

土 木 研 究 所 資 料

鉄筋コンクリート橋脚段落し部の 耐震性判定法及び耐震補強法

平成 3 年12月

建設省土木研究所
地震防災部耐震研究室

「Copyright © (1991) by P.W.R.I.

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

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

鉄筋コンクリート橋脚段落し部の 耐震性判定法及び耐震補強法

耐震研究室 室長 川 島 一 彦
研究員 運 上 茂 樹
吉 田 武 史
加 納 尚 史
吾 田 洋 一
飯 田 寛 之

要 旨

昭和53年宮城県沖地震、昭和57年浦河沖地震においては、鉄筋コンクリート橋脚の主鉄筋段落し部に顕著な被害が認められた。主鉄筋段落し部は、主鉄筋の定着長が十分確保されていない場合には曲げ破壊に伴う断面のせん断抵抗の減少により、脆性的なせん断破壊を引き起こすことが知られており、落橋等の致命的な被害に至る危険性がある。本研究は、このような観点から鉄筋コンクリート橋脚の主鉄筋段落し部に対する耐震性判定法及び耐力が相対的に低い橋脚に対する鋼板巻立て工法による補強方法を開発することを目的として実施されたものであり、昭和61年度からこれまでに合計21体の模型橋脚に対する動的載荷実験を行ってきた。本報告は、以上の実験結果をとりまとめるとともに、鉄筋コンクリート橋脚主鉄筋段落し部の耐震性判定法及び補強法について検討した結果をまとめたものである。

キーワード：鉄筋コンクリート橋脚、主鉄筋の段落し、耐震性判定、鋼板巻立て、耐震補強、動的載荷実験

ま え が き

昭和53年宮城県沖地震、昭和57年浦河沖地震においては、鉄筋コンクリート橋脚の主鉄筋段落し部に顕著な被害が認められた。主鉄筋が十分な定着長をもって定着がなされていない場合には、主鉄筋段落し部は大きな地震力を受けると最初に曲げによるコンクリートの引張クラックが生じ、これが断面のせん断抵抗を減少させる結果、脆性的なせん断破壊に移行することが知られている。このような被害が生じるのは、主鉄筋段落し部でコンクリートの引張側に鉄筋を定着する際の鉄筋定着長の不足のためであり、昭和55年道路橋示方書においては、コンクリートの許容せん断応力度を引き下げるとともに、主鉄筋の段落し位置を従来よりも部材の有効高さに等しい長さだけ高くする等の規定が盛り込まれた。しかしながら、昭和55年以前に架設された橋梁については、主鉄筋段落し部の耐震性が十分ではないものもあると考えられ、適切に耐震点検を行い、耐力が相対的に低いと判定された橋脚については補強対策を行う必要があり、主鉄筋段落し部の耐震性の判定及び耐震補強法の開発が急務とされている。

本研究は、このような観点から鉄筋コンクリート橋脚の鉄筋段落し部に対する耐震性判定法及び耐力が相対的に低い橋脚に対する鋼板巻立て工法による耐震補強法を開発することを目的として実施されたものであり、昭和61年度からこれまで合計21体の模型橋脚の動的載荷実験を行ってきた。本報告は、以上の実験結果をとりまとめるとともに、鉄筋コンクリート橋脚主鉄筋段落し部の耐震性判定法及び補強法について検討した結果をとりまとめたものである。

目 次

1. 実験方法	1
1.1 载荷方法	1
1.2 慣性力の補正	1
1.3 降伏及び終局の定義	3
2. 実験供試体	5
2.1 供試体 R-1 ~ R-3	5
2.2 供試体 R-4 ~ R-7	5
2.3 供試体 R-8 ~ R-11	6
2.4 供試体 R-12 ~ R-16	6
2.5 供試体 R-17 ~ R-21	6
2.6 供試体 R-10, P-14 ~ P-16	6
3. 実験結果	16
3.1 無補強 RC 橋脚の耐震性判定	16
3.2 中空円形断面 RC 橋脚の耐震補強効果	27
3.3 正方形断面 RC 橋脚の耐震補強効果	35
3.4 長方形断面 RC 橋脚の耐震補強効果	47
3.5 耐力及び変形性能の比較	55
4. 耐震性判定及び耐震補強効果	57
4.1 降伏及び終局安全率による耐震性判定及び耐震補強効果の評価	57
4.2 日本道路協会道路橋耐震調査法による評価	58
5. 結 論	65
参考文献	70
付属資料 I. 破壊性状	71
II. 荷重～変位の履歴曲線	151
III. 降伏安全率及び終局安全率	209

1. 実験方法

1.1 載荷方法

実験では、図-1.1に示すように供試体を水平に設置し、軸力載荷装置により軸力を加えた状態で、橋脚に対して直角方向から動的加振機によって強制変位を与えた。

基本的な載荷履歴は、以下の通りである。計算上、橋脚模型基部で破壊する供試体の橋脚模型基部における引張側最外縁の軸方向鉄筋のひずみを計測し、これが降伏するまでは、荷重制御により荷重を正負交番で静的(0.1tf/sec)に10段階程度で段階的に増加させた。軸方向鉄筋が降伏する時の橋脚模型頭部(加振機取付位置)に生じる変位を基準変位 δ_0 とし、 $n\delta_0$ ($n=1, 2, 3, 4, \dots$)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を行った。図-1.2は以上のような載荷パターンを示したものである。

1.2 慣性力の補正

動的載荷実験では、加振機ヘッド、載荷板、軸力載荷装置ヘッド、及び模型の質量に伴う慣性力が生じる。加振機のロードセルで計測された力は、これらの慣性力と同時に軸力載荷装置との間に作用した力を合わせたものとなっている。このため、橋脚模型に実際に作用した力を求めるためには、慣性力等による影響を除去しなければならない。実験時には、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-1.3(a)に示すように基部を頂点とする逆三角形状にモデル化することができる。このような慣性力の分布による変形を図-1.3(b)に示すように橋脚頭部に作用する集中荷重 P' によって表し、これを等価荷重と見なすことにした。

いま、両者の荷重による橋脚頭部に生じるたわみ量が同一でなければならないことにより次式が成立する。

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

ここで、

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

したがって

$$P' = \frac{11}{40} \cdot \frac{\alpha W_p}{G} \quad \dots\dots\dots (1-2)$$

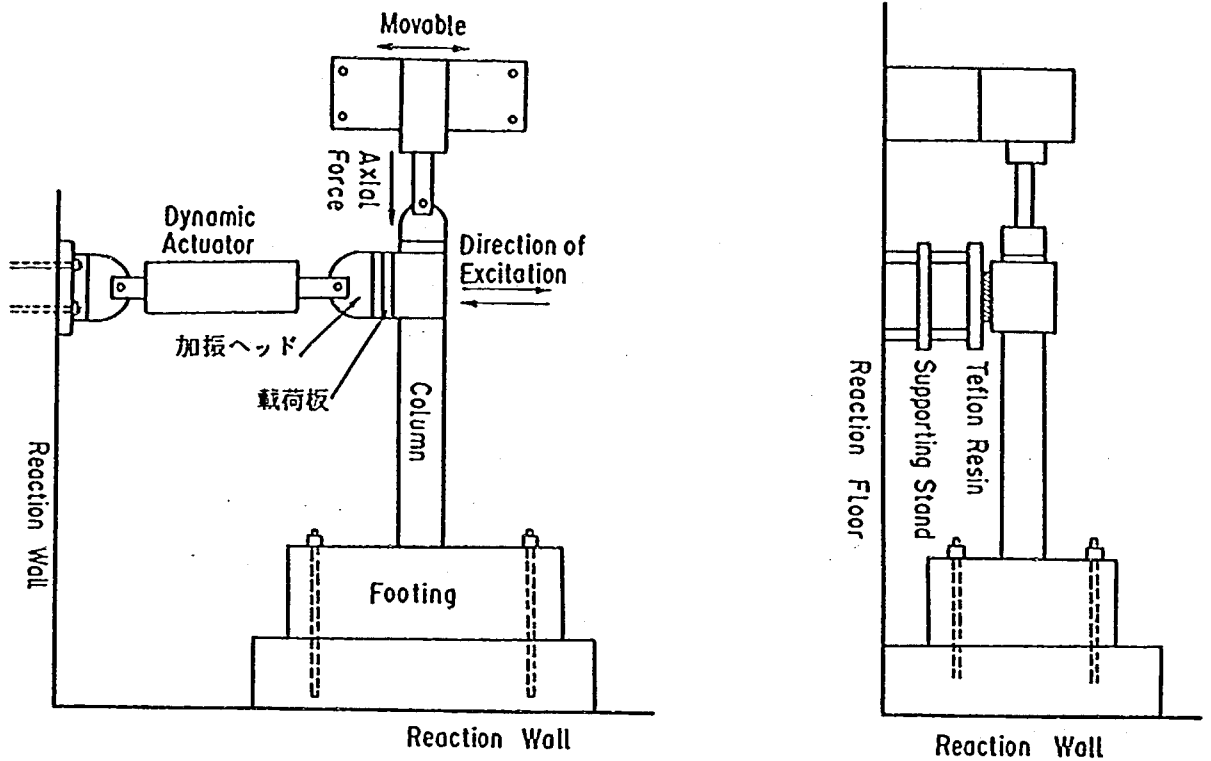


図-1.1 実験状況

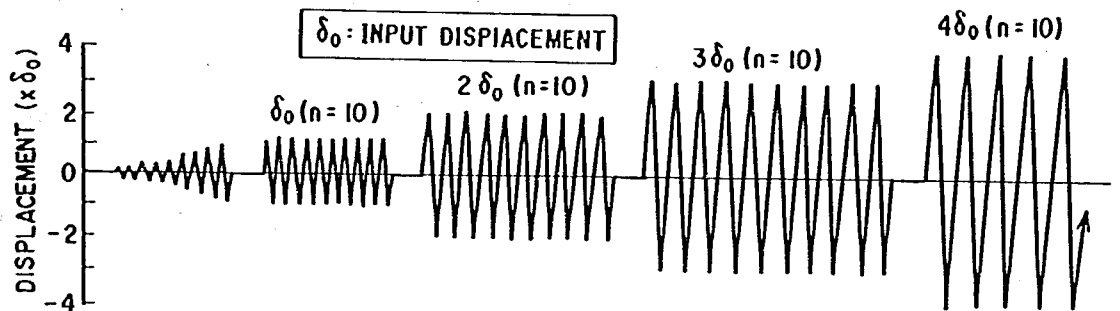


図-1.2 基本載荷履歴

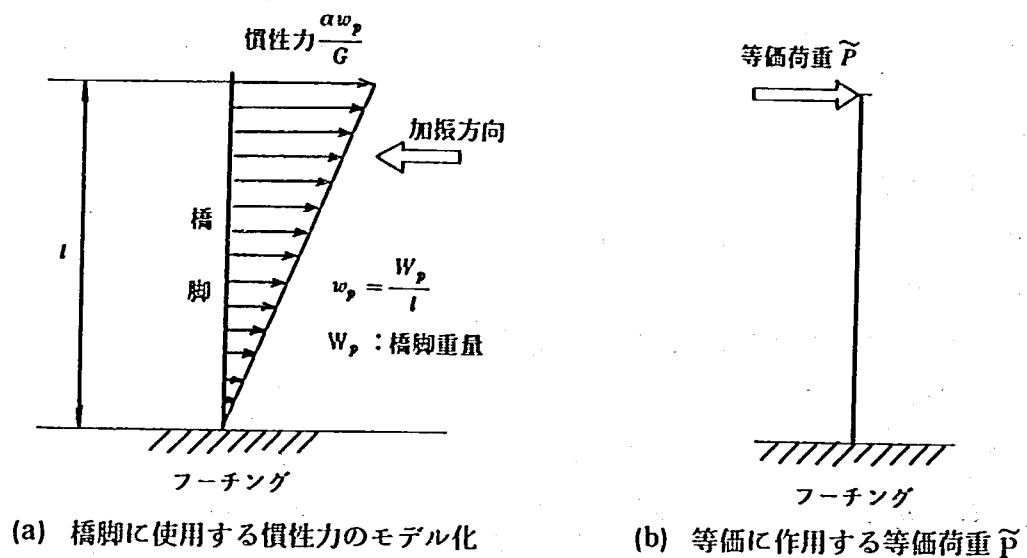


図-1.3 橋脚に作用する慣性力の補正法

なお、これに加振機及び軸力載荷装置ヘッド、載荷板の質量による慣性力及び軸力載荷装置のせん断力を見込むと、橋脚模型に作用した力は以下ようになる。

$$P = P_1 - (W_A \alpha / G + P') - S$$

$$P_1 - (W_A + 11/40 W_p) \times \alpha / G - S \quad \dots\dots\dots (1-3)$$

ここで、

- P : 実際に橋脚模型に作用した荷重 (tf)
- P₁ : ロードセルにより測定された荷重 (tf)
- W_A : 加振機及び軸力載荷装置のヘッド、載荷板の重量 (tf)
- G : 重力加速度 (980 gal)
- S : 軸力載荷装置のせん断力 (tf)

1.3 降伏及び終局の定義

降伏及び終局の定義については、各種の方法が提案されているが、定まった考え方はまだ示されていない。このため、ここでは以下のように降伏及び終局状態を定義した。

(1) 降伏

図-1.4(a)に示すように、橋脚模型基部最外縁の引張側鉄筋の応力を、ひずみゲージにより測定し、これが1,800 μ になった時を降伏と定義した。

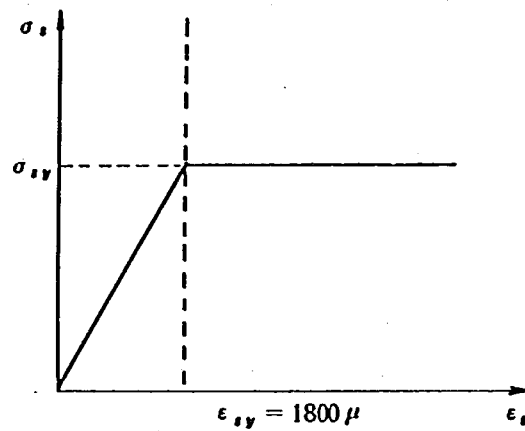
一方、後述する供試体P-14～P-16の場合は、図-1.4(b)に示すように橋脚天端の作用力Pと橋脚基部最外縁の引張側鉄筋のひずみ ϵ_s の関係において、作用力Pの増加に伴いひずみ ϵ_s が急速に大きくなる点を降伏と定義した。この場合には、最外縁の鉄筋が降伏点を超えた後も、一般に側方筋等の影響により、荷重はなお増加することに注意しなければならない。降伏点をこのように定義したのは、橋脚天端の作用力Pは、これに橋脚高さを乗じることにより橋脚基部に作用する曲げモーメントMに、また、鉄筋ひずみ ϵ_s は、基部の損傷部における回転角 ϕ に、それぞれ、対応するため、P～ ϵ_s の関係は、M～ ϕ 関係を近似的に表し、コンクリート部材の降伏を定義するために都合がよいと考えたためである。

以下、降伏時の変位及び荷重を、それぞれ、降伏変位 δ_y 、及び降伏荷重 P_y と呼ぶことにする。

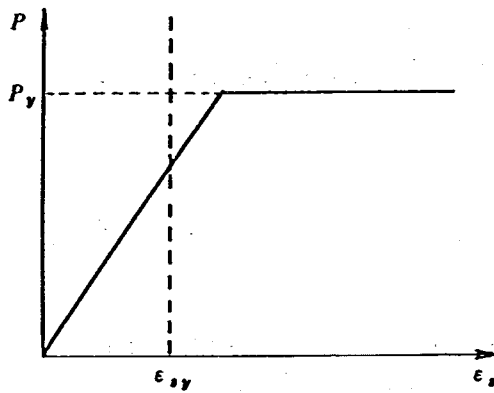
なお、1.1に示した繰り返し載荷を行う際の基準変位 δ_0 は、軸方向鉄筋が降伏した際に橋脚天端に生じる変位のことであり、図-1.4(a)に示した定義による降伏変位である。

(2) 終局

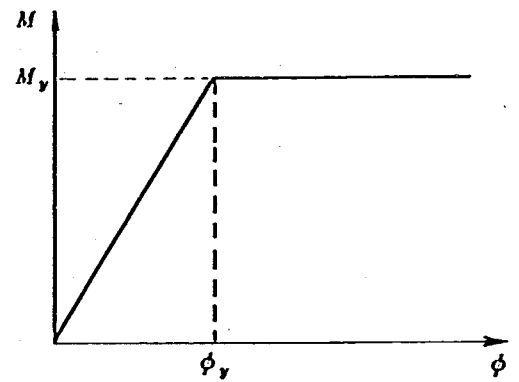
終局は、図-1.5に示すように、橋脚天端作用力Pと橋脚天端に生じる変位 δ の関係において、荷重が最大値をとった後に降伏耐力まで低下したときと定義した。以下、この時の荷重及び変位を終局荷重 P_u 及び終局変位 δ_u と呼ぶこととした。



(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-1.4 鉄筋コンクリート橋脚の降伏の定義

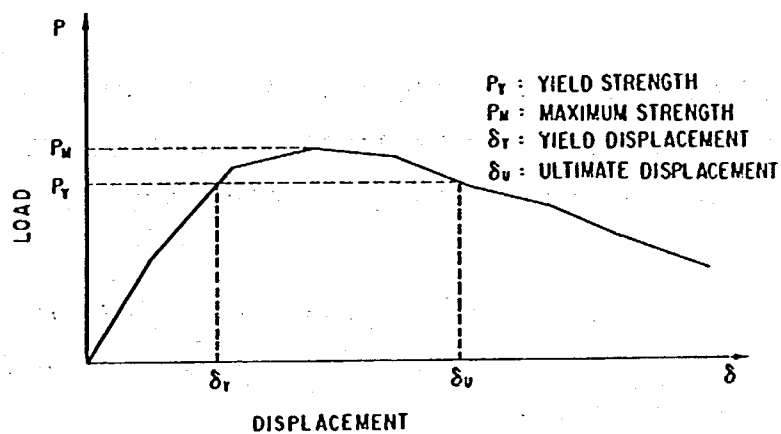


図-1.5 鉄筋コンクリート橋脚の終局の定義

2. 実験供試体

供試体の断面寸法は、実物の鉄筋コンクリート橋脚に対して長さの相似率を約1/5として定めた。

本資料で考慮した合計25体の供試体の特性は、表-2.1及び図-2.1に示す通りである。なお、この中には別途昭和58年度に行った4体の供試体(P-10, 14~16)も含めている。以下に各供試体の概要及び目的を示す。

2.1 供試体R-1~R-3 (昭和62年度)

昭和61年度の耐震点検においては、主鉄筋段落し部の耐震性照査を要する橋脚として、せん断スパン比が $2 < h/d < 6$ の範囲にあるものという制限が設けられている。これは、せん断スパン比が大きくなれば、せん断よりも曲げが卓越するため、このような条件で断面が決められたRC橋脚では、仮に、曲げで有効断面の減少を起してもこれがくずれずにせん断破壊につながらないという考え方によっている。このため、せん断スパン比の大きい橋脚に対する耐震性判定法を検討するために用いたのが本供試体である。

供試体R-1~R-3は、50cm×50cmの正方形断面を有する載荷高さ4.6cmの供試体であり、供試体R-1は、断面の有する抵抗モーメントと載荷モーメントの関係から計算上段落し部で破壊が生じると推定される供試体であり、フーチング天端から1.8mの位置で軸方向鉄筋が半分に段落しされている。供試体R-2及びR-3は、それぞれこれよりも断面幅の1/2(D/2)および、1倍(D)だけ段落し位置を上げた供試体である。その他の条件は、各供試体とも共通である。降伏変位振幅 δ_0 は、供試体R-3にたいして25tfの軸力を作用させた状態で実験から求めたものであり、供試体R-1及びR-2に対しても同じ変位振幅の載荷を与えた。

なお、供試体R-1では、載荷中に軀体にねじれが生じ、試験装置のリミッターが働いたため、5 δ_0 の最初の載荷の半周期で終了した。

2.2 供試体R-4~R-7 (昭和62年度)

供試体R-4~R-7は、外径60cm、内径40cmの中空円形断面を有する載荷高さ2.6mの供試体であり、断面形状の影響、鋼板巻立て工法による巻立て範囲及び注入材の影響について検討することを目的として実施したものである。

供試体R-4~R-7は、それぞれ、耐震補強なし、鋼板による巻立て幅1D(エポキシ樹脂注入)、巻立て幅1.5D(エポキシ樹脂注入)、巻立て幅1.5D(注入剤なし)の供試体である。ここで、Dは断面の直径で60cmである。鋼板はすべて1mmの冷間圧延鋼材(SPCC)とし、供試体R-5では、段落し位置を中心として上下に0.5Dずつ、供試体R-6及びR-7では、段落し位置の下側に0.5D、上側に1Dの範囲で巻立てをした。また、注入剤の厚さは3mmとした。載荷変位振幅 δ_0 は、供試体R-4に対して、実験から求めたものを他の供試体に対しても用いた。

2.3 供試体 R-8～R-11 (昭和62年度)

供試体 R-8～R-11 は、50cm×50cm の正方形断面を有する載荷高さ 2.6m の供試体であり、断面形状の影響、鋼板巻立て工法による巻立て範囲及び注入剤の影響について検討することを目的として実施したものである。

供試体 R-8～R-11 は、それぞれ、耐震補強なし、鋼板による巻立て幅 1 (無収縮モルタル注入)、巻立て幅 1 D (エポキシ樹脂注入)、巻立て幅 1.5 D (エポキシ樹脂注入) の供試体である。鋼板はすべて 1mm の冷間圧延鋼材 (SPCC) とし、供試体 R-9 は段落し位置を中心として上下に 0.5 D ずつ、供試体 R-10, 11 は段落し位置の下側に 0.5 D、上側に 1 D の範囲を巻立てたものである。注入剤の厚さは、無収縮モルタルについては 20mm、エポキシ樹脂については 3mm とした。

基準変位 δ_0 は R-8 の静的載荷実験から求め、この値を全ての供試体に共通に用いた。なお、供試体 R-8 については、静的載荷実験中に段落し部にせん断破壊が生じたため動的載荷は行わなかった。

2.4 供試体 R-12～R-16 (昭和63年度)

供試体 R-12～R-16 は、2.3 に示した供試体 R-8～R-11 と同じ断面及び載荷高さを有する供試体であり、注入剤の影響、巻立て鋼板厚の影響、軸力の影響、及び主鉄筋比の影響について検討するために実施したものである。

供試体 R-12～R-16 は、それぞれ、耐震補強なし、鋼板による巻立て幅 1.5 D・鋼板厚 1mm (無収縮モルタル注入)、巻立て幅 1.5 D・鋼板厚 0.6mm (エポキシ樹脂注入)、耐震補強なし (軸力 2 倍)、耐震補強なし (主鉄筋比 0.86%) である。R-15 及び 16 以外の軸力及び主鉄筋比は、それぞれ、28.8 tf 及び 1.31% である。

2.5 供試体 R-17～R-21 (平成元年度)

供試体 R-17 及び 18 は、50cm×50cm の正方形断面を有する載荷高さ 2.6m の供試体であり、R-19～21 は、40cm×160cm の長方形断面を有する載荷高さ 2.6m の供試体である。断面形状の影響、巻立て範囲の影響について検討した。

供試体 R-17～21 は、それぞれ、鋼板による巻立て幅 1.5 D (無収縮モルタル注入)、無補強 (段落し位置を 20cm 上げた場合)、無補強、巻立て幅 1 D (無収縮モルタル注入)、巻立て幅 1.5 D (無収縮モルタル注入) であり、鋼板は 1mm の冷間圧延鋼材 (SPCC) とした。注入剤の厚さは 20mm とした。

2.6 供試体 P-10, P-14～P-16 (昭和58年度)

供試体 P-10, 14～16 は、50cm×50cm の正方形断面を有する載荷高さ 2.5m の供試体であり、段落し位置の影響を検討するために実施したものである。

供試体 P-10 は、軸方向鉄筋の段落しのない供試体である。供試体 P-14 は、計算上段落し位置で破壊が生じるようにした供試体であり、P-15 及び 16 は、P-14 よりも断面幅の半分及び断面幅分だ

け段落し位置を上にした供試体である。

以上の供試体 R-1 ~ R-21, 及び P-10, 14 ~ 16 の合計 25 体の載荷基準変位 δ_0 及び載荷振動数を表-2.2 に示す。

表-2.1 実験供試体の諸元

供試体番号		R-1	R-2	R-3	R-4	R-5	R-6	R-7	R-8	R-9	R-10	R-11	R-12	R-13	R-14	R-15	R-16	R-17	R-18	R-19	R-20	R-21	P-10	P-14	P-15	P-16		
断面寸法 D×b (cm)		50×50	50×50	50×50	φ60	φ60	φ60	φ60	50×50	50×50	50×50	50×50	50×50	50×50	50×50	50×50	50×50	50×50	50×50	40×160	40×160	40×160	50×50	50×50	50×50	50×50		
かぶり厚さ C (cm)		3.5	3.5	3.5	4.0	4.0	4.0	4.0	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5		
橋脚高さ h (cm)		460	460	460	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	250	250	250	250		
せん断支間比 h/D		9.9	9.9	9.9	4.9	4.9	4.9	4.9	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	7.1	7.1	7.1	5.4	5.4	5.4	5.4		
主鉄筋	材料径 φ (mm)	SD30 D13	SD30 D13	SD30 D13	SD30 D13D16	SD30 D13D16	SD30 D13D16	SD30 D13D16	SD30 D10	SD30 D10	SD30 D10	SD30 D10	SD30 D10	SD30 D10	SD30 D10	SD30 D10	SD30 D10	SD30 D10	SD30 D10	SD30 D10	SD30 D10	SD30 D10	SD30 D13	SD30 D13	SD30 D13	SD30 D13		
	段落し高さ (cm)	180	205	230	103	103	103	103	90	90	90	90	90	90	90	90	100	90	110	80	80	80	—	110	135	160		
	側方筋 主鉄筋比 (%)	2.03	2.03	2.03	3.61	3.61	3.61	3.61	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	0.86	1.31	1.31	0.76	0.76	0.76	2.03	2.03	2.03	2.03	
	降伏点強度 σ _{sy} (kgf/cm ²)	3525	3525	3525	3710	3710	3710	3710	3640	3640	3640	3640	3640	4173	4173	4173	4173	4173	3740	3740	3740	3740	3740	3144	3144	3144	3144	
帯鉄筋	材質径 φ (mm)	SR24 φ9	SR24 φ9	SR24 φ9	SR24 φ9	SR24 φ9	SR24 φ9	SR24 φ9	SR24 φ6	SR24 φ6	SR24 φ6	SR24 φ6	SR24 φ6	SR24 φ6	SR24 φ6	SR24 φ6	SR24 φ6	SR24 φ6	SR24 φ6	SR24 φ6	SR24 φ6	SR24 φ6	SR24 φ9	SR24 φ9	SR24 φ9	SR24 φ9		
	帯鉄筋比 (%)	0.1	0.1	0.1	0.28	0.28	0.28	0.28	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.08	0.08	0.08	0.1	0.1	0.1	0.1	
	降伏点強度 σ _{sy} (kgf/cm ²)	2910	2910	2910	3429	3429	3429	3429	2501	2501	2501	2501	2501	4423	4423	4423	4423	4423	3637	3637	3637	3637	3637	2776	2776	2776	2776	
コンクリート	材料	ポルト ランド セメント	ポルト ランド セメント	ポルト ランド セメント	ポルト ランド セメント	ポルト ランド セメント	ポルト ランド セメント	ポルト ランド セメント	ポルト ランド セメント	ポルト ランド セメント	ポルト ランド セメント	ポルト ランド セメント	ポルト ランド セメント	ポルト ランド セメント	ポルト ランド セメント	ポルト ランド セメント	ポルト ランド セメント	ポルト ランド セメント	ポルト ランド セメント	ポルト ランド セメント	ポルト ランド セメント	ポルト ランド セメント	ポルト ランド セメント	ポルト ランド セメント	ポルト ランド セメント	ポルト ランド セメント		
	最大骨材径 (mm)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
	一軸圧縮強度 (kgf/cm ²)	429	409	390	361	408	358	359	291	412	447	363	429	460	447	446	381	440	319	360	336	426	327	332	325	429		
載荷力	載荷方向	一方向	一方向	一方向	一方向	一方向	一方向	一方向	一方向	一方向	一方向	一方向	一方向	一方向	一方向	一方向	一方向	一方向	一方向	一方向	一方向	一方向	一方向	一方向	一方向	一方向		
	載荷速度 (cm/sec)	10	10	10	3	3	3	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	25	25	25	25		
	くり返し回数 (回)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
軸方向力 (tf)		25	25	25	33.4	33.4	33.4	33.4	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	57.6	28.8	28.8	28.8	28.8	64	64	64	4.11	4.11	4.11	4.11	
補強鋼板	材料					SPCC	SPCC	SPCC			SPCC	SPCC	SPCC			SPCC			SPCC			SPCC	SPCC					
	板厚 (mm)					1.0	1.0	1.0			1.0	1.0	1.0			1.0	0.6			1.0			1.0	1.0				
	巻立て幅					1 D	1.5 D	1.5 D			1 D	1 D	1.5 D			1.5 D	1.5 D			1.5 D			1.5 D	2 D				
	充填材					エポキシ 樹脂	エポキシ 樹脂	—			無収縮 モルタル	エポキシ 樹脂	エポキシ 樹脂			無収縮 モルタル	エポキシ 樹脂			無収縮 モルタル			無収縮 モルタル	無収縮 モルタル				

※ 補強材料 SPCC は、冷間圧延鋼板

表-2.2 各供試体の荷重基準変位及び荷重振動数

供試体	R-1	R-2	R-3	R-4	R-5	R-6	R-7	R-8	R-9	R-10	R-11	R-12	R-13
δ_0	4.25 cm 0.375 Hz	4.25 cm 0.375 Hz	4.25 cm 0.375 Hz	1.0 cm 0.478 Hz	1.0 cm 0.478 Hz	1.0 cm 0.478 Hz	1.0 cm 0.478 Hz		1.5 cm 0.531 Hz	1.5 cm 0.531 Hz	1.5 cm 0.531 Hz	1.5 cm 0.531 Hz	1.5 cm 0.531 Hz
2 δ_0	8.5 cm 0.187 Hz	8.5 cm 0.187 Hz	8.5 cm 0.187 Hz	2.0 cm 0.239 Hz	2.0 cm 0.239 Hz	2.0 cm 0.239 Hz	2.0 cm 0.239 Hz		3.0 cm 0.265 Hz	3.0 cm 0.265 Hz	3.0 cm 0.265 Hz	3.0 cm 0.265 Hz	3.0 cm 0.265 Hz
3 δ_0	12.7 cm 0.125 Hz	12.7 cm 0.125 Hz	12.7 cm 0.125 Hz	3.0 cm 0.159 Hz	3.0 cm 0.159 Hz	3.0 cm 0.159 Hz	3.0 cm 0.159 Hz		4.5 cm 0.177 Hz	4.5 cm 0.177 Hz	4.5 cm 0.177 Hz	4.5 cm 0.177 Hz	4.5 cm 0.177 Hz
4 δ_0	17.0 cm 0.094 Hz	17.0 cm 0.094 Hz	17.0 cm 0.094 Hz	4.0 cm 0.119 Hz	4.0 cm 0.119 Hz	4.0 cm 0.119 Hz	4.0 cm 0.119 Hz		6.0 cm 0.133 Hz	6.0 cm 0.133 Hz	6.0 cm 0.133 Hz	6.0 cm 0.133 Hz	6.0 cm 0.133 Hz
5 δ_0		21.2 cm 0.075 Hz	21.2 cm 0.075 Hz	5.0 cm 0.096 Hz	5.0 cm 0.096 Hz	5.0 cm 0.096 Hz	5.0 cm 0.096 Hz		7.5 cm 0.106 Hz	7.5 cm 0.106 Hz	7.5 cm 0.106 Hz	7.5 cm 0.106 Hz	7.5 cm 0.106 Hz
6 δ_0		25.5 cm 0.062 Hz	25.5 cm 0.062 Hz		6.0 cm 0.080 Hz	6.0 cm 0.080 Hz	6.0 cm 0.080 Hz		9.0 cm 0.088 Hz	9.0 cm 0.088 Hz	9.0 cm 0.088 Hz	9.0 cm 0.088 Hz	9.0 cm 0.088 Hz
7 δ_0						7.0 cm 0.068 Hz	7.0 cm 0.068 Hz		10.5 cm 0.076 Hz	10.5 cm 0.076 Hz	10.5 cm 0.076 Hz	10.5 cm 0.076 Hz	10.5 cm 0.076 Hz
8 δ_0						8.0 cm 0.060 Hz	8.0 cm 0.060 Hz						12.0 cm 0.066 Hz

供試体	R-14	R-15	R-16	R-17	R-18	R-19	R-20	R-21	P-10	P-14	P-15	P-16
δ_0	1.5 cm 0.531 Hz	1.5 cm 0.531 Hz	1.3 cm 0.612 Hz	1.5 cm 0.531 Hz	1.8 cm 0.442 Hz	1.7 cm 0.468 Hz	1.7 cm 0.468 Hz	1.7 cm 0.468 Hz	1.3 cm 3.06 Hz	1.3 cm 3.06 Hz	1.3 cm 3.06 Hz	1.3 cm 3.06 Hz
2 δ_0	3.0 cm 0.265 Hz	3.0 cm 0.265 Hz	2.6 cm 0.306 Hz	3.0 cm 0.265 Hz	3.6 cm 0.221 Hz	3.4 cm 0.234 Hz	3.4 cm 0.234 Hz	3.4 cm 0.234 Hz	2.6 cm 1.53 Hz	2.6 cm 1.53 Hz	2.6 cm 1.53 Hz	2.6 cm 1.53 Hz
3 δ_0	4.5 cm 0.177 Hz	4.5 cm 0.177 Hz	3.9 cm 0.204 Hz	4.5 cm 0.177 Hz	5.4 cm 0.147 Hz	5.1 cm 0.156 Hz	5.1 cm 0.156 Hz	5.1 cm 0.156 Hz	3.9 cm 1.02 Hz	3.9 cm 1.02 Hz	3.9 cm 1.02 Hz	3.9 cm 1.02 Hz
4 δ_0	6.0 cm 0.133 Hz	6.0 cm 0.133 Hz	5.2 cm 0.153 Hz	6.0 cm 0.133 Hz		6.8 cm 0.117 Hz	6.8 cm 0.117 Hz	6.8 cm 0.117 Hz	5.2 cm 0.765 Hz	5.2 cm 0.765 Hz	5.2 cm 0.765 Hz	5.2 cm 0.765 Hz
5 δ_0	7.5 cm 0.106 Hz	7.5 cm 0.106 Hz	6.5 cm 0.122 Hz	7.5 cm 0.106 Hz		8.5 cm 0.094 Hz	8.5 cm 0.094 Hz	8.5 cm 0.094 Hz	6.5 cm 0.612 Hz	6.5 cm 0.612 Hz	6.5 cm 0.612 Hz	6.5 cm 0.612 Hz
6 δ_0	9.0 cm 0.088 Hz	9.0 cm 0.088 Hz	7.8 cm 0.102 Hz	9.0 cm 0.088 Hz		10.2 cm 0.078 Hz	10.2 cm 0.078 Hz	10.2 cm 0.078 Hz	7.8 cm 0.51 Hz	7.8 cm 0.51 Hz	7.8 cm 0.51 Hz	7.8 cm 0.51 Hz
7 δ_0	10.5 cm 0.076 Hz					11.9 cm 0.067 Hz	11.9 cm 0.067 Hz	11.9 cm 0.067 Hz	9.1 cm 0.437 Hz		9.1 cm 0.383 Hz	9.1 cm 0.383 Hz
8 δ_0	12.0 cm 0.066 Hz								10.4 cm 0.383 Hz		10.4 cm 0.383 Hz	10.4 cm 0.383 Hz

Diagram of a vertical column under loading. The column has a total height of 2550 mm and a diameter of 500 mm. The top section is labeled "Loading" with a downward arrow. The bottom section is labeled "D13 x 40 (Pe = 2.03%)" and the top section is labeled "D13 x 20 (Pe = 1.02%)". The column is divided into two sections: a lower section of height $h_c = 2050$ mm and an upper section of height 2550 mm. The column is labeled $P_w = 0.10 \%$.

Diagram of a vertical pipe with a horizontal loading arm. The pipe has a diameter of 500 mm. The loading arm is 2300 mm long. The pipe is supported by a base. The diagram shows the pipe with a grid pattern. The loading arm is labeled "Loading" with an arrow pointing right. The pipe is labeled "D13 x 40 (Pe = 2.03%)" and "D13 x 20 (Pe = 1.02%)". The distance from the base to the loading arm is labeled "hc = 2300". The total height of the pipe is labeled "h/d = 9.9". The pressure is labeled "Pw = 0.10%".

段落し後

500

35

5 @ 86 = 430

500

35

図-2.1 (1) 供試体R-1~R-3の諸元

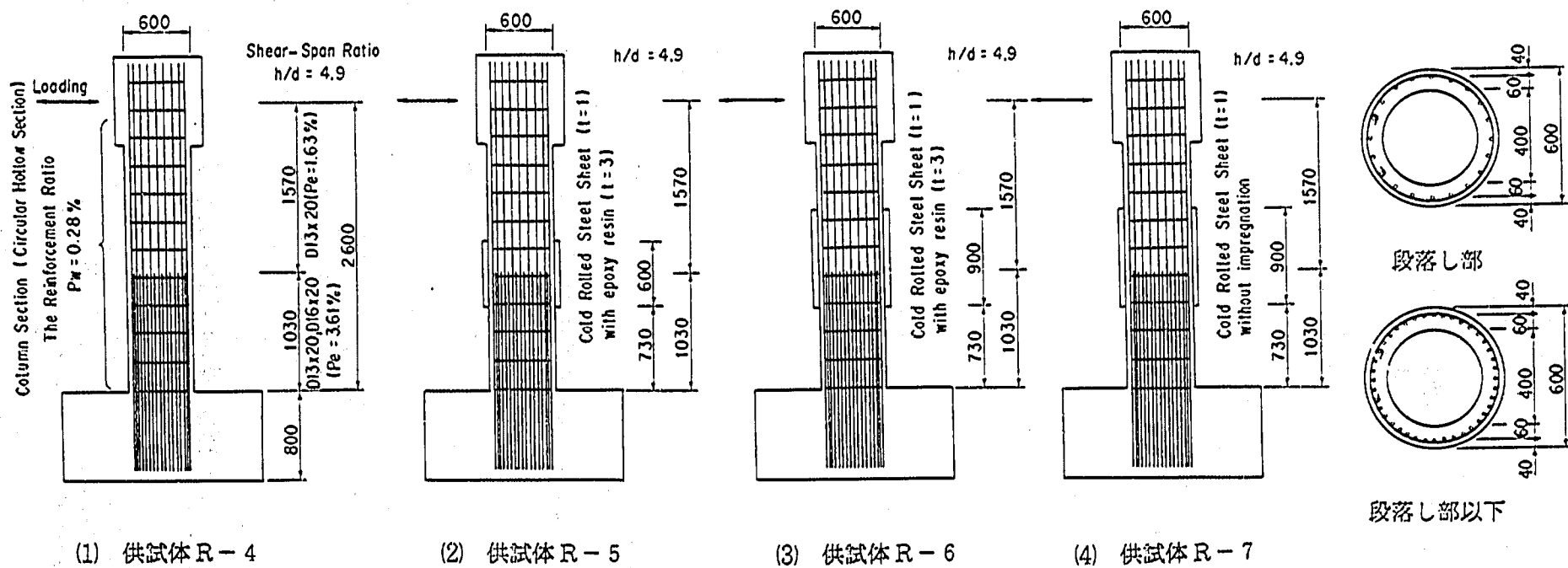


図-2.1 (2) 供試体 R-4 ~ R-7 の諸元

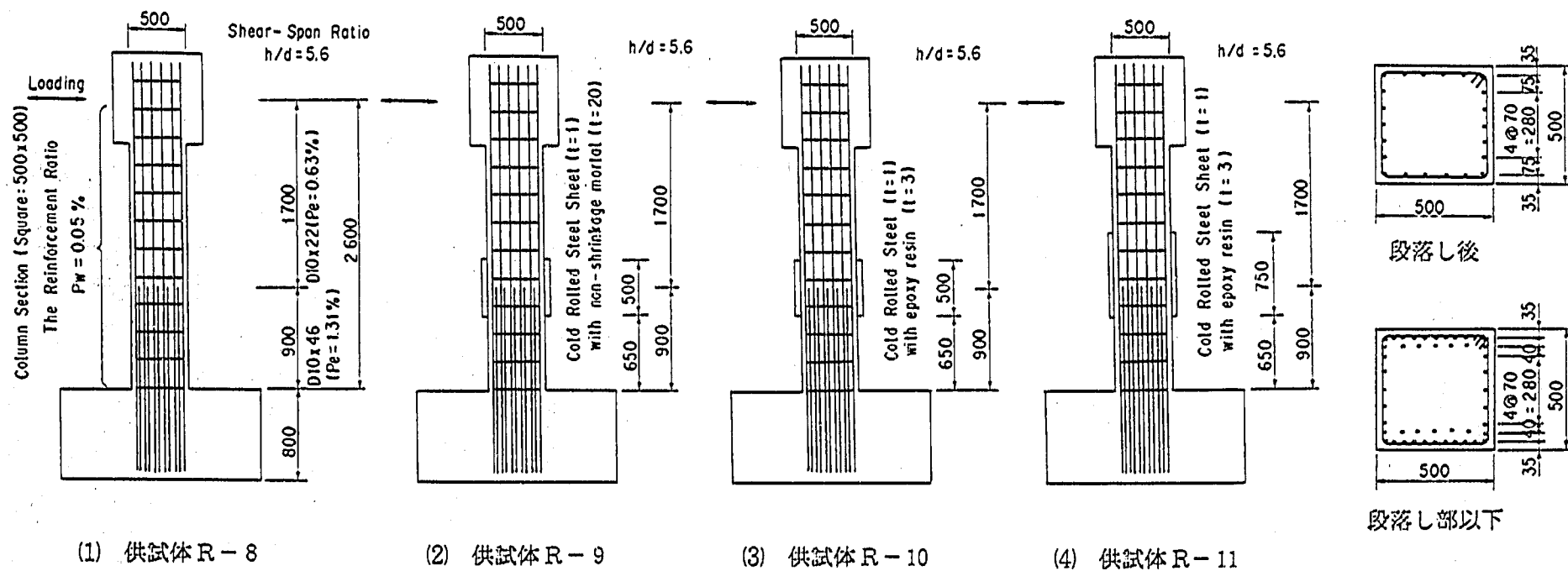
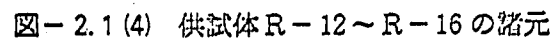


図-2.1 (3) 供試体 R-8 ~ R-11 の諸元



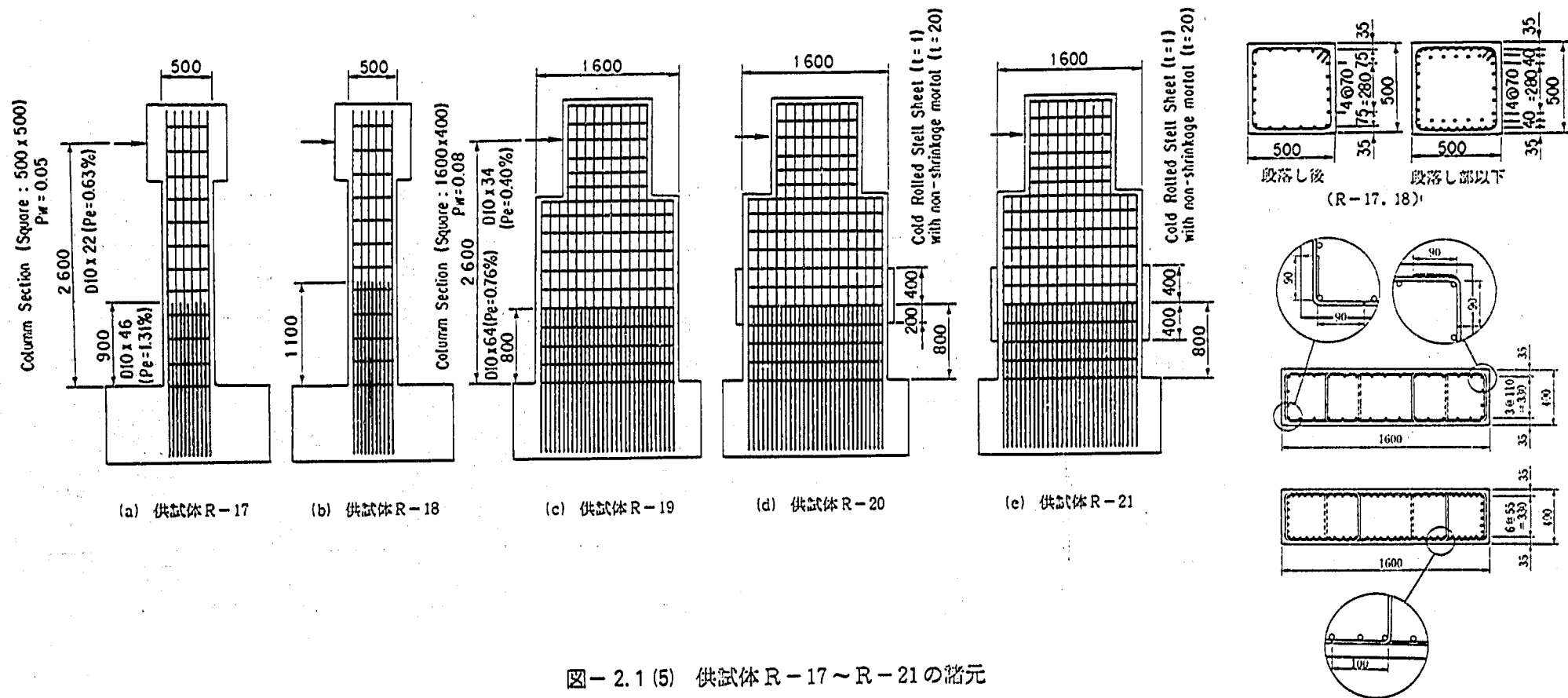


Diagram of a reinforced concrete beam specimen showing dimensions and loading. The beam has a total length of 1400 mm and a width of 500 mm. It is supported at both ends. A central section of 1100 mm is labeled $h_c = 1100$ and $D13 \times 40 (P_2 = 203\%)$. The remaining 140 mm at each end is labeled $D13 \times 20 (P_2 = 1.1\%)$. The top reinforcement is labeled $P_{\#} = 0.10\%$. A horizontal arrow on the left indicates **Loading**. Text on the right specifies **Shear-Span Ratio $h/d = 5.4$** .

Diagram of a reinforced concrete column under axial load. The column has a diameter of 500 mm. The height of the column is divided into two sections: the upper section has a height of 1150 mm and is labeled with $h/d = 5.4$; the lower section has a height of 1350 mm and is labeled with $h_c = 1350$. The total height is 2500 mm. The column is subjected to an axial load $P_w = 0.10 P$. The column is reinforced with longitudinal bars and cross-ties. The diagram also shows a loading arrow pointing downwards.

Diagram of a vertical pile under lateral loading. The pile has a diameter of 500 mm. The height of the pile above the ground is 900 mm. The height of the pile below the ground is 1600 mm. The total height is 2500 mm. The pile is subjected to a lateral load 'Loading' at the top. The pile is divided into two sections: the upper section has a length of 900 mm and is labeled $h/d = 5.4$, and the lower section has a length of 1600 mm and is labeled $P_w = 0.10 \%$. The pile is shown with a grid pattern representing reinforcement.

Diagram showing a square with side length 500. Inside is a smaller square with side length 407.5. The distance between the outer and inner squares is 35 on all sides. The inner square has dots at its corners and midpoints of its sides.

段落し後

図-2.1 (6) 供試体 P-10 ~ P-14 の諸元

3. 実験結果

前章 2 に示した合計 24 体の供試体について以下のように分類して実験結果を整理した。

(1) 無補強 RC 橋脚の耐震性判定

〔供試体 R タイプ：1～3, 8, 12, 15, 16, 18〕

〔供試体 P タイプ：14～16〕

(2) 中空円形断面 RC 橋脚の耐震効果

〔供試体 R タイプ：4～7〕

(3) 正方形断面 RC 橋脚の耐震補強効果

〔供試体 R タイプ：8～14〕

(4) 壁式断面 RC 橋脚の耐震補強効果

〔供試体 R タイプ：19～21〕

なお、各供試体の破壊の進展状況図及び写真集は付属資料 I 及び II に示す。

3.1 無補強 RC 橋脚の耐震性判定

表－3.1 及び図－3.1 は、補強を施していない供試体（〔供試体 R タイプ：1～3, 8, 12, 15, 16, 18〕, 〔供試体 P タイプ：14～16〕）に対して、その破壊の進展状況及び最終的な破壊状況を示したものである。図－3.2 及び図－3.3 は、供試体 R－1～3, 図－3.4 及び図－3.5 は供試体 P－14～16, 図－3.6 及び図－3.7 は、供試体 R－12, 15, 16 及び 18 に対する主鉄筋及び帯鉄筋のひずみをそれぞれ示したものである。なお、中空円形断面 RC 橋脚 R－4 及び壁式断面橋脚 P－19 も耐震性判定のための供試体であるが、重複を避けるため後述するものとする。

以上の結果を次の 3 項目について整理すると以下ようになる。

(1) 段落し位置の影響

〔供試体 R タイプ：1～3, 8, 12, 18, 供試体 P タイプ：14～16〕

(2) 軸力の影響

〔供試体 R タイプ：15〕

(3) 主鉄筋比の影響

〔供試体 R タイプ：16〕

(1) 段落し位置の影響

計算上曲げモーメントが基部の半分となる位置で鉄筋量を半分に段落した供試体 R－1, 8, 12 及び P－14 はいずれも最終的に段落し位置で破壊した。これに対して、段落し位置をこの位置よりも $D/2$ (D : 載荷方向断面幅) だけ上で段落しを行った供試体 R－2 及び P－15 は、いずれも最初は段落し位置で曲げクラックが先行したが、その後基部で曲げ破壊が生じ始めた後は基部の損傷のみが進展し、最終的には基部で曲げ破壊した。ただし、段落し部の曲げクラックは、供試体 R－2

の方が供試体P-15よりも小さく、せん断支間比が大きい分だけ、段落し位置の損傷が小さくなっている。供試体R-18は段落し位置を20cm (0.4 D) だけ上げた供試体でD/2だけ上げた供試体よりも5cmだけ段落し位置が低くなっており最終的に段落し位置で破壊した。また、計算上曲げモーメントが基部の半分となる位置よりもDだけ上で段落しを行った供試体R-3及びR-16は最初から基部で曲げ破壊が進展し、最終的にも基部で破壊した。なお、段落し部には目立ったクラックの進展は生じなかった。

供試体R-1～3に対する主鉄筋及び帯鉄筋のひずみを示した図-3.2及び図-3.3によれば以下の事項が指摘される。

- 1) 供試体R-1では、 $1\delta_0$ の段階で基部と段落し位置とともに主鉄筋は降伏している。 $2\delta_0$ になると計測不能な大きなひずみ(6,000 μ 以上)が段落し部と基部の両方に生じている。ただし、両者を比較するとやや段落し部の方が大きなひずみとなっている。一方、帯鉄筋に生じたひずみ(2面と4面、以下同じ)には、段落し部と基部でははっきりした違いがあり、 $3\delta_0$ では段落し部では帯鉄筋はすでに降伏ひずみを越す大きなひずみを生じているのに対して、基部では降伏に至っていない。段落し部で帯鉄筋が降伏ひずみを越える大きなひずみを生じたことは、ここで、コンクリートの破壊に伴い大きな断面変形を生じたことを示している。
- 2) 供試体R-3では、 $1\delta_0$ における主鉄筋のひずみは段落し部の方が基部よりも小さい。 $2\delta_0$ になると段落し部でも主鉄筋は降伏するが、基部の方が大きく変形し、この差は $3\delta_0$ になるとさらに顕著になる。ただし、帯鉄筋のひずみをみると、 $3\delta_0$ までは段落し部、基部ともに大きなものではない(段落し部で100 μ 、基部で200 μ 程度)。 $4\delta_0$ になると、ひずみは基部では500 μ 程度であるが、段落し部では降伏に達する。したがって、計算上の段落し位置から1Dだけ段落し位置を上げた供試体R-3でも、鉄筋のひずみという観点からみれば主鉄筋、帯鉄筋ともに降伏に至ることに注意しなければならない。
- 3) 供試体R-2は、上述した供試体R-1とR-3の中間に相当する。ただし、主鉄筋のひずみは段落し部の方が基部よりも小さい。

供試体P-14～16及びR-12、18に対する主鉄筋及び帯鉄筋のひずみを示した図-3.4～図-3.7によれば、これらは上述した供試体R-1～3と同様の特性を示している。ただし、1Dだけ段落し位置を上げた供試体P-16の場合には、主鉄筋及び帯鉄筋ともに $4\delta_0$ までは降伏に至っていない点が同じ断面幅分段落し位置を上げた供試体R-3と違っている。

(2) 軸力の影響

供試体R-15は、供試体R-8及び12と同一の諸元を有するが軸力のみを2倍にして載荷実験を行ったものである。なお、計算上は基部の主鉄筋が降伏に至る時には段落し部の耐力は後述するように載荷モーメントよりも大きくなっている。しかしながら、最終的には段落し部で破壊し、段落し面で約10cm程度のせん断によるずれが生じており、段落し部よりも下側の軀体部で縦方向に裂けるようなコンクリートの破壊が生じ、軀体長が実験当初よりも短くなって圧壊した。

供試体 R-15 の主鉄筋及び帯鉄筋のひずみを示した図-3.6 及び図-3.7 によれば、供試体 R-12 と比較した場合、 $1\delta_0$ では主鉄筋、帯鉄筋共に供試体 R-15 の方が小さなひずみ値を示しているが $2\delta_0$ で段落し位置の主鉄筋は、 $6,000\mu$ を超える大きなひずみとなり、帯鉄筋も一方の面で同様となった。供試体 R-12 の主鉄筋のひずみは $2\delta_0$ では 1 面では同様に $6,000\mu$ を越えるひずみとなったが、もう 1 面では $2,000\mu$ 程度となっている。これは、コンクリートが剥離しない状態では軸力の大きい方が主鉄筋及び帯鉄筋のひずみは大きくならないが、ある程度載荷変位が大きくなり、コンクリートの剥離及び主鉄筋に囲まれる内部コンクリートが圧壊し始めると急激に破壊が進行するためと考えられる。

(3) 主鉄筋比の影響

供試体 R-16 の主鉄筋は、 0.86% であり、供試体 R-12 (1.31%) の約 66% に相当する。計算上基部の主鉄筋が降伏する際に段落し部でも主鉄筋が降伏する位置で段落しを行っており、その位置はフーチング天端から 100cm で供試体 R-12 よりも 10cm 高くなっている。

供試体 R-16 は、載荷の最初から段落し部で曲げクラックが進展し、最終的に段落し位置で破壊し、主鉄筋位置に沿って縦方向に裂けるような破壊形態となった。供試体 R-12 と破壊状況を比較してみると、供試体 R-16 は段落し部のコンクリートの剥離した範囲は狭いが鉄筋の破断はより早い載荷段階で生じた。主鉄筋量が少ないため、鉄筋の降伏後のはらみ出しによるかぶりコンクリートの剥離が狭い範囲に限られたためと考えられる。

主鉄筋及び帯鉄筋のひずみを示した図-3.6 及び図-3.7 によれば、主鉄筋のひずみ分布は供試体 R-12 と概ね同じであるが、供試体 R-16 の場合は片方の面のみの破壊が進行している。帯鉄筋のひずみは供試体 R-12 よりもその進行が小さく、 $4\delta_0$ で $2,000\mu$ を越えるひずみとなるが、供試体 R-12 の場合には $3\delta_0$ ですでに $2,000\mu$ を越える大きなひずみとなっている。これは、主鉄筋量が少ない分だけ主鉄筋のはらみ出しによる帯鉄筋に対する影響が小さいためと考えられる。

表-3.1(1) 供試体P-14～P-16及びR-1～R-3の破壊進展状況

変位振幅	供試体P-14	供試体P-15	供試体P-16	供試体R-1	供試体R-2	供試体R-3
1 δ_0	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし
2 δ_0	段落し位置の1, 3面において斜めクラックが発生した。	段落し位置の1, 3面において斜めクラックが発生した。	クラックが増加した。	段落し位置のクラック幅が広がり, 1, 3面に斜めクラックが発生した。	曲げクラックが増加して, 段落し位置のクラック幅が広がる。	曲げクラックが増加した。
3 δ_0	段落し位置の2面においてコンクリートが一部剥離した。	柱基部の1, 3面において斜めクラックが進展した。	柱基部の1, 3面において斜めクラックが発生した。	段落し位置の4面においてコンクリート部が幅10cm程度剥離した。	柱基部の2, 4面において, コンクリートが剥離寸前になる(幅20～30cm)。	柱基部2面においてコンクリートが幅30cm程度剥離した。4面においてコンクリートが剥離寸前となる。
4 δ_0	段落し位置を中心にしてほぼ全周にわたり幅15～20cmの範囲でコンクリートが剥離した。	段落し位置と柱基部ともにクラックが増加した。	柱基部4面のコンクリートが基部から30～40cmの幅で剥離した。	段落し位置を中心としてほぼ全周にわたり20～30cmの範囲でコンクリートが剥離した。	柱基部2, 4面においてコンクリートが幅30～40cm程度の範囲で剥離した。	柱基部においてコンクリートの剥離が進展した。
5 δ_0	段落し位置を中心にしてほぼ全周にわたって幅60～70cmの範囲でコンクリートが剥離した。段落し位置の軸方向鉄筋が2本破断した。	4面において基部のコンクリートが50～65cmの範囲で剥離した。2面において基部のコンクリートが20～30cmの範囲で剥離した。	2面において基部のコンクリートが幅40～50cmの範囲で剥離した。	—	柱基部2, 4面においてコンクリートの剥離が幅40cm程度に進展した。	柱基部のほぼ全周にわたりコンクリートが剥離した。柱基部の軸方向鉄筋が2本破断した。
6 δ_0	段落し位置の軸方向鉄筋が5本破断した。	1, 3面においてコンクリートの剥離が進展した。	全周のコンクリートの剥離が進展した。	—	柱基部の軸方向鉄筋が5本破断した。	柱基部の軸方向鉄筋が6本破断した。
7 δ_0	段落し位置の軸方向鉄筋が1本破断した。	柱基部の軸方向鉄筋が3本破断した。	柱基部の軸方向鉄筋が6本破断した。	—	—	—
8 δ_0	—	柱基部の軸方向鉄筋が9本破断した。	柱基部の軸方向鉄筋が4本破断して帯鉄筋がはずれた。	—	—	—
8.5 δ_0	—	柱基部の軸方向鉄筋が12本破断した。その内の1本はとびだした。	—	—	—	—

※ 供試体P-14は, 6.5 δ_0 まで。

表-3.1(2) 供試体 R-8, R-12, R-15, R-16, R-18 の破壊進展状況

変位振幅	供試体 R-8	供試体 R-12	供試体 R-15	供試体 R-16	供試体 R-18
1 δ_0	荷重制御による静的試験において-10tfまで載荷した段階で急激に破壊した。1, 3面において段落し位置から基部に向けて大きな斜めクラックが発生した。また、2面の段落し位置周辺のコンクリートが20cm程度剥離した。	曲げクラック増加	曲げクラック増加	曲げクラック増加	曲げクラック増加
2 δ_0		1, 3面において段落し位置から斜めクラックが発生する。	1, 3面の段落し位置から斜めクラックが発生する。	曲げクラックが増加し、1, 3において段落し位置からの斜めクラックが発生した。	段落し部のコンクリートの剥離が1及び3面で始まった。
3 δ_0		4面において段落し位置のコンクリートが約25cm剥離する。	4面において段落し位置でコンクリートが剥離し1, 3面においてクラックが増加した。	段落し位置においてクラックの幅がさらに拡大した。	段落し部の軸方向鉄筋が1面で6本、3面で8本破断した。
4 δ_0		2面において段落し位置のコンクリートが約30cm剥離した。	2面において段落し位置でコンクリートが剥離した。	2, 4面において段落し位置のコンクリートが剥離した。	—
5 δ_0		剥離が進行した。	2, 4面においてコンクリートの剥離が拡大した。また、鉄筋が2面で3本破断した。	4面においてコンクリートの剥離が進行した。鉄筋が2面では2本、4面では1本破断した。	—
6 δ_0		4面において鉄筋が6本破断した。	コンクリートの欠落が著しくなり、軸方向に縮むとともに、中心軸も大きくずれた。	鉄筋が2面で4本、4面で2本破断した。	—
7 δ_0		4面において2本、2面において4本の鉄筋が破断した。	—	—	—

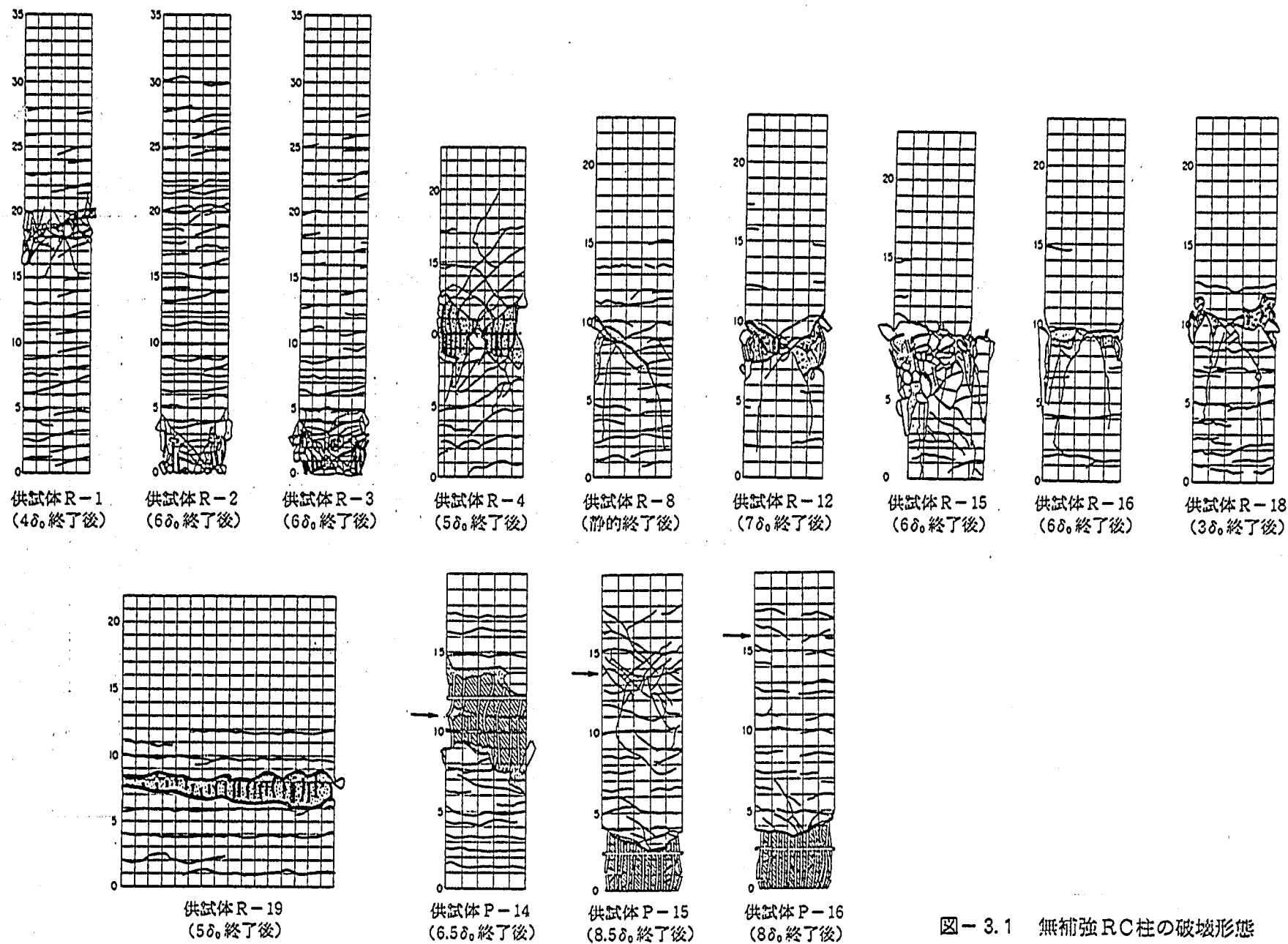


図-3.1 無補強RC柱の破壊形態

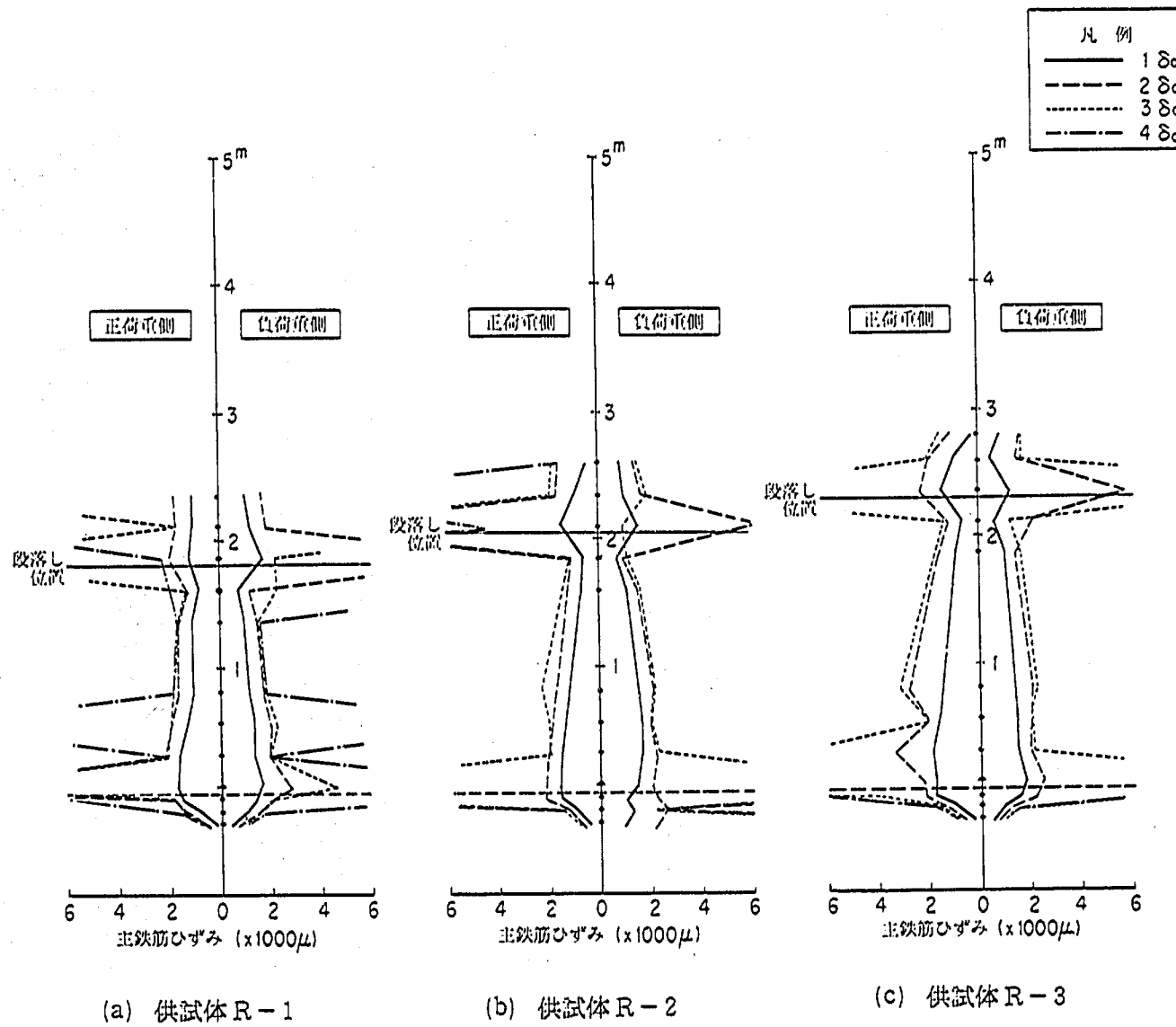
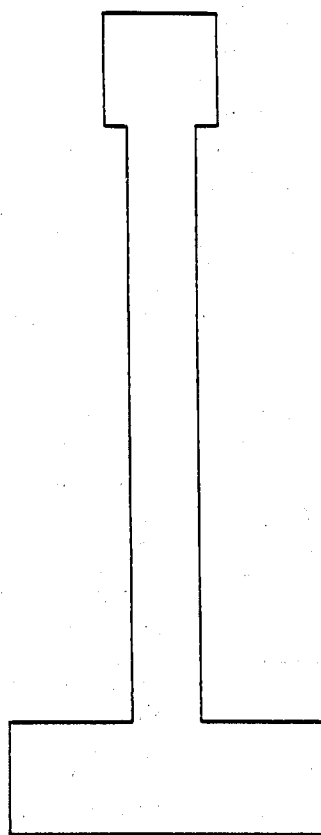


図-3.2 供試体 R-1 ~ R-3 の主鉄筋のひずみ

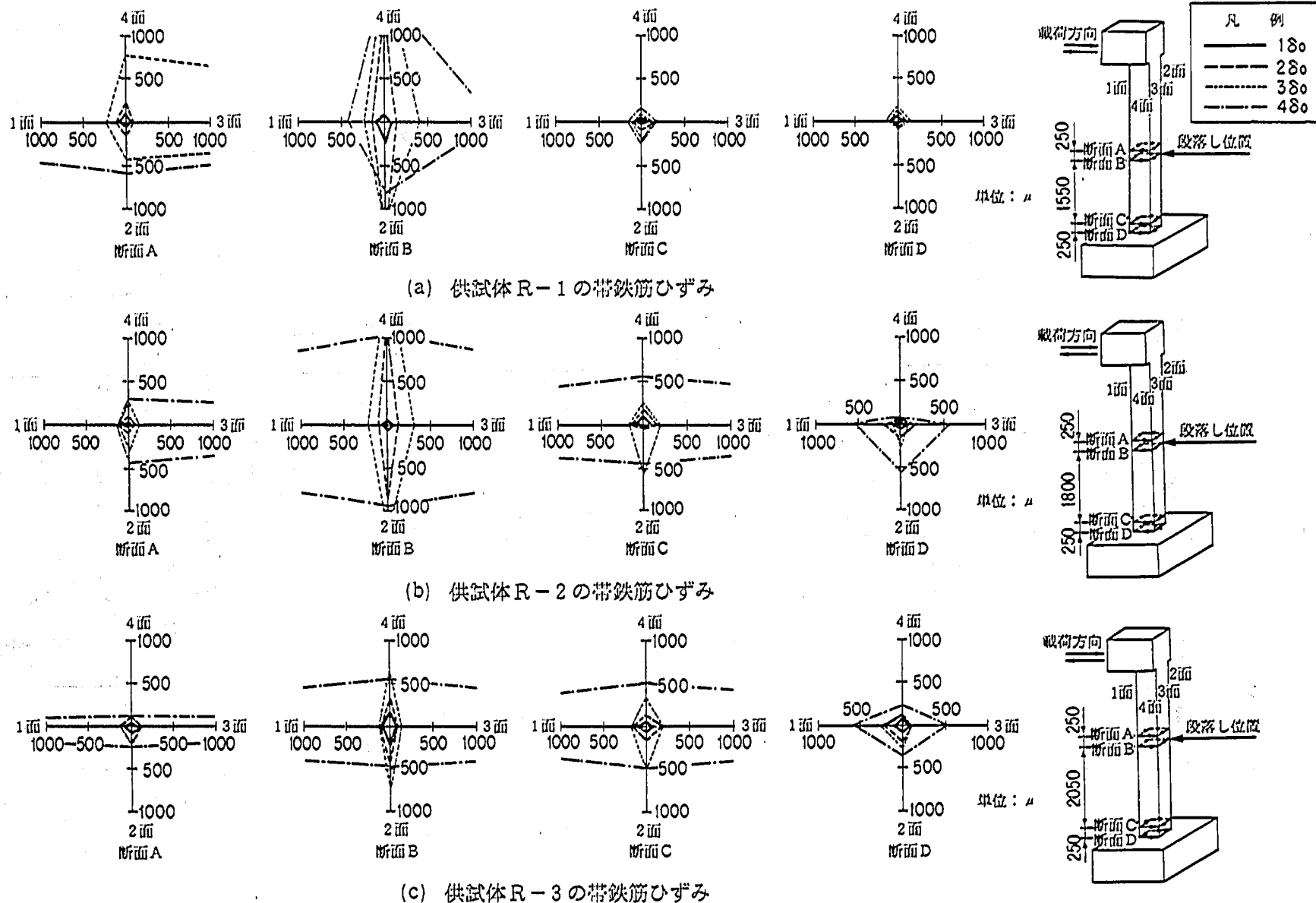


図-3.3 供試体 R-1 ~ R-3 の帯鉄筋のひずみ

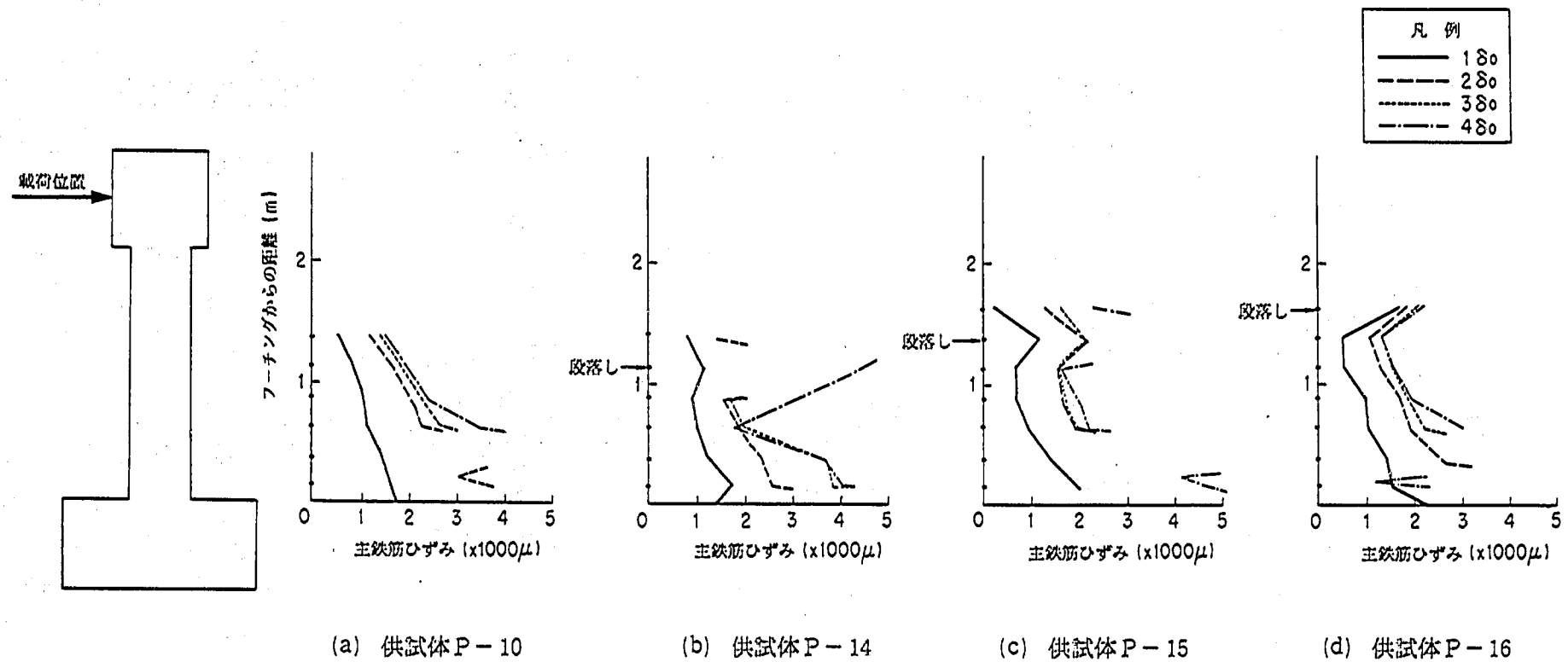


図-3.4 供試体 P-10, P-14, P-16 の主鉄筋のひずみ

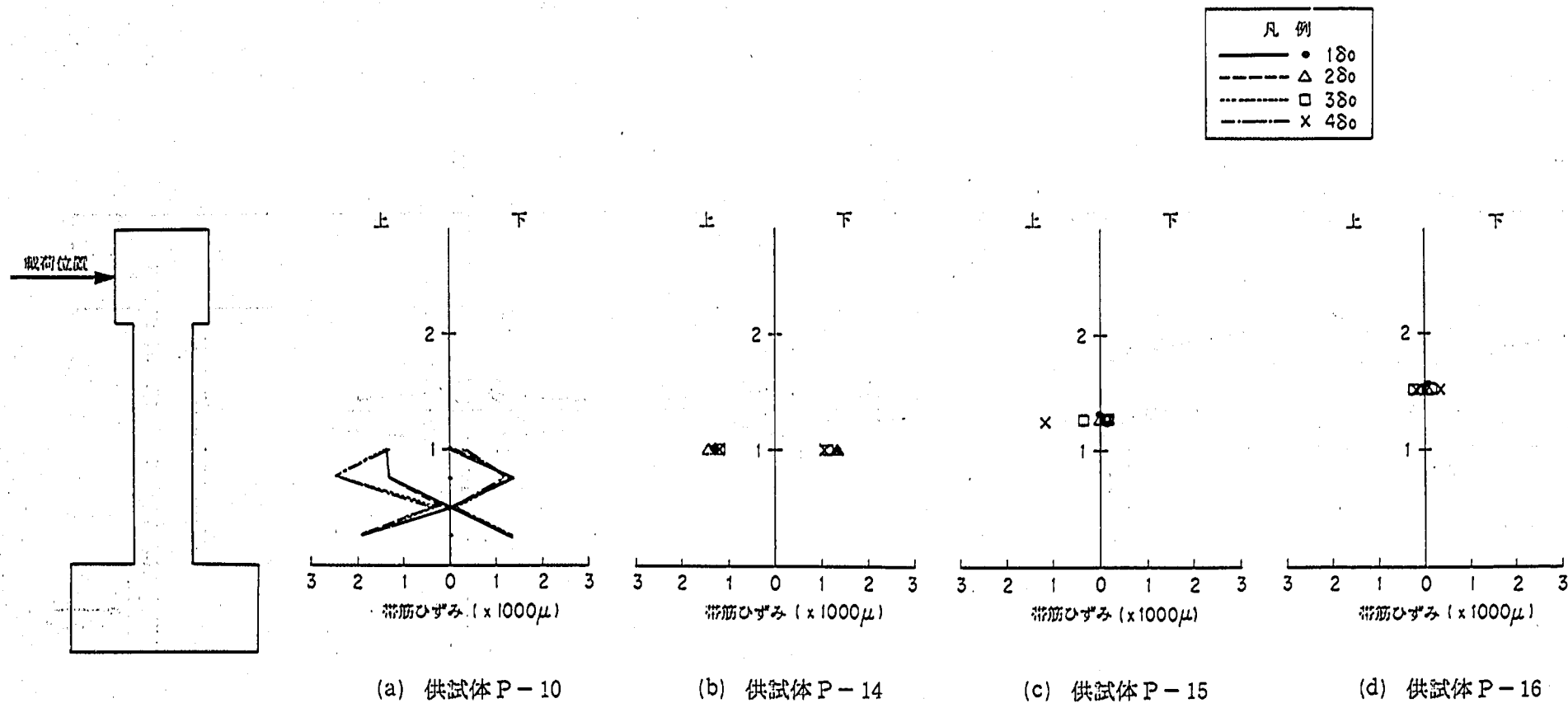
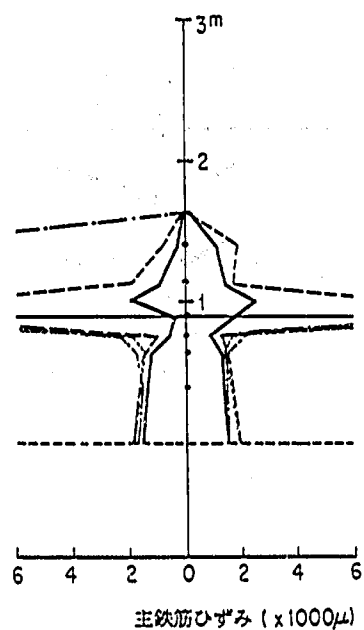
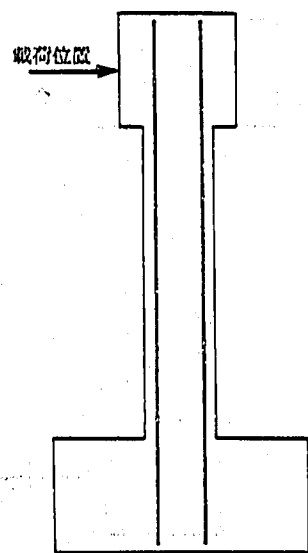
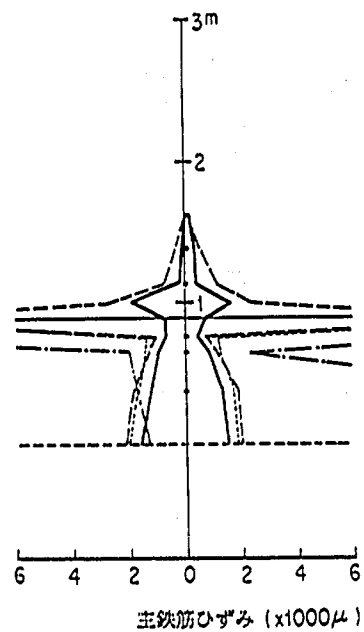


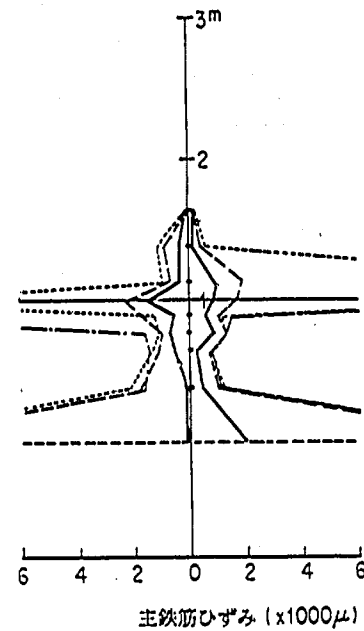
図-3.5 供試体 P-10, P-14 ~ P-16 の帯鉄筋のひずみ



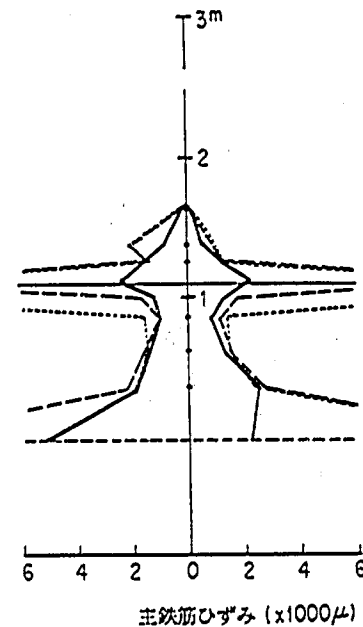
(a) 供試体 R-12



(b) 供試体 R-15



(c) 供試体 R-16



(d) 供試体 R-17

凡 例	
——	180
----	280
-----	380
-----	480

図-3.6 供試体 R-12, R-15, R-16, R-18 の主鉄筋のひずみ

3.2 中空円形断面 RC 橋脚の耐震補強効果

図-3.8及び表-3.2は、供試体 R-4～R-7の最終破壊状況及び各載荷段階ごとの損傷の進展状況を示したものである。

鋼板による補強を施していない供試体 R-4は、最終的に段落し部で破壊した。中空断面のため、コンクリートの剥離が外面と内面の両面で生じ、中実断面のように主鉄筋に囲まれる部分で軸力を保持することができず、写真-3.1に示すように段落し部で圧壊した。

段落し部を中心に1D(D:供試体断面の直径)の範囲で鋼板を巻き、その間隙にエポキシ樹脂を注入した供試体 R-5は、鋼板の上端より上の部分でかぶりコンクリートが剥離してせん断破壊した。段落し位置から上に1D、下に0.5D、計1.5Dの範囲に鋼板を巻いた供試体 R-6及びR-7のうち、鋼板と供試体の間隙に何も充填していない R-7では、鋼板下端より下の部分でもクラックが進行したが、段落し部位置に沿って鋼板が写真-3.2に示すように面外に大きく変形し、最終的には段落し位置で破壊した。一方、鋼板と供試体の間隙にエポキシ樹脂を注入した供試体 R-6では、段落し位置では破壊は生じなかったが、鋼板下端より下の部分から基部にかけて全面にクラックが生じ鉄筋が露出するまでかぶりコンクリートが剥離した。

図-3.9、図-3.10及び図-3.11は、供試体 R-4～R-7に対する主鉄筋の軸方向ひずみ、帯鉄筋及び補強鋼板の軸方向ひずみを示したものである。これより以下の事項が指摘される。なお、主鉄筋のひずみを見てわかるようにここでいう δ_0 は基部の主鉄筋が降伏するときの載荷変位ではなく、この変位の約半分になっていることに注意する必要がある。

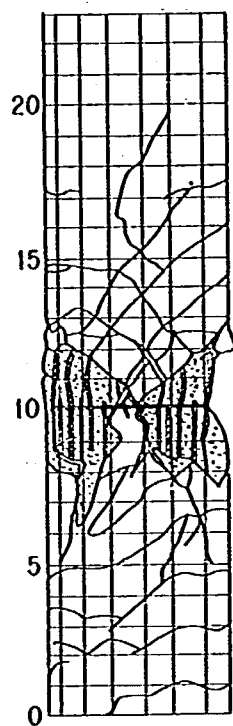
- 1) 供試体 R-4 (耐震補強なし) では、 $2\delta_0$ になると、段落し位置の主鉄筋には、すでに $2,300\mu$ のひずみが生じ、これ以後、載荷変位振幅を増やすにつれて、ひずみは急速に大きくなっている。段落し位置における帯鉄筋も $3\delta_0$ になると、降伏ひずみに達している。
- 2) 供試体 R-5 (1Dの範囲で鋼板巻立て) では、 $4\delta_0$ に達すると、鋼板の上端から概ね0.8Dの範囲で主鉄筋に降伏点をはるかに越すような大きなひずみが生じている。この段階では、橋脚の基部にも降伏を越すひずみが生じているが、その値は段落し位置に比較するとはるかに小さい。段落し位置及びそこから25cmだけ上と下の位置における帯鉄筋(鋼板の巻いてある範囲)のひずみを見ると、段落し位置では、 $4\delta_0$ になっても 500μ 程度と小さく、鋼板による拘束があるためコンクリートの剥離による断面減少が抑えられ、帯鉄筋にも大きな変形が生じないことがわかる。しかし、段落し位置から25cmだけ上と下(鋼板の上端と下端に相当する)では、 $4\delta_0$ になると $1,000\mu$ を越えるひずみが生じる。今回の実験では、降伏していないが、鋼板の上端より上になると、非常に大きな帯鉄筋の変形が生じている。
- 3) 供試体 R-6 (1.5Dの範囲で鋼板巻立て、エポキシ樹脂注入) では、 $3\delta_0$ 以降の載荷になると段落し位置及び基部とともに主鉄筋の降伏が同時に生じている。ただし、ひずみの大きさは、基部の方がやや大きい。段落し位置の帯鉄筋のひずみは、 $4\delta_0$ 載荷においても $1,000\mu$ 程度におさまっている。特に、段落し部から25cm上の位置における帯鉄筋のひずみは、 $4\delta_0$ 載荷においても 500μ

を上回っておらず鋼板巻立て範囲を 1.5 D にした拘束効果を見ることができる。

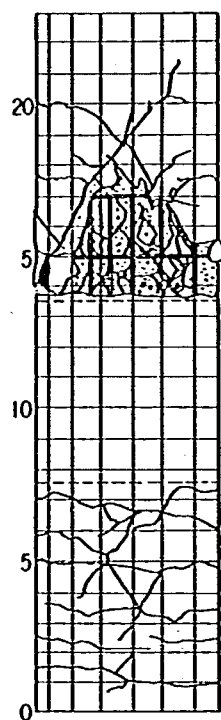
- 4) 供試体 R-7 (1.5 D の範囲で鋼板巻立て、注入剤なし) では、 $2\delta_0$ の段階で段落し部では、すでに 500μ 以上のひずみが主鉄筋に生じており、また、帯鉄筋の歪も、供試体 R-6 に比較すると非常に大きい。したがって、鋼板とコンクリートの付着がないと、仮に、1.5 D の範囲で鋼板を巻いてもその効果は少ないということが出来る。
- 5) 供試体 R-5 の補強鋼板の軸方向ひずみは、 $4\delta_0$ までには降伏していないが、 $2,000\mu$ に近いひずみが生じている。供試体 R-6 の場合には段落し部の一方の面では $2,000\mu$ を越えている。ただし、供試体 R-7 はほとんどひずみは生じておらず、鋼板がエポキシ樹脂の注入により軸方向鉄筋としての効果を発揮していることがわかる。ただし、注入がない場合には、かぶりコンクリートが外側に剥離するのを防ぐ効果はあるが、軸方向鉄筋としての効果は全く見込めないことがわかる。特に、中空断面のように内側からもコンクリートの剥離が進行するタイプの橋脚ではさらに効果は薄いということが出来る。

表-3.2 供試体R-4~R-7の破壊状況

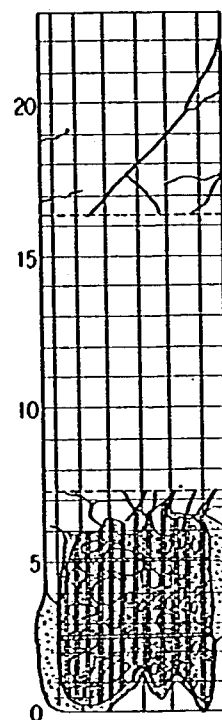
変位振幅	供試体R-4	供試体R-5	供試体R-6	供試体R-7
1 δ_0	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし
2 δ_0	段落し位置周辺の1, 3面に斜めクラックが増加する。	補強鋼板より上方の1, 3に斜めクラックが発生する。	補強鋼板より上方のコンクリートに斜めクラックが部分的に入り出す。	3面において基部周辺の斜めクラックがわずかに増加する。
3 δ_0	クラックの増加, 段落し位置周辺の1, 3の斜めクラックが増加する。	補強鋼板より上方の1, 3の斜めクラックが増加する。	補強鋼板の上方及び下方の1, 3面に斜めクラックが増加する。	2, 4面において基部周辺のクラック幅が拡大する。3面においても斜めクラックが増加する。
4 δ_0	クラックが増加する。	補強鋼板上端部に生じたコンクリートに斜めクラックが拡大する。	2, 4面において段落し位置に沿って補強鋼板が面外にはみ出し基部周辺のコンクリートに斜めクラックが増加する。	段落し位置に沿って補強鋼板の2, 4面に面外へのはらみ出しが生じる。1, 3面において斜めクラックが増加する。
5 δ_0	段落し位置の1, 2, 4面のコンクリート(幅30~40cm程度)が剥離する。	補強鋼板上端部のコンクリートクラックがさらに拡大する。	1, 3面において基部周辺のコンクリートに斜めクラックが増加する。また, クラック幅が拡大する。	1, 3面において斜めクラックが増加する。
6 δ_0	段落し位置のコンクリートが全周で剥離(幅40cm程度)し, 柱が圧壊して20cm程度縮む。	補強鋼板上端から20cm~30cm程度の範囲にわたってコンクリートが剥離する。	1, 3面において基部周辺のコンクリートに斜めクラックが増加する。また, クラック幅が拡大する。補強鋼板位置で異音が生じ始める。	1, 3面において基部周辺の斜めクラックが増加する。
7 δ_0	—	—	1, 3面において基部周辺のコンクリートが剥離寸前となる。	補強鋼板の面外へのはらみ出しが拡大する。1, 3面において基部周辺に斜めクラックが増大する。
8 δ_0	—	—	基部周辺のコンクリートが剥離する。	補強鋼板位置で異音が生じる。補強鋼板の面外へのはらみ出しがさらに拡大(5~10mm), 鉄筋が8本切断する。



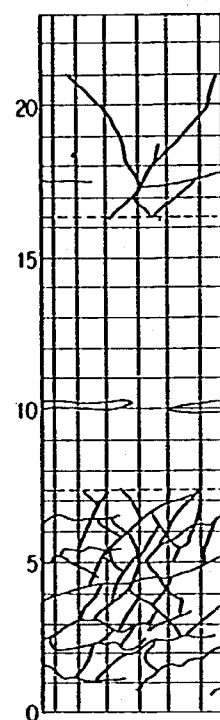
供試体 R-4



供試体 R-5



供試体 R-6



供試体 R-7

図- 3.8 供試体 R-4 ~ R-7 の破壊状況

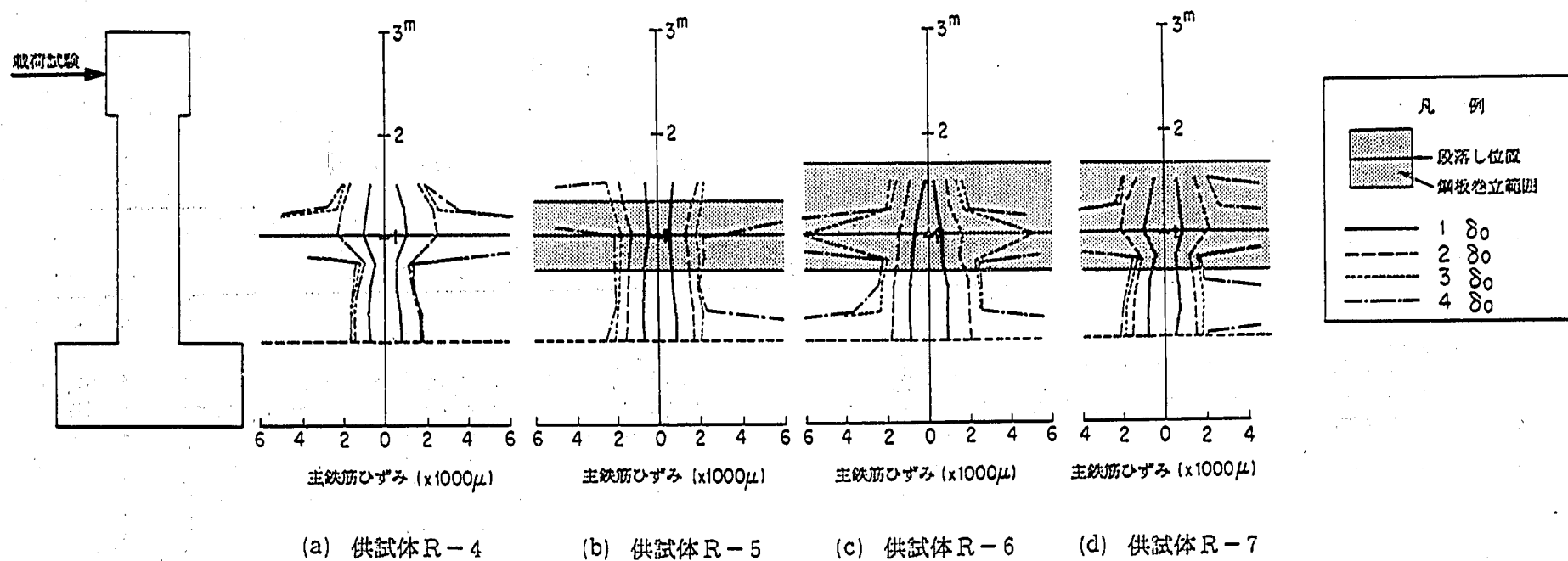


図- 3.9 主鉄筋の軸方向ひずみ (供試体 R-4 ~ R-7)

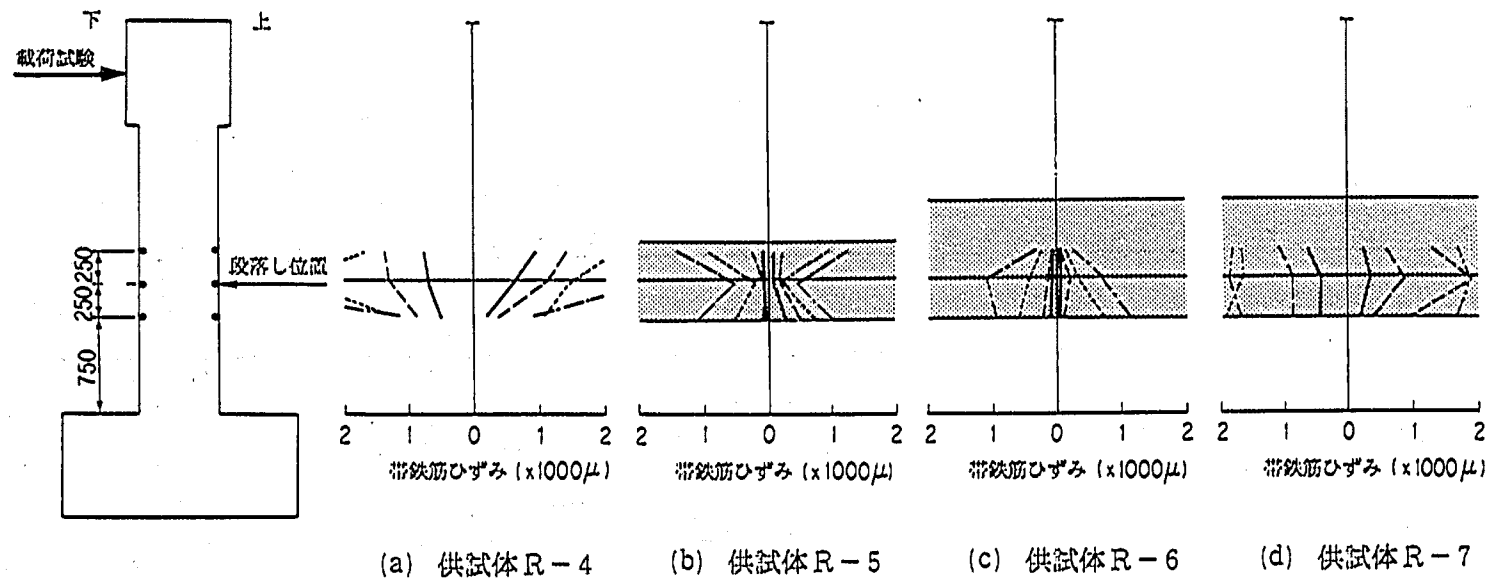


図-3.10 帯鉄筋のひずみ (供試体 R-4 ~ R-7)

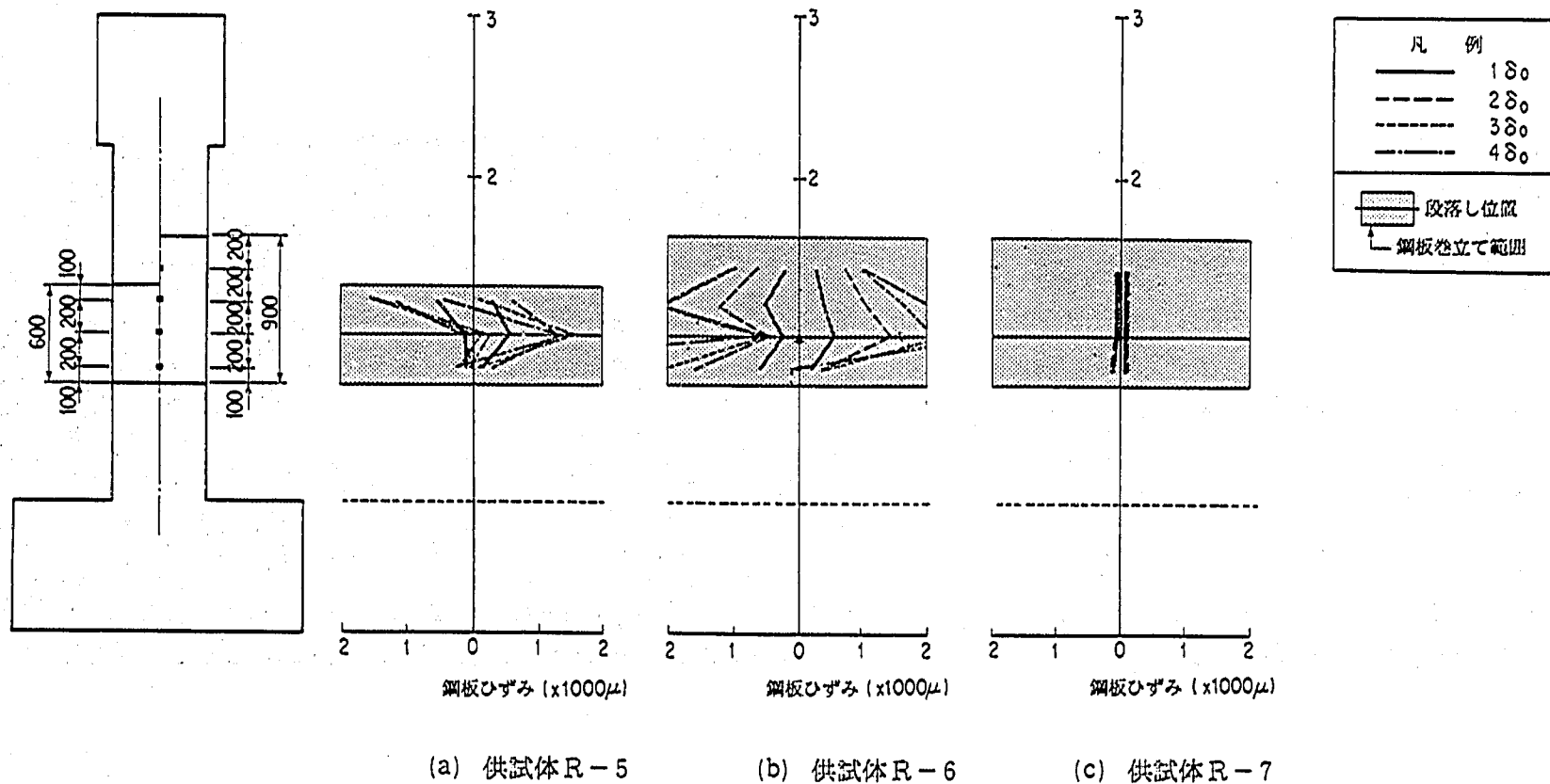
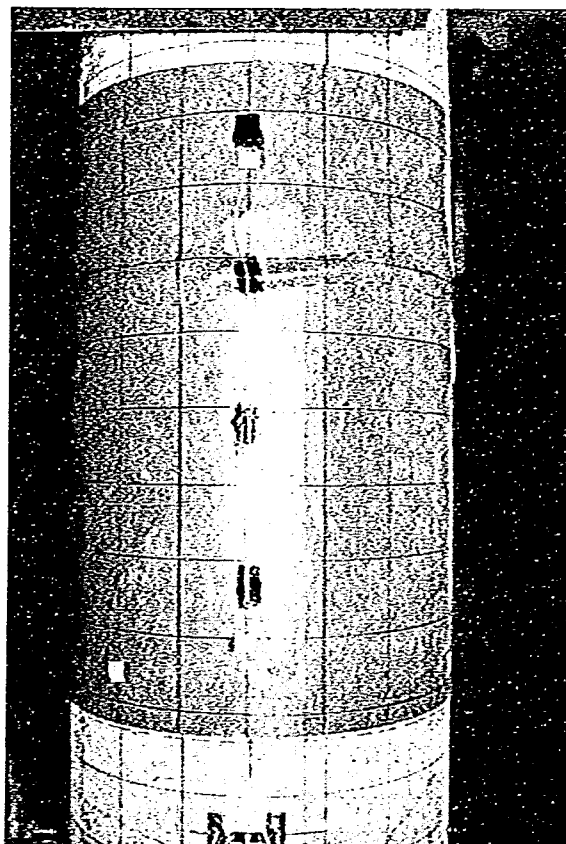


図-3.11 供試体 R-5～R-7 の鋼板ひずみ



写真－ 3.1 段落し部の破壊（供試体 R－4）



写真－ 3.2 鋼板の変形（供試体 R－7）

3.3 正方形断面 RC 橋脚の耐震補強効果

表-3.3 及び図-3.12 は、供試体 R-8 ~ R-14 及び R-17 の破壊の進展状況及び最終的な破壊状況を示したものである。

補強を施していない供試体 R-8 及び R-12 は、共に段落し部で破壊した。供試体 R-8 は、荷重制御による静的試験において -10tf まで載荷した段階で急激に変位が増大して破壊した。第 1 及び第 3 面において段落し位置から基部に向けて大きな斜めクラックが発生した。供試体 R-12 は、最初から段落し位置で曲げクラックが進展し、最終的に段落し位置で破壊した。

供試体 R-9 及び R-10 は、1D (D: 載荷方向断面幅) の幅の鋼板を巻いて補強した供試体であり、その間隙には R-9 の場合には無収縮モルタルを、R-10 はエポキシ樹脂を注入した。供試体 R-9 及び R-10 は共に基部に曲げクラックが発生し、そのクラックが進展して最終的に基部で破壊した。しかしながら、実験終了後鋼板を取り除くと、供試体 R-9 は段落し位置に水平に曲げクラックが、供試体 R-10 には段落し位置の片側端部から 45 度上方に向かって斜めクラックが生じていた。

段落し位置より上側に 1D、下側に 0.5D の合計 1.5D の幅の鋼板 (鋼板厚 1mm) で補強した R-11 (エポキシ樹脂注入) の場合には基部周辺に曲げクラックが発生し、最終的には基部で破壊した。実験終了後鋼板を取り除いてみたが、段落し位置には全く損傷が生じていなかった。

供試体 R-13, 14, 17 は 3 体とも 1.5D の幅の鋼板で補強したものであり、R-14 及び R-17 は鋼板厚 1mm の鋼板の間隙には無収縮モルタルを注入したものである。R-14 は鋼板厚を 0.6mm としてエポキシ樹脂を注入したものである。なお、供試体 R-13, 14 は補強鋼板の施工に際して隅角部で溶接を行ったものであり、その他の供試体は全て載荷方向に平行な軀体部の側面の中央部で溶接している。

供試体 R-13 は当初は基部で曲げクラックが進展したが $3\delta_0$ で鋼板の下端がめくり上がり、その他鋼板の変形の進行と同時に鋼板下端部で損傷が進展し、最終的に鋼板下端部で破壊した。供試体 R-14 は、基部周辺と鋼板下端のすぐ下側の部分で曲げクラックが進展し、 $4\delta_0$ の載荷で鋼板が変形し出すと鋼板とエポキシ樹脂の付着が切れる音が生じ、その後鋼板の変形が進展し最終的に鋼板下端部で破壊した。なお、この 2 体の供試体の場合には補強鋼板の変形が大きく生じると同時に下端の隅角溶接部で亀裂が発生し、その後鋼板の亀裂が進展して最終的に段落し部で破壊した。

供試体 R-17 は、同様に 1.5D の幅の鋼板で補強を施したものであるが、 $2\delta_0$ で鋼板と無収縮モルタルの付着が切れて鋼板がフーチング方向に約 6cm ずれた。その後鋼板のずれが大きくなるとともに段落し部に斜めクラックが発生し、無収縮モルタルが崩れ始めると段落し部で損傷が進展して最終的に段落し部で破壊した。

供試体 R-9 ~ R-17 に対する主鉄筋、帯鉄筋及び鋼板のひずみを示したのが図-3.13 ~ 図-3.15 である。これより以下の点が指摘される。

- 1) 1D の幅の鋼板を巻立てた供試体 R-9 及び R-10 の主鉄筋の軸方向ひずみを見てみると段落し位置においては R-9 の場合 $4\delta_0$ で降伏に至っているが、R-10 の場合 $4\delta_0$ まで数百 μ 程度のひずみしか生じていない。しかしながら、段落し部の上部、丁度鋼板上端部においては R-9 及び R-

10共に1 δ_0 では約2,000 μ 程度と降伏に至り、2 δ_0 では、6,000 μ を越える大きなひずみが生じた。モルタルとエポキシ樹脂を比較した場合、3 δ_0 までは共に段落し位置の主鉄筋のひずみを拘束するが、4 δ_0 で違いが生じている。この差異は、帯鉄筋のひずみによく表れており、R-9では段落し位置のすぐ上の帯鉄筋には3 δ_0 以後に降伏が生じているが、R-10については4 δ_0 まで300 μ 以下のひずみに押さえられている。逆に、鋼板に生じる軸方向ひずみを見てみると供試体R-9は4 δ_0 で大きなひずみが出ているが3 δ_0 まではR-10の方により大きなひずみが生じており、その分鋼板が軸方向の曲げ引張に対して貢献していることがわかる。

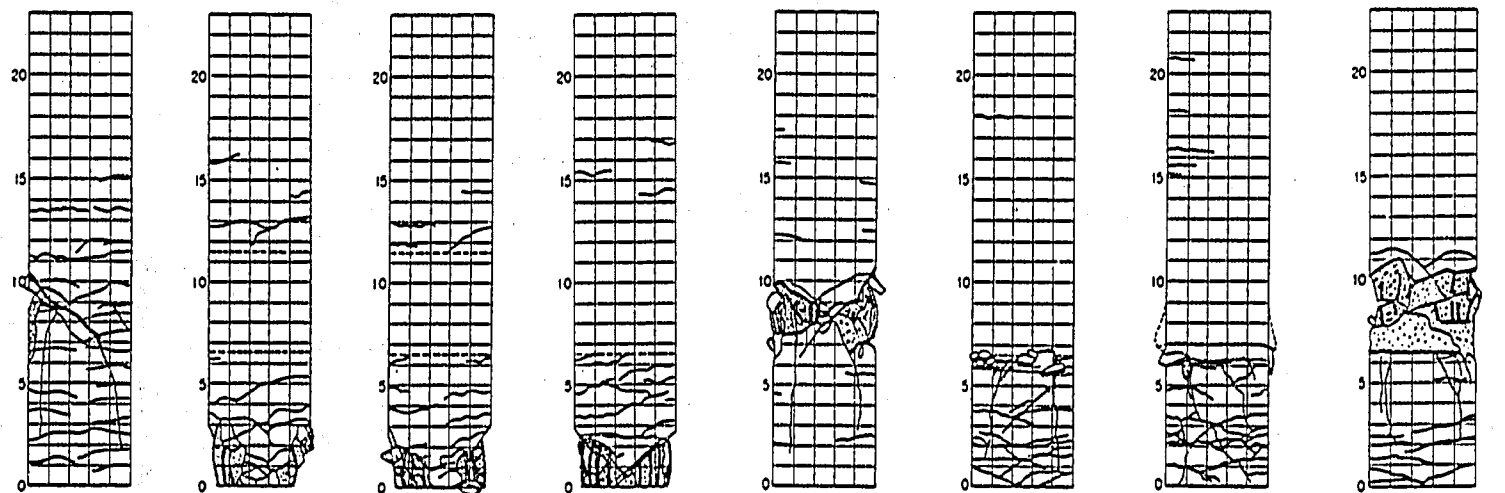
2) 次に1.5Dの幅の鋼板で補強した供試体R-11、13、14、17の主鉄筋の段落し部のひずみを見てみるとエポキシ樹脂を注入したR-11は段落し部で主鉄筋のひずみがよく拘束されており、鋼板下端部で約2,000 μ となっている。一方、無収縮モルタルを注入したR-13及びR-17は、1 δ_0 では段落し部の主鉄筋のひずみがほとんど生じていないが、2 δ_0 では6,000 μ を越えるひずみとなっている。0.6mmの鋼板でエポキシ樹脂を注入した供試体R-14は3 δ_0 までは鋼板の下端部が最も大きく、上端部が最も小さい三角形の分布形状となっているが4 δ_0 までは鋼板下端部の主鉄筋から降伏した。

3) 帯鉄筋のひずみを見てみると、供試体R-11は段落し部には4 δ_0 の荷重まで200 μ 以下のひずみとほとんど生じていない。供試体R-13については、1 δ_0 では段落し部にほとんどひずみが生じていないが、2 δ_0 で1,200～1,500 μ となり、3 δ_0 では降伏に至っている。供試体R-17は、段落し部と巻立て鋼板下端部の中間部で最も大きなひずみが生じており、4 δ_0 では降伏した。供試体R-14の場合には段落し部のひずみは鋼板により拘束されているが、鋼板下端と基部の中間部に最も大きなひずみが生じているが4 δ_0 までは降伏に至っていない。

4) 鋼板の軸方向ひずみを見てみると、供試体R-11の場合には鋼板中間部で最も大きく、上端部及び下端部で小さくなっている。これは、エポキシ樹脂を注入した供試体であり、軸方向に対しても鋼板が抵抗しているものと考えられる。ただし、鋼板の上端部及び下端部では、定着長が不足するため軸方向には有効に働いていない。供試体R-13の場合には、軸方向ひずみは大きな値となっているが、3 δ_0 で目に見えて鋼板に変形が生じ始めていることから、軸方向に対する寄与ではなく、鋼板の変形に起因するものと考えられる。供試体R-14の場合には、4 δ_0 で鋼板が変形し、エポキシ樹脂との付着が切れる音が生じたが、4 δ_0 までは300 μ 程度とひずみは小さい。供試体R-17の場合も、鋼板のひずみはほとんど生じていないが、2 δ_0 で付着が切れたため、これも鋼板の変形に起因する軸方向ひずみと考えられる。

表-3.3 R-8~R-17の破壊進展状況

変位振幅	供試体 R-8	供試体 R-9	供試体 R-10	供試体 R-11	供試体 R-12	供試体 R-13	供試体 R-14	供試体 R-17
1 δ_0	荷重制御による静的試験において-10tfまで載荷した段階で急激に破壊した。1、3面において段落し位置から基部に向けて大きな斜めクラックが発生した。また、2面の段落し位置周辺のコンクリートが20cm程度剥離した。	変化なし	変化なし	変化なし	曲げクラック増加	曲げクラック増加	曲げクラック増加	曲げクラック発生
2 δ_0		曲げクラックが一部進展した。	4面においてクラックが増加する。	基部周辺のクラック幅が拡大した。	1、3面において段落し位置から斜めクラックが発生する。	曲げクラックが増加するが、クラックの幅は、まだ大きくはない。	巻立て鋼板より下の部分においてクラックが増加する。	モルタルと鋼板との付着が切れて鋼板がフーチング方向に6mmずれた。
3 δ_0		柱基部周辺のクラックの幅が拡大した。	基部の曲げクラックが増加した。1、3面において斜めクラックが増加した。	2面において基部周辺のクラック幅が拡大した。また、4面において基部のコンクリートが一部剥離した。	4面において段落し位置のコンクリートが約25cm剥離する。	2面において巻立て鋼板の下端がめくり上がり無収縮モルタルが2、3mm露出した。	クラックが増加し、幅も拡大した。	鋼板のずれが大きくなる(15mm)とともに2面に斜めクラックが発生した。
4 δ_0		基部周辺の斜めクラックが増大した。また、無収縮モルタルの上部が1mm程度はみ出した。	2面の基部周辺のコンクリートが剥離(15cm程度)した。4面においてコンクリートが剥離寸前となった。	2、4面において基部周辺のコンクリートが剥離した。(10~25cm程度)	2面において段落し位置のコンクリートが約30cm剥離した。	段落し位置で巻立て鋼板が波打ち、面外にはらみ出した。	段落し位置で、2、4面において巻立て鋼板が変形しエポキシ樹脂との付着が切れる音が生じた。	2及び4面に斜めクラックが発生し、モルタルが崩れはじめた。
5 δ_0		基部周辺のクラックが増加した。2、4面において無収縮モルタルが5mm面外にはみ出す。	2、4面において基部周辺のコンクリートが剥離(15~20cm)した。	2、4面において基部周辺のコンクリート剥離が進展(20~25cm)した。2面において内部コンクリートが、圧壊、落下した。	剥離が進行した。	無収縮モルタルが欠落して鋼板の変形がさらに進展する。	鋼板の変形が4面に広がり、2面の鋼板が下端で約5cm裂けた。	1及び3面で鋼板が膨れ上がった。
6 δ_0		2、4面において基部のコンクリートが剥離(20~30cm程度)した。	2、4面において基部周辺のコンクリートの剥離が進展(30cm程度)する。	2、4面において内部コンクリートが圧壊、落下した。	4面において鉄筋が6本破断した。	4面において鋼板の下端が約10cm裂けた。	エポキシ樹脂が欠落し鋼板下端に生じた鋼板の裂けは、2面で35cm、4面で30cm程度に拡大した。	モルタルが剥離し始め段落し部より鉄筋の破断する音が次々に聞こえた。
7 δ_0		2、4面において基部のコンクリートの剥離が進展した。	2面において基部の鉄筋が10本破断した。	2面において基部の鉄筋が8本破断した。また、4面において基部の鉄筋が1本破断した。	4面において2本、2面において4本の鉄筋が破断した。	鋼板下端に生じた亀裂が長さ約30cmに進展した。	鋼板下端のコンクリートが剥離し鋼板の裂けがさらに進む。	—
8 δ_0		—	—	—	—	鋼板下端に生じた亀裂がさらに進行し、段落し位置で鉄筋が16本破断した。	鋼板の裂けが4面で35cm程度に広がる。段落し位置で鉄筋が7本破断した。	—



供試体 R-8 (静的終了後) 供試体 R-9 (7 δ_0 終了後) 供試体 R-10 (7 δ_0 終了後) 供試体 R-11 (7 δ_0 終了後) 供試体 R-12 (7 δ_0 終了後) 供試体 R-13 (8 δ_0 終了後) 供試体 R-14 (8 δ_0 終了後) 供試体 R-17 (6 δ_0 終了後)

図-3.12 矩形断面 RC 橋脚の破壊形態

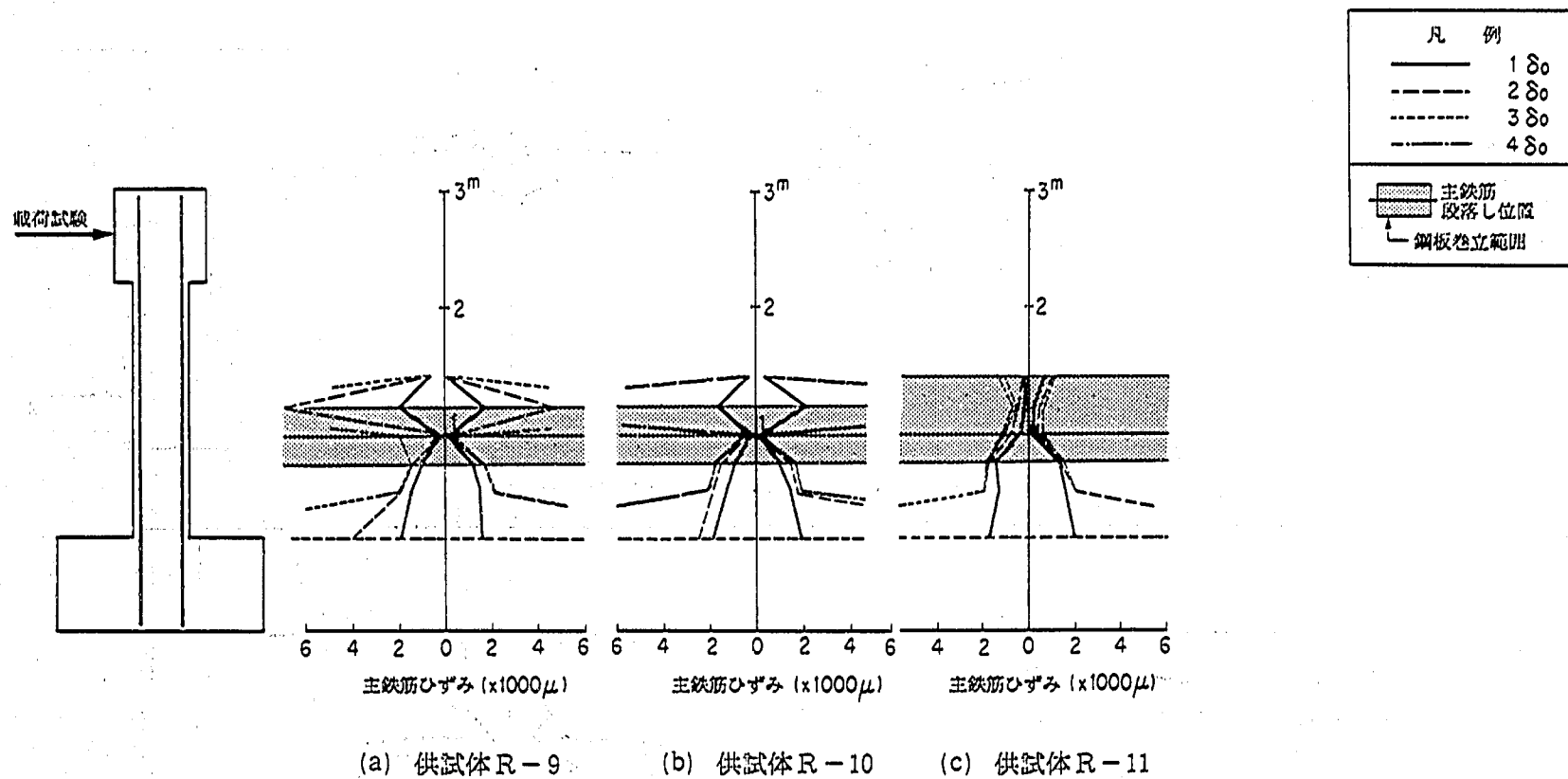
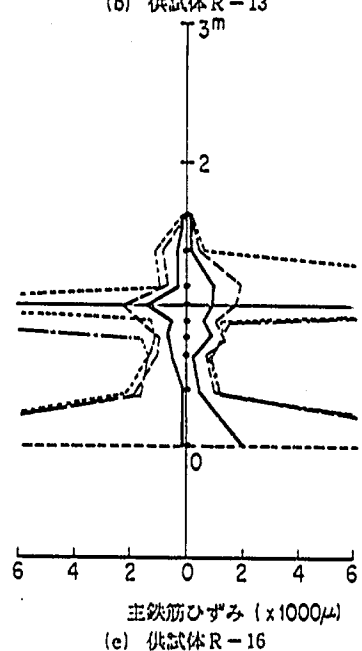
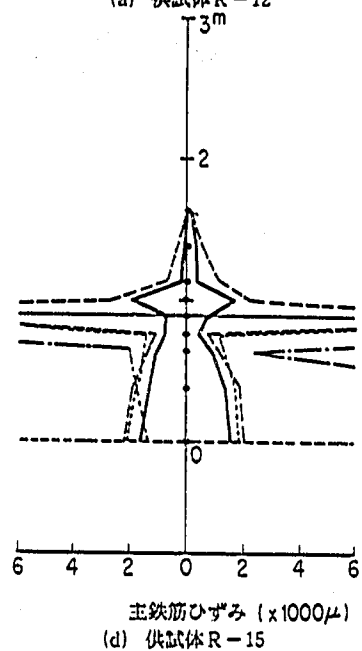
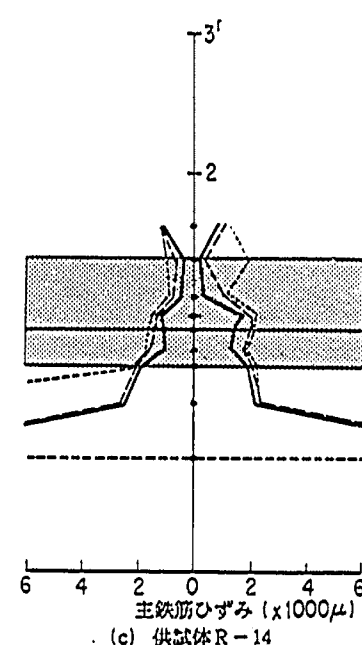
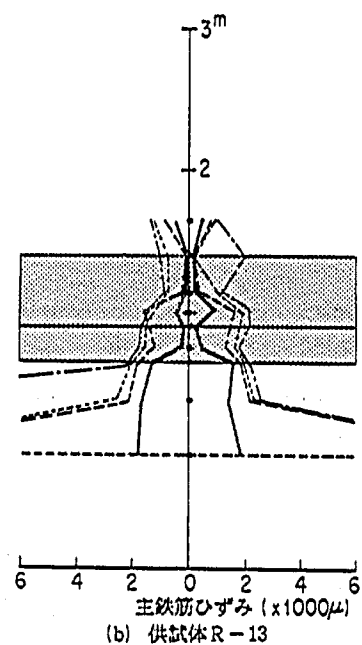
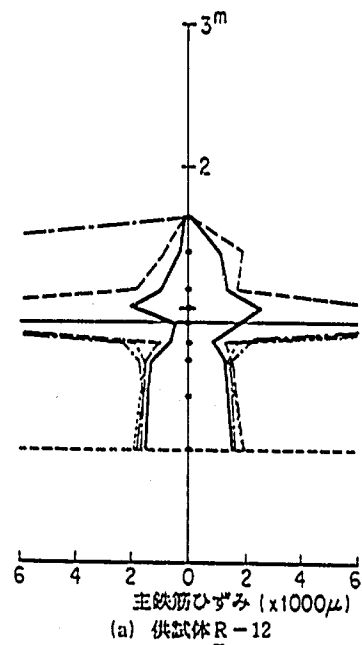
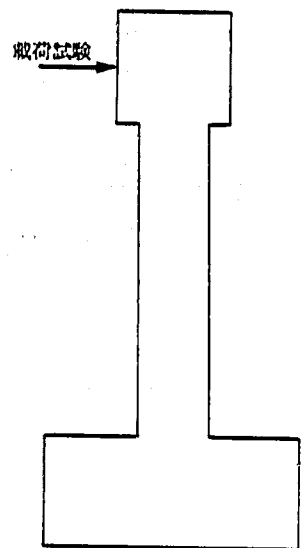
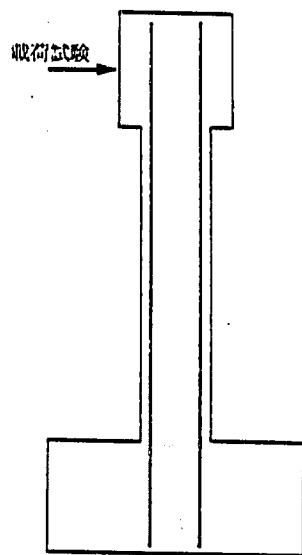
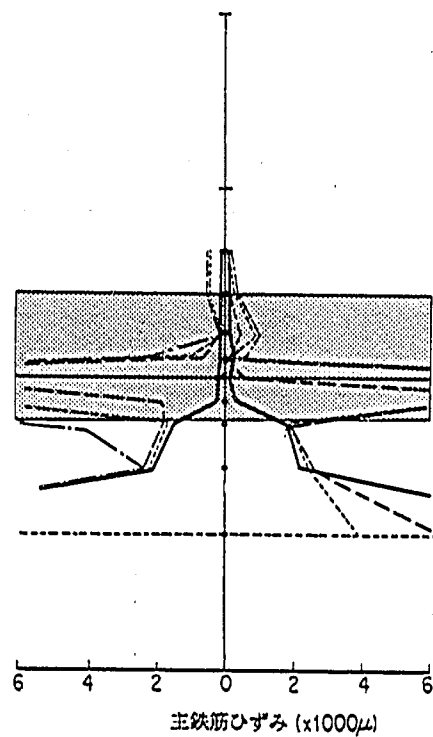
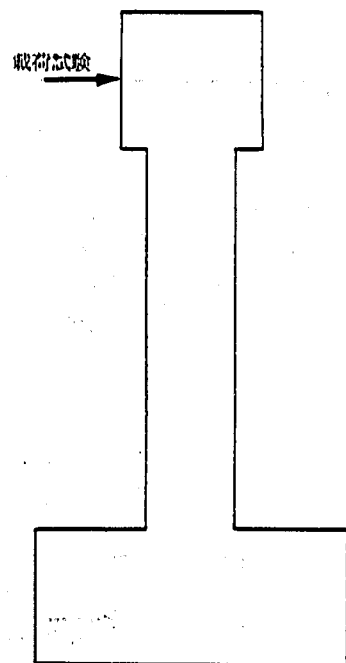


図-3.13(1) 主鉄筋の軸方向ひずみ (供試体 R-9 ~ R-11)

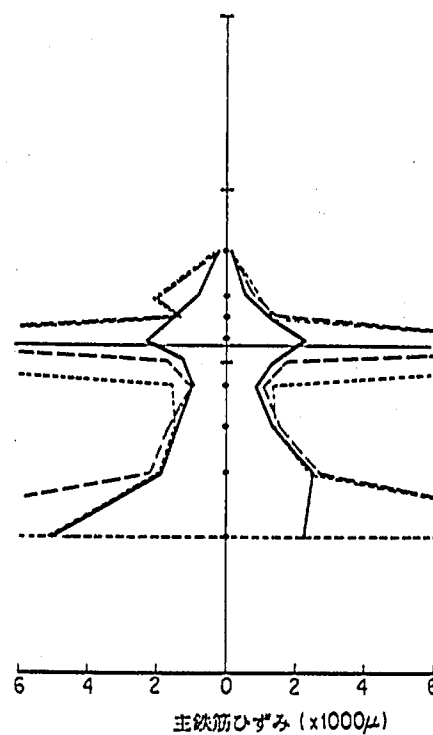


凡 例	
—	1 δ_0
- - -	2 δ_0
· · ·	3 δ_0
- · -	4 δ_0
主鉄筋 脱落し位置 鋼板巻立て範囲	

図-3.13(2) 主鉄筋の軸方向ひずみ (供試体 R-12 ~ R-16)



(a) 供試体 R-17



(b) 供試体 R-18

凡 例	
—	1 δ_0
- - -	2 δ_0
...	3 δ_0
- · - ·	4 δ_0
 段落し位置  鋼板を立て範囲	

図- 3.13(3) 供試体 R-17, R-18 の主鉄筋の軸方向ひずみ

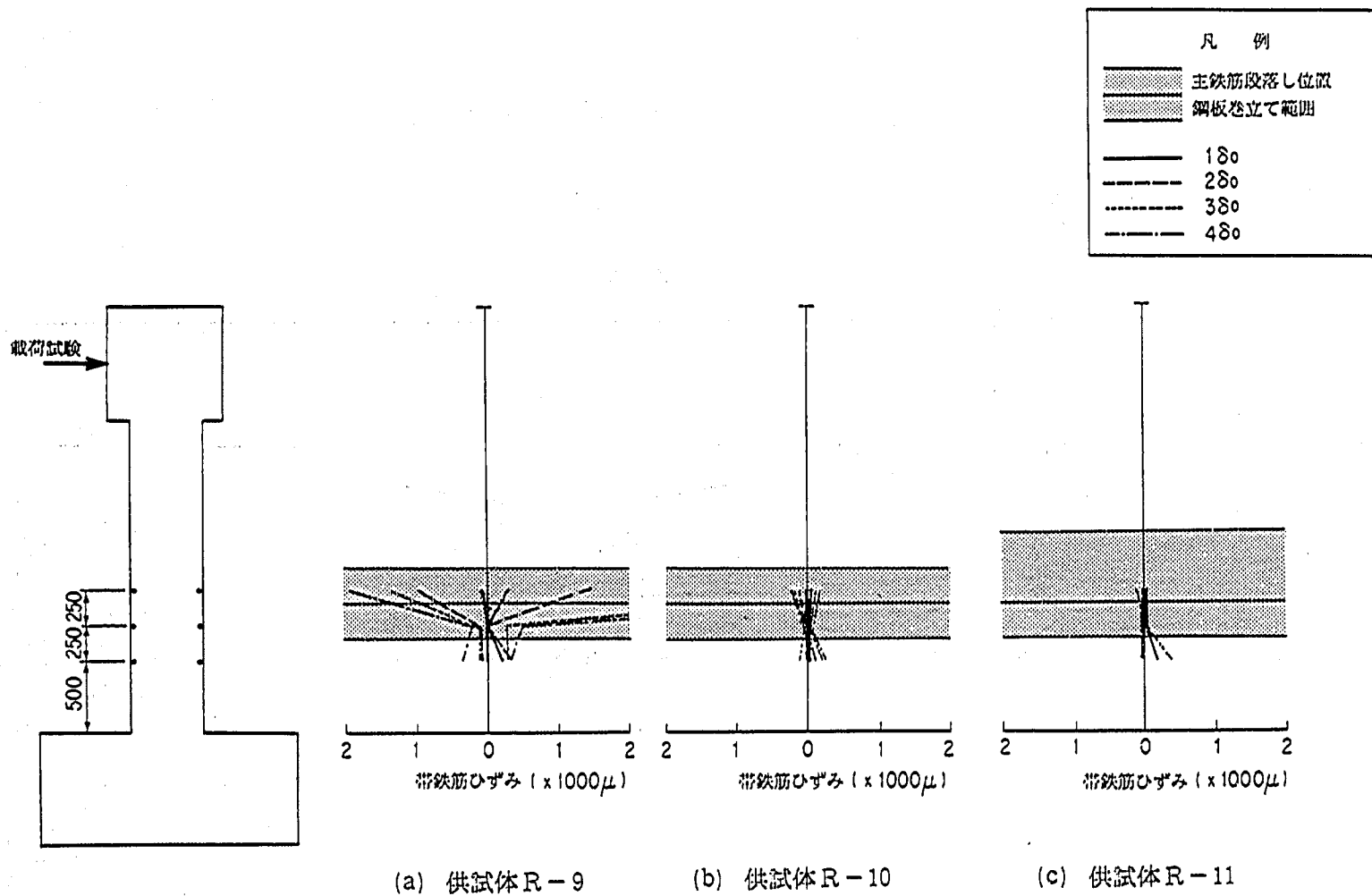


図-3.14(1) 帯鉄筋のひずみ (供試体 R-9 ~ R-11)

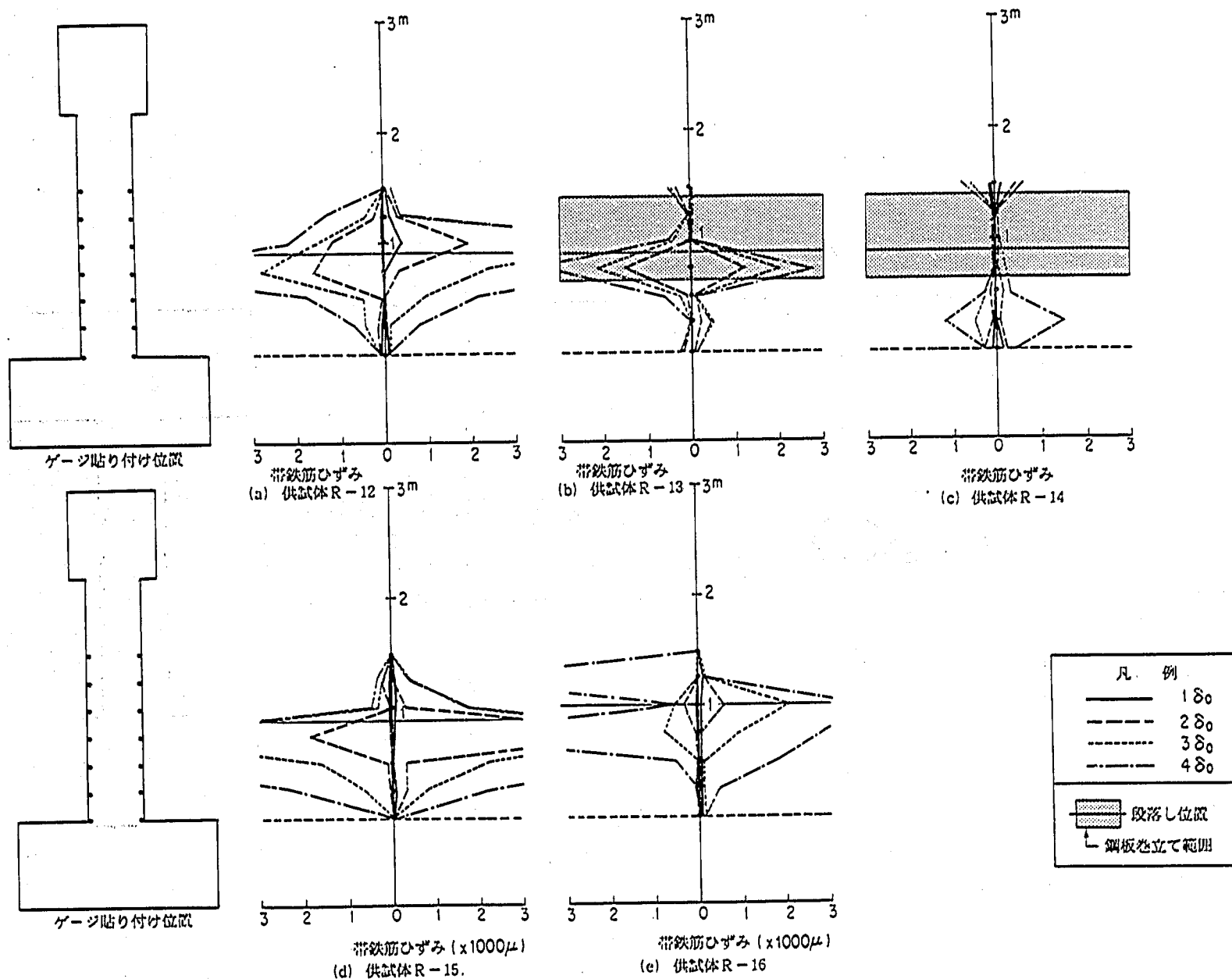
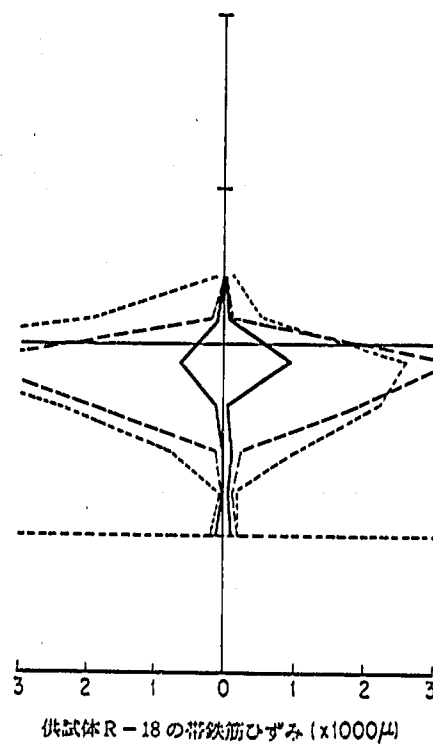
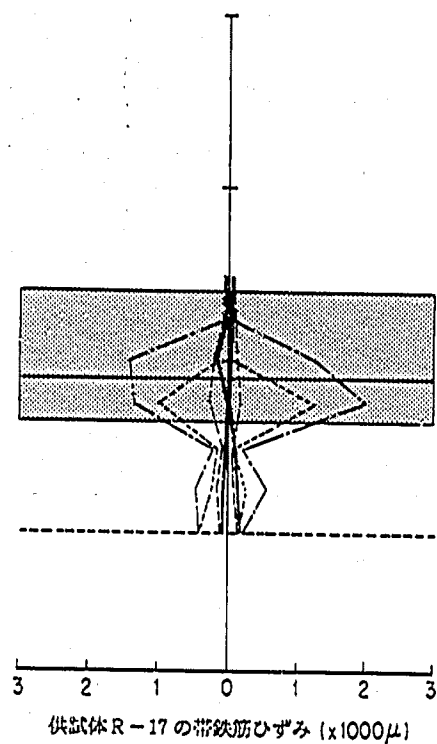
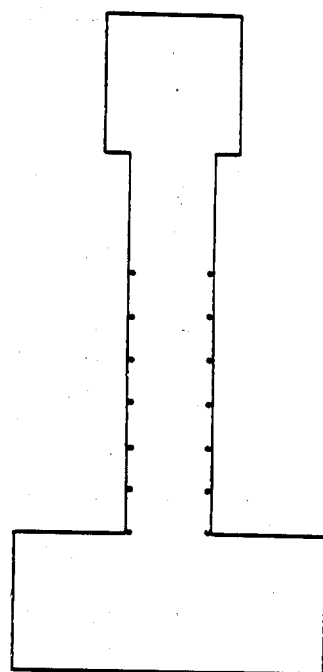
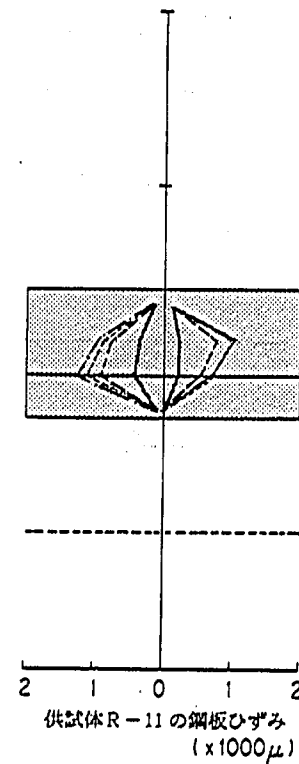
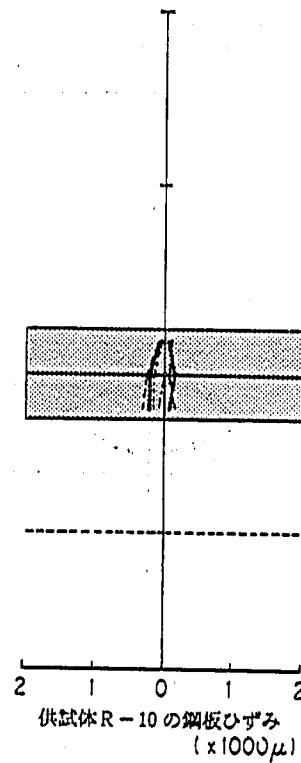
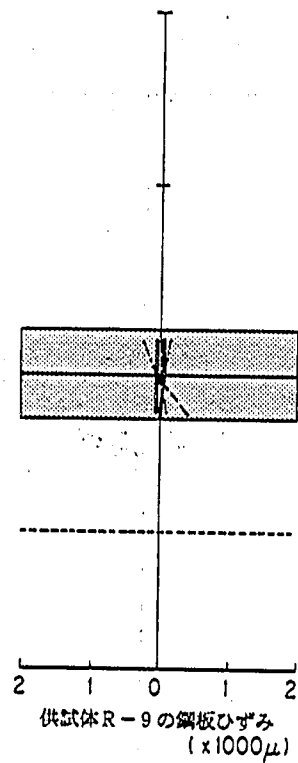
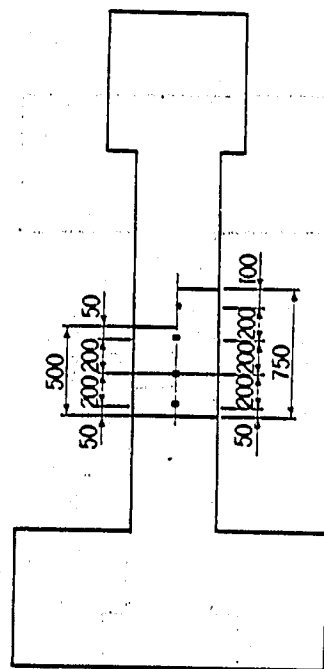


図-3.14(2) 供試体 R-12~R-16 の帯鉄筋のひずみ



凡 例	
—	1 δ_0
- - -	2 δ_0
· · ·	3 δ_0
- · -	4 δ_0
 段落し位置  鋼板巻立て範囲	

図- 3.14 (3) 供試体 R-17, R-18 の帯鉄筋のひずみ



凡 例	
—	1 δ_0
- - -	2 δ_0
- - -	3 δ_0
- - -	4 δ_0
段落し位置 鋼板巻立て範囲	

図- 3.15 (1) 供試体 R-9 ~ R-11 の鋼板ひずみ

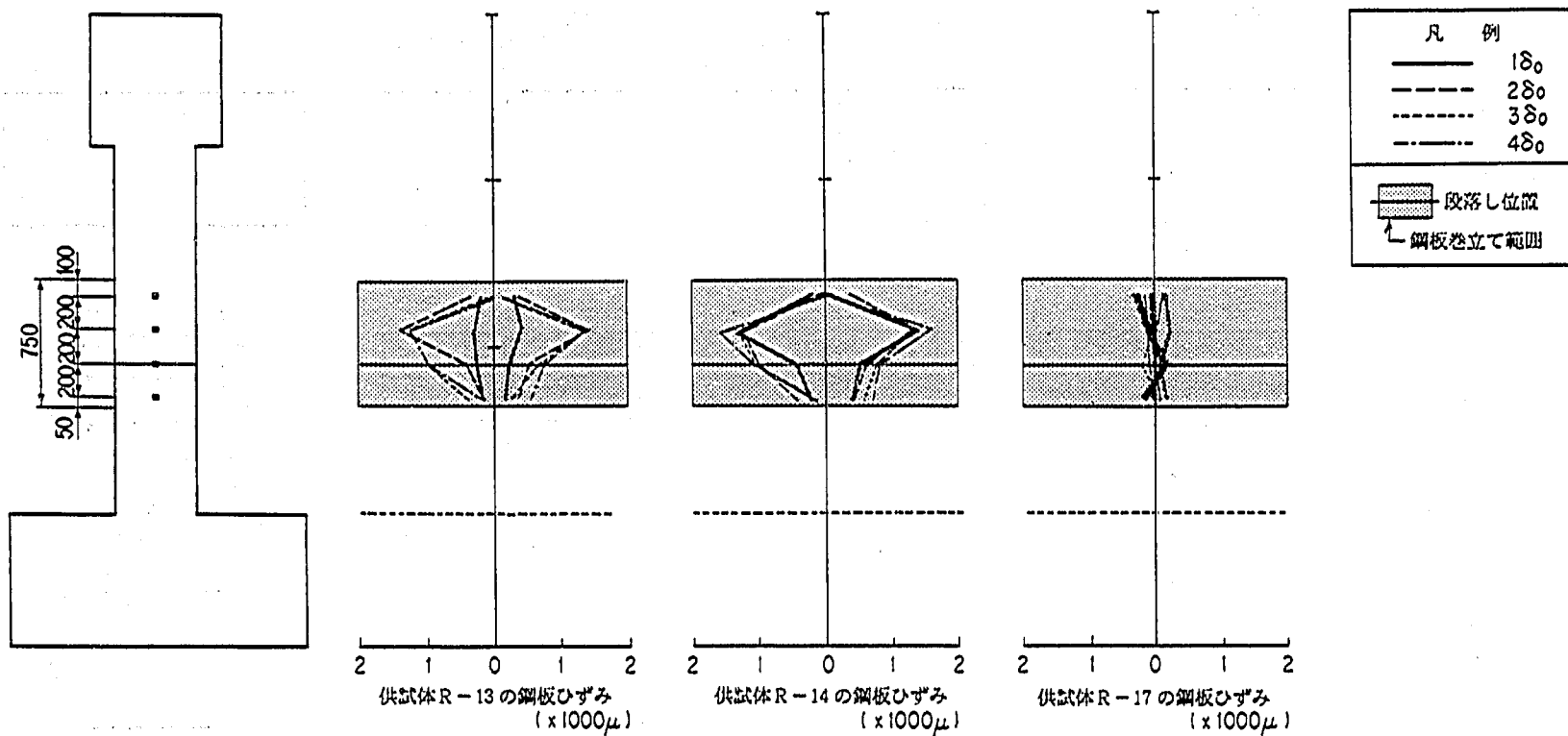


図-3.15(2) 供試体 R-13, R-14, R-17 の鋼板ひずみ

3.4 長方形断面RC橋脚の耐震補強効果

表-3.4及び図-3.16は、長方形断面供試体R-19～R-21の破壊の進展状況及び最終的な破壊状況を示したものである。

補強を施していない供試体R-19は、段落し部で曲げクラックが増加し、最終的に段落し部で破壊した。

供試体R-20は、1.5Dの幅の鋼板を巻いて補強した供試体であり、柱下端の曲げクラックが進展し、 $4\delta_0$ ではかぶりコンクリートの剥離が生じた。同時に鋼板と軀体の間に注入したモルタルが剥離した。最終的には、基部で破壊が生じたが、鋼板を取り除いて見ると、段落し部に水平に亀裂が生じていた。

供試体R-21は、2Dの鋼板を巻いて補強した供試体であり、基部で曲げクラックが進展し、 $3\delta_0$ で鋼板とモルタルの付着切れが見られたものの最終的には基部で破壊し、実験終了後鋼板を取り除いてみたが段落し部には変状は生じていなかった。

供試体R-19～R-21に対する主鉄筋、帯鉄筋及び鋼板のひずみを示したのが図-3.17～図-3.20である。これより以下の点が指摘される。

- 1) 主鉄筋のひずみ分布を見てみると、補強を施していない供試体R-19の場合には $1\delta_0$ で基部及び段落し部共に降伏に至っており、 $2\delta_0$ では $6,000\mu$ を越える大きなひずみとなっている。ただし、実験では静的試験により基部の主鉄筋が降伏に至る時の載荷位置の変位を基準変位 δ_0 と定めたが、この時に既に一方の面では主鉄筋は降伏を大きく越えており、基準変位 δ_0 が大きめの値になっていることに注意を要する。

また、段落し部よりも上側に1D、下側に0.5D、合計1.5Dの幅の鋼板によって補強した供試体R-20の場合には $2\delta_0$ までは段落し部のひずみは 300μ 程度であるが、鋼板下端部は降伏に近いひずみが生じている。 $3\delta_0$ では段落し部も降伏し、 $4\delta_0$ で $6,000\mu$ を越える大きなひずみとなった。一方、段落し部の上側及び下側1Dずつの計2Dの幅の鋼板で補強した場合には、 $1\delta_0$ から $4\delta_0$ まで鋼板の上端部及び下端部を除き載荷変位によらず約 300μ のひずみが生じ、上下端部は載荷変位により大きくなり下端部で降伏に至った。

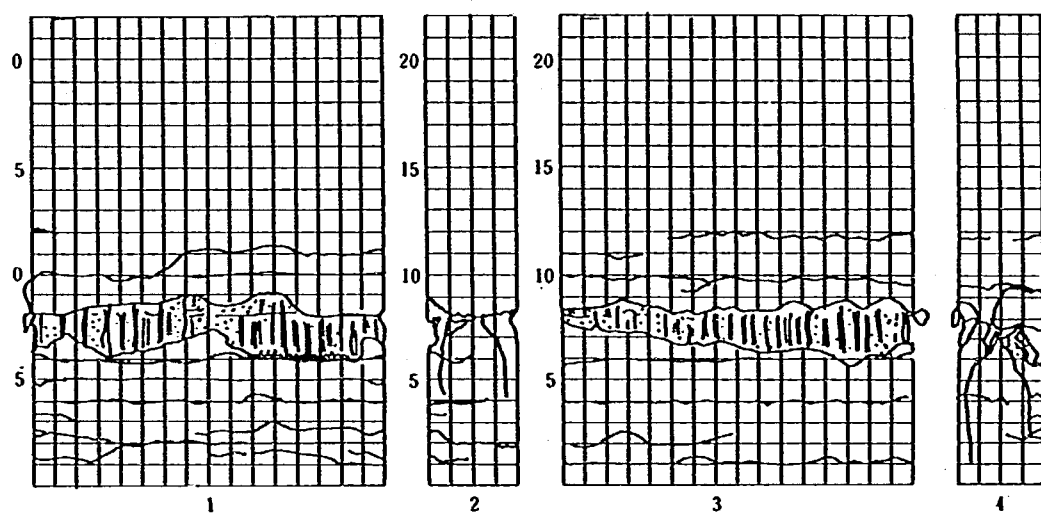
- 2) 帯鉄筋についても主鉄筋と同様の傾向を示しており、供試体R-19は段落し部周辺が相対的に大きなひずみが生じ、 $4\delta_0$ で $3,000\mu$ に近いひずみとなった。1.5Dの幅の鋼板で巻立てた場合については $2\delta_0$ までは段落し部のひずみは 50μ 以下と小さいが、 $3\delta_0$ 及び $4\delta_0$ で $1,000\mu$ と段落し部が相対的に大きなひずみとなった。2Dの幅の鋼板で補強した供試体R-21は鋼板で巻立てた範囲は $4\delta_0$ まで 50μ 以下の小さなひずみに押さえられている。

- 3) 供試体R-20及びR-21の鋼板の軸方向ひずみを見てみると、 $3\delta_0$ まではほとんどひずみが生じていない。 $4\delta_0$ で 100μ 程度になるが、これは注入モルタルの剥離が生じたことによる影響と考えられる。供試体R-21については、高さ方向に対してほぼ同じひずみが生じており、また、これは供試体R-20よりも大きな値で 200μ 程度となっている。また、 $2\delta_0$ までのひずみが大きく、 $3\delta_0$

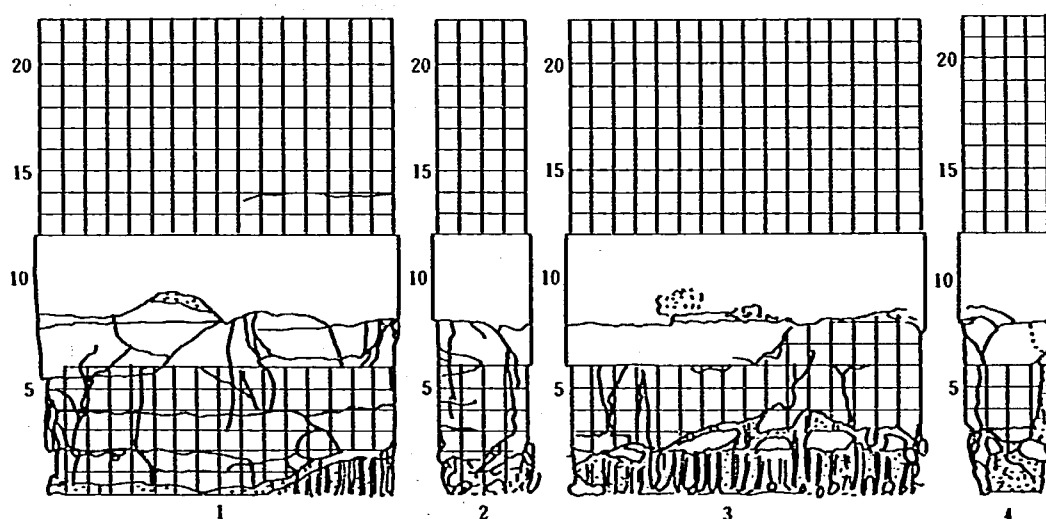
あるいは4δ₀で逆にひずみが小さくなっており、これは付着が切れるか否かによるものと考えられる。

表- 3.4 供試体 R-19~R-21 の破壊状況

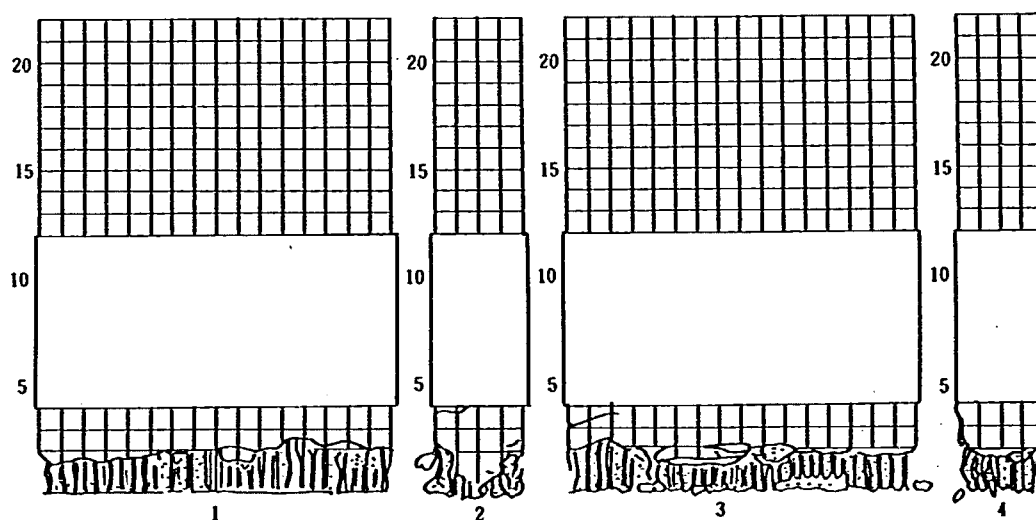
変位振幅	供試体 R-19	供試体 R-20	供試体 R-21
1 δ_0	曲げクラック発生	曲げクラック発生	曲げクラック発生
2 δ_0	段落し部で曲げクラックが増加し、斜めクラックが生じ始めた。	柱下端の曲げクラックが増加した。	柱下端の曲げクラックが進展した。
3 δ_0	1 及び 3 面の段落し部のコンクリートが剥離し鉄筋が露出した。	柱下端の曲げクラックがさらに増加し、2 面及び 4 面には斜めクラックが発生した。	曲げクラックがさらに増加し、鋼板とモルタルの付着切れが上端中央部で見られた。
4 δ_0	段落し部の軸方向鉄筋が 1 面で 1 本、3 面で 5 本破断した。	3 面で柱下端のコンクリートが剥離し鉄筋が露出した。1 及び 3 面でモルタルがはみ出した。	1 面及び 3 面のコンクリートが剥離し鉄筋が露出した。
5 δ_0	段落し部の軸方向鉄筋がさらに 1 面で 4 本、3 面で 7 本破断した。	コンクリートの剥離が進行し荷重の減少が顕著になった。3 面の鉄筋が 2 本破断した。	柱下端の軸方向鉄筋が 3 面で 1 本破断した。鋼板には、変化が生じない。
6 δ_0	—	柱下端の軸方向鉄筋が 2 面で 2 本、3 面で 8 本破断し、鋼板の下端が膨れた。	軸方向鉄筋が 1 面で 2 本、3 面で 22 本、4 面で 1 本破断した。
7 δ_0	—	柱下端の軸方向鉄筋が、さらに 2 面で 1 本、3 面で 8 本破断した。	軸方向鉄筋が 1 面で 19 本、2 面で 2 本、3 面で 6 本、4 面で 1 本破断した。



(a) 供試体R-19 (5 δ 、載荷終了後)



(b) 供試体R-20 (7 δ 、載荷終了後)



(c) 供試体R-21 (7 δ 、載荷終了後)

図-3.16 供試体R-19～R-21の破壊状況

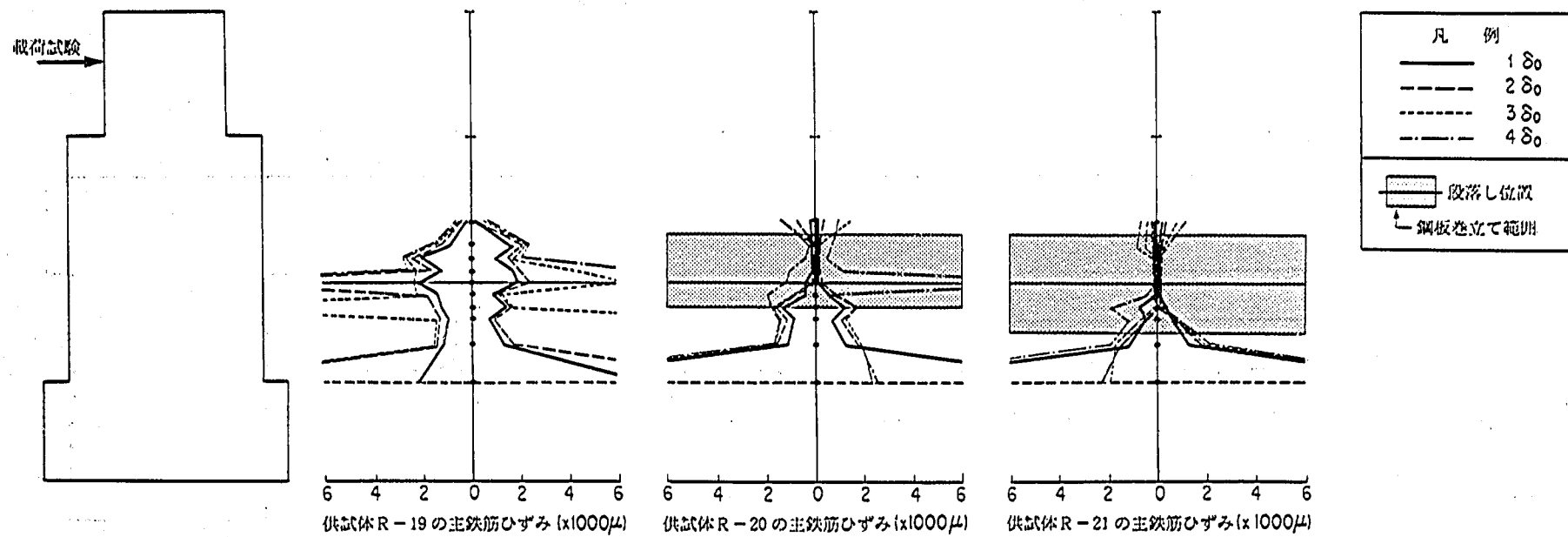


図- 3.17 供試体 R-19 ~ R-20 の主鉄筋ひずみ

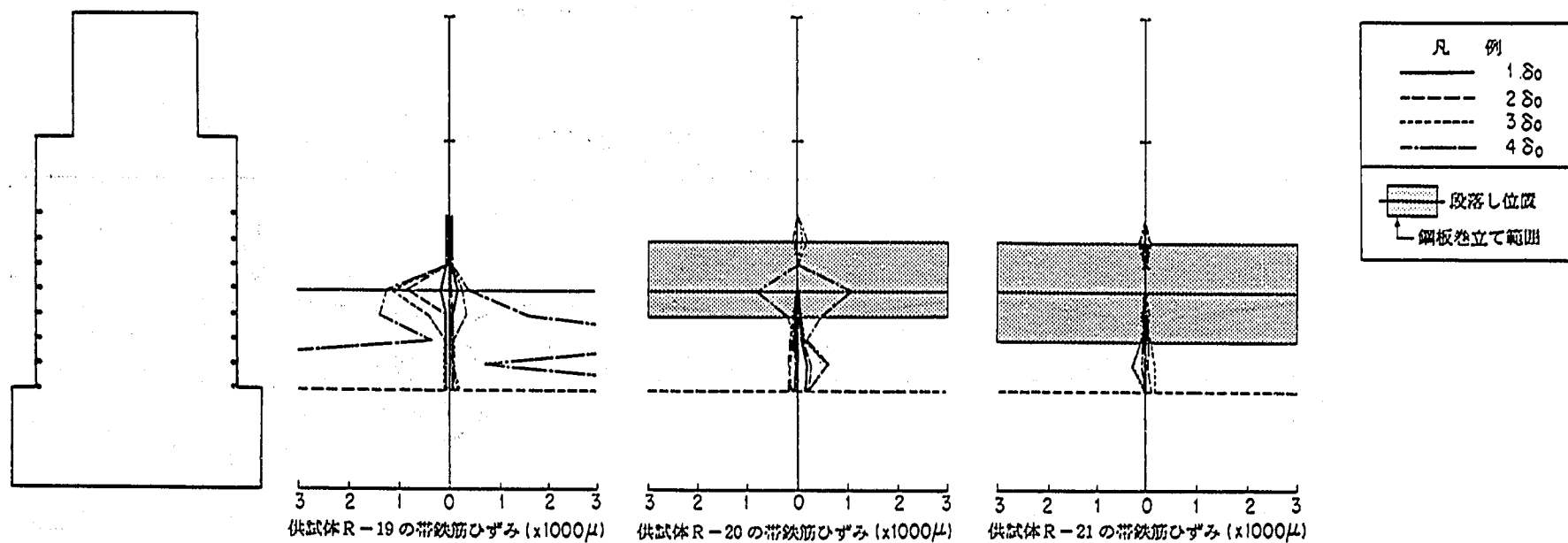


図-3.18 供試体 R-19～R-21 の帯鉄筋ひずみ

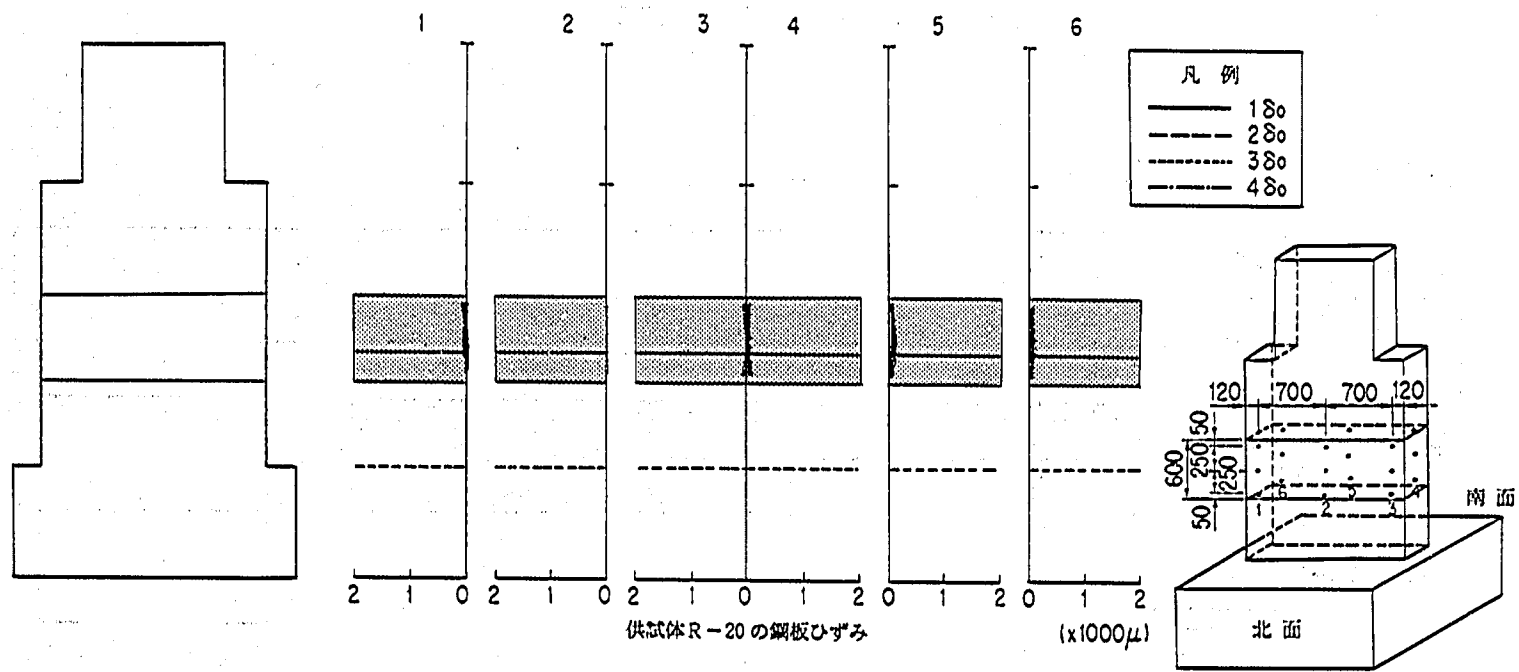


図-3.19 供試体 R-20 の鋼板ひずみ

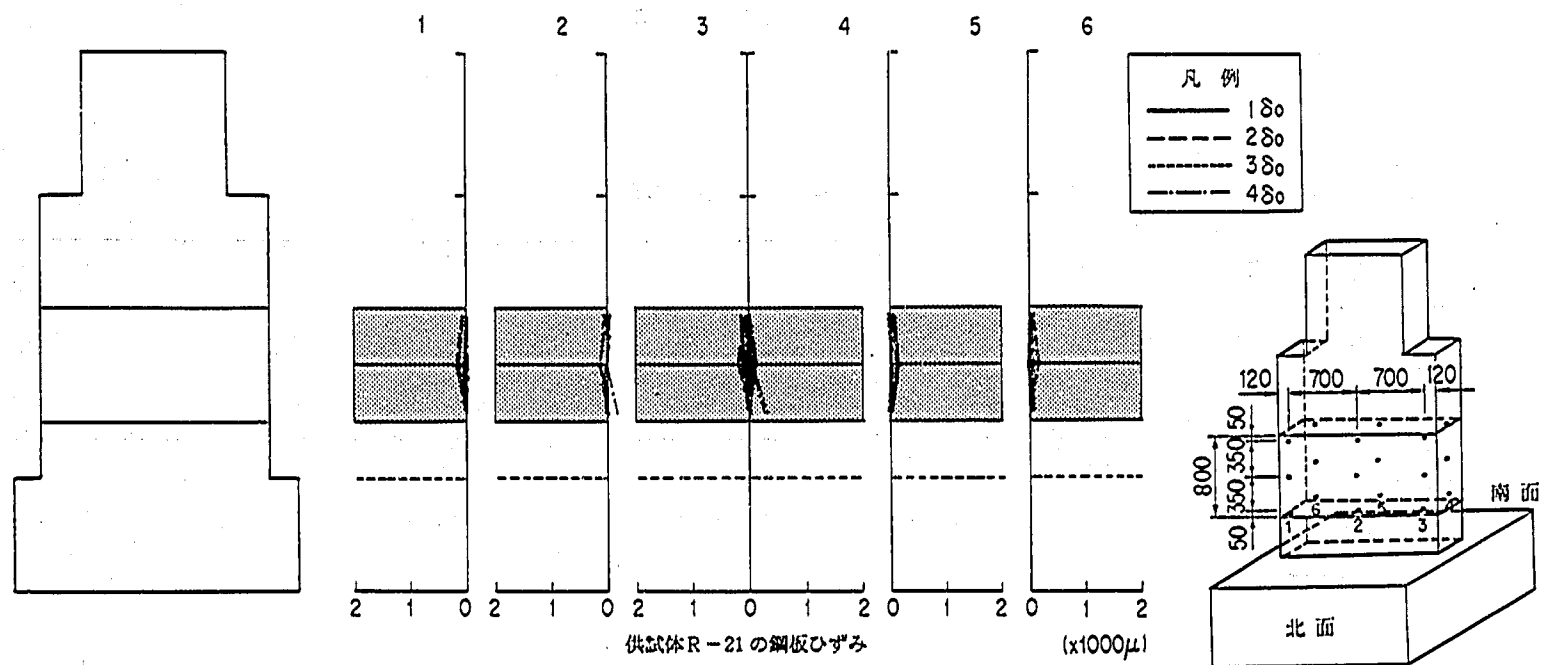


図-3.20 供試体 R-21 の鋼板ひずみ

3.5 耐力及び変形性能の比較

合計24体の供試体の荷重～変位の履歴曲線、荷重～変位の包絡線、等価減衰定数、等価剛性及び累積吸収エネルギーを付属資料Ⅱに示す。これによれば以下の点が指摘される。

- 1) せん断スパン比が9.9と大きい供試体R-1～R-3を比較してみると、最大耐力は供試体R-3が最も大きい。3体の供試体の固体差を考えれば $4\delta_0$ までは2体の供試体間に大きな違いは認められない。最終的に基部で破壊した供試体R-2及びR-3は $5\delta_0$ まではほぼ同じ耐力及び変形性能を有する。ただし、 $5\delta_0$ の半周期しか荷重ができなかったが、それ以降は段落し部で破壊した供試体R-1は耐力が急激に低下する傾向を有している。
- 2) 円形中空断面を有する供試体R-4～R-7を比較してみると、鋼板で補強した供試体R-5～R-7は共に最大耐力及び変形性能共に無補強の場合よりも向上し、最大耐力で約30%程度大きくなり、鋼板による補強により耐力及び変形性能の向上を図ることが可能となる。1Dの幅の鋼板で補強した供試体R-5と1.5Dの幅の鋼板で補強したR-6を比較してみると、最大耐力はほぼ同じであるが、耐力の低下は供試体R-5の方が $5\delta_0$ で生じ始めるのに対し、供試体R-6は $6\delta_0$ であった。一方、エポキシ樹脂を注入し供試体R-6と何も注入しない供試体R-7を比較してみると最大耐力は供試体R-6の方が約10%程度大きい。変形性能はほぼ同じである。
- 3) 段落し位置で最終的に破壊した正方形断面を有する無補強の供試体R-12、R-15、R-16及びR-18を比較してみると、軸力を2倍にした供試体R-15は最大耐力が最も大きく、また、 $2\delta_0$ と荷重段階の初期に生じている。しかしながら、破壊が進行していくと急激に耐力が低下する傾向を有している。供試体R-12の場合その包絡線が正側・負側で異なり、原点のずれを平均化したものと比較してみると、主鉄筋量を $2/3$ にした供試体R-16は、最も耐力が小さく、また、 $5\delta_0$ で耐力が急に低下する。主鉄筋の段落し位置の高さを20cmだけ上げた供試体R-18は耐力は供試体R-12よりも大きくなるが $4\delta_0$ で急激に耐力が低下する。
- 4) 巻立て幅1.5D、エポキシ樹脂注入を施した正方形断面の場合で、鋼板厚が1mm(供試体R-11)と0.6mm(供試体R-14)の場合を比較してみると、前述のように破壊性状は供試体R-11は基部、R-14は段落し部で破壊した。さらに、供試体R-11の場合鋼板には顕著な変状は生じなかったが、供試体R-14の場合には付着が切れる音がした後、鋼板が下端隅角部を起点として裂ける変状が生じた。ただし、耐力は共に無補強供試体R-12よりも大きくなっており、また、供試体R-14はR-11と同じかもしくはそれ以上の耐力を有している。この違いは、供試体のコンクリート強度が供試体R-11は 363 kgf/cm^2 であるのに対し、供試体R-14は 447 kgf/cm^2 と大幅に大きくなっていることが影響していると考えられる。
- 5) 1Dもしくは1.5Dの巻立て幅で補強した供試体R-9～R-11、R-13及びR-17を比較してみると、破壊位置にかかわらず耐力は大きくなっている。
- 6) 壁式断面供試体R-19～R-21を比較してみると、段落し部で破壊した無補強の供試体R-19は $5\delta_0$ で耐力が急激に低下している。最終的には基部で破壊した供試体R-20及びR-21は最大

耐力及び変形性能共にほぼ同じであり、供試体 R-19 よりも耐力は約 10 % 程度と大幅には向上しないが変形性能は改善され、ねばりのある破壊となっていることがわかる。

7) せん断スパン比が 5.4 の供試体 P-10, 14 ~ 16 を比較してみると、段落し部で破壊した P-14 は最も最大耐力が小さく、また、耐力の低下も最も早い。最終的に基部で破壊した供試体 P-15 及び P-16 は、段落しを行っていない供試体 P-10 とほぼ同様の耐力及び変形性能を有していることがわかる。

以上をまとめてみると、無補強の供試体で段落し部で破壊する場合には、せん断スパン比によらず段落し部の損傷がある程度進むと耐力が急激に低下する破壊形態となる。特に、中空断面の場合には、かぶりコンクリートの剥離が外側のみならず、内側でも生じるため軸力及びせん断に対して非常にもろい破壊性状となること、また、軸力が大きい場合には、耐力は初期の载荷の段階では大きくなるが、载荷が進むと急激に耐力が低下することがわかった。また、鋼板巻立てによる補強により最終的な破壊位置が基部であっても、段落し部であっても基本的には耐力及び変形性能の向上を図ることが可能であることがわかった。

4. 耐震性判定及び耐震補強効果

4.1 降伏及び終局安全率による耐震性判定及び耐震補強効果の評価

3.に示した24体の供試体を対象として、主鉄筋段落し部の耐震性判定及び鋼板巻立て工法による耐震補強効果を検討するために、次に示すような降伏に対する安全率（降伏安全率）と終局に対する安全率（終局安全率）を定義した。

$$S_y = \frac{M_y}{M_{y0}} \dots\dots\dots (4-1)$$

$$S_u = \frac{M_u}{M_{u0}} \dots\dots\dots (4-2)$$

ここで、

S_y : 段落し部の降伏安全率

S_u : 段落し部の終局安全率

M_y : 段落し部の降伏モーメント (tf・m)

M_{y0} : 橋脚の基部に生じる曲げモーメントが降伏モーメントに達した時に段落し部に生じる曲げモーメント (tf・m)

M_u : 段落し部の終局モーメント (tf・m)

M_{u0} : 橋脚の基部に生じる曲げモーメントが終局モーメントに達した時に段落し部に生じる曲げモーメント (tf・m)

また、これらの断面の降伏及び終局モーメントの計算は、道路橋示方書Ⅴ耐震設計編に示される方法に従った。鋼板巻立てによる補強を行った場合には、鋼板とコンクリートの付着が完全であると仮定し鋼板を主鉄筋に換算して降伏及び終局モーメントを計算した。なお、計算に用いたコンクリート強度及び鉄筋の降伏強度は、材料試験結果を用いた。

各供試体の降伏安全率及び終局安全率の一覧を表-4.1に、破壊位置と安全率の関係を図-4.1に示す。降伏モーメント、終局モーメント、降伏安全率、終局安全率と供試体の破壊形態の比較を付属資料Ⅳに示す。なお、鋼板で補強した供試体については、鋼板下端部、段落し部、鋼板上端部の位置における安全率をそれぞれ求めた。

この安全率を用いて段落し部の耐震性及び耐震補強効果を検討すると以下ようになる。

(1) 無補強供試体の耐震性判定

鋼板による補強を施していない供試体の降伏安全率 S_y (図-4.1(a)) を見てみると、 S_y が 1.01 以下の場合には段落し部にのみ破壊が生じている。

なお、供試体 P-14～16 を見てみると、供試体 P-15 は S_y が 1.14 であり、この場合には最終的には基部で破壊したが段落し部にも損傷が生じた。供試体 P-16 は S_y は 1.45 となり基部で破壊が生じ、段落し部には目立った損傷が生じなかったとともに、4.実験結果で示したように段落し位置

の主鉄筋も降伏していなかった。ただし、せん断スパン比が9.9と大きい供試体R-1～3を見た場合、供試体R-2は S_y が0.99であるが、破壊モードは段落し部にも損傷が生じるが最終的には基部で破壊し、また、供試体R-3は S_y が1.10であるが最終的には基部で破壊した。なお、主鉄筋のひずみを見てみると基部で破壊した供試体R-3についても $2\delta_0$ で降伏に至っていたことに注意を要する。

以上の結果をもとに、降伏安全率 S_y で破壊モードの判定を行うと、 S_y が1.0以下では段落し部で、1.0～1.2では段落し部にも損傷が生じるが最終的には基部で破壊が生じる、1.2以上では基部に損傷が生じ、段落し部には損傷が生じないというように判定することができる。ただし、せん断スパン比が大きい供試体の場合には破壊モードは安全率 S_y が1.1の場合にも破壊位置は基部に移行し、せん断スパン比による補正を行う必要がある。

なお、破壊モードを降伏安全率 S_u で行った場合も降伏安全率 S_y と同様の傾向を有するがその判定値は異なる。

(2) 鋼板巻立てによる補強供試体の耐震性判定

鋼板で巻立てて補強した供試体の降伏安全率 S_y （図-4.1(a)）を見てみると、付着を完全と仮定し、補強鋼板を軸方向鉄筋と仮定して算定した安全率では、破壊モードを判定することはできなかった。

円形中空断面を有する供試体R-5～R-7については、コンクリートの剥離は内側でも生じ、鋼板による補強を施しても内側での剥離が進行するため、曲げよりもせん断が卓越する供試体といえることができ、このような供試体の場合にはせん断抵抗を増加させるような補強が必要である。

正方形及び長方形断面を有する供試体については、安全率は各供試体ともにほぼ同じ値となるが、その破壊モードは安全率では判定できなかった。1.5倍の幅の鋼板を巻立てて補強した場合には、鋼板と供試体間の付着は完全には発揮されず段落し部で破壊する場合もあり、注入剤や施工方法に大きく影響されるものと考えられる。補強効果は、鋼板と供試体の付着の度合に大きく影響され、本来鋼板と供試体の付着が完全であると仮定することに無理があり、軸方向鉄筋としての効果よりもかぶりコンクリートの剥離を防ぎ断面を拘束する効果として安全率に見込んで評価の方がより現実的であるためと考えられる。これは、鋼板による補強を施した場合には、前述4章に示したように最終的な破壊位置が基部に移行せず段落し部であっても耐力及び変形性能の向上が図れるという実験結果からも、鋼板巻立てによる補強はコンクリートの拘束と鋼板によるせん断抵抗の増加という形でその耐震性を評価する必要がある。

4.2 日本道路協会道路橋耐震調査法による評価

前項同様に実験に用いた段落し供試体24体について、道路震災対策便覧・震前対策編（（社）日本道路協会）の橋梁耐震調査法に従って、段落し部の耐震性の判定を行った。表-4.2は耐震調査票を示したものであり、せん断支間比（ h/D ）、段落し部の曲げ引張りひび割れの発生の有無（ σ_1 ）、段落し

部の降伏強度に対する安全率 (S_{fn})、基部の安全率に対する段落し部の安全率の比 ($S_{mn} = S_{fn}/S_{fn}$) 及びせん断応力度 (τ) の大きさの5項目について評価点数を与え、その点数の積算で耐震性を判定するものである。

表-4.3は、各供試体について求めた評価点の合計と実験の破壊形態を示したものである。なお、鋼板を巻立てて補強した供試体の評価点の計算を行う際には、鋼板が供試体と完全に付着しているものとして鋼板を主鉄筋に換算した。また、評価点の計算においては実験供試体の材料試験による実強度を用い、地震力は段落しが無いと仮定した供試体に対し、基部の最外縁の鉄筋が許容応力度に達する時の水平力とした。

(1) 無補強供試体の耐震性判定

無補強供試体については、最終的に段落し部で破壊した供試体に対しては評価点Pが相対的に大きくなっており、この評価点により段落し位置での破壊の危険性を判定することができる。ただし、軸力を2倍にした供試体R-15及び主鉄筋量を2/3にした供試体R-16については、評価点が小さいにもかかわらず、段落し部で破壊した。これらの供試体について段落し部の降伏点強度に対する安全率を見ても、 S_{mn} は大きい S_{fn} が小さな値となっておりこれが積算で算出する評価点Pに影響していることがわかる。

また、段落し部の曲げ引張りびわれの評価点は全供試体について同じ値となっており、これが段落し部の危険性に対する評価点に影響を与えていない。

評価点Pで段落し部の危険性を評価すれば、供試体R-15と供試体R-16を除いてPが10点以上では段落し部で破壊するか、もしくは最終的には基部で破壊するが段落し部でも損傷が生じるということができる。

(2) 補強を施した供試体の耐震性判定

鋼板巻立てにより補強を施した供試体については、鋼板を主鉄筋として換算を行っているため、段落し部の降伏強度に対する安全率 S_{fn} 及び S_{mn} が大きくなり、評価点が無補強の供試体に比べ2/3~1/6となり、これが影響して全体の評価点が低くなっている。しかし、破壊形態については、鋼板の厚さや範囲、注入材料、供試体の形状によって異なっている。

1) 中空円形断面の供試体 (R-5 ~ R-7)

橋梁の耐震調査法では、鋼板巻立ての幅、注入材料の評価を行っていないため供試体形状及び巻立て鋼板の厚さが同じ供試体R-5 ~ R-7の評価点数は、同じになっている。これら中空円形の供試体の補強は、せん断破壊に対して鋼板で補強しようとするものなので、軸方向鉄筋としての役割よりも帯鉄筋としての役割が大きく、破壊形態は、注入材料や鋼板巻立て幅の違いにより異なっている。

2) 正方形断面の供試体 (R-9 ~ 11, R-13, R-14 及び R-17)

1)と同じように供試体の形状、巻立て鋼板の厚さが同じであれば、評価点は同じになり、矩形供試体の評価は、巻立て鋼板厚が他よりも薄い供試体R-14だけが評価点が高くなっている。

破壊形状は、1.5 Dの範囲で補強し注入材にモルタルを使用したR-13とR-17は、評価点が1点であるが、段落し位置で破壊している。

3) 長方形断面の供試体 (R-20, R-21)

長方形断面の供試体は、幅dが大きいため鋼板を主鉄筋換算したときに段落し部の強度に対する安全率の計算値が無補強の供試体の2倍になっている。影響が大きく評価点Pが無補強の供試体と比較して1/24になっている。

以上のように、道路震災対策便覧の方法で実験に用いた供試体の耐震性を評価する場合に、補強をしていない供試体に関しては、段落し部での破壊の危険性を概ね評価できるが、補強を施した供試体については、補強鋼板の主鉄筋換算では評価点の大きさを破壊モードを判定することはできない。

表-4.1 段落し位置の曲げモーメント及び安全率

供 試 体		M_y		M_u		S_y	S_u	実験での破壊位置
		基 部	段落し	基 部	段落し			
R-1		31.91	17.53	40.90	21.77	0.90	0.87	段落し部
R-2		31.82	17.46	40.82	21.66	0.99	0.96	基部 (段落し部損傷)
R-3		31.72	17.39	40.75	21.58	1.10	1.06	基 部
R-4		44.58	23.19	61.74	31.18	0.86	0.77	段落し部
R-5	A	45.20	33.29	62.84	48.07	1.07	1.03	段落し部
	B					1.22	1.27	
	C					1.39	1.39	
R-6	A	43.59	32.13	60.64	46.52	1.40	1.35	基部 (段落し部損傷)
	B					1.22	1.27	
	C					1.39	1.39	
R-7	A	44.55	32.81	61.67	47.38	1.40	1.35	段落し部 (基部損傷)
	B					1.22	1.27	
	C					1.39	1.39	
R-8		26.25	15.84	30.78	19.38	0.92	0.96	段落し部
R-9	A	26.92	29.03	31.85	36.96	1.08	1.11	基 部
	B					1.65	1.77	
	C					1.33	1.33	
R-10	A	27.08	29.17	32.13	37.08	1.08	1.11	基 部
	B					1.65	1.77	
	C					1.33	1.33	
R-11	A	26.69	28.83	31.42	36.78	1.30	1.35	基 部
	B					1.65	1.79	
	C					1.33	1.33	
R-12		30.08	17.81	35.29	21.60	0.91	0.94	段落し部
R-13	A	30.24	32.66	35.56	41.40	1.28	1.32	段落し部 (基部損傷)
	B					1.65	1.78	
	C					1.33	1.33	
R-14	A	30.18	27.01	35.44	33.83	1.28	1.32	段落し部 (基部損傷)
	B					1.36	1.46	
	C					1.33	1.34	
R-15		35.39	23.31	40.89	27.75	1.01	1.04	段落し部
R-16		22.14	13.79	25.84	16.39	1.01	1.03	段落し部
R-17	A	27.63	29.79	32.70	37.86	1.30	1.33	段落し部
	B					1.65	1.77	
	C					1.33	1.33	
R-18		28.60	15.87	32.68	19.38	0.96	1.03	段落し部
R-19		38.41	25.27	43.18	28.67	0.95	0.96	段落し部
R-20	A	38.24	46.79	42.92	50.66	1.22	1.23	基部 (段落し部損傷)
	B					1.77	1.70	
	C					1.30	1.30	
R-21	A	38.82	47.26	43.81	50.76	1.21	1.22	基 部
	B					1.76	1.67	
	C					1.18	1.18	
P-14		27.82	14.59	36.02	19.03	0.94	0.94	段落し部
P-15		27.79	14.54	35.99	18.98	1.14	1.15	基部 (段落し部損傷)
P-16		28.25	14.75	36.37	19.28	1.45	1.47	基 部

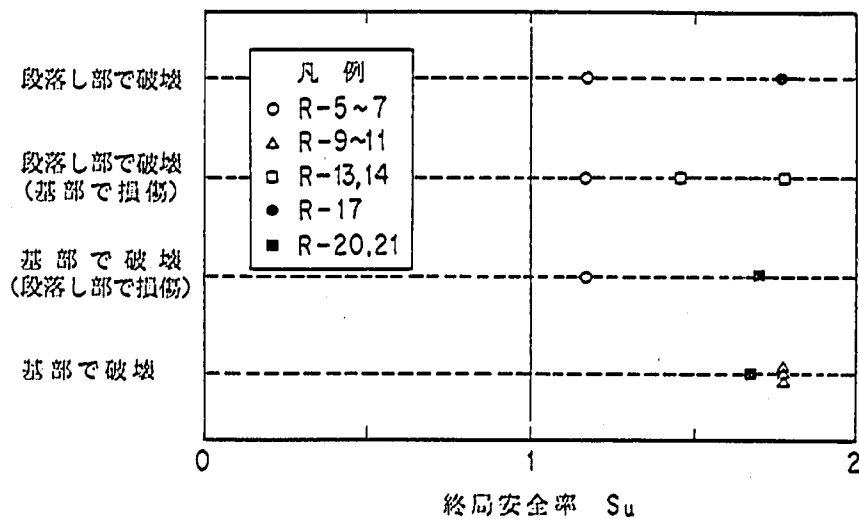
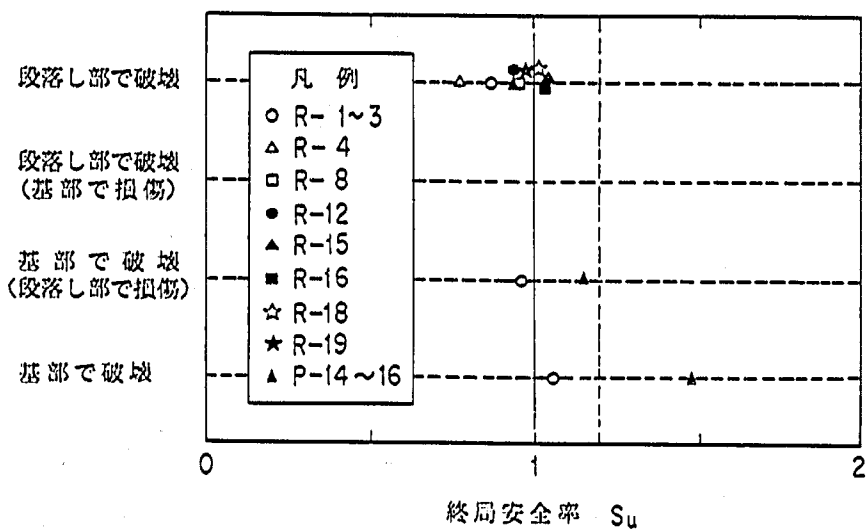
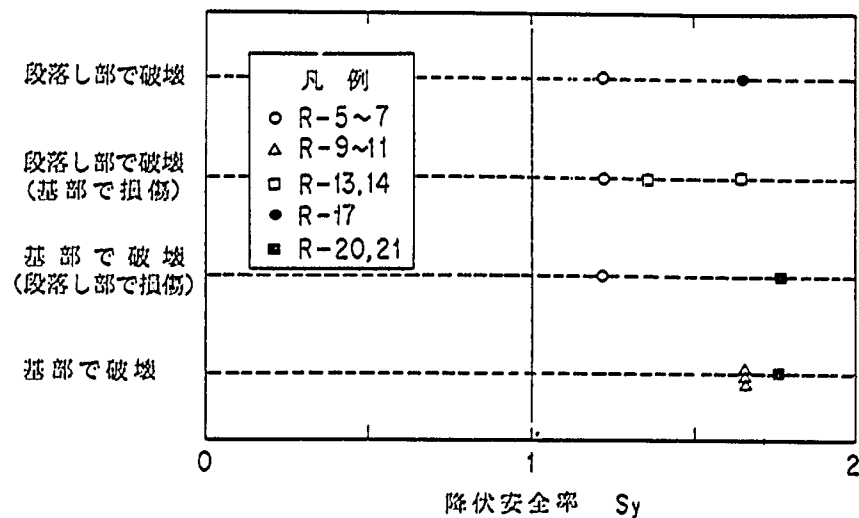
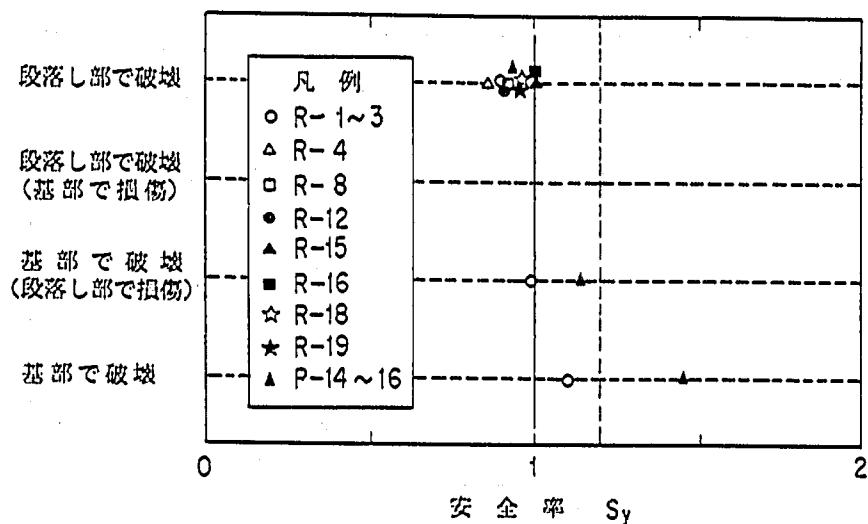
※ A, B, Cはそれぞれ補強鋼板上端, 段落し部, 鋼板下端の高さでの S_y , S_u を示す。

表-4.2 橋梁耐震調査票

調査機関名				調査年月	昭和 年 月	整理番号		
道路種別		路線名		交通量		橋名		
所在地DID以外		DID (内・外)	バス路線	はい・いいえ	橋長	幅員		
点検項目								
橋部 工	(A) 上	① 適用示方書		4.0 大正15年細則・昭和14年道示	2.0 昭和31年道示・昭和39年道示	1.0 昭和46年道示・昭和55年道示		
		② 上部構造形式		3.0 ゲルバーげた・2径間以上の単純支持	1.5 1径間単純支持(15m以上), 2連以上の連続げた	1.0 上路・中路アーチ・ラーメン, 1連の連続げた, 斜張橋, 吊橋		
		③ 平面線形		1.2 斜橋・曲線橋	1.0 直線			
		④ 上部構造材料		1.2 RC・PC	1.0 鋼			
		⑤ 縦断勾配		1.2 6%以上	1.0 6%未満			
		⑥ 落橋防止構造		2.0 なし	1.0 1種類			
	P _A = ① × ② × ③ × ④ × ⑤ × ⑥		P _A =					
	(B) 下部工の変形	⑦ 下部構造形式		2.0 単列バイルベント	1.0 その他			
		⑧ 橋脚高さ		2.0 10m以上	1.5 5m以上10m未満	1.0 5m未満		
		⑨ 地盤		5.0 4種地盤のうち極軟弱な地盤	2.5 4種	2.0 3種	1.2 2種	1.0 1種
⑩ 液状化の影響		2.0 あり	1.0 なし					
⑪ 支持地盤		1.2 不均一	1.0 均一					
⑫ 洗掘		1.5 あり	1.0 なし					
P _B = ⑦ × ⑧ × ⑨ × ⑩ × ⑪ × ⑫		P _B =						
(C) 主鉄筋段落し部の強度	⑬ せん断スパン比 (h/D)		2.0 1 < h/D < 4	1.0 h/D ≥ 4	0.5 h/D ≤ 1			
	⑭ 段落し部の曲げ引張りひわれ		2.0 生ずる	1.0 生ずる可能性あり	0.5 生じない			
	⑮ 段落し部の降伏強度に対する安全率	⑮ ¹ S _{tn}	3.0 1.1以下	2.0 1.1~1.5	0.5 1.5以上			
		⑮ ² S _{mn}	3.0 1.1以下	2.0 1.1~1.3	1.0 1.3~1.5	0.5 1.5以上		
	⑯ せん断応力度の大きさ		3.0 45以上	2.0 30~45	1.0 15~30	0.5 15以下 (単位: tf/m ²)		
	P _C = ⑬ × ⑭ × ⑮ ¹ × ⑮ ² × ⑯		P _C = (ただし, P _C < 1.0の時は, P _C = 1)					
(D) 下部工の強度・変状	⑰ 固定支承および支承周辺の異常		5.0 重大な欠陥あり	2.0 軽微なもの	1.0 なし			
	⑱ く体の異常		5.0 重大な欠陥あり	2.0 軽微なもの	1.0 なし			
	⑲ 下部構造材料		2.0 大正15年細則, 昭和14年道示による無筋コンクリート(重力式橋台を除く)	1.0 RC・PC・鋼, 昭和31年道示以後の道示による無筋コンクリート・無筋の重力式橋台				
	⑳ 基礎工法		2.0 木ぐい・レンガ積ケーソン, 石積ケーソン・箱枠工法・不明	1.5 既成RCぐい・ベデスタルぐい・2脚ケーソン	1.0 昭和46年指針以後製造のもの・場所打ちぐい・PCぐい・鋼ぐい・直接基礎・一般ケーソン			
	㉑ 下部構造形式		1.5 RCラーメン	1.0 その他				
	㉒ 基礎の異常		2.0 あり	1.0 なし				
P _D = ⑰ × ⑱ × ⑲ × ㉑ × ㉒		P _D =						
評価点		X = P _A × P _B =		Y = P _C × P _D				
備考								

表-4.3 道路協会方式による耐震性調査表

供試体	せん断支間比		段落し部の曲げ 引張ひびわれ		段落し部の降伏強度 に対する安全率				せん断応力度 の大きさ		評価点 P	実験での 破壊位置
	h/d	⑬	σ_t	⑭	S_{fn}	⑮-1	S_{mn}	⑮-2	τ_n	⑯		
R-1	8.40	1.0	572	2.0	1.252	2.0	0.903	3.0	20.0	1.0	12	段落し部
R-2	8.40	1.0	512	2.0	1.369	2.0	0.990	3.0	20.0	1.0	12	基 部 (段落し部損傷)
R-3	8.40	1.0	452	2.0	1.512	0.5	1.096	3.0	20.0	1.0	3	基 部
R-4	3.67	2.0	496	2.0	1.252	2.0	0.861	3.0	80.4	3.0	36	段落し部
R-5	3.67	2.0	496	2.0	1.797	0.5	1.220	2.0	80.4	3.0	12	段落し部
R-6	3.67	2.0	496	2.0	1.771	0.5	1.220	2.0	80.4	3.0	12	基 部 (段落し部損傷)
R-7	3.67	2.0	496	2.0	1.771	0.5	1.220	2.0	80.4	3.0	12	段落し部 (基部損傷)
R-8	4.40	1.0	497	2.0	1.242	2.0	0.923	3.0	30.0	2.0	24	段落し部
R-9	4.40	1.0	497	2.0	3.415	0.5	1.649	0.5	30.0	2.0	1	基 部
R-10	4.40	1.0	497	2.0	3.432	0.5	1.647	0.5	30.0	2.0	1	基 部
R-11	4.40	1.0	497	2.0	3.392	0.5	1.652	0.5	30.0	2.0	1	基 部
R-12	4.40	1.0	497	2.0	1.397	2.0	0.906	3.0	30.0	2.0	36	段落し部
R-13	4.40	1.0	497	2.0	3.842	0.5	1.652	0.5	30.0	2.0	1	段落し部 (基部損傷)
R-14	4.40	1.0	497	2.0	3.178	0.5	1.369	1.0	30.0	2.0	8	段落し部 (基部損傷)
R-15	4.40	1.0	512	2.0	1.507	0.5	1.007	3.0	36.4	2.0	6	段落し部
R-16	4.40	1.0	323	2.0	1.512	0.5	1.012	3.0	22.8	1.0	3	段落し部
R-17	4.40	1.0	497	2.0	3.505	0.5	1.649	0.5	30.0	2.0	1	段落し部
R-18	4.40	1.0	497	2.0	1.411	2.0	0.962	3.0	30.0	2.0	24	段落し部
R-19	5.00	1.0	373	2.0	1.253	2.0	0.950	3.0	17.5	1.0	12	段落し部
R-20	5.00	1.0	373	2.0	2.321	0.5	1.767	0.5	17.5	1.0	0.5	段落し部 (基部損傷)
R-21	5.00	1.0	373	2.0	2.344	0.5	1.758	0.5	17.5	1.0	0.5	基 部
P-14	4.20	1.0	605	2.0	1.158	2.0	0.937	3.0	36.0	2.0	24	段落し部
P-15	4.20	1.0	497	2.0	1.405	2.0	1.137	2.0	36.0	2.0	16	基 部 (段落し部損傷)
P-16	4.20	1.0	389	2.0	1.821	0.5	1.450	1.0	36.0	2.0	2	基 部



(a) 無補強供試体の安全率

(b) 鋼板巻立てによる補強供試体の安全率

図-4.1(1) 降伏安全率及び終局安全率による破壊位置の判定

5. 結 論

鉄筋コンクリート橋脚主鉄筋段落し式の耐震性判定法及び耐力が相対的に低い橋脚に対する鋼板巻立て工法による補強法の開発を目的として、昭和61年度から合計21体の模型供試体を用いた動的載荷実験を実施してきた。以上の結果をまとめると以下になる。

1) 段落し位置の影響

- ① 計算上載荷モーメントと断面の降伏モーメントが基部と段落し部で同じとなる位置で段落しを行った場合には最終的には段落し部で破壊した。段落し位置をこの位置よりも $0.4D$ (D : 載荷方向断面幅) だけ上にした場合には段落し部で最終的に破壊し、 $D/2$ だけ上にした場合には最初は段落し部でも曲げクラックが生じたが、基部で曲げ破壊が生じ始めた後は基部の損傷のみが進展し、最終的には基部で曲げ破壊した。さらに、段落し位置を D だけ上げた場合には、最初から基部で曲げ破壊が進展し、最終的には基部で破壊した。したがって、計算上曲げモーメントが半分になる位置よりも断面幅分の主鉄筋の定着長をとれば破壊位置は基部に移行する。
- ② せん断支間比が 9.9 と 5.4 の場合を比較してみると、せん断支間比が 9.9 と大きい場合でも計算上曲げモーメントが半分となる位置で段落しを行った場合にはここで最終的に破壊し耐力が急激に低下する破壊性状となる。なお、段落し位置を $D/2$ だけ上にすれば破壊は基部に移行するが、主鉄筋のひずみをみても断面幅 D だけ段落し位置を上にしても $2\delta_0$ では降伏に達しており、また、帯鉄筋も $4\delta_0$ では基部よりも先に段落し部で降伏に至り、鉄筋のひずみという観点からみると主鉄筋、帯鉄筋ともに降伏に至っていることに注意する必要がある。一方、せん断支間比 5.4 の場合には段落し位置を D だけ上にした場合には主鉄筋、帯鉄筋共に $4\delta_0$ まで降伏に至っていない。これは、後述する安全率の観点からみると、せん断支間比が大きい供試体の場合、断面幅分だけ段落し位置を上にしても段落し部と基部の降伏、あるいは、基部の安全率の比の上昇率がせん断支間比の小さい場合よりも小さいことによる。
- ③ 耐力及び変形性能の観点から見てみると、せん断スパン比が 9.9 と大きい場合には、最大耐力は $R-3$ が最も大きいが 3 体の供試体の固体差を考えれば $4\delta_0$ までは供試体間に大きな違いは見られない。なお、最終的に基部で破壊した残り 2 体の供試体は、 $5\delta_0$ まではほぼ同様の耐力及び変形性能を有する。ただし、段落し部で破壊が生じた供試体は $5\delta_0$ 以降に急激に耐力が低下し始める傾向を有することに注意する必要がある。せん断支間比が 9.9 と大きくても段落し部で破壊する場合には耐力が急激に低下するせん断破壊特有の破壊性状を有する。ただし、せん断支間比がさらに大きい場合にはせん断よりも曲げがさらに卓越する破壊性状を有することが予想される。せん断支間比が 5.4 の場合には、段落し部で破壊した供試体が最大耐力が他の 2 体より約 10% 小さく、かつ、載荷の進行に伴う耐力の低下も最も早い。なお、最終的に基部で破壊した供試体は主鉄筋の段落しを行っていない供試体とほぼ同じ耐力及び変形性能を有する。

2) 軸力の影響

- ① 同一の諸元を有する供試体で軸力を2倍にして載荷実験を行った場合には、最終的に段落し部で破壊し、段落し面で約10cm程度のせん断によるずれが生じ、段落し位置よりも下側の軀体部は主鉄筋の位置で縦方向に裂けるようなコンクリートの破壊が生じ軀体長が実験当初よりも短くなって圧壊した。
- ② 最大耐力は軸力を2倍にした場合の方が約20%大きくなるが、それは $2\delta_0$ と載荷段階の初期に生じ、破壊の進行に伴う耐力の低下はより早くなる。

3) 主鉄筋比の影響

- ① 主鉄筋比を $2/3$ にして、計算上載荷モーメントと断面の降伏モーメントが基部と段落し位置で同じとなる位置で段落しを行った場合には、最初から段落し部で曲げクラックが進展し、最終的に段落し位置で破壊し、主鉄筋位置に沿って縦方向に裂けるようなせん断破壊となった。ただし、主鉄筋量が少ないためかぶりコンクリートの剥離した範囲は狭いが、鉄筋の破断はより早い載荷段階で生じた。
- ② 最大耐力は主鉄筋比を $2/3$ にした場合の方が約12%小さくなり、また、 $5\delta_0$ で耐力が急激に低下した。

4) 中空円形断面橋脚の耐震補強効果

- ① 鋼板による補強を施していない場合には、計算上は段落し部では基部よりも先に降伏モーメントに至る供試体であり、最終的に段落し部で破壊した。中空断面の場合には、載荷の進行に伴うコンクリートの剥離が外面と内面の両面で生じ、中実断面のように主鉄筋で囲まれる部分で軸力を保持することができず、段落し部で圧壊するという激しい破壊形態となった。 $1D$ (D :断面の直径)の幅の鋼板で補強(エポキシ樹脂注入)した場合には補強鋼板の上端より上の部分でかぶりコンクリートが剥離してせん断破壊した。 $1.5D$ の幅の鋼板で補強した場合でエポキシ樹脂注入を行った場合には、補強鋼板の下端から基部にかけて全面でコンクリートの剥離が生じた。エポキシ樹脂を注入せず、鋼板によるコンクリートの外側への剥離を拘束するようにした場合には、鋼板下端より下側の部分でもクラックが進行したが、段落し部に沿って鋼板が面外に座屈し、最終的に段落し位置で破壊した。
- ② 主鉄筋のひずみ分布を見ると、無補強及び鋼板による補強を施したものいずれも段落し部の主鉄筋は $2\delta_0$ でほぼ降伏に至り、 $3\delta_0$ では降伏を大きく越えるひずみとなっている。ただし、 $1D$ の鋼板で補強した場合には段落し部ではなく、補強鋼板の上端部で $3\delta_0$ で降伏、 $4\delta_0$ で降伏を大きく越えるひずみとなっている。
- ③ エポキシ樹脂を注入した場合としない場合を鋼板に生じる軸方向のひずみ分布で比較してみると、エポキシ樹脂を注入した場合には $4\delta_0$ になると降伏に近いひずみが生じているが、注入していない場合にはほとんどひずみは生じていない。したがって、エポキシ樹脂等の接着材を用いることにより、軸方向鉄筋としての効果も部分的に発揮していることがわかる。ただし、エポキシ樹脂を用い

ない場合でもかぶりコンクリートが外側に剥離するのを防ぐ効果とこれによりせん断耐力の増加を見込むことが可能である。なお、円形中空断面の場合にはコンクリートの剥離は内側でも生じることが注意を要する。

- ④ 鋼板で補強した場合には、最大耐力及び変形性能共に補強を施していないものよりも向上し、最大耐力で約30%大きくなる。鋼板の巻立て幅が1 Dの場合と1.5 Dの場合を比較してみると最大耐力は両者ともにほぼ同じであるが、1 Dの場合には6 δ で耐力が急激に低下するのに対し、1.5 Dの場合には8 δ 以降に耐力が急激に低下し、鋼板巻立てにより変形性能が向上する。また、1.5 Dの巻立て幅の場合についてエポキシ樹脂の効果を見てみると、最大耐力はエポキシ樹脂を用いた方がわずかに大きい変形性能はほぼ同様となっている。以上の結果から、段落し部での最終的な破壊を避けるという観点からは1.5 D以上の幅の鋼板でエポキシ樹脂等の接着材を用いて補強を行えばよいといえる。また、破壊位置にはこだわらず、また、耐力及び変形性能の向上という観点からは1.5 D以上の鋼板で補強すれば良いといえる。

5) 正方形断面橋脚の耐震補強効果

- ① 鋼板による補強を施していない場合には、計算上は段落し部では基部よりも先に降伏モーメントに至る供試体であり、最終的に段落し部で破壊した。1 Dの幅の鋼板で補強した場合には、エポキシ樹脂及び無収縮モルタルを注入したもの共に基部で曲げクラックが発生し、そのクラックが進展して最終的に基部で破壊した。ただし、実験終了後に鋼板を取り除くと段落し部に水平もしくは斜め45度方向にクラックが生じていた。1.5 Dの幅の鋼板で補強した場合として厚さ1 mmと0.6 mmの鋼板を巻立てエポキシ樹脂を注入した場合、無収縮モルタルを注入した場合で鋼板の溶接部分を隅角部と側面の中央部で行った場合について検討したが、1.5 D、1 mmの鋼板でエポキシ樹脂を注入した場合には基部周辺に曲げクラックが発生し、最終的に基部で破壊し、実験終了後鋼板を取り除いてみたが段落し位置には全く損傷が生じていなかった。これは、主鉄筋ひずみを見てみると段落し部は4 δ まで降伏に至っていない。ただし、無収縮モルタルを注入した場合及び0.6 mmの鋼板で補強した場合には、鋼板とモルタルの付着が切れ、鋼板の下端部から段落し部にかけて破壊し、また、鋼板を隅角部で溶接した場合には載荷が進み、鋼板とモルタルの付着が切れるところで鋼板の亀裂が発生し、鋼板の変形と共に亀裂が進展した。

したがって、鋼板で補強する場合には、段落し部での破壊を防ぐという観点からは、少なくとも1.5 D以上の幅の鋼板で、かつ、接着効果を十分みることが可能なように施工に十分注意することが重要である。

- ② 鋼板による補強効果を耐力及び変形性能の観点からみると、1 D、1.5 D、及び注入材の違い及び破壊位置によらず、最大耐力及び変形性能共に向上し、最大耐力で約5%～32%大きくなる。したがって、耐力及び変形性能という観点から見ると鋼板巻立てにより補強効果を見ることがわかる。

6) 長方形断面橋脚の耐震補強効果

- ① 鋼板による補強を施していない場合には、計算上は段落し部では基部よりも先に降伏モーメントに至る供試体であり、段落し部で曲げクラックが進展し、最終的に段落し部で破壊した。また、1.5 Dの幅で補強（無収縮モルタル注入）した場合には基部で曲げクラックが進展し最終的に基部で破壊したが、 $4\delta_0$ では注入モルタルの剥離が生じ、実験終了後に鋼板を取り除いてみると段落し部に水平にクラックが生じていた。2 Dの幅の鋼板で補強（無収縮モルタル注入）した場合には $3\delta_0$ で鋼板とモルタルが切れる音が発生したが、最終的に基部で破壊し、実験終了後鋼板を取り除いてみると段落し部には全く変状が生じていなかった。これは、主鉄筋のひずみからもわかるように、2 Dの幅の鋼板で補強した場合には段落し部のひずみはよく抑えられており、 $4\delta_0$ でも100 μ 程度となっている。

したがって、段落し部の破壊を防ぐという観点から見ると壁式断面橋脚の場合（無収縮モルタル注入）には2 D以上の幅の鋼板で巻立てる必要がある。正方形断面橋脚の場合には1.5 D以上で、かつ、接着効果を十分みることが可能なように施工すれば、段落し部での破壊を防ぐことが可能であったが、壁式断面橋脚に鋼板を巻立て、スタッド等の固定治具を施していない場合には、特に長辺部分に当たる鋼板の付着及びコンクリートの拘束を十分確保するのが困難であるために、2 D以上の幅の鋼板による補強が必要となっているものと考えられる。

- ② 鋼板による補強効果を耐力及び変形性能の観点からみると、無補強の場合には、 $5\delta_0$ で耐力が急激に低下しているが、最終的に基部で破壊した1.5 D（段落し部にも損傷）及び2 Dの鋼板で補強した場合には、最大耐力は約10%の向上と大幅には向上しないが、変形性能は改善されてねばりのある破壊となっている。ただし、1.5 Dと2 Dの鋼板により補強した場合には最大耐力及び変形性能ともほぼ同じであった。

7) 降伏及び終局安全率による耐震性判定及び耐震補強効果の評価

- ① 鋼板による補強を施していない供試体の降伏安全率と破壊位置の関係を調べてみると、降伏安全率が1.0以下では段落し部で、1.0～1.2では段落し部にも損傷が生じるが、最終的には基部で、1.2以上では基部で破壊が生じると判定することができる。ただし、せん断スパン比が大きい場合には降伏安全率が1.1でも破壊が基部に移行するため、せん断スパン比による補正を行う必要がある。なお、終局安全率による破壊モードの判定についても同様に判定することができる。
- ② 鋼板による補強を行った場合で、付着を完全と仮定し、補強鋼板を軸方向鉄筋として算出した降伏及び終局安全率では破壊モードを判定することができなかった。これは、実際には鋼板と橋脚間の付着は注入材や施工方法に大きく影響され、完全には発揮されないためであり、鋼板による補強効果を安全率に見込む際には軸方向鉄筋としての効果よりもかぶりコンクリートの剥離を防ぎコンクリートを拘束するとともに、せん断抵抗を増加させる効果として見込む必要があるためである。

8) 日本道路協会道路橋耐震調査法による評価

- ① 無補強の場合には、最終的に段落し部で破壊した供試体に対して評価点Pが相対的に大きくなっ

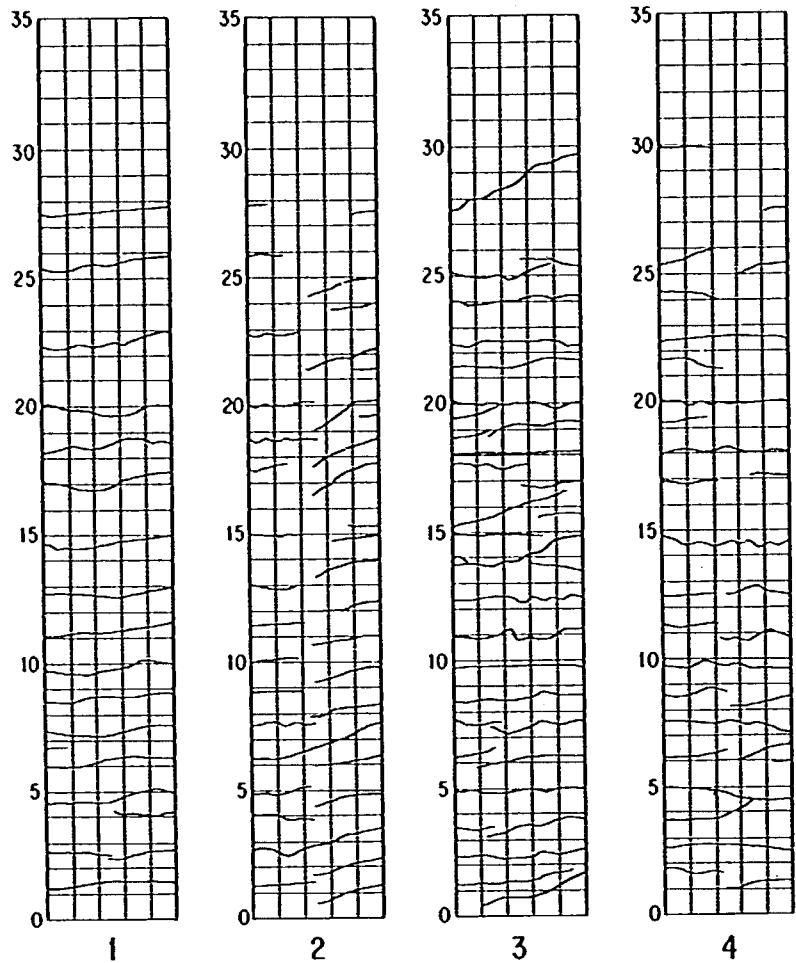
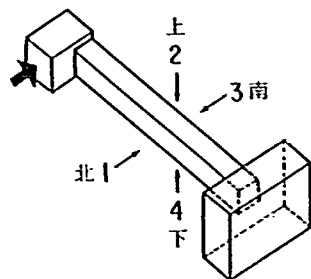
ており、この評価点により段落し位置での破壊の危険性を判定することができる。ただし、軸力を2倍にした場合及び主鉄筋量を $2/3$ にした場合には、評価点が小さいにもかかわらず、段落し部で破壊した。これらについては段落し部の降伏点強度に対する安全率を見ると、 S_{mn} の評価点は大きいが S_{fn} の評価点が小さな値となっておりこれが積算で算出する評価点 P に影響していることがわかる。

- ② 段落し部の曲げ引張りびわれの評価点は全供試体について同じ値となっており、これが段落し部の危険性に対する評価点に影響を与えていない。
- ③ 評価点 P で段落し部の危険性を評価すれば、軸力を2倍にした場合及び主鉄筋量を $2/3$ にした場合を除いて P が10点以上では段落し部で破壊するか、もしくは最終的には基部で破壊するが段落し部でも損傷が生じるということができる。
- ④ 鋼板巻立てにより補強を施した供試体については、鋼板を主鉄筋として換算を行っているため、段落し部の降伏強度に対する安全率 S_{fn} 及び S_{mn} が相対的に大きくなり、評価点が無補強の供試体に比べ $2/3 \sim 1/6$ となり、これが影響して全体の評価点が低くなっている。しかし、破壊形態については、鋼板の厚さや範囲、注入材料、供試体の形状によって異なっており、日本道路協会の方法についても安全率を算出する際には、補強鋼板を軸方向鉄筋としてではなく、コンクリートを拘束する効果を考慮する必要がある。

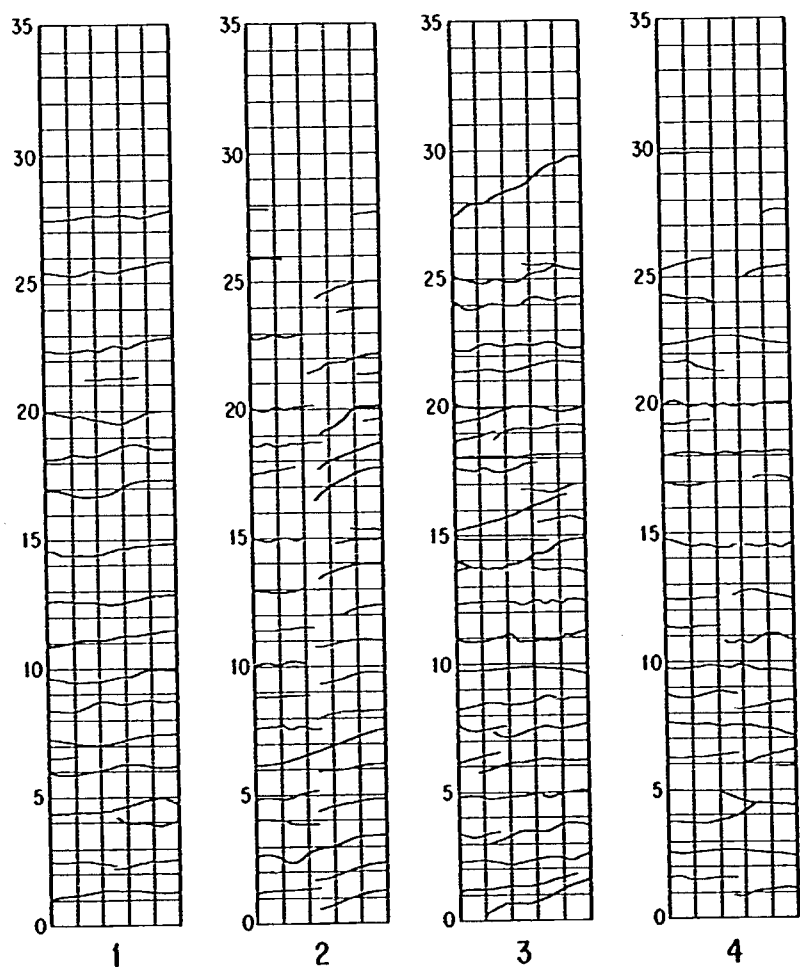
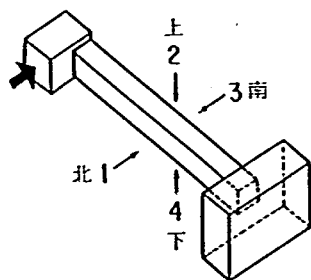
〔参考文献〕

- 1) 建設省：「第40回建設省技術研究会道路部門指定課題論文集」，昭和61年10月
- 2) 建設省：「第41回建設省技術研究会道路部門指定課題論文集」，昭和62年10月
- 3) (社)日本道路協会：「道路橋示方書・同解説，Ⅴ耐震設計編」，平成2年2月
- 4) (社)日本道路協会：「道路震災対策便覧（震前対策編）」，昭和63年3月
- 5) 川島一彦，運上茂樹，吾田洋一：「橋梁の耐震性に関する研究（その1）」，土木研究所資料第2423号，昭和62年1月
- 6) 川島一彦，運上茂樹，吾田洋一：「橋梁の被害に影響を及ぼす因子分析」，土木学会第41回年次学術講演会講演概要集，昭和61年10月
- 7) 川島一彦，運上茂樹，吾田洋一：「既設道路橋の耐震性判定法」，土木技術資料第30巻第8号，1988年8月
- 8) 川島一彦，運上茂樹，吾田洋一，飯田寛之：「既設道路橋の耐震性判定法」，土木研究所資料第2783号，平成元年5月
- 9) 建設省道路局，土木研究所，北海道開発局：「静内橋地震災害調査報告書」，昭和57年12月
- 10) 川島一彦，長谷川金二，小山達彦，吉田武：「大地震に対するRC橋脚の耐震設計法に関する研究（その1）」，土木研究所資料第2266号，昭和60年12月
- 11) 宮本征夫，石橋忠良，齊藤俊彦：「既設橋脚の鋼板巻き耐震補強方法に関する実験」，構造物設計資料，No.89，日本国有鉄道構造物設計事務所
- 12) 尾坂芳夫，鈴木基行，宮本幹，小林茂敏：「途中定着された引張主鉄筋を有するRCばりのせん断耐力評価と設計への適用に関する研究」，土木学会論文集第378号／V-6，1987年2月
- 13) 山本強，石橋忠良，大坪正行，小林晋爾：「鉄筋を途中定着した橋脚の耐震性能に関する実験的研究」，土木学会論文集第348号／V-1，1984年8月
- 14) 尾坂芳夫，鈴木基行，寺澤正人，小林茂敏：「RCはりのせん断耐力に及ぼす引張主鉄筋途中定着の影響に関する研究」，土木学会論文集第366号／V-4，1986年2月

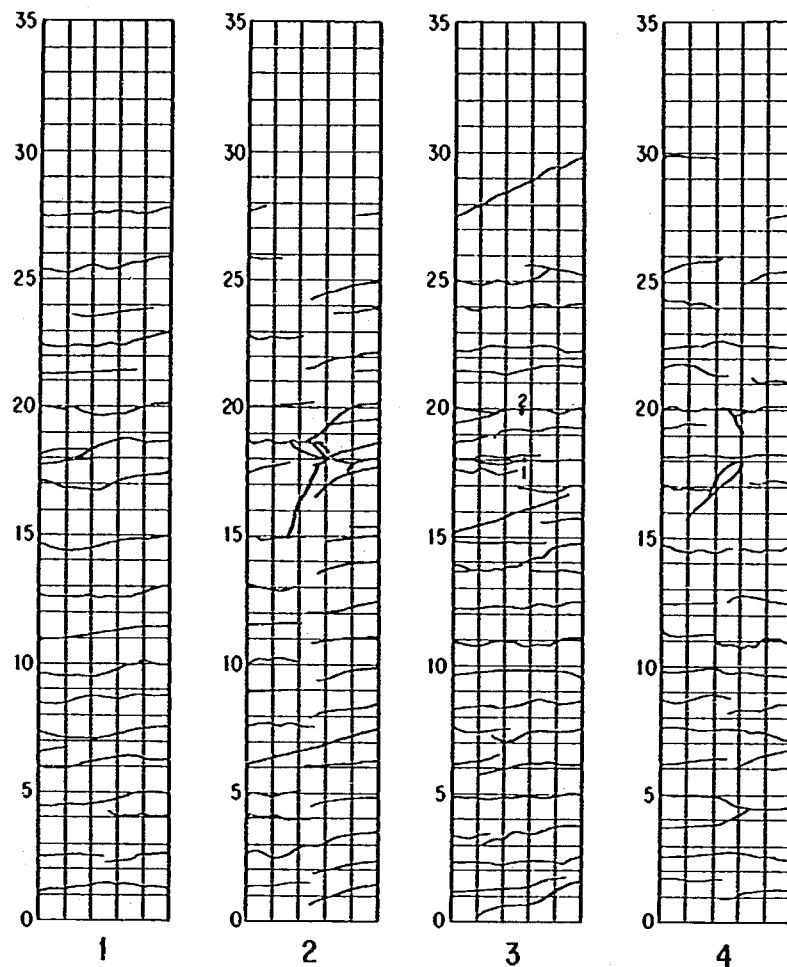
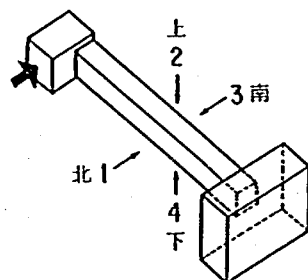
付属資料 I. 破 壊 性 状



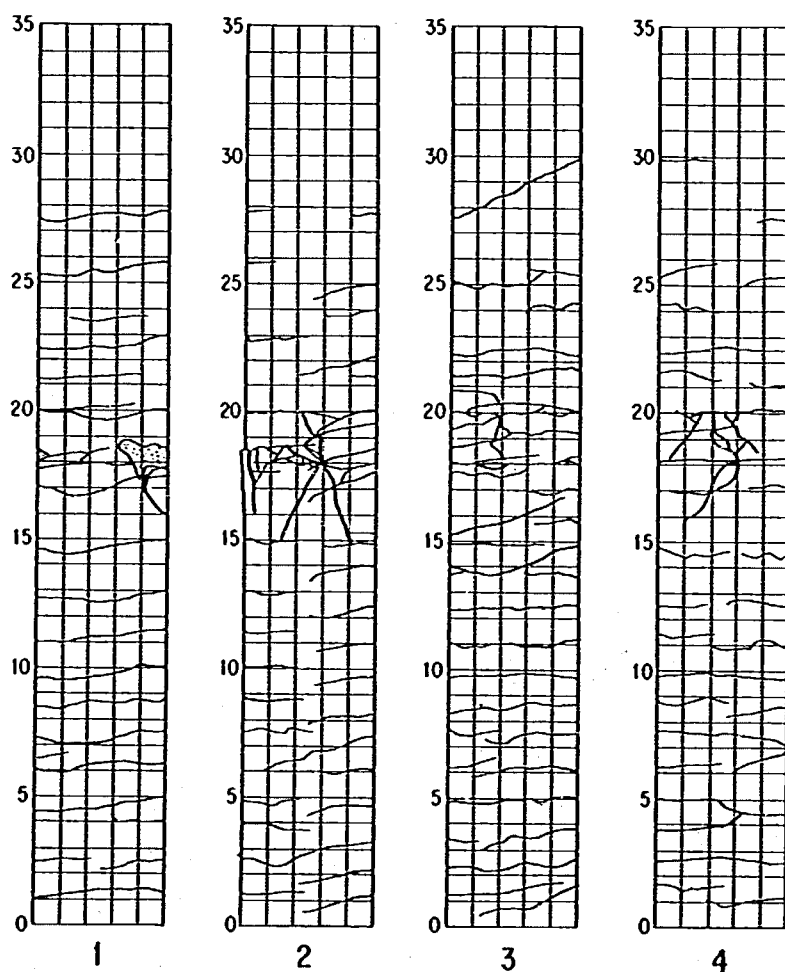
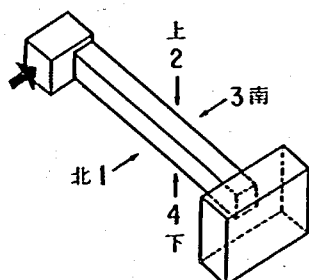
付図 I - 1 (1) 供試体 R - 1 静的載荷終了後の破壊状況



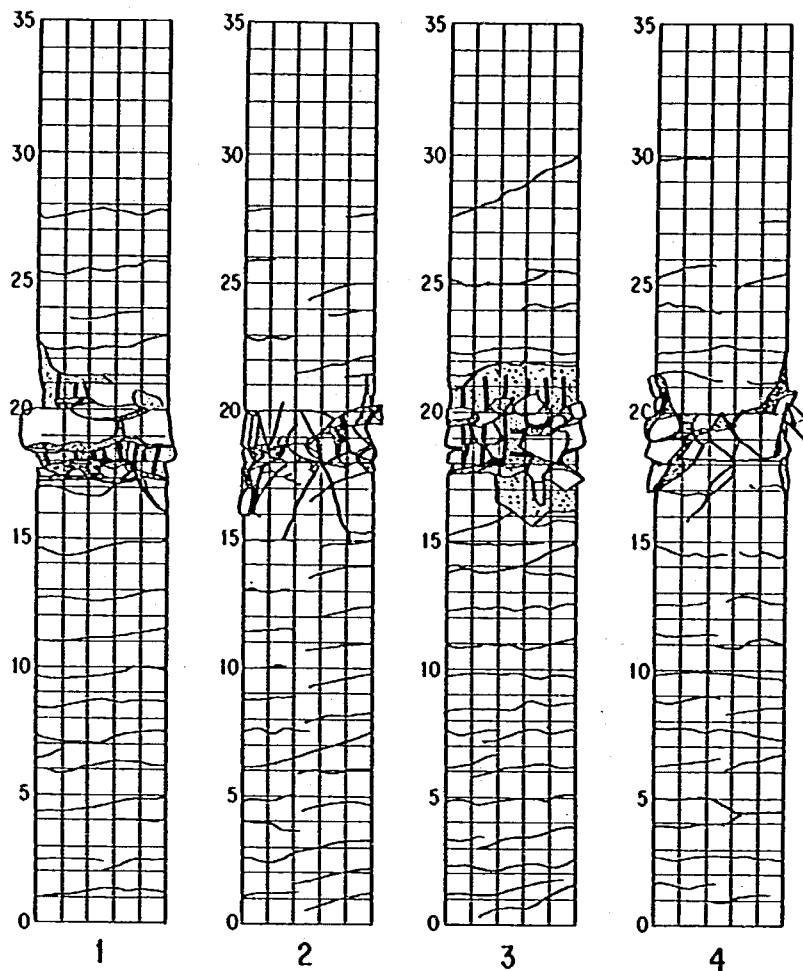
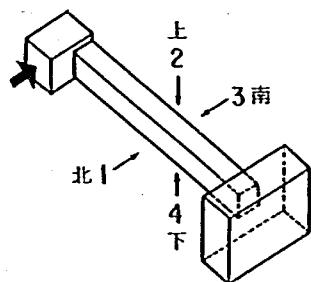
付図 I - 1 (2) 供試体 R - 1 δ_0 終了後の破壊状況



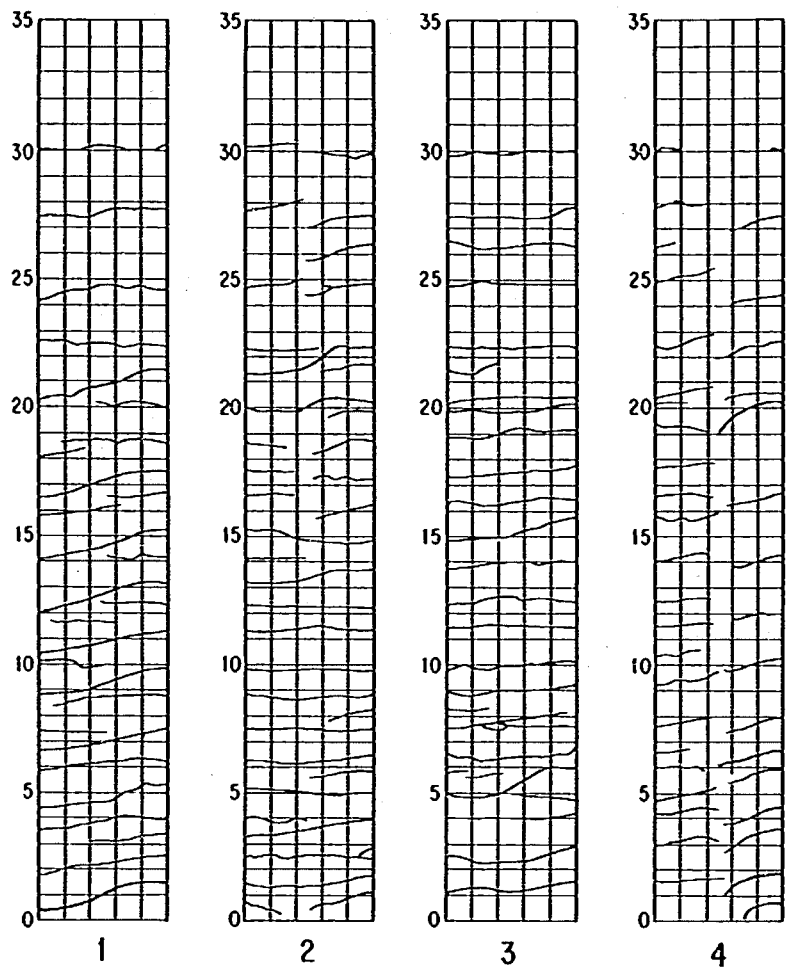
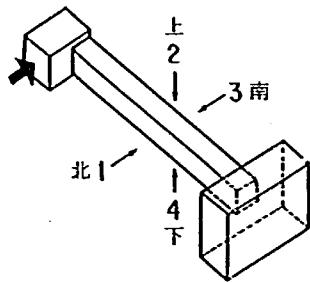
付図 I - 1 (3) 供試体 R - 1 2 δ_0 終了後の破壊状況



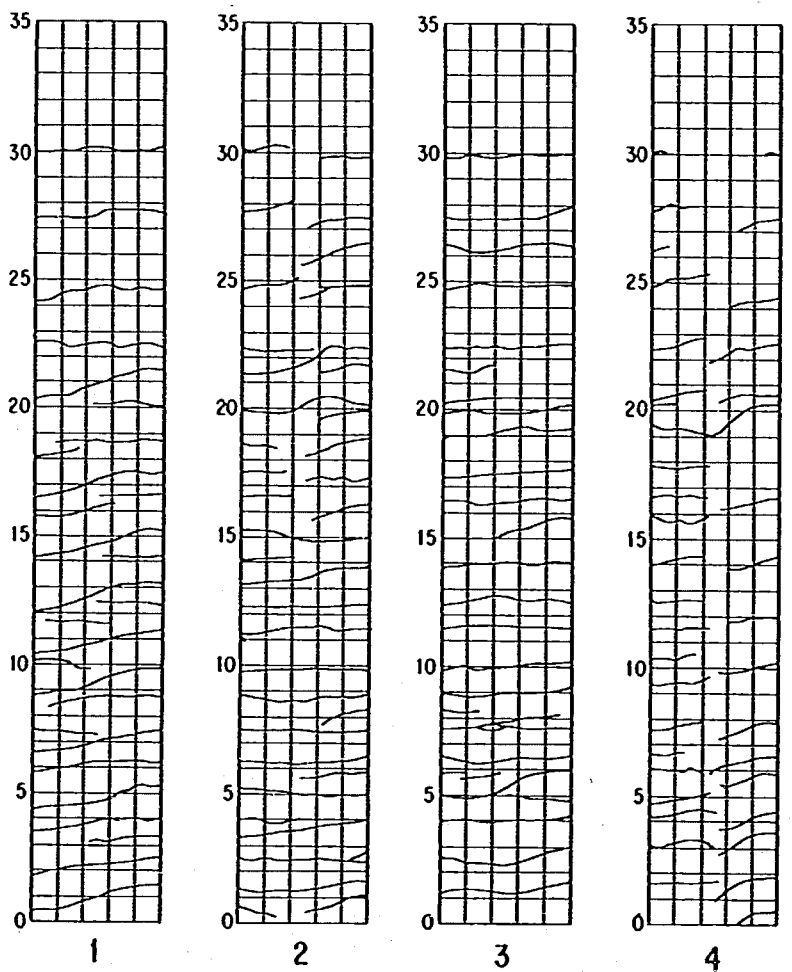
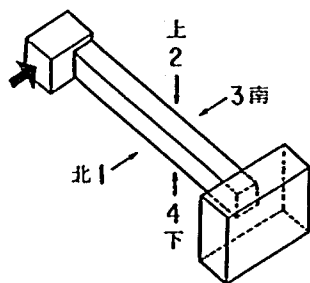
付図 I - 1 (4) 供試体 R - 1 3 δ_0 終了後の破壊状況



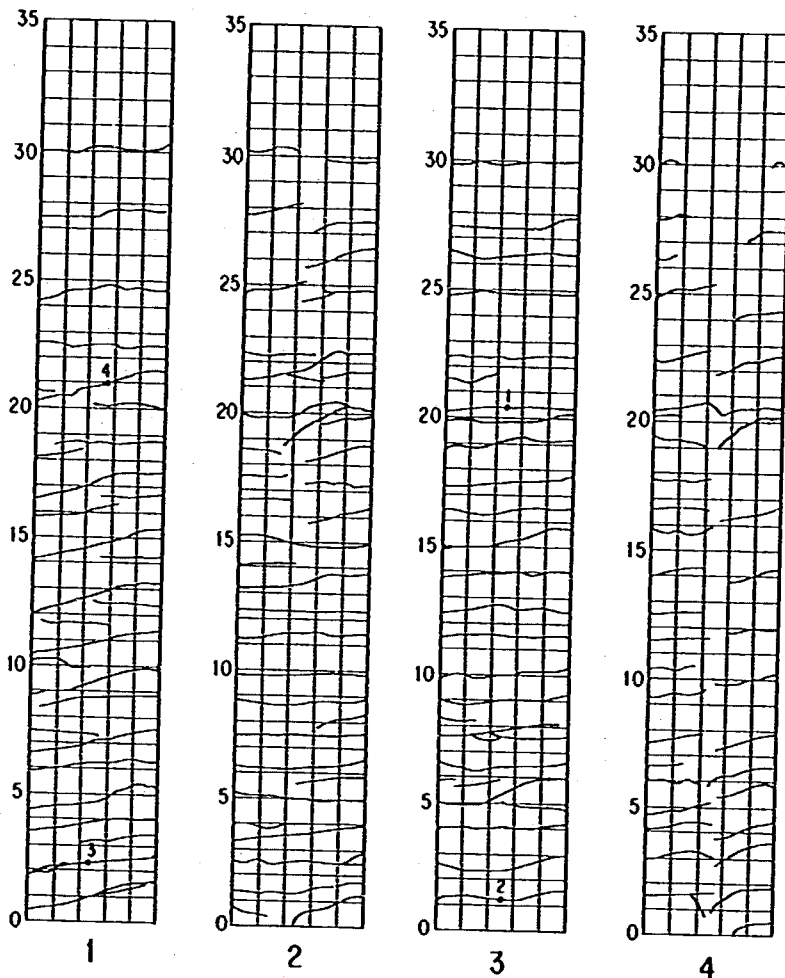
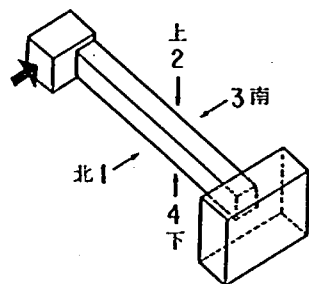
付図 1 - 1 (5) 供試体 R - 1 4 δ_0 終了後の破壊状況



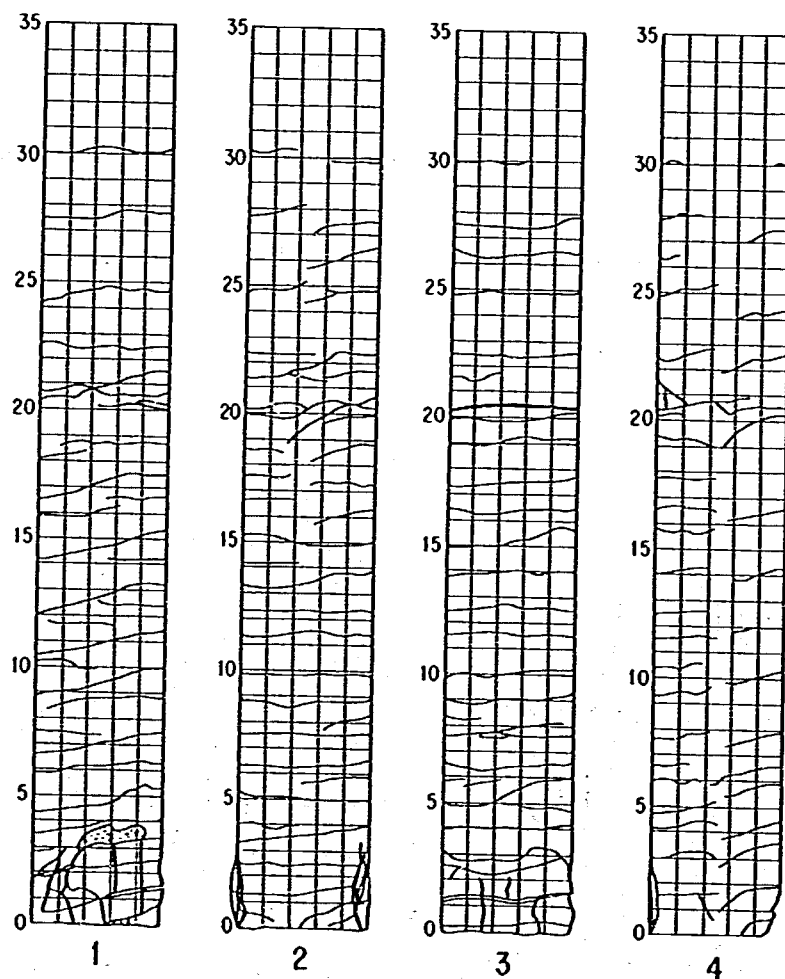
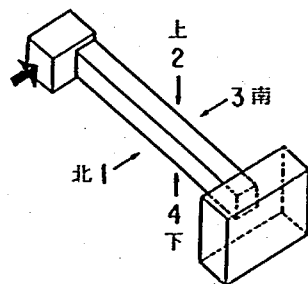
付図 I - 2 (1) 供試体 R - 2 静的載荷終了後の破壊状況



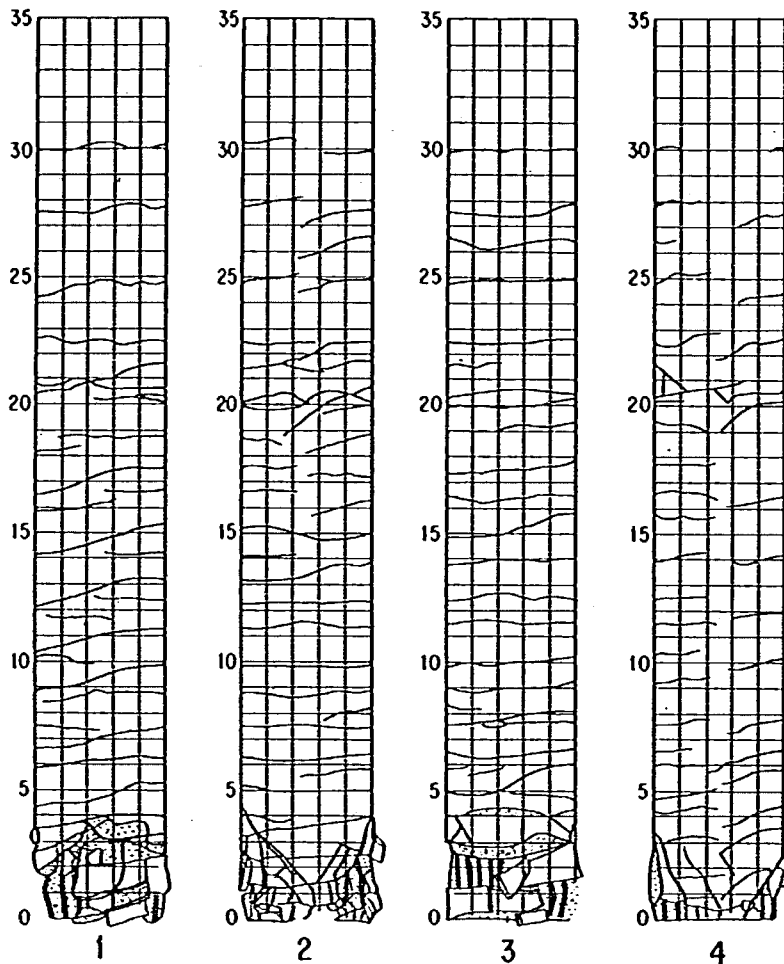
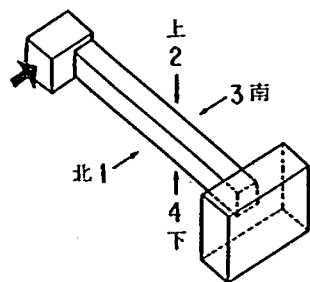
付図 I - 2 (2) 供試体 R - 2 δ_0 終了後の破壊状況



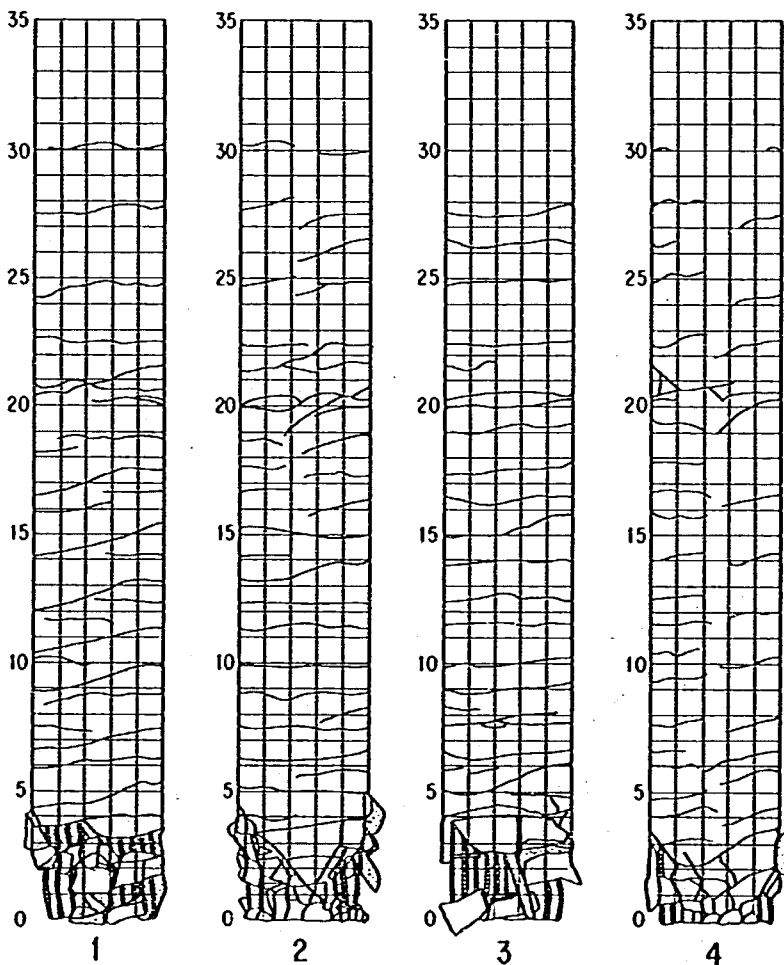
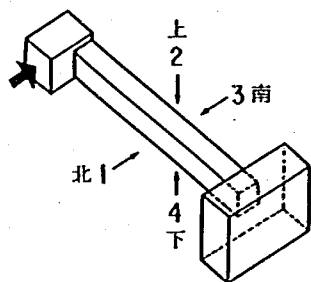
付図 I - 2 (3) 供試体 R - 2 2 δ_0 終了後の破壊状況



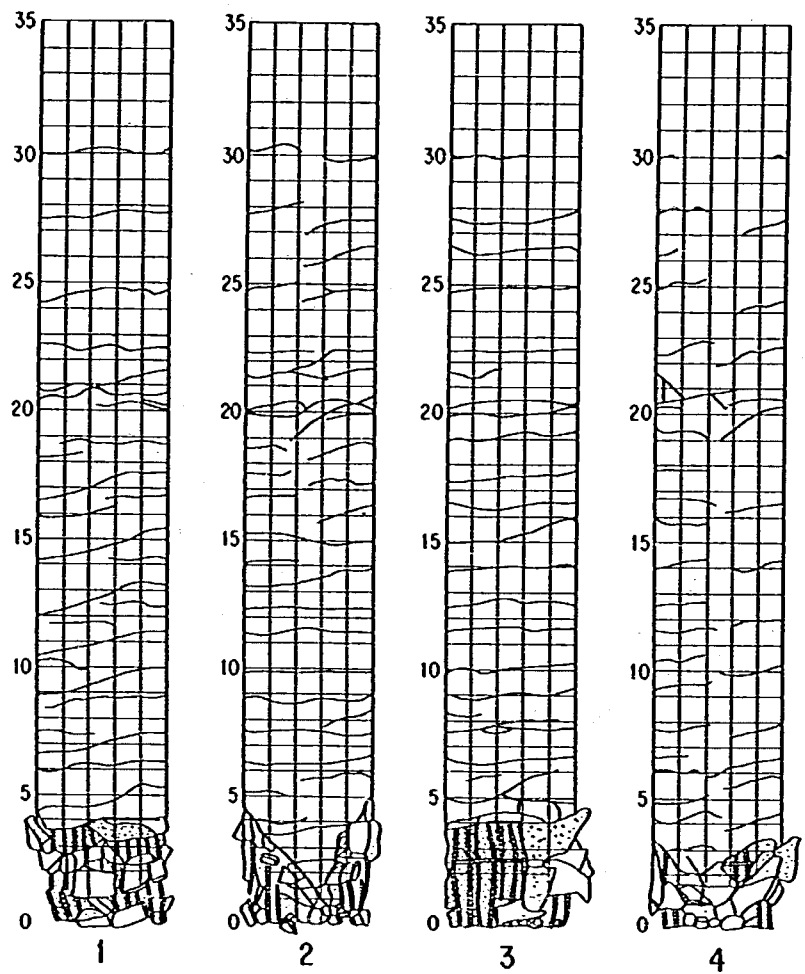
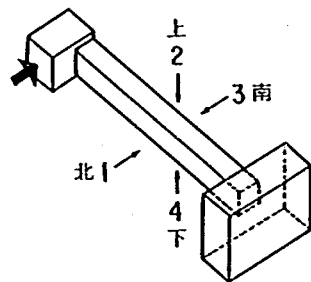
付図 I - 2 (4) 供試体 R - 2 3 δ_0 終了後の破壊状況



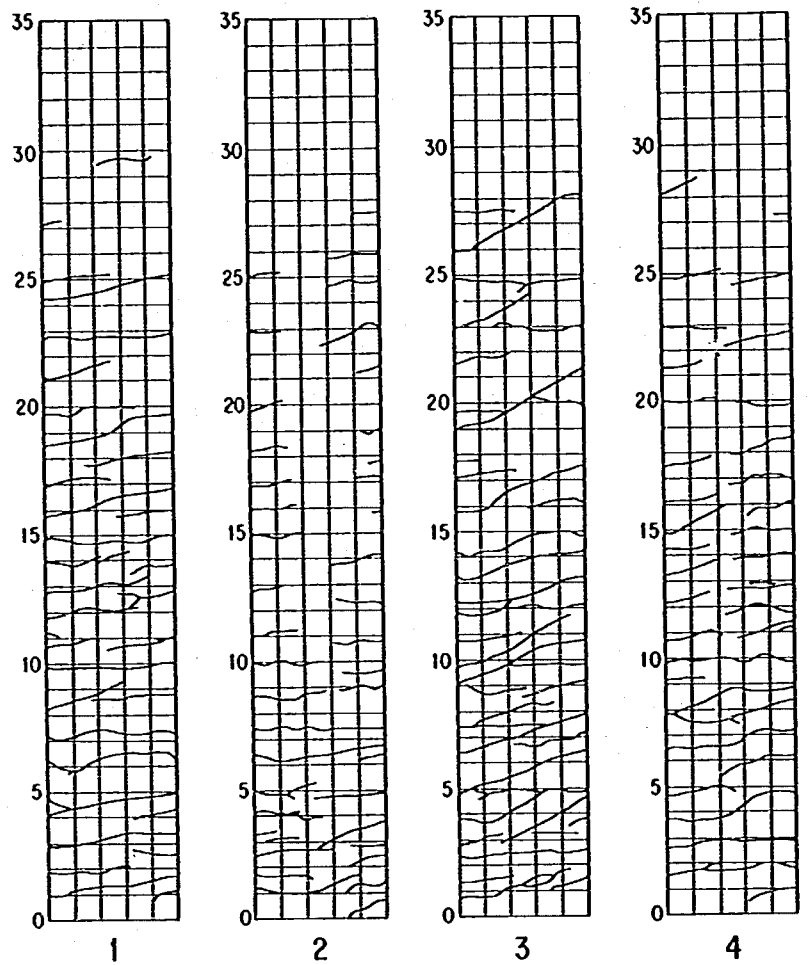
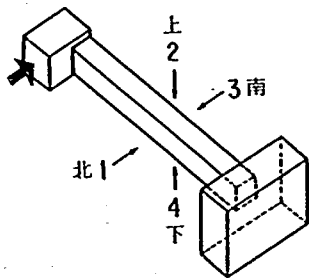
付図 I - 2 (5) 供試体 R - 2 4 δ_0 終了後の破壊状況



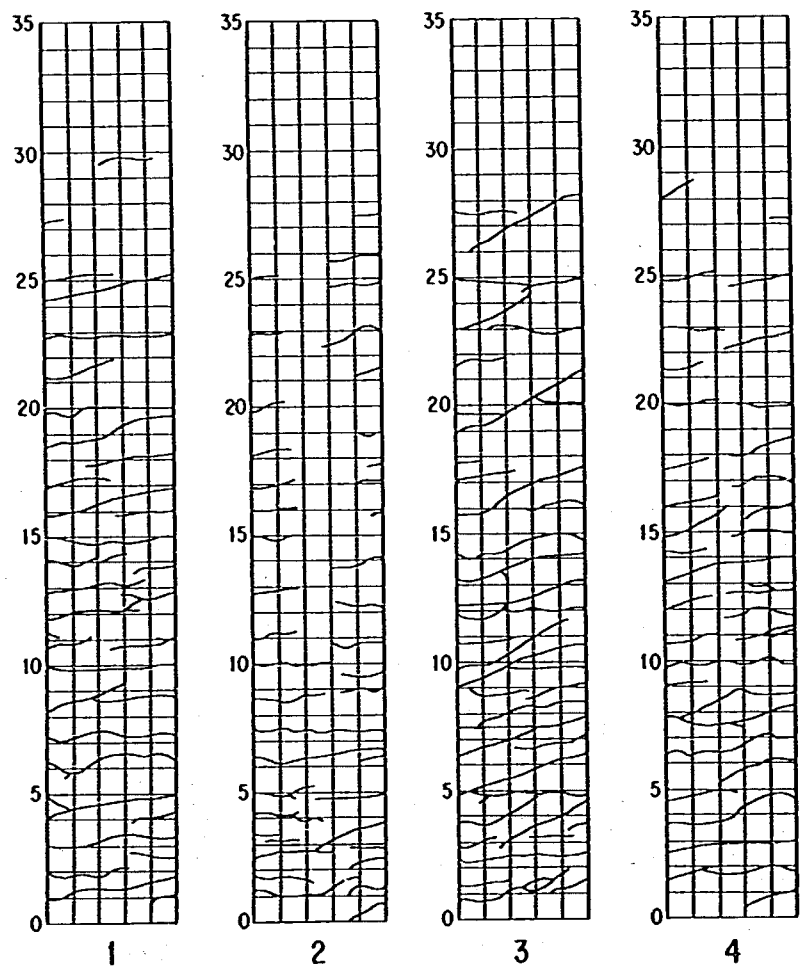
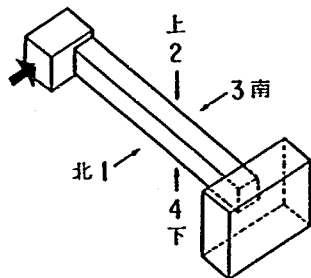
付図 I - 2 (6) 供試体 R - 2 5 δ_0 終了後の破壊状況



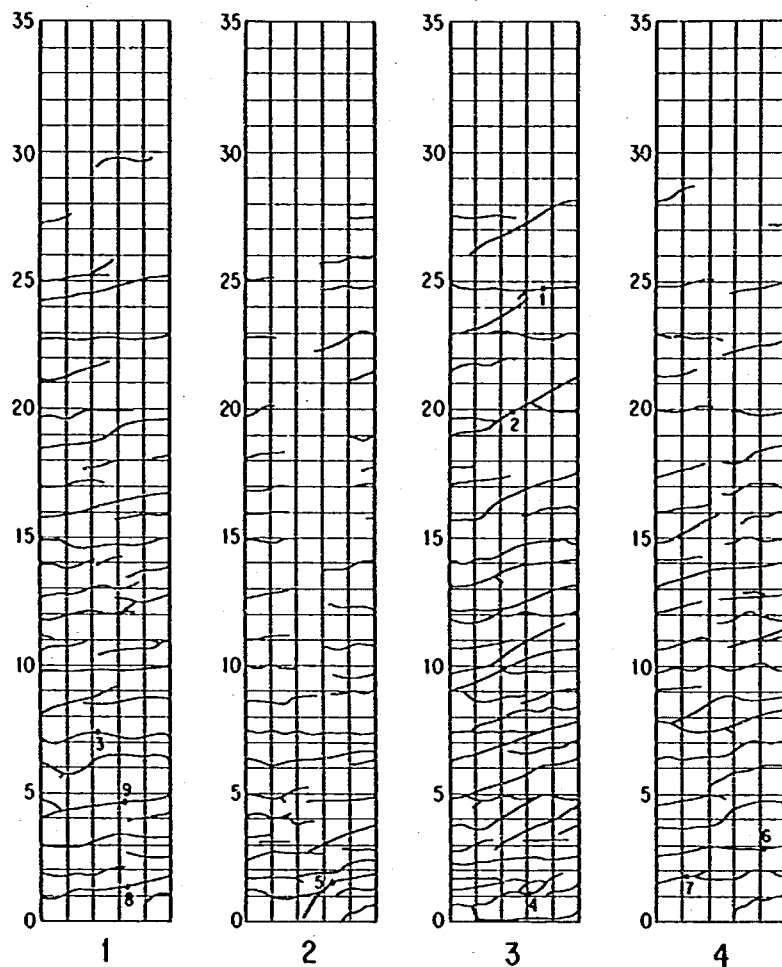
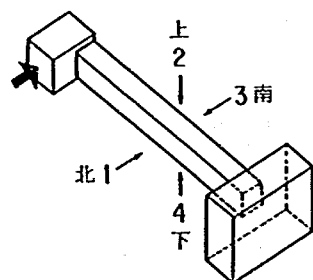
付図 I - 2 (7) 供試体 R - 2 $6\delta_0$ 終了後の破壊状況



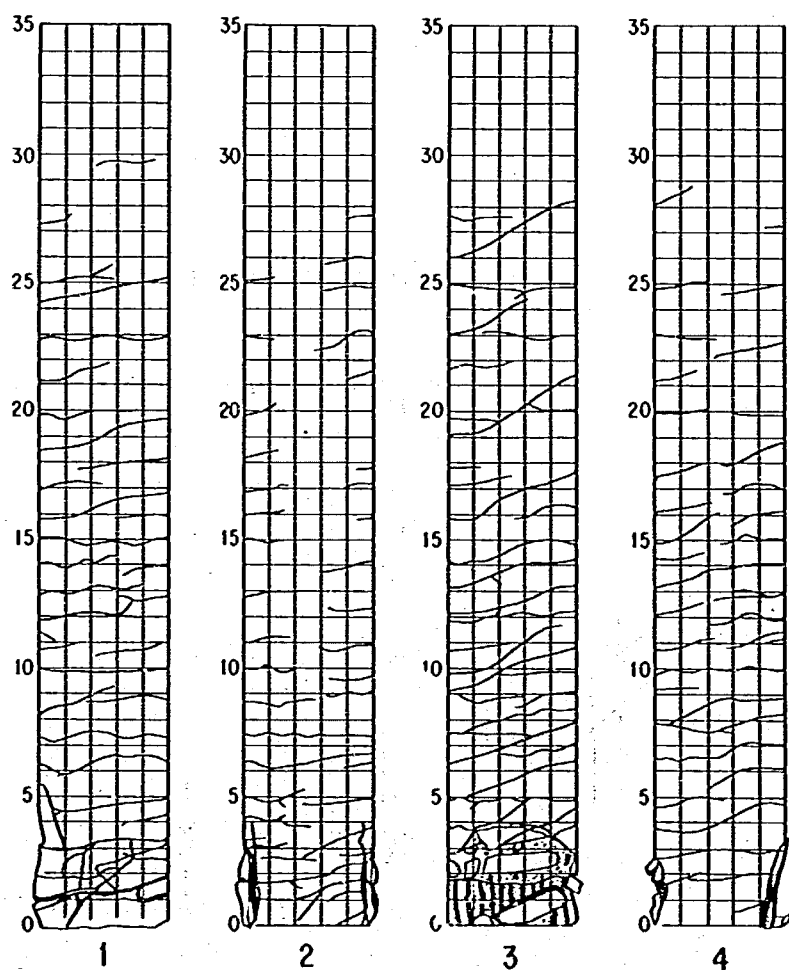
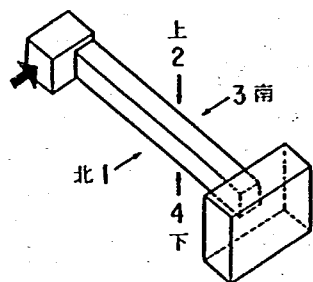
付図 I - 3 (1) 供試体 R - 3 静的載荷終了後の破壊状況



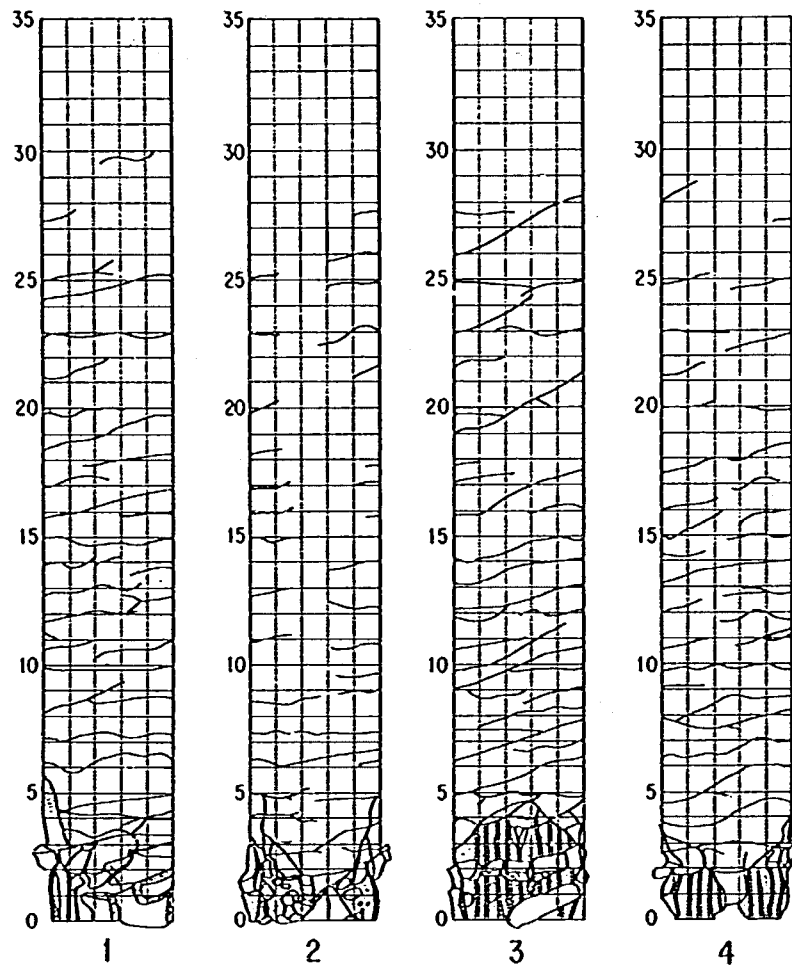
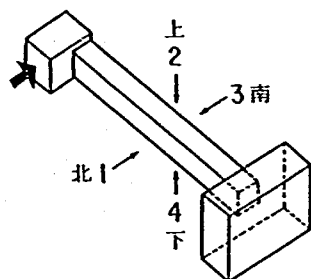
付図 I - 3 (2) 供試体 R - 3 δ_0 終了後の破壊状況



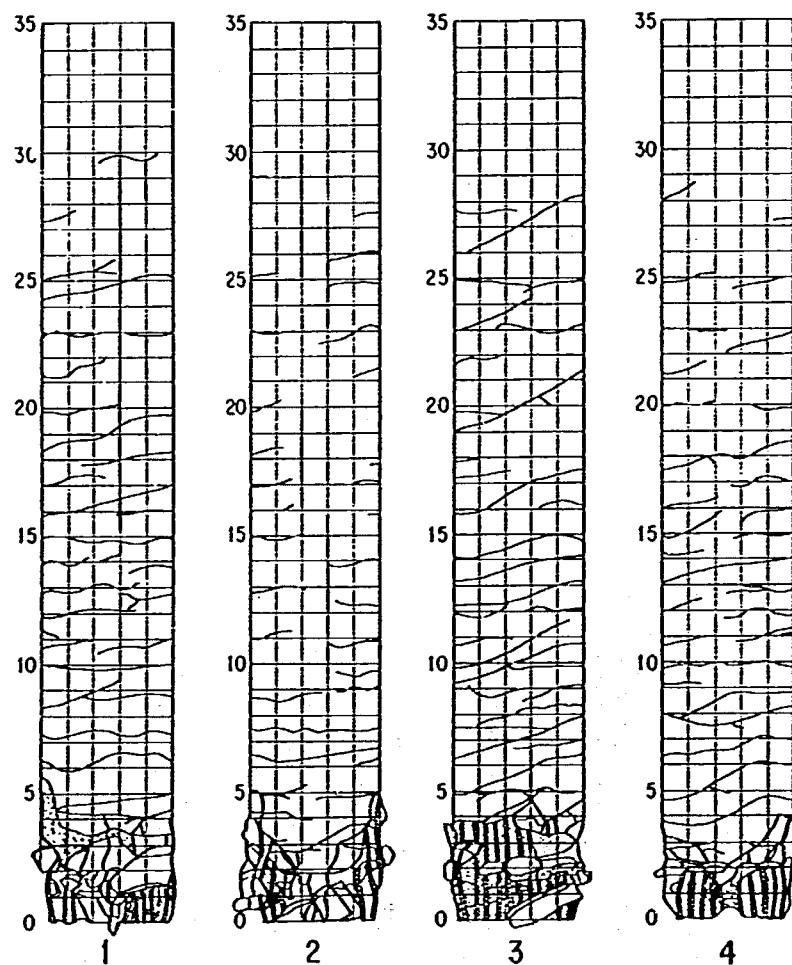
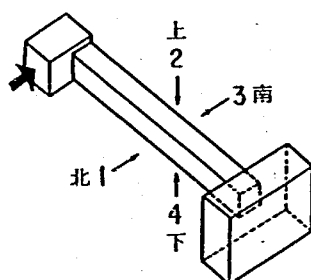
付図 I - 3 (3) 供試体 R - 3 $2\delta_0$ 終了後の破壊状況



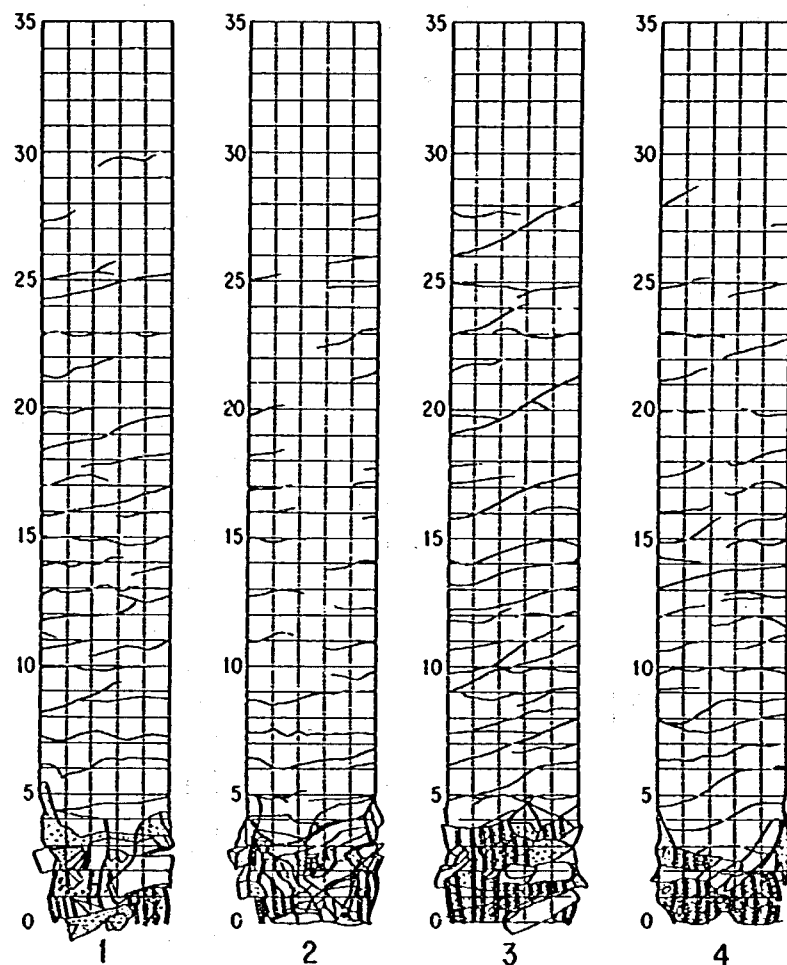
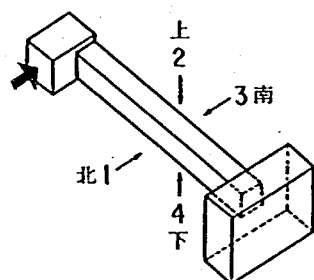
付図 I - 3 (4) 供試体 R - 3 $3\delta_0$ 終了後の破壊状況



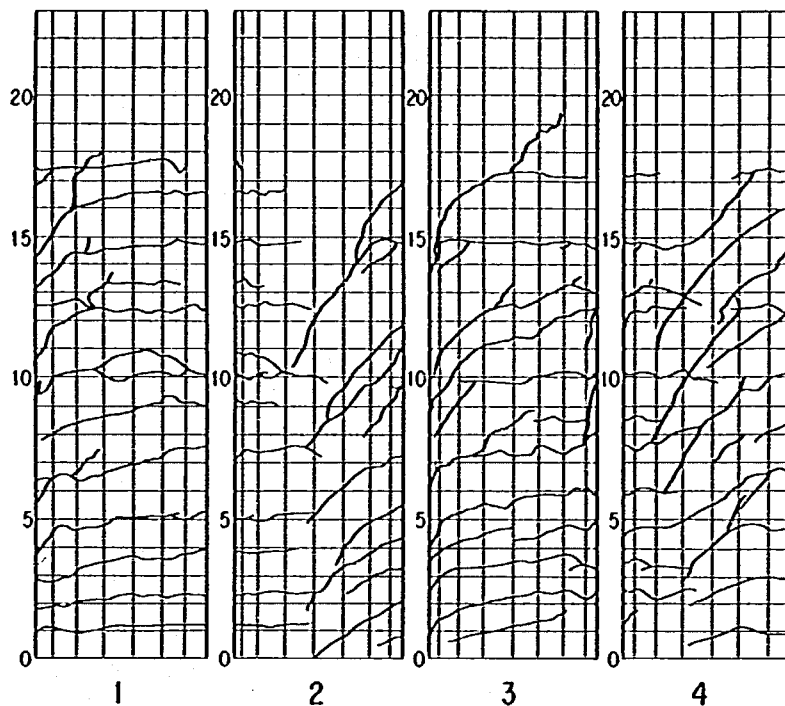
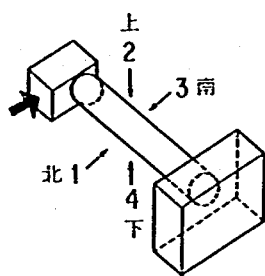
付図 I - 3 (5) 供試体 R - 3 4 δ_0 終了後の破壊状況



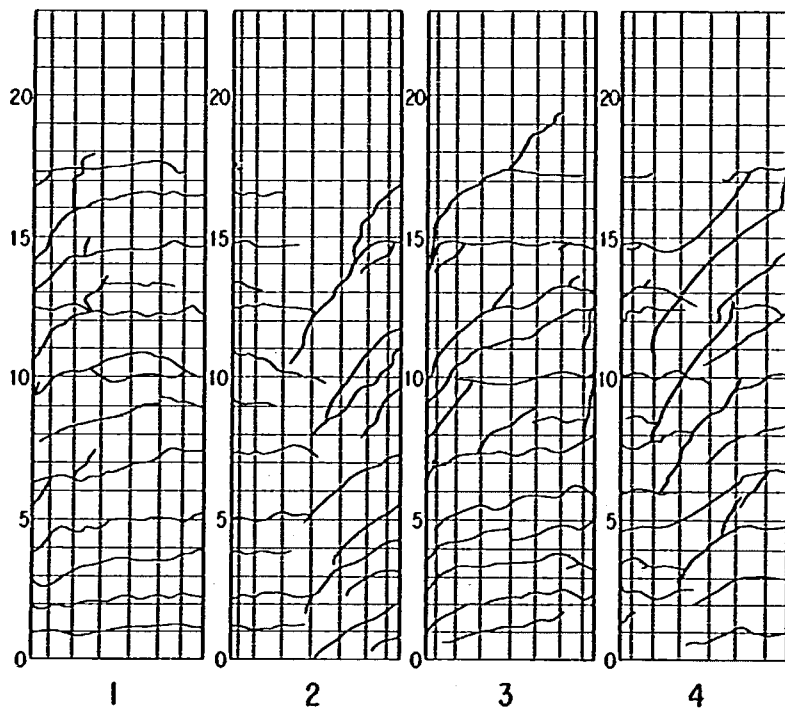
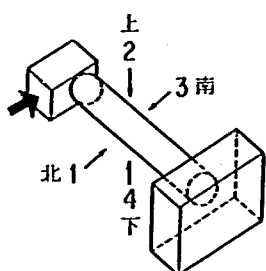
付図 I - 3 (6) 供試体 R - 3 5 δ_0 終了後の破壊状況



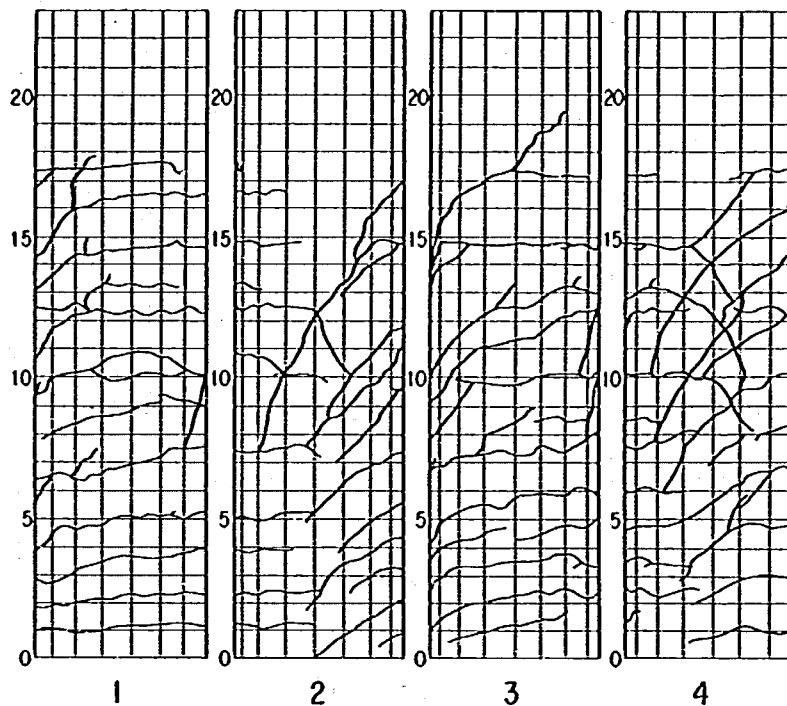
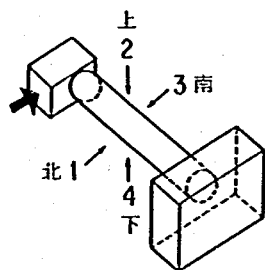
付図 1 - 3 (7) 供試体 R-3 $6\delta_0$ 終了後の破壊状況



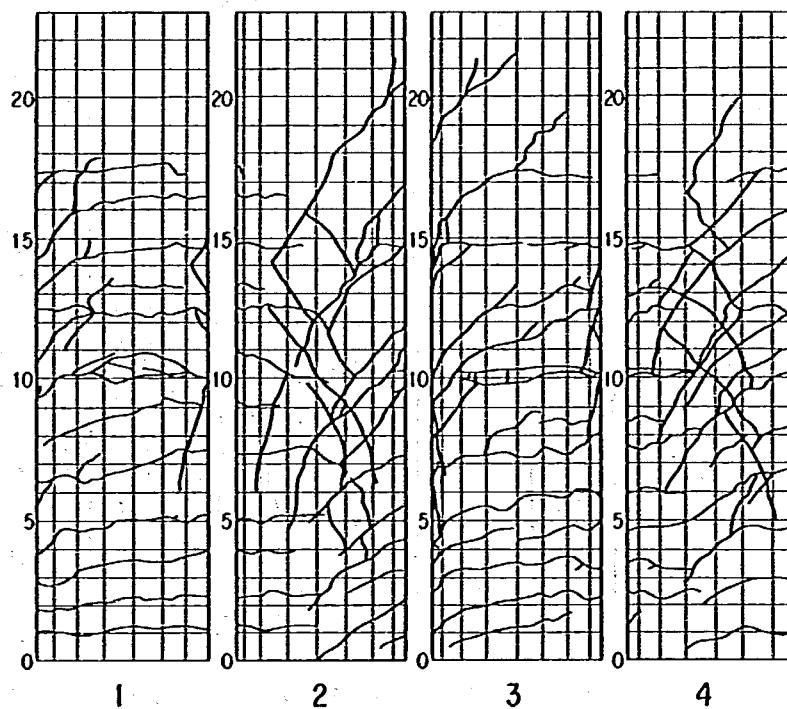
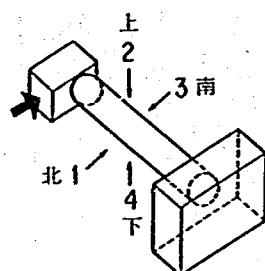
付図 I - 4 (1) 供試体 R - 4 静的載荷終了後の破壊状況



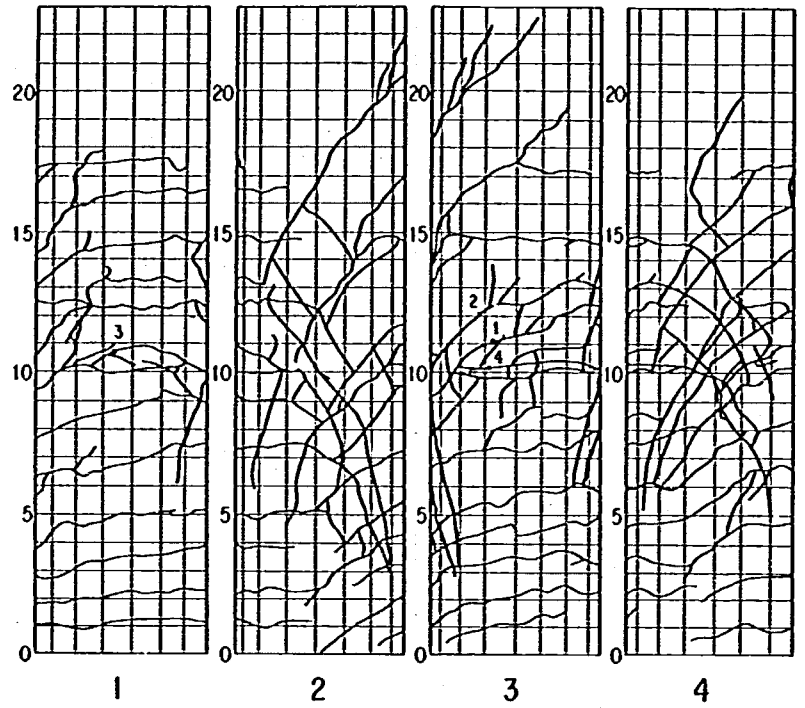
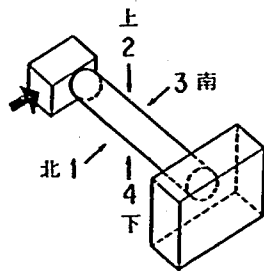
付図 I - 4 (2) 供試体 R - 4 δ_0 終了後の破壊状況



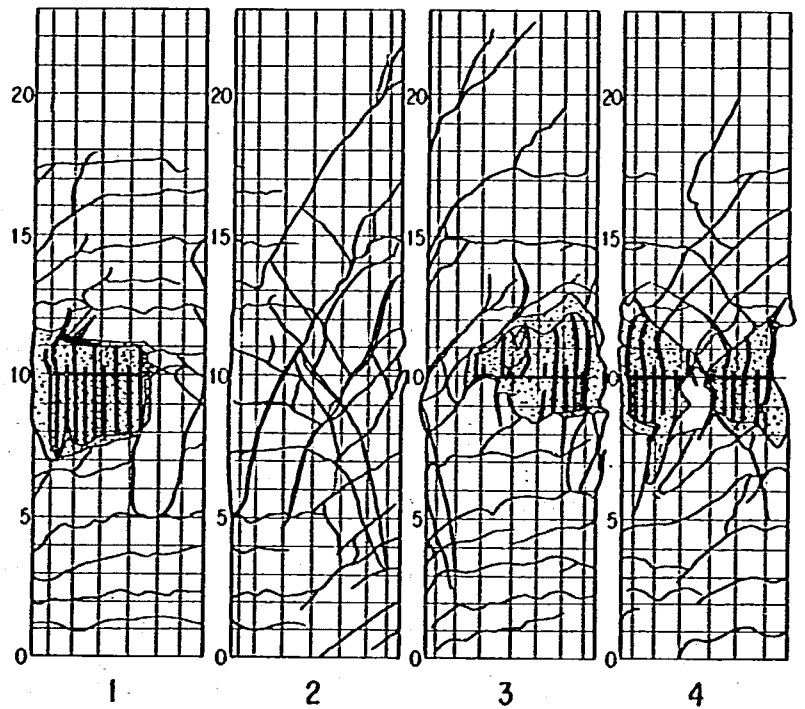
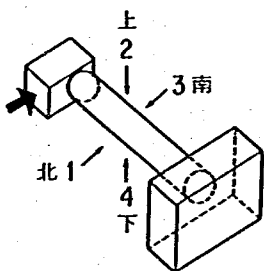
付図 I - 4 (3) 供試体 R - 4 $2\delta_0$ 終了後の破壊状況



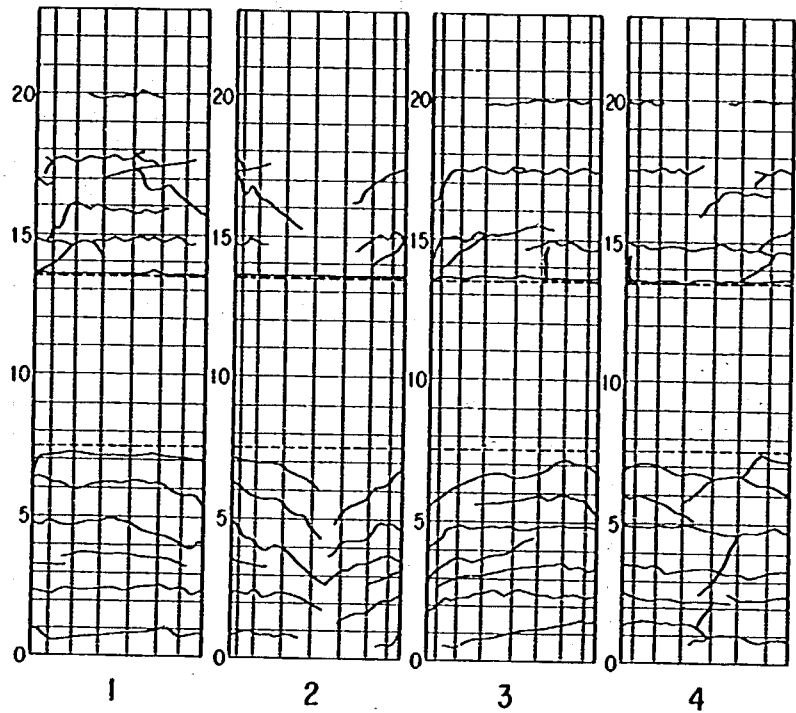
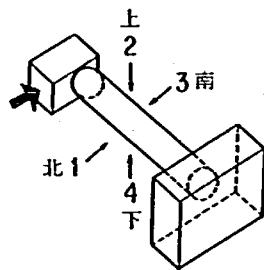
付図 I - 4 (4) 供試体 R - 4 $3\delta_0$ 終了後の破壊状況



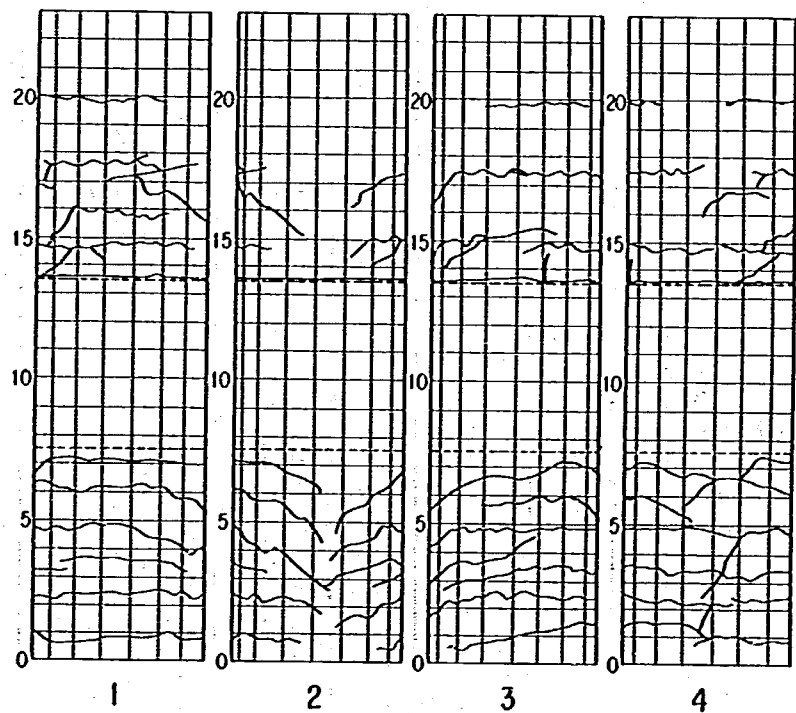
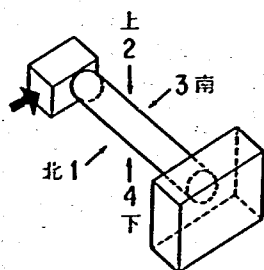
付図 I - 4 (5) 供試体 R - 4 $4\delta_0$ 終了後の破壊状況



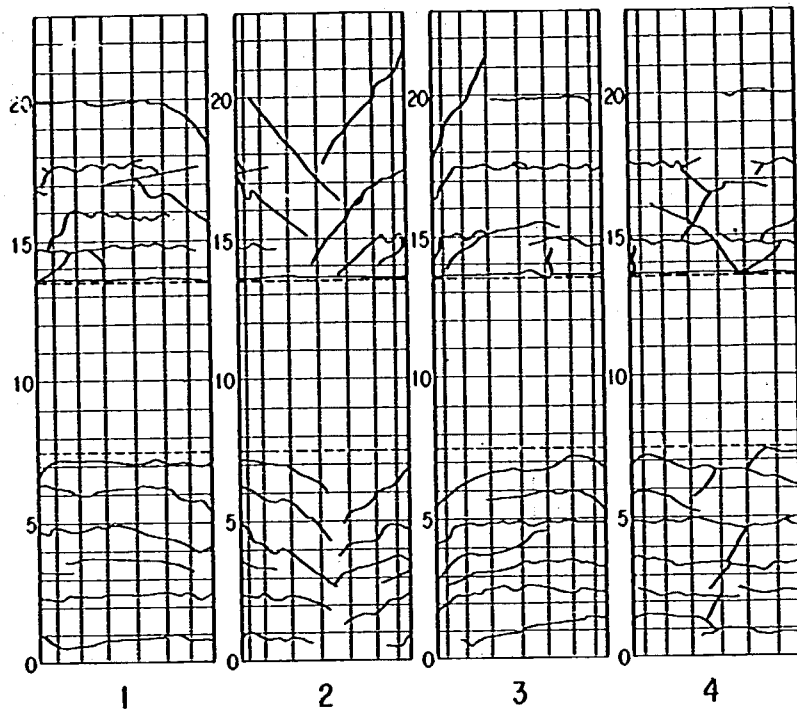
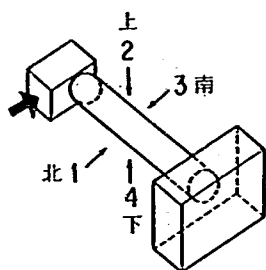
付図 I - 4 (6) 供試体 R - 4 $5\delta_0$ 終了後の破壊状況



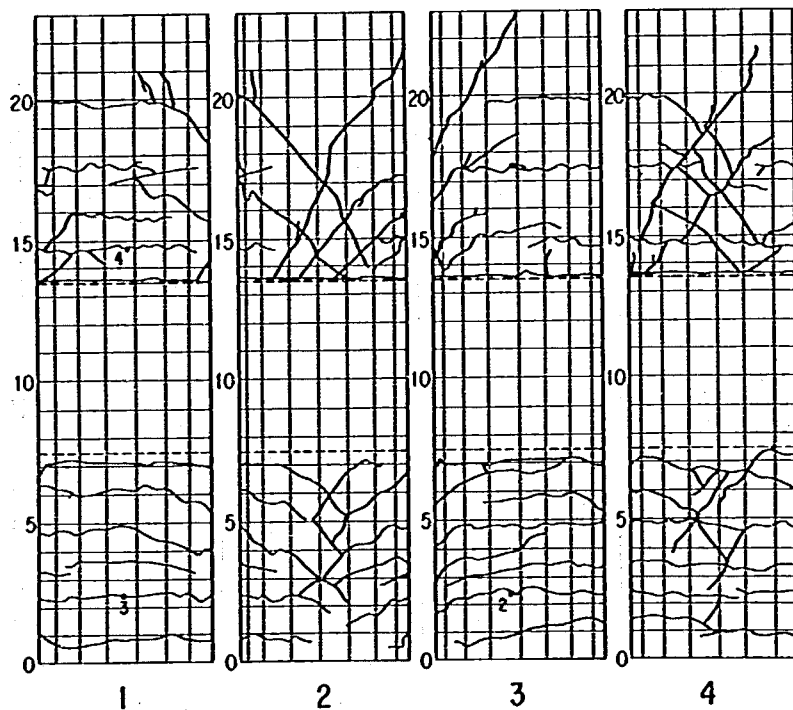
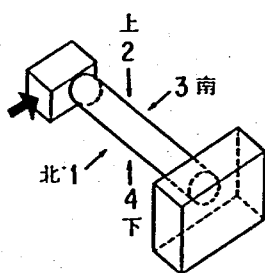
付図 I - 5 (1) 供試体 R - 5 静的載荷終了後の破壊状況



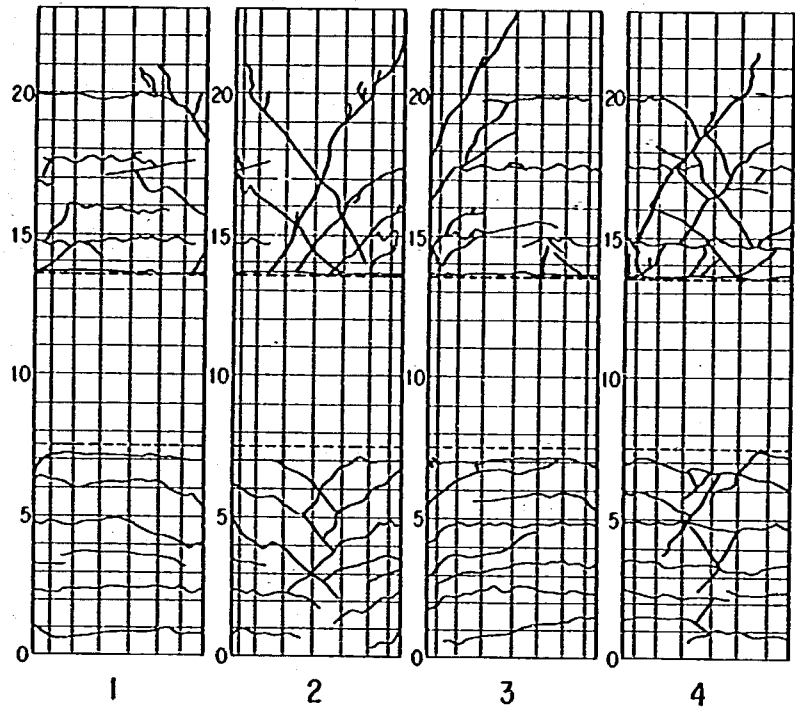
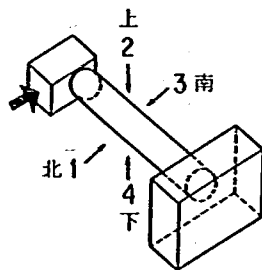
付図 I - 5 (2) 供試体 R - 5 δ_0 終了後の破壊状況



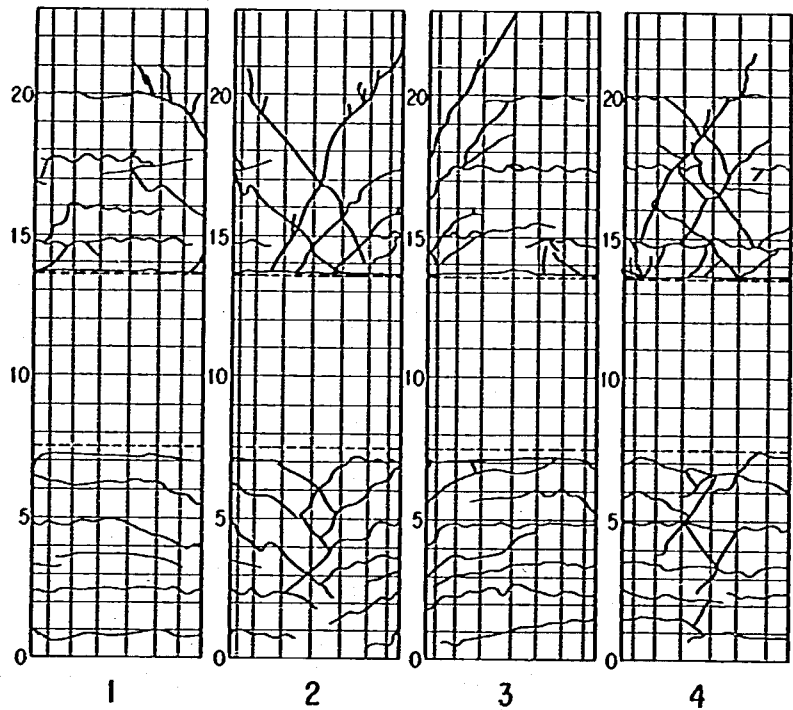
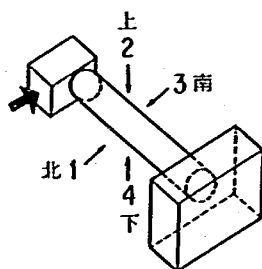
付図 I - 5 (3) 供試体 R-5 2 δ_0 終了後の破壊状況



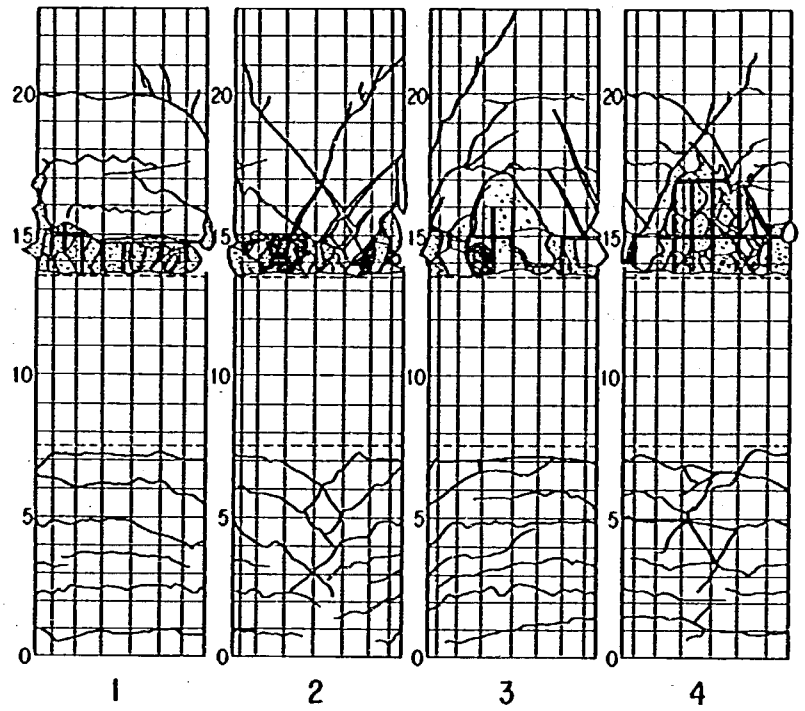
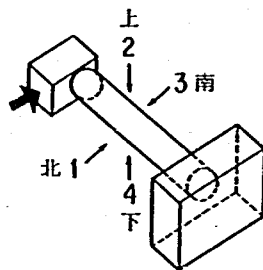
付図 I - 5 (4) 供試体 R-5 3 δ_0 終了後の破壊状況



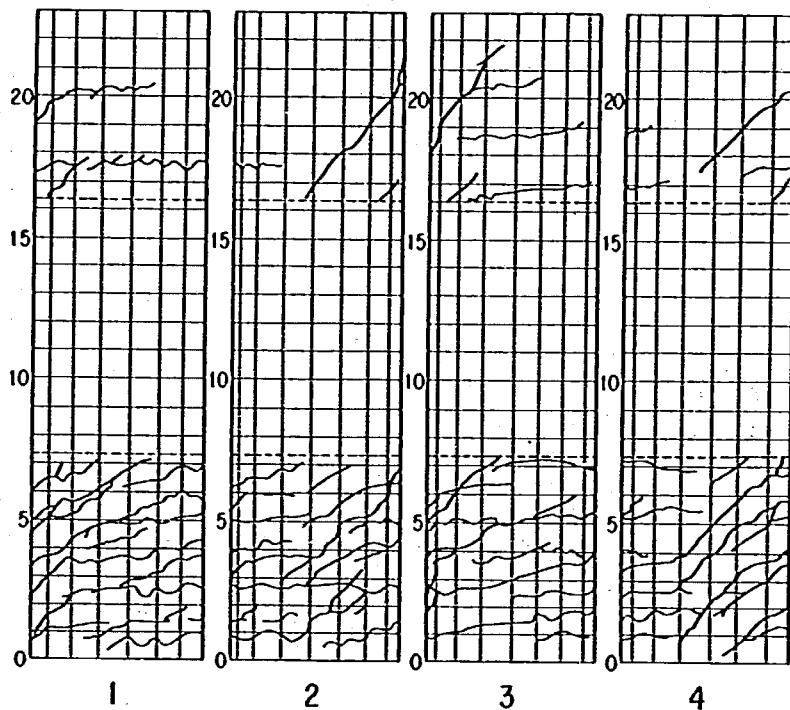
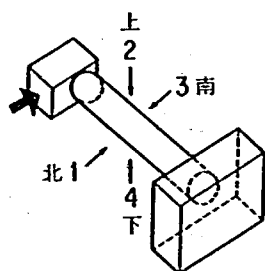
付図 I - 5 (5) 供試体 R - 5 $4\delta_0$ 終了後の破壊状況



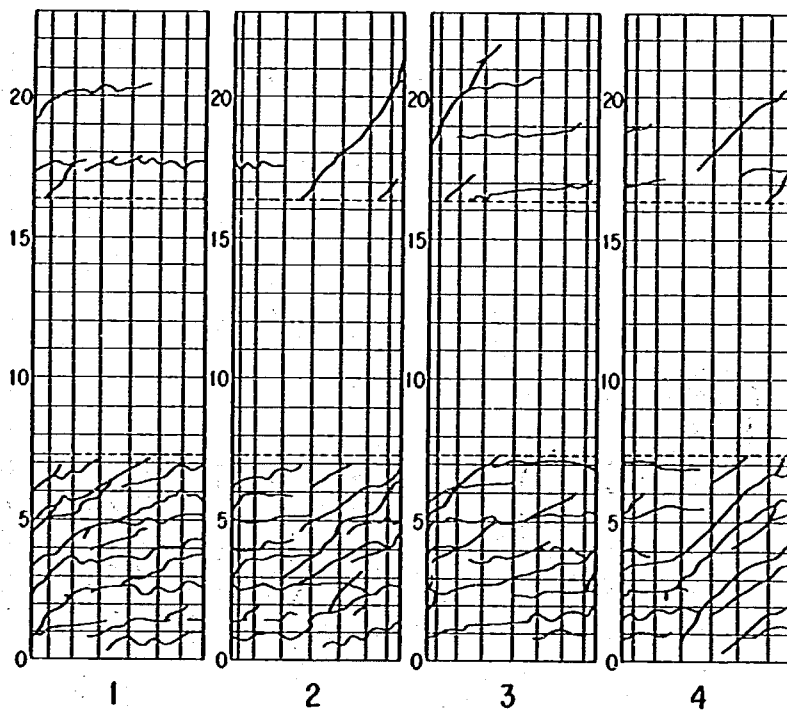
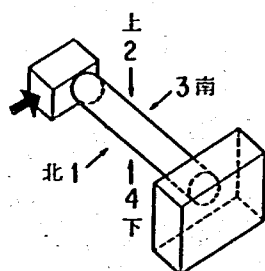
付図 I - 5 (6) 供試体 R - 5 $5\delta_0$ 終了後の破壊状況



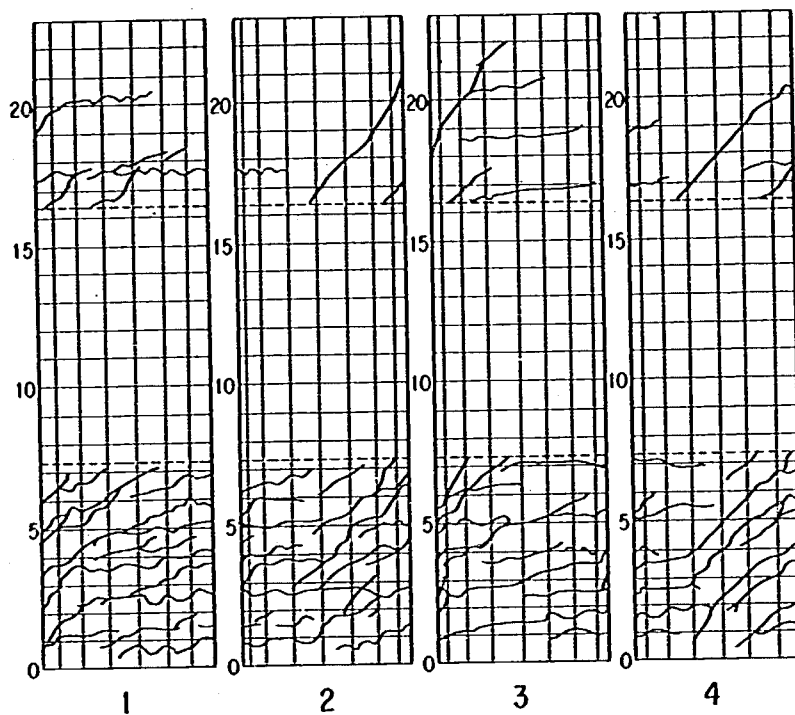
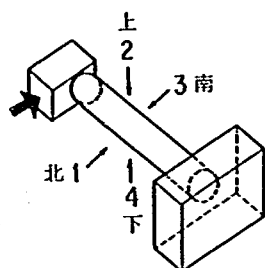
付図 I - 5 (7) 供試体 R - 5 6 δ_0 終了後の破壊状況



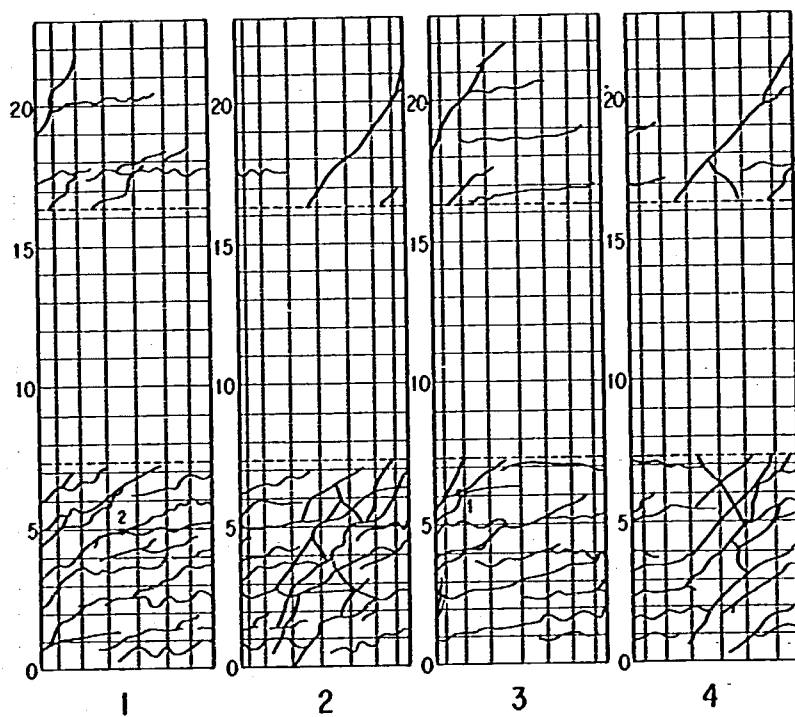
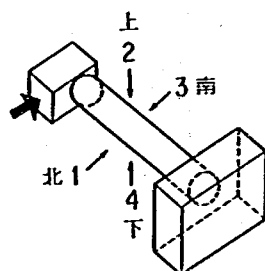
付図 I - 6 (1) 供試体 R - 6 静的載荷終了後の破壊状況



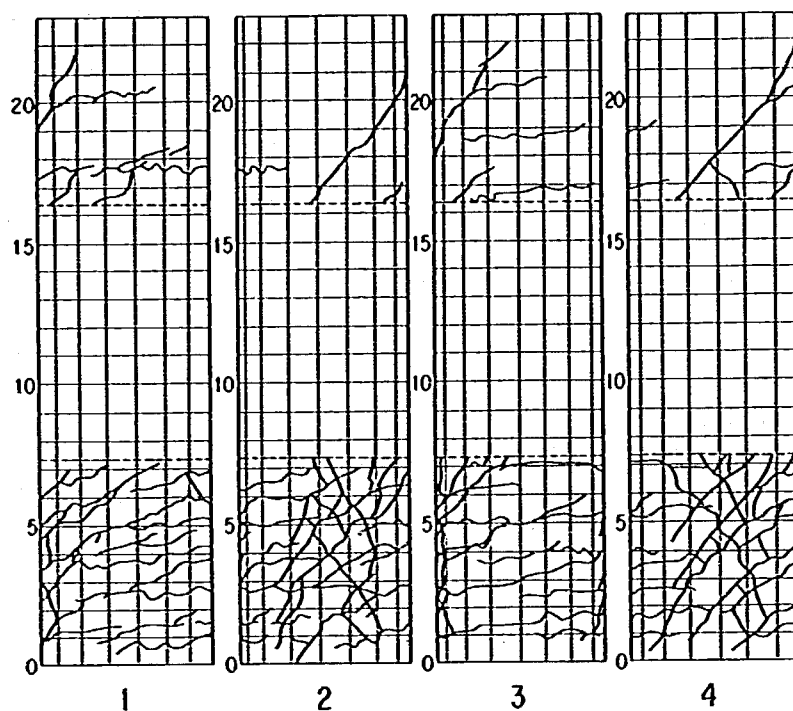
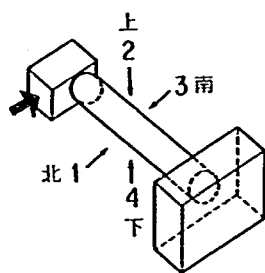
付図 I - 6 (2) 供試体 R - 6 δ_0 終了後の破壊状況



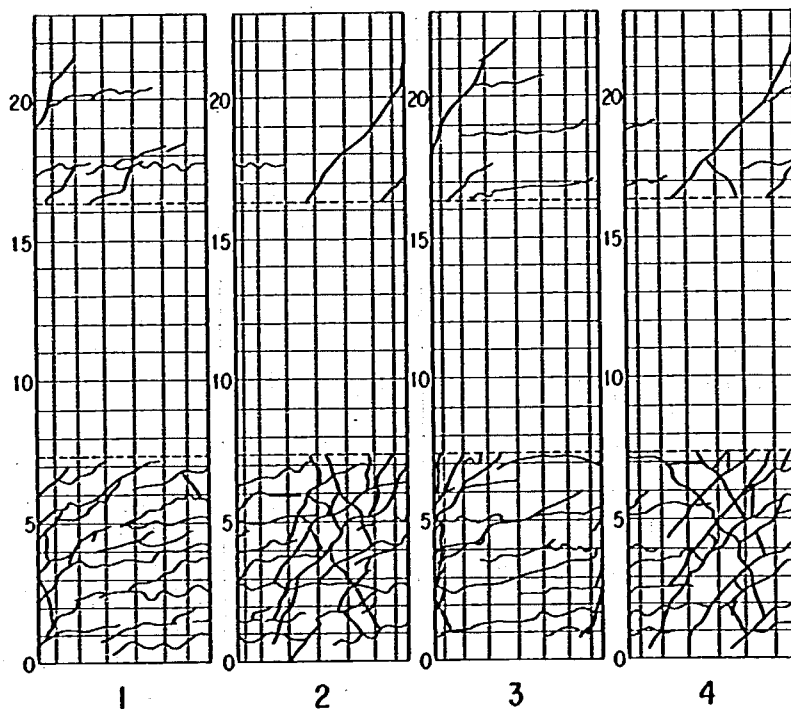
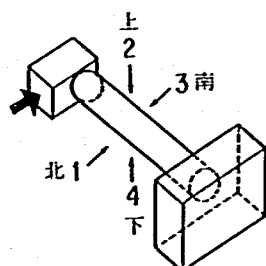
付図 I - 6 (3) 供試体 R - 6 $2\delta_0$ 終了後の破壊状況



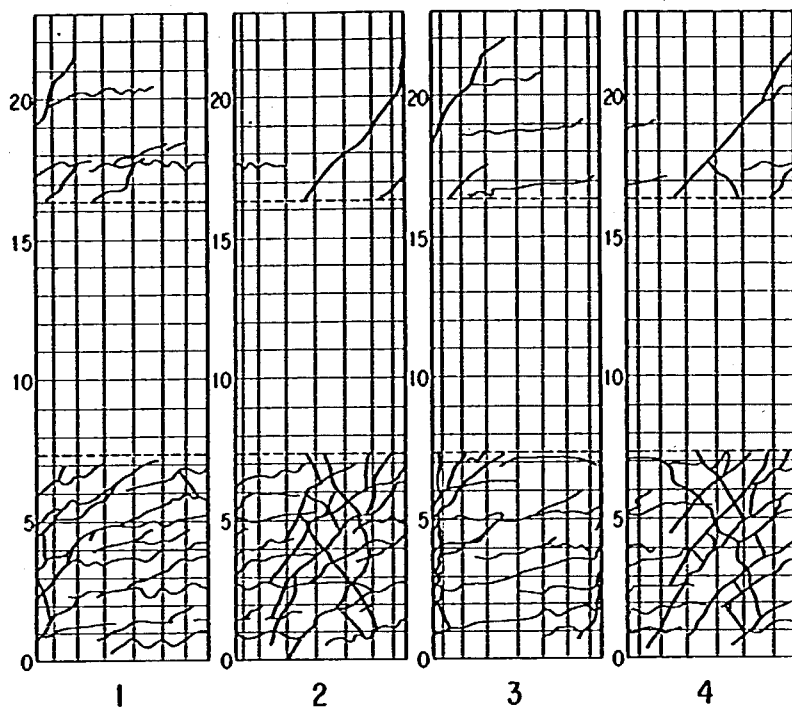
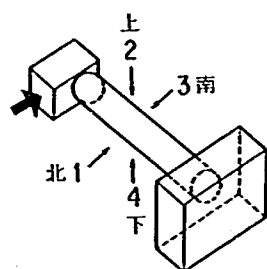
付図 I - 6 (4) 供試体 R - 6 $3\delta_0$ 終了後の破壊状況



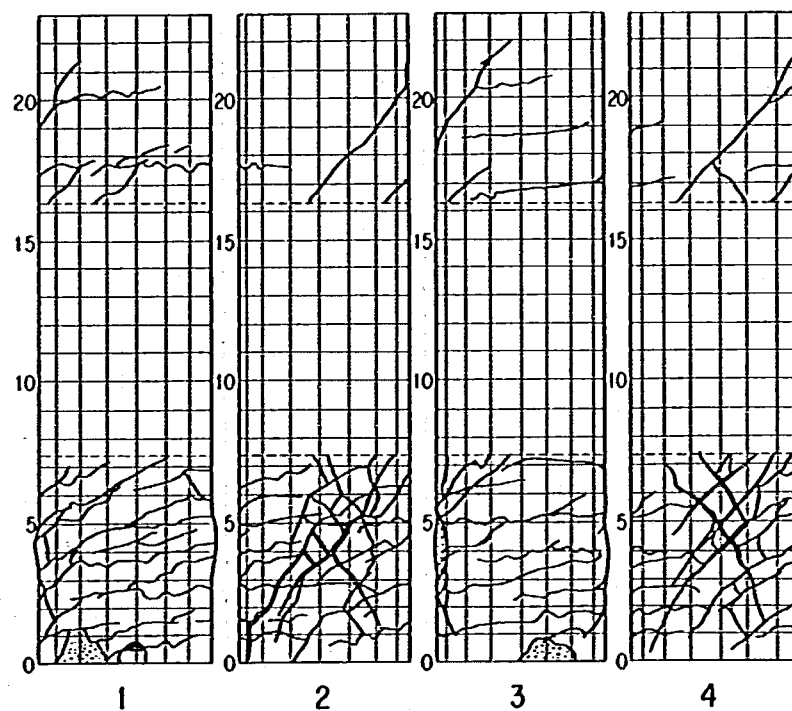
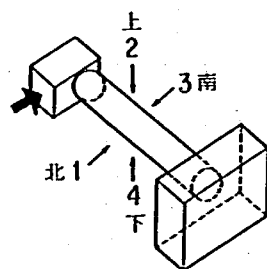
付図 I - 5 (5) 供試体 R - 6 $4\delta_0$ 終了後の破壊状況



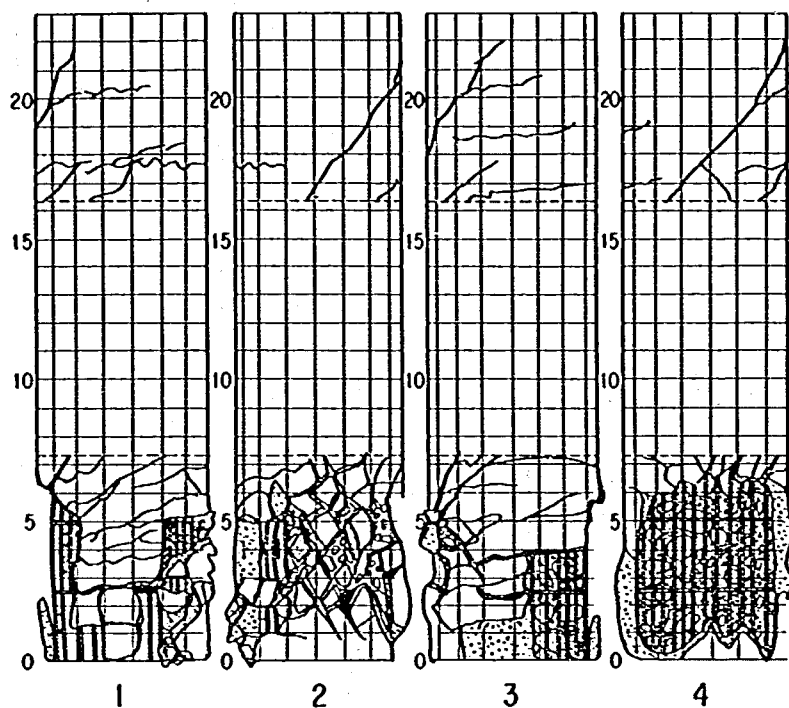
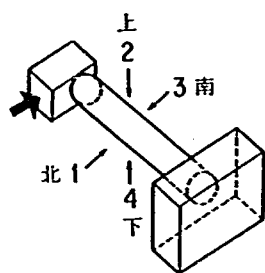
付図 I - 6 (6) 供試体 R - 6 $5\delta_0$ 終了後の破壊状況



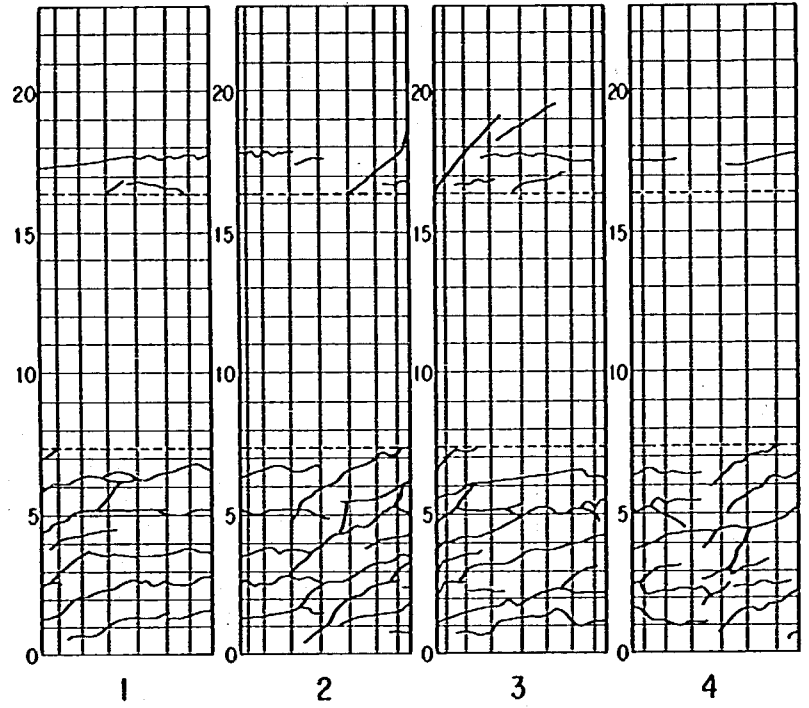
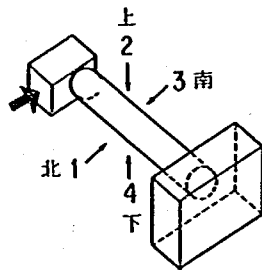
付図 I - 6 (7) 供試体 R - 6 6 δ_0 終了後の破壊状況



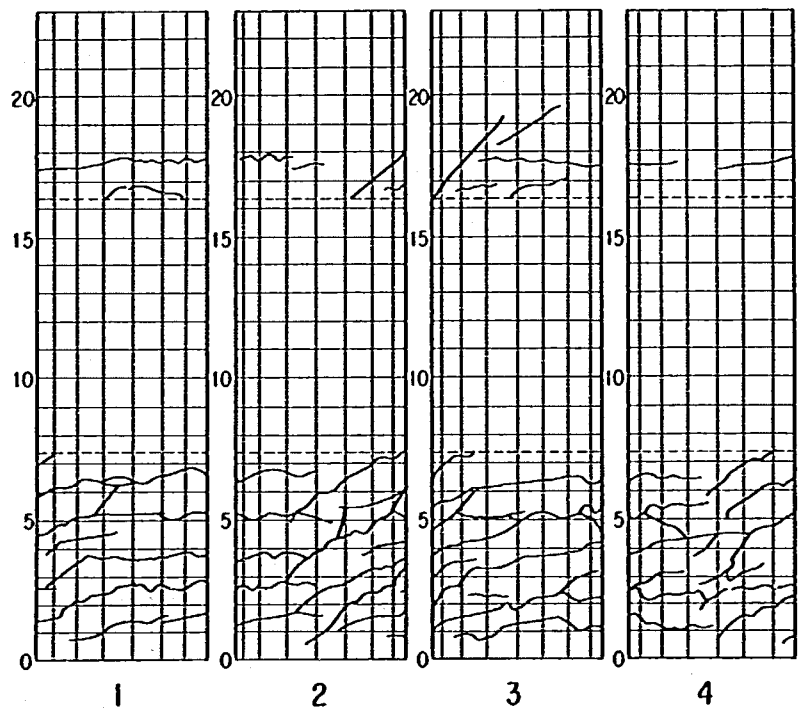
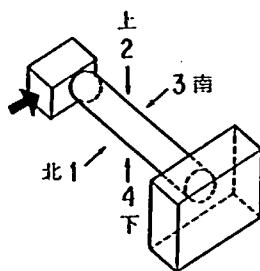
付図 I - 6 (8) 供試体 R - 6 7 δ_0 終了後の破壊状況



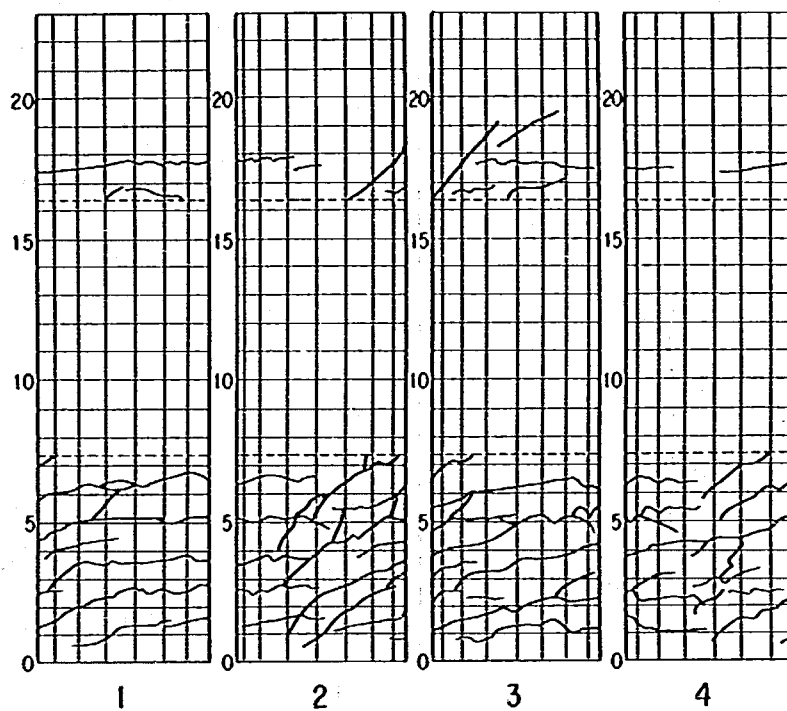
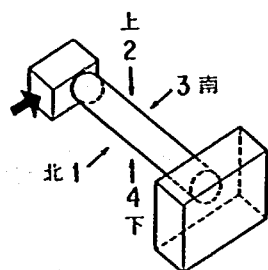
付図 I - 6 (9) 供試体 R - 6 $8\delta_0$ 終了後の破壊状況



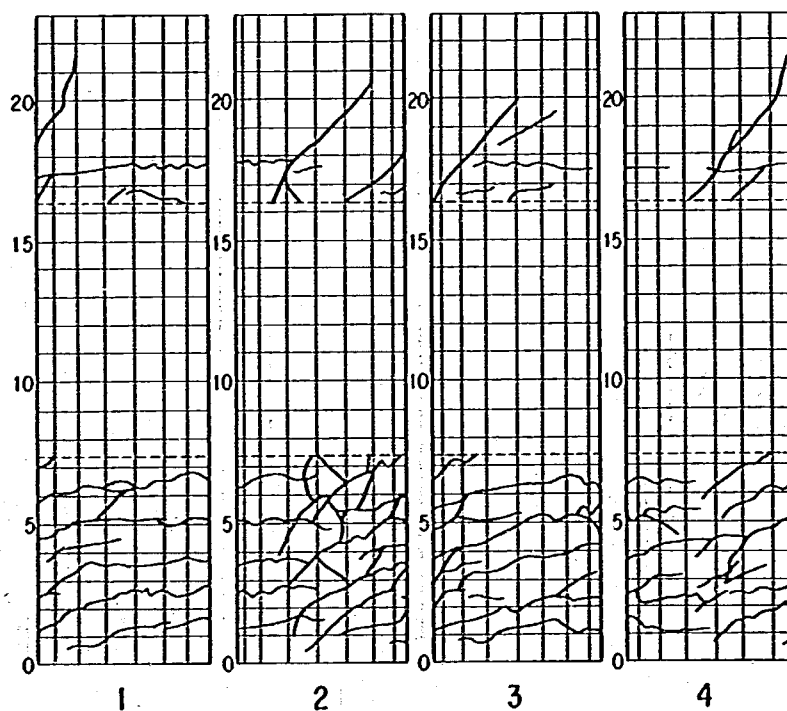
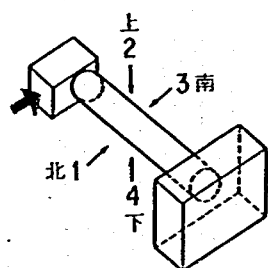
付図 I - 7 (1) 供試体 R - 7 静的载荷終了後の破壊状況



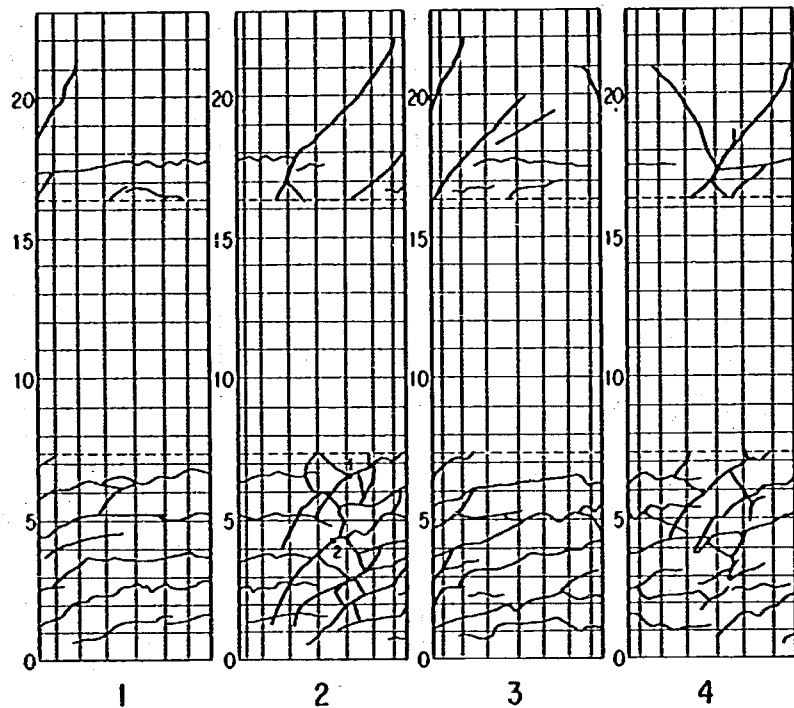
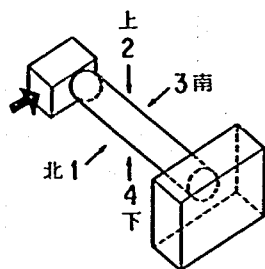
付図 I - 7 (2) 供試体 R - 7 δ_0 終了後の破壊状況



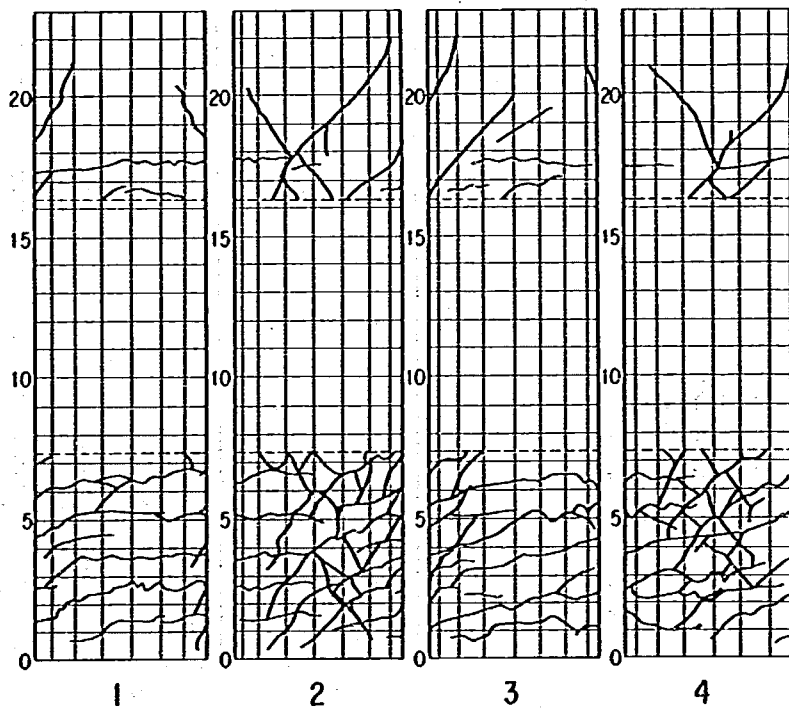
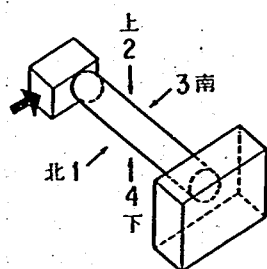
付図 I - 7 (3) 供試体 R - 7 $2\delta_0$ 終了後の破壊状況



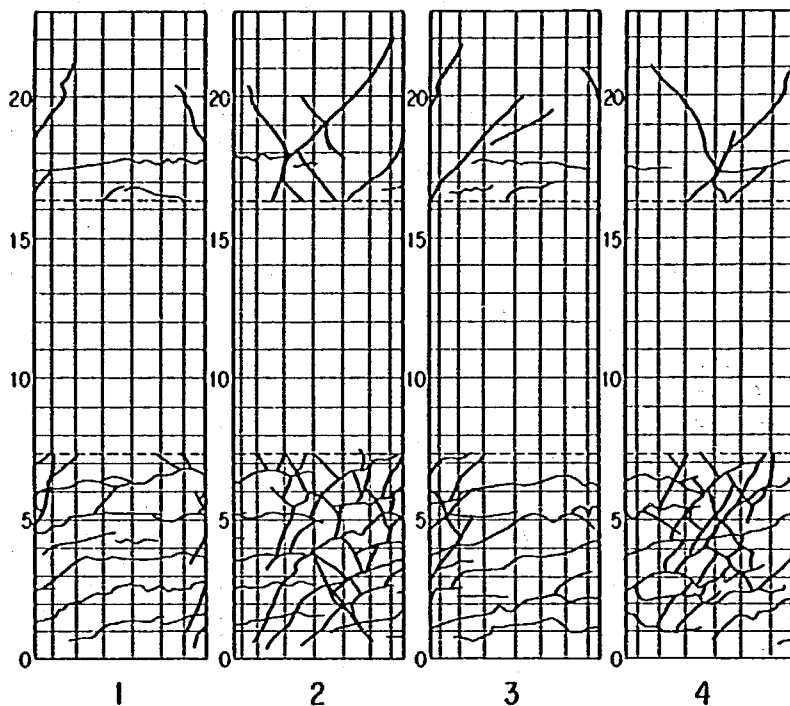
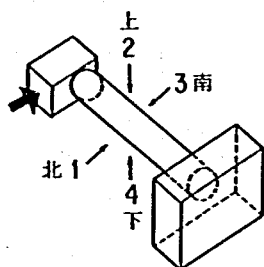
付図 I - 7 (4) 供試体 R - 7 $3\delta_0$ 終了後の破壊状況



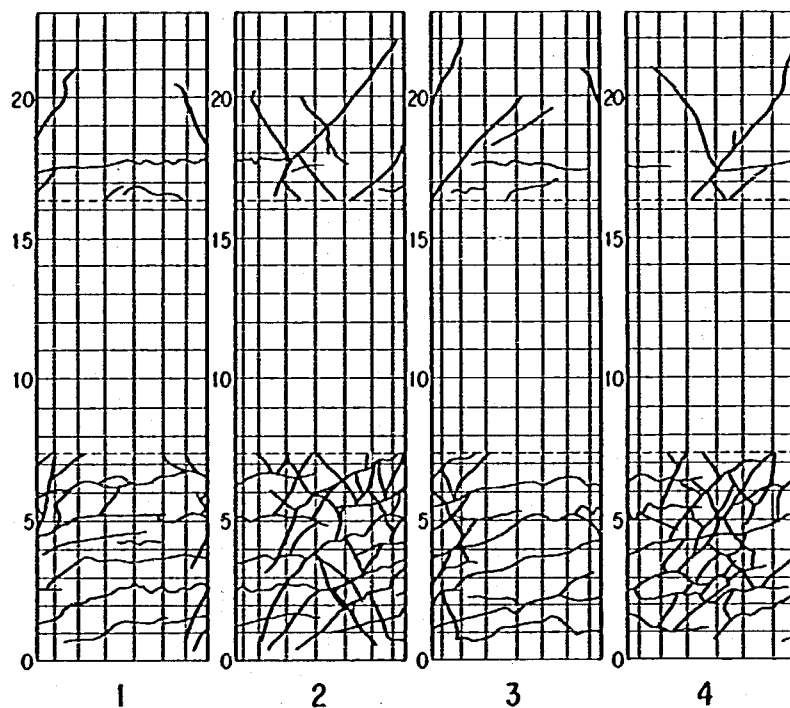
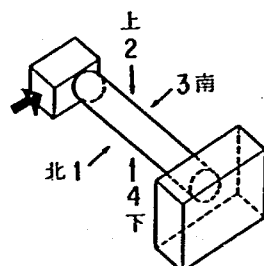
付図 I - 7 (5) 供試体 R - 7 4 δ_0 終了後の破壊状況



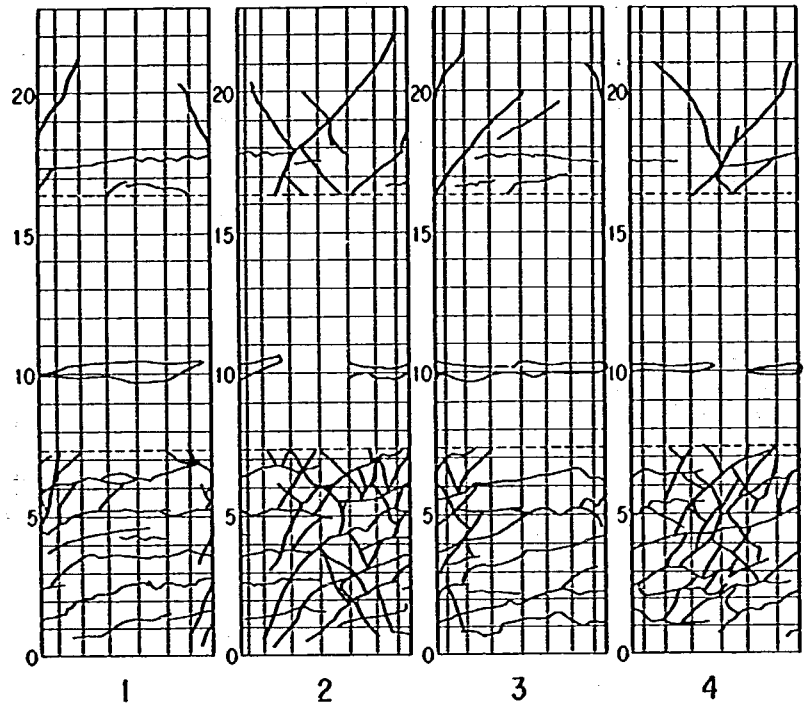
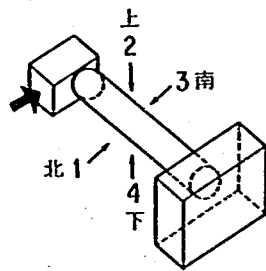
付図 I - 7 (6) 供試体 R - 7 5 δ_0 終了後の破壊状況



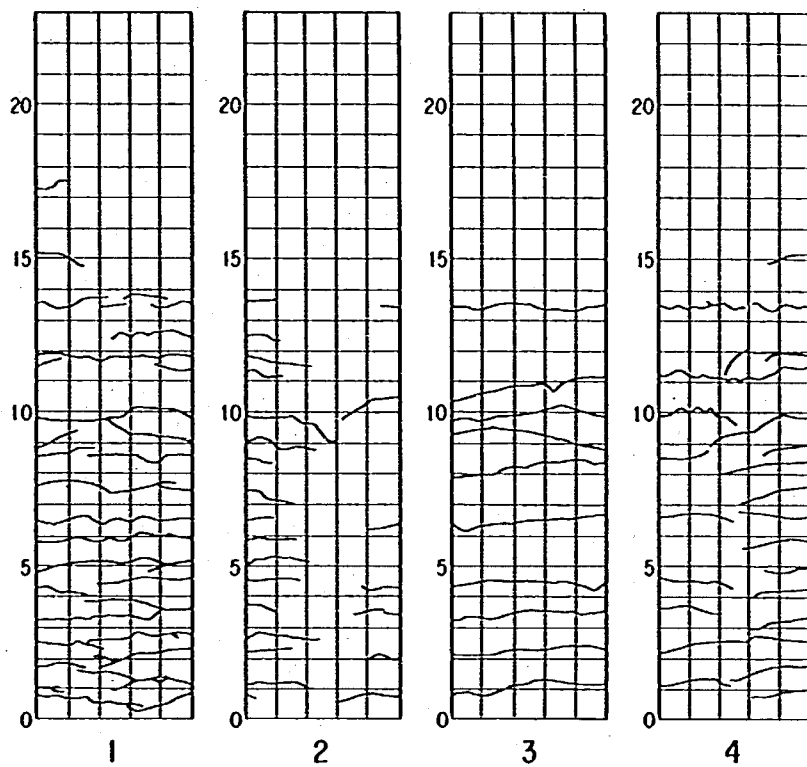
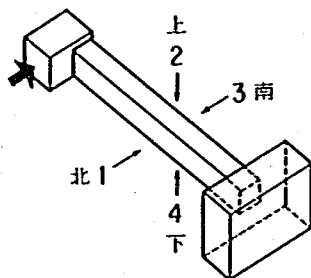
付図 I - 7 (7) 供試体 R - 7 $6\delta_0$ 終了後の破壊状況



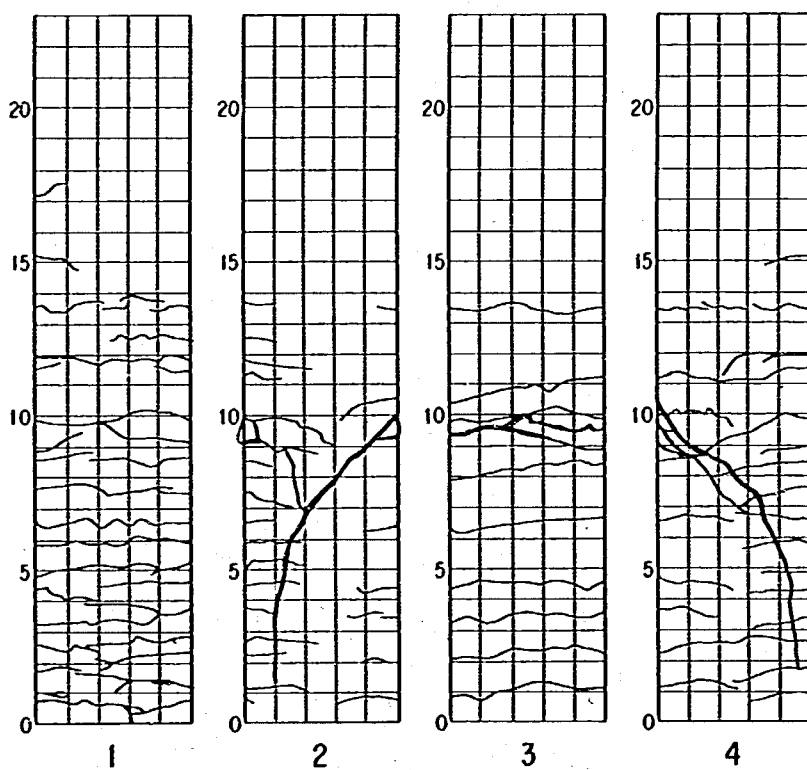
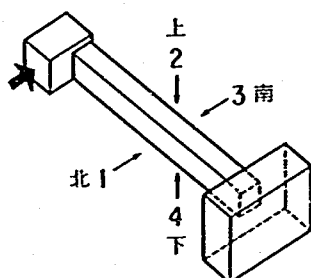
付図 I - 7 (8) 供試体 R - 7 $7\delta_0$ 終了後の破壊状況



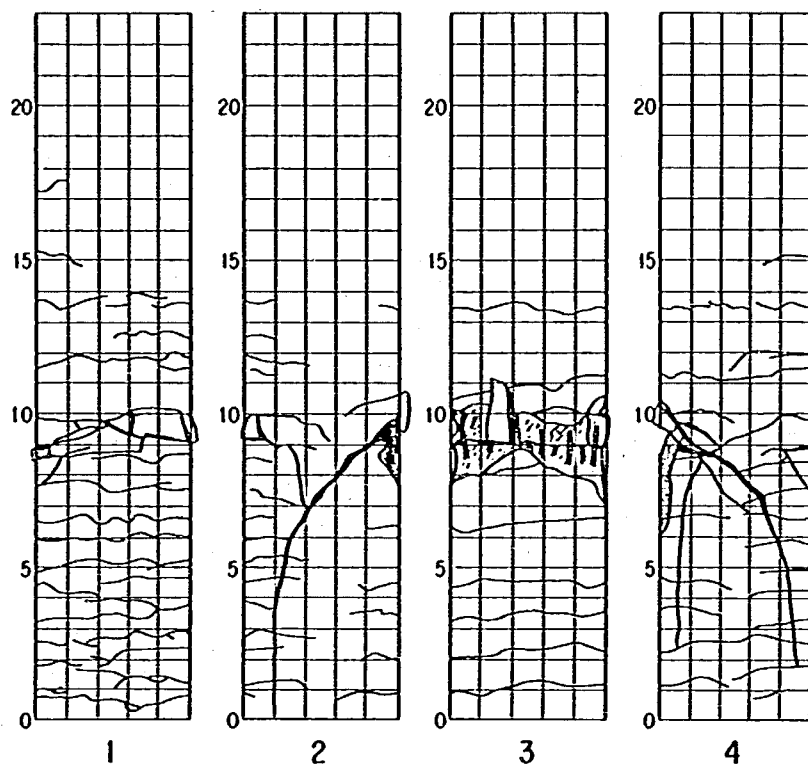
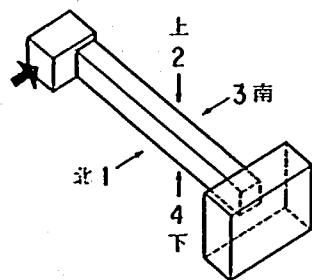
付図 I - 7 (9) 供試体 R - 7 $8\delta_0$ 終了後の破壊状況



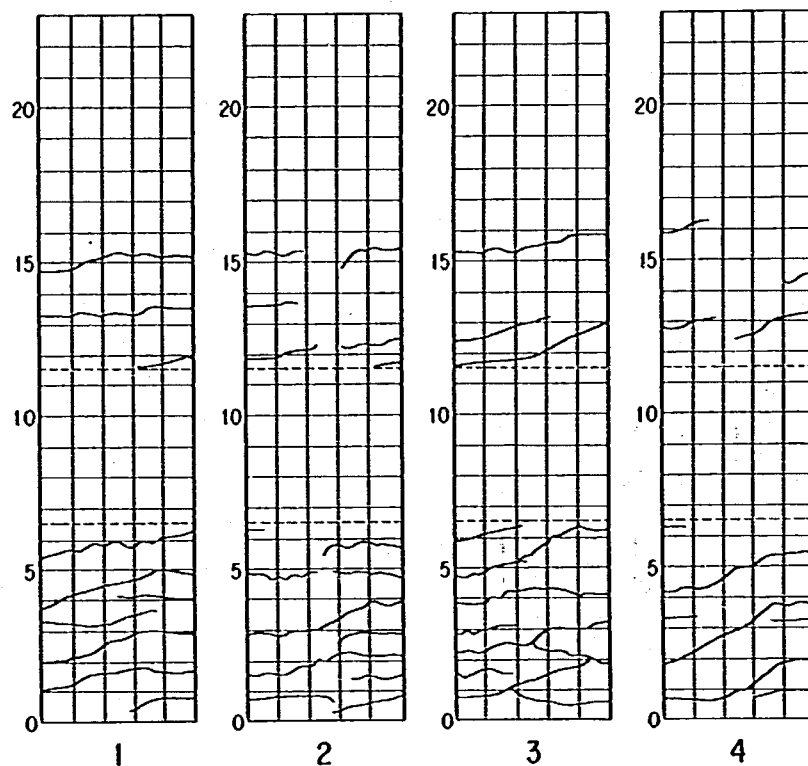
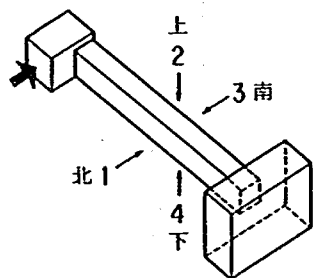
付図 I - 8 (1) 供試体 R - 8 静的載荷終了後の破壊状況 1



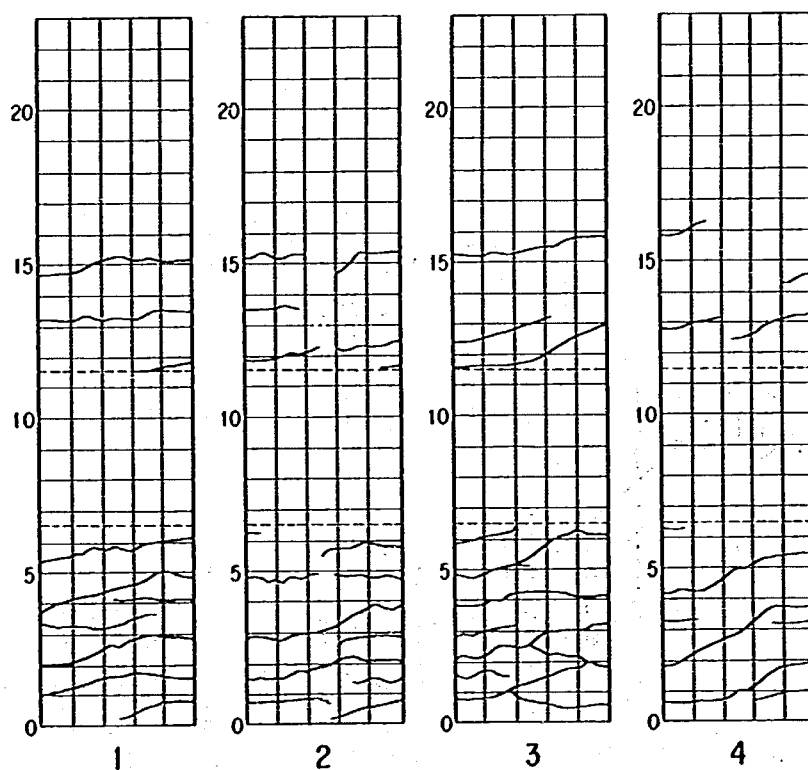
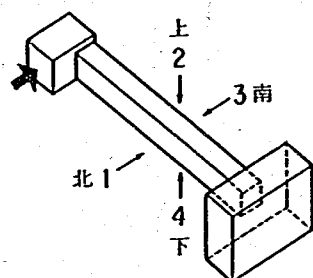
付図 I - 8 (2) 供試体 R - 8 静的載荷終了後の破壊状況 2



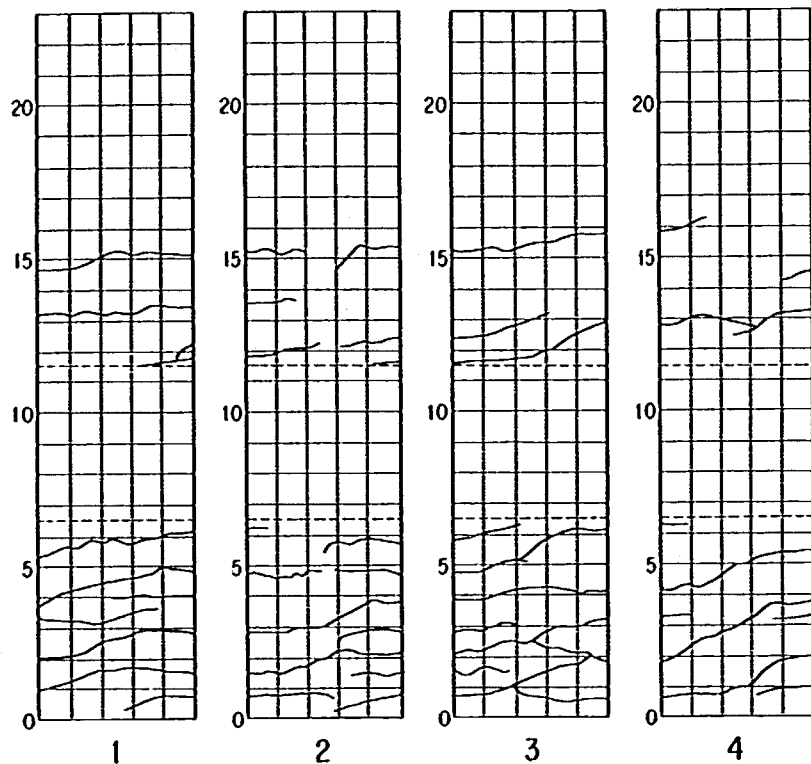
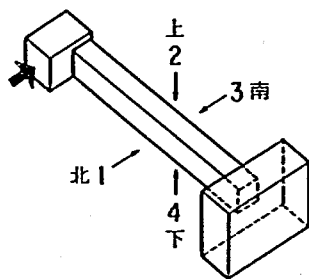
付図 I - 8 (3) 供試体 R - 8 静的載荷終了後の破壊状況 3



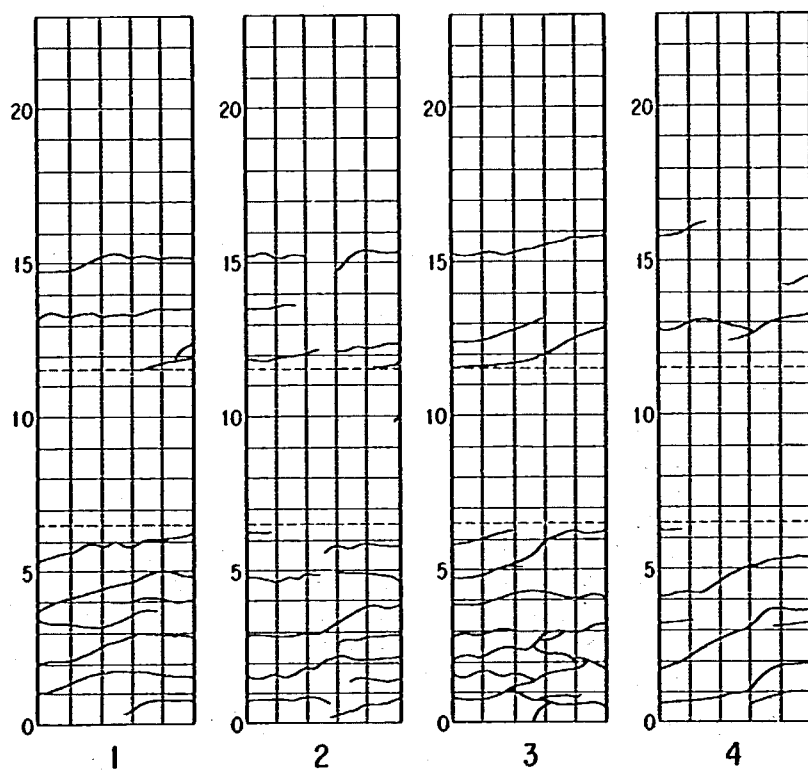
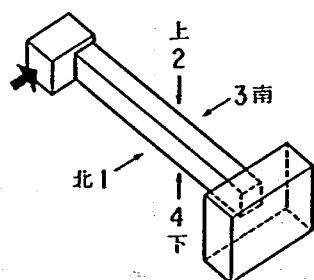
付図 I - 9 (1) 供試体 R - 9 静的載荷終了後の破壊状況



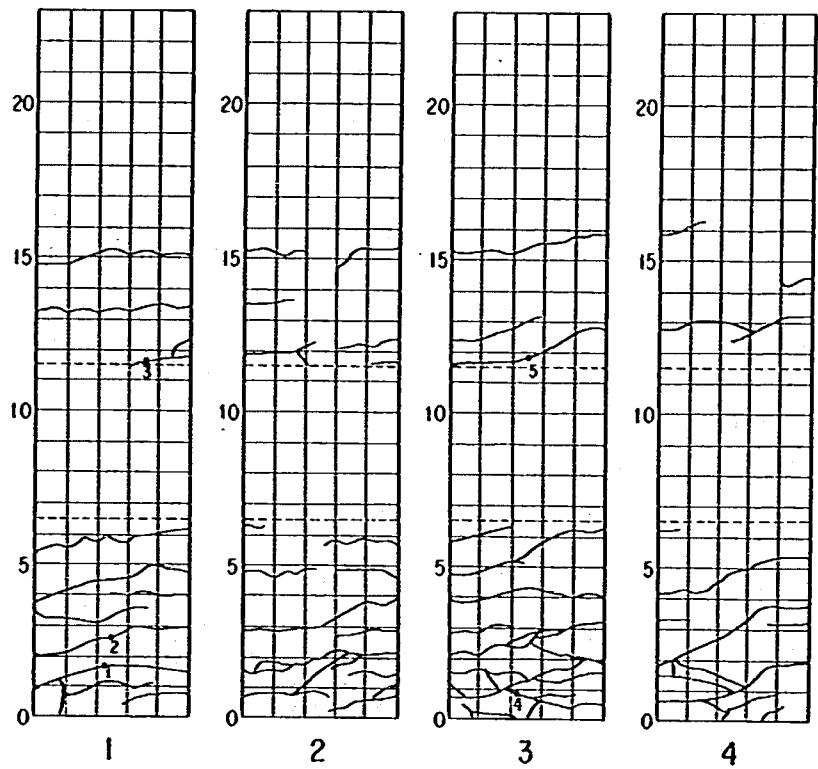
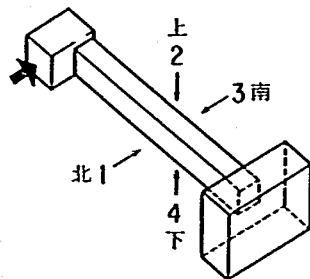
付図 I - 9 (2) 供試体 R - 9 δ_0 終了後の破壊状況



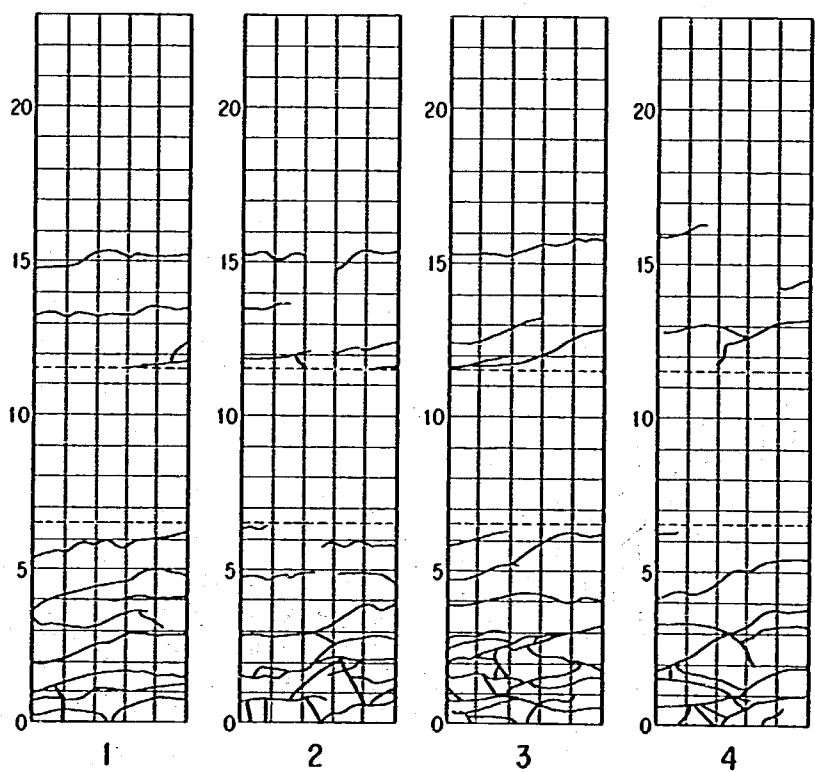
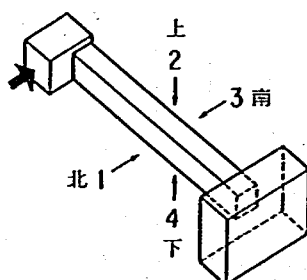
付図 I - 9 (3) 供試体 R - 9 $2\delta_0$ 終了後の破壊状況



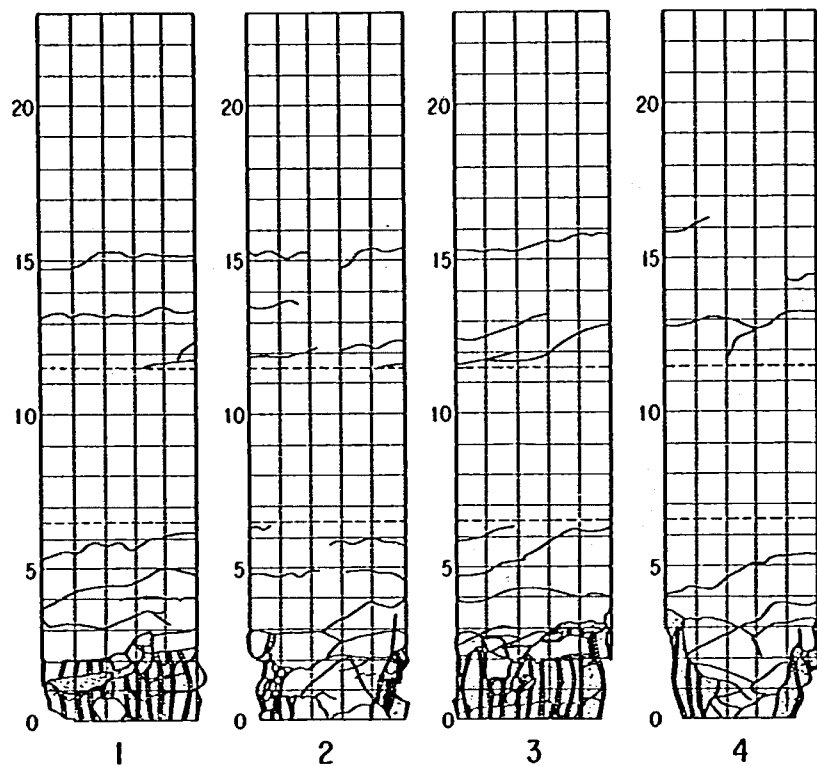
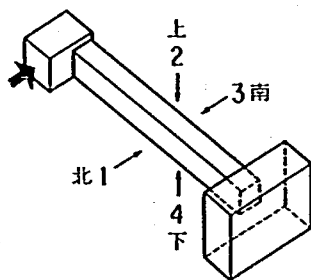
付図 I - 9 (4) 供試体 R - 9 $3\delta_0$ 終了後の破壊状況



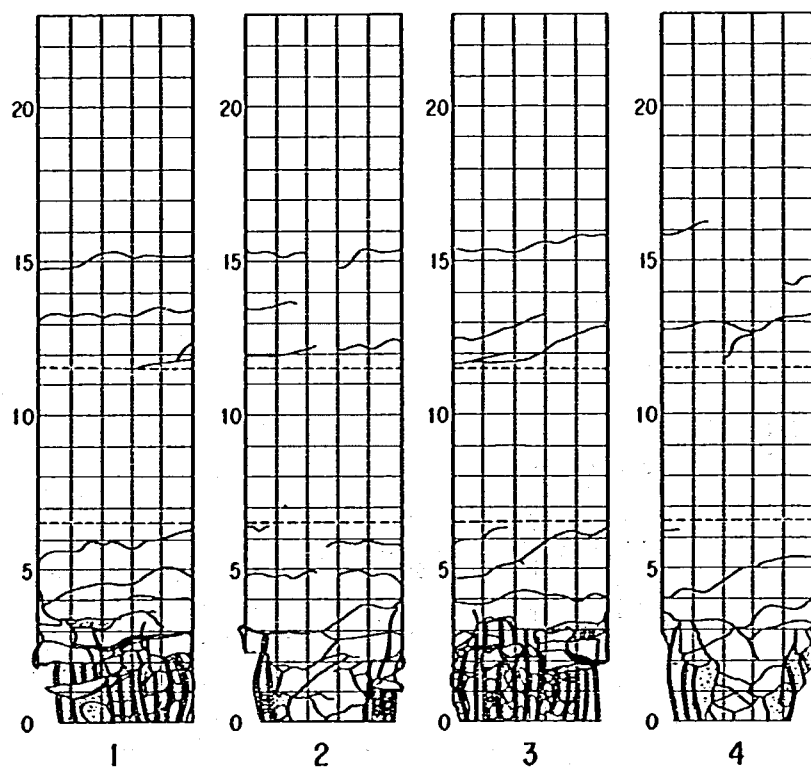
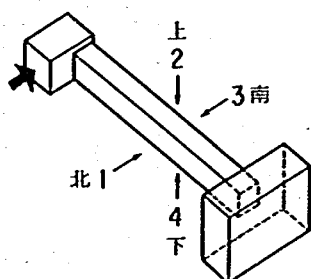
付図 I - 9 (5) 供試体 R - 9 4 δ_0 終了後の破壊状況



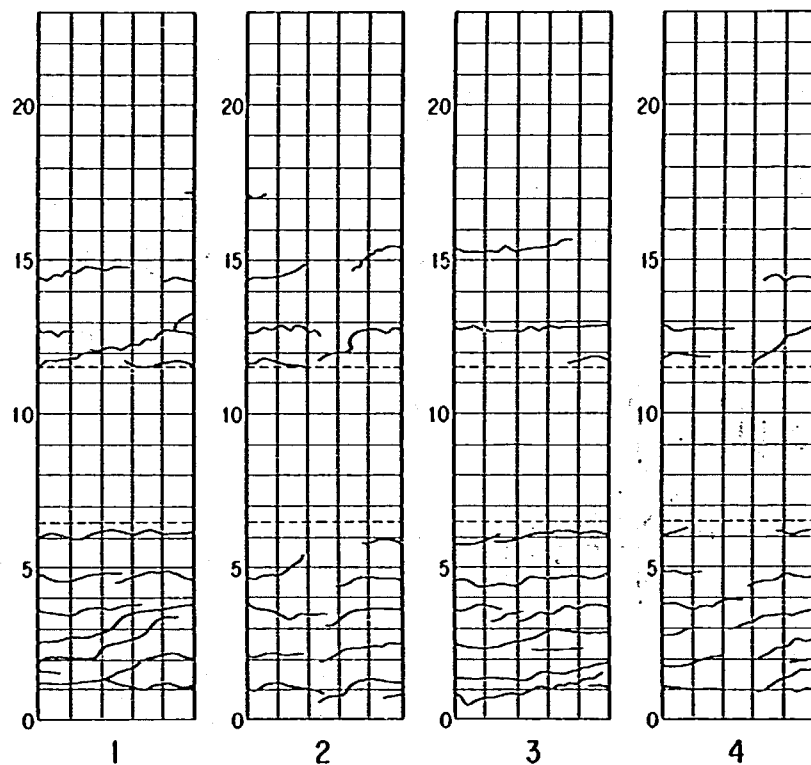
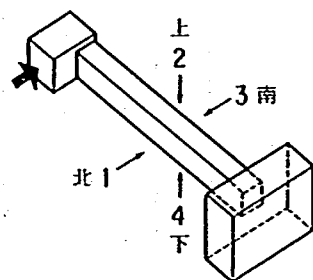
付図 I - 9 (6) 供試体 R - 9 5 δ_0 終了後の破壊状況



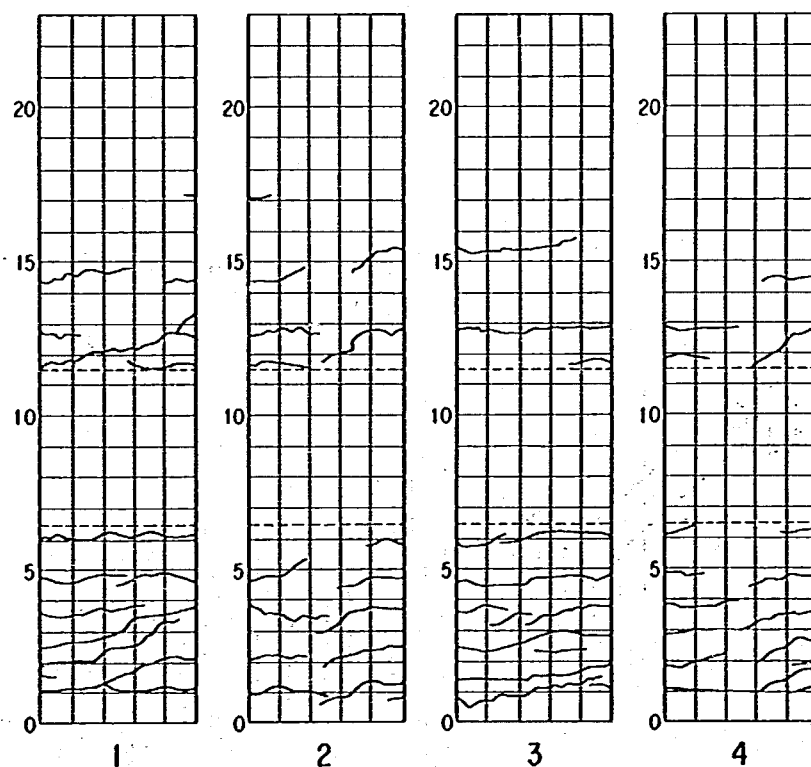
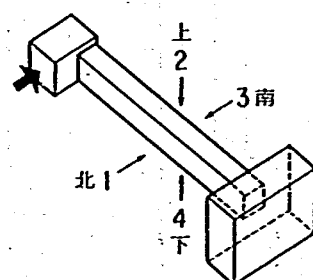
付図 I - 9 (7) 供試体 R - 9 $6\delta_0$ 終了後の破壊状況



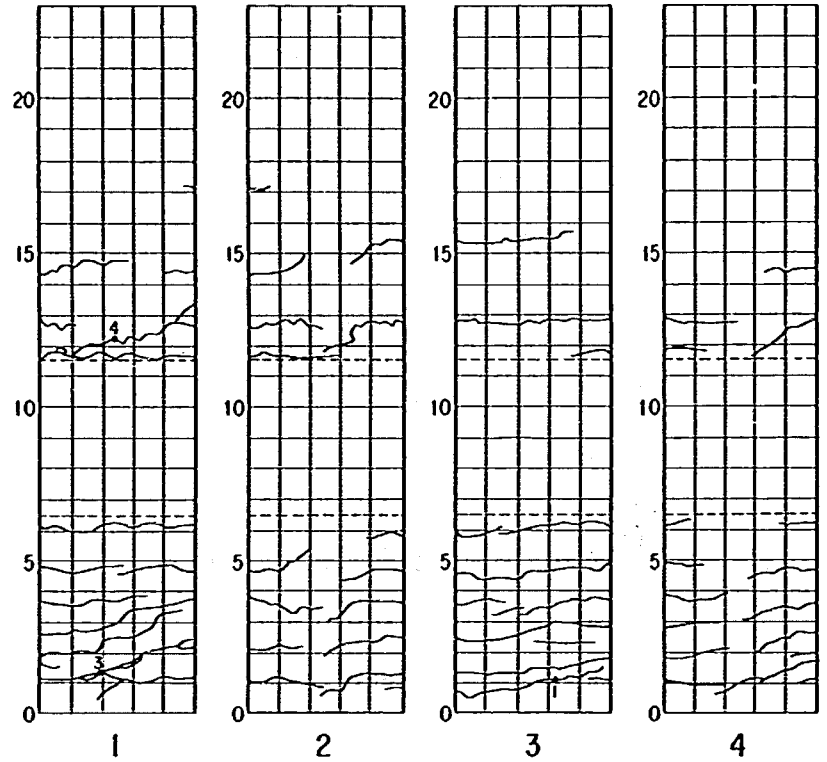
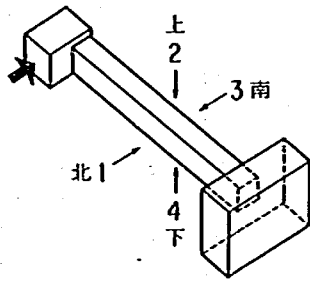
付図 I - 9 (8) 供試体 R - 9 $7\delta_0$ 終了後の破壊状況



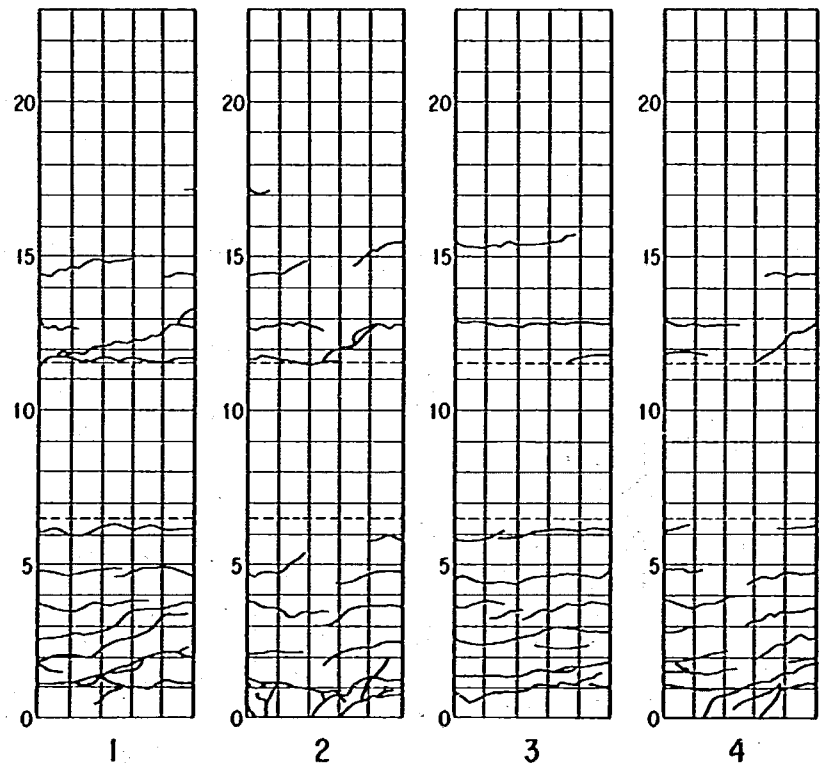
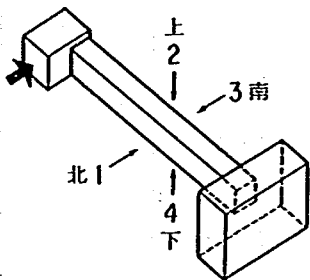
付図 I - 10 (1) 供試体 R - 10 静的載荷終了後の破壊状況



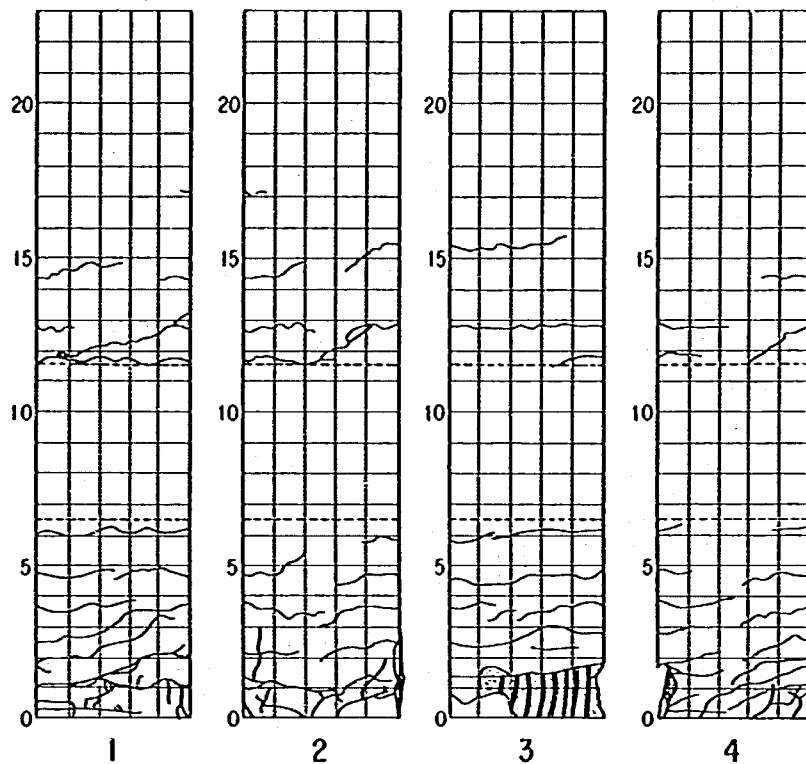
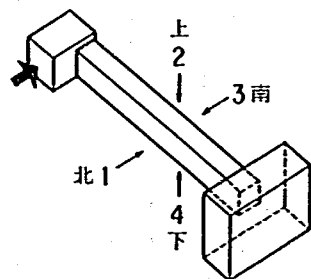
付図 I - 10 (2) 供試体 R - 10 δ_0 終了後の破壊状況



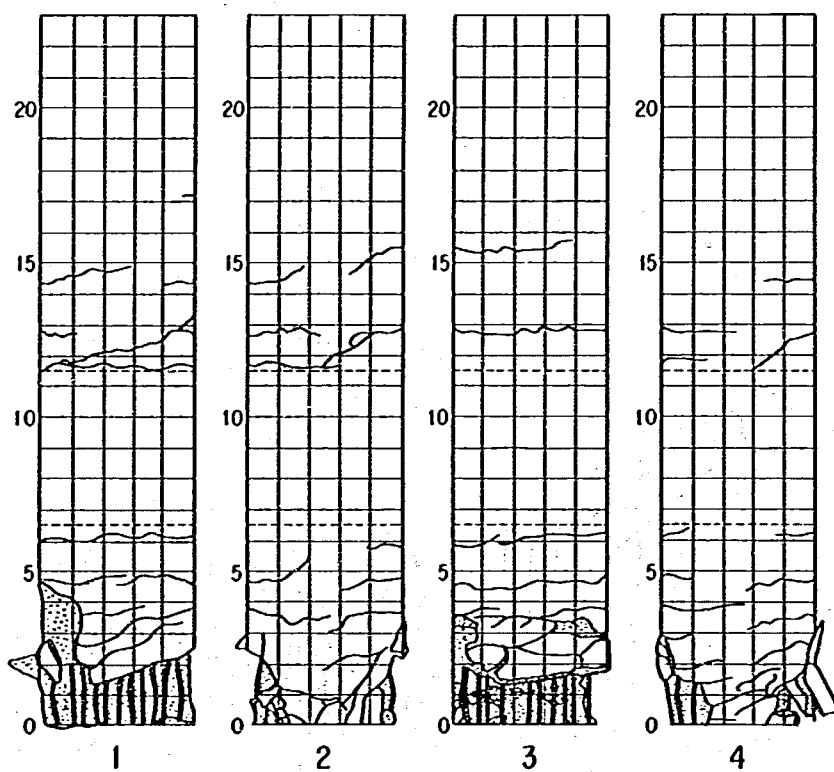
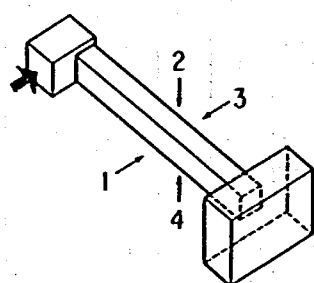
付図 I - 10 (3) 供試体 R - 10 $2\delta_0$ 終了後の破壊状況



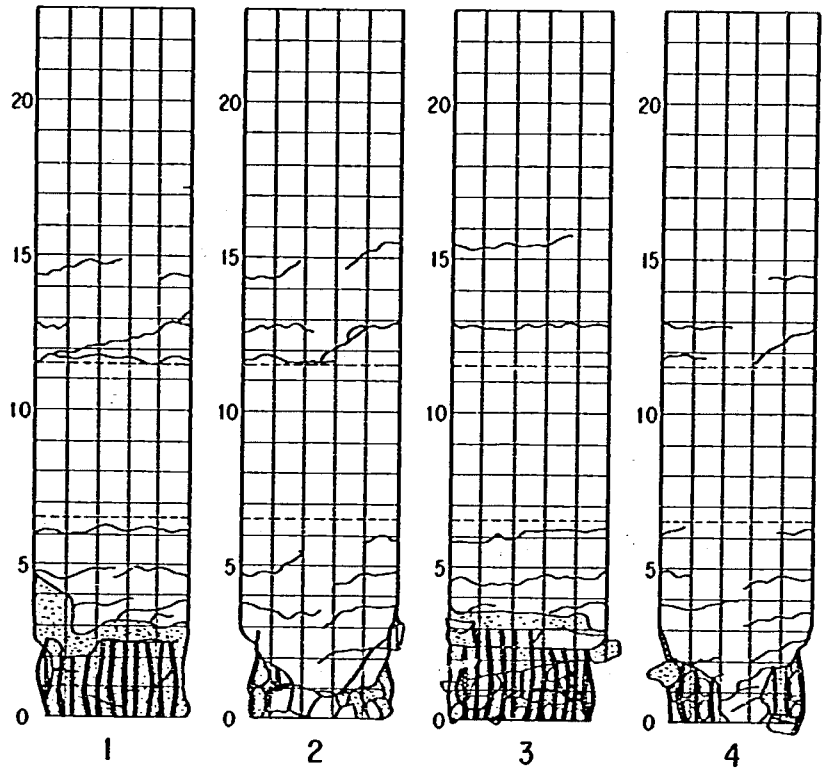
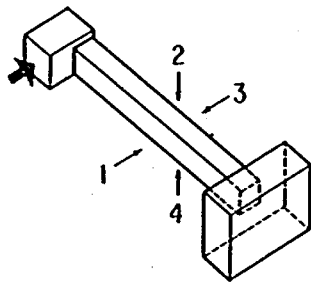
付図 I - 10 (4) 供試体 R - 10 $3\delta_0$ 終了後の破壊状況



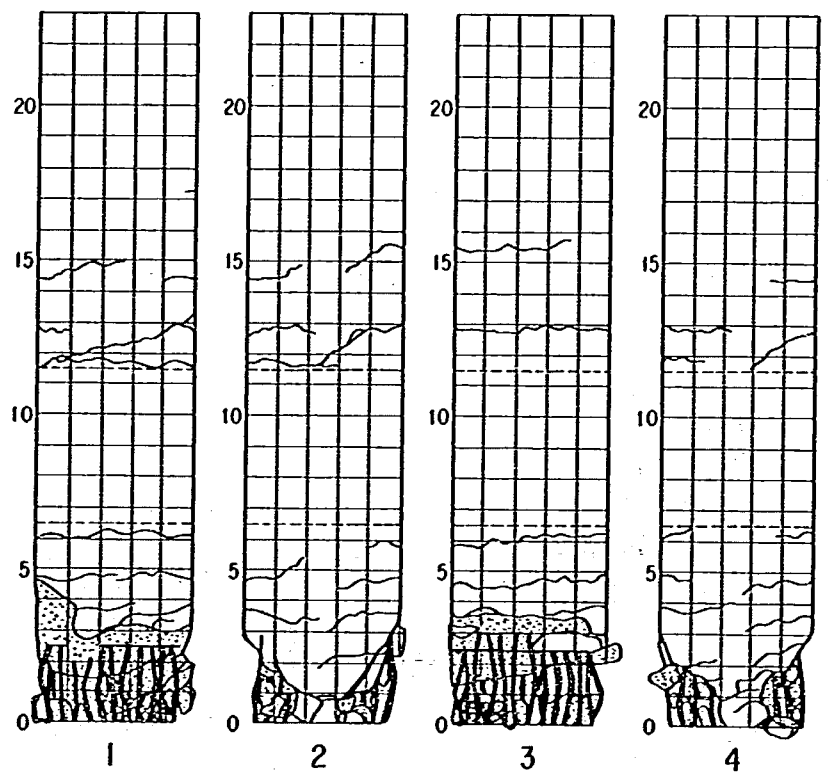
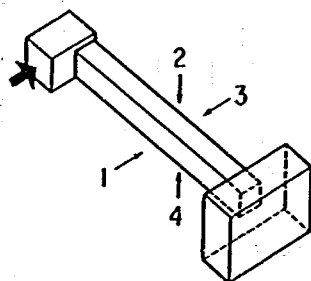
付図 I - 10 (5) 供試体 R - 10 4δ。終了後の破壊状況



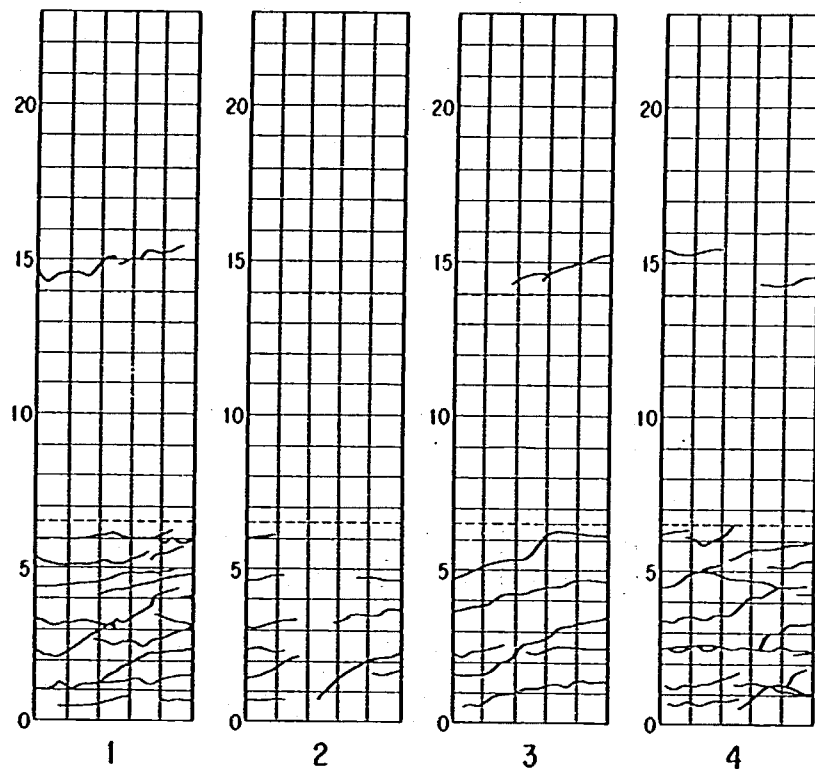
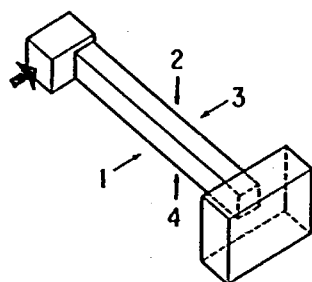
付図 I - 10 (6) 供試体 R - 10 5δ。終了後の破壊状況



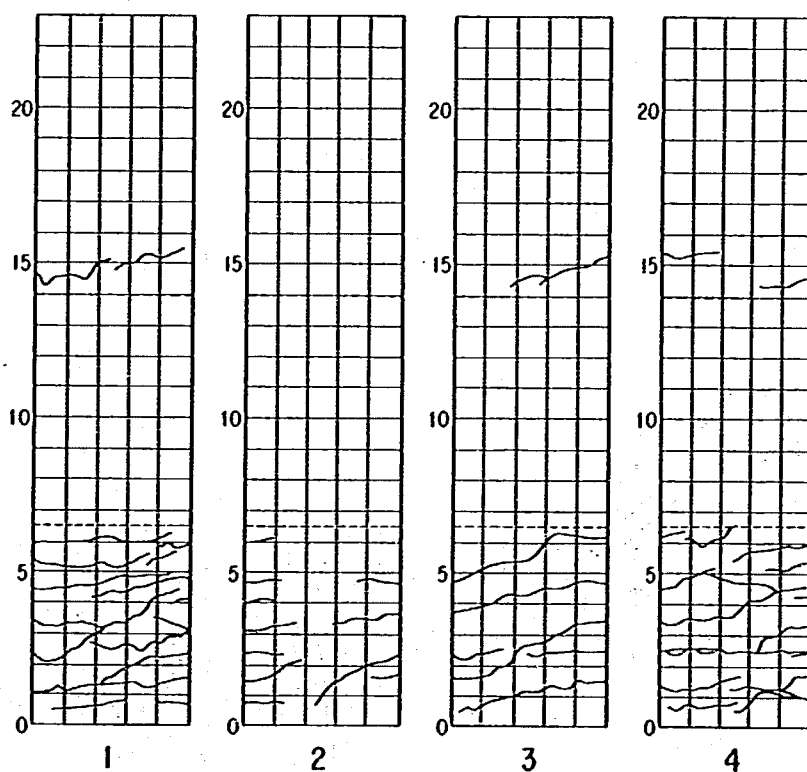
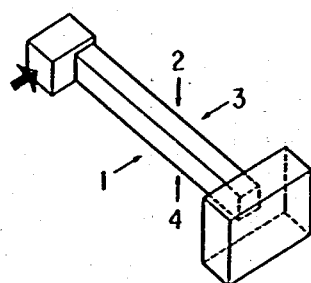
付図 I - 10 (7) 供試体 R - 10 $6\delta_0$ 終了後の破壊状況



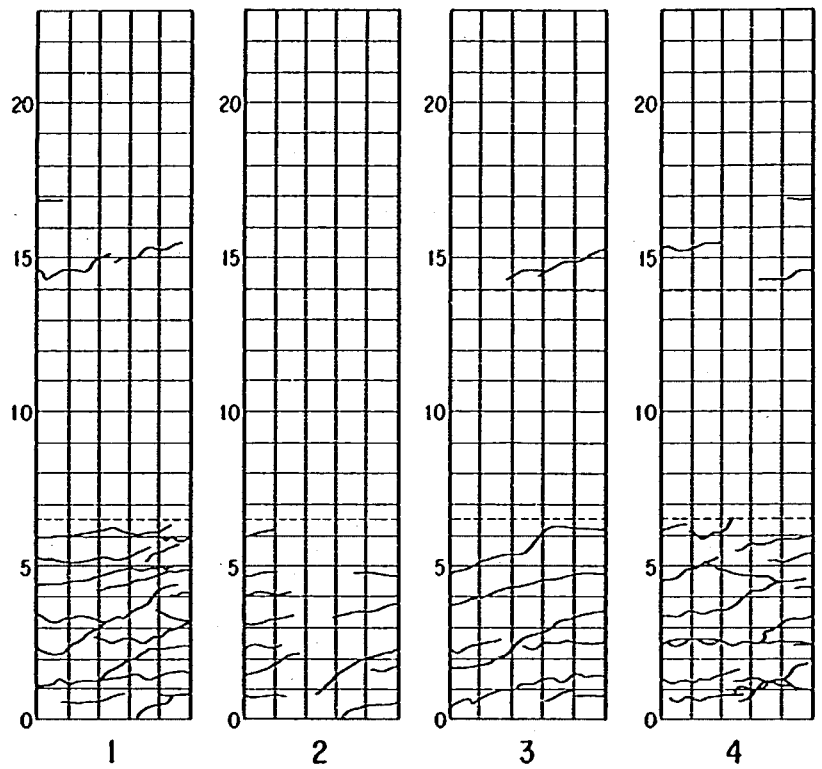
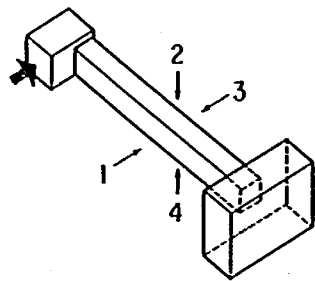
付図 I - 10 (8) 供試体 R - 10 $7\delta_0$ 終了後の破壊状況



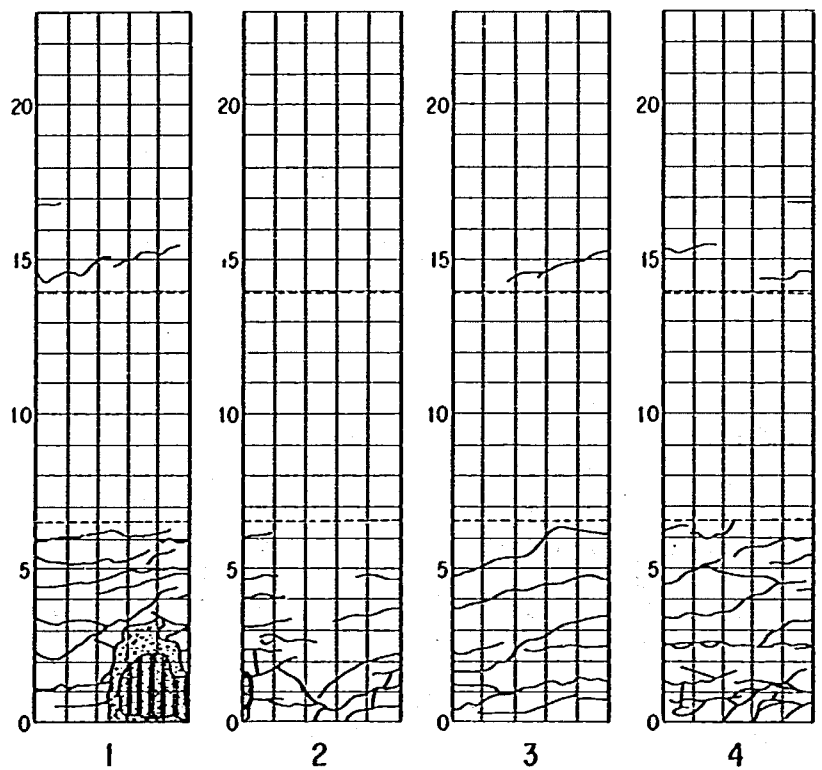
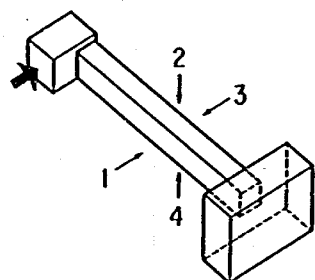
付図 I - 11 (1) 供試体 R - 11 静的載荷終了後の破壊状況



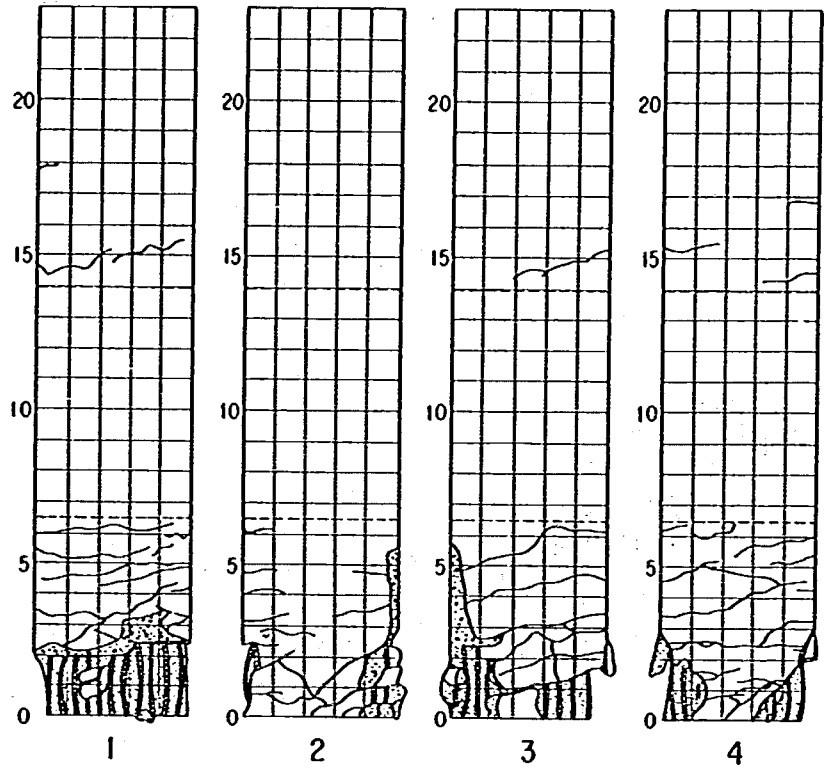
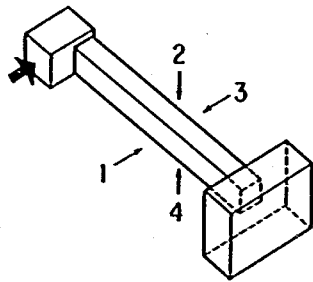
付図 I - 11 (2) 供試体 R - 11 $1\delta_0$ 終了後の破壊状況



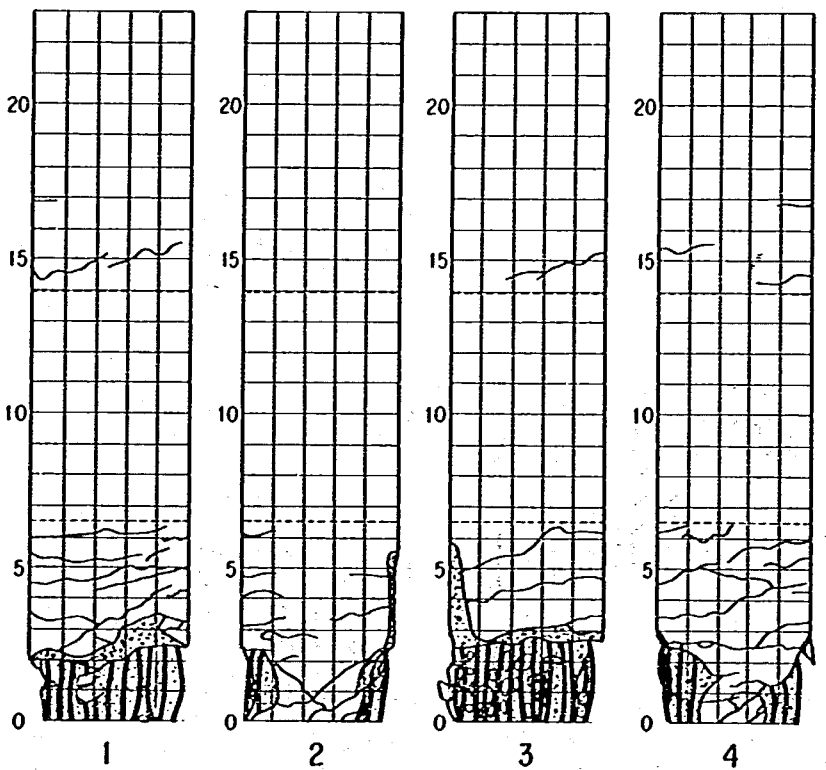
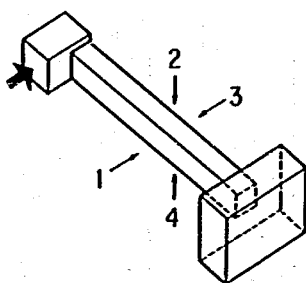
付図 I - 11 (3) 供試体 R - 11 $2\delta_0$ 終了後の破壊状況



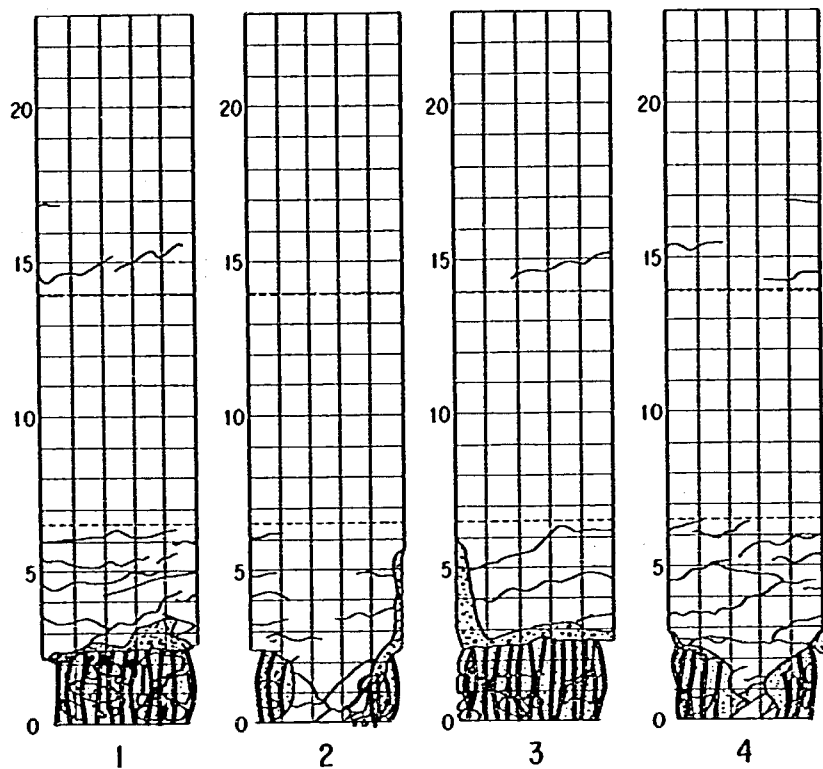
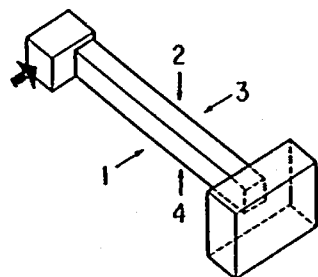
付図 I - 11 (4) 供試体 R - 11 $3\delta_0$ 終了後の破壊状況



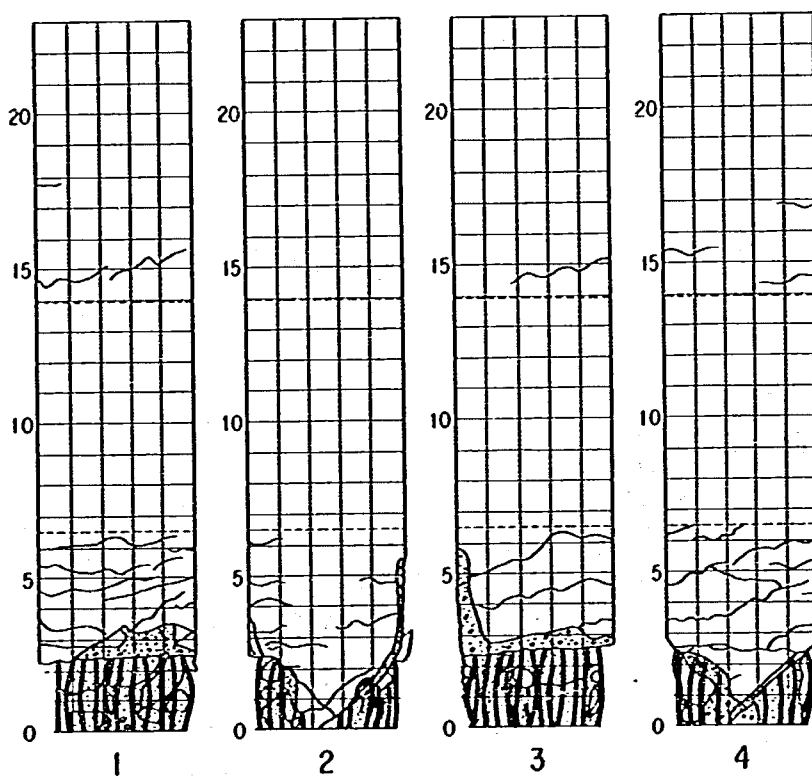
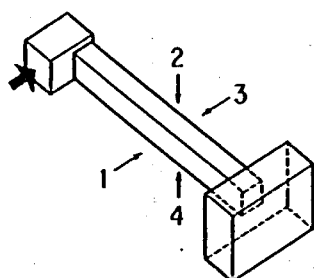
付図 I - 11 (5) 供試体 R - 11 $4\delta_0$ 終了後の破壊状況



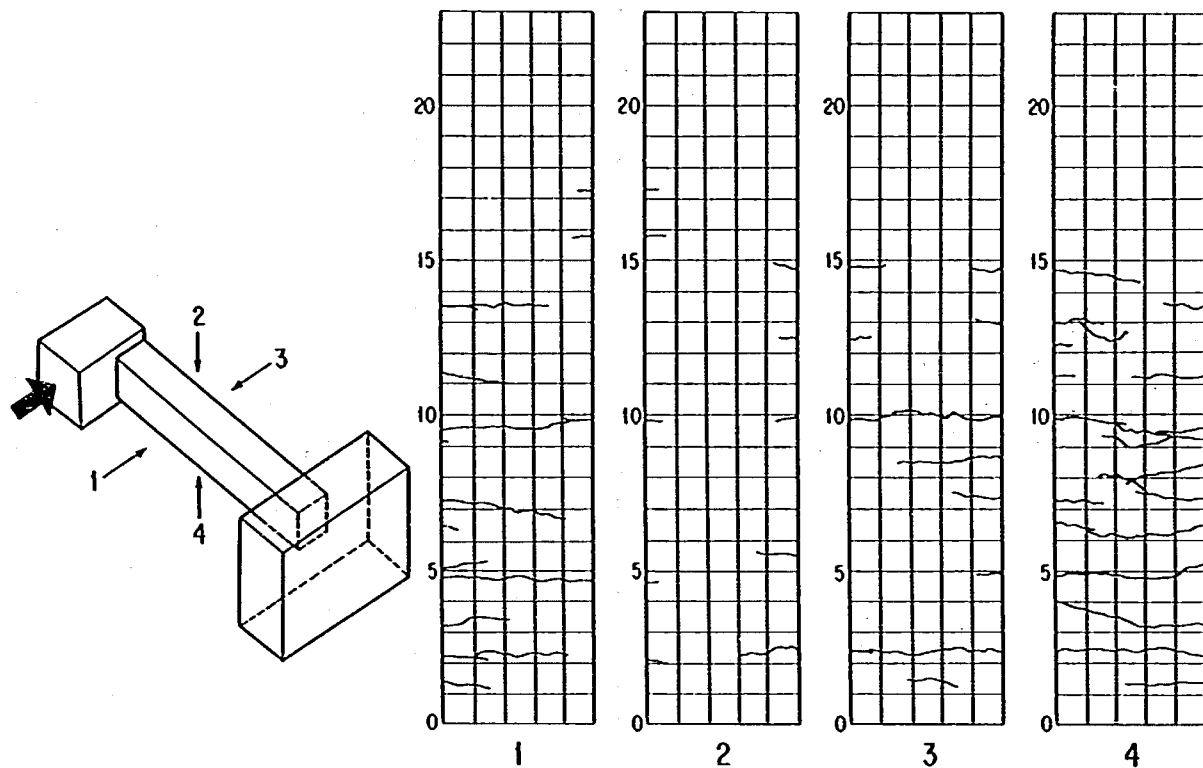
付図 I - 11 (6) 供試体 R - 11 $5\delta_0$ 終了後の破壊状況



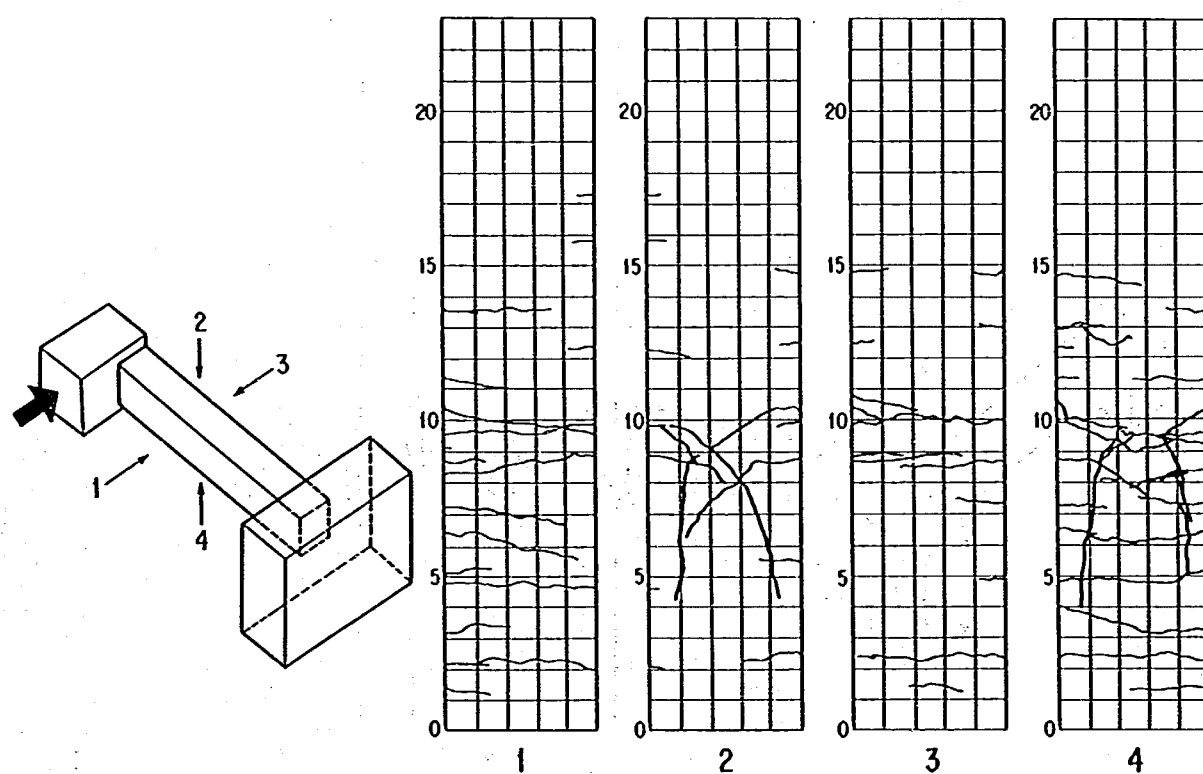
付図 I - 11 (7) 供試体 R - 11 $6\delta_0$ 終了後の破壊状況



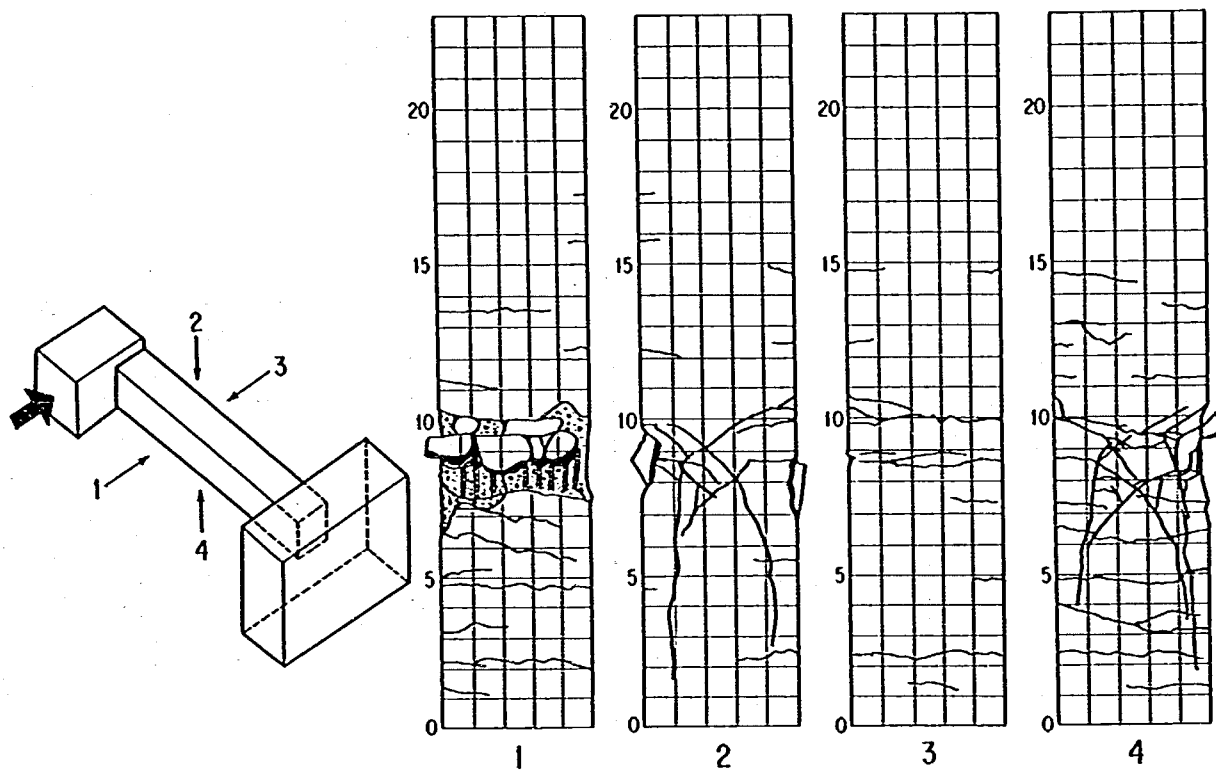
付図 I - 11 (8) 供試体 R - 11 $7\delta_0$ 静的載荷終了後の破壊状況



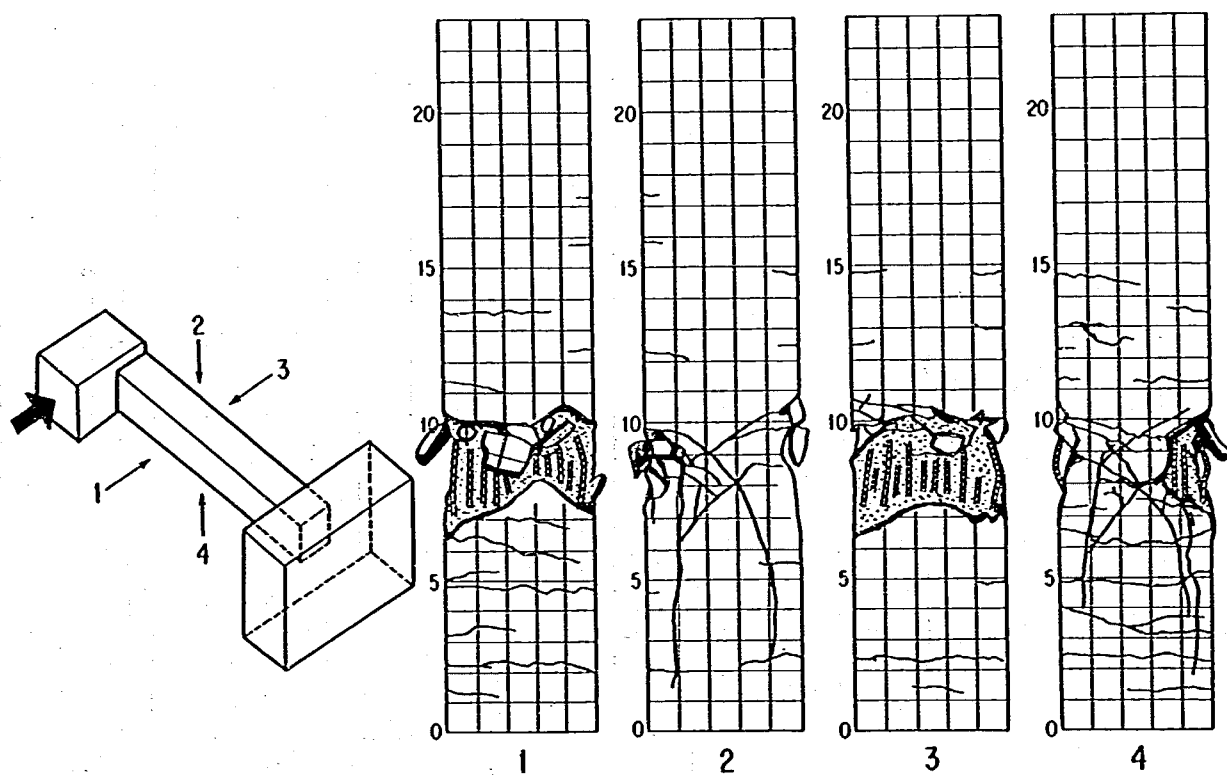
付図 I - 12 (1) 供試体 R - 12 $1\delta_0$ 載荷終了後の破壊状況



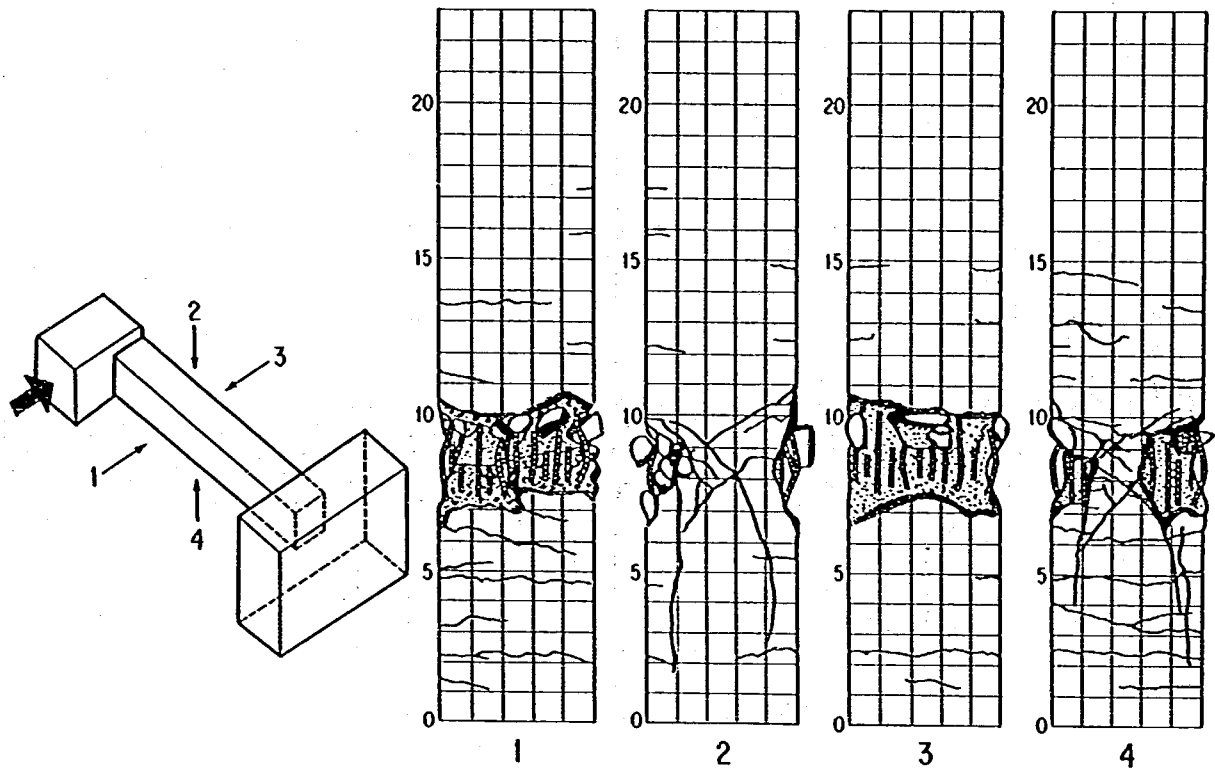
付図 I - 12 (2) 供試体 R - 12 $2\delta_0$ 終了後の破壊状況



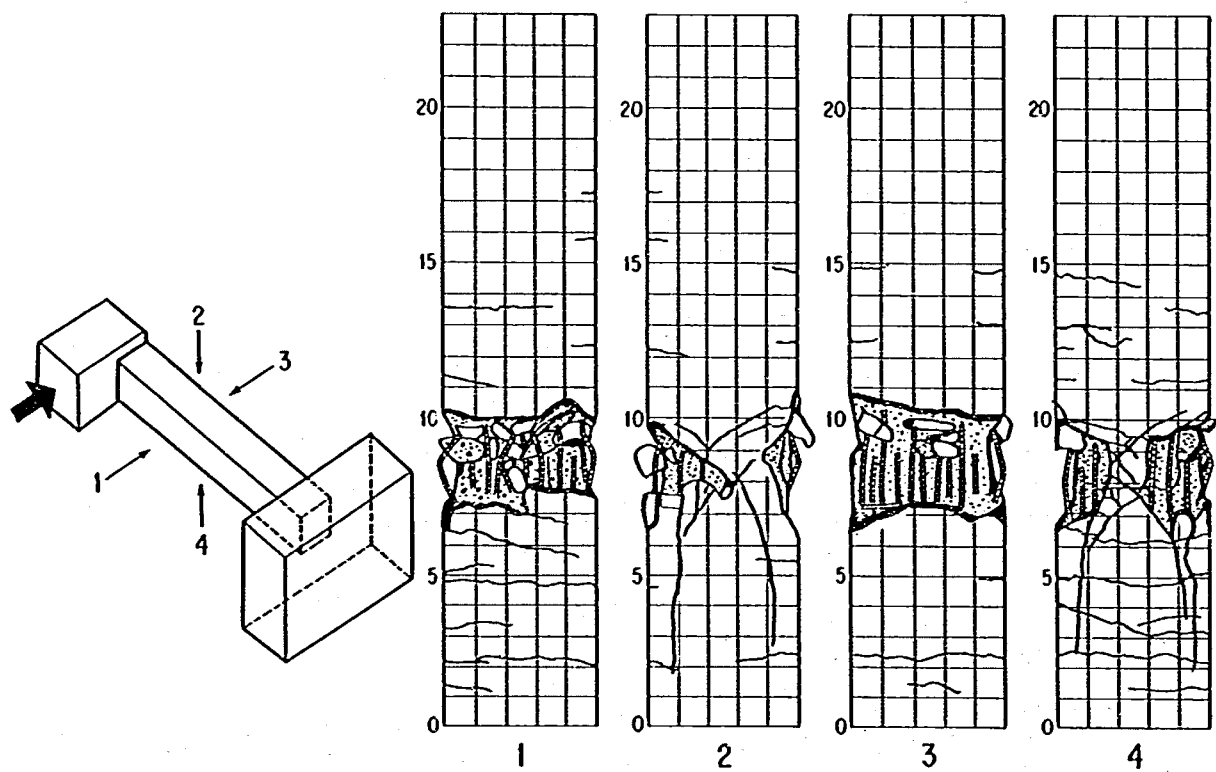
付図 I - 12 (3) 供試体 R - 12 $3\delta_0$ 終了後の破壊状況



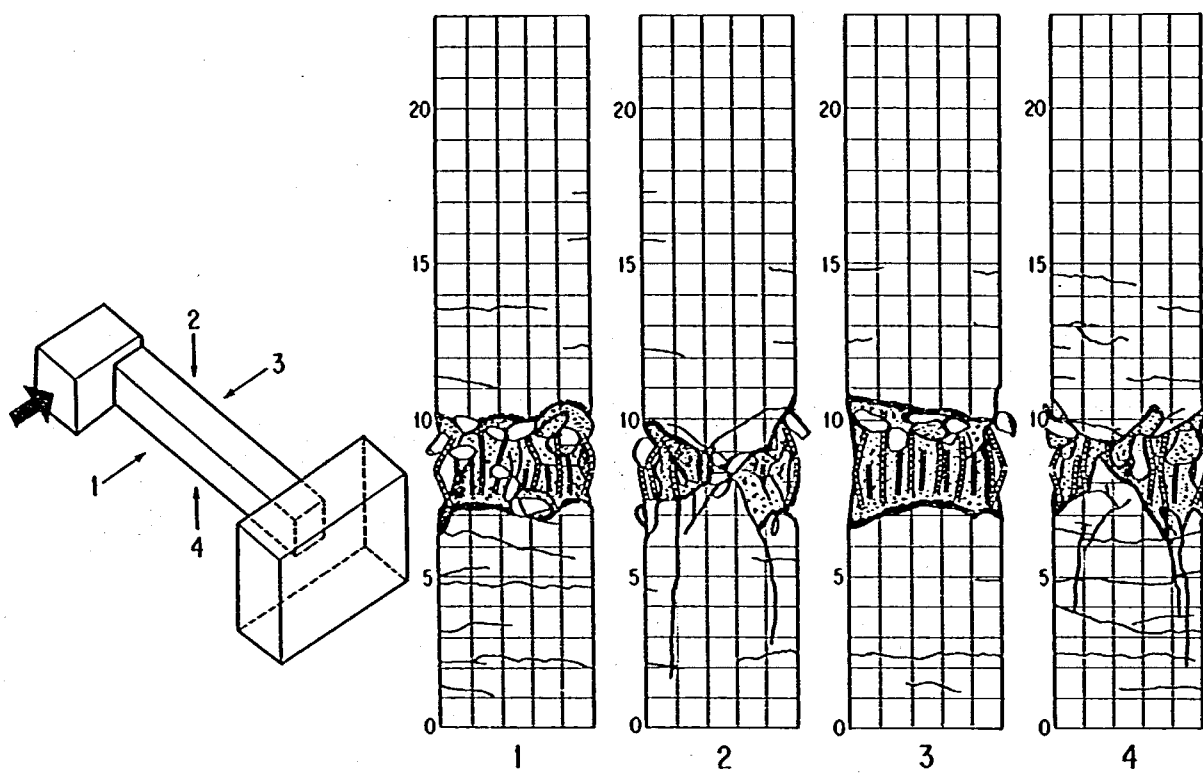
付図 I - 12 (4) 供試体 R - 12 $4\delta_0$ 終了後の破壊状況



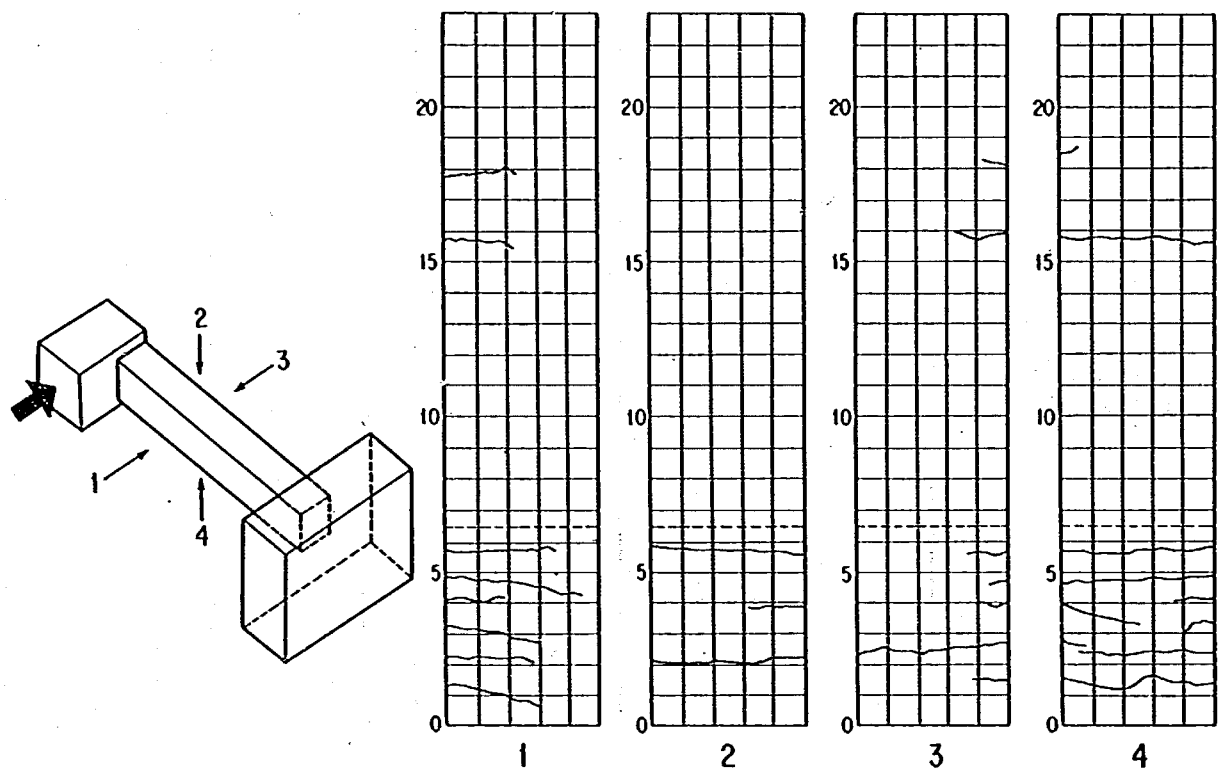
付図 I - 12 (5) 供試体 R - 12 $5\delta_0$ 終了後の破壊状況



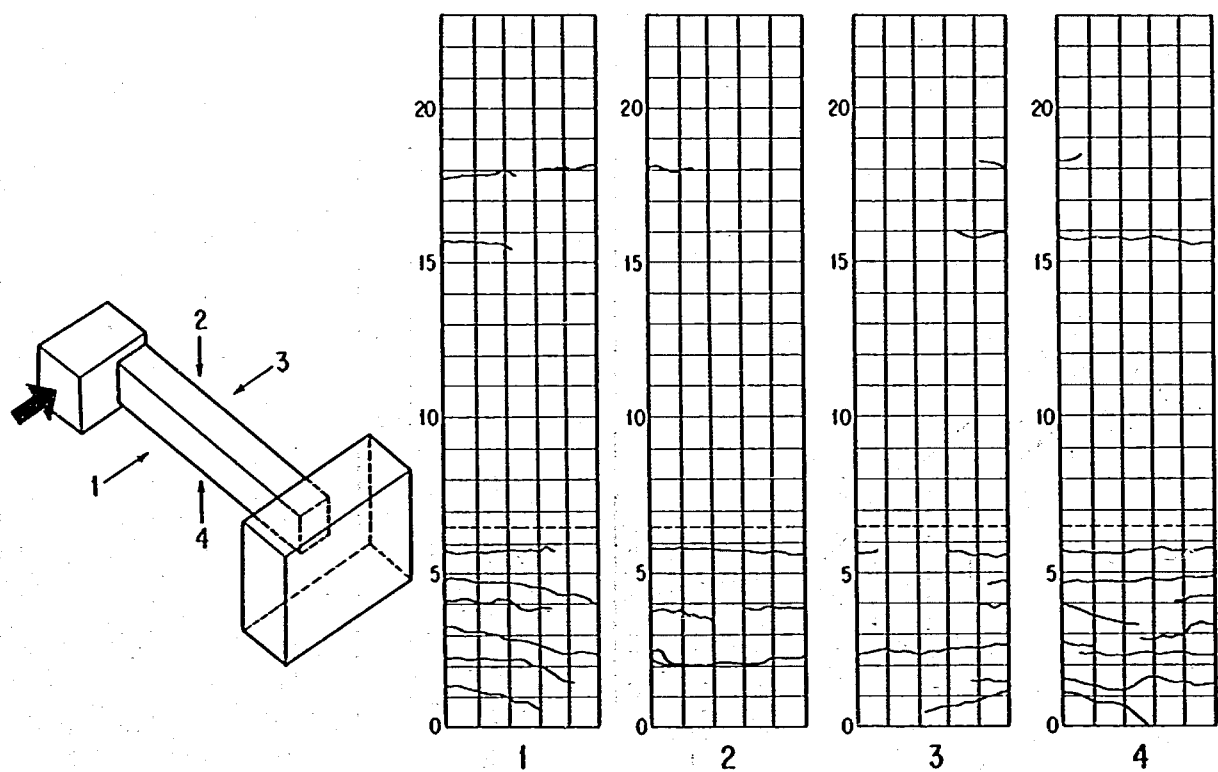
付図 I - 12 (6) 供試体 R - 12 $6\delta_0$ 終了後の破壊状況



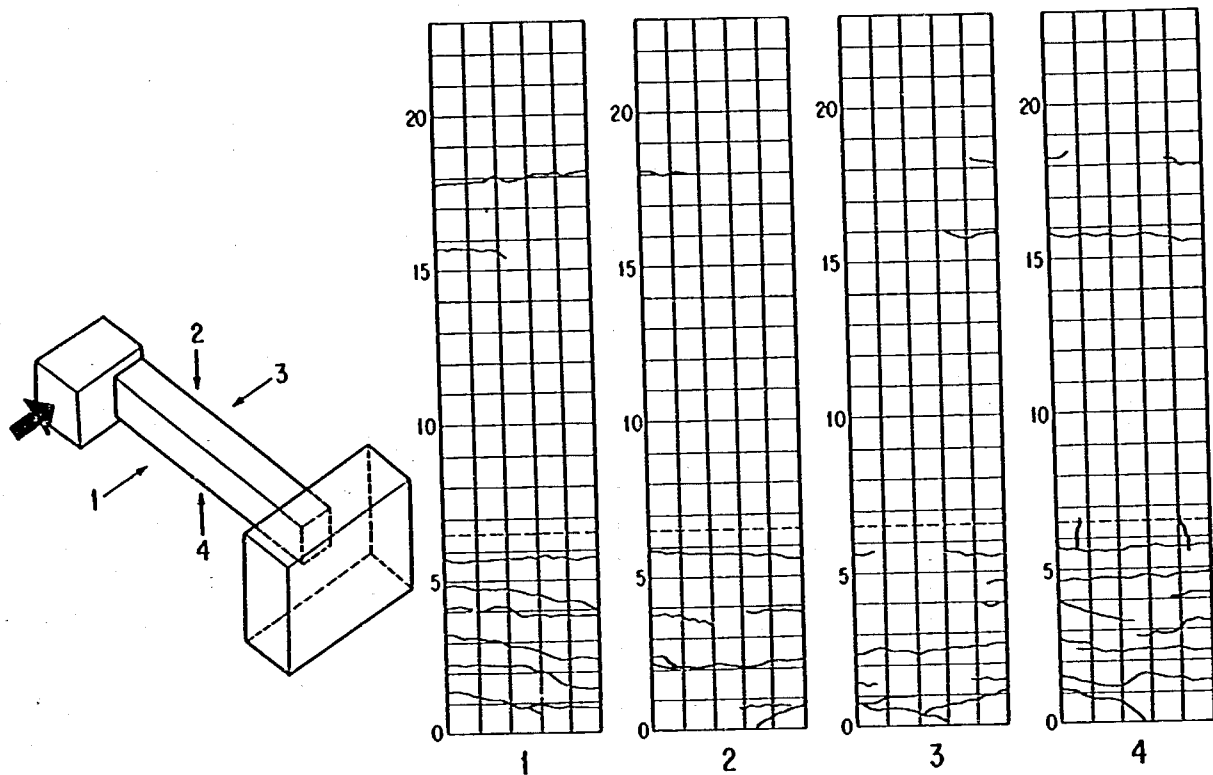
付図 I - 12 (7) 供試体 R - 12 $7\delta_0$ 終了後の破壊状況



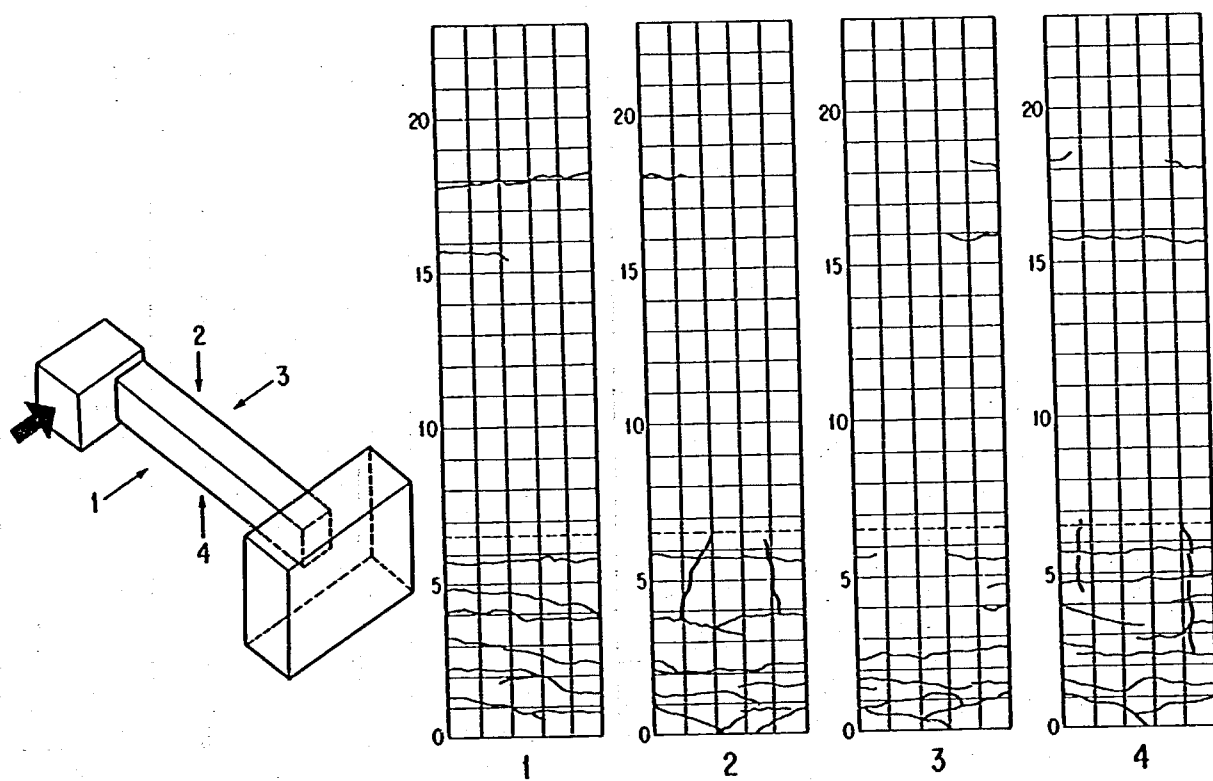
付図 I - 13 (1) 供試体 R - 13 1 δ_0 終了後の破壊状況



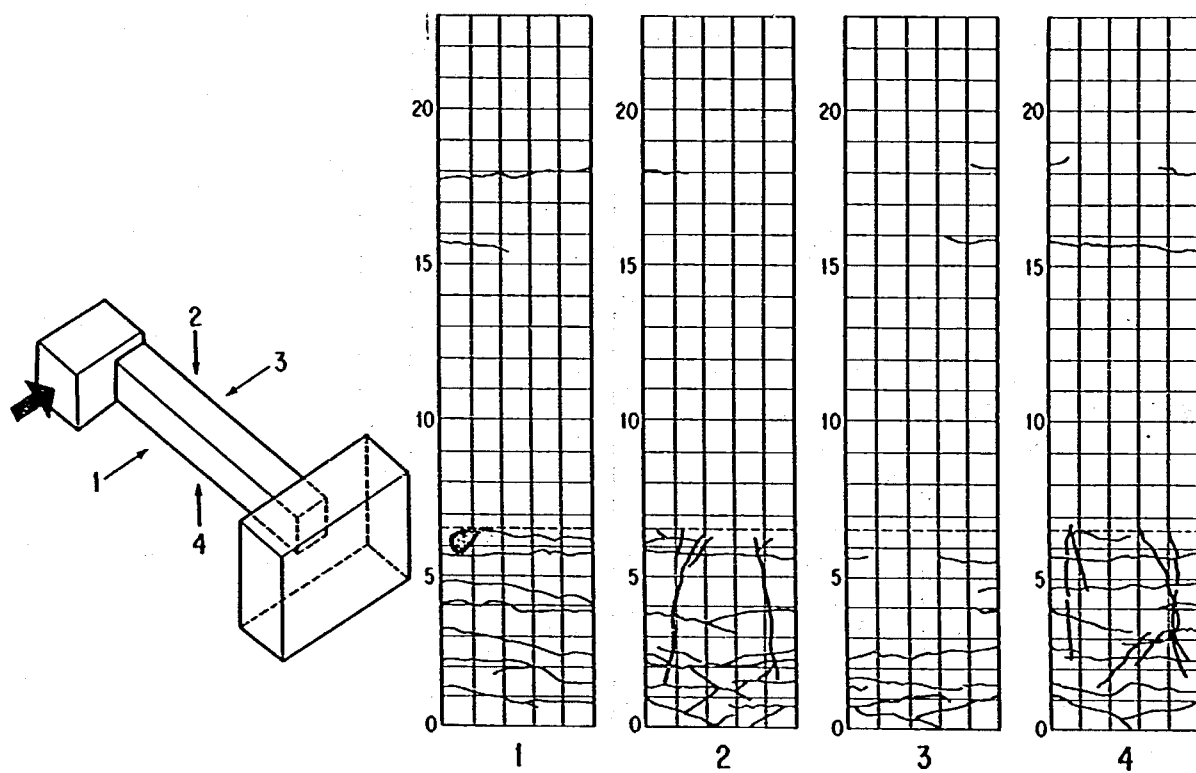
付図 I - 13 (2) 供試体 R - 13 2 δ_0 終了後の破壊状況



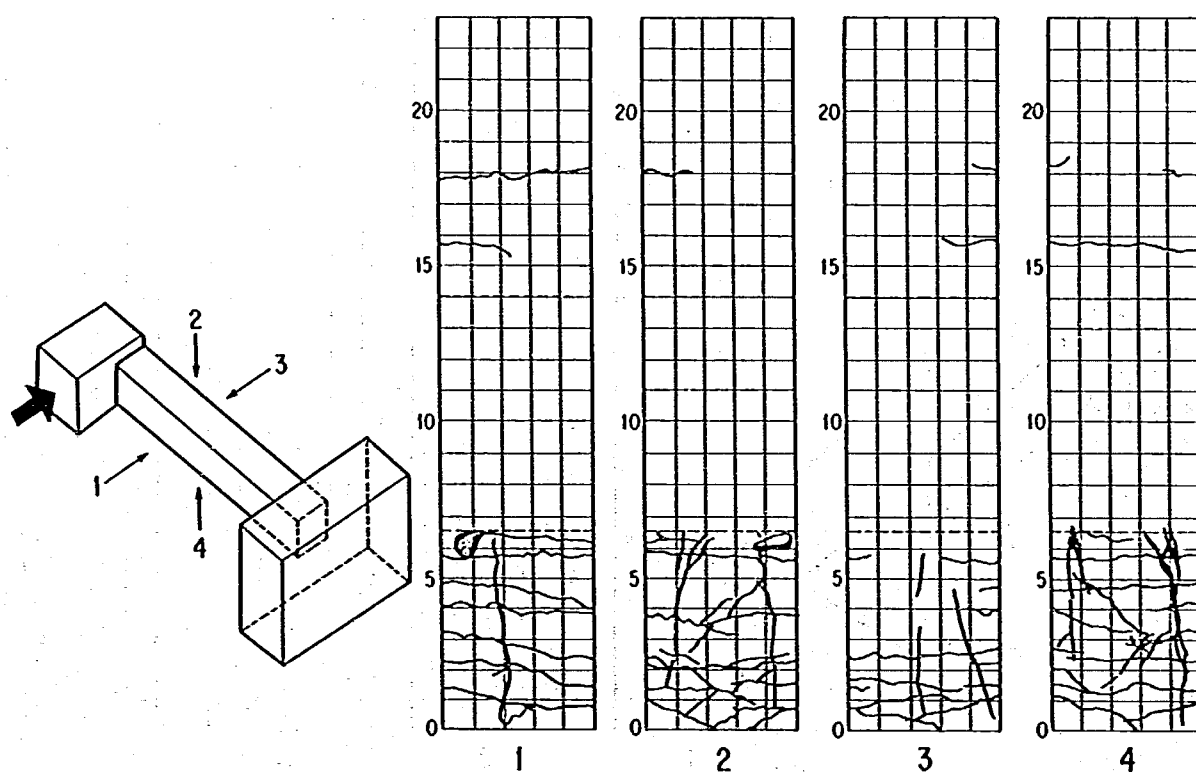
付図 I - 13 (3) 供試体 R - 13 3 δ_0 終了後の破壊状況



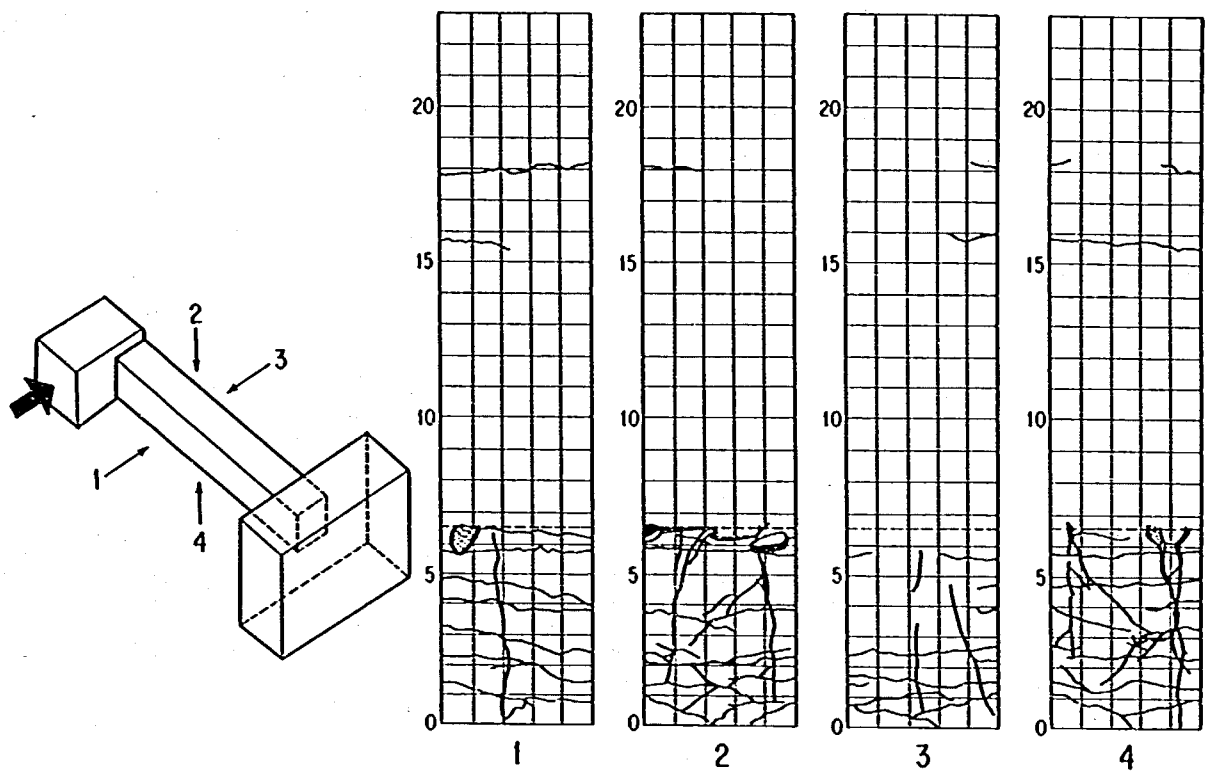
付図 I - 13 (4) 供試体 R - 13 4 δ_0 終了後の破壊状況



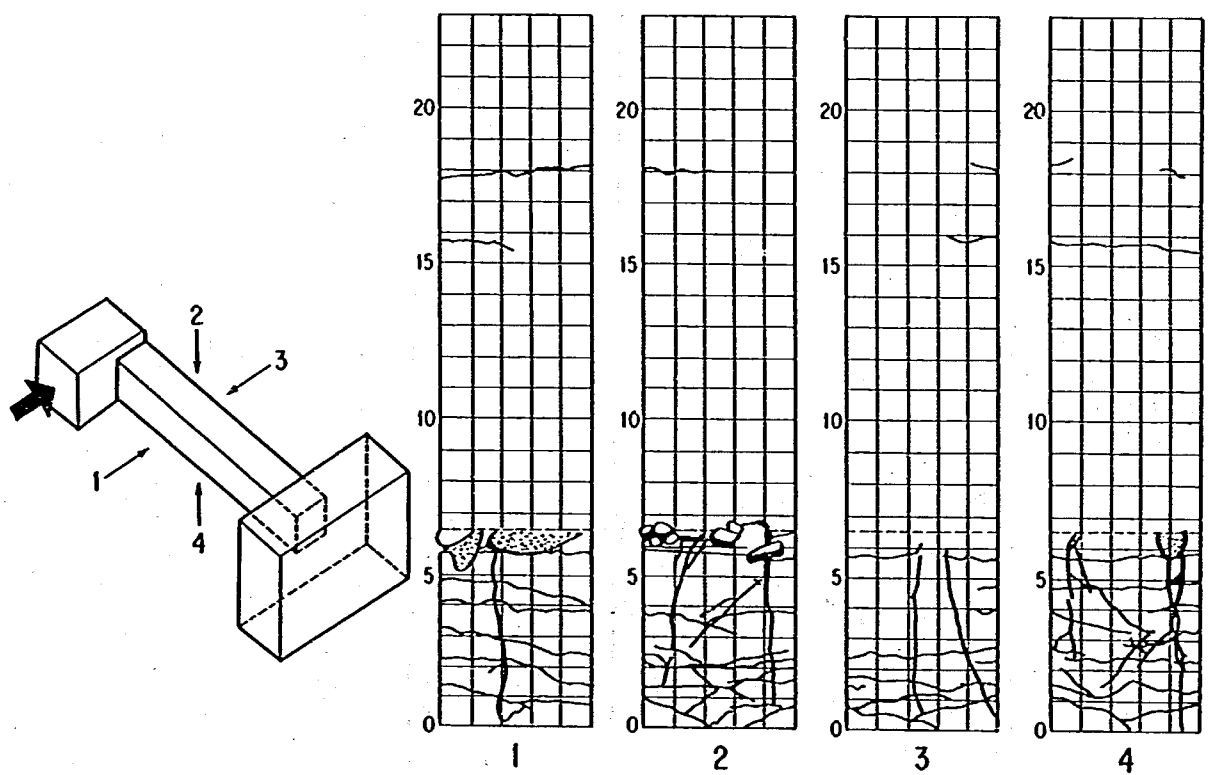
付図 I - 13 (5) 供試体 R - 13 $5\delta_0$ 終了後の破壊状況



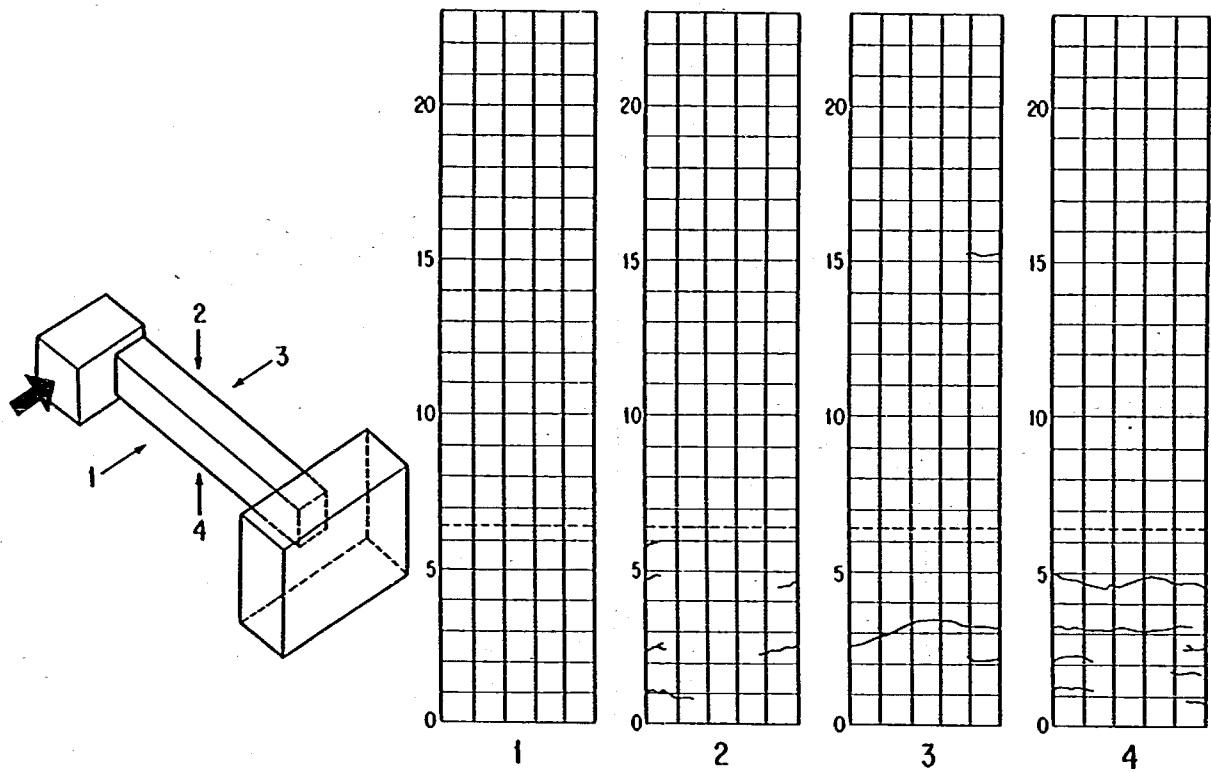
付図 I - 13 (6) 供試体 R - 13 $6\delta_0$ 終了後の破壊状況



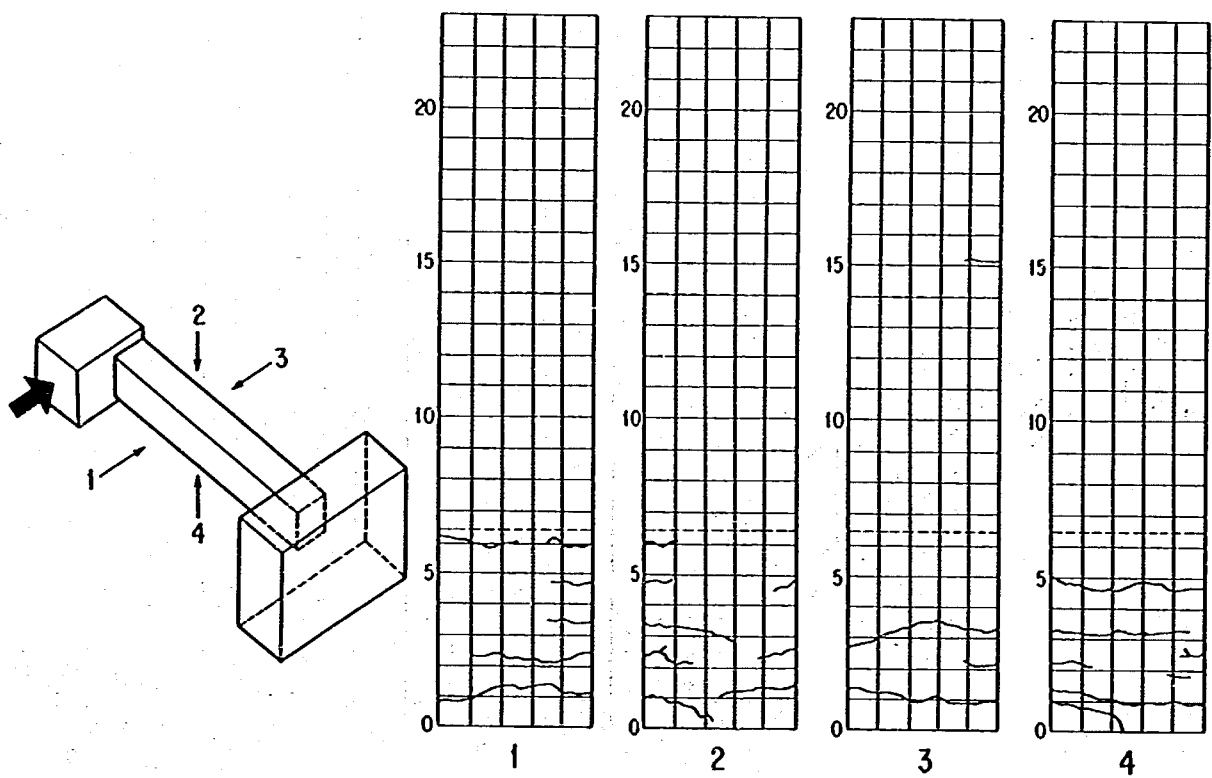
付図 I - 13 (7) 供試体 R - 13 $7\delta_0$ 終了後の破壊状況



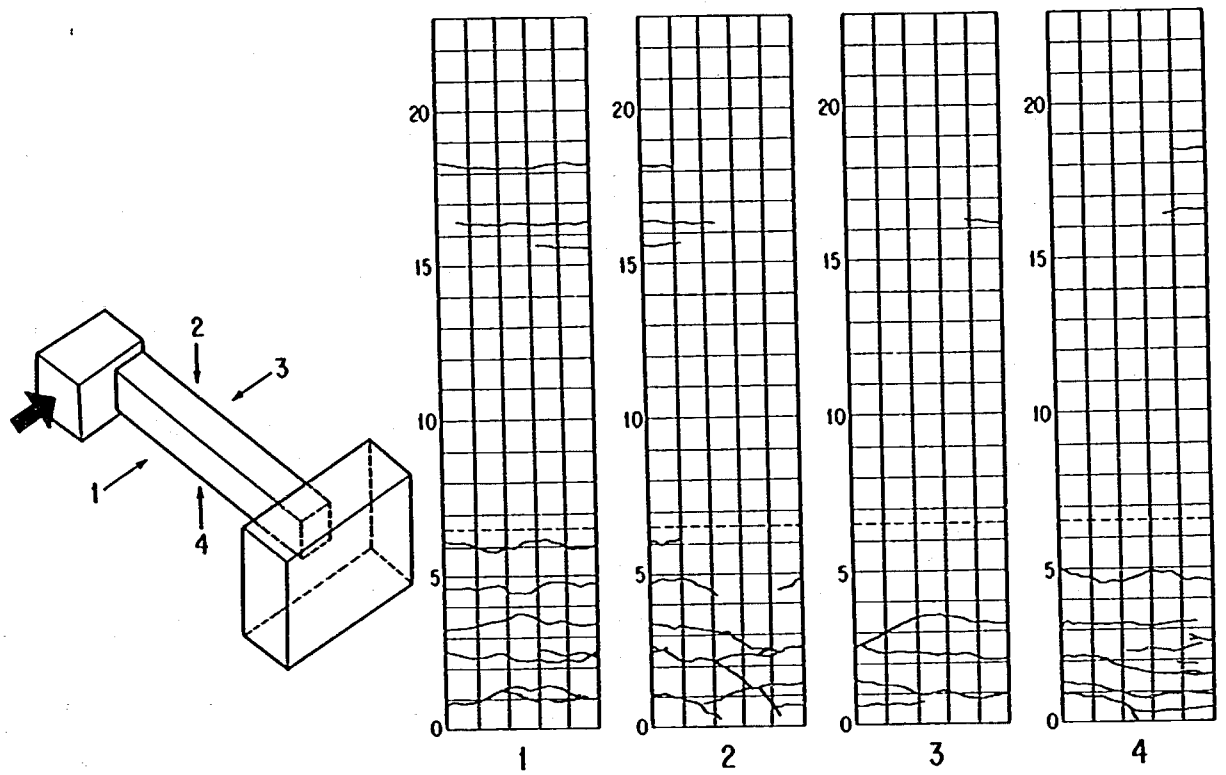
付図 I - 13 (8) 供試体 R - 13 $8\delta_0$ 終了後の破壊状況



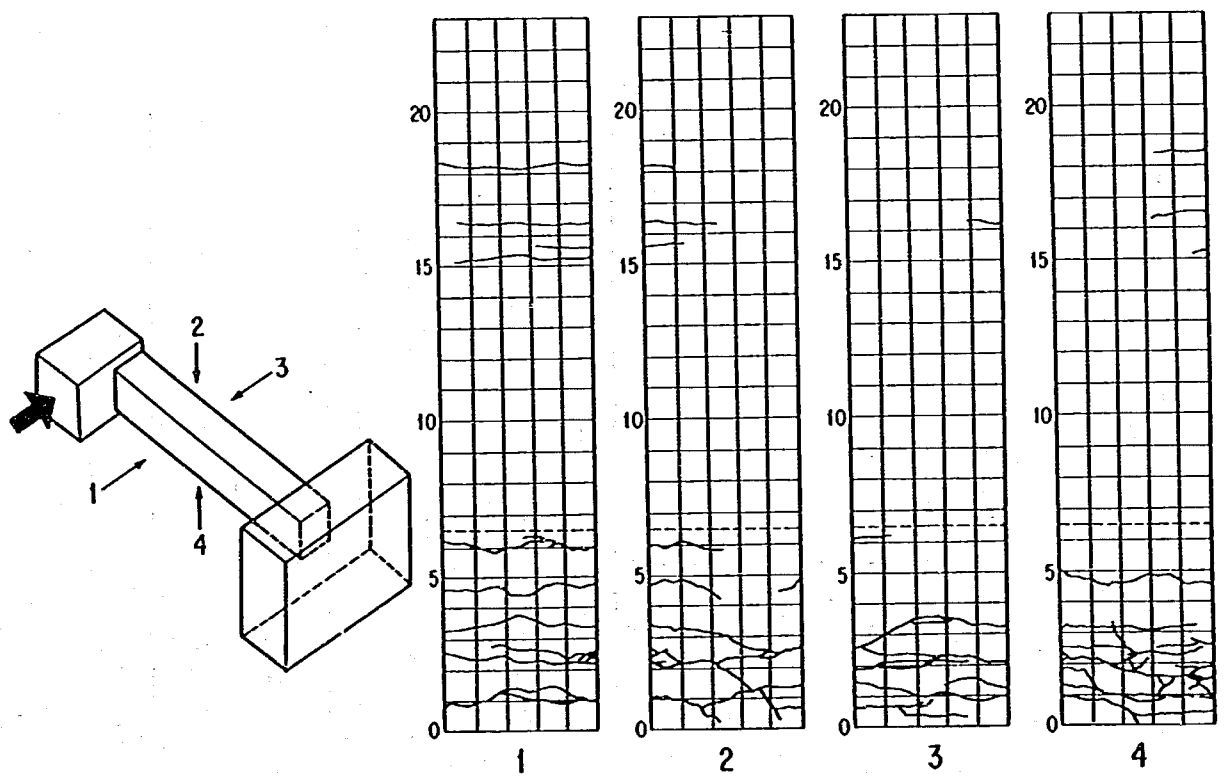
付図 I - 14 (1) 供試体 R - 14 $1\delta_0$ 終了後の破壊状況



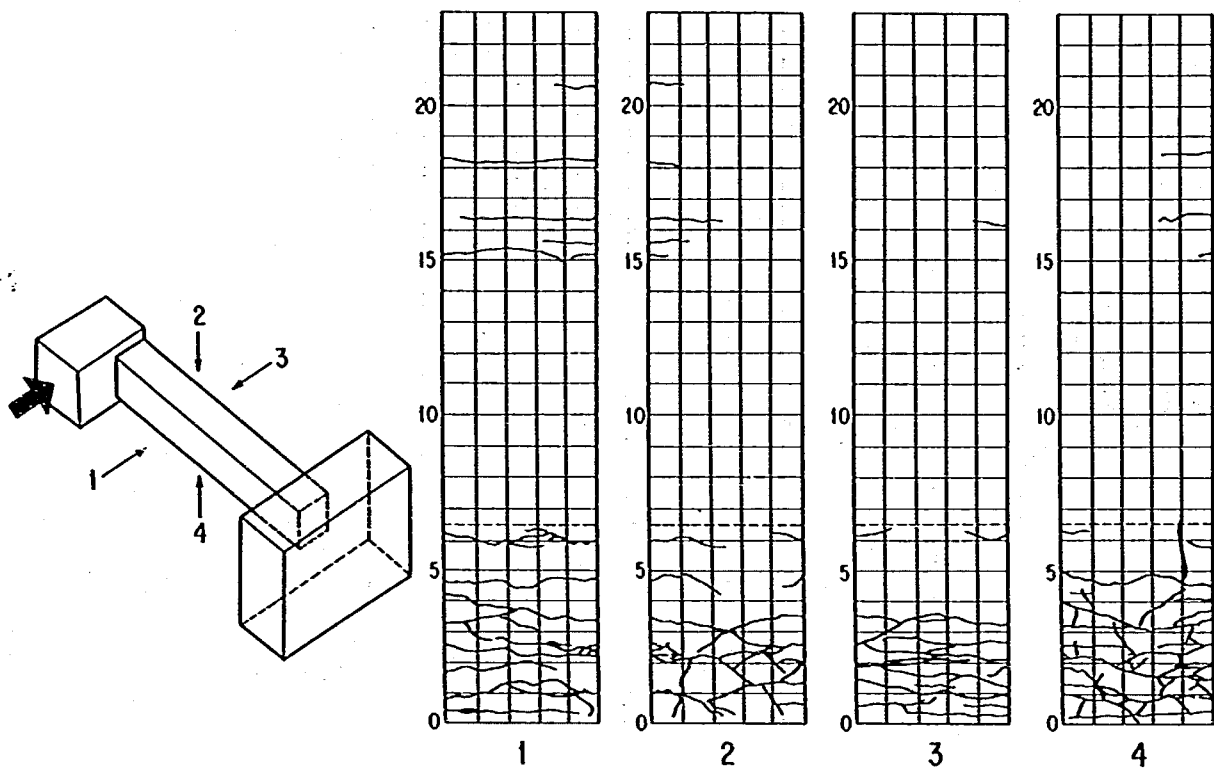
付図 I - 14 (2) 供試体 R - 14 $2\delta_0$ 終了後の破壊状況



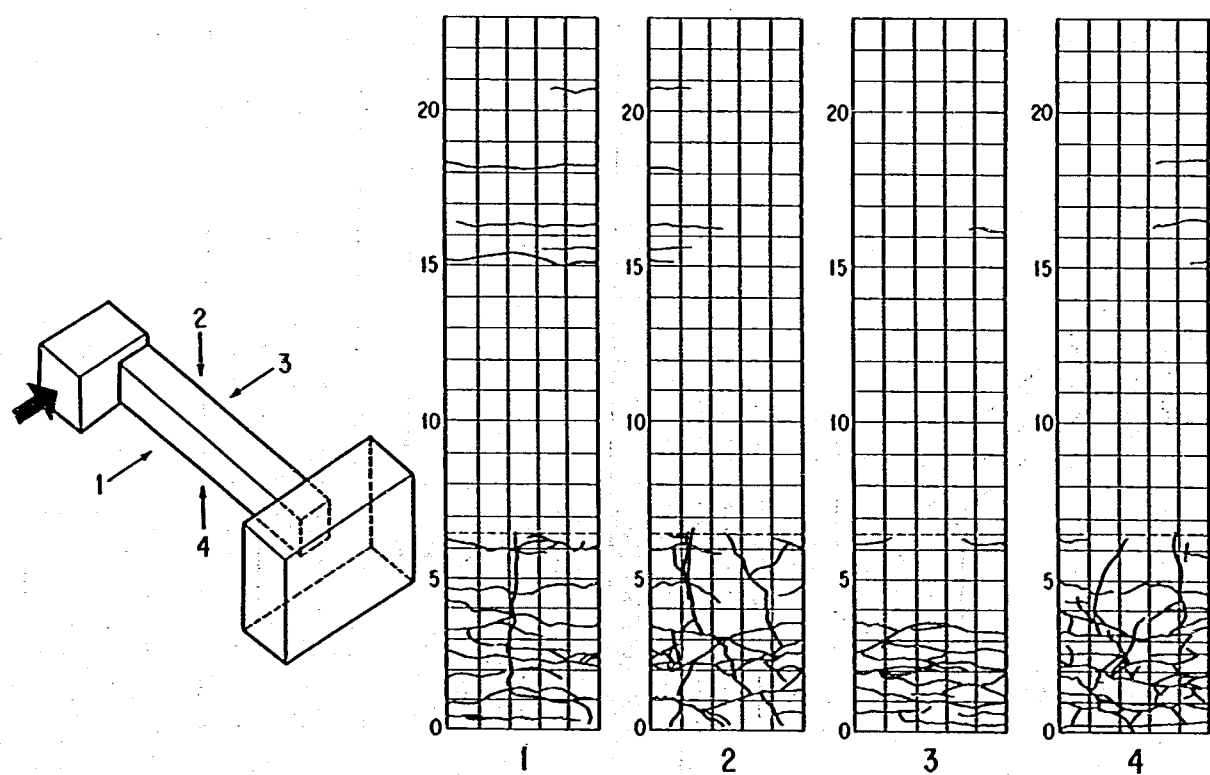
付図 I - 14 (3) 供試体 R - 14 $3\delta_0$ 終了後の破壊状況



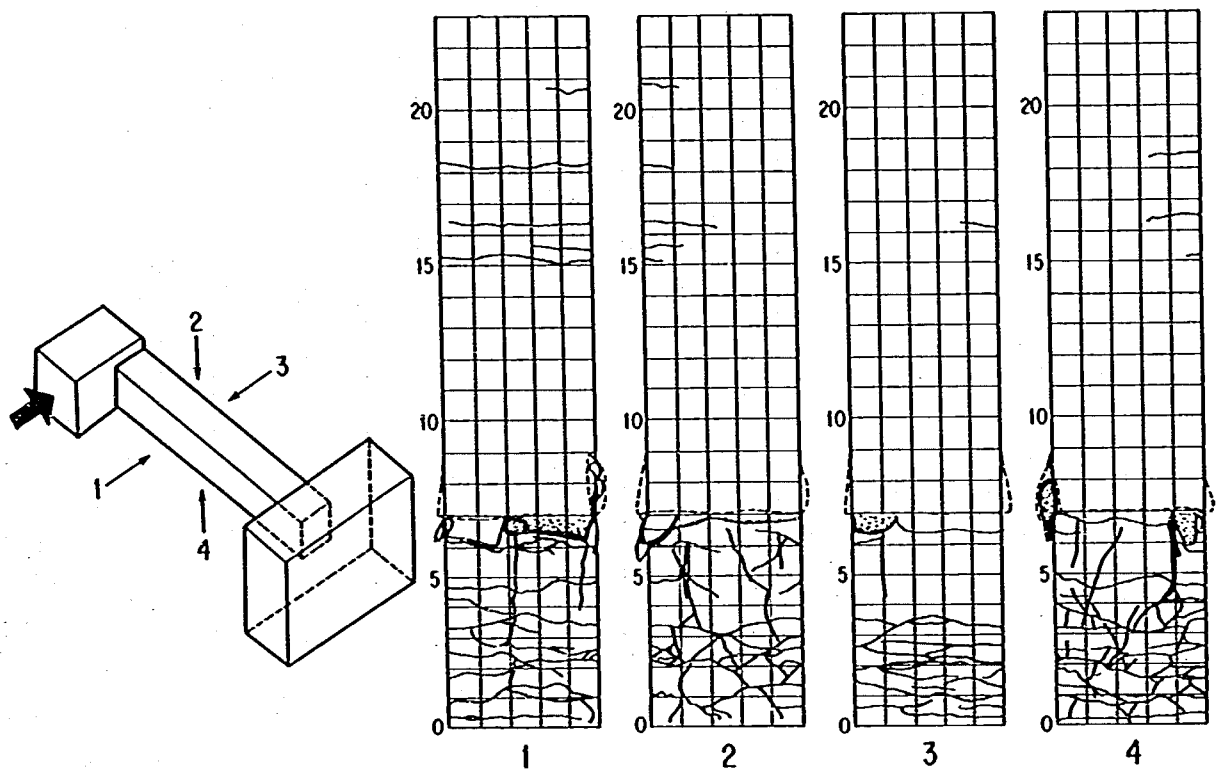
付図 I - 14 (4) 供試体 R - 14 $4\delta_0$ 終了後の破壊状況



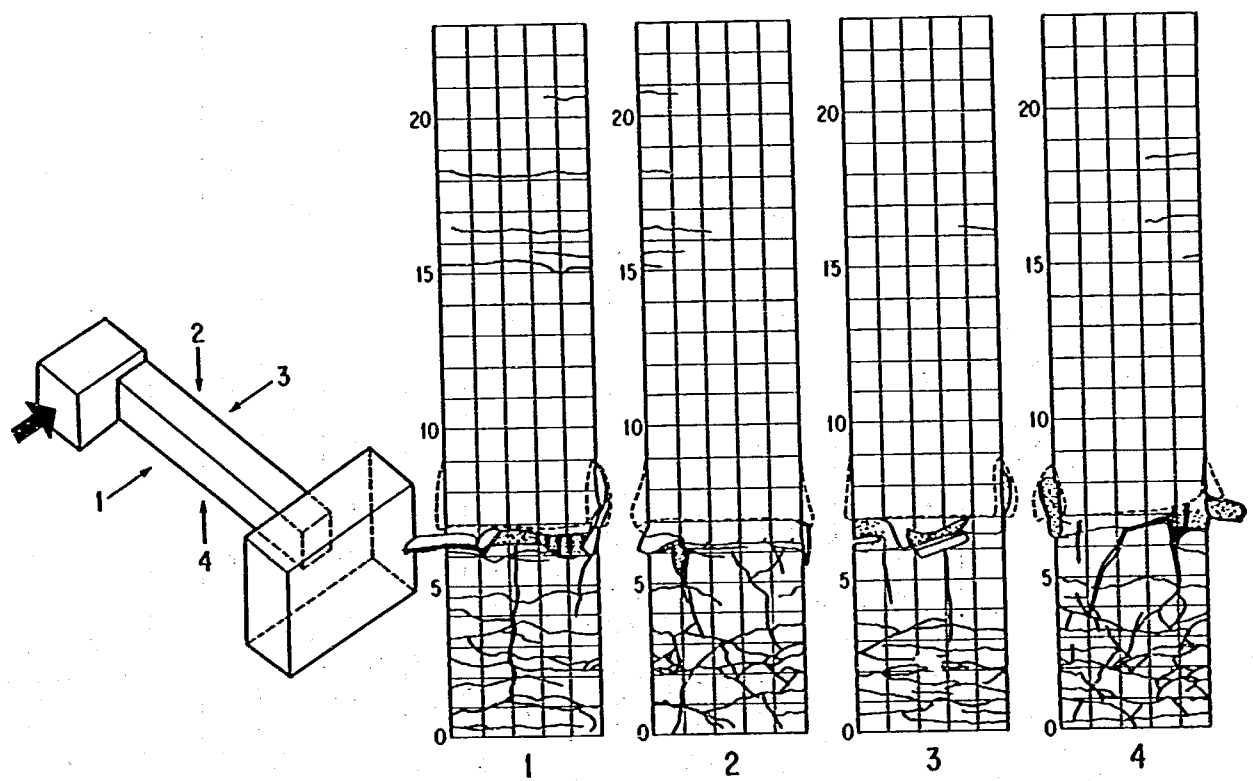
付図 I - 14 (5) 供試体 R - 14 $5\delta_0$ 終了後の破壊状況



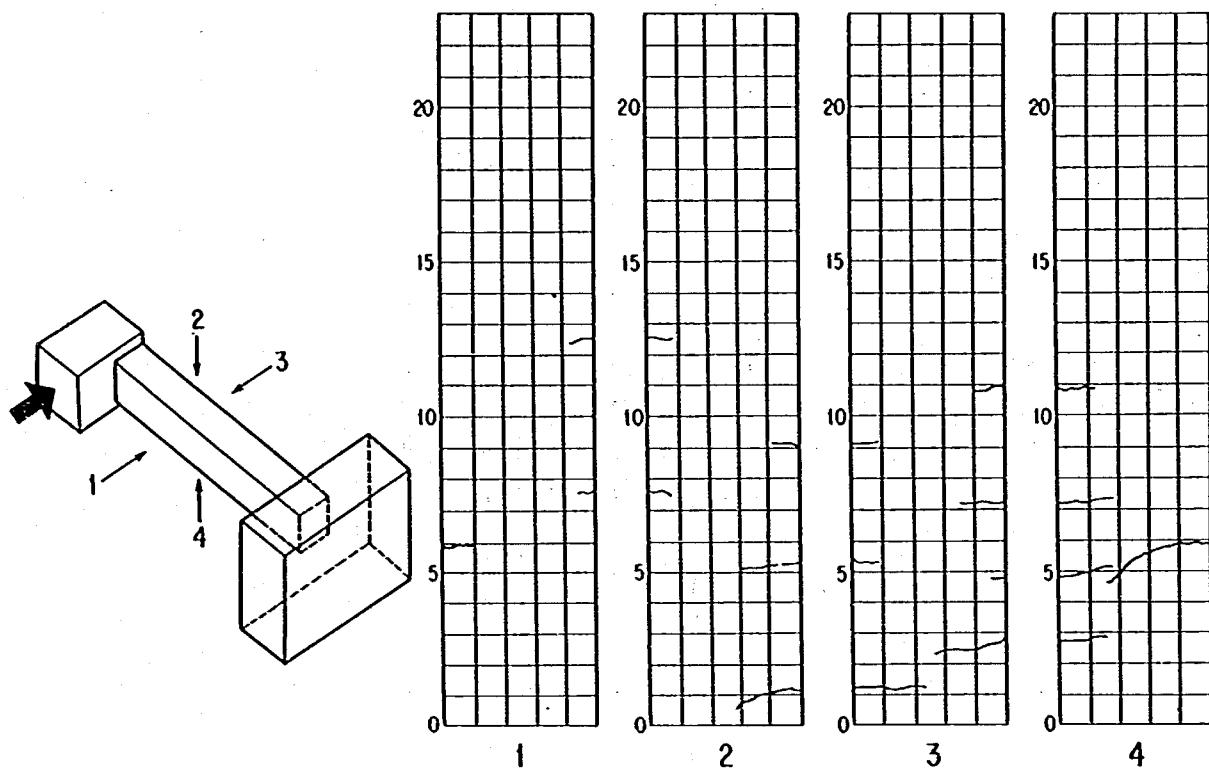
付図 I - 14 (6) 供試体 R - 14 $6\delta_0$ 終了後の破壊状況



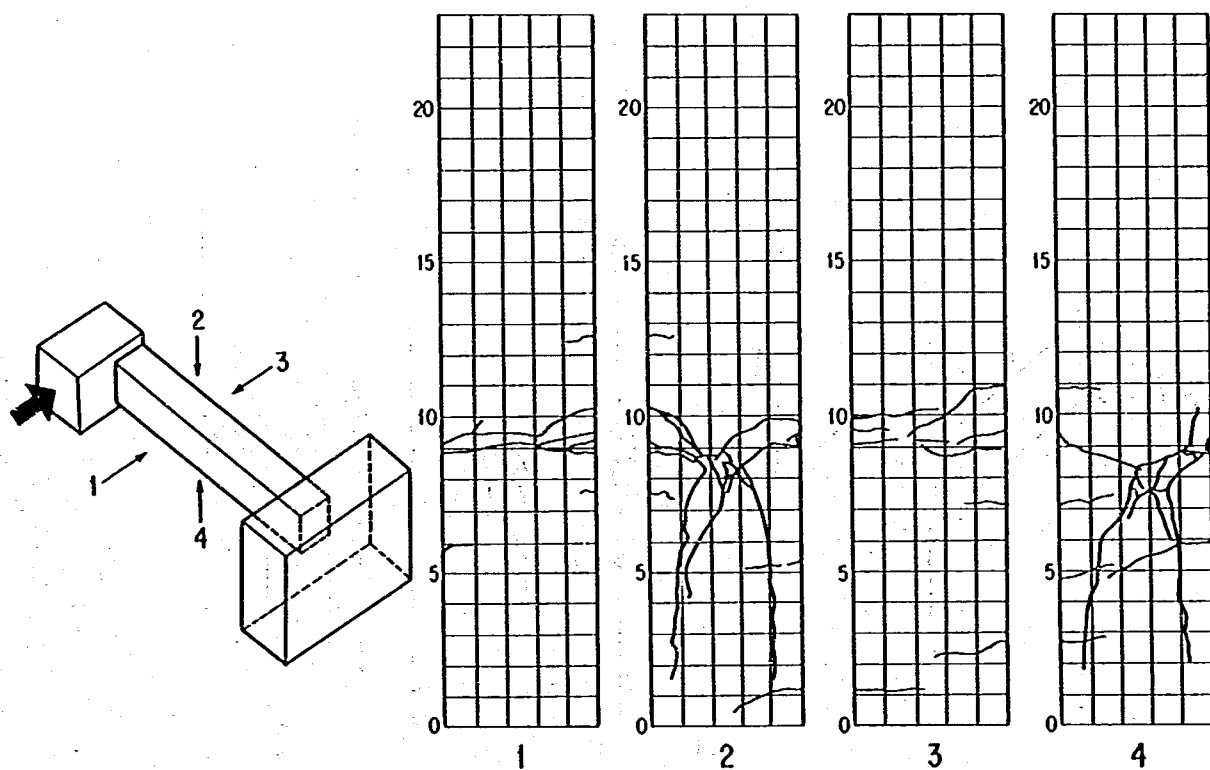
付図 I - 14 (7) 供試体 R - 14 $7\delta_0$ 終了後の破壊状況



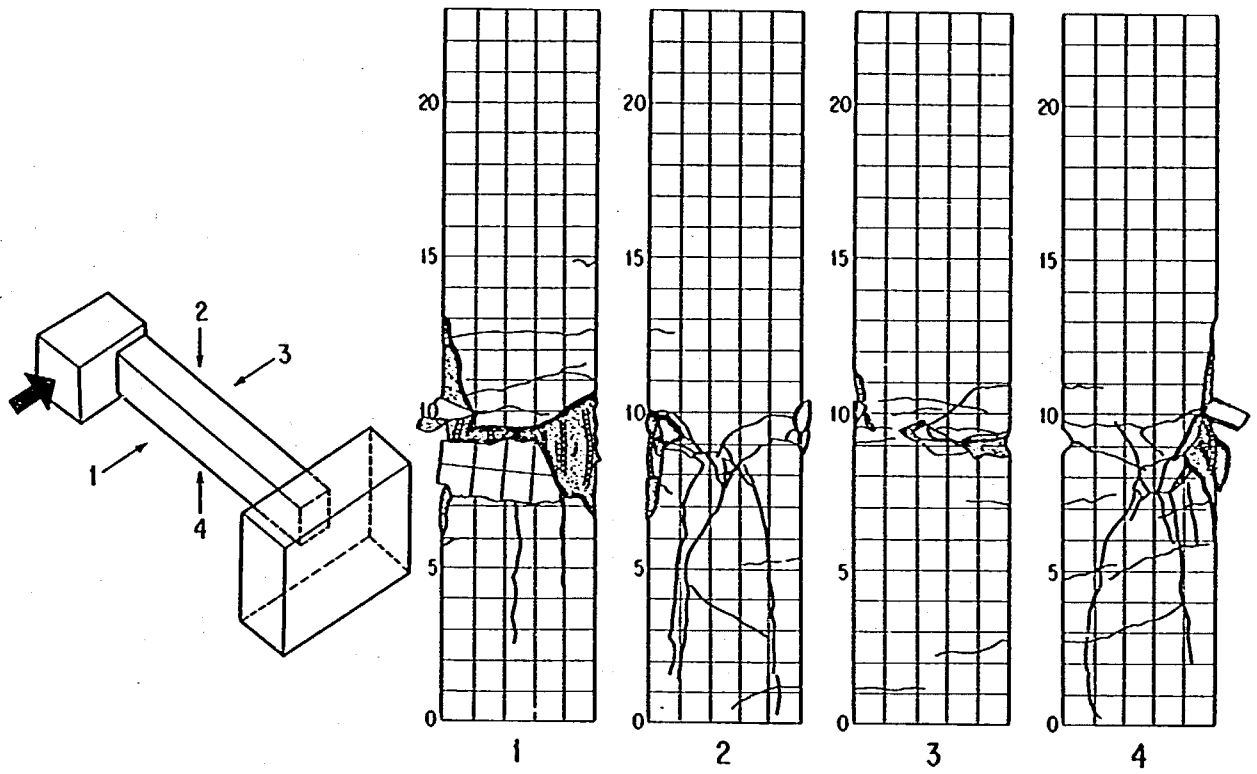
付図 I - 14 (8) 供試体 R - 14 $8\delta_0$ 終了後の破壊状況



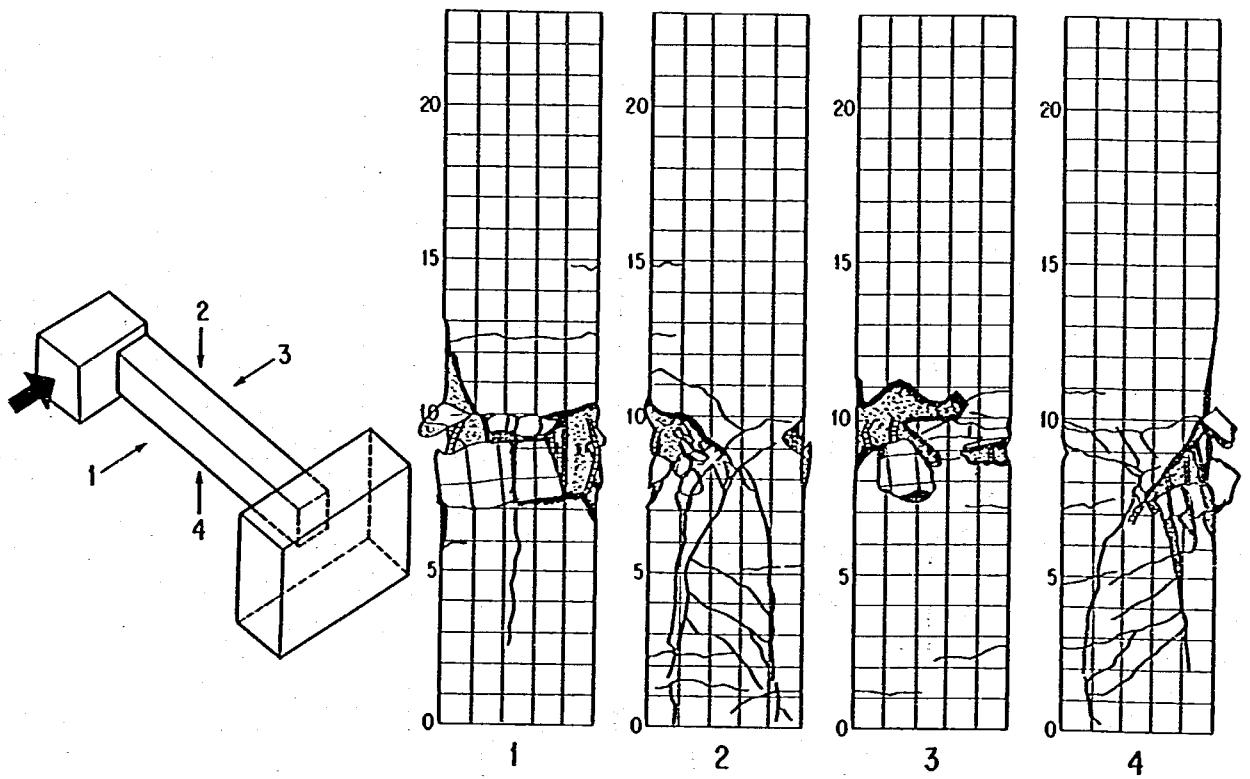
付図 I - 15 (1) 供試体 R - 15 $1\delta_0$ 終了後の破壊状況



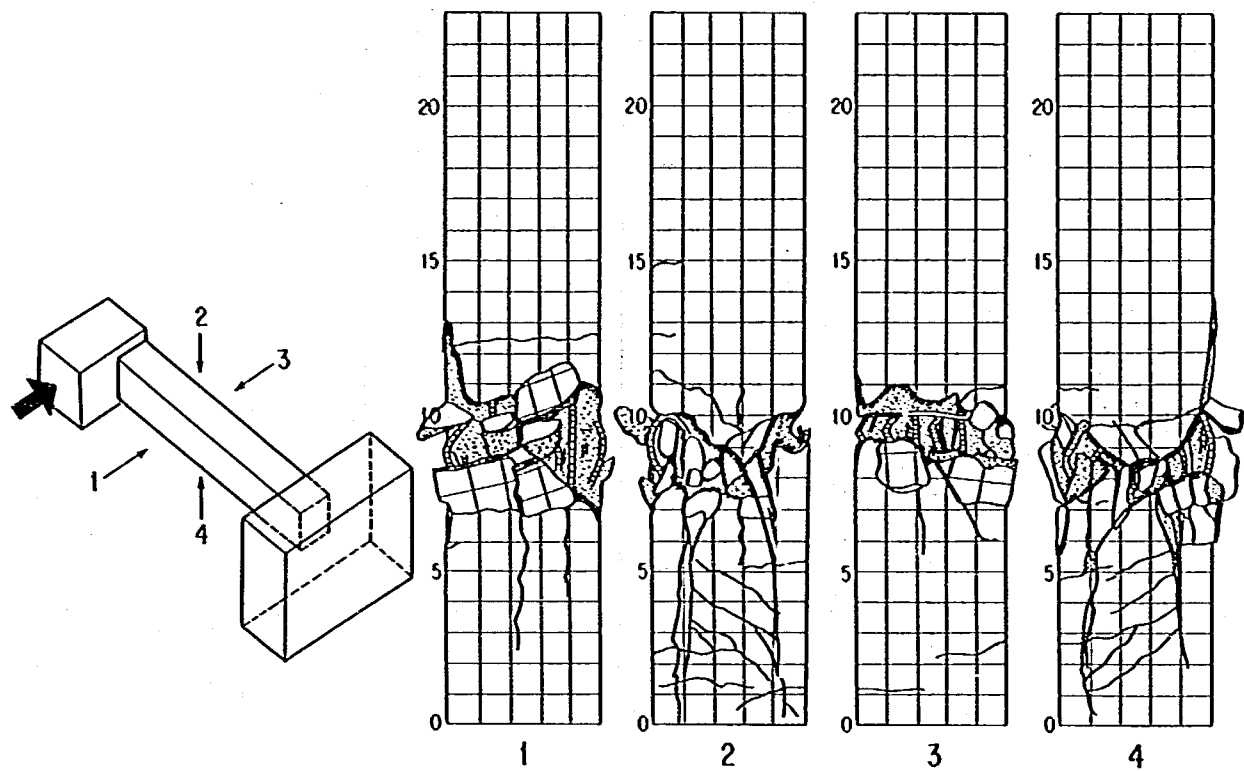
付図 I - 15 (2) 供試体 R - 15 $2\delta_0$ 終了後の破壊状況



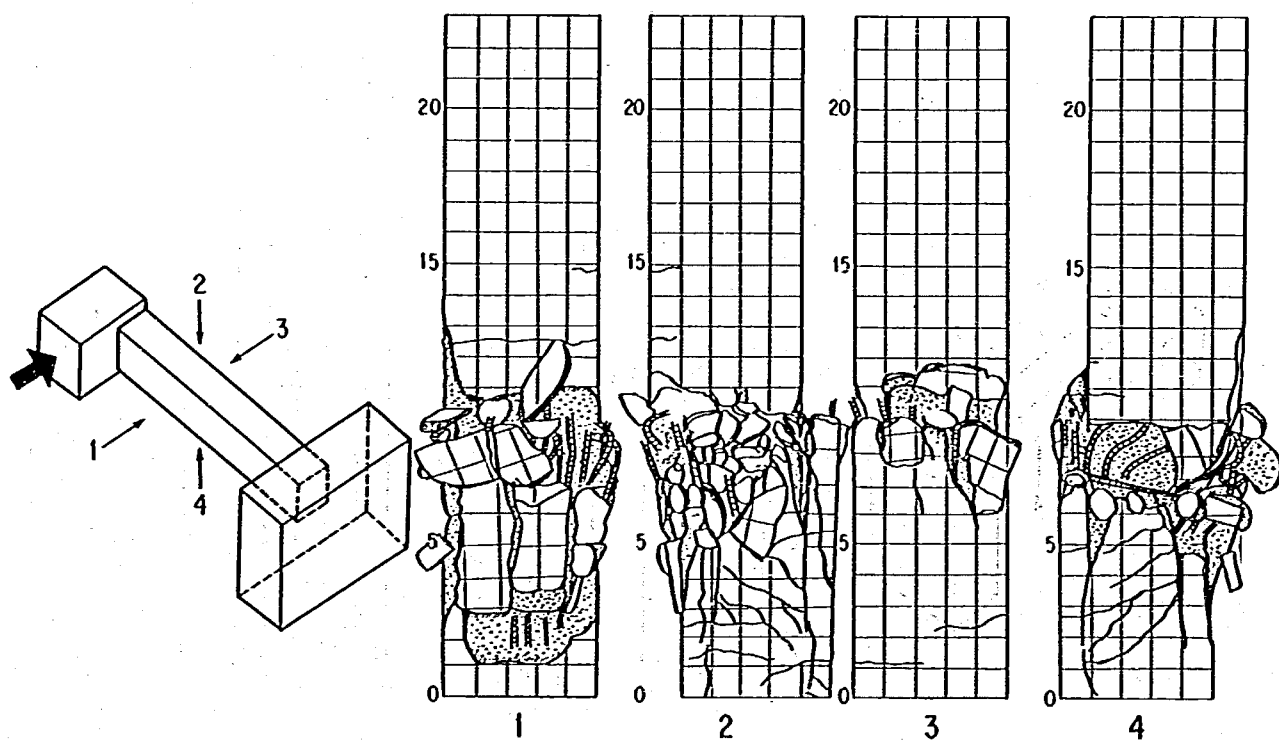
付図 I - 15 (3) 供試体 R - 15 $3\delta_0$ 終了後の破壊状況



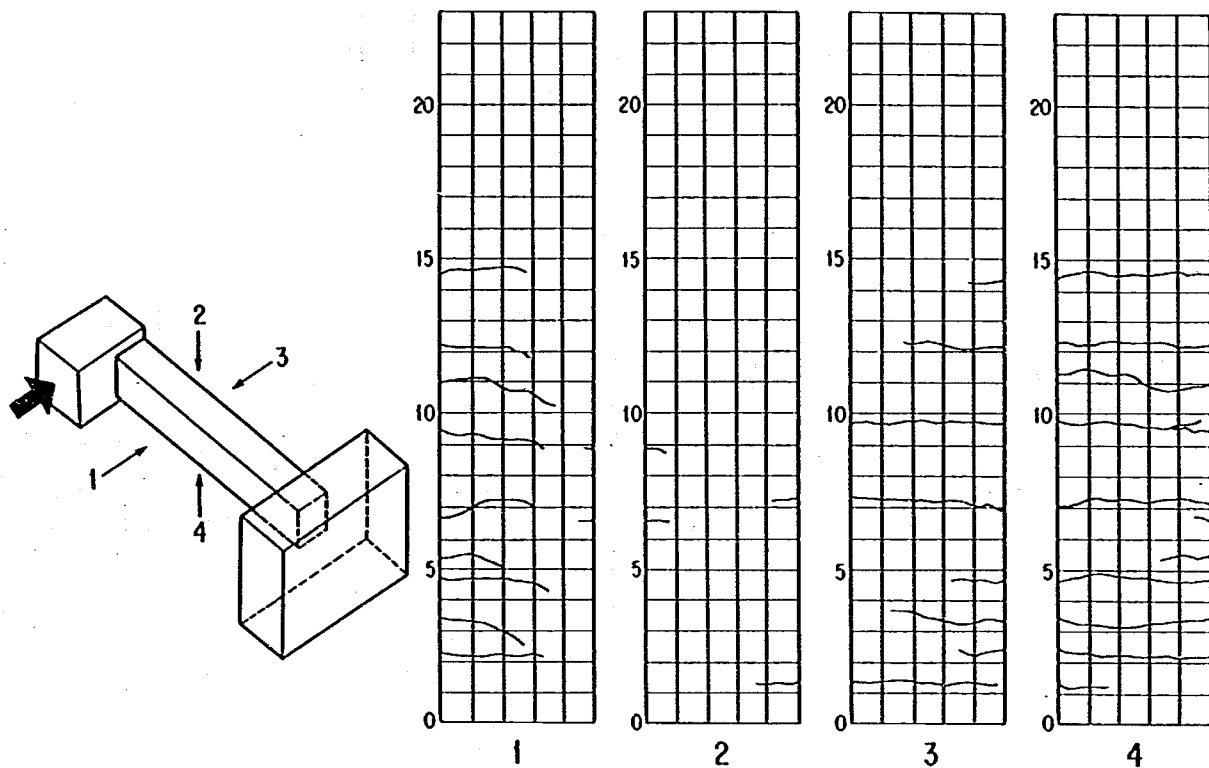
付図 I - 15 (4) 供試体 R - 15 $4\delta_0$ 終了後の破壊状況



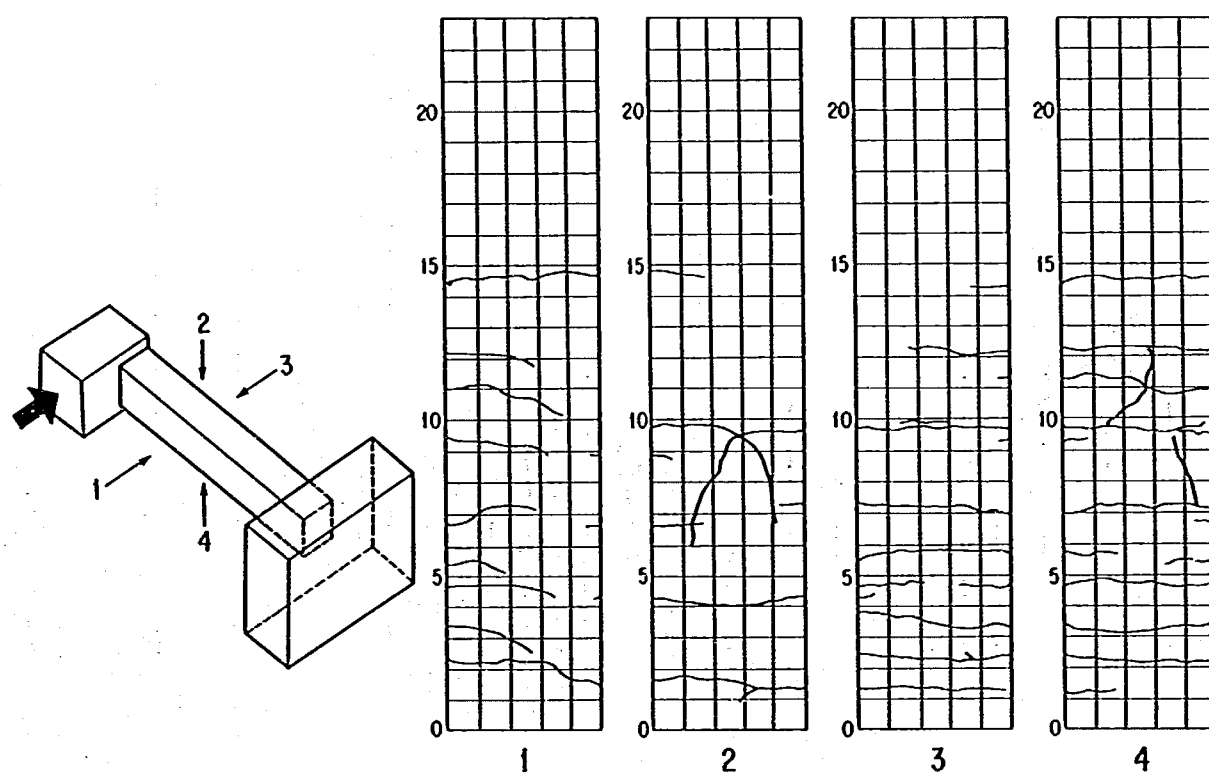
付図 I - 15 (5) 供試体 R - 15 $5\delta_0$ 終了後の破壊状況



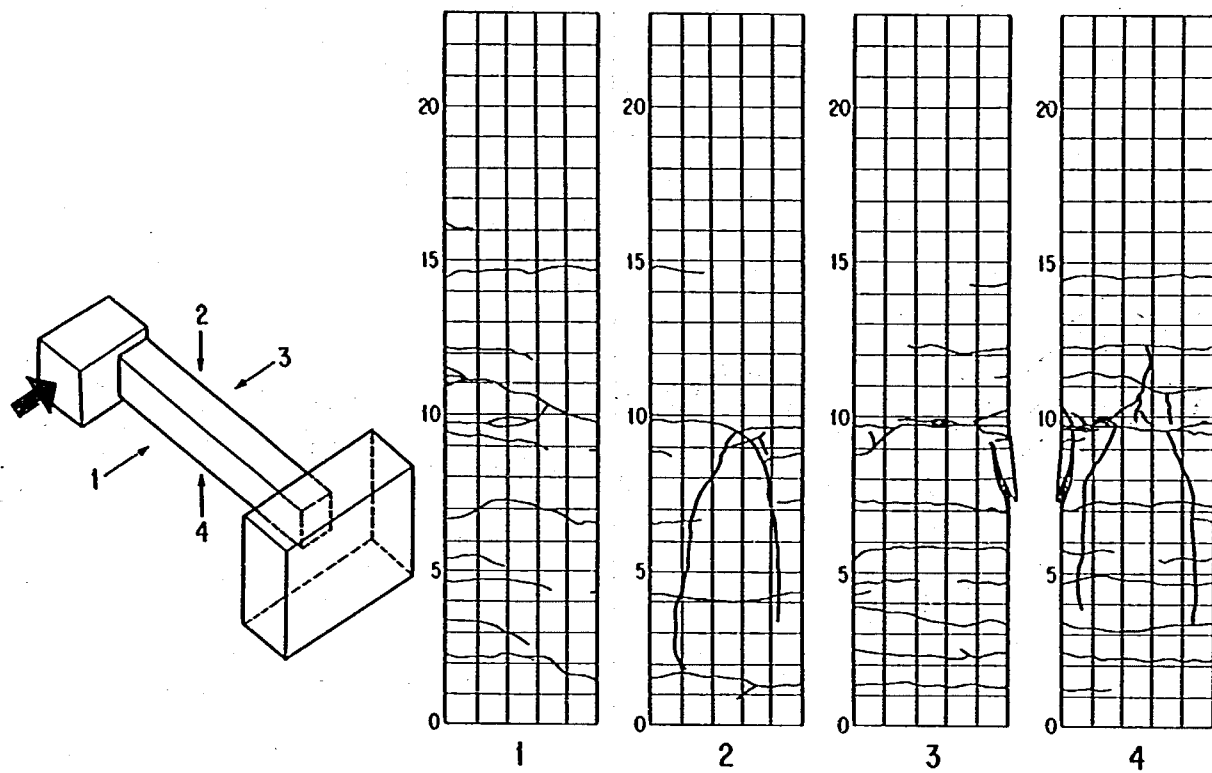
付図 I - 15 (6) 供試体 R - 15 $6\delta_0$ 終了後の破壊状況



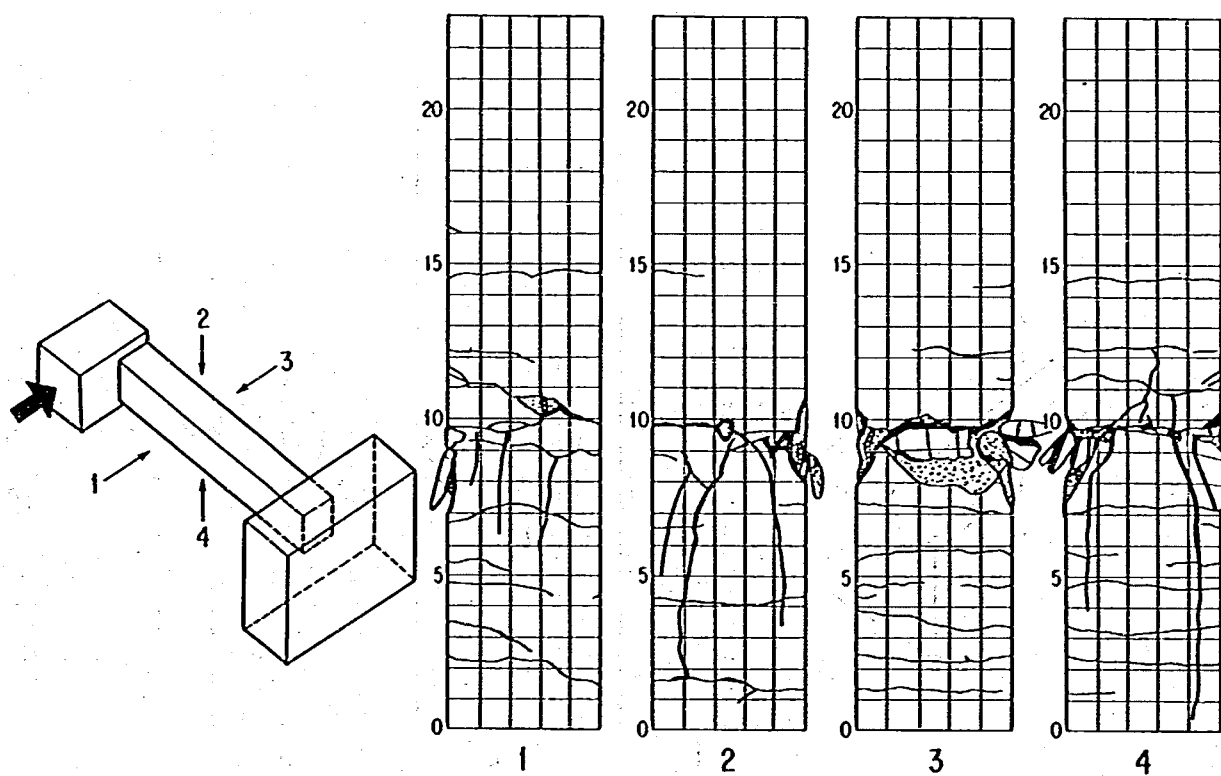
付図 I - 16 (1) 供試体 R - 16 $1\delta_0$ 終了後の破壊状況



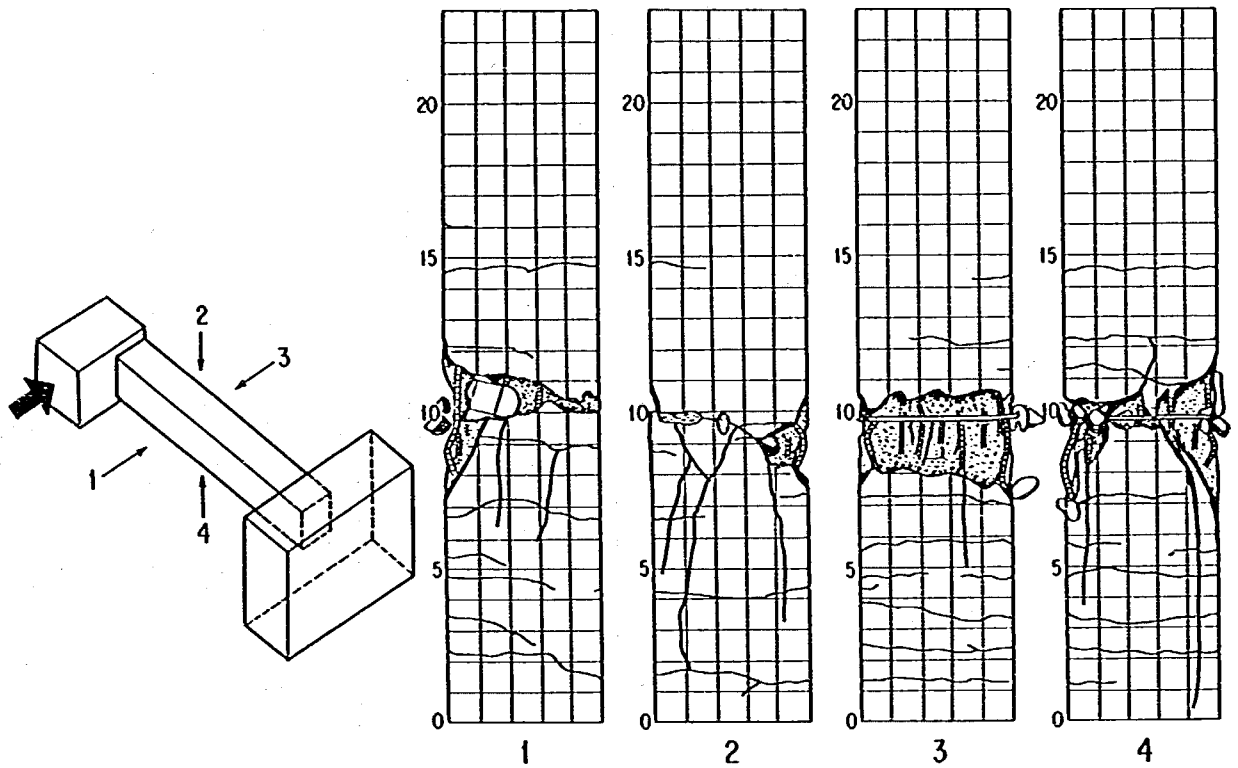
付図 I - 16 (2) 供試体 R - 16 $2\delta_0$ 終了後の破壊状況



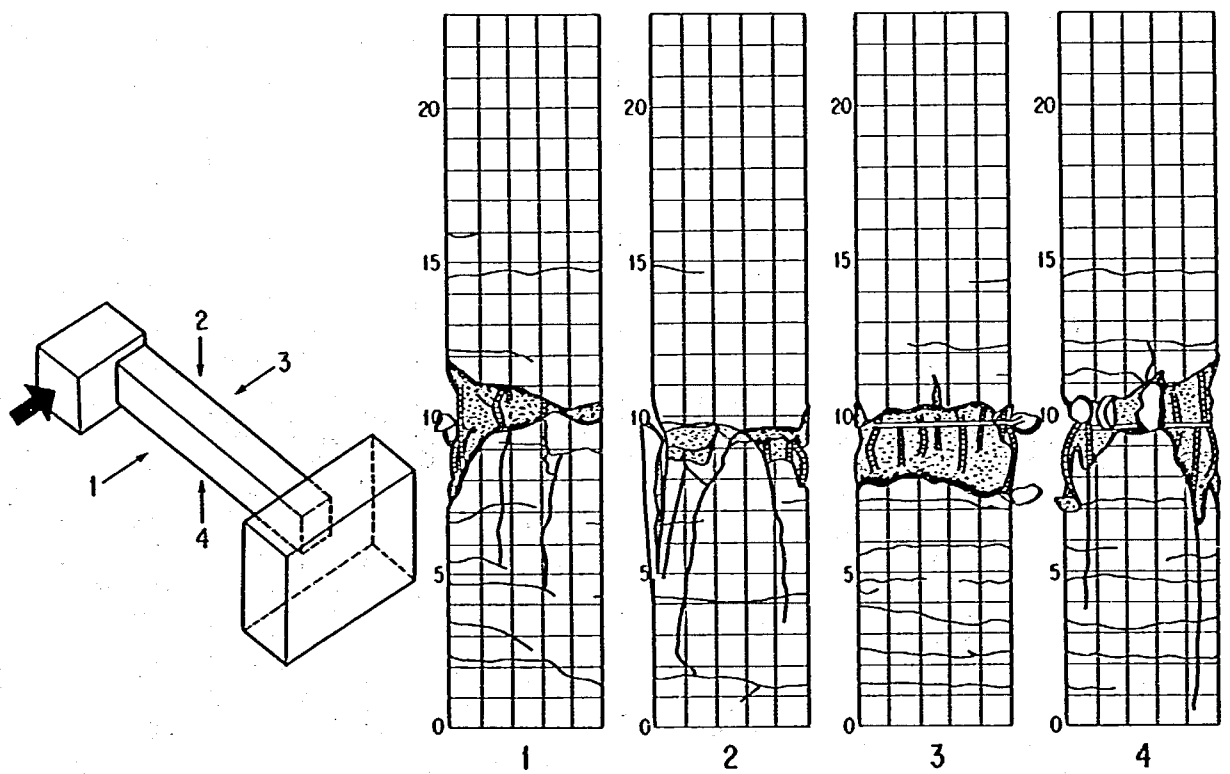
付図 I - 16 (3) 供試体 R - 16 $3\delta_0$ 終了後の破壊状況



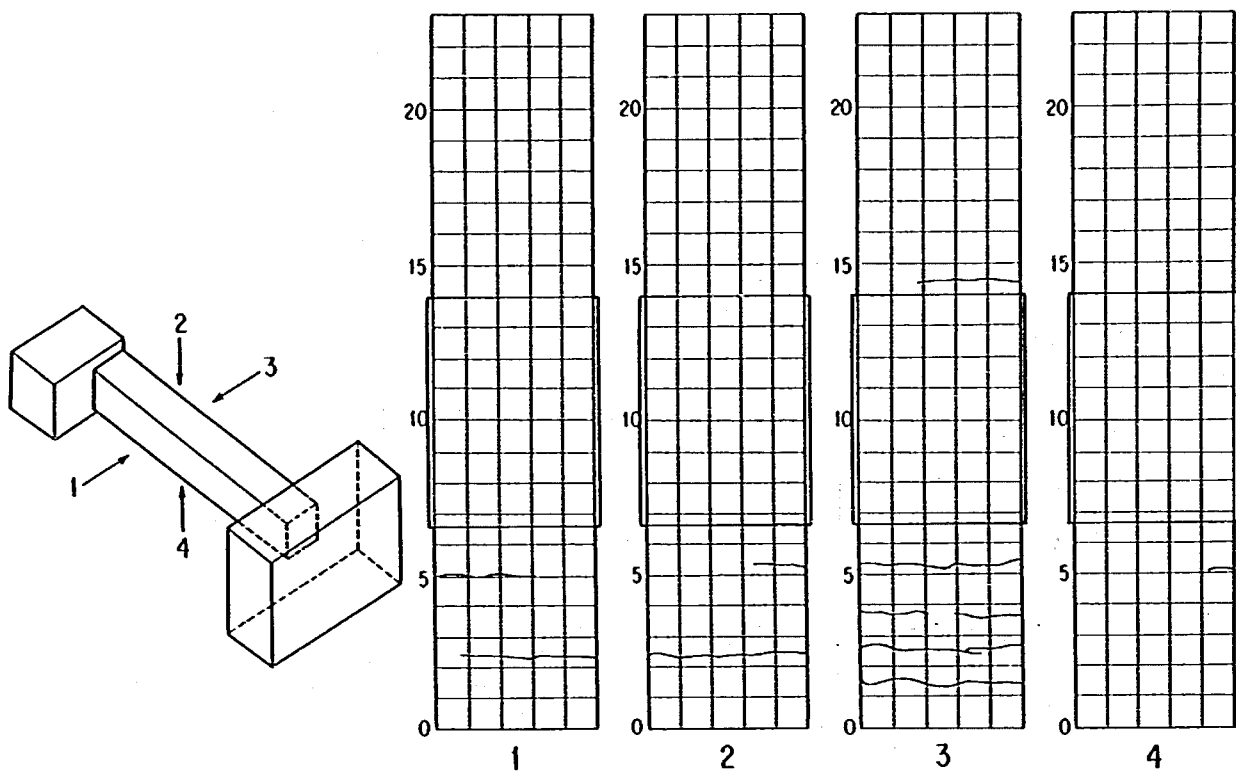
付図 I - 16 (4) 供試体 R - 16 $4\delta_0$ 終了後の破壊状況



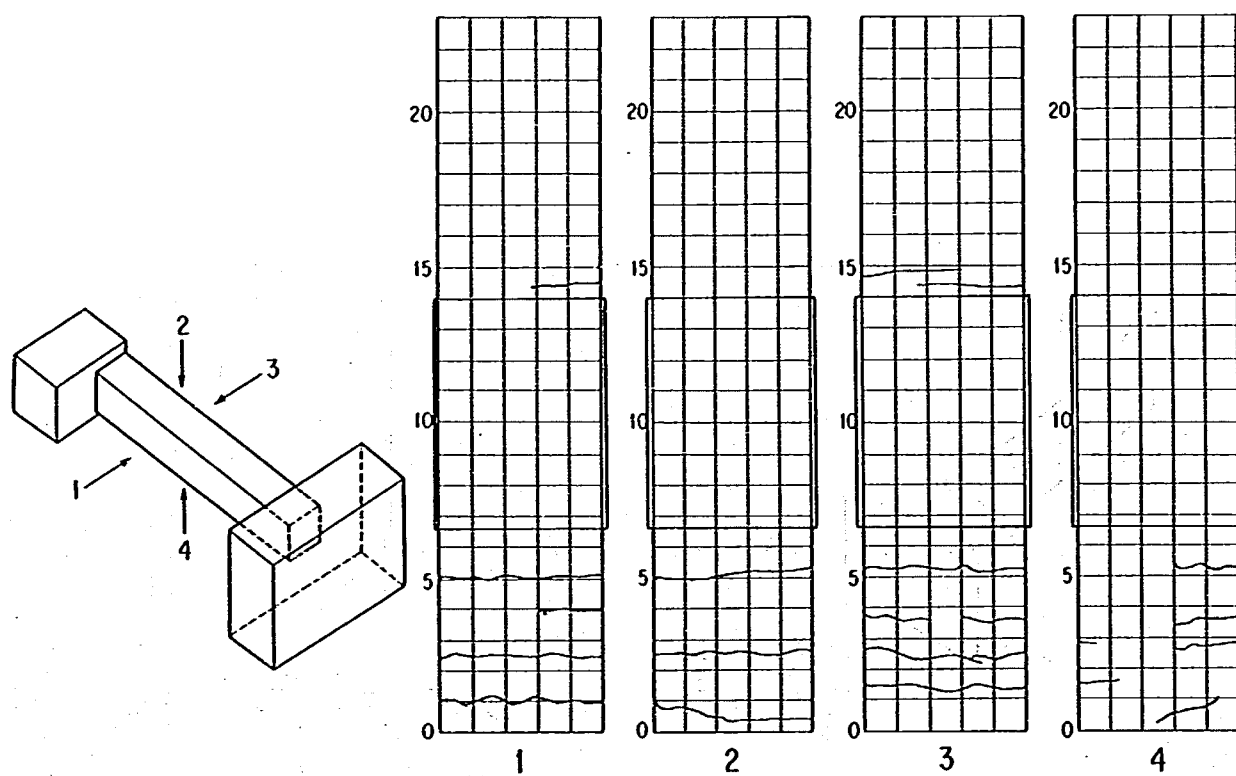
付図 I - 16 (5) 供試体 R - 16 $5\delta_0$ 終了後の破壊状況



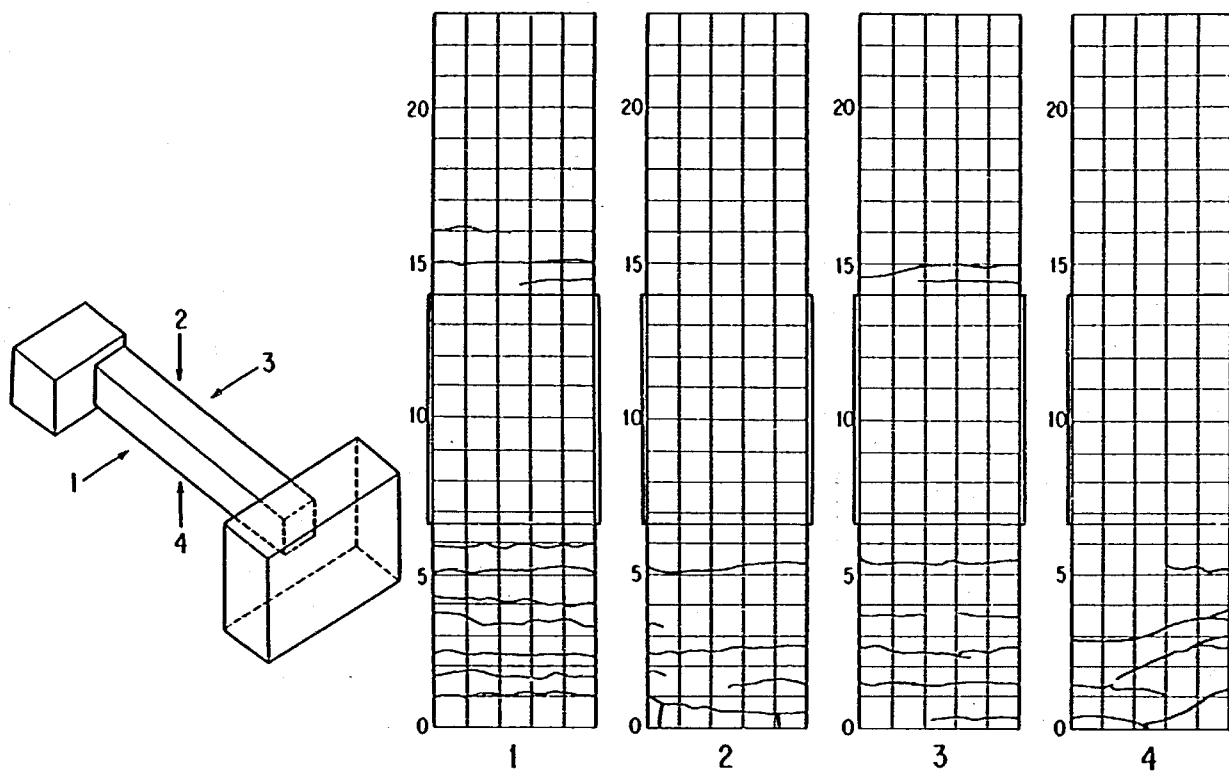
付図 I - 16 (6) 供試体 R - 16 $6\delta_0$ 終了後の破壊状況



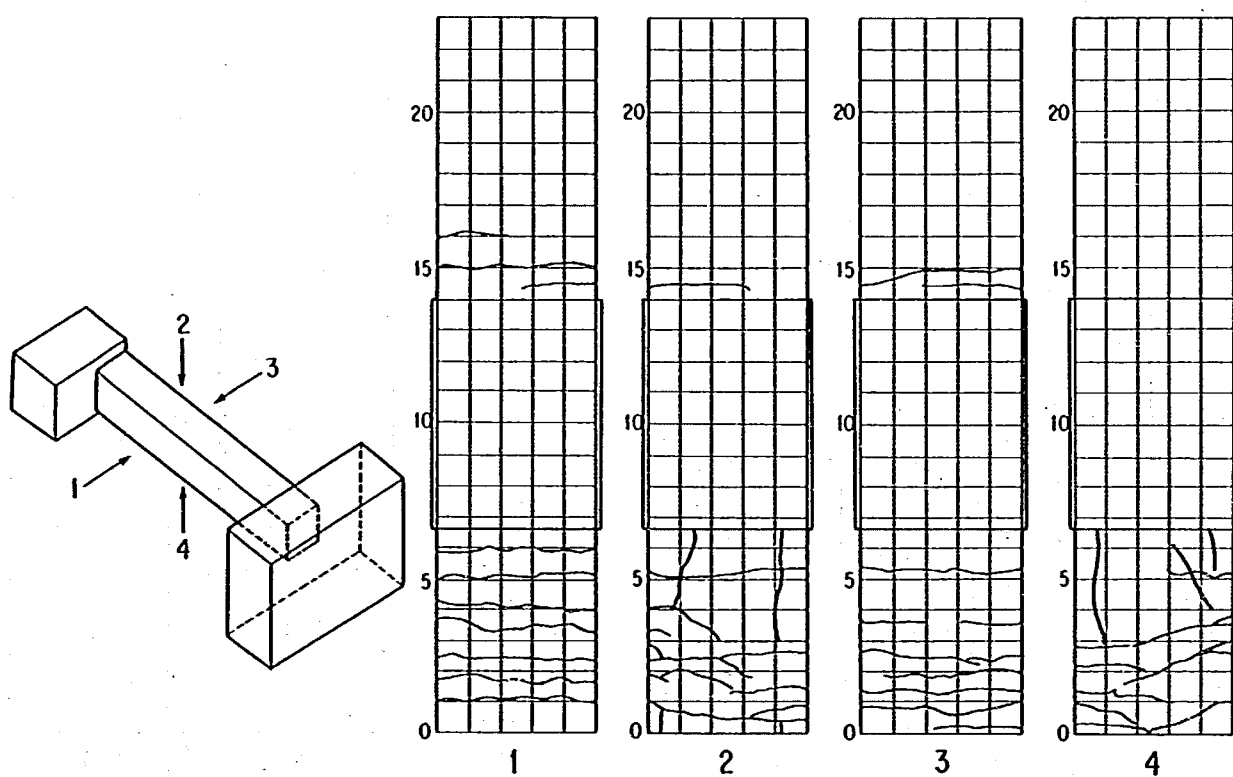
付図 I - 17 (1) 供試体 R - 17 1 δ_0 終了後の破壊状況



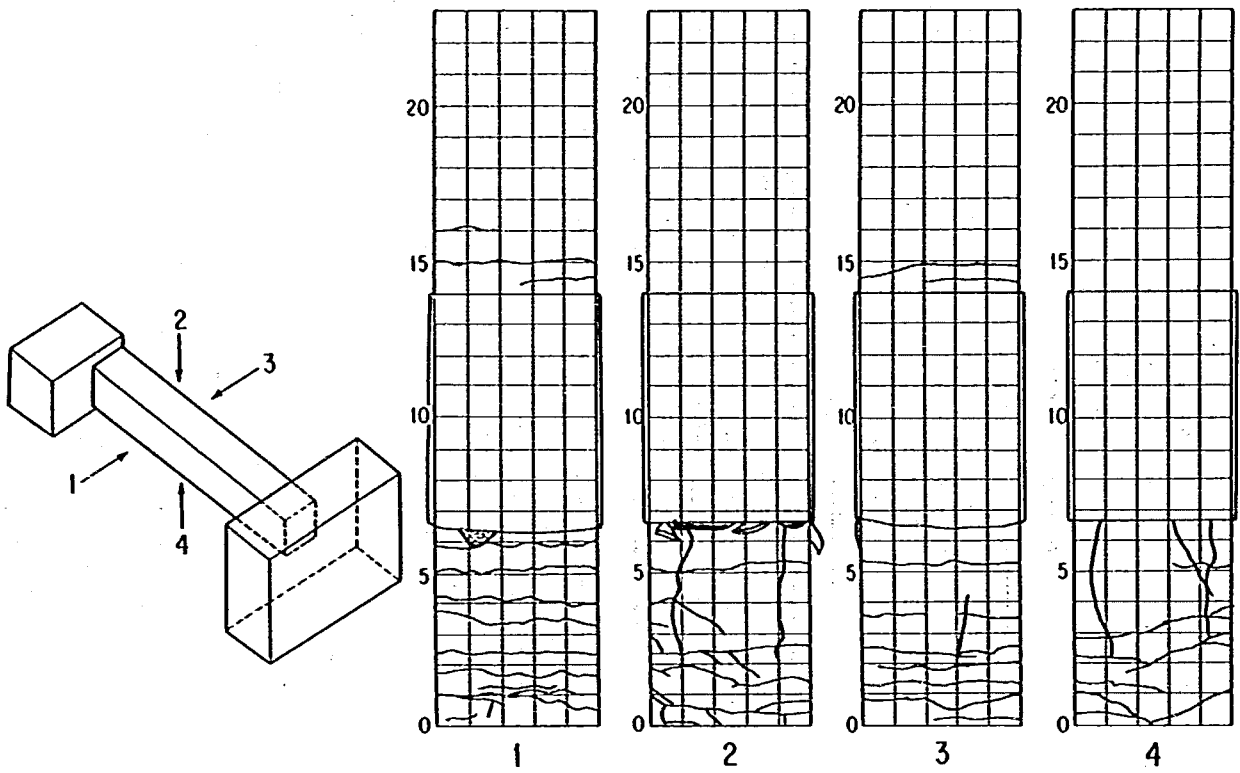
付図 I - 17 (2) 供試体 R - 17 2 δ_0 終了後の破壊状況



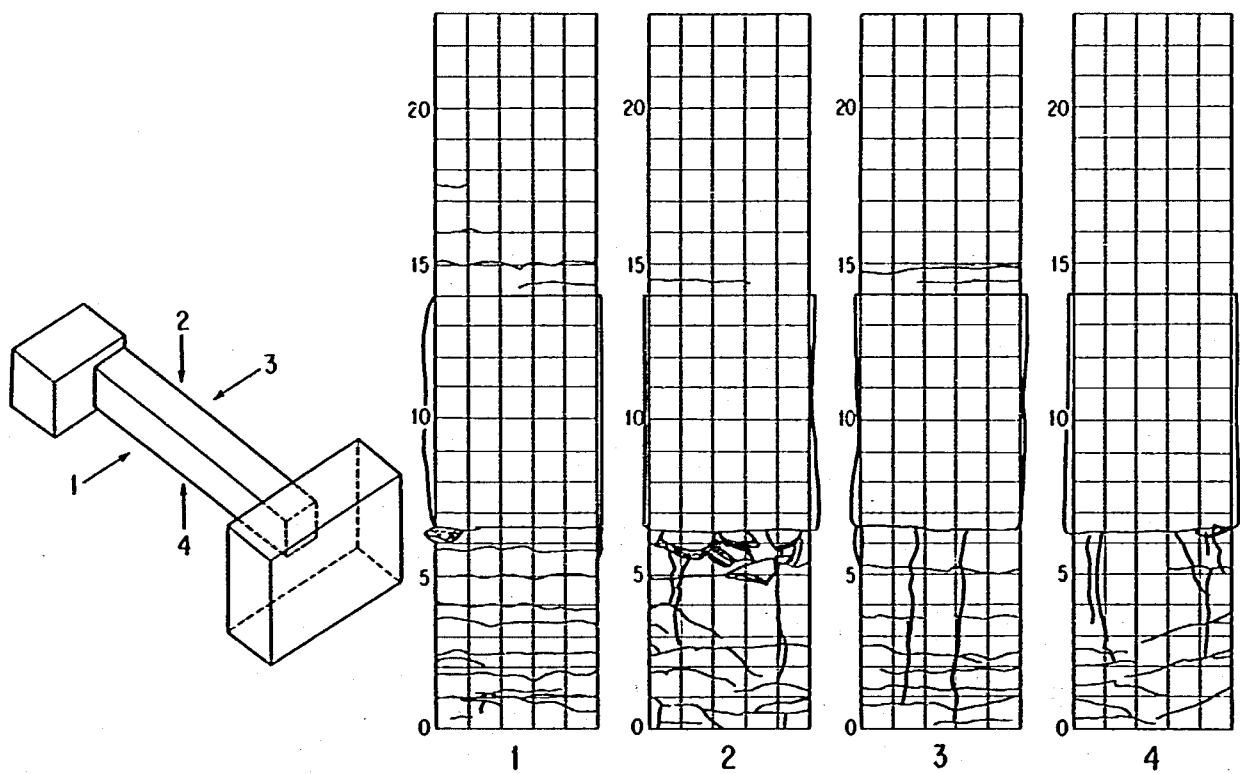
付図 I - 17 (3) 供試体 R - 17 $3\delta_0$ 終了後の破壊状況



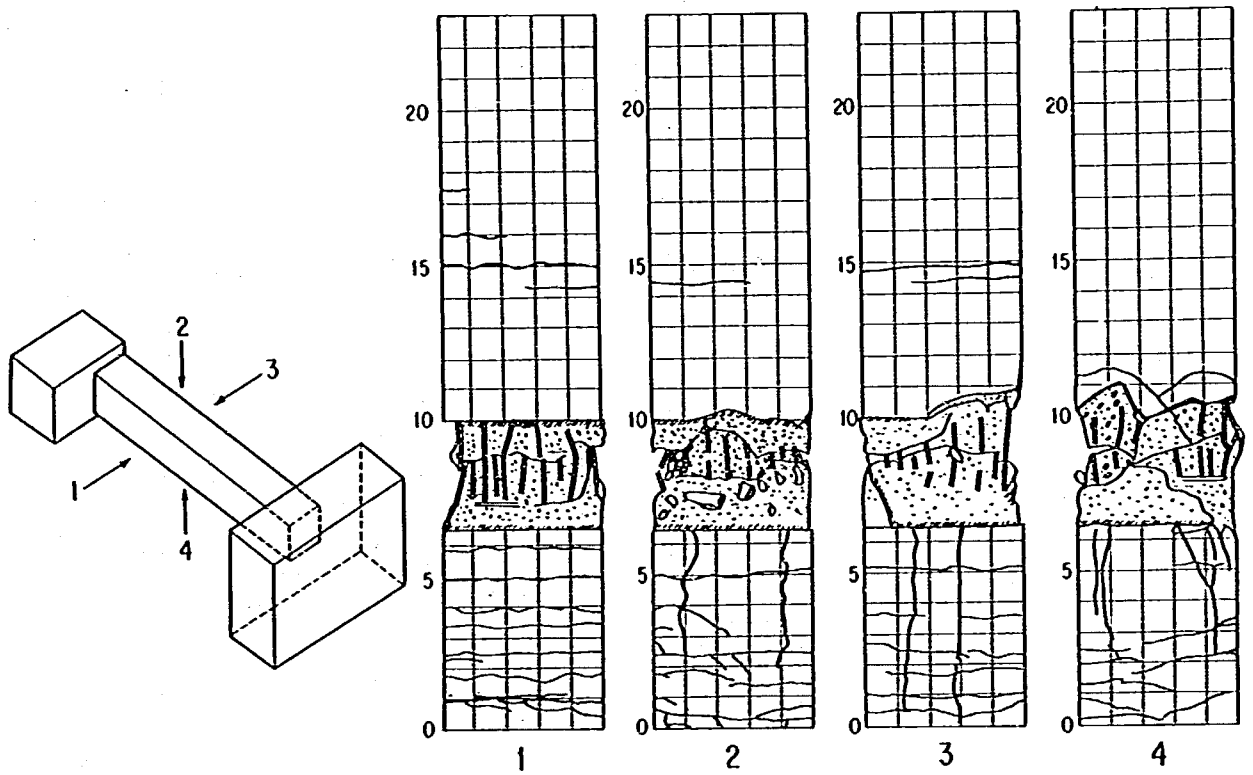
付図 I - 17 (4) 供試体 R - 17 $4\delta_0$ 終了後の破壊状況



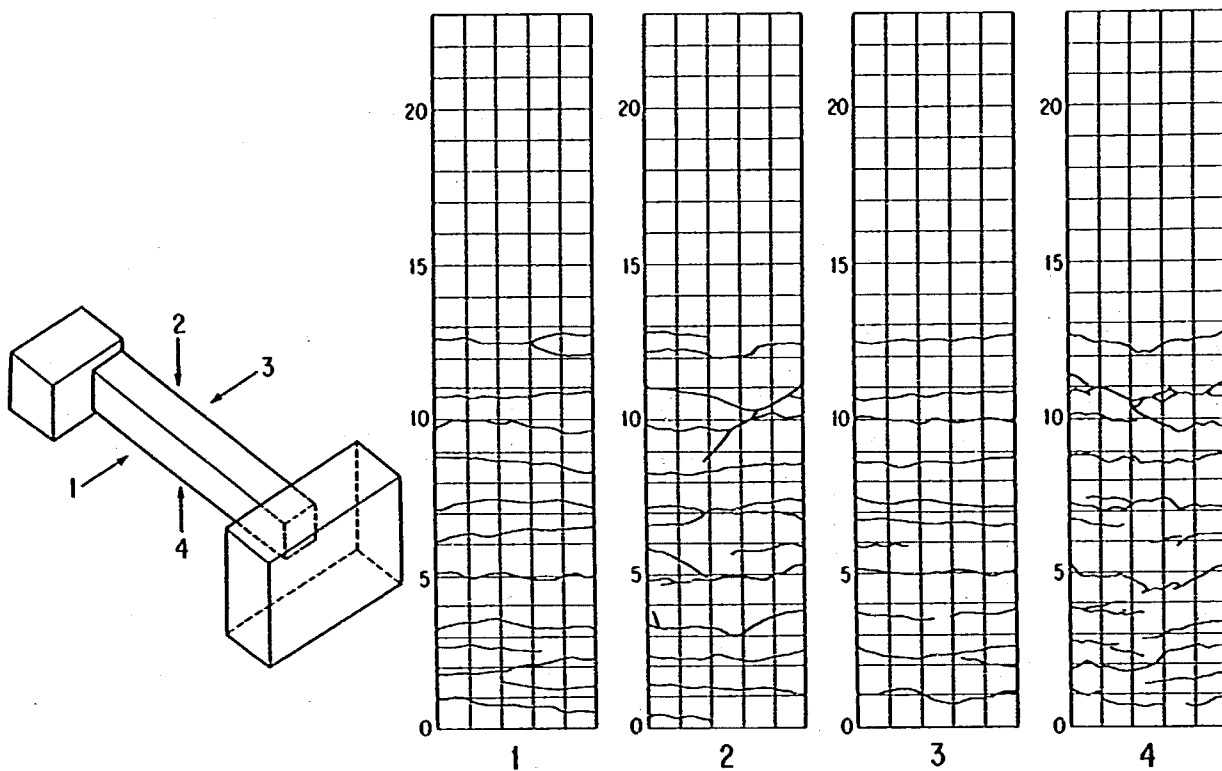
付図 I - 17 (5) 供試体 R - 17 $5\delta_0$ 終了後の破壊状況



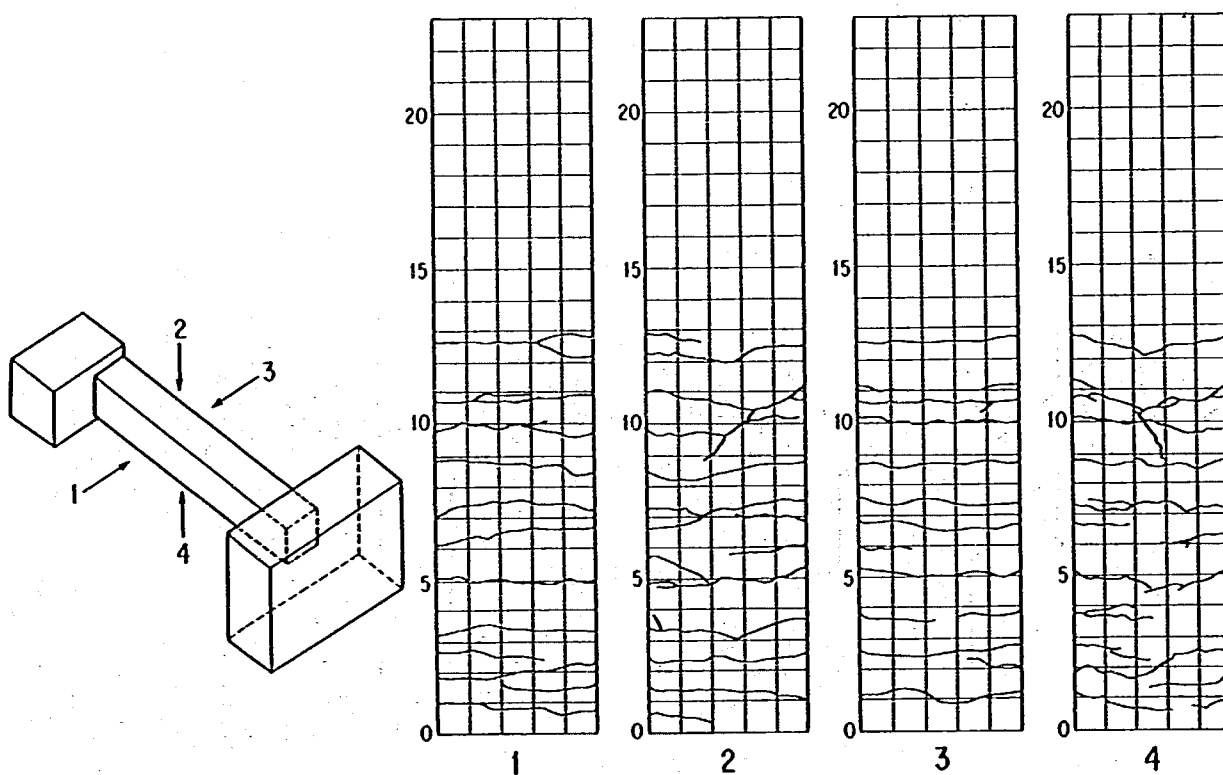
付図 I - 17 (6) 供試体 R - 17 $6\delta_0$ 終了後の破壊状況



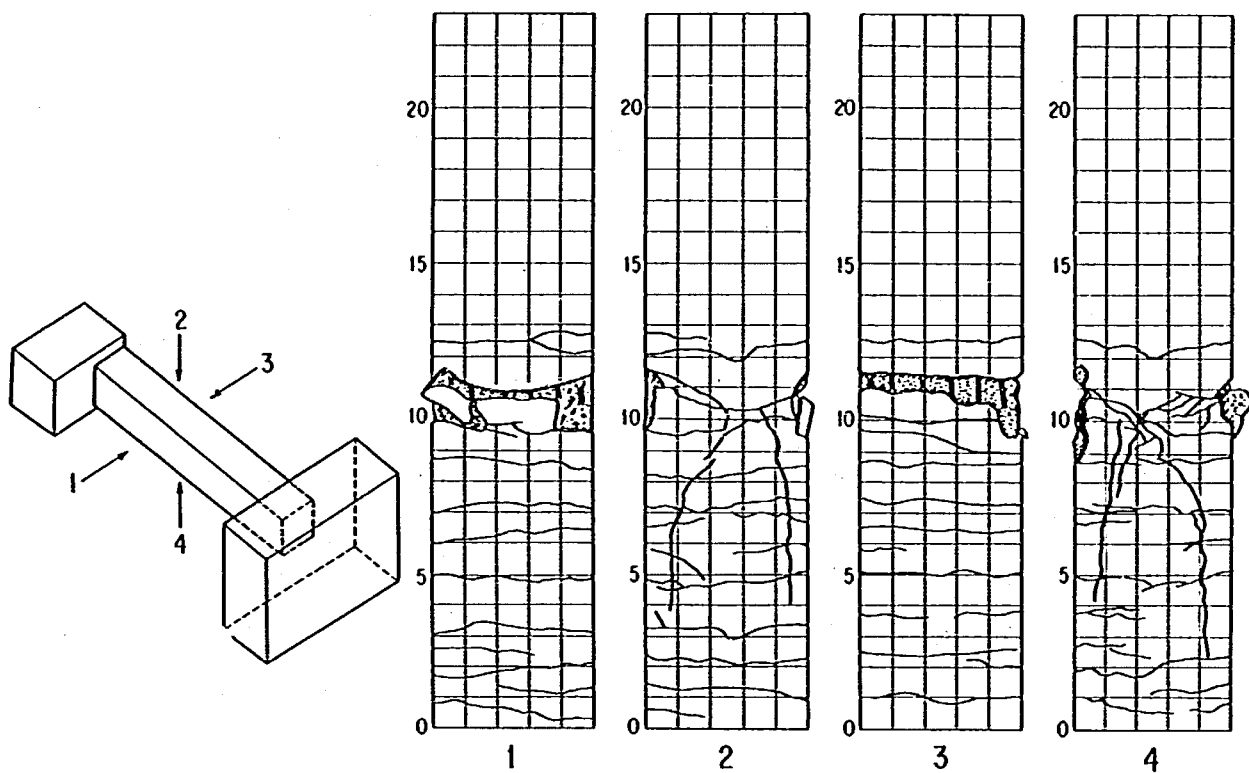
付図 I - 17 (7) 供試体 R - 17 実験終了後の破壊状況



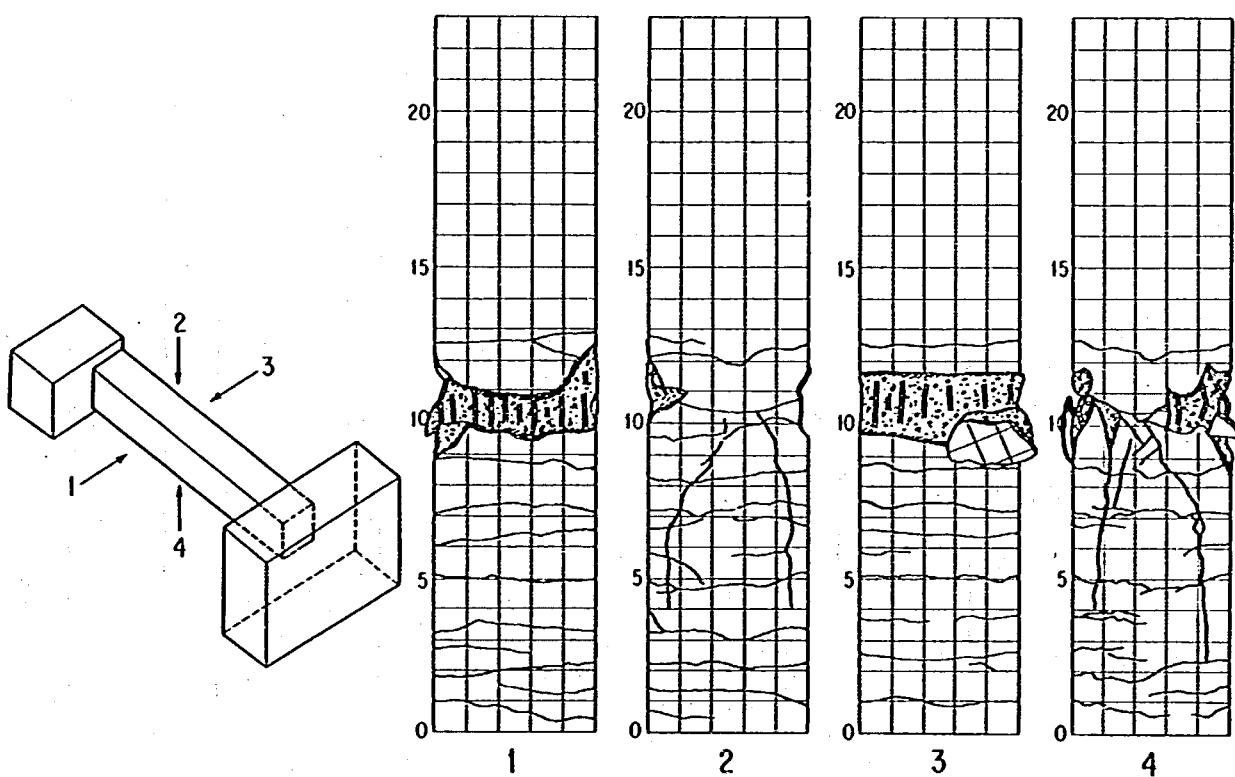
付図 I - 18 (1) 供試体 R - 18 静的載荷終了後の破壊状況



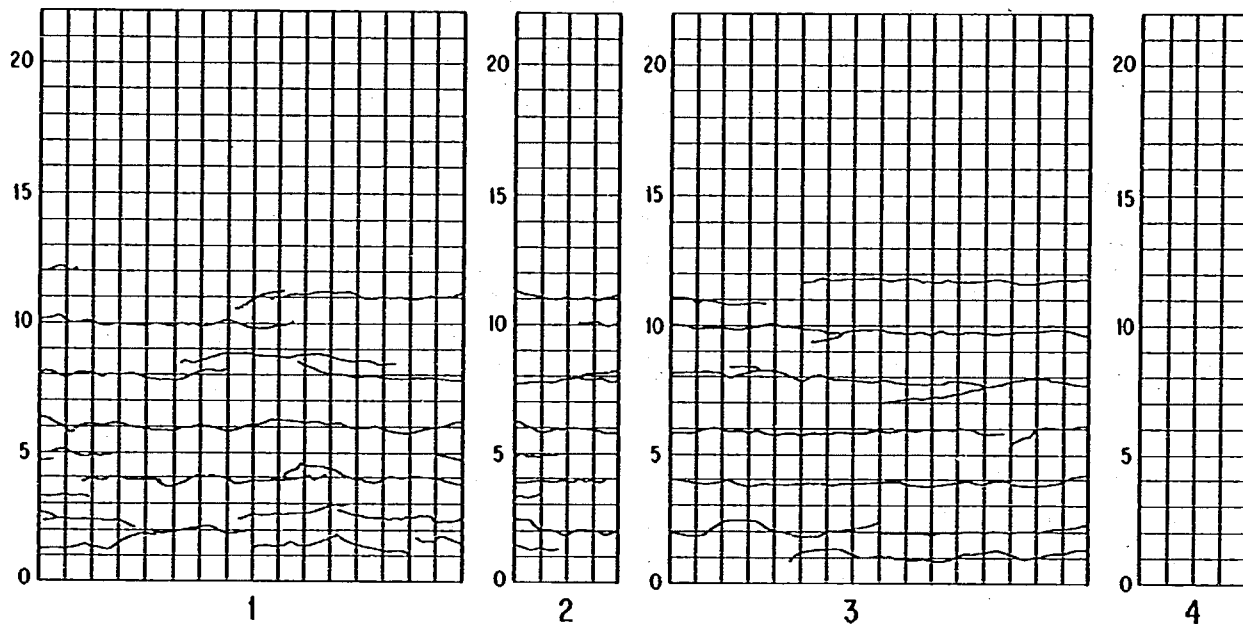
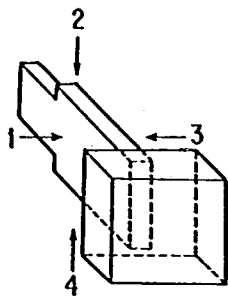
付図 I - 18 (2) 供試体 R - 18 δ_0 終了後の破壊状況



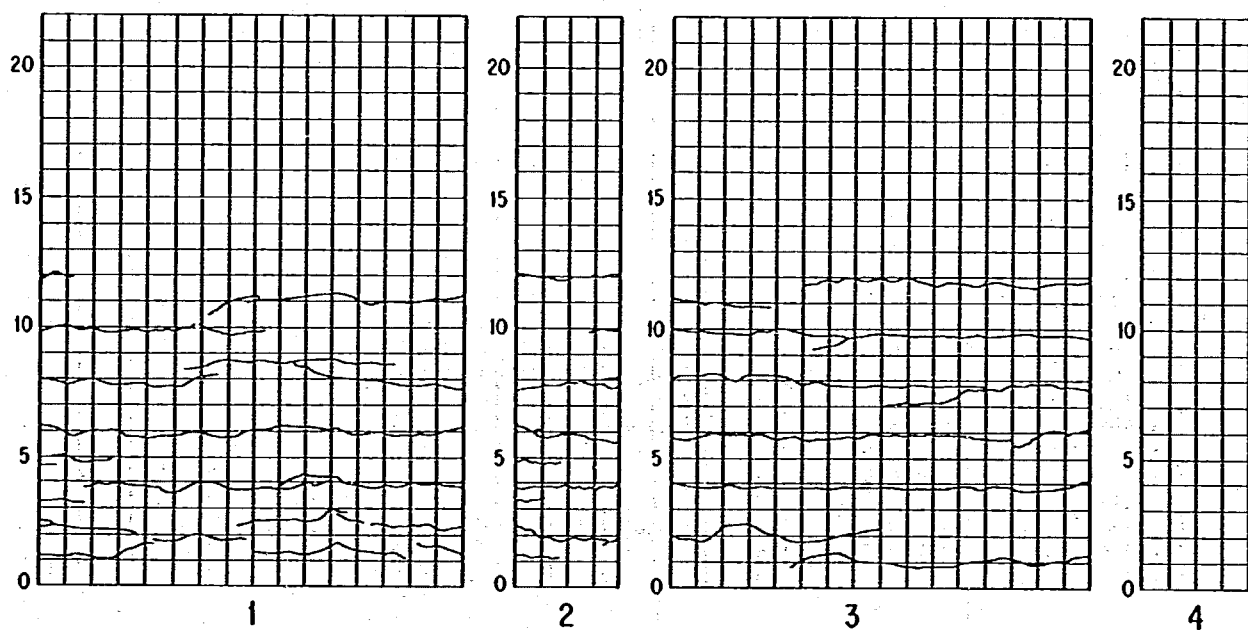
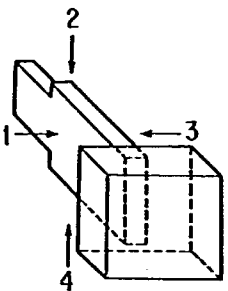
付図 I - 18 (3) 供試体 R - 18 $2\delta_0$ 終了後の破壊状況



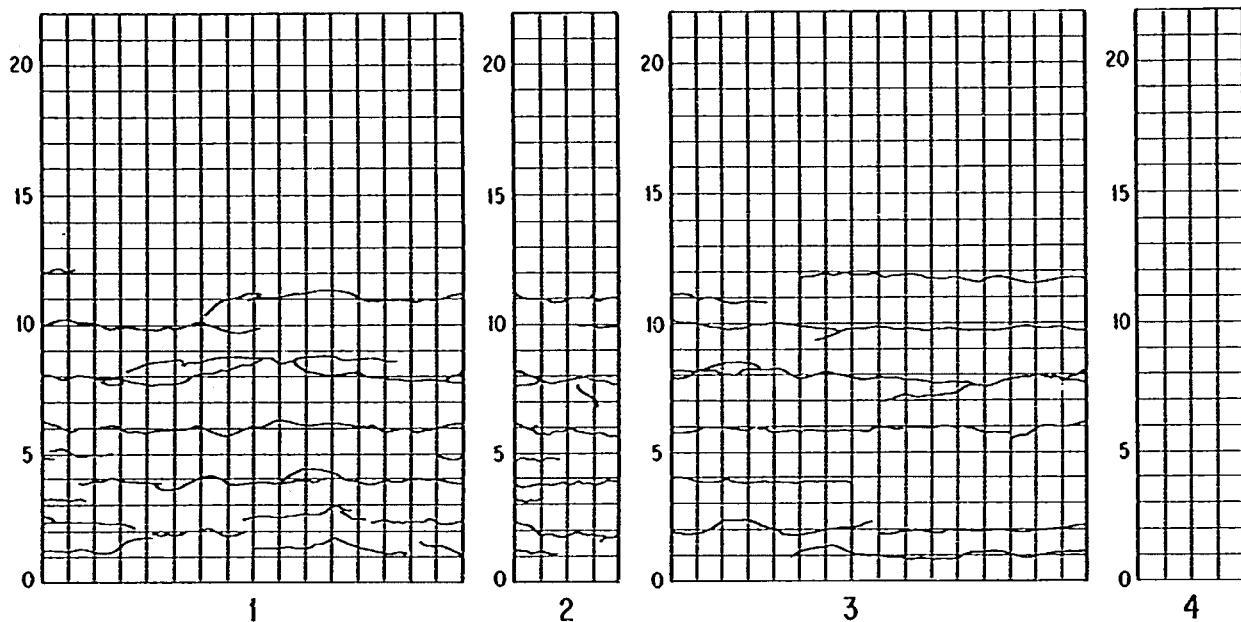
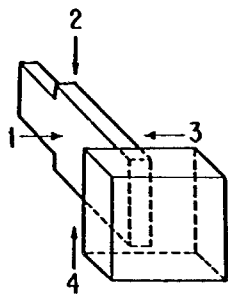
付図 I - 18 (4) 供試体 R - 18 $3\delta_0$ 終了後の破壊状況



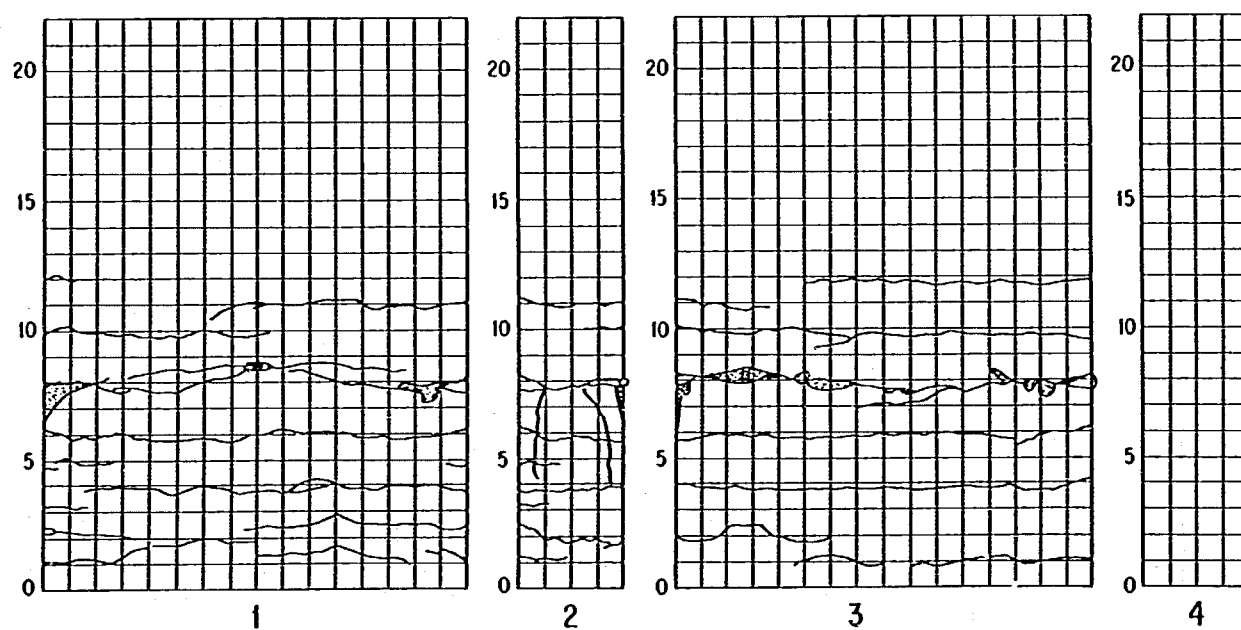
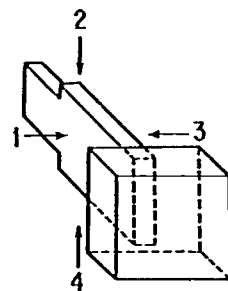
付図 I - 19 (1) 供試体 R - 19 静的載荷終了後の破壊状況



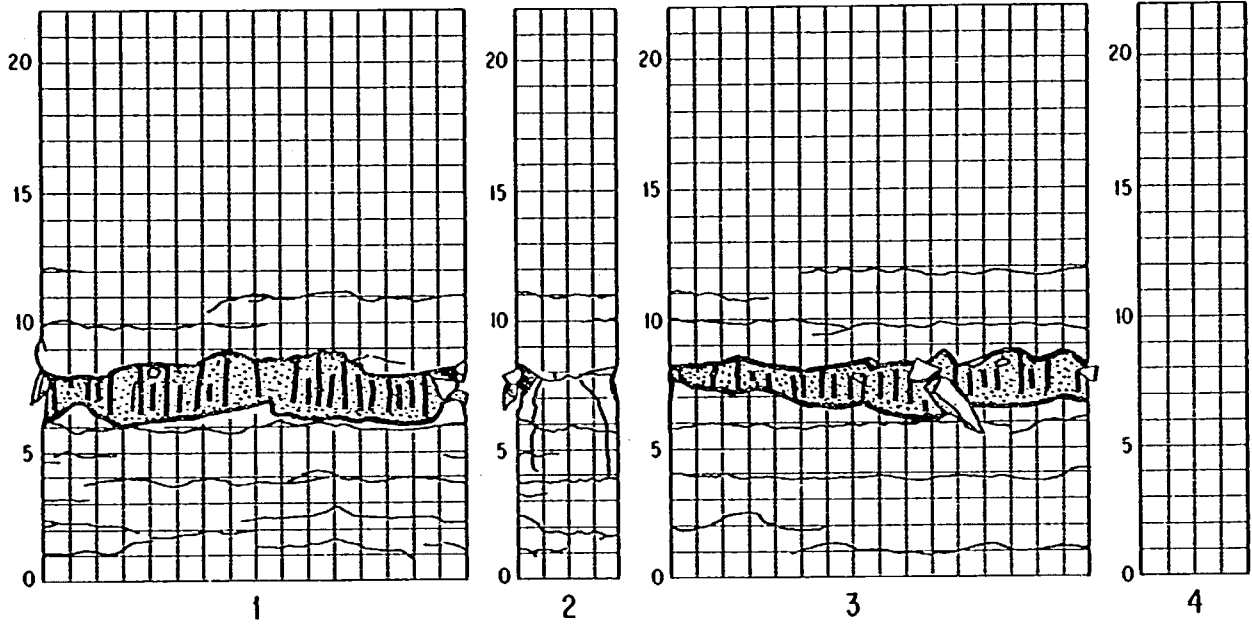
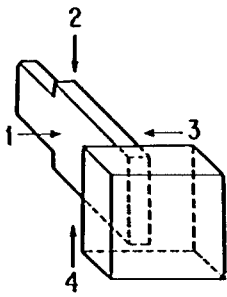
付図 I - 19 (2) 供試体 R - 19 δ_0 終了後の破壊状況



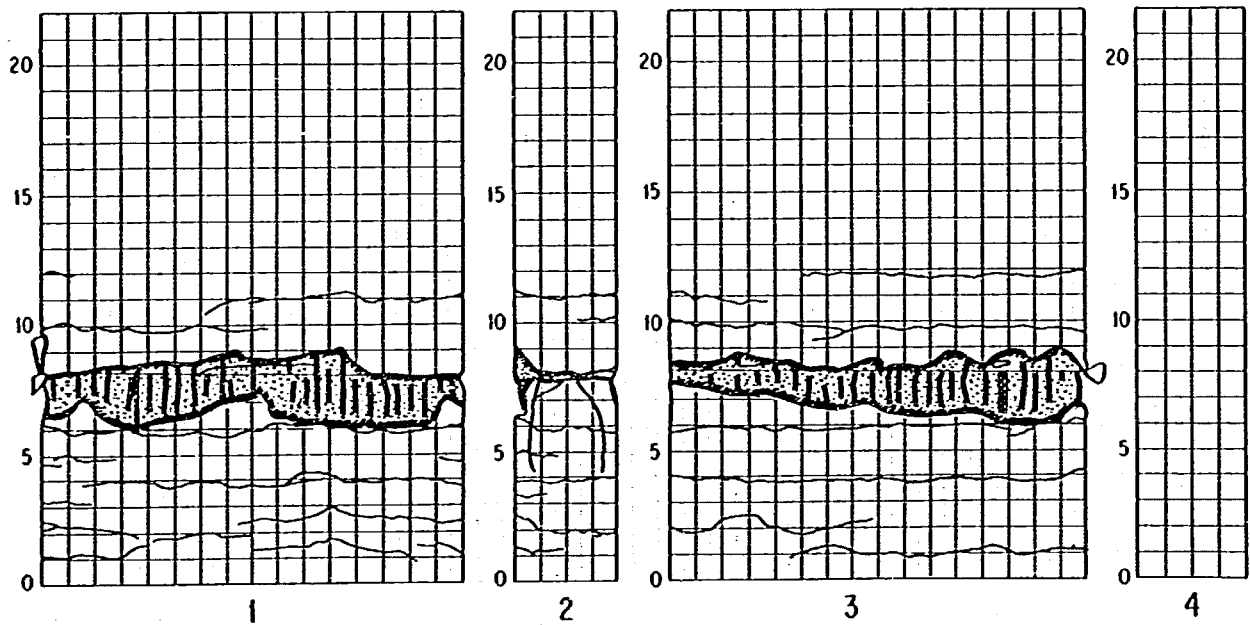
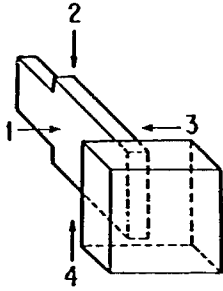
付図 I - 19 (3) 供試体 R - 19 $2\delta_0$ 終了後の破壊状況



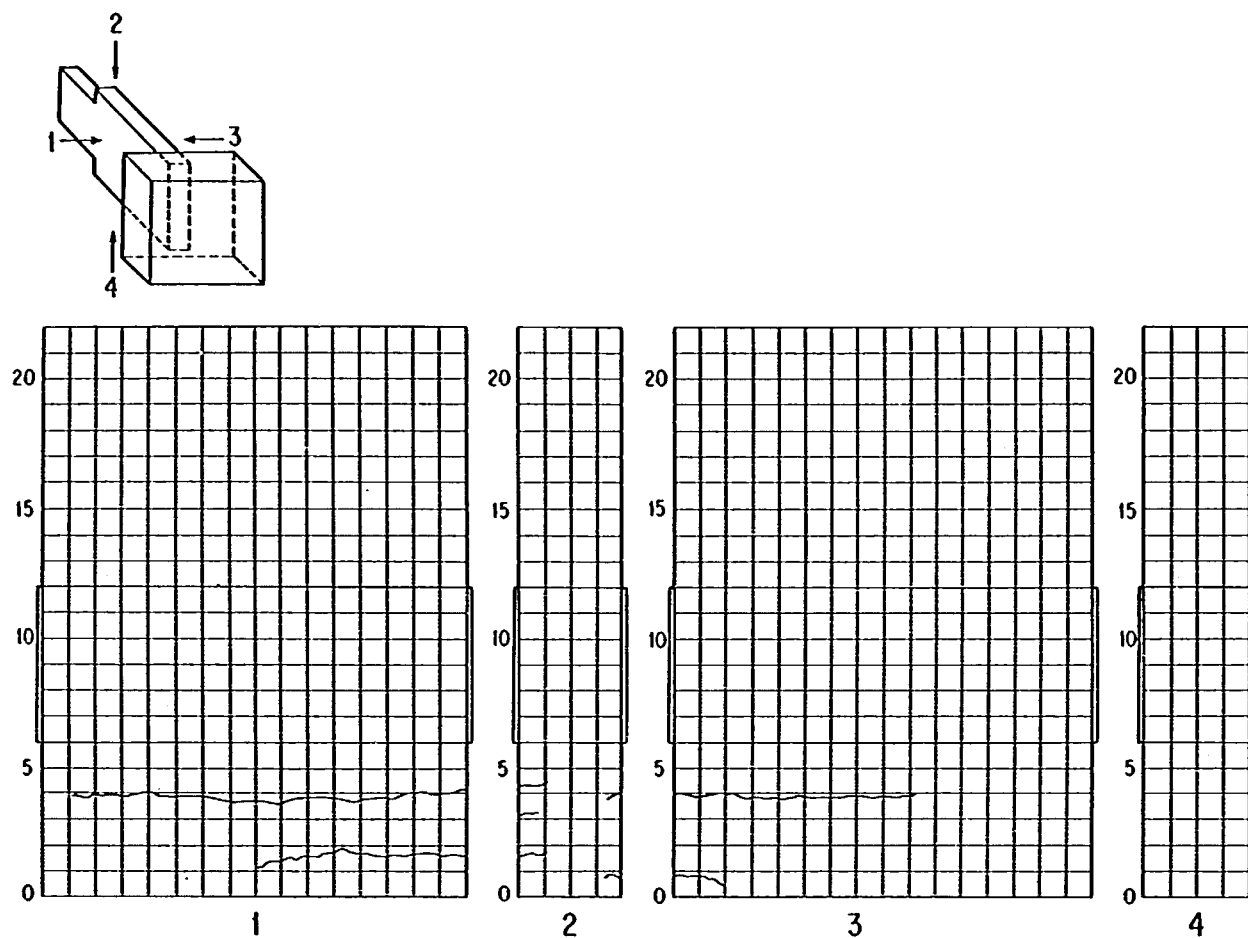
付図 I - 19 (4) 供試体 R - 19 $3\delta_0$ 終了後の破壊状況



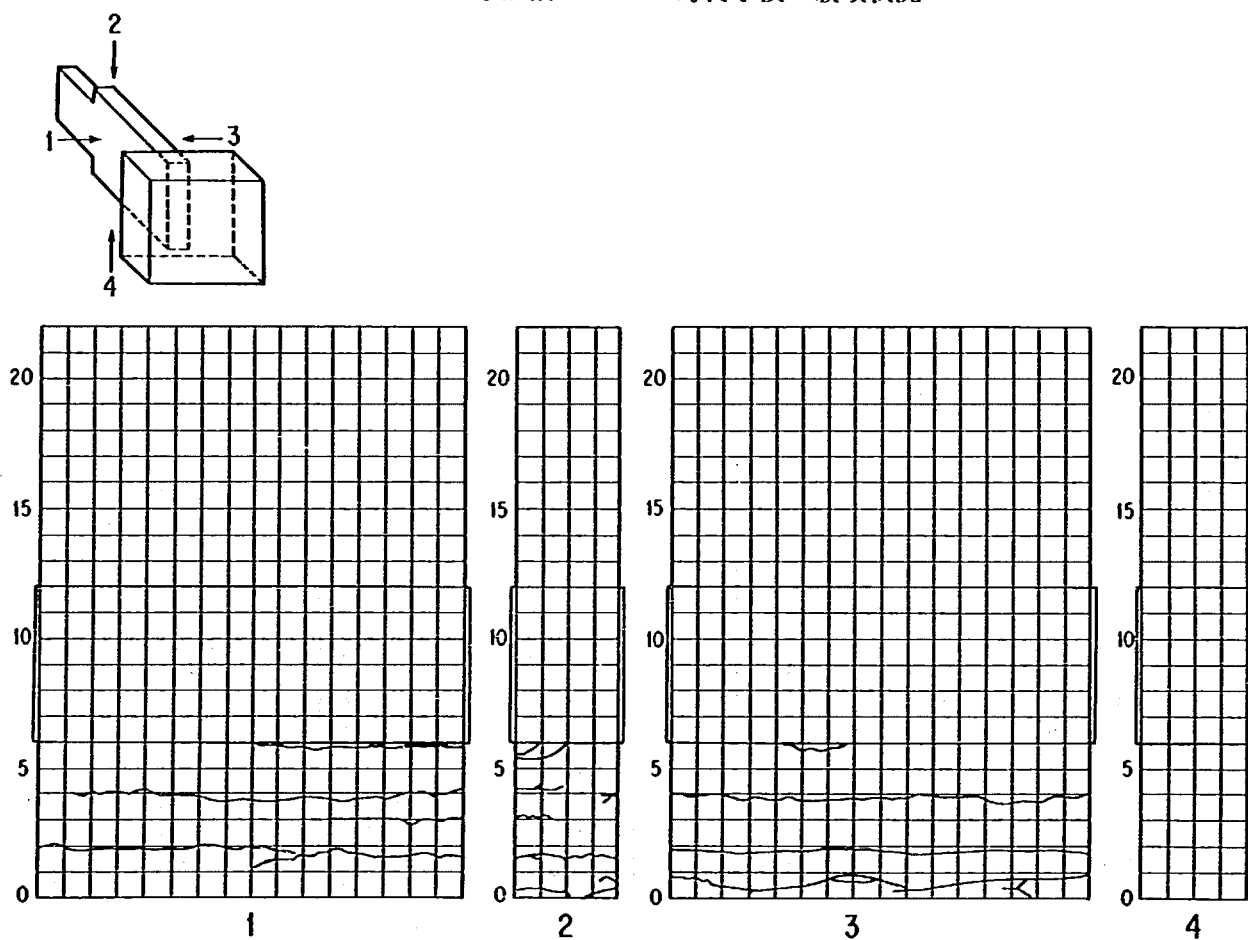
付図 I - 19 (5) 供試体 R - 19 $4\delta_0$ 終了後の破壊状況



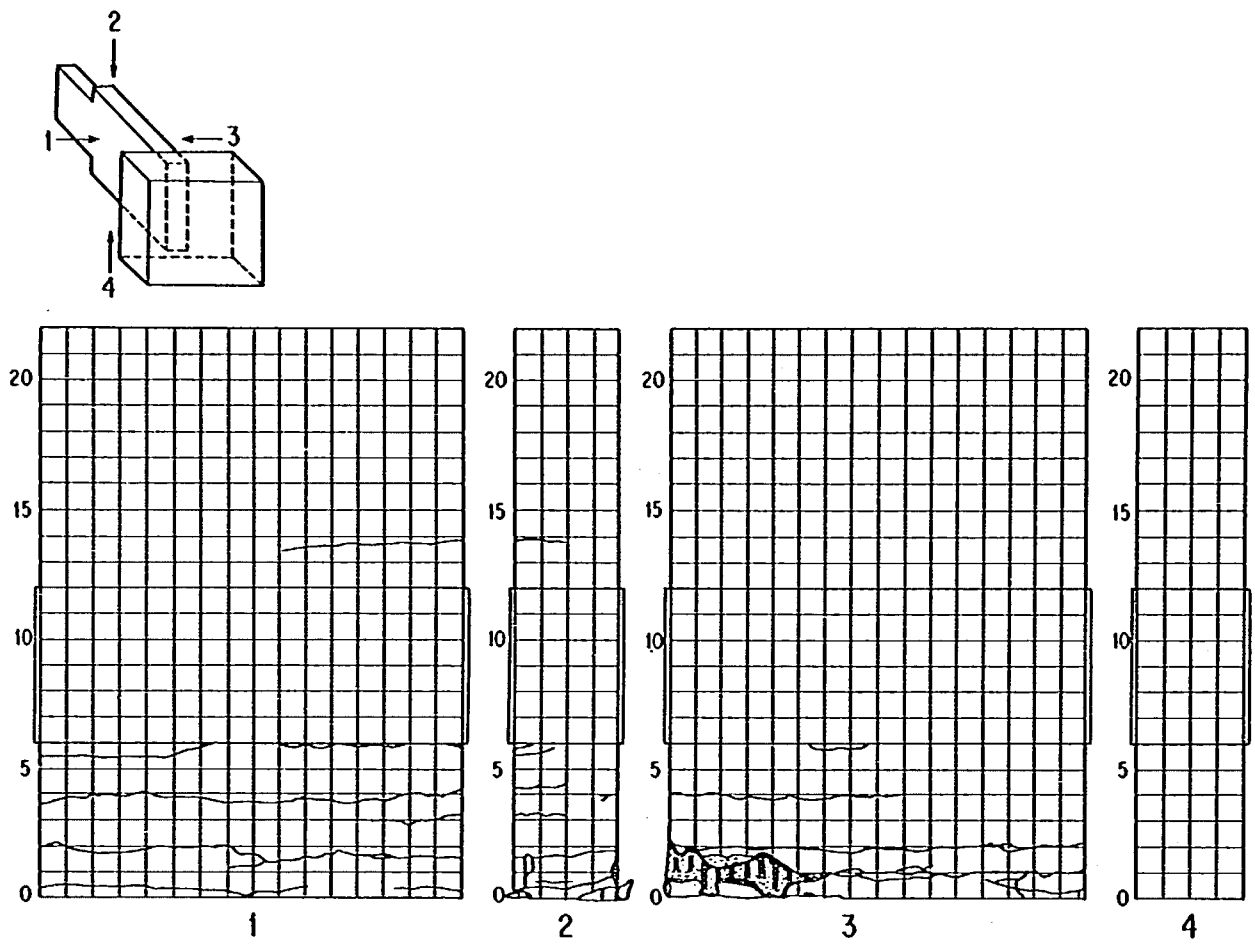
付図 I - 19 (6) 供試体 R - 19 $5\delta_0$ 終了後の破壊状況



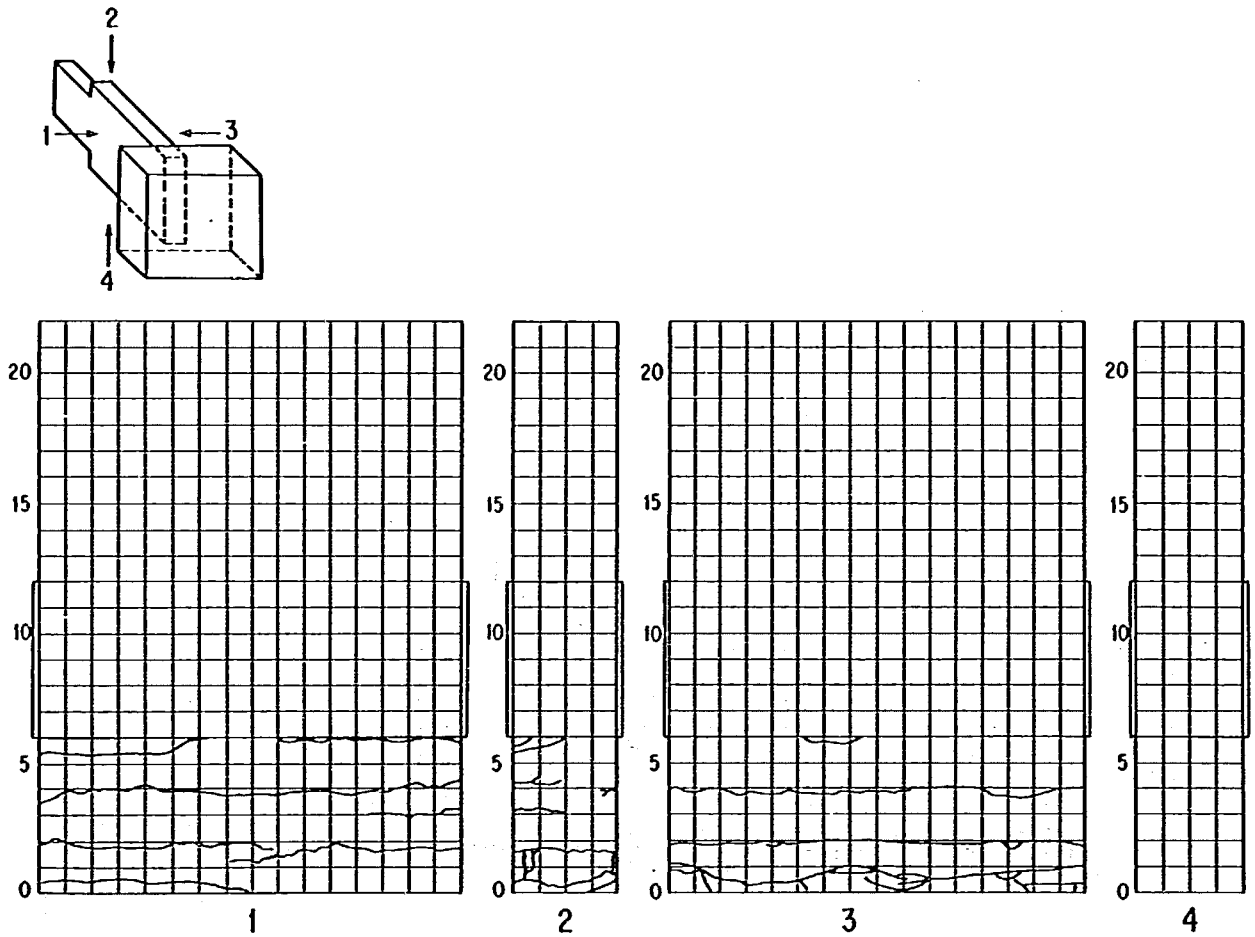
付図 I - 20 (1) 供試体 R - 20 δ_0 終了後の破壊状況



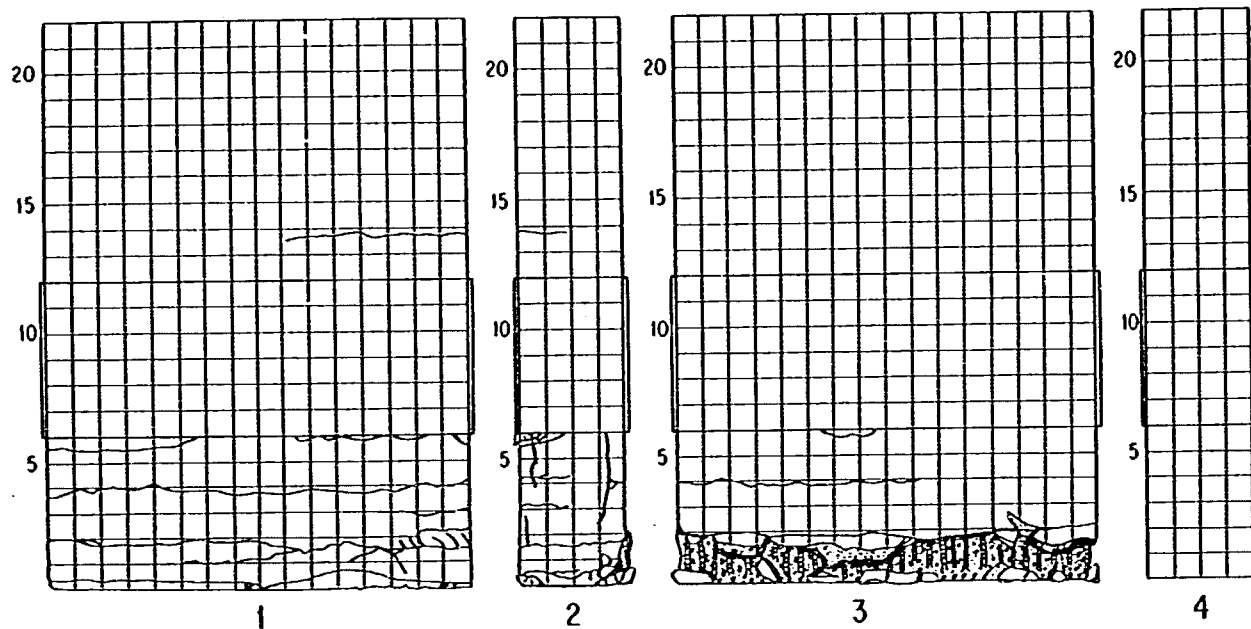
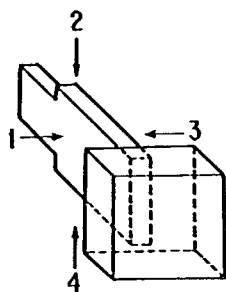
付図 I - 20 (2) 供試体 R - 20 $2\delta_0$ 終了後の破壊状況



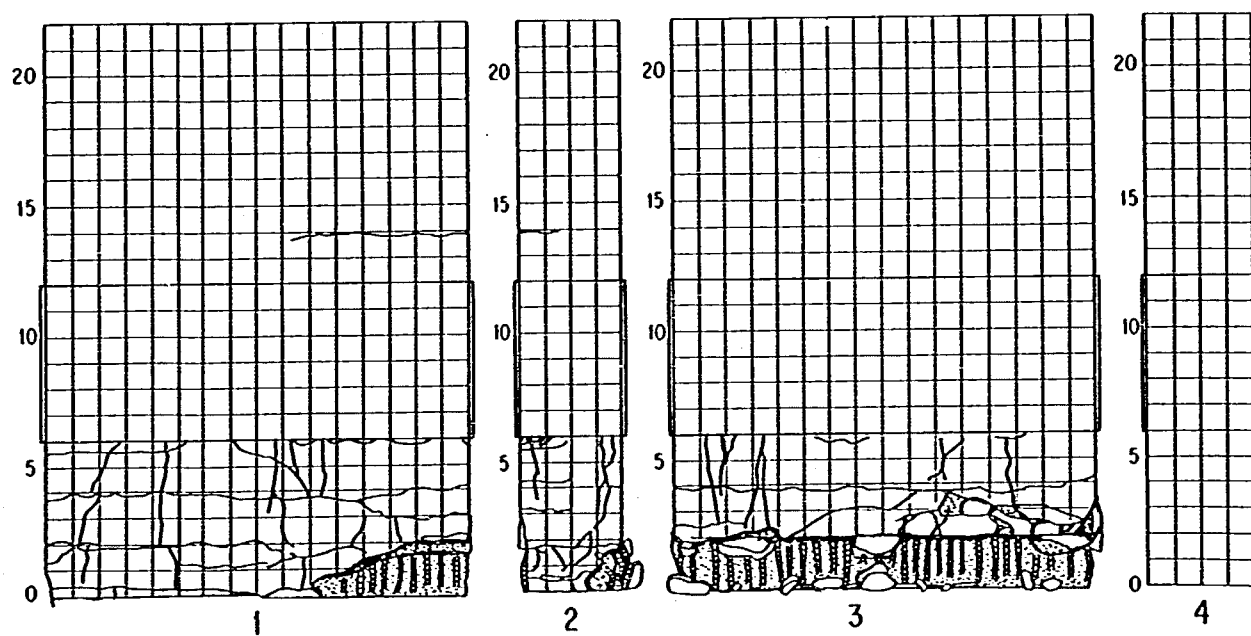
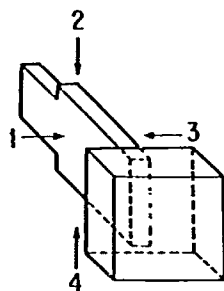
付図 I - 20 (3) 供試体 R - 20 $3\delta_0$ 終了後の破壊状況



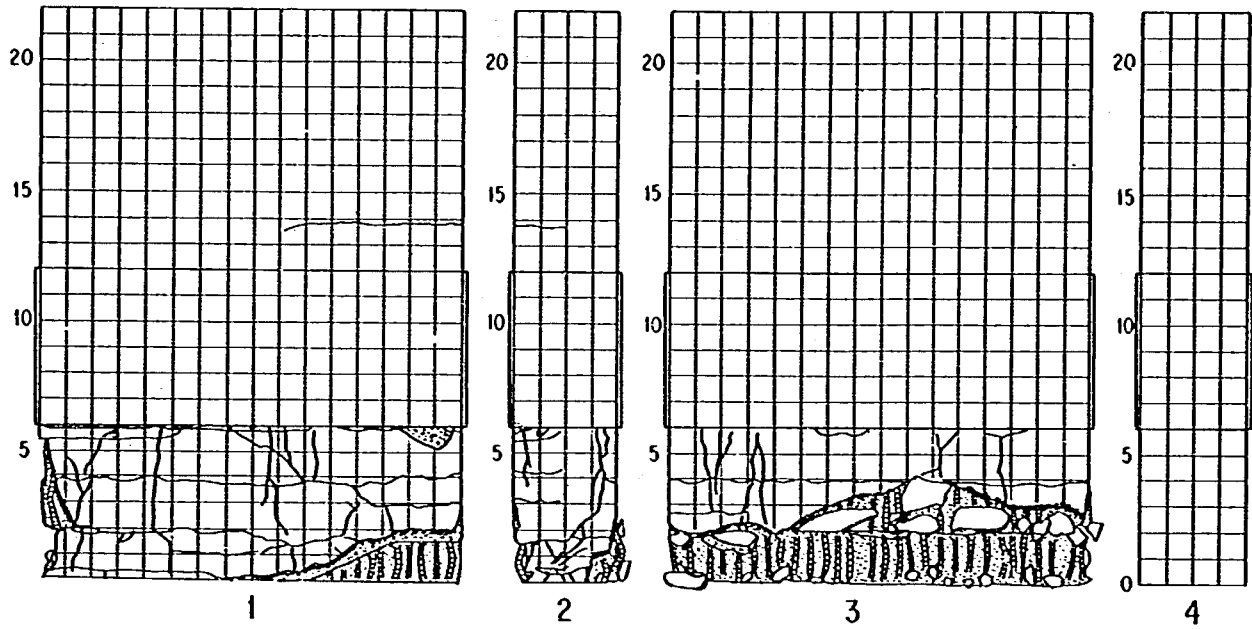
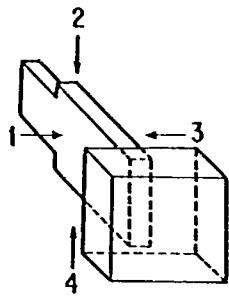
付図 I - 20 (4) 供試体 R - 20 $4\delta_0$ 終了後の破壊状況



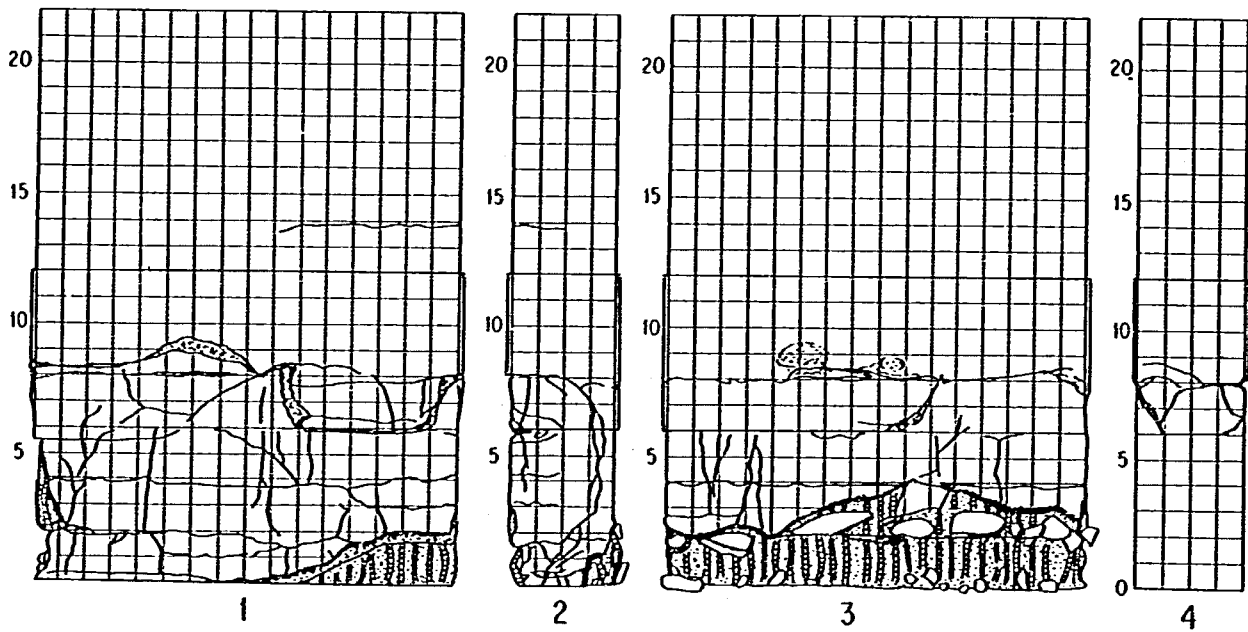
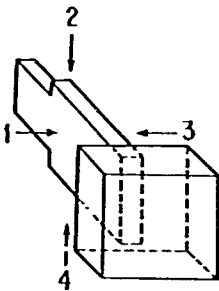
付図 I - 20 (5) 供試体 R - 20 5 δ 終了後の破壊状況



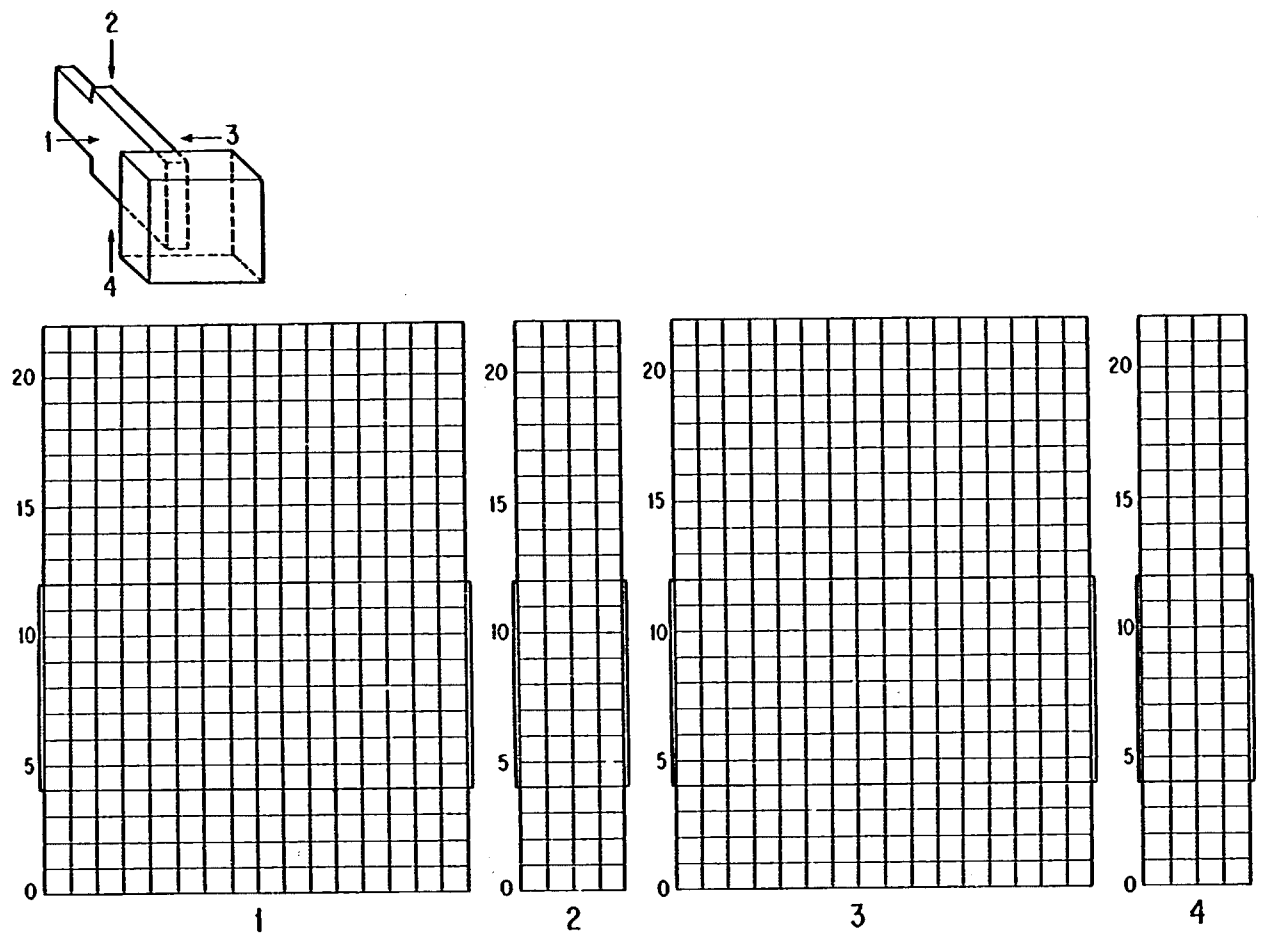
付図 I - 20 (6) 供試体 R - 20 6 δ 終了後の破壊状況



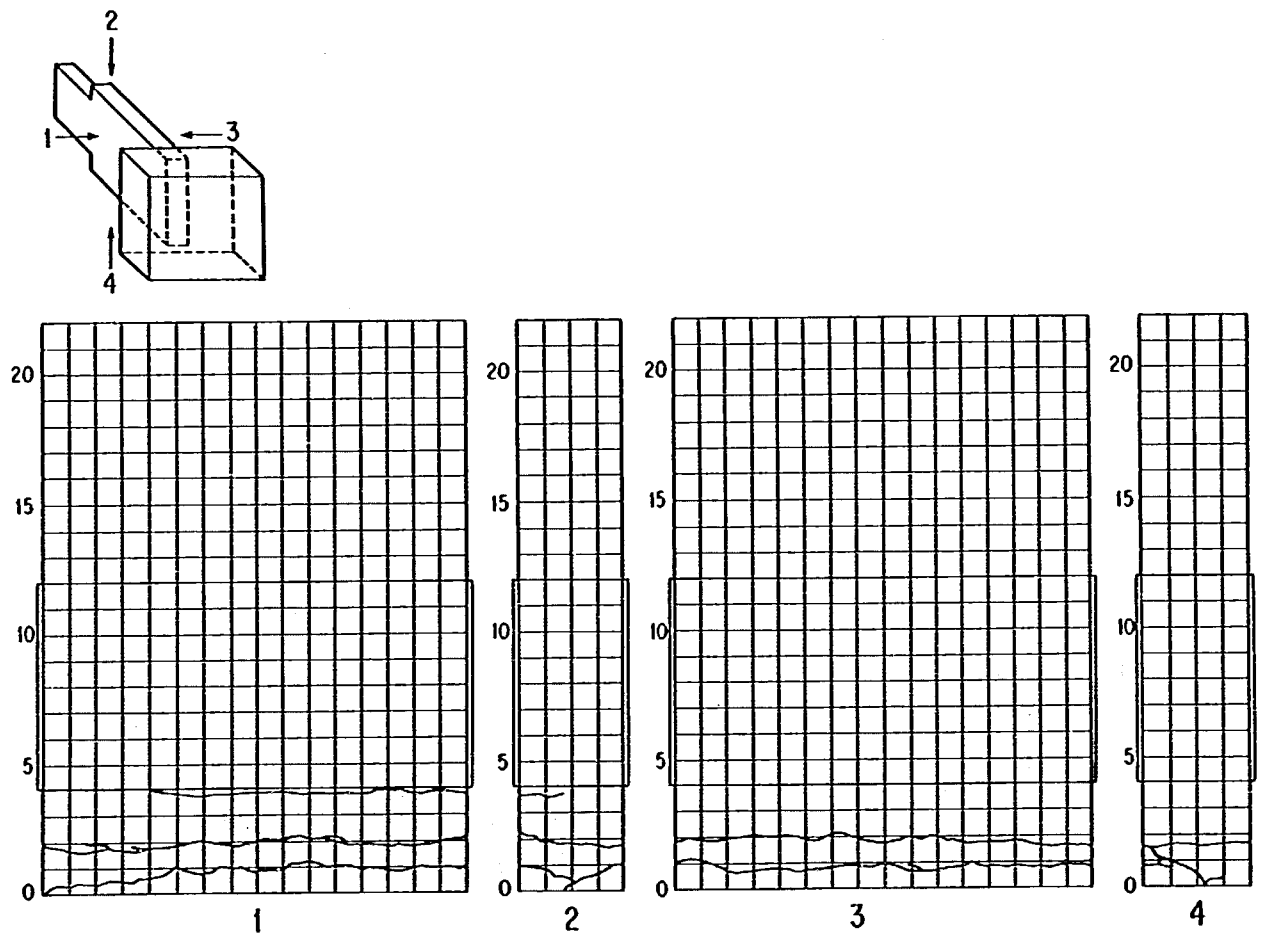
付図 I - 20 (7) 供試体 R - 20 $7\delta_0$ 終了後の破壊状況



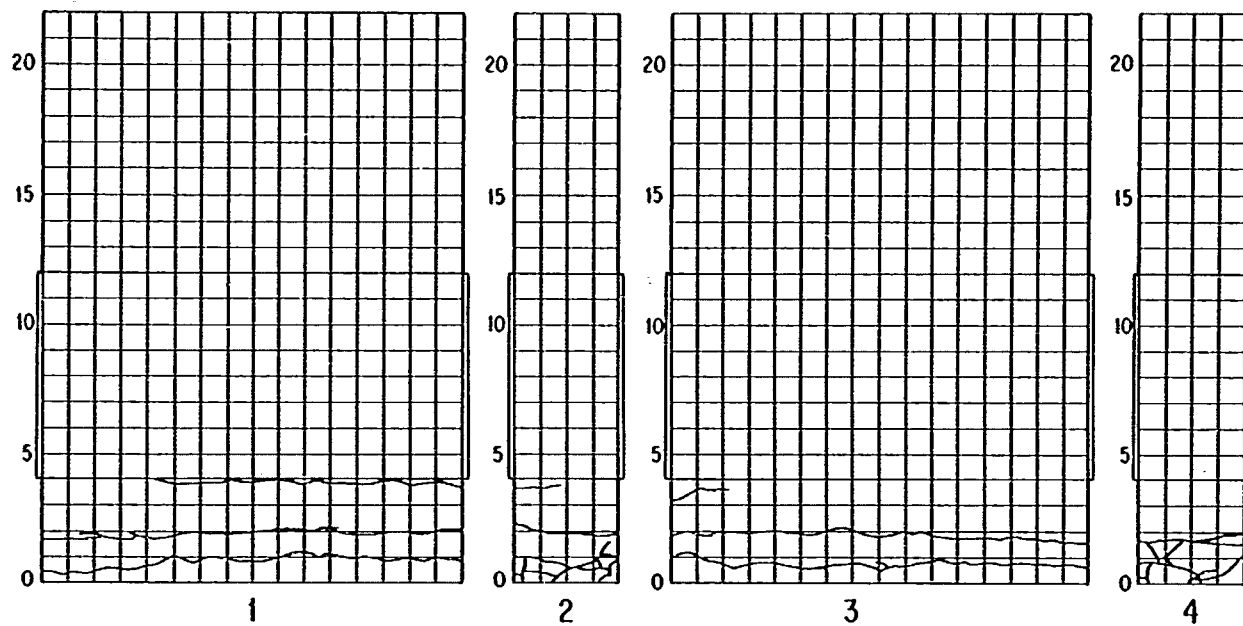
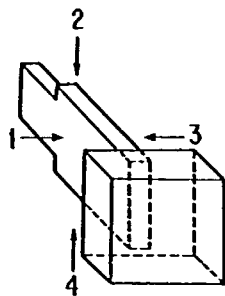
付図 I - 20 (8) 供試体 R - 20 実験終了後の破壊状況



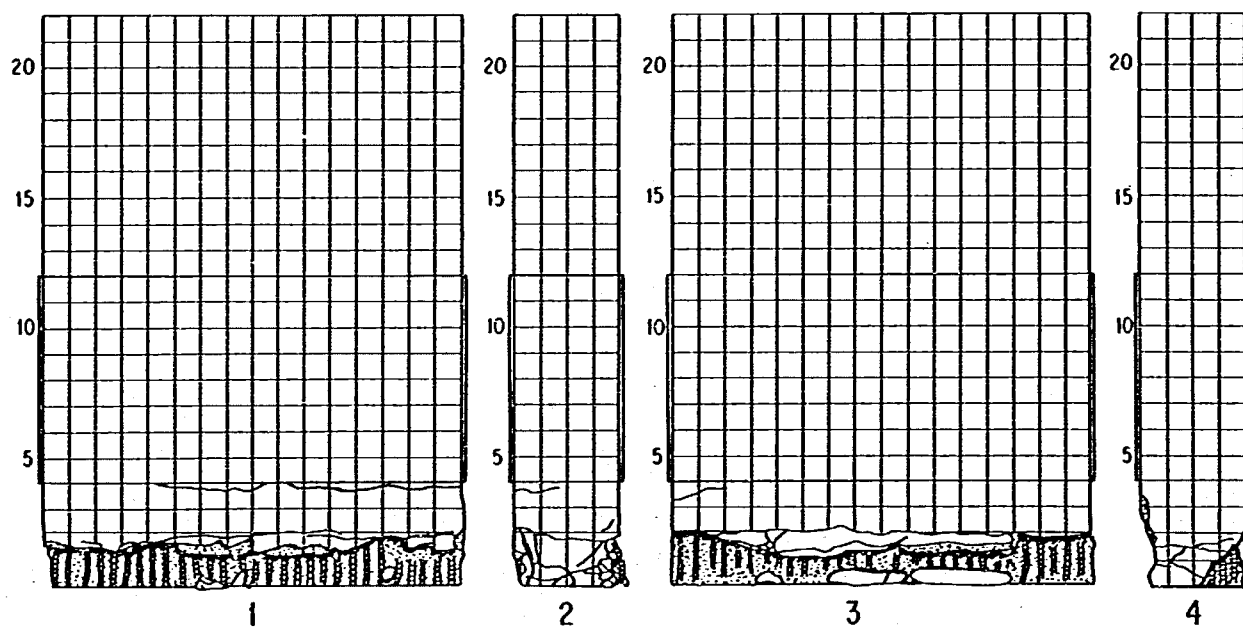
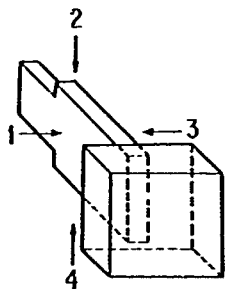
付図 I - 21 (1) 供試体 R - 21 δ_0 終了後の破壊状況



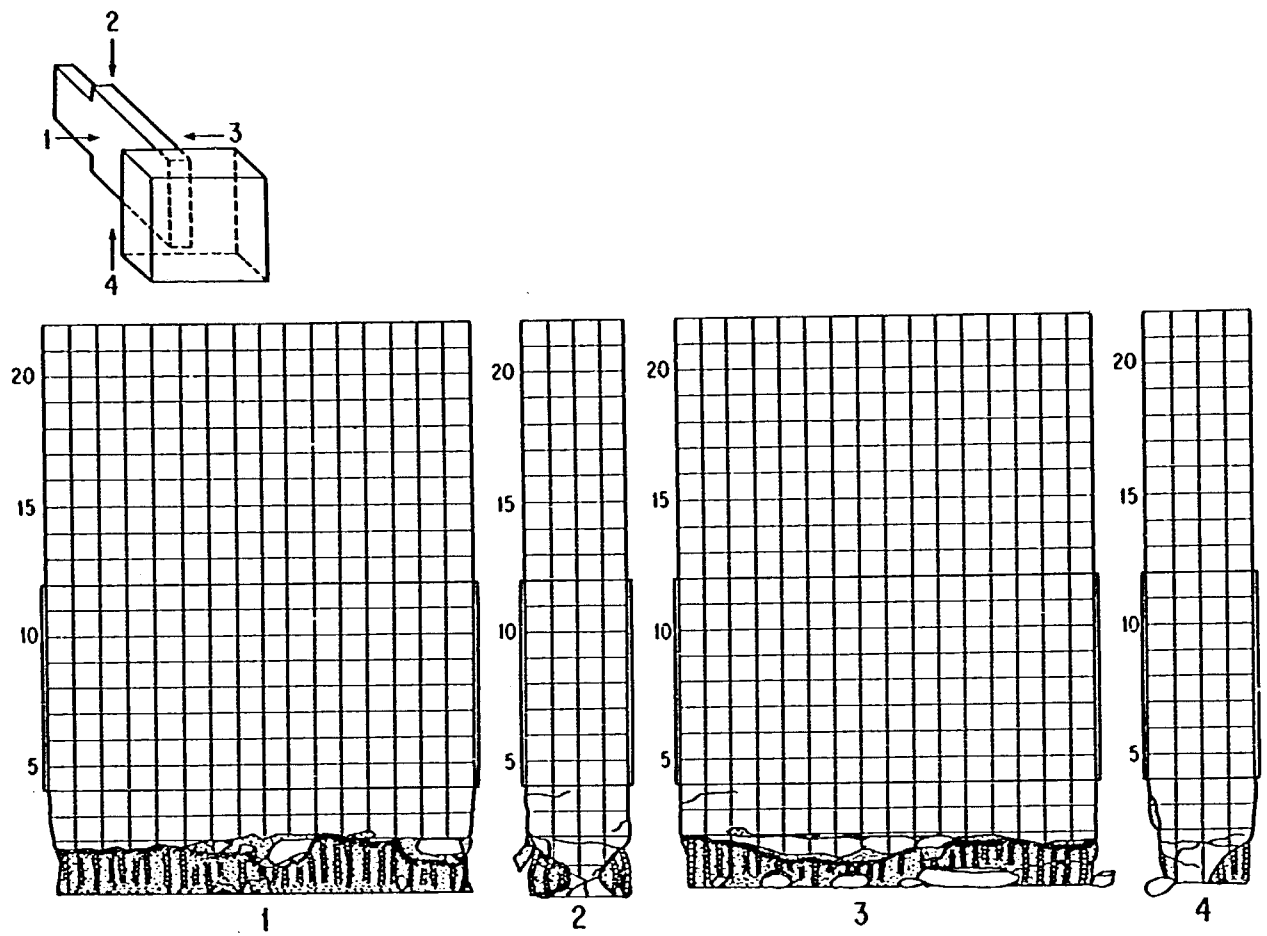
付図 I - 21 (2) 供試体 R - 21 $2\delta_0$ 終了後の破壊状況



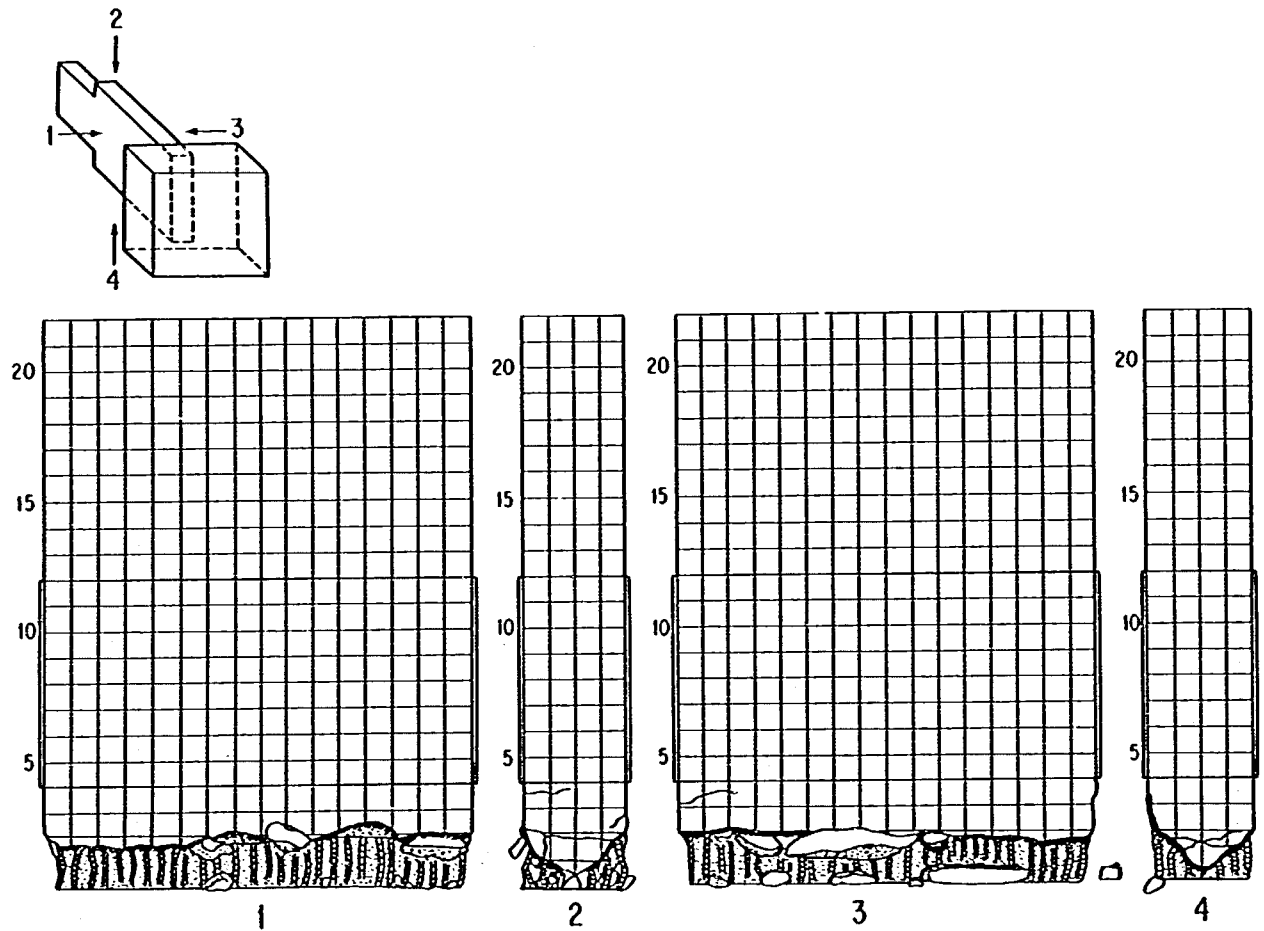
付図 I - 21 (3) 供試体 R - 21 $3\delta_0$ 終了後の破壊状況



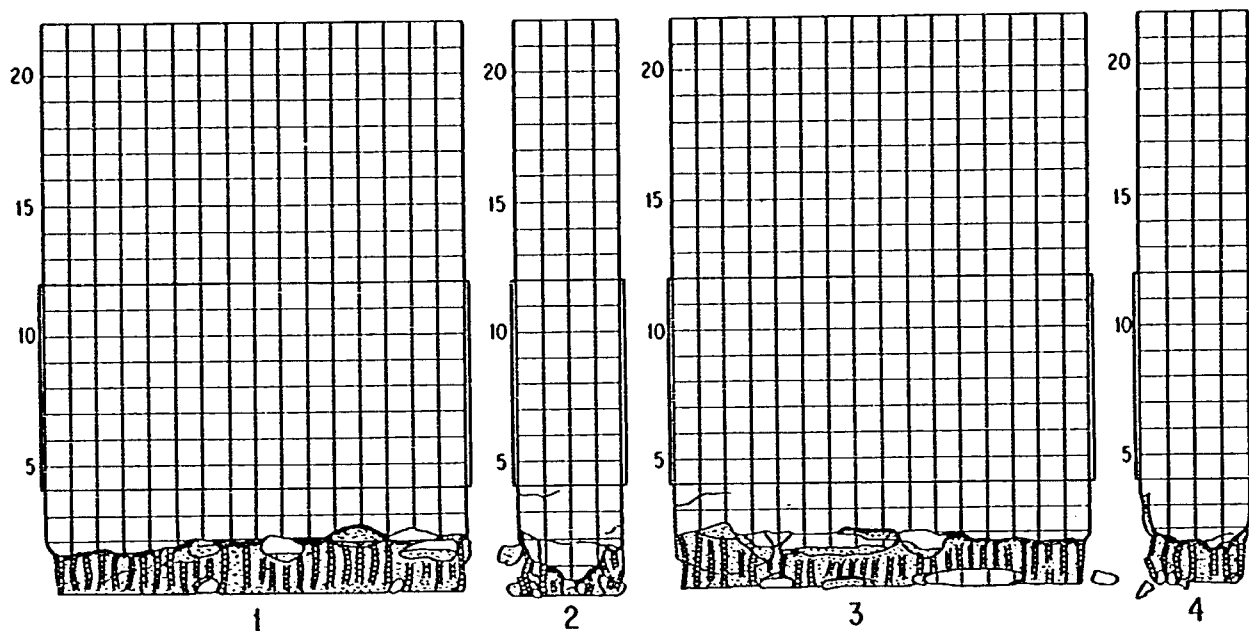
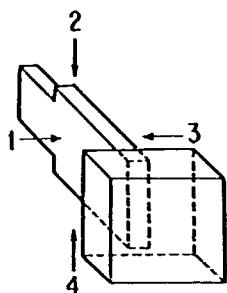
付図 I - 21 (4) 供試体 R - 21 $4\delta_0$ 終了後の破壊状況



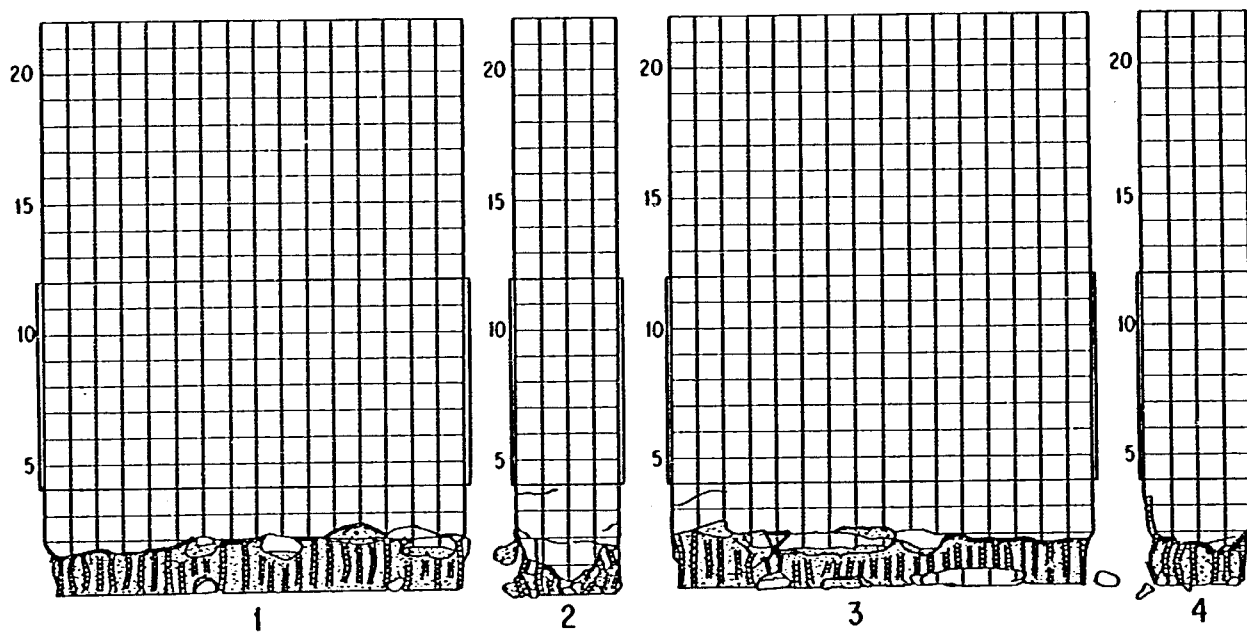
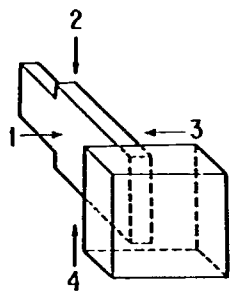
付図 I - 21 (5) 供試体 R - 21 $5\delta_0$ 終了後の破壊状況



付図 I - 21 (6) 供試体 R - 21 $6\delta_0$ 終了後の破壊状況

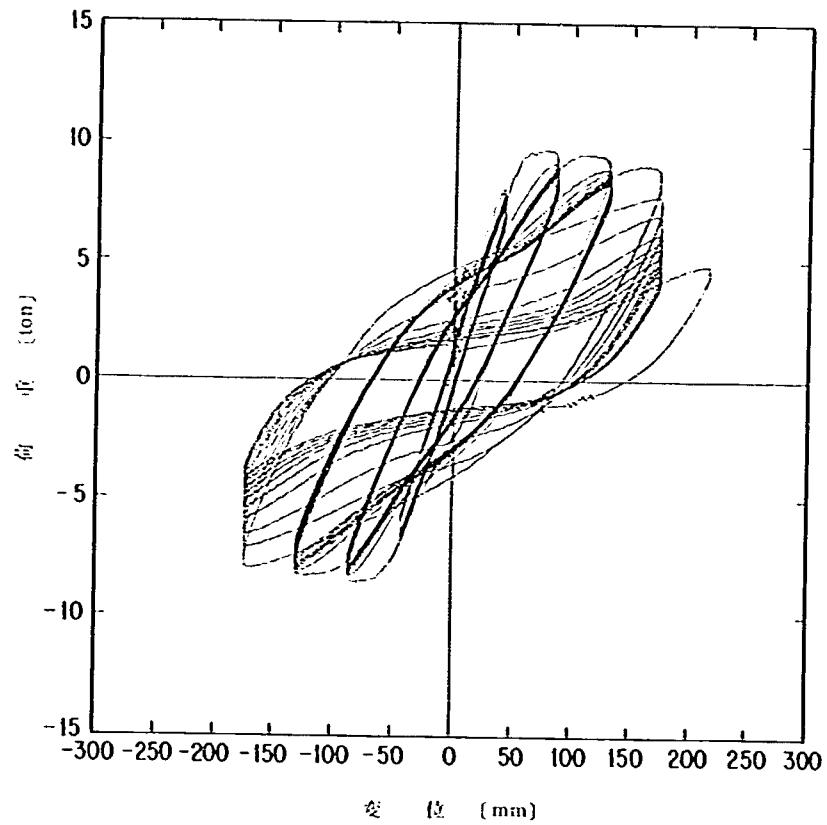


付図 I - 21 (7) 供試体 R - 21 $7\delta_0$ 終了後の破壊状況

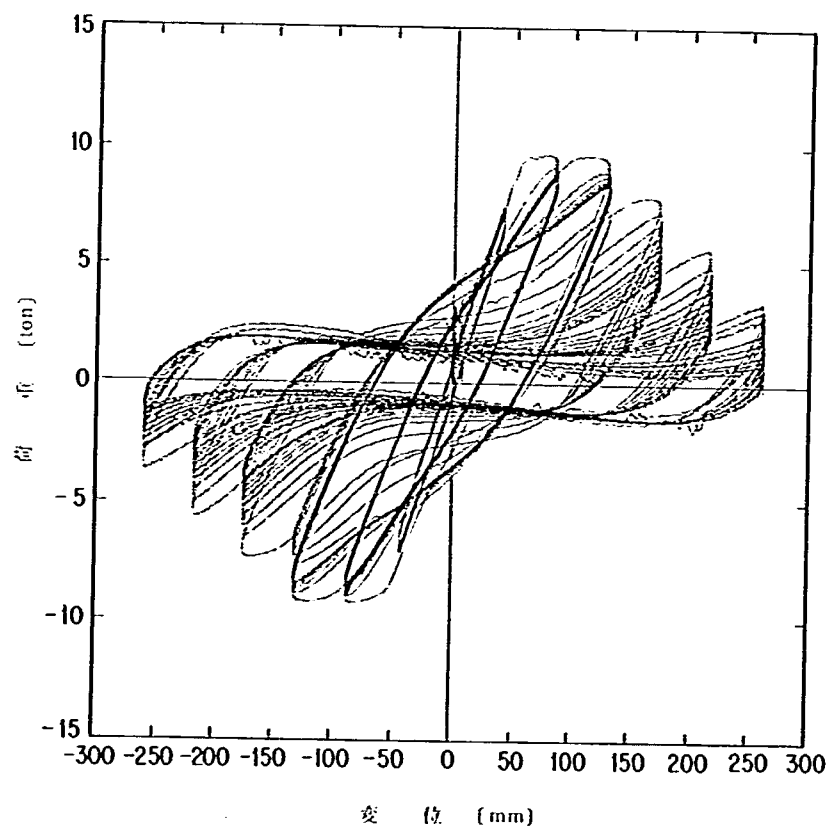


付図 I - 21 (8) 供試体 R - 21 実験終了後の破壊状況

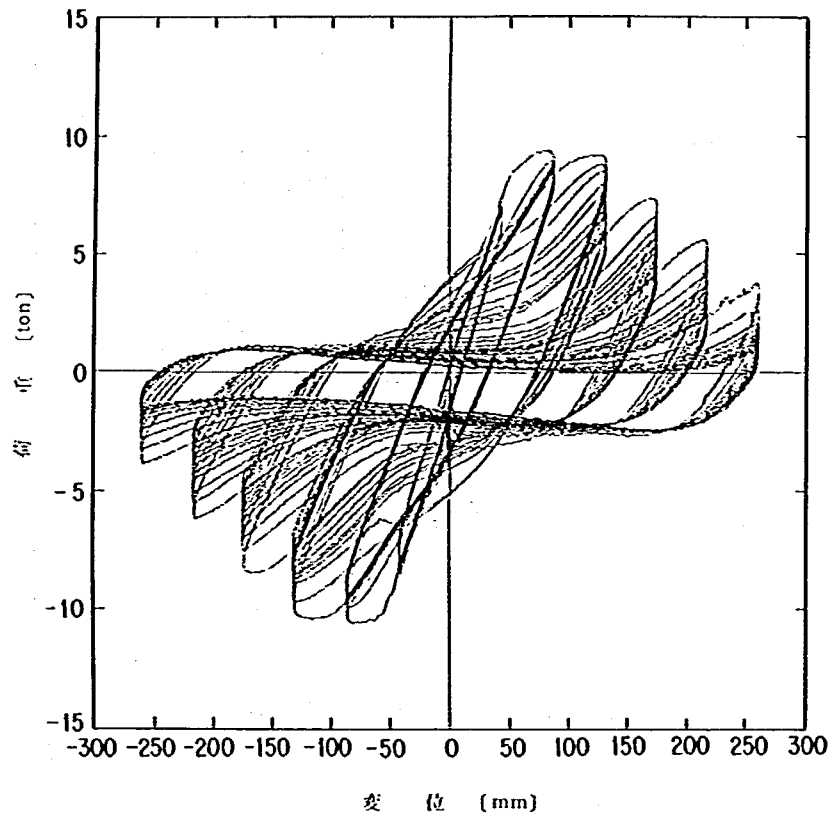
付属資料 II. 荷重～変位の履歴曲線



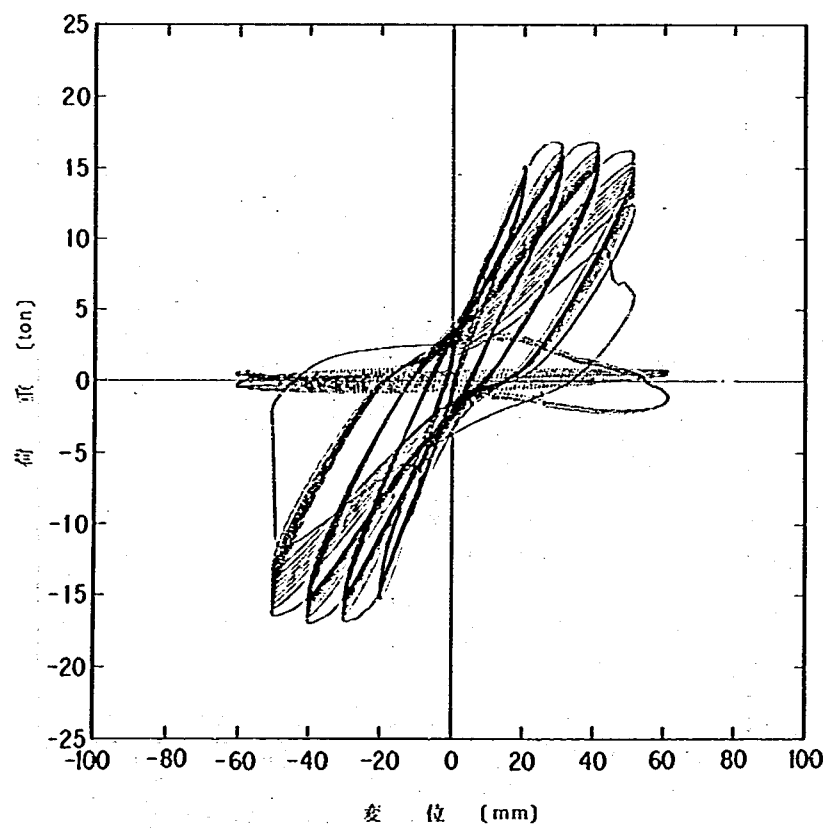
付図Ⅱ－１ 供試体 R－1 の荷重～変位履歴曲線



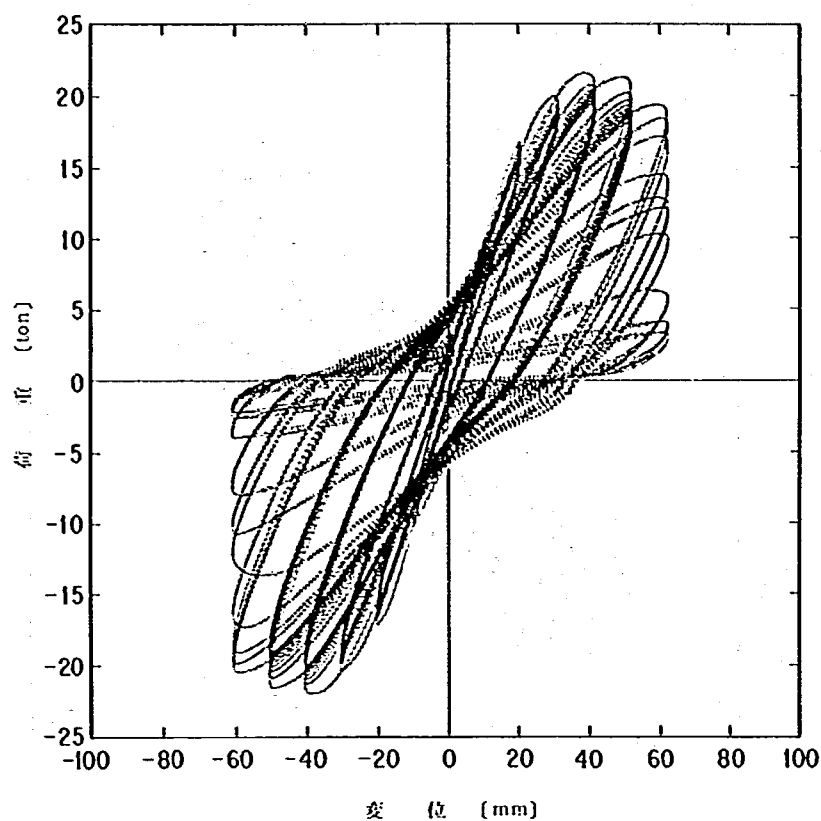
付図Ⅱ－２ 供試体 R－2 の荷重～変位履歴曲線



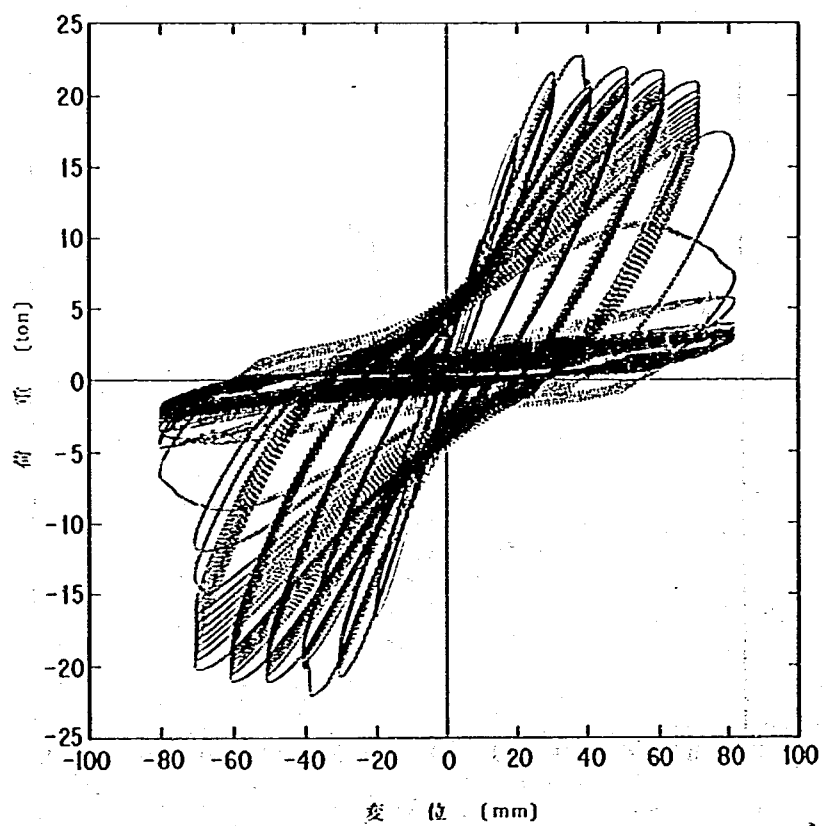
付図Ⅱ－３ 供試体 R－３ の荷重～変位履歴曲線



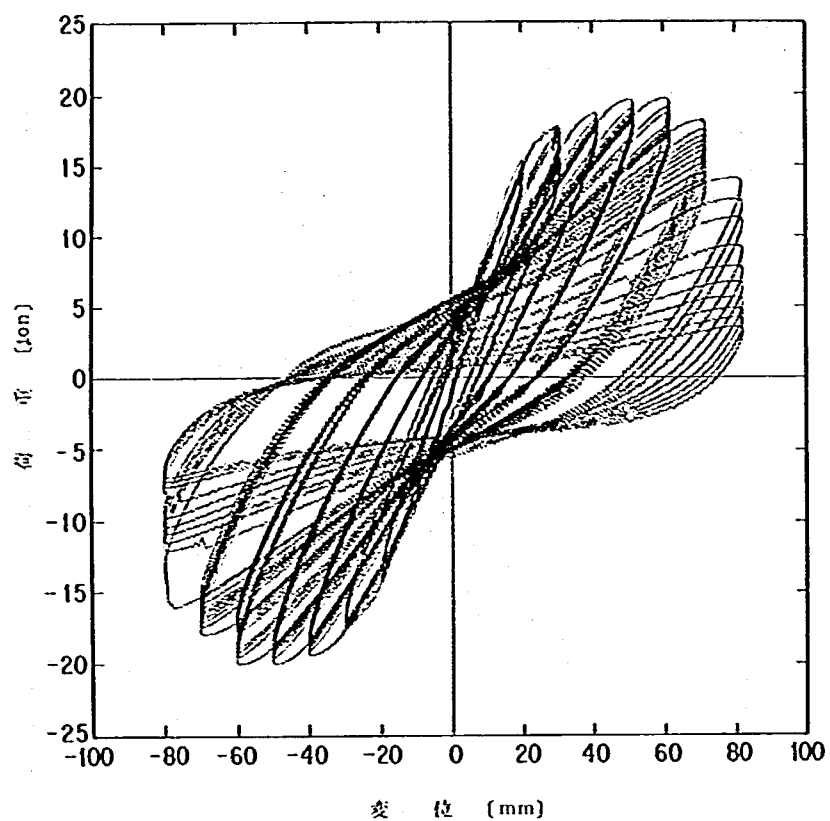
付図Ⅱ－４ 供試体 R－４ の荷重～変位履歴曲線



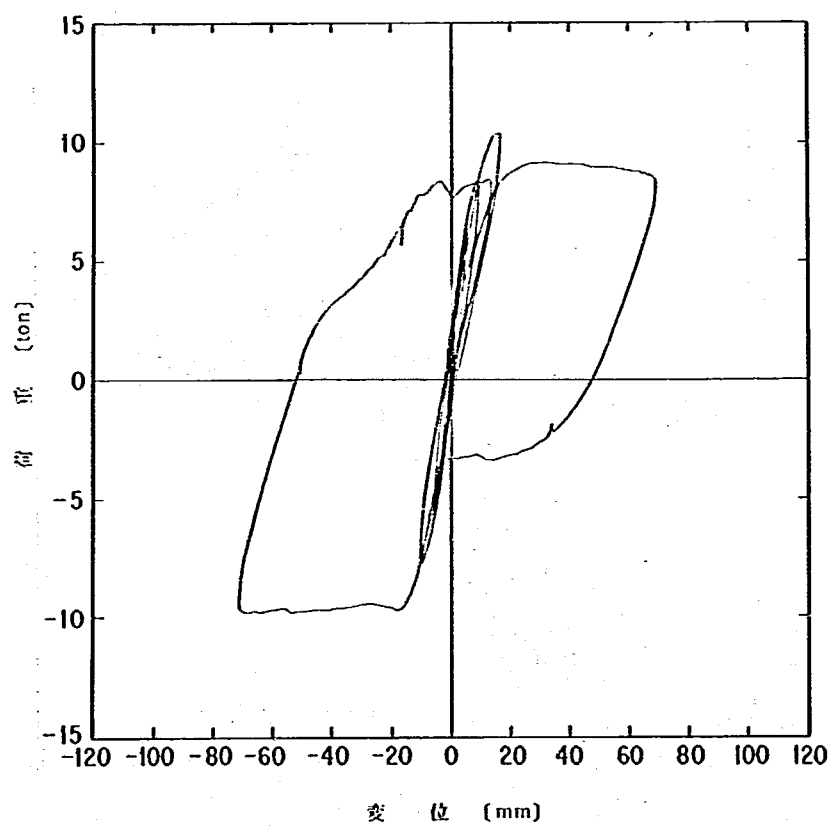
付図Ⅱ-5 供試体 R-5 の荷重～変位履歴曲線



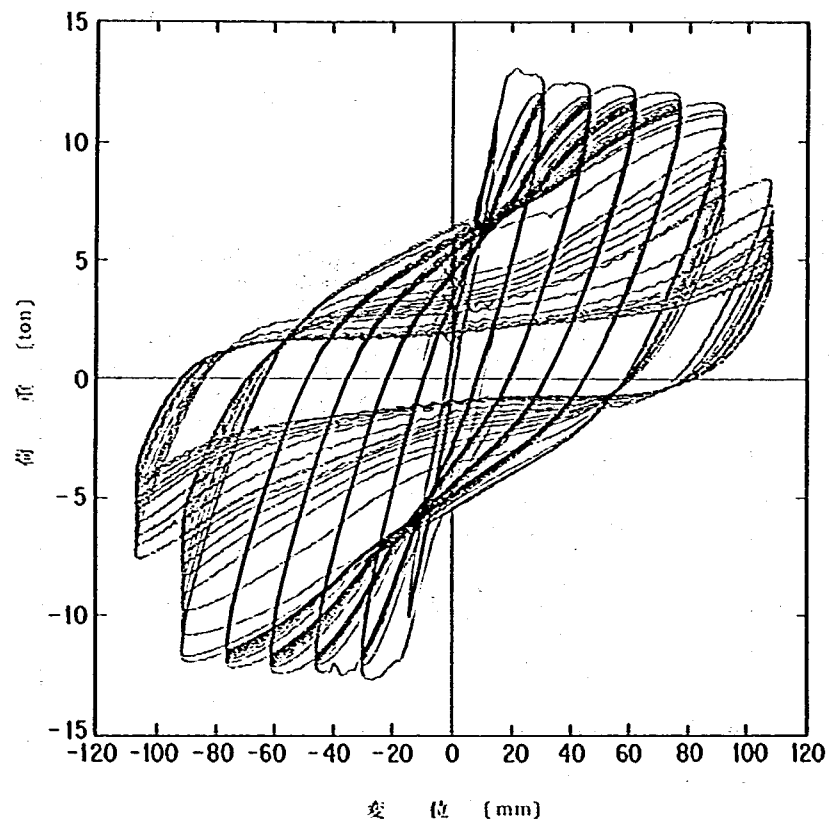
付図Ⅱ-6 供試体 R-6 の荷重～変位履歴曲線



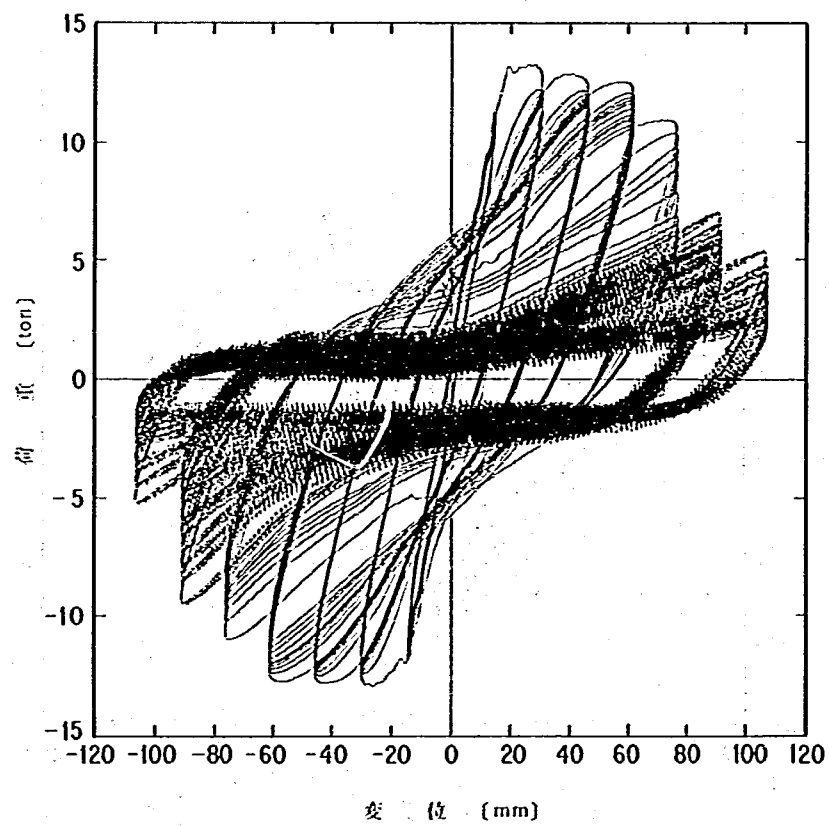
付図Ⅱ-7 供試体R-7の荷重～変位履歴曲線



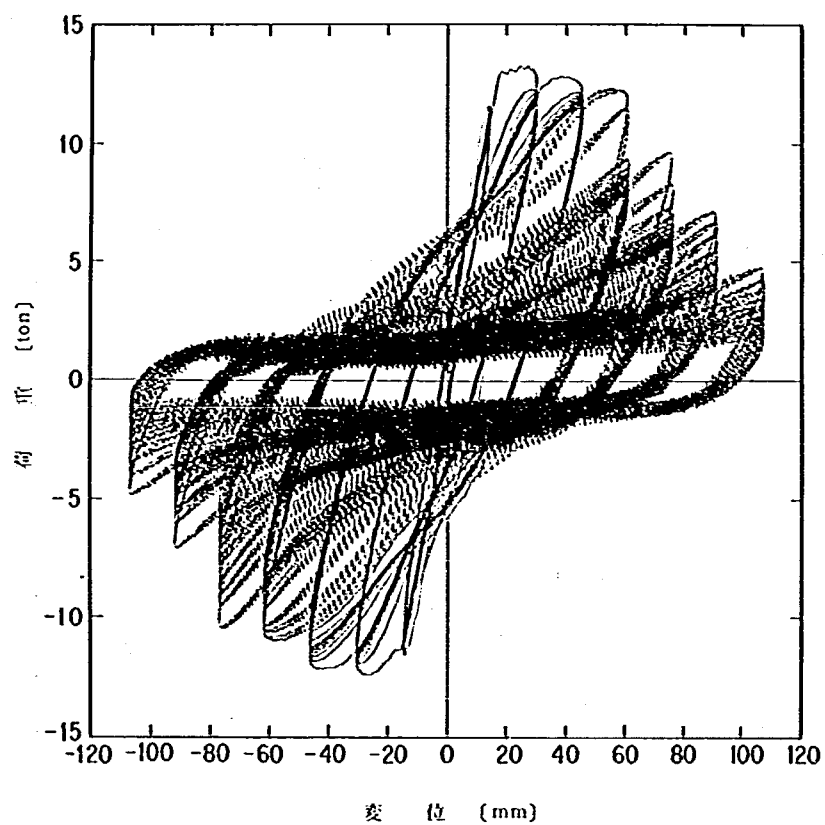
付図Ⅱ-8 供試体R-8の荷重～変位履歴曲線



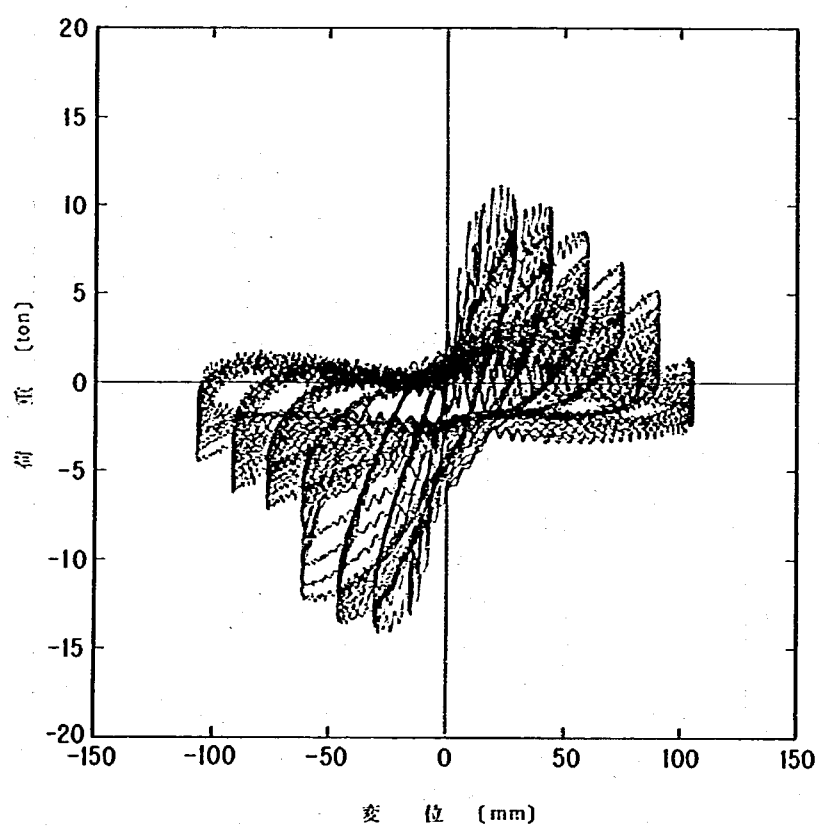
付図Ⅱ－9 供試体 R－9 の荷重～変位履歴曲線



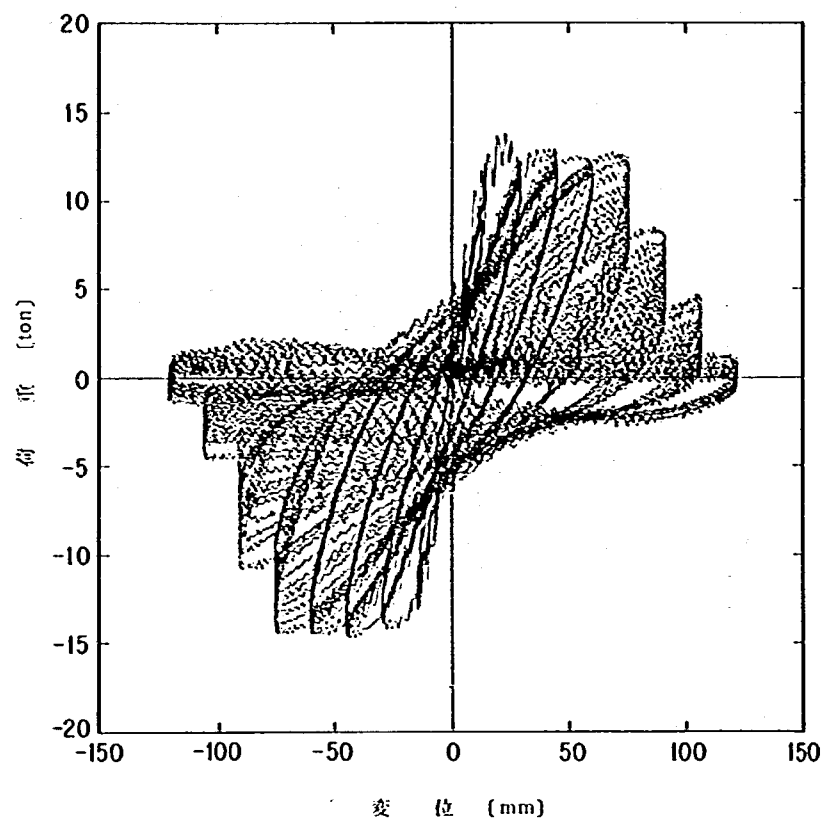
付図Ⅱ－10 供試体 R－10 の荷重～変位履歴曲線



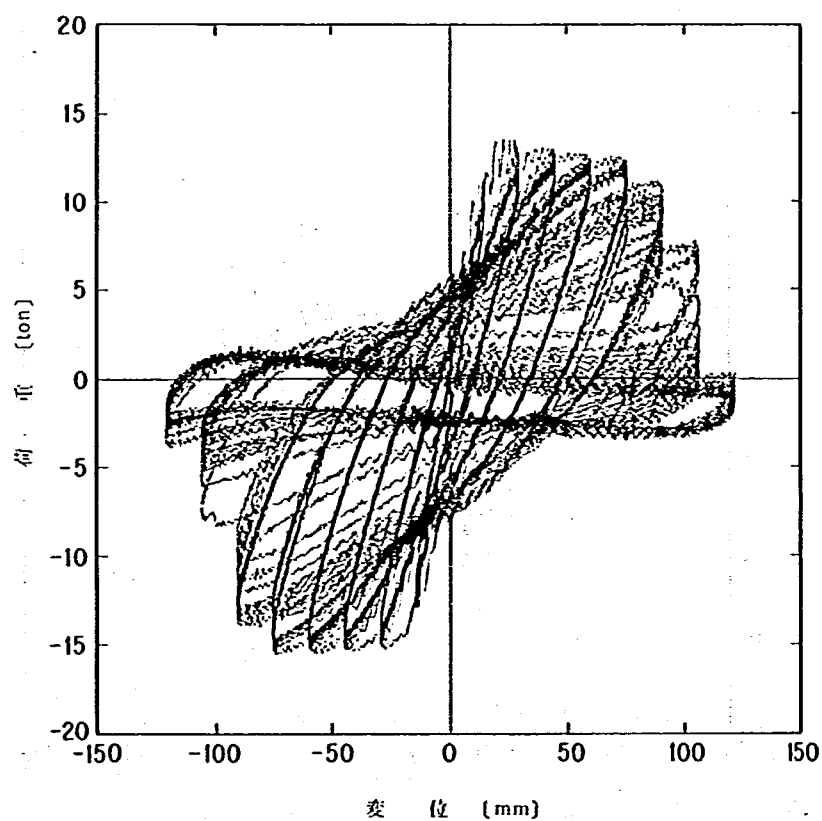
付図Ⅱ-11 供試体 R-11 の荷重～変位履歴曲線



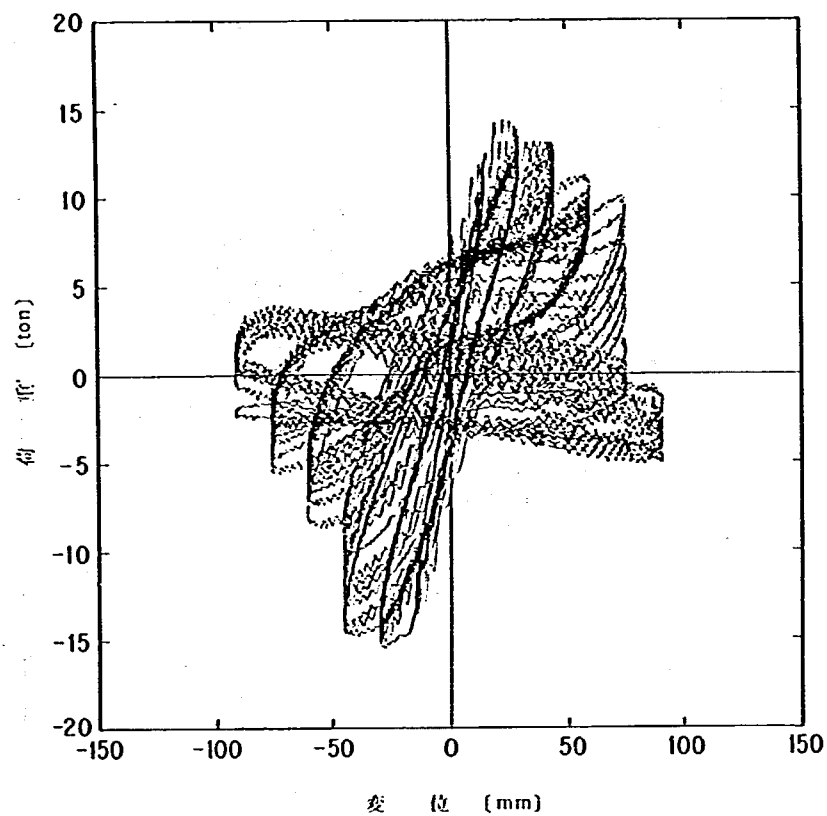
付図Ⅱ-12 供試体 R-12 の荷重～変位履歴曲線



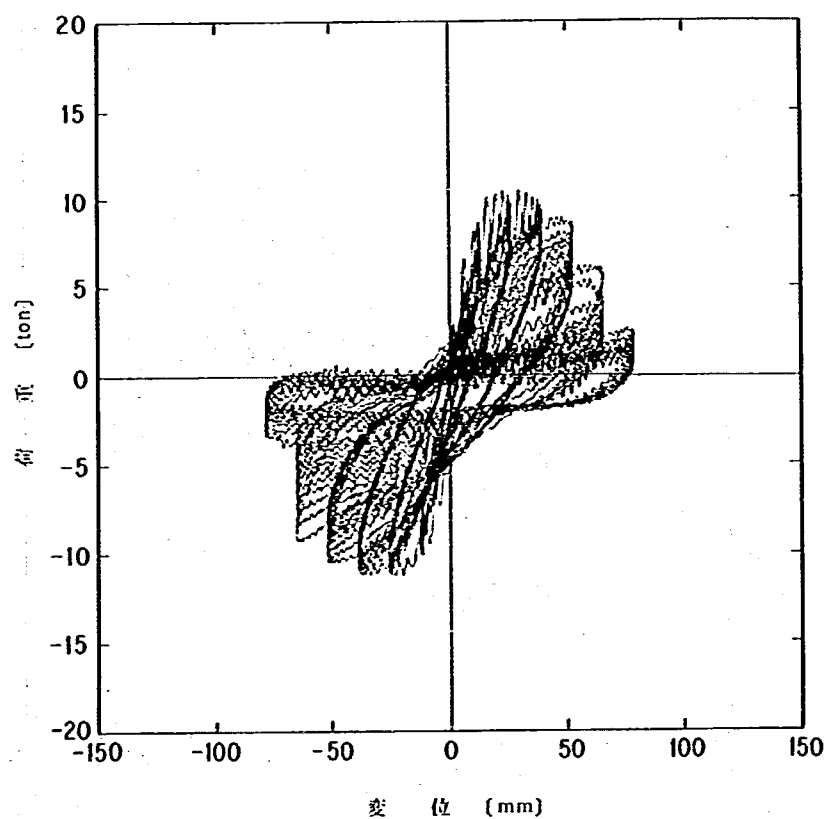
付図Ⅱ-13 供試体 R-13 の荷重～変位履歴曲線



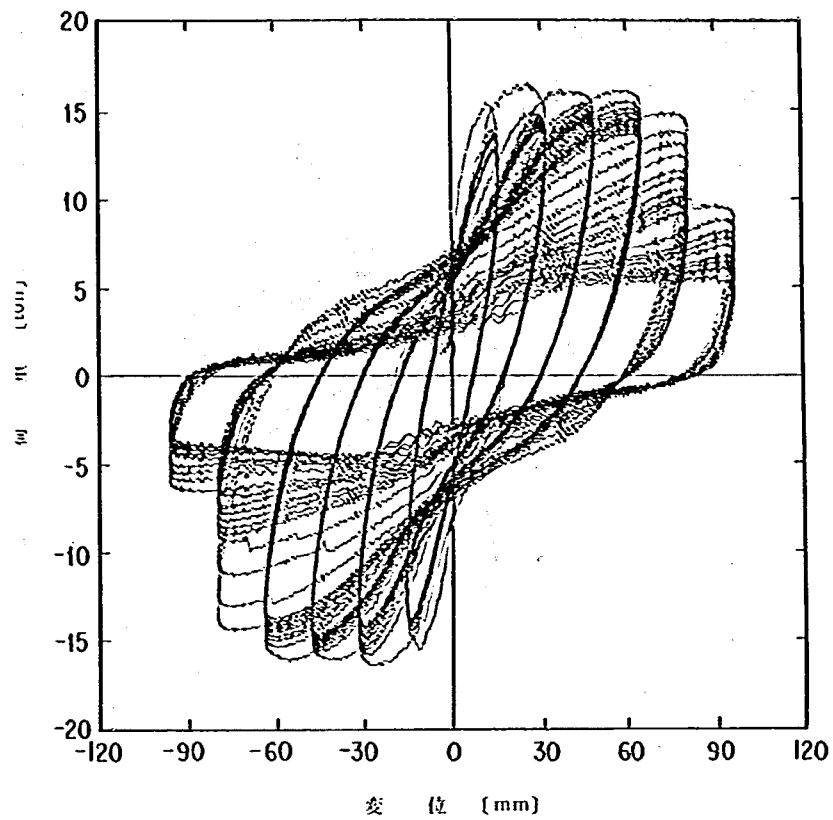
付図Ⅱ-14 供試体 R-14 の荷重～変位履歴曲線



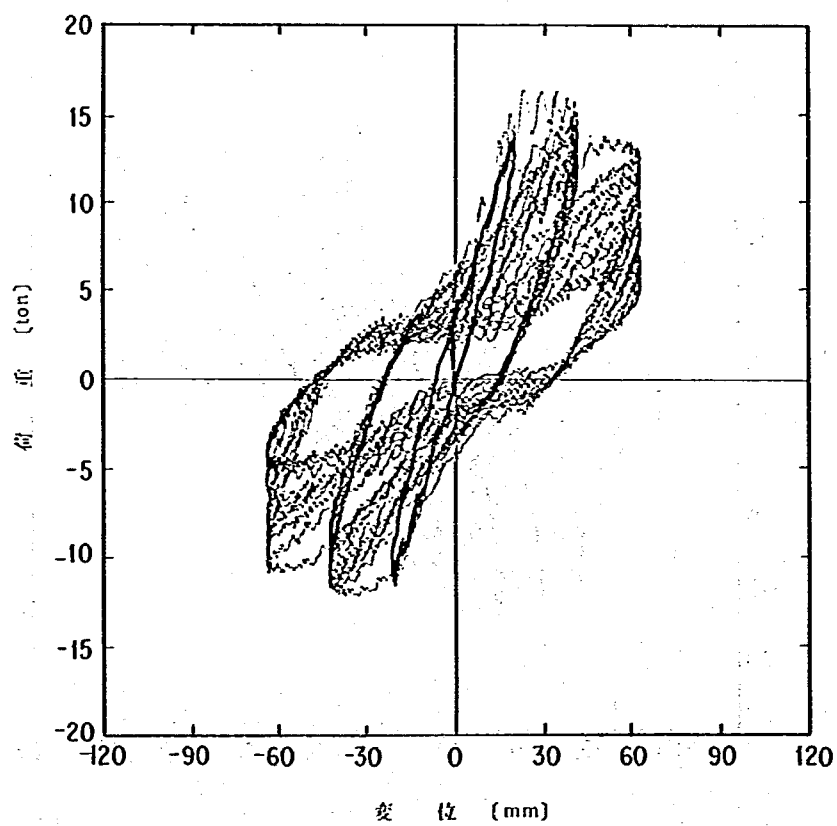
付図Ⅱ－15 供試体 R－15 の荷重～変位履歴曲線



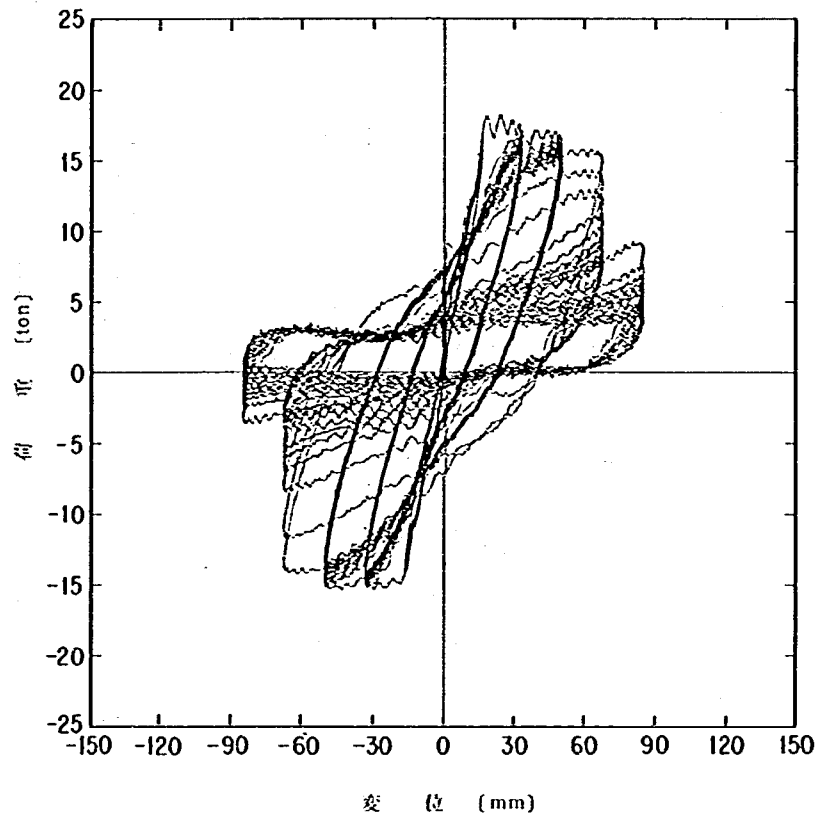
付図Ⅱ－16 供試体 R－16 の荷重～変位履歴曲線



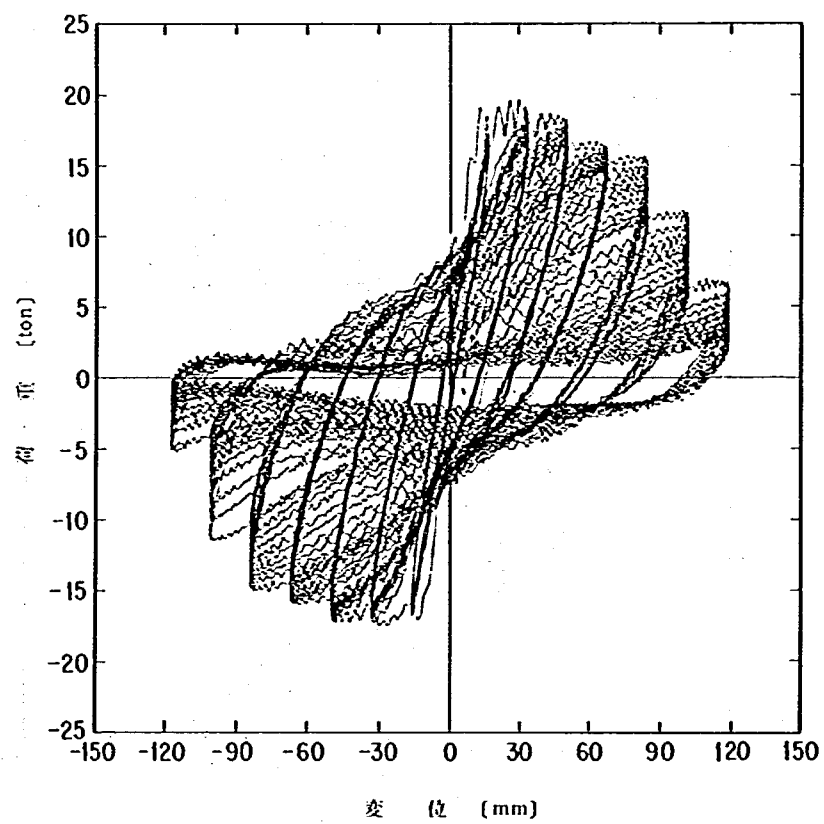
付図Ⅱ-17 供試体 R-17 の荷重～変位履歴曲線



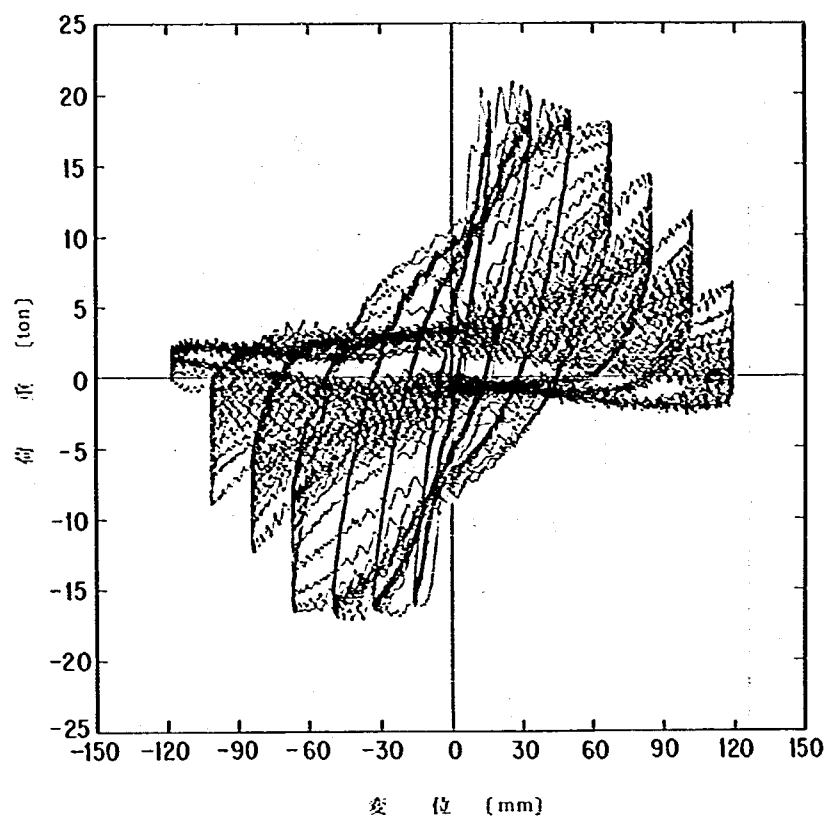
付図Ⅱ-18 供試体 R-18 の荷重～変位履歴曲線



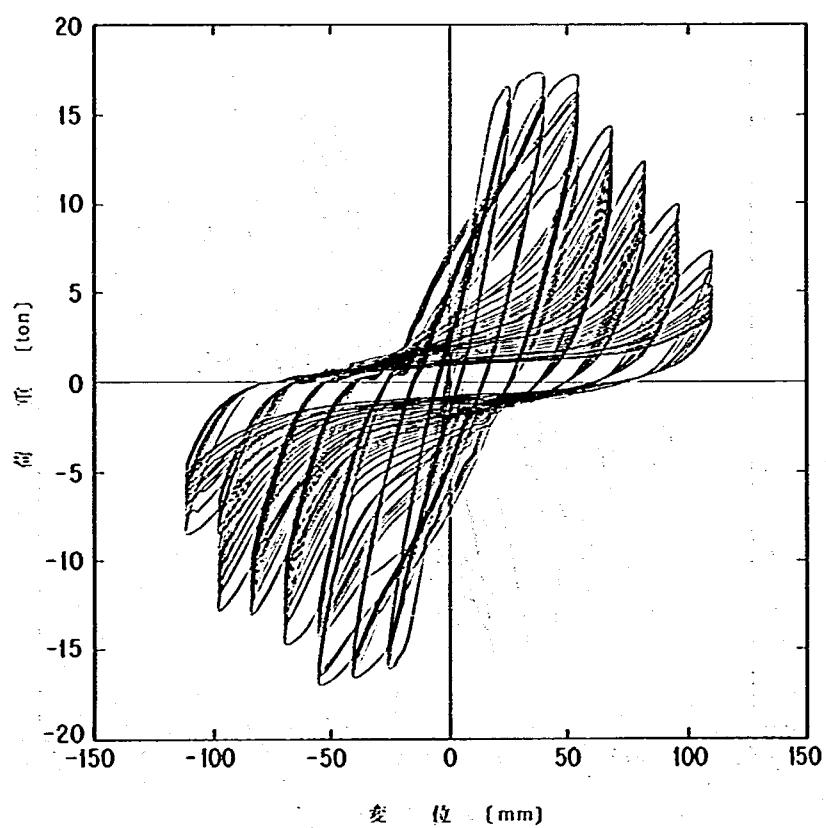
付図Ⅱ－19 供試体 R－19 の荷重～変位履歴曲線



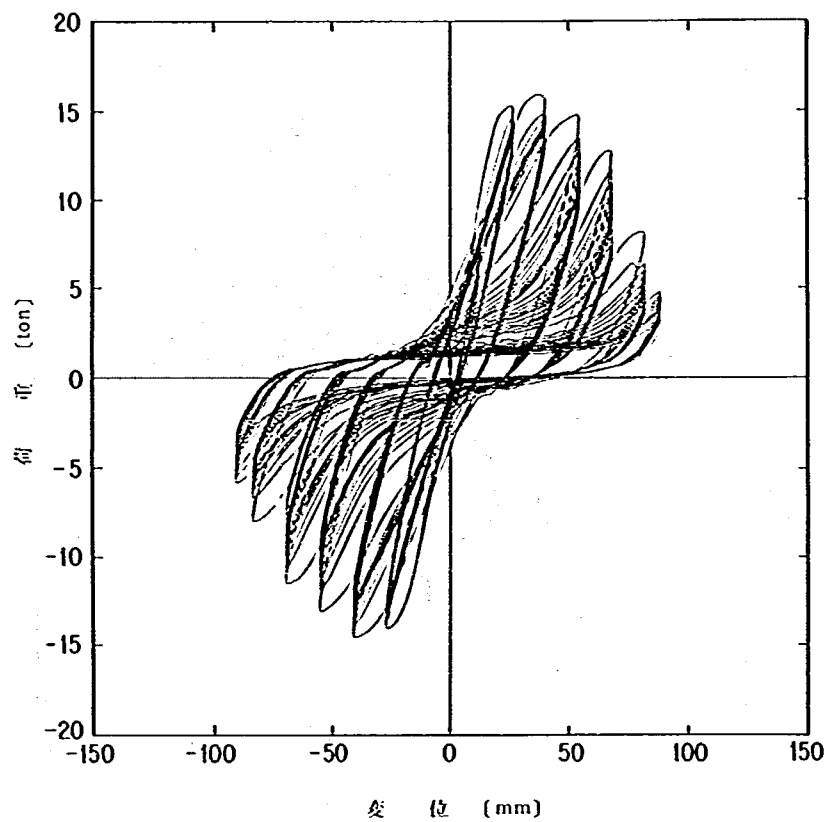
付図Ⅱ－20 供試体 R－20 の荷重～変位履歴曲線



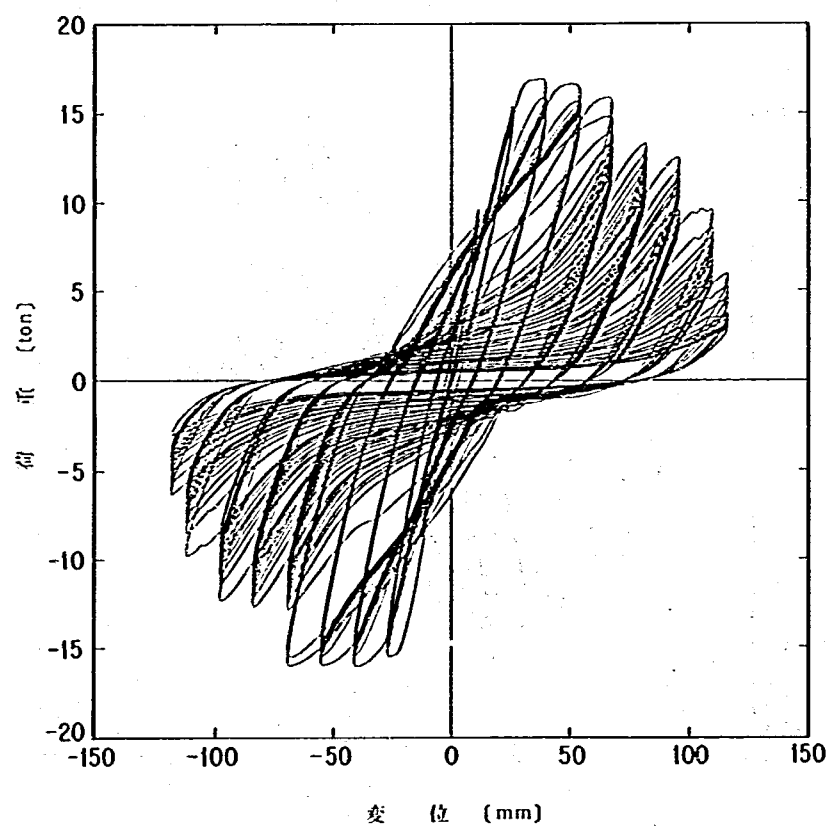
付図Ⅱ-21 供試体 R-21 の荷重～変位履歴曲線



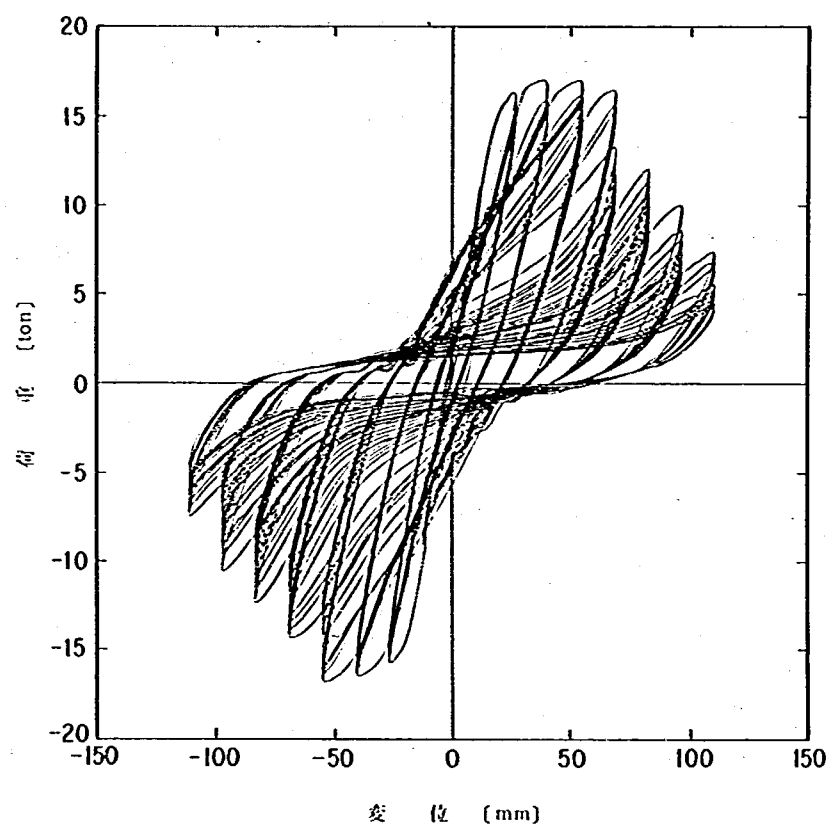
付図Ⅱ-22 供試体 P-10 の荷重～変位履歴曲線



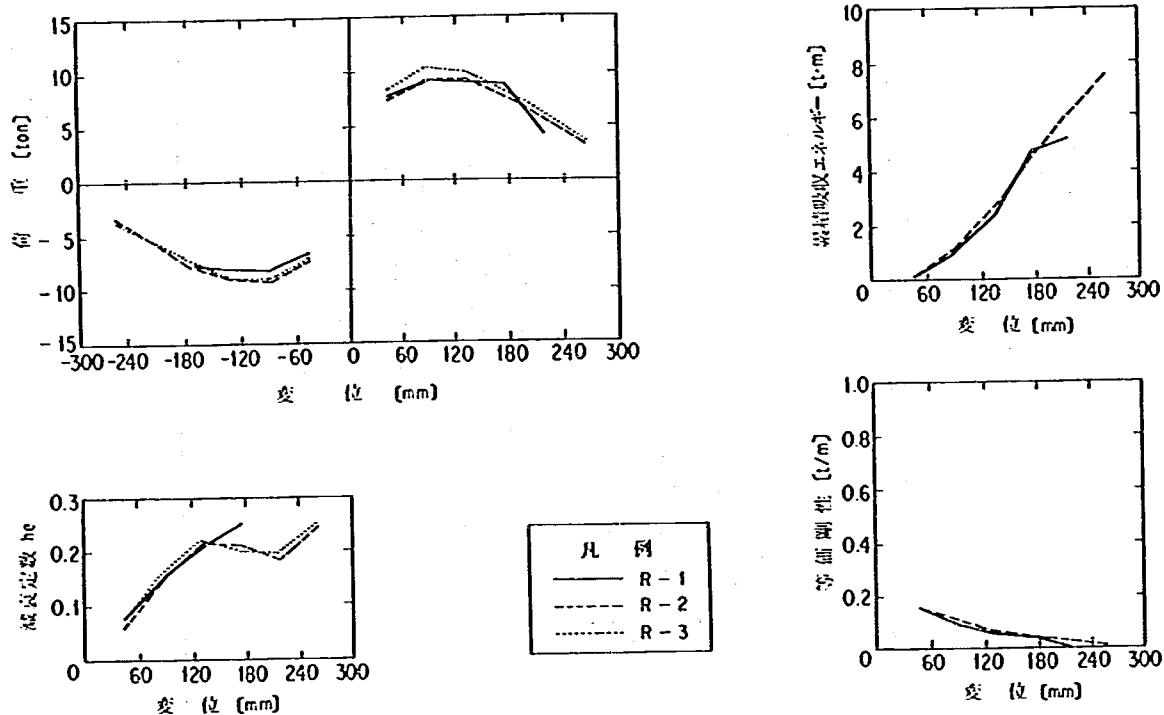
付図Ⅱ-23 供試体P-14の荷重～変位履歴曲線



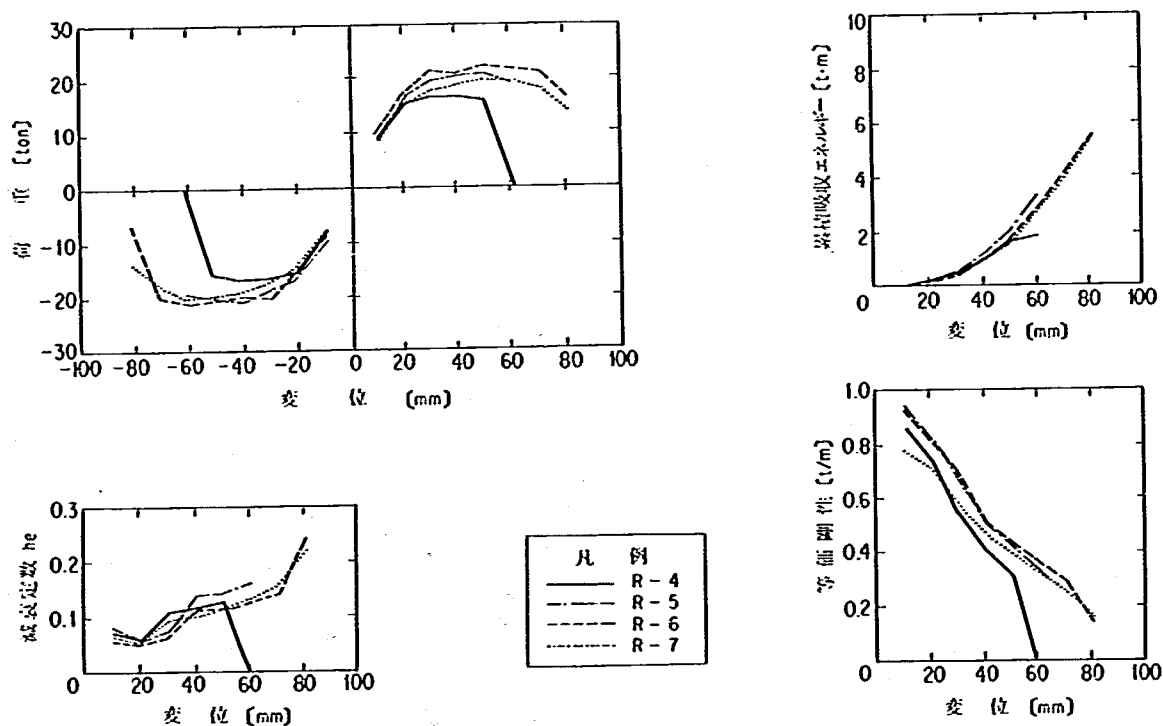
付図Ⅱ-25 供試体P-15の荷重～変位履歴曲線



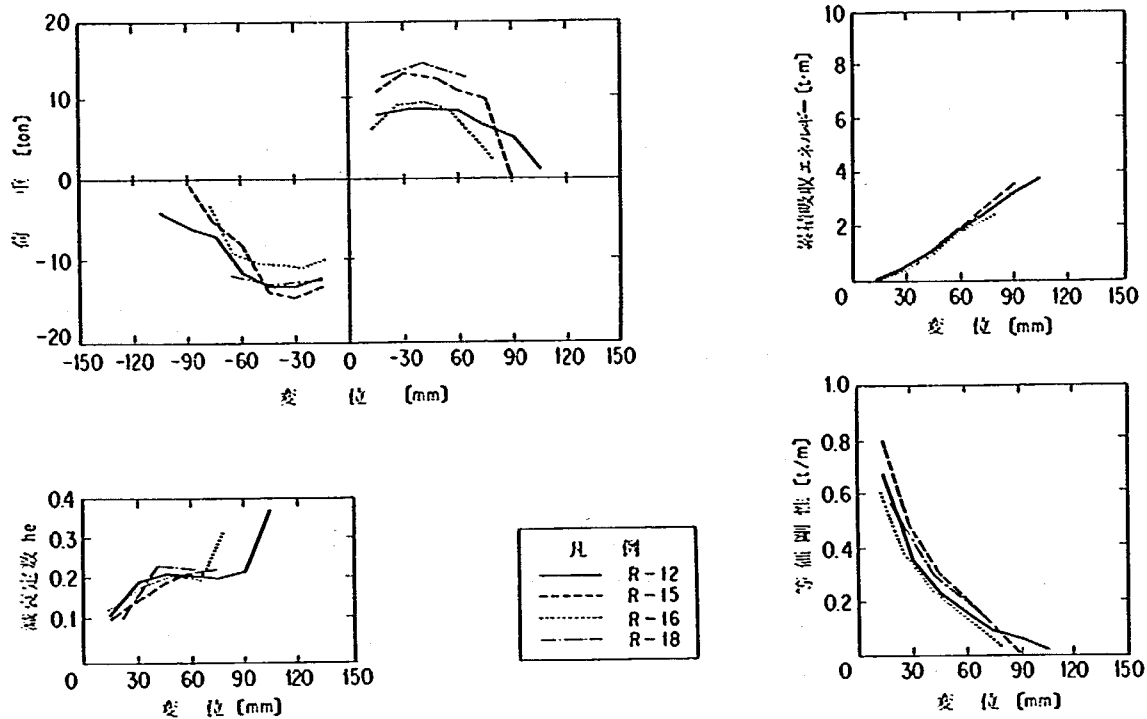
付図Ⅱ-26 供試体P-16の荷重～変位履歴曲線



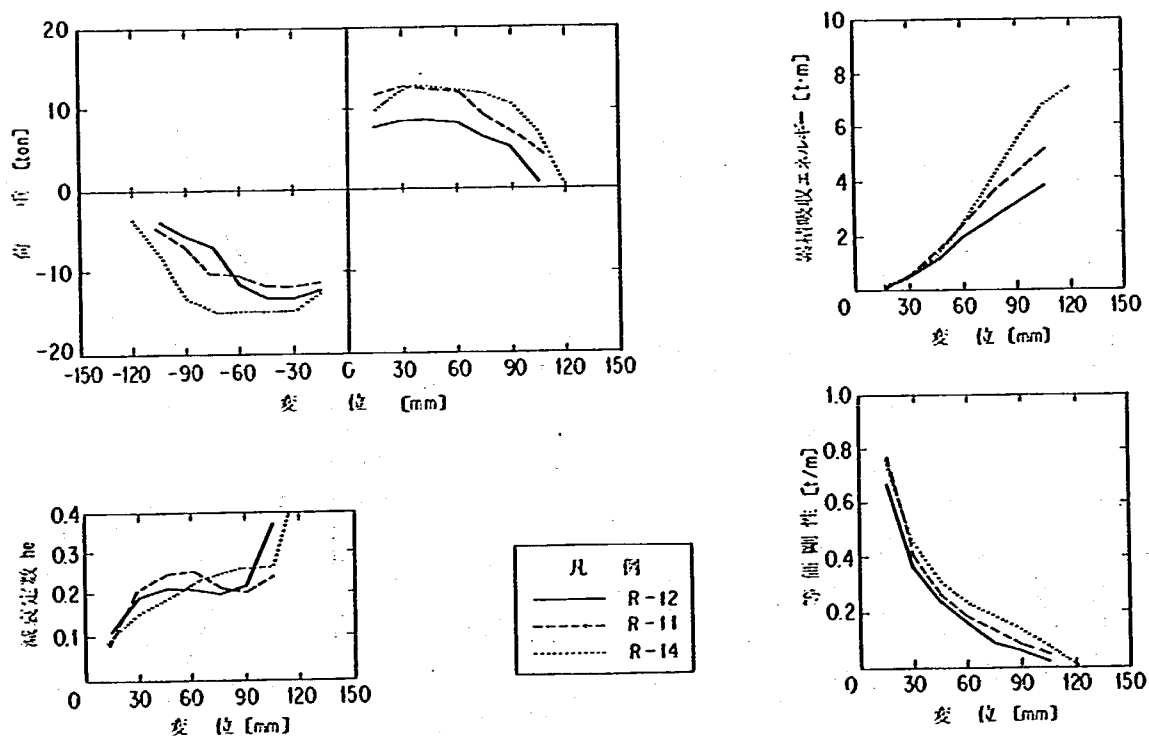
付図Ⅱ-27 供試体R-1~3の荷重~変位包絡線, 累積吸収エネルギー, 減衰定数及び等価剛性



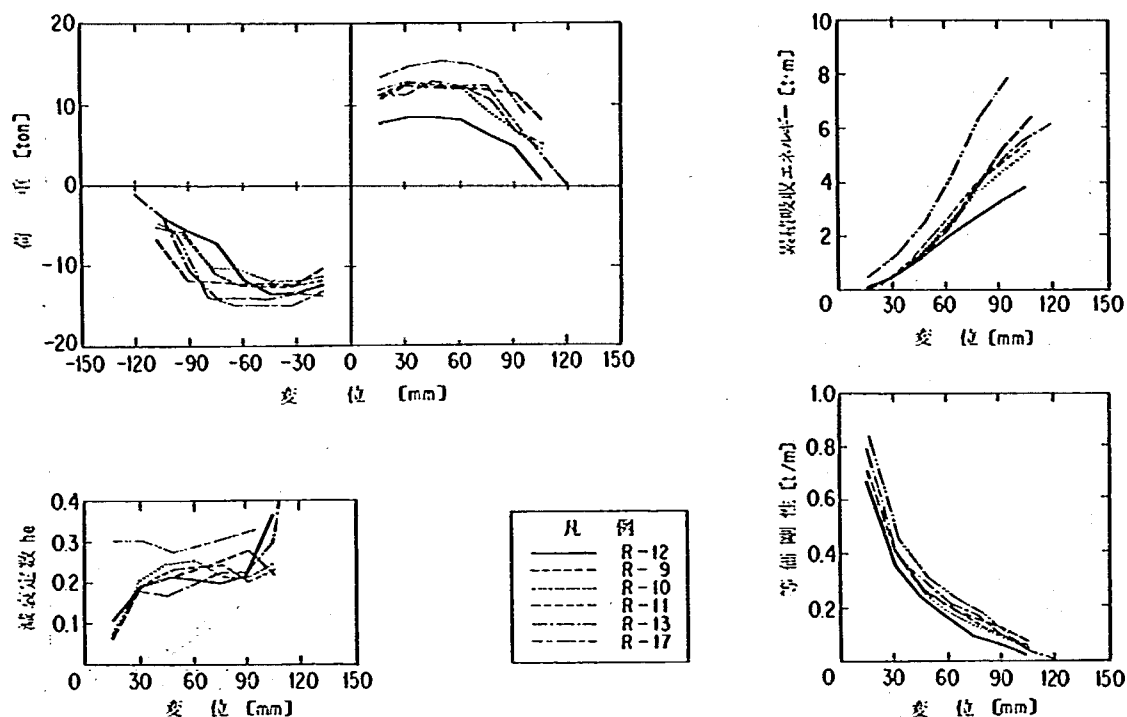
付図Ⅱ-28 供試体R-4~7の荷重~変位包絡線, 累積吸収エネルギー, 減衰定数及び等価剛性



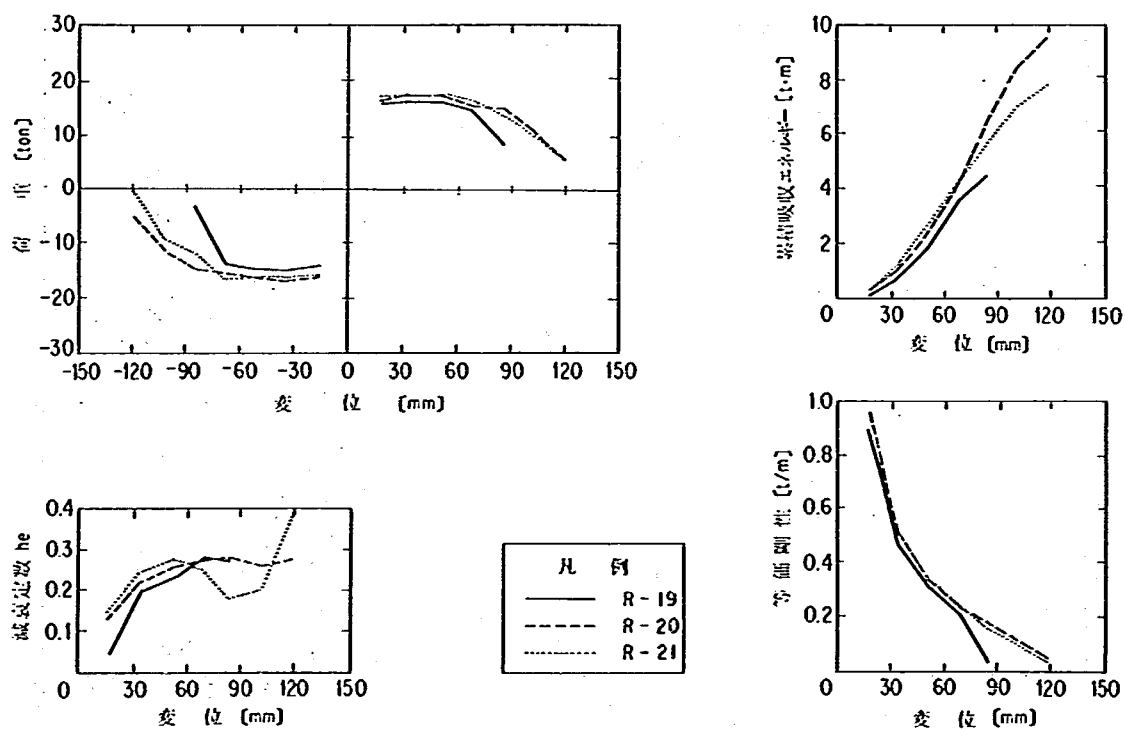
付図Ⅱ-29 供試体 R-12, 15, 16, 18 の荷重～変位包絡線, 累積吸収エネルギー, 減衰定数及び等価剛性



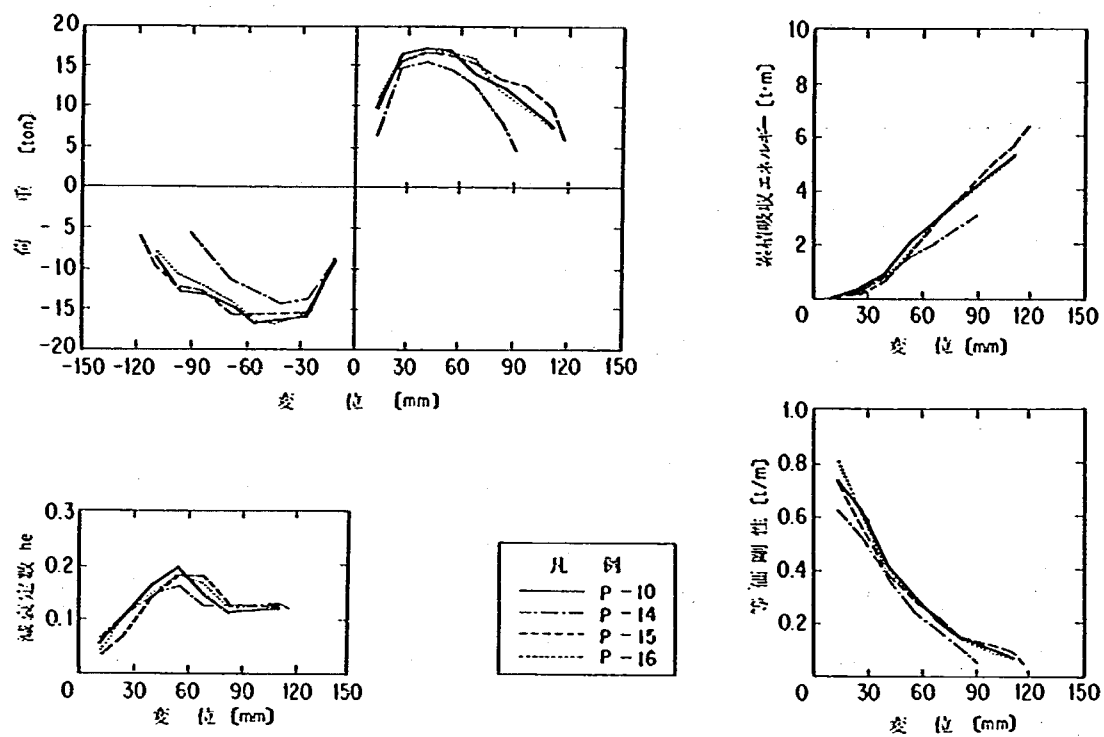
付図Ⅱ-30 供試体 R-11, 12, 14 の荷重～変位包絡線, 累積吸収エネルギー, 減衰定数及び等価剛性



付図Ⅱ-31 供試体 R-9~13及び17の荷重~変位包絡線, 累積吸収エネルギー, 減衰定数及び等価剛性



付図Ⅱ-32 供試体 R-19~21の荷重~変位包絡線, 累積吸収エネルギー, 減衰定数及び等価剛性



付図Ⅱ-33 供試体P-10, 14~16の荷重~変位包絡線, 累積吸収エネルギー, 減衰定数及び等価剛性

付表Ⅱ－１ 実験結果のまとめ

供試体	降伏荷重 (tf)	降伏変位 (mm)	最大耐力 (tf)	終局変位 (mm)	じん性率
R－１	7.6	46.3	9.2	178.1	3.84
R－２	7.8	45.4	9.5	166.0	3.67
R－３	7.8	44.2	10.0	173.5	3.95
R－４	16.3	25.3	17.0	51.1	2.02
R－５	18.0	23.7	21.9	61.3	2.59
R－６	16.4	19.0	22.6	76.9	4.05
R－７	16.8	25.4	19.9	73.6	4.91
R－８	9.8	70.8	10.1	...	...
R－９	10.5	13.9	12.9	96.6	6.95
R－10	11.4	14.4	13.1	70.9	4.94
R－11	11.3	14.5	12.9	59.2	4.08
R－12	12.2	24.0	12.6	30.2	1.29
R－13	12.0	13.6	14.2	79.9	5.89
R－14	11.4	14.7	14.4	91.9	6.25
R－15	13.1	18.1	14.9	44.7	2.46
R－16	8.4	13.3	10.8	59.3	4.48
R－17	13.0	5.7	16.5	81.9	15.05
R－18	11.5	15.6	14.3	59.5	3.81
R－19	13.9	13.0	16.8	69.2	5.34
R－20	15.0	9.9	18.5	80.9	8.37
R－21	14.8	9.3	19.0	76.4	8.40
P－14	12.0	16.2	15.1	70.6	4.36
P－15	12.9	17.9	16.4	83.5	4.66
P－16	12.7	15.6	16.9	80.0	5.13

付表Ⅱ-2 供試体 R-1 の実験結果

	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (tf)	最小荷重 (tf)	吸収エネルギー (tf・mm)	等価剛性 (tf/mm)	減衰定数
1 δ_0	43.300	-43.350	7.936	-6.588	0.144	0.168	0.073
	43.450	-43.250	7.698	-6.518	0.123	0.164	0.063
	43.500	-43.250	7.617	-6.458	0.117	0.162	0.061
	43.500	-43.250	7.582	-6.432	0.112	0.162	0.059
	43.500	-43.250	7.503	-6.400	0.109	0.160	0.058
	43.500	-43.250	7.442	-6.416	0.108	0.160	0.057
	43.450	-43.250	7.427	-6.415	0.105	0.160	0.056
	43.500	-43.300	7.367	-6.352	0.105	0.158	0.056
	43.500	-43.250	7.340	-6.353	0.104	0.158	0.056
	43.550	-43.250	7.320	-6.341	0.100	0.157	0.054
2 δ_0	87.150	-87.750	9.408	-8.278	0.758	0.101	0.156
	87.800	-87.600	8.964	-8.102	0.608	0.097	0.129
	87.800	-87.600	8.866	-8.025	0.550	0.096	0.118
	87.850	-87.550	8.766	-8.026	0.526	0.096	0.114
	87.850	-87.550	8.745	-7.970	0.513	0.095	0.111
	87.800	-87.550	8.708	-7.938	0.508	0.095	0.111
	87.850	-87.550	8.677	-7.875	0.501	0.094	0.110
	87.850	-87.600	8.648	-7.826	0.496	0.094	0.109
	87.800	-87.550	8.645	-7.783	0.495	0.094	0.109
	87.800	-87.550	8.638	-7.788	0.490	0.094	0.108
3 δ_0	131.500	-132.125	9.112	-8.036	1.503	0.065	0.212
	132.625	-131.875	8.756	-7.999	1.403	0.063	0.202
	132.625	-131.875	8.597	-7.908	1.342	0.062	0.196
	132.625	-131.875	8.530	-7.842	1.307	0.062	0.192
	132.625	-131.875	8.429	-7.798	1.287	0.061	0.191
	132.625	-131.875	8.390	-7.764	1.272	0.061	0.190
	132.625	-131.875	8.340	-7.626	1.268	0.060	0.191
	132.625	-131.875	8.315	-7.472	1.260	0.060	0.192
	132.625	-131.875	8.304	-7.453	1.257	0.060	0.192
	132.625	-131.875	8.220	-7.371	1.253	0.059	0.193
4 δ_0	174.375	-175.125	8.839	-7.772	2.278	0.048	0.250
	175.625	-175.000	7.699	-7.001	2.041	0.042	0.252
	175.625	-175.000	6.822	-6.491	1.649	0.038	0.225
	175.500	-175.000	6.121	-5.831	1.275	0.034	0.194
	175.375	-175.125	5.845	-5.384	1.136	0.032	0.184
	175.500	-175.000	5.580	-5.020	1.065	0.030	0.182
	175.500	-175.000	5.174	-4.781	1.004	0.028	0.183
	175.500	-175.000	4.849	-4.561	0.958	0.027	0.185
	175.500	-175.000	4.660	-4.326	0.908	0.026	0.184
	175.500	-175.000	4.501	-4.081	0.880	0.024	0.186
5 δ_0	216.875	0.0	4.542	1.127	0.528	0.016	0.454

付表Ⅱ-3 供試体 R-2 の実験結果

	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (tf)	最小荷重 (tf)	吸収エネルギー (tf・m)	等価剛性 (tf/mm)	減衰定数
1 δ_0	43.350	-43.300	7.249	-7.104	0.115	0.166	0.059
	43.450	-43.200	7.292	-7.083	0.103	0.166	0.053
	43.550	-43.200	7.336	-7.094	0.100	0.166	0.051
	43.500	-43.200	7.263	-6.973	0.098	0.164	0.051
	43.500	-43.250	7.239	-6.930	0.096	0.163	0.050
	43.550	-43.250	7.184	-6.926	0.095	0.163	0.049
	43.500	-43.250	7.120	-7.008	0.093	0.163	0.048
	43.550	-43.250	7.205	-6.870	0.093	0.162	0.048
	43.550	-43.300	7.088	-6.983	0.092	0.162	0.048
	43.500	-43.250	7.125	-6.879	0.089	0.161	0.047
2 δ_0	87.250	-87.700	9.451	-9.102	0.780	0.106	0.153
	87.800	-87.500	9.058	-8.916	0.639	0.103	0.129
	87.900	-87.550	8.921	-8.807	0.590	0.101	0.121
	87.900	-87.500	8.892	-8.773	0.564	0.101	0.116
	87.900	-87.500	8.797	-8.745	0.548	0.100	0.113
	87.900	-87.500	8.750	-8.639	0.540	0.099	0.113
	87.900	-87.550	8.778	-8.632	0.534	0.099	0.111
	87.900	-87.500	8.667	-8.564	0.531	0.098	0.112
	87.850	-87.550	8.704	-8.509	0.528	0.098	0.111
	87.850	-87.600	8.683	-8.468	0.524	0.098	0.111
3 δ_0	131.625	-132.000	9.297	-8.904	1.596	0.069	0.212
	132.750	-131.875	8.862	-8.740	1.505	0.067	0.206
	132.875	-131.750	8.721	-8.702	1.442	0.066	0.199
	132.750	-131.875	8.634	-8.521	1.414	0.065	0.198
	132.750	-131.875	8.505	-8.468	1.398	0.064	0.198
	132.750	-131.875	8.483	-8.464	1.389	0.064	0.197
	132.750	-131.875	8.407	-8.355	1.385	0.063	0.199
	132.750	-131.875	8.436	-7.496	1.400	0.060	0.211
	132.750	-131.875	8.386	-7.184	1.304	0.059	0.201
	132.750	-131.875	7.428	-6.896	1.117	0.054	0.188
4 δ_0	174.375	-175.000	7.786	-7.223	1.780	0.043	0.216
	175.750	-174.875	7.198	-6.433	1.448	0.039	0.193
	175.625	-174.875	6.649	-5.994	1.253	0.036	0.180
	175.625	-174.875	6.064	-5.591	1.134	0.033	0.177
	175.625	-174.875	5.660	-5.212	1.049	0.031	0.175
	175.625	-174.875	5.429	-4.928	0.999	0.030	0.175
	175.625	-174.875	5.218	-4.643	0.964	0.028	0.178
	175.625	-174.750	4.970	-4.433	0.929	0.027	0.179
	175.625	-174.750	4.850	-4.254	0.909	0.026	0.181
	175.625	-174.875	4.653	-4.096	0.891	0.025	0.185
5 δ_0	217.125	-217.500	5.634	-5.588	1.419	0.026	0.185
	218.125	-217.375	4.922	-4.981	1.269	0.023	0.187
	218.125	-217.375	4.417	-4.485	1.202	0.020	0.197
	218.125	-217.375	3.927	-4.133	1.144	0.019	0.207
	218.125	-217.375	3.548	-3.790	1.106	0.017	0.220
	218.125	-217.375	3.292	-3.501	1.074	0.016	0.231
	218.125	-217.375	2.945	-3.244	1.045	0.014	0.247
	218.125	-217.375	2.809	-3.123	1.017	0.014	0.251
	218.125	-217.375	2.609	-2.905	1.000	0.013	0.265
	218.125	-217.375	2.454	-2.689	0.968	0.012	0.275
6 δ_0	261.750	-260.500	3.391	-3.607	1.429	0.013	0.249
	263.250	-260.500	2.994	-2.693	1.304	0.011	0.279
	263.000	-260.500	2.758	-2.762	1.233	0.011	0.272
	263.000	-260.500	2.089	-2.396	1.175	0.009	0.319
	263.250	-260.500	1.710	-2.215	1.150	0.007	0.356
	263.000	-260.500	1.497	-1.896	1.129	0.006	0.405
	263.000	-260.500	1.170	-1.654	1.063	0.005	0.458
	263.000	-260.500	1.112	-1.444	1.020	0.005	0.485
	263.000	-260.750	0.837	-1.225	0.993	0.004	0.585
	263.000	-260.500	0.534	-1.118	0.950	0.003	0.699

付表Ⅱ-4 供試体R-3の実験結果

	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (tf)	最小荷重 (tf)	吸収エネルギー (tf・m)	等価剛性 (tf/mm)	減衰定数
1 δ_0	43.300	-43.150	8.387	-7.004	0.158	0.178	0.075
	43.450	-43.100	8.271	-6.931	0.140	0.176	0.068
	43.500	-43.100	8.238	-6.883	0.136	0.175	0.066
	43.500	-43.150	8.213	-6.862	0.133	0.174	0.065
	43.500	-43.150	8.108	-6.825	0.131	0.172	0.064
	43.500	-43.150	8.045	-6.796	0.128	0.171	0.064
	43.500	-43.150	8.059	-6.824	0.126	0.172	0.062
	43.500	-43.150	8.014	-6.847	0.126	0.172	0.062
	43.500	-43.150	7.973	-6.761	0.124	0.170	0.062
	43.550	-43.100	7.943	-6.761	0.122	0.170	0.061
2 δ_0	87.150	-87.500	10.410	-9.099	0.870	0.112	0.163
	87.750	-87.400	9.774	-8.807	0.736	0.106	0.144
	87.800	-87.400	9.683	-8.670	0.675	0.105	0.134
	87.800	-87.350	9.579	-8.684	0.648	0.104	0.129
	87.800	-87.350	9.541	-8.591	0.630	0.104	0.126
	87.800	-87.350	9.535	-8.567	0.618	0.103	0.124
	87.850	-87.350	9.461	-8.500	0.613	0.103	0.124
	87.800	-87.400	9.397	-8.450	0.607	0.102	0.124
	87.850	-87.350	9.362	-8.396	0.601	0.101	0.123
	87.850	-87.350	9.363	-8.395	0.598	0.101	0.122
3 δ_0	131.500	-131.750	10.056	-8.967	1.728	0.072	0.220
	132.500	-131.625	9.544	-8.752	1.654	0.069	0.218
	132.625	-131.625	8.803	-8.483	1.494	0.065	0.208
	132.500	-131.625	8.675	-7.978	1.308	0.063	0.189
	132.500	-131.625	8.507	-7.505	1.249	0.061	0.188
	132.625	-131.625	8.414	-6.867	1.212	0.058	0.191
	132.625	-131.625	8.118	-6.534	1.121	0.055	0.184
	132.500	-131.625	7.971	-5.946	1.054	0.053	0.182
	132.625	-131.500	7.574	-5.801	0.973	0.051	0.175
	132.625	-2.000	7.397	-1.417	0.463	0.065	0.248
4 δ_0	174.250	-174.875	8.316	-7.219	1.717	0.044	0.202
	175.625	-174.750	7.449	-6.595	1.437	0.040	0.186
	175.500	-174.750	6.903	-6.019	1.283	0.037	0.180
	175.625	-174.750	6.360	-5.675	1.201	0.034	0.181
	175.625	-174.750	6.154	-5.260	1.134	0.033	0.181
	175.625	-174.750	5.789	-5.010	1.078	0.031	0.181
	175.625	-174.625	5.598	-4.675	1.043	0.029	0.185
	175.625	-174.625	5.432	-4.555	1.014	0.029	0.185
	175.625	-174.750	5.192	-4.354	0.995	0.027	0.189
	175.625	-174.750	5.001	-4.152	0.971	0.026	0.193
5 δ_0	216.875	-217.250	6.106	-5.540	1.549	0.027	0.195
	218.000	-217.125	5.461	-4.774	1.379	0.024	0.197
	218.125	-217.125	4.972	-4.087	1.330	0.021	0.215
	218.125	-217.250	4.444	-3.640	1.261	0.019	0.228
	218.125	-217.125	4.177	-3.400	1.206	0.017	0.233
	218.125	-217.125	3.839	-3.225	1.159	0.016	0.240
	218.000	-217.125	3.610	-2.777	1.102	0.015	0.253
	218.000	-217.125	3.368	-2.595	1.084	0.014	0.266
	218.000	-217.125	3.126	-2.496	1.060	0.013	0.276
	218.000	-217.125	2.905	-2.332	1.030	0.012	0.288
6 δ_0	261.500	-260.750	3.545	-3.726	1.492	0.014	0.250
	262.750	-260.750	3.156	-2.617	1.357	0.011	0.286
	262.750	-260.750	2.738	-2.081	1.246	0.009	0.314
	262.750	-260.750	2.316	-1.881	1.162	0.008	0.337
	262.750	-260.750	1.855	-1.677	1.121	0.007	0.386
	262.750	-260.500	1.769	-1.477	1.081	0.006	0.405
	262.750	-260.500	1.637	-1.313	1.055	0.006	0.435
	262.750	-260.750	1.567	-1.219	1.042	0.005	0.455
	262.750	-260.750	1.449	-1.123	1.031	0.005	0.487
	262.500	-260.500	1.506	-1.085	1.030	0.005	0.484

付表Ⅱ-5 供試体R-4の実験結果

	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (tf)	最小荷重 (tf)	吸収エネルギー (tf・m)	等価剛性 (tf/mm)	減衰定数
1 δ_0	10.150	-9.850	8.955	-8.295	0.040	0.862	0.073
	10.150	-9.850	8.805	-8.265	0.035	0.854	0.065
	10.150	-9.850	8.760	-8.300	0.034	0.853	0.064
	10.150	-9.900	8.705	-8.280	0.033	0.847	0.062
	10.100	-9.850	8.650	-8.265	0.033	0.848	0.061
	10.100	-9.850	8.640	-8.285	0.032	0.848	0.061
	10.150	-9.850	8.635	-8.240	0.032	0.844	0.060
	10.150	-9.850	8.630	-8.240	0.032	0.843	0.060
	10.100	-9.850	8.615	-8.225	0.031	0.844	0.059
	10.150	-9.850	8.605	-8.220	0.031	0.841	0.058
2 δ_0	20.600	-20.400	15.110	-15.355	0.107	0.743	0.054
	20.650	-20.400	14.810	-15.010	0.096	0.726	0.050
	20.650	-20.400	14.635	-14.825	0.092	0.718	0.048
	20.700	-20.400	14.500	-14.685	0.089	0.710	0.047
	20.650	-20.400	14.435	-14.555	0.087	0.706	0.047
	20.700	-20.400	14.295	-14.540	0.086	0.702	0.046
	20.650	-20.400	14.285	-14.425	0.085	0.699	0.046
	20.700	-20.400	14.235	-14.370	0.085	0.696	0.046
	20.650	-20.400	14.165	-14.290	0.084	0.693	0.046
	20.700	-20.400	14.085	-14.270	0.083	0.690	0.045
3 δ_0	30.850	-30.800	16.585	-16.795	0.346	0.541	0.107
	31.050	-30.800	16.090	-16.365	0.276	0.525	0.087
	31.100	-30.800	15.810	-16.045	0.250	0.515	0.081
	31.100	-30.800	15.660	-15.875	0.237	0.509	0.077
	31.050	-30.800	15.530	-15.730	0.228	0.505	0.075
	31.050	-30.800	15.375	-15.605	0.223	0.501	0.074
	31.050	-30.800	15.390	-15.535	0.218	0.500	0.072
	31.050	-30.800	15.190	-15.450	0.213	0.495	0.072
	31.050	-30.800	15.215	-15.375	0.210	0.495	0.071
	31.050	-30.800	15.135	-15.315	0.207	0.492	0.070
4 δ_0	41.050	-41.050	16.600	-16.900	0.507	0.408	0.117
	41.250	-41.000	16.145	-16.495	0.450	0.397	0.107
	41.300	-41.000	15.820	-16.205	0.420	0.389	0.102
	41.300	-41.000	15.630	-16.030	0.402	0.385	0.098
	41.300	-41.000	15.440	-15.895	0.387	0.381	0.096
	41.300	-41.000	15.235	-15.695	0.379	0.376	0.095
	41.300	-41.000	15.200	-15.560	0.370	0.374	0.093
	41.300	-41.000	15.060	-15.455	0.363	0.371	0.092
	41.300	-41.000	14.990	-15.365	0.357	0.369	0.091
	41.250	-41.000	14.955	-15.260	0.351	0.367	0.090
5 δ_0	51.150	-51.100	15.970	-16.385	0.642	0.316	0.124
	51.400	-51.100	15.335	-15.930	0.585	0.305	0.116
	51.450	-51.100	14.890	-15.550	0.547	0.297	0.111
	51.400	-51.100	14.655	-15.285	0.519	0.292	0.108
	51.400	-51.100	14.395	-15.000	0.496	0.287	0.105
	51.400	-51.100	14.095	-14.660	0.477	0.281	0.103
	51.400	-51.100	13.760	-14.340	0.458	0.274	0.101
	51.400	-51.100	13.355	-13.910	0.443	0.266	0.101
	51.400	-51.100	12.275	-13.380	0.449	0.250	0.109
	51.450	-51.200	6.000	-2.215	0.791	0.080	0.597
6 δ_0	61.200	-61.250	-1.070	0.340	0.207	-0.012	-0.763
	61.450	-61.200	0.690	-0.390	0.089	0.009	0.428

付表Ⅱ-6 供試体R-5の実験結果

	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (tf)	最小荷重 (tf)	吸収エネルギー (tf・m)	等価剛性 (tf/mm)	減衰定数
1 δ_0	10.150	-9.950	9.325	-9.920	0.039	0.957	0.064
	10.100	-9.900	9.295	-9.965	0.035	0.963	0.058
	10.100	-9.900	9.165	-9.960	0.034	0.956	0.057
	10.100	-9.950	9.235	-10.030	0.033	0.961	0.055
	10.100	-9.950	9.105	-9.820	0.033	0.944	0.055
	10.100	-9.900	9.115	-9.885	0.032	0.950	0.054
	10.100	-9.900	9.185	-10.020	0.032	0.960	0.053
	10.100	-9.900	9.175	-9.790	0.031	0.948	0.053
	10.100	-9.900	9.220	-9.840	0.031	0.953	0.052
	10.100	-9.950	9.035	-9.900	0.030	0.944	0.051
2 δ_0	20.600	-20.450	16.720	-17.100	0.119	0.824	0.055
	20.700	-20.500	16.190	-16.525	0.099	0.794	0.047
	20.700	-20.500	16.265	-16.405	0.093	0.793	0.044
	20.700	-20.450	16.020	-16.355	0.090	0.787	0.043
	20.700	-20.450	15.925	-16.180	0.087	0.780	0.042
	20.700	-20.500	15.885	-16.120	0.085	0.777	0.041
	20.700	-20.450	15.775	-16.035	0.084	0.773	0.041
	20.700	-20.500	15.720	-15.975	0.083	0.769	0.040
	20.700	-20.450	15.635	-15.920	0.082	0.767	0.040
	20.700	-20.450	15.620	-15.890	0.080	0.766	0.040
3 δ_0	30.900	-30.850	19.675	-20.370	0.291	0.649	0.075
	31.100	-30.850	19.325	-19.910	0.230	0.633	0.060
	31.100	-30.850	19.110	-19.660	0.208	0.626	0.055
	31.050	-30.850	19.030	-19.520	0.198	0.623	0.053
	31.100	-30.800	18.820	-19.370	0.192	0.617	0.052
	31.100	-30.850	18.725	-19.270	0.188	0.613	0.051
	31.100	-30.850	18.615	-19.170	0.184	0.610	0.050
	31.100	-30.850	18.585	-19.070	0.181	0.608	0.049
	31.100	-30.800	18.505	-19.075	0.180	0.607	0.049
	31.100	-30.850	18.425	-18.980	0.177	0.604	0.049
4 δ_0	41.100	-41.100	20.905	-21.550	0.740	0.516	0.135
	41.350	-41.050	20.365	-21.085	0.667	0.503	0.124
	41.300	-41.050	20.050	-20.765	0.632	0.496	0.120
	41.300	-41.050	19.900	-20.505	0.611	0.491	0.117
	41.300	-41.050	19.830	-20.390	0.598	0.488	0.115
	41.300	-41.050	19.710	-20.365	0.587	0.487	0.113
	41.350	-41.050	19.340	-20.245	0.579	0.480	0.113
	41.300	-41.050	19.355	-20.050	0.573	0.479	0.112
	41.300	-41.050	19.305	-19.815	0.567	0.475	0.112
	41.350	-41.050	18.960	-19.800	0.559	0.470	0.111
5 δ_0	51.250	-51.150	20.695	-21.195	0.986	0.409	0.146
	51.550	-51.100	19.460	-20.750	0.939	0.392	0.145
	51.550	-51.150	19.180	-19.980	0.900	0.381	0.142
	51.600	-51.150	19.005	-19.900	0.872	0.379	0.139
	51.550	-51.100	18.670	-19.805	0.848	0.375	0.137
	51.500	-51.150	18.775	-19.440	0.833	0.372	0.135
	51.550	-51.150	18.515	-18.965	0.822	0.365	0.136
	51.550	-51.150	18.120	-19.070	0.815	0.362	0.136
	51.550	-51.150	17.995	-18.940	0.807	0.360	0.135
	51.550	-51.150	17.695	-18.905	0.796	0.356	0.135
6 δ_0	61.350	-61.200	18.975	-20.315	1.222	0.321	0.162
	61.600	-61.200	18.245	-19.770	1.170	0.310	0.160
	61.600	-61.200	16.820	-18.785	1.168	0.290	0.170
	61.650	-61.250	13.965	-16.740	1.163	0.250	0.196
	61.650	-61.250	12.445	-12.440	1.143	0.202	0.238
	61.650	-61.250	11.765	-10.630	0.805	0.182	0.186
	61.600	-61.300	10.000	-7.625	0.651	0.143	0.191
	61.600	-61.300	5.790	-3.890	0.425	0.079	0.228
	61.600	-61.250	4.020	-2.620	0.270	0.054	0.211
	61.650	-61.300	3.170	-2.190	0.224	0.044	0.217

付表Ⅱ-7(1) 供試体 R-6 の実験結果

	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (tf)	最小荷重 (tf)	吸収エネルギー (tf・m)	等価剛性 (tf/mm)	減衰定数
1 δ_0	10.100	-9.850	9.860	-8.950	0.032	0.943	0.055
	10.100	-9.850	9.770	-8.965	0.030	0.939	0.051
	10.100	-9.900	9.745	-9.000	0.029	0.937	0.049
	10.050	-9.900	9.655	-8.955	0.028	0.933	0.048
	10.050	-9.900	9.685	-8.950	0.028	0.934	0.047
	10.100	-9.900	9.650	-8.975	0.027	0.931	0.047
	10.100	-9.900	9.675	-8.960	0.027	0.932	0.046
	10.100	-9.900	9.645	-8.875	0.027	0.926	0.046
	10.050	-9.900	9.625	-8.865	0.026	0.927	0.046
	10.050	-9.900	9.615	-8.890	0.026	0.928	0.044
2 δ_0	20.550	-20.400	17.270	-16.575	0.109	0.826	0.050
	20.650	-20.400	16.985	-16.250	0.090	0.810	0.042
	20.650	-20.400	16.770	-16.050	0.084	0.800	0.040
	20.700	-20.400	16.655	-15.915	0.080	0.792	0.038
	20.650	-20.400	16.550	-15.810	0.078	0.788	0.038
	20.650	-20.400	16.460	-15.740	0.077	0.784	0.037
	20.650	-20.400	16.410	-15.690	0.076	0.782	0.037
	20.700	-20.400	16.330	-15.635	0.075	0.778	0.036
	20.650	-20.400	16.255	-15.595	0.074	0.776	0.036
	20.650	-20.400	16.255	-15.560	0.073	0.775	0.036
3 δ_0	30.850	-30.800	21.475	-20.620	0.252	0.683	0.062
	31.050	-30.750	21.025	-20.225	0.205	0.667	0.051
	31.050	-30.750	20.800	-19.965	0.189	0.660	0.048
	31.050	-30.750	20.620	-19.755	0.180	0.653	0.046
	31.050	-30.800	20.495	-19.610	0.175	0.648	0.045
	31.050	-30.750	20.375	-19.525	0.172	0.646	0.044
	31.050	-30.800	20.275	-19.430	0.169	0.642	0.044
	31.000	-30.750	20.235	-19.335	0.167	0.641	0.043
	31.050	-30.750	20.140	-19.335	0.166	0.639	0.043
	31.050	-30.750	20.110	-19.230	0.164	0.637	0.043
4 δ_0	41.050	-41.050	20.805	-19.880	0.619	0.496	0.118
	41.300	-41.050	20.465	-19.765	0.485	0.489	0.093
	41.300	-41.000	20.260	-19.545	0.439	0.484	0.085
	41.300	-41.000	20.145	-19.435	0.422	0.481	0.082
	41.300	-41.000	20.035	-19.310	0.410	0.478	0.081
	41.300	-41.000	19.935	-19.235	0.404	0.476	0.080
	41.300	-41.000	19.940	-19.210	0.399	0.476	0.079
	41.300	-41.000	19.800	-19.130	0.395	0.473	0.078
	41.300	-41.000	19.810	-19.000	0.393	0.472	0.078
	41.300	-41.050	19.780	-18.945	0.390	0.470	0.078
5 δ_0	51.150	-51.150	21.910	-20.940	0.772	0.419	0.112
	51.450	-51.100	21.195	-20.635	0.734	0.408	0.109
	51.450	-51.100	20.850	-20.360	0.705	0.402	0.106
	51.450	-51.150	20.760	-20.085	0.689	0.398	0.105
	51.450	-51.150	20.530	-19.900	0.677	0.394	0.104
	51.450	-51.100	20.395	-19.860	0.666	0.393	0.103
	51.450	-51.100	20.280	-19.705	0.658	0.390	0.102
	51.400	-51.100	20.265	-19.600	0.650	0.389	0.101
	51.450	-51.100	20.155	-19.490	0.645	0.387	0.101
	51.450	-51.100	20.065	-19.435	0.639	0.385	0.100
6 δ_0	61.250	-61.250	21.575	-20.920	1.065	0.347	0.130
	61.550	-61.200	20.975	-20.530	1.020	0.338	0.127
	61.500	-61.200	20.780	-20.215	0.990	0.334	0.125
	61.500	-61.200	20.535	-19.880	0.971	0.329	0.125
	61.500	-61.200	20.320	-19.755	0.955	0.327	0.124
	61.500	-61.200	20.195	-19.525	0.942	0.324	0.123
	61.550	-61.150	19.965	-19.410	0.931	0.321	0.123
	61.500	-61.200	19.870	-19.155	0.919	0.318	0.122
	61.500	-61.200	19.670	-19.000	0.909	0.315	0.122
	61.500	-61.150	19.595	-18.920	0.898	0.314	0.121

付表Ⅱ-7(2) 供試体R-6の実験結果

	最大変位 (μ)	最小変位 (μ)	最大荷重 (tf)	最小荷重 (tf)	吸収エネルギー (tf $\cdot$ m)	等価剛性 (tf/ μ)	減衰定数
$7\delta_0$	71.300	-71.200	20.805	-20.155	1.304	0.287	0.142
	71.550	-71.200	20.250	-19.525	1.250	0.279	0.140
	71.550	-71.200	19.775	-19.065	1.208	0.272	0.139
	71.550	-71.200	19.385	-18.605	1.174	0.266	0.138
	71.550	-71.200	19.045	-18.085	1.143	0.260	0.137
	71.550	-71.200	18.695	-17.475	1.114	0.253	0.137
	71.550	-71.200	18.345	-16.925	1.080	0.247	0.137
	71.500	-71.200	17.965	-16.285	1.046	0.240	0.136
	71.550	-71.200	17.600	-14.020	1.043	0.222	0.147
	71.550	-71.200	17.205	-11.605	1.001	0.202	0.155
$8\delta_0$	81.300	-81.200	16.155	-6.795	1.355	0.141	0.231
	81.500	-81.200	7.345	-4.190	0.996	0.071	0.338
	81.450	-81.200	5.665	-4.730	0.419	0.064	0.158
	81.450	-81.200	3.950	-3.535	0.277	0.046	0.145
	81.450	-81.250	3.460	-2.910	0.235	0.039	0.144
	81.450	-81.250	3.340	-2.635	0.213	0.037	0.140
	81.450	-81.200	3.205	-2.450	0.202	0.035	0.140
	81.450	-81.250	3.130	-2.270	0.196	0.033	0.142
	81.450	-81.200	3.120	-2.220	0.193	0.033	0.141
	81.450	-81.200	3.040	-2.110	0.188	0.032	0.143

付表Ⅱ-8(1) 供試体 R-7 の実験結果

	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (tf)	最小荷重 (tf)	吸収エネルギー (tf・m)	等価剛性 (tf/mm)	減衰定数
1 δ_0	10.200	-9.850	8.335	-7.350	0.041	0.782	0.082
	10.150	-9.850	8.425	-7.260	0.037	0.784	0.076
	10.150	-9.850	8.290	-7.365	0.036	0.783	0.072
	10.100	-9.850	8.260	-7.305	0.035	0.780	0.071
	10.150	-9.900	8.230	-7.390	0.034	0.779	0.070
	10.150	-9.900	8.200	-7.285	0.034	0.772	0.069
	10.150	-9.850	8.275	-7.275	0.033	0.778	0.068
	10.100	-9.850	8.200	-7.330	0.033	0.778	0.068
	10.150	-9.900	8.230	-7.245	0.032	0.772	0.067
	10.100	-9.900	8.165	-7.240	0.032	0.770	0.066
2 δ_0	20.650	-20.400	15.175	-14.300	0.105	0.718	0.055
	20.650	-20.350	14.965	-14.160	0.096	0.710	0.051
	20.700	-20.400	14.770	-14.040	0.092	0.701	0.050
	20.700	-20.400	14.635	-13.965	0.090	0.696	0.049
	20.700	-20.400	14.495	-13.880	0.089	0.690	0.048
	20.700	-20.450	14.455	-13.875	0.087	0.688	0.048
	20.700	-20.400	14.455	-13.815	0.086	0.688	0.047
	20.700	-20.400	14.390	-13.740	0.085	0.684	0.047
	20.650	-20.400	14.330	-13.740	0.085	0.684	0.047
	20.650	-20.400	14.270	-13.680	0.084	0.681	0.046
3 δ_0	30.900	-30.750	17.585	-17.005	0.306	0.561	0.091
	31.100	-30.650	17.130	-16.960	0.259	0.552	0.078
	31.100	-30.700	14.575	-17.380	0.317	0.517	0.102
	31.100	-30.700	15.130	-17.395	0.266	0.526	0.084
	31.100	-30.700	15.025	-17.200	0.252	0.521	0.081
	31.100	-30.700	15.295	-17.140	0.237	0.525	0.075
	31.100	-30.700	14.940	-16.870	0.234	0.515	0.076
	31.100	-30.750	14.880	-17.410	0.227	0.522	0.072
	31.100	-30.700	15.070	-17.275	0.219	0.523	0.070
	31.050	-30.750	15.130	-17.020	0.219	0.520	0.070
4 δ_0	41.050	-40.950	18.515	-19.185	0.501	0.460	0.103
	41.300	-40.950	18.095	-18.970	0.461	0.451	0.096
	41.300	-40.950	17.900	-18.720	0.436	0.445	0.092
	41.350	-40.950	17.795	-18.630	0.425	0.443	0.090
	41.300	-40.950	17.675	-18.510	0.414	0.440	0.089
	41.300	-40.950	17.675	-18.285	0.408	0.437	0.088
	41.300	-40.950	17.540	-18.375	0.403	0.437	0.087
	41.300	-40.950	17.535	-18.280	0.399	0.435	0.086
	41.350	-40.950	17.415	-18.180	0.395	0.433	0.086
	41.350	-40.950	17.355	-18.220	0.392	0.432	0.085
5 δ_0	51.150	-51.050	19.450	-19.875	0.740	0.385	0.117
	51.450	-51.050	18.875	-19.425	0.704	0.374	0.114
	51.450	-51.000	18.605	-19.240	0.681	0.369	0.112
	51.450	-51.000	18.500	-19.140	0.667	0.367	0.110
	51.450	-51.000	18.350	-18.975	0.657	0.364	0.109
	51.450	-51.000	18.260	-18.870	0.649	0.362	0.109
	51.450	-51.050	18.140	-18.755	0.644	0.360	0.108
	51.450	-51.050	18.005	-18.660	0.638	0.358	0.108
	51.450	-51.000	18.005	-18.630	0.635	0.358	0.108
	51.450	-51.000	17.950	-18.540	0.631	0.356	0.108
6 δ_0	61.300	-61.150	19.420	-19.755	1.024	0.320	0.136
	61.550	-61.100	18.710	-19.320	0.992	0.310	0.135
	61.550	-61.100	18.470	-19.140	0.975	0.307	0.134
	61.500	-61.100	17.540	-18.875	0.953	0.297	0.136
	61.500	-61.100	17.330	-17.730	0.940	0.286	0.139
	61.550	-61.100	17.205	-17.370	0.915	0.282	0.137
	61.550	-61.100	17.070	-17.310	0.900	0.280	0.136
	61.500	-61.100	17.030	-17.115	0.887	0.279	0.135
	61.500	-61.100	16.850	-16.980	0.884	0.276	0.136
	61.500	-61.100	16.775	-16.770	0.878	0.274	0.136

付表Ⅱ-8(2) 供試体 R-7 の実験結果

	最大変位 (cm)	最小変位 (cm)	最大荷重 (tf)	最小荷重 (tf)	吸収エネルギー ($\text{tf} \cdot \text{m}$)	等価剛性 (tf/cm)	減衰定数
$7\delta_0$	71.300	-71.100	17.860	-17.810	1.278	0.250	0.160
	71.550	-71.100	17.345	-17.305	1.254	0.243	0.161
	71.550	-71.100	16.895	-17.010	1.238	0.238	0.163
	71.500	-71.100	16.655	-16.780	1.227	0.234	0.164
	71.500	-71.100	16.280	-16.675	1.222	0.231	0.166
	71.550	-71.100	15.810	-16.390	1.214	0.226	0.168
	71.550	-71.100	15.405	-16.260	1.210	0.222	0.171
	71.550	-71.100	14.910	-16.060	1.200	0.217	0.173
	71.550	-71.100	14.305	-15.610	1.171	0.210	0.175
	71.550	-71.100	13.650	-15.175	1.130	0.202	0.175
$8\delta_0$	81.250	-81.100	13.830	-13.555	1.539	0.169	0.220
	81.500	-81.100	12.445	-11.870	1.362	0.150	0.219
	81.500	-81.100	11.045	-11.415	1.231	0.138	0.215
	81.500	-81.100	9.110	-10.710	1.135	0.122	0.224
	81.450	-81.100	7.740	-10.300	1.041	0.111	0.226
	81.500	-81.100	6.580	-9.625	0.956	0.100	0.231
	81.450	-81.100	5.480	-7.985	0.895	0.083	0.260
	81.450	-81.100	4.810	-7.470	0.804	0.076	0.256
	81.450	-81.100	4.145	-7.115	0.767	0.069	0.267
	81.450	-81.100	3.435	-6.810	0.738	0.063	0.282

付表Ⅱ-9 供試体 R-9 の実験結果

	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (tf)	最小荷重 (tf)	吸収エネルギー (tf・mm)	等価剛性 (tf/mm)	減衰定数
1 δ_0	15.050	-14.600	10.805	-10.120	0.057	0.706	0.058
	14.950	-14.700	10.530	-10.035	0.049	0.694	0.051
	14.950	-14.750	10.500	-9.985	0.047	0.690	0.049
	14.950	-14.750	10.430	-9.940	0.045	0.686	0.048
	14.950	-14.750	10.410	-9.930	0.045	0.685	0.047
	14.950	-14.750	10.310	-9.860	0.044	0.679	0.047
	14.950	-14.750	10.325	-9.860	0.044	0.680	0.047
	14.950	-14.750	10.255	-9.785	0.043	0.675	0.046
	14.950	-14.750	10.310	-9.760	0.043	0.676	0.046
	14.950	-14.750	10.245	-9.740	0.042	0.673	0.045
2 δ_0	30.800	-30.800	12.445	-12.310	0.437	0.402	0.183
	30.900	-30.750	11.880	-11.960	0.337	0.387	0.146
	30.950	-30.750	11.840	-11.830	0.300	0.384	0.131
	30.950	-30.750	11.805	-11.735	0.286	0.382	0.126
	30.950	-30.750	11.715	-11.695	0.279	0.379	0.123
	30.950	-30.800	11.700	-11.630	0.273	0.378	0.121
	30.950	-30.750	11.645	-11.610	0.270	0.377	0.120
	31.000	-30.800	11.580	-11.545	0.268	0.374	0.119
	30.950	-30.800	11.450	-11.520	0.264	0.372	0.119
	30.950	-30.750	11.405	-11.475	0.259	0.371	0.117
3 δ_0	46.300	-46.450	12.130	-12.065	0.736	0.261	0.209
	46.550	-46.450	11.870	-11.880	0.648	0.255	0.187
	46.600	-46.400	11.725	-11.900	0.616	0.254	0.179
	46.600	-46.400	11.640	-11.840	0.600	0.252	0.175
	46.600	-46.450	11.555	-11.735	0.591	0.250	0.174
	46.600	-46.400	11.550	-11.675	0.585	0.250	0.173
	46.600	-46.400	11.520	-11.630	0.579	0.249	0.171
	46.650	-46.400	11.420	-11.570	0.577	0.247	0.172
	46.600	-46.400	11.395	-11.565	0.572	0.247	0.171
	46.600	-46.400	11.410	-11.505	0.569	0.246	0.170
4 δ_0	61.600	-61.850	12.020	-12.225	1.071	0.196	0.228
	62.000	-61.800	11.785	-11.950	1.028	0.192	0.223
	62.050	-61.800	11.625	-11.930	1.001	0.190	0.218
	62.000	-61.750	11.575	-11.880	0.984	0.190	0.216
	62.000	-61.750	11.495	-11.780	0.972	0.188	0.215
	62.000	-61.750	11.435	-11.780	0.964	0.188	0.214
	62.000	-61.750	11.390	-11.710	0.955	0.187	0.213
	62.000	-61.750	11.385	-11.610	0.950	0.186	0.213
	62.000	-61.750	11.275	-11.585	0.945	0.185	0.213
	62.000	-61.750	11.210	-11.550	0.936	0.184	0.212
5 δ_0	76.750	-77.000	11.895	-11.955	1.434	0.155	0.249
	77.350	-76.950	11.620	-11.830	1.402	0.152	0.247
	77.350	-76.950	11.445	-11.720	1.373	0.150	0.245
	77.350	-76.950	11.340	-11.660	1.357	0.149	0.243
	77.350	-76.950	11.320	-11.545	1.346	0.148	0.243
	77.350	-76.800	11.240	-11.625	1.334	0.148	0.241
	77.300	-77.000	11.250	-11.440	1.328	0.147	0.241
	77.350	-76.950	11.105	-11.440	1.322	0.146	0.242
	77.300	-76.800	11.120	-11.445	1.317	0.146	0.241
	77.350	-76.950	11.080	-11.315	1.309	0.145	0.241
6 δ_0	91.950	-92.100	11.380	-11.755	1.830	0.126	0.274
	92.450	-92.050	11.130	-11.570	1.807	0.123	0.275
	92.450	-92.050	10.965	-10.685	1.756	0.117	0.280
	92.400	-92.050	10.405	-9.680	1.473	0.109	0.253
	92.350	-92.000	9.765	-9.050	1.213	0.102	0.223
	92.350	-92.050	9.280	-8.240	1.134	0.095	0.223
	92.350	-92.000	8.985	-7.805	1.047	0.091	0.215
	92.400	-92.000	8.435	-7.360	0.991	0.086	0.217
	92.350	-92.050	8.165	-6.875	0.943	0.082	0.216
	92.350	-92.000	7.700	-6.590	0.878	0.078	0.212

付表Ⅱ－9(2) 供試体R－9の実験結果

	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (tf)	最小荷重 (tf)	吸収エネルギー (tf・m)	等価剛性 (tf/mm)	減衰定数
7δ ₀	107.625	－107.625	8.270	－7.385	1.147	0.073	0.217
	108.250	－107.625	7.290	－6.850	0.981	0.066	0.205
	108.375	－107.625	6.430	－6.565	0.842	0.060	0.191
	108.250	－107.500	6.135	－6.140	0.773	0.057	0.186
	108.250	－107.625	5.900	－5.455	0.736	0.053	0.191
	108.250	－107.500	5.395	－5.225	0.711	0.049	0.197
	108.250	－107.500	5.250	－4.990	0.700	0.047	0.202
	108.250	－107.625	4.955	－4.665	0.676	0.045	0.207
	108.250	－107.625	4.710	－4.355	0.660	0.042	0.215
	108.250	－107.625	4.435	－4.130	0.660	0.040	0.227

付表Ⅱ-10(1) 供試体 R-10 の実験結果

	最大変位 (ϵ)	最小変位 (ϵ)	最大荷重 (t_f)	最小荷重 (t_f)	吸収エネルギー ($t_f \cdot m$)	等価剛性 (t_f/ϵ)	減衰定数
$1\delta_0$	15.150	-14.600	11.200	-11.750	0.066	0.771	0.061
	15.150	-14.650	11.060	-11.490	0.055	0.757	0.052
	15.100	-14.700	10.865	-11.360	0.052	0.746	0.050
	15.100	-14.700	10.845	-11.275	0.050	0.742	0.049
	15.100	-14.700	10.765	-11.210	0.049	0.737	0.048
	15.100	-14.700	10.625	-11.130	0.048	0.730	0.047
	15.100	-14.700	10.675	-11.105	0.047	0.731	0.046
	15.050	-14.700	10.615	-11.010	0.047	0.727	0.046
	15.100	-14.700	10.610	-11.030	0.046	0.726	0.046
	15.100	-14.700	10.605	-10.970	0.045	0.724	0.044
$2\delta_0$	30.900	-30.750	12.755	-12.425	0.467	0.408	0.191
	31.050	-30.700	11.920	-12.210	0.370	0.391	0.158
	31.050	-30.700	11.895	-12.145	0.334	0.389	0.143
	31.050	-30.700	11.795	-12.000	0.318	0.385	0.138
	31.050	-30.700	11.760	-11.990	0.309	0.385	0.134
	31.050	-30.700	11.690	-11.920	0.304	0.382	0.133
	31.050	-30.750	11.655	-11.830	0.300	0.380	0.131
	31.000	-30.750	11.585	-11.760	0.296	0.378	0.131
	31.050	-30.750	11.555	-11.705	0.294	0.376	0.130
	31.050	-30.750	11.460	-11.675	0.292	0.374	0.130
$3\delta_0$	46.400	-46.400	12.325	-12.400	0.797	0.266	0.221
	46.650	-46.350	12.010	-12.300	0.744	0.261	0.210
	46.650	-46.350	11.885	-12.140	0.709	0.258	0.202
	46.650	-46.350	11.795	-12.090	0.691	0.257	0.198
	46.650	-46.350	11.710	-12.030	0.677	0.255	0.195
	46.650	-46.350	11.630	-12.025	0.669	0.254	0.194
	46.700	-46.350	11.520	-11.950	0.662	0.252	0.193
	46.650	-46.350	11.490	-11.845	0.657	0.251	0.193
	46.650	-46.350	11.520	-11.830	0.651	0.251	0.191
	46.650	-46.350	11.405	-11.815	0.647	0.250	0.191
$4\delta_0$	61.650	-61.750	12.265	-12.435	1.170	0.200	0.244
	62.000	-61.700	11.970	-12.225	1.116	0.196	0.237
	62.050	-61.700	11.755	-12.115	1.084	0.193	0.234
	62.050	-61.700	11.625	-12.010	1.065	0.191	0.232
	62.050	-61.700	11.480	-11.875	1.050	0.189	0.231
	62.050	-61.700	11.250	-11.830	1.034	0.187	0.230
	62.050	-61.700	11.055	-11.700	0.992	0.184	0.224
	62.050	-61.700	10.860	-11.420	0.964	0.180	0.223
	62.050	-61.700	10.770	-11.220	0.952	0.178	0.223
	62.050	-61.700	10.575	-10.985	0.932	0.174	0.222
$5\delta_0$	76.750	-76.800	10.685	-10.870	1.256	0.140	0.242
	77.250	-76.800	10.235	-10.155	1.059	0.132	0.215
	77.250	-76.800	9.715	9.700	0.987	0.126	0.210
	77.250	-76.800	9.270	9.315	0.955	0.121	0.212
	77.250	-76.800	8.755	9.040	0.921	0.116	0.214
	77.250	-76.800	7.810	8.855	0.876	0.108	0.217
	77.250	-76.800	6.815	8.930	0.778	0.102	0.204
	77.250	-76.800	6.440	8.660	0.732	0.098	0.200
	77.250	-76.800	6.220	8.290	0.701	0.094	0.200
	77.250	-76.800	6.050	8.090	0.679	0.092	0.198
$6\delta_0$	91.850	-91.950	6.905	9.330	0.931	0.088	0.199
	92.300	-91.950	6.445	8.400	0.853	0.081	0.199
	92.300	-91.900	6.080	7.845	0.816	0.076	0.203
	92.300	-91.850	5.805	7.220	0.791	0.071	0.210
	92.300	-91.900	5.625	6.505	0.765	0.066	0.218
	92.300	-91.900	5.315	6.080	0.728	0.062	0.221
	92.300	-91.900	5.240	5.870	0.699	0.060	0.218
	92.300	-91.900	4.800	5.170	0.677	0.054	0.235
	92.250	-91.900	4.495	4.675	0.653	0.050	0.246
	92.300	-91.900	4.305	4.195	0.623	0.046	0.253

付表Ⅱ-10(2) 供試体 R-10 の実験結果

	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (tf)	最小荷重 (tf)	吸収エネルギー (tf・m)	等価剛性 (tf/mm)	減衰定数
7δ ₀	107.625	-107.625	5.280	-5.200	0.822	0.049	0.232
	108.125	-107.500	4.725	-4.475	0.735	0.043	0.236
	108.125	-107.500	4.430	-3.855	0.684	0.038	0.244
	108.125	-107.500	4.155	-3.365	0.647	0.035	0.254
	108.125	-107.625	3.650	-2.795	0.611	0.030	0.280
	108.250	-107.625	3.285	-2.535	0.586	0.027	0.297
	108.250	-107.500	2.965	-2.345	0.566	0.025	0.314
	108.125	-107.500	2.760	-2.030	0.536	0.022	0.330
	108.125	-107.500	2.635	-1.735	0.518	0.020	0.350
	108.125	-107.500	2.420	-1.650	0.496	0.019	0.360

付表Ⅱ-11(Ⅰ) 供試体 R-11 の実験結果

	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (tf)	最小荷重 (tf)	吸収エネルギー (tf・mm)	等価剛性 (tf/mm)	減衰定数
1 δ_0	15.000	-14.750	11.595	-11.365	0.085	0.772	0.079
	14.950	-14.800	11.295	-10.900	0.065	0.746	0.063
	14.950	-14.800	10.910	-10.835	0.060	0.731	0.059
	14.950	-14.800	10.980	-10.685	0.057	0.728	0.057
	14.950	-14.800	10.950	-10.695	0.056	0.728	0.055
	14.950	-14.850	10.820	-10.505	0.055	0.716	0.055
	14.950	-14.850	10.815	-10.505	0.053	0.715	0.053
	15.000	-14.800	10.650	-10.460	0.053	0.708	0.054
	14.950	-14.800	10.715	-10.470	0.052	0.712	0.052
	14.950	-14.850	10.670	-10.335	0.051	0.705	0.052
2 δ_0	30.800	-30.900	12.705	-11.905	0.485	0.399	0.203
	30.900	-30.800	12.040	-11.750	0.403	0.386	0.175
	30.950	-30.850	11.925	-11.685	0.365	0.382	0.159
	30.900	-30.800	11.885	-11.610	0.351	0.381	0.154
	30.900	-30.800	11.825	-11.550	0.342	0.379	0.151
	30.900	-30.850	11.815	-11.465	0.337	0.377	0.149
	30.900	-30.800	11.745	-11.395	0.333	0.375	0.148
	30.900	-30.800	11.725	-11.325	0.330	0.374	0.148
	30.900	-30.850	11.685	-11.265	0.327	0.372	0.147
	30.900	-30.850	11.645	-11.190	0.324	0.370	0.146
3 δ_0	46.250	-46.500	12.345	-11.790	0.852	0.260	0.242
	46.500	-46.450	12.020	-11.620	0.806	0.254	0.234
	46.550	-46.450	11.920	-11.510	0.772	0.252	0.225
	46.550	-46.450	11.835	-11.390	0.756	0.250	0.223
	46.550	-46.450	11.780	-11.385	0.745	0.249	0.220
	46.500	-46.450	11.760	-11.160	0.739	0.247	0.221
	46.500	-46.450	11.755	-11.230	0.732	0.247	0.218
	46.500	-46.450	11.620	-11.135	0.730	0.245	0.220
	46.500	-46.450	11.555	-10.825	0.727	0.241	0.222
	46.500	-46.450	11.490	-10.455	0.688	0.236	0.215
4 δ_0	61.500	-61.850	12.055	-10.525	1.101	0.183	0.252
	61.900	-61.800	11.365	-10.465	0.990	0.176	0.233
	61.950	-61.800	9.285	-10.210	0.848	0.158	0.224
	61.900	-61.800	8.885	-9.535	0.748	0.149	0.209
	61.900	-61.800	8.670	-9.175	0.716	0.144	0.206
	61.950	-61.800	8.525	-8.800	0.694	0.140	0.206
	61.900	-61.800	8.390	-8.560	0.679	0.137	0.206
	61.900	-61.800	8.210	-8.380	0.666	0.134	0.207
	61.900	-61.800	8.100	-8.295	0.658	0.133	0.207
	61.950	-61.850	8.005	-8.140	0.654	0.130	0.208
5 δ_0	76.650	-77.000	9.465	-10.275	1.003	0.128	0.210
	77.100	-76.950	8.255	-9.395	0.884	0.115	0.207
	77.100	-76.800	7.235	-8.995	0.773	0.105	0.197
	77.100	-76.800	6.830	-8.405	0.719	0.099	0.195
	77.100	-76.950	6.585	-7.715	0.691	0.093	0.200
	77.100	-77.000	6.375	-7.335	0.673	0.089	0.203
	77.100	-76.800	6.150	-7.035	0.659	0.086	0.207
	77.100	-76.950	6.025	-6.560	0.645	0.082	0.212
	77.100	-76.950	5.905	-6.215	0.630	0.079	0.215
	77.100	-76.950	5.730	-5.530	0.613	0.073	0.225
6 δ_0	91.650	-92.000	7.060	-7.015	0.830	0.077	0.204
	92.150	-91.950	6.680	-5.965	0.720	0.069	0.197
	92.150	-91.950	6.045	-5.605	0.676	0.063	0.201
	92.150	-92.000	5.410	-5.295	0.647	0.058	0.209
	92.150	-91.950	4.920	-4.830	0.618	0.053	0.219
	92.150	-92.000	4.455	-4.655	0.593	0.049	0.225
	92.150	-92.000	4.070	-4.225	0.577	0.045	0.240
	92.100	-91.950	3.995	-4.070	0.563	0.044	0.241
	92.150	-91.950	3.780	-3.780	0.555	0.041	0.254
	92.150	-92.000	3.730	-3.620	0.546	0.040	0.257

付表Ⅱ-11(2) 供試体 R-11 の実験結果

	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (tf)	最小荷重 (tf)	吸収エネルギー (tf・m)	等価剛性 (tf/mm)	減衰定数
7δ ₀	107.625	- 107.500	4.645	- 4.750	0.759	0.044	0.239
	108.125	- 107.375	4.230	- 4.000	0.708	0.038	0.254
	108.125	- 107.500	3.730	- 3.435	0.668	0.033	0.275
	108.125	- 107.375	3.435	- 3.000	0.633	0.030	0.291
	108.125	- 107.500	3.090	- 2.655	0.610	0.027	0.314
	108.125	- 107.375	2.900	- 2.370	0.591	0.024	0.331
	108.125	- 107.375	2.670	- 2.105	0.573	0.022	0.355
	108.125	- 107.375	2.400	- 1.685	0.546	0.019	0.395
	108.125	- 107.375	2.155	- 1.445	0.507	0.017	0.416
	108.125	- 107.375	1.960	- 1.145	0.477	0.014	0.454

付表Ⅱ-12(1) 供試体 R-12 の実験結果

	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (tf)	最小荷重 (tf)	吸収エネルギー (tf・mm)	等価剛性 (tf/mm)	減衰定数
1 δ_0	15.000	-15.250	7.731	-12.491	0.101	0.669	0.105
	14.875	-15.250	8.169	-12.748	0.068	0.694	0.069
	14.875	-15.250	8.116	-12.171	0.062	0.673	0.064
	14.875	-15.250	7.272	-12.525	0.059	0.657	0.063
	14.875	-15.250	7.307	-11.971	0.057	0.640	0.062
	14.875	-15.250	7.148	-12.149	0.056	0.641	0.061
	14.875	-15.250	7.562	-11.338	0.055	0.627	0.062
	14.875	-15.250	7.383	-11.913	0.053	0.641	0.058
	14.875	-15.250	7.375	-11.180	0.053	0.616	0.060
	14.875	-15.250	7.492	-11.038	0.052	0.615	0.059
2 δ_0	30.000	-30.375	8.470	-13.266	0.390	0.360	0.189
	30.000	-30.375	8.832	-13.010	0.316	0.362	0.152
	30.125	-30.375	8.467	-12.689	0.282	0.350	0.140
	30.000	-30.375	7.833	-12.570	0.270	0.338	0.139
	30.000	-30.375	8.118	-12.797	0.262	0.346	0.132
	30.000	-30.375	8.261	-12.482	0.258	0.344	0.131
	30.000	-30.375	7.789	-12.577	0.257	0.337	0.133
	30.000	-30.375	8.012	-12.623	0.253	0.342	0.130
	30.000	-30.375	8.224	-12.606	0.252	0.345	0.128
	30.000	-30.375	7.889	-12.582	0.250	0.339	0.129
3 δ_0	45.125	-45.500	8.542	-13.296	0.650	0.241	0.209
	45.125	-45.500	8.412	-12.859	0.613	0.235	0.203
	45.125	-45.500	7.899	-12.577	0.589	0.226	0.202
	45.125	-45.500	7.916	-12.131	0.555	0.221	0.194
	45.125	-45.500	7.844	-11.596	0.505	0.215	0.182
	45.125	-45.500	7.237	-11.918	0.471	0.211	0.173
	45.125	-45.500	6.888	-11.509	0.455	0.203	0.174
	45.125	-45.500	6.690	-11.936	0.446	0.206	0.168
	45.125	-45.500	6.722	-11.680	0.438	0.203	0.167
	45.125	-45.500	6.381	-11.650	0.430	0.199	0.167
4 δ_0	60.125	-60.625	8.269	-11.730	0.781	0.166	0.206
	60.250	-60.500	7.157	-11.178	0.677	0.152	0.195
	60.250	-60.625	6.713	-10.149	0.609	0.140	0.190
	60.250	-60.625	6.220	-7.596	0.556	0.114	0.212
	60.250	-60.500	5.886	-7.051	0.480	0.107	0.195
	60.250	-60.500	5.453	-6.655	0.449	0.100	0.196
	60.250	-60.500	5.348	-6.310	0.430	0.097	0.194
	60.250	-60.625	5.074	-6.045	0.420	0.092	0.199
	60.250	-60.625	5.097	-5.939	0.415	0.091	0.198
	60.250	-60.625	4.973	-5.823	0.403	0.089	0.197
5 δ_0	75.250	-75.625	6.470	-7.028	0.626	0.089	0.196
	75.250	-75.625	5.800	-6.181	0.574	0.079	0.202
	75.250	-75.625	5.295	-6.029	0.544	0.075	0.203
	75.250	-75.625	5.008	-5.503	0.525	0.070	0.211
	75.250	-75.625	4.589	-5.132	0.506	0.064	0.220
	75.250	-75.625	4.478	-5.062	0.492	0.063	0.218
	75.375	-75.625	3.936	-5.210	0.489	0.061	0.226
	75.375	-75.625	4.108	-4.882	0.475	0.060	0.223
	75.375	-75.625	3.759	-4.612	0.467	0.055	0.235
	75.250	-75.625	3.785	-4.814	0.468	0.057	0.230
6 δ_0	90.500	-90.625	5.154	-5.735	0.662	0.060	0.214
	90.500	-90.625	4.153	-5.313	0.618	0.052	0.229
	90.500	-90.625	3.582	-5.002	0.595	0.047	0.244
	90.500	-90.625	2.887	-4.723	0.563	0.042	0.260
	90.500	-90.750	2.439	-4.241	0.542	0.037	0.285
	90.500	-90.625	1.857	-4.002	0.520	0.032	0.312
	90.500	-90.625	1.327	-3.977	0.504	0.029	0.334
	90.500	-90.625	1.402	-3.954	0.486	0.030	0.319
	90.500	-90.625	0.920	-3.516	0.464	0.024	0.367
	90.500	-90.625	0.719	-3.397	0.460	0.023	0.393

付表Ⅱ-12(2) 供試体 R-12 の実験結果

	最大変位 (μ)	最小変位 (μ)	最大荷重 (tf)	最小荷重 (tf)	吸収エネルギー (tf・m)	等価剛性 (tf/ μ)	減衰定数
7 δ_0	105.500	-105.750	0.834	-4.032	0.592	0.023	0.367
	105.500	-105.625	0.876	-3.837	0.550	0.022	0.352
	105.500	-105.625	0.483	-3.568	0.544	0.019	0.405
	105.625	-105.625	0.057	-3.157	0.528	0.015	0.495
	105.500	-105.750	0.181	-2.804	0.515	0.014	0.520
	105.500	-105.625	-0.518	-2.881	0.511	0.011	0.652
	105.500	-105.625	-0.882	-2.159	0.478	0.006	1.130
	105.500	-105.625	-1.102	-1.867	0.466	0.004	1.836
	105.500	-105.625	-1.212	-1.576	0.449	0.002	4.050
	105.500	-105.750	-1.230	-1.308	0.466	0.000	18.131

付表Ⅱ-13(Ⅰ) 供試体 R-13 の実験結果

	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (tf)	最小荷重 (tf)	吸収エネルギー (tf・mm)	等価剛性 (tf/mm)	減衰定数
1 δ_0	15.000	-15.125	11.032	-12.679	0.095	0.787	0.085
	15.000	-15.125	10.571	-12.616	0.070	0.770	0.064
	15.000	-15.125	10.693	-12.269	0.064	0.762	0.058
	15.000	-15.125	10.572	-12.018	0.060	0.750	0.057
	14.875	-15.125	10.563	-12.158	0.059	0.757	0.056
	15.000	-15.125	10.567	-12.095	0.057	0.752	0.054
	15.000	-15.250	10.538	-11.809	0.057	0.739	0.054
	15.000	-15.125	10.147	-11.754	0.056	0.727	0.054
	15.000	-15.125	10.384	-11.461	0.056	0.725	0.054
	15.000	-15.125	10.116	-12.087	0.055	0.737	0.052
2 δ_0	30.000	-30.250	11.158	-13.319	0.416	0.406	0.180
	30.125	-30.250	11.284	-13.286	0.275	0.407	0.118
	30.125	-30.250	11.132	-13.230	0.246	0.404	0.106
	30.000	-30.250	11.081	-13.202	0.234	0.403	0.102
	30.125	-30.250	11.238	-13.075	0.227	0.403	0.098
	30.125	-30.250	11.010	-13.075	0.222	0.399	0.097
	30.000	-30.250	11.218	-13.072	0.218	0.403	0.095
	30.125	-30.250	11.129	-13.169	0.215	0.402	0.093
	30.000	-30.250	10.976	-13.028	0.213	0.398	0.094
	30.000	-30.250	11.113	-13.091	0.211	0.402	0.092
3 δ_0	45.125	-45.375	12.826	-13.986	0.653	0.296	0.171
	45.125	-45.375	12.011	-13.520	0.591	0.282	0.163
	45.125	-45.375	12.180	-13.747	0.561	0.286	0.152
	45.125	-45.375	11.879	-13.618	0.545	0.282	0.150
	45.125	-45.375	11.800	-13.356	0.532	0.278	0.149
	45.125	-45.375	11.600	-13.634	0.526	0.279	0.147
	45.125	-45.250	11.869	-13.337	0.520	0.279	0.145
	45.125	-45.375	11.475	-13.688	0.517	0.278	0.145
	45.125	-45.375	11.717	-13.473	0.510	0.278	0.143
	45.250	-45.375	11.566	-13.148	0.509	0.273	0.145
4 δ_0	60.250	-60.375	12.136	-13.883	1.010	0.216	0.205
	60.250	-60.250	12.084	-13.799	0.945	0.215	0.193
	60.250	-60.375	11.774	-13.501	0.918	0.210	0.192
	60.125	-60.375	11.573	-13.241	0.900	0.206	0.192
	60.250	-60.375	11.671	-13.328	0.891	0.207	0.188
	60.250	-60.375	11.444	-13.045	0.880	0.203	0.190
	60.250	-60.375	11.488	-13.188	0.873	0.205	0.187
	60.250	-60.375	11.628	-12.947	0.865	0.204	0.186
	60.250	-60.375	11.514	-12.813	0.856	0.202	0.186
	60.250	-60.375	11.581	-12.827	0.852	0.202	0.184
5 δ_0	75.375	-75.375	12.377	-13.958	1.388	0.175	0.223
	75.375	-75.500	12.306	-13.439	1.325	0.171	0.217
	75.375	-75.500	11.134	-12.713	1.257	0.158	0.222
	75.375	-75.375	10.455	-12.601	1.161	0.153	0.213
	75.375	-75.500	9.870	-11.854	1.098	0.144	0.213
	75.375	-75.500	9.532	-11.789	1.050	0.141	0.208
	75.375	-75.500	9.047	-10.943	0.973	0.132	0.205
	75.375	-75.375	8.988	-10.422	0.891	0.129	0.194
	75.375	-75.375	8.353	-10.197	0.841	0.123	0.191
	75.375	-75.375	8.250	-9.637	0.806	0.119	0.190
6 δ_0	90.375	-90.500	8.115	-10.335	1.163	0.102	0.222
	90.500	-90.500	7.837	-9.430	1.049	0.095	0.214
	90.500	-90.500	7.033	-8.683	1.000	0.087	0.224
	90.500	-90.500	6.401	-7.260	0.942	0.075	0.243
	90.500	-90.500	5.902	-7.109	0.859	0.072	0.232
	90.500	-90.500	5.552	-6.768	0.804	0.068	0.230
	90.500	-90.500	4.957	-6.349	0.778	0.062	0.242
	90.500	-90.625	4.733	-5.750	0.752	0.058	0.252
	90.500	-90.500	4.233	-5.183	0.708	0.052	0.264
	90.500	-90.500	3.909	-4.085	0.637	0.044	0.280

付表Ⅱ-13(2) 供試体 R-13 の実験結果

	最大変位 (cm)	最小変位 (cm)	最大荷重 (tf)	最小荷重 (tf)	吸収エネルギー ($\text{tf} \cdot \text{m}$)	等価剛性 (tf/cm)	減衰定数
$7\delta_0$	105.500	-105.500	4.322	-3.730	0.791	0.038	0.296
	105.500	-105.625	4.177	-3.318	0.702	0.036	0.283
	105.500	-105.500	3.473	-2.794	0.656	0.030	0.316
	105.500	-105.500	2.905	-2.588	0.627	0.026	0.344
	105.500	-105.625	2.599	-2.456	0.618	0.024	0.368
	105.625	-105.500	2.216	-2.187	0.600	0.021	0.411
	105.500	-105.500	2.053	-1.908	0.573	0.019	0.437
	105.500	-105.625	1.572	-1.819	0.538	0.016	0.479
	105.500	-105.500	1.322	-1.529	0.518	0.014	0.548
	105.500	-105.500	1.334	-1.214	0.504	0.012	0.597
$8\delta_0$	120.000	-120.000	1.226	-0.975	0.629	0.019	0.759
	120.000	-120.000	1.119	-0.782	0.579	0.008	0.808
	120.000	-120.000	0.772	-0.673	0.565	0.006	1.037
	120.000	-120.000	0.691	-0.448	0.555	0.005	1.291
	120.000	-120.000	0.678	-0.453	0.550	0.005	1.291
	120.000	-120.000	0.623	-0.320	0.518	0.004	1.458
	120.000	-120.000	0.254	-0.285	0.484	0.002	2.388
	120.000	-120.000	0.206	-0.078	0.490	0.001	4.588
	120.000	-120.000	0.389	-0.021	0.482	0.002	3.115
	120.000	-120.000	0.195	-0.064	0.480	0.001	4.919

付表Ⅱ-14(Ⅰ) 供試体 R-14 の実験結果

	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (tf)	最小荷重 (tf)	吸収エネルギー (tf・mm)	等価剛性 (tf/mm)	減衰定数
1 δ_0	14.875	-15.250	9.643	-12.702	0.095	0.742	0.090
	14.875	-15.250	9.799	-12.369	0.064	0.736	0.061
	14.875	-15.250	9.756	-12.289	0.058	0.732	0.055
	14.750	-15.250	9.790	-12.233	0.055	0.734	0.053
	14.875	-15.125	9.598	-11.776	0.053	0.712	0.052
	14.875	-15.250	9.458	-12.145	0.052	0.717	0.050
	14.750	-15.250	9.620	-11.767	0.051	0.713	0.051
	14.875	-15.250	9.267	-12.016	0.050	0.706	0.050
	14.750	-15.125	9.596	-11.461	0.049	0.705	0.050
	14.750	-15.250	9.660	-11.619	0.048	0.709	0.048
2 δ_0	29.875	-30.250	12.127	-14.812	0.384	0.448	0.151
	29.875	-30.250	11.793	-14.639	0.301	0.440	0.121
	29.875	-30.375	11.540	-14.504	0.266	0.432	0.108
	29.875	-30.250	11.455	-14.571	0.252	0.433	0.102
	29.875	-30.250	11.553	-14.458	0.243	0.433	0.099
	29.875	-30.375	11.588	-14.275	0.237	0.429	0.097
	29.875	-30.375	11.352	-14.198	0.234	0.424	0.097
	29.875	-30.250	11.509	-14.421	0.231	0.431	0.094
	29.875	-30.375	11.512	-14.428	0.228	0.431	0.093
	29.875	-30.250	11.507	-14.457	0.225	0.432	0.092
3 δ_0	45.000	-45.375	12.603	-15.000	0.724	0.305	0.185
	45.000	-45.375	11.961	-14.723	0.665	0.295	0.176
	45.000	-45.375	11.876	-14.877	0.632	0.296	0.167
	45.000	-45.375	11.769	-14.676	0.614	0.293	0.164
	45.000	-45.375	11.806	-14.489	0.599	0.291	0.160
	45.000	-45.375	11.781	-14.542	0.592	0.291	0.158
	45.000	-45.375	11.470	-14.327	0.586	0.285	0.160
	45.000	-45.375	11.467	-14.511	0.583	0.287	0.158
	45.000	-45.375	11.566	-14.410	0.578	0.287	0.157
	45.000	-45.375	11.451	-14.236	0.575	0.284	0.158
4 δ_0	60.125	-60.375	12.146	-14.925	1.123	0.225	0.219
	60.000	-60.375	11.722	-14.973	1.067	0.222	0.211
	60.000	-60.375	11.774	-14.874	1.037	0.221	0.206
	60.000	-60.375	11.724	-14.784	1.021	0.220	0.204
	60.000	-60.375	11.787	-14.937	1.011	0.222	0.200
	60.000	-60.375	11.511	-14.716	1.003	0.218	0.202
	60.125	-60.500	11.635	-14.494	0.997	0.217	0.201
	60.125	-60.500	11.330	-14.528	0.993	0.214	0.203
	60.125	-60.500	11.507	-14.612	0.987	0.217	0.199
	60.000	-60.375	11.437	-14.419	0.984	0.215	0.201
5 δ_0	75.000	-75.500	11.950	-15.000	1.551	0.179	0.243
	75.125	-75.500	11.484	-14.763	1.506	0.174	0.242
	75.125	-75.500	11.632	-14.869	1.480	0.176	0.236
	75.125	-75.500	11.641	-14.500	1.463	0.174	0.236
	75.000	-75.500	11.469	-14.300	1.451	0.171	0.238
	75.125	-75.500	11.345	-13.687	1.485	0.166	0.251
	75.000	-75.500	11.541	-13.029	1.415	0.163	0.244
	75.125	-75.500	8.511	-13.195	1.441	0.144	0.281
	75.125	-75.500	10.040	-13.119	1.280	0.154	0.234
	75.125	-75.500	10.138	-13.093	1.241	0.154	0.226
6 δ_0	90.000	-90.500	10.568	-13.418	1.745	0.133	0.257
	90.125	-90.500	10.220	-13.198	1.666	0.130	0.251
	90.125	-90.625	10.020	-13.228	1.610	0.129	0.244
	90.125	-90.625	9.674	-13.125	1.570	0.126	0.243
	90.125	-90.500	9.494	-12.942	1.547	0.124	0.243
	90.125	-90.500	9.351	-12.694	1.521	0.122	0.243
	90.125	-90.500	9.176	-11.766	1.469	0.116	0.247
	90.125	-90.500	8.699	-11.314	1.338	0.111	0.236
	90.125	-90.500	7.998	-10.350	1.196	0.102	0.230
	90.125	-90.500	7.372	-9.044	1.020	0.091	0.219

付表Ⅱ-14(2) 供試体 R-14 の実験結果

	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (tf)	最小荷重 (tf)	吸収エネルギー (tf・m)	等価剛性 (tf/mm)	減衰定数
7 δ_0	105.125	-105.500	7.267	-7.834	1.300	0.072	0.260
	105.250	-105.500	6.639	-5.990	1.130	0.060	0.270
	105.250	-105.500	4.272	-5.190	1.069	0.045	0.341
	105.250	-105.500	3.090	-4.947	0.884	0.038	0.332
	105.250	-105.500	2.402	-4.496	0.796	0.033	0.349
	105.250	-105.500	1.544	-4.204	0.745	0.027	0.392
	105.125	-105.500	0.967	-3.800	0.667	0.023	0.423
	105.250	-105.500	0.353	-3.510	0.614	0.018	0.480
	105.250	-105.500	0.350	-3.155	0.570	0.017	0.491
	105.125	-105.500	-0.072	-3.218	0.539	0.015	0.518
8 δ_0	120.000	-120.000	0.246	-3.576	0.677	0.016	0.470
	120.000	-120.000	-0.215	-3.147	0.625	0.012	0.565
	120.000	-120.000	-0.444	-2.683	0.587	0.009	0.696
	120.000	-120.000	-0.639	-2.661	0.593	0.008	0.778
	120.000	-120.000	-0.789	-2.496	0.576	0.007	0.895
	120.000	-120.000	-0.816	-2.382	0.580	0.007	0.983
	120.000	-120.000	-0.755	-2.325	0.580	0.007	0.979
	120.000	-120.000	-0.975	-2.010	0.569	0.004	1.458
	120.000	-120.000	-0.993	-1.996	0.550	0.004	1.452
	120.000	-120.000	-1.162	-1.805	0.524	0.003	2.164

付表Ⅱ-15 供試体 R-15 の実験結果

	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (tf)	最小荷重 (tf)	吸収エネルギー (tf・m)	等価剛性 (tf/mm)	減衰定数
1 δ_0	15.125	-15.000	10.788	-13.274	0.110	0.799	0.097
	15.125	-15.000	10.466	-12.958	0.070	0.778	0.063
	15.125	-15.000	10.503	-12.801	0.062	0.774	0.056
	15.125	-15.000	10.191	-12.801	0.059	0.763	0.054
	15.000	-15.000	10.435	-12.591	0.057	0.768	0.053
	15.125	-15.000	10.501	-12.688	0.056	0.770	0.051
	15.000	-15.000	10.391	-12.525	0.055	0.764	0.051
	15.000	-15.000	10.509	-12.434	0.054	0.765	0.050
	15.125	-15.000	10.270	-12.416	0.054	0.753	0.050
	15.000	-15.000	10.161	-12.338	0.054	0.750	0.050
2 δ_0	30.125	-30.125	13.117	-14.843	0.379	0.464	0.143
	30.125	-30.125	12.789	-14.614	0.309	0.455	0.119
	30.125	-30.125	12.252	-14.531	0.290	0.445	0.114
	30.125	-30.125	12.081	-14.424	0.281	0.440	0.112
	30.125	-30.125	11.894	-14.049	0.271	0.431	0.110
	30.125	-30.125	11.787	-14.076	0.265	0.429	0.108
	30.125	-30.125	11.712	-13.883	0.261	0.425	0.108
	30.125	-30.125	12.062	-14.101	0.257	0.434	0.104
	30.250	-30.125	11.652	-14.051	0.254	0.426	0.104
	30.125	-30.125	11.835	-13.695	0.251	0.424	0.104
3 δ_0	45.250	-45.250	12.586	-14.168	0.713	0.296	0.187
	45.250	-45.125	11.966	-14.289	0.654	0.291	0.176
	45.250	-45.250	12.129	-13.684	0.612	0.285	0.167
	45.250	-45.250	11.954	-12.863	0.588	0.274	0.167
	45.250	-45.125	11.580	-12.212	0.526	0.263	0.156
	45.250	-45.250	11.321	-11.761	0.494	0.255	0.151
	45.250	-45.250	10.759	-10.829	0.500	0.239	0.163
	45.250	-45.250	10.336	-9.562	0.476	0.220	0.168
	45.250	-45.250	10.116	-8.960	0.445	0.211	0.164
	45.250	-45.250	9.911	-8.347	0.425	0.202	0.164
4 δ_0	60.250	-60.375	10.854	-8.018	0.760	0.156	0.213
	60.250	-60.250	10.087	-7.091	0.668	0.143	0.206
	60.250	-60.250	9.887	-6.470	0.621	0.136	0.200
	60.375	-60.250	9.602	-6.003	0.585	0.129	0.198
	60.250	-60.250	9.509	-5.840	0.563	0.127	0.194
	60.375	-60.250	9.396	-5.586	0.548	0.124	0.193
	60.375	-60.250	8.994	-5.374	0.529	0.119	0.194
	60.250	-60.250	8.932	-5.194	0.517	0.117	0.194
	60.250	-60.250	8.825	-4.882	0.506	0.114	0.195
	60.375	-60.250	8.530	-4.737	0.499	0.110	0.198
5 δ_0	75.375	-75.250	9.663	-5.410	0.781	0.100	0.219
	75.375	-75.375	8.847	-4.439	0.731	0.088	0.232
	75.375	-75.375	7.204	-3.779	0.719	0.073	0.277
	75.375	-75.250	5.982	-3.528	0.693	0.063	0.308
	75.375	-75.250	4.734	-3.181	0.674	0.053	0.360
	75.375	-75.375	3.675	-2.760	0.660	0.043	0.433
	75.375	-75.375	1.490	-2.750	0.676	0.028	0.673
	75.375	-75.375	0.602	-2.387	0.651	0.020	0.919
	75.375	-75.375	-0.113	-1.893	0.621	0.012	1.472
	75.375	-75.375	-0.225	-1.316	0.624	0.007	2.414
6 δ_0	90.375	-90.375	-1.226	-0.378	0.786	-0.005	-3.265
	90.375	-90.375	-1.959	0.644	0.669	-0.014	-0.905
	90.375	-90.375	-2.444	1.048	0.548	-0.019	-0.553
	90.375	-90.375	-3.027	0.614	0.508	-0.020	-0.491
	90.375	-90.375	-3.180	0.549	0.500	-0.021	-0.472
	90.375	-90.375	-3.521	0.263	0.470	-0.021	-0.437
	90.375	-90.375	-4.510	-2.262	0.206	-0.012	-0.322
	88.250	-0.375	-1.096	-0.756	0.068	-0.004	-1.448

付表Ⅱ-16 供試体 R-16 の実験結果

	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (tf)	最小荷重 (tf)	吸収エネルギー (tf・m)	等価剛性 (tf/mm)	減衰定数
1 δ_0	13.500	-12.750	6.022	-9.917	0.075	0.607	0.114
	13.500	-12.750	7.220	-9.523	0.055	0.638	0.079
	13.375	-12.750	6.597	-9.606	0.051	0.620	0.077
	13.500	-12.750	6.637	-9.006	0.049	0.596	0.076
	13.500	-12.750	6.603	-9.460	0.048	0.612	0.073
	13.500	-12.750	6.654	-8.428	0.048	0.575	0.076
	13.375	-12.750	6.623	-9.535	0.048	0.619	0.072
	13.375	-12.750	7.136	-8.678	0.047	0.605	0.072
	13.500	-12.750	7.054	-9.398	0.046	0.627	0.068
	13.375	-12.750	6.977	-8.853	0.046	0.606	0.070
2 δ_0	26.500	-25.750	8.808	-11.103	0.257	0.381	0.157
	26.500	-25.750	8.619	-10.734	0.195	0.370	0.123
	26.500	-25.750	8.284	-10.314	0.180	0.356	0.118
	26.500	-25.750	8.201	-10.307	0.173	0.354	0.114
	26.500	-25.750	8.057	-10.627	0.169	0.358	0.110
	26.500	-25.875	8.039	-10.187	0.166	0.348	0.111
	26.500	-25.750	8.223	-10.665	0.164	0.361	0.106
	26.500	-25.750	8.262	-10.308	0.163	0.355	0.107
	26.500	-25.750	8.141	-10.075	0.162	0.349	0.108
	26.500	-25.750	8.100	-10.354	0.161	0.353	0.106
3 δ_0	39.625	-38.875	9.097	-10.864	0.461	0.254	0.187
	39.625	-38.875	8.350	-10.857	0.414	0.245	0.175
	39.625	-38.875	8.486	-10.350	0.397	0.240	0.171
	39.625	-38.875	8.325	-10.479	0.386	0.240	0.167
	39.625	-38.000	7.950	-10.026	0.379	0.229	0.171
	39.625	-38.875	7.857	-10.179	0.375	0.230	0.169
	39.625	-38.875	8.075	-10.069	0.370	0.231	0.165
	39.625	-38.875	7.910	-9.943	0.362	0.227	0.165
	39.625	-38.875	7.974	-10.032	0.358	0.229	0.161
	39.625	-39.000	7.755	-9.704	0.352	0.222	0.163
4 δ_0	52.625	-51.875	8.568	-10.378	0.649	0.181	0.209
	52.625	-51.875	7.841	-10.077	0.594	0.171	0.202
	52.625	-52.000	7.348	-9.638	0.534	0.162	0.191
	52.625	-51.875	7.382	-9.431	0.506	0.161	0.183
	52.625	-51.875	6.792	-9.126	0.481	0.152	0.184
	52.625	-52.000	6.732	-8.892	0.460	0.149	0.179
	52.625	-51.875	6.001	-8.609	0.447	0.140	0.186
	52.625	-51.875	5.748	-8.431	0.410	0.136	0.176
	52.625	-52.000	5.579	-8.156	0.394	0.131	0.174
	52.625	-52.000	5.336	-8.034	0.383	0.128	0.175
5 δ_0	65.750	-65.000	5.705	-9.138	0.590	0.114	0.193
	65.750	-65.125	4.324	-8.379	0.574	0.097	0.220
	65.625	-65.000	3.518	-7.421	0.487	0.084	0.217
	65.625	-65.000	3.294	-6.728	0.436	0.077	0.212
	65.750	-65.125	2.853	-6.037	0.415	0.068	0.227
	65.750	-65.000	2.656	-5.611	0.391	0.063	0.230
	65.750	-65.000	2.243	-5.312	0.372	0.058	0.240
	65.750	-65.000	2.087	-4.770	0.357	0.052	0.253
	65.750	-65.000	1.982	-4.393	0.337	0.049	0.257
	65.750	-65.125	2.272	-3.837	0.321	0.047	0.256
6 δ_0	78.750	-78.000	2.195	-3.400	0.431	0.036	0.312
	78.625	-78.000	2.128	-2.852	0.384	0.032	0.313
	78.625	-78.000	1.976	-2.742	0.373	0.030	0.322
	78.625	-78.000	1.609	-2.353	0.348	0.025	0.357
	78.625	-78.000	1.298	-2.283	0.341	0.023	0.387
	78.625	-78.125	1.466	-1.886	0.329	0.021	0.399
	78.750	-78.125	1.270	-1.910	0.322	0.020	0.411
	78.625	-78.000	1.036	-1.936	0.311	0.019	0.425
	78.625	-78.000	1.036	-1.798	0.304	0.018	0.436
	78.750	-78.000	0.980	-1.726	0.297	0.017	0.445

付表Ⅱ-17 供試体 R-17 の実験結果

	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (tf)	最小荷重 (tf)	吸収エネルギー (tf・m)	等価剛性 (tf/mm)	減衰定数
1 δ_0	16.215	-15.686	13.386	-13.265	0.400	0.835	0.300
	16.215	-15.686	12.286	-12.756	0.322	0.785	0.256
	16.215	-15.686	12.671	-12.779	0.306	0.798	0.240
	16.215	-15.686	12.468	-12.459	0.301	0.781	0.241
	16.215	-15.686	11.679	-12.145	0.297	0.747	0.249
	16.215	-15.686	11.690	-12.728	0.296	0.765	0.242
	16.215	-15.686	11.844	-12.407	0.289	0.760	0.238
	16.215	-15.862	11.848	-12.207	0.287	0.750	0.237
	16.215	-15.686	11.711	-13.002	0.285	0.775	0.230
	16.215	-15.686	11.733	-12.074	0.274	0.746	0.230
2 δ_0	32.430	-31.901	14.576	-14.860	0.890	0.458	0.299
	32.430	-31.901	13.777	-14.662	0.734	0.442	0.256
	32.430	-31.901	13.491	-14.534	0.679	0.436	0.240
	32.430	-31.901	13.420	-14.011	0.658	0.426	0.237
	32.430	-31.901	13.625	-13.812	0.640	0.426	0.231
	32.430	-32.077	13.736	-13.208	0.624	0.418	0.228
	32.430	-31.901	13.266	-12.956	0.615	0.408	0.232
	32.430	-31.901	13.440	-13.244	0.610	0.415	0.226
	32.430	-31.901	13.195	-13.149	0.604	0.409	0.227
	32.430	-31.901	12.759	-13.362	0.594	0.406	0.225
3 δ_0	48.292	-47.940	15.192	-14.824	1.249	0.312	0.275
	48.469	-47.940	14.576	-14.445	1.152	0.301	0.262
	48.292	-47.940	14.503	-14.343	1.116	0.300	0.256
	48.469	-47.940	13.933	-14.208	1.090	0.292	0.256
	48.469	-47.940	13.544	-14.093	1.074	0.287	0.257
	48.469	-47.940	14.182	-13.982	1.062	0.292	0.249
	48.469	-47.940	13.979	-14.396	1.056	0.294	0.246
	48.469	-47.940	13.647	-13.868	1.047	0.285	0.251
	48.469	-47.940	13.987	-13.675	1.042	0.287	0.249
	48.469	-47.940	13.591	-13.694	1.032	0.283	0.250
4 δ_0	64.507	-63.979	15.011	-14.876	1.728	0.233	0.286
	64.507	-63.979	14.298	-14.325	1.673	0.223	0.290
	64.507	-63.979	14.488	-14.478	1.635	0.225	0.280
	64.507	-63.979	13.875	-13.698	1.608	0.215	0.289
	64.507	-63.979	13.991	-13.925	1.579	0.217	0.280
	64.507	-63.979	13.355	-13.321	1.566	0.208	0.291
	64.507	-63.979	13.321	-13.161	1.553	0.206	0.291
	64.507	-63.979	13.201	-13.249	1.538	0.206	0.288
	64.507	-63.979	13.121	-13.226	1.520	0.205	0.286
	64.507	-63.979	13.038	-13.288	1.491	0.205	0.281
5 δ_0	80.546	-79.841	13.753	-13.760	2.145	0.172	0.309
	80.370	-79.841	13.327	-12.434	1.979	0.161	0.305
	80.546	-80.017	12.066	-10.423	1.758	0.140	0.310
	80.546	-80.017	11.765	-8.527	1.556	0.126	0.304
	80.370	-79.841	11.314	-8.442	1.408	0.123	0.283
	80.370	-79.841	10.851	-8.247	1.344	0.119	0.280
	80.370	-79.841	10.203	-7.497	1.275	0.110	0.286
	80.370	-79.841	9.813	-7.425	1.219	0.108	0.281
	80.546	-79.841	8.961	-7.088	1.196	0.100	0.296
	80.546	-79.841	8.687	-6.397	1.144	0.094	0.301
6 δ_0	96.409	-96.056	9.133	-5.932	1.493	0.078	0.328
	96.585	-96.056	8.382	-5.426	1.373	0.072	0.329
	96.585	-96.056	7.530	-4.947	1.263	0.065	0.335
	96.585	-95.880	7.377	-4.738	1.235	0.063	0.337
	96.585	-96.056	6.478	-3.816	1.224	0.053	0.393
	96.585	-96.056	6.546	-4.031	1.149	0.055	0.359
	96.585	-96.056	5.859	-3.429	1.115	0.048	0.397
	96.585	-95.880	5.770	-3.609	1.110	0.049	0.391
	96.585	-96.056	5.281	-3.417	1.071	0.045	0.407
	96.409	-95.880	4.965	-3.248	1.023	0.043	0.412

付表Ⅱ-18 供試体 R-18 の実験結果

	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (tf)	最小荷重 (tf)	吸収エネルギー (tf・m)	等価剛性 (tf/mm)	減衰定数
1 δ_0	20.445	-21.855	12.852	-11.013	0.151	0.564	0.095
	20.445	-21.855	12.708	-10.454	0.132	0.548	0.086
	20.445	-21.855	13.182	-10.722	0.126	0.565	0.080
	20.269	-22.031	13.326	-10.898	0.123	0.573	0.077
	20.269	-21.855	12.167	-10.015	0.121	0.527	0.082
	20.445	-22.031	12.856	-10.982	0.120	0.561	0.076
	20.445	-22.031	12.992	-10.567	0.119	0.555	0.076
	20.269	-22.031	12.904	-10.665	0.120	0.557	0.076
	20.269	-21.855	12.213	-10.089	0.118	0.529	0.080
	20.269	-21.855	12.916	-10.635	0.115	0.559	0.074
2 δ_0	41.595	-43.181	14.338	-11.304	0.778	0.302	0.228
	41.595	-43.181	14.117	-11.622	0.662	0.304	0.193
	41.595	-43.181	13.796	-10.883	0.616	0.291	0.188
	41.595	-43.181	12.847	-11.061	0.590	0.282	0.185
	41.595	-43.181	12.901	-10.870	0.576	0.280	0.182
	41.595	-43.181	12.890	-10.523	0.564	0.276	0.181
	41.595	-43.005	12.515	-10.065	0.538	0.267	0.179
	41.595	-43.181	12.105	-9.520	0.486	0.255	0.169
	41.595	-43.181	11.646	-9.196	0.457	0.246	0.165
	41.595	-43.181	11.153	-8.485	0.430	0.232	0.165
3 δ_0	62.745	-64.331	12.533	-10.430	1.004	0.181	0.219
	62.745	-64.331	11.671	-9.835	0.841	0.169	0.196
	62.745	-64.331	11.424	-8.455	0.765	0.156	0.193
	62.745	-64.155	11.071	-8.488	0.709	0.154	0.182
	62.745	-64.331	9.588	-7.483	0.677	0.134	0.199
	62.745	-64.331	8.884	-6.053	0.633	0.118	0.212
	62.745	-64.331	7.816	-4.518	0.538	0.097	0.219
	62.745	-64.331	6.551	-5.019	0.499	0.091	0.216
	62.921	-64.331	5.954	-4.708	0.441	0.084	0.207
	62.745	-64.331	5.443	-4.217	0.426	0.076	0.221

付表Ⅱ-19 供試体 R-19 の実験結果

	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (tf)	最小荷重 (tf)	吸収エネルギー (tf・mm)	等価剛性 (tf/mm)	減衰定数
1 δ_0	16.567	-17.449	16.242	-13.923	0.070	0.887	0.043
	16.567	-17.449	15.549	-13.704	0.062	0.860	0.040
	16.391	-17.449	15.424	-13.295	0.059	0.849	0.039
	16.567	-17.449	15.505	-13.358	0.057	0.848	0.037
	16.391	-17.449	15.359	-13.506	0.057	0.853	0.037
	16.567	-17.449	15.131	-13.258	0.055	0.835	0.037
	16.567	-17.449	15.157	-13.214	0.054	0.834	0.035
	16.567	-17.449	15.356	-13.325	0.053	0.843	0.035
	16.567	-17.449	15.069	-13.136	0.055	0.829	0.036
	16.391	-17.449	15.030	-13.198	0.052	0.834	0.034
2 δ_0	33.487	-34.369	16.859	-14.764	0.642	0.466	0.190
	33.487	-34.369	16.251	-14.916	0.514	0.459	0.155
	33.487	-34.545	15.946	-14.449	0.475	0.447	0.146
	33.487	-34.545	16.020	-14.567	0.460	0.450	0.141
	33.487	-34.369	16.141	-14.286	0.447	0.448	0.138
	33.487	-34.369	15.856	-14.495	0.442	0.447	0.137
	33.487	-34.369	15.708	-14.493	0.435	0.445	0.135
	33.487	-34.369	15.558	-14.133	0.430	0.438	0.136
	33.487	-34.545	15.467	-14.048	0.430	0.434	0.136
	33.487	-34.369	15.679	-13.962	0.425	0.437	0.134
3 δ_0	50.407	-51.465	16.578	-14.484	1.135	0.305	0.228
	50.407	-51.465	16.073	-14.532	1.091	0.300	0.223
	50.407	-51.465	15.824	-14.240	1.059	0.295	0.220
	50.584	-51.465	15.683	-13.856	1.045	0.289	0.221
	50.407	-51.289	15.533	-14.062	1.040	0.291	0.220
	50.407	-51.465	15.296	-14.002	1.030	0.288	0.220
	50.584	-51.465	15.123	-13.627	1.025	0.282	0.222
	50.407	-51.289	15.219	-13.577	1.017	0.283	0.221
	50.407	-51.465	14.802	-13.390	1.006	0.277	0.223
	50.407	-51.465	14.509	-13.121	0.993	0.271	0.225
4 δ_0	67.504	-68.385	15.009	-13.748	1.725	0.212	0.281
	67.504	-68.385	13.366	-11.122	1.476	0.180	0.282
	67.504	-68.385	12.402	-8.066	1.129	0.151	0.258
	67.504	-68.385	10.935	-6.783	0.859	0.130	0.227
	67.504	-68.385	9.986	-5.939	0.752	0.117	0.221
	67.504	-68.385	9.255	-5.282	0.698	0.107	0.225
	67.504	-68.385	8.572	-3.941	0.669	0.092	0.250
	67.504	-68.561	8.111	-3.496	0.619	0.085	0.249
	67.504	-68.385	7.745	-2.977	0.579	0.079	0.253
	67.327	-68.385	7.683	-2.788	0.550	0.077	0.247
5 δ_0	84.424	-85.305	8.784	-3.329	0.871	0.071	0.270
	84.424	-85.305	7.376	-2.346	0.764	0.057	0.295
	84.424	-85.481	6.543	-1.734	0.701	0.049	0.317
	84.424	-85.305	6.159	-1.449	0.670	0.045	0.330
	84.424	-85.481	5.929	-0.916	0.645	0.040	0.353
	84.424	-85.305	5.254	-0.591	0.609	0.034	0.391
	84.424	-85.481	4.701	-0.218	0.572	0.029	0.436
	84.424	-85.305	4.378	0.174	0.535	0.025	0.478
	84.424	-85.305	4.173	0.321	0.488	0.023	0.475
	84.424	-85.305	3.902	0.547	0.472	0.020	0.528

付表Ⅱ-20(1) 供試体 R-20 の実験結果

	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (tf)	最小荷重 (tf)	吸収エネルギー (tf・m)	等価剛性 (tf/mm)	減衰定数
1 δ_0	17.272	-16.744	16.758	-16.212	0.223	0.969	0.127
	17.272	-16.567	16.510	-16.291	0.139	0.969	0.080
	17.272	-16.920	16.138	-16.046	0.119	0.941	0.069
	17.272	-16.744	16.639	-15.964	0.110	0.958	0.063
	17.096	-16.744	16.095	-15.546	0.105	0.935	0.063
	17.272	-16.744	16.212	-15.462	0.103	0.931	0.061
	17.096	-16.744	16.145	-15.855	0.100	0.946	0.059
	17.272	-16.744	15.877	-15.756	0.098	0.930	0.058
	17.272	-16.744	15.541	-15.874	0.097	0.924	0.058
	17.096	-16.744	16.087	-15.618	0.094	0.937	0.056
2 δ_0	34.192	-33.840	17.779	-16.719	0.792	0.507	0.215
	34.192	-33.840	17.484	-16.302	0.676	0.497	0.187
	34.192	-33.664	16.936	-16.665	0.632	0.495	0.177
	34.192	-33.664	17.234	-16.239	0.610	0.493	0.171
	34.192	-33.840	17.027	-15.883	0.596	0.484	0.169
	34.192	-33.664	16.527	-16.245	0.587	0.483	0.168
	34.192	-33.840	16.874	-15.700	0.578	0.479	0.166
	34.192	-33.840	16.644	-15.897	0.571	0.478	0.164
	34.192	-33.840	16.594	-15.790	0.569	0.476	0.164
	34.192	-33.840	16.592	-15.634	0.565	0.474	0.164
3 δ_0	51.112	-50.584	17.632	-16.254	1.367	0.333	0.253
	50.936	-50.584	17.278	-16.334	1.306	0.331	0.244
	50.936	-50.584	17.282	-16.397	1.275	0.332	0.237
	51.112	-50.760	16.887	-16.268	1.255	0.325	0.237
	51.112	-50.584	16.768	-16.178	1.240	0.324	0.236
	51.112	-50.760	16.534	-15.904	1.214	0.318	0.234
	50.936	-50.584	16.668	-16.057	1.199	0.322	0.230
	51.112	-50.760	16.133	-15.724	1.190	0.313	0.233
	51.112	-50.584	15.829	-15.895	1.185	0.312	0.234
	50.936	-50.584	15.759	-15.337	1.127	0.306	0.227
4 δ_0	68.209	-67.680	15.783	-15.634	1.840	0.231	0.274
	68.032	-67.680	15.690	-15.459	1.725	0.230	0.260
	68.032	-67.680	15.622	-15.271	1.682	0.228	0.255
	68.032	-67.856	15.251	-14.967	1.638	0.222	0.254
	68.032	-67.680	15.303	-14.944	1.592	0.223	0.247
	68.032	-67.680	15.101	-14.521	1.552	0.218	0.246
	68.209	-67.680	14.451	-14.442	1.517	0.213	0.246
	68.032	-67.856	14.706	-14.130	1.485	0.212	0.241
	68.209	-67.680	14.317	-14.008	1.462	0.208	0.242
	68.209	-67.680	14.769	-13.862	1.446	0.211	0.237
5 δ_0	84.952	-84.600	15.218	-14.480	2.207	0.175	0.279
	84.952	-84.600	14.495	-14.075	2.114	0.168	0.278
	84.952	-84.600	14.026	-13.648	2.004	0.163	0.272
	84.952	-84.600	13.660	-13.520	1.884	0.160	0.260
	84.952	-84.600	13.399	-12.751	1.757	0.154	0.252
	84.952	-84.600	12.929	-12.663	1.663	0.151	0.244
	84.952	-84.600	12.347	-11.700	1.563	0.142	0.244
	84.952	-84.600	11.541	-11.293	1.447	0.135	0.238
	84.952	-84.600	11.416	-10.809	1.368	0.131	0.231
	84.952	-84.600	10.872	-10.099	1.303	0.124	0.233
6 δ_0	101.872	-101.520	11.217	-11.010	1.835	0.109	0.258
	101.872	-101.520	10.410	-9.714	1.621	0.099	0.252
	101.872	-101.520	9.424	-8.650	1.478	0.089	0.256
	101.872	-101.520	9.106	-7.177	1.278	0.080	0.246
	101.872	-101.520	8.730	-6.457	1.136	0.075	0.234
	101.872	-101.520	8.004	-5.927	1.043	0.068	0.234
	101.872	-101.520	7.446	-4.862	0.981	0.061	0.249
	101.872	-101.520	7.058	-4.690	0.922	0.058	0.246
	101.872	-101.520	6.497	-4.268	0.867	0.053	0.252
	101.872	-101.520	6.089	-4.221	0.836	0.051	0.254

付表Ⅱ－20(2) 供試体 R－20 の実験結果

	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (tf)	最小荷重 (tf)	吸収エネルギー (tf・m)	等価剛性 (tf/mm)	減衰定数
7δ ₀	118.792	- 118.440	6.221	- 4.728	1.132	0.046	0.277
	118.969	- 118.440	5.530	- 3.873	1.005	0.040	0.287
	118.792	- 118.440	5.061	- 3.147	0.936	0.035	0.306
	118.792	- 118.440	5.016	- 2.374	0.870	0.031	0.316
	118.792	- 118.440	4.438	- 1.520	0.782	0.025	0.352
	118.792	- 118.440	4.056	- 1.326	0.745	0.023	0.371
	118.792	- 118.440	3.206	- 1.491	0.704	0.020	0.402
	118.792	- 118.440	3.153	- 0.975	0.673	0.017	0.437
	118.792	- 118.440	3.013	- 0.816	0.651	0.016	0.456
	118.792	- 118.440	2.839	- 0.668	0.638	0.015	0.488

付表 II - 21 (1) 供試体 R - 21 の実験結果

	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (tf)	最小荷重 (tf)	吸収エネルギー (tf・mm)	等価剛性 (tf/mm)	減衰定数
1 δ_0	17.096	- 16.920	17.398	- 15.621	0.264	0.971	0.149
	17.096	- 16.744	17.367	- 15.749	0.185	0.979	0.105
	17.096	- 16.920	16.952	- 15.437	0.165	0.952	0.095
	17.096	- 16.920	17.530	- 15.092	0.152	0.959	0.087
	17.096	- 16.920	16.671	- 15.046	0.147	0.932	0.087
	17.096	- 16.920	16.965	- 14.787	0.146	0.933	0.086
	17.096	- 16.920	17.045	- 15.151	0.141	0.947	0.082
	17.096	- 16.920	16.775	- 15.259	0.139	0.942	0.081
	17.096	- 16.920	16.517	- 15.123	0.137	0.930	0.081
	17.096	- 16.744	17.372	- 15.280	0.135	0.965	0.078
2 δ_0	34.369	- 33.664	17.709	- 16.210	0.885	0.499	0.244
	34.192	- 33.840	17.880	- 15.780	0.768	0.495	0.213
	34.192	- 33.664	17.653	- 16.174	0.720	0.499	0.200
	34.192	- 34.016	18.116	- 15.875	0.696	0.498	0.191
	34.016	- 33.840	17.743	- 15.573	0.678	0.491	0.191
	34.192	- 33.840	17.501	- 15.749	0.668	0.489	0.188
	34.192	- 33.840	17.761	- 15.604	0.664	0.490	0.186
	34.192	- 33.840	17.441	- 15.768	0.657	0.488	0.185
	34.192	- 33.840	17.331	- 15.464	0.654	0.482	0.187
	34.192	- 33.664	16.809	- 15.403	0.649	0.475	0.189
3 δ_0	51.112	- 50.584	17.780	- 16.069	1.493	0.333	0.276
	51.112	- 50.584	17.941	- 16.248	1.413	0.336	0.259
	51.112	- 50.584	17.561	- 16.024	1.374	0.330	0.256
	51.112	- 50.760	17.622	- 15.940	1.356	0.329	0.252
	51.289	- 50.760	17.189	- 15.756	1.339	0.323	0.253
	51.112	- 50.760	17.345	- 15.598	1.323	0.323	0.251
	51.112	- 50.760	17.109	- 15.494	1.311	0.320	0.251
	50.936	- 50.760	17.331	- 15.465	1.302	0.322	0.249
	51.112	- 50.584	17.073	- 15.559	1.295	0.321	0.248
	51.112	- 50.760	17.226	- 15.247	1.288	0.319	0.248
4 δ_0	67.680	- 67.680	17.123	- 16.332	1.743	0.247	0.245
	68.032	- 67.680	17.674	- 15.726	2.089	0.246	0.293
	68.032	- 67.680	16.849	- 15.148	1.899	0.236	0.278
	68.032	- 67.856	16.048	- 13.605	1.635	0.218	0.258
	68.032	- 67.856	15.034	- 11.724	1.258	0.197	0.220
	68.032	- 67.680	13.651	- 10.665	0.069	0.179	0.206
	68.032	- 67.680	13.187	- 9.905	0.965	0.170	0.196
	68.032	- 67.680	12.270	- 8.786	0.893	0.155	0.199
	68.032	- 67.680	11.615	- 8.474	0.807	0.148	0.188
	68.032	- 67.680	11.425	- 8.248	0.769	0.145	0.183
5 δ_0	84.776	- 84.776	14.048	- 11.721	1.235	0.152	0.180
	84.776	- 84.952	12.272	- 10.385	1.069	0.133	0.177
	84.776	- 84.952	10.951	- 9.147	0.994	0.118	0.186
	84.776	- 84.952	10.471	- 8.612	0.963	0.112	0.189
	84.776	- 84.952	10.035	- 8.021	0.928	0.106	0.193
	84.776	- 84.776	9.669	- 7.467	0.888	0.101	0.195
	84.776	- 84.952	9.119	- 7.376	0.872	0.097	0.198
	84.776	- 84.776	9.153	- 7.171	0.852	0.096	0.196
	84.600	- 84.952	8.733	- 6.325	0.826	0.089	0.206
	84.776	- 84.952	8.389	- 6.156	0.810	0.086	0.209
6 δ_0	101.696	- 101.696	10.617	- 9.037	1.242	0.097	0.198
	101.696	- 101.696	9.198	- 6.556	1.101	0.079	0.213
	101.696	- 101.696	8.079	- 5.803	1.017	0.068	0.229
	101.696	- 101.696	7.569	- 4.324	0.926	0.058	0.244
	101.696	- 101.696	7.143	- 3.274	0.869	0.051	0.261
	101.696	- 101.696	6.727	- 2.543	0.809	0.046	0.273
	101.696	- 101.696	6.216	- 1.867	0.768	0.040	0.297
	101.696	- 101.696	5.694	- 1.465	0.718	0.035	0.314
	101.696	- 101.696	5.306	- 0.750	0.682	0.030	0.353
	101.696	- 101.696	4.692	- 0.460	0.639	0.025	0.388

付表Ⅱ-21(2) 供試体 R-21 の実験結果

	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (tf)	最小荷重 (tf)	吸収エネルギー (tf・mm)	等価剛性 (tf/mm)	減衰定数
7δ ₀	118.616	- 118.792	6.102	- 0.036	0.864	0.026	0.377
	118.792	- 118.792	4.515	0.787	0.720	0.016	0.518
	118.616	- 118.792	3.413	1.038	0.648	0.010	0.731
	118.616	- 118.792	2.645	1.211	0.600	0.006	1.121
	118.616	- 118.792	1.525	1.216	0.541	0.001	4.692
	118.792	- 118.792	0.669	1.481	0.518	- 0.003	- 1.709
	118.792	- 118.792	0.498	1.469	0.484	- 0.004	- 1.337
	118.616	- 118.792	0.280	1.484	0.461	- 0.005	- 1.027
	118.616	- 118.792	- 0.632	1.419	0.438	- 0.009	- 0.573
	118.792	- 118.792	- 0.759	1.306	0.408	- 0.009	- 0.529

付表Ⅱ-22(1) 供試体 P-10 の実験結果

	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (tf)	最小荷重 (tf)	吸収エネルギー (tf・mm)	等価剛性 (tf/mm)	減衰定数
1 δ_0	12.416	-12.396	9.324	-8.498	0.038	0.718	0.054
	12.255	-12.455	9.148	-8.439	0.025	0.712	0.037
	12.255	-12.440	9.177	-8.351	0.022	0.710	0.033
	12.284	-12.425	9.119	-8.410	0.024	0.709	0.036
	12.255	-12.440	9.031	-8.380	0.023	0.705	0.034
	12.284	-12.425	9.089	-8.292	0.021	0.703	0.031
	12.284	-12.425	9.060	-8.380	0.023	0.706	0.035
	12.255	-12.455	8.943	-8.322	0.022	0.699	0.033
	12.269	-12.425	9.031	-8.263	0.021	0.700	0.031
	12.284	-12.455	8.972	-8.322	0.016	0.699	0.023
2 δ_0	25.801	-26.300	16.560	-15.870	0.275	0.622	0.104
	25.801	-26.300	15.677	-15.600	0.201	0.600	0.079
	25.801	-26.337	15.536	-15.332	0.168	0.592	0.067
	25.801	-26.337	15.430	-15.258	0.160	0.589	0.063
	25.801	-26.300	15.241	-15.197	0.155	0.584	0.062
	25.801	-26.300	15.211	-15.023	0.152	0.580	0.061
	25.801	-26.300	15.171	-15.020	0.145	0.579	0.059
	25.801	-26.300	15.023	-14.980	0.145	0.576	0.059
	25.801	-26.300	15.002	-14.833	0.144	0.573	0.059
	25.801	-26.300	15.004	-14.843	0.138	0.573	0.056
3 δ_0	40.456	-41.029	17.076	-16.318	0.698	0.410	0.163
	40.456	-41.029	15.893	-15.881	0.631	0.390	0.155
	40.456	-41.029	15.668	-15.885	0.595	0.387	0.147
	40.456	-41.029	15.698	-15.768	0.577	0.386	0.143
	40.530	-41.029	15.464	-15.523	0.566	0.380	0.143
	40.493	-41.029	15.376	-15.583	0.557	0.380	0.141
	40.456	-41.029	15.449	-15.514	0.550	0.380	0.139
	40.456	-40.992	15.371	-15.437	0.544	0.378	0.138
	40.456	-40.956	15.307	-15.366	0.538	0.377	0.137
4 δ_0	40.456	-40.956	15.256	-15.316	0.532	0.376	0.136
	54.782	-55.428	17.067	-16.778	1.155	0.307	0.197
	54.819	-55.465	16.232	-16.251	1.097	0.295	0.195
	54.819	-55.428	15.929	-16.179	1.075	0.291	0.193
	54.819	-55.465	15.793	-14.168	0.996	0.272	0.192
	54.819	-55.428	15.382	-13.770	0.828	0.264	0.164
	54.819	-55.391	14.950	-13.700	0.775	0.260	0.156
	54.819	-55.391	14.624	-13.492	0.737	0.255	0.151
	54.782	-55.391	14.634	-13.380	0.721	0.254	0.149
5 δ_0	54.819	-55.391	12.522	-13.121	0.671	0.233	0.151
	54.782	-55.318	11.650	-12.710	0.550	0.221	0.130
	68.925	-69.681	14.298	-14.518	0.922	0.208	0.147
	68.962	-69.644	13.446	-13.603	0.784	0.195	0.133
	68.962	-69.644	12.767	-12.938	0.712	0.185	0.127
	68.962	-69.644	12.186	-12.391	0.645	0.177	0.121
	68.962	-69.644	11.732	-11.960	0.613	0.171	0.119
	68.962	-69.644	11.308	-11.580	0.586	0.165	0.118
	68.925	-69.607	10.974	-11.296	0.561	0.161	0.116
6 δ_0	68.925	-69.571	10.700	-11.038	0.539	0.157	0.114
	68.888	-69.534	10.459	-10.841	0.518	0.154	0.112
	68.888	-69.534	10.164	-10.603	0.500	0.150	0.111
	82.818	-83.743	12.375	-12.977	0.764	0.152	0.115
	82.818	-83.670	11.606	-12.314	0.697	0.144	0.111
	82.818	-83.743	11.172	-11.786	0.664	0.138	0.111
	82.818	-83.670	10.720	-11.455	0.634	0.133	0.109
	82.818	-83.670	10.303	-11.145	0.614	0.129	0.109
	82.744	-83.670	9.841	-10.883	0.591	0.125	0.109
6 δ_0	82.744	-83.670	9.557	-10.644	0.580	0.121	0.110
	82.671	-83.596	8.953	-10.479	0.556	0.117	0.110
	82.744	-83.596	8.514	-10.211	0.528	0.113	0.108
	82.671	-83.523	8.191	-9.978	0.517	0.109	0.109

付表Ⅱ-22(2) 供試体 P-10 の実験結果

	最大変位 (μm)	最小変位 (μm)	最大荷重 (tf)	最小荷重 (tf)	吸収エネルギー ($\text{tf} \cdot \text{m}$)	等価剛性 ($\text{tf}/\mu\text{m}$)	減衰定数
$7\delta_0$	96.887	-97.739	10.008	-12.758	0.818	0.117	0.117
	96.887	-97.739	9.086	-11.786	0.703	0.107	0.110
	96.887	-97.739	8.475	-11.216	0.655	0.101	0.109
	96.887	-97.739	8.013	-10.504	0.608	0.095	0.107
	96.887	-97.666	7.566	-9.702	0.580	0.089	0.110
	96.814	-97.739	7.278	-8.335	0.544	0.080	0.114
	96.887	-97.666	6.801	-8.018	0.500	0.076	0.110
	96.814	-97.666	6.383	-7.420	0.469	0.071	0.111
	96.887	-97.666	6.100	-7.189	0.436	0.068	0.107
	96.814	-97.592	5.825	-6.884	0.426	0.065	0.110
$8\delta_0$	110.883	-111.808	7.339	-8.384	0.656	0.071	0.119
	110.883	-111.808	6.436	-7.410	0.589	0.062	0.122
	110.883	-111.808	5.464	-6.788	0.542	0.055	0.126
	110.883	-111.808	5.045	-6.740	0.490	0.053	0.119
	110.956	-111.735	4.694	-6.422	0.470	0.050	0.121
	110.810	-111.808	4.416	-6.092	0.457	0.047	0.124
	110.883	-111.808	3.985	-5.735	0.424	0.044	0.125
	110.883	-111.735	3.792	-5.364	0.396	0.041	0.124
	110.883	-111.735	3.651	-5.134	0.374	0.039	0.122
	110.883	-111.735	3.585	-4.869	0.373	0.038	0.126

付表 II - 23 (I) 供試体 P - 14 の実験結果

	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (tf)	最小荷重 (tf)	吸収エネルギー (tf・m)	等価剛性 (tf/mm)	減衰定数
1 δ_0	12.167	- 12.381	6.491	- 8.935	0.036	0.628	0.061
	11.991	- 12.396	6.168	- 9.082	0.025	0.625	0.042
	11.932	- 12.396	5.940	- 8.994	0.023	0.614	0.041
	11.991	- 12.337	6.094	- 8.877	0.023	0.615	0.041
	11.991	- 12.396	5.959	- 9.023	0.022	0.614	0.039
	11.932	- 12.396	5.983	- 8.950	0.022	0.614	0.039
	11.962	- 12.337	5.972	- 8.994	0.023	0.616	0.040
	11.991	- 12.396	5.861	- 8.979	0.022	0.609	0.038
	11.932	- 12.396	5.917	- 8.921	0.022	0.610	0.038
	11.991	- 12.337	5.886	- 8.979	0.015	0.611	0.026
2 δ_0	26.764	- 27.227	14.962	- 13.924	0.272	0.535	0.111
	26.866	- 27.183	14.406	- 13.387	0.202	0.514	0.086
	26.896	- 27.213	14.223	- 13.261	0.172	0.508	0.074
	26.866	- 27.213	14.082	- 13.170	0.163	0.504	0.070
	26.896	- 27.183	13.868	- 13.072	0.159	0.498	0.069
	26.910	- 27.198	13.815	- 12.878	0.156	0.493	0.069
	26.896	- 27.198	13.765	- 12.855	0.148	0.492	0.066
	26.910	- 27.198	13.593	- 12.817	0.148	0.488	0.066
	26.896	- 27.198	13.574	- 12.635	0.148	0.485	0.066
	26.896	- 27.198	13.550	- 12.616	0.140	0.484	0.063
3 δ_0	40.127	- 40.699	15.595	- 14.372	0.565	0.371	0.149
	40.237	- 40.736	14.670	- 13.701	0.509	0.350	0.141
	40.237	- 40.772	14.378	- 13.408	0.463	0.343	0.131
	40.200	- 40.809	14.206	- 13.203	0.436	0.338	0.125
	40.090	- 40.919	14.025	- 13.014	0.418	0.334	0.121
	40.090	- 40.919	13.919	- 12.937	0.404	0.332	0.118
	40.017	- 40.919	13.817	- 12.824	0.393	0.329	0.116
	39.980	- 40.919	13.801	- 12.564	0.384	0.326	0.115
	40.090	- 40.919	13.554	- 12.374	0.372	0.320	0.113
	40.090	- 40.919	12.986	- 12.073	0.373	0.309	0.117
4 δ_0	54.343	- 55.245	14.673	- 12.951	0.756	0.252	0.159
	54.599	- 55.172	13.436	- 11.879	0.583	0.231	0.133
	54.636	- 55.172	12.664	- 11.142	0.502	0.217	0.122
	54.636	- 55.172	12.149	- 10.745	0.454	0.208	0.115
	54.636	- 55.172	11.669	- 10.293	0.423	0.200	0.112
	54.636	- 55.172	11.244	- 10.038	0.396	0.194	0.108
	54.636	- 55.172	10.963	- 9.833	0.379	0.189	0.106
	54.599	- 55.172	10.726	- 9.619	0.363	0.185	0.103
	54.636	- 55.172	10.429	- 9.452	0.356	0.181	0.104
	54.636	- 55.172	10.300	- 9.250	0.350	0.178	0.104
5 δ_0	68.229	- 69.387	12.667	- 11.439	0.645	0.175	0.124
	68.412	- 69.387	11.639	- 10.585	0.530	0.161	0.110
	68.412	- 69.351	10.917	- 10.076	0.486	0.152	0.107
	68.449	- 69.387	10.416	- 9.531	0.457	0.145	0.106
	68.449	- 69.351	10.086	- 9.279	0.438	0.141	0.105
	68.449	- 69.351	9.725	- 9.024	0.427	0.136	0.105
	68.449	- 69.351	9.206	- 8.692	0.417	0.130	0.108
	68.412	- 69.351	8.365	- 7.927	0.389	0.118	0.110
	68.449	- 69.351	7.877	- 7.592	0.365	0.112	0.109
	68.412	- 69.351	7.510	- 7.383	0.352	0.108	0.109
6 δ_0	82.232	- 83.230	8.101	- 8.009	0.532	0.097	0.127
	82.232	- 83.230	6.401	- 6.727	0.448	0.079	0.131
	82.305	- 83.230	5.997	- 6.263	0.367	0.074	0.115
	82.305	- 83.230	5.679	- 5.916	0.349	0.070	0.116
	82.305	- 83.230	5.354	- 5.650	0.331	0.066	0.116
	82.305	- 83.083	4.691	- 5.519	0.323	0.062	0.122
	82.305	- 83.083	4.594	- 5.340	0.305	0.060	0.118
	82.305	- 83.083	4.450	- 5.219	0.291	0.058	0.116
	82.305	- 83.083	4.219	- 5.148	0.285	0.057	0.117
	82.232	- 83.083	4.115	- 4.998	0.273	0.055	0.115

付表Ⅱ-23(1) 供試体 P-14 の実験結果

	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (tf)	最小荷重 (tf)	吸収エネルギー (tf・m)	等価剛性 (tf/mm)	減衰定数
6.5 δ_0	88.973	-90.411	4.828	-5.887	0.365	0.060	0.121
	89.266	-90.411	4.522	-5.433	0.334	0.055	0.119
	89.266	-90.411	4.377	-5.163	0.319	0.053	0.119
	89.266	-90.411	4.242	-4.976	0.312	0.051	0.120
	89.266	-90.411	4.112	-4.670	0.308	0.049	0.124
	89.266	-90.411	3.997	-4.382	0.302	0.047	0.128
	89.120	-90.411	3.901	-4.207	0.282	0.045	0.124
	89.120	-90.338	3.802	-3.908	0.270	0.043	0.124
	89.120	-90.265	3.308	-3.688	0.253	0.039	0.129
	89.120	-90.265	3.223	-3.334	0.239	0.037	0.129

付表 II - 24 (1) 供試体 P - 15 の実験結果

	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (tf)	最小荷重 (tf)	吸収エネルギー (tf・m)	等価剛性 (tf/mm)	減衰定数
1 δ_0	12.269	- 12.367	9.659	- 8.720	0.023	0.746	0.033
	12.094	- 12.381	9.452	- 8.758	0.019	0.744	0.027
	12.006	- 12.367	9.276	- 8.714	0.016	0.738	0.024
	12.079	- 12.293	9.364	- 8.679	0.014	0.740	0.021
	12.079	- 12.367	9.287	- 8.697	0.017	0.736	0.024
	12.006	- 12.352	9.257	- 8.670	0.015	0.736	0.022
	12.064	- 12.293	9.273	- 8.657	0.013	0.736	0.019
	12.079	- 12.367	9.218	- 8.661	0.016	0.731	0.023
	12.050	- 12.323	9.232	- 8.608	0.014	0.732	0.021
	12.094	- 12.293	9.220	- 8.612	0.012	0.731	0.018
2 δ_0	26.779	- 27.125	15.367	- 15.276	0.185	0.568	0.071
	26.852	- 27.066	15.360	- 14.817	0.139	0.560	0.055
	26.866	- 27.095	15.224	- 14.699	0.124	0.555	0.049
	26.852	- 27.095	14.990	- 14.609	0.111	0.549	0.044
	26.866	- 27.081	14.966	- 14.527	0.108	0.547	0.043
	26.896	- 27.081	14.955	- 14.349	0.108	0.543	0.043
	26.852	- 27.095	14.872	- 14.326	0.101	0.541	0.041
	26.866	- 27.081	14.758	- 14.268	0.101	0.538	0.041
	26.866	- 27.081	14.765	- 14.134	0.102	0.536	0.042
	26.866	- 27.081	14.734	- 14.129	0.095	0.535	0.039
3 δ_0	40.310	- 40.956	16.674	- 15.694	0.574	0.398	0.139
	40.530	- 40.882	15.712	- 15.197	0.514	0.380	0.130
	40.566	- 40.846	15.456	- 14.994	0.474	0.374	0.122
	40.566	- 40.882	15.335	- 14.905	0.451	0.371	0.117
	40.566	- 40.882	15.235	- 14.809	0.438	0.369	0.114
	40.493	- 40.919	15.252	- 14.731	0.429	0.368	0.112
	40.420	- 40.919	15.169	- 14.756	0.422	0.368	0.110
	40.420	- 40.956	14.972	- 14.569	0.416	0.363	0.110
	40.420	- 40.882	14.920	- 14.489	0.410	0.362	0.109
	40.420	- 40.809	14.989	- 14.551	0.404	0.364	0.107
4 δ_0	54.819	- 55.245	16.327	- 15.686	1.001	0.291	0.181
	54.965	- 55.245	15.625	- 15.304	0.935	0.281	0.175
	55.039	- 55.245	15.326	- 15.070	0.901	0.276	0.171
	54.965	- 55.245	15.278	- 14.992	0.868	0.275	0.166
	55.039	- 55.245	15.126	- 14.814	0.858	0.271	0.166
	54.965	- 55.245	15.097	- 14.803	0.851	0.271	0.164
	54.929	- 55.245	14.948	- 14.665	0.830	0.269	0.162
	54.892	- 55.245	14.948	- 14.640	0.827	0.269	0.162
	54.892	- 55.245	14.838	- 14.482	0.810	0.266	0.160
	54.819	- 55.208	14.817	- 14.509	0.807	0.267	0.159
5 δ_0	68.375	- 69.094	15.731	- 15.786	1.255	0.229	0.184
	68.559	- 69.094	14.637	- 15.084	1.324	0.216	0.206
	68.559	- 69.094	13.817	- 12.861	1.001	0.194	0.174
	68.559	- 69.131	13.369	- 12.310	0.794	0.186	0.143
	68.522	- 69.094	12.854	- 11.837	0.728	0.179	0.136
	68.522	- 69.094	12.469	- 11.525	0.690	0.174	0.133
	68.412	- 69.094	12.184	- 11.118	0.656	0.169	0.130
	68.339	- 69.058	11.939	- 10.868	0.621	0.166	0.126
	68.339	- 69.021	11.682	- 10.668	0.599	0.163	0.124
	68.302	- 68.948	11.476	- 10.491	0.582	0.160	0.123
6 δ_0	82.671	- 83.670	13.299	- 12.676	0.896	0.156	0.132
	82.598	- 83.670	12.760	- 12.103	0.841	0.150	0.130
	82.671	- 83.596	12.277	- 11.723	0.787	0.144	0.126
	82.671	- 83.596	11.902	- 11.363	0.738	0.140	0.121
	82.598	- 83.596	11.542	- 10.979	0.706	0.136	0.120
	82.598	- 83.523	11.220	- 10.783	0.681	0.132	0.119
	82.525	- 83.450	10.984	- 10.536	0.660	0.130	0.118
	82.525	- 83.376	10.729	- 10.311	0.639	0.127	0.116
	82.525	- 83.376	10.484	- 10.126	0.616	0.124	0.115
	82.378	- 83.230	10.344	- 9.938	0.596	0.122	0.113

付表Ⅱ-24(2) 供試体 P-15 の実験結果

寸	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (tf)	最小荷重 (tf)	吸収エネルギー (tf・m)	等価剛性 (tf/mm)	減衰定数
7 δ_0	96.667	-97.373	12.554	-12.304	0.939	0.128	0.124
	96.814	-97.446	11.862	-11.365	0.852	0.120	0.120
	96.814	-97.373	11.287	-10.857	0.812	0.114	0.120
	96.741	-97.373	10.986	-10.411	0.774	0.110	0.119
	96.741	-97.299	10.626	-9.980	0.755	0.106	0.120
	96.667	-97.299	9.667	-9.756	0.718	0.100	0.121
	96.667	-97.299	9.373	-9.385	0.663	0.097	0.116
	96.667	-97.226	9.081	-8.896	0.630	0.093	0.115
	96.594	-97.079	8.807	-8.623	0.593	0.090	0.112
	96.374	-96.933	8.566	-8.388	0.575	0.088	0.112
8 δ_0	110.663	-111.222	9.573	-9.828	0.880	0.087	0.130
	110.737	-111.295	8.594	-8.545	0.738	0.077	0.124
	110.737	-111.222	8.096	-7.943	0.643	0.072	0.115
	110.737	-111.295	7.743	-7.518	0.598	0.069	0.112
	110.737	-111.222	7.048	-6.854	0.558	0.063	0.115
	110.663	-111.222	6.774	-6.629	0.516	0.060	0.111
	110.663	-111.222	6.500	-6.330	0.494	0.058	0.110
	110.663	-111.149	6.052	-6.151	0.467	0.055	0.110
	110.444	-111.002	5.846	-5.935	0.437	0.053	0.107
	110.370	-110.856	5.449	-5.724	0.422	0.051	0.107
8.5 δ_0	117.112	-117.671	6.019	-6.349	0.548	0.053	0.120
	117.185	-117.671	5.250	-5.665	0.480	0.046	0.119
	117.112	-117.744	4.665	-4.995	0.415	0.041	0.117
	117.185	-117.671	3.799	-4.427	0.372	0.035	0.123
	117.112	-117.671	3.637	-4.276	0.331	0.034	0.113
	117.112	-117.671	3.457	-4.105	0.307	0.032	0.110
	117.039	-117.597	3.117	-3.924	0.286	0.030	0.110
	116.892	-117.451	3.062	-3.719	0.263	0.029	0.105
	116.892	-117.377	2.965	-3.102	0.244	0.026	0.109
	116.745	-117.084	2.901	-3.000	0.227	0.025	0.105

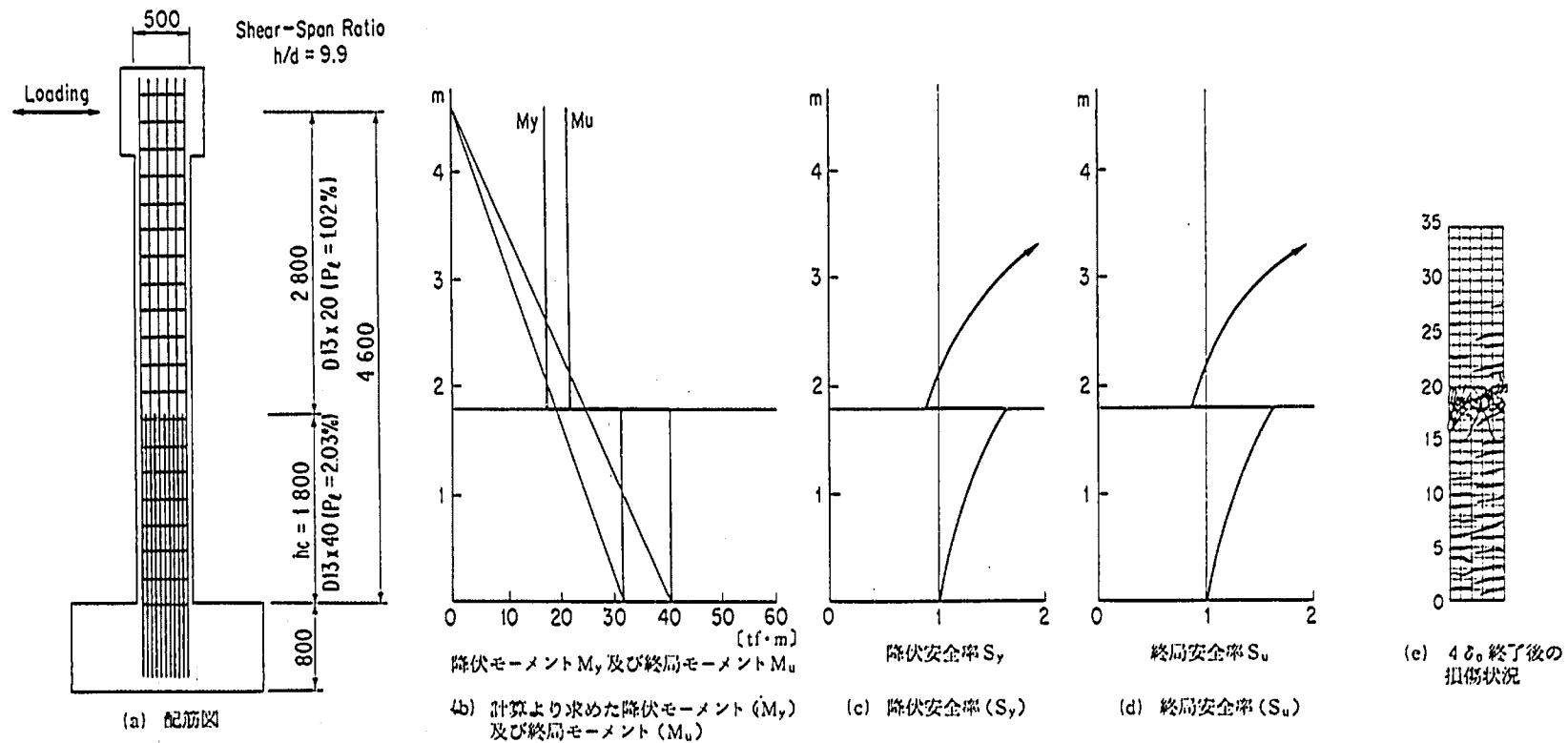
付表Ⅱ-25(1) 供試体P-16の実験結果

	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (tf)	最小荷重 (tf)	吸収エネルギー (tf・m)	等価剛性 (tf/mm)	減衰定数
1 δ_0	12.372	-12.220	11.093	-9.017	0.027	0.818	0.035
	12.226	-12.279	10.779	-9.101	0.020	0.811	0.026
	12.182	-12.264	10.709	-9.023	0.017	0.807	0.022
	12.240	-12.220	10.661	-9.023	0.019	0.805	0.025
	12.240	-12.279	10.573	-9.038	0.017	0.800	0.023
	12.196	-12.264	10.540	-9.011	0.015	0.799	0.020
	12.240	-12.235	10.525	-8.997	0.018	0.798	0.023
	12.226	-12.293	10.437	-9.014	0.016	0.793	0.022
	12.196	-12.264	10.450	-8.956	0.014	0.793	0.019
	12.226	-12.264	10.434	-8.995	0.016	0.793	0.022
2 δ_0	26.896	-27.169	16.271	-15.619	0.295	0.590	0.109
	26.998	-27.110	15.497	-15.315	0.193	0.569	0.074
	26.998	-27.154	15.362	-15.016	0.167	0.561	0.064
	26.984	-27.169	15.254	-14.923	0.150	0.557	0.058
	26.998	-27.154	15.013	-14.857	0.145	0.552	0.057
	26.998	-27.169	14.984	-14.672	0.142	0.547	0.056
	26.969	-27.198	14.918	-14.662	0.134	0.546	0.053
	26.940	-27.198	14.739	-14.624	0.133	0.542	0.053
	26.940	-27.198	14.747	-14.465	0.132	0.540	0.053
	26.940	-27.227	14.723	-14.467	0.132	0.539	0.053
3 δ_0	40.273	-40.992	16.734	-16.241	0.612	0.406	0.145
	40.420	-40.992	15.730	-15.844	0.542	0.388	0.134
	40.420	-40.919	15.509	-15.681	0.505	0.383	0.127
	40.420	-40.919	15.385	-15.537	0.487	0.380	0.123
	40.420	-40.919	15.287	-15.425	0.476	0.378	0.121
	40.383	-40.919	15.342	-15.472	0.468	0.379	0.119
	40.383	-40.919	15.248	-15.382	0.460	0.377	0.118
	40.383	-40.919	15.181	-15.319	0.455	0.375	0.117
	40.383	-40.956	15.116	-15.243	0.450	0.373	0.116
	40.383	-40.956	15.075	-15.184	0.444	0.372	0.115
4 δ_0	54.672	-55.245	16.853	-16.603	1.039	0.304	0.180
	54.709	-55.355	16.109	-16.251	0.978	0.294	0.175
	54.636	-55.391	15.845	-16.084	0.951	0.290	0.172
	54.599	-55.391	15.795	-15.879	0.920	0.288	0.168
	54.636	-55.391	15.617	-15.726	0.912	0.285	0.168
	54.636	-55.391	15.577	-14.801	0.918	0.276	0.175
	54.636	-55.391	15.422	-14.144	0.837	0.269	0.164
	54.636	-55.391	15.168	-13.342	0.766	0.259	0.155
	54.672	-55.391	14.776	-12.889	0.690	0.251	0.144
	54.672	-55.391	14.478	-12.664	0.649	0.247	0.138
5 δ_0	68.668	-69.424	16.372	-14.191	1.114	0.221	0.168
	68.668	-69.571	15.576	-13.842	1.023	0.213	0.160
	68.632	-69.534	15.193	-13.306	0.970	0.206	0.157
	68.705	-69.461	13.276	-12.998	0.887	0.190	0.156
	68.705	-69.497	12.087	-12.261	0.720	0.176	0.136
	68.705	-69.497	11.643	-11.699	0.644	0.169	0.127
	68.705	-69.461	11.272	-11.351	0.608	0.164	0.124
	68.705	-69.497	10.917	-11.034	0.585	0.159	0.123
	68.705	-69.534	10.611	-10.845	0.569	0.155	0.122
	68.742	-69.534	10.443	-10.497	0.543	0.151	0.119
6 δ_0	82.378	-83.596	12.115	-12.388	0.788	0.148	0.123
	82.525	-83.596	11.436	-11.537	0.728	0.138	0.121
	82.525	-83.596	10.732	-10.852	0.689	0.130	0.122
	82.525	-83.670	10.198	-10.217	0.644	0.123	0.121
	82.525	-83.596	9.834	-9.846	0.610	0.118	0.119
	82.525	-83.596	9.437	-9.559	0.600	0.114	0.121
	82.451	-83.670	9.177	-9.284	0.576	0.111	0.120
	82.525	-83.596	8.886	-8.808	0.559	0.107	0.121
	82.525	-83.670	8.647	-8.625	0.550	0.104	0.122
	82.525	-83.596	8.418	-8.434	0.535	0.101	0.122

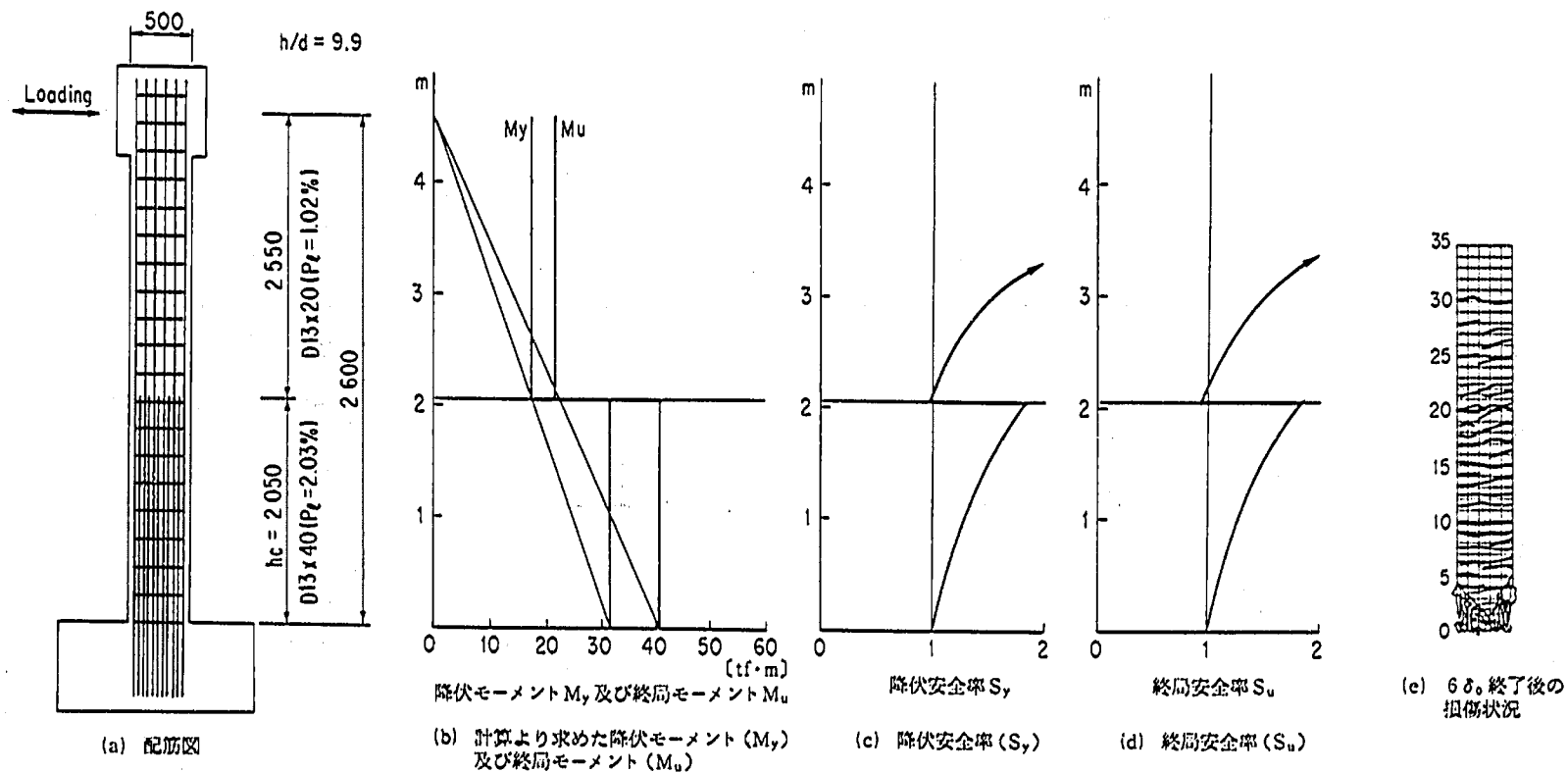
付表Ⅱ-25(2) 供試体P-16の実験結果

	最大変位 (mm)	最小変位 (mm)	最大荷重 (tf)	最小荷重 (tf)	吸収エネルギー (tf・mm)	等価剛性 (tf/mm)	減衰定数
7δ ₀	96.447	-97.592	10.044	-10.603	0.808	0.106	0.128
	96.447	-97.666	8.632	-9.606	0.709	0.094	0.127
	96.374	-97.666	8.122	-9.080	0.666	0.089	0.127
	96.374	-97.666	7.443	-8.537	0.636	0.082	0.131
	96.374	-97.666	7.243	-8.071	0.596	0.079	0.128
	96.374	-97.666	7.012	-7.405	0.580	0.074	0.132
	96.374	-97.666	6.867	-6.730	0.539	0.070	0.130
	96.447	-97.666	6.575	-6.316	0.505	0.066	0.128
	96.447	-97.592	6.248	-6.118	0.498	0.064	0.132
	96.447	-97.666	6.166	-5.753	0.466	0.061	0.128
8δ ₀	110.077	-111.662	7.431	-7.454	0.648	0.067	0.125
	110.224	-111.662	6.894	-6.982	0.606	0.063	0.125
	110.224	-111.588	6.524	-6.657	0.560	0.059	0.122
	110.224	-111.662	5.665	-6.341	0.527	0.054	0.126
	110.224	-111.662	5.246	-6.017	0.482	0.051	0.123
	110.224	-111.662	5.095	-5.974	0.469	0.050	0.122
	110.150	-111.662	4.530	-5.577	0.446	0.046	0.127
	110.224	-111.662	4.516	-5.286	0.433	0.044	0.127
	110.150	-111.662	4.538	-5.179	0.425	0.044	0.125
	110.150	-111.662	4.339	-4.627	0.409	0.040	0.131

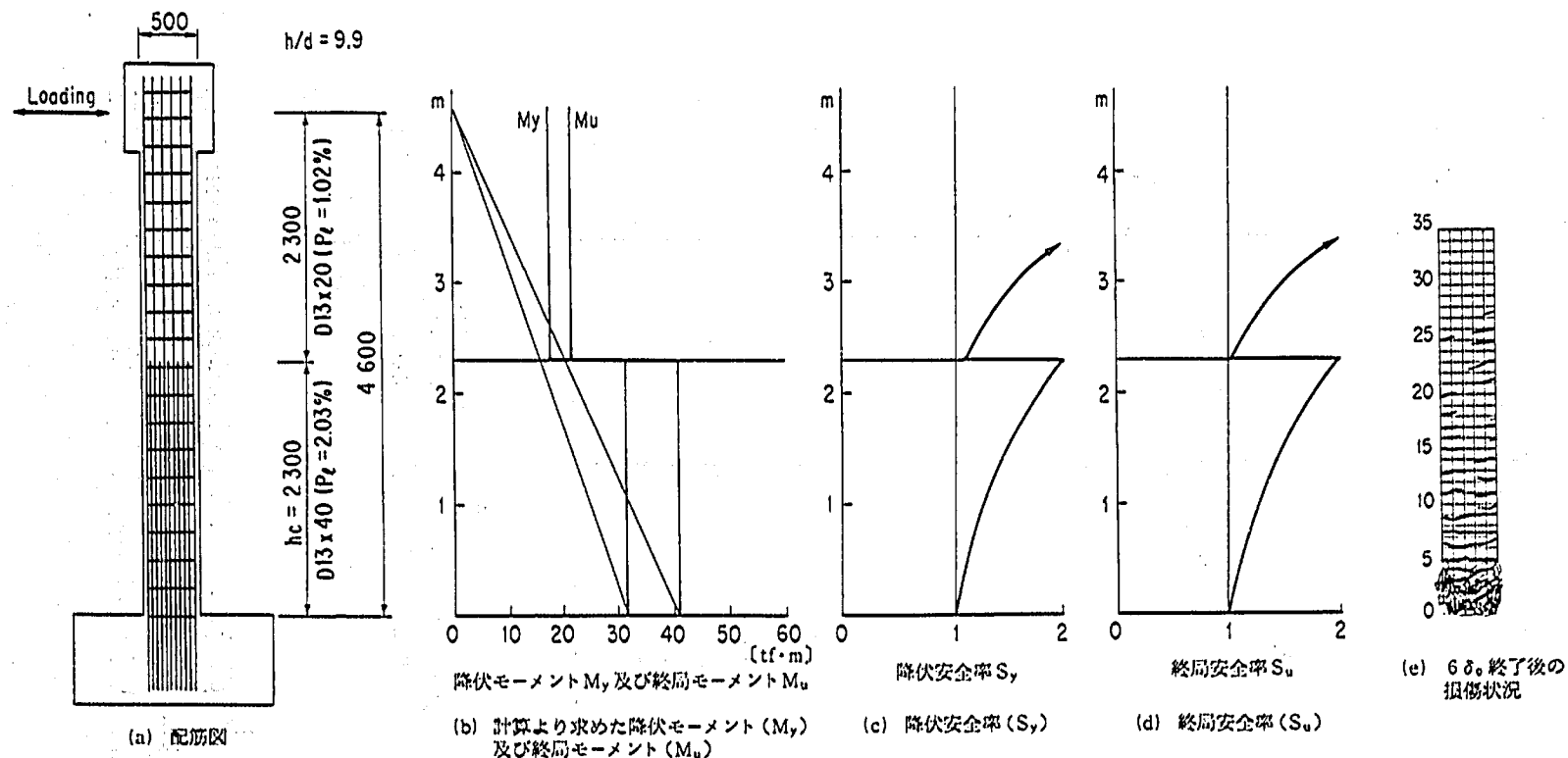
付属資料Ⅲ. 降伏安全率及び終局安全率



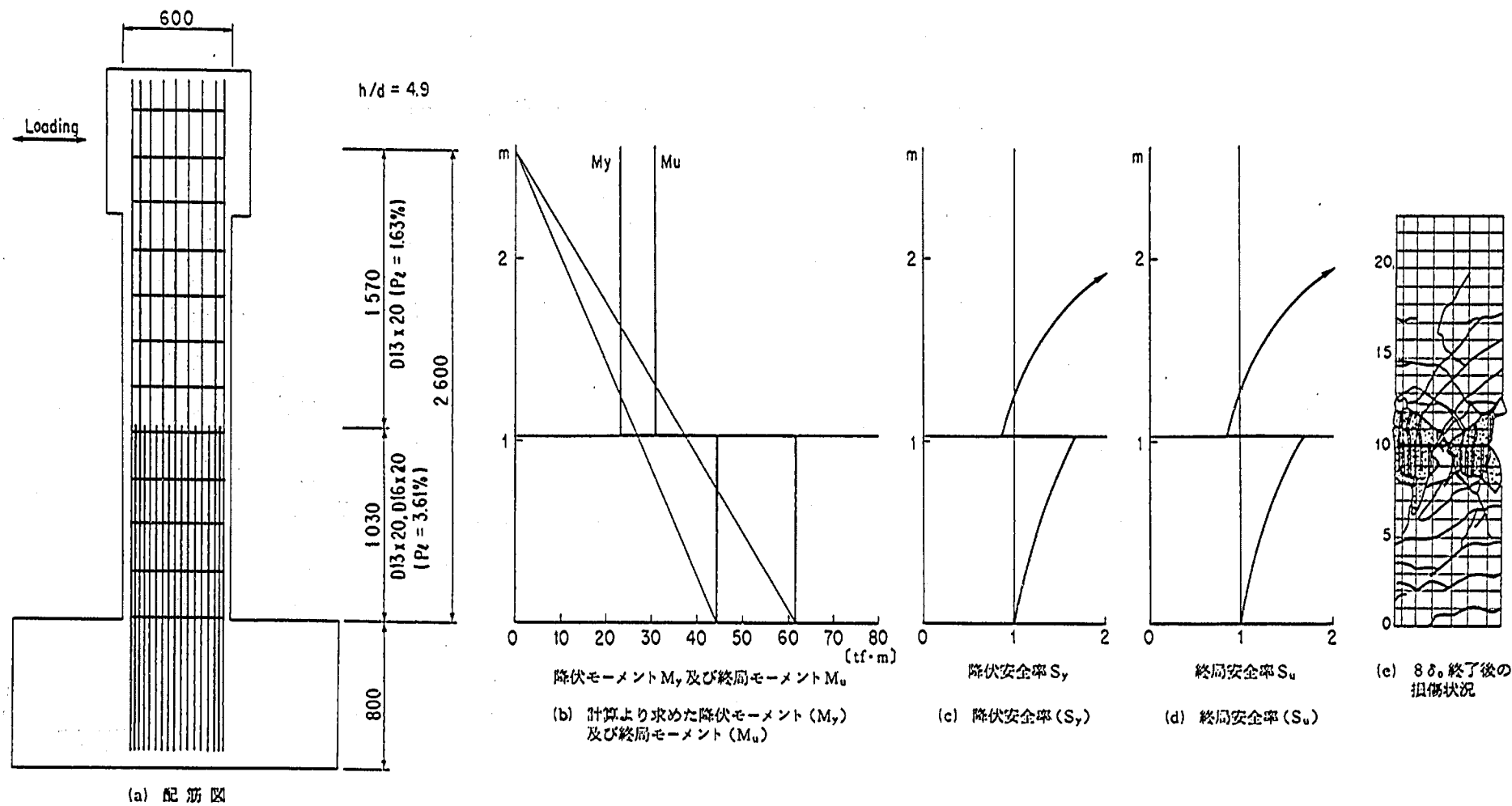
付図Ⅲ-1 供試体 R-1 の配筋, 安全率, 載荷後の損傷状況



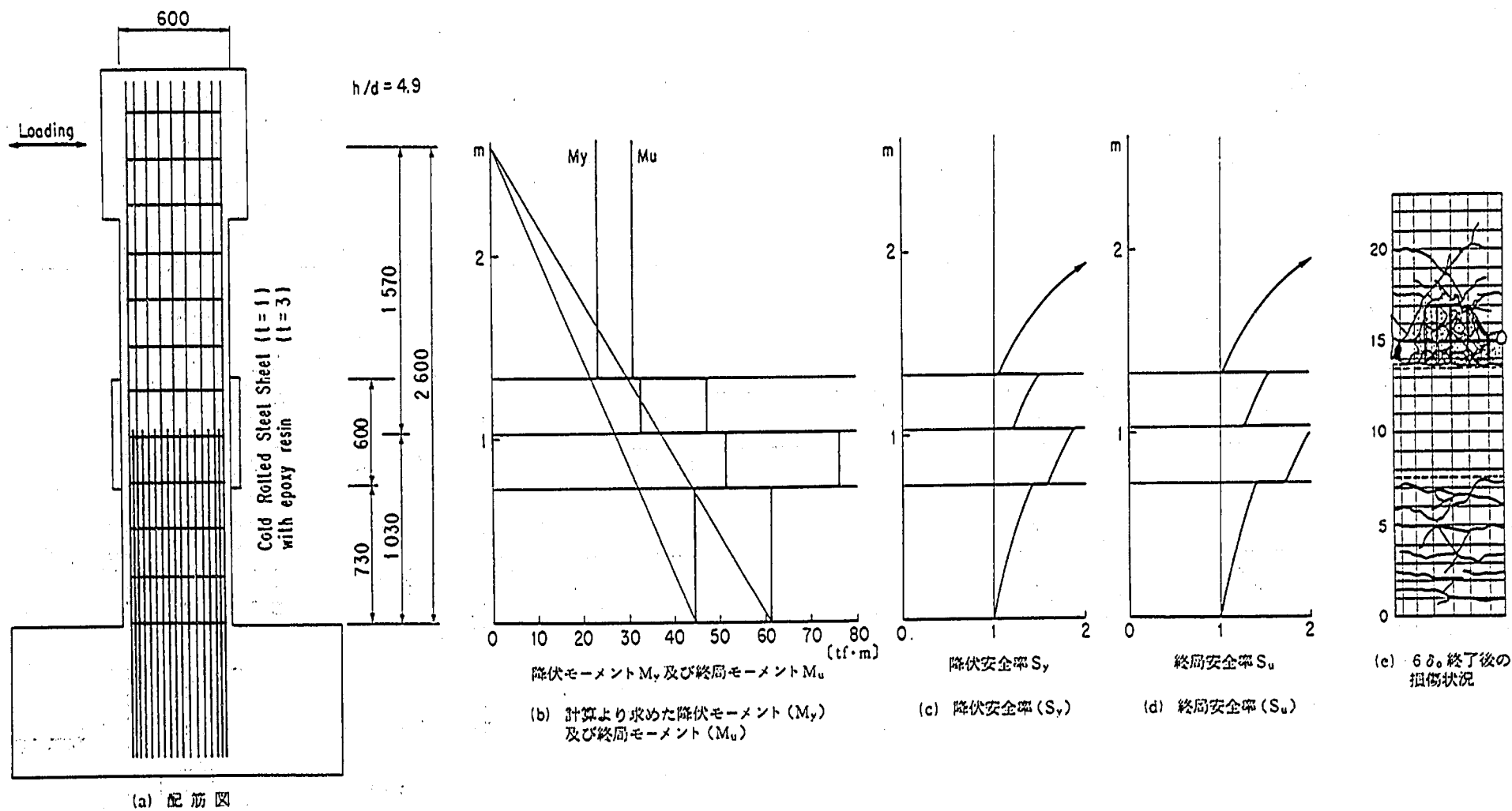
付図Ⅲ-2 供試体 R-2 の配筋、安全率、載荷後の損傷状況



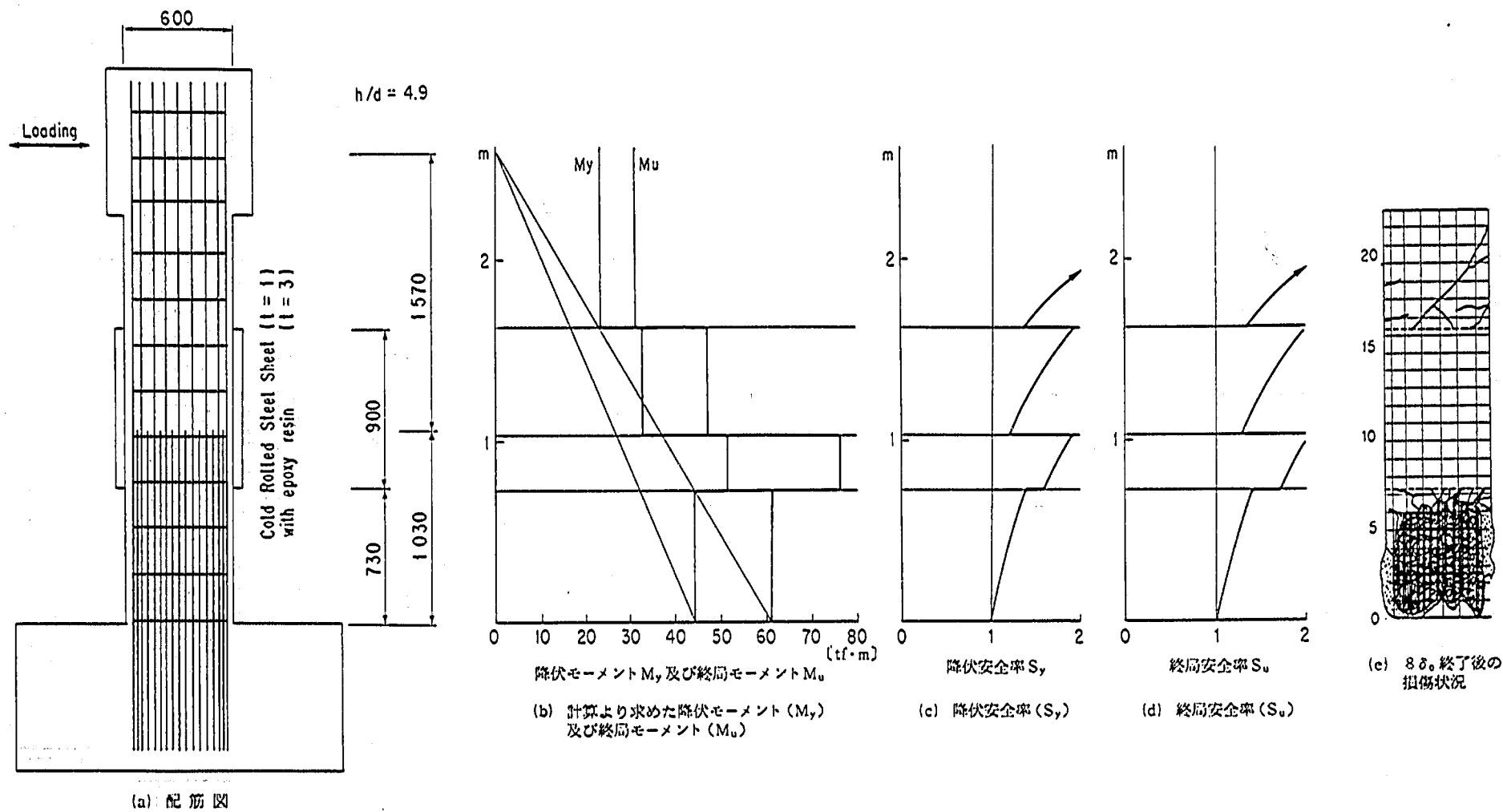
付図Ⅲ－3 供試体 R－3 の配筋、安全率、載荷後の損傷状況



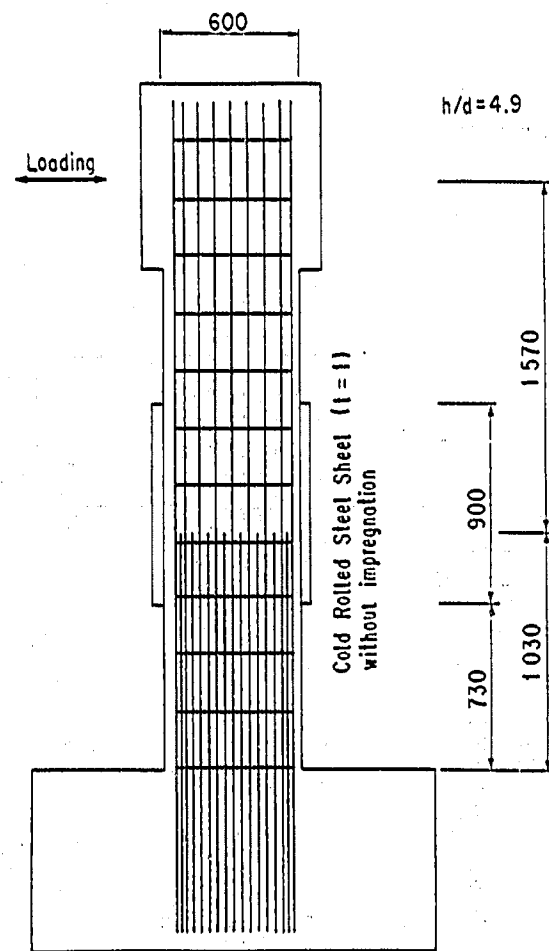
付図Ⅲ-4 供試体 R-4 の配筋、安全率、載荷後の損傷状況



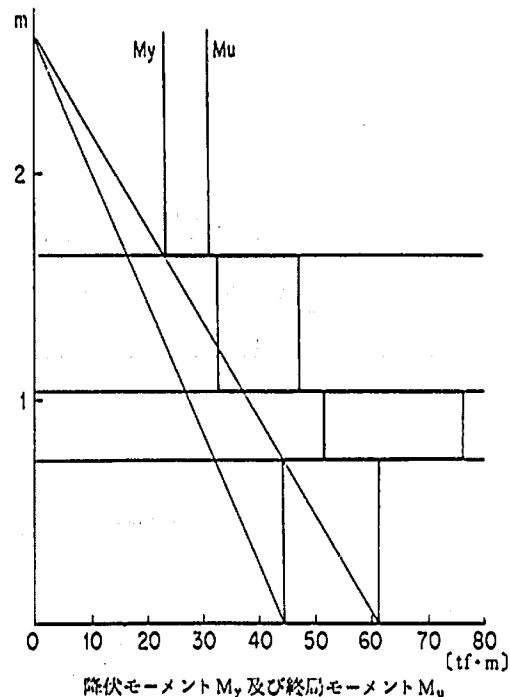
付図Ⅲ-5 供試体 R-5 の配筋、安全率、載荷後の損傷状況



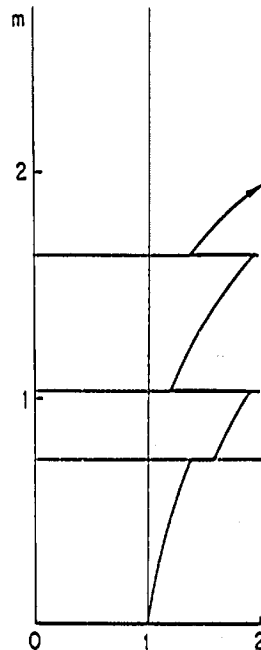
付図Ⅲ-6 供試体 R-6 の配筋、安全率、載荷後の損傷状況



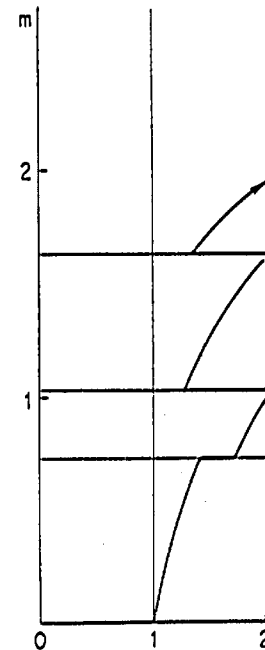
(a) 配筋図



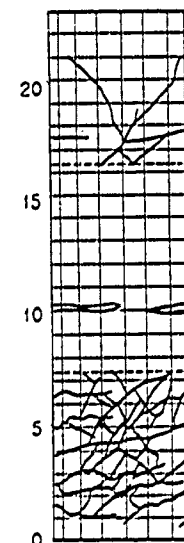
(b) 計算より求めた降伏モーメント (M_y)
及び終局モーメント (M_u)



(c) 降伏安全率 (S_y)

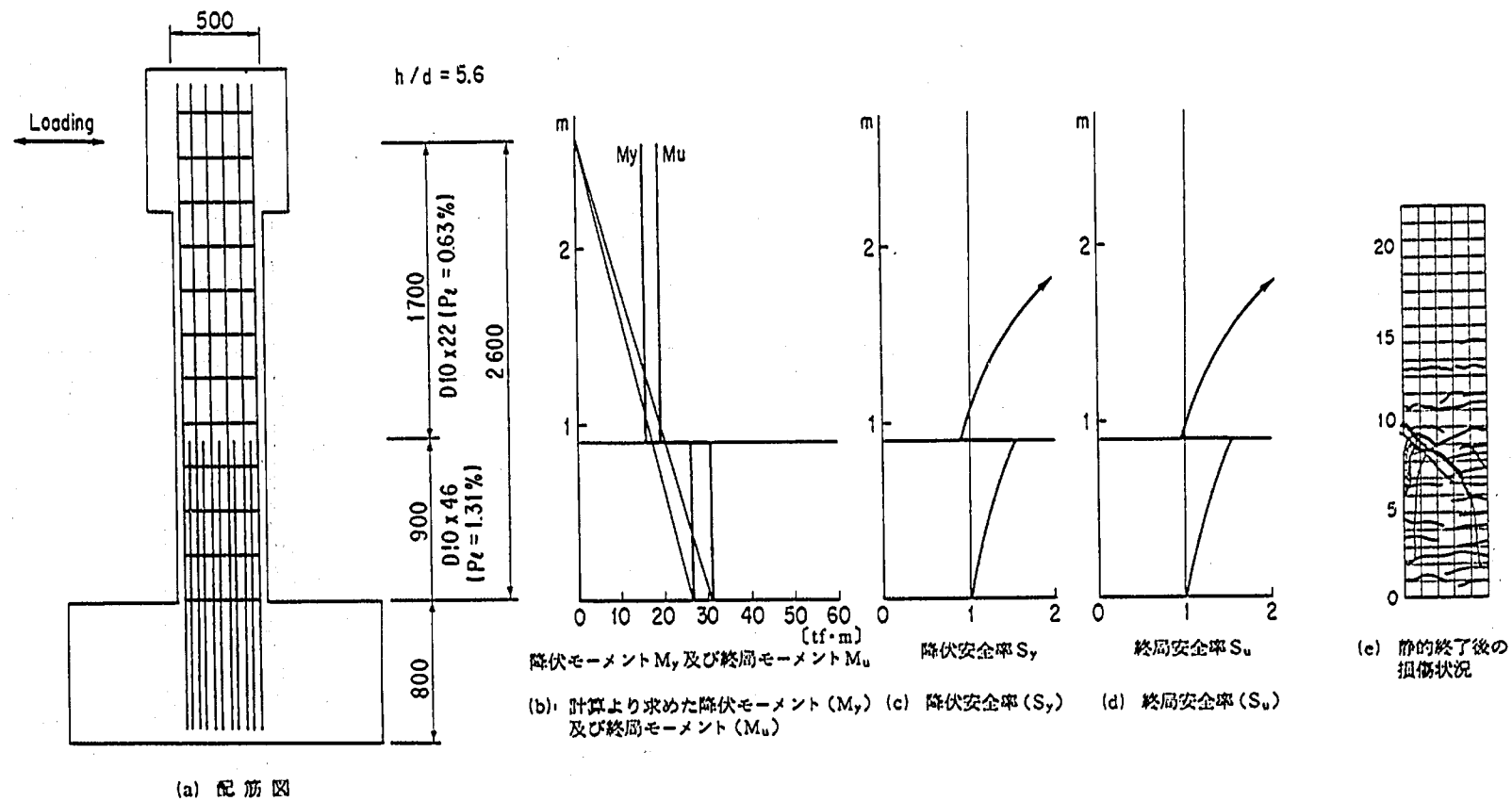


(d) 終局安全率 (S_u)

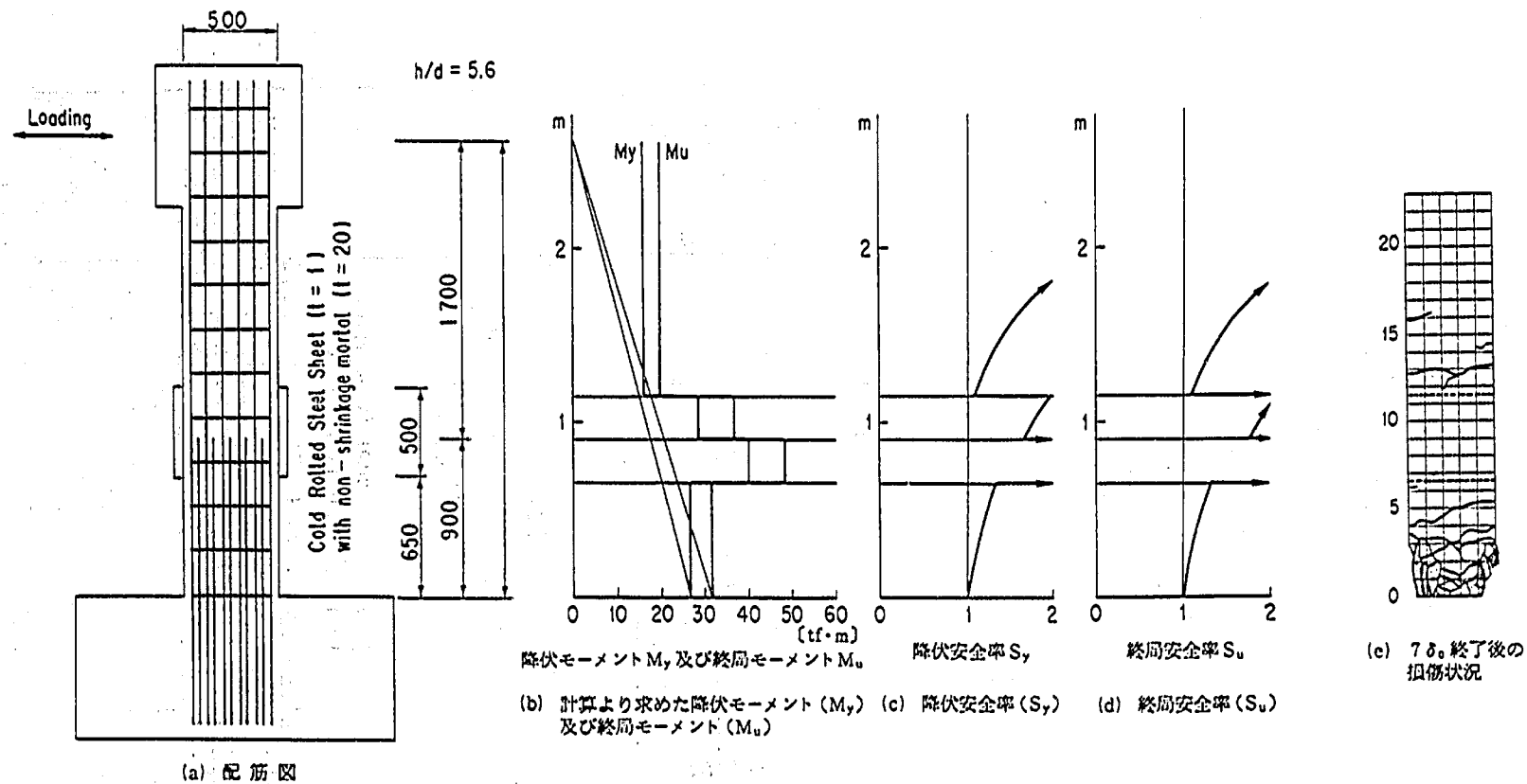


(e) 8日終了後の
損傷状況

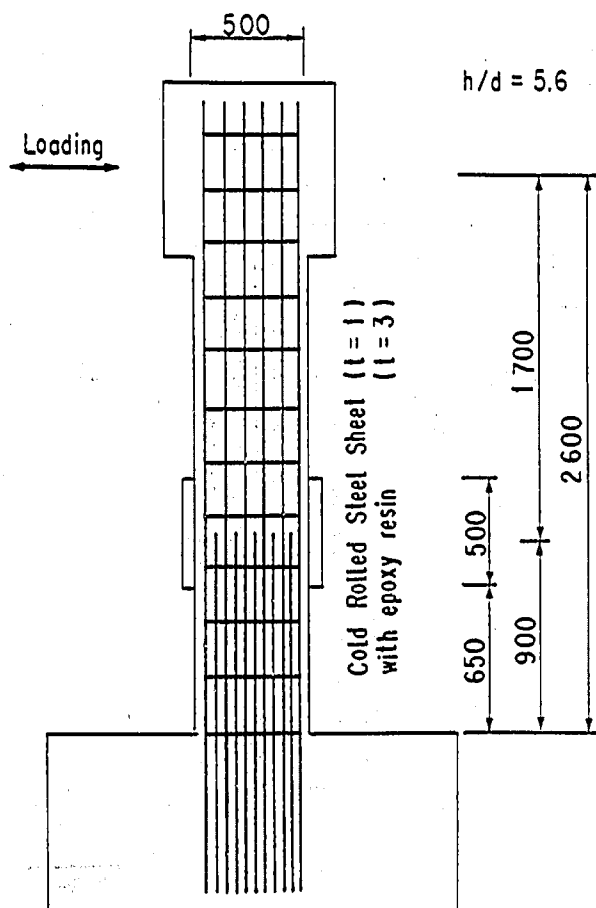
付図Ⅲ-7 供試体 R-7 の配筋、安全率、載荷後の損傷状況



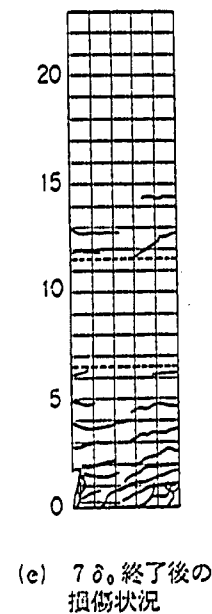
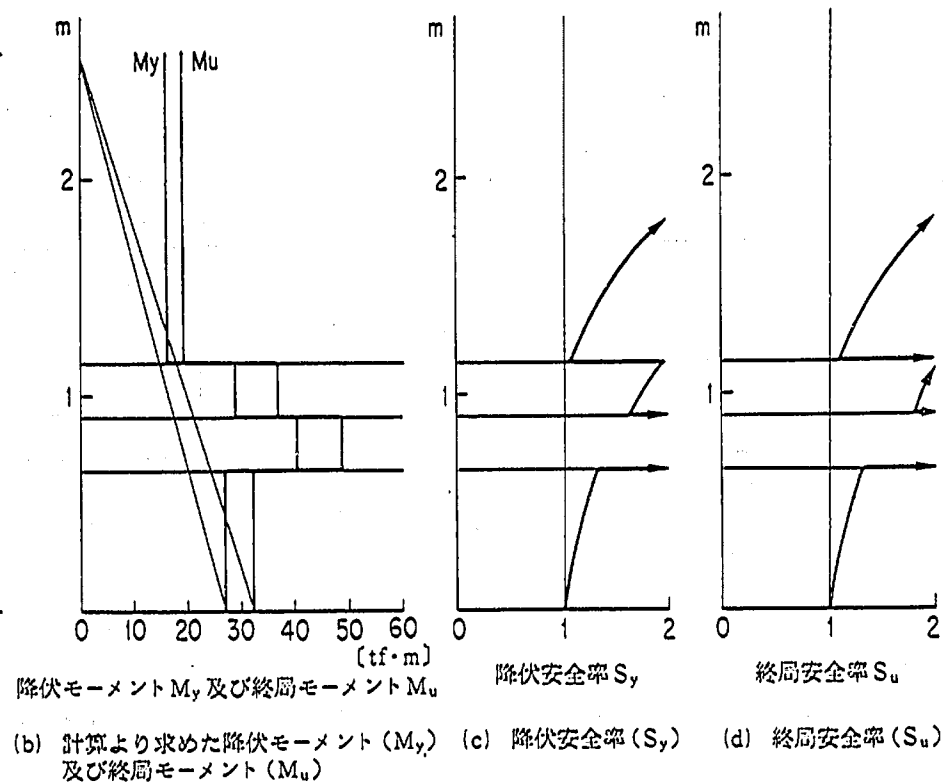
付図Ⅲ－8 供試体 R－8 の配筋、安全率、載荷後の損傷状況



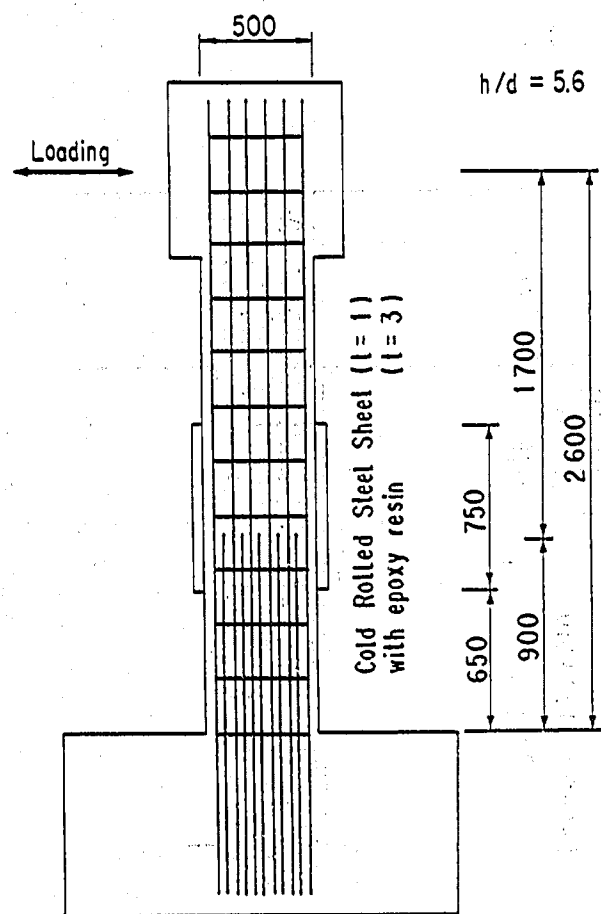
付図Ⅲ-9 供試体 R-9 の配筋、安全率、載荷後の損傷状況



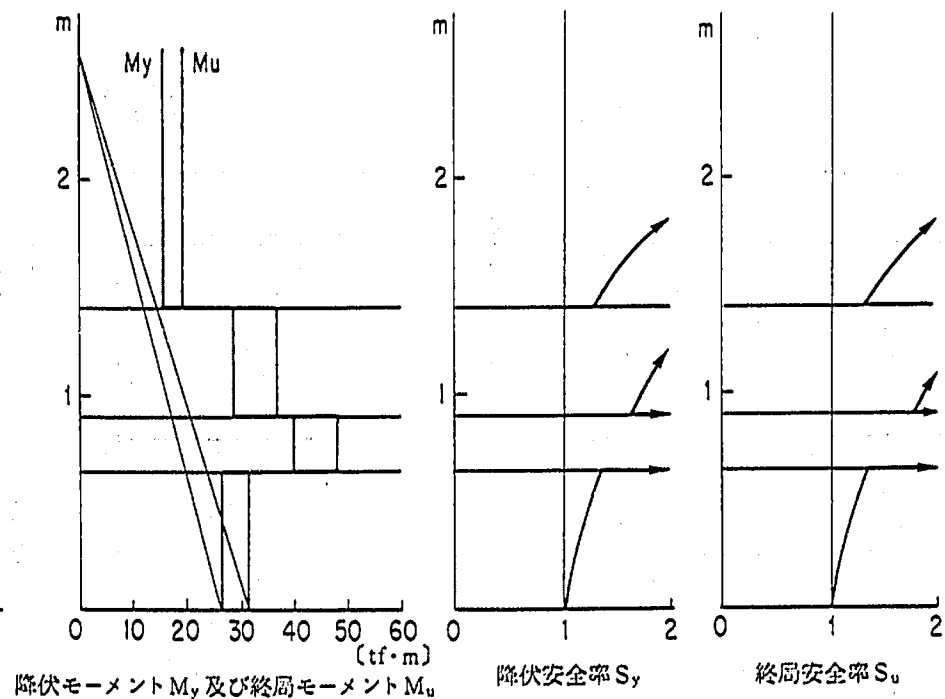
(a) 配筋図



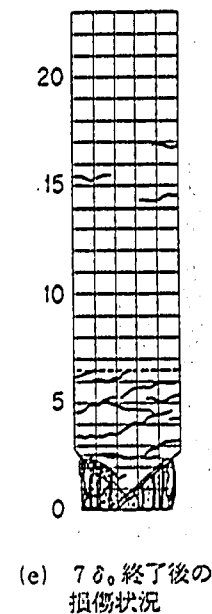
付図Ⅲ-10 供試体 R-11 の配筋, 安全率, 載荷後の損傷状況



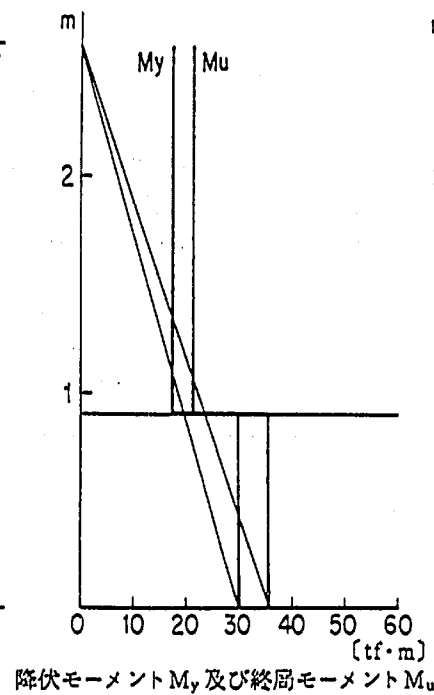
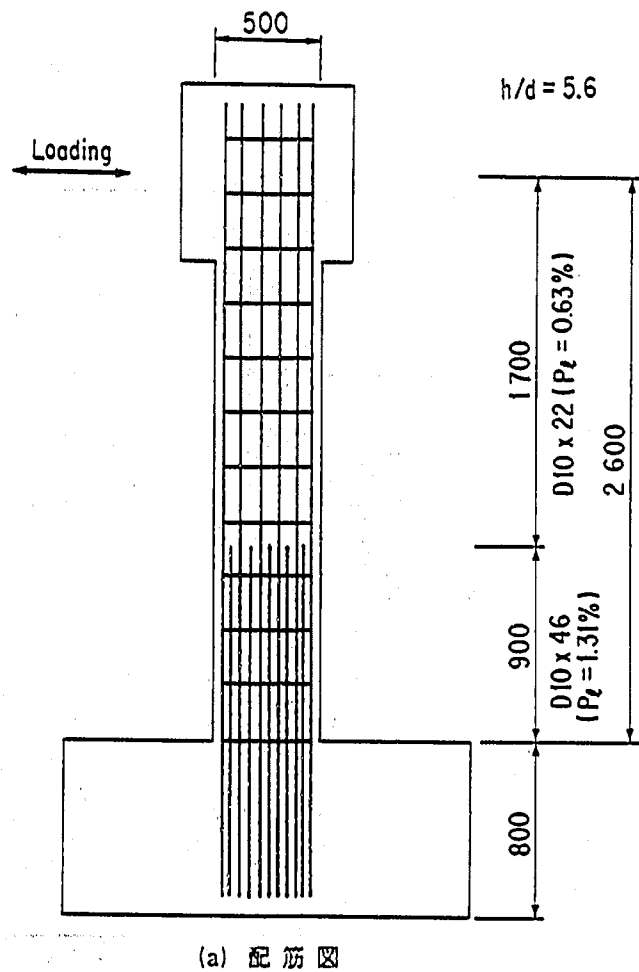
(a) 配筋図



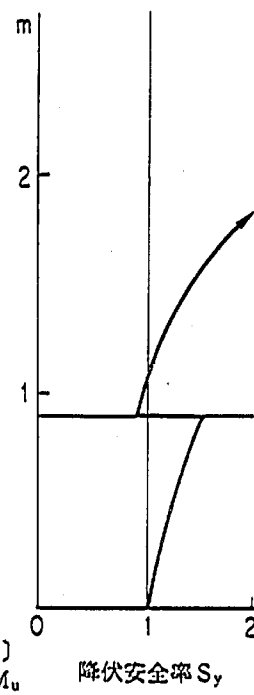
(b) 計算より求めた降伏モーメント (M_y) 及び終局モーメント (M_u) (c) 降伏安全率 (S_y) (d) 終局安全率 (S_u)



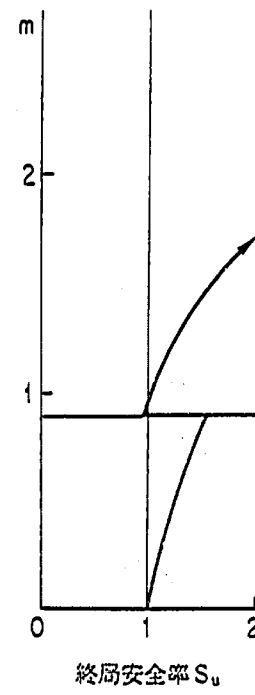
付図Ⅲ-11 供試体 R-11 の配筋、安全率、載荷後の損傷状況



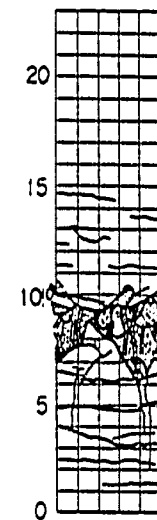
(b) 計算より求めた降伏モーメント (M_y) 及び終局モーメント (M_u)



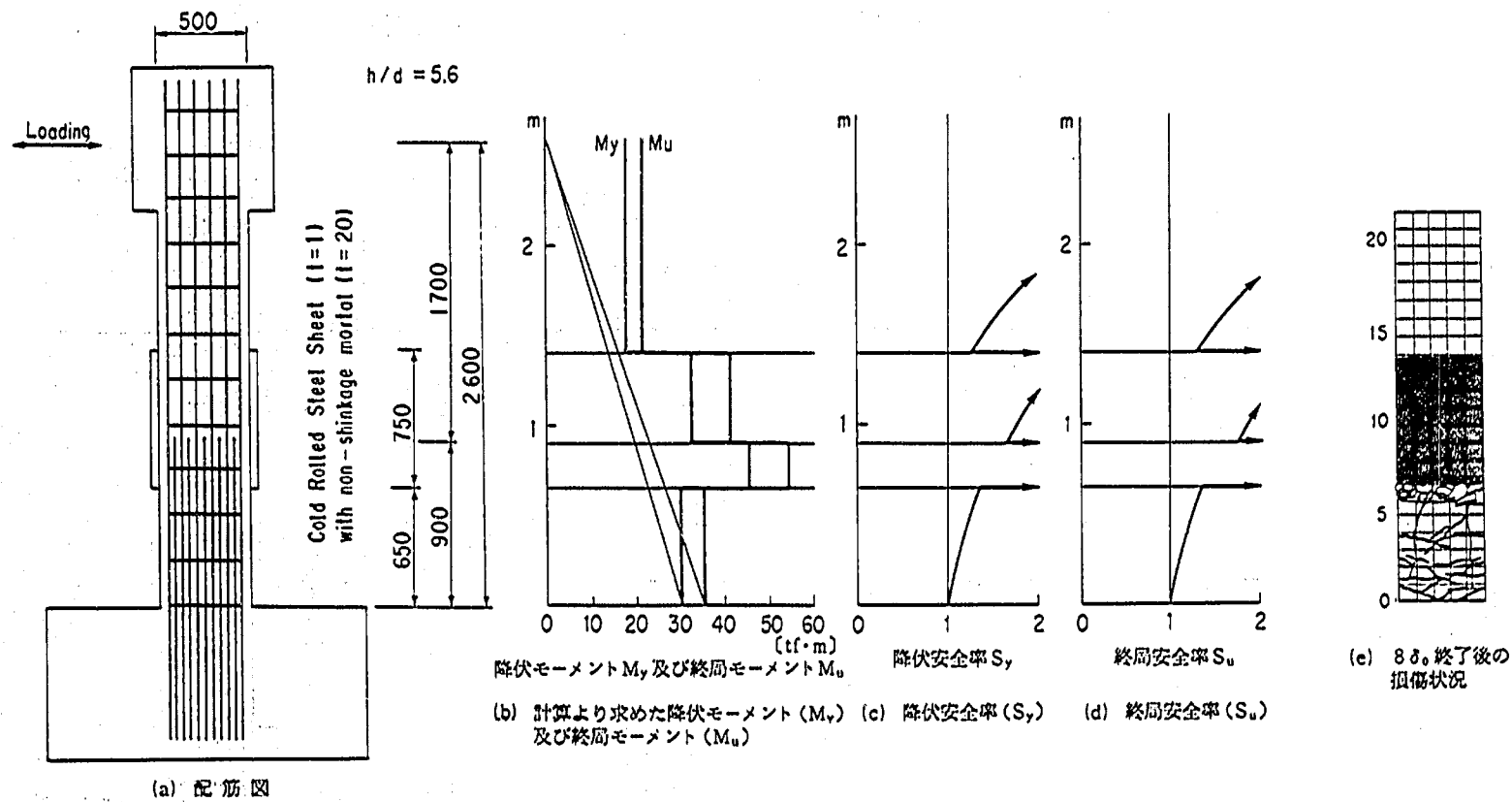
(c) 降伏安全率 (S_y)



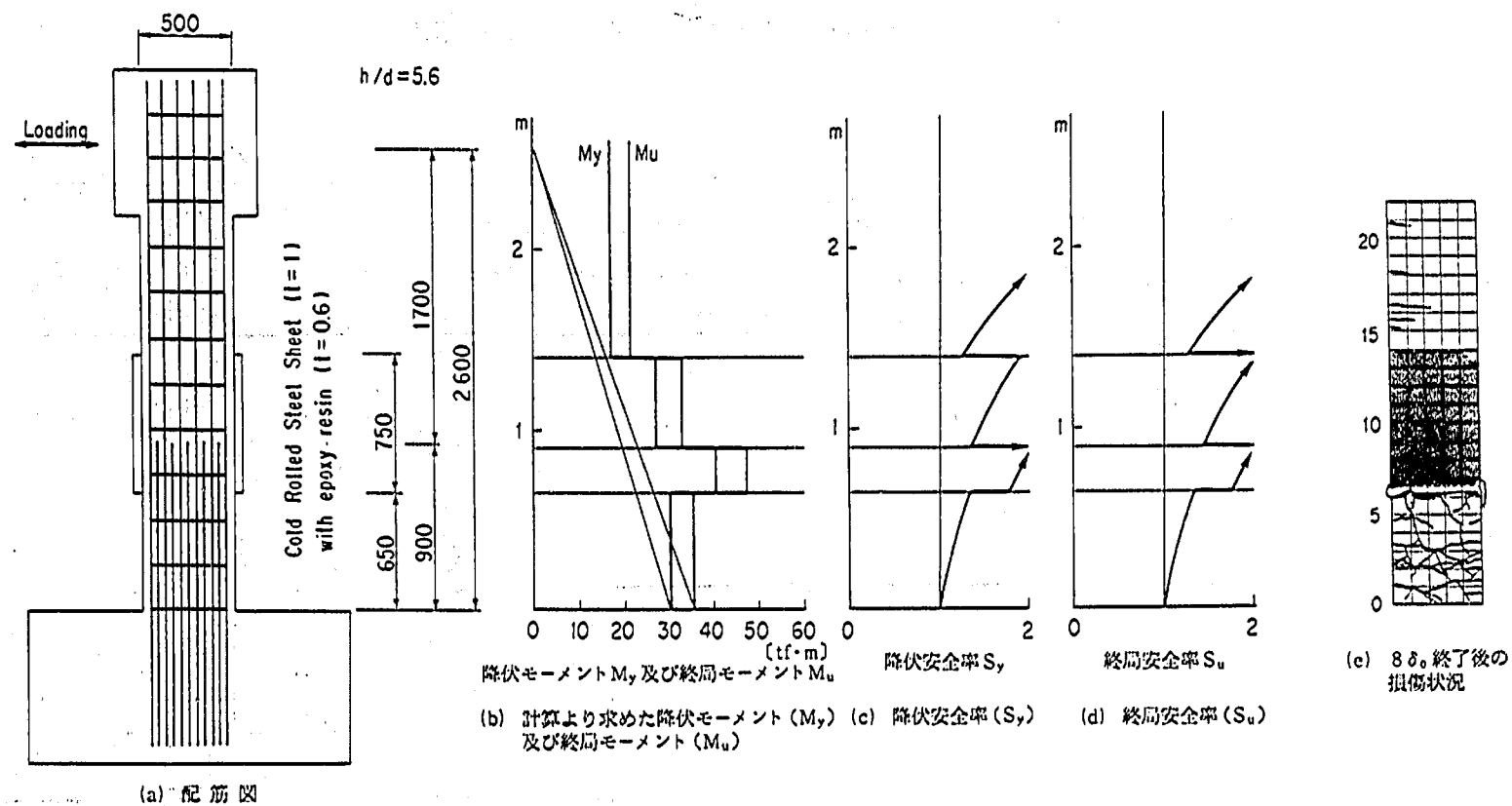
(d) 終局安全率 (S_u)



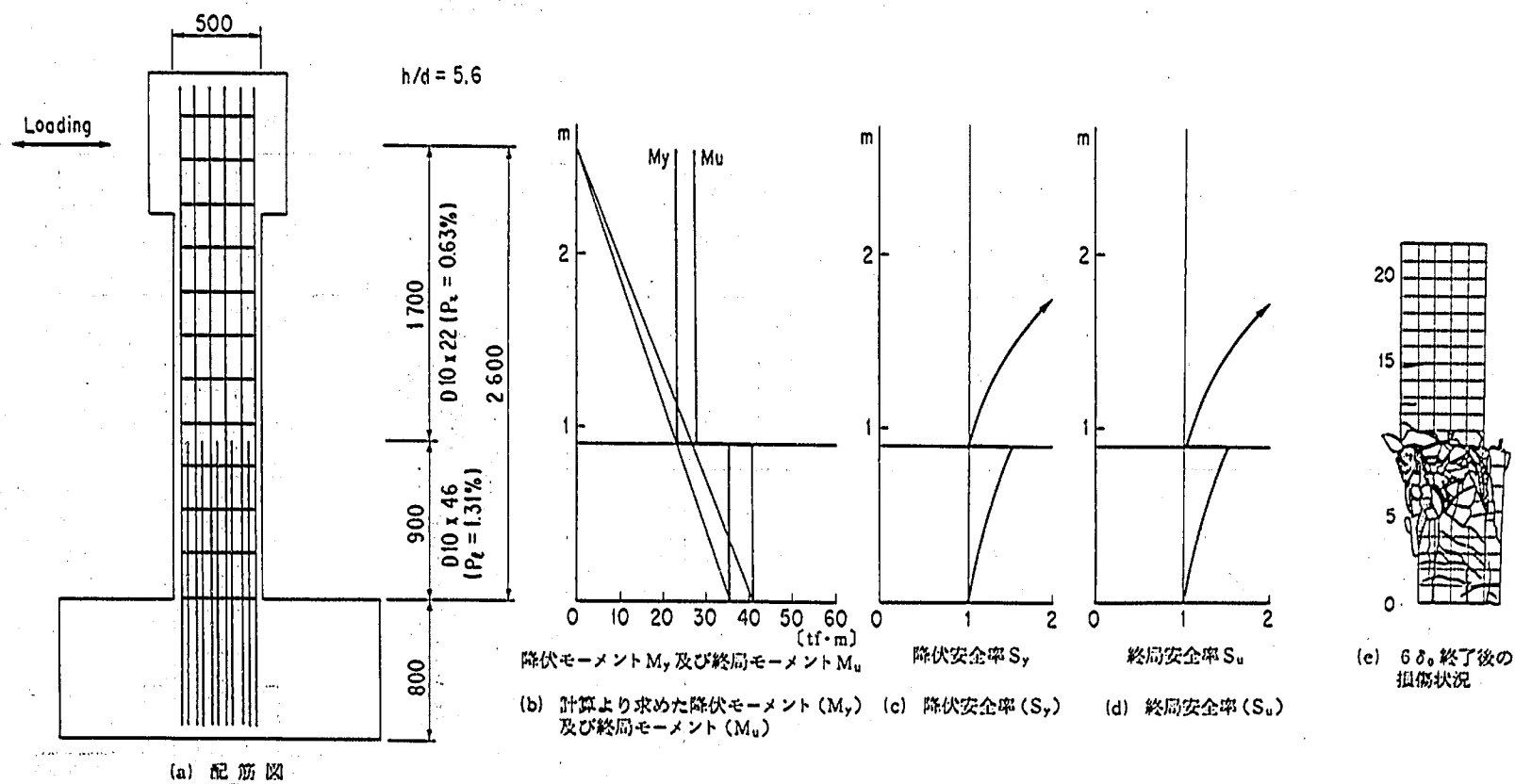
付図Ⅲ-12 供試体 R-12 の配筋、安全率、載荷後の損傷状況



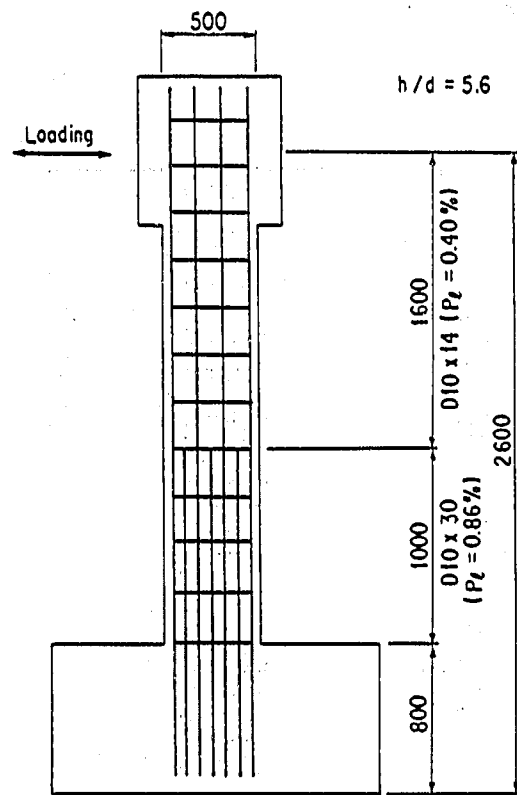
付図Ⅲ-13 供試体 R-13 の配筋、安全率、載荷後の損傷状況



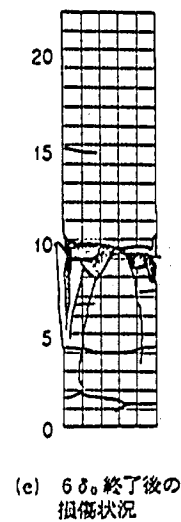
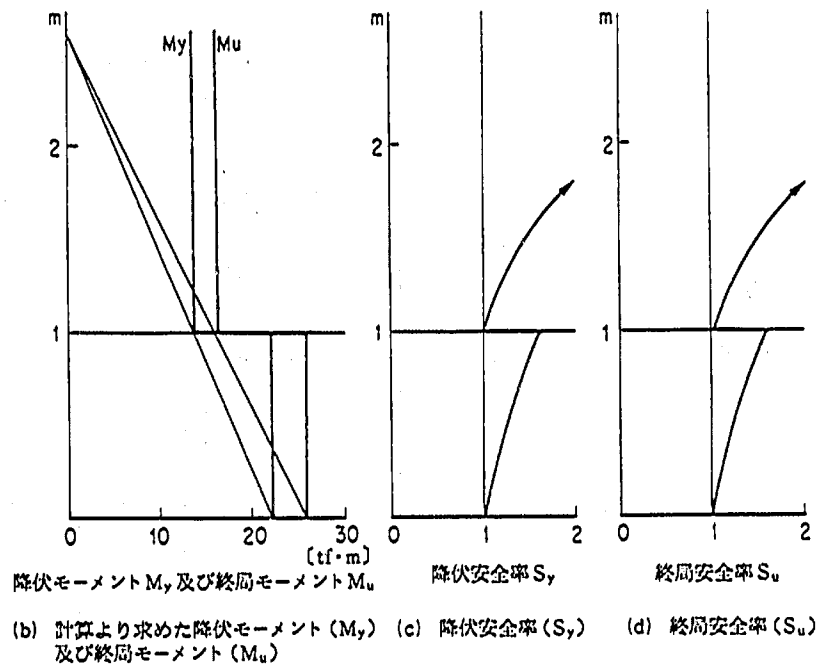
付図Ⅲ-14 供試体 R-14 の配筋、安全率、載荷後の損傷状況



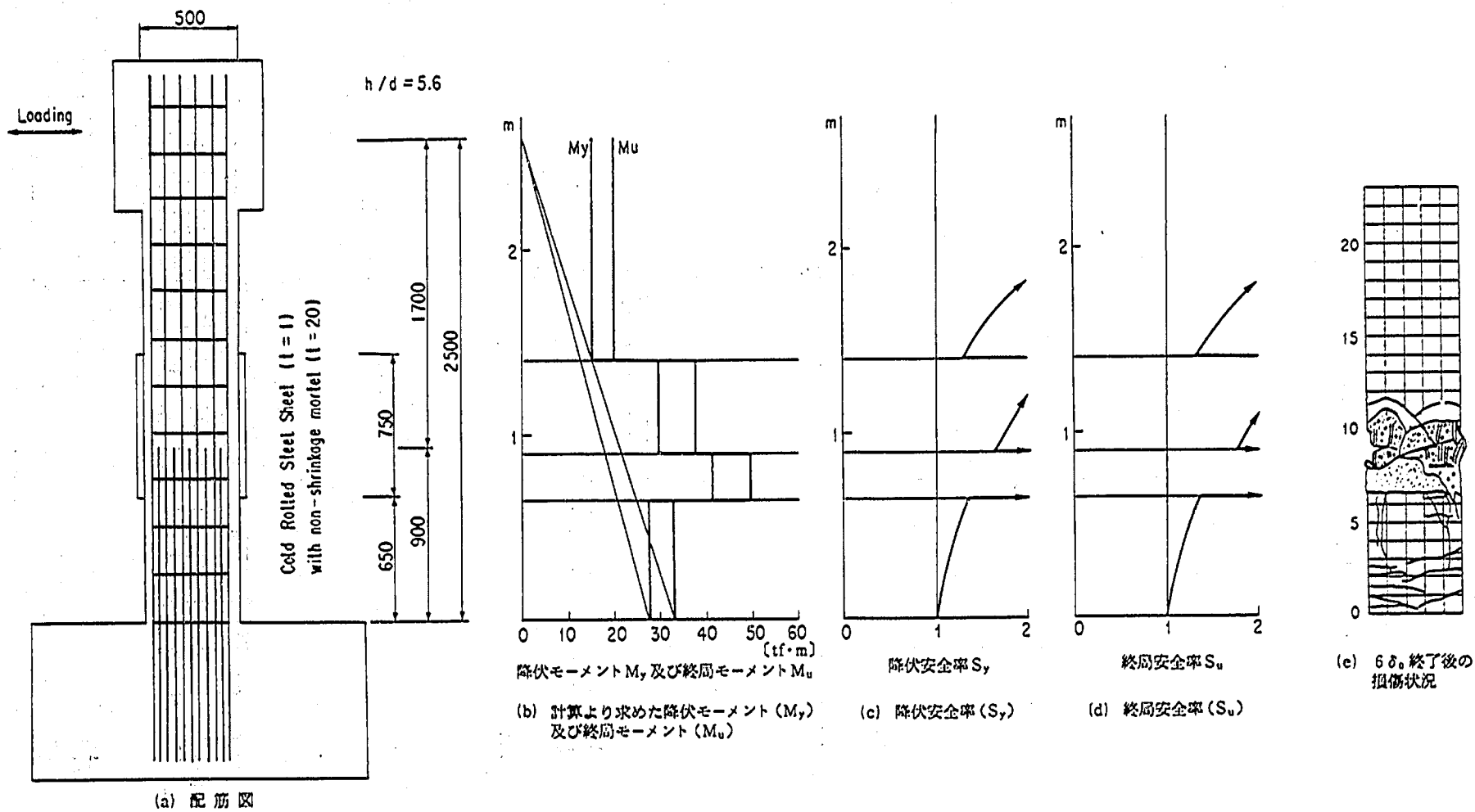
付図Ⅲ-15 供試体 R-15 の配筋、安全率、載荷後の損傷状況



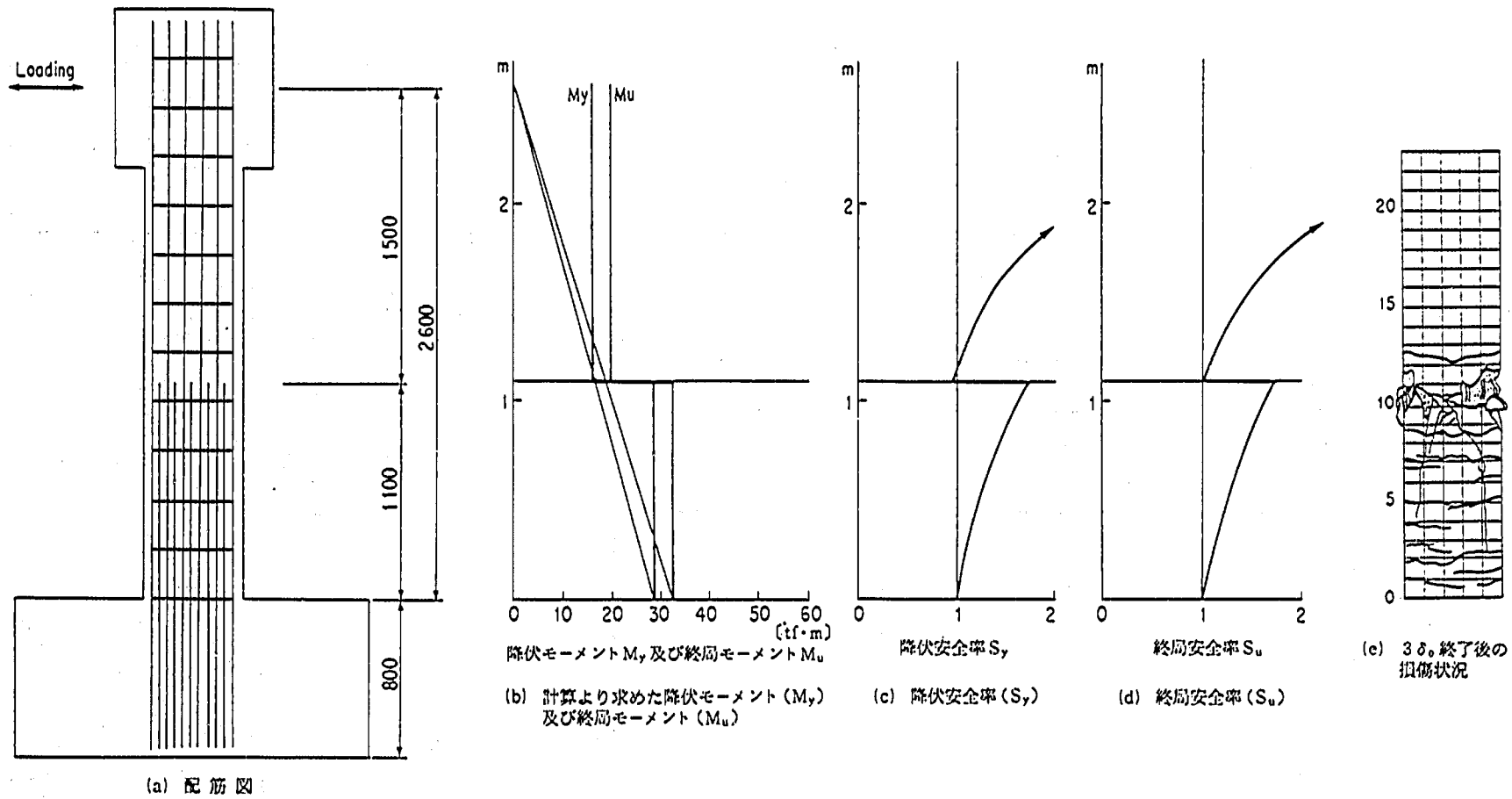
(a) 配筋図



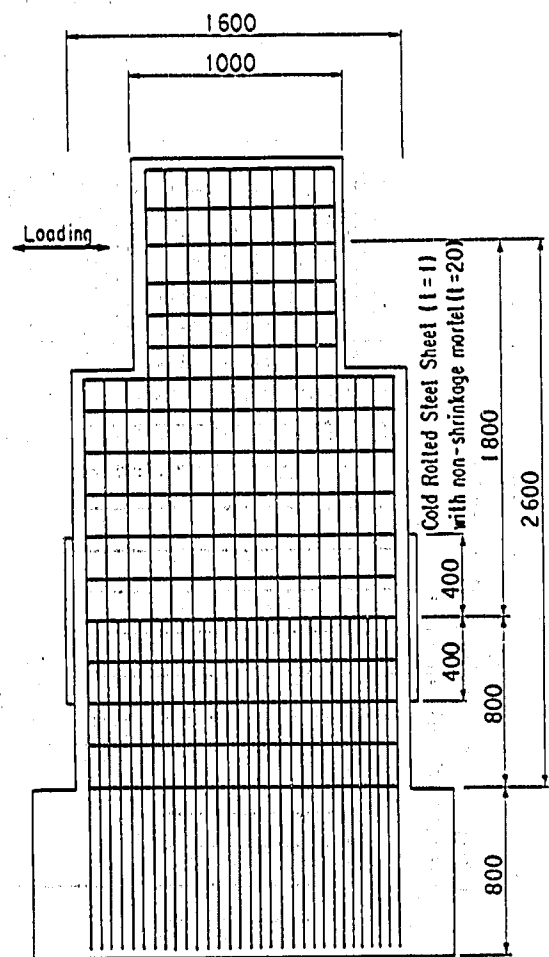
付図Ⅲ-16 供試体 R-16 の配筋、安全率、載荷後の損傷状況



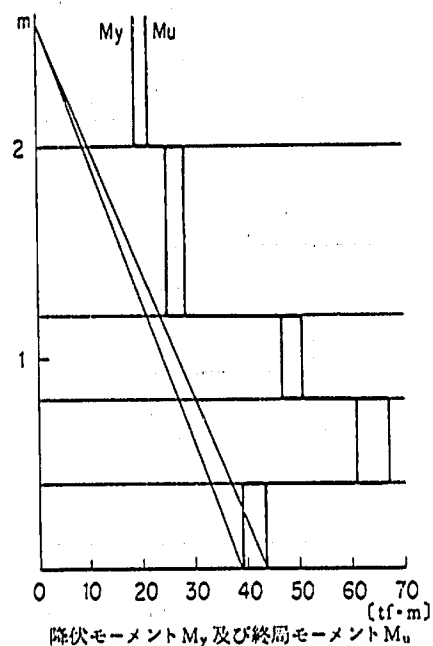
付図Ⅲ-17 供試体 R-17 の配筋、安全率、載荷後の損傷状況



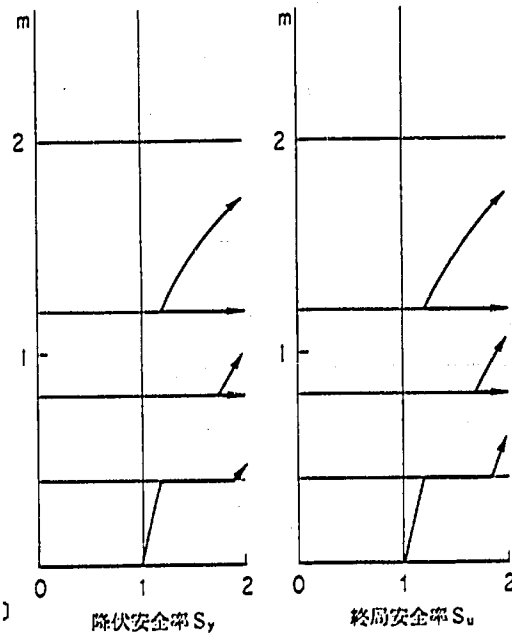
付図Ⅲ-18 供試体 R-18 の配筋, 安全率, 載荷後の損傷状況



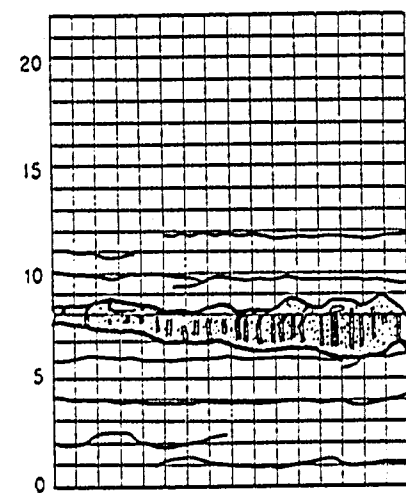
(a) 配筋図



(b) 計算より求めた降伏モーメント (M_y) 及び終局モーメント (M_u)

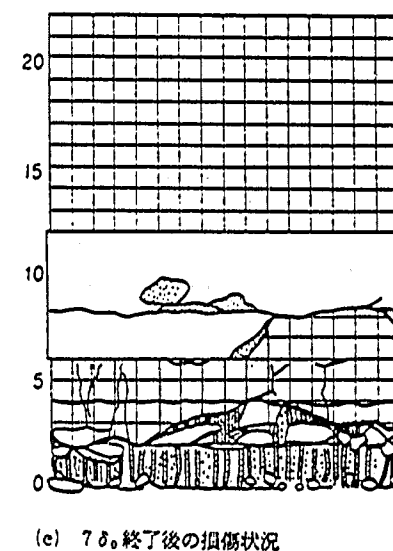
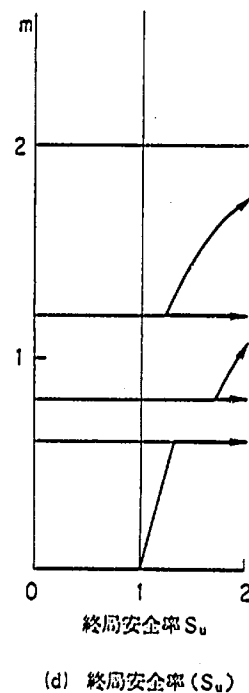
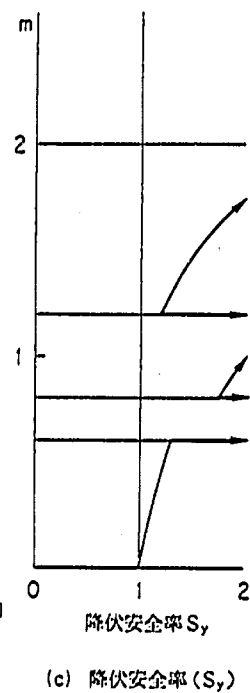
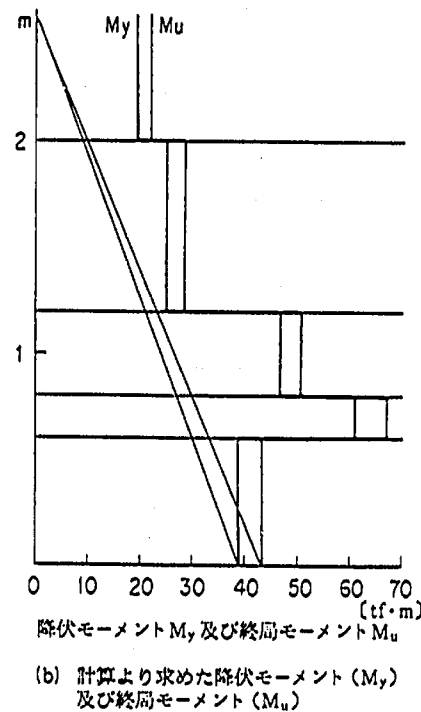
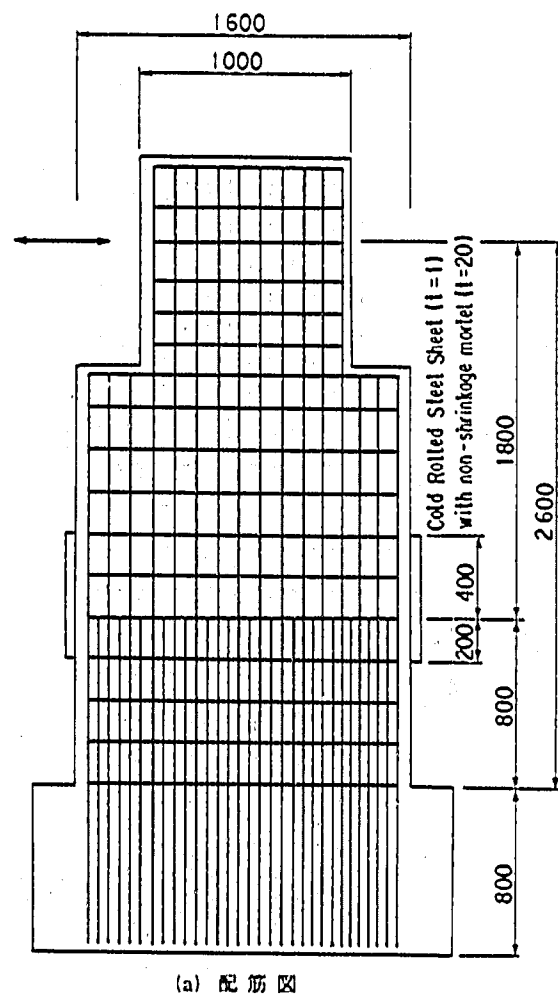


(c) 降伏安全率 (S_y) (d) 終局安全率 (S_u)

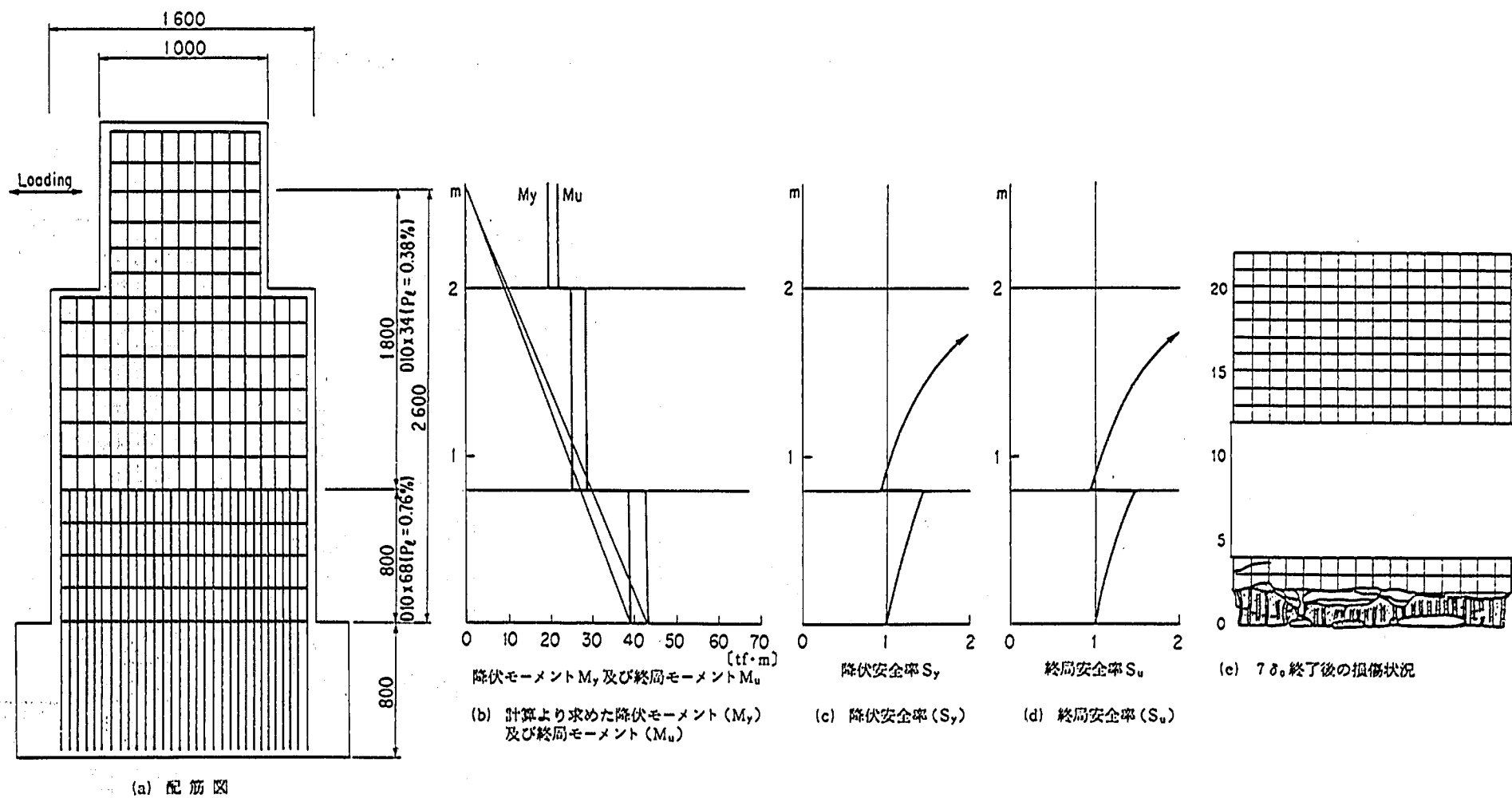


(e) 7 δ。終了後の損傷状況

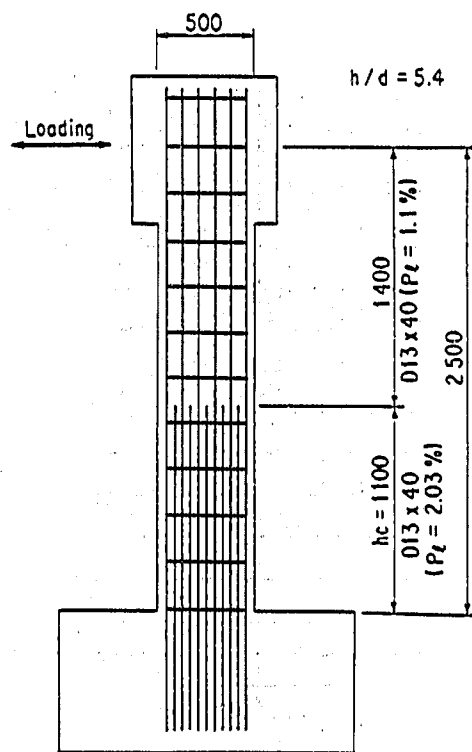
付図Ⅲ-19 供試体 R-19 の配筋、安全率、載荷後の損傷状況



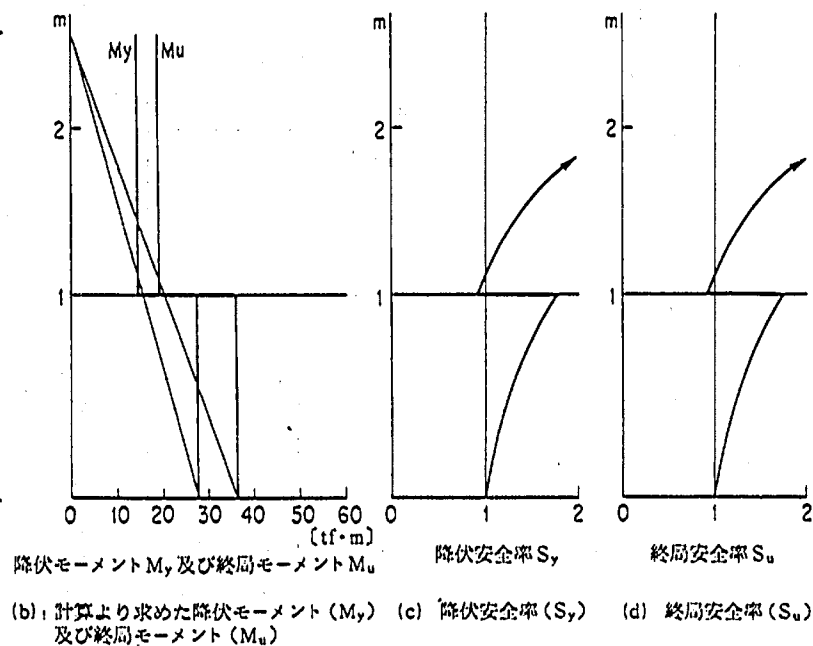
付図Ⅲ-20 供試体 R-20 の配筋, 安全率, 載荷後の損傷状況



付図Ⅲ-21 供試体 R-21 の配筋、安全率、載荷後の損傷状況



(a) 配筋図

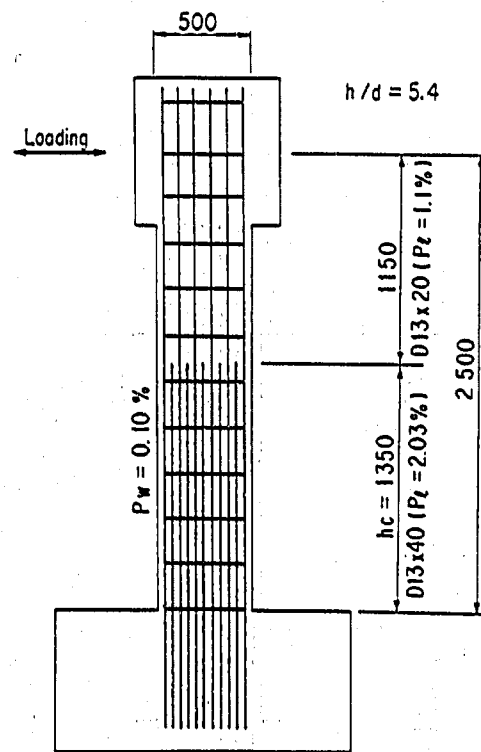


(b) 計算より求めた降伏モーメント (M_y) 及び終局モーメント (M_u) (c) 降伏安全率 (S_y) (d) 終局安全率 (S_u)

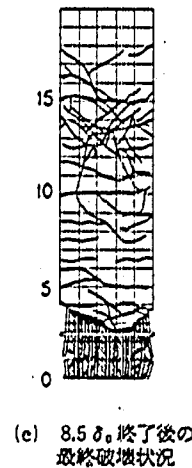
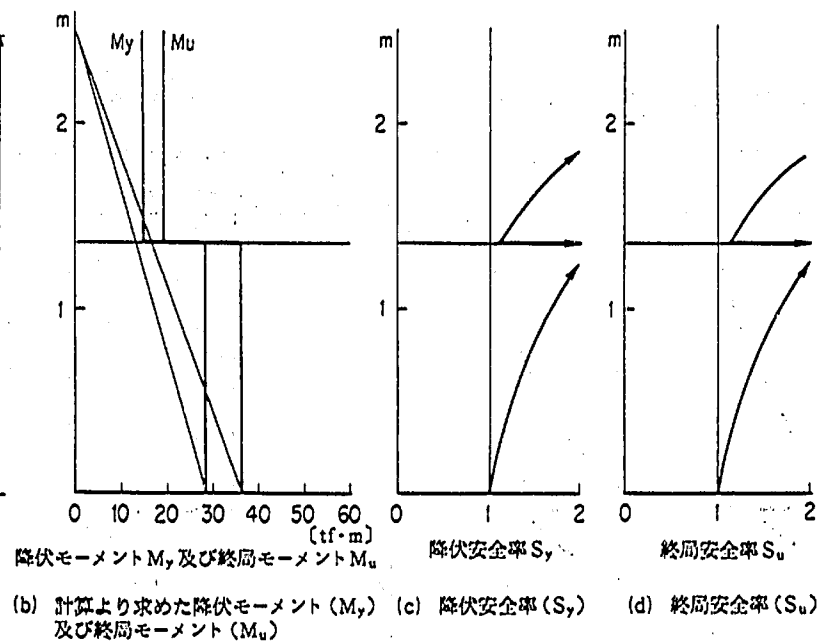


(e) 6.5日終了後の損傷状況

付図Ⅲ-22 供試体P-14の配筋、安全率、載荷後の損傷状況

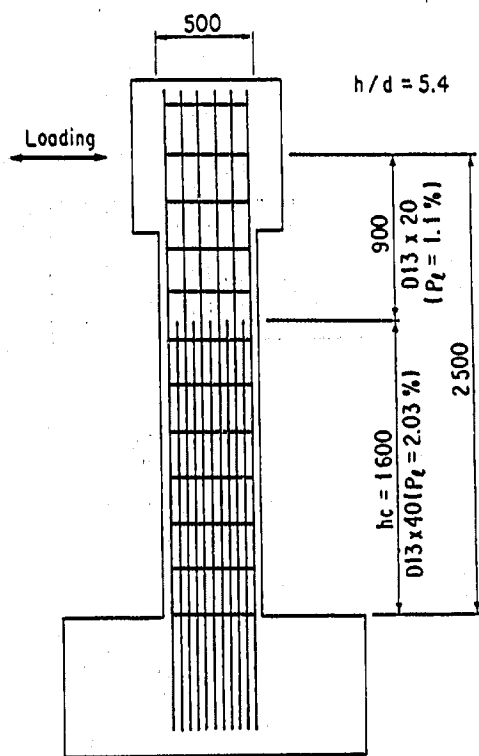


(a) 配筋図

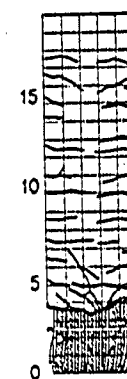
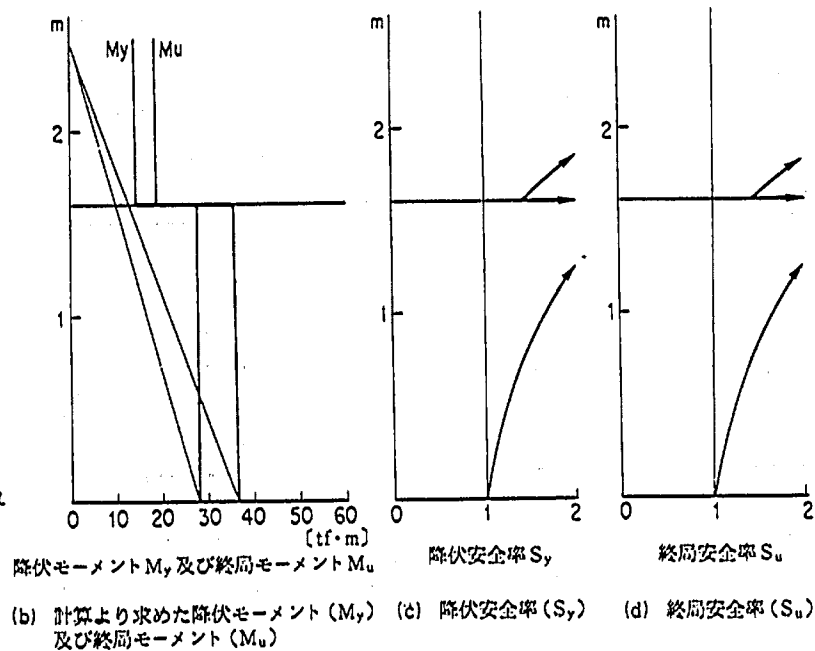


(e) 8.5 δ 終了後の最終破壊状況

付図Ⅲ-23 供試体 P-15 の配筋、安全率、載荷後の損傷状況



(a) 配筋図



(e) 8δ。終了後の損傷状況

付図Ⅲ-24 供試体P-16の配筋、安全率、載荷後の損傷状況

鉄筋コンクリート橋脚段落し部の耐震性判定法及び耐震補強法

ISSN 0386-5878
土木研究所資料第2921号
平成3年12月(1991)

川島一彦, 運上茂樹, 吉田武史
加納尚史, 吾田洋一, 飯田寛之

要 旨

昭和53年宮城県沖地震, 昭和57年浦河沖地震においては, 鉄筋コンクリート橋脚の主鉄筋段落し部に顕著な被害が認められた。主鉄筋段落し部は, 主鉄筋の定着長が十分確保されていない場合には曲げ破壊に伴う断面のせん断抵抗の減少により, 脆性的なせん断破壊を引き起こすことが知られており, 落橋等の致命的な被害に至る危険性がある。本研究は, このような観点から鉄筋コンクリート橋脚の主鉄筋段落し部に対する耐震性判定法及び耐力が相対的に低い橋脚に対する鋼板巻立て工法による補強方法を開発することを目的として実施されたものであり, 昭和61年度からこれまで合計21体の模型橋脚に対する動的載荷実験を行ってきた。本報告は, 以上の実験結果をとりまとめるとともに, 鉄筋コンクリート橋脚主鉄筋段落し部の耐震性判定法及び補強法について検討した結果をまとめたものである。

キーワード: 鉄筋コンクリート橋脚, 主鉄筋の段落し, 耐震性判定, 鋼板巻立て, 耐震補強, 動的載荷実験

郵便はがき

四十一円切
下手はって
下さい。

305-□□

茨城県つくば市大字旭一番地
建設省土木研究所
耐震研究室
行

No. 53

No. 53

配布先氏名

配布先住所

○

土木研究所資料第 2921 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印