

土木研究所資料

RC橋脚の動的耐力に関する実験的研究 ——(その2)断面形状、荷重載荷方向、らせん鉄筋 及びせん断補強鉄筋の影響——

Experimental Investigation on Dynamic Strength and
Ductility of Reinforced Concrete Bridge Piers
——(Part II) Effect of Cross Sectional Shape, Direction of Lateral Force,
Hoop Ties and Shear Reinforcement ——

昭和61年1月

建設省土木研究所
地震防災部・耐震研究室

Copyright © (1986) by P.W.R.I.

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

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

RC橋脚の動的耐力に関する実験的研究

—(その2)断面形状、荷重載荷方向、らせん鉄筋 及びせん断補強鉄筋の影響—

Experimental Investigation on Dynamic Strength and
Ductility of Reinforced Concrete Bridge Piers

—(Part II) Effect of Cross Sectional Shape, Direction of Lateral Force,
Hoop Ties and Shear Reinforcement —

耐震研究室 室長 川島 一彦

研究員 長谷川 金二

小山 達彦

吉田 武史

要 旨

1978年宮城県沖地震, 1982年浦河沖地震等, 近年の地震により道路橋のRC橋脚躯体にコンクリートのはく離, 鉄筋のはらみ出し等の大きな被害が生じている。これは, 橋脚に作用する地震力が, 現行の道路橋の耐震設計で考慮されている0.2~0.3の設計水平震度で与えられる力よりもさらに大きな値となるためと考えられる。したがって, 大地震時においても落橋等の致命的な崩壊を防止するためには, 鉄筋コンクリート橋脚の耐力および変形性能を適切に評価することが重要である。本報告は, 橋脚の断面形状, 荷重載荷方向, らせん鉄筋およびせん断補強鉄筋がRC橋脚の動的耐力及び動的変形性能に及ぼす影響を検討するために昭和59年度に行った一連の実験結果をとりまとめたものである。

キーワード: 道路橋, RC橋脚, 耐震設計, 動的耐力, 動的変形性能

目 次

1. 概 説	1
2. 載荷実験方法	2
2-1 載荷方法	2
2-2 慣性力の補正	2
2-3 降伏および終局の定義	3
3. 実験に用いた供試体	6
4. 実験結果の概要	15
5. RC橋脚の動的耐力および動的変形性能	63
5-1 せん断補強筋の影響に関する検討	63
5-2 断面形状の影響に関する検討	64
5-3 円形断面に対するらせん鉄筋の影響に関する検討	65
5-4 荷重載荷方向の影響に関する検討	65
6. まとめ	75
参考文献	77
付属資料	79
I 荷重, 変位, 履歴減衰定数および吸収エネルギー	81
II 破壊状況(写真集)	103
III 降伏変位の定義	149
IV 各供試体の配筋図	153

1. 概 説

我が国は世界第1級の地震国であり、道路の震災対策上、道路橋の耐震性を確保することは重要な課題である。道路橋の設計では、上部構造の形式・寸法が耐震上の配慮から定められることは稀であるが、下部構造の寸法・諸元は耐震設計により定められることが多い。しかしながら、1978年宮城県沖地震、1982年浦河沖地震等、近年の地震による道路橋の被害を見ると、鉄筋コンクリート橋脚躯体に大きく破損の生じる被害が相次いで生じている。これは、大規模な地震が当該道路橋の近くで発生した場合には、橋に作用する地震力が現行の道路橋の耐震設計で考慮されている0.2～0.3の設計水平震度で与えられる地震力よりもさらに大きな値になる為と考えられる。したがって、大規模な地震が発生した場合にも落橋等の致命的な被害を防止するためには、鉄筋コンクリート橋脚の動的耐力および動的変形性能を適切に評価することが重要である。

我が国では道路橋の下部構造として鉄筋コンクリート橋脚が大部分を占めているが、従来、弾性設計法を主体とした設計が行われてきたため、鉄筋コンクリート橋脚の動的耐力および動的変形性能に関する研究は少ない。耐震研究室では、昭和56年度以降、部材耐震強度実験施設を用いて鉄筋コンクリート橋脚の動的特性に関する各種の実験的な検討を進めてきている。

昭和59年度には以下に示す項目の検討を行った。

- 1) せん断補強筋の影響
- 2) 橋脚躯体の断面形状の影響
- 3) らせん鉄筋の影響
- 4) 水平荷重の載荷方向の影響

本報告は上記4項目の影響を検討するために実施した合計10体の模型橋脚（橋脚P-25～P-34）に対する実験結果をとりまとめたものである。

2. 載 荷 実 験 方 法

2-1 載荷方法

実験では図2-1に示すように橋脚模型を反力床に固定し、反力壁に設置した加振機（最大加振力 125 tf，最大ストローク ±125mm，最大速度 1m/sec）を橋脚模型の頭部に取り付けて水平荷重を加えた。この実験方法は、地震時に橋脚およびこれが支持する上部構造重量に起因する慣性力に相当する力を直接、加振機により供試体の頭部に作用させるものであり、頭部に質量（上部構造の質量）の大部分が集中していると思われ得る橋脚のような構造物を対象とする場合には、このような載荷方法は有効であると考えられる。また、一般に道路橋の鉄筋コンクリート橋脚には上部構造の死荷重により 5～20kg/cm² 程度の軸応力度が作用しているが、本実験では軸力は加えていない。

基本的な載荷履歴は以下の通りである。橋脚模型の基部における引張側最外縁の軸方向鉄筋のひずみを測定し、これが軸方向鉄筋の引張試験より定めた降伏ひずみに達するまでは、荷重制御により荷重を正負交番で静的（載荷速度 2.4tf/sec）に 10段階程度で漸増させた。その後は、軸方向鉄筋の降伏時に橋脚模型の頭部（加振機取付位置）に生じる変位を基準変位 δ_0 とし、 $n\delta_0$ ($n=1, 2, 3, \dots$) の変位振幅で、同一変位振幅での繰り返し回数を 10回として、変位制御により正負交番載荷した。ここで、載荷速度振幅は 25cm/sec である。図2-2は以上の基本載荷履歴を示したものである。ここで、後述する降伏変位 δ_y と基本載荷履歴における基準変位 δ_0 とは、同一ではないことに注意しなければならない（2-3 参照）。

2-2 慣性力の補正

動的載荷実験を行うと、加振機のヘッド、載荷板および橋脚模型の質量に伴う慣性力が生じる。したがって、ロードセルにより計測された荷重は、実際に橋脚模型に作用した力と慣性力の合力である。このため、実際に橋脚模型に作用した力を求めるには、ロードセルにより計測された荷重から慣性力を除去しなければならない。載荷時には、橋脚模型は曲げ変形を主体として振動するが、橋脚基部に破壊が生じると、この部分がヒンジとして機能する。この場合には、橋脚に作用する慣性力の分布は図2-3(a)に示すように基部を頂点とする逆三角形にモデル化できる。このように分布する慣性力を図2-3(b)に示すように橋脚頭部に作用する集中荷重 $\tilde{P}$ によって表わし、これを等価荷重とみなした。いま、慣性力および等価荷重によって橋脚頭部に生じるたわみ量が同一と仮定すると次式が成り立つ。

$$\frac{\tilde{P}l^3}{3EI} = \frac{11w_p l^4}{120EI} \frac{\alpha}{G} \dots\dots\dots (2-1)$$

ここで、

$\tilde{P}$: 等価荷重

α : 橋脚頭部に生じる加速度〔gal〕

G : 重力加速度〔980 gal〕

w_p : 橋脚の単位長さ当りの重量 ($=W_p/l$)

W_p : 橋脚の重量

l : 橋脚の高さ

したがって、

$$\tilde{P} = \frac{11}{40} \frac{\alpha W_p}{G} \dots\dots\dots (2-2)$$

これに加振ヘッドおよび載荷板の質量による慣性力を見込むと、橋脚模型に実際に作用した荷重は以下のようになる。

$$\begin{aligned} P &= P_1 - \left(W_A \frac{\alpha}{G} + \tilde{P} \right) \\ &= P_1 - \left(W_A + \frac{11}{40} W_p \right) \times \frac{\alpha}{G} \dots\dots\dots (2-3) \end{aligned}$$

ここで、

P : 実際に橋脚模型に作用した荷重〔tf〕

P_1 : ロードセルにより測定された荷重〔tf〕

W_A : 加振ヘッドおよび載荷板の重量〔= 1.45 tf〕

2-3 降伏および終局の定義

鉄筋コンクリート橋脚の降伏および終局については、各種の方法（付属資料Ⅲ参照）が提案されているが、統一された方法は示されていない。そこで、本報告では以下のように降伏および終局を定義した。

1) 降 伏

図2-4に示すように橋脚天端作用力 P と橋脚基部最外縁の引張側軸方向鉄筋のひずみ ϵ_s との関係において、作用力 P の増加に対して ϵ_s が急に大きくなる点を降伏と定義した。ここで、実験に用いた供試体には、外縁の他に側方にも軸方向鉄筋が配置されているため、最外縁の鉄筋が降伏した後も、作用力 P はなお増加することに注意しなければならない。降伏をこのように定義したのは、作用力 P は橋脚基部における曲げモーメント M に、最外縁の鉄筋のひずみ ϵ_s は橋脚基部における曲率 ϕ に対応するため、 $P \sim \epsilon_s$ の関係は近似的に $M \sim \phi$ の関係を表わしていると考えたためである。以下、このように定義した降伏時の変位および荷重をそれぞれ降伏変位 δ_y および降伏荷重 P_y と呼ぶ。

なお、2-1に示した基準変位 δ_0 は、最外縁の鉄筋が降伏したときに橋脚天端に生ずる変位であり、ここで定義した降伏変位 δ_y とは同一ではない（一般に、 $\delta_y > \delta_0$ となる）。

2) 終 局

終局は図2-5に示すように、橋脚天端における作用力 P と変位 δ との関係において、作用力 P が最大値を示したのち、再び降伏荷重 P_y まで低下したときと定義した。以下、このように定義した終局時の変位を終局変位 δ_u と呼ぶ。

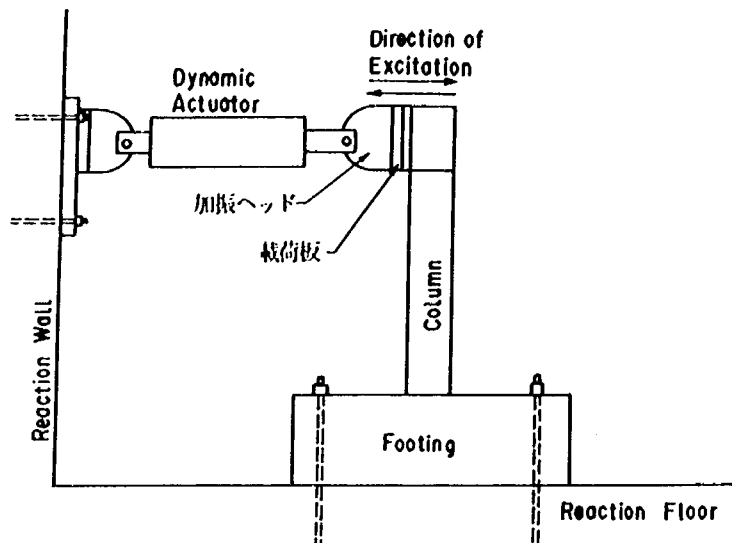


図 2-1 実験状況

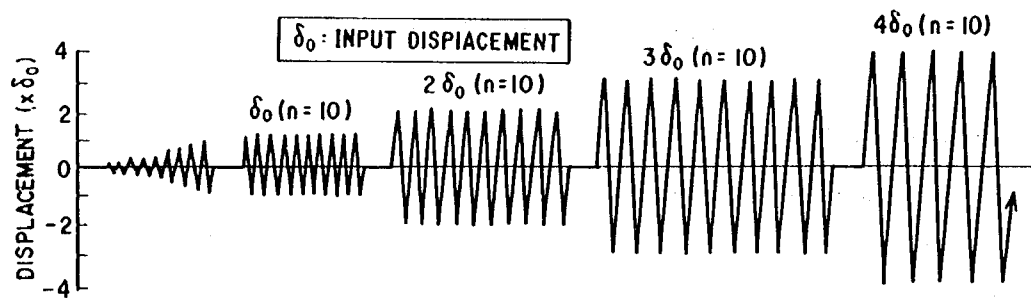
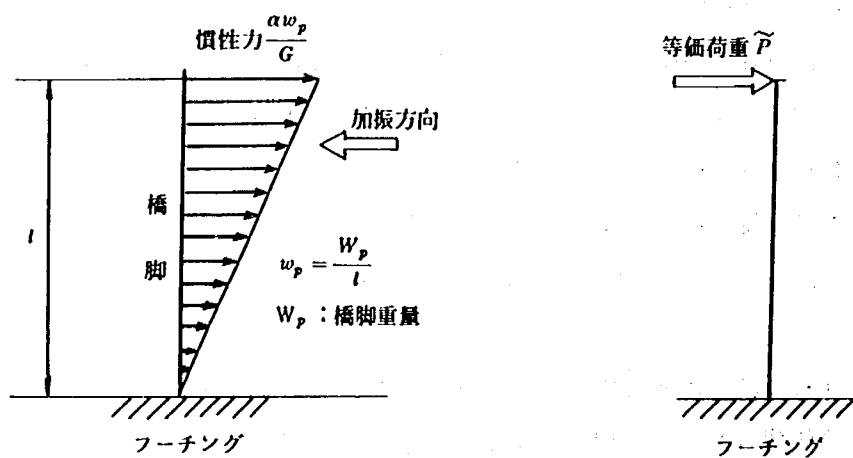


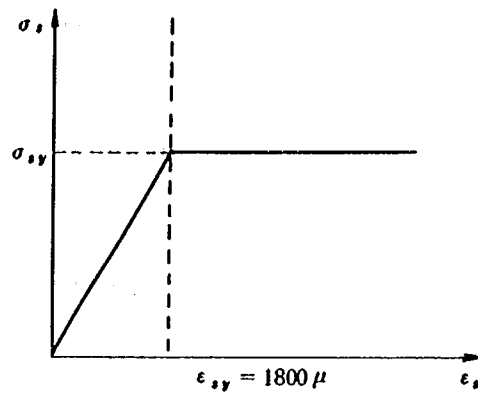
図 2-2 基本载荷履歴



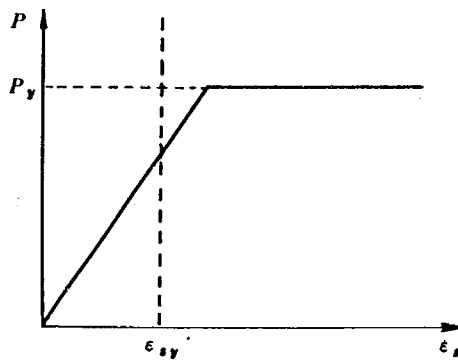
(a) 橋脚に使用する慣性力のモデル化

(b) 等価に作用する等価荷重 $\tilde{P}$

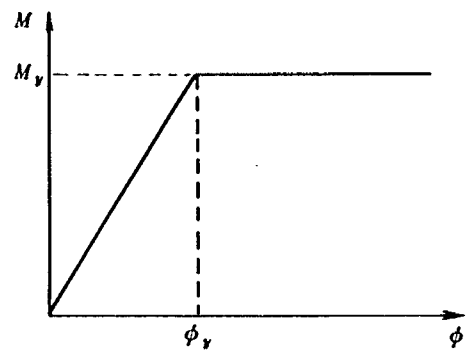
図 2-3 橋脚に作用する慣性力の補正法



(a) 鉄筋の応力 σ_s とひずみ ϵ_s の関係



(b) 橋脚天端作用力と橋脚基部最外縁引張側鉄筋のひずみ ϵ_s の関係



(c) 鉄筋コンクリート橋脚断面の曲げモーメント M と曲率 ϕ の関係

図 2-4 鉄筋コンクリート橋脚の降伏の定義

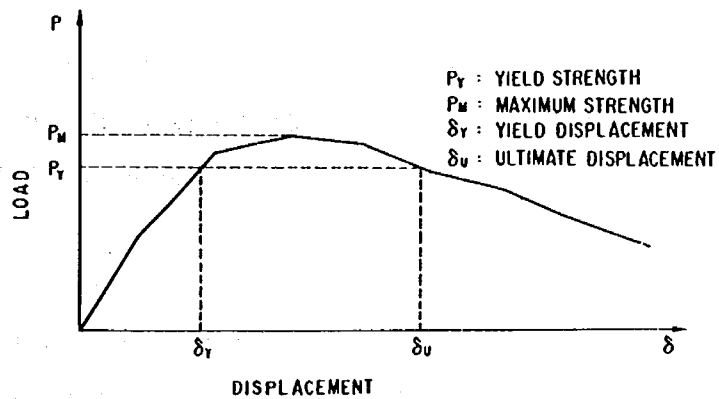


図 2-5 鉄筋コンクリート橋脚の終局の定義

3. 実験に用いた供試体

供試体の断面寸法は一般に用いられている鉄筋コンクリート橋脚に対して長さの相似律を約 $\frac{1}{6}$ と見込み、 $50\text{cm} \times 50\text{cm}$ を基本とした。表3-1は各供試体（供試体25～供試体34）の主要諸元および載荷特性を示したものである。なお、供試体1～供試体24の結果については第1報（土木研究所資料第2232号）に示したので、これを参照していただきたい。表3-2は供試体を調査項目ごとに分類したものであり、その概要は以下に示す通りである。

1) 供試体25, 26, 27

図3-1は供試体25, 26および27の諸元を示したものである。いずれもせん断支間比は2.5であり、供試体ごとにせん断補強筋の種類および配置を変化させた。供試体25では帯鉄筋（SR24, $\phi 9\text{mm}$ ）を5cm間隔で、供試体26ではらせん鉄筋（SR24, $\phi 9\text{mm}$ ）を2.5cm間隔（フーチング内にも、橋脚幅の $\frac{1}{2}$ に相当する25cmの範囲にらせんを配置）でそれぞれ配筋している。また、供試体27では、引張鉄筋の本数の約 $\frac{1}{4}$ にあたる3本の鉄筋を斜め鉄筋として配筋している。

載荷履歴は前章に示した基本載荷履歴と同一である。表3-3は、各供試体の各載荷段階の変位振幅および振動数を示したものである。

2) 供試体28, 29, 30

図3-2は供試体28, 29および30の諸元を示したものである。これらはいずれも円形断面を有する供試体であり、正方形断面の供試体（供試体10, 17, 18, いずれも $50\text{cm} \times 50\text{cm}$ ）と比較するために、断面積（ 2500cm^2 ）、軸方向鉄筋比（ $P_l = 2.03\%$ ）および帯鉄筋比（ $P_w = 0.1\%$ ）を正方形断面の供試体と一致させた。また、橋脚の有効高さも正方形断面の供試体と同じとし、供試体28は250cm（せん断支間比4.7）、供試体29は175cm（せん断支間比3.3）、供試体30は100cm（せん断支間比1.9）とした。ただし、断面積を同一とすると、円形断面と正方形断面とでは有効幅が異なるため、両者のせん断支間比は異なることに注意しなければならない。

また、載荷方法も正方形断面の場合と同じにしたが、このため、載荷時の基準変位 δ_0 は円形断面における最外縁の引張鉄筋が降伏するときの変位ではなく、正方形断面（供試体10, 17, 18）の場合の基準変位 δ_0 をそのまま用いたことに注意しなければならない。表3-3は、供試体28, 29, 30の各載荷段階における変位振幅および振動数を示したものである。

3) 供試体31, 32

図3-3は供試体31および32の諸元を示したものである。供試体31および32の断面寸法、主鉄筋は、それぞれ、供試体28および29と同じであるが、円形断面橋脚に対するらせん鉄筋の効果を検討するために、これらには橋脚下端から50cmの範囲にらせん鉄筋を2.5cm間隔に配置している。

載荷履歴は供試体28, 29と同一である。したがって、載荷時の基準変位 δ_0 が正方形断面（供試体10, 17, 18）に対する値をそのまま用いている点は前述の供試体28～30の場合と同じである。表3-3は供試体31, 32の各載荷段階における変位振幅および振動数を示したものである。

4) 供試体33, 34

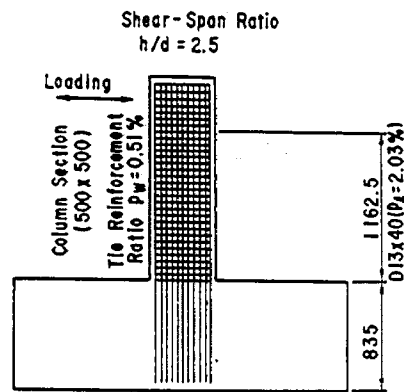
図3-4は供試体33および34の諸元を示したものである。これらの供試体では荷重載荷方向を変化させるため、正方形断面の躯体を載荷方向に対して傾斜させている。荷重作用方向とこれに相対する面のなす角（以後、傾斜角度と呼ぶ）は供試体33において $\pi/6$ 、供試体34において $\pi/4$ である。なお、供試体33, 34の寸法諸元、主鉄筋量、帯鉄筋量、載荷方法は全て供試体10と同一としており、供試体10（傾斜角度0）との比較で、荷重作用方向の影響が検討できるようにしている。なお、荷重載荷方法も供試体10と同じにしているため、載荷時の基準変位 δ_0 も供試体10に対して決められた値を用いている。表3-3は供試体33, 34の各載荷段階における変位振幅および振動数を示したものである。

表 3 - 1 (1) 供試体 25 ~ 30 の主要諸元および載荷特性

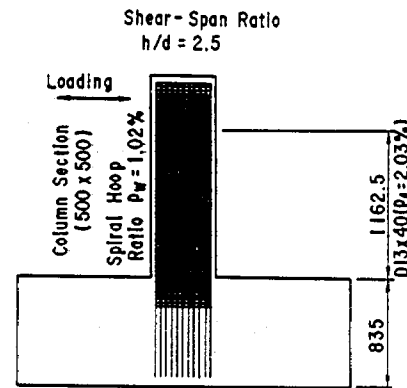
Model No.		P-25	P-26	P-27	P-28	P-29	P-30
Cross Section [cm]		50x50	50x50	50x50	φ56.4	φ56.4	φ56.4
Covering Depth of Concrete [cm]		3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Effective Height [cm]		116	116	116	250	175	100
Shear-Span Ratio		2.5	2.5	2.5	4.7	3.3	1.9
Longitudinal Reinforcing Bar (Deformed Bar)	Material and Diameter [mm]	SD30,13	SD30,13	SD30,13	SD30,13	SD30,13	SD30,13
	Cut-off [cm]	-	-	-	-	-	-
	Ratio of Reinforcement [%]	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03
Hoop Tie	Material and Diameter [mm]	SR24,9	SR24,9	SR24,9	SR24,9	SR24,9	SR24,9
	Ratio of Reinforcement [%]	0.51	1.02 (Spiral)	0.10 (Diagonal Reinforcement)	0.10	0.10	0.10
Concrete	Material	Portland Cement	Portland Cement	Portland Cement	Portland Cement	Portland Cement	Portland Cement
	Max Grain Size of Aggregate [mm]	10	10	10	10	10	10
	Uni-Axial Strength [Kg/cm ²]	390	390	390	406	406	406
Lateral Force	Direction of Loading	1 Direction	1 Direction	1 Direction	1 Direction	1 Direction	1 Direction
	Velocity of Loading [cm/sec.]	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
	Number of Loading for Each Specific Lateral Displacement	10	10	10	10	10	10

表 3 - 1 (2) 供試体 31 ~ 34 の主要諸元および載荷特性

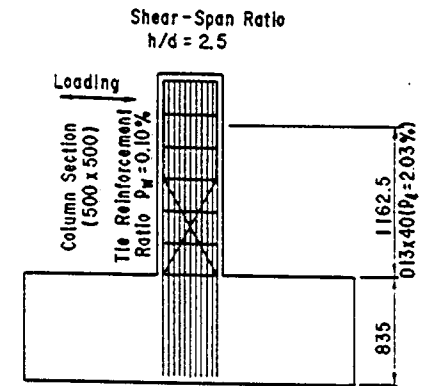
Model No.		P-31	P-32	P-33	P-34
Cross Section [cm]		φ56.4	φ56.4	50x50	50x50
Covering Depth of Concrete [cm]		3.5	3.5	3.5	3.5
Effective Height [cm]		250	175	250	250
Shear-Span Ratio		4.7	3.3	5.4	5.4
Longitudinal Reinforcing Bar (Deformed Bar)	Material and Diameter [mm]	SD30,13	SD30,13	SD30,13	SD30,13
	Cut-off [cm]	-	-	-	-
	Ratio of Reinforcement [%]	2.03	2.03	2.03	2.03
Hoop Tie	Material and Diameter [mm]	SR24,9	SR24,9	SR24,9	SR24,9
	Ratio of Reinforcement [%]	1.02 (Spiral)	1.02 (Spiral)	0.10	0.10
Concrete	Material	Portland Cement	Portland Cement	Portland Cement	Portland Cement
	Max Grain Size of Aggregate [mm]	10	10	10	10
	Uni-Axial Strength [Kg/cm ²]	406	406	406	406
Lateral Force	Direction of Loading	1 Direction	1 Direction	1 Direction (θ=30°)	1 Direction (θ=45°)
	Velocity of Loading [cm/sec.]	25.0	25.0	25.0	25.0
	Number of Loading for Each Specific Lateral Displacement	10	10	10	10



(1) 供試体 25

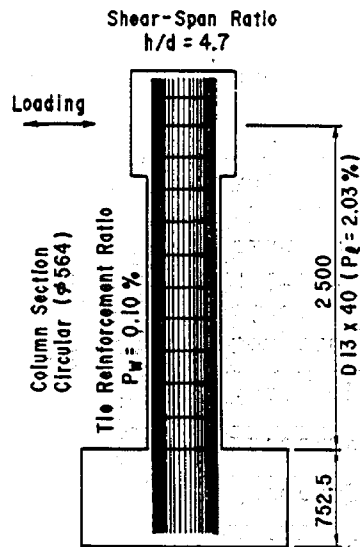


(2) 供試体 26

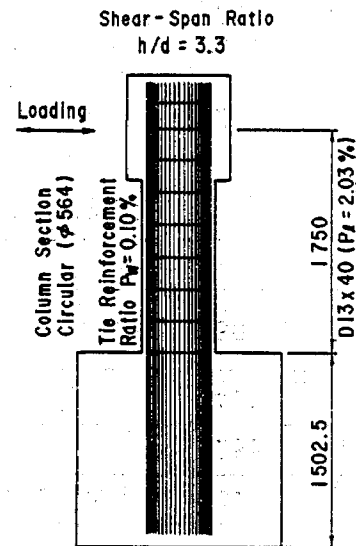


(3) 供試体 27

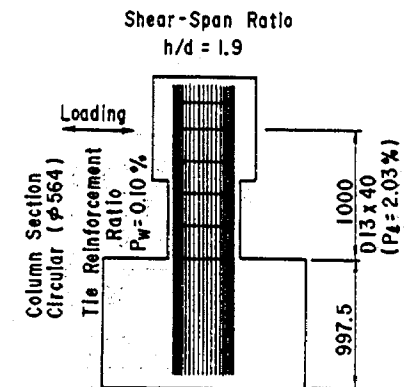
図 3-1 供試体 25, 26, 27 の諸元 (せん断補強筋の影響)



(1) 供試体 28

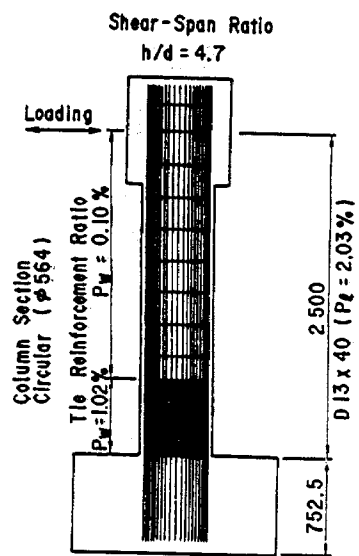


(2) 供試体 29

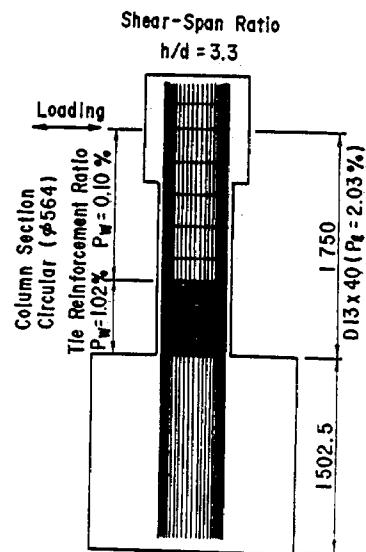


(3) 供試体 30

図 3-2 供試体 28, 29, 30 の諸元 (円形断面)

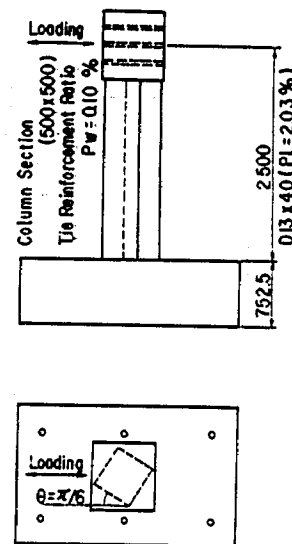


(1) 供試体 31

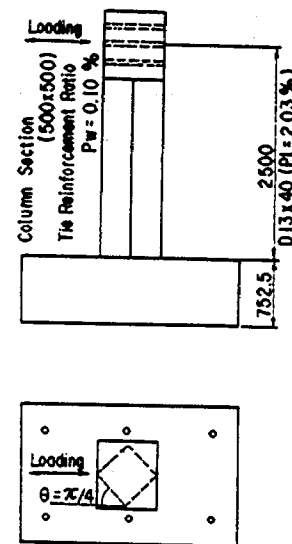


(2) 供試体 32

図 3-3 供試体 31, 32 の諸元 (円形断面に対するらせん鉄筋の影響)



(1) 供試体 33



(2) 供試体 34

図 3-4 供試体 33, 34 の諸元 (載荷方向の影響)

表 3-2 供試体と調査項目の関係

供試体No	せん断補強筋の影響	断面形状（円形）の影響	円形断面に対するらせん鉄筋の影響	荷重作用方向の影響
10 ¹⁾		○		○
17 ¹⁾		○		
18 ¹⁾	○ ²⁾	○		
25	○			
26	○			
27	○			
28		○	○	
29		○	○	
30		○		
31			○	
32			○	
33				○
34				○

注1) 供試体 10, 17, 18については, 第1報(土木研究所資料第2232号)参照

注2) 供試体 18のせん断支間比は, 2.2であり, 供試体 25, 26, 27のせん断支間比 2.5と完全に同一ではないが, 近い値をとるため, 比較の対象とした。

表 3-3(1) 供試体 25~30 の変位振幅および振動数

供 試 体 25		供 試 体 26		供 試 体 27		供 試 体 28		供 試 体 29		供 試 体 30	
δ_0	0.6 cm 6.63 Hz	δ_0	0.6 cm 6.63 Hz	δ_0	0.6 cm 6.63 Hz	δ_0	1.3 cm 3.06 Hz	δ_0	0.75 cm 5.31 Hz	δ_0	0.39 cm 10.2 Hz
2 δ_0	1.2 cm 3.32 Hz	2 δ_0	1.2 cm 3.32 Hz	2 δ_0	1.2 cm 3.32 Hz	2 δ_0	2.6 cm 1.53 Hz	2 δ_0	1.5 cm 2.65 Hz	2 δ_0	0.78 cm 5.1 Hz
3 δ_0	1.8 cm 2.21 Hz	3 δ_0	1.8 cm 2.21 Hz	3 δ_0	1.8 cm 2.21 Hz	3 δ_0	3.9 cm 1.02 Hz	3 δ_0	2.25 cm 1.77 Hz	3 δ_0	1.17 cm 3.4 Hz
4 δ_0	2.4 cm 1.66 Hz	4 δ_0	2.4 cm 1.66 Hz	4 δ_0	2.4 cm 1.66 Hz	4 δ_0	5.2 cm 0.765 Hz	4 δ_0	3.0 cm 1.33 Hz	4 δ_0	1.56 cm 2.55 Hz
5 δ_0	3.0 cm 1.32 Hz	5 δ_0	3.0 cm 1.32 Hz	5 δ_0	3.0 cm 1.32 Hz	5 δ_0	6.5 cm 0.612 Hz	5 δ_0	3.75 cm 1.06 Hz	5 δ_0	1.95 cm 2.04 Hz
6 δ_0	3.6 cm 1.1 Hz	6 δ_0	3.6 cm 1.1 Hz	6 δ_0	3.6 cm 1.1 Hz	6 δ_0	7.8 cm 0.51 Hz	6 δ_0	4.5 cm 0.884 Hz	6 δ_0	2.34 cm 1.7 Hz
7 δ_0	4.2 cm 0.95 Hz	7 δ_0	4.2 cm 0.95 Hz	7 δ_0	4.2 cm 0.95 Hz	7 δ_0	9.1 cm 0.437 Hz	7 δ_0	5.25 cm 0.758 Hz	7 δ_0	2.73 cm 1.46 Hz
8 δ_0	4.8 cm 0.82 Hz	8 δ_0	4.8 cm 0.82 Hz	8 δ_0	4.8 cm 0.82 Hz	8 δ_0	10.4 cm 0.383 Hz	8 δ_0	6.0 cm 0.663 Hz		
		9 δ_0	5.4 cm 0.74 Hz								

表 3-3(2) 供試体31~34の変位振幅および振動数

供 試 体 31		供 試 体 32		供 試 体 33		供 試 体 34	
δ_0	1.3 cm 3.06 Hz	δ_0	0.75 cm 5.31 Hz	δ_0	1.3 cm 3.06 Hz	δ_0	1.3 cm 3.06 Hz
2 δ_0	2.6 cm 1.53 Hz	2 δ_0	1.5 cm 2.65 Hz	2 δ_0	2.6 cm 1.53 Hz	2 δ_0	2.6 cm 1.53 Hz
3 δ_0	3.9 cm 1.02 Hz	3 δ_0	2.25 cm 1.77 Hz	3 δ_0	3.9 cm 1.02 Hz	3 δ_0	3.9 cm 1.02 Hz
4 δ_0	5.2 cm 0.765 Hz	4 δ_0	3.0 cm 1.33 Hz	4 δ_0	5.2 cm 0.765 Hz	4 δ_0	5.2 cm 0.765 Hz
5 δ_0	6.5 cm 0.612 Hz	5 δ_0	3.75 cm 1.06 Hz	5 δ_0	6.5 cm 0.612 Hz	5 δ_0	6.5 cm 0.612 Hz
6 δ_0	7.8 cm 0.51 Hz	6 δ_0	4.5 cm 0.884 Hz	6 δ_0	7.8 cm 0.51 Hz	6 δ_0	7.8 cm 0.51 Hz
7 δ_0	9.1 cm 0.437 Hz	7 δ_0	5.25 cm 0.758 Hz	7 δ_0	9.1 cm 0.437 Hz	7 δ_0	9.1 cm 0.437 Hz
8 δ_0	10.4 cm 0.383 Hz	8 δ_0	6.0 cm 0.663 Hz	8 δ_0	10.4 cm 0.383 Hz	8 δ_0	10.4 cm 0.383 Hz
9 δ_0	11.7 cm 0.34 Hz	9 δ_0	6.75 cm 0.589 Hz				
		10 δ_0	7.5 cm 0.531 Hz				
		11 δ_0	8.25 cm 0.482 Hz				

4. 実験結果の概要

図4-1は各供試体の載荷実験から得られた荷重-変位の履歴曲線を示したものである。ここでは履歴曲線をもとに、橋脚模型の動的復元力および動的変形性能を表わす指標として、以下のものに着目した。

(1) 荷重-変位の履歴曲線の包絡線

荷重-変位の履歴曲線を包絡したもので、橋脚模型の基本的な動的復元力および動的変形性能を示す。

(2) 履歴減衰定数

強制的に橋脚模型に外力を加えて変位振幅一定の定常運動をする際に、1サイクル当りに失われる損失エネルギーを等価な履歴減衰定数 h_e として表わしたもので、次式により求めた(図4-2参照)。

$$h_e = \frac{1}{2\pi} \frac{\Delta W}{W} \dots\dots\dots (4-1)$$

ここで、

$$W = W_1 + W_2$$

$$\Delta W = \Delta W_1 + \Delta W_2$$

ΔW_1 : FAGの面積

ΔW_2 : GCEの面積

W_1 : OABの面積

W_2 : DOCの面積

(3) 累積吸収エネルギー

橋脚模型が繰り返す載荷により吸収したエネルギーの総和であり、次式によって求めた。

$$ATE = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \Delta W_{ij} \dots\dots\dots (4-2)$$

ここで、

ATE : 累積吸収エネルギー

ΔW_{ij} : 第 i 番め ($i = 1, 2, \dots, N$) の載荷段階における第 j 番め ($j = 1, 2, \dots, M$) の
サイクルの繰り返しによる吸収エネルギー

各載荷段階の荷重、変位、履歴減衰定数および吸収エネルギーの値については、付属資料Iに示す通りである。

図4-3～図4-14は各供試体ごとの各載荷段階における破壊状況をスケッチした結果を示したものである。また、付属資料IIには破壊状況の写真を示す。表4-1～表4-6は各供試体の破壊進行状況を一覧として示したものである。

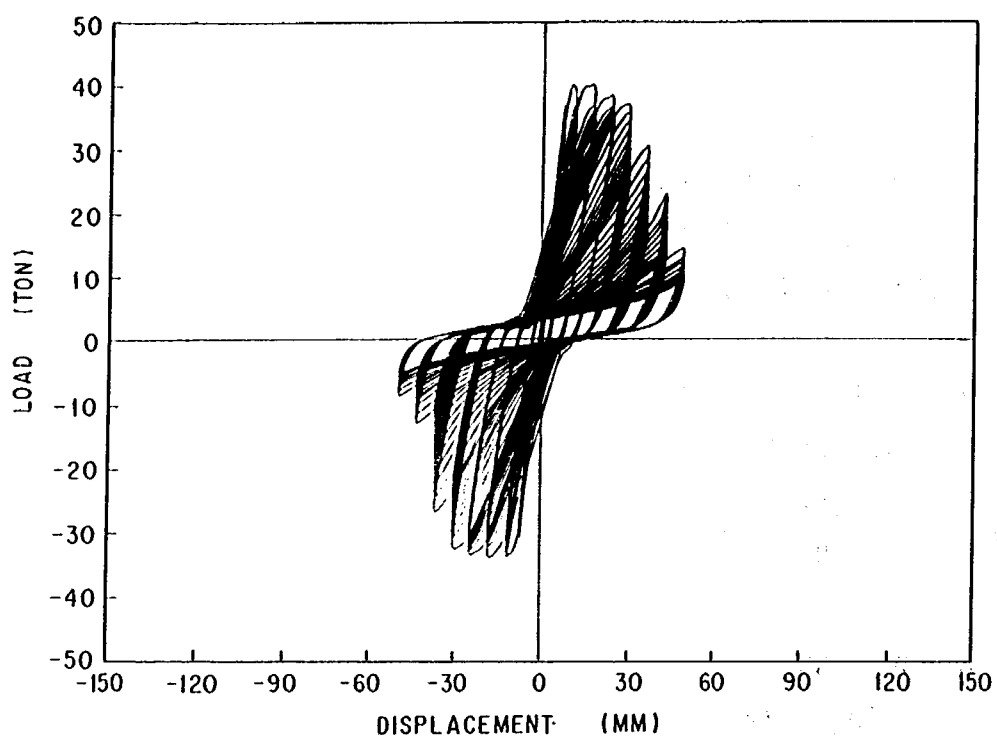


図 4 - 1.1 供試体 25 の荷重－変位履歴曲線

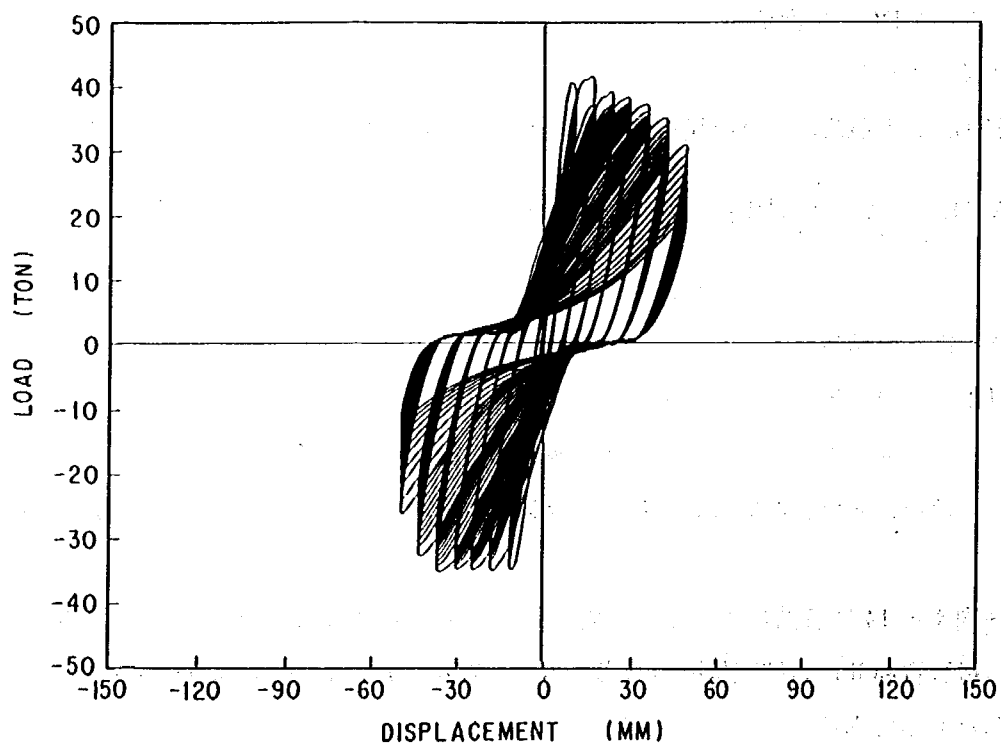


図 4 - 1.2 供試体 26 の荷重－変位履歴曲線

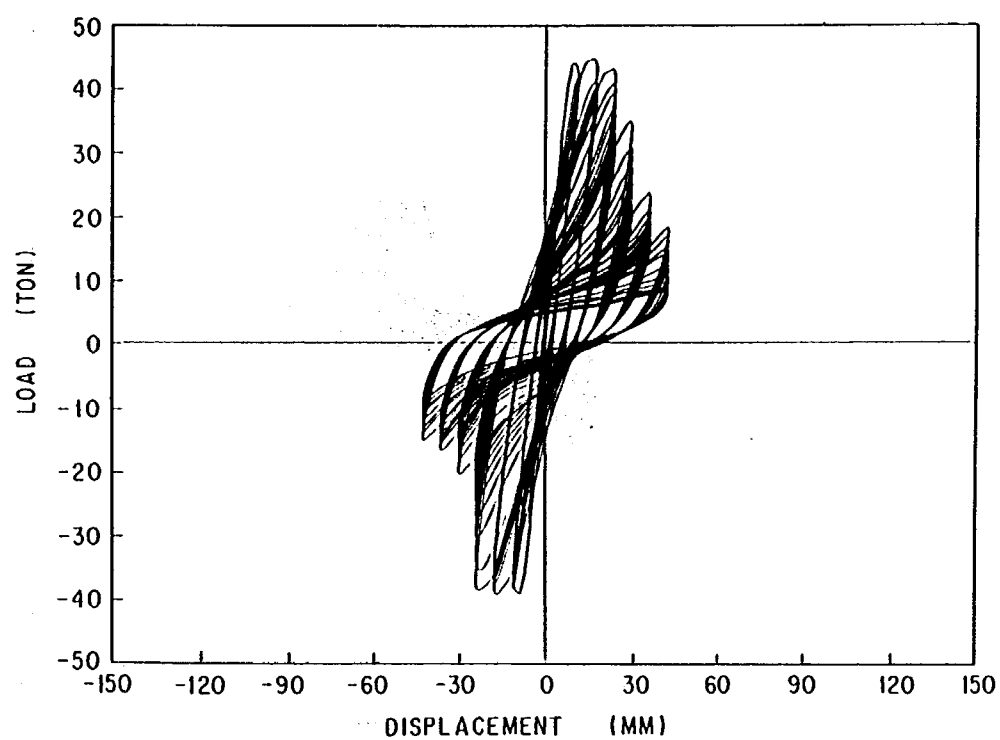


図 4-1.3 供試体 27 の荷重—変位履歴曲線

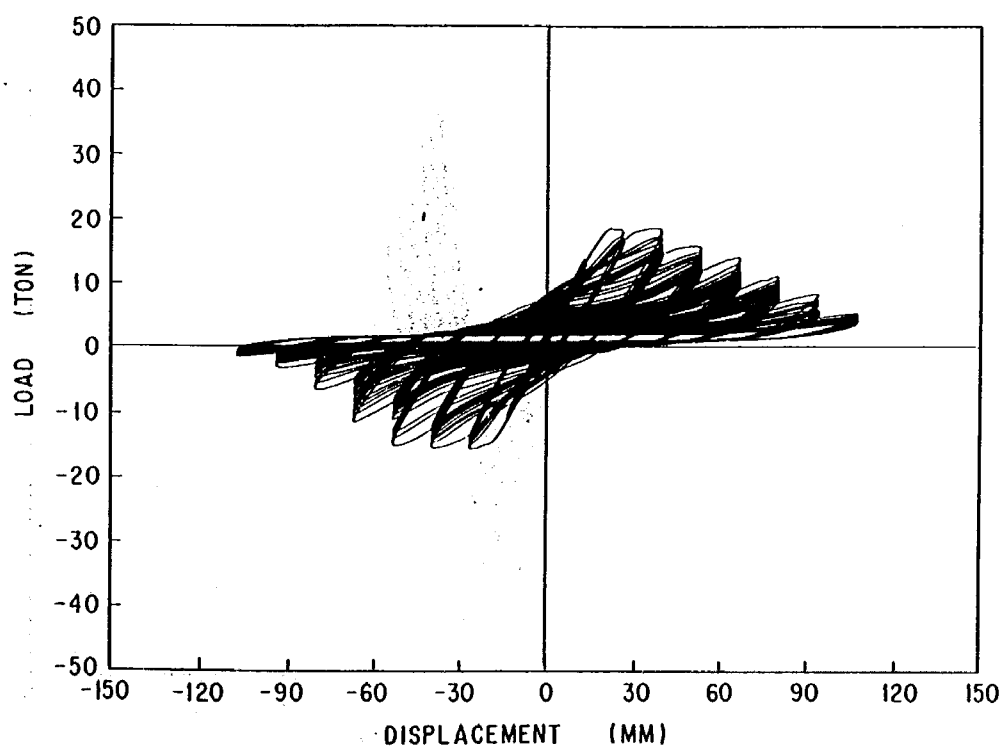


図 4-1.4 供試体 28 の荷重—変位履歴曲線

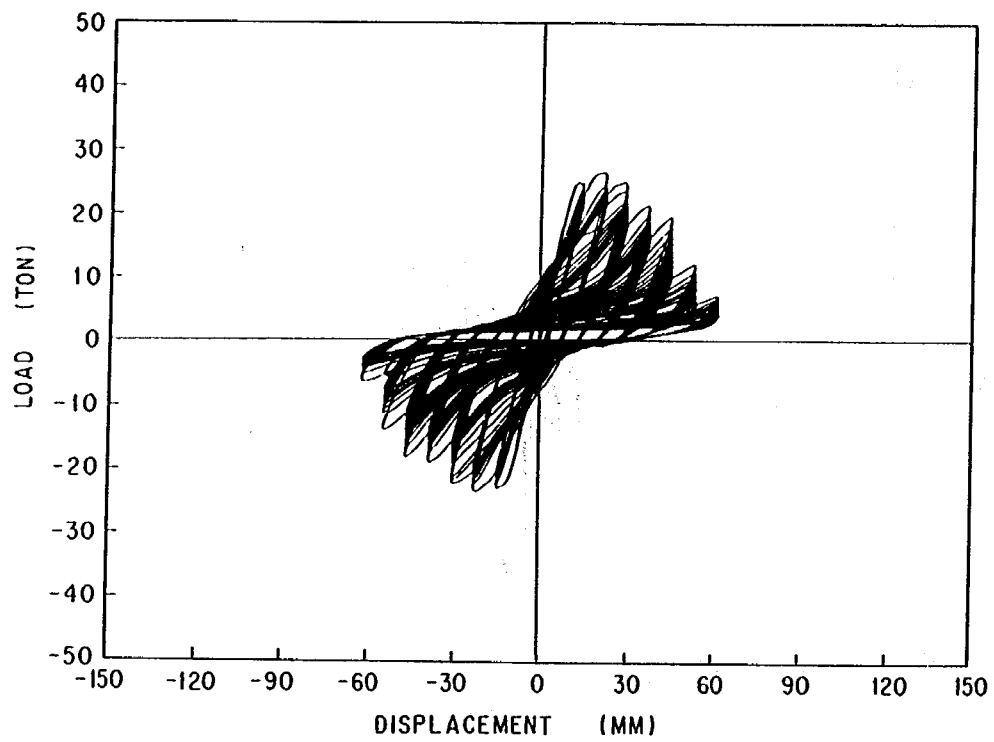


図 4 - 1.5 供試体 29 の荷重 - 変位履歴曲線

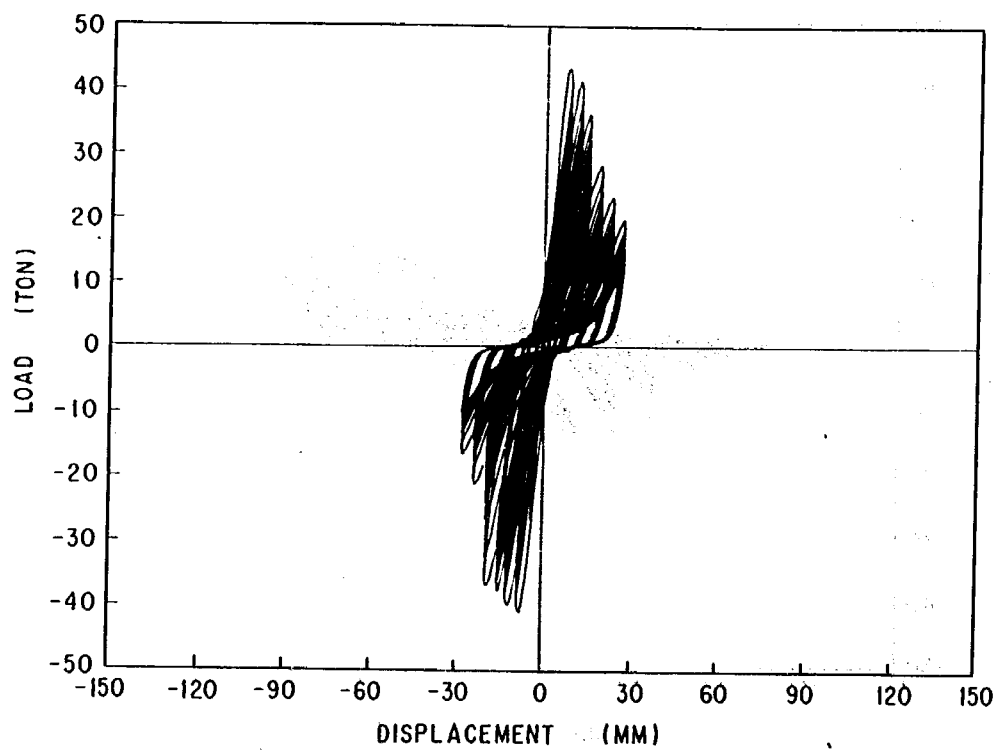


図 4 - 1.6 供試体 30 の荷重 - 変位履歴曲線

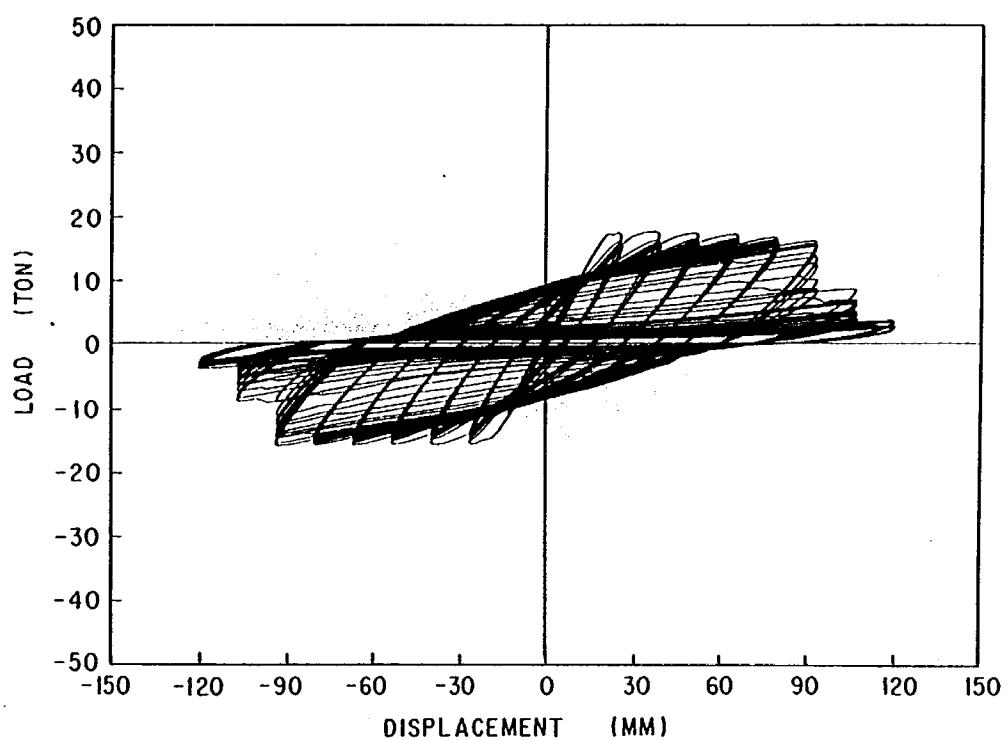


図 4 - 1.7 供試体 31 の荷重-変位履歴曲線

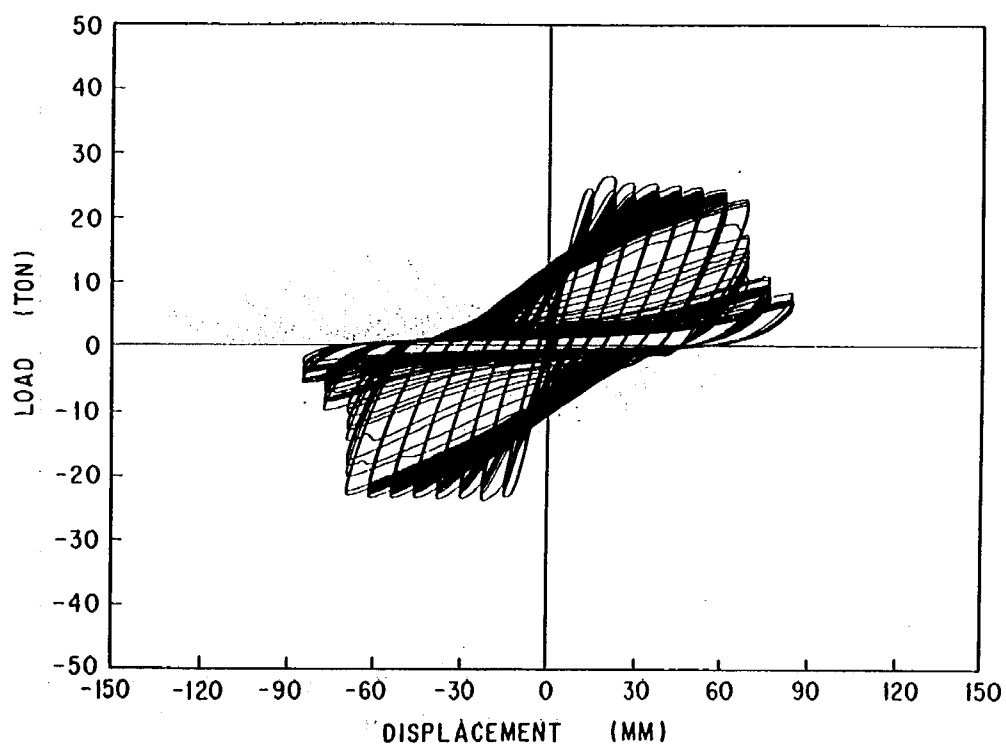


図 4 - 1.8 供試体 32 の荷重-変位履歴曲線

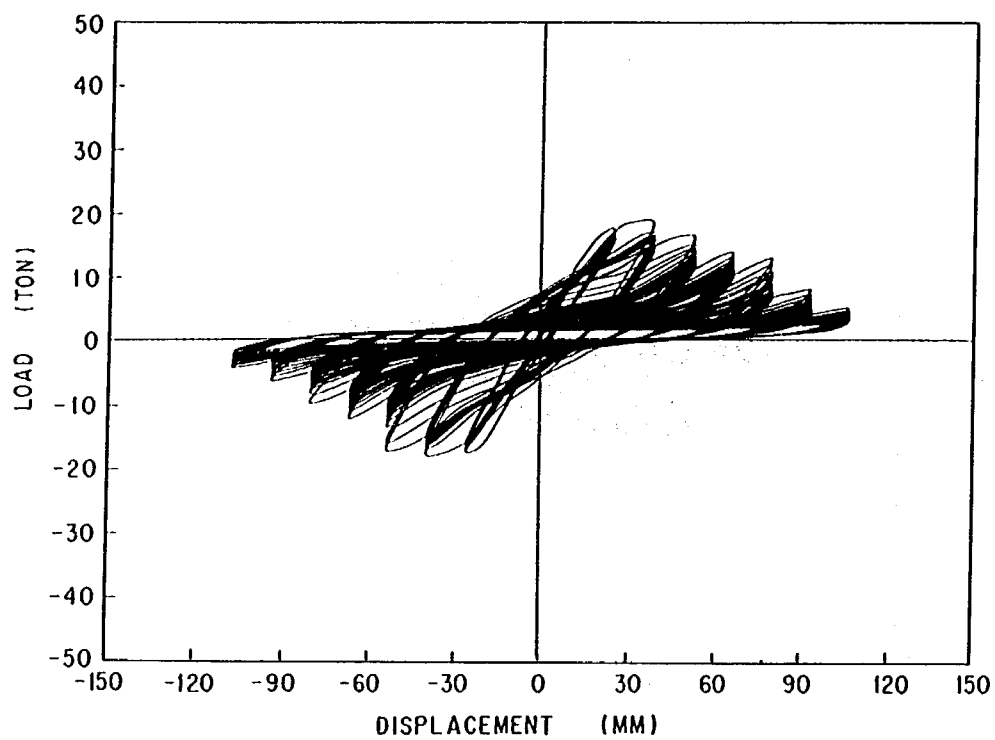


図 4 - 1.9 供試体 33 の荷重-変位履歴曲線

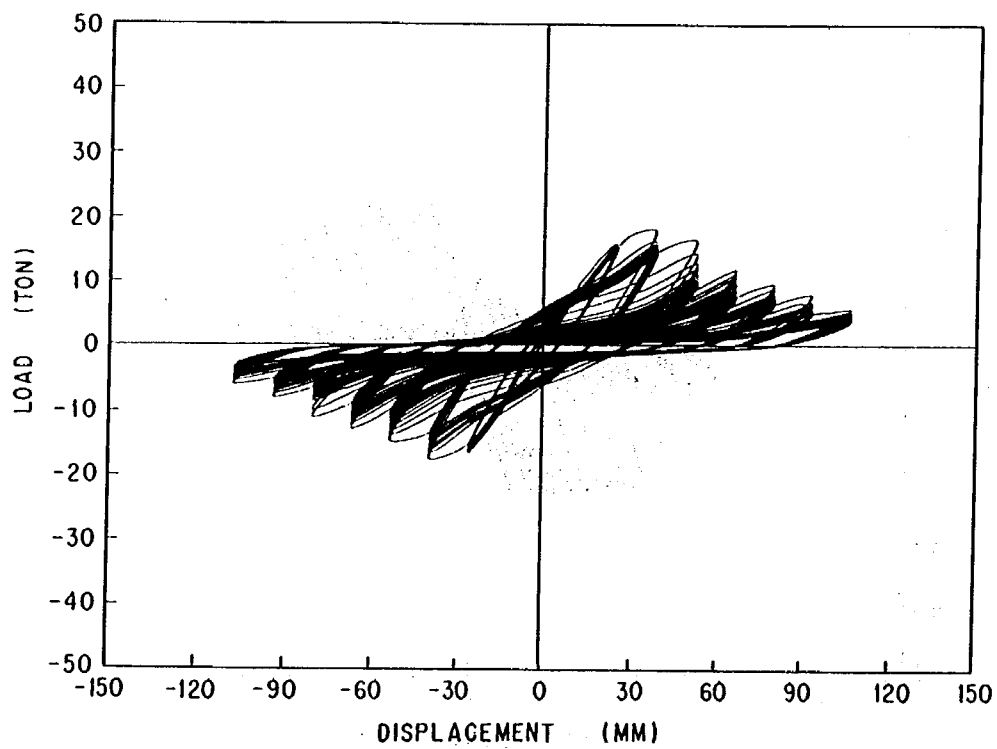


図 4 - 1.10 供試体 34 の荷重-変位履歴曲線

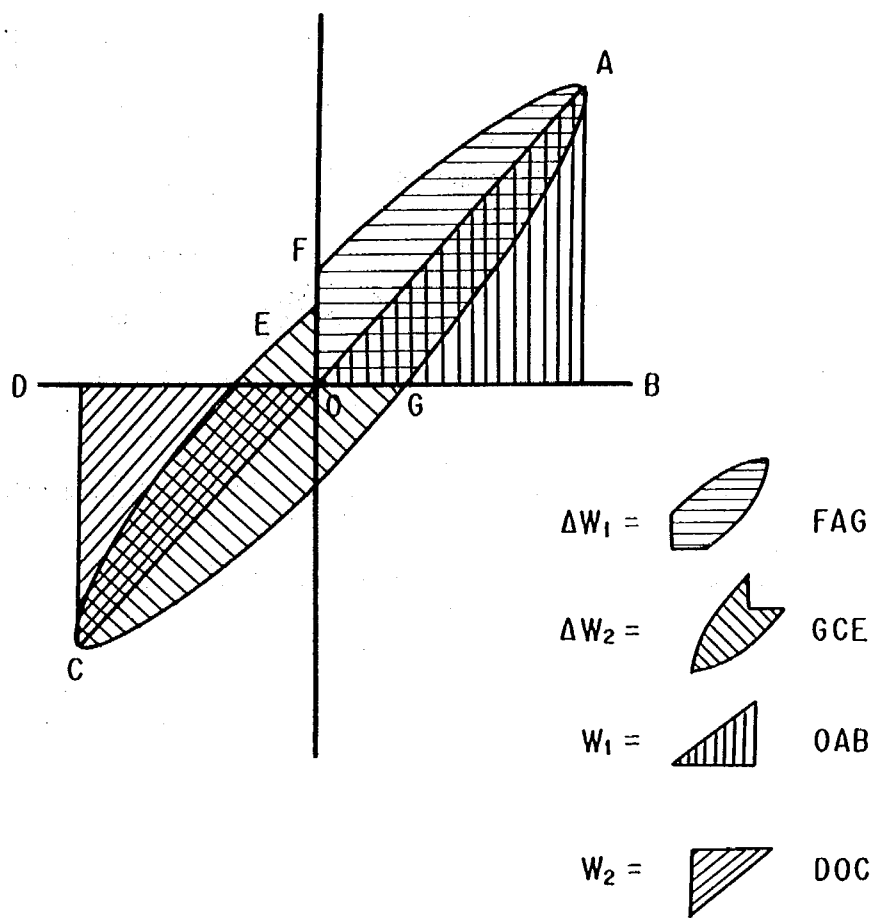


図 4-2 履歴減衰定数 h_e の定義 (一定振幅加振時)

表 4-1 供試体25~27の破壊状況（せん断補強筋の影響）

変位振幅	供 試 体 25	供 試 体 26	供 試 体 27
1 δ_0	変 化 な し	変 化 な し	変 化 な し
2 δ_0	1, 3面の斜クラック増加	1, 3面の斜クラック増加	1, 3面の斜クラック増加
3 δ_0	1, 3面の斜クラック進行	1, 3面の斜クラック進行	1, 3面の斜クラック進行
4 δ_0	1, 3面の斜クラック進行 2, 4面のクラック増加	2, 4面のクラック増加	4面のコンクリートはく離（基部から30~40cm） 1, 2, 3面のコンクリート部分的にはく離
5 δ_0	1, 3面の斜クラック増加, 一部コンクリートはく離 2, 4面柱基部のコンクリートはく離	1, 3面の斜クラック進行, 2面のコンクリート一部はく離	ほぼ全周にわたり, コンクリートはく離（基部から40cm）
6 δ_0	ほぼ全周にわたり, コンクリートはく離（基部から10~25cm）	2, 3面のコンクリート一部はく離, 全面のクラック進行	コンクリートのはく離進行（基部から50cm）
7 δ_0	コンクリートのはく離進行（基部から20~40cm） 軸方向鉄筋1本破断	ほぼ全周にわたりコンクリートはく離（基部から10~30cm）	軸方向鉄筋2本破断, 帯鉄筋がはずれる。
8 δ_0	コンクリートはく離進行（基部から30~40cm）	コンクリートはく離進行（基部から20~35cm）	
9 δ_0		コンクリートはく離進行	
入力基準変位 δ_0 (cm)	0.6	0.6	0.6

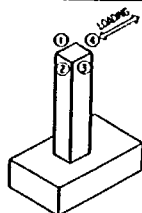


表 4-2 供試体28~30の破壊状況（断面形状の影響）

変位振幅	供 試 体 28	供 試 体 29	供 試 体 30
1 δ_0	変 化 な し	変 化 な し	変 化 な し
2 δ_0	1, 3面に斜クラック発生	1面に斜クラック発生	3面に斜クラック発生 1面の斜クラック増加
3 δ_0	2面のコンクリートはく離（基部から25cm）	1面の斜クラック増加 3面に " 発生	各面のクラック増加
4 δ_0	4面のコンクリートはく離（基部から30~40cm）	2, 4面のコンクリートはく離（基部から20~30cm）	1, 3面のコンクリート一部はく離
5 δ_0	ほぼ全周にわたりコンクリートはく離（基部から20~40cm） 軸方向鉄筋5本破断	各面のコンクリートはく離進行	1, 3面のコンクリートはく離（基部から30~50cm） 2面のコンクリートはく離（基部から10cm）
6 δ_0	軸方向鉄筋9本破断	全周にわたりコンクリートはく離（基部から25~40cm） 軸方向鉄筋3本破断	全周にわたりコンクリートはく離（基部から15~60cm）
7 δ_0	軸方向鉄筋8本破断	軸方向鉄筋15本破断	コンクリートはく離進行
8 δ_0	軸方向鉄筋3本破断	軸方向鉄筋6本破断	
入力基準変位 δ_0 (cm)	1.3	0.75	0.39

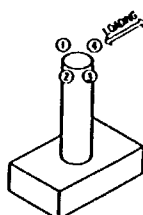


表 4-3 供試体 31, 32 の破壊状況
(円形断面に対するらせん鉄筋の影響)

変位振幅	供 試 体 31	供 試 体 32
1 δ_0	変 化 な し	変 化 な し
2 δ_0	変 化 な し	変 化 な し
3 δ_0	1面に斜クラック発生	クラック多少増加
4 δ_0	各面のクラック増加	各面のクラック増加
5 δ_0	各面のクラック増加	各面のクラック増加
6 δ_0	各面のクラック増加	各面のクラック増加
7 δ_0	2, 4面のコンクリート一部はく離 軸方向鉄筋12~13本破断(推定)	各面のクラック増加
8 δ_0	全周にわたりコンクリートはく離(基部から10~15cm) 軸方向鉄筋11本破断(推定)	軸方向鉄筋1本破断(推定)
9 δ_0	最終的に、軸方向鉄筋計29本破断	軸方向鉄筋12本破断(推定)
10 δ_0		軸方向鉄筋4本破断(推定)
11 δ_0		最終的に、軸方向鉄筋計24本破断
入力基準変位 δ_0 (cm)	1.3	0.75

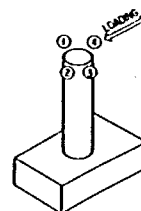
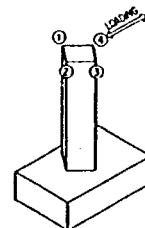
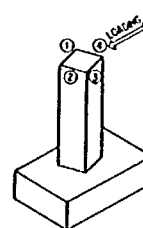


表 4-4 供試体 33, 34 の破壊状況 (載荷方向の影響)

変位振幅	供 試 体 33	供 試 体 34
1 δ_0	変 化 な し	変 化 な し
2 δ_0	変 化 な し	2, 4面角のコンクリート圧壊
3 δ_0	2面角のコンクリートはく離(基部から20cm) 4面下端のコンクリート圧壊	4面のコンクリートはく離(基部から30cm)
4 δ_0	ほぼ全周にわたりコンクリートはく離(基部から25~40cm)	ほぼ全周にわたりコンクリートはく離(基部から25~30cm)
5 δ_0	軸方向鉄筋2本破断 コンクリートはく離進行	軸方向鉄筋4本破断 コンクリートはく離進行
6 δ_0	軸方向鉄筋8本破断	軸方向鉄筋4本破断
7 δ_0	軸方向鉄筋5本破断	軸方向鉄筋2本破断
8 δ_0	軸方向鉄筋3本破断	軸方向鉄筋6本破断
入力基準変位 δ_0 (cm)	1.3	1.3



供 試 体 33 供 試 体 34

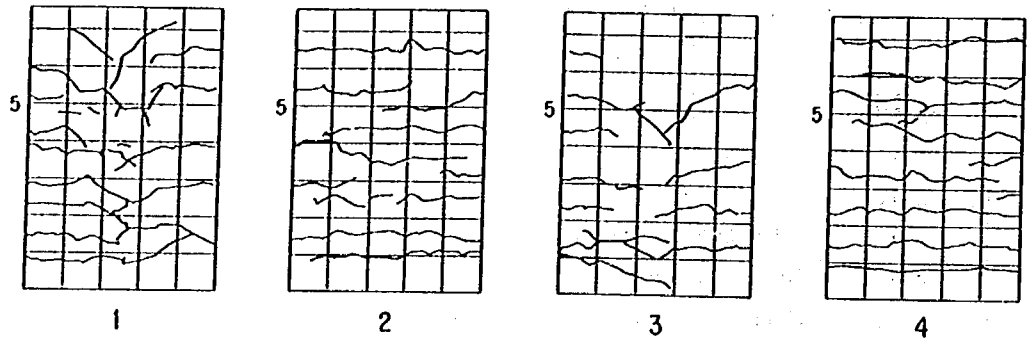
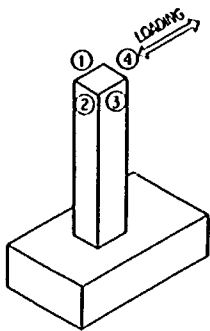


図 4 - 3.1 供試体 25, $1 \delta_0$ 終了後の破壊状況

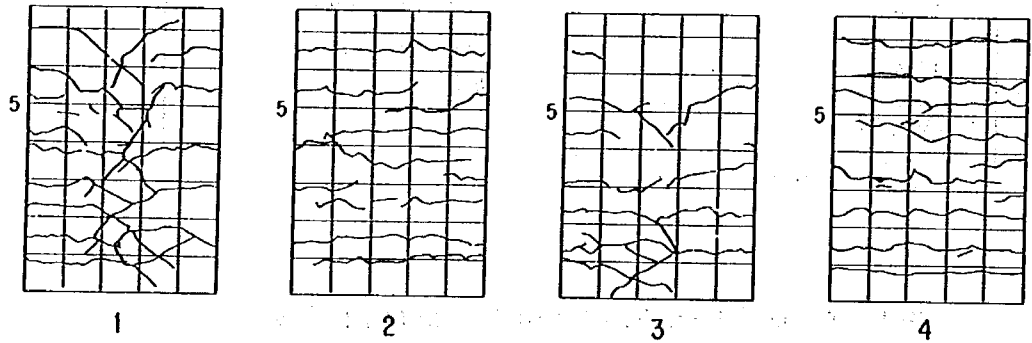
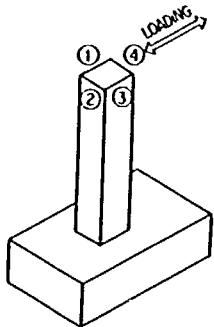


図 4 - 3.2 供試体 25, $2 \delta_0$ 終了後の破壊状況

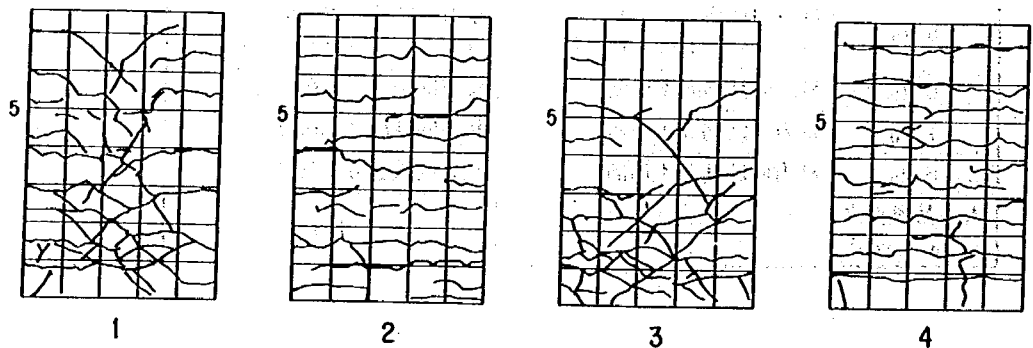
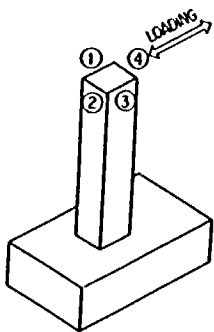


図 4 - 3.3 供試体 25, $3 \delta_0$ 終了後の破壊状況

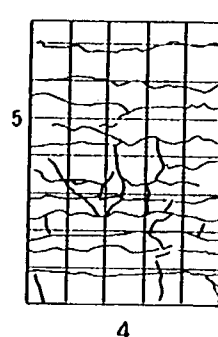
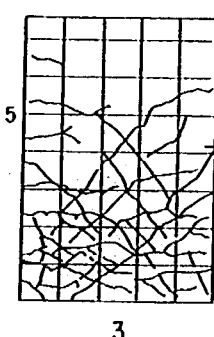
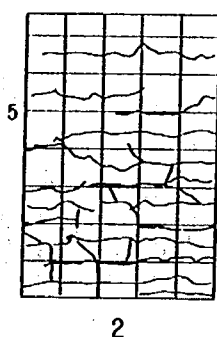
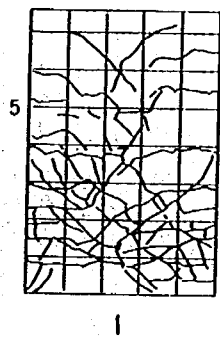
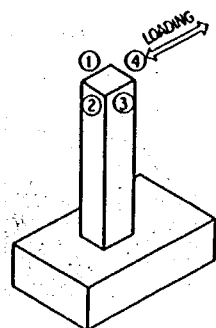


図 4 - 3. 4 供試体 25, $4 \delta_0$ 終了後の破壊状況

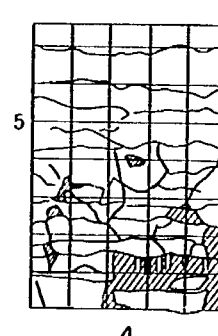
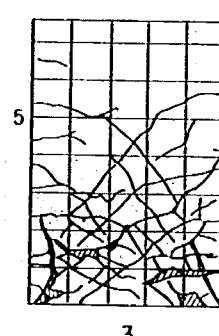
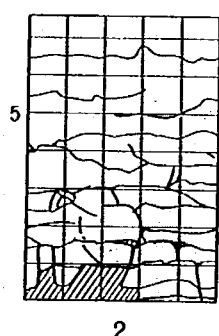
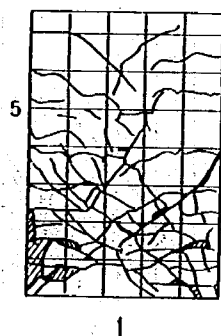
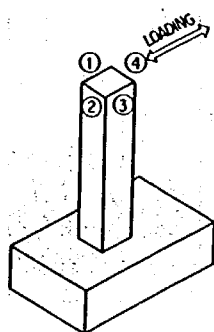


図 4 - 3. 5 供試体 25, $5 \delta_0$ 終了後の破壊状況

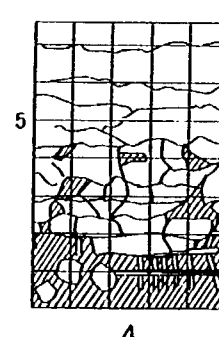
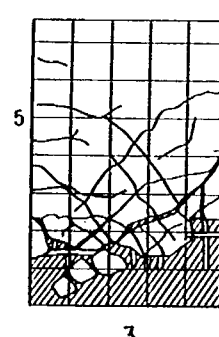
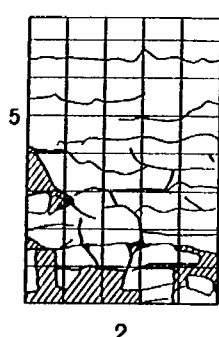
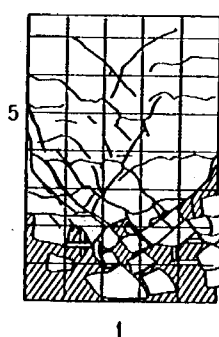
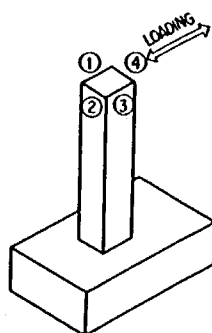


図 4 - 3. 6 供試体 25, $6 \delta_0$ 終了後の破壊状況

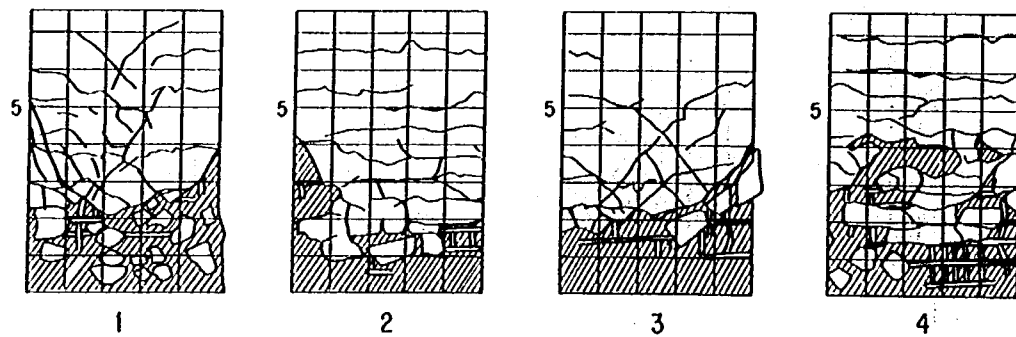
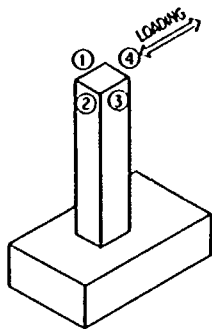


図 4 - 3.7 供試体 25, 7 δ_0 終了後の破壊状況

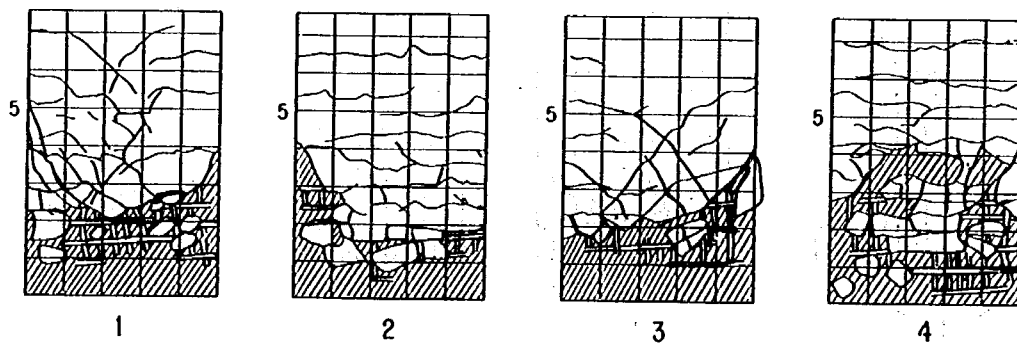
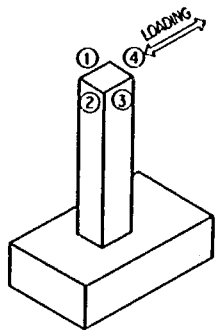


図 4 - 3.8 供試体 25, 8 δ_0 終了後の破壊状況

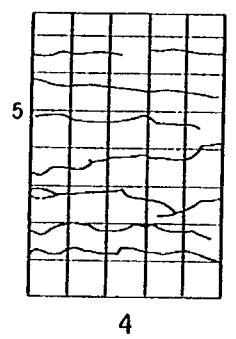
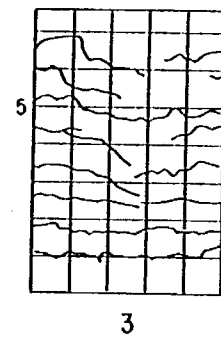
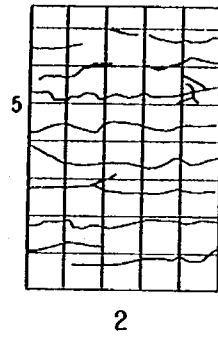
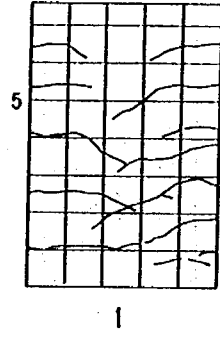
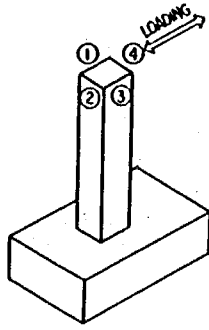


図 4 - 4.1 供試体 26, 1 δ_0 終了後の破壊状況

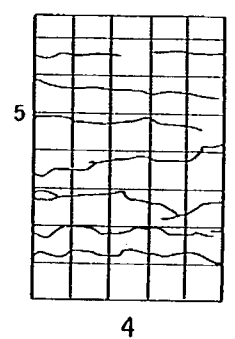
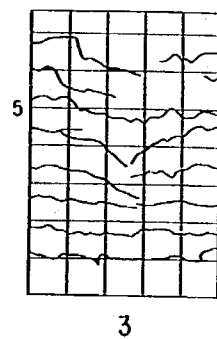
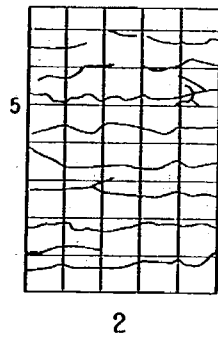
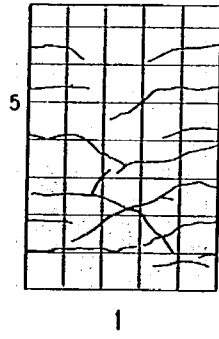
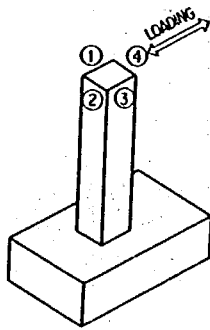


図 4 - 4.2 供試体 26, 2 δ_0 終了後の破壊状況

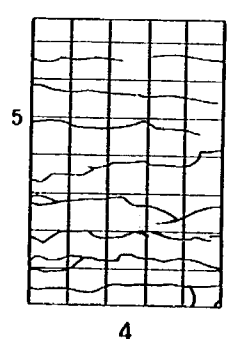
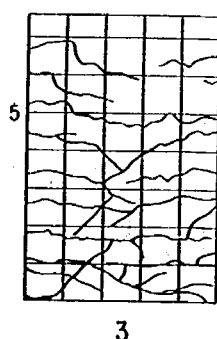
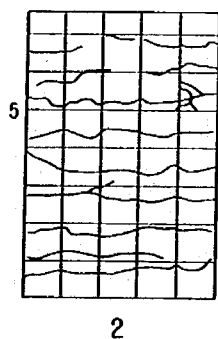
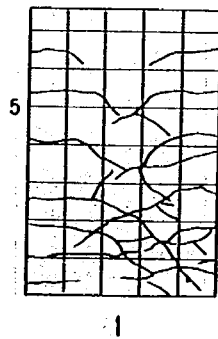
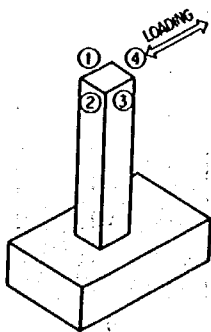


図 4 - 4.3 供試体 26, 3 δ_0 終了後の破壊状況

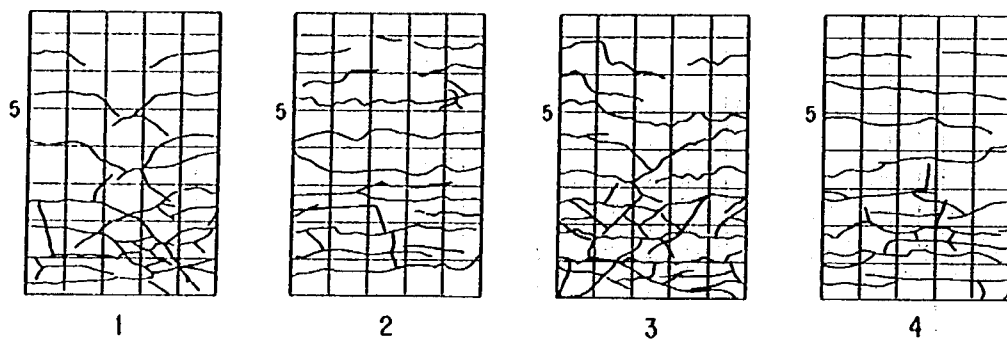
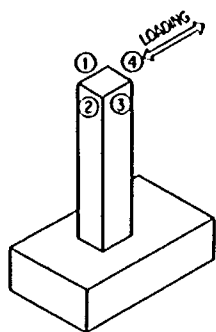


図 4 - 4.4 供試体 26, 4 δ_0 終了後の破壊状況

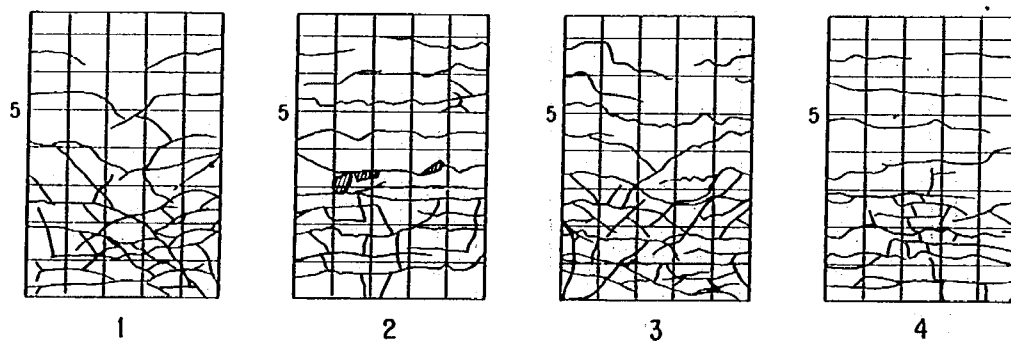
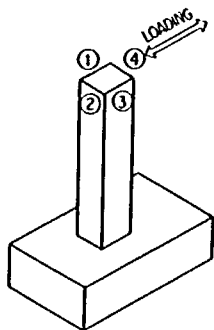


図 4 - 4.5 供試体 26, 5 δ_0 終了後の破壊状況

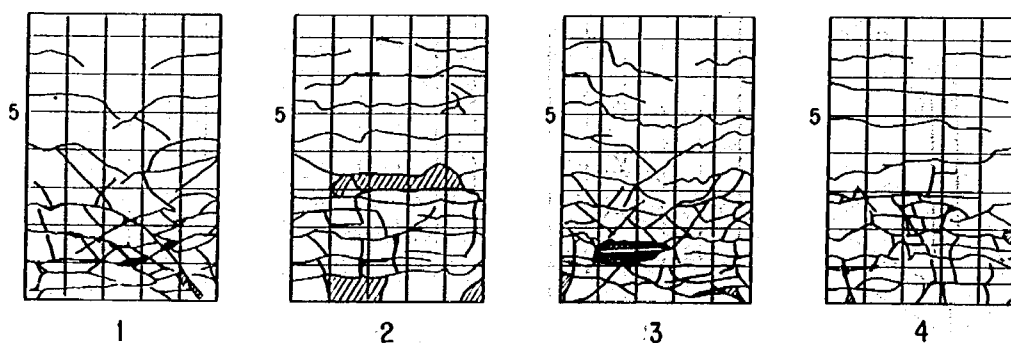
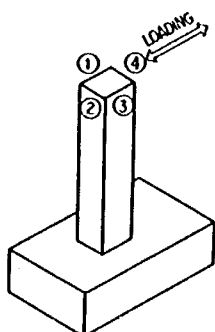


図 4 - 4.6 供試体 26, 6 δ_0 終了後の破壊状況

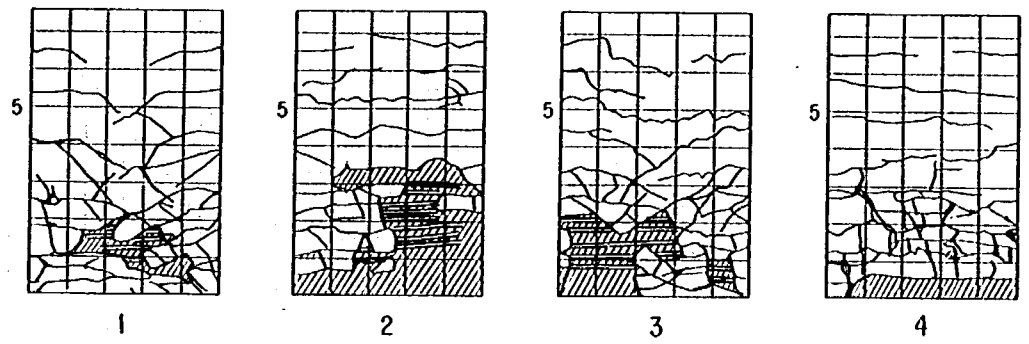
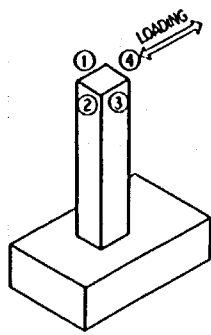


図 4 - 4.7 供試体 26, $7 \delta_0$ 終了後の破壊状況

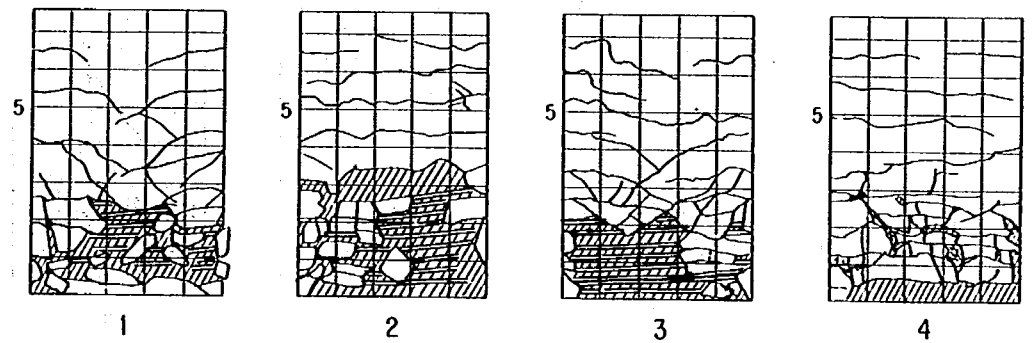
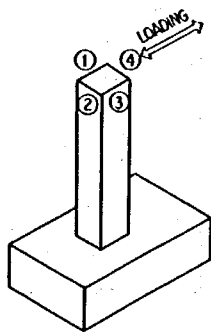


図 4 - 4.8 供試体 26, $8 \delta_0$ 終了後の破壊状況

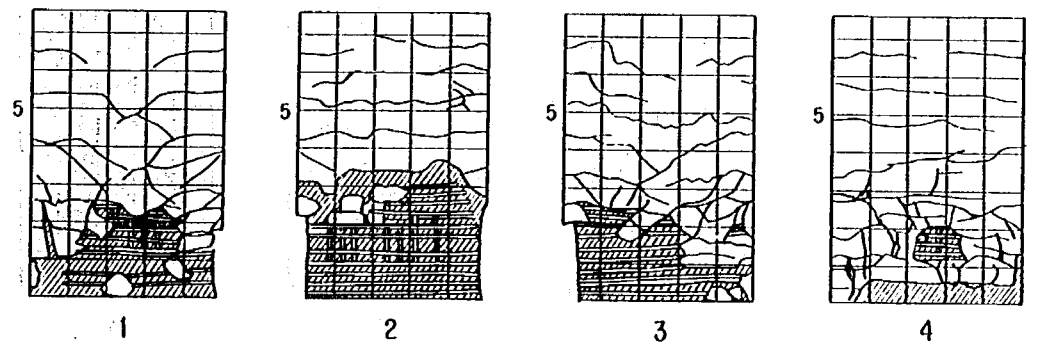
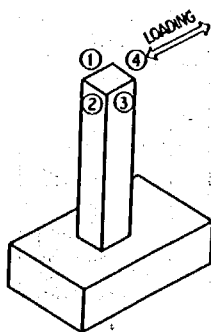


図 4 - 4.9 供試体 26, $9 \delta_0$ 終了後の破壊状況

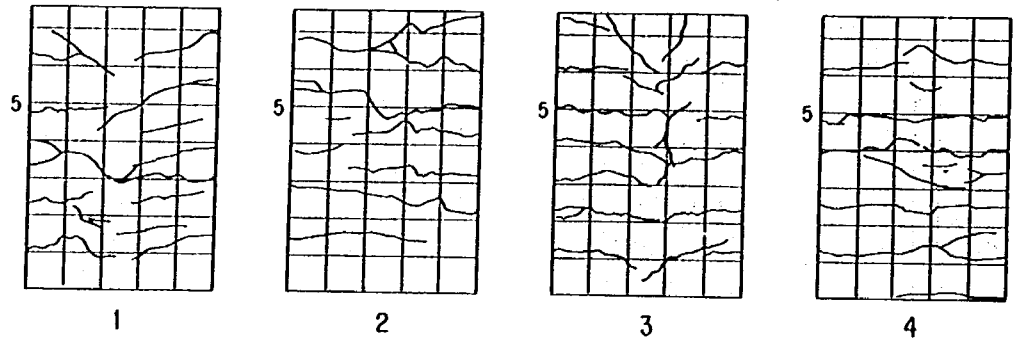
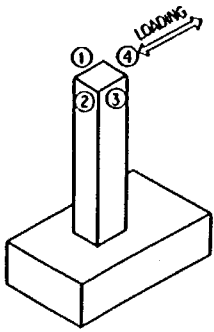


図 4 - 5.1 供試体 27, $1 \delta_0$ 終了後の破壊状況

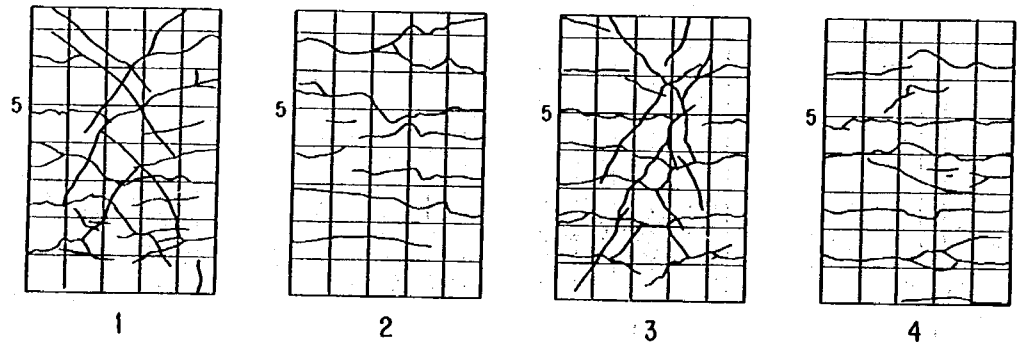
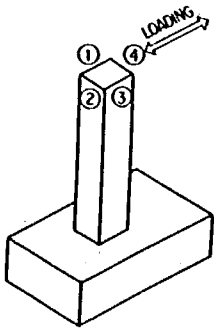


図 4 - 5.2 供試体 27, $2 \delta_0$ 終了後の破壊状況

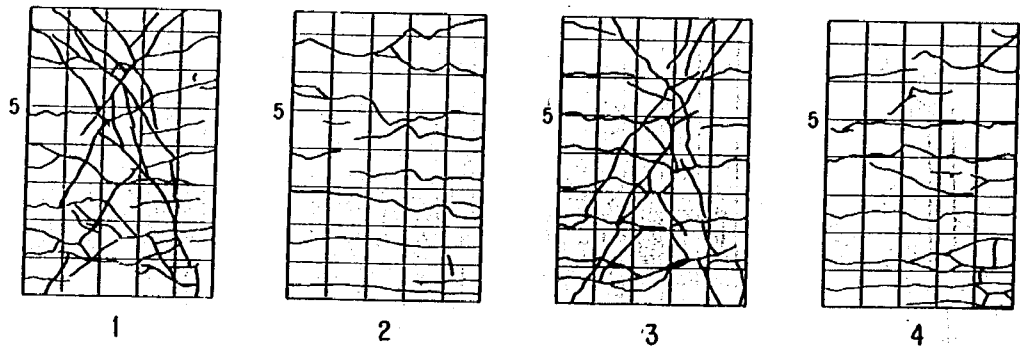
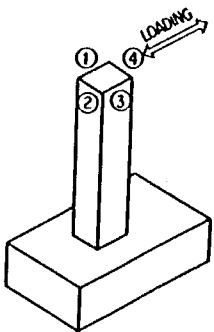


図 4 - 5.3 供試体 27, $3 \delta_0$ 終了後の破壊状況

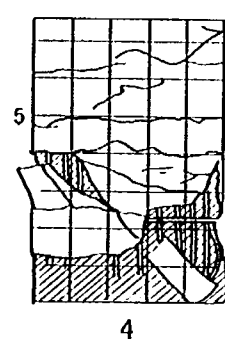
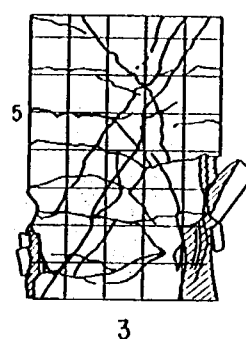
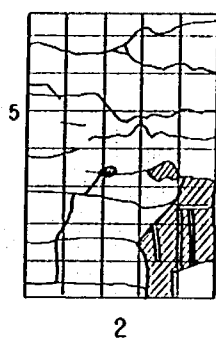
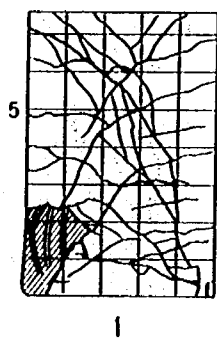
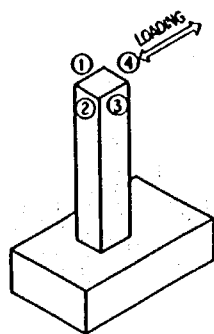


図 4 - 5.4 供試体 27, $4 \delta_0$ 終了後の破壊状況

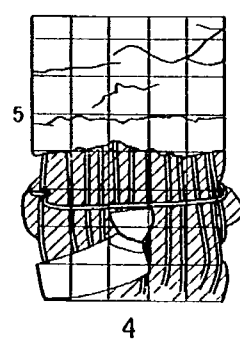
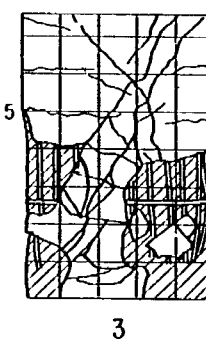
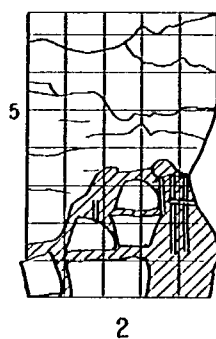
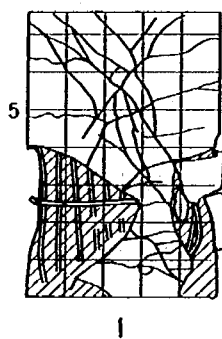
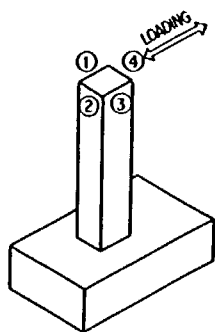


図 4 - 5.5 供試体 27, $5 \delta_0$ 終了後の破壊状況

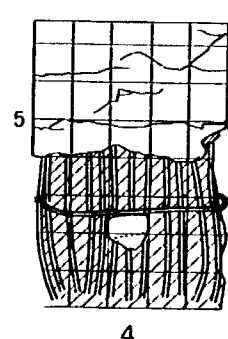
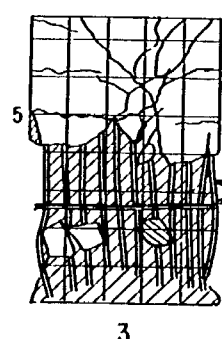
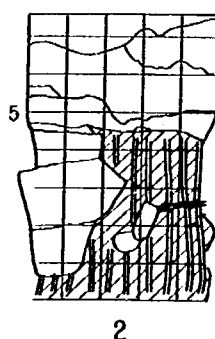
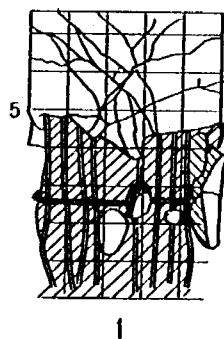
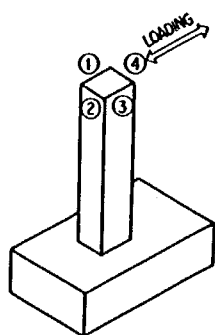


図 4 - 5.6 供試体 27, $6 \delta_0$ 終了後の破壊状況

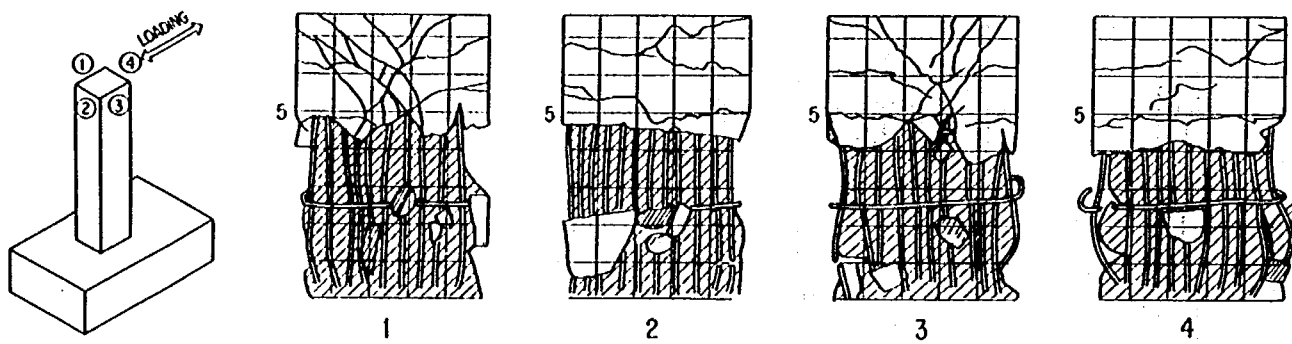


図 4 - 5. 7 供試体 27, 7 δ_0 終了後の破壊状況

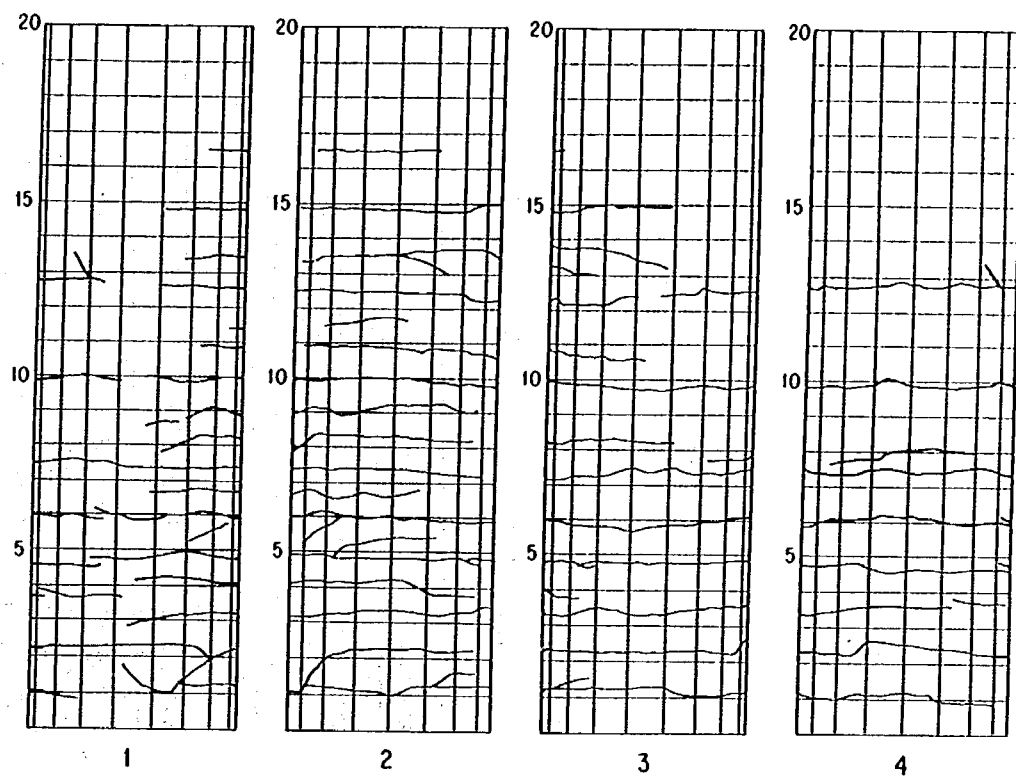
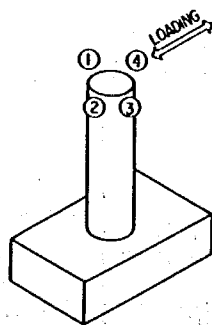


図 4 - 6.1 供試体 28, 1 δ_0 終了後の破壊状況

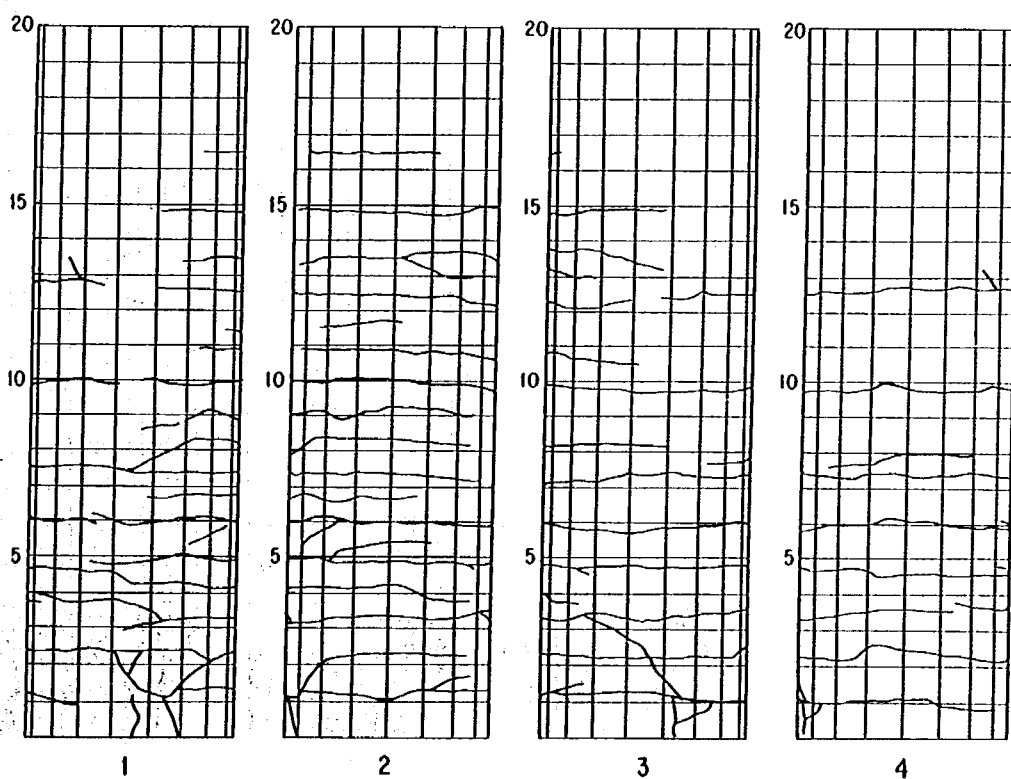
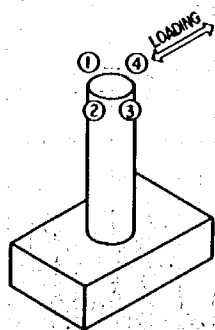


図 4 - 6.2 供試体 28, 2 δ_0 終了後の破壊状況

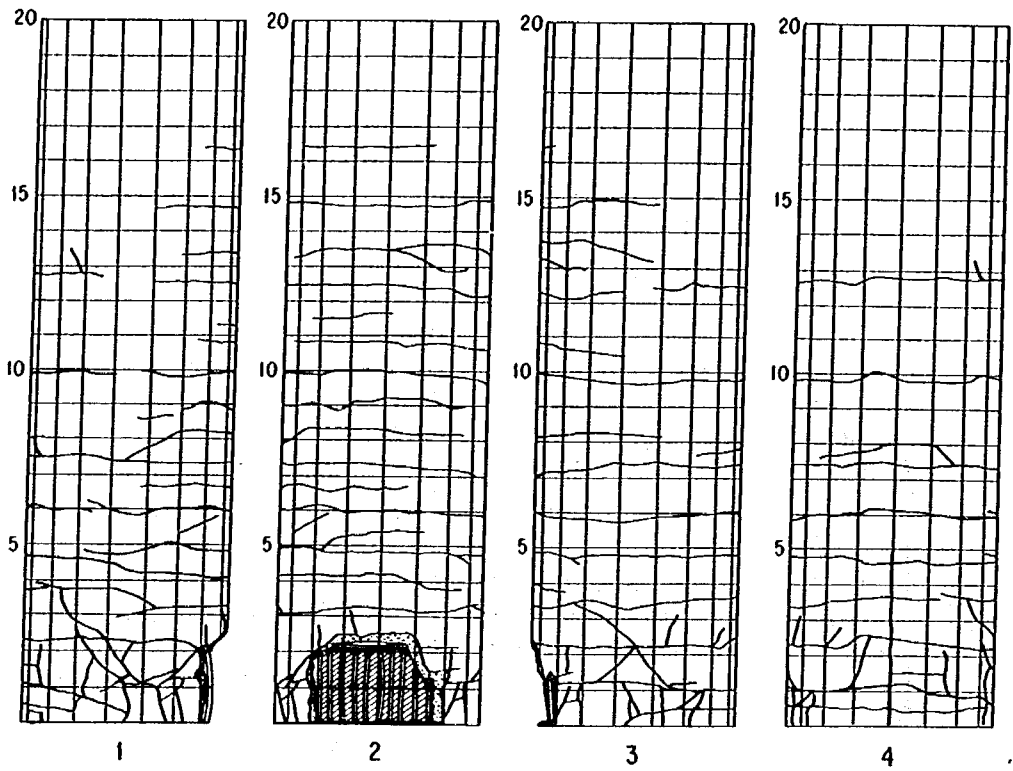
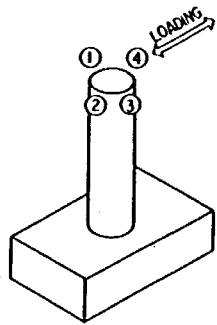


図 4 - 6.3 供試体 28, 3 δ_0 終了後の破壊状況

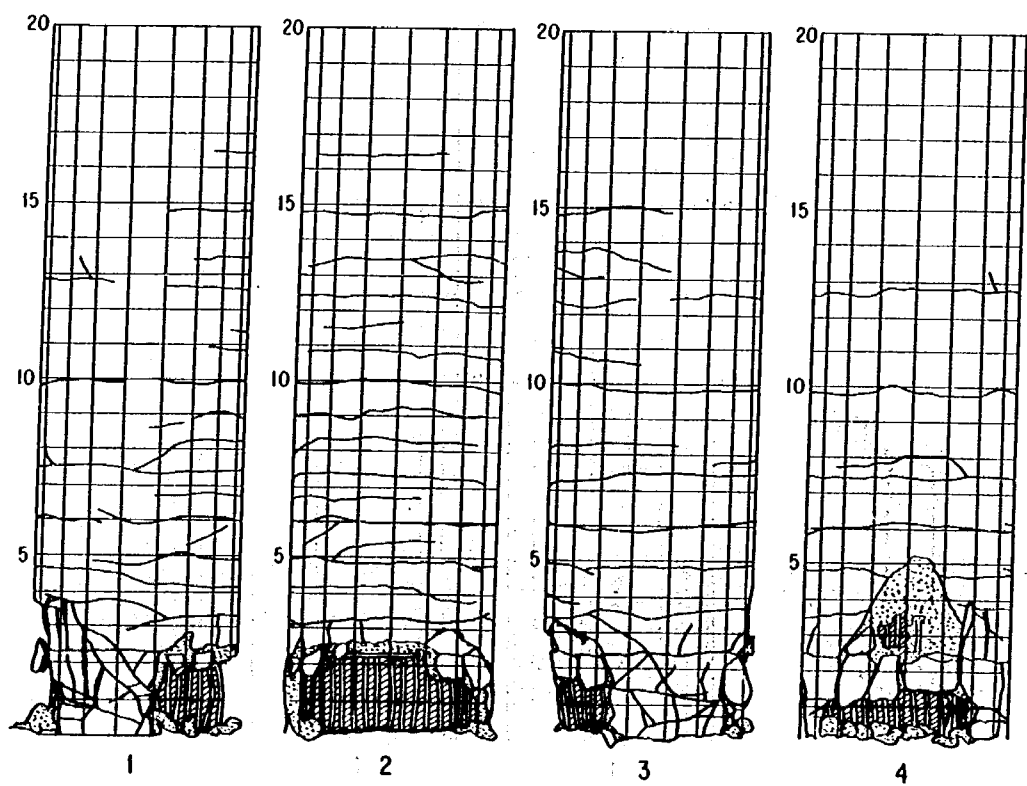
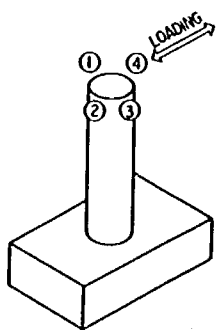


図 4 - 6.4 供試体 28, 4 δ_0 終了後の破壊状況

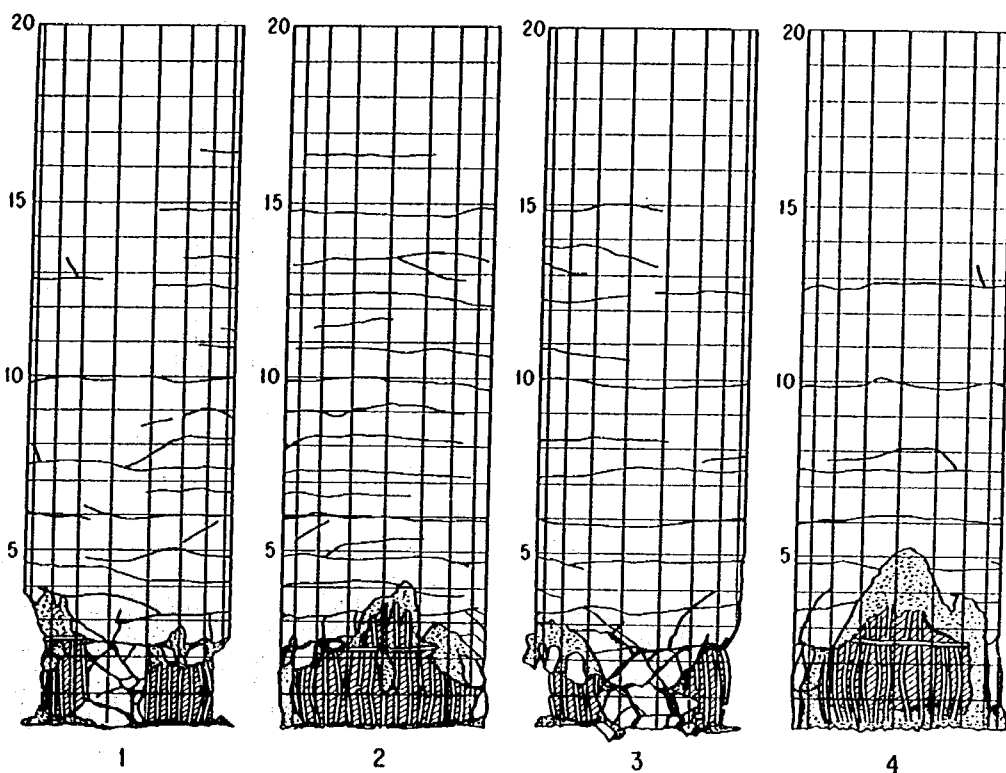
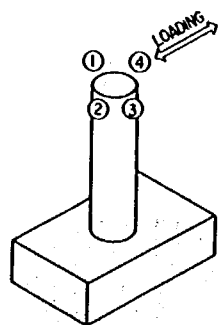


図 4 - 6.5 供試体 28, $5 \delta_0$ 終了後の破壊状況

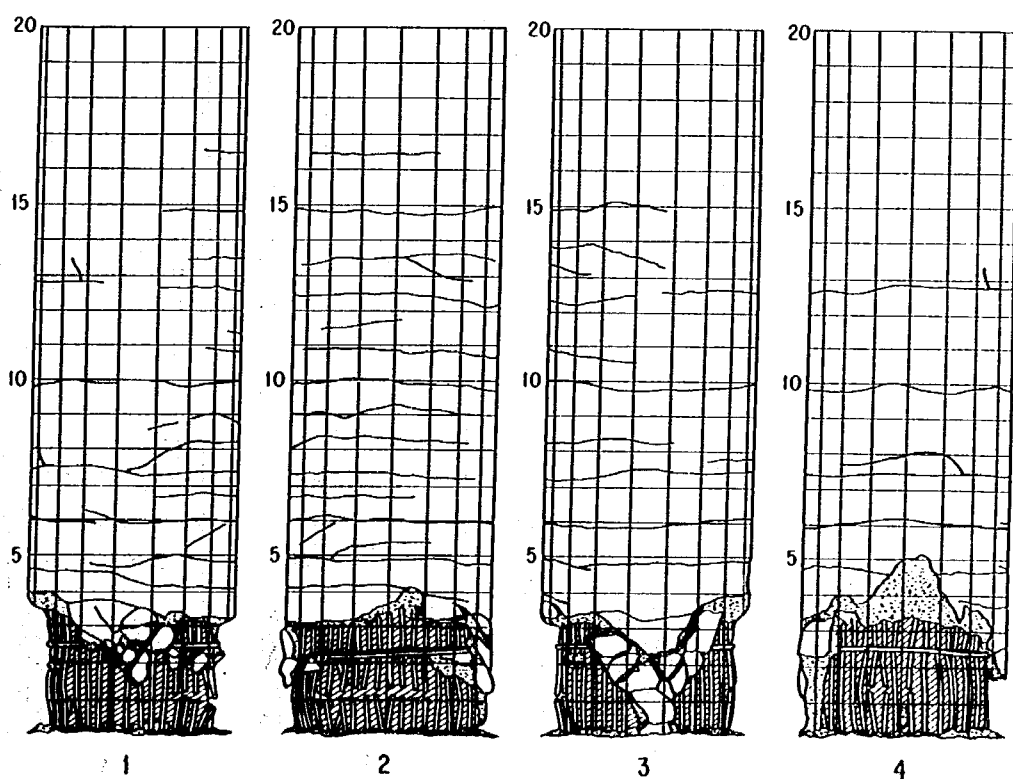
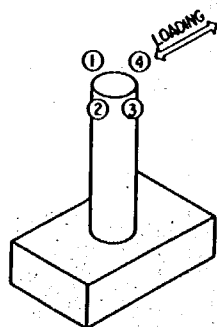


図 4 - 6.6 供試体 28, $6 \delta_0$ 終了後の破壊状況

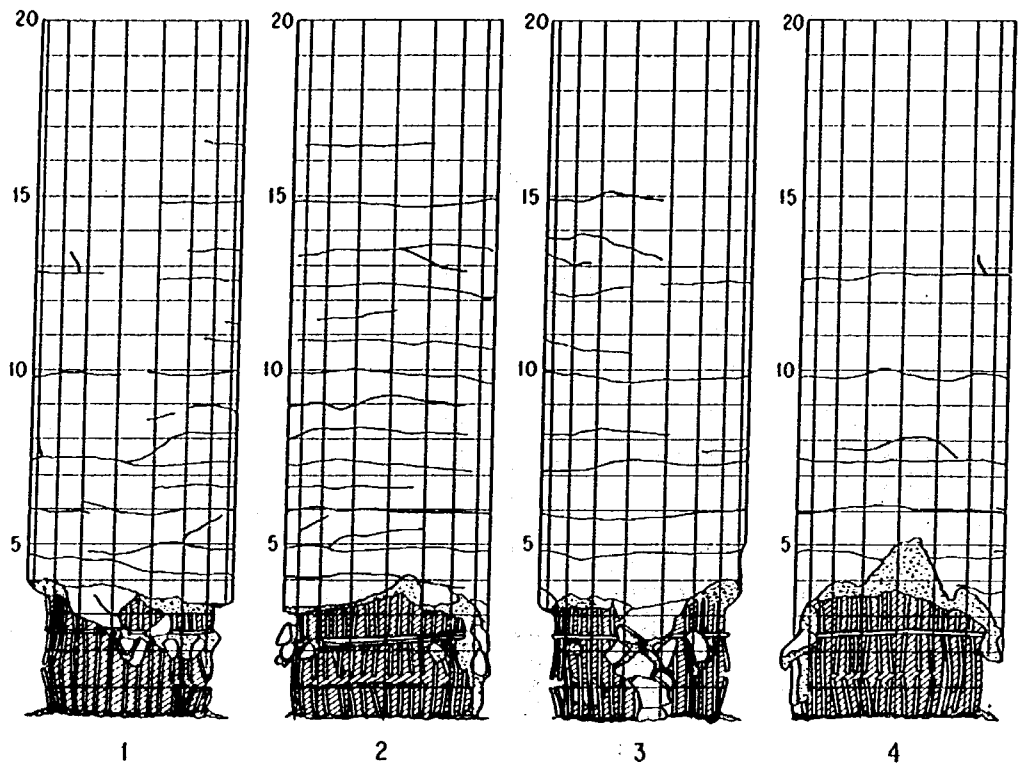
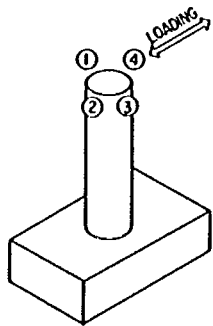


図 4 - 6.7 供試体 28, $7 \delta_0$ 終了後の破壊状況

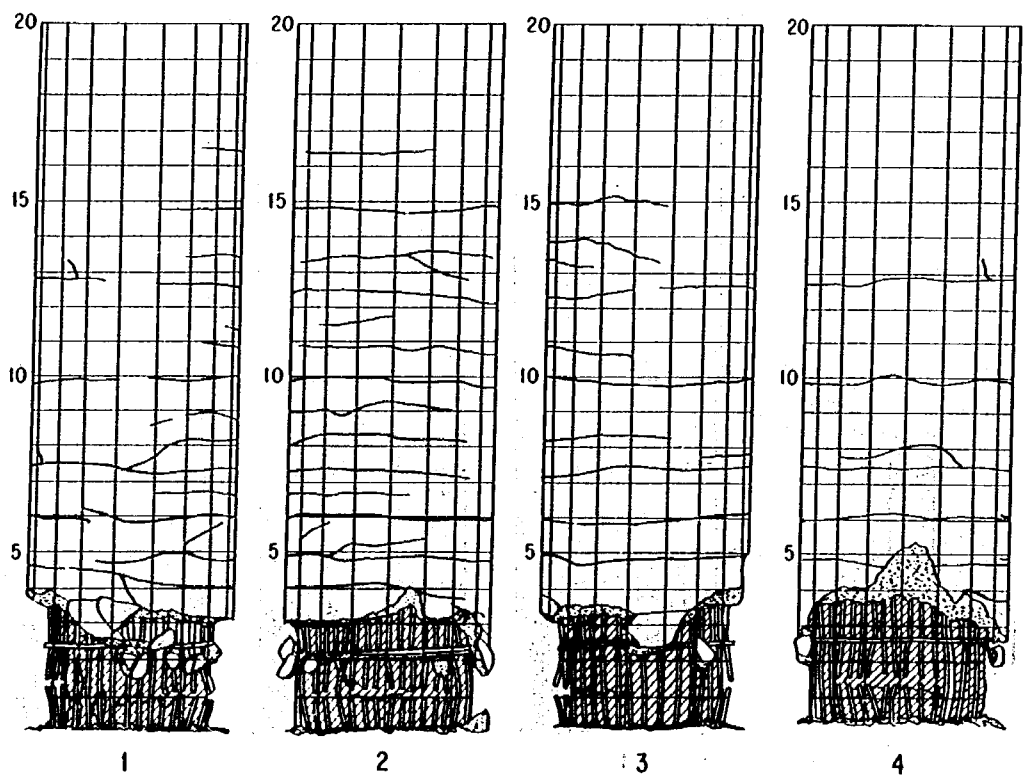
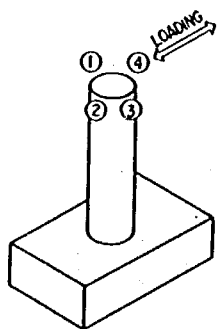


図 4 - 6.8 供試体 28, $8 \delta_0$ 終了後の破壊状況

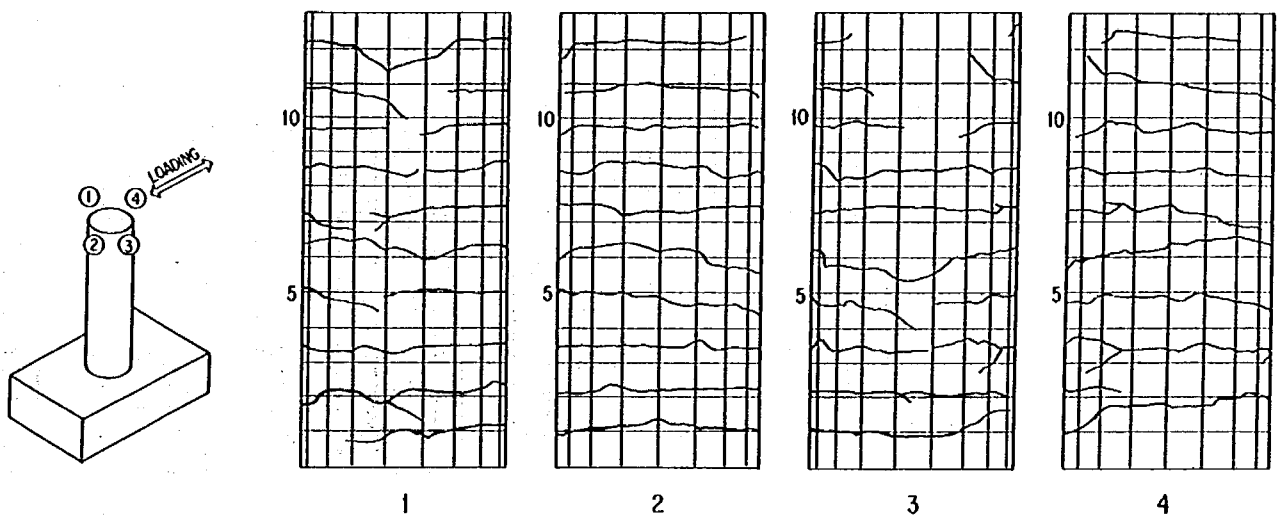


図 4 - 7.1 供試体 29, 1 δ_0 終了後の破壊状況

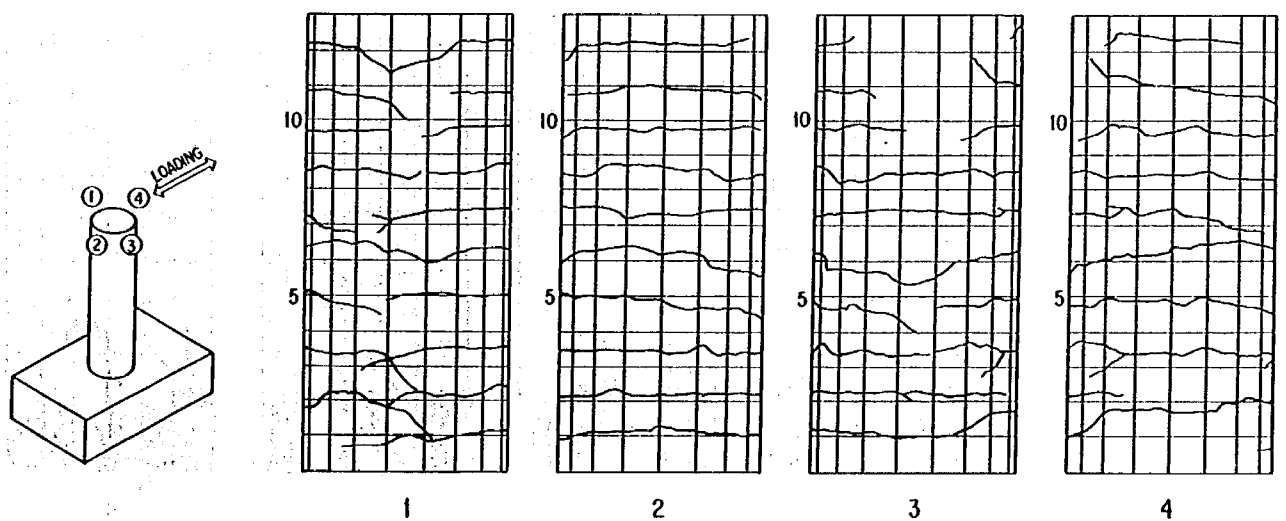


図 4 - 7.2 供試体 29, 2 δ_0 終了後の破壊状況

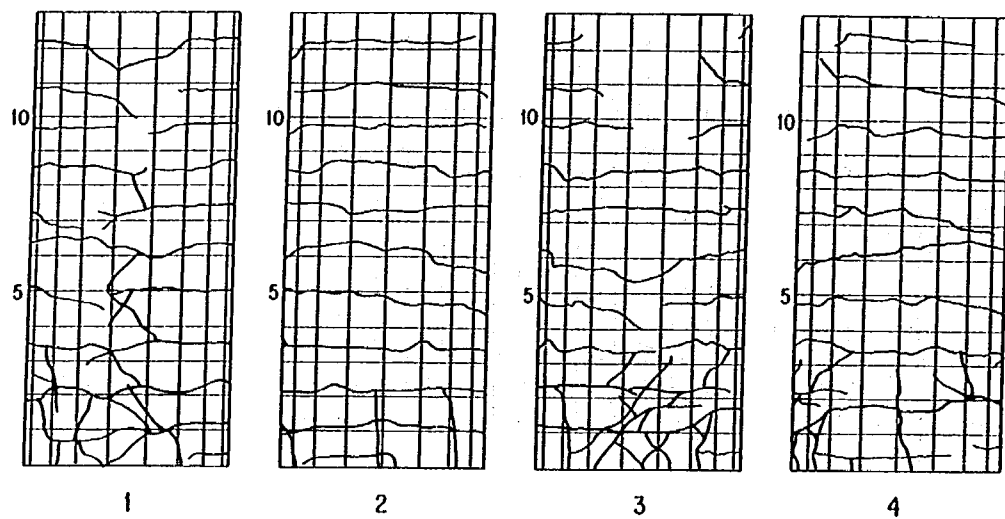
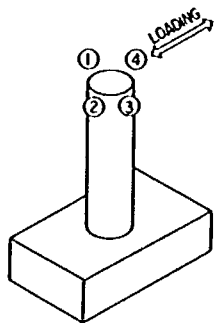


図 4 - 7.3 供試体 29, $3\delta_0$ 終了後の破壊状況

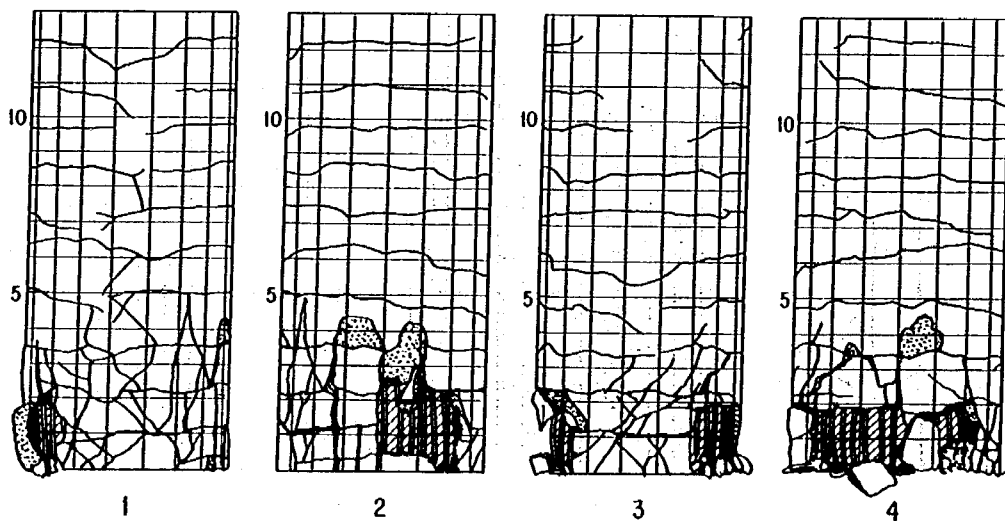
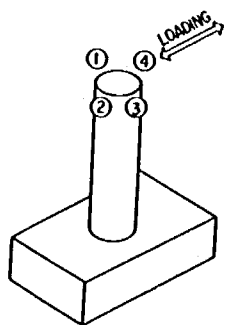


図 4 - 7.4 供試体 29, $4\delta_0$ 終了後の破壊状況

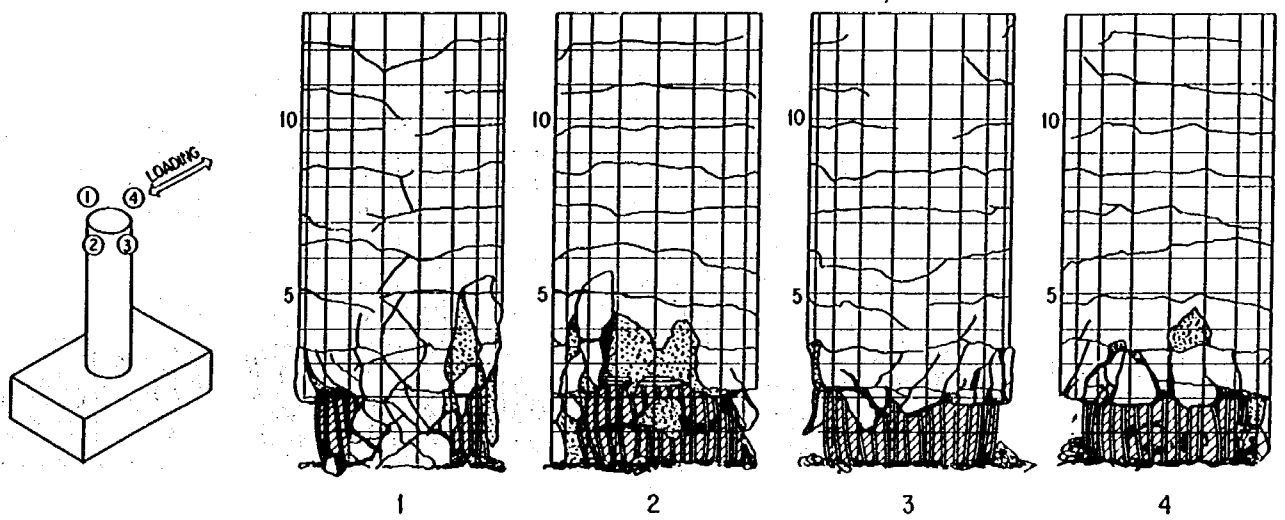


図 4 - 7. 5 供試体 29, 5 δ_0 終了後の破壊状況

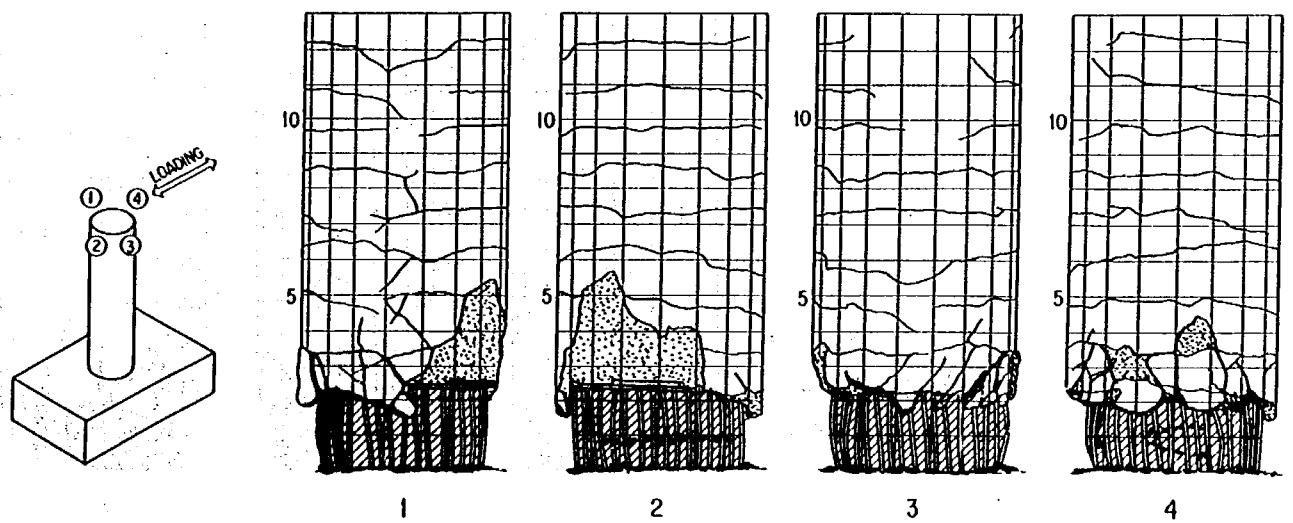


図 4 - 7. 6 供試体 29, 6 δ_0 終了後の破壊状況

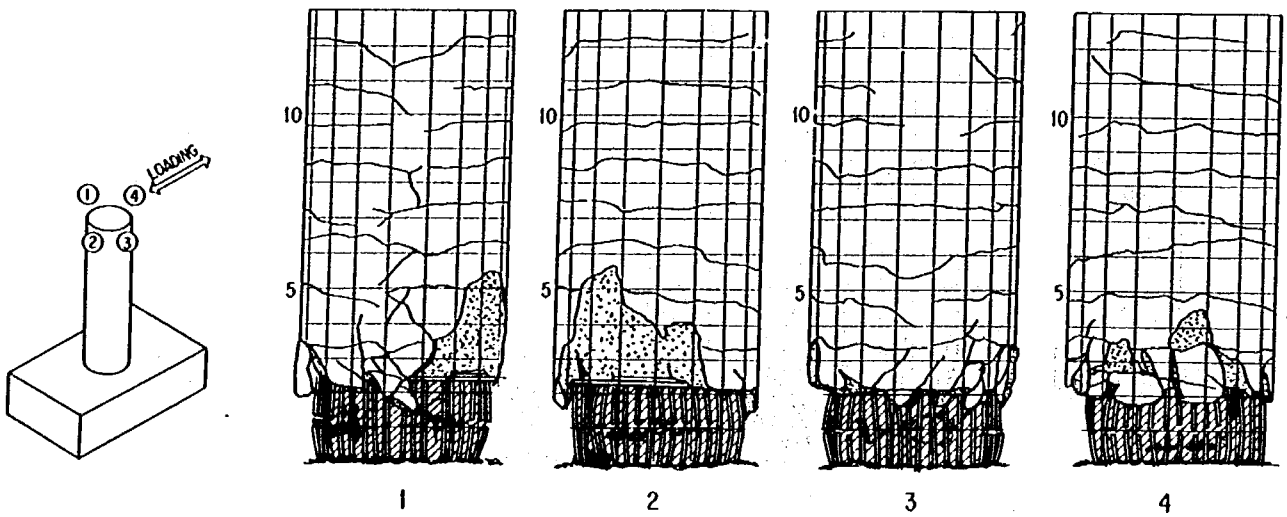


図 4 - 7. 7 供試体 29, $7 \delta_0$ 終了後の破壊状況

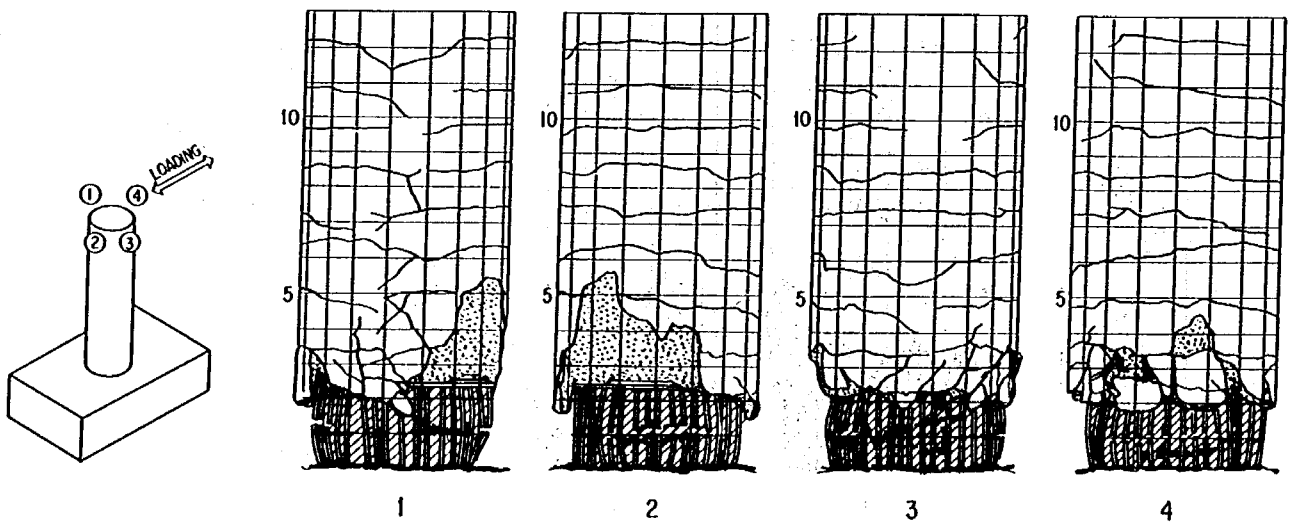


図 4 - 7. 8 供試体 29, $8 \delta_0$ 終了後の破壊状況

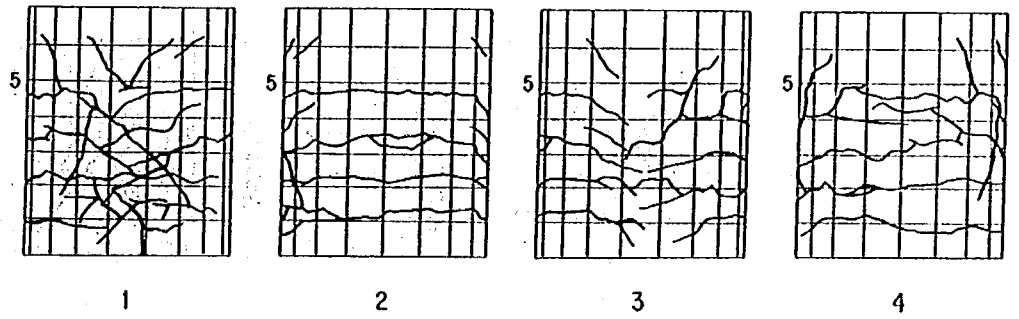
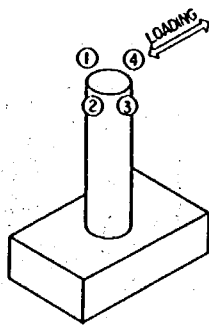


図 4 - 8.1 供試体 30, 1 δ_0 終了後の破壊状況

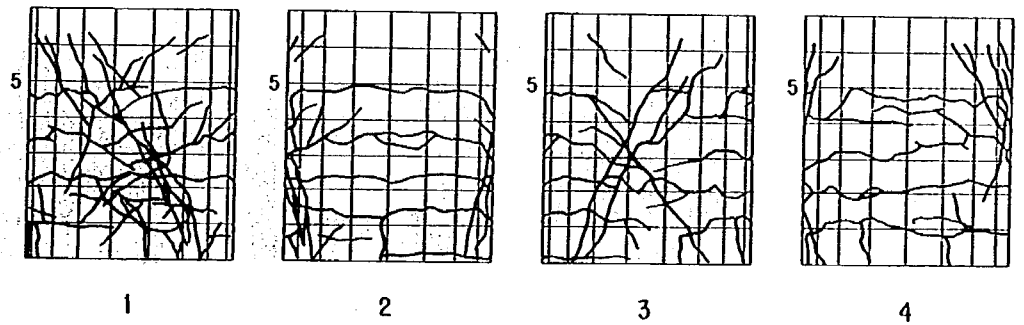
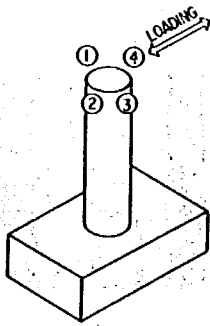


図 4 - 8.2 供試体 30, 2 δ_0 終了後の破壊状況

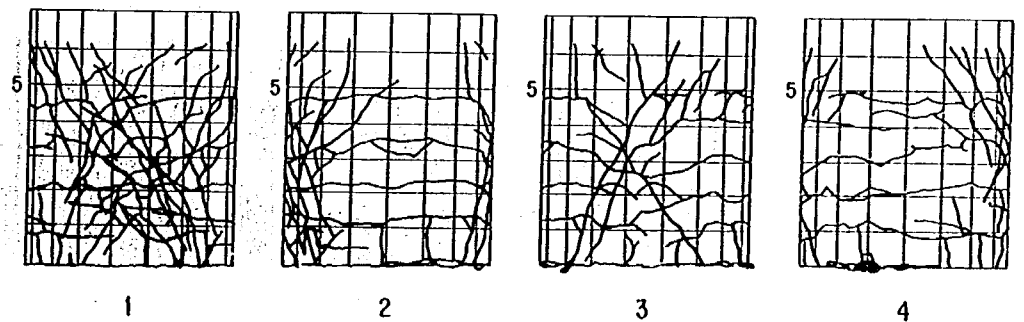
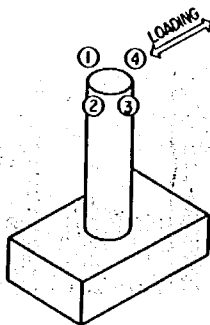


図 4 - 8.3 供試体 30, 3 δ_0 終了後の破壊状況

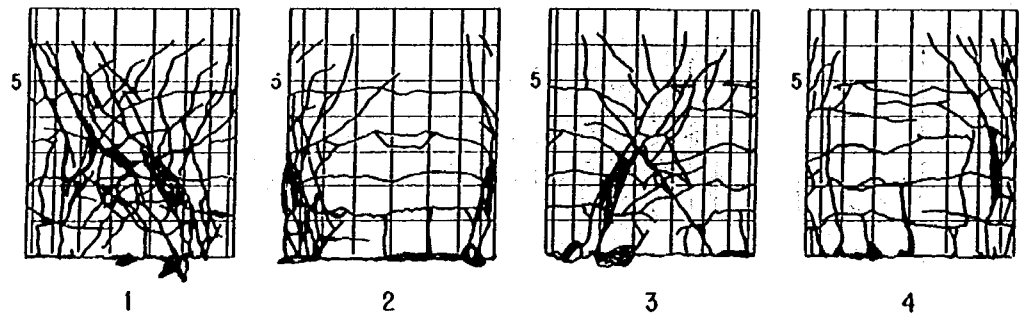
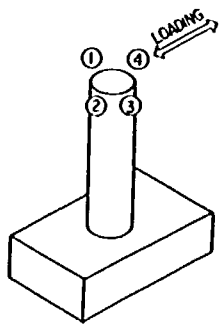


図 4 - 8. 4 供試体 30, 4 δ_0 終了後の破壊状況

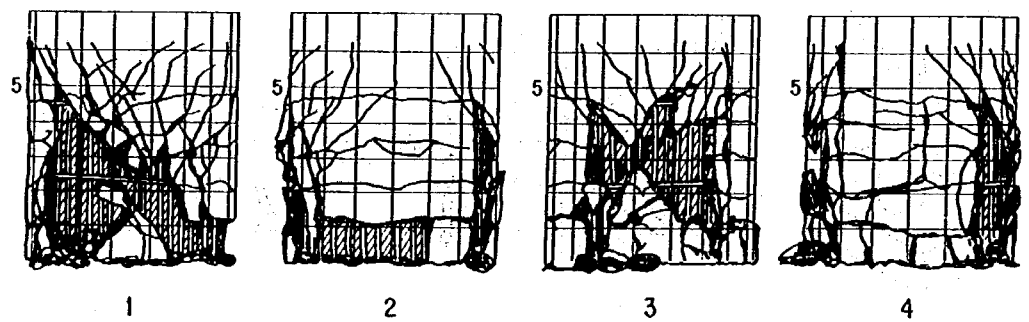
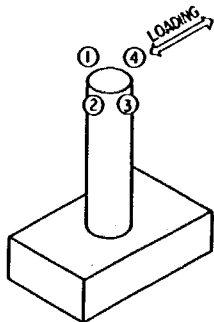


図 4 - 8. 5 供試体 30, 5 δ_0 終了後の破壊状況

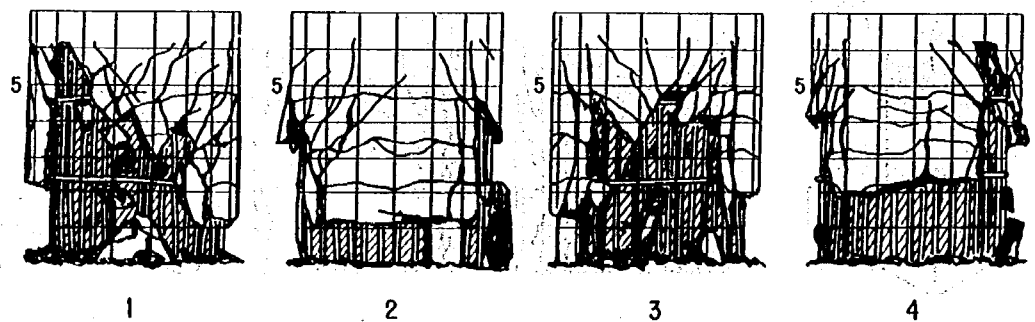
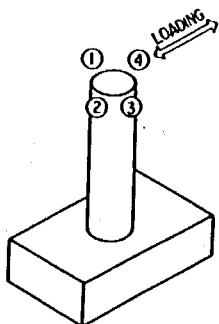


図 4 - 8. 6 供試体 30, 6 δ_0 終了後の破壊状況

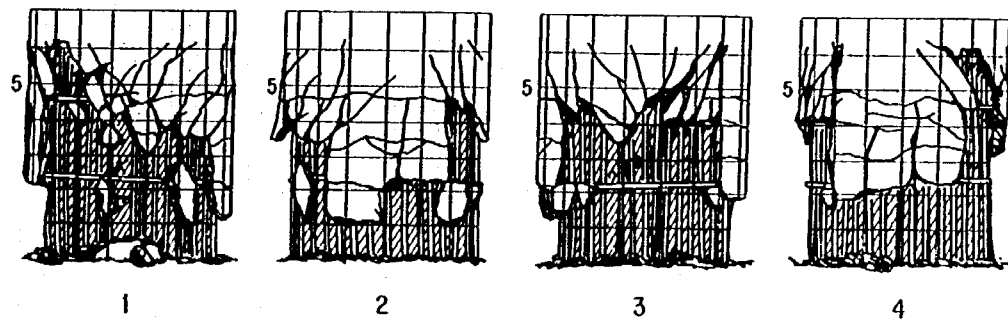
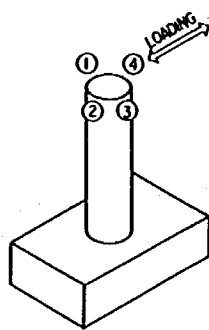


図 4 - 8.7 供試体 30, $7 \delta_0$ 終了後の破壊状況

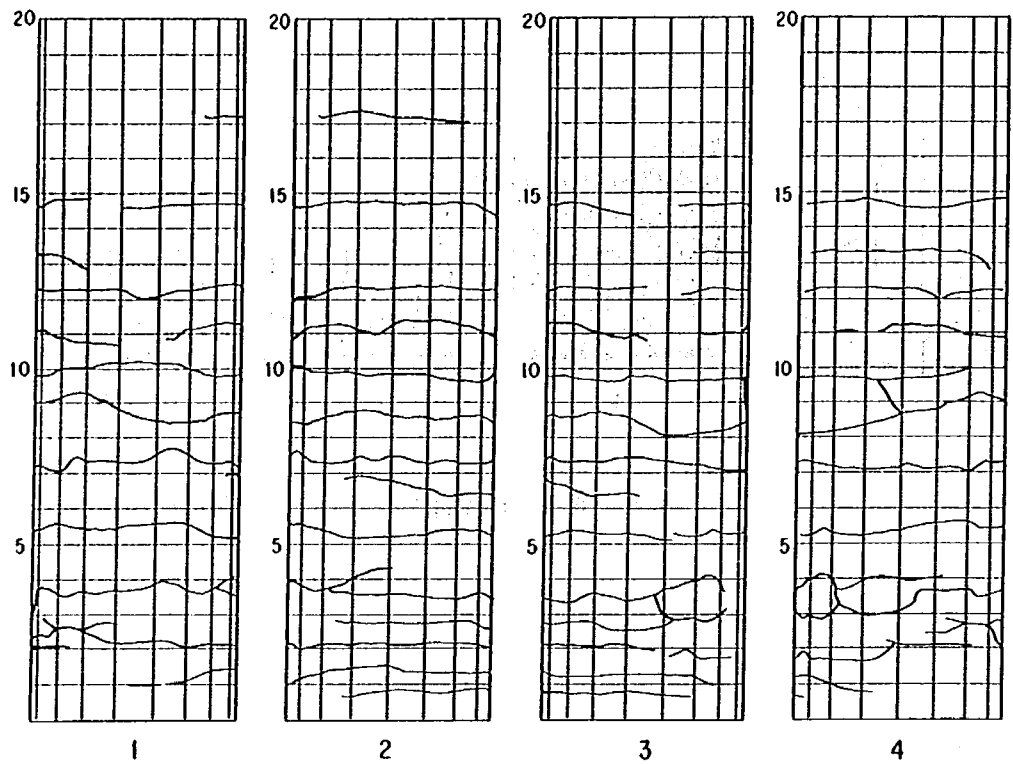
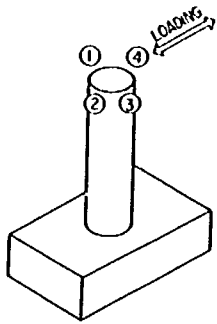


図 4 - 9. 1 供試体 31, $1 \delta_0$ 終了後の破壊状況

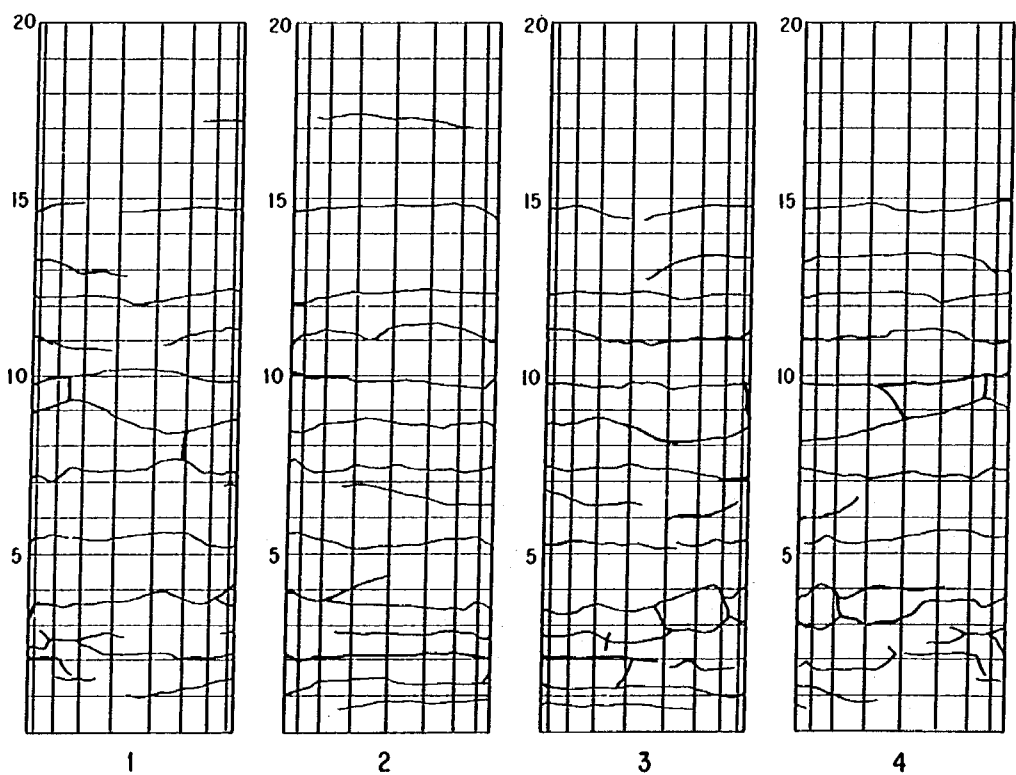
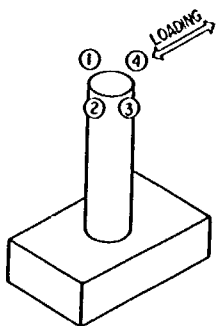


図 4 - 9. 2 供試体 31, $2 \delta_0$ 終了後の破壊状況

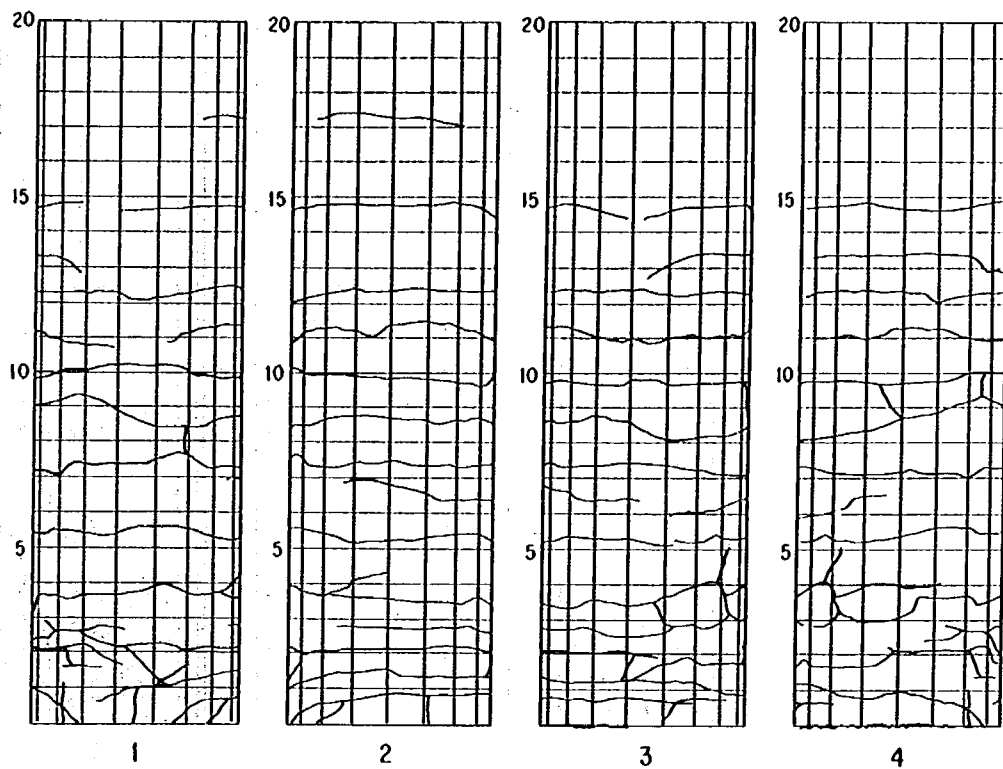
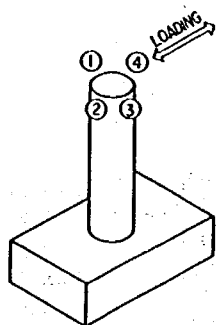


図 4 - 9.3 供試体 31, $3\delta_0$ 終了後の破壊状況

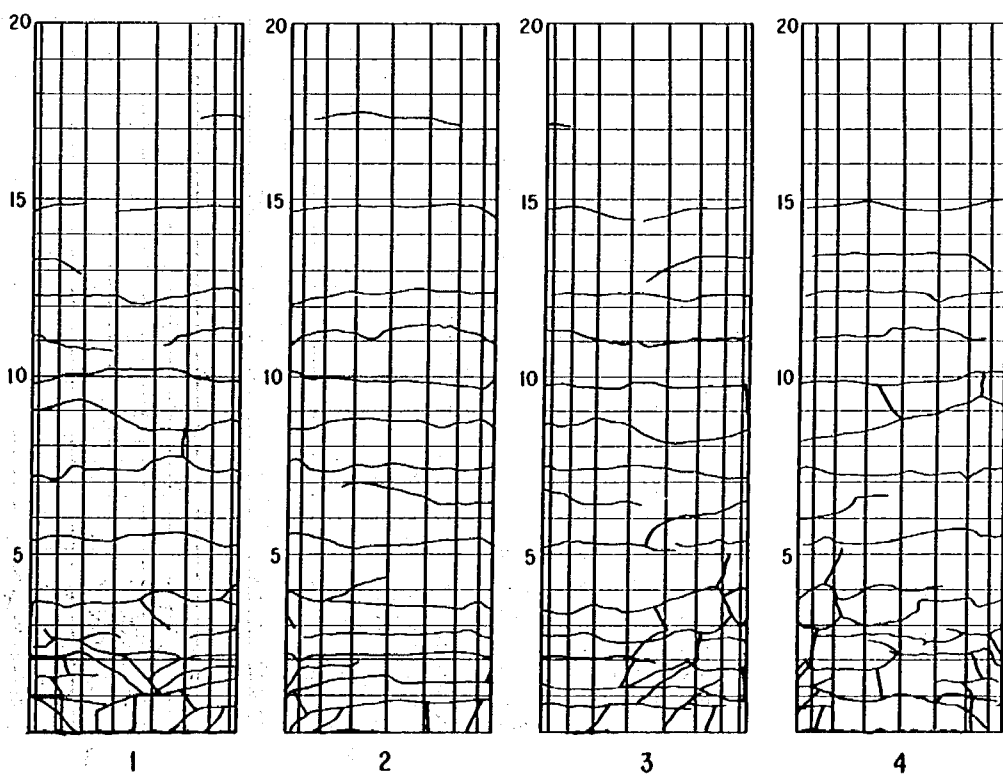
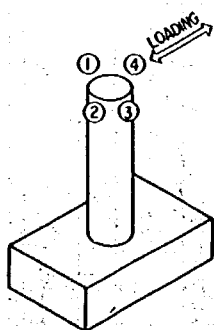


図 4 - 9.4 供試体 31, $4\delta_0$ 終了後の破壊状況

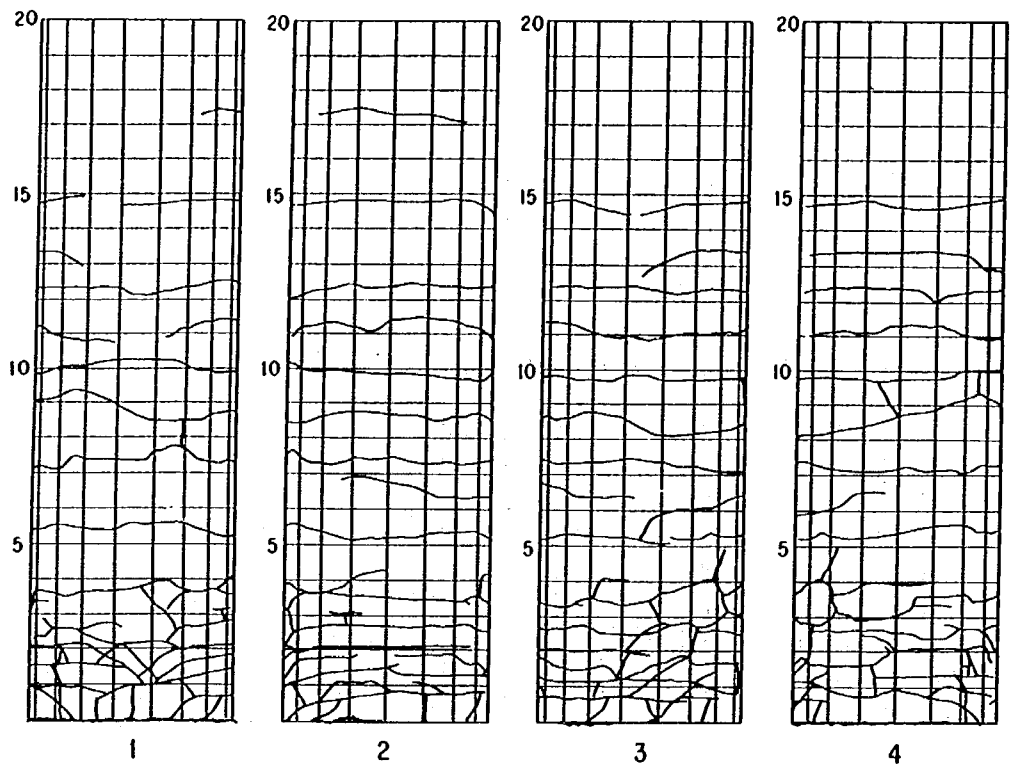
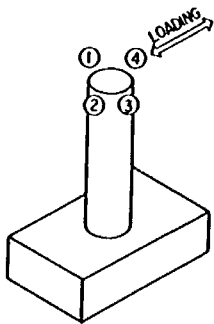


図 4 - 9.5 供試体 31, $5\delta_0$ 終了後の破壊状況

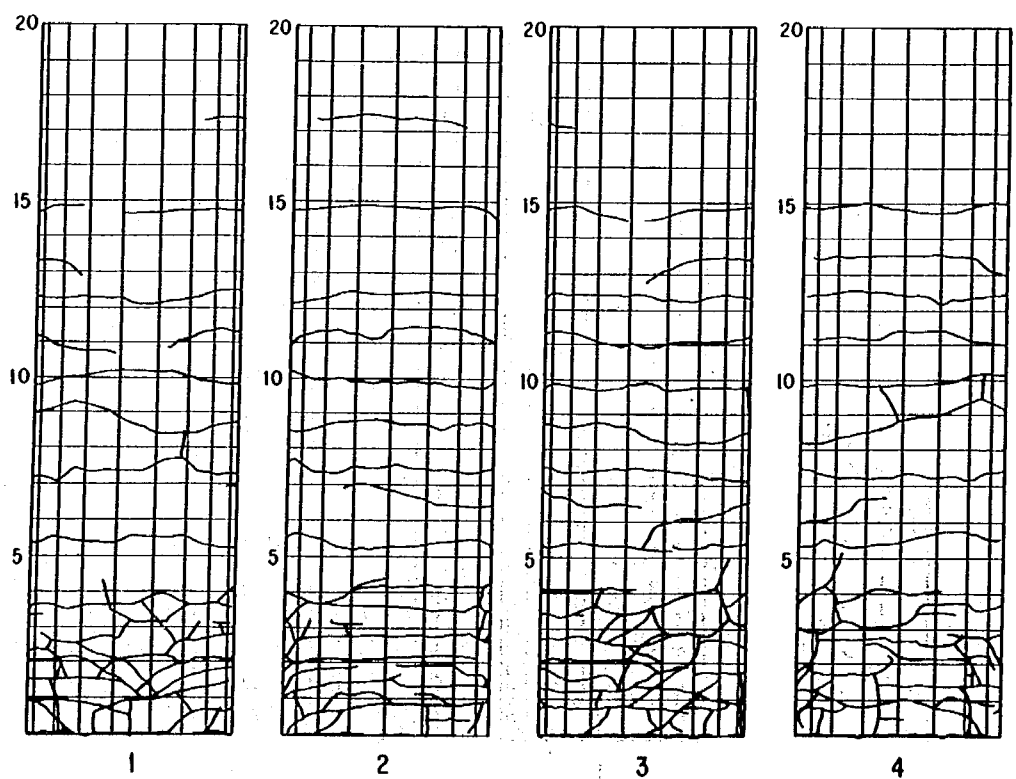
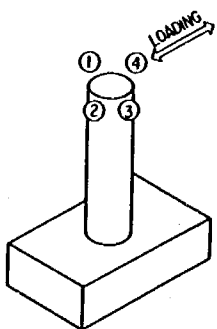


図 4 - 9.6 供試体 31, $6\delta_0$ 終了後の破壊状況

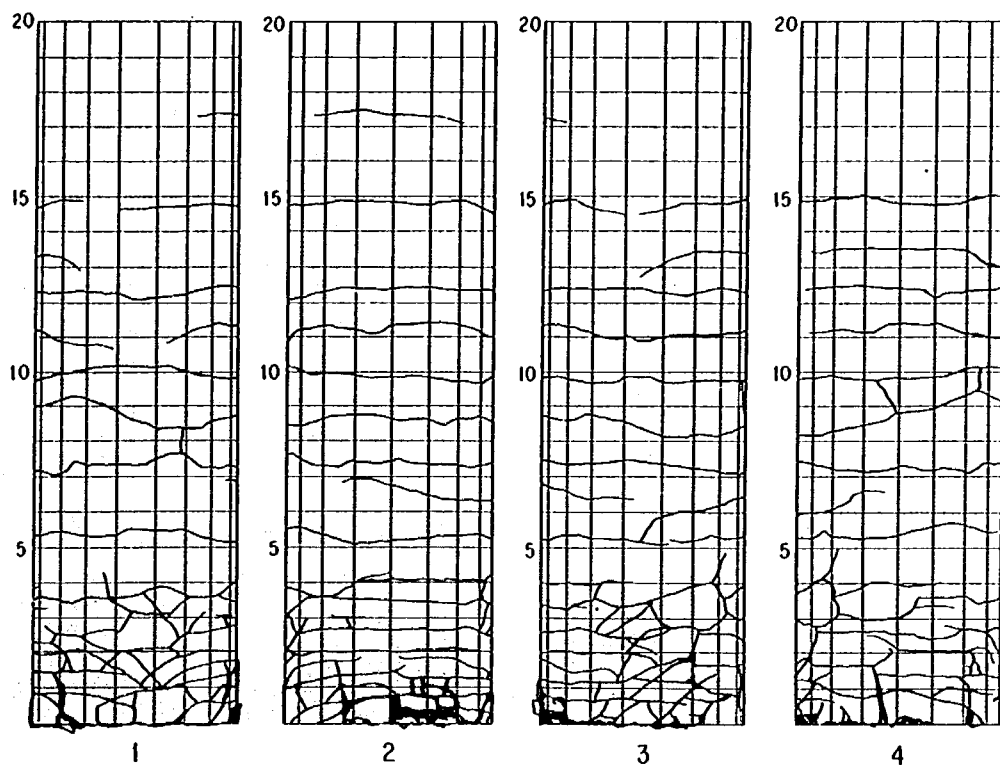
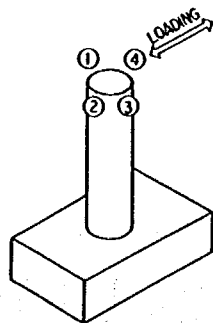


図 4 - 9.7 供試体 31, $7 \delta_0$ 終了後の破壊状況

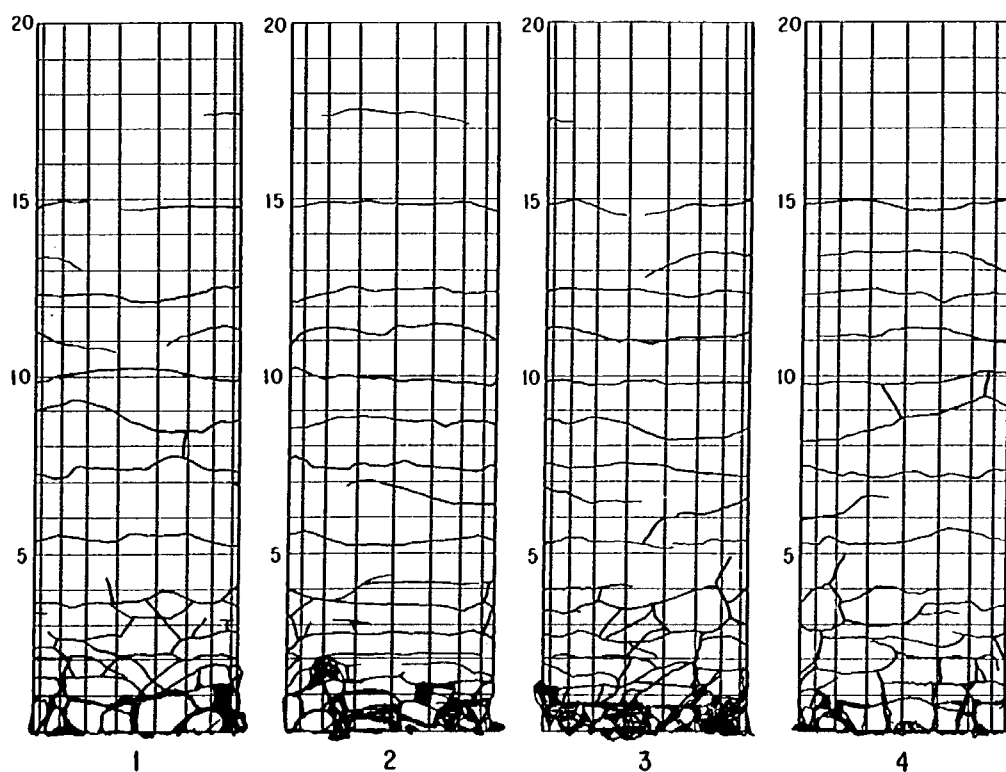
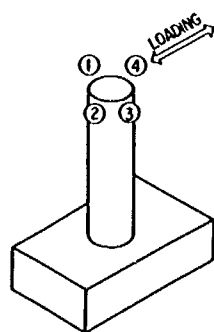


図 4 - 9.8 供試体 31, $8 \delta_0$ 終了後の破壊状況

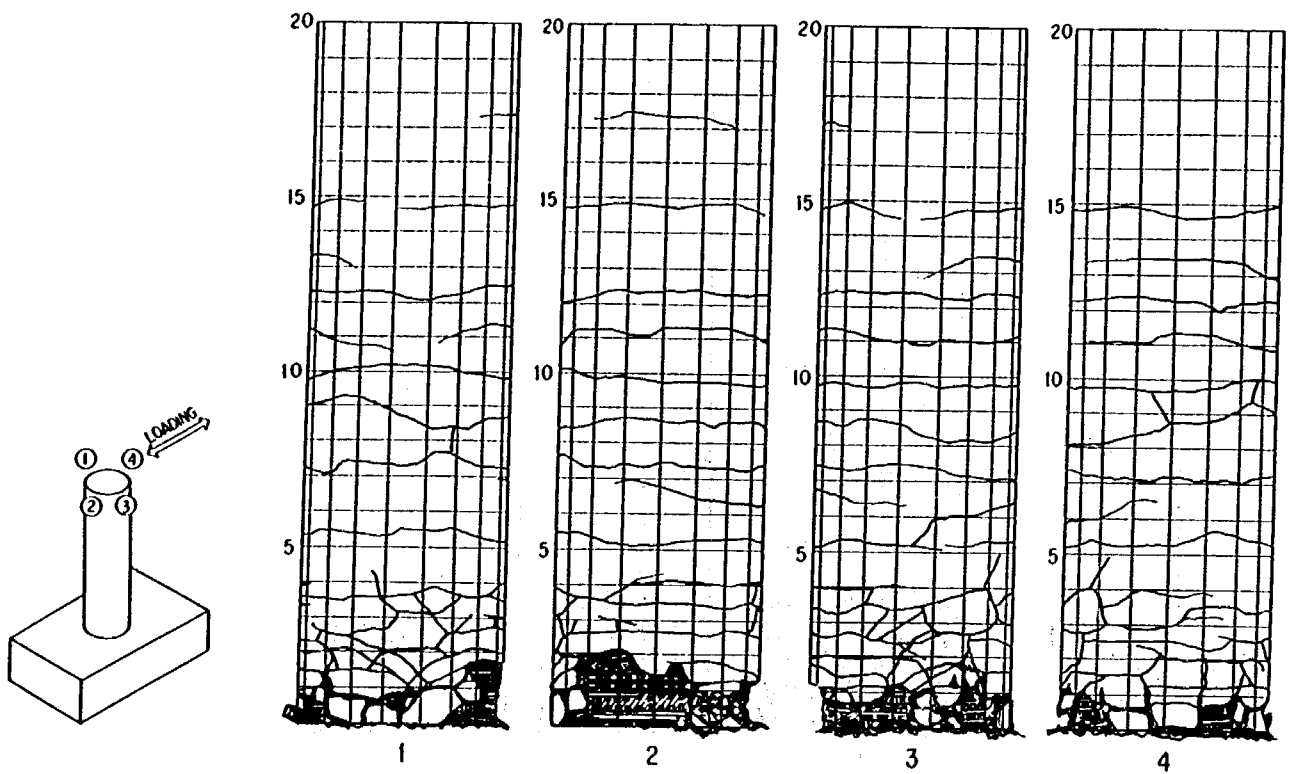


図 4 - 9.9 供試体 31, $9\delta_0$ 終了後の破壊状況

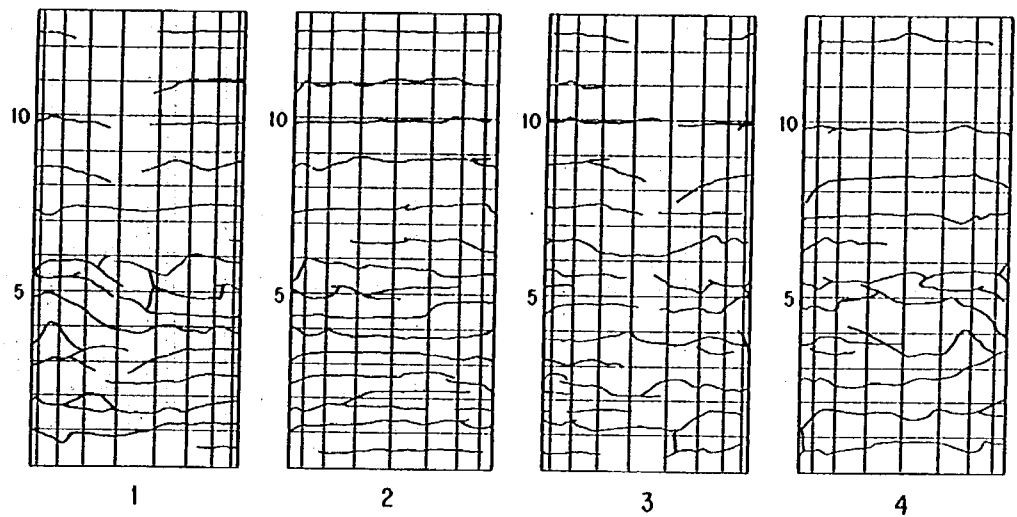
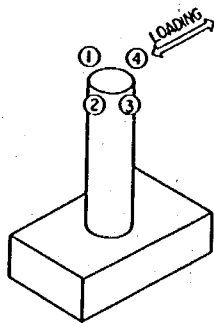


図 4 - 10.1 供試体 32, $1 \delta_0$ 終了後の破壊状況

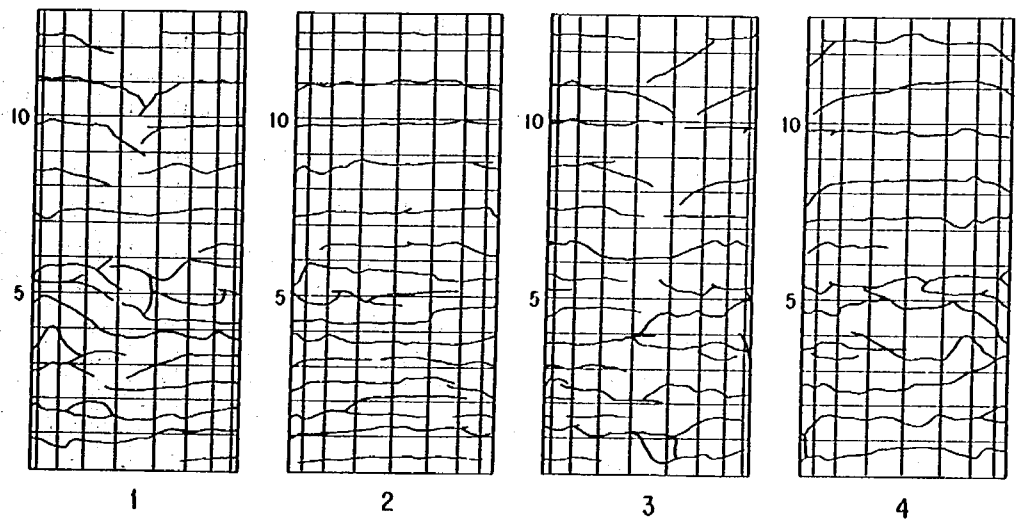
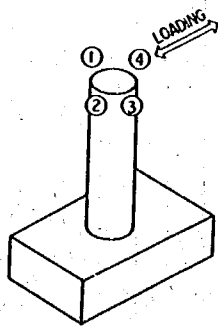


図 4 - 10.2 供試体 32, $2 \delta_0$ 終了後の破壊状況

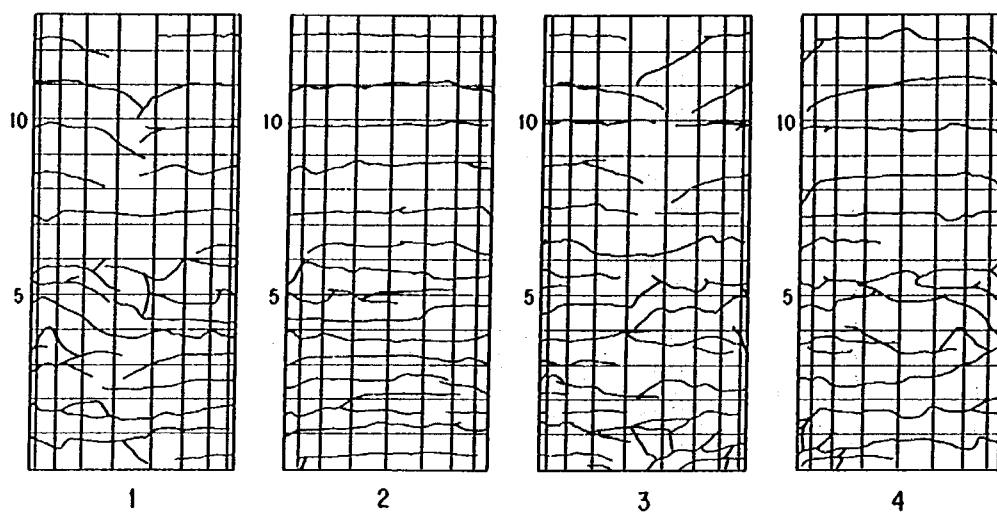
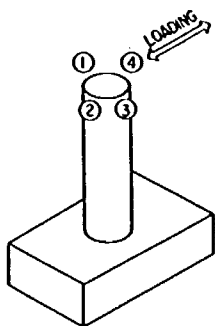


図 4 - 10.3 供試体 32, 3 δ_0 終了後の破壊状況

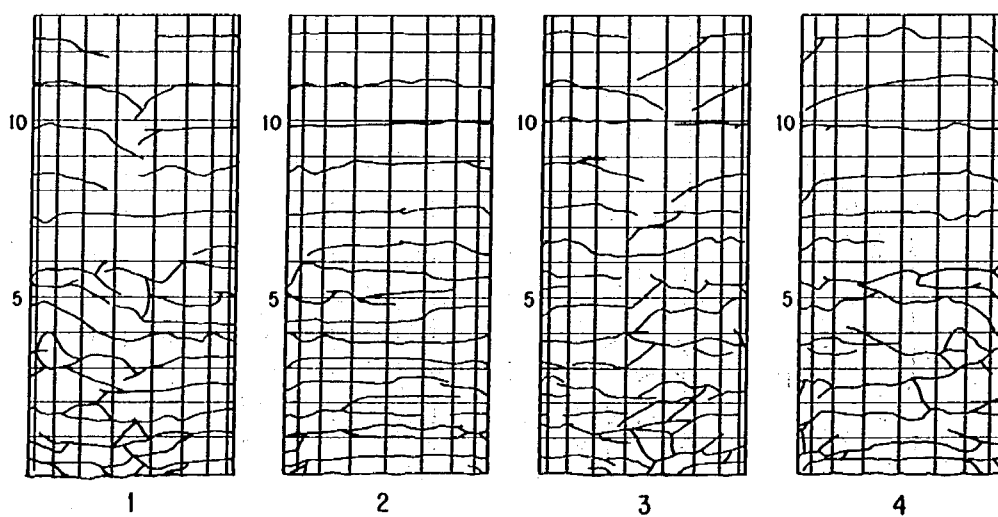
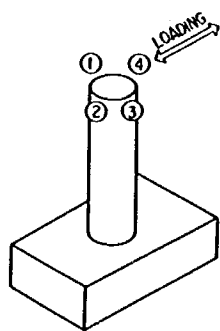


図 4 - 10.4 供試体 32, 4 δ_0 終了後の破壊状況

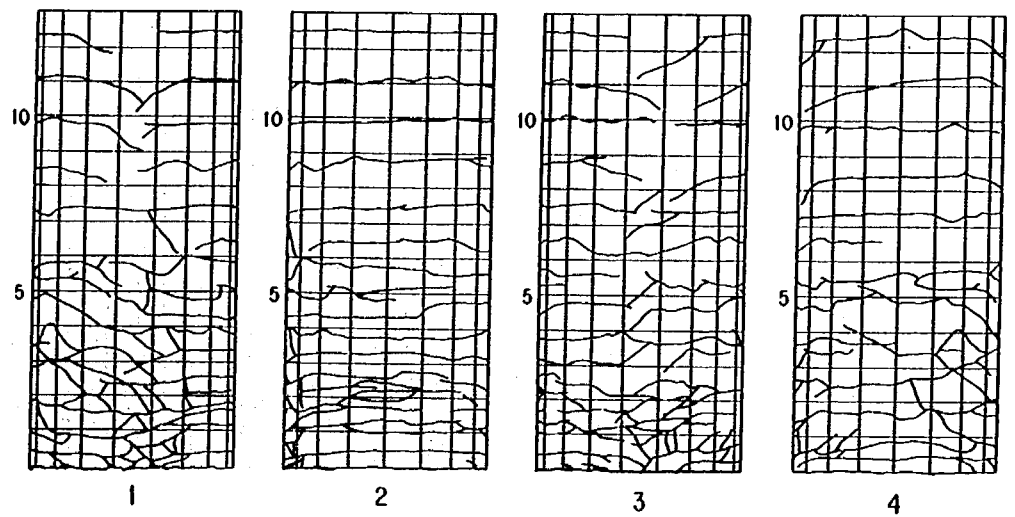
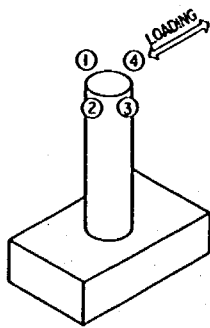


図 4 - 10. 5 供試体 32, $5 \delta_0$ 終了後の破壊状況

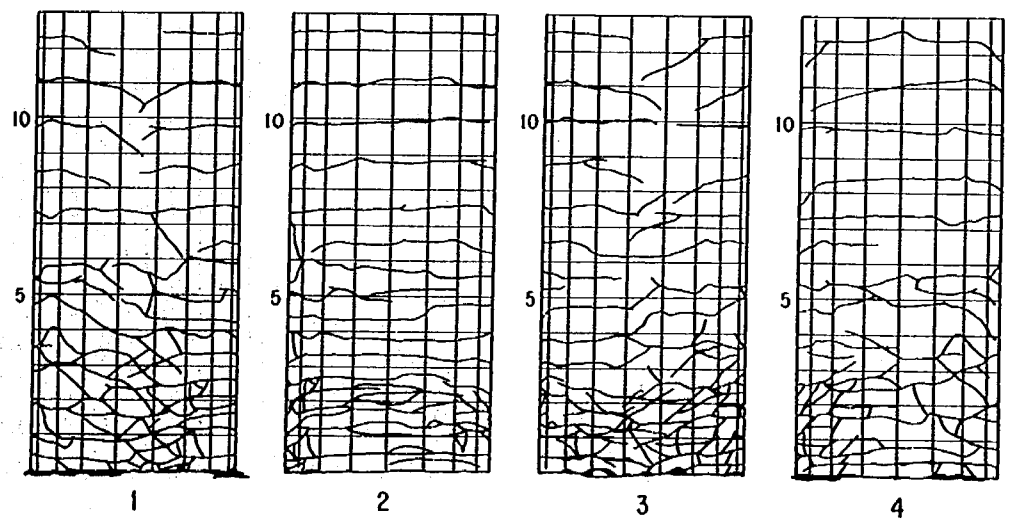
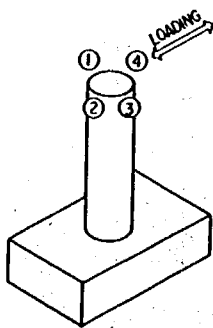


図 4 - 10. 6 供試体 32, $6 \delta_0$ 終了後の破壊状況

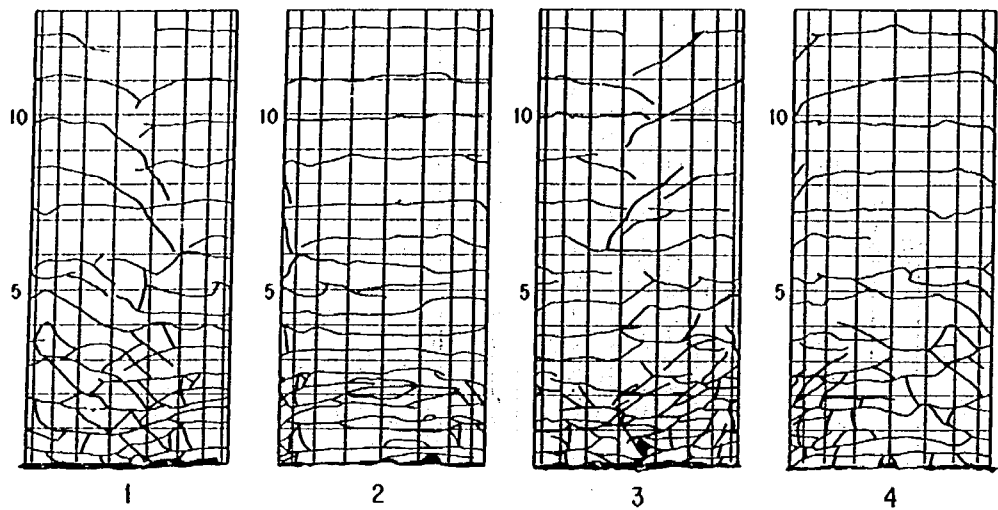
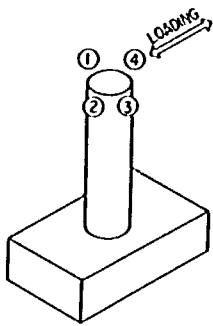


図 4 - 10.7 供試体 32, $7 \delta_0$ 終了後の破壊状況

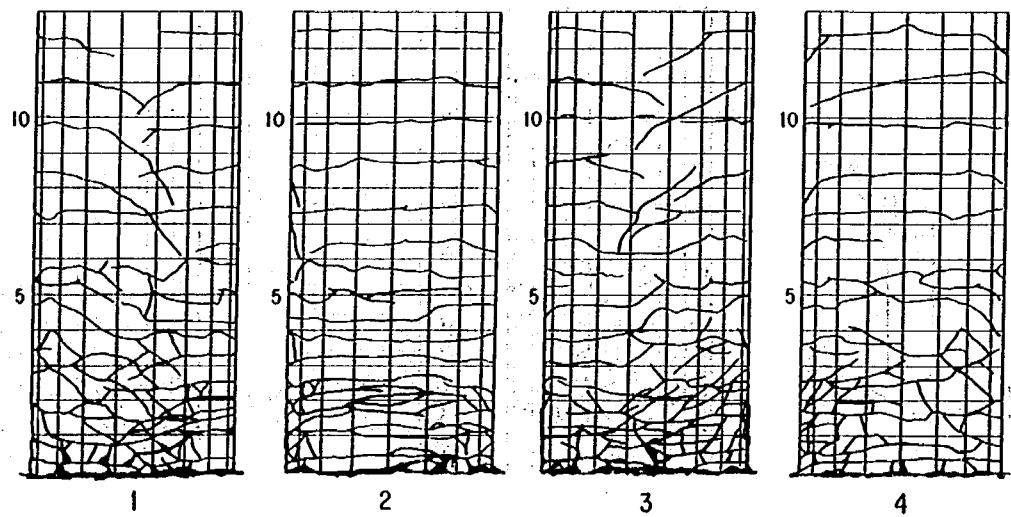
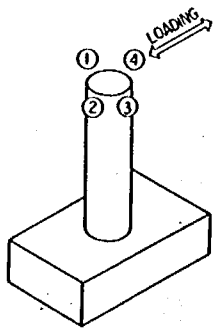


図 4 - 10.8 供試体 32, $8 \delta_0$ 終了後の破壊状況

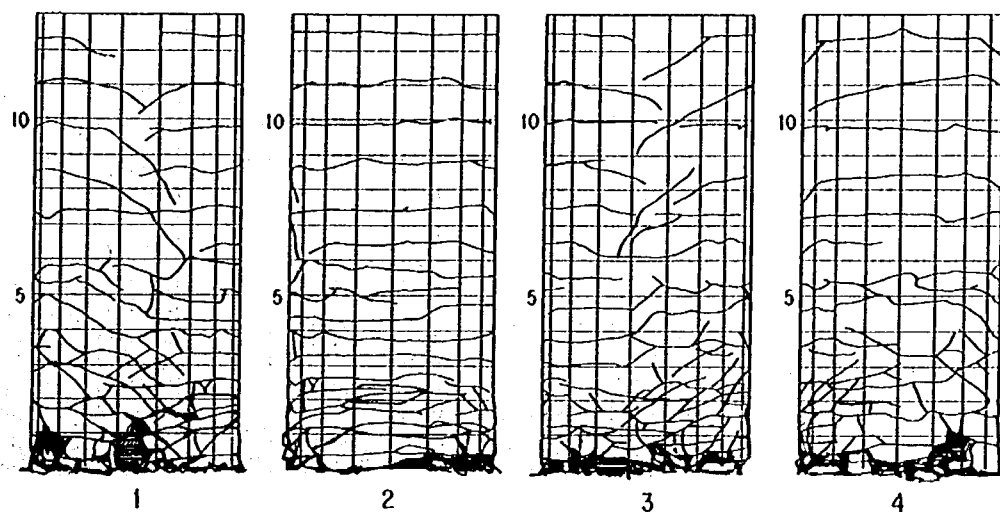
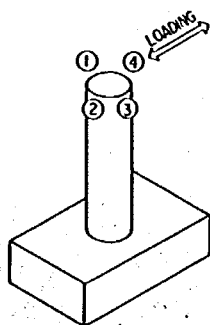


図 4 - 10.9 供試体 32, 9 δ_0 終了後の破壊状況

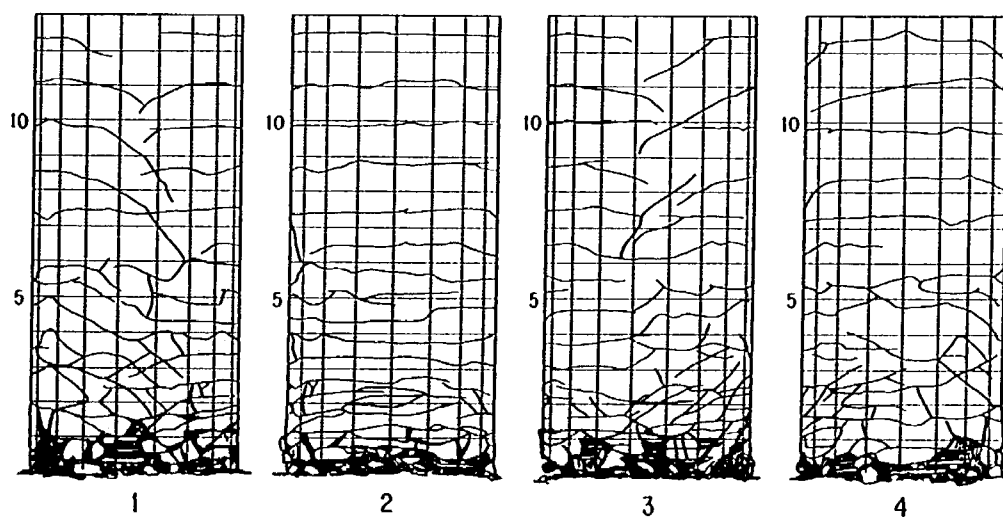
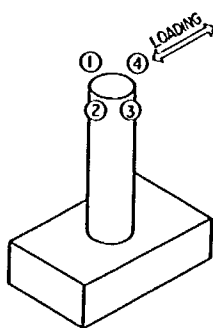


図 4 - 10.10 供試体 32, 10 δ_0 終了後の破壊状況

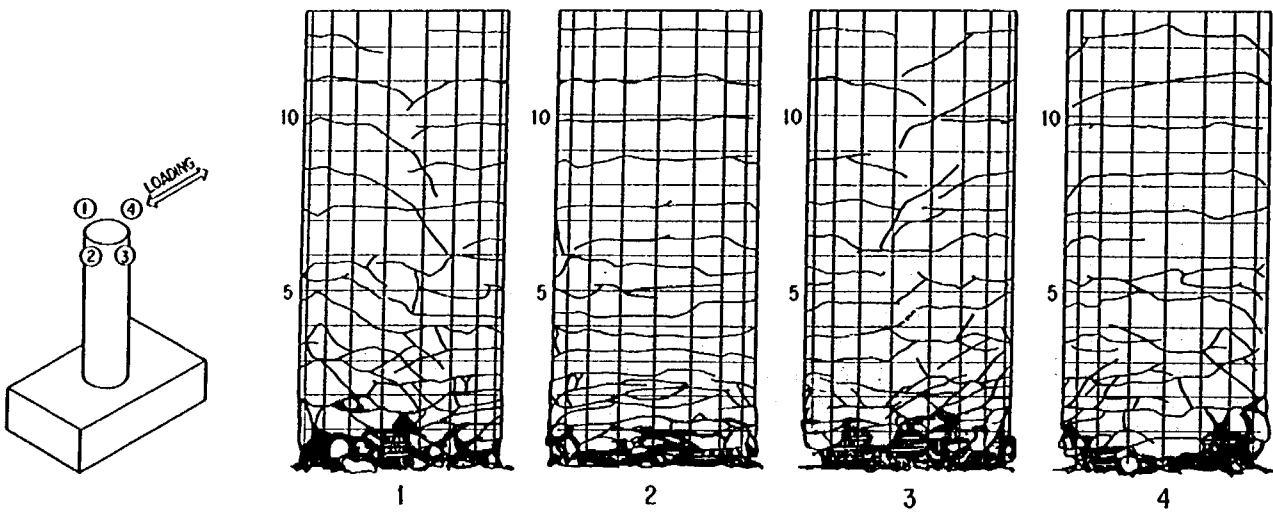


図 4 - 10.11 供試体 32, 11 δ_0 終了後の破壊状況

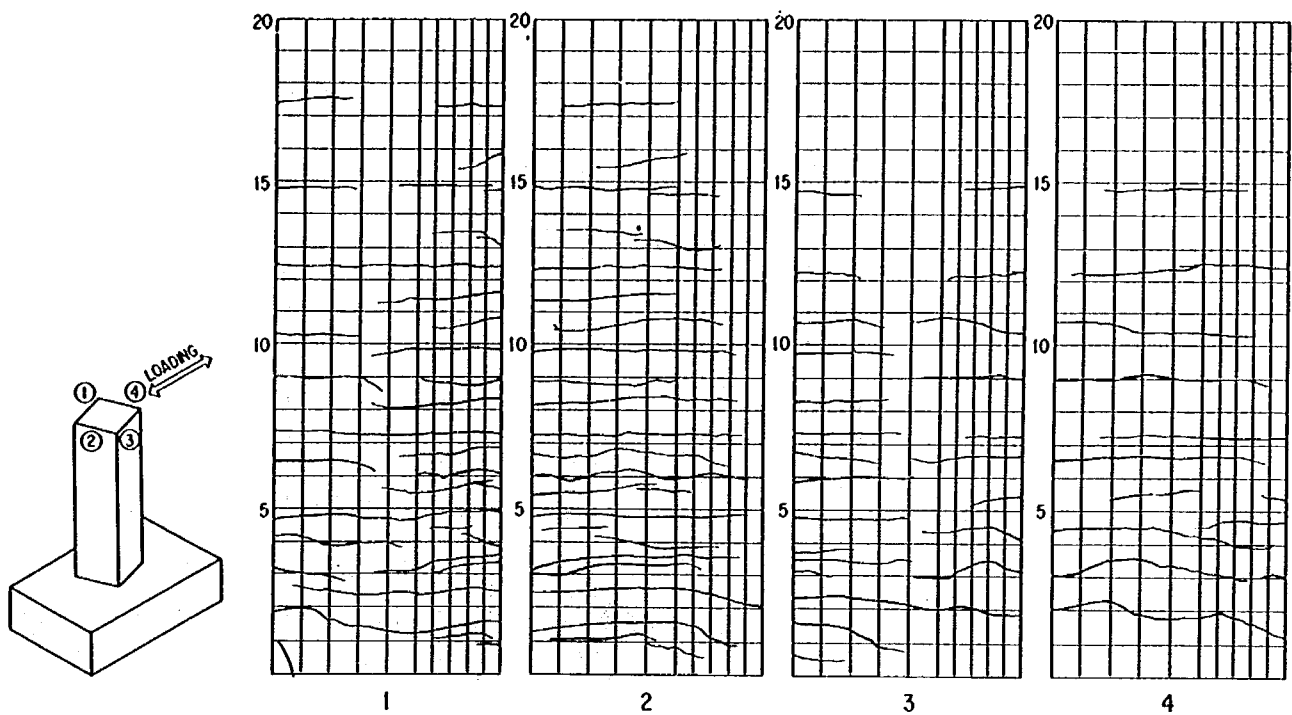


図 4 - 11. 1 供試体 33, 1 δ_0 終了後の破壊状況

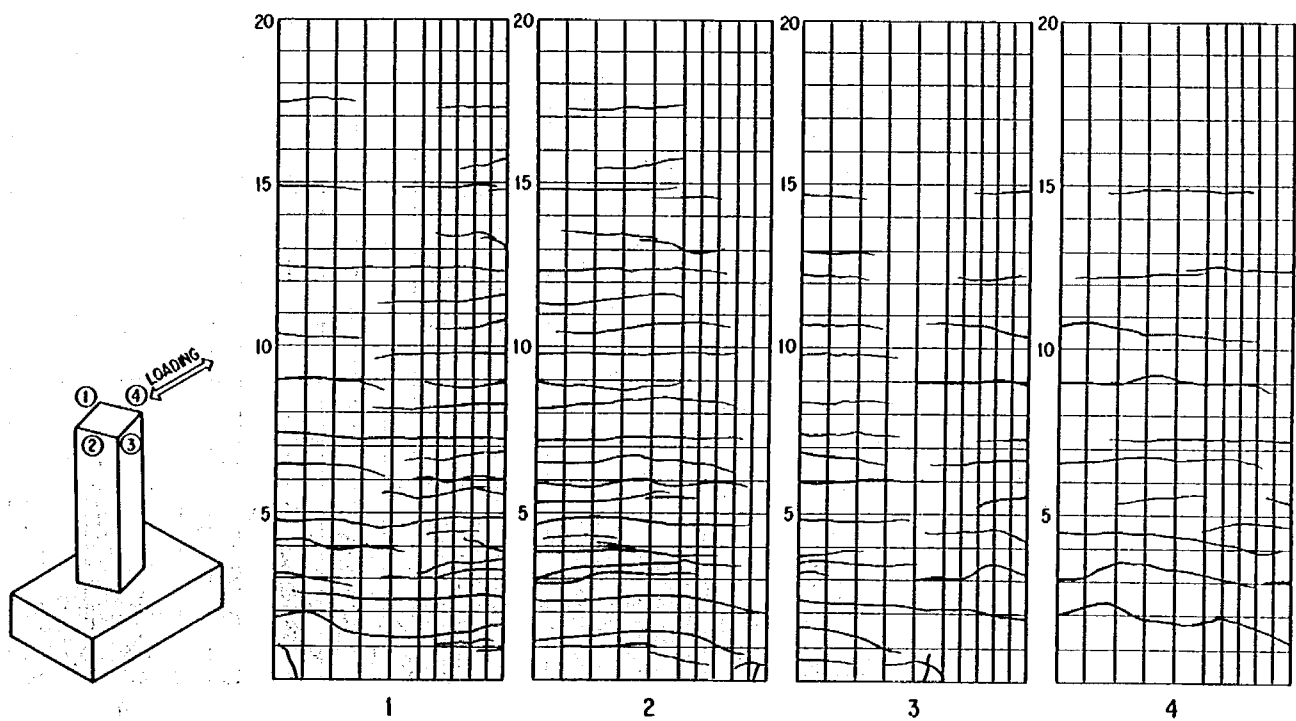


図 4 - 11. 2 供試体 33, 2 δ_0 終了後の破壊状況

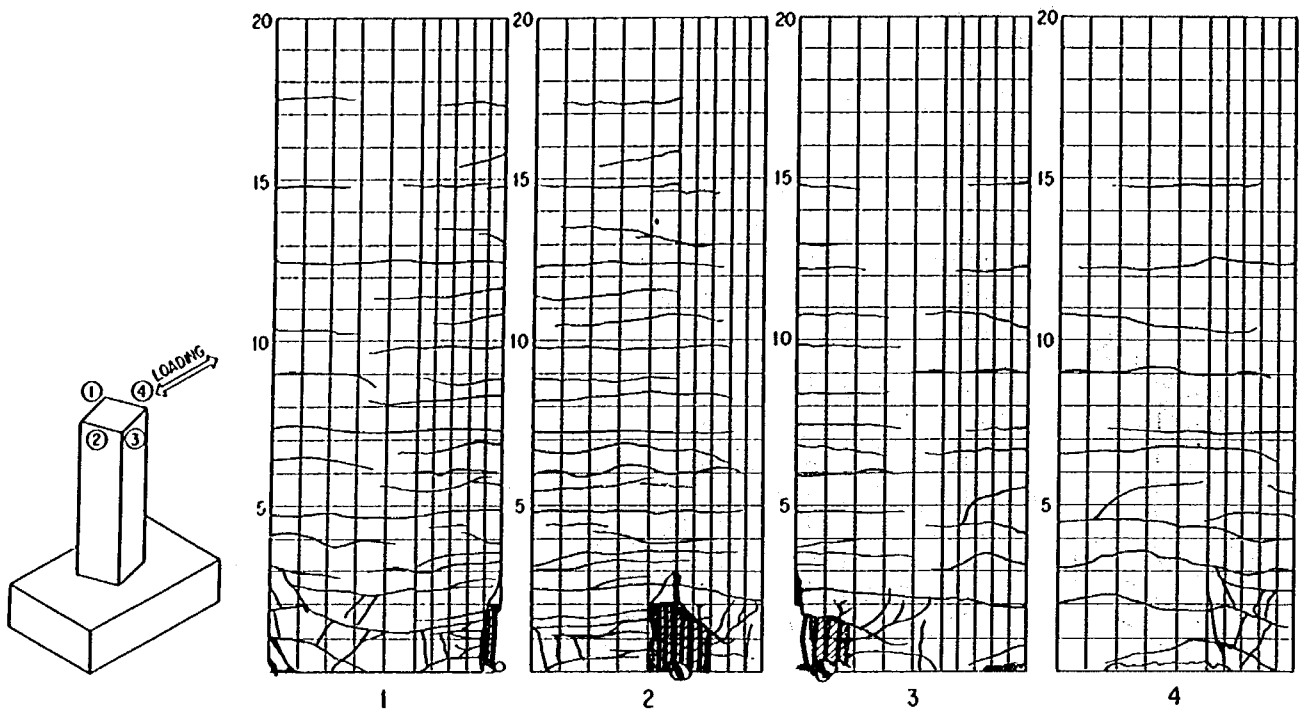


図 4 - 11. 3 供試体 33, $3 \delta_0$ 終了後の破壊状況

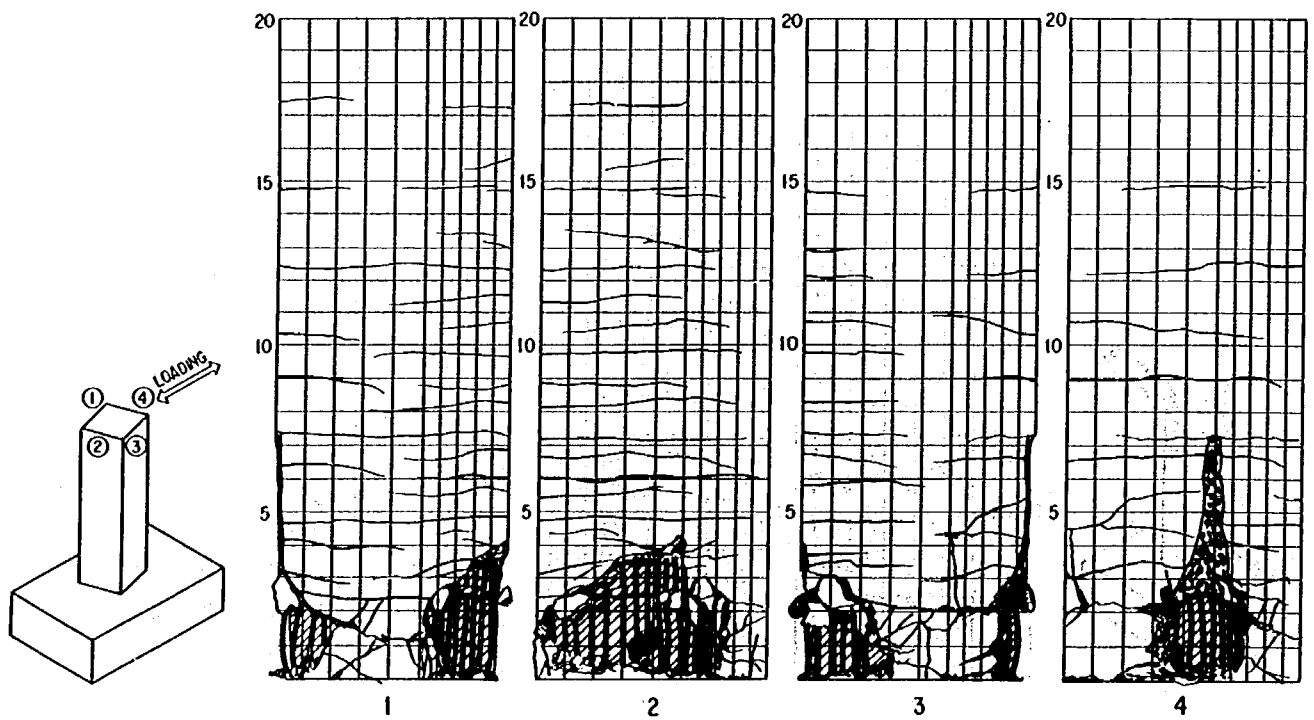


図 4 - 11. 4 供試体 33, $4 \delta_0$ 終了後の破壊状況

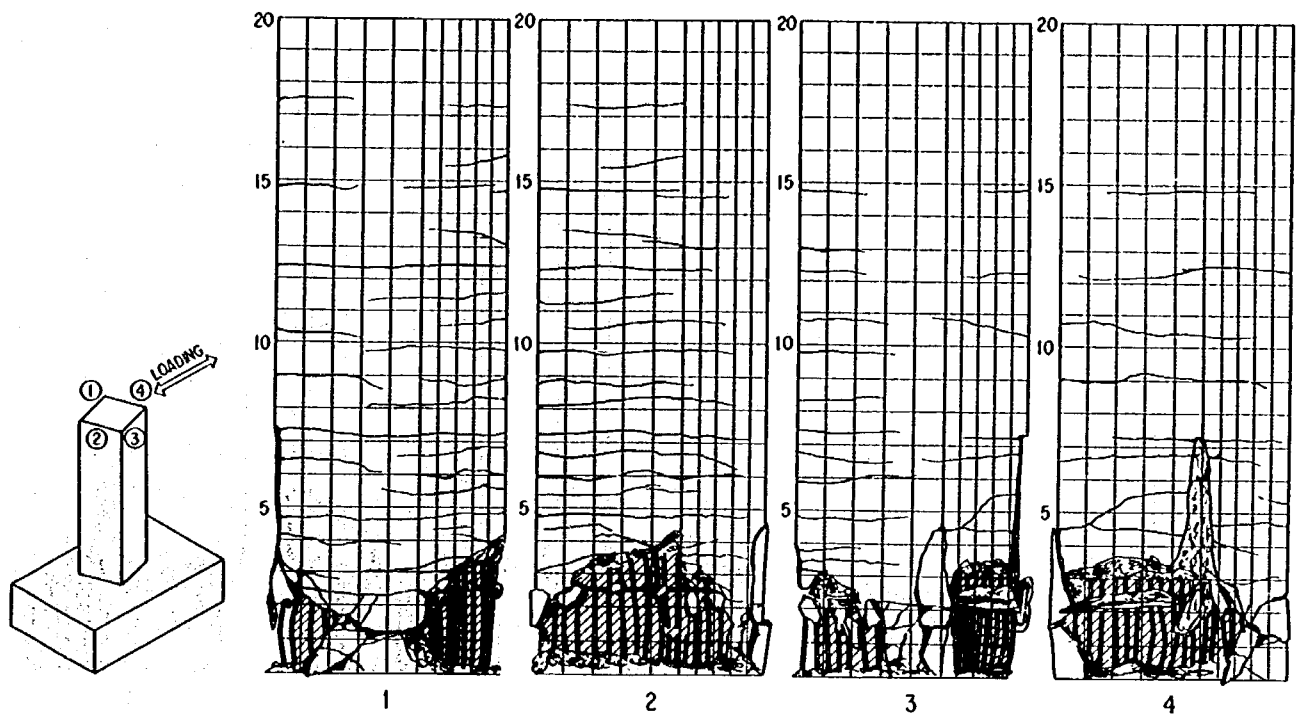


図 4 - 11. 5 供試体 33, $5 \delta_0$ 終了後の破壊状況

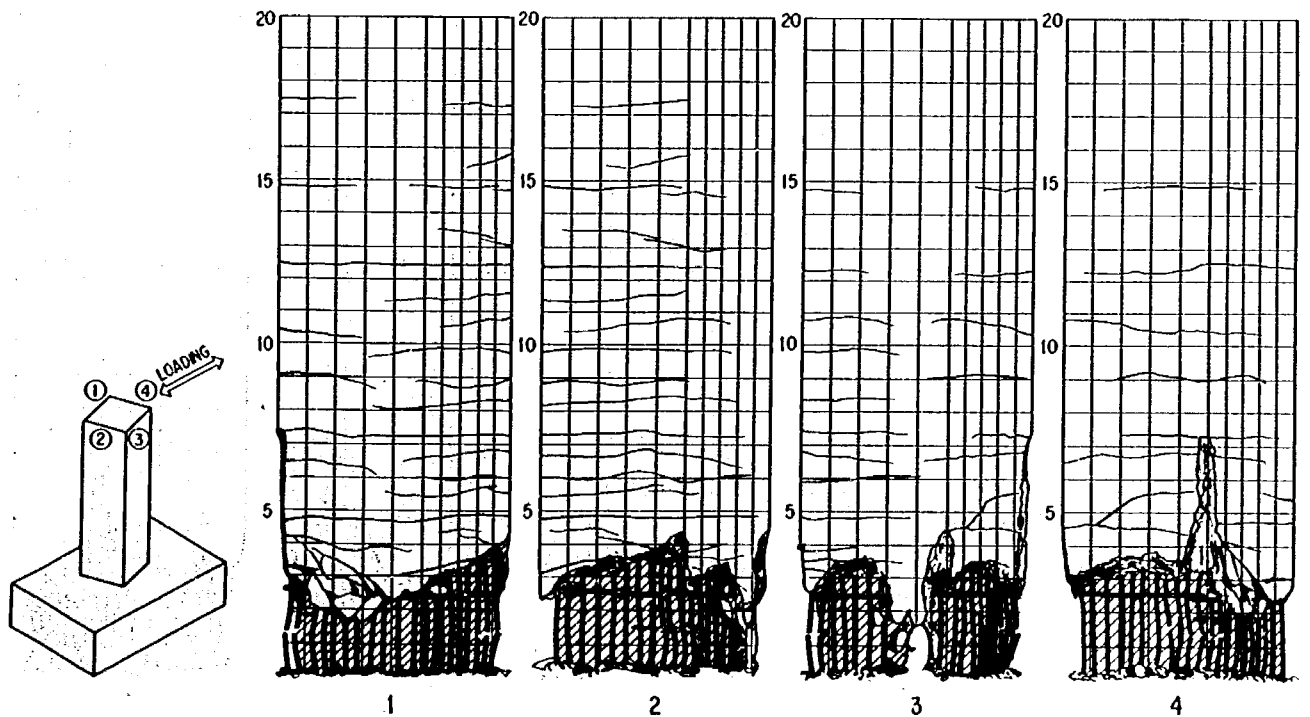


図 4 - 11. 6 供試体 33, $6 \delta_0$ 終了後の破壊状況

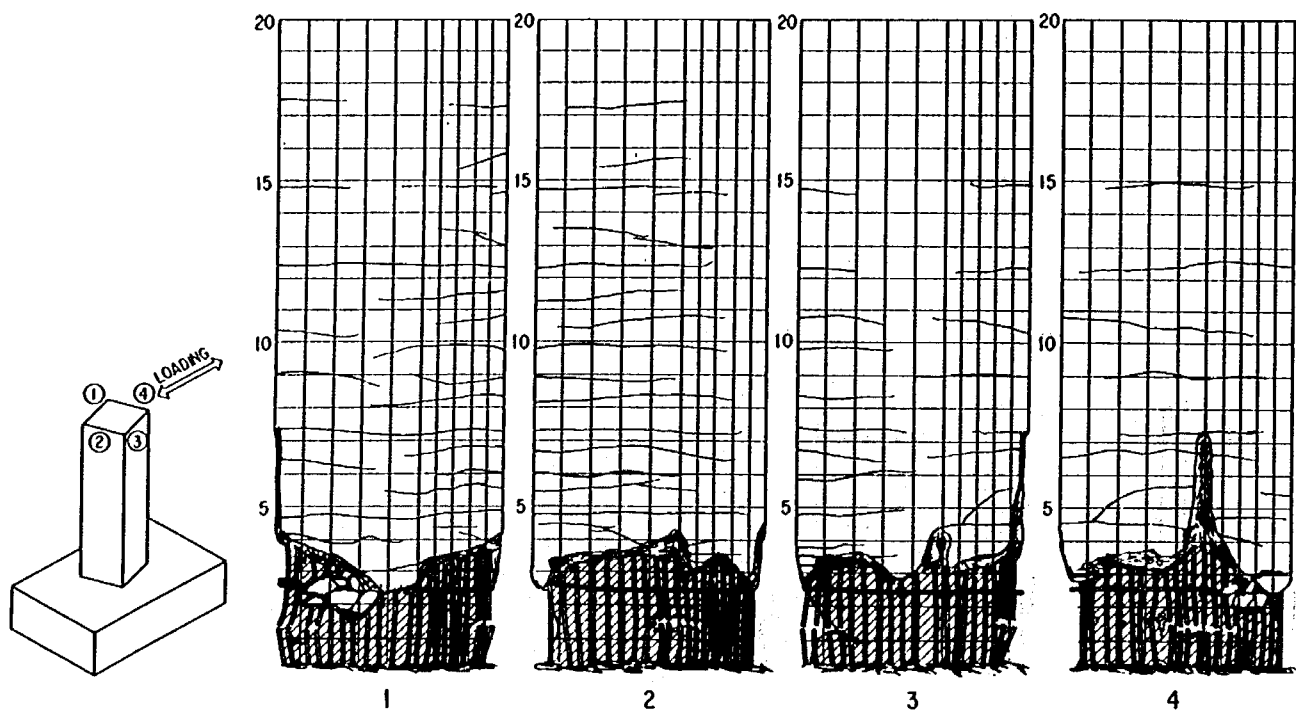


図 4 - 11.7 供試体 33, $7 \delta_0$ 終了後の破壊状況

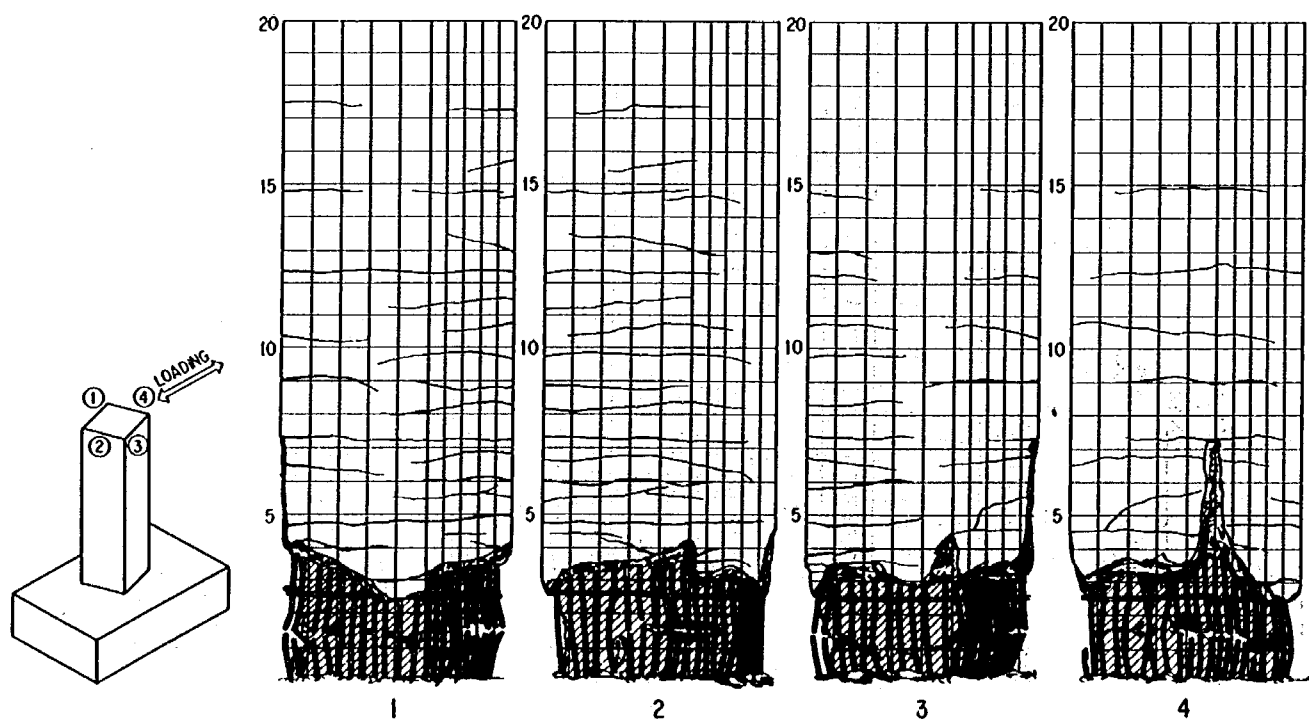


図 4 - 11.8 供試体 33, $8 \delta_0$ 終了後の破壊状況

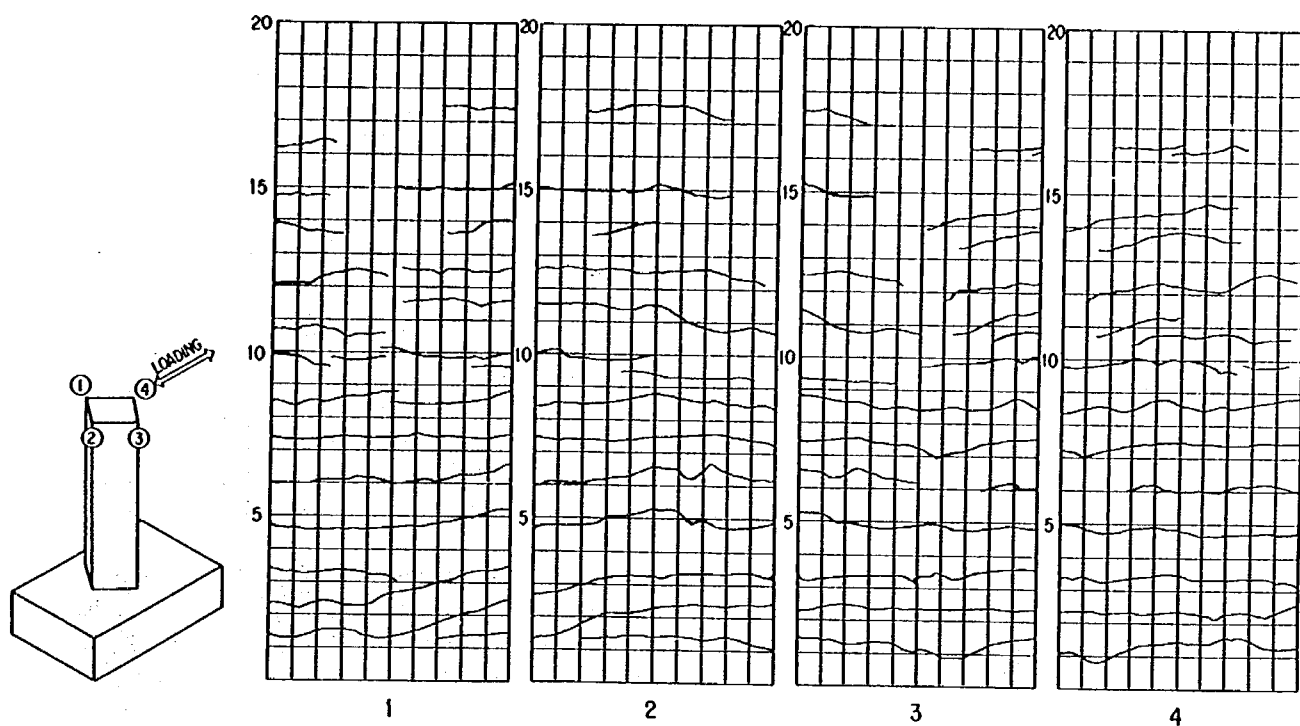


図 4 - 12.1 供試体 34, 1 δ_0 終了後の破壊状況

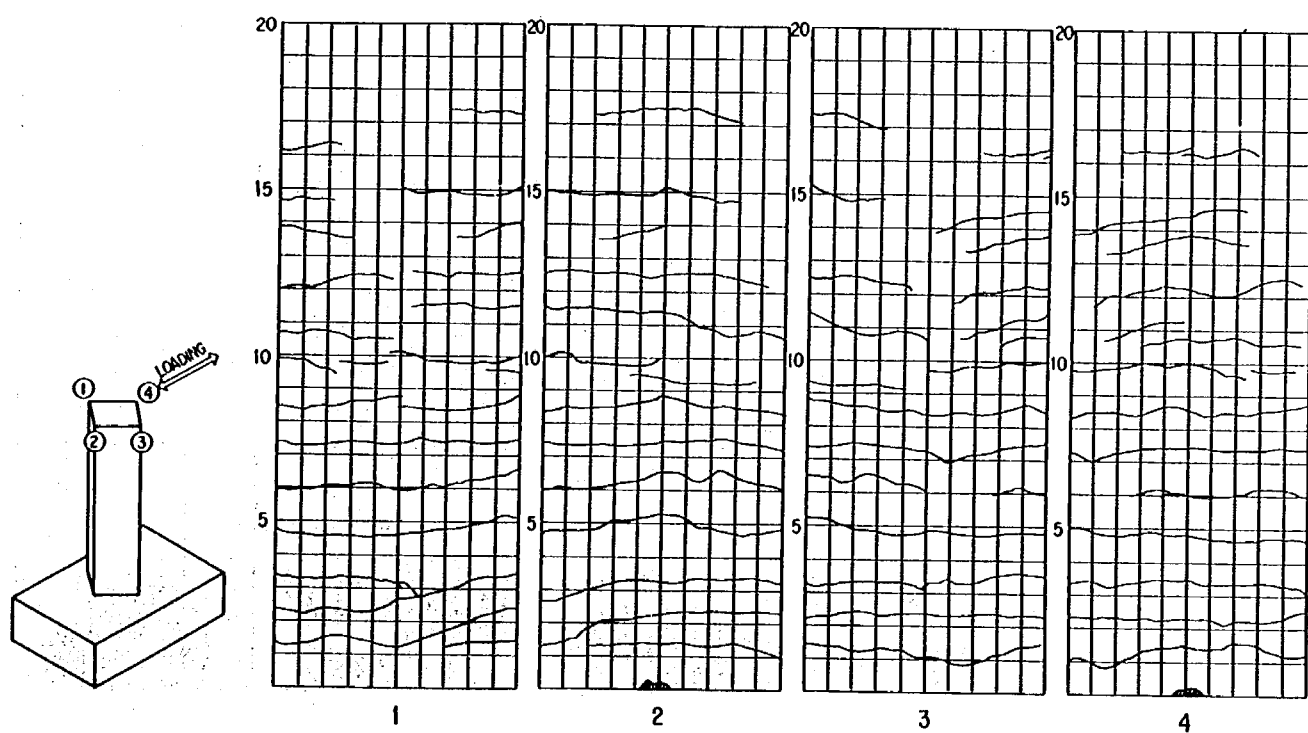


図 4 - 12.2 供試体 34, 2 δ_0 終了後の破壊状況

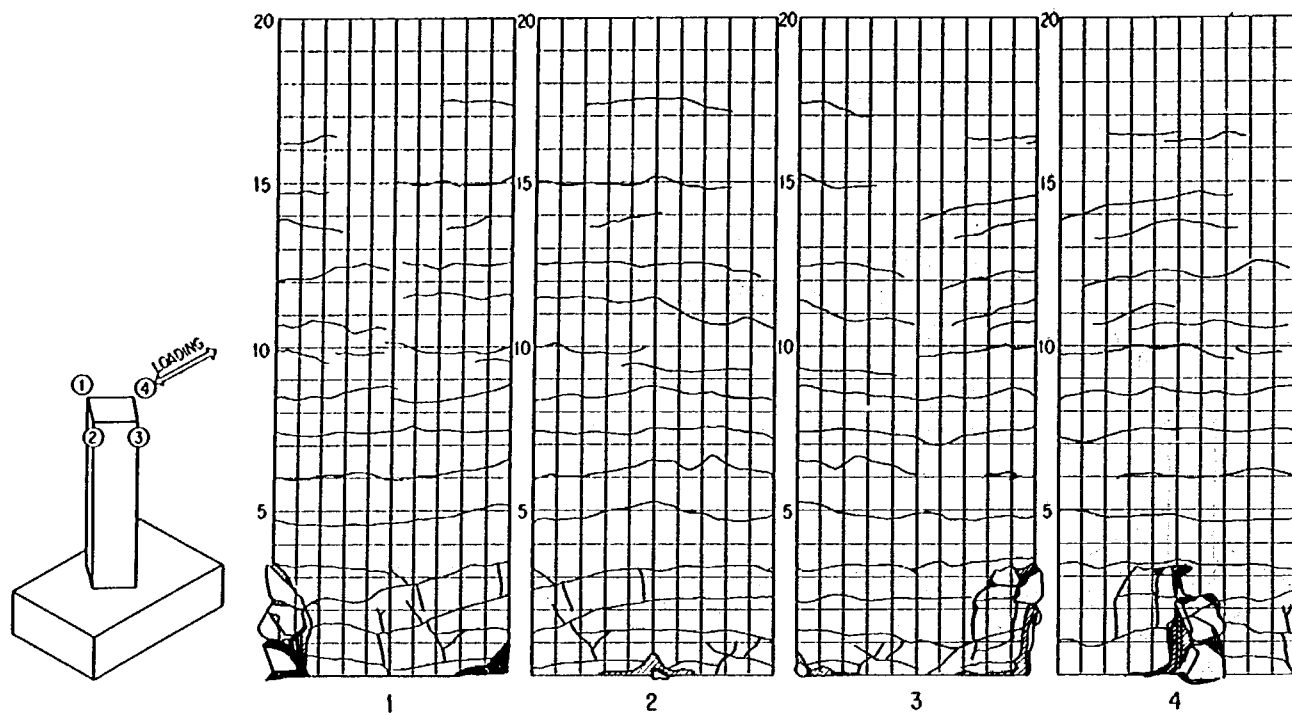


図 4 - 12. 3 供試体 34, $3 \delta_0$ 終了後の破壊状況

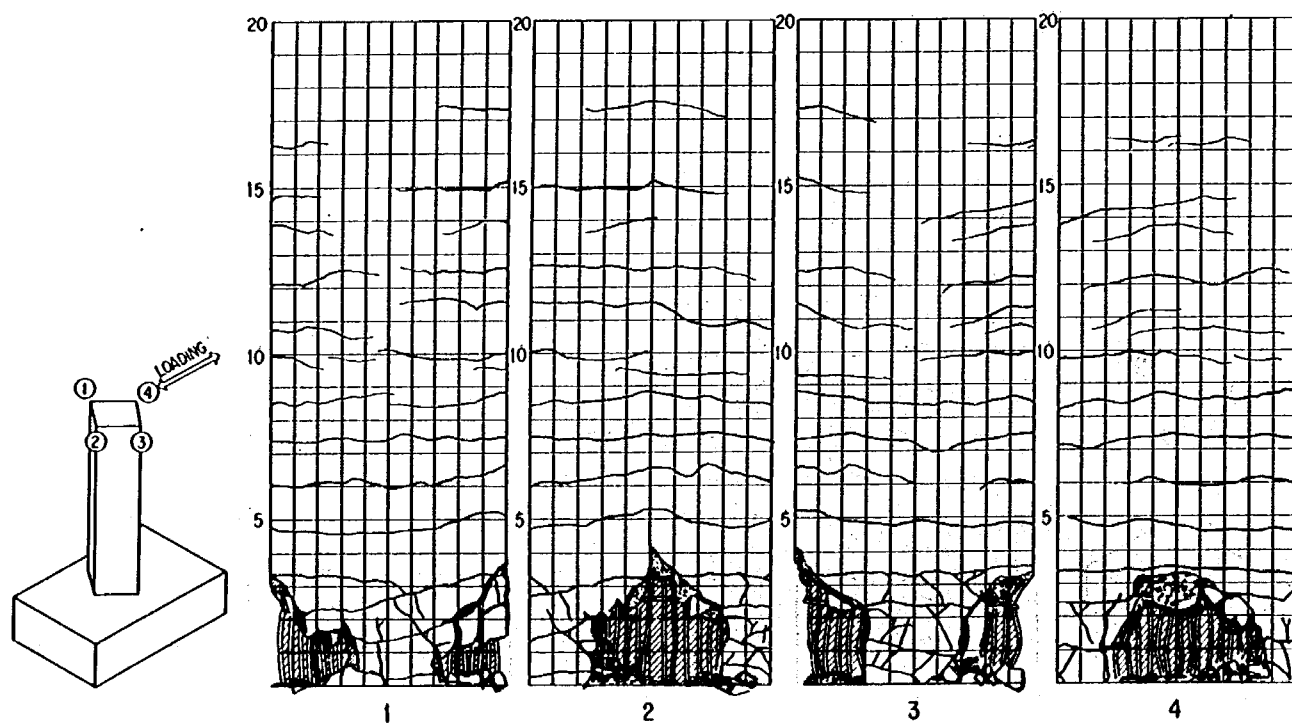


図 4 - 12. 4 供試体 34, $4 \delta_0$ 終了後の破壊状況

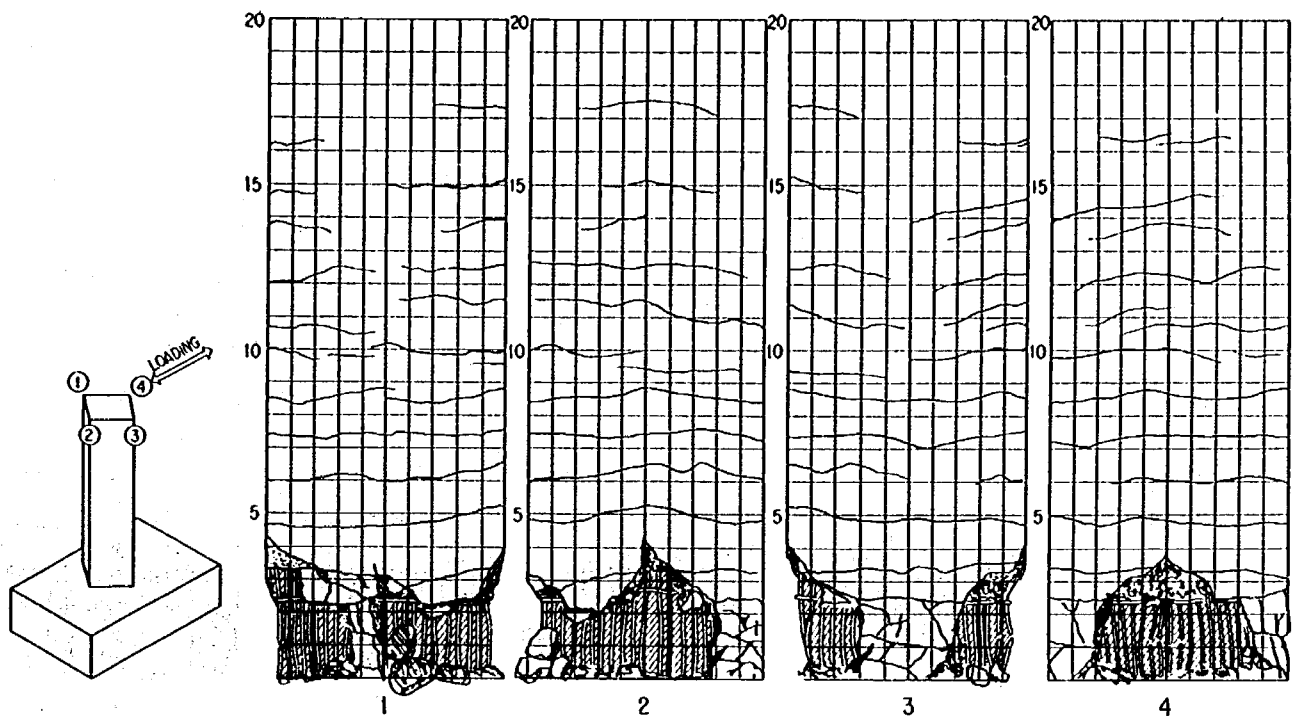


図 4 - 12. 5 供試体 34, $5 \delta_0$ 終了後の破壊状況

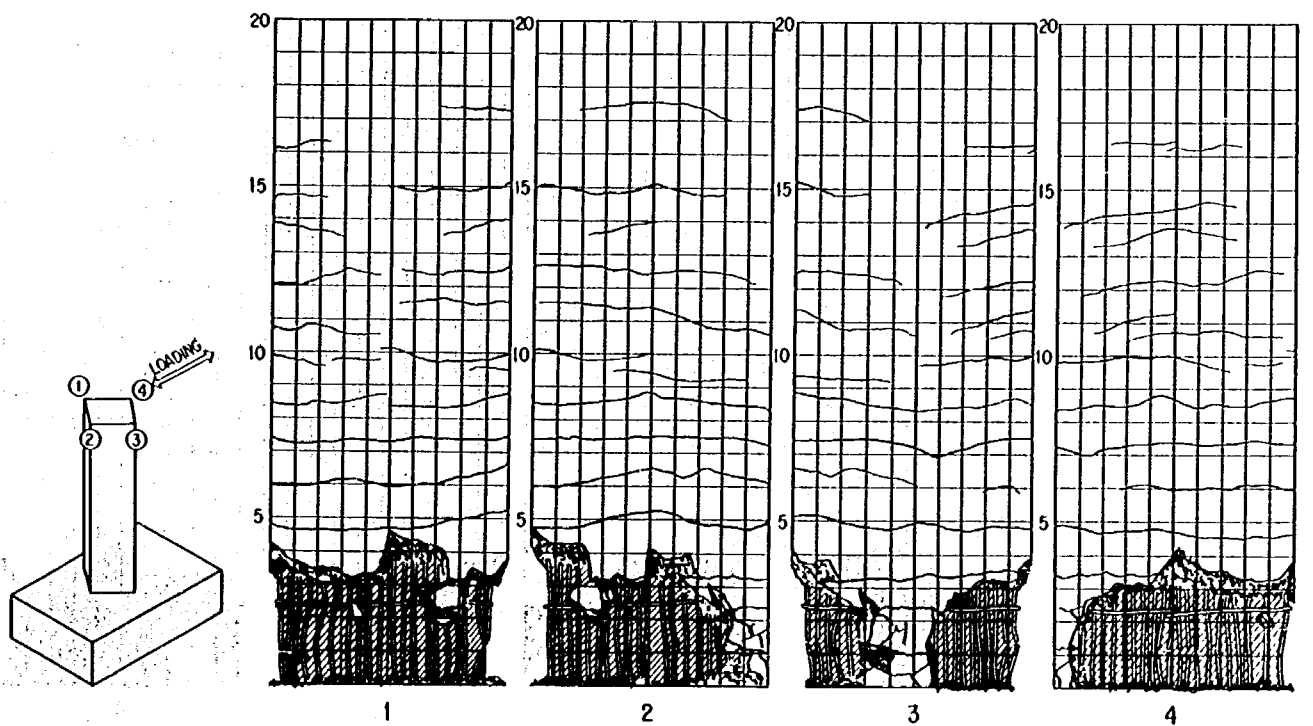


図 4 - 12. 6 供試体 34, $6 \delta_0$ 終了後の破壊状況

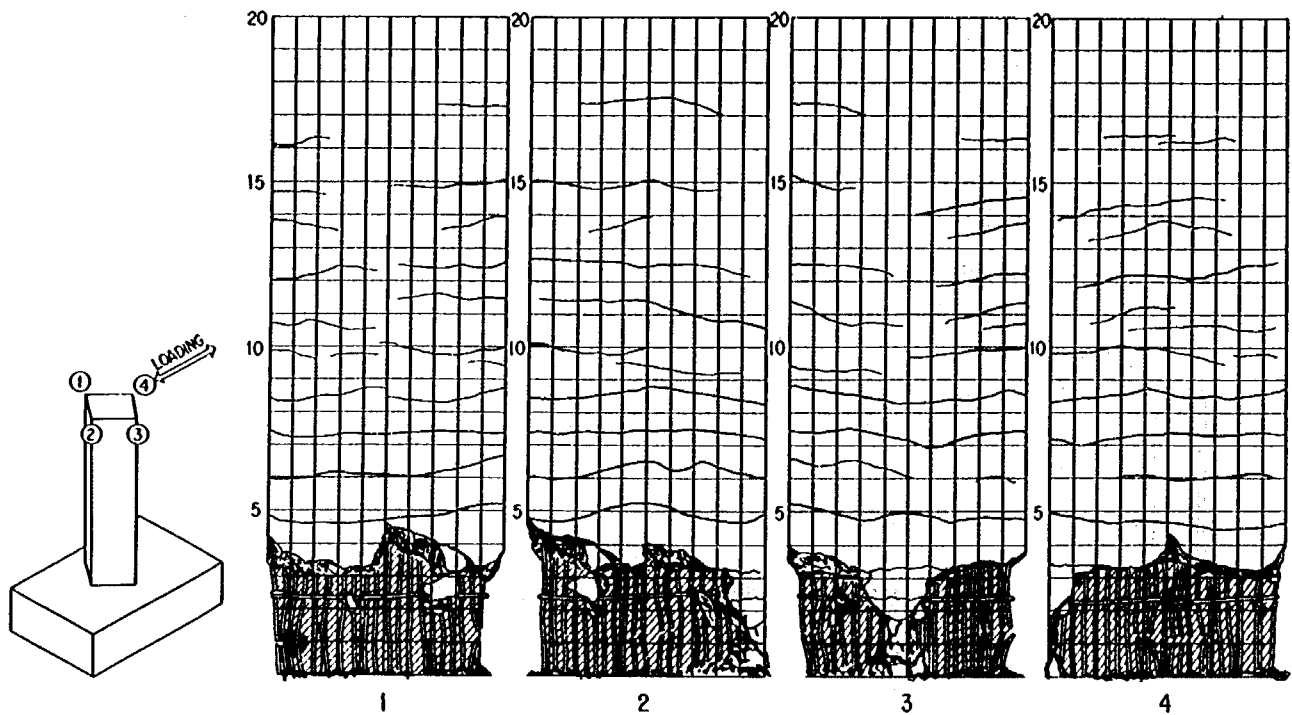


図 4 - 12. 7 供試体 34, $7 \delta_0$ 終了後の破壊状況

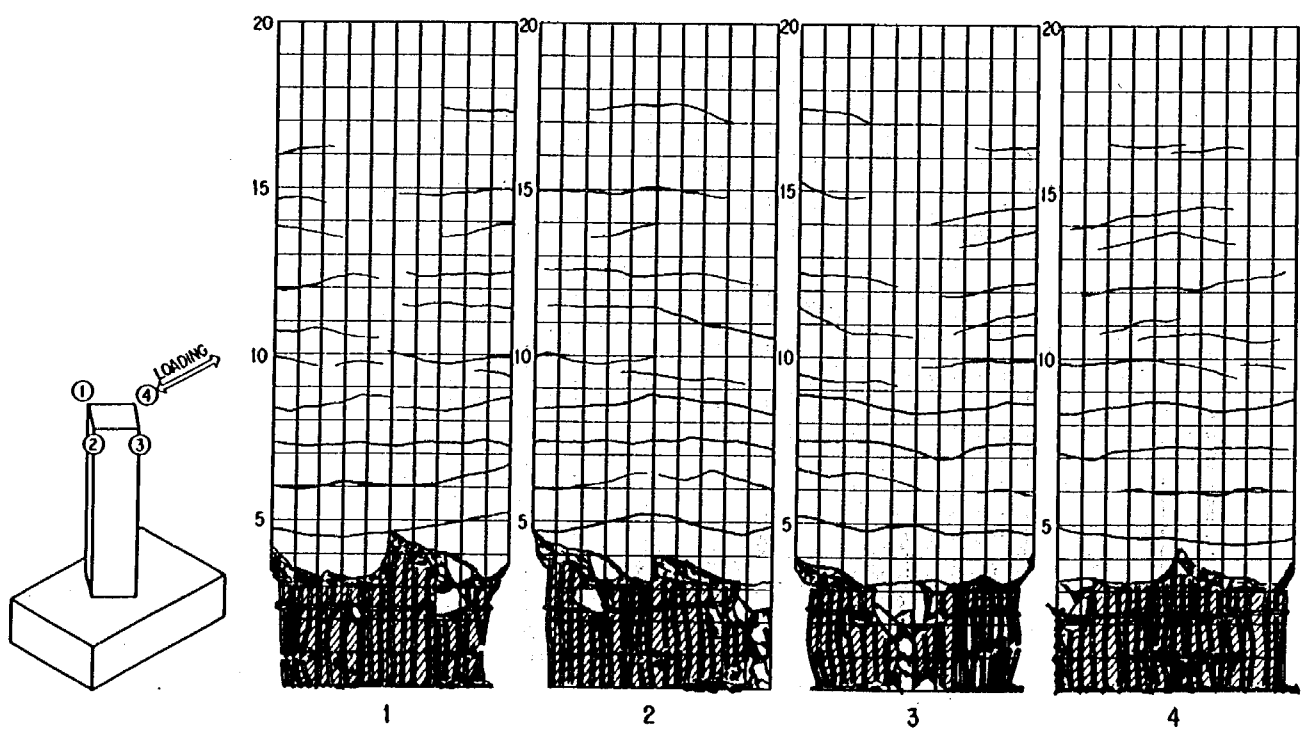


図 4 - 12. 8 供試体 34, $8 \delta_0$ 終了後の破壊状況

5. RC橋脚の動的耐力および動的変形性能

前章までに示した実験の結果から各供試体の荷重－変位履歴曲線の包絡線、履歴減衰定数および累積吸収エネルギーを基本として以下の項目について橋脚模型の耐震性能を検討した。

- 1) せん断補強筋の影響
- 2) 断面形状（円形）の影響
- 3) 円形断面に対するらせん鉄筋の影響
- 4) 荷重作用方向の影響

5-1 せん断補強筋の影響に関する検討

鉄筋コンクリート橋脚がせん断破壊する際のせん断補強筋の影響を調査するため、帯鉄筋間隔を5cmとやや密にした供試体25（帯鉄筋比0.51%）、らせん鉄筋を2.5cm間隔で配置した供試体26（らせんの鉄筋比1.02%）、および斜め鉄筋（引張鉄筋の約 $\frac{1}{4}$ 、鉄筋比0.1%）を配置した供試体27の実験結果を相互に比較するとともに、帯鉄筋間隔を25cmとした供試体18の結果とも比較した。ただし、供試体18のせん断支間比は2.2であり、供試体25、26および27のせん断支間比2.5と同じではないが、帯鉄筋以外の諸元は同じで、せん断支間比も比較的近いことから比較の対象としたものである。

図4-3（供試体25）、図4-4（供試体26）、図4-5（供試体27）および第1報（土木研究所資料第2232号）の図4-21（供試体18）に示した破壊状況を比較すると、供試体18（帯鉄筋間隔25cm）の場合には、荷重を加えるとともに斜めクラックが入り、これが順次進展するとともにコンクリートのはく離を生じ、やがて、斜めクラックが完全に躯体を貫通して、急速に耐力が減少する典型的なせん断破壊を示すのに対して、供試体25（帯鉄筋間隔5cm）、供試体26（らせん鉄筋）、供試体27（斜め鉄筋）では、最初に斜めクラックが入るものの、これが大きく進展せず、むしろ曲げ破壊のように橋脚の基部でコンクリートのはく離が進行していく。特に、供試体25および供試体27では、7 δ_0 の載荷によりそれぞれ1本および2本の主鉄筋が基部で破断している。このように、供試体18と供試体25～27の間で破壊形態が大きく異なる理由としては、上述したように、供試体18のせん断支間比が2.2であり、供試体25～27のせん断支間比2.5よりも多少小さいため、せん断破壊がより顕著な形で表れたと解釈することもできる。しかしながら、もともと、せん断支間比が2.5程度であれば、特別なせん断補強をしなければ一般にせん断破壊をすると考えられることから、せん断補強筋の影響により供試体25～27は、せん断破壊よりもむしろ曲げ破壊に近い破壊形態を示すに至ったと考える方が素直なように思われる。

図5-1、図5-2および図5-3は、それぞれ、荷重－変位履歴曲線の包絡線、履歴減衰定数および累積吸収エネルギーを比較したものである。また、表5-1は供試体18、25、26および27の耐震性能の一覧を示したものである。

図5-1、図5-2、図5-3および表5-1から以下のことが指摘される。

- 1) 帯鉄筋間隔を小さくしたり、らせん鉄筋、斜め鉄筋を用いることはいずれも変形性能を高めるため

に効果があり、帯鉄筋を25cm間隔で配置した供試体18と比較すると、供試体25、26および27ではじん性率はいずれも2.5～3.3倍程度大きくなる。

2) 帯鉄筋間隔を小さくしたり、らせん鉄筋、斜め鉄筋を用いることにより、いずれも履歴減衰定数は最大で0.2程度の値をとり、帯鉄筋間隔が25cmの供試体18の場合の0.13よりも大幅に大きくなる。

3) 累積吸収エネルギーは、らせん鉄筋を用いた供試体26が最も大きく、供試体25および供試体27はほぼ同程度の値となる。ただし、いずれの場合も供試体18に比べると、累積吸収エネルギーは非常に大きい。

以上をまとめると、帯鉄筋間隔を5cm程度に小さくしたり、2.5cm間隔でらせん鉄筋を巻いたり、主鉄筋の1/4程度の斜め鉄筋を用いることは、いずれも、変形性能、履歴減衰定数、累積吸収エネルギーを増大させるのに有効であるが、特に、らせん鉄筋を用いることは顕著な効果があることが指摘される。

5-2 断面形状の影響に関する検討

鉄筋コンクリート橋脚の耐震性に及ぼす断面形状の影響を検討するために円形断面を有する供試体28(せん断支間比 $h/d=4.7$)、供試体29(せん断支間比 $h/d=3.3$)、供試体30(せん断支間比 $h/d=1.9$)と断面が正方形であることを除いて橋脚断面積、橋脚高さ、軸方向鉄筋比、帯鉄筋間隔、載荷方法ともそれぞれ全く同一の供試体10、17、18(土木研究所資料第2232号参照)の実験結果を比較した。

図4-6(供試体28)、図4-7(供試体29)、図4-8(供試体30)および第1報(土木研究所資料第2232号)の図4-13(供試体10)、図4-20(供試体17)、図4-21(供試体21)に示した破壊状況を比較すると、以下ようになる。

1) 躯体高さ2.5mの場合(供試体10、供試体28)

正方形断面、円形断面とも躯体基部で曲げ破壊が生じる。斜めクラックの発生時期は正方形断面、円形断面とも同じであるが、正方形断面のほうが斜めクラックの本数は多い。コンクリートのはく離は円形断面のほうが早く生じるが、その生じ方には正方形断面と円形断面とで大きな違いはない。主鉄筋の破断は円形断面のほうが早く発生し、破断本数も多い。

2) 躯体高さ1.75mの場合(供試体17、供試体29)

正方形断面、円形断面とも躯体基部で曲げ破壊が生じ、斜めクラック、コンクリートのはく離、主鉄筋の破断に関する断面形状の影響は躯体高さ2.5mの場合と同様である。ただし、斜めクラックに関しては、正方形断面のほうが、その本数が多いとともに発生範囲も広がっている。

3) 躯体高さ1.0mの場合(供試体18、供試体30)

正方形断面、円形断面とも躯体側面に斜めクラックが発生し、その幅が広がり、躯体側面のコンクリートのはく離してせん断破壊が生じた。斜めクラックは正方形断面、円形断面とも180°の載荷前に発生していたが、正方形断面のほうがその進展は早く、コンクリートのはく離も早く生じた。主鉄筋の破断は正方形断面、円形断面とも生じなかった。

図5-4、図5-5および図5-6はそれぞれ荷重変位履歴曲線の包絡線、履歴減衰定数および累積吸収エネルギーを比較したものである。また、表5-2は供試体10、17、18、28、29および30の耐震性能

一覧を示したものである。これらの結果より、以下の事項が指摘される。

- 1) 橋脚基部が曲げ破壊する供試体 10, 17 (正方形) と供試体 28, 29 (円形) では、最大耐力に達するまでは断面形状の差はあまり認められないが、最大耐力以降は正方形断面の方が円形断面よりも耐力の低下がやや遅い。
- 2) せん断破壊する供試体 18 および 30 では、最大耐力に達した後の耐力の低下の度合いは正方形断面の方が円形断面よりも小さい。

5-3 円形断面に対するらせん鉄筋の影響に関する検討

円形断面の鉄筋コンクリート橋脚の耐震性に及ぼすらせん鉄筋の効果を検討するために、橋脚下端から 50cm の範囲でらせん鉄筋を 2.5 cm 間隔 (らせん鉄筋比 1.02%) で配置した供試体 31 (せん断支間比 $h/d = 4.7$) および供試体 32 (せん断支間比 $h/d = 3.3$) と帯鉄筋を 25 cm 間隔 (帯鉄筋比 0.1%) で配置した供試体 28 (せん断支間比 $h/d = 4.7$) および供試体 29 (せん断支間比 $h/d = 3.3$) の実験結果を比較した。

図 4-6 (供試体 28), 図 4-7 (供試体 29), 図 4-9 (供試体 31) および図 4-10 (供試体 32) に示した破壊状況を比較すると、以下のようになる。

- 1) 帯鉄筋を用いた供試体 28 および 29 では、それぞれ、 $3\delta_0$ および $4\delta_0$ でコンクリートのはく離が生じ始めたが、らせん鉄筋を用いた供試体 31 および 32 では、これらよりも更に遅く、それぞれ、 $7\delta_0$ および $5\delta_0$ でコンクリートのはく離が生じ始めた。
- 2) 供試体 28 および 29 ではともに、最終的にコンクリートのはく離は橋脚下端から 40 cm 程度の範囲で生じ、また、最下端の帯鉄筋 (橋脚下端から 25 cm の位置) と橋脚基部のほぼ中間に相当する位置 (橋脚下端から 12.5 cm の位置) で主鉄筋が破断している。主鉄筋がこの位置で破断したのは、橋脚基部と最下端の帯鉄筋位置の 2 点で拘束されているだけであるため、載荷に伴ってこれらの中間位置で主鉄筋の面外への繰り返し大変形が生じたためである。一方、このような主鉄筋の面外への変形をらせん鉄筋で拘束した供試体 31 および 32 の場合には、主鉄筋の破断は供試体 28 および 29 よりもさらに載荷振幅を増やした段階で生じ、また、破断位置も橋脚基部から 4~5 cm と低くなっている。これに伴ない、コンクリートの完全なはく離が生じる範囲も橋脚下端から 15 cm 程度までと小さくなっている。

図 5-7, 図 5-8 および図 5-9 はそれぞれ荷重変位履歴曲線の包絡線、履歴減衰定数および累積吸収エネルギーを比較したものである。また表 5-3 は供試体 28, 29, 31 および 32 の耐震性能の一覧を示したものである。これらの結果より、以下の事項が指摘される。

- 1) せん断支間比 $h/d = 4.7$ および 3.3 いずれの場合にもらせん鉄筋を配置することにより、帯鉄筋だけの場合に比べて変形性能、履歴減衰定数、および累積吸収エネルギーを大きく向上させることができる。
- 2) 最大耐力に対するらせん鉄筋の効果は大きいものではない。

5-4 荷重載荷方向の影響に関する検討

鉄筋コンクリート橋脚が基部で曲げ破壊する場合の耐震性に及ぼす荷重載荷方向の影響を検討するため、

正方形断面の主軸を載荷方向から $\pi/6$ だけ回転させた供試体33および $\pi/4$ だけ回転させた供試体34の結果を、それぞれ、断面の主軸方向と載荷方向を一致させた供試体10の結果（第1報，土木研究所資料第2232号参照）と比較した。

図4-11（供試体33），図4-12（供試体34）および第1報（土木研究所資料第2232号）の図4-13（供試体10）に示した破壊状況を比較すると，以下ようになる。

1) 断面の主軸方向と載荷方向を一致させた供試体10では，橋脚基部の最外縁でいっせいにコンクリートのはく離が生じるが，供試体33および34では，載荷面の橋脚のコーナー部から逐次コンクリートのはく離が進行していく。また，コンクリートのはく離は，供試体10では $4\delta_0$ から始まるのに対して，供試体33および34ではともに $3\delta_0$ からと供試体10に比較して早く始まる。

2) 主鉄筋の破断も，供試体10では $6\delta_0$ から始まるのに対して，供試体33および34では $5\delta_0$ からと早期に始まる。また， $8\delta_0$ 終了時における主鉄筋の総破断本数は，供試体10が11本であるのに対して，供試体33および34では，それぞれ，18本，16本となっており，供試体10に比較して50%程度多くなっている。

図5-10，図5-11，図5-12は，それぞれ，荷重変位履歴曲線の包絡線，履歴減衰定数および累積吸収エネルギーを比較したものである。また，表5-4は供試体10，33および34の耐震性能一覧を示したものである。これらの結果より，以下の事項が指摘される。

1) コンクリートが剥離するまでは載荷方向の影響は顕著ではないが，コンクリートのはく離後は橋脚に角度をつけて載荷した場合の方が耐力の低下が著しい。

表 5 - 1 供試体は 18, 25 ~ 27 の耐震性能一覧

Model No.	P-18	P-25	P-26	P-27
Reinforcement for Shear Failure	Hoop with Interval of 25 cm	Hoop with Interval of 5 cm	Spiral	Diagonal Reinforcement
Yield Strength P_y [t]	37.8	28.8	30.7	32.0
Maximum Strength P_u [t]	41.1	37.5	38.6	42.8
$\frac{P_u}{P_y}$	1.09	1.3	1.26	1.34
Yield Displacement δ_y [mm]	6.0	6.2	7.4	6.0
Ultimate Displacement δ_u [mm]	11.2	36.0	46.1	27.9
$\frac{\delta_u}{\delta_y}$	1.87	5.81	6.23	4.65

表 5 - 2 供試体 10, 17, 18, 28 ~ 30 の耐震性能一覧

Model No.	P-10	P-17	P-18	P-28	P-29	P-30
Shape of Cross Section	Square			Circle		
Pier Height [cm]	250	175	100	250	175	100
Yield Strength P_y [t]	13.9	21.7	37.8	13.4	20.4	37.0
Maximum Strength P_u [t]	17.0	23.8	41.1	17.3	25.2	42.8
$\frac{P_u}{P_y}$	1.22	1.1	1.09	1.29	1.24	1.16
Yield Displacement δ_y [mm]	15.4	10.1	6.0	15.2	10.0	4.9
Ultimate Displacement δ_u [mm]	74.1	33.1	11.2	63.8	43.5	17.0
$\frac{\delta_u}{\delta_y}$	4.81	3.28	1.87	4.2	4.4	3.5

表 5 - 3 供試体 28, 29, 31, 32 の耐震性能一覧

Model No.	P-28	P-29	P-31	P-32
Reinforcement at Bottom	Hoop		Spiral	
Shear-Span Ratio	4.7	3.3	4.7	3.3
Yield Strength P_y [t]	13.4	20.4	15.6	24.0
Maximum Strength P_u [t]	17.3	25.2	17.0	25.4
$\frac{P_u}{P_y}$	1.29	1.24	1.09	1.06
Yield Displacement δ_y [mm]	15.2	10.0	19.5	12.5
Ultimate Displacement δ_u [mm]	63.8	43.5	93.0	63.6
$\frac{\delta_u}{\delta_y}$	4.2	4.4	4.77	5.09

表 5 - 4 供試体 10, 33, 34 の耐震性能一覧

Model No.	P-10	P-33	P-34
Direction of Lateral Loading [radian]	0	$\pi/6$	$\pi/4$
Yield Strength P_y [t]	13.9	16.0	16.7
Maximum Strength P_u [t]	17.0	18.6	18.7
$\frac{P_u}{P_y}$	1.22	1.16	1.12
Yield Displacement δ_y [mm]	15.4	17.9	18.5
Ultimate Displacement δ_u [mm]	74.1	54.4	55.3
$\frac{\delta_u}{\delta_y}$	4.81	3.04	2.99

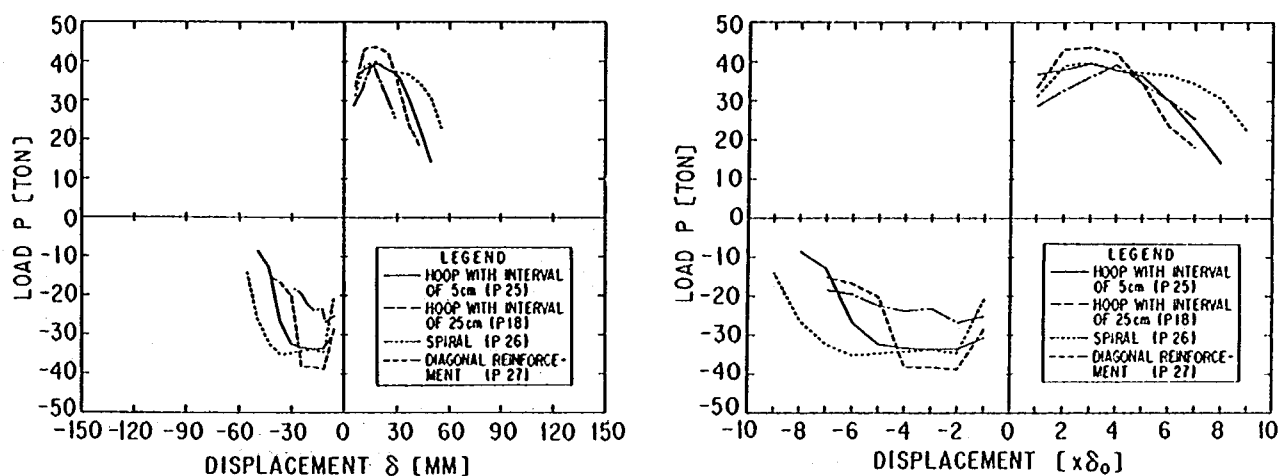


図5-1 供試体 18, 25 ~ 27 の荷重-変位履歴曲線の包絡線

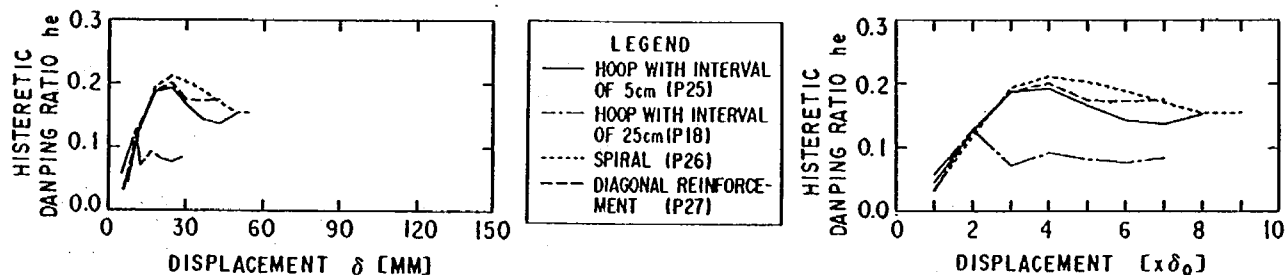


図5-2 供試体 18, 25 ~ 27 の履歴減衰定数

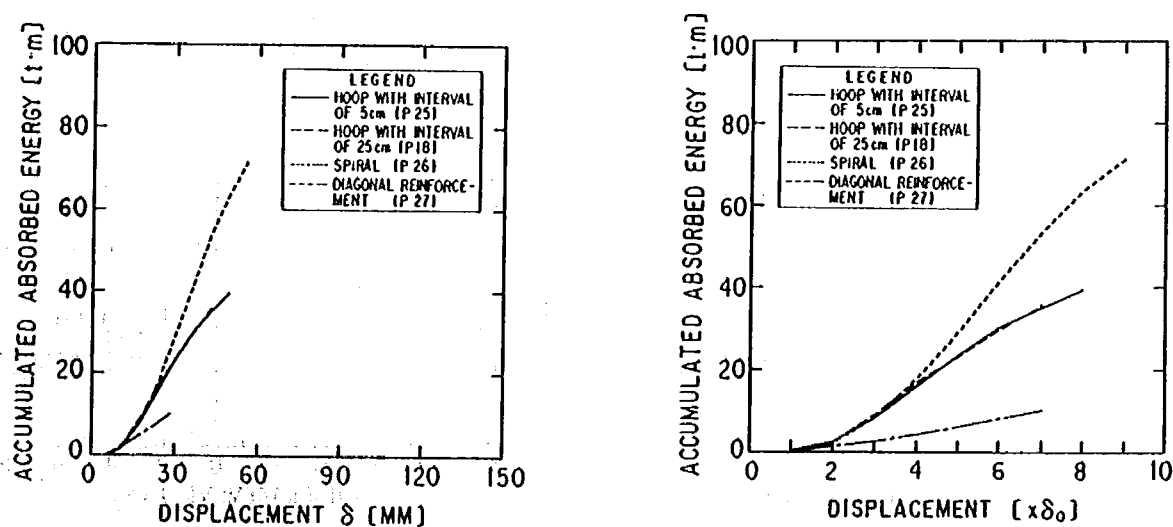
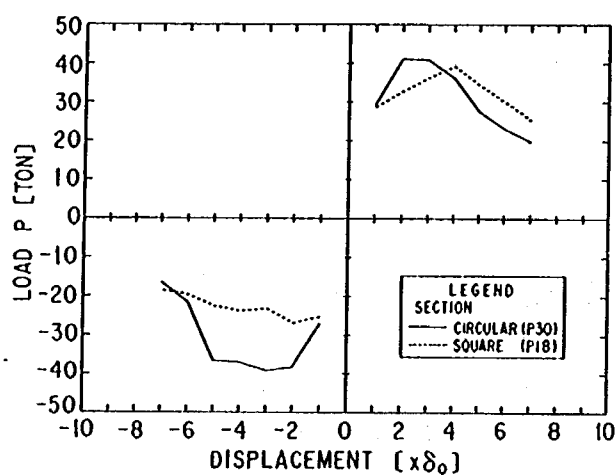
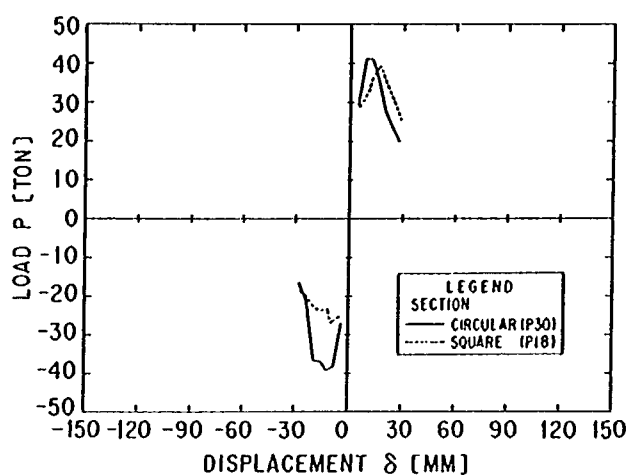
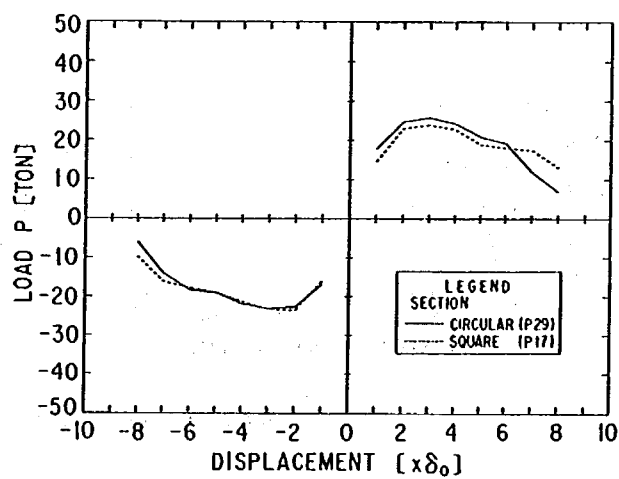
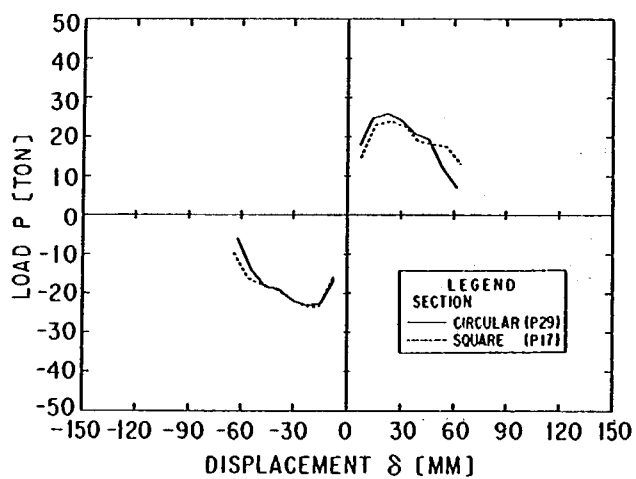


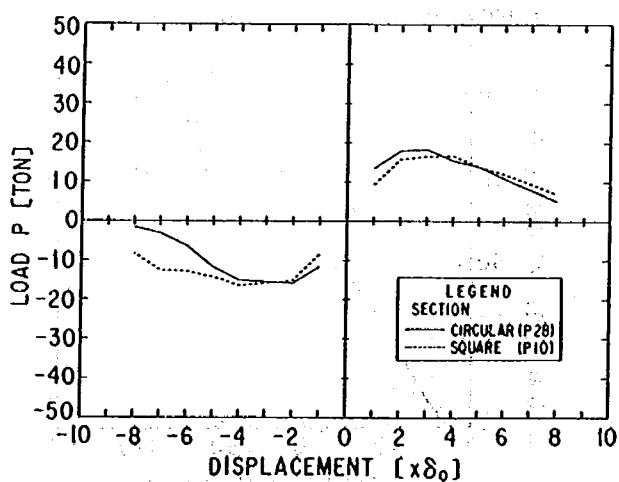
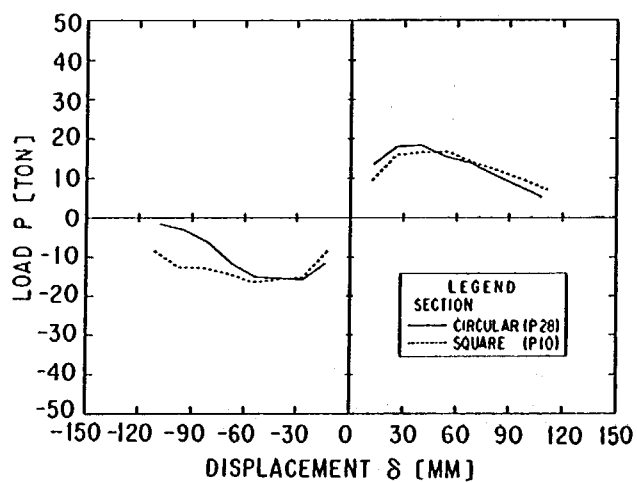
図5-3 供試体 18, 25 ~ 27 の累積吸収エネルギー



(a) $h = 100$ cm の場合

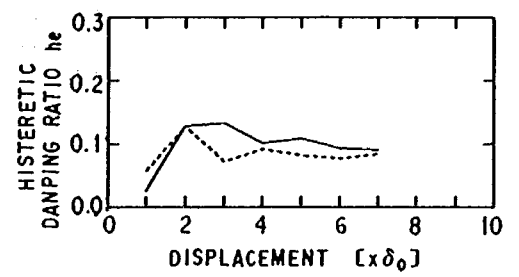
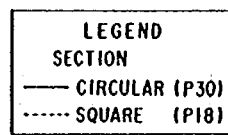
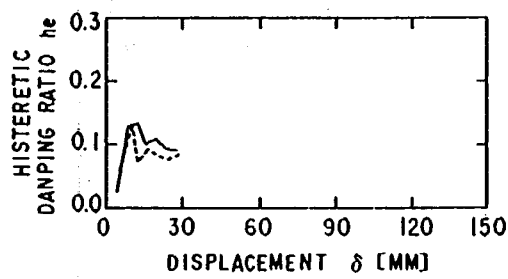


(b) $h = 175$ cm の場合

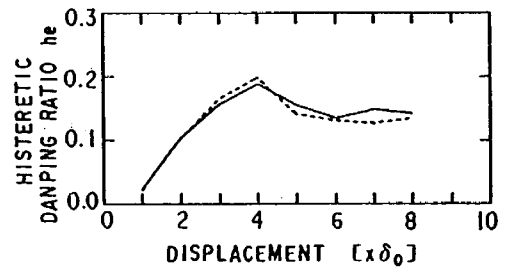
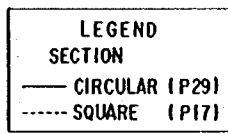
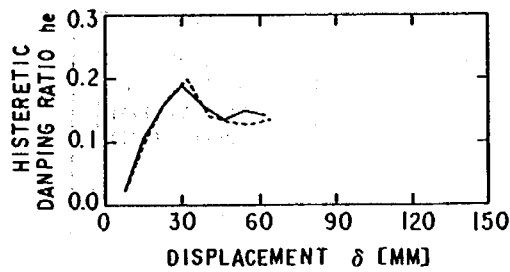


(c) $h = 250$ cm の場合

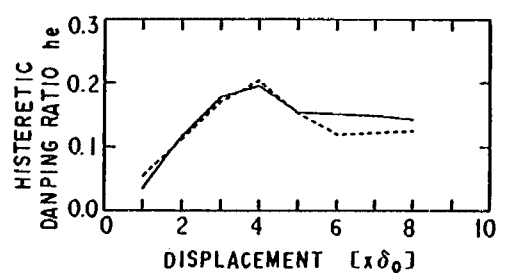
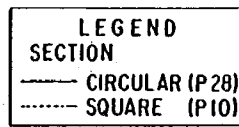
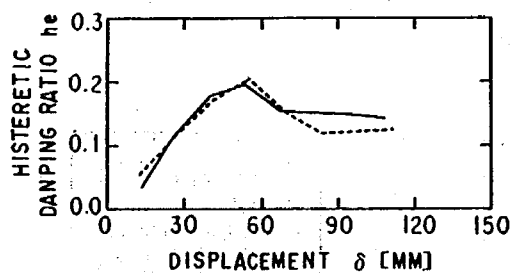
図5-4 供試体 10, 17, 18, 28 ~ 30 の荷重-変位履歴曲線の包絡線



(a) $h = 100$ cm の場合

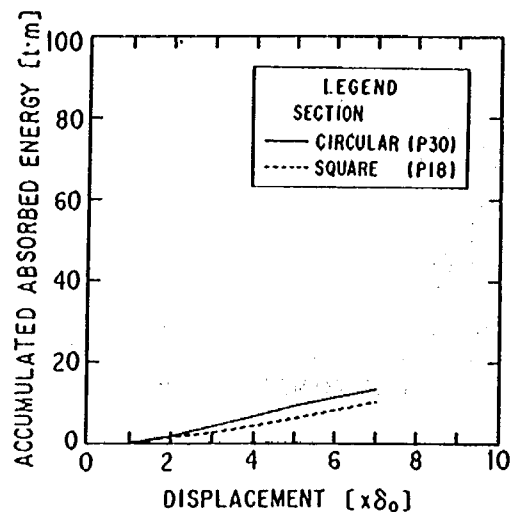
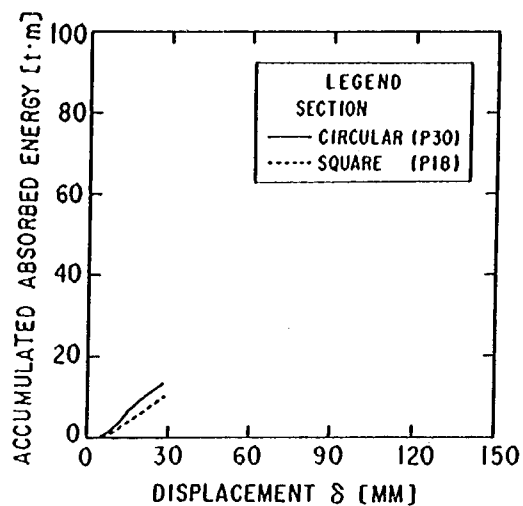


(b) $h = 175$ cm の場合

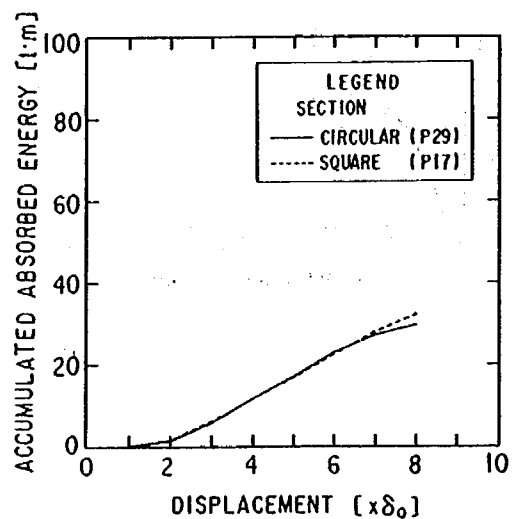
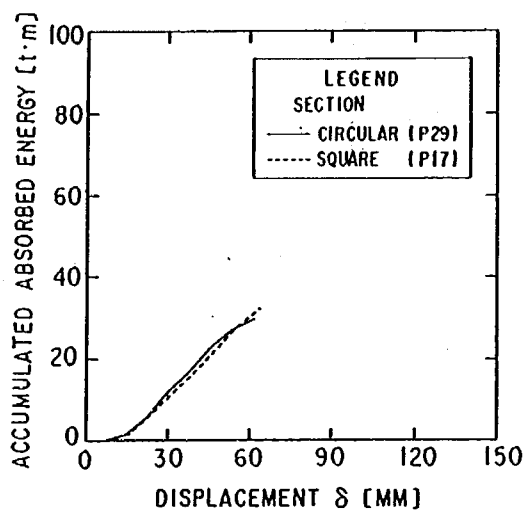


(c) $h = 250$ cm の場合

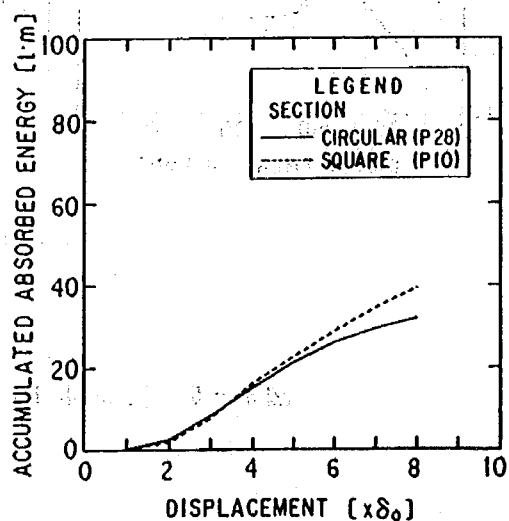
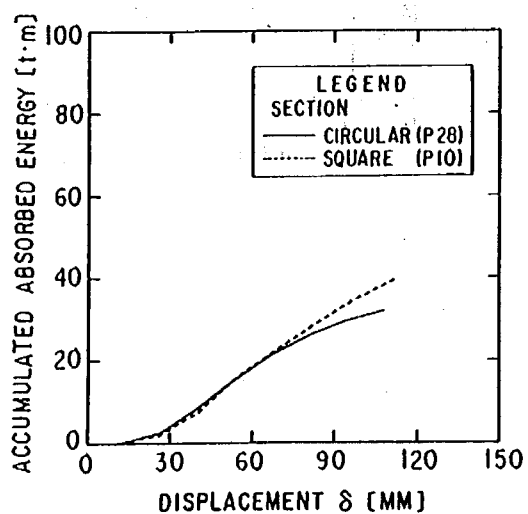
図 5-5 供試体 10, 17, 18, 28 ~ 30 の履歴減衰定数



(a) $h = 100$ cm の場合



(b) $h = 175$ cm の場合



(c) $h = 250$ cm の場合

図5-6 供試体 10, 17, 18, 28 ~ 30 の累積吸収エネルギー

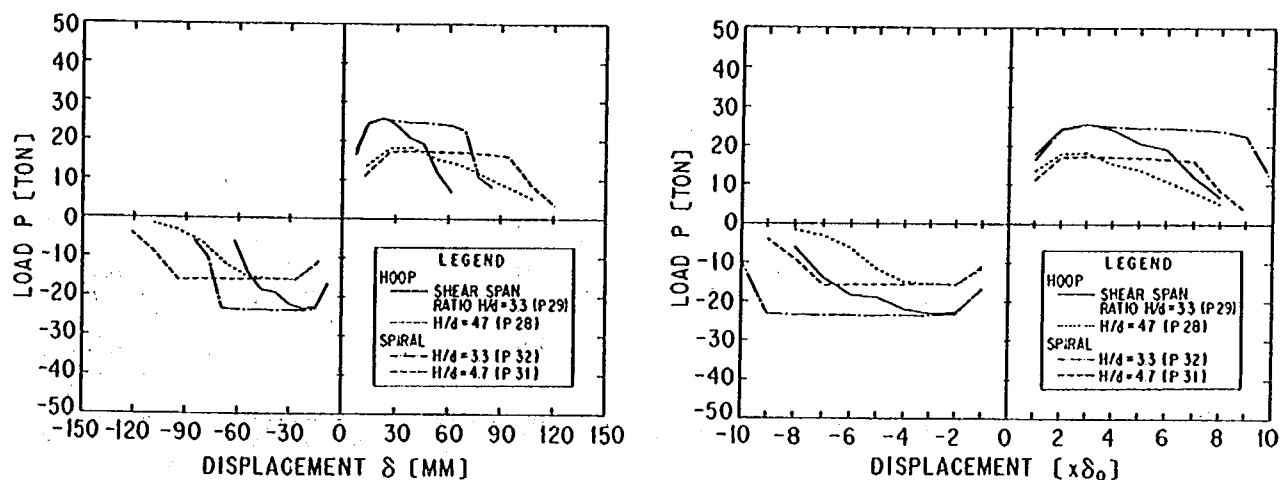


図 5-7 供試体 28, 29, 31, 32 の荷重-変位履歴曲線の包絡線

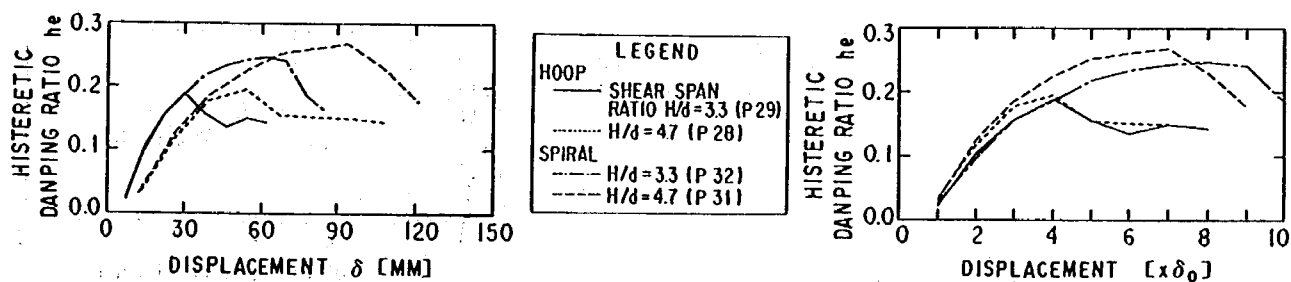


図 5-8 供試体 28, 29, 31, 32 の履歴減衰定数

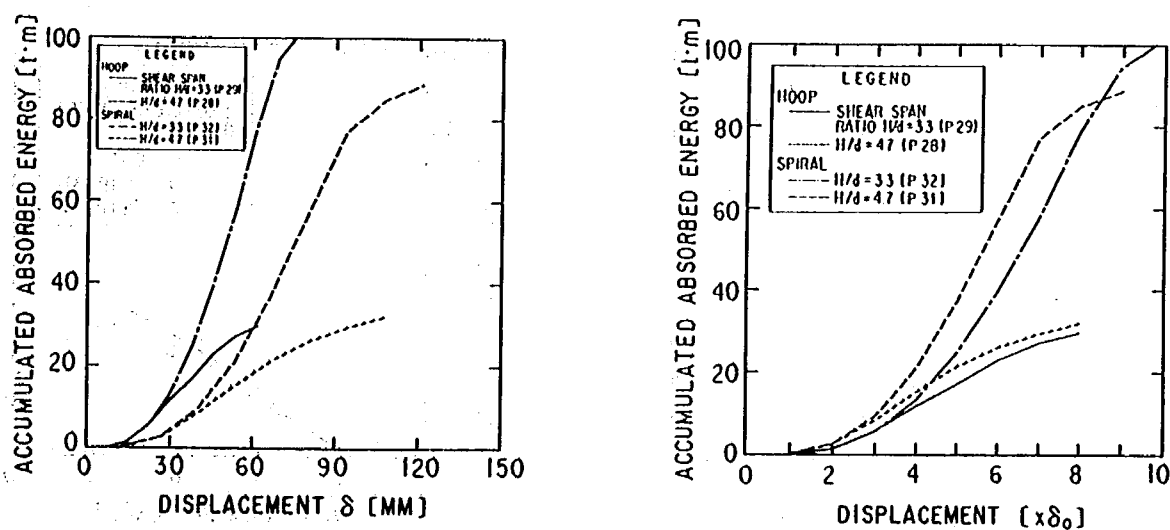


図 5-9 供試体 28, 29, 31, 32 の累積吸収エネルギー

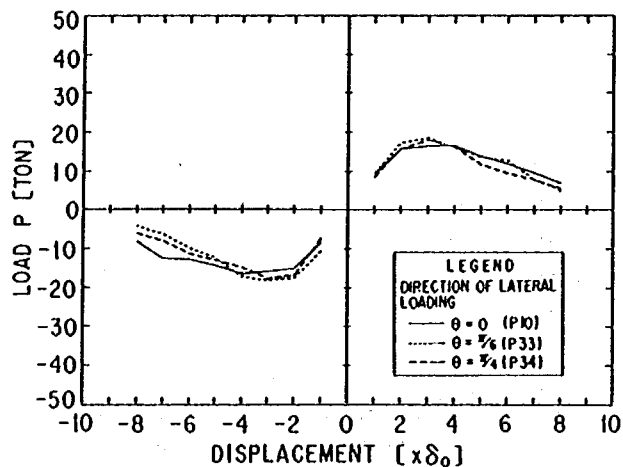
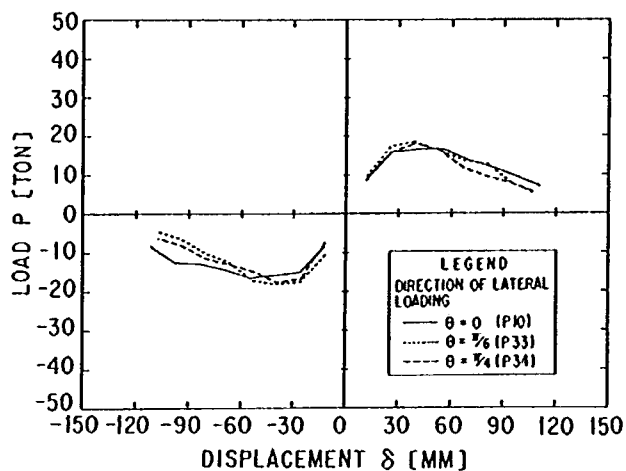


図5-10 供試体 10, 33, 34 の荷重-変位履歴曲線の包絡線

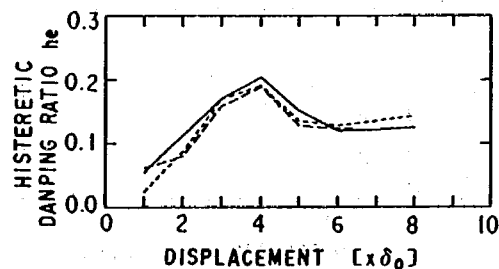
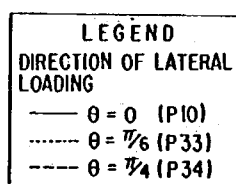
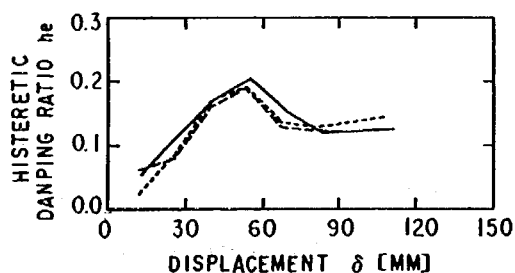


図5-11 供試体 10, 33, 34 の履歴減衰定数

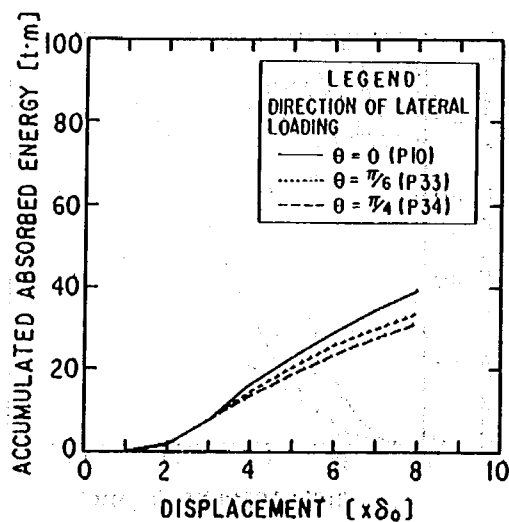
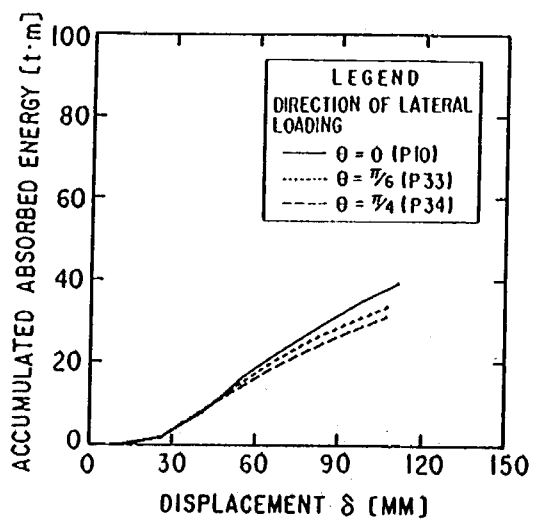


図5-12 供試体 10, 33, 34 の累積吸収エネルギー

6. ま と め

鉄筋コンクリート橋脚の動的特性に及ぼす ⅰ) せん断補強筋の影響, ⅱ) 断面形状(円形)の影響, ⅲ) 円形断面に対するらせん鉄筋の影響, ⅳ) 荷重作用方向の影響を検討するために, 合計10体の模型橋脚の動的載荷実験(載荷速度 25 cm/sec)を行った。本実験結果から得られた結論は以下の通りである。

1) せん断破壊する場合の補強対策として, ⅰ) 密な帯鉄筋の配置(帯鉄筋比 0.51%, 帯鉄筋 $\phi 9\text{mm} \times 5\text{cm}$ 間隔), ⅱ) らせん鉄筋(らせんの鉄筋比 1.02%), ⅲ) 斜め鉄筋(斜め鉄筋比 0.1%, 主鉄筋の約 $\frac{1}{4}$ に相当)の効果を検討した結果, 以下の通りとなった。

a) 上記ⅰ), ⅱ), ⅲ) の対策を施すと, 斜めクラックは多少生じるが, これが大きく進展してせん断破壊に至らず, むしろ, 最終的には橋脚基部で曲げ破壊するようになる。これは, せん断破壊に対する抵抗力を強めた結果, 曲げ破壊に至るようになったものと考えられる。

b) 上記 a) のため, 上記ⅰ), ⅱ), ⅲ) の対策を施すことにより, 変形性能, 履歴減衰定数, 累積吸収エネルギーはともに大幅に向上する。特に, らせん鉄筋(らせん鉄筋比 1.02%)を用いた場合に顕著な効果が認められるが, せん断補強筋の量を考えると, 斜め鉄筋(斜め鉄筋比 0.1%)を用いた場合の効果が注目になる。

c) 今後, 施工性とも関連させて, 有利なせん断破壊の防止対策を検討していく必要がある。

2) 円形断面と正方形断面の違いを検討するために, 橋脚基部で曲げ破壊する場合とせん断破壊する場合の両者について断面積, 軸方向鉄筋量, 帯鉄筋量および高さを同じにした橋脚模型を同一の載荷方法で載荷実験した結果, 以下の通りとなった。

a) 橋脚基部で曲げ破壊する場合には, 最大耐力に達するまでは断面形状の差はあまり認められない。最大耐力以後は, 円形断面の方が外縁部から逐次破壊するため正方形断面よりも耐力の低下がやや早く生じる。

b) せん断破壊する場合には, 最大耐力に達した後の耐力の低下の度合いは円形断面の方が正方形断面よりも大きい。

c) 円形断面では, せん断支間比 h/d が 4.7 および 3.3 の場合には橋脚基部で曲げ破壊するのに対して, せん断支間比 h/d が 1.9 の場合には, せん断破壊した。第 1 報に示したように, 正方形断面の場合には, せん断支間比 h/d が 5.4 および 3.8 の場合には橋脚基部で曲げ破壊し, h/d が 2.2 の場合にはせん断破壊した。このような点から, 正確にはわからないが, 正方形断面, 円形断面いずれの場合にも h/d が 2~3 の範囲に曲げ破壊とせん断破壊の境界があるものと考えられる。

3) 曲げ破壊する場合に円形断面橋脚の基部をらせん鉄筋で補強(橋脚基部から 50cm の範囲, らせん鉄筋比 1.02%)した場合の効果を検討するために, せん断支間比 $h/d = 3.3$ および 4.7 の 2 種類の模型橋脚に対する動的載荷実験を行った結果, 以下の通りとなった。

a) $h/d = 3.3$ および 4.7 いずれの場合にも, らせん鉄筋を配置することにより, 橋脚基部での主鉄筋の伸び出しに伴う面外座屈を拘束でき, このため主鉄筋の破断およびコンクリートのはく離を遅

らせることができる。

b) このため、帯鉄筋だけの場合（帯鉄筋比 0.1%）に比較すると、変形性能、履歴減衰定数および累積吸収エネルギーを大幅に向上させることができる。

c) ただし、最大耐力の向上に対しては、らせん鉄筋はほとんど貢献しない。

4) 橋脚基部で曲げ破壊する正方形断面の橋脚に、橋脚の主軸とある角度をなして水平地震力が作用する場合の影響を検討するために、橋脚の主軸方向と載荷方向を $0, \pi/6, \pi/4$ と変化させた動的載荷実験を行った。この結果、以下の通りとなった。

a) 橋脚の主軸方向と載荷方向に角度をつけると、橋脚のコーナー部から逐次コンクリートのはく離および主鉄筋の破断が進行し、橋脚の主軸方向に載荷した場合に比較して、コンクリートのはく離、主鉄筋の破断とも早く、また、著しく生じる。

b) このため、コンクリートがはく離するまでは、載荷方向の影響は顕著なものではないが、コンクリートはく離後は橋脚の主軸と載荷方向に角度をつけて載荷した場合の方が、耐力の低下が著しい。

参考文献

- 1) 岩崎敏男, 萩原良二, 長谷川金二, 小山達彦, 吉田武史: 鉄筋コンクリート橋脚の動的挙動に関する模型実験, 天然資源の開発利用に関する日米会議, 耐風・耐震構造専門部会, 第16回合同部会会議録, メリーランド州ゲイザースバーグ, 1984.
- 2) 川島一彦, 長谷川金二, 小山達彦, 吉田武史: RC 橋脚の動的耐力に関する実験的研究 — (その1) 昭和56年度~昭和58年度の検討結果 — , 土木研究所資料, 第2232号, 昭和60年8月.

付 属 資 料

- I. 各供試体の実験結果
- II. 破壊状況写真
- III. 降伏変位の定義
- IV. 各供試体の配筋図

目 次

第一章 緒論	1
第二章 基礎理論	10
第三章 實驗方法	20
第四章 實驗結果與討論	30

付 属 資 料 I

荷重,変位,履歴減衰定数および吸収エネルギー

[Faint, illegible markings]

一九五〇年二月四日 上海建設委員會 對外宣傳處

付表 1-1 供試体 25 の実験結果

変位振幅	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (t)	最小荷重 (t)	吸収エネルギー (t・m)	等価剛性 (t/mm)	減衰定数
1 δ_0	7.741	-7.281	36.785	-30.727	0.070	4.494	0.044
	7.594	-7.354	34.953	-30.115	0.048	4.353	0.032
	7.609	-7.354	34.509	-30.101	0.038	4.318	0.025
	7.580	-7.325	34.098	-29.414	0.038	4.261	0.026
	7.609	-7.369	33.781	-29.620	0.031	4.233	0.021
	7.624	-7.354	33.742	-29.639	0.035	4.232	0.023
	7.565	-7.369	33.142	-29.204	0.036	4.175	0.025
	7.594	-7.384	33.300	-29.387	0.030	4.185	0.021
	7.594	-7.354	33.146	-28.828	0.033	4.146	0.023
2 δ_0	7.594	-7.384	32.895	-29.101	0.035	4.139	0.024
	11.669	-11.546	37.930	-33.553	0.329	3.079	0.126
	11.698	-11.561	35.805	-32.428	0.247	2.934	0.099
	11.698	-11.590	35.622	-31.888	0.220	2.899	0.089
	11.713	-11.604	35.436	-31.609	0.207	2.875	0.084
	11.713	-11.604	35.322	-31.375	0.200	2.860	0.082
	11.698	-11.604	35.182	-31.228	0.196	2.850	0.081
	11.698	-11.604	35.049	-31.070	0.193	2.837	0.080
	11.669	-11.590	34.910	-30.880	0.191	2.829	0.080
3 δ_0	11.654	-11.575	34.791	-30.816	0.190	2.824	0.079
	11.639	-11.604	34.678	-29.830	0.187	2.775	0.079
	18.102	-18.053	39.495	-33.622	0.775	2.022	0.187
	18.146	-18.053	35.638	-32.159	0.669	1.873	0.174
	18.161	-18.053	35.338	-30.858	0.614	1.828	0.163
	18.161	-18.082	35.279	-30.950	0.581	1.827	0.154
	18.146	-18.097	35.176	-31.011	0.557	1.826	0.148
	18.102	-18.112	35.105	-30.993	0.541	1.825	0.144
	18.132	-18.082	34.214	-30.970	0.502	1.800	0.135
4 δ_0	18.146	-18.097	34.301	-30.123	0.495	1.778	0.135
	18.146	-18.112	34.388	-30.279	0.488	1.784	0.132
	18.117	-18.126	34.326	-30.357	0.480	1.785	0.130
	24.507	-24.487	37.747	-33.392	1.059	1.452	0.193
	24.507	-24.472	36.139	-32.076	0.947	1.393	0.180
	24.536	-24.487	35.237	-31.950	0.869	1.371	0.168
	24.522	-24.501	35.175	-31.865	0.813	1.368	0.157
	24.522	-24.501	35.037	-31.821	0.770	1.364	0.150
	24.507	-24.501	34.854	-31.675	0.735	1.358	0.144
5 δ_0	24.492	-24.501	34.657	-30.841	0.686	1.337	0.136
	24.478	-24.531	34.483	-30.853	0.664	1.333	0.132
	24.507	-24.545	33.725	-30.775	0.644	1.315	0.130
	24.478	-24.545	33.583	-30.646	0.624	1.310	0.126
	30.454	-30.367	36.326	-32.308	1.091	1.128	0.166
	30.454	-30.367	34.915	-30.238	0.976	1.071	0.157
	30.454	-30.367	34.151	-29.254	0.868	1.042	0.143
	30.454	-30.404	32.570	-28.054	0.809	0.996	0.140
	30.454	-30.440	30.931	-26.962	0.747	0.951	0.135
6 δ_0	30.454	-30.404	30.166	-26.448	0.703	0.930	0.130
	30.417	-30.440	28.888	-25.533	0.676	0.894	0.130
	30.417	-30.513	27.943	-24.626	0.636	0.863	0.126
	30.454	-30.477	26.882	-24.078	0.601	0.836	0.123
	30.417	-30.477	25.776	-23.091	0.579	0.803	0.124
	36.829	-36.779	30.056	-26.808	0.943	0.773	0.143
	36.866	-36.815	28.327	-24.502	0.874	0.717	0.143
	36.829	-36.852	26.250	-22.317	0.789	0.659	0.140
	36.866	-36.889	24.489	-20.217	0.719	0.606	0.139
7 δ_0	36.902	-36.889	22.867	-18.367	0.652	0.559	0.136
	36.829	-36.925	21.691	-16.664	0.608	0.520	0.137
	36.829	-36.925	20.420	-15.330	0.562	0.485	0.136
	36.829	-36.999	19.309	-13.547	0.512	0.445	0.134
	36.866	-36.962	18.196	-12.024	0.472	0.409	0.135
	36.829	-36.999	17.289	-10.877	0.441	0.382	0.135

注) 最大, 最小荷重は, 変位最大, 最小時の値である。

付表1-2 供試体25の実験結果

変位振幅	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (t)	最小荷重 (t)	吸収エネルギー (t・m)	等価剛性 (t/mm)	減衰定数
7 δ_0	43.168	-43.227	22.643	-12.910	0.662	0.412	0.137
	43.168	-43.264	21.587	-11.469	0.613	0.382	0.137
	43.168	-43.264	20.229	-10.171	0.551	0.352	0.133
	43.168	-43.300	19.093	-9.394	0.509	0.329	0.132
	43.168	-43.300	18.127	-9.092	0.486	0.315	0.132
	43.168	-43.337	17.074	-8.346	0.458	0.294	0.133
	43.131	-43.337	15.846	-7.750	0.427	0.273	0.133
	43.131	-43.337	15.455	-7.579	0.414	0.266	0.132
	43.168	-43.337	15.155	-7.279	0.390	0.259	0.128
	43.241	-43.337	14.136	-6.990	0.369	0.244	0.128
8 δ_0	49.433	-49.529	14.172	-8.577	0.540	0.230	0.153
	49.433	-49.529	12.548	-7.883	0.509	0.206	0.160
	49.396	-49.566	11.994	-7.141	0.471	0.193	0.158
	49.433	-49.566	11.142	-6.848	0.439	0.182	0.157
	49.433	-49.602	10.389	-6.692	0.419	0.172	0.158
	49.396	-49.602	10.052	-6.189	0.422	0.164	0.167
	49.396	-49.602	9.865	-6.085	0.408	0.161	0.165
	49.396	-49.602	9.423	-5.870	0.395	0.154	0.166
	49.360	-49.639	9.313	-5.616	0.387	0.151	0.167
	49.470	-49.676	9.010	-5.431	0.371	0.146	0.165

注) 最大, 最小荷重は, 変位最大, 最小時の値である。

付表 2-1 供試体 26 の実験結果

変位振幅	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (t)	最小荷重 (t)	吸収エネルギー (t・m)	等価剛性 (t/mm)	減衰定数
1 δ_0	6.129	-5.713	31.157	-20.774	0.032	4.385	0.033
	5.909	-5.713	29.410	-20.796	0.022	4.320	0.024
	5.924	-5.728	29.188	-20.673	0.022	4.279	0.024
	5.938	-5.713	28.922	-20.766	0.018	4.265	0.020
	5.938	-5.713	28.760	-20.661	0.020	4.242	0.022
	5.953	-5.728	28.632	-20.624	0.022	4.217	0.024
	5.953	-5.713	28.593	-20.604	0.018	4.217	0.020
	5.924	-5.728	28.421	-20.466	0.020	4.196	0.022
	5.938	-5.742	28.263	-20.599	0.022	4.183	0.024
	5.938	-5.742	28.290	-20.594	0.017	4.185	0.019
2 δ_0	11.434	-11.223	38.929	-34.567	0.309	3.244	0.118
	11.463	-11.253	37.161	-33.413	0.219	3.107	0.087
	11.434	-11.282	36.650	-32.815	0.194	3.058	0.078
	11.434	-11.267	36.290	-32.501	0.185	3.030	0.075
	11.405	-11.253	36.061	-32.236	0.180	3.014	0.074
	11.405	-11.253	35.823	-32.052	0.178	2.996	0.074
	11.375	-11.297	35.661	-31.080	0.175	2.944	0.074
	11.361	-11.282	34.719	-31.139	0.174	2.909	0.074
	11.375	-11.326	34.770	-31.164	0.173	2.904	0.074
	11.375	-11.341	34.742	-31.228	0.154	2.904	0.065
3 δ_0	17.971	-17.848	39.863	-33.718	0.803	2.054	0.194
	17.971	-17.877	36.158	-32.596	0.704	1.918	0.182
	17.985	-17.906	35.867	-32.436	0.651	1.903	0.169
	17.941	-17.906	35.806	-32.406	0.628	1.903	0.163
	17.941	-17.906	34.869	-32.308	0.580	1.874	0.153
	17.941	-17.906	34.892	-31.387	0.574	1.849	0.154
	17.941	-17.936	34.942	-31.515	0.569	1.852	0.152
	17.941	-17.936	35.006	-31.618	0.566	1.857	0.151
	17.912	-17.936	34.961	-31.657	0.563	1.858	0.150
	17.912	-17.936	34.191	-31.689	0.529	1.838	0.143
4 δ_0	24.346	-24.326	37.923	-34.191	1.171	1.482	0.212
	24.360	-24.340	36.105	-33.497	1.091	1.429	0.205
	24.360	-24.340	35.997	-33.422	1.033	1.425	0.194
	24.360	-24.340	35.940	-33.307	0.992	1.422	0.187
	24.316	-24.340	35.908	-32.376	0.926	1.403	0.178
	24.316	-24.355	35.065	-32.407	0.905	1.386	0.175
	24.316	-24.370	35.060	-32.462	0.887	1.387	0.172
	24.331	-24.370	35.143	-32.453	0.873	1.388	0.169
	24.331	-24.355	35.120	-32.417	0.858	1.387	0.166
	24.316	-24.355	35.088	-32.389	0.845	1.386	0.164
5 δ_0	30.161	-29.964	37.175	-34.631	1.377	1.194	0.203
	30.161	-29.964	36.692	-33.813	1.318	1.173	0.198
	30.197	-29.964	36.250	-33.763	1.228	1.164	0.186
	30.197	-30.074	35.756	-32.773	1.159	1.137	0.179
	30.124	-30.074	35.902	-32.979	1.133	1.144	0.174
	30.124	-30.074	35.486	-32.540	1.081	1.130	0.168
	30.161	-30.074	35.445	-32.077	1.035	1.121	0.162
	30.124	-30.110	34.890	-32.329	1.017	1.116	0.160
	30.124	-30.110	34.299	-32.022	0.980	1.101	0.156
	30.124	-30.074	34.199	-32.114	0.950	1.102	0.152
6 δ_0	36.609	-36.412	36.621	-35.136	1.557	0.983	0.189
	36.646	-36.486	35.430	-33.689	1.448	0.945	0.182
	36.646	-36.486	34.672	-33.620	1.373	0.934	0.175
	36.609	-36.559	34.074	-32.876	1.289	0.915	0.167
	36.609	-36.522	33.511	-32.095	1.219	0.897	0.162
	36.646	-36.559	33.465	-31.271	1.159	0.884	0.156
	36.646	-36.559	33.019	-30.616	1.113	0.869	0.152
	36.609	-36.559	32.458	-30.313	1.087	0.858	0.151
	36.609	-36.596	31.995	-29.141	1.050	0.835	0.149
	36.646	-36.559	31.510	-29.054	1.015	0.827	0.146

注) 最大, 最小荷重は, 変位最大, 最小時の値である。

付表 2-2 供試体 26 の実験結果

変位振幅	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (t)	最小荷重 (t)	吸収エネルギー (t・m)	等価剛性 (t/mm)	減衰定数
7 δ_0	42.911	-42.861	34.363	-32.326	1.533	0.778	0.171
	42.911	-42.861	33.442	-31.062	1.437	0.752	0.165
	42.911	-42.861	32.760	-30.171	1.351	0.734	0.159
	42.911	-42.861	31.601	-29.296	1.284	0.710	0.156
	42.911	-42.934	30.967	-28.408	1.221	0.692	0.152
	42.911	-42.934	30.662	-27.423	1.149	0.677	0.147
	42.911	-42.934	29.586	-26.297	1.098	0.651	0.146
	42.911	-42.971	28.899	-24.911	1.048	0.627	0.144
	42.948	-42.971	28.239	-23.906	1.004	0.607	0.143
8 δ_0	42.911	-43.007	27.564	-22.807	0.957	0.586	0.141
	49.543	-49.273	30.488	-26.246	1.355	0.574	0.154
	49.323	-49.309	29.265	-24.043	1.280	0.540	0.155
	49.323	-49.383	27.717	-21.563	1.176	0.499	0.154
	49.323	-49.346	26.357	-19.647	1.080	0.466	0.151
	49.396	-49.383	24.589	-18.062	0.984	0.432	0.149
	49.323	-49.419	23.783	-16.708	0.920	0.410	0.146
	49.323	-49.346	22.854	-15.401	0.860	0.388	0.145
	49.323	-49.419	21.709	-14.192	0.808	0.364	0.145
9 δ_0	49.323	-49.419	20.793	-13.180	0.781	0.344	0.148
	49.323	-49.419	19.904	-12.360	0.744	0.327	0.149
	55.625	-55.575	22.391	-14.031	0.989	0.328	0.155
	55.625	-55.611	20.957	-12.605	0.920	0.302	0.157
	55.625	-55.648	18.882	-11.425	0.860	0.272	0.162
	55.588	-55.684	17.401	-10.445	0.791	0.250	0.163
	55.625	-55.684	16.299	-9.635	0.748	0.233	0.165
	55.625	-55.684	15.310	-8.984	0.708	0.218	0.167
	55.625	-55.684	14.907	-8.691	0.689	0.212	0.167
	55.588	-55.684	14.216	-8.302	0.665	0.202	0.169
	55.588	-55.684	13.584	-7.860	0.641	0.193	0.171
	55.625	-55.721	12.814	-7.565	0.615	0.183	0.172

注) 最大, 最小荷重は, 変位最大, 最小時の値である。

付表 3-1 供試体 27 の実験結果

変位振幅	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (t)	最小荷重 (t)	吸収エネルギー (t・m)	等価剛性 (t/mm)	減衰定数
1 δ_0	6.070	-5.508	33.410	-28.577	0.036	5.354	0.032
	5.836	-5.508	32.689	-27.961	0.025	5.347	0.023
	5.836	-5.537	32.133	-27.762	0.025	5.267	0.023
	5.865	-5.522	31.954	-27.766	0.020	5.244	0.019
	5.836	-5.522	31.638	-27.382	0.022	5.196	0.021
	5.836	-5.537	31.663	-27.643	0.024	5.215	0.023
	5.865	-5.522	31.601	-27.569	0.020	5.196	0.019
	5.821	-5.537	31.261	-27.329	0.023	5.158	0.022
	5.836	-5.566	31.425	-27.514	0.018	5.169	0.017
	5.792	-5.537	31.258	-27.450	0.021	5.182	0.020
2 δ_0	11.405	-11.048	43.126	-38.758	0.369	3.647	0.128
	11.405	-11.077	41.074	-37.722	0.269	3.505	0.097
	11.375	-11.092	40.634	-37.191	0.237	3.464	0.086
	11.375	-11.092	40.302	-36.838	0.223	3.434	0.082
	11.346	-11.077	40.046	-35.680	0.216	3.377	0.081
	11.302	-11.136	39.718	-35.584	0.210	3.356	0.079
	11.317	-11.150	38.855	-35.529	0.207	3.311	0.079
	11.317	-11.165	38.821	-35.515	0.204	3.307	0.078
	11.346	-11.165	38.796	-35.504	0.178	3.301	0.068
	11.346	-11.179	38.741	-35.494	0.178	3.296	0.068
3 δ_0	17.956	-17.774	43.713	-38.193	0.865	2.292	0.188
	17.971	-17.804	40.752	-37.091	0.772	2.176	0.177
	17.956	-17.804	40.411	-37.020	0.713	2.165	0.164
	17.927	-17.818	39.270	-36.910	0.642	2.131	0.150
	17.941	-17.789	39.266	-36.727	0.626	2.127	0.147
	17.941	-17.833	39.259	-35.889	0.613	2.101	0.145
	17.927	-17.848	39.238	-35.898	0.602	2.100	0.143
	17.912	-17.848	39.119	-35.843	0.592	2.096	0.141
	17.883	-17.848	38.991	-35.756	0.550	2.092	0.131
	17.912	-17.833	38.304	-35.628	0.545	2.068	0.131
4 δ_0	24.360	-24.238	42.159	-38.137	1.229	1.652	0.201
	24.390	-24.282	40.103	-33.745	1.119	1.517	0.198
	24.390	-24.296	38.956	-30.676	0.940	1.430	0.177
	24.390	-24.326	37.396	-26.665	0.827	1.315	0.169
	24.375	-24.384	35.340	-24.437	0.742	1.226	0.162
	24.375	-24.413	33.679	-22.831	0.700	1.158	0.162
	24.390	-24.428	32.811	-21.384	0.660	1.110	0.159
	24.375	-24.443	32.125	-20.415	0.630	1.076	0.156
	24.390	-24.428	31.222	-19.469	0.604	1.038	0.155
	24.390	-24.428	30.792	-18.622	0.567	1.012	0.150

注) 最大, 最小荷重は, 変位最大, 最小時の値である。

付表 3-2 供試体 27 の実験結果

変位振幅	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (t)	最小荷重 (t)	吸収エネルギー (t・m)	等価剛性 (t/mm)	減衰定数
5 δ_0	30.197	-30.220	34.350	-20.229	0.902	0.903	0.174
	30.271	-30.184	30.700	-18.177	0.785	0.808	0.169
	30.344	-30.220	27.805	-16.556	0.700	0.732	0.166
	30.271	-30.184	25.639	-15.965	0.626	0.688	0.159
	30.234	-30.184	24.274	-15.367	0.576	0.656	0.153
	30.234	-30.220	22.653	-14.788	0.570	0.619	0.160
	30.234	-30.220	21.023	-14.305	0.532	0.584	0.159
	30.271	-30.257	20.587	-14.168	0.513	0.574	0.155
	30.271	-30.257	19.928	-13.840	0.516	0.558	0.161
	30.271	-30.257	19.649	-13.419	0.499	0.546	0.159
6 δ_0	36.646	-36.559	23.541	-16.789	0.803	0.551	0.173
	36.719	-36.596	21.123	-15.505	0.716	0.500	0.170
	36.719	-36.559	19.691	-15.175	0.683	0.476	0.170
	36.719	-36.596	18.617	-15.145	0.663	0.461	0.171
	36.719	-36.596	17.908	-15.395	0.667	0.454	0.174
	36.646	-36.632	17.095	-14.772	0.608	0.435	0.166
	36.719	-36.632	17.354	-13.911	0.605	0.426	0.168
	36.719	-36.632	16.286	-13.533	0.578	0.407	0.168
	36.683	-36.669	15.970	-12.887	0.577	0.393	0.173
	36.683	-36.705	15.405	-12.759	0.557	0.384	0.171
7 δ_0	43.168	-43.081	18.113	-15.108	0.788	0.385	0.175
	43.168	-43.117	16.742	-13.966	0.729	0.356	0.175
	43.094	-43.154	15.148	-13.233	0.704	0.329	0.183
	43.168	-43.154	14.030	-12.979	0.691	0.313	0.189
	43.131	-43.154	11.857	-12.042	0.626	0.277	0.193
	43.168	-43.154	10.227	-10.870	0.569	0.244	0.199
	43.168	-43.154	9.141	-10.508	0.530	0.228	0.199
	43.094	-43.227	8.500	-9.752	0.489	0.211	0.197
	43.094	-43.227	8.326	-9.221	0.459	0.203	0.193
	43.094	-43.154	7.728	-9.258	0.446	0.197	0.194

注) 最大, 最小荷重は, 変位最大, 最小時の値である。

付表4-1 供試体28の実験結果

変位振幅	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (t)	最小荷重 (t)	吸収エネルギー (t・m)	等価剛性 (t/mm)	減衰定数
1 δ_0	13.339	-13.715	13.553	-11.644	0.036	0.931	0.034
	13.339	-13.627	13.497	-11.506	0.023	0.927	0.021
	13.398	-13.686	13.295	-11.446	0.026	0.913	0.025
	13.398	-13.627	13.120	-11.303	0.022	0.904	0.021
	13.427	-13.612	13.199	-11.299	0.018	0.906	0.018
	13.457	-13.627	13.114	-11.252	0.023	0.900	0.023
	13.427	-13.598	12.991	-11.136	0.020	0.893	0.019
	13.442	-13.568	13.086	-11.179	0.025	0.898	0.024
	13.486	-13.612	13.018	-11.140	0.022	0.891	0.021
2 δ_0	13.427	-13.568	13.036	-11.020	0.019	0.891	0.019
	26.354	-26.612	18.020	-15.810	0.330	0.639	0.117
	26.383	-26.553	17.008	-14.961	0.276	0.604	0.104
	26.441	-26.583	16.634	-14.763	0.238	0.592	0.091
	26.471	-26.553	16.548	-14.643	0.229	0.588	0.088
	26.471	-26.524	16.520	-14.543	0.225	0.586	0.087
	26.529	-26.524	16.302	-14.321	0.224	0.577	0.088
	26.559	-26.495	16.341	-14.257	0.212	0.577	0.083
	26.559	-26.465	16.300	-14.219	0.213	0.576	0.084
3 δ_0	26.617	-26.465	16.149	-14.065	0.215	0.569	0.085
	26.588	-26.465	16.184	-14.054	0.204	0.570	0.081
	39.577	-40.040	18.243	-15.429	0.749	0.423	0.178
	39.797	-39.930	16.864	-14.787	0.701	0.397	0.177
	39.797	-39.930	16.694	-14.452	0.664	0.391	0.170
	39.833	-39.930	15.738	-14.125	0.639	0.374	0.171
	39.870	-39.893	15.319	-13.772	0.583	0.365	0.160
	39.943	-39.856	14.911	-13.504	0.546	0.356	0.153
	39.943	-39.856	14.640	-13.181	0.523	0.349	0.150
4 δ_0	39.943	-39.856	14.485	-12.856	0.504	0.343	0.147
	39.980	-39.783	14.336	-12.678	0.494	0.339	0.146
	40.017	-39.783	14.161	-12.510	0.484	0.334	0.145
	53.463	-53.779	15.405	-15.086	1.004	0.284	0.195
	53.573	-53.706	14.575	-14.217	0.862	0.268	0.178
	53.646	-53.706	14.129	-13.266	0.801	0.255	0.173
	53.720	-53.669	13.872	-11.271	0.737	0.234	0.174
	53.646	-53.633	13.434	-10.585	0.641	0.224	0.158
	53.720	-53.633	13.034	-10.051	0.598	0.215	0.154
5 δ_0	53.720	-53.559	12.621	-9.803	0.563	0.209	0.149
	53.720	-53.559	12.266	-9.420	0.546	0.202	0.149
	53.720	-53.559	11.968	-9.012	0.521	0.196	0.147
	53.720	-53.559	11.703	-8.633	0.508	0.190	0.148
	67.130	-67.336	13.813	-11.727	0.832	0.190	0.154
	67.203	-67.336	12.941	-10.579	0.733	0.175	0.147
	67.276	-67.336	12.289	-9.893	0.683	0.165	0.146
	67.349	-67.262	11.768	-9.377	0.659	0.157	0.147
	67.349	-67.189	11.369	-8.556	0.629	0.148	0.149
5 δ_0	67.349	-67.189	11.014	-7.493	0.587	0.138	0.150
	67.423	-67.189	10.654	-7.046	0.541	0.131	0.145
	67.423	-67.189	10.324	-6.563	0.517	0.125	0.145
	67.496	-67.189	9.980	-5.917	0.496	0.118	0.147
	67.496	-67.189	9.696	-5.395	0.463	0.112	0.145

注) 最大, 最小荷重は, 変位最大, 最小時の値である。

付表 4-2 供試体 28 の実験結果

変位振幅	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (t)	最小荷重 (t)	吸収エネルギー (t・m)	等価剛性 (t/mm)	減衰定数
6 δ_0	80.619	-81.032	10.894	-6.304	0.659	0.106	0.151
	80.766	-81.032	10.380	-5.747	0.562	0.100	0.137
	80.766	-81.032	9.967	-4.834	0.529	0.091	0.141
	80.766	-81.032	9.639	-4.297	0.472	0.086	0.133
	80.766	-81.032	9.336	-4.003	0.466	0.082	0.137
	80.839	-81.032	8.984	-3.548	0.443	0.077	0.139
	80.766	-80.958	8.747	-3.376	0.422	0.075	0.137
	80.839	-80.885	8.516	-3.275	0.411	0.073	0.137
	80.913	-81.032	8.270	-3.121	0.401	0.070	0.138
7 δ_0	81.059	-80.885	7.571	-2.603	0.374	0.063	0.144
	94.249	-94.661	8.097	-3.115	0.497	0.059	0.149
	94.249	-94.515	7.207	-2.639	0.409	0.052	0.140
	94.396	-94.588	6.807	-2.459	0.368	0.049	0.134
	94.396	-94.515	6.562	-2.253	0.359	0.047	0.137
	94.542	-94.661	5.634	-2.058	0.324	0.041	0.142
	94.542	-94.515	5.517	-1.805	0.301	0.039	0.138
	94.542	-94.515	5.409	-1.663	0.286	0.037	0.136
	94.542	-94.515	5.320	-1.406	0.283	0.036	0.142
8 δ_0	94.689	-94.515	5.117	-1.205	0.263	0.033	0.140
	94.542	-94.515	4.939	-0.957	0.253	0.031	0.144
	107.732	-108.218	5.206	-1.562	0.329	0.031	0.143
	107.879	-108.364	4.943	-1.362	0.289	0.029	0.135
	108.025	-108.144	4.731	-1.269	0.279	0.028	0.137
	108.025	-108.144	4.601	-1.098	0.267	0.026	0.138
	108.025	-108.144	4.254	-1.026	0.259	0.024	0.145
	108.025	-107.998	4.175	-1.009	0.239	0.024	0.136
	108.025	-107.998	4.126	-0.925	0.237	0.023	0.138
8 δ_0	108.172	-107.998	4.041	-0.872	0.230	0.023	0.138
	108.025	-107.998	3.967	-0.651	0.225	0.021	0.144
	108.318	-107.998	3.956	-0.636	0.223	0.021	0.143

注) 最大, 最小荷重は, 変位最大, 最小時の値である。

付表 5-1 供試体 29 の実験結果

変位振幅	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (t)	最小荷重 (t)	吸収エネルギー (t・m)	等価剛性 (t/mm)	減衰定数
1 δ_0	7.594	-7.735	17.759	-16.990	0.019	2.267	0.022
	7.448	-7.794	17.301	-16.902	0.008	2.244	0.010
	7.433	-7.794	17.107	-16.717	0.015	2.221	0.018
	7.389	-7.765	17.142	-16.518	0.014	2.221	0.017
	7.477	-7.706	17.188	-16.339	0.012	2.208	0.015
	7.506	-7.691	17.129	-16.420	0.009	2.207	0.012
	7.536	-7.735	17.086	-16.470	0.006	2.197	0.008
	7.492	-7.735	16.923	-16.397	0.004	2.188	0.005
	7.448	-7.735	16.707	-16.282	0.013	2.173	0.016
	7.506	-7.677	17.041	-16.149	0.011	2.186	0.014
2 δ_0	14.468	-14.770	24.711	-22.693	0.226	1.621	0.104
	14.512	-14.741	23.225	-22.380	0.161	1.559	0.077
	14.512	-14.741	23.301	-21.836	0.148	1.543	0.071
	14.600	-14.711	22.916	-21.433	0.134	1.513	0.066
	14.600	-14.697	22.619	-21.411	0.123	1.503	0.061
	14.585	-14.697	22.270	-21.178	0.129	1.484	0.065
	14.614	-14.682	22.503	-20.931	0.123	1.483	0.061
	14.658	-14.653	22.321	-20.691	0.115	1.467	0.058
	14.644	-14.653	22.057	-20.876	0.111	1.465	0.056
	14.658	-14.653	22.268	-20.682	0.119	1.465	0.060
3 δ_0	22.543	-22.772	25.788	-23.121	0.548	1.079	0.157
	22.572	-22.772	23.996	-22.296	0.501	1.021	0.152
	22.660	-22.743	23.252	-21.460	0.453	0.985	0.142
	22.660	-22.743	23.140	-21.412	0.443	0.981	0.140
	22.690	-22.684	22.716	-21.189	0.420	0.968	0.134
	22.719	-22.713	22.689	-20.810	0.420	0.957	0.135
	22.719	-22.655	22.270	-20.695	0.402	0.947	0.131
	22.748	-22.655	22.353	-20.353	0.404	0.941	0.133
	22.734	-22.655	22.289	-20.280	0.388	0.938	0.128
	22.778	-22.655	22.126	-20.008	0.392	0.927	0.130
4 δ_0	29.794	-30.220	24.269	-21.972	0.825	0.770	0.189
	29.831	-30.257	23.007	-21.474	0.782	0.740	0.186
	29.831	-30.220	21.453	-21.140	0.707	0.709	0.176
	29.904	-30.184	21.098	-19.284	0.637	0.672	0.167
	29.904	-30.184	20.947	-17.978	0.585	0.648	0.159
	29.978	-30.184	20.509	-17.295	0.523	0.628	0.146
	29.904	-30.110	19.874	-16.931	0.493	0.613	0.142
	29.978	-30.110	19.780	-16.550	0.474	0.605	0.138
	29.978	-30.110	19.569	-16.131	0.460	0.594	0.137
	30.051	-30.110	18.175	-15.690	0.444	0.563	0.139

注) 最大, 最小荷重は, 変位最大, 最小時の値である。

付表 5-2 供試体 29 の実験結果

変位振幅	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (t)	最小荷重 (t)	吸収エネルギー (t・m)	等価剛性 (t/mm)	減衰定数
5 δ_0	37.892	-38.318	20.751	-18.981	0.736	0.521	0.155
	37.965	-38.281	19.425	-17.741	0.614	0.487	0.138
	38.038	-38.244	18.618	-16.960	0.552	0.466	0.130
	38.038	-38.208	17.839	-16.135	0.526	0.446	0.129
	38.038	-38.244	17.611	-15.715	0.510	0.437	0.128
	38.258	-38.208	17.086	-15.338	0.497	0.424	0.128
	38.111	-38.171	16.762	-15.091	0.476	0.418	0.125
	38.258	-38.134	16.454	-14.748	0.469	0.408	0.125
	38.258	-38.171	16.133	-14.401	0.463	0.400	0.126
6 δ_0	38.185	-38.171	15.864	-14.168	0.458	0.393	0.127
	45.879	-46.268	19.284	-18.322	0.734	0.408	0.135
	45.952	-46.232	17.587	-16.999	0.664	0.375	0.133
	45.952	-46.232	16.431	-15.997	0.631	0.352	0.134
	46.025	-46.158	15.223	-15.305	0.604	0.331	0.137
	46.025	-46.158	14.272	-14.712	0.586	0.314	0.140
	46.099	-46.158	13.306	-14.279	0.560	0.299	0.140
	46.135	-46.085	12.599	-13.945	0.549	0.288	0.143
	46.172	-46.158	11.699	-13.530	0.529	0.273	0.145
7 δ_0	46.172	-46.195	11.085	-12.635	0.512	0.257	0.149
	46.172	-46.085	10.238	-11.739	0.481	0.238	0.151
	53.720	-54.146	11.846	-14.044	0.652	0.240	0.149
	53.793	-54.146	10.685	-11.353	0.552	0.204	0.148
	53.866	-54.072	9.805	-10.893	0.501	0.192	0.143
	53.903	-54.072	9.303	-10.125	0.478	0.180	0.145
	53.940	-53.999	8.692	-9.621	0.443	0.170	0.143
	54.049	-53.999	8.182	-9.067	0.425	0.160	0.145
	54.086	-54.036	7.105	-8.035	0.398	0.140	0.155
8 δ_0	54.086	-54.072	6.104	-5.565	0.323	0.108	0.163
	54.159	-53.999	5.729	-5.476	0.264	0.104	0.139
	54.086	-53.999	5.591	-5.325	0.252	0.101	0.136
	61.707	-62.060	6.930	-5.978	0.357	0.104	0.142
	61.780	-61.950	6.478	-5.300	0.306	0.095	0.134
	61.780	-61.913	6.160	-4.470	0.276	0.086	0.134
	61.854	-61.913	5.942	-4.198	0.259	0.082	0.131
	61.927	-61.913	5.599	-4.111	0.249	0.078	0.132
	61.927	-61.876	5.086	-3.856	0.236	0.072	0.136
	61.927	-61.876	4.663	-3.588	0.218	0.067	0.136
	62.000	-61.840	4.151	-3.239	0.197	0.060	0.137
	62.000	-61.840	4.060	-3.191	0.186	0.059	0.132
	62.000	-61.840	4.007	-3.012	0.182	0.057	0.134

注) 最大, 最小荷重は, 変位最大, 最小時の値である。

付表 6-1 供試体 30 の実験結果

変位振幅	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (t)	最小荷重 (t)	吸収エネルギー (t・m)	等価剛性 (t/mm)	減衰定数
1 δ_0	4.530	-4.102	29.172	-27.108	0.019	6.520	0.025
	4.325	-4.102	27.230	-26.669	0.016	6.396	0.023
	4.303	-4.088	26.791	-26.449	0.016	6.345	0.022
	4.332	-4.132	27.084	-26.632	0.013	6.347	0.018
	4.325	-4.146	26.827	-26.669	0.009	6.315	0.013
	4.332	-4.132	26.681	-26.449	0.016	6.277	0.023
	4.295	-4.102	26.315	-26.229	0.015	6.257	0.022
	4.303	-4.153	26.498	-26.522	0.012	6.270	0.017
	4.332	-4.168	26.498	-26.595	0.008	6.246	0.012
	4.325	-4.175	26.315	-27.035	0.016	6.276	0.022
2 δ_0	8.751	-8.484	41.141	-38.261	0.275	4.607	0.128
	8.685	-8.557	38.759	-38.674	0.187	4.491	0.089
	8.773	-8.572	36.576	-36.894	0.180	4.236	0.090
	8.692	-8.536	34.666	-36.979	0.150	4.159	0.078
	8.765	-8.609	34.951	-36.066	0.128	4.088	0.066
	8.736	-8.536	33.699	-34.539	0.142	3.951	0.077
	8.736	-8.616	33.661	-35.416	0.124	3.981	0.066
	8.773	-8.601	33.083	-34.401	0.138	3.884	0.075
	8.677	-8.601	32.639	-34.737	0.124	3.899	0.068
	8.773	-8.645	32.428	-34.178	0.108	3.824	0.059
3 δ_0	12.510	-12.434	40.871	-39.129	0.416	3.207	0.133
	12.561	-12.390	36.447	-37.804	0.321	2.976	0.110
	12.569	-12.478	35.454	-35.744	0.278	2.843	0.099
	12.510	-12.471	34.592	-35.171	0.253	2.793	0.092
	12.569	-12.463	33.598	-33.620	0.222	2.685	0.084
	12.554	-12.514	33.344	-33.578	0.216	2.670	0.082
	12.532	-12.485	32.258	-33.272	0.195	2.619	0.076
	12.569	-12.507	32.270	-32.214	0.194	2.572	0.076
	12.532	-12.529	31.906	-32.302	0.193	2.562	0.076
	12.554	-12.478	30.907	-31.024	0.178	2.474	0.073
4 δ_0	15.450	-15.356	36.107	-37.024	0.359	2.374	0.101
	15.464	-15.371	34.003	-36.191	0.305	2.276	0.090
	15.479	-15.371	32.530	-35.491	0.283	2.205	0.086
	15.464	-15.386	29.511	-34.735	0.273	2.083	0.088
	15.508	-15.386	28.074	-33.978	0.252	2.009	0.084
	15.508	-15.386	26.987	-32.610	0.238	1.929	0.082
	15.508	-15.430	25.981	-32.078	0.221	1.877	0.078
	15.523	-15.444	25.085	-31.600	0.212	1.830	0.077
	15.464	-15.444	24.071	-31.077	0.205	1.784	0.076
	15.464	-15.444	22.739	-30.621	0.196	1.726	0.076

注) 最大, 最小荷重は, 変位最大, 最小時の値である。

付表 6 - 2 供試体 30 の実験結果

変位振幅	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (t)	最小荷重 (t)	吸収エネルギー (t・m)	等価剛性 (t/mm)	減衰定数
5 δ_0	19.656	-19.519	27.530	-36.659	0.429	1.639	0.109
	19.671	-19.592	25.952	-32.690	0.354	1.494	0.098
	19.671	-19.636	24.293	-26.834	0.304	1.301	0.096
	19.671	-19.650	22.596	-24.275	0.257	1.192	0.089
	19.700	-19.665	21.412	-22.570	0.229	1.117	0.084
	19.671	-19.665	20.430	-21.080	0.213	1.055	0.083
	19.700	-19.694	19.541	-19.661	0.194	0.995	0.080
	19.685	-19.694	19.001	-18.600	0.179	0.955	0.077
	19.685	-19.694	18.483	-17.711	0.168	0.919	0.075
	19.685	-19.724	17.975	-17.171	0.160	0.892	0.073
6 δ_0	23.803	-23.754	23.161	-21.476	0.311	0.939	0.093
	23.818	-23.798	21.181	-18.740	0.257	0.838	0.086
	23.803	-23.798	20.261	-16.910	0.230	0.781	0.083
	23.818	-23.827	19.209	-15.748	0.211	0.734	0.080
	23.818	-23.827	18.207	-14.719	0.196	0.691	0.079
	23.789	-23.842	17.355	-14.730	0.192	0.674	0.080
	23.789	-23.871	16.900	-14.334	0.179	0.655	0.077
	23.789	-23.886	16.441	-13.767	0.168	0.634	0.074
	23.803	-23.871	15.911	-13.324	0.167	0.613	0.076
	23.803	-23.871	15.574	-13.298	0.166	0.606	0.077
7 δ_0	27.863	-27.931	19.770	-16.406	0.289	0.648	0.091
	27.907	-27.931	17.875	-14.616	0.245	0.582	0.086
	27.892	-27.931	17.088	-12.917	0.224	0.538	0.085
	27.878	-27.960	15.958	-12.196	0.200	0.504	0.081
	27.892	-27.960	15.540	-11.409	0.194	0.483	0.082
	27.878	-27.975	14.687	-10.930	0.187	0.459	0.083
	27.878	-27.975	14.619	-10.513	0.185	0.450	0.084
	27.878	-27.989	14.144	-10.351	0.176	0.438	0.082
	27.878	-27.989	13.136	-10.212	0.177	0.418	0.086
	27.878	-27.989	12.921	-9.727	0.182	0.405	0.091

注) 最大, 最小荷重は, 変位最大, 最小時の値である。

付表 7-1 供試体 31 の実験結果

変位振幅	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (t)	最小荷重 (t)	吸収エネルギー (t・m)	等価剛性 (t/mm)	減衰定数
1 δ_0	12.372	-12.718	11.107	-11.028	0.027	0.882	0.031
	12.401	-12.660	11.230	-10.973	0.021	0.886	0.025
	12.431	-12.689	11.156	-10.935	0.024	0.879	0.027
	12.416	-12.660	11.030	-10.832	0.021	0.872	0.025
	12.460	-12.630	11.148	-10.840	0.020	0.876	0.023
	12.489	-12.645	11.093	-10.815	0.023	0.872	0.026
	12.475	-12.601	10.981	-10.691	0.021	0.864	0.024
	12.504	-12.601	11.140	-10.756	0.023	0.872	0.027
	12.519	-12.616	11.066	-10.741	0.022	0.868	0.025
	12.489	-12.572	10.931	-10.629	0.020	0.860	0.024
2 δ_0	26.295	-26.568	17.104	-15.661	0.341	0.620	0.125
	26.324	-26.524	16.021	-14.915	0.297	0.585	0.116
	26.383	-26.524	15.691	-14.792	0.257	0.576	0.101
	26.412	-26.495	15.636	-14.684	0.247	0.573	0.098
	26.427	-26.465	15.574	-14.412	0.243	0.567	0.098
	26.441	-26.465	15.371	-14.379	0.242	0.562	0.098
	26.471	-26.451	15.368	-14.327	0.232	0.561	0.094
	26.485	-26.436	15.347	-14.280	0.233	0.560	0.095
	26.471	-26.436	15.310	-14.094	0.234	0.556	0.096
	26.500	-26.421	15.171	-14.081	0.226	0.553	0.093
3 δ_0	39.430	-39.930	17.367	-15.653	0.764	0.416	0.186
	39.577	-39.893	16.209	-14.746	0.717	0.390	0.186
	39.650	-39.856	15.889	-14.735	0.680	0.385	0.178
	39.650	-39.856	15.732	-14.429	0.661	0.379	0.175
	39.724	-39.856	15.626	-14.479	0.650	0.378	0.173
	39.724	-39.783	15.516	-14.346	0.643	0.376	0.172
	39.797	-39.783	15.403	-14.248	0.636	0.373	0.172
	39.797	-39.783	15.348	-14.170	0.632	0.371	0.171
	39.797	-39.746	15.272	-14.087	0.628	0.369	0.171
	39.870	-39.710	15.220	-13.834	0.623	0.365	0.172
4 δ_0	53.280	-53.633	17.166	-15.680	1.239	0.307	0.225
	53.353	-53.596	16.344	-15.127	1.189	0.294	0.225
	53.353	-53.559	16.103	-14.953	1.169	0.290	0.224
	53.427	-53.559	15.922	-14.752	1.161	0.287	0.225
	53.463	-53.486	15.741	-14.669	1.135	0.284	0.222
	53.500	-53.523	15.717	-14.513	1.135	0.282	0.223
	53.500	-53.486	15.680	-14.344	1.115	0.281	0.221
	53.500	-53.449	15.626	-14.327	1.117	0.280	0.222
	53.500	-53.486	15.517	-14.173	1.100	0.278	0.220
	53.573	-53.449	15.386	-14.175	1.103	0.276	0.222
5 δ_0	66.800	-67.189	17.039	-15.769	1.741	0.245	0.252
	66.836	-67.116	16.486	-15.413	1.697	0.238	0.253
	66.910	-67.043	16.239	-15.202	1.661	0.235	0.251
	66.983	-67.043	16.078	-15.056	1.656	0.232	0.253
	66.983	-67.006	15.991	-15.005	1.632	0.231	0.250
	67.020	-66.969	15.786	-14.877	1.610	0.229	0.249
	67.056	-66.969	15.800	-14.775	1.589	0.228	0.247
	67.056	-66.969	15.690	-14.683	1.594	0.227	0.249
	67.056	-66.969	15.616	-14.693	1.576	0.226	0.247
	67.056	-66.969	15.613	-14.573	1.559	0.225	0.245

注) 最大, 最小荷重は, 変位最大, 最小時の値である。

付表 7-2 供試体 31 の実験結果

変位振幅	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (t)	最小荷重 (t)	吸収エネルギー (t・m)	等価剛性 (t/mm)	減衰定数
6 δ_0	80.326	-80.738	16.642	-15.737	2.140	0.201	0.261
	80.546	-80.738	16.128	-15.535	2.094	0.196	0.261
	80.473	-80.738	16.082	-15.389	2.056	0.195	0.258
	80.473	-80.665	15.944	-15.241	2.024	0.194	0.256
	80.619	-80.665	15.835	-15.035	2.020	0.191	0.258
	80.546	-80.665	15.744	-15.029	1.996	0.191	0.256
	80.619	-80.665	15.707	-14.677	1.970	0.188	0.256
	80.619	-80.592	15.555	-14.861	1.950	0.189	0.253
	80.619	-80.592	15.526	-14.771	1.931	0.188	0.252
	80.619	-80.665	15.371	-14.658	1.910	0.186	0.251
7 δ_0	93.956	-94.222	16.072	-15.869	2.533	0.170	0.268
	94.103	-94.222	15.618	-15.408	2.452	0.165	0.267
	94.103	-94.295	15.510	-14.715	2.372	0.160	0.265
	94.103	-94.148	15.222	-14.611	2.299	0.158	0.261
	94.249	-94.148	13.531	-14.193	2.174	0.147	0.265
	94.249	-94.075	13.511	-13.877	2.002	0.145	0.247
	94.249	-94.148	12.397	-12.878	1.839	0.134	0.246
	94.249	-94.148	10.055	-12.370	1.635	0.119	0.246
	94.249	-94.075	8.574	-11.251	1.364	0.105	0.233
	94.249	-94.148	8.331	-9.025	1.156	0.092	0.225
8 δ_0	107.512	-107.925	8.484	-8.978	1.359	0.081	0.230
	107.586	-107.778	6.820	-8.421	1.143	0.071	0.222
	107.732	-107.705	6.459	-7.454	0.963	0.065	0.205
	107.732	-107.705	6.016	-6.481	0.851	0.058	0.201
	107.732	-107.705	5.030	-6.263	0.729	0.052	0.191
	107.732	-107.631	4.843	-5.482	0.641	0.048	0.184
	107.732	-107.705	4.717	-5.281	0.595	0.046	0.176
	107.879	-107.705	4.497	-4.856	0.550	0.043	0.174
	107.879	-107.631	3.841	-3.998	0.503	0.036	0.189
	107.879	-107.631	3.737	-3.497	0.433	0.034	0.177
9 δ_0	120.776	-121.261	3.570	-3.931	0.503	0.031	0.176
	120.922	-121.188	3.386	-3.611	0.441	0.029	0.166
	120.922	-121.188	3.319	-3.434	0.415	0.028	0.161
	120.996	-121.041	2.791	-3.353	0.398	0.025	0.170
	121.069	-121.115	2.757	-3.206	0.358	0.025	0.158
	121.069	-121.041	2.665	-3.156	0.346	0.024	0.156
	121.069	-121.115	2.633	-3.094	0.341	0.024	0.156
	121.069	-121.041	2.554	-3.038	0.330	0.023	0.155
	121.069	-121.041	2.546	-2.946	0.327	0.023	0.156
	121.215	-121.041	2.501	-2.889	0.318	0.022	0.155

注) 最大, 最小荷重は, 変位最大, 最小時の値である。

付表 8-1 供試体 32 の実験結果

変位振幅	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (t)	最小荷重 (t)	吸収エネルギー (t・m)	等価剛性 (t/mm)	減衰定数
1 δ_0	7.565	-7.765	16.479	-16.751	0.021	2.168	0.026
	7.375	-7.823	15.987	-16.632	0.010	2.146	0.013
	7.360	-7.794	15.845	-16.436	0.017	2.130	0.022
	7.331	-7.794	15.998	-16.245	0.016	2.132	0.021
	7.418	-7.735	15.999	-15.969	0.015	2.110	0.019
	7.448	-7.691	16.016	-16.108	0.012	2.122	0.016
	7.477	-7.765	15.973	-16.163	0.009	2.108	0.012
	7.448	-7.735	15.766	-16.048	0.007	2.095	0.009
	7.404	-7.721	15.574	-15.941	0.015	2.084	0.020
	7.462	-7.677	16.038	-15.782	0.013	2.102	0.018
2 δ_0	14.380	-14.799	24.196	-23.276	0.209	1.627	0.096
	14.409	-14.770	23.347	-23.069	0.137	1.591	0.065
	14.395	-14.741	23.265	-22.652	0.128	1.576	0.061
	14.468	-14.741	22.976	-22.283	0.115	1.550	0.055
	14.497	-14.697	22.638	-22.210	0.106	1.536	0.052
	14.482	-14.711	22.423	-22.018	0.111	1.522	0.054
	14.512	-14.682	22.647	-21.813	0.105	1.523	0.051
	14.541	-14.682	22.494	-21.578	0.099	1.508	0.049
	14.541	-14.682	22.290	-21.723	0.094	1.506	0.046
	14.541	-14.668	22.451	-21.543	0.100	1.506	0.050
3 δ_0	22.514	-22.801	25.641	-23.603	0.550	1.087	0.157
	22.514	-22.772	24.106	-22.927	0.477	1.039	0.143
	22.572	-22.743	23.457	-22.308	0.449	1.010	0.138
	22.602	-22.743	23.391	-22.291	0.442	1.007	0.136
	22.616	-22.699	22.858	-21.795	0.420	0.985	0.132
	22.660	-22.728	22.977	-21.851	0.421	0.988	0.132
	22.660	-22.669	22.587	-21.771	0.403	0.979	0.128
	22.690	-22.684	22.709	-21.531	0.408	0.975	0.129
	22.690	-22.655	22.653	-21.501	0.393	0.974	0.125
	22.719	-22.625	22.488	-21.188	0.398	0.963	0.128
4 δ_0	29.684	-30.257	25.067	-23.532	0.852	0.811	0.186
	29.684	-30.147	23.605	-22.766	0.819	0.775	0.188
	29.721	-30.147	23.362	-22.469	0.791	0.766	0.184
	29.904	-30.110	23.235	-22.272	0.777	0.758	0.181
	29.831	-30.074	23.201	-22.143	0.742	0.757	0.174
	29.831	-30.037	23.093	-21.970	0.736	0.753	0.174
	29.904	-30.037	23.000	-21.826	0.731	0.748	0.173
	29.904	-30.037	22.591	-21.695	0.727	0.739	0.174
	29.904	-30.000	22.859	-21.603	0.725	0.742	0.173
	29.904	-30.000	22.823	-21.260	0.720	0.736	0.174
5 δ_0	37.672	-38.208	24.669	-23.618	1.255	0.636	0.218
	37.818	-38.171	24.056	-23.049	1.228	0.620	0.218
	37.965	-38.098	23.596	-22.742	1.168	0.609	0.211
	37.928	-38.098	23.542	-22.347	1.150	0.604	0.210
	37.965	-38.098	23.468	-22.189	1.138	0.600	0.209
	37.965	-38.098	23.404	-22.151	1.129	0.599	0.207
	38.002	-38.061	23.106	-22.056	1.093	0.594	0.203
	38.111	-37.988	23.208	-21.695	1.089	0.590	0.203
	38.038	-38.061	22.748	-21.645	1.085	0.583	0.204
	38.111	-37.988	22.809	-21.597	1.081	0.584	0.204
6 δ_0	45.622	-46.158	24.723	-23.557	1.626	0.526	0.234
	45.732	-46.122	23.892	-22.894	1.569	0.509	0.232
	45.879	-46.085	23.772	-22.508	1.547	0.503	0.231
	45.879	-46.048	23.475	-22.645	1.503	0.502	0.226
	45.916	-46.012	23.476	-22.137	1.495	0.496	0.227
	45.952	-45.975	23.245	-22.121	1.462	0.493	0.223
	45.952	-45.975	23.161	-21.888	1.461	0.490	0.225
	46.025	-45.975	23.028	-21.966	1.431	0.489	0.220
	45.952	-45.938	23.002	-21.645	1.429	0.486	0.222
	45.989	-45.938	22.818	-21.589	1.401	0.483	0.218

注) 最大, 最小荷重は, 変位最大, 最小時の値である。

付表 8-2 供試体 32 の実験結果

変位振幅	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (t)	最小荷重 (t)	吸収エネルギー (t・m)	等価剛性 (t/mm)	減衰定数
7 δ_0	53.683	-54.072	24.309	-23.501	1.966	0.444	0.243
	53.720	-53.999	23.927	-22.907	1.912	0.435	0.241
	53.793	-53.962	23.591	-22.783	1.886	0.430	0.240
	53.830	-53.926	23.639	-22.644	1.835	0.430	0.234
	53.830	-53.962	23.251	-22.307	1.822	0.423	0.236
	53.866	-53.889	23.210	-22.278	1.810	0.422	0.235
	53.940	-53.853	22.915	-21.987	1.769	0.417	0.233
	53.940	-53.889	22.887	-21.931	1.761	0.416	0.232
	53.940	-53.853	22.901	-21.881	1.726	0.415	0.228
	53.940	-53.779	22.638	-21.828	1.717	0.413	0.228
8 δ_0	61.560	-61.876	24.007	-23.458	2.274	0.385	0.247
	61.560	-61.840	23.714	-23.112	2.211	0.379	0.244
	61.634	-61.840	23.336	-22.662	2.175	0.373	0.244
	61.670	-61.803	23.231	-22.285	2.142	0.369	0.243
	61.707	-61.693	23.158	-22.360	2.087	0.369	0.237
	61.744	-61.693	22.728	-22.260	2.063	0.364	0.236
	61.780	-61.693	22.635	-21.983	2.039	0.361	0.236
	61.780	-61.693	22.278	-21.923	1.989	0.358	0.232
	61.780	-61.693	22.210	-21.573	1.965	0.355	0.231
	61.817	-61.657	21.308	-21.546	1.930	0.347	0.232
9 δ_0	69.328	-69.607	22.572	-23.186	2.407	0.329	0.241
	69.401	-69.571	22.021	-22.541	2.313	0.321	0.238
	69.438	-69.534	21.688	-20.338	2.193	0.302	0.239
	69.548	-69.497	16.972	-18.680	1.978	0.256	0.254
	69.548	-69.461	16.688	-17.633	1.643	0.247	0.219
	69.621	-69.461	15.244	-14.759	1.449	0.216	0.221
	69.621	-69.461	14.345	-13.157	1.244	0.198	0.207
	69.621	-69.461	13.874	-12.669	1.125	0.191	0.194
	69.621	-69.497	13.011	-10.208	1.039	0.167	0.205
	69.658	-69.461	10.430	-9.855	0.852	0.146	0.192
10 δ_0	77.102	-77.588	10.673	-10.122	0.942	0.134	0.186
	77.102	-77.514	10.377	-8.894	0.859	0.125	0.184
	77.102	-77.514	9.459	-8.520	0.764	0.116	0.175
	77.249	-77.441	9.197	-8.436	0.722	0.114	0.169
	77.249	-77.368	8.987	-7.373	0.688	0.106	0.173
	77.395	-77.441	8.701	-6.288	0.645	0.097	0.177
	77.249	-77.368	8.568	-6.193	0.584	0.095	0.163
	77.395	-77.368	8.176	-6.251	0.555	0.093	0.158
	77.395	-77.368	7.538	-5.989	0.519	0.087	0.158
	77.395	-77.294	7.575	-5.262	0.490	0.083	0.157
11 δ_0	84.870	-85.428	8.214	-5.818	0.606	0.082	0.161
	85.089	-85.428	7.167	-5.584	0.553	0.075	0.162
	85.016	-85.355	7.047	-5.375	0.503	0.073	0.151
	85.089	-85.282	7.008	-5.186	0.488	0.072	0.149
	85.089	-85.282	6.968	-4.275	0.470	0.066	0.156
	85.089	-85.355	6.914	-3.948	0.441	0.064	0.152
	85.163	-85.208	6.835	-3.754	0.420	0.062	0.148
	85.309	-85.355	6.517	-3.498	0.393	0.059	0.146
	85.309	-85.208	6.414	-2.475	0.393	0.052	0.165
	85.309	-85.208	6.330	-2.648	0.364	0.053	0.152

注) 最大, 最小荷重は, 変位最大, 最小時の値である。

付表 9-1 供試体 33 の実験結果

変位振幅	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (t)	最小荷重 (t)	吸収エネルギー (t・m)	等価剛性 (t/mm)	減衰定数
1 δ_0	11.365	-11.901	9.632	-10.570	0.018	0.868	0.024
	11.218	-11.864	9.587	-10.576	0.013	0.874	0.018
	11.255	-11.864	9.522	-10.536	0.015	0.868	0.021
	11.218	-11.828	9.558	-10.421	0.013	0.867	0.018
	11.328	-11.791	9.584	-10.479	0.011	0.868	0.016
	11.328	-11.791	9.540	-10.454	0.014	0.865	0.019
	11.292	-11.718	9.596	-10.376	0.012	0.868	0.017
	11.365	-11.754	9.584	-10.397	0.015	0.864	0.021
	11.365	-11.754	9.540	-10.395	0.014	0.862	0.019
	11.365	-11.681	9.611	-10.355	0.013	0.866	0.017
2 δ_0	25.581	-26.080	17.313	-17.521	0.242	0.674	0.086
	25.618	-26.007	16.669	-17.081	0.188	0.654	0.069
	25.654	-26.007	16.301	-16.728	0.160	0.639	0.060
	25.691	-25.970	16.210	-16.601	0.153	0.635	0.058
	25.727	-25.970	16.111	-16.366	0.150	0.628	0.057
	25.801	-25.860	15.945	-16.371	0.141	0.626	0.054
	25.801	-25.934	15.929	-16.278	0.141	0.623	0.054
	25.801	-25.860	15.894	-16.222	0.141	0.622	0.054
	25.874	-25.897	15.745	-16.157	0.143	0.616	0.055
	25.874	-25.860	15.726	-16.076	0.136	0.615	0.053
3 δ_0	39.504	-39.930	18.487	-18.104	0.774	0.461	0.170
	39.687	-39.930	16.547	-16.820	0.696	0.419	0.167
	39.724	-39.856	16.261	-16.647	0.647	0.414	0.157
	39.870	-39.856	15.899	-16.360	0.622	0.405	0.154
	39.833	-39.820	15.944	-16.111	0.608	0.402	0.152
	39.870	-39.783	15.833	-15.901	0.599	0.398	0.151
	39.870	-39.783	15.704	-15.716	0.592	0.394	0.151
	39.870	-39.783	15.595	-15.569	0.585	0.391	0.150
	39.870	-39.783	14.725	-15.428	0.575	0.379	0.152
	39.833	-39.783	14.442	-15.042	0.521	0.370	0.141
4 δ_0	53.353	-53.779	16.083	-17.135	1.069	0.310	0.191
	53.500	-53.706	14.803	-16.117	0.924	0.288	0.177
	53.573	-53.633	14.243	-13.682	0.787	0.260	0.167
	53.646	-53.633	13.870	-12.721	0.660	0.248	0.147
	53.683	-53.559	13.373	-12.075	0.593	0.237	0.138
	53.683	-53.559	12.830	-11.539	0.554	0.227	0.135
	53.720	-53.559	12.434	-11.129	0.527	0.220	0.133
	53.720	-53.486	12.191	-10.668	0.516	0.213	0.134
	53.720	-53.559	11.989	-10.215	0.496	0.207	0.133
	53.720	-53.523	11.622	-9.991	0.474	0.202	0.130
5 δ_0	66.843	-67.255	13.638	-12.414	0.748	0.194	0.136
	66.990	-67.255	12.906	-11.322	0.668	0.180	0.131
	67.136	-67.182	12.405	-10.726	0.625	0.172	0.128
	66.990	-67.182	11.989	-10.278	0.603	0.166	0.128
	67.136	-67.109	11.581	-9.835	0.579	0.160	0.128
	67.136	-67.109	11.308	-9.217	0.547	0.153	0.126
	67.136	-67.109	10.940	-8.961	0.528	0.148	0.126
	67.136	-67.109	10.712	-8.615	0.512	0.144	0.126
	67.136	-67.109	10.388	-8.083	0.503	0.138	0.129
	67.136	-67.036	10.109	-7.765	0.481	0.133	0.128

注) 最大, 最小荷重は, 変位最大, 最小時の値である。

付表 9 - 2 供試体 33 の実験結果

変位振幅	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (t)	最小荷重 (t)	吸収エネルギー (t・m)	等価剛性 (t/mm)	減衰定数
6 δ_0	80.619	-81.105	12.768	-9.915	0.739	0.140	0.128
	80.619	-80.885	11.823	-8.481	0.666	0.126	0.129
	80.619	-80.885	10.739	-7.751	0.600	0.114	0.128
	80.766	-80.738	10.192	-7.355	0.554	0.109	0.124
	80.766	-80.738	9.812	-6.989	0.536	0.104	0.126
	80.766	-80.738	8.634	-6.371	0.505	0.093	0.133
	80.839	-80.738	8.067	-5.823	0.466	0.086	0.132
	80.839	-80.738	7.413	-5.465	0.442	0.080	0.135
	80.839	-80.738	7.138	-5.213	0.426	0.076	0.136
7 δ_0	80.839	-80.738	6.787	-4.827	0.409	0.072	0.139
	94.103	-94.515	7.910	-6.366	0.577	0.076	0.136
	94.249	-94.515	7.074	-5.668	0.506	0.068	0.134
	94.396	-94.368	6.503	-5.202	0.473	0.062	0.136
	94.249	-94.368	5.931	-4.425	0.447	0.055	0.146
	94.396	-94.368	5.556	-4.152	0.407	0.051	0.141
	94.396	-94.295	5.035	-3.614	0.376	0.046	0.147
	94.396	-94.295	4.843	-3.534	0.354	0.044	0.143
	94.542	-94.295	4.627	-3.405	0.351	0.043	0.147
8 δ_0	94.542	-94.295	4.354	-3.373	0.342	0.041	0.149
	94.396	-94.368	4.073	-3.265	0.343	0.039	0.158
	107.586	-107.998	5.006	-4.405	0.460	0.044	0.144
	107.732	-107.925	4.449	-4.085	0.434	0.040	0.150
	107.879	-107.851	4.290	-3.880	0.419	0.038	0.151
	107.879	-107.851	4.062	-3.481	0.415	0.035	0.162
	107.879	-107.851	3.807	-3.344	0.393	0.033	0.162
	107.879	-107.851	3.634	-3.224	0.374	0.032	0.161
	107.879	-107.851	3.478	-3.165	0.369	0.031	0.164
	107.806	-107.705	3.376	-3.050	0.359	0.030	0.165
	108.025	-107.705	3.247	-2.587	0.348	0.027	0.176
	108.025	-107.705	3.176	-2.271	0.322	0.025	0.174

注) 最大, 最小荷重は, 変位最大, 最小時の値である。

付表 10-1 供試体 34 の実験結果

変位振幅	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (t)	最小荷重 (t)	吸収エネルギー (t・m)	等価剛性 (t/mm)	減衰定数
1 δ_0	11.328	-11.828	8.617	-7.489	0.036	0.696	0.061
	11.182	-11.828	8.552	-7.594	0.017	0.702	0.029
	11.255	-11.791	8.470	-7.604	0.018	0.697	0.031
	11.255	-11.754	8.371	-7.521	0.016	0.691	0.028
	11.255	-11.754	8.485	-7.603	0.014	0.699	0.025
	11.255	-11.754	8.431	-7.589	0.017	0.696	0.029
	11.255	-11.681	8.444	-7.480	0.015	0.694	0.026
	11.328	-11.681	8.455	-7.576	0.013	0.697	0.023
	11.328	-11.681	8.384	-7.551	0.016	0.693	0.027
	11.328	-11.644	8.300	-7.523	0.015	0.689	0.026
2 δ_0	25.324	-26.007	15.865	-16.785	0.209	0.636	0.079
	25.398	-25.970	15.513	-16.477	0.191	0.623	0.074
	25.471	-25.934	15.467	-16.388	0.185	0.620	0.072
	25.508	-25.860	15.448	-16.314	0.183	0.618	0.072
	25.508	-25.824	15.399	-16.234	0.182	0.616	0.071
	25.581	-25.824	15.265	-16.077	0.175	0.610	0.069
	25.618	-25.824	15.251	-16.038	0.176	0.608	0.070
	25.618	-25.750	15.231	-15.976	0.176	0.608	0.070
	25.618	-25.750	15.097	-15.857	0.171	0.603	0.068
	25.654	-25.750	15.106	-15.845	0.173	0.602	0.069
3 δ_0	39.247	-39.746	18.026	-17.631	0.704	0.451	0.159
	39.394	-39.746	16.255	-16.567	0.655	0.415	0.160
	39.504	-39.673	15.719	-16.157	0.617	0.403	0.156
	39.540	-39.637	15.402	-16.075	0.596	0.398	0.152
	39.577	-39.637	15.197	-15.700	0.583	0.390	0.152
	39.614	-39.600	15.021	-15.126	0.568	0.381	0.151
	39.614	-39.600	14.860	-14.851	0.538	0.375	0.146
	39.650	-39.563	14.631	-14.681	0.521	0.370	0.143
	39.650	-39.563	14.402	-14.458	0.511	0.364	0.142
	39.687	-39.563	14.205	-14.028	0.495	0.356	0.141
4 δ_0	53.097	-53.559	16.221	-14.773	0.982	0.291	0.189
	53.207	-53.449	14.343	-13.984	0.821	0.266	0.173
	53.317	-53.449	12.801	-13.383	0.679	0.245	0.155
	53.353	-53.376	11.816	-12.756	0.579	0.230	0.140
	53.390	-53.376	10.943	-12.243	0.525	0.217	0.135
	53.427	-53.340	10.444	-11.809	0.486	0.208	0.130
	53.463	-53.340	10.057	-11.434	0.459	0.201	0.127
	53.463	-53.303	9.761	-11.112	0.446	0.195	0.128
	53.463	-53.303	9.615	-10.908	0.429	0.192	0.125
	53.463	-53.303	9.436	-10.657	0.415	0.188	0.123

注) 最大, 最小荷重は, 変位最大, 最小時の値である。

付表10-2 供試体34の実験結果

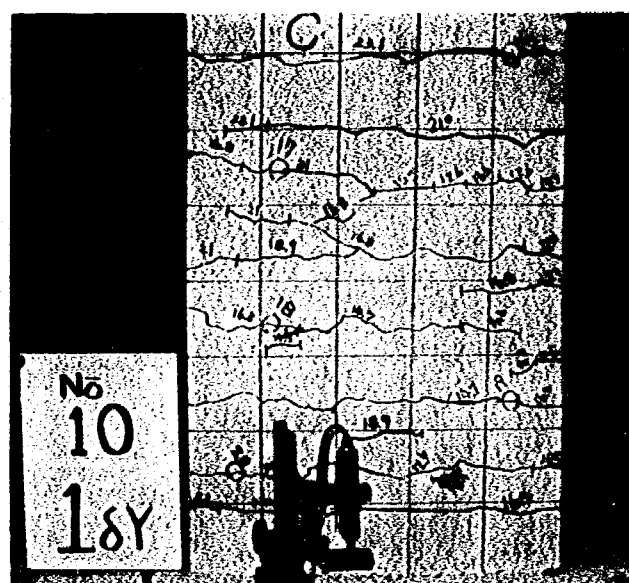
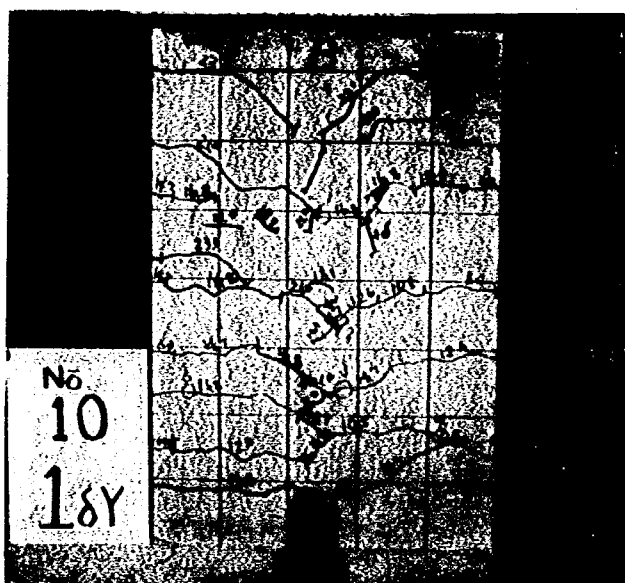
変位振幅	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (t)	最小荷重 (t)	吸収エネルギー (t・m)	等価剛性 (t/mm)	減衰定数
1 δ_0	66.623	-67.182	11.774	-12.948	0.666	0.185	0.128
	66.623	-67.036	11.107	-12.239	0.606	0.175	0.124
	66.623	-67.036	10.596	-11.629	0.571	0.166	0.122
	66.770	-66.962	9.687	-11.277	0.545	0.157	0.124
	66.770	-67.036	9.328	-10.917	0.515	0.151	0.121
	66.770	-66.962	8.699	-10.551	0.491	0.144	0.121
	66.770	-66.962	8.390	-10.132	0.470	0.138	0.121
	66.770	-66.889	7.813	-9.612	0.446	0.130	0.122
	66.770	-66.889	7.621	-9.339	0.415	0.127	0.116
	66.916	-66.889	7.471	-9.111	0.403	0.124	0.116
2 δ_0	80.180	-80.665	9.548	-11.304	0.650	0.130	0.123
	80.253	-80.665	8.769	-10.228	0.564	0.118	0.117
	80.253	-80.665	8.000	-8.830	0.494	0.105	0.116
	80.400	-80.665	7.639	-8.370	0.448	0.099	0.111
	80.400	-80.519	7.417	-7.994	0.431	0.096	0.111
	80.400	-80.519	7.221	-7.608	0.420	0.092	0.112
	80.473	-80.519	7.088	-7.285	0.416	0.089	0.114
	80.400	-80.445	6.983	-6.840	0.402	0.086	0.115
	80.400	-80.519	6.845	-6.665	0.392	0.084	0.115
	80.546	-80.445	6.634	-6.562	0.387	0.082	0.116
3 δ_0	93.443	-94.148	7.892	-8.104	0.569	0.085	0.121
	93.663	-94.002	6.696	-7.600	0.504	0.076	0.120
	93.736	-94.002	6.268	-7.184	0.447	0.072	0.113
	93.809	-93.929	6.054	-6.911	0.430	0.069	0.112
	93.809	-93.929	5.392	-6.298	0.411	0.062	0.119
	93.883	-93.855	5.327	-6.067	0.376	0.061	0.112
	93.883	-93.855	5.227	-5.932	0.361	0.059	0.110
	93.956	-93.782	5.084	-5.812	0.361	0.058	0.112
	93.956	-93.782	4.978	-5.639	0.352	0.057	0.112
	93.956	-93.782	4.937	-5.437	0.348	0.055	0.114
4 δ_0	107.146	-107.631	5.600	-6.161	0.499	0.055	0.126
	107.219	-107.631	5.225	-5.554	0.420	0.050	0.115
	107.293	-107.485	4.965	-5.264	0.397	0.048	0.115
	107.366	-107.485	4.812	-5.071	0.382	0.046	0.114
	107.366	-107.412	4.712	-4.909	0.374	0.045	0.115
	107.439	-107.412	4.601	-4.779	0.366	0.044	0.116
	107.366	-107.412	4.261	-4.590	0.359	0.041	0.120
	107.439	-107.412	4.173	-4.232	0.340	0.039	0.120
	107.366	-107.412	4.062	-3.854	0.319	0.037	0.119
	107.512	-107.338	3.953	-3.552	0.302	0.035	0.119

注) 最大, 最小荷重は, 変位最大, 最小時の値である。

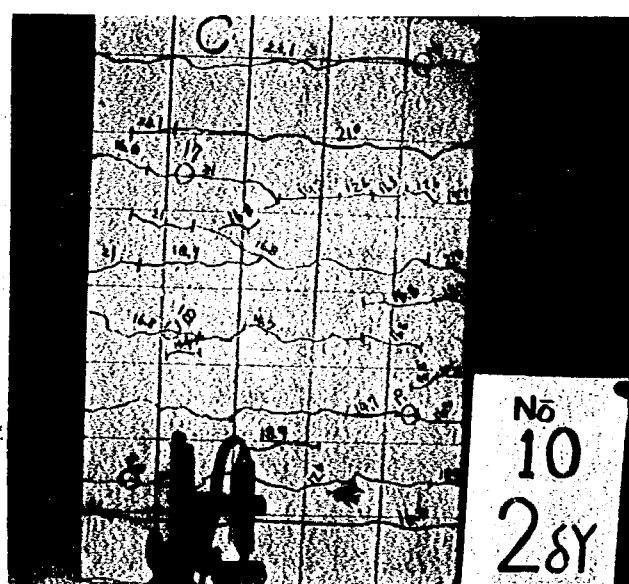
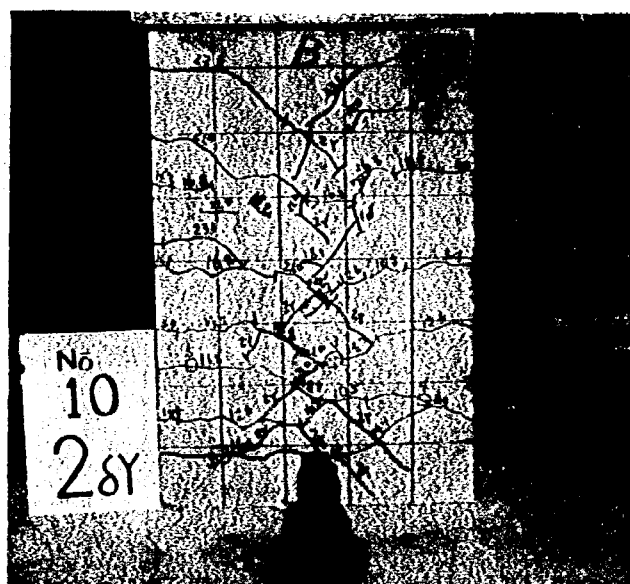
付 属 資 料 II

破 壊 状 況 (写 真 集)

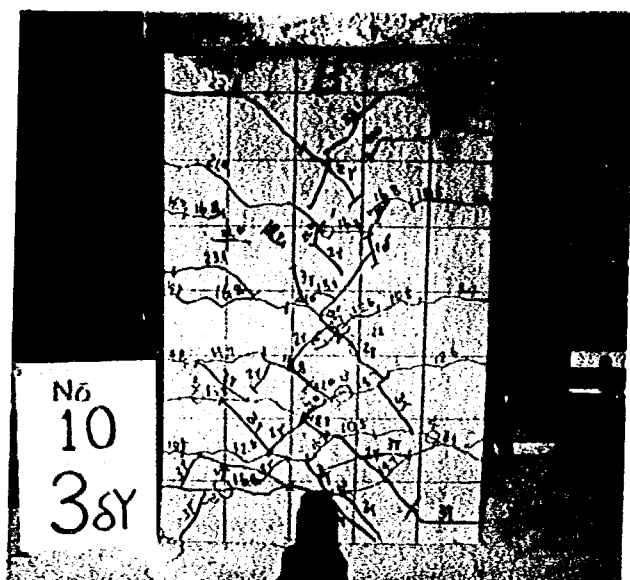
中國圖書集成
醫部全錄



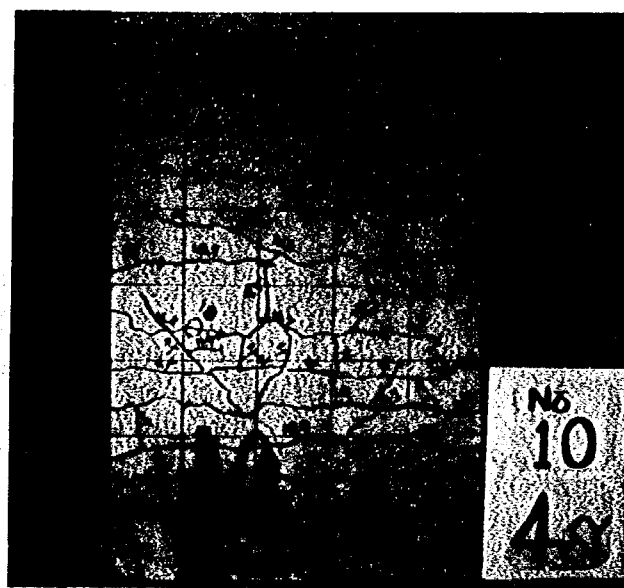
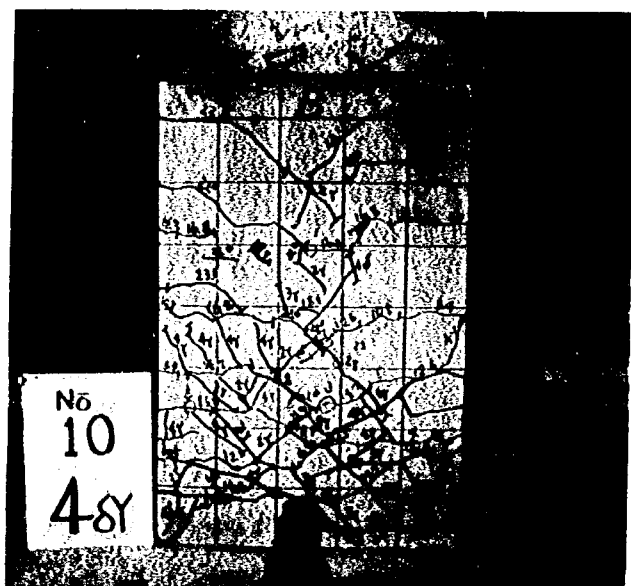
付写 1-1 供試体 25, 1 δ_0 終了時



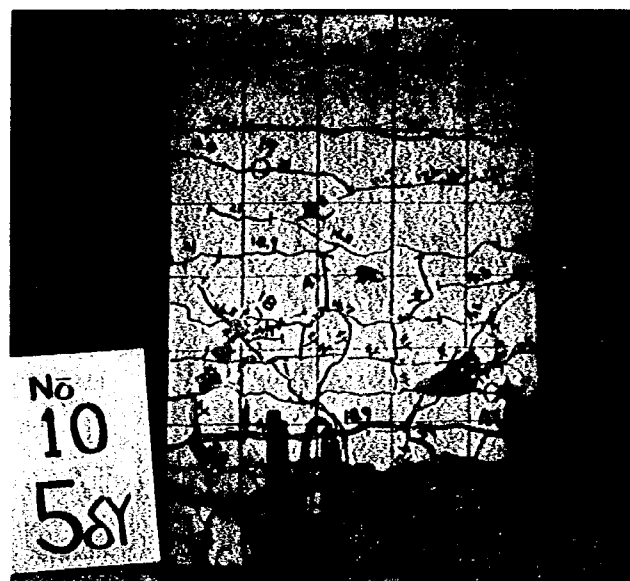
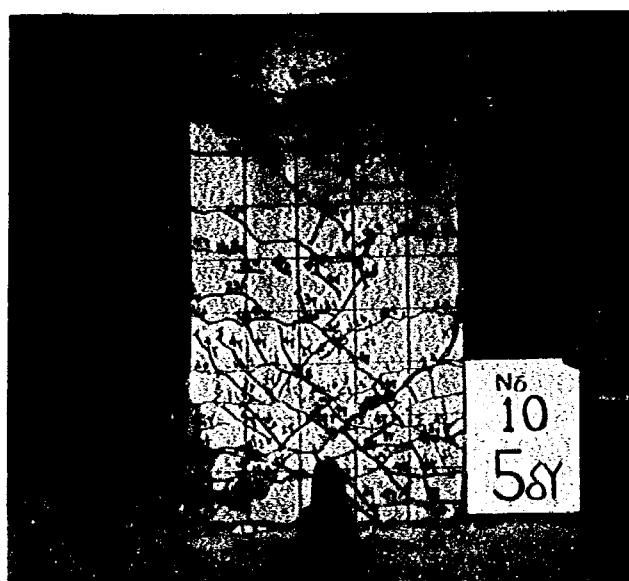
付写 1-2 供試体 25, 2 δ_0 終了時



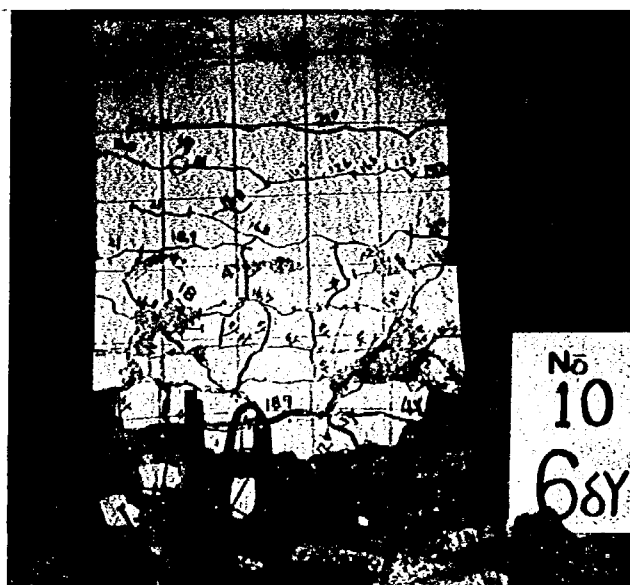
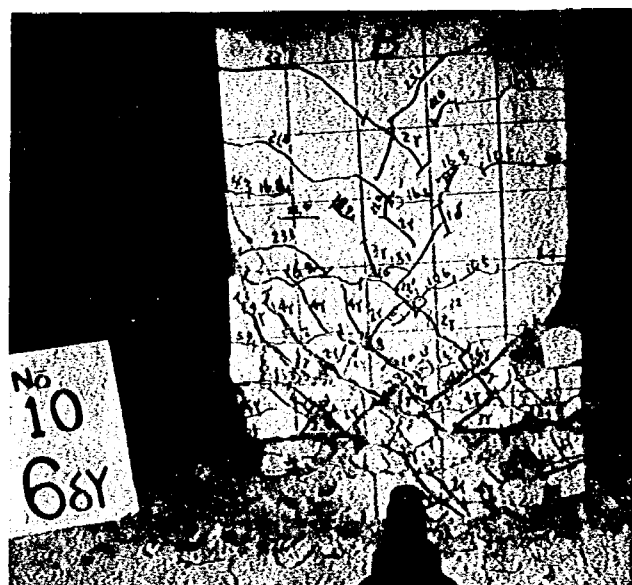
付写 1 - 3 供試体 25, 3 δ_0 終了時



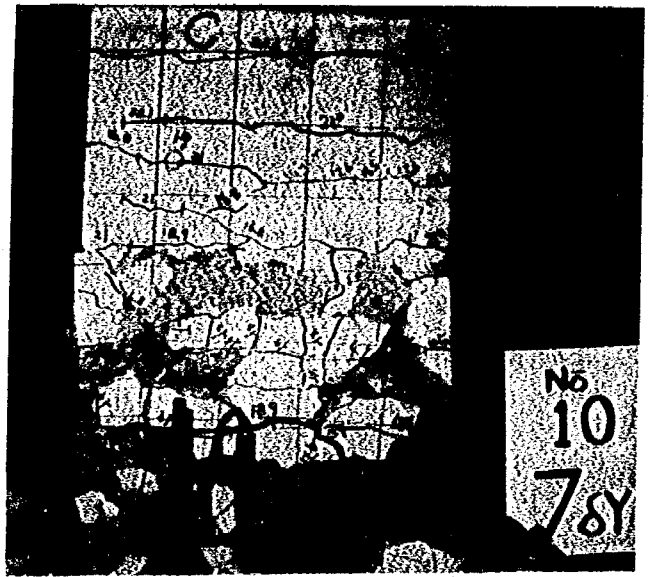
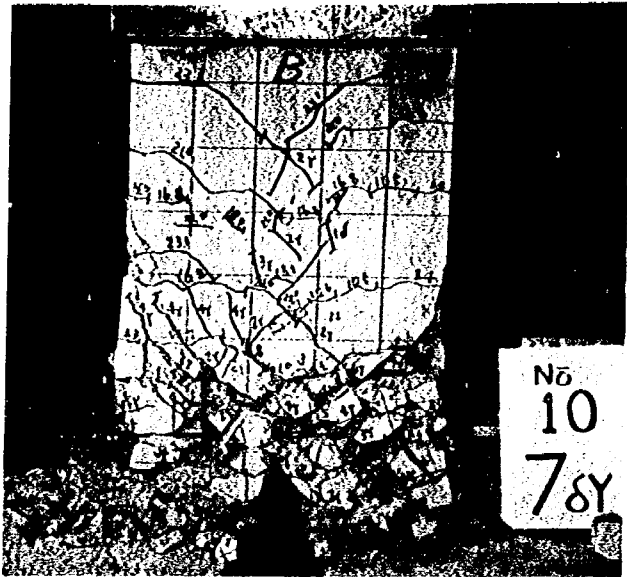
付写 1 - 4 供試体 25, 4 δ_0 終了時



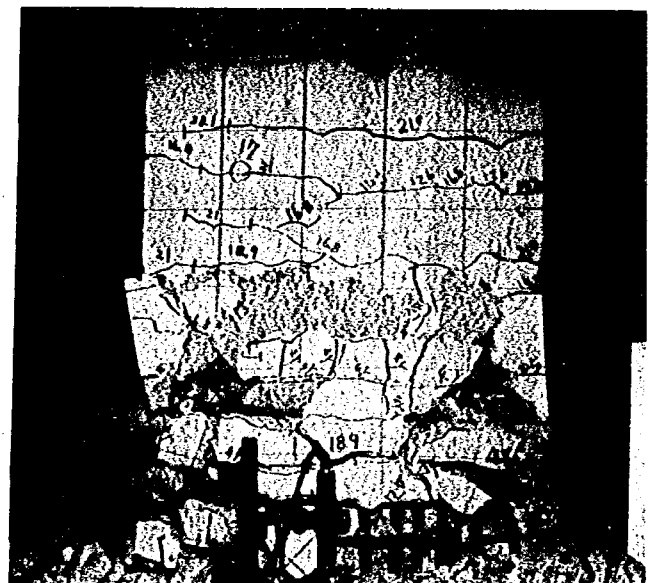
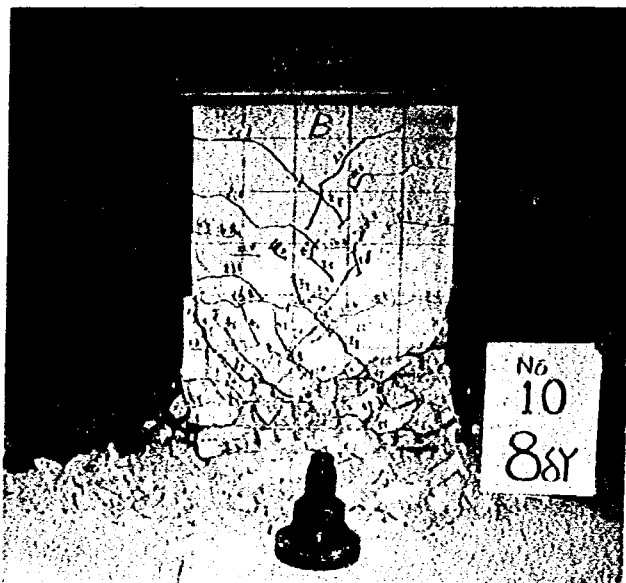
付写 1 - 5 供試体 25, 5 δ_0 終了時



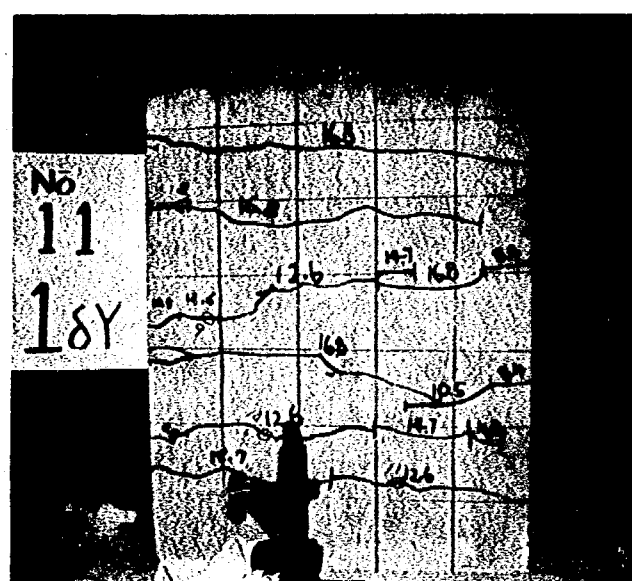
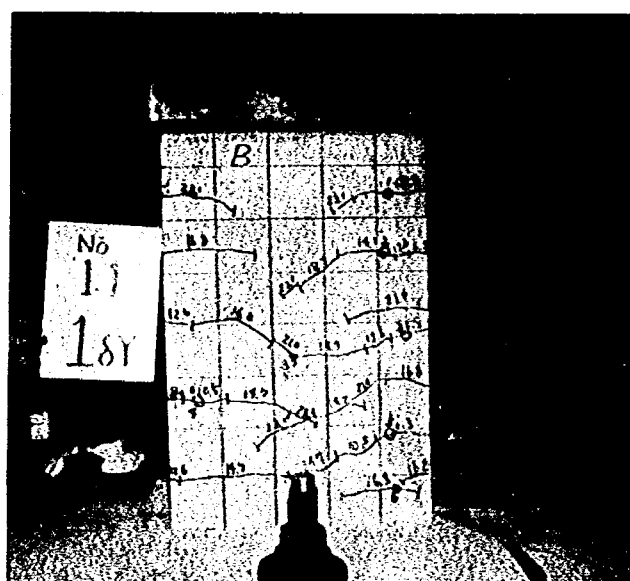
付写 1 - 6 供試体 25, 6 δ_0 終了時



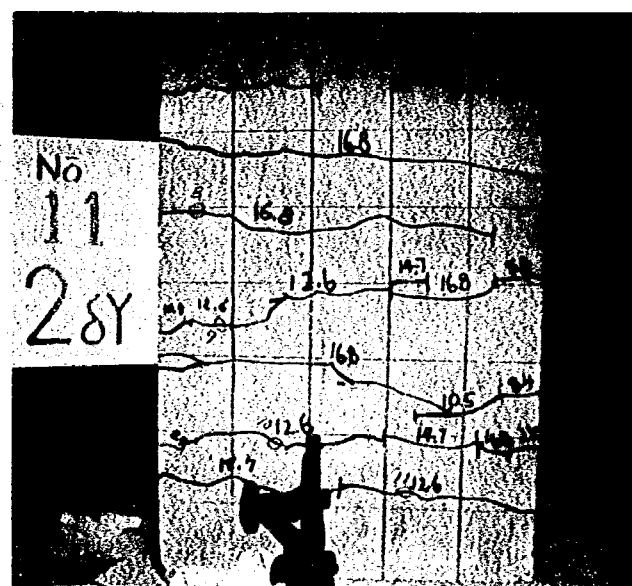
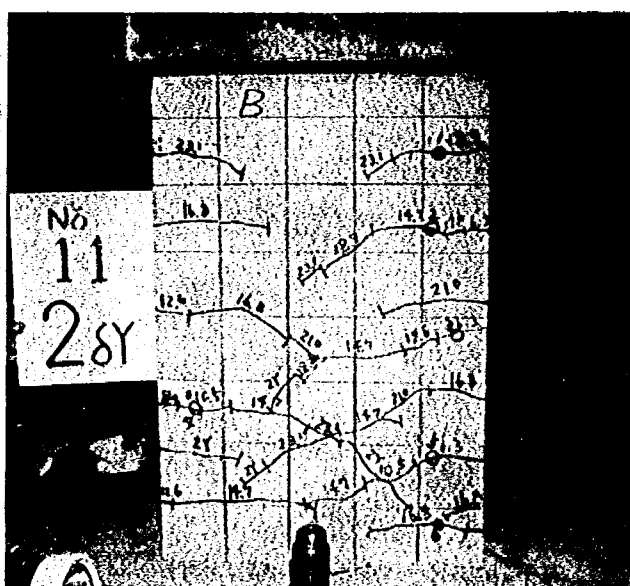
付写 1 - 7 供試体 25, 7 δ_0 終了時



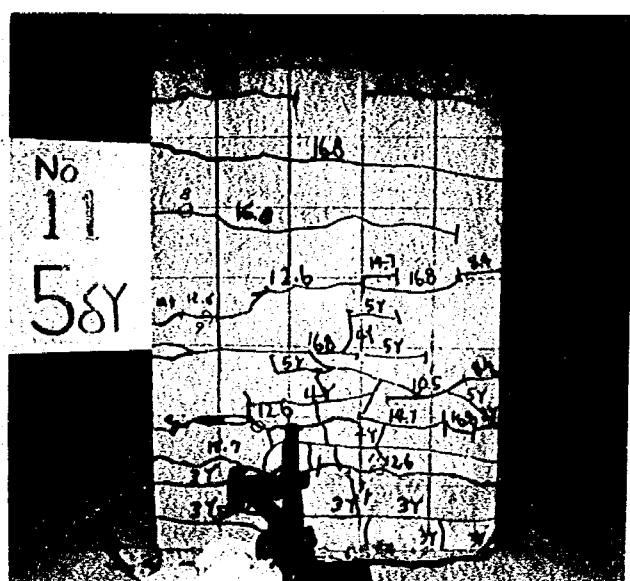
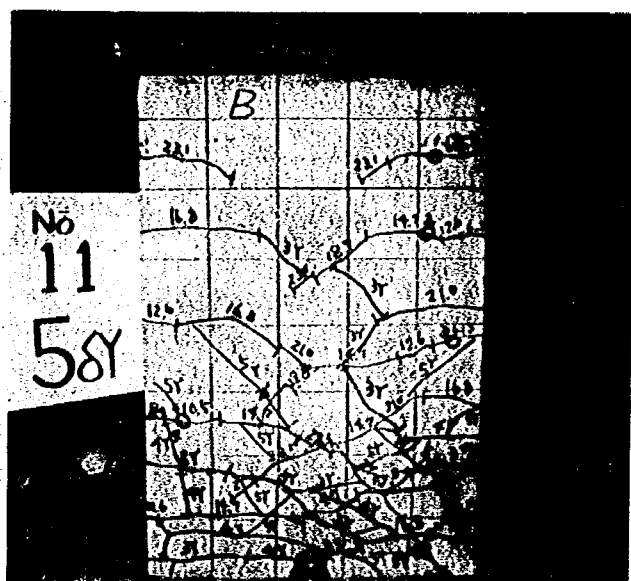
付写 1 - 8 供試体 25, 8 δ_0 終了時



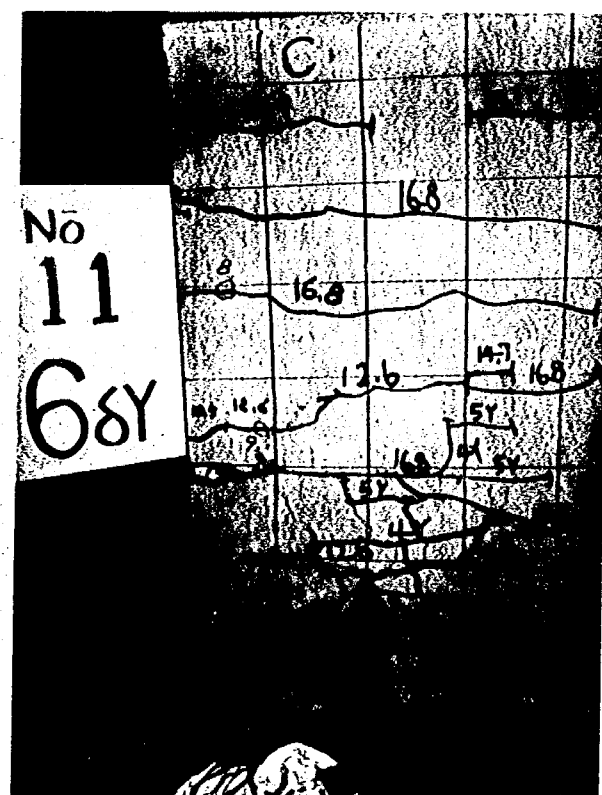
付写 2 - 1 供試体 26, 1 δ_0 終了時



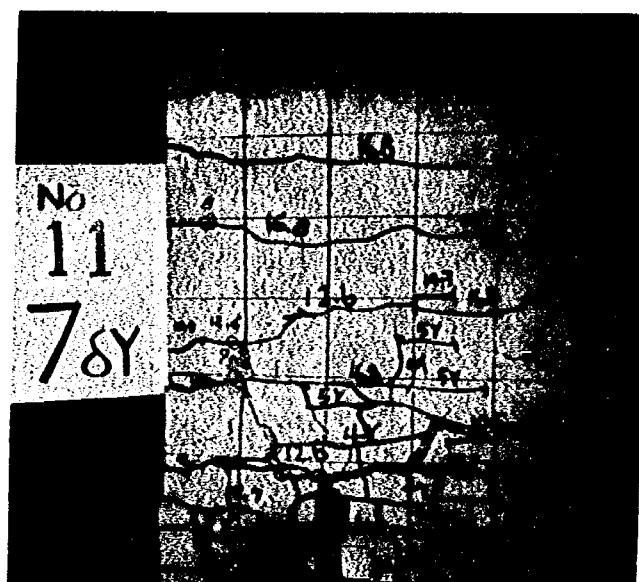
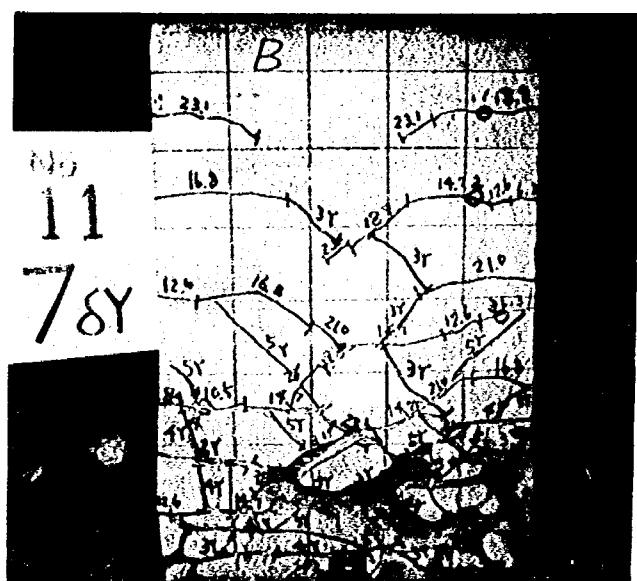
付写 2-2 供試体 26, $2\delta_0$ 終了時



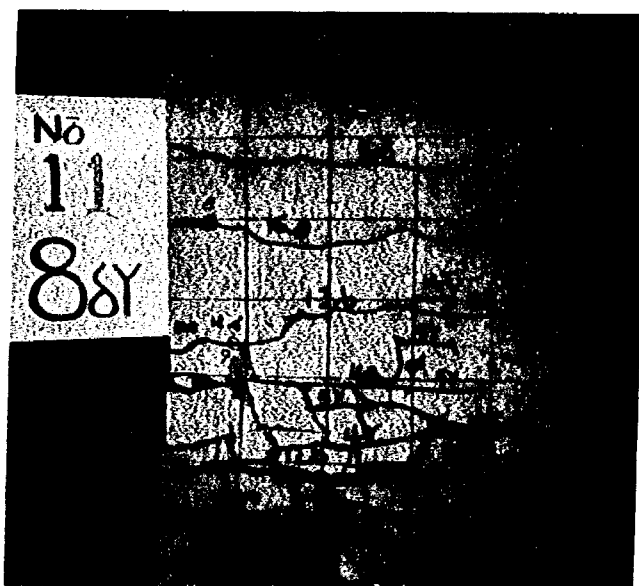
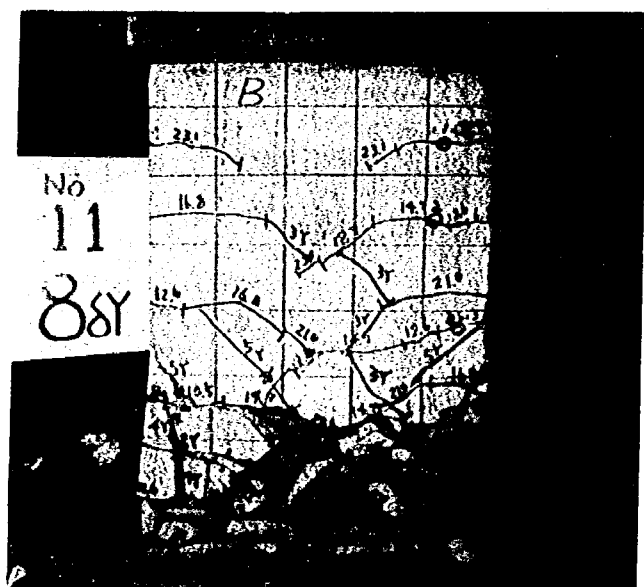
付写 2 - 5 供試体 26, 5 δ_0 終了時



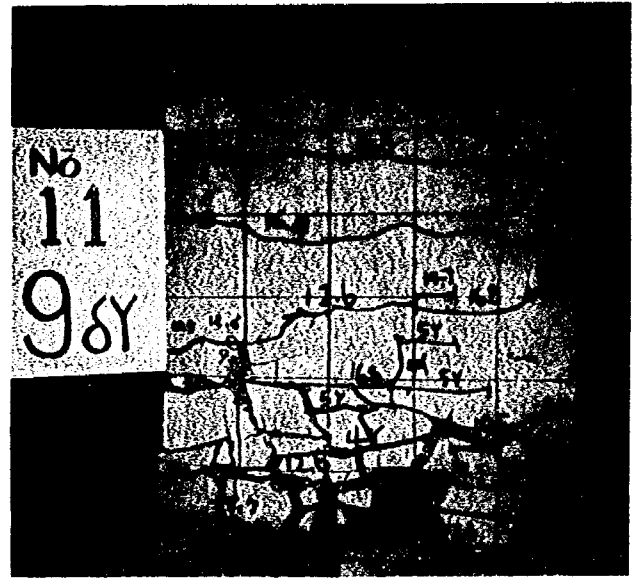
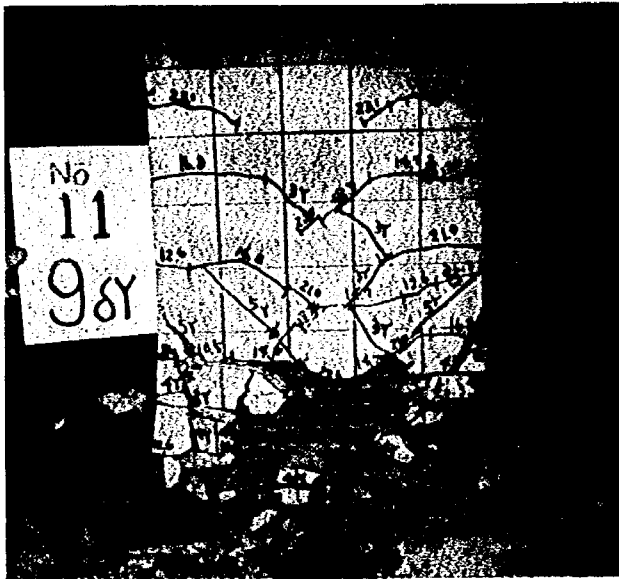
付写 2 - 6 供試体 26, 6 δ_0 終了時



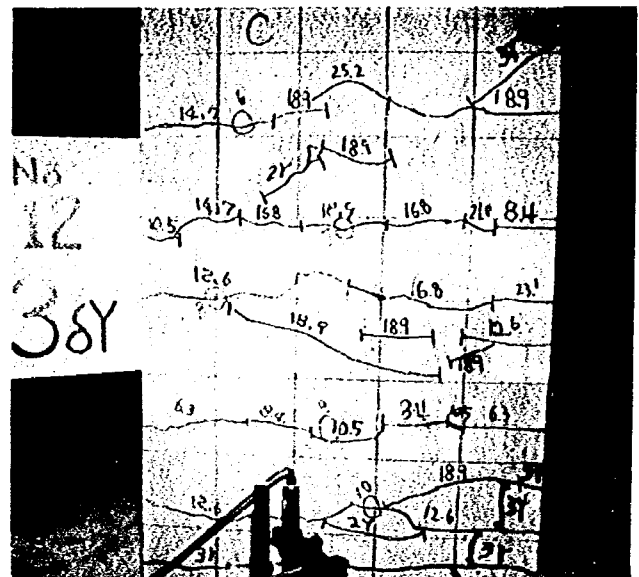
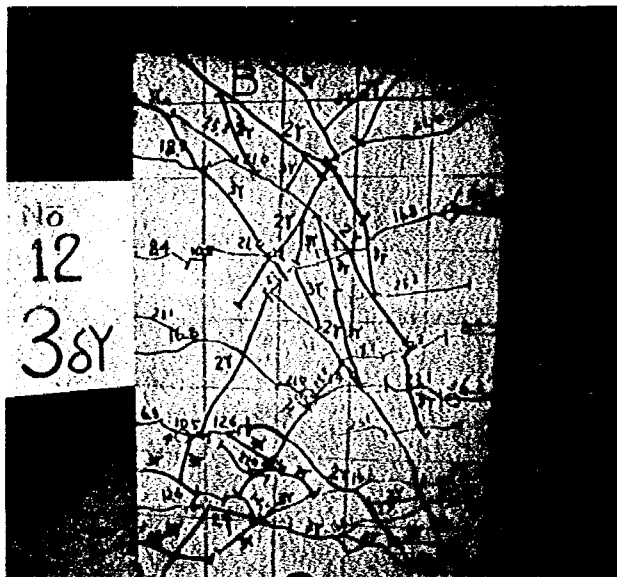
付写 2-7 供試体 26, 7 δ_0 終了時



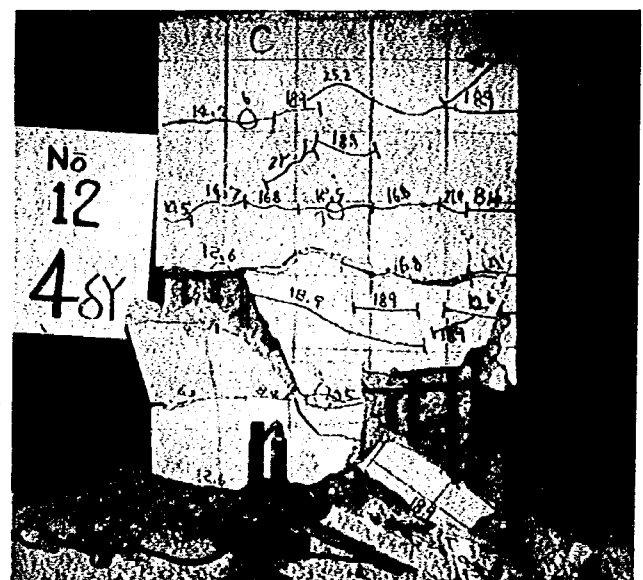
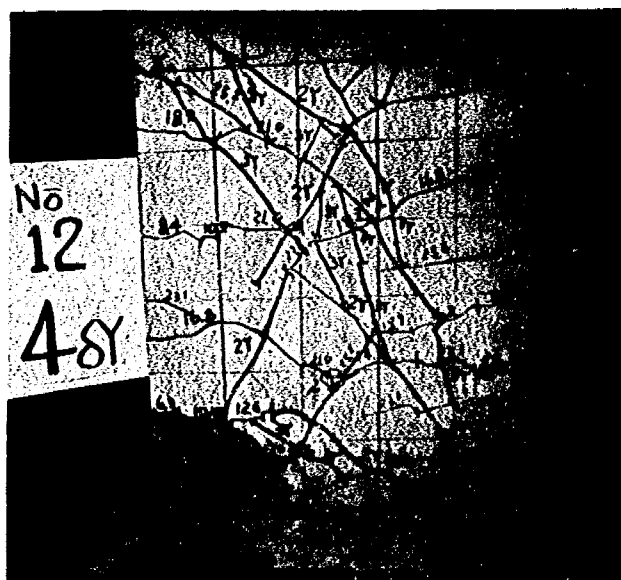
付写 2-8 供試体 26, 8 δ_0 終了時



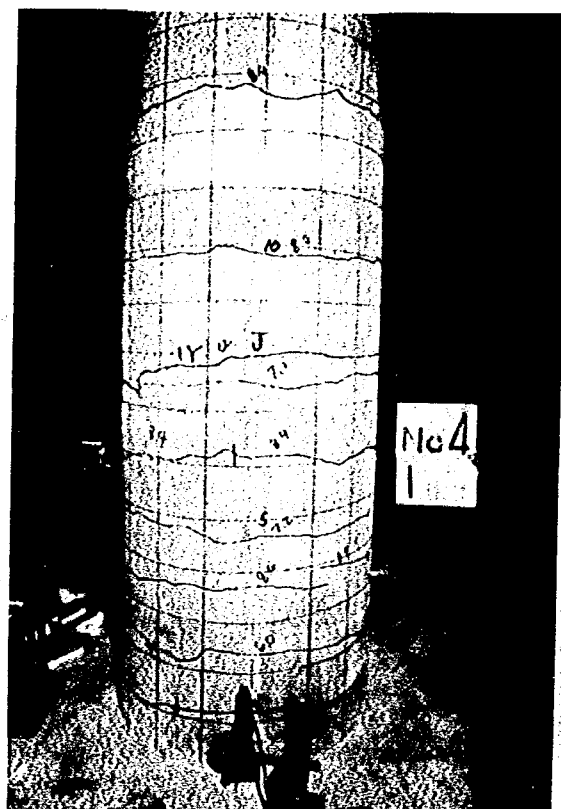
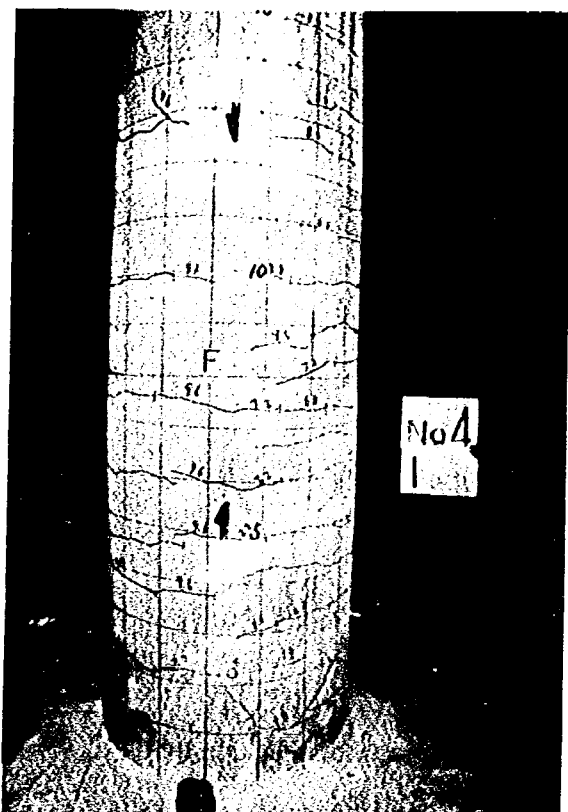
付写 2 - 9 供試体 26、9 δ_0 終了時



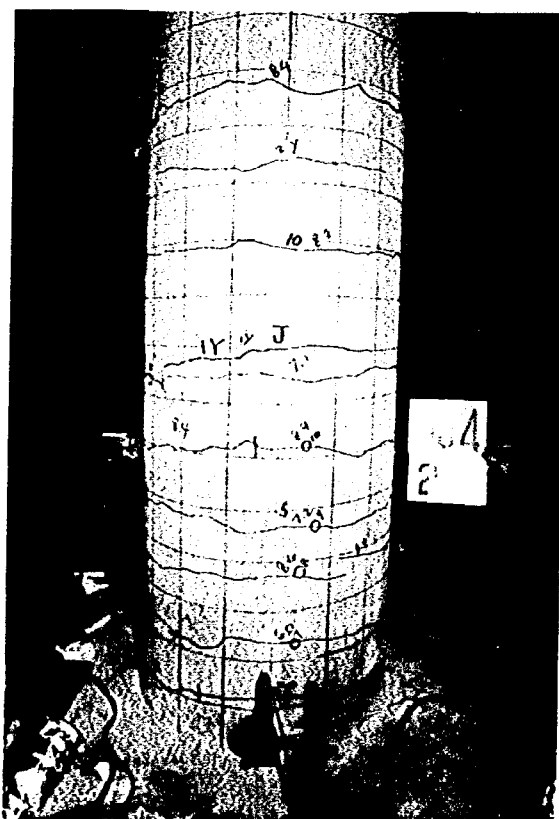
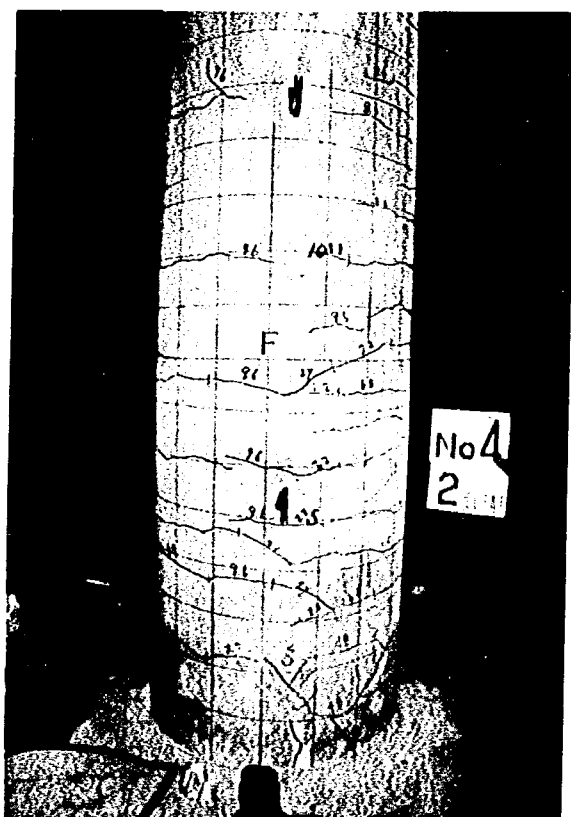
付写 3-3 供試体 27, 3 δ_0 終了時



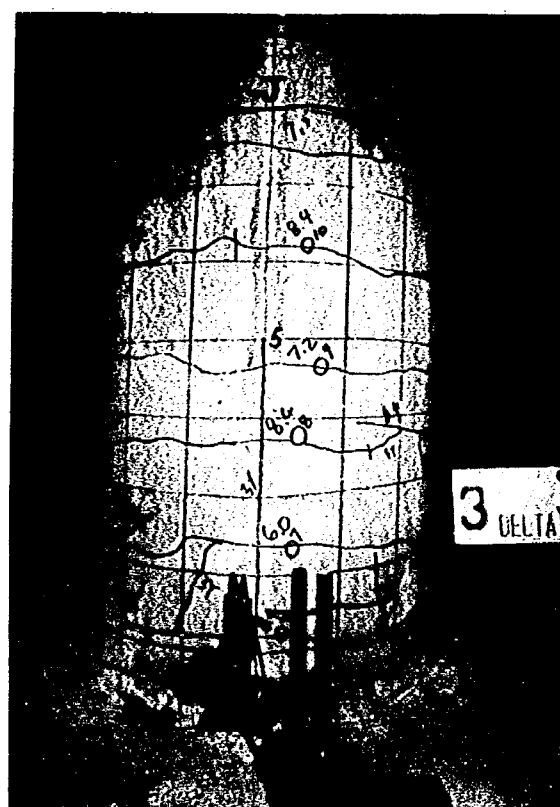
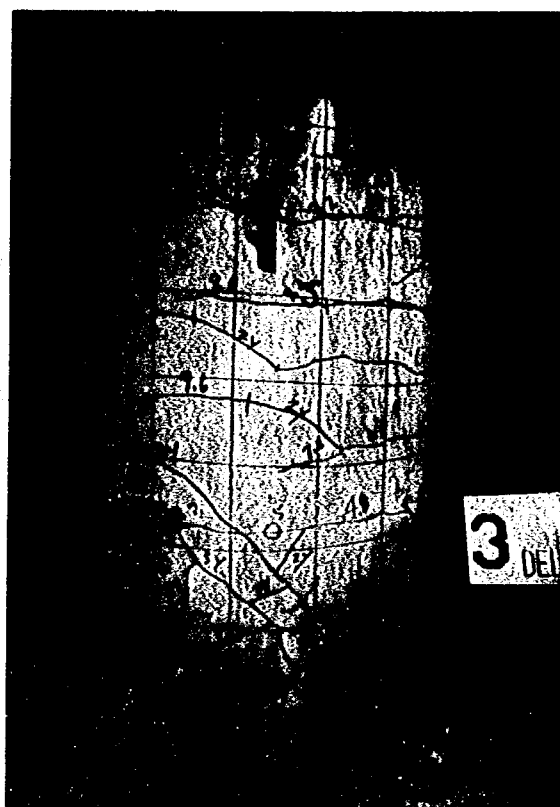
付写 3-4 供試体 27, 4 δ_0 終了時



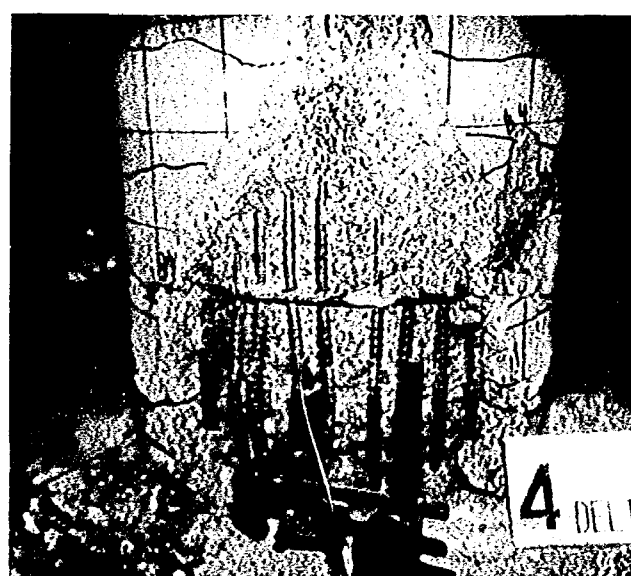
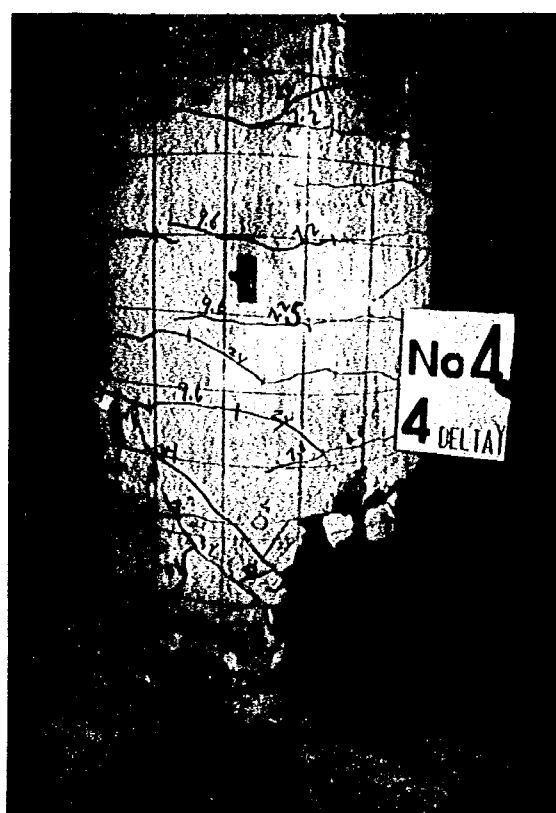
付写 4-1 供試体 28, 1 δ_0 終了時



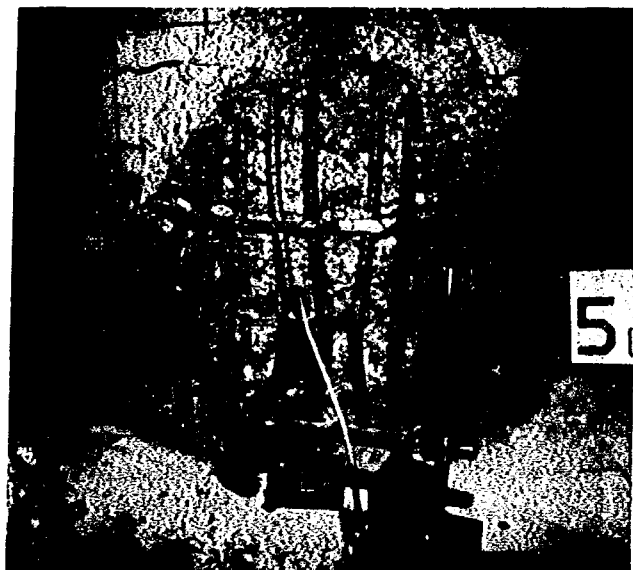
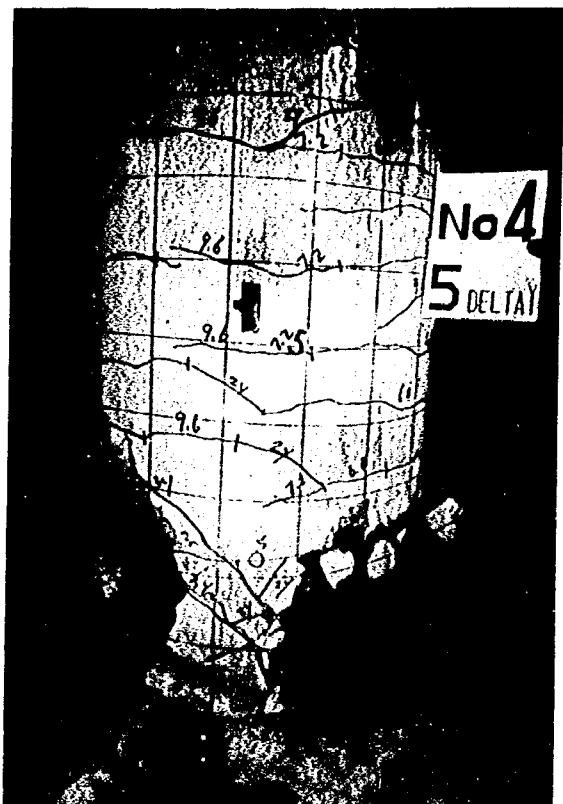
付写 4-2 供試体 28, 2 δ_0 終了時



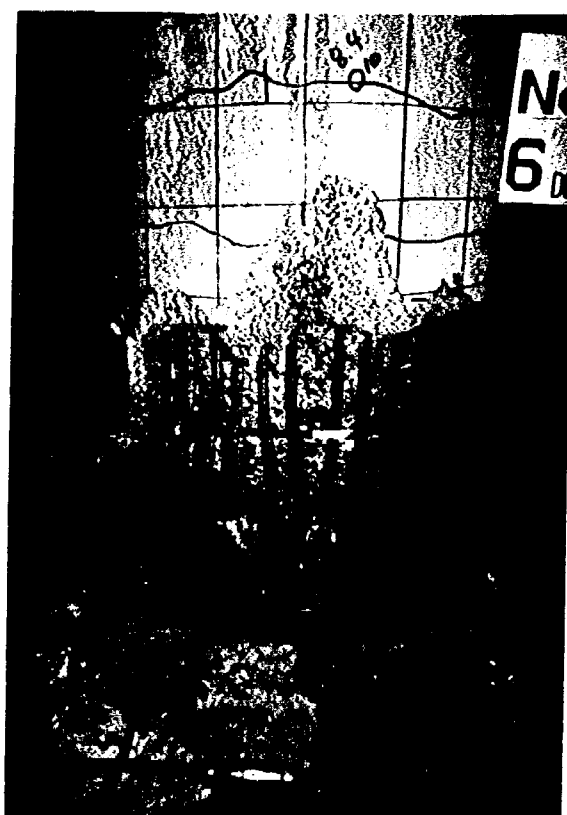
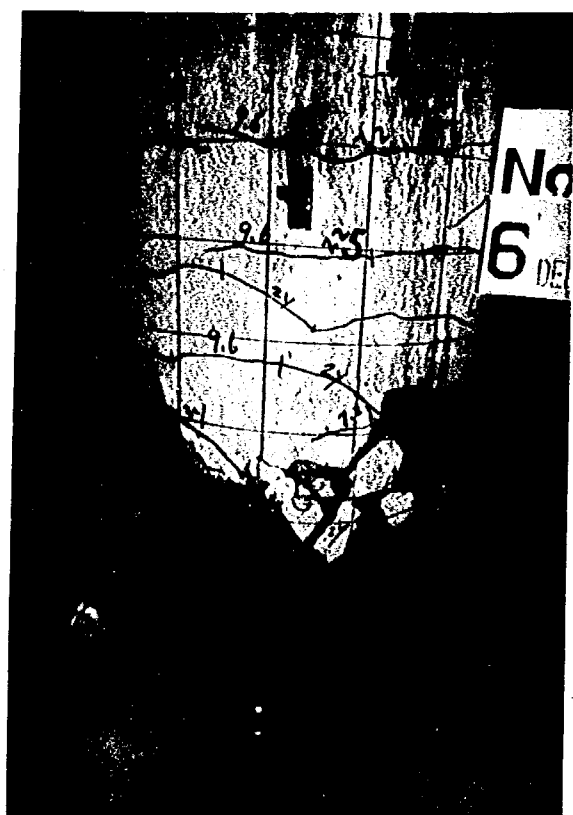
付写 4 - 3 供試体 28, 3 δ_0 終了時



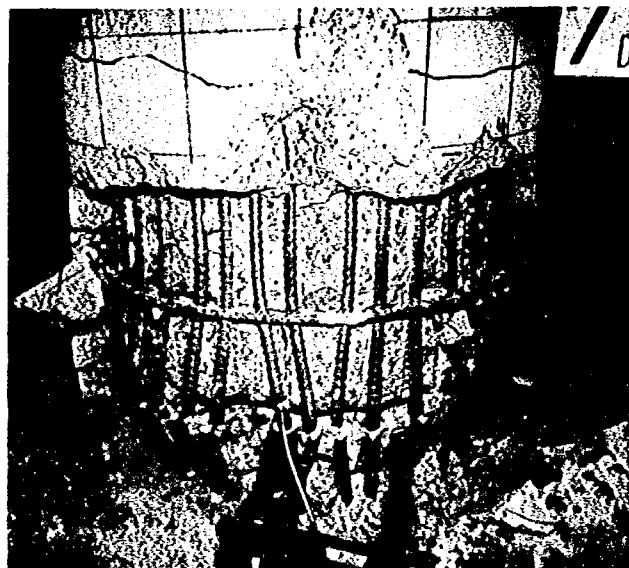
付写 4 - 4 供試体 28, 4 δ_0 終了時



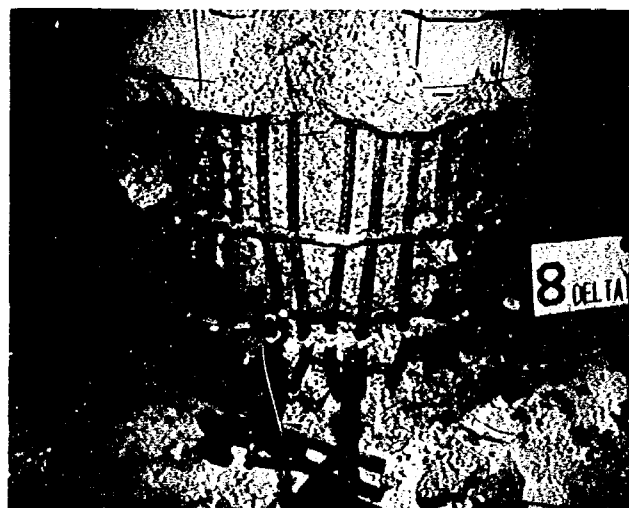
付写 4 - 5 供試体 28, 5 δ_0 終了時



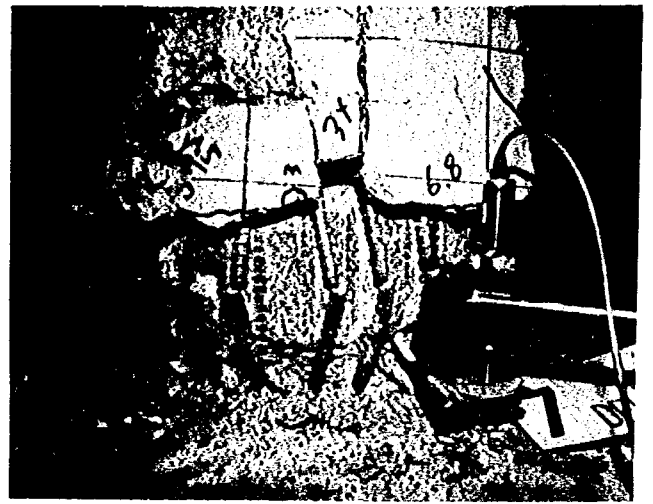
付写 4 - 6 供試体 28, 6 δ_0 終了時



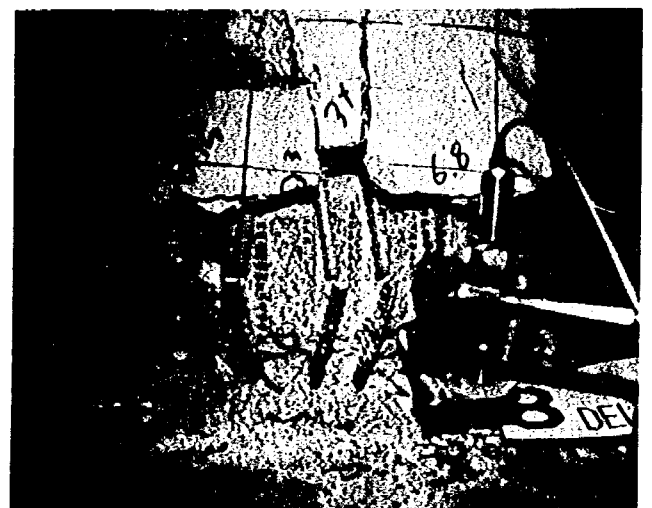
付写 4 - 7 供試体 28, $7 \delta_0$ 終了時



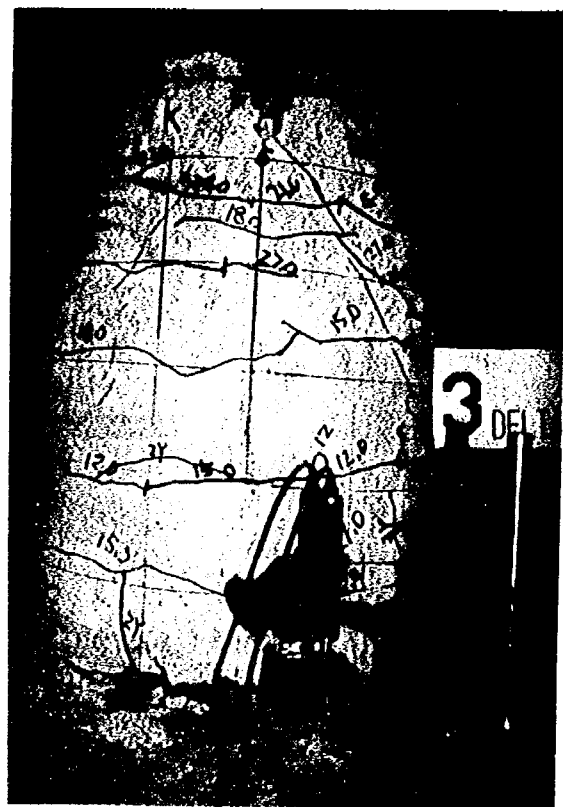
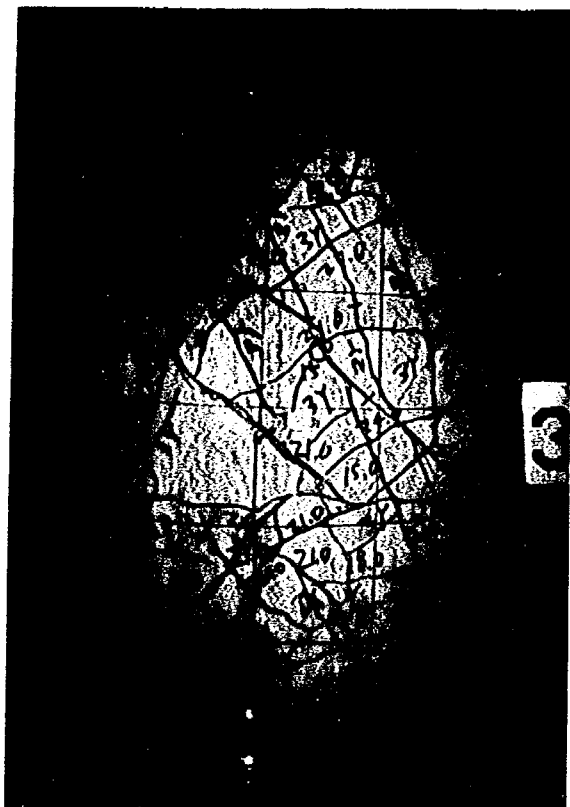
付写 4 - 8 供試体 28, $8 \delta_0$ 終了時



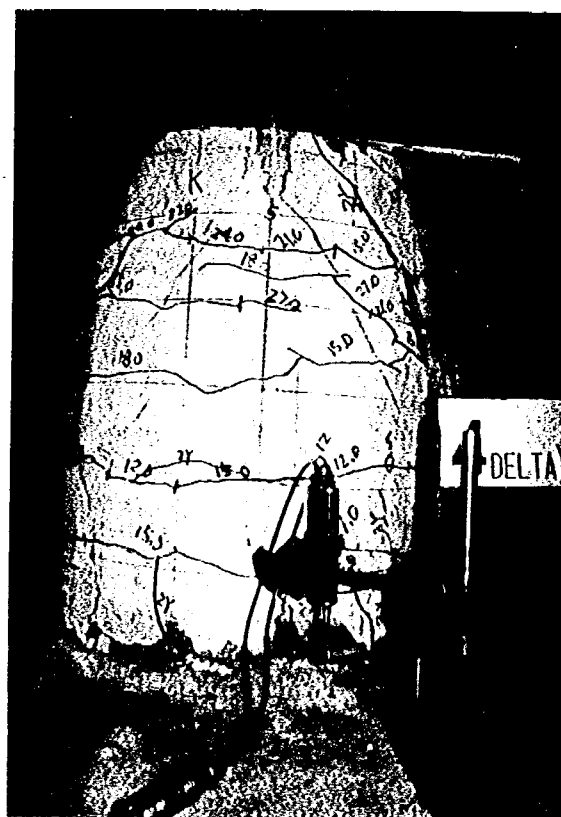
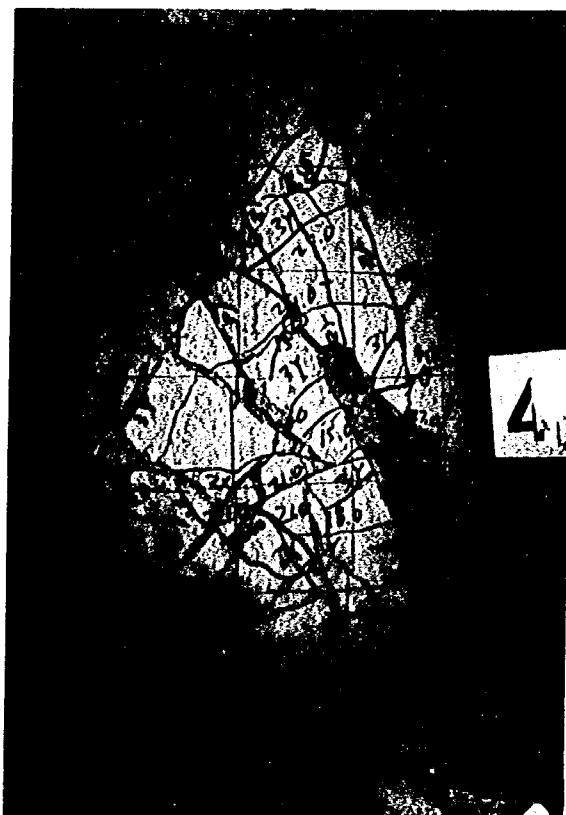
付写 5 - 7 供試体 29, 7 δ_0 終了時



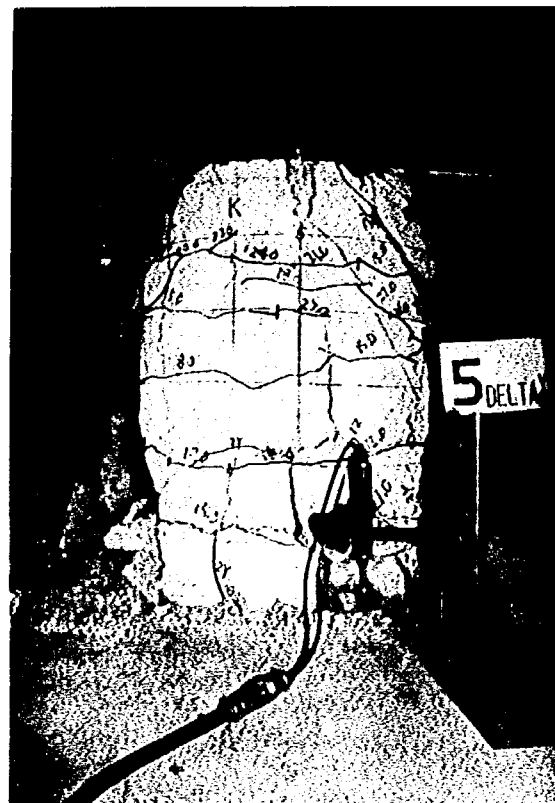
付写 5 - 8 供試体 29, 8 δ_0 終了時



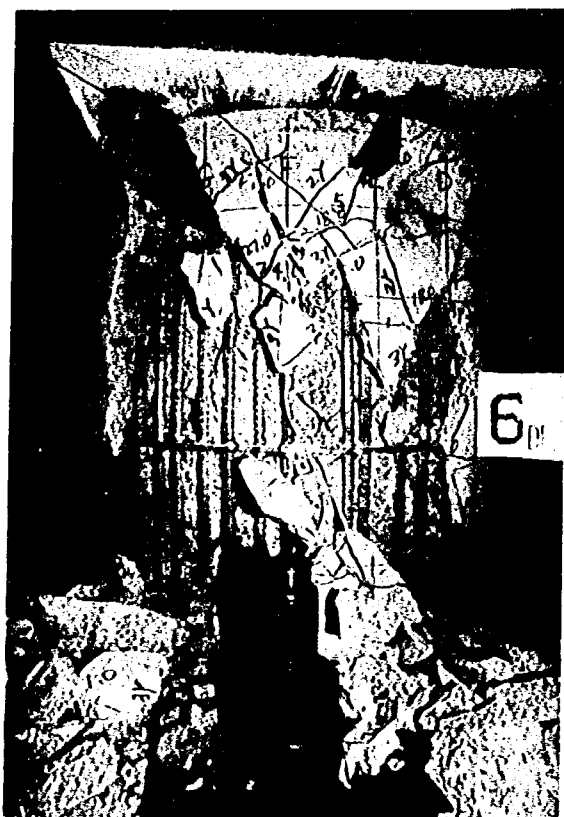
付写 6 - 3 供試体 30, $3 \delta_0$ 終了時



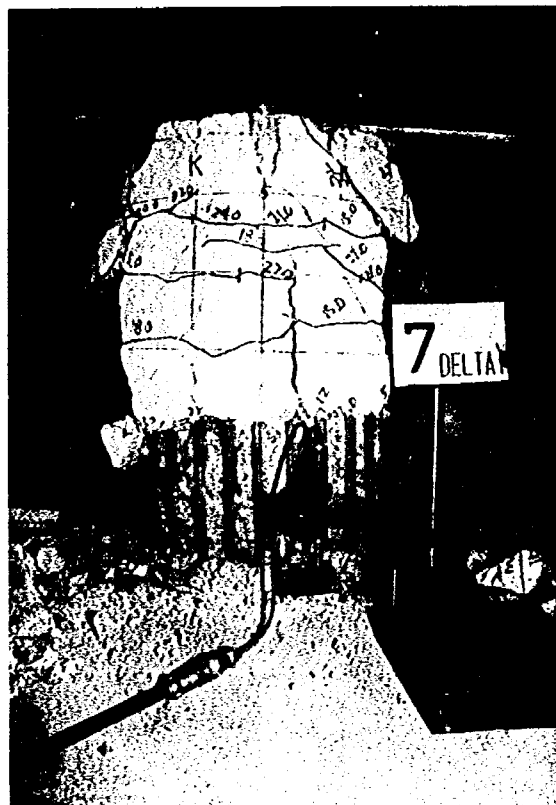
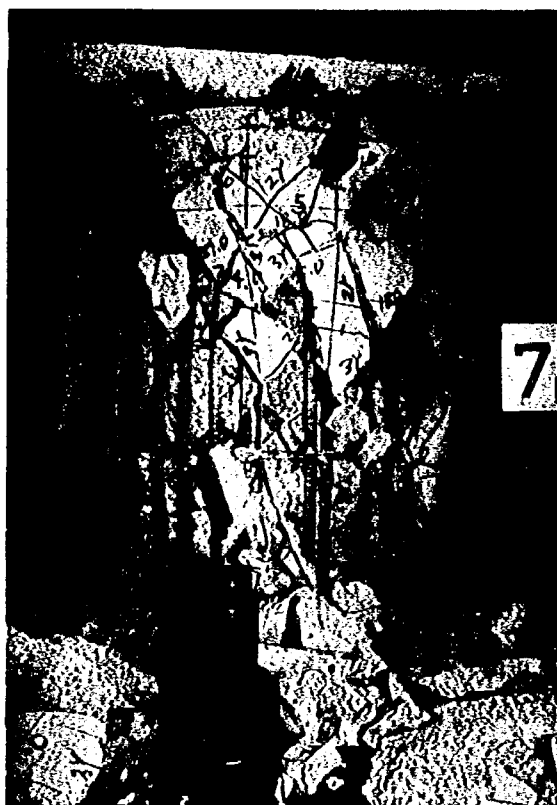
付写 6 - 4 供試体 30, $4 \delta_0$ 終了時



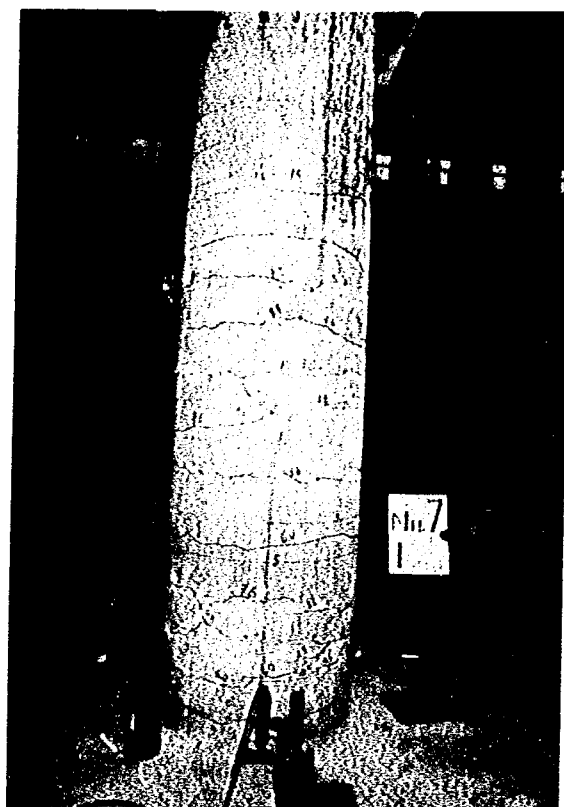
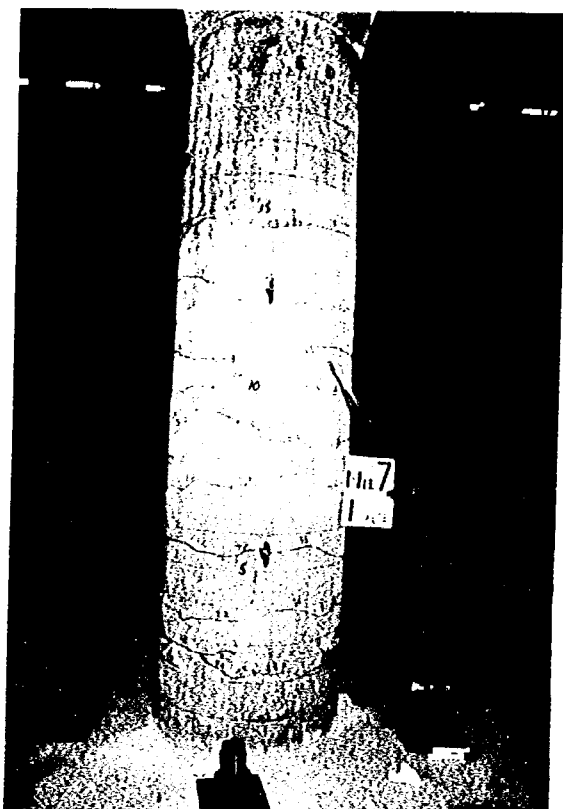
付写 6 - 5 供試体 30, 5 δ_0 終了時



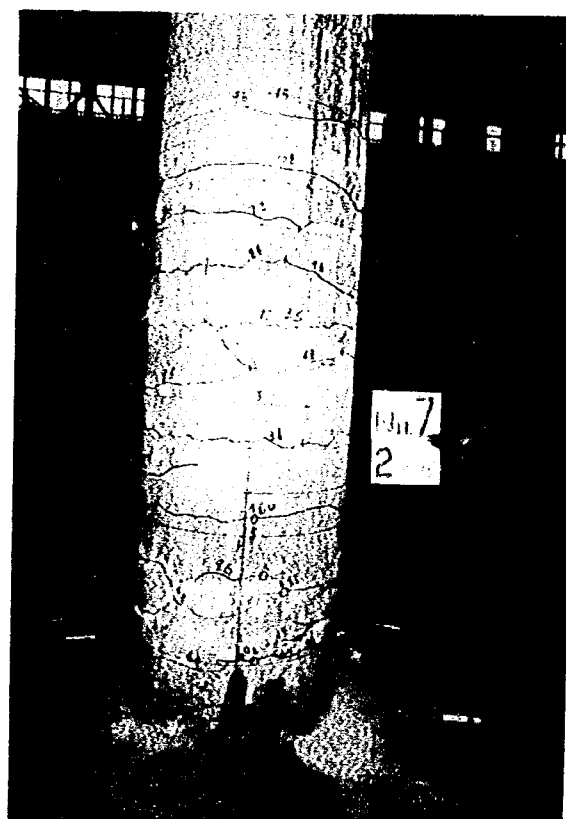
付写 6 - 6 供試体 30, 6 δ_0 終了時



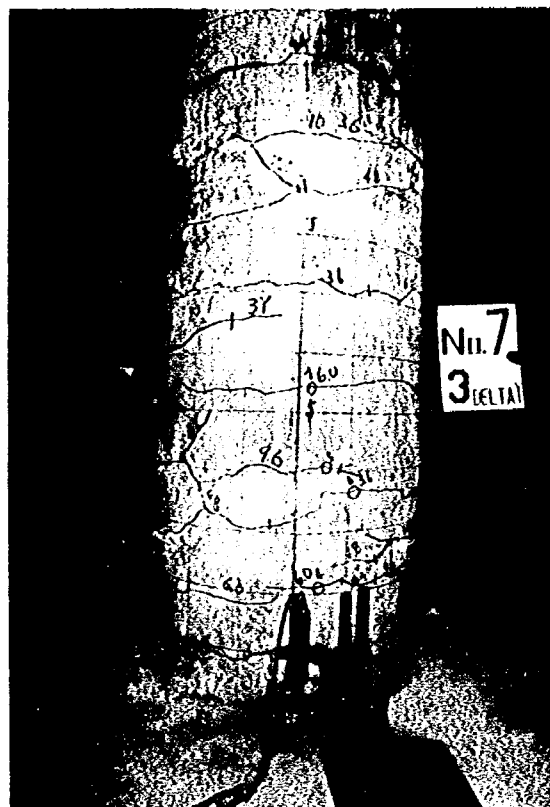
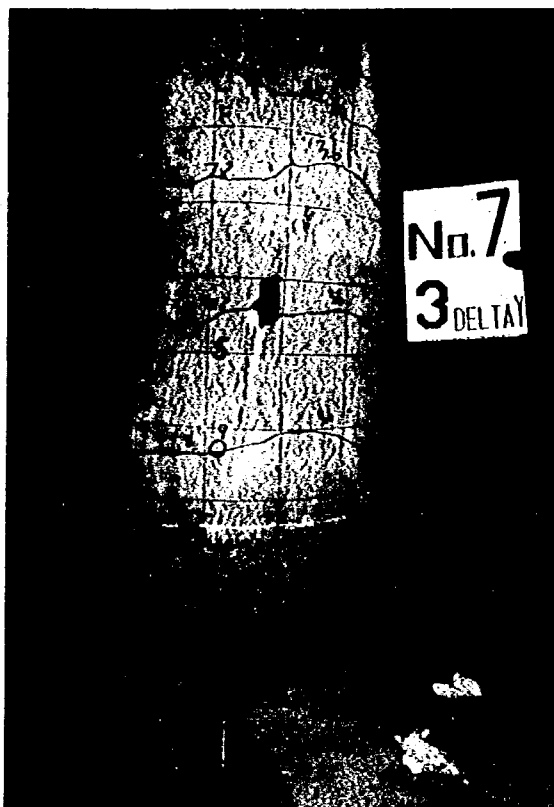
付写 6 - 7 供試体 30, 7 δ_0 終了時



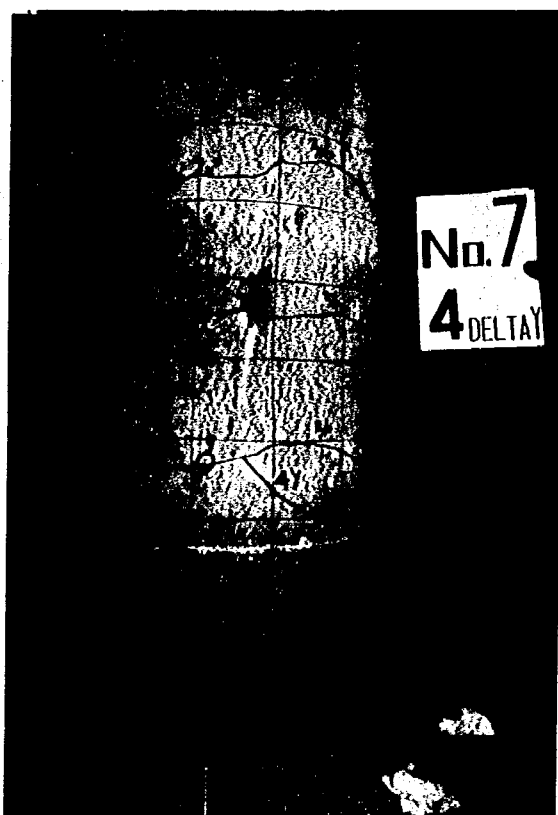
付写 7 - 1 供試体 31, 1 δ_0 終了時



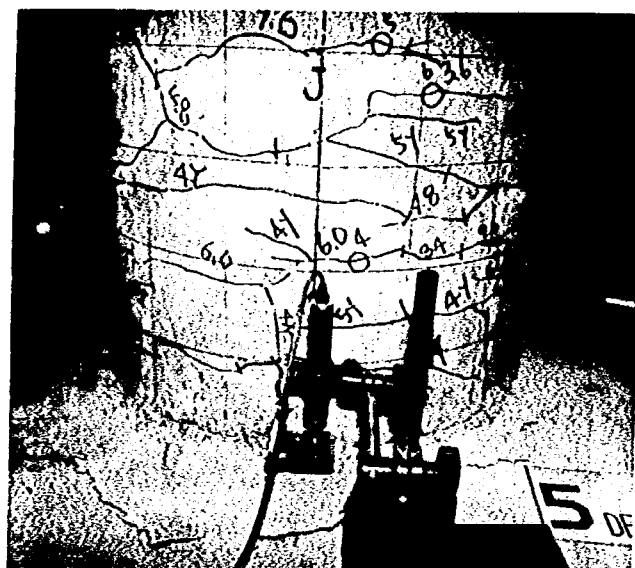
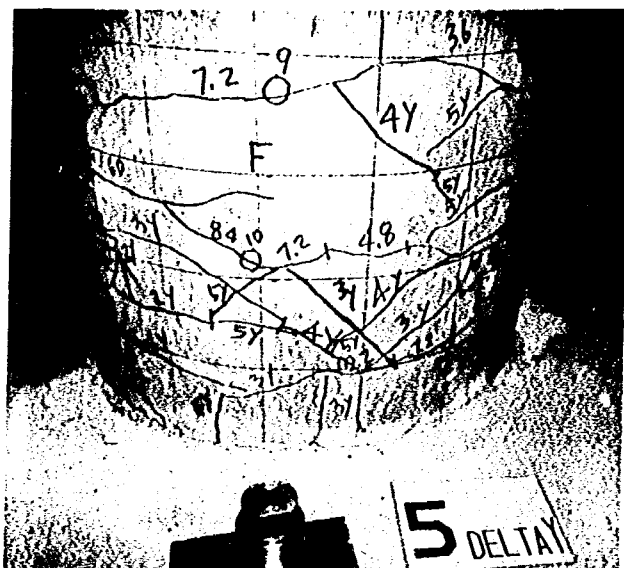
付写 7 - 2 供試体 31, 2 δ_0 終了時



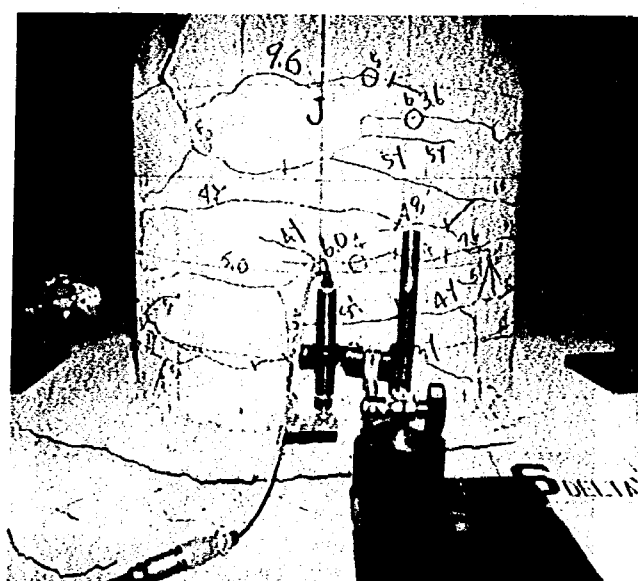
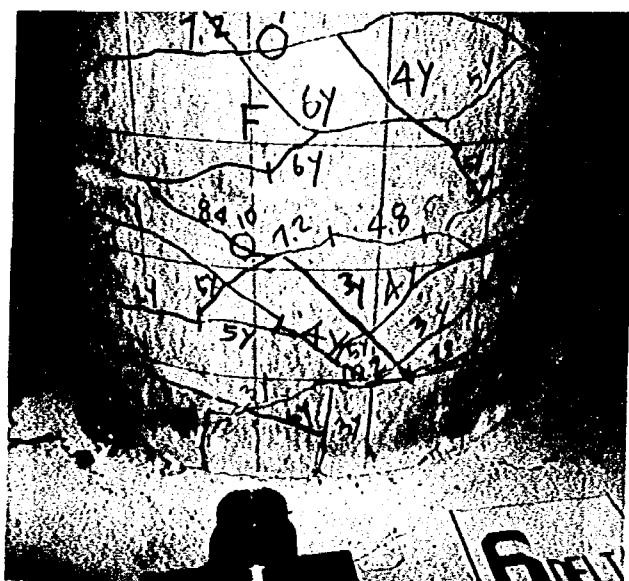
付写 7 - 3 供試体 31, 3 δ_0 終了時



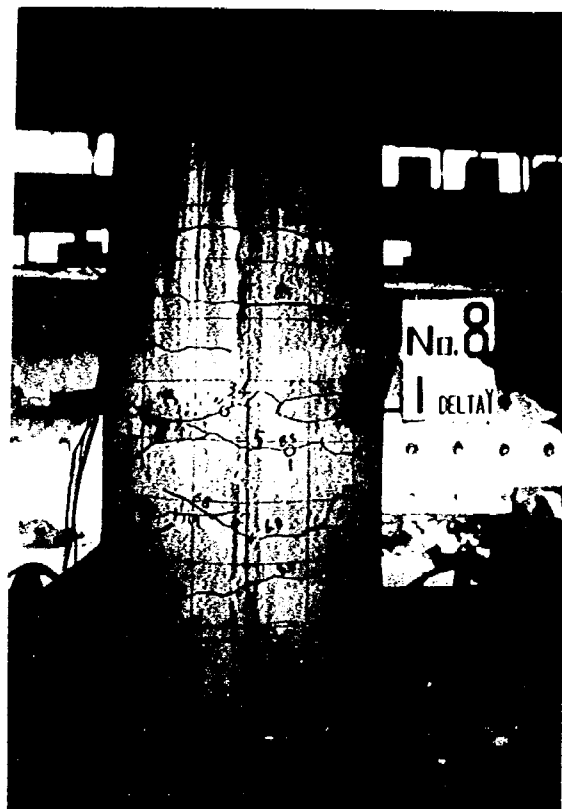
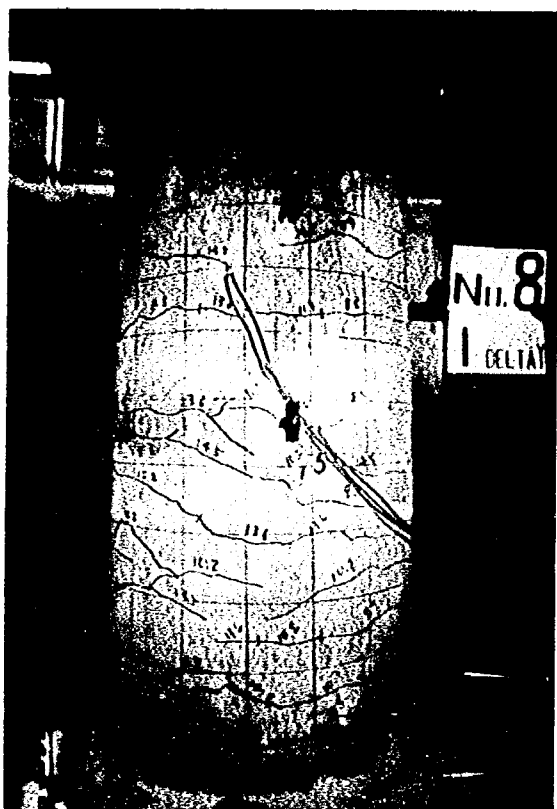
付写 7 - 4 供試体 31, 4 δ_0 終了時



付写 7-5 供試体 31, $5 \delta_0$ 終了時



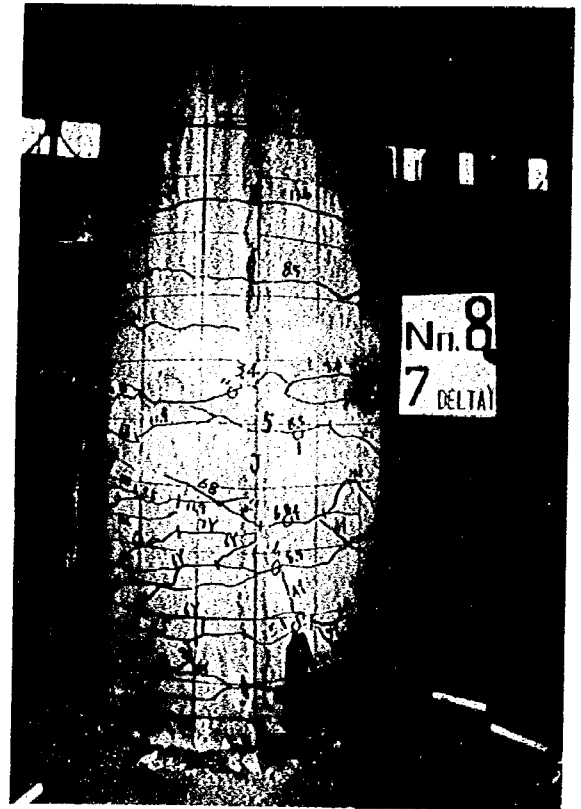
付写 7-6 供試体 31, $6 \delta_0$ 終了時



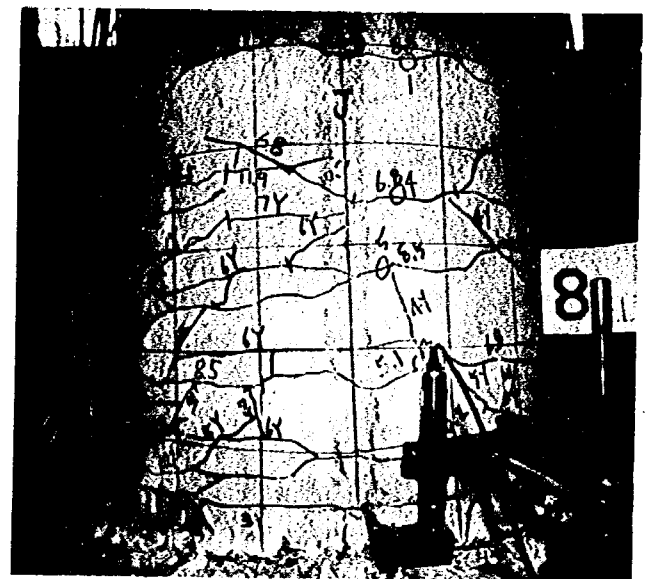
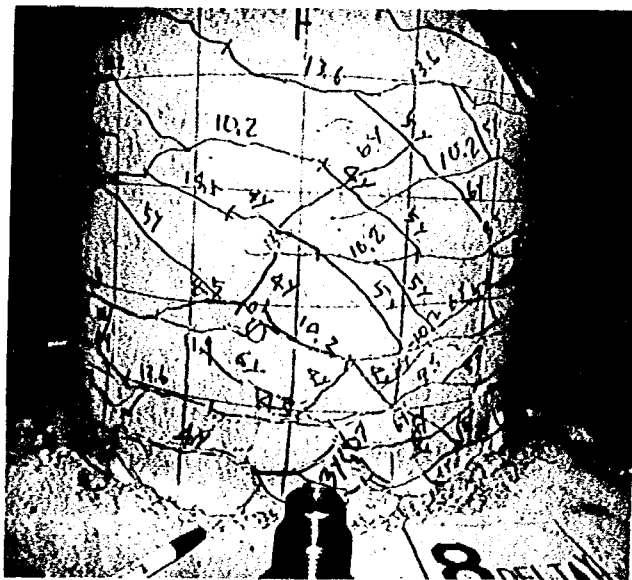
付写 8 - 1 供試体 32, 1 δ_0 終了時



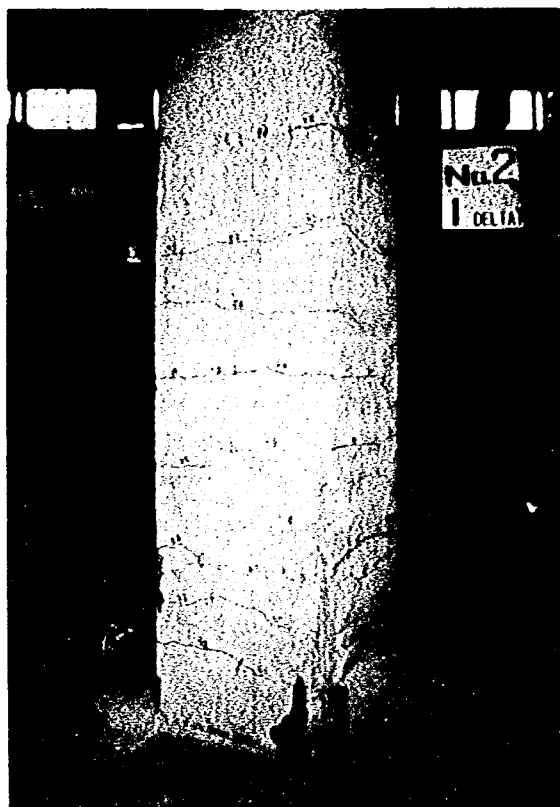
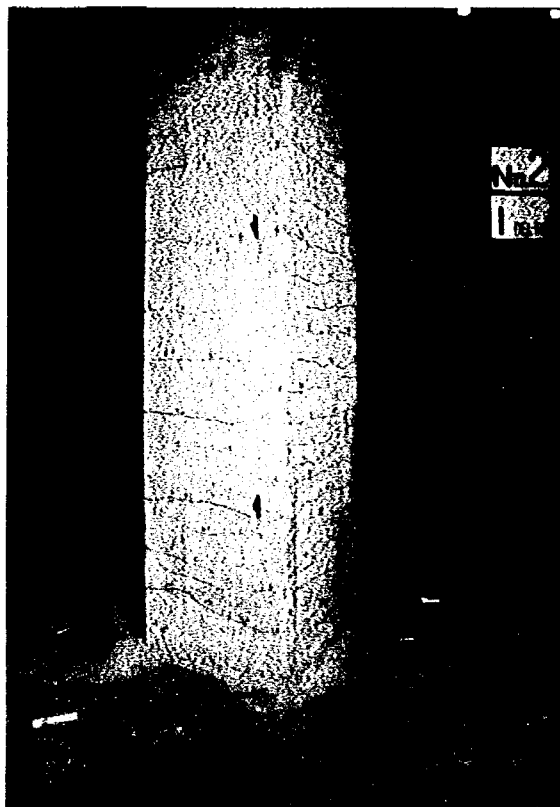
付写 8 - 2 供試体 32, 2 δ_0 終了時



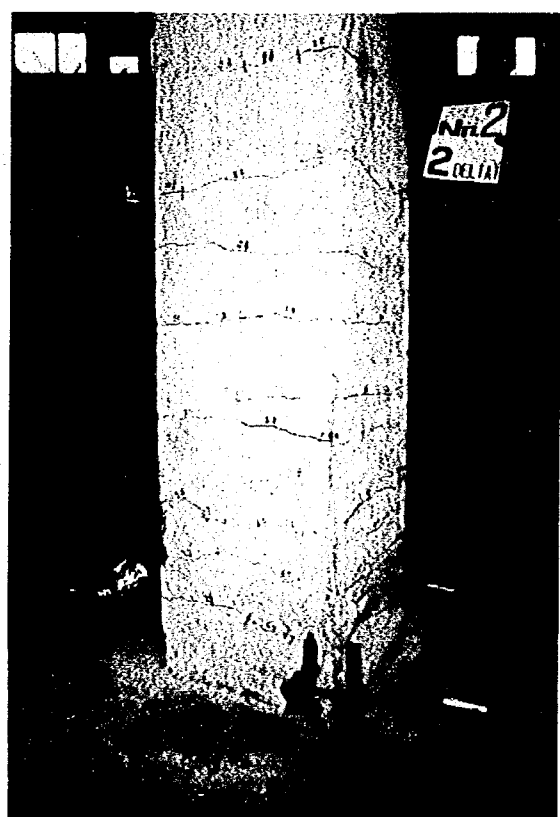
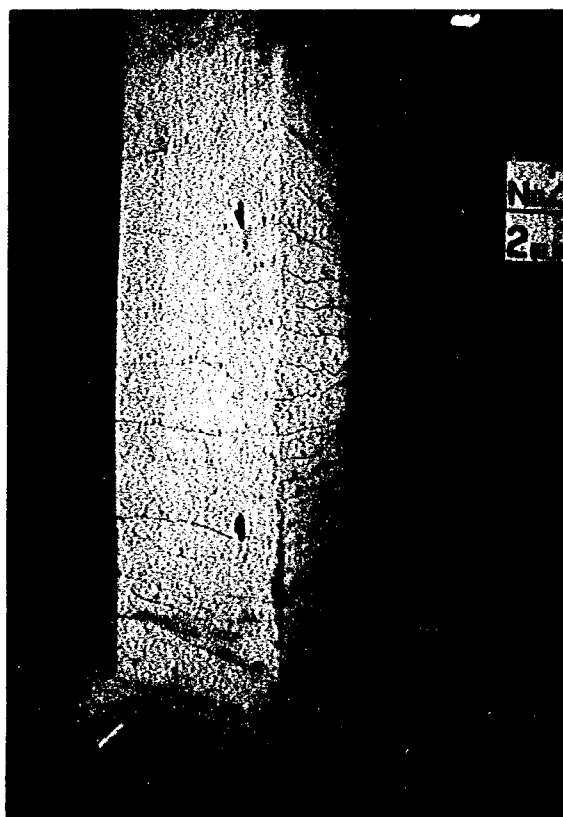
付写 8 - 7 供試体 32, 7 δ_0 終了時



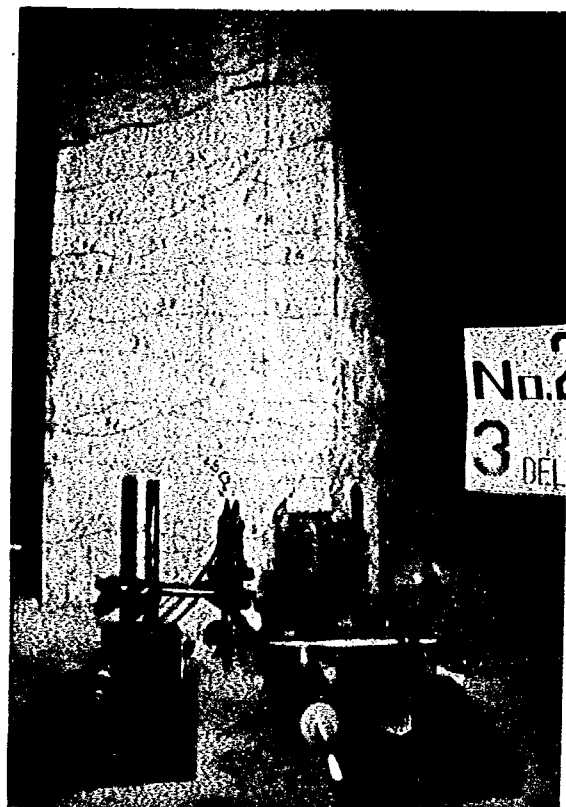
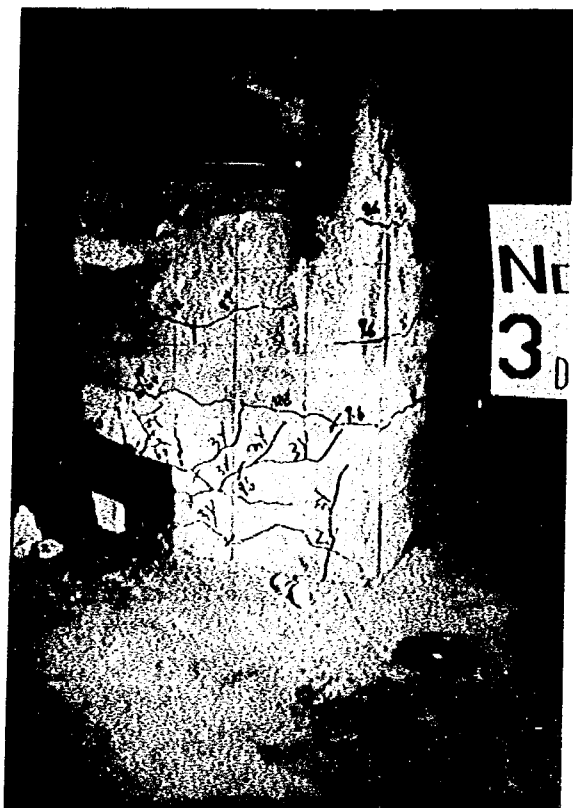
付写 8 - 8 供試体 32, 8 δ_0 終了時



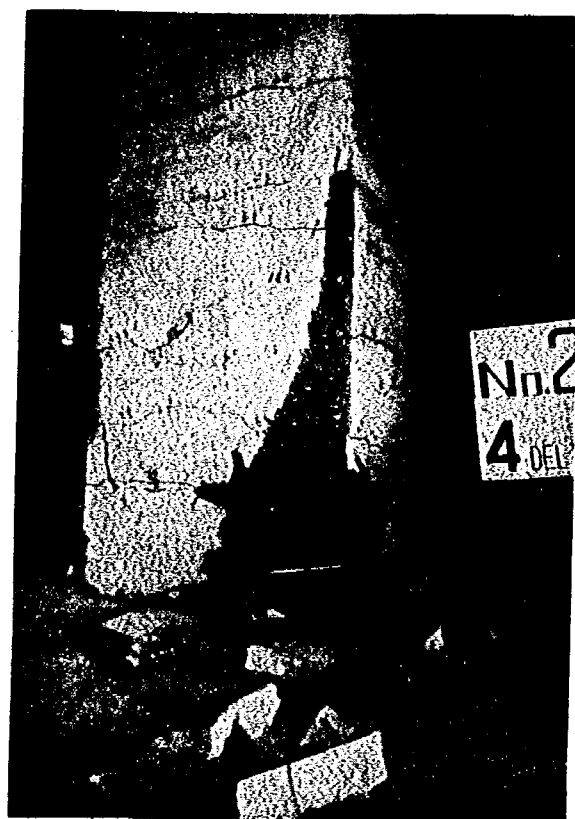
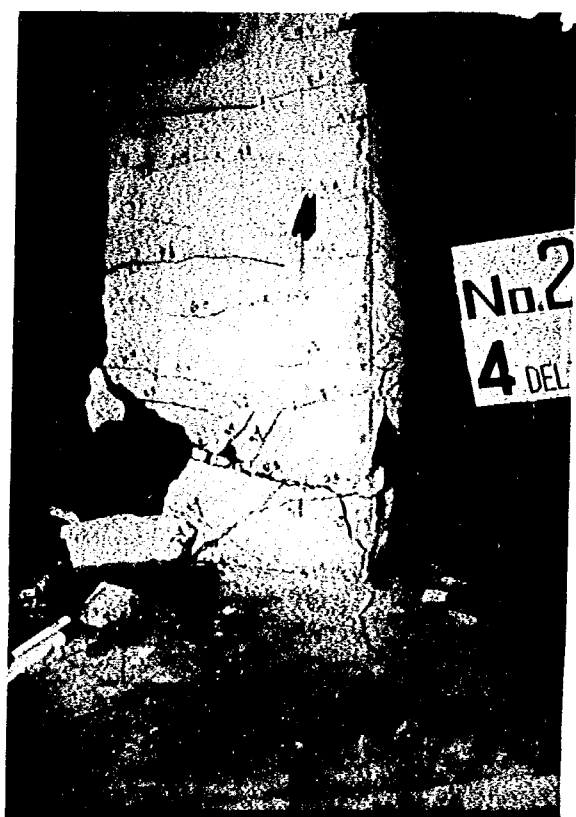
付写 9 - 1 供試体 33, 1 δ_0 終了時



付写 9 - 2 供試体 33, 2 δ_0 終了時



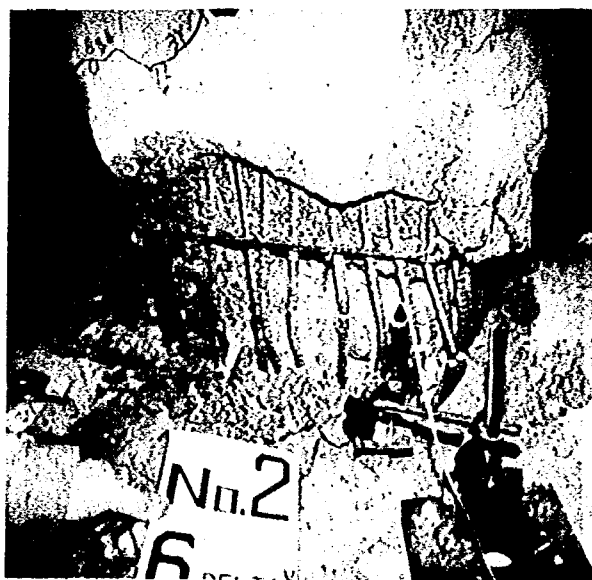
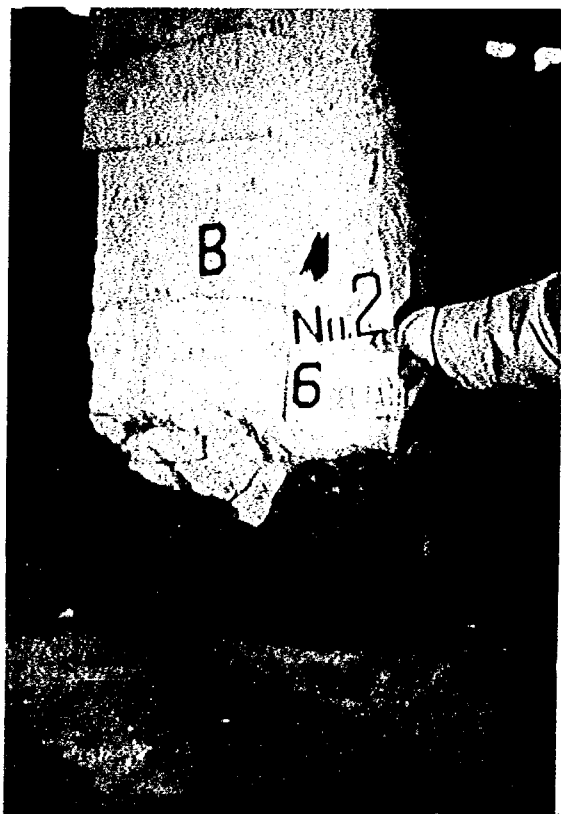
付写 9 - 3 供試体 33, 3 δ_0 終了時



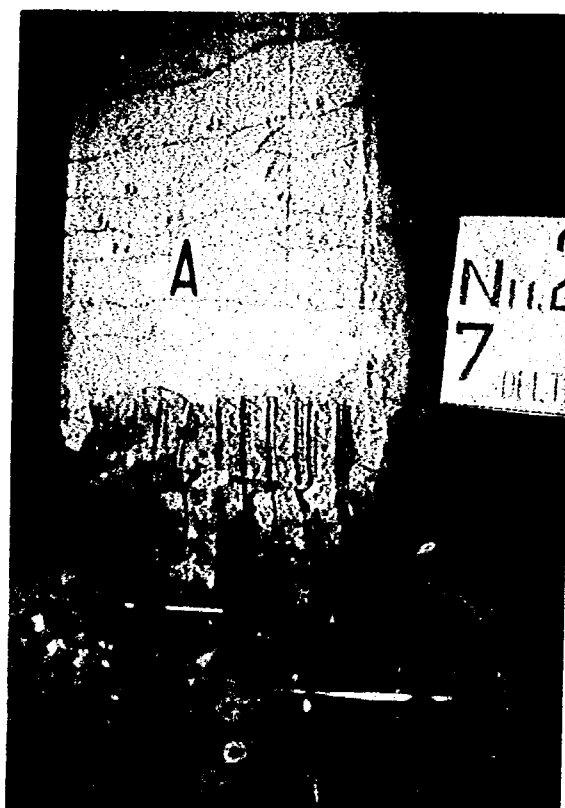
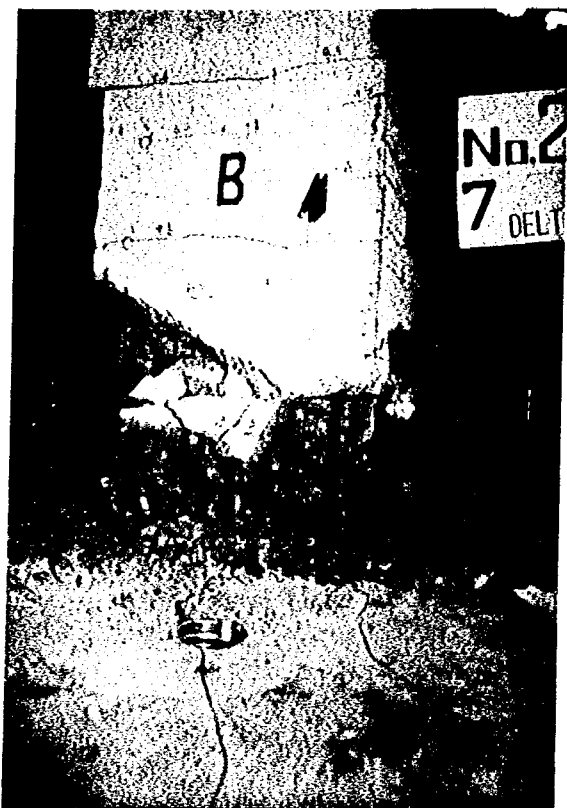
付写 9 - 4 供試体 33, 4 δ_0 終了時



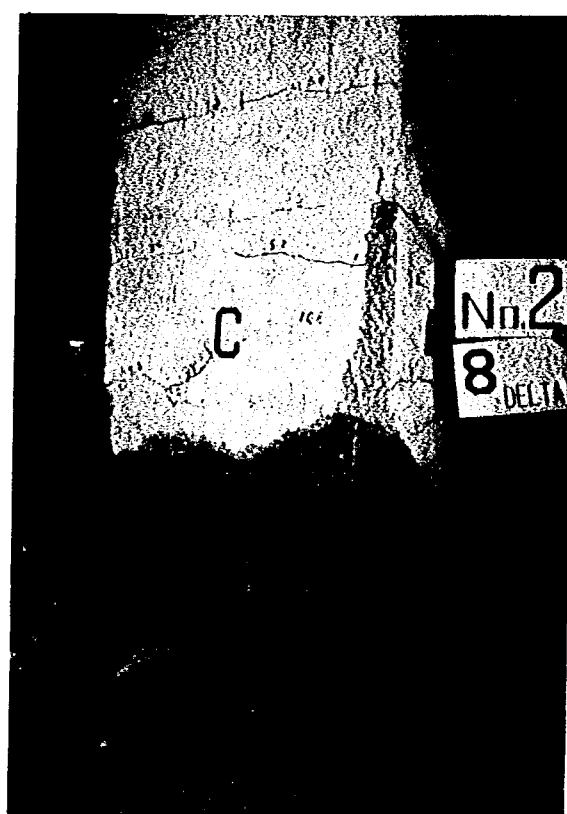
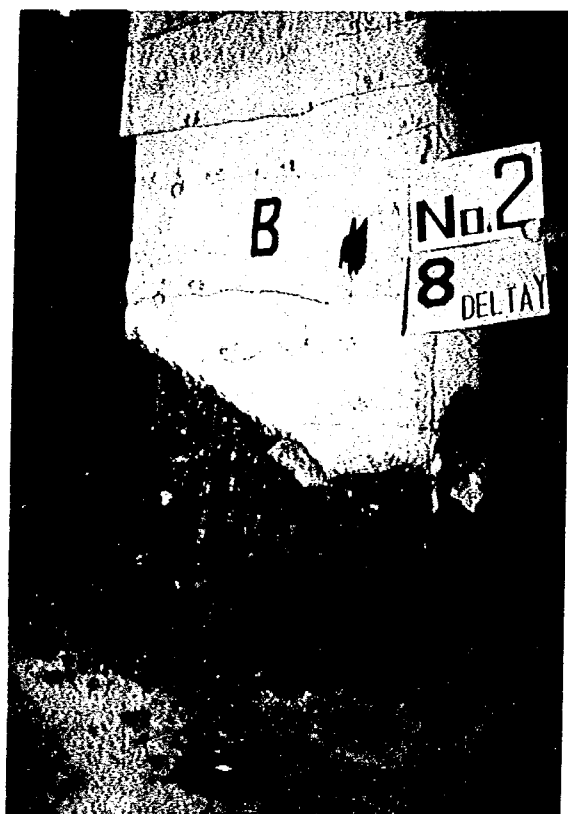
付写 9 - 5 供試体 33, 5 δ_0 終了時



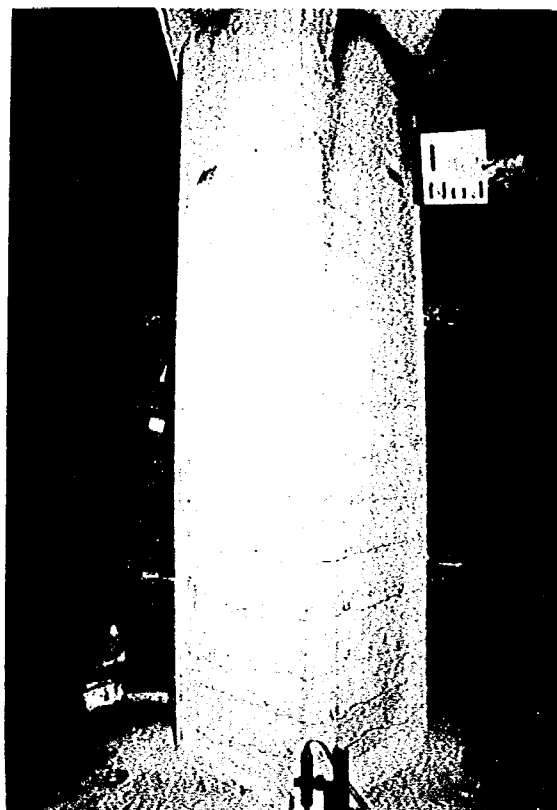
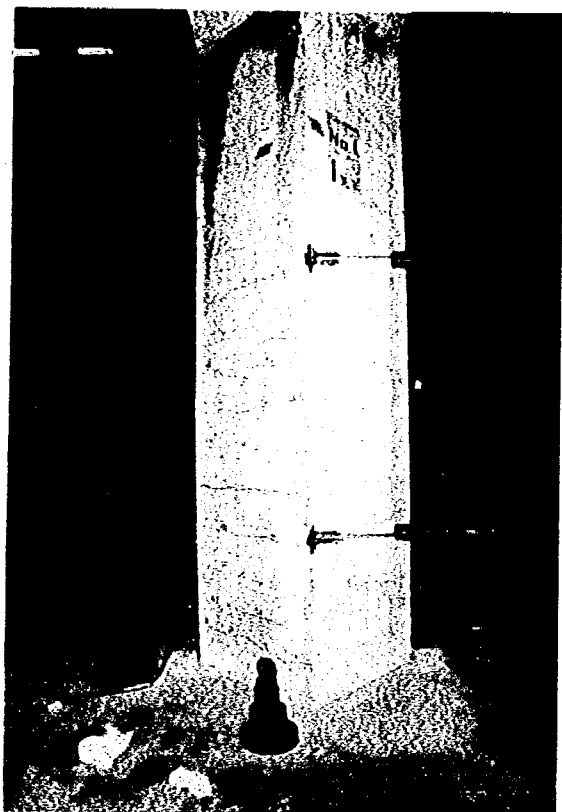
付写 9 - 6 供試体 33, 6 δ_0 終了時



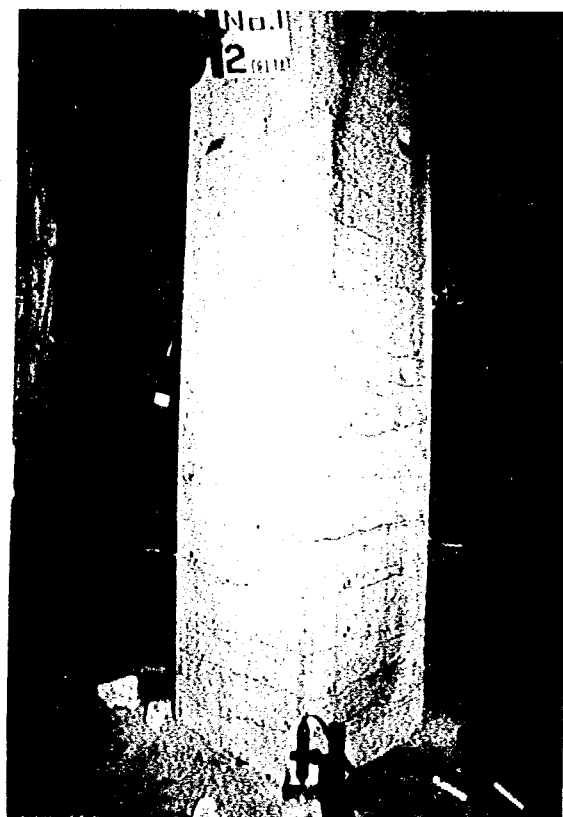
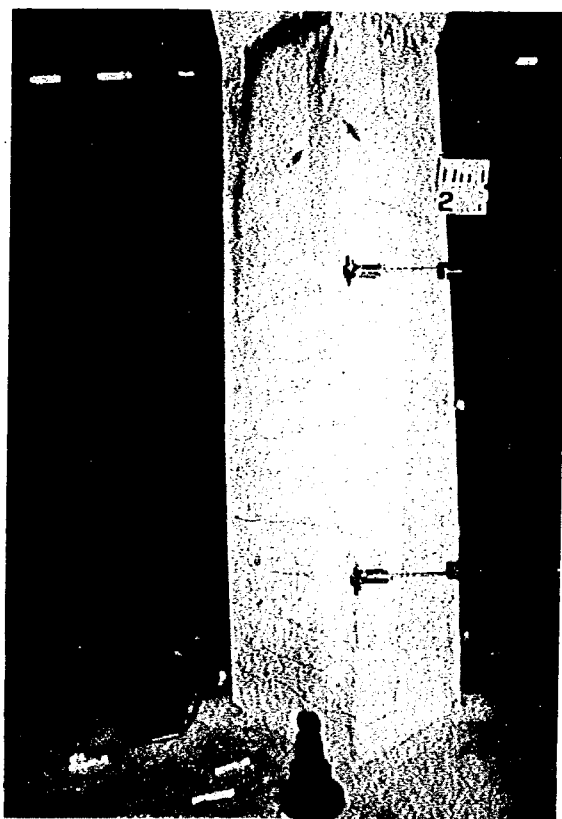
付写 9 - 7 供試体 33, 7 δ_0 終了時



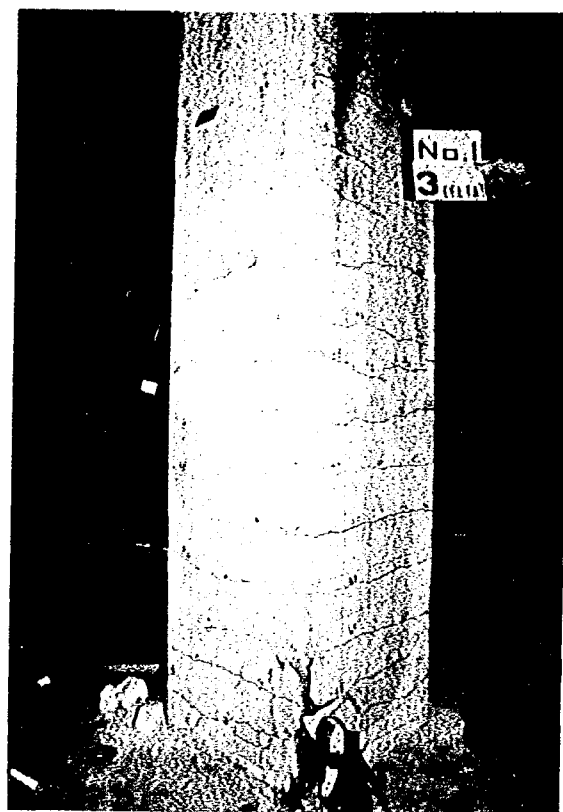
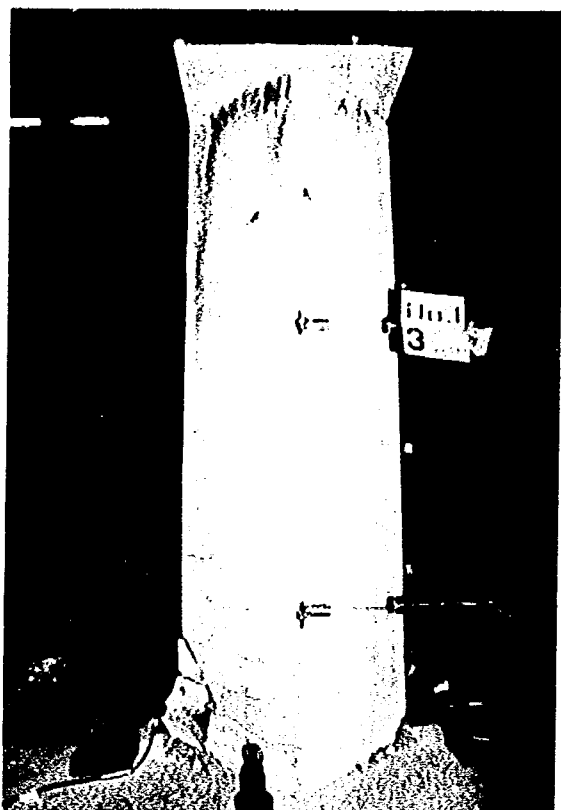
付写 9 - 8 供試体 33, 8 δ_0 終了時



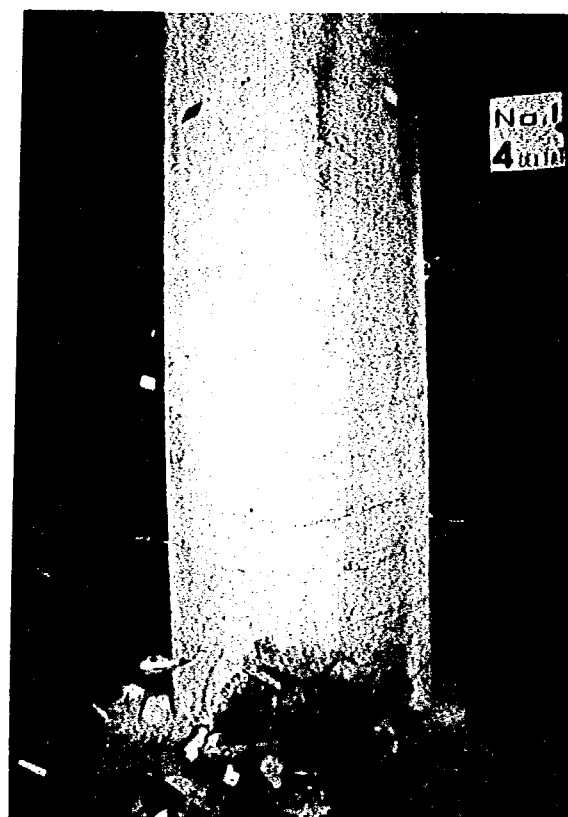
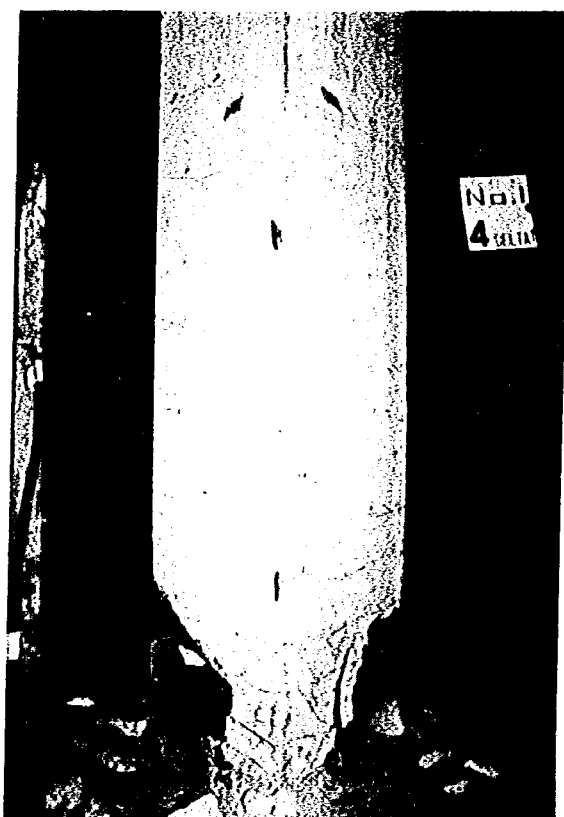
付写 10 - 1 供試体 34, 1 δ_0 終了時



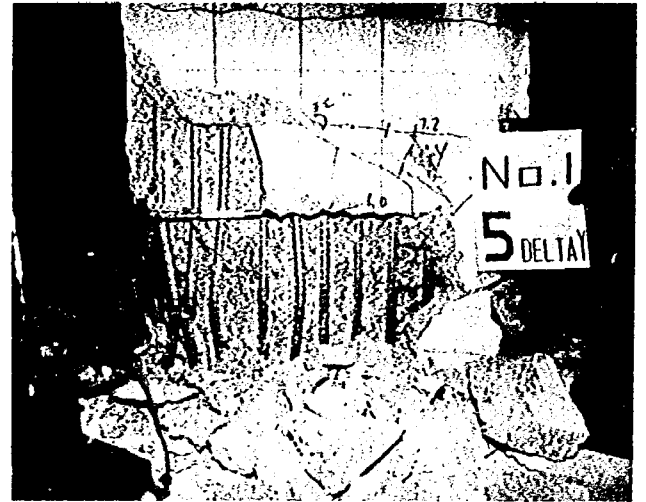
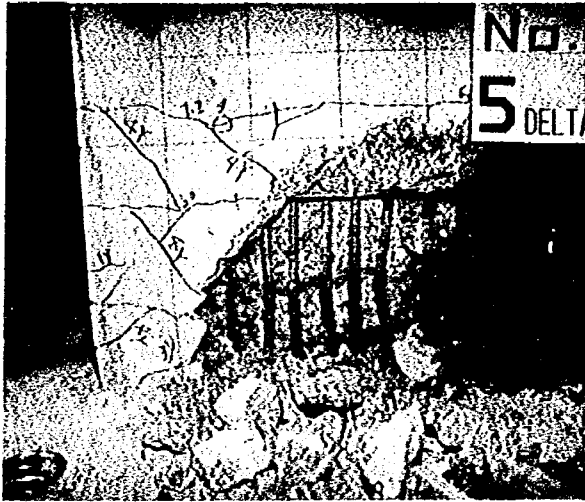
付写 10 - 2 供試体 34, 2 δ_0 終了時



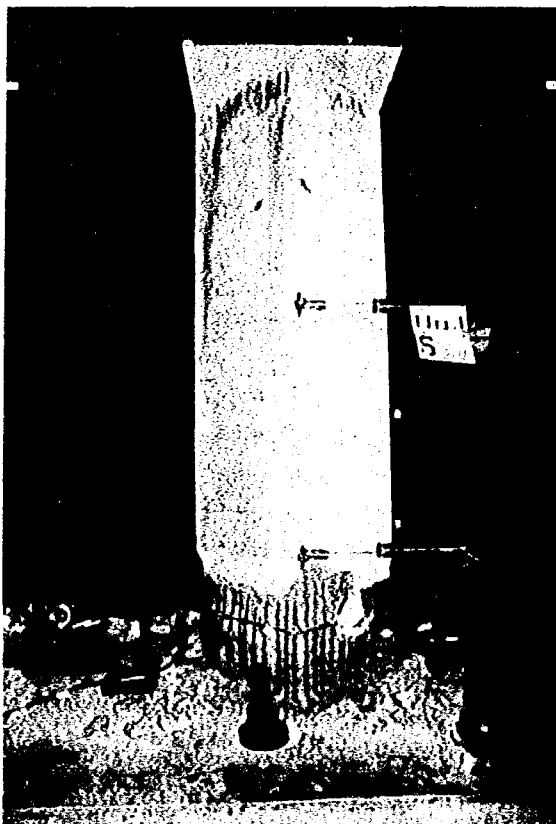
付写 10 - 3 供試体 34, 3 δ_0 終了時



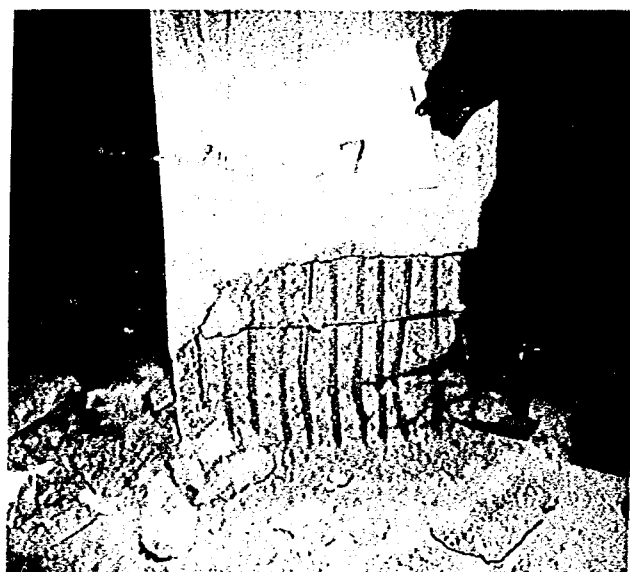
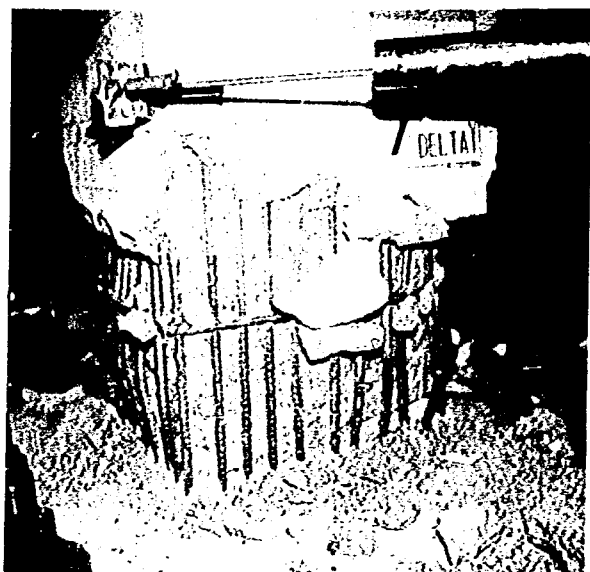
付写 10 - 4 供試体 34, 4 δ_0 終了時



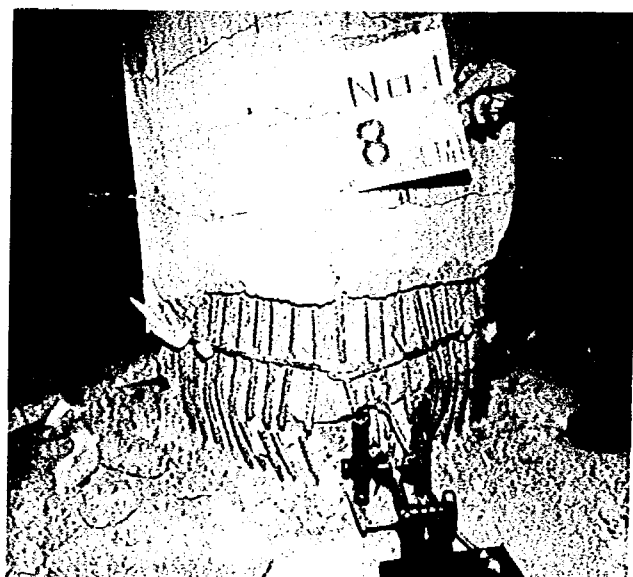
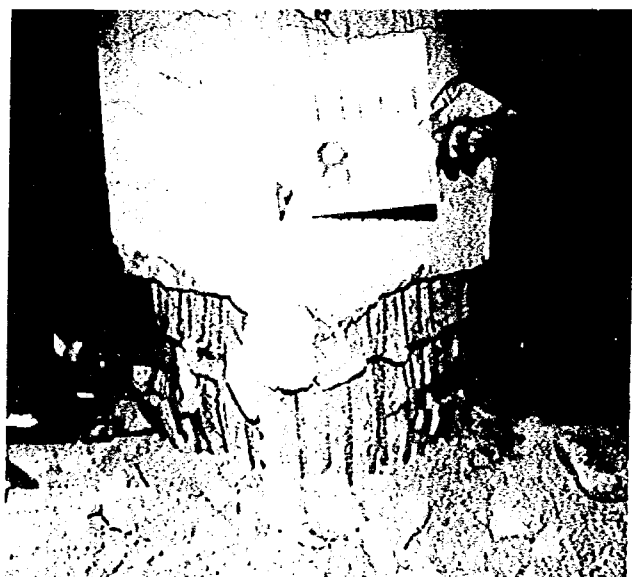
付写 10 - 5 供試体 34, 5 δ_0 終了時



付写 10 - 6 供試体 34, 6 δ_0 終了時



付写 10 - 7 供試体 34, $7 \delta_0$ 終了時



付写 10 - 8 供試体 34, $8 \delta_0$ 終了時

付 属 資 料 III

鉄筋コンクリート橋脚の降伏の定義

目錄

第一章 緒論 1

鉄筋コンクリート橋脚の降伏の定義

鉄筋コンクリート部材の載荷実験における降伏の定義については各種の定義の方法が提案されている。これらの方法は次の4種に大別される。

- ① 引張側最外縁の鉄筋ひずみが降伏ひずみに達したとき
- ② 引張側最外縁の鉄筋ひずみが荷重の増加に対して急激に大きくなる時（本文参照）
- ③ 荷重変位曲線で、変位が荷重の増加に対して急激に大きくなる時
- ④ 引張側外縁からある距離までの鉄筋が降伏したとき

このうち、①及び②の方法の長所及び短所を比較すると付表3-1のようになる。

付表3-1 降伏の定義の比較

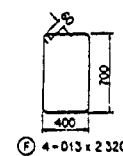
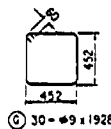
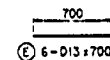
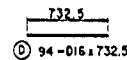
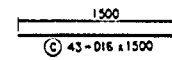
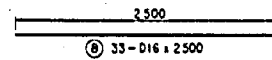
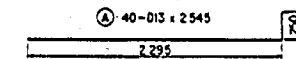
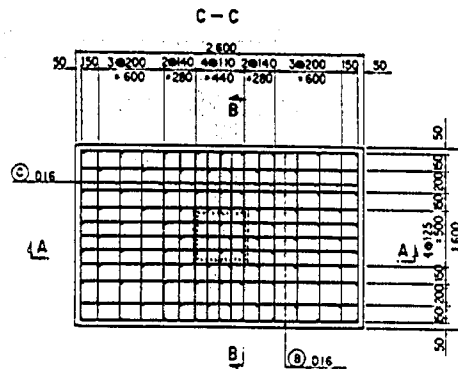
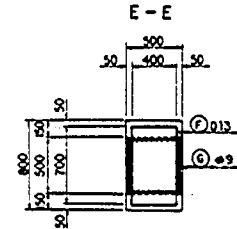
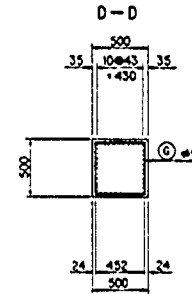
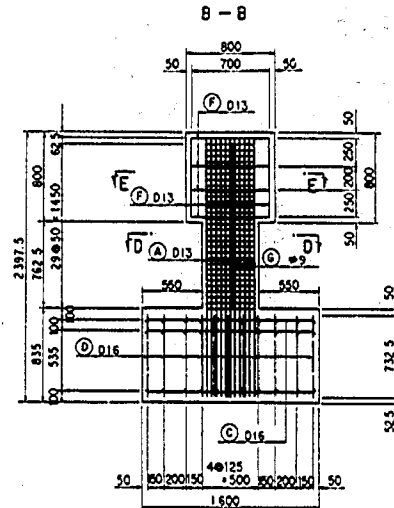
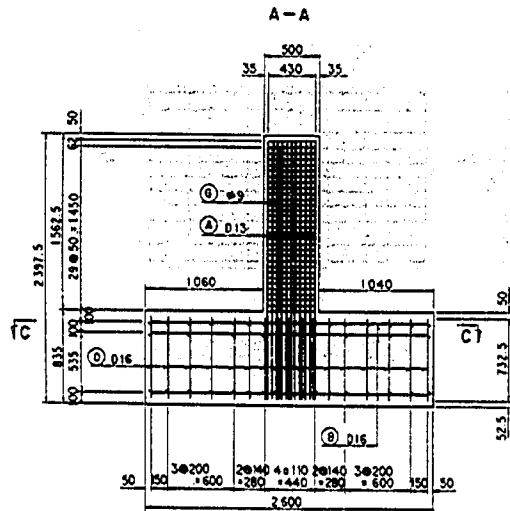
	長 所	短 所
①	㉓ 定義が明確 ㉔ 設計での考え方に近い	㉓ 着目している鉄筋の本数だけ δ_y が決まる →平均化が必要 ㉔ 円形断面の場合には、最外縁鉄筋の降伏だけに注目する意味がない
②	㉓ $M \sim \phi$ 関係とのアナロジー (ただし、アーム長は変化する)	㉓ 同 上 ㉔ 物理的な意味がやや不明確 ㉕ ϵ_s が大きくなる点の決定に多少主観が入る

付 属 資 料 IV
各 供 試 体 の 配 筋 図

外 國 經 濟 學

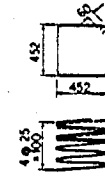
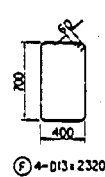
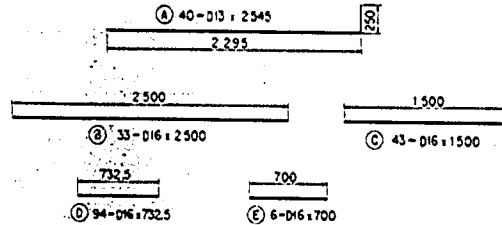
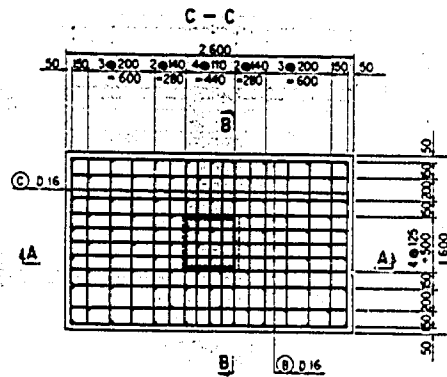
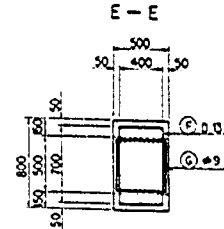
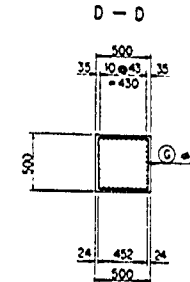
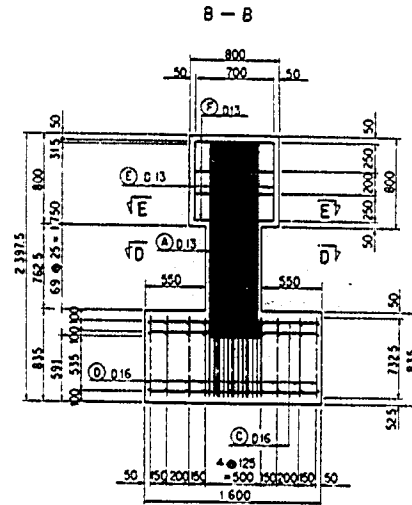
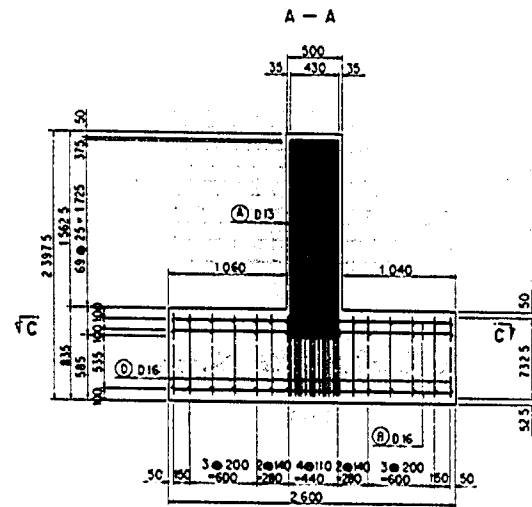
第 一 冊

供 試 体 25



材 料 表

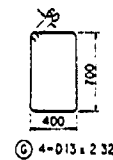
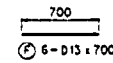
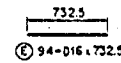
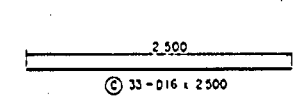
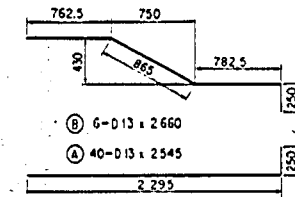
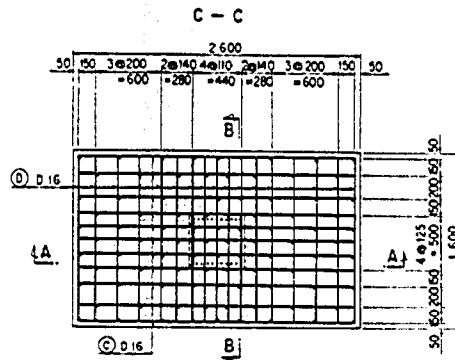
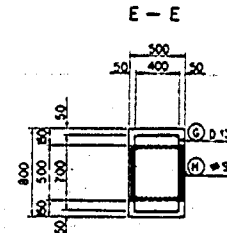
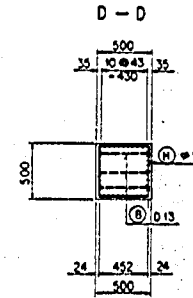
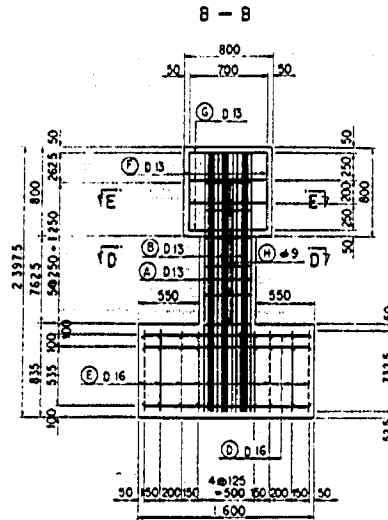
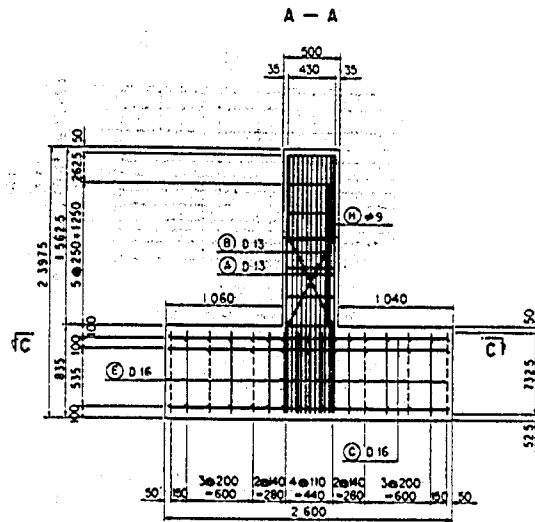
品名	材 質	規格	単位	数量	重量 (kg)	
(A)	D13	2545	0.995	2.532	40	101.3
(B)	D16	2500	1.56	3.900	33	128.7
(C)	D16	1500	1.56	2.340	43	100.6
(D)	D16	732.5	1.56	1.143	94	107.4
(E)	D13	700	0.995	0.697	6	4.2
(F)	D13	2320	0.995	2.308	4	9.2
(G)	D9	1928	0.499	0.352	30	28.9
合計 480.3 kg						



材 料 表

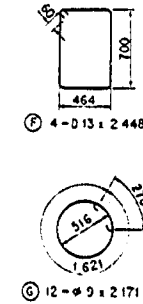
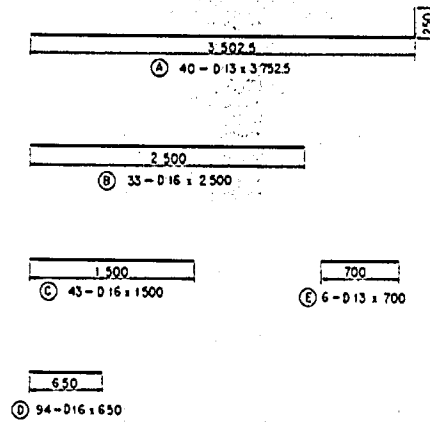
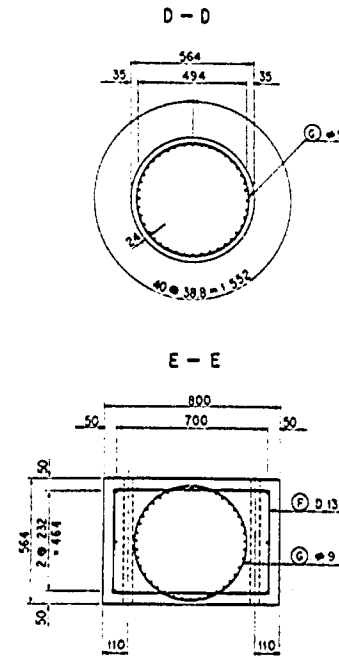
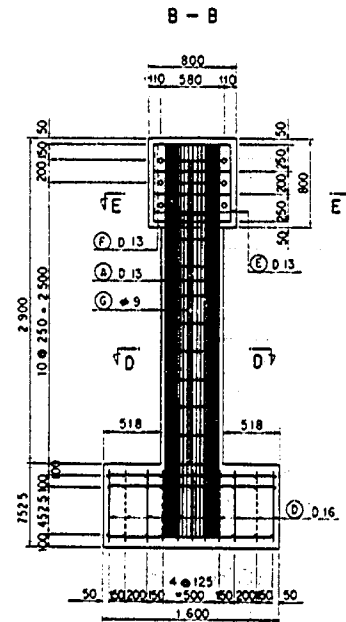
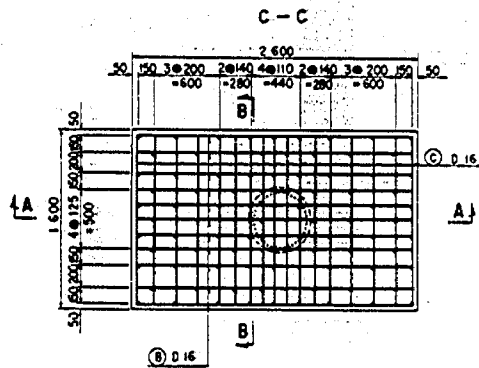
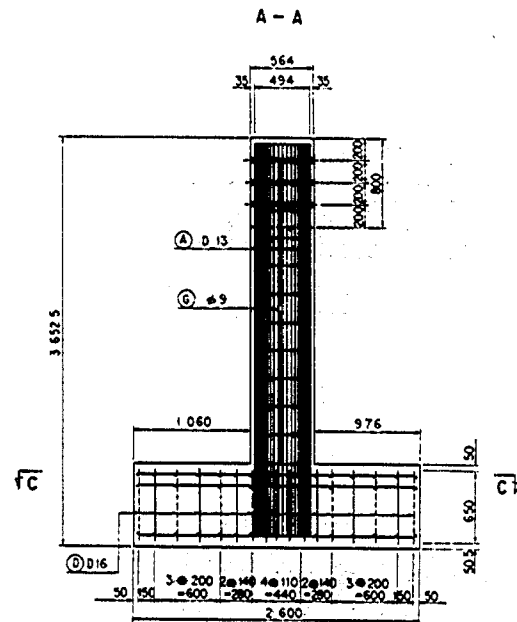
材料	規格	数量	単位	重量 (kg)	単位	重量 (kg)
①	D13	2545	0.995	2532	40	101.3
②	D16	2500	1.56	3900	33	128.7
③	D16	1500	1.56	2340	43	100.6
④	D16	732.5	1.56	1143	94	107.4
⑤	D13	700	0.995	697	6	4.2
⑥	D13	2320	0.995	2308	4	9.2
⑦	φ9	8000	0.499	3992	19	75.8
合計 527.2kg						

供 試 体 27



材 料 表

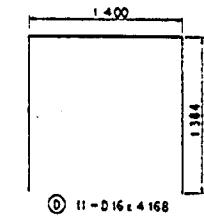
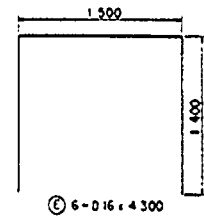
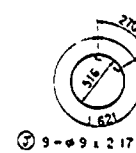
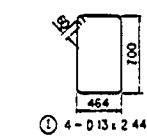
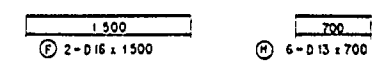
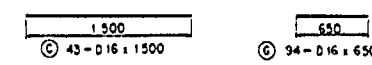
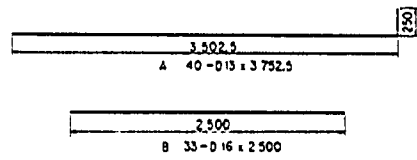
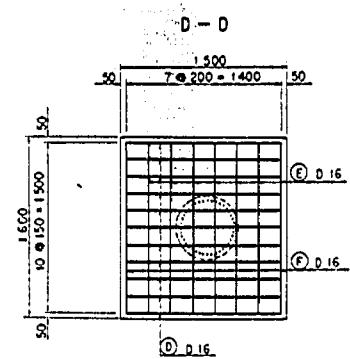
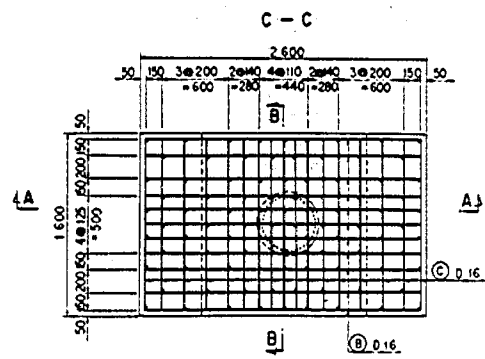
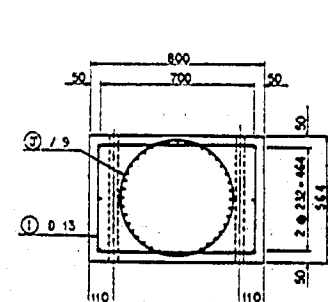
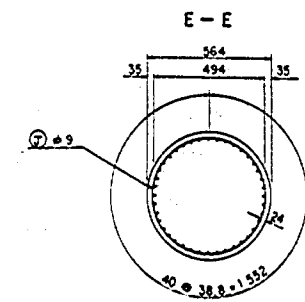
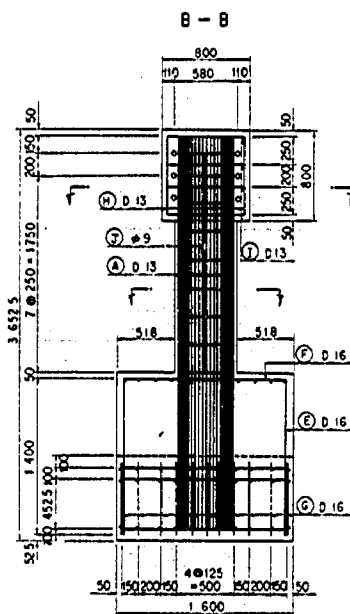
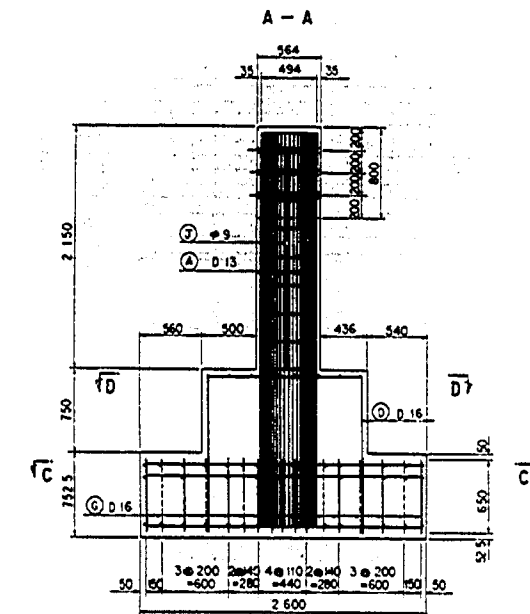
品名	規格	数量	単位	重量(kg)
(A) D13	2545	0.995	2.532	40
(B) D13	2660	0.995	2.647	6
(C) D16	2500	1.56	3.900	33
(D) D16	1500	1.56	2.340	43
(E) D16	732.5	1.56	1.143	94
(F) D13	700	0.995	0.697	6
(G) D13	2320	0.995	2.308	4
(H) D9	1928	0.499	0.962	6
合計 473.1kg				



材 料 表

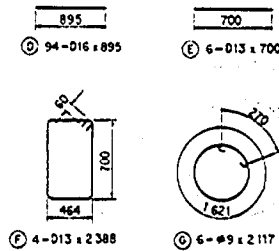
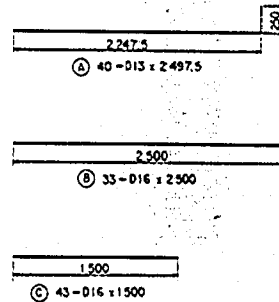
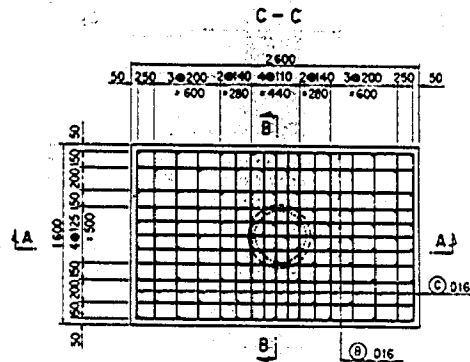
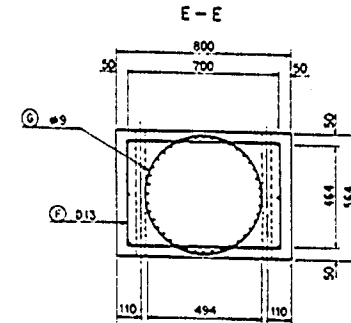
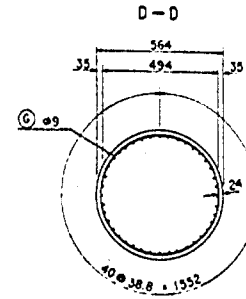
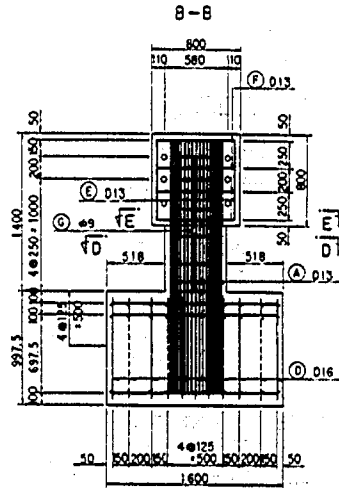
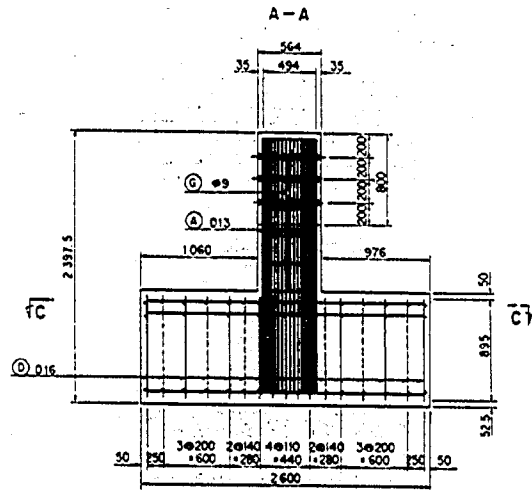
材料	規格	単位	数量	重量 (kg)
(A)	D13	3,752.5	0.995	3,734
(B)	D16	2,500	1.56	3,900
(C)	D16	1,500	-	2,340
(D)	D16	650	-	1,014
(E)	D13	700	0.995	0,697
(F)	D13	2,448	-	2,436
(G)	D9	2,171	0.499	1,083
合計 3,009.9kg				

供 試 体 29



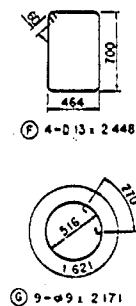
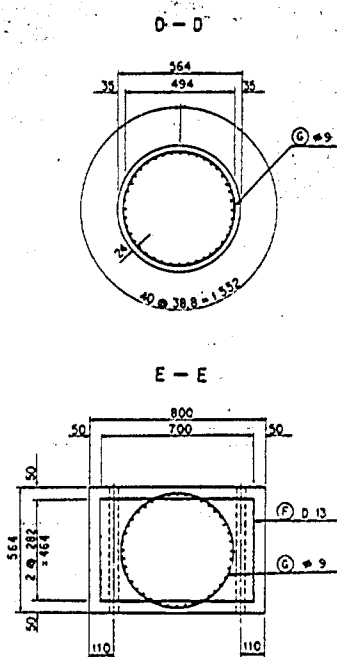
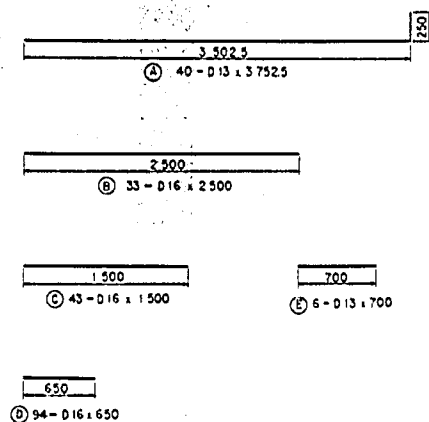
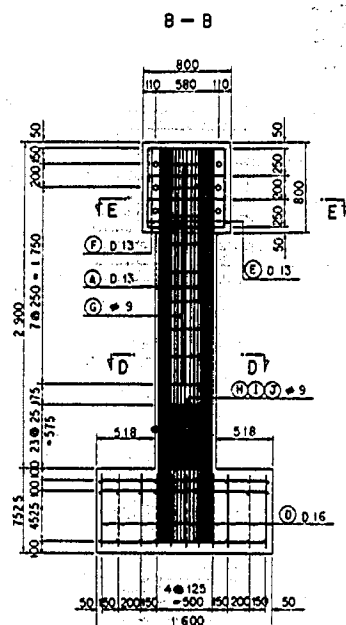
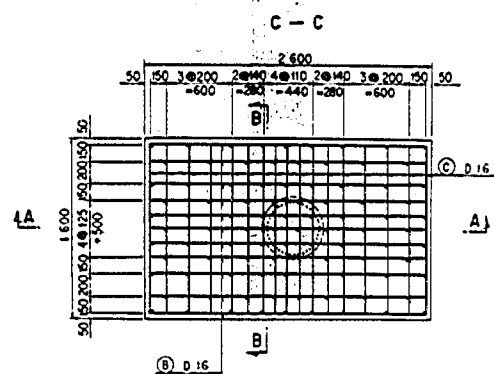
材 料 表

材料	規格	数量	単位	重量 (kg)
(A)	φ13	3752.5	0.995	3734.40
(B)	φ16	2500	1.56	3900.00
(C)	φ16	1500	-	2340.00
(D)	φ16	4168	-	6302.11
(E)	φ16	4300	-	6708.00
(F)	φ16	1500	-	2340.00
(G)	φ16	650	-	1014.00
(H)	φ13	700	0.995	697.00
(I)	φ13	2448	-	2436.00
(J)	φ9	2171	0.499	1083.90
合計 614.010				



材 料 表

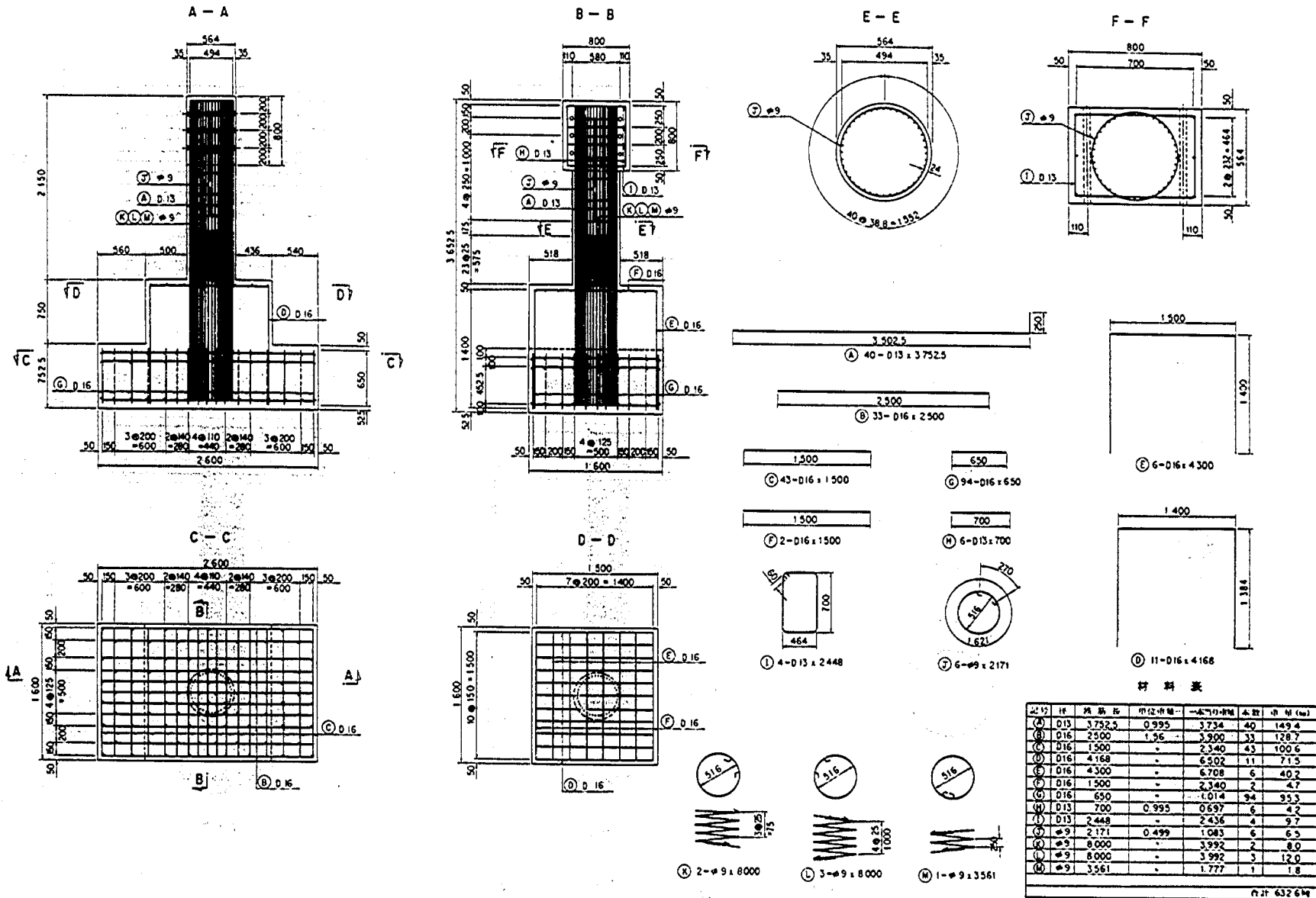
品名	材 質	規格	単位	数量	重量 (kg)	
(A)	D13	2497.5	0.995	2.485	40	99.4
(B)	D16	2500	1.56	3.900	33	128.7
(C)	D16	1500	-	2.340	43	100.6
(D)	D16	895	-	1.396	94	131.2
(E)	D13	700	0.995	0.697	6	4.2
(F)	D13	2388	-	2.376	4	9.5
(G)	φ9	2117	0.498	1.056	6	6.3
計 479.9kg						



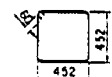
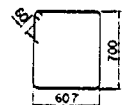
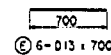
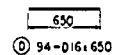
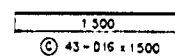
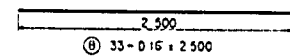
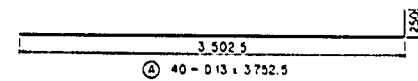
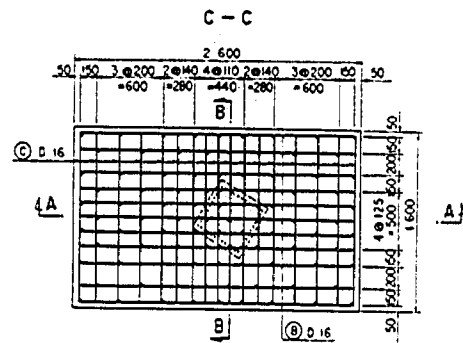
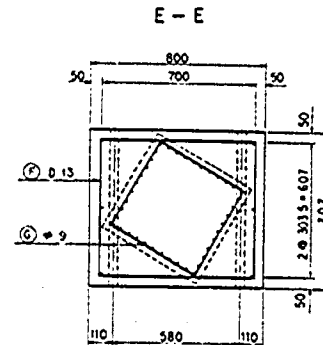
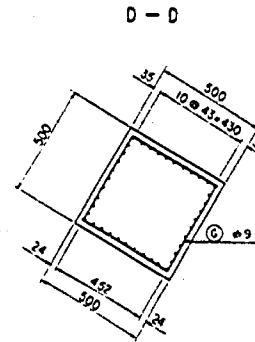
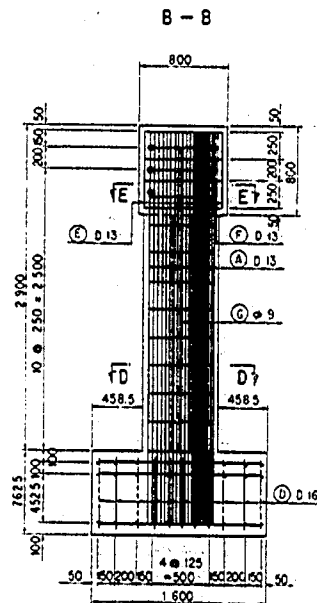
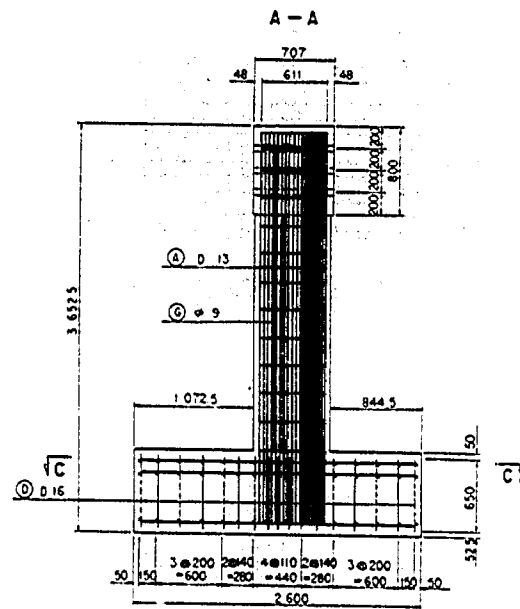
記号	種	数量	単位中値	一斗の平均値	本数	中値 (kg)
(A)	D13	3,752.5	0.995	3,734	40	149.4
(B)	D16	2,500	1.56	3,900	35	128.7
(C)	D16	1,500	-	2,340	43	100.6
(D)	D16	650	-	1,014	94	35.3
(E)	D13	700	0.995	0,697	6	4.2
(F)	D13	2,448	-	2,436	4	9.7
(G)	●9	2,171	0.499	1,083	9	9.0
(H)	●9	8,000	-	3,992	2	8.7
(I)	●9	8,000	-	3,992	3	12.0
(J)	●9	3,561	-	1,777	1	1.8

合計 519.4kg

供 試 体 3 2

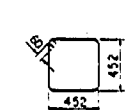
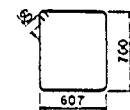
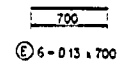
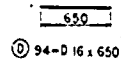
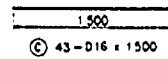
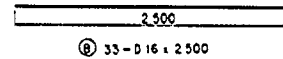
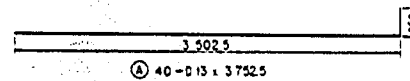
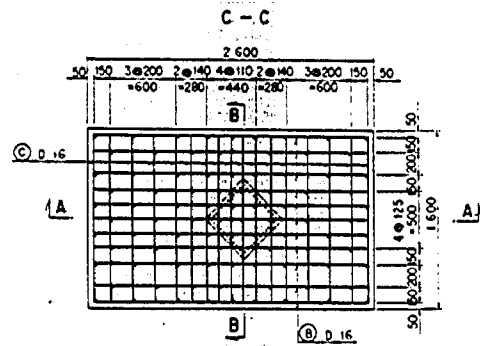
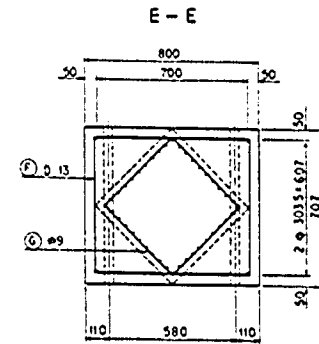
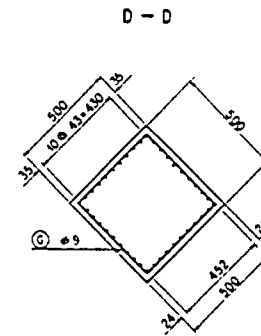
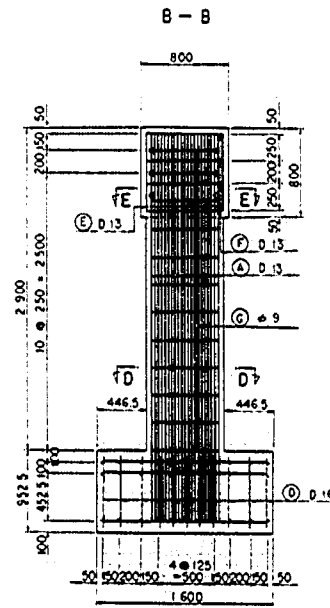
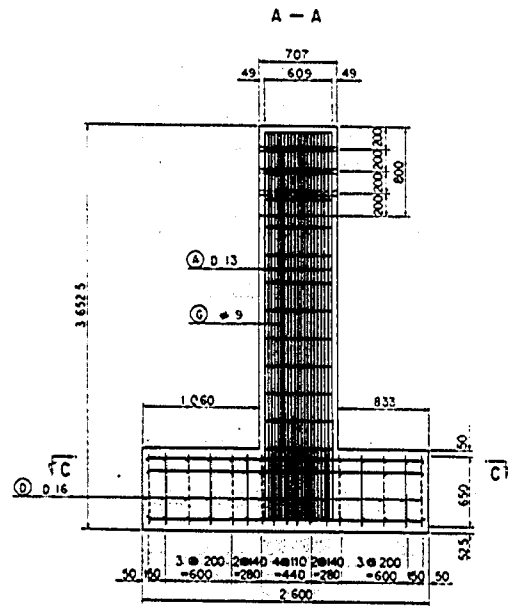


供 試 体 3 3



材 料 表

材料	規格	数量	単位	重量 (kg)	合計重量 (kg)
①	D 13	3752.5	0.995	3734	140
②	D 16	2500	1.56	3900	33
③	D 16	1500	1.56	2340	43
④	D 16	650	1.56	1014	94
⑤	D 13	700	0.995	697	6
⑥	D 13	2734	0.995	2720	4
⑦	⑨	1928	0.459	882	12
				合計	500.6kg



材 料 表

品名	規格	単位	数量	単位	数量	単位	数量
(A)	D 13	3752.5	0.995	3.734	1.40	1.494	
(B)	D 16	2500	1.56	3.900	33	128.7	
(C)	D 16	1500	1.56	2.340	43	100.6	
(D)	D 16	650	1.56	1.014	94	95.3	
(E)	D 13	700	0.995	0.697	6	4.2	
(F)	D 13	2734	0.995	2.720	4	10.9	
(G)	D 9	1928	0.499	0.962	12	11.5	
合計							200.6kg

RC橋脚の動的耐力に関する実験的研究

ISSN 0386-5878
土研資料 第 2279 号
昭和61年 1 月(1986年)

一(その2)断面形状、荷重裁荷方向、らせん鉄筋及びせん断補強鉄筋の影響—

川 島 一 彦 長谷川 金 二
小 山 達 彦 吉 田 武 史

要 旨

本報告は、橋脚の断面形状、荷重裁荷方向、らせん鉄筋およびせん断補強鉄筋がRC橋脚の動的耐力及び動的変形性能に及ぼす影響を検討するために昭和59年度に行った一連の実験結果をとりまとめたものである。

キーワード： 道路橋, RC橋脚, 耐震設計, 動的耐力, 動的変形性能

郵便はがき

3 0 5 - □ □

40円切手
をはいて
下さい

建設省土木研究所

耐震研究室 行

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

No. 183

No. 183

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第 2279 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印

土木研究所資料第 2279 号

R C 橋脚の動的耐力に関する実験的研究

—(その2)断面形状、荷重載荷方向、らせん
鉄筋及びせん断補強鉄筋の影響—

