concrete filling method for rectangular steel columns, or seismic Retrofit with outer steel pipe for circular steel columns, N: Normal seismic retrofit with concrete filling method for steel columns after forth mark "R" seismic retrofit).

また，供試体名のうちハイフンで区切られた右側は載荷条件を示し，以下の意味を表す．

- ST: Static loading tests（準静的載荷)
- L2: pseudo-dynamic tests loaded with Level 2 (type I) earthquake（タイプI地震波入力)
- HN: pseudo-dynamic tests loaded with Hyogo-Nanbu earthquake（兵庫県南部地震波入力)

A3RS（鋼製橋脚，H2道示準拠，III種地盤，矩形断面，角溶接サイズ小，復旧仕様によるコンクリート充填補強）は，A3Rを復旧仕様に従ってコンクリート充填補強したものであるが，橋脚基部のウェブ・フランジ間の角溶接サイズを小さくしている（溶接サイズを通常の50%とした）ので，試験体名の最後に記号S(Small)を付加した．A3RR（鋼製橋脚，H2道示準拠，III種地盤，矩形断面，角溶接サイズ小，鋼断面部補強および復旧仕様によるコンクリート充填補強）はA3Rの橋脚基部のウェブ・フランジ間の角溶接サイズを小さくし（溶接サイズを通常の50%），角部にコーナープレートを設置して鋼断面部補強し，かつこれに加えて復旧仕様に従ってコンクリート充填補強したものである．これらA3RSとA3RRは，いずれも角溶接サイズが小さくかつコンクリート充填補強しているため，他の供試体とは条件が異なり，そのままでは比較することができない．そこで，実験後の残留変形が少なかったA3R-HN（鋼断面部補強なし，コンクリート充填補強なし，寸法諸元はA3RS, A3RRと同じ，但し角溶接サイズは通常）に対してコンクリート充填補強を施してA3RN-STと称し，A3RSやA3RRと同じ準静的繰返し載荷の条件で実験を行ない，これらと比較した．なお，A3RS, A3RRおよびA3RN（いずれも準静的載荷）は，実験終了後に角溶接部断面のマクロ試験を行なった．

実験供試体一覧のうち，A3C-HN（鋼製橋脚，H2道示準拠，III種地盤，円形断面，兵庫県南部地震波入力）に相当する供試体がないが，これは予備解析およびA3C-L2（タイプI地震波入力）の実験結果結果から，ほとんど変形しないことが予測されたので，A3CR-HN（A3C-HNに隙間あけ鋼板巻立て補強したもの）へ変更したためである．なお，A3CR-HNの実験結果は，予測通りの小さな変形に留まり，橋脚本体が外側補強鋼管に接触していないため，補強なしの結果としてそのまま取扱うことができる．

2．1．2　載荷ケース

表－2．1．2にハイブリッド地震応答実験の載荷ケース一覧を示す．表－2．1．1に示したハイブリッド地震応答実験（タイプIおよび兵庫県南部地震波の入力）では，実験終了後の全体変形および局部変形が共に小さかったため，同一供試体を用いてハイブリッド地震応答実験を2回～3回繰

返し実施した．鋼製橋脚およびＲＣ橋脚供試体における２回目以降のハイブリッド地震応答実験の載荷条件をそれぞれ以下に述べる．

鋼製橋脚供試体においては，鋼材の実降伏点が公称降伏点よりも大きな値であったので，実験結果にはいわゆる降伏点強度の余剰分が含まれている．一方，実橋脚ではこうした余剰強度がない場合もある．ここでは安全側を考慮して鋼材の余剰強度は期待できないものと想定して，実材料降伏点相当に対して設計した場合の荷重条件についてハイブリッド地震応答実験を追加実施した．すなわち，２回目の載荷条件としては，降伏点強度がより大きい鋼材を用いて設計したと仮定して，上部工重量を30%増とした（等価荷重1.30倍）．ただし，A3C-L2（鋼製橋脚，Ｈ２道示準拠，Ⅲ種地盤，円形断面，タイプⅠ地震波入力）の２回目の実験については，予備解析の結果から上部工重量を増しても変形がほとんど生じないことが予測されたので，兵庫県南部地震の加速度振幅を 1.5 倍にして入力した(A3C-L2(2 回目)HN)．さらに，３回目のハイブリッド地震応答実験においては，２回目の実験においても変形の小さかった供試体について，後に動的解析に用いる復元力モデルの精度検証のデータとするため，２回目の実験の入力地震波に対して事前に予備解析を行って大きな応答変位が生じるように入力加速度の倍率を1.5～3倍に決定して実験を行った．ただし，A3R-L2の３回目の実験では大きな応答変位を生じさせるために２回目のタイプⅠ地震波ではなく加速度振幅を 1.5 倍とした兵庫県南部地震波を入力させた．

ＲＣ橋脚供試体でも，鋼製橋脚供試体と同様に表－２．１．１の条件では変形が小さく微細なクラックが生じただけであったため，載荷条件を変えて再度実験を行なった．R1R-L2（ＲＣ橋脚，復旧仕様，Ⅰ種地盤，矩形断面，タイプⅠ地震波入力）の最初のハイブリッド地震応答実験ではタイプⅠ地震波を入力したが，変状がわずかしか生じなかったので，その後の２回目のハイブリッド地震応答実験では兵庫県南部地震の地震波を用いて実験を行なった（P1R-L2(2回目)HN)．１回目の実験では変状が極めて少なかったので，１回目の実験は２回目の実験結果に影響を及ぼさないものと考えられる．そこで，P1R-L2の２回目のハイブリッド地震応答実験を兵庫県南部地震波入力(HN)に変更した．このため　R1R-HN（ＲＣ橋脚，復旧仕様，Ⅰ種地盤，矩形断面，兵庫県南部地震波入力）では，既に基本となる載荷実験が終了したものと考え，減衰定数を 1%に減少させて兵庫県南部地震波に対してハイブリッド地震応答実験を行なった．他の供試体は全て減衰定数を 5%と仮定しているが，コンクリート橋脚では減衰定数が鋼製橋脚より小さいため，その下限値として 1%を設定したものである．

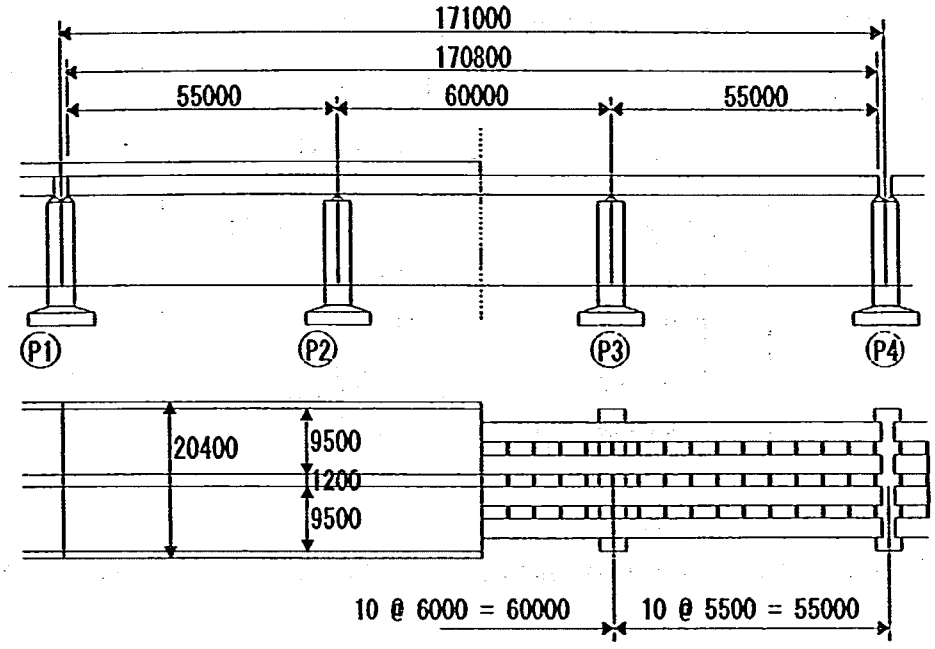
表－2．1．2　載荷ケース一覧

材料種別	構造	地盤種別	断面形状	1回目載荷条件	2回目載荷条件	3回目載荷条件	供試体名
鋼製橋脚	H2道示	Ⅰ種地盤	矩形	準静的繰り返し載荷	－	－	A1R-ST
〃	〃	〃	〃	タイプⅠ地震波	等価重量1.30倍	－	A1R-L2
〃	〃	〃	〃	兵庫県南部地震(神戸海洋気象台記録)	等価重量1.30倍	－	A1R-HN
〃	〃	〃	円形	準静的繰り返し載荷	－	－	A1C-ST
〃	〃	〃	〃	タイプⅠ地震波	等価重量1.30倍	－	A1C-L2
〃	〃	〃	〃	兵庫県南部地震(神戸海洋気象台記録)	等価重量1.30倍	－	A1C-HN
〃	〃	Ⅲ種地盤	矩形	準静的繰り返し載荷	－	－	A3R-ST
〃	〃	〃	〃	タイプⅠ地震波	等価重量1.30倍	兵庫県南部地震(東神戸大橋記録の1.5倍)	A3R-L2
〃	〃	〃	〃	兵庫県南部地震(東神戸大橋記録)	等価重量1.30倍	－	A3R-HN
〃	〃	〃	円形	準静的繰り返し載荷	－	－	A3C-ST
〃	〃	〃	〃	タイプⅠ地震波	兵庫県南部地震(東神戸大橋記録の1.5倍)	－	A3C-L2
〃	コンクリート充填(角溶接小)	Ⅲ種地盤	矩形	準静的繰り返し載荷	－	－	A3RS-ST
〃	〃(角溶接小，角補強)	〃	〃	準静的繰り返し載荷	－	－	A3RR-ST
〃	〃(A3R-HNにコンクリート充填)	〃	〃	準静的繰り返し載荷	－	－	A3RN-ST
〃	隙間あけ鋼板巻立て	〃	円形	兵庫県南部地震(東神戸大橋記録)	等価重量1.30倍	兵庫県南部地震(東神戸大橋記録の1.5倍)	A3CR-HN
〃	幅厚比制限	Ⅰ種地盤	矩形	準静的繰り返し載荷	－	－	P1R-ST
〃	〃	〃	〃	タイプⅠ地震波	等価重量1.30倍	タイプⅠ地震波の1.5倍	P1R-L2
〃	〃	〃	〃	兵庫県南部地震(神戸海洋気象台記録)	等価重量1.30倍	兵庫県南部地震(神戸海洋気象台記録の3倍)	P1R-HN
RC橋脚	復旧仕様	Ⅰ種地盤	矩形	準静的繰り返し載荷	－	－	R1R-ST
〃	〃	〃	〃	タイプⅠ地震波	兵庫県南部地震(神戸海洋気象台記録)	－	R1R-L2
〃	〃	〃	〃	兵庫県南部地震(神戸海洋気象台記録，減衰定数1%)	－	－	R1R-HN

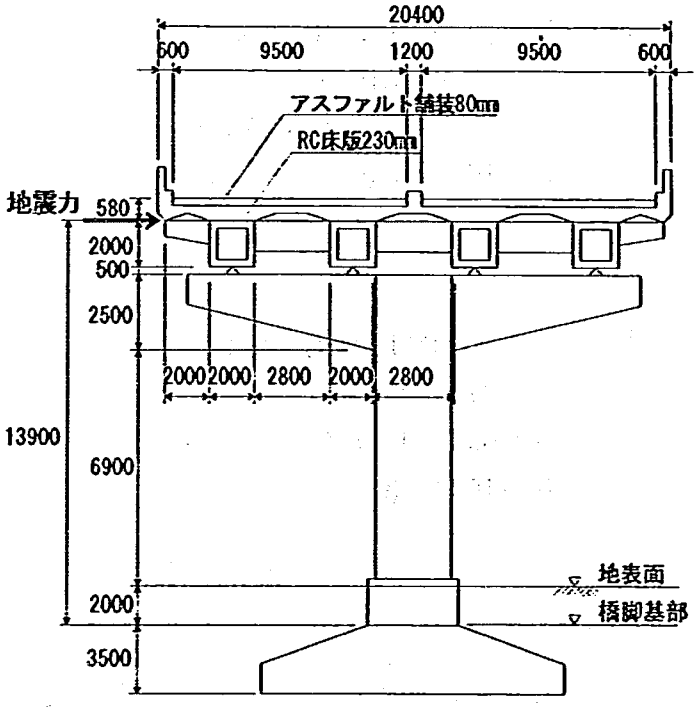
柱）等価重量1.30倍とは，ハイブリッド地震応答実験において供試体に載荷する軸力を1.30倍にしたことを意味する。

２．２　上部工および橋脚高さの仮定

いくつかの実設計を基に実際に十分あり得る設計条件として図－２．２．１および図－２．２．２に示すような地上の一般道路の上空に建設される上下４車線（総幅員 20.4m）の都市内の高架道路を仮定した．上部工は，支間が 55m+60m+55mの３径間連続鋼４箱桁橋とし，橋脚はＴ形単柱形式とした．支承はいずれも橋軸直角方向については固定とした．本研究では，図－２．２．１に示す中間支点に位置するＰ２橋脚を対象とした．



図－２．２．１　仮定した上部工の一般図



図－２．２．２　仮定した上部工断面とＰ２橋脚高さ

地震荷重は橋軸直角方向について考え，そのときの上部構造の水平地震力は橋脚基部から１３．９mの位置に作用するものとする．地盤種別はⅠ種およびⅢ種地盤のそれぞれを想定した．

２．３　橋脚の設計

２．２に示したＰ２橋脚を対象として鋼製橋脚を用いた場合およびＲＣ橋脚を用いた場合の設計を行った．

２．３．１　橋脚基部における橋軸直角方向の断面力（震度法）

各橋脚が上部構造から受ける荷重を表－２．３．１に示す．

表－２．３．１　上部工から受ける荷重

下部構造名	上部工の死荷重(tf)
Ｐ１橋脚	548.8
Ｐ２橋脚	1628.4
Ｐ３橋脚	1628.4
Ｐ４橋脚	548.8

Ｐ２橋脚が支持する上部構造の重量は，Ｐ＝1628.4tf である．

設計水平震度 kh は，Ⅰ種地盤で 0.20，Ⅲ種地盤で 0.30 とした．また，橋脚自身の地震時慣性力は無視した．

（１）Ⅰ種地盤

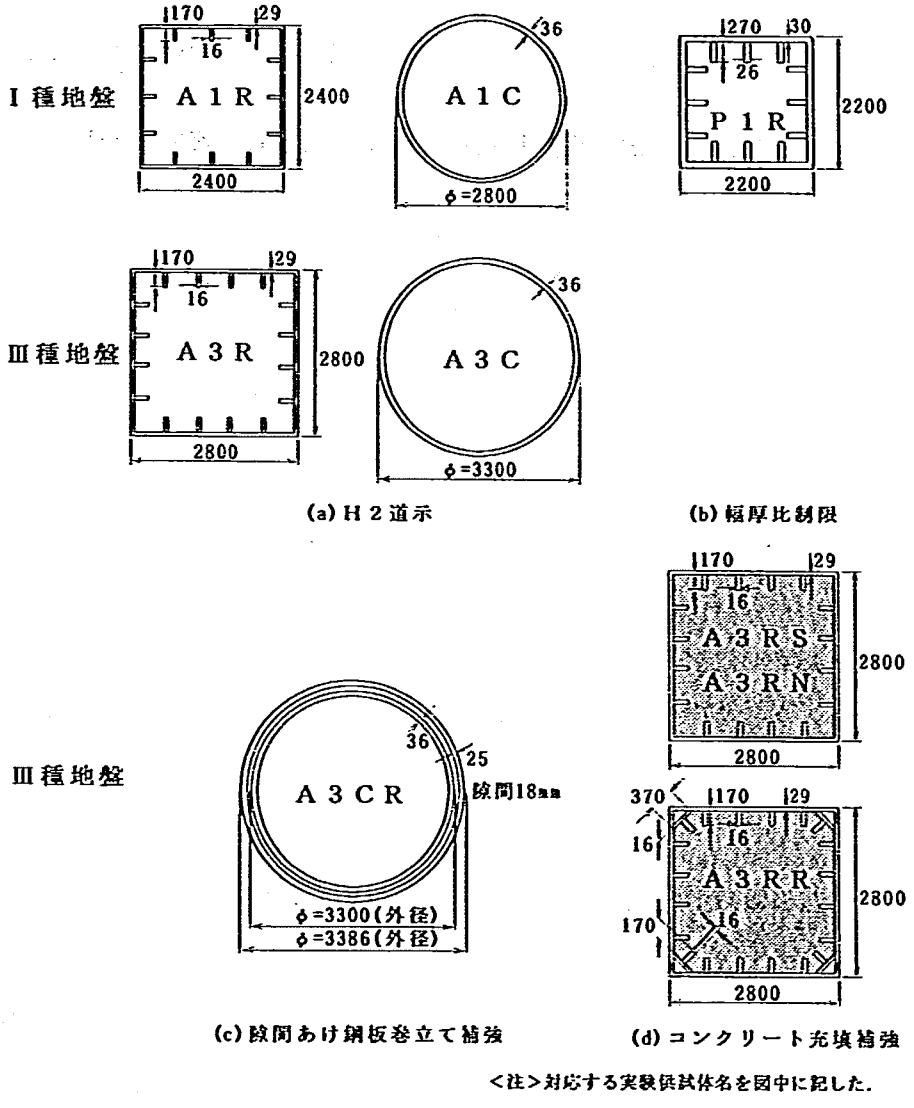
曲げモーメント　M＝(0.20×1628.4)×13.9
　＝4527.0 (tf･m)
せん断力　S＝0.20×1628.4＝325.7 (tf)
軸力　N＝1628.4 (tf)

（２）Ⅲ種地盤

曲げモーメント　M＝(0.30×1628.4)×13.9
　＝6790.4 (tf･m)
せん断力　S＝0.30×1628.4＝488.5 (tf)
軸力　N＝1628.4 (tf)

２．３．２　鋼製橋脚の設計

図－２．３．１に設計した橋脚断面の概略寸法を示す．断面は，Ｈ２道示および幅厚比制限に基づく構造形式の橋脚については，震度法に従って２．３．１に示される橋脚基部における断面力に対して橋脚基部の応力度照査を行い，建設コストや現場施工性を考慮して決定した．隙間あけ鋼板巻立て補強した構造形式の円形橋脚では，巻立て鋼板の板厚は母材の板厚(36mm)と同程度を目安とし(ここでは 25mm とした)，母材断面と巻立てる鋼板の隙間は母材厚の 1/2 程度とした(36/2＝18mm とした)．橋脚内部にコンクリートを充填して補強した矩形断面橋脚は，Ｈ２道示に基づいて断面決定した後，復旧仕様に基づいてコンクリートを充填して補強した．１基については角補強を併用させた．なお，ここでは，コンクリートを充填していない鋼製橋脚については，橋脚基部に打設される中詰めコンクリートは無いものとした．

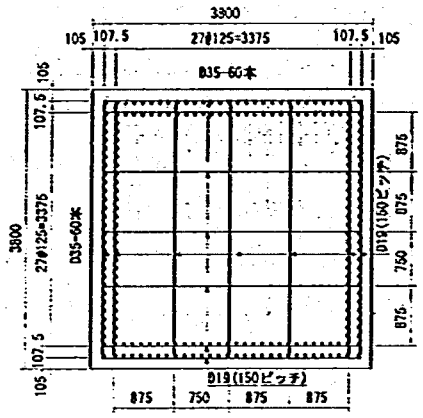


<注>対応する実験供試体名を図中に記した．

図－２．３．１　設計した橋脚断面（想定した実橋脚断面）

２．３．３　ＲＣ橋脚の設計

図－２．３．２に設計した断面の寸法を示す．断面は復旧仕様に従って決定した．



＜注＞対応する実験供試体名はＲ１Ｒである．

図－２．３．２　設計した橋脚断面（想定した実橋脚断面）

3．実験供試体

3．1　供試体の相似率

2章で設計した橋脚(想定した実橋脚)に対する地震時応答を求めるために，ハイブリッド地震応答実験に用いる載荷装置に合わせて実橋脚を相似則に従うように縮小し，実験供試体寸法を決定した．なお，ハイブリッド地震応答実験の方法や相似則については4章で述べる．

鋼製橋脚の場合，供試体寸法の実橋との相似率Sは，橋脚高さを除き 4.12 であるが，結果として橋脚の高さのみ 4.21 となった．これは，供試体設計においてはSを 4.12 としていたが，当初の設計のままでは上ベースプレートと下ベースプレートの間隔が足らず，その間隔を増やすために上ベースプレートを上方に移動させる変更方法を選択して供試体製作を実施し，その結果，供試体の上ベースプレートと載荷点までの距離（載荷点高さ）が短くなり，Sが 4.12 から若干大きく 4.21 となったためである．本報告書では，鋼製橋脚供試体の実橋との相似率Sは，4.21 を結果の整理に用いた．

ＲＣ橋脚の場合，供試体の実橋との相似率は，橋脚高さを除き 5.07 であるが，結果として橋脚の高さのみ 5.17 となった．本報告書では，ＲＣ橋脚供試体の実橋との相似率は，5.07 を結果の整理に用いた．

なお，実橋脚の構成部材の板厚や鉄筋径を厳密に供試体へ縮小することは困難であるため，入手可能な材料を用いて座屈パラメータや鉄筋比を合わせるように，供試体の部材断面や配置を設定した．

3．2　鋼製橋脚

表－3．2．1と表－3．2．2にそれぞれ矩形断面および円形断面供試体のパラメータを示す．鋼種は，補剛板と縦リブがSM490A，それ以外はSS400とした．

（1）Ａ1Ｒシリーズ

図－2．3．1の A1R に対応したⅠ種地盤を想定した矩形断面鋼製橋脚の実験供試体であり，Ｈ2道示に準拠した構造である．同形状寸法のものを 3 体製作した．供試体名称は，A1R-ST，A1R-L2，A1R-HN である．図－3．2．1に供試体の形状・寸法を示す．

（2）Ａ3Ｒシリーズ

図－2．3．1の A3R に対応したⅢ種地盤を想定した矩形断面鋼製橋脚の実験供試体であり，Ｈ2道示に準拠した構造である．同形状寸法のものを 3 体製作した．供試体名称は，A3R-ST，A3R-L2，A3R-HN である．図－3．2．2に供試体の形状・寸法を示す．

（3）Ａ1Ｃシリーズ

図－2．3．1の A1C に対応したⅠ種地盤を想定した円形断面鋼製橋脚の実験供試体であり，Ｈ2道示に準拠した構造である．同形状寸法のものを 3 体製作した．供試体名称は，A1C-ST，A1C-L2，A1C-HN である．図－3．2．3に供試体の形状・寸法を示す．

（4）A３Cシリーズ

図－２．３．１の A3C に対応したⅠ種地盤を想定した円形断面鋼製橋脚の実験供試体であり，H２道示に準拠した構造である．同形状寸法のものを 3 体製作した．供試体名称は，A3C-ST，A3C-L2，A3CR-HN である．A3C-HN に相当する供試体がないが，これは予備解析および A3C-L2 の実験結果結果から，ほとんど変形しないことが予測されたので，A3CR-HN（A3C-HN に外側隙間あけ鋼板巻立て補強したもの）へ変更したためである．なお，A3CR-HN の実験結果は，予測通りの小さな変形に留まり，橋脚本体が外側補強鋼管に接触していないため，補強なしの結果としてそのまま取扱うことができる．図－３．２．４にそれぞれ A3C-ST と A3C-L2 の供試体の形状・寸法を示し，図－３．２．５に A3CR-HN の供試体の形状・寸法を示す．

（5）P１Rシリーズ

図－２．３．１の P1R に対応したⅠ種地盤を想定した矩形断面鋼製橋脚の実験供試体であり，幅厚比制限した構造である．同形状寸法のものを３体製作した．供試体名称は，P1R-ST，P1R-L2，P1R-HN である．図－３．２．６に供試体の形状・寸法を示す．

（6）A３RS，A３RR，A３RN

図－２．３．１の A3RS，A3RR，A3RN に対応したⅢ種地盤を想定した矩形断面鋼製橋脚の実験供試体であり，A3R の構造に対して，復旧仕様に基づいてコンクリート充填補強を施した構造である．A3RS と A3RR はそれぞれ１体製作した．A3RS は，A3R にコンクリート充填補強したものであるが，ウェブ・フランジ間の角溶接サイズを小さくしたものである（溶接サイズを通常の 50%とした）．A3RR は，A3R のウェブ・フランジ間の角溶接サイズを小さくし（溶接サイズを通常の 50%），角部にコーナープレートを設置して鋼断面部補強し，かつこれに加えてコンクリート充填補強したものである．また，ハイブリッド地震応答実験後の残留変形が少なかった A3R-HN（２回の実験終了後）に対してコンクリート充填補強を施して A3RN-ST と称し，A3RS や A3RR と同じ準静的繰返し載荷の条件で実験を行なった．なお，A3RS，A3RR および A3RN（いずれも準静的載荷）は，実験終了後に角溶接部断面のマクロ試験を行なった．図－３．２．７～図－３．２．９にそれぞれ A3RS，A3RR，A3RN の供試体の形状・寸法を示す．

表－3.2.1 矩形断面鋼製橋脚供試体のパラメータ

矩形断面 供試体名		外形寸法 $b\times b$ (mm)	板厚 t (mm)	縦リブ寸法 (mm)	横リブ間隔 a (mm)	パネル数	鋼種	鋼材降伏点 σ_{yM} (kgf/cm²)	断面積 A (cm²)	断面2次モーメント I (cm⁴)	断面2次半径 r (cm)	有効長 $l(=2h)$ (cm)	細長比 $\bar{\lambda}$	幅厚比パラメータ R_R	幅厚比パラメータ R_F	リブ剛度 γ/γ_l^*	リブ剛度 $\gamma/\gamma_{l\cdot req}$	コンクリート強度 σ_c (kgf/cm²)	充填高さ h_c (mm)	軸力 N (tf)	軸力比 N/N_{yM}	軸力比 N/N_{yN}
A1R-ST	H2道示準拠	583×583	7	41×3.9	364	4	SM490	4,230	180.5	97,200	23.2	660.6	0.407	0.491	0.567	0.732	0.996	－	－	91.9	0.159	0.120
A1R-L2	〃	583×583	7	41×3.9	364	4	SM490	4,210	180.5	97,200	23.2	660.6	0.406	0.490	0.566	0.732	0.996	－	－	91.9	0.159	0.121
A1R-HN	〃	583×583	7	41×3.9	364	4	SM490	4,280	180.5	97,200	23.2	660.6	0.409	0.494	0.571	0.732	0.996	－	－	91.9	0.159	0.119
A3R-ST	H2道示準拠	680×680	7	41×3.9	364	5	SM490	4,280	214.0	157,700	27.1	660.6	0.350	0.461	0.559	0.664	1.04	－	－	91.9	0.134	0.100
A3R-L2	〃	680×680	7	41×3.9	364	5	SM490	4,250	214.0	157,700	27.1	660.6	0.348	0.460	0.557	0.664	1.04	－	－	91.9	0.134	0.101
A3R-HN	〃	680×680	7	41×3.9	364	5	SM490	4,310	214.0	157,700	27.1	660.6	0.351	0.463	0.561	0.664	1.04	－	－	91.9	0.134	0.100
P1R-ST	幅厚比制限	534×534	7	66×6	364	4	SM490	4,280	195.1	83,400	20.7	660.6	0.459	0.453	0.249	3.44	5.62	－	－	91.9	0.147	0.110
P1R-L2	〃	534×534	7	66×6	364	4	SM490	4,080	195.1	83,400	20.7	660.6	0.448	0.442	0.243	3.44	5.62	－	－	91.9	0.147	0.115
P1R-HN	〃	534×534	7	66×6	364	4	SM490	4,330	195.1	83,400	20.7	660.6	0.462	0.455	0.250	3.44	5.62	－	－	91.9	0.147	0.109
A3RS-ST	コンクリート充填+EW小	680×680	7	41×3.9	364	5	SM490	4,270	234.5	175,700	27.4	660.6	0.346	0.461	0.558	0.664	1.04	164	2,548	91.9	0.122	0.0918
A3RR-ST	コンクリート充填+EW小+角補強	680×680	7	41×3.9	364	5	SM490	4,320	234.5	175,700	27.4	660.6	0.348	0.463	0.562	0.664	1.04	178	2,548	91.9	0.122	0.0907
A3RN-ST	コンクリート充填	680×680	7	41×3.9	364	5	SM490	4,310	234.5	175,700	27.4	660.6	0.348	0.463	0.561	0.664	1.04	176	2,548	91.9	0.122	0.0909

<注>

ここに，

σ_{yM}：材料試験結果に基づく下降伏点(kgf/cm²)，　A：断面積(cm²)，　I：断面2次モーメント(cm⁴)，

$$\bar{\lambda}=\frac{1}{\pi}\sqrt{\frac{\sigma_y}{E}}\cdot\frac{l}{r}\quad(l=2h)\,,\qquad r=\sqrt{\frac{I}{A}}$$

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

t：板厚(cm)

b：補剛板の全幅[3](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($=4n^2$)，　n：縦方向補剛材によって区切られるパネル数($n\geqq2$)

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

k_F：座屈係数

$$k_F=\frac{\left(1+\alpha^2\right)^2+n\gamma_l}{\alpha^2\left(1+n\delta_l\right)}\quad(\alpha\leqq\alpha_0)$$

$$k_F=\frac{2\left(1+\sqrt{1+n\gamma_l}\right)}{1+n\delta_l}\quad(\alpha>\alpha_0)$$

γ_l：縦方向補剛材の剛比 $\left(=\dfrac{I_l}{\dfrac{bt^3}{11}}\right)$，　δ_l：補剛材断面積比 $\left(=\dfrac{A_l}{bt}\right)$

γ_l^*：補剛材の限界剛比(弾性座屈理論による)

$$\gamma_l^*=\begin{cases}4\alpha^2 n\left(1+n\delta_l\right) & (\alpha<\sqrt[4]{1+n\gamma_l})\\ \dfrac{1}{n}\left[\left\{2n^2\left(1+n\delta_l\right)-1\right\}^2-1\right] & (\alpha\geqq\sqrt[4]{1+n\gamma_l})\end{cases}$$

$\gamma_{l\cdot req}$：補剛材の必要剛比[3]

α：補剛板の縦横寸法比[3]，$\alpha=\dfrac{a}{b}$

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

I_l：縦方向補剛材１個の断面二次モーメント(cm⁴)

A_l：縦方向補剛材１個の断面積(cm²)

<注>　軸力および軸力比は，１回目載荷の値とする．２回目載荷時の等価重量1.30倍の時は，この値の1.30倍の値とする．

N：軸力(tf)，

N_{yM}：材料降伏軸力(tf) $(=A\cdot\sigma_{yM})$

N_{yN}：公称降伏軸力(tf) $(=A\cdot\sigma_{yN})$

σ_{yN}：公称降伏点(kgf/cm²)

表－3．2．2 円形断面鋼製橋脚供試体のパラメータ

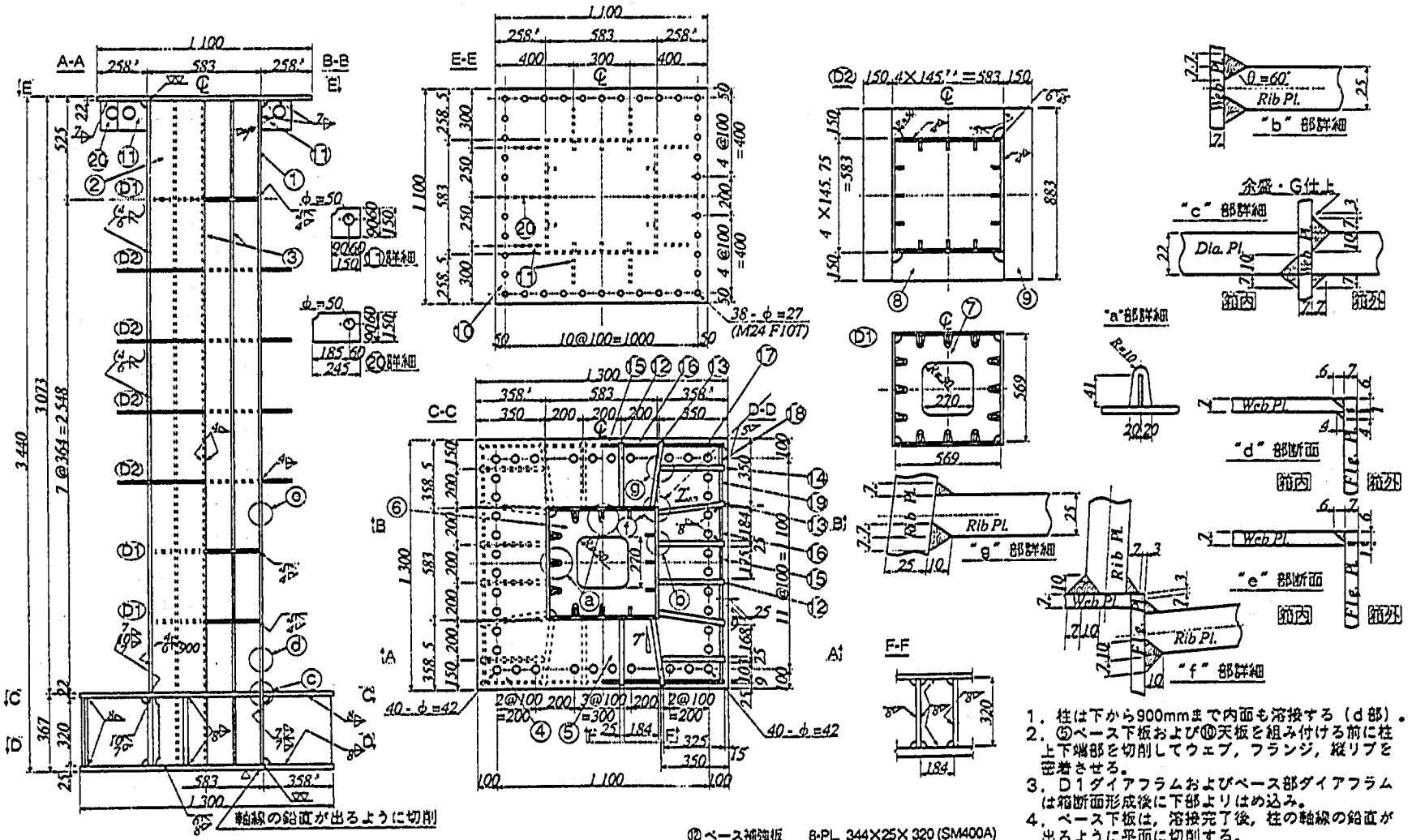
円形断面 供試体		外形寸法 $2R$ (mm)	板厚 t (mm)	横リブ間隔 a (mm)	鋼種	鋼材降伏点 σ_{yM} (kgf/cm^2)	断面積 A (cm^2)	断面2次モーメント I (cm^4)	断面2次半径 r (cm)	有効長 l(=2h) (cm)	細長比 $\bar{\lambda}$	径厚比 R/t	径厚比パラメータ R_t	軸力 N (tf)	軸力比 N/N_{yM}	軸力比 N/N_{yM}
A1C-ST	H2道示準拠	680	9	680	SM490	3,860	189.7	106,800	23.7	660.6	0.380	37.8	0.113	91.9	0.151	0.126
A1C-L2	〃	680	9	680	SM490	4,000	189.7	106,800	23.7	660.6	0.387	37.8	0.117	91.9	0.151	0.121
A1C-HN	〃	680	9	680	SM490	3,880	189.7	106,800	23.7	660.6	0.381	37.8	0.114	91.9	0.151	0.125
A3C-ST	〃	800	9	800	SM490	3,930	223.6	174,900	28.0	660.6	0.325	44.4	0.136	91.9	0.128	0.105
A3C-L2	〃	800	9	800	SM490	3,930	223.6	174,900	28.0	660.6	0.325	44.4	0.136	91.9	0.128	0.105
A3CR-HN	〃	800	9	800	SM490	3,880	223.6	174,900	28.0	660.6	0.323	44.4	0.134	91.9	0.128	0.106

<注>

ここに、 $$R_t=\left(\frac{(R-t/2)}{t}\right)\cdot\frac{\sigma_{yM}}{E}\sqrt{3\left(1-\mu^2\right)}$$

R：円形断面の中心から板厚外縁までの半径

<注> 軸力および軸力比は，１回目載荷の値とする．２回目載荷時の等価重量1.30倍の時は，この値の1.30倍の値とする．

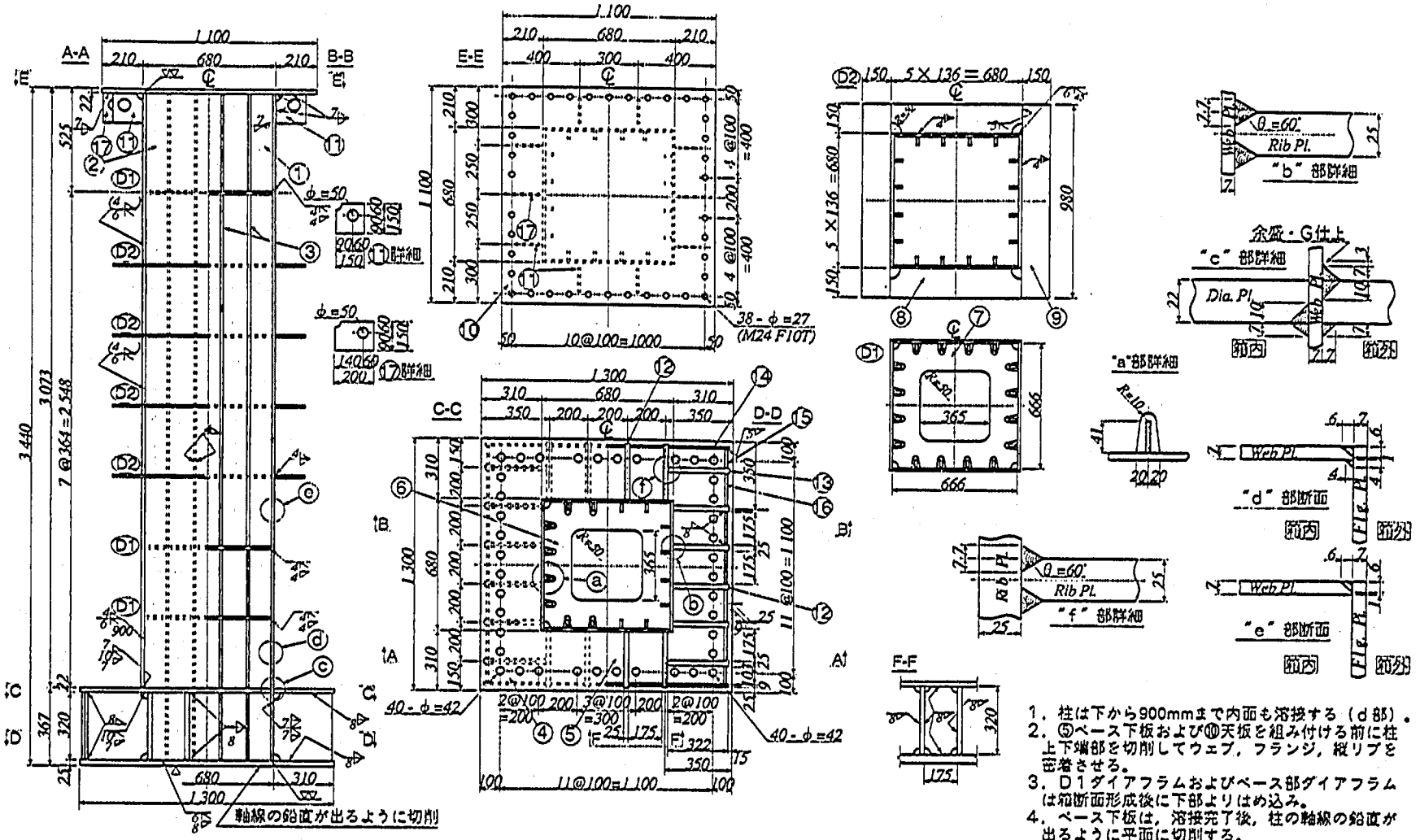


1．柱は下から900mmまで内面も溶接する（d部）。
2．⑤ベース下板および⑩天板を組み付ける前に柱上下端部を切削してウェブ，フランジ，縦リブを密着させる。
3．D1ダイアフラムおよびベース部ダイアフラムは箱断面形成後に下部よりはめ込み。
4．ベース下板は，溶接完了後，柱の軸線の鉛直が出るように平面に切削する。
5．特記無きスカラップはR=30とする。

①ウェブ	2-PL. 583×7×3393 (SM490)	⑥ベース部ダイアフラム	1-PL. 569×22×569 (SS400)
②フランジ	2-PL. 569×7×3393 (〃)	⑦内ダイアフラム	3-PL. 569×6×569 (〃)
③縦リブ	12-PL. 41×3.9×3393 (〃)	⑧外ダイアフラム	8-PL. 583×6×150 (〃)
④ベース上板	1-PL. 1300×22×1300 (SS400)	⑨外ダイアフラム	8-PL. 150×6×883 (〃)
⑤ベース下板	1-PL. 1300×28×1300 (SM400A)	⑩天板	1-PL. 1100×22×1100 (〃)
(板厚25mm程度に切削仕上げ)		⑪天板部補強リブ	8-PL. 150×22×150 (〃)

⑫ベース補強板	8-PL. 344×25×320 (SM400A)	
⑬ 〃	8-PL. 360×25×320 (〃)	
⑭ 〃	4-PL. 329×25×320 (〃)	
⑮ 〃	4-PL. 175×9×320 (SS400)	
⑯ 〃	8-PL. 184×9×320 (〃)	
⑰ 〃	4-PL. 325×9×320 (〃)	
⑱ 〃	4-PL. 103×9×320 (〃)	
⑲ 〃	4-PL. 168×9×320 (〃)	
⑳吊金具	2-PL. 150×22×245 (〃)	

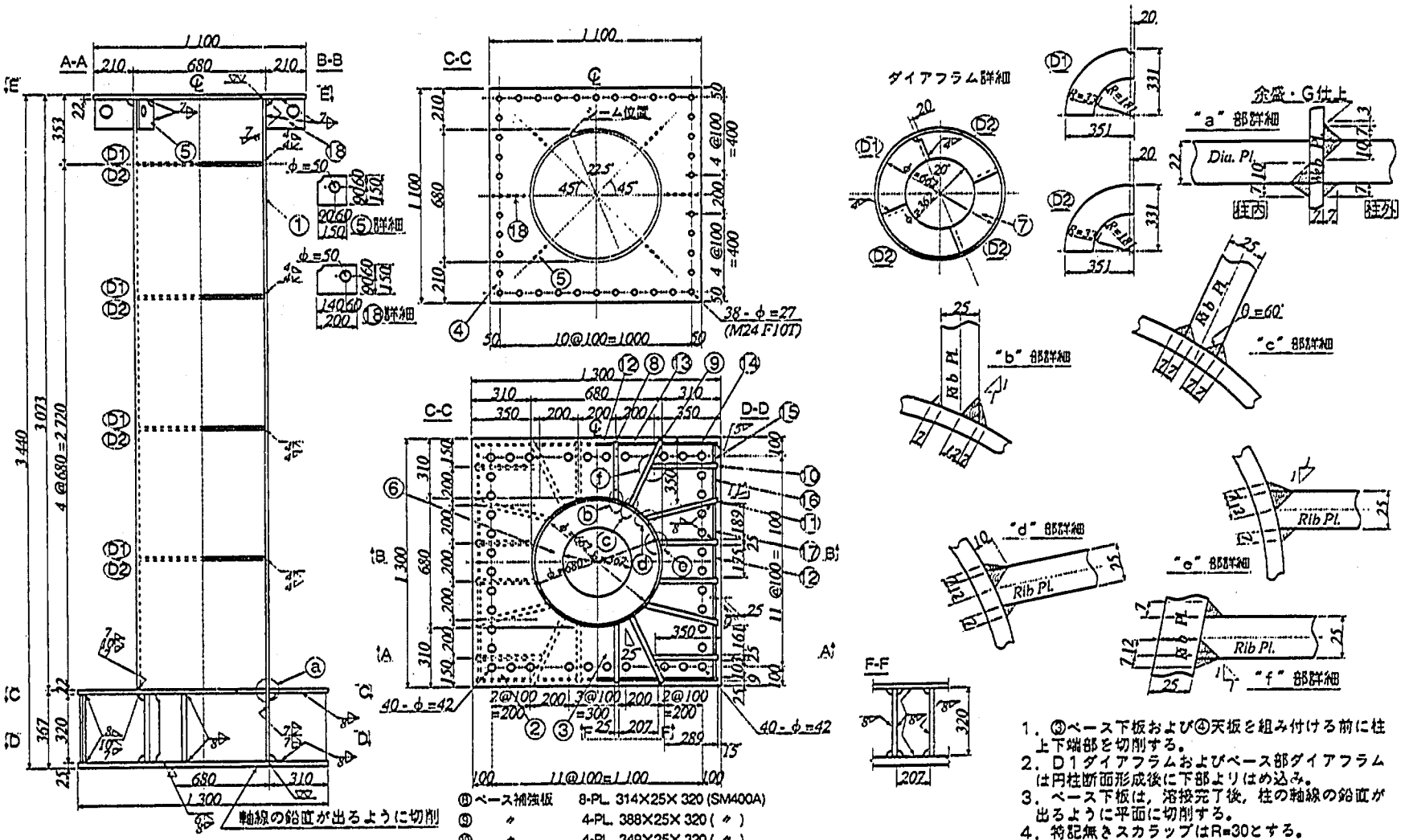
図－３．２．１　鋼製橋脚供試体の寸法・形状（A１R－ST，L２，HN）



1．柱は下から900mmまで内面も溶接する（d部）。
2．⑤ベース下板および⑩天板を組み付ける前に柱上下端部を切削してウェブ，フランジ，縦リブを密着させる。
3．D1ダイアフラムおよびベース部ダイアフラムは箱断面形成後に下部よりはめ込み。
4．ベース下板は，溶接完了後，柱の軸線の鉛直が出るように平面に切削する。
5．特記無きスカラップはR=30とする。

①ウェブ	2-PL. 680X 7X3393 (SM490)	⑪ベース部ダイアフラム	1-PL. 666X22X 666 (SS400)	⑫ベース補強板		16-PL. 295X25X 320 (SM400A)
②フランジ	2-PL. 666X 7X3393 (〃)	⑦内ダイアフラム	3-PL. 666X 6X 666 (〃)	⑬	〃	4-PL. 322X25X 320 (〃)
③縦リブ	12-PL. 41X3.9X3393 (〃)	⑧外ダイアフラム	8-PL. 680X 6X 150 (〃)	⑭	〃	4-PL. 322X 9X 320 (SS400)
④ベース上板	1-PL. 1300X22X1300 (SS400)	⑨外ダイアフラム	8-PL. 150X 6X 980 (〃)	⑮	〃	4-PL. 103X 9X 320 (〃)
⑤ベース下板	1-PL. 1300X28X1300 (SM400A)	⑩天板	1-PL. 1100X22X1100 (〃)	⑯	〃	16-PL. 174X 9X 320 (〃)
(板厚25mm程度に切削仕上げ)		⑪天板部補強リブ	8-PL. 150X22X150 (〃)	⑰吊金具		2-PL. 150X22X 200 (〃)

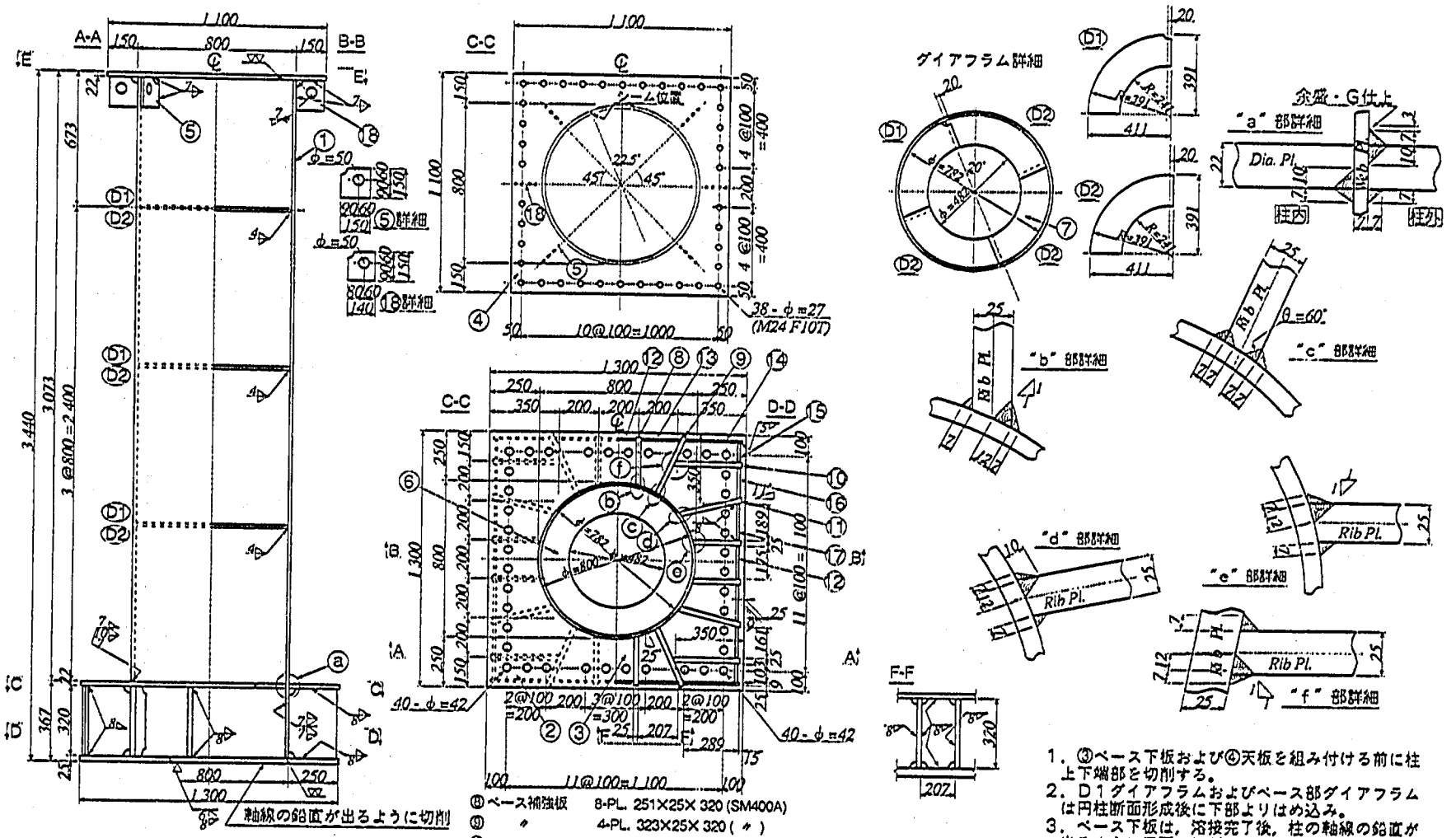
図－3．2．2　鋼製橋脚供試体の寸法・形状（A3R－ST，L2，HN）



①	鋼管 (外径φ=680)	1-PL. 2136X 9X3393 (SM490A)
②	ベース上板	1-PL. 1300X22X1300 (SS400)
③	ベース下板	1-PL. 1300X28X1300 (SM400A)
	(板厚25mm程度に切削仕上げ)	
④	天板	1-PL. 1100X22X1100 (SS400)
⑤	天板補強リブ	4-PL. 150X22X150 (〃)
⑥	ベース部ダイアフラム	1-PL. 662φX22 (〃)
⑦	ダイアフラム	16-PL. 331X 6X351 (〃)
⑧	ベース補強板	8-PL. 314X25X 320 (SM400A)
⑨	〃	4-PL. 388X25X 320 (〃)
⑩	〃	4-PL. 349X25X 320 (〃)
⑪	〃	4-PL. 411X25X 320 (〃)
⑫	〃	4-PL. 174X 9X 320 (SS400)
⑬	〃	4-PL. 207X 9X 320 (〃)
⑭	〃	4-PL. 289X 9X 320 (〃)
⑮	〃	4-PL. 116X 9X 320 (〃)
⑯	〃	4-PL. 161X 9X 320 (〃)
⑰	〃	4-PL. 189X 9X 320 (〃)
⑱	吊金具	2-PL. 150X22X 200 (〃)

1．③ベース下板および④天板を組み付ける前に柱上下端部を切削する。
2．D1ダイアフラムおよびベース部ダイアフラムは円柱断面形成後に下部よりはめ込み。
3．ベース下板は，溶接完了後，柱の軸線の鉛直が出るように平面に切削する。
4．特記無きスカラップはR=30とする。

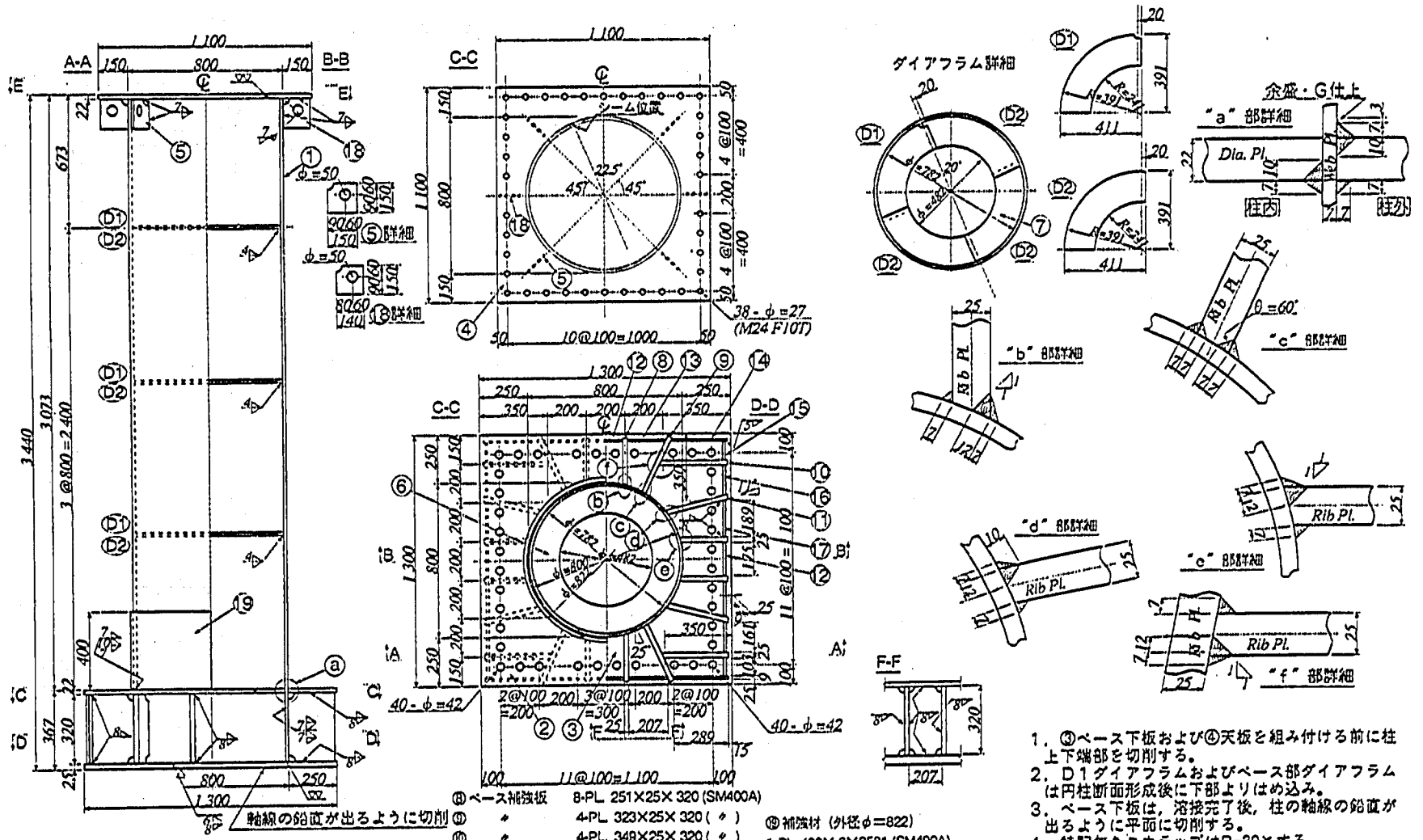
図－3．2．3　鋼製橋脚供試体の寸法・形状(A1C－ST，L2，HN)



①	ウェブ（外径φ=800）	1-PL. 2513X 9X3393 (SM490A)
②	ベース上板	1-PL. 1300X22X1300 (SS400)
③	ベース下板	1-PL. 1300X28X1300 (SM400A)
	（板厚25mm程度に切削仕上げ）	
④	天板	1-PL. 1100X22X1100 (SS400)
⑤	天板補強リブ	4-PL. 150X22X150 (〃)
⑥	ベース部ダイアフラム	1-PL. 782φX22 (〃)
⑦	ダイアフラム	12-PL. 333X 6X353 (〃)
⑧	ベース補強板	8-PL. 251X25X 320 (SM400A)
⑨	〃	4-PL. 323X25X 320 (〃)
⑩	〃	4-PL. 349X25X 320 (〃)
⑪	〃	4-PL. 340X25X 320 (〃)
⑫	〃	4-PL. 174X 9X 320 (SS400)
⑬	〃	4-PL. 207X 9X 320 (〃)
⑭	〃	4-PL. 289X 9X 320 (〃)
⑮	〃	4-PL. 116X 9X 320 (〃)
⑯	〃	4-PL. 161X 9X 320 (〃)
⑰	〃	4-PL. 189X 9X 320 (〃)
⑱	吊金具	2-PL. 140X22X 150 (〃)

1．③ベース下板および④天板を組み付ける前に柱上下端部を切削する。
2．D1ダイアフラムおよびベース部ダイアフラムは円柱断面形成後に下部よりはめ込み。
3．ベース下板は，溶接完了後，柱の軸線の鉛直が出るように平面に切削する。
4．特記無きスカラップはR=30とする。

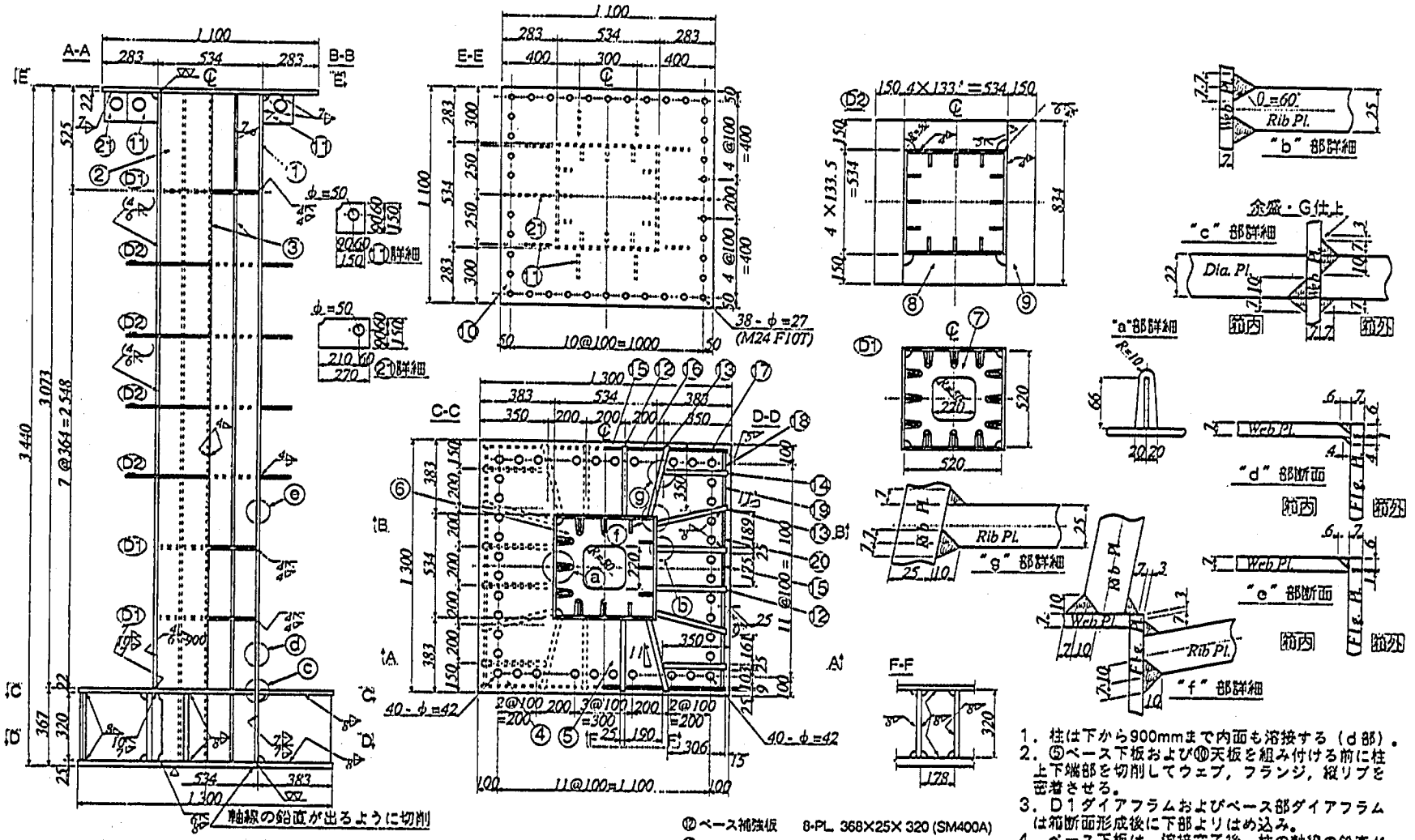
図－3．2．4　鋼製橋脚供試体の寸法・形状（A3C－ST，L2）



①	パイプ (外径φ=800)	1-PL. 2513×9×3393 (SM490A)
②	ベース上板	1-PL. 1300×22×1300 (SS400)
③	ベース下板	1-PL. 1300×28×1300 (SM400A)
	(板厚25mm程度に切削仕上げ)	
④	天板	1-PL. 1100×22×1100 (SS400)
⑤	天板補強リブ	4-PL. 150×22×150 (〃)
⑥	ベース部ダイアフラム	1-PL. 782φ×22 (〃)
⑦	ダイアフラム	12-PL. 333×6×353 (〃)
⑧	ベース補強板	8-PL. 251×25×320 (SM400A)
⑨	〃	4-PL. 323×25×320 (〃)
⑩	〃	4-PL. 349×25×320 (〃)
⑪	〃	4-PL. 340×25×320 (〃)
⑫	〃	4-PL. 174×9×320 (SS400)
⑬	〃	4-PL. 207×9×320 (〃)
⑭	〃	4-PL. 289×9×320 (〃)
⑮	〃	4-PL. 116×9×320 (〃)
⑯	〃	4-PL. 161×9×320 (〃)
⑰	〃	4-PL. 189×9×320 (〃)
⑱	吊金具	2-PL. 140×22×150 (〃)
⑲	補強材 (外径φ=822)	1-PL. 400×6×2581 (SM490A)

1. ③ベース下板および④天板を組み付ける前に柱上下端部を切削する。
2. D1ダイアフラムおよびベース部ダイアフラムは円柱断面形成後に下部よりはめ込み。
3. ベース下板は，溶接完了後，柱の軸線の鉛直が出るように平面に切削する。
4. 特記無きスカラップはR=30とする。

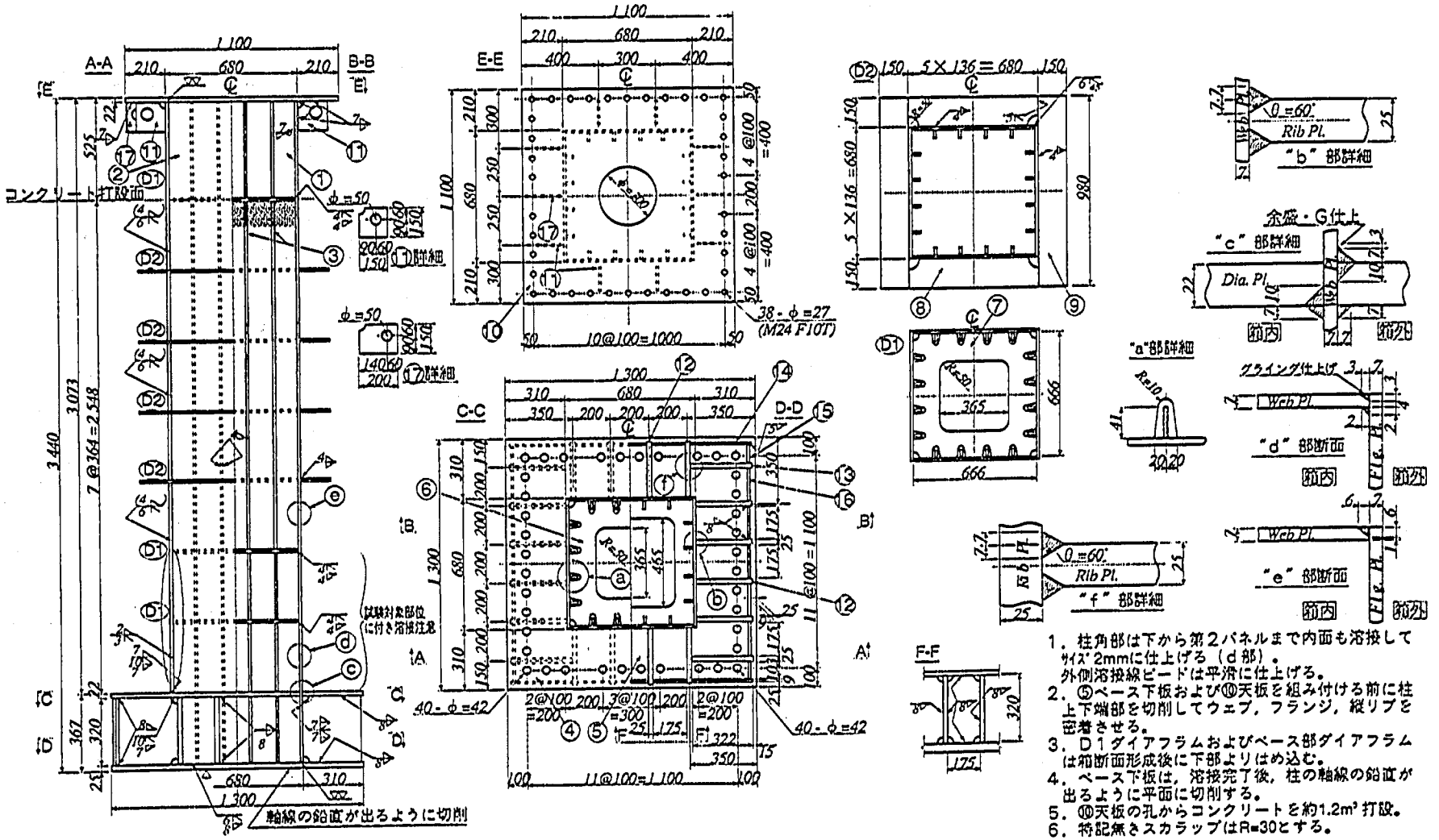
図－3．2．5　鋼製橋脚供試体の寸法・形状(A3CR－HN)



①ウェブ	2-PL. 534×7×3393 (SM490)	⑥ベース部ダイアフラム	1-PL. 520×22×520 (SS400)	⑫ベース補強板	8-PL. 368×25×320 (SM400A)
②フランジ	2-PL. 520×7×3393 (〃)	⑦内ダイアフラム	3-PL. 520×6×520 (〃)	⑬ 〃	8-PL. 390×25×320 (〃)
③縦リブ	12-PL. 66×6×3393 (〃)	⑧外ダイアフラム	8-PL. 534×6×150 (〃)	⑭ 〃	4-PL. 340×25×320 (〃)
④ベース上板	1-PL. 1300×22×1300 (SS400)	⑨外ダイアフラム	8-PL. 150×6×834 (〃)	⑮ 〃	4-PL. 174×9×320 (SS400)
⑤ベース下板	1-PL. 1300×28×1300 (SM400A)	⑩天板	1-PL. 1100×22×1100 (〃)	⑯ 〃	4-PL. 190×9×320 (〃)
(板厚25mm程度に切削仕上げ)		⑪天板部補強リブ	8-PL. 150×22×150 (〃)	⑰ 〃	4-PL. 315×9×320 (〃)
				⑱ 〃	4-PL. 103×9×320 (〃)
				⑲ 〃	4-PL. 161×9×320 (〃)
				⑳ 〃	4-PL. 189×9×320 (〃)
				㉑吊金具	2-PL. 150×22×270 (〃)

1. 柱は下から900mmまで内面も溶接する（d部）。
2. ⑤ベース下板および⑩天板を組み付ける前に柱上下端部を切削してウェブ，フランジ，縦リブを密着させる。
3. D1ダイアフラムおよびベース部ダイアフラムは箱断面形成後に下部よりはめ込み。
4. ベース下板は，溶接完了後，柱の軸線の鉛直が出るように平面に切削する。
5. 特記無きスカラップはR=30とする。

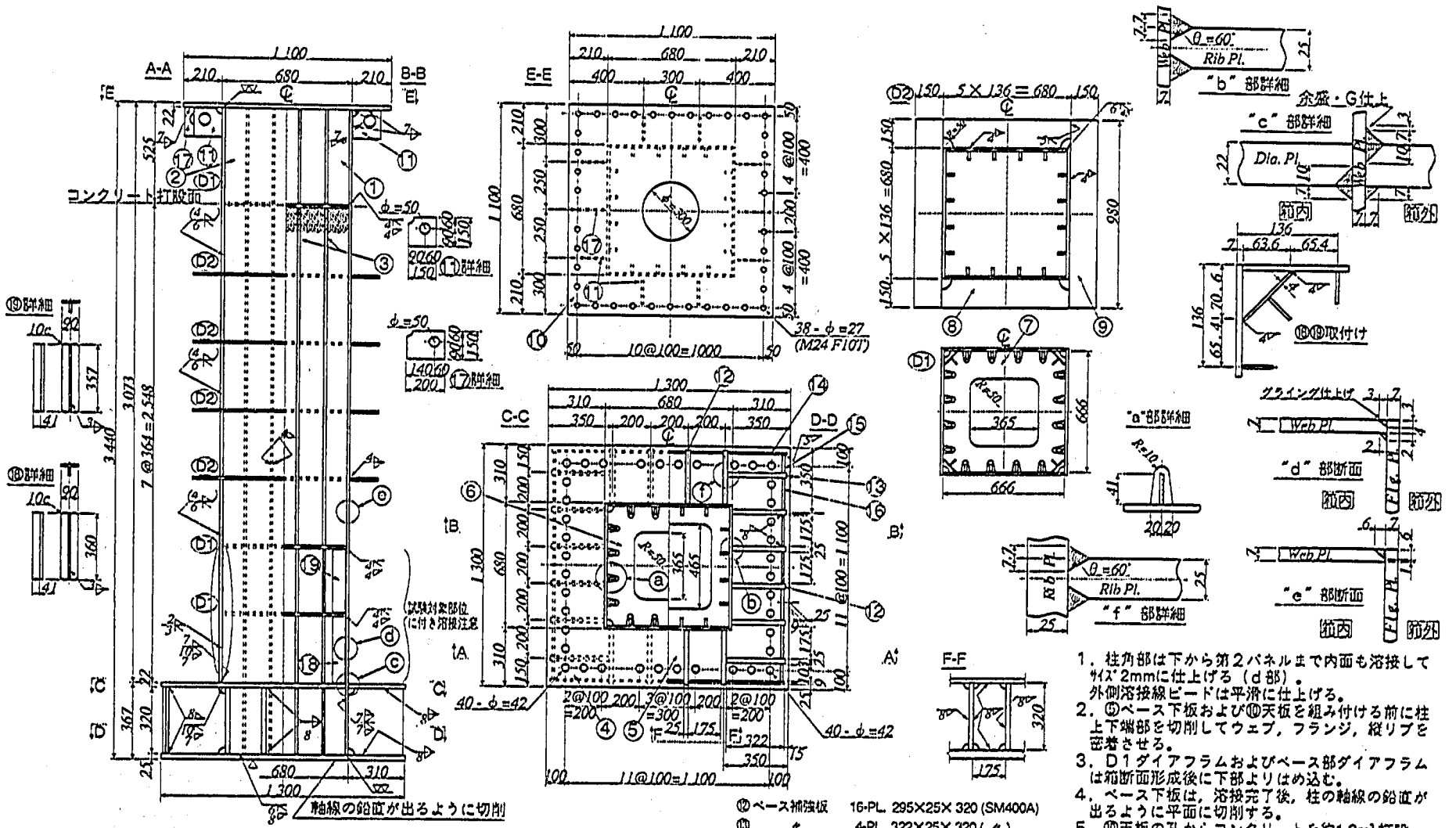
図－3．2．6　鋼製橋脚供試体の寸法・形状（P1R－ST，L2，HN）



1．柱角部は下から第２パネルまで内面も溶接してｻｲｽﾞ2mmに仕上げる（ｄ部）。
外側溶接線ビードは平滑に仕上げる。
2．⑤ベース下板および⑩天板を組み付ける前に柱上下端部を切削してウェブ，フランジ，縦リブを密着させる。
3．Ｄ１ダイアフラムおよびベース部ダイアフラムは箱断面形成後に下部よりはめ込む。
4．ベース下板は，溶接完了後，柱の軸線が出るように平面に切削する。
5．⑩天板の孔からコンクリートを約1.2m³打設。
6．特記無きスカラップはR=30とする。

①ウェブ	2-PL. 680X 7X3393 (SM490)	⑥ベース部ダイアフラム	1-PL. 666X22X 666 (SS400)	⑫ベース補強板	16-PL. 295X25X 320 (SM400A)
②フランジ	2-PL. 666X 7X3393 (〃)	⑦内ダイアフラム	3-PL. 666X 6X 666 (〃)	⑬	〃	4-PL. 322X25X 320 (〃)
③縦リブ	12-PL. 41X3.9X3393 (〃)	⑧外ダイアフラム	8-PL. 680X 6X 150 (〃)	⑭	〃	4-PL. 322X 9X 320 (SS400)
④ベース上板	1-PL. 1300X22X1300 (SS400)	⑨外ダイアフラム	8-PL. 150X 6X 980 (〃)	⑮	〃	4-PL. 103X 9X 320 (〃)
⑤ベース下板	1-PL. 1300X28X1300 (SM400A)	⑩天板	1-PL. 1100X22X1100 (〃)	⑯	〃	16-PL. 174X 9X 320 (〃)
(板厚25mm程度に切削仕上げ)		⑪天板部補強リブ	8-PL. 150X22X150 (〃)	⑰吊金具	2-PL. 150X22X 200 (〃)

図－３．２．７　鋼製橋脚供試体の寸法・形状（Ａ３ＲＳ－ＳＴ）

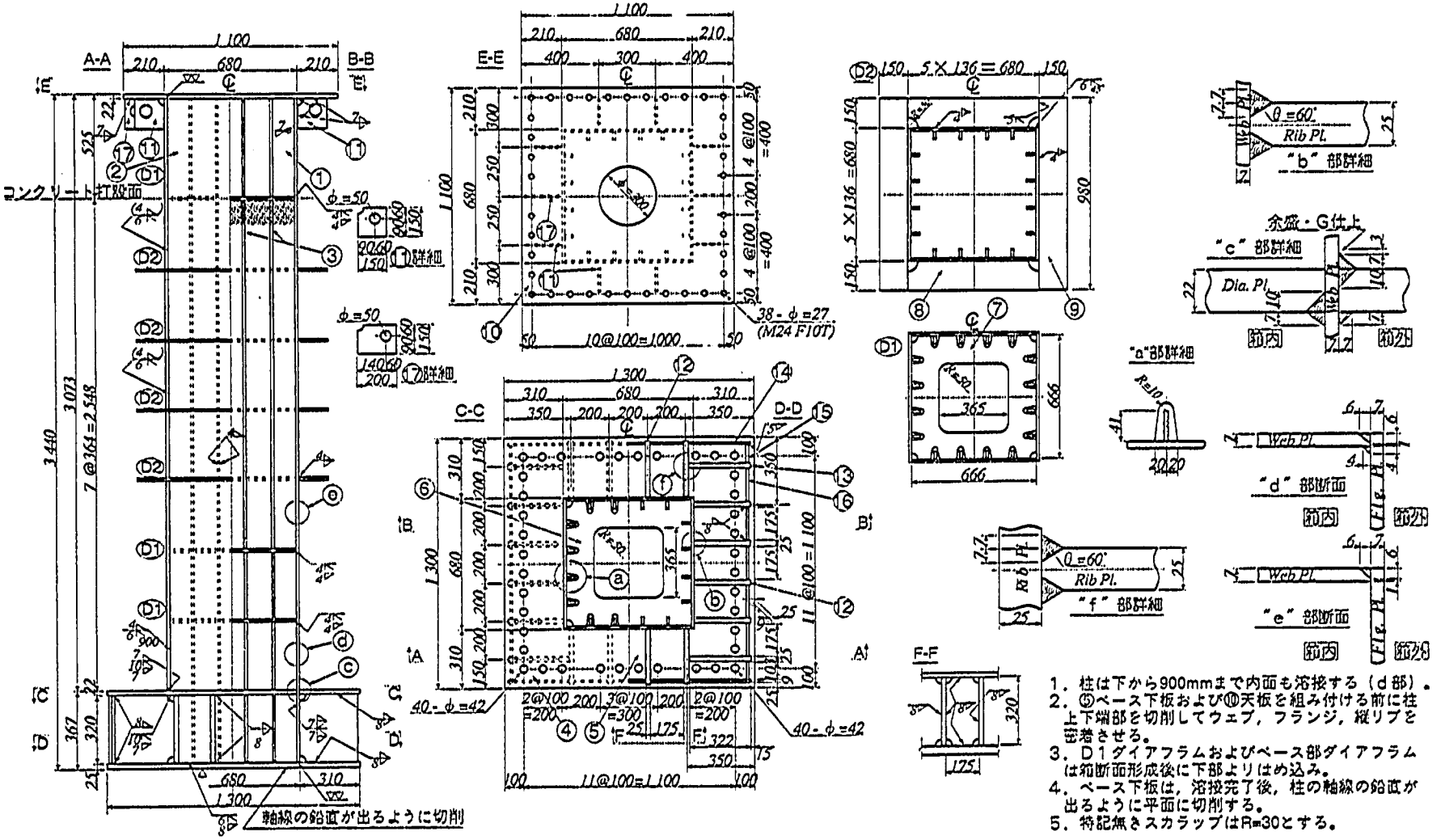


①ウェブ	2-PL. 680×7×3393 (SM490)	⑪ベース部ダイアフラム	1-PL. 666×22×666 (SS400)
②フランジ	2-PL. 666×7×3393 (〃)	⑦内ダイアフラム	3-PL. 666×6×666 (〃)
③縦リブ	12-PL. 41×3.9×3393 (〃)	⑧外ダイアフラム	8-PL. 680×6×150 (〃)
④ベース上板	1-PL. 1300×22×1300 (SS400)	⑨外ダイアフラム	8-PL. 150×6×980 (〃)
⑤ベース下板	1-PL. 1300×28×1300 (SM400A)	⑩天板	1-PL. 1100×22×1100 (〃)
(板厚25mm程度に切削仕上げ)		⑪天板部補強リブ	8-PL. 150×22×150 (〃)

⑫ベース補強板	16-PL. 295×25×320 (SM400A)	
⑬ 〃	4-PL. 322×25×320 (〃)	
⑭ 〃	4-PL. 322×9×320 (SS400)	
⑮ 〃	4-PL. 103×9×320 (〃)	
⑯ 〃	16-PL. 174×9×320 (〃)	
⑰吊金具	2-PL. 150×22×200 (〃)	
⑱コーナープレート	4-PL 90×3.9×360 (SM490)	
	4-PL 41×3.9×360 (〃)	
⑲コーナープレート	4-PL 90×3.9×357 (〃)	
	4-PL 41×3.9×357 (〃)	

1. 柱角部は下から第2パネルまで内面も溶接してｻｲｽﾞ2mmに仕上げる（d部）。外側溶接線ビードは平滑に仕上げる。
2. ⑤ベース下板および⑩天板を組み付ける前に柱上下端部を切削してウェブ，フランジ，縦リブを密着させる。
3. D1ダイアフラムおよびベース部ダイアフラムは箱断面形成後に下部よりはめ込む。
4. ベース下板は，溶接完了後，柱の軸線の鉛直が出るように平面に切削する。
5. ⑩天板の孔からコンクリートを約1.2m³打設。
6. 特記無きスカラップはR=30とする。

図－3．2．8　鋼製橋脚供試体の寸法・形状（A3RR－ST）



1．柱は下から900mmまで内面も溶接する（d部）。
2．⑤ベース下板および⑩天板を組み付ける前に柱上下端部を切削してウェブ，フランジ，縦リブを密着させる。
3．D1ダイアフラムおよびベース部ダイアフラムは箱断面形成後に下部よりはめ込み。
4．ベース下板は，溶接完了後，柱の軸線の鉛直が出るように平面に切削する。
5．特記無きスカラップはR=30とする。

①ウェブ	2-PL. 680×7×3393 (SM490)	⑥ベース部ダイアフラム	1-PL. 666×22×666 (SS400)	⑫ベース補強板	16-PL. 295×25×320 (SM400A)
②フランジ	2-PL. 666×7×3393 (〃)	⑦内ダイアフラム	3-PL. 666×6×666 (〃)	⑬ 〃	4-PL. 322×25×320 (〃)
③縦リブ	12-PL. 41×3.9×3393 (〃)	⑧外ダイアフラム	8-PL. 680×6×150 (〃)	⑭ 〃	4-PL. 322×9×320 (SS400)
④ベース上板	1-PL. 1300×22×1300 (SS400)	⑨外ダイアフラム	8-PL. 150×6×980 (〃)	⑮ 〃	4-PL. 103×9×320 (〃)
⑤ベース下板	1-PL. 1300×28×1300 (SM400A)	⑩天板	1-PL. 1100×22×1100 (〃)	⑯ 〃	16-PL. 174×9×320 (〃)
(板厚25mm程度に切削仕上げ)		⑪天板部補強リブ	8-PL. 150×22×150 (〃)	⑰吊金具	2-PL. 150×22×200 (〃)

図－3．2．9　鋼製橋脚供試体の寸法・形状（A3RN－ST）

３．３　ＲＣ橋脚

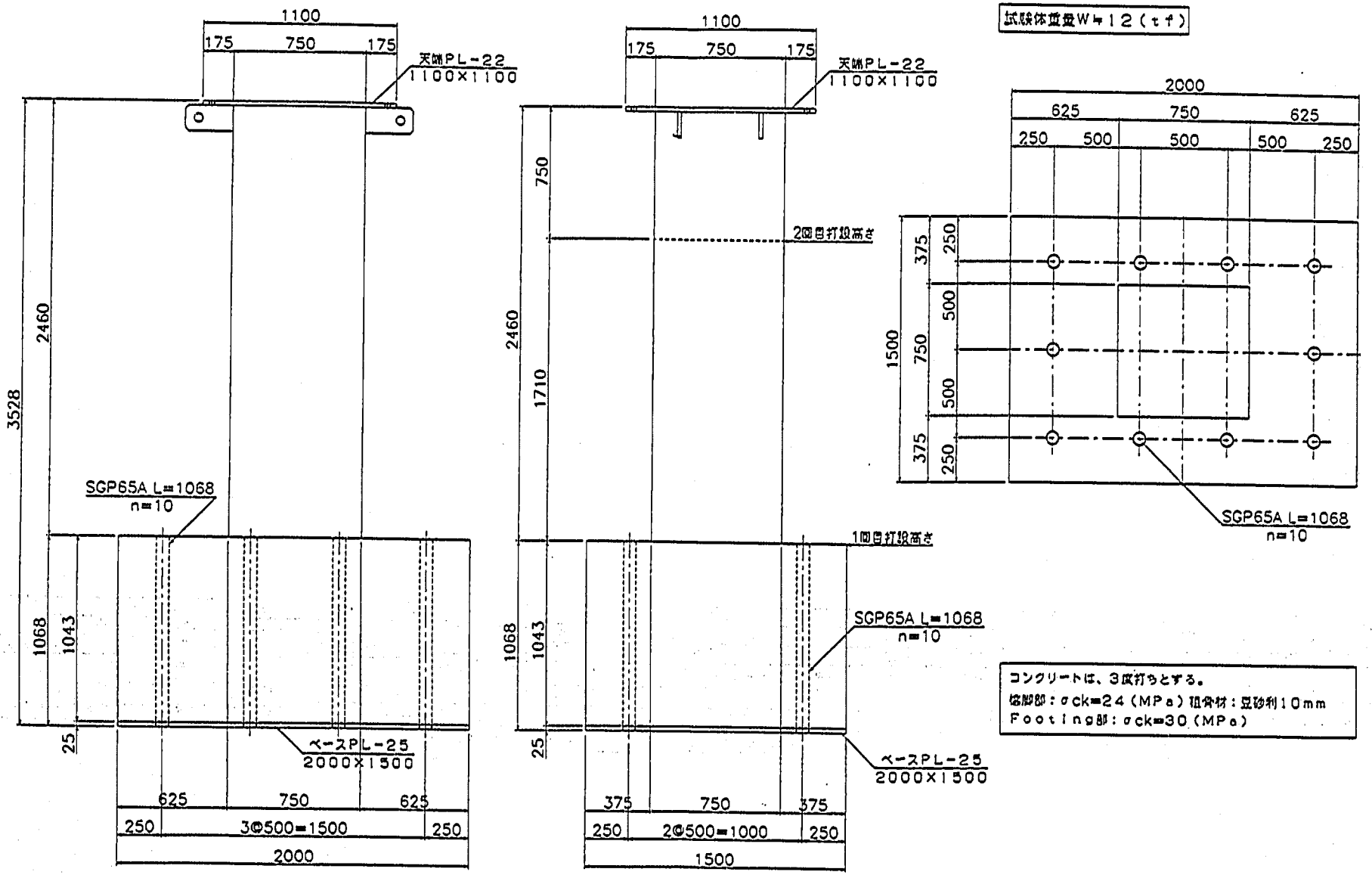
表－３．３．１に矩形断面供試体のパラメータを示す．

（１）Ｒ１Ｒシリーズ

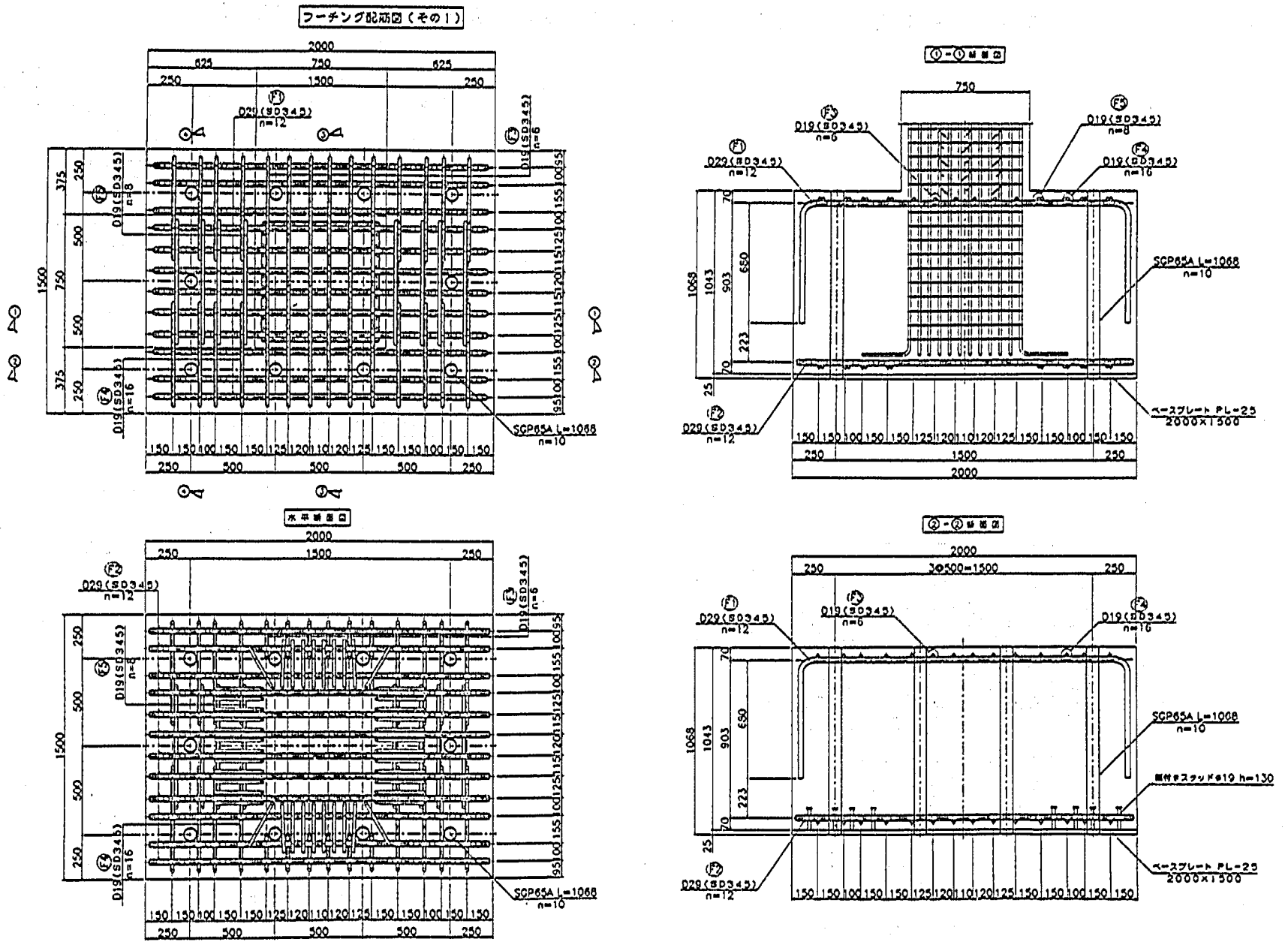
図－２．３．２の R1R に対応したＩ種地盤を想定した矩形断面ＲＣ橋脚の実験供試体であり，復旧仕様に基づいた構造である．同形状寸法のものを３体製作した．供試体名称は，R1R-ST, R1R-L2, R1R-HN である．図－３．３．１(1)～図－３．３．１(10)に供試体の形状・寸法を示す．これらのうち，図－３．３．１(8)と図－３．３．１(9)に鉄筋加工図を示し，図－３．３．１(10)にひずみゲージ貼付位置図を示す．

表－3．3．1　矩形断面鋼製橋脚供試体のパラメータ

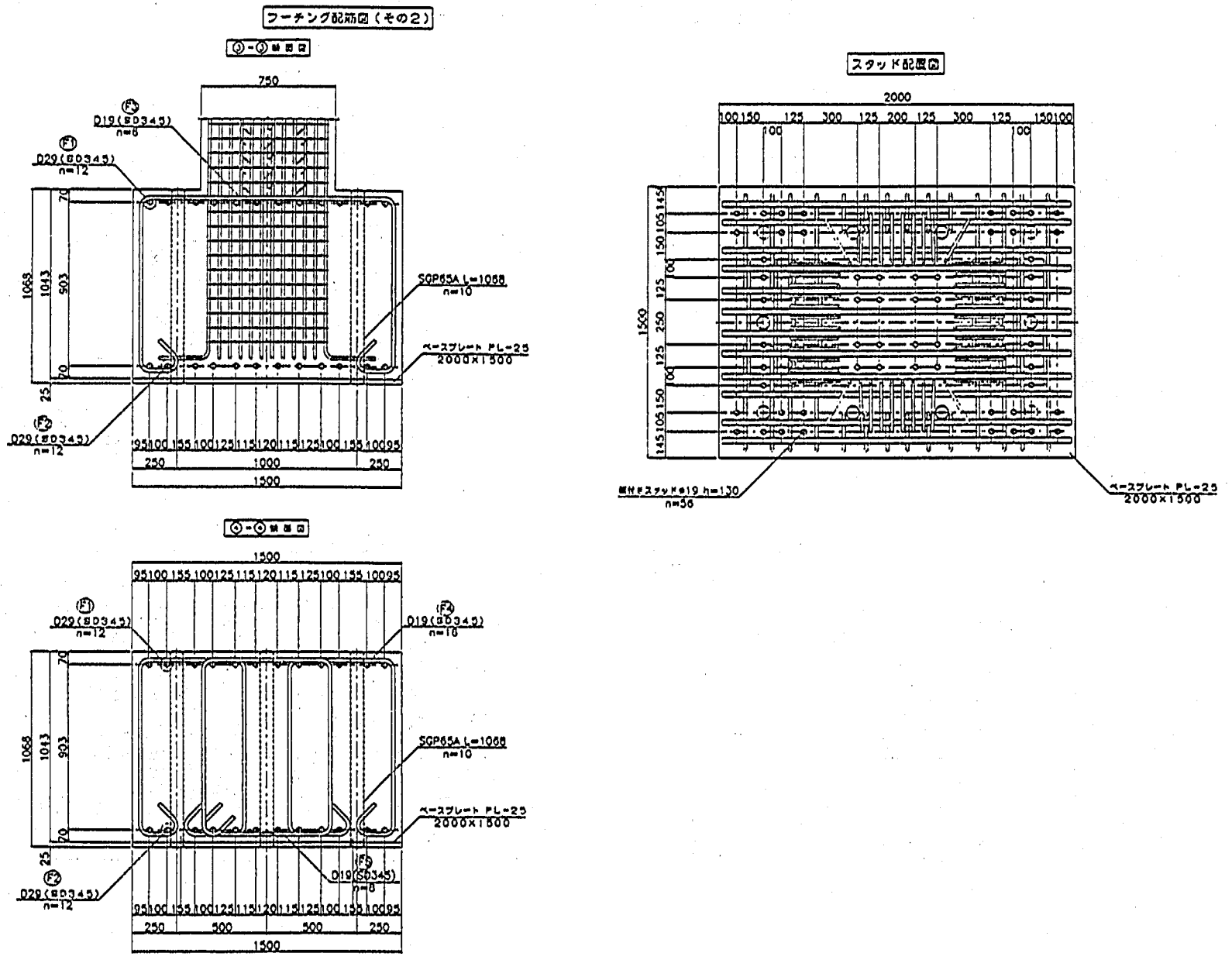
矩形断面 供試体名		外形寸法 $b \times b$ (cm)	有効高さ h (cm)	せん断支間比 h/d	軸方向鉄筋 材質，径，本数	軸方向鉄筋 鉄筋比 (%)	横拘束鉄筋 帯鉄筋 材質，径	帯鉄筋 間隔(mm)	中間鉄筋 材質，径，本数	中間鉄筋 間隔(mm)	鉄筋体積比 (%)	コンクリート 最大骨材径 (mm)	コンクリート 1軸圧縮強度 σ_c(kgf/cm^2)	軸方向鉄筋降伏点 σ_{sy} (kgf/cm^2)	軸力 N (tf)	軸力比 N/N_{yc}	軸力比 N/N_{ym}
R1R-ST	既往仕様	75×75	269	3.8	SD345, D16, 44	1.55	SD345, D6	80	SD345, D6, 6	80	0.457	10	230	3,820	63.3	0.043	0.040
R1R-L2	〃	75×75	269	3.8	SD345, D16, 44	1.55	SD345, D6	80	SD345, D6, 6	80	0.457	10	201	3,820	63.3	0.043	0.040
R1R-HN	〃	75×75	269	3.8	SD345, D16, 44	1.55	SD345, D6	80	SD345, D6, 6	80	0.457	10	209	3,820	63.3	0.043	0.040



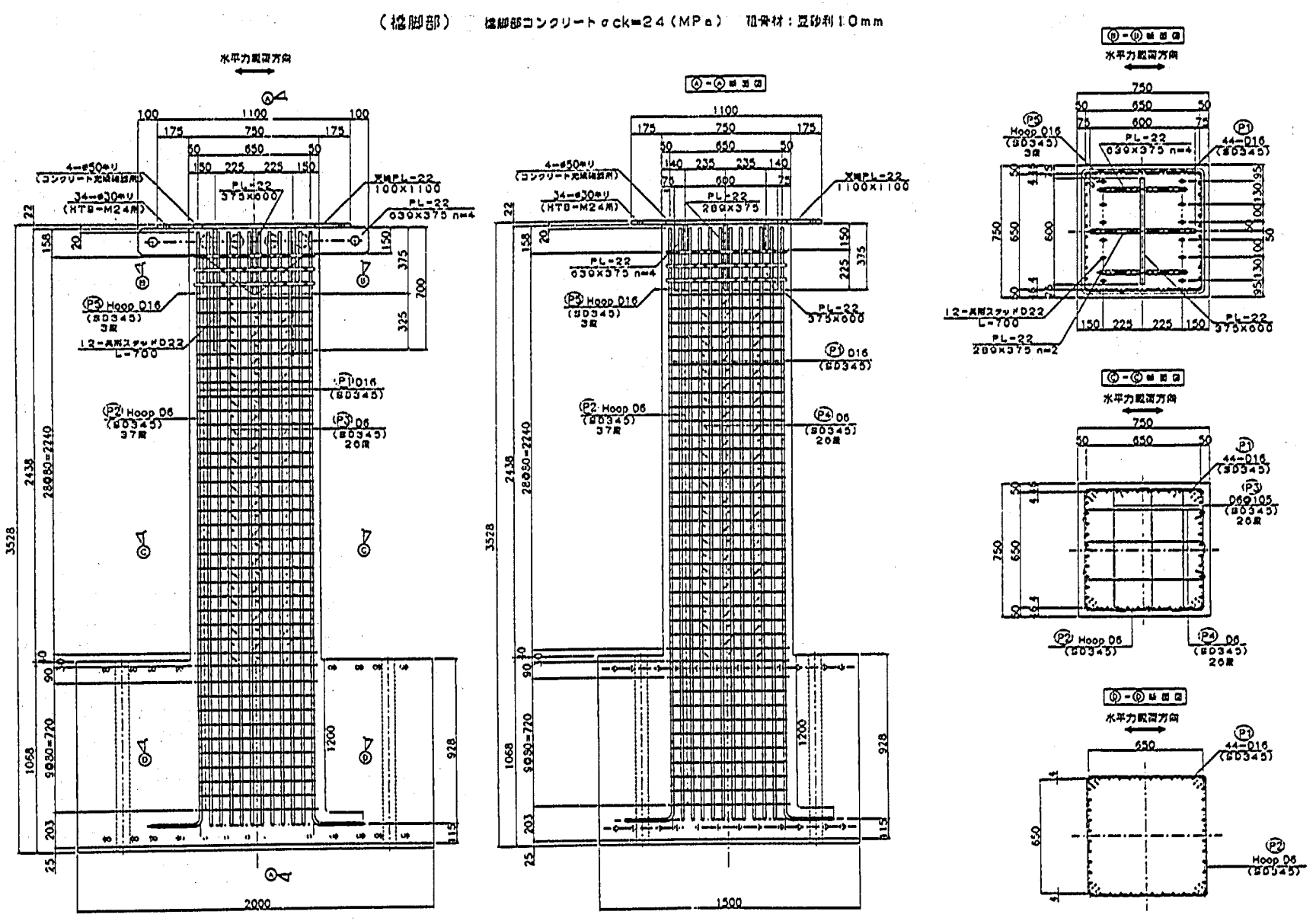
図－3．3．1(1)　RC橋脚供試体の寸法・形状(R1R－ST，L2，HN)(その1)



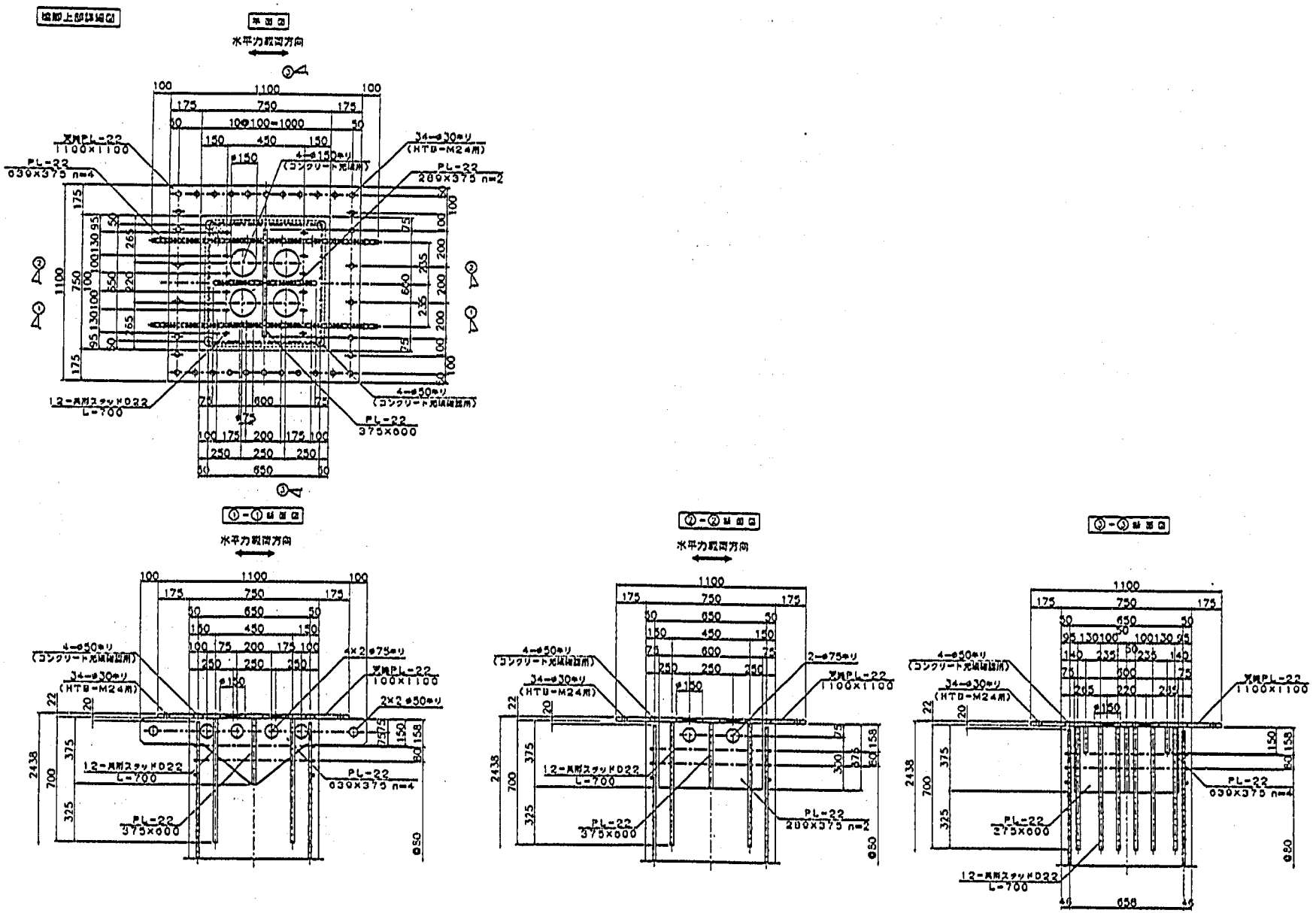
図－３．３．１(2)　ＲＣ橋脚供試体の寸法・形状（Ｒ１Ｒ－ＳＴ，Ｌ２，ＨＮ）（その２）



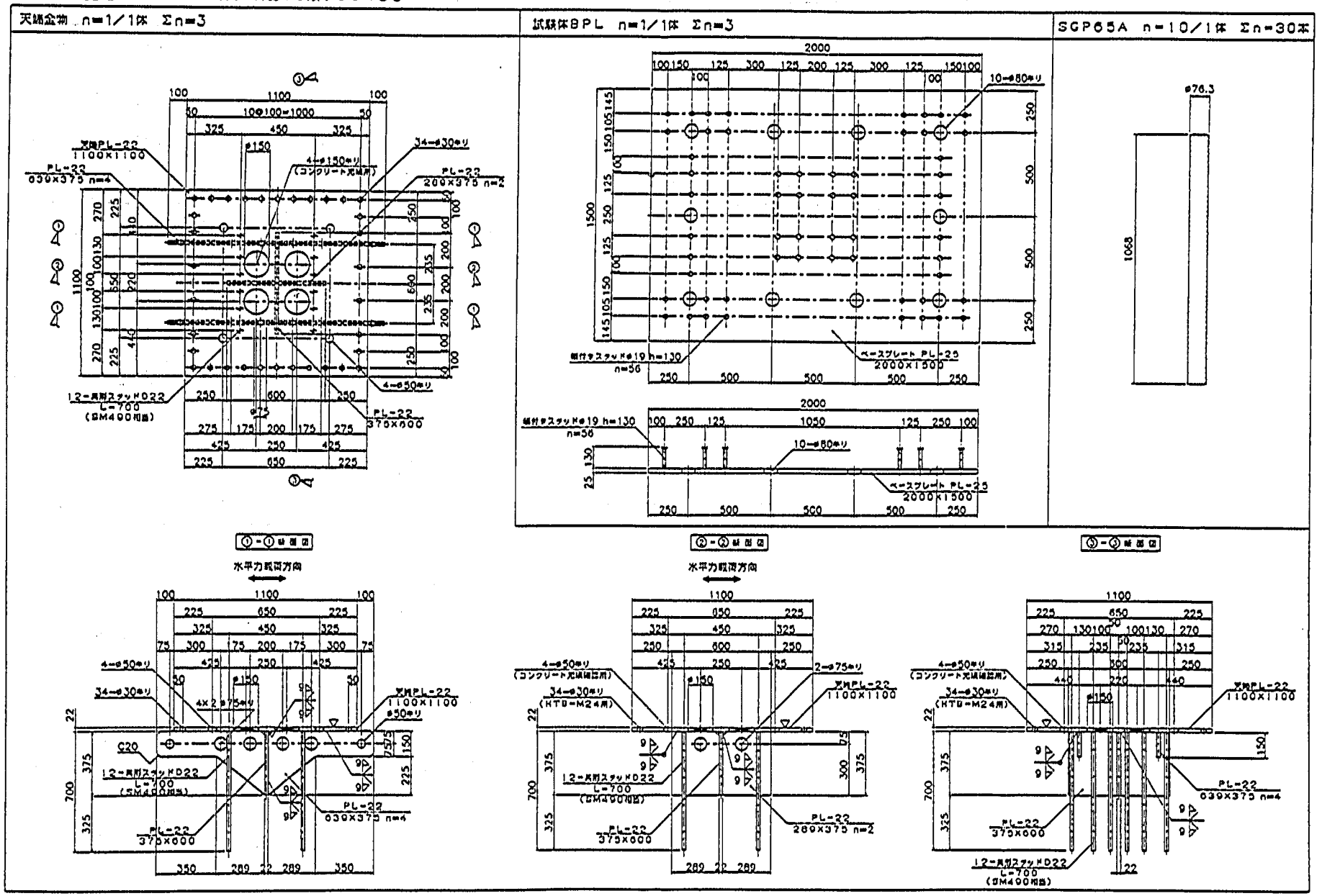
図－３．３．１(3)　ＲＣ橋脚供試体の寸法・形状(Ｒ１Ｒ－ＳＴ，Ｌ２，ＨＮ)(その３)



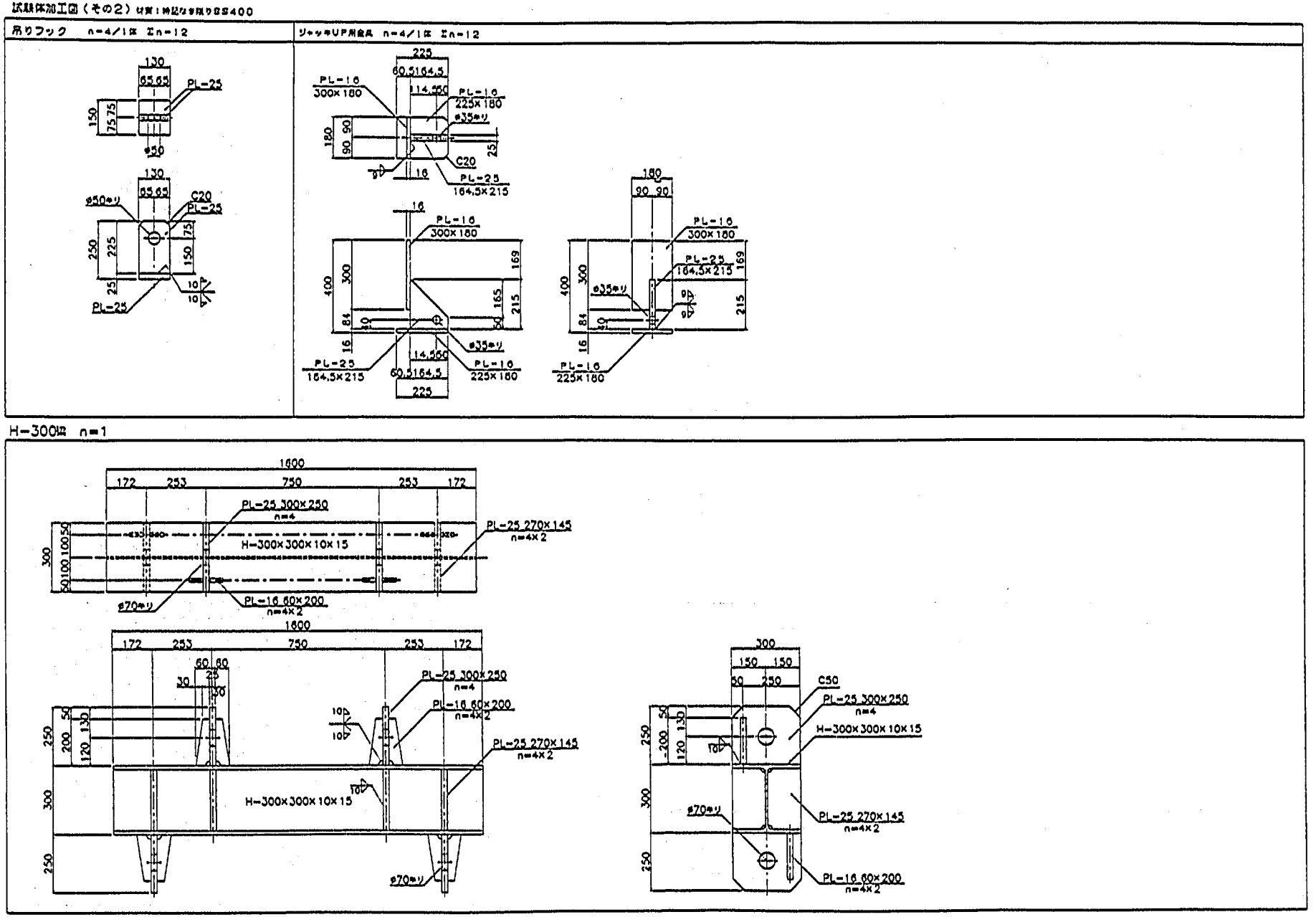
図－3．3．1(4)　RC橋脚供試体の寸法・形状(R1R－ST，L2，HN)(その4)



図－３．３．１(5)　ＲＣ橋脚供試体の寸法・形状(Ｒ１Ｒ－ＳＴ，Ｌ２，ＨＮ)(その5)

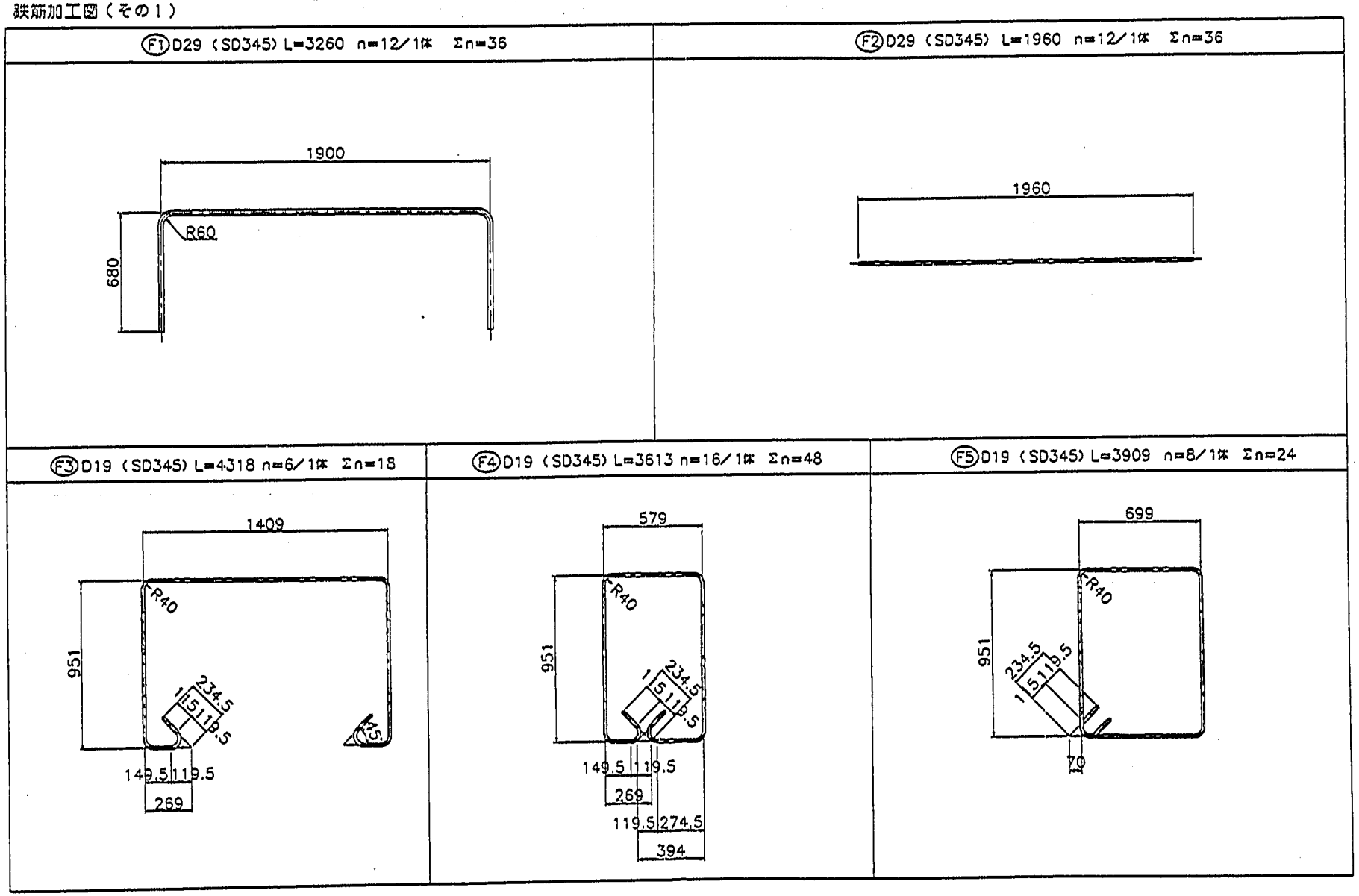


図－3．3．1(6)　RC橋脚供試体の寸法・形状(R1R－ST，L2，HN)(その6)



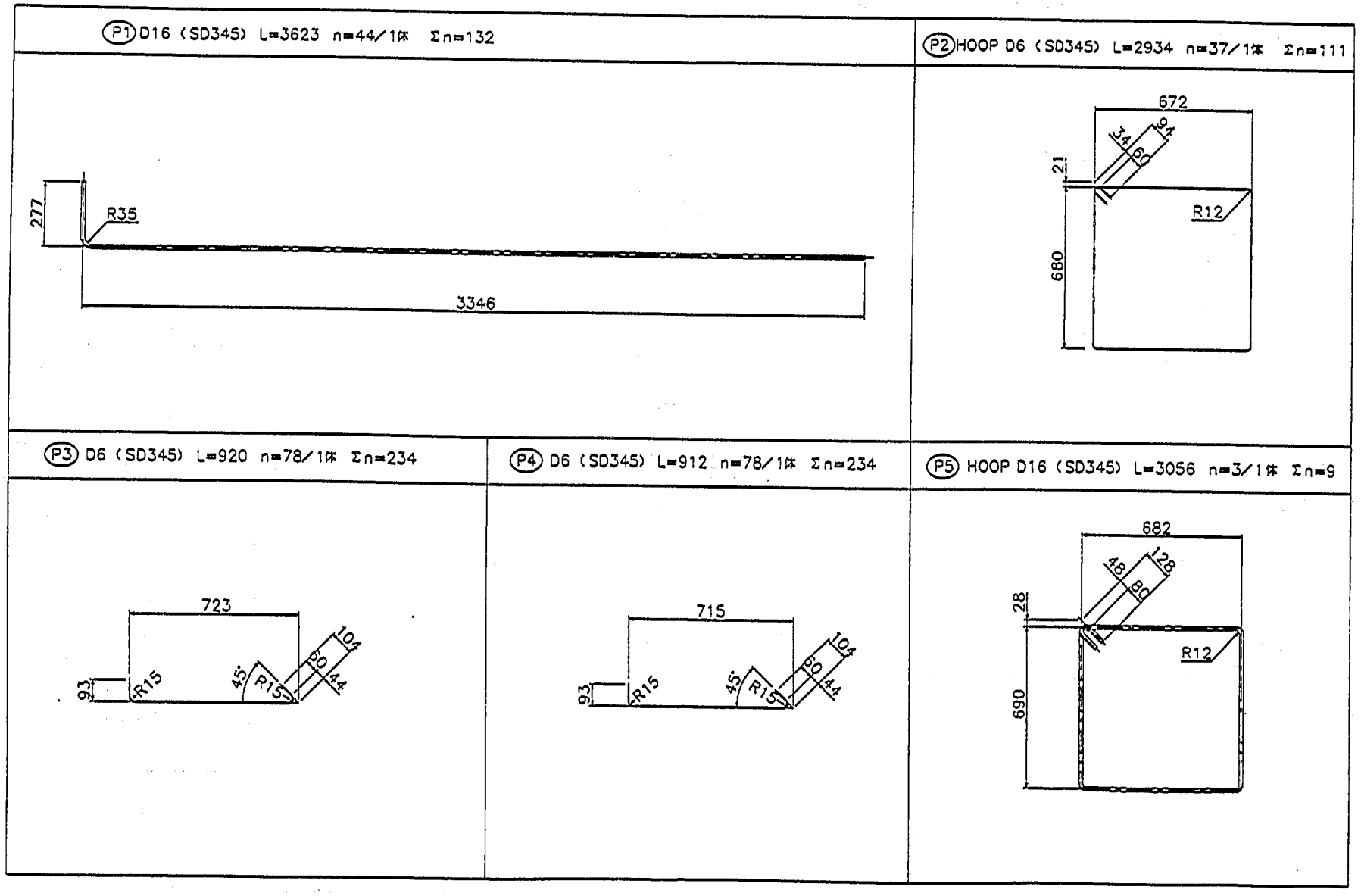
図－３．３．１(7)　ＲＣ橋脚供試体の寸法・形状(Ｒ１Ｒ－ＳＴ，Ｌ２，ＨＮ)(その７)

鉄筋加工図（その１）



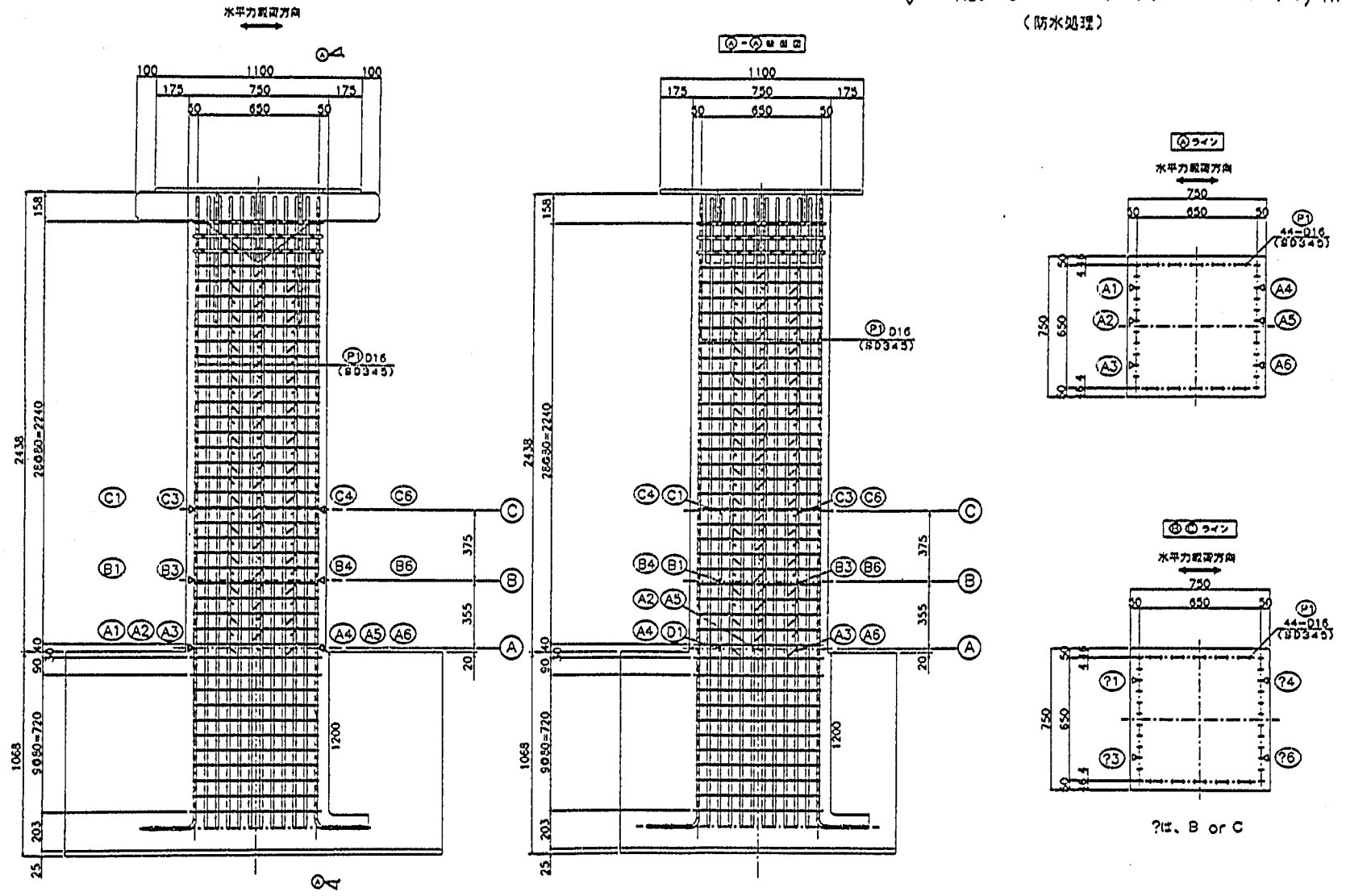
図－３．３．１(8)　ＲＣ橋脚供試体の鉄筋加工図(Ｒ１Ｒ－ＳＴ，Ｌ２，ＨＮ)(その1)

鉄筋加工図（その2）



図－3．3．1(9)　RC橋脚供試体の鉄筋加工図(R1R－ST，L2，HN)(その2)

▽ ：1軸ゲージ FLA-1-11-7LT n=14/1体 Σn=42
（防水処理）

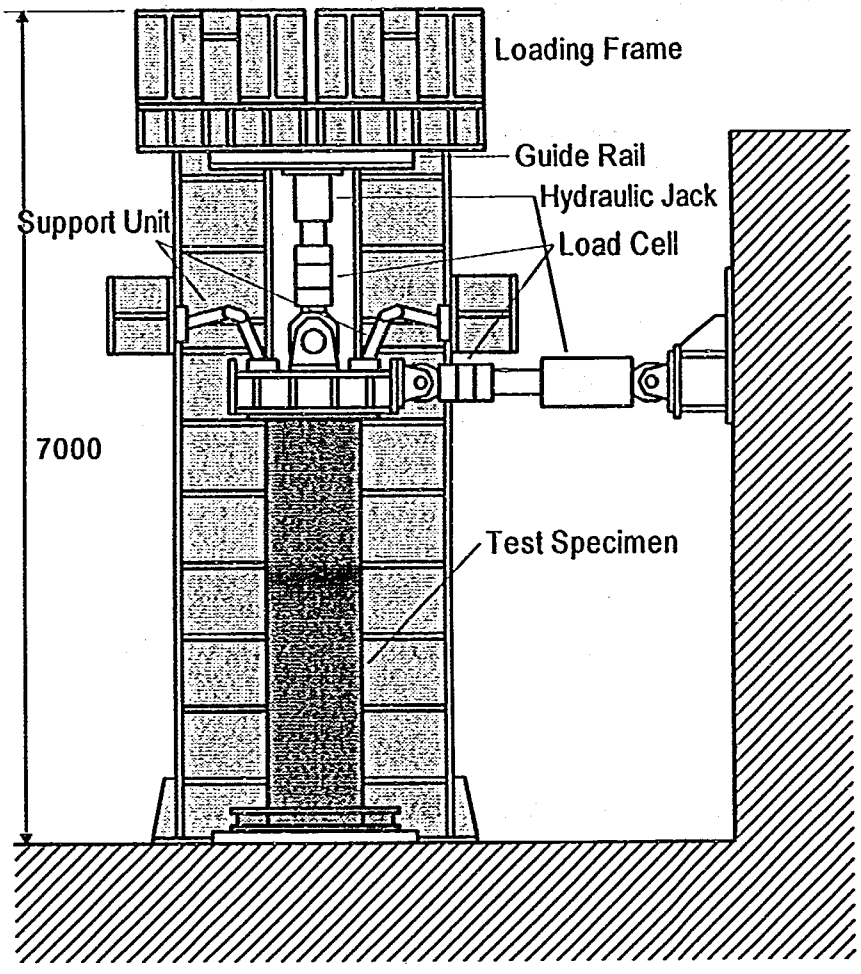


図－３．３．１(10)　ＲＣ橋脚供試体のひずみゲージ貼付位置図（Ｒ１Ｒ－ＳＴ，Ｌ２，ＨＮ）

4．実験方法

4．1　載荷装置

実験は，準静的載荷実験およびハイブリッド地震応答実験の両方とも，A社所有の大型載荷フレームおよび橋脚繰返し載荷実験装置を用いて実施した．フレームおよび載荷装置を図－4．1．1に示す．フレームは反力床から鉛直に設置し，上部の水平ばりにスライド装置と軸力載荷用ジャッキを設置した．水平力載荷用ジャッキは，反力壁に設置した．供試体は，反力床にＰＣ鋼棒で固定された厚さ 120mm のプレートにボルトで鉛直に設置した．



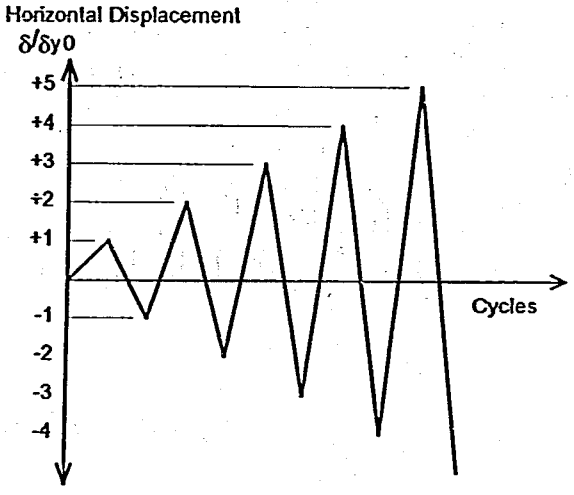
図－4．1．1　載荷装置

4．2　準静的載荷実験

4．2．1　載荷方法

載荷は，まず供試体に上部構造から橋脚に作用する鉛直荷重（上部工の死荷重）に相当する軸力Nを載荷した後，その軸力を一定に保持した状態で，橋脚頂部の載荷点に水平荷重を準静的に載荷し，図－4．2．1に示すように水平変位制御による水平繰返し漸増載荷を行った．各変位での繰返しは1回とし，水平荷重が降伏荷重以下に低下しかつ比較的大きな変形が生じるまで載荷を行った．なお，軸力については，同形状寸法を有する供試体のハイブリッド地震応答実験における軸力と同じ値を載荷させた．

載荷方向は，＋n δ_{yo}載荷時にはB面側(Line B側)が圧縮側になり，－n δ_{yo}載荷時にはA面側(Line A側)が圧縮側になるように載荷した．なお，A面側(Line A側) およびB面側(Line B側)については，4．4．1を参照のこと．



図－4．2．1　載荷方法（漸増両振り載荷）

(1) 鋼製橋脚

繰返し載荷の基本水平変位δ_{yo}は次式で与えられる．

$$\delta_{yo} = \frac{P_{yN}\, h^3}{3EI} \qquad \cdots(4.2.1)$$

$$P_{yN} = \left(\sigma_{yN} - \frac{N}{A}\right)\frac{Z}{h} \qquad \cdots(4.2.2)$$

ここで，δ_{yo}：橋脚基部の最外縁が降伏するときの載荷点の水平変位，
N：軸力，　h：載荷高さ，
A：断面積(鋼断面部のみ)，　Z：断面係数(鋼断面部のみ)，
σ_{yN}：鋼材の公称降伏点（SM490の公称降伏点3,200kgf/cm²），
P_{yN}：公称降伏水平荷重，　EI：曲げ剛性(鋼断面部のみ)

（2）RC橋脚

繰返し載荷の基本水平変位δy_0は，$+1\delta y_0$方向に単調載荷したときに，橋脚基部の最外縁引張鉄筋が降伏したときの水平荷重をP_yとし，このときの載荷点水平変位 δ を$1\delta y_0$と定義した．なお，鉄筋の降伏判定には，各鉄筋に貼付けたひずみゲージから計測したひずみの平均値を用いた．そして，この橋脚基部の軸方向引張鉄筋の平均ひずみが，鉄筋の引張試験結果(下降伏点)から算出した鉄筋の降伏ひずみに達したときを降伏と定義した．

4．2．2　観察項目

4．4．1～4．4．4に示す荷重，変位，およびひずみの計測は，供試体が中立位置から各載荷サイクルの目標変位位置に到達するまでの間を10分割した変位位置毎に行った．また，目標変位に到達した時点で供試体の変形性状を写真撮影し，局部座屈が認められる場合にはその変形量を定規により測定した．また，供試体の変形状況と計測機器による測定値との対比が行なえるように，載荷実験全体を通して2方向からビデオ撮影を行なった．

4．3　ハイブリッド地震応答実験

4．3．1　実験方法と相似則

ハイブリッド地震応答実験は，実験装置と計算機をオンラインで結び，実構造物のスケールダウンモデルもしくは部分構造モデルを用いて，復元力特性について計算機からの制御により実験を行いながら，その復元力特性結果を差分方程式（運動方程式の増分型近似式）に入力して次の運動状態を計算し，その計算結果を再び実験に反映させることで，その次の復元力特性結果を得て，再び次の運動状態について計算を行うというように，運動方程式を実験かつ数値解析的に解く手法である．また，実験結果を数値計算にオンラインで反映させ，その計算結果を再び実験にオンラインで反映させる・・・というように，実験と計算をハイブリッドさせた実験解析手法である．このため，実験においてスケールダウンモデルを用いた場合，その実験（スケールダウンモデルの実験）と数値計算（実構造物の運動方程式）との間での入出力においては，相似則を考慮しなければならない．この場合，力の釣合い条件などの静的な要素と固有周期などの動的な要素が同時に満足されるような相似則を適用する必要がある．

本ハイブリッド地震応答実験では，参考文献 10)の中に提案されているの 3 種類の相似則の手法のうち（実構造物解析型手法，相似モデル解析型手法，周波数特性同調解析型手法），実構造物解析型手法を用いた．実構造物と供試体の相似率Ｓを用いて，両者間の物理量の相似関係を次式に示す[10]．

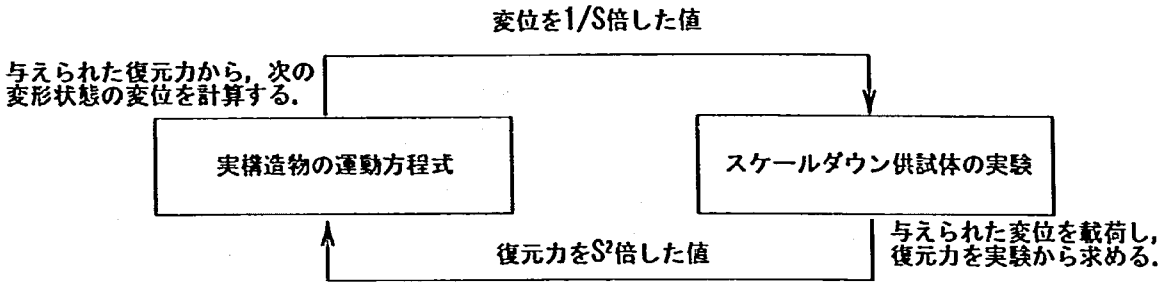
$$m\ddot{x}+c\dot{x}+Q(x)=-m\ddot{z} \qquad \cdots(4.3.1)$$

$$\left.\begin{aligned} &c=2h\sqrt{k\cdot m}\,,\\ &\ddot{x}_p=\frac{1}{S}\ddot{x}_m, \quad \dot{x}_p=\dot{x}_m, \quad x_p=S\cdot x_m,\\ &m_p=S^3 m_m, \quad c_p=S^2 c_m, \quad k_p=S\cdot k_m,\\ &Q_p=S^2 Q_m,\\ &t_p=S\cdot t_m \end{aligned}\right\} \qquad \cdots(4.3.2)$$

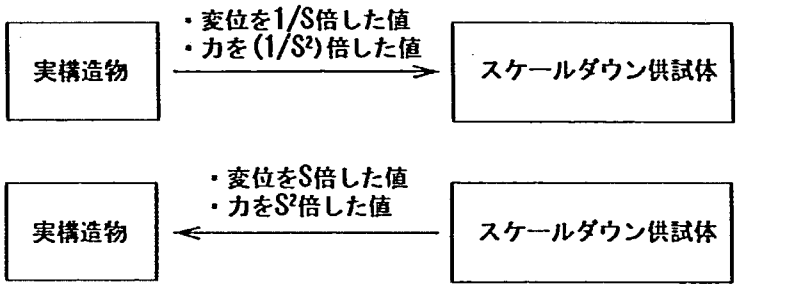
ここで，t：時間，m：上部構造質量，c：減衰係数，$Q(x)$：復元力，x：相対変位，
$\ddot{z}$：地震加速度，h：減衰定数，k：剛性
また添字の p は実構造物，m は供試体を表す．

従って，式(4.3.2)より，運動方程式中の復元力項 $Q(x)$は実験で得られる復元力を S^2 倍した値を用いた．また，実験に用いる変位は，運動方程式を数値計算により解いて得られる変位を $1/S$ 倍した値を用いた（図－４．３．１参照）．なお，供試体に負荷する軸力(１回目載荷時)については，橋脚の軸力比が一致するように実構造物における上部構造の重量の$(1/S)^2$ 倍に相当する荷重を負荷した(鋼製橋脚の場合 S=4.21 ゆえ 供試体の軸力 N は 1628.4tf×$(1/4.21)^2$=91.9tf を用いた．RC 橋脚の場合 S=5.07 ゆえ供試体の軸力Nは 1628.4tf×$(1/5.07)^2$=63.3tf を用いた）（図－４．３．１参照）．

この手法の利点は，実物大の振動を想定するために実構造物の固有周期に振動が影響され，地震加速度のサンプリング間隔 0.01 秒をそのまま使えることである．



(a)ハイブリッド地震応答実験の流れと相似則



(b)実構造物と供試体との間の相似則

図－４．３．１　実構造物と実験供試体の間の相似則[10)]

４．３．２　運動方程式の解法

線形加速度法によりスタートし，その後，中央差分法に切り替えて運動方程式を解いた．これは，中央差分法では第一ステップの計算が行えないためである．線形加速度法を用いる場合の剛性には，供試体の弾性域での静的な予備載荷を実験毎に行い，そこで得られた剛性を用いた．

４．３．３　入力地震波

表－４．３．１にハイブリッド地震応答実験に用いた地震波記録を示す．図－４．３．２～図－４．３．５に入力地震波形を示し，図－４．３．６～図－４．３．９に入力地震波の加速度応答スペクトルを示す．

表－４．３．１に示すとおり地震時保有水平耐力照査用のタイプⅠ地震波（Level2 地震波）に対するハイブリッド地震応答実験では加速度記録を振動数領域で振幅調整したものを用いた．一方，兵庫県南部地震で観測された地震波に対するハイブリッド地震応答実験では加速度記録を振幅調整せずにそのまま用いた．

各地震加速度ともサンプリングタイムは 0.01 秒とし，減衰定数は h＝5%(但し，R1R-HN は h＝1%)とし，地震終了後に供試体を自由振動させて，弾性変位がなくなった状態（復元力 0）で実験を終わらせるために，加速度が 0 となる波を 5 秒程度付け加えた．

表－４．３．１　入力地震波

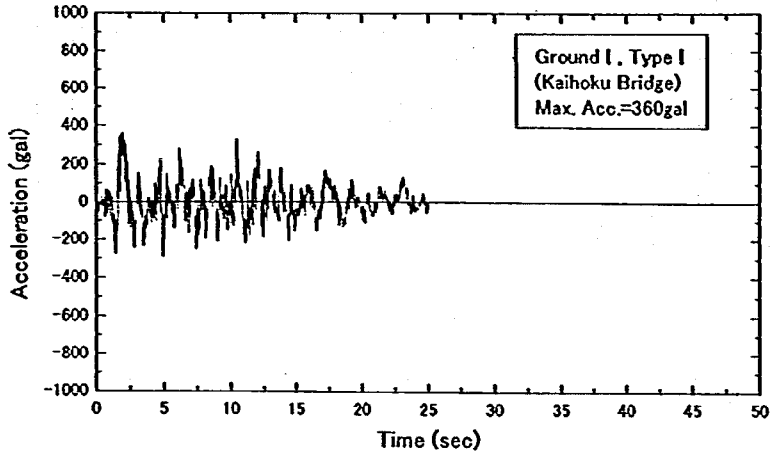
(a) タイプⅠ (Level2)

地盤種別	地震名	ﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞ M	記録場所	振幅調整	供試体名中の記号例
Ⅰ種地盤	1978年宮城県沖地震	7.4	開北橋地盤周辺	あり	○1○－Ｌ2
Ⅲ種地盤	1983年日本海中部地震	7.7	津軽大橋周辺地盤上	あり	○3○－Ｌ2

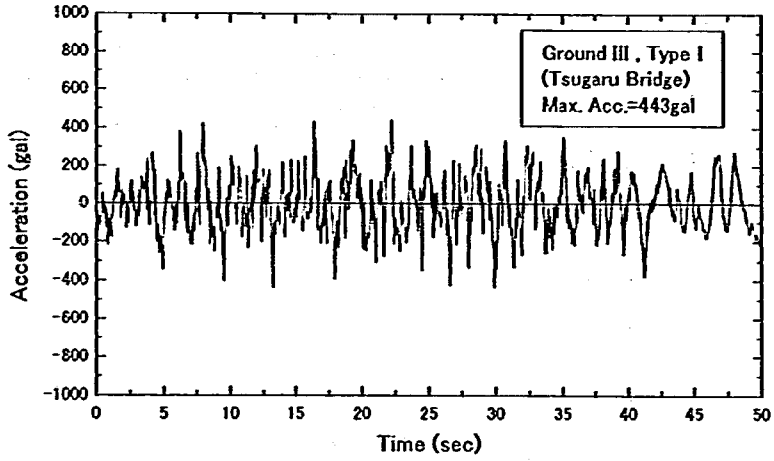
(b) 兵庫県南部地震で観測された地震波

地盤種別	地震名	ﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞ M	記録場所	振幅調整	供試体名中の記号例
Ⅰ種地盤	1995年兵庫県南部地震	7.2	神戸海洋気象台地盤上	なし	○1○－ＨＮ
Ⅲ種地盤			東神戸大橋周辺地盤上	なし	○3○－ＨＮ

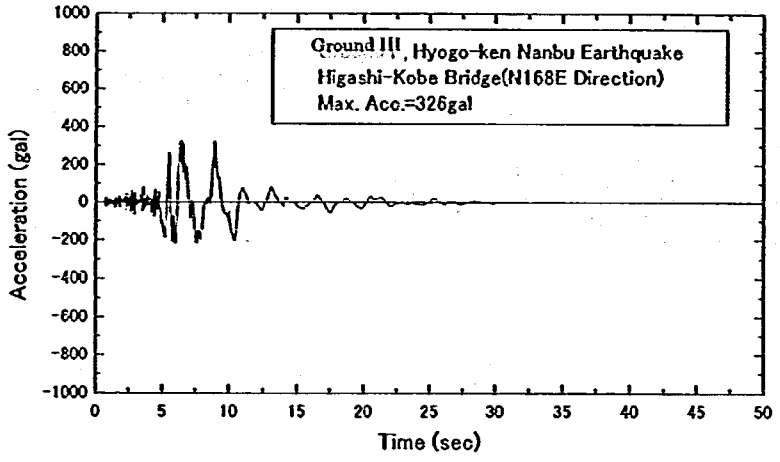
但し，記号○は，Ａ・Ｐ・Ｒ・Ｃ・Ｓなどの記号が入ることを意味する．



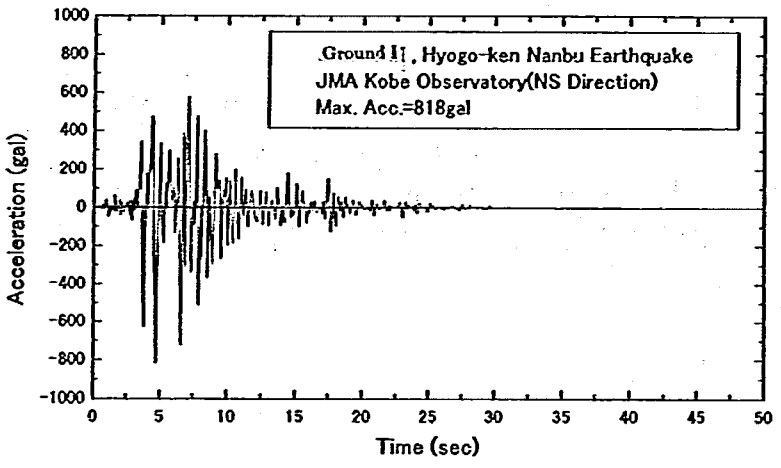
図－４．３．２　入力地震波形（Ⅰ種地盤，タイプⅠ）



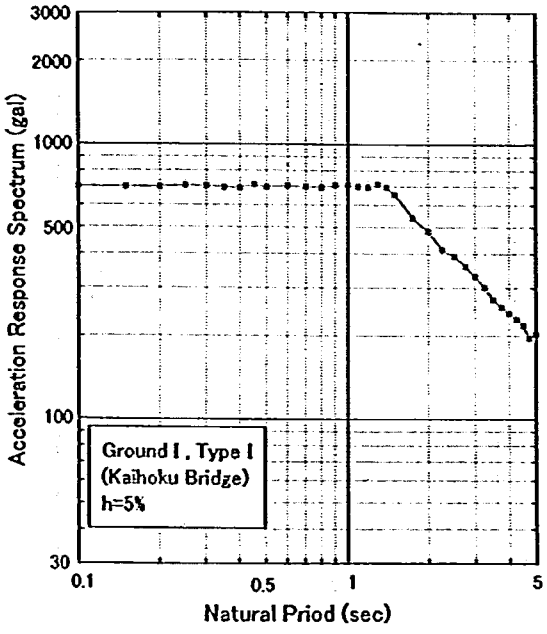
図－４．３．３　入力地震波形（Ⅲ種地盤，タイプⅠ）



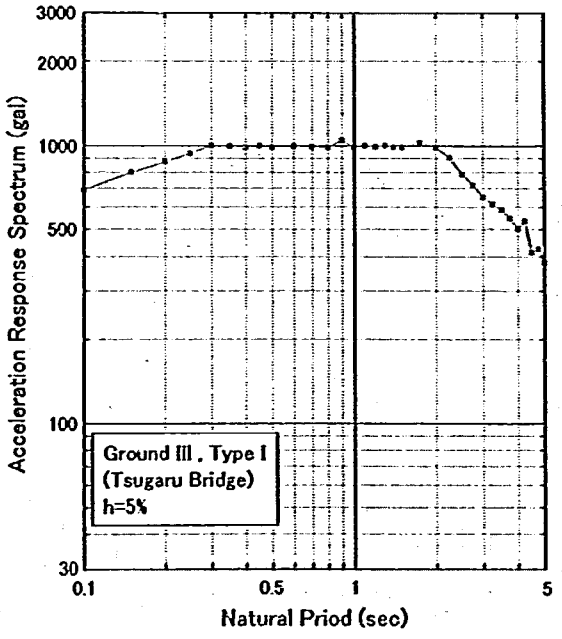
図－4．3．4　入力地震波形（Ⅲ種地盤，兵庫県南部地震）



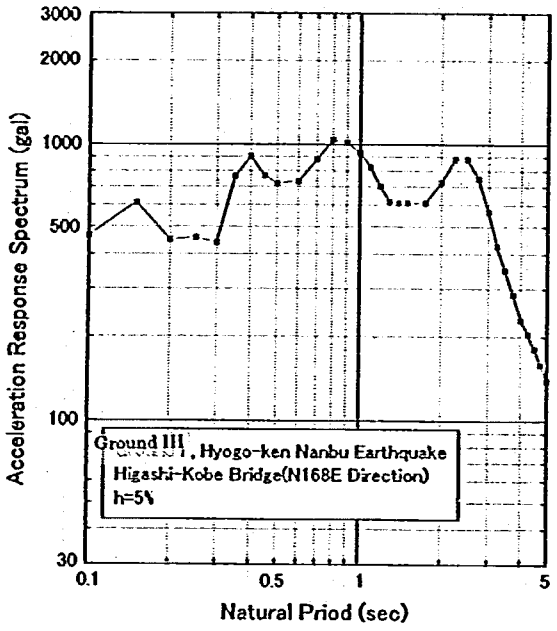
図－4．3．5　入力地震波形（Ⅰ種地盤，兵庫県南部地震）



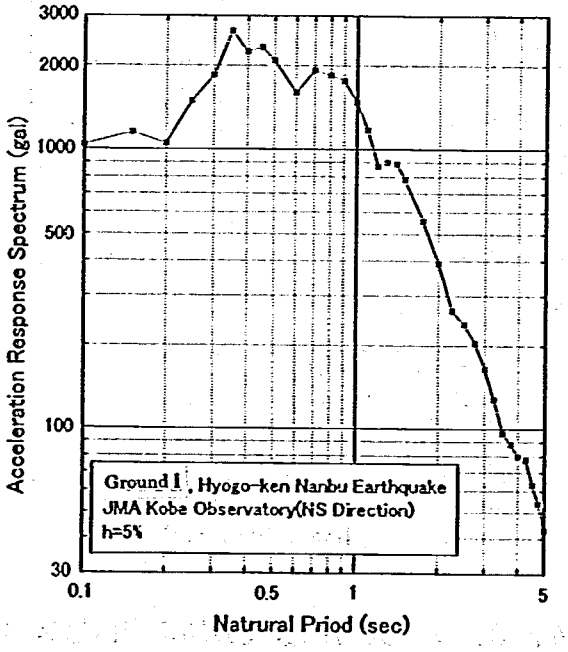
図－４．３．６　入力地震波の加速度応答スペクトル
（Ⅰ種地盤，タイプⅠ）



図－４．３．７　入力地震波の加速度応答スペクトル
（Ⅲ種地盤，タイプⅠ）



図－４．３．８　入力地震波の加速度応答スペクトル
（Ⅲ種地盤，兵庫県南部地震）



図－４．３．９　入力地震波の加速度応答スペクトル
（Ⅰ種地盤，兵庫県南部地震）

4．3．4　実験結果データの記録

本実験では，計測データの記録は運動方程式の応答計算の手前（相似率を乗ずる手前）で行ったため，荷重・変位とも実構造物をスケールダウンさせた実験供試体での記録とした．なお，実構造物の挙動に変換する場合には，相似則に従えばよい．実構造物の耐力(荷重)は，実験で得られる耐力(荷重)をS^2倍すればよく，変位は，実験で得られる変位をS倍すればよい．

4．3．5　観察項目

4．4．1～4．4．4に示す荷重，変位，およびひずみの計測は，入力加速度の 0.01 秒相当経過毎に行った．特徴的な応答変位が生じた時点で供試体の変形性状を写真撮影し，局部座屈が認められる場合にはその変形量を定規により測定した．また，供試体の変形状況と計測器による測定値との対比が行なえるように，載荷実験全体を通して2方向からビデオ撮影を行なった．

4．3．6　実験精度の検定と精度向上対策

ハイブリッド地震応答実験の精度に影響を及ぼす諸因子を除去するため，予備実験用供試体を用いて精度の検定を行った．一般的に検定が必要とされる項目と対策を以下に挙げる．

(1) 装置の摩擦力

軸力ジャッキを据え付けてあるスライド装置をはじめとする駆動部の摩擦力により，復元力の絶対値が真値よりも大きめに計測されることが考えられる．これにより，エネルギー吸収が過大に生じ，振動を減衰させることになる．このような摩擦の影響を除外するために，次のような対策を行った．供試体の弾性域でくり返し載荷を行って理論直線からの復元力の差を定数として求めておき，この値を実験中に得られる復元力から常に差し引いた．

(2) 水平力載荷アクチュエータのオーバーシュートおよびアンダーシュート

供試体載荷点が目標値に達したかどうかの判別は，変位計の精度および目標値への到達までの時間を考慮して，ある程度の幅を設けて行う．その際，実際の変位が目標値に対して常に手前にある（アンダーシュート）と，ヒステリシスはエネルギー減衰となり，振動を発散させてしまう．逆に常に行き過ぎている（オーバーシュート）と，過度のエネルギー吸収になり振動を減衰させてしまう．

これらを避けるため，1）目標値への到達を判別する際の幅を変化させてテストを行い，目標値到達までにかかる時間とシューティングの様子をみながら，許容変位幅を調整した．2）それでも一貫してアンダーシュートまたはオーバーシュートが生じる場合は，目標値をどちらかへ若干オフセットして制御を行った．

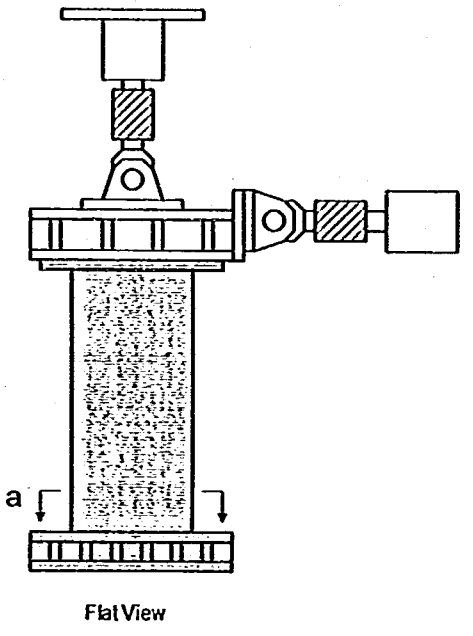
(3) 供試体基部の剛体回転

本実験では，剛体回転および並進変位を除去する補正計算のための変位計も含め，すべて動ひずみアンプを用いて変位を計測したため，常にリアルタイムで変位を補正しながらハイブリッド地震応答実験を行った．

4．4　計測項目と計測位置

4．4．1　観察位置の名称

図－4．4．1に供試体の観察位置の名称を示す．供試体を設置したときに水平アクチュエータの反力壁と反対側をA面とし，供試体を鉛直上方から見たときに，時計周りにA面・C面・B面・D面と定めた．A面とB面がフランジであり，C面とD面がウェブである．円形断面橋脚供試体の場合には全体を八等分し，矩形断面橋脚供試体と同様に時計周りに，A・AC・C・BC・B・BD・D・AD線を定め，局部変形観察を行った．



図－4．4．1　観察位置

4．4．2　荷重

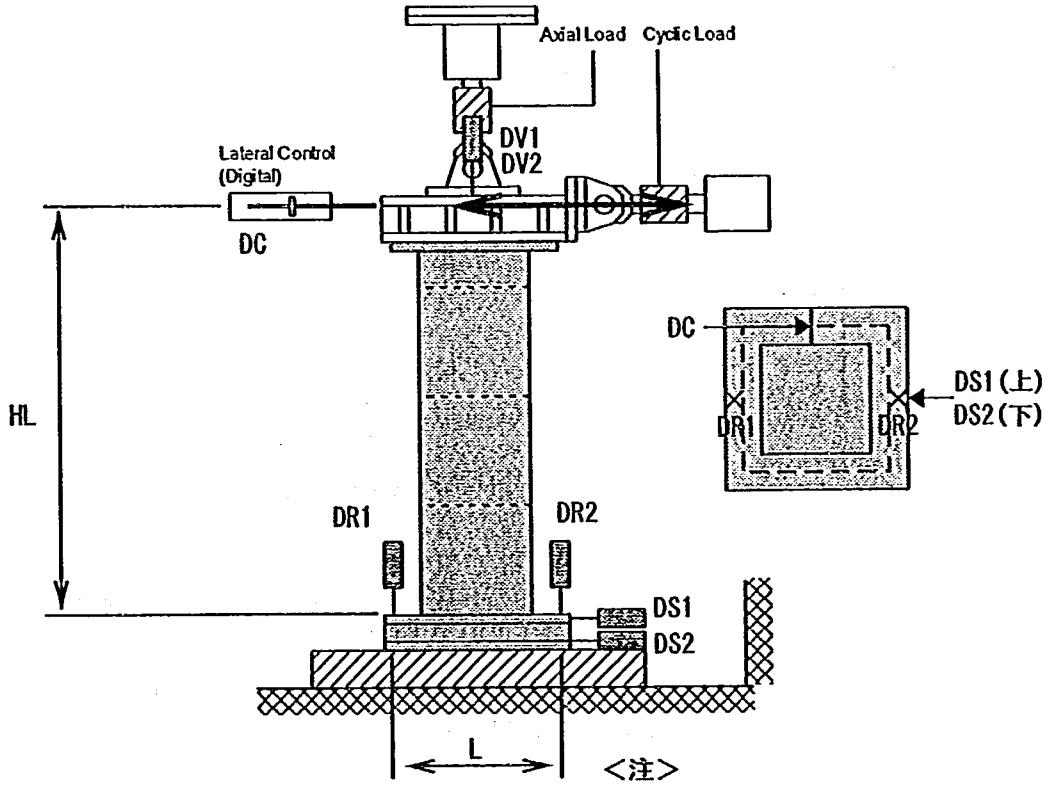
軸力載荷用ジャッキおよび水平荷重載荷用アクチュエータの荷重は，それぞれ容量が500tfおよび200tfのロードセルにより計測した．水平荷重載荷時の鉛直荷重のばらつきは±2tf程度である．

4．4．3　変位

図－4．4．2と図－4．4．3に供試体に対する変位計取り付け位置を示す．変位計は，磁歪式変位計を水平荷重載荷点高さに設置し，基部には水平変位および剛体回転計測用のアナログ変位計を設置した．使用した計測機器は4．4．5に記す．

供試体が水平荷重を受けると橋脚基部（ベース部）に回転と水平荷重方向の変位が生じる．供試体頂部における水平変位を把握するためには，基部の回転量と水平方向の変位量について補正する必要があるので，供試体基部の鉛直方向変位についても計測した．水平荷重載荷時における供試体の補正後水平変位 *DLT* は，基部の回転量と水平移動量を補正することにより次式により与えられる(図－４．４．２，図－４．４．３参照)．

$$DLT = DC - DS1 - \frac{DR1 - DR2}{L} HL \qquad \cdots(4.4.1)$$



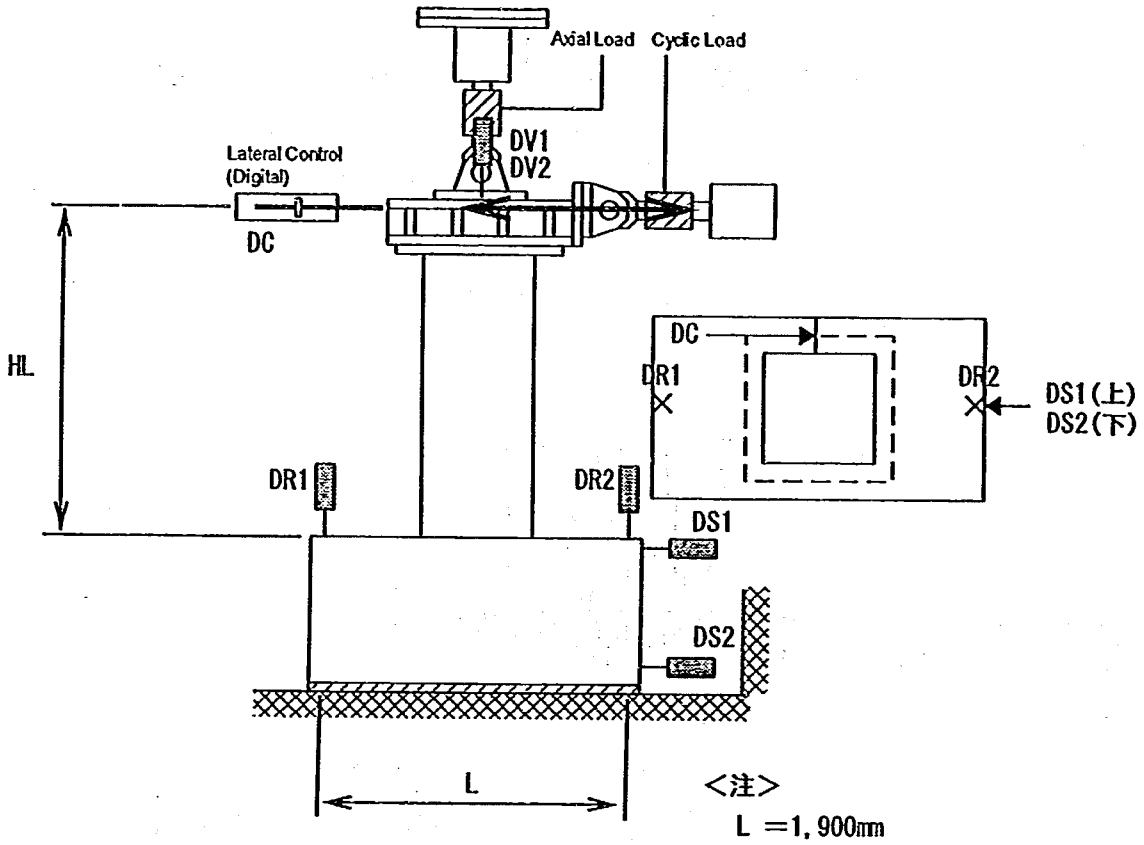
<注>
L ＝1,200mm
HL＝3,303mm

変位計DR1, DR2, DS1, DS2, DV1, DV2は
棒状一般変位計

変位計DC は磁歪式変位計

変位計DC の位置には，ワイヤ式変位計も
取り付けた．

図－４．４．２　変位計取り付け位置（鋼製橋脚供試体）



<注>

L =1,900mm

HL=2,690mm

変位計DR1, DR2, DS1, DS2, DV1, DV2は棒状一般変位計

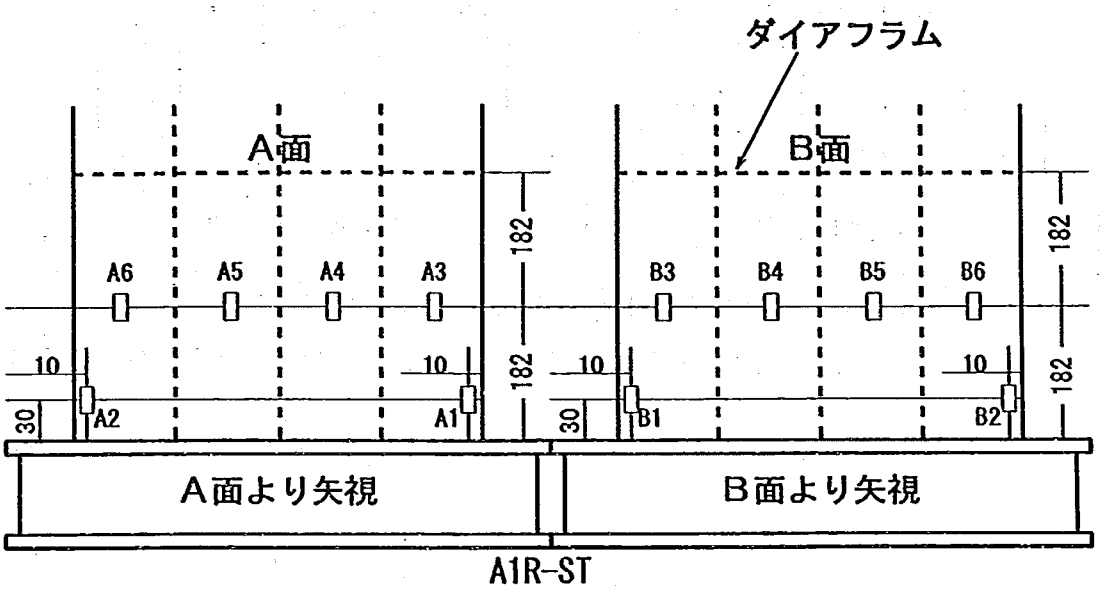
変位計DC は磁歪式変位計

変位計DC の位置には，ワイヤ式変位計も取り付けた.

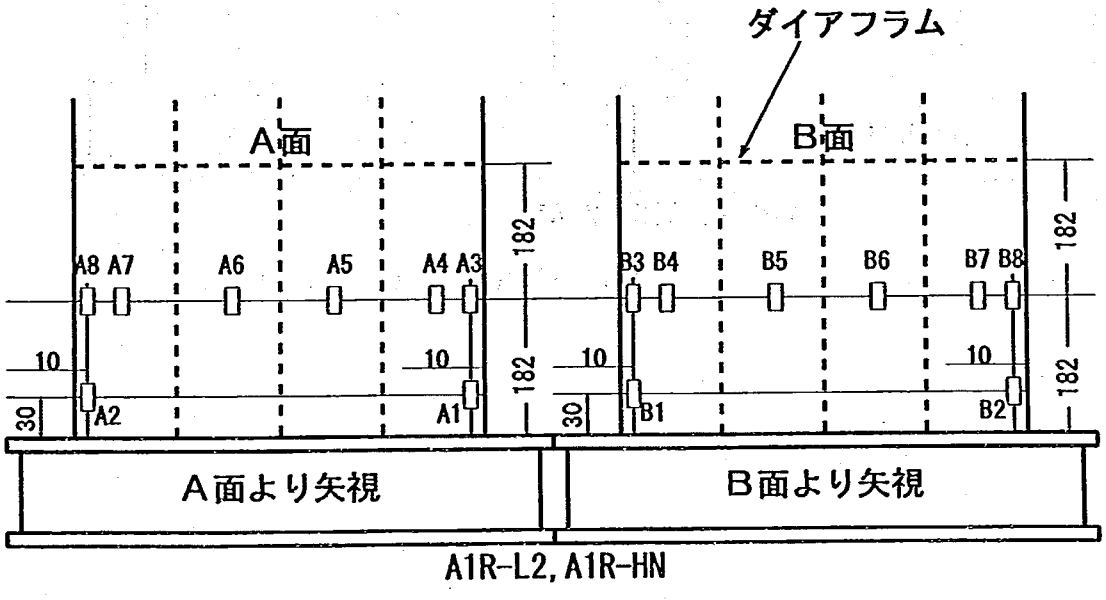
図－４．４．３　変位計取り付け位置（ＲＣ橋脚供試体）

４．４．４　ひずみ

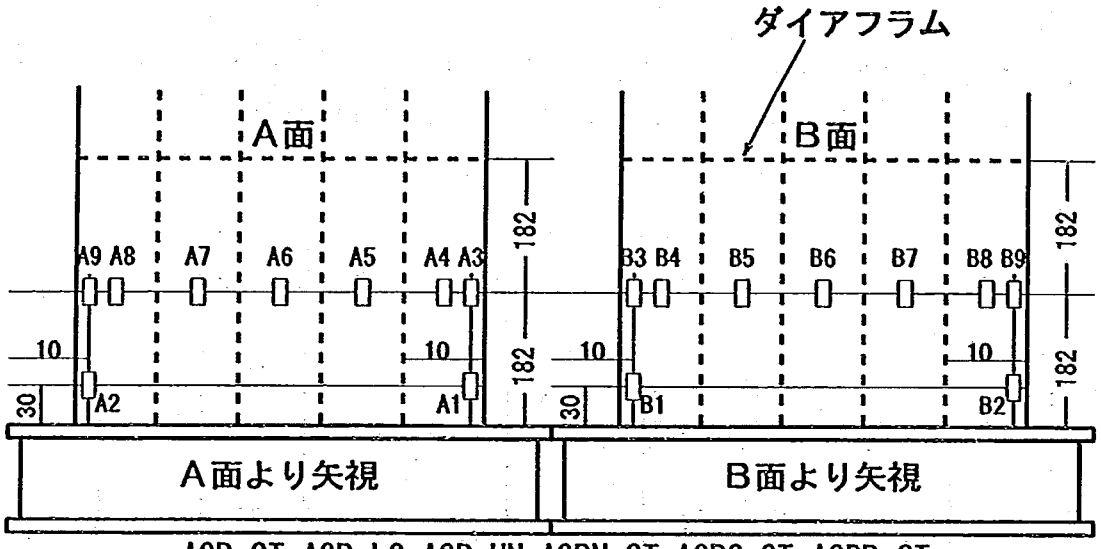
供試体のひずみ量はひずみゲージ(すべてゲージ長５mmの１軸または２軸塑性ゲージ)を貼付して計測した．図－４．４．４～図－４．４．１１にひずみゲージの貼付位置を示す．



図－４．４．４　ひずみゲージ貼付位置（Ａ１Ｒ－ＳＴ）

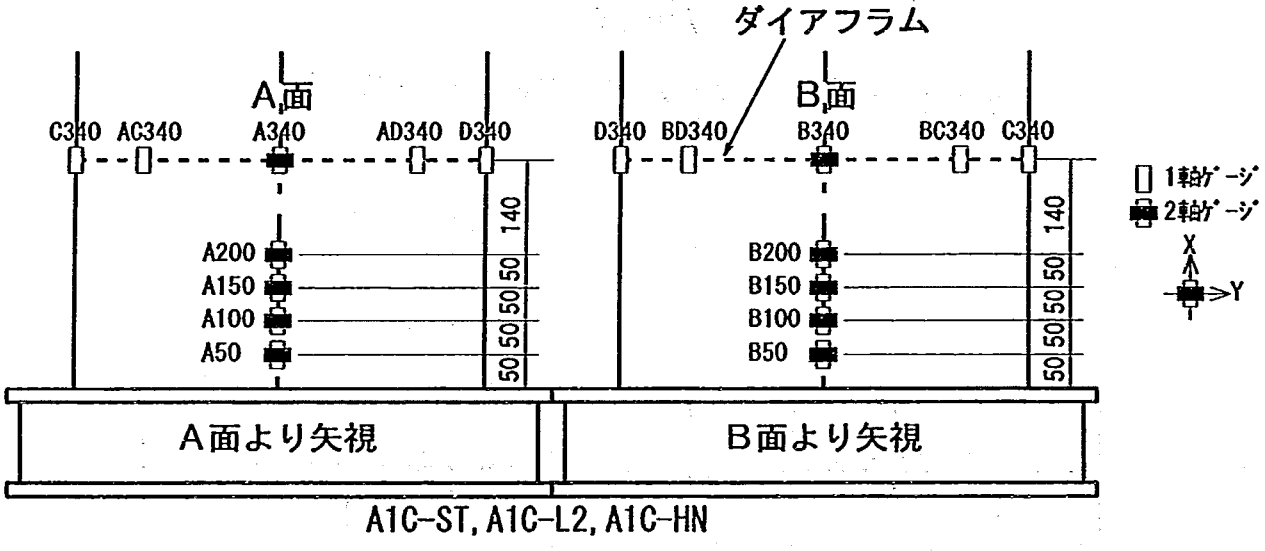


図－４．４．５　ひずみゲージ貼付位置（Ａ１Ｒ－Ｌ２，Ａ１Ｒ－ＨＮ）



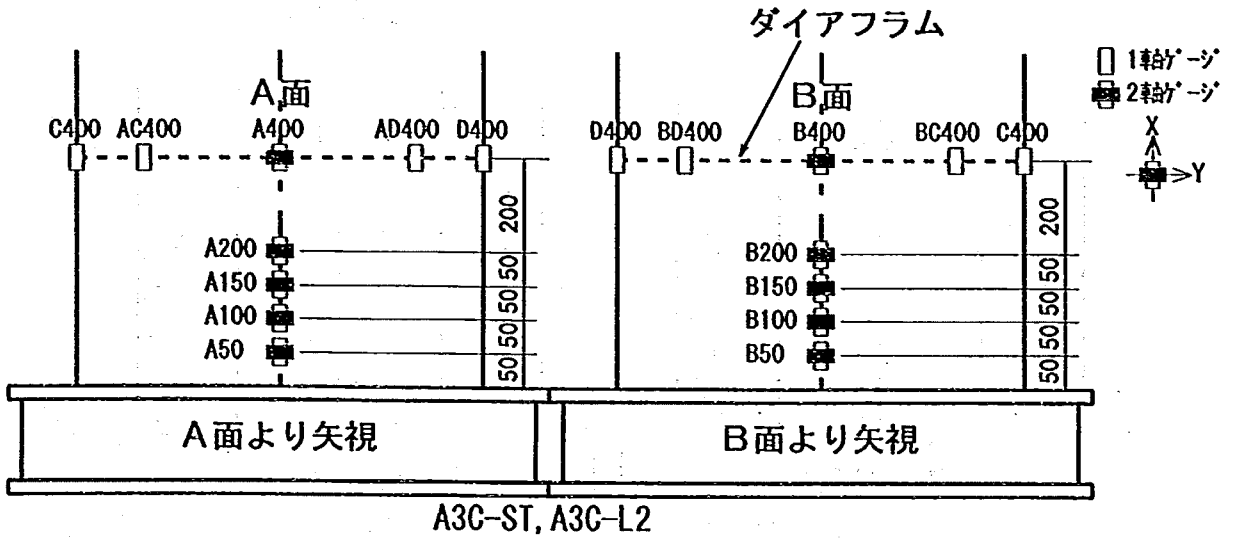
A3R-ST, A3R-L2, A3R-HN, A3RN-ST, A3RS-ST, A3RR-ST

図－４．４．６　ひずみゲージ貼付位置（Ａ３Ｒシリーズ，Ａ３ＲＳ，Ａ３ＲＲ，Ａ３ＲＮ）

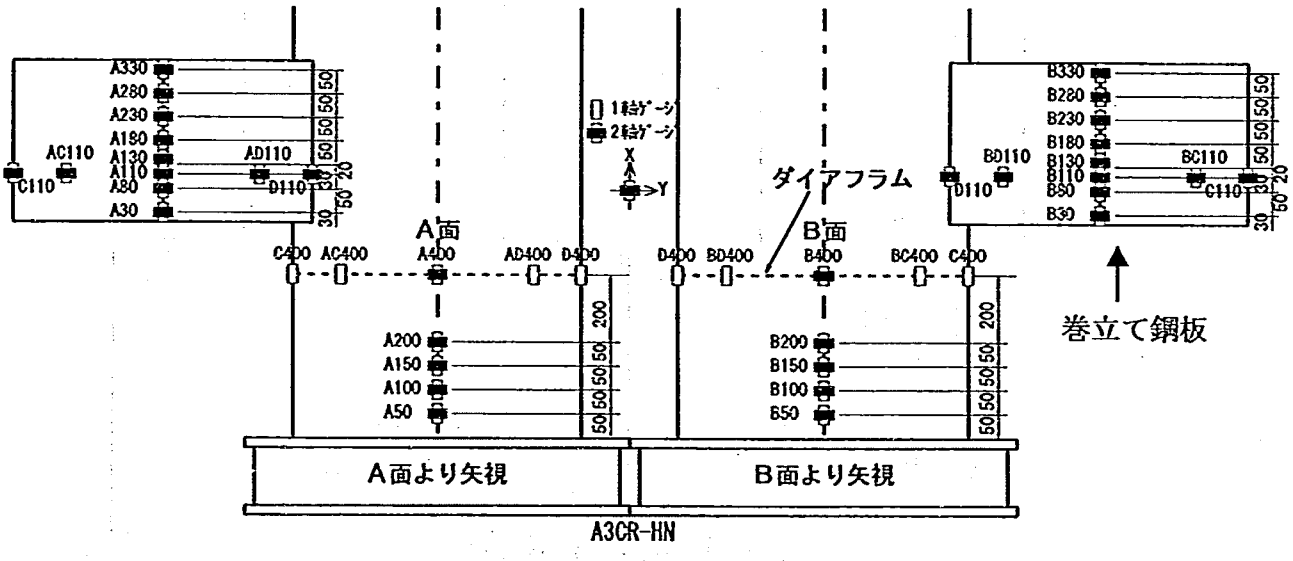


A1C-ST, A1C-L2, A1C-HN

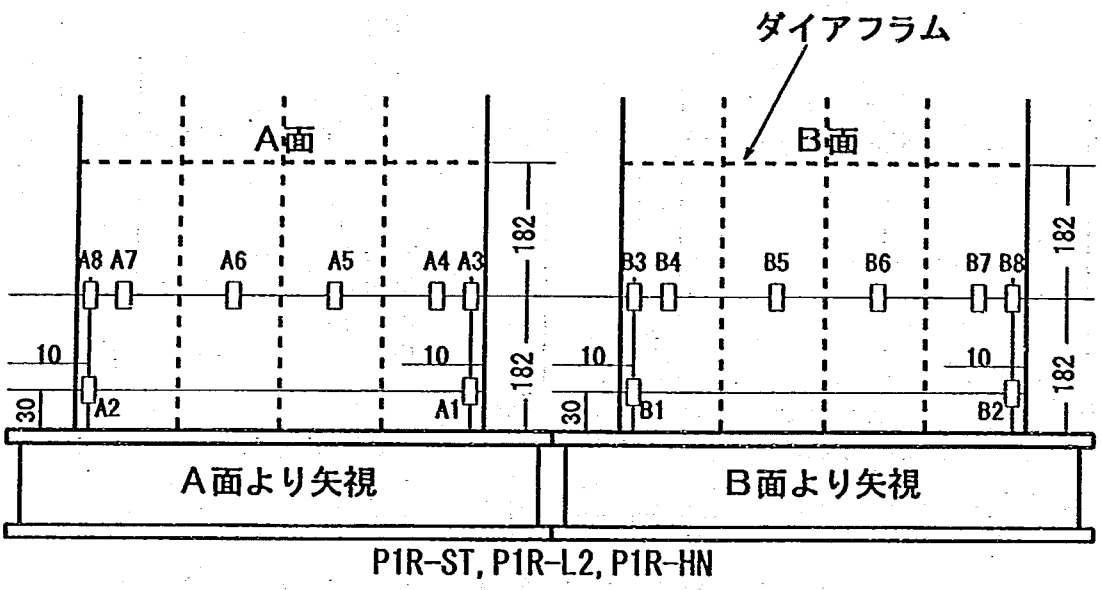
図－４．４．７　ひずみゲージ貼付位置（Ａ１Ｃシリーズ）



図－４．４．８　ひずみゲージ貼付位置（Ａ３Ｃシリーズ）

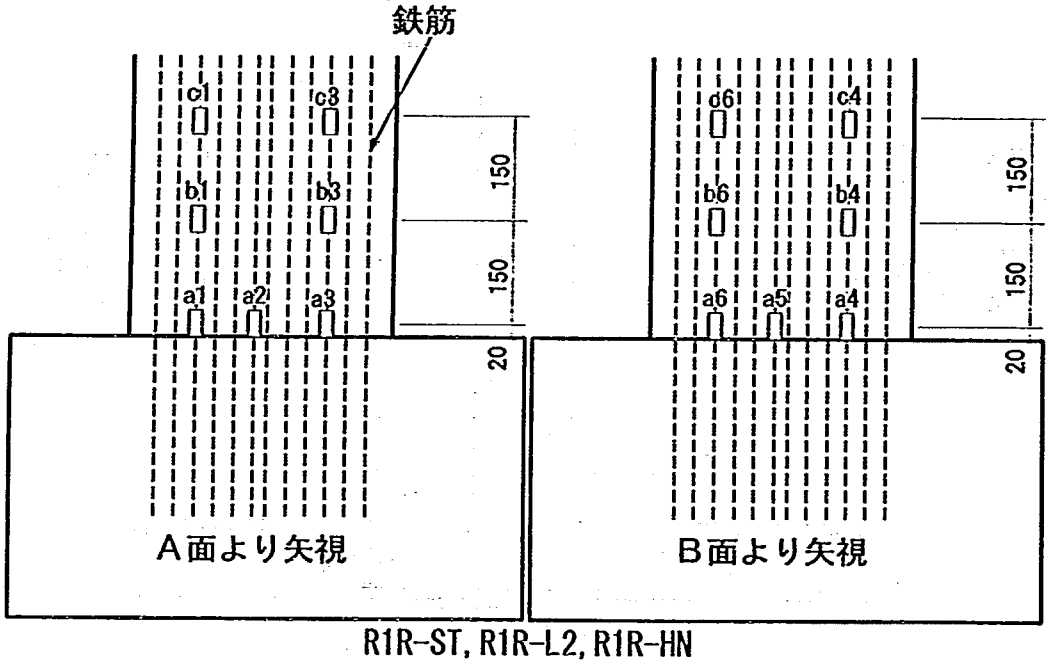


図－４．４．９　ひずみゲージ貼付位置（Ａ３ＣＲ－ＨＮ）



P1R-ST, P1R-L2, P1R-HN

図－４．４．１０　ひずみゲージ貼付位置（Ｐ１Ｒシリーズ）



R1R-ST, R1R-L2, R1R-HN

図－４．４．１１　ひずみゲージ貼付位置（Ｒ１Ｒシリーズ）

4．4．5　使用機器

表－4．4．1に計測において使用した計測機器のリストを示す.

表－4．4．1　使用機器リスト

種　別	品　名	メーカー	型　番	個数
変位計	棒状変位計	T社	SDP-200R	2台
〃	磁歪式変位計	S社	GYDC-03	1台
〃	棒状変位計	T社	CDP-25	4台
〃	ワイヤ式変位計	T社	DP-500C	1台
荷重計	２０００ｋＮロードセル	T社	TRD-2000kN	1台
〃	５０００ｋＮロードセル	T社	TRD-5000kN	1台
動ひずみ計	動ひずみアンプ	K社	DPM-711B	8台
スイッチボックス	スキャニングボックス	K社	USB-51A	4台
データ集録機	データロガー	K社	UCAM-10A	1台
油圧コントローラ	鉛直荷重用コントローラ 水平荷重用コントローラ	S社	EHF-JK-3.0L	1台
データ記録装置	パーソナル コンピュータ	F社	ＦＭ／Ｖ５９０	1台
〃	〃	S社	ＭＡＲＩＭＯ Ｐ４６６	1台

参考文献

<関連文献>

1)「兵庫県南部地震による被災した道路橋の復旧に係る仕様」, 1995.2.27.通知
((社)日本道路協会：「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様」の準用に関する参考資料(案),pp.参-1～参-25, 1995.6.).

2)建設省土木研究所,首都高速道路公団,阪神高速道路公団,名古屋高速道路公社,(社)鋼材倶楽部,(社)日本橋梁建設協会：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(Ⅰ)～(Ⅷ), 共同研究報告書第178号～第184号, 第212号, 1997.4～9., 1998.10.

3) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編, Ⅴ耐震設計編, 1996.12.

4) (社)日本道路協会：道路橋の耐震設計に関する資料, 1997.3.

5) (社)日本道路協会：既設道路橋の耐震補強に関する参考資料, 1997.8.

6) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編, 1990.2.

<基礎研究>

7)伯野元彦, 岡田恒夫, 高梨晃一, 土岐憲三, 池田尚治, 家村浩和, 片田敏行：ハイブリッド実験の応用マニュアル, 平成元年度科学研究費補助金研究成果, 1990.3.

8)家村浩和：ハイブリッド実験の発展と将来, 土木学会論文集, No.356/Ⅰ-3, 1985.4.

9)土岐憲三, 佐藤忠信, 吉川正昭, 清野純史, 荒野政信, N. Kishi G.：高架橋基礎と地盤の非線形動的相互作用（上, 下）, 橋梁と基礎, 1992.6., 1992.7.

10)才塚邦宏, 伊藤義人, 木曽英滋, 宇佐美勉：相似則を考慮したハイブリッド地震応答実験手法に関する考察, 土木学会論文集, No.507/Ⅰ-30, pp.179-190, 1995.1.

<実施例：兵庫県南部地震前>

11)才塚邦宏, 木曽英滋, 宇佐美勉, 伊藤義人：コンクリートを部分的に充填した鋼製橋脚のハイブリッド地震応答実験, 構造工学論文集, Vol.41A, 1995.3.

12)宇佐美勉, 才塚邦宏, 木曽英滋, 伊藤義人：ハイブリッド地震応答実験による鋼製橋脚の強震時挙動, 土木学会論文集, No.519/Ⅰ-32, pp.101-113, 1995.7.

13)冨永知徳, 安波博道：厚肉少補剛断面を有する鋼製橋脚の経済性と耐震性評価, 鋼構造論文集, Vol.2, No.5, pp.37-51, 1995.3.

<実施例：兵庫県南部地震後>

14)(社)土木学会, 鋼構造新技術小委員会最終報告書(耐震設計研究), 1996.5.

15)高久達将, 池田茂, 岡本隆, 松田宏, 能登宥恩, 川井豊：鋼製橋脚のハイブリッド実験と非線型動的応答解析の比較, 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.301-306, 1997.5.

16)吉崎信之, 村山隆之, 安波博道, 名取暢, 辻治生：鋼製R付箱形断面橋脚柱の耐震性に関する実験, 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.339-346, 1997.5.

17)勝浦啓, 相場充, 幕田宏, 熊谷洋司：ハイブリッド実験を用いた鋼製矩形断面橋脚の地震時挙動に関する一考察, 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.347-350, 1997.5.

18) M. Terada., H. Yasunami, T. Natori., K. Terao., K. Nishikawa：Pseudo-dynamic Testing of Steel Bridge Piers Proceedings of the 5th international colloquium on stability and ductility of steel structures, pp.297-302, 1997. 7.
19)安波博道, 寺田昌弘, 中村聖三, 中川知和, 水谷慎吾, 小林洋一：少補剛コンパクト断面鋼製橋脚の耐震性能評価, 橋梁と基礎, Vol.32, No.4, pp.33-42, 1998.4.
20)鈴木森昌, 宇佐美勉, 寺田昌弘, 伊藤努, 才塚邦宏：鋼製箱形断面橋脚の復元力モデルと弾塑性地震応答解析, 土木学会論文集, No.549/Ⅰ-37, pp.191-204, 1996.10.
21)才塚邦宏, 宇佐美勉, 芳崎一也, 鈴木森昌：兵庫県南部地震観測地震波を用いたハイブリッド地震応答実験による鋼製橋脚の激震時挙動, 土木学会論文集, No.556/Ⅰ-38, pp.119-129, 1997.1.

研究成果に関する文献

(1) 西川和廣, 村越潤, 上仙靖, 高橋実：鋼製橋脚の耐震設計の一手法について, (社)土木学会,第2回阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集, pp.401-406, 1997.1.
(2) 西川和廣, 村越潤：鋼製橋脚の耐震設計, 土木研究センター, 土木技術資料, 第39巻第2号, pp.50-55, 1997.2.
(3) 西川和廣, 村越潤：鋼製橋脚の耐震設計, (財)総合土木研究所, 基礎工, Vol.25, No.3, pp.74-81, 1997.3.
(4) 西川和廣, 村越潤, 上仙靖, 高橋実：道路橋示方書における鋼製橋脚の耐震設計について, (社)土木学会構造工学委員会・構造工学震災調査特別小委員会, 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.1-7, 1997.5.
(5) 寺田昌弘, 安波博道, 名取暢, 寺尾圭史, 西川和廣：実鋼製橋脚を想定したハイブリッド地震応答実験, (社)土木学会第51回年次学術講演会講演概要集第1部(B), I-B342, pp.684-685, 1996.9.

Ⅱ. 実験結果

鋼製橋脚供試体・ＲＣ橋脚供試体とも，１体の供試体を用いて何度も実験を行っている場合がある．しかし，まずは同一載荷条件での実験結果をすべて比較するために，１回目の載荷実験の結果のみを，「第５章 鋼製橋脚－１」，「第６章 ＲＣ橋脚－１」としてまとめた．なお，準静的繰返し載荷実験はすべて第５章・第６章に含めた（Ａ３ＲＮ，Ａ３ＲＳ，Ａ３ＲＲは準静的載荷実験のみ）．２回目・３回目のハイブリッド地震応答実験の結果は，「第７章 鋼製橋脚－２」，「第８章 ＲＣ橋脚－２」にまとめた．

5．鋼製橋脚－1

5．1　概　要

本章では，各鋼製橋脚供試体の材料試験結果を示し，各鋼製橋脚供試体の１回目の実験結果を以下の項目について示す．

（1）準静的繰返し載荷実験

1）水平荷重－水平変位関係

水平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．なお，ここに用いた変位は，４．４．３に記述したように，すべて基部のスライドや剛体回転を除去した載荷点高さにおける変位である．

2）包絡線

ヒステリシスループに対する包絡線を正側載荷，負側載荷それぞれ区分して示す．

3）エネルギー吸収量

各サイクルにおける正側と負側の水平変位の平均値（ここでは，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，ヒステリシスループと変位軸とで囲まれる面積で表すことができ，図－５．１．１(a)，(b)の斜線部分のようになる．これを図－５．１．１(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）の水平荷重を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．

$$\Delta W=\frac{1}{2}\left\{\sum_{i=1}^{n-1}(h_{i+1}+h_i)\cdot(d_{i+1}-d_i)\right\}+\frac{1}{2}\left\{(h_1+h_s)\cdot(d_1-d_s)+(h_e+h_n)(d_e-d_n)\right\} \qquad \cdots(5.1.1)$$

ここで，hi，di はそれぞれ計測した水平荷重および水平変位であり，n は１サイクル内に含まれる計測数（図－５．１．１(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．

4）等価粘性減衰

準静的載荷実験における各供試体の各サイクルにおける平均水平変位と等価減衰定数 he の関係を示す．

ここで，等価減衰定数 he は次式で与えられる．

$$h_e=\frac{1}{2\pi}\frac{\Delta W}{W} \qquad \cdots(5.1.2)$$

ここに，Wは図－５．１．２に示される三角形 OAC と三角形 OBD の面積の和で表されるエネルギーである．但し，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点Ｃ，点Ｄとし，点Ａと点Ｂとを結んだ線分と直線Ｌとの交点を点Ｏとした．参考として図－５．１．２におけるＡ点とＢ点を結んだ直線の勾配は等価剛性に相当する．

５）水平荷重－ひずみ関係

水平荷重とひずみの関係を示す．なお，橋脚軸方向に貼付けたすべてのひずみゲージの計測値を示す．

６）局部座屈進展図（円形断面の場合のみ）

準静的載荷実験における各変形段階における円形断面供試体の面外変位計測結果を示す．なお，面外変位は，ヒステリシスループにおける変位折返し点（水平変位が＋ｎδｙに到達した点）において計測したものである．

７）載荷中の供試体の様子（写真記録）

最大荷重を付近および実験終了時付近における供試体の外面状況の写真を示す．

８）溶接部マクロ写真（Ａ３ＲＮ－ＳＴ，Ａ３ＲＳ－ＳＴ，Ａ３ＲＲ－ＳＴのみ）

角溶接部のマクロ写真を示す．断面採取位置は，基部から橋脚高さ方向に約 5cm(１断目)，約 18cm(２断目)，約 31cm(３断目)とした．

（２）ハイブリッド地震応答実験

１）荷重－変位関係

水平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．

２）時刻歴応答変位

載荷点における水平変位の時刻歴応答を示す．

３）履歴吸収エネルギー

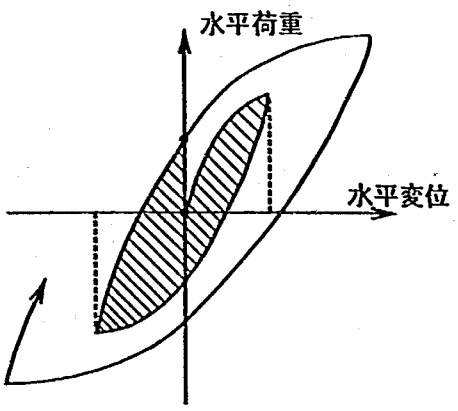
式(5.1.1)により求めたエネルギー吸収量を示す．

４）荷重－ひずみ関係

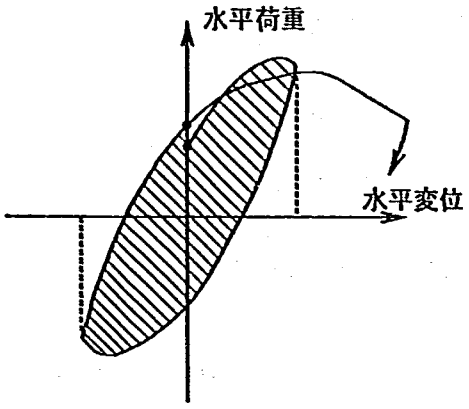
水平荷重とひずみの関係を示す．なお，橋脚軸方向に貼付けたすべてのひずみゲージの計測値を示す．

５）載荷中の供試体の様子（写真記録）

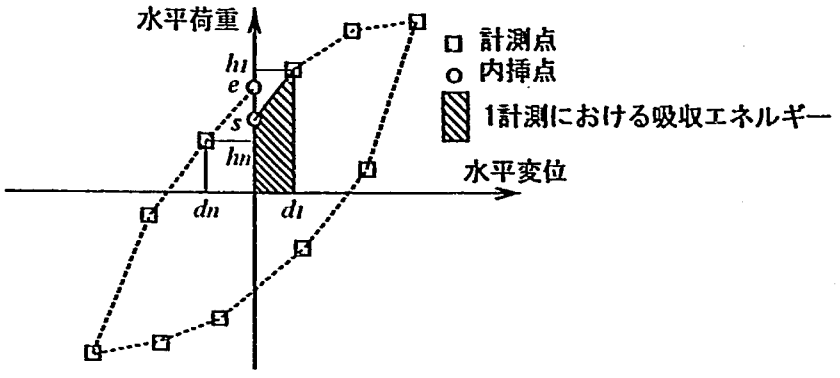
最大荷重を付近および実験終了時付近における供試体の外面状況の写真を示す．



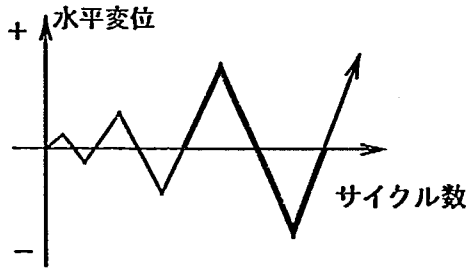
(a) 初期の場合の
吸収エネルギーの定義



(b) 強度低下を起こした場合の
吸収エネルギーの定義

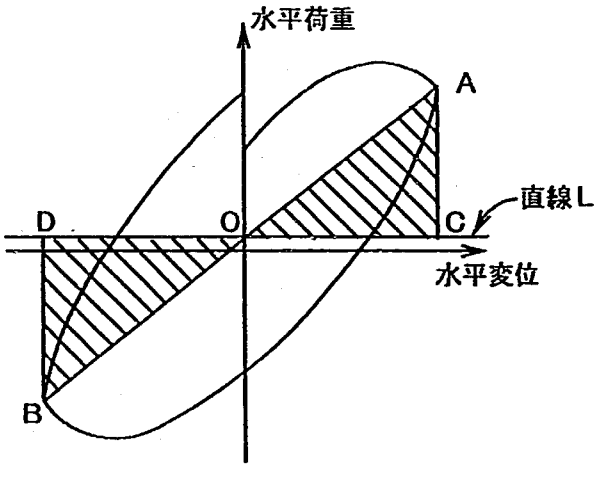


(c) 吸収エネルギーの計算方法



(d) 1サイクルの定義

図－5．1．1 エネルギー吸収量の算出方法



図－5．1．2 等価減衰定数と等価剛性の定義

5．2　材料試験結果

5．2．1　鋼材引張試験

表－5．2．1～表－5．2．8に供試体に用いた鋼材の材料試験結果を示す．試験片は，原板毎に圧延方向（L：ロール方向），圧延と直角方向（C：クロス方向）それぞれ3本ずつ切り出すのを基本とした．但し，縦リブは全てL方向のみの試験片を採取した．

円形断面橋脚供試体については，曲げ加工の影響をみるために，実験終了後に鋼材が健全であると考えられる供試体上部から試験片を採取し，引張試験を行った．

表－5．2．1　矩形断面鋼製橋脚（H2道示準拠・コンクリート充填なし）の鋼材引張試験結果

供試体名	板取方向	試験片	板厚 (mm)	上降伏点 (N/mm²)	上降伏点 (kgf/cm²)	下降伏点(0.2%) (N/mm²)	下降伏点(0.2%) (kgf/cm²)	引張強度 (N/mm²)	引張強度 (kgf/cm²)	破断伸び (%)	材質
A1R-ST	L	JIS5	7.35	416	4239	413	4211	564	5754	34	SM490A
	L	JIS5	7.41	–	–	412	4204	563	5741	34	SM490A
	L	JIS5	7.37	423	4312	415	4229	562	5730	34	SM490A
		平均	7.38	419	4275	413	4215	563	5742	34	
	C	JIS5	7.34	–	–	(525)	(5354)	(577)	(5880)	34	SM490A
	C	JIS5	7.36	419	4274	416	4247	570	5809	34	SM490A
	C	JIS5	7.20	430	4385	418	4258	574	5849	34	SM490A
		平均	7.30	425	4330	453	4619	573	5846	34	
	総平均		7.34	422	4300	415	4230	566	5780	34	
A1R-L2	L	JIS5	7.37	417	4255	408	4158	556	5672	36	SM490A
	L	JIS5	7.34	419	4275	411	4192	566	5767	36	SM490A
	L	JIS5	7.37	410	4178	404	4123	563	5737	35	SM490A
		平均	7.36	415	4236	408	4158	561	5725	36	
	C	JIS5	7.15	428	4368	428	4368	566	5774	34	SM490A
	C	JIS5	7.37	418	4265	410	4182	565	5756	35	SM490A
	C	JIS5	7.28	425	4332	414	4220	564	5749	35	SM490A
		平均	7.27	424	4322	417	4257	565	5760	34	
	総平均		7.31	420	4280	413	4210	563	5740	35	
A1R-HN	L	JIS5	7.25	–	–	400	4079	569	5798	34	SM490A
	L	JIS5	7.29	–	–	416	4246	566	5768	34	SM490A
	L	JIS5	7.28	417	4253	414	4225	568	5790	35	SM490A
		平均	7.27	417	4253	410	4183	567	5785	34	
	C	JIS5	7.22	443	4514	440	4486	572	5838	33	SM490A
	C	JIS5	7.35	–	–	432	4407	578	5891	33	SM490A
	C	JIS5	7.35	–	–	416	4244	567	5784	33	SM490A
		平均	7.31	443	4514	429	4379	572	5837	33	
	総平均		7.29	430	4380	420	4280	570	5810	34	
A3R-ST	L	JIS5	7.30	422	4306	413	4208	558	5688	37	SM490A
	L	JIS5	7.28	411	4192	408	4164	557	5682	36	SM490A
	L	JIS5	7.28	422	4304	411	4192	557	5682	35	SM490A
		平均	7.29	418	4267	411	4188	557	5684	36	
	C	JIS5	7.35	432	4403	424	4320	568	5797	35	SM490A
	C	JIS5	7.35	450	4585	435	4432	575	5866	34	SM490A
	C	JIS5	7.30	–	–	427	4353	570	5807	35	SM490A
		平均	7.33	441	4494	428	4368	571	5823	34	
	総平均		7.31	427	4360	420	4280	564	5750	35	
A3R-L2	C	JIS5	7.42	418	4267	416	4240	573	5844	36	SM490A
	C	JIS5	7.42	440	4485	432	4403	573	5842	34	SM490A
	C	JIS5	7.38	–	–	423	4311	569	5807	36	SM490A
		平均	7.41	429	4376	423	4318	572	5831	35	
	L	JIS5	7.32	419	4270	412	4200	562	5734	35	SM490A
	L	JIS5	7.33	414	4221	411	4193	566	5768	35	SM490A
	L	JIS5	7.32	412	4199	409	4171	559	5697	36	SM490A
		平均	7.32	415	4230	411	4188	562	5733	35	
	総平均		7.37	421	4290	417	4250	567	5780	35	
A3R-HN	C	JIS5	7.48	458	4675	435	4435	575	5861	35	SM490A
	C	JIS5	7.48	459	4682	439	4478	573	5841	35	SM490A
	C	JIS5	7.40	459	4681	429	4379	569	5798	36	SM490A
		平均	7.45	459	4679	434	4431	572	5833	35	
	L	JIS5	7.35	420	4284	411	4187	558	5692	36	SM490A
	L	JIS5	7.35	423	4313	415	4230	560	5705	36	SM490A
	L	JIS5	7.36	412	4200	408	4158	559	5702	37	SM490A
		平均	7.35	418	4265	411	4191	559	5700	37	
	総平均		7.40	439	4470	423	4310	565	5770	36	

但し，材料試験片は，フランジおよびウェブに用いる供試体製作前の鋼板であり，縦リブや補剛材等は含まれていない．また，L:ロール方向，C:クロス方向を意味する．
また，A1R－STの結果のうち，（ ）内で示される値は異常値と判断し，除外した．

表－５．２．２　矩形断面鋼製橋脚（Ｈ２道示準拠・コンクリート充填なし）のリブの鋼材引張試験結果

供試体名	板取方向	試験片	板厚 (mm)	上降伏点 (N/mm²)	上降伏点 (kgf/cm²)	下降伏点(0.2%) (N/mm²)	下降伏点(0.2%) (kgf/cm²)	引張強度 (N/mm²)	引張強度 (kgf/cm²)	破断伸び (%)	材質
A1R-ST	リブ	JIS5	6.34	438	4468	426	4339	576	5870	34	SM490A
	リブ	JIS5	6.34	428	4368	425	4336	573	5839	36	SM490A
	リブ	JIS5	6.34	–	–	413	4207	573	5839	34	SM490A
		平均	6.34	433	4420	421	4290	574	5850	35	
A1R-L2	リブ	JIS5	6.23	446	4550	430	4387	572	5833	34	SM490A
	リブ	JIS5	6.22	447	4558	431	4394	572	5830	35	SM490A
	リブ	JIS5	6.22	421	4292	418	4259	557	5680	35	SM490A
		平均	6.22	438	4470	426	4350	567	5780	34	
A1R-HN	リブ	JIS5	6.23	446	4550	430	4387	572	5833	34	SM490A
	リブ	JIS5	6.22	447	4558	431	4394	572	5830	35	SM490A
	リブ	JIS5	6.22	421	4292	418	4259	557	5680	35	SM490A
		平均	6.22	438	4470	426	4350	567	5780	34	
A3R-ST	リブ	JIS5	6.41	439	4479	428	4368	570	5814	35	SM490A
	リブ	JIS5	6.42	439	4472	423	4313	563	5741	37	SM490A
	リブ	JIS5	6.40	429	4375	421	4295	569	5797	37	SM490A
		平均	6.41	436	4440	424	4330	567	5780	36	
A3R-L2	リブ	JIS5	6.46	421	4288	414	4225	568	5797	35	SM490A
	リブ	JIS5	6.49	–	–	416	4242	569	5802	37	SM490A
	リブ	JIS5	6.50	406	4138	401	4091	571	5826	37	SM490A
		平均	6.48	413	4210	411	4190	570	5810	36	
A3R-HN	リブ	JIS5	6.47	–	–	417	4249	574	5849	35	SM490A
	リブ	JIS5	6.46	–	–	423	4315	574	5853	36	SM490A
	リブ	JIS5	6.46	420	4283	412	4205	574	5853	36	SM490A
		平均	6.46	420	4280	417	4260	574	5850	36	

但し，材料試験片は，縦リブに用いる供試体製作前の鋼板である．また，縦リブはロール方向のみ材料試験を実施した．なお，リブの材料試験結果は結果の評価に用いていない．

表－5．2．3　円形断面鋼製橋脚（H2道示準拠）の加工前の鋼材引張試験結果

供試体名	板取方向	試験片	板厚 (mm)	上降伏点 (N/mm²)	上降伏点 (kgf/cm²)	下降伏点(0.2%) (N/mm²)	下降伏点(0.2%) (kgf/cm²)	引張強度 (N/mm²)	引張強度 (kgf/cm²)	破断伸び (%)	材質
A1C-ST	L	JIS5	9.18	411	4192	382	3893	536	5469	41	SM490A
	L	JIS5	9.17	412	4198	387	3943	536	5469	39	SM490A
	L	JIS5	9.15	384	3918	366	3729	537	5480	41	SM490A
		平均	9.17	402	4103	378	3855	537	5473	40	
	C	JIS5	9.02	404	4120	379	3860	544	5548	37	SM490A
	C	JIS5	9.03	413	4210	376	3838	541	5521	37	SM490A
	C	JIS5	9.03	412	4205	385	3924	542	5524	37	SM490A
		平均	9.03	410	4179	380	3874	542	5531	37	
	総平均		9.10	406	4140	379	3860	540	5500	39	
A1C-L2	L	JIS5	8.96	438	4463	413	4213	553	5642	37	SM490A
	L	JIS5	8.96	403	4113	391	3988	553	5640	38	SM490A
	L	JIS5	8.97	423	4315	393	4008	549	5600	38	SM490A
		平均	8.96	421	4297	399	4070	552	5627	38	
	C	JIS5	8.96	415	4233	384	3915	554	5651	38	SM490A
	C	JIS5	8.96	413	4216	384	3920	553	5640	36	SM490A
	C	JIS5	8.96	397	4045	388	3954	550	5613	36	SM490A
		平均	8.96	408	4165	385	3930	553	5635	37	
	総平均		8.96	415	4230	392	4000	552	5630	37	
A1C-HN	L	JIS5	8.96	401	4092	379	3865	552	5633	38	SM490A
	L	JIS5	8.97	401	4088	373	3804	544	5545	37	SM490A
	L	JIS5	8.98	369	3764	356	3628	545	5554	39	SM490A
		平均	8.97	390	3981	369	3765	547	5578	38	
	C	JIS5	8.88	425	4331	394	4021	546	5563	36	SM490A
	C	JIS5	8.91	406	4140	393	4002	547	5575	37	SM490A
	C	JIS5	8.94	413	4214	389	3963	544	5552	36	SM490A
		平均	8.91	415	4228	392	3995	546	5563	36	
	総平均		8.94	403	4100	381	3880	546	5570	37	
A3C-ST	L	JIS5	8.93	431	4391	397	4049	553	5643	38	SM490A
	L	JIS5	8.95	419	4277	399	4072	555	5655	37	SM490A
	L	JIS5	8.91	417	4257	403	4109	553	5637	38	SM490A
		平均	8.93	423	4308	400	4077	554	5645	38	
	C	JIS5	8.91	412	4205	375	3828	543	5534	37	SM490A
	C	JIS5	8.91	403	4110	376	3836	542	5529	37	SM490A
	C	JIS5	8.91	372	3794	359	3656	541	5515	36	SM490A
		平均	8.91	396	4036	370	3773	542	5526	37	
	総平均		8.92	409	4170	385	3930	548	5590	37	
A3C-L2	L	JIS5	8.93	417	4251	393	4011	555	5657	38	SM490A
	L	JIS5	8.93	405	4127	392	4002	553	5641	36	SM490A
	L	JIS5	8.93	419	4270	394	4020	555	5661	38	SM490A
		平均	8.93	413	4216	393	4011	554	5653	37	
	C	JIS5	8.95	407	4152	380	3879	547	5582	38	SM490A
	C	JIS5	8.96	410	4176	380	3870	545	5560	37	SM490A
	C	JIS5	8.95	392	3999	371	3783	546	5566	37	SM490A
		平均	8.95	403	4109	377	3844	546	5569	37	
	総平均		8.94	408	4160	385	3930	550	5610	37	
A3CR-HN	L	JIS5	8.91	403	4109	381	3880	542	5527	38	SM490A
	L	JIS5	8.90	409	4175	387	3947	542	5531	39	SM490A
	L	JIS5	8.90	407	4146	384	3917	544	5546	38	SM490A
		平均	8.90	406	4143	384	3915	543	5535	38	
	C	JIS5	8.90	406	4143	377	3845	547	5579	37	SM490A
	C	JIS5	8.93	405	4130	378	3857	545	5553	37	SM490A
	C	JIS5	8.94	400	4083	375	3821	545	5561	37	SM490A
		平均	8.92	404	4119	377	3841	546	5564	37	
	総平均		8.91	405	4130	380	3880	544	5550	38	

但し，材料試験片は，供試体本体に用いる供試体製作前の平鋼板であり，補強板等は含まれていない．また，L:ロール方向，C:クロス方向を意味する．

表－5．2．4　円形断面鋼製橋脚（H２道示準拠）の加工後の鋼材引張試験結果

供試体名	元鋼管寸法	試験片	板厚	上降伏点		下降伏点(0.2%)		引張強度		破断伸び	材質
			(mm)	(N/mm^2)	(kgf/cm^2)	(N/mm^2)	(kgf/cm^2)	(N/mm^2)	(kgf/cm^2)	(%)	
A1C-ST	φ680×9t(巻管)	JIS12B	9.14	－	－	341	3475	533	5439	37	SM490A
	φ680×9t(巻管)	JIS12B	9.11	－	－	342	3488	537	5478	37	SM490A
	φ680×9t(巻管)	JIS12B	9.12	－	－	330	3370	536	5467	38	SM490A
		平均	9.12	－	－	338	3440	536	5460	37	
A1C-L2	φ680×9t(巻管)	JIS12B	9.19	－	－	346	3526	545	5557	38	SM490A
	φ680×9t(巻管)	JIS12B	9.18	－	－	348	3550	547	5578	38	SM490A
	φ680×9t(巻管)	JIS12B	9.17	－	－	340	3463	548	5589	37	SM490A
		平均	9.18	－	－	344	3510	547	5570	38	
A1C-HN	φ680×9t(巻管)	JIS12B	9.08	－	－	343	3500	542	5523	38	SM490A
	φ680×9t(巻管)	JIS12B	9.08	－	－	334	3401	544	5545	37	SM490A
	φ680×9t(巻管)	JIS12B	9.08	－	－	336	3421	543	5541	37	SM490A
		平均	9.08	－	－	337	3440	543	5540	37	
A3C-ST	φ800×9t(巻管)	JIS12B	9.07	－	－	341	3480	538	5491	37	SM490A
	φ800×9t(巻管)	JIS12B	9.07	－	－	341	3481	535	5457	37	SM490A
	φ800×9t(巻管)	JIS12B	9.08	－	－	341	3476	535	5457	39	SM490A
	φ800×9t(巻管)	JIS12B	9.07	－	－	334	3402	536	5466	37	SM490A
		平均	9.07	－	－	339	3460	536	5470	37	
A3CR-HN	φ800×9t(巻管)	JIS12B	9.00	－	－	347	3540	541	5518	34	SM490A
	φ800×9t(巻管)	JIS12B	9.00	－	－	351	3577	543	5532	37	SM490A
	φ800×9t(巻管)	JIS12B	9.00	－	－	351	3582	543	5541	36	SM490A
		平均	9.00	－	－	350	3570	542	5530	36	

但し，材料試験片は，円形に曲げ加工を施した試験片であり，橋脚軸方向のみ材料試験を実施した．なお，A3C-L2は，曲げ加工後の材料試験を実施しなかった．また，これらの材料試験結果は，実験結果の評価に用いていない．

表－５．２．５　矩形断面鋼製橋脚（幅厚比制限）の鋼材引張試験結果

供試体名	板取方向	試験片	板厚 (mm)	上降伏点 (N/mm²)	上降伏点 (kgf/cm²)	下降伏点(0.2%) (N/mm²)	下降伏点(0.2%) (kgf/cm²)	引張強度 (N/mm²)	引張強度 (kgf/cm²)	破断伸び (%)	材質
P1R-ST	L	JIS5	6.95	419	4274	412	4200	559	5699	35	SM490A
	L	JIS5	6.96	445	4542	421	4293	560	5713	36	SM490A
	L	JIS5	6.95	463	4719	425	4330	566	5771	36	SM490A
		平均	6.95	442	4512	419	4274	562	5728	35	
	C	JIS5	7.03	441	4498	424	4324	562	5731	33	SM490A
	C	JIS5	7.04	436	4450	419	4276	560	5711	34	SM490A
	C	JIS5	7.04	438	4469	420	4281	562	5727	34	SM490A
		平均	7.04	439	4472	421	4294	561	5723	34	
	総平均		7.00	441	4490	420	4280	561	5730	35	
P1R-L2	L	JIS5	6.42	435	4440	404	4123	542	5524	36	SM490A
	L	JIS5	6.41	428	4368	405	4130	546	5571	37	SM490A
	L	JIS5	6.40	434	4426	406	4139	548	5584	37	SM490A
		平均	6.41	433	4411	405	4131	545	5560	37	
	C	JIS5	6.44	416	4238	392	4001	545	5555	38	SM490A
	C	JIS5	6.45	406	4139	395	4028	545	5561	37	SM490A
	C	JIS5	6.46	421	4294	399	4073	541	5519	36	SM490A
		平均	6.45	414	4224	396	4034	544	5545	37	
	総平均		6.43	423	4320	400	4080	545	5550	37	
P1R-HN	L	JIS5	6.18	437	4453	417	4255	573	5846	37	SM490A
	L	JIS5	6.18	440	4488	424	4323	574	5848	36	SM490A
	L	JIS5	6.18	451	4598	425	4334	574	5855	36	SM490A
		平均	6.18	443	4513	422	4304	574	5850	36	
	C	JIS5	6.02	452	4606	427	4352	586	5974	35	SM490A
	C	JIS5	6.06	445	4536	425	4334	585	5968	38	SM490A
	C	JIS5	6.07	448	4564	428	4363	581	5920	37	SM490A
		平均	6.05	448	4568	427	4350	584	5954	37	
	総平均		6.12	445	4540	424	4330	579	5900	36	

表－５．２．６　矩形断面鋼製橋脚（幅厚比制限）のリブの鋼材引張試験結果

供試体名	板取方向	試験片	板厚 (mm)	上降伏点 (N/mm²)	上降伏点 (kgf/cm²)	下降伏点(0.2%) (N/mm²)	下降伏点(0.2%) (kgf/cm²)	引張強度 (N/mm²)	引張強度 (kgf/cm²)	破断伸び (%)	材質
P1R-ST	リブ	JIS5	6.21	451	4601	435	4437	566	5768	35	SM490A
	リブ	JIS5	6.21	464	4735	443	4522	565	5761	36	SM490A
	リブ	JIS5	6.21	465	4742	434	4430	564	5753	35	SM490A
		平均	6.21	460	4690	438	4460	565	5760	35	
P1R-L2	リブ	JIS5	6.42	414	4222	383	3904	522	5324	37	SM490A
	リブ	JIS5	6.41	395	4025	381	3882	523	5337	35	SM490A
	リブ	JIS5	6.41	397	4047	380	3872	523	5337	36	SM490A
		平均	6.41	402	4100	381	3890	523	5330	36	
P1R-HN	リブ	JIS5	6.46	408	4161	380	3877	531	5414	36	SM490A
	リブ	JIS5	6.46	400	4082	379	3861	527	5376	35	SM490A
	リブ	JIS5	6.47	417	4250	394	4014	529	5395	36	SM490A
		平均	6.46	408	4160	384	3920	529	5390	36	

但し，材料試験片は，縦リブに用いる供試体製作前の鋼板である．また，縦リブはロール方向のみ材料試験を実施した．なお，リブの材料試験結果は結果の評価に用いていない．

表－５．２．７　矩形断面鋼製橋脚（コンクリート充填補強(復旧仕様)）の鋼材引張試験結果

供試体名	板取方向	試験片	板厚 (mm)	上降伏点 (N/mm²)	上降伏点 (kgf/cm²)	下降伏点(0.2%) (N/mm²)	下降伏点(0.2%) (kgf/cm²)	引張強度 (N/mm²)	引張強度 (kgf/cm²)	破断伸び (%)	材質
A3RS-ST	L	JIS5	7.15	438	4468	416	4247	563	5744	35	SM490A
	L	JIS5	7.14	439	4479	421	4294	564	5751	36	SM490A
	L	JIS5	7.15	414	4222	401	4087	566	5775	35	SM490A
		平均	7.15	430	4389	413	4209	565	5757	36	
	C	JIS5	7.15	450	4594	423	4316	565	5761	34	SM490A
	C	JIS5	7.14	449	4581	424	4324	565	5765	35	SM490A
	C	JIS5	7.14	459	4679	428	4365	566	5769	32	SM490A
		平均	7.14	453	4618	425	4335	565	5765	34	
	総平均		7.15	442	4500	419	4270	565	5760	35	
A3RR-ST	L	JIS5	6.99	458	4670	432	4400	566	5773	34	SM490A
	L	JIS5	6.98	445	4536	418	4259	563	5741	35	SM490A
	L	JIS5	6.98	439	4474	417	4255	563	5737	37	SM490A
		平均	6.98	447	4560	422	4305	564	5750	36	
	C	JIS5	7.04	453	4615	428	4369	568	5793	32	SM490A
	C	JIS5	7.04	444	4524	421	4293	566	5774	34	SM490A
	C	JIS5	7.07	447	4558	424	4327	564	5752	33	SM490A
		平均	7.05	448	4566	425	4330	566	5773	33	
	総平均		7.02	447	4560	423	4320	565	5760	34	

表－５．２．８　矩形断面鋼製橋脚（コンクリート充填補強(復旧仕様)）のリブの鋼材引張試験結果

供試体名	板取方向	試験片	板厚 (mm)	上降伏点 (N/mm²)	上降伏点 (kgf/cm²)	下降伏点(0.2%) (N/mm²)	下降伏点(0.2%) (kgf/cm²)	引張強度 (N/mm²)	引張強度 (kgf/cm²)	破断伸び (%)	材質
A3RS-ST	リブ	JIS5	6.19	449	4578	442	4504	567	5787	36	SM490A
	リブ	JIS5	6.19	460	4695	441	4497	570	5809	37	SM490A
	リブ	JIS5	6.19	－	－	424	4326	570	5813	36	SM490A
		平均	6.19	455	4640	436	4440	569	5800	36	
A3RR-ST	リブ	JIS5	6.18	474	4830	442	4508	568	5796	35	SM490A
	リブ	JIS5	6.18	471	4800	442	4503	569	5803	36	SM490A
	リブ	JIS5	6.18	453	4620	434	4422	568	5792	35	SM490A
		平均	6.18	466	4750	439	4480	568	5800	35	

但し，材料試験片は，縦リブに用いる供試体製作前の鋼板である．また，縦リブはロール方向のみ材料試験を実施した．なお，リブの材料試験結果は結果の評価に用いていない．

5．2．2　コンクリート圧縮試験

表－5．2．9に供試体内部に充填したコンクリートの材料試験結果を示す．

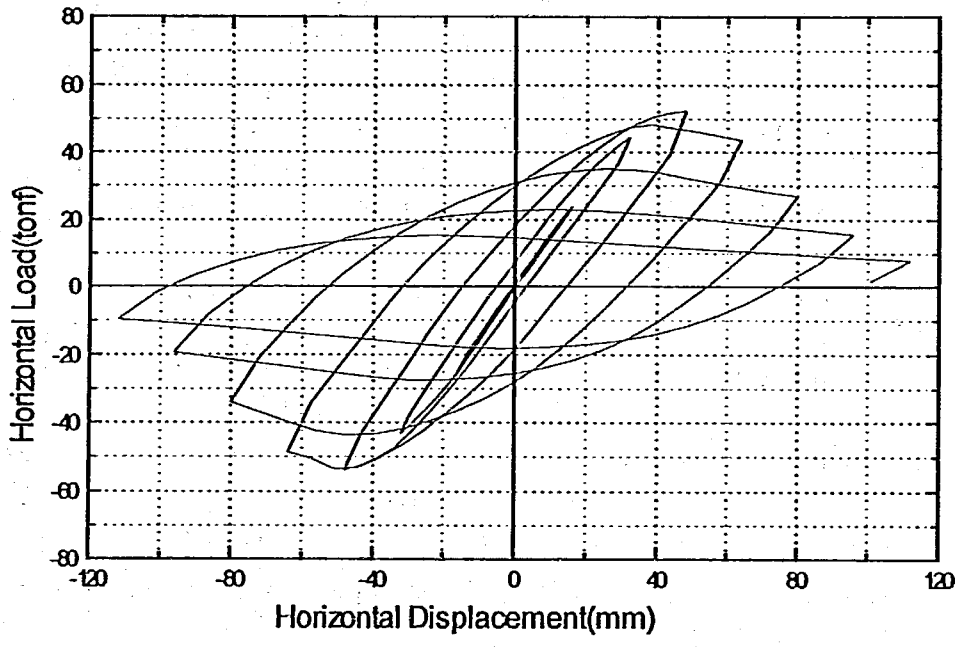
表－5．2．9　A3RN－ST，A3RS－ST，A3RR－STの
充填コンクリートの圧縮試験結果

供試体名	部位	打設日	配合	7日 圧縮強度 (N/mm²)	7日 圧縮強度 (kgf/cm²)	試験日 実施日	材令(日)	圧縮強度 (N/mm²)			圧縮強度 (kgf/cm²)		
									平均	総平均		平均	総平均
A3RS-ST	充填	H8.6.13	σ7=15-15-20	－	－	H8.6.19	6	15.4 15.7 16	15.7	16.1	157 160 163	160	164
			σ7=15-15-20	試験日と同じ		H8.6.20	7	16.5 16.1 17	16.5		168 164 173	164	
A3RR-ST	充填	H8.6.20	σ7=15-15-20	－	－	H8.6.25	5	15.7 17 17.5	16.7	17.4	160 173 178	173	178
			σ7=15-15-20	－	－	H8.6.26	6	19.2 17.9 17.3	18.1		196 183 176	183	
A3RN-ST	充填	H8.5.28	σ7=15-15-20	16.9	172	H8.6.11	14	19.7 21.6 19.8	20.4	17.3	201 220 202	220	176
	充填	H8.6.5	σ7=15-15-20	15.4	157		6	14.2 14.3 14.2	14.2		145 146 145	146	

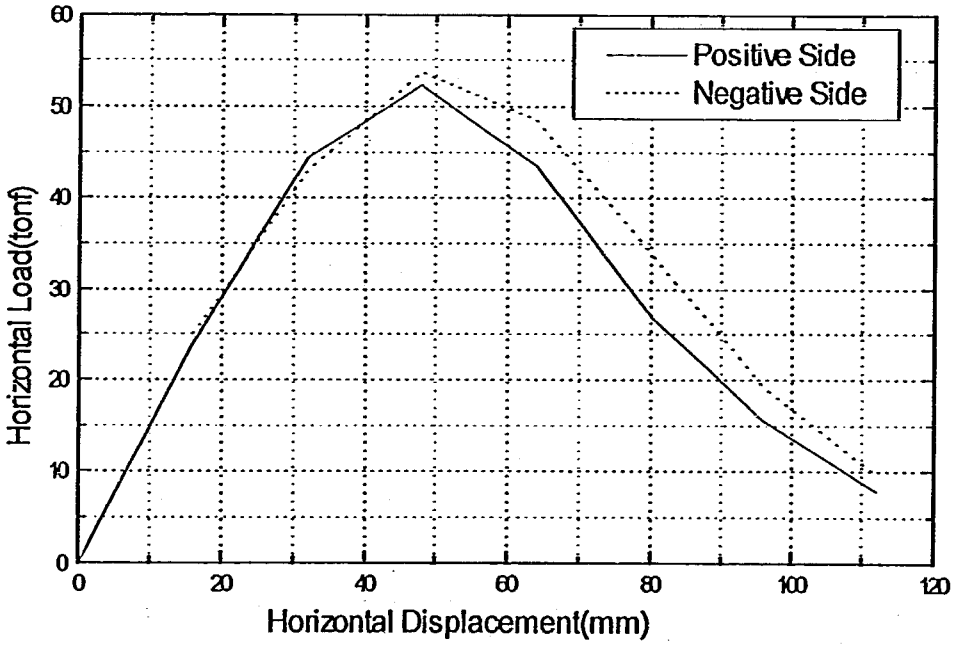
但し，養生は，現場養生とした．圧縮強度試験は，準静的載荷実験が2日間に跨って実施されたものは，
これに合わせて6体あるテストピースを3体ずつ2回にに分けて，準静的載荷実験と同じ日に
3体ずつ2回実施した．また，配合の欄には，配合の設計条件を示した．例えば，
記号σ7=15-15-20とは，材令7日目におけるコンクリートの呼び強度が15N/mm²，
スランプが15cm，粗骨材の最大寸法が20mm となるように配合設計したことを意味する．

5．3　A1Rシリーズ

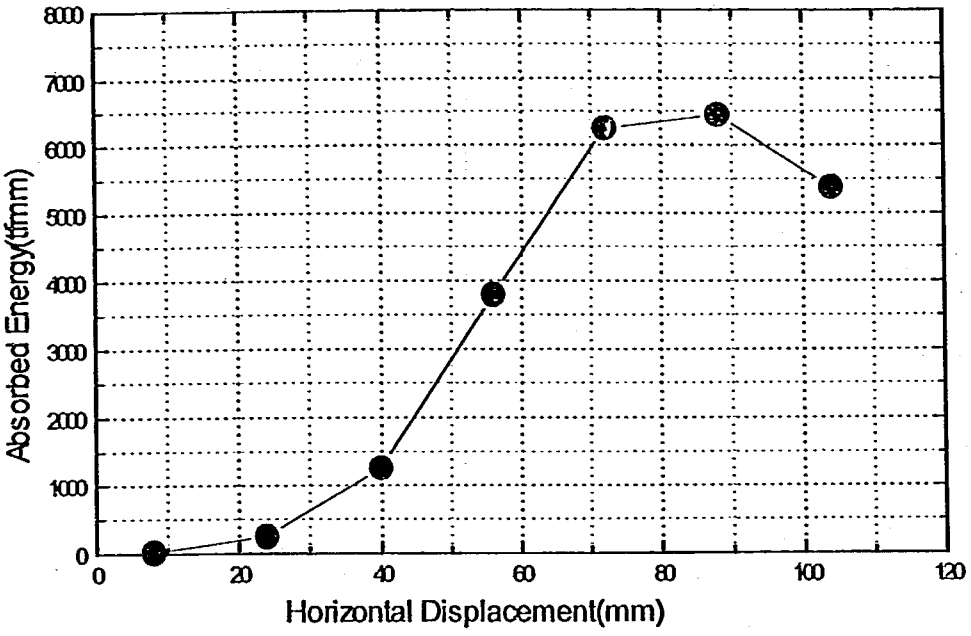
5．3．1　A1R－ST



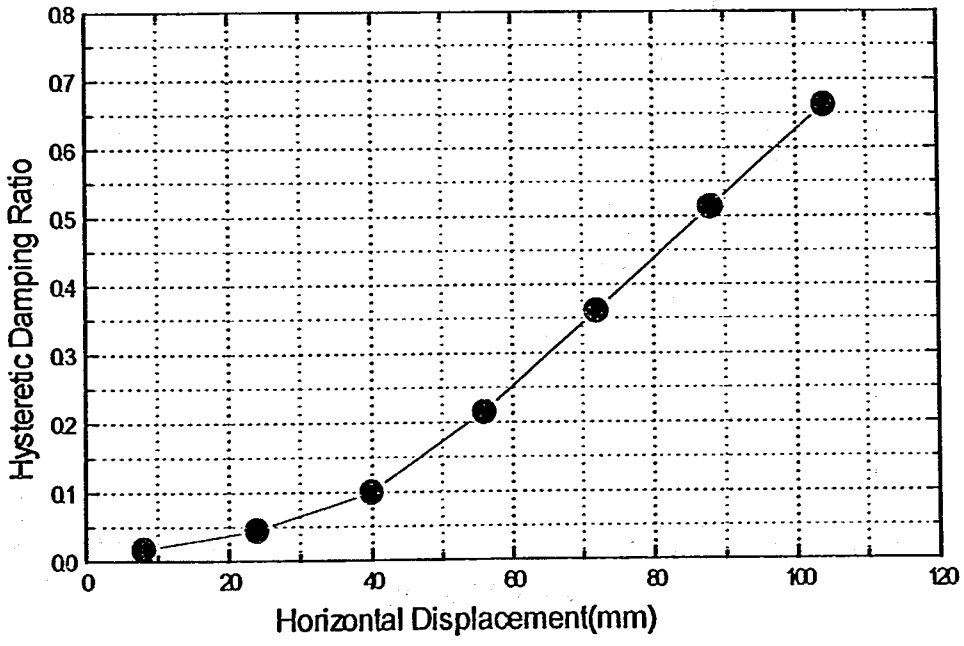
図－5．3．1　水平荷重－変位履歴曲線（A1R－ST）



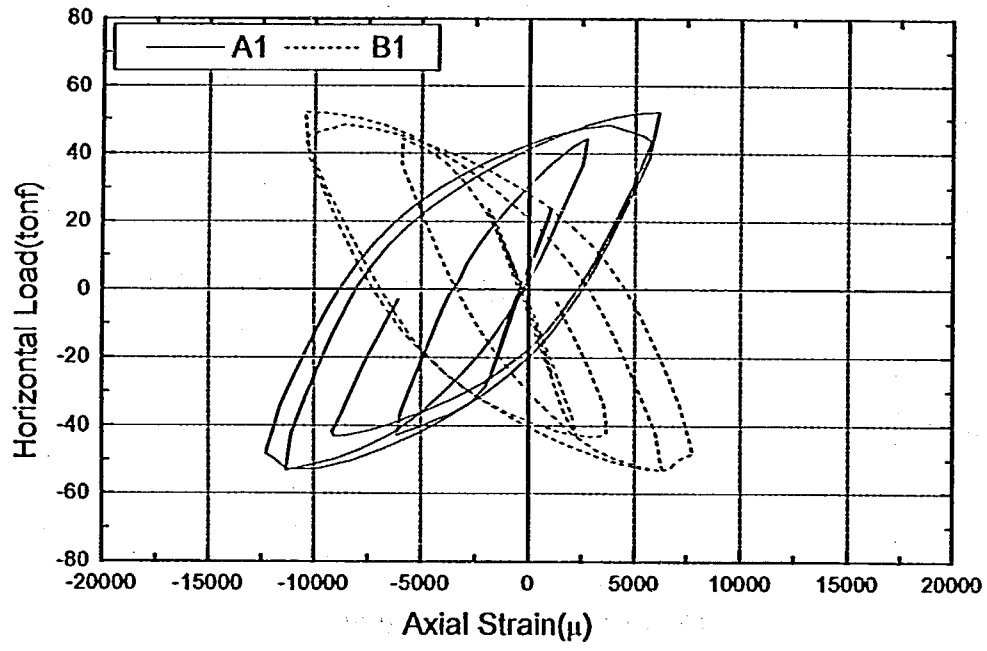
図－5．3．2　水平荷重－変位関係の包絡線（A1R－ST）



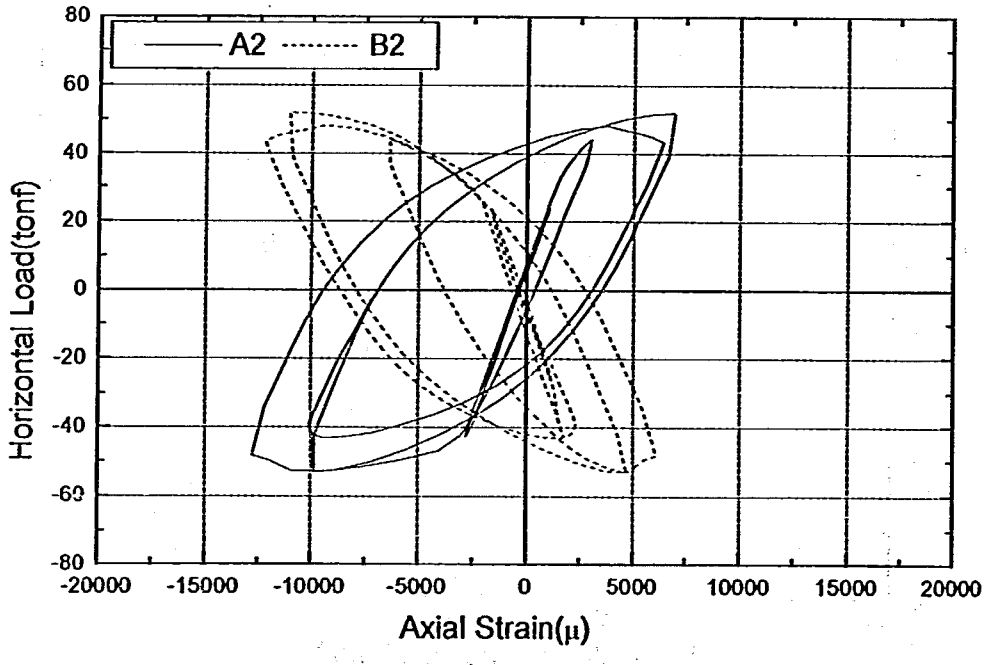
図－５．３．３　１ループごとのエネルギー吸収量（Ａ１Ｒ－ＳＴ）



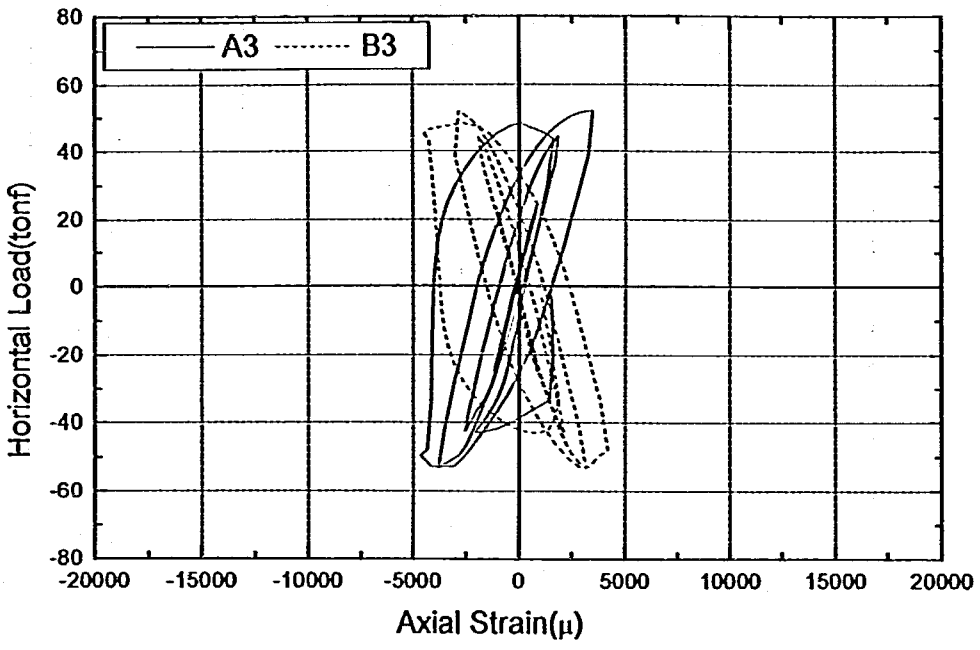
図－５．３．４　各ループの等価粘性減衰（Ａ１Ｒ－ＳＴ）



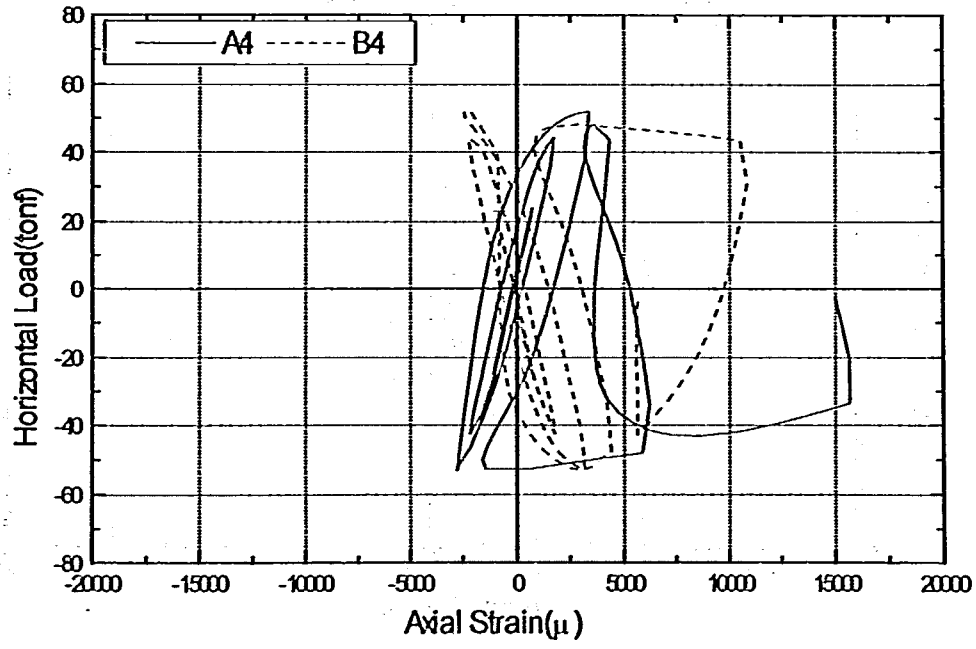
図－５．３．５　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｒ－ＳＴ、Ａ１＆Ｂ１）



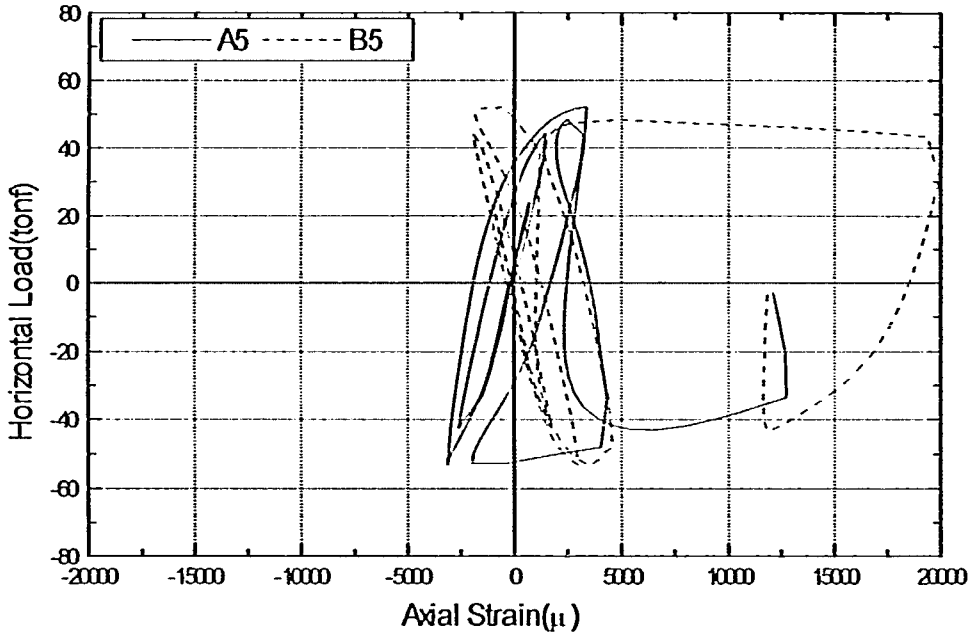
図－５．３．６　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｒ－ＳＴ、Ａ２＆Ｂ２）



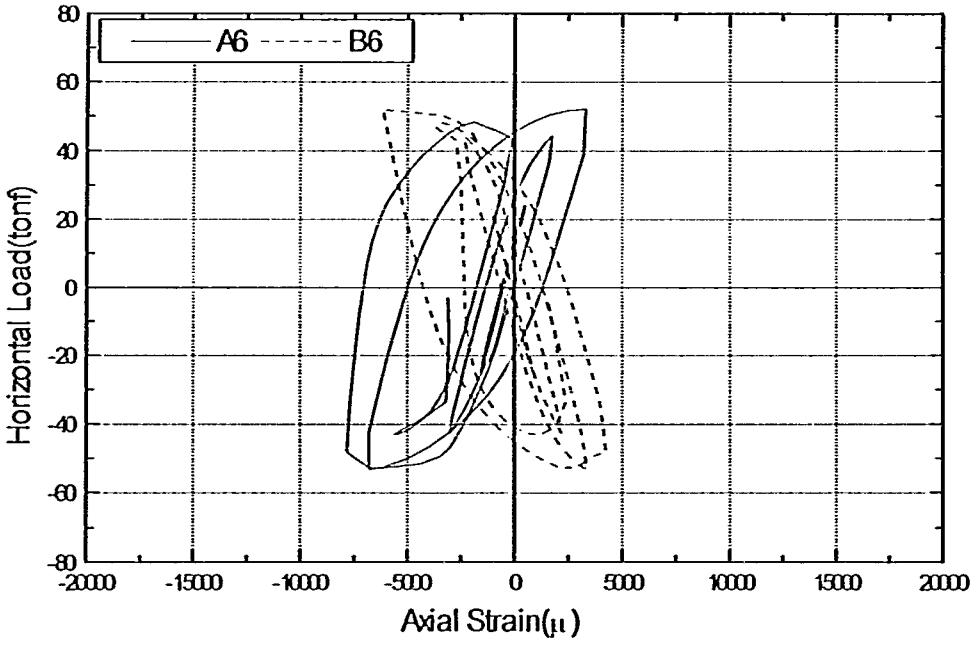
図－５．３．７　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｒ－ＳＴ、Ａ３＆Ｂ３）



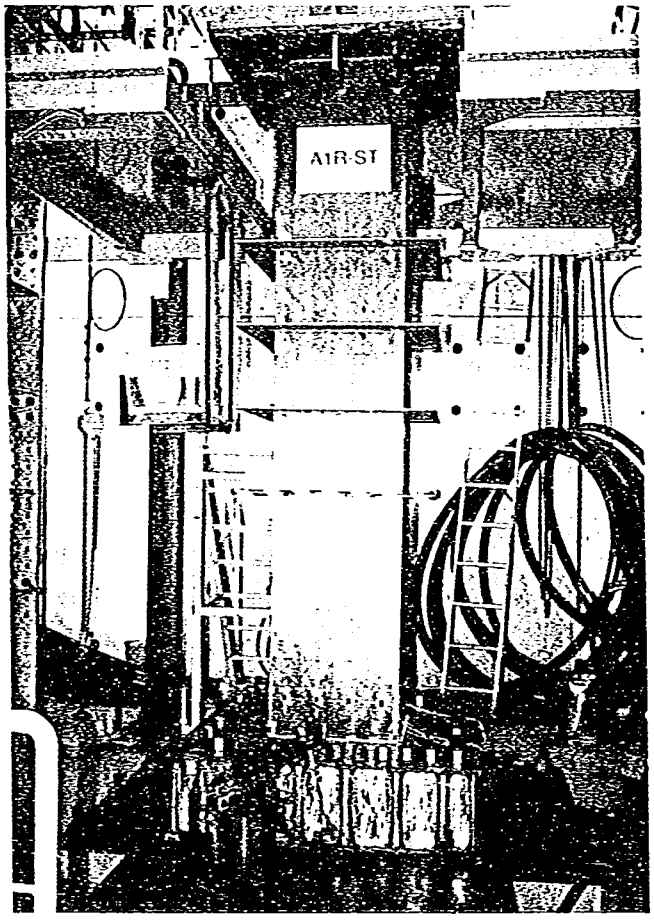
図－５．３．８　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｒ－ＳＴ、Ａ４＆Ｂ４）



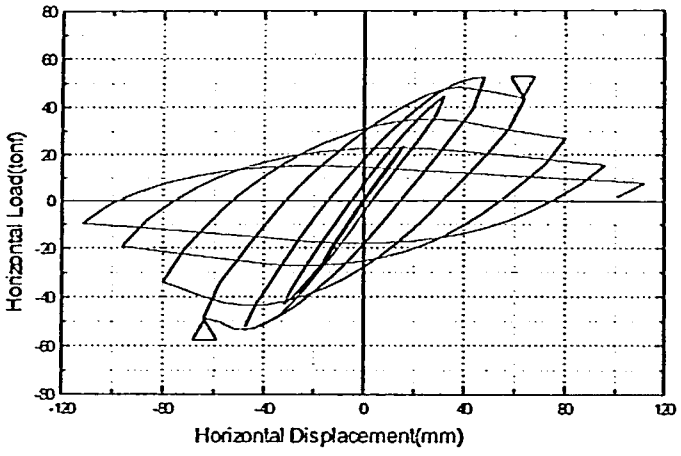
図－５．３．９　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｒ－ＳＴ、Ａ５＆Ｂ５）

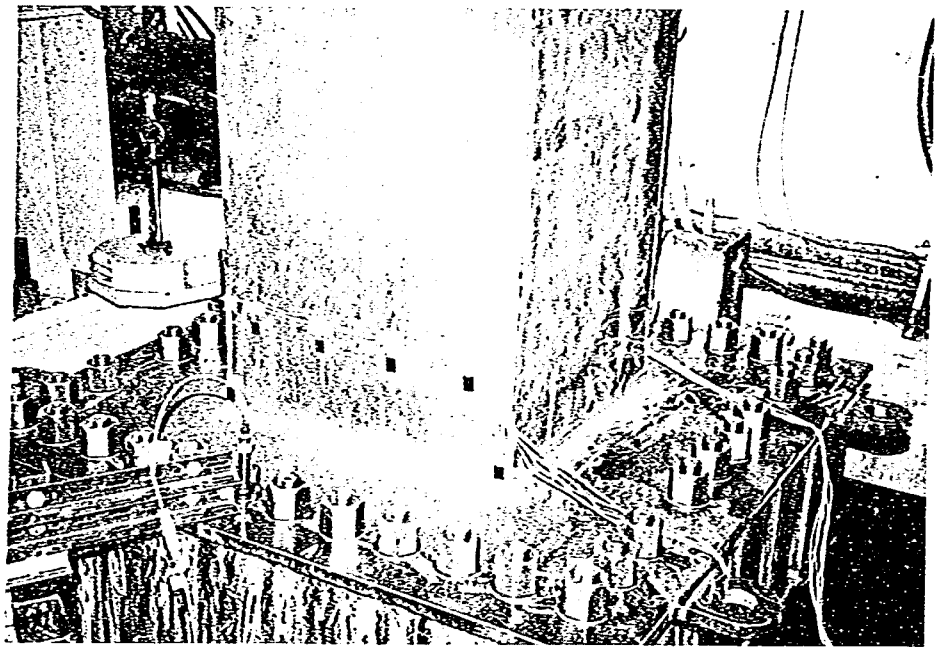


図－５．３．１０　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｒ－ＳＴ、Ａ６＆Ｂ６）

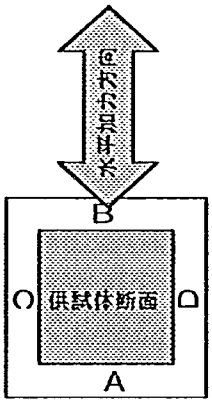


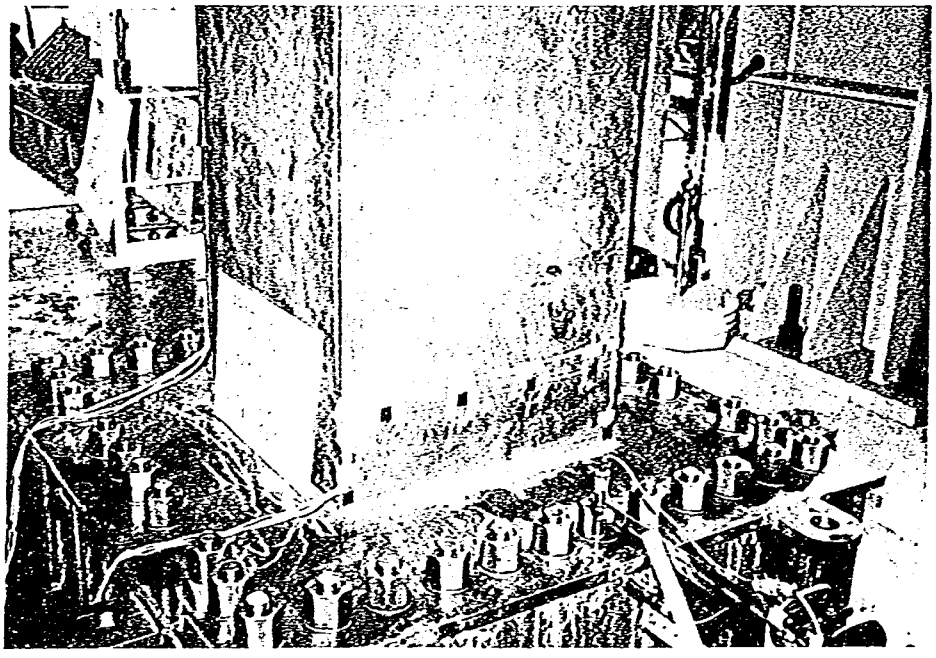
写真－５．３．１　実験供試体全景(Ａ１Ｒ－ＳＴ)



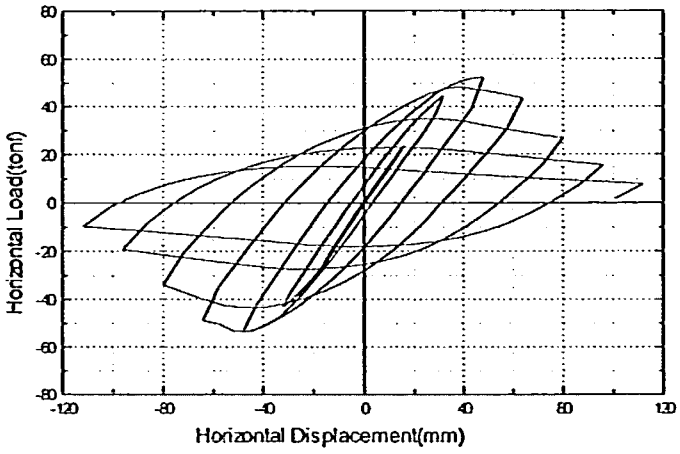


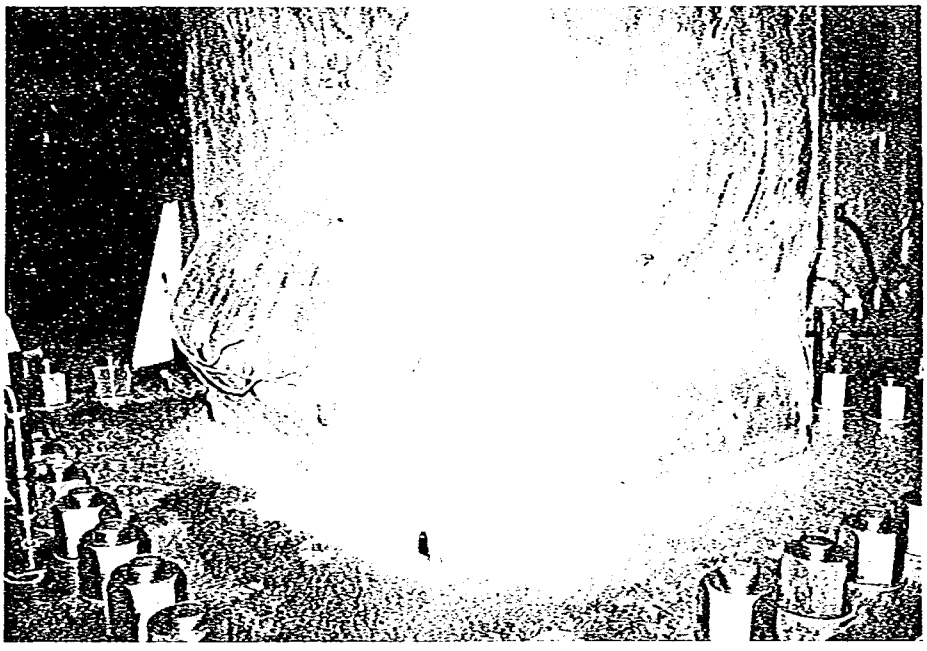
写真－５．３．２　＋４δ_y時(48.1tf, A－D面)



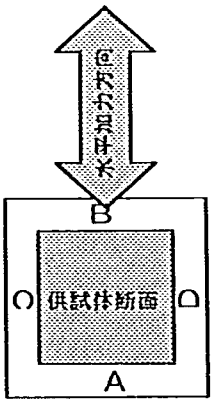


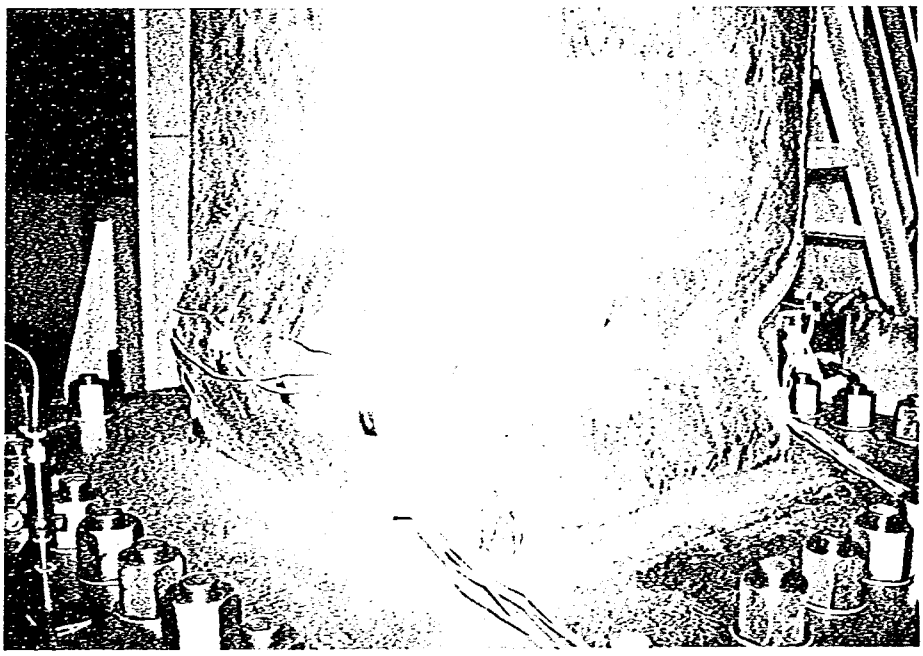
写真－５．３．３　－４δ_y時(-43.5tf, D－B面)





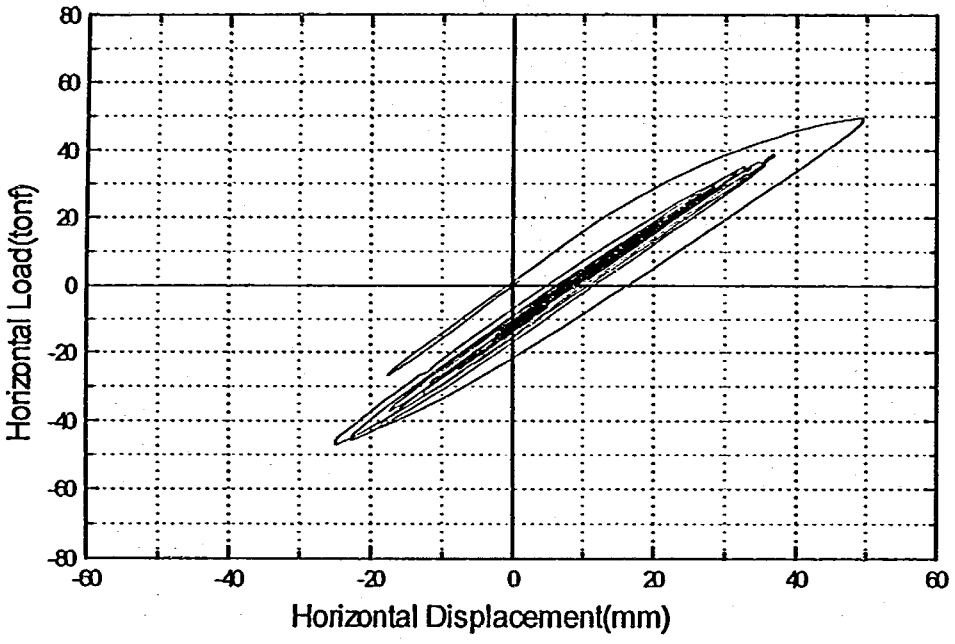
写真－5．3．4　実験終了時(A－D面)



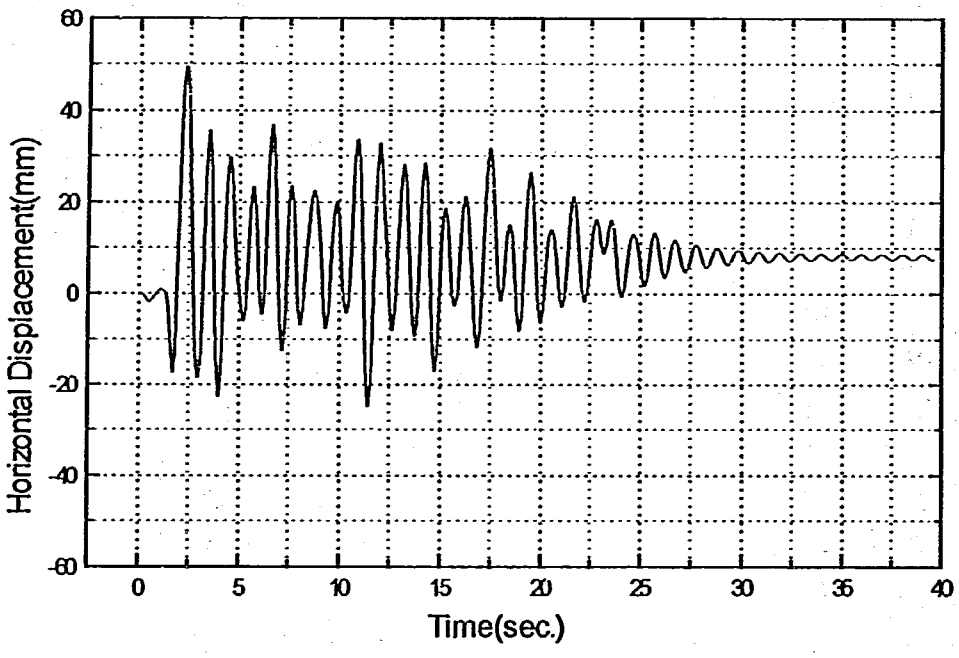


写真－5．3．5　実験終了時(B－C面)

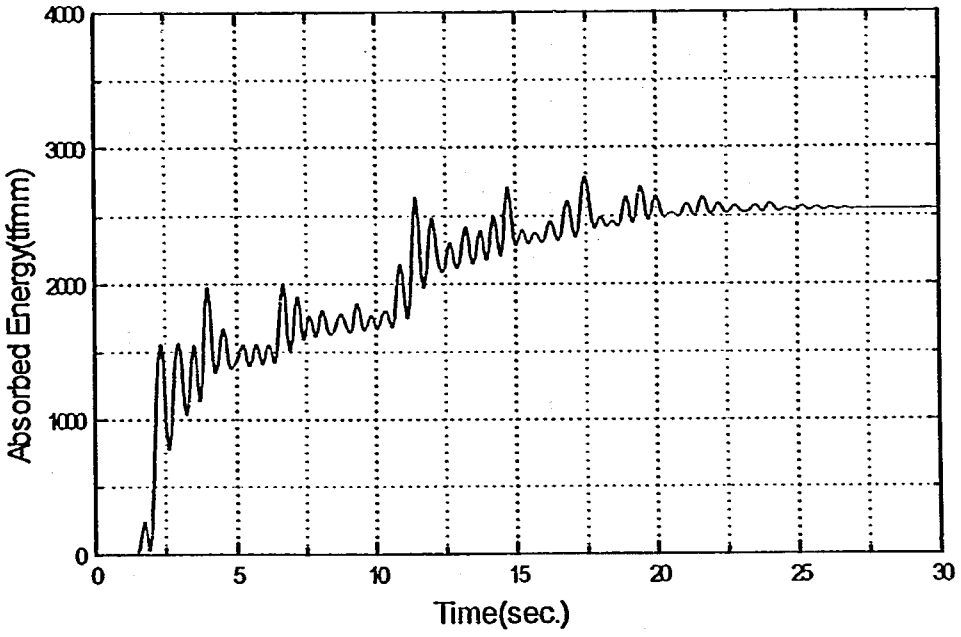
5．3．2　A1R－L2



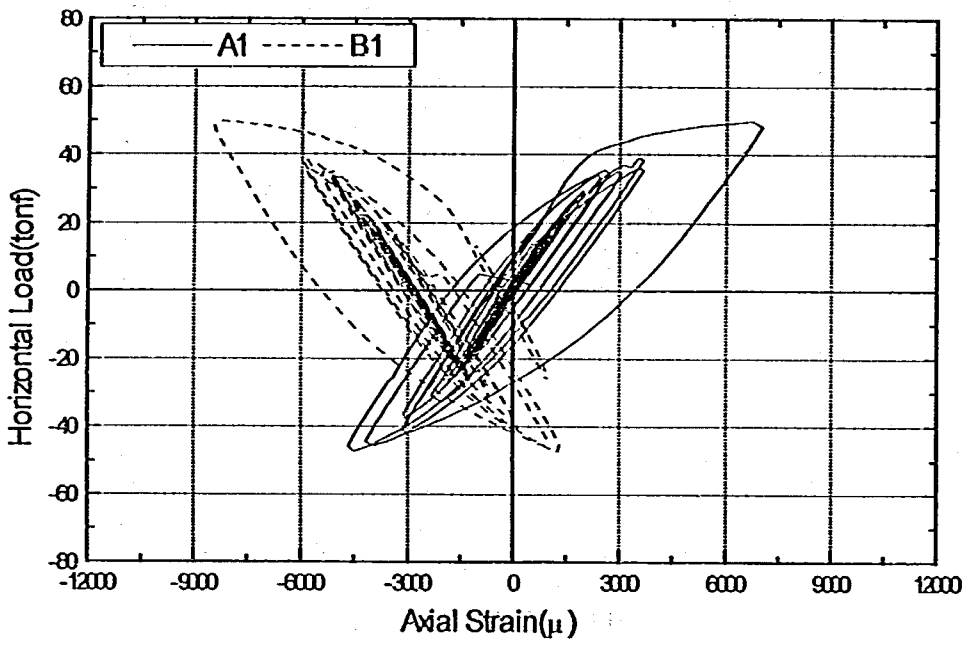
図－5．3．11　水平荷重－変位履歴曲線（A1R－L2）



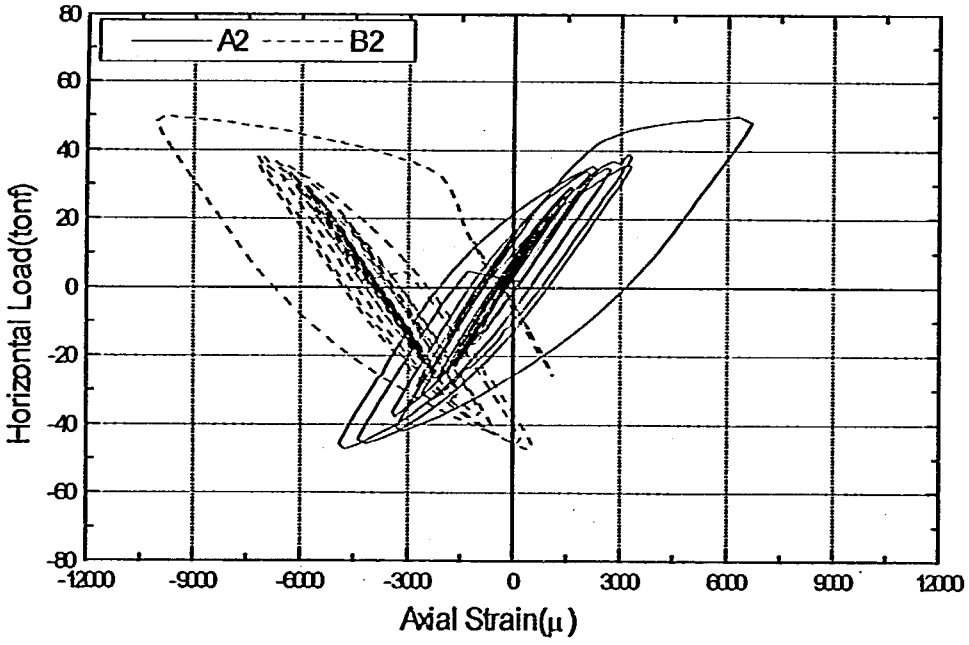
図－5．3．12　時刻歴応答変位（A1R－L2）



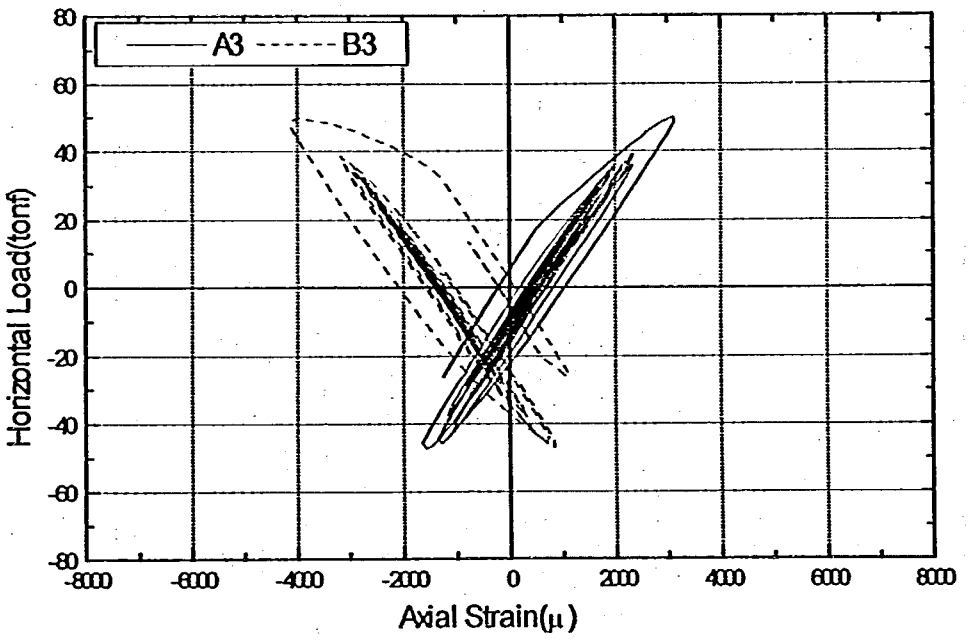
図－５．３．１３　累積エネルギー吸収量（Ａ１Ｒ－Ｌ２）



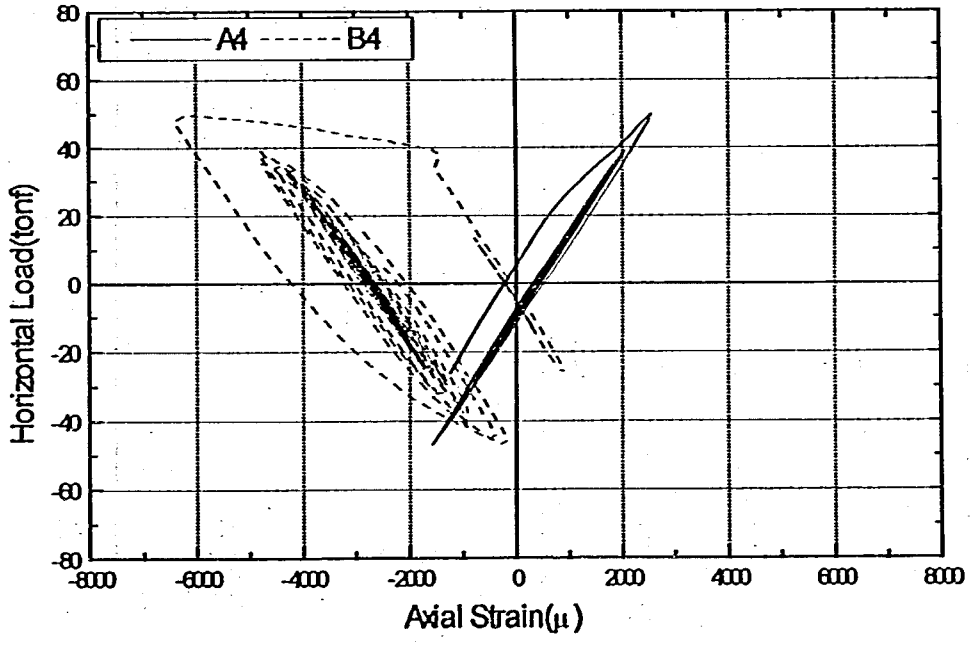
図－５．３．１４　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｒ－Ｌ２、Ａ１＆Ｂ１）



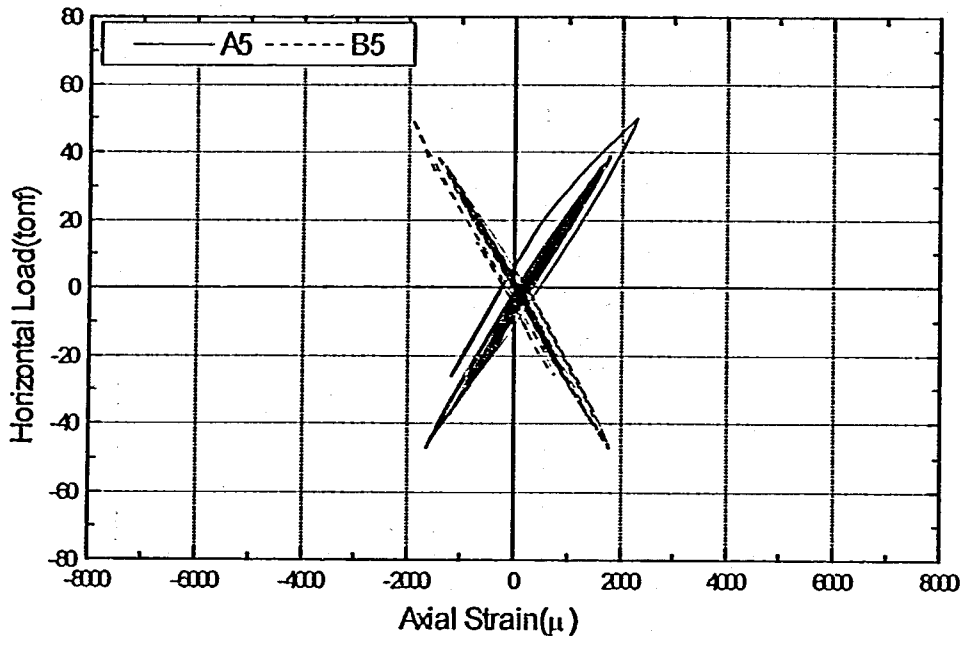
図－５．３．１５　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｒ－Ｌ２、Ａ２＆Ｂ２）



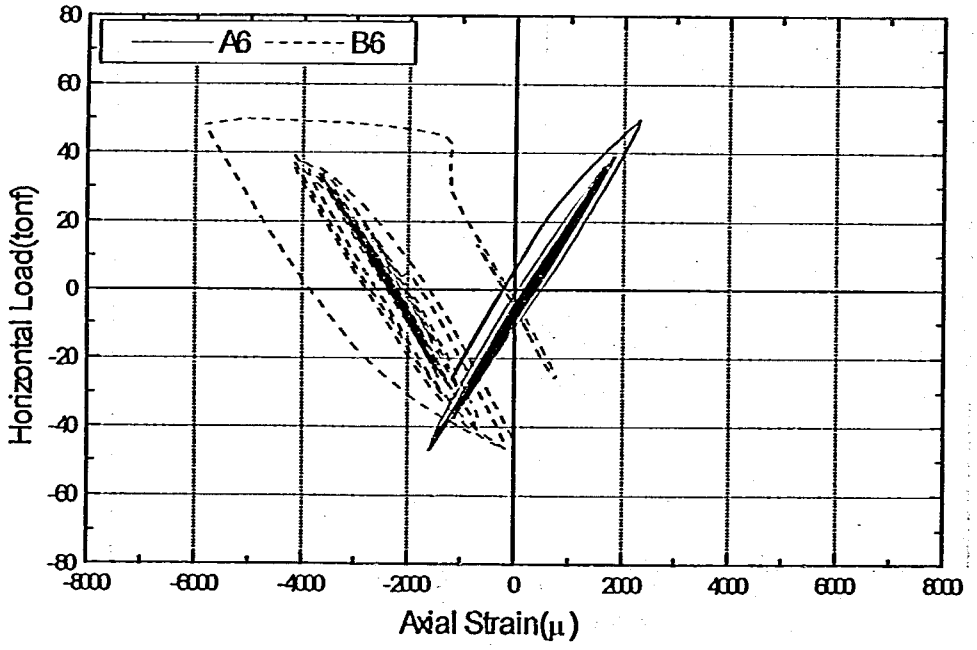
図－５．３．１６　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｒ－Ｌ２、Ａ３＆Ｂ３）



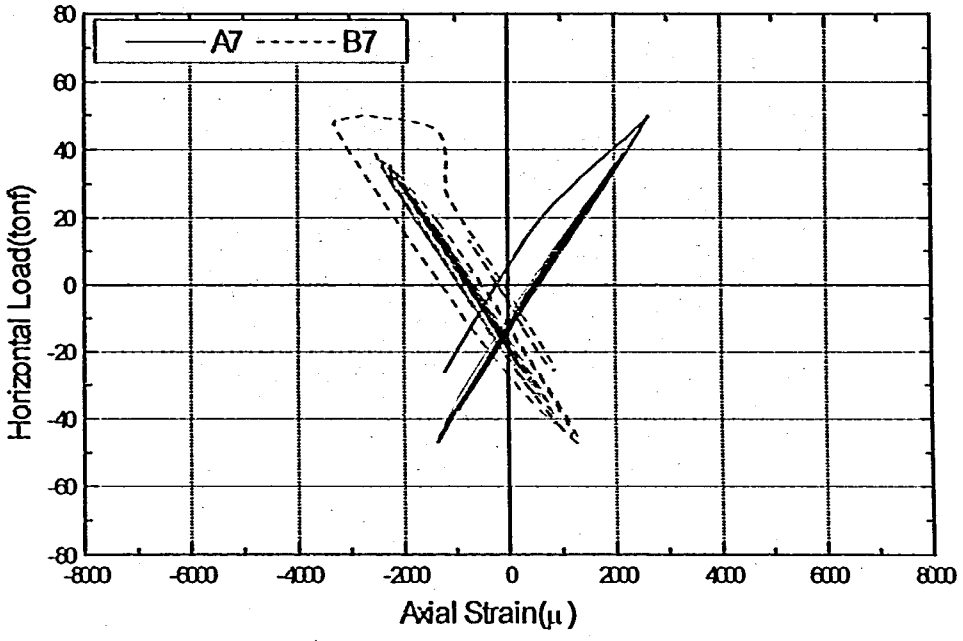
図－５．３．１７　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｒ－Ｌ２、Ａ４＆Ｂ４）



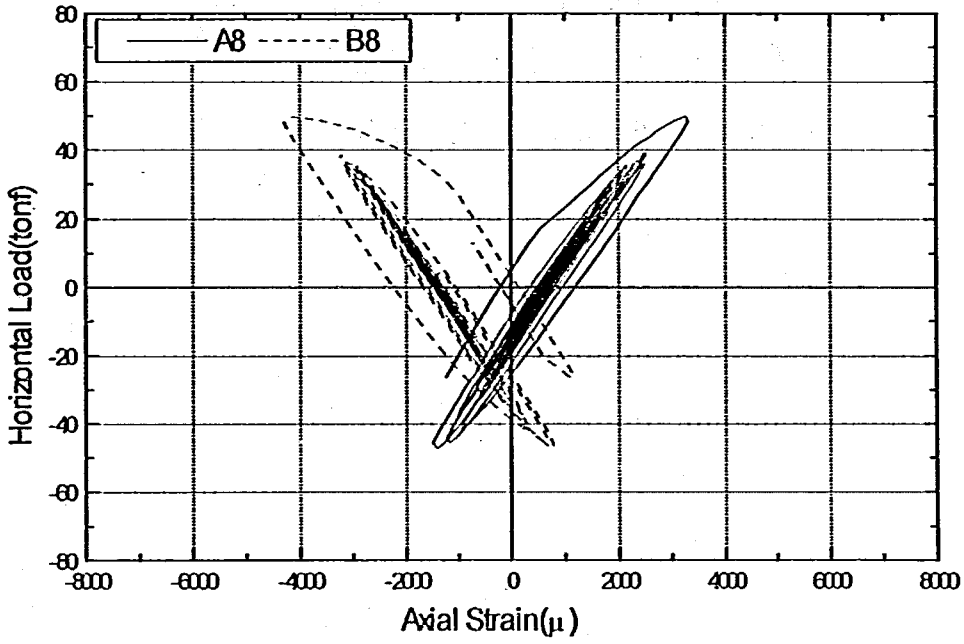
図－５．３．１８　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｒ－Ｌ２、Ａ５＆Ｂ５）



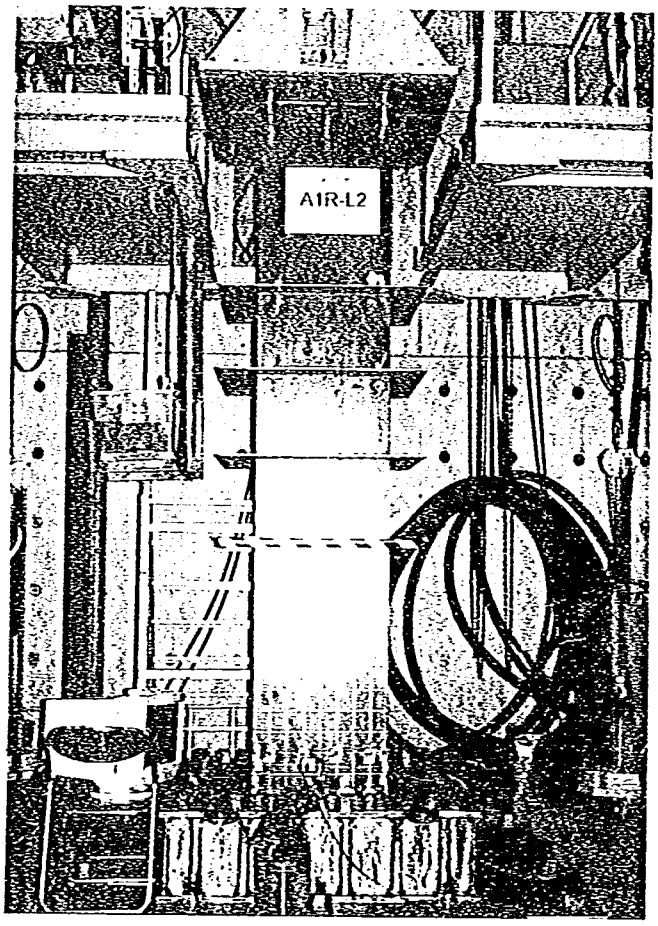
図－５．３．１９　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｒ－Ｌ２、Ａ６＆Ｂ６）



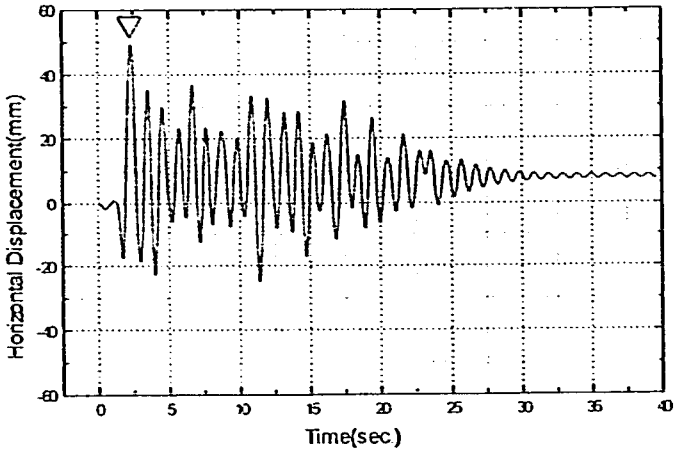
図－５．３．２０　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｒ－Ｌ２、Ａ７＆Ｂ７）

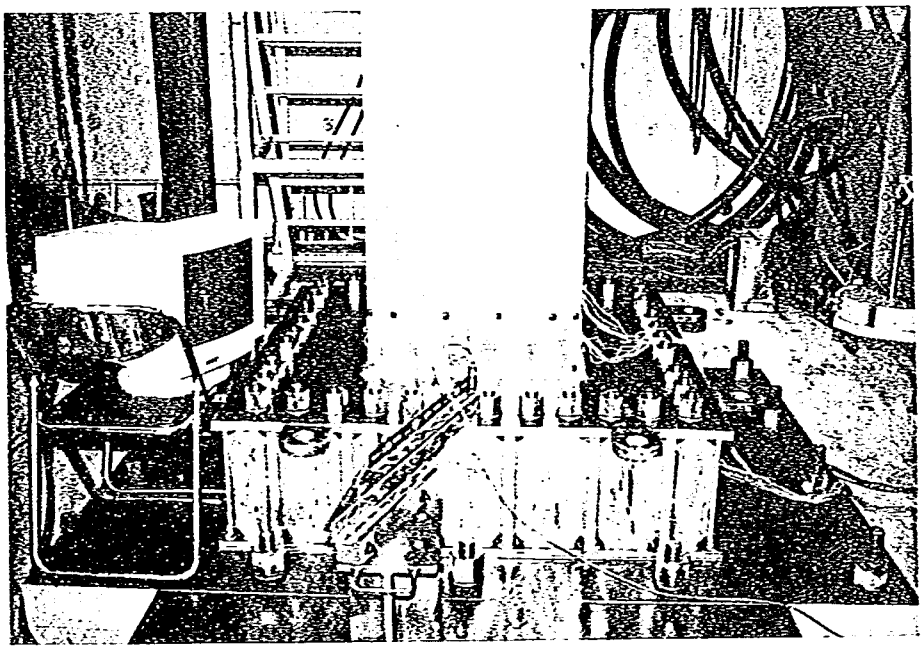


図－５．３．２１　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｒ－Ｌ２、Ａ８＆Ｂ８）

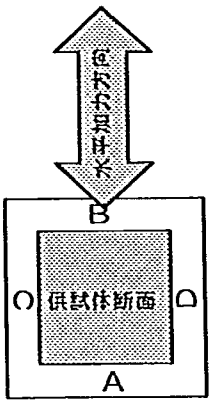


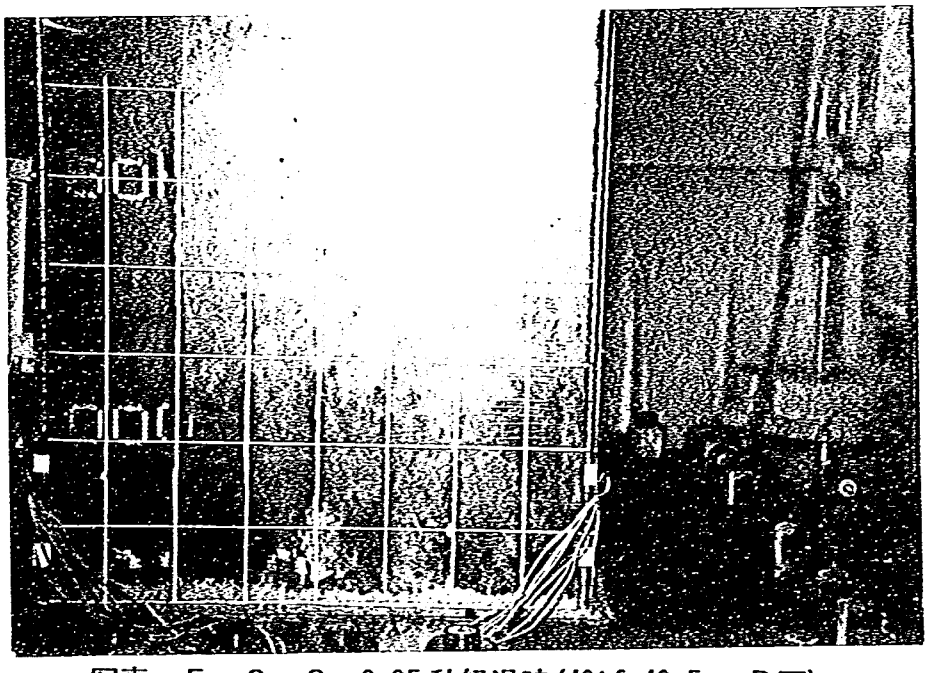
写真－５．３．６　実験供試体全景(Ａ１Ｒ－Ｌ２)



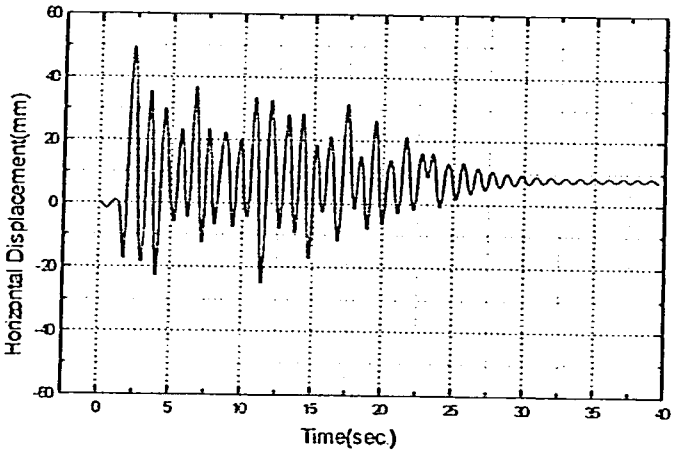


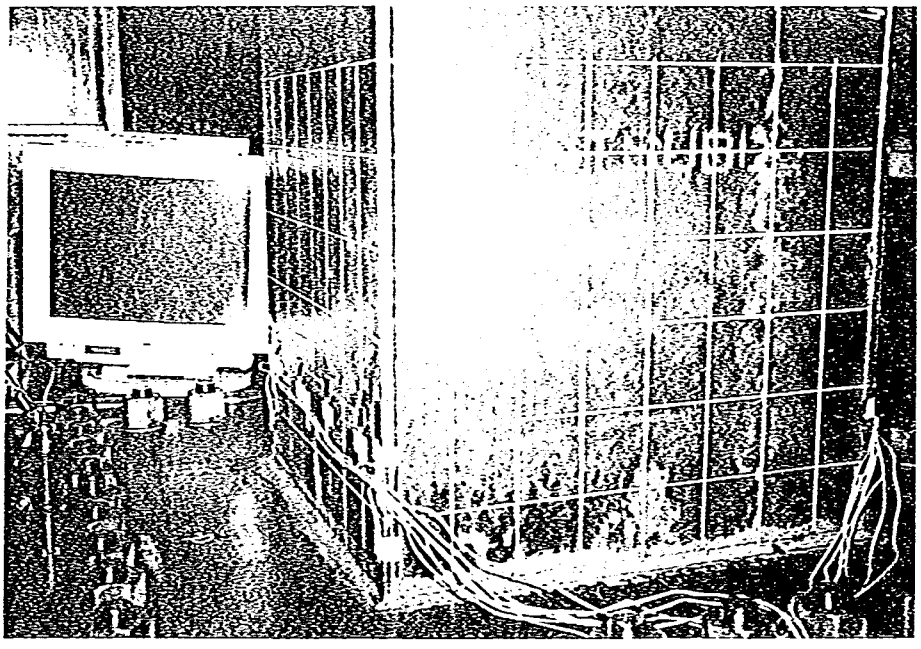
写真－５．３．７　2.35 秒経過時(49tf, 49.5mm, A面)



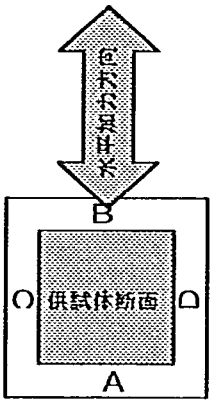


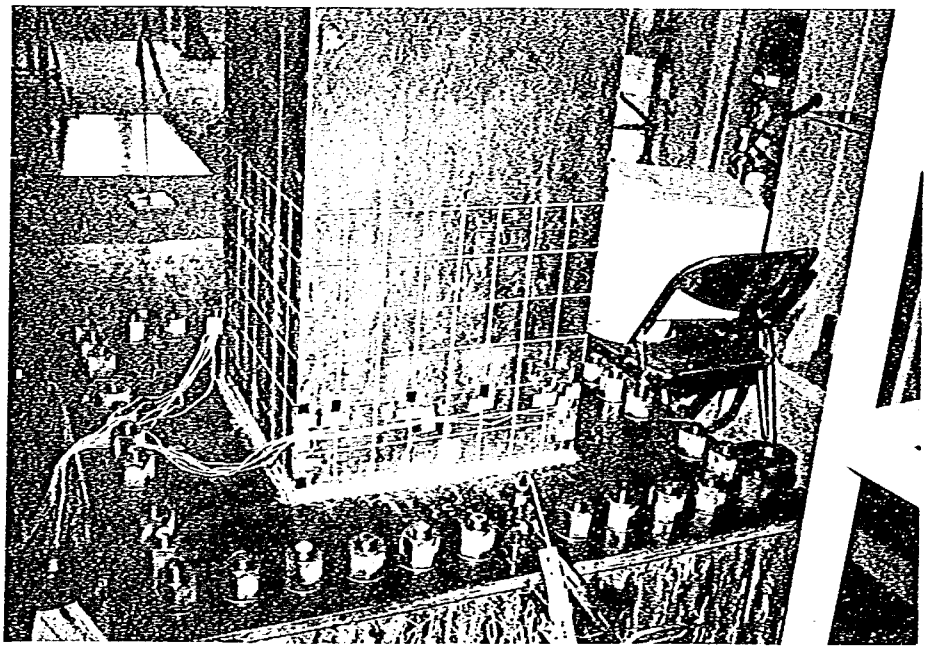
写真－５．３．８　2.35 秒経過時(49tf, 49.5mm, D面)





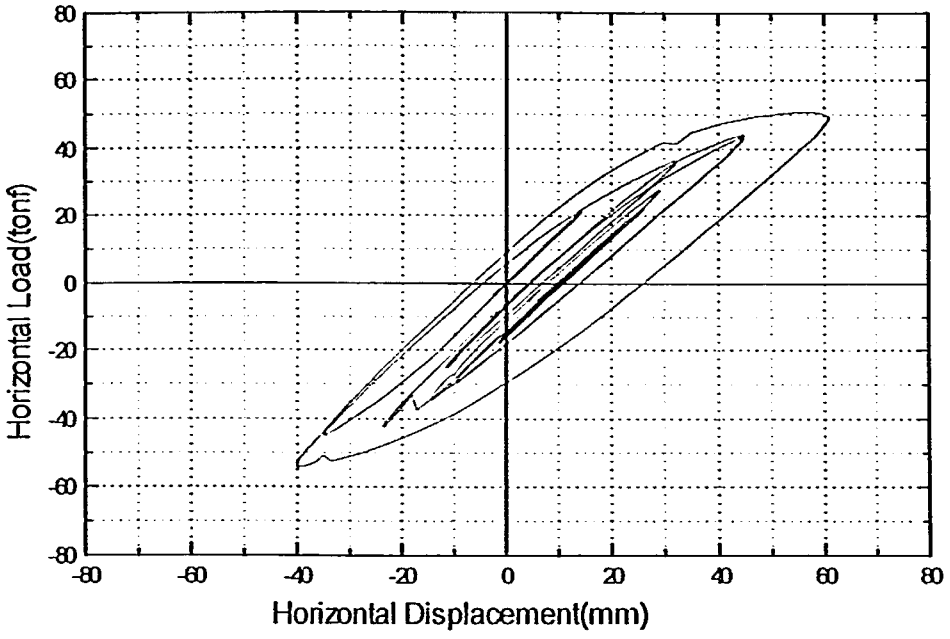
写真－５．３．９　実験終了時(A－D面)



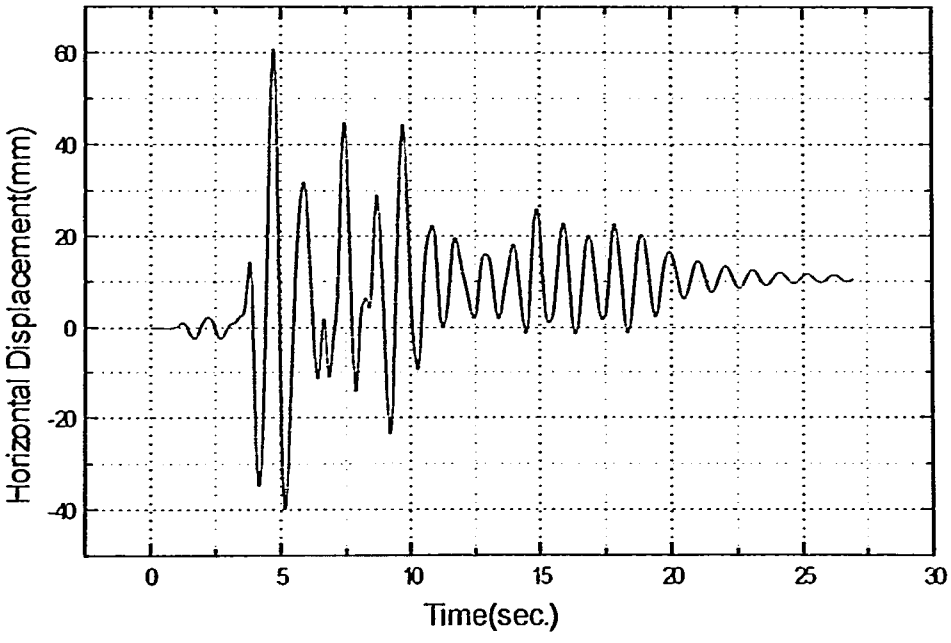


写真－５．３．１０　実験終了時(B－C面)

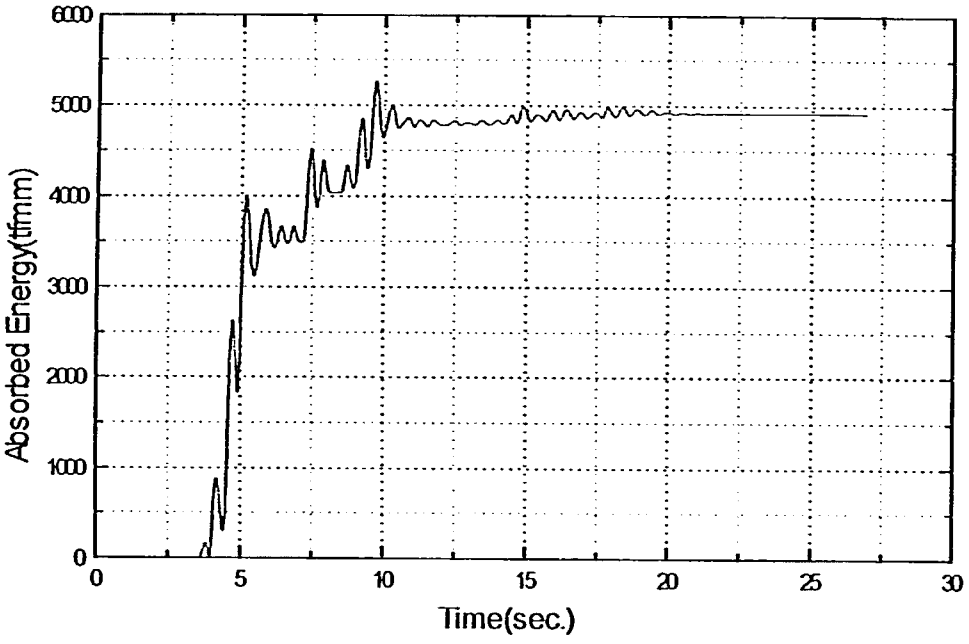
5．3．3　A1R−HN



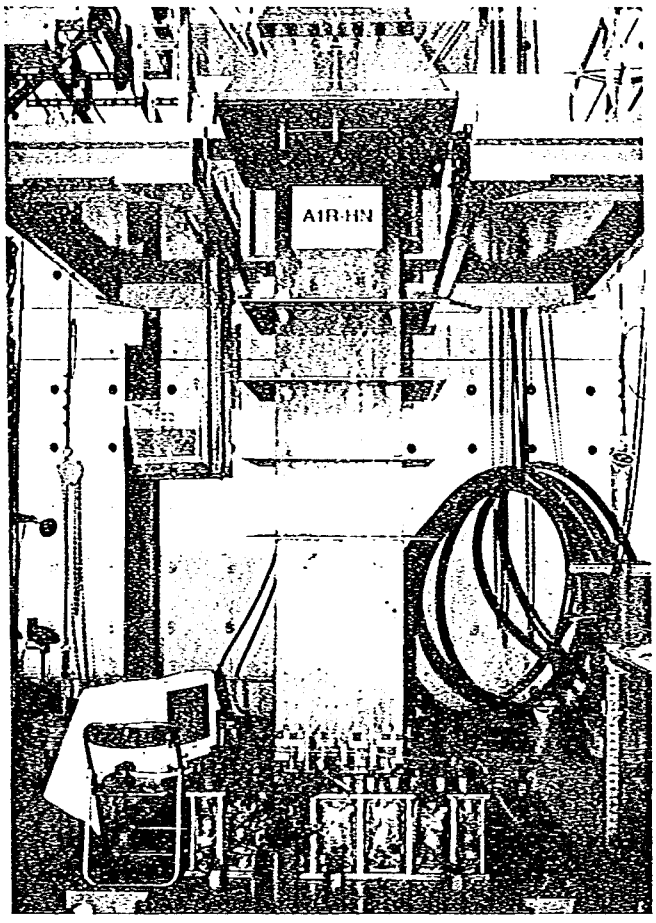
図−5．3．22　水平荷重−変位履歴曲線（A1R−HN）



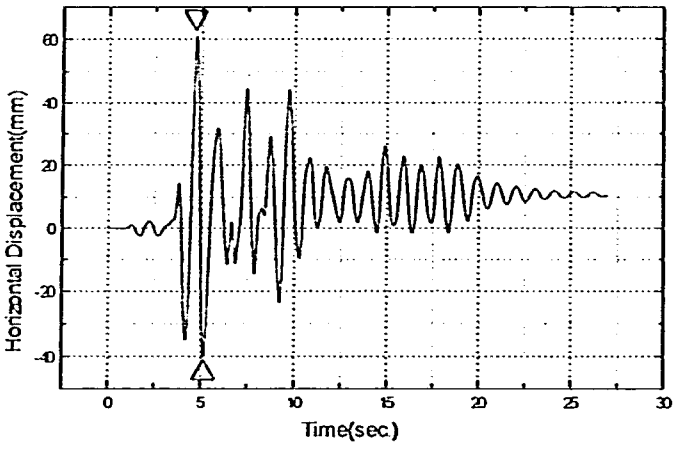
図−5．3．23　時刻歴応答変位（A1R−HN）

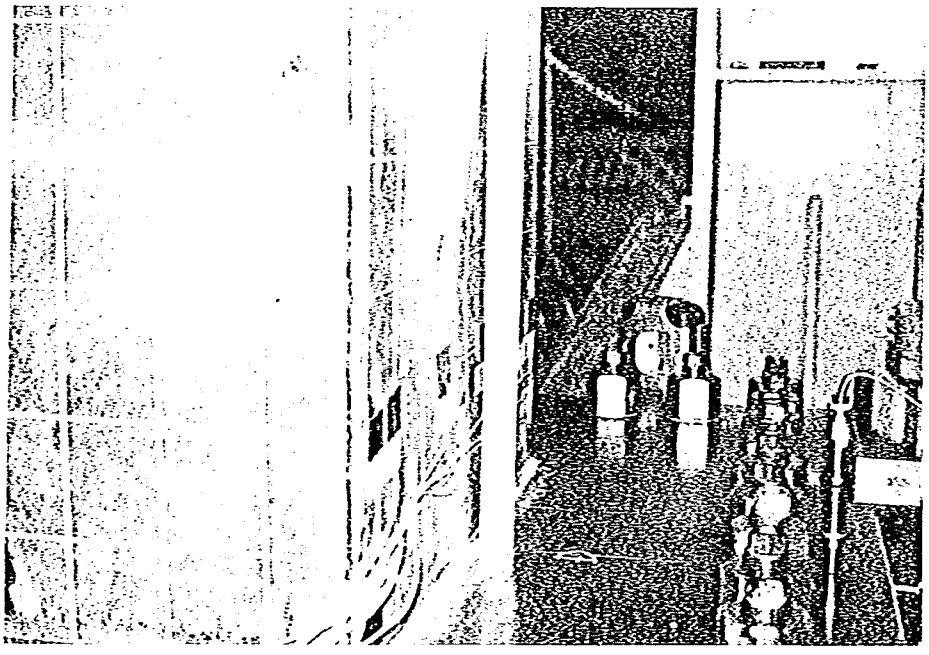


図－５．３．２４　累積エネルギー吸収量（Ａ１Ｒ－ＨＮ）

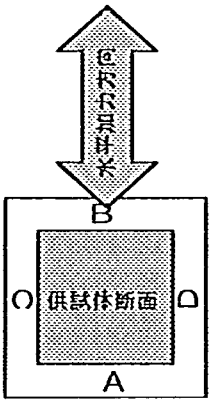


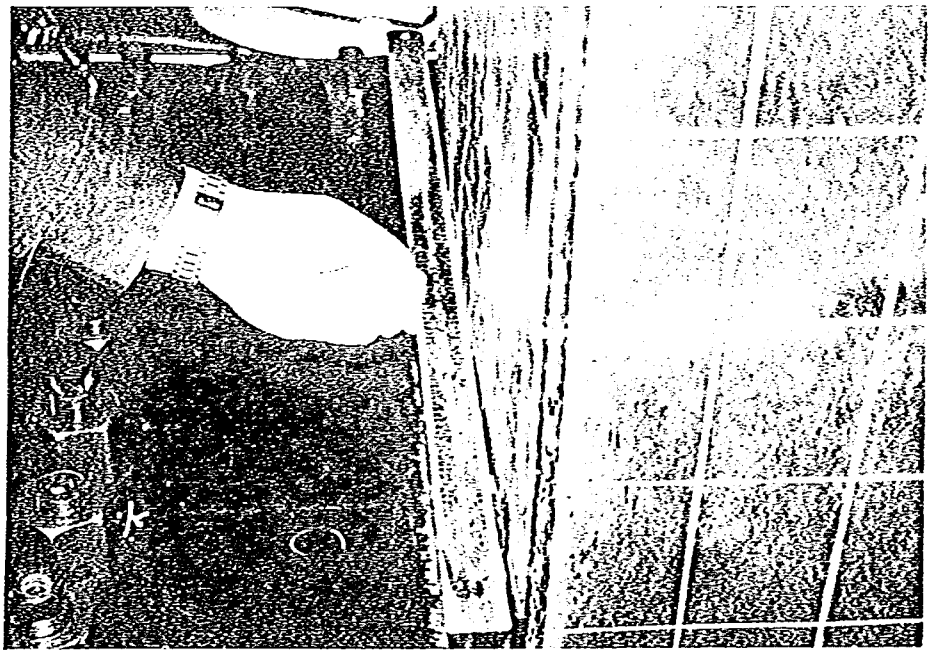
写真－５．３．１１　実験供試体全景(Ａ１Ｒ－ＨＮ)



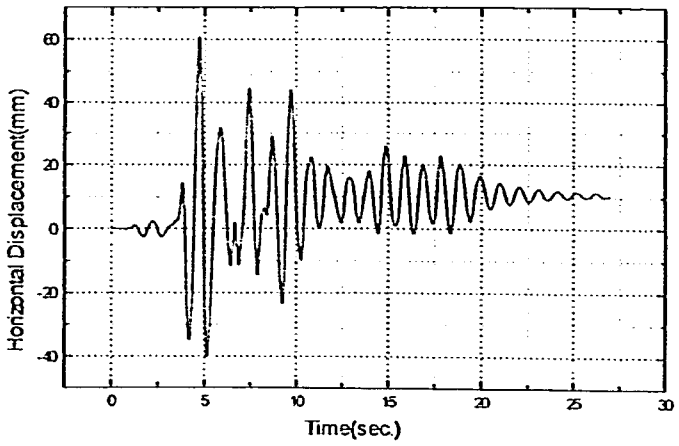


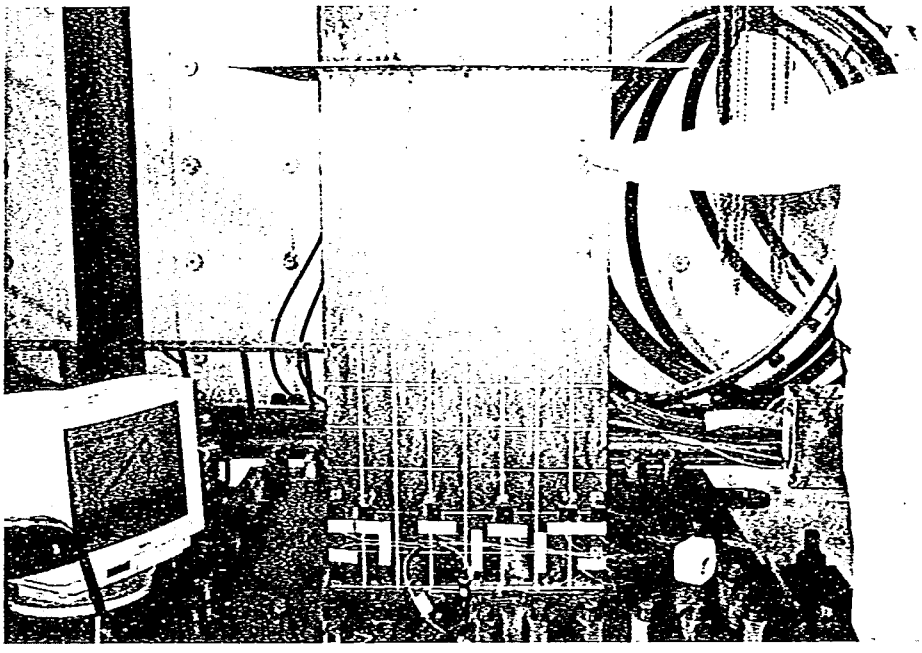
写真－５．３．１２　4.7秒経過時(49tf, 61mm, D－B面)



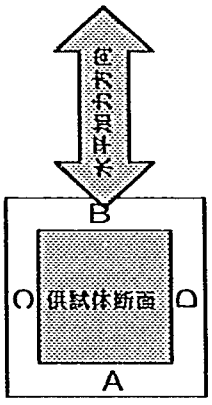


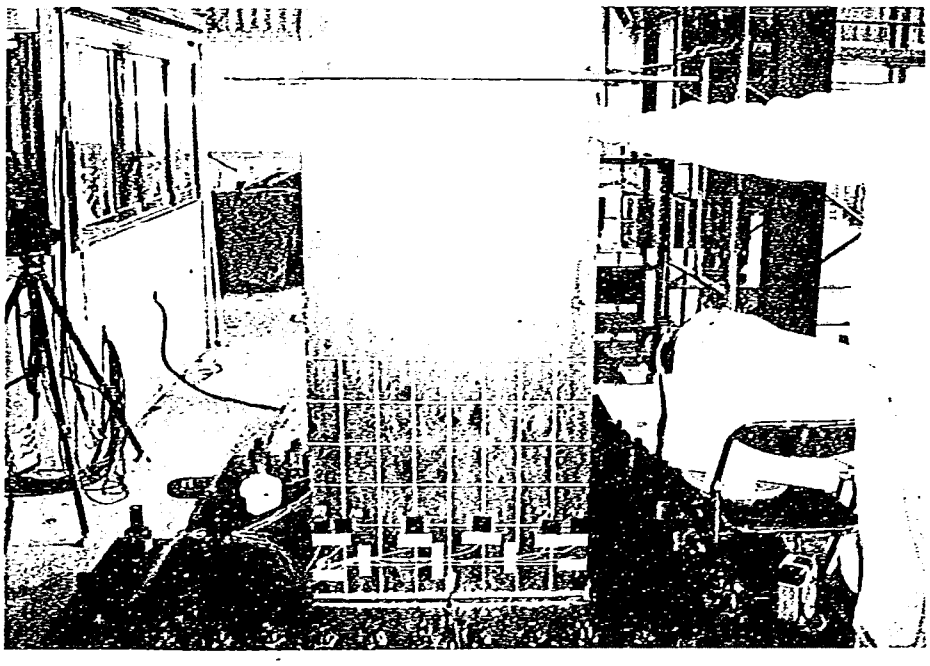
写真－５．３．１３　5.1秒経過時(-52tf, -40mm, A－D面)





写真－５．３．１４　実験終了時(A面)

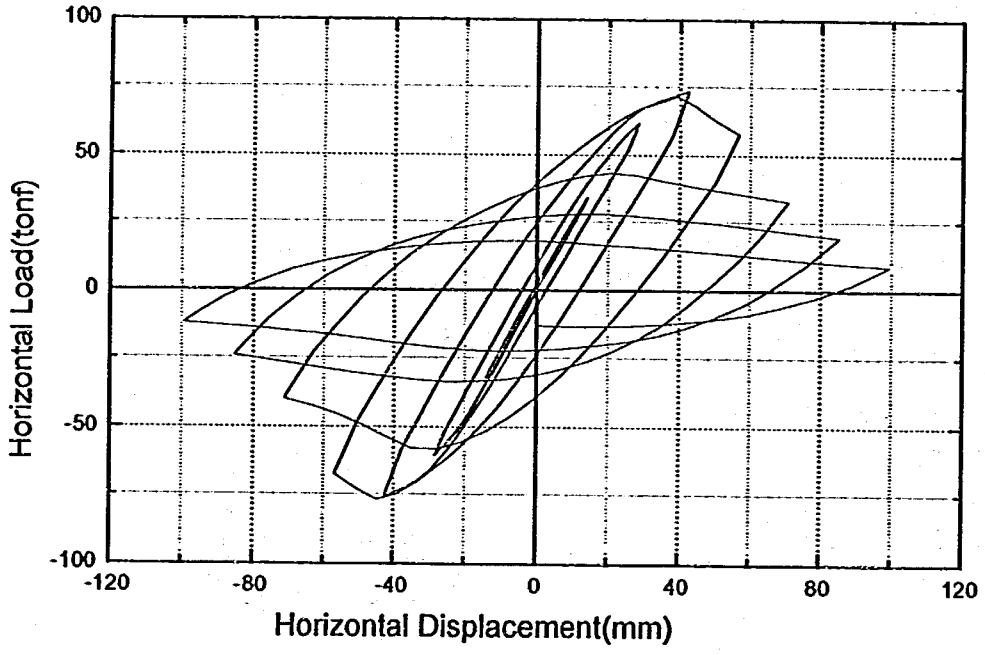




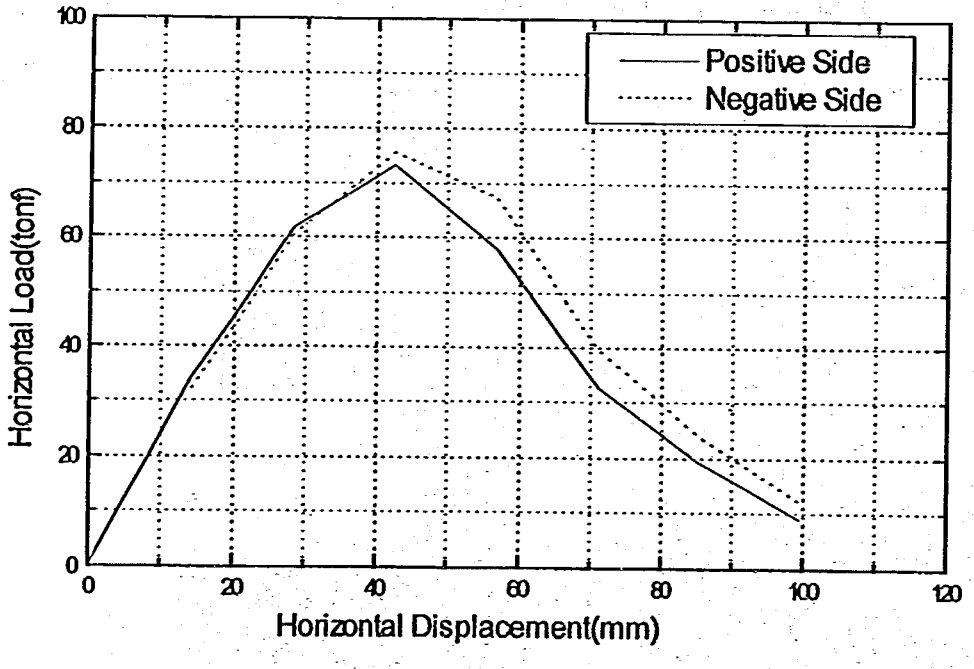
写真－５．３．１５　実験終了時(D面)

5．4　A3Rシリーズ

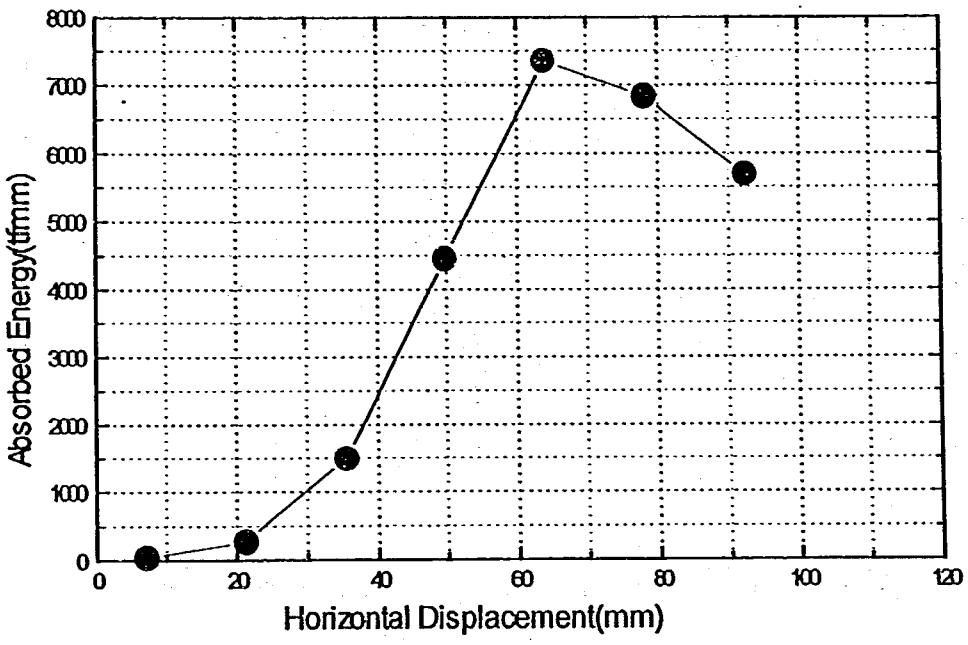
5．4．1　A3R－ST



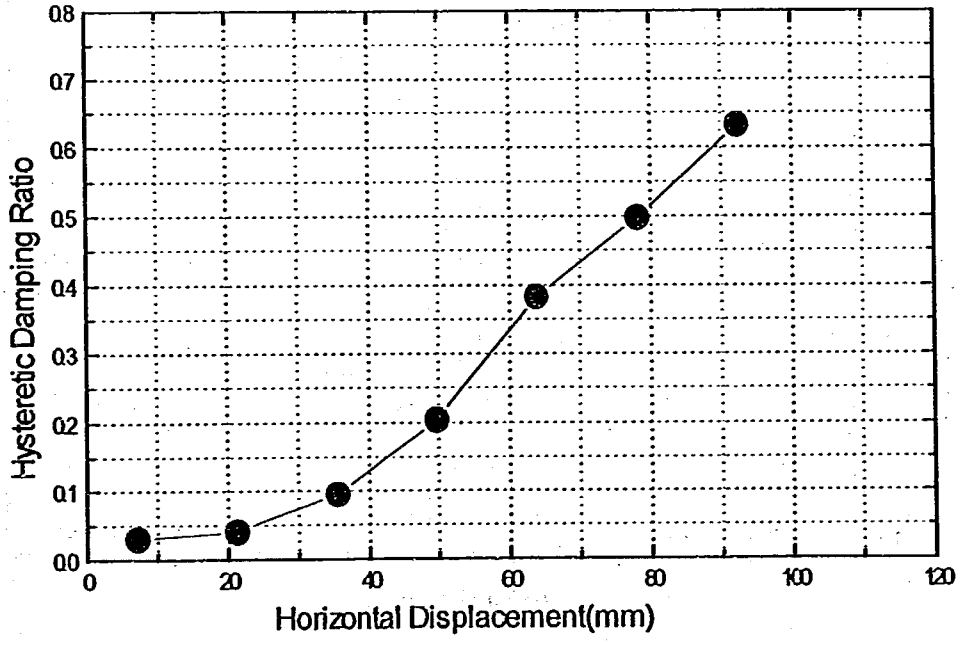
図－5．4．1　水平荷重－変位履歴曲線（A3R－ST）



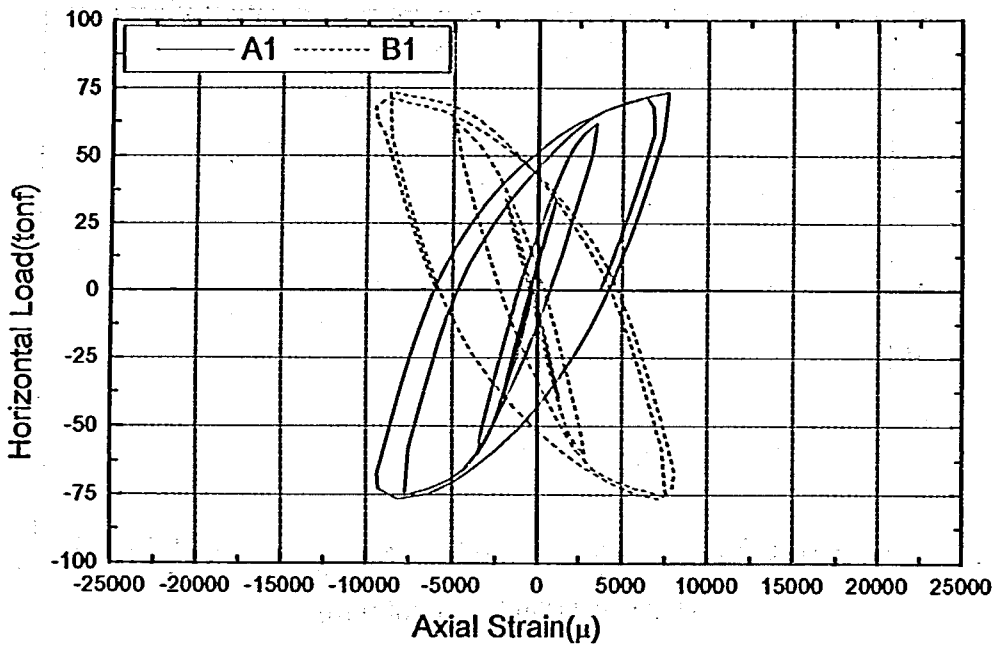
図－5．4．2　水平荷重－変位関係の包絡線（A3R－ST）



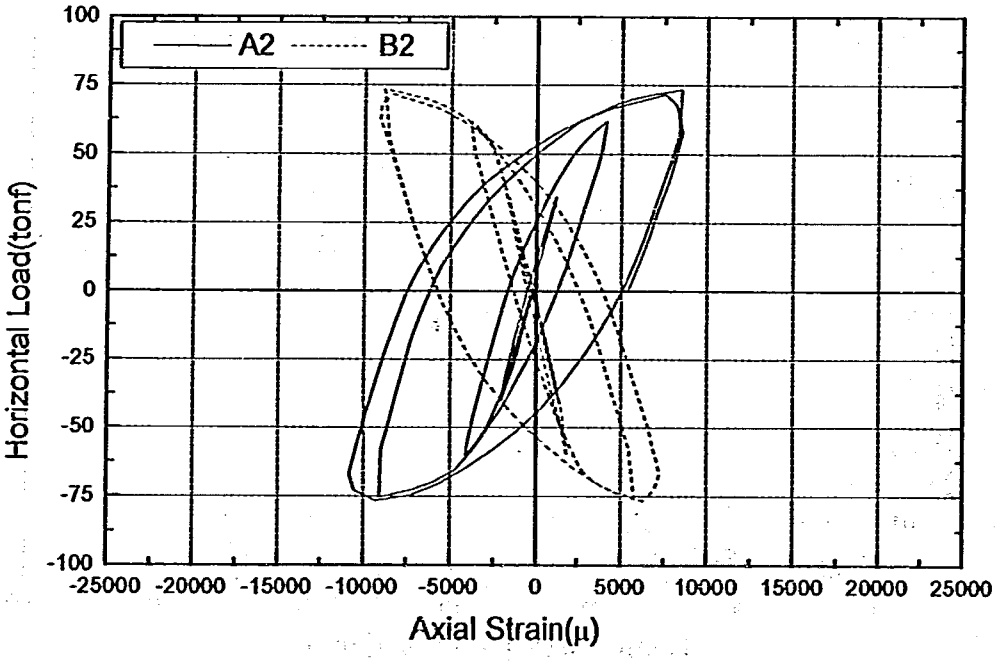
図－５．４．３　１ループごとのエネルギー吸収量（Ａ３Ｒ－ＳＴ）



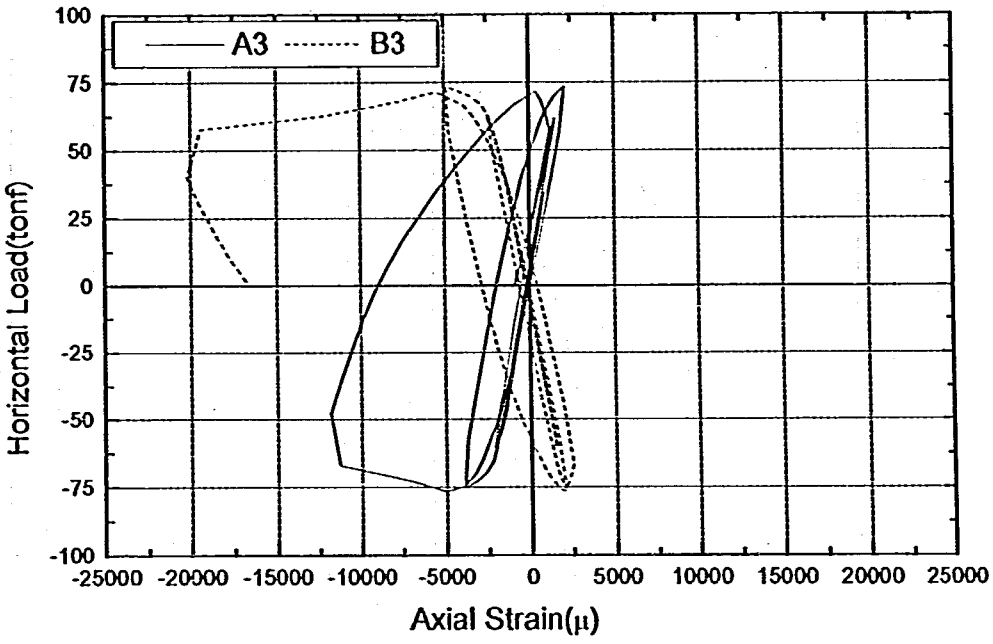
図－５．４．４　各ループの等価粘性減衰（Ａ３Ｒ－ＳＴ）



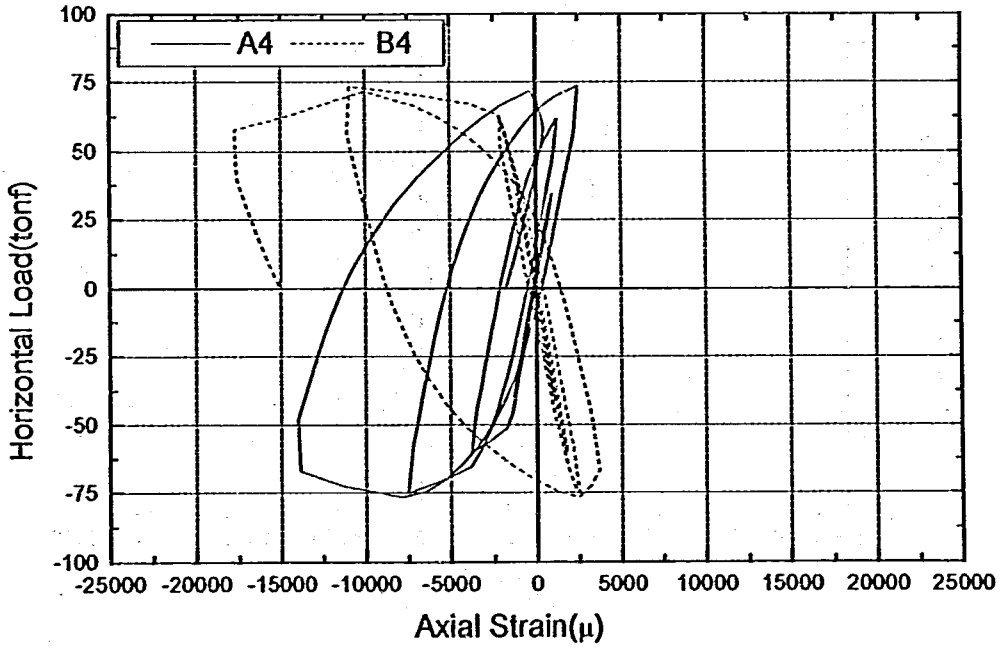
図－５．４．５　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－ＳＴ、Ａ１＆Ｂ１）



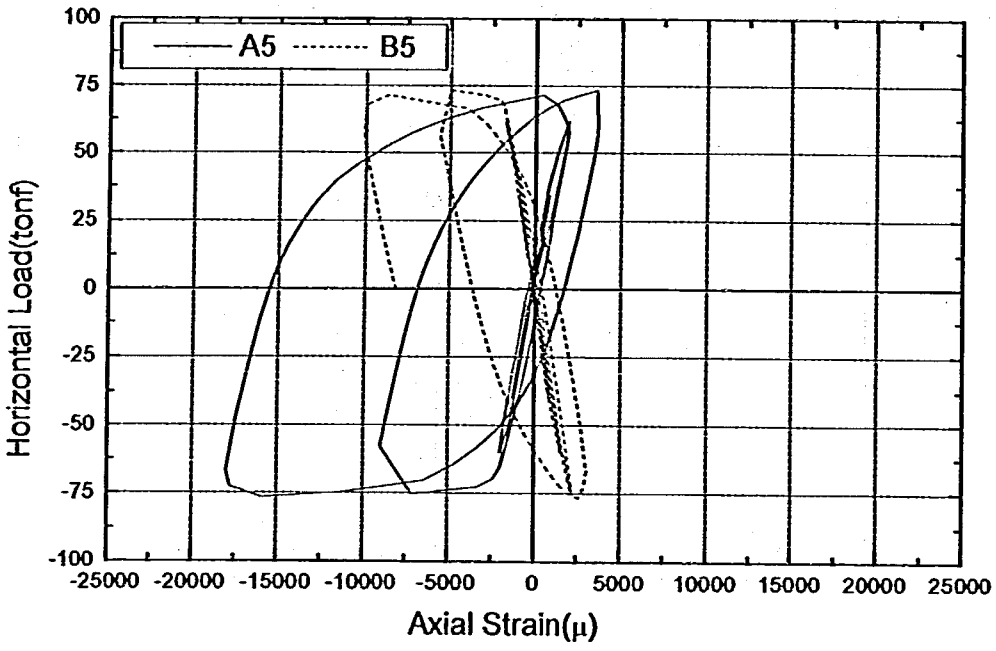
図－５．４．６　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－ＳＴ、Ａ２＆Ｂ２）



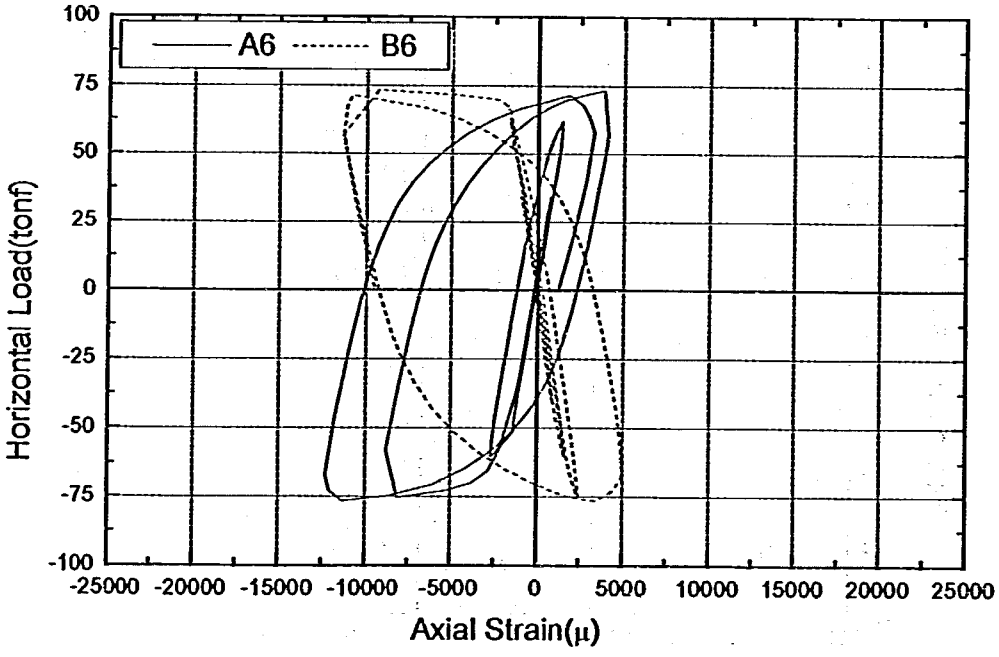
図－５．４．７　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－ＳＴ、Ａ３＆Ｂ３）



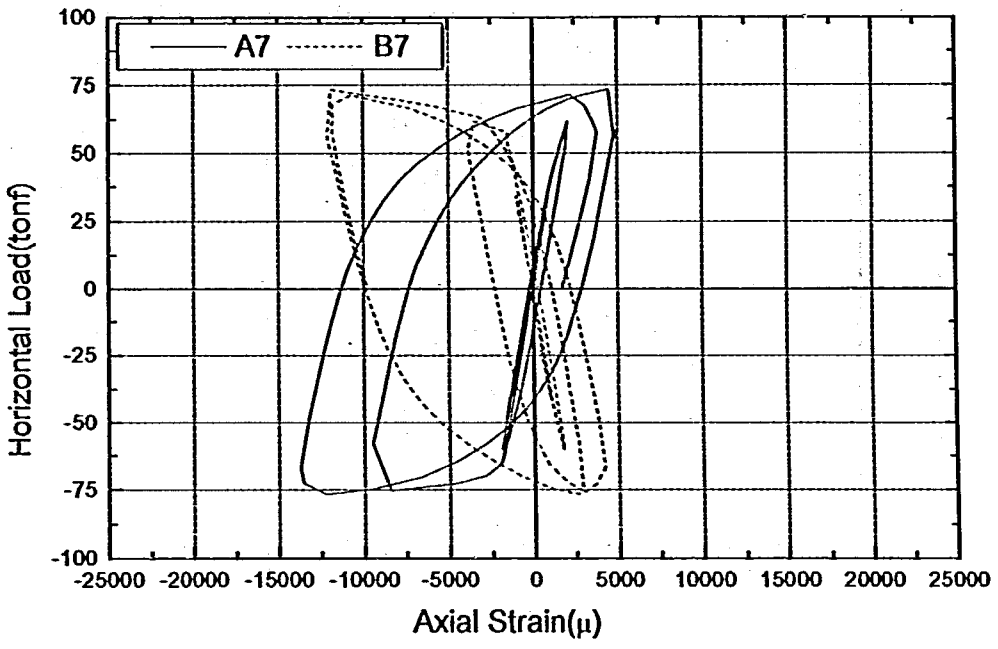
図－５．４．８　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－ＳＴ、Ａ４＆Ｂ４）



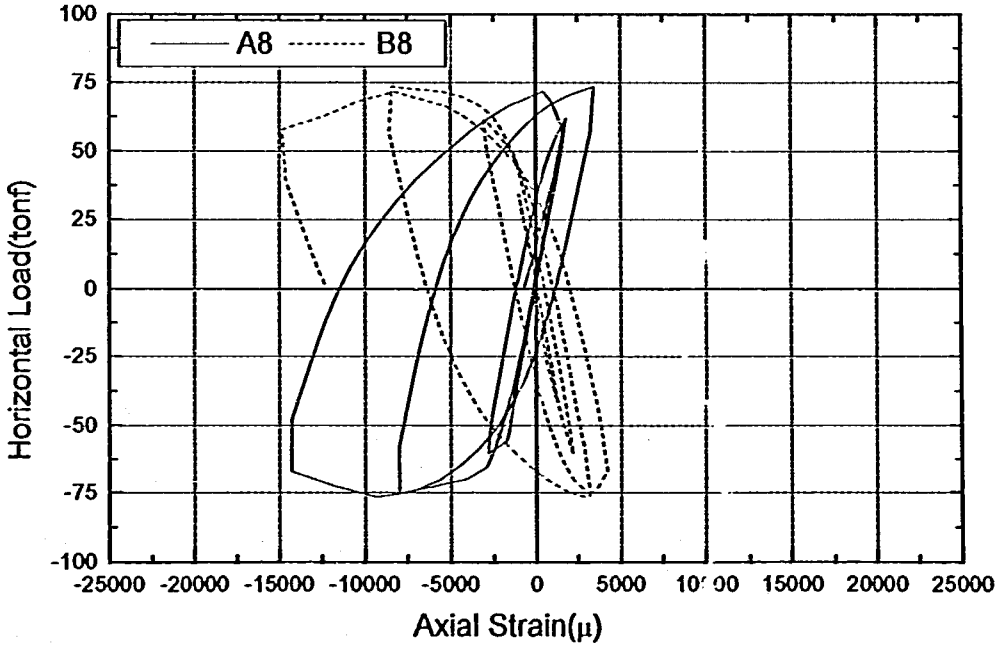
図－５．４．９　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－ＳＴ、Ａ５＆Ｂ５）



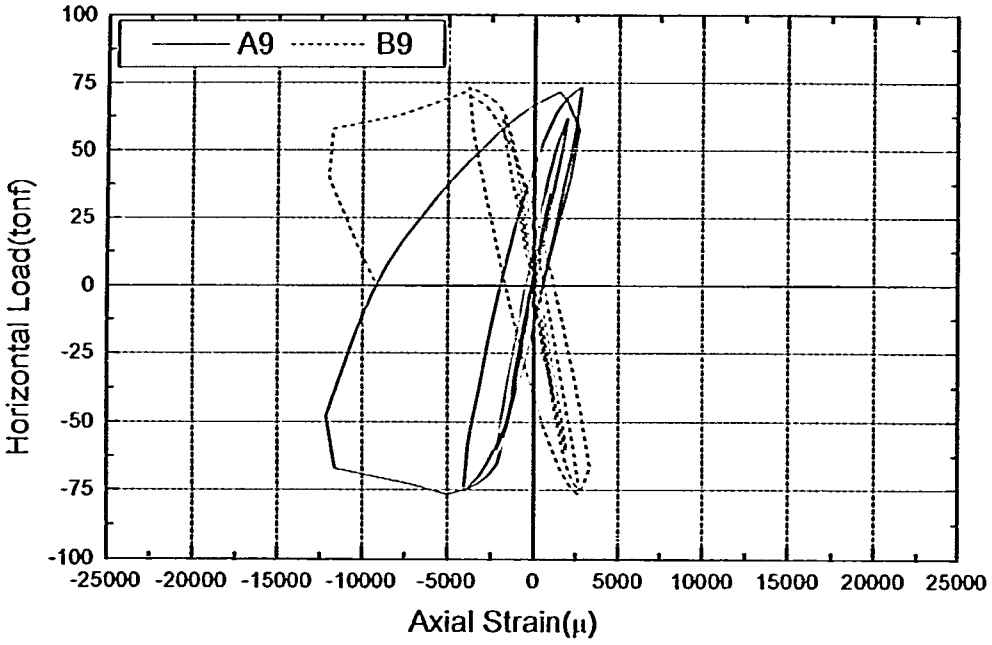
図－５．４．１０　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－ＳＴ、Ａ６＆Ｂ６）



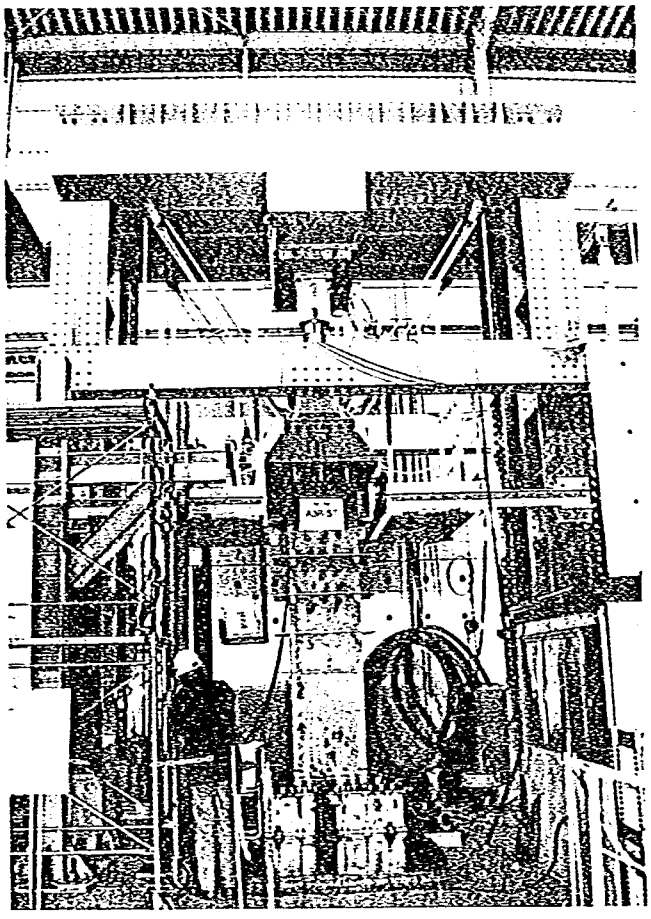
図－５．４．１１　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－ＳＴ、Ａ７&Ｂ７）



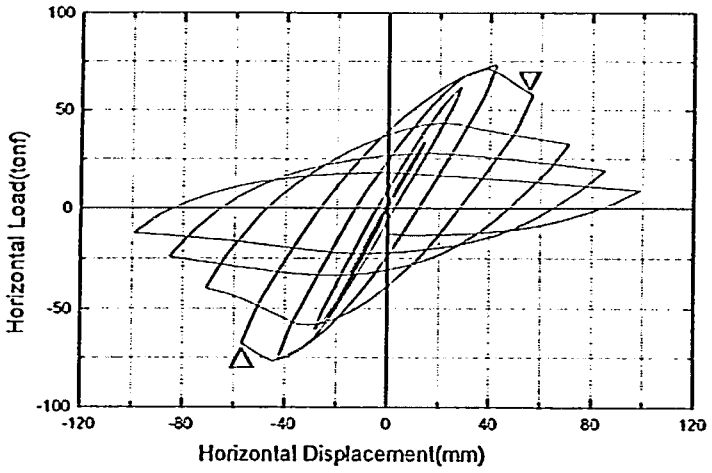
図－５．４．１２　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－ＳＴ、Ａ８&Ｂ８）

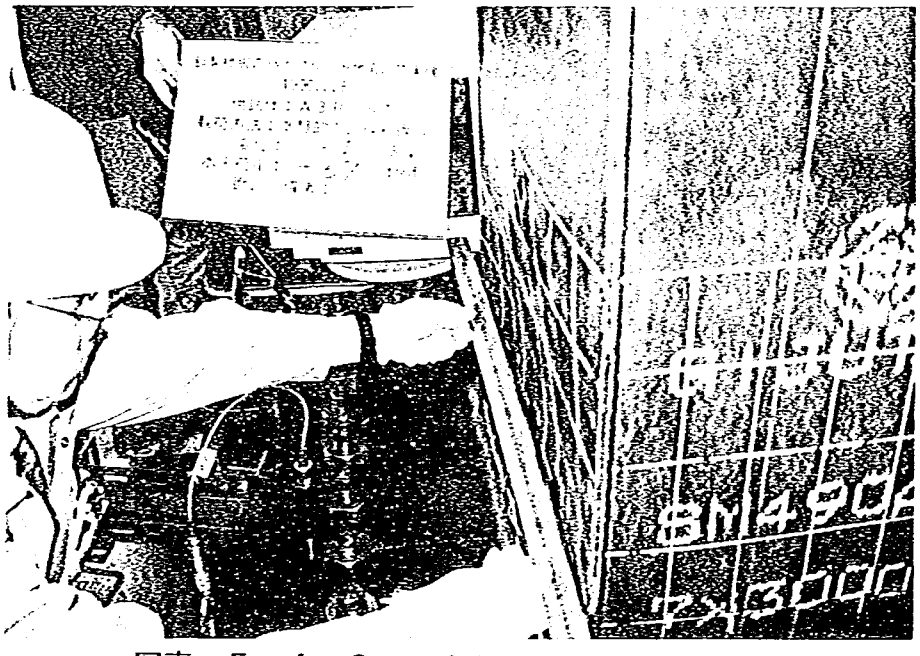


図－５．４．１３　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－ＳＴ、Ａ９＆Ｂ９）

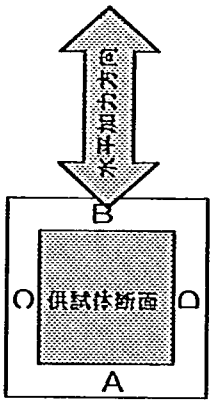


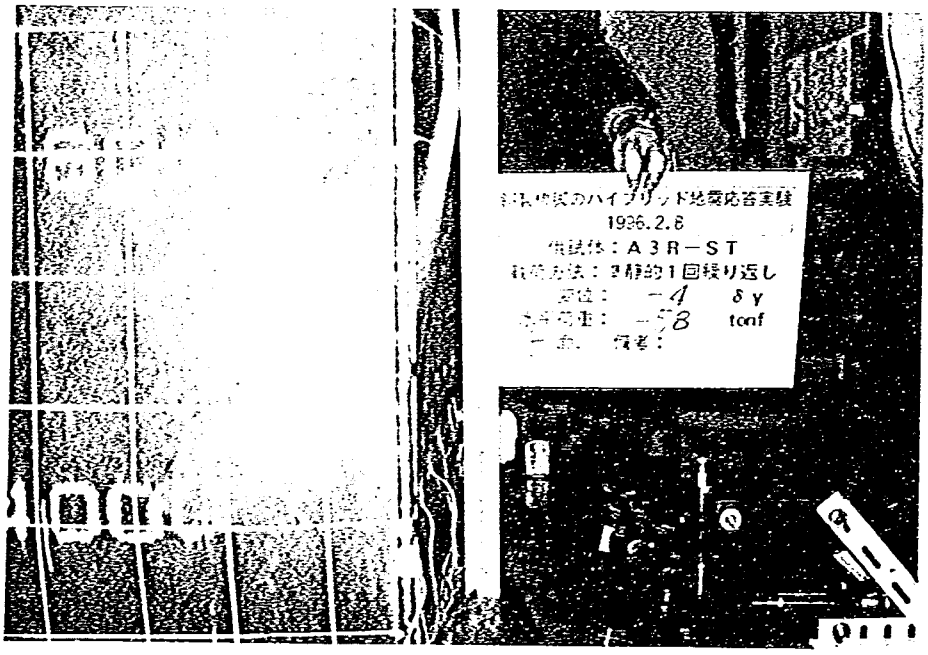
写真－５．４．１　実験供試体全景(Ａ３Ｒ－ＳＴ)



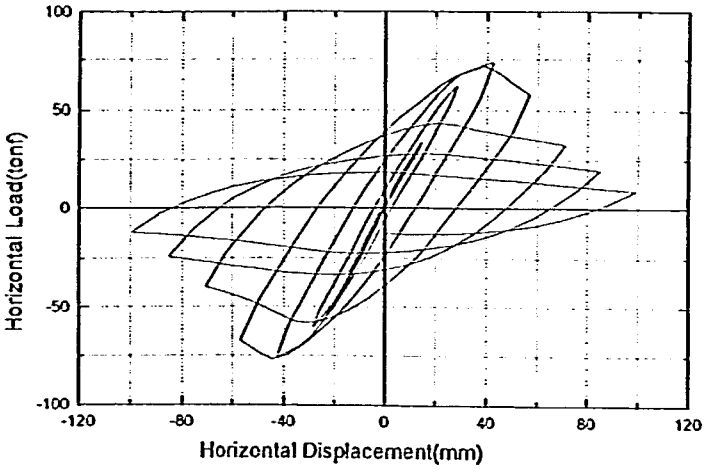


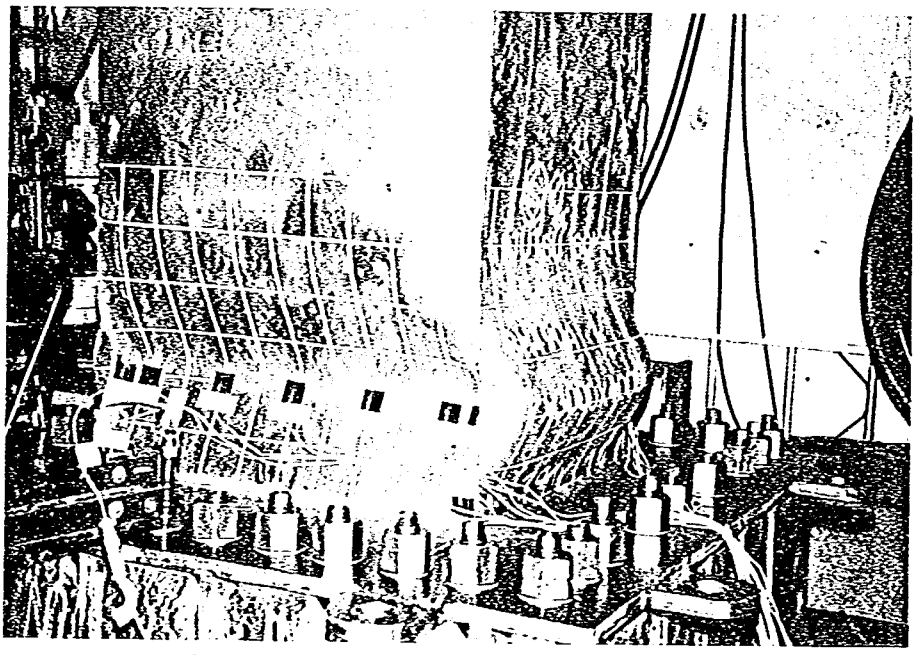
写真－5．4．2　＋4δy時(67tf, A－D面)



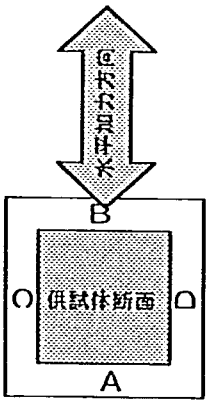


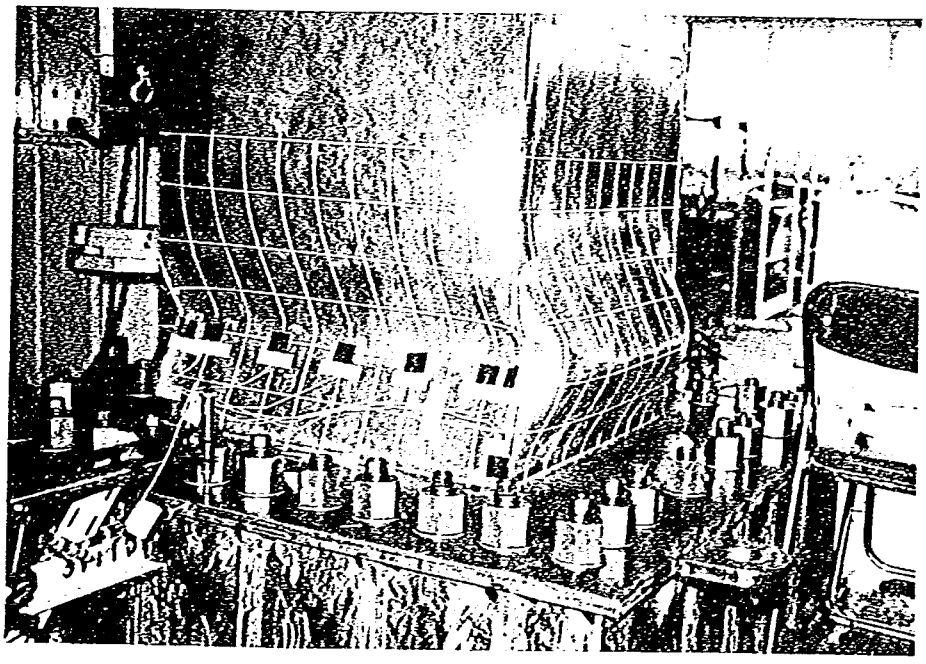
写真－5．4．3　－4δy時(-58tf, D－B面)





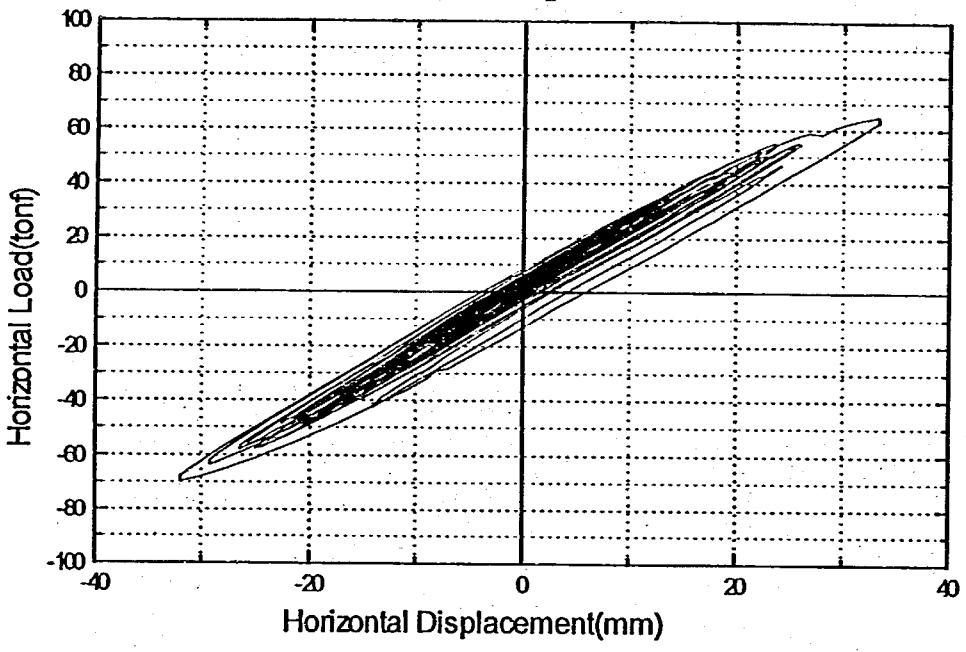
写真－5．4．4　実験終了時(A－D面)



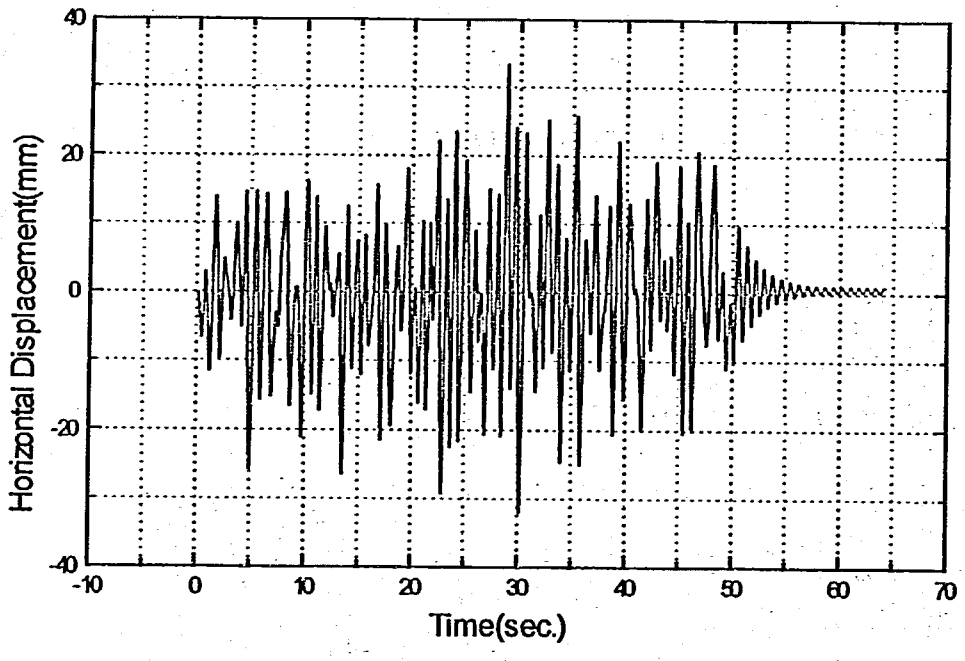


写真－5．4．5　実験終了時(B－C面)

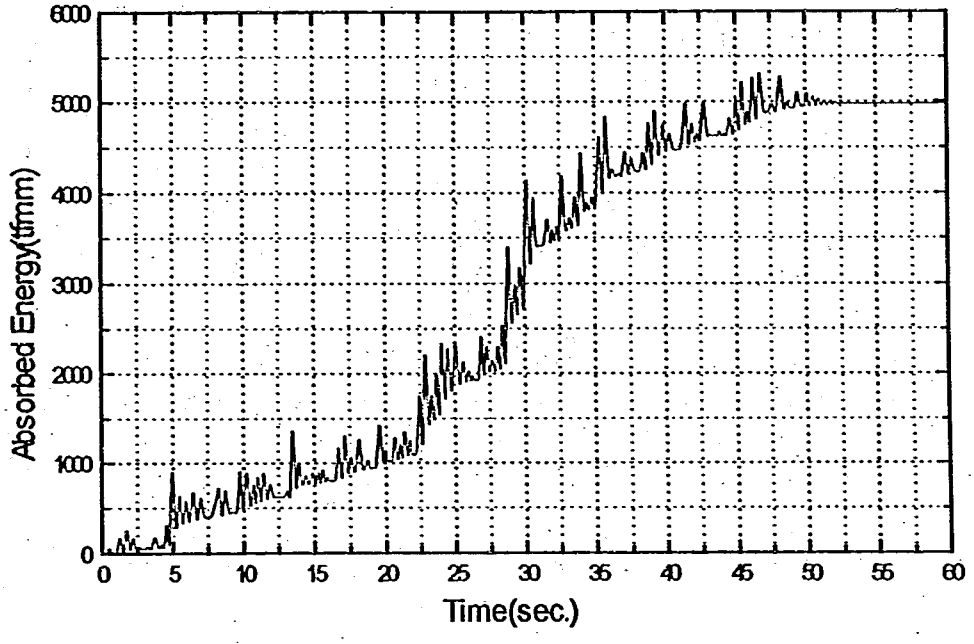
5．4．2　A3R－L2



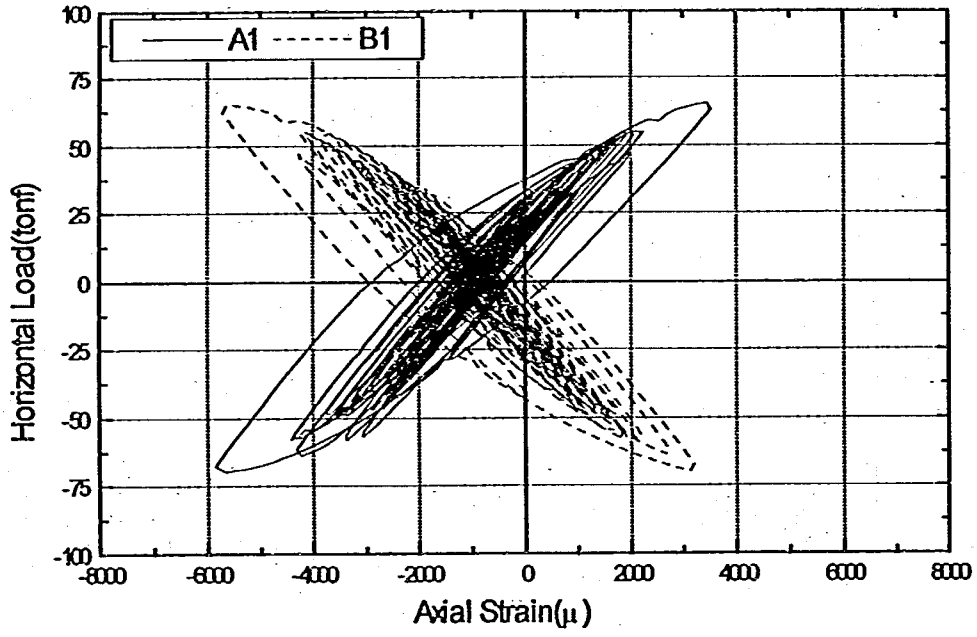
図－5．4．14　水平荷重－変位履歴曲線（A3R－L2）



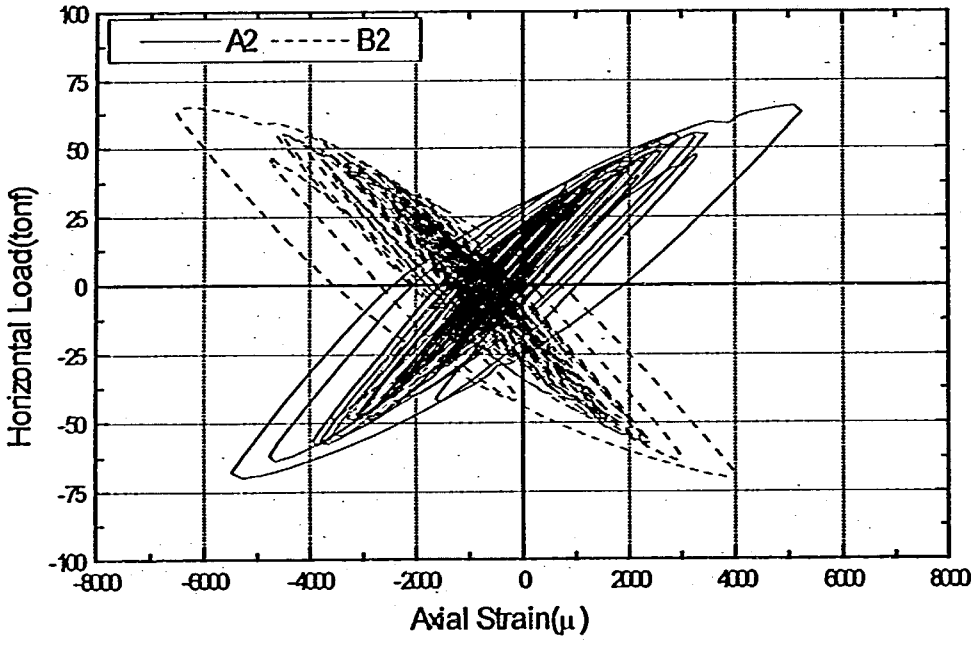
図－5．4．15　時刻歴応答変位（A3R－L2）



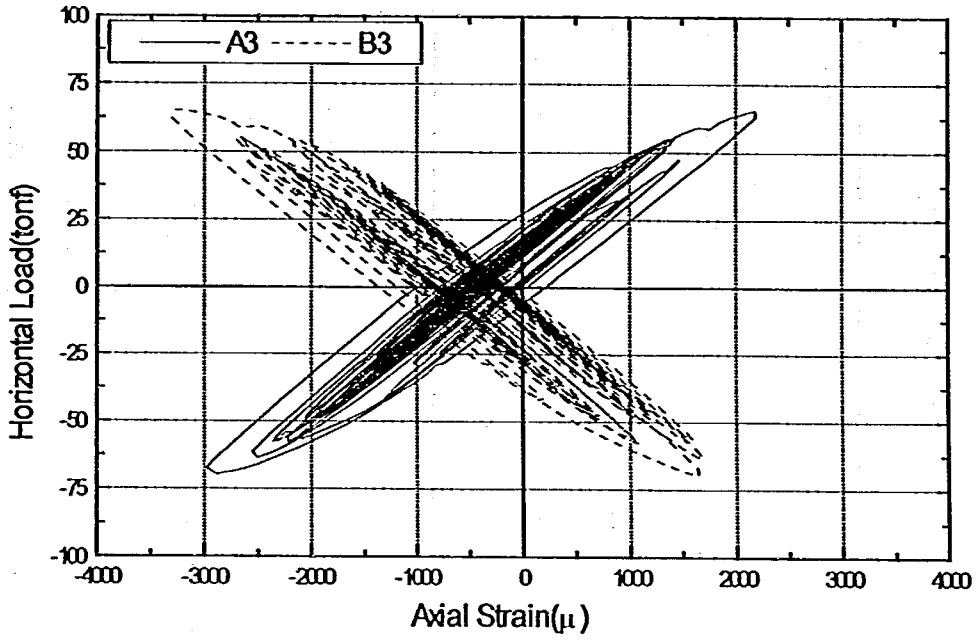
図－５．４．１６　累積エネルギー吸収量（Ａ３Ｒ－Ｌ２）



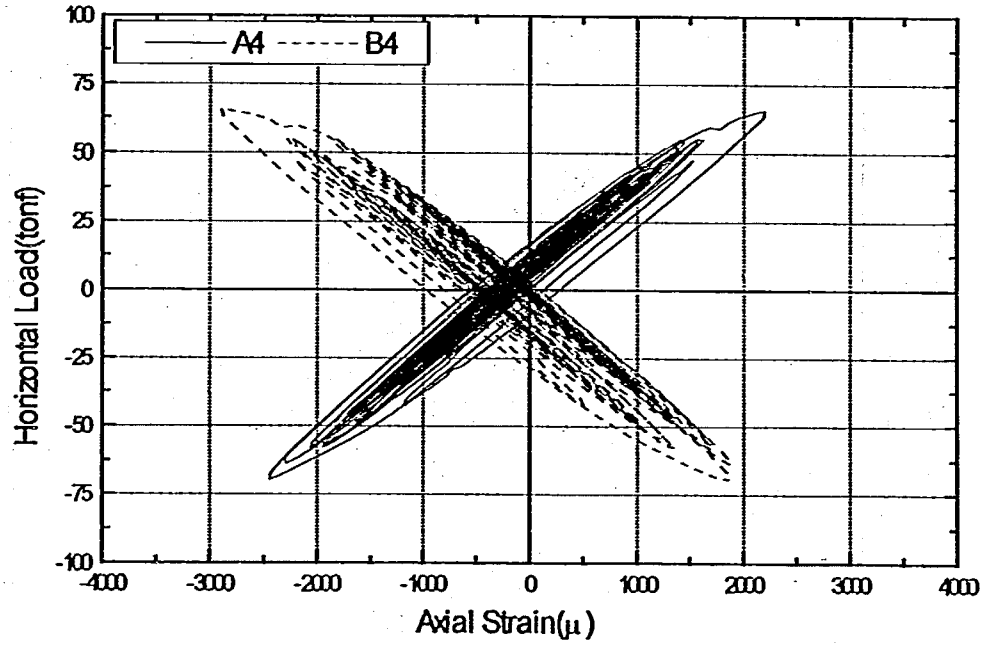
図－５．４．１７　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－Ｌ２、Ａ１＆Ｂ１）



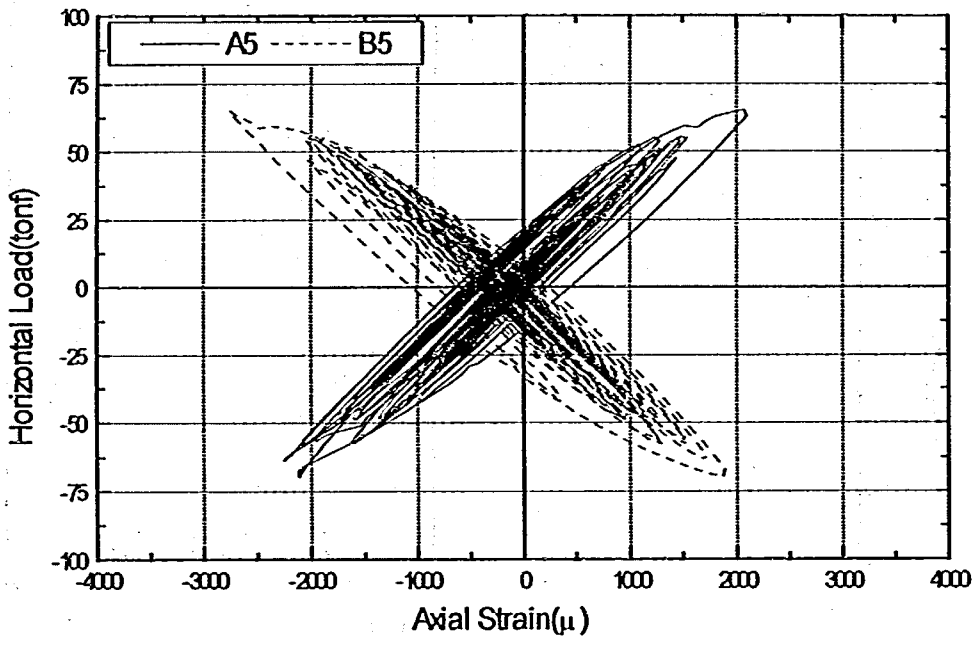
図－５．４．１８　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－Ｌ２、Ａ２＆Ｂ２）



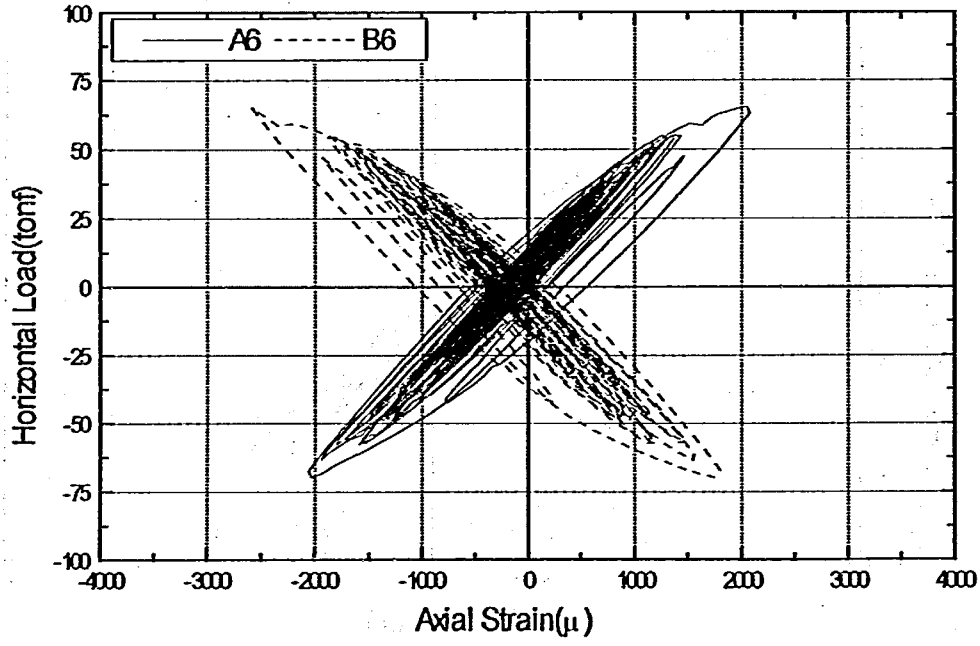
図－５．４．１９　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－Ｌ２、Ａ３＆Ｂ３）



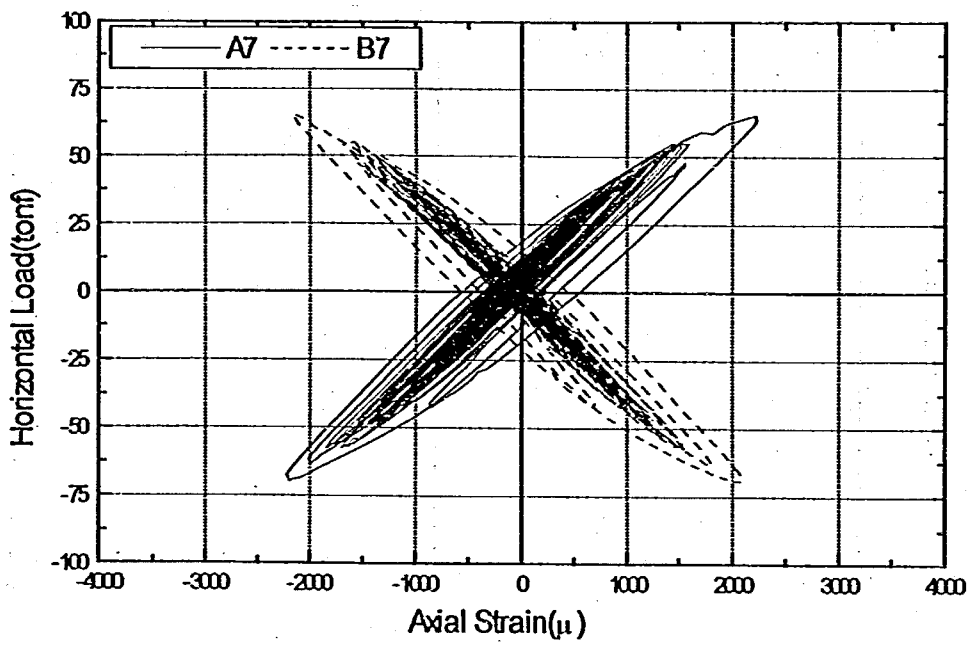
図－５．４．２０　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－Ｌ２、Ａ４＆Ｂ４）



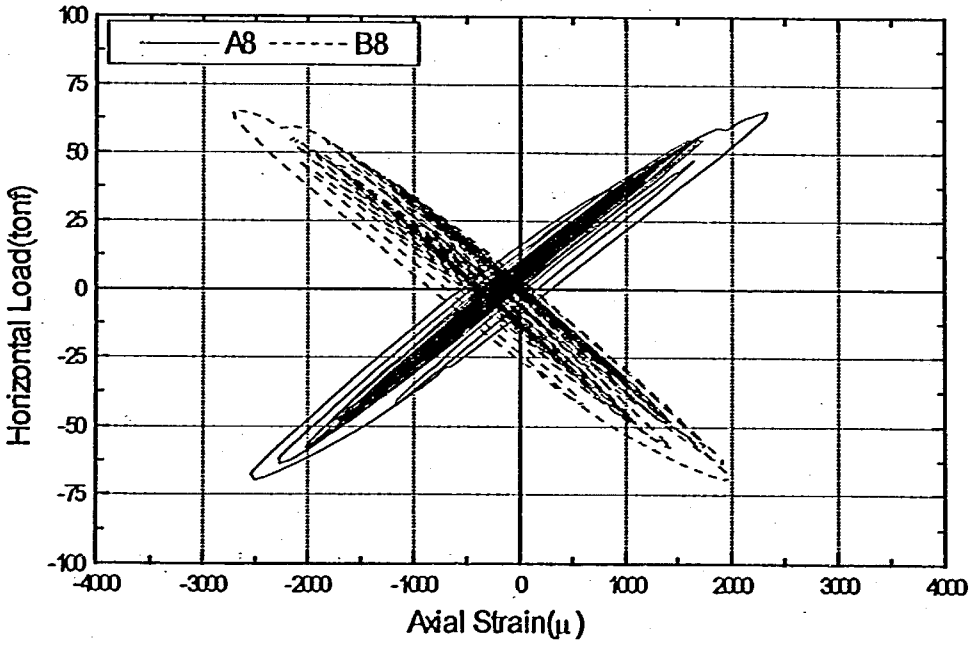
図－５．４．２１　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－Ｌ２、Ａ５＆Ｂ５）



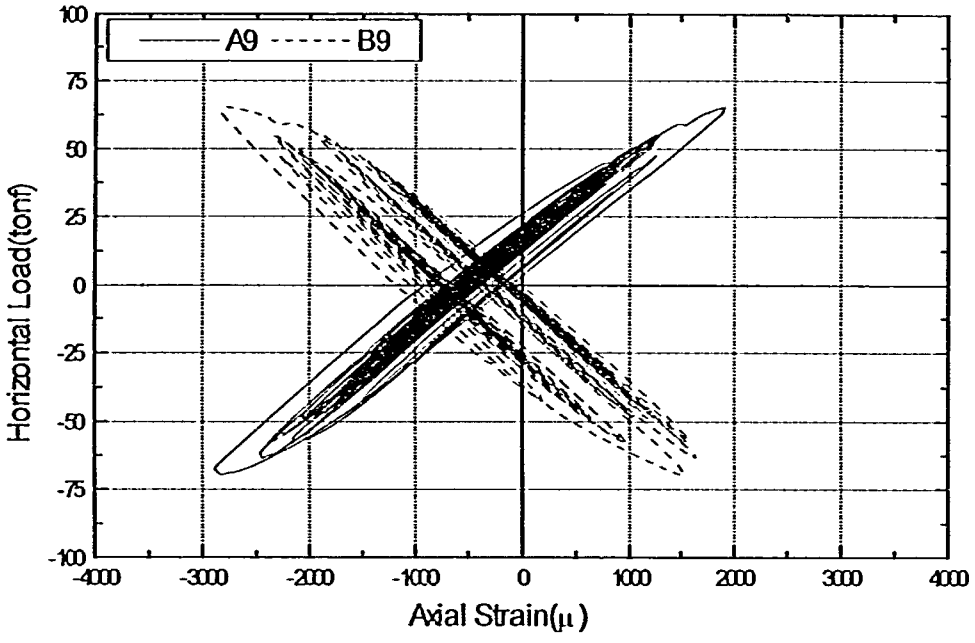
図－５．４．２２　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－Ｌ２、Ａ６＆Ｂ６）



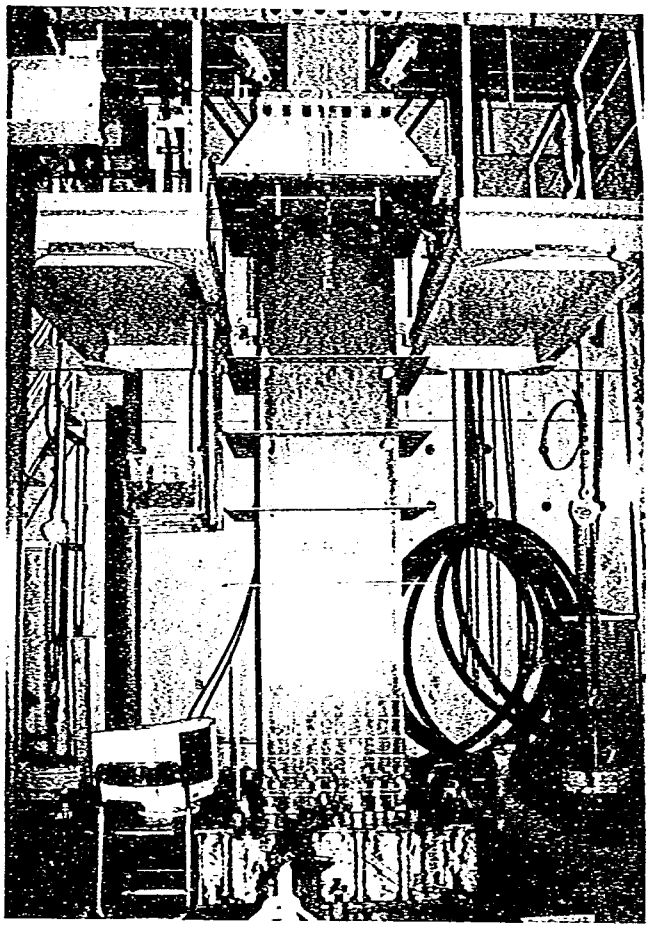
図－５．４．２３　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－Ｌ２、Ａ７＆Ｂ７）



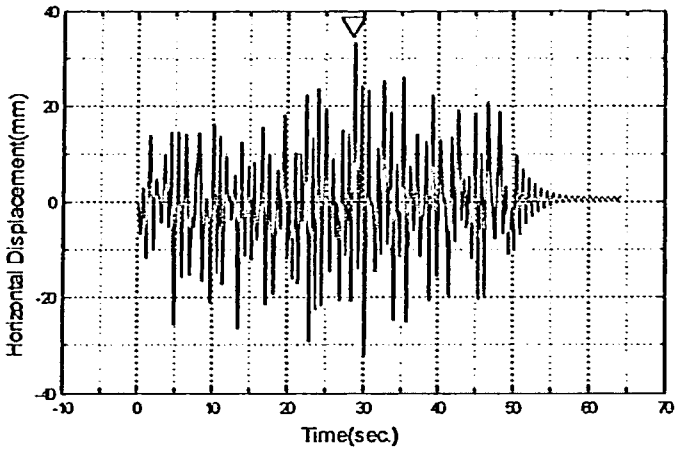
図－５．４．２４　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－Ｌ２、Ａ８＆Ｂ８）

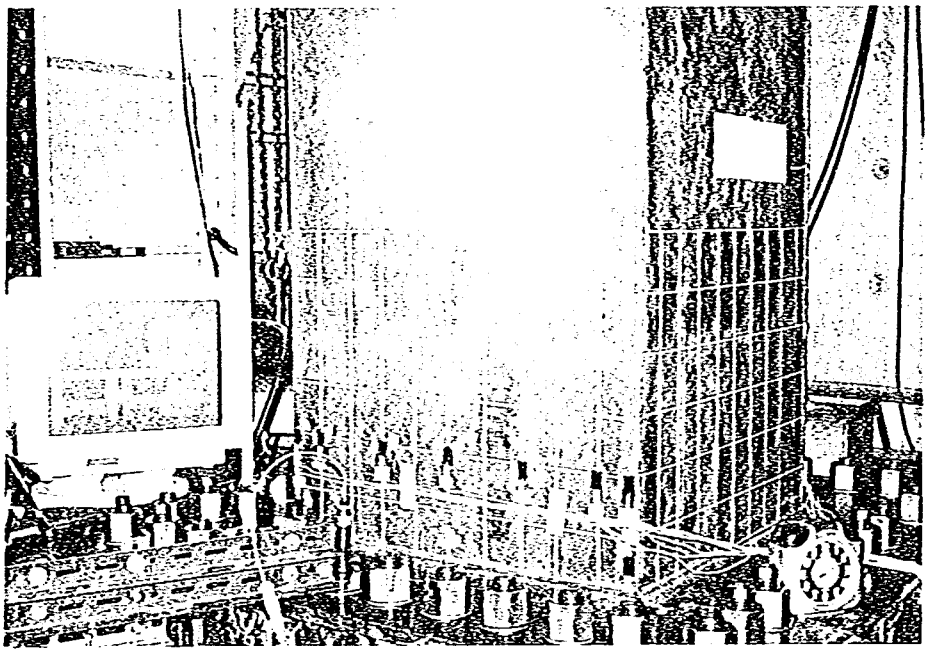


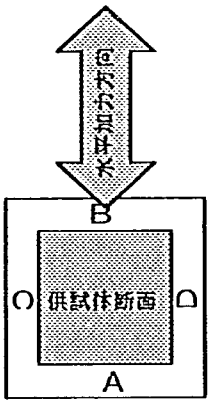
図－５．４．２５　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－Ｌ２、Ａ９＆Ｂ９）



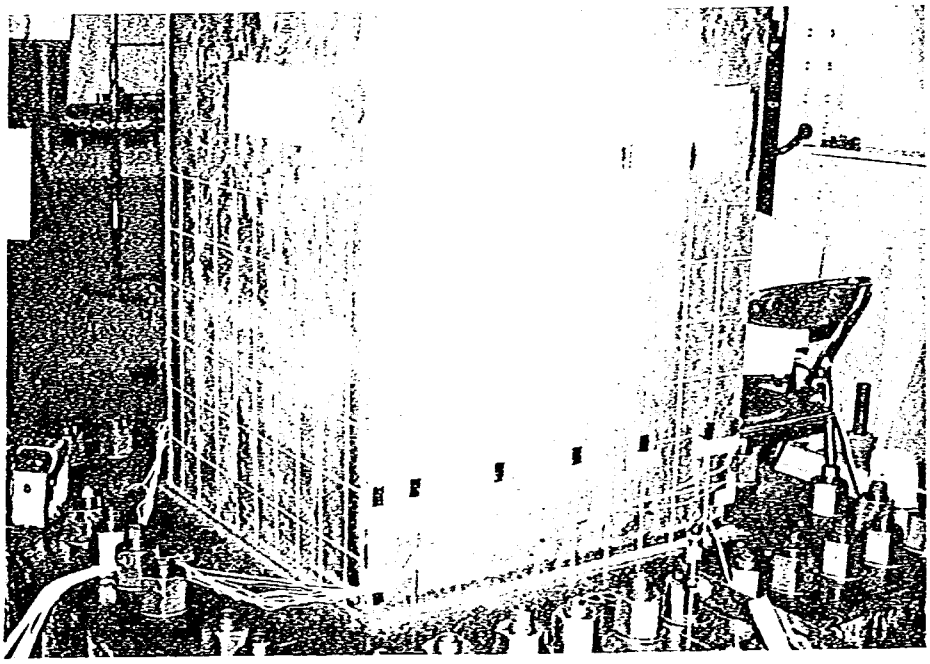
写真－５．４．６　実験供試体全景(Ａ３Ｒ－Ｌ２)



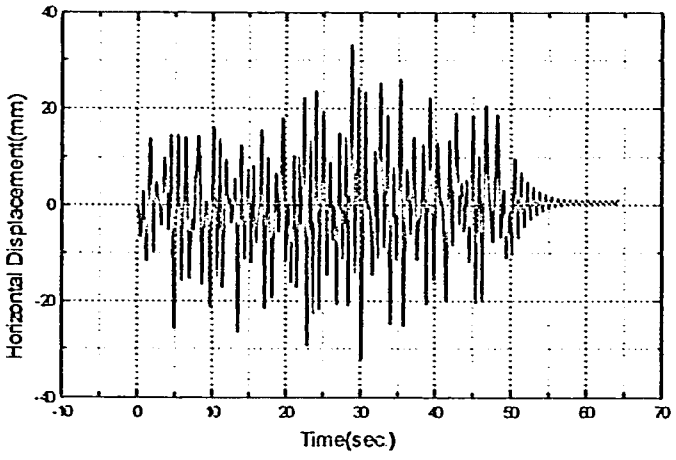


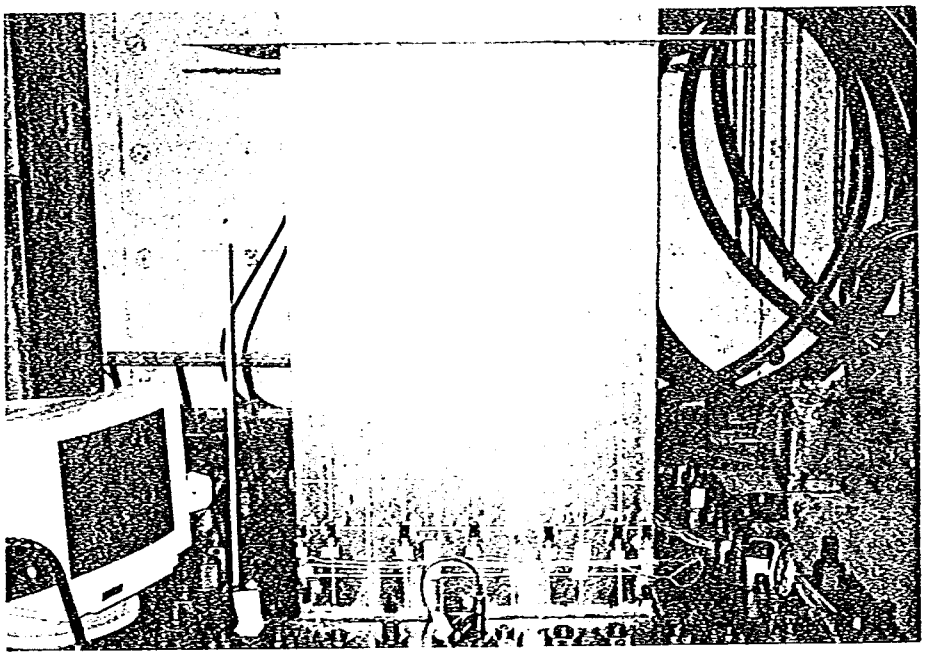


写真－５．４．７　27.8 秒経過時(A－D面)

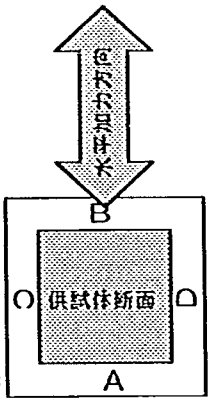


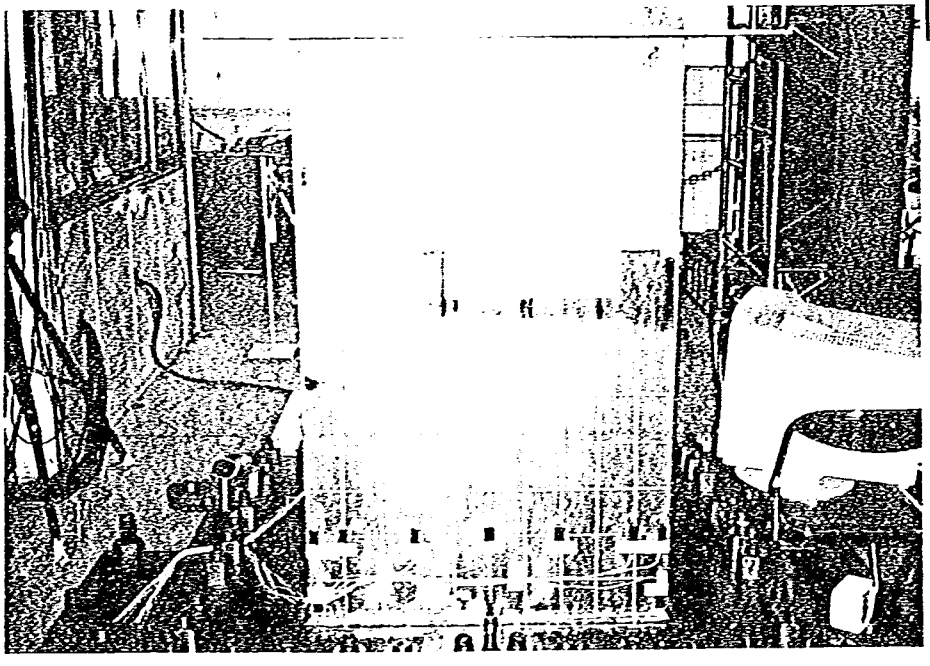
写真－５．４．８　27.8 秒経過時(D－B面)





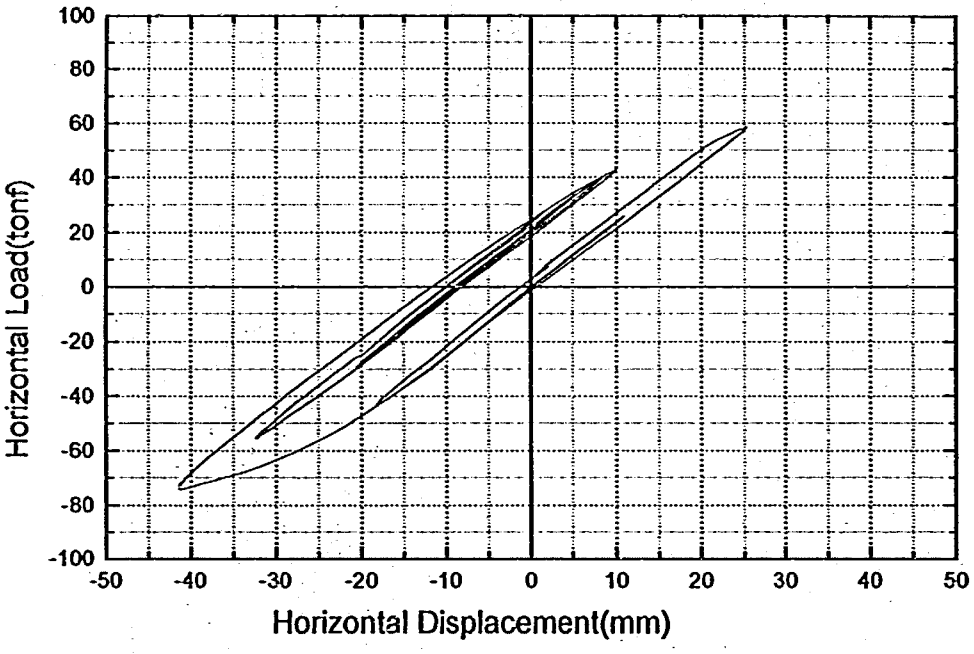
写真－５．４．９　実験終了時(A面)



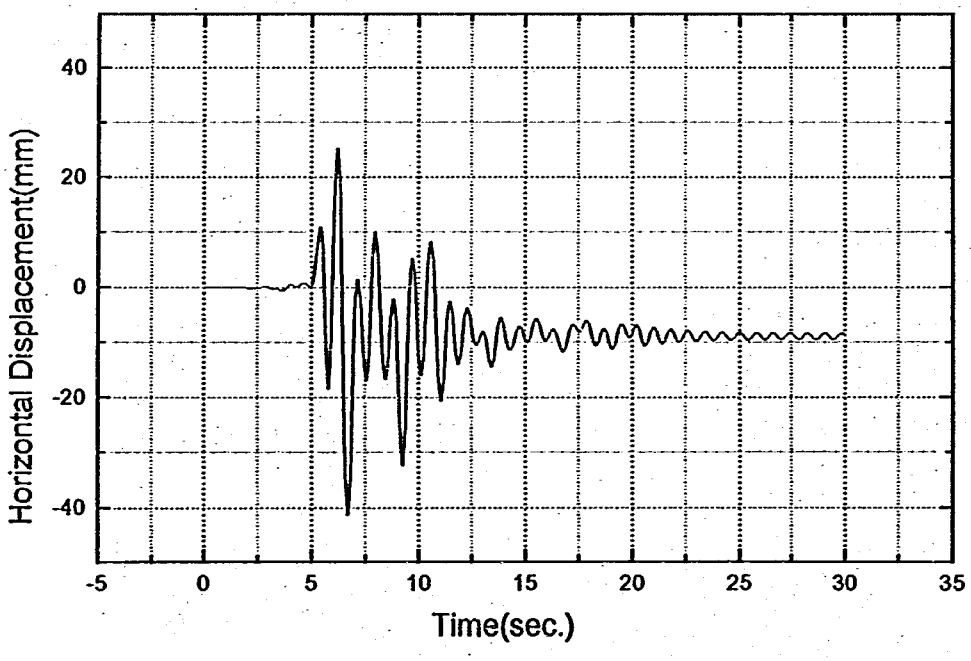


写真－５．４．１０　実験終了時(B面)

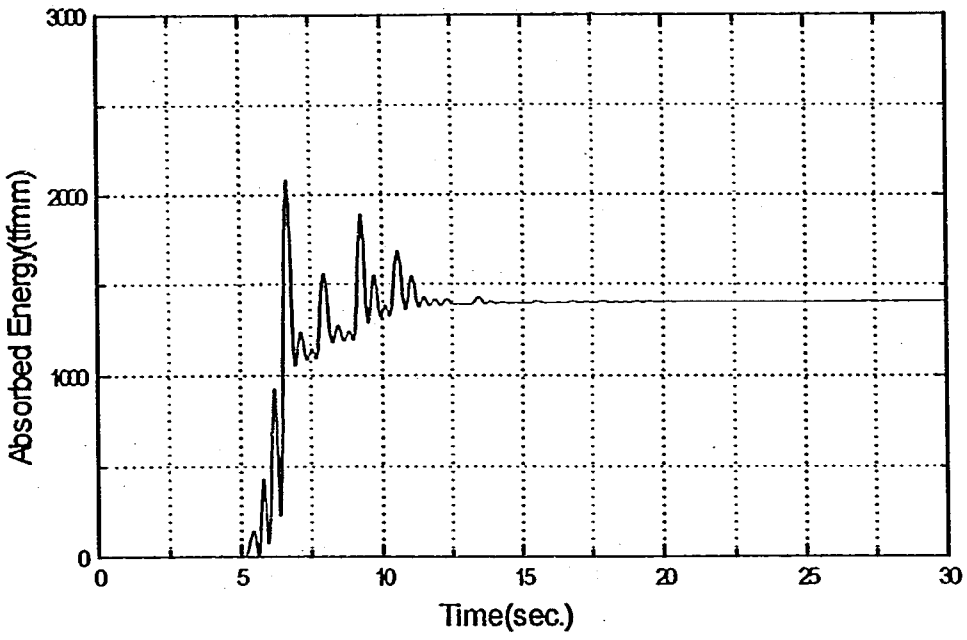
5．4．3　A3R－HN



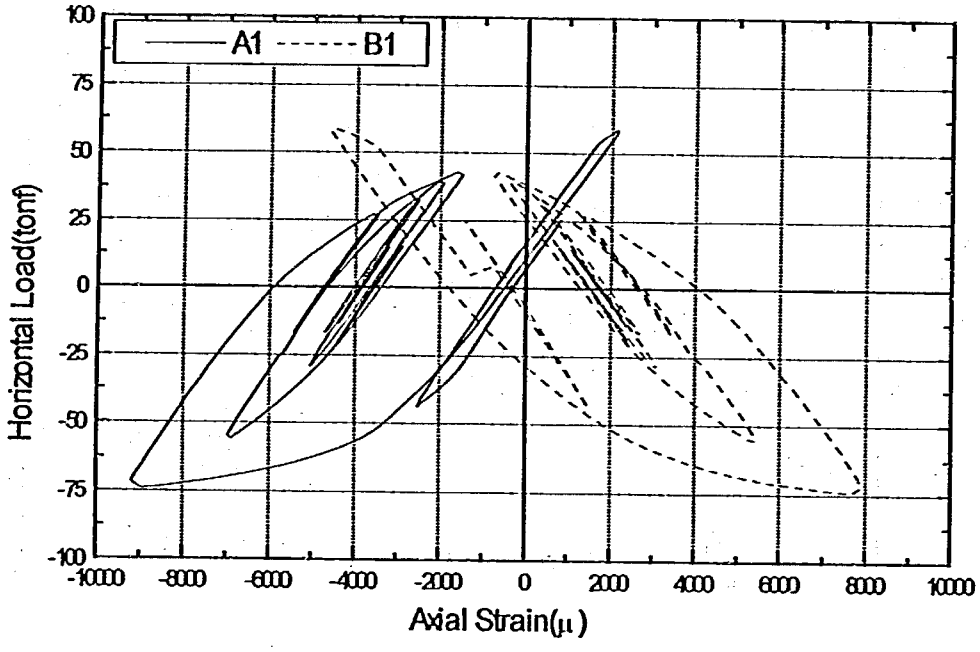
図－5．4．26　水平荷重－変位履歴曲線（A3R－HN）



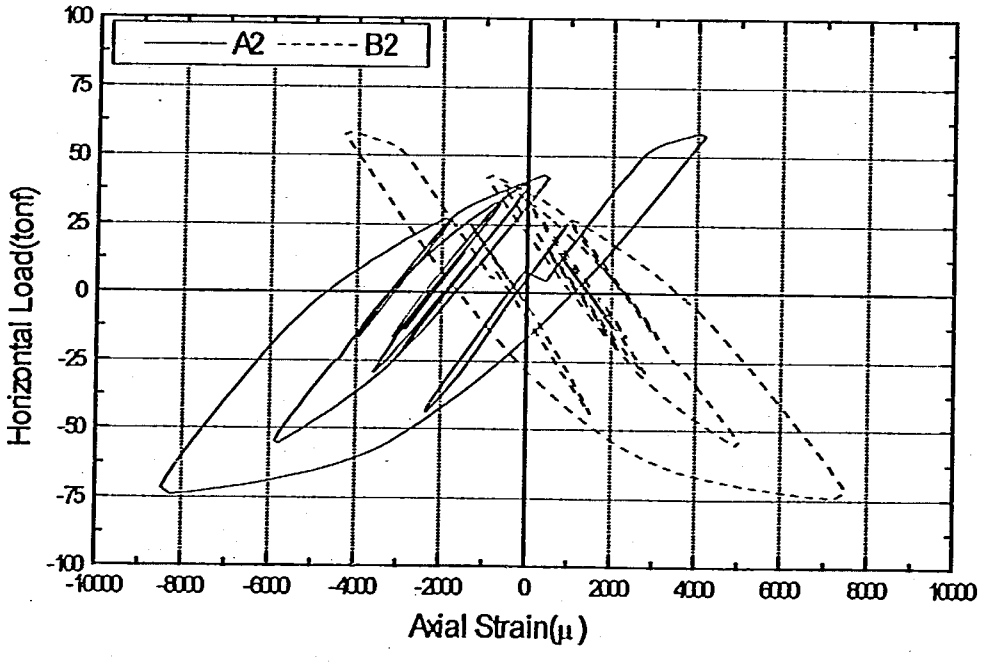
図－5．4．27　時刻歴応答変位（A3R－HN）



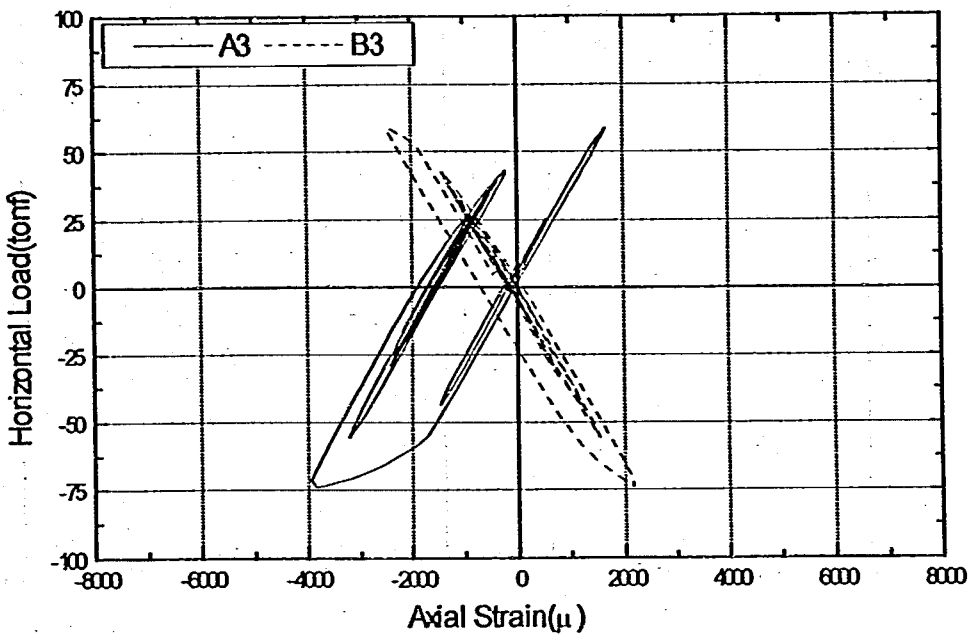
図－５．４．２８　累積エネルギー吸収量（Ａ３Ｒ－ＨＮ）



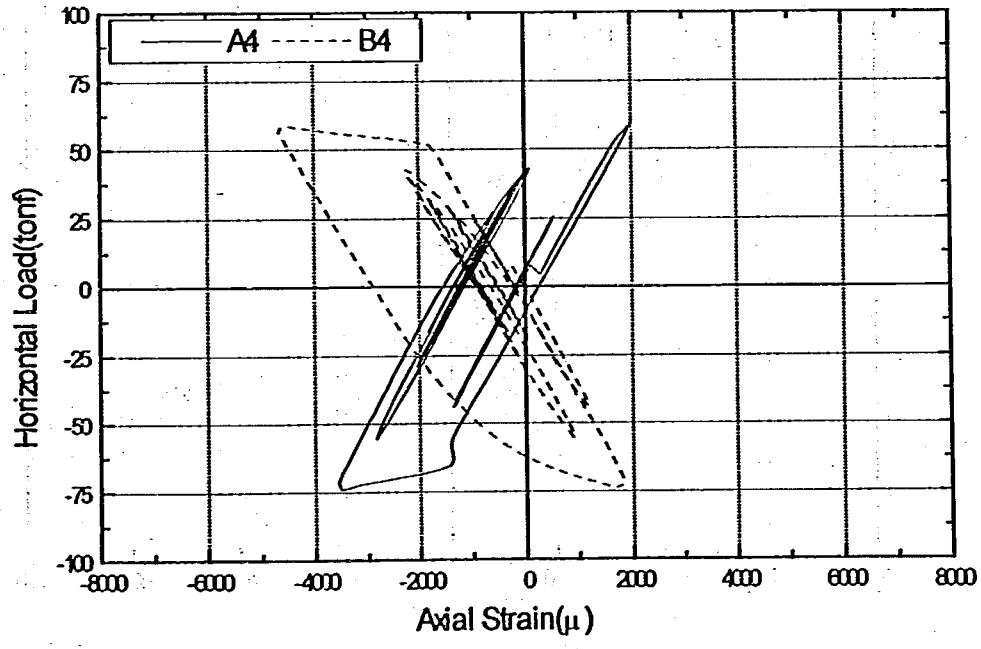
図－５．４．２９　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－ＨＮ、Ａ１&Ｂ１）



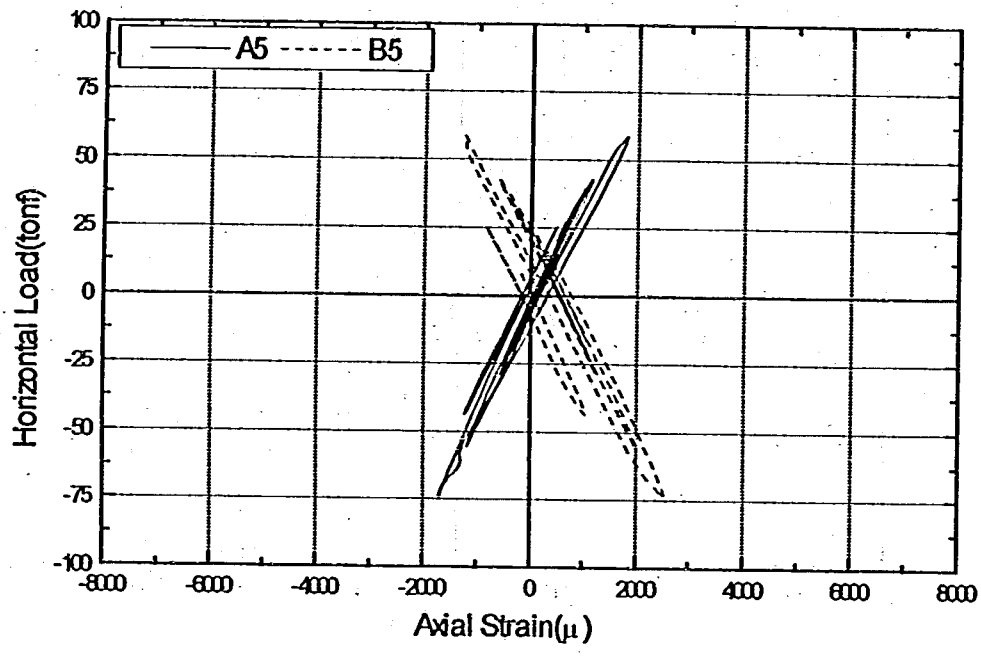
図－５．４．３０　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－ＨＮ、Ａ２&Ｂ２）



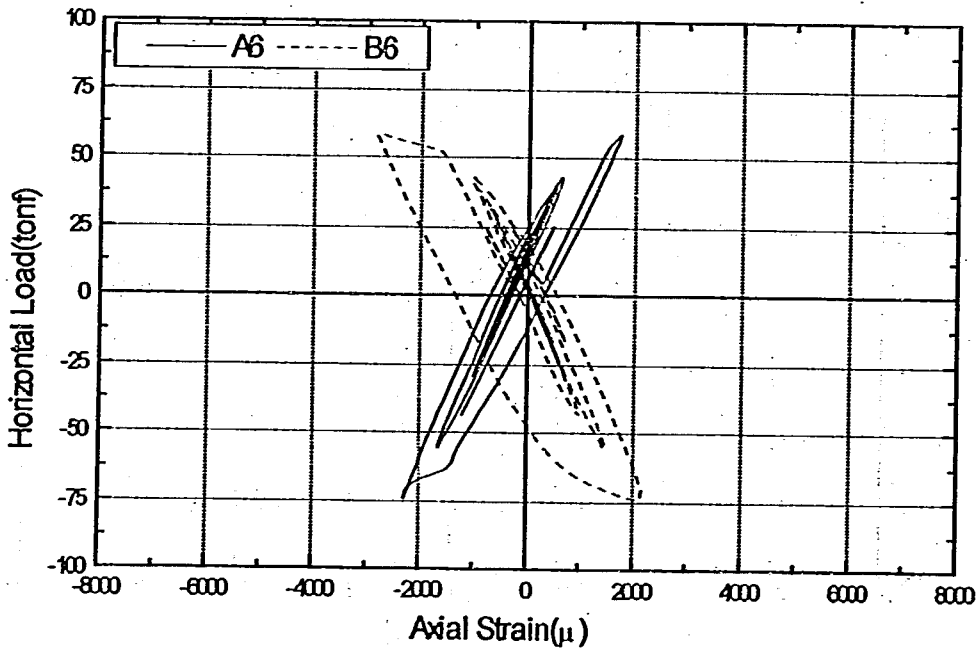
図－５．４．３１　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－ＨＮ、Ａ３＆Ｂ３）



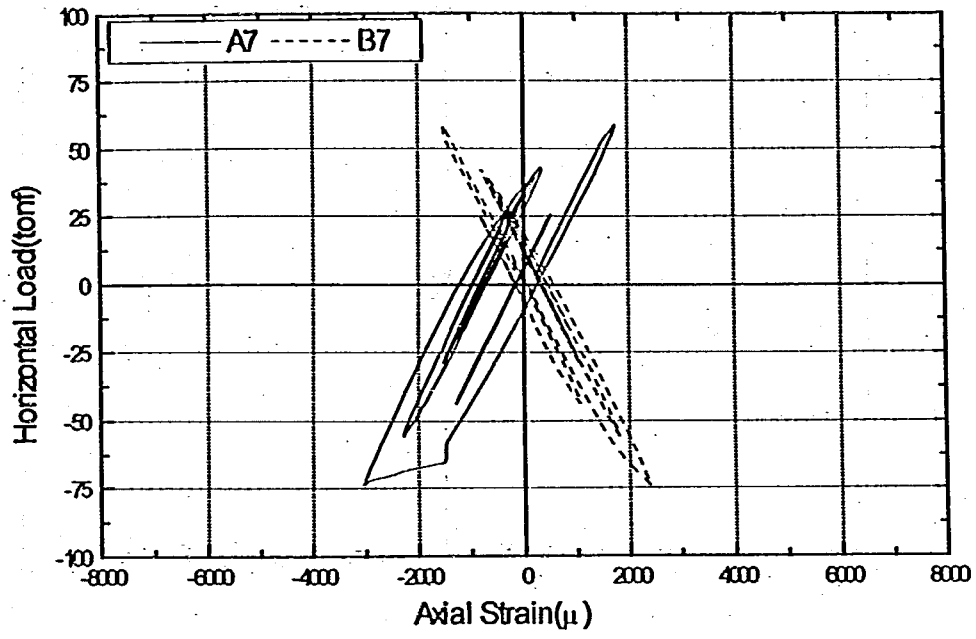
図－５．４．３２　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－ＨＮ、Ａ４＆Ｂ４）



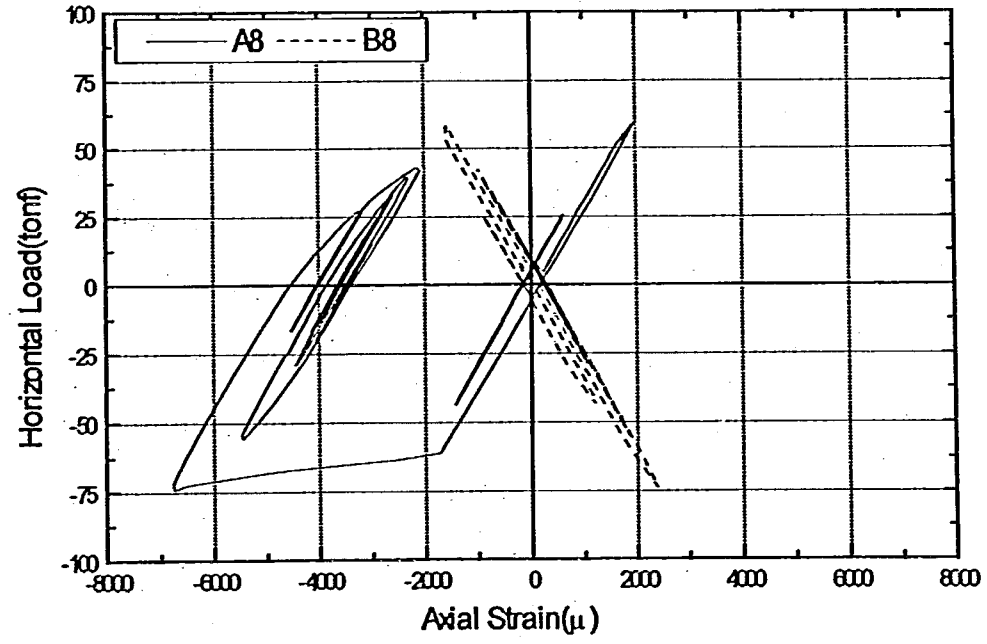
図－５．４．３３　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－ＨＮ、Ａ５＆Ｂ５）



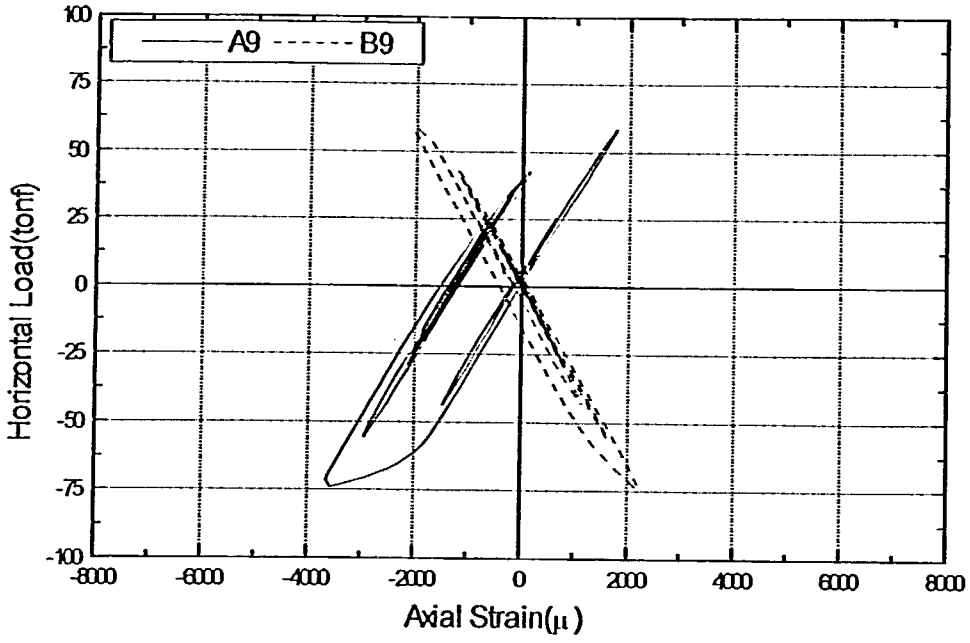
図－５．４．３４　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－ＨＮ、Ａ６＆Ｂ６）



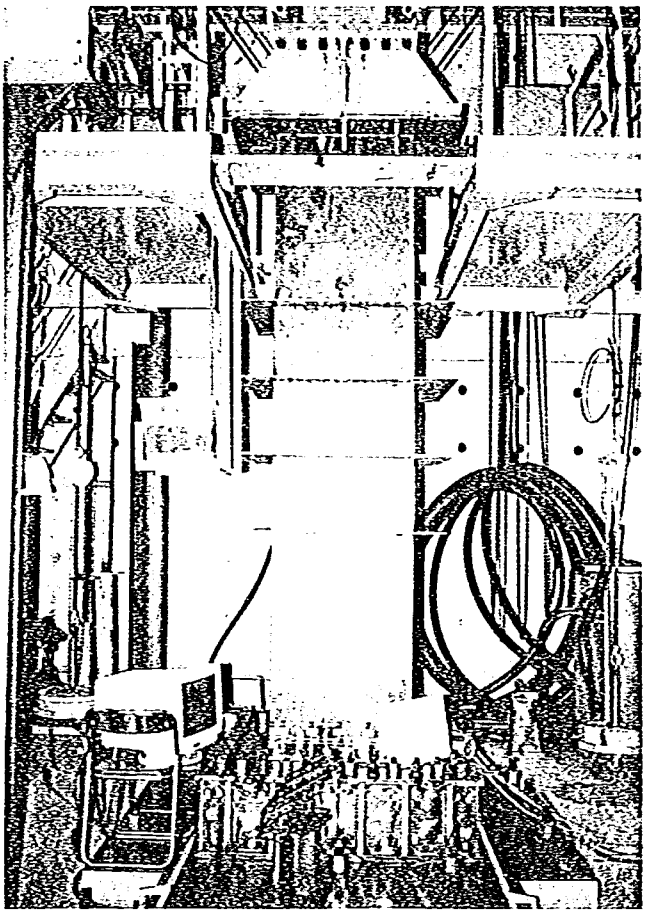
図－５．４．３５　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－ＨＮ、Ａ７＆Ｂ７）



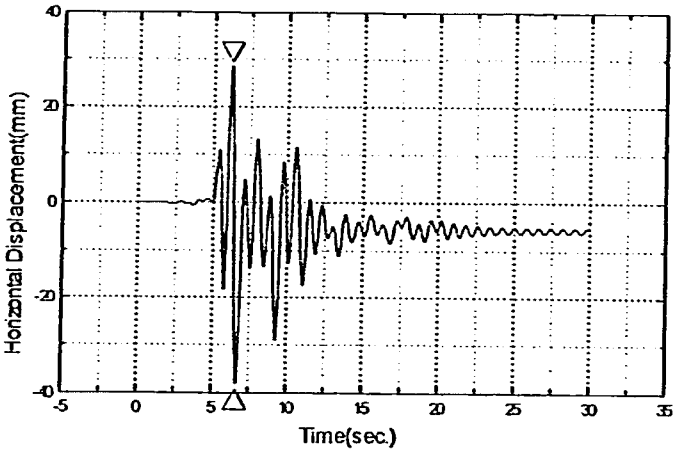
図－５．４．３６　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－ＨＮ、Ａ８＆Ｂ８）

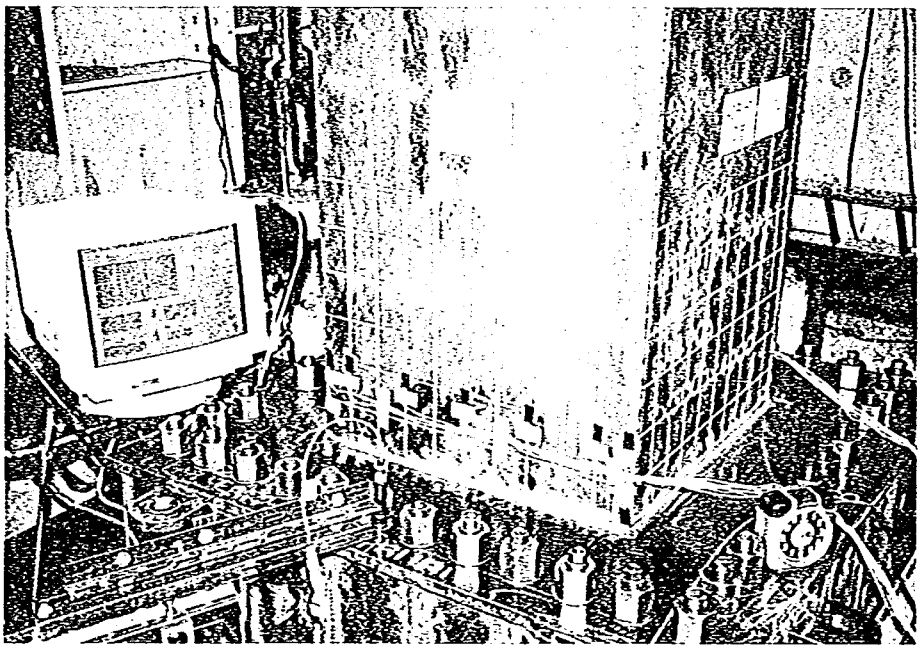


図－５．４．３７　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－ＨＮ、Ａ９＆Ｂ９）

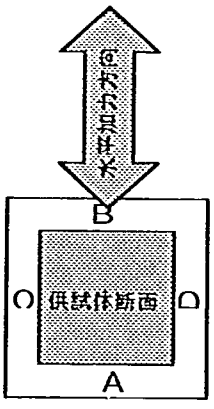


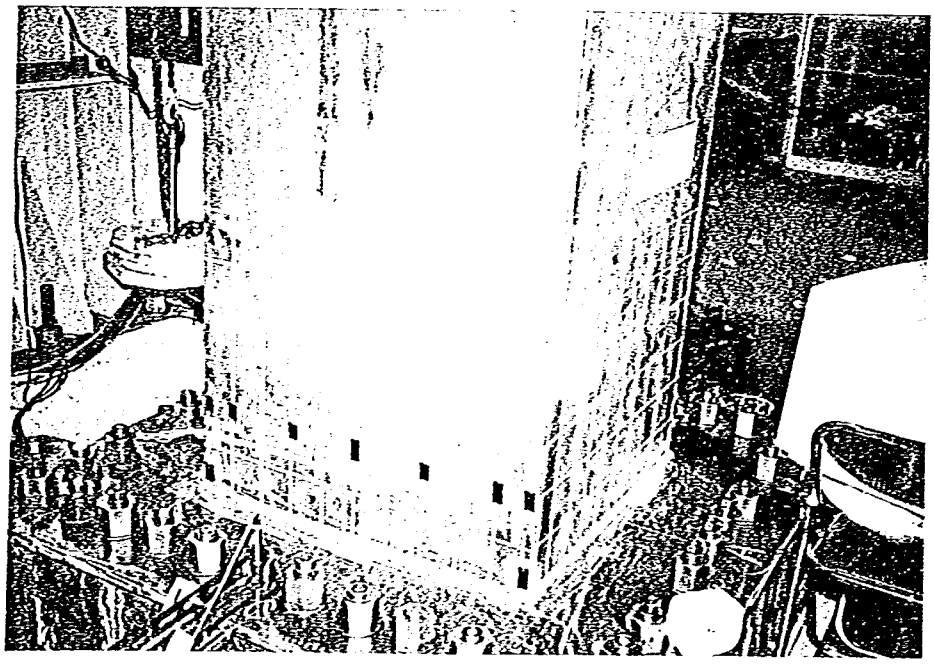
写真－５．４．１１　実験供試体全景(Ａ３Ｒ－ＨＮ)



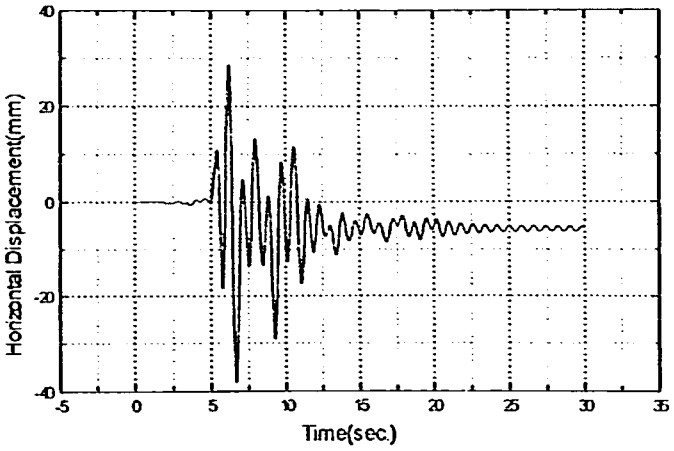


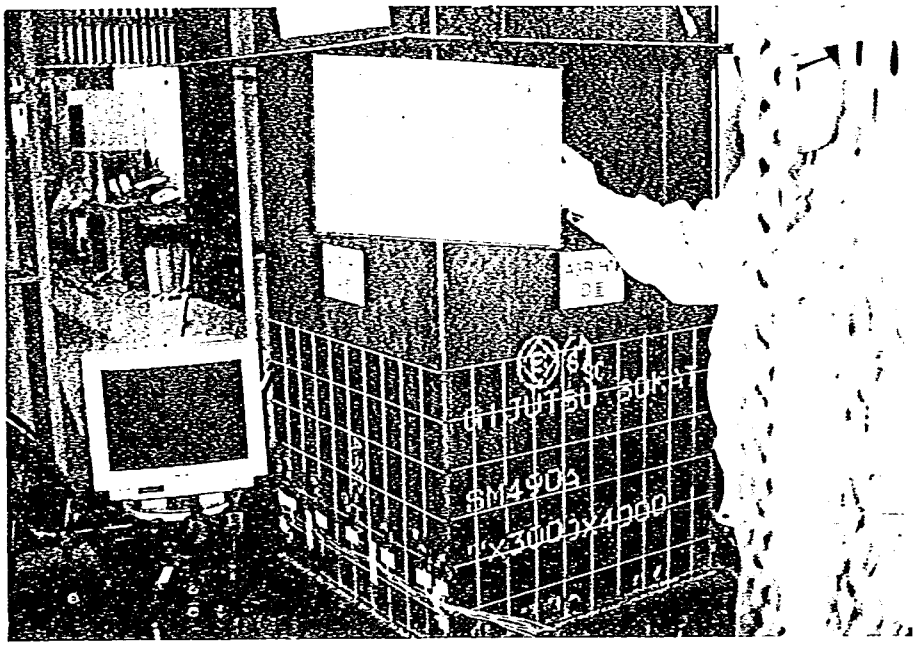
写真－５．４．１２　6.2秒経過時(58.7tf, 28.5mm, A－D面)



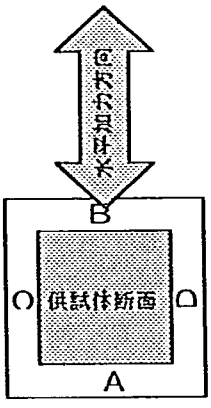


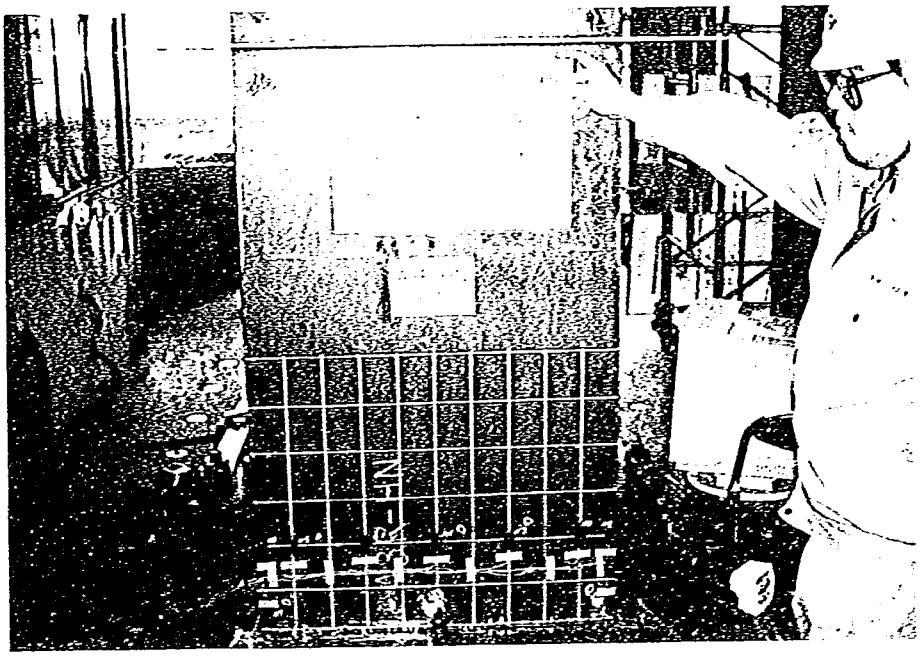
写真－５．４．１３　6.6秒経過時(-71.4tf, -38.1mm, B－C面)





写真－５．４．１４　実験終了時(A－D面)

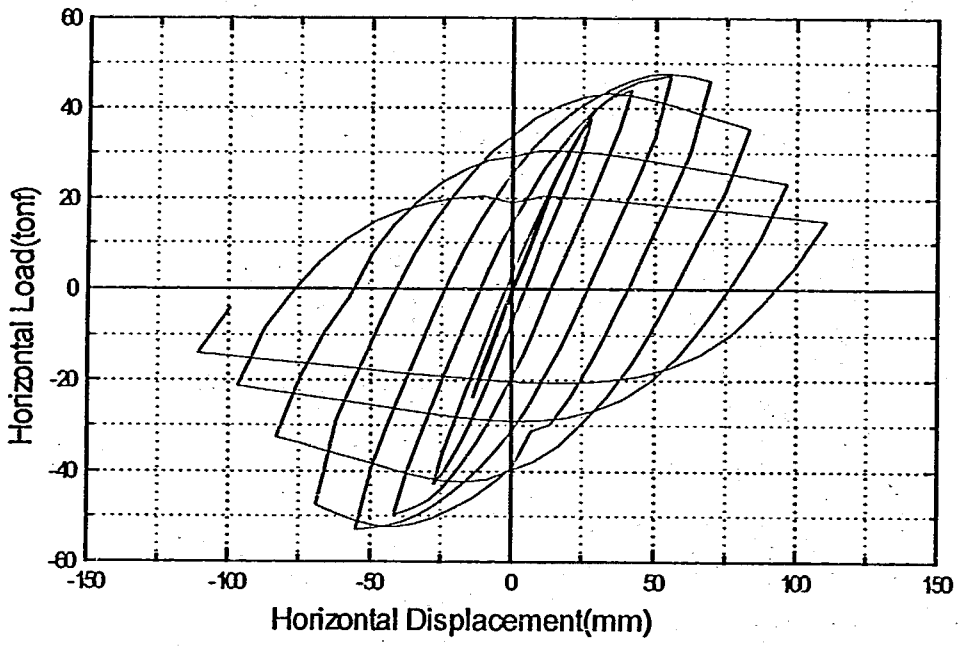




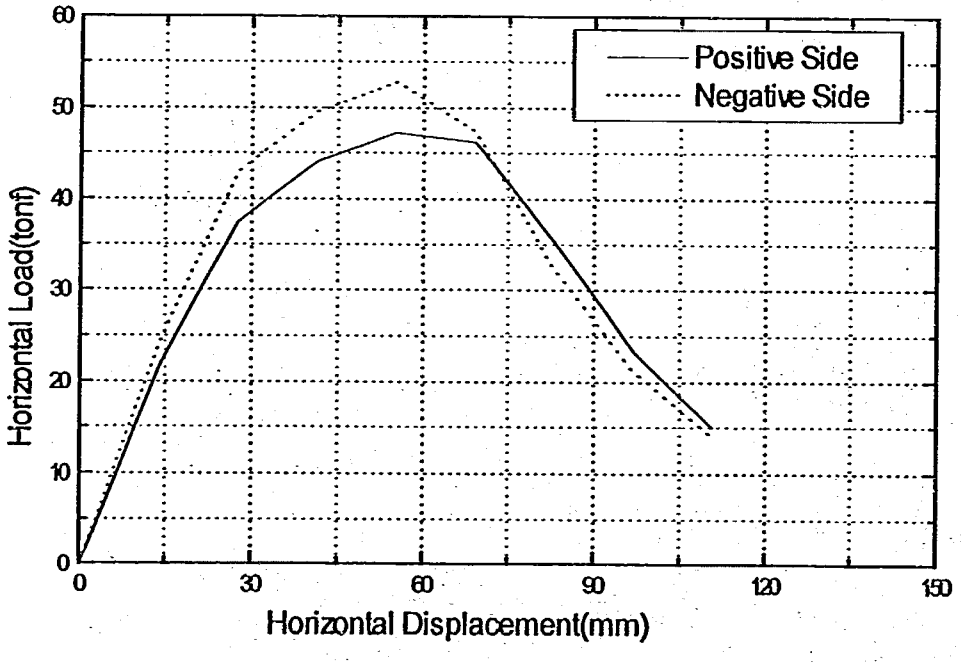
写真－５．４．１５　実験終了時(B面)

5．5　A1Cシリーズ

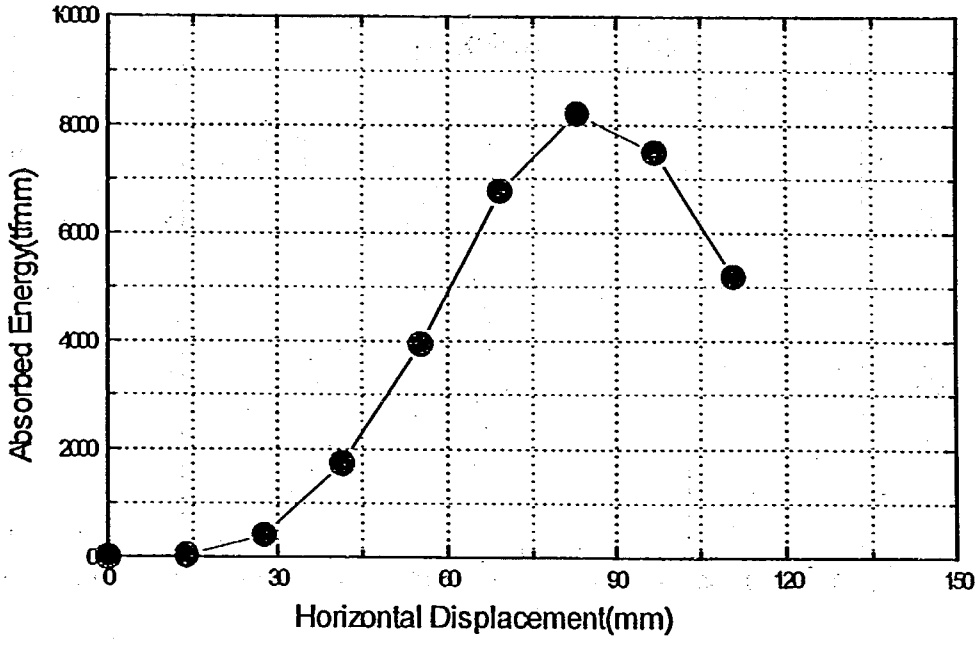
5．5．1　A1C－ST



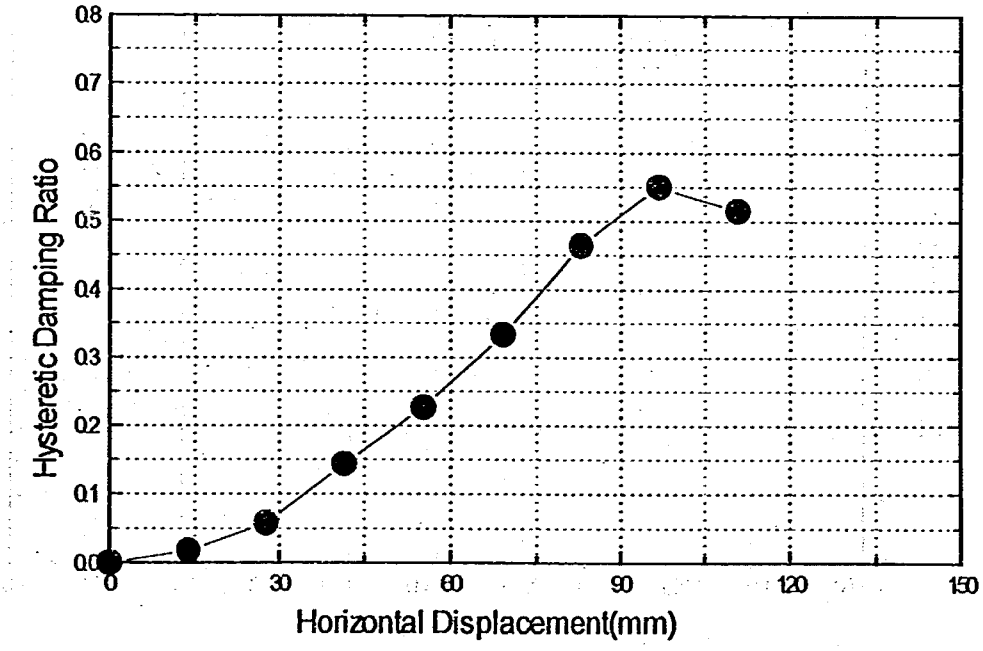
図－5．5．1　水平荷重－変位履歴曲線（A1C－ST）



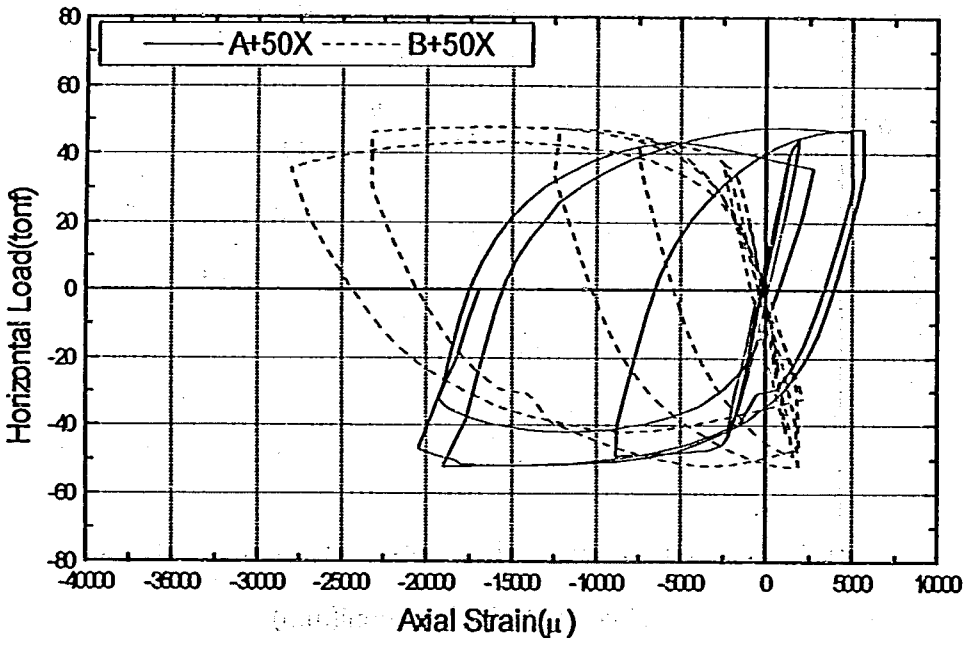
図－5．5．2　水平荷重－変位関係の包絡線（A1C－ST）



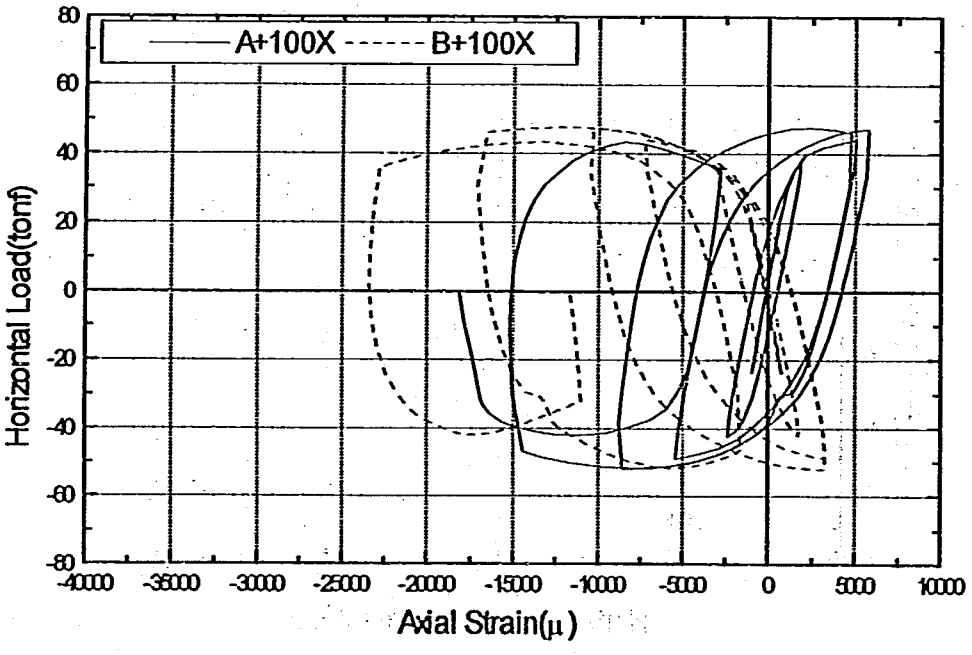
図－５．５．３　１ループごとのエネルギー吸収量（Ａ１Ｃ－ＳＴ）



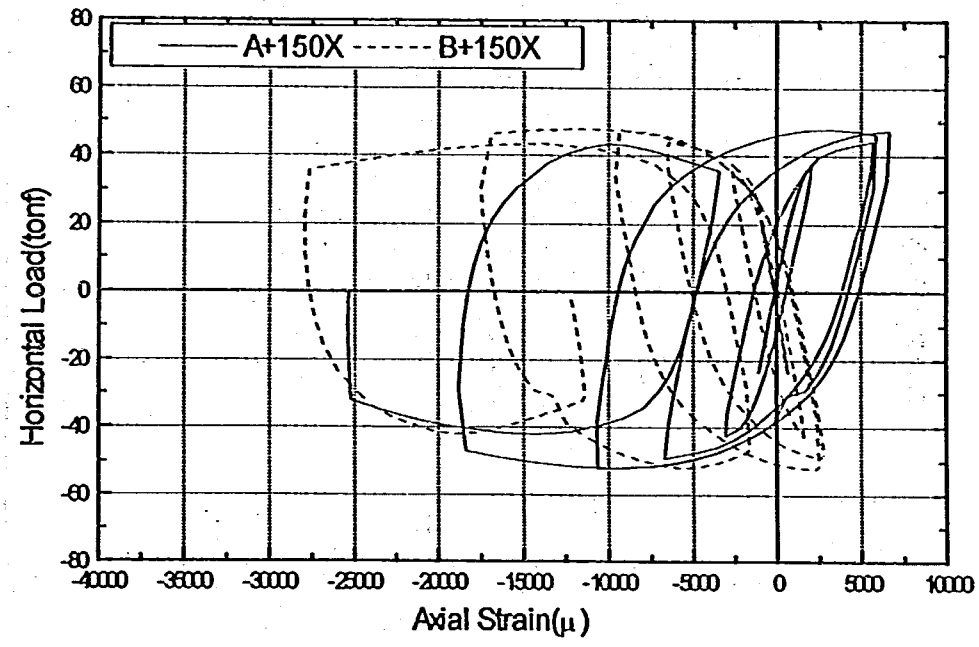
図－５．５．４　各ループの等価粘性減衰（Ａ１Ｃ－ＳＴ）



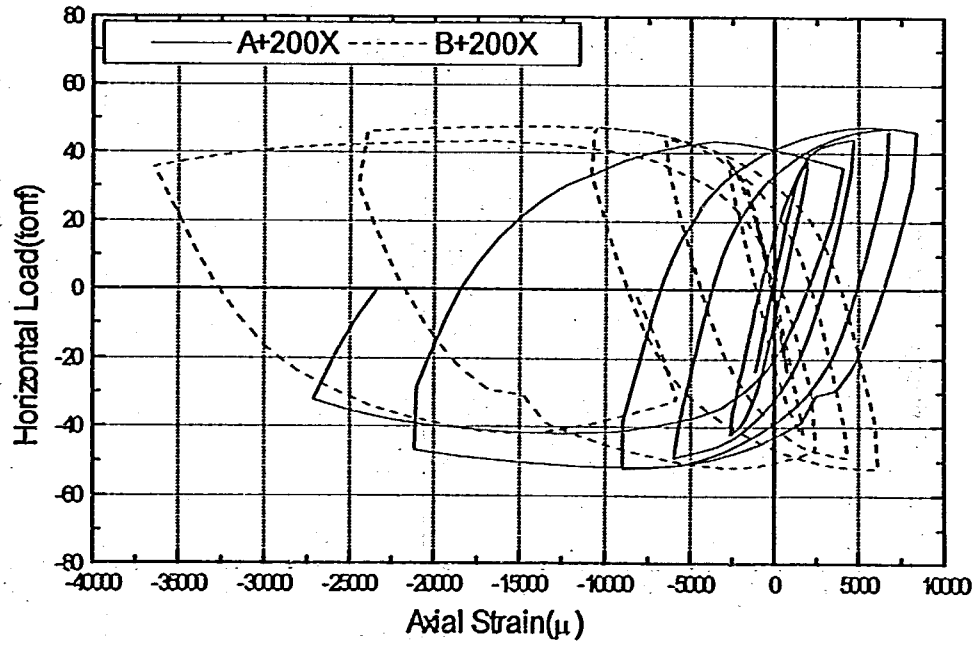
図－５．５．５　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｃ－ＳＴ、Ａ５０＆Ｂ５０）



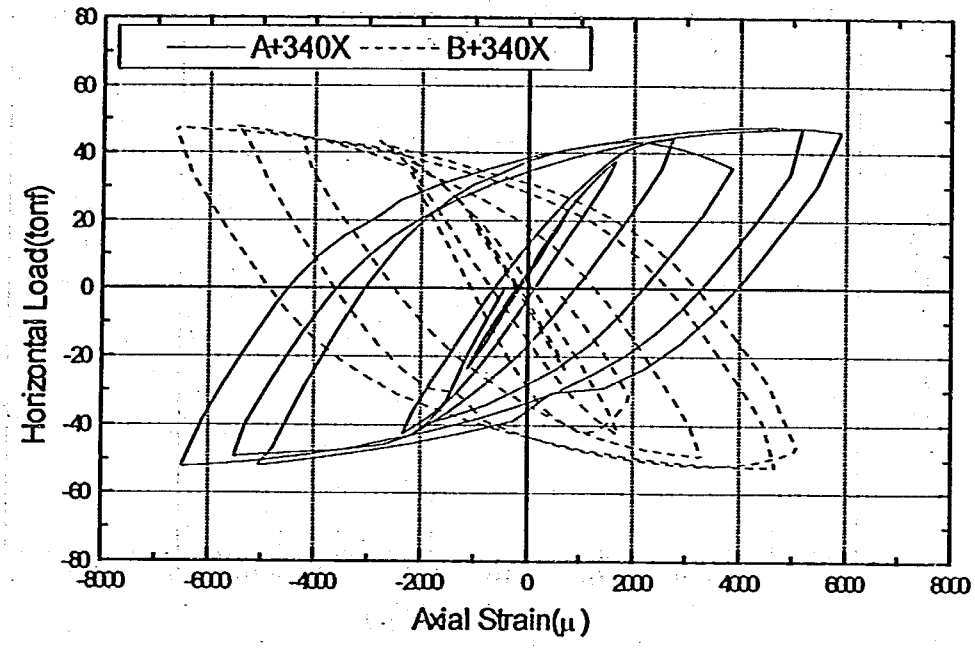
図－５．５．６　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｃ－ＳＴ、Ａ１００＆Ｂ１００）



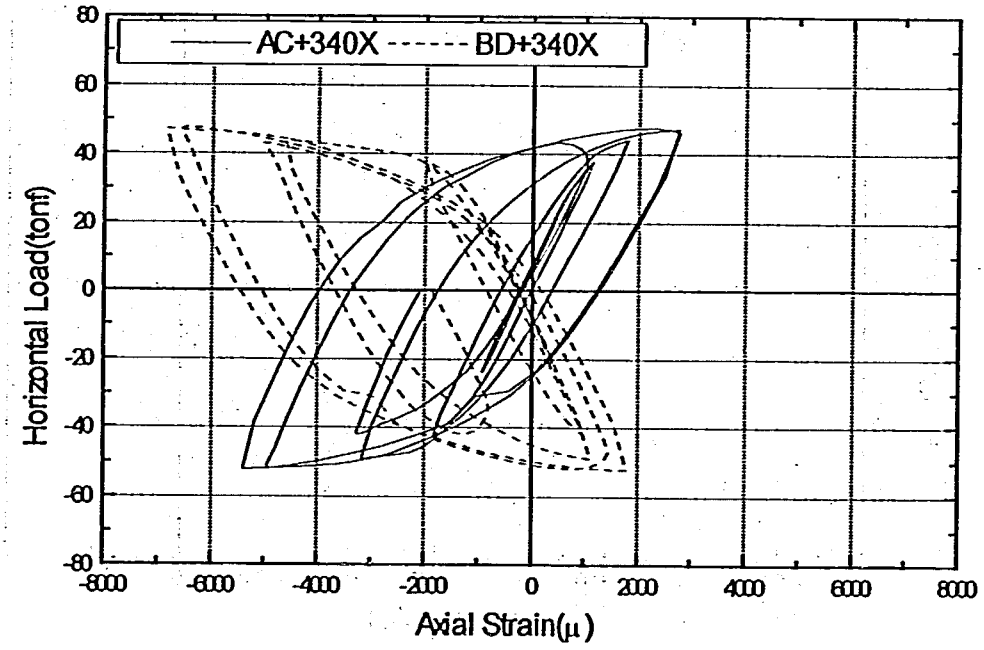
図－５．５．７　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｃ－ＳＴ、Ａ１５０&Ｂ１５０）



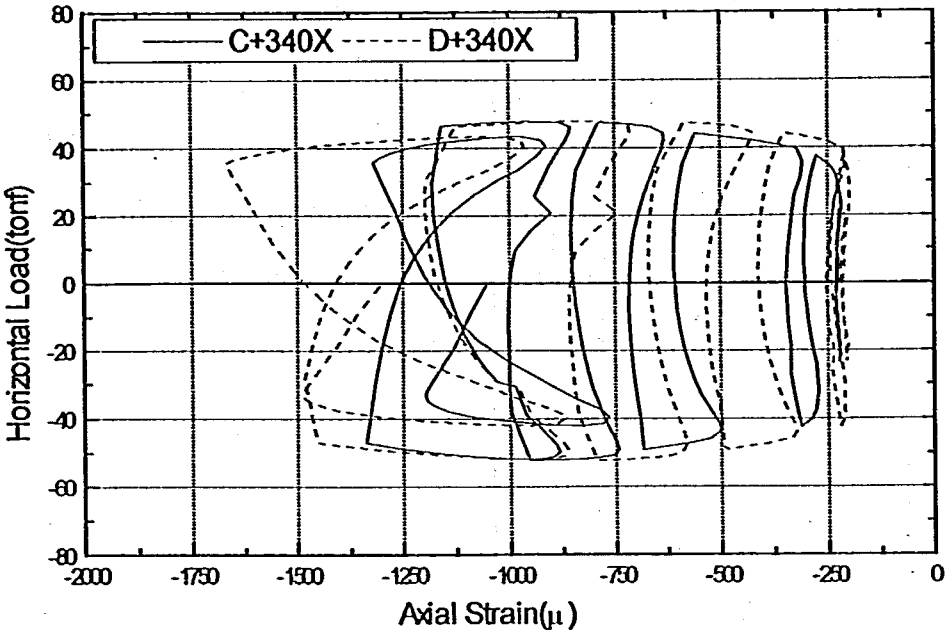
図－５．５．８　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｃ－ＳＴ、Ａ２００&Ｂ２００）



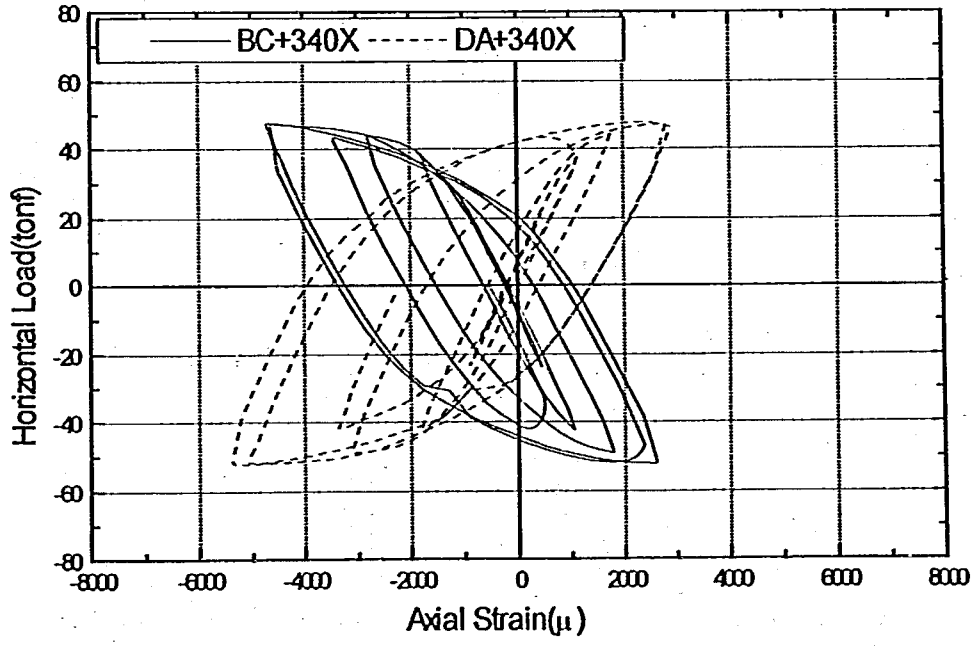
図－５．５．９　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｃ－ＳＴ、Ａ３４０&Ｂ３４０）



図－５．５．１０　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｃ－ＳＴ、ＡＣ３４０&ＢＤ３４０）

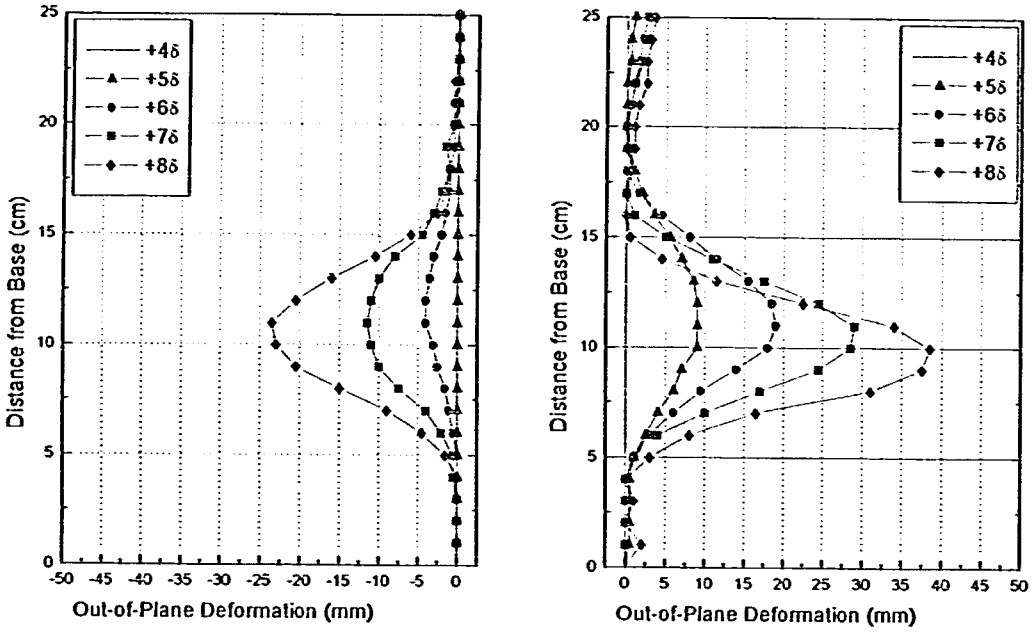


図－５．５．１１　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｃ－ＳＴ、Ｃ３４０&Ｄ３４０）

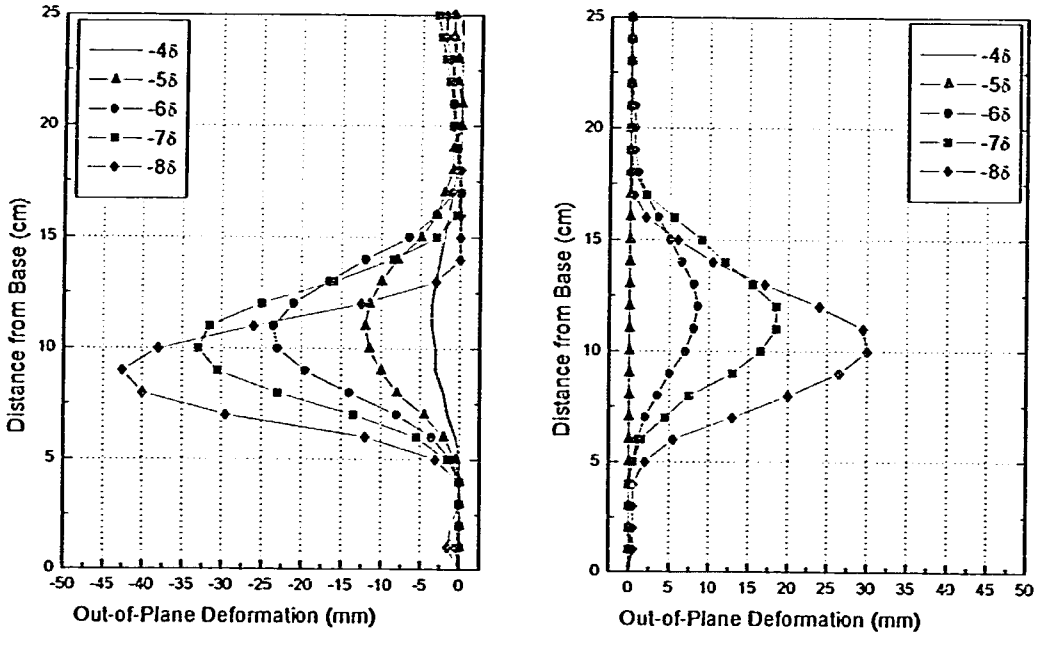


図－５．５．１２　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｃ－ＳＴ、ＢＣ３４０&ＤＡ３４０）

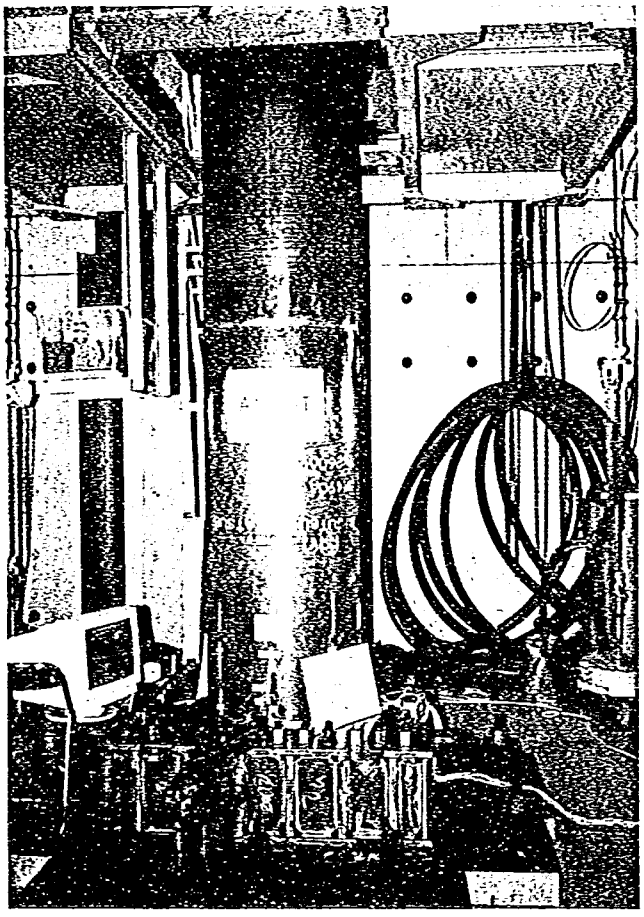
Line A　　Line B



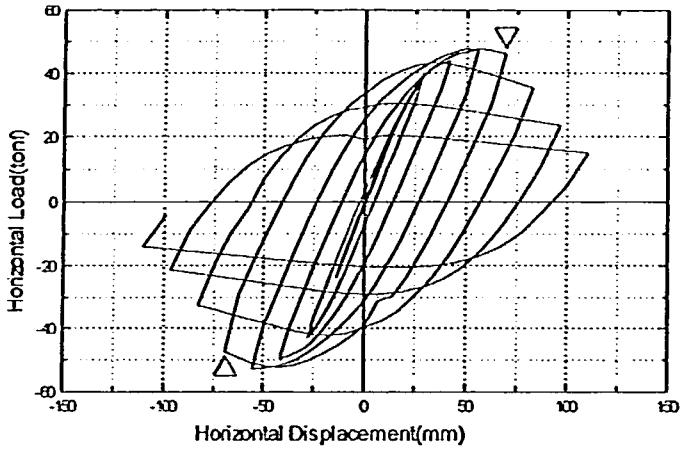
図－５．５．１３　＋ｎδｙ時の基部面外変形（Ａ１Ｃ－ＳＴ）

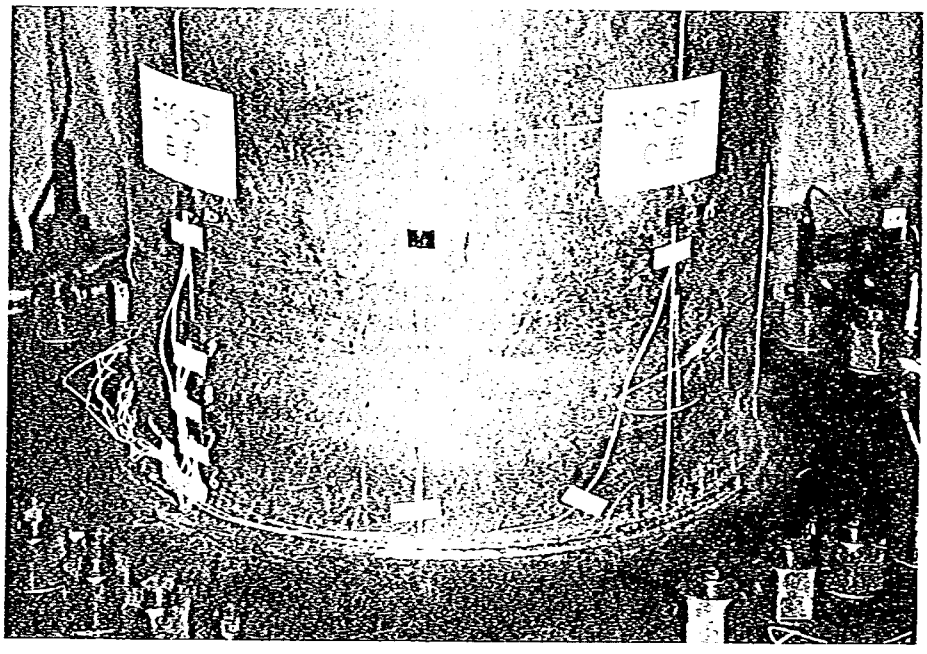


図－５．５．１４　－ｎδｙ時の基部面外変形（Ａ１Ｃ－ＳＴ）

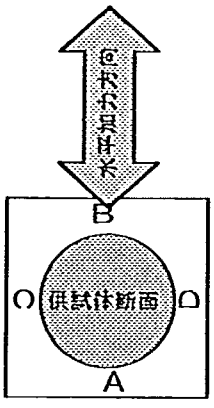


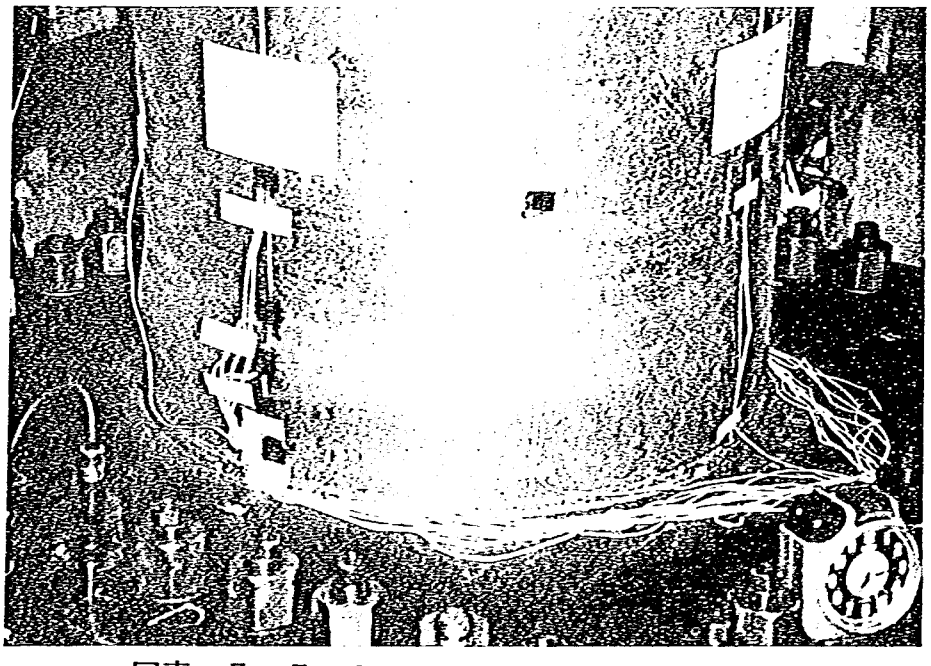
写真－５．５．１　実験供試体全景(Ａ１Ｃ－ＳＴ)



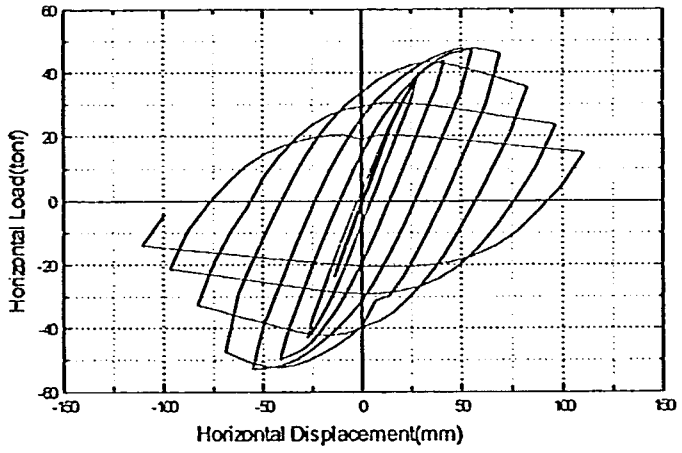


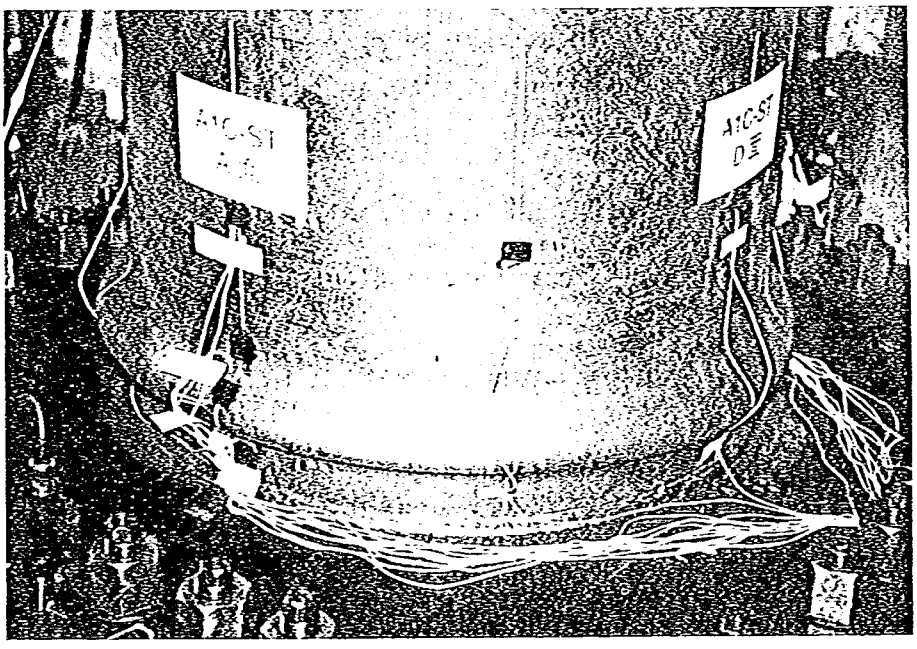
写真－5．5．2　＋5δ_y時(46.3tf, B－C面)



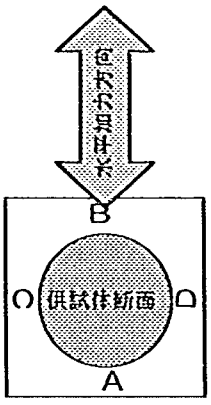


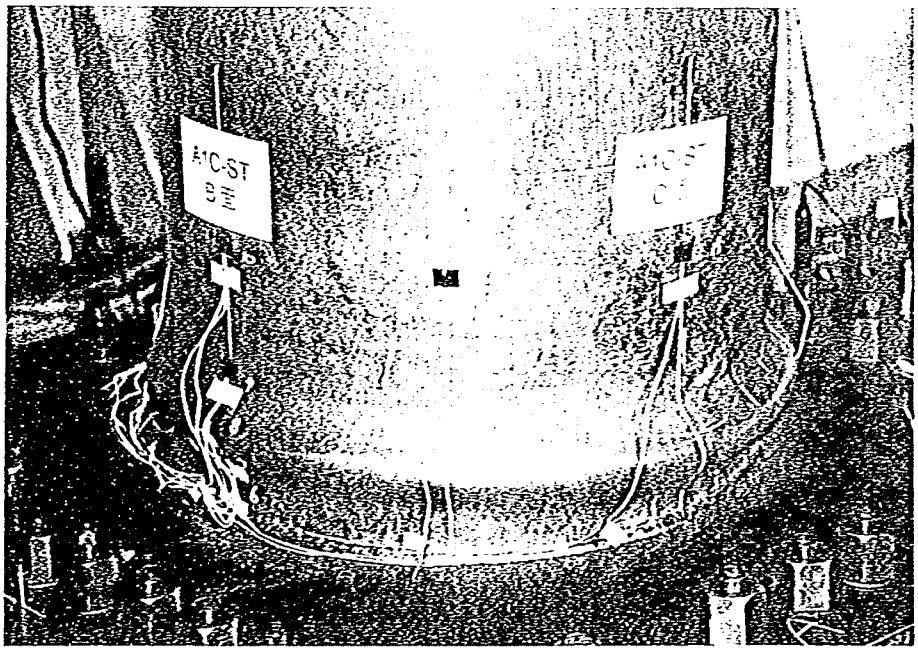
写真－5．5．3　－5δ_y時(-46.9tf, A－D面)





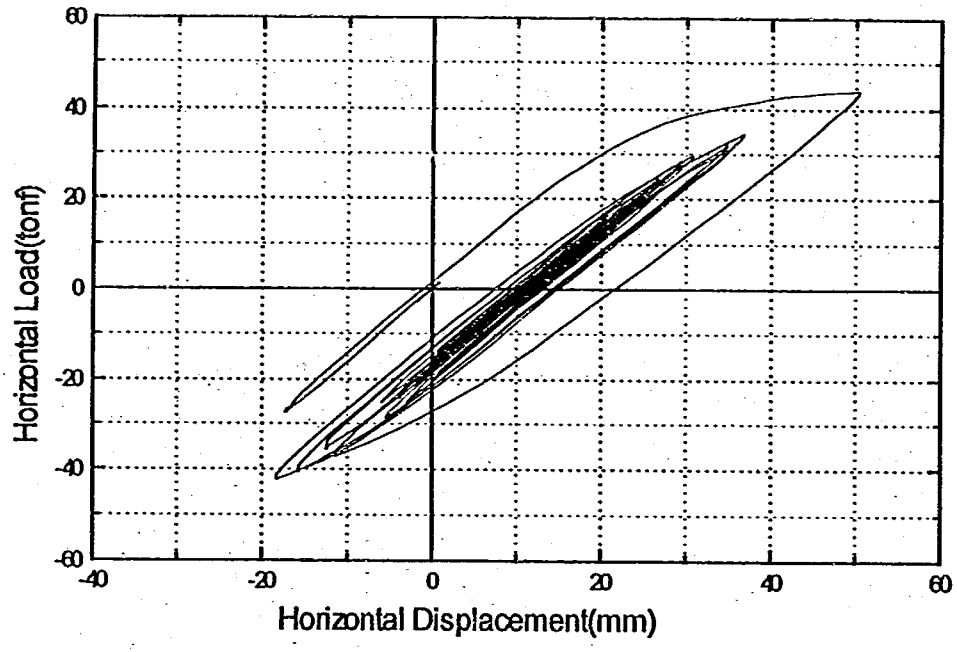
写真－５．５．４　実験終了時(A－D面)



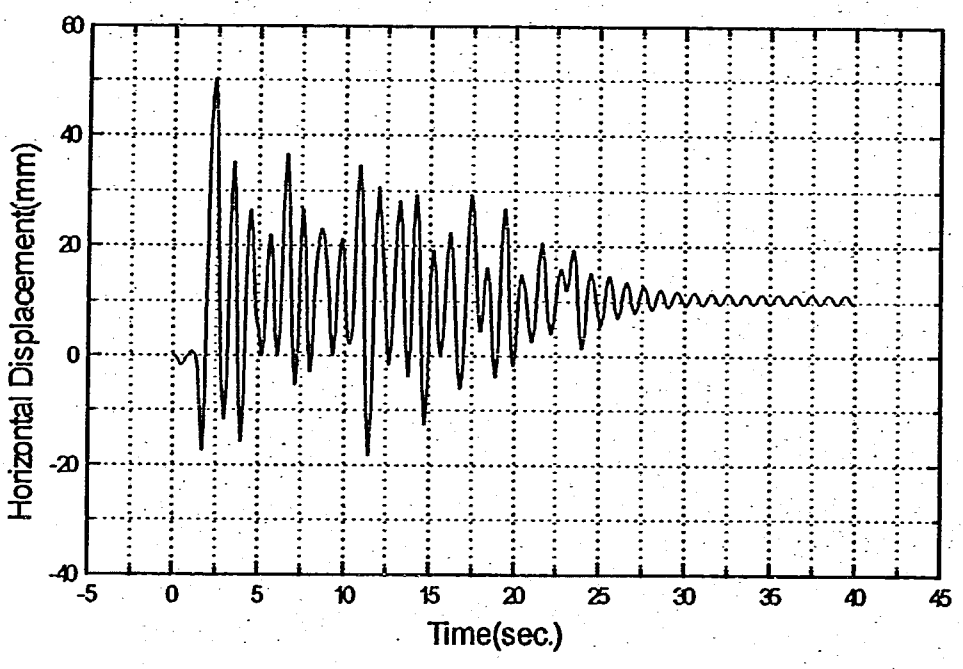


写真－５．５．５　実験終了時(B－C面)

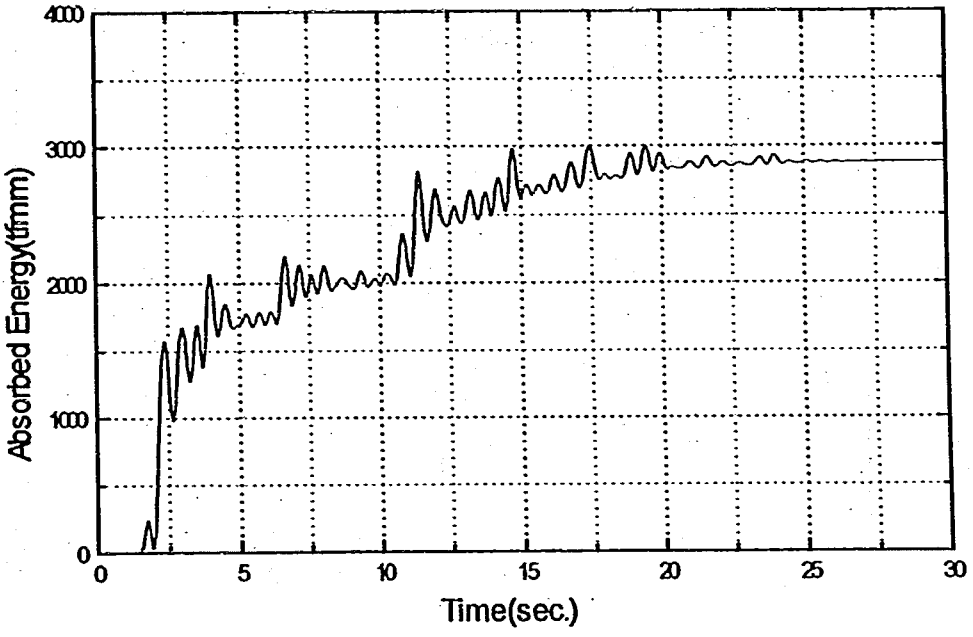
5．5．2　A1C－L2



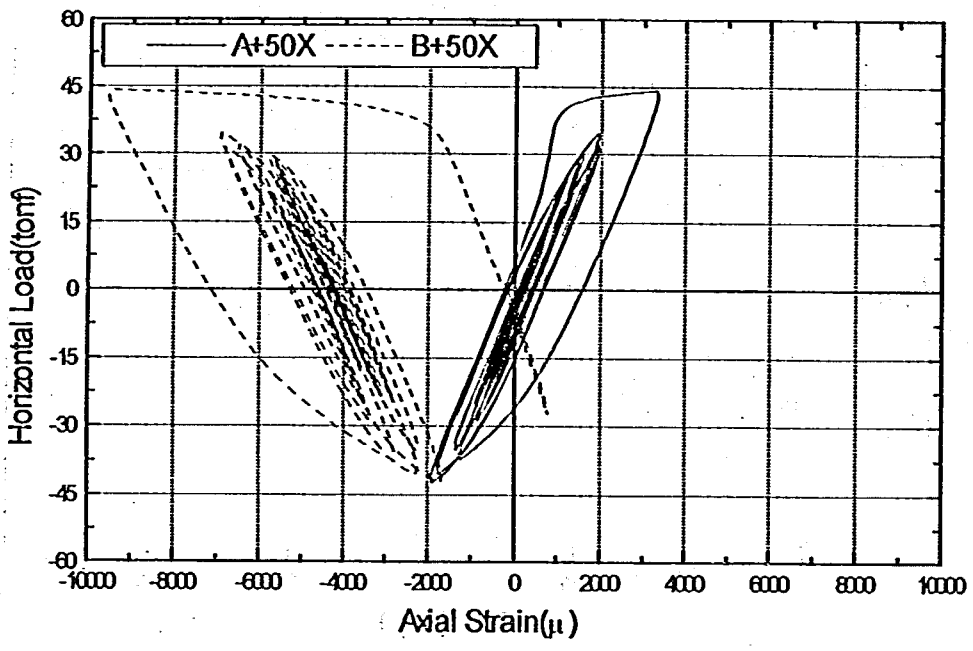
図－5．5．15　水平荷重－変位履歴曲線（A1C－L2）



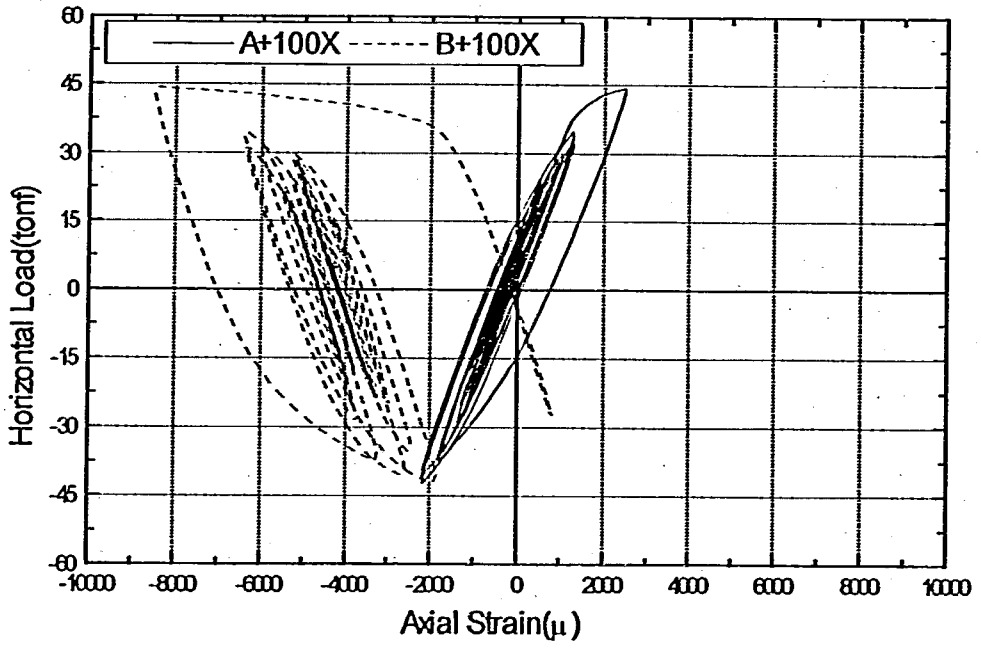
図－5．5．16　時刻歴応答変位（A1C－L2）



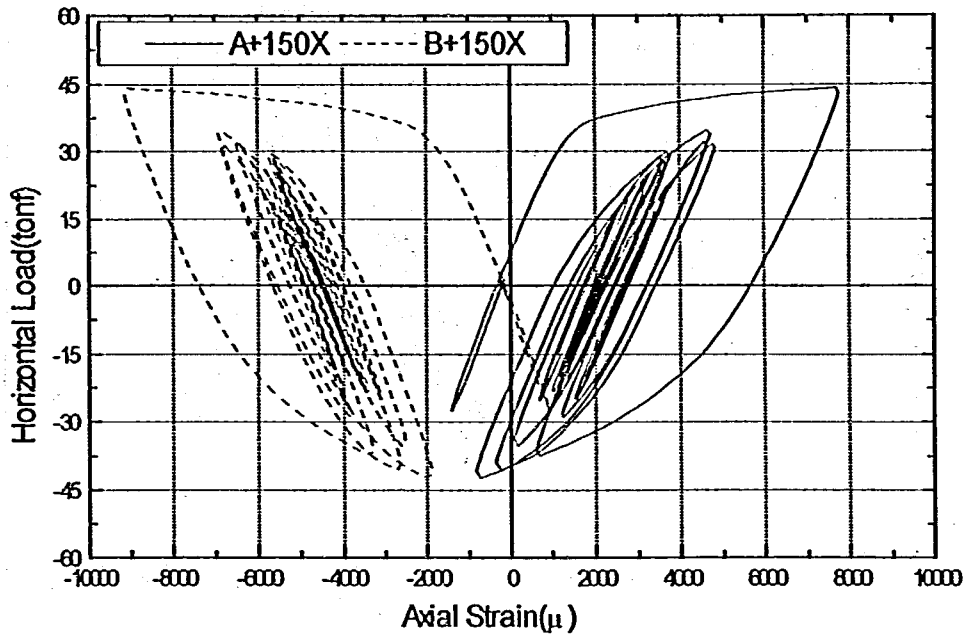
図－５．５．１７　累積エネルギー吸収量（Ａ１Ｃ－Ｌ２）



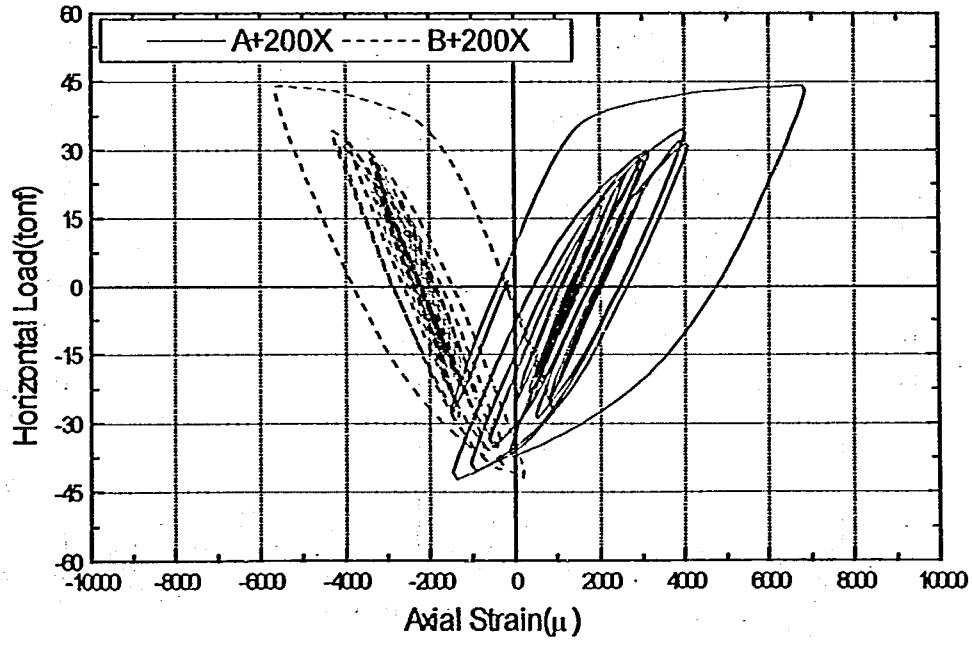
図－５．５．１８　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｃ－Ｌ２、Ａ５０＆Ｂ５０）



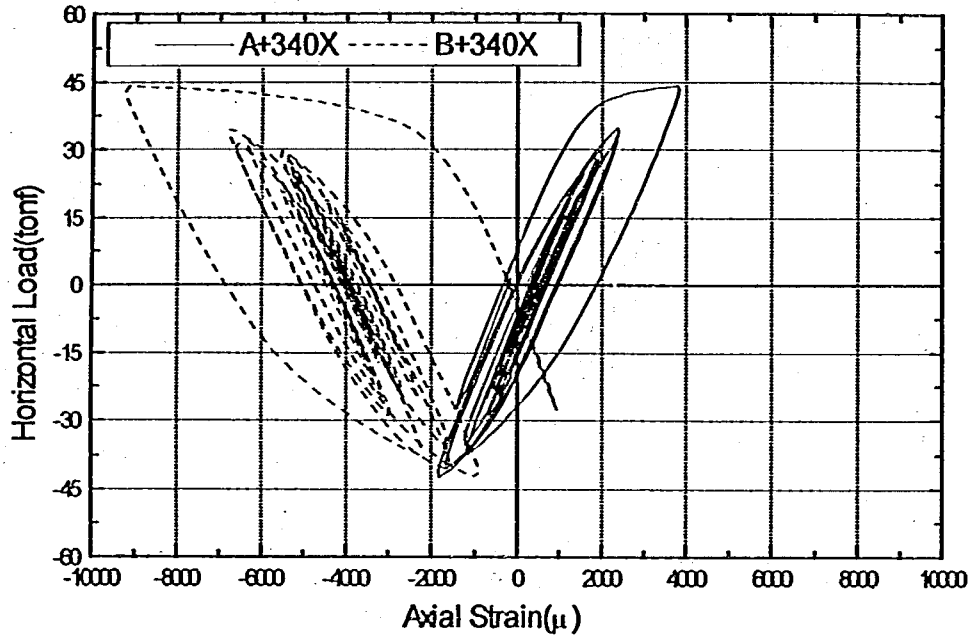
図－５．５．１９　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｃ－Ｌ２、Ａ１００＆Ｂ１００）



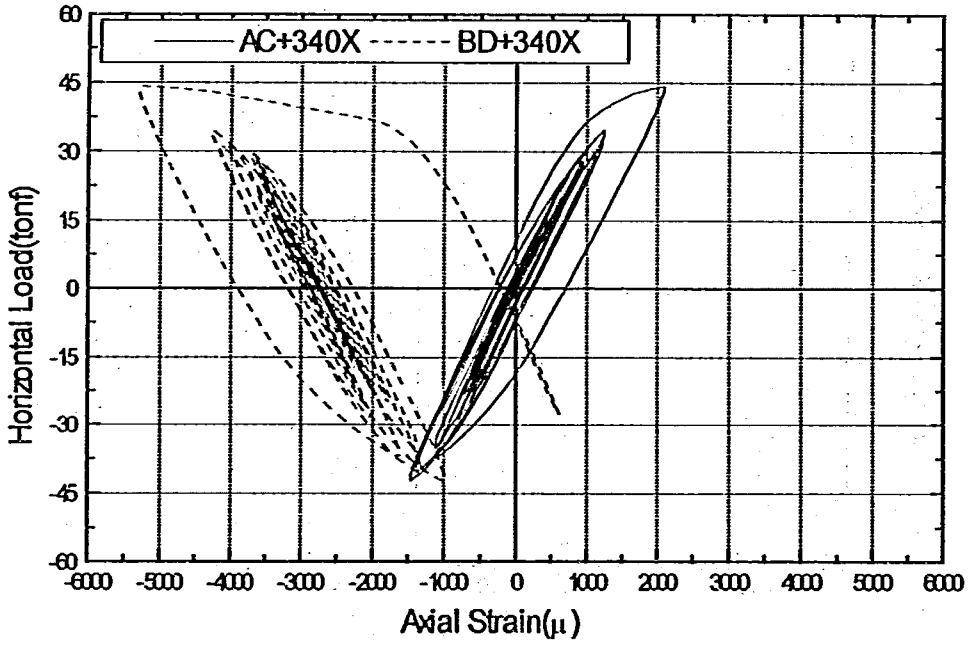
図－５．５．２０　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｃ－Ｌ２、Ａ１５０&Ｂ１５０）



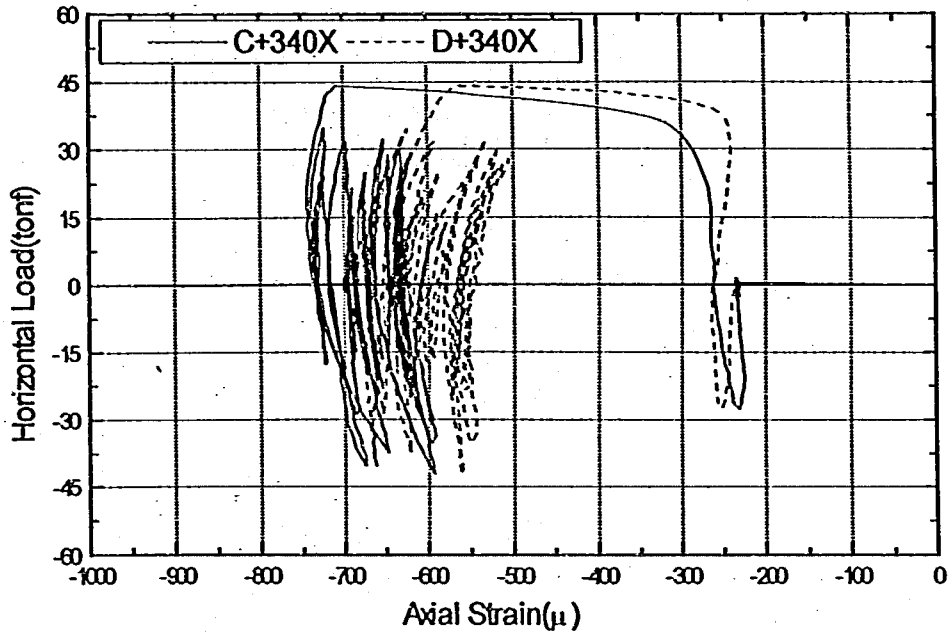
図－５．５．２１　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｃ－Ｌ２、Ａ２００&Ｂ２００）



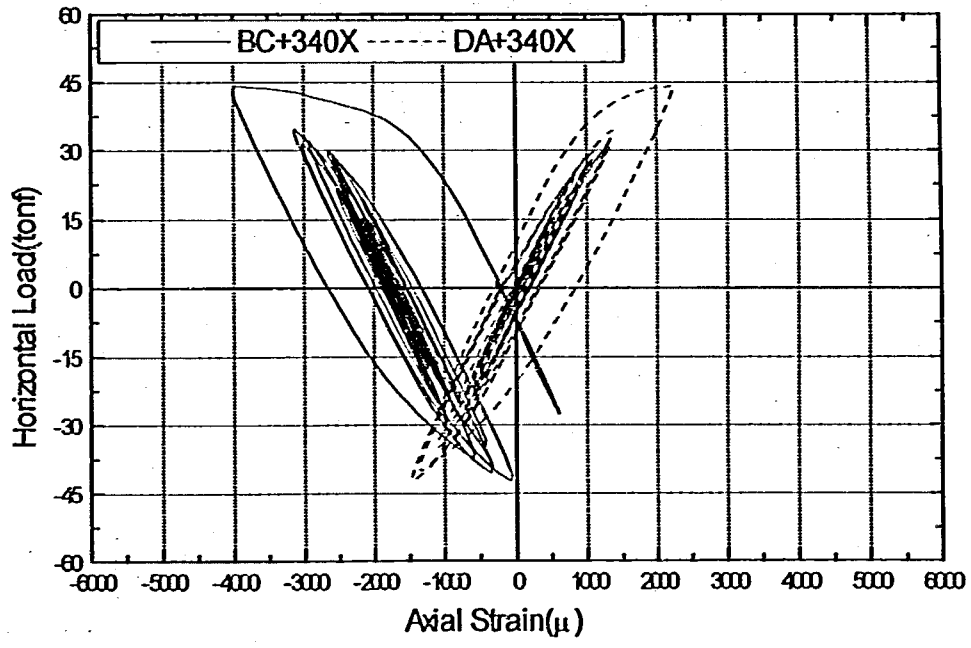
図－５．５．２２　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｃ－Ｌ２、Ａ３４０＆Ｂ３４０）



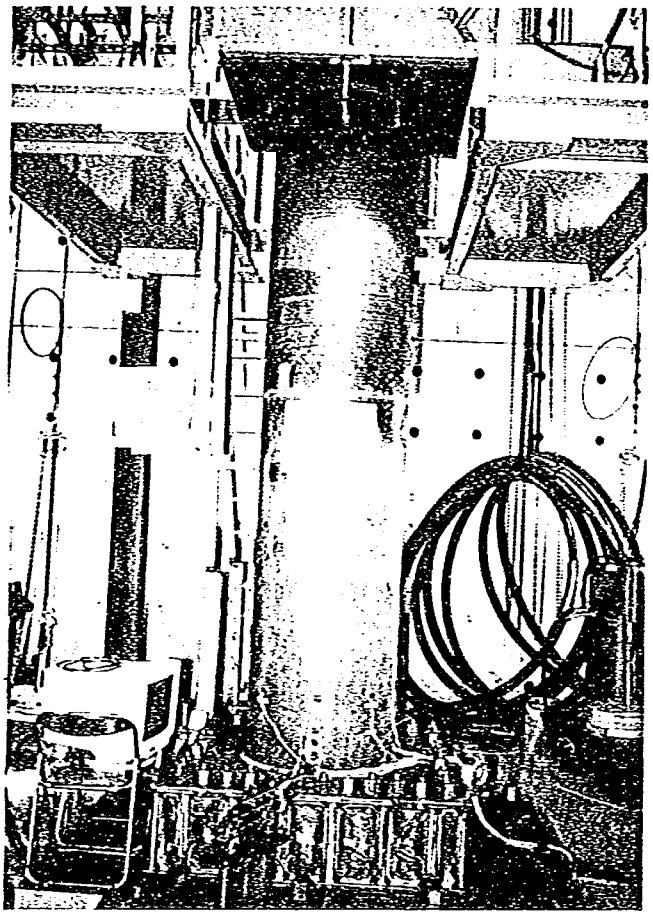
図－５．５．２３　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｃ－Ｌ２、ＡＣ３４０＆ＢＤ３４０）



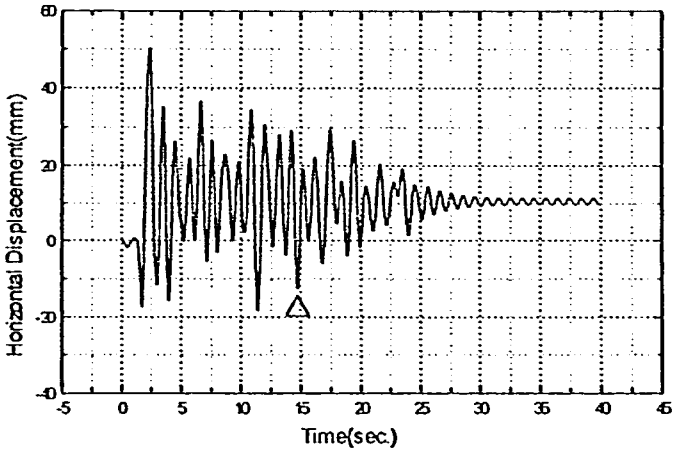
図－５．５．２４　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｃ－Ｌ２、Ｃ３４０&Ｄ３４０）

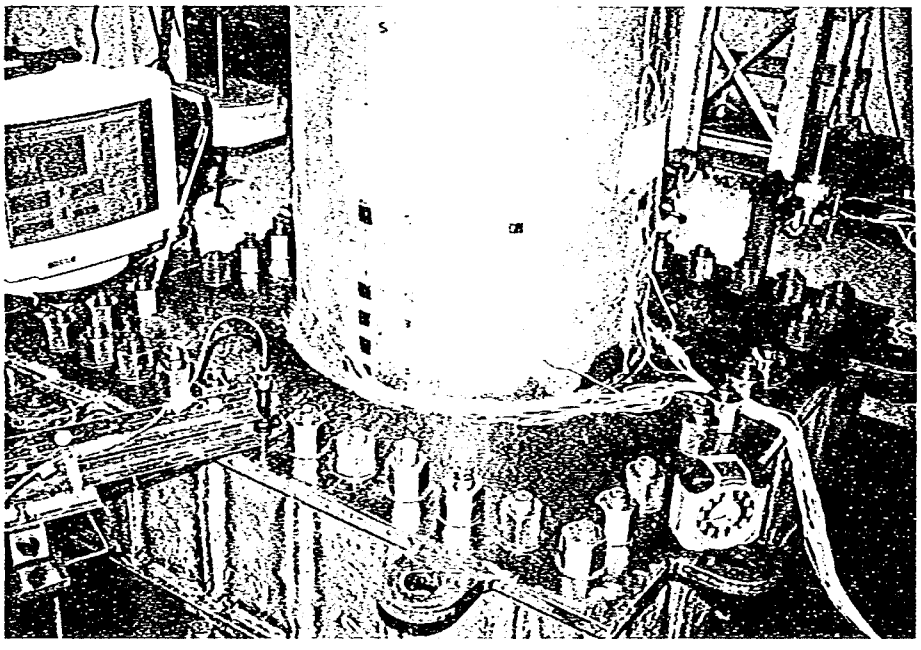


図－５．５．２５　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｃ－Ｌ２、ＢＣ３４０&ＤＡ３４０）

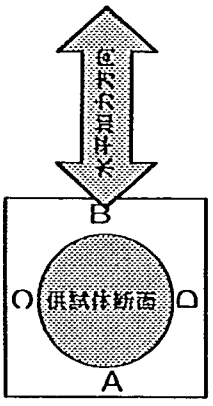


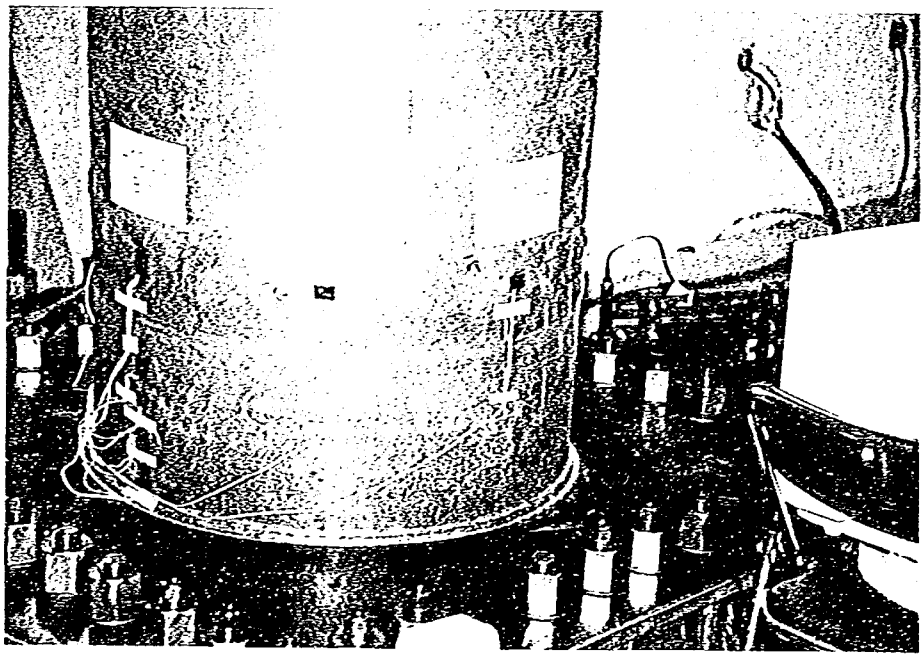
写真－５．５．６　実験供試体全景(Ａ１Ｃ－Ｌ２)



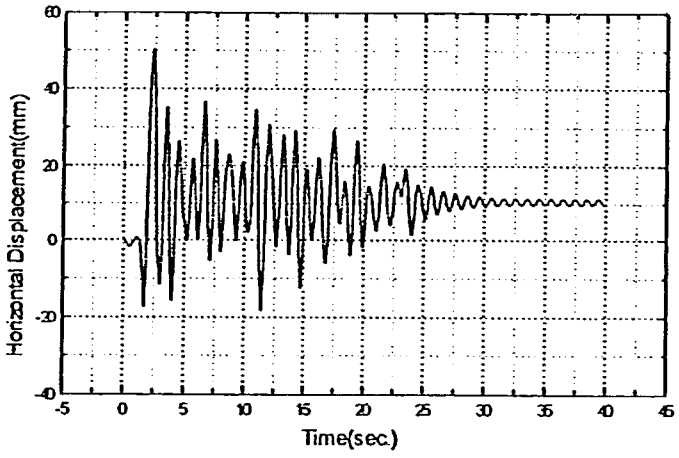


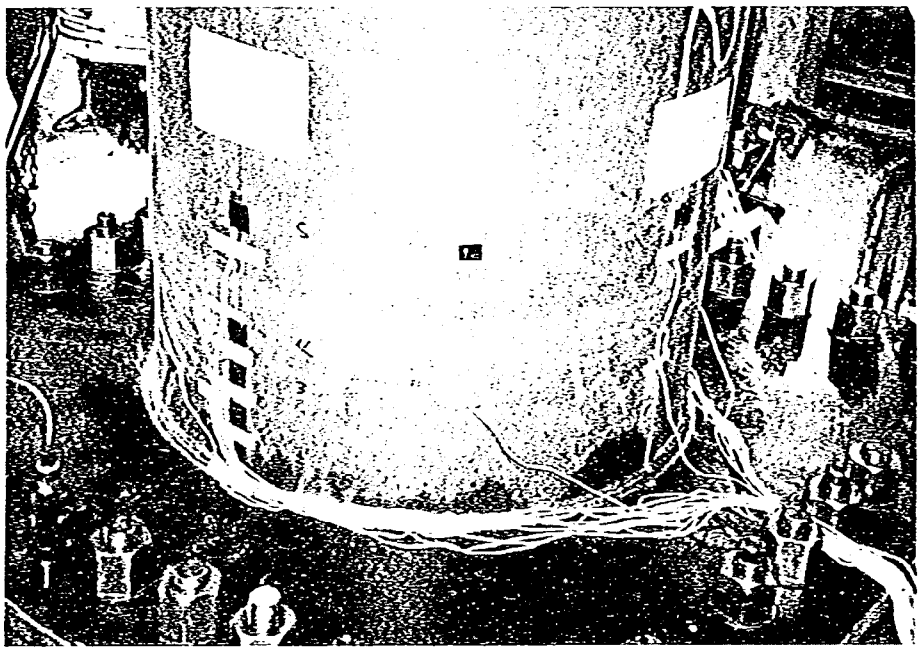
写真－５．５．７　14.7秒経過時(-35.4tf,-12.5mm, A－D面)

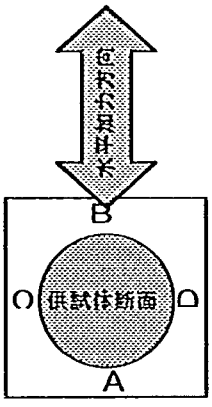




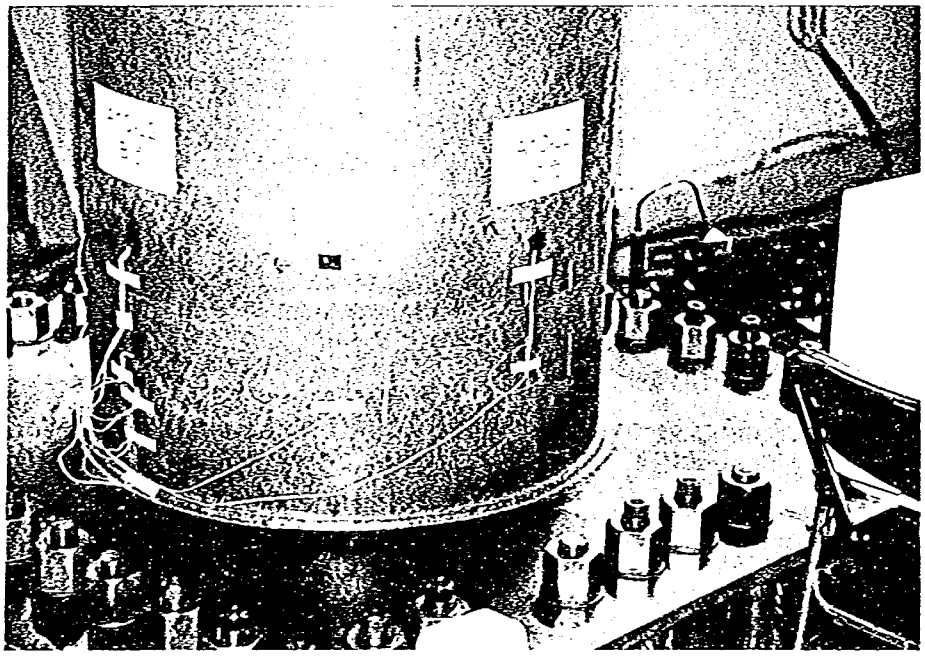
写真－５．５．８　14.7秒経過時(-35.4tf,-12.5mm, B－C面)





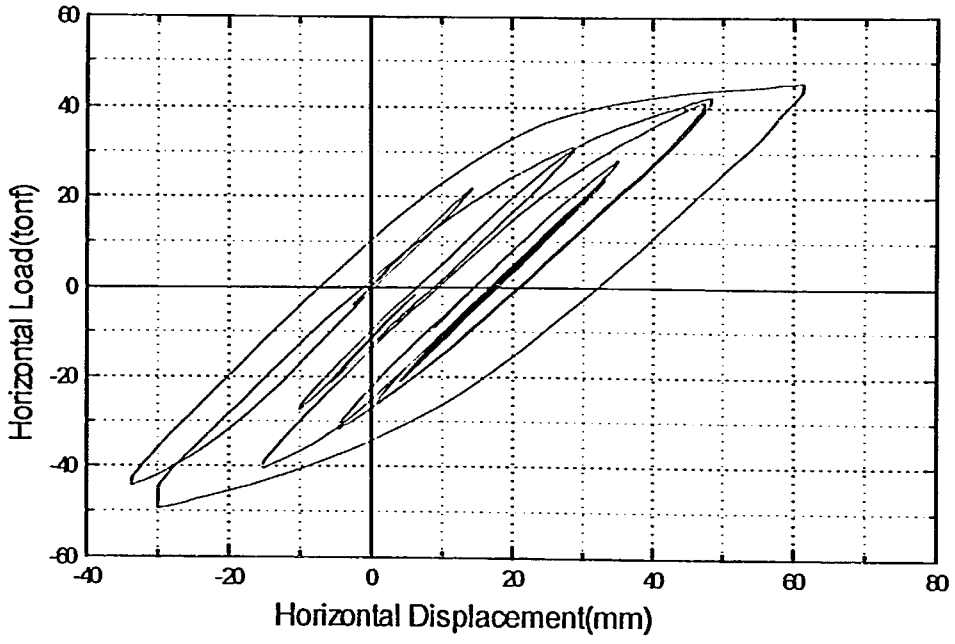


写真－５．５．９　実験終了時(Ａ－Ｄ面)

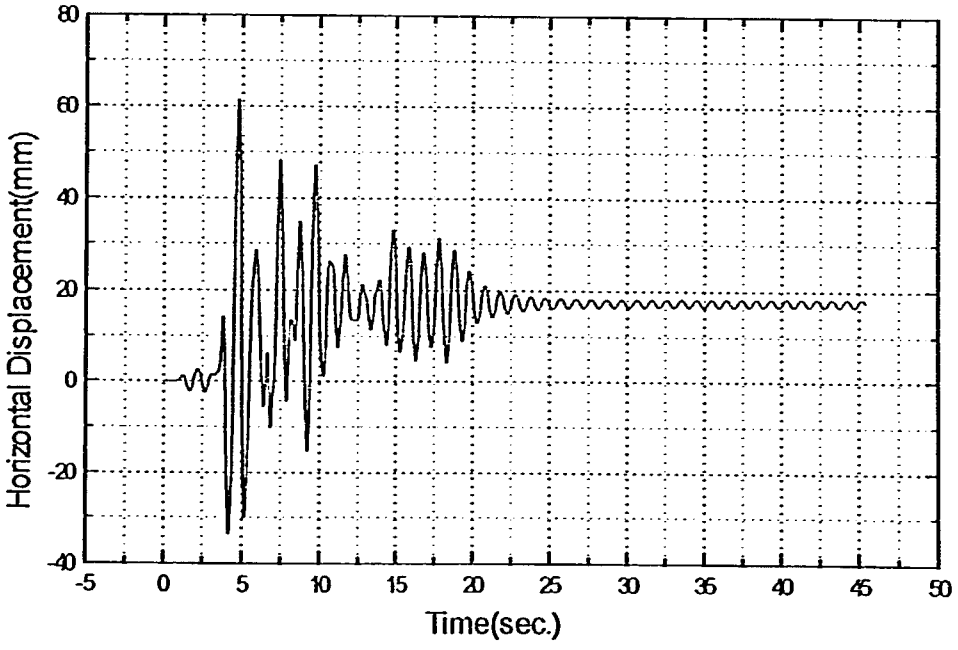


写真－５．５．１０　実験終了時(Ｂ－Ｃ面)

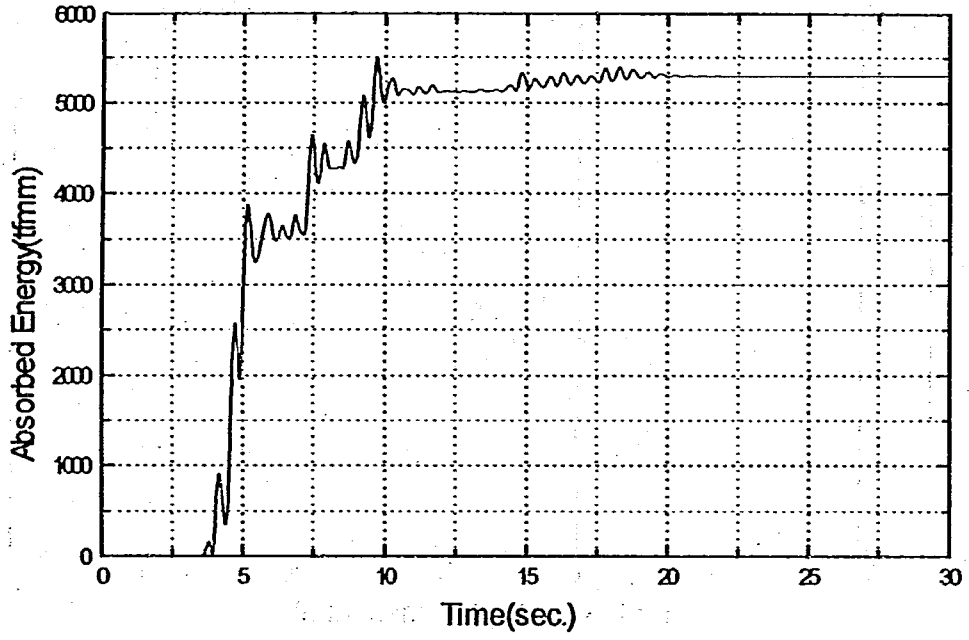
5．5．3　A1C－HN



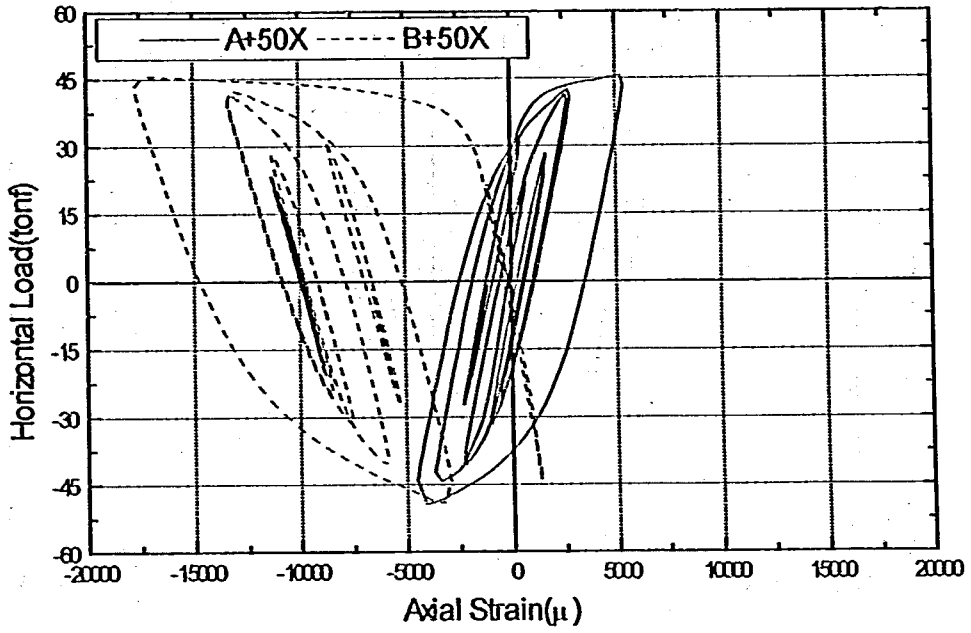
図－5．5．26　水平荷重－変位履歴曲線（A1C－HN）



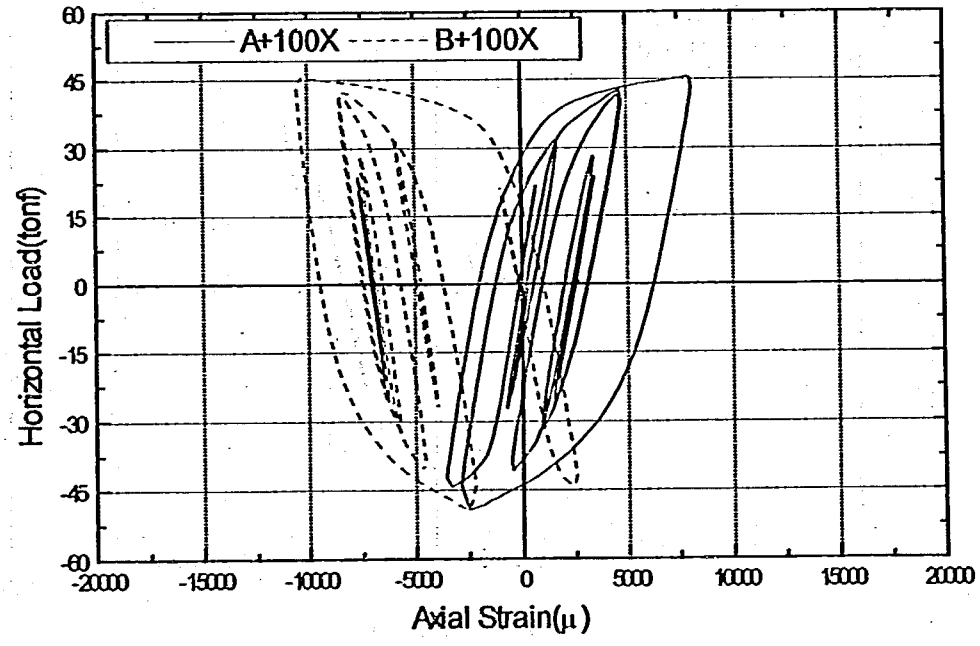
図－5．5．27　時刻歴応答変位（A1C－HN）



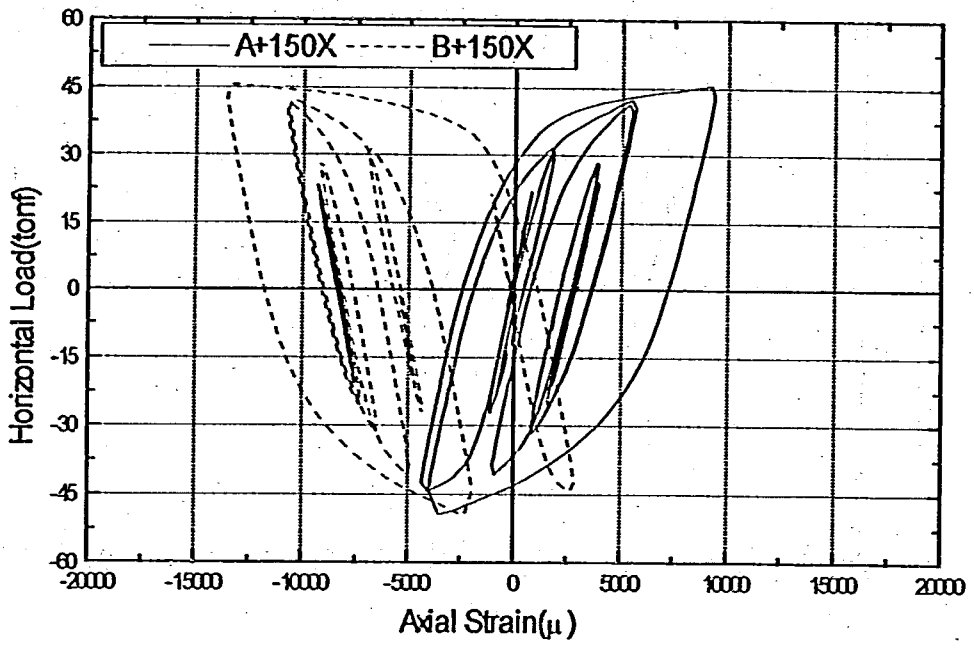
図－５．５．２８　累積エネルギー吸収量（Ａ１Ｃ－ＨＮ）



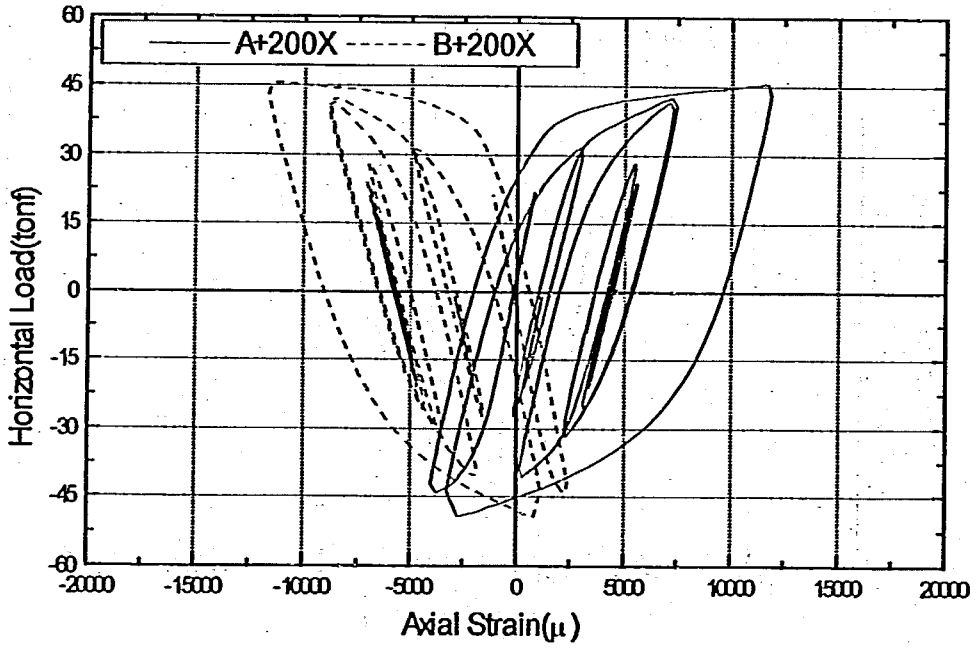
図－５．５．２９　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｃ－ＨＮ、Ａ５０＆Ｂ５０）



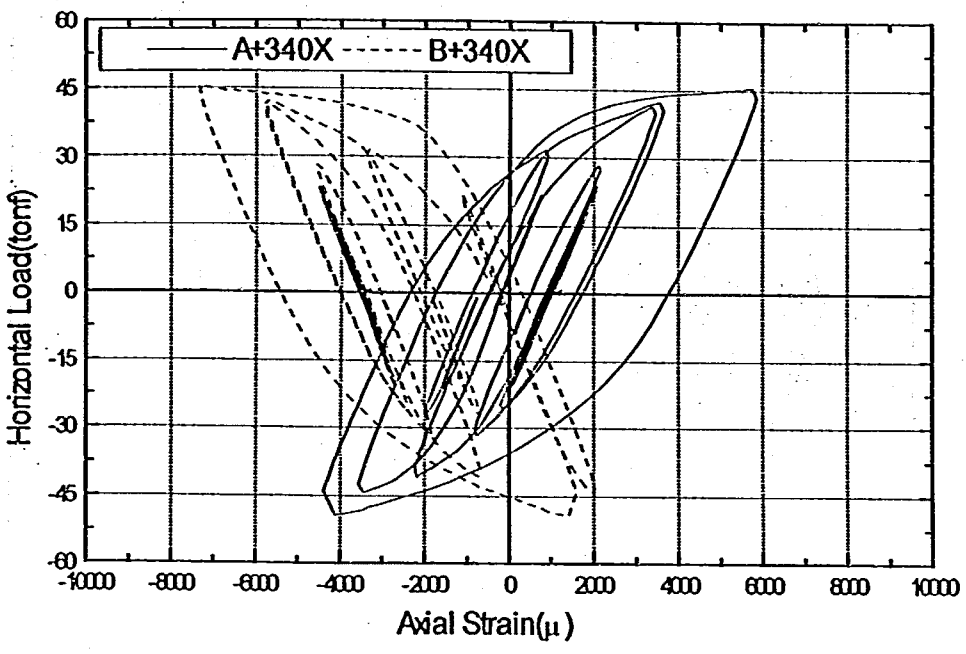
図－５．５．３０　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｃ－ＨＮ、Ａ１００＆Ｂ１００）



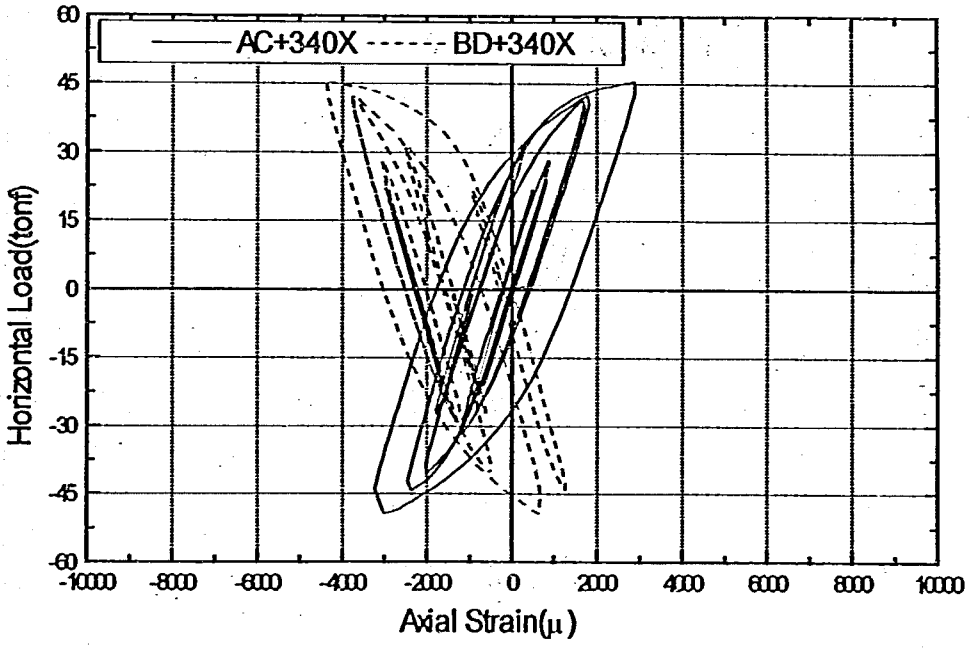
図－５．５．３１　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｃ－ＨＮ、Ａ１５０&Ｂ１５０）



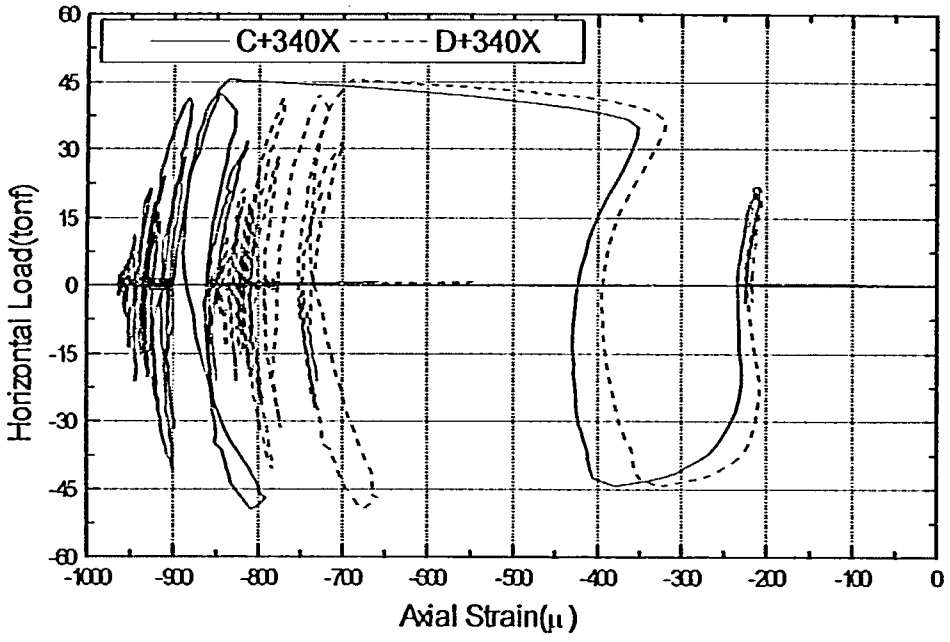
図－５．５．３２　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｃ－ＨＮ、Ａ２００&Ｂ２００）



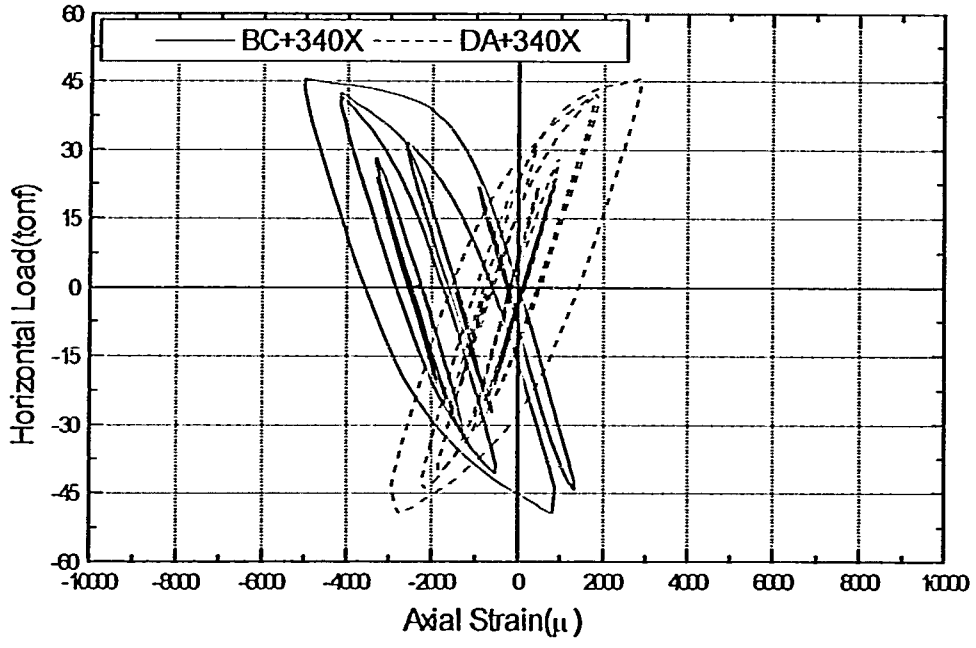
図－５．５．３３　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｃ－ＨＮ、Ａ３４０＆Ｂ３４０）



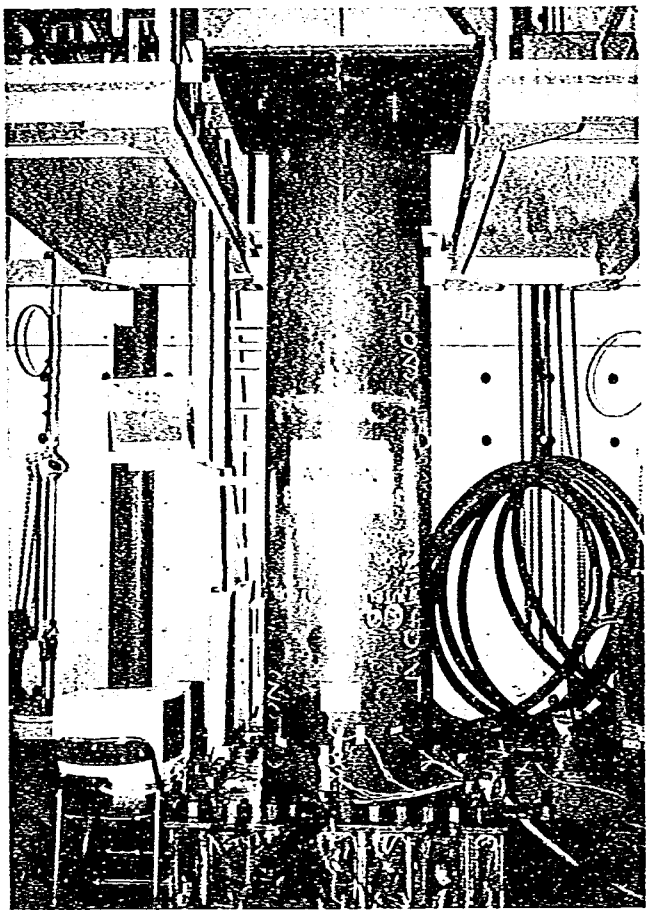
図－５．５．３４　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｃ－ＨＮ、ＡＣ３４０＆ＢＤ３４０）



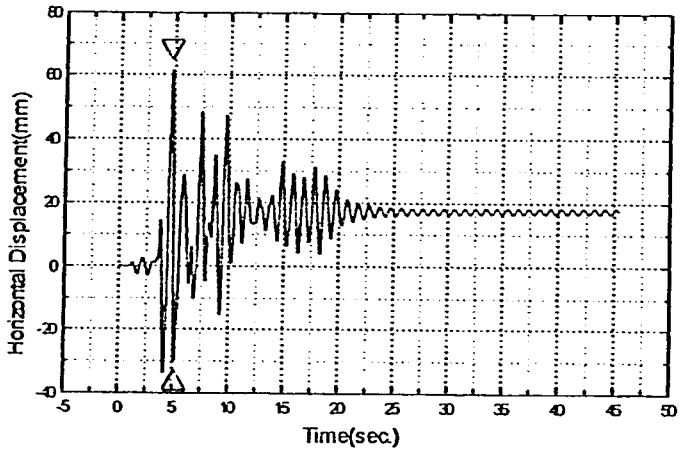
図－５．５．３５　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｃ－ＨＮ、Ｃ３４０＆Ｄ３４０）

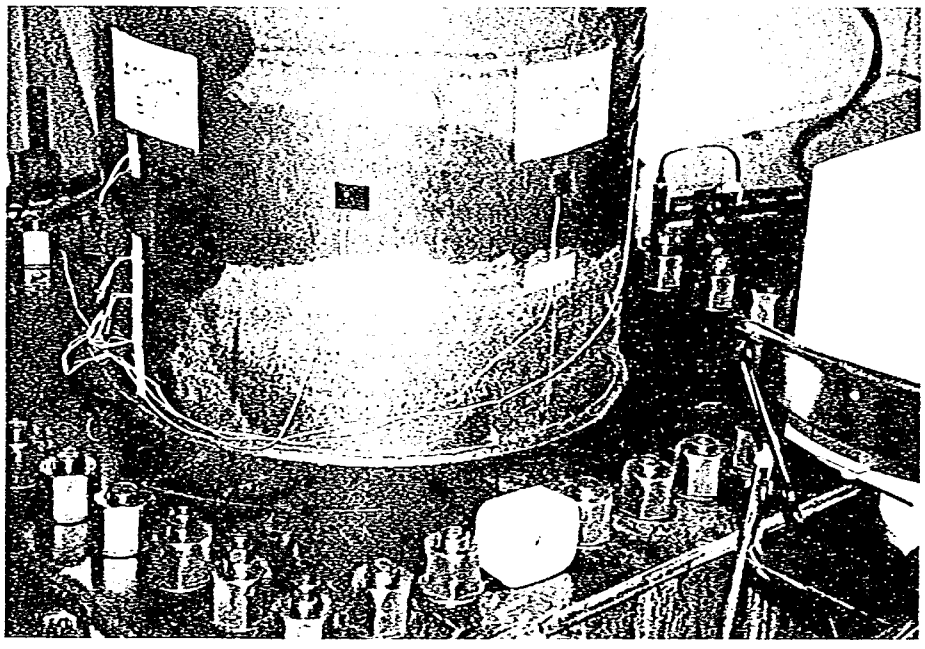


図－５．５．３６　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｃ－ＨＮ、ＢＣ３４０＆ＤＡ３４０）

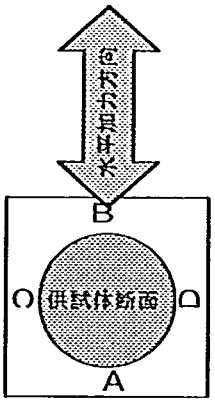


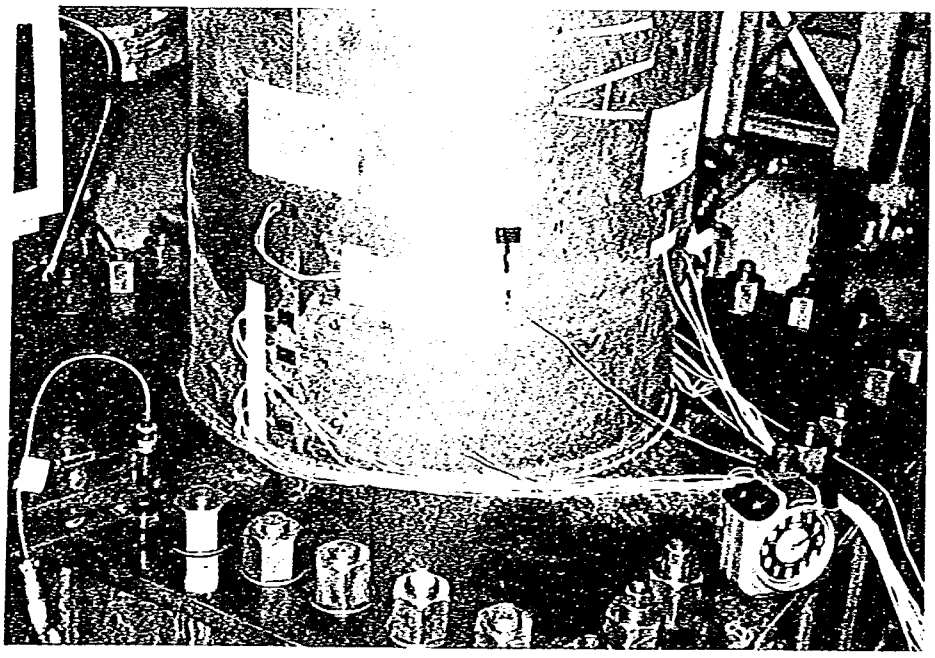
写真－５．５．１１　実験供試体全景(Ａ１Ｃ－ＨＮ)



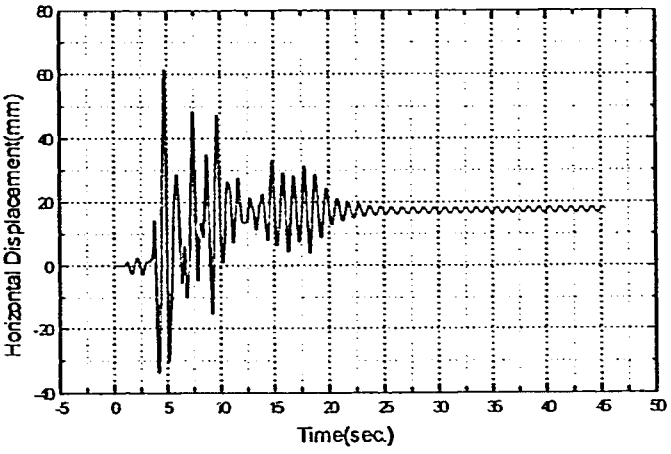


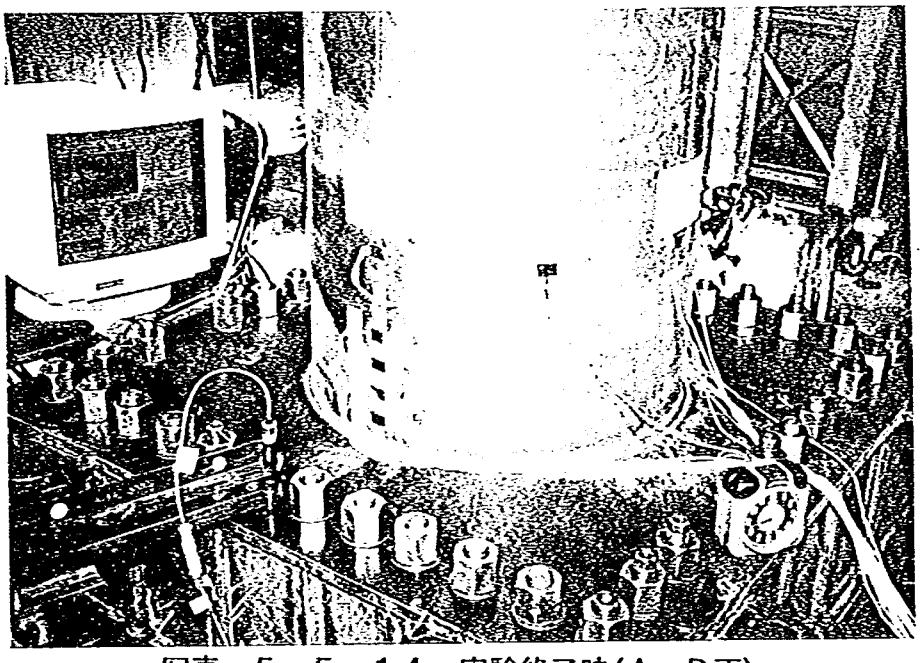
写真－５．５．１２　4.7秒経過時(45.6tf, 62.5mm, B－C面)



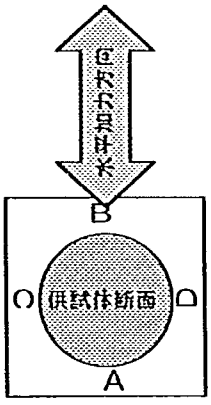


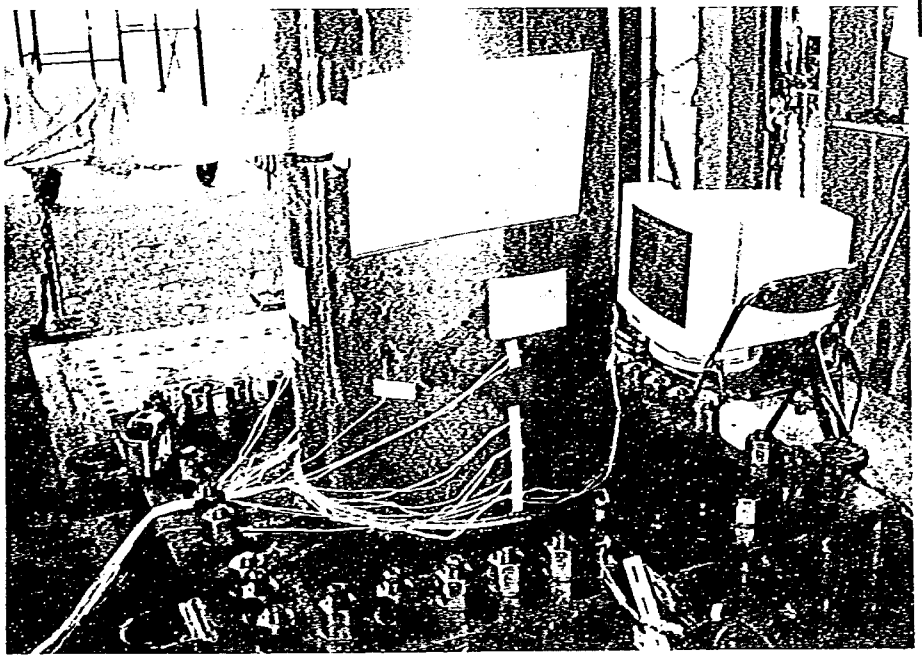
写真－５．５．１３　5.1秒経過時(-49.3tf, -32mm, A－D面)





写真－５．５．１４　実験終了時(A－D面)

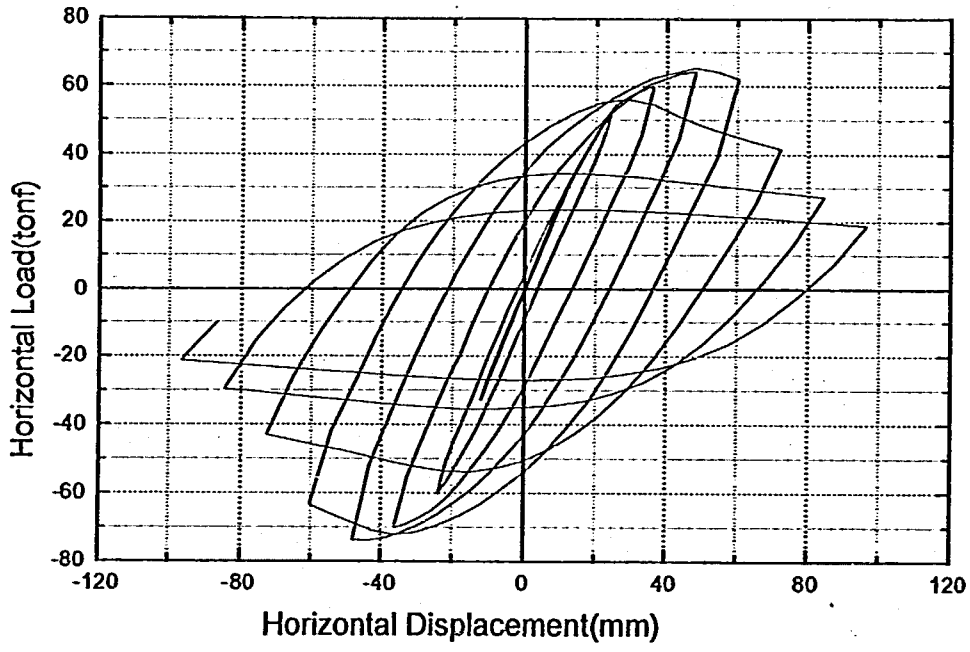




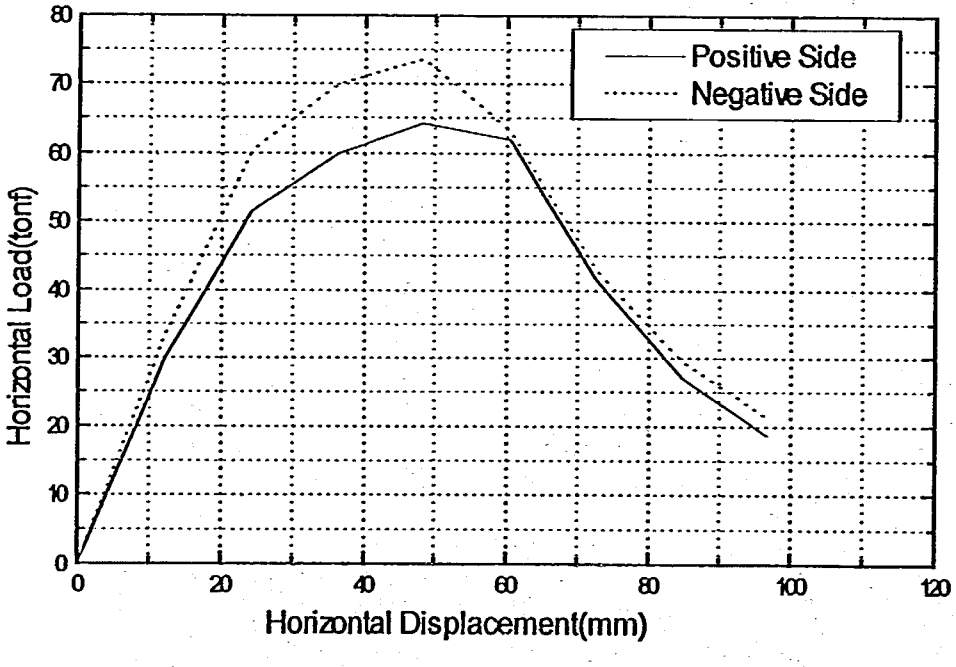
写真－５．５．１５　実験終了時(B面)

5．6　A3Cシリーズ

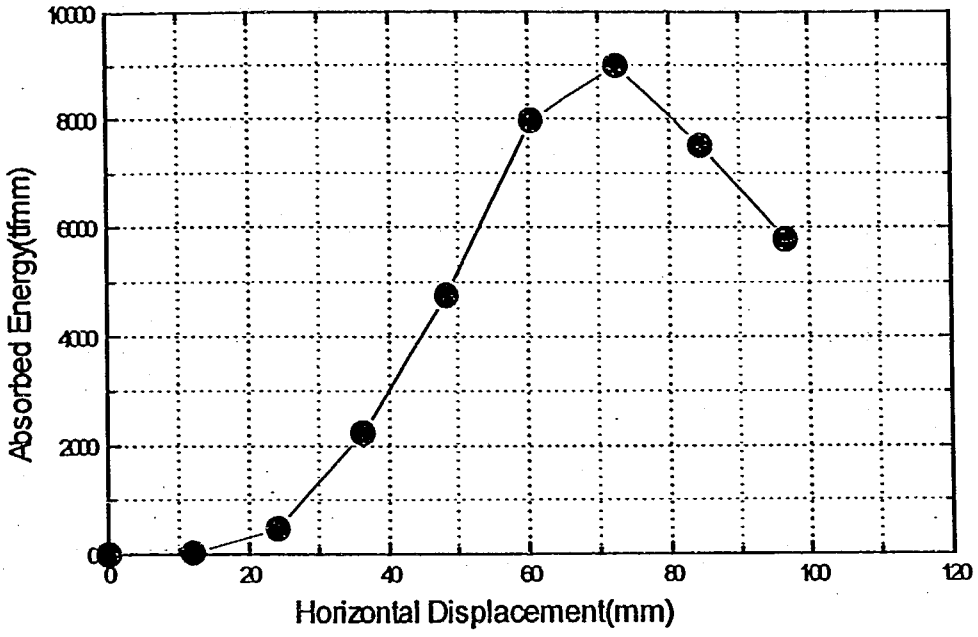
5．6．1　A3C－ST



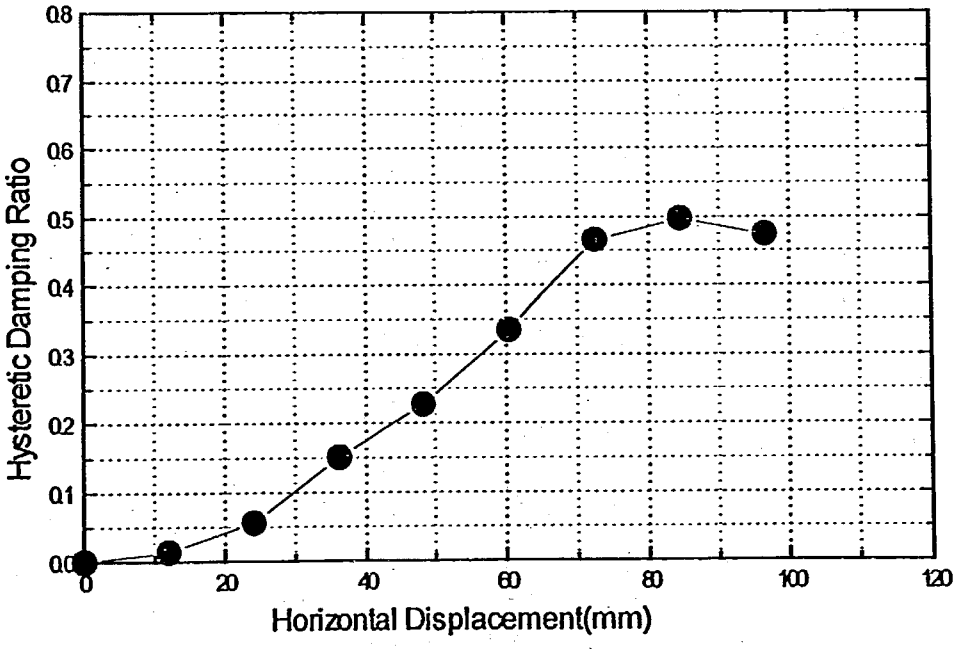
図－5．6．1　水平荷重－変位履歴曲線（A3C－ST）



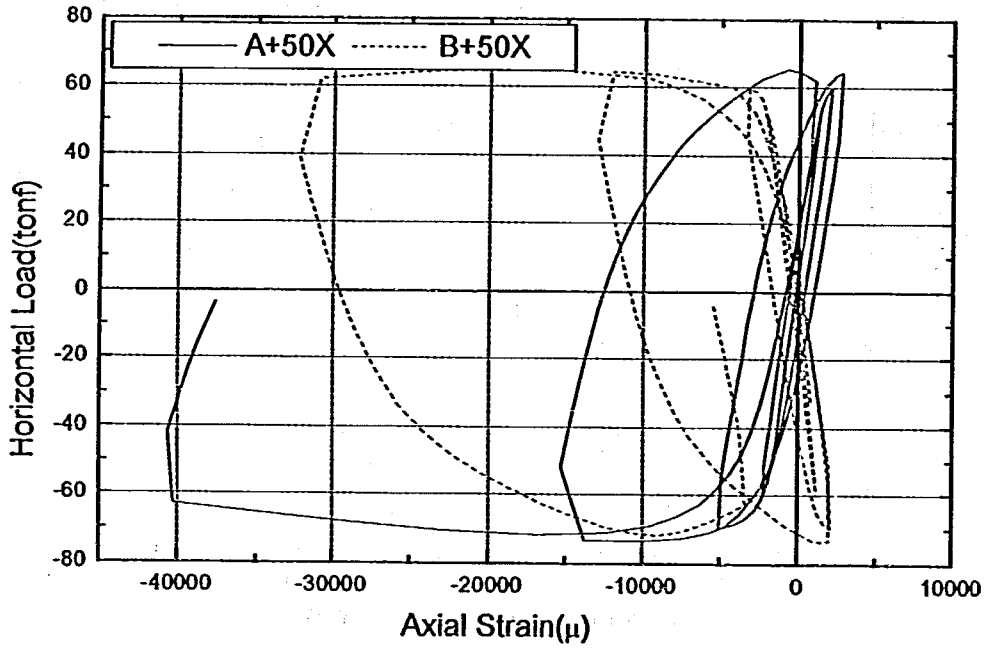
図－5．6．2　水平荷重－変位関係の包絡線（A3C－ST）



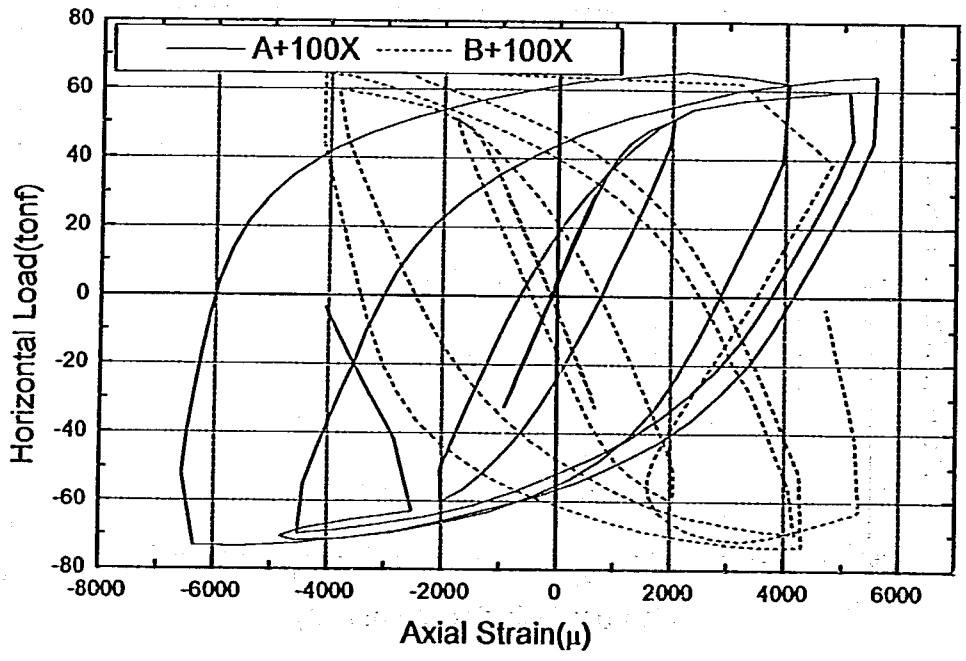
図－５．６．３　１ループごとのエネルギー吸収量（Ａ３Ｃ－ＳＴ）



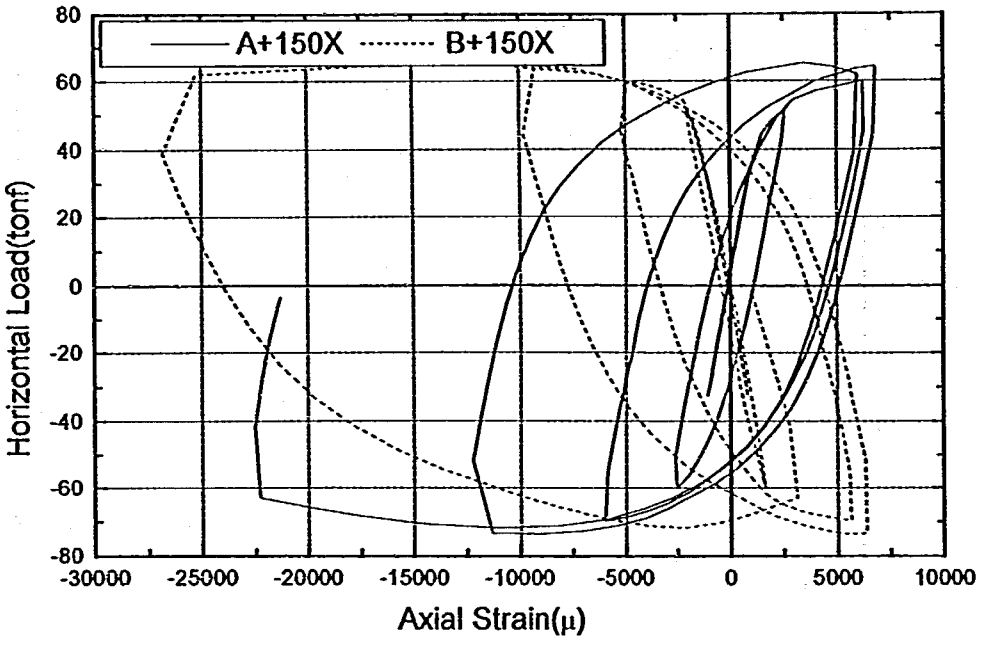
図－５．６．４　各ループの等価粘性減衰（Ａ３Ｃ－ＳＴ）



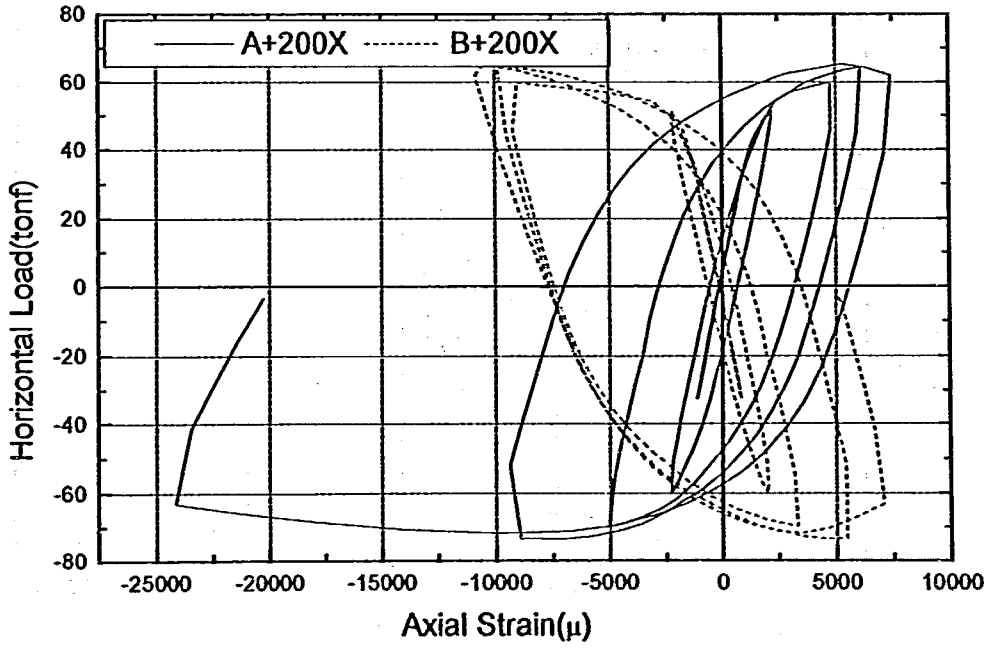
図－５．６．５　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｃ－ＳＴ、Ａ５０&Ｂ５０）



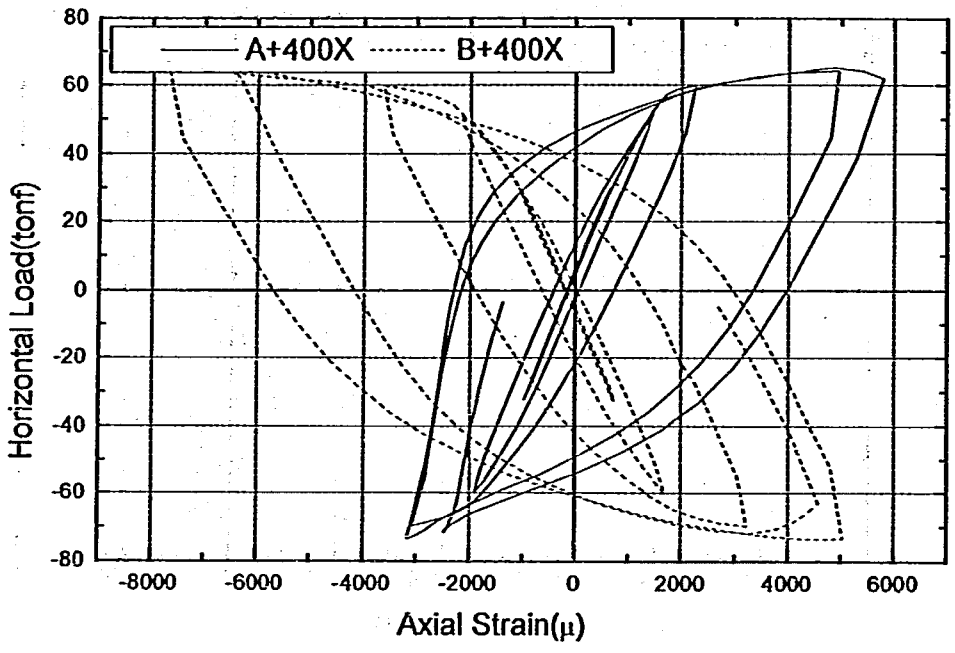
図－５．６．６　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｃ－ＳＴ、Ａ１００&Ｂ１００）



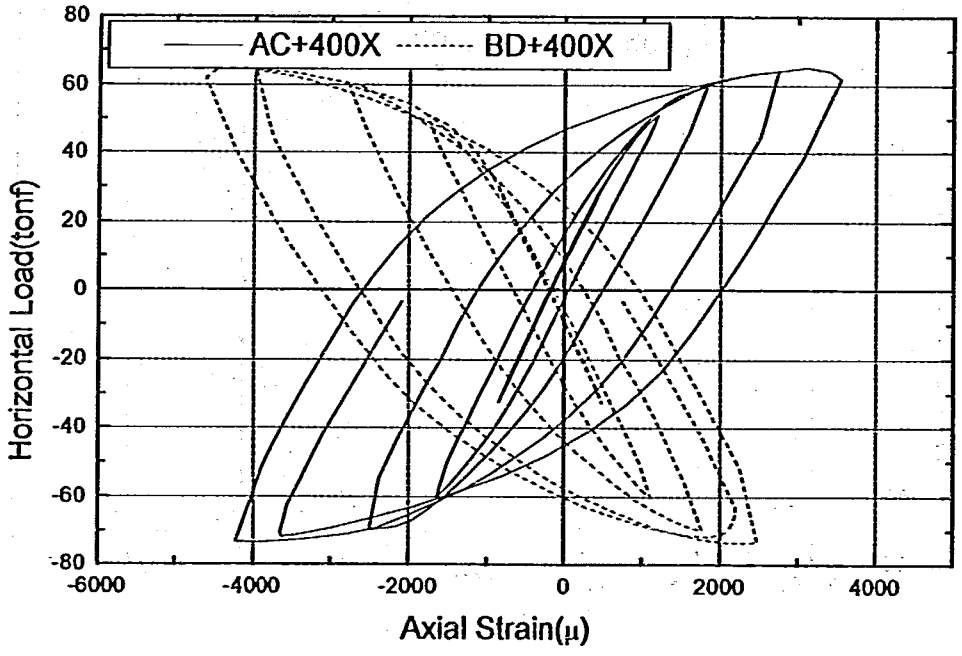
図－５．６．７　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｃ－ＳＴ、Ａ１５０&Ｂ１５０）



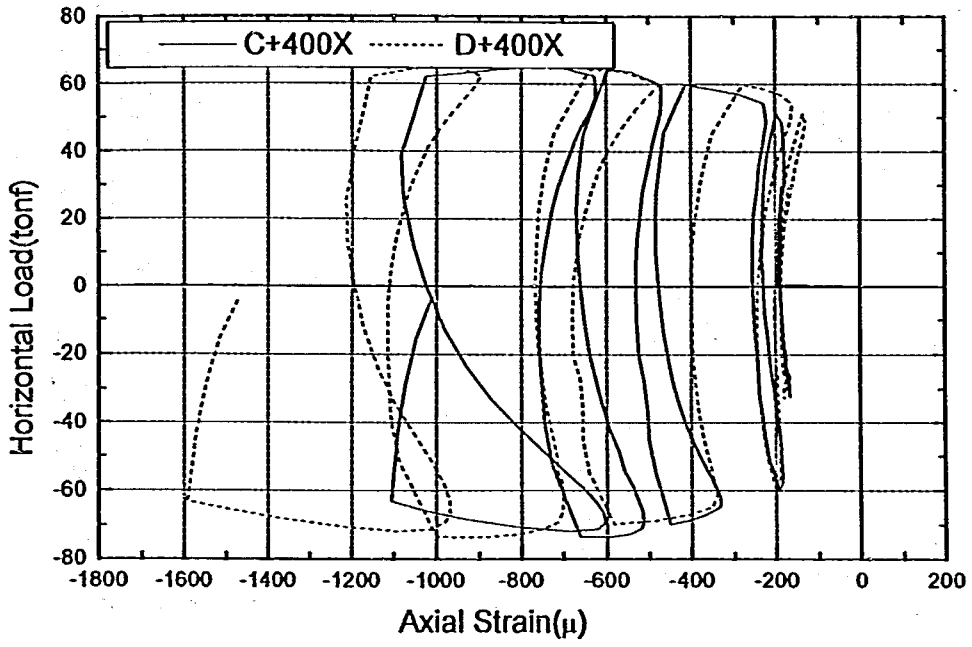
図－５．６．８　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｃ－ＳＴ、Ａ２００&Ｂ２００）



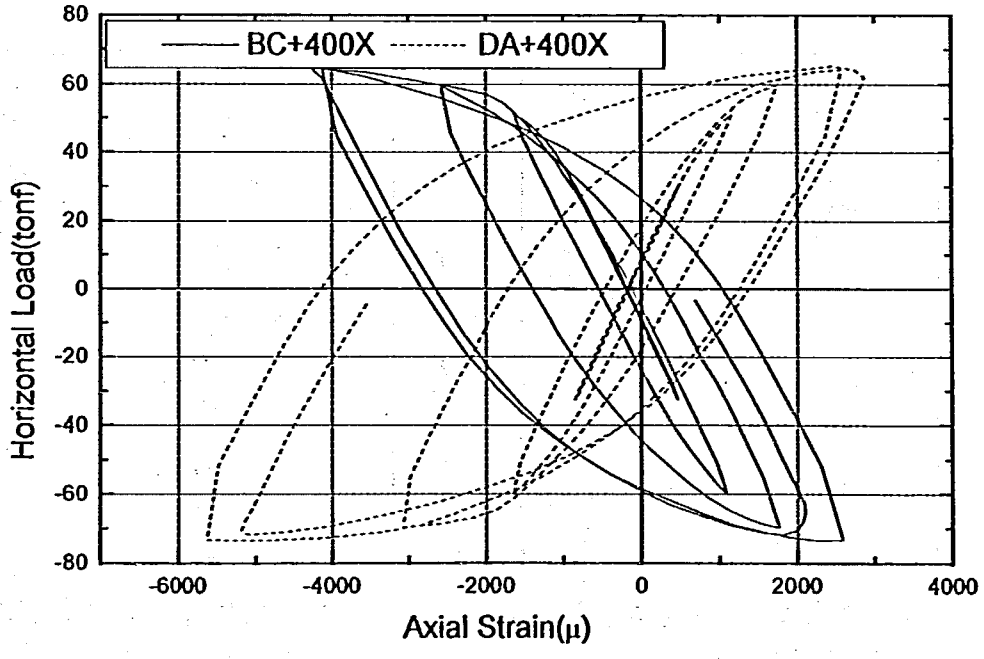
図－５．６．９　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｃ－ＳＴ、Ａ４００&Ｂ４００）



図－５．６．１０　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｃ－ＳＴ、ＡＣ４００&ＢＤ４００）

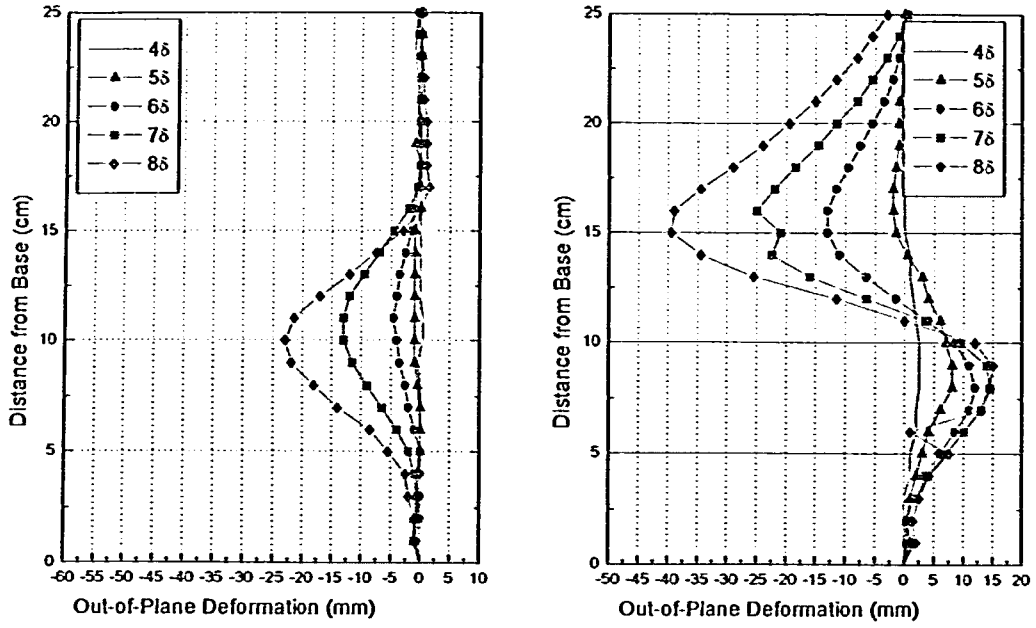


図－５．６．１１　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｃ－ＳＴ、Ｃ４００＆Ｄ４００）

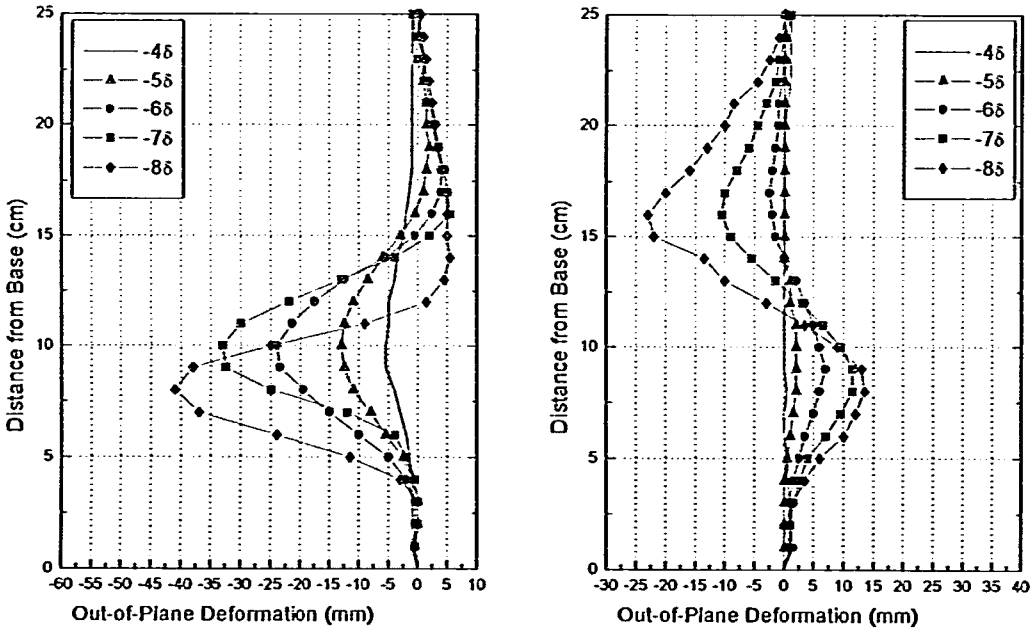


図－５．６．１２　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｃ－ＳＴ、ＢＣ４００＆ＤＡ４００）

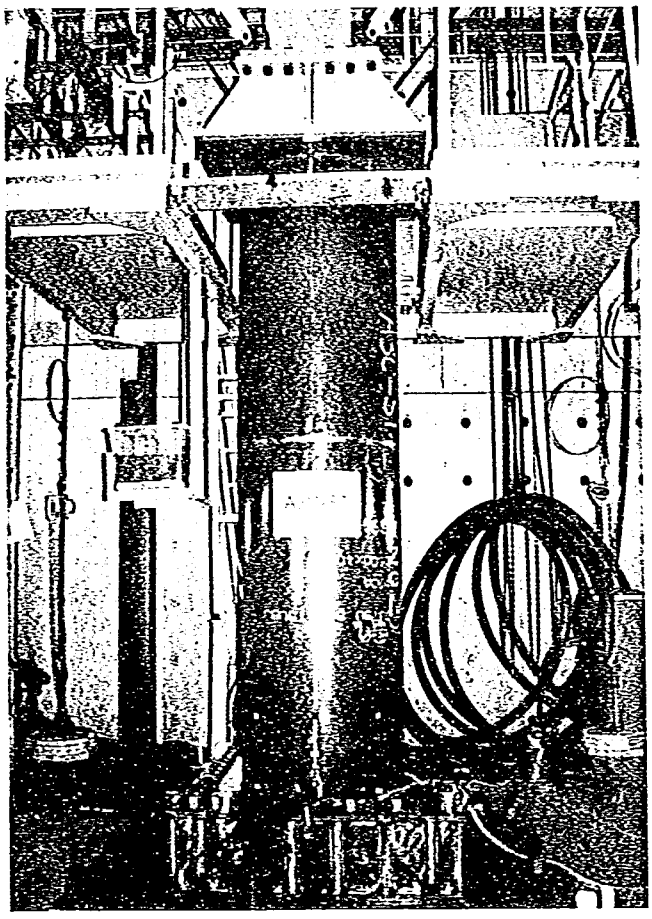
LineA　　LineB



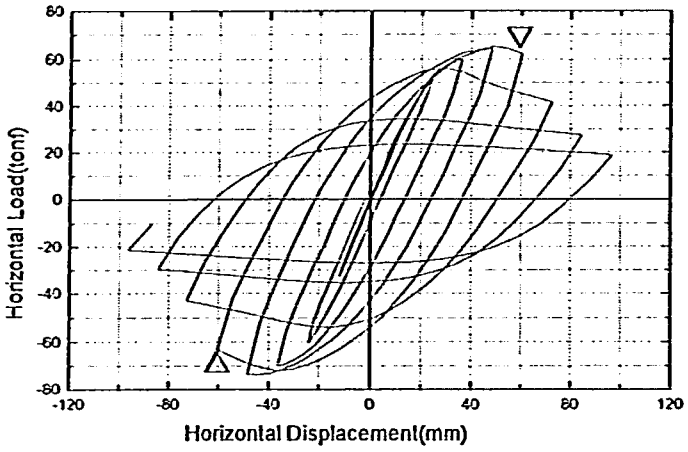
図－５．６．１３　＋ｎδｙ時の基部面外変形（Ａ３Ｃ－ＳＴ）

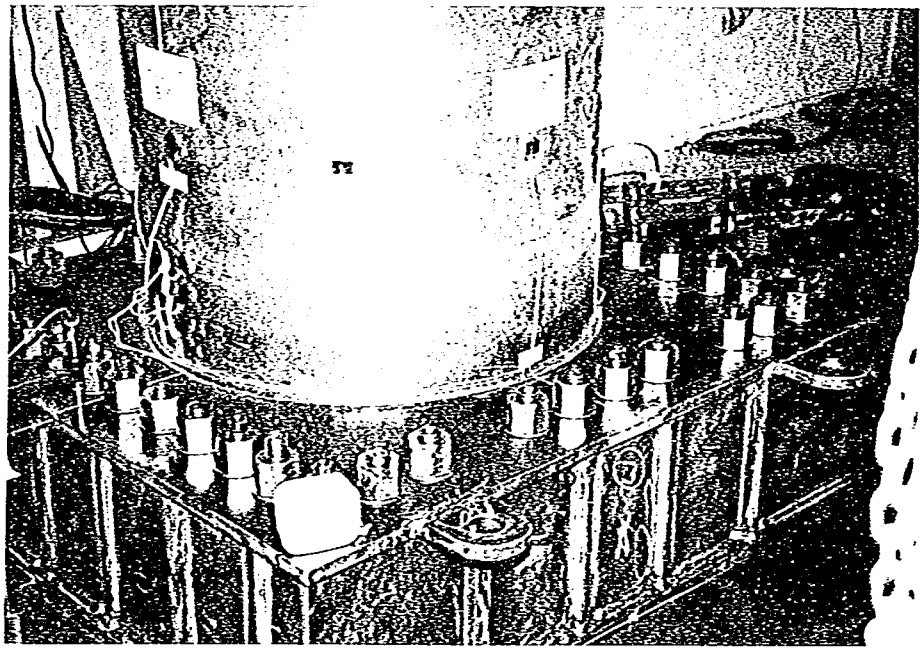


図－５．６．１４　－ｎδｙ時の基部面外変形（Ａ３Ｃ－ＳＴ）

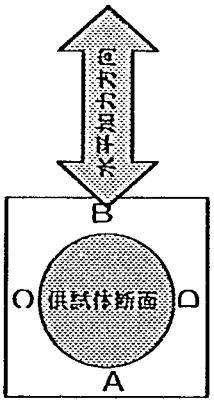


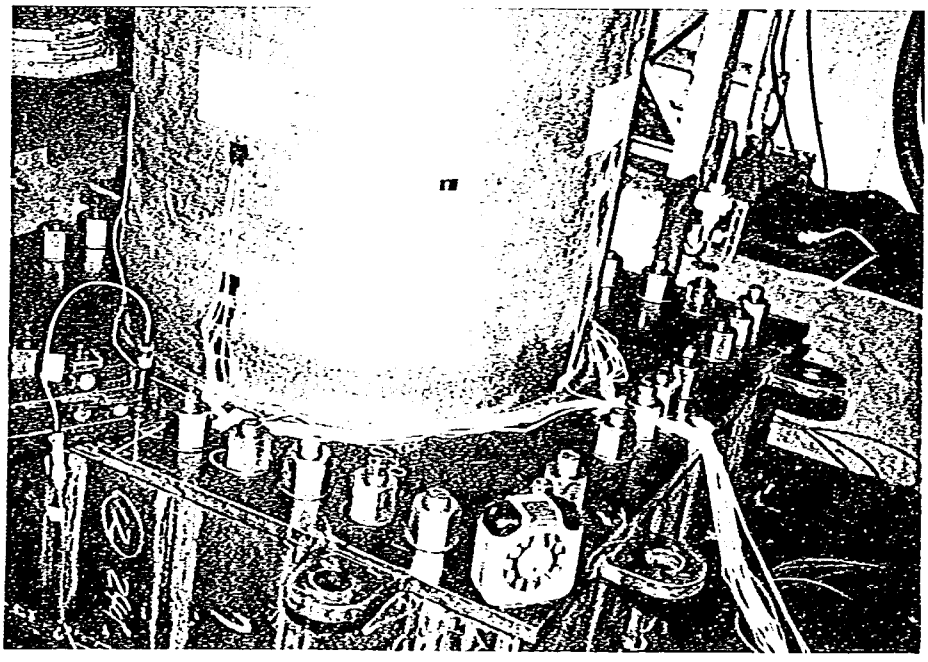
写真－５．６．１　実験供試体全景(Ａ３Ｃ－ＳＴ)



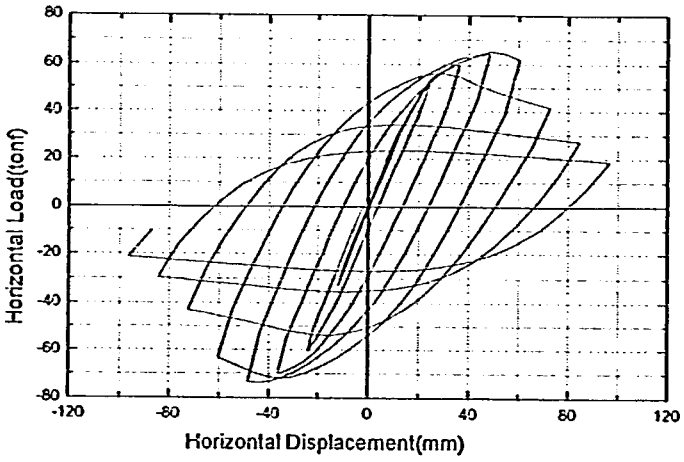


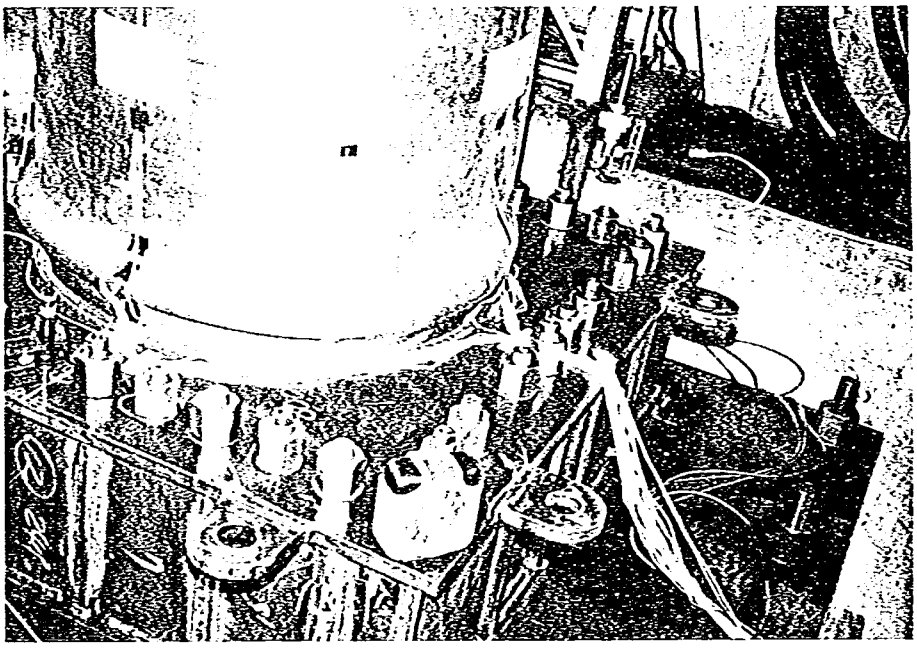
写真－5．6．2　＋5δ_y時(62.0tf, B－C面)



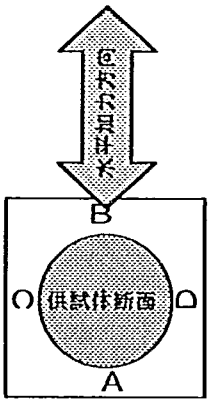


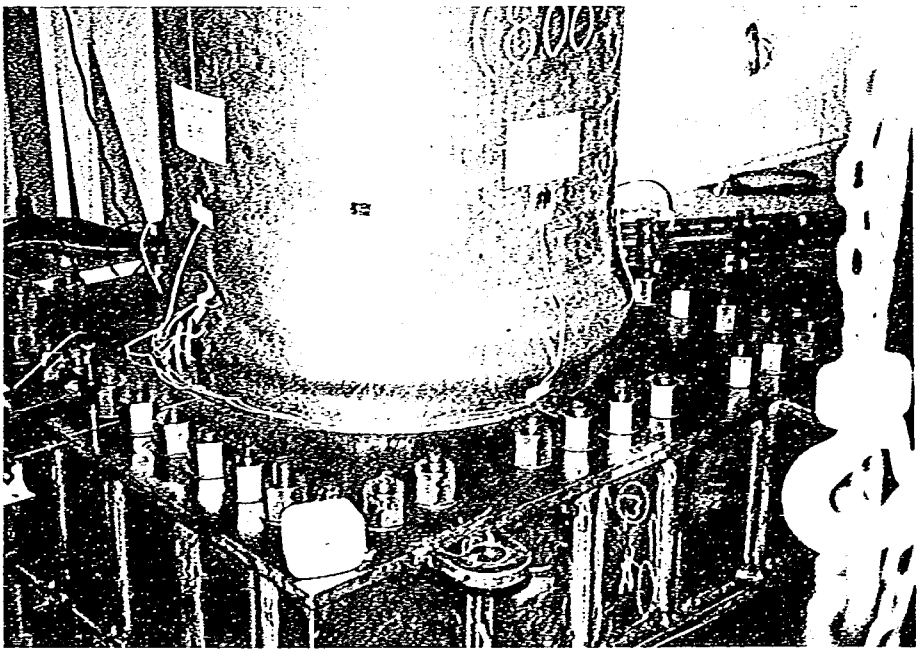
写真－5．6．3　－5δ_y時(-63.0tf, A－D面)





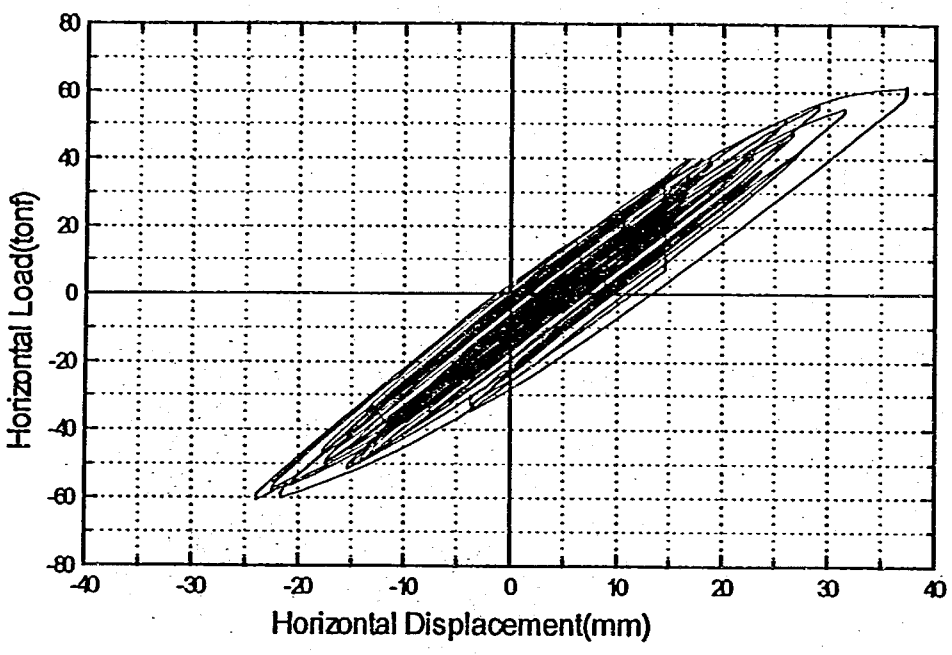
写真－５．６．４　実験終了時(A－D面)



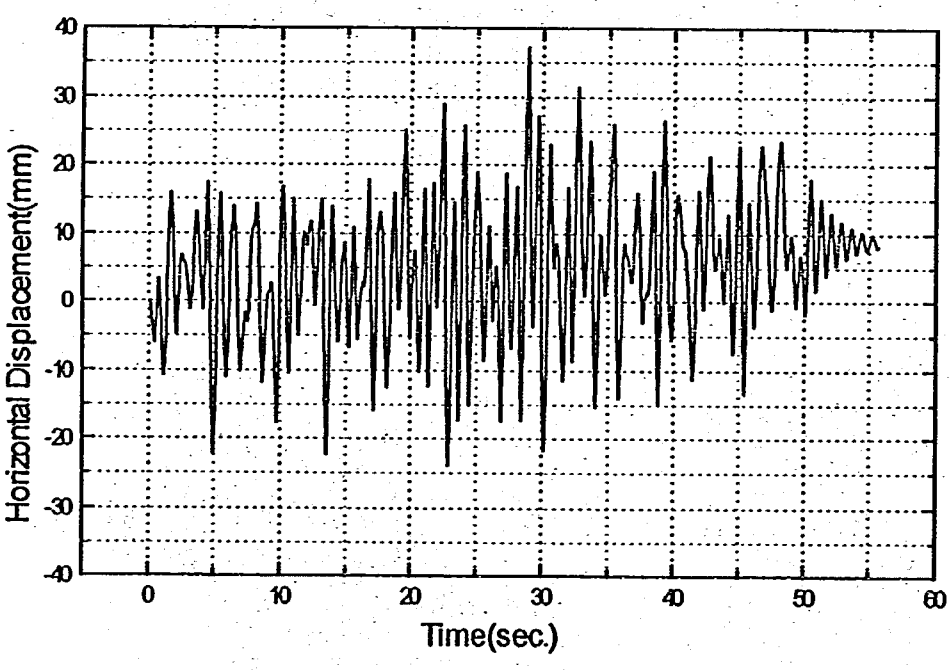


写真－５．６．５　実験終了時(B－C面)

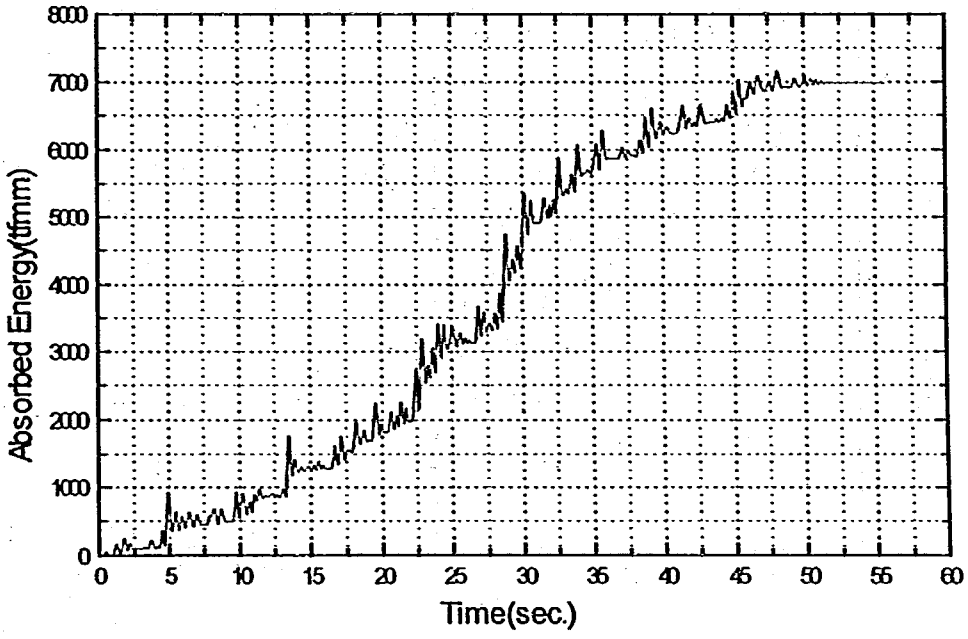
5．6．2　A3C－L2



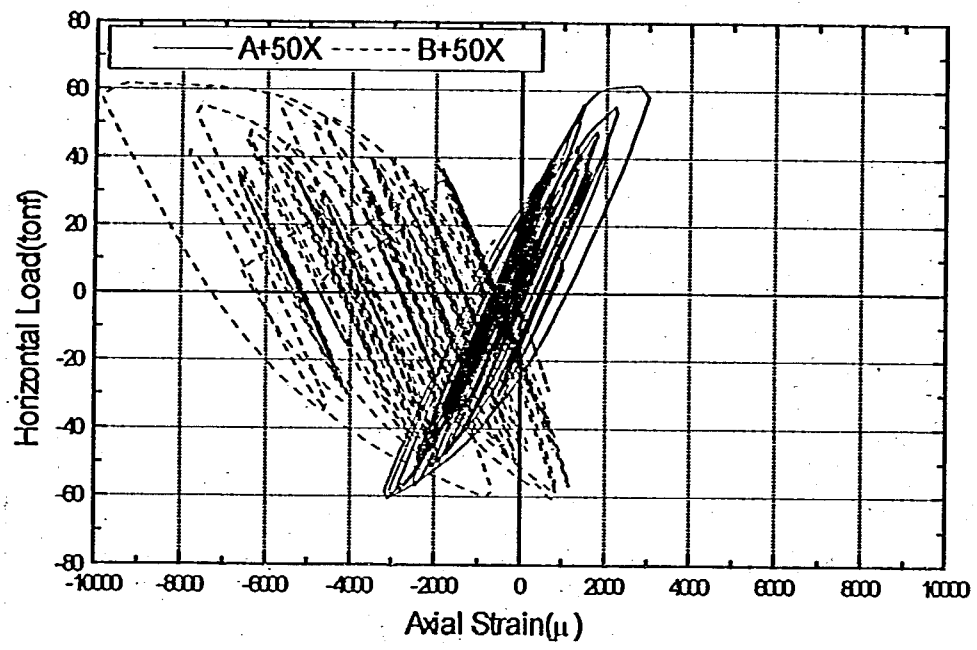
図－5．6．15　水平荷重－変位履歴曲線（A3C－L2）



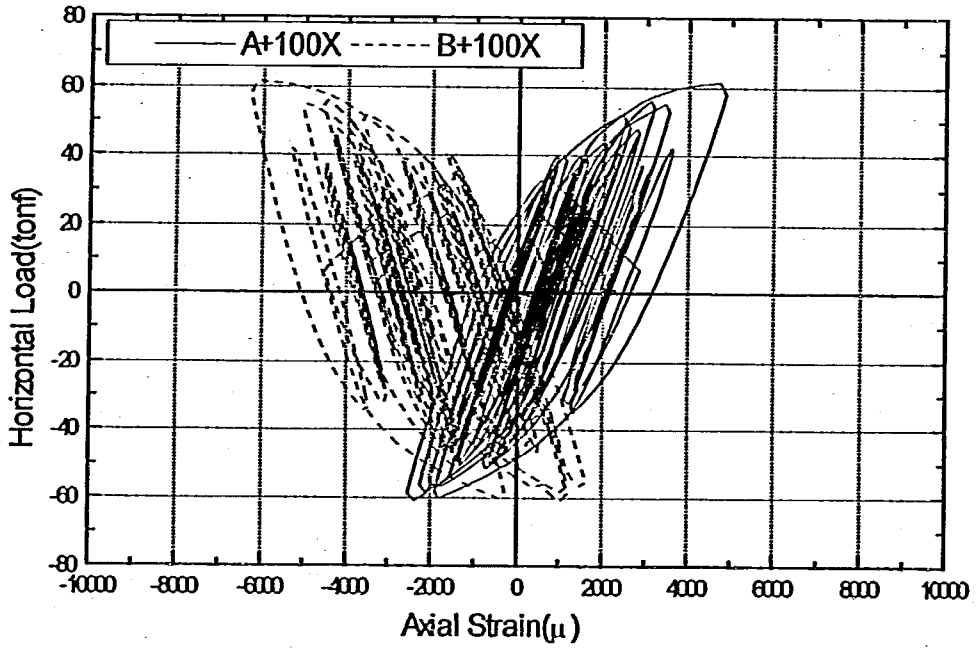
図－5．6．16　時刻歴応答変位（A3C－L2）



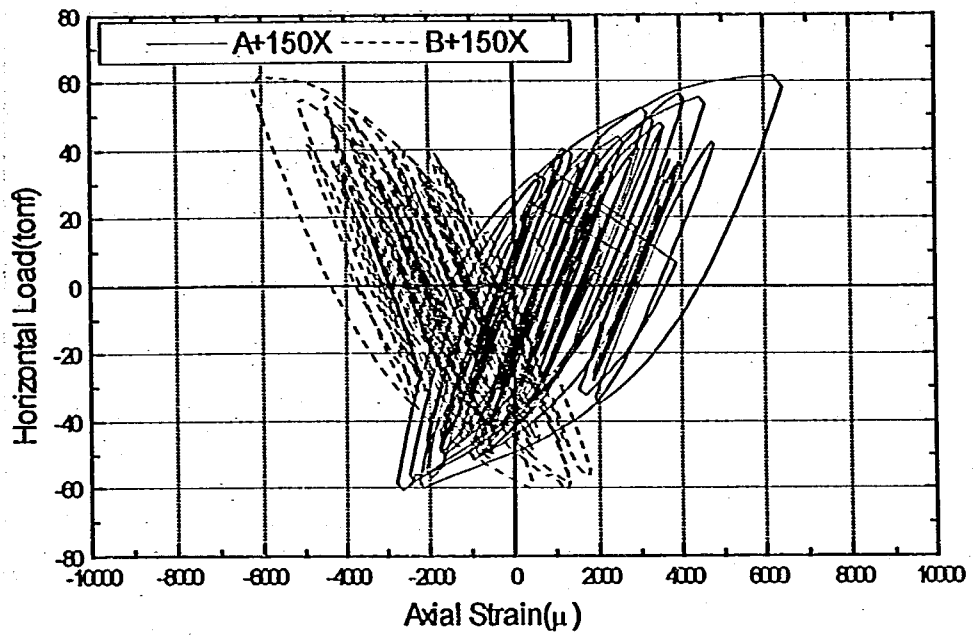
図－５．６．１７　累積エネルギー吸収量（Ａ３Ｃ－Ｌ２）



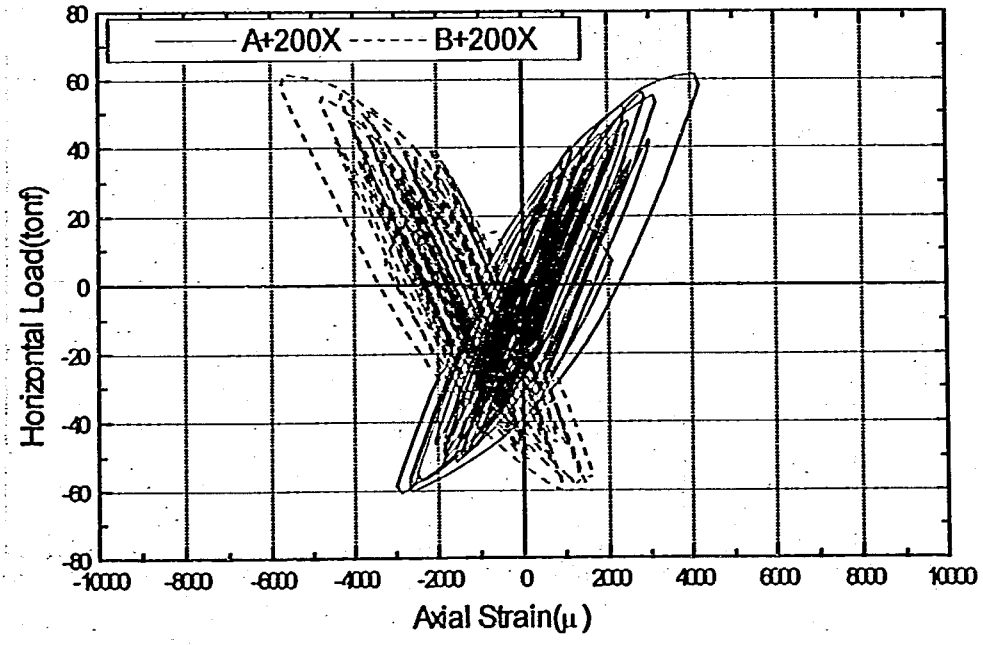
図－５．６．１８　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｃ－Ｌ２、Ａ５０＆Ｂ５０）



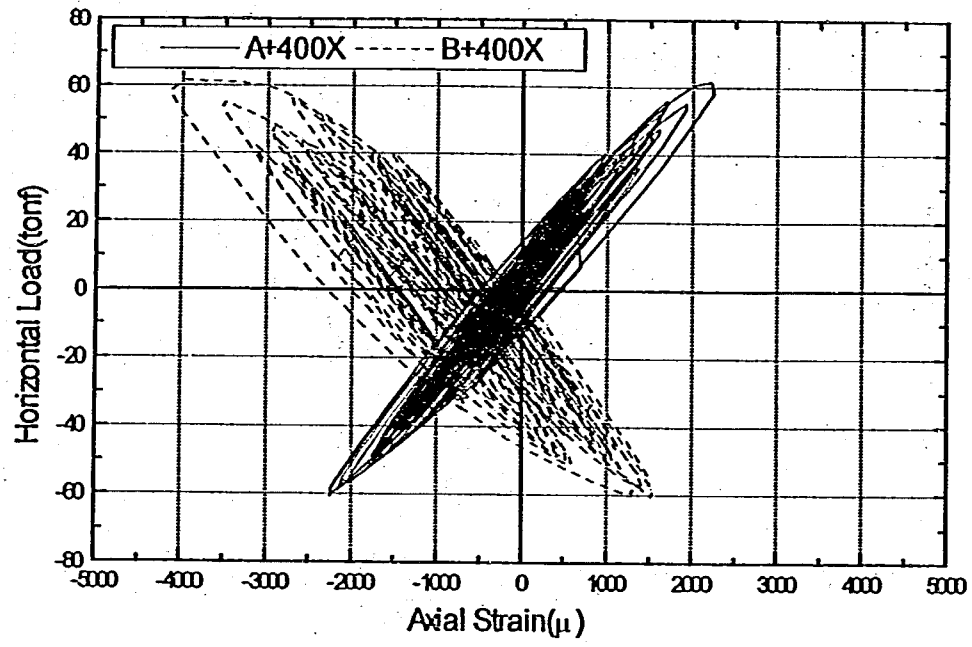
図－５．６．１９　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｃ－Ｌ２、Ａ１００＆Ｂ１００）



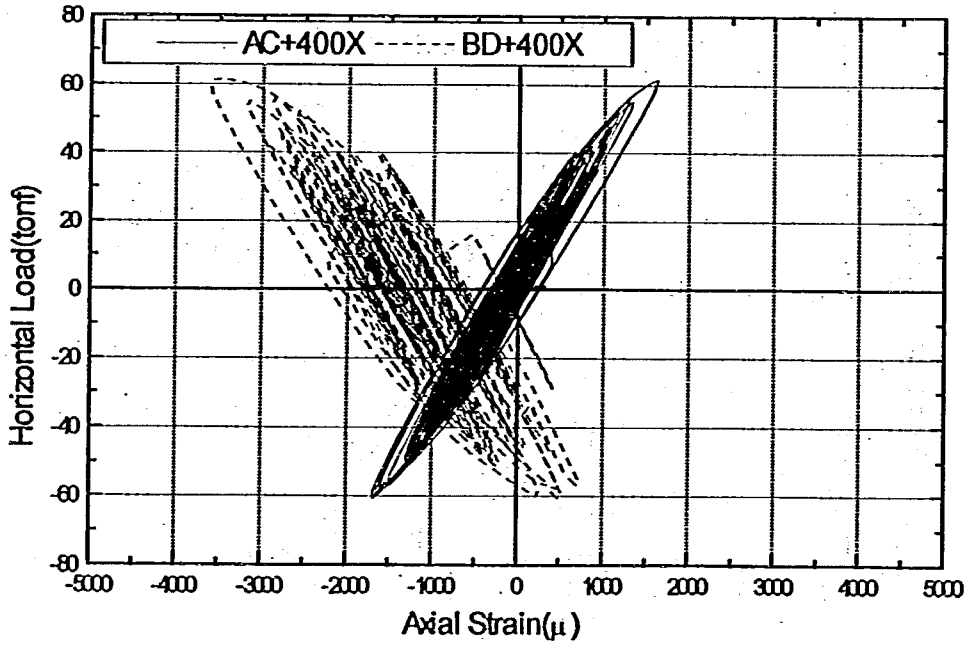
図－５．６．２０　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｃ－Ｌ２、Ａ１５０&Ｂ１５０）



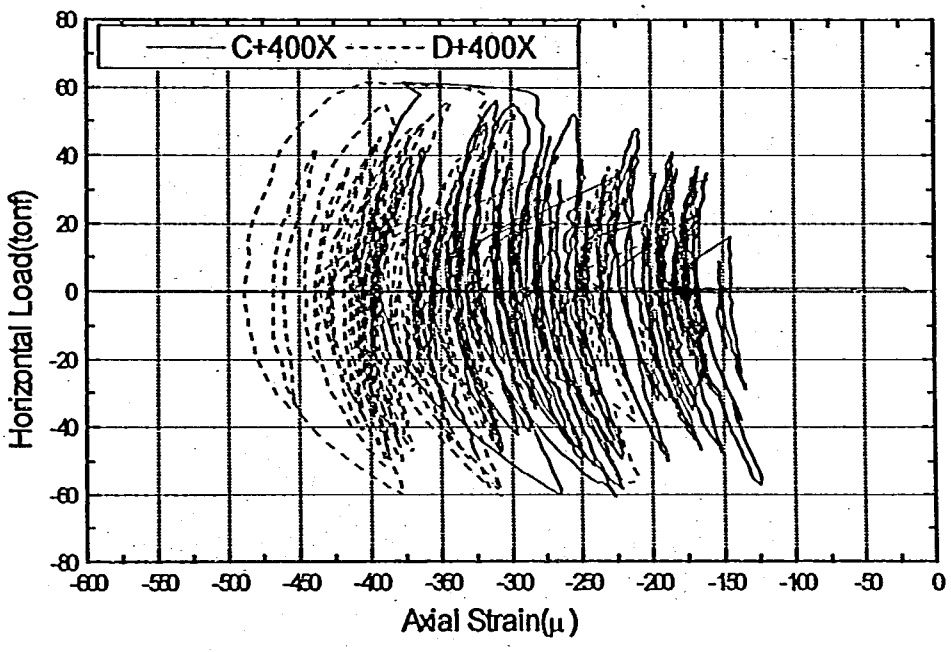
図－５．６．２１　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｃ－Ｌ２、Ａ２００&Ｂ２００）



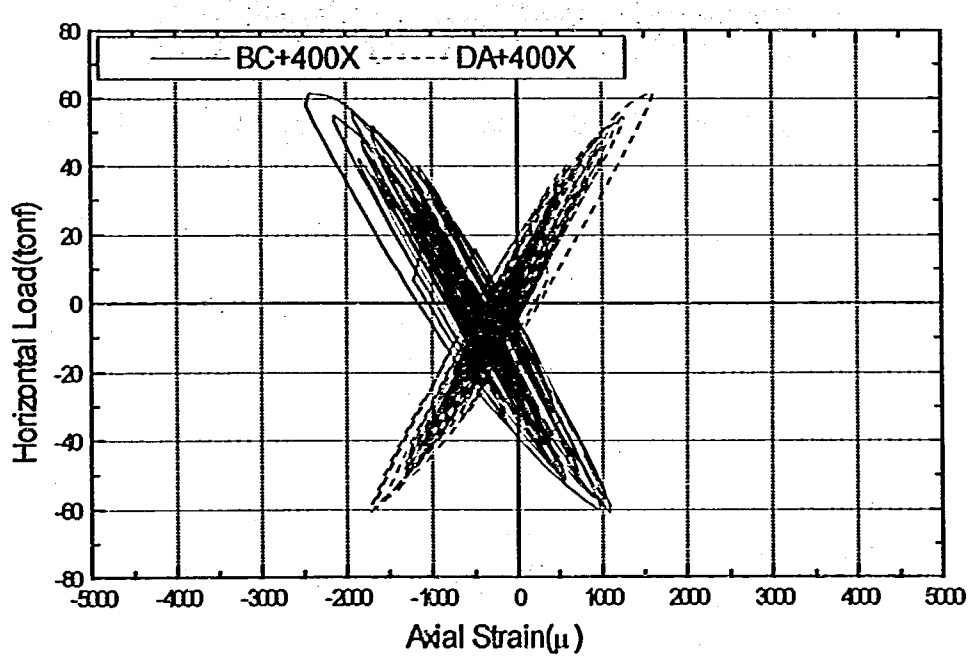
図－５．６．２２　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｃ－Ｌ２、Ａ４００&Ｂ４００）



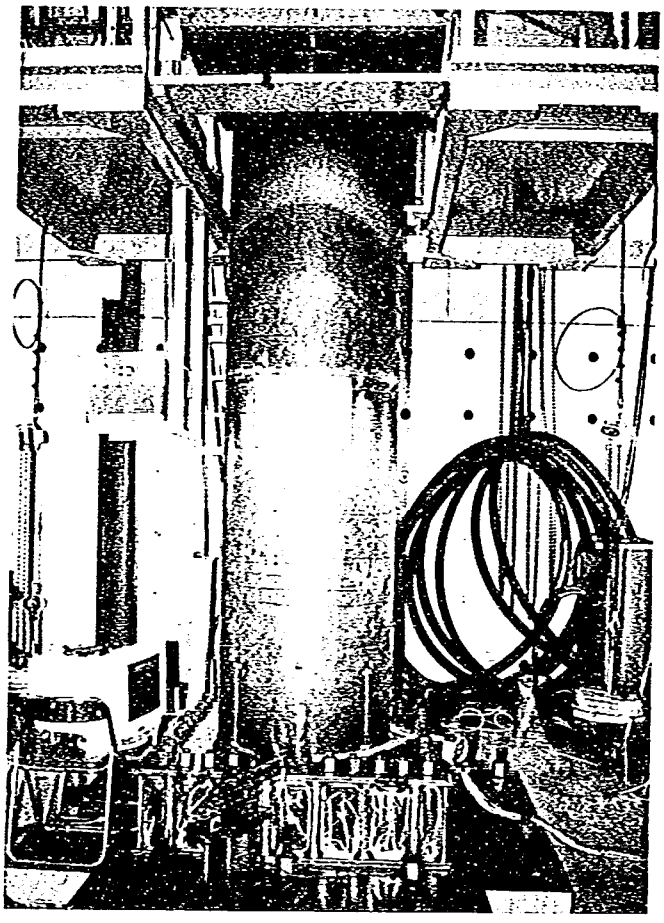
図－５．６．２３　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｃ－Ｌ２、ＡＣ４００&ＢＤ４００）



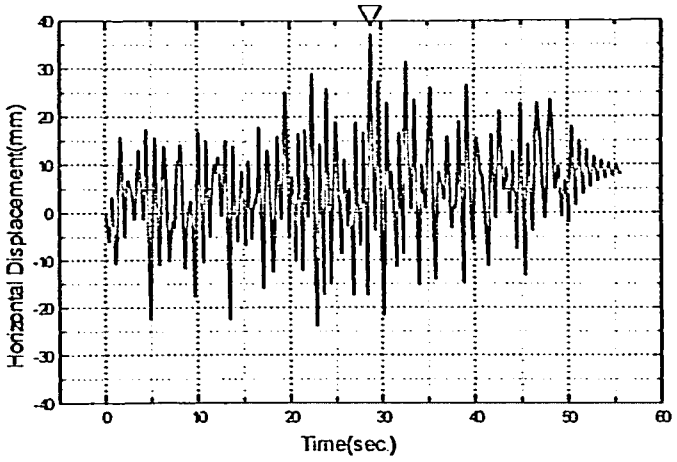
図－５．６．２４　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｃ－Ｌ２、Ｃ４００&Ｄ４００）

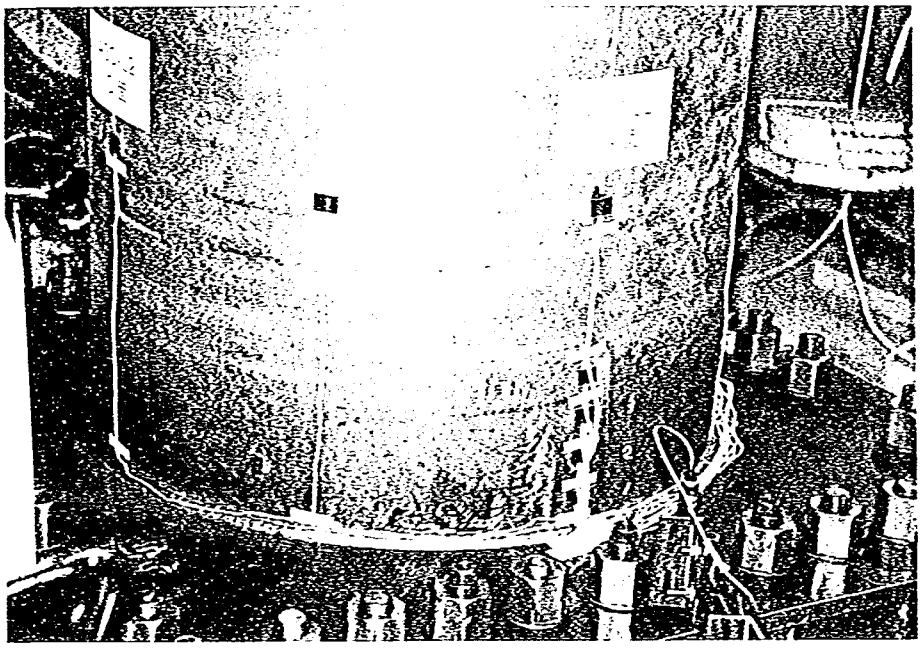


図－５．６．２５　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｃ－Ｌ２、ＢＣ４００&ＤＡ４００）

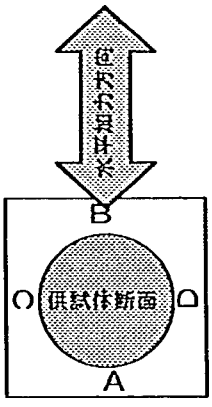


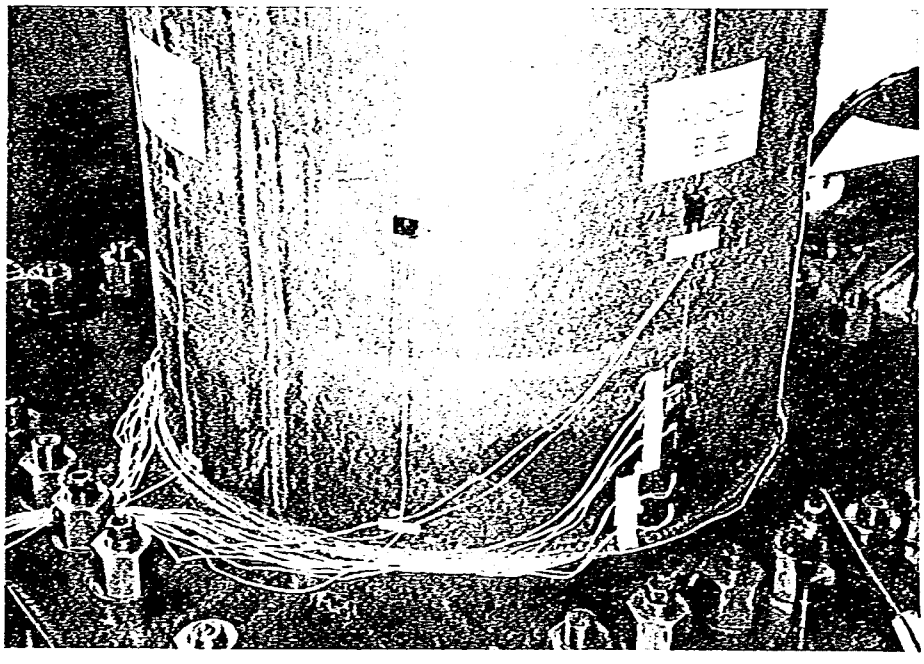
写真－５．６．６　実験供試体全景(Ａ３Ｃ－Ｌ２)



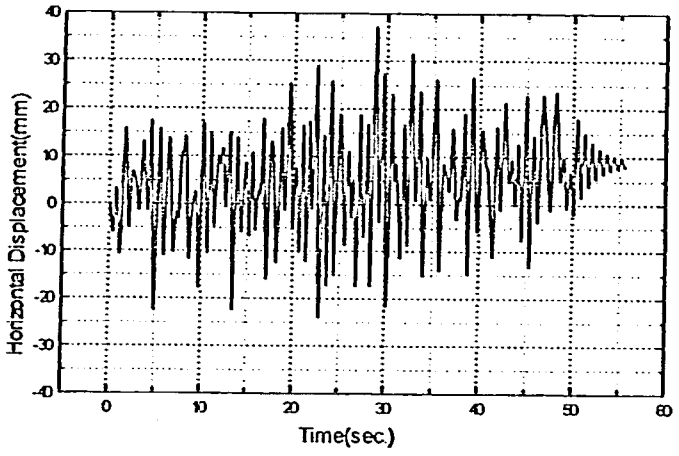


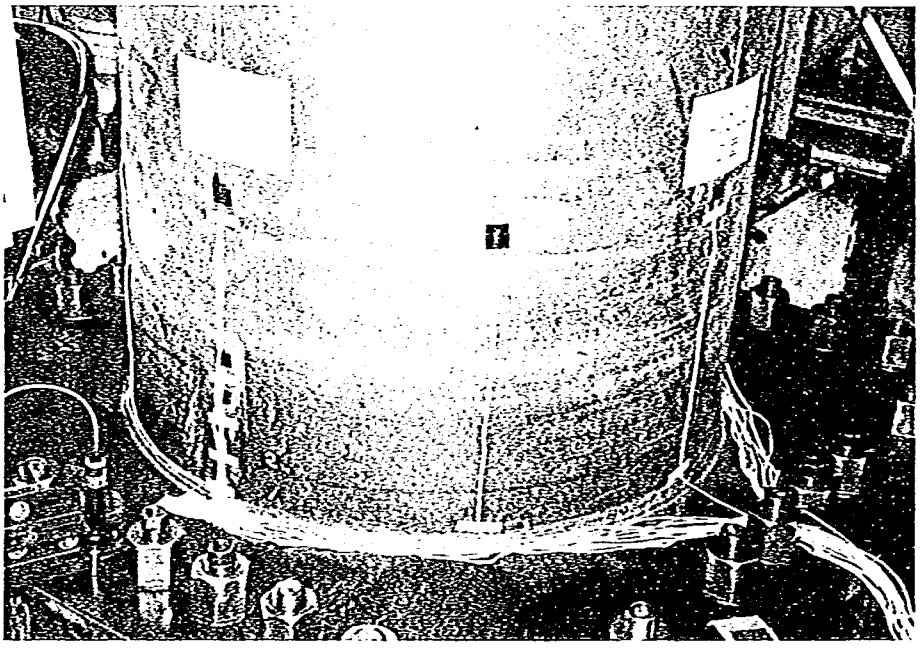
写真－５．６．７　28.8 秒経過時(61.6tf, 37.4mm, A－C面)

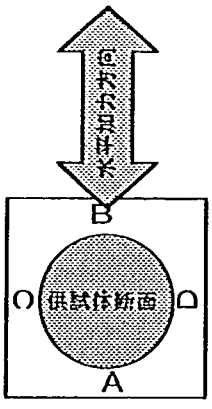




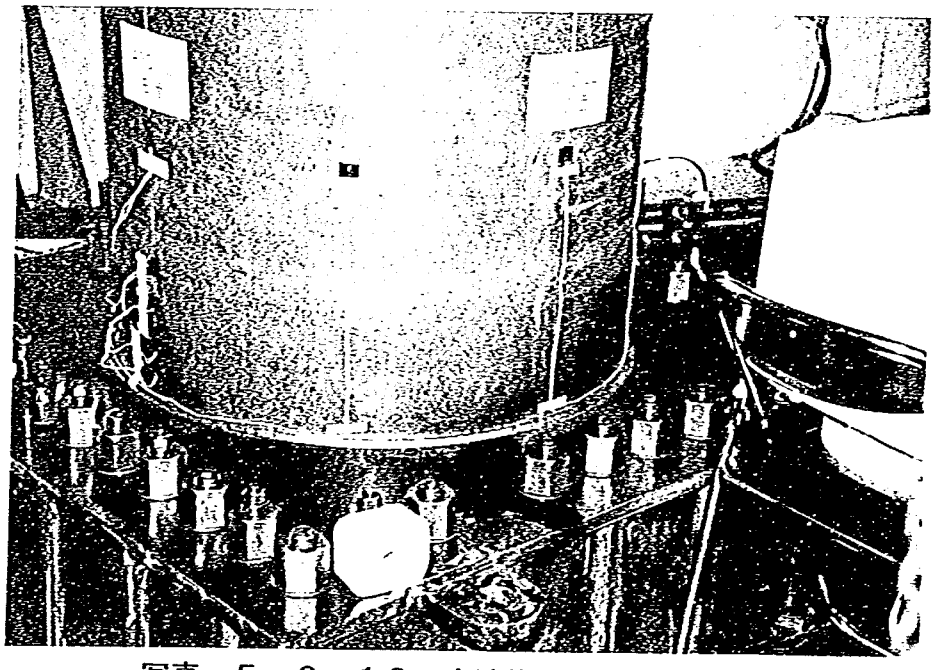
写真－５．６．８　28.8 秒経過時(61.6tf, 37.4mm, B－D面)





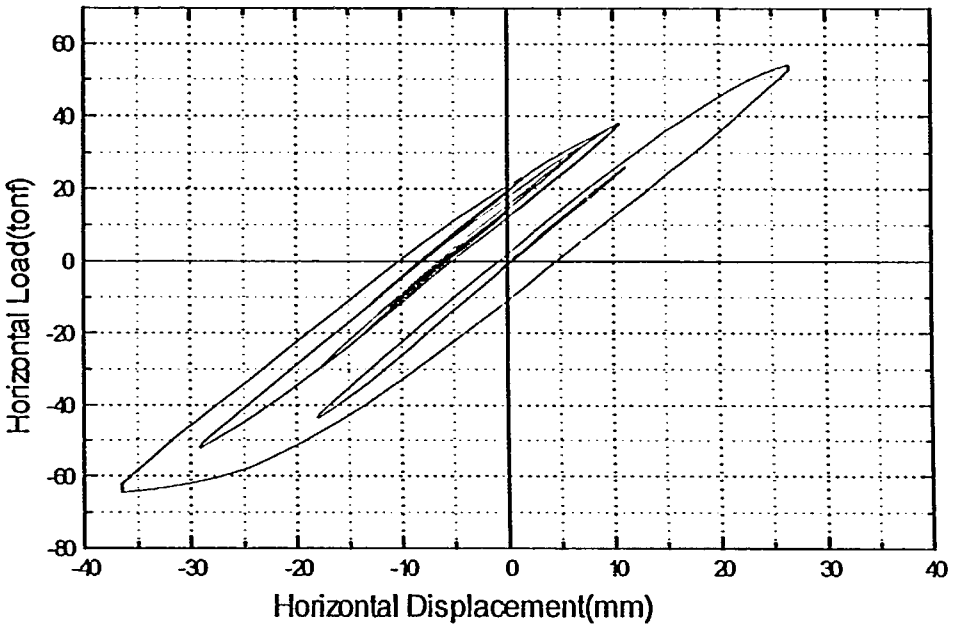


写真－5．6．9　実験終了時(A－D面)

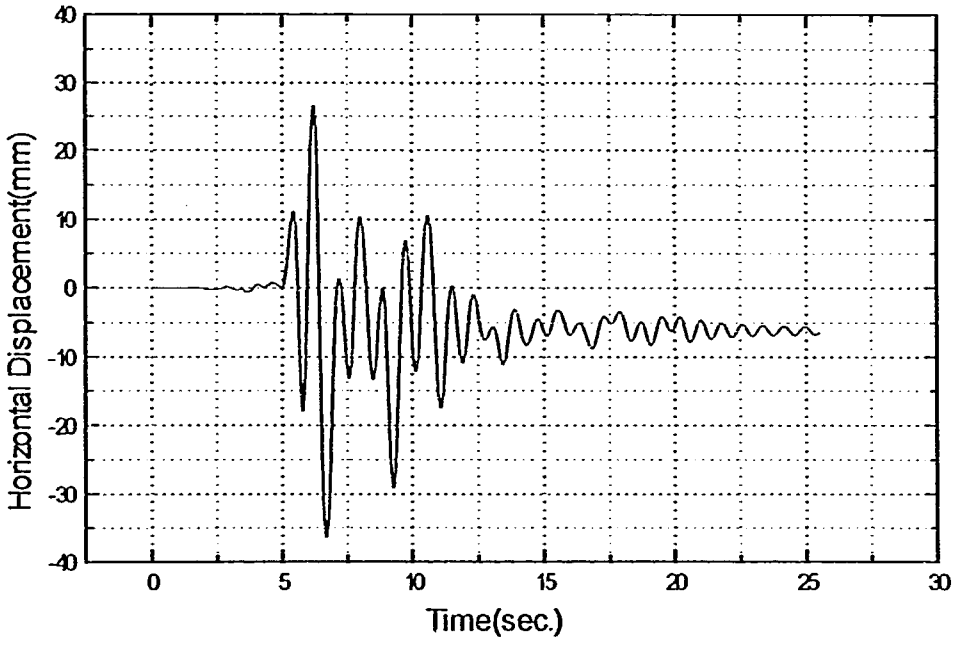


写真－5．6．10　実験終了時(B－C面)

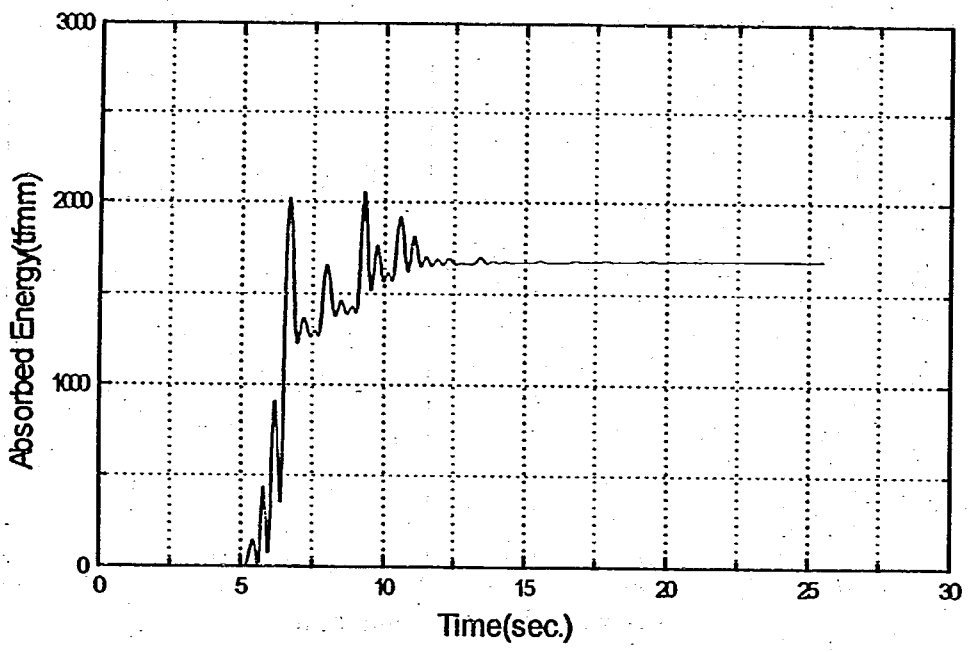
5．6．3　A3CR−HN



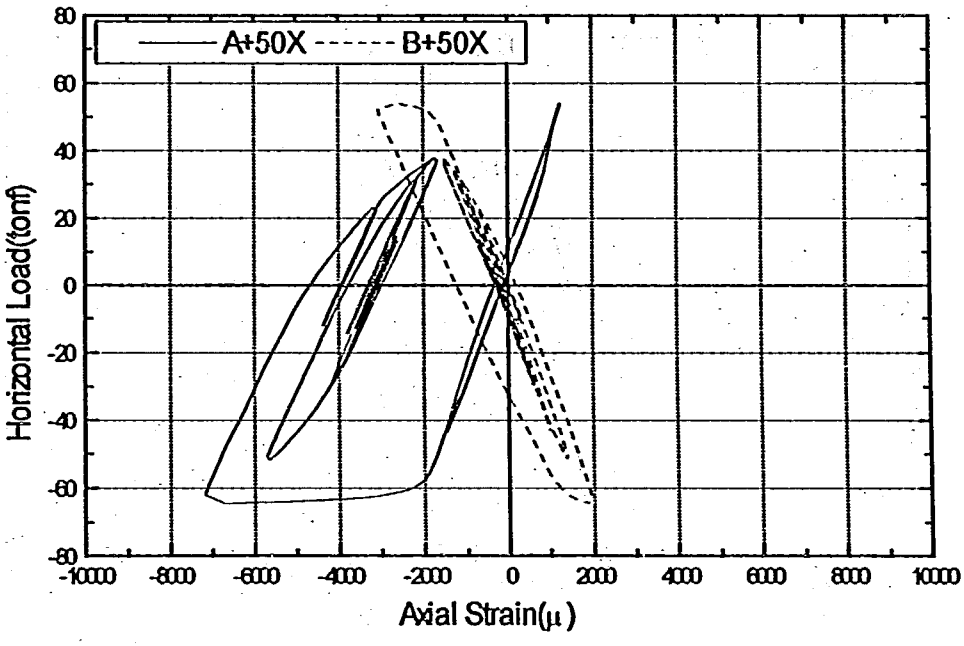
図−5．6．26　水平荷重−変位履歴曲線（A3CR−HN）



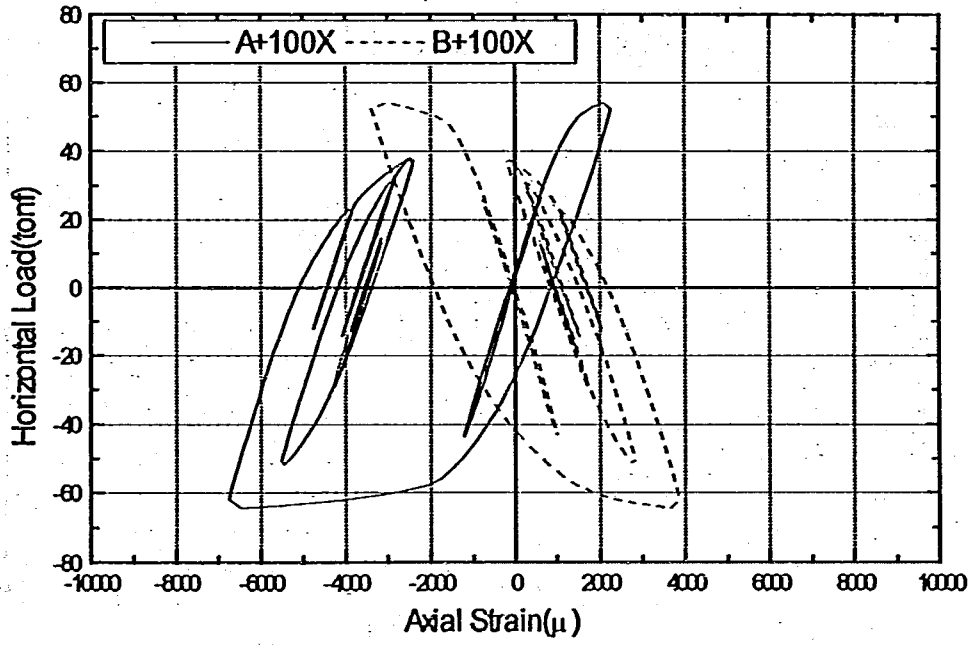
図−5．6．27　時刻歴応答変位（A3CR−HN）



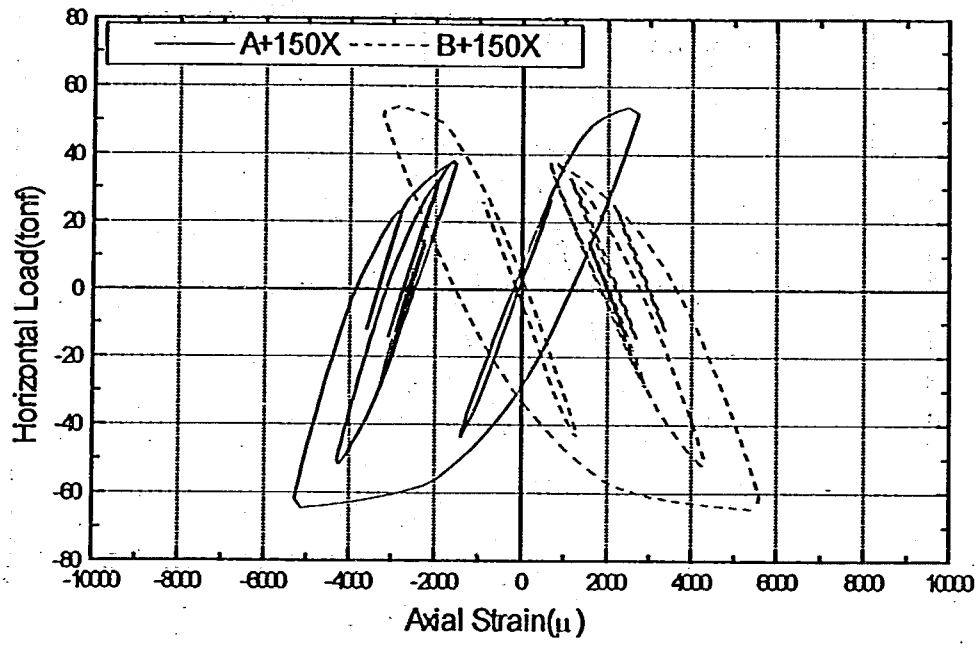
図－５．６．２８　累積エネルギー吸収量（Ａ３ＣＲ－ＨＮ）



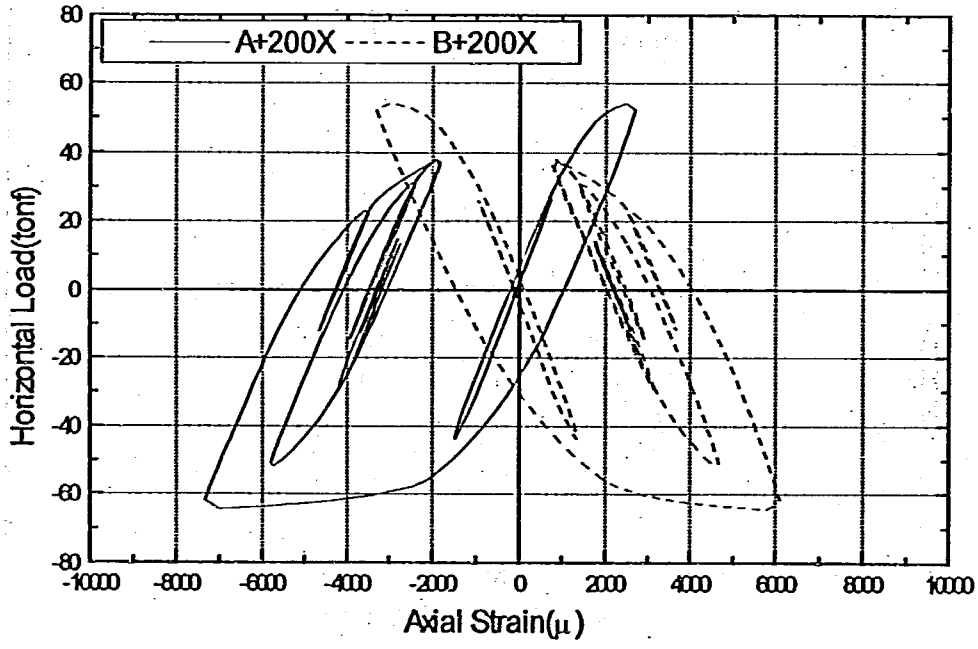
図－５．６．２９　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＣＲ－ＨＮ、Ａ５０＆Ｂ５０）



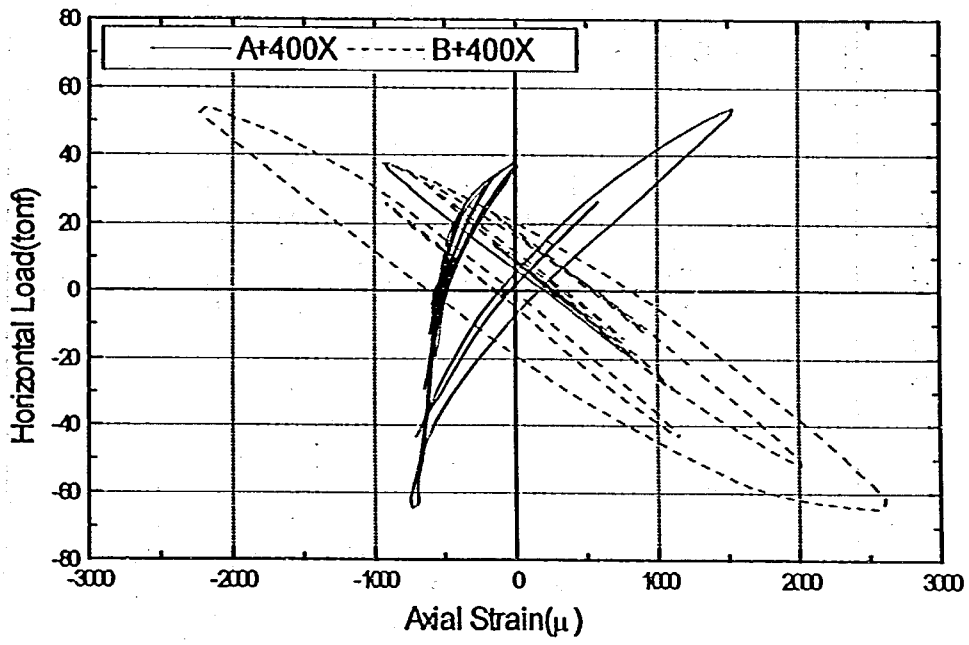
図－５．６．３０　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＣＲ－ＨＮ、Ａ１００＆Ｂ１００）



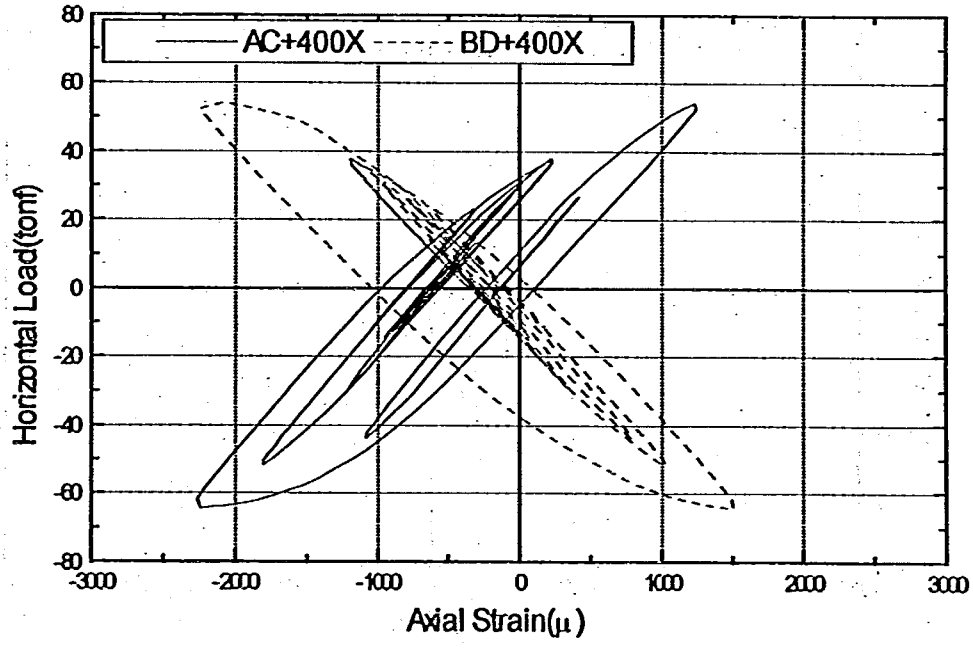
図－５．６．３１　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＣＲ－ＨＮ、Ａ１５０&Ｂ１５０）



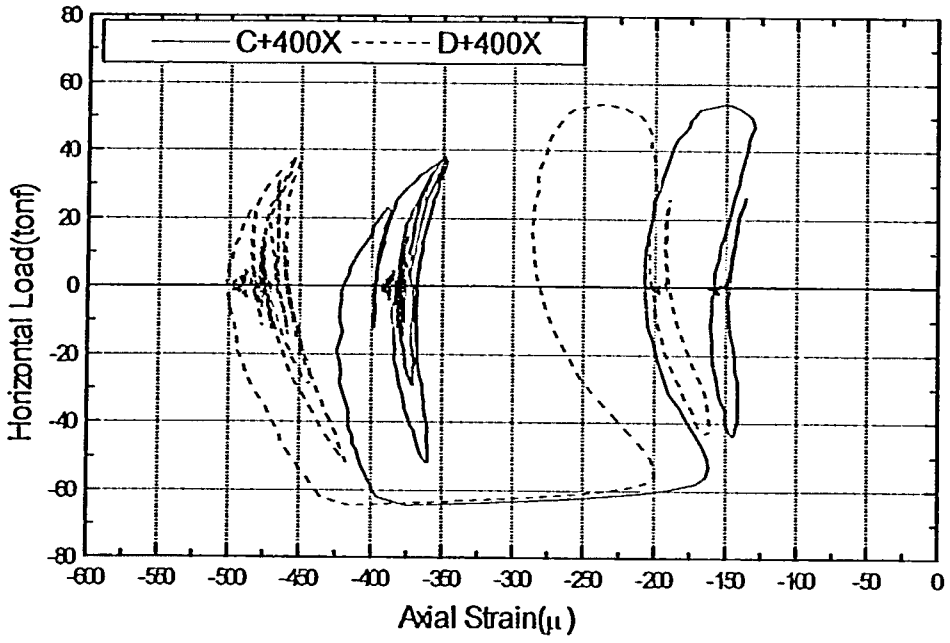
図－５．６．３２　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＣＲ－ＨＮ、Ａ２００&Ｂ２００）



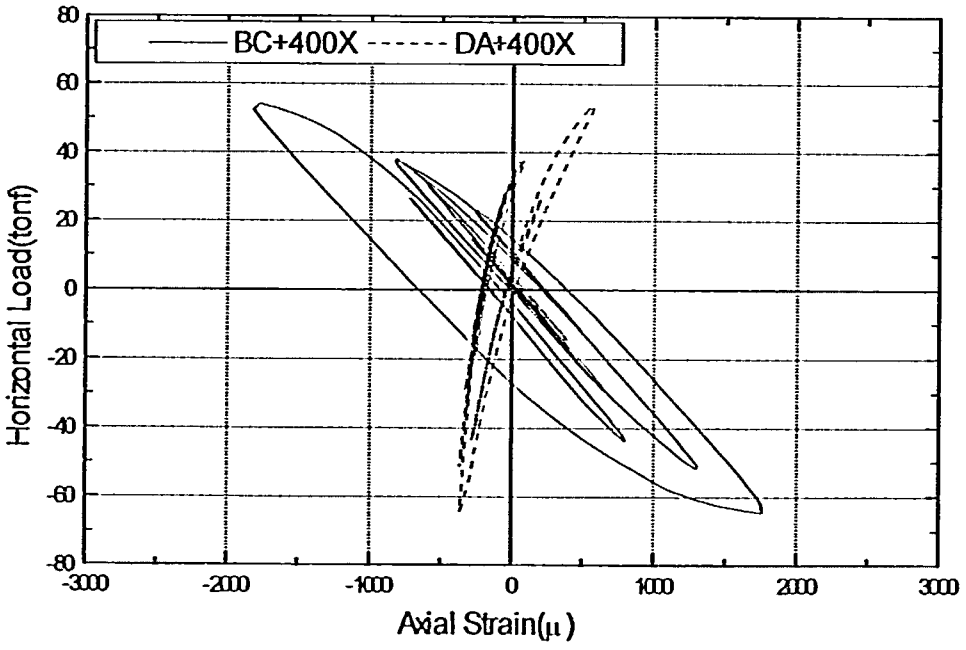
図－５．６．３３　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＣＲ－ＨＮ、Ａ４００＆Ｂ４００）



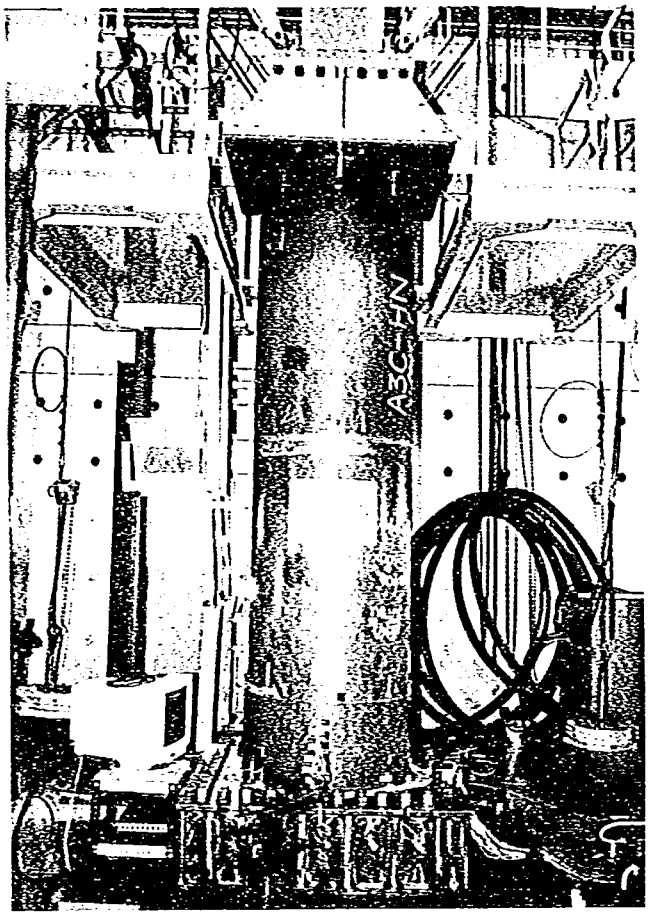
図－５．６．３４　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＣＲ－ＨＮ、ＡＣ４００＆ＢＤ４００）



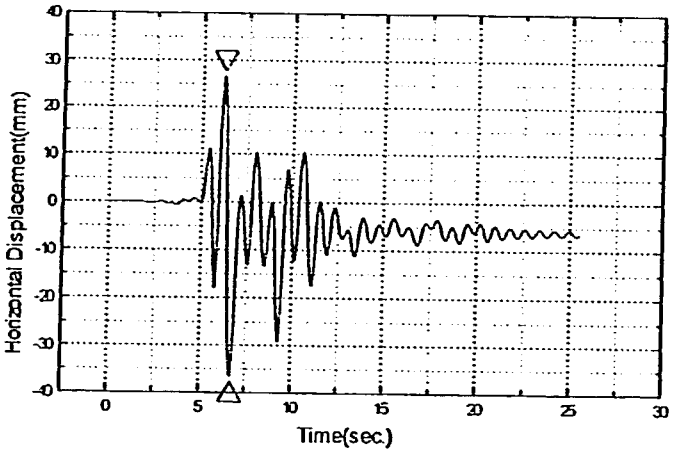
図－５．６．３５　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＣＲ－ＨＮ、Ｃ４００＆Ｄ４００）

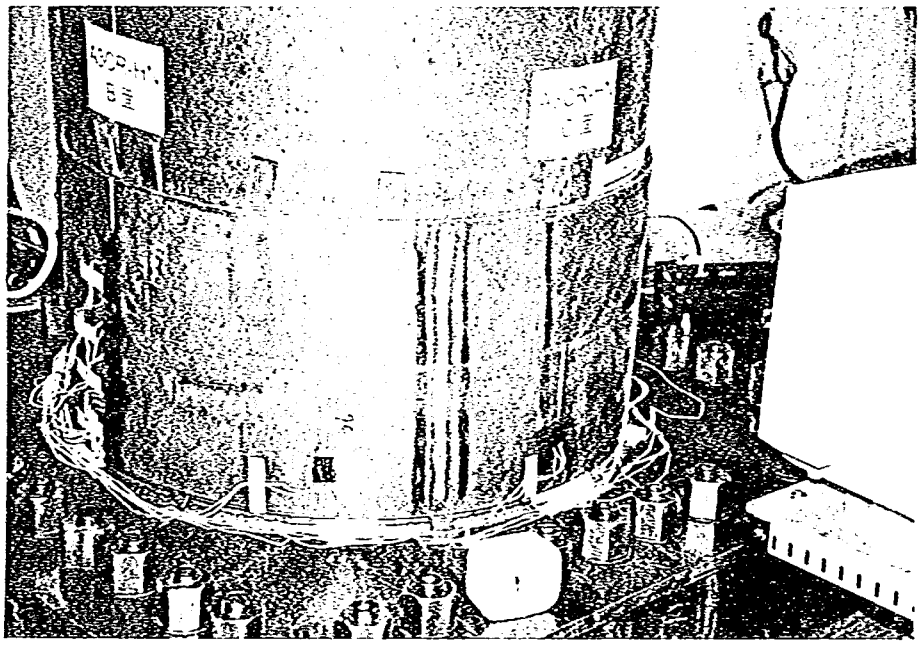


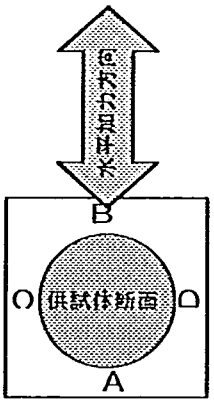
図－５．６．３６　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＣＲ－ＨＮ、ＢＣ４００＆ＤＡ４００）



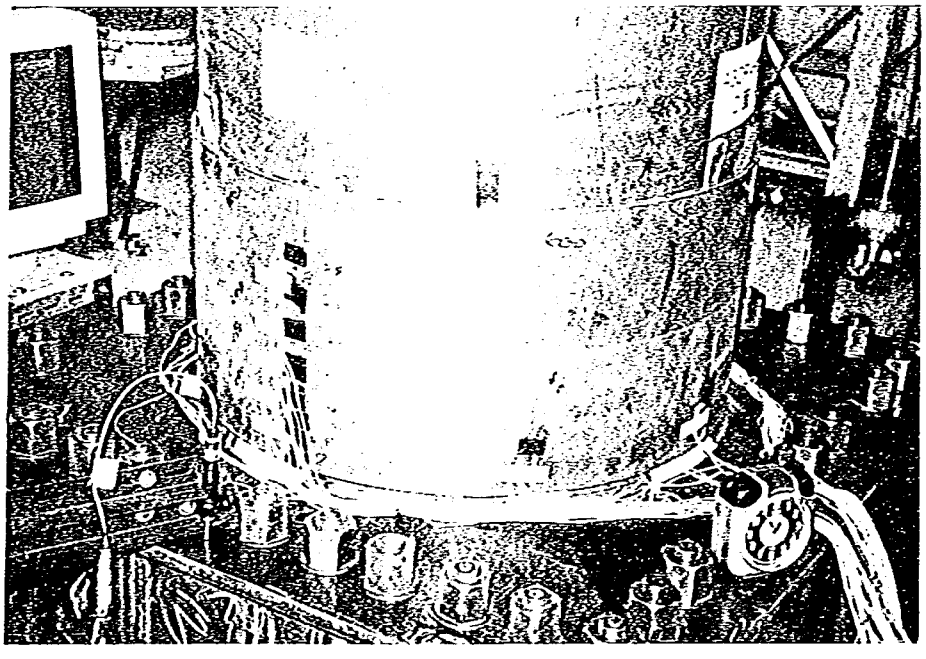
写真－５．６．１１　実験供試体全景(Ａ３ＣＲ－ＨＮ)



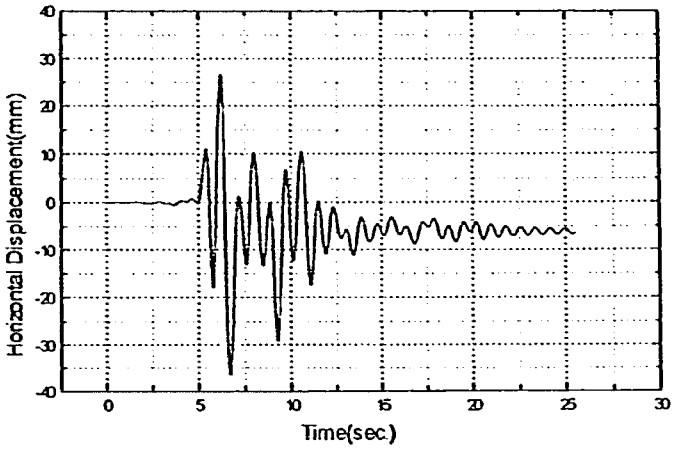


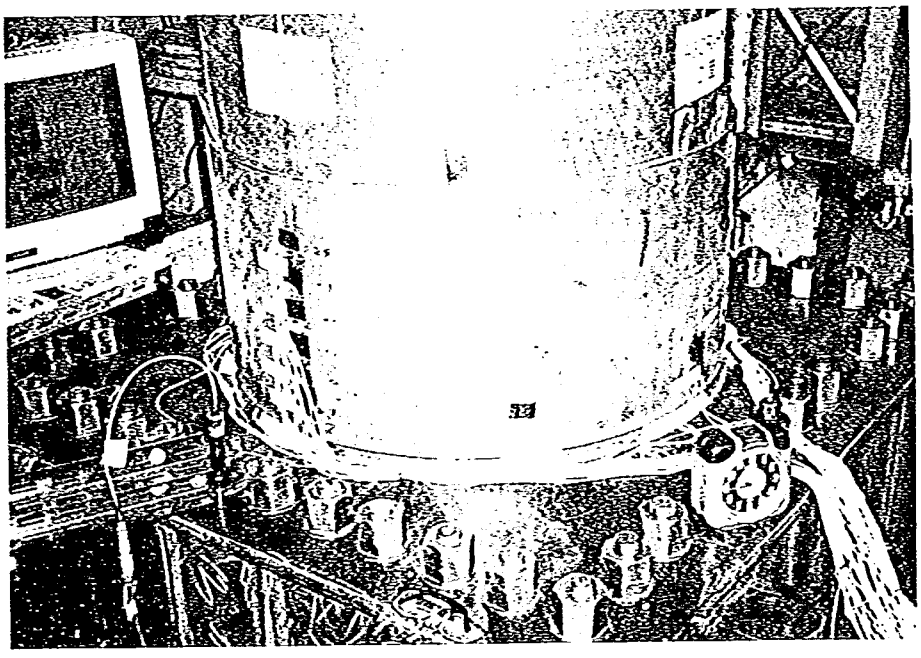


写真－５．６．１２　6.21 秒経過時(54.0tf, 26.6mm, B－C面)

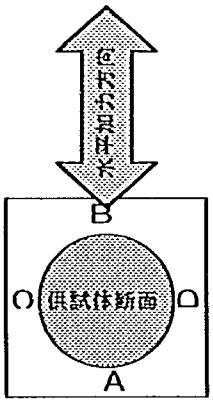


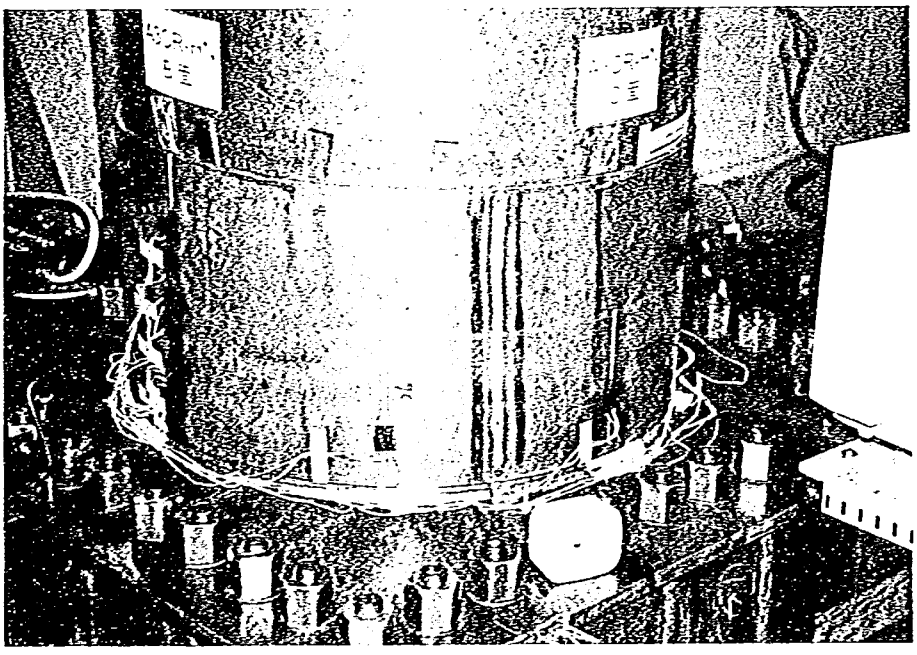
写真－５．６．１３　6.69 秒経過時(-64.4tf, -36.5mm, A－D面)





写真－5．6．14　実験終了時(A－D面)

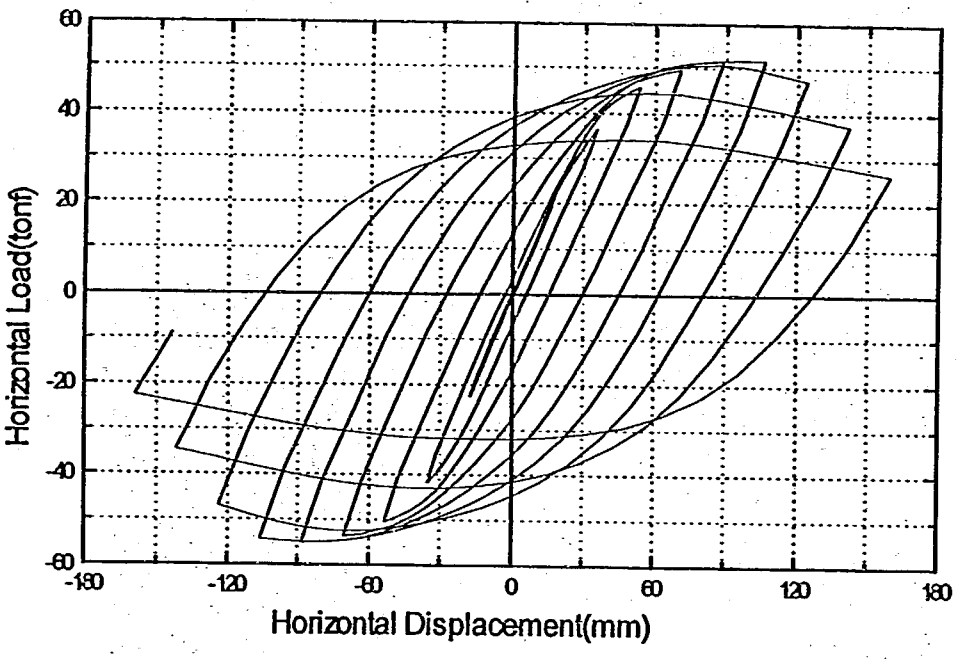




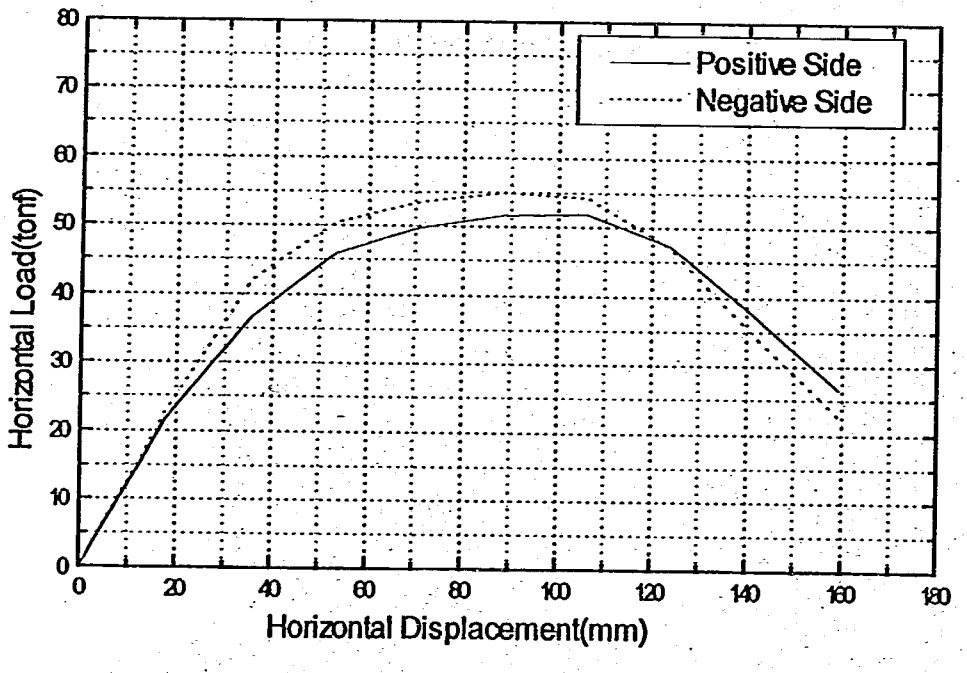
写真－5．6．15　実験終了時(B－C面)

5．7　P1Rシリーズ

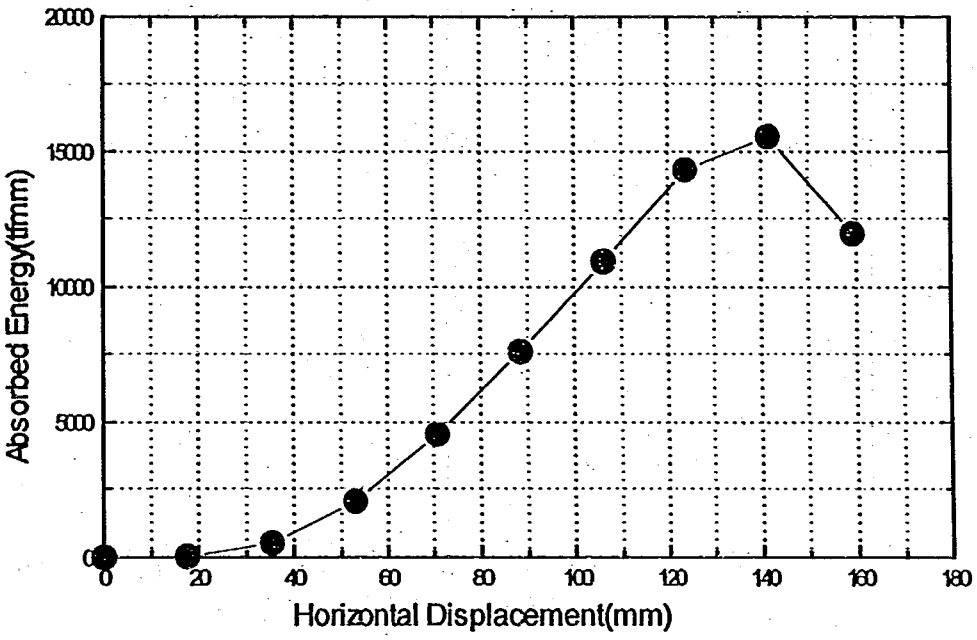
5．7．1　P1R－ST



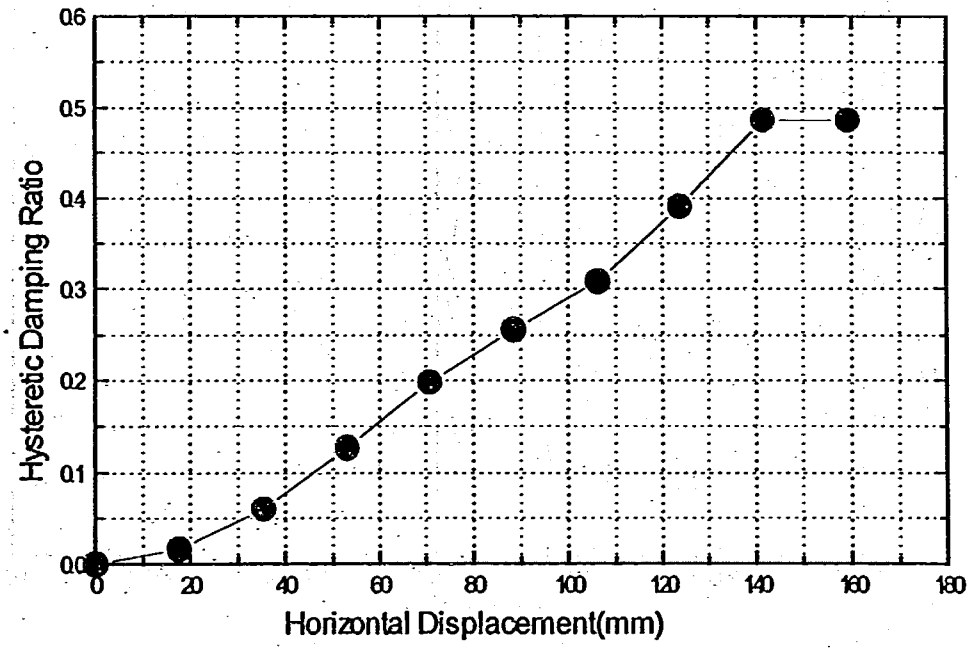
図－5．7．1　水平荷重－変位履歴曲線（P1R－ST）



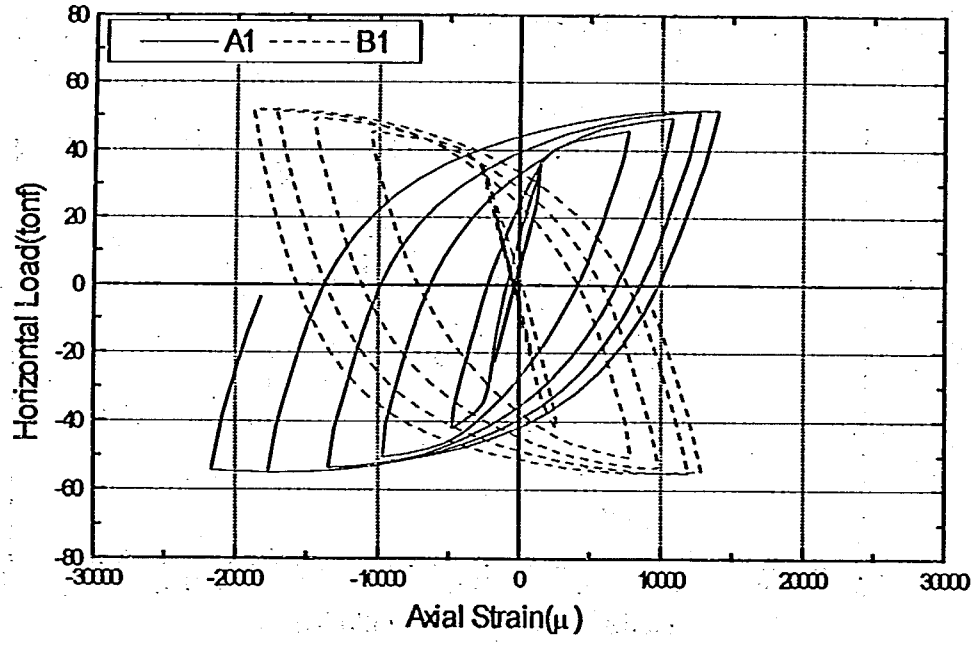
図－5．7．2　水平荷重－変位関係の包絡線（P1R－ST）



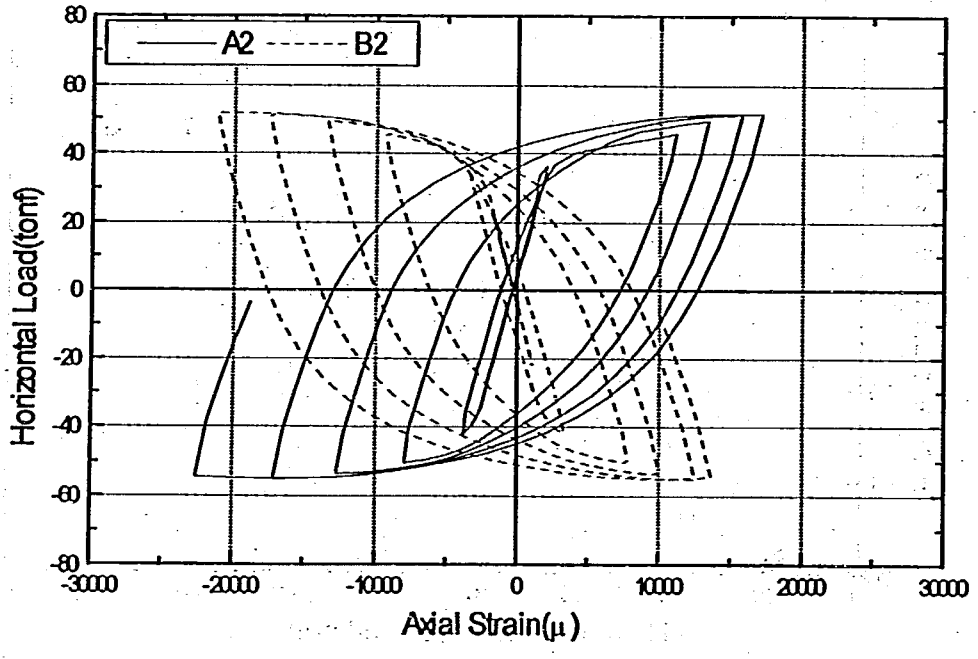
図－５．７．３　１ループごとのエネルギー吸収量（Ｐ１Ｒ－ＳＴ）



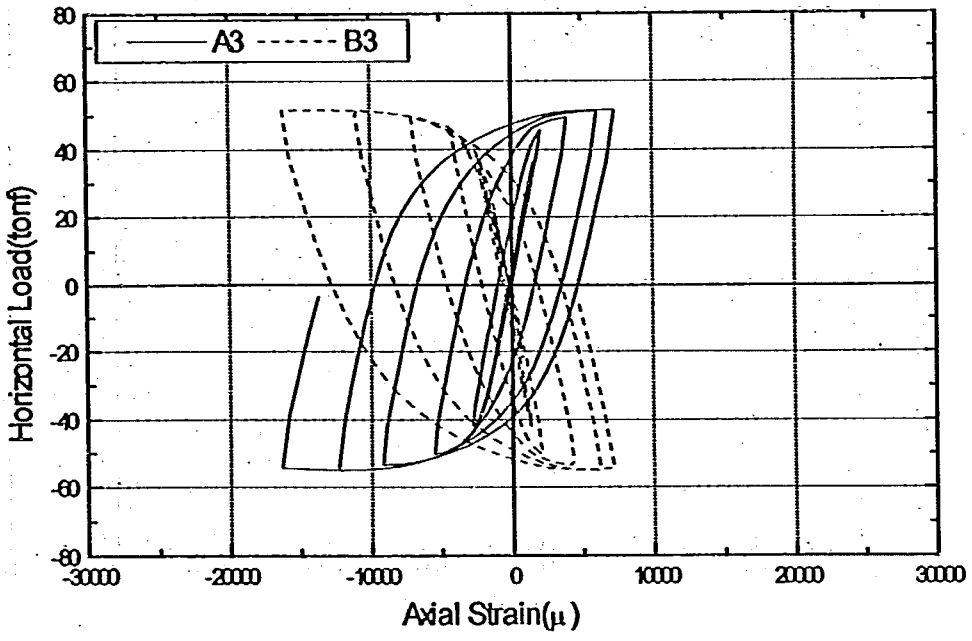
図－５．７．４　各ループの等価粘性減衰（Ｐ１Ｒ－ＳＴ）



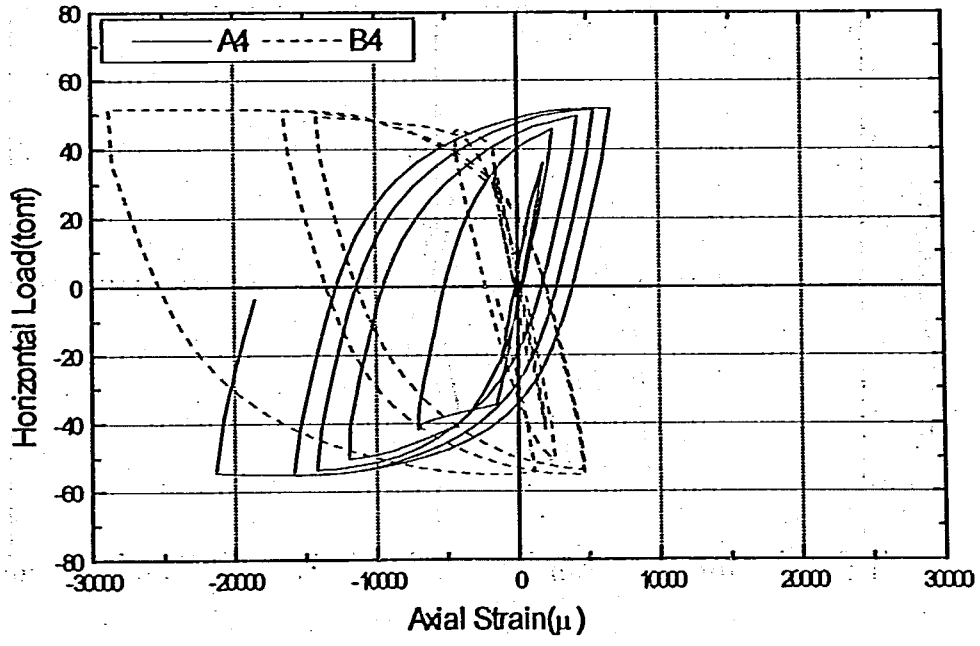
図－５．７．５　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－ＳＴ、Ａ１＆Ｂ１）



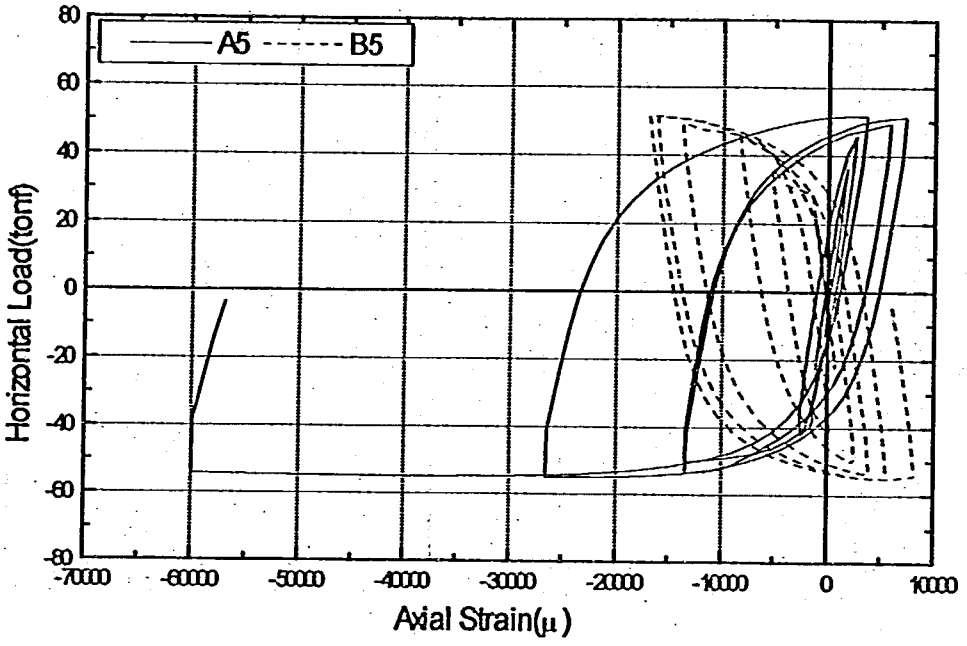
図－５．７．６　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－ＳＴ、Ａ２＆Ｂ２）



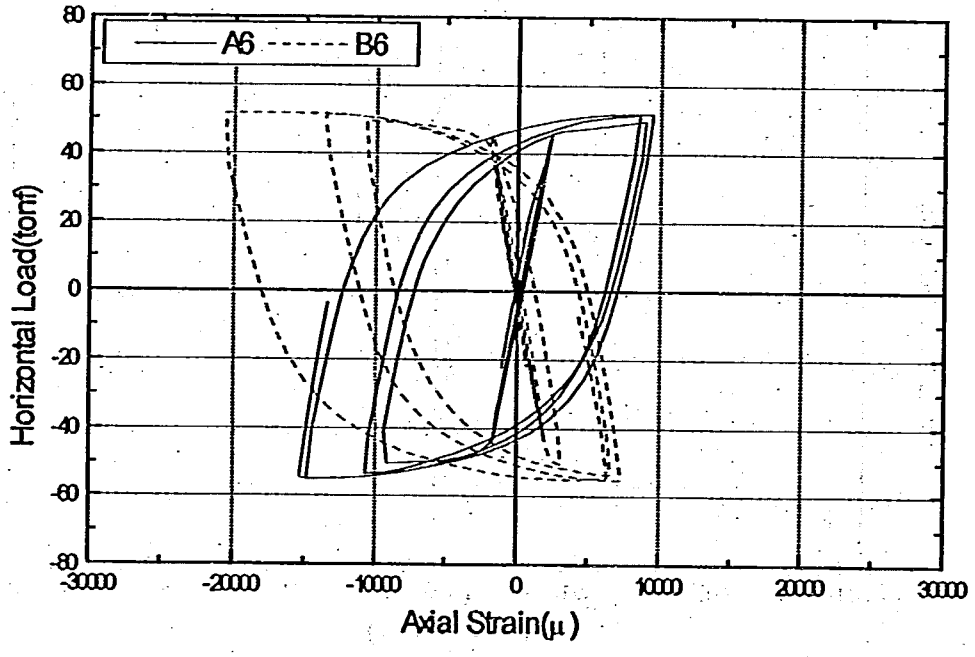
図－５．７．７　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－ＳＴ、Ａ３＆Ｂ３）



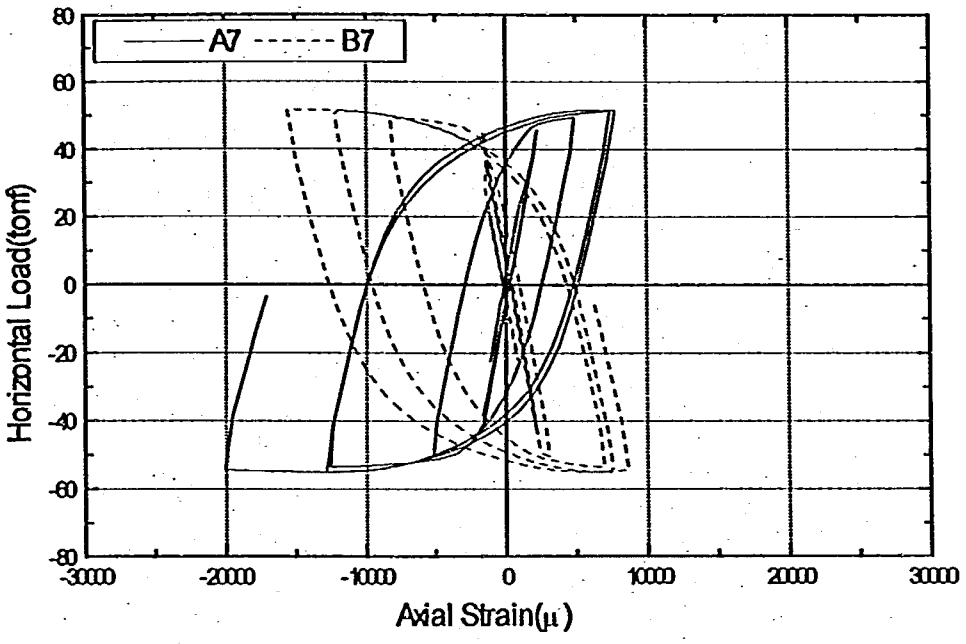
図－５．７．８　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－ＳＴ、Ａ４＆Ｂ４）



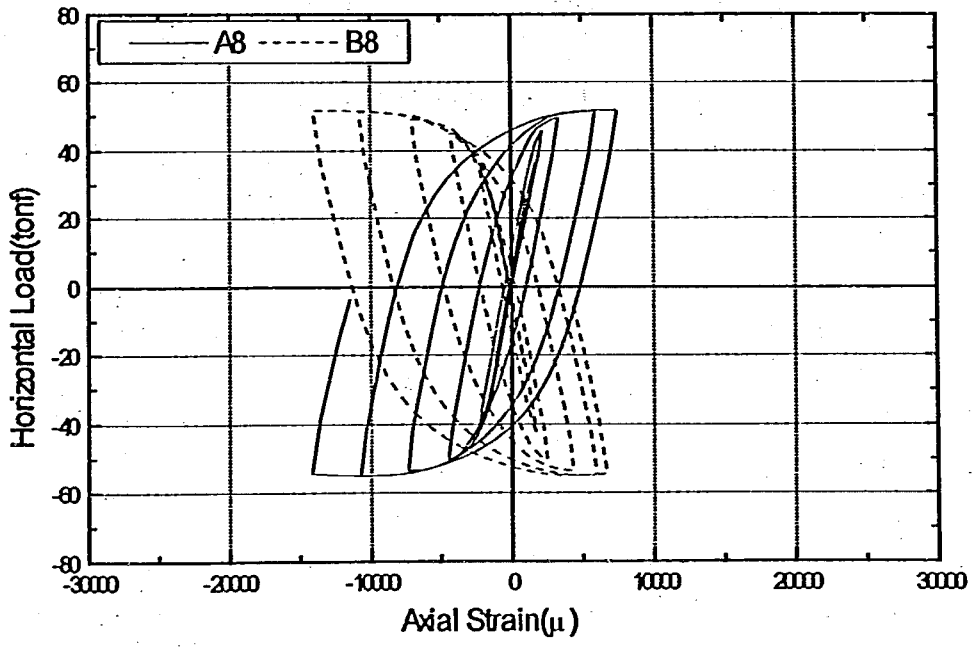
図－５．７．９　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－ＳＴ、Ａ５＆Ｂ５）



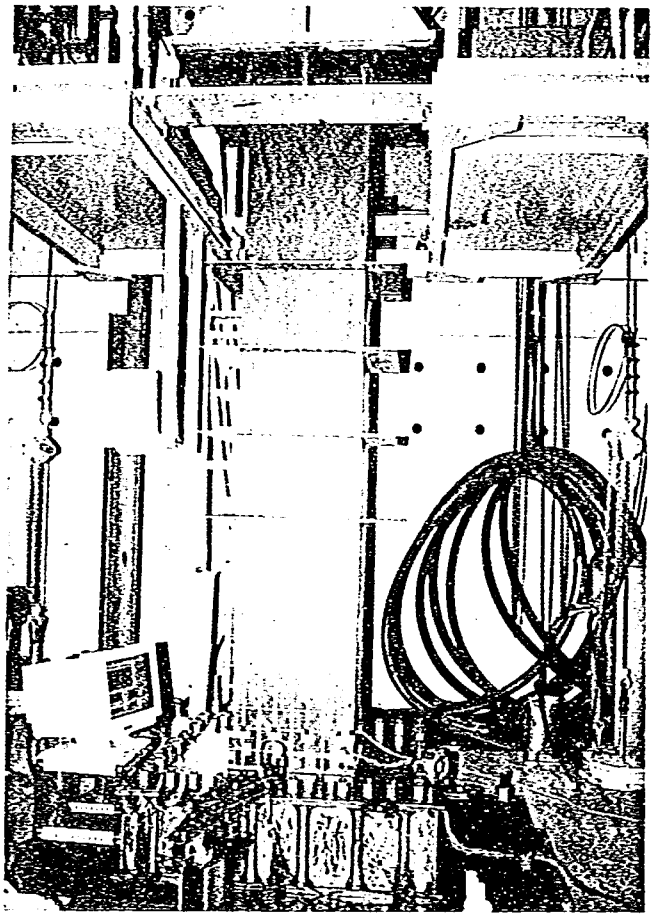
図－５．７．１０　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－ＳＴ、Ａ６＆Ｂ６）



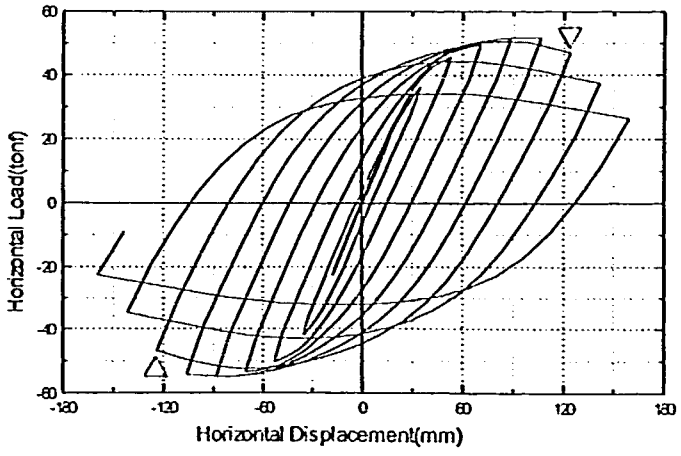
図－５．７．１１　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－ＳＴ、Ａ７＆Ｂ７）

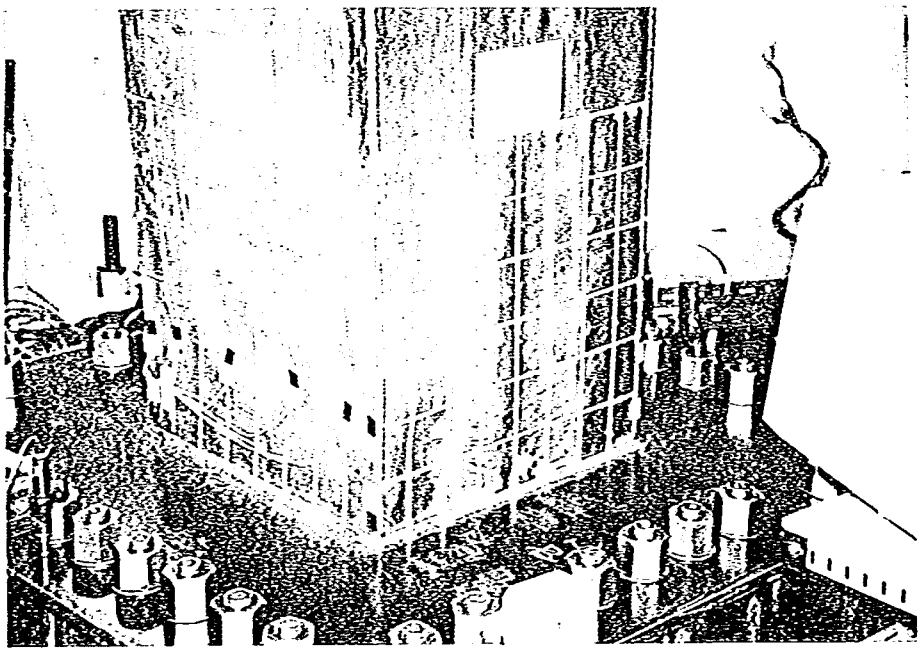


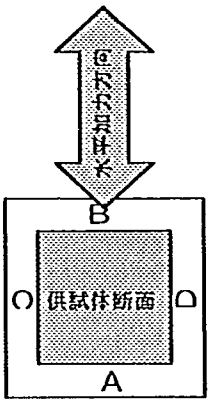
図－５．７．１２　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－ＳＴ、Ａ８＆Ｂ８）



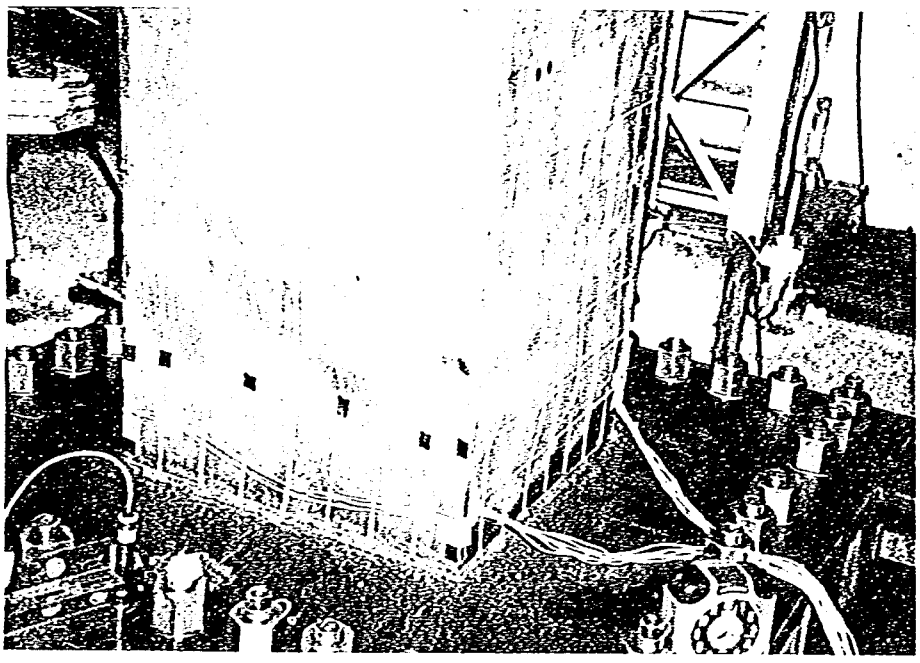
写真－５．７．１　実験供試体全景(Ｐ１Ｒ－ＳＴ)



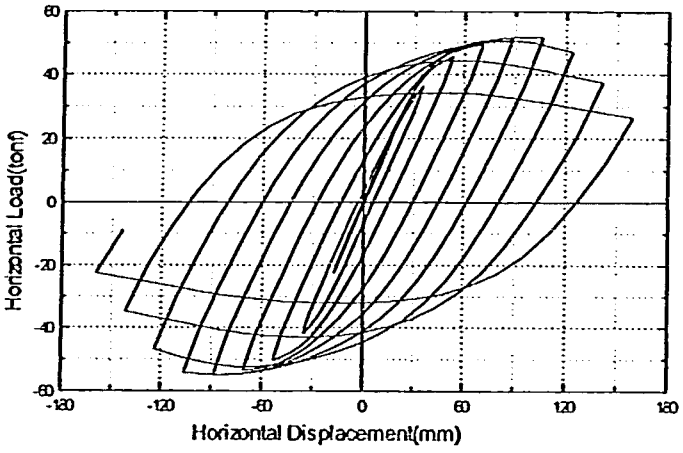


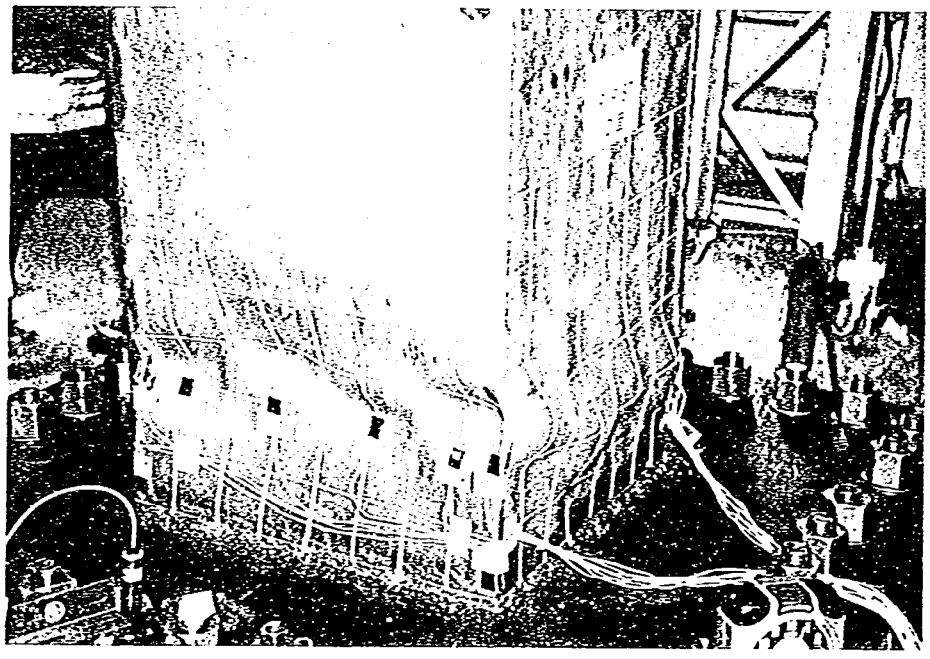


写真－５．７．２　＋７δ_y時(47.1tf, B－C面)

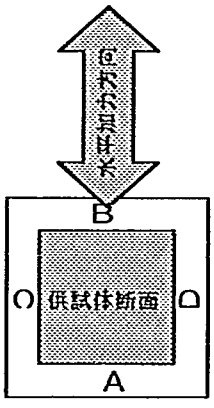


写真－５．７．３　－７δ_y時(-47.0tf, A－D面)





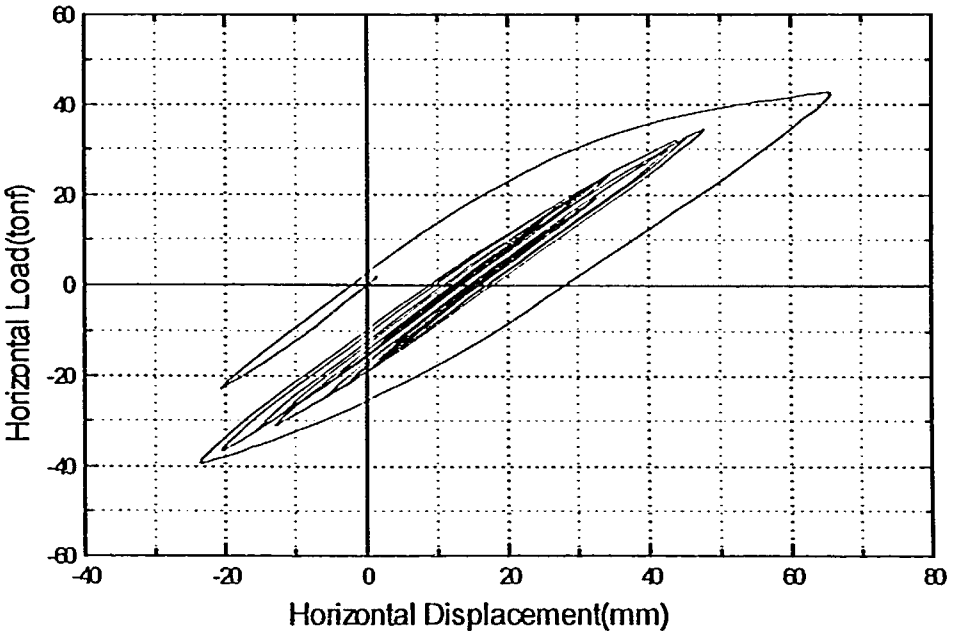
写真－5．7．4　実験終了時(A－D面)



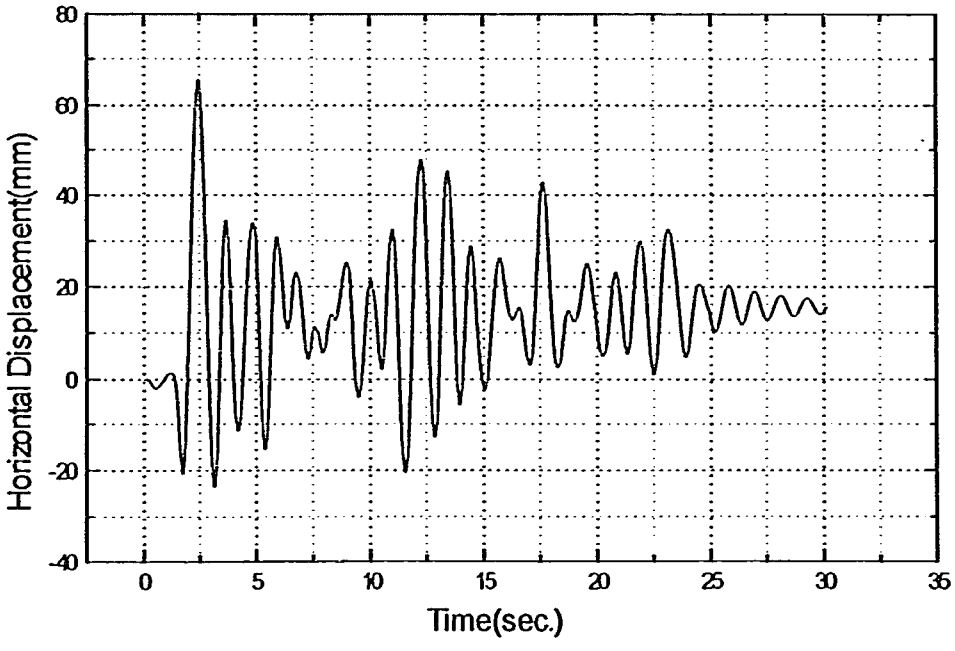


写真－5．7．5　実験終了時(B－C面)

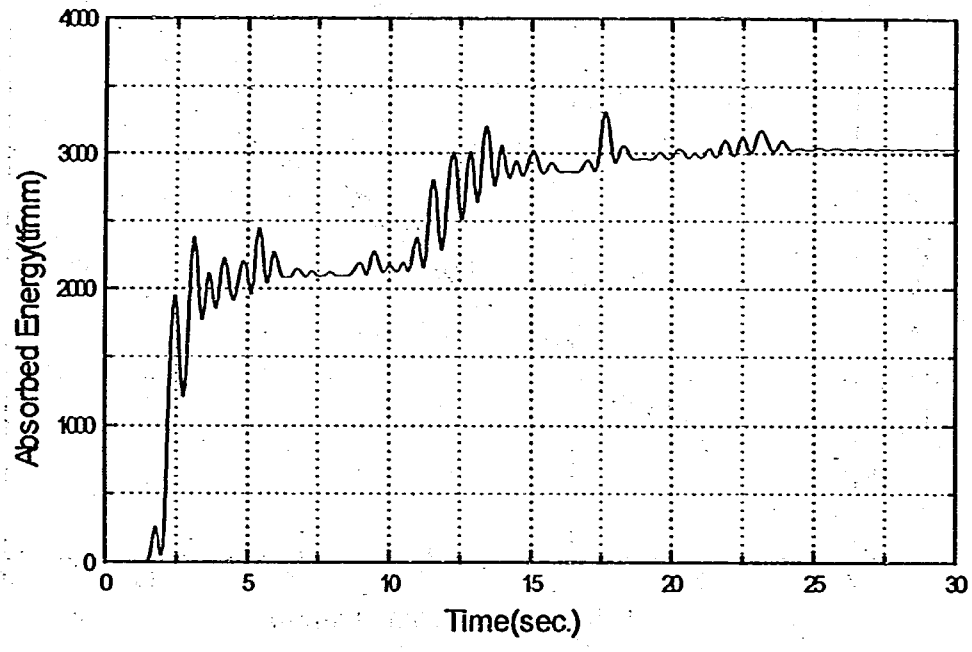
5．7．2　P1R－L2



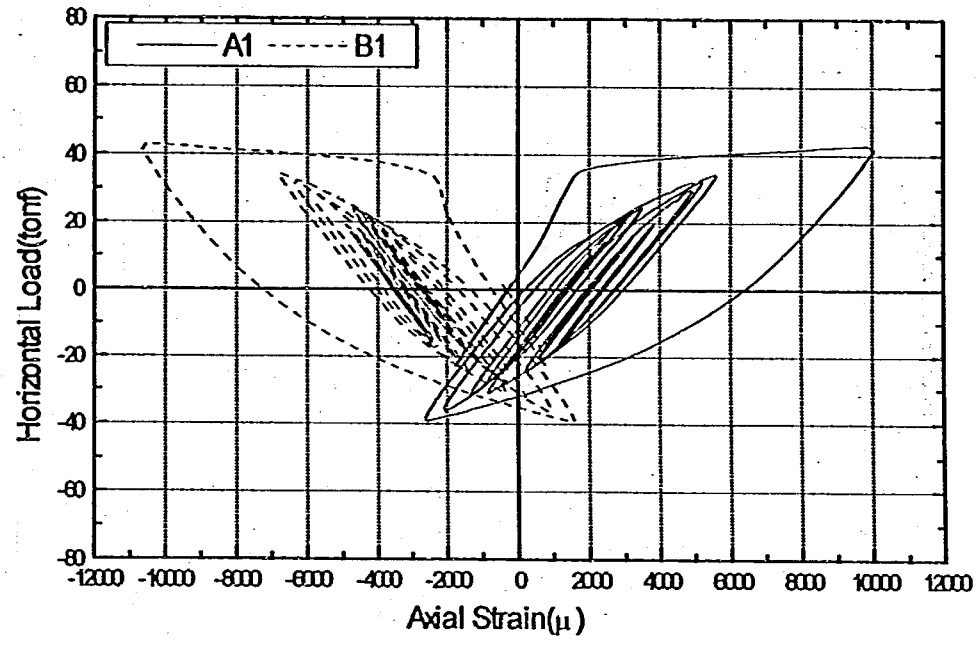
図－5．7．13　水平荷重－変位履歴曲線（P1R－L2）



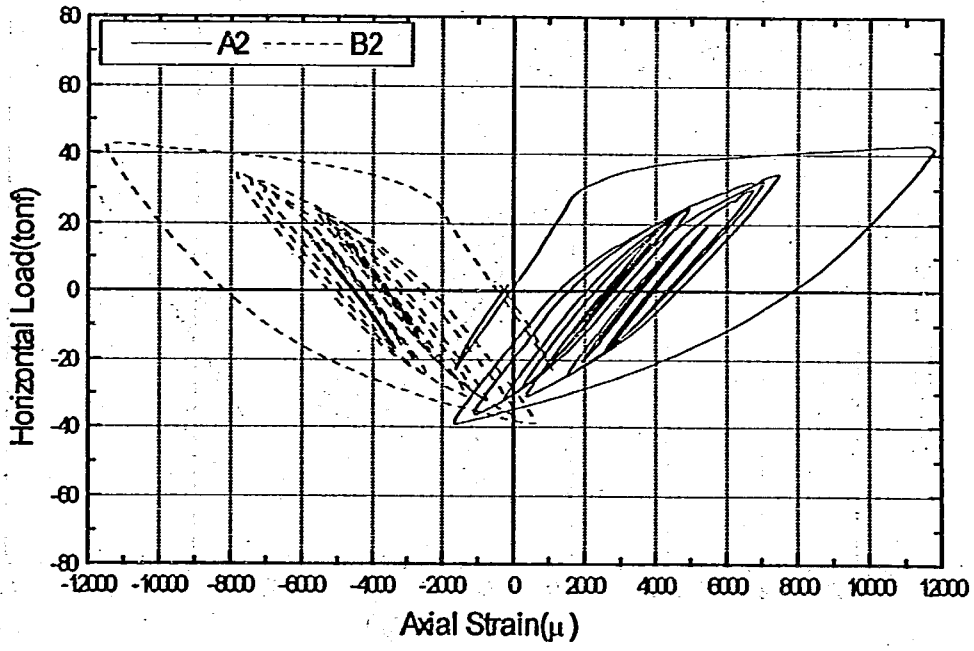
図－5．7．14　時刻歴応答変位（P1R－L2）



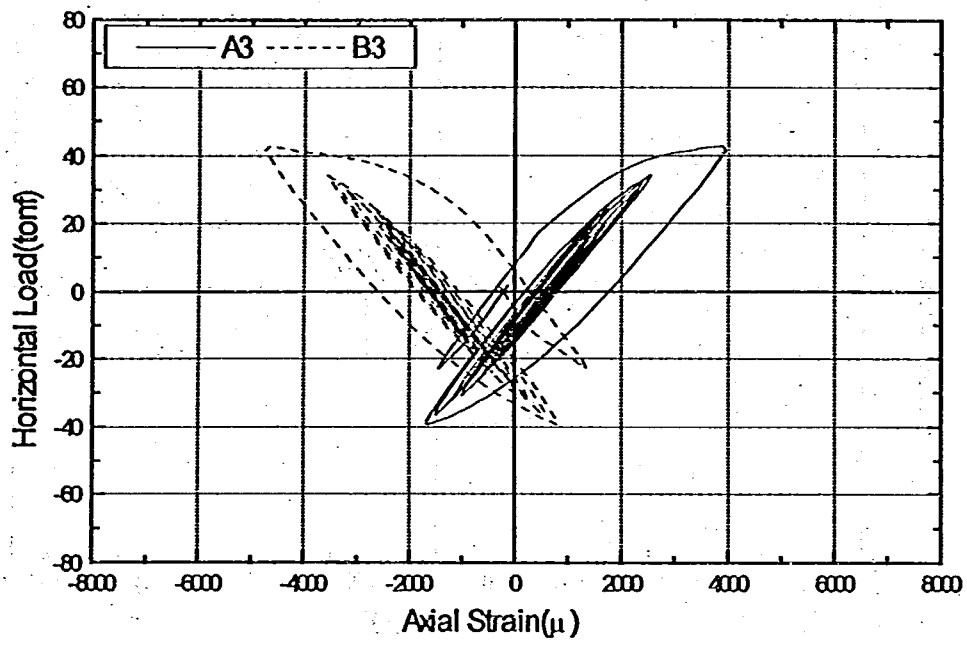
図－５．７．１５　累積エネルギー吸収量（Ｐ１Ｒ－Ｌ２）



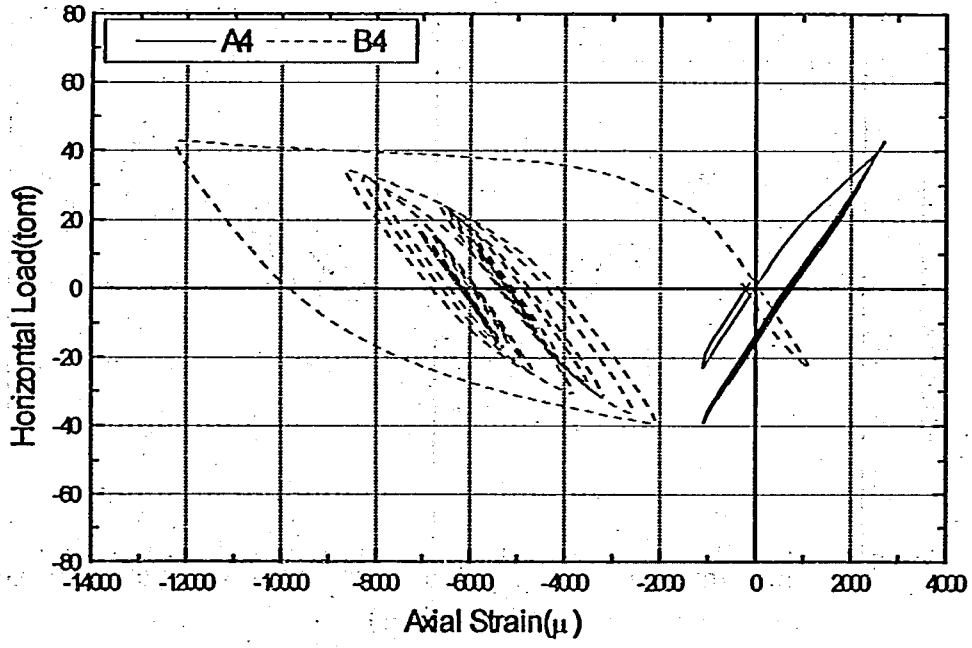
図－５．７．１６　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－Ｌ２、Ａ１＆Ｂ１）



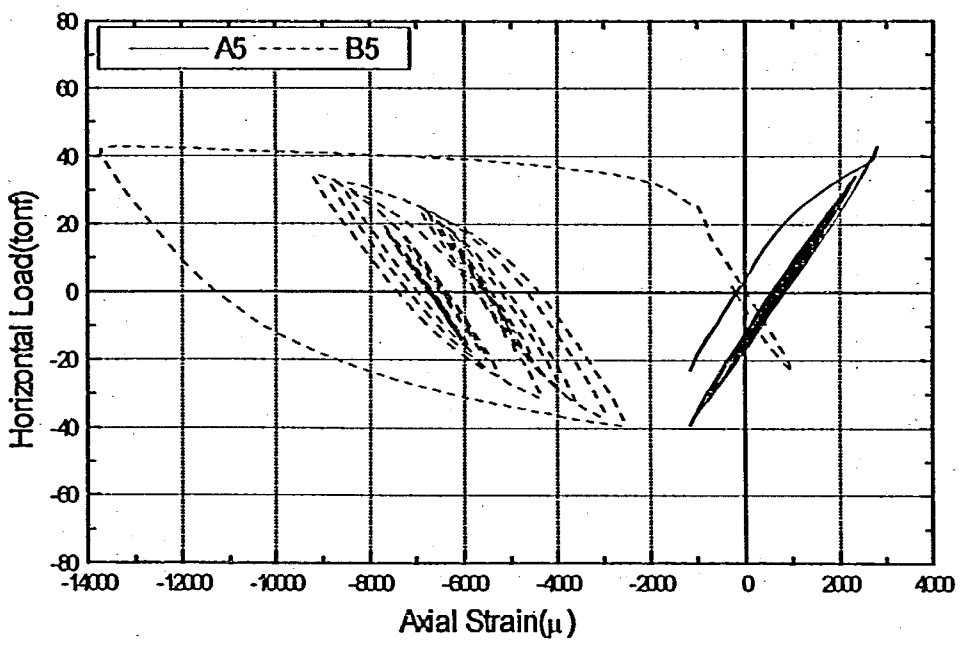
図－５．７．１７　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－Ｌ２、Ａ２＆Ｂ２）



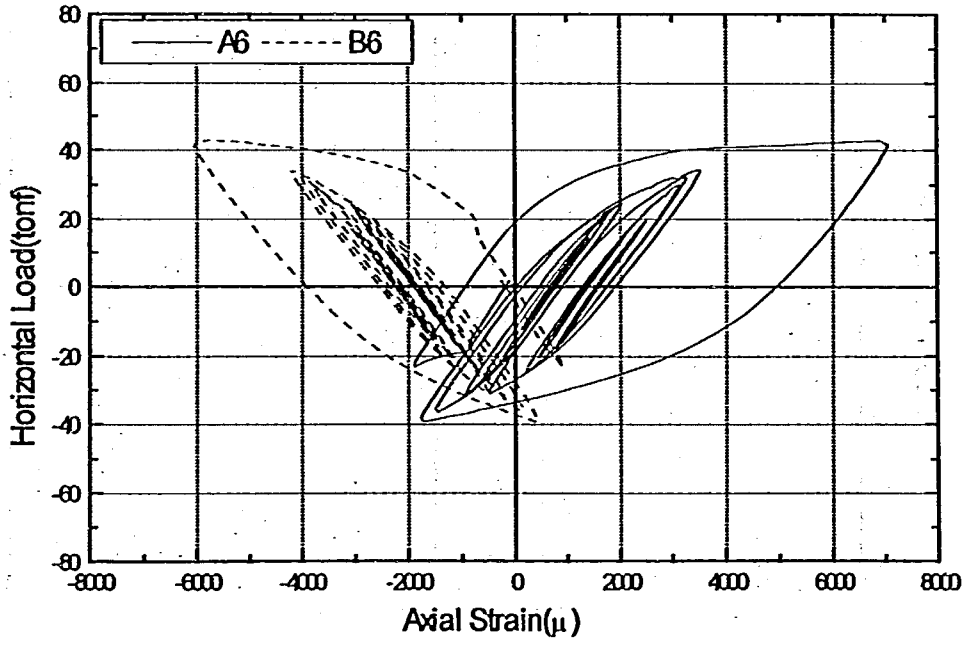
図－５．７．１８　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－Ｌ２、Ａ３＆Ｂ３）



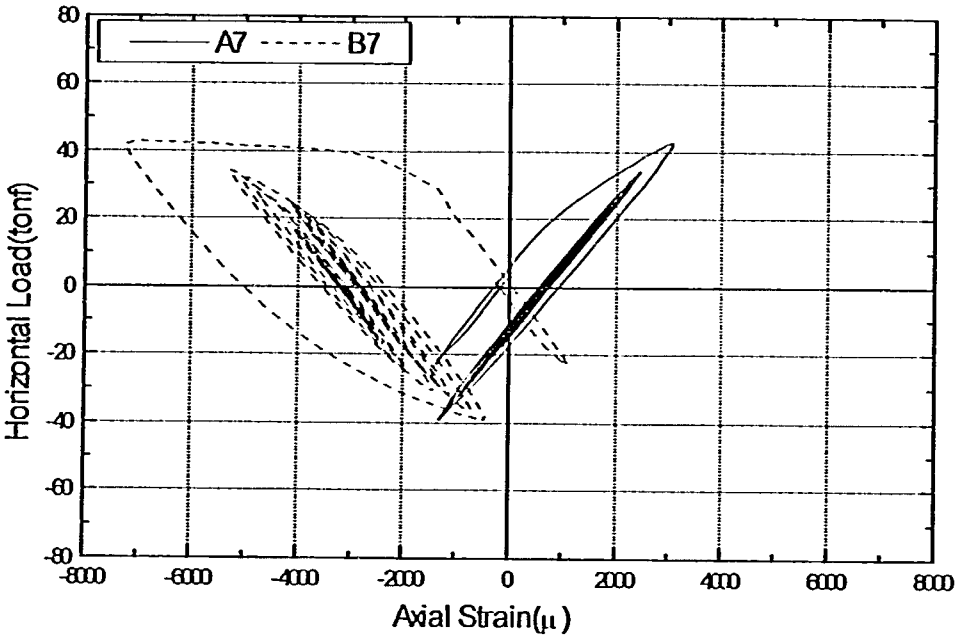
図－５．７．１９　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－Ｌ２、Ａ４＆Ｂ４）



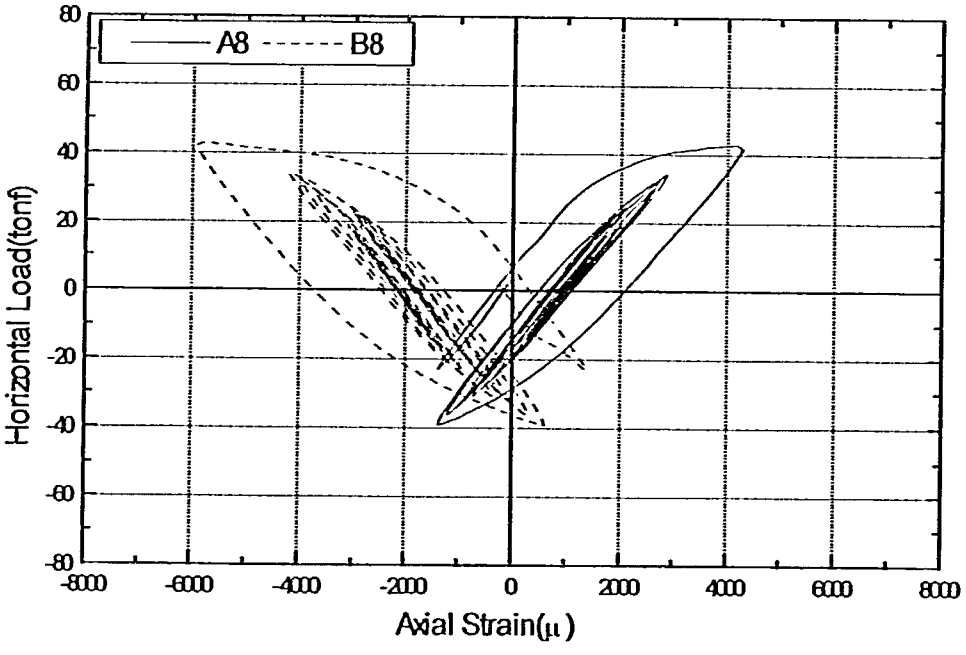
図－５．７．２０　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－Ｌ２、Ａ５＆Ｂ５）



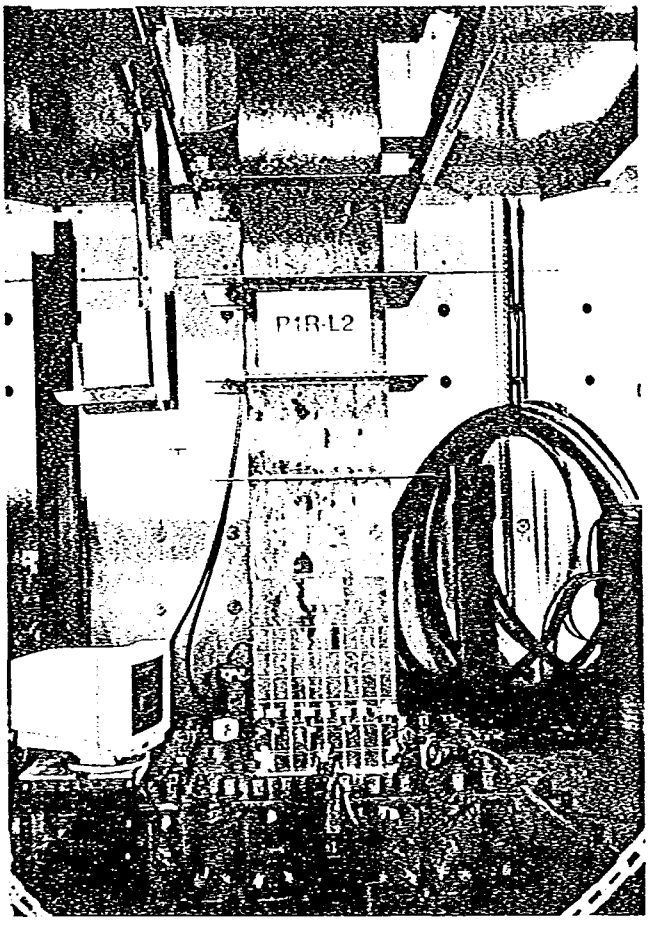
図－５．７．２１　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－Ｌ２、Ａ６＆Ｂ６）



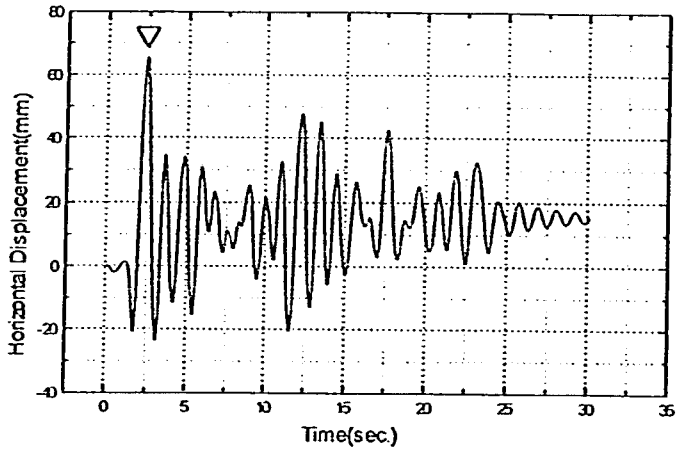
図－５．７．２２　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－Ｌ２、Ａ７＆Ｂ７）

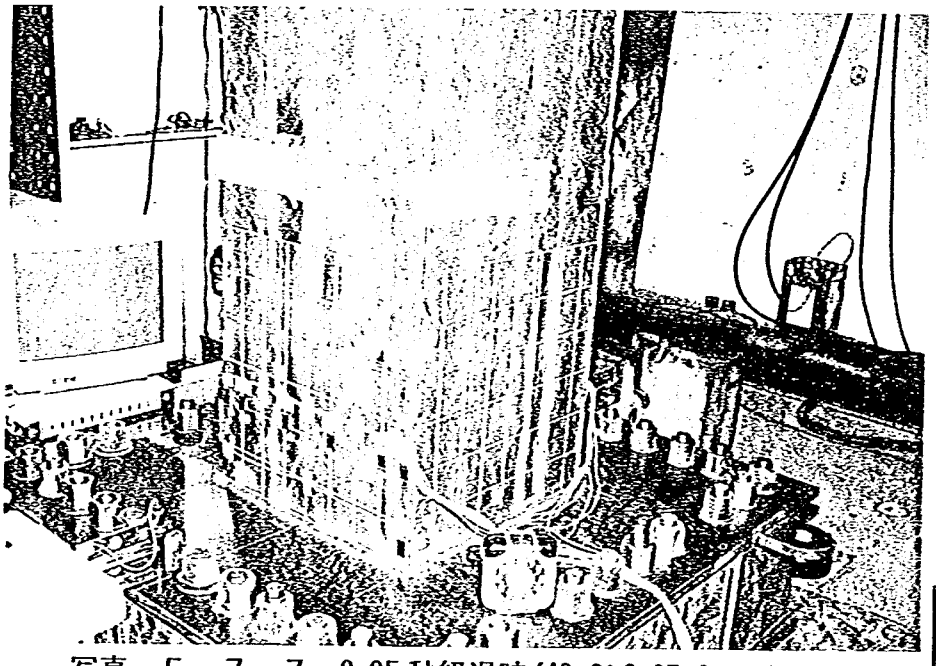


図－５．７．２３　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－Ｌ２、Ａ８＆Ｂ８）

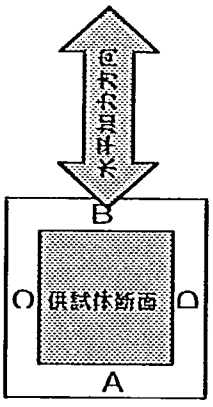


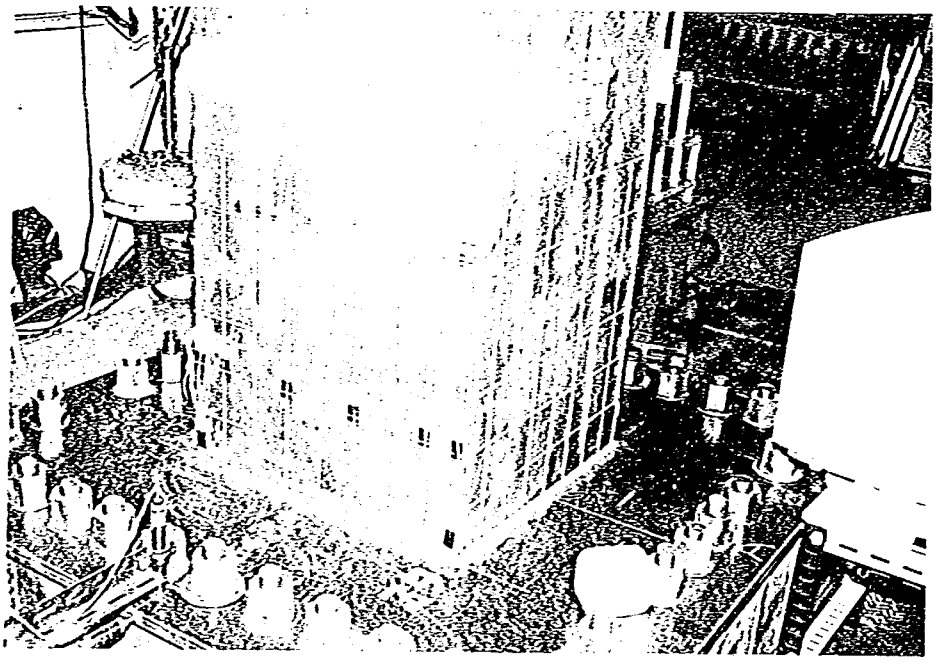
写真－５．７．６　実験供試体全景(Ｐ１Ｒ－Ｌ２)



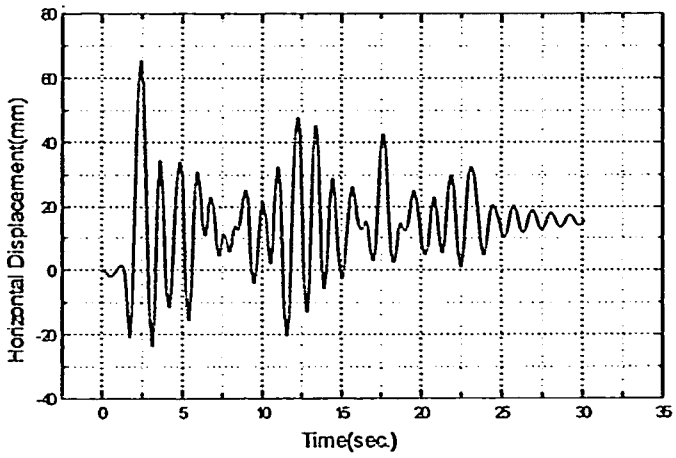


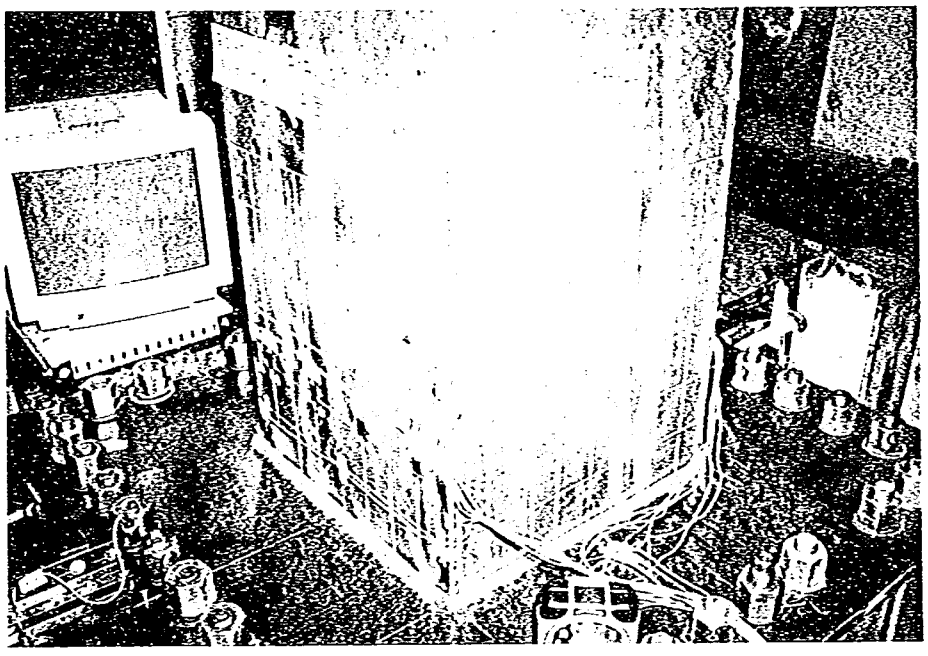
写真－５．７．７　2.35 秒経過時(43.0tf, 65.6mm, A－D面)

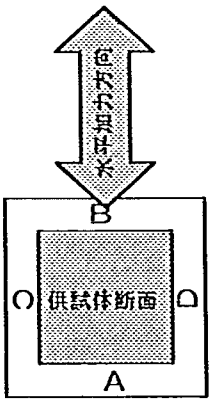




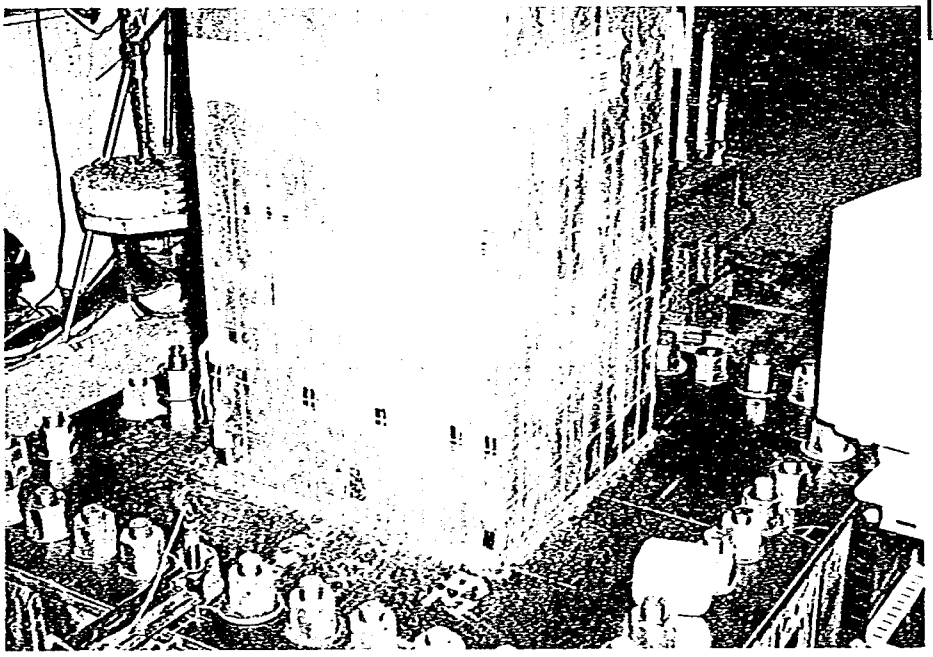
写真－５．７．８　2.35 秒経過時(43.0tf, 65.6mm, B－C面)





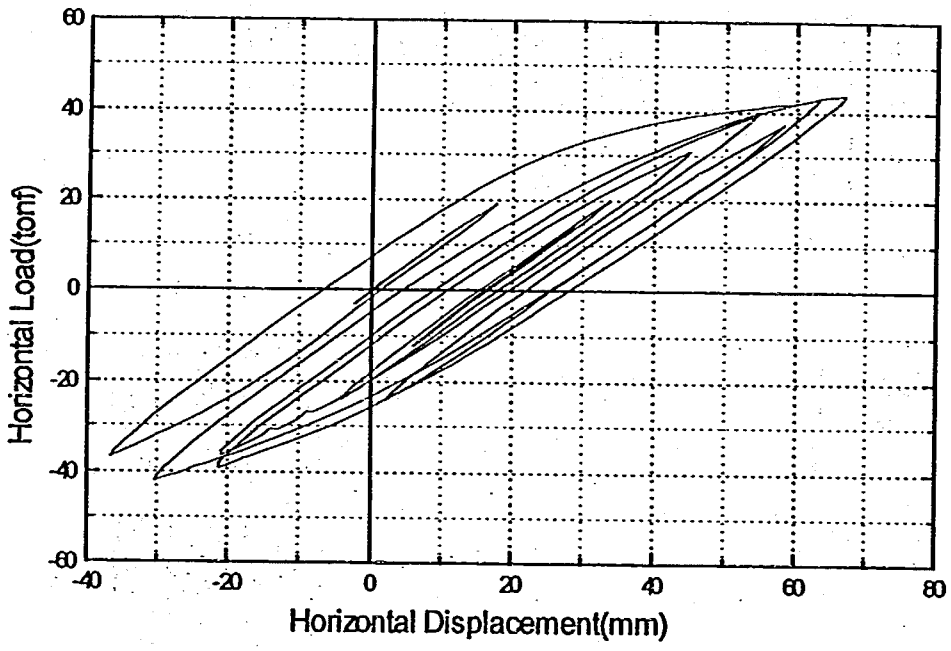


写真－５．７．９　実験終了時(A－D面)

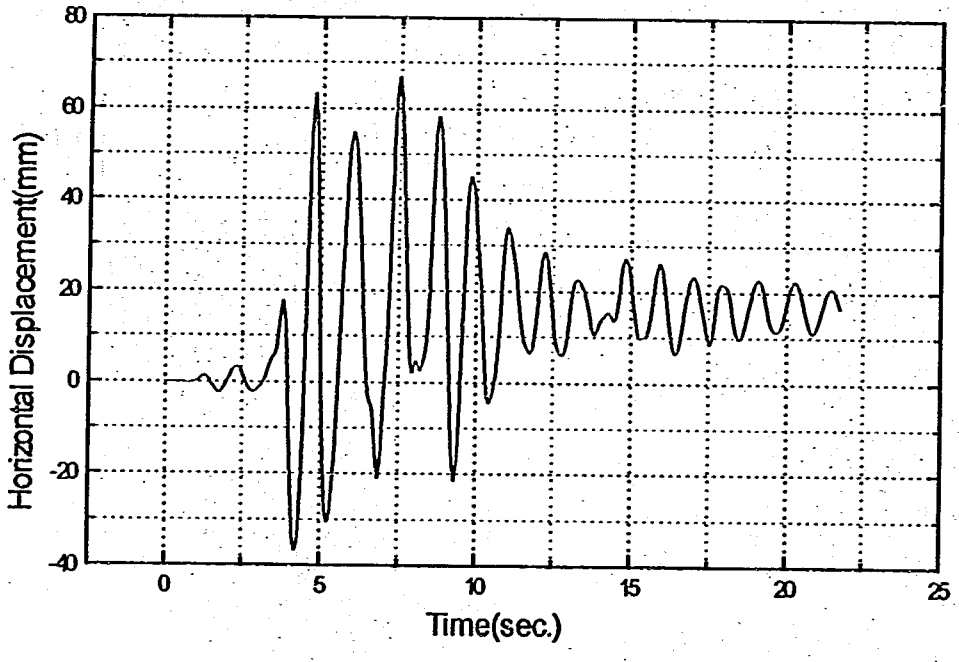


写真－５．７．１０　実験終了時(B－C面)

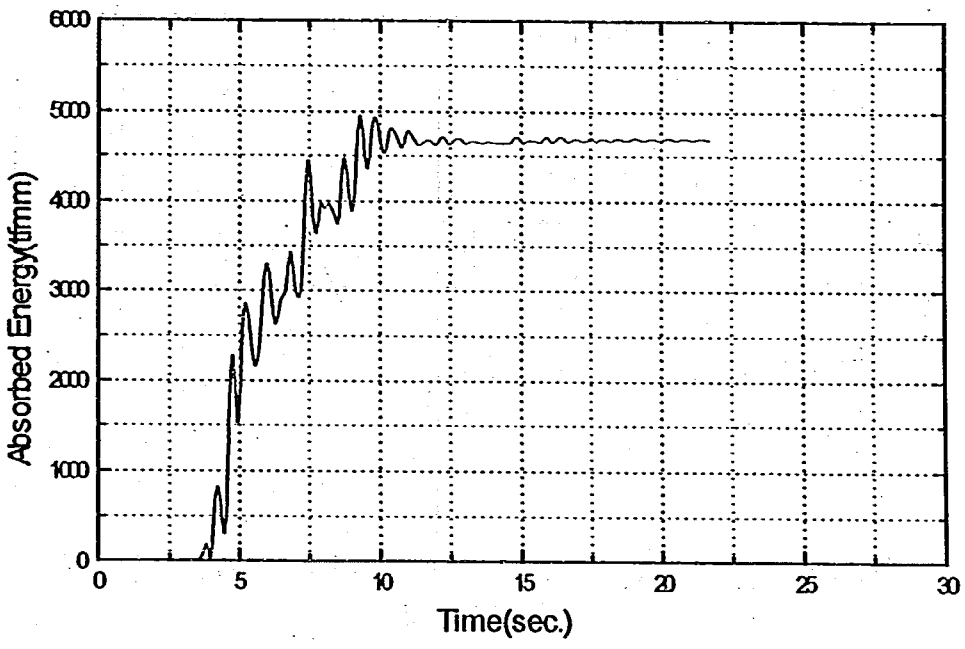
5．7．3　P1R−HN



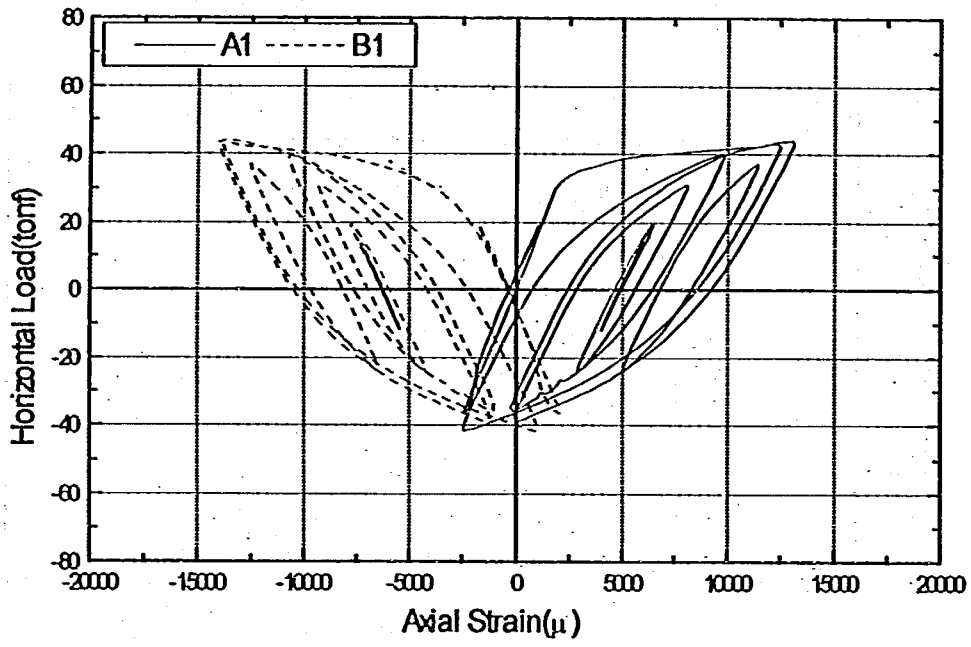
図−5．7．24　水平荷重−変位履歴曲線（P1R−HN）



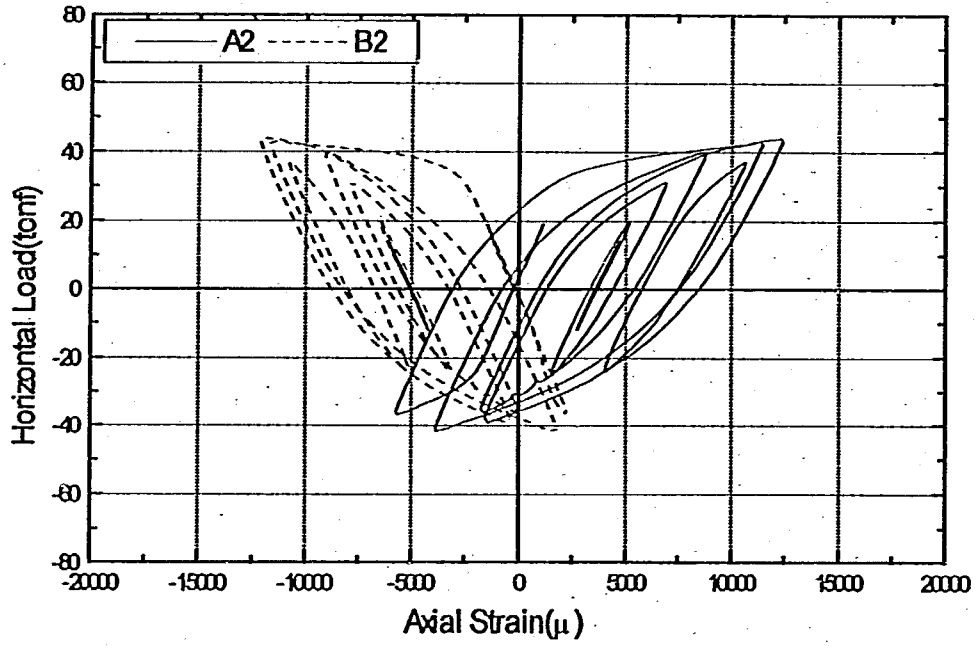
図−5．7．25　時刻歴応答変位（P1R−HN）



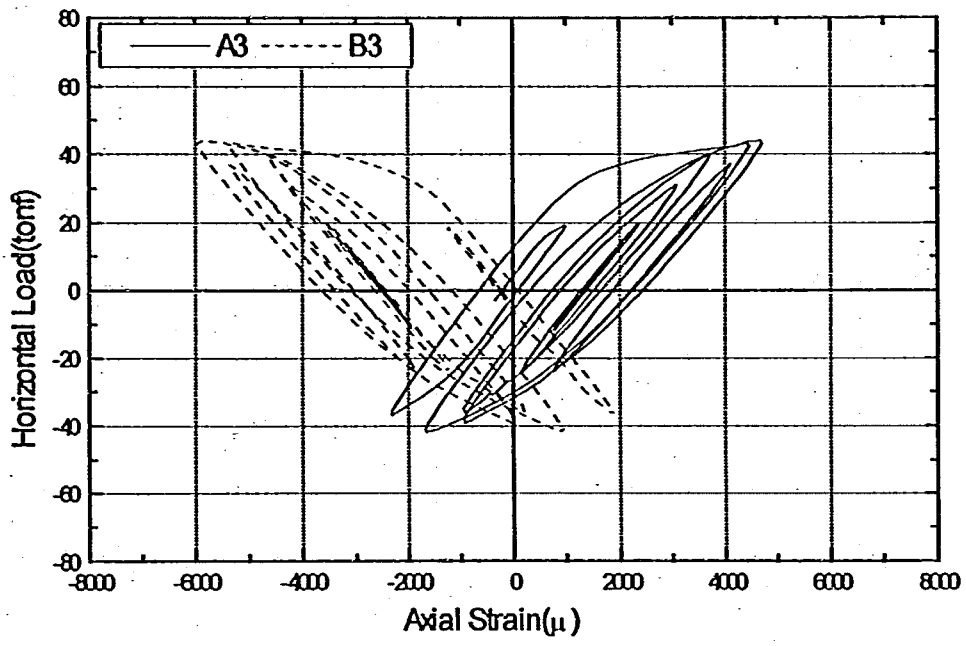
図－５．７．２６　累積エネルギー吸収量（Ｐ１Ｒ－ＨＮ）



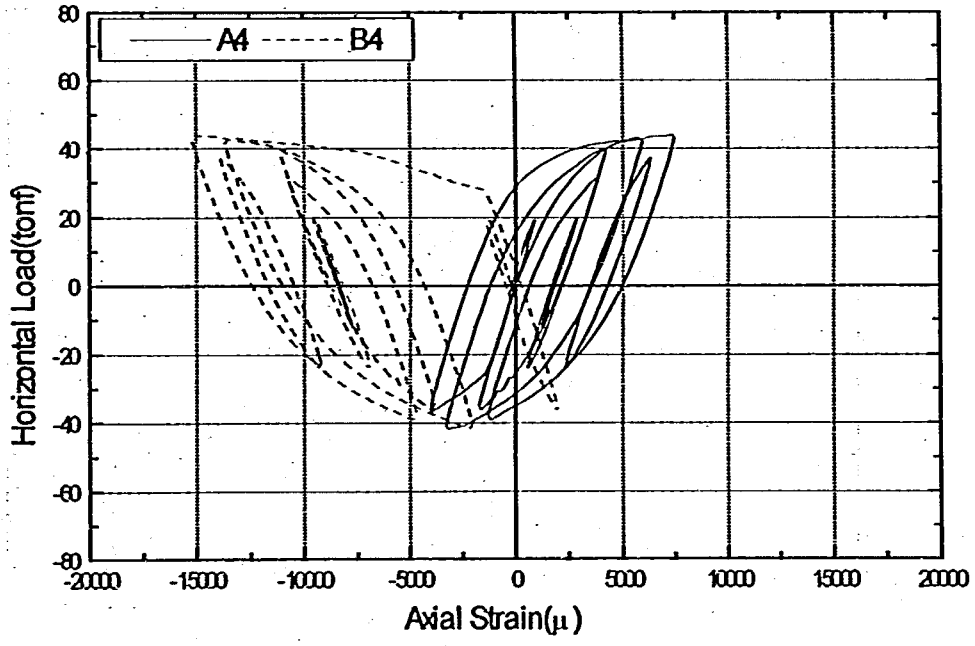
図－５．７．２７　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－ＨＮ、Ａ１＆Ｂ１）



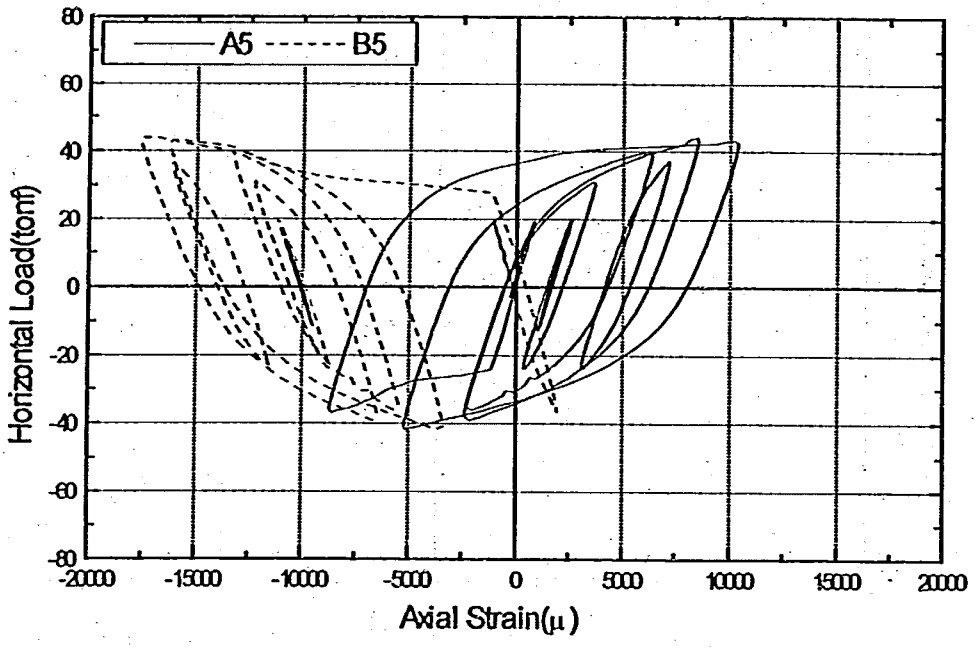
図－５．７．２８　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－ＨＮ、Ａ２＆Ｂ２）



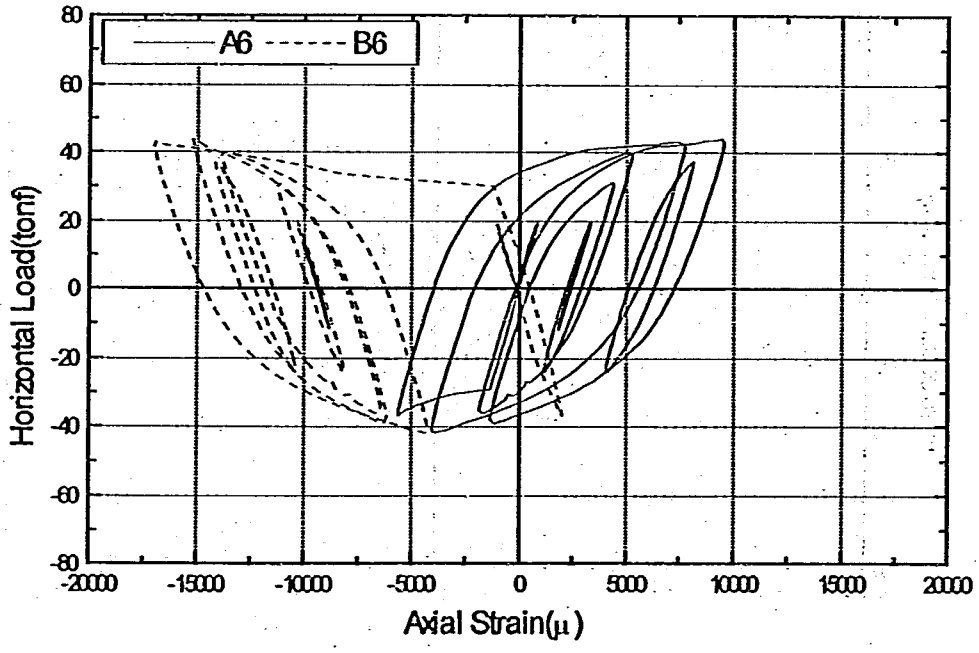
図－５．７．２９　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－ＨＮ、Ａ３＆Ｂ３）



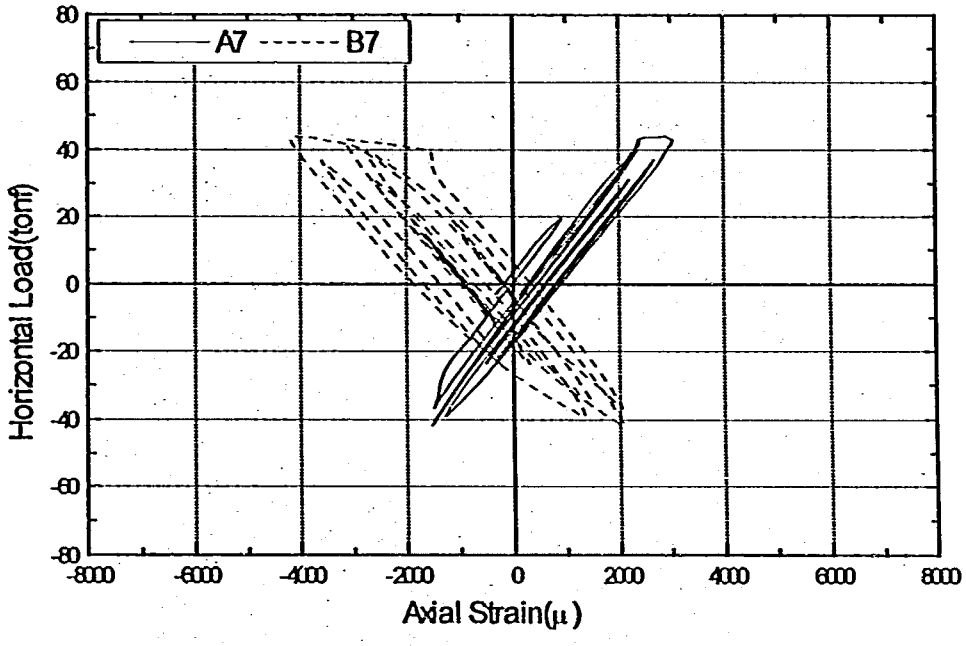
図－５．７．３０　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－ＨＮ、Ａ４＆Ｂ４）



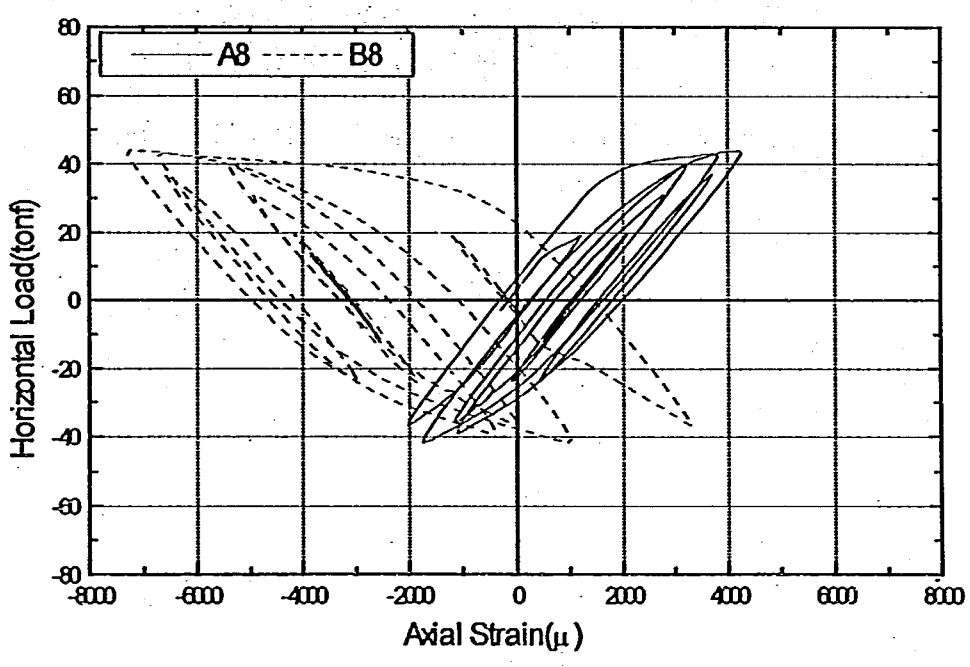
図－５．７．３１　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－ＨＮ、Ａ５＆Ｂ５）



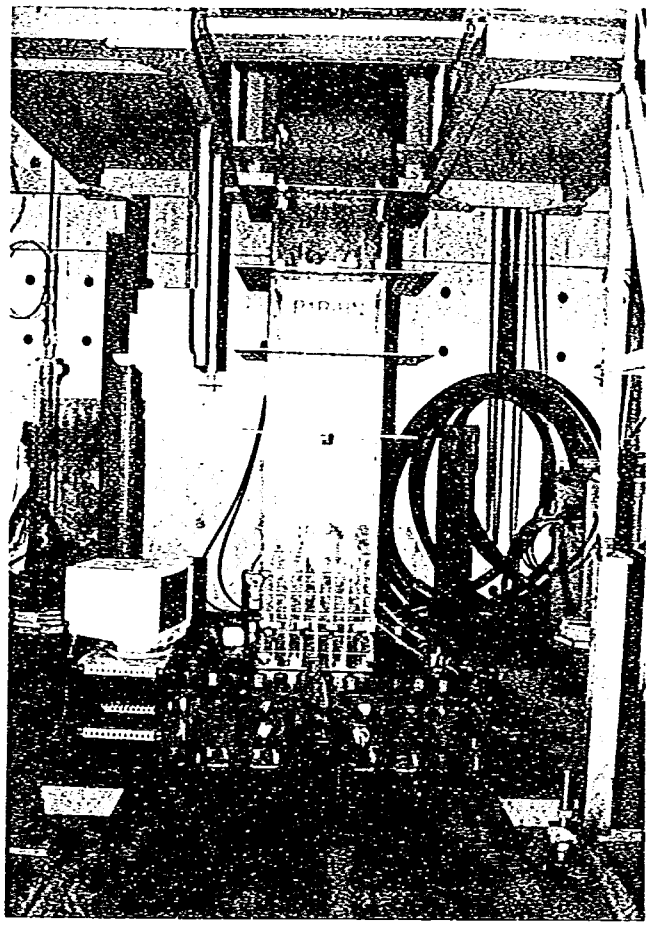
図－５．７．３２　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－ＨＮ、Ａ６＆Ｂ６）



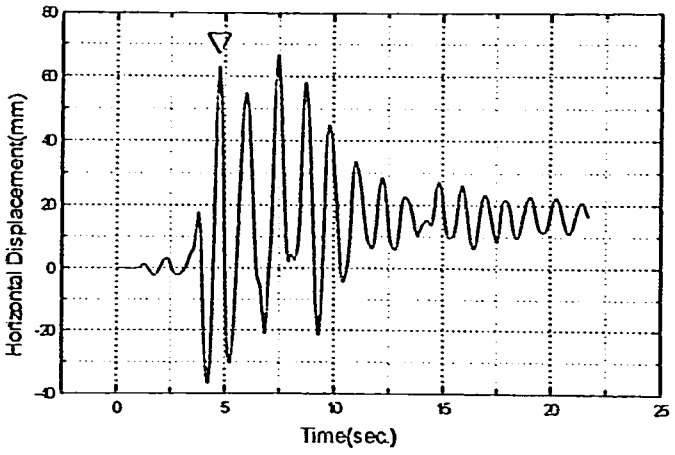
図－５．７．３３　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－ＨＮ、Ａ７＆Ｂ７）

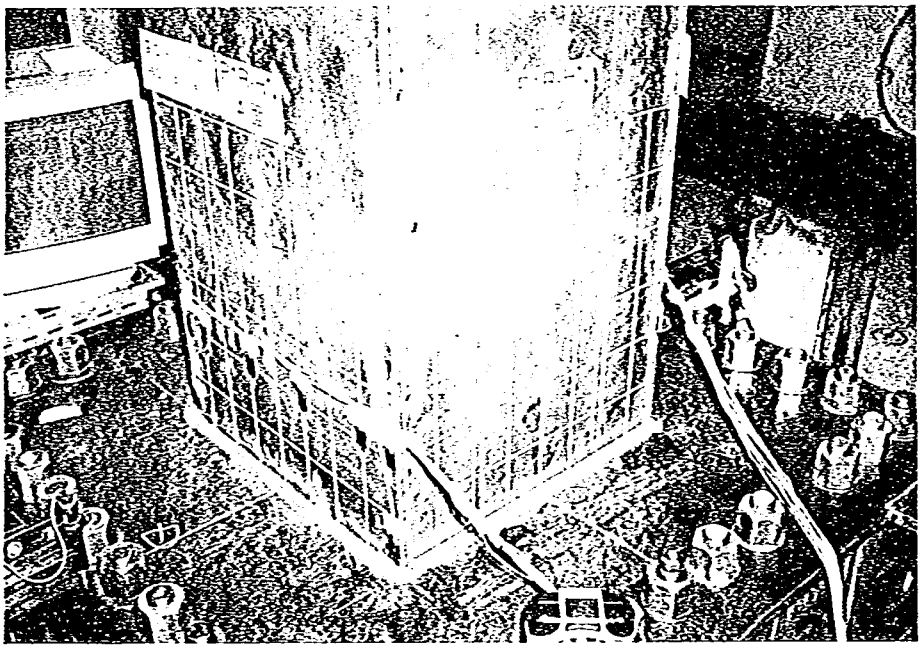


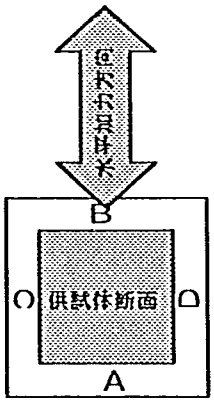
図－５．７．３４　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－ＨＮ、Ａ８＆Ｂ８）



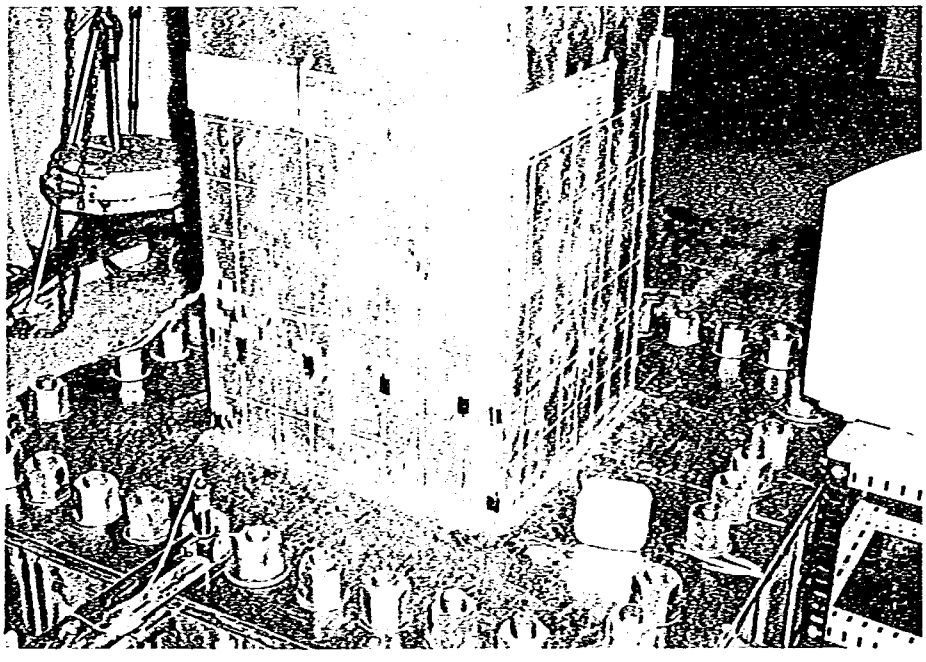
写真－５．７．１１　実験供試体全景(Ｐ１Ｒ－ＨＮ)



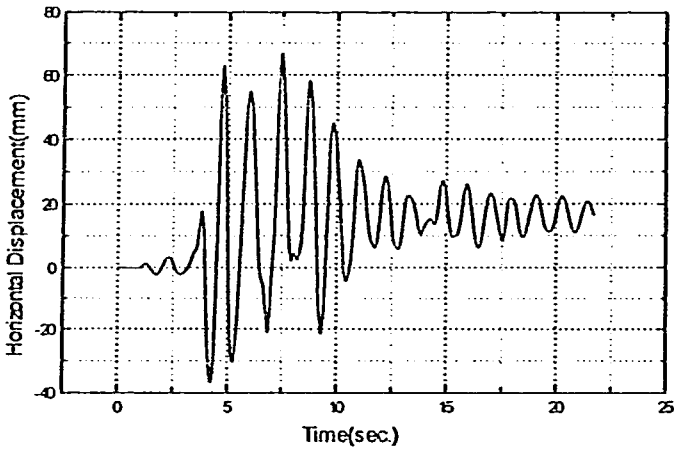


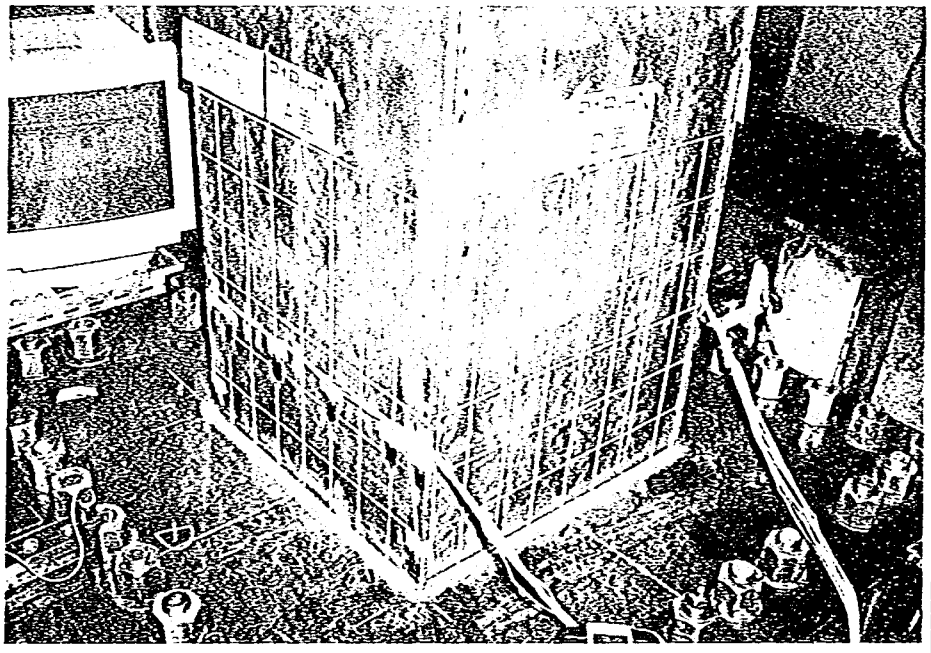


写真－５．７．１２　4.7秒経過時(43.1tf,63.2mm,Ａ－Ｄ面)

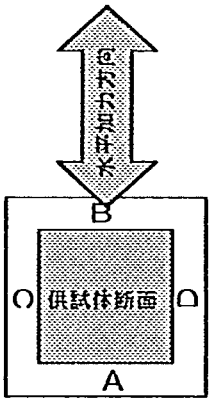


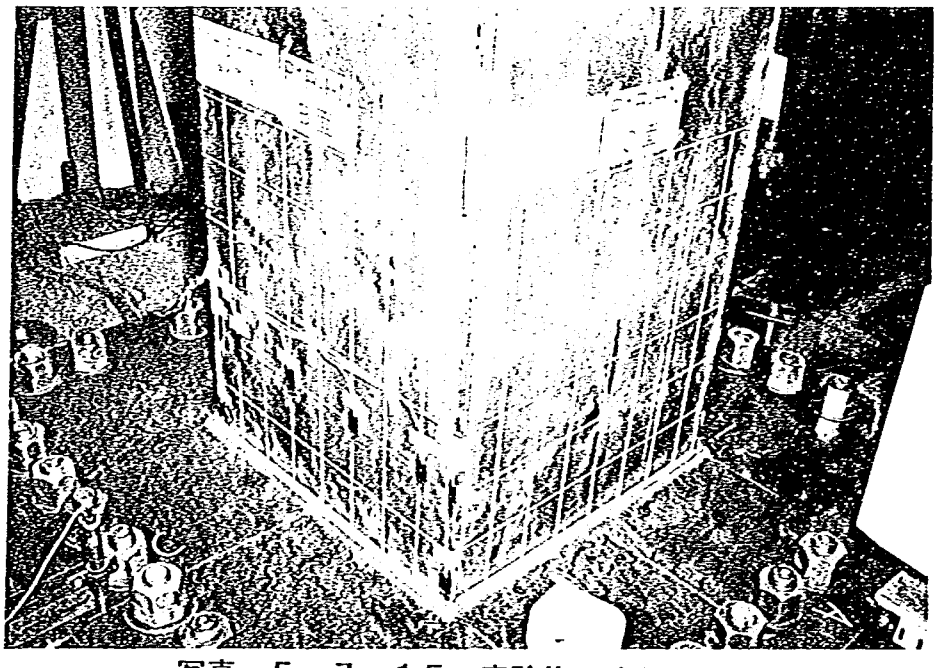
写真－５．７．１３　4.7秒経過時(43.1tf,63.2mm,Ｂ－Ｃ面)





写真－５．７．１４　実験終了時(A－D面)

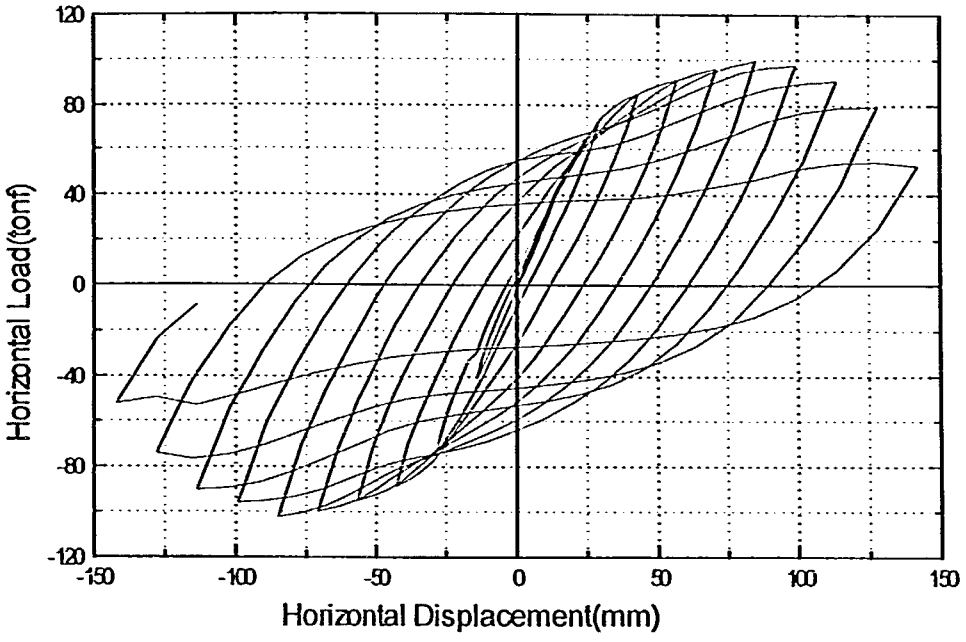




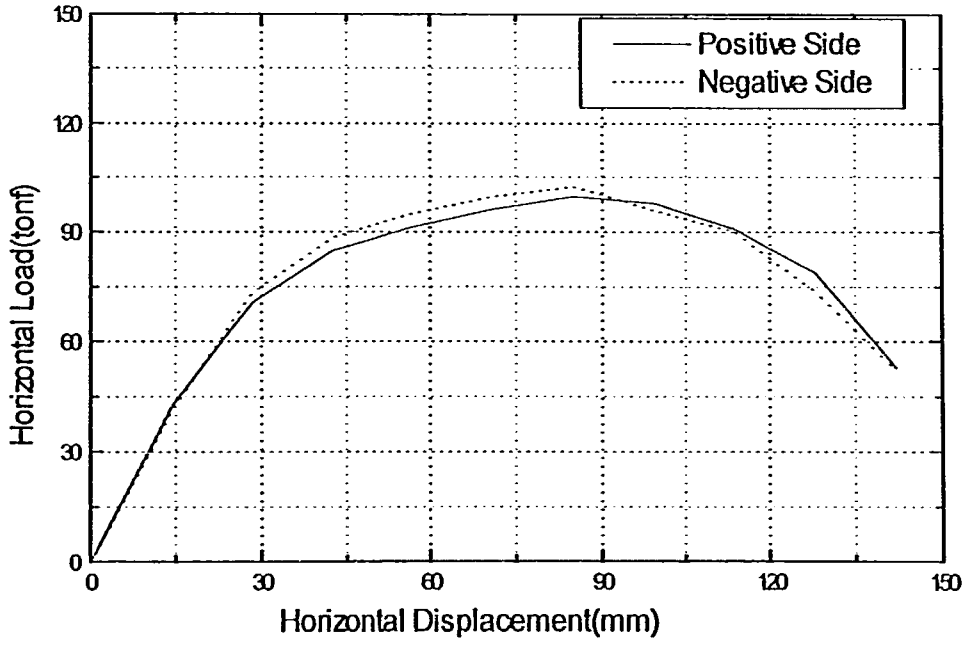
写真－５．７．１５　実験終了時(B－C面)

5．8　A3RS，A3RR，A3RN

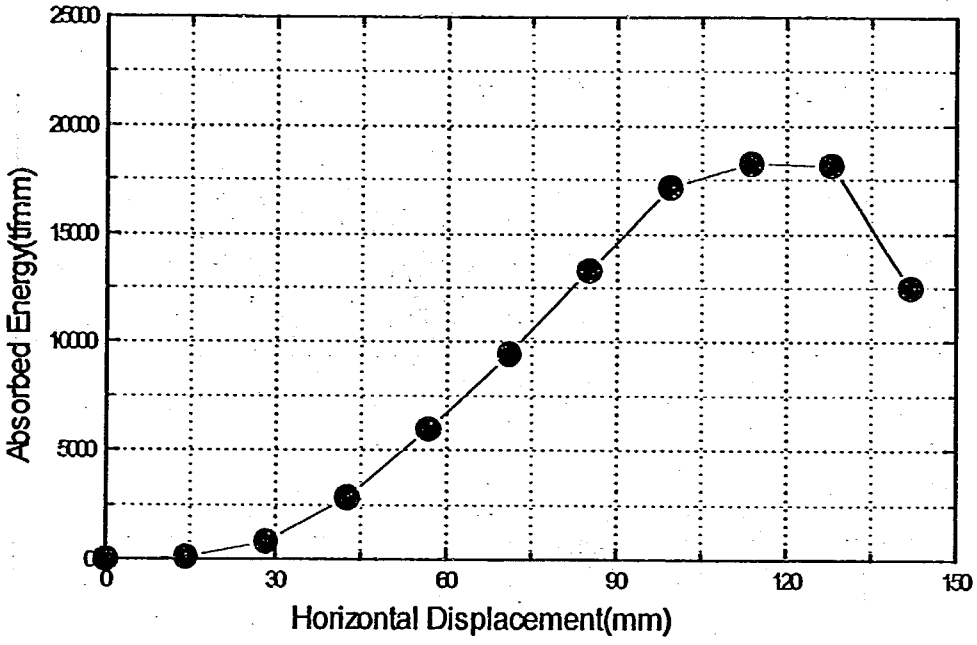
5．8．1　A3RS－ST



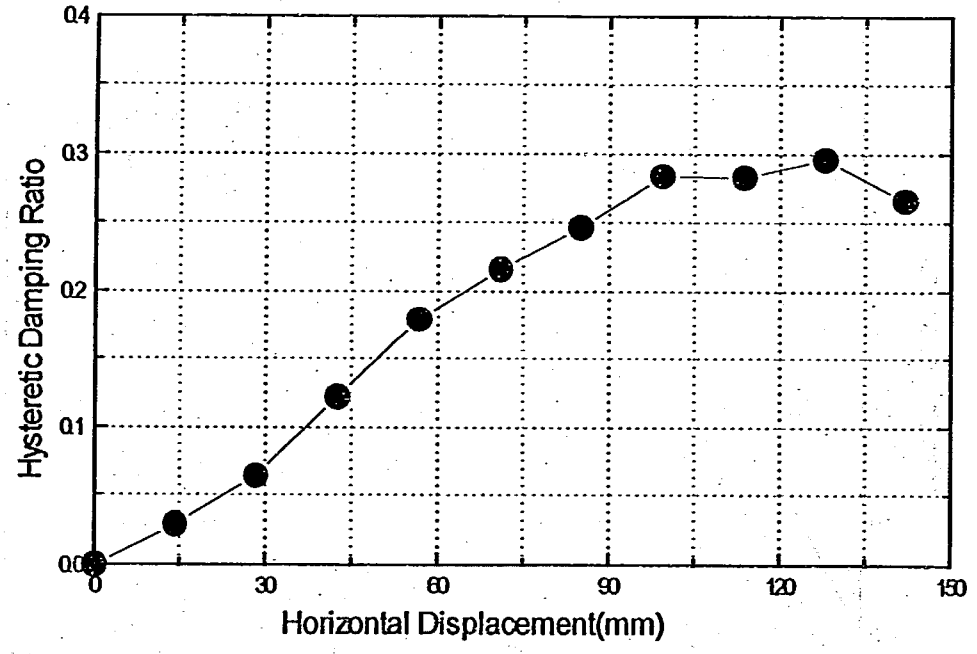
図－5．8．1　水平荷重－変位履歴曲線（A3RS－ST）



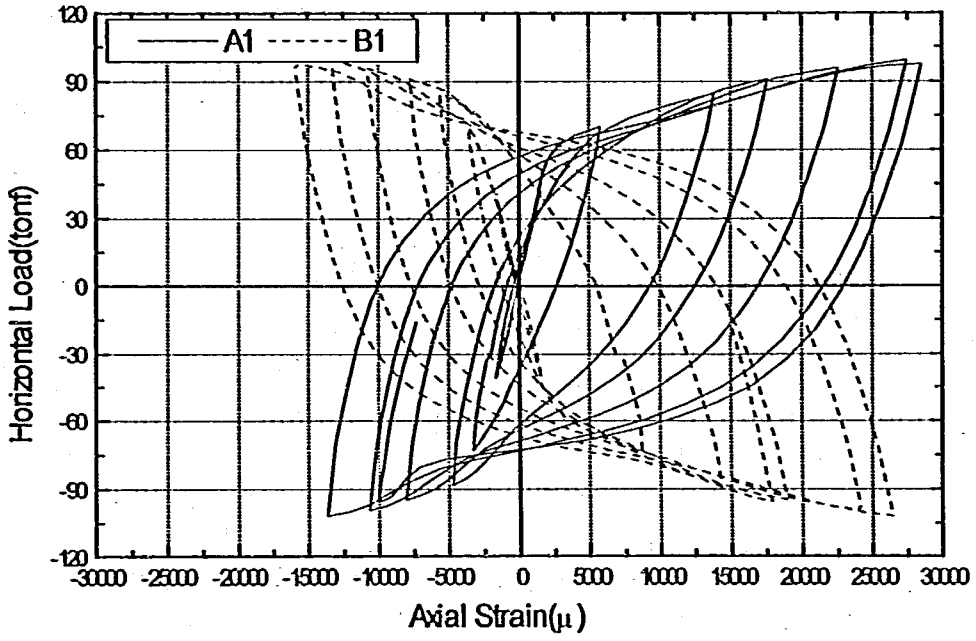
図－5．8．2　水平荷重－変位関係の包絡線（A3RS－ST）



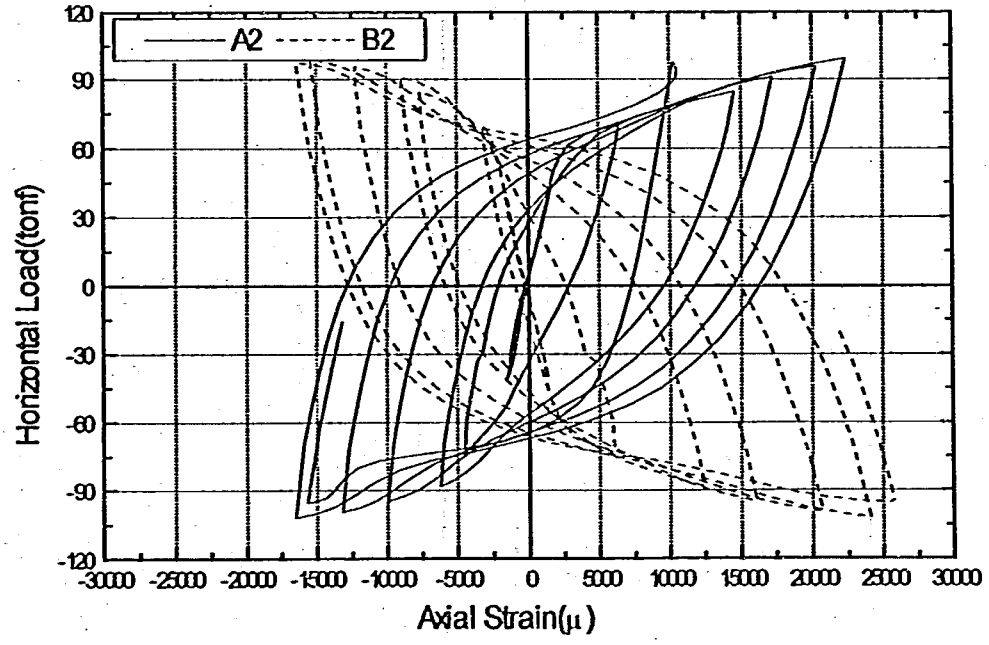
図－５．８．３　１ループごとのエネルギー吸収量（Ａ３ＲＳ－ＳＴ）



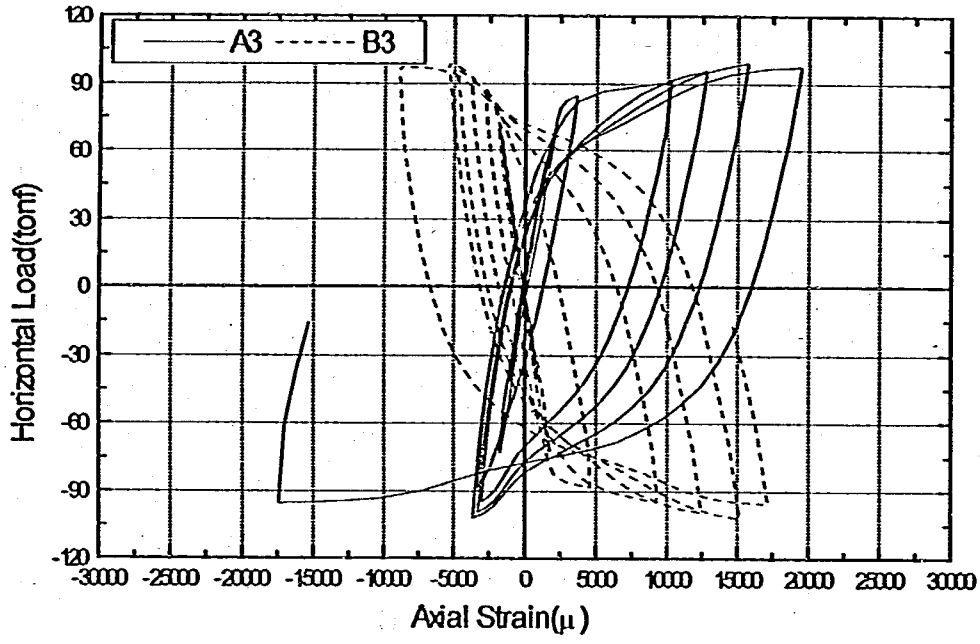
図－５．８．４　各ループの等価粘性減衰（Ａ３ＲＳ－ＳＴ）



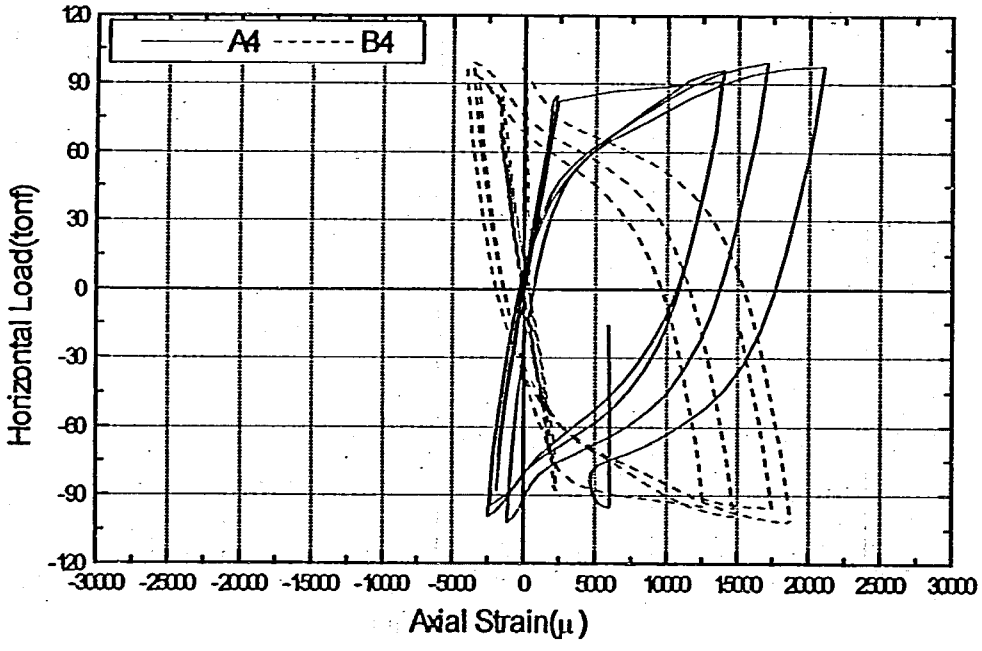
図－５．８．５　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＲＳ－ＳＴ、Ａ１&Ｂ１）



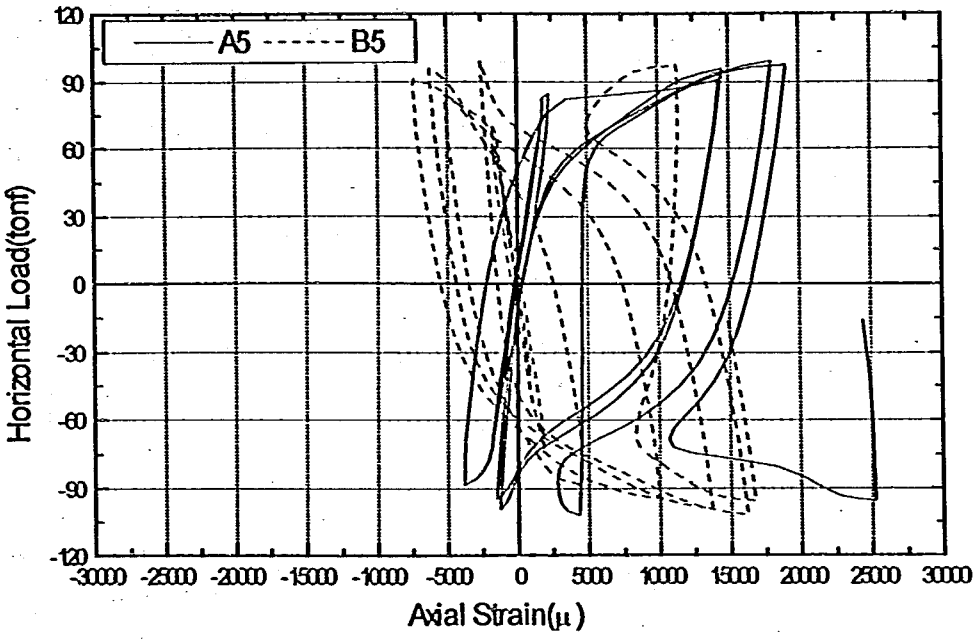
図－５．８．６　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＲＳ－ＳＴ、Ａ２&Ｂ２）



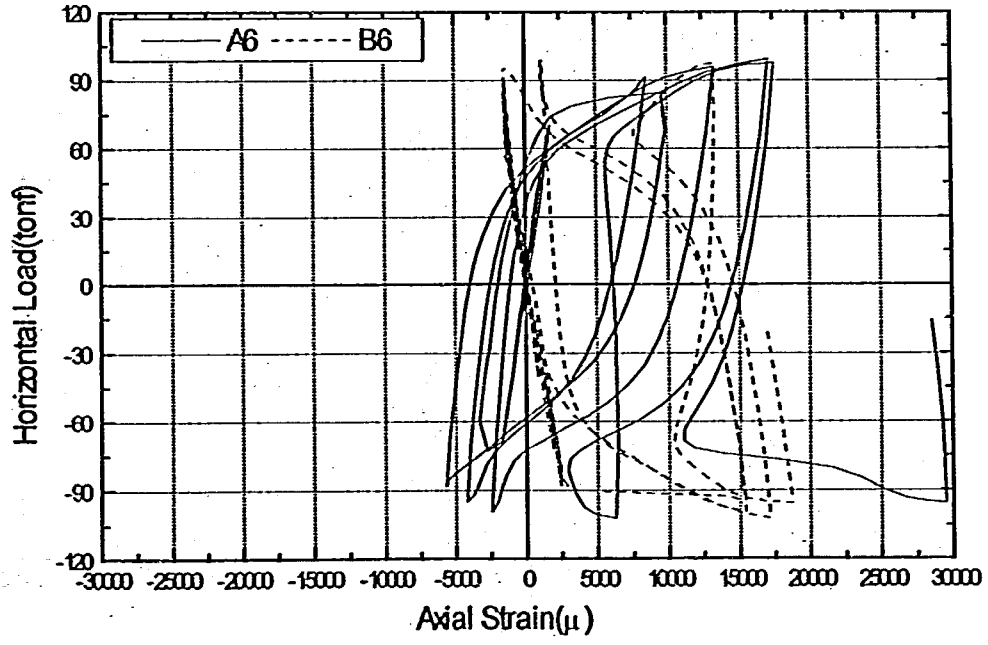
図－５．８．７　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＲＳ－ＳＴ、Ａ３＆Ｂ３）



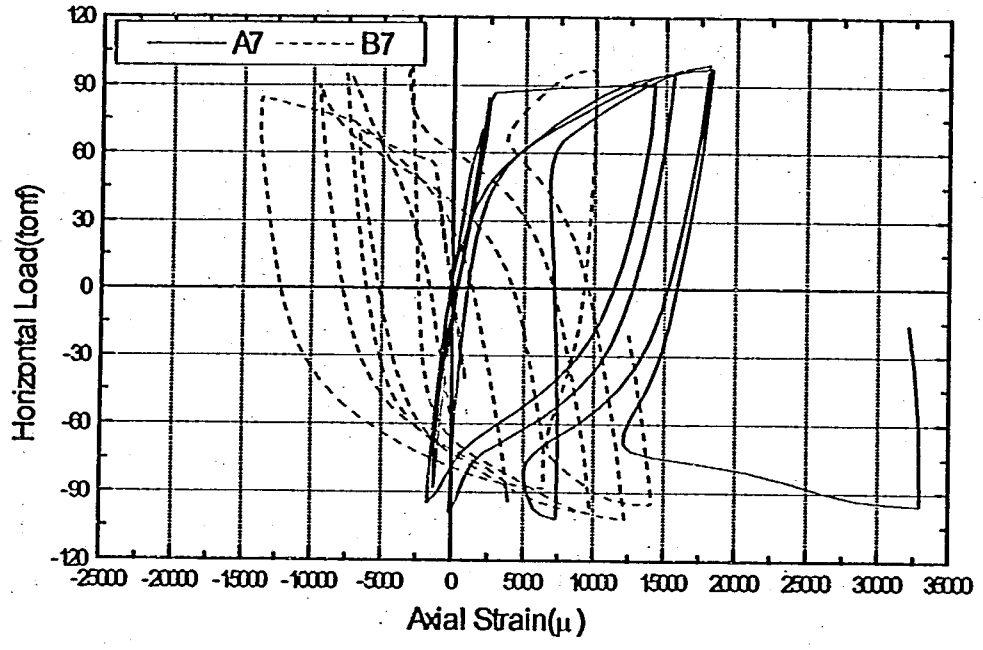
図－５．８．８　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＲＳ－ＳＴ、Ａ４＆Ｂ４）



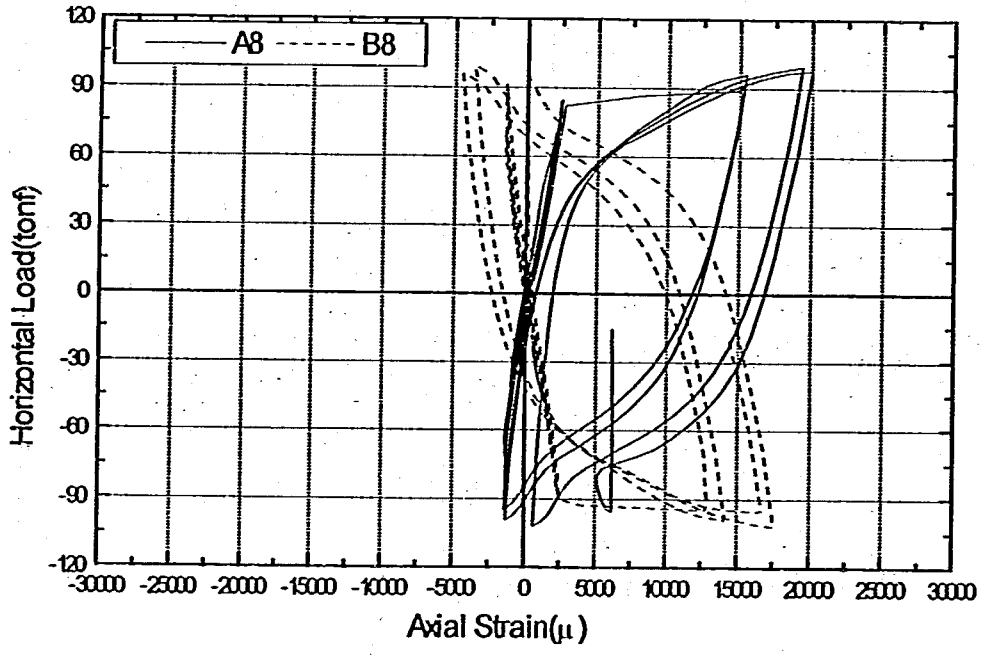
図－５．８．９　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＲＳ－ＳＴ、Ａ５＆Ｂ５）



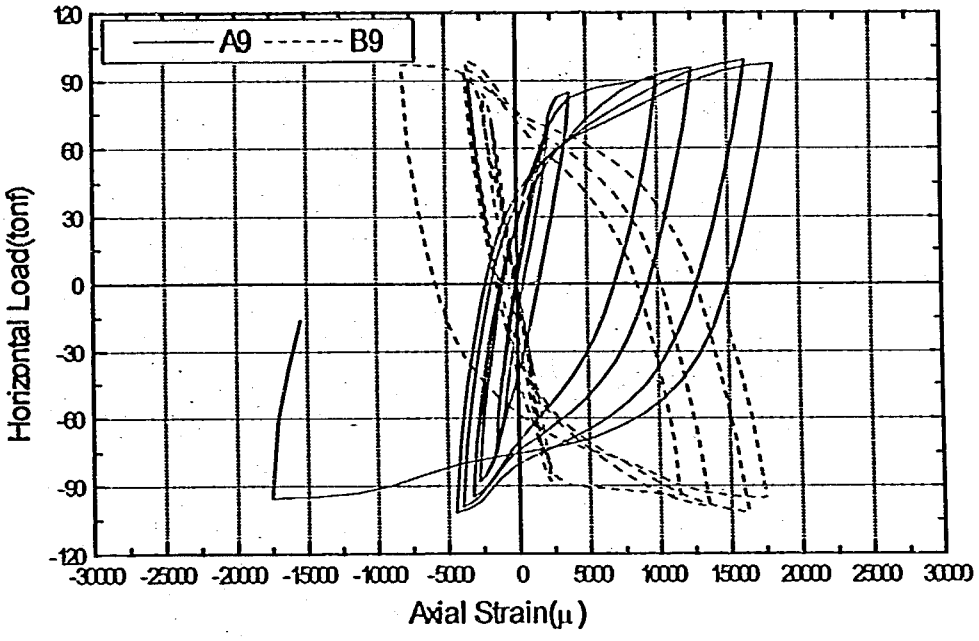
図－５．８．１０　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＲＳ－ＳＴ、Ａ６＆Ｂ６）



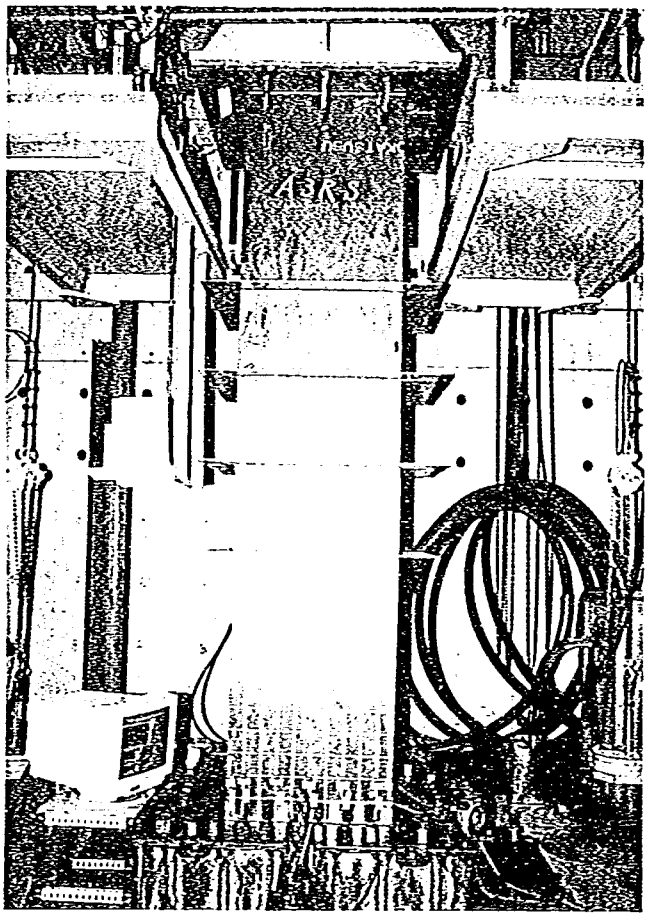
図－５．８．１１　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＲＳ－ＳＴ、Ａ７＆Ｂ７）



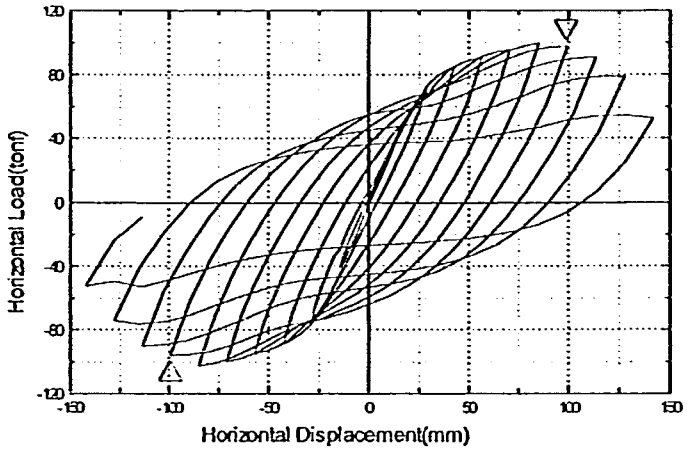
図－５．８．１２　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＲＳ－ＳＴ、Ａ８＆Ｂ８）

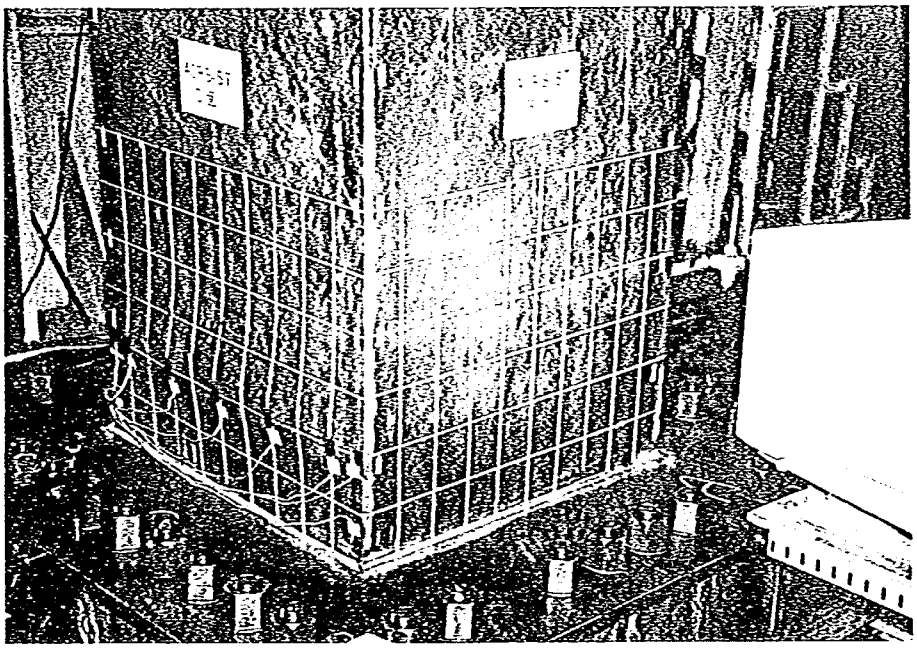


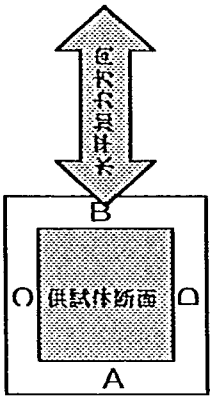
図－５．８．１３　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＲＳ－ＳＴ、Ａ９＆Ｂ９）



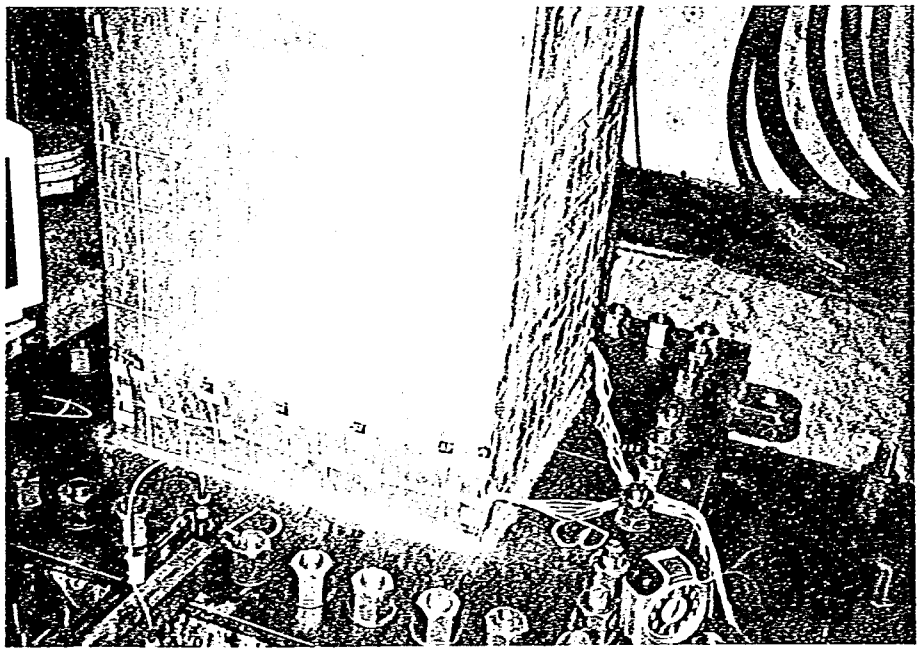
写真－５．８．１　実験供試体全景(Ａ３ＲＳ－ＳＴ)



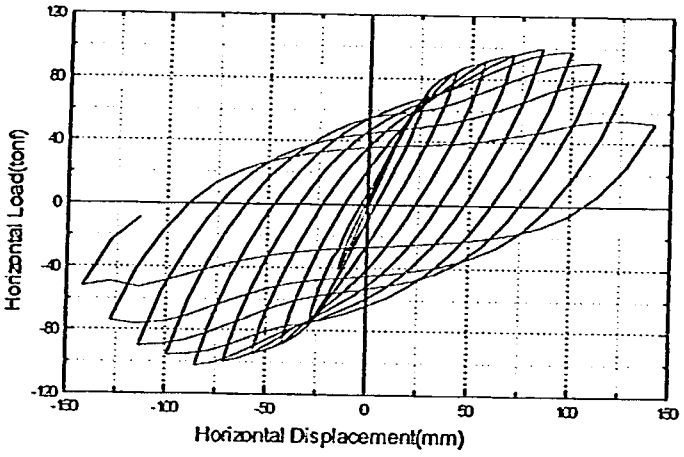


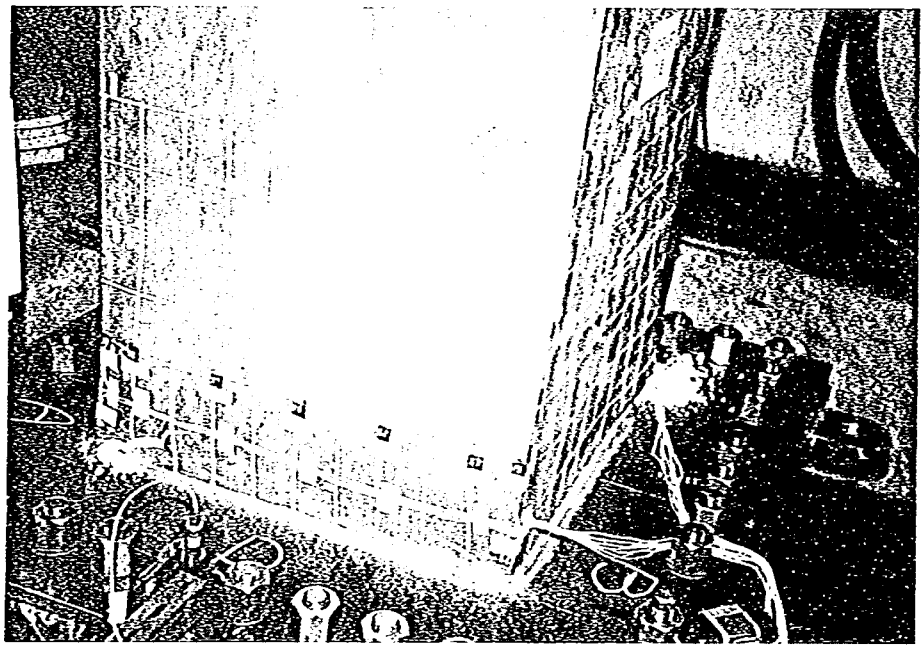


写真－５．８．２　＋７δ_y時(97.5tf, B－C面)

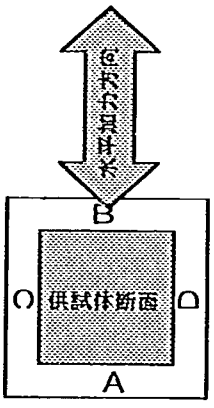


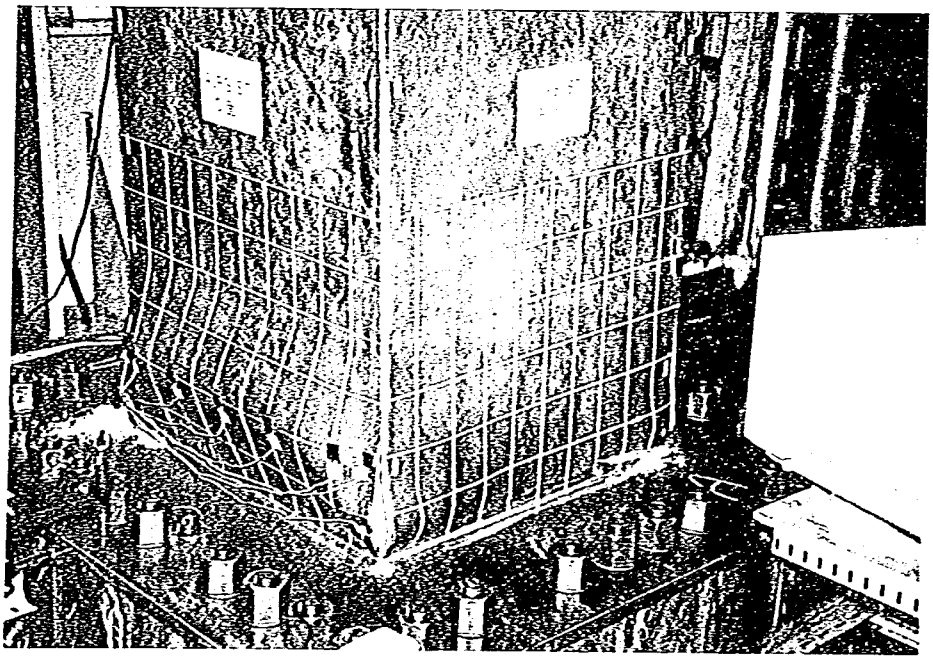
写真－５．８．３　－７δ_y時(-95.4tf, A－D面)



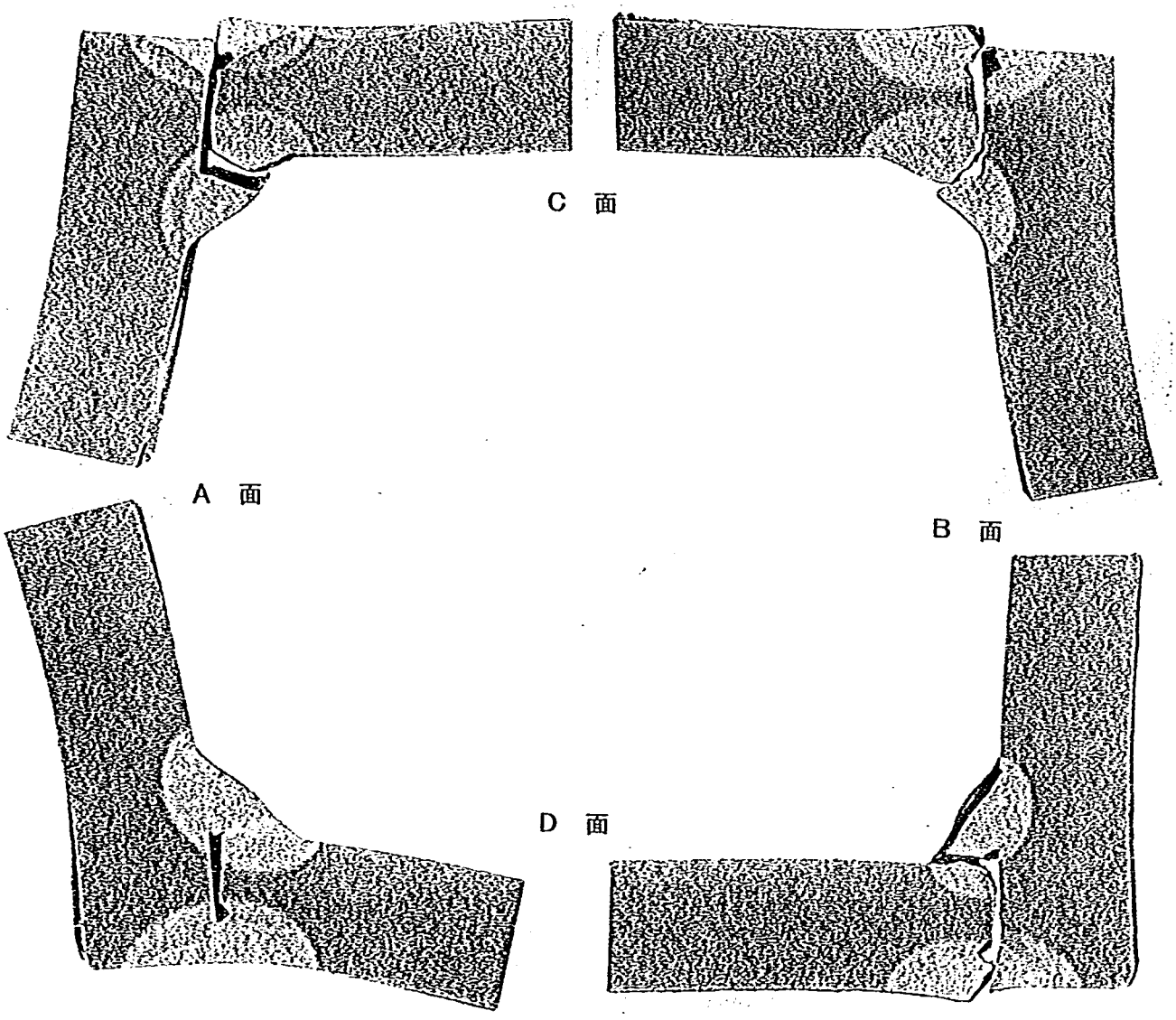


写真－5．8．4　実験終了時(A－D面)

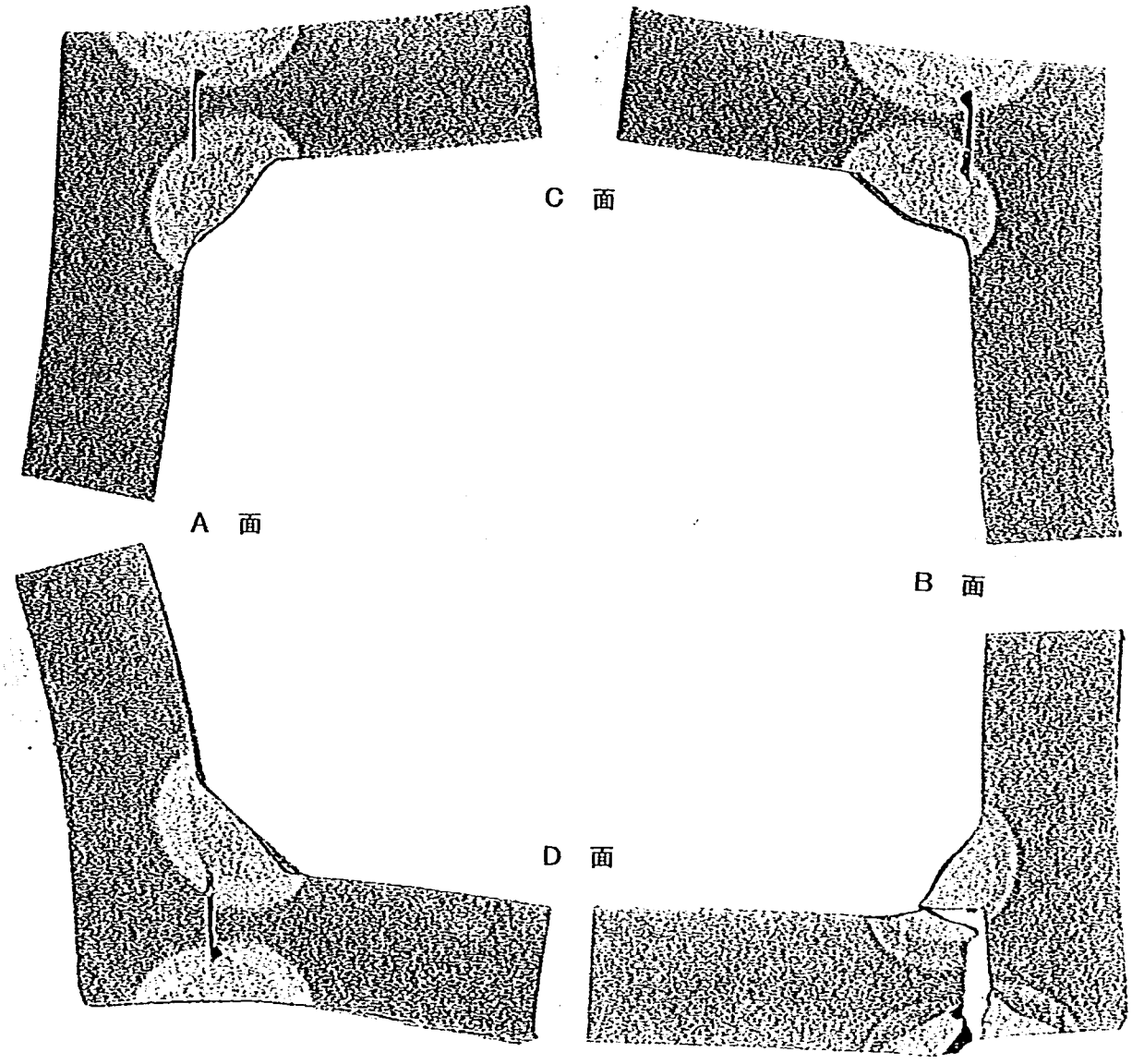




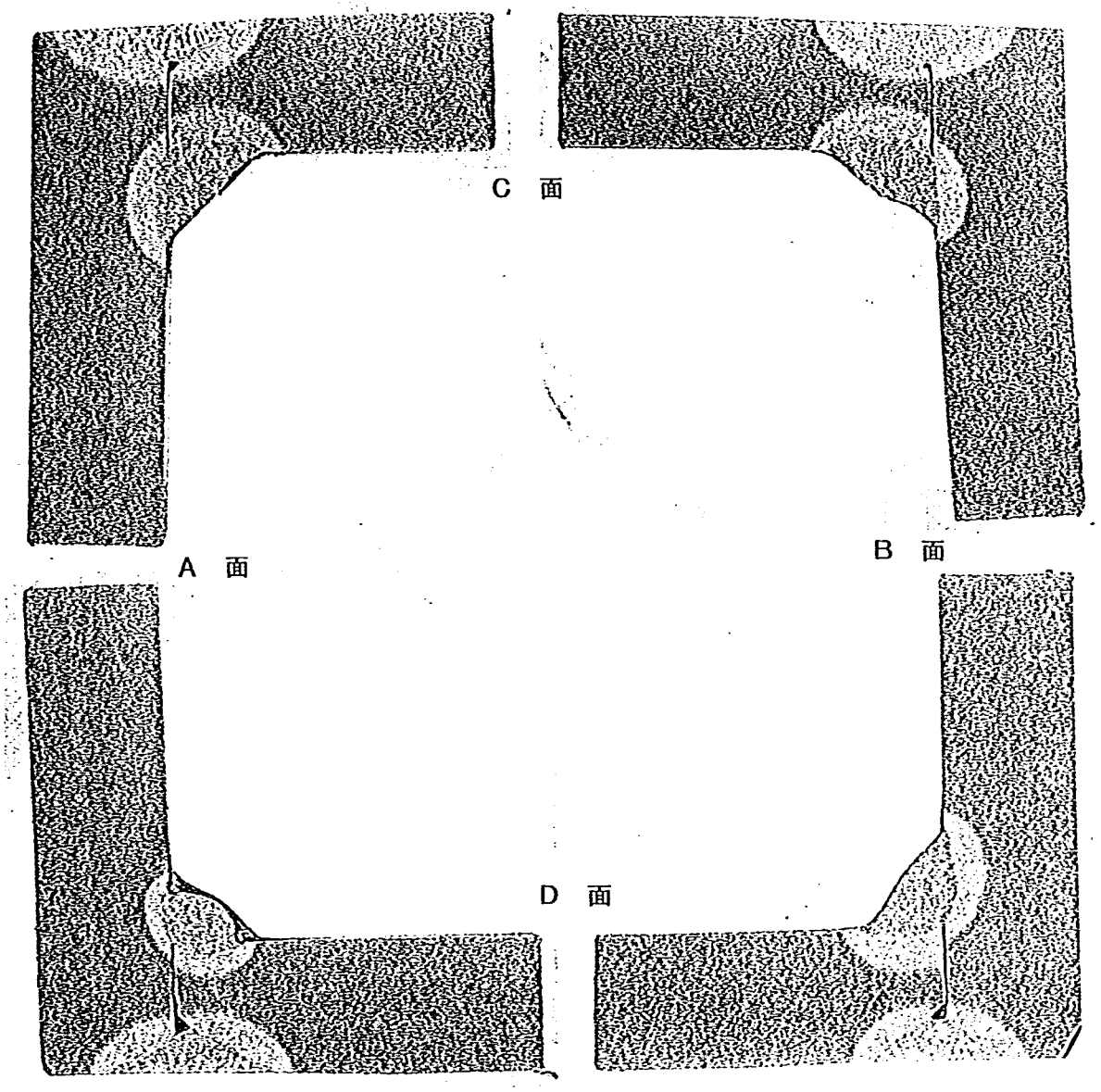
写真－5．8．5　実験終了時(B－C面)



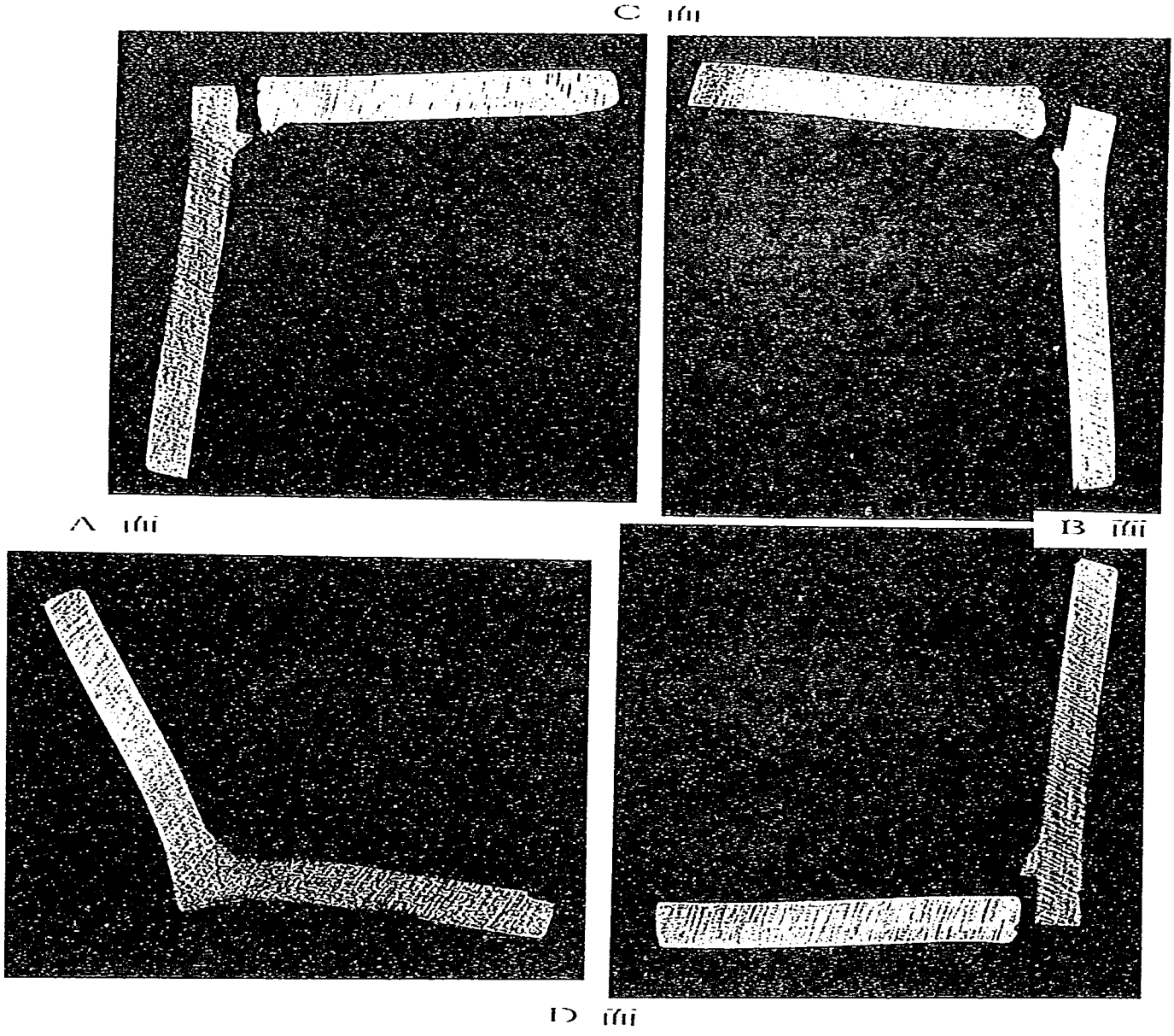
写真－5．8．6　角溶接部のマクロ写真(1段目)(A3RS－ST)



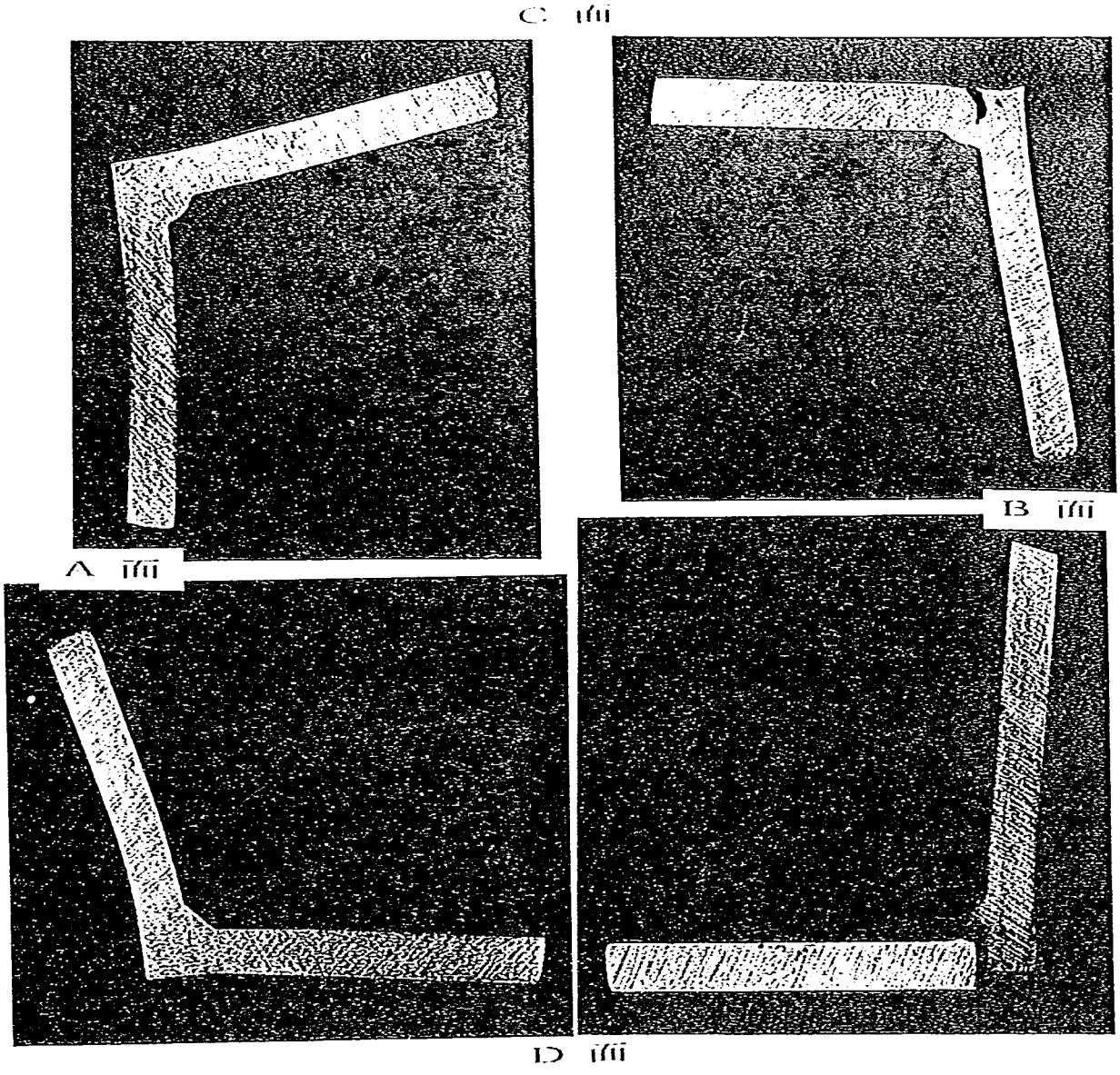
写真－５．８．７　角溶接部のマクロ写真(２段目)(Ａ３ＲＳ－ＳＴ)



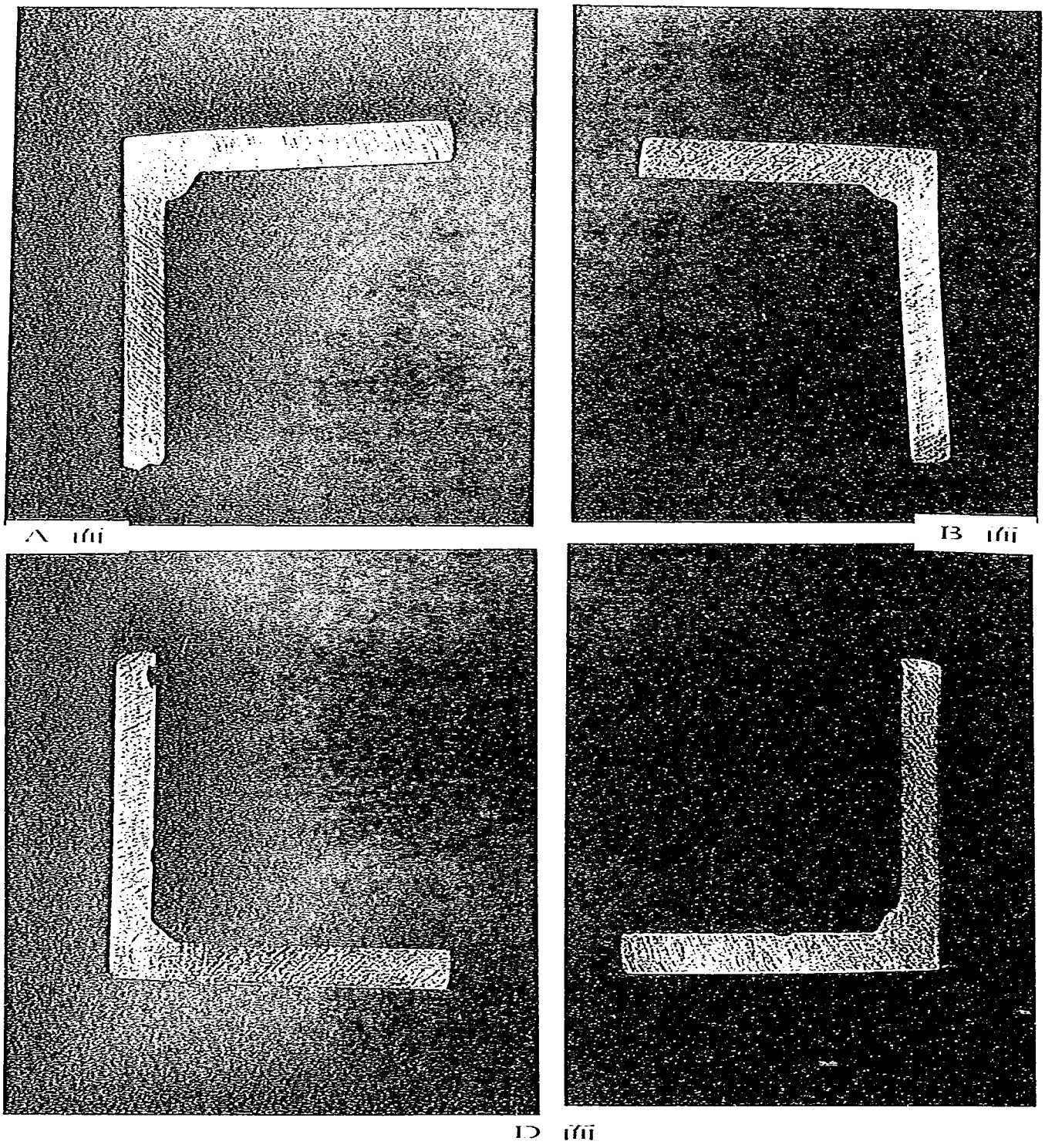
写真－５．８．８　角溶接部のマクロ写真(３段目)(Ａ３ＲＳ－ＳＴ)



写真－５．８．９　角溶接部の変形・破断状況写真(１段目)(Ａ３ＲＳ－ＳＴ)

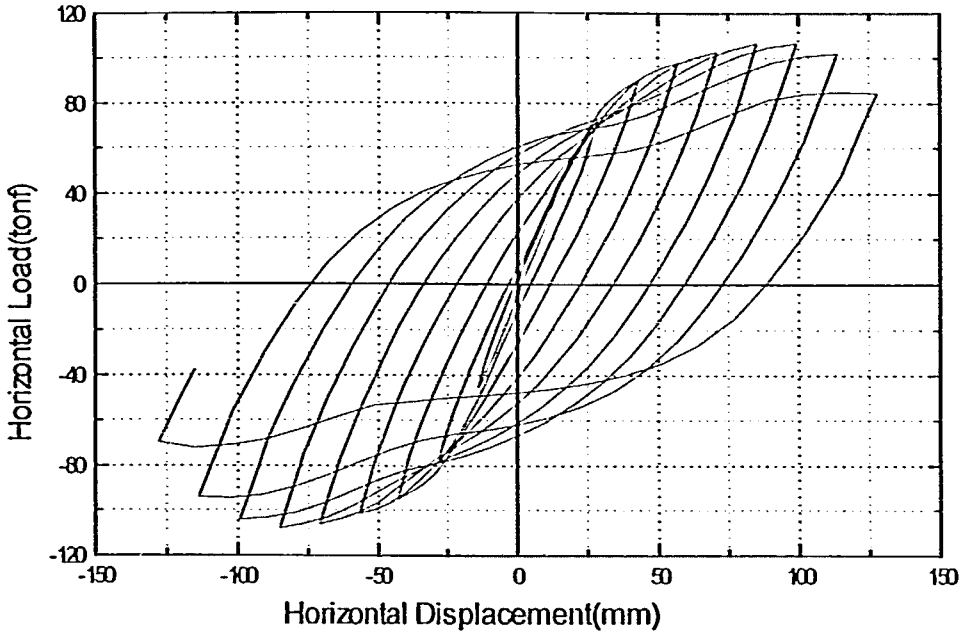


写真－５．８．１０　角溶接部の変形・破断状況写真(２段目)(Ａ３ＲＳ－ＳＴ)

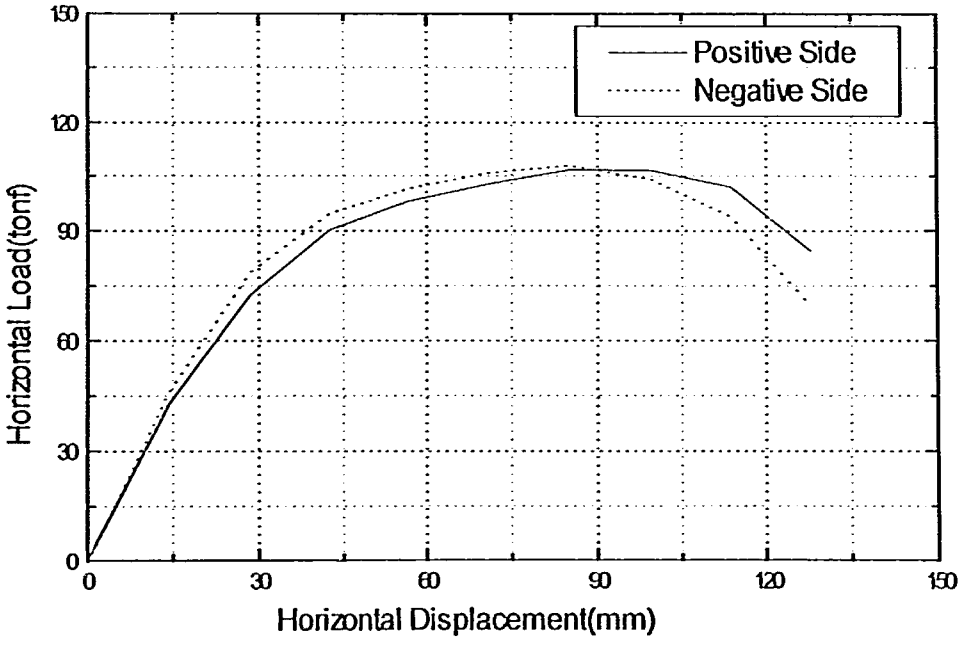


写真－５．８．１１　角溶接部の変形・破断状況写真(３段目)(Ａ３ＲＳ－ＳＴ)

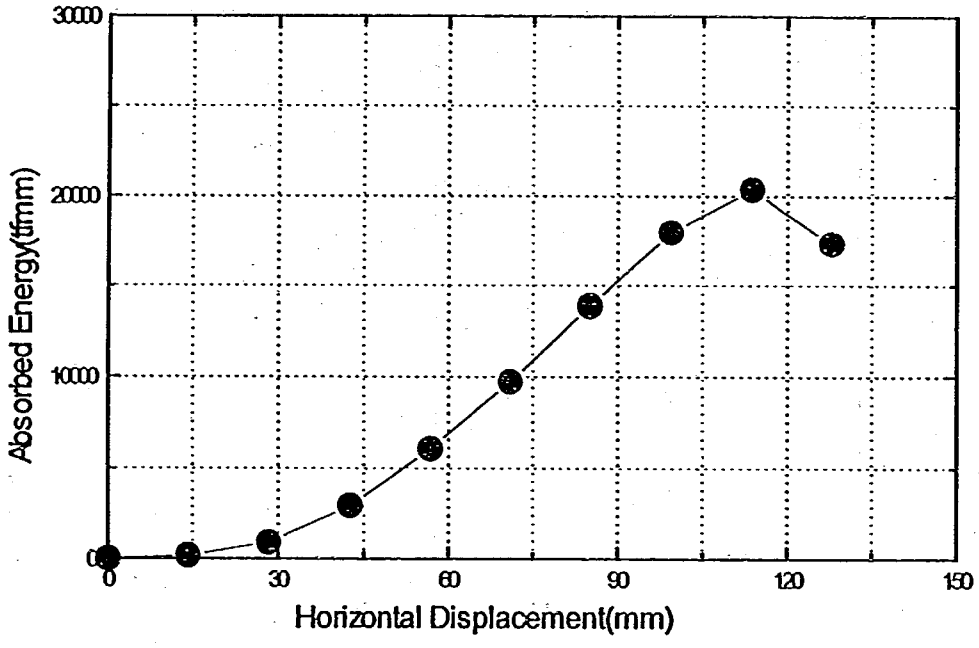
5．8．2　A3RR－ST



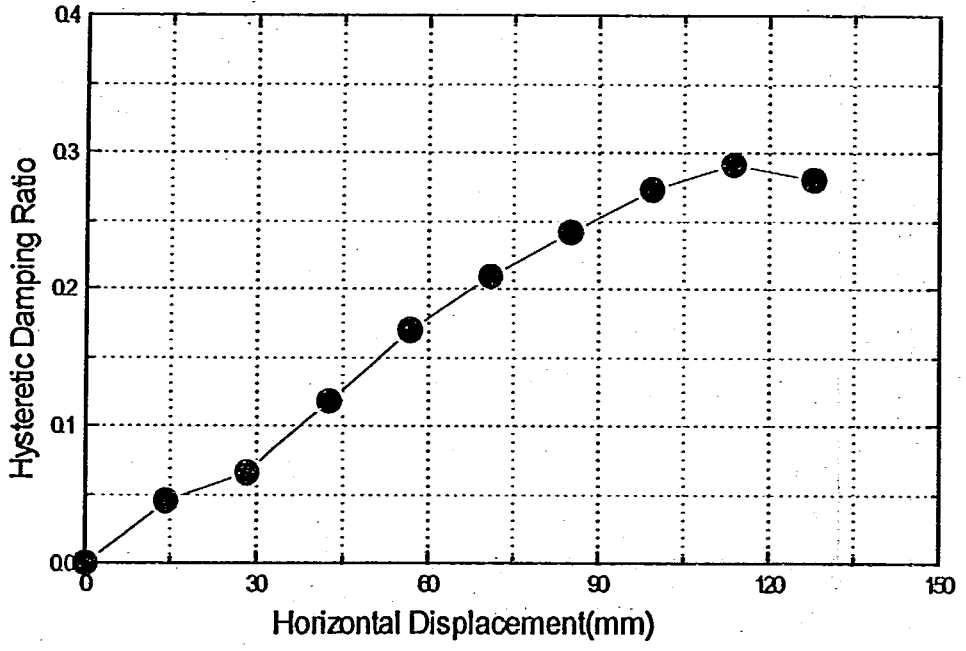
図－5．8．14　水平荷重－変位履歴曲線（A3RR－ST）



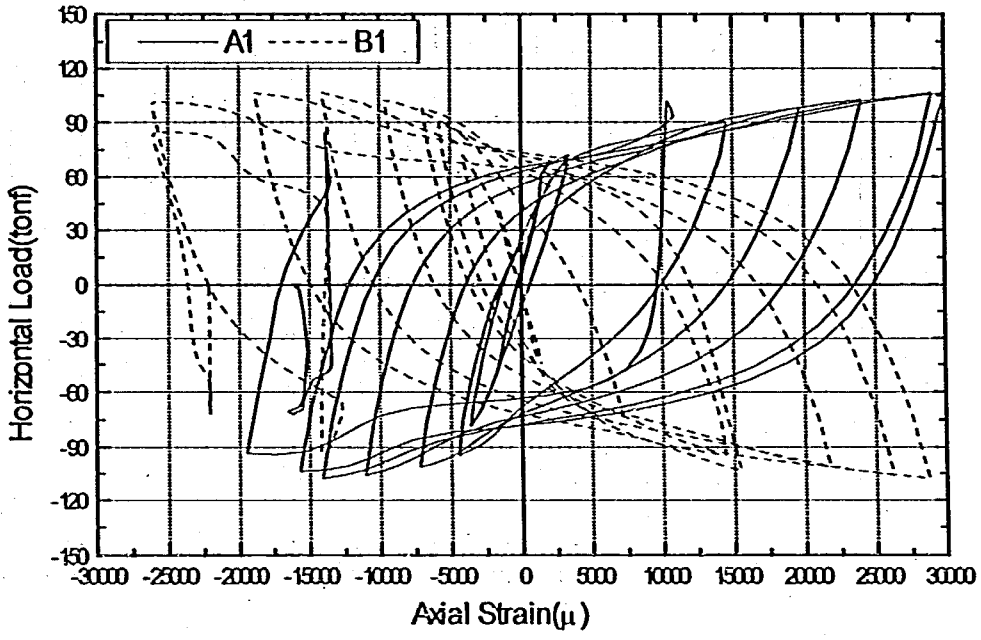
図－5．8．15　水平荷重－変位関係の包絡線（A3RR－ST）



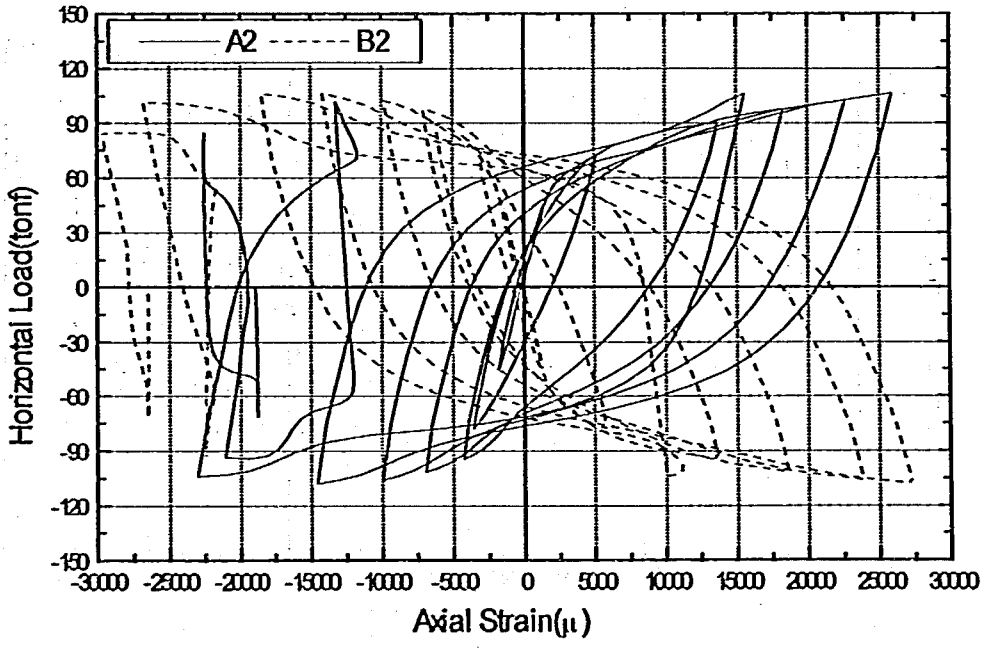
図－５．８．１６　１ループごとのエネルギー吸収量（Ａ３ＲＲ－ＳＴ）



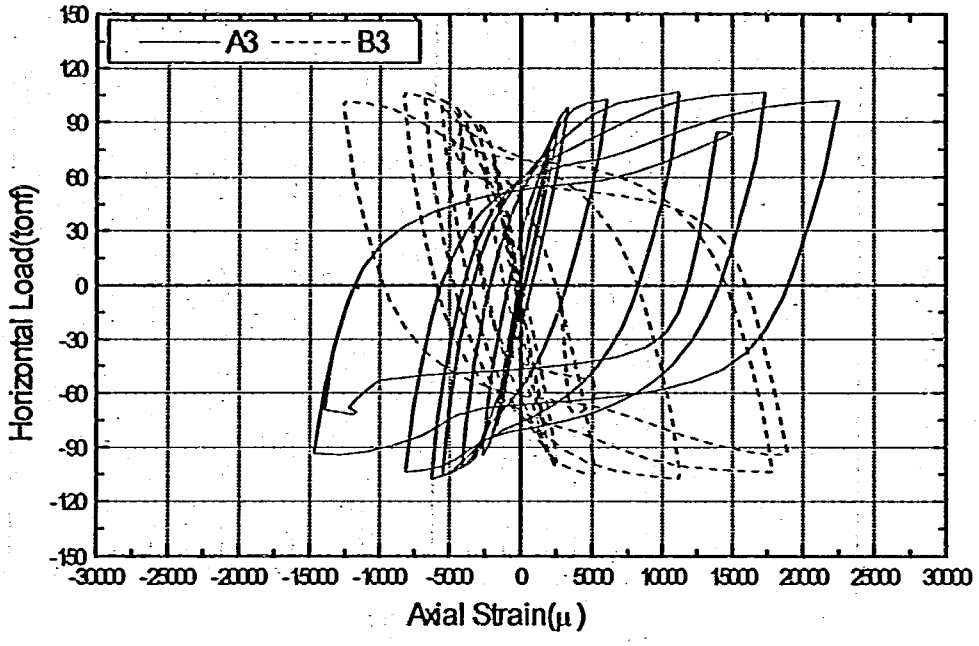
図－５．８．１７　各ループの等価粘性減衰（Ａ３ＲＲ－ＳＴ）



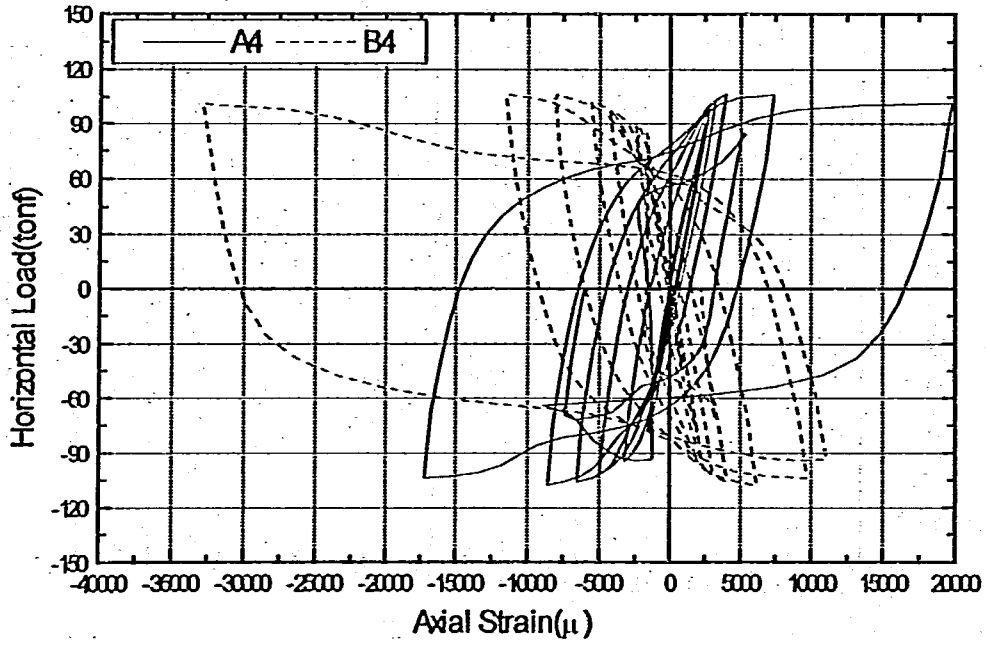
図－５．８．１８　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＲＲ－ＳＴ、Ａ１&Ｂ１）



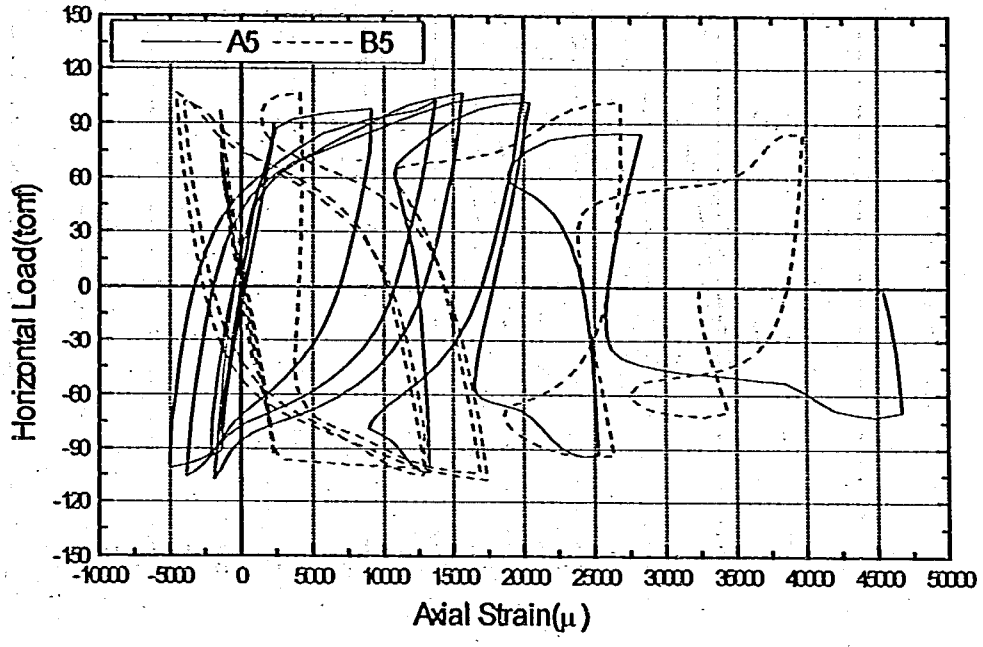
図－５．８．１９　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＲＲ－ＳＴ、Ａ２&Ｂ２）



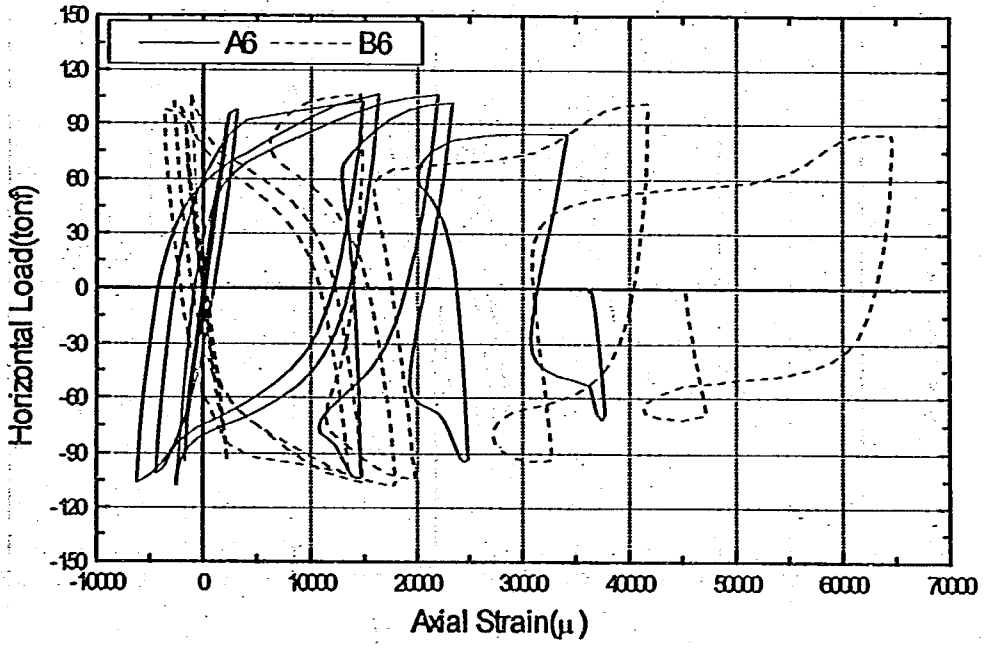
図－５．８．２０　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＲＲ－ＳＴ、Ａ３＆Ｂ３）



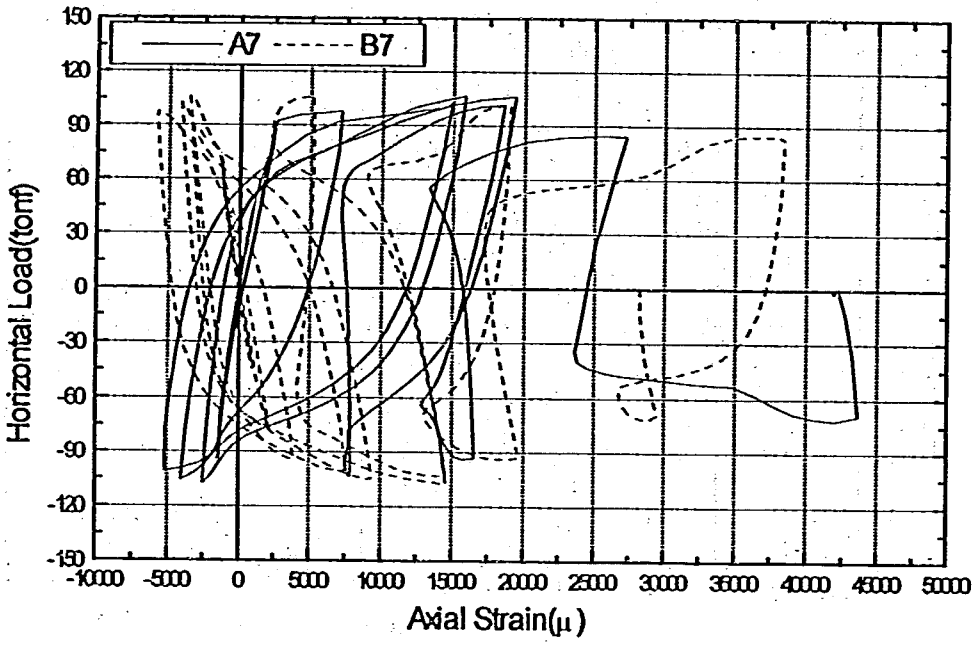
図－５．８．２１　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＲＲ－ＳＴ、Ａ４＆Ｂ４）



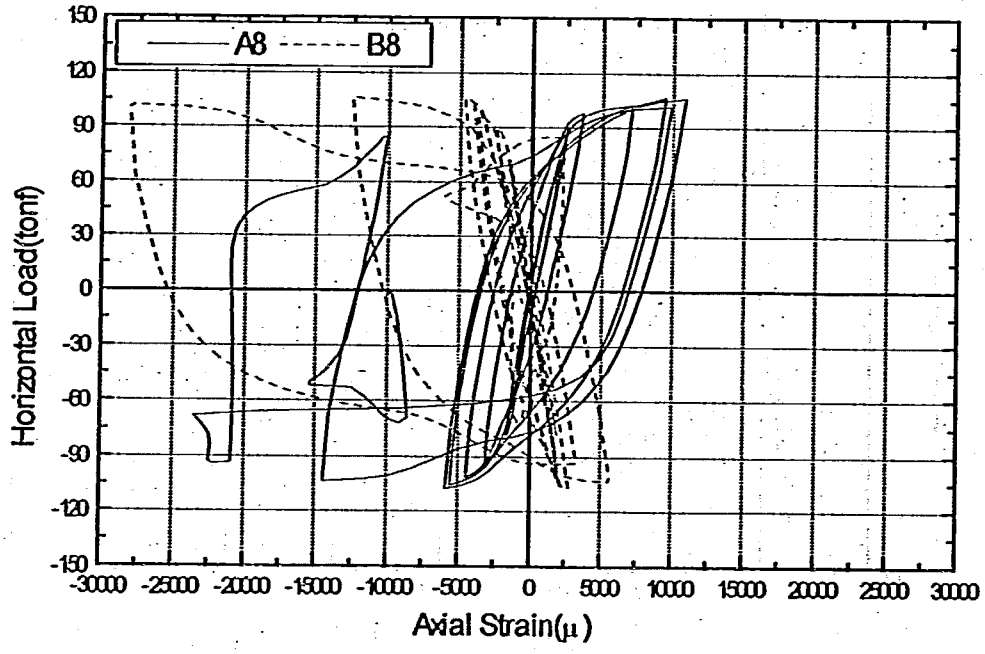
図－５．８．２２　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＲＲ－ＳＴ、Ａ５＆Ｂ５）



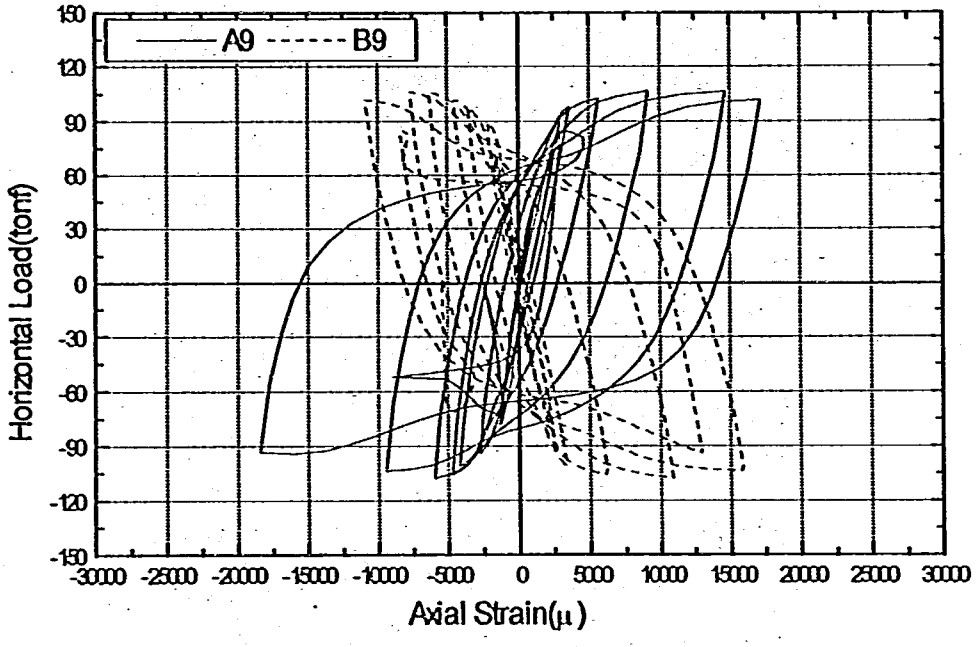
図－５．８．２３　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＲＲ－ＳＴ、Ａ６＆Ｂ６）



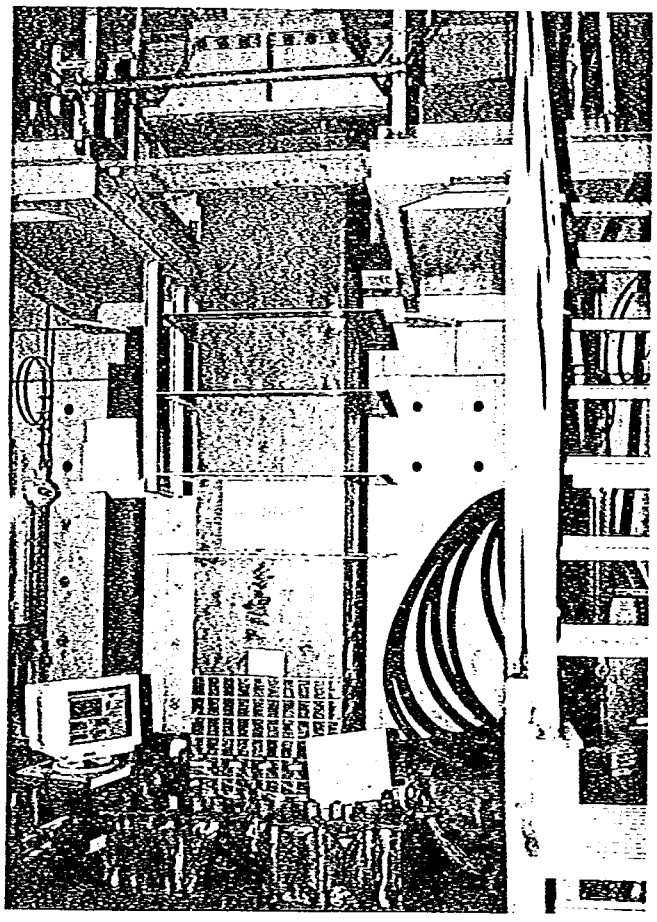
図－５．８．２４　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＲＲ－ＳＴ、Ａ７＆Ｂ７）



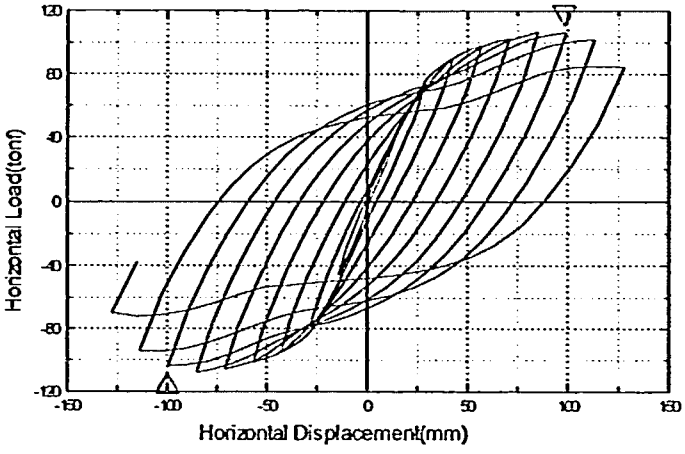
図－５．８．２５　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＲＲ－ＳＴ、Ａ８＆Ｂ８）

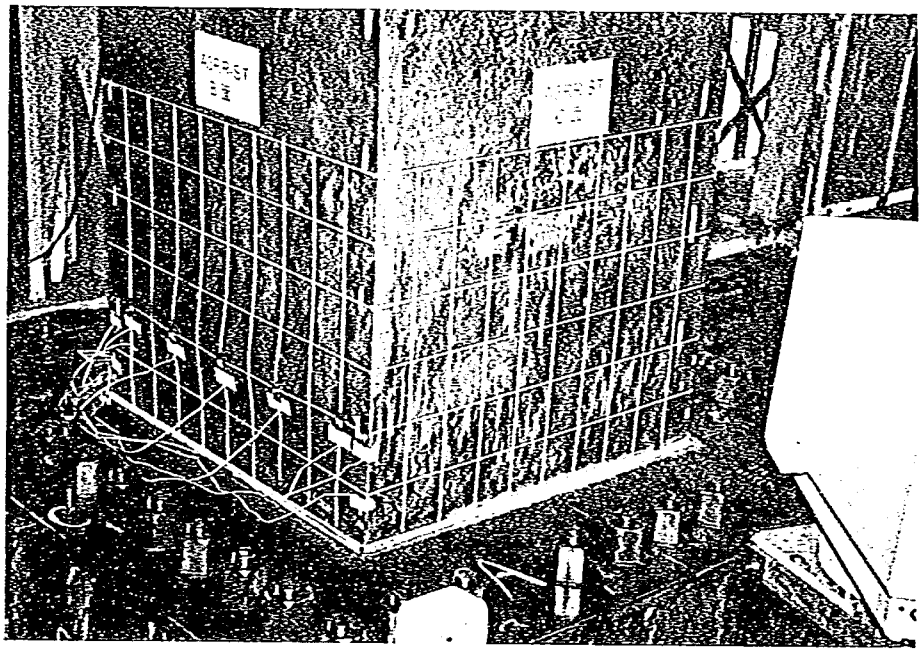


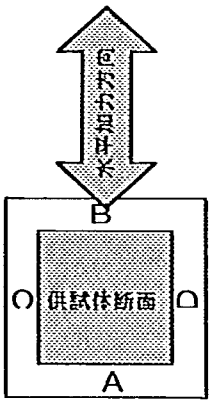
図－５．８．２６　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＲＲ－ＳＴ、Ａ９＆Ｂ９）



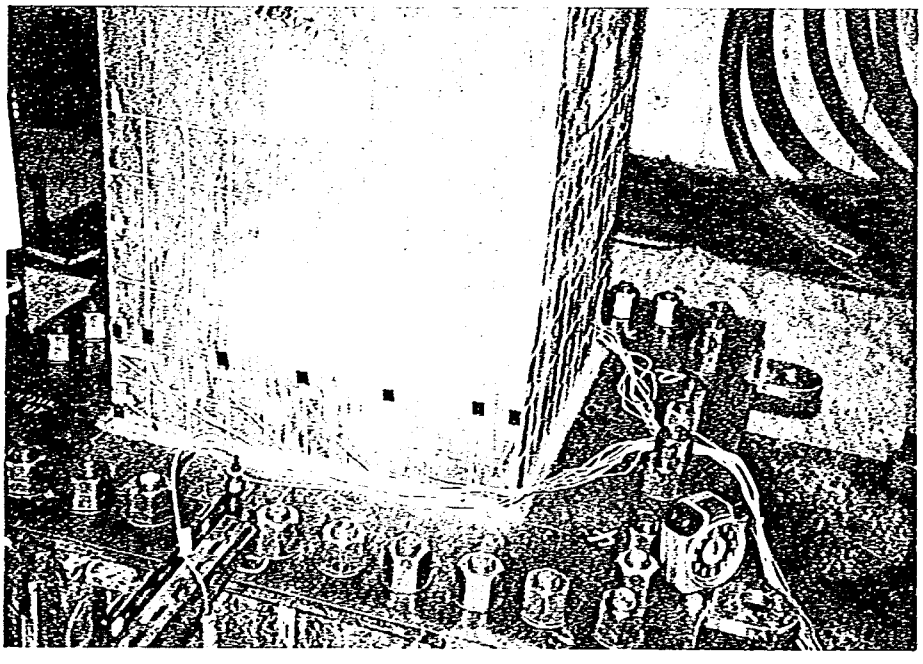
写真－５．８．１２　実験供試体全景(Ａ３ＲＲ－ＳＴ)



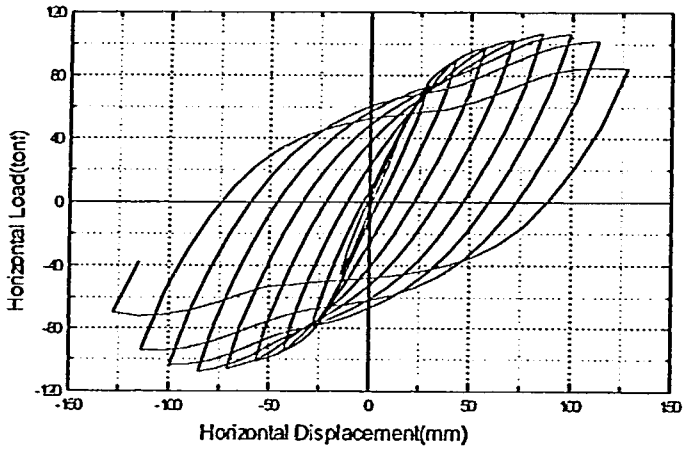


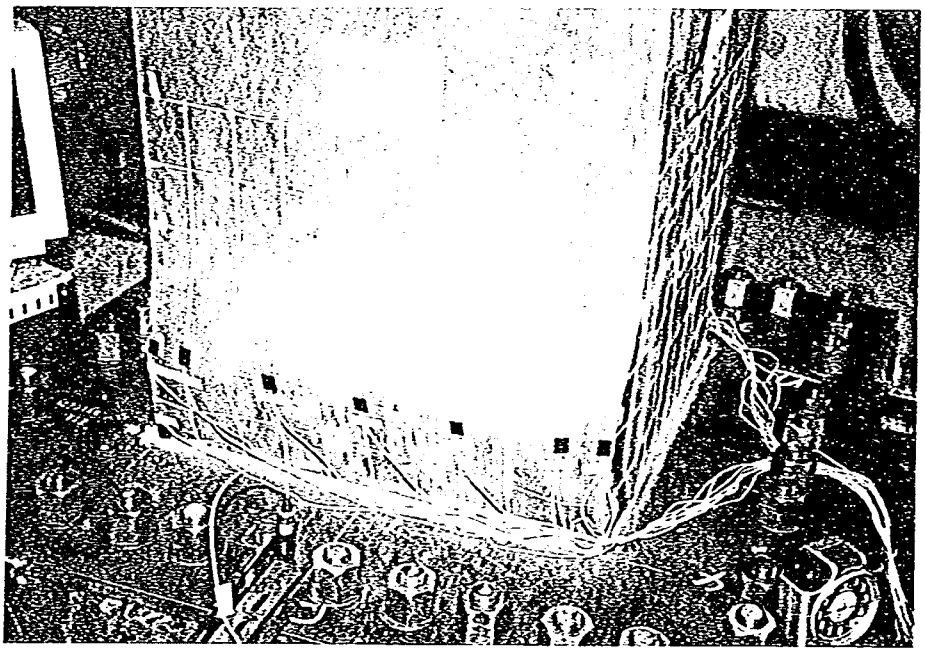


写真－５．８．１３　＋７δ_y時(106.4tf, B－C面)

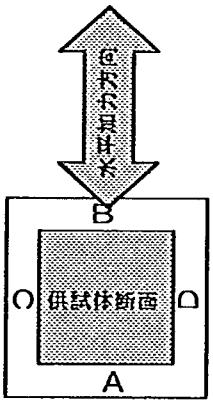


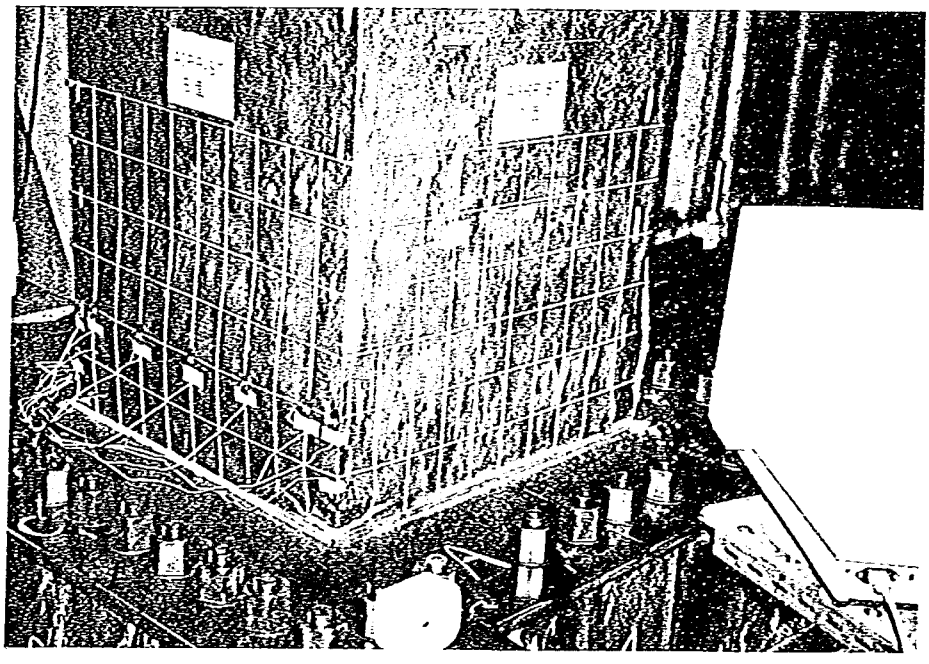
写真－５．８．１４　－７δ_y時(-103.7tf, A－D面)



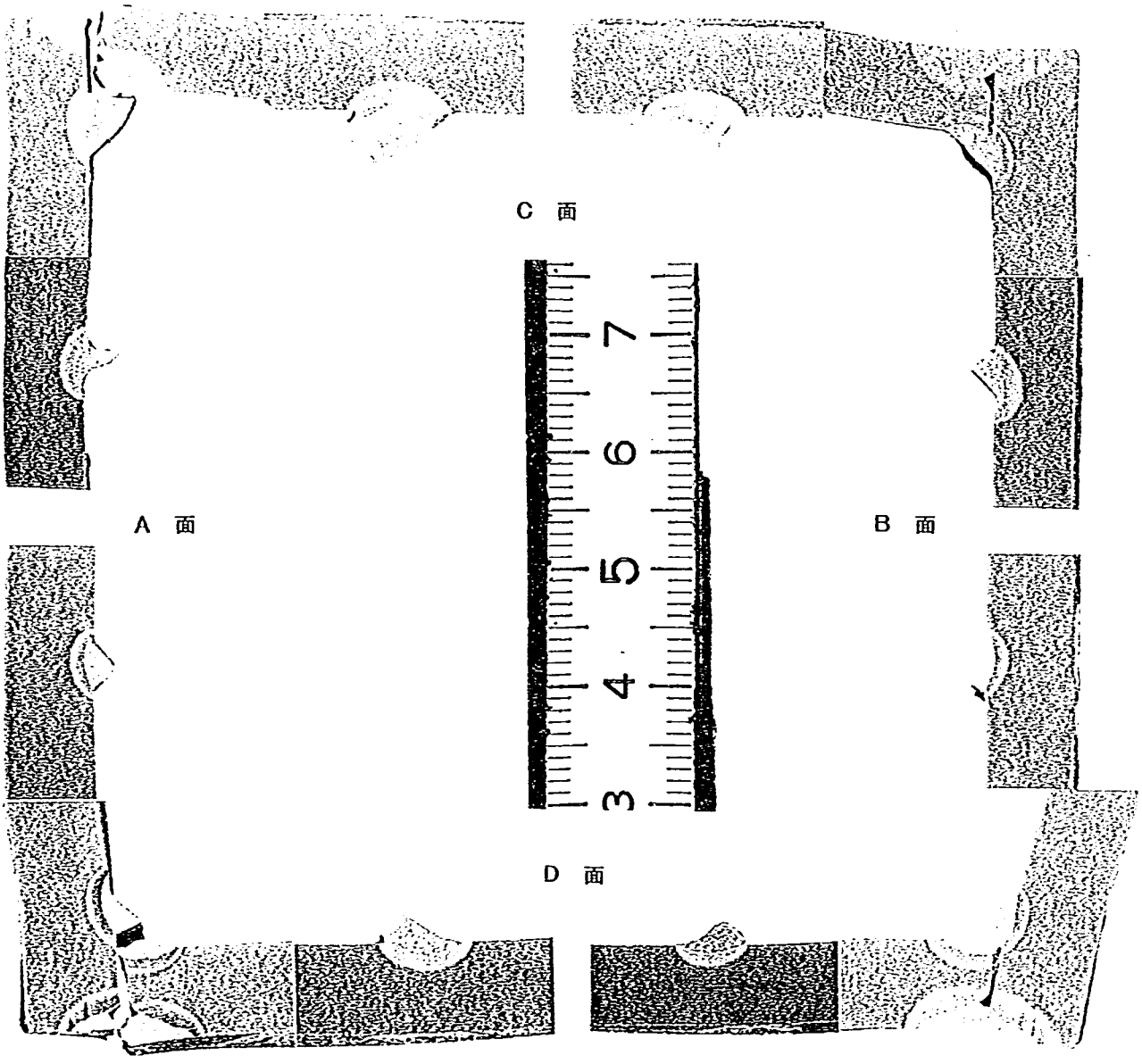


写真－5．8．15　実験終了時(A－D面)

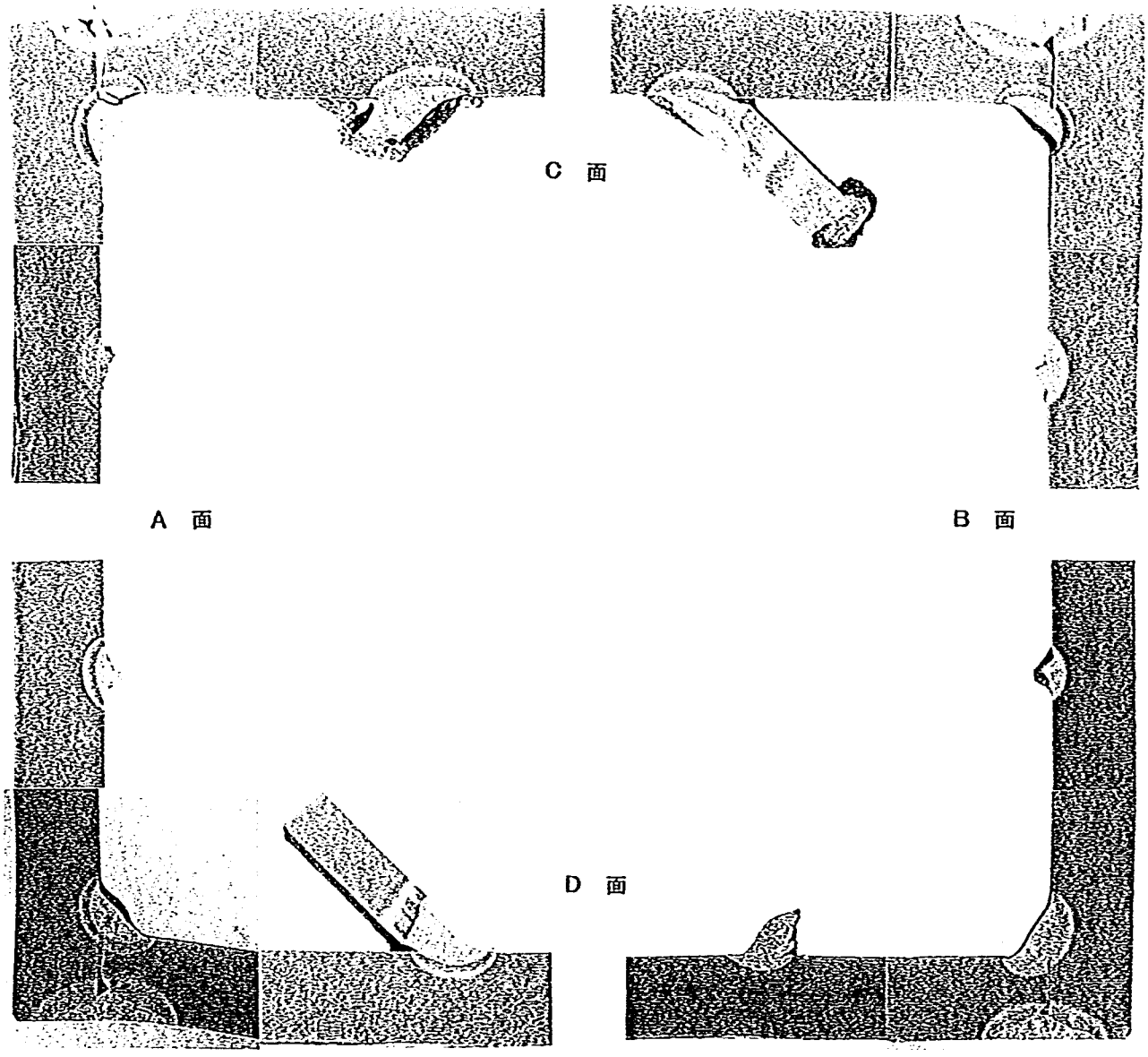




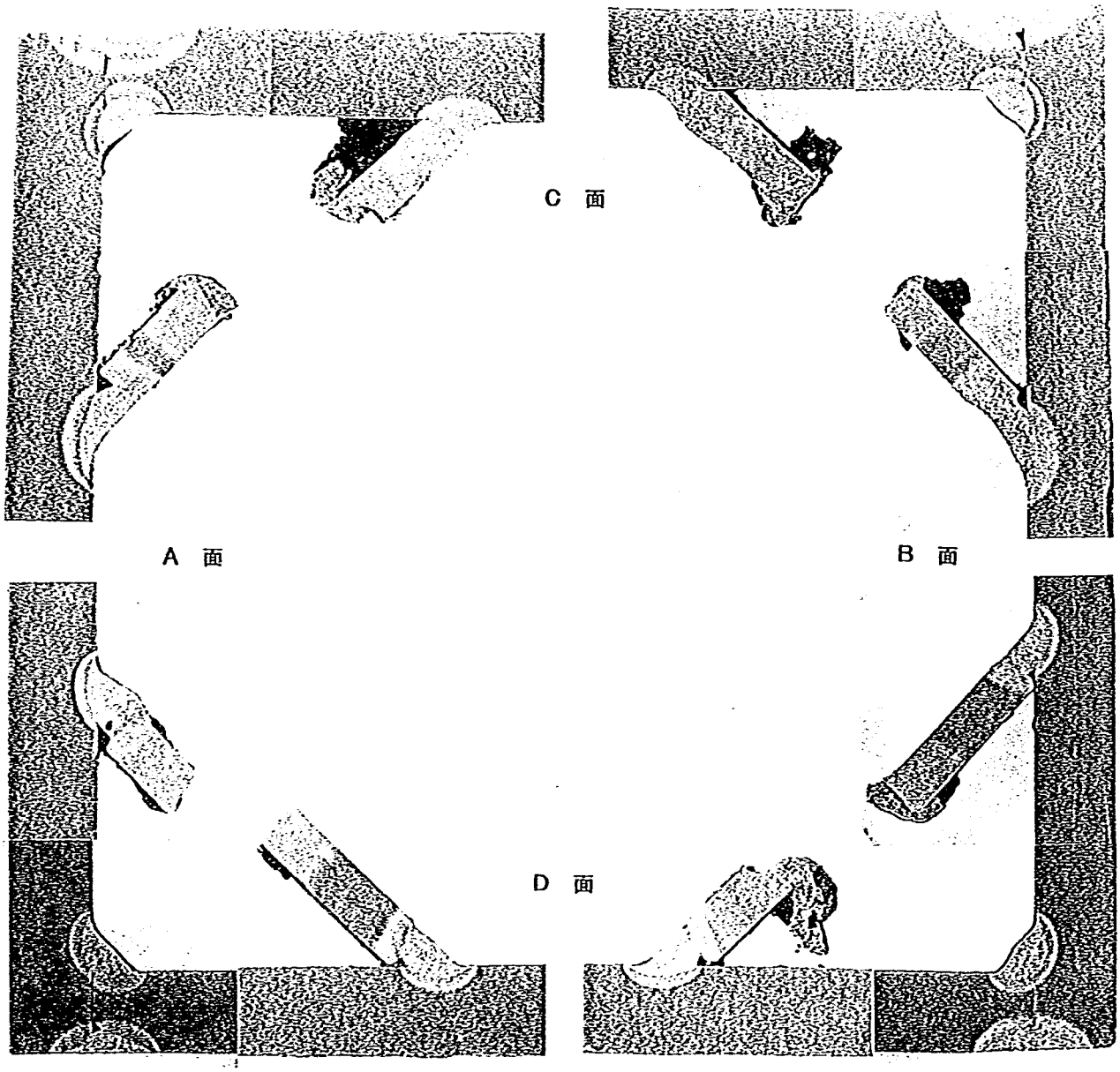
写真－5．8．16　実験終了時(B－C面)



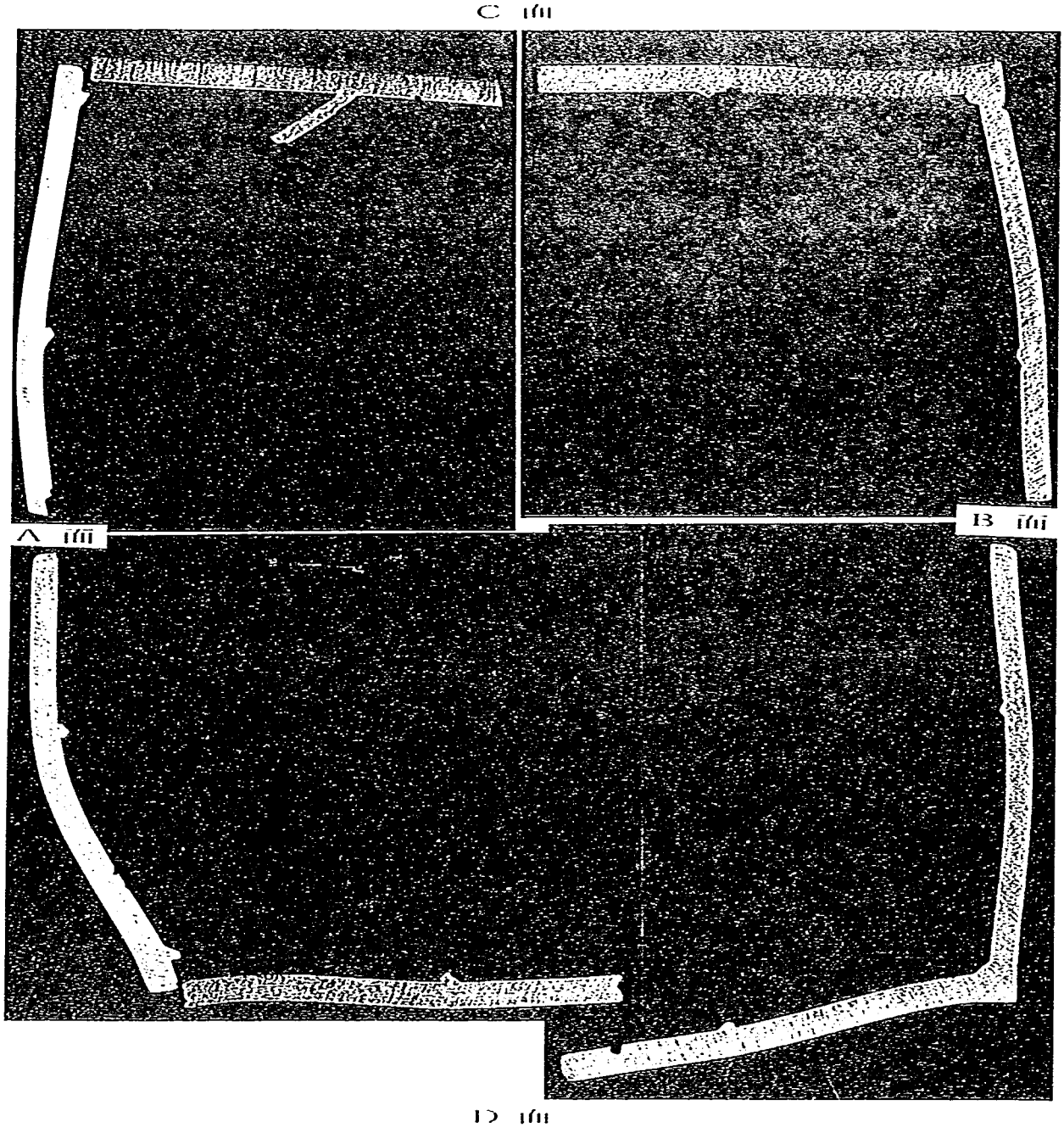
写真－５．８．１７　角溶接部のマクロ写真(１段目)(Ａ３ＲＲ－ＳＴ)



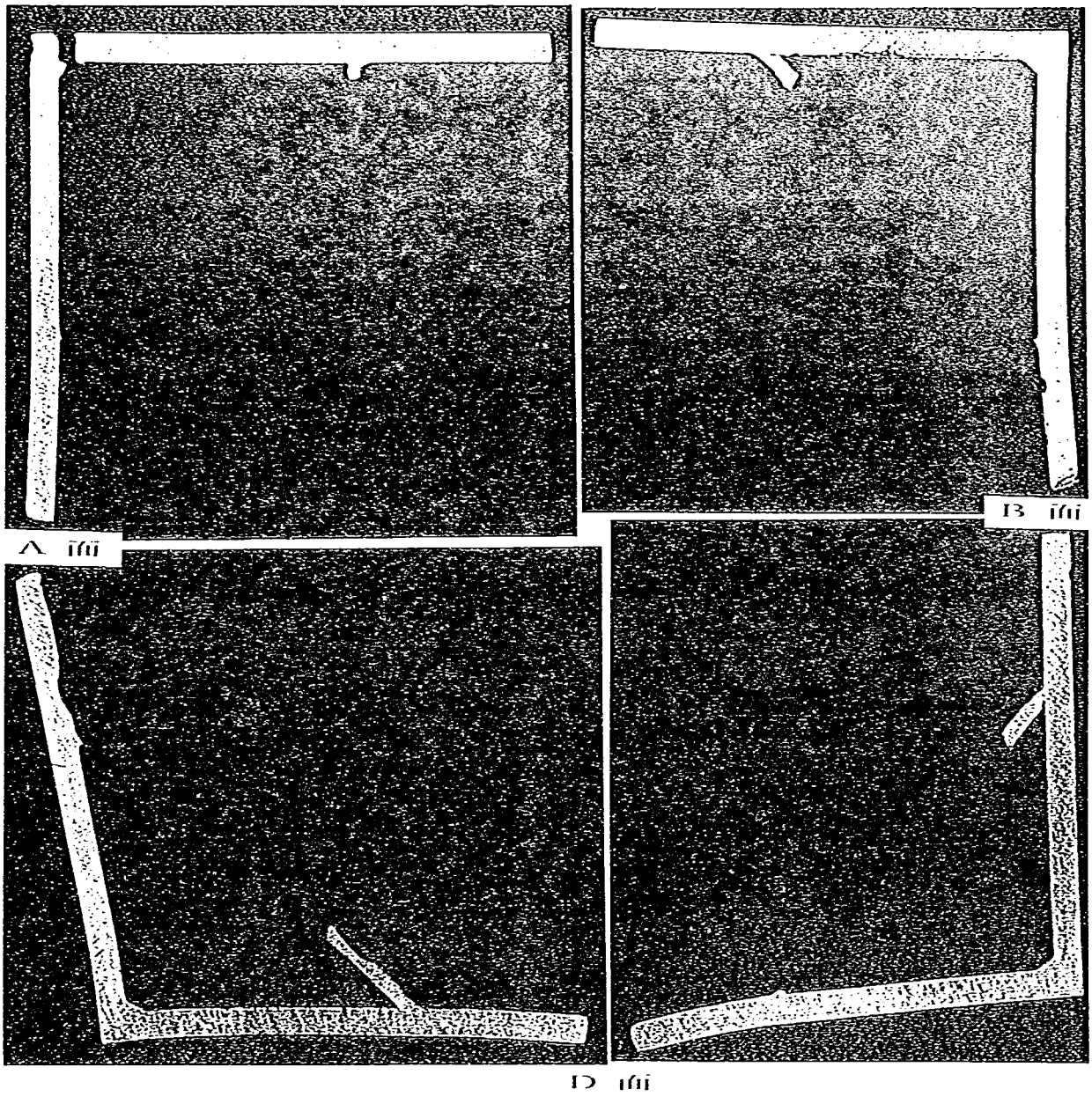
写真－5．8．18　角溶接部のマクロ写真(2段目)(A3RR－ST)



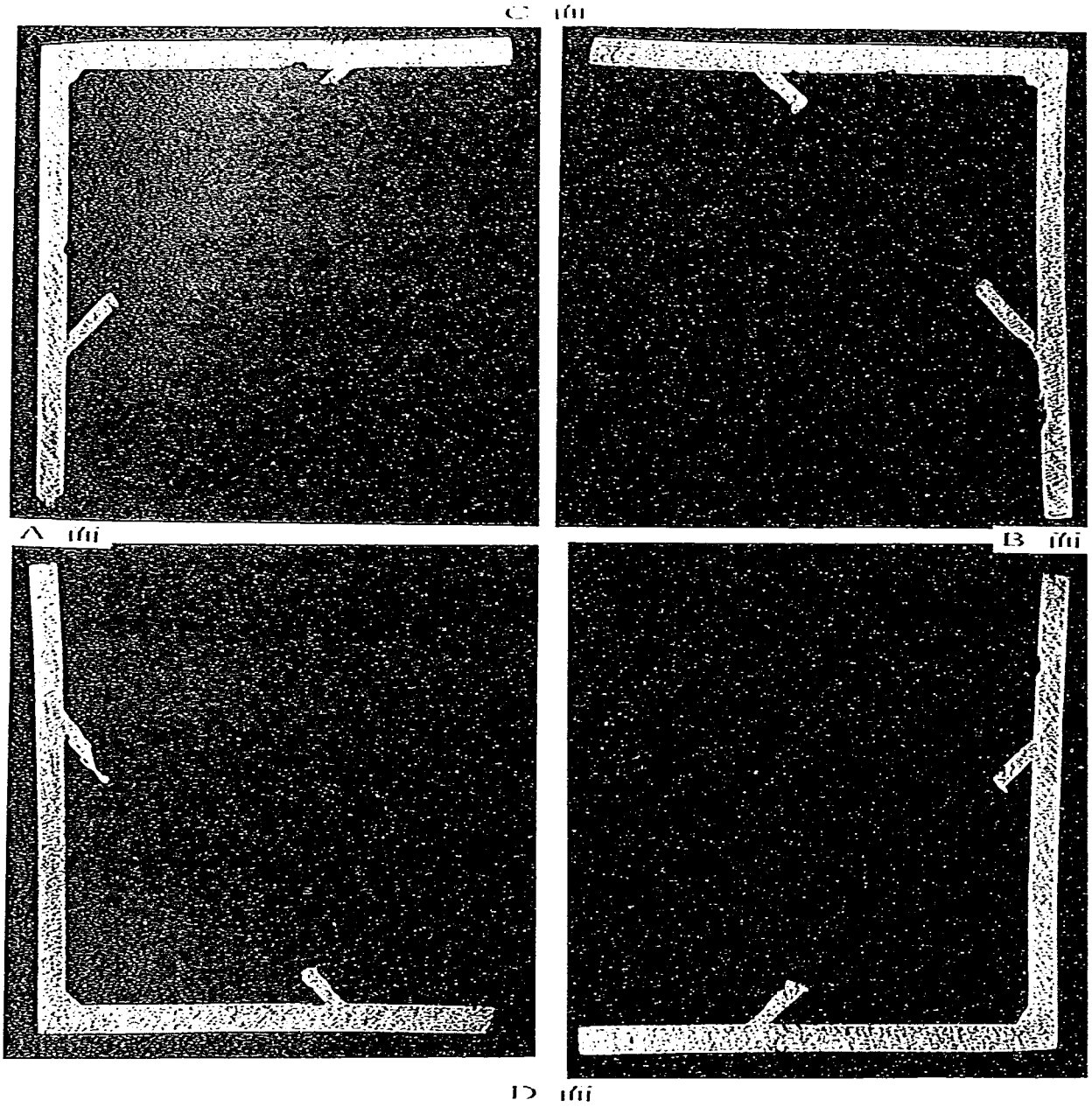
写真－５．８．１９　角溶接部のマクロ写真(３段目)(Ａ３ＲＲ－ＳＴ)



写真－５．８．２０　角溶接部の変形・破断状況写真(１段目)(Ａ３ＲＲ－ＳＴ)

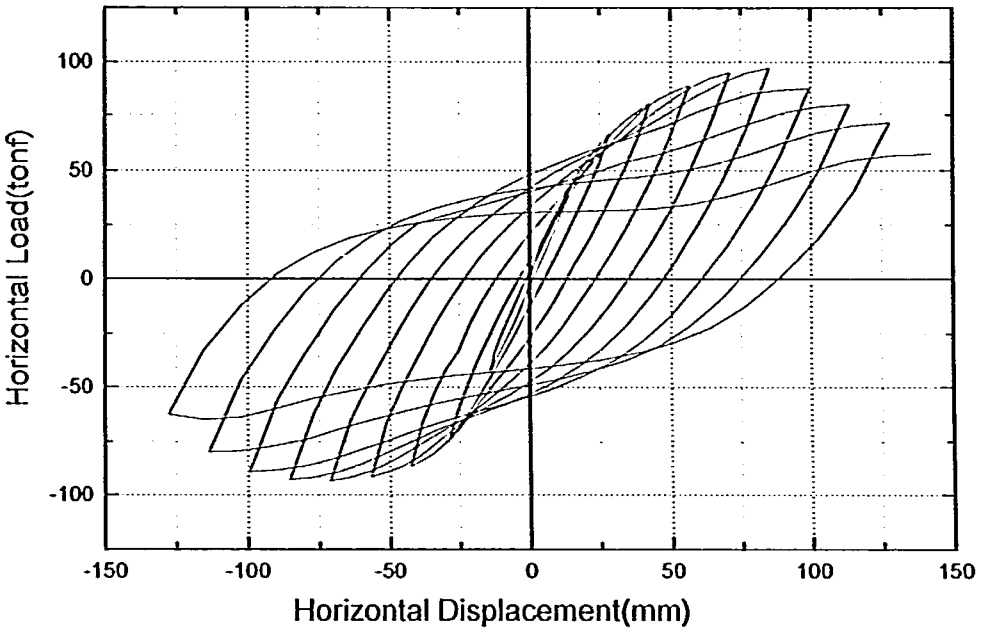


写真－５．８．２１　角溶接部の変形・破断状況写真(２段目)(Ａ３ＲＲ－ＳＴ)

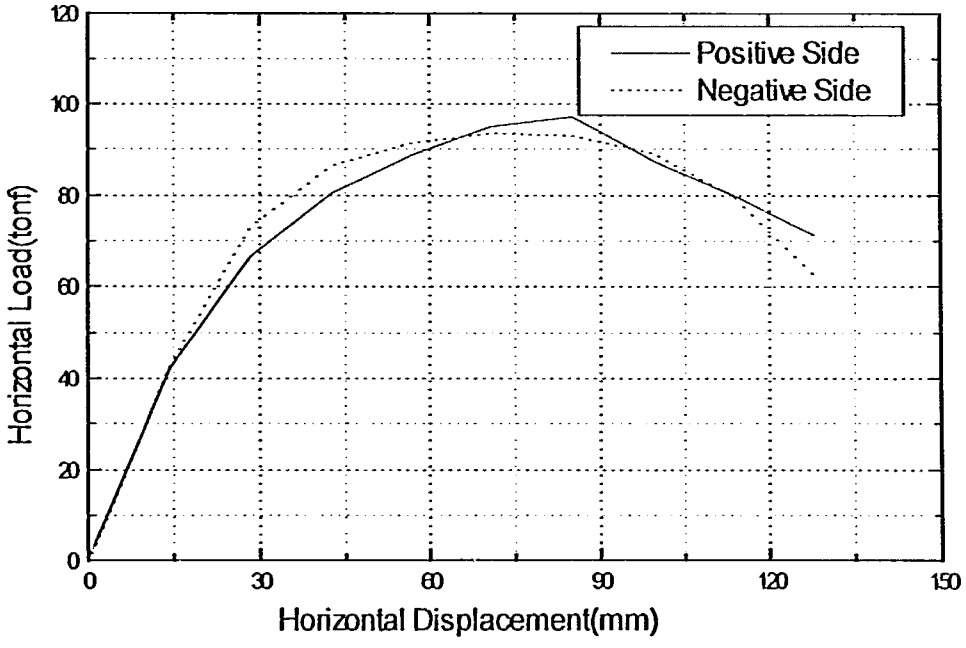


写真－５．８．２２　角溶接部の変形・破断状況写真(３段目)(Ａ３ＲＲ－ＳＴ)

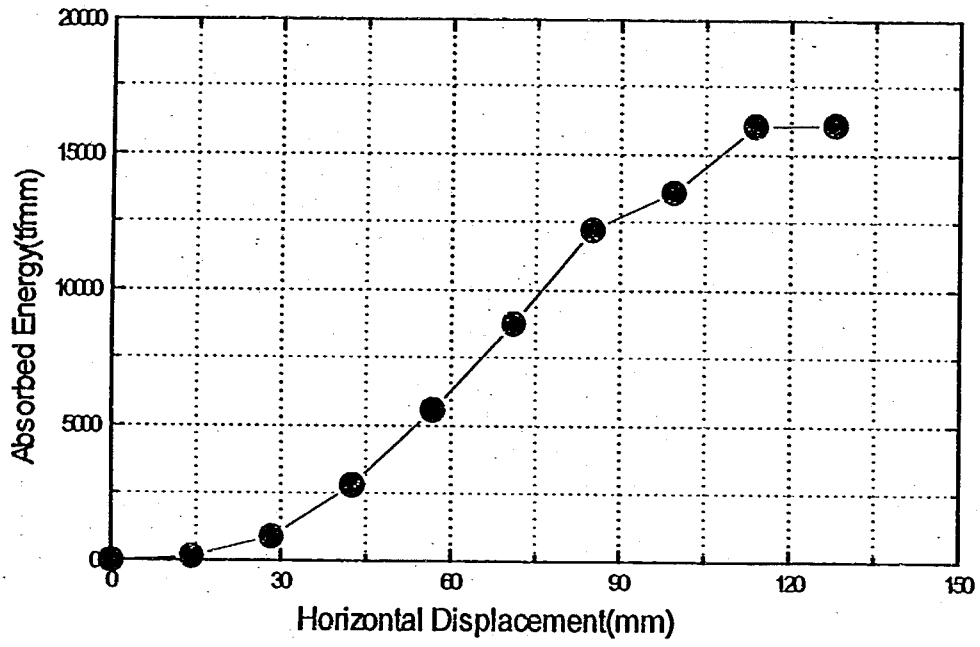
5．8．3　A3RN－ST



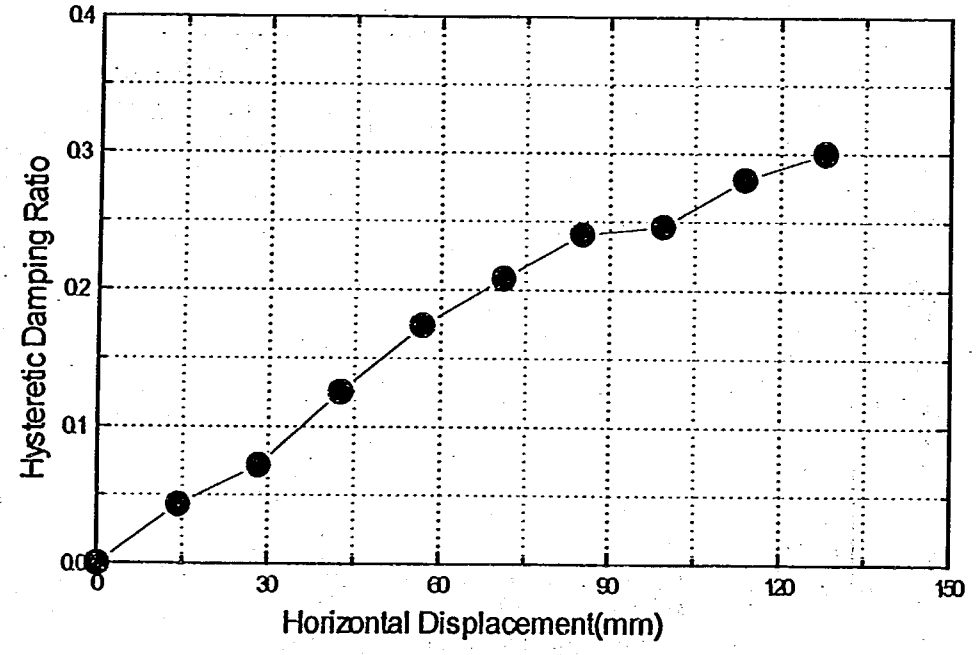
図－5．8．27　水平荷重－変位履歴曲線（A3RN－ST）



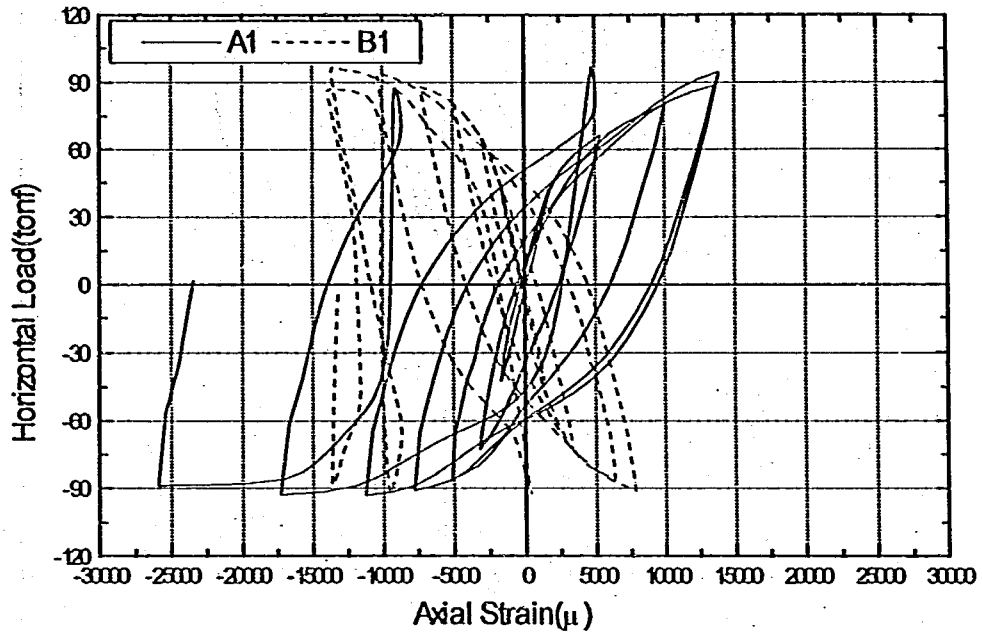
図－5．8．28　水平荷重－変位関係の包絡線（A3RN－ST）



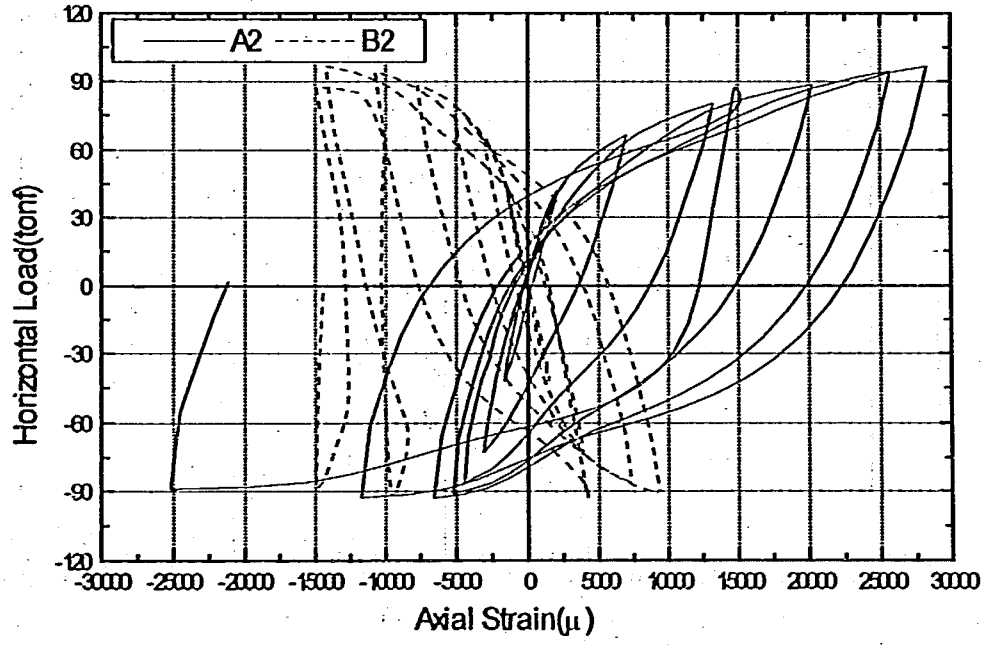
図－５．８．２９　１ループごとのエネルギー吸収量（Ａ３ＲＮ－ＳＴ）



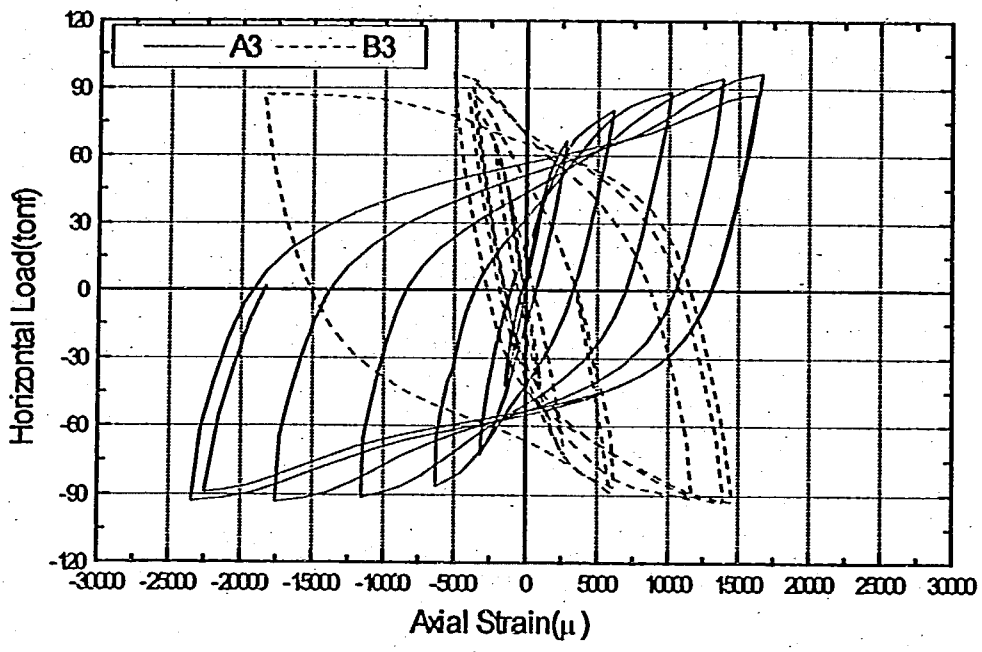
図－５．８．３０　各ループの等価粘性減衰（Ａ３ＲＮ－ＳＴ）



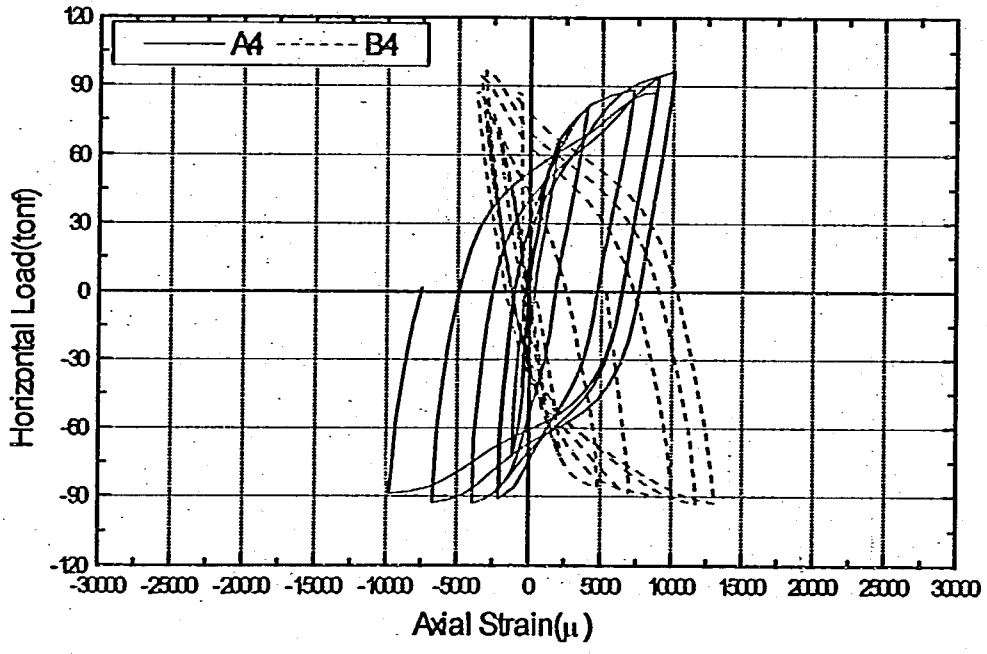
図－５．８．３１　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＲＮ－ＳＴ、Ａ１＆Ｂ１）



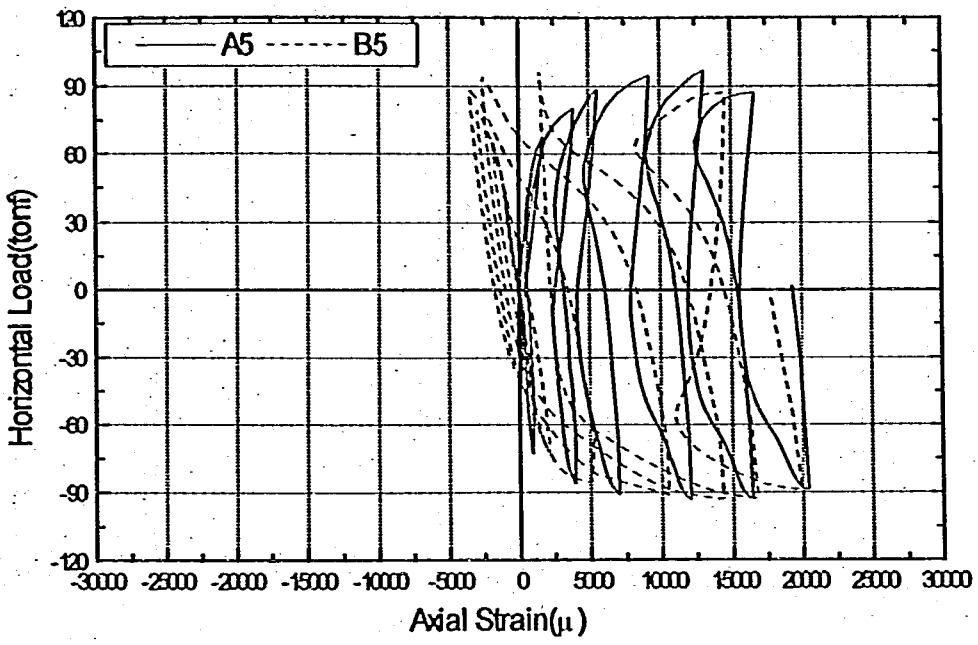
図－５．８．３２　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＲＮ－ＳＴ、Ａ２＆Ｂ２）



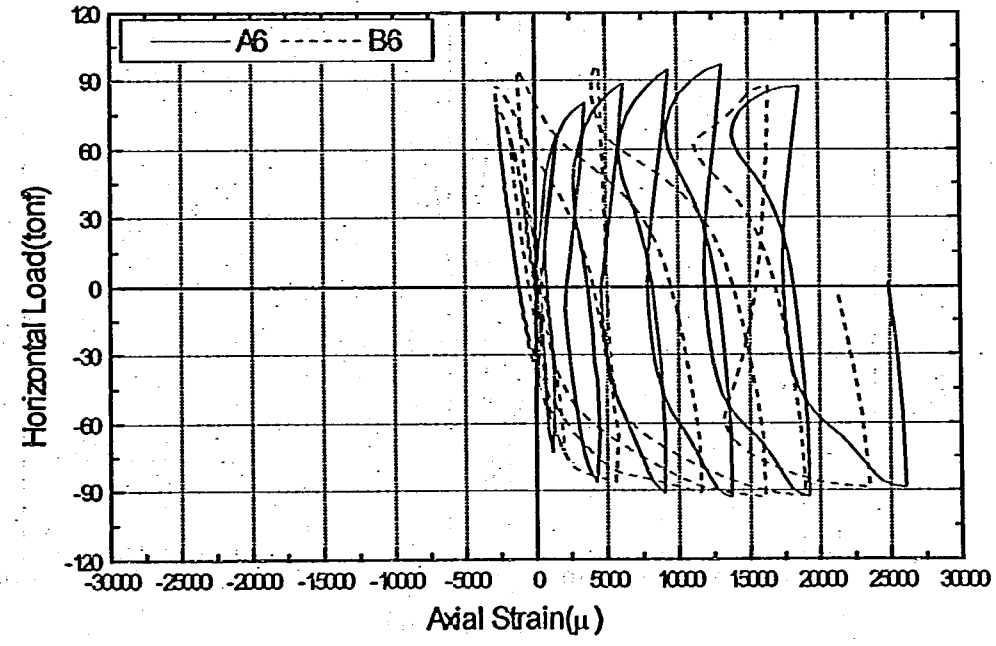
図－５．８．３３　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＲＮ－ＳＴ、Ａ３＆Ｂ３）



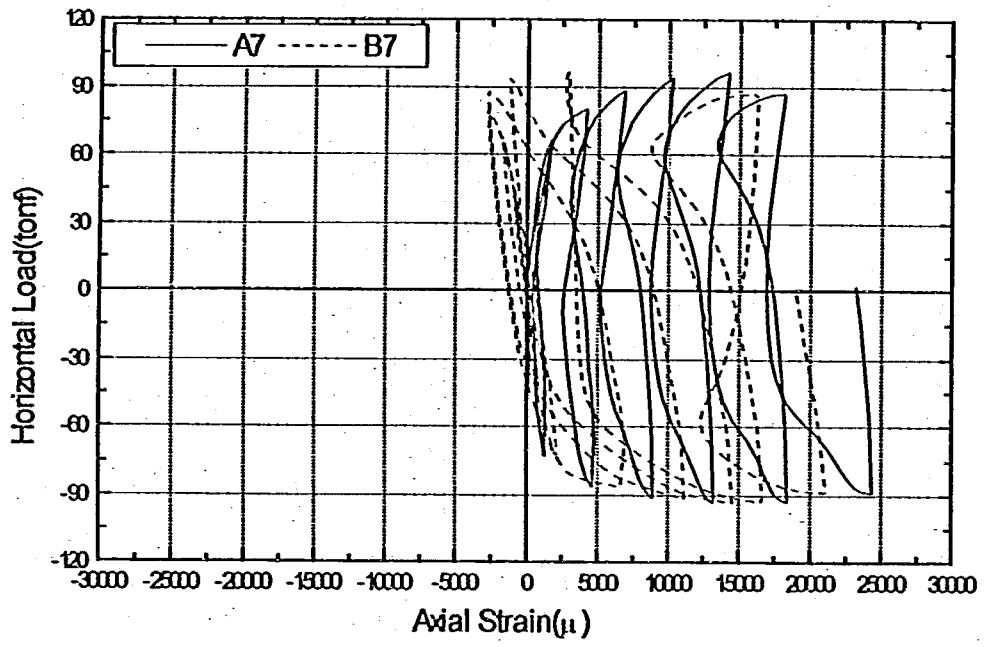
図－５．８．３４　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＲＮ－ＳＴ、Ａ４＆Ｂ４）



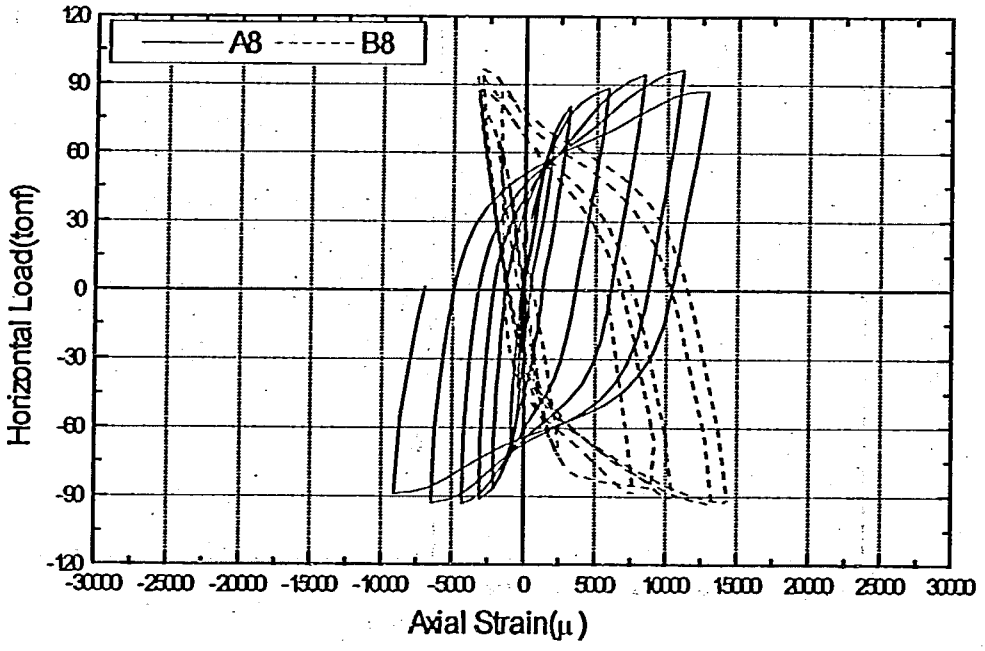
図－５．８．３５　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＲＮ－ＳＴ、Ａ５＆Ｂ５）



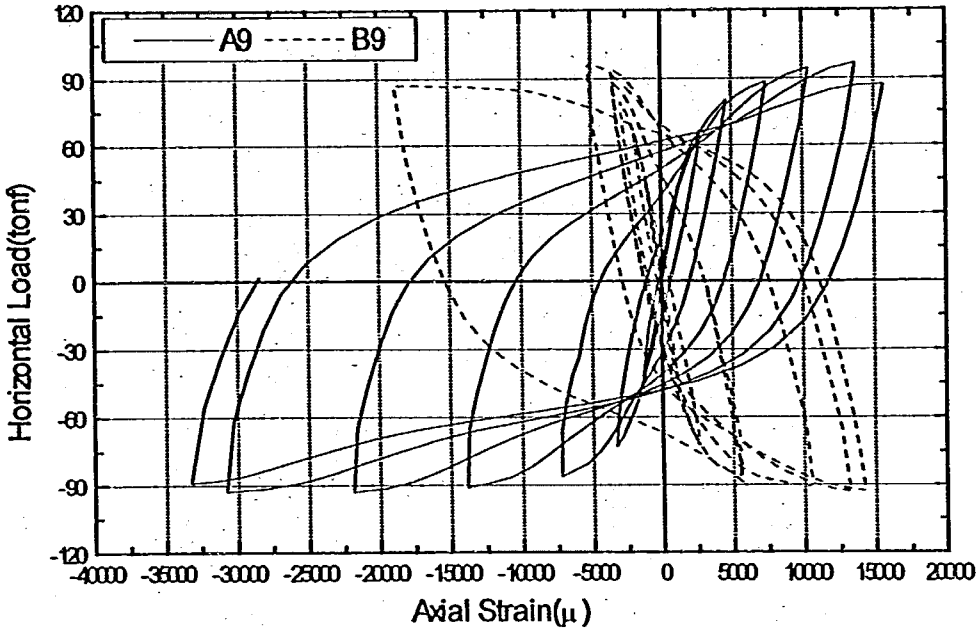
図－５．８．３６　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＲＮ－ＳＴ、Ａ６＆Ｂ６）



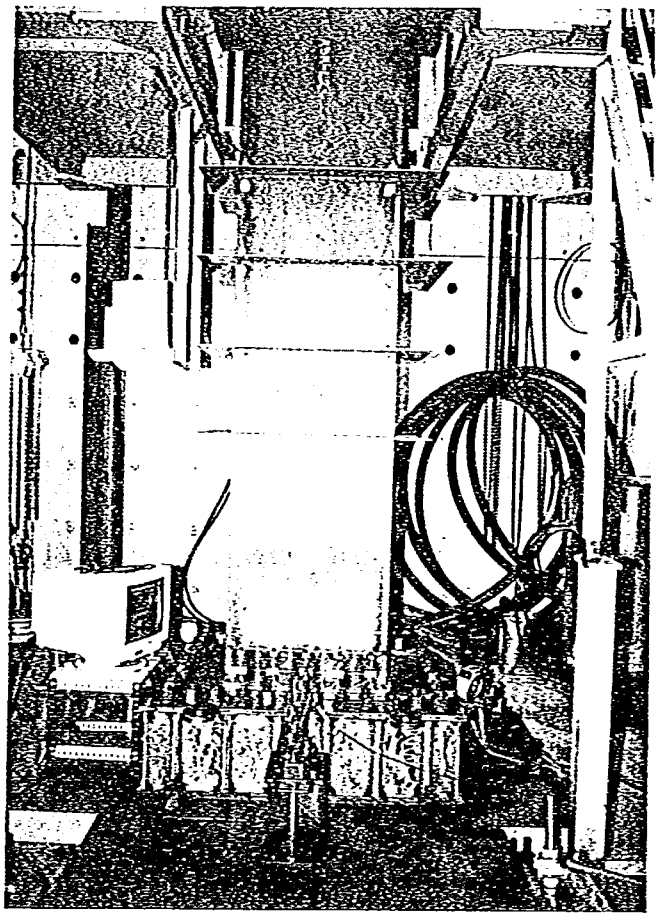
図－５．８．３７　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＲＮ－ＳＴ、Ａ７＆Ｂ７）



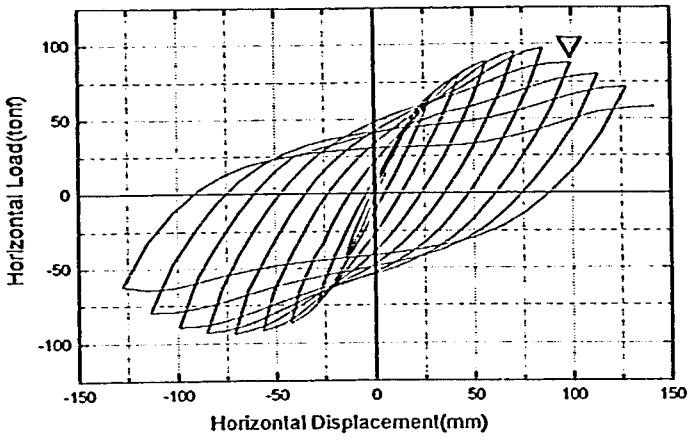
図－５．８．３８　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＲＮ－ＳＴ、Ａ８＆Ｂ８）

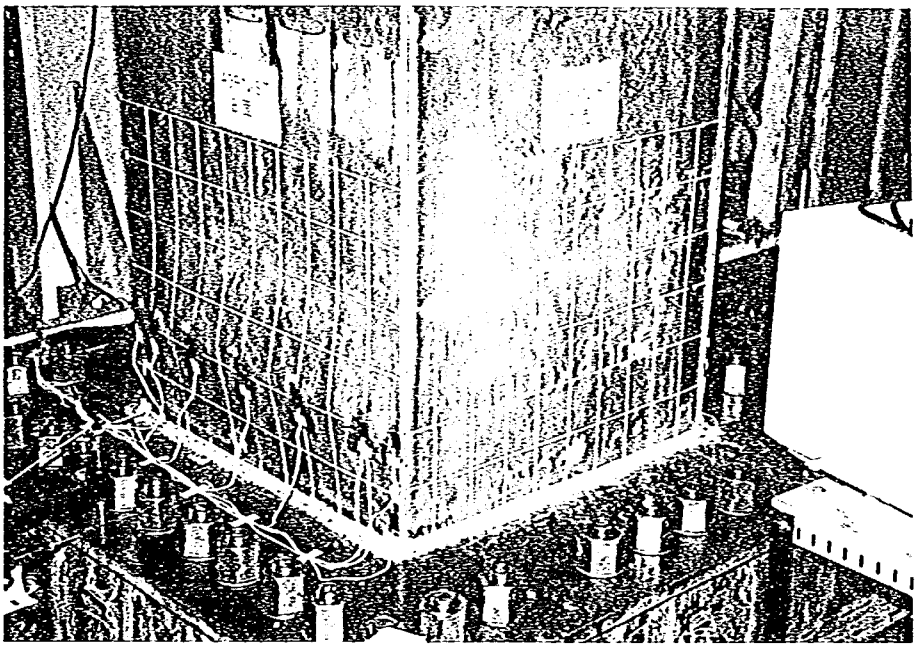


図－５．８．３９　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＲＮ－ＳＴ、Ａ９＆Ｂ９）

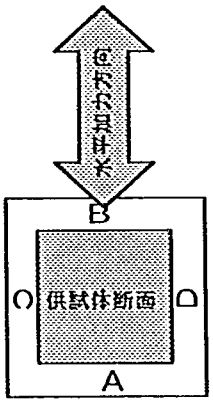


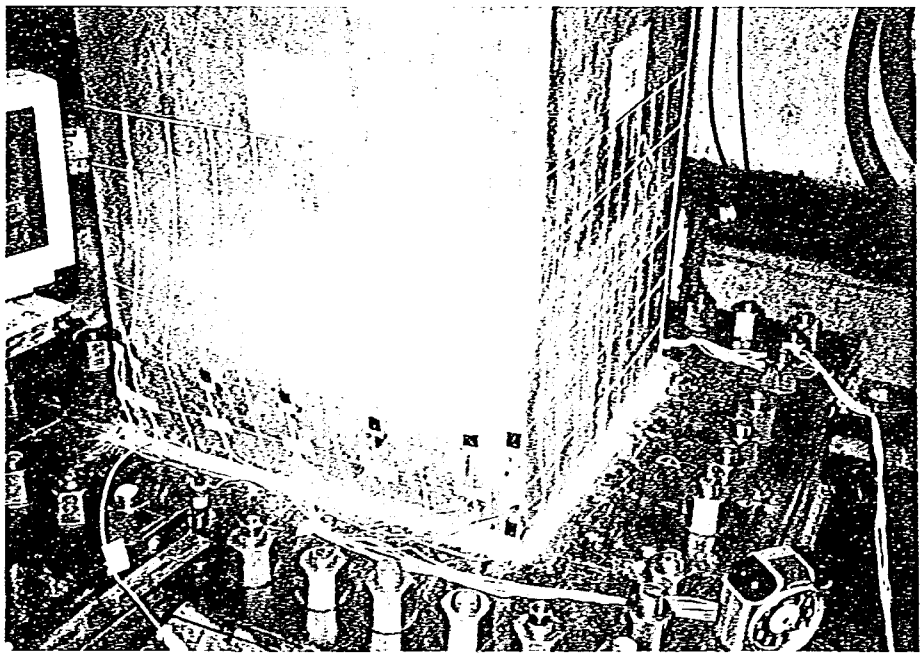
写真－５．８．２３　実験供試体全景(Ａ３ＲＮ－ＳＴ)



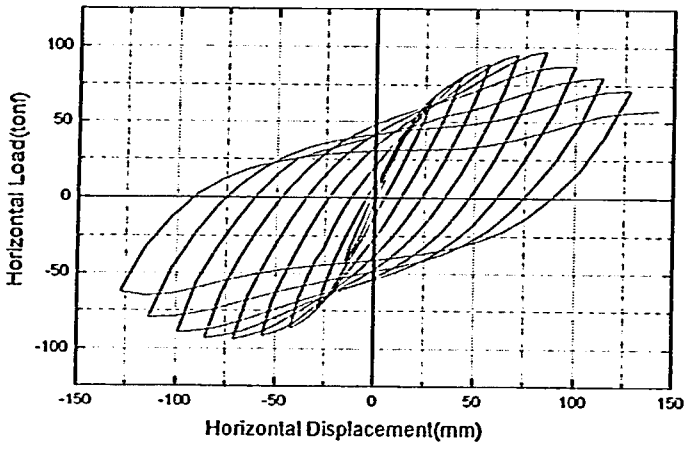


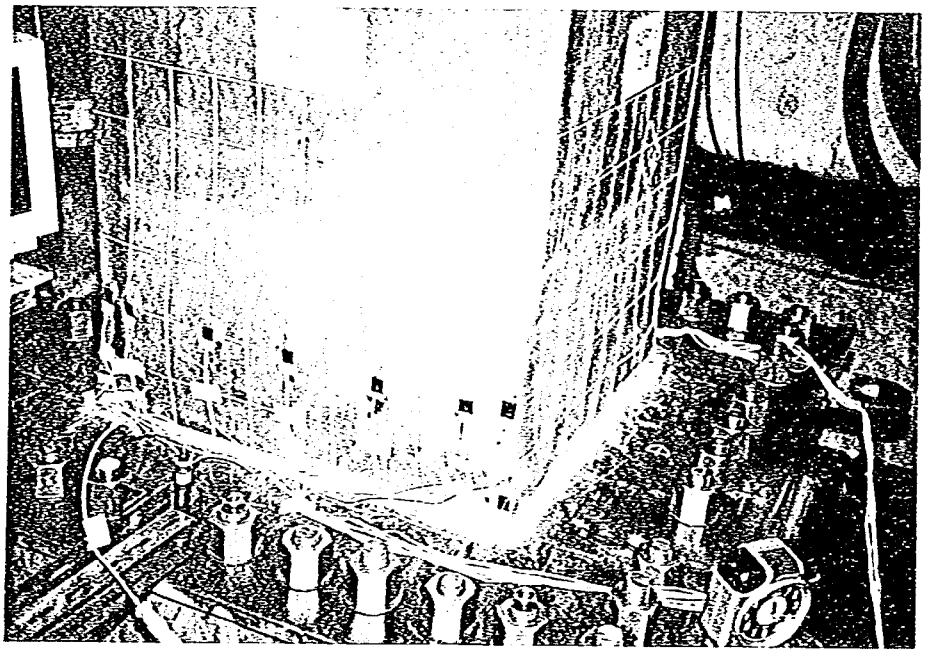
写真－5．8．24　＋7δ_y時(87.2tf, B－C面)



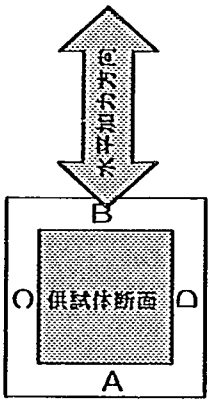


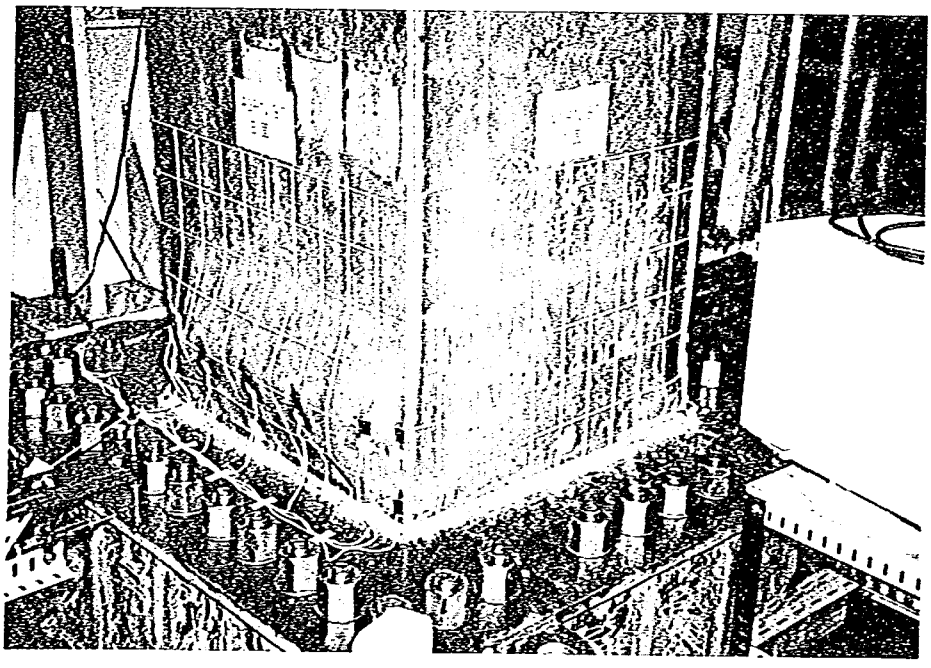
写真－5．8．25　－7δ_y時(-88.9tf, A－D面)



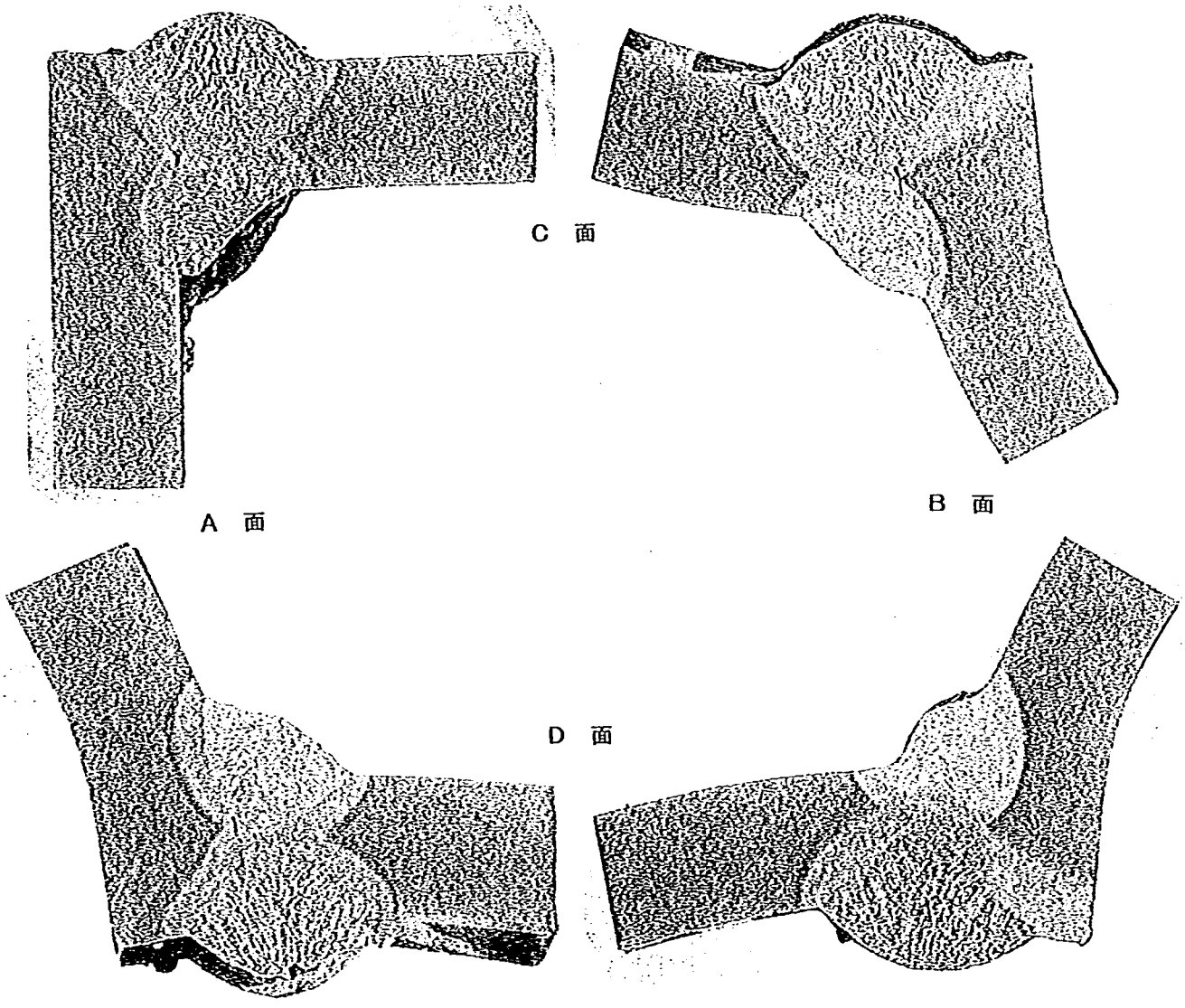


写真－5．8．26　実験終了時(A－D面)

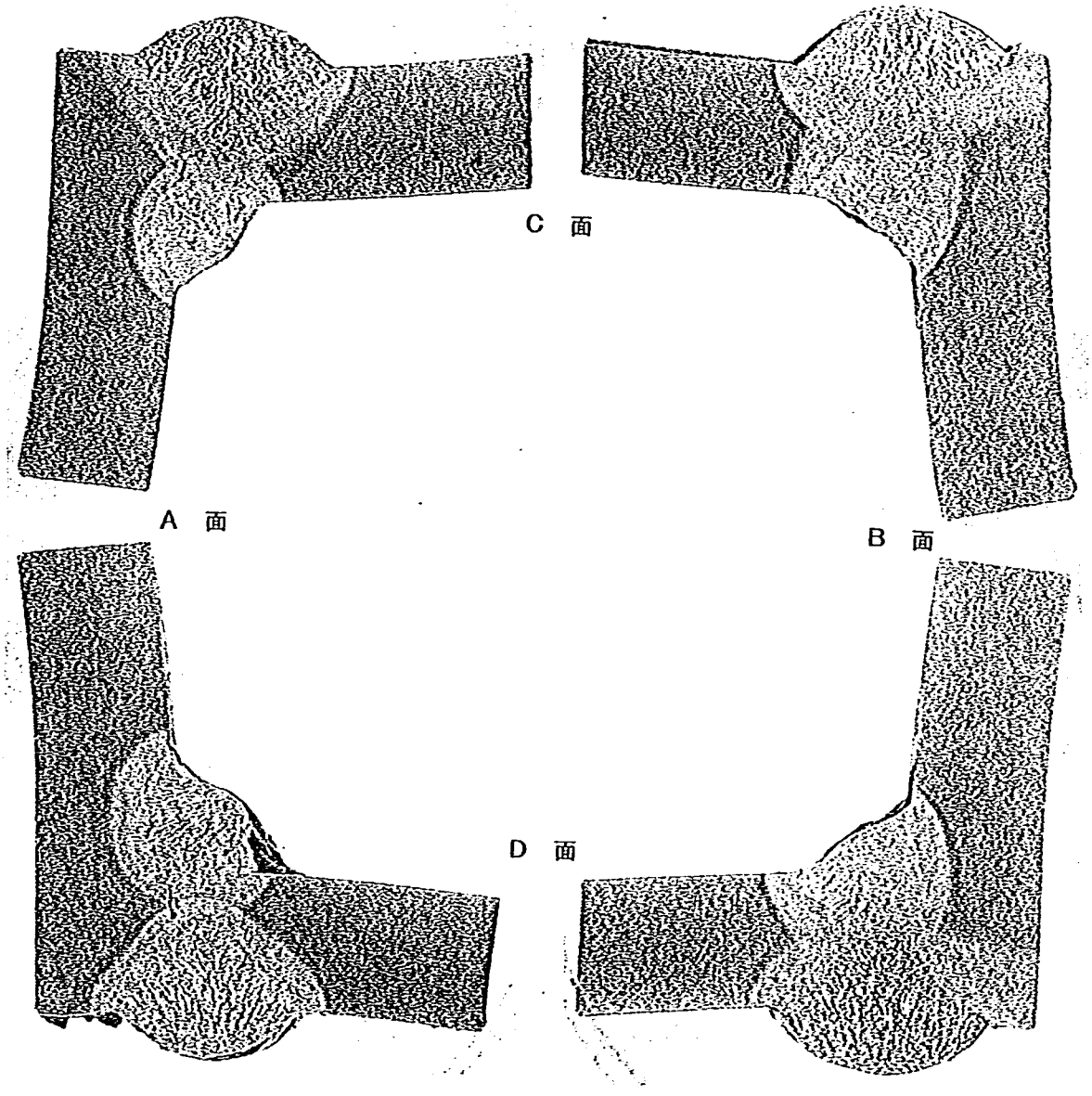




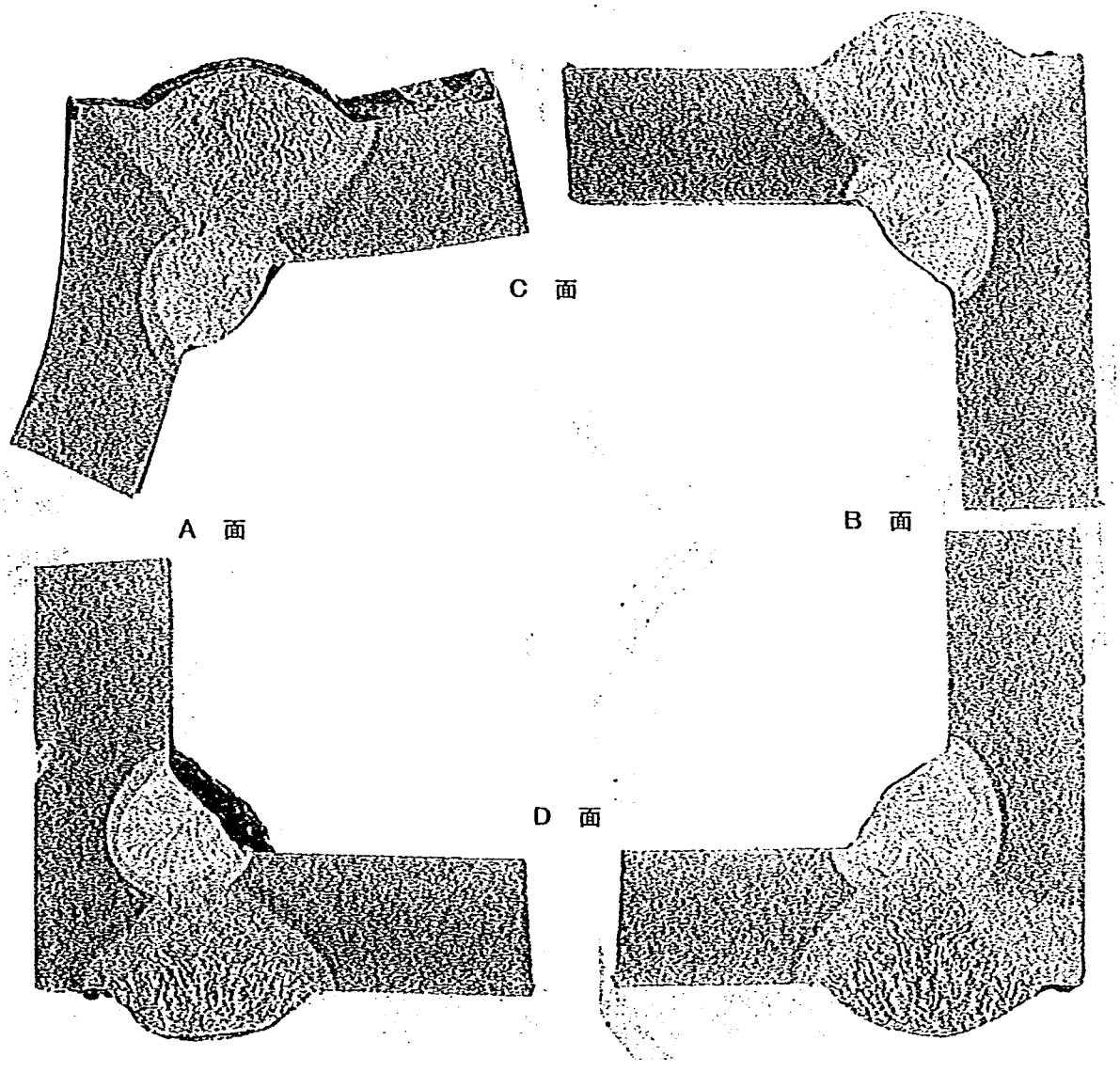
写真－5．8．27　実験終了時(B－C面)



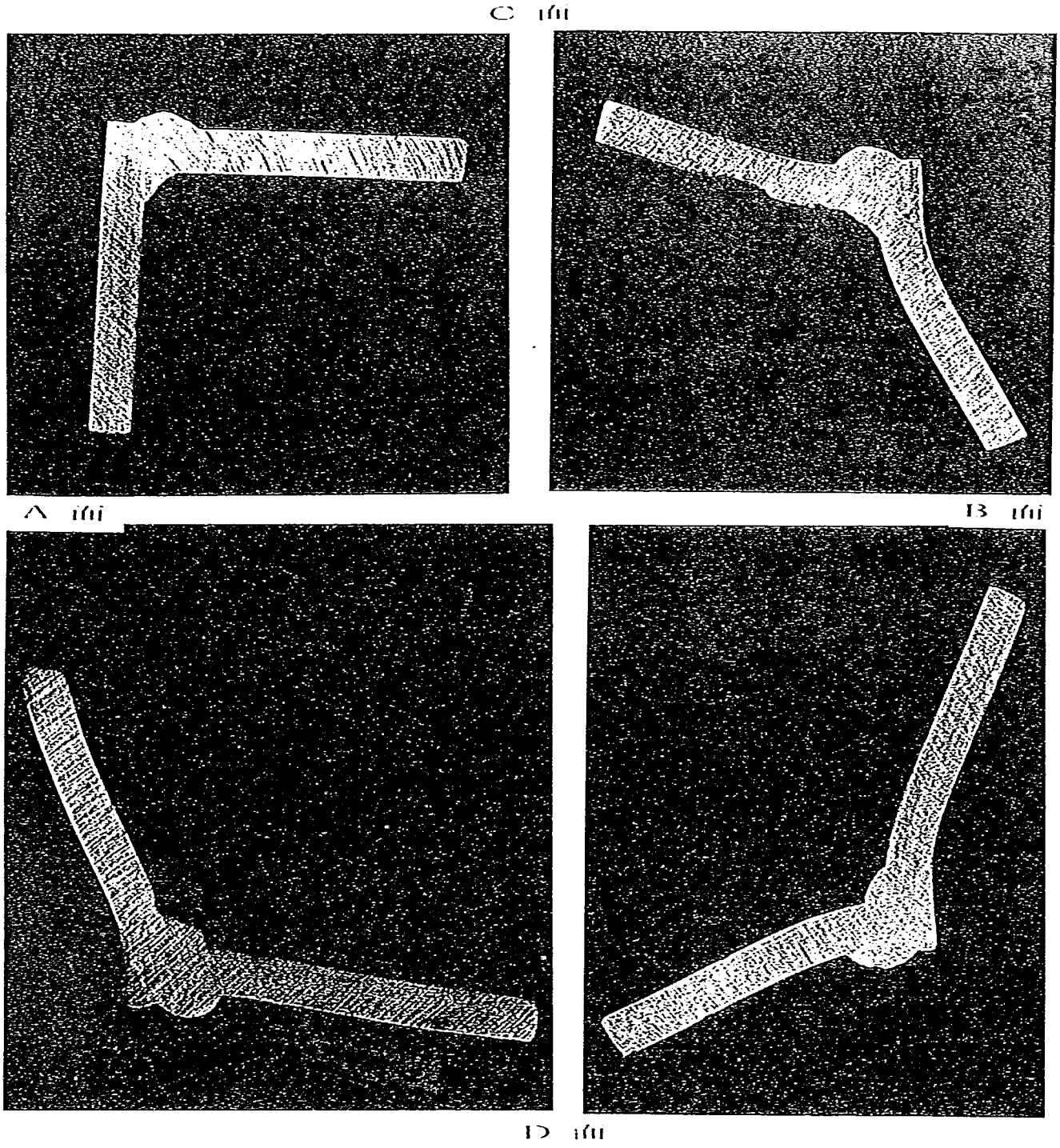
写真－５．８．２８　角溶接部のマクロ写真(１段目)(Ａ３ＲＮ－ＳＴ)



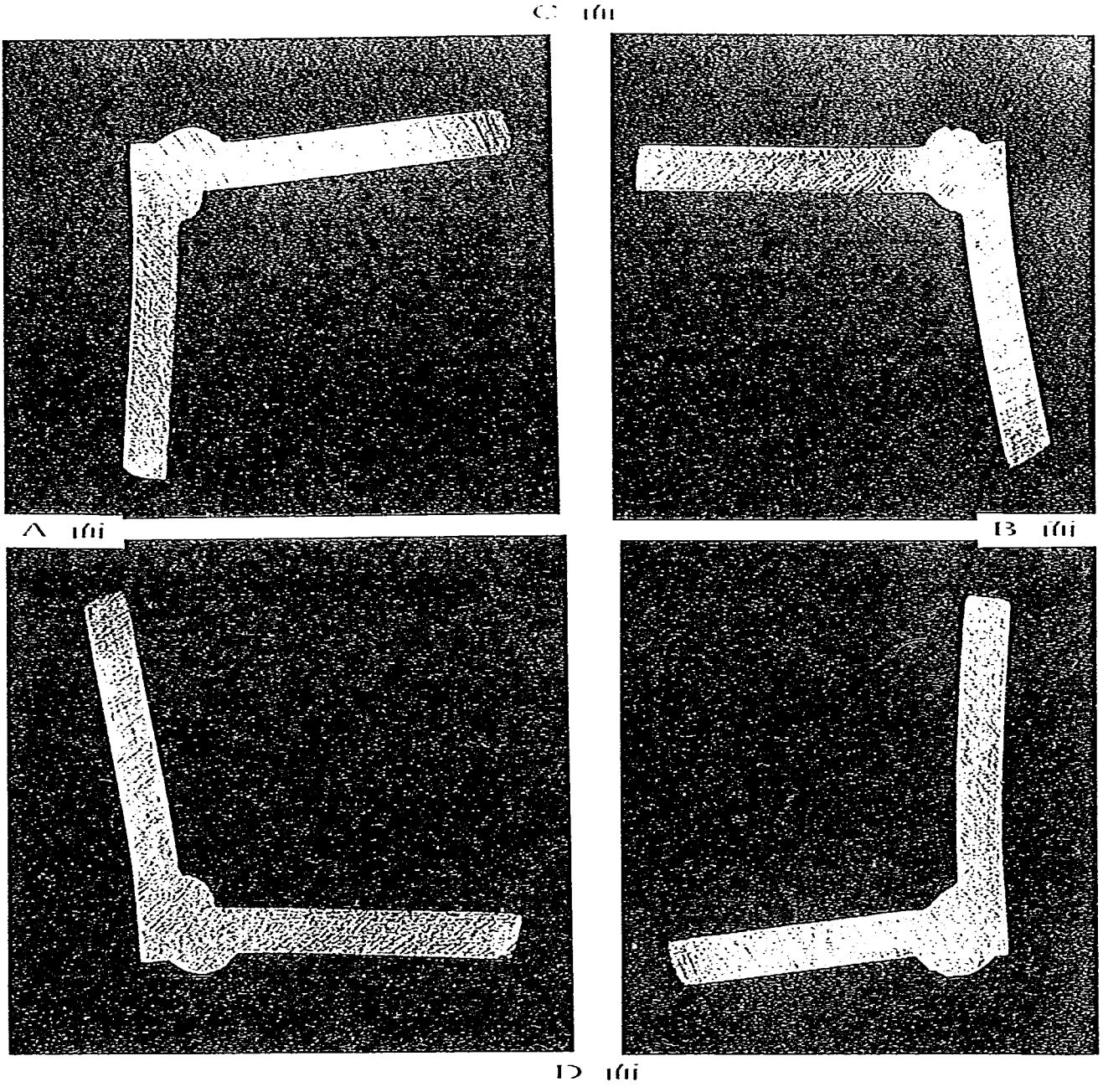
写真－５．８．２９　角溶接部のマクロ写真(２段目)(Ａ３ＲＮ－ＳＴ)



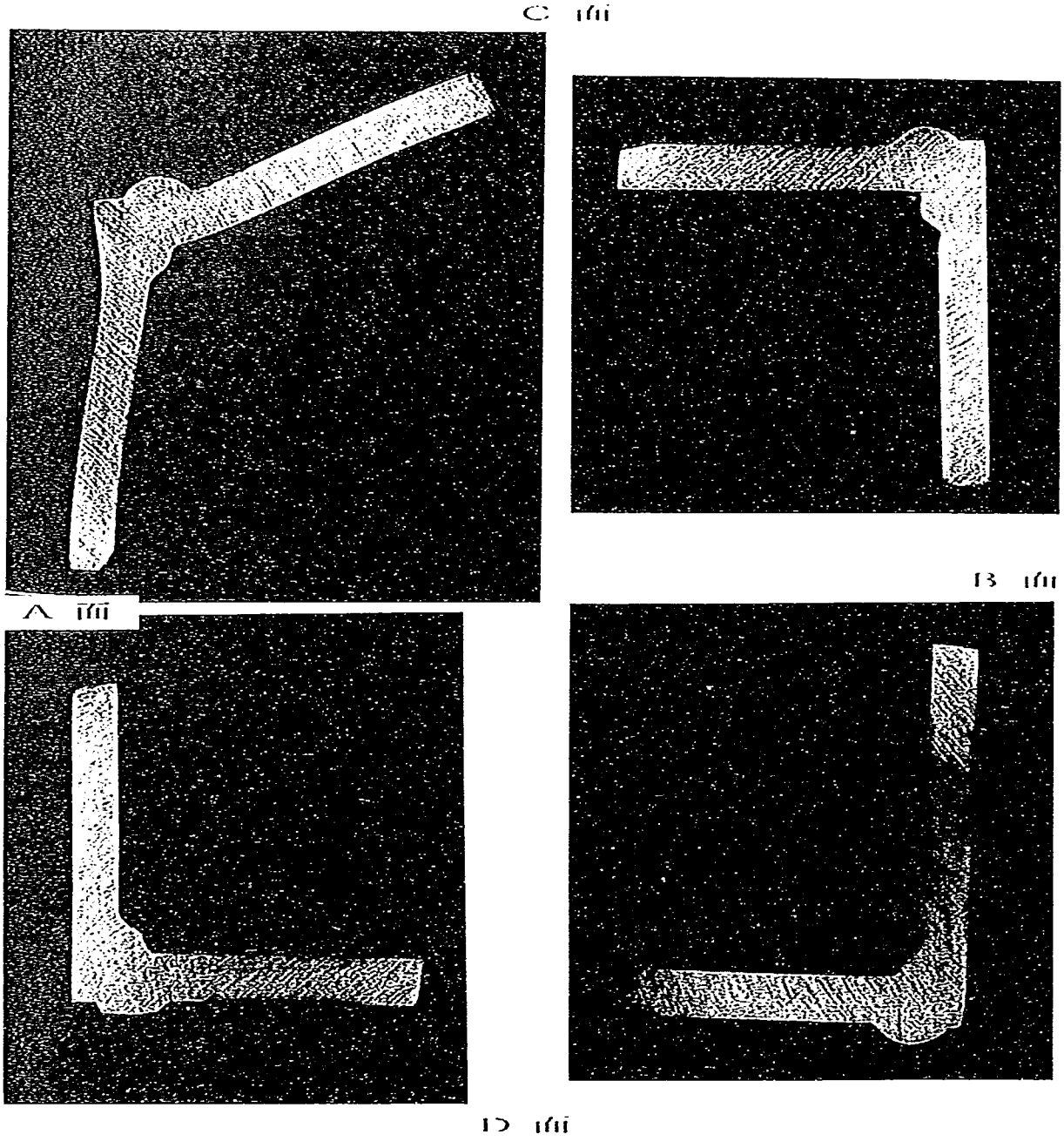
写真－５．８．３０　角溶接部のマクロ写真(３段目)(Ａ３ＲＮ－ＳＴ)



写真－５．８．３１　角溶接部の変形・破断状況写真(１段目)(Ａ３ＲＮ－ＳＴ)



写真－５．８．３２　角溶接部の変形・破断状況写真(２段目)(Ａ３ＲＮ－ＳＴ)



写真－５．８．３３　角溶接部の変形・破断状況写真(３段目)(Ａ３ＲＮ－ＳＴ)

6．RC橋脚－1

6．1　概　要

本章では，RC橋脚供試体の材料試験結果を示し，RC橋脚供試体の1回目の実験結果を以下の項目について示す．なお，各項目についての説明は，5．1ですでに述べたのでここでは省略する．

（1）準静的繰返し載荷実験

1）水平荷重－水平変位関係
2）包絡線
3）エネルギー吸収量
4）等価粘性減衰
5）水平荷重－ひずみ関係
6）載荷中の供試体の様子（写真記録）

（2）ハイブリッド地震応答実験

1）荷重－変位関係
2）時刻歴応答変位
3）履歴吸収エネルギー
4）荷重－ひずみ関係
5）載荷中の供試体の様子（写真記録）

6．2　材料試験結果

6．2．1　鉄筋引張試験

表－6．2．1　R1Rシリーズの鉄筋引張試験結果

供試体		材質	径	上降伏点		下降伏点(0.2%)		引張強度		破断伸び
				(N/mm^2)	(kgf/cm^2)	(N/mm^2)	(kgf/cm^2)	(N/mm^2)	(kgf/cm^2)	(%)
R1R	軸方向鉄筋	SD345	D16	377	3844	374	3814	549	5598	25
	軸方向鉄筋	SD345	D16	382	3895	377	3844	549	5598	24
	軸方向鉄筋	SD345	D16	377	3844	374	3814	551	5619	24
	平均			－	－	375	3820	550	5610	24
	横拘束鉄筋	SD345	D6	－	－	374	3814	576	5874	24
	横拘束鉄筋	SD345	D6	－	－	383	3906	590	6016	27
	横拘束鉄筋	SD345	D6	－	－	385	3926	596	6078	25
	平均			－	－	381	3880	587	5990	26

6．2．2　コンクリート圧縮試験

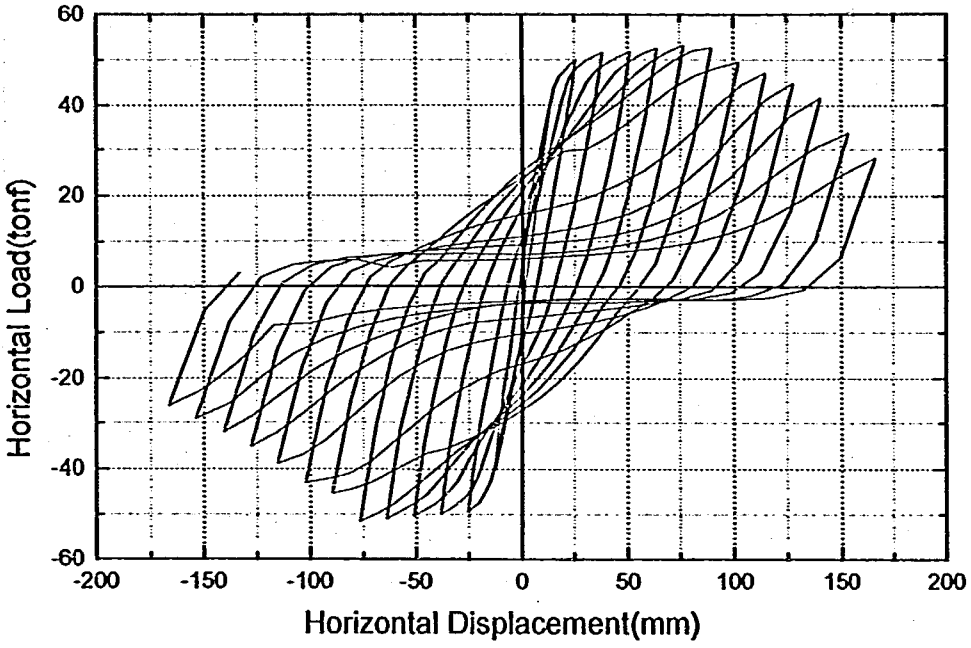
表－6．2．2　R1Rシリーズのコンクリート圧縮試験結果

供試体名	部位	打設	配合	試験日					
				実施日	材令(日)	圧縮強度 (N/mm^2)		(kgf/cm^2)	
							平均値		平均値
R1R-ST	フーチング	H8.7.17	σ14=30-12-20	H8.8.5	19	35.5 36 37.2	36.2	362 367 379	369
	柱部P1	H8.7.23	σ14=24-18-10		13	22 23.4 22.5	22.6	224 239 229	230
	柱部P2	H8.7.25	σ7=30-18-10		11	28.8 29.3 28.8	29	294 299 294	296
R1R-L2	フーチング	H8.7.23	σ14=30-12-20	H8.8.12	20	32.4 33.5 33.6	33.2	330 342 343	339
	柱部P1	H8.7.30	σ14=24-18-10		13	20 19.7 19.4	19.7	204 201 198	201
	柱部P2	H8.8.2	σ7=30-18-10		10	28 27.5 27.7	27.7	286 280 282	282
R1R-HN	フーチング	H8.7.30	σ14=30-12-20	H8.8.21	22	35.4 31.4 36.9	34.6	361 320 376	353
	柱部P1	H8.8.8	σ14=24-18-10		13	20 20.9 20.7	20.5	204 213 211	209
	柱部P2	H8.8.8	σ7=30-18-10		13	26.4 25 24	25.4	269 255 245	259

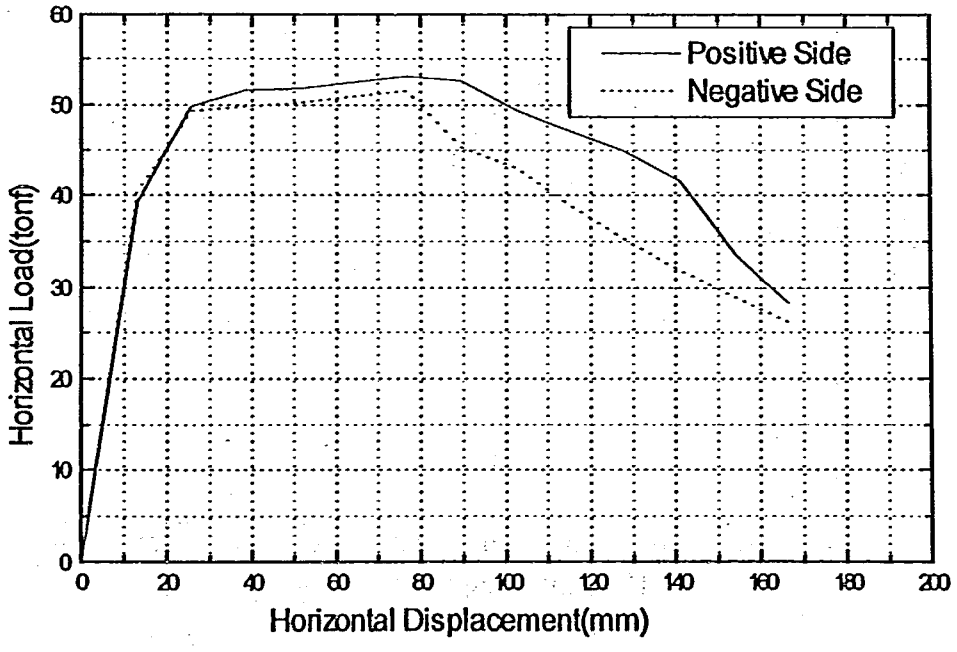
但し，養生は，現場養生とした．また，配合の欄には，配合の設計条件を示した．
例えば，記号σ14=30-12-20とは，材令14日目におけるコンクリートの呼び強度が30N/mm^2，スランプが12cm，粗骨材の最大寸法が20mmとなるように配合設計したことを意味する．

6．3　R1Rシリーズ

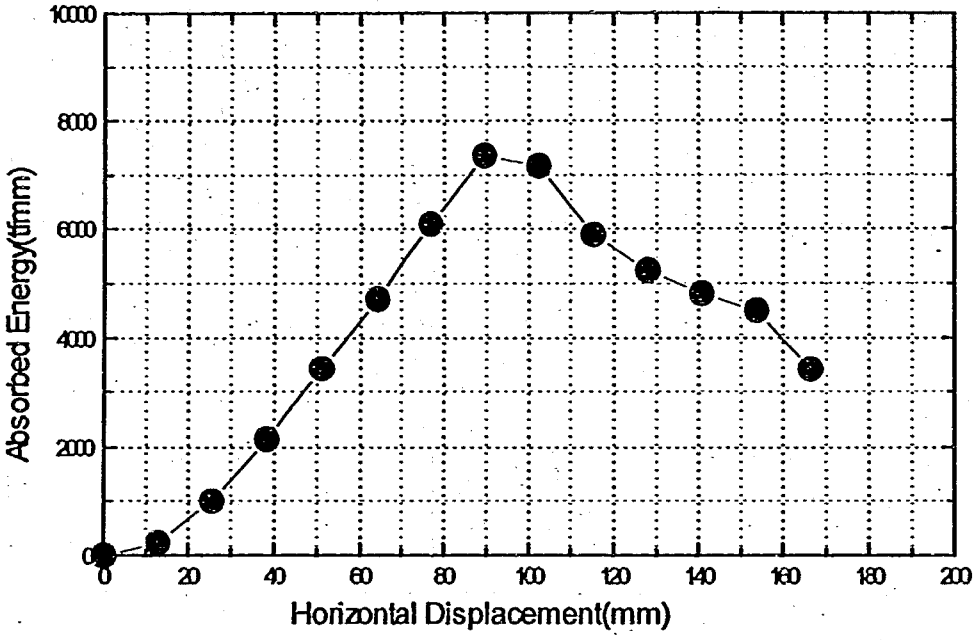
6．3．1　R1R－ST



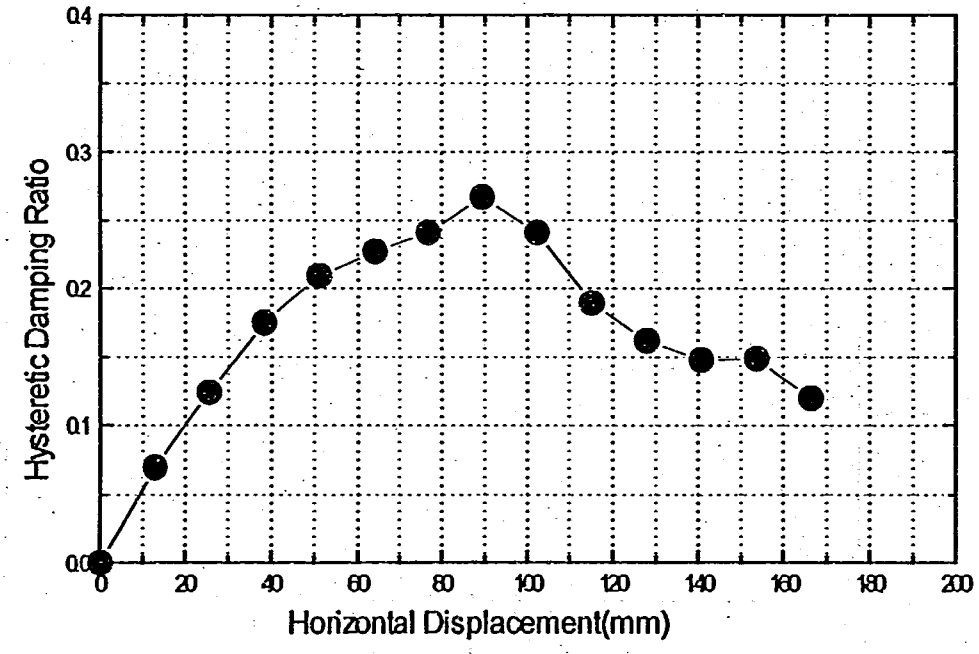
図－6．3．1　水平荷重－変位履歴曲線（R1R－ST）



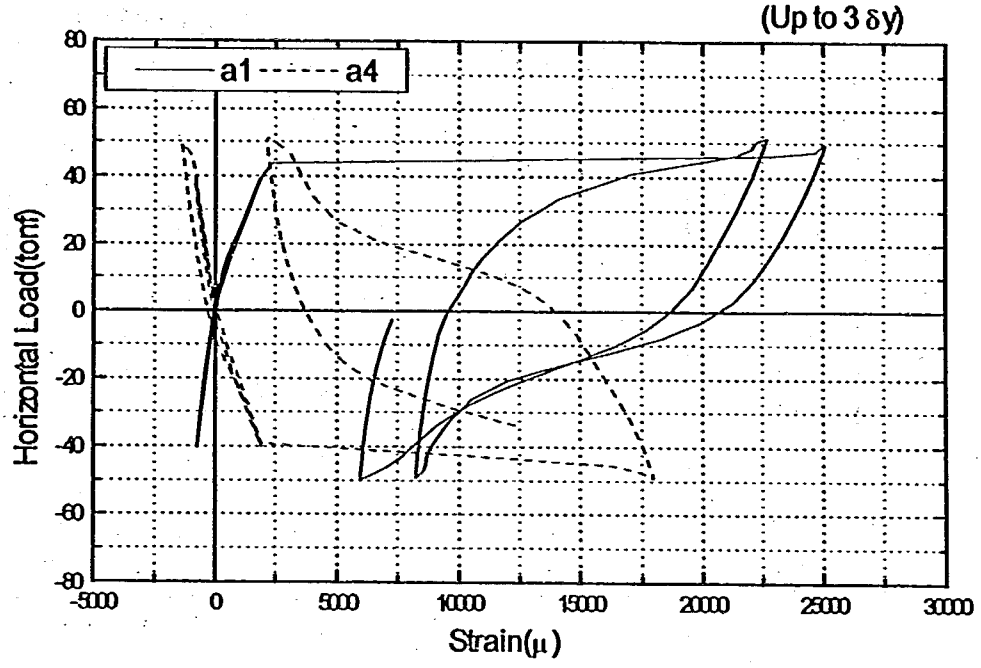
図－6．3．2　水平荷重－変位関係の包絡線（R1R－ST）



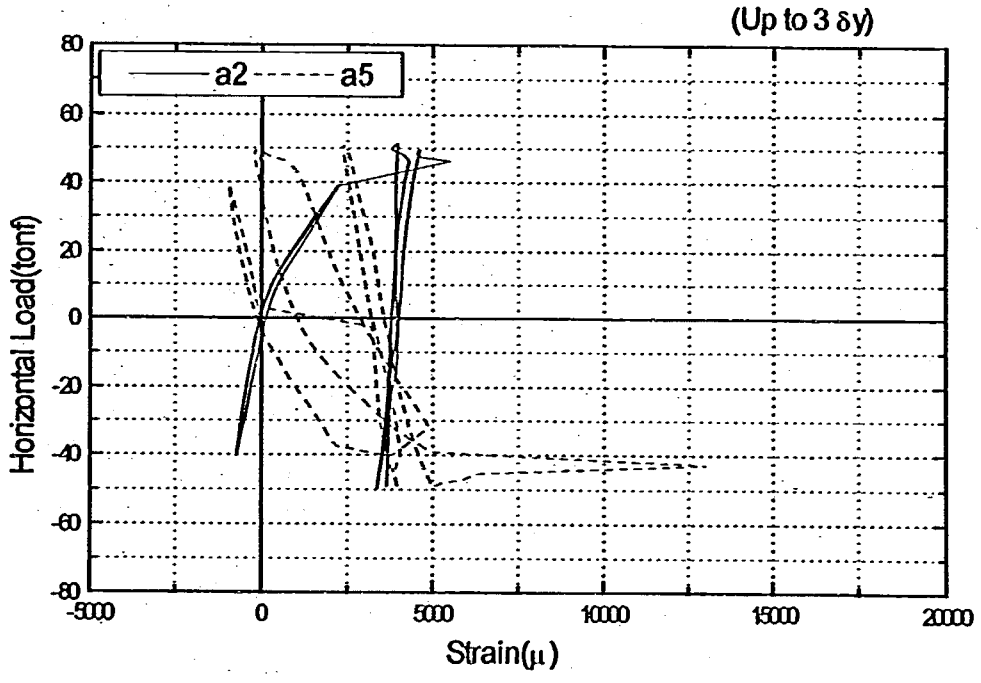
図－６．３．３　１ループごとのエネルギー吸収量（Ｒ１Ｒ－ＳＴ）



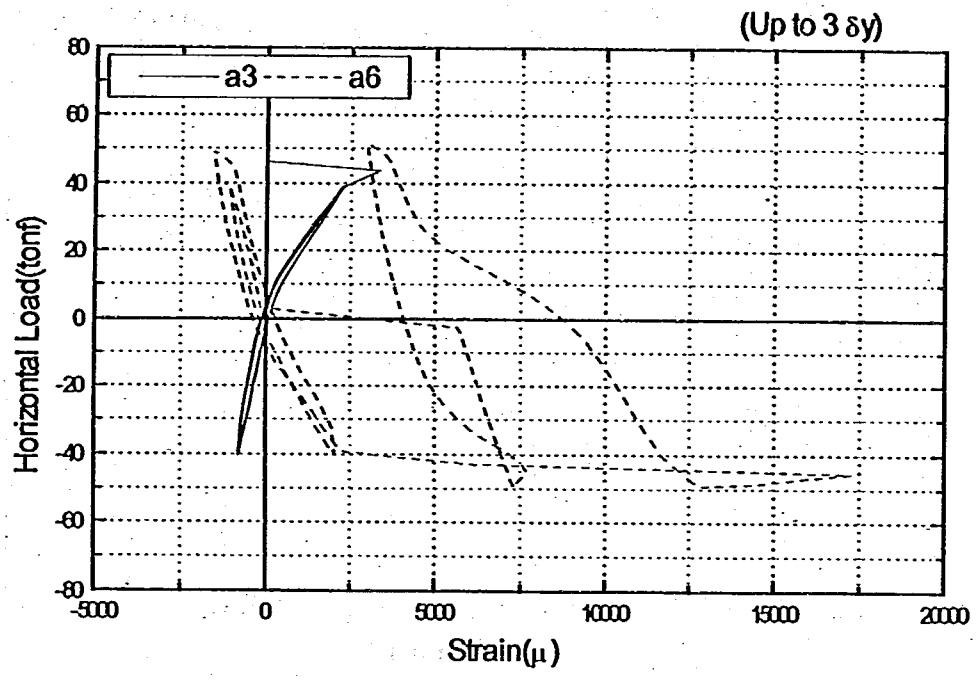
図－６．３．４　各ループの等価粘性減衰（Ｒ１Ｒ－ＳＴ）



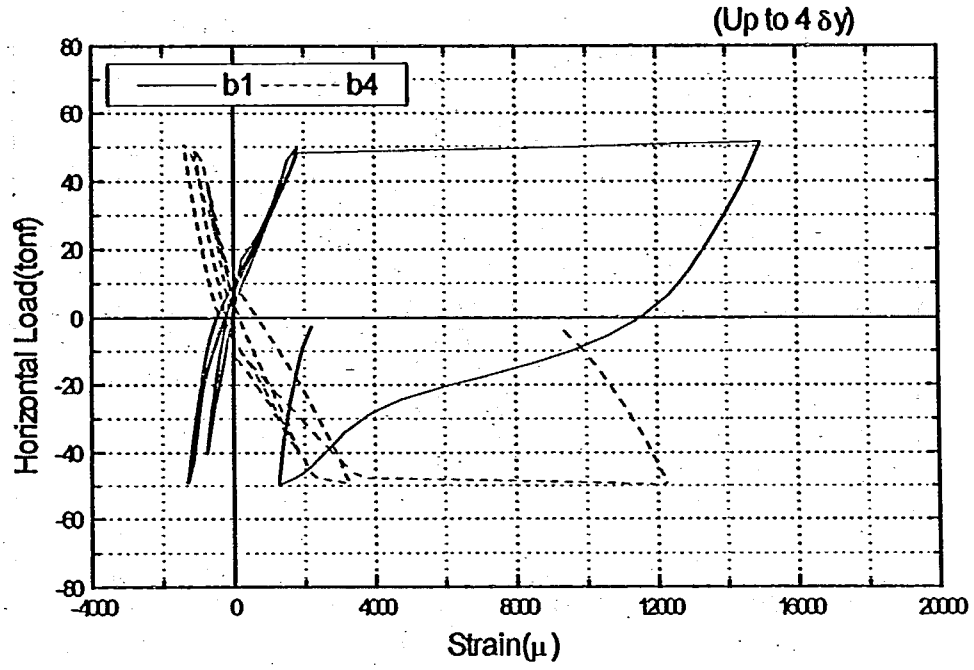
図－６．３．５　水平荷重－ひずみ関係（Ｒ１Ｒ－ＳＴ、ａ１＆ａ４）



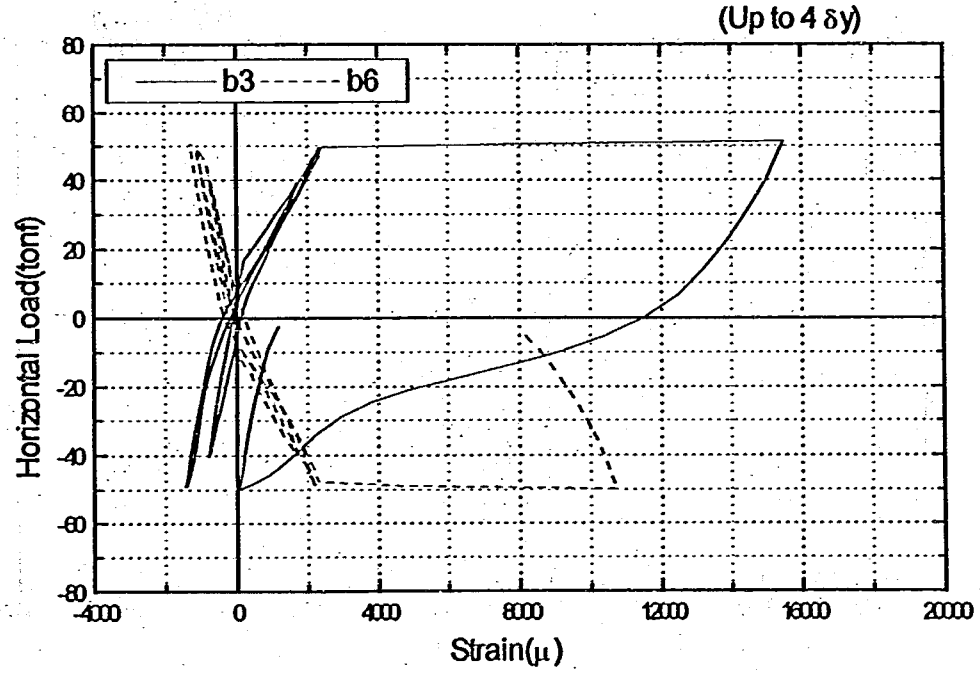
図－６．３．６　水平荷重－ひずみ関係（Ｒ１Ｒ－ＳＴ、ａ２＆ａ５）



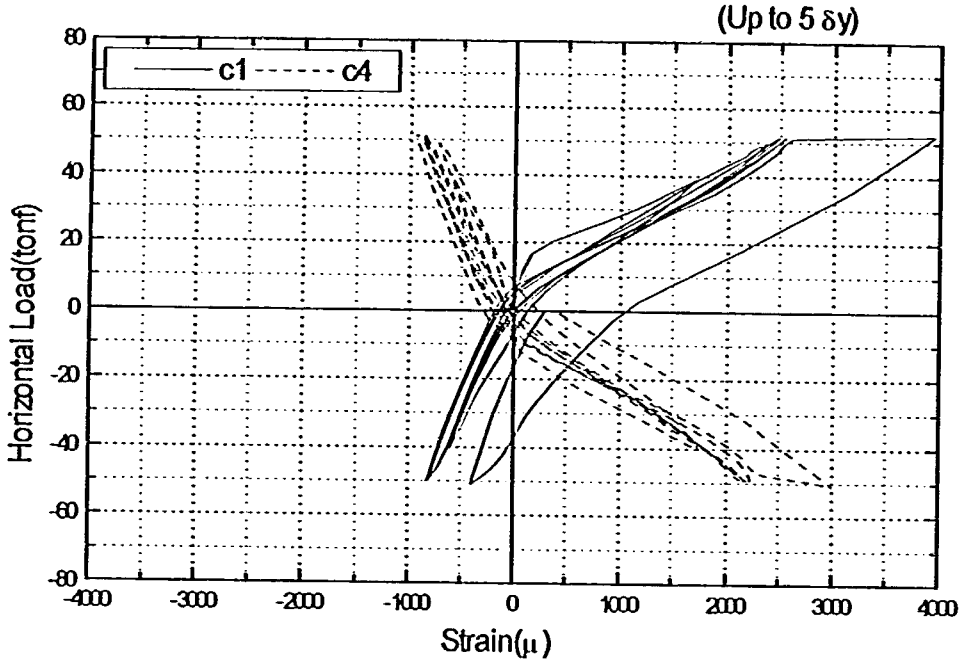
図－６．３．７　水平荷重－ひずみ関係（Ｒ１Ｒ－ＳＴ、ａ３＆ａ６）



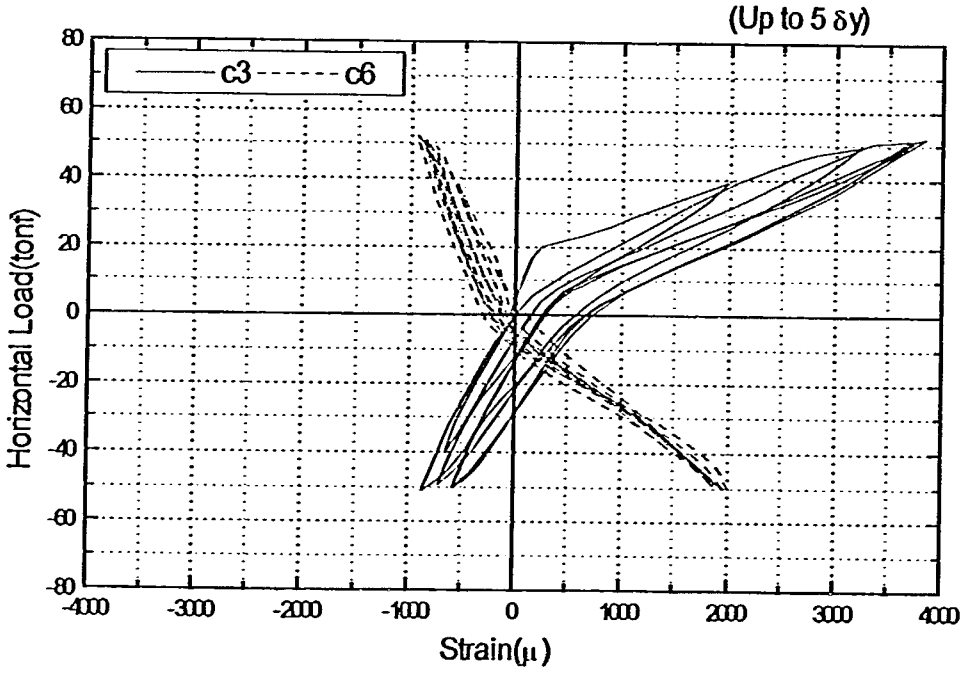
図－６．３．８　水平荷重－ひずみ関係（Ｒ１Ｒ－ＳＴ、ｂ１＆ｂ４）



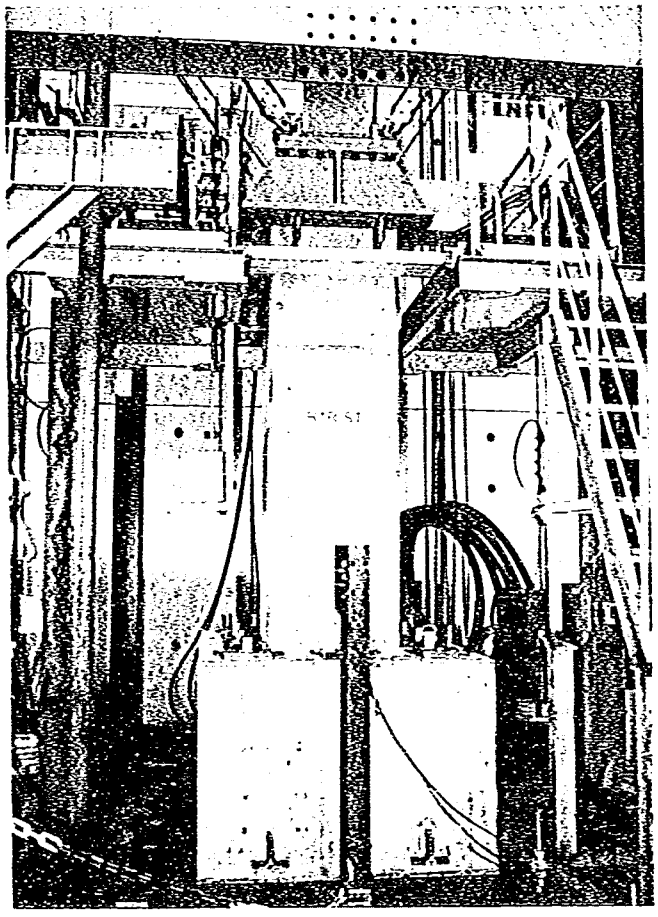
図－６．３．９　水平荷重－ひずみ関係（Ｒ１Ｒ－ＳＴ、ｂ３＆ｂ６）



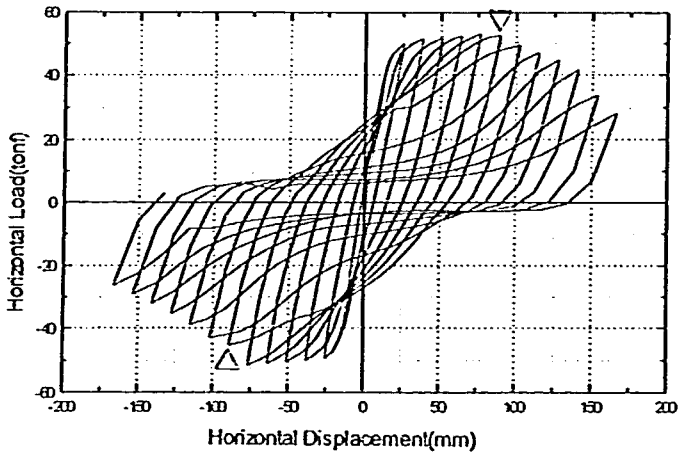
図－６．３．１０　水平荷重－ひずみ関係（Ｒ１Ｒ－ＳＴ、ｃ１＆ｃ４）

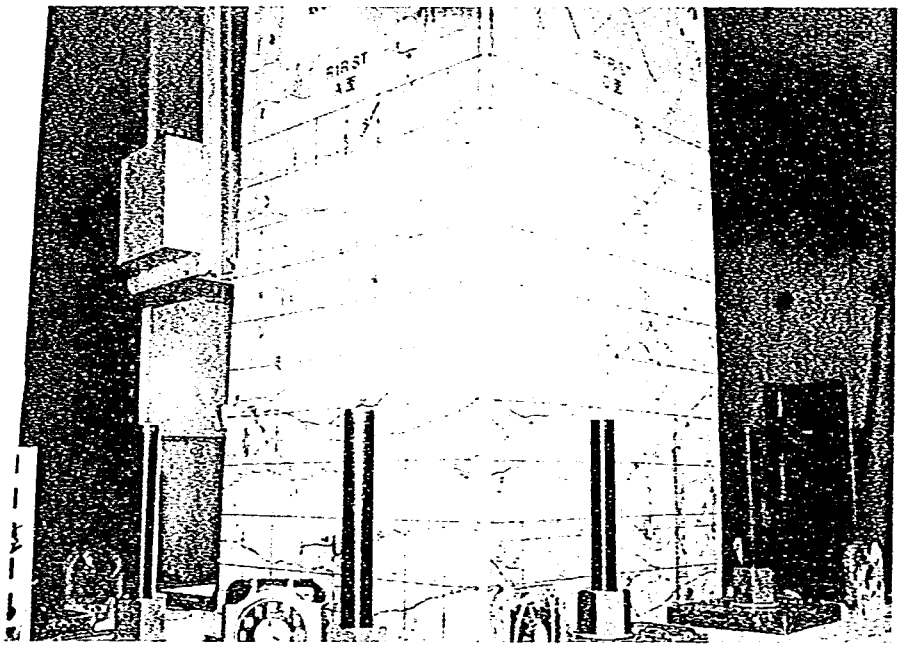


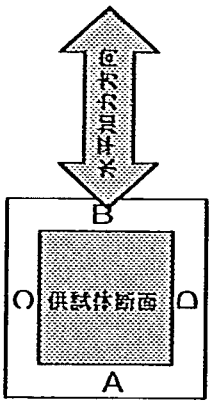
図－６．３．１１　水平荷重－ひずみ関係（Ｒ１Ｒ－ＳＴ、ｃ３＆ｃ６）



写真－６．３．１　実験供試体全景(Ｒ１Ｒ－ＳＴ)



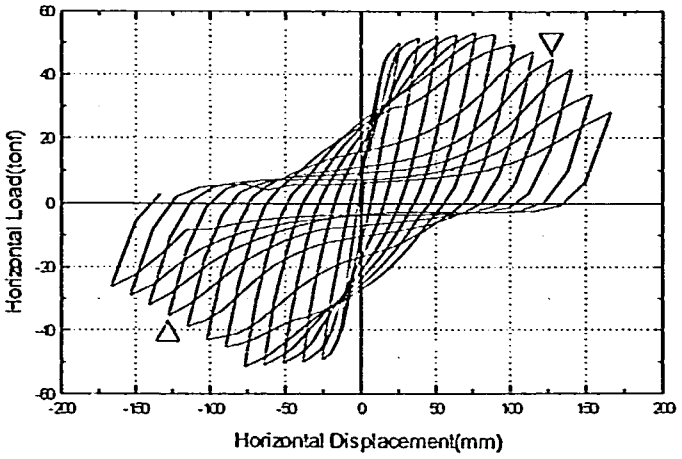


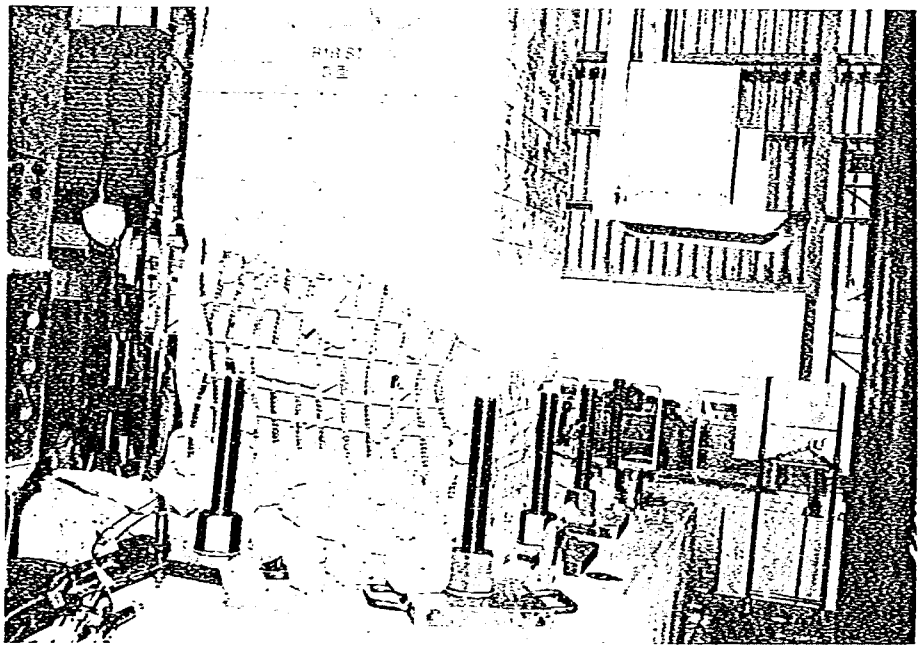


写真－6．3．2　＋7δ_y時(52.4tf, A－D面)

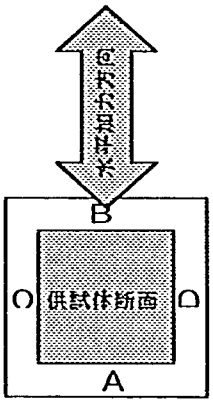


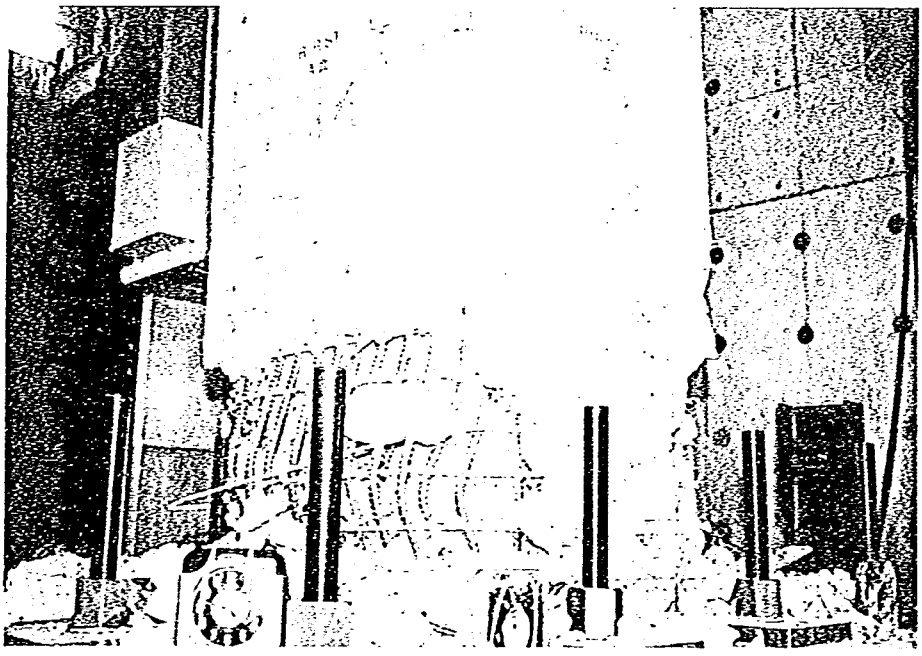
写真－6．3．3　－7δ_y時(-45.3tf, A－D面)



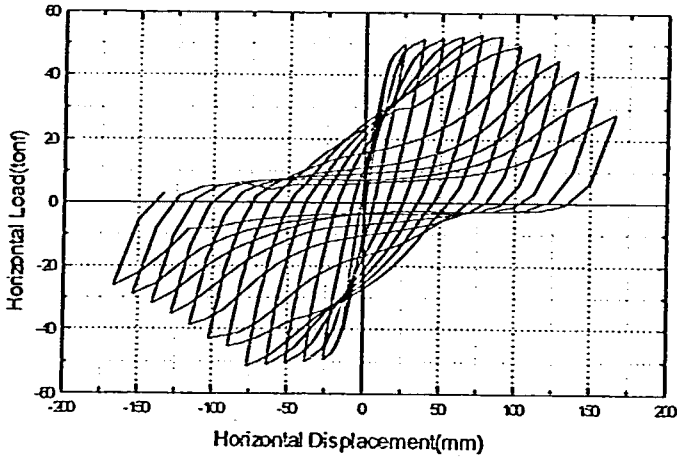


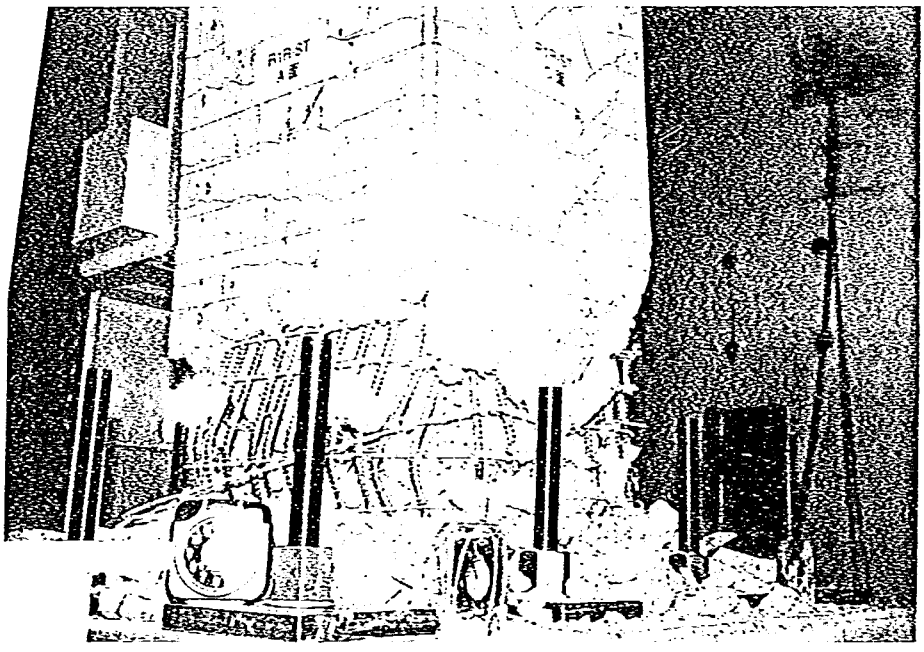
写真－６．３．４　＋１０δ_y時(44.7tf, B－C面)



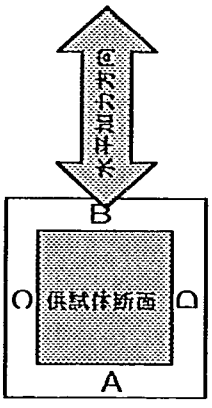


写真－６．３．５　－１０δ_y時(-35.3tf, A－D面)





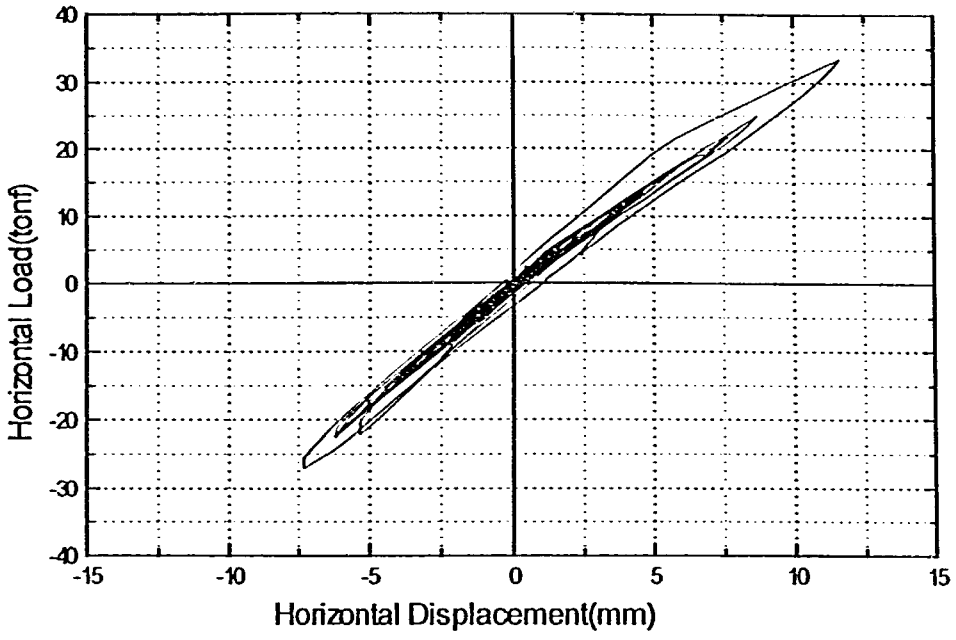
写真－6．3．6　実験終了時(A－D面)



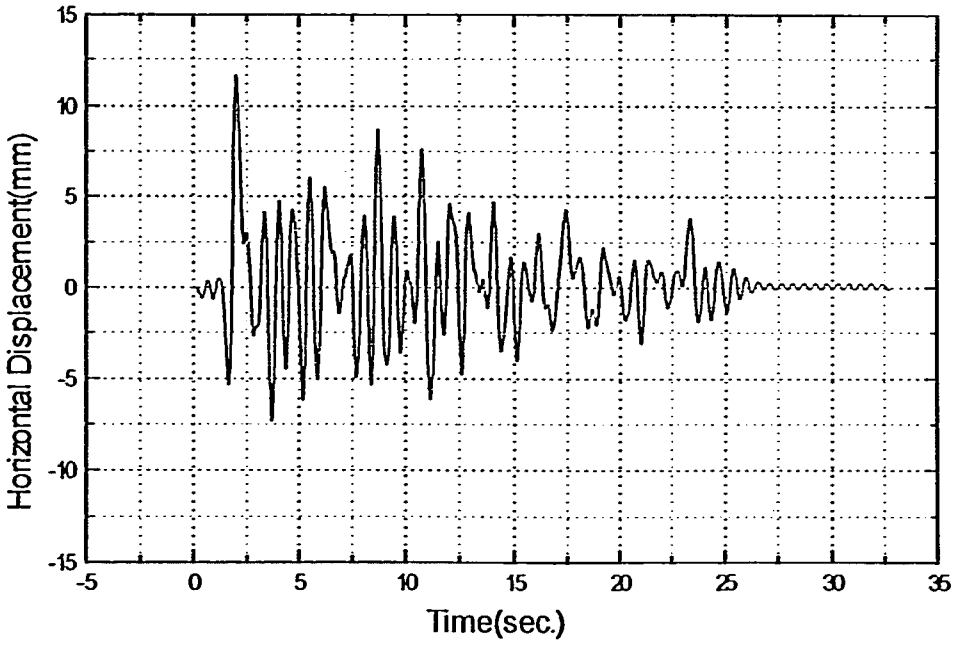


写真－6．3．7　実験終了時(B－C面)

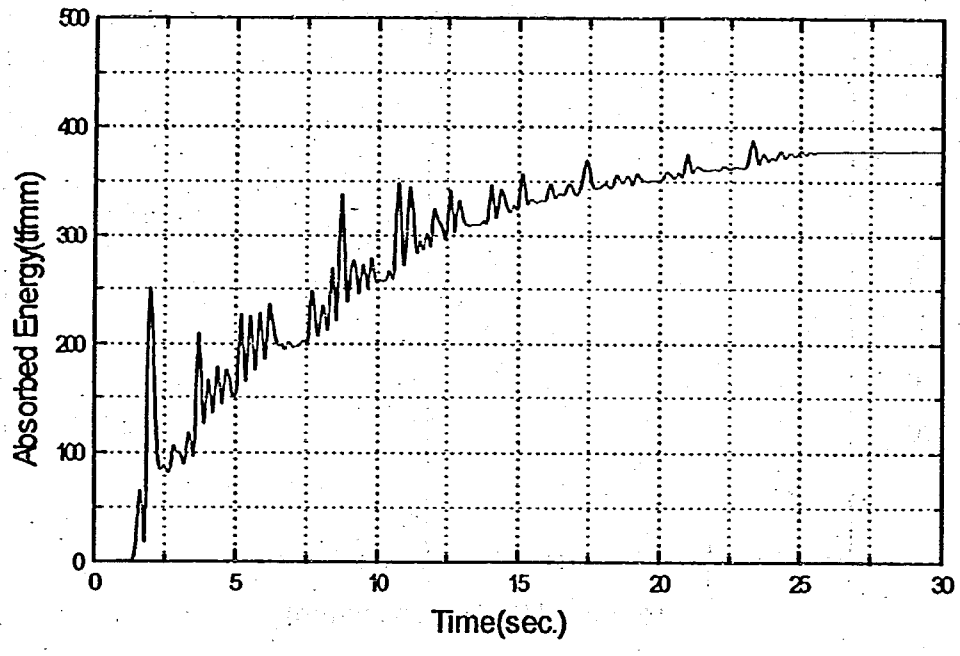
6．3．2　R1R－L2



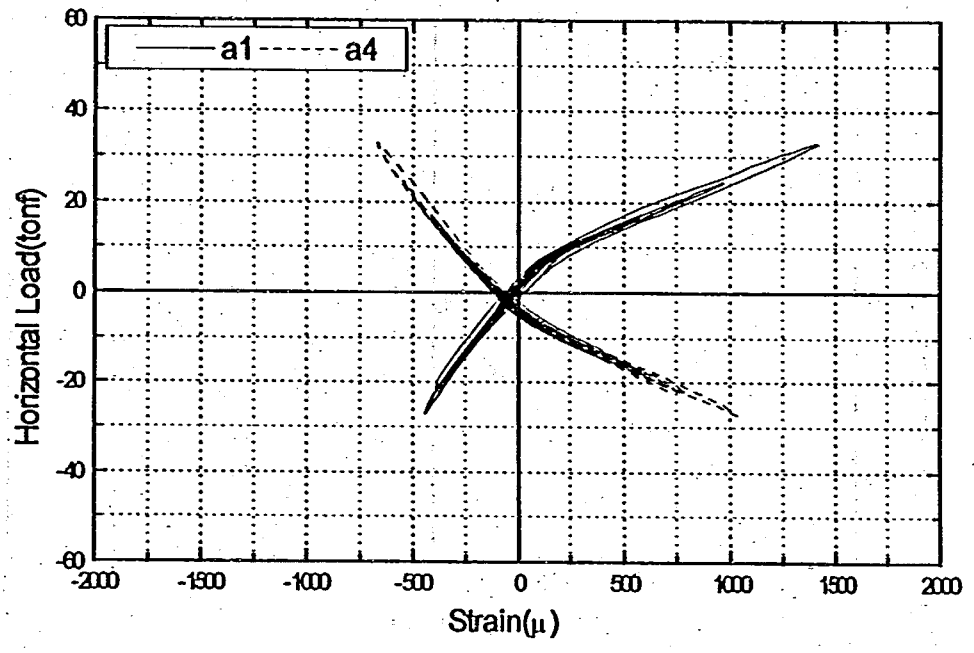
図－6．3．12　水平荷重－変位履歴曲線（R1R－L2）



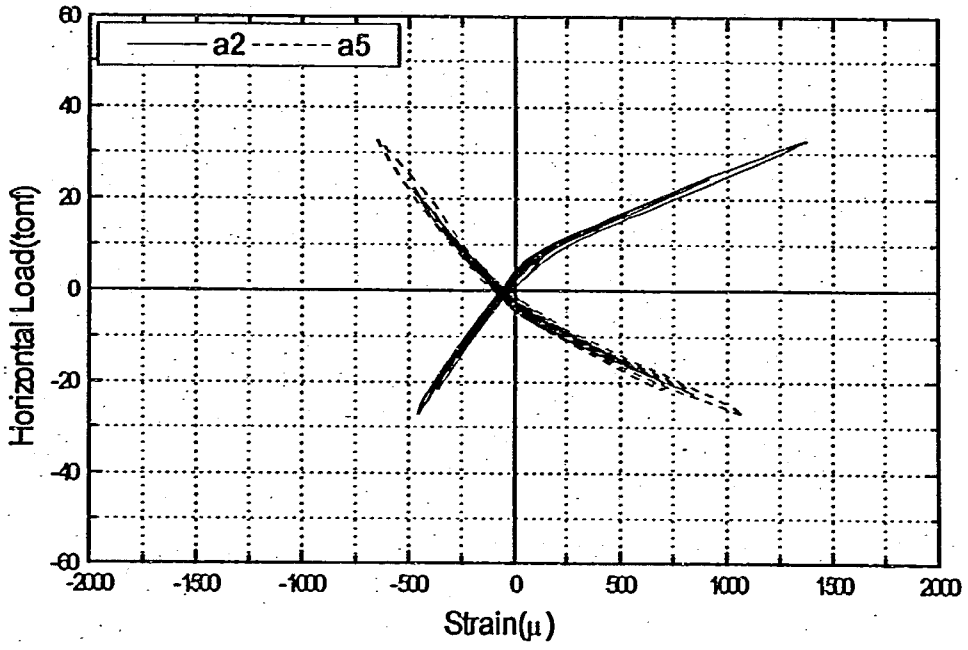
図－6．3．13　時刻歴応答変位（R1R－L2）



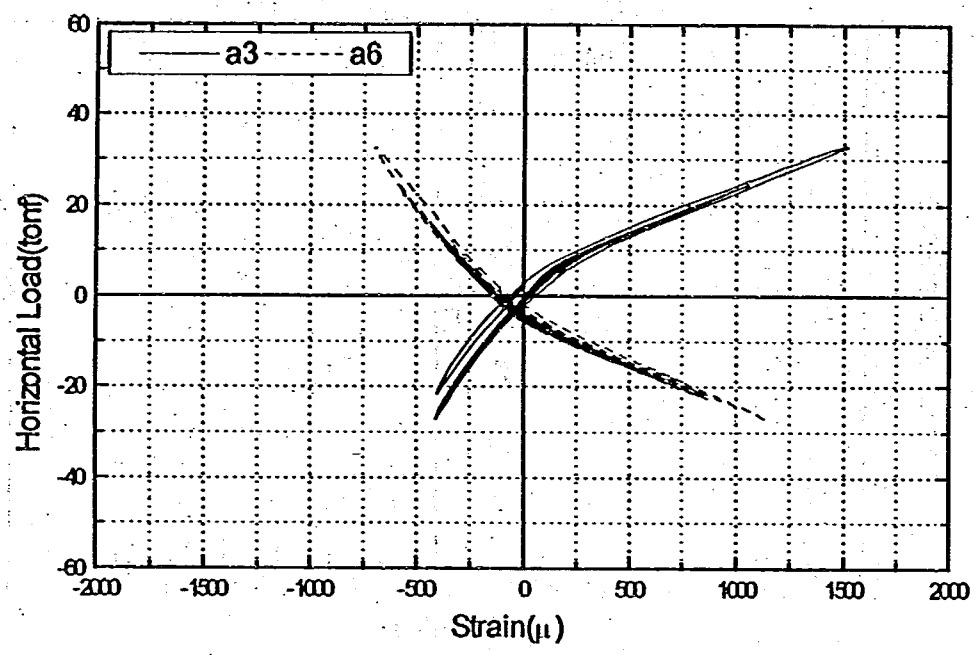
図－６．３．１４　累積エネルギー吸収量（Ｒ１Ｒ－Ｌ２）



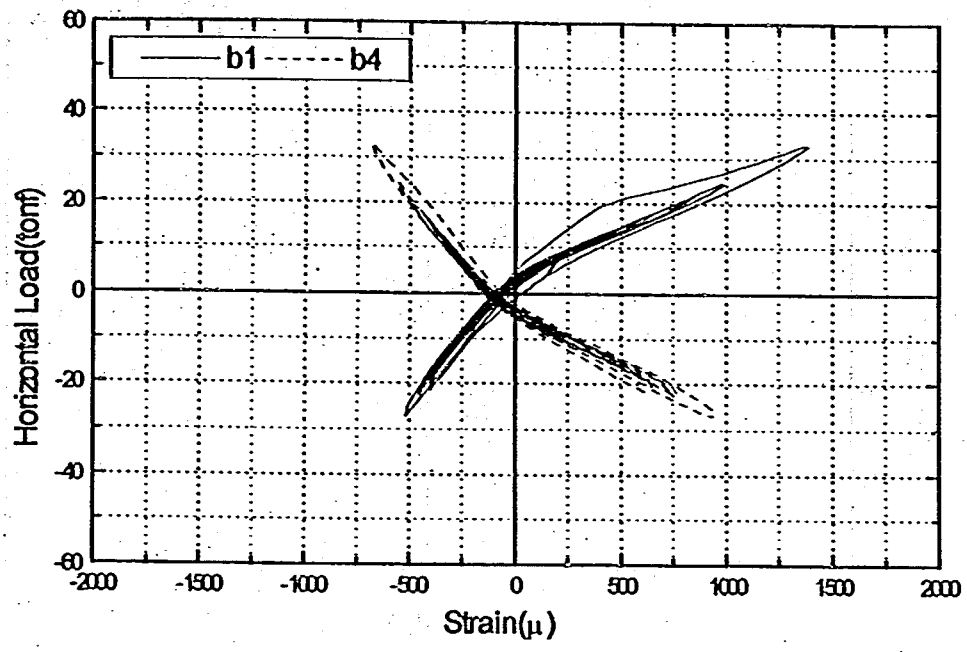
図－6．3．15　水平荷重－ひずみ関係（R1R－L2、A1&A4）



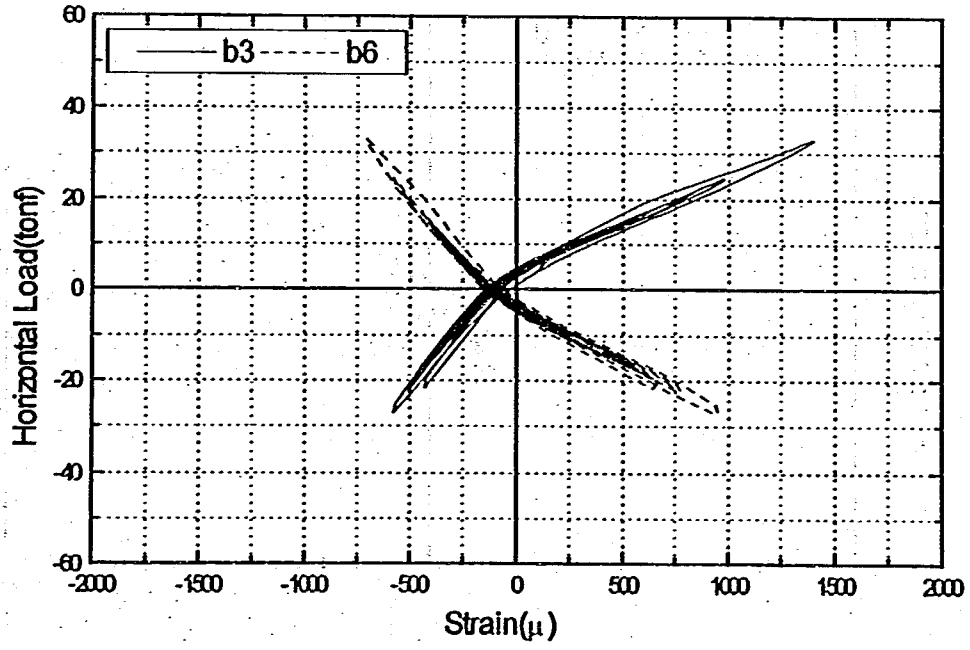
図－6．3．16　水平荷重－ひずみ関係（R1R－L2、A2&A5）



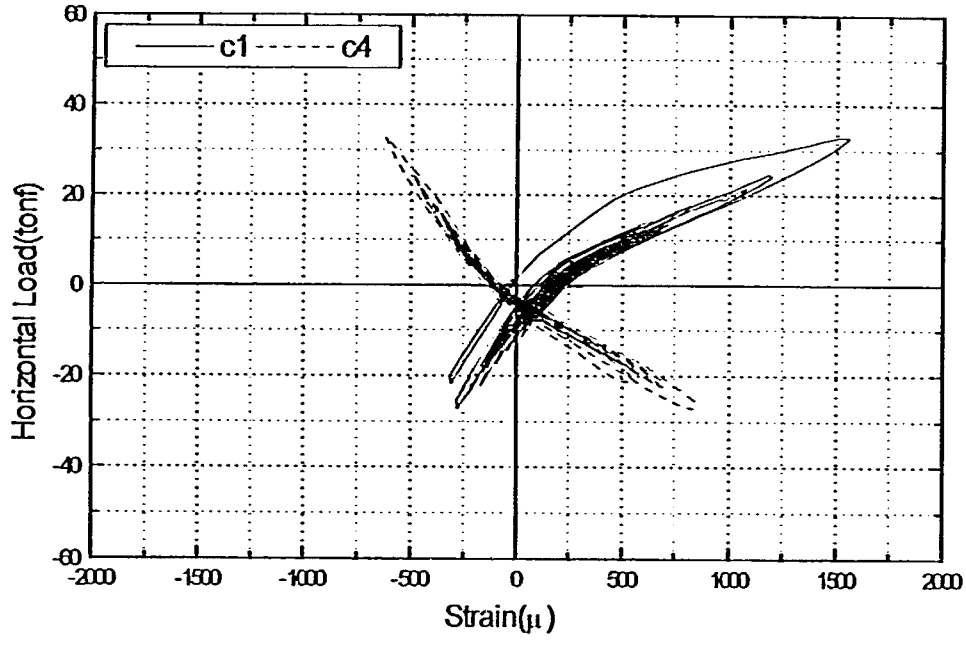
図－６．３．１７　水平荷重－ひずみ関係（Ｒ１Ｒ－Ｌ２、Ａ３＆Ａ６）



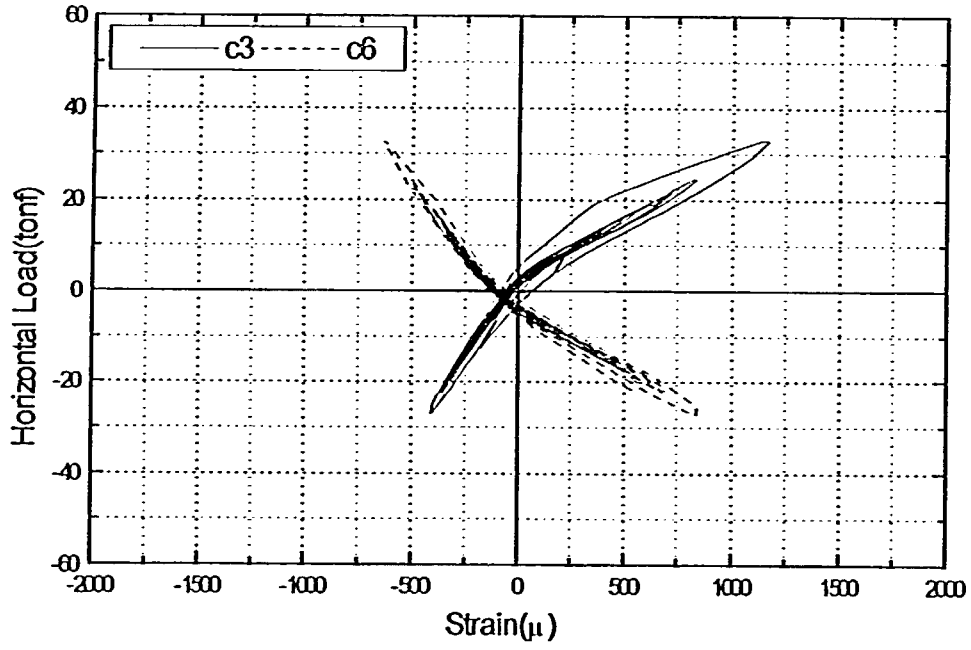
図－６．３．１８　水平荷重－ひずみ関係（Ｒ１Ｒ－Ｌ２、Ｂ１＆Ｂ４）



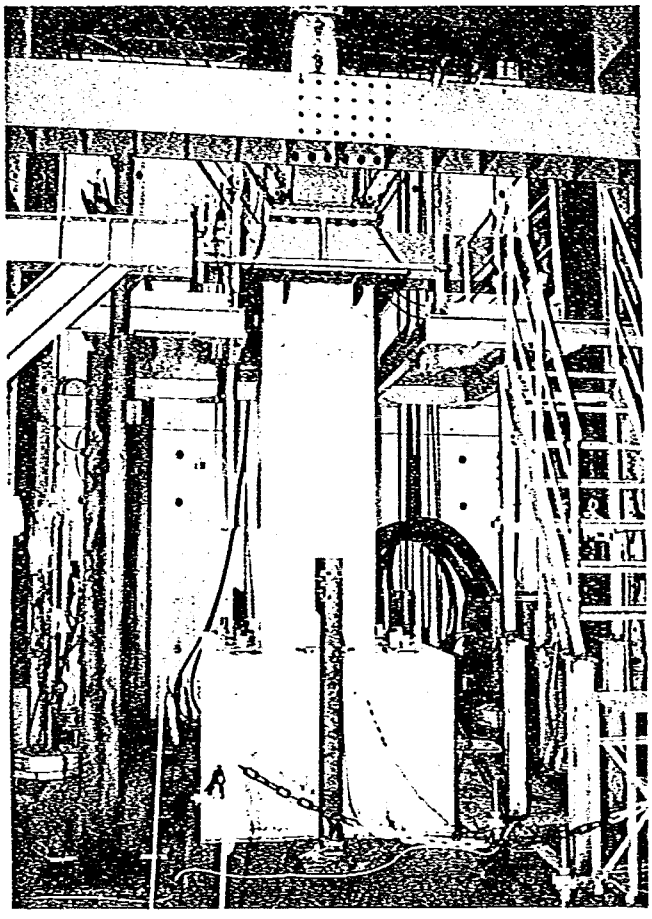
図－６．３．１９　水平荷重－ひずみ関係（Ｒ１Ｒ－Ｌ２、Ｂ３＆Ｂ６）



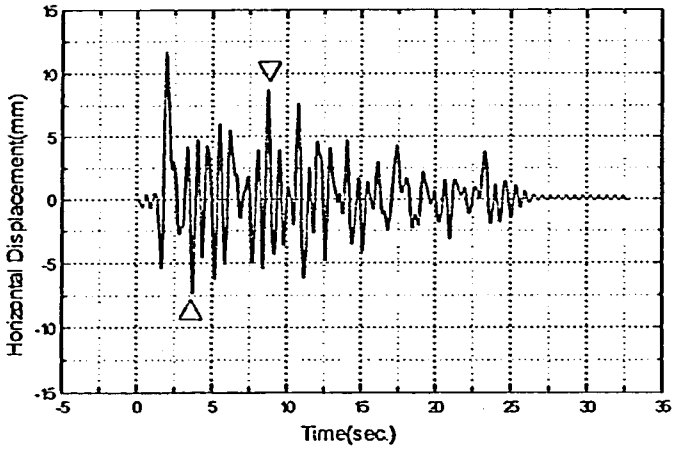
図－６．３．２０　水平荷重－ひずみ関係（Ｒ１Ｒ－Ｌ２、Ｃ１＆Ｃ４）

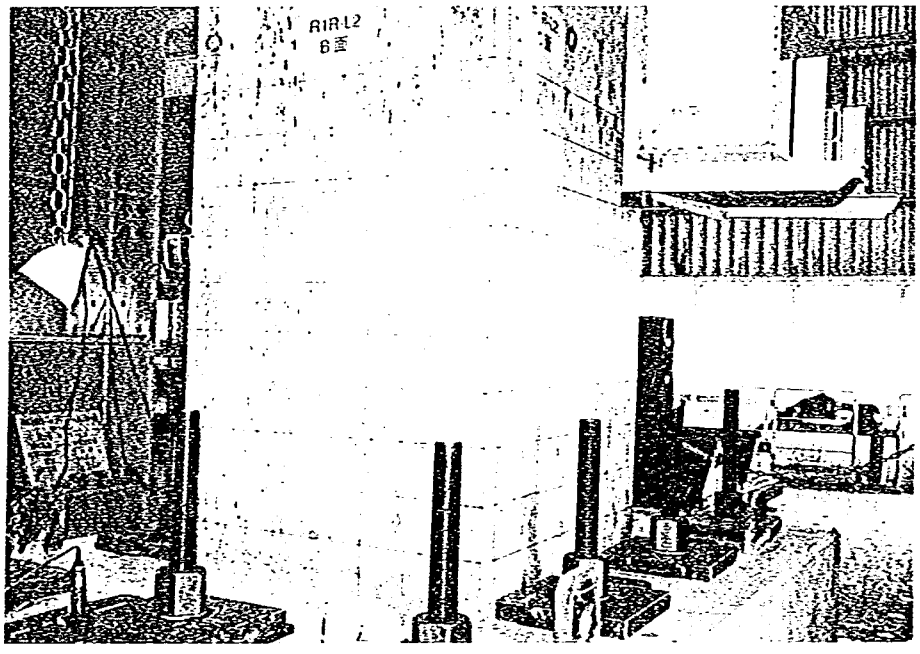


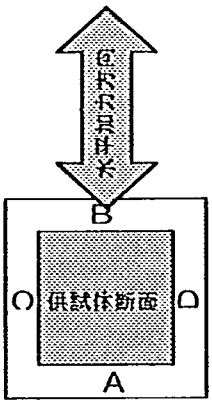
図－６．３．２１　水平荷重－ひずみ関係（Ｒ１Ｒ－Ｌ２、Ｃ３＆Ｃ６）



写真－６．３．８　実験供試体全景(Ｒ１Ｒ－Ｌ２)



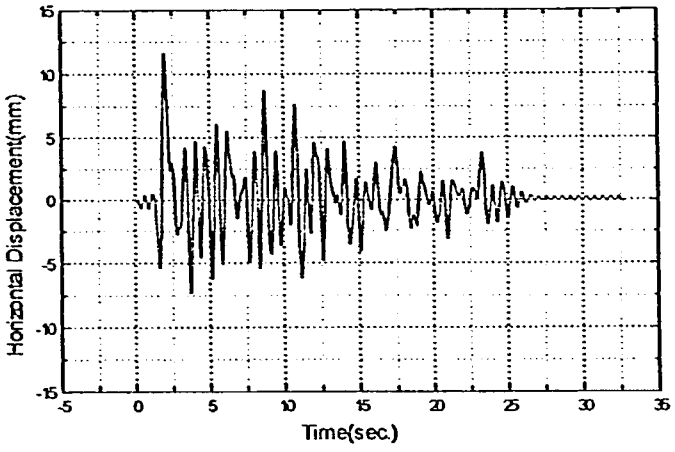


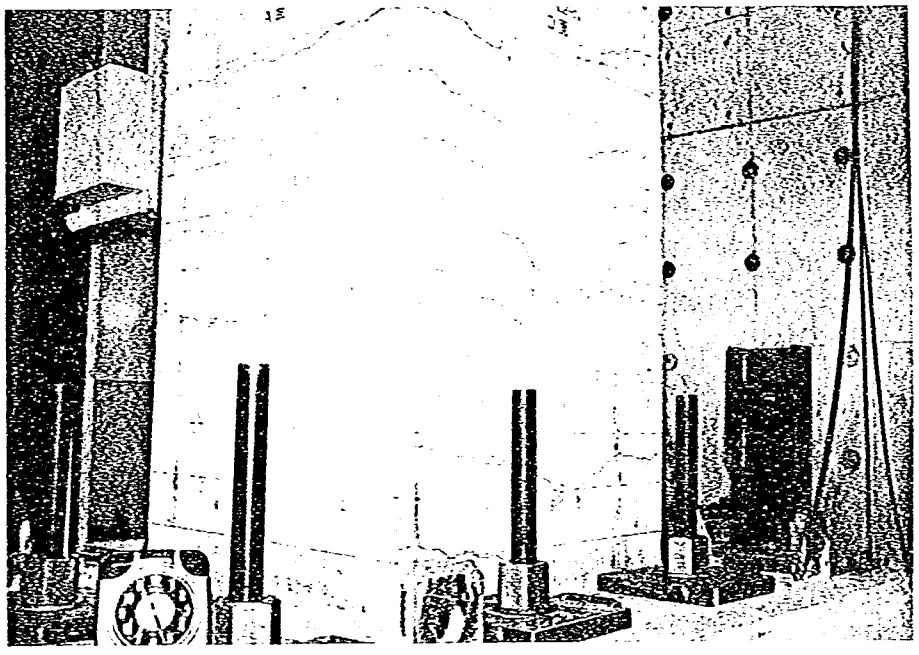


写真－6．3．9　3.72 秒経過時(-24.5tf, -7.04mm, B－C面)

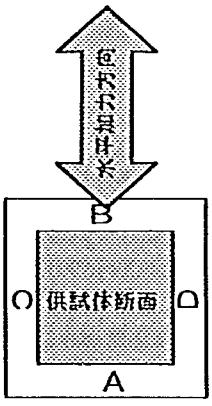


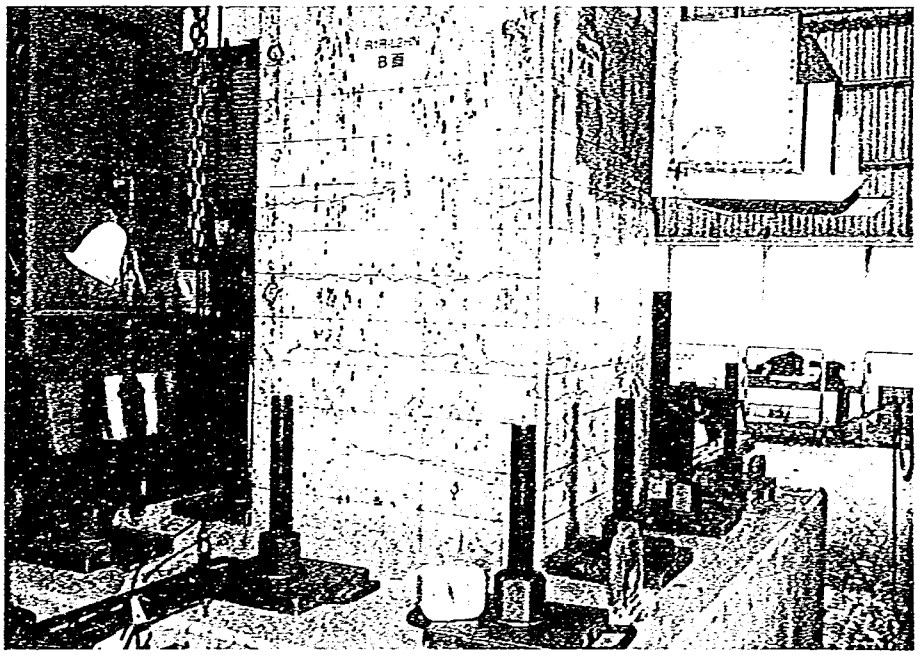
写真－6．3．10　8.73 秒経過時(24.5tf, 8.5mm, A－D面)





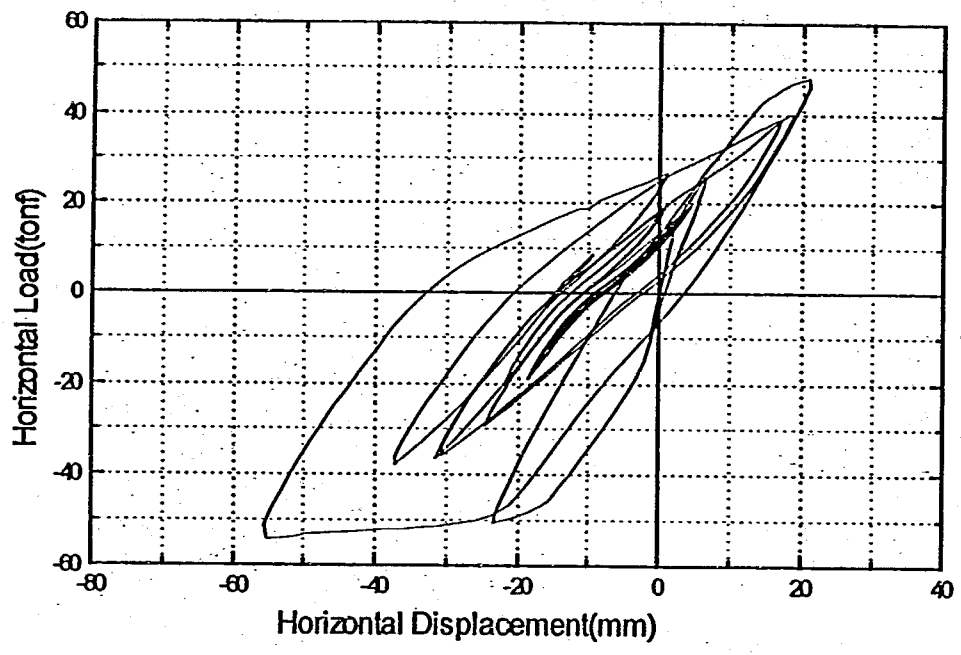
写真－６．３．１１　実験終了時(A－D面)



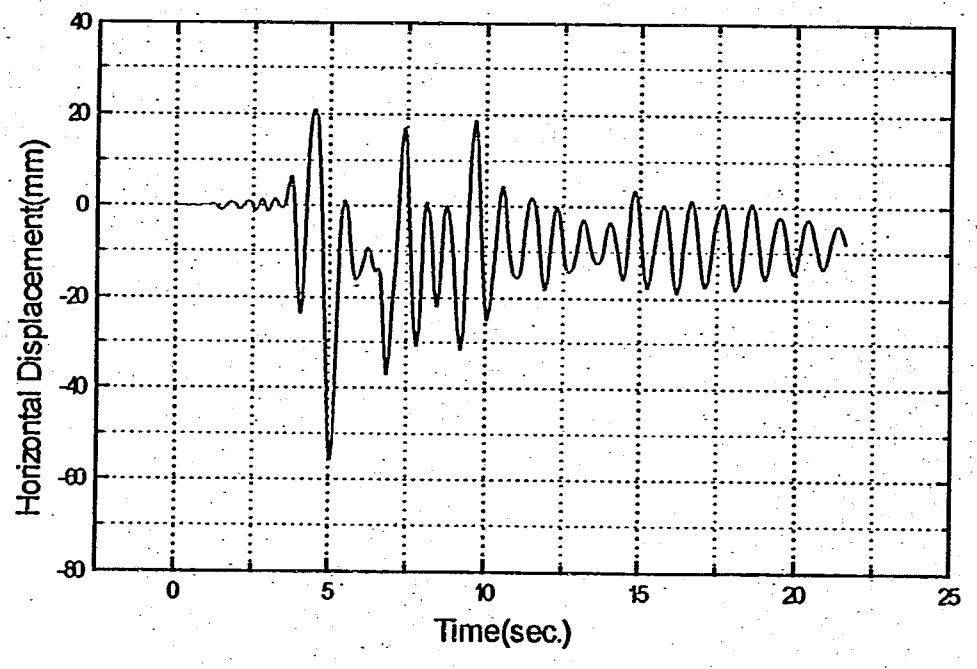


写真－６．３．１２　実験終了時(B－C面)

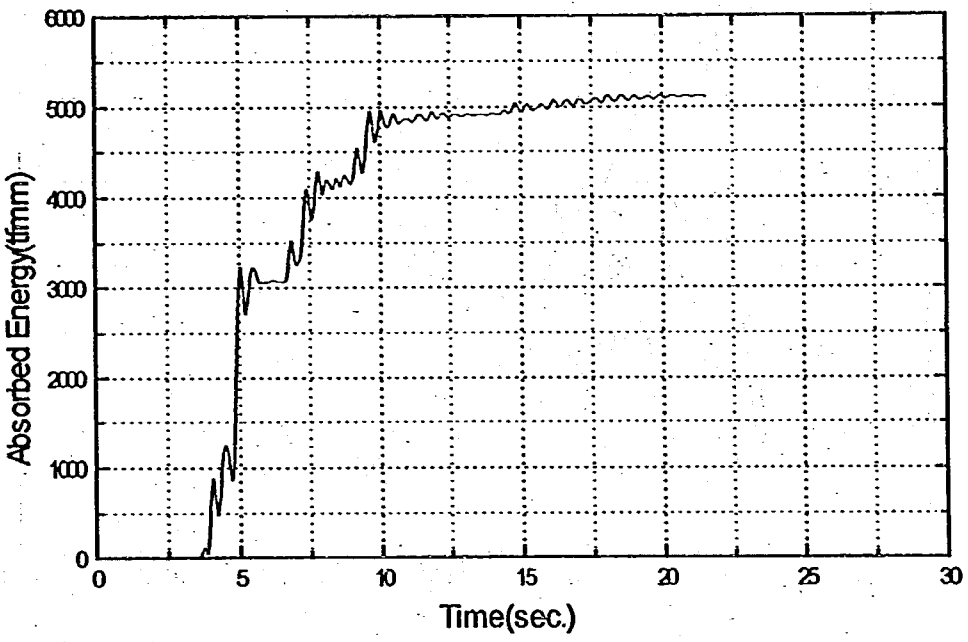
6．3．3　R1R−HN



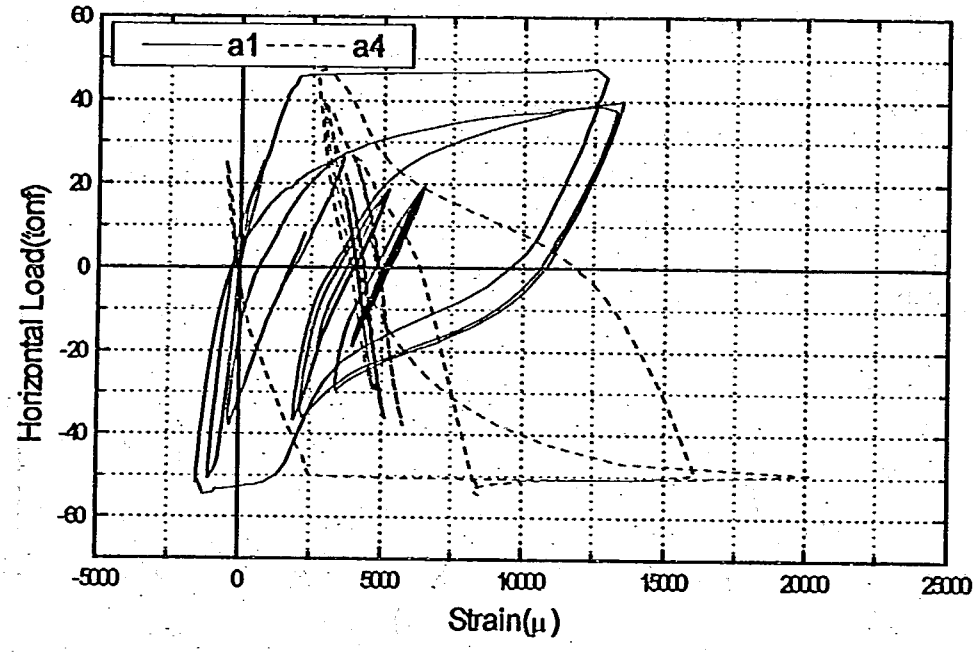
図−6．3．22　水平荷重−変位履歴曲線（R1R−HN）



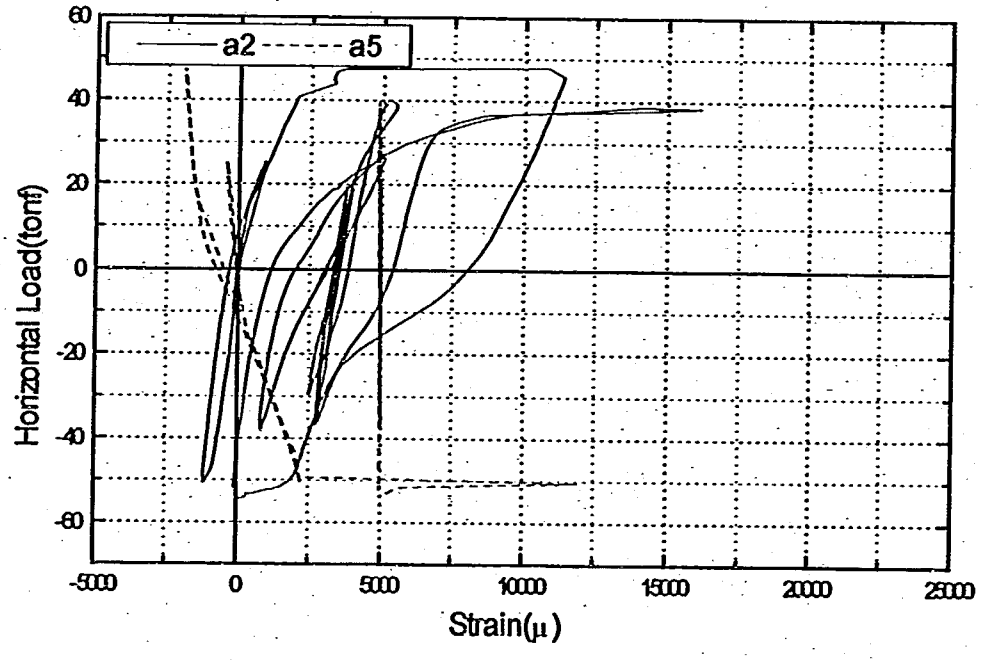
図−6．3．23　時刻歴応答変位（R1R−HN）



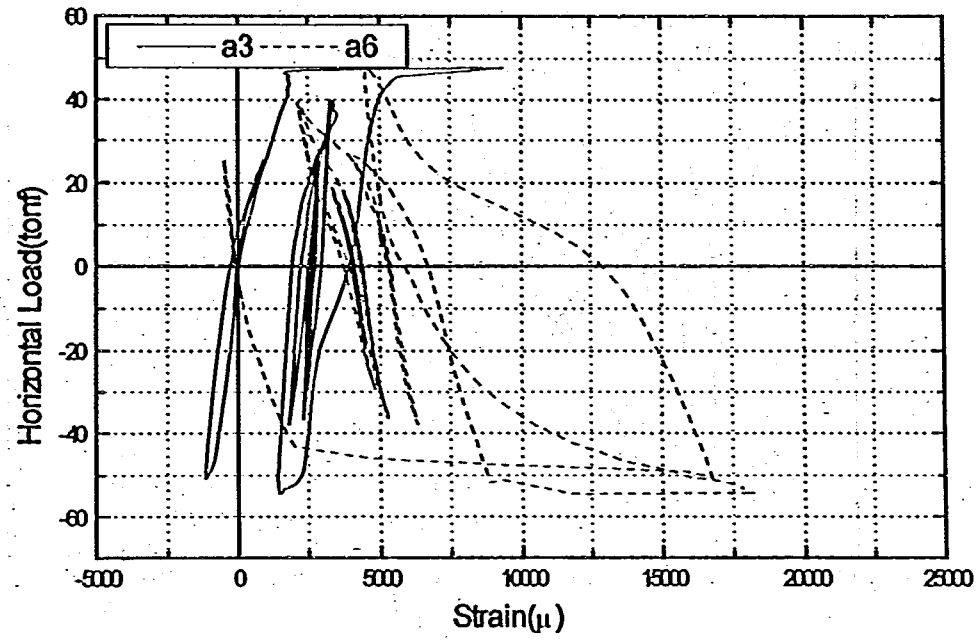
図－６．３．２４　累積エネルギー吸収量（Ｒ１Ｒ－ＨＮ）



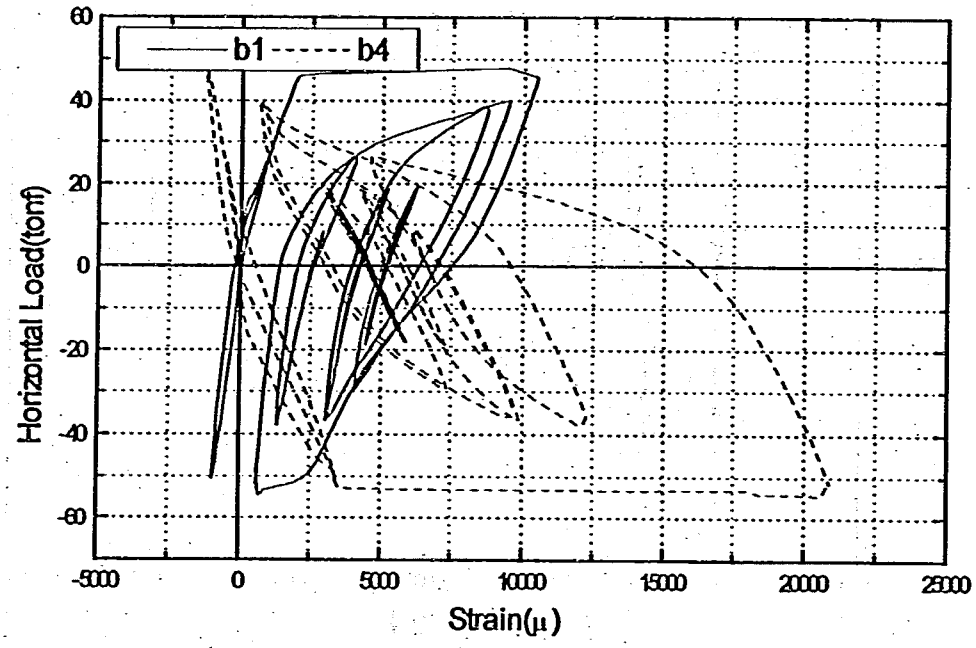
図－６．３．２５　水平荷重－ひずみ関係（Ｒ１Ｒ－ＨＮ、Ａ１＆Ａ４）



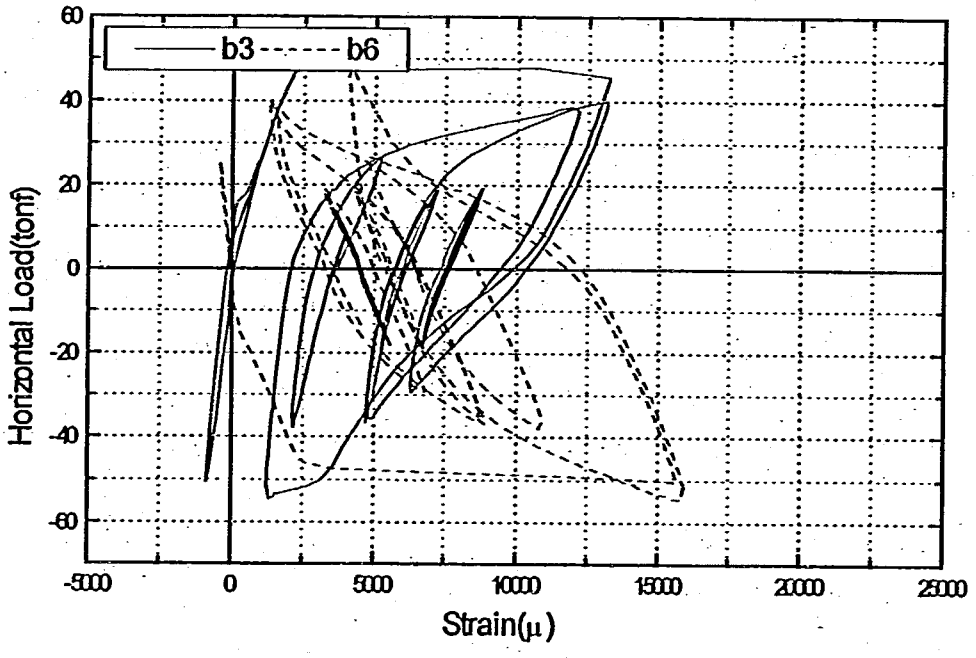
図－６．３．２６　水平荷重－ひずみ関係（Ｒ１Ｒ－ＨＮ、Ａ２＆Ａ５）



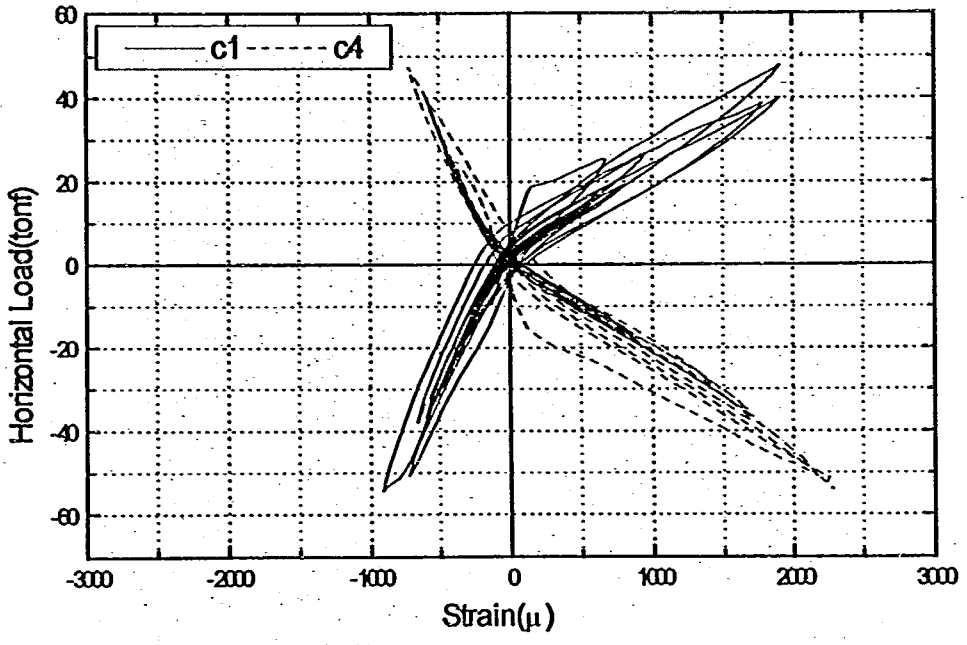
図－６．３．２７　水平荷重－ひずみ関係（Ｒ１Ｒ－ＨＮ、Ａ３＆Ａ６）



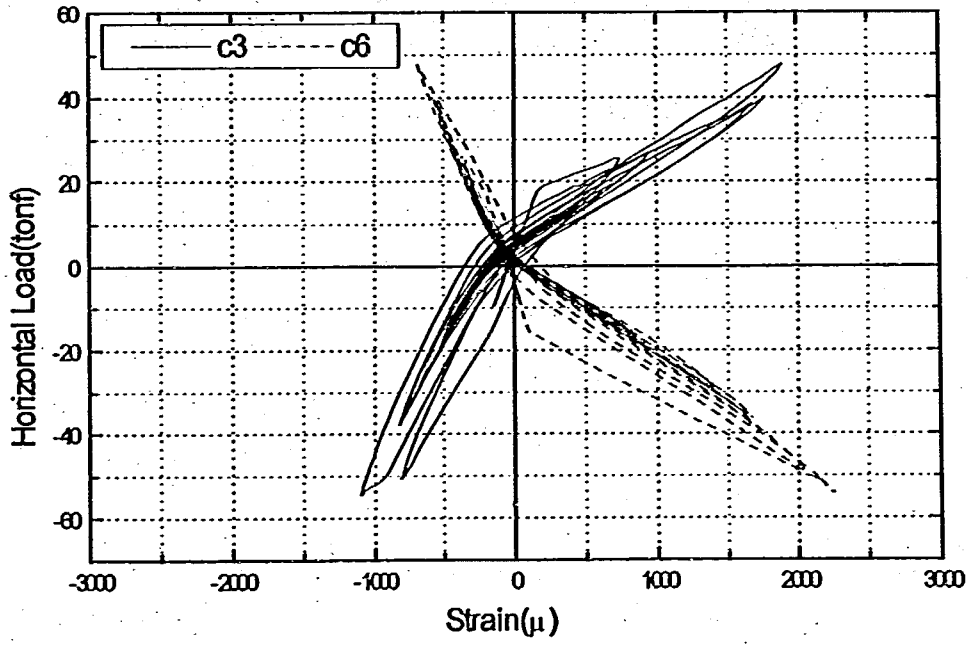
図－６．３．２８　水平荷重－ひずみ関係（Ｒ１Ｒ－ＨＮ、Ｂ１＆Ｂ４）



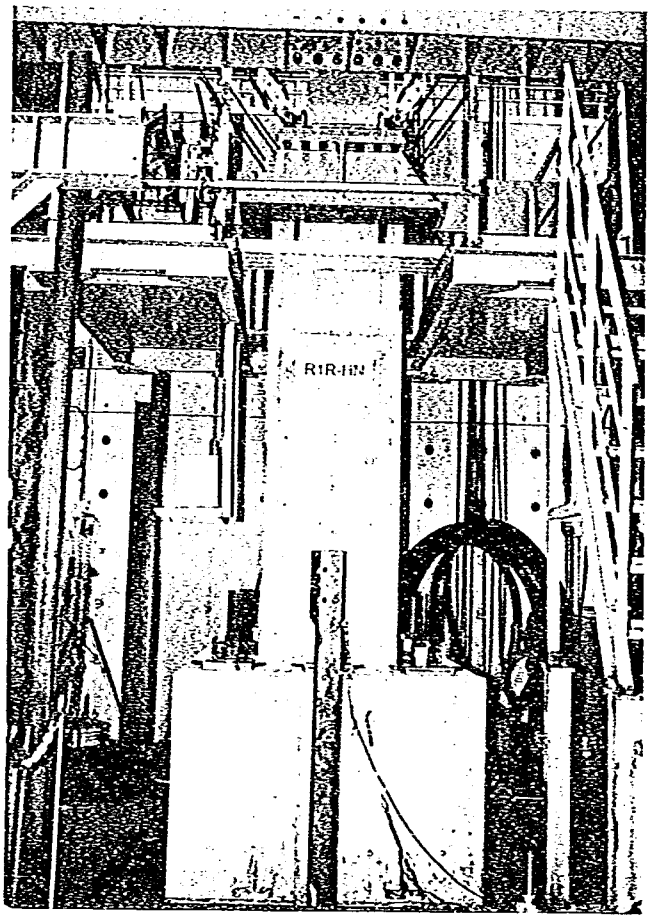
図－６．３．２９　水平荷重－ひずみ関係（Ｒ１Ｒ－ＨＮ、Ｂ３＆Ｂ６）



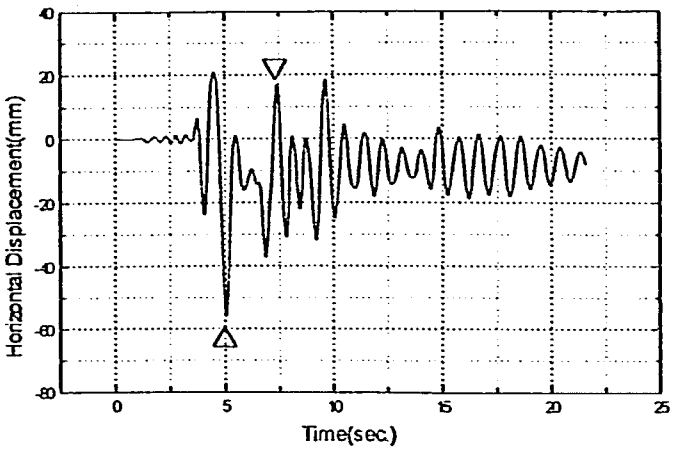
図－６．３．３０　水平荷重－ひずみ関係（Ｒ１Ｒ－ＨＮ、Ｃ１＆Ｃ４）

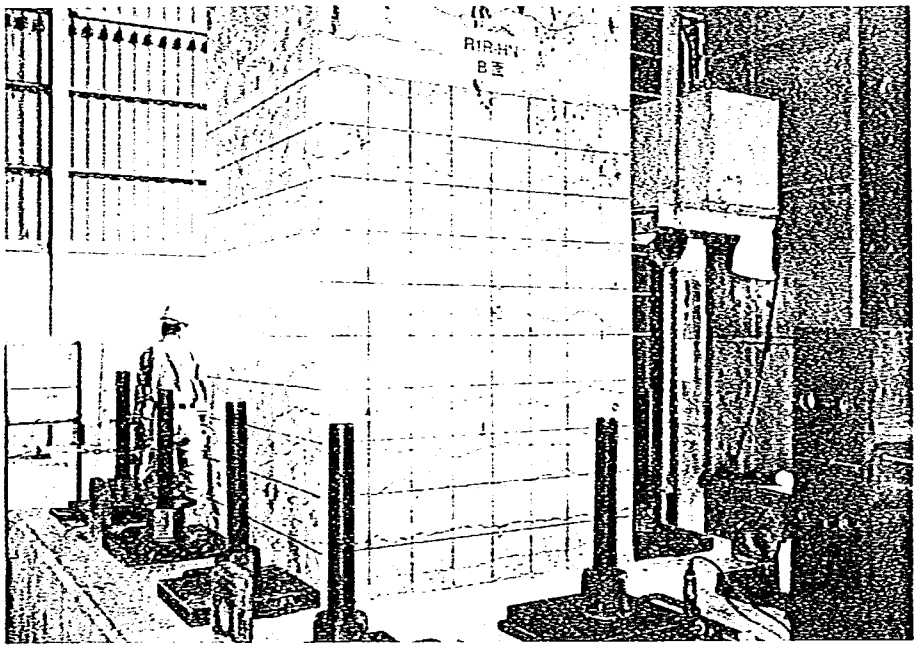


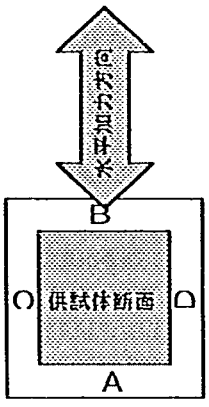
図－６．３．３１　水平荷重－ひずみ関係（Ｒ１Ｒ－ＨＮ、Ｃ３＆Ｃ６）



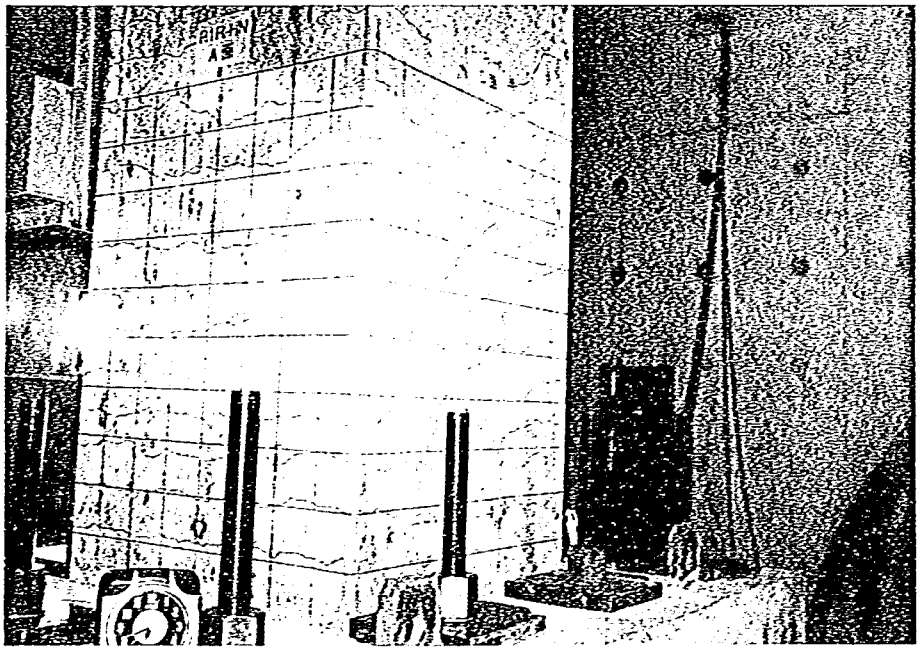
写真－６．３．１３　実験供試体全景(Ｒ１Ｒ－ＨＮ)



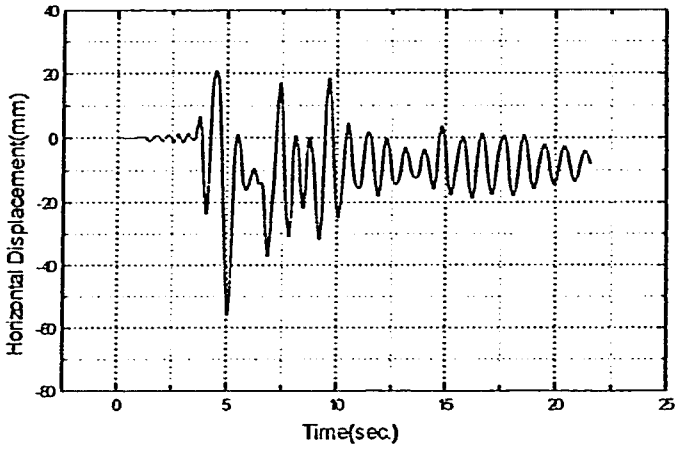


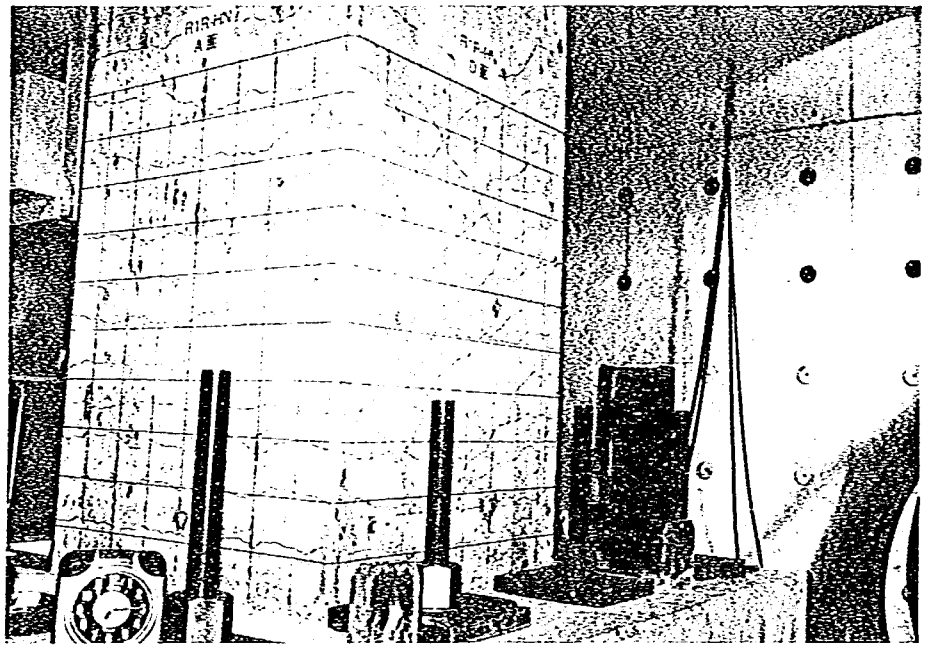


写真－６．３．１４　5.0秒経過時(-51.9tf,-55.7mm,Ｂ－Ｄ面)

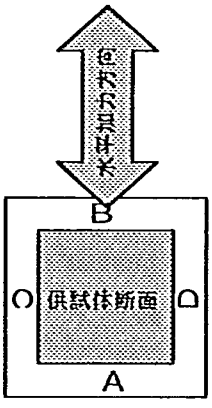


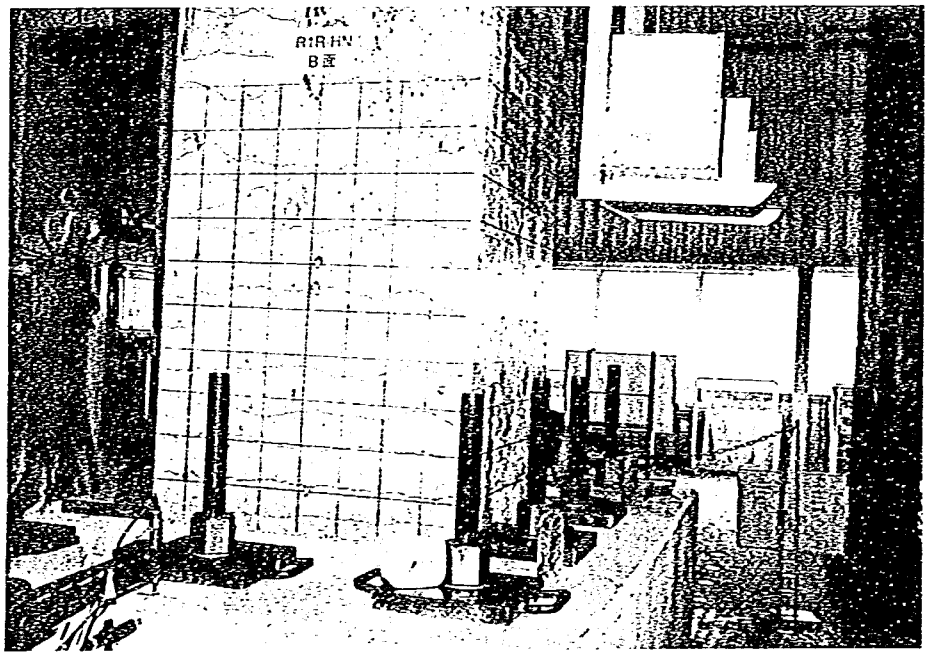
写真－６．３．１５　7.3秒経過時(37.7tf,17.0mm,Ａ－Ｄ面)





写真－6．3．16　実験終了時(A－D面)





写真－6．3．17　実験終了時(B－C面)

7．鋼製橋脚－2

7．1　概　要

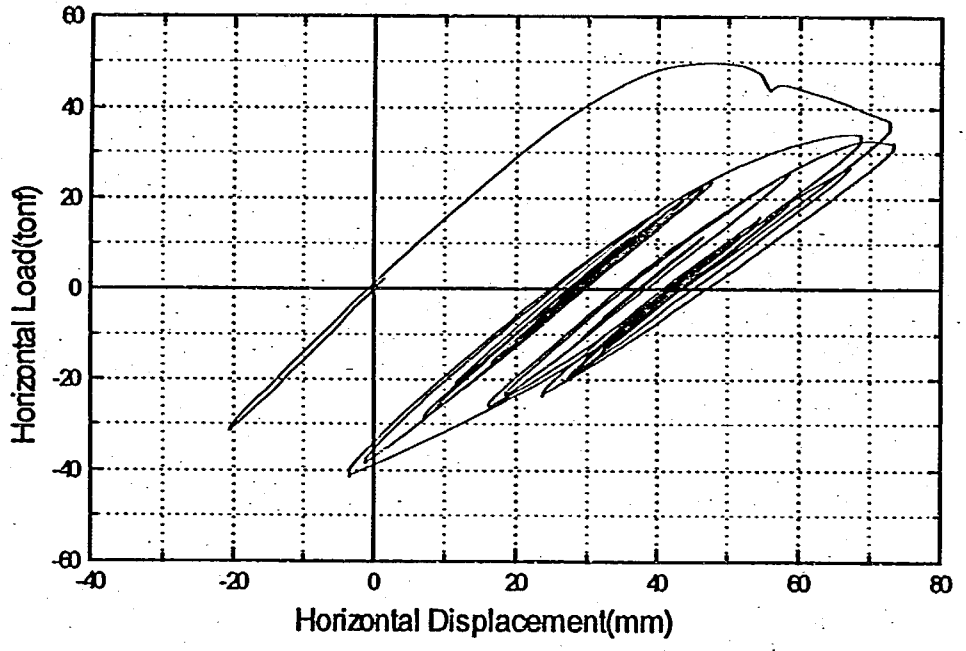
本章では，鋼製橋脚供試体の２回目以降の実験結果を以下の項目について示す．なお，各項目についての説明は，５．１ですでに述べたのでここでは省略する．

（1）ハイブリッド地震応答実験

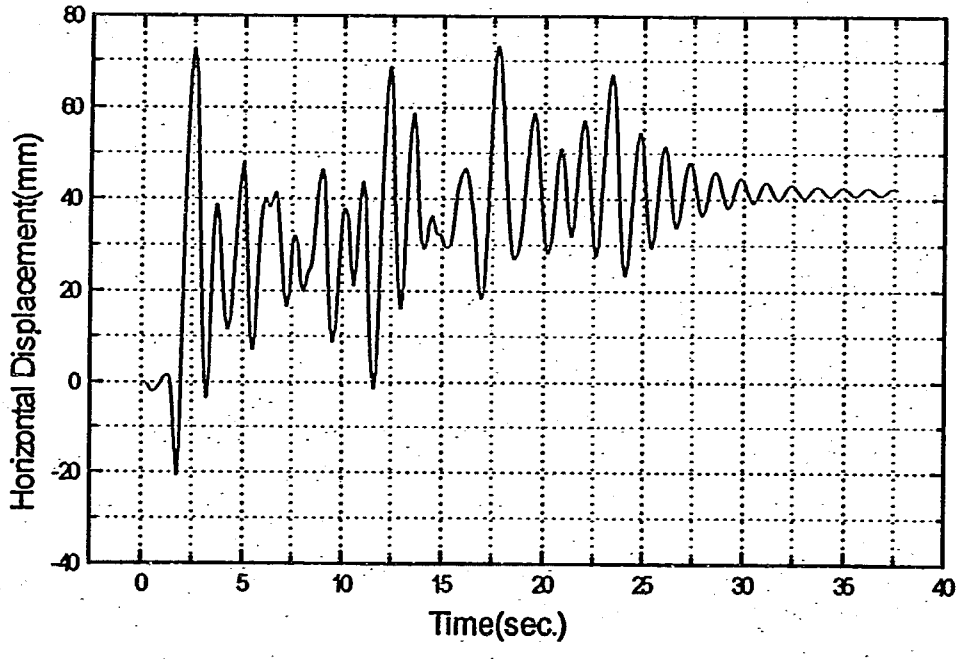
1）荷重－変位関係
2）時刻歴応答変位
3）履歴吸収エネルギー
4）荷重－ひずみ関係
5）載荷中の供試体の様子（写真記録）

7．2　A1Rシリーズ

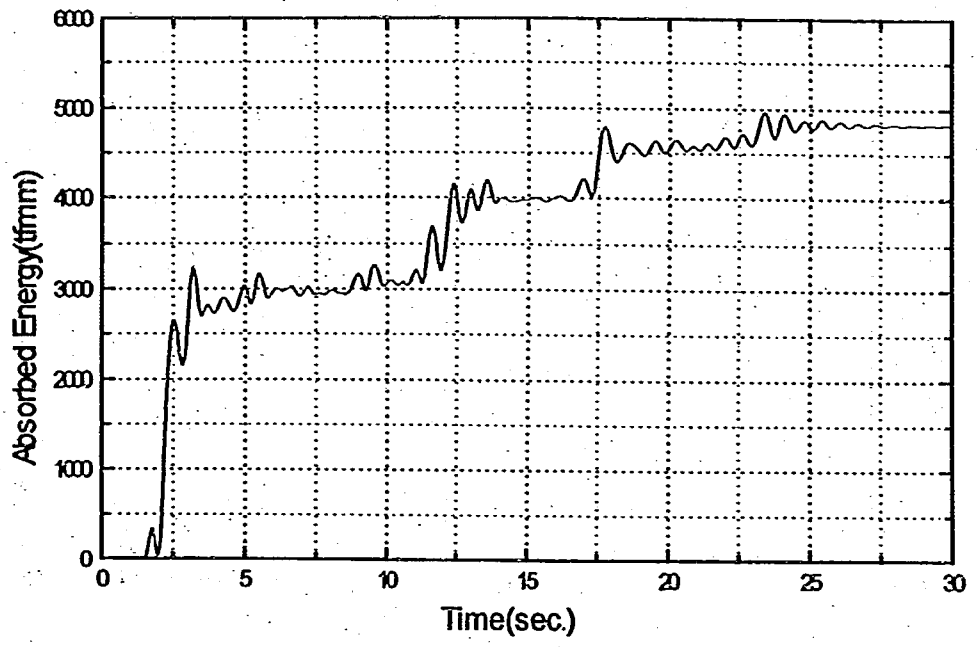
7．2．1　A1R－L2（2回目）



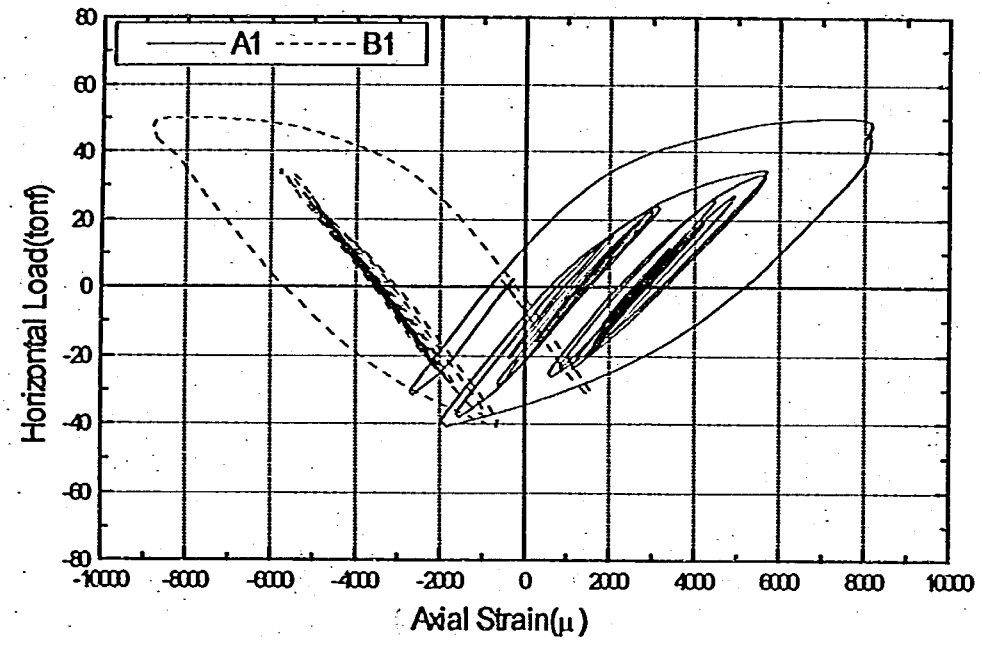
図－7．2．1　水平荷重－変位履歴曲線（A1R－L2（2回目））



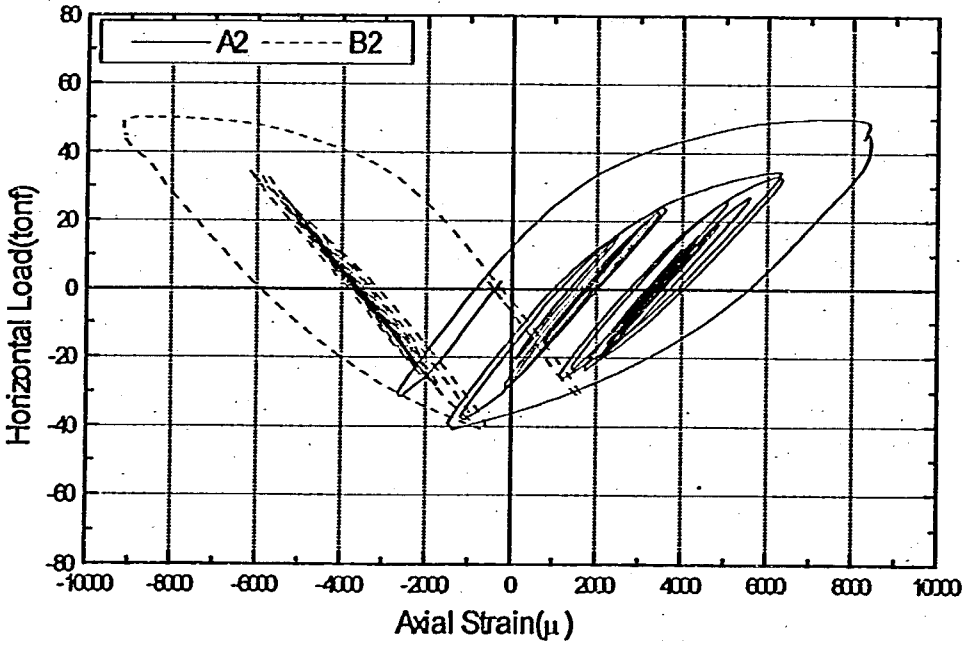
図－7．2．2　時刻歴応答変位（A1R－L2（2回目））



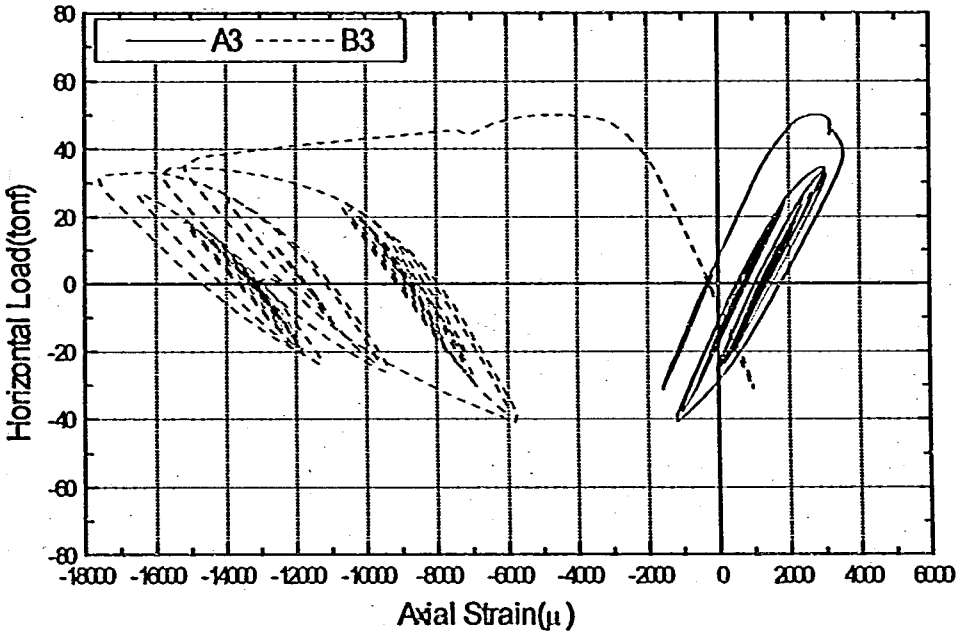
図－７．２．３　累積エネルギー吸収量（Ａ１Ｒ－Ｌ２（２回目））



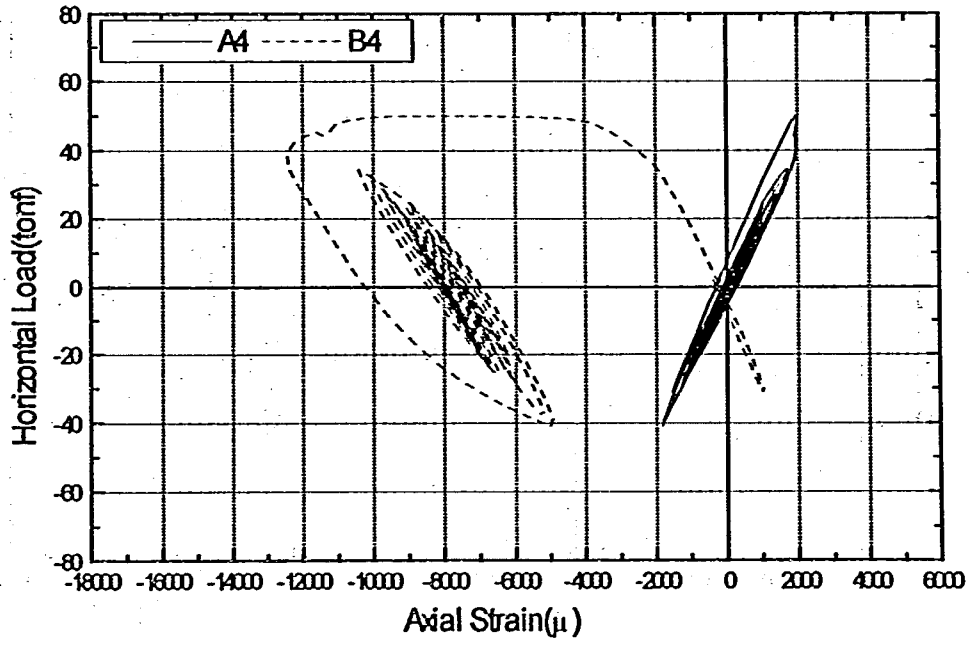
図－7．2．4　水平荷重－ひずみ関係（A1R－L2（2回目）、A1&B1）



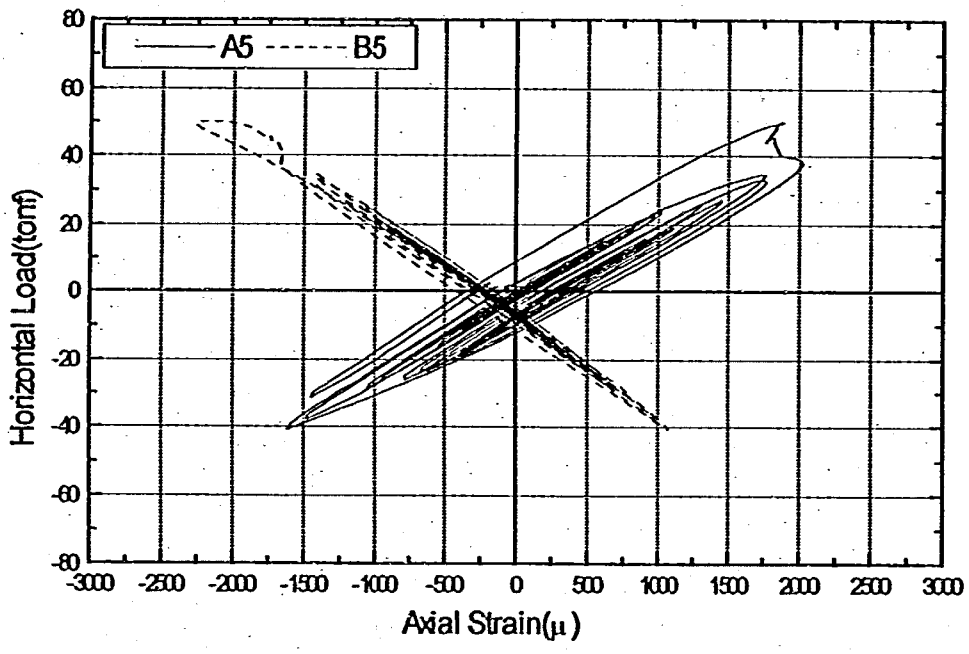
図－7．2．5　水平荷重－ひずみ関係（A1R－L2（2回目）、A2&B2）



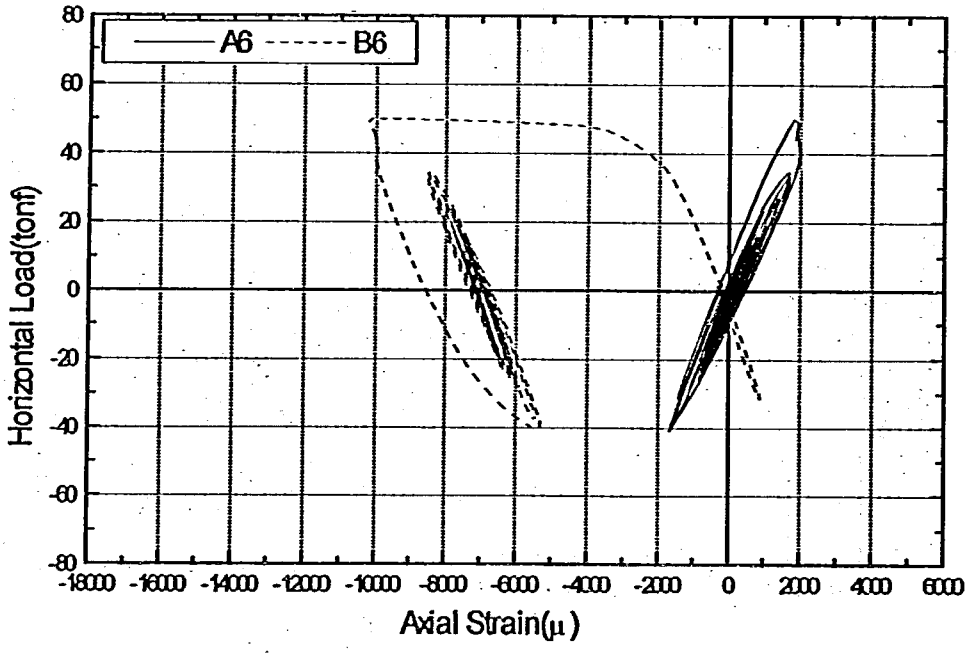
図－７．２．６　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｒ－Ｌ２（２回目）、Ａ３＆Ｂ３）



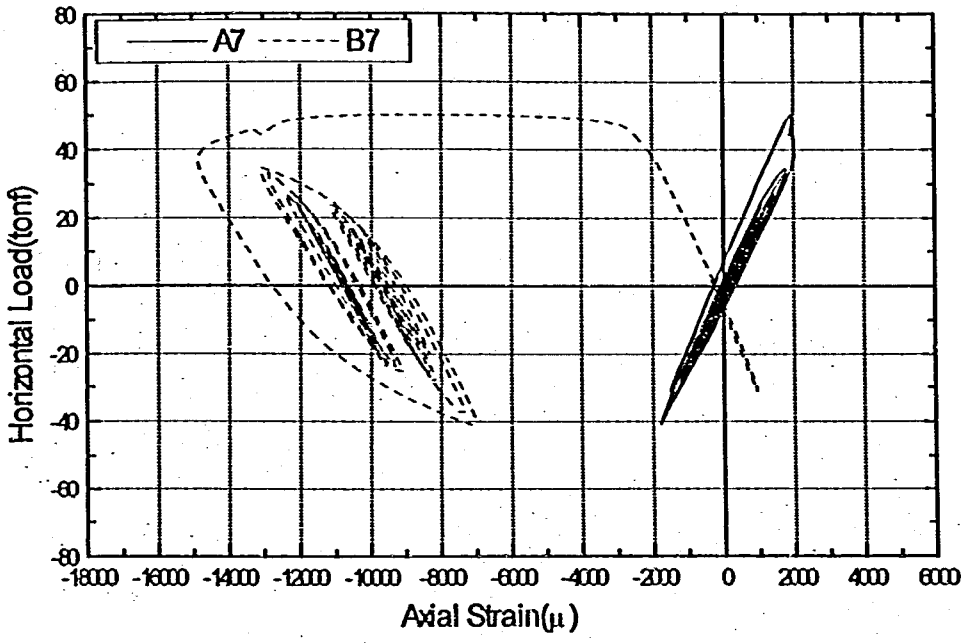
図－７．２．７　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｒ－Ｌ２（２回目）、Ａ４＆Ｂ４）



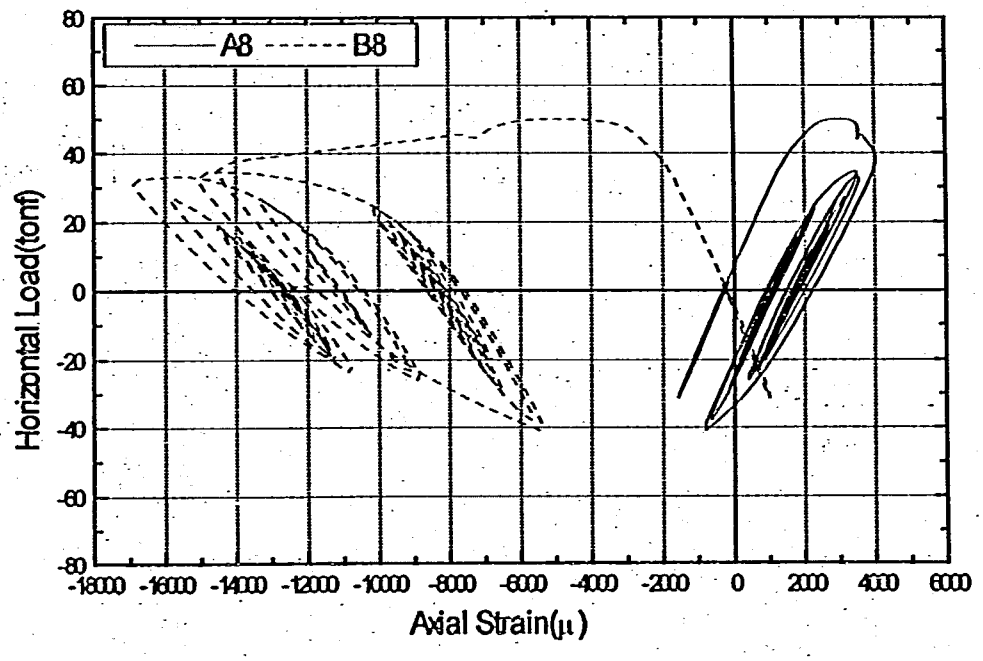
図－７．２．８　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｒ－Ｌ２（２回目）、Ａ５＆Ｂ５）



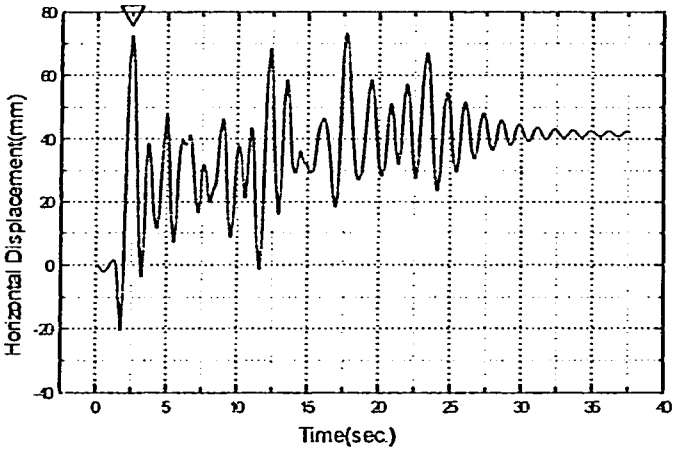
図－７．２．９　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｒ－Ｌ２（２回目）、Ａ６＆Ｂ６）



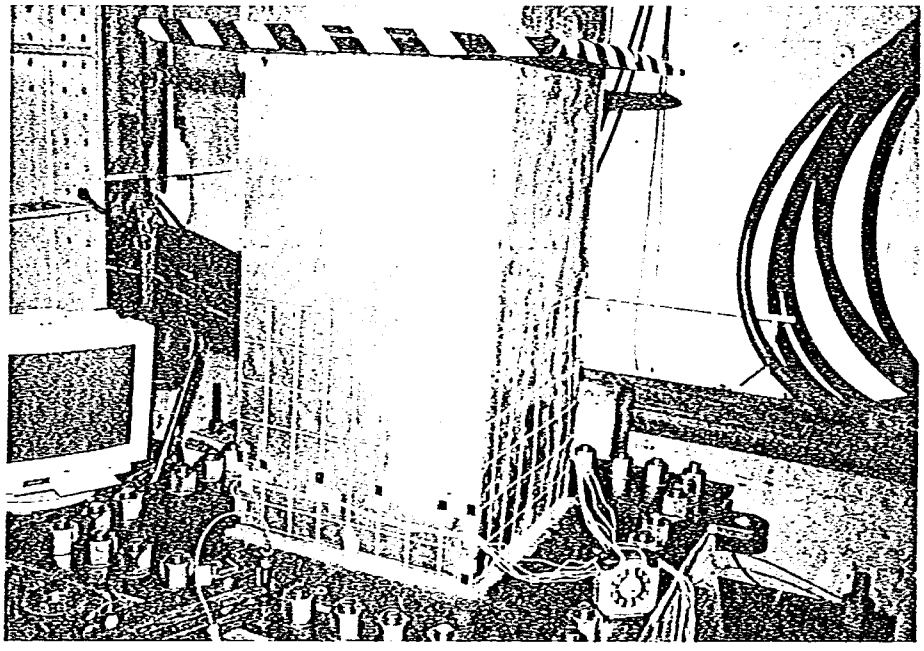
図－７．２．１０　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｒ－Ｌ２（２回目）、Ａ７＆Ｂ７）



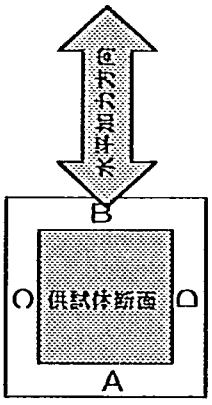
図－７．２．１１　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｒ－Ｌ２（２回目）、Ａ８＆Ｂ８）

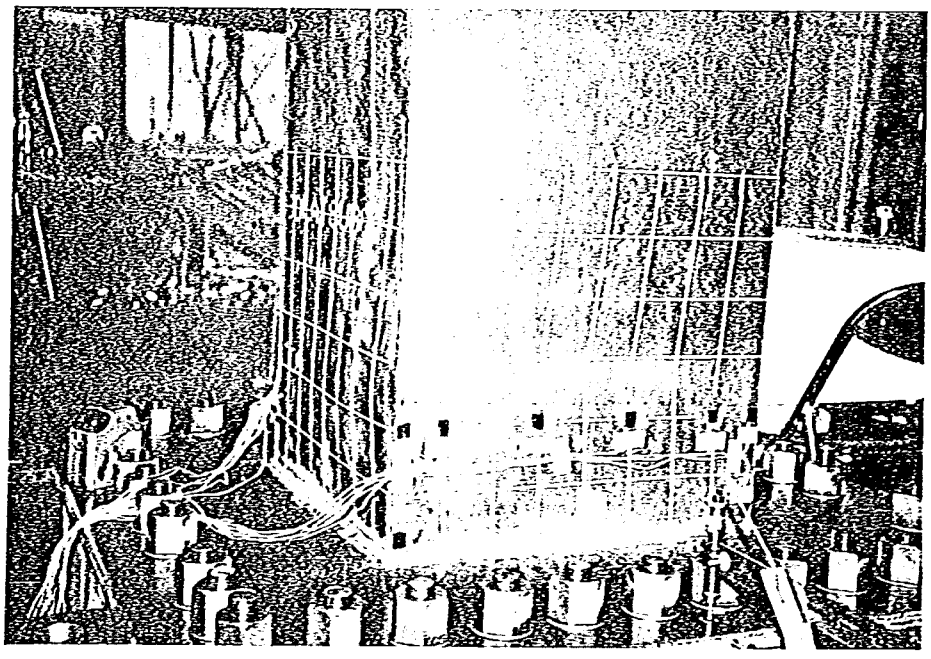


A1R－L2(2回目)

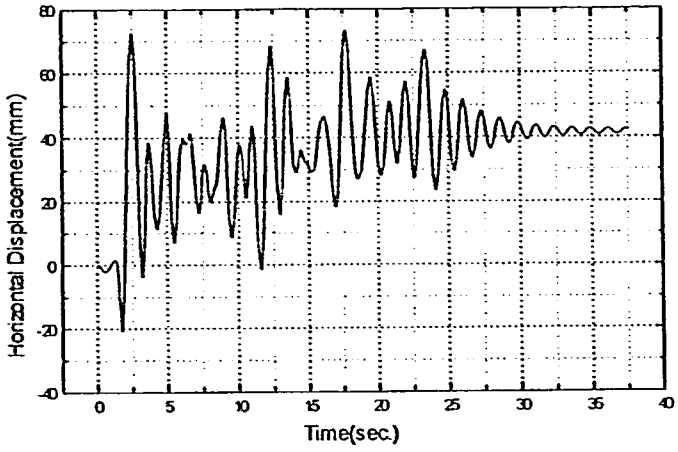


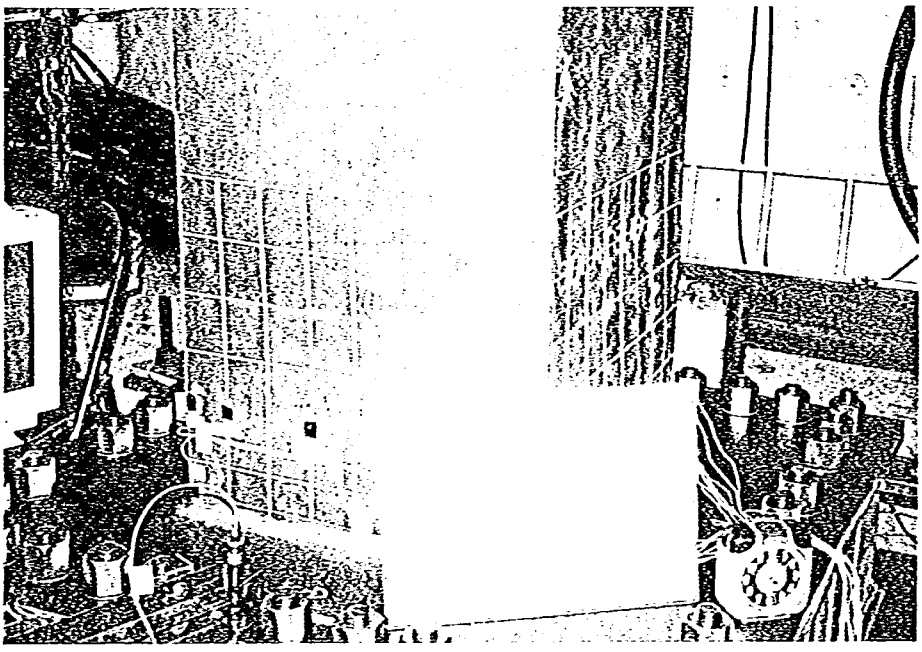
写真－7．2．1　2.5秒経過時(36.8tf, 72.6mm, A－D面)

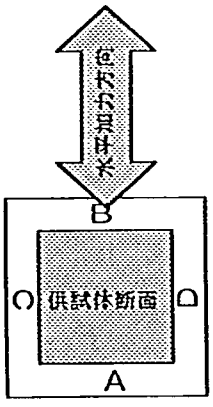




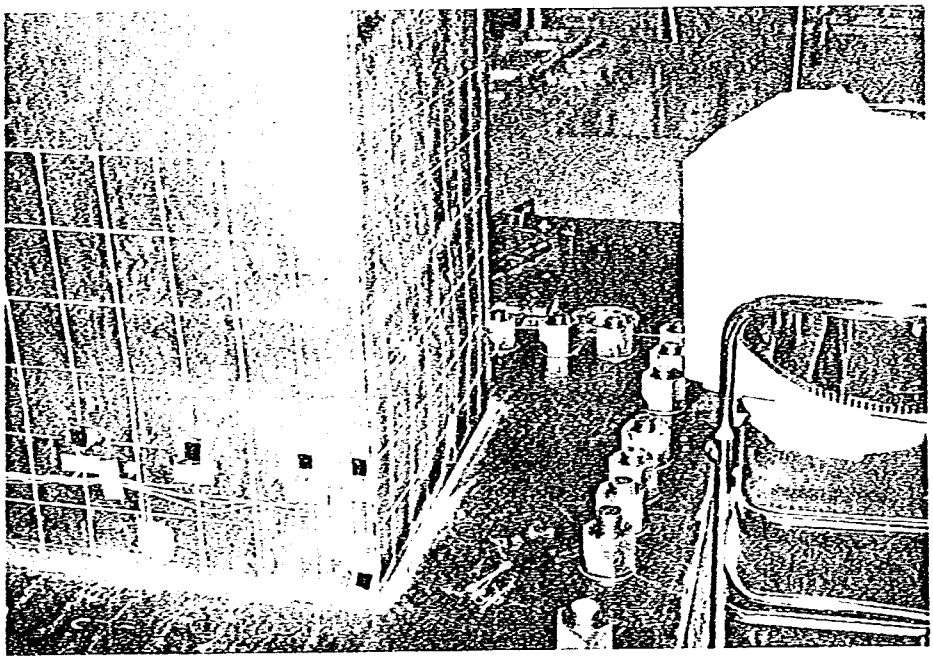
写真－7．2．2　2.5秒経過時(36.8tf, 72.6mm, B－D面)





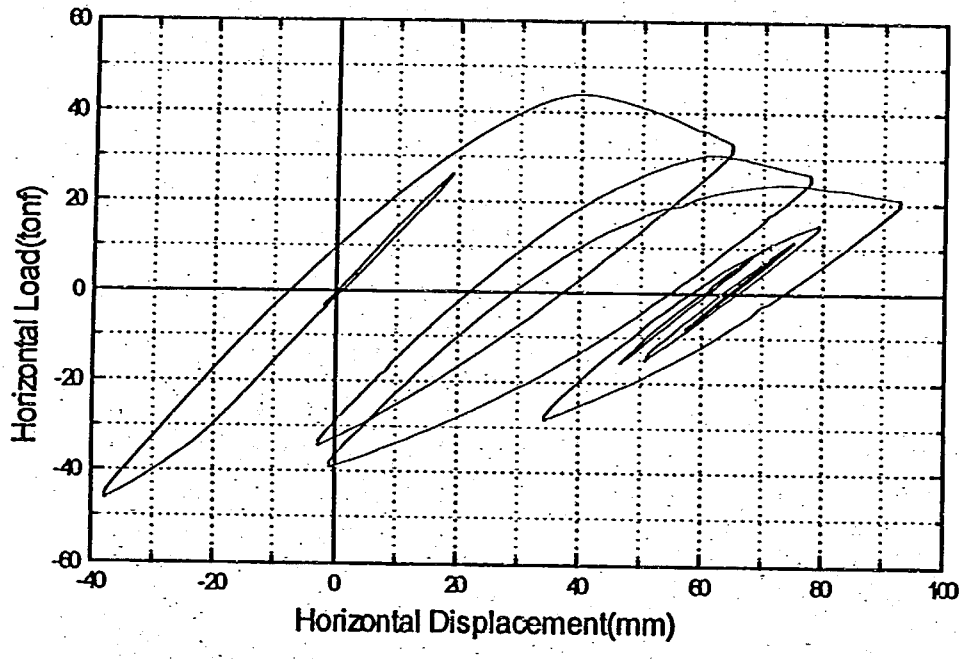


写真－７．２．３　実験終了時(A－D面)

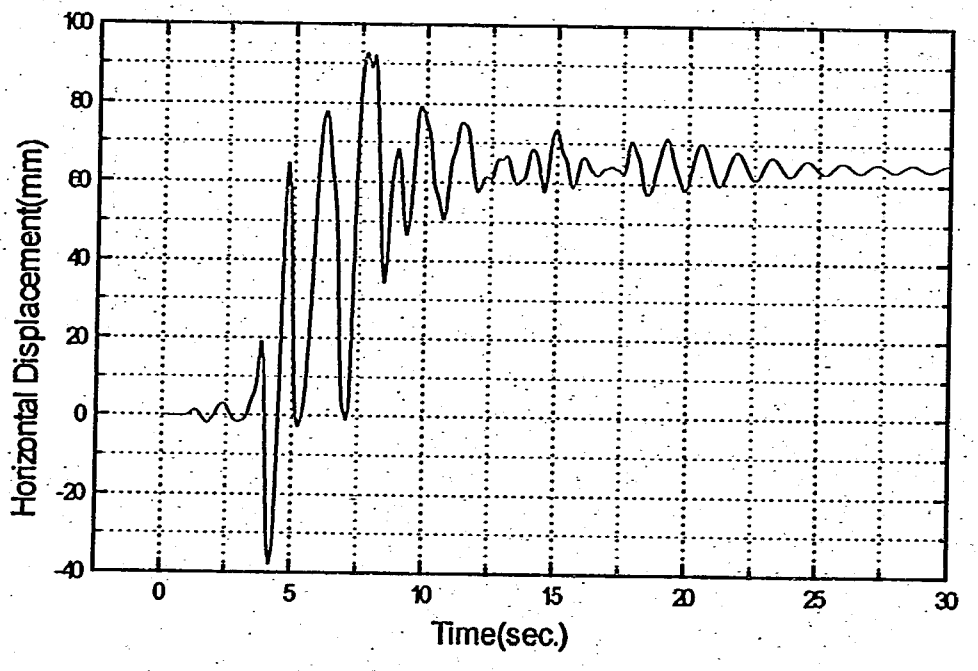


写真－７．２．４　実験終了時(B－C面)

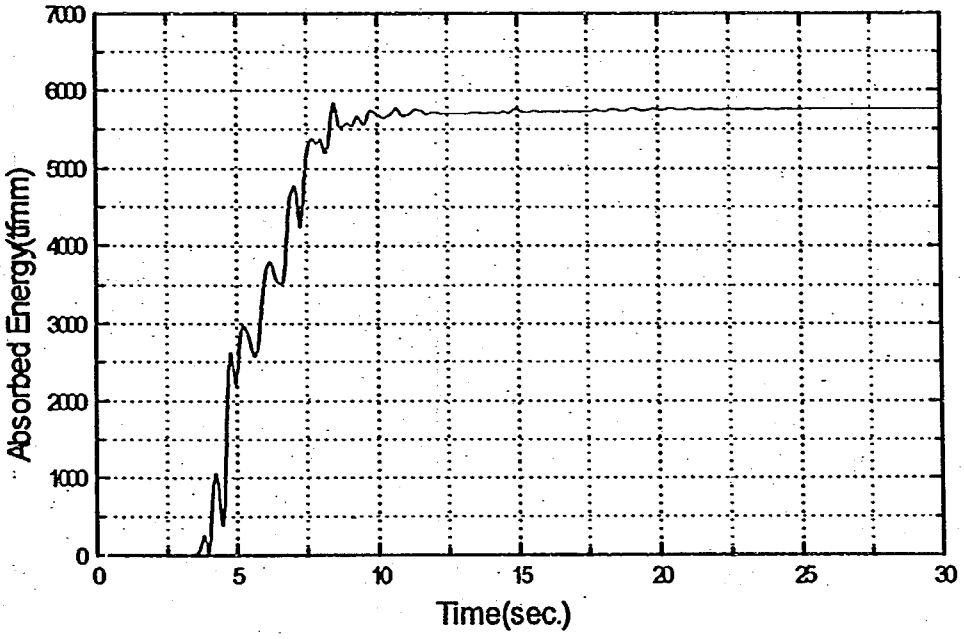
7．2．2　A1R−HN（2回目）



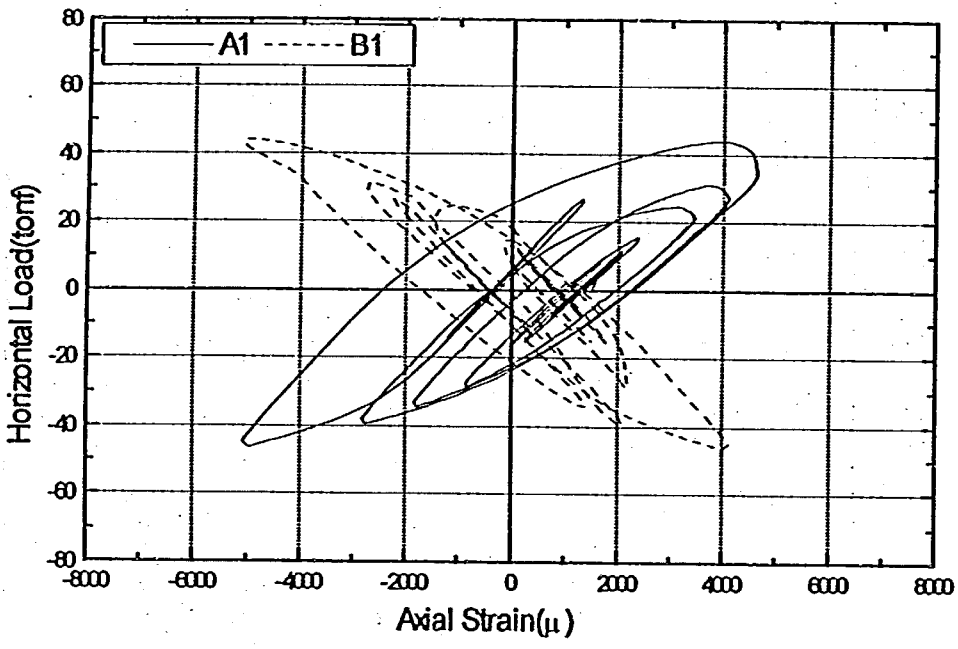
図−7．2．12　水平荷重−変位履歴曲線（A1R−HN（2回目））



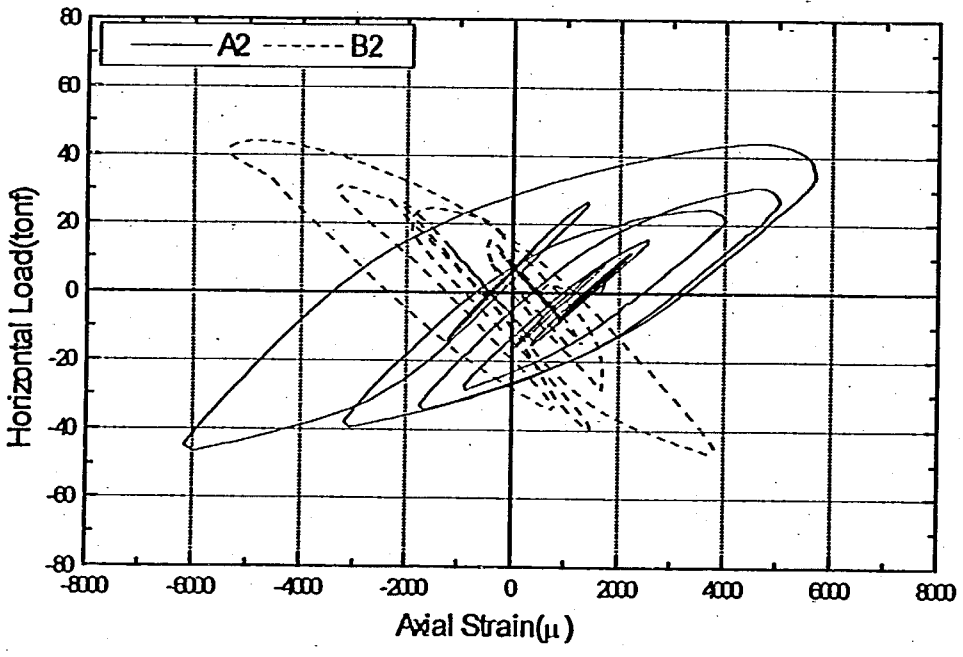
図−7．2．13　時刻歴応答変位（A1R−HN（2回目））



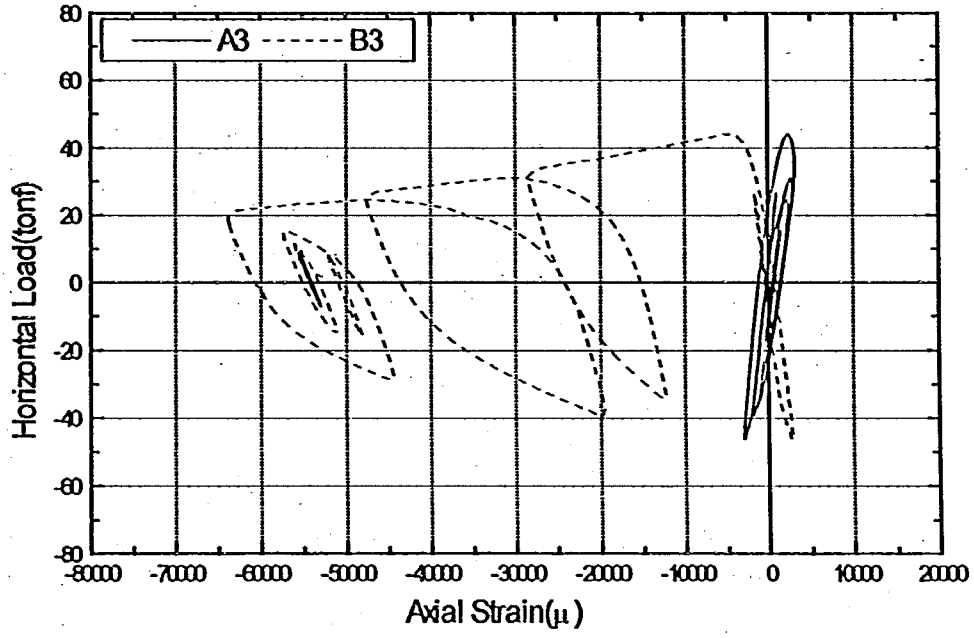
図－７．２．１４　累積エネルギー吸収量（Ａ１Ｒ－ＨＮ（２回目））



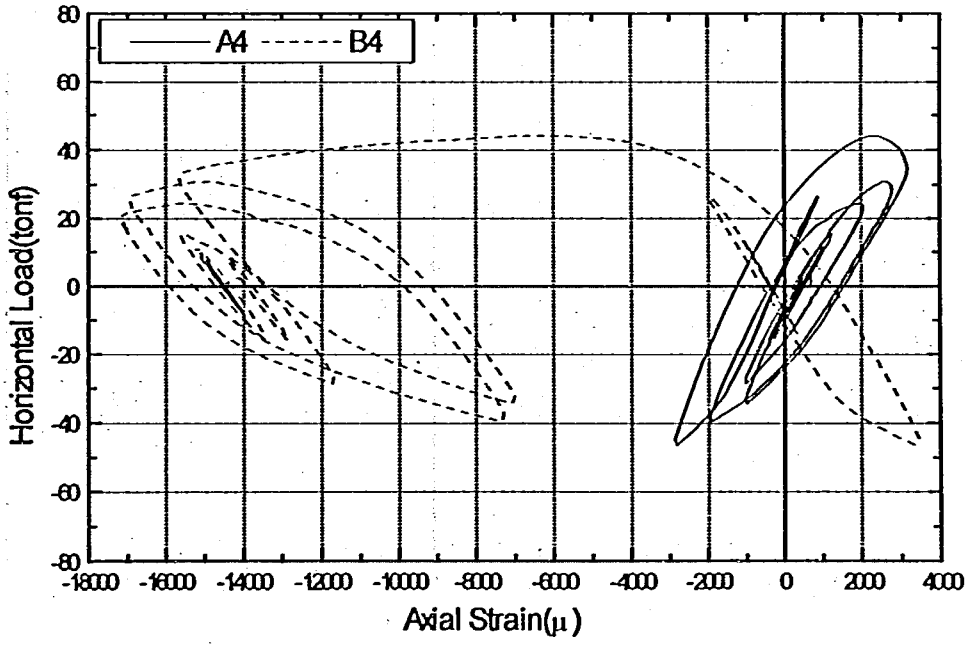
図－７．２．１５　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｒ－ＨＮ（２回目）、Ａ１＆Ｂ１）



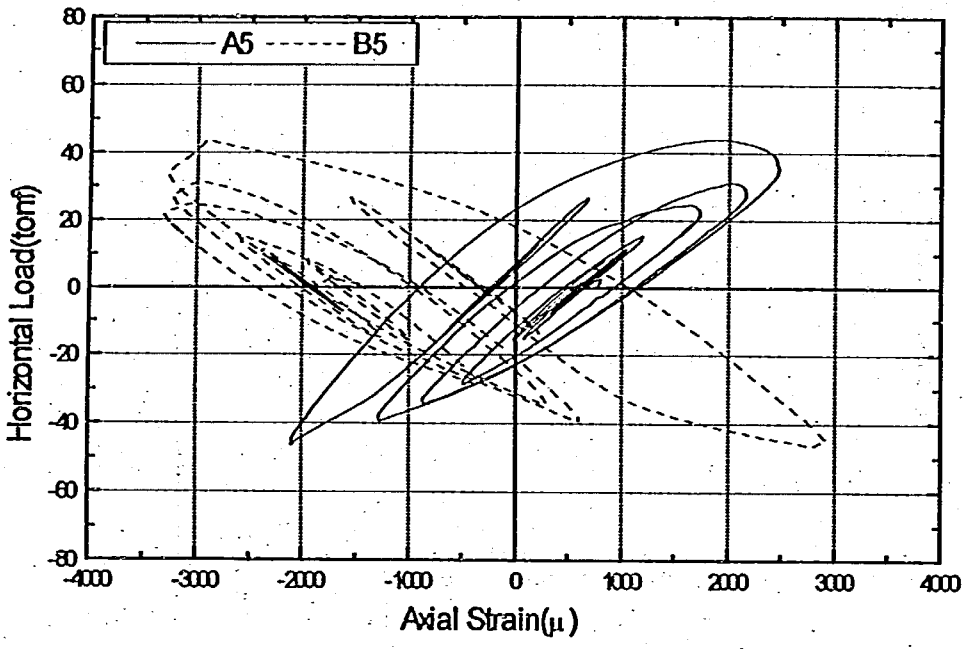
図－７．２．１６　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｒ－ＨＮ（２回目）、Ａ２＆Ｂ２）



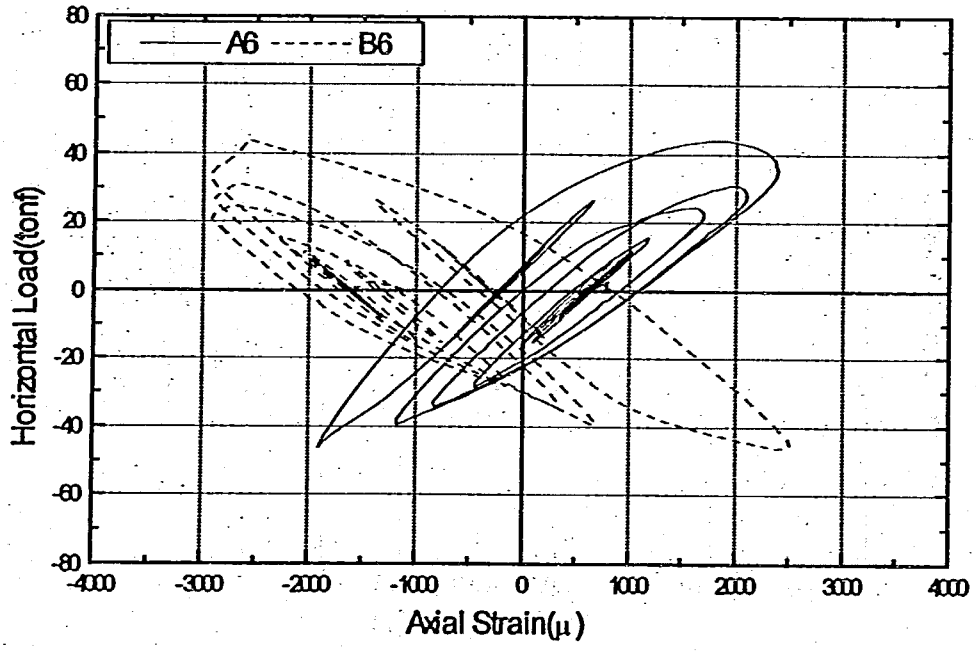
図－７．２．１７　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｒ－ＨＮ（２回目）、Ａ３＆Ｂ３）



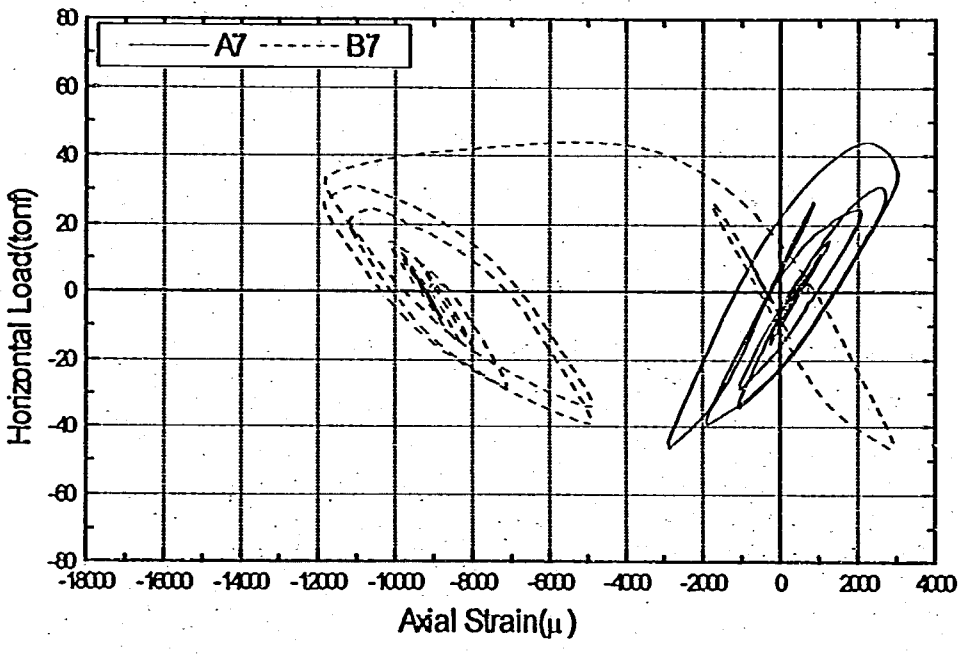
図－７．２．１８　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｒ－ＨＮ（２回目）、Ａ４＆Ｂ４）



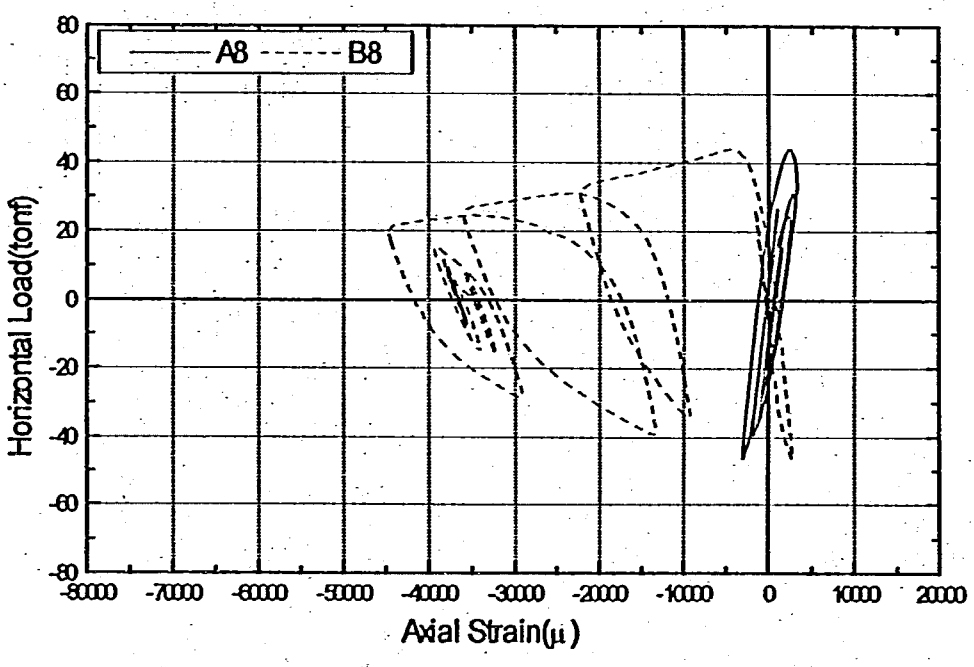
図－７．２．１９　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｒ－ＨＮ（２回目）、Ａ５＆Ｂ５）



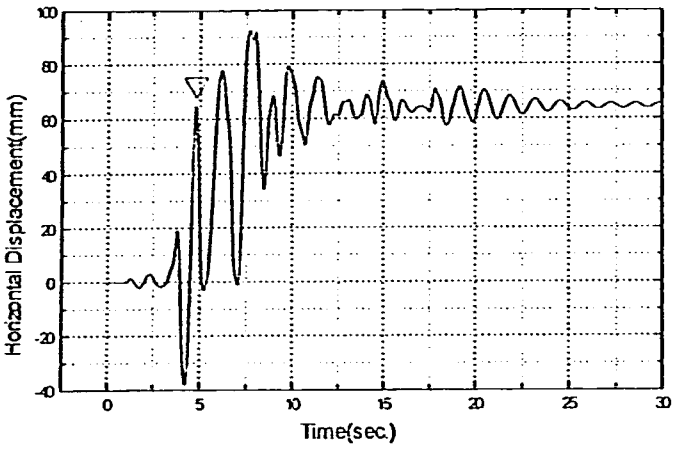
図－７．２．２０　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｒ－ＨＮ（２回目）、Ａ６＆Ｂ６）



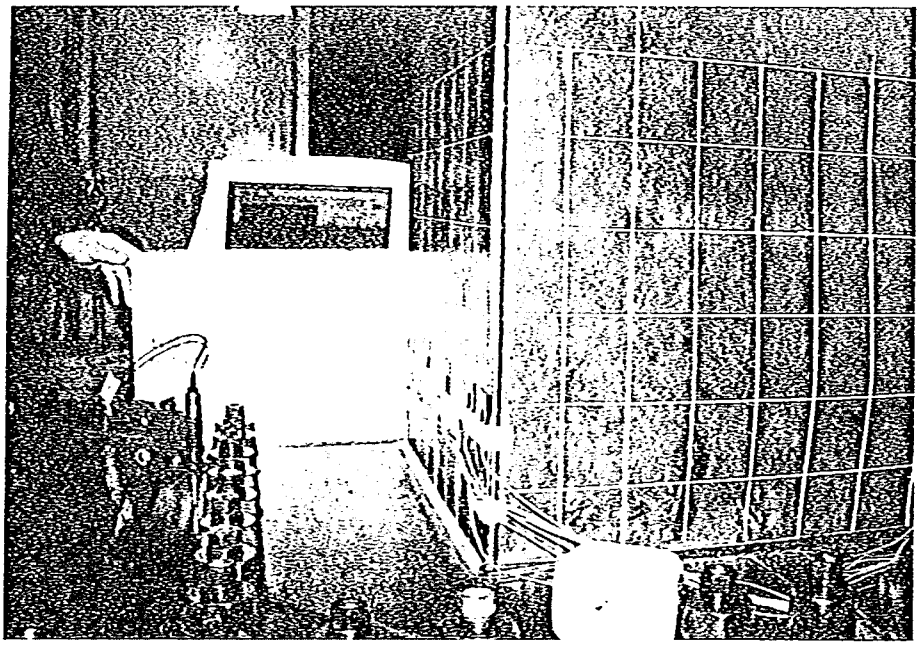
図－７．２．２１　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｒ－ＨＮ（２回目）、Ａ７＆Ｂ７）

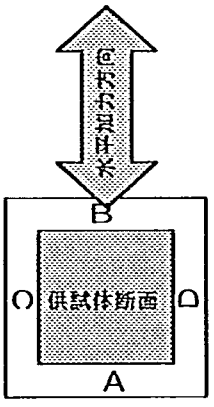


図－７．２．２２　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｒ－ＨＮ（２回目）、Ａ８＆Ｂ８）

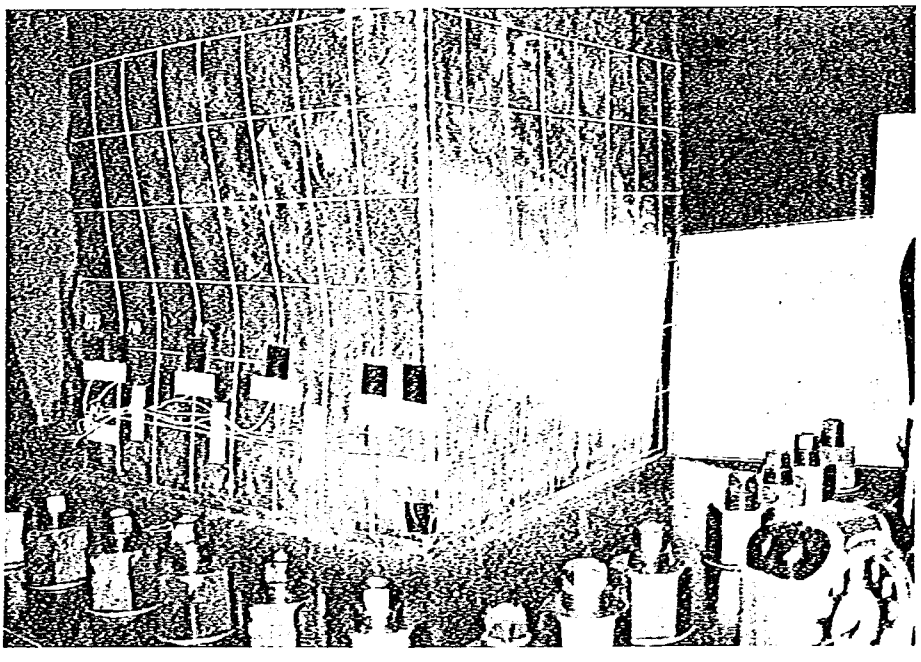


A1R－HN(2回目)

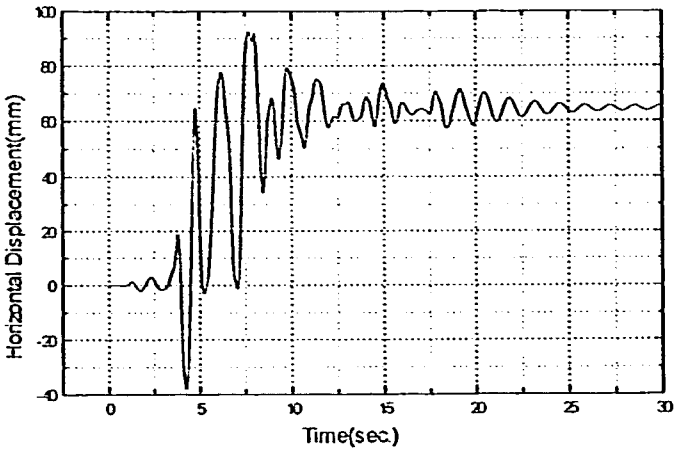


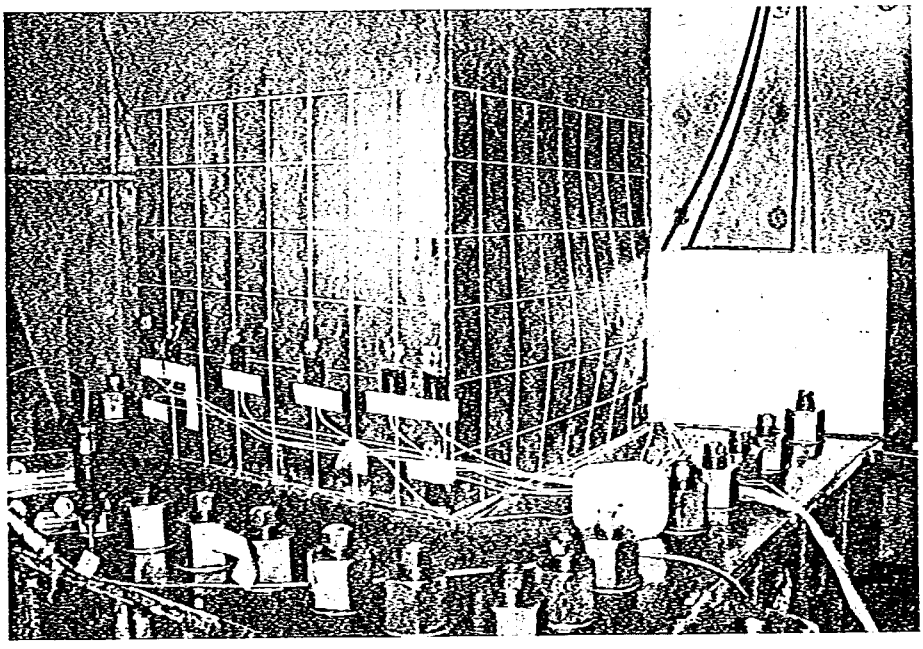


写真－7．2．5　4.8秒経過時(33.5tf, 64.6mm, A－D面)

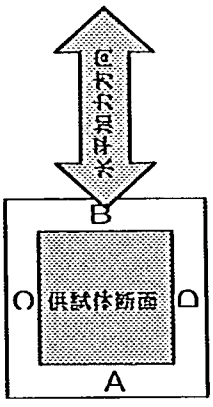


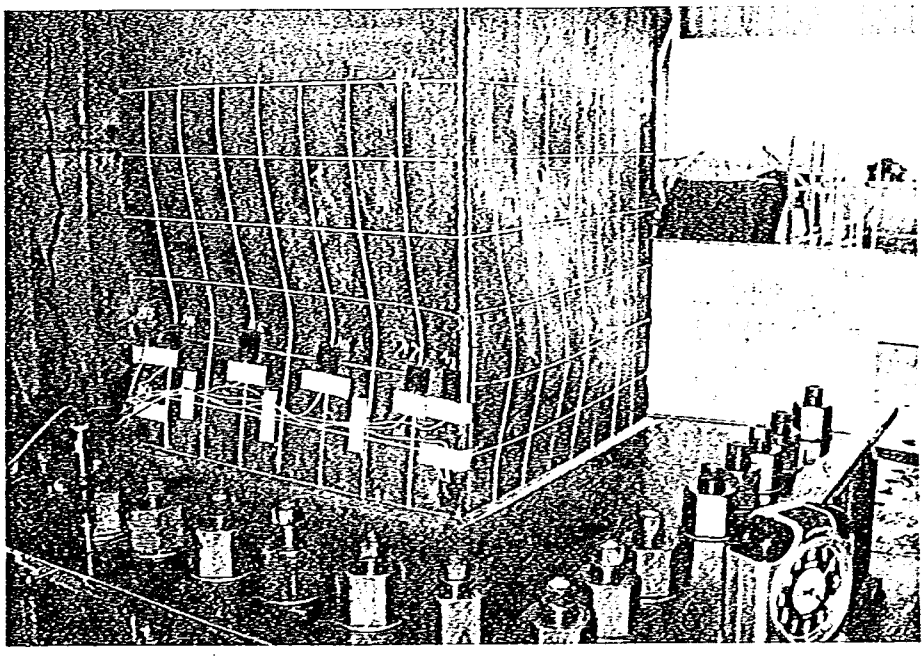
写真－7．2．6　4.8秒経過時(33.5tf, 64.6mm, B－C面)





写真－７．２．７　実験終了時(A－D面)

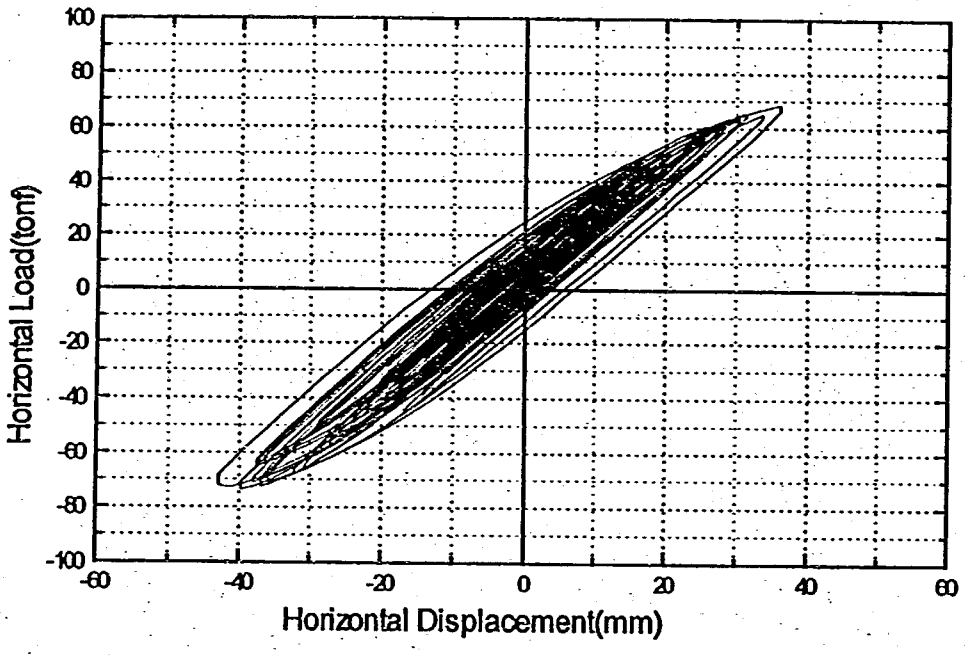




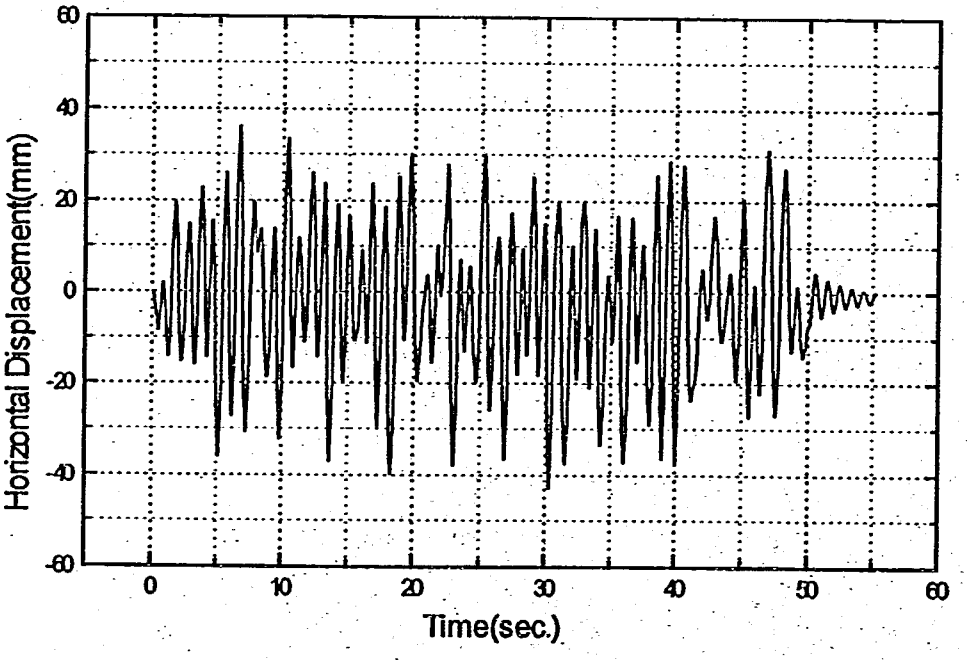
写真－７．２．８　実験終了時(B－C面)

7．3　A3Rシリーズ

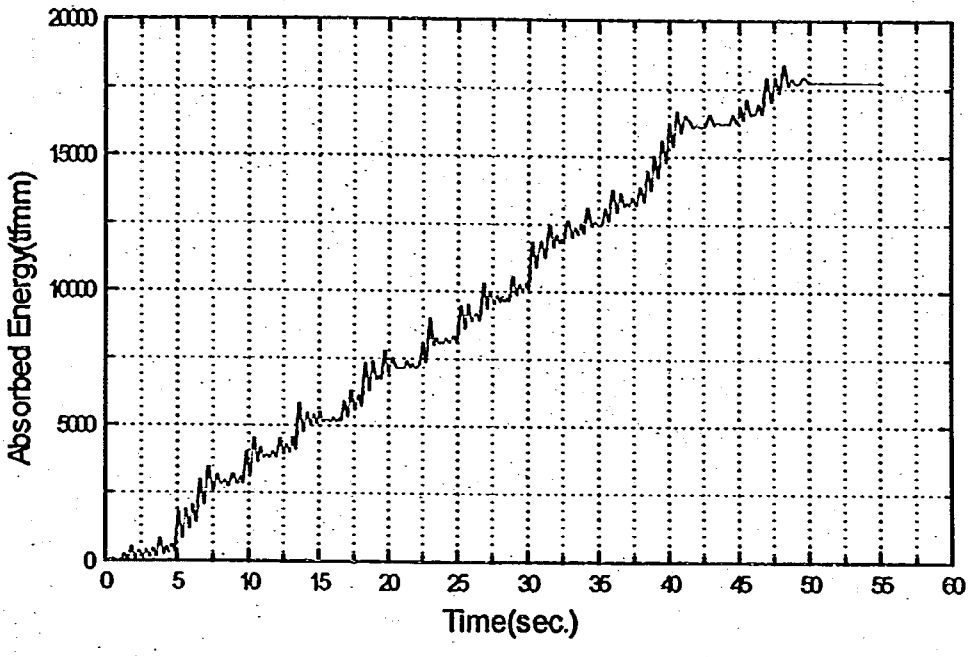
7．3．1　A3R－L2（2回目）



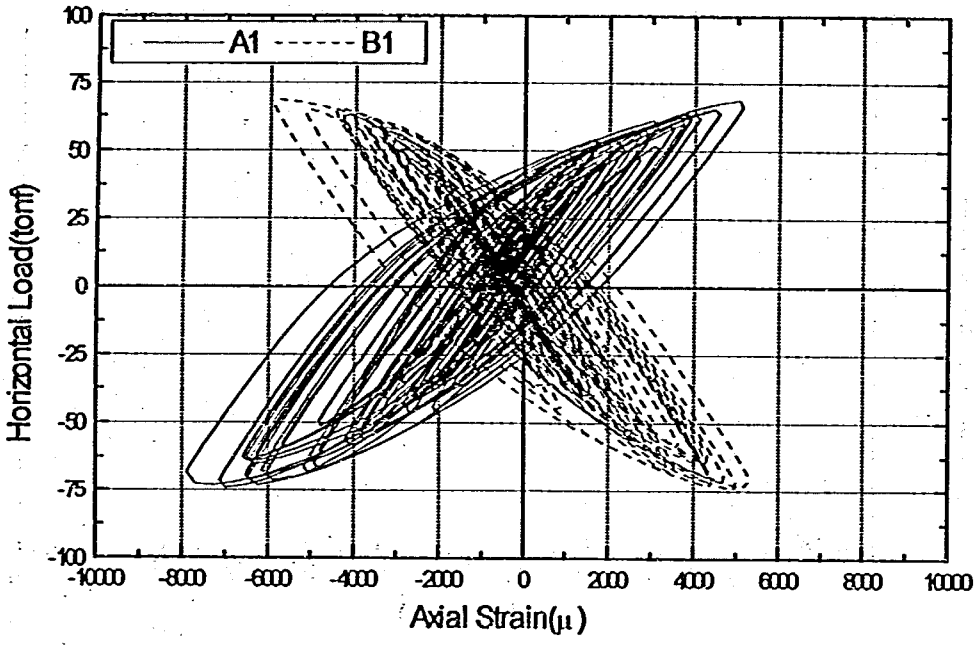
図－7．3．1　水平荷重－変位履歴曲線（A3R－L2（2回目））



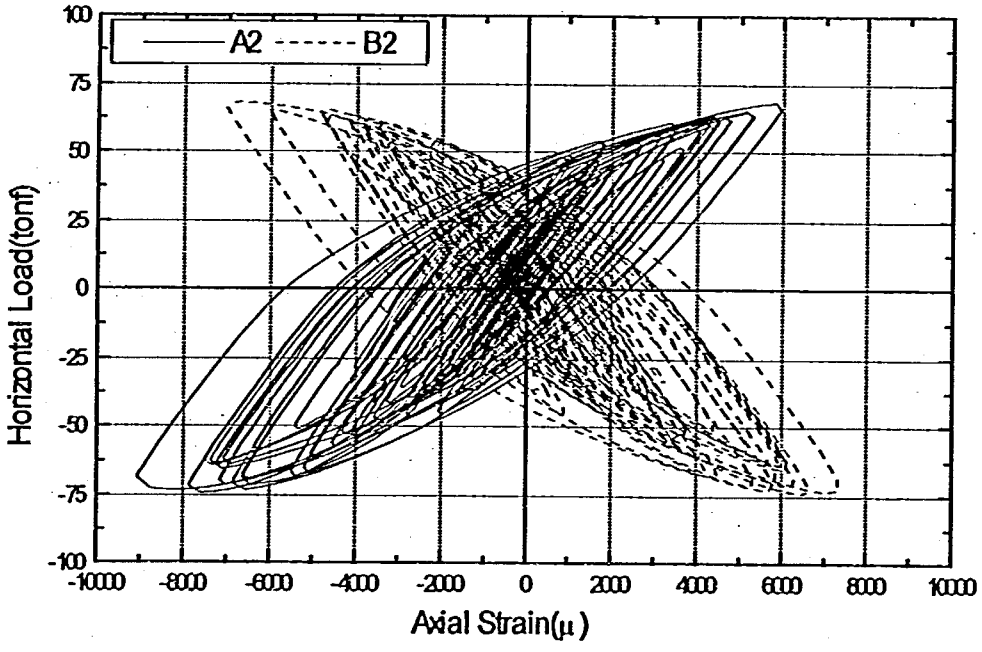
図－7．3．2　時刻歴応答変位（A3R－L2（2回目））



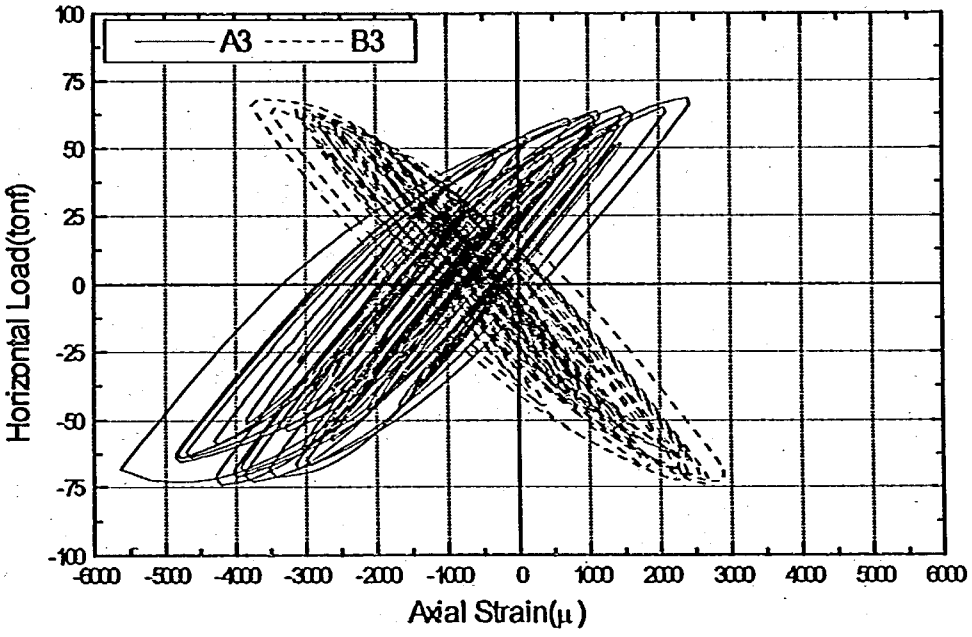
図－７．３．３　累積エネルギー吸収量（Ａ３Ｒ－Ｌ２（２回目））



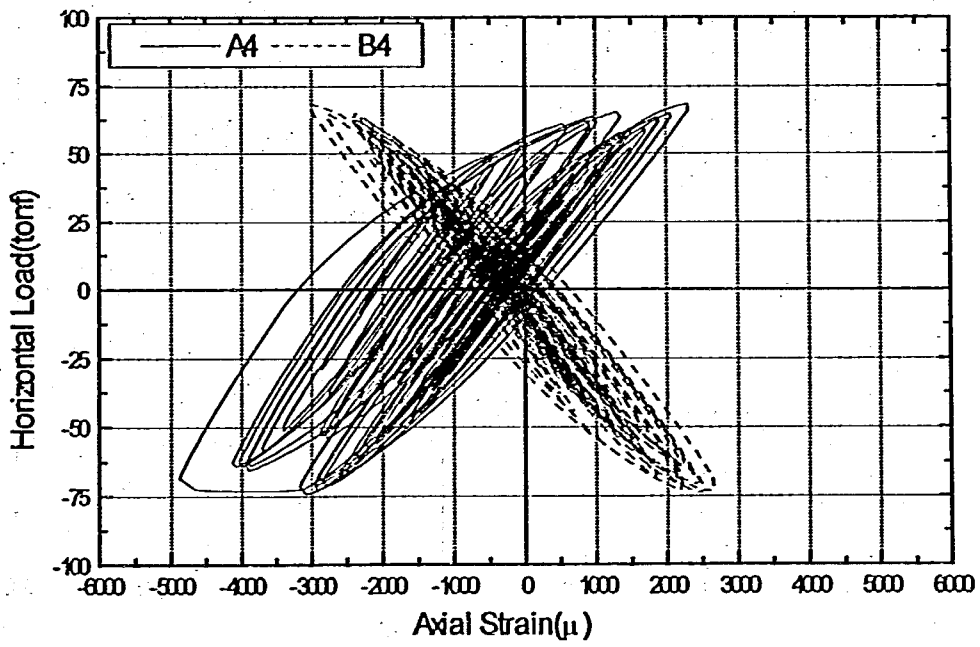
図－７．３．４　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－Ｌ２（２回目）、Ａ１＆Ｂ１）



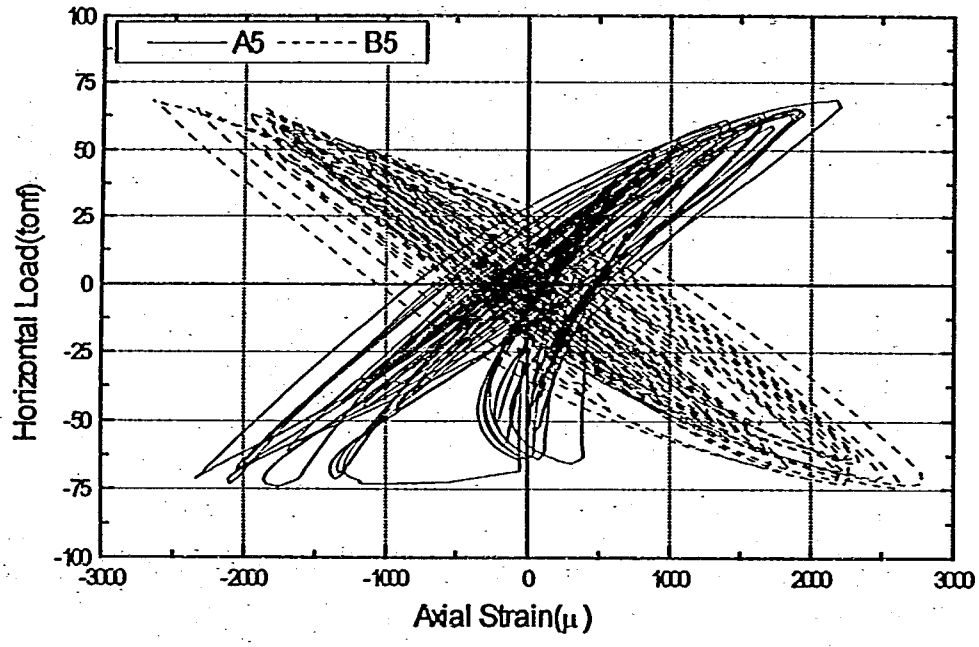
図－７．３．５　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－Ｌ２（２回目）、Ａ２＆Ｂ２）



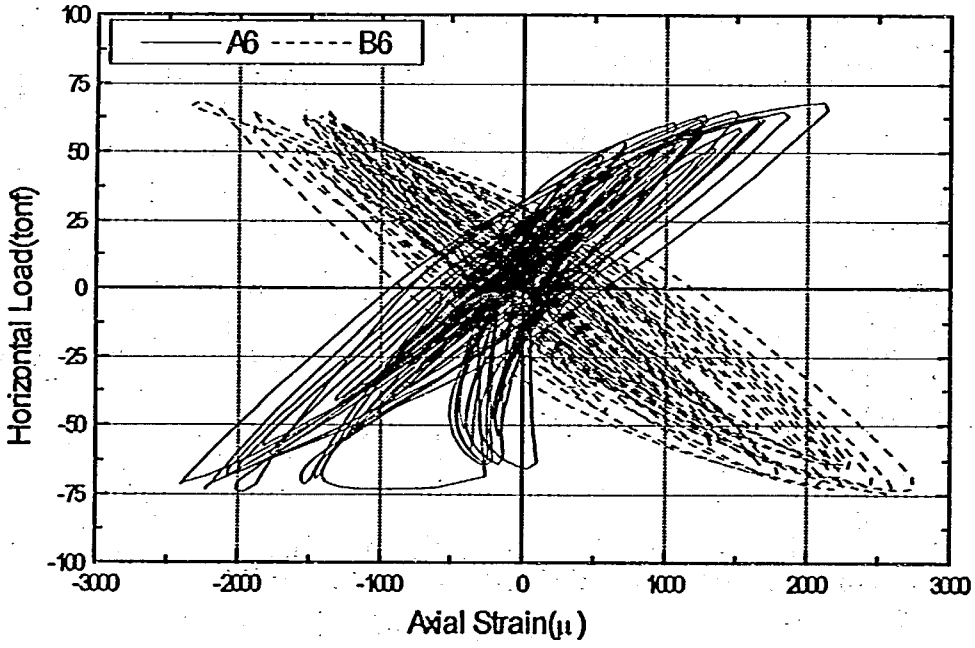
図－７．３．６　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－Ｌ２（２回目）、Ａ３＆Ｂ３）



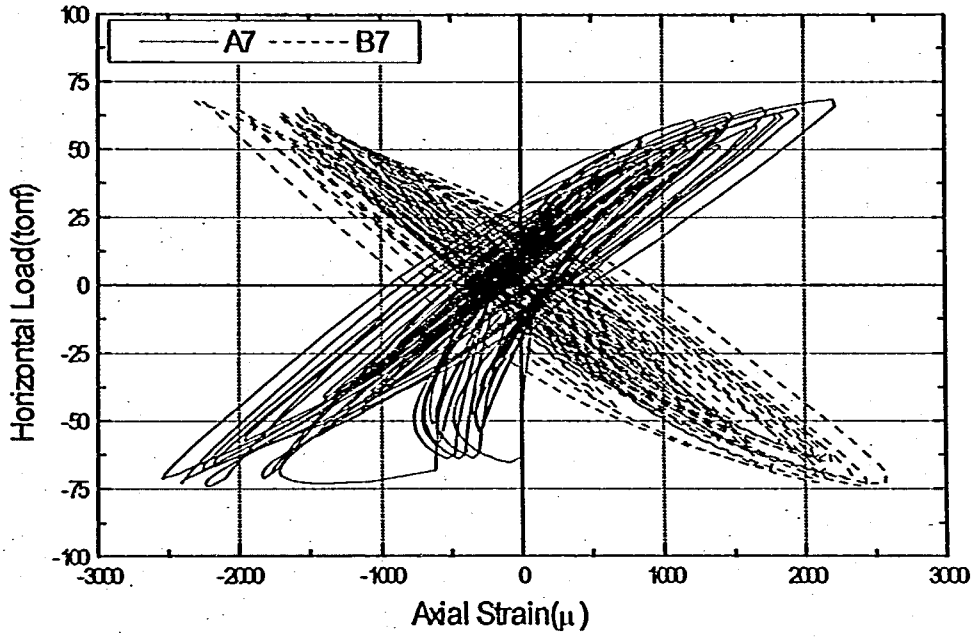
図－７．３．７　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－Ｌ２（２回目）、Ａ４＆Ｂ４）



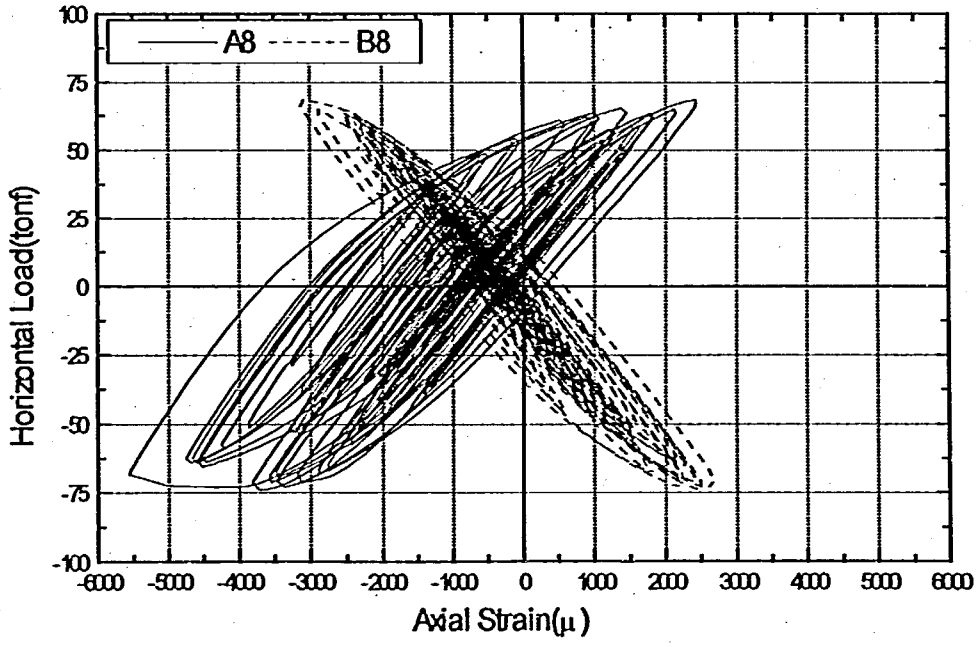
図－７．３．８　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－Ｌ２（２回目）、Ａ５＆Ｂ５）



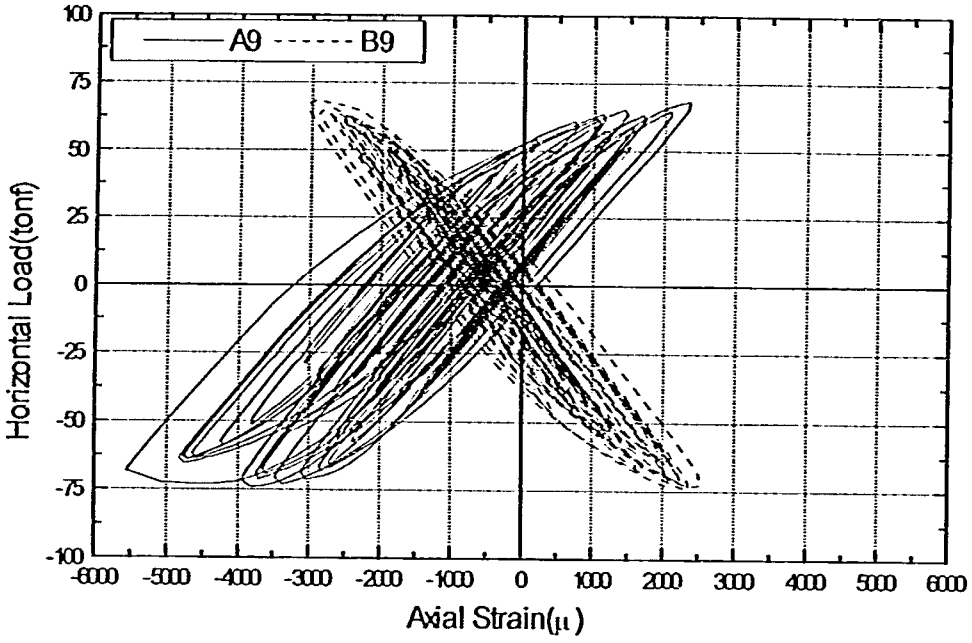
図－７．３．９　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－Ｌ２（２回目）、Ａ６＆Ｂ６）



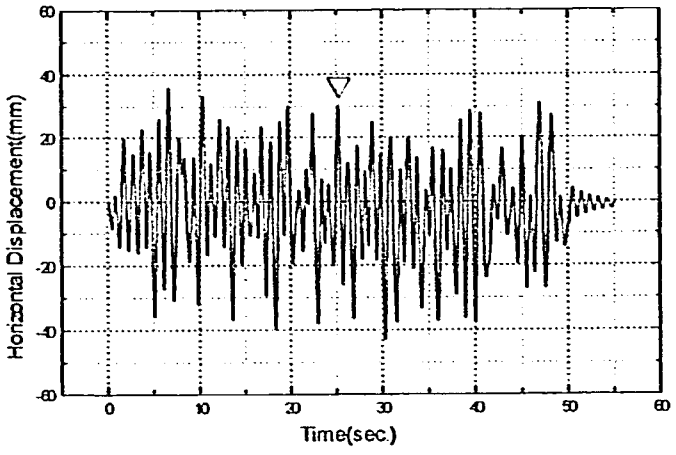
図－７．３．１０　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－Ｌ２（２回目）、Ａ７＆Ｂ７）



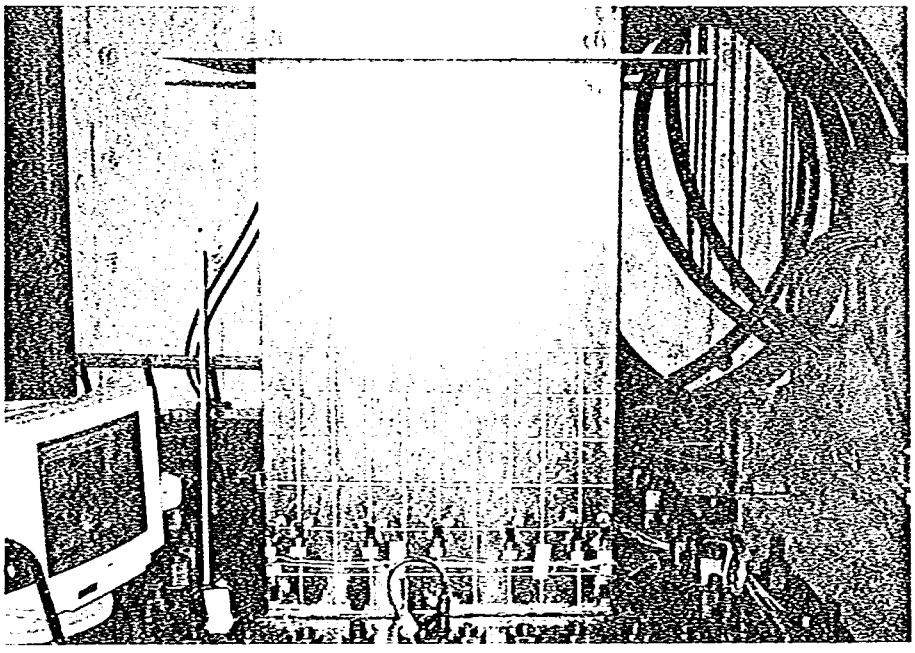
図－７．３．１１　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－Ｌ２（２回目）、Ａ８＆Ｂ８）



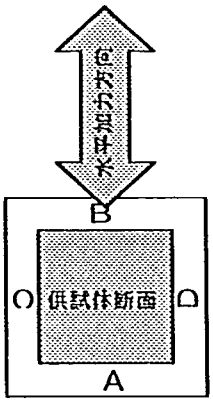
図－７．３．１２　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－Ｌ２（２回目）、Ａ９＆Ｂ９）

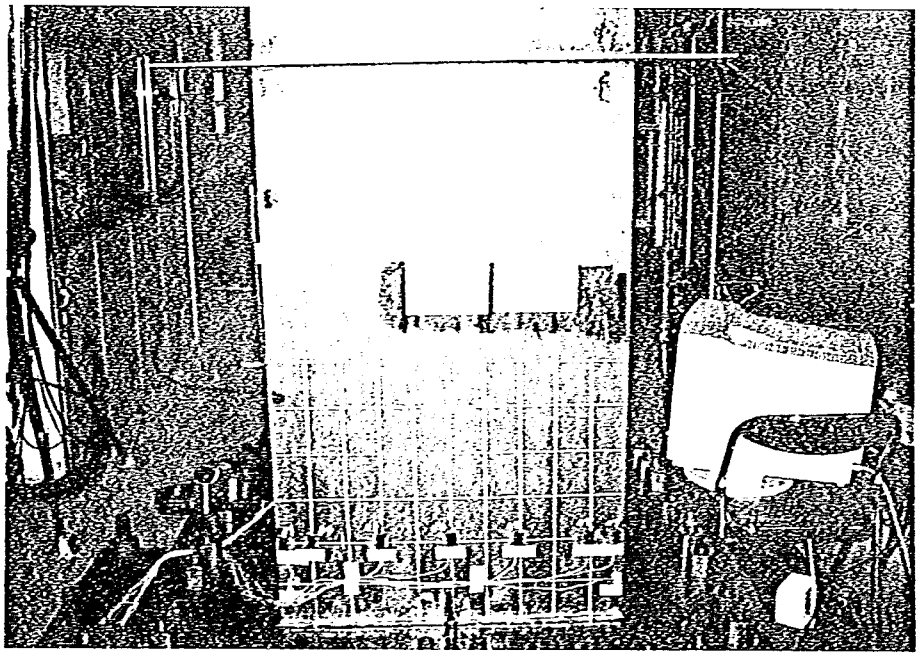


A３R－L２(２回目)

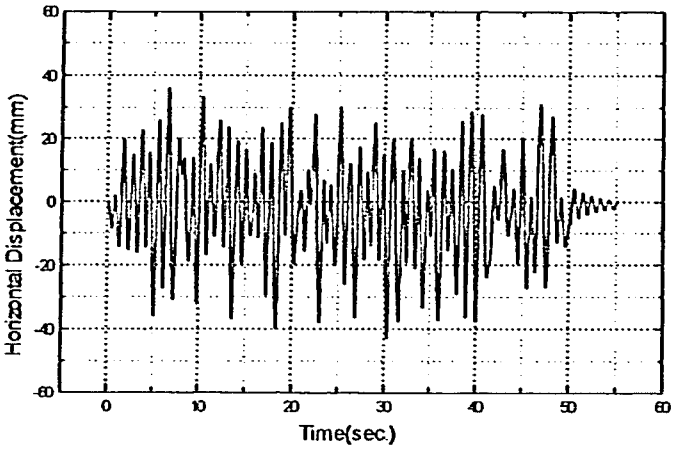


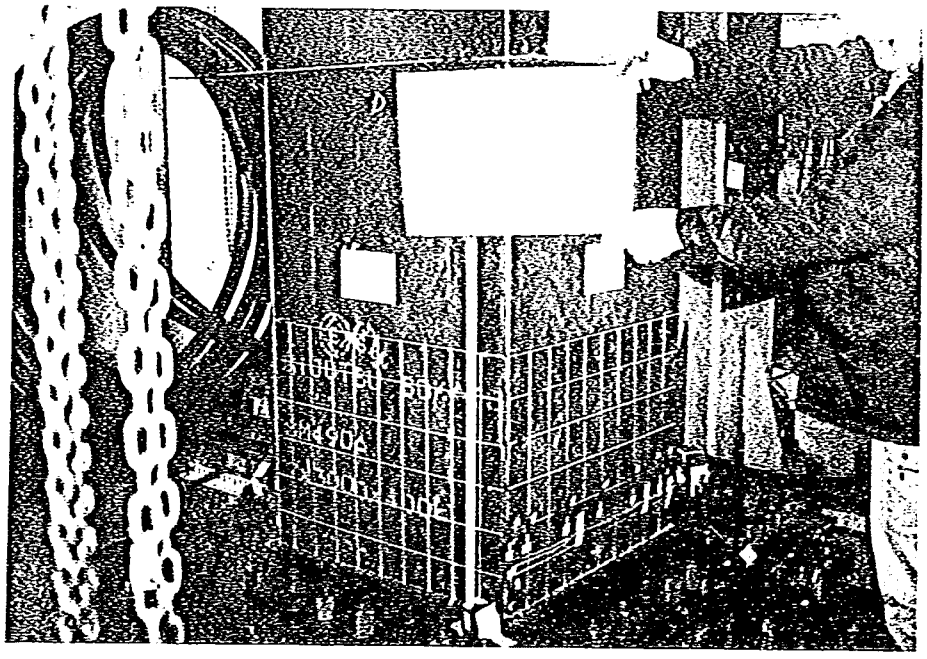
写真－７．３．１　25 秒経過時(A面)

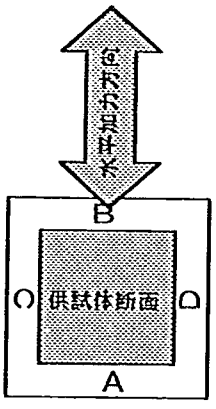




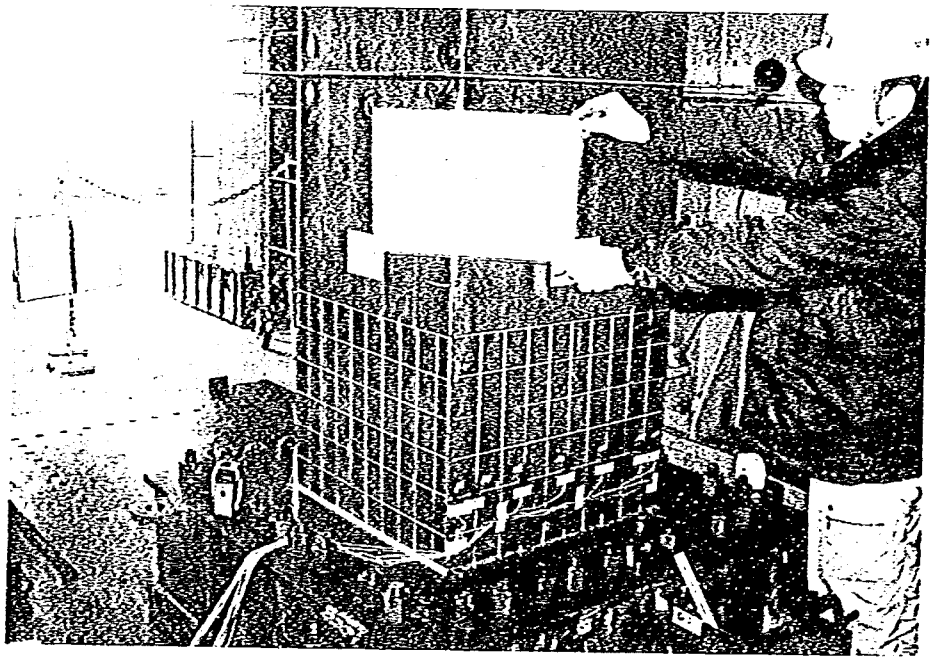
写真－７．３．２　25 秒経過時(B面)





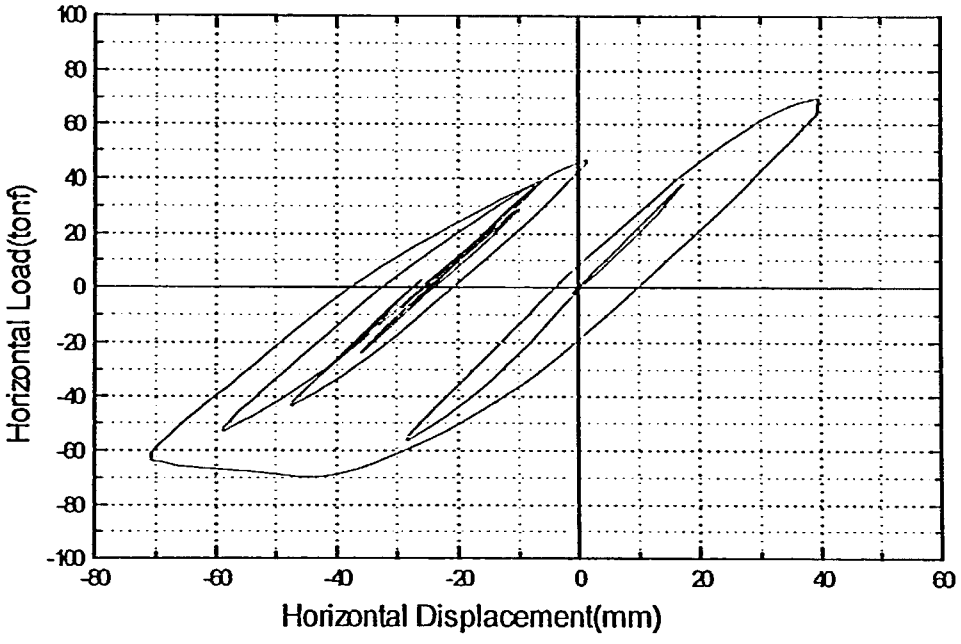


写真－7．3．3　実験終了時(A－C面)

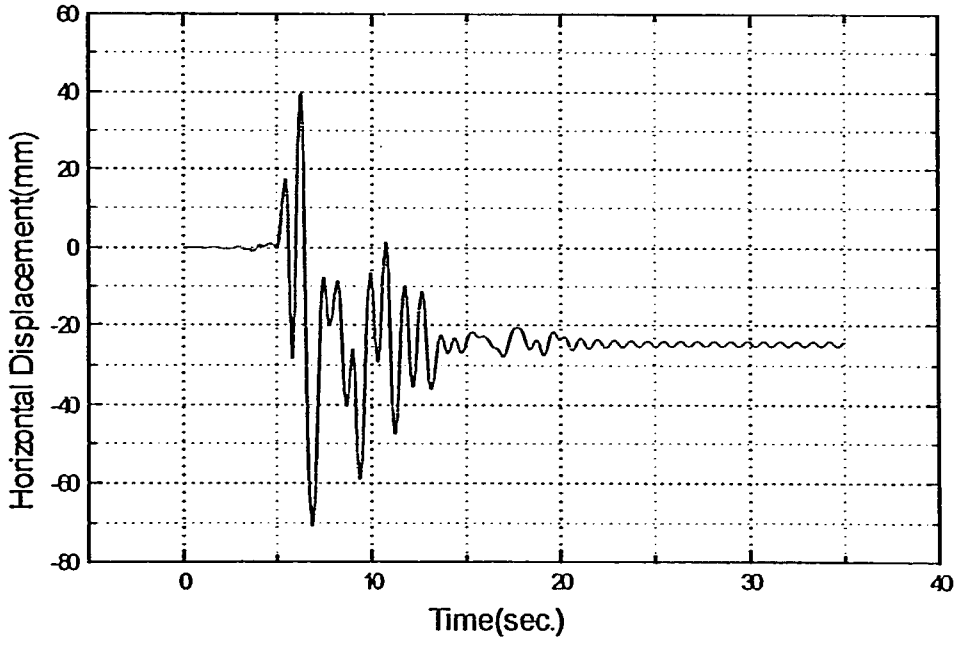


写真－7．3．4　実験終了時(B－D面)

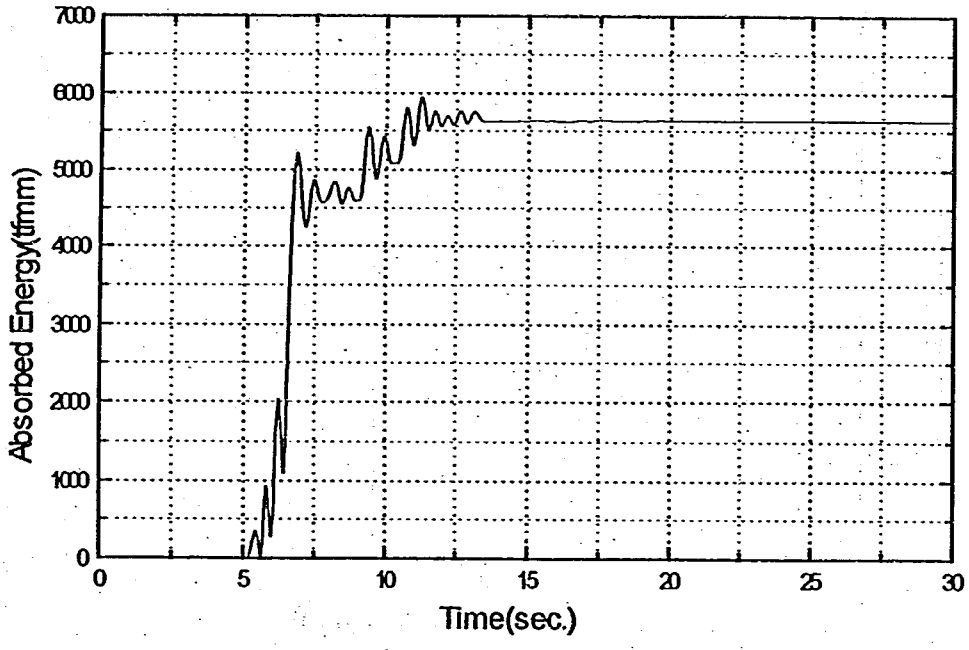
7．3．2　A3R－L2（3回目）



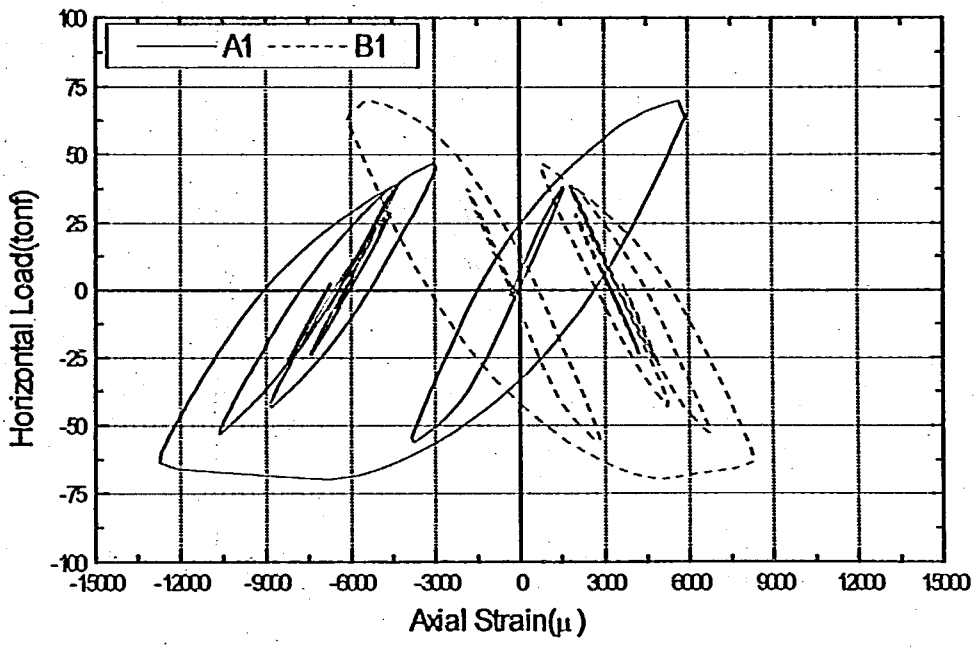
図－7．3．13　水平荷重－変位履歴曲線（A3R－L2（3回目）HN）



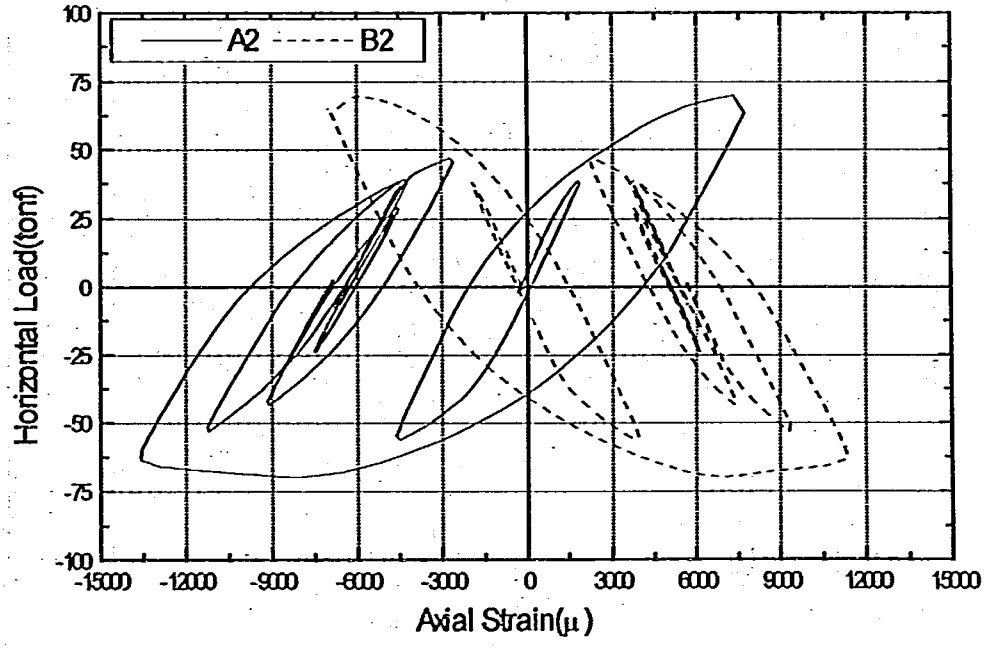
図－7．3．14　時刻歴応答変位（A3R－L2（3回目）HN）



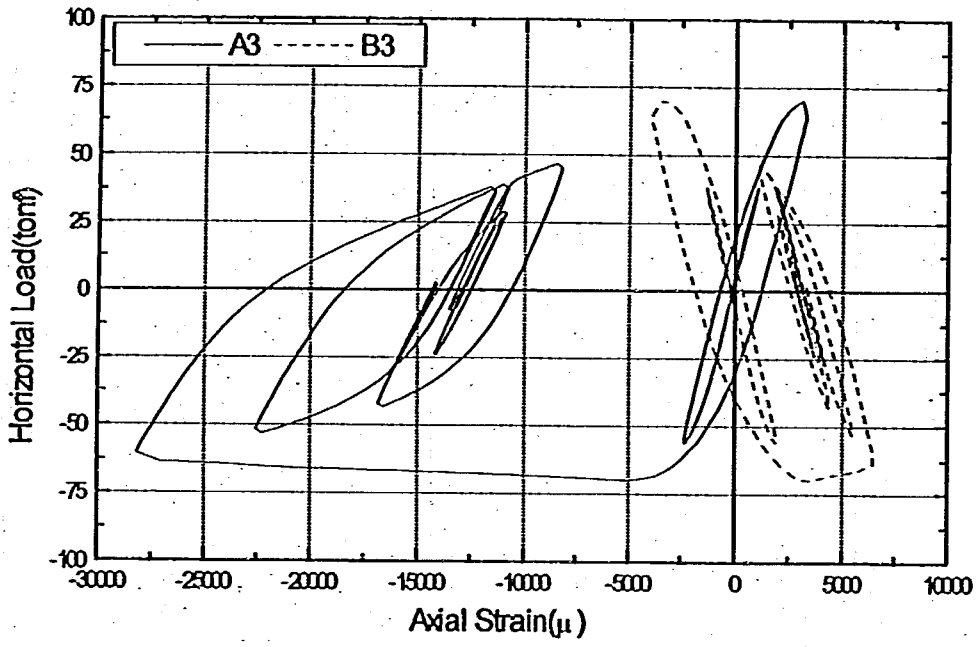
図－７．３．１５　累積エネルギー吸収量（Ａ３Ｒ－Ｌ２（３回目）ＨＮ）



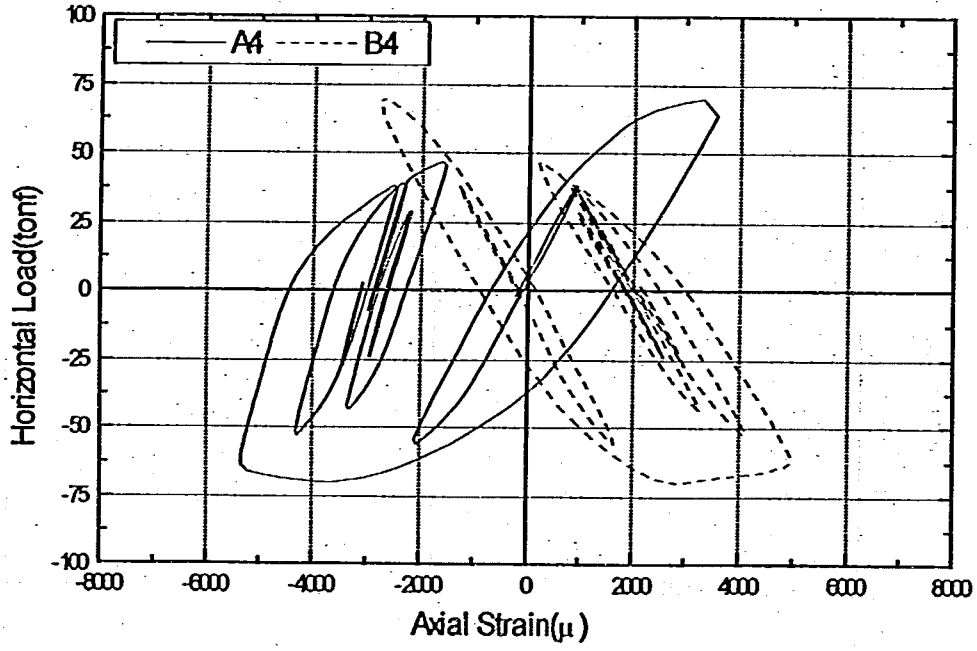
図－７．３．１６　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－Ｌ２（３回目）ＨＮ、Ａ１＆Ｂ１）



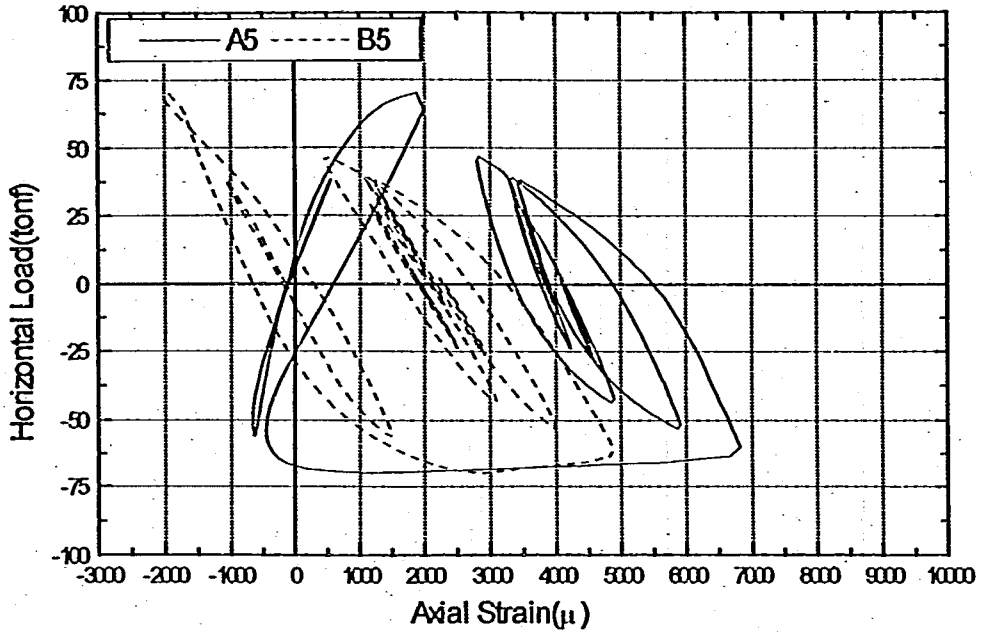
図－７．３．１７　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－Ｌ２（３回目）ＨＮ、Ａ２＆Ｂ２）



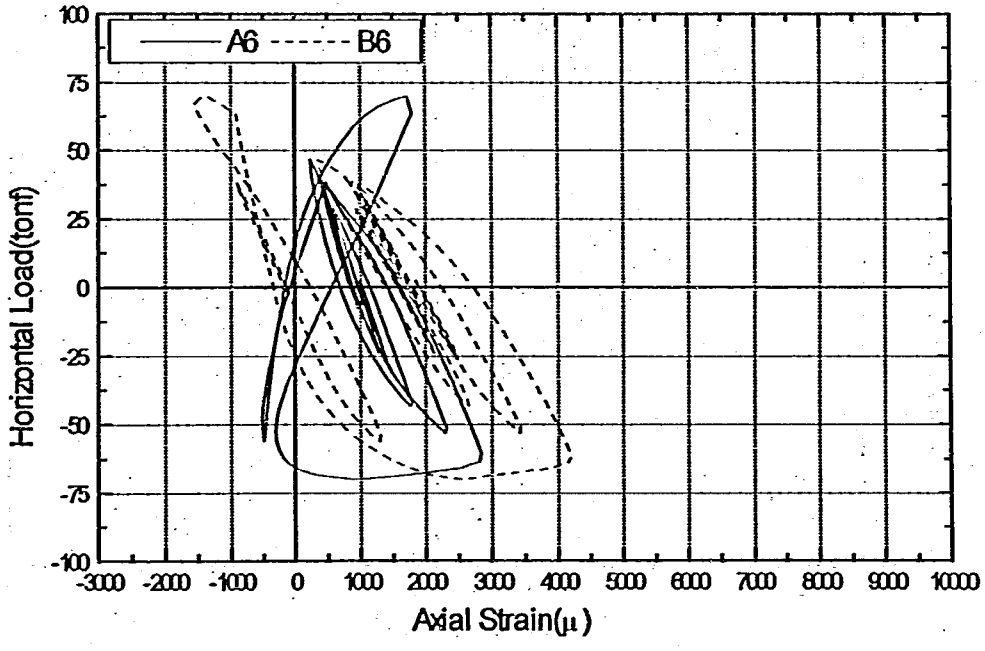
図－７．３．１８　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－Ｌ２（３回目）ＨＮ、Ａ３＆Ｂ３）



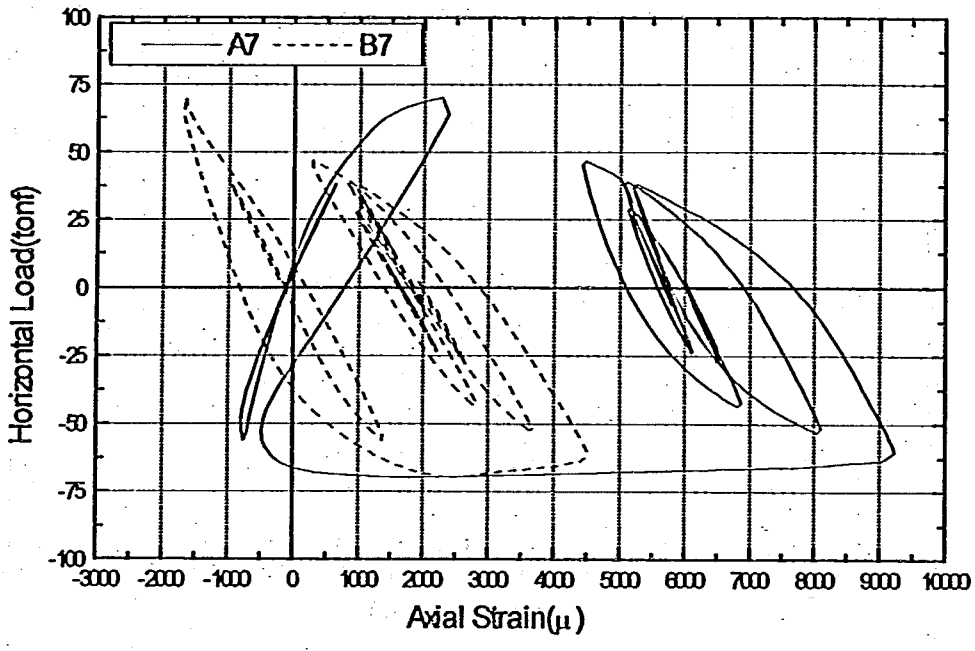
図－７．３．１９　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－Ｌ２（３回目）ＨＮ、Ａ４＆Ｂ４）



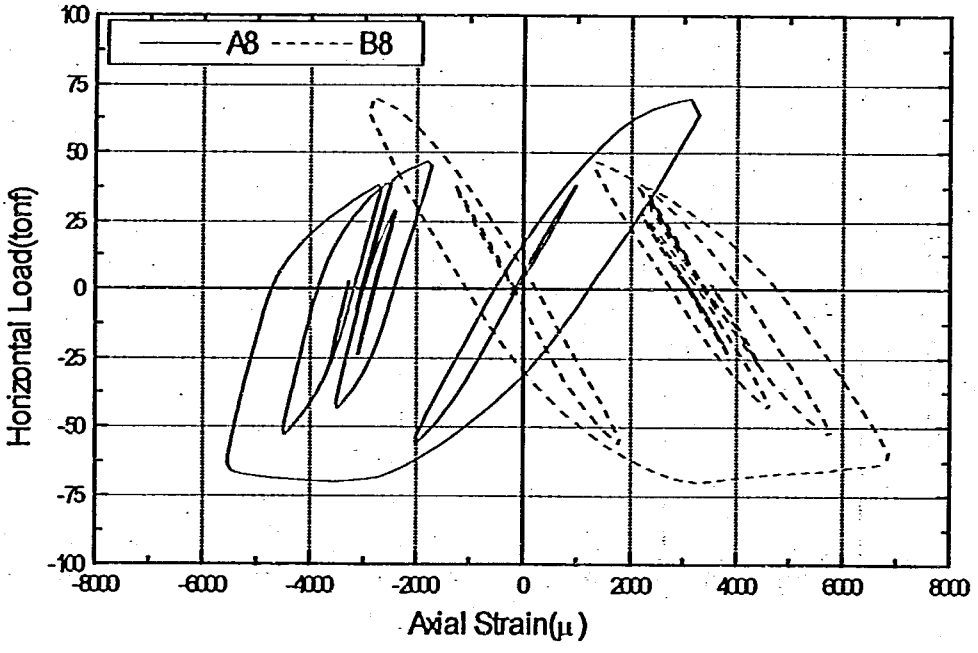
図－7．3．20　水平荷重－ひずみ関係（A3R－L2（3回目）HN、A5&B5）



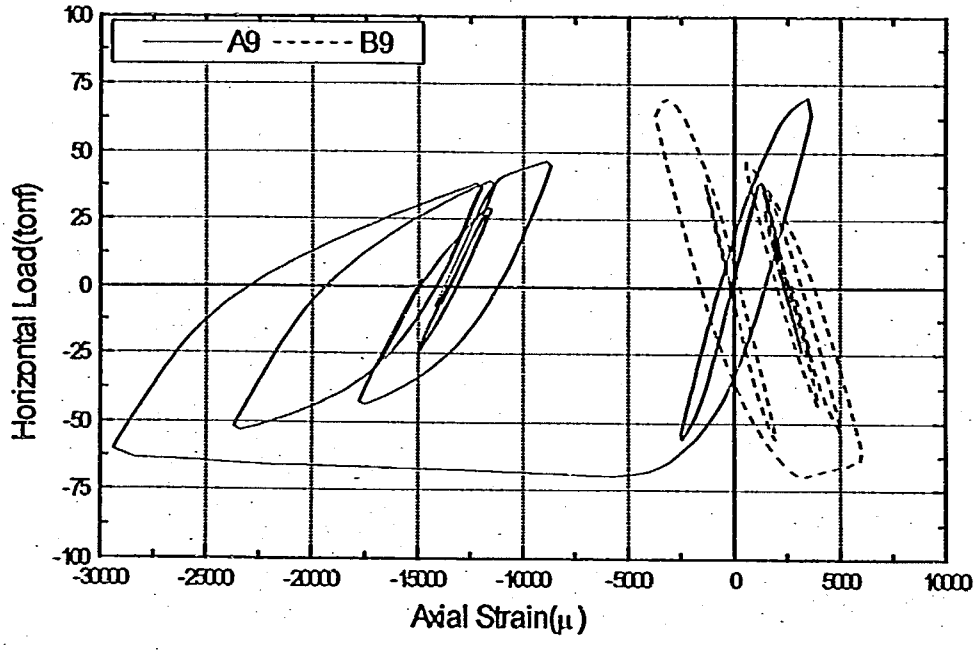
図－7．3．21　水平荷重－ひずみ関係（A3R－L2（3回目）HN、A6&B6）



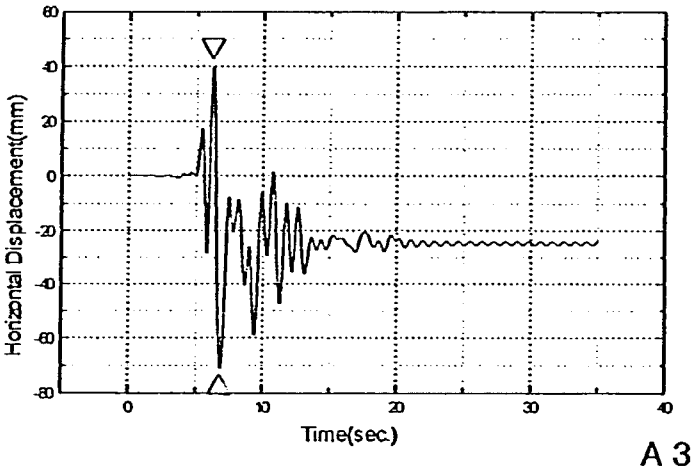
図－７．３．２２　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－Ｌ２（３回目）ＨＮ、Ａ７&Ｂ７）



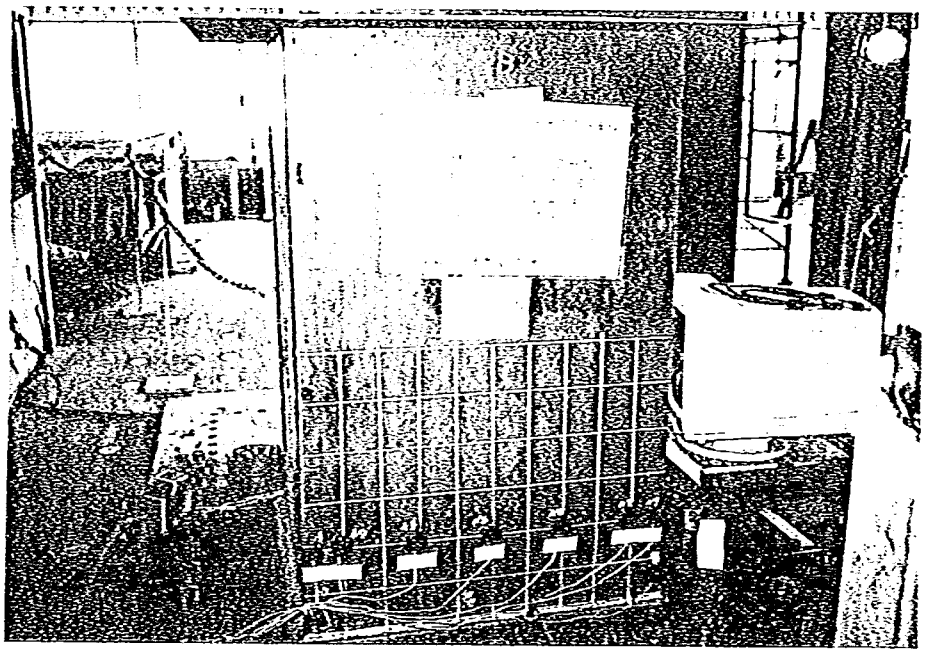
図－７．３．２３　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－Ｌ２（３回目）ＨＮ、Ａ８&Ｂ８）

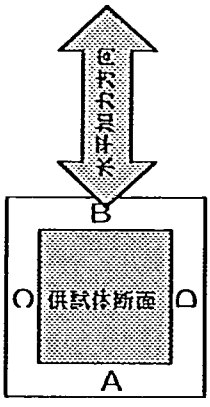


図－７．３．２４　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－Ｌ２（３回目）ＨＮ、Ａ９＆Ｂ９）

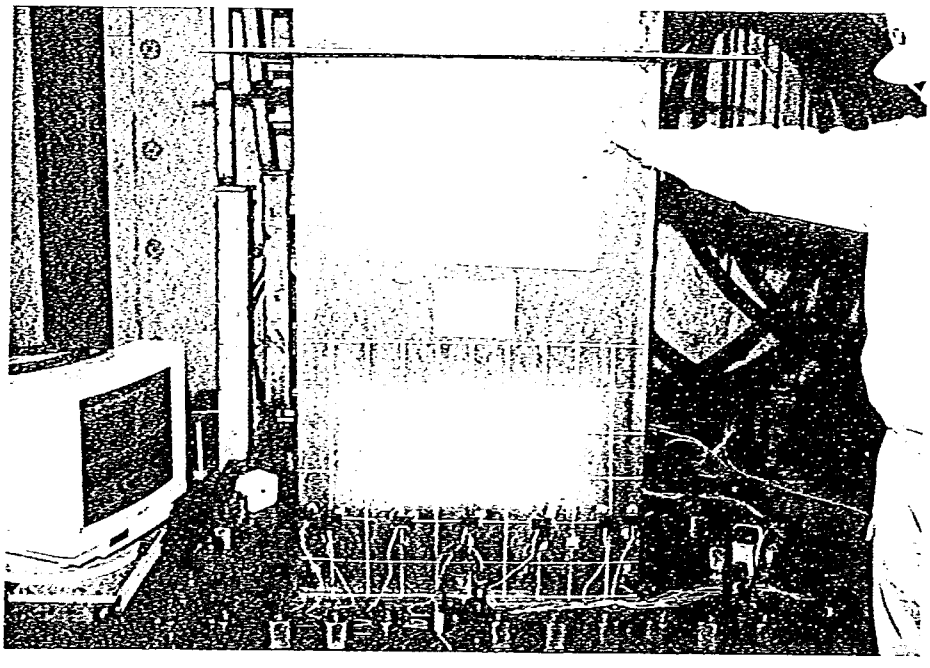


A3R－L2(3回目)HN

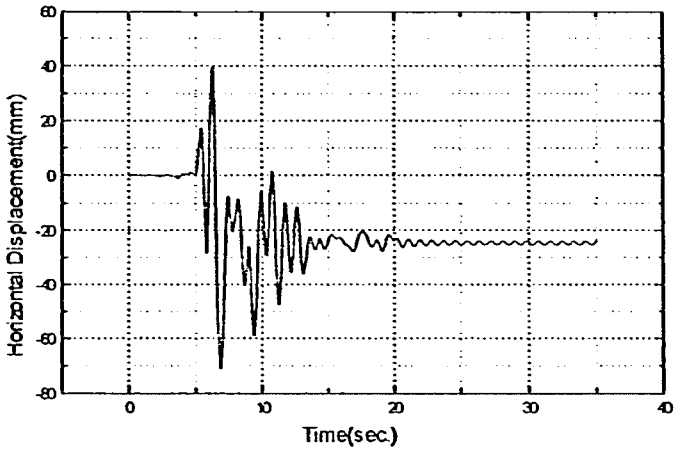


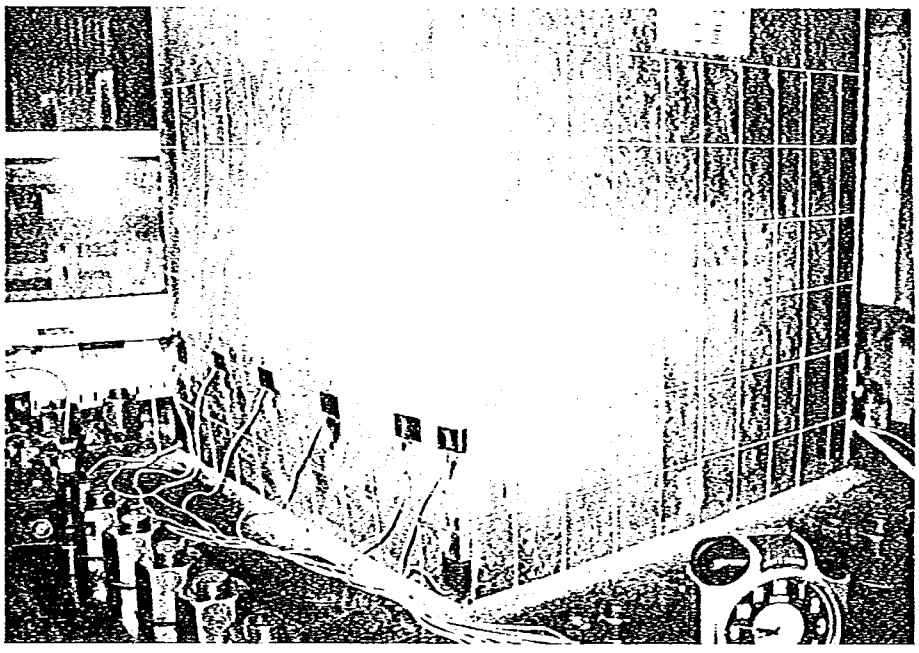


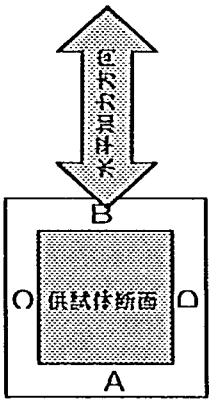
写真－7．3．5　6.26秒経過時(70.4tf, 39.6mm, B面)



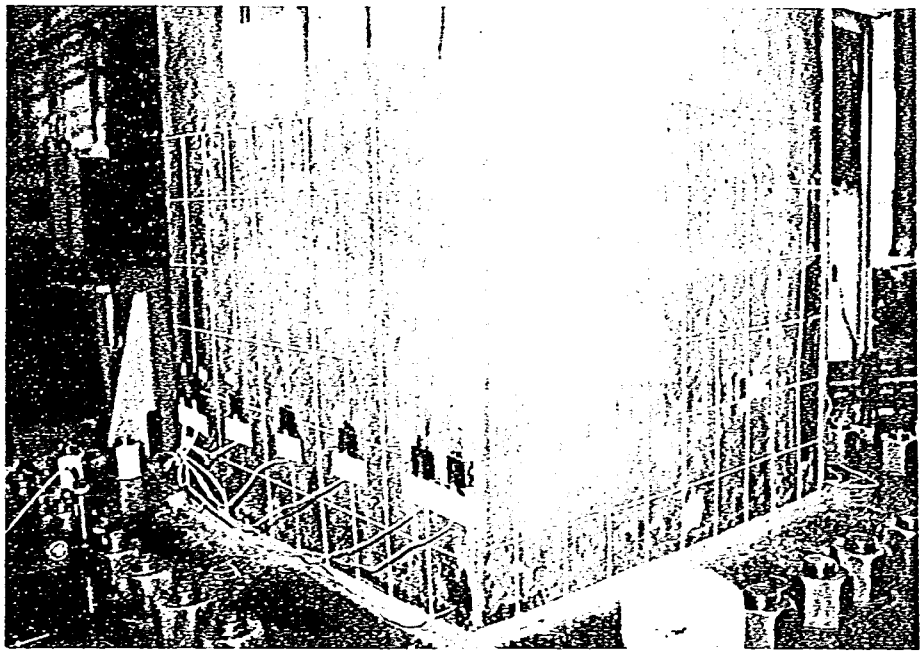
写真－7．3．6　6.87秒経過時(-63.6tf, -70.8mm, A面)





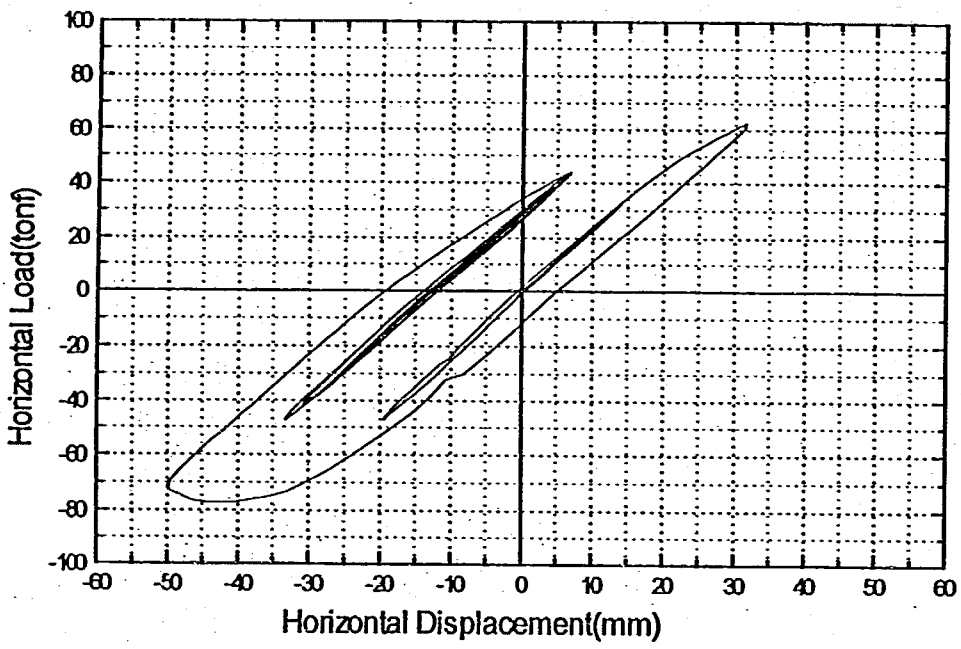


写真－７．３．７　実験終了時(A－D面)

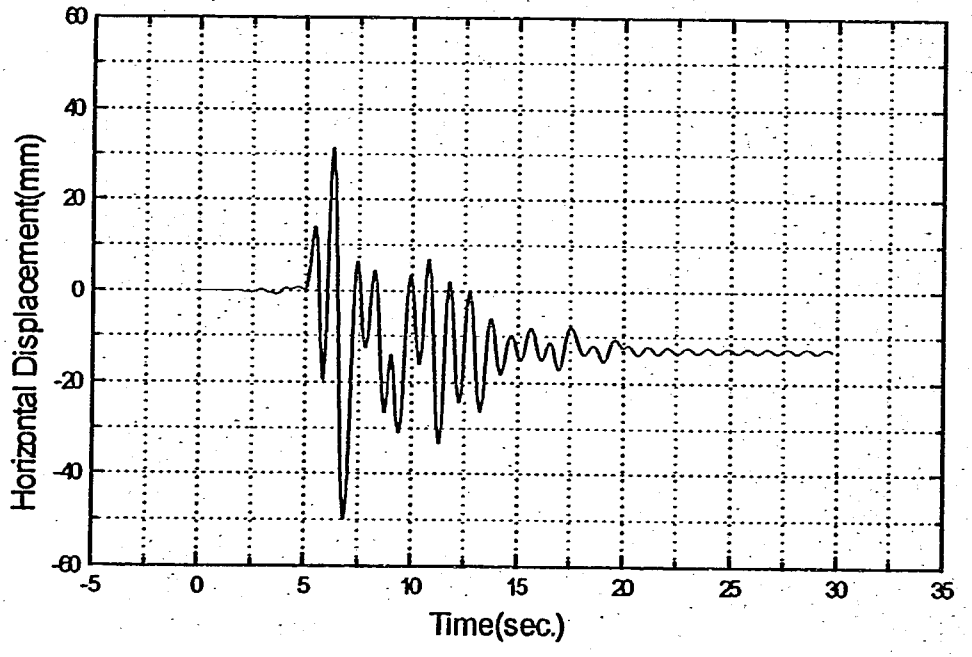


写真－７．３．８　実験終了時(B－C面)

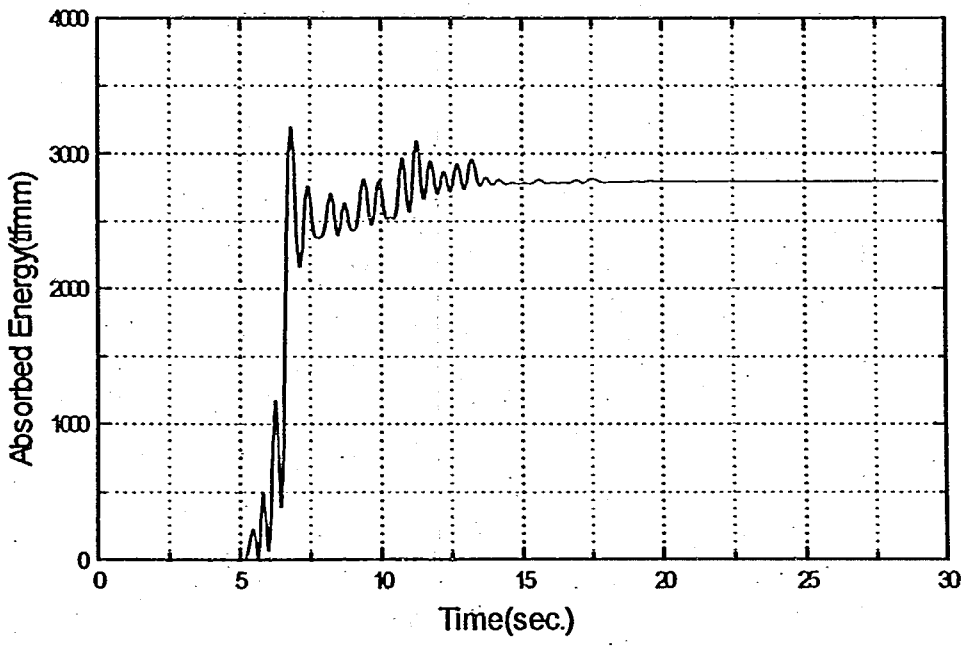
7．3．3　A3R−HN（2回目）



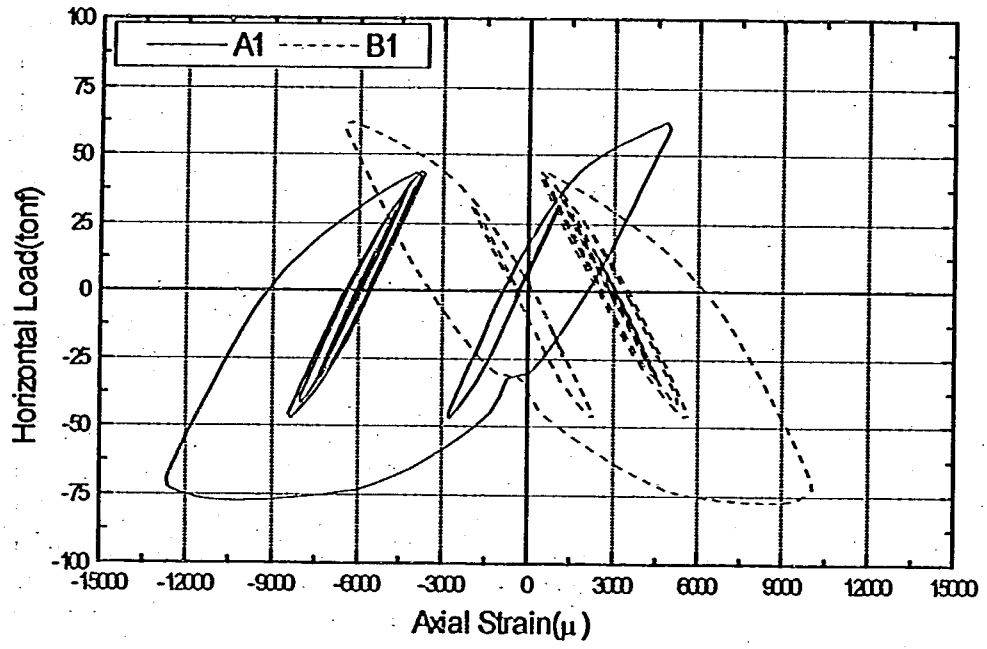
図−7．3．25　水平荷重−変位履歴曲線（A3R−HN（2回目））



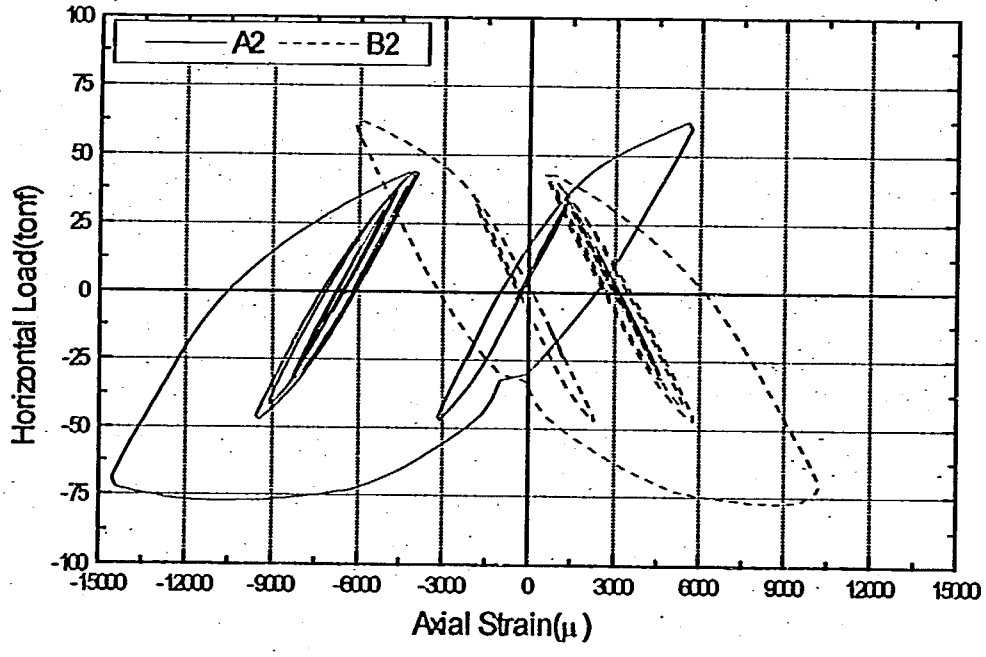
図−7．3．26　時刻歴応答変位（A3R−HN（2回目））



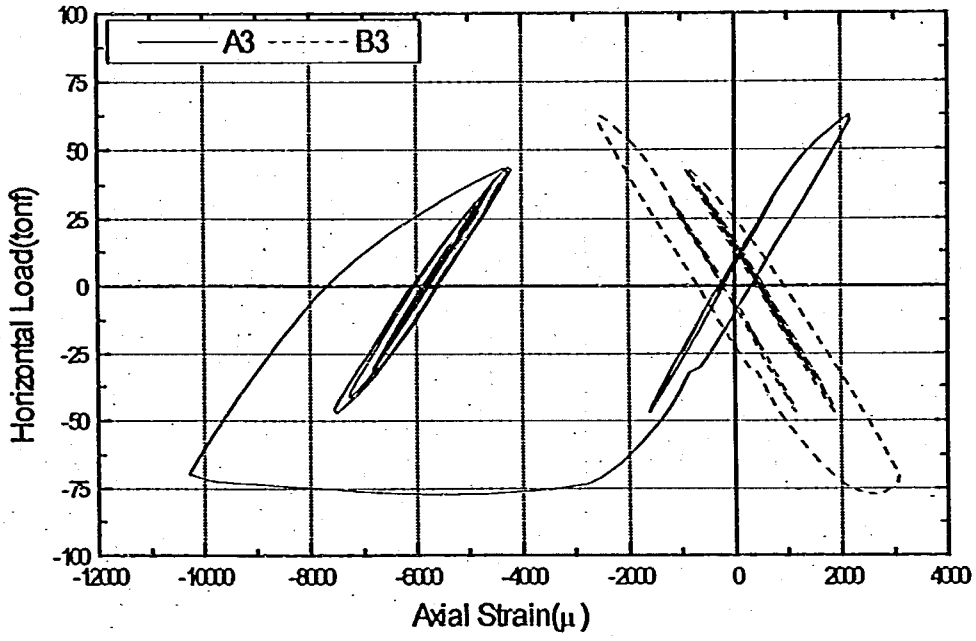
図－７．３．２７　累積エネルギー吸収量（Ａ３Ｒ－ＨＮ（２回目））



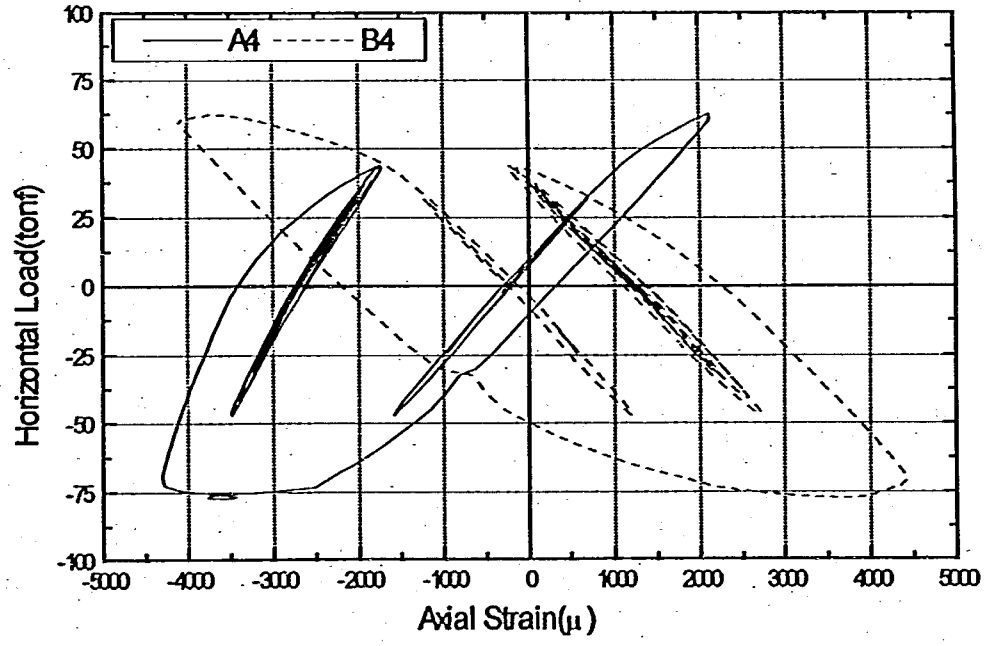
図－７．３．２８　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－ＨＮ（２回目）、Ａ１＆Ｂ１）



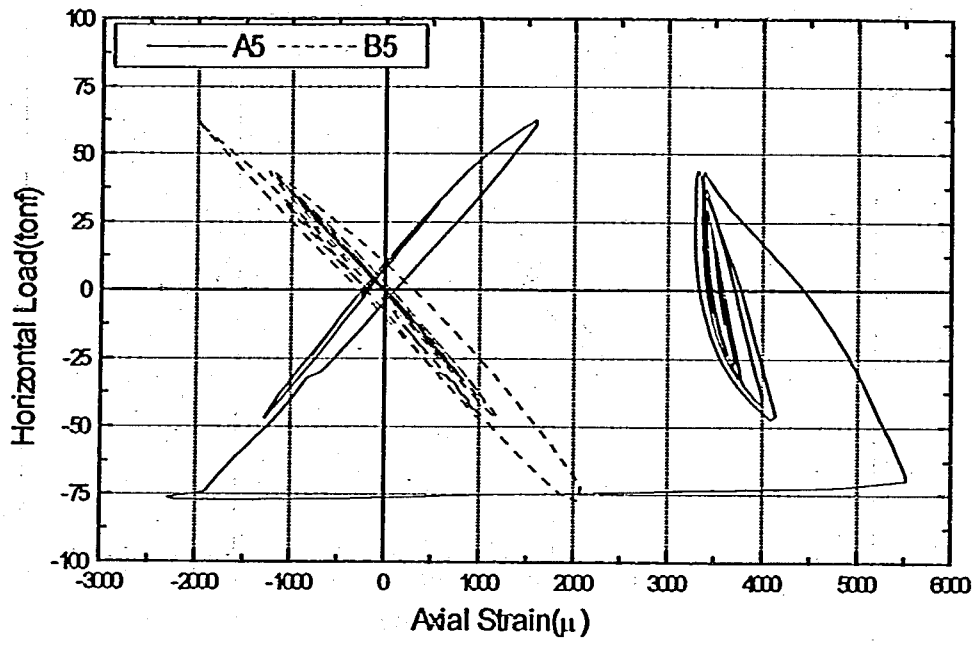
図－７．３．２９　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－ＨＮ（２回目）、Ａ２＆Ｂ２）



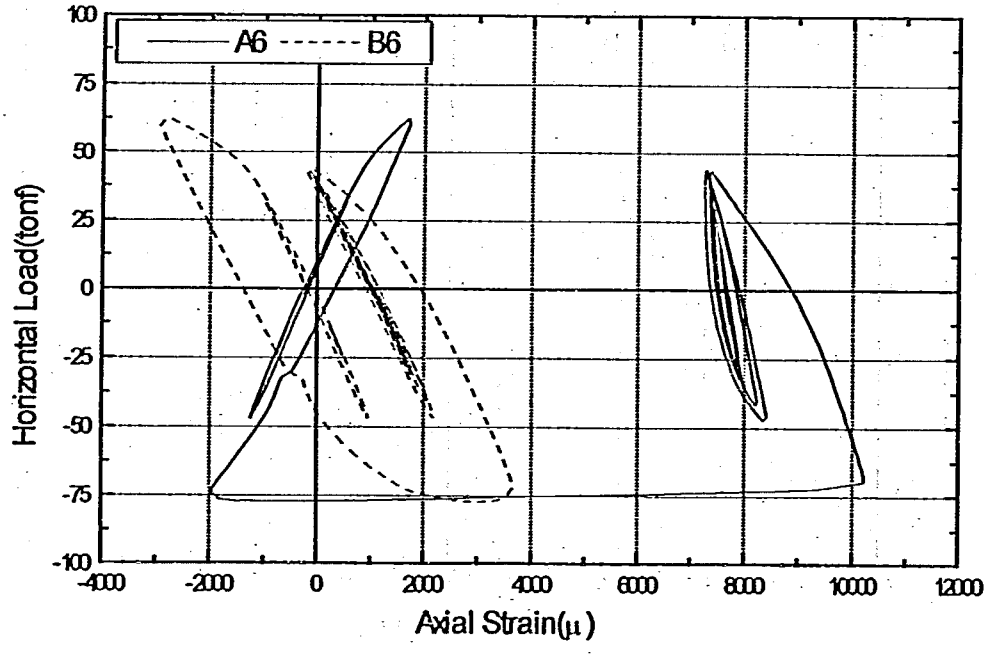
図－７．３．３０　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－ＨＮ（２回目）、Ａ３＆Ｂ３）



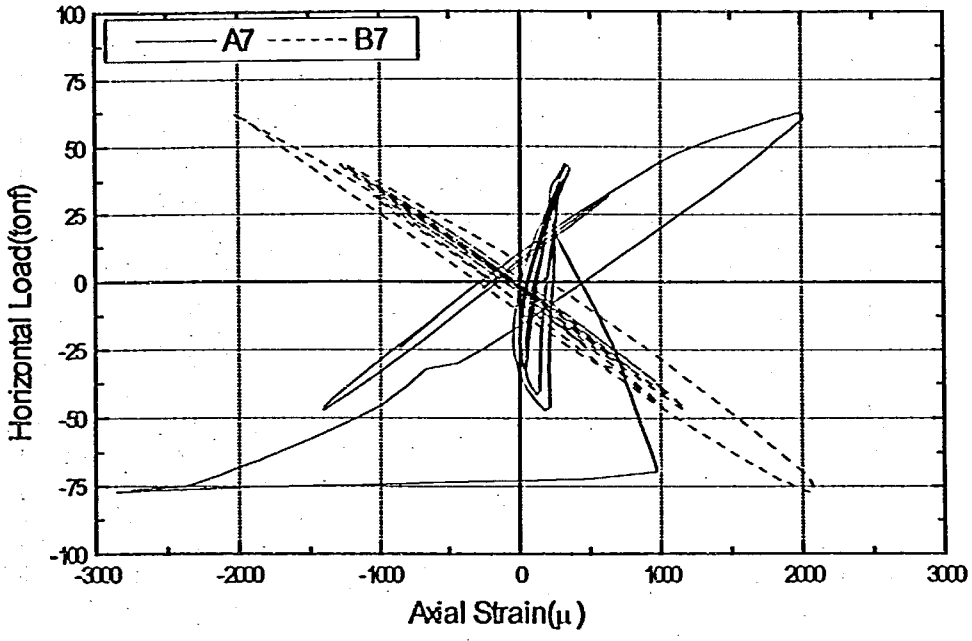
図－７．３．３１　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－ＨＮ（２回目）、Ａ４＆Ｂ４）



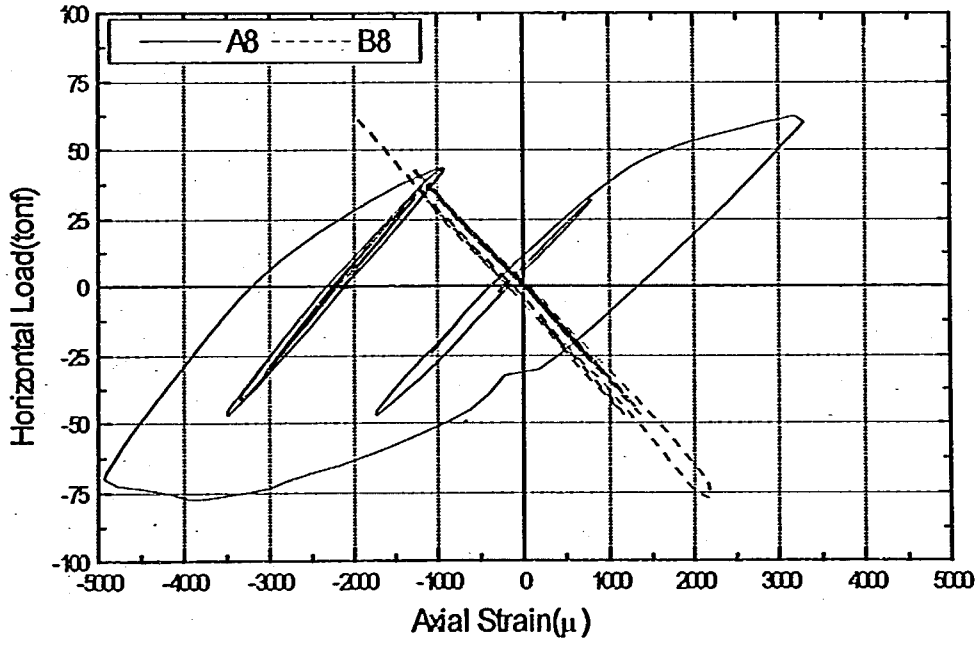
図－7．3．32　水平荷重－ひずみ関係（A3R－HN（2回目）、A5&B5）



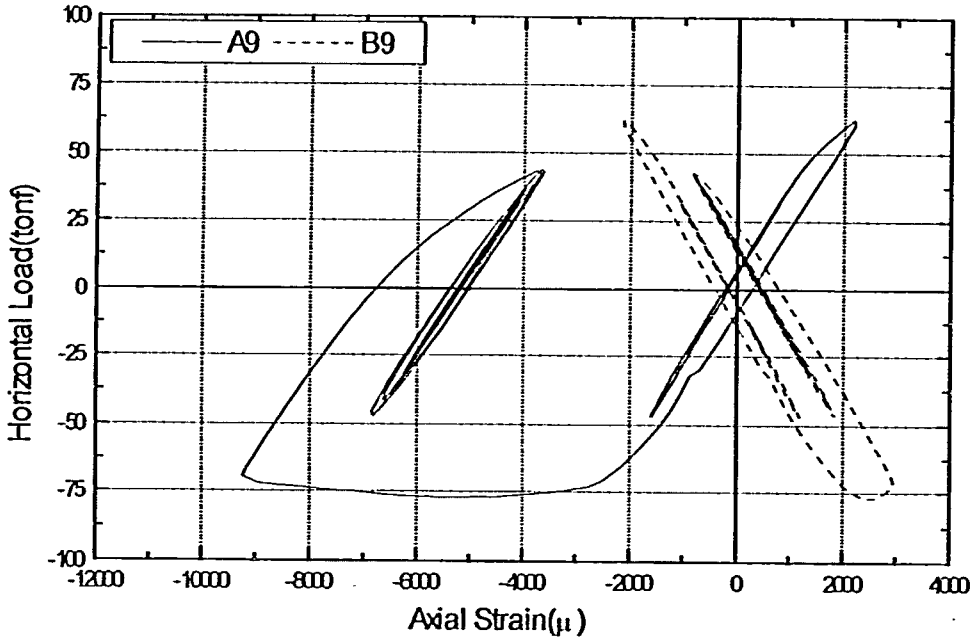
図－7．3．33　水平荷重－ひずみ関係（A3R－HN（2回目）、A6&B6）



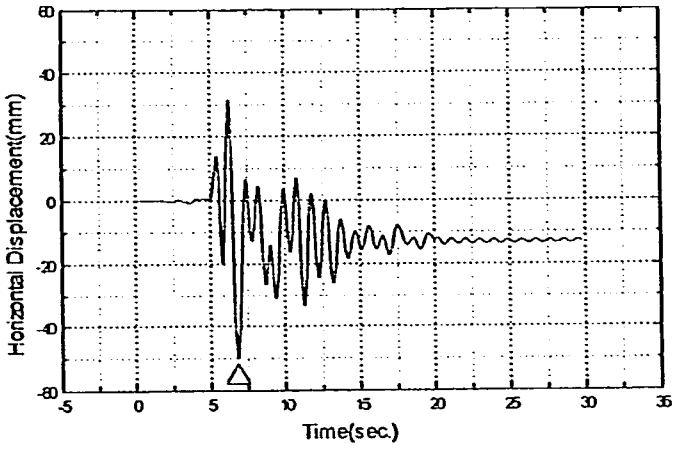
図－７．３．３４　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－ＨＮ（２回目）、Ａ７＆Ｂ７）



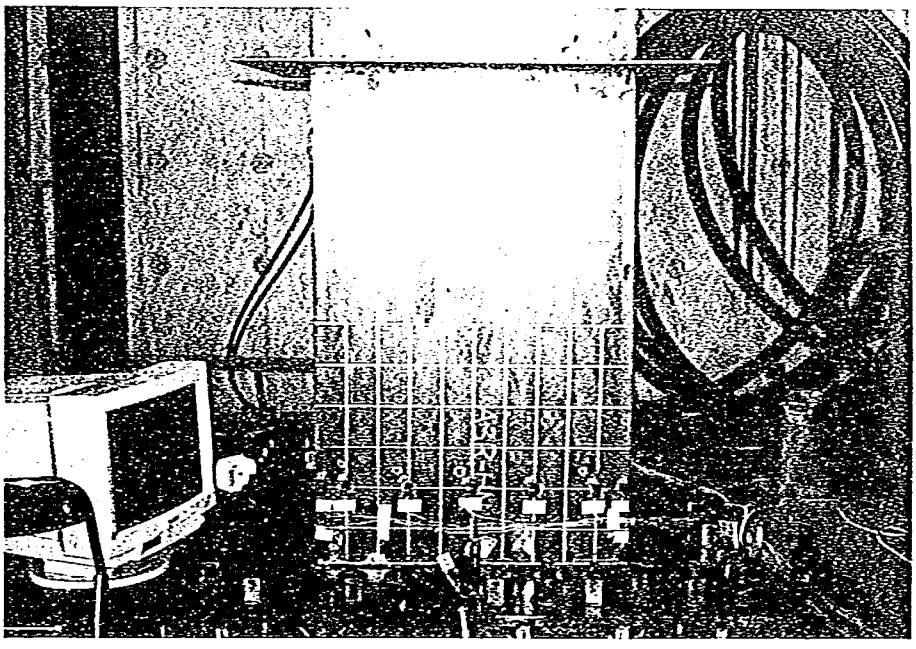
図－７．３．３５　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－ＨＮ（２回目）、Ａ８＆Ｂ８）



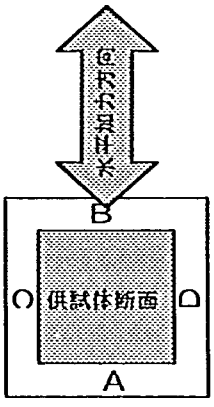
図－７．３．３６　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｒ－ＨＮ（２回目）、Ａ９＆Ｂ９）

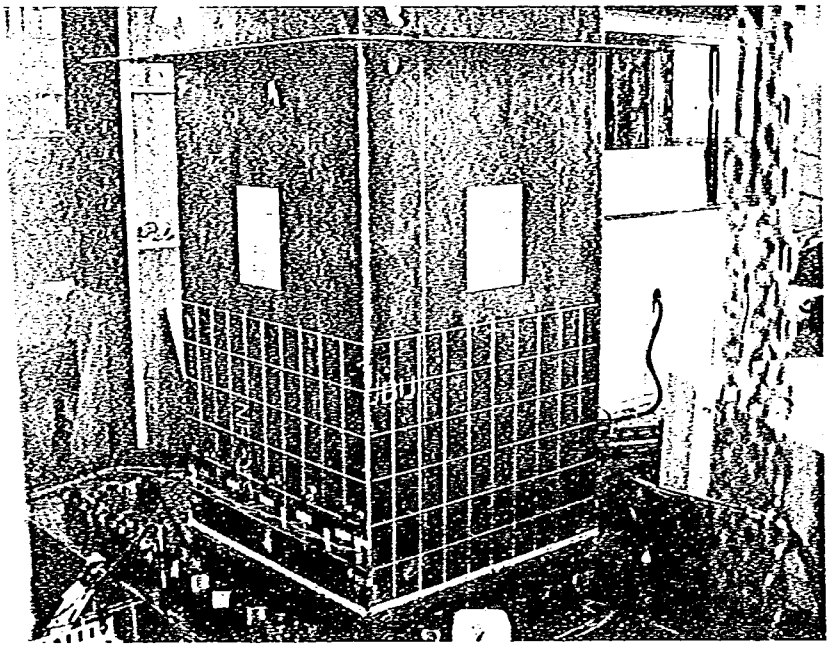


A３R－HN(２回目)

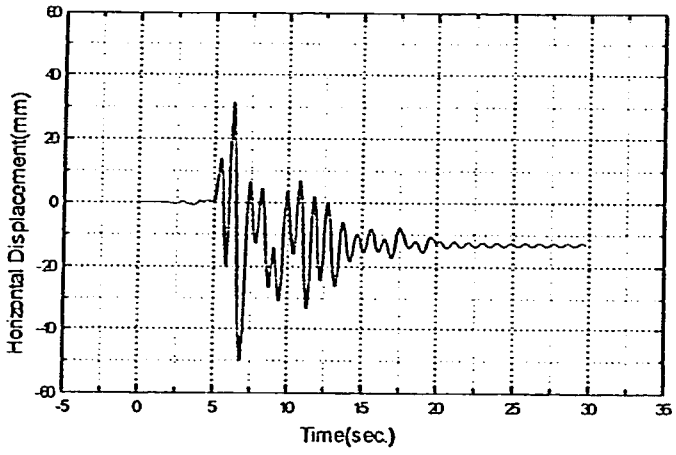


写真－７．３．９　6.4秒経過時(-62.4tf, -31.8mm, A面)



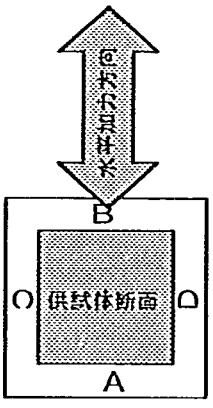


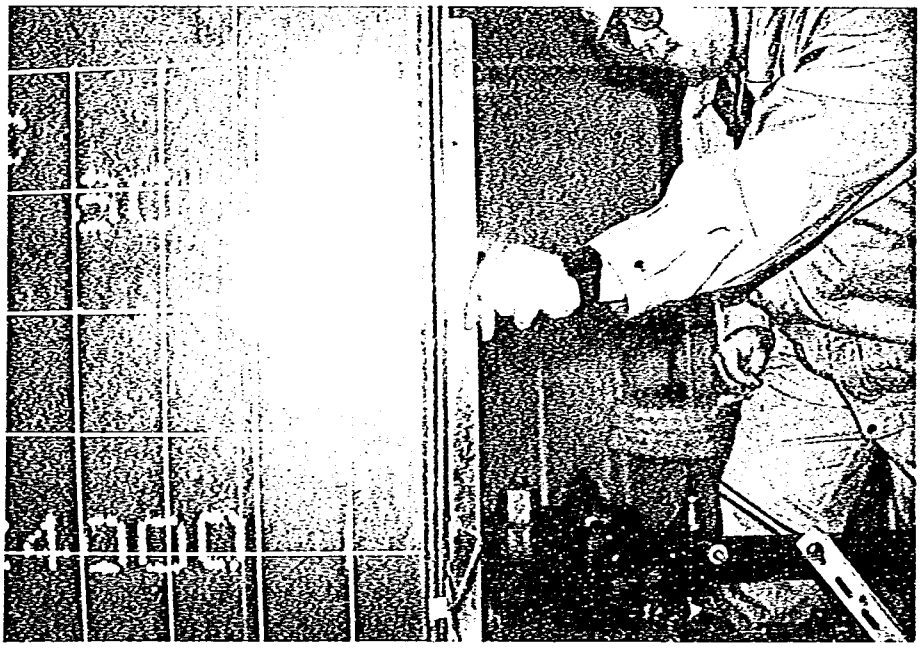
写真－７．３．１０　6.4秒経過時(-62.4tf, -31.8mm, B－C面)





写真－７．３．１１　実験終了時(A面)

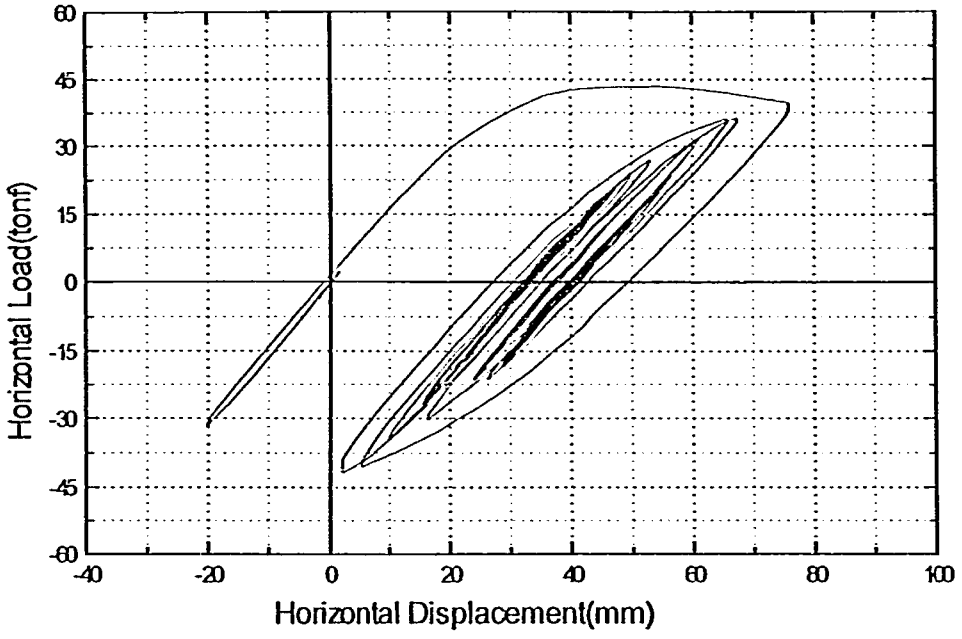




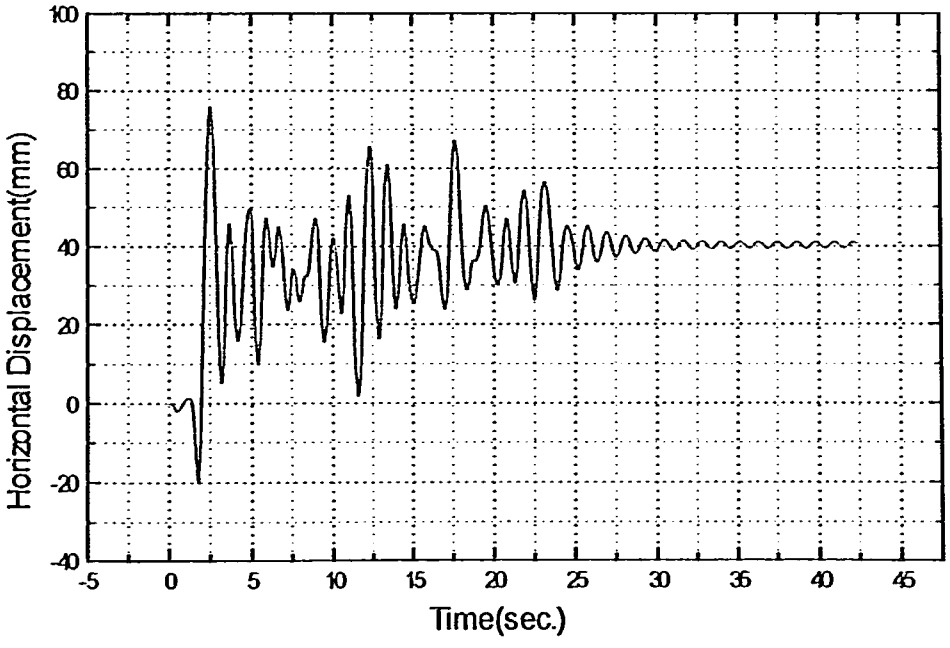
写真－７．３．１２　実験終了時(B面)

7．4　A1Cシリーズ

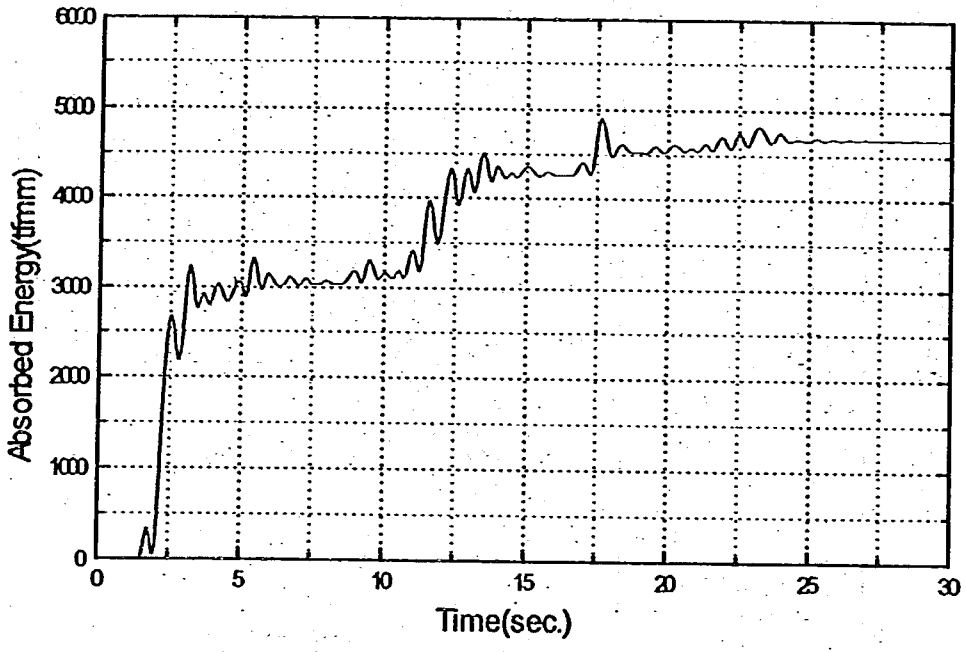
7．4．1　A1C－L2（2回目）



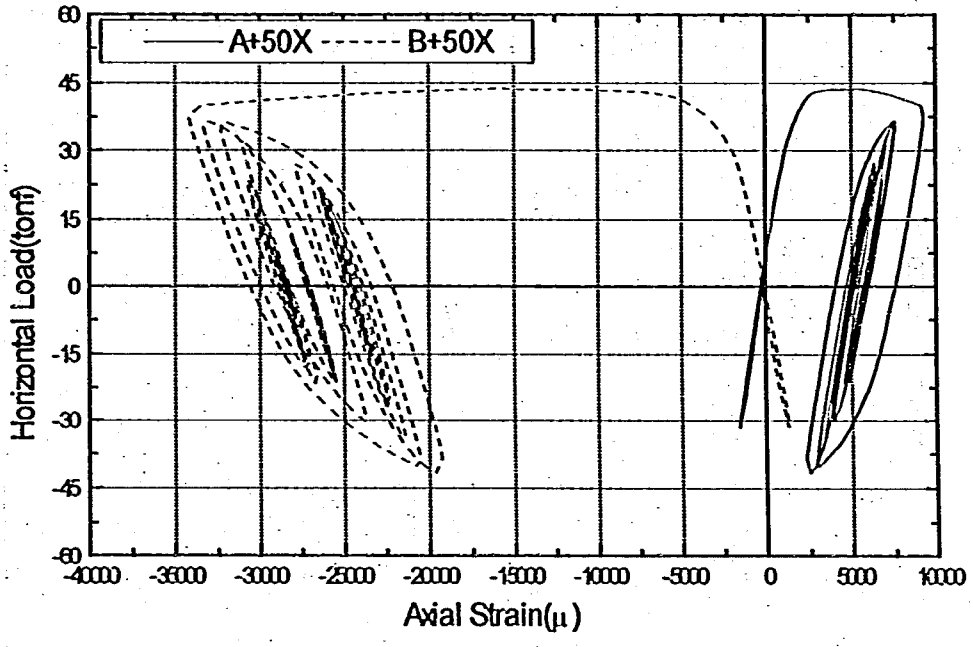
図－7．4．1　水平荷重－変位履歴曲線（A1C－L2（2回目））



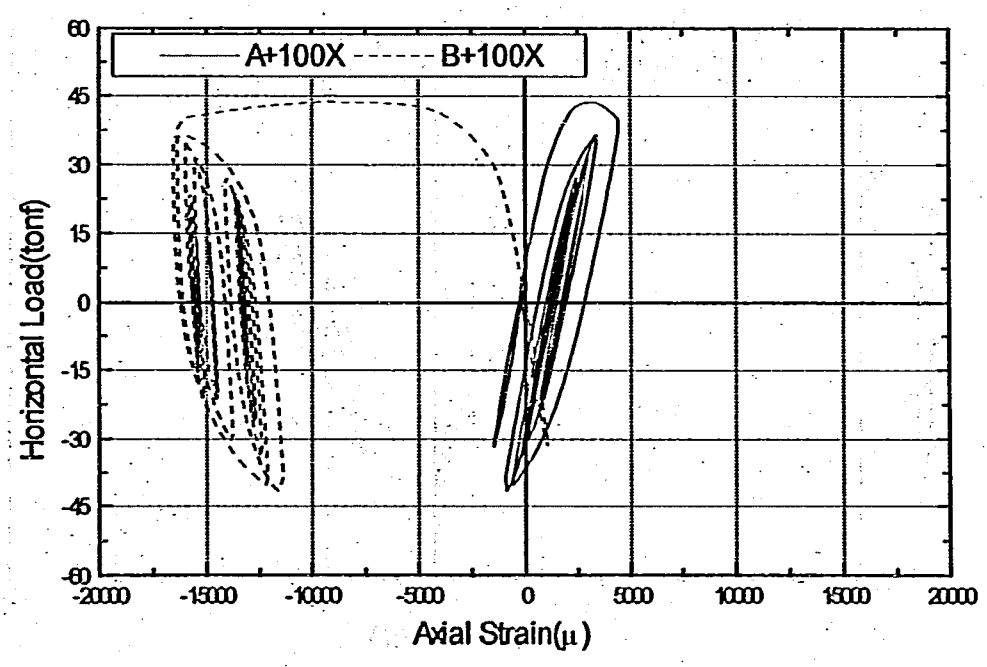
図－7．4．2　時刻歴応答変位（A1C－L2（2回目））



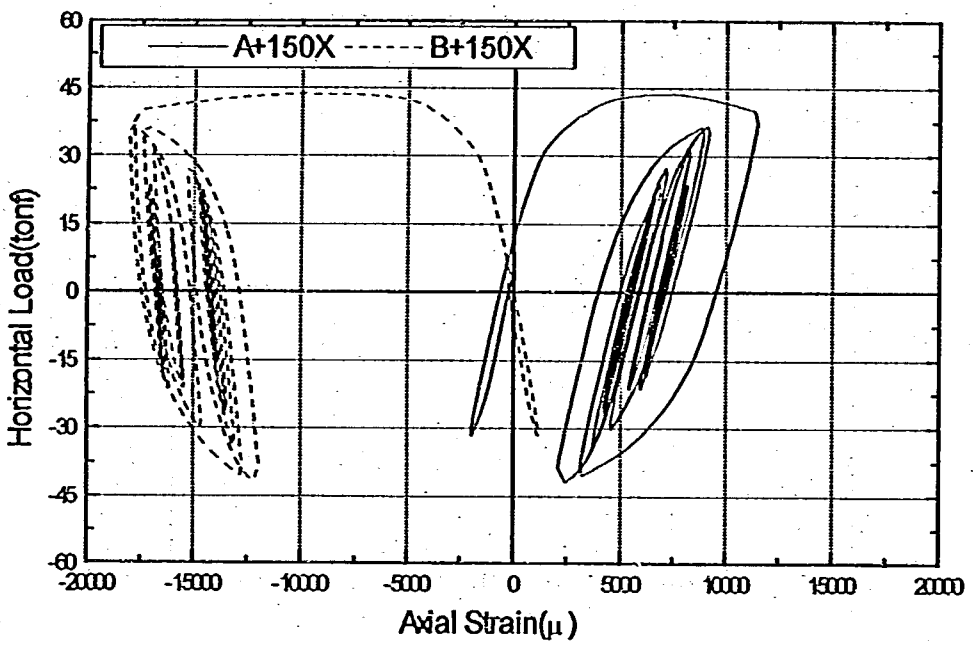
図－７．４．３　累積エネルギー吸収量（Ａ１Ｃ－Ｌ２（２回目））



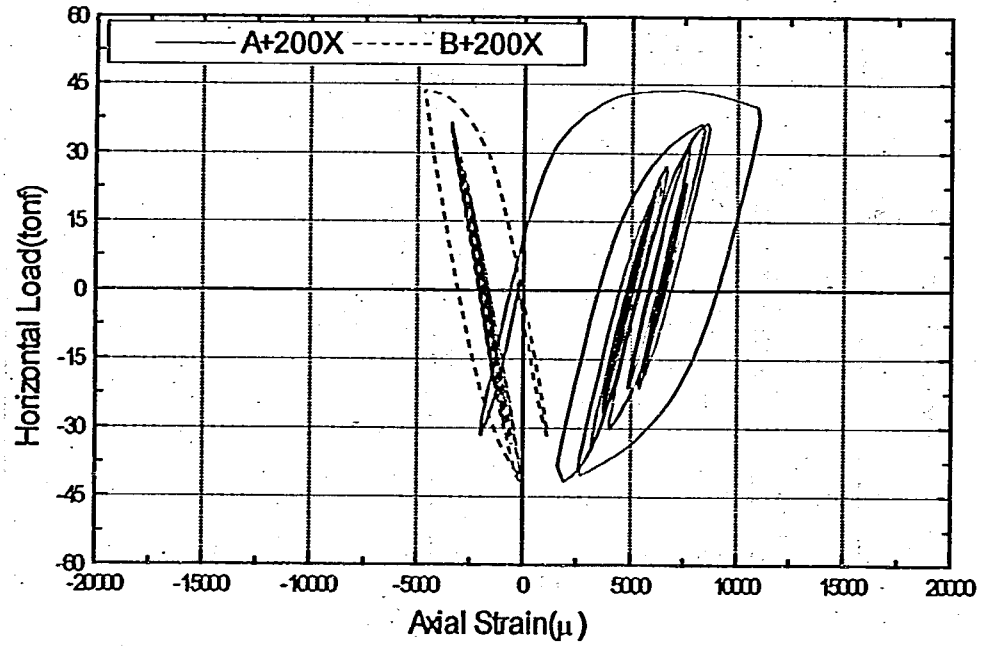
図－７．４．４　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｃ－Ｌ２（２回目）、Ａ５０＆Ｂ５０）



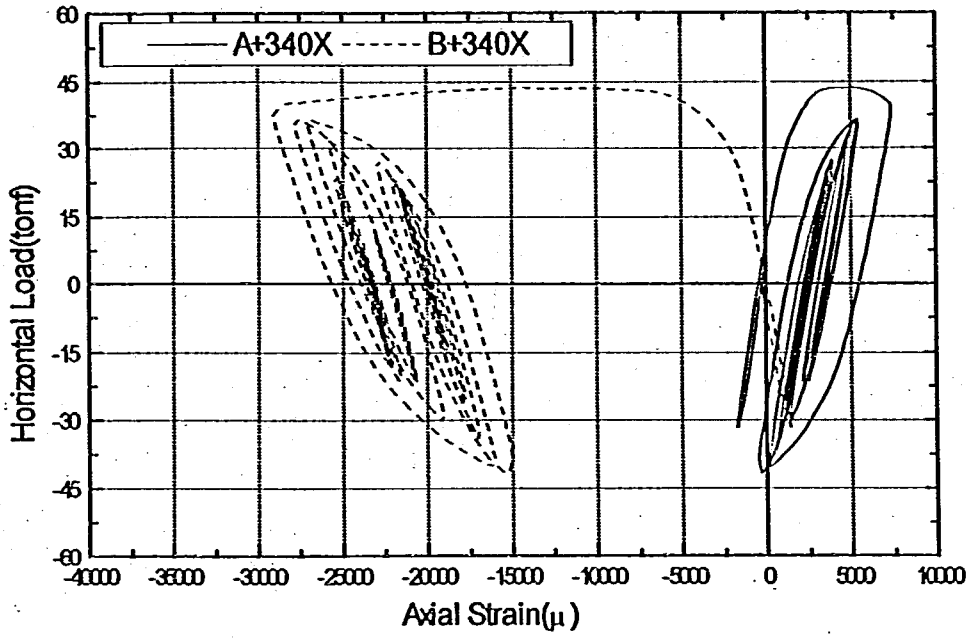
図－７．４．５　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｃ－Ｌ２（２回目）、Ａ１００＆Ｂ１００）



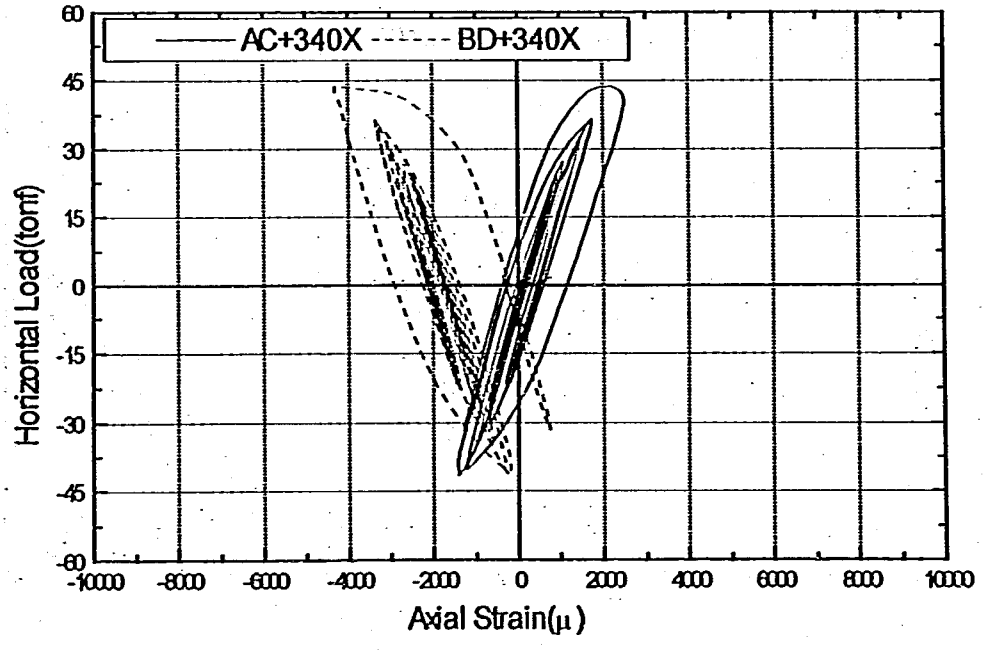
図－7．4．6　水平荷重－ひずみ関係（A1C－L2（2回目）、A150&B150）



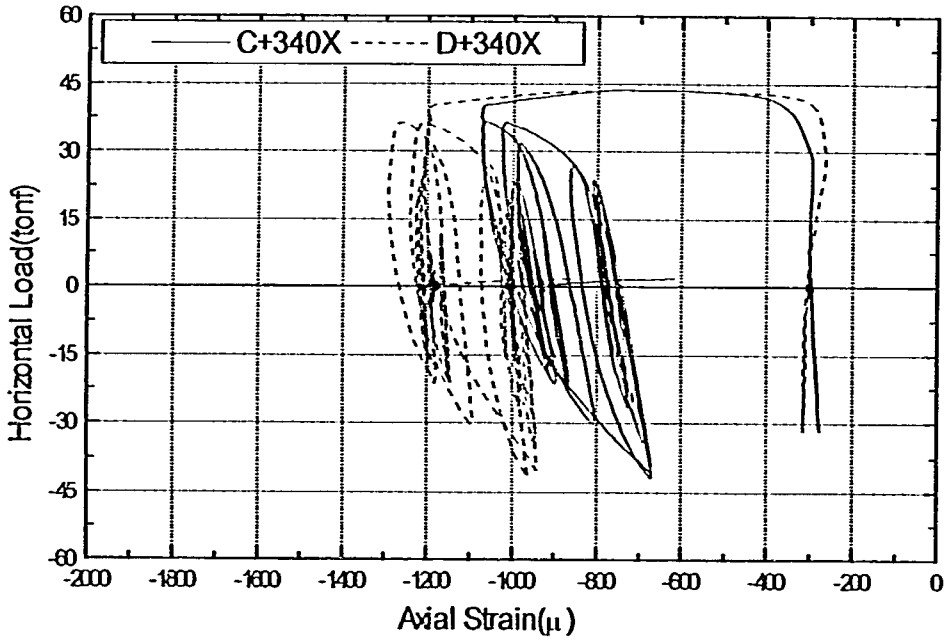
図－7．4．7　水平荷重－ひずみ関係（A1C－L2（2回目）、A200&B200）



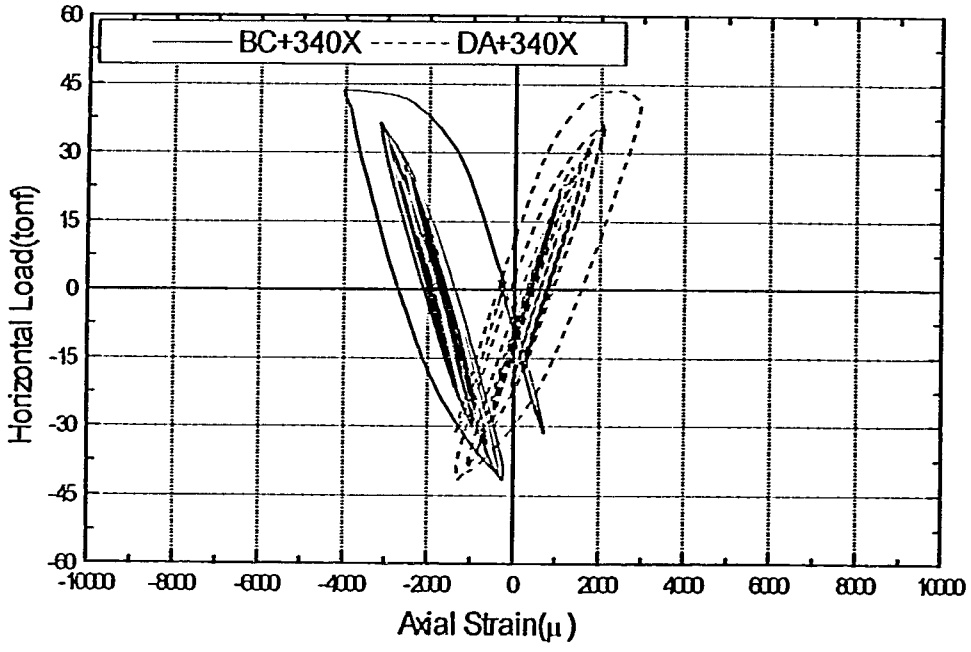
図－７．４．８　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｃ－Ｌ２（２回目）、Ａ３４０＆Ｂ３４０）



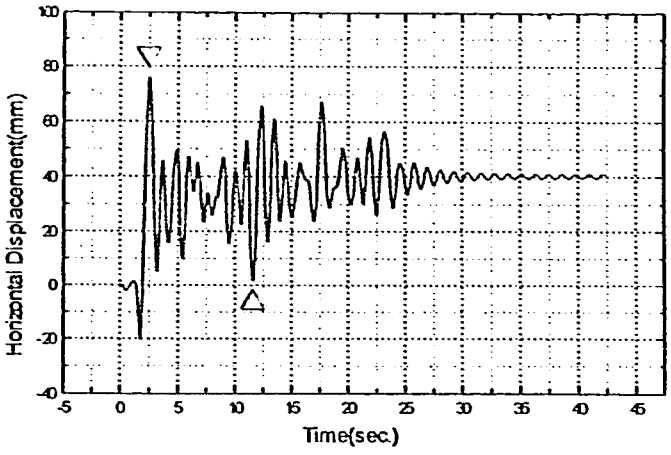
図－７．４．９　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｃ－Ｌ２（２回目）、ＡＣ３４０＆ＢＤ３４０）



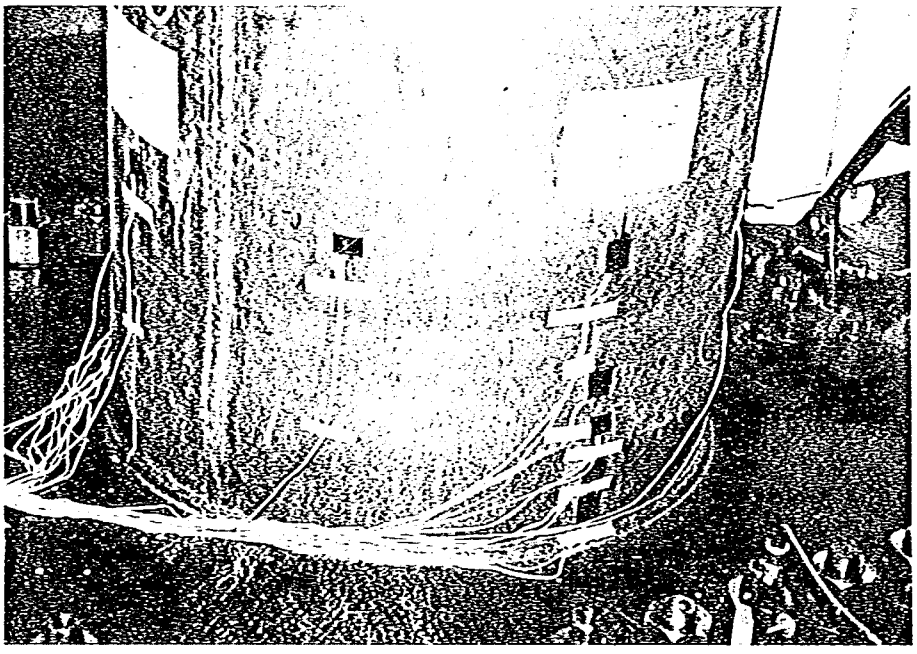
図－７．４．１０　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｃ－Ｌ２（２回目）、Ｃ３４０&Ｄ３４０）

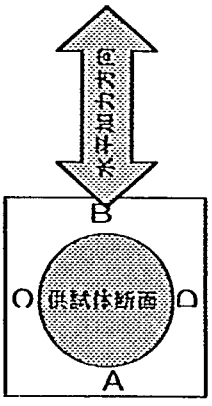


図－７．４．１１　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｃ－Ｌ２（２回目）、ＢＣ３４０&ＤＡ３４０）

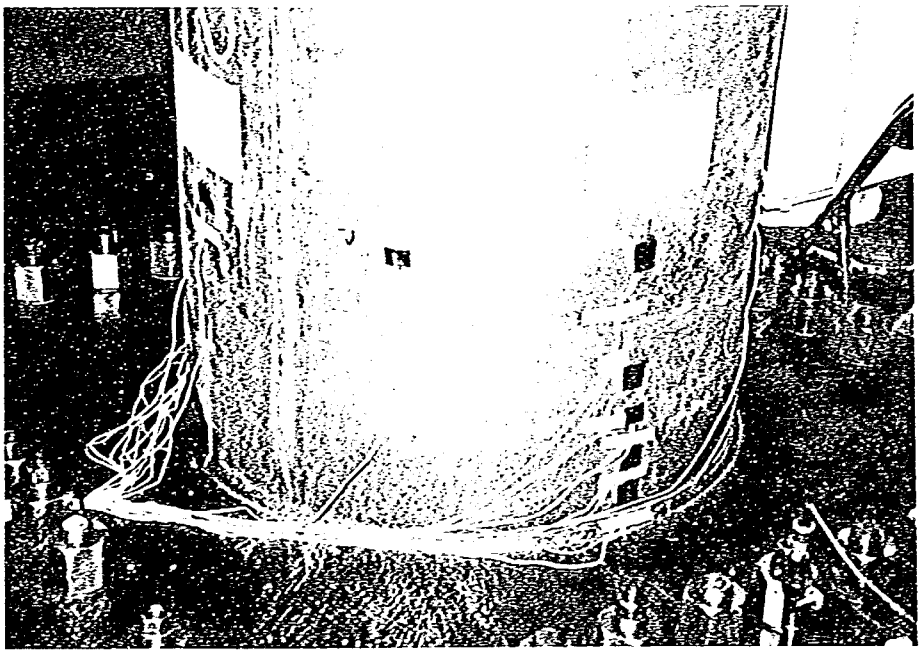


A1C－L2(2回目)

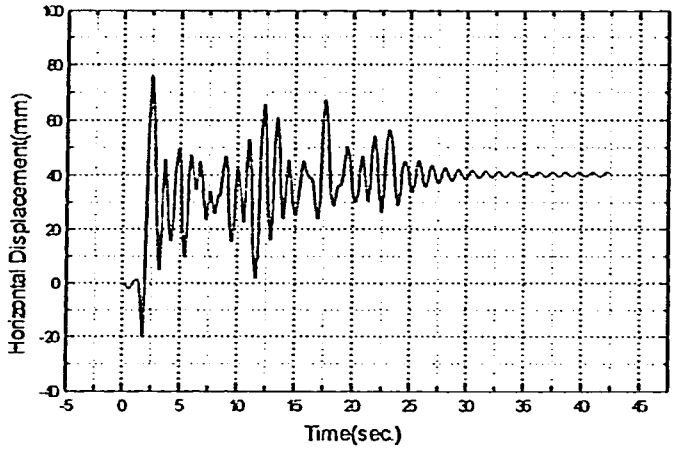


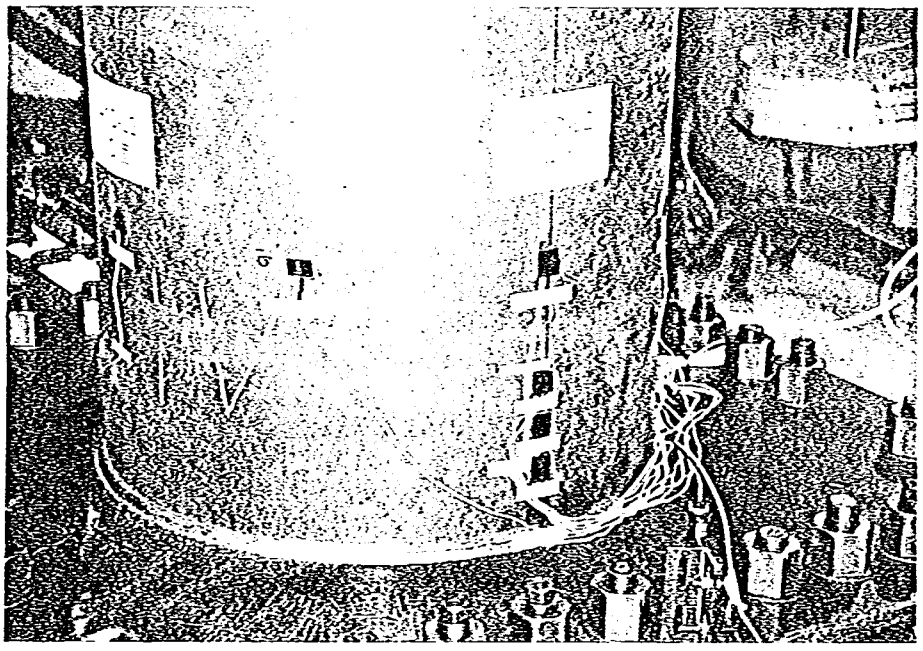


写真－7．4．1　2.5秒経過時(40.1tf, 76.0mm, B－D面)

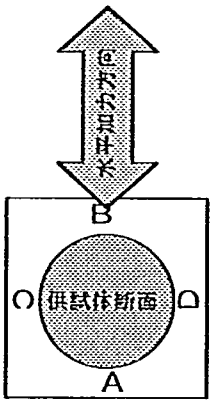


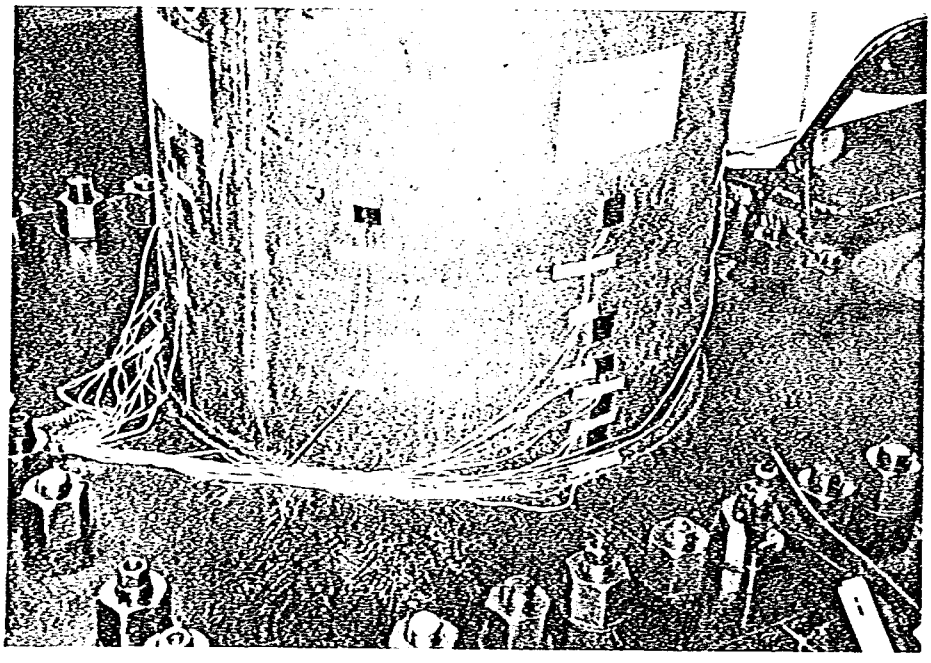
写真－7．4．2　11.6秒経過時(-41.7tf, 1.95mm, B－D面)





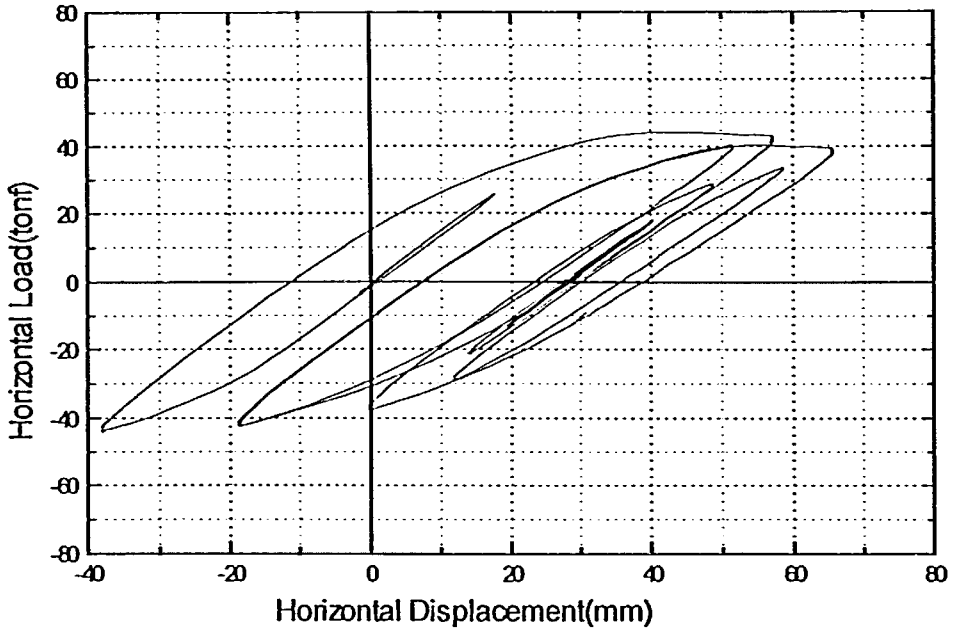
写真－7．4．3　実験終了時(A－C面)



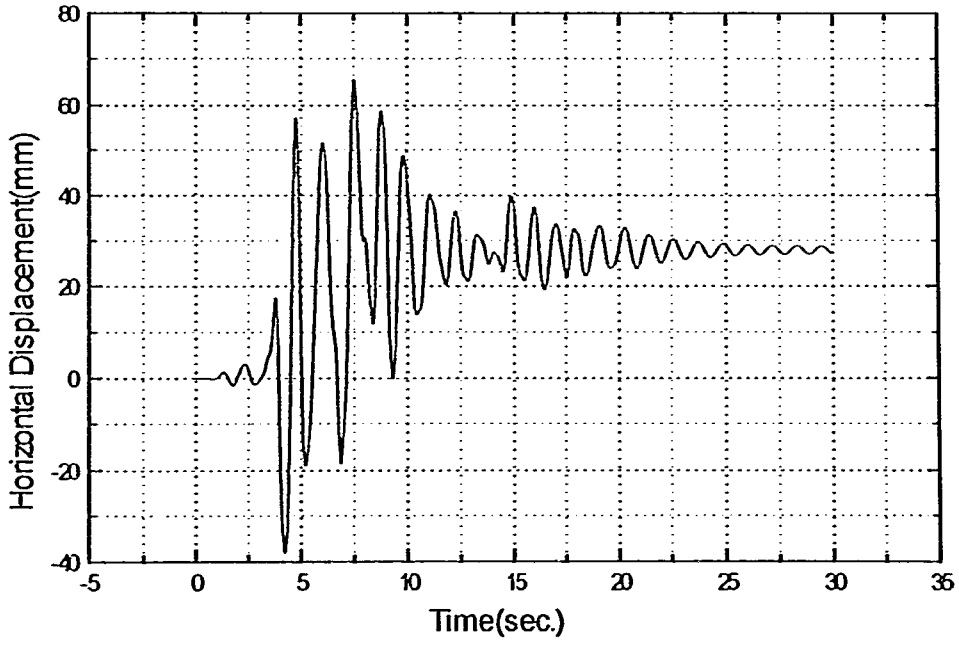


写真－7．4．4　実験終了時(B－D面)

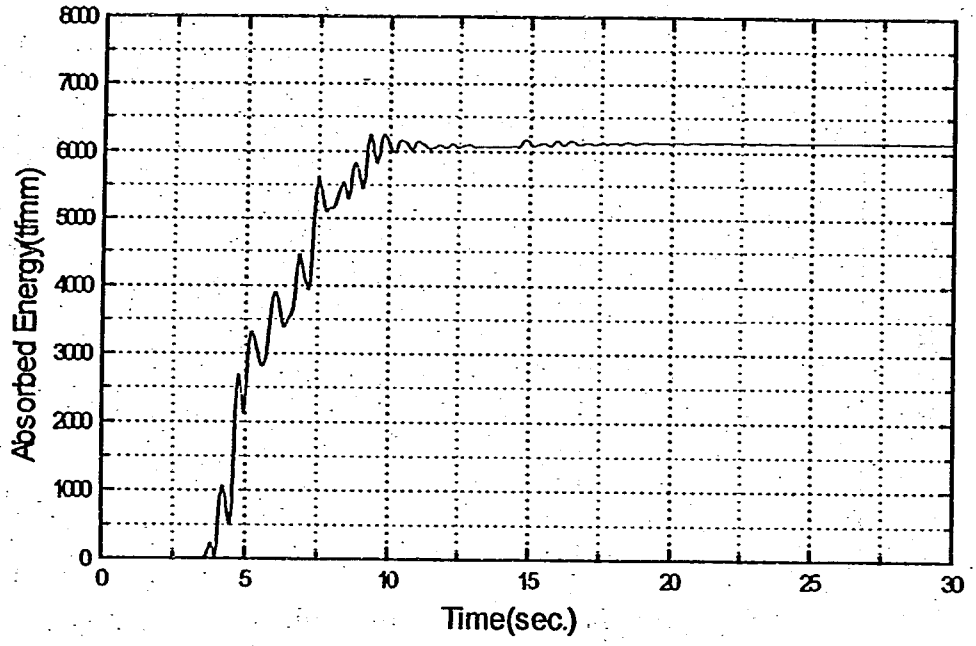
7．4．2　A1C－HN（2回目）



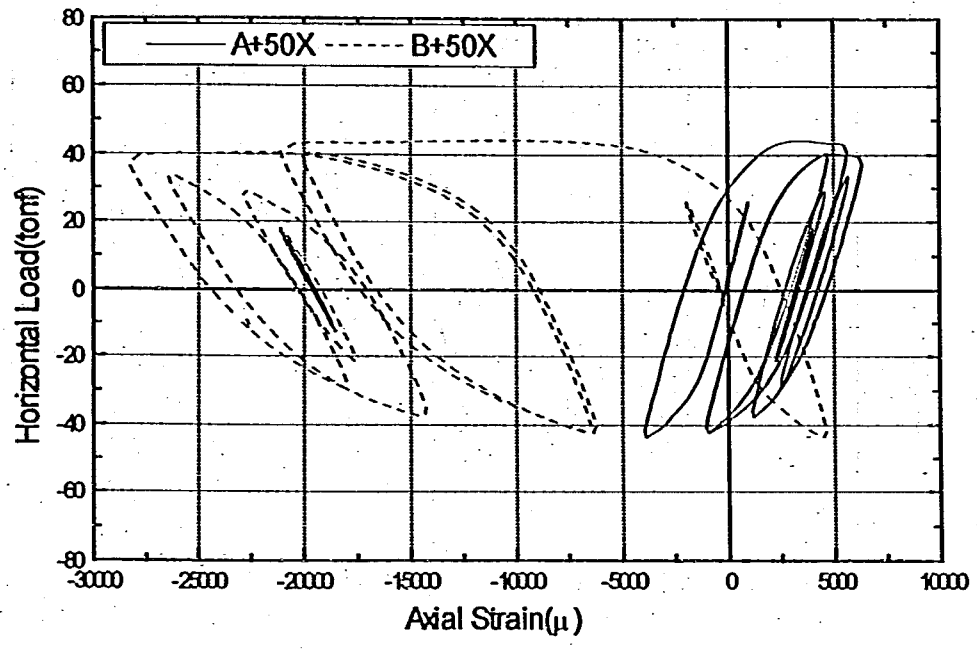
図－7．4．12　水平荷重－変位履歴曲線（A1C－HN（2回目））



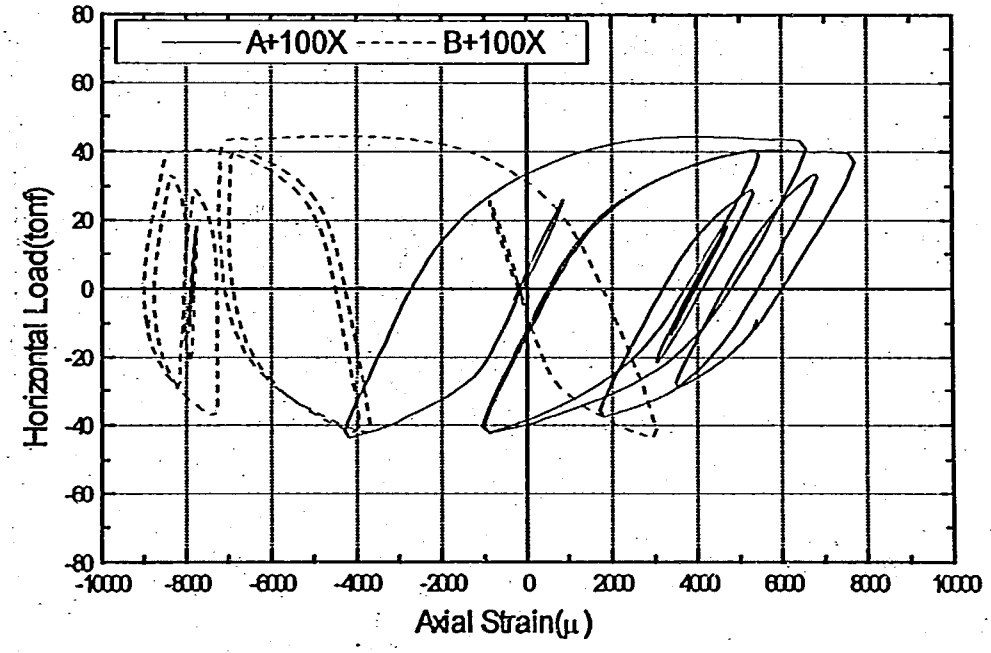
図－7．4．13　時刻歴応答変位（A1C－HN（2回目））



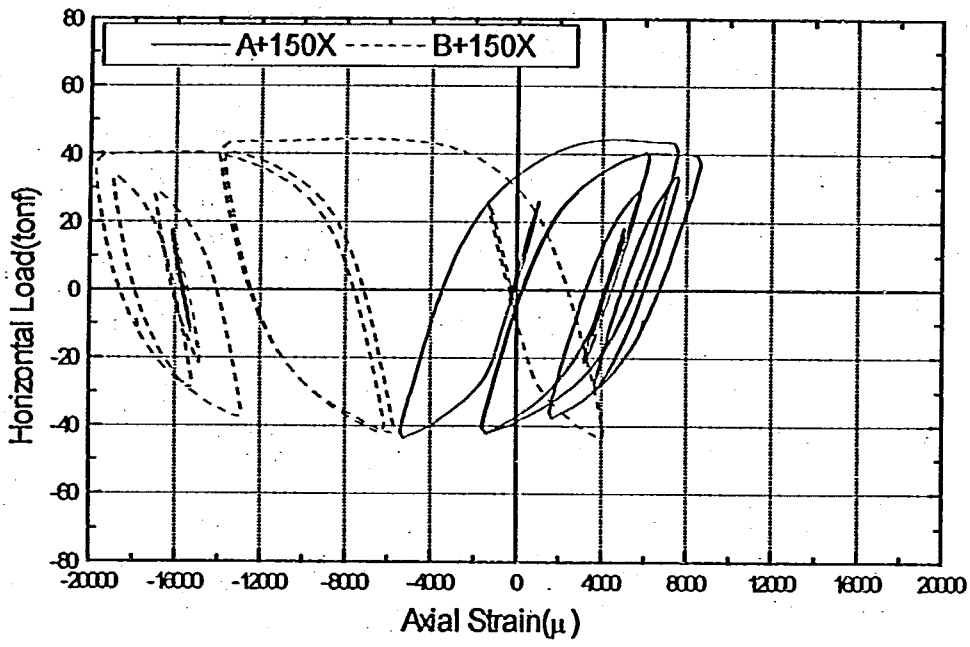
図－７．４．１４　累積エネルギー吸収量（Ａ１Ｃ－ＨＮ（２回目））



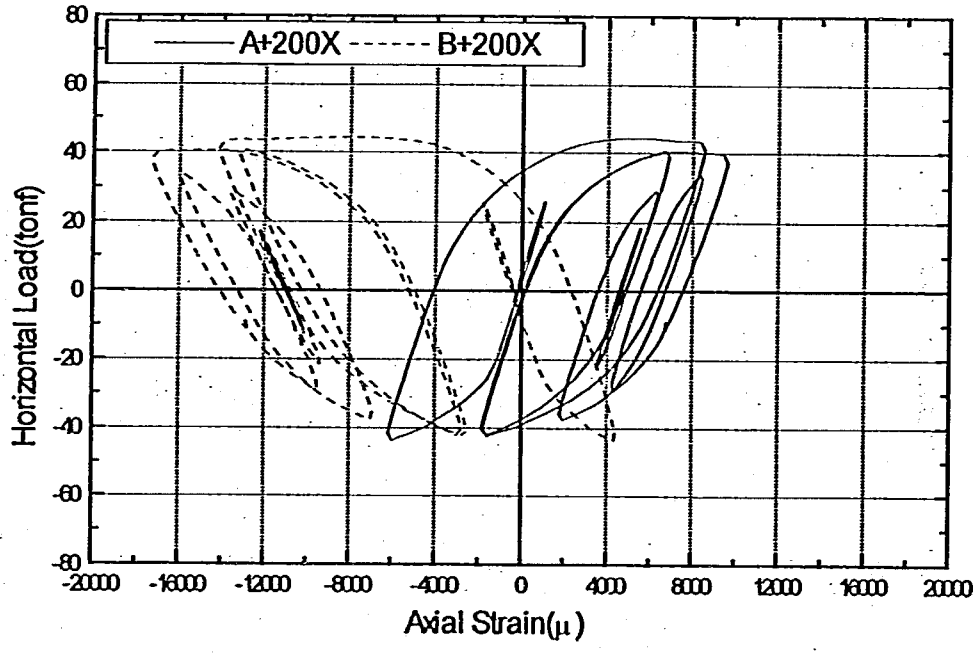
図－７．４．１５　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｃ－ＨＮ（２回目）、Ａ５０＆Ｂ５０）



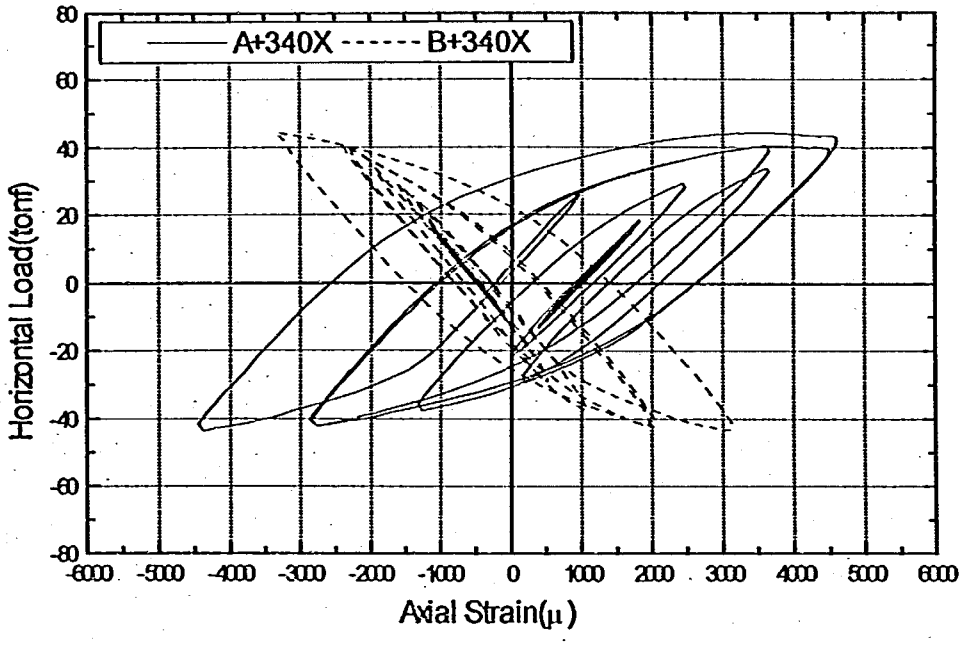
図－７．４．１６　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｃ－ＨＮ（２回目）、Ａ１００＆Ｂ１００）



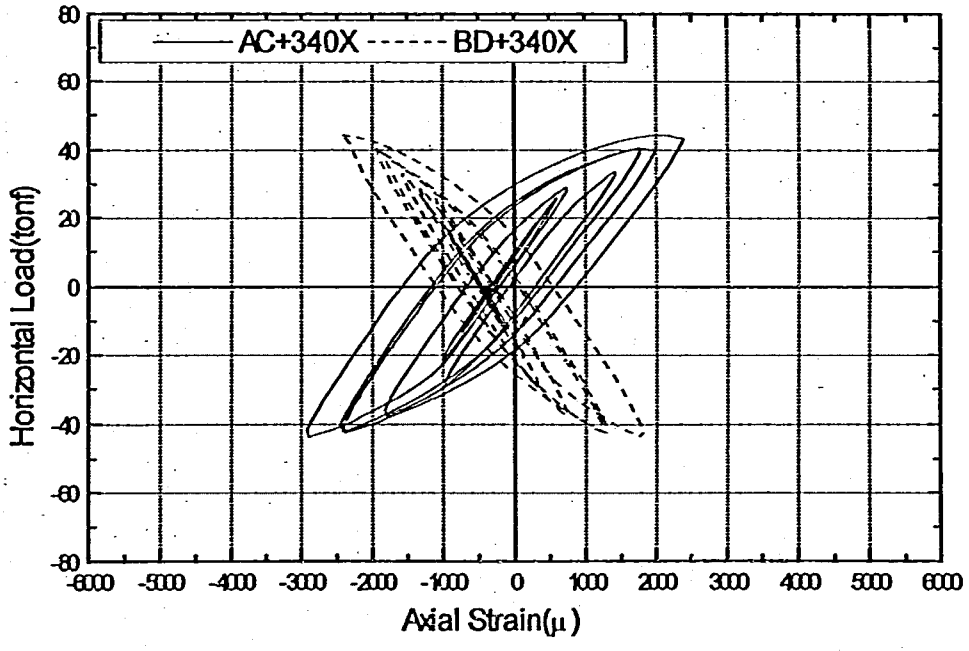
図－７．４．１７　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｃ－ＨＮ（２回目）、Ａ１５０&Ｂ１５０）



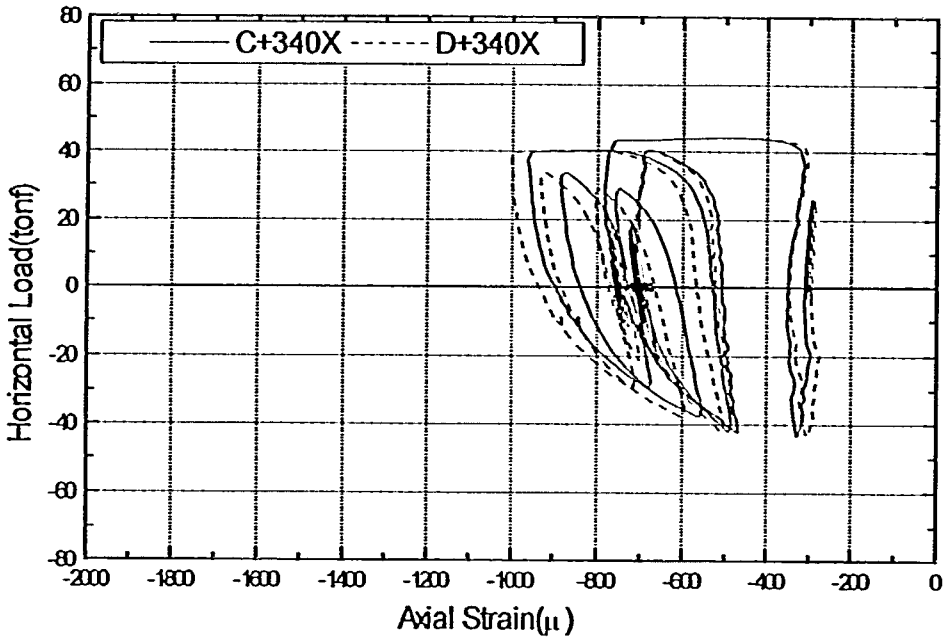
図－７．４．１８　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｃ－ＨＮ（２回目）、Ａ２００&Ｂ２００）



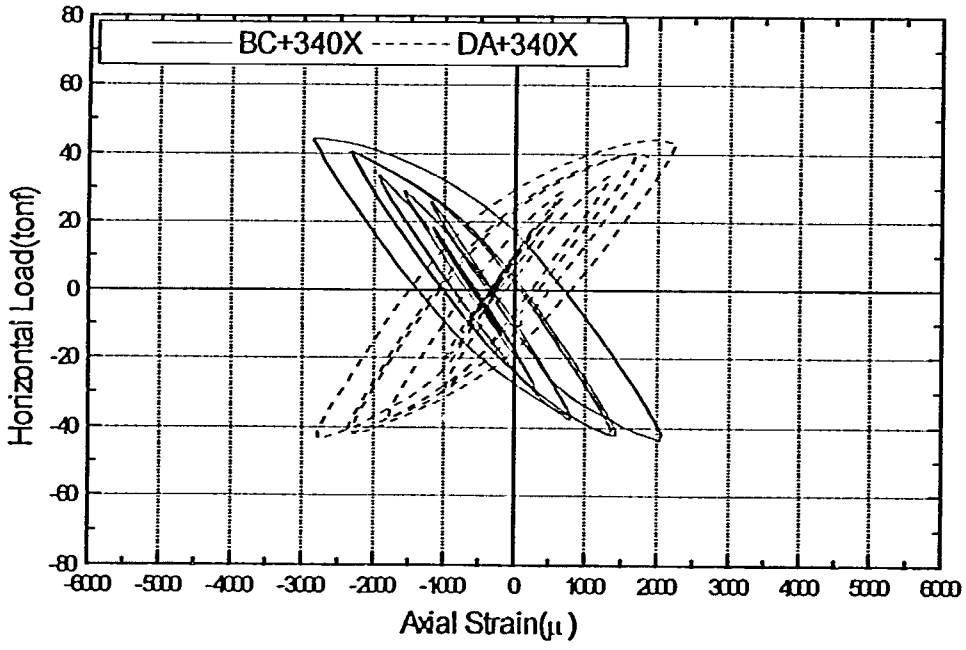
図－７．４．１９　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｃ－ＨＮ（２回目）、Ａ３４０&Ｂ３４０）



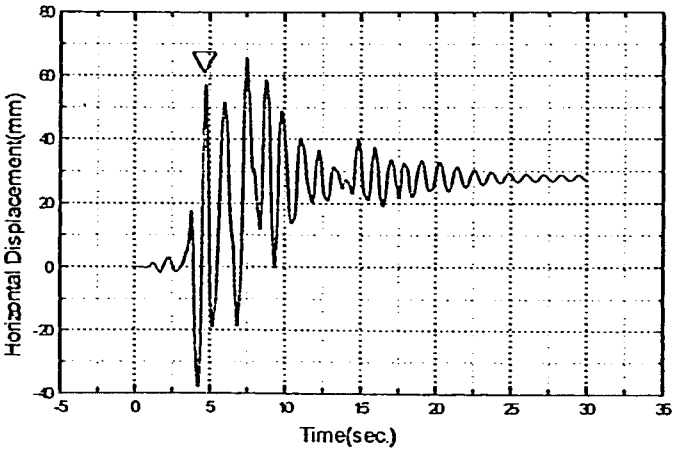
図－７．４．２０　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｃ－ＨＮ（２回目）、ＡＣ３４０&ＢＤ３４０）



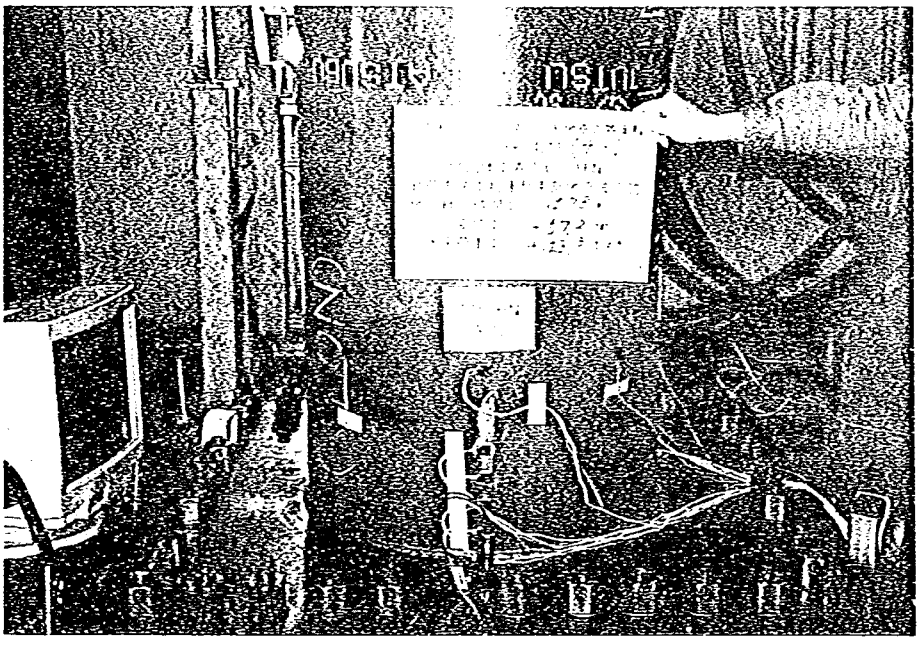
図－７．４．２１　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｃ－ＨＮ（２回目）、Ｃ３４０&Ｄ３４０）



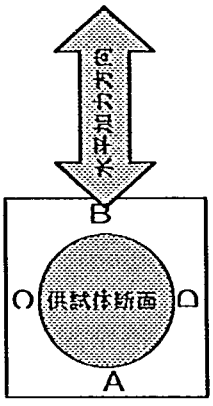
図－７．４．２２　水平荷重－ひずみ関係（Ａ１Ｃ－ＨＮ（２回目）、ＢＣ３４０&ＤＡ３４０）

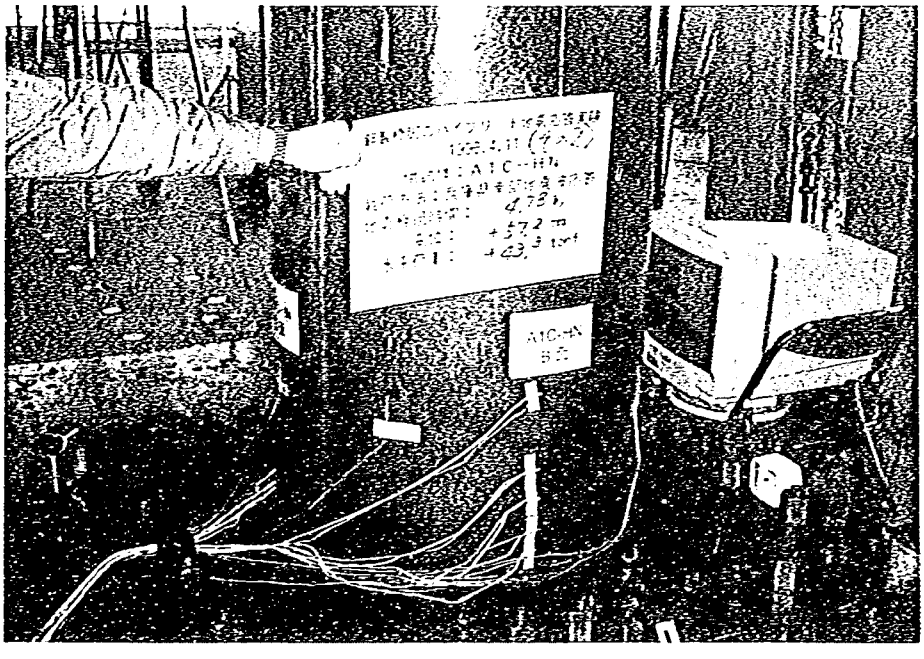


A1C－HN(2回目)

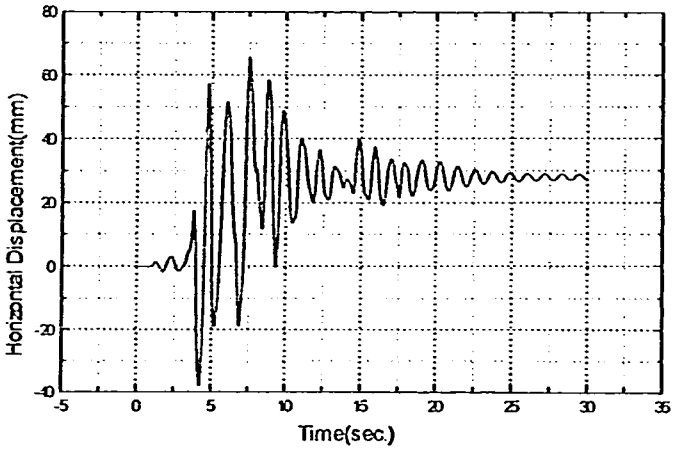


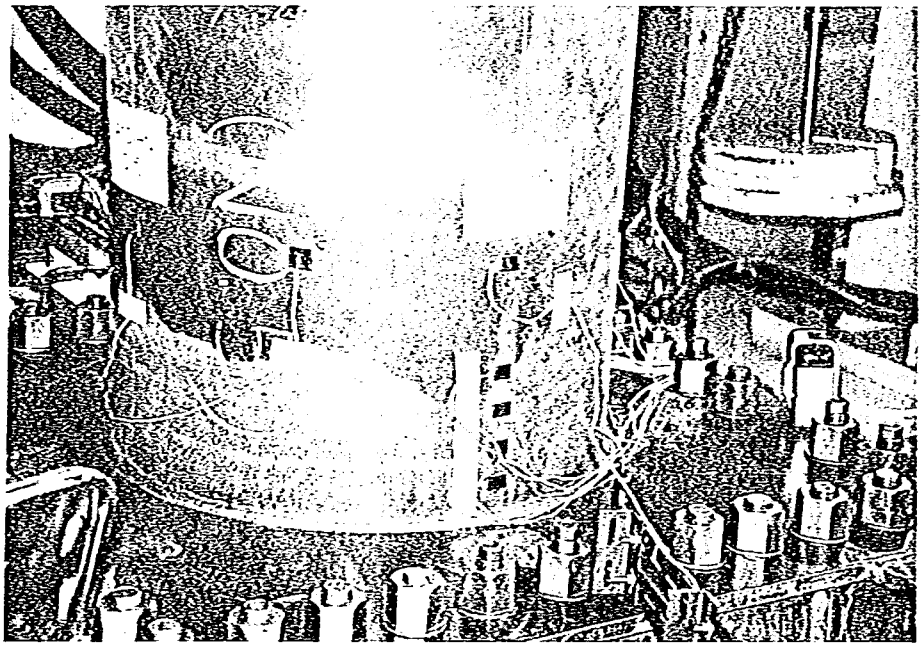
写真－7．4．5　4.8秒経過時(43.3tf,57.2mm,A面)



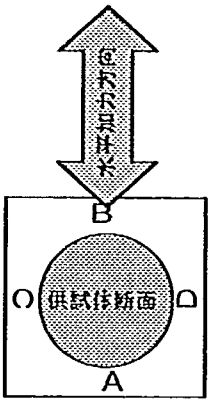


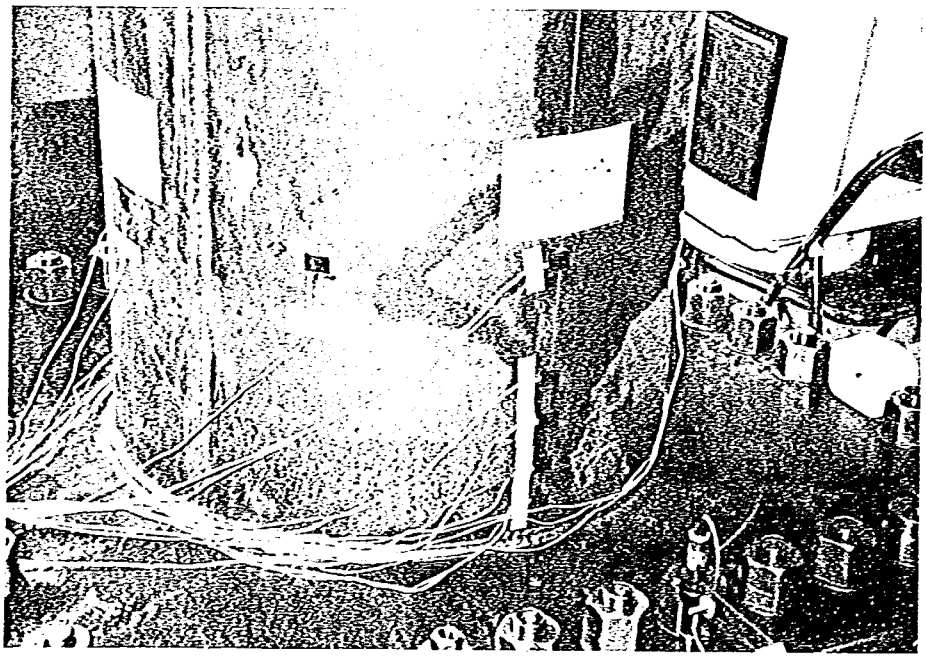
写真－7．4．6　4.8秒経過時(43.3tf,57.2mm,B面)





写真－7．4．7　実験終了時(A－C面)

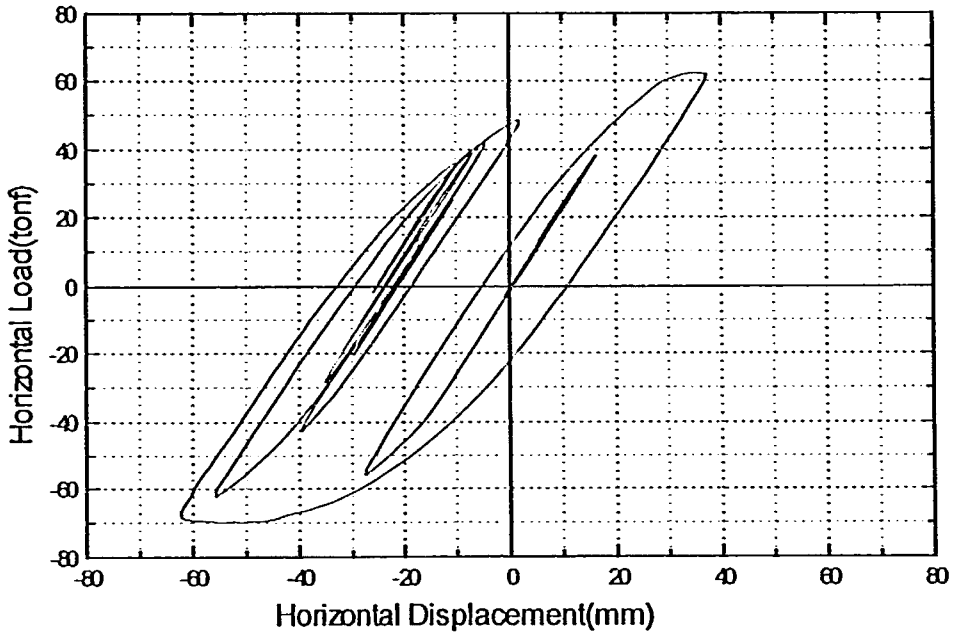




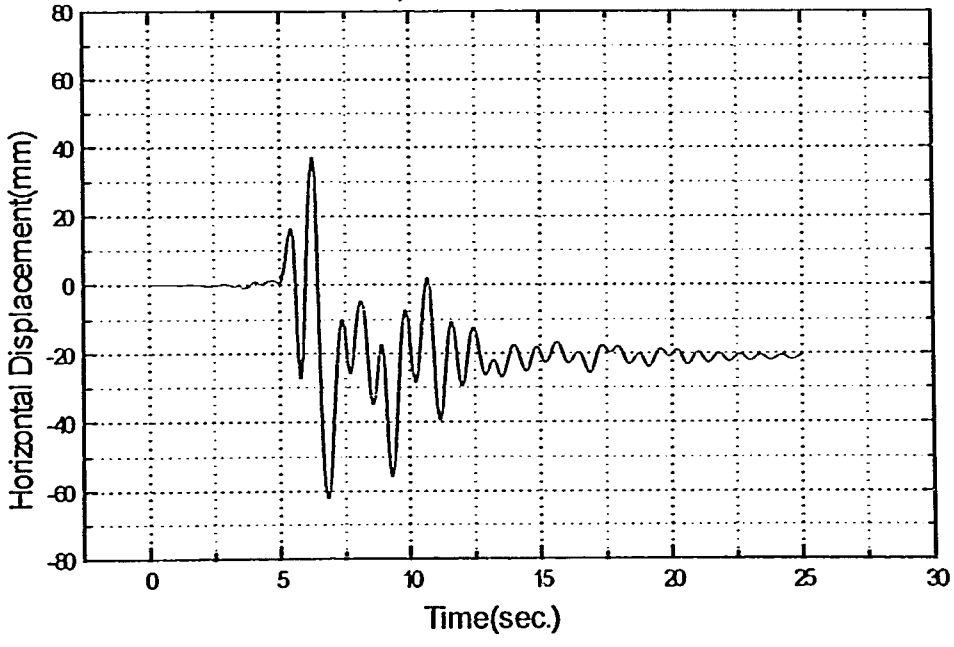
写真－7．4．8　実験終了時(B－D面)

7．5　A3Cシリーズ

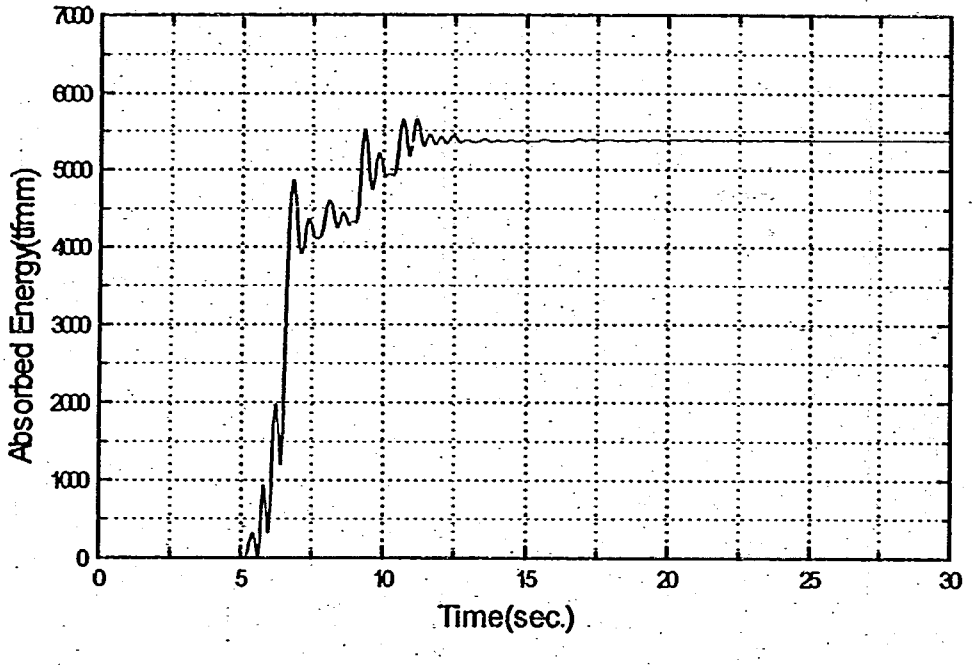
7．5．1　A3C－L2（2回目）



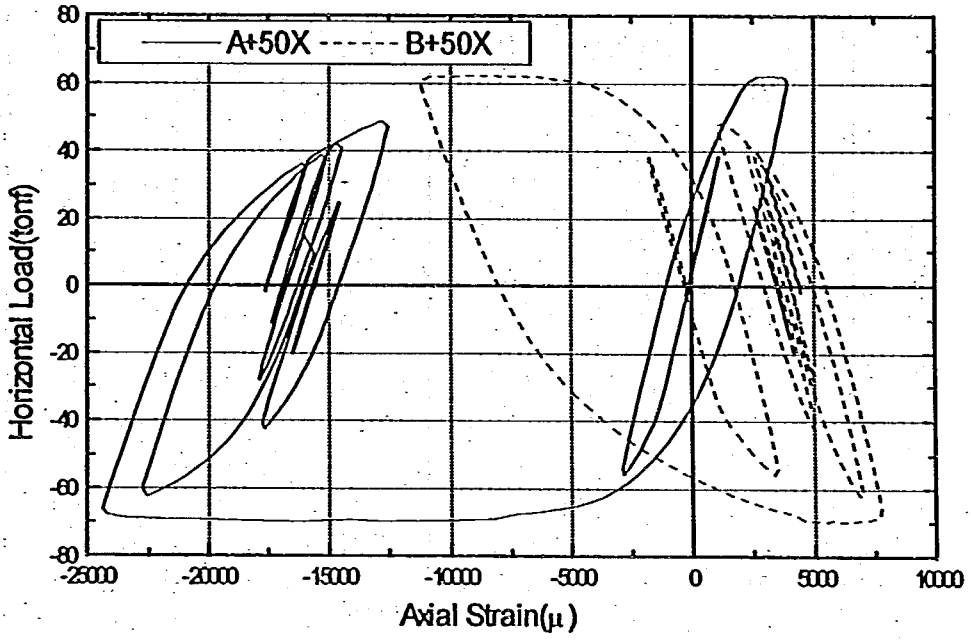
図－7．5．1　水平荷重－変位履歴曲線（A3C－L2（2回目）HN）



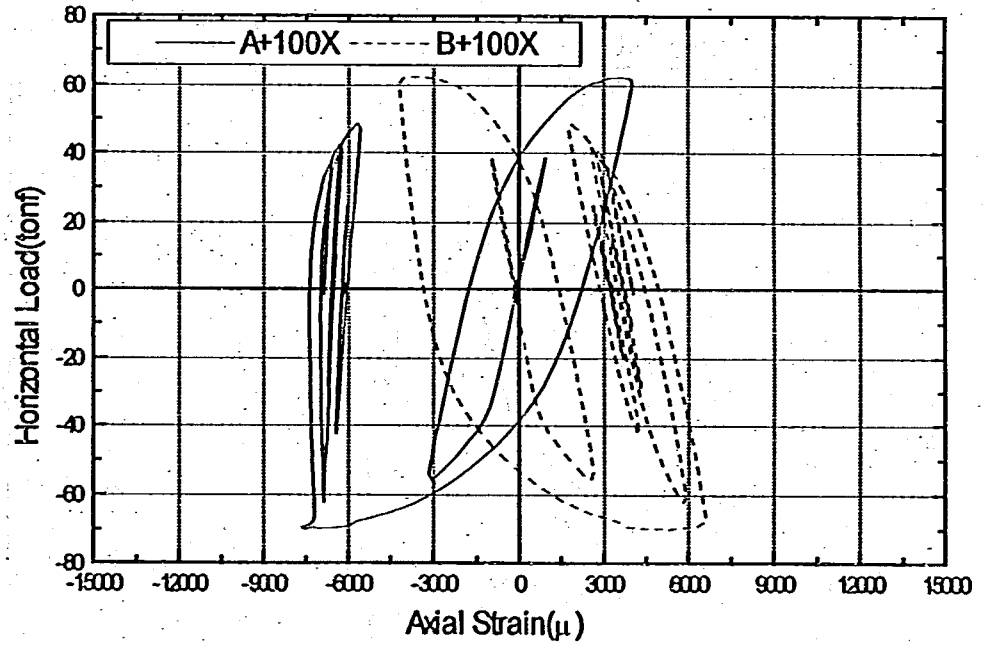
図－7．5．2　時刻歴応答変位（A3C－L2（2回目）HN）



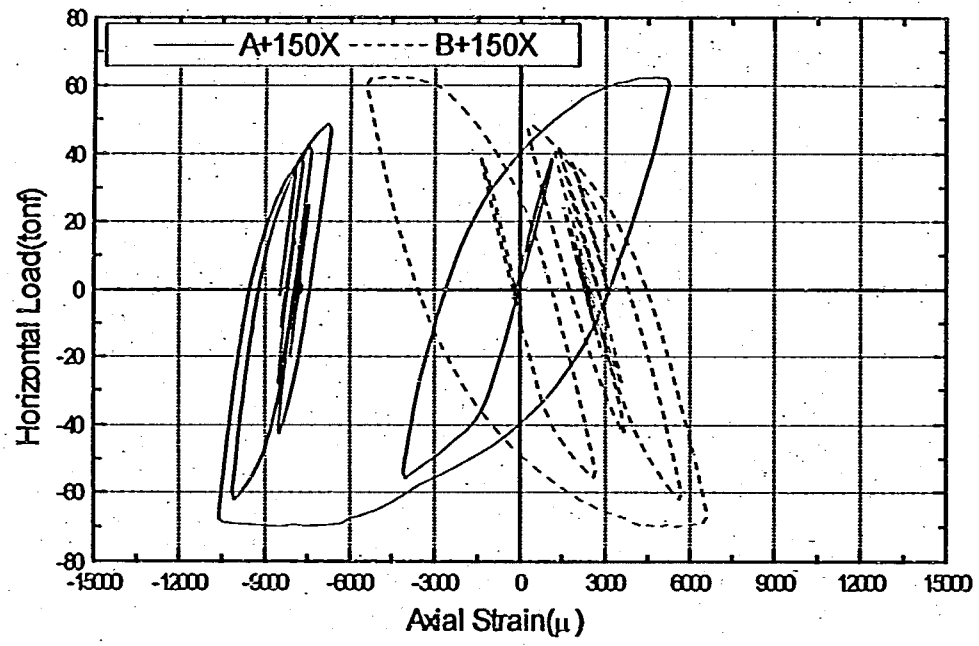
図－７．５．３　累積エネルギー吸収量（Ａ３Ｃ－Ｌ２（２回目）ＨＮ）



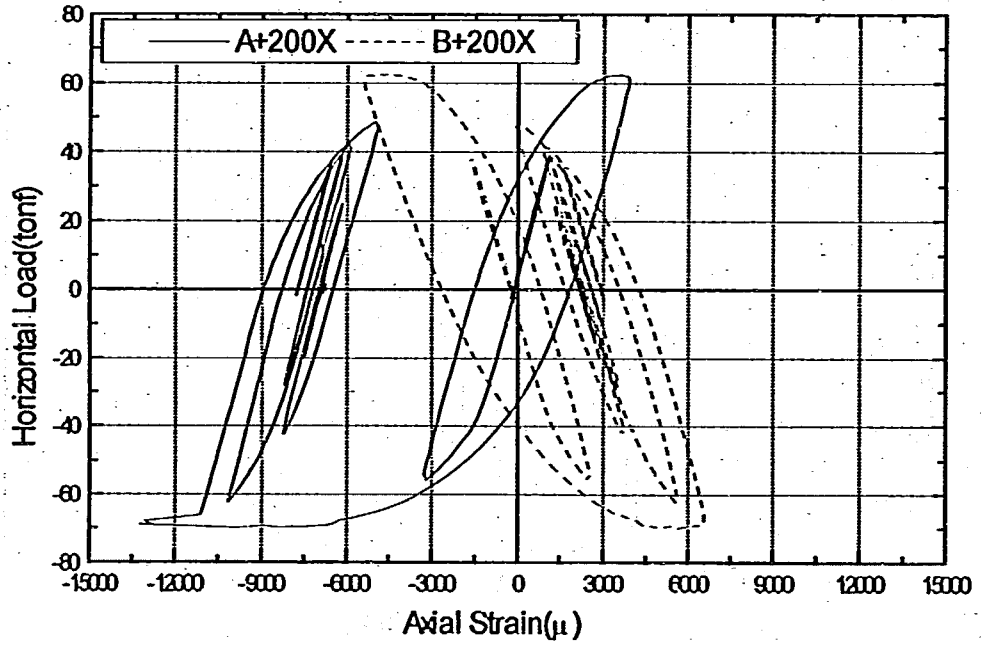
図－７．５．４　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｃ－Ｌ２（２回目）ＨＮ、Ａ５０＆Ｂ５０）



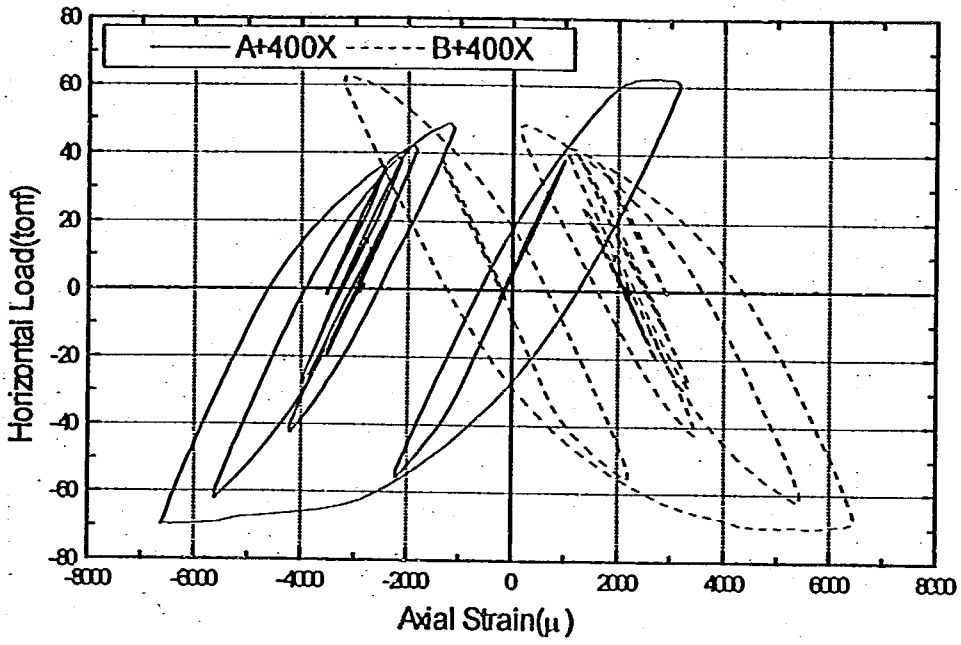
図－７．５．５　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｃ－Ｌ２（２回目）ＨＮ、Ａ１００＆Ｂ１００）



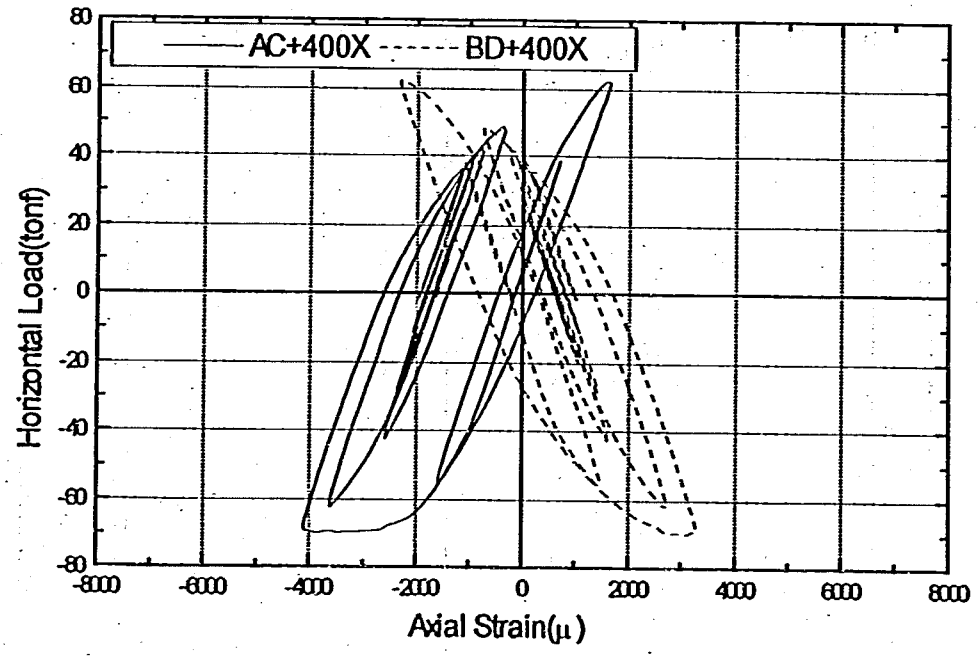
図－７．５．６　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｃ－Ｌ２（２回目）ＨＮ、Ａ１５０&Ｂ１５０）



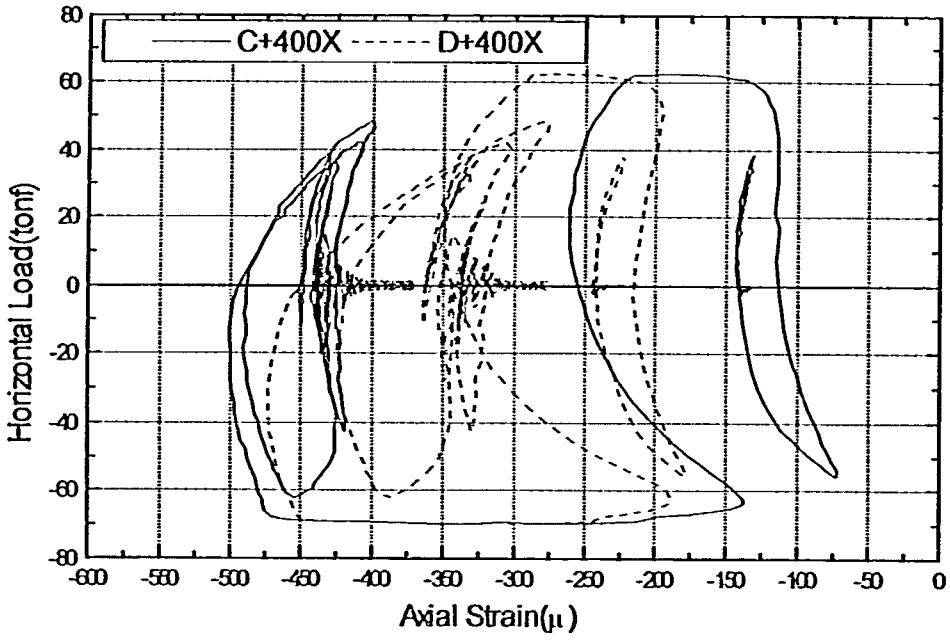
図－７．５．７　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３Ｃ－Ｌ２（２回目）ＨＮ、Ａ２００&Ｂ２００）



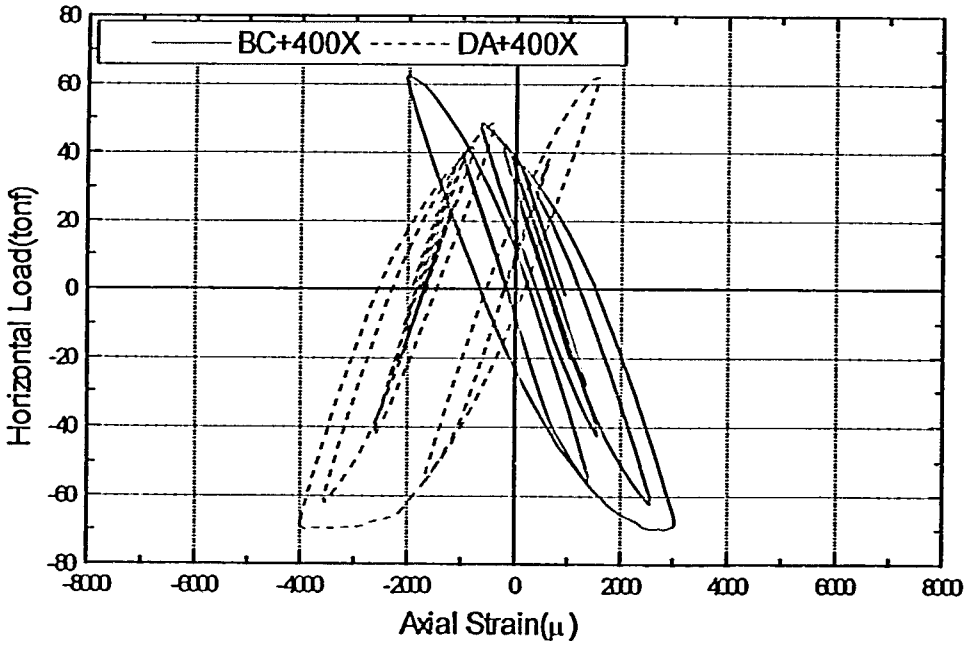
図－7．5．8　水平荷重－ひずみ関係（A3C－L2（2回目）HN、A400&B400）



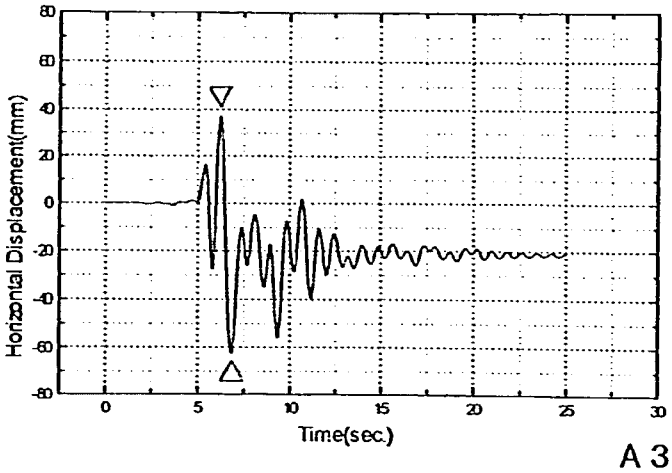
図－7．5．9　水平荷重－ひずみ関係（A3C－L2（2回目）HN、AC400&BD400）



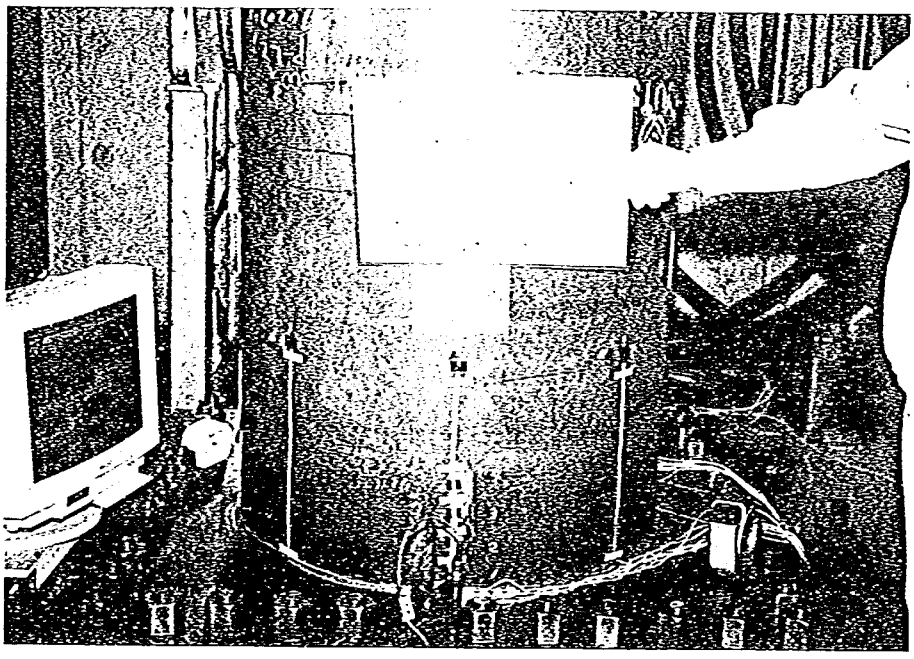
図－7．5．10　水平荷重－ひずみ関係（A3C－L2（2回目）HN、C400&D400）



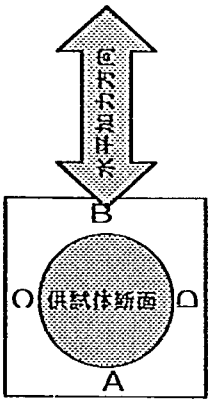
図－7．5．11　水平荷重－ひずみ関係（A3C－L2（2回目）HN、BC400&DA400）

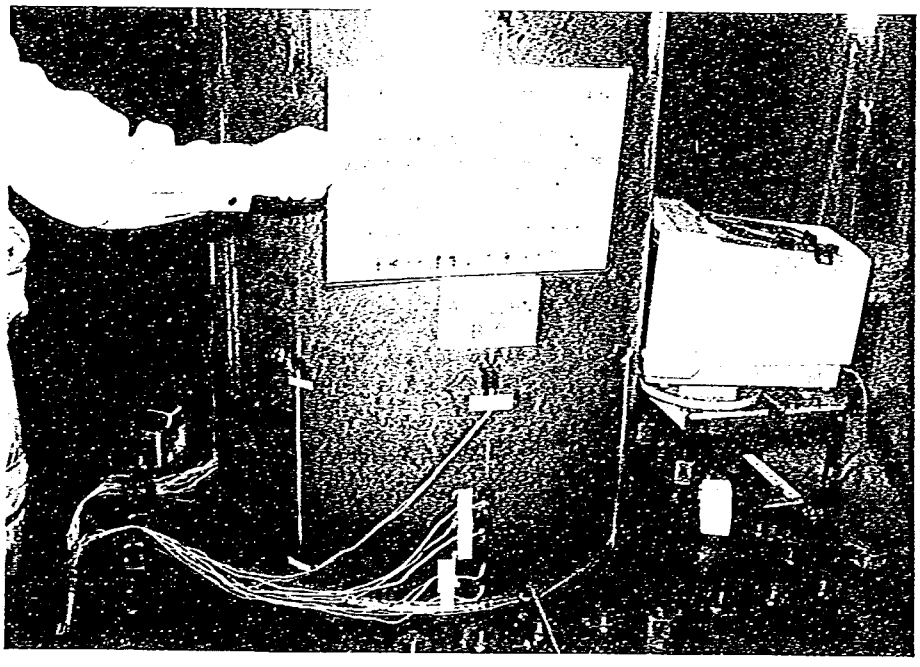


A３C－L２(２回目)HN

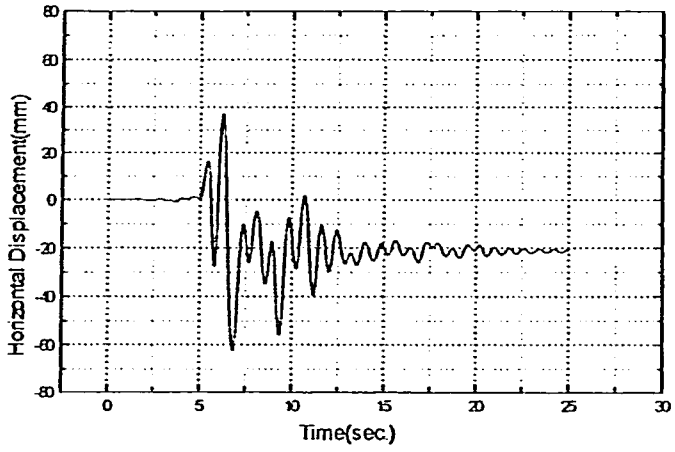


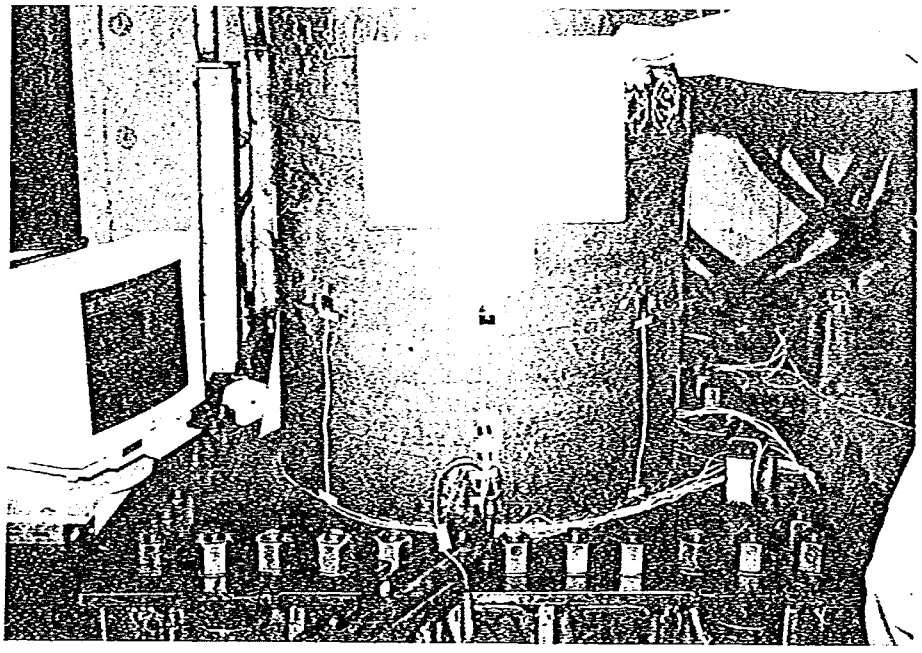
写真－７．５．１　6.26 秒経過時(61.9tf, 37.2㎜, A面)

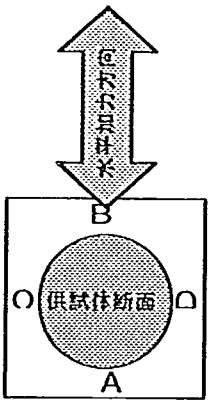




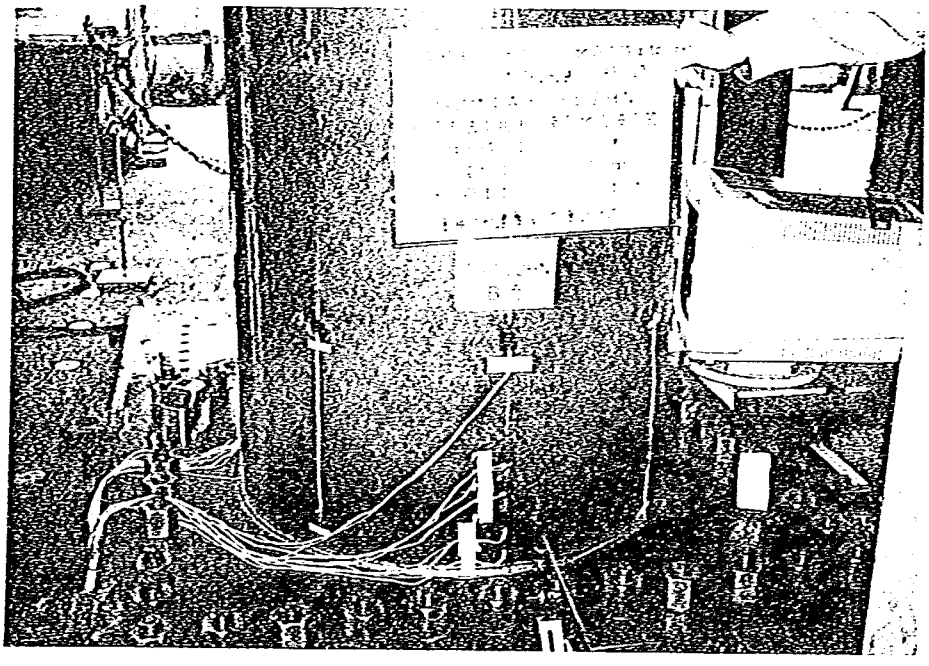
写真－７．５．２　6.84 秒経過時(-67.9tf, -62.2㎜, B面)





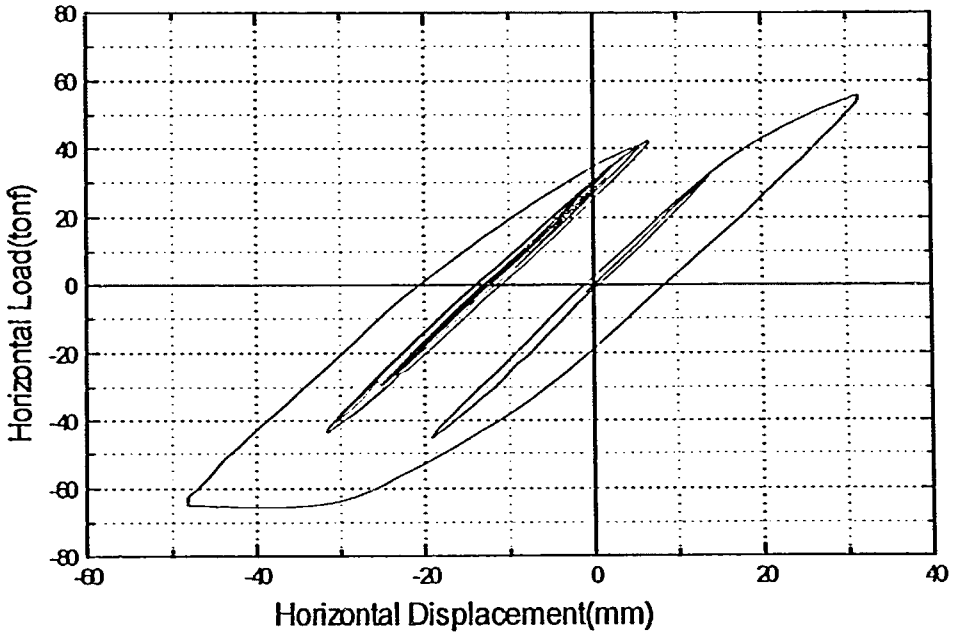


写真－7．5．3　実験終了時(A面)

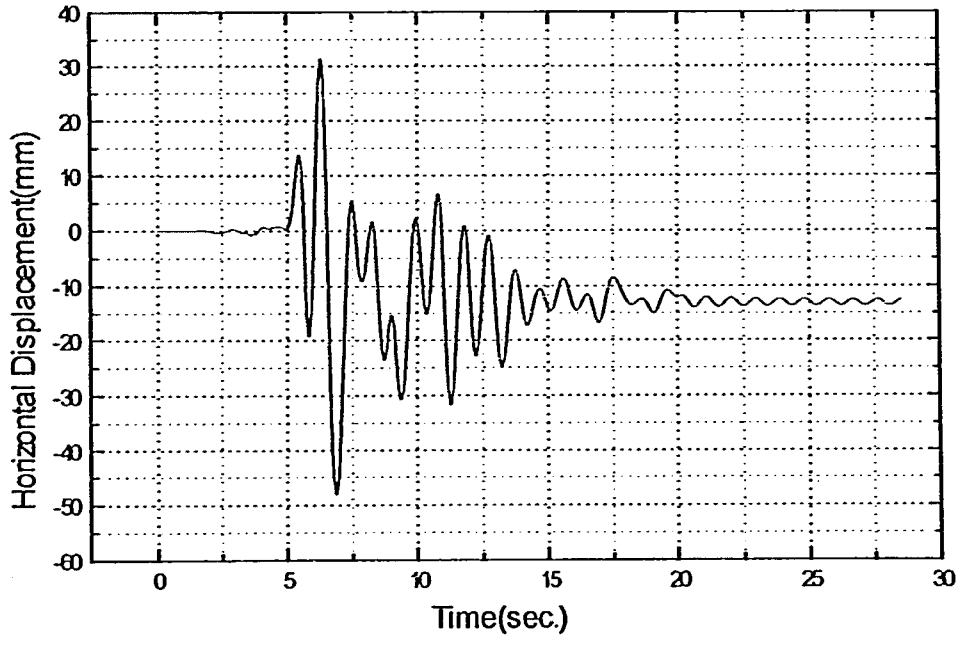


写真－7．5．4　実験終了時(B面)

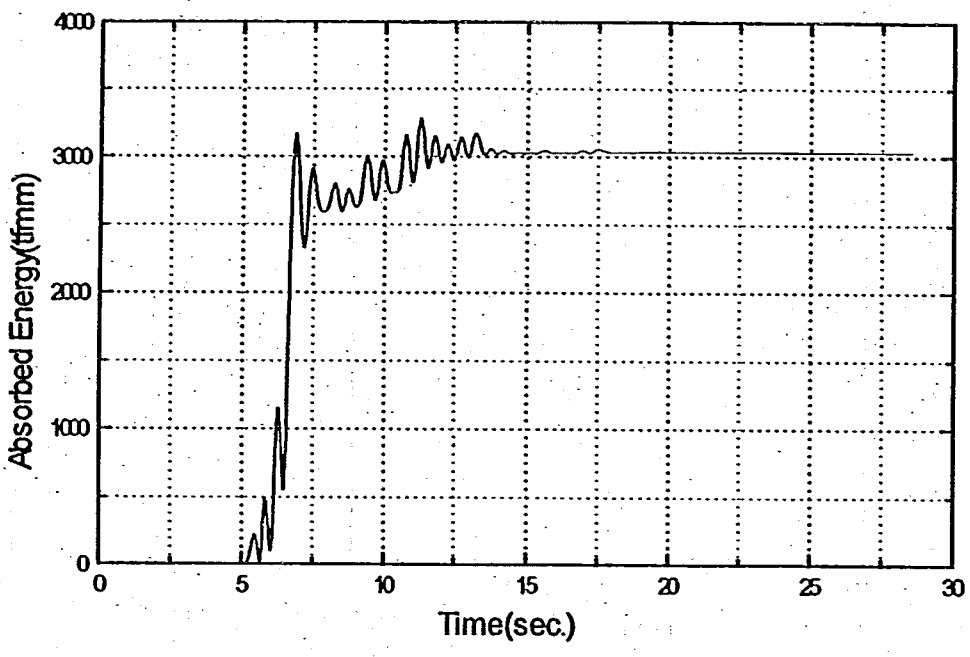
7．5．2　A3CR−HN（2回目）



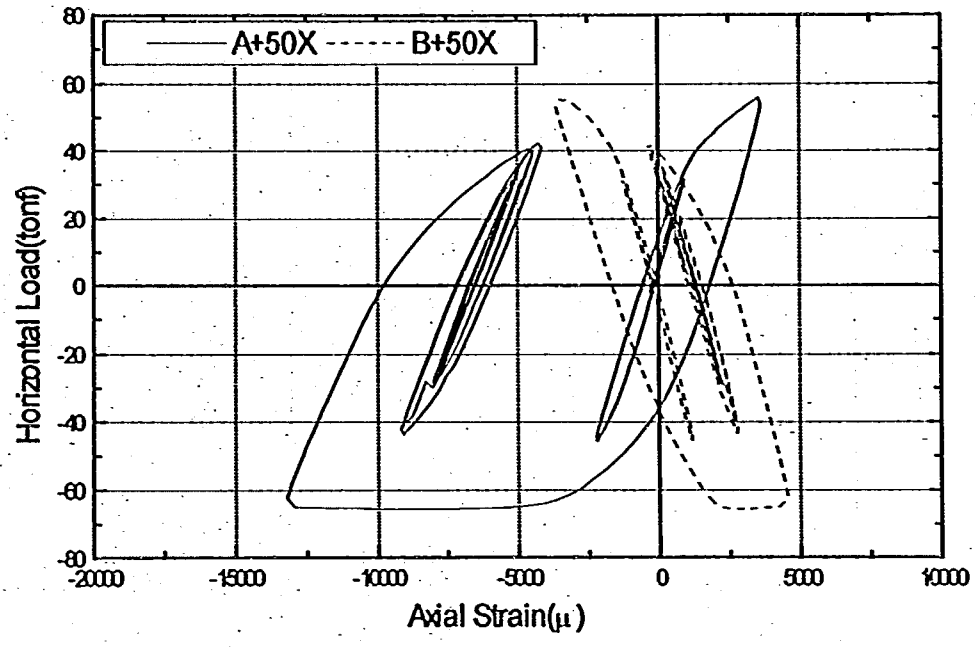
図−7．5．12　水平荷重−変位履歴曲線（A3CR−HN（2回目））



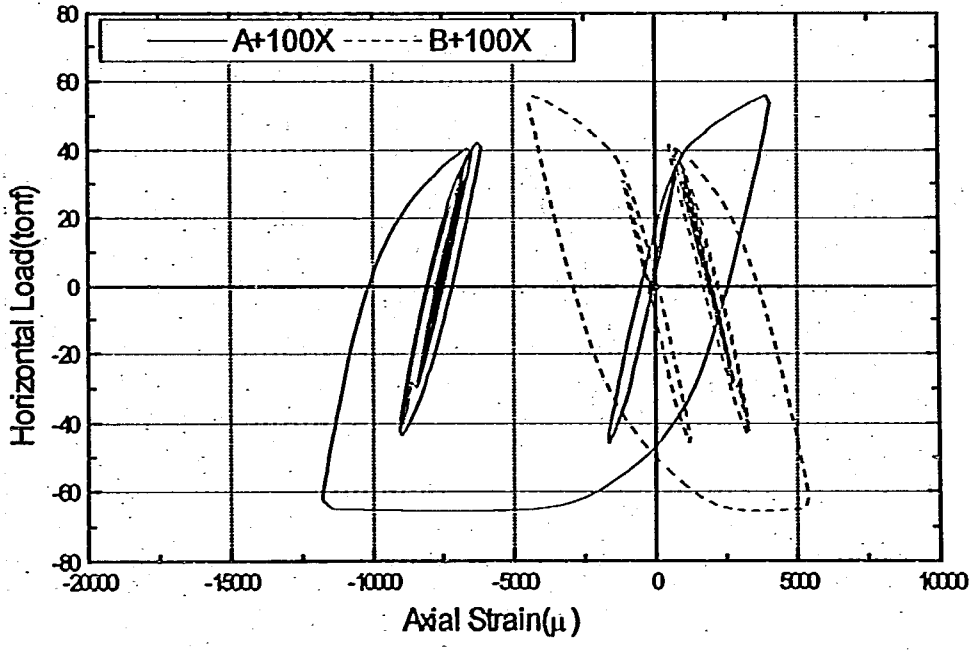
図−7．5．13　時刻歴応答変位（A3CR−HN（2回目））



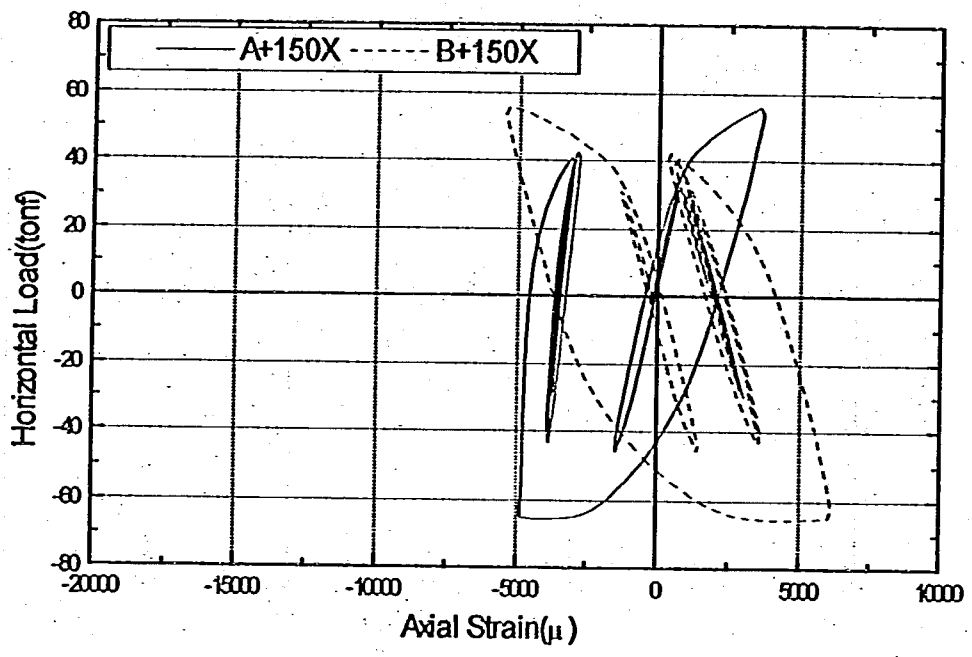
図－７．５．１４　累積エネルギー吸収量（Ａ３ＣＲ－ＨＮ（２回目））



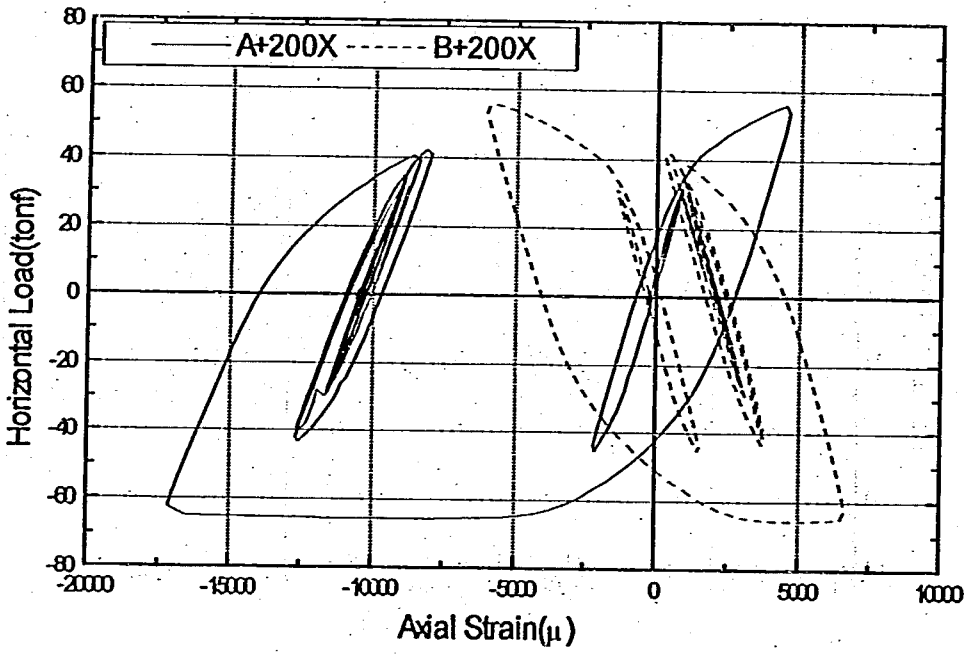
図－7．5．15　水平荷重－ひずみ関係（A3CR－HN（2回目）、A50&B50）



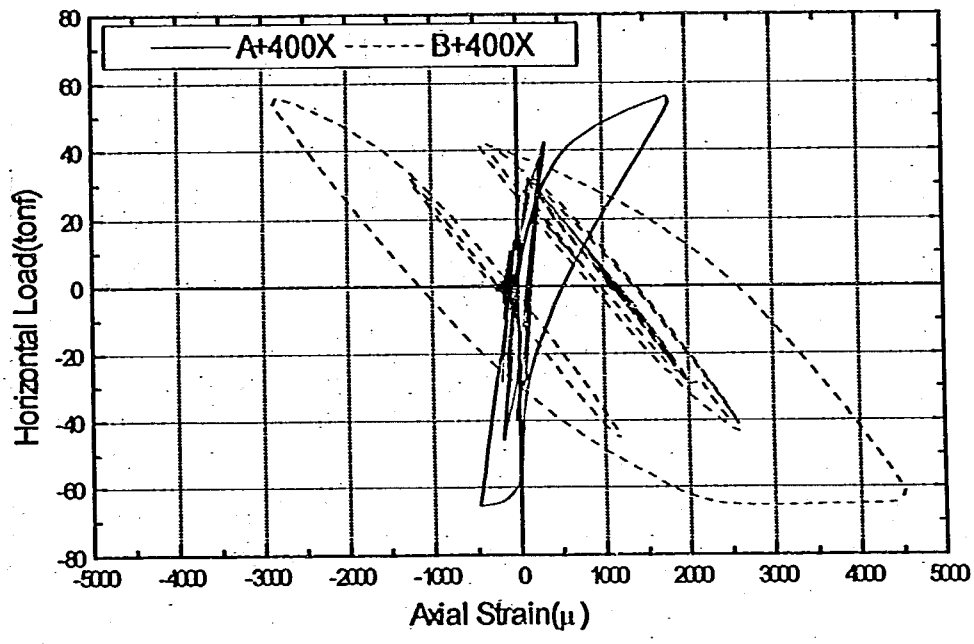
図－7．5．16　水平荷重－ひずみ関係（A3CR－HN（2回目）、A100&B100）



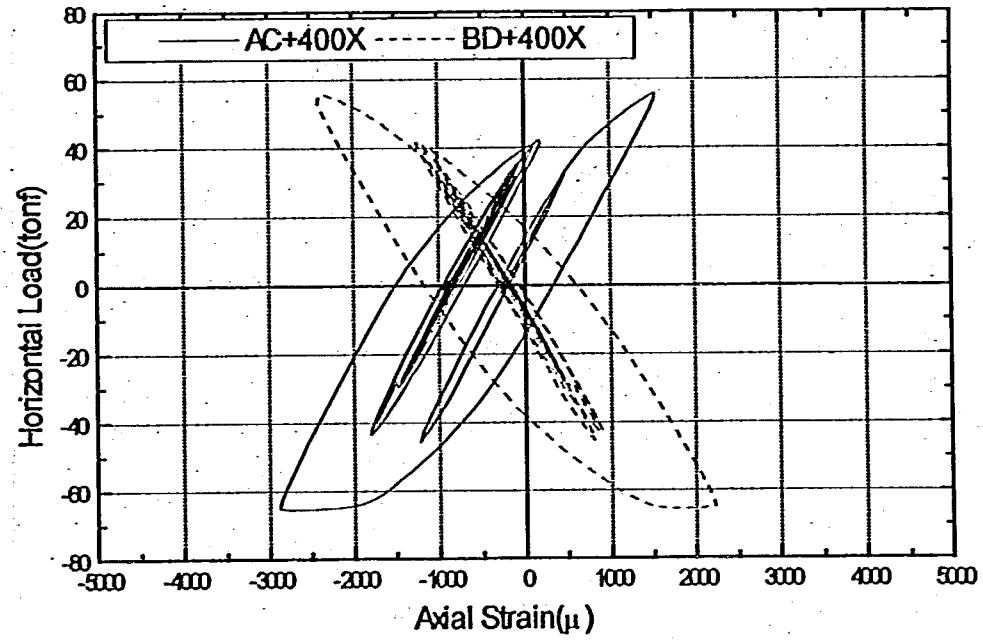
図－７．５．１７　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＣＲ－ＨＮ（２回目）、Ａ１５０&Ｂ１５０）



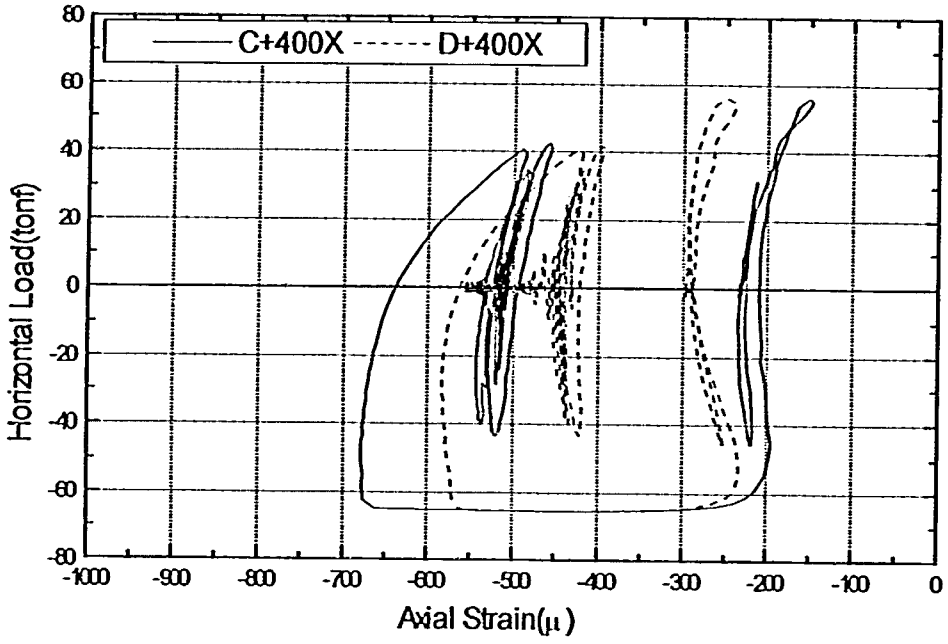
図－７．５．１８　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＣＲ－ＨＮ（２回目）、Ａ２００&Ｂ２００）



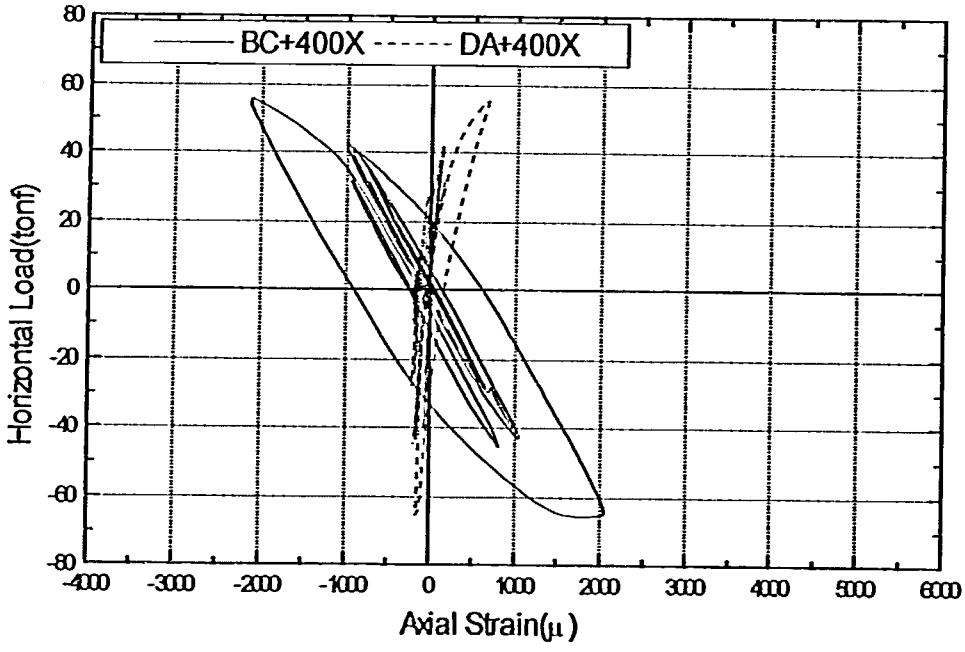
図－7．5．19　水平荷重－ひずみ関係（A3CR－HN（2回目）、A400&B400）



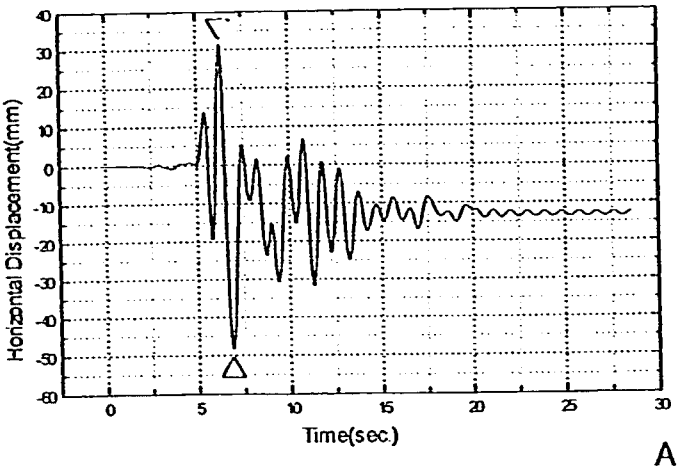
図－7．5．20　水平荷重－ひずみ関係（A3CR－HN（2回目）、AC400&BD400）



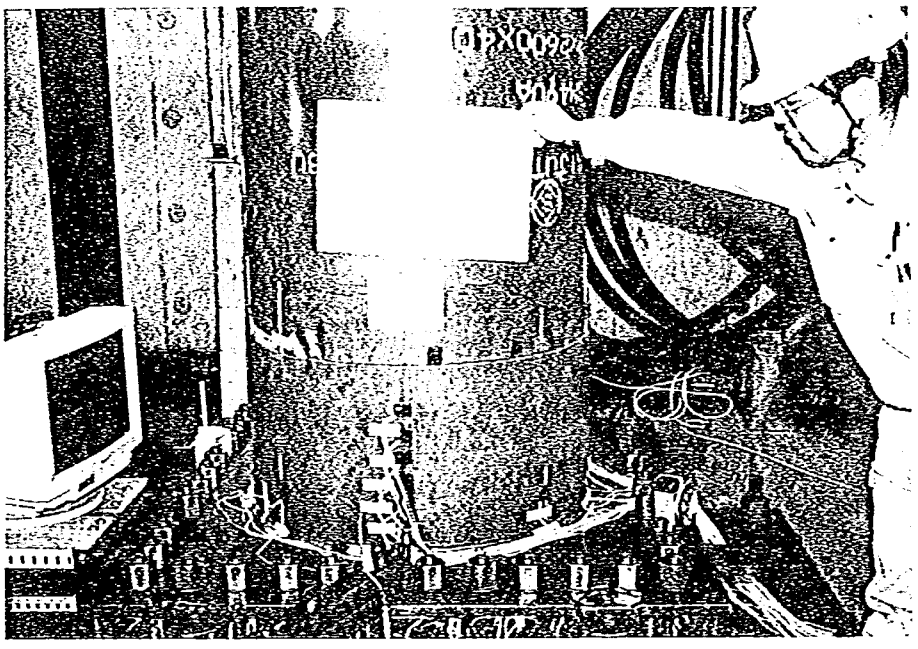
図－７．５．２１　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＣＲ－ＨＮ（２回目）、Ｃ４００＆Ｄ４００）

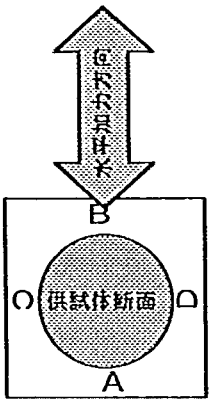


図－７．５．２２　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＣＲ－ＨＮ（２回目）、ＢＣ４００＆ＤＡ４００）

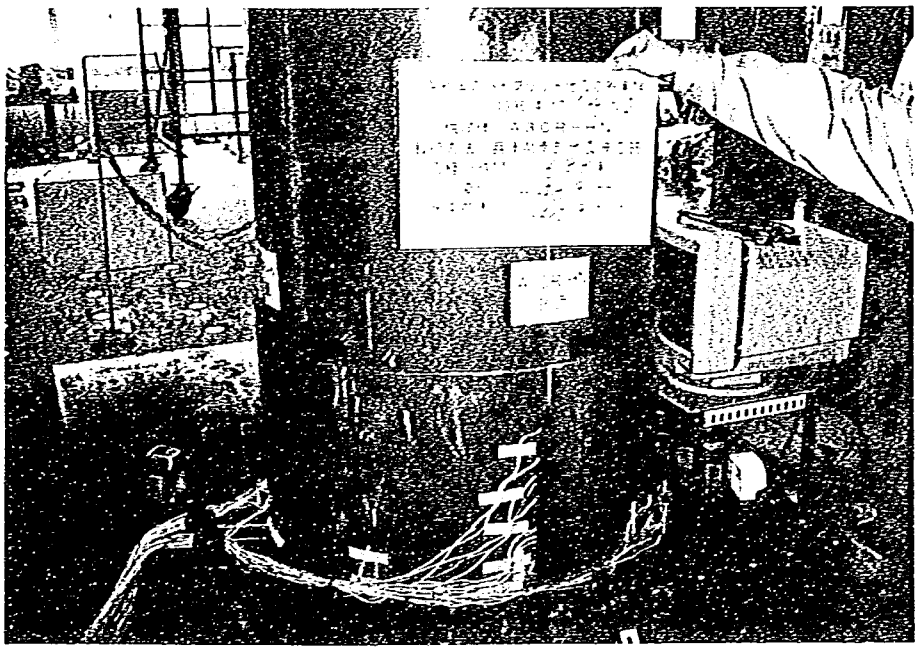


A3CR－HN(2回目)

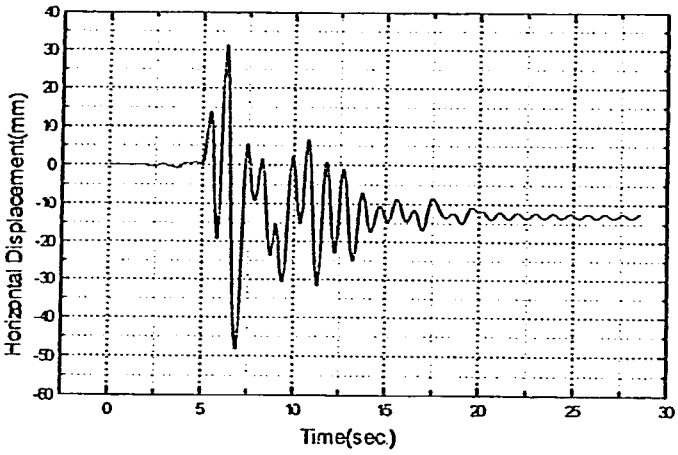




写真－7．5．5　6.3秒経過時(56.0tf, 32.6mm, A面)

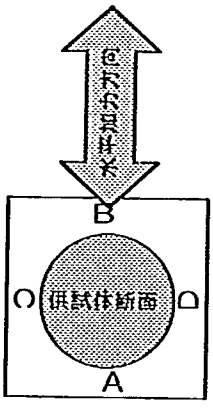


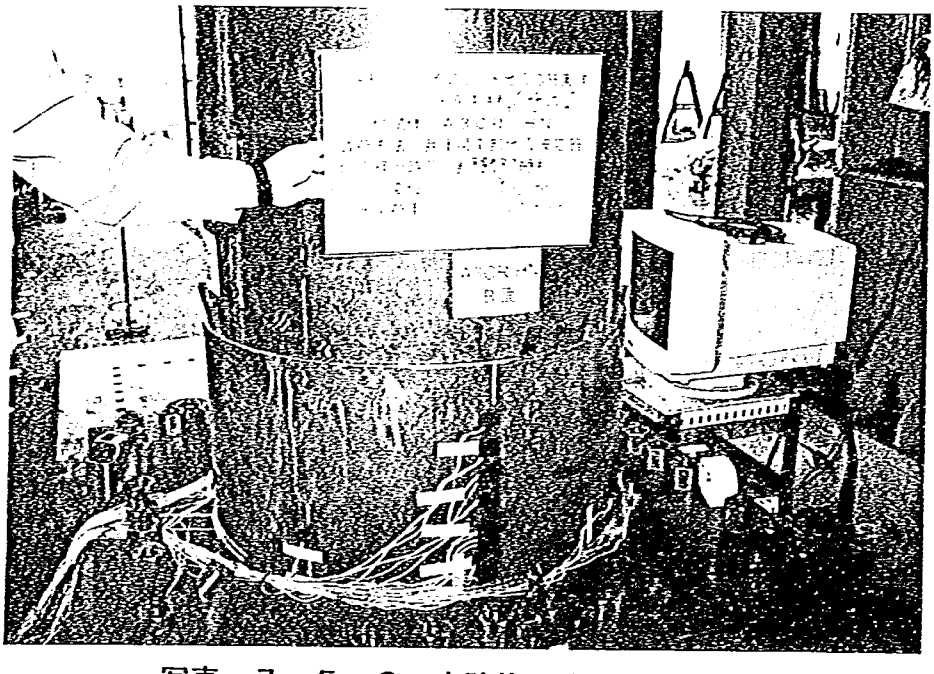
写真－7．5．6　6.88秒経過時(-64.9tf, -48.9mm, B面)





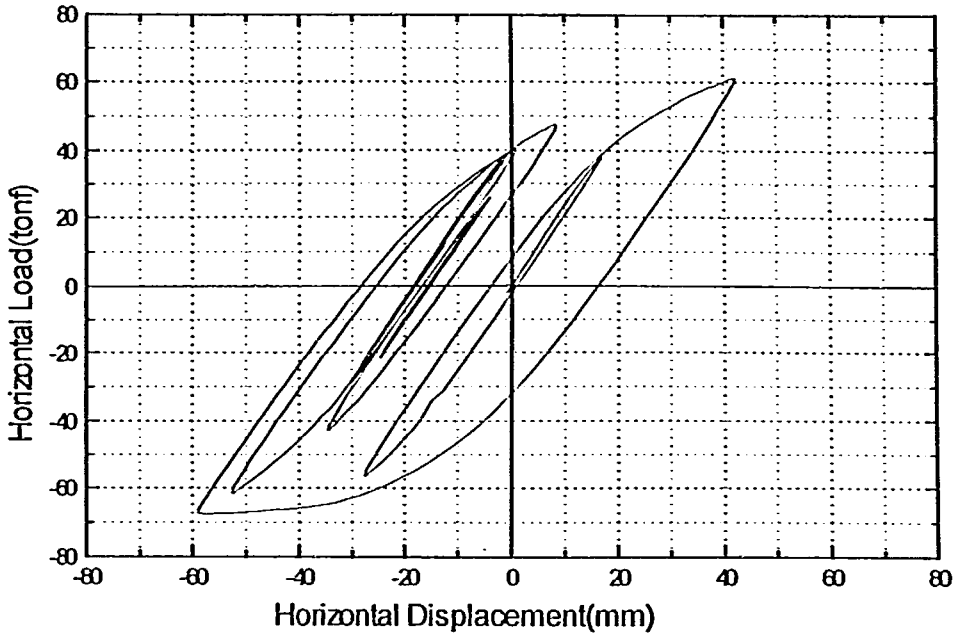
写真－7．5．7　実験終了時(A面)



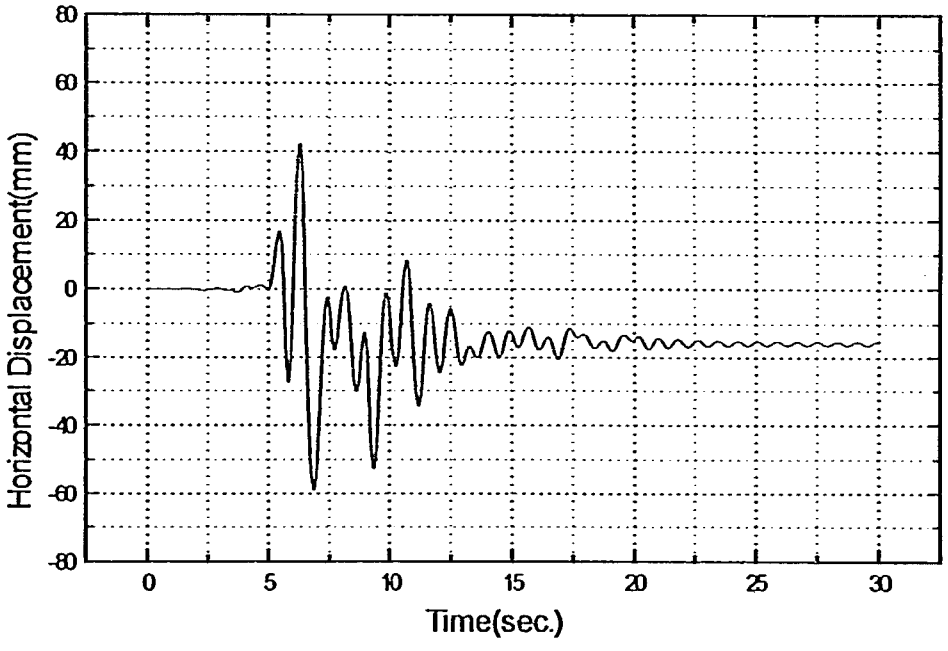


写真－7．5．8　実験終了時(B面)

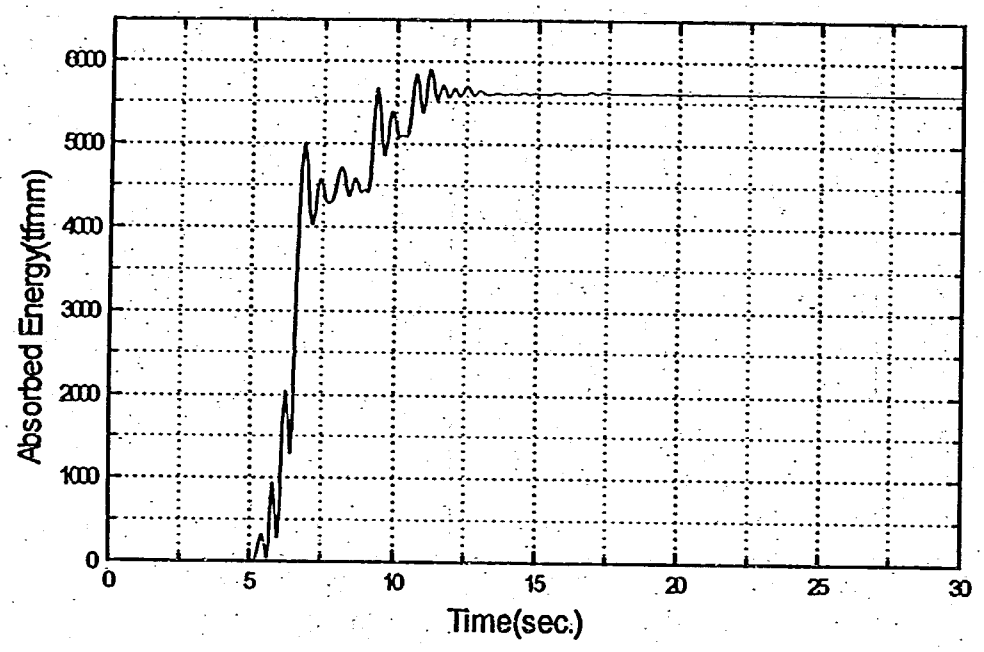
7．5．3　A3CR−HN（3回目）



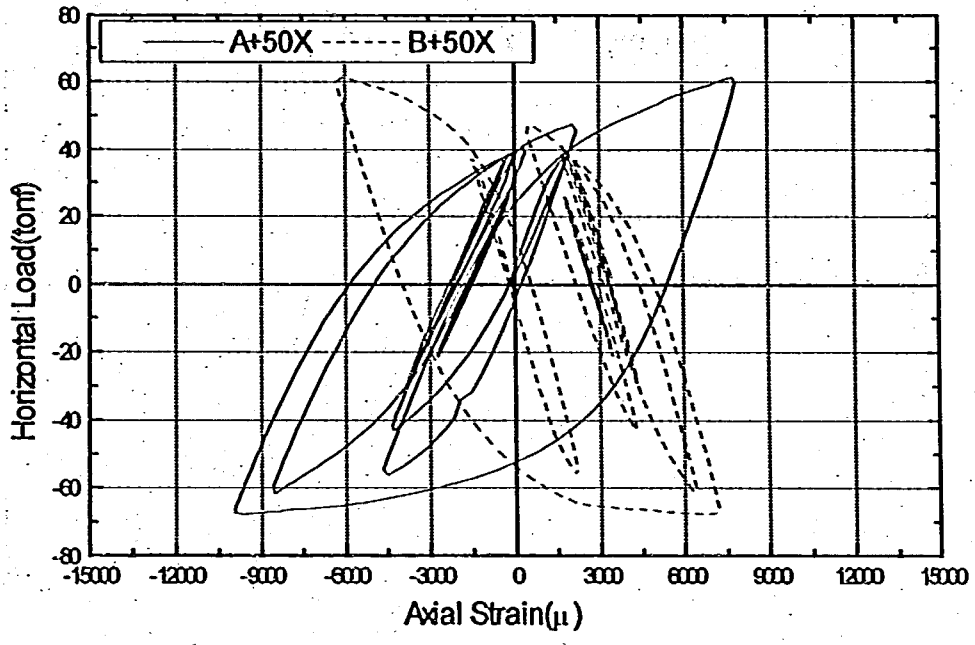
図−7．5．23　水平荷重−変位履歴曲線（A3CR−HN（3回目））



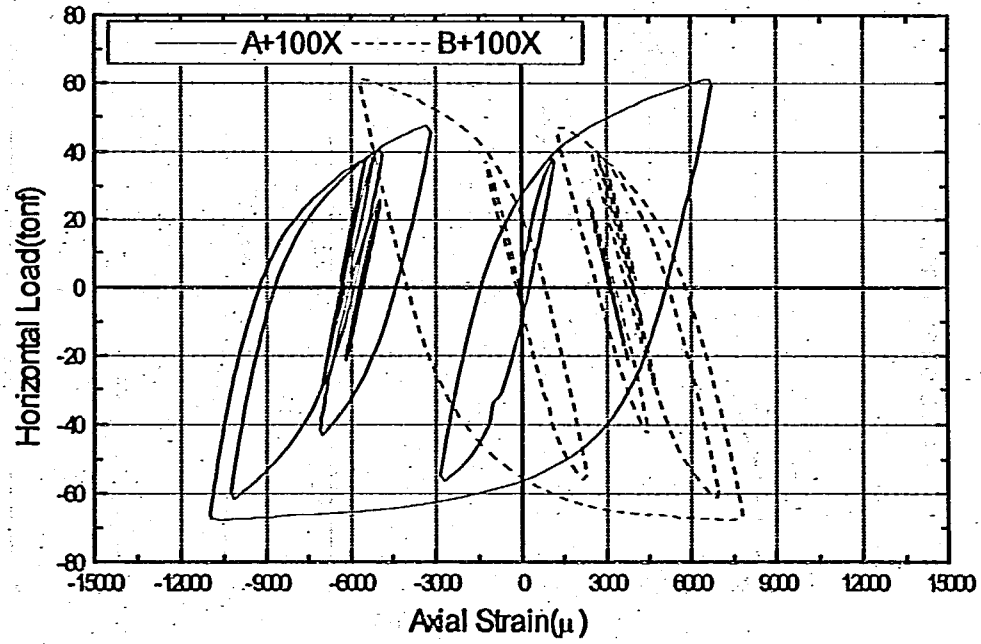
図−7．5．24　時刻歴応答変位（A3CR−HN（3回目））



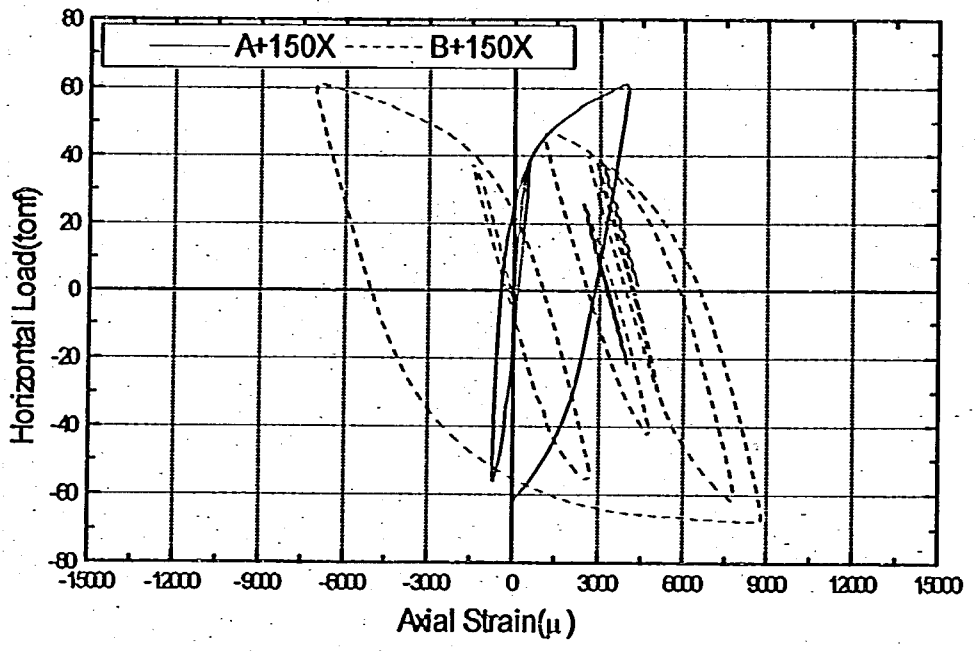
図－7．5．25　累積エネルギー吸収量（A3CR－HN（3回目））



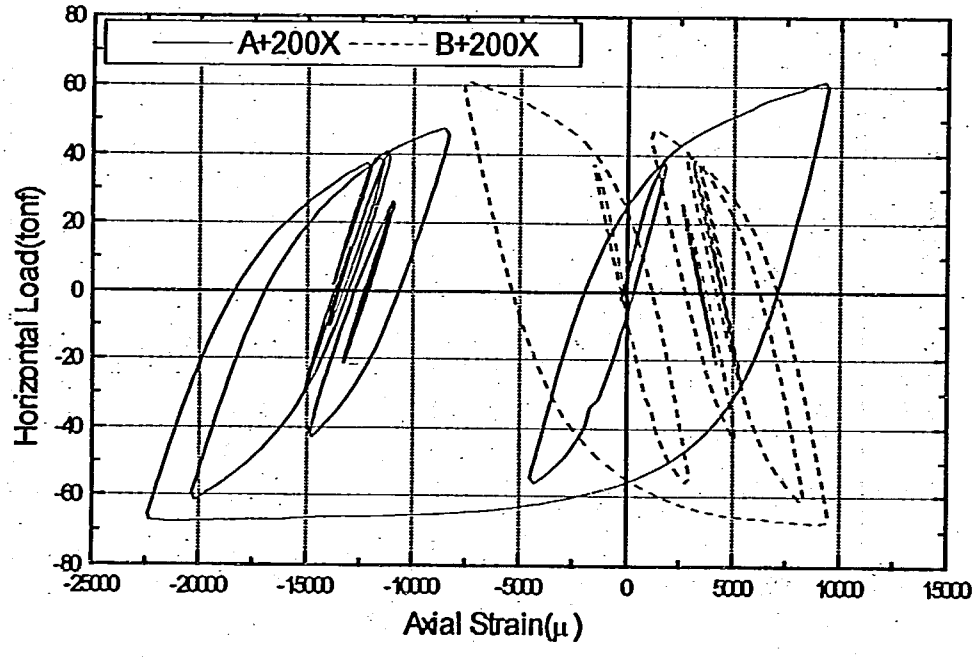
図－７．５．２６　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＣＲ－ＨＮ（３回目）、Ａ５０＆Ｂ５０）



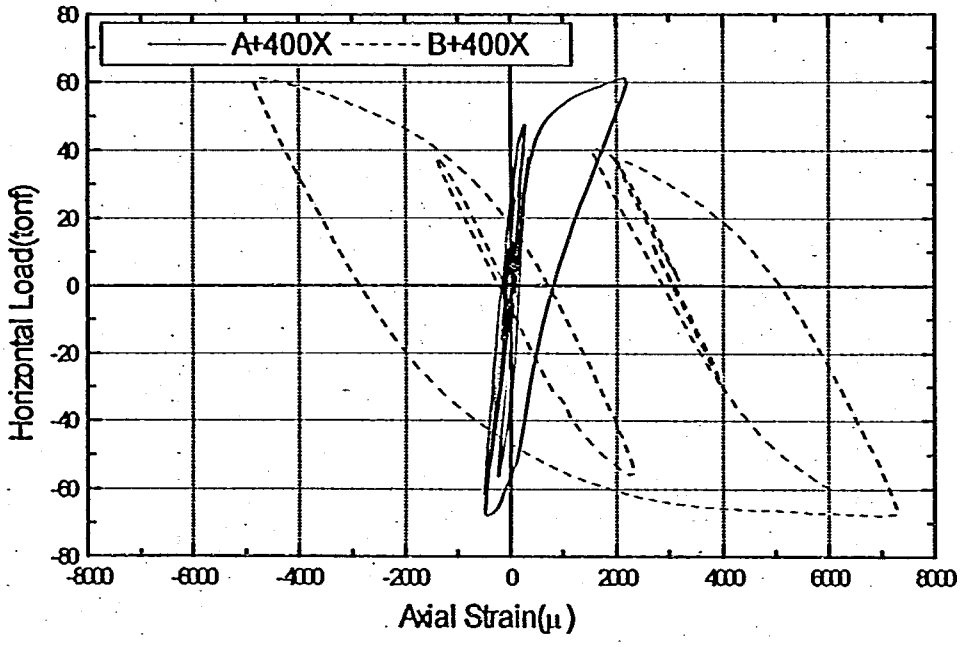
図－７．５．２７　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＣＲ－ＨＮ（３回目）、Ａ１００＆Ｂ１００）



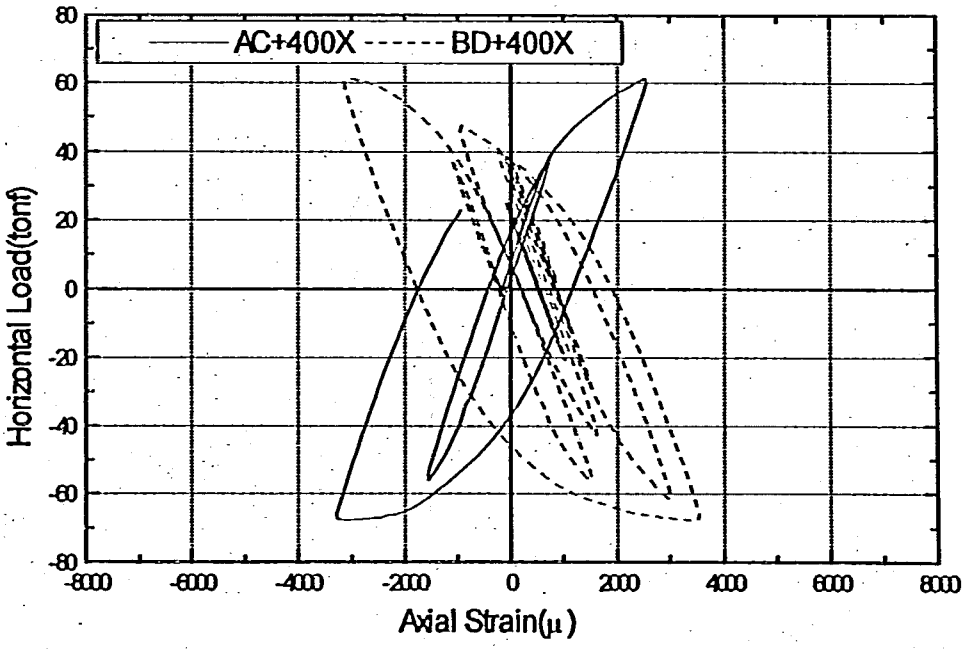
図－7．5．28　水平荷重－ひずみ関係（A3CR－HN（3回目）、A150&B150）



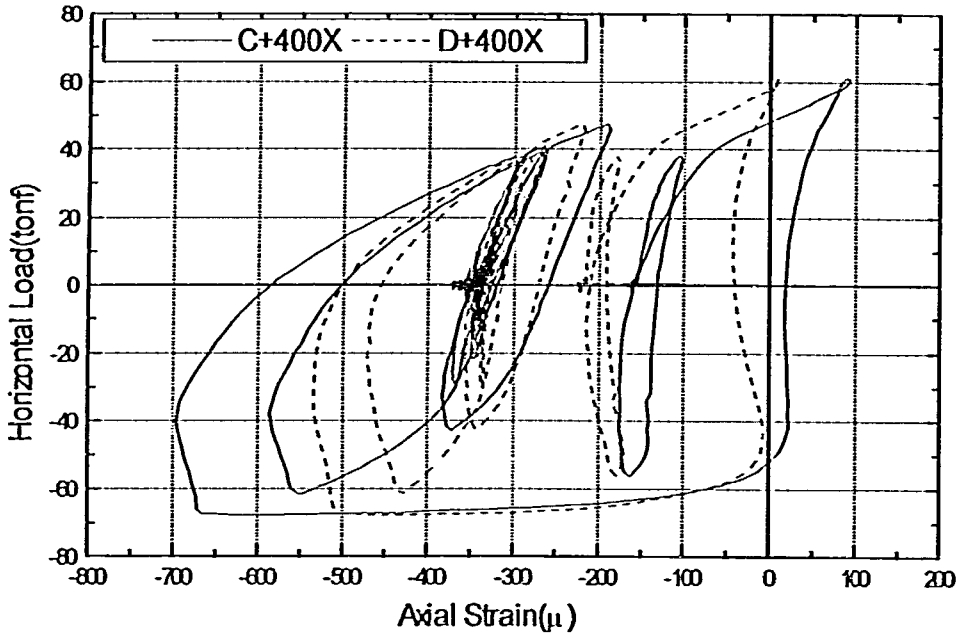
図－7．5．29　水平荷重－ひずみ関係（A3CR－HN（3回目）、A200&B200）



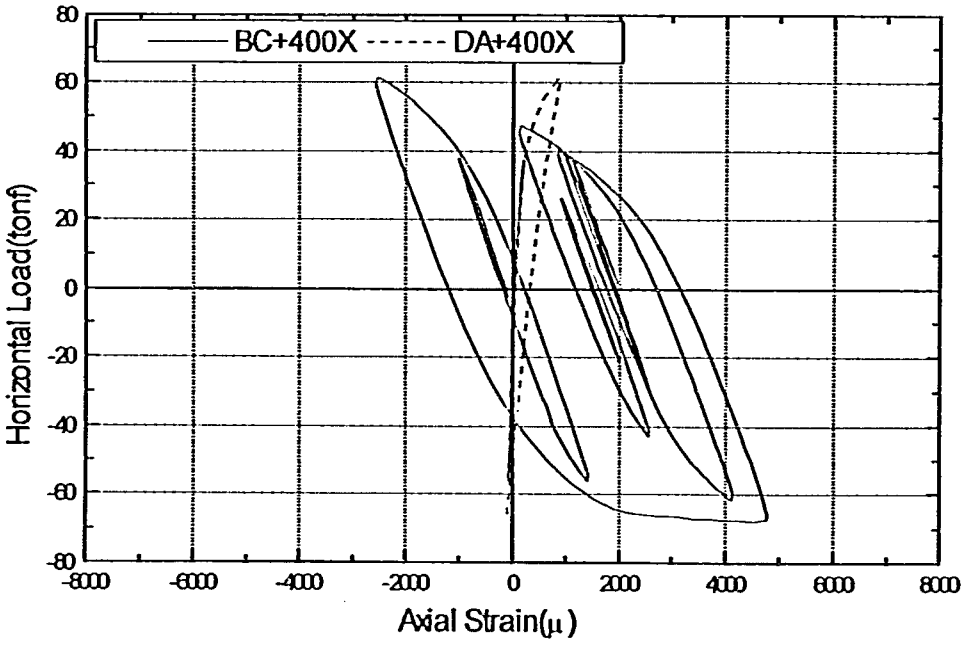
図－7．5．30　水平荷重－ひずみ関係（A3CR－HN（3回目）、A400&B400）



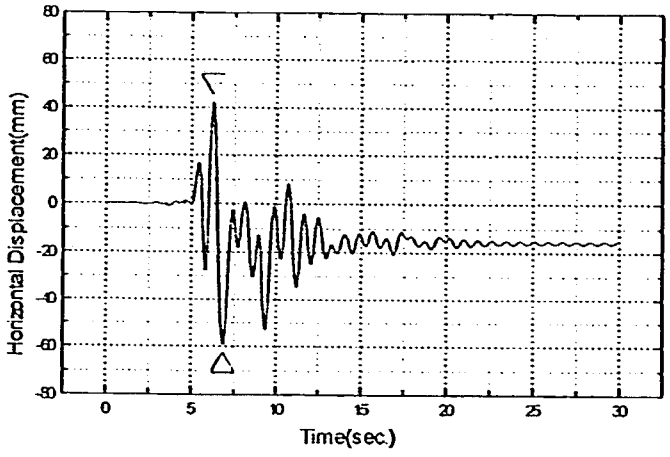
図－7．5．31　水平荷重－ひずみ関係（A3CR－HN（3回目）、AC400&BD400）



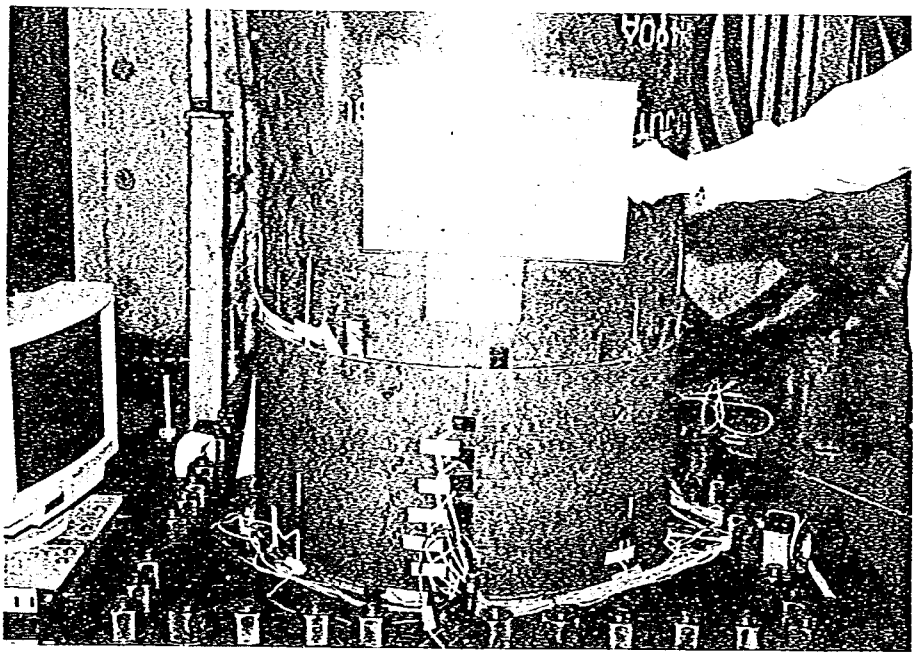
図－７．５．３２　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＣＲ－ＨＮ（３回目）、Ｃ４００＆Ｄ４００）

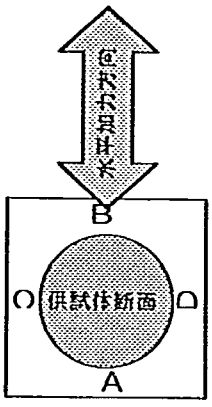


図－７．５．３３　水平荷重－ひずみ関係（Ａ３ＣＲ－ＨＮ（３回目）、ＢＣ４００＆ＤＡ４００）

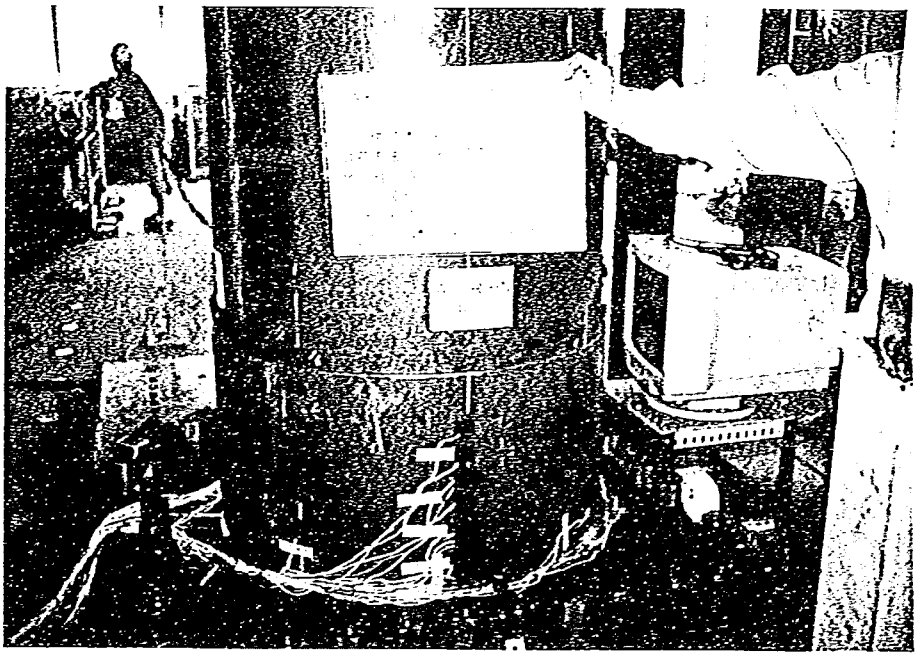


A３CR－HN(３回目)

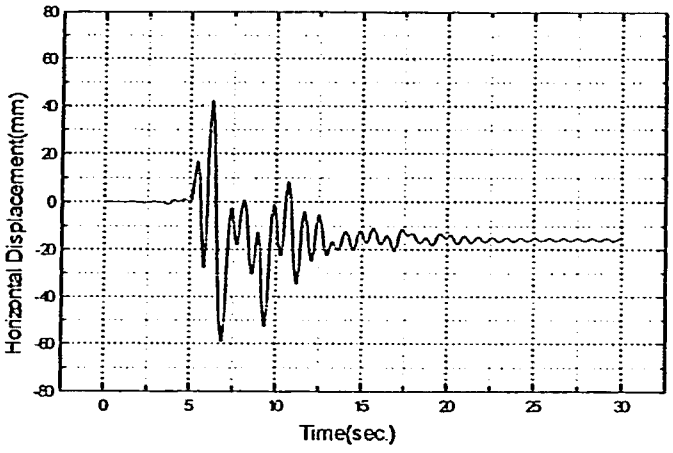


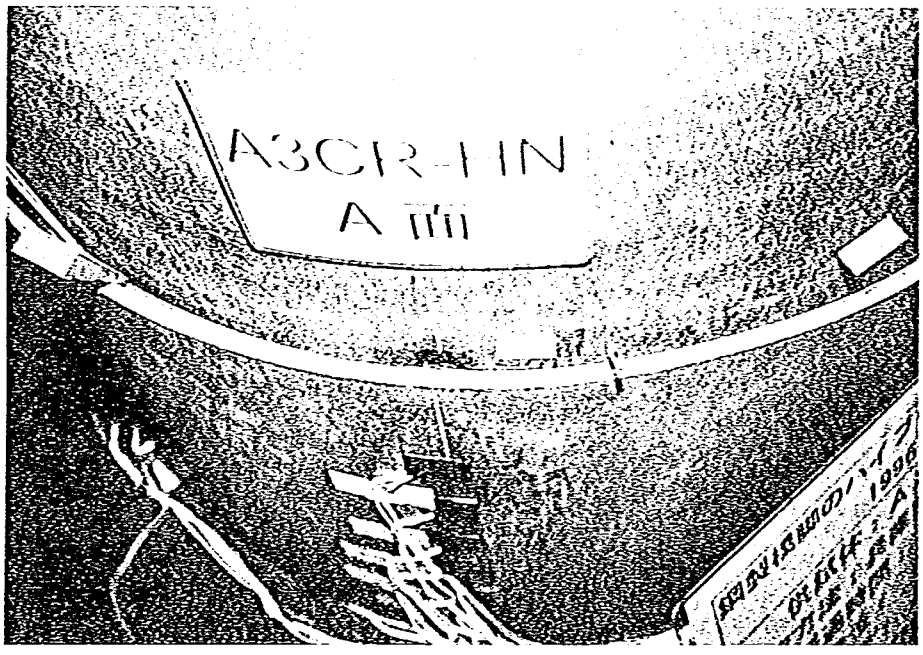


写真－７．５．９　6.27 秒経過時(61.3tf, 42.2mm, A面)

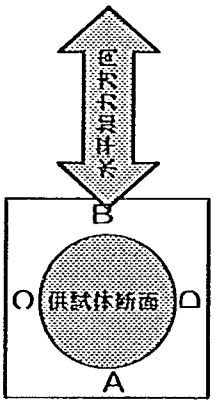


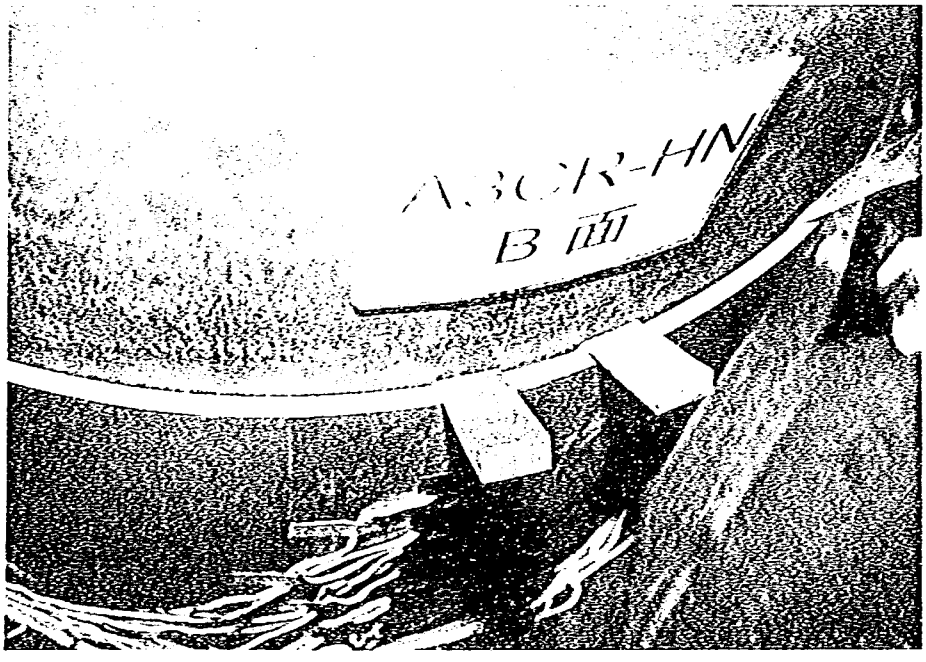
写真－７．５．１０　6.86 秒経過時(-67.3tf, -59.0mm, B面)





写真－７．５．１１　実験終了時(A面)

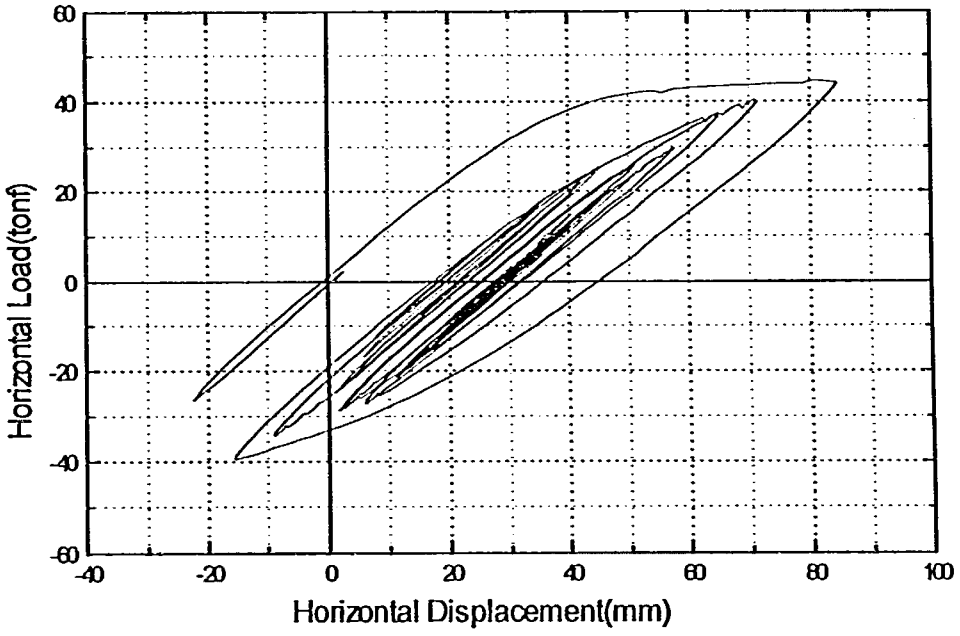




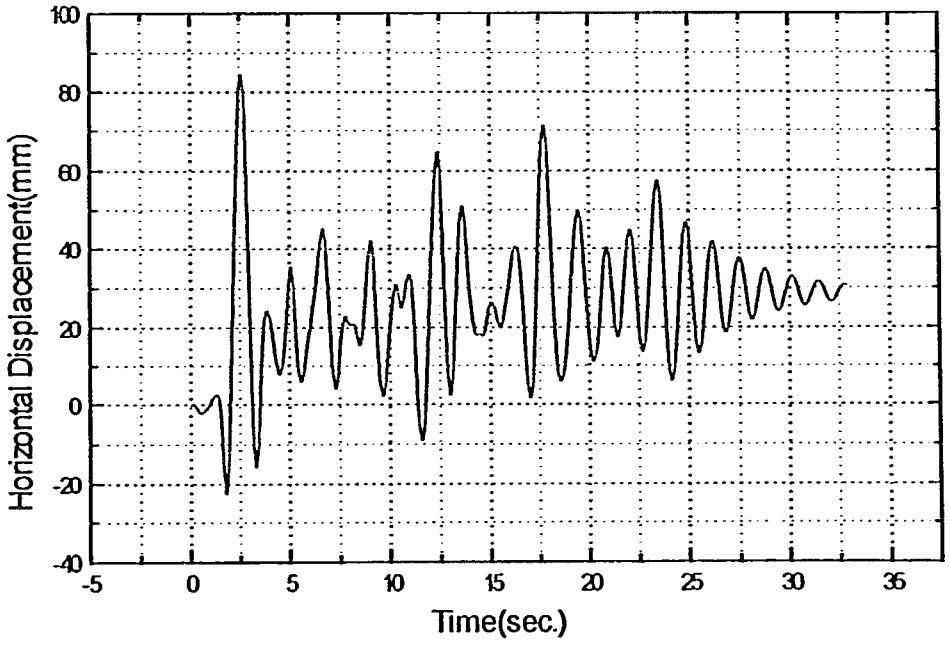
写真－７．５．１２　実験終了時(B面)

7．6　P1Rシリーズ

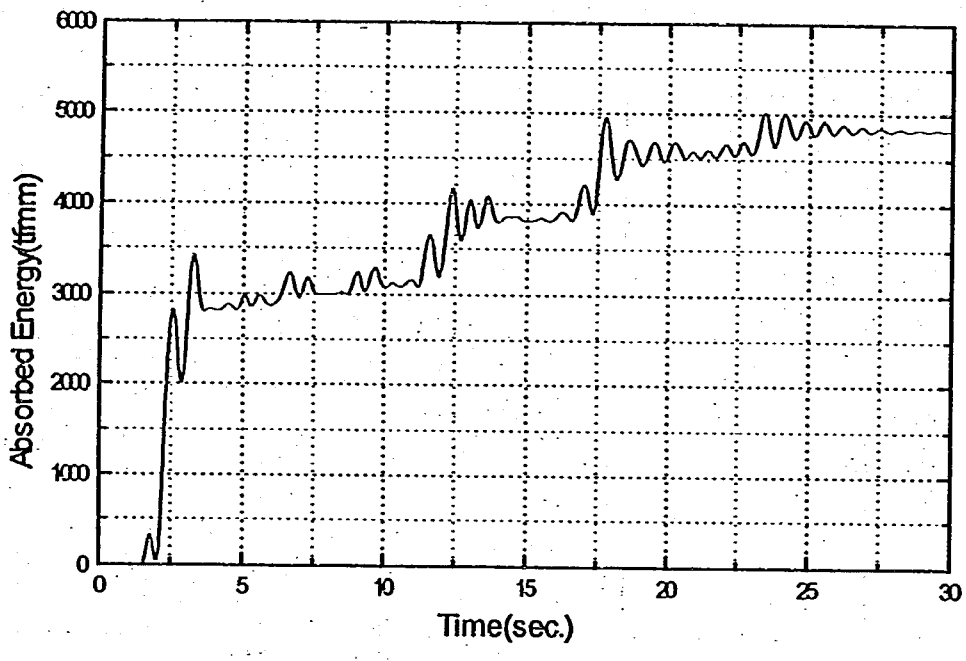
7．6．1　P1R－L2（2回目）



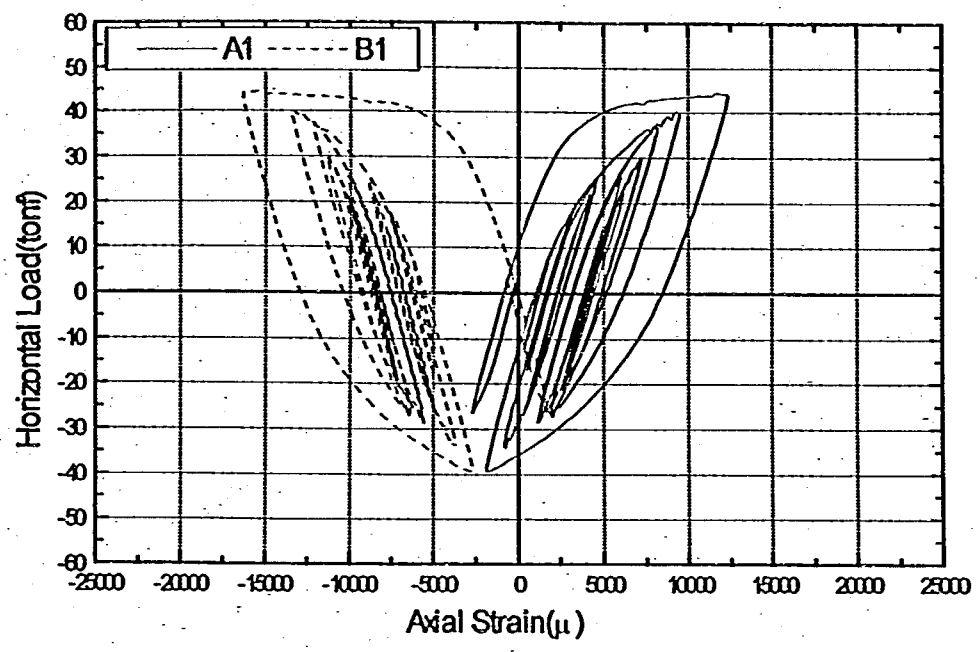
図－7．6．1　水平荷重－変位履歴曲線（P1R－L2（2回目））



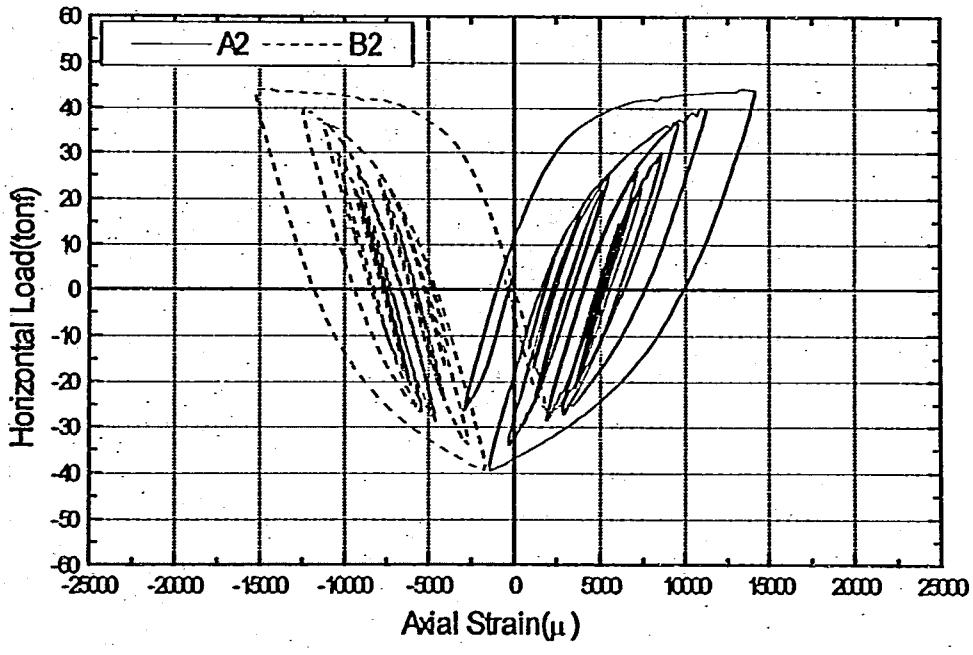
図－7．6．2　時刻歴応答変位（P1R－L2（2回目））



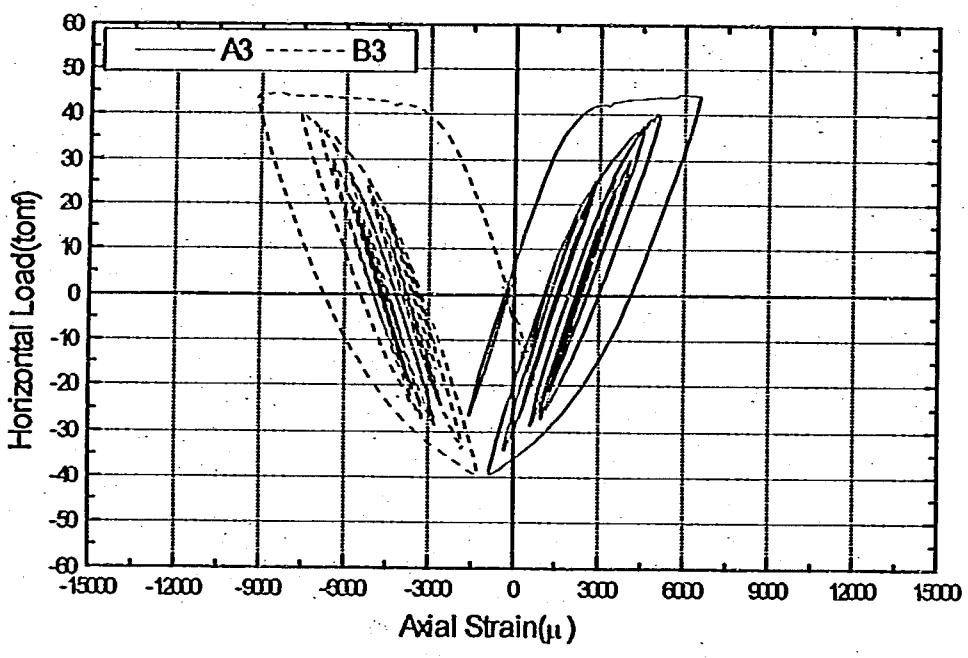
図－７．６．３　累積エネルギー吸収量（Ｐ１Ｒ－Ｌ２（２回目））



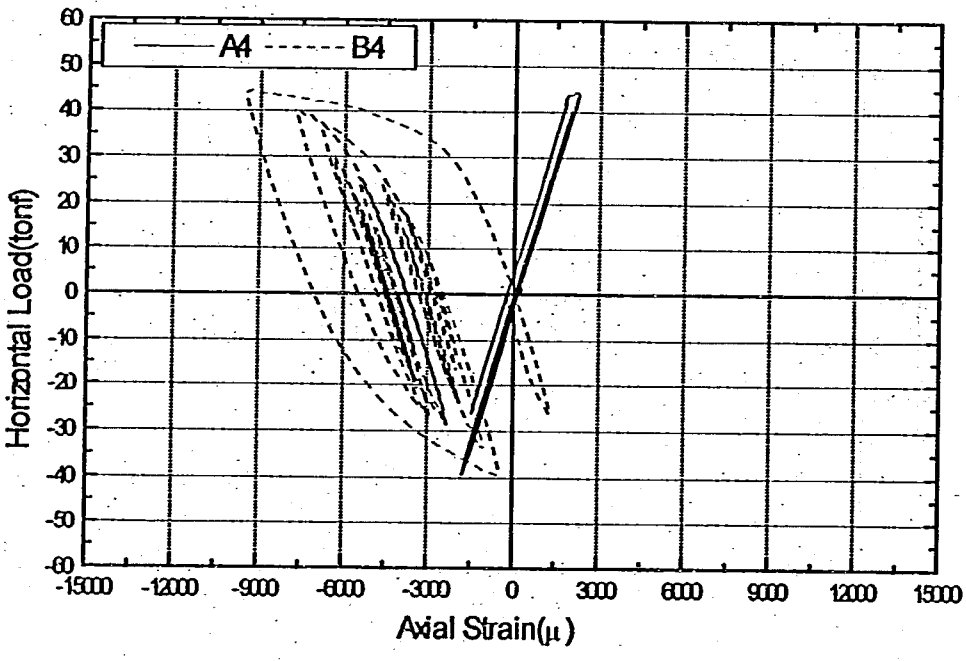
図－７．６．４　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－Ｌ２（２回目）、Ａ１＆Ｂ１）



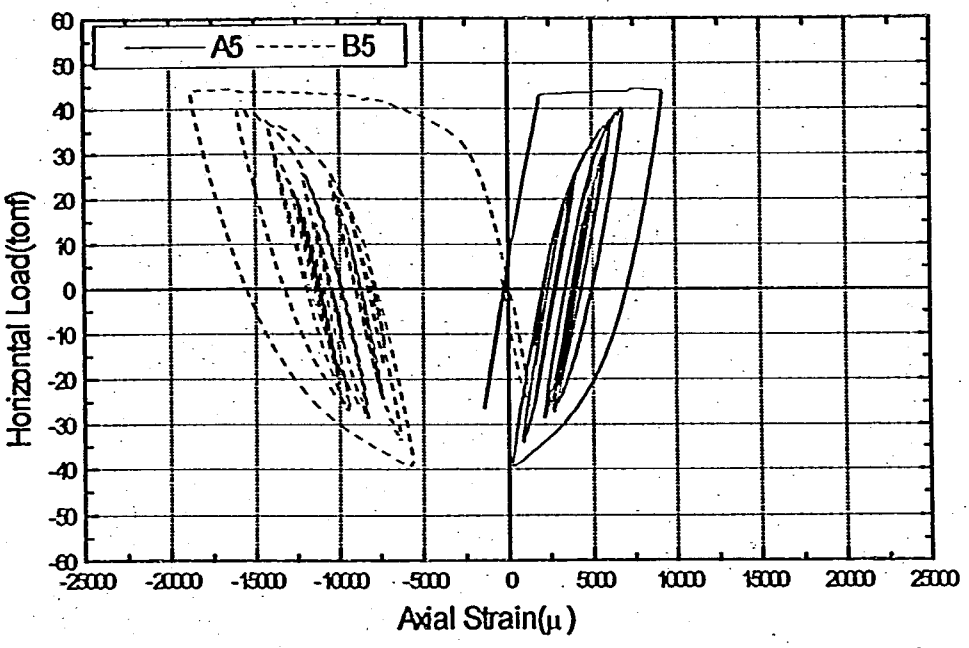
図－７．６．５　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－Ｌ２（２回目）、Ａ２＆Ｂ２）



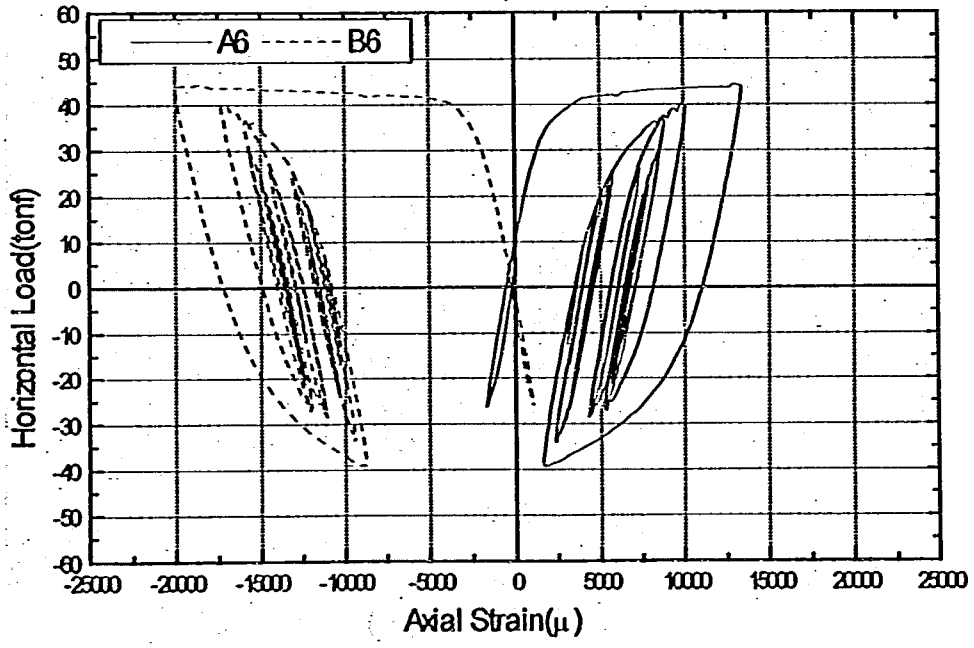
図－7．6．6　水平荷重－ひずみ関係（P1R－L2（2回目)、A3&B3）



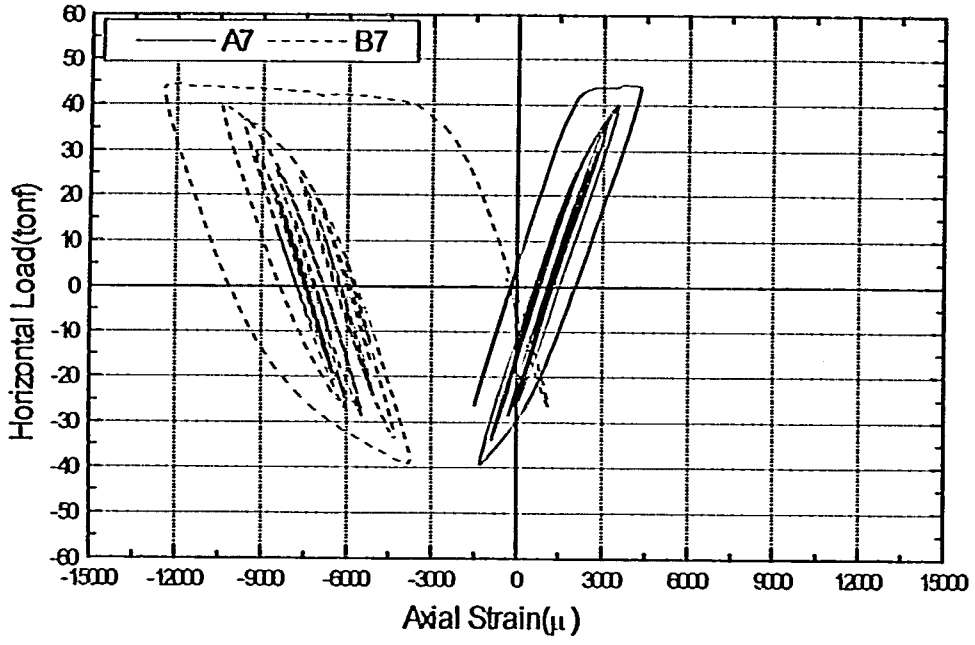
図－7．6．7　水平荷重－ひずみ関係（P1R－L2（2回目)、A4&B4）



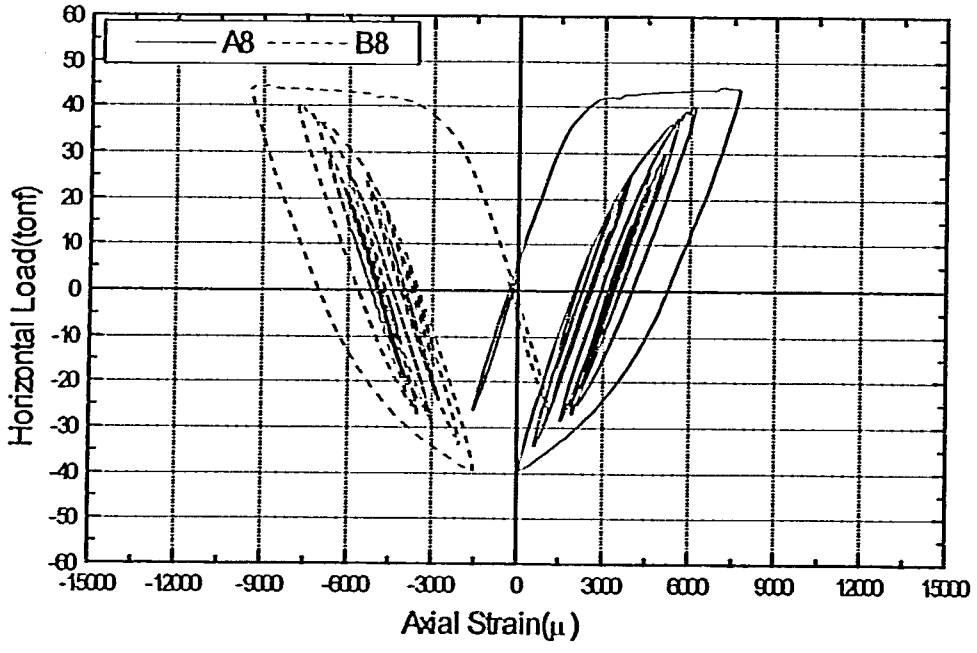
図－７．６．８　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－Ｌ２（２回目）、Ａ５＆Ｂ５）



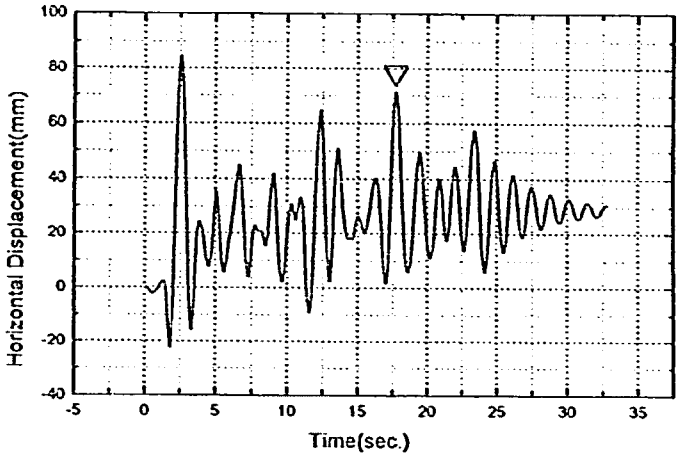
図－７．６．９　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－Ｌ２（２回目）、Ａ６＆Ｂ６）



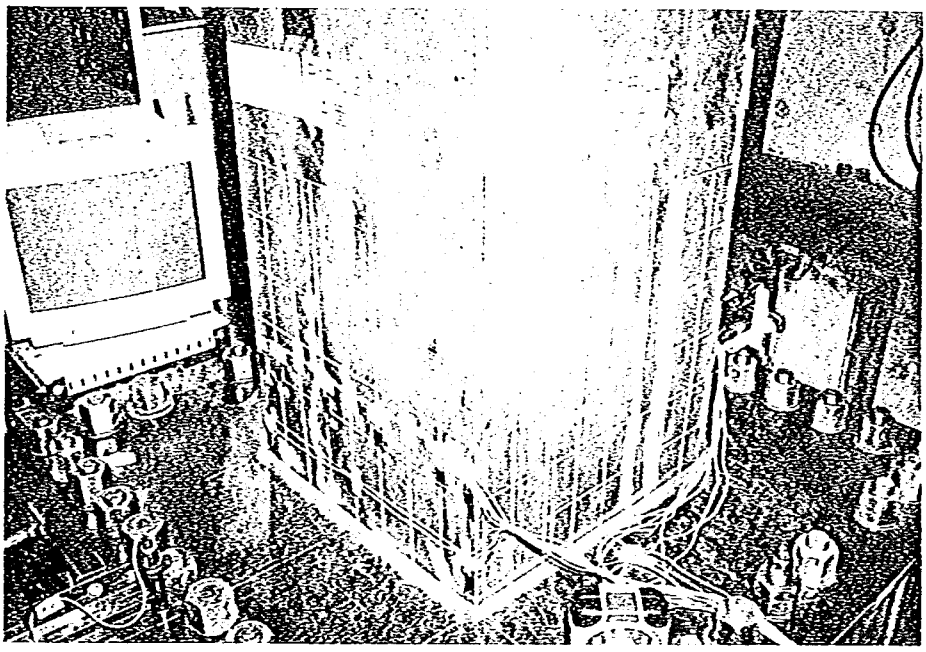
図－７．６．１０　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－Ｌ２（２回目）、Ａ７＆Ｂ７）



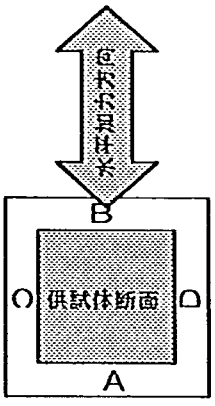
図－７．６．１１　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－Ｌ２（２回目）、Ａ８＆Ｂ８）

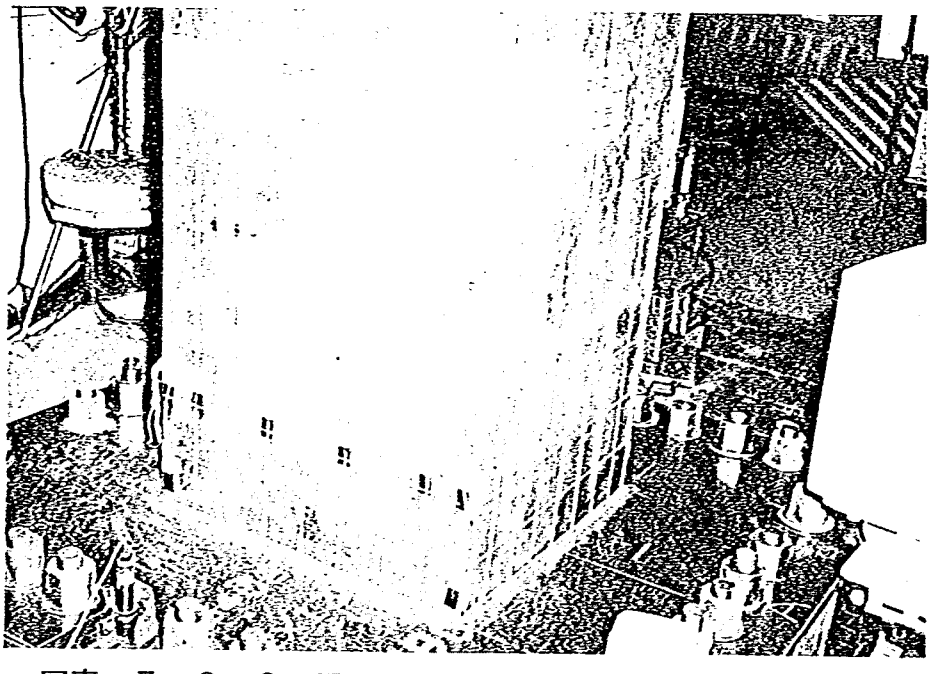


P１R－L２(２回目)

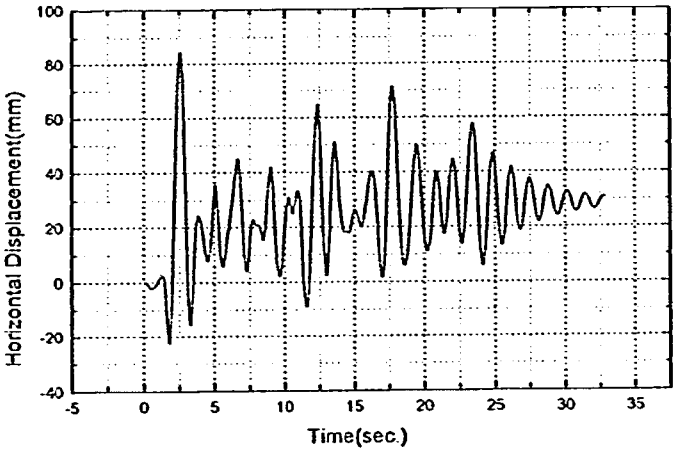


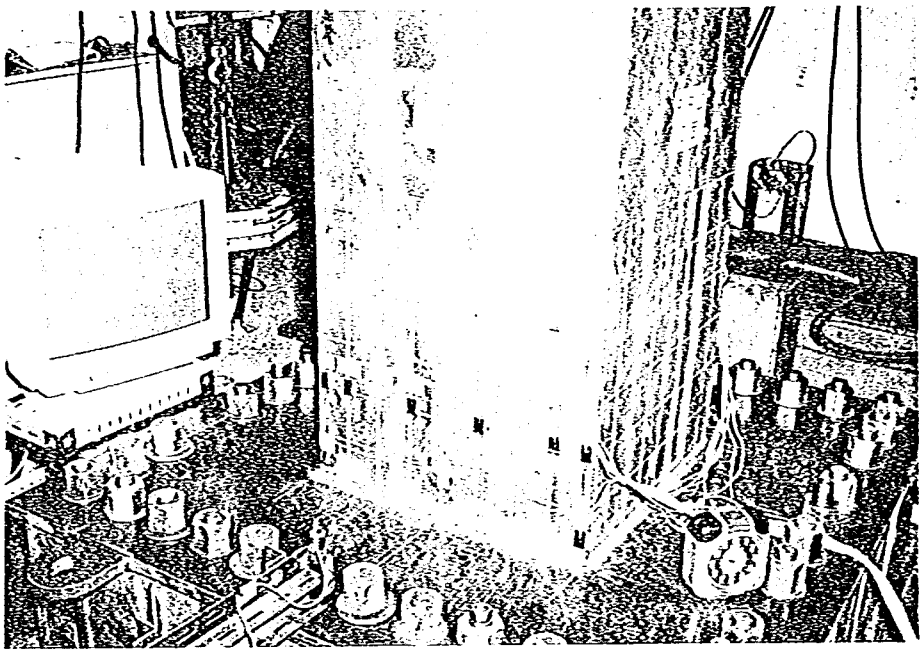
写真－７．６．１　17.7秒経過時(39.5tf, 71.4㎜, A－D面)



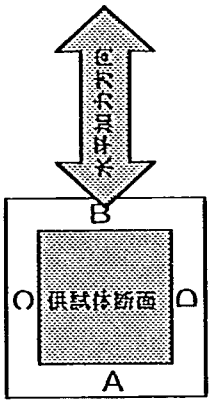


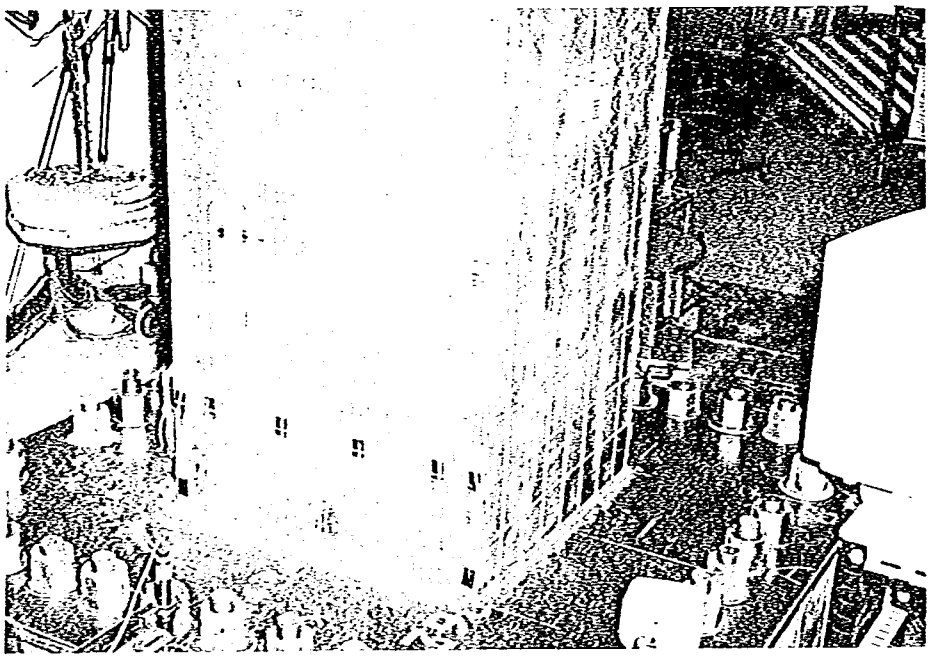
写真－７．６．２　17.7秒経過時(39.5tf, 71.4㎜, B－C面)





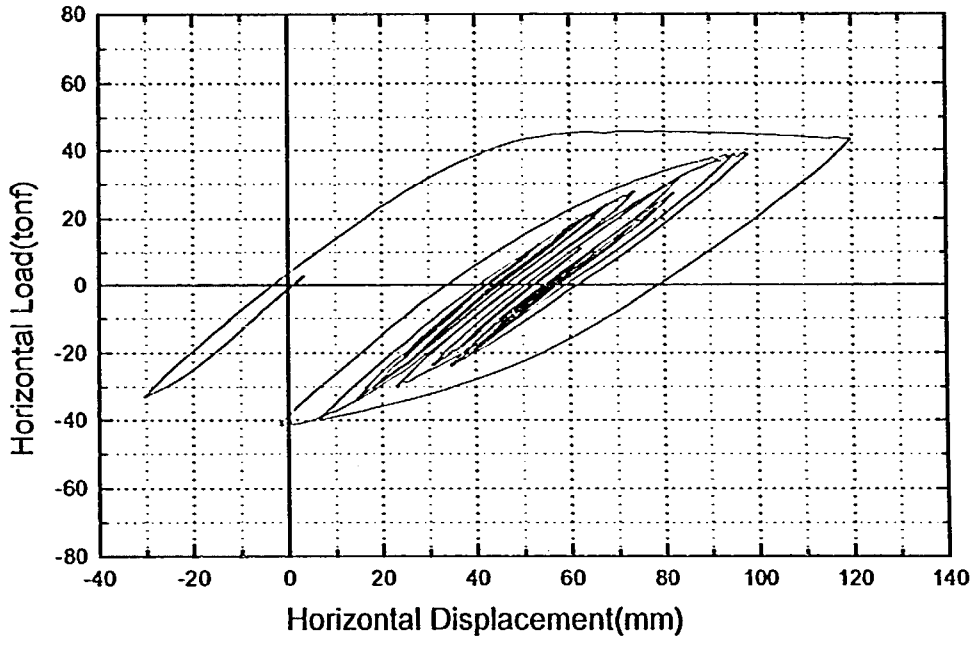
写真－７．６．３　実験終了時(A－D面)



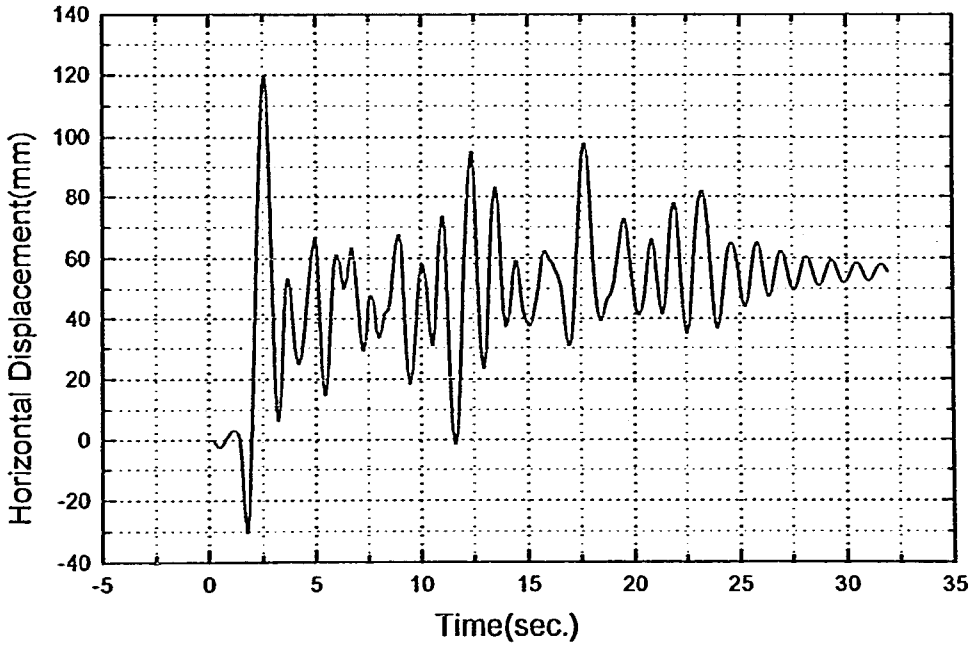


写真－７．６．４　実験終了時(B－C面)

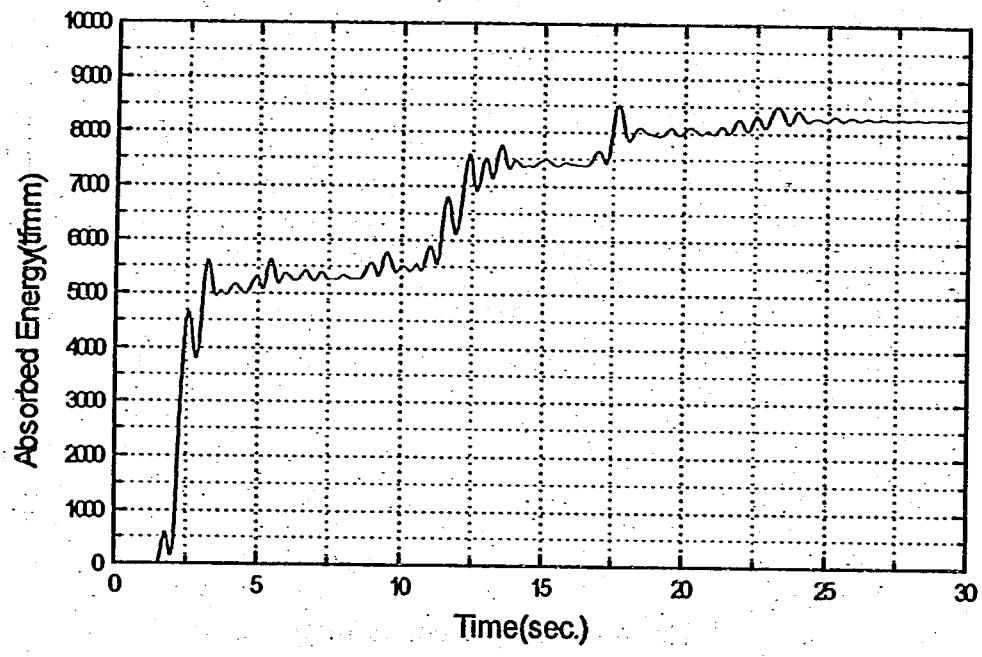
7．6．2　P1R－L2（3回目）



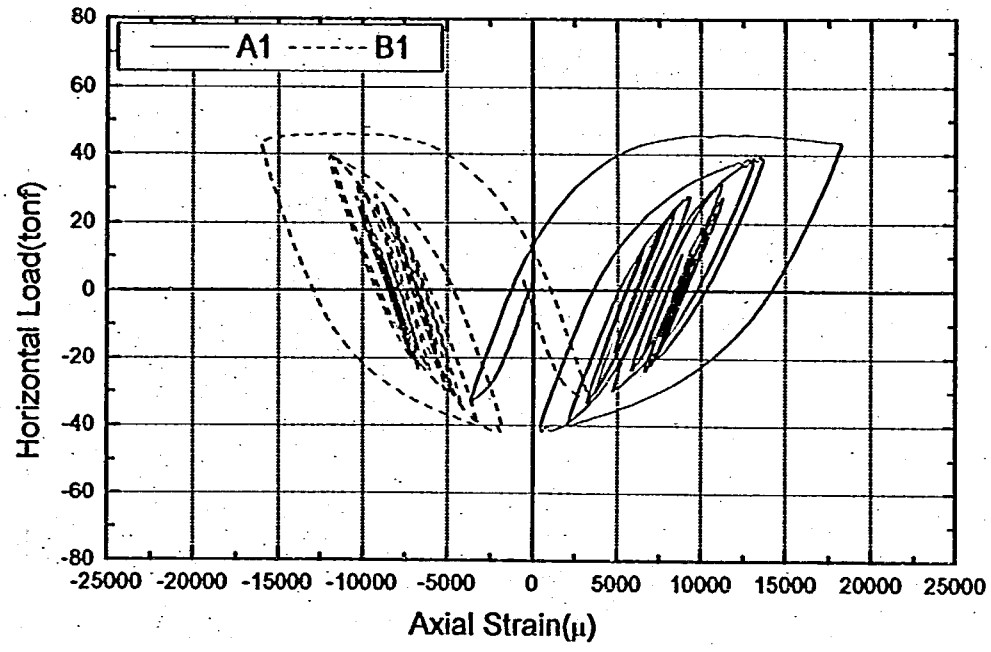
図－7．6．12　水平荷重－変位履歴曲線（P1R－L2（3回目））



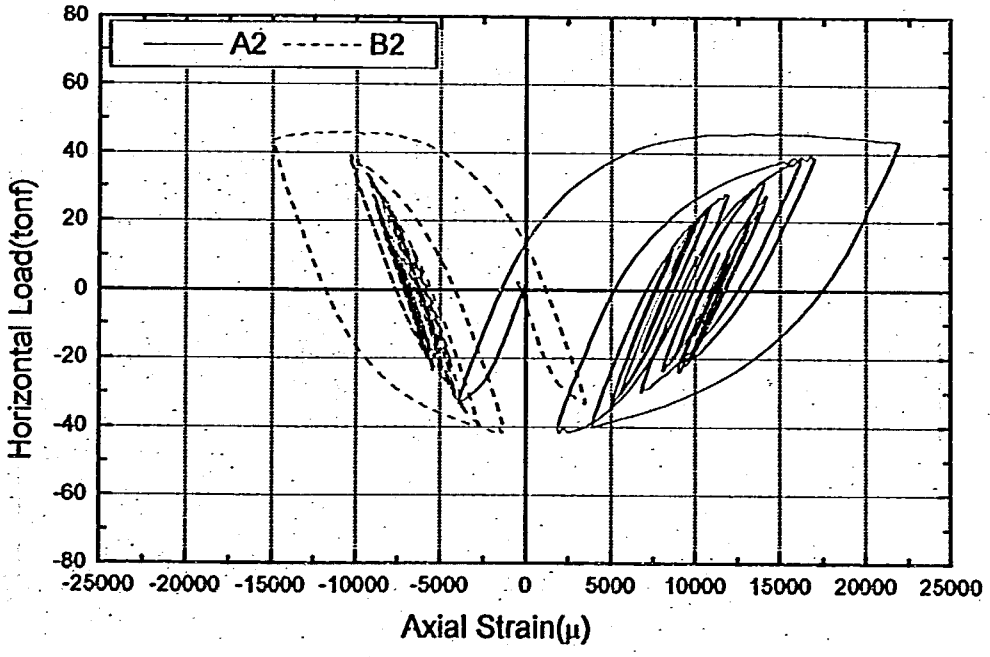
図－7．6．13　時刻歴応答変位（P1R－L2（3回目））



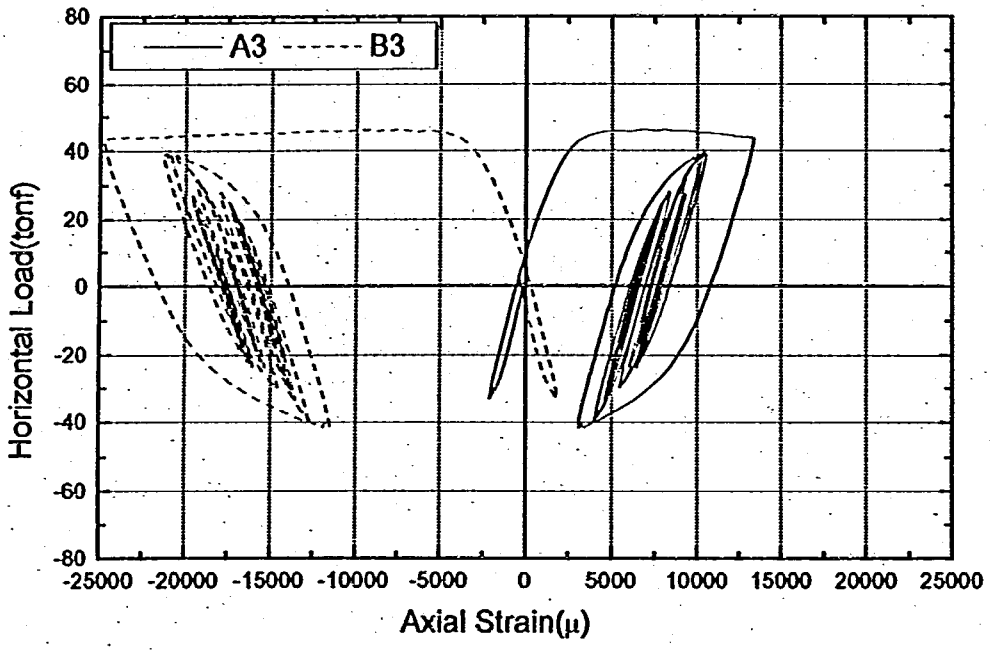
図－７．６．１４　累積エネルギー吸収量（Ｐ１Ｒ－Ｌ２（３回目））



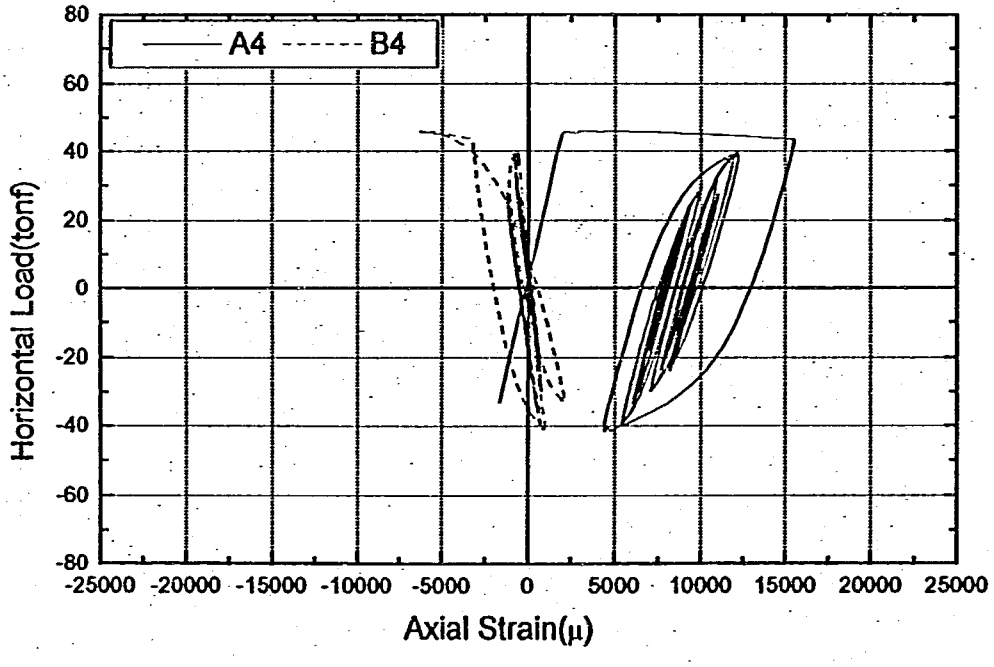
図－7．6．15　水平荷重－ひずみ関係（P1R－L2（3回目）、A1&B1）



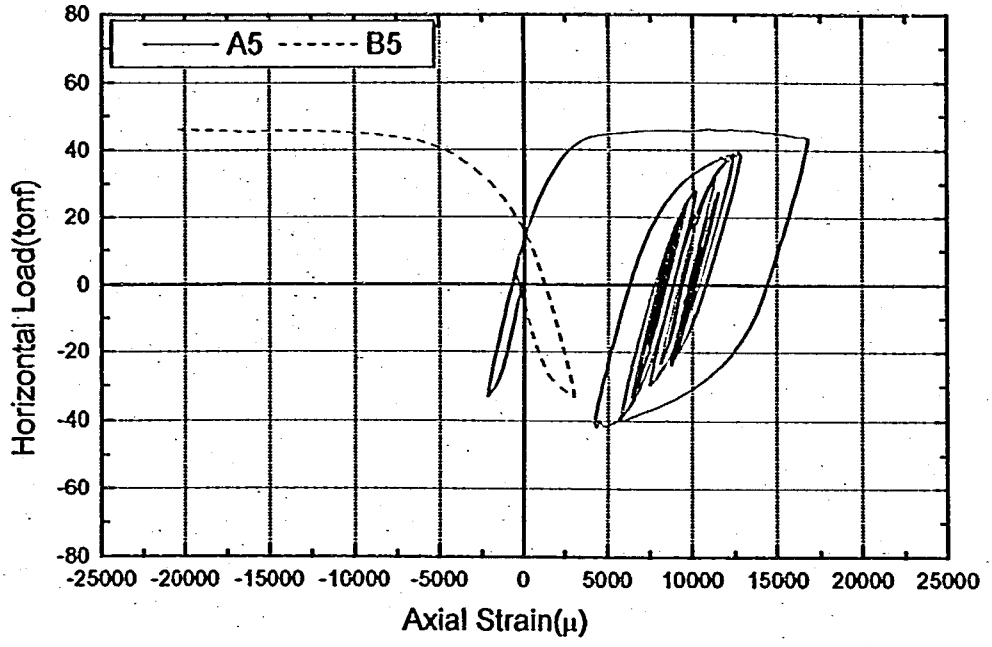
図－7．6．16　水平荷重－ひずみ関係（P1R－L2（3回目）、A2&B2）



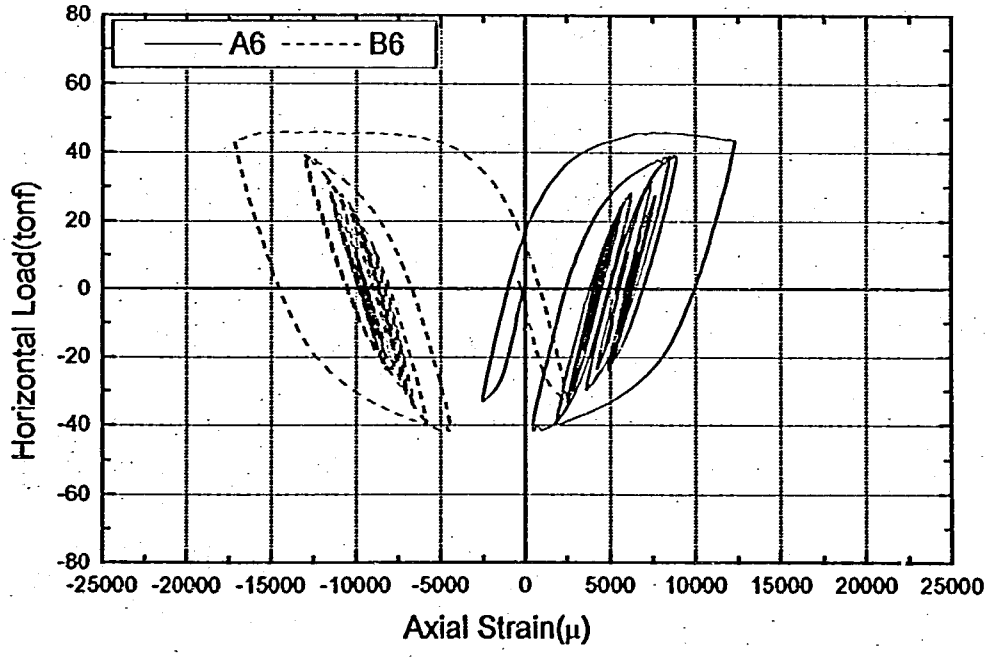
図－７．６．１７　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－Ｌ２（３回目）、Ａ３＆Ｂ３）



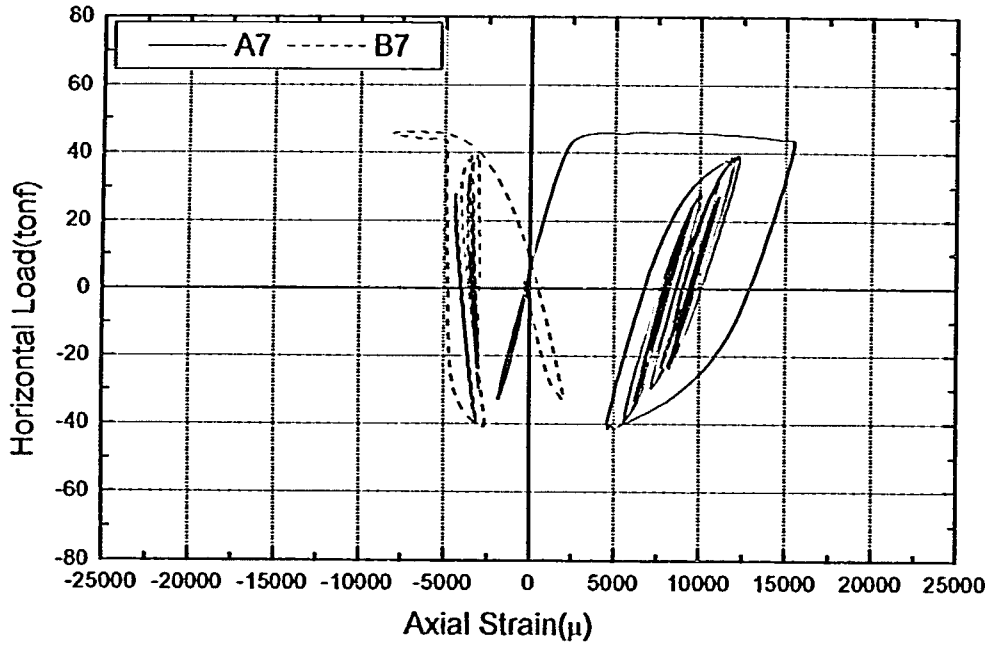
図－７．６．１８　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－Ｌ２（３回目）、Ａ４＆Ｂ４）



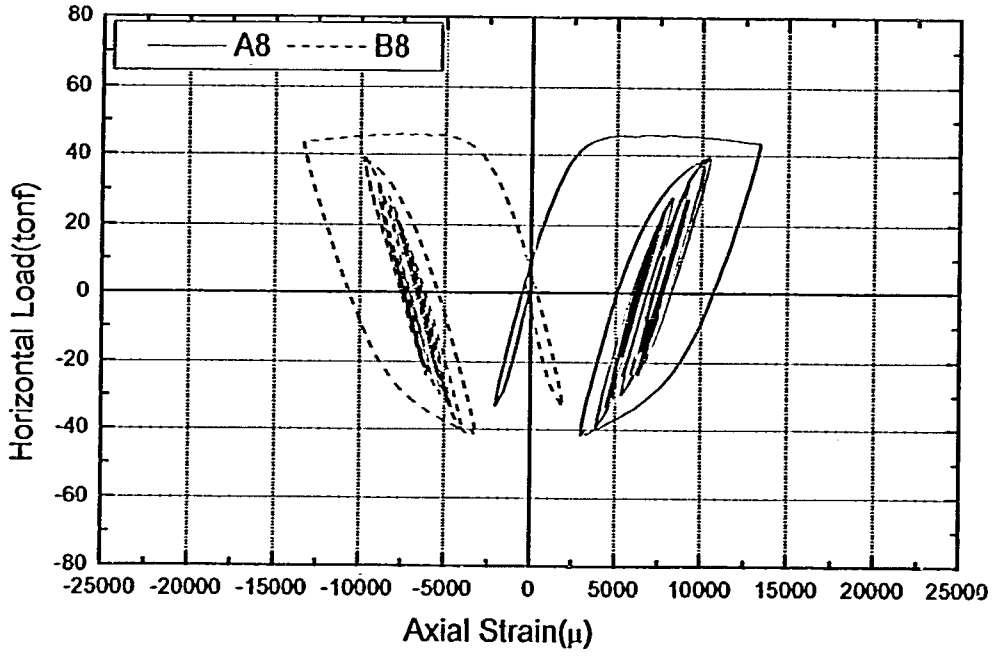
図－7．6．19　水平荷重－ひずみ関係（P1R－L2（3回目）、A5&B5）



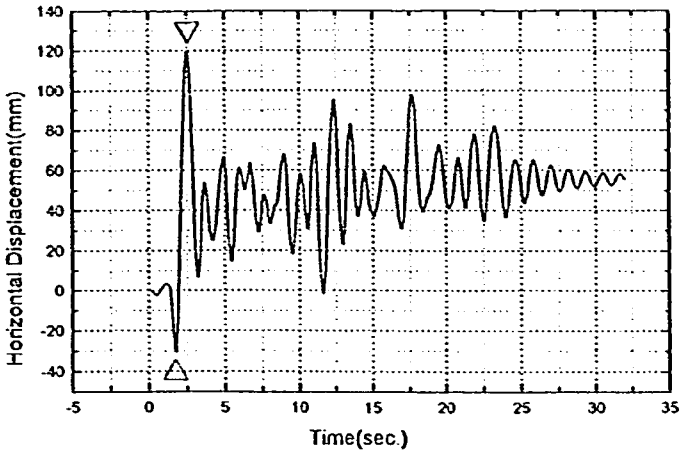
図－7．6．20　水平荷重－ひずみ関係（P1R－L2（3回目）、A6&B6）



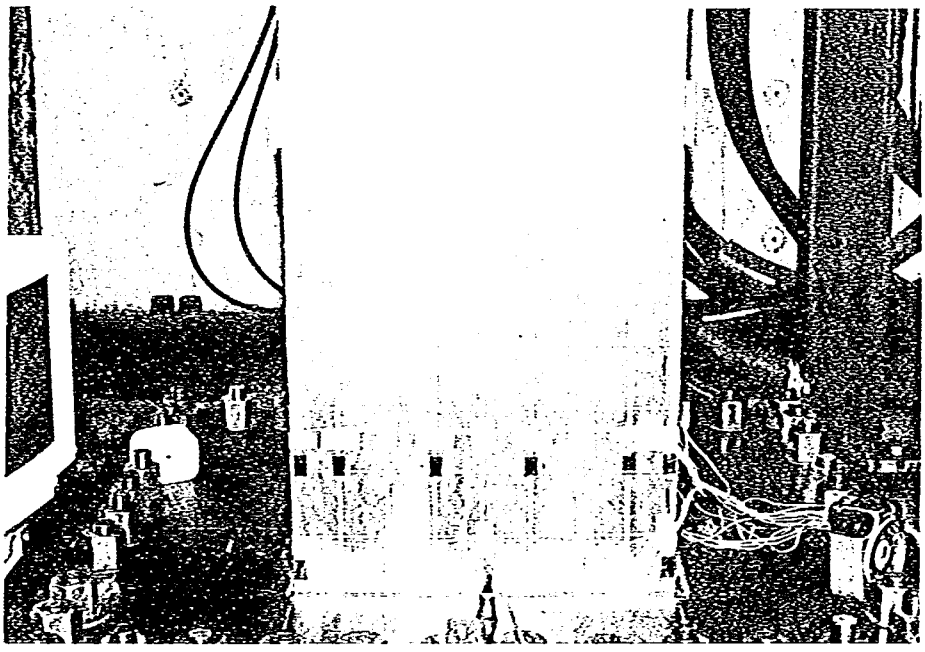
図－７．６．２１　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－Ｌ２（３回目）、Ａ７＆Ｂ７）



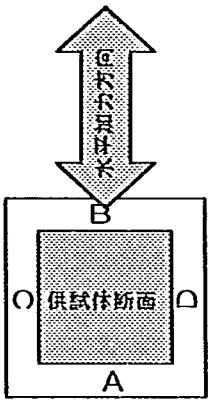
図－７．６．２２　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－Ｌ２（３回目）、Ａ８＆Ｂ８）

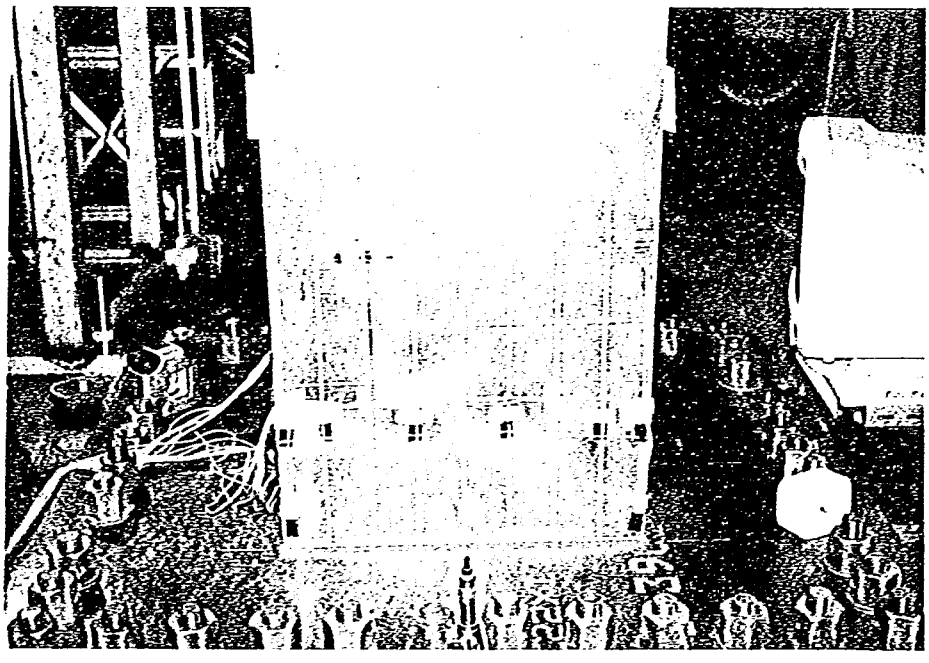


P１R－L２(３回目)

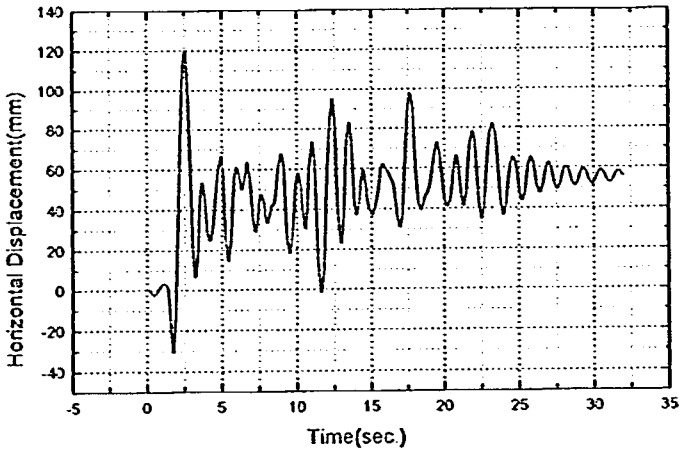


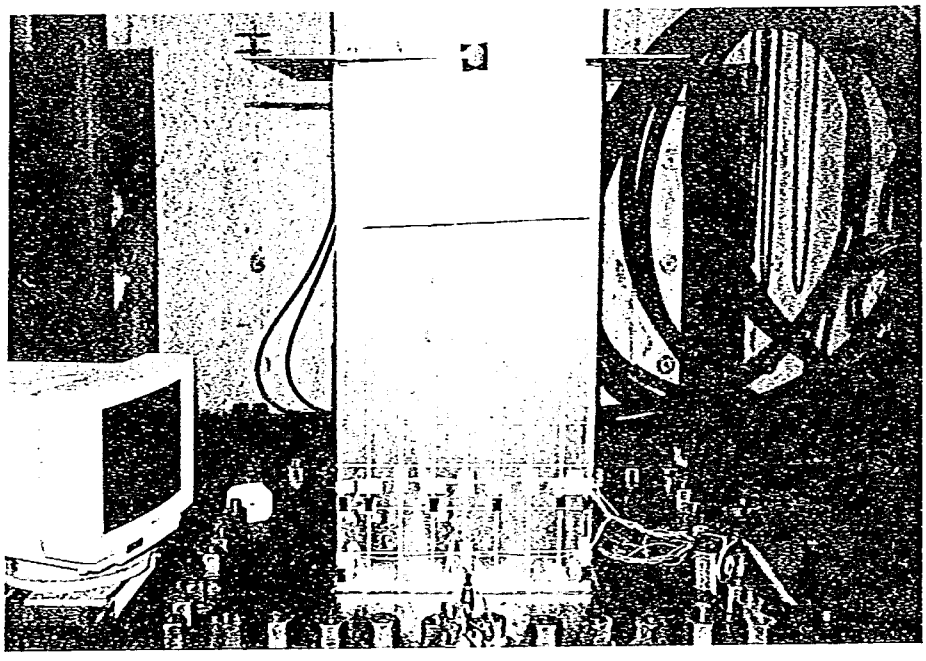
写真－７．６．５　1.65 秒経過時(-30.5㎜, A面)

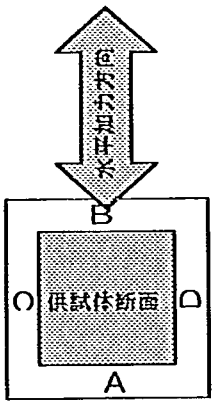




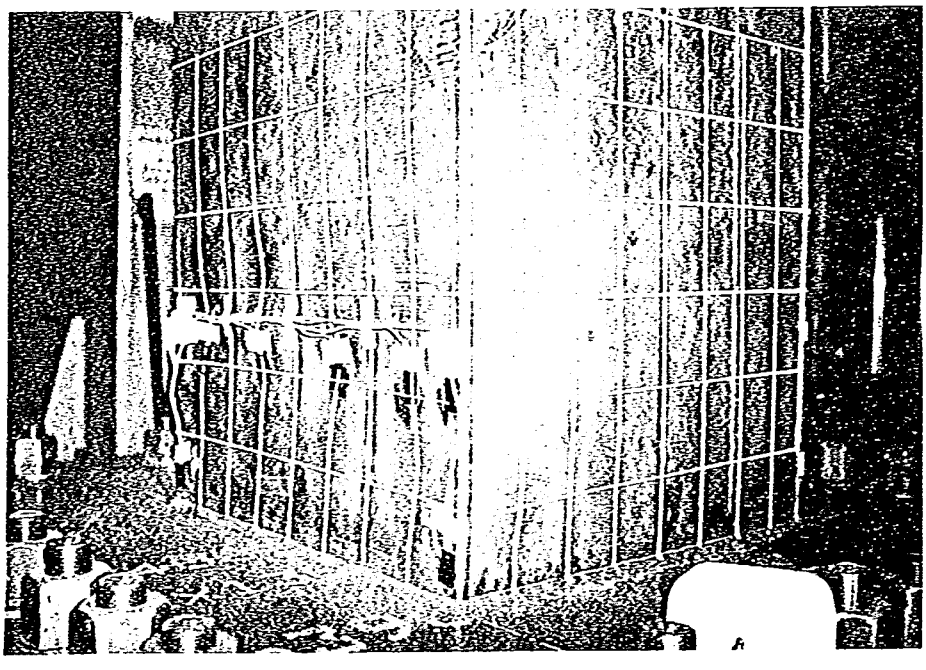
写真－７．６．６　2.45 秒経過時(119.9㎜, B面)





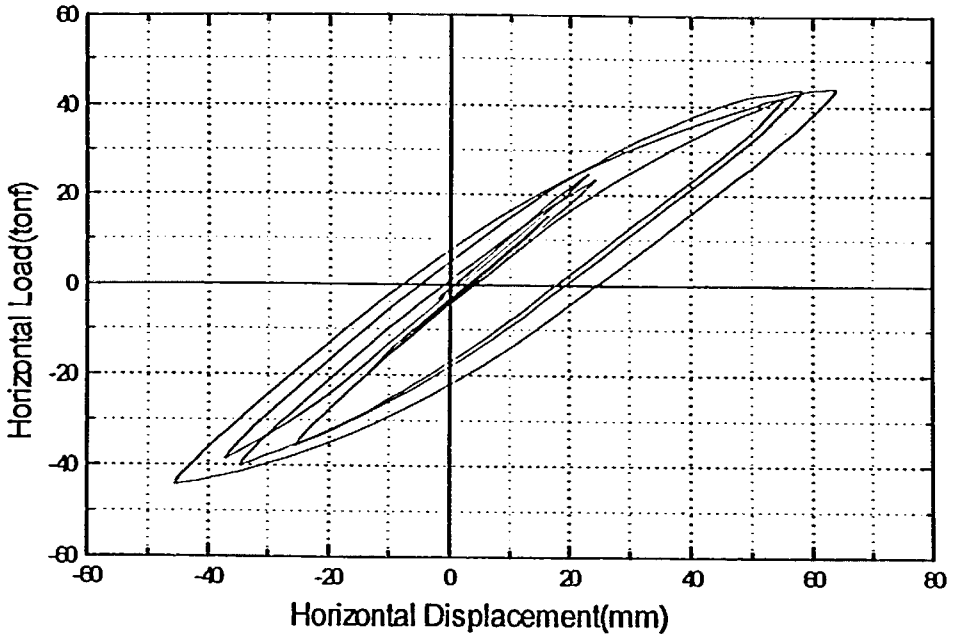


写真－７．６．７　実験終了時(A面)

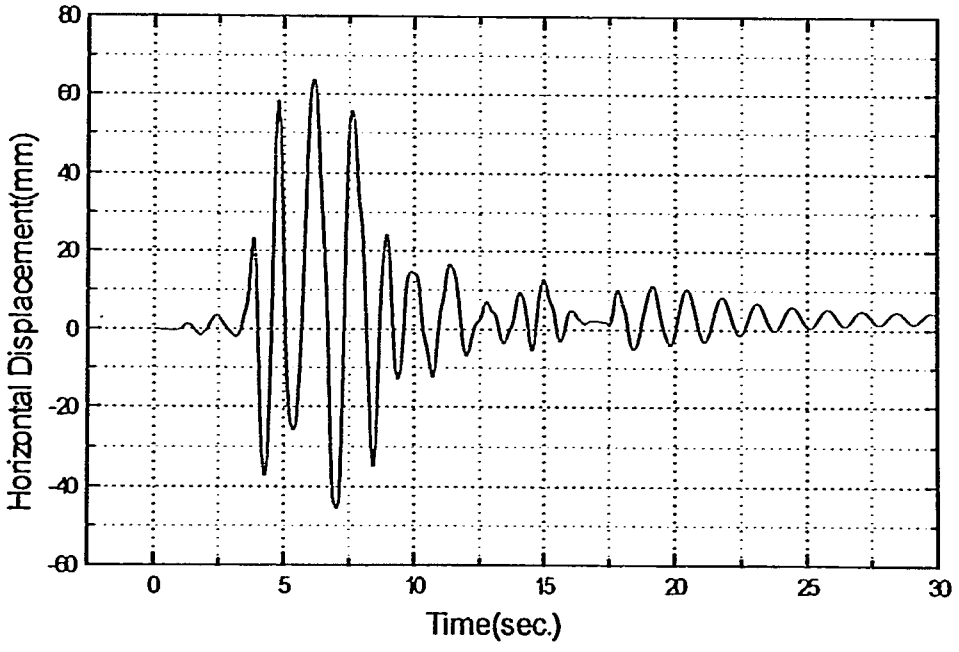


写真－７．６．８　実験終了時(B－C面)

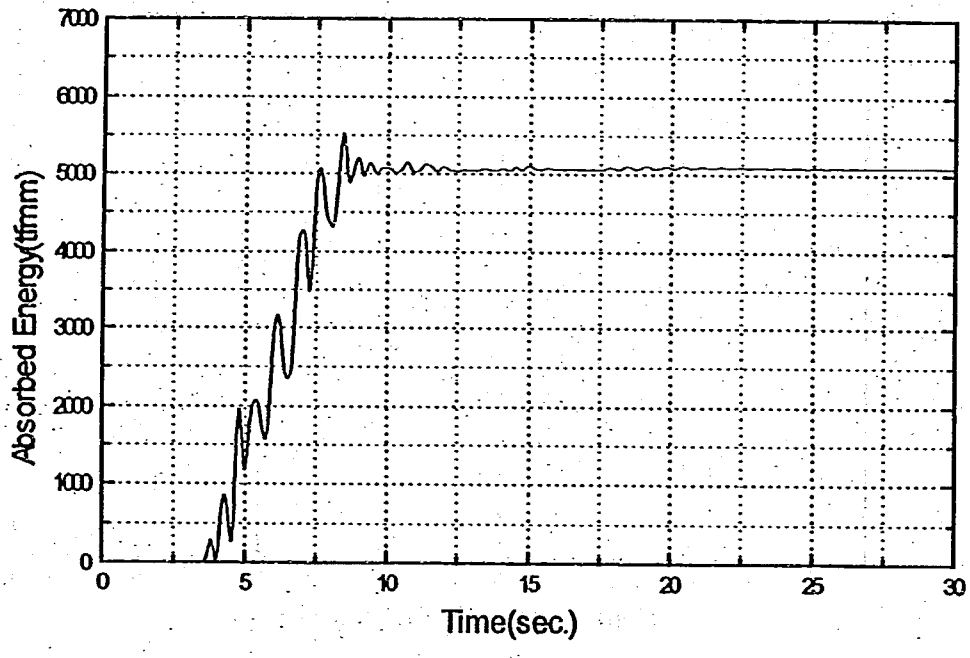
7．6．3　P1R−HN（2回目）



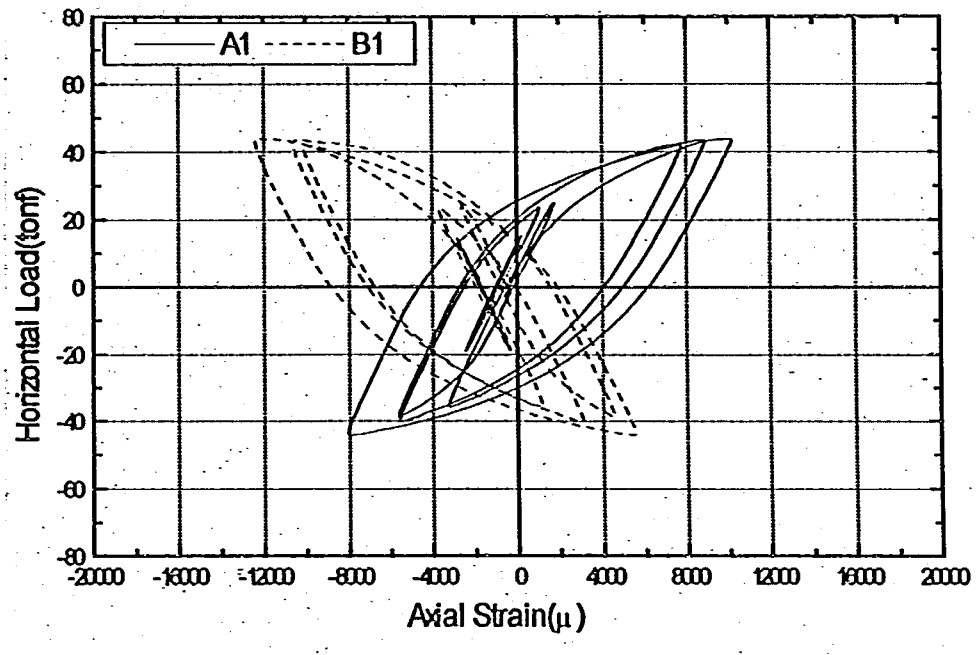
図−7．6．23　水平荷重−変位履歴曲線（P1R−HN（2回目））



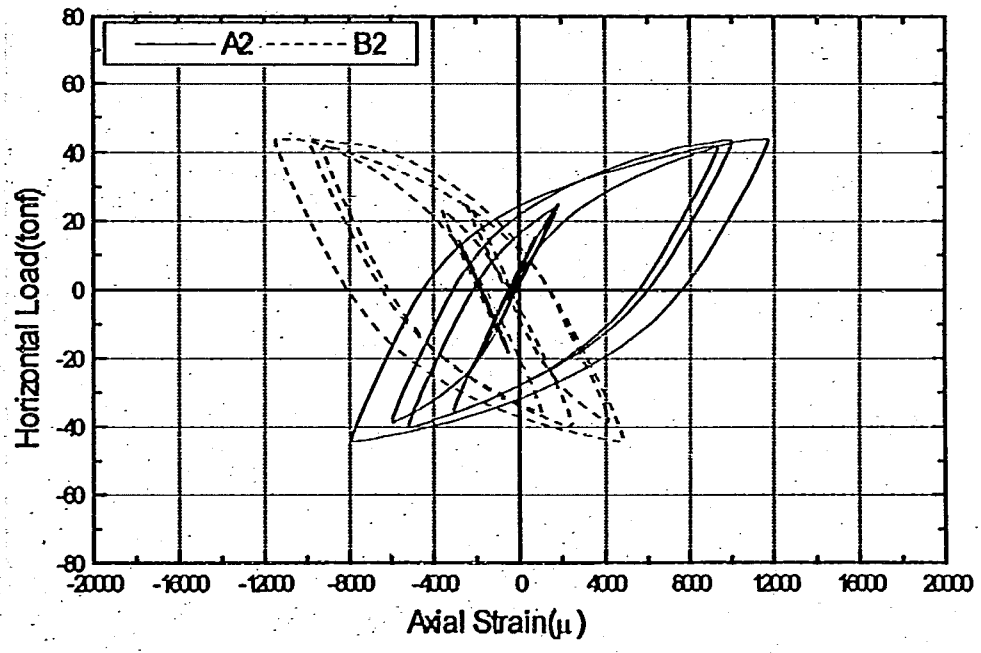
図−7．6．24　時刻歴応答変位（P1R−HN（2回目））



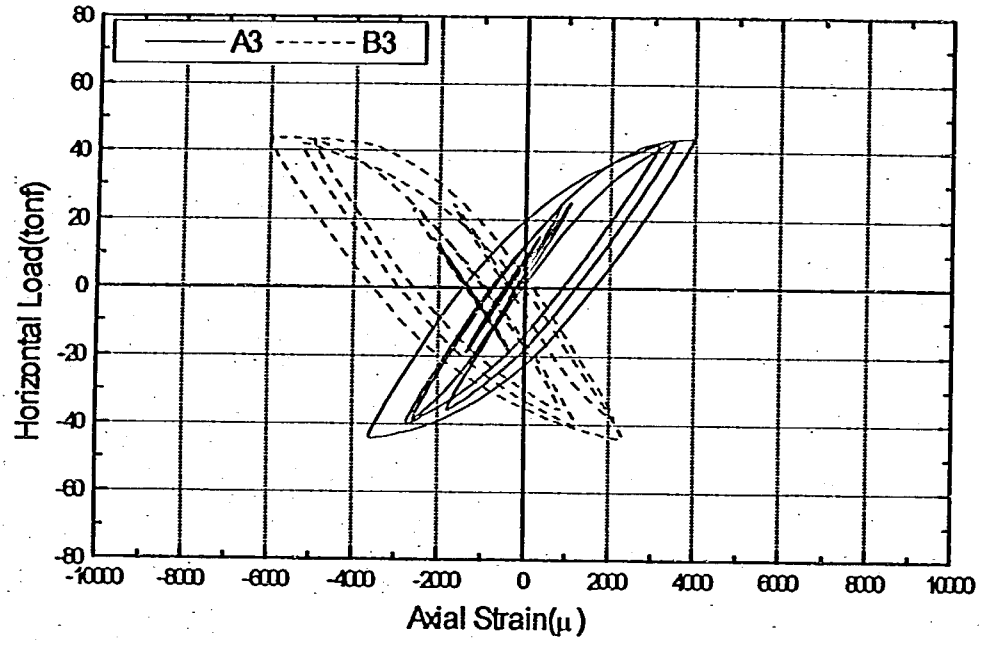
図－7．6．25　累積エネルギー吸収量（P1R－HN（2回目））



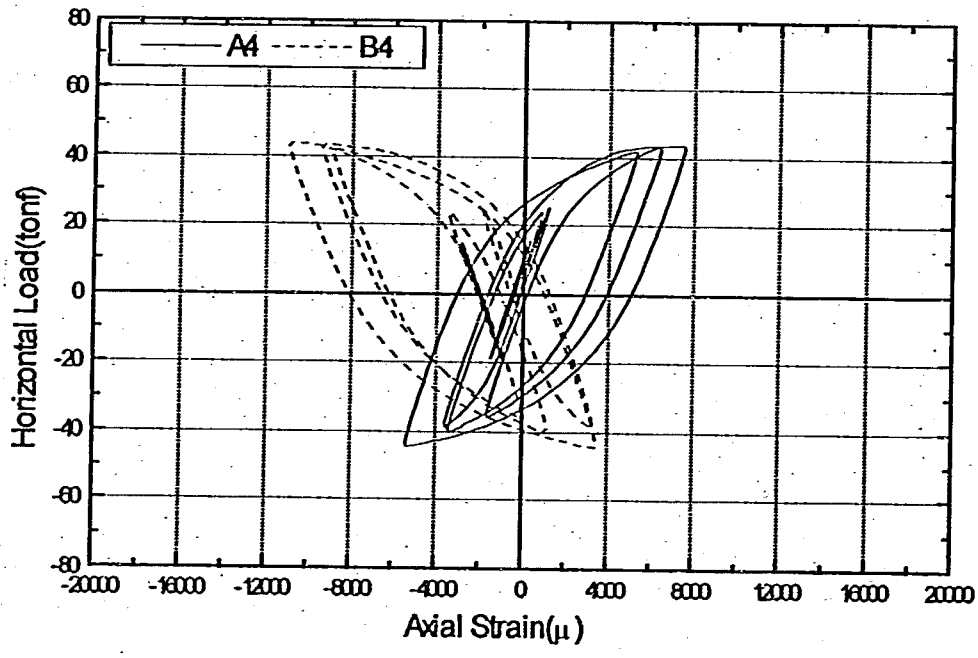
図－７．６．２６　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－ＨＮ（２回目）、Ａ１＆Ｂ１）



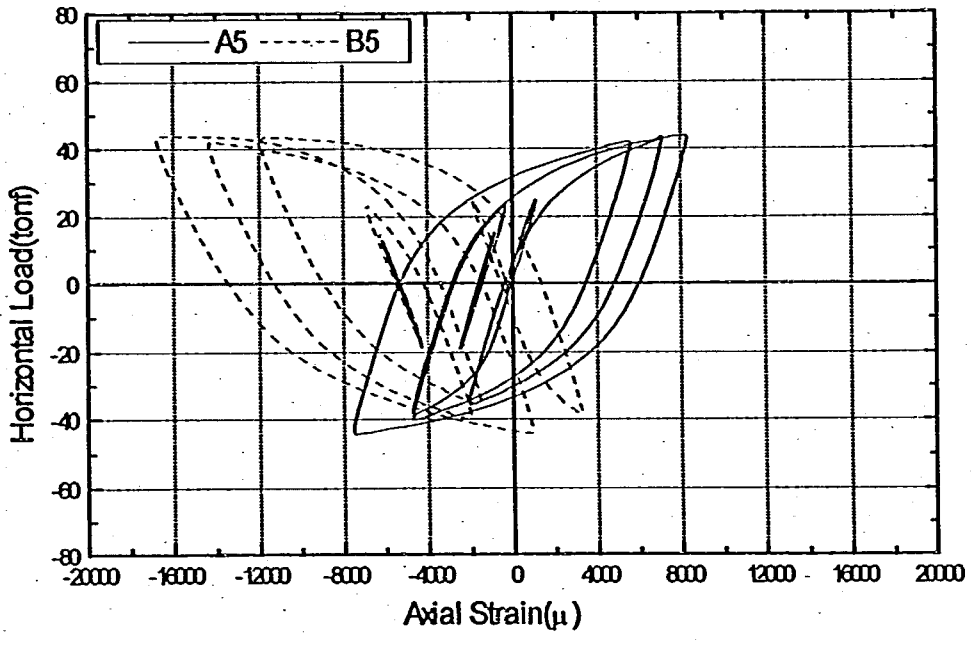
図－７．６．２７　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－ＨＮ（２回目）、Ａ２＆Ｂ２）



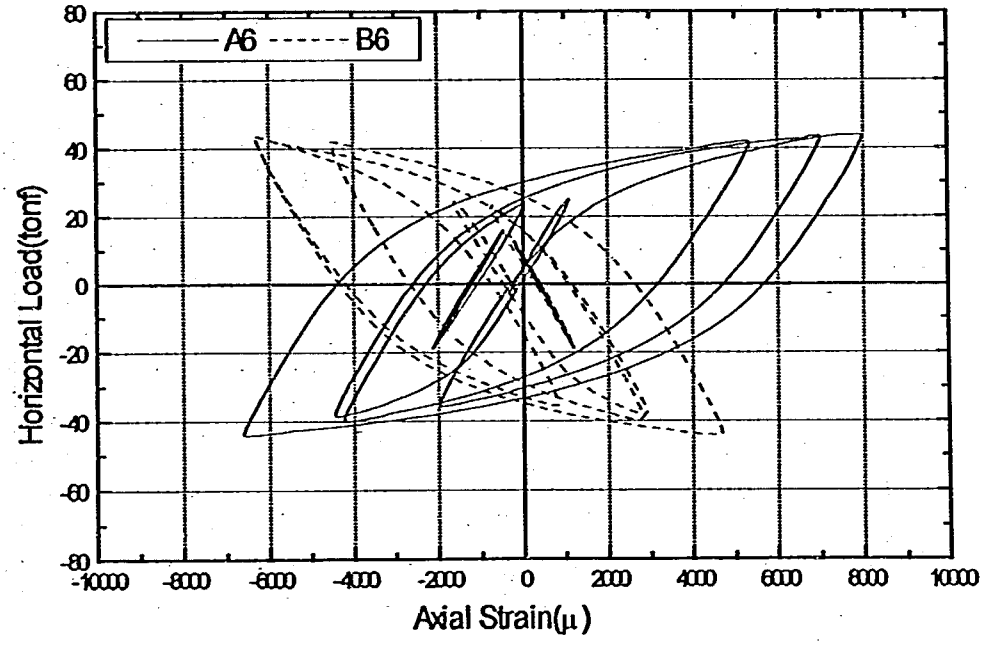
図－７．６．２８　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－ＨＮ（２回目）、Ａ３＆Ｂ３）



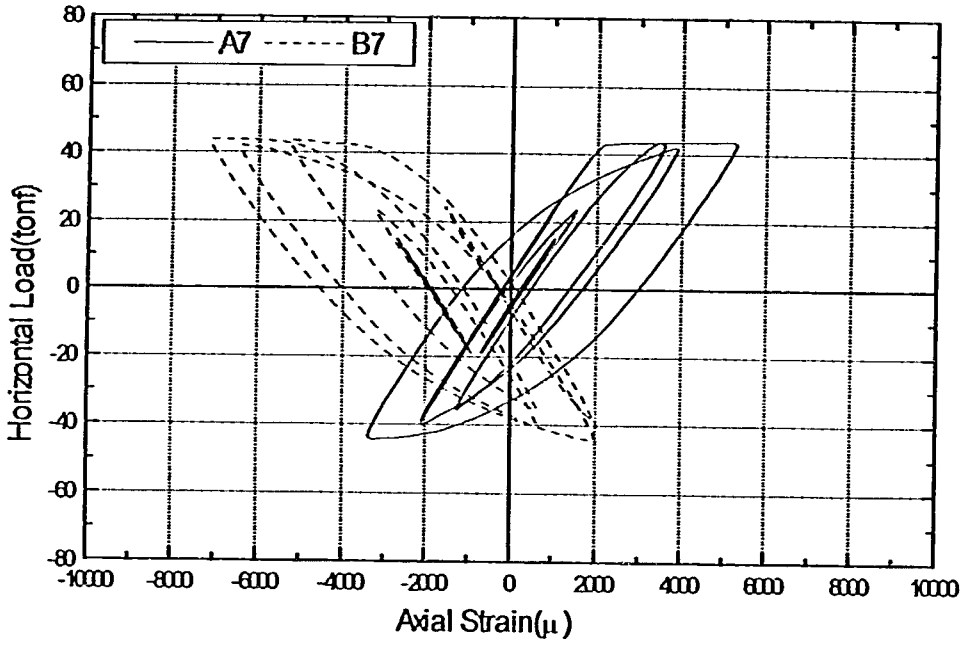
図－７．６．２９　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－ＨＮ（２回目）、Ａ４＆Ｂ４）



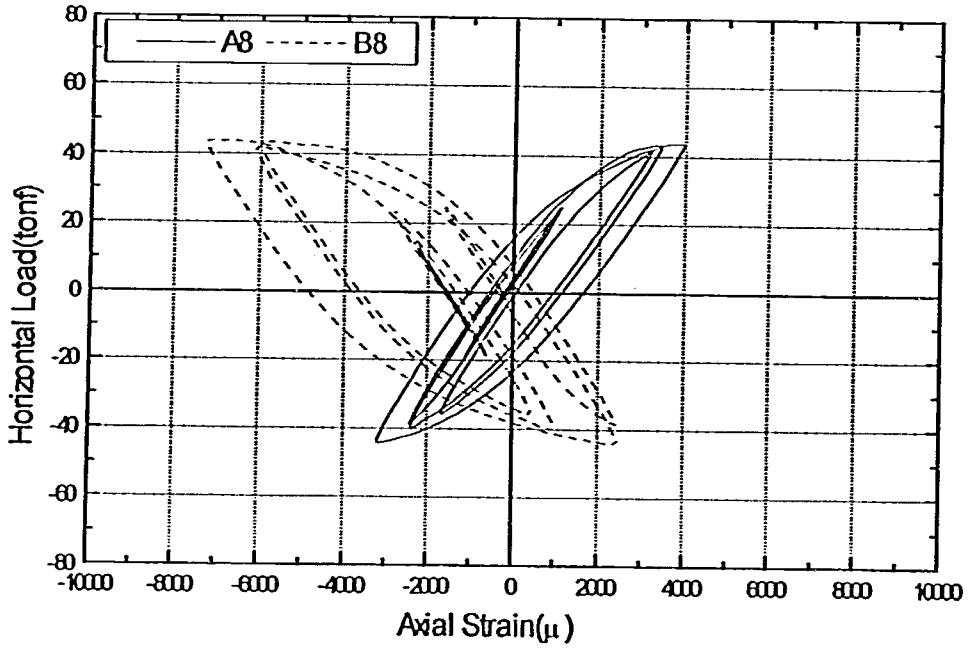
図－7．6．30　水平荷重－ひずみ関係（P1R－HN（2回目）、A5&B5）



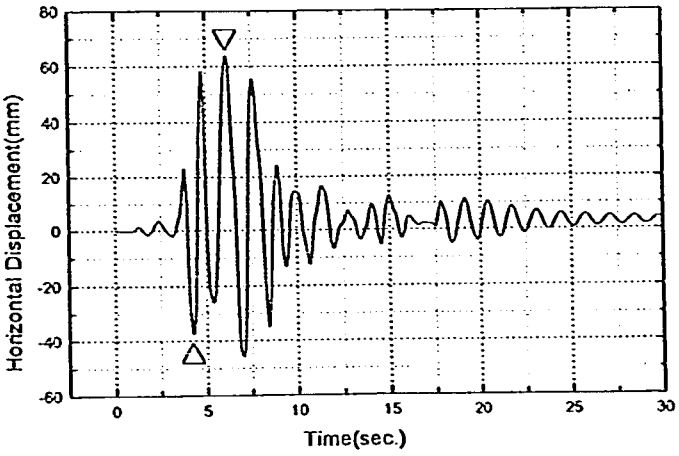
図－7．6．31　水平荷重－ひずみ関係（P1R－HN（2回目）、A6&B6）



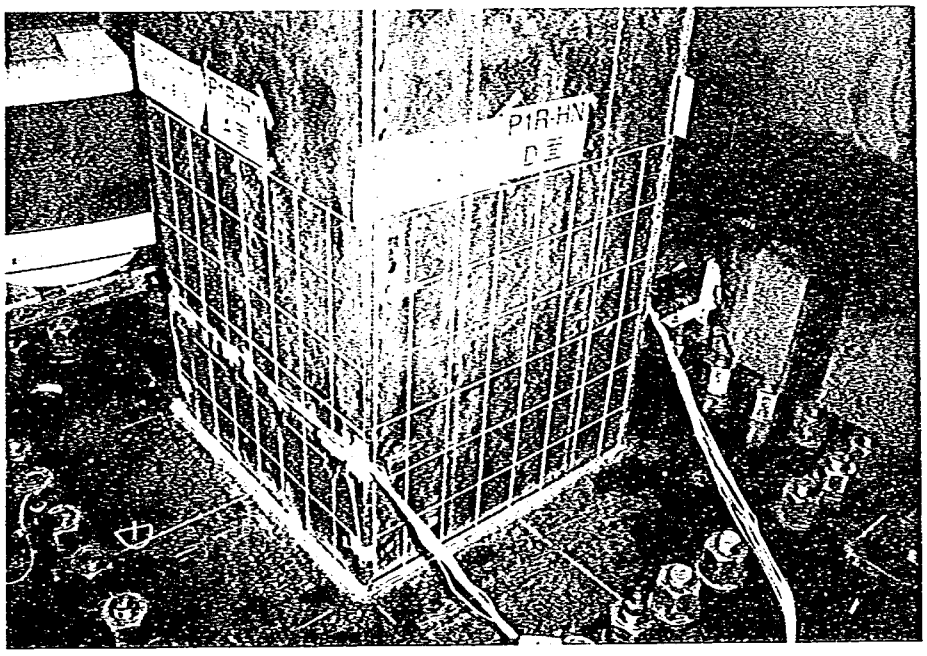
図－７．６．３２　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－ＨＮ（２回目）、Ａ７＆Ｂ７）



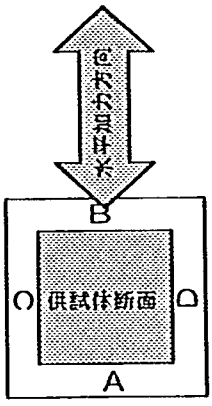
図－７．６．３３　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－ＨＮ（２回目）、Ａ８＆Ｂ８）

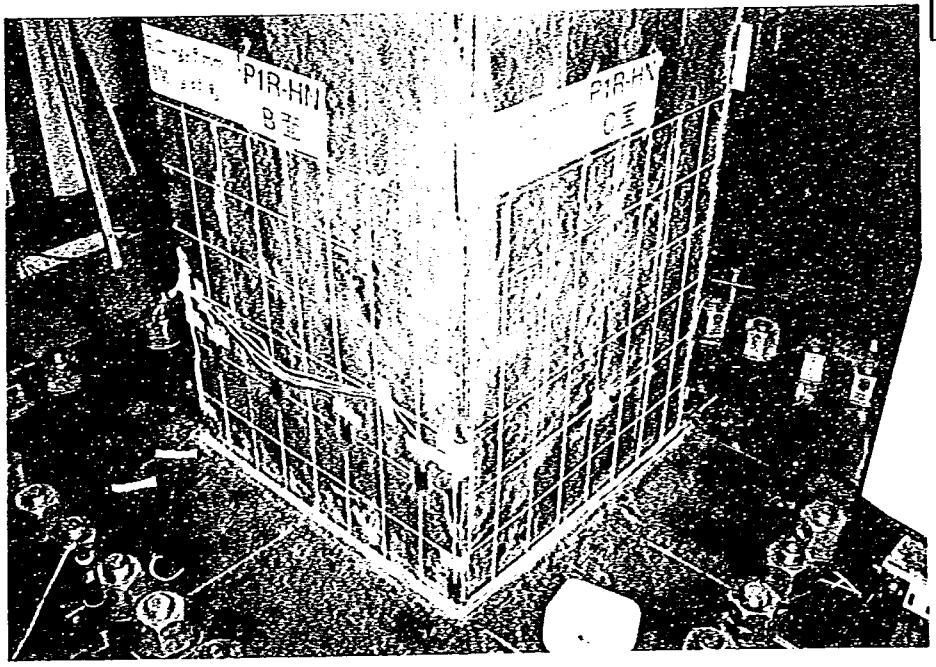


P１R－HN(２回目)

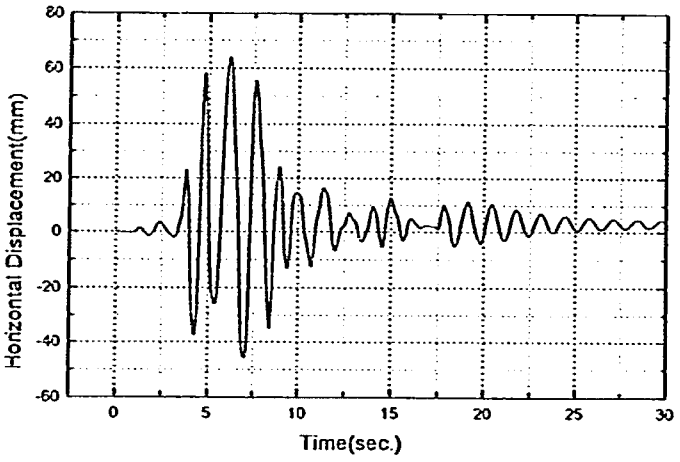


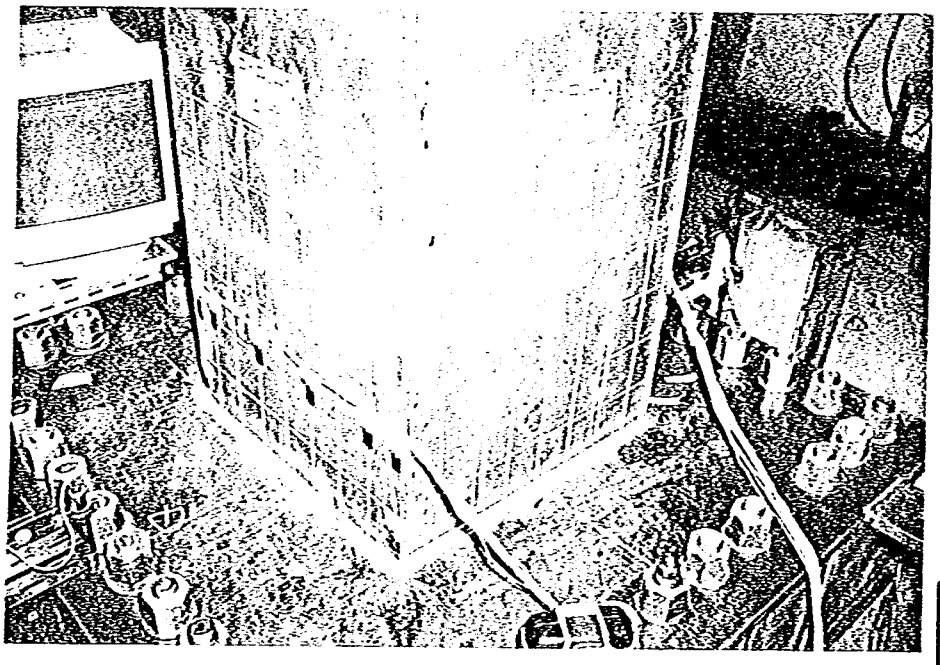
写真－７．６．９　4.18 秒経過時(-38.7tf, -37.3mm, A－D面)

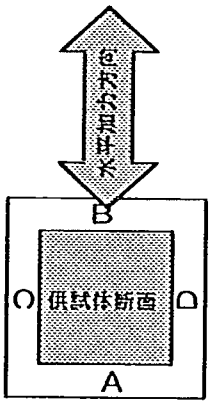




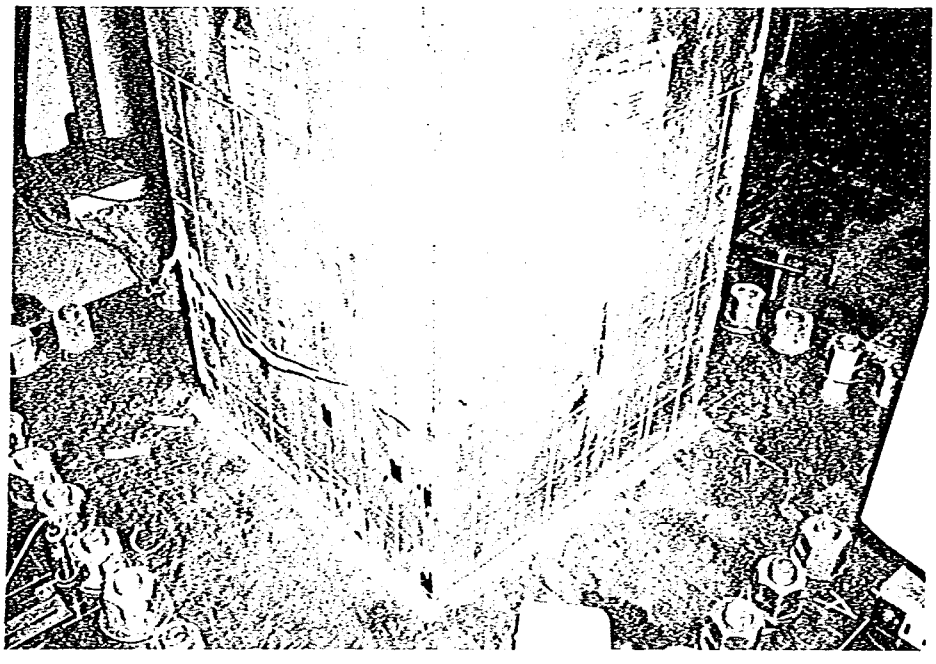
写真－７．６．１０　6.05 秒経過時(44.1tf, 63.9mm, B－C面)





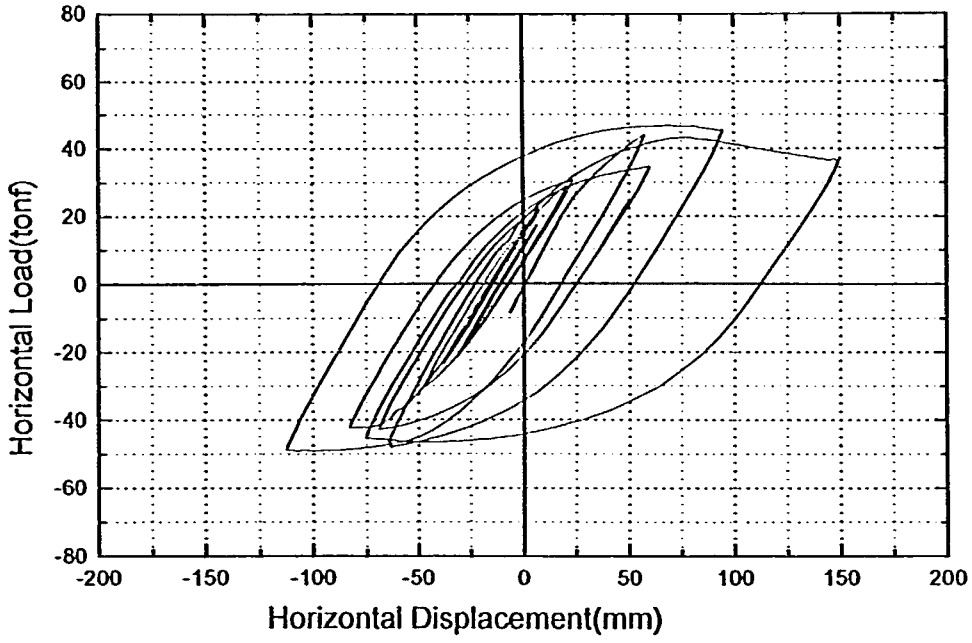


写真－7．6．11　実験終了時(A－D面)

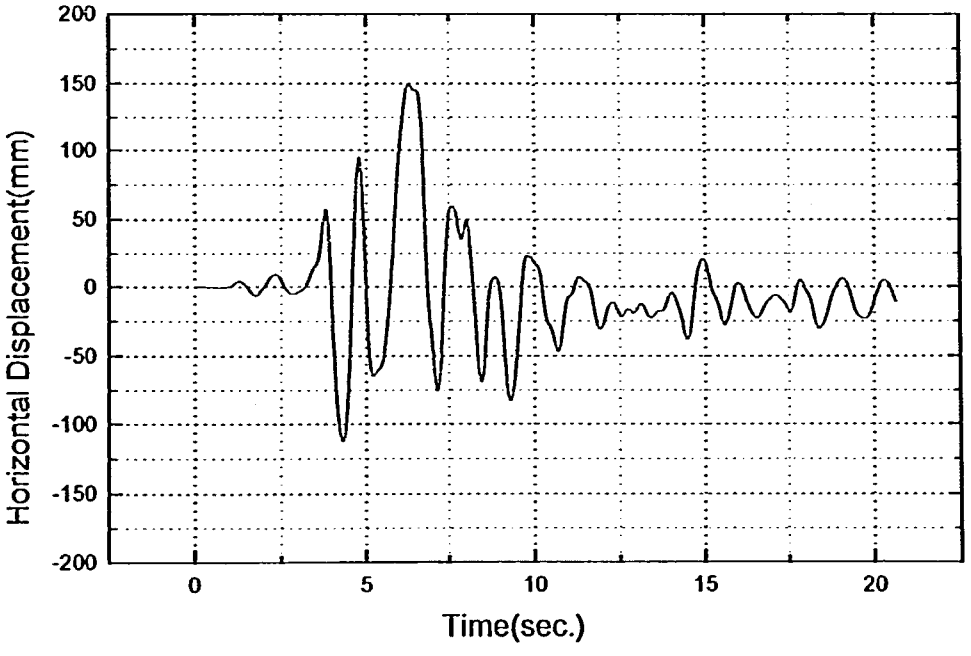


写真－7．6．12　実験終了時(B－C面)

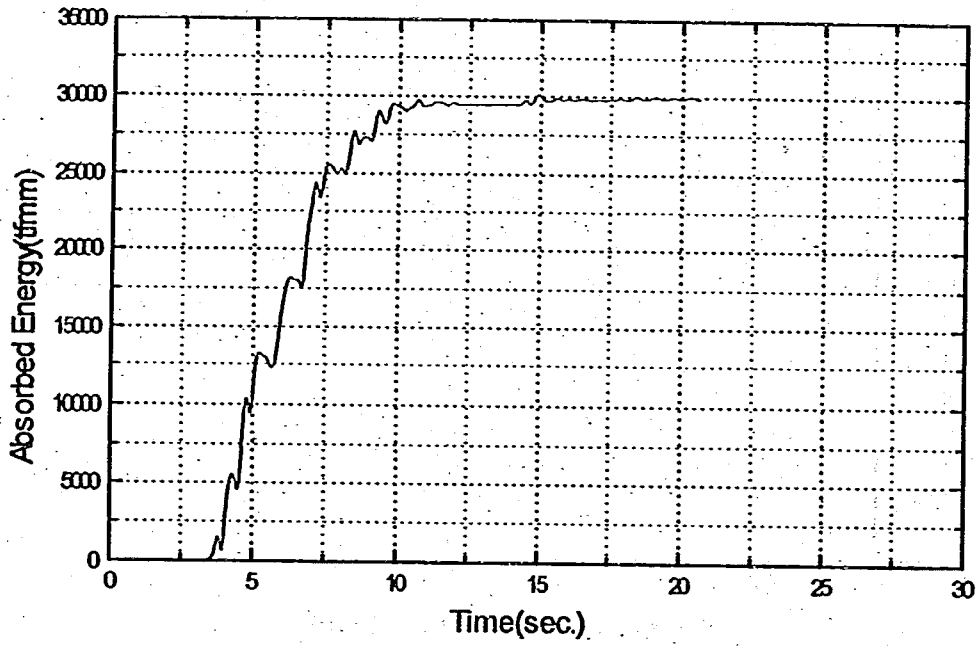
7．6．4　P1R−HN（3回目）



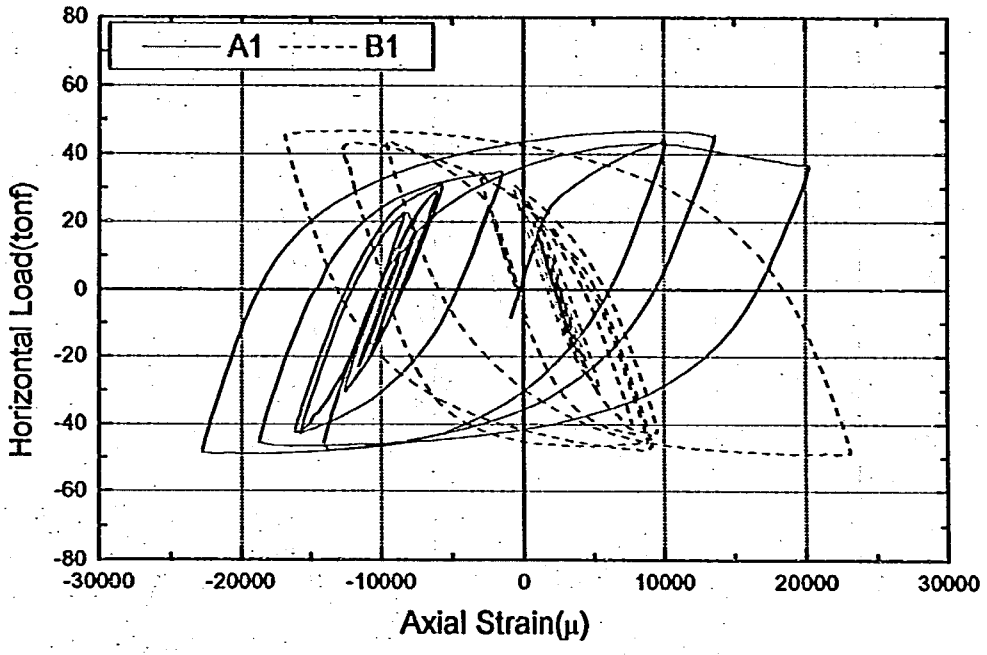
図−7．6．34　水平荷重−変位履歴曲線（P1R−HN（3回目））



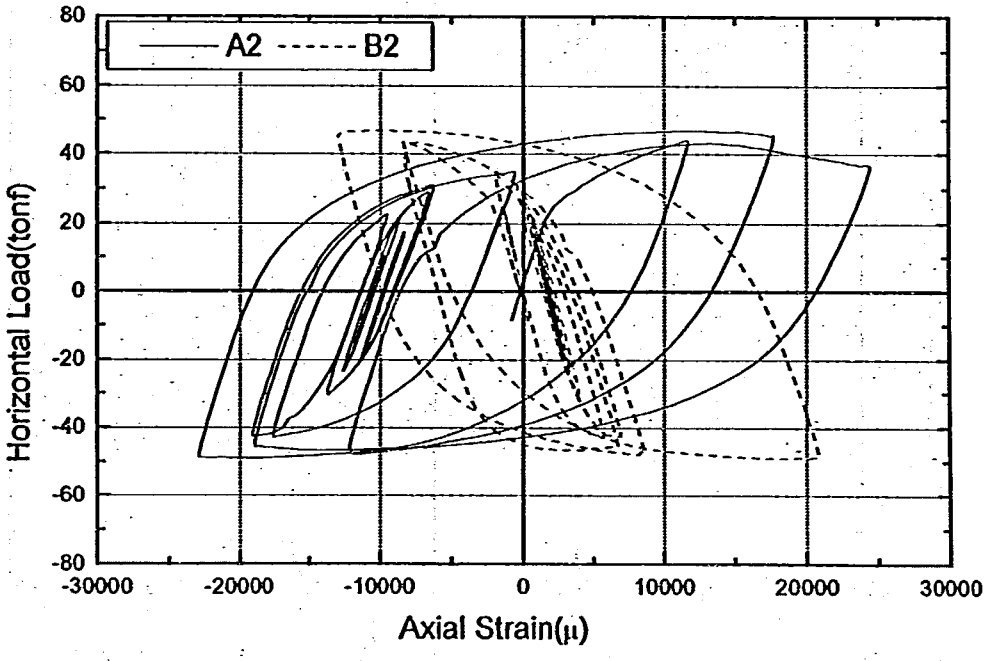
図−7．6．35　時刻歴応答変位（P1R−HN（3回目））



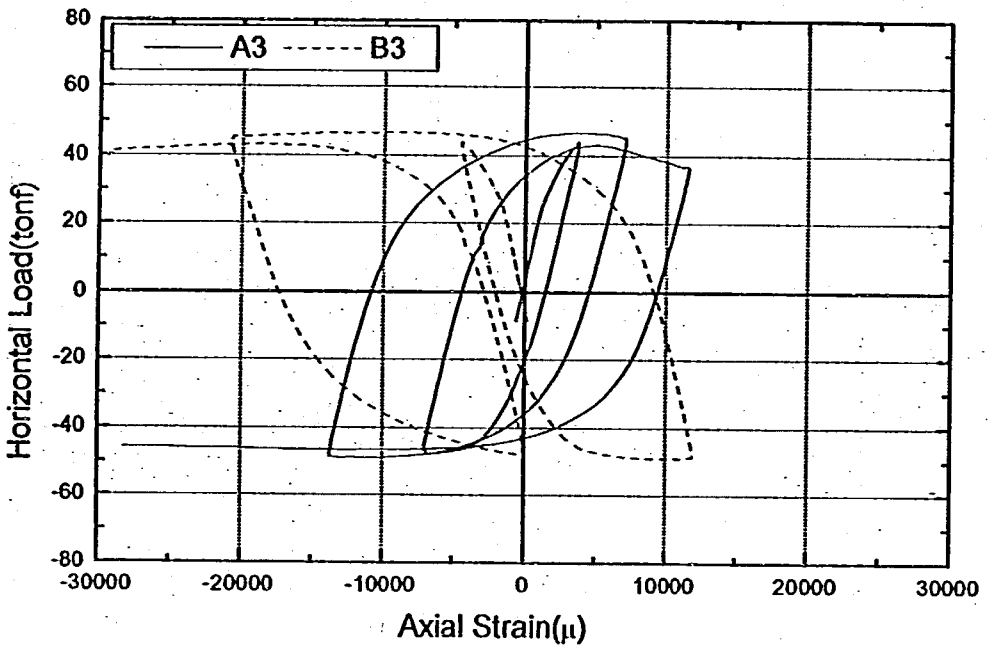
図－7．6．36　累積エネルギー吸収量（P1R－HN（3回目））



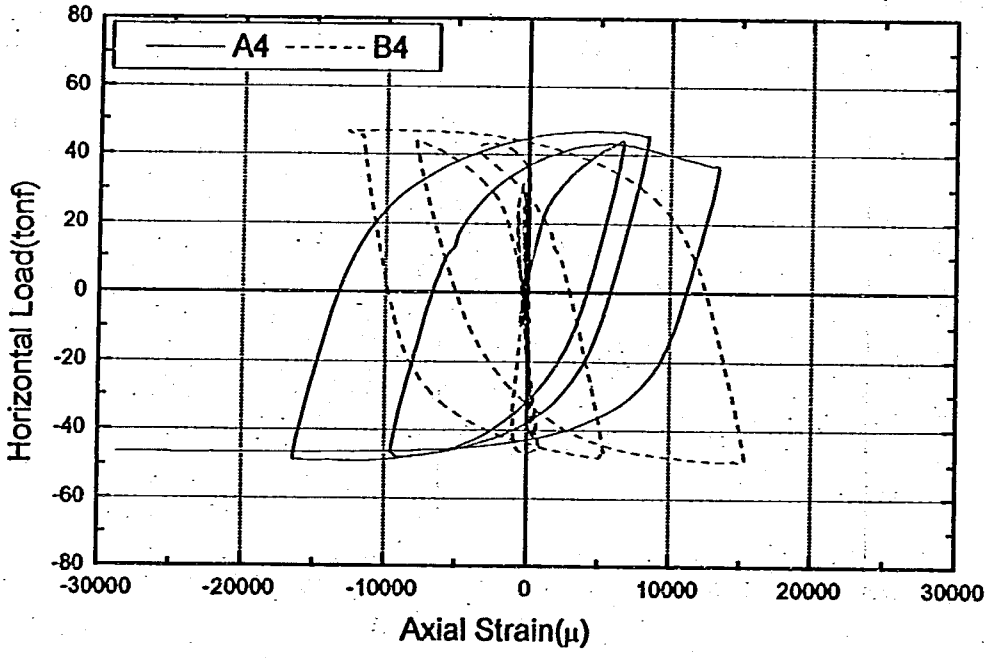
図－7．6．37 水平荷重－ひずみ関係（P1R－HN（3回目）、A1&B1）



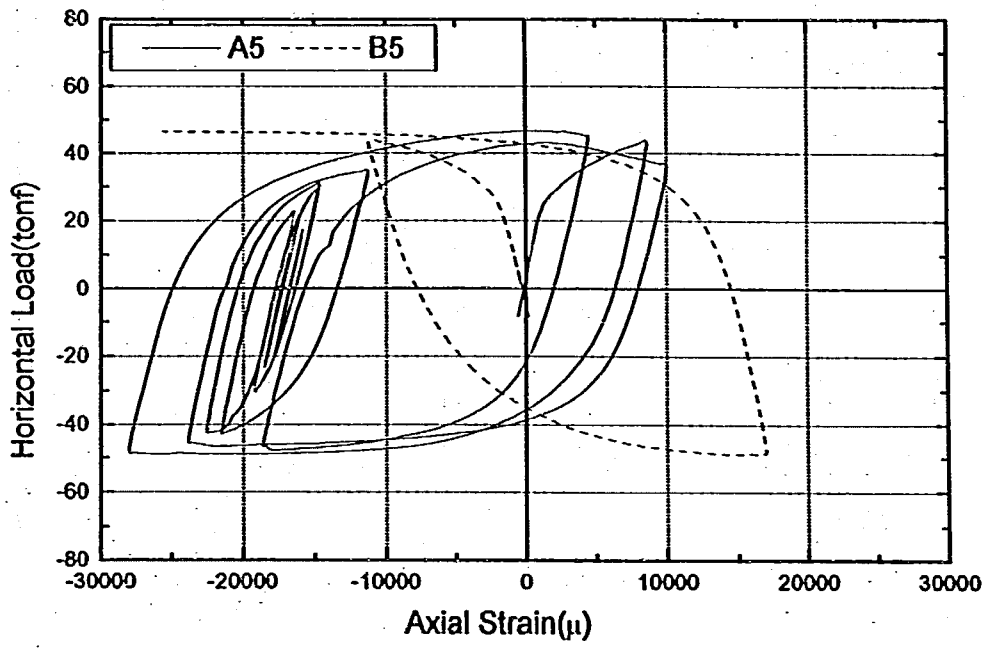
図－7．6．38 水平荷重－ひずみ関係（P1R－HN（3回目）、A2&B2）



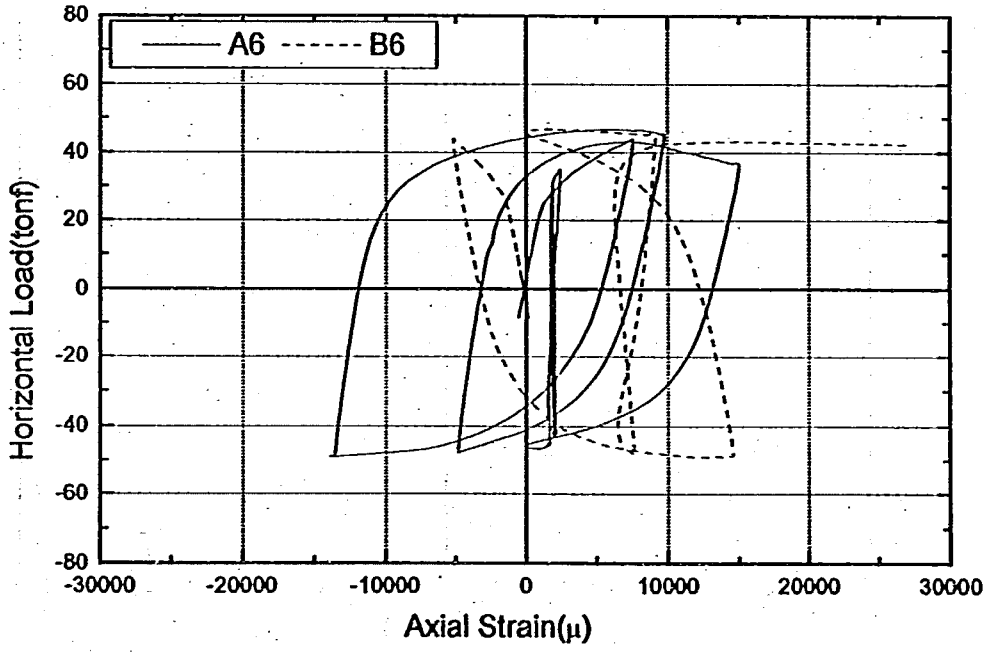
図－７．６．３９　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－ＨＮ（３回目）、Ａ３＆Ｂ３）



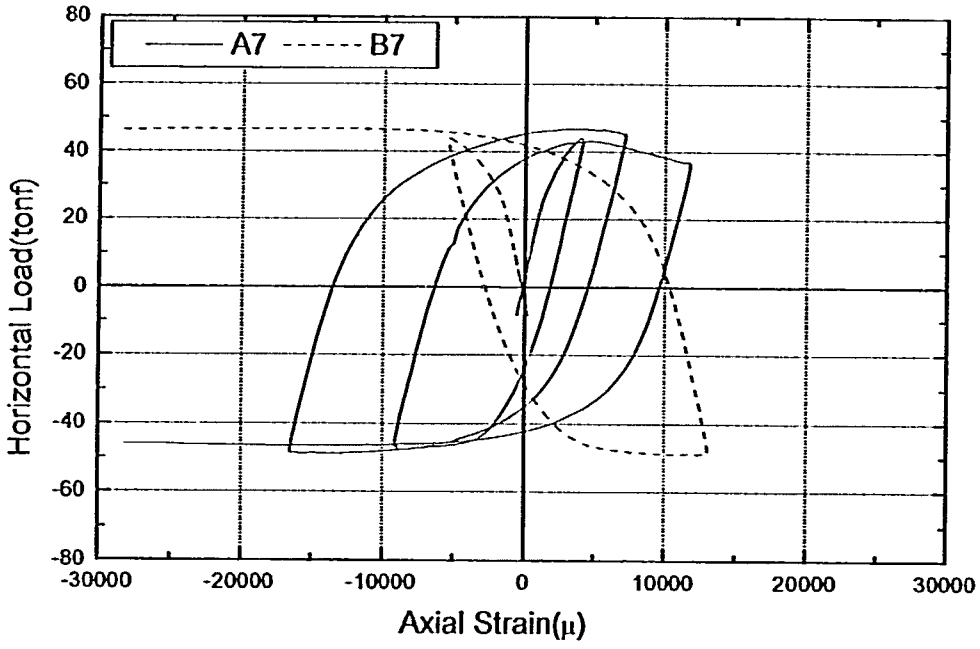
図－７．６．４０　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－ＨＮ（３回目）、Ａ４＆Ｂ４）



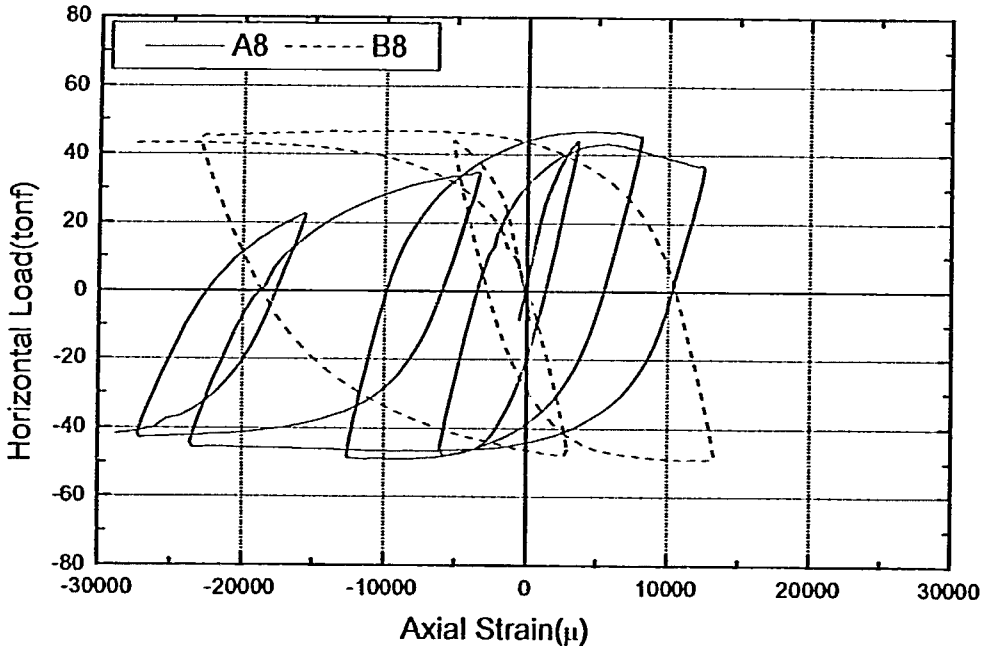
図－７．６．４１　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－ＨＮ（３回目）、Ａ５＆Ｂ５）



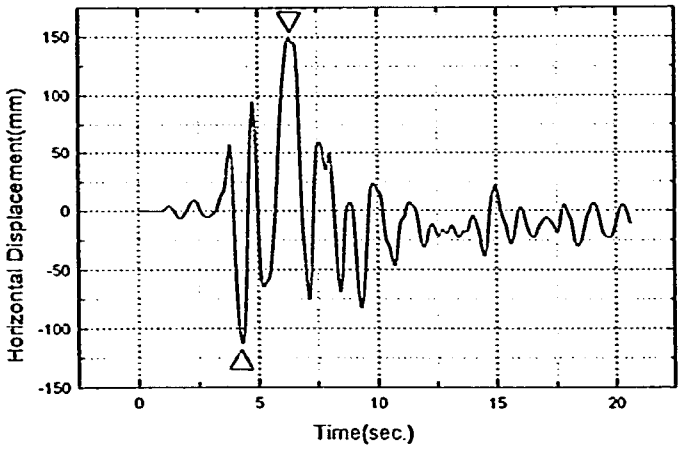
図－７．６．４２　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－ＨＮ（３回目）、Ａ６＆Ｂ６）



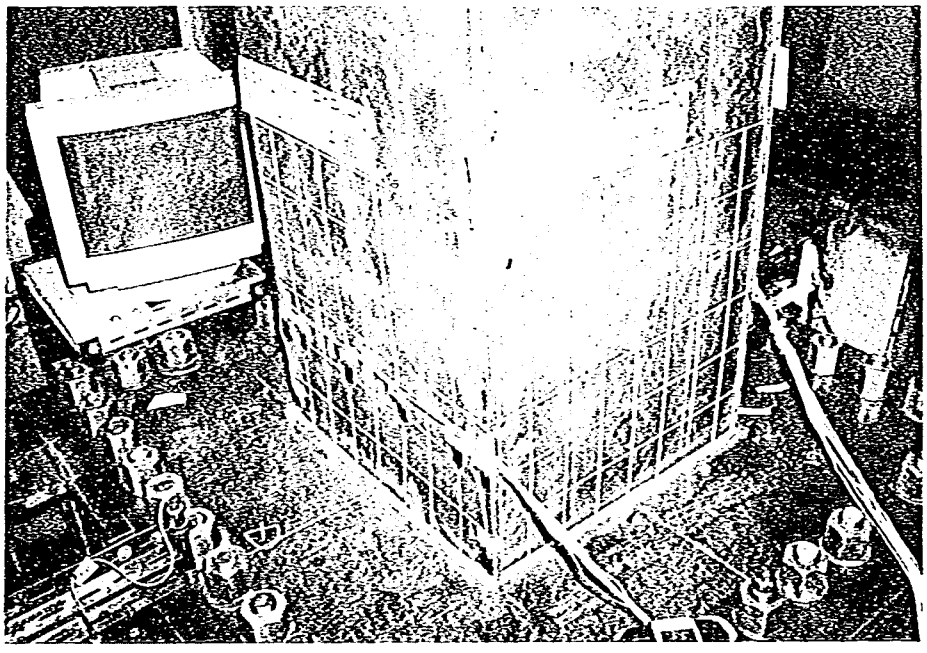
図－７．６．４３　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－ＨＮ（３回目）、Ａ７＆Ｂ７）

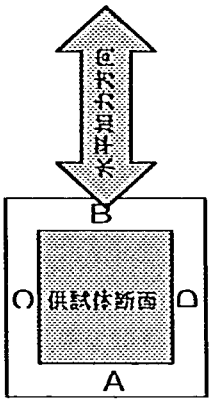


図－７．６．４４　水平荷重－ひずみ関係（Ｐ１Ｒ－ＨＮ（３回目）、Ａ８＆Ｂ８）

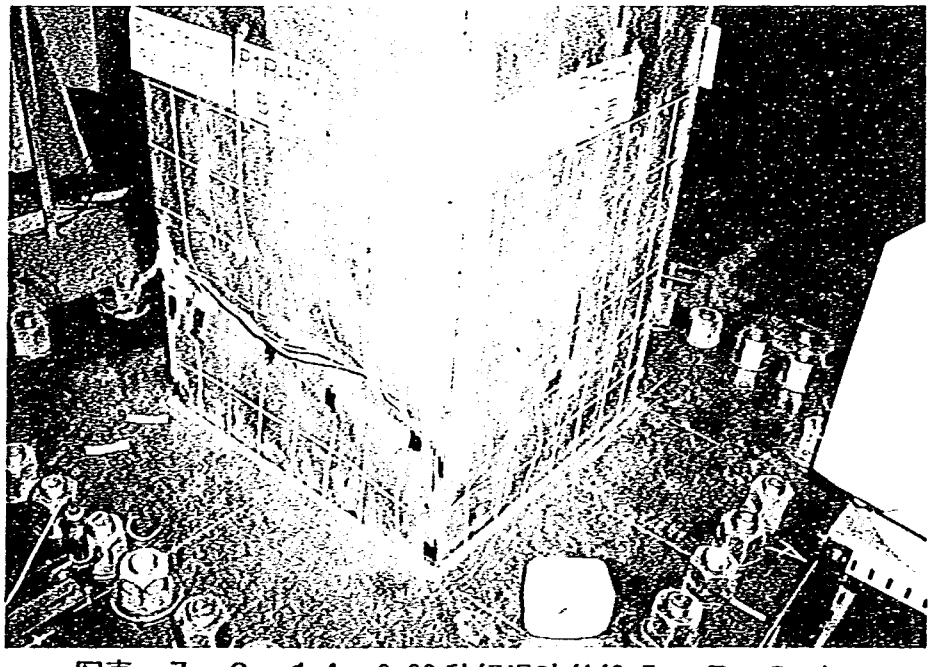


P１R－HN(３回目)

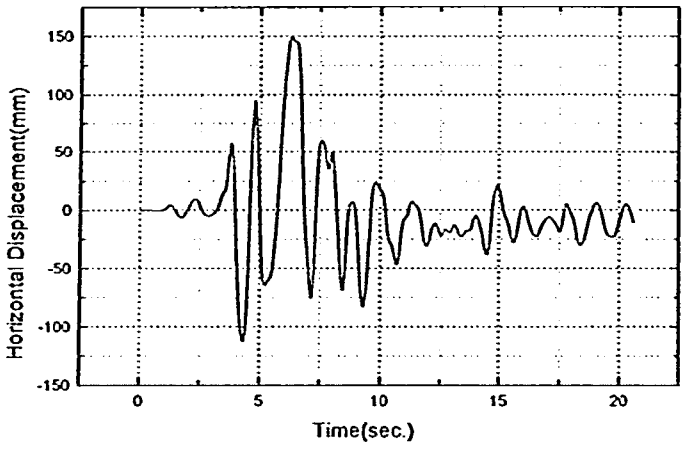


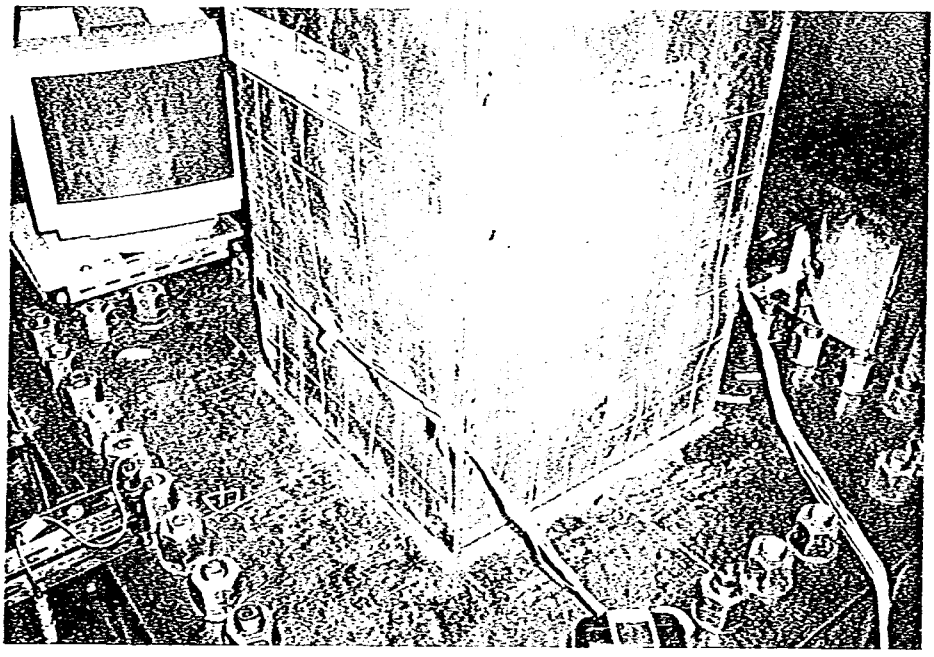


写真－７．６．１３　4.21 秒経過時(-49.0tf, -112.3mm, A－D面)

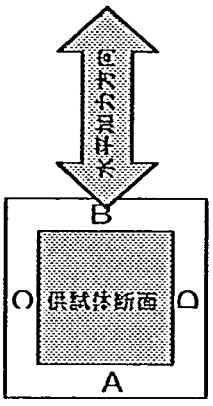


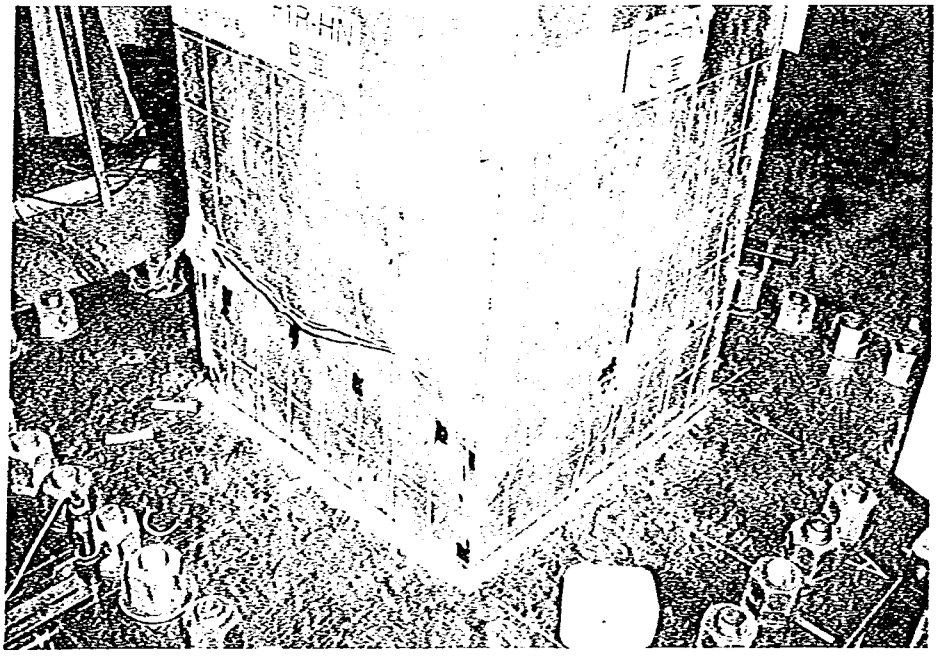
写真－７．６．１４　6.20 秒経過時(149.5mm, B－C面)





写真－7．6．15　実験終了時(A－D面)





写真－7．6．16　実験終了時(B－C面)

8．RC橋脚－2

8．1　概　要

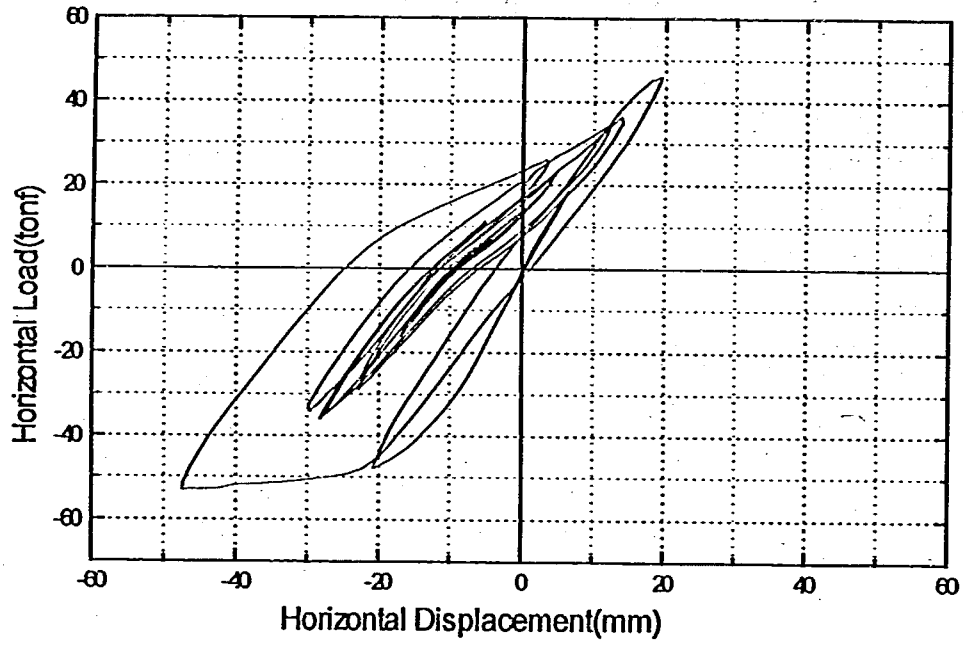
本章では，ＲＣ橋脚供試体の２回目の実験結果を以下の項目について示す．なお，各項目についての説明は，５．１ですでに述べたのでここでは省略する．

（1）ハイブリッド地震応答実験

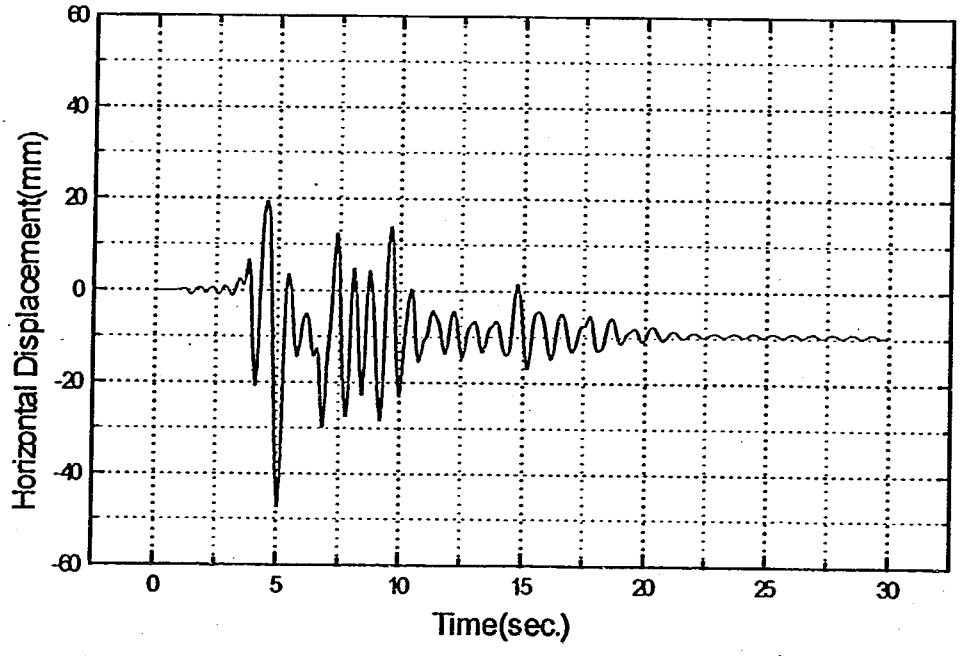
1）荷重－変位関係
2）時刻歴応答変位
3）履歴吸収エネルギー
4）荷重－ひずみ関係
5）載荷中の供試体の様子（写真記録）

8．2　R1Rシリーズ

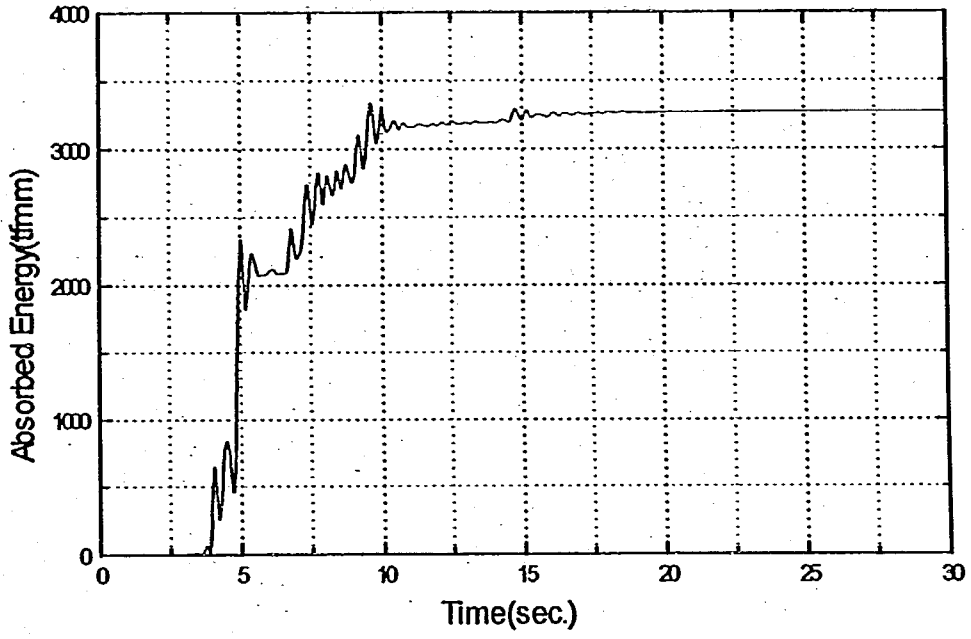
8．2．1　R1R－L2（2回目）



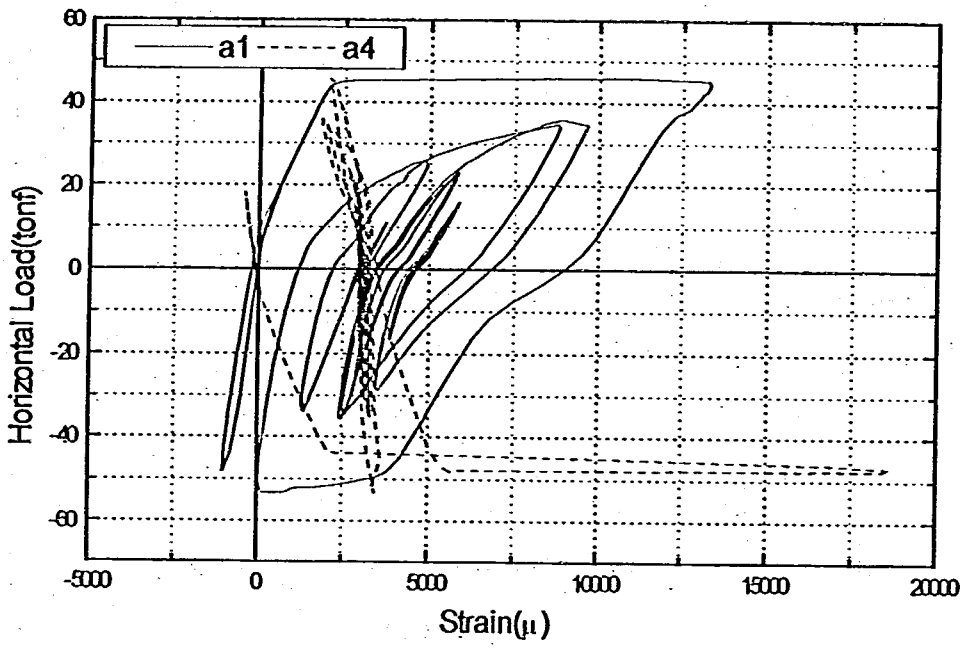
図－8．2．1　水平荷重－変位履歴曲線（R1R－L2（2回目））



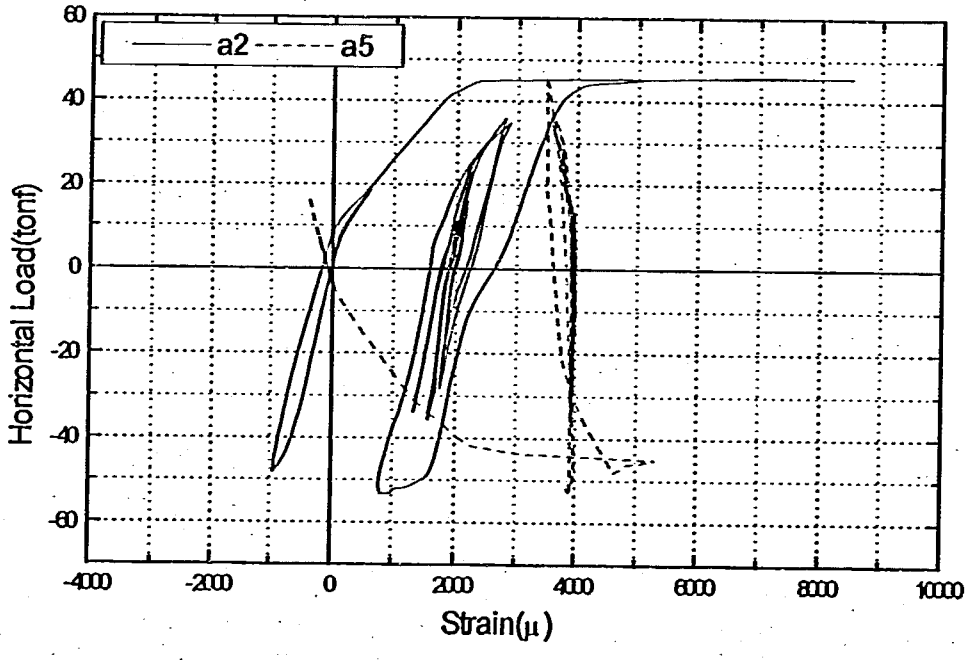
図－8．2．2　時刻歴応答変位（R1R－L2（2回目））



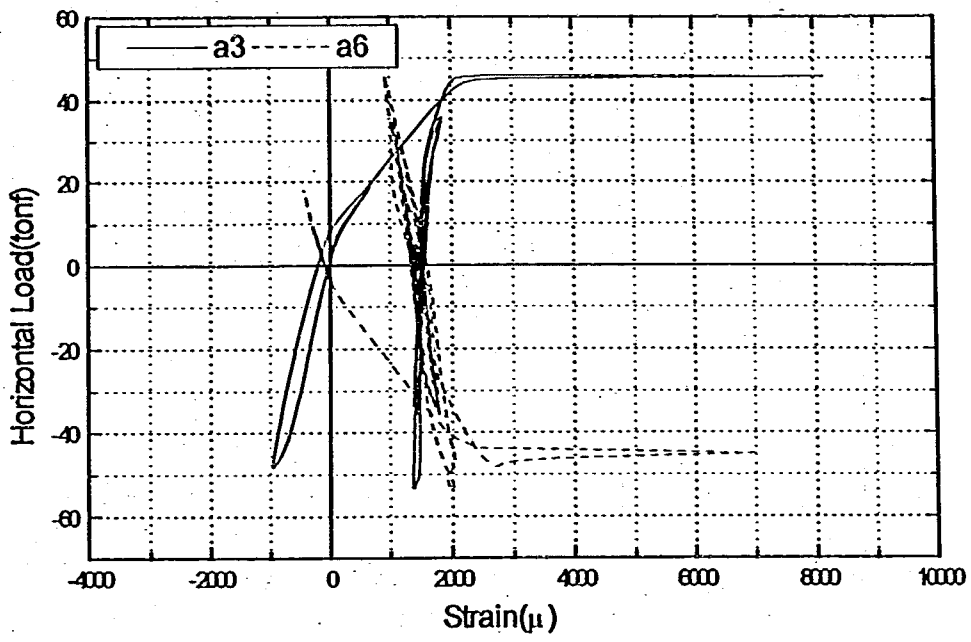
図－８．２．３　累積エネルギー吸収量（Ｒ１Ｒ－Ｌ２（２回目））



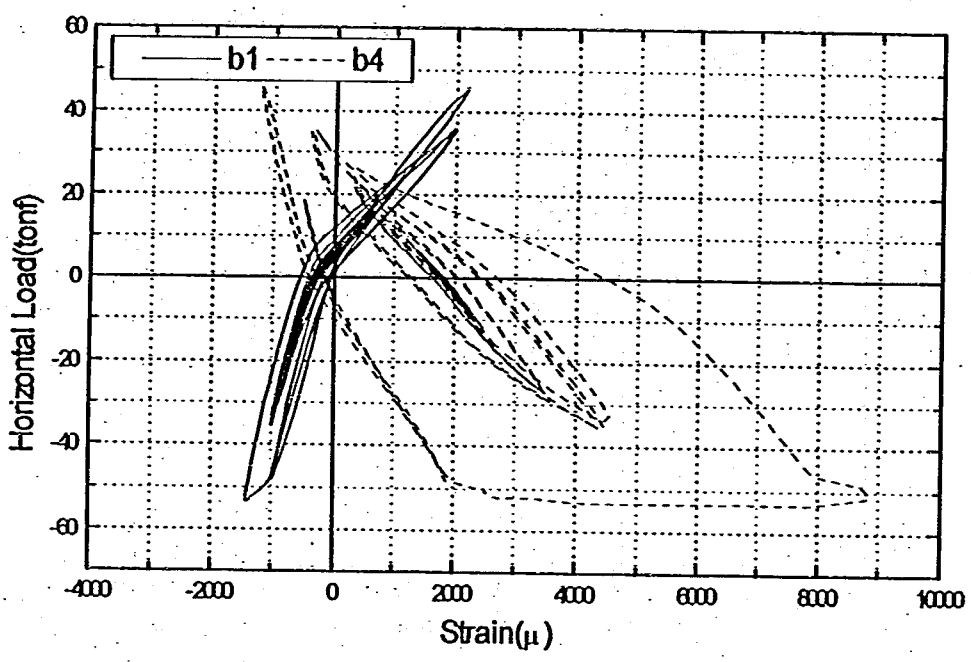
図－８．２．４　水平荷重－ひずみ関係（Ｒ１Ｒ－Ｌ２（２回目）、ａ１＆ａ４）



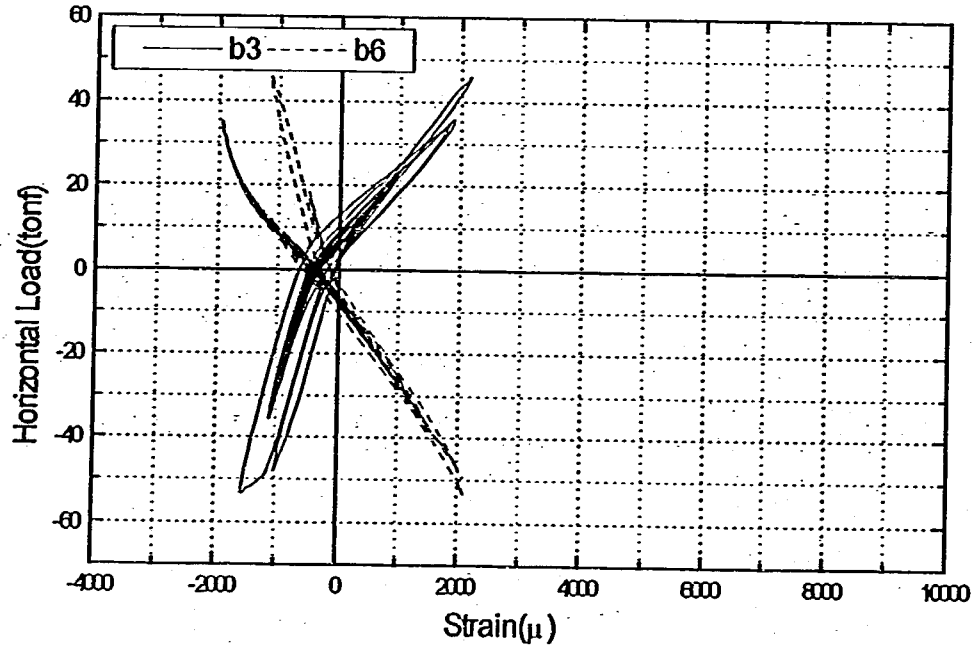
図－８．２．５　水平荷重－ひずみ関係（Ｒ１Ｒ－Ｌ２（２回目）、ａ２＆ａ５）



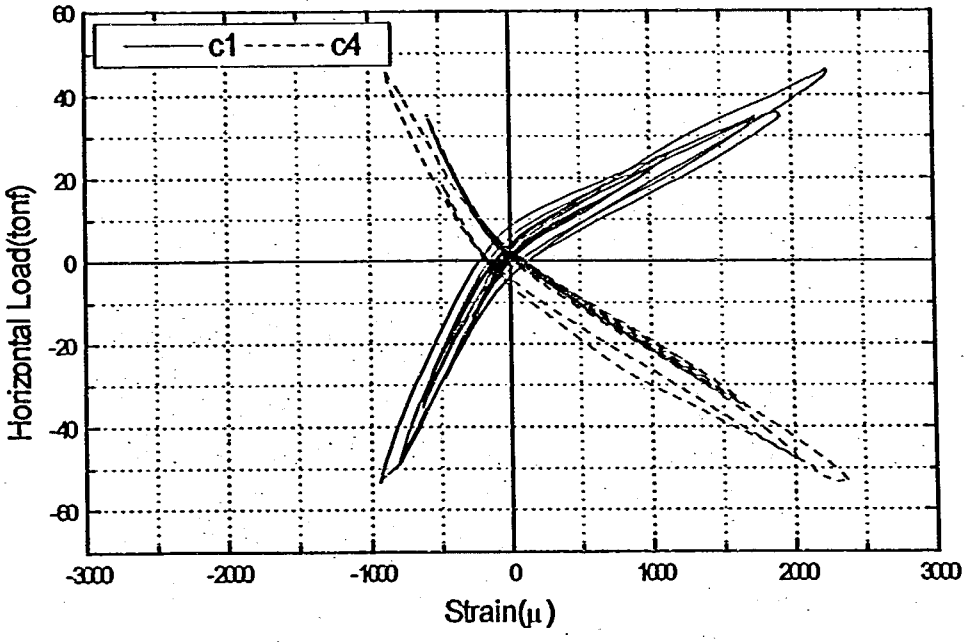
図－８．２．６　水平荷重－ひずみ関係（Ｒ１Ｒ－Ｌ２（２回目）、ａ３＆ａ６）



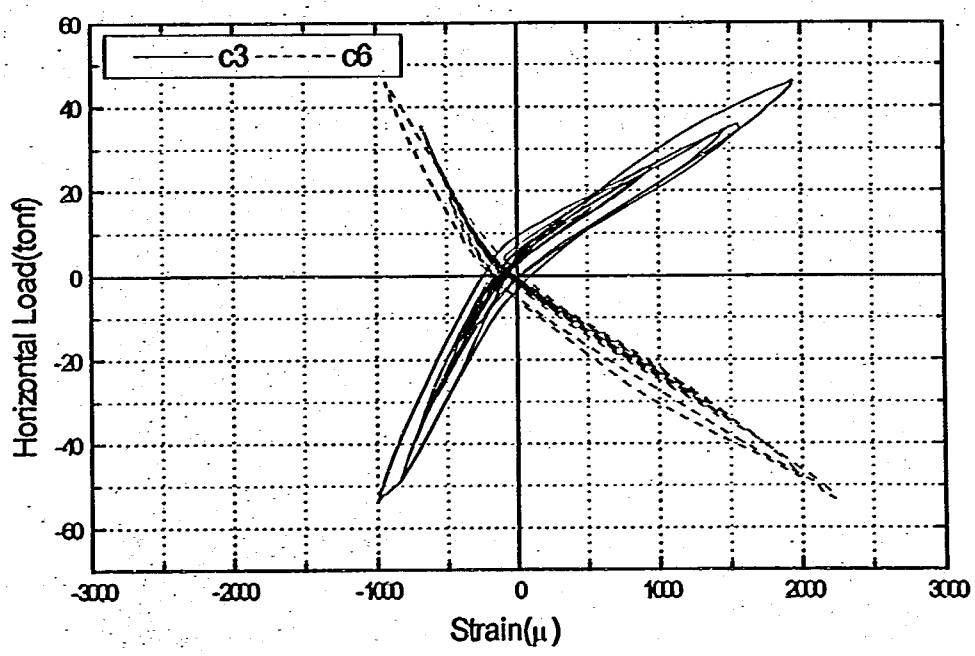
図－８．２．７　水平荷重－ひずみ関係（Ｒ１Ｒ－Ｌ２（２回目）、ｂ１＆ｂ４）



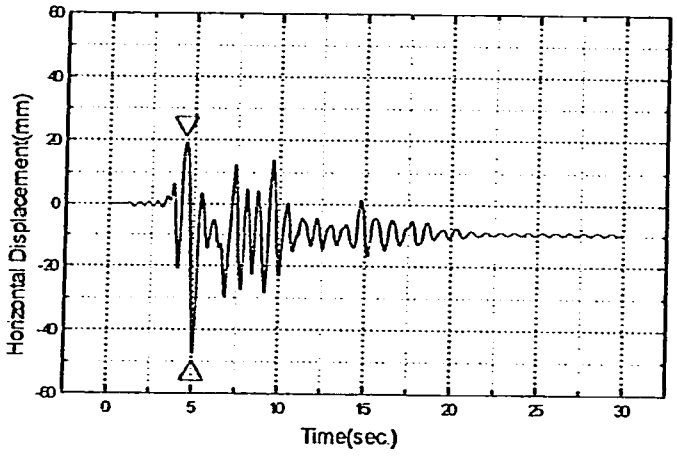
図－８．２．８　水平荷重－ひずみ関係（Ｒ１Ｒ－Ｌ２（２回目）、ｂ３＆ｂ６）



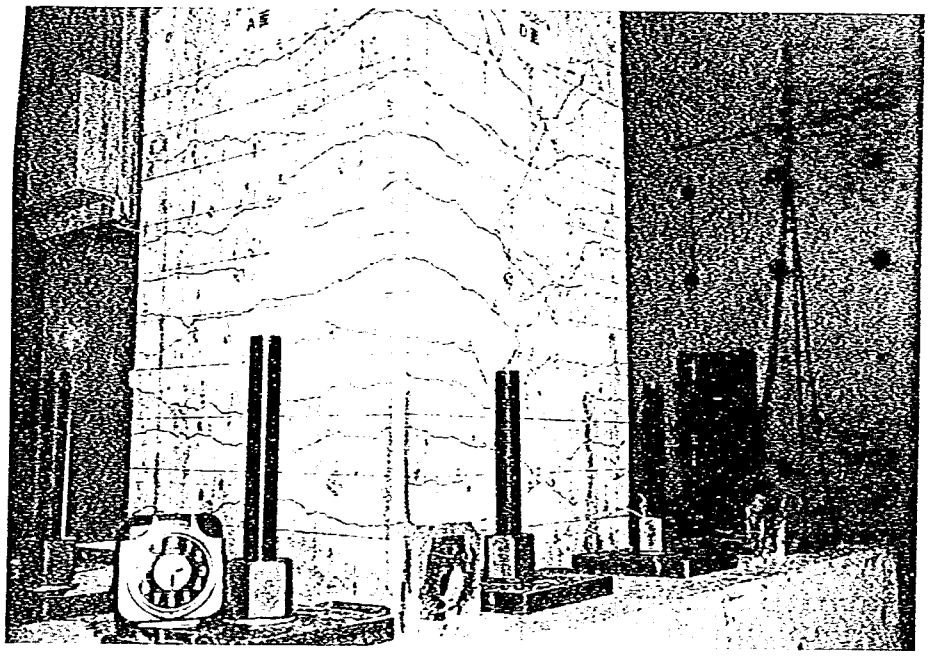
図－８．２．９　水平荷重－ひずみ関係（Ｒ１Ｒ－Ｌ２（２回目）、ｃ１＆ｃ４）



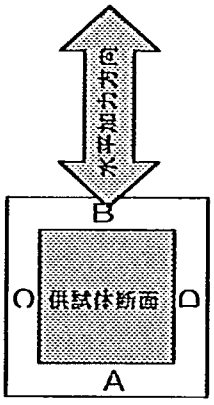
図－８．２．１０　水平荷重－ひずみ関係（Ｒ１Ｒ－Ｌ２（２回目）、ｃ３＆ｃ６）

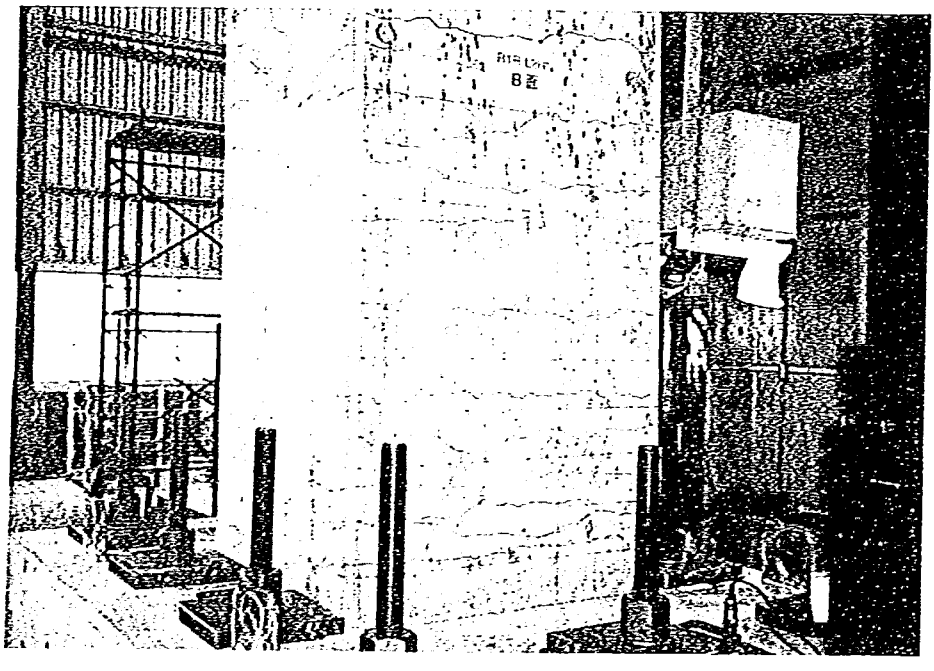


R1R－L2(2回目)

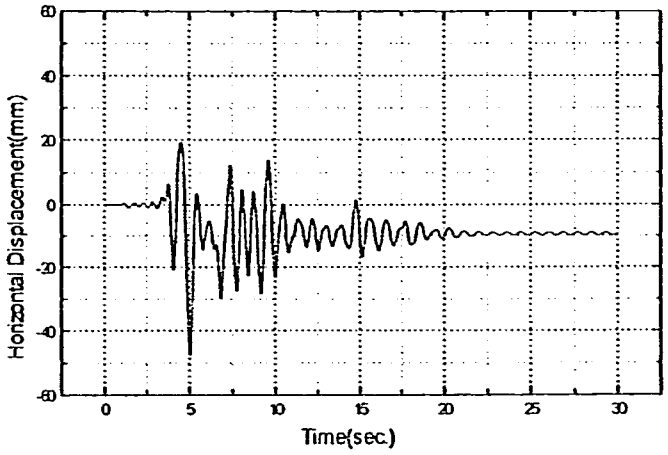


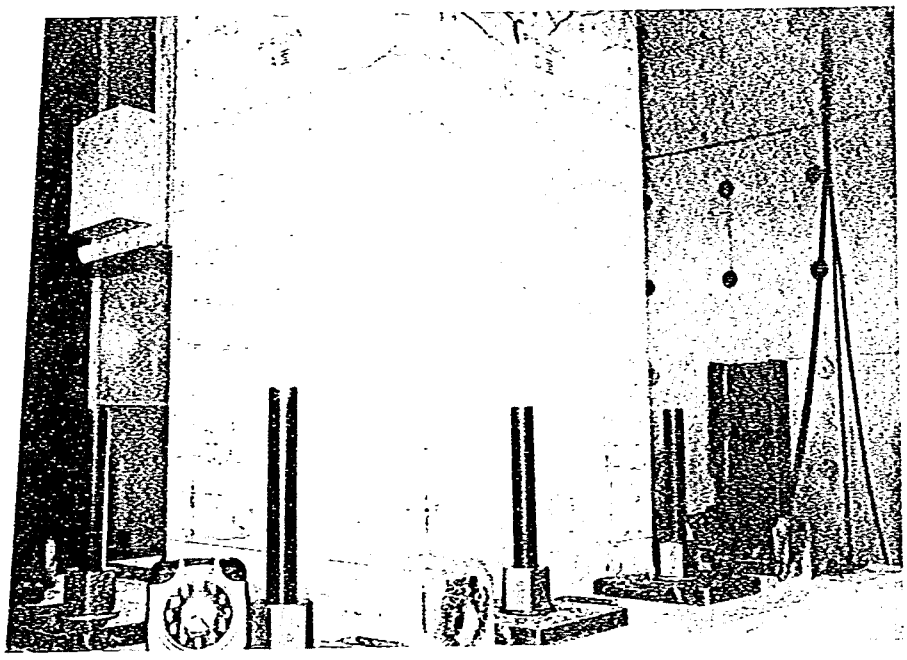
写真－8．2．1　4.5秒経過時(44.1tf, 19.2mm, A－D面)



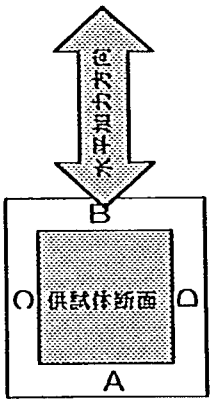


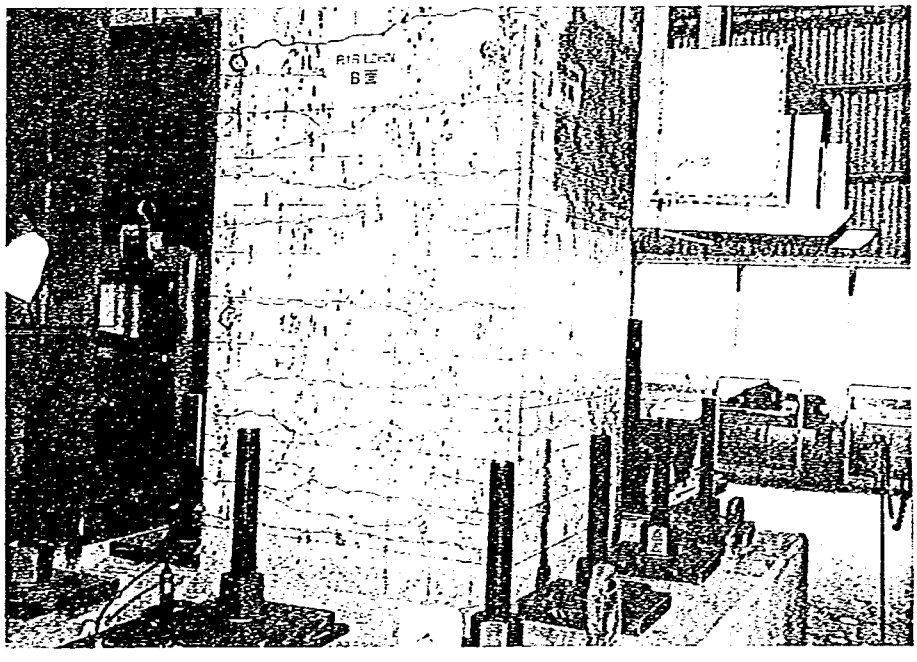
写真－8．2．2　5.0秒経過時(-52.0tf, -47.3mm, B－C面)





写真－8．2．3　実験終了時(A－D面)





写真－8．2．4　実験終了時(B－C面)