003
ISSN 0386-5878
土木研究所資料第3426号

土 木 研 究 所 資 料

大型ＲＣはり供試体のせん断強度に関するデータ集

平成８年１月

建設省土木研究所
材料施工部コンクリート研究室

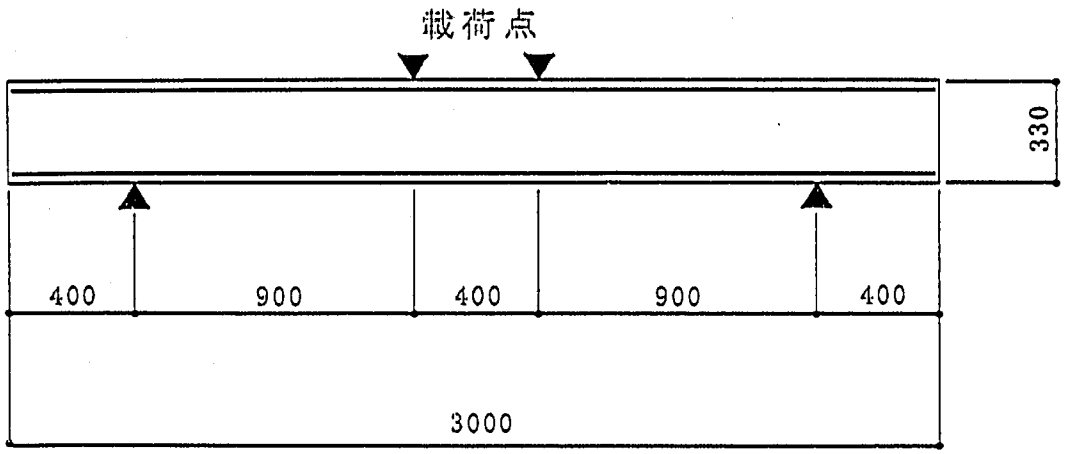
Copyright © (1996) by P. W. R. I.

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。

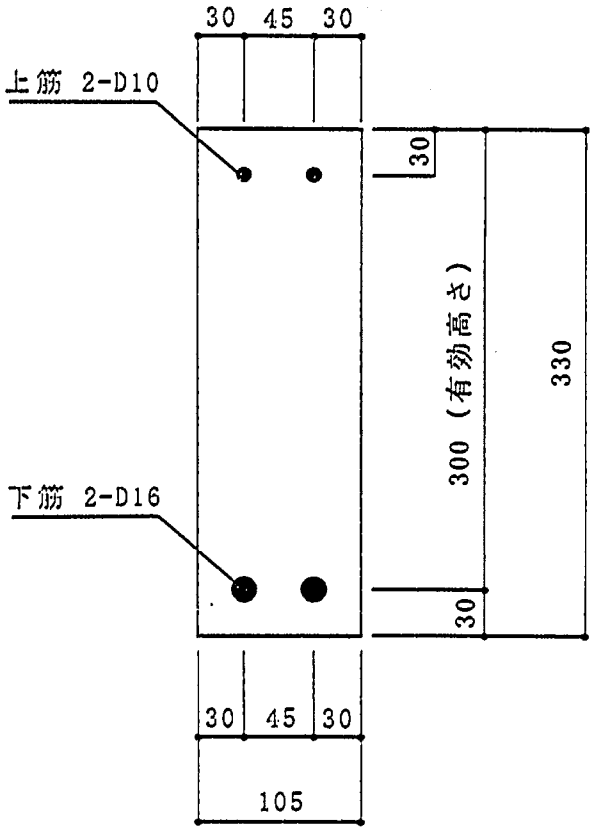
正誤表

図－2.2～2.7の記載されたページが落丁していたので以下に示す。



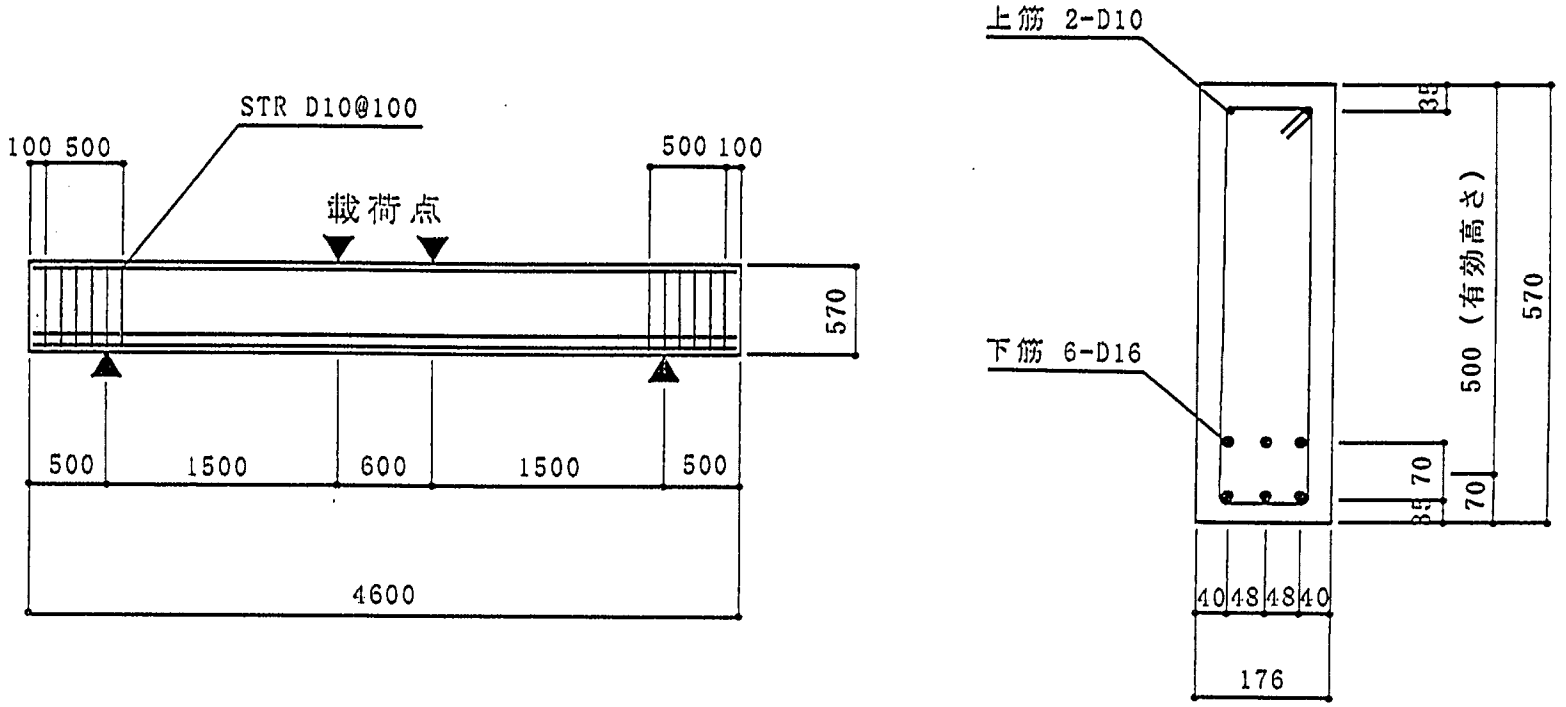
注）端部スターラップは無し

1/25

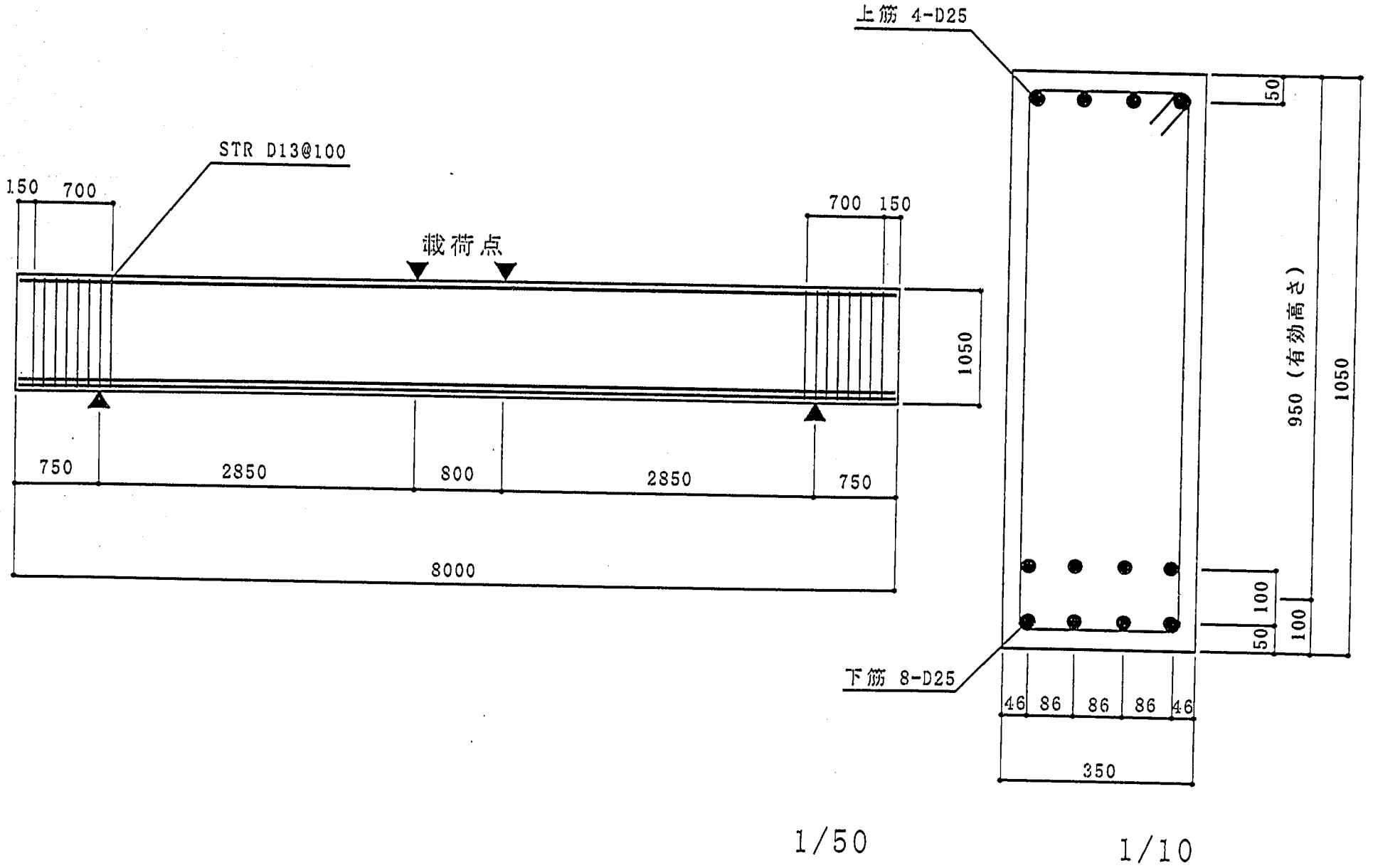


1/5

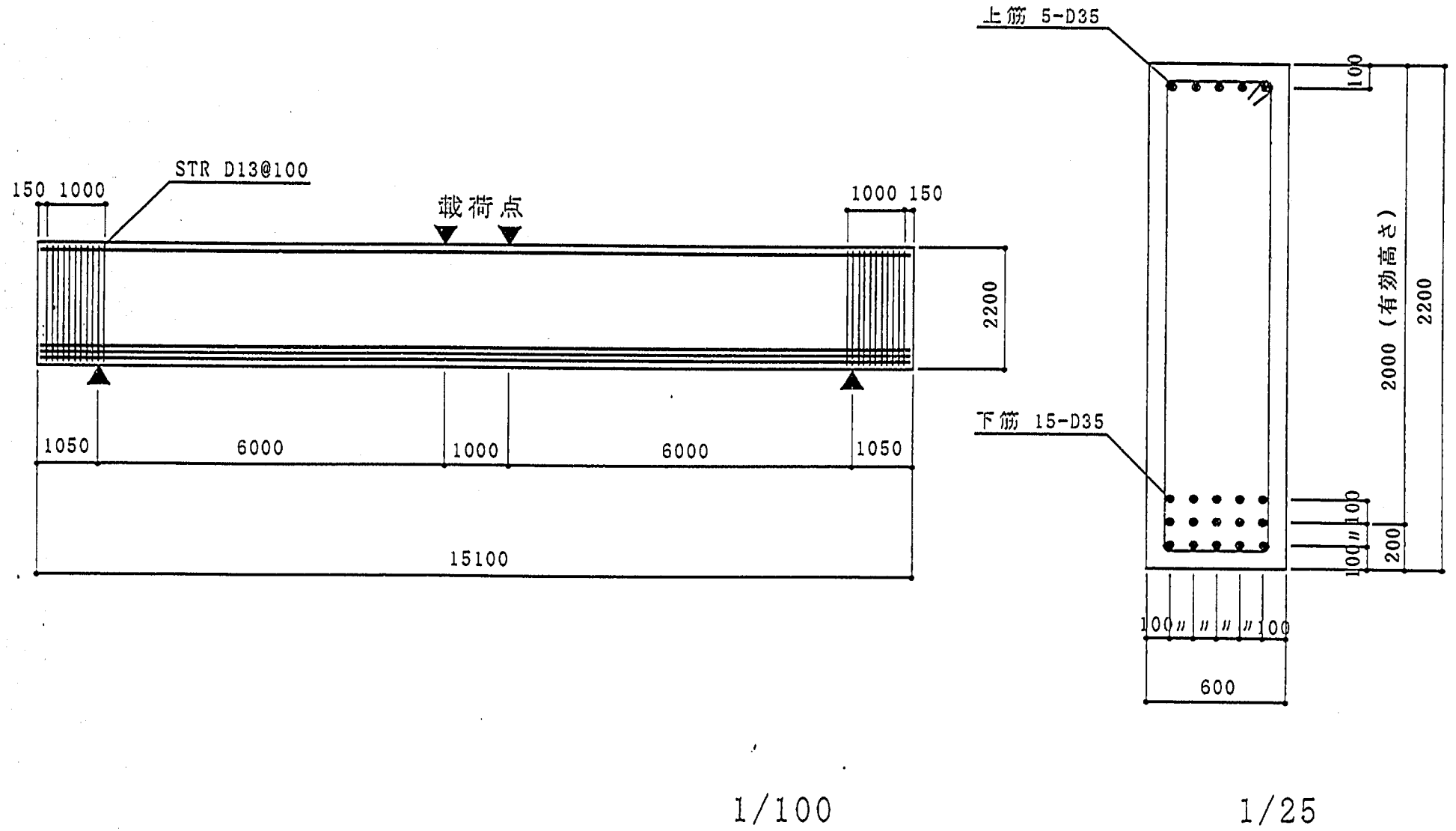
図－2.2　A－1、B－1の形状および寸法



図－2.3　A－2、B－2の形状および寸法



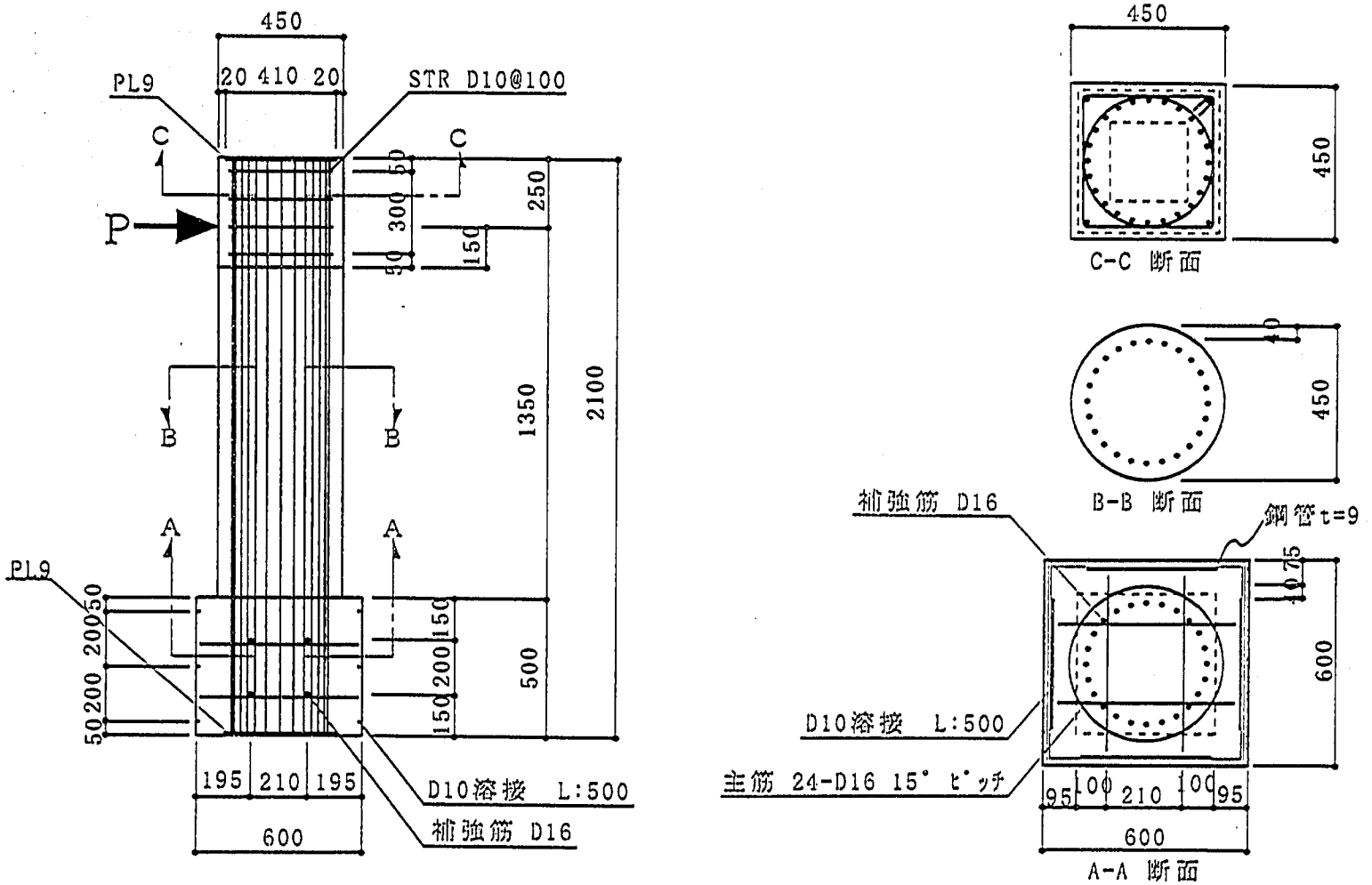
図－2.4　A－3の形状および寸法



1/100　　1/25

図－2.5　A－4の形状および寸法

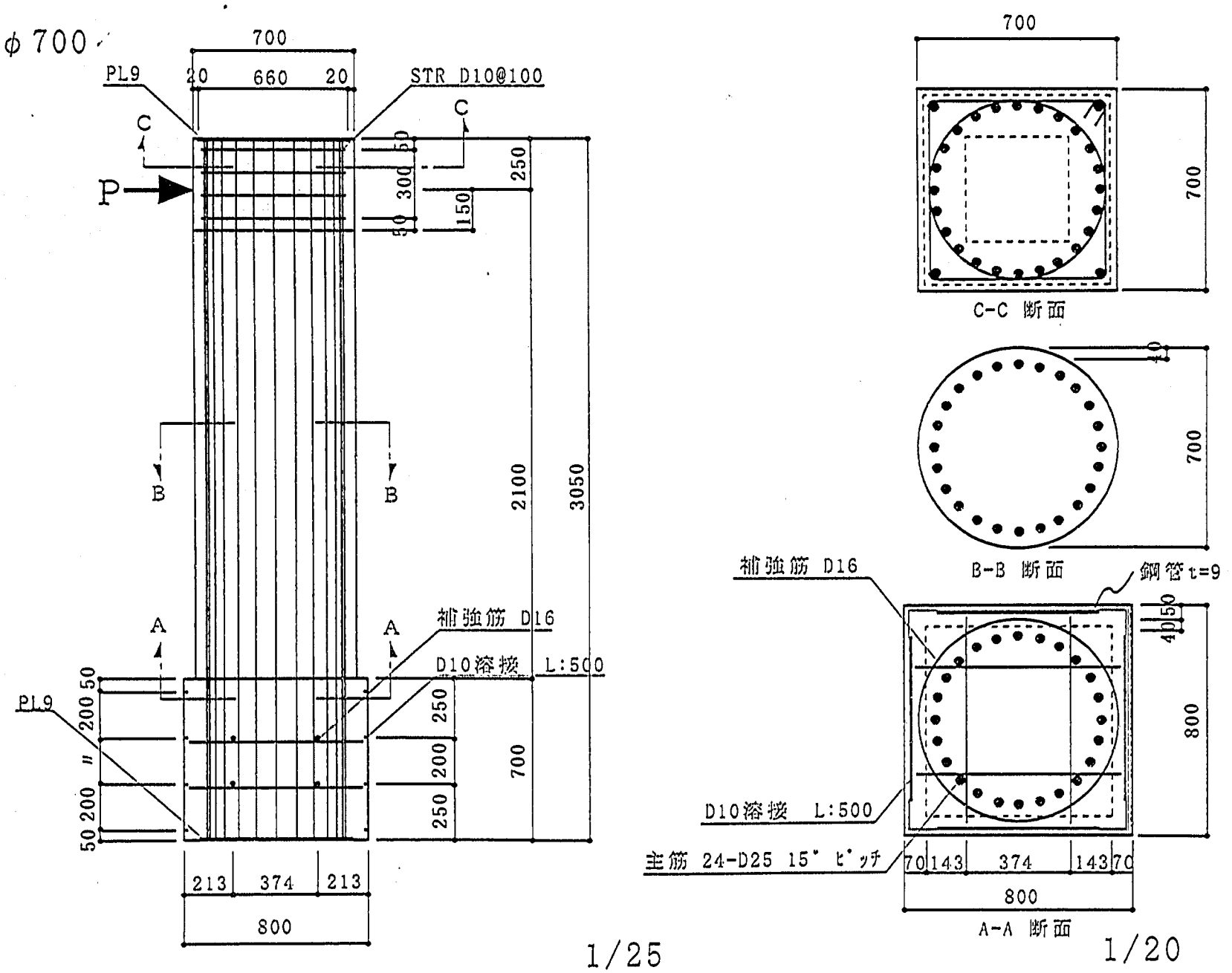
φ450



1/25

1/20

図－2.6　C－1の形状および寸法



図－2.7　C－2の形状および寸法

土木研究所資料

第3426号 1996年1月

大型ＲＣはり供試体のせん断強度に関するデータ集

コンクリート研究室　室　長　河野　広隆
主任研究員　渡辺　博志
研　究　員　菊森　佳幹

要旨

ＲＣ部材のコンクリートの負担するせん断強度には、寸法効果が存在する可能性が指摘されている。本報告は、せん断強度の寸法効果を明らかにするため、大型ＲＣはり供試体のせん断載荷試験を実施し、このデータをとりまとめたものである。

キーワード：鉄筋コンクリート、せん断、せん断強度、寸法効果、載荷実験

はじめに

本報告書は、せん断補強鉄筋を有しないＲＣはり供試体のせん断載荷試験を実施して得られたデータをまとめるとともに、他の実験結果も収集し、破壊時の平均せん断応力度の寸法効果について検討を行った。また、ひび割れ発生状況、鉄筋のひずみ測定結果などから、寸法効果が生じるメカニズムについて多少の考察を述べたものである。

目次

第１章　まえがき …… 1

第２章　せん断載荷試験 …… 2
　２．１　供試体の諸元 …… 2
　２．２　使用材料 …… 3
　２．３　測定項目 …… 3
　２．４　載荷試験結果 …… 4

第３章　せん断強度の寸法効果に関する検討 …… 5
　３．１　部材の有効高さと平均せん断強度の関係 …… 5
　３．２　既存の寸法効果に関する載荷実験との比較対照 …… 6
　３．３　まとめ …… 8

第４章　載荷試験結果の解析 …… 9
　４．１　曲げひび割れ強度に関する検討 …… 9
　４．２　引張主鉄筋のひずみ変化（モーメントシフト） …… 10
　４．３　寸法効果の評価 …… 13

第５章　あとがき …… 16

参考文献 …… 17

実験データ集 …… 19

第1章　まえがき

橋脚等の鉄筋コンクリート部材の耐震性を向上させるためには、極力せん断破壊を防止し、曲げ破壊型の破壊形態に誘導し、じん性を向上させることが望ましい。このためには、鉄筋コンクリート部材のせん断終局強度を曲げ終局強度以上に確保することが必要となる。鉄筋コンクリート部材の終局せん断強度は、曲げ終局強度と異なり理論式が得られておらず、算定式の精度も曲げ終局強度の算定精度に比べ劣るものである。従って、せん断破壊を防止するためには、終局せん断強度算定式の高精度化を行う必要がある。

鉄筋コンクリート部材の終局せん断強度は、設計計算上コンクリートの負担するせん断耐力と帯鉄筋やスターラップなどのせん断補強鉄筋の負担するせん断力をトラス理論に基づき加えあわせることによって求められる。このため、終局せん断強度を正確に求めるためには、それぞれを正確に把握する必要がある。

コンクリートの負担するせん断耐力は、一般にはせん断補強鉄筋を有しない鉄筋コンクリート部材のせん断強度によって定められる。この値は、コンクリート強度、引張主鉄筋比、せん断スパン比、部材の有効高さ等、多くの要因に影響を受けることが知られている。このうち、部材の有効高さ、すなわち寸法効果の影響については、これを明らかにするためには大型供試体のせん断試験を行わなければならず、これには多くの困難がつきまとうため、研究成果が十分に得られているとはいえない状況にある。道路用鉄筋コンクリート製橋脚など、土木用コンクリート構造物は一般に大断面であることを考えると、寸法効果に関する検討を実施し、せん断強度算定の精度向上を図ることは非常に重要であると考えられる。

以上の背景から、ここでは、せん断補強鉄筋を有しない大型鉄筋コンクリートはりのせん断載荷試験を実施した。本報告書は、得られた試験データと若干の考察をとりまとめたものである。

第２章　せん断載荷試験

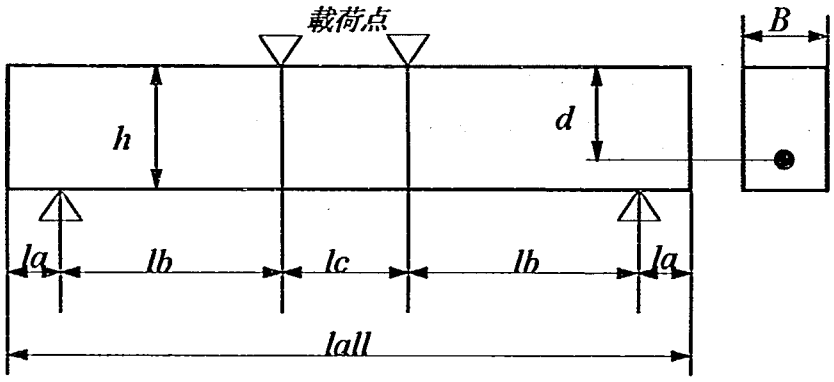
２．１　供試体の諸元

ここで実験を行った供試体の一覧を表－２．１に示す。なお、ここでは矩形断面だけではなく、円形断面の柱部材のせん断載荷試験も実施したが、これらについては実験データを示すにとどめ、検討は矩形断面の供試体について行った。なお、円形断面柱供試体の有効高さは土木学会鉄筋コンクリート標準示方書に従って定めた。

表－２．１　供試体一覧表

供試体番号	有効高さ (cm)	Gmax (mm)	寸法(cm)					
			la	*lb*	*lc*	*lall*	*B*	*h*
A-1	30	20	40	90	40	300	10.5	33
A-2	50	20	50	150	60	460	17.6	57
A-3	95	20	75	285	80	800	35	105
A-4	200	40	105	600	100	1510	60	220
B-1	30	5	40	90	40	300	10.5	33
B-2	50	13	50	150	60	460	17.6	57
C-1	30	20	図－2.6および2.7参照				45	135
C-2	50	20					70	210

表－２．１に示した矩形断面供試体の記号は図－２．１の通りとした。



図－２．１　供試体諸元

供試体の詳細は図－２．２～図－２．７に示す。

載荷は矩形断面のはり供試体については、２点集中載荷、柱供試体については片持ちはり式で１点載荷とした。載荷は変位制御で行った。

なお、いずれの供試体も同一条件で２供試体づつ試験を実施した。

２．２　使用材料

コンクリートは　JIS A 5308に準拠したレディーミクストコンクリートを用いた。コンクリートのスランプは８ｃｍ程度とし、普通セメントを用いた。

表－２．２に配合表を示す。

表－２．２　示方配合表

供試体	目標強度 (kgf/cm2)	Gmax (mm)	W/C (%)	s/a (%)	W (kg/m³)	C (kg/m³)	S (kg/m³)	G (kg/m³)
B-1	210	5	66.5		246	370	1,521	0
B-2	210	13	66.5	48.2	174	262	864	970
A-1,2,3 C-1,2	210	20	66.5	45.6	160	241	843	1,056
A-4	210	40	66.5	43.6	151	231	820	1,112

２．３　測定項目

測定項目は荷重、たわみ、コンクリートひずみ、鉄筋ひずみである。

はりのたわみの測定方法を図－２．８～図－２．１０に示す。

コンクリートのひずみの測定はゲージ長60㎜３軸ゲージによった。（供試体Ａ－４のみ120㎜ゲージを使用）ひずみ測定位置を図－２．１１～図－２．１２に示す。

鉄筋ひずみは図－２．１３に示す位置に張り付けた。ひずみの測定値は、鉄筋の上下に張り付けた２枚のゲージで測定されたひずみの平均値を採用した。

なお、使用したコンクリートの圧縮強度ならびに割裂強度はφ１５ｃｍの円柱供試体を用いて測定を行った。圧縮試験時に円柱供試体の軸方向ひずみおよび円周方向ひずみを測定しヤング係数・ポアソン比を求めた。

2．4　載荷試験結果

載荷試験結果の一覧表を表－2．3に示す。

表－2．3 実験結果一覧表

供試体番号	Pmax (tf)	τ_u (kgf/cm²)	fc' (kgf/cm²)	ft (kgf/cm²)
A-1-1	6.8	10.8	253	23.4
A-1-2	6.0	9.5	253	23.4
A-2-1	16.8	9.5	278	23.1
A-2-2	20.7	11.8	278	23.1
A-3-1	44.1	6.6	211	19.1
A-3-2	48.4	7.3	210	20.4
A-4-1	124.5	5.2	226	20.9
A-4-2	114.2	4.8	236	21.9
B-1-1	4.9	7.8	242	20.3
B-1-2	4.9	7.8	242	20.3
B-2-1	19.5	11.1	242	20.3
B-2-2	17.6	10.0	242	20.3
C-1-1	16.4	13.7	206	20.7
C-1-1	16.8	14.1	206	20.7
C-1-1	39.5	12.8	213	19.6
C-1-1	38.2	12.3	215	19.9

まお、上記表において、τ_uは終局時の平均せん断応力度でありPmaxをbdで除して得られるものである。自重の補正は実施していない。

その他、各供試体の試験記録の詳細については、資料編を参照していただきたい。

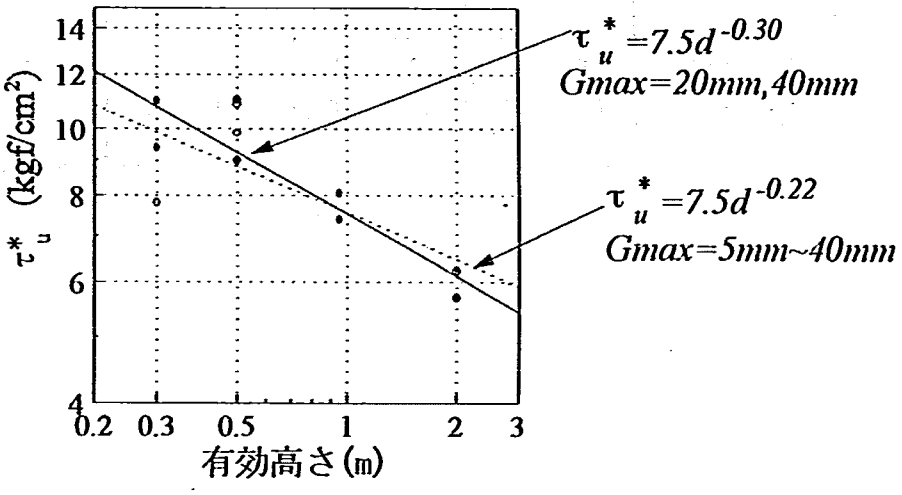
第３章　せん断強度の寸法効果に関する検討

３．１　部材の有効高さと平均せん断強度の関係

ここで実施した、はり供試体の引張鉄筋比ならびにコンクリート強度はおおむね一定であるが、若干の相違がある。ここでは、コンクリート強度・引張鉄筋比について、土木学会コンクリート標準示方書の設計式に従って、補正を施した。基準とした状態は、引張鉄筋比は１．２％、コンクリートの圧縮強度は２４０kgf/cm2とし、次式に基づいて補正を実施した。

$$\tau_u^* = \tau_u \cdot \left(\frac{240}{f_c'}\right)^{1/3} \cdot \left(\frac{1.2}{p_t}\right)^{1/3}$$

なお、自重の影響については、供試体の単位体積重量を2.35tf/m³とし、せん断スパン中央に自重により作用するせん断力を、載荷荷重によって作用するせん断力に加えあわせることによって補正を実施した。このようにして得られた補正後の平均せん断強度τ_u^*と、部材有効高さの関係を図－３．１に示す。



図－３．１　τ_u^*の寸法効果

図中に示した●は粗骨材最大寸法20mm～40mmとしたＡシリーズのデータ、○は粗骨材最大寸法を小さくしたＢシリーズのデータを示す。図中に示した直線は回帰直線で、●のみの回帰結果を実線で全データの回帰結果を点線で示している。

この結果、寸法効果はＢシリーズを含まない場合-0.3乗、Ｂシリーズを含むと-0.22乗の寸法効果が得られていた。供試体寸法に応じて、粗骨材の最大寸法を比例させて変化させた場合、一般に寸法効果が緩やかになるといわれているが、ここでもその傾向が確かめられた。ただし、粗骨材最大寸法が13mmであったＢ－２供試体と20mmのＡ－２供試体では、試験結果にほとんど差はでていな

かった。従って、粗骨材最大寸法の減少によるせん断強度の低下は20mmと13mm程度の差ではあまり顕著ではないと考えられる。

3．2　既存の寸法効果に関する載荷実験との比較対照

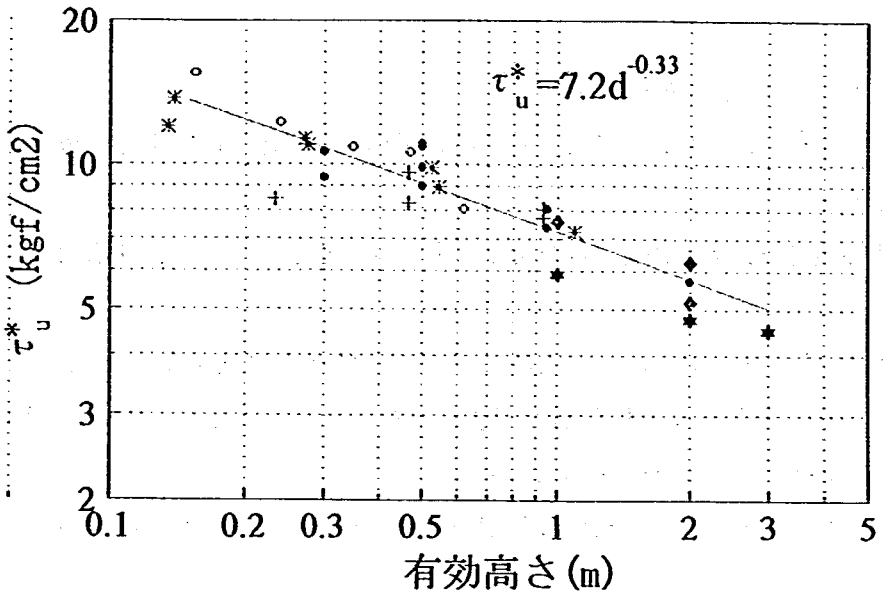
次に、既存の寸法効果に関する実験結果と、今回得られた実験結果の比較検討を行った。

表－3．1は引用した実験結果を一覧表にまとめたものである。

表－3．1　引用した実験結果

研究者	実験条件				引用した供試体数
	有効高さ (m)	引張主鉄筋比(%)	ｺﾝｸﾘｰﾄ強度 (kgf/cm²)	断面の有効高さの幅に対する比	
井畔、塩屋、野尻、秋山[1]	1 - 3	0.4	219 - 285	2	3
二羽、山田、横沢、岡村[2]	1 - 2	0.14 - 0.28	254 - 280	3.33	3
小林、森濱、高橋[3]	0.155 - 0.62	1.23 - 1.24	207 - 256	0.78 - 3.1	5
Taylor[4]	0.23 - 0.93	1.35	318 - 364	2.33	5
Kani[5]	0.135 - 1.09	2.66 - 2.89	255 - 279	0.88 - 7.2	8
本実験	0.3 - 2	1.19 - 1.35	210 - 278	2.71 - 3.33	10
合　計					34

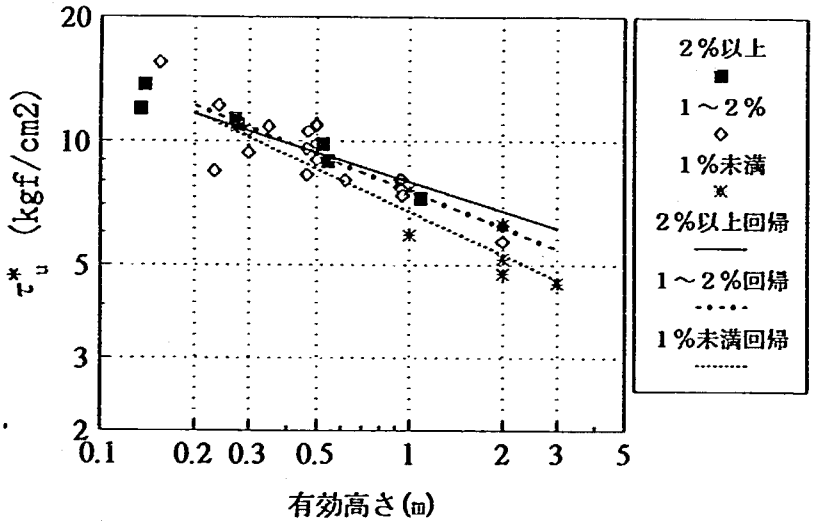
引張主鉄筋比は0.1%代から３%近くまで広く分布している。これらの試験結果から、供試体の有効高さと破壊時の平均せん断応力の関係を示したのが図－３．２である。



図－３．２　寸法効果の回帰結果

なお、コンクリート強度並びに引張主鉄筋比の補正は、先ほどと同様である。回帰結果は相関係数の２乗が0.84と高い結果であった。供試体の有効高さのほぼ-1/3乗で破壊時の平均せん断応力度が低下していることがわかる。

ここで集計を行った供試体の引張鉄筋比はかなり広く分布している。ここで、引張主鉄筋比の違いにより寸法効果に相違があるかどうか検討を行った。図－３．３は引張主鉄筋が１%未満、１%～２%、２%以上と３つのグループに分類し、それぞれ個別に回帰分析を行った結果を示す。



図－３．３　主鉄筋比別寸法効果の回帰結果

この結果、主鉄筋比の相違による寸法効果の相違はわずかであり、主鉄筋比の小さい方がわずかに回帰直線の傾きが大きくなるとの結果を得た。

3．3　まとめ

以上の検討結果から、次の結論が得られた。

1）ここで行った載荷試験結果によると、破壊時の平均せん断応力に関する寸法効果は、有効高さの-0.3乗程度で現れる。

2）小型供試体の粗骨材最大寸法を、部材寸法にあわせて小さくすると、寸法効果は現れにくくなる。

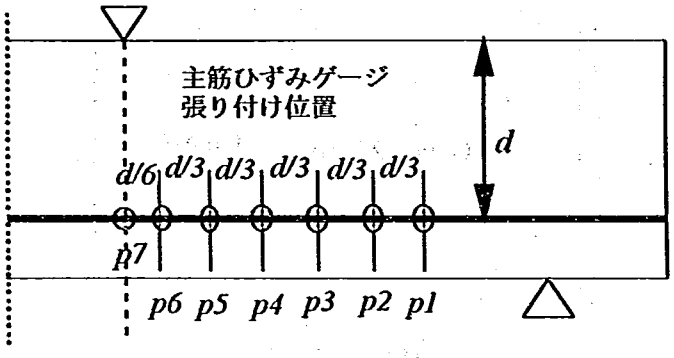
3）既存の実験結果を総合すると、破壊時の平均せん断応力に関する寸法効果は、有効高さの-1/3乗程度で、引張主鉄筋比や部材断面の形状が異なったデータであっても、引張主鉄筋の補正・圧縮強度の補正を行うと、その相関係数は高い。

4）引張主鉄筋が変化すると寸法効果則はわずかに変化し、引張主鉄筋の小さい方が、やや顕著な寸法効果を示す。

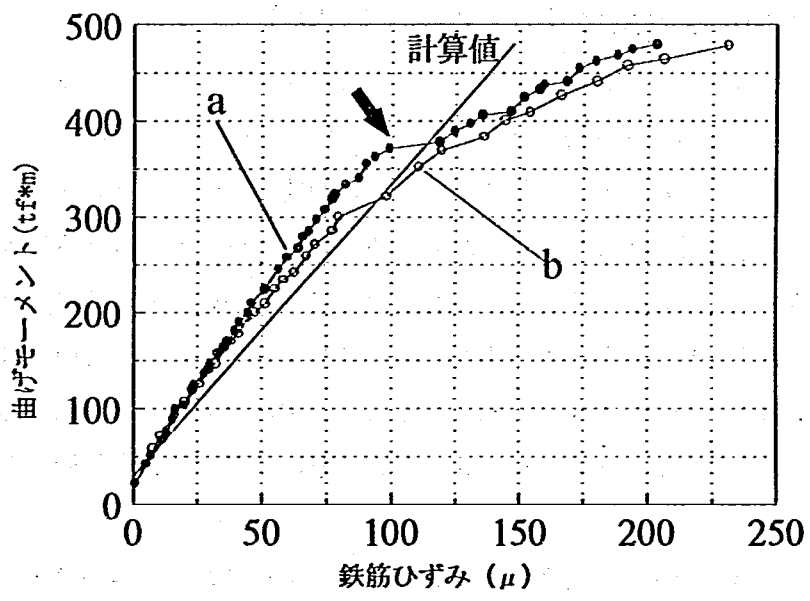
第４章　載荷試験結果の解析

４．１　曲げひび割れ強度に関する検討

ここで実施した載荷試験において供試体の破壊パターンは、いずれも曲げひび割れ発生の後にせん断破壊を生じる曲げせん断破壊であった。このため、曲げひび割れ強度はせん断強度と密接な関係を持つものと考えられる。ここでは、各供試体の鉄筋ひずみの測定結果から、曲げひび割れ強度について検討を行った。なお、鉄筋ひずみの測定位置は、図－４．１のように定めることとする。



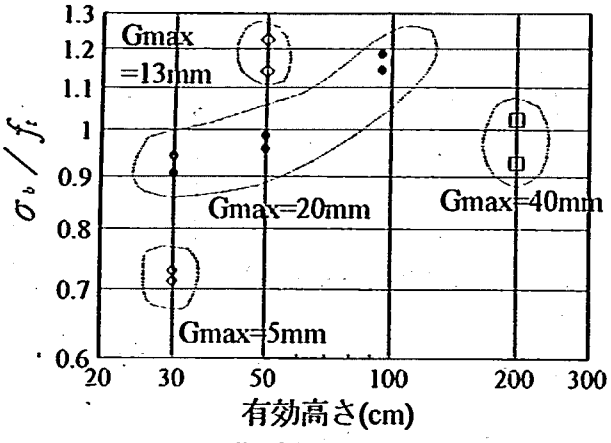
図－４．１　ゲージ張り付け位置



図－４．２　鉄筋ひずみと曲げモーメントの関係

曲げひび割れモーメントの決定は、図－４．２に示す曲げモーメント～鉄筋ひずみから行うこととした。図中に示した直線は、全断面のコンクリートが有効であると仮定して計算したものである。断面に曲げひび割れが発生すると、一般に鉄筋ひずみは急激に変化するため、曲げモーメント～鉄

筋ひずみの関係には屈曲部が観察され、この屈曲部が曲げひび割れ発生時と考えられる。なお、図－４．２に示すとおり、供試体の引張鉄筋比が大きかったため、ひび割れ発生後の鉄筋ひずみの増加が急激ではなく、曲げひび割れモーメントが明確に定めにくい箇所もあった。このような場合は、解析によって得られた直線と、実測結果が交差したところを曲げひび割れ発生時とした。図－４．３は横軸に供試体有効高さ縦軸に、ひび割れ発生時のコンクリート引張応力を割裂強度で除した相対強度を表す。ここでは、曲げ引張強度の寸法効果は認められなかった。この理由として、供試体の主鉄筋比が大きく、曲げひび割れの幅の拡大を主鉄筋が拘束していたためであると考えられる。



図－４．３　曲げひび割れ強度の寸法効果

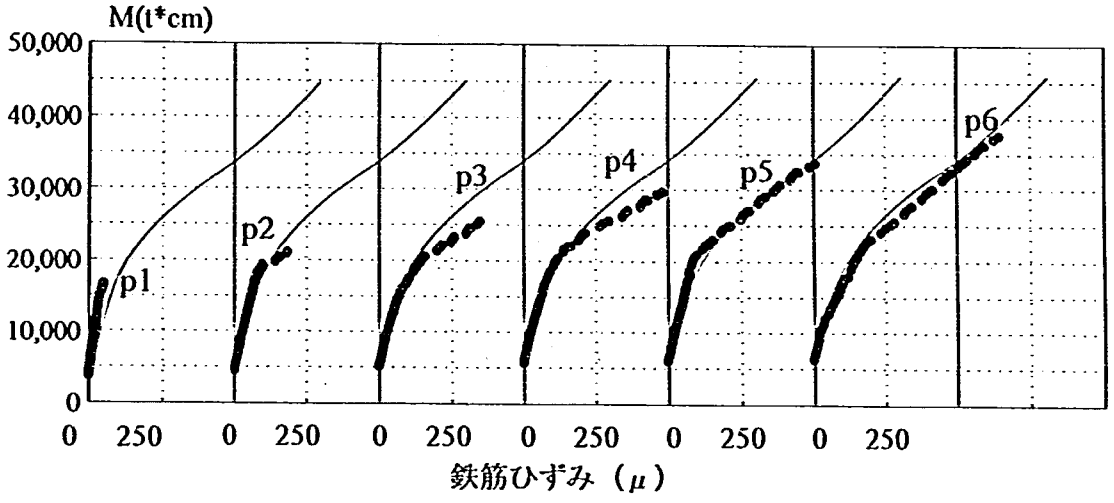
４．２　引張主鉄筋のひずみ変化（モーメントシフト）

せん断補強鉄筋を有する鉄筋コンクリートはりでは、斜めせん断ひび割れが発生しても、せん断補強鉄筋により斜め引張主応力が受け持たれ、破壊がすぐに生じることはない。このときの主鉄筋のひずみ分布は、斜めひび割れによる応力解放により、いわゆるモーメントシフトと呼ばれる現象が生じる。すなわち、引張主鉄筋のひずみは、断面の曲げ解析を行って得られる値よりも大きくなることが知られている。ここでは、せん断補強鉄筋がない場合においても、このようなモーメントシフトが生じているかどうか検討を行った。もし、モーメントシフトが生じていれば、斜めひび割れの進展による斜め引張応力の一部が解放されていること、すなわち、斜め方向に進展する破壊進行領域が発生していることになる。またモーメントシフト量は、ひび割れ進展領域の大きさと関連していると考えられる。

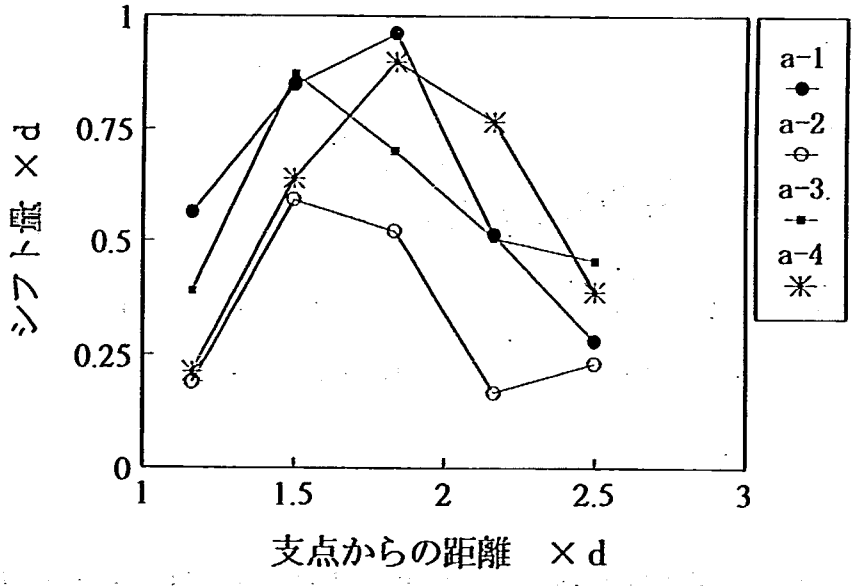
図－４．４は鉄筋ひずみ測定を行った各位置における曲げモーメントと鉄筋ひずみの関係の実測値と曲げ解析を行って得られる理論値を示したものである。（Ａ－４－２供試体での結果を示している。）ここで、曲げ解析に用いたコンクリートの応力ひずみ関係は、圧縮領域については、円柱供試体の圧縮強度試験で得られた応力ひずみ関係を用い、引張領域については、割裂強度に等しい引張応力までは弾性、それ以降は直線によって表されるひずみ軟化曲線を用いた。このひずみ軟化曲線の勾配は、ひずみ計測位置ｐ７（載荷点位置での引張鉄筋ひずみ）の曲げモーメント鉄筋ひず

み関係に近くなるよう、試行錯誤的に決定した。　この結果から、せん断スパン中央付近（p．２～p．４あたり）で鉄筋ひずみが曲げ解析値よりも大きくなっていて、モーメントシフトが生じていることがわかる。モーメントシフトは曲げひび割れモーメントを越えたあたりから発生し始め、荷重の増加とともにわずかづつ増加していることがわかる。図－４．５にせん断スパン内のモーメントシフトの分布（せん断破壊直前の時点）を示す。すべての供試体を通じて支点からの距離が１．５～１．８ｄ付近にモーメントシフトが最大となっている。

これは、斜めせん断ひび割れの起点がせん断スパンの中央付近であることと関連しているものと予想される。

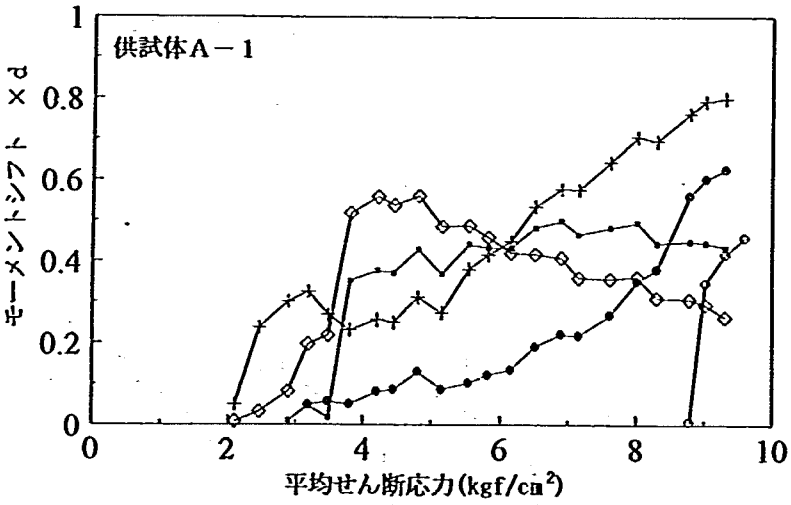


図－４．４　鉄筋ひずみと曲げモーメントの関係

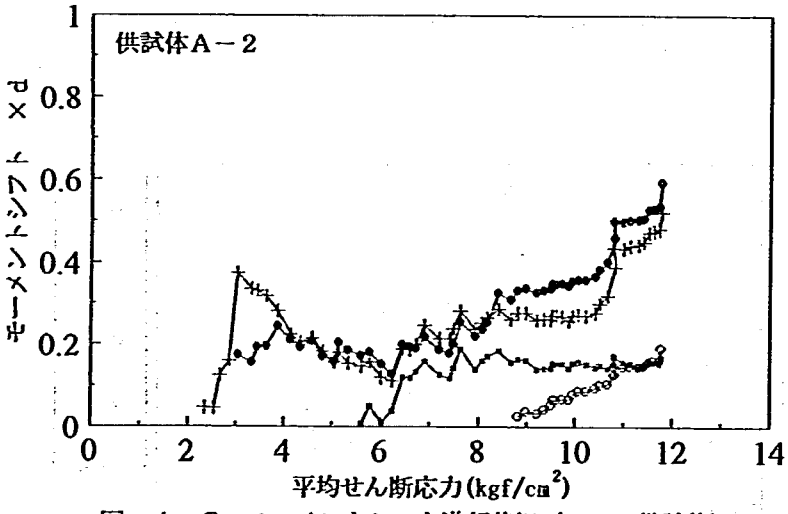


図－４．５　各供試体のモーメントシフト分布

曲げひび割れ発生後の荷重の増加にともなうモーメントシフト量の増加を各供試体について求めた結果図－４．６から４．９に示す。これらを比較すると、供試体寸法が大きくなるほど、同一のモーメントシフトを生じさせるのに必要な、平均せん断応力は小さくなっていることがわかる。すなわち、斜め方向に進展する破壊進行領域の単位長さあたりの進展に必要な、平均せん断応力の増分は、供試体寸法が大きくなるほど小さくなっていて、寸法効果が現れていることがわかる。

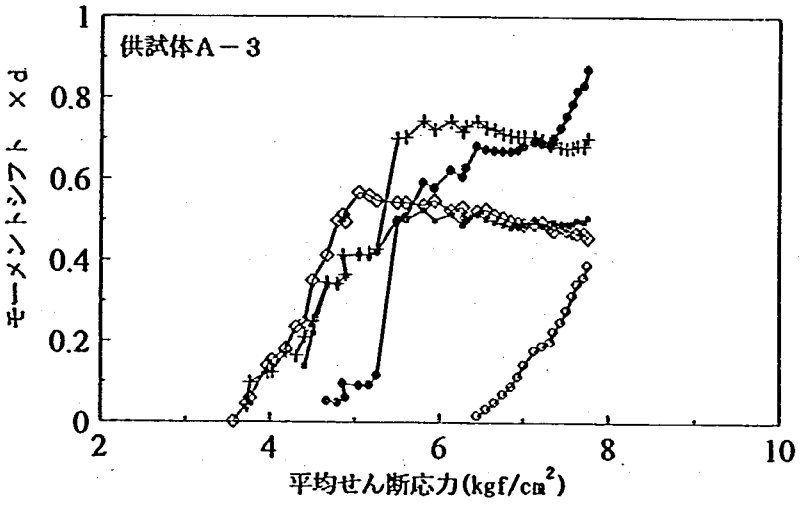


図－４．６　モーメントシフト進行状況（Ａ－１供試体）

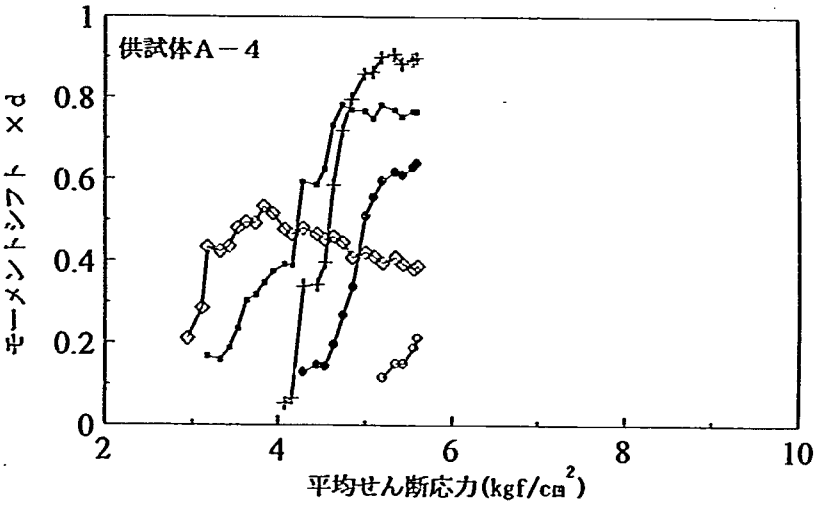


図－４．７　モーメントシフト進行状況（Ａ－２供試体）

曲げ引張強度については、寸法効果が生じないとの結果を得たが、曲げひび割れの後に発生する斜めせん断ひび割れの進展にあたっては、供試体寸法の影響が現れていると考えられる。



図－4．8　モメントシフト進行状況（A－3供試体）



図－4．9　モーメントシフト進行状況（A－4供試体）

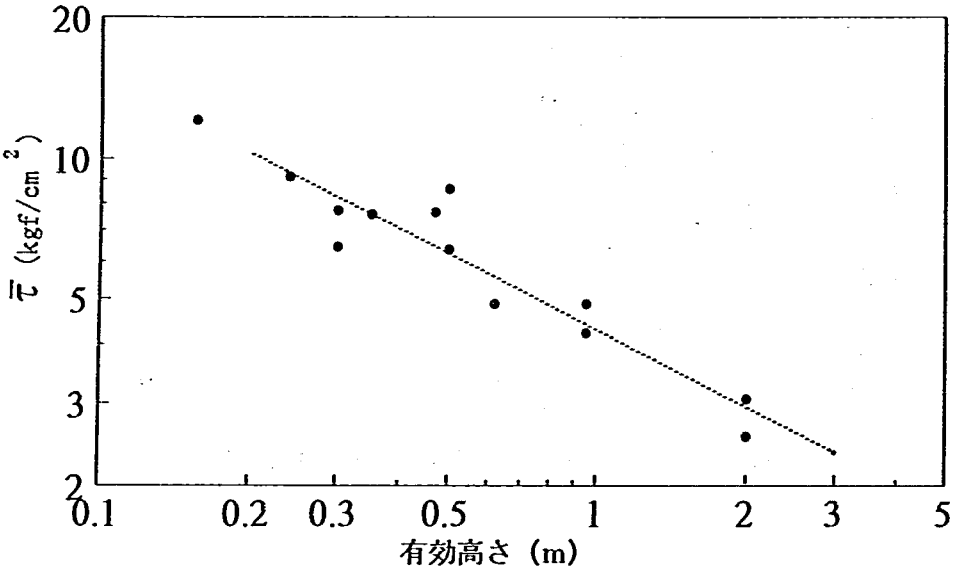
4．3　寸法効果の評価

ここでは、以上の検討結果に基づき、せん断破壊形態を（1）せん断スパンに発生する斜めひび割れの起点付近に曲げひび割れが入る（いわゆるイニシエーティングクラックの発生）、（2）引き続き斜めひび割れが発生する、と2段階で生じ（1）の行程では4．1の検討結果から寸法効果は含まれないと仮定する。ここで、コンクリートの曲げ強度は$0.9*fc'^{2/3}$で与えられると仮定する。また、イニシエーティングクラックの発生箇所は図－4．5の検討結果からモーメントシフトが最大となる位置、すなわち支点から11／6（載荷点から7／6）×dだけ離れた位置に発生すると仮定する。ここで、せん断載荷試験の結果から、イニシエーティングクラック発生までに供試体に加えられるせん断力(Vini)を求め、せん断破壊時のせん断力(Vu)からViniを差し引く。このようにして

得られるVu-Viniを斜めせん断ひび割れを生じさせるのに必要なせん断力（すなわち、上記に示したせん断破壊行程の（2）と考える。

Vu-Viniをｂｄで除し、斜めせん断ひび割れを発生させるのに必要となる平均せん断応力（$\overline{\tau}$）を求める。この平均せん断応力と部材寸法の関係を求めた結果が、図－４．１０である。この回帰式は有効高さの－０．５４乗で低下する直線となっていて、相関係数の２乗は０．８９と高いものであった。すなわち、斜めせん断ひび割れを生じさせるのに必要な平均せん断力は、部材寸法のおおよそ－１／２乗で低下する（線形破壊力学的）ことがわかる。

切欠きを有する供試体の、引張強度は破断面の長さが十分大きければ部材寸法の約－１／２乗に漸近する形で寸法効果が現れることが明らかとなっている。このことは、$\overline{\tau}$の寸法効果が約－１／２乗で低下することによく一致している。すなわち、斜めせん断ひび割れがひび割れ面に対してほぼ一様に作用する引張力に引き起こされると考えれば、$\overline{\tau}$の寸法効果則は、合理的なものであったことがわかる。



図－４．１０　$\overline{\tau}$の寸法効果

４．６　まとめ

以上の検討結果をまとめると、次の結論を得る。

１）曲げ強度の寸法効果はみられなかった。この理由として、ここで用いた供試体の引張鉄筋比が大きく、ひび割れの拘束効果が大きかったためであると考えられる。

２）鉄筋のひずみ測定結果から、曲げひび割れが入るとモーメントシフトが認められた。

３）モーメントシフトは、いずれの供試体も斜めせん断ひび割れの起点付近で最大となっていた。

4）イニシエーティングクラック発生から、供試体破壊までの荷重増加分を、部材断面積で除した平均せん断応力度の増加分には寸法効果が認められ、これは部材有効高さの約－１／２乗で低下することが明らかとなった。

5）斜めせん断ひび割れの進展は、線形破壊力学的な寸法効果を示す。せん断ひび割れの進展長さ、切欠き付き断面の直接引張強度の寸法効果則などから判断する、この結果は合理的であったものと考えられる。

第５章　あとがき

せん断補強鉄筋のない大型ＲＣはり供試体のせん断載荷試験を実施し、この結果から有効高さの－０．３乗から－１／３乗程度の寸法効果が現れることが明らかとなった。また、鉄筋のひずみ挙動を追跡することにより、せん断スパンには斜めひび割れによる応力解放が生じている可能性があることが明らかとなった。また、寸法効果のメカニズムについても若干の考察を行った。ただし、この考察に当たっては、いくつかの仮定を設定したが、この仮定が必ずしも適当であったかどうか、確認されていない。今後、斜めひび割れ進展状況を、破壊力学的解析を実施し、理論的な裏付けをはかっていく予定である。

参考文献

1）井畔、塩屋、野尻、秋山：等分布荷重下における大型鉄筋コンクリートはりのせん断強度に関する実験的研究、土木学会論文集第３４８号、１９８４年８月

2）二羽、山田、横沢、岡村：せん断補強鉄筋を用いないＲＣはりのせん断強度式の再評価、土木学会論文集第３７２号、１９８６年８月

3）土木研究所資料

4）P.J.Taylor : Shear strength of large beams, Proc. of ASCE , ST11, 1972.

5）G.N.J.Kani : How safe are our large reinforced concrete beams ?, Journal of ACI , March, 1967.

実験データ集

1）試験結果及び荷重たわみ関係 …… 21
2）試験結果一覧表 …… 41
3）材料試験結果 …… 59
4）ひび割れ図 …… 79

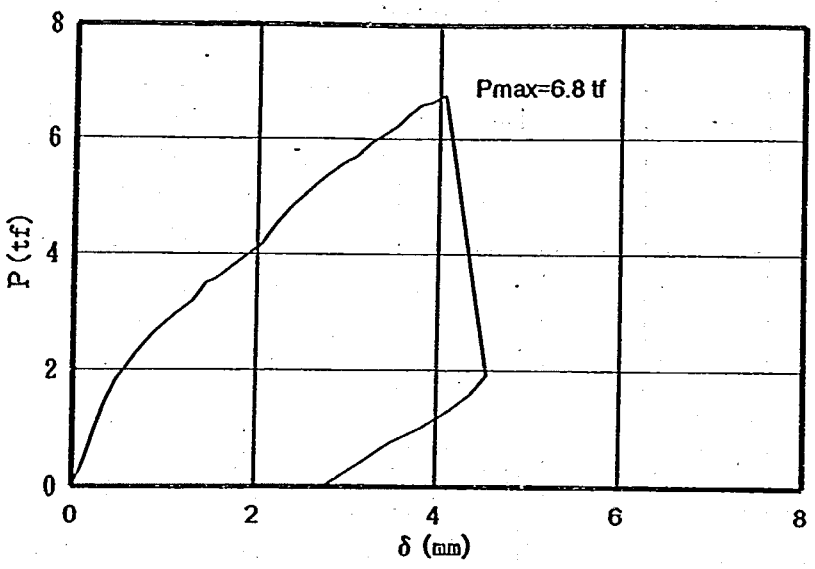
1）試験結果及び荷重たわみ関係

試験結果

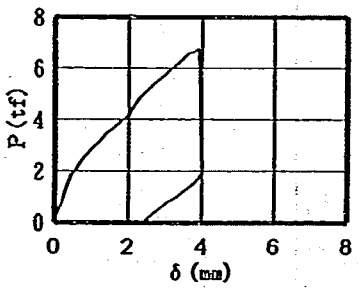
試験体名	打設日	試験日	材齢 日	最大荷重 Pmax tf	最大荷重到達時変位 δmax mm	平均せん断応力度 τmax 1) kgf/cm²	圧縮強度平均値 kgf/cm²	引張強度平均値 kgf/cm²
A-1-1	95/09/06	95/10/04	28	6.8	4.05	12.3	253	23.4
A-1-2	95/09/06	95/10/06	30	6.0	3.55	10.9		
A-2-1	95/09/06	95/10/16	40	16.8	5.47	10.9	278	23.1
A-2-2	95/09/06	95/10/18	42	20.7	6.75	13.4		
A-3-1	95/09/29	95/11/14	46	44.1	7.02	7.6	211	19.1
A-3-2	95/09/29	95/11/17	49	48.4	7.34	8.3	210	20.4
A-4-1	95/09/29	95/11/01	33	124.5	9.54	5.9	226	20.9
A-4-2	95/09/29	95/11/09	41	114.2	8.95	5.4	236	21.9
B-1-1	95/09/07	95/10/09	32	4.9	3.04	8.9	242	20.3
B-1-2	95/09/07	95/10/09	32	4.9	3.23	8.9		
B-2-1	95/09/07	95/10/12	35	19.5	6.29	12.7	242	20.3
B-2-2	95/09/07	95/10/13	36	17.7	5.39	11.4		
C-1-1	95/10/30	95/12/05	36	16.4	10.78	15.7 2)	206	20.7
C-1-2	95/10/30	95/12/08	39	16.8	11.59	16.1 2)		
C-2-1	95/10/30	95/11/30	31	39.5	15.21	14.6 2)	213	19.6
C-2-2	95/10/30	95/12/04	35	38.2	14.93	14.1 2)	215	19.9

1) $\tau max = Pmax/2bj$ $(j=7/8 \cdot d)$
2) $\tau max = Pmax/bj$ $(j=7/8 \cdot d)$

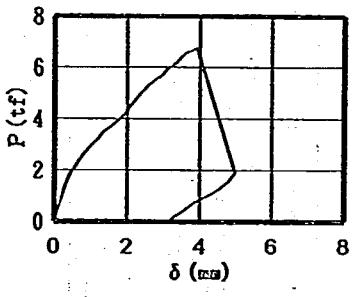
A-1-1-①



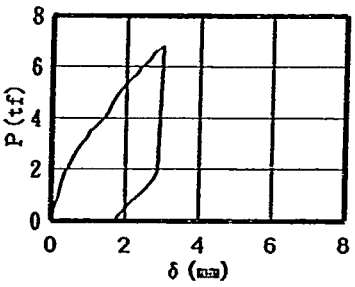
A-1-1-②



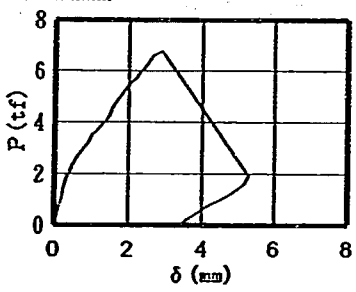
A-1-1-③



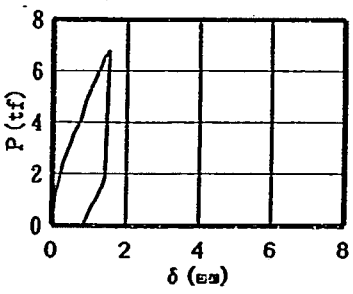
A-1-1-④



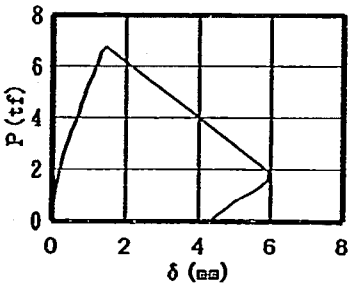
A-1-1-⑤

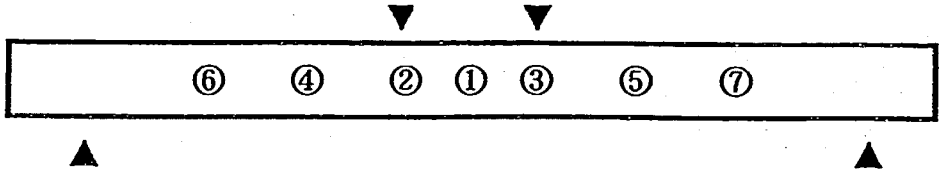


A-1-1-⑥

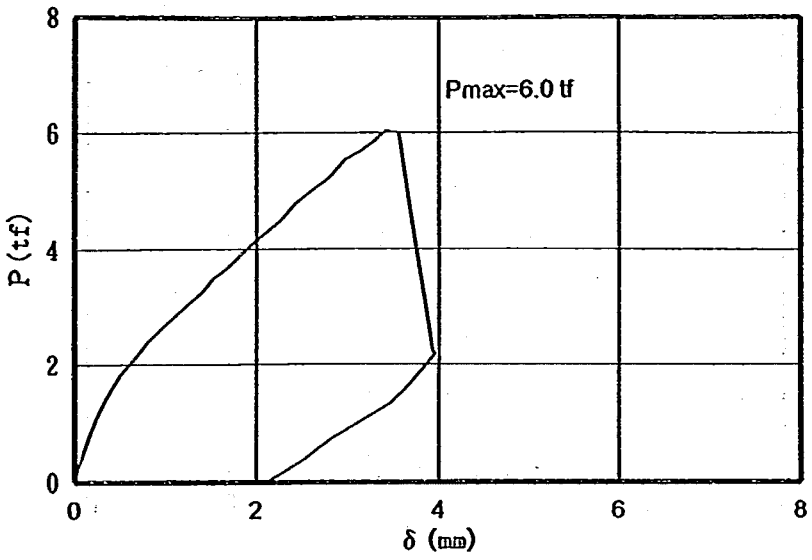


A-1-1-⑦

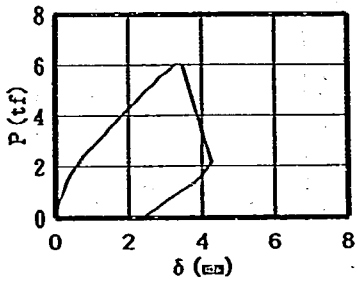




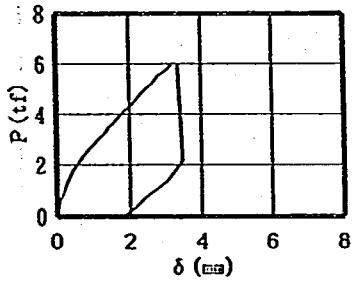
A-1-2-①



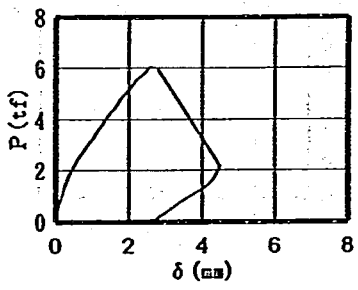
A-1-2-②



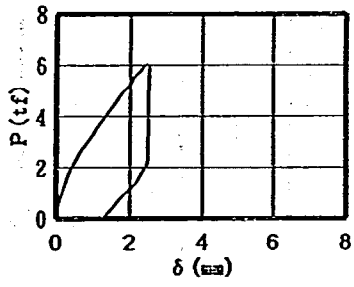
A-1-2-③



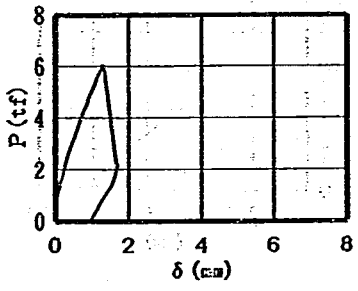
A-1-2-④



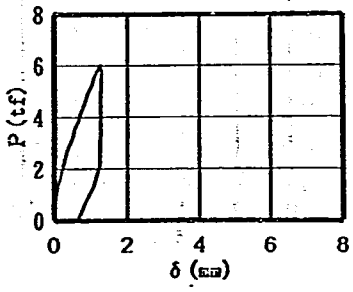
A-1-2-⑤

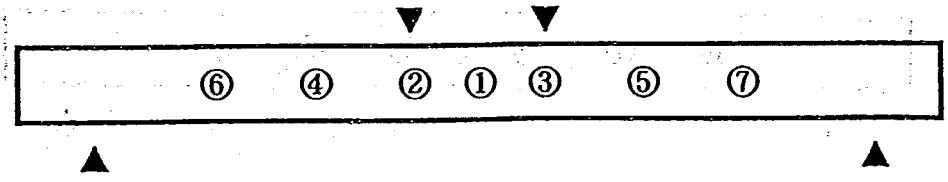


A-1-2-⑥

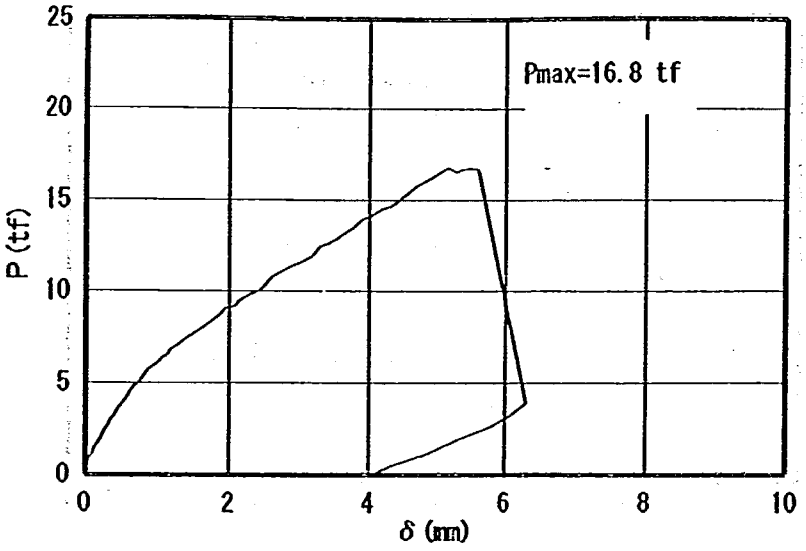


A-1-2-⑦

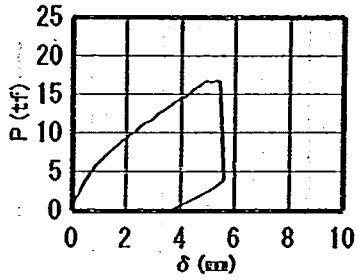




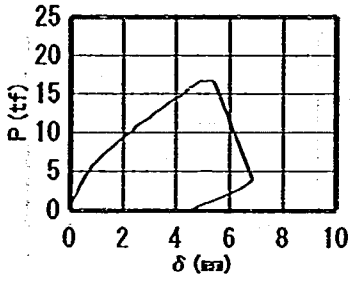
A-2-1-①



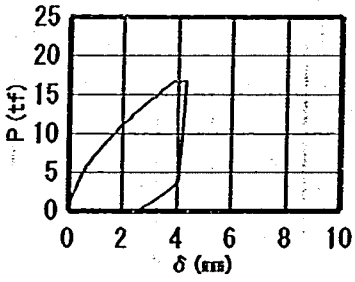
A-2-1-②



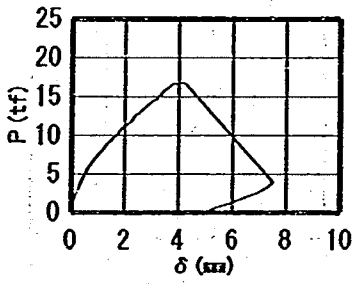
A-2-1-③



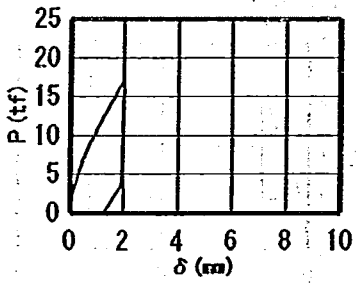
A-2-1-④



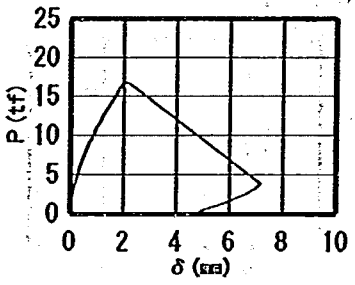
A-2-1-⑤

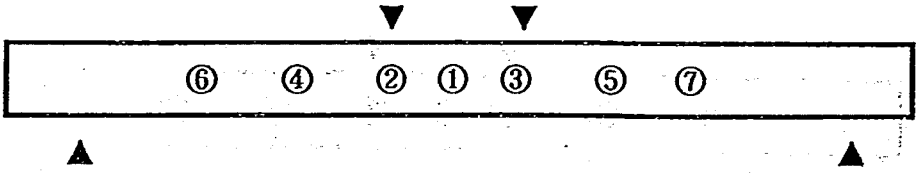


A-2-1-⑥

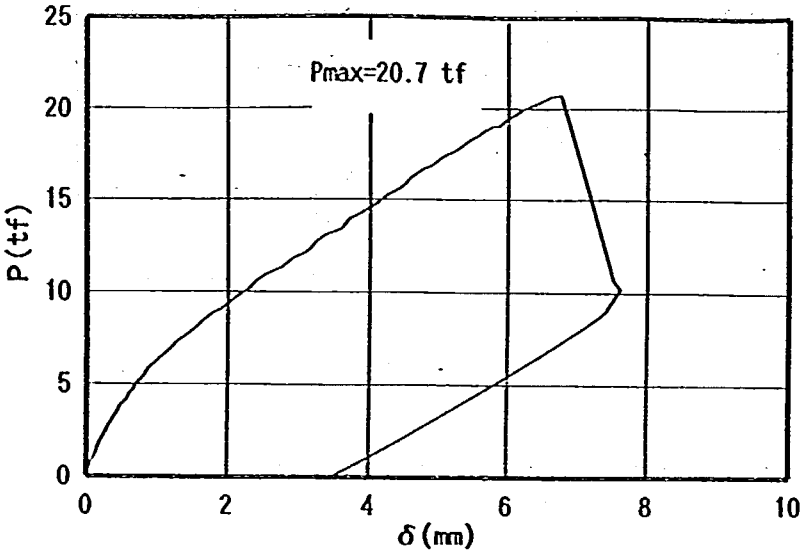


A-2-1-⑦

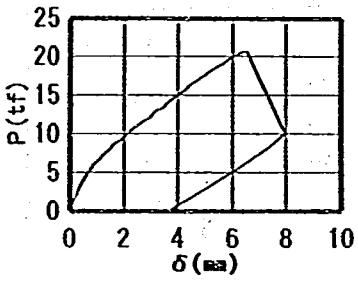




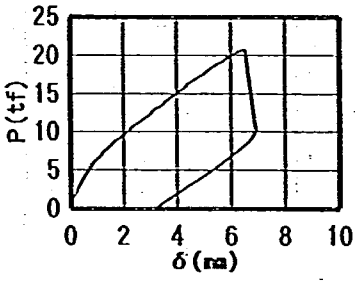
A-2-2-①



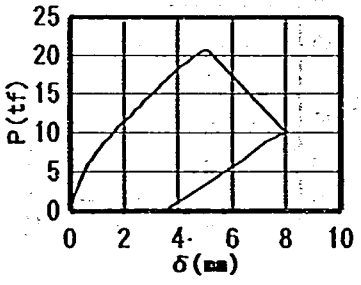
A-2-2-②



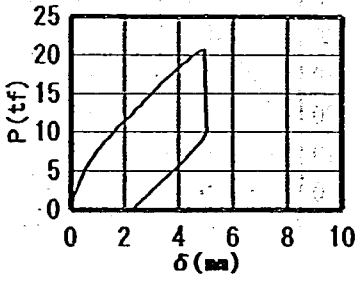
A-2-2-③



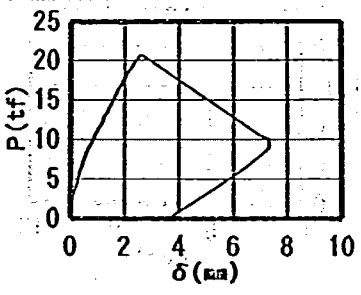
A-2-2-④



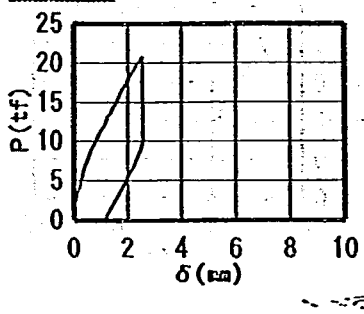
A-2-2-⑤

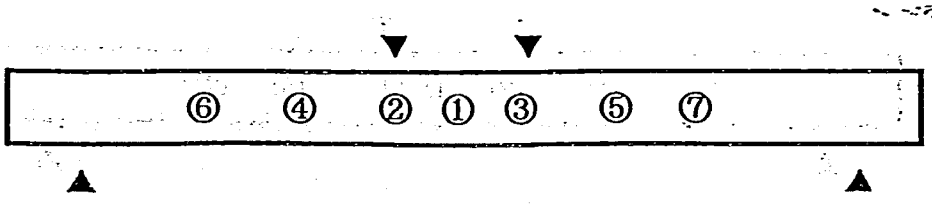


A-2-2-⑥

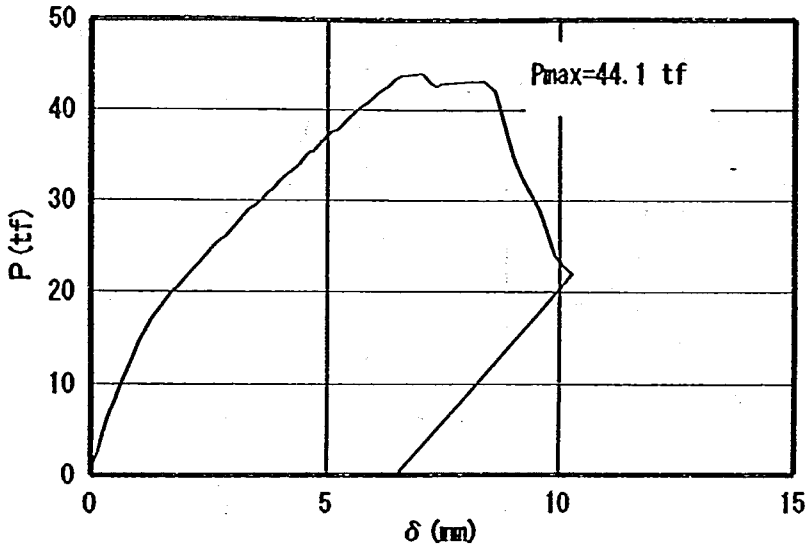


A-2-2-⑦

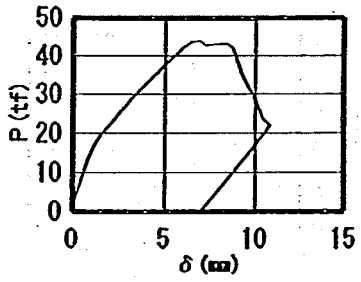




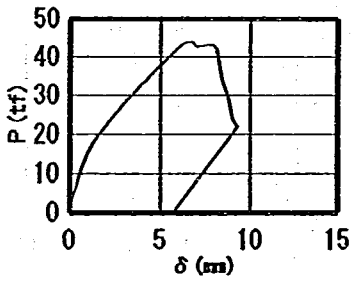
A-3-1-①



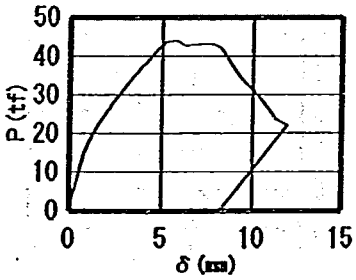
A-3-1-②



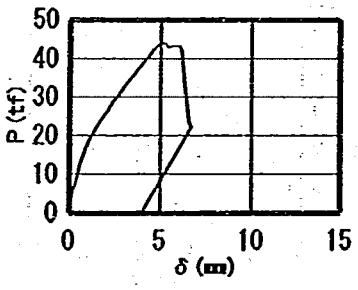
A-3-1-③



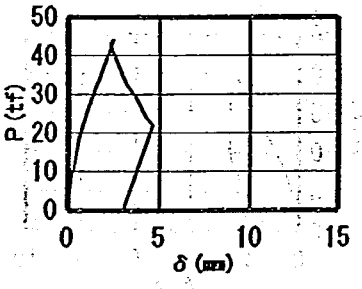
A-3-1-④



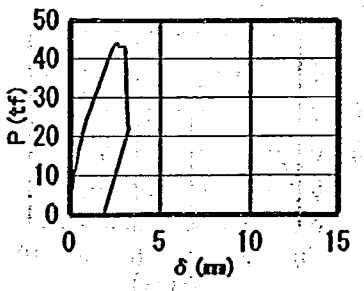
A-3-1-⑤

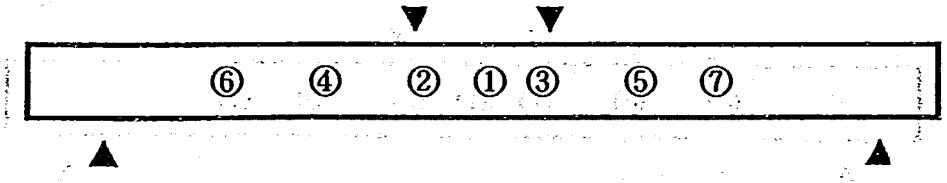


A-3-1-⑥

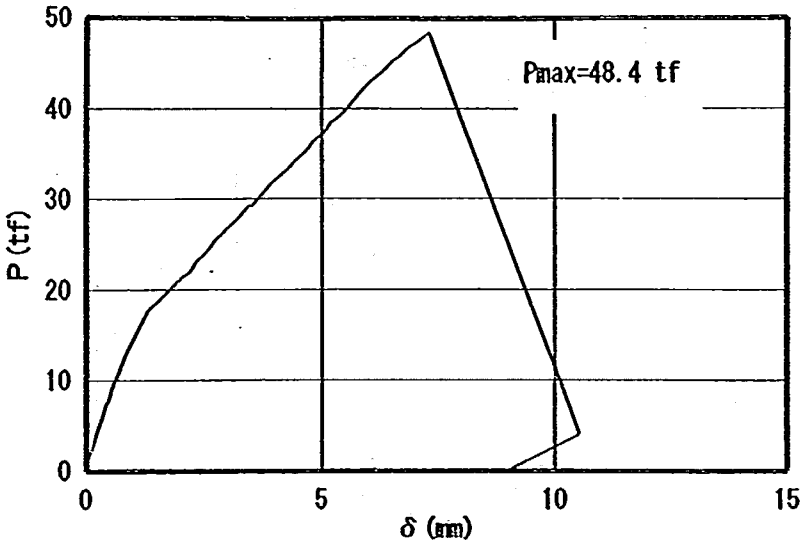


A-3-1-⑦

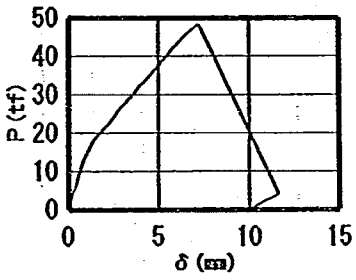




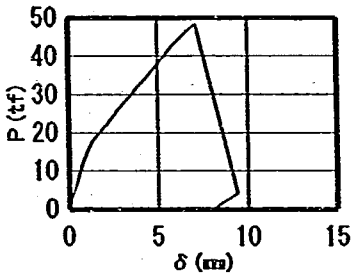
A-3-2-①



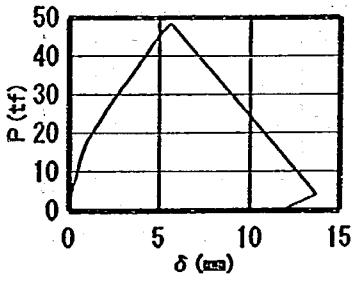
A-3-2-②



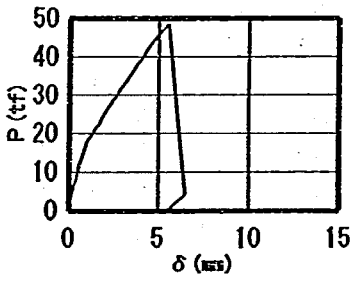
A-3-2-③



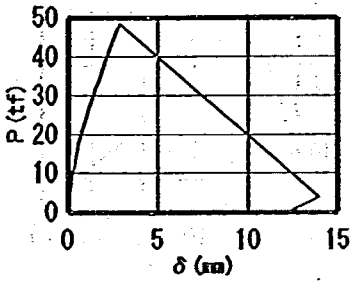
A-3-2-④



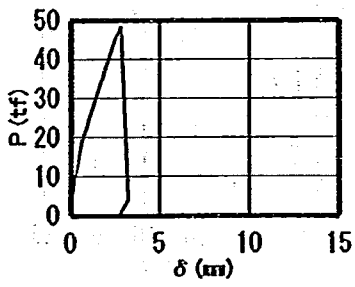
A-3-2-⑤

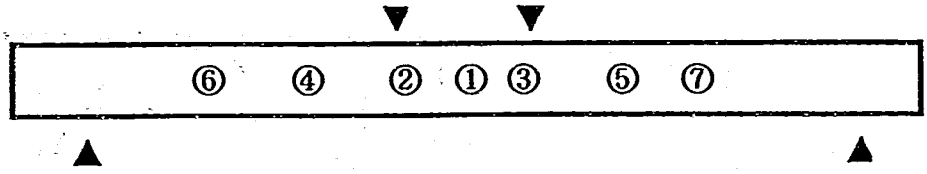


A-3-2-⑥

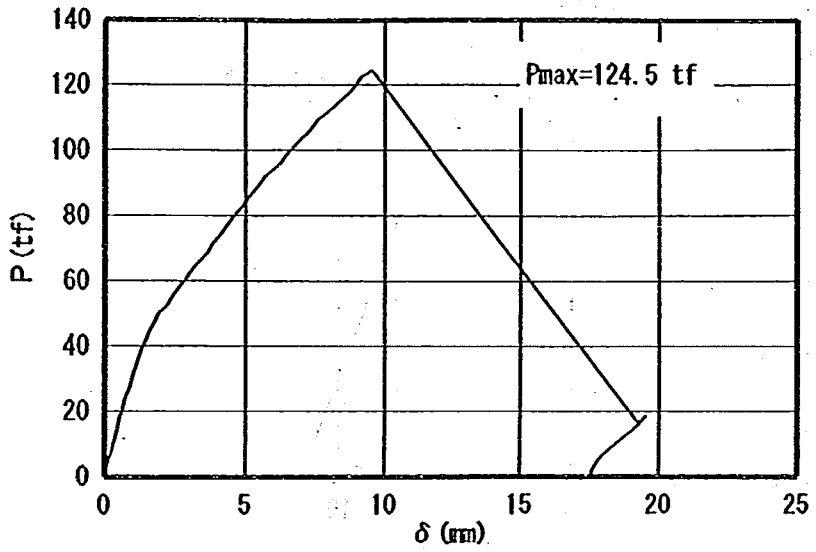


A-3-2-⑦

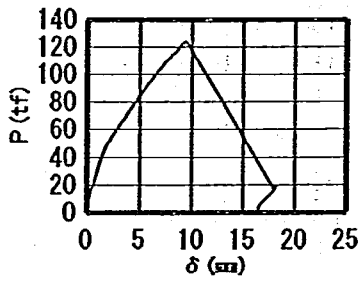




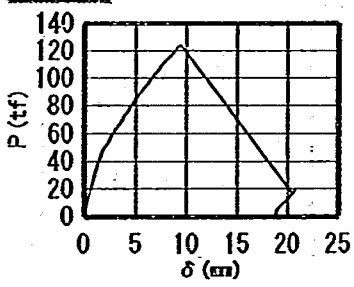
A-4-1-①



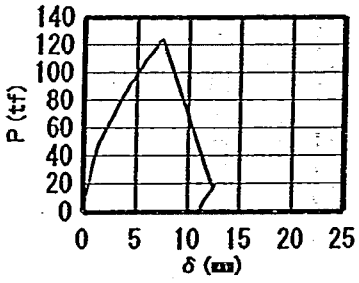
A-4-1-②



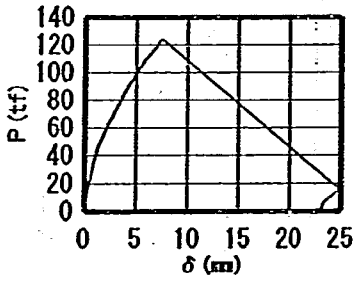
A-4-1-③



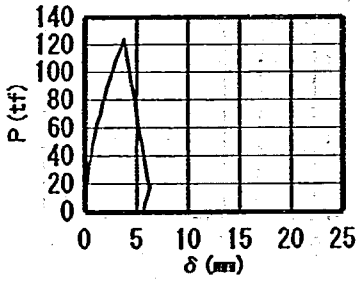
A-4-1-④



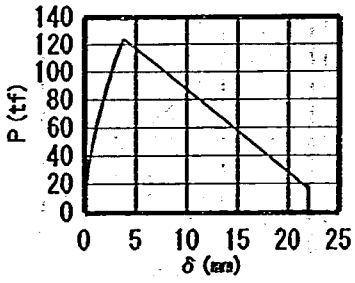
A-4-1-⑤

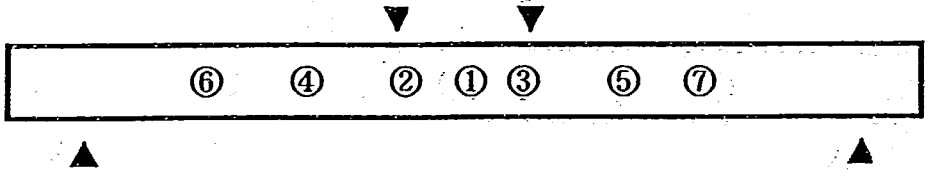


A-4-1-⑥

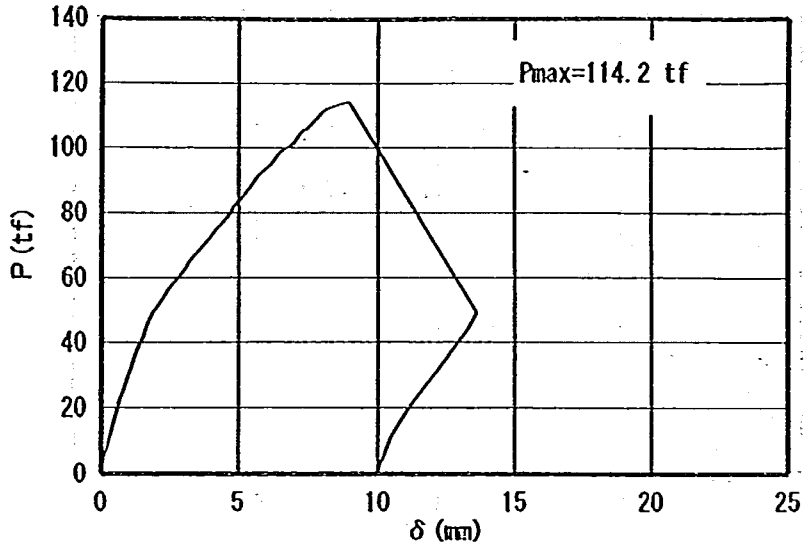


A-4-1-⑦

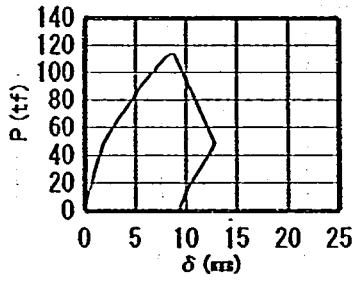




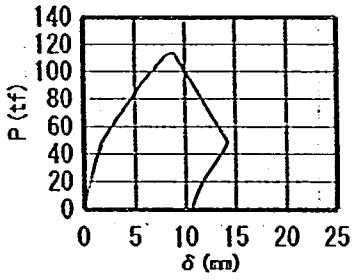
A-4-2-①



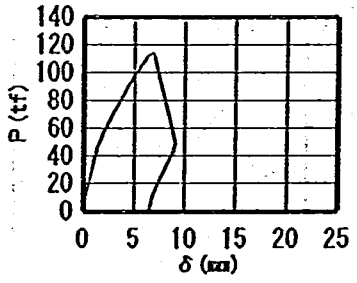
A-4-2-②



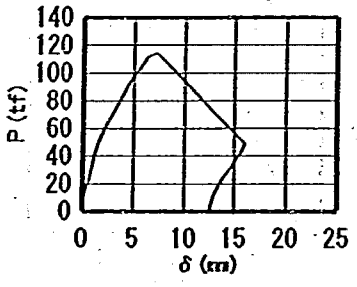
A-4-2-③



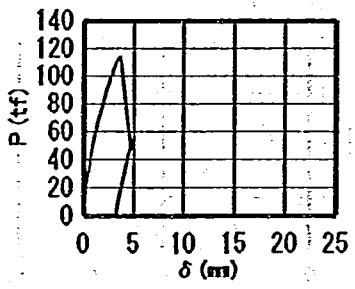
A-4-2-④



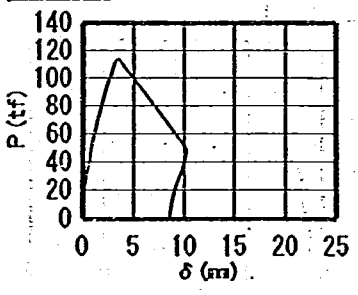
A-4-2-⑤

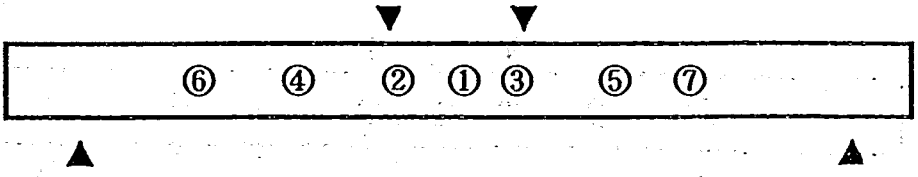


A-4-2-⑥

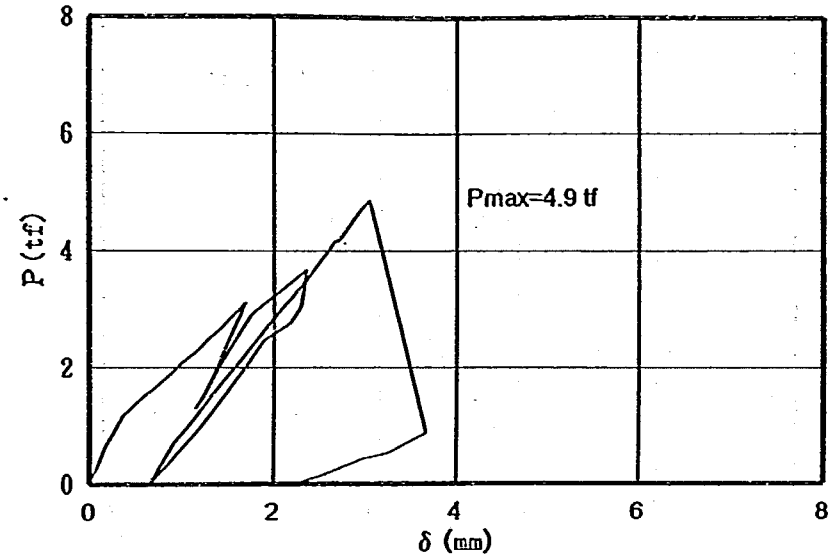


A-4-2-⑦

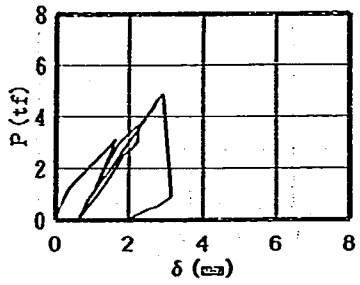




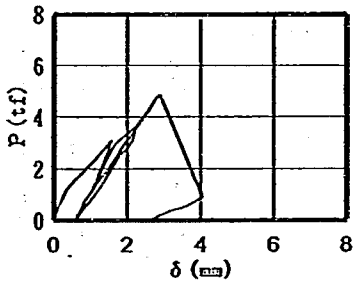
B-1-1-①



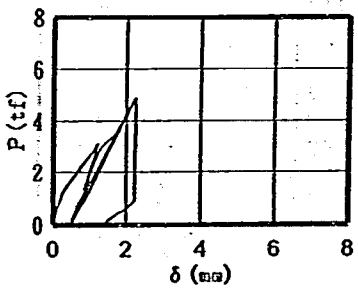
B-1-1-②



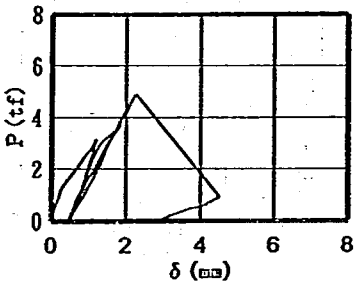
B-1-1-③



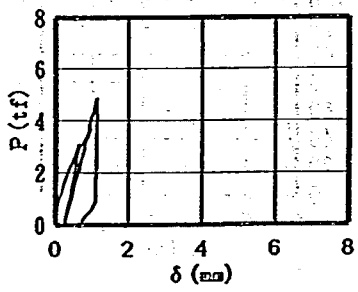
B-1-1-④



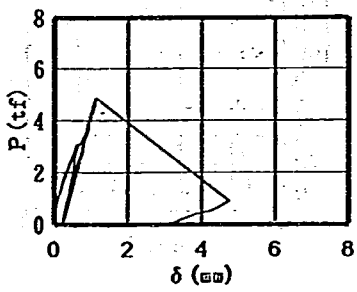
B-1-1-⑤

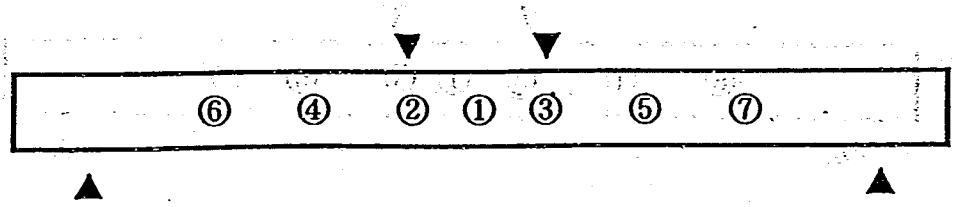


B-1-1-⑥

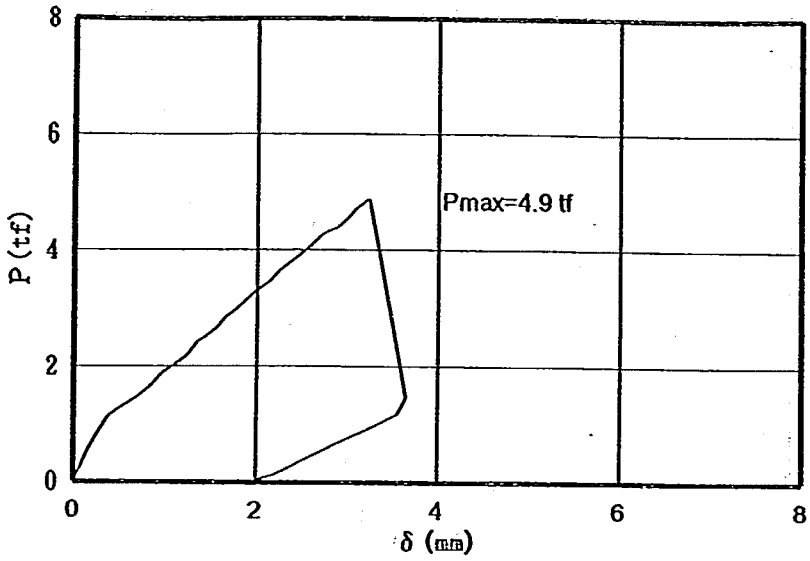


B-1-1-⑦

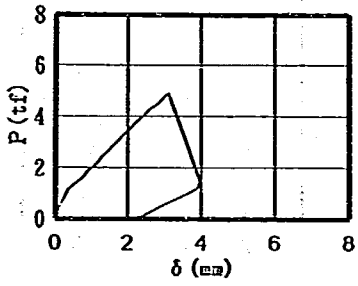




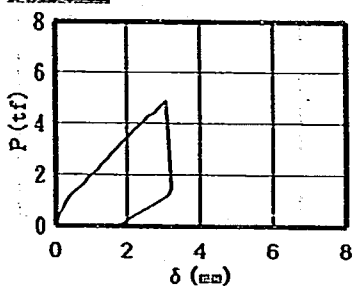
B-1-2-①



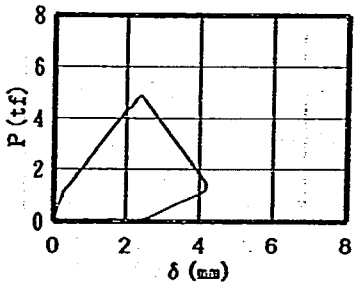
B-1-2-②



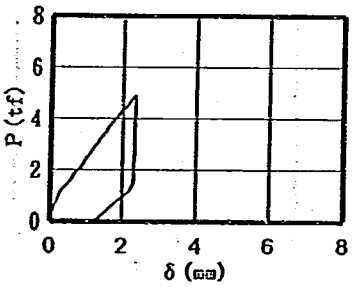
B-1-2-③



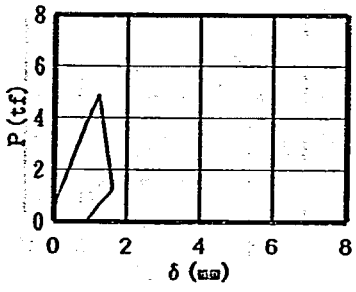
B-1-2-④



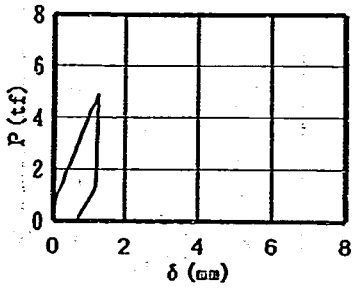
B-1-2-⑤

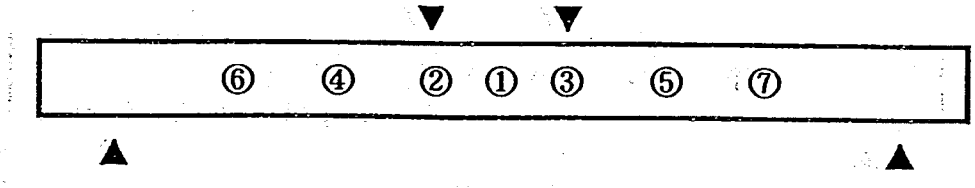


B-1-2-⑥

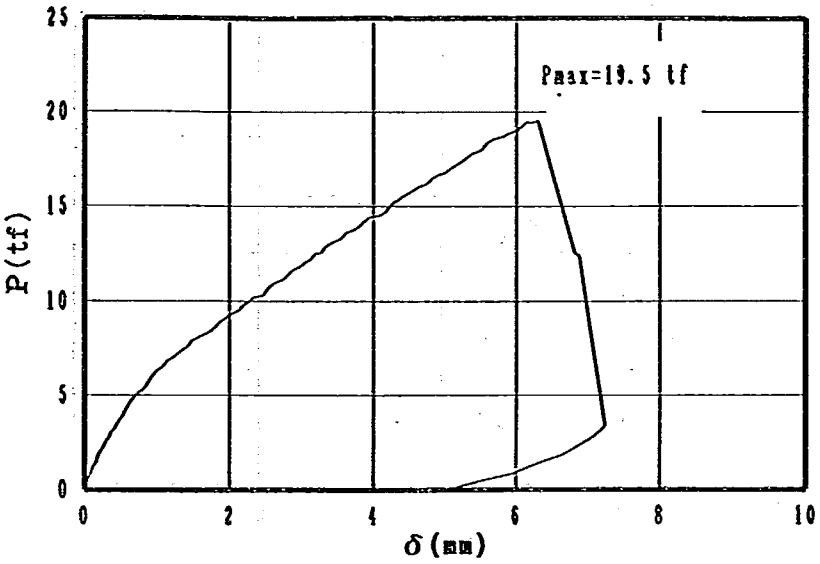


B-1-2-⑦

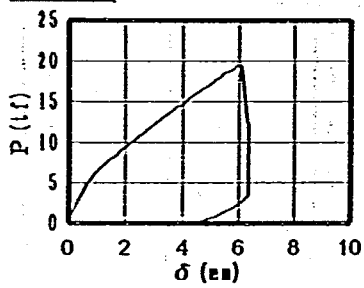




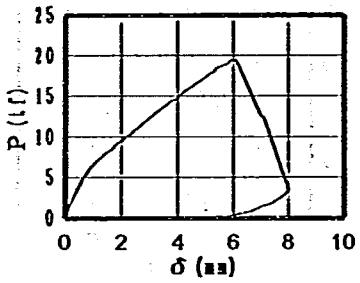
B-2-1-①



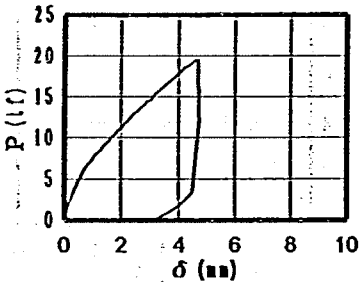
B-2-1-②



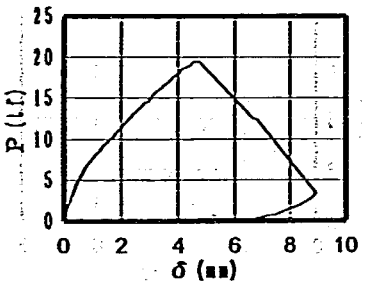
B-2-1-③



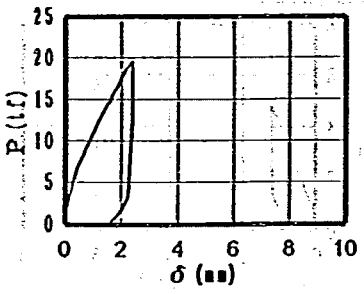
B-2-1-④



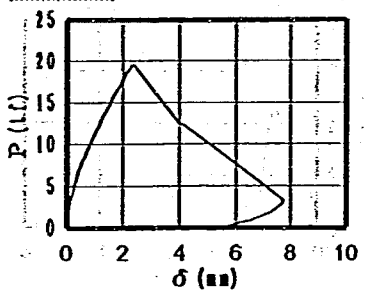
B-2-1-⑤

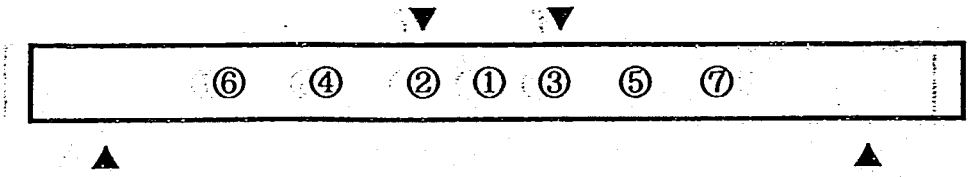


B-2-1-⑥

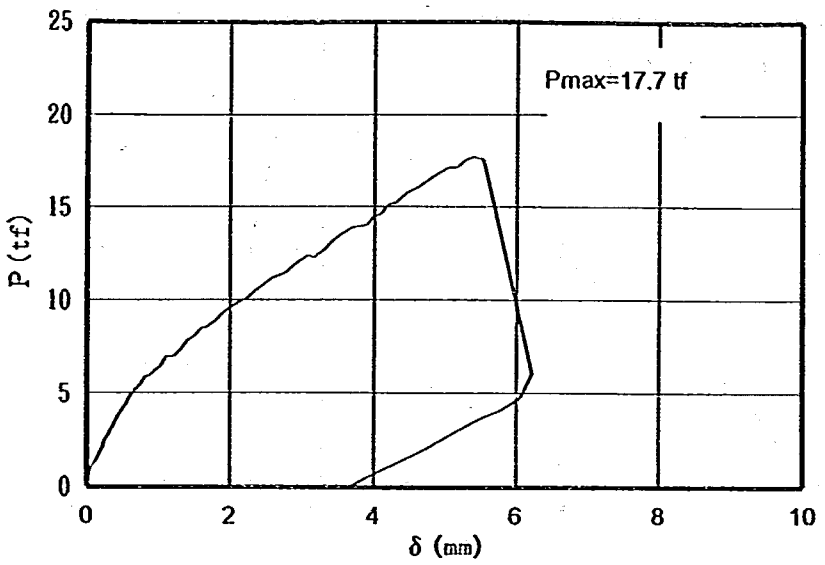


B-2-1-⑦

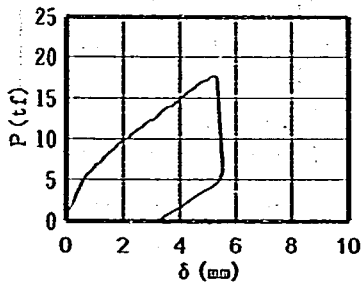




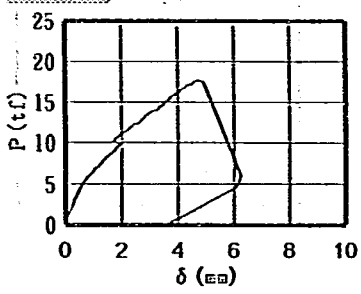
B-2-2-①



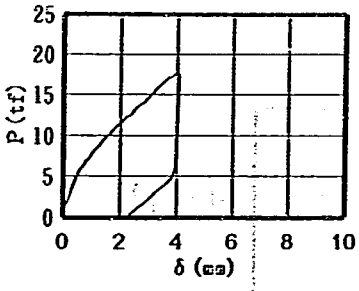
B-2-2-②



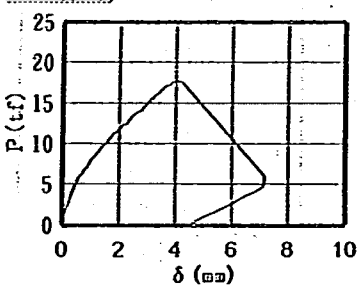
B-2-2-③



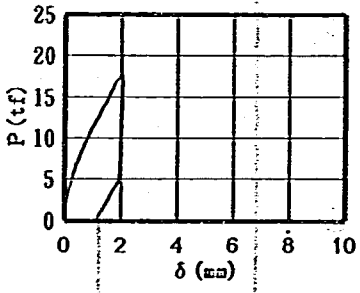
B-2-2-④



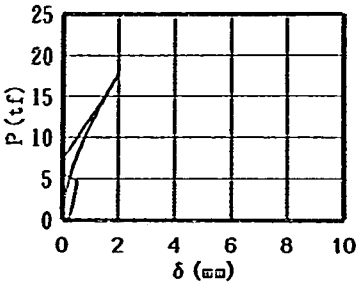
B-2-2-⑤



B-2-2-⑥

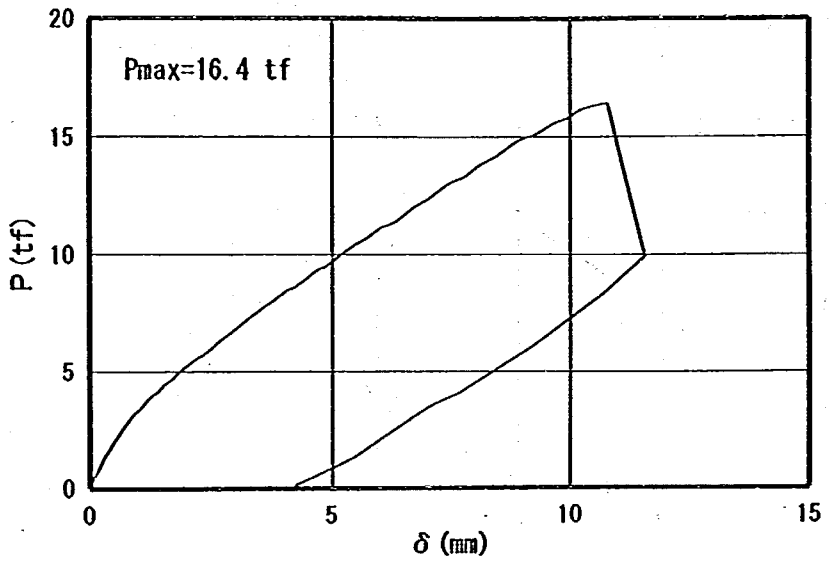


B-2-2-⑦

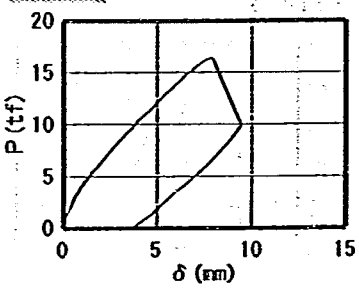


⑥ ④ ② ① ③ ⑤ ⑦

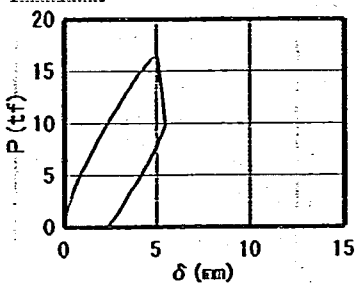
C-1-1-①



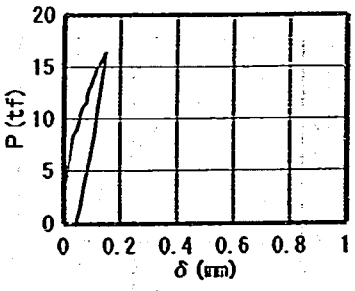
C-1-1-②

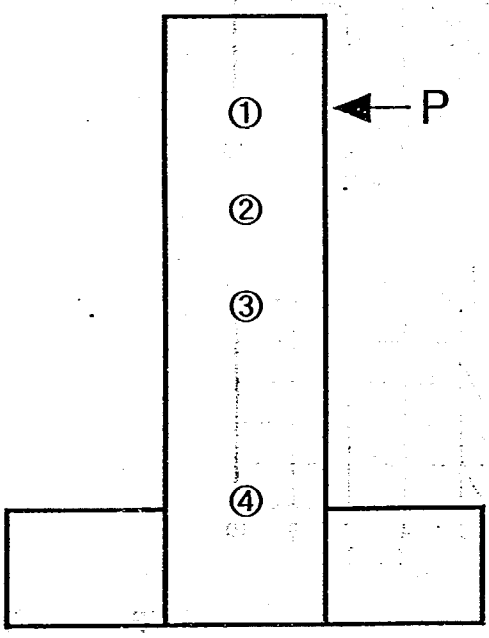


C-1-1-③

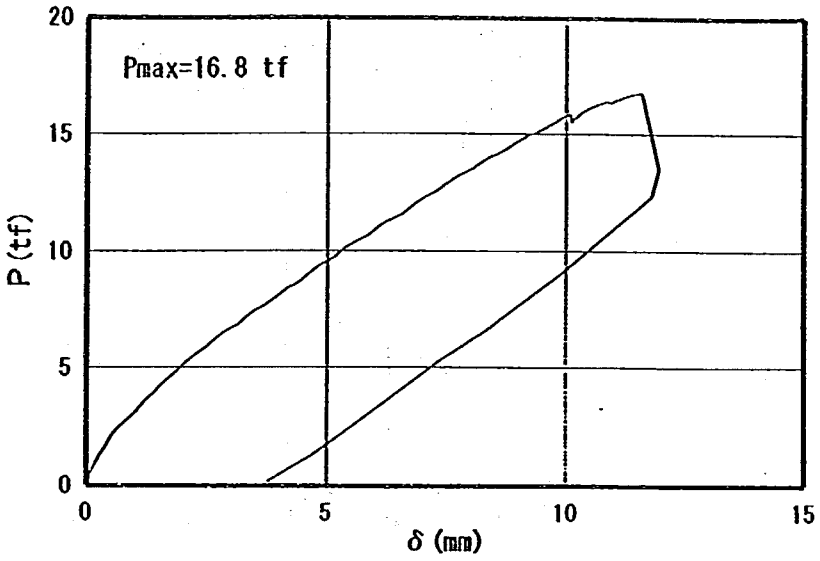


C-1-1-④

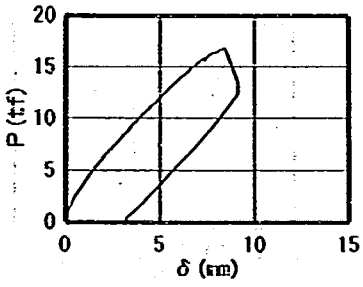




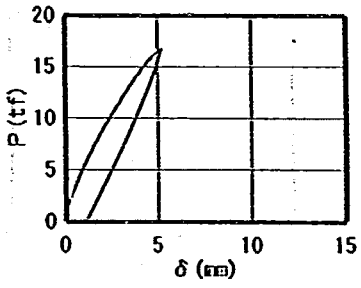
C-1-2-①



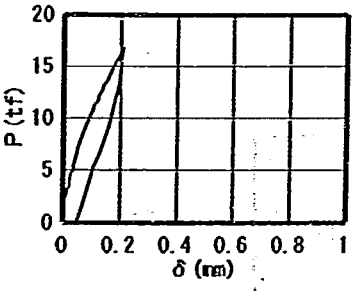
C-1-2-②

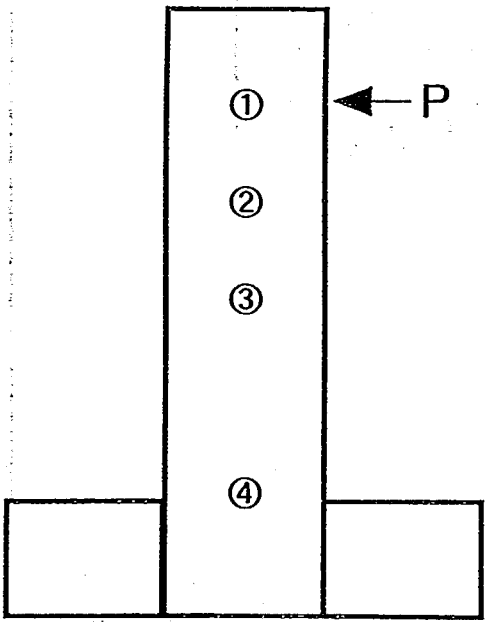


C-1-2-③

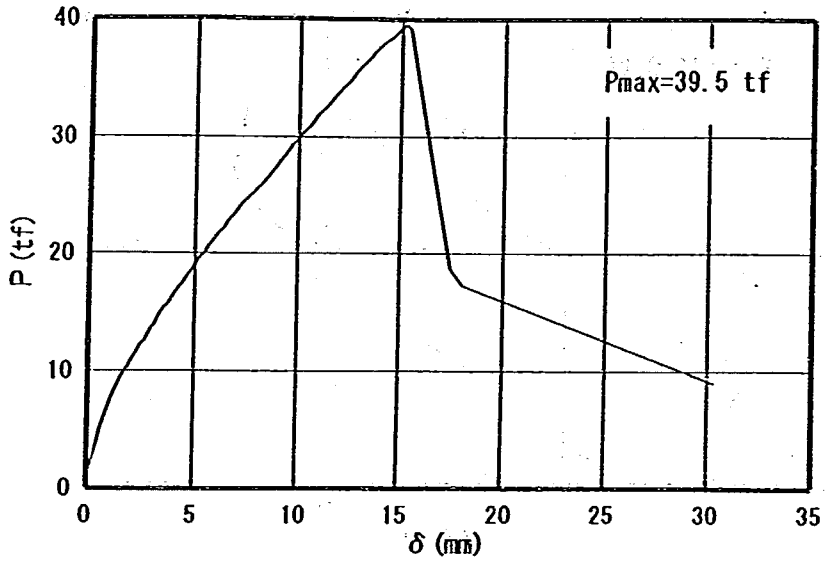


C-1-2-④

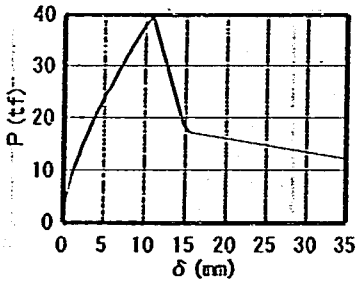




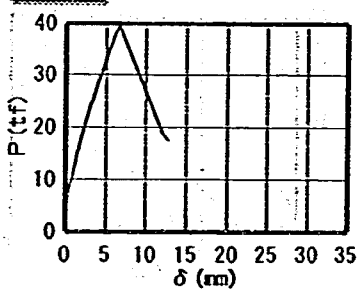
C-2-1-①



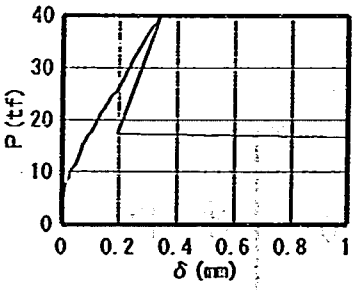
C-2-1-②

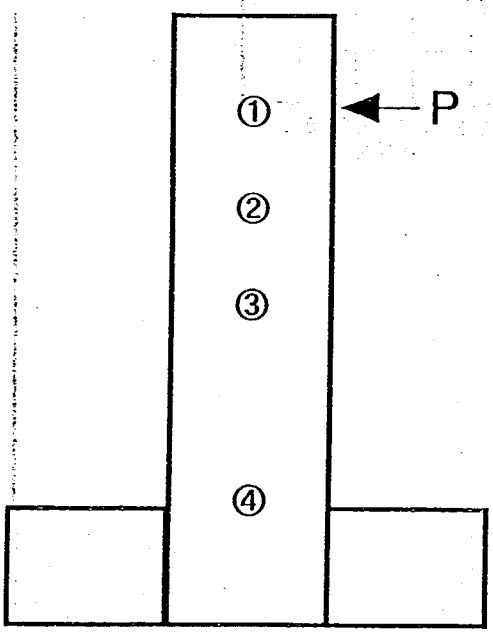


C-2-1-③

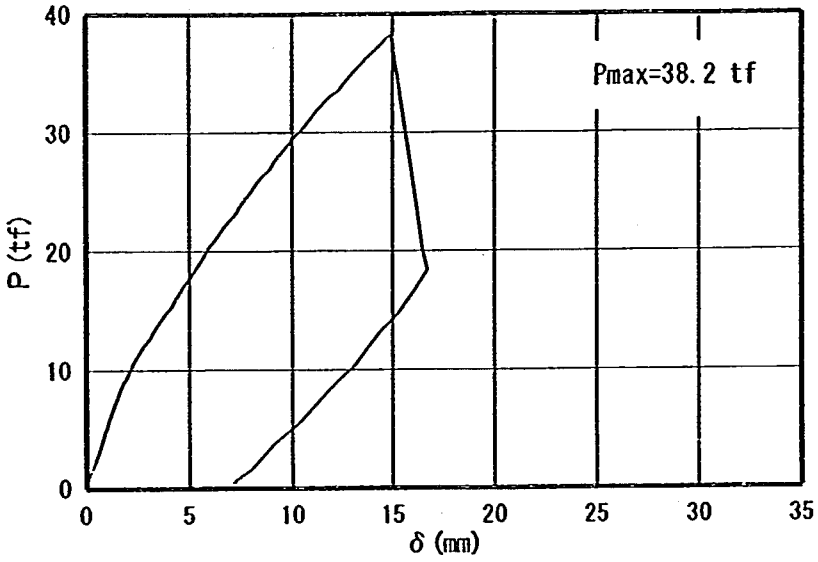


C-2-1-④

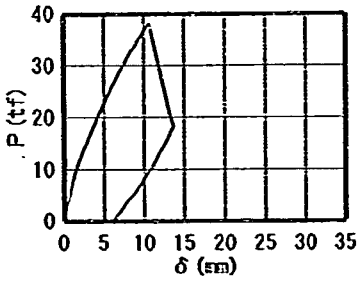




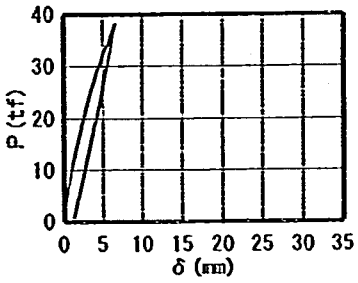
C-2-2-①



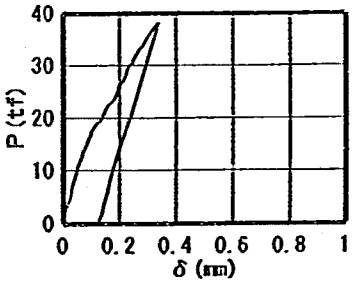
C-2-2-②

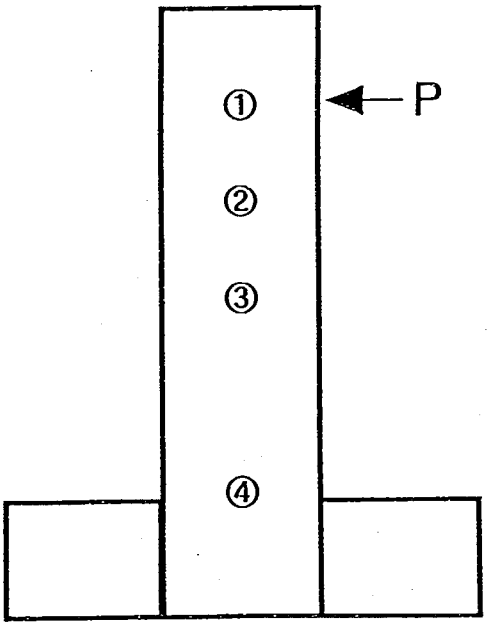


C-2-2-③



C-2-2-④





2）試験結果一覧表

ＲＣ部材のせん断ひび割れ圧縮強度　実験結果表

試験体名	Ａ－１－１	実験	No. 1
実験実施日	平成7年　10月　4日	実施時間	15：30　～　17：00
加力方式	単純梁形式　疲労試験機		
加力方法	一方向単調静的加力		
試験体概要	試験体断面形状　矩　形		
	有効高さ　30 cm		
	Gmax　20 mm		

使用材料の性質	ｺﾝｸﾘｰﾄｼﾘﾝﾀﾞｰ圧縮強度	253 kgf/cm^2	(試験日　10月　3日)
	割裂強度	23.4kgf/cm^2	
	ヤング係数	2.04×10^{5}kgf/cm^2	
	ポアソン比	0.16	
	D10鉄筋降伏強度	34.1kgf/mm^2	(試験日　8月　23日)
	引張強度	47.7kgf/mm^2	
	ヤング係数	1.93×10^{6}kgf/cm^2	
	D16鉄筋降伏強度	35.4kgf/mm^2	(試験日　8月　23日)
	引張強度	51.0kgf/mm^2	
	ヤング係数	1.94×10^{6}kgf/cm^2	
	せん断荷重　(土木学会)	4.0tf	
	(建築学会)	4.2tf	
	曲げひび割れ荷重	1.6tf	$1.2\sqrt{F_c}\cdot z_e$
	曲げ終局荷重	8.6tf	
	弾性剛性	4.34tf/mm	
実験結果	最大耐力	6.8tf	実験値／計算値[1)]　1.70
	最大耐力時変位	4.05mm	

備　考

STEP	荷　重
5	0.2Pmax≒1.4tf
9	0.4Pmax≒2.7tf
14	0.6Pmax≒4.1tf
18	0.8Pmax≒5.4tf
27	1.0Pmax≒6.8tf

1) 土木学会

最大ステップ　２７

最終ステップ　３５

ＲＣ部材のせん断ひび割れ圧縮強度 実験結果表

試験体名	Ａ－１－２	実験 No.2	
実験実施日	平成7年 10月 6日	実施時間	9：20 ～ 10：45
加力方式	単純梁形式 疲労試験機		
加力方法	一方向単調静的加力		
試験体概要	試験体断面形状	矩 形	
	有効高さ	30 cm	
	Gmax	20 mm	
使用材料の性質	ｺﾝｸﾘｰﾄｼﾘﾝﾀﾞｰ圧縮強度	253 kgf/cm^2	(試験日 10月 3日)
	割裂強度	23.4kgf/cm^2	
	ヤング係数	2.04×10^{5}kgf/cm^2	
	ポアソン比	0.16	
	D10鉄筋降伏強度	34.1kgf/mm^2	(試験日 8月 23日)
	引張強度	47.7kgf/mm^2	
	ヤング係数	1.93×10^{6}kgf/cm^2	
	D16鉄筋降伏強度	35.4kgf/mm^2	(試験日 8月 23日)
	引張強度	51.0kgf/mm^2	
	ヤング係数	1.94×10^{6}kgf/cm^2	
	せん断荷重 (土木学会)	4.0tf	
	(建築学会)	4.2tf	
	曲げひび割れ荷重	1.6tf	
	曲げ終局荷重	8.6tf	
	弾性剛性	4.34tf/mm	
実験結果	最大耐力	6.0tf	実験値／計算値[1] 1.50
	最大耐力時変位	3.41mm	

備 考

STEP	荷 重
4	0.2Pmax≒1.2tf
10	0.4Pmax≒2.4tf
16	0.6Pmax≒3.6tf
21	0.8Pmax≒4.8tf
27	1.0Pmax≒6tf

1) 土木学会

最大ステップ ２７

最終ステップ ３７

ＲＣ部材のせん断ひび割れ圧縮強度　実験結果表

試験体名	Ａ－２－１	実験	No.7
実験実施日	平成7年　10月　16日	実施時間	15：30　～　17：30
加力方式	単純梁形式　疲労試験機		
加力方法	一方向単調静的加力		
試験体概要	試験体断面形状　矩　形		
	有効高さ　50 cm		
	Gmax　20 mm		
使用材料の性質	ｺﾝｸﾘｰﾄｼﾘﾝﾀﾞｰ圧縮強度	278 kgf/cm^2	(試験日　10月　15日)
	割裂強度	23.1kgf/cm^2	
	ヤング係数	2.22×10^{5}kgf/cm^2	
	ポアソン比	0.15	
	D10鉄筋降伏強度	34.1kgf/mm^2	(試験日　8月　23日)
	引張強度	47.7kgf/mm^2	
	ヤング係数	1.93×10^{6}kgf/cm^2	
	D16鉄筋降伏強度	35.4kgf/mm^2	(試験日　8月　23日)
	引張強度	51.0kgf/mm^2	
	ヤング係数	1.94×10^{6}kgf/cm^2	
	せん断荷重　(土木学会)	10.1tf	
	(建築学会)	11.5tf	
	曲げひび割れ荷重	4.5tf	
	曲げ終局荷重	24.9tf	
	弾性剛性	8.04tf/mm	
実験結果	最大耐力	16.8tf	実験値／計算値[1)]　1.66
	最大耐力時変位	5.466mm	

備　考

STEP	荷　重
13	0.2Pmax≒3.4tf
27	0.4Pmax≒6.7tf
39	0.6Pmax≒10.1tf
48	0.8Pmax≒13.4tf
65	1.0Pmax≒16.8tf

1) 土木学会

最大ステップ　６５

最終ステップ　７３

ＲＣ部材のせん断ひび割れ圧縮強度　実験結果表

試験体名	Ａ－２－２	実験　No.8	
実験実施日	平成7年　10月　18日	実施時間	14：00　～　16：00
加力方式	単純梁形式　疲労試験機		
加力方法	一方向単調静的加力		
試験体概要	試験体断面形状　矩　形		
	有効高さ　50 cm		
	Gmax　20 mm		
使用材料の性質	ｺﾝｸﾘｰﾄｼﾘﾝﾀﾞｰ圧縮強度	278 kgf/cm^2	(試験日　10月　15日)
	割裂強度	23.1kgf/cm^2	
	ヤング係数	2.22×10^{5}kgf/cm^2	
	ポアソン比	0.15	
	D10鉄筋降伏強度	34.1kgf/mm^2	(試験日　8月　23日)
	引張強度	47.7kgf/mm^2	
	ヤング係数	1.93×10^{6}kgf/cm^2	
	D16鉄筋降伏強度	35.4kgf/mm^2	(試験日　8月　23日)
	引張強度	51.0kgf/mm^2	
	ヤング係数	1.94×10^{6}kgf/cm^2	
	せん断荷重　(土木学会)	10.1tf	
	(建築学会)	11.5tf	
	曲げひび割れ荷重	4.5tf	
	曲げ終局荷重	24.9tf	
	弾性剛性	8.04tf/mm	
実験結果	最大耐力	20.7tf	実験値／計算値[1)]　2.05
	最大耐力時変位	6.754mm	

備　考

STEP	荷　重
14	0.2Pmax≒4.1tf
25	0.4Pmax≒8.3tf
37	0.6Pmax≒12.4tf
50	0.8Pmax≒16.6tf
71	1.0Pmax≒20.7tf

1) 土木学会

最大ステップ　７１

最終ステップ　８１

ＲＣ部材のせん断ひび割れ圧縮強度　実験結果表

試験体名	Ａ－３－１	実験	No.11
実験実施日	平成7年　11月　14日	実施時間	14：00　～　16：30
加力方式	単純梁形式　大型構造物試験機		
加力方法	一方向単調静的加力		
試験体概要	試験体断面形状　矩　形		
	有効高さ　95 cm		
	Gmax　20 mm		
使用材料の性質	ｺﾝｸﾘｰﾄｼﾘﾝﾀﾞｰ圧縮強度	211 kgf/cm^2	（試験日　11月　13日）
	割裂強度	19.1kgf/cm^2	
	ヤング係数	1.80×10^{5}kgf/cm^2	
	ポアソン比	0.16	
	D25鉄筋降伏強度	41.3kgf/mm^2	（試験日　8月　23日）
	引張強度	62.2kgf/mm^2	
	ヤング係数	1.99×10^{6}kgf/cm^2	
	せん断荷重　（土木学会）	31.4tf	
	（建築学会）	43.5tf	
	曲げひび割れ荷重	16.9tf	
	曲げ終局荷重	104.7tf	
	弾性剛性	18.10tf/mm	
実験結果	最大耐力	44.1tf	実験値／計算値[1]　1.40
	最大耐力時変位	7.02mm	

備　考

STEP	荷　重
10	0.2Pmax≒8.8tf
19	0.4Pmax≒17.6tf
26	0.6Pmax≒26.5tf
39	0.8Pmax≒35.3tf
52	1.0Pmax≒44.1tf

1) 土木学会

最大ステップ　５２

最終ステップ　６９

ＲＣ部材のせん断ひび割れ圧縮強度　実験結果表

試験体名	Ａ－３－２	実験	No.12
実験実施日	平成7年　11月　17日	実施時間	14：00　～　16：30
加力方式	単純梁形式　大型構造物試験機		
加力方法	一方向単調静的加力		
試験体概要	試験体断面形状　矩　形		
	有効高さ　95 cm		
	Gmax　20 mm		
使用材料の性質	ｺﾝｸﾘｰﾄｼﾘﾝﾀﾞｰ圧縮強度	210 kgf/cm^2	(試験日　11月　16日)
	割裂強度	20.4kgf/cm^2	
	ヤング係数	1.78×10^{5}kgf/cm^2	
	ポアソン比	0.17	
	D25鉄筋降伏強度	41.3kgf/mm^2	(試験日　8月　23日)
	引張強度	62.2kgf/mm^2	
	ヤング係数	1.99×10^{6}kgf/cm^2	
	せん断荷重　(土木学会)	31.4tf	
	(建築学会)	43.5tf	
	曲げひび割れ荷重	16.9tf	
	曲げ終局荷重	104.7tf	
	弾性剛性	18.10f/mm	
実験結果	最大耐力	48.4tf	実験値／計算値[1)]　1.54
	最大耐力時変位	7.34mm	

備　考

STEP	荷　重
11	0.2Pmax≒9.7tf
18	0.4Pmax≒19.4tf
31	0.6Pmax≒29.0tf
41	0.8Pmax≒38.7tf
58	1.0Pmax≒48.4tf

1) 土木学会

最大ステップ　５８

最終ステップ　６１

ＲＣ部材のせん断ひび割れ圧縮強度　実験結果表

試験体名	Ａ－４－１	実験　No.9	
実験実施日	平成7年　11月　1日	実施時間	14：00　～　16：00
加力方式	単純梁形式　大型構造物試験機		
加力方法	一方向単調静的加力		
試験体概要	試験体断面形状　矩　形		
	有効高さ　200 cm		
	Gmax　40 mm		
使用材料の性質	ｺﾝｸﾘｰﾄｼﾘﾝﾀﾞｰ圧縮強度	226 kgf/cm^2	(試験日　10月 31日)
	割裂強度	20.9kgf/cm^2	
	ヤング係数	1.97×10^{5}kgf/cm^2	
	ポアソン比	0.17	
	D35鉄筋降伏強度	41.0kgf/mm^2	(試験日　8月　23日)
	引張強度	64.9kgf/mm^2	
	ヤング係数	1.93×10^{5}kgf/cm^2	
	せん断荷重　(土木学会)	93.4tf	
	(建築学会)	156.8tf	
	曲げひび割れ荷重	59.3tf	
	曲げ終局荷重	361.7tf	
	弾性剛性	34.17tf/mm	
実験結果	最大耐力	124.5tf	実験値／計算値[1)]　1.33
	最大耐力時変位	9.54mm	

備　考

STEP	荷　重
11	0.2Pmax≒24.9tf
21	0.4Pmax≒49.8tf
30	0.6Pmax≒74.7tf
40	0.8Pmax≒99.6tf
50	1.0Pmax≒124.5tf

1) 土木学会

最大ステップ　５０

最終ステップ　６２

ＲＣ部材のせん断ひび割れ圧縮強度　実験結果表

試験体名	Ａ－４－２	実験	No.10
実験実施日	平成7年　11月　9日	実施時間	14：00　～　16：00
加力方式	単純梁形式　大型構造物試験機		
加力方法	一方向単調静的加力		
試験体概要	試験体断面形状　矩　形		
	有効高さ　200 cm		
	Gmax　40 mm		
使用材料の性質	ｺﾝｸﾘｰﾄｼﾘﾝﾀﾞｰ圧縮強度	236 kgf/cm^2	(試験日　11月　8日)
	割裂強度	21.9kgf/cm^2	
	ヤング係数	1.91×10^{5}kgf/cm^2	
	ポアソン比	0.16	
	D35鉄筋降伏強度	41.0kgf/mm^2	(試験日　8月　23日)
	引張強度	64.9kgf/mm^2	
	ヤング係数	1.93×10^{5}kgf/cm^2	
	せん断荷重　(土木学会)	93.4tf	
	(建築学会)	156.8tf	
	曲げひび割れ荷重	59.3tf	
	曲げ終局荷重	361.7tf	
	弾性剛性	34.17tf/mm	
実験結果	最大耐力	114.2tf	実験値／計算値[1)]　1.22
	最大耐力時変位	8.95mm	

備　考

STEP	荷　重
10	0.2Pmax≒22.8tf
19	0.4Pmax≒45.7tf
30	0.6Pmax≒68.5tf
41	0.8Pmax≒91.4tf
53	1.0Pmax≒114.2tf

1) 土木学会

最大ステップ　５３

最終ステップ　６１

ＲＣ部材のせん断ひび割れ圧縮強度　実験結果表

試験体名	Ｂ－１－１	実験　No.3	
実験実施日	平成7年　10月　9日	実施時間	9：30　～　11：00
加力方式	単純梁形式　疲労試験機		
加力方法	一方向単調静的加力		
試験体概要	試験体断面形状	矩　形	
	有効高さ	30 cm	
	Gmax	5 mm	
使用材料の性質	ｺﾝｸﾘｰﾄｼﾘﾝﾀﾞｰ圧縮強度	242 kgf/cm^2	(試験日　10月　8日)
	割裂強度	20.3kgf/cm^2	
	ヤング係数	1.65×10^{5}kgf/cm^2	
	ポアソン比	0.17	
	D10鉄筋降伏強度	34.1kgf/mm^2	(試験日　8月　23日)
	引張強度	47.7kgf/mm^2	
	ヤング係数	1.93×10^{6}kgf/mm^2	
	D16鉄筋降伏強度	35.4kgf/cm^2	(試験日　8月　23日)
	引張強度	51.0kgf/mm^2	
	ヤング係数	1.94×10^{6}kgf/cm^2	
	せん断荷重　(土木学会)	4.0tf	
	(建築学会)	4.2tf	
	曲げひび割れ荷重	1.6tf	
	曲げ終局荷重	8.6tf	
	弾性剛性	4.34tf/mm	
実験結果	最大耐力	4.9tf	実験値／計算値[1] 1.23
	最大耐力時変位	3.04mm	

備　考

STEP	荷　重
4	0.2Pmax≒1.0tf
7	0.4Pmax≒2.0tf
13	0.6Pmax≒2.9tf
38	0.8Pmax≒3.9tf
45	1.0Pmax≒4.9tf

1) 土木学会

３ｔ静止状態でEMRGE STOPを誤動作してしまう。油圧を30kgf/cm^{2}に下げて、０ｔまで除荷を行う。

最大ステップ　４５

最終ステップ　５１

ＲＣ部材のせん断ひび割れ圧縮強度　実験結果表

試験体名	Ｂ－１－２	実験　No.4	
実験実施日	平成7年　10月　9日	実施時間　18：00　～　19：20	
加力方式	単純梁形式　疲労試験機		
加力方法	一方向単調静的加力		
試験体概要	試験体断面形状　矩　形		
	有効高さ　30 cm		
	Gmax　5 mm		
使用材料の性質	ｺﾝｸﾘｰﾄｼﾘﾝﾀﾞｰ圧縮強度	242 kgf/cm^2	(試験日　10月　8日)
	割裂強度	20.3kgf/cm^2	
	ヤング係数	1.65×10^{5}kgf/cm^2	
	ポアソン比	0.17	
	D10鉄筋降伏強度	34.1kgf/mm^2	(試験日　8月　23日)
	引張強度	47.7kgf/mm^2	
	ヤング係数	1.93×10^{6}kgf/cm^2	
	D16鉄筋降伏強度	35.4kgf/mm^2	(試験日　8月　23日)
	引張強度	51.0kgf/mm^2	
	ヤング係数	1.94×10^{6}kgf/cm^2	
	せん断荷重　(土木学会)	4.0tf	
	(建築学会)	4.2tf	
	曲げひび割れ荷重	1.6tf	
	曲げ終局荷重	8.6tf	
	弾性剛性	4.34tf/mm	
実験結果	最大耐力	4.9tf	実験値／計算値[1)]　1.23
	最大耐力時変位	3.23mm	

備　考

STEP	荷　重
3	0.2Pmax≒1.0tf
9	0.4Pmax≒2.0tf
15	0.6Pmax≒2.9tf
22	0.8Pmax≒3.9tf
29	1.0Pmax≒4.9tf

1) 土木学会

最大ステップ　２９

最終ステップ　３７

ＲＣ部材のせん断ひび割れ圧縮強度 実験結果表

試験体名	Ｂ－２－１	実験 No.5	
実験実施日	平成7年 10月 12日	実施時間	15：15 ～ 17：30
加力方式	単純梁形式 疲労試験機		
加力方法	一方向単調静的加力		
試験体概要	試験体断面形状	矩 形	
	有効高さ	50 cm	
	Gmax	13 mm	
使用材料の性質	ｺﾝｸﾘｰﾄｼﾘﾝﾀﾞｰ圧縮強度	242 kgf/cm²	(試験日 10月 12日)
	割裂強度	20.3kgf/cm²	
	ヤング係数	2.20×10⁵kgf/cm²	
	ポアソン比	0.15	
	D10鉄筋降伏強度	34.1kgf/mm²	(試験日 8月 23日)
	引張強度	47.7kgf/mm²	
	ヤング係数	1.93×10⁶kgf/cm²	
	D16鉄筋降伏強度	35.4kgf/mm²	(試験日 8月 23日)
	引張強度	51.0kgf/mm²	
	ヤング係数	1.94×10⁶kgf/cm²	
	せん断荷重 (土木学会)	10.1tf	
	(建築学会)	11.5tf	
	曲げひび割れ荷重	4.5tf	
	曲げ終局荷重	24.9tf	
	弾性剛性	8.04tf/mm	
実験結果	最大耐力	19.5tf	実験値／計算値[1] 1.93
	最大耐力時変位	6.13mm	

備 考

STEP	荷 重
16	0.2Pmax≒3.9tf
29	0.4Pmax≒7.8tf
46	0.6Pmax≒11.7tf
64	0.8Pmax≒15.6tf
82	1.0Pmax≒19.5tf

1）土木学会

最大ステップ 80

最終ステップ 91

ＲＣ部材のせん断ひび割れ圧縮強度　実験結果表

試験体名	Ｂ－２－２	実験　No.6	
実験実施日	平成7年　10月　13日	実施時間	9：40　～　12：00
加力方式	単純梁形式　疲労試験機		
加力方法	一方向単調静的加力		
試験体概要	試験体断面形状　矩　形		
	有効高さ　50 cm		
	Gmax　13 mm		
使用材料の性質	ｺﾝｸﾘｰﾄｼﾘﾝﾀﾞｰ圧縮強度	242 kgf/cm^2	(試験日　10月　12日)
	割裂強度	20.3kgf/cm^2	
	ヤング係数	2.20×10^{5}kgf/cm^2	
	ポアソン比	0.15	
	D10鉄筋降伏強度	34.1kgf/mm^2	(試験日　8月　23日)
	引張強度	47.7kgf/mm^2	
	ヤング係数	1.93×10^{3}kgf/cm^2	
	D16鉄筋降伏強度	35.4kgf/mm^2	(試験日　8月　23日)
	引張強度	51.0kgf/mm^2	
	ヤング係数	1.94×10^{3}kgf/cm^2	
	せん断荷重　(土木学会)	10.1tf	
	(建築学会)	11.5tf	
	曲げひび割れ荷重	4.5tf	
	曲げ終局荷重	24.9tf	
	弾性剛性	8.04tf/mm	
実験結果	最大耐力	17.7tf	実験値／計算値[1)]　1.75
	最大耐力時変位	5.39mm	

備　考

STEP	荷　重
13	0.2Pmax≒3.5tf
26	0.4Pmax≒7.1tf
37	0.6Pmax≒10.6tf
50	0.8Pmax≒14.2tf
63	1.0Pmax≒17.7tf

1) 土木学会

最大ステップ　６３

最終ステップ　７３

ＲＣ部材のせん断ひび割れ圧縮強度　実験結果表

試験体名	Ｃ－１－１	実験	No.15
実験実施日	平成7年　12月　5日	実施時間	14：00　～　17：00
加力方式	片持梁形式		
加力方法	一方向単調静的加力		
試験体概要	試験体断面形状　円　形		
	有効高さ　30 cm		
	Gmax　20 mm		
使用材料の性質	ｺﾝｸﾘｰﾄｼﾘﾝﾀﾞｰ圧縮強度	206 kgf/cm^2	(試験日　12月　7日)
	割裂強度	20.7kgf/cm^2	
	ヤング係数	1.76×10^{5}kgf/cm^2	
	ポアソン比	0.17	
	D16鉄筋降伏強度	35.4kgf/mm^2	(試験日　8月　23日)
	引張強度	51.0kgf/mm^2	
	ヤング係数	1.94×10^{3}kgf/cm^2	
	せん断荷重　(土木学会)	tf	
	(建築学会)	tf	
	曲げひび割れ荷重	tf	
	曲げ終局荷重	tf	
	弾性剛性	tf/mm	
実験結果	最大耐力	16.4tf	実験値／計算値[1]
	最大耐力時変位	10.78mm	

備　考

STEP	荷　重
11	0.2Pmax≒3.3tf
27	0.4Pmax≒6.6tf
44	0.6Pmax≒9.8tf
59	0.8Pmax≒13.1tf
75	1.0Pmax≒16.4tf

1) 土木学会

最大ステップ　７５

最終ステップ　８４

ＲＣ部材のせん断ひび割れ圧縮強度　実験結果表

試験体名	Ｃ－１－２	実験　No.16	
実験実施日	平成7年　12月　8日	実施時間	14：00　～　17：00
加力方式	片持梁形式		
加力方法	一方向単調静的加力		
試験体概要	試験体断面形状　円　形		
	有効高さ　30 cm		
	Gmax　20 mm		
使用材料の性質	ｺﾝｸﾘｰﾄｼﾘﾝﾀﾞｰ圧縮強度	206 kgf/cm^2	(試験日　12月　7日)
	割裂強度	20.7kgf/cm^2	
	ヤング係数	1.76×10^{5}kgf/cm^2	
	ポアソン比	0.17	
	D16鉄筋降伏強度	35.4kgf/mm^2	(試験日　8月　23日)
	引張強度	51.0kgf/mm^2	
	ヤング係数	1.94×10^{6}kgf/cm^2	
	せん断荷重　(土木学会)	tf	
	(建築学会)	tf	
	曲げひび割れ荷重	tf	
	曲げ終局荷重	tf	
	弾性剛性	tf/mm	
実験結果	最大耐力	16.8tf	実験値／計算値[1]
	最大耐力時変位	11.59mm	

備　考

1) 土木学会

STEP	荷　重
12	0.2Pmax≒3.4tf
29	0.4Pmax≒6.7tf
47	0.6Pmax≒10.1tf
64	0.8Pmax≒13.4tf
86	1.0Pmax≒16.8tf

最大ステップ　８６

最終ステップ　９５

ＲＣ部材のせん断ひび割れ圧縮強度　実験結果表

試験体名	Ｃ－２－１	実験	No.13
実験実施日	平成7年　11月　30日	実施時間	14：00　～　17：00
加力方式	片持梁形式		
加力方法	一方向単調静的加力		
試験体概要	試験体断面形状　円　形		
	有効高さ　50 cm		
	Gmax　20 mm		
使用材料の性質	ｺﾝｸﾘｰﾄｼﾘﾝﾀﾞｰ圧縮強度	213 kgf/cm²	(試験日　11月　29日)
	割裂強度	19.6kgf/cm²	
	ヤング係数	1.84×10⁵kgf/cm²	
	ポアソン比	0.18	
	D25鉄筋降伏強度	41.3kgf/mm²	(試験日　8月　23日)
	引張強度	62.2kgf/mm²	
	ヤング係数	1.99×10⁶kgf/cm²	
	せん断荷重　(土木学会)	tf	
	(建築学会)	tf	
	曲げひび割れ荷重	4.3tf	
	曲げ終局荷重	tf	
	弾性剛性	9.00tf/mm	
実験結果	最大耐力	39.5tf	実験値／計算値[1]
	最大耐力時変位	15.21mm	

備　考

1) 土木学会

STEP	荷　重
15	0.2Pmax≒7.9tf
36	0.4Pmax≒15.8tf
60	0.6Pmax≒23.7tf
80	0.8Pmax≒31.6tf
101	1.0Pmax≒39.5tf

最大ステップ　１０１

最終ステップ　１０６

ＲＣ部材のせん断ひび割れ圧縮強度　実験結果表

試験体名	Ｃ－２－２	実験	No. 14
実験実施日	平成7年　12月　4日	実施時間	14：00　～　17：00
加力方式	片持梁形式		
加力方法	一方向単調静的加力		
試験体概要	試験体断面形状　円　形		
	有効高さ　50 cm		
	Gmax　20 mm		
使用材料の性質	ｺﾝｸﾘｰﾄｼﾘﾝﾀﾞｰ圧縮強度	215 kgf/cm^2	(試験日　12月　3日)
	割裂強度	19.9kgf/cm^2	
	ヤング係数	1.79×10^{5}kgf/cm^2	
	ポアソン比	0.18	
	D25鉄筋降伏強度	41.3kgf/mm^2	(試験日　8月　23日)
	引張強度	62.2kgf/mm^2	
	ヤング係数	1.99×10^{6}kgf/cm^2	
	せん断荷重　(土木学会)	tf	
	(建築学会)	tf	
	曲げひび割れ荷重	4.3tf	
	曲げ終局荷重	tf	
	弾性剛性	9.0tf/mm	
実験結果	最大耐力	38.2tf	実験値／計算値[1]
	最大耐力時変位	14.93mm	

備　考

STEP	荷　重
13	0.2Pmax≒7.6tf
32	0.4Pmax≒15.3tf
50	0.6Pmax≒22.9tf
69	0.8Pmax≒30.6tf
91	1.0Pmax≒38.2tf

1) 土木学会

最大ステップ　９１

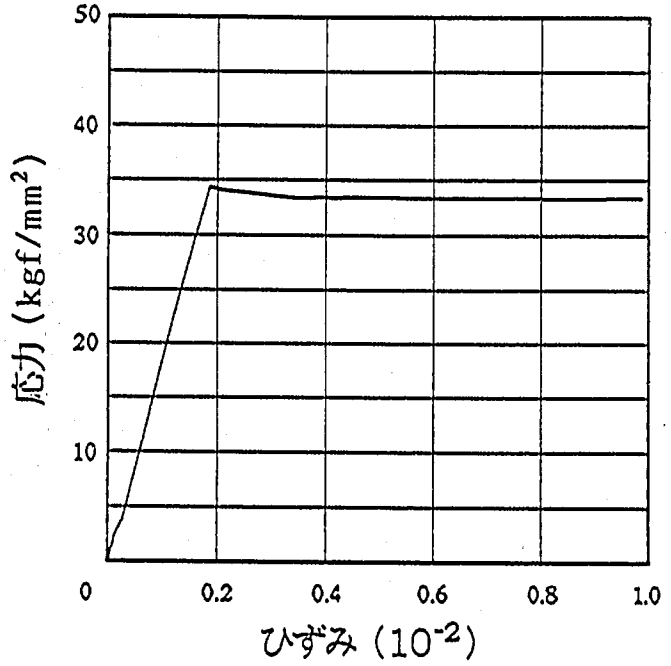
最終ステップ　１０２

3）材料試験結果

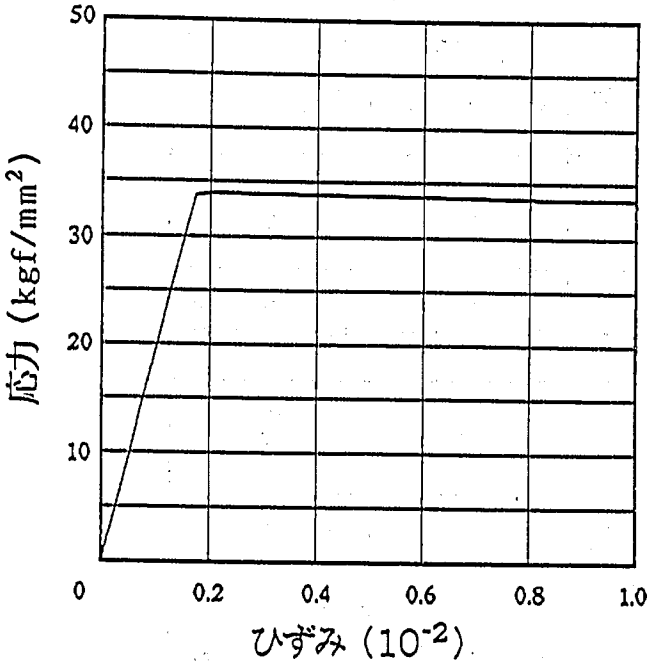
ＲＣ部材のせん断ひび割れ強度に関する実験

鉄筋引張強度試験結果

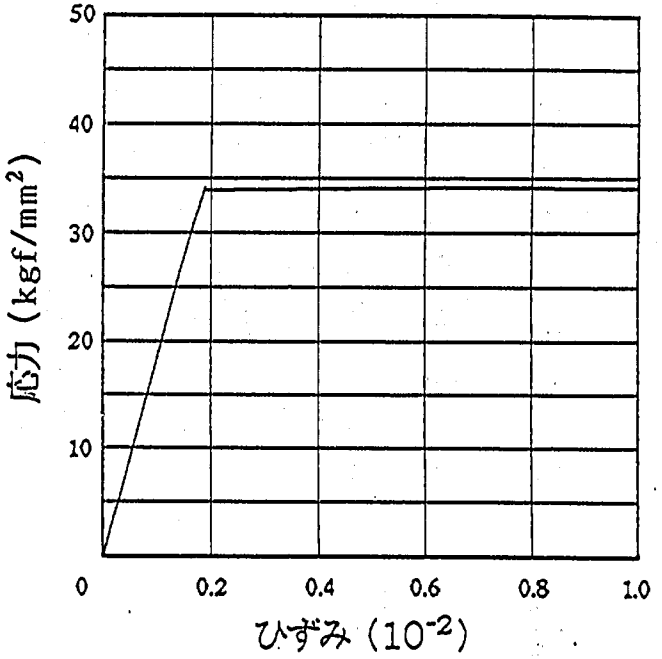
材料名	No.	FILE NAME	下位降伏点 (kgf/mm²)		引張強度 (kgf/mm²)		破断伸び (%)		ヤング係数 ×10⁶ (kgf/cm²)	
SD295A D10	1	DSD10_1	34.4	34.1	47.7	47.7	30	31	1.95	1.93
	2	DSD10_2	33.9		47.7		31		1.98	
	3	DSD10_3	33.9		47.8		32		1.87	
SD295A D16	1	DSD16_1	35.3	35.4	50.9	51.0	—	27	1.97	1.94
	2	DSD16_2	35.4		51.1		—		1.91	
	3	DSD16_3	35.5		51.1		27		1.94	
SD345 D25	1	DSD25_1	41.2	41.3	62.1	62.2	22	22	2.00	1.99
	2	DSD25_2	41.3		62.4		22		2.00	
	3	DSD25_3	41.3		62.1		21		1.98	
SD345 D35	1	DSD35_1	41.7	41.0	65.5	64.9	—	25	1.95	1.93
	2	DSD35_2	40.5		64.3		—		1.91	
	3	DSD35_3	40.8		65.0		25		1.94	



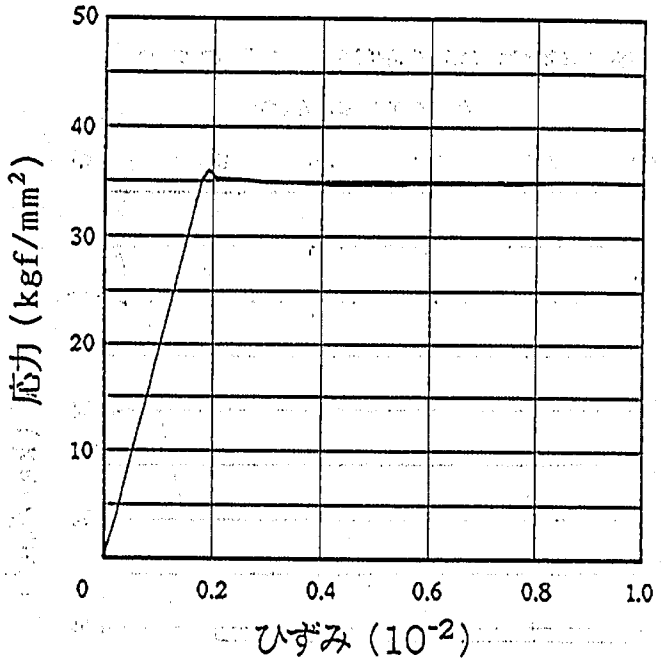
D10_1　鉄筋引張試験結果



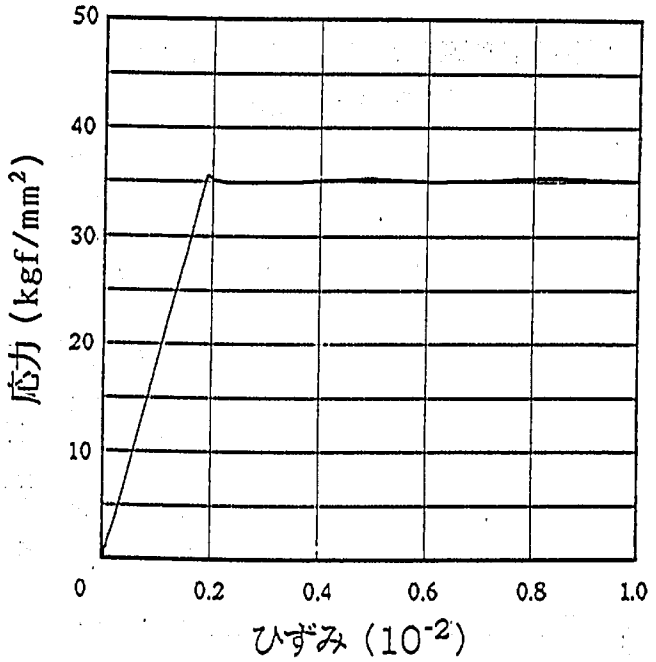
D10_2　鉄筋引張試験結果



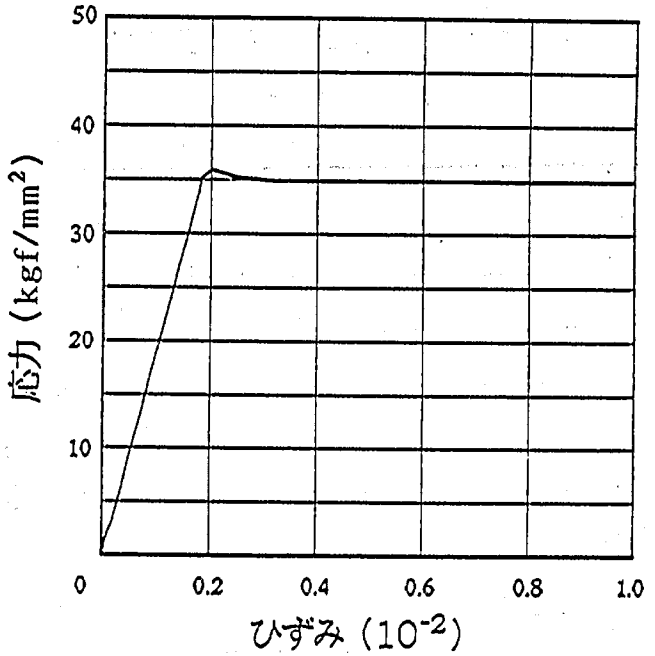
D10_3　鉄筋引張試験結果



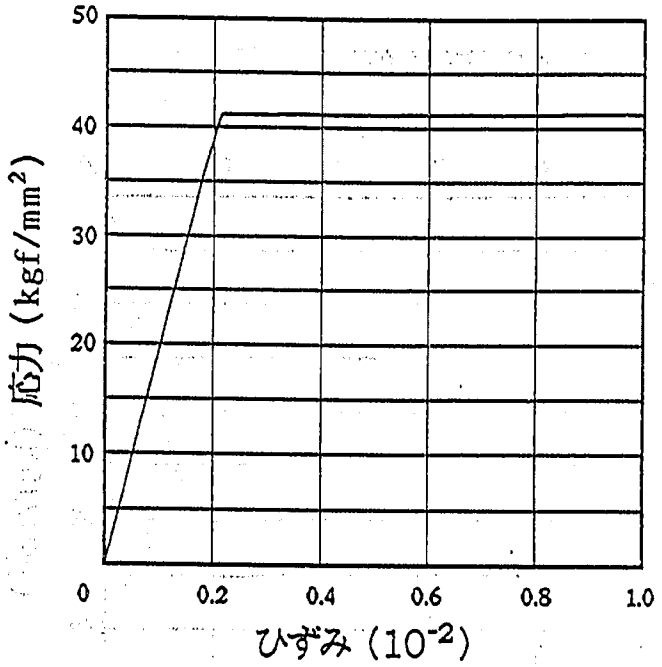
D16＿1　鉄筋引張試験結果



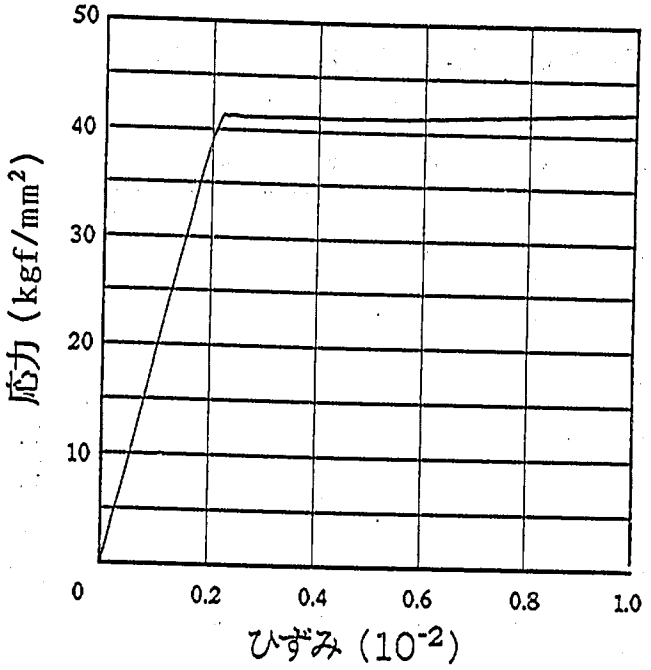
D16＿2　鉄筋引張試験結果



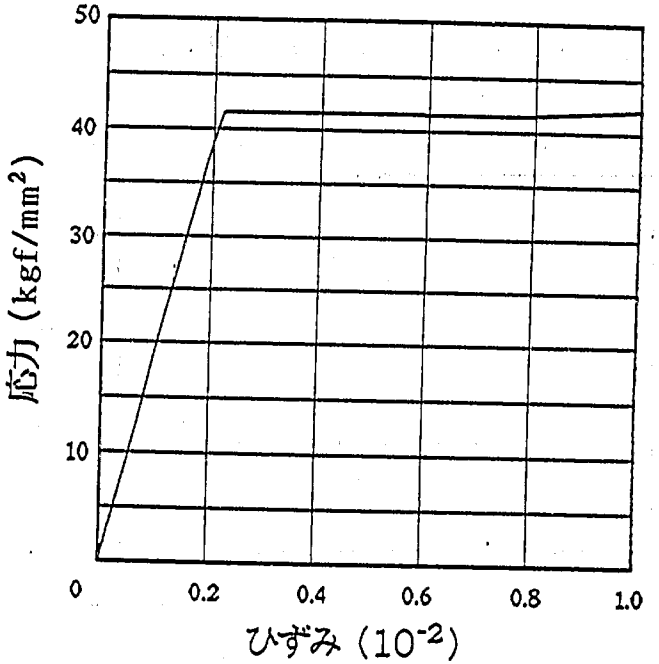
D16＿3　鉄筋引張試験結果



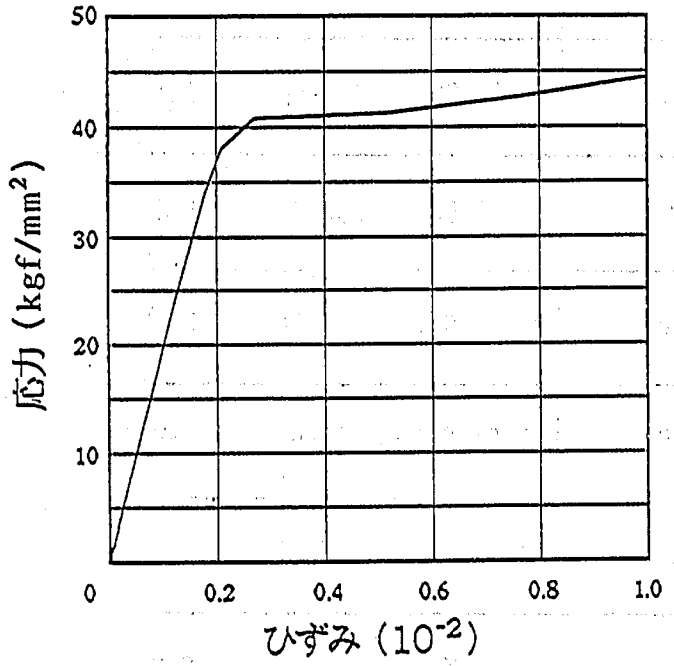
D25_1　鉄筋引張試験結果



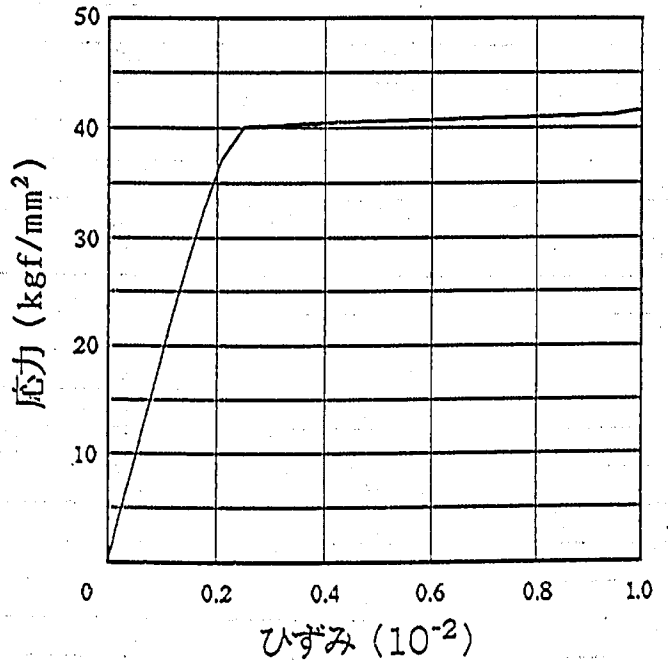
D25_2　鉄筋引張試験結果



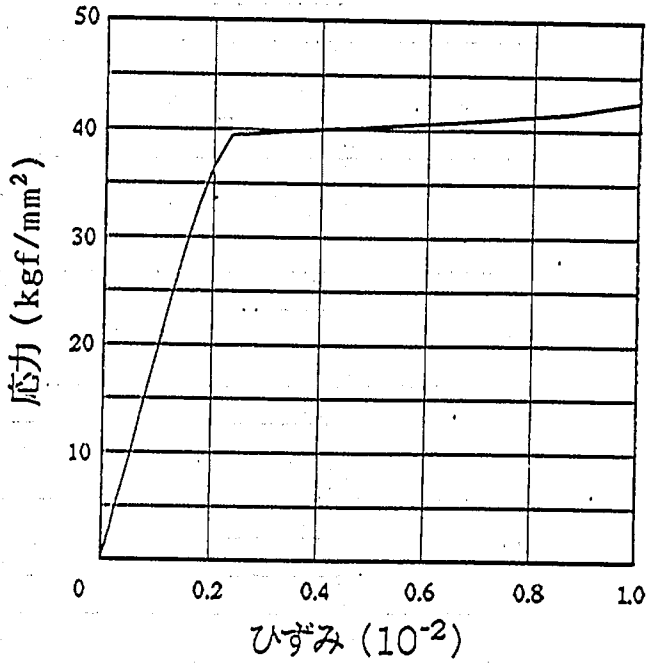
D25_3　鉄筋引張試験結果



D35_1　鉄筋引張試験結果



D35_ 2　鉄筋引張試験結果



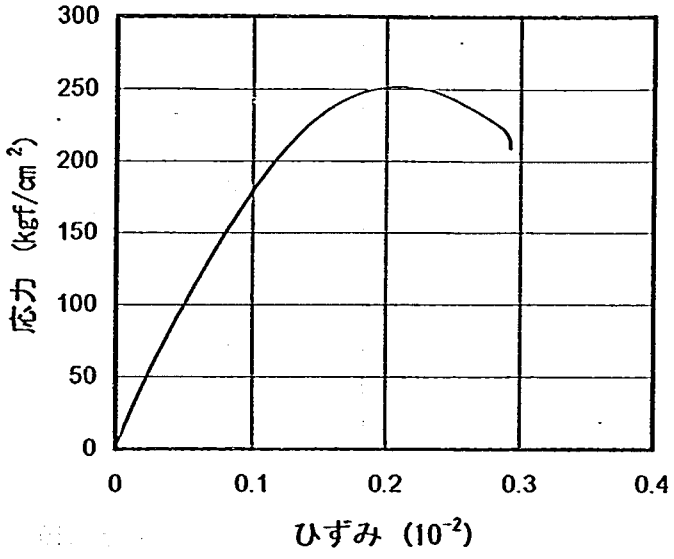
D35_3　鉄筋引張試験結果

管理供試体試験結果

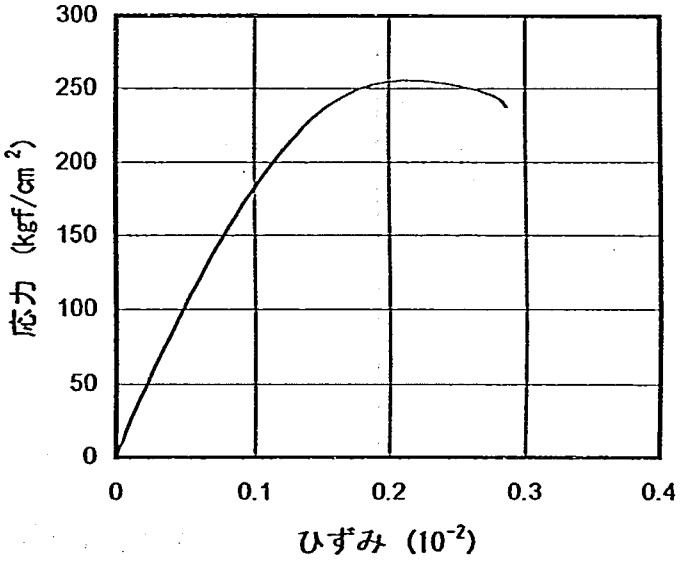
試験体名	打設日	試験日	材齢 日	圧縮強度 kgf/cm²	平均値 kgf/cm²	引張強度 kgf/cm²	平均値 kgf/cm²	静弾性係数 10⁵kgf/cm²	平均値 10⁵kgf/cm²	ポアソン比	平均値
A-1	95/09/06	95/10/03	27	253	253	23.6	23.4	2.00	2.04	0.16	0.16
				257		23.2		2.09		0.17	
				248		23.3		2.04		0.15	
A-2	95/09/06	95/10/15	39	277	278	23.7	23.1	2.16	2.22	0.17	0.15
				273		22.5		2.26		0.14	
				283		23.1		2.23		0.15	
A-3-1	95/09/29	95/11/13	45	204	211	19.6	19.1	1.76	1.80	0.18	0.16
				214		18.8		1.86		0.16	
				214		19.0		1.79		0.15	
A-3-2	95/09/29	95/11/16	48	208	210	21.2	20.4	1.60	1.78	0.15	0.17
				213		20.2		2.00		0.19	
				210		19.8		1.73		0.18	
A-4-1	95/09/29	95/10/31	32	226	226	21.8	20.9	2.13	1.97	0.18	0.17
				228		20.9		1.88		0.16	
				223		19.9		1.89		0.17	
A-4-2	95/09/29	95/11/08	40	237	236	20.7	21.9	1.83	1.91	0.15	0.16
				240		21.6		1.95		0.18	
				231		23.4		1.95		0.15	
B-1	95/09/07	95/10/08	31	245	242	20.5	20.3	1.64	1.65	0.17	0.17
				237		20.6		1.73		0.19	
				243		19.7		1.58		0.16	
B-2	95/09/07	95/10/12	35	246	242	19.8	20.3	2.19	2.20	0.17	0.15
				241		20.1		2.20		0.15	
				239		20.9		2.21		0.14	
C-1	95/10/30	95/12/07	38	205	206	19.7	20.7	1.78	1.76	0.17	0.17
				216		22.2		1.82		0.17	
				198		20.2		1.69		0.16	
C-2-1	95/10/30	95/11/29	30	213	213	19.9	19.6	1.90	1.84	0.19	0.18
				209		19.6		1.73		0.16	
				218		19.4		1.89		0.19	
C-2-2	95/10/30	95/12/03	34	219	215	20.2	19.9	1.93	1.79	0.19	0.18
				212		19.7		1.77		0.19	
				213		19.8		1.68		0.16	

A－1

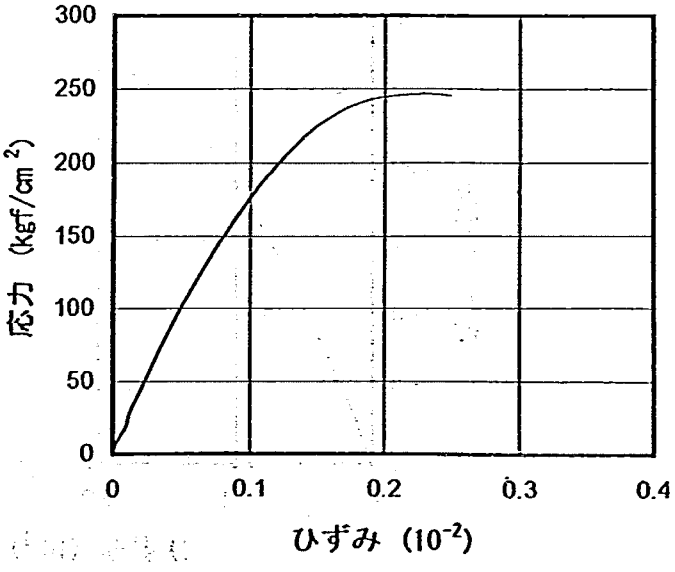
No. 1



No. 2

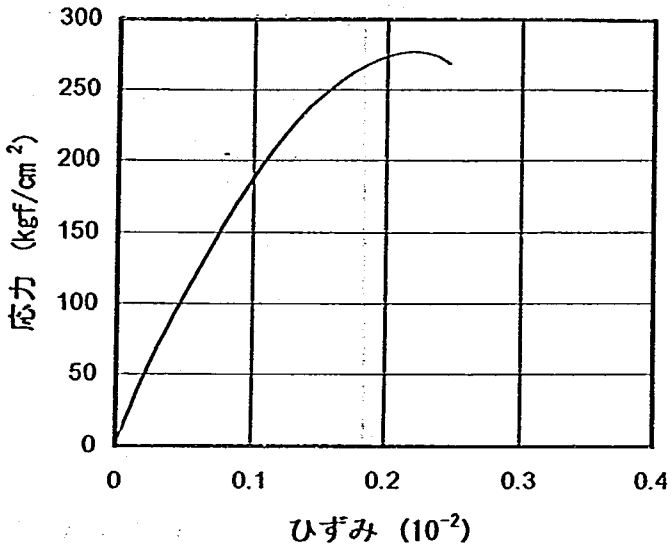


No. 3

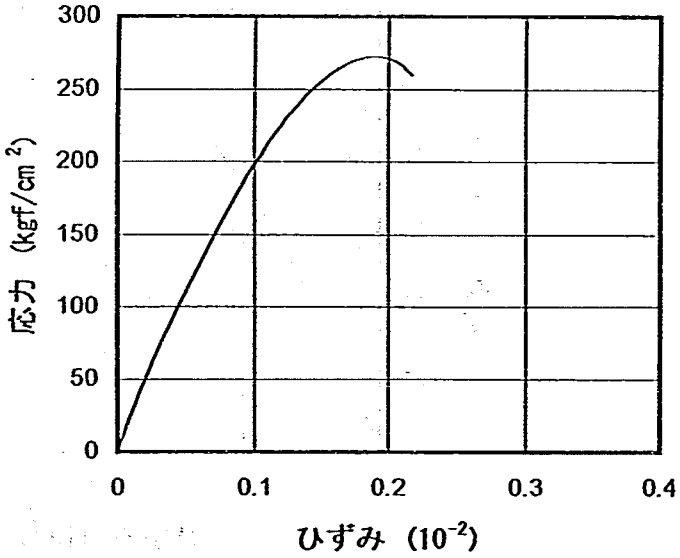


A－2

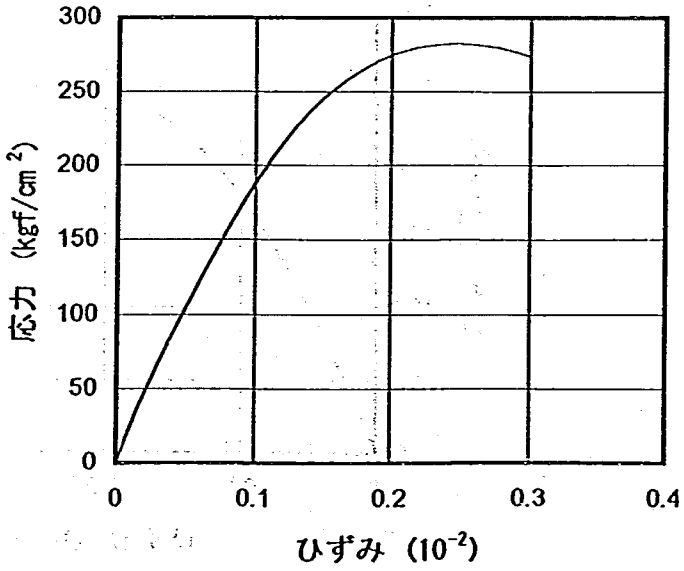
No. 1



No. 2

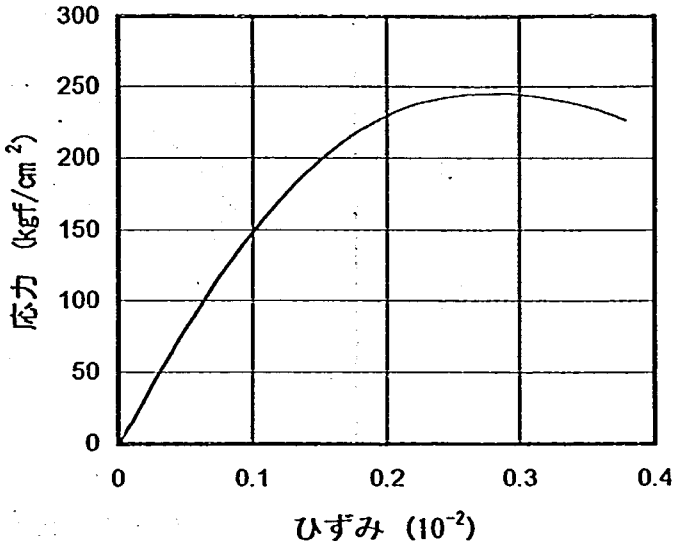


No. 3

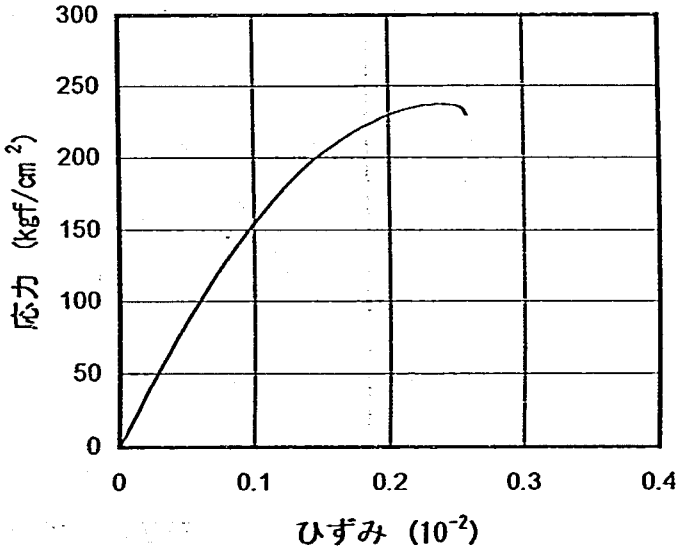


B－1

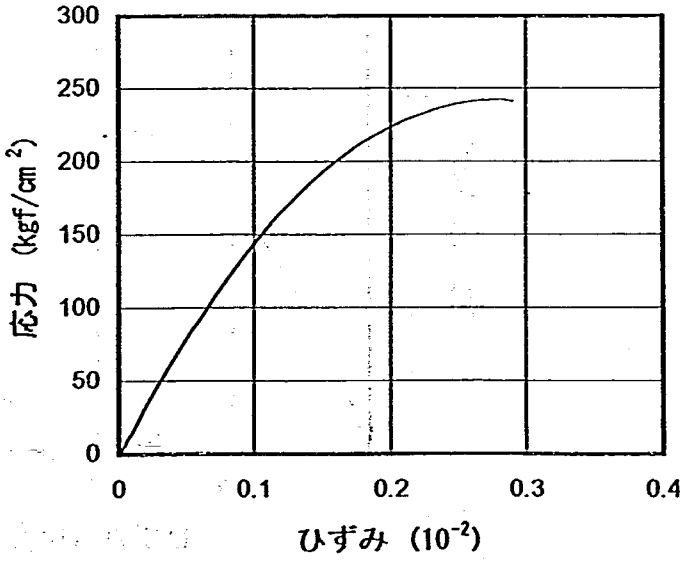
No. 1



No. 2

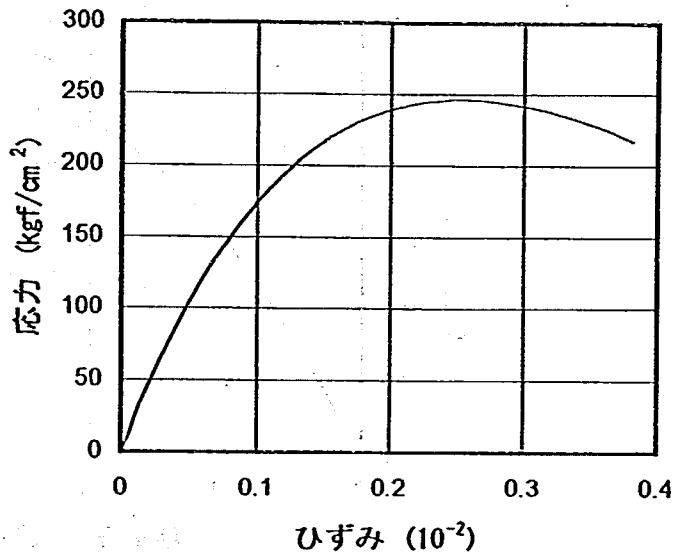


No. 3

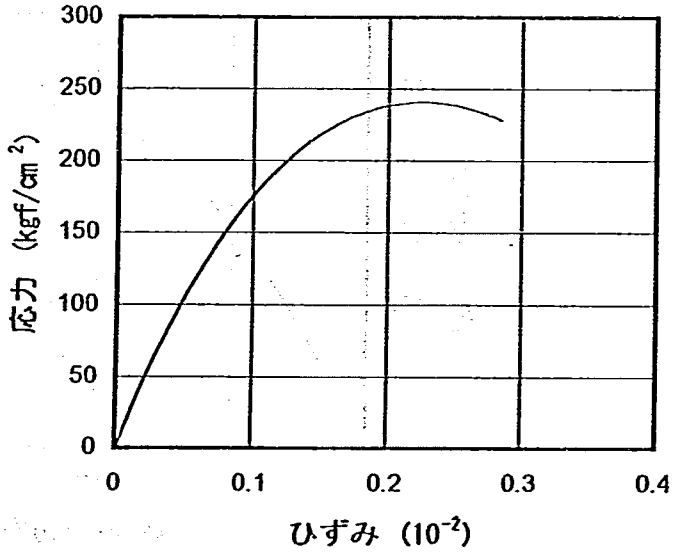


B−2

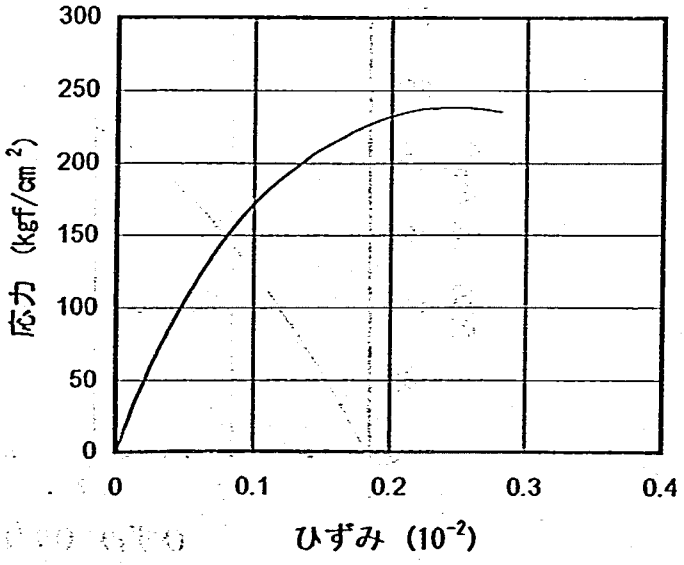
No. 1



No. 2

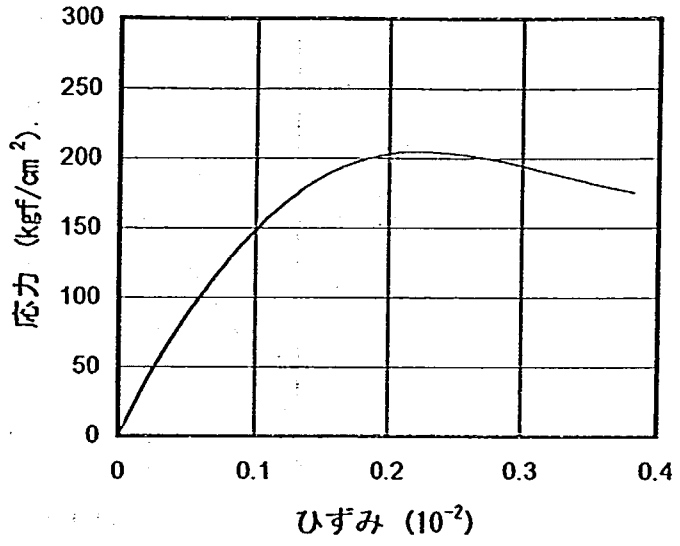


No. 3

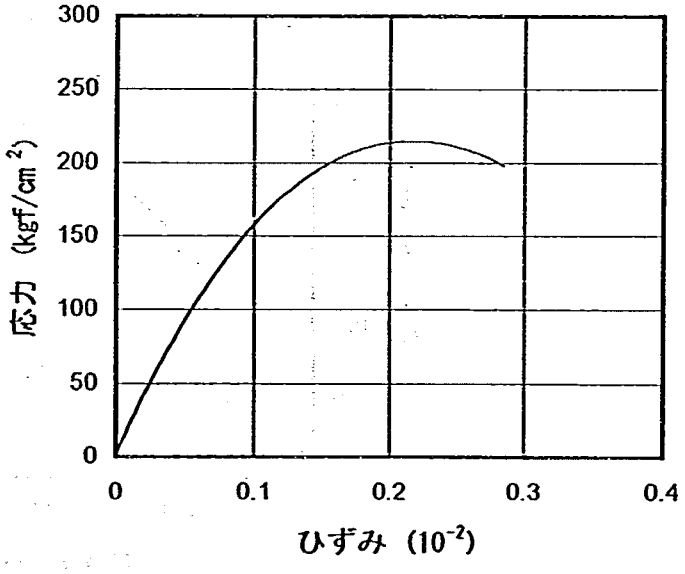


A－3－1

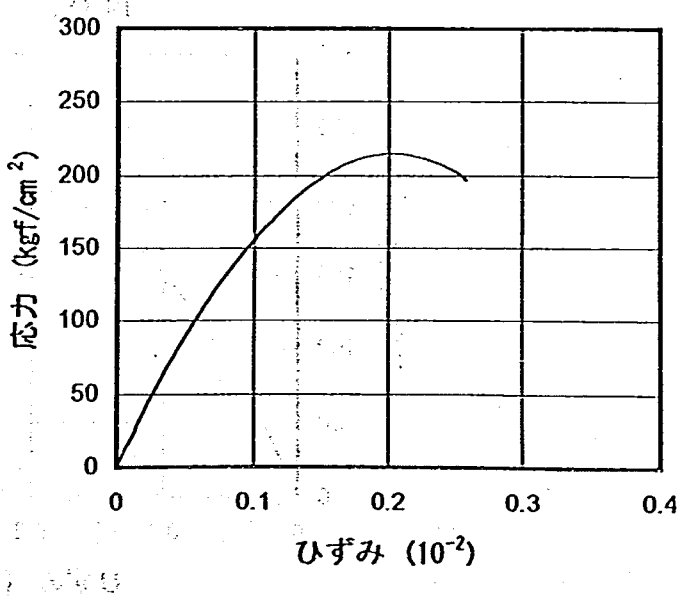
No. 1



No. 2

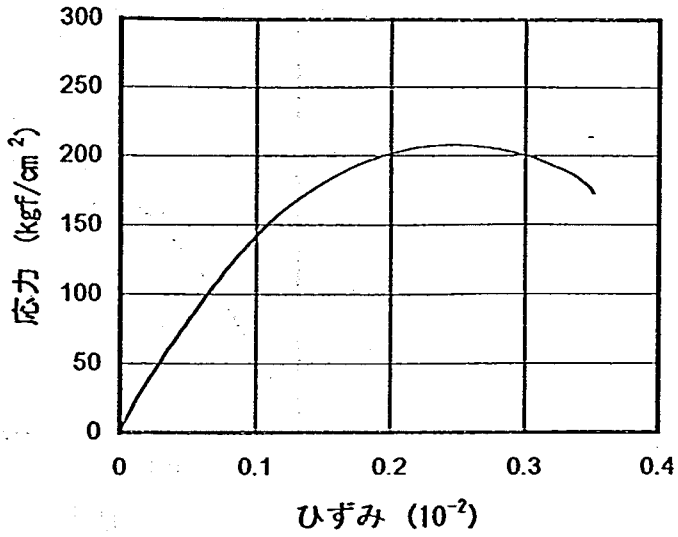


No. 3

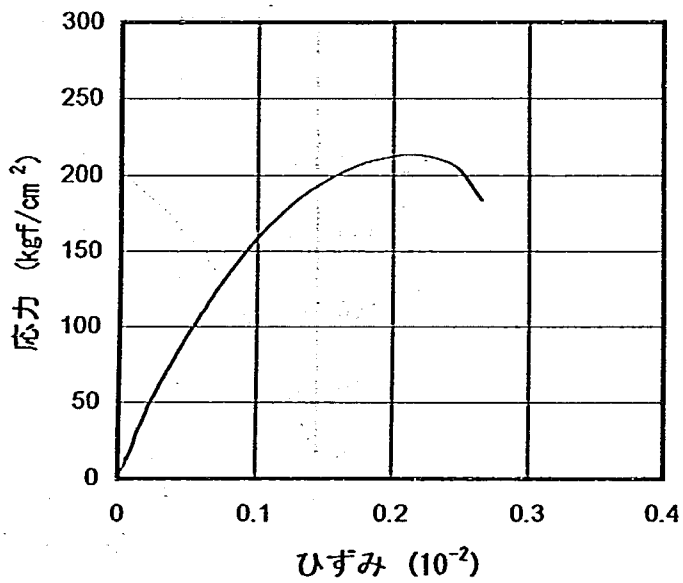


A－3－2

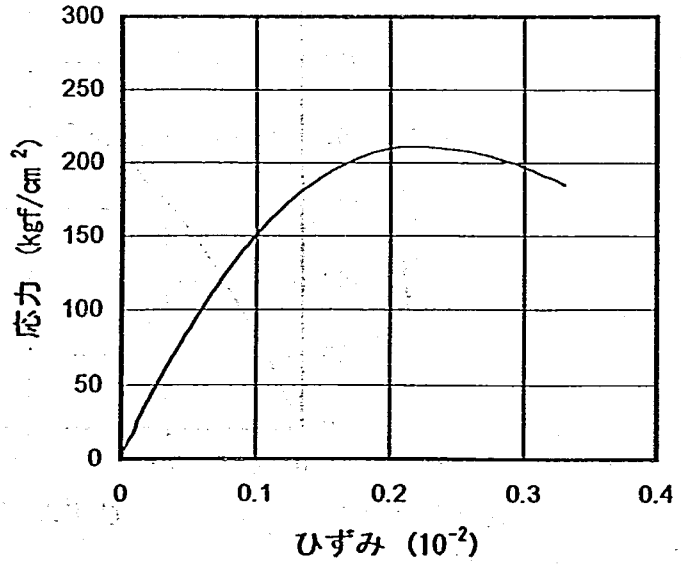
No. 1



No. 2

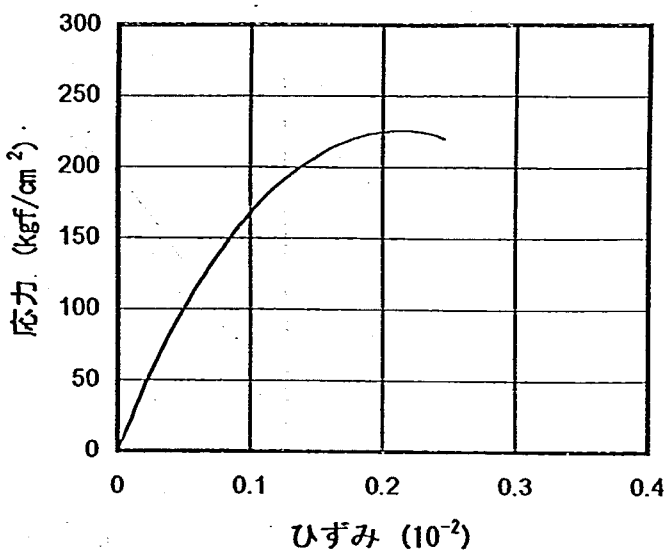


No. 3

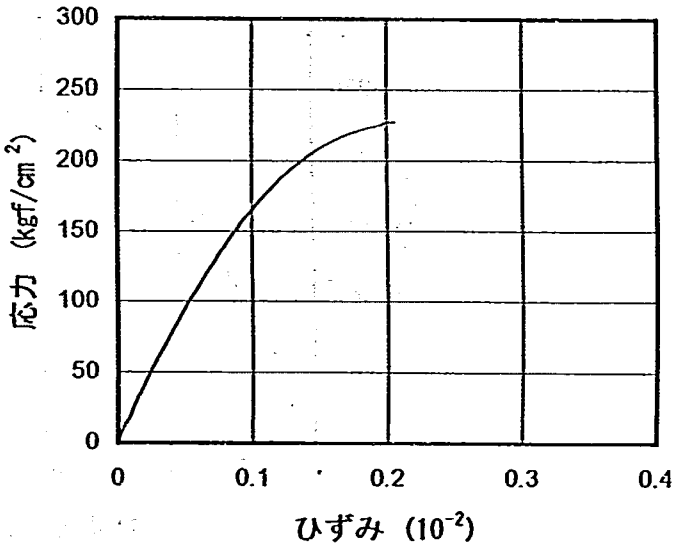


A－4－1

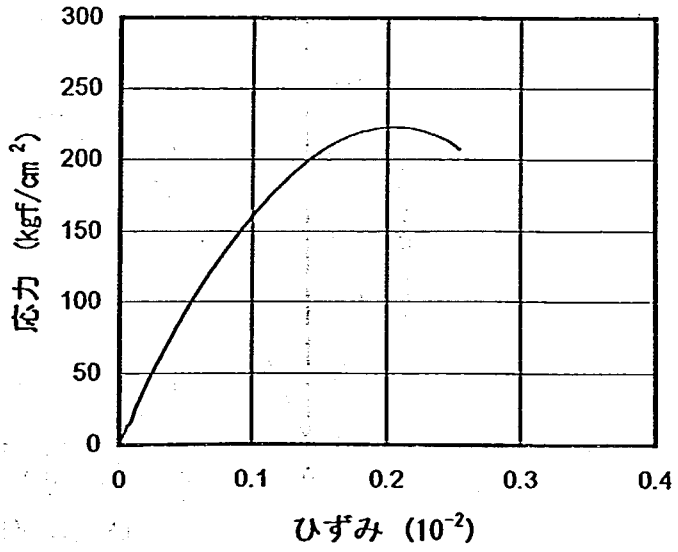
No. 1



No. 2

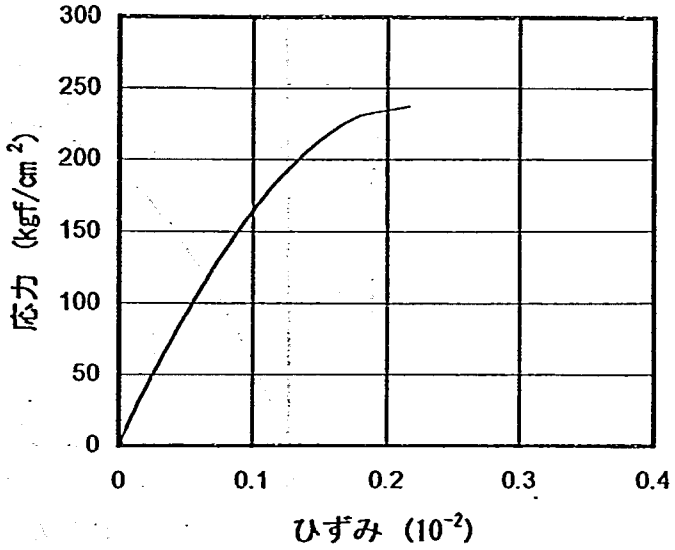


No. 3

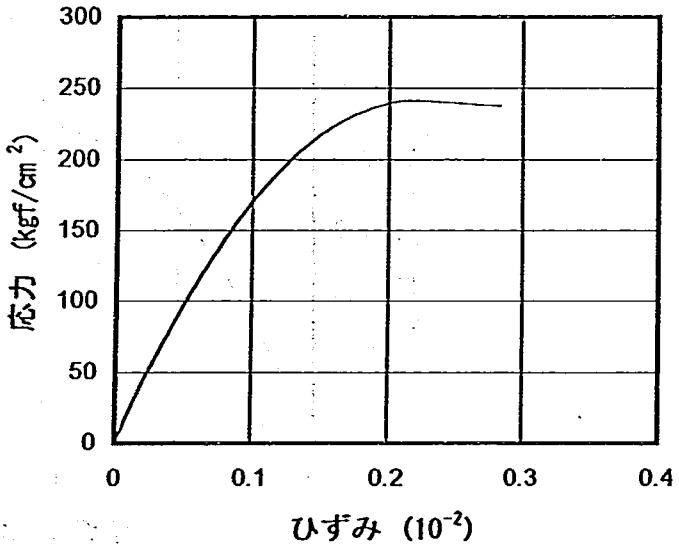


A－4－2

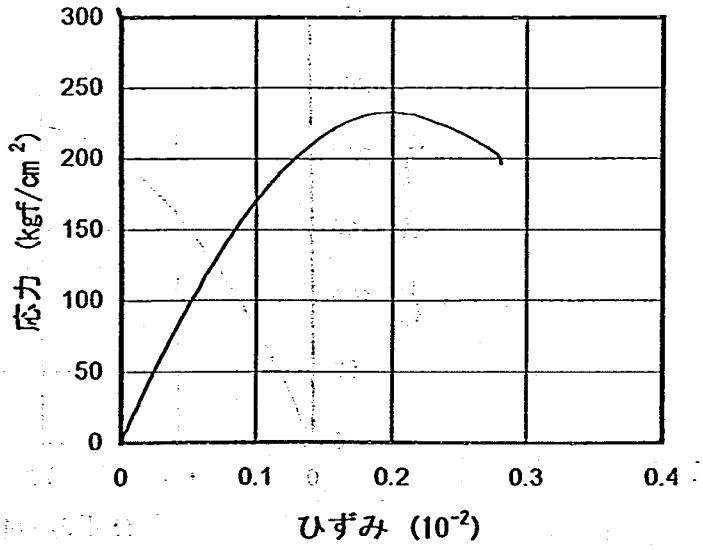
No. 1



No. 2

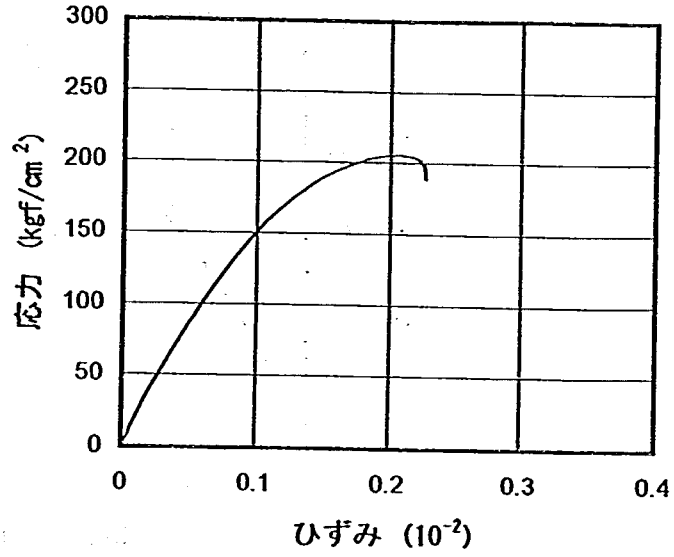


No. 3

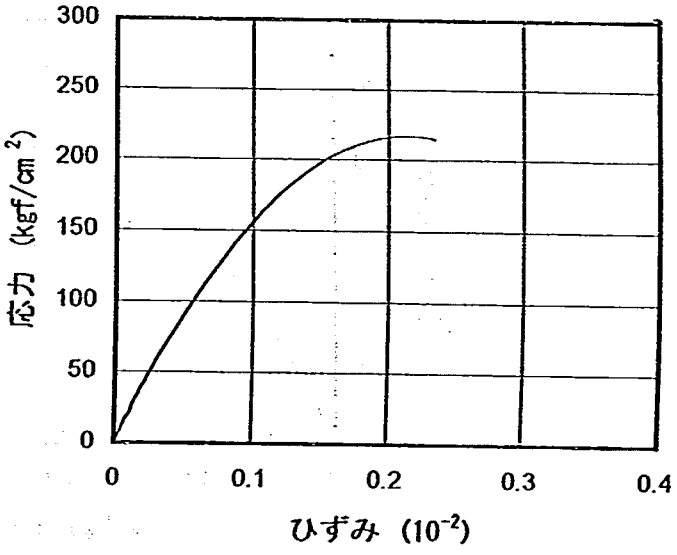


C－1

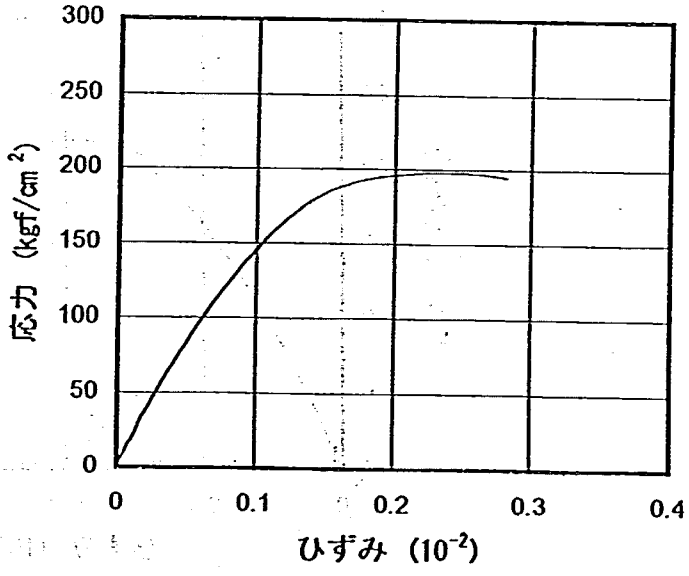
No. 1



No. 2

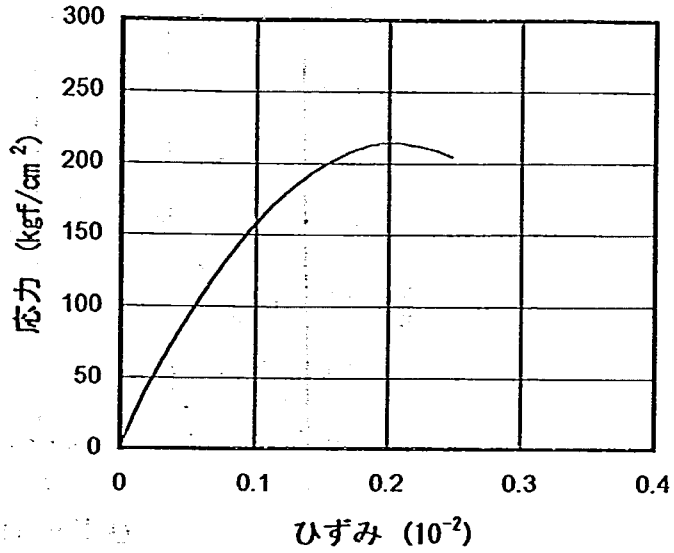


No. 3

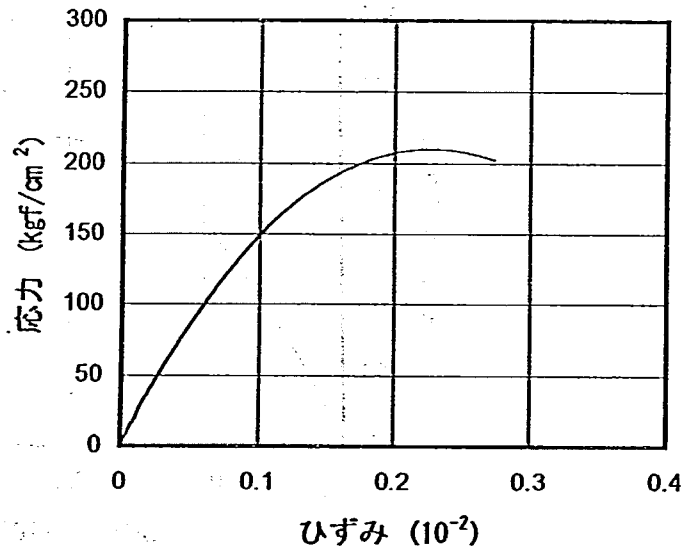


C－2－1

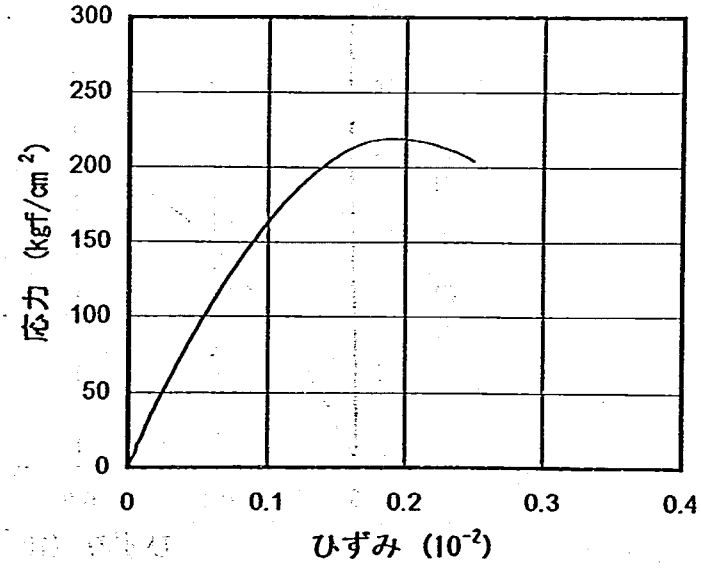
No. 1



No. 2

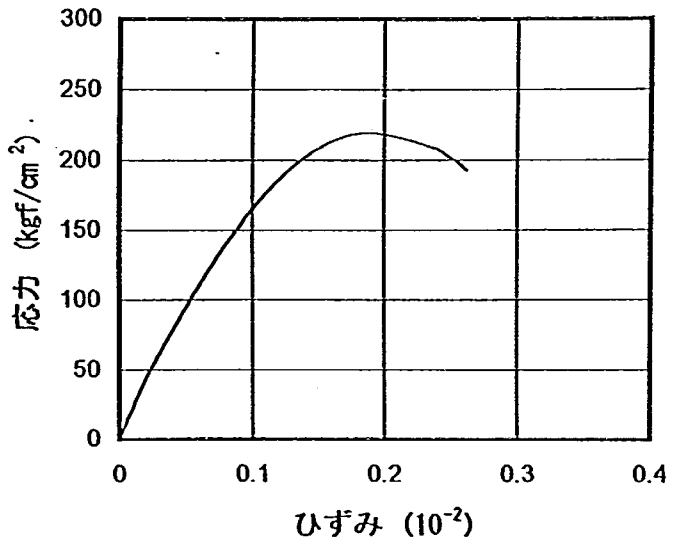


No. 3

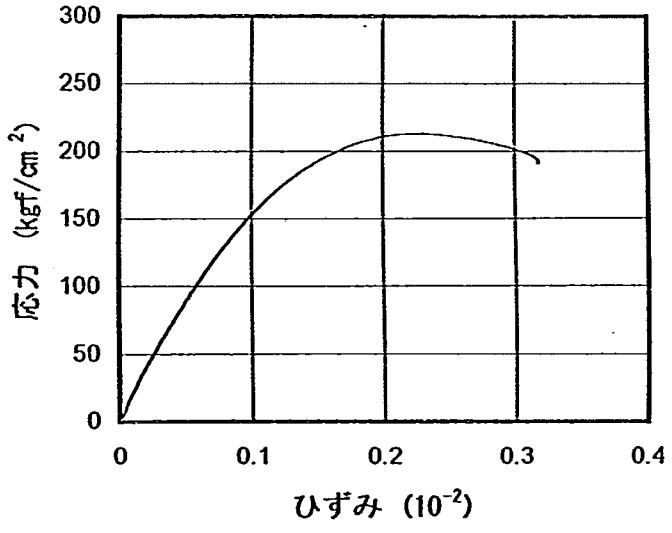


C－2－2

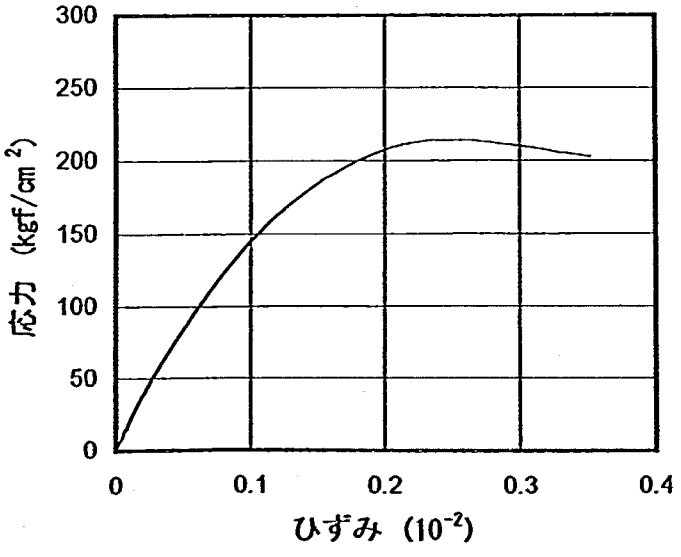
No. 1



No. 2



No. 3



4）ひび割れ図

荷重－ＳＴＥＰ対応表

STEP	荷重(tf)															
	A-1-1	A-1-2	A-2-1	A-2-2	A-3-1	A-3-2	A-4-1	A-4-2	B-1-1	B-1-2	B-2-1	B-2-2	C-1-1	C-1-2	C-2-1	C-2-2
1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.3	0.4	0.5	0.4	1.0	1.0	2.3	2.5	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	1.7	0.9
3	0.7	0.6	0.9	0.9	2.0	2.0	4.8	5.0	0.6	0.8	0.8	0.9	0.8	0.7	2.2	1.6
4	1.0	1.1	1.1	1.1	3.0	3.0	7.3	7.6	1.2	1.2	1.2	1.2	1.0	1.0	2.7	2.1
5	1.4	1.3	1.4	1.5	4.0	4.0	9.7	10.0	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	3.2	2.9
6	1.8	1.5	1.7	1.9	5.0	5.0	12.3	12.6	1.7	1.5	1.8	1.7	1.6	1.6	3.7	3.1
7	2.0	1.8	1.9	2.2	6.0	6.0	14.7	15.0	1.9	1.7	2.1	1.9	1.9	1.9	4.2	4.0
8	2.4	2.0	2.1	2.7	7.0	7.0	17.3	17.5	2.1	1.9	2.2	2.1	2.2	2.2	4.7	4.7
9	2.7	2.2	2.4	3.0	8.0	8.0	19.8	20.1	2.3	2.0	2.6	2.5	2.5	2.5	5.2	5.1
10	3.0	2.4	2.7	3.3	9.0	9.0	22.3	22.6	2.5	2.2	2.7	2.8	2.8	3.0	5.7	5.9
11	3.2	2.7	3.0	3.4	10.0	10.0	24.9	25.0	2.6	2.4	3.1	3.0	3.1	3.1	6.2	6.6
12	3.5	2.8	3.1	3.8	11.0	11.0	27.3	27.6	2.9	2.6	3.2	3.2	3.4	3.4	6.7	7.1
13	3.6	3.0	3.4	3.9	12.0	12.0	29.7	30.0	2.1	2.7	3.3	3.4	3.7	3.6	7.2	7.8
14	4.2	3.2	3.7	4.1	13.0	13.0	32.3	32.6	1.5	2.9	3.6	3.7	4.0	3.7	7.7	8.3
15	4.5	3.5	3.9	4.5	14.0	14.0	34.8	35.1	1.3	2.9	3.8	3.9	4.1	3.9	8.2	9.0
16	4.8	3.7	4.1	4.7	15.0	15.0	37.3	37.5	2.4	3.1	3.9	4.2	4.4	4.1	8.7	9.1
17	5.1	3.9	4.3	5.0	16.0	17.8	39.8	40.0	2.9	3.2	4.2	4.4	4.5	4.3	9.2	9.7
18	5.4	4.1	4.6	5.4	17.0	19.2	42.3	41.2	3.7	3.3	4.5	4.7	4.6	4.6	9.7	10.1
19	5.6	4.3	4.9	5.9	18.0	20.6	44.8	44.6	3.0	3.5	4.7	5.0	4.9	4.7	10.2	10.4
20	5.7	4.5	4.9	6.1	20.3	21.6	47.3	47.5	2.8	3.7	5.0	5.4	5.2	4.9	10.4	10.7
21	5.9	4.8	5.2	6.4	20.3	21.9	49.8	49.6	2.5	3.8	5.4	5.9	5.5	5.2	10.8	11.0
22	6.1	5.1	5.7	6.8	22.1	23.3	52.4	50.3	2.0	4.0	6.0	6.0	5.6	5.4	11.0	11.3
23	6.2	5.2	5.9	7.3	23.5	23.6	54.7	54.0	1.4	4.1	6.3	6.3	5.7	5.5	11.5	11.6
24	6.4	5.5	6.0	7.7	25.1	24.7	57.3	56.1	1.0	4.3	6.5	6.4	5.9	5.7	11.8	12.1
25	6.6	5.7	6.4	8.1	25.9	25.5	59.8	58.0	0.5	4.3	6.9	7.0	6.1	6.0	12.1	12.3
26	6.7	5.9	6.5	8.5	26.0	26.2	63.8	59.4	0.1	4.4	7.0	7.0	6.3	6.2	12.5	12.7
27	6.8	6.0	6.8	8.9	27.8	26.8	65.3	62.7	0.0	4.6	7.3	7.4	6.5	6.4	12.5	13.2
28	1.9	6.0	7.1	9.1	28.5	27.9	68.8	64.9	0.7	4.7	7.6	7.8	6.7	6.5	13.0	13.6
29	1.6	2.2	7.4	9.4	29.1	28.7	71.4	66.8	1.0	1.9	7.9	8.1	7.0	6.6	13.3	14.0
30	1.3	2.2	7.6	9.9	29.5	29.4	73.8	67.8	1.5	1.5	8.0	8.5	7.2	6.8	13.7	14.4
31	1.0	1.6	7.8	10.2	30.1	29.2	76.2	72.0	2.0	1.2	8.3	8.5	7.4	7.1	13.8	14.9
32	0.8	1.4	8.2	10.6	30.9	30.4	78.7	73.7	2.5	1.0	8.5	8.9	7.5	7.3	14.2	15.3
33	0.4	1.1	8.7	11.0	31.3	31.2	81.1	75.4	3.0	0.7	8.9	9.3	7.7	7.4	14.7	15.8
34	0.1	0.7	9.1	11.4	32.1	31.8	83.6	75.6	3.2	0.4	9.1	9.5	8.0	7.6	15.6	16.2
35	0.0	0.3	9.2	11.6	32.7	33.4	86.8	79.5	3.4	0.1	9.3	9.8	8.2	7.9	15.5	16.8
36		0.1	9.5	11.8	34.0	34.1	88.9	81.8	3.5	0.1	9.5	10.2	8.3	8.1	16.1	17.2
37		0.0	9.9	12.2	34.9	35.5	92.0	83.6	3.9	0.1	9.8	10.5	8.5	8.3	16.4	17.7
38			10.0	12.7	35.5	36.3	95.8	83.9	4.0		10.0	10.8	8.6	8.5	16.8	18.1
39			10.2	13.1	35.3	37.6	98.0	88.6	4.2		10.2	11.2	8.8	8.5	17.1	18.5
40			10.8	13.2	37.2	38.5	100.4	90.6	4.2		10.3	11.5	9.1	8.8	17.5	18.9
41			11.3	13.4	37.8	38.8	103.0	92.1	4.2		10.7	11.8	9.3	9.0	17.8	19.3
42			11.4	14.0	37.8	39.7	105.6	94.9	4.3		11.0	12.1	9.4	9.2	18.2	19.8
43			11.6	14.2	39.3	40.4	109.2	96.9	4.6		11.1	12.4	9.5	9.4	18.3	20.2
44			12.0	14.4	40.2	41.1	111.5	98.7	4.7		11.2	12.3	9.8	9.5	18.7	20.7
45			12.5	14.8	41.0	41.7	113.9	101.3	4.9		11.5	12.7	10.0	9.7	19.0	21.2
46			12.7	15.3	42.0	42.4	117.4	103.6	0.9		11.7	13.1	10.3	10.0	19.4	21.6
47			12.9	15.5	42.9	43.0	119.5	105.7	0.5		11.9	13.4	10.4	10.1	19.6	22.0
48			13.4	15.8	43.5	43.4	122.5	105.6	0.4		12.1	13.7	10.7	10.3	20.1	22.4
49			13.6	16.2	43.8	44.2	123.5	108.9	0.1		12.2	13.9	10.9	10.4	20.4	22.7
50			14.0	16.5	43.9	44.9	124.6	110.6	0.0		12.5	14.0	11.2	10.7	20.7	23.1
51			14.1	16.7	44.0	45.5	16.7	112.1	0.0		12.6	14.5	11.3	10.9	20.8	23.6
52			14.3	16.8	44.1	45.7	18.8	113.9			12.9	14.6	11.4	11.1	21.2	24.0
53			14.5	16.9	43.2	46.3	16.8	114.2			13.2	15.1	11.8	11.3	21.5	24.4
54			14.7	17.1	42.7	46.8	14.2	49.0			13.3	15.3	12.0	11.4	21.8	24.8
55			15.1	17.4	43.0	47.2	10.5	44.2			13.7	15.8	12.2	11.6	21.9	25.2
56			15.4	17.5	43.2	47.6	6.8	31.1			13.8	16.0	12.4	11.9	22.2	25.7
57			15.8	17.7	43.2	48.1	5.0	21.3			14.0	16.1	12.7	12.2	22.6	26.1
58			16.0	18.0	43.3	48.1	2.5	11.6			14.4	16.4	12.9	12.3	22.9	26.4
59			16.2	18.3	42.3	4.0	2.0	2.2			14.5	16.8	13.1	12.6	23.2	26.8
60			16.5	18.5	34.8	0.1	1.0	0.1			14.6	17.2	13.3	12.8	23.6	27.2
61			16.8	18.8	32.5	0.0	-0.1	0.0			14.7	17.2	13.6	13.0	24.2	27.6
62			16.6	19.0	29.0		-0.2				15.1	17.5	13.8	13.2	24.5	28.1

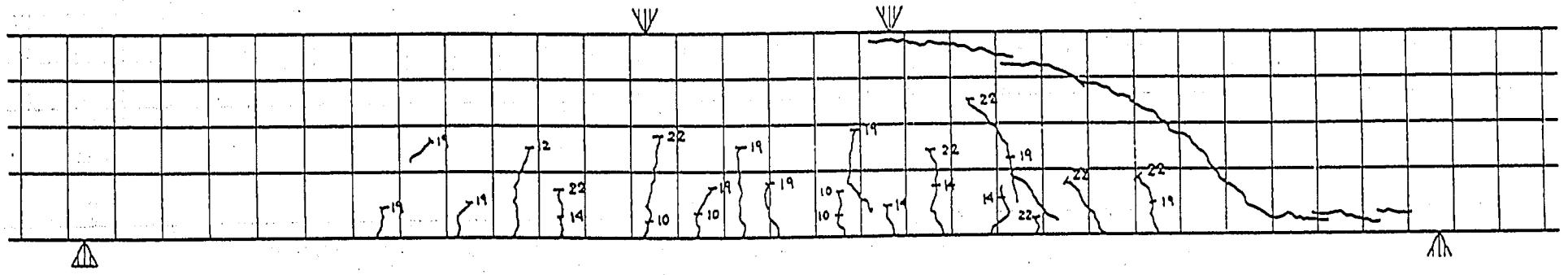
荷重－ＳＴＥＰ対応表

STEP	荷重(tf)															
	A-1-1	A-1-2	A-2-1	A-2-2	A-3-1	A-3-2	A-4-1	A-4-2	B-1-1	B-1-2	B-2-1	B-2-2	C-1-1	C-1-2	C-2-1	C-2-2
63			16.6	19.0	23.8						15.4	17.7	14.0	13.3	24.8	28.5
64			16.7	19.4	23.1						15.6	17.6	14.2	13.6	25.0	28.9
65			16.8	19.6	22.0						15.8	6.0	14.5	13.8	25.2	29.3
66			16.7	19.9	0.1						16.1	4.7	14.7	14.1	25.4	29.6
67			3.9	20.1	0.0						16.2	4.1	14.9	14.2	25.7	30.0
68			3.3	20.3	0.0						16.5	3.6	15.2	14.4	25.7	30.3
69			2.6	20.4	0.0						16.7	3.0	15.4	14.6	27.6	30.6
70			2.0	20.6							16.8	1.9	15.6	14.8	27.8	31.1
71			1.1	20.7							17.1	1.1	15.8	15.0	28.2	31.5
72			0.5	10.7							17.4	0.2	16.1	15.0	28.6	31.8
73			0.0	10.2							17.8	0.0	16.2	15.3	29.1	32.2
74				8.9							18.0		16.3	15.5	29.4	32.6
75				8.2							18.4		16.4	15.7	29.7	32.9
76				6.6							18.6		10.1	15.9	30.2	33.1
77				5.4							18.7		9.9	15.8	30.5	33.5
78				3.7							18.9		8.3	15.5	30.6	33.9
79				1.9							19.1		6.1	15.9	31.2	34.2
80				0.4							19.5		4.1	16.1	31.7	34.5
81				0.0							19.4		3.5	16.3	32.1	34.9
82											19.5		1.3	16.4	32.2	35.2
83											12.6		0.5	16.4	32.7	35.6
84											12.5		0.1	16.6	33.1	35.8
85											3.4			16.7	33.5	36.3
86											2.9			16.8	33.8	36.6
87											1.8			13.5	34.2	36.9
88											1.5			12.3	34.7	37.3
89											0.9			9.1	35.0	37.5
90											0.5			6.6	35.5	38.0
91											0.0			5.3	35.9	38.2
92														3.0	36.2	20.2
93														1.3	36.8	18.4
94														0.3	37.1	14.8
95														0.2	37.5	13.3
96															37.9	10.4
97															38.1	8.2
98															38.5	5.5
99															38.9	3.8
100															39.2	1.6
101															39.5	0.7
102															39.1	0.4
103															18.7	
104															17.3	
105															9.0	
106															9.0	

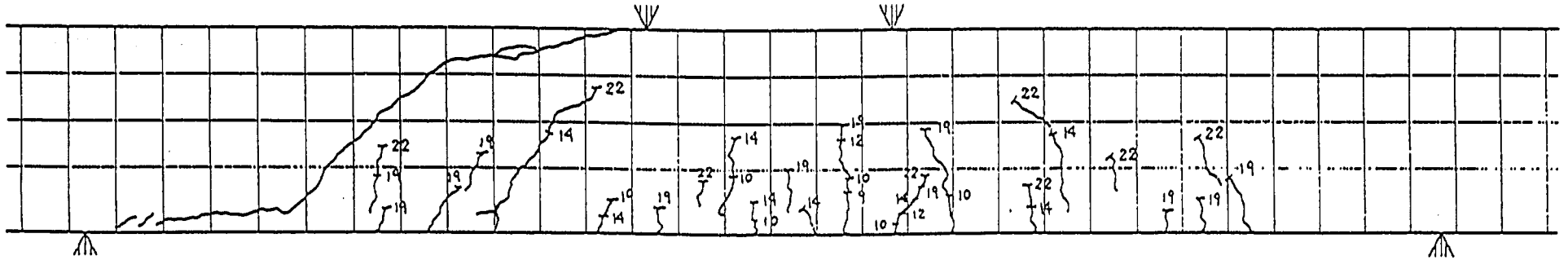
0.2Pmax
0.4Pmax
0.6Pmax
0.8Pmax
1.0Pmax

A－1－1

ゲージ貼付側

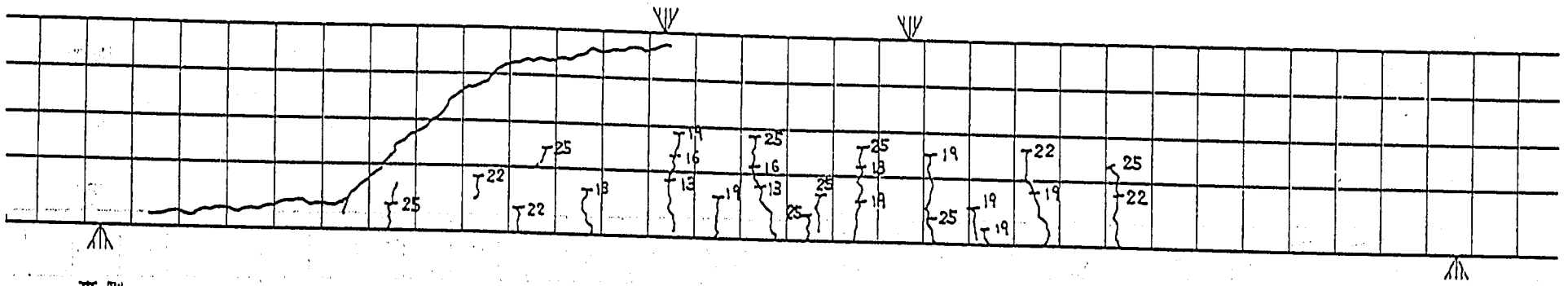


裏側

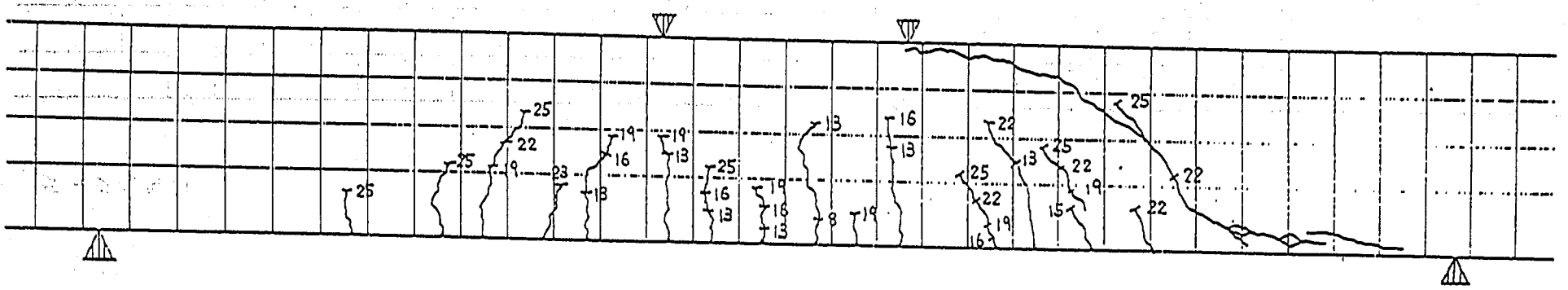


A－1－2

ゲージ貼付側

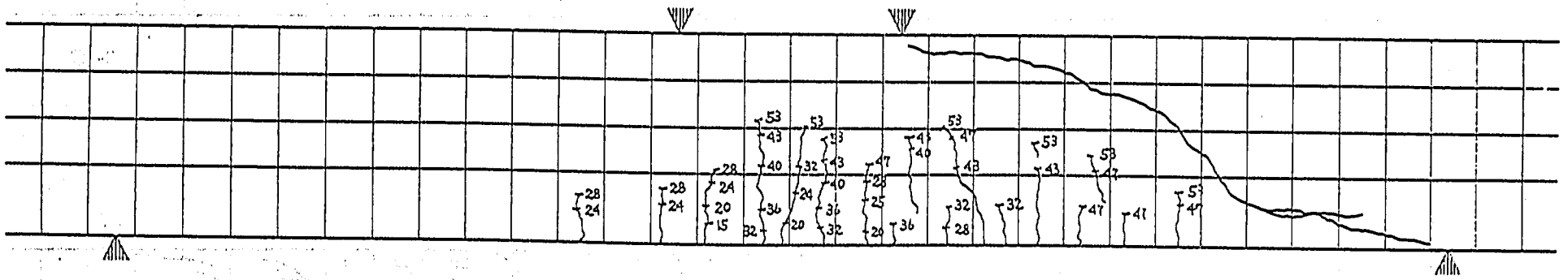


裏側

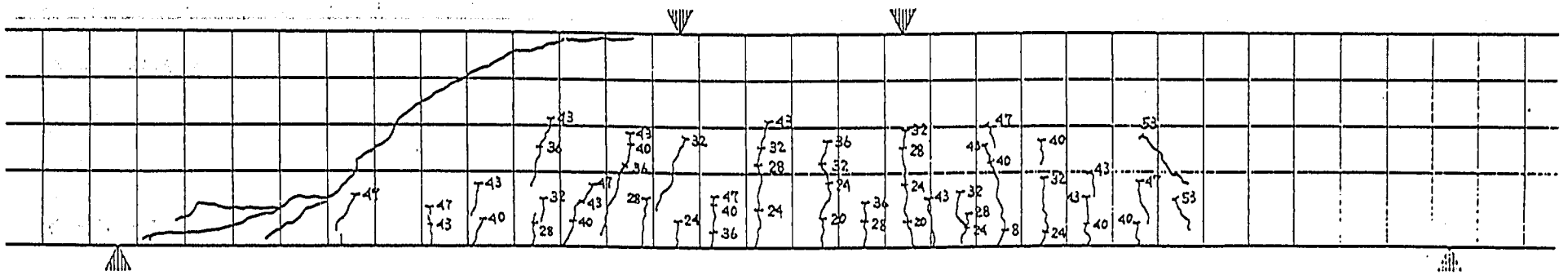


A－2－1

ゲージ貼付側

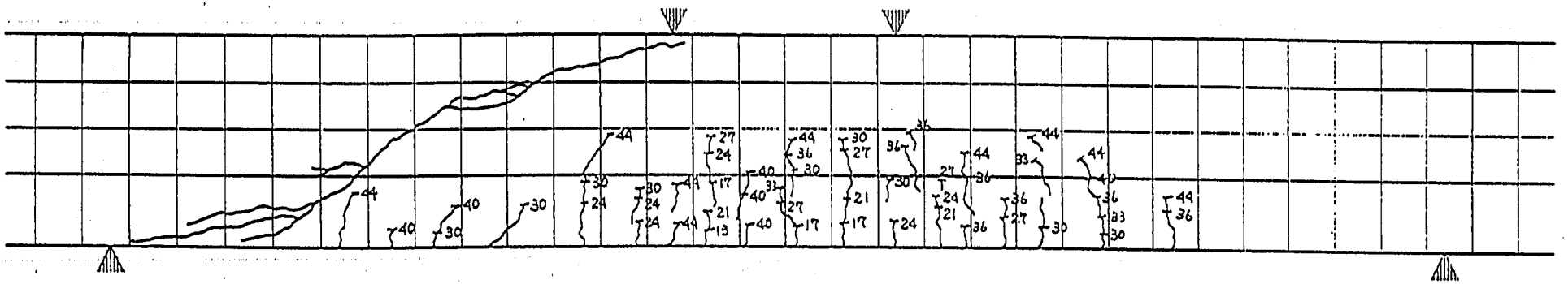


裏側

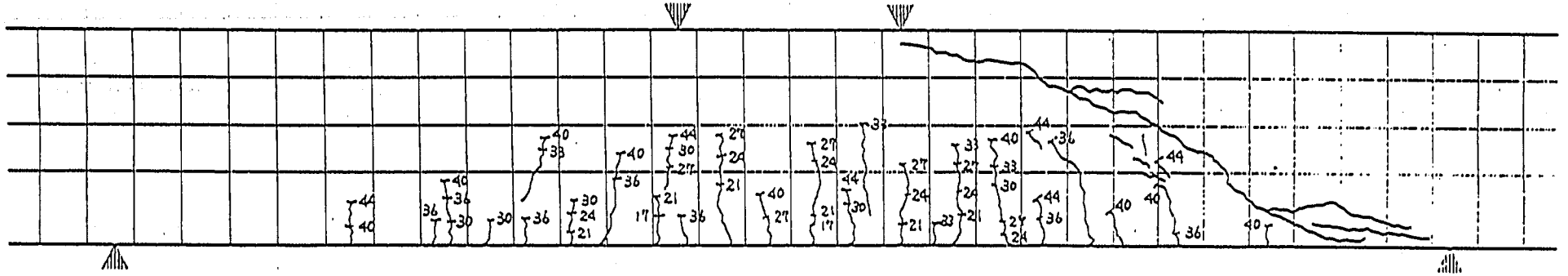


A－2－2

ゲージ貼付側

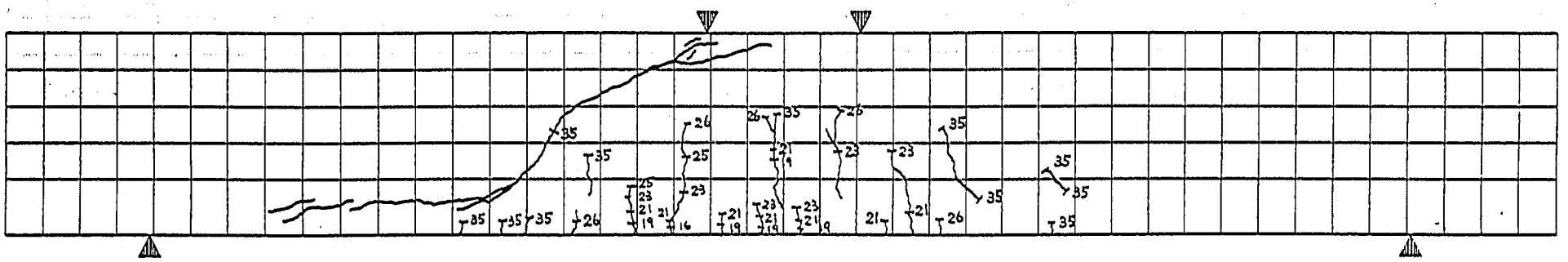


裏側

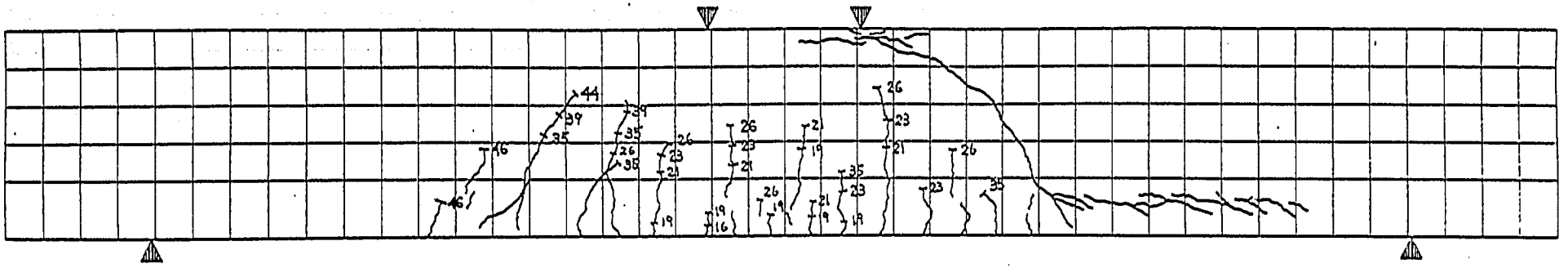


A－3－1

ゲージ貼付側

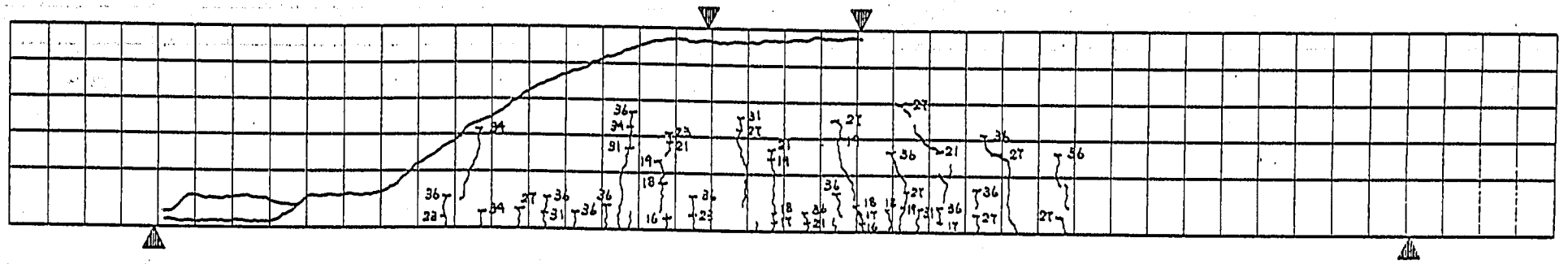


裏側

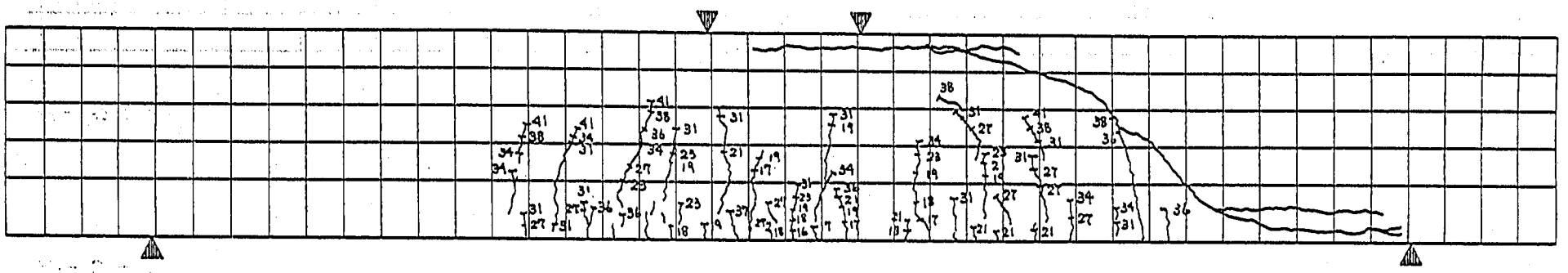


A－3－2

ゲージ貼付側

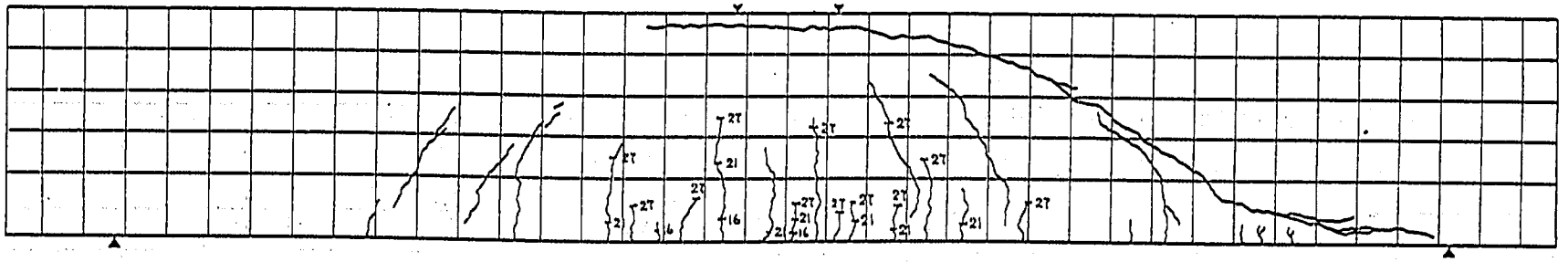


裏側

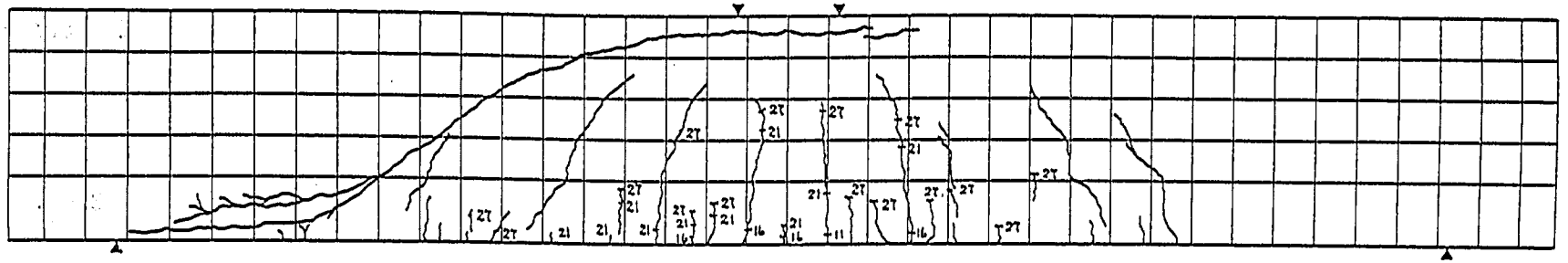


A－4－1

ゲージ貼付側

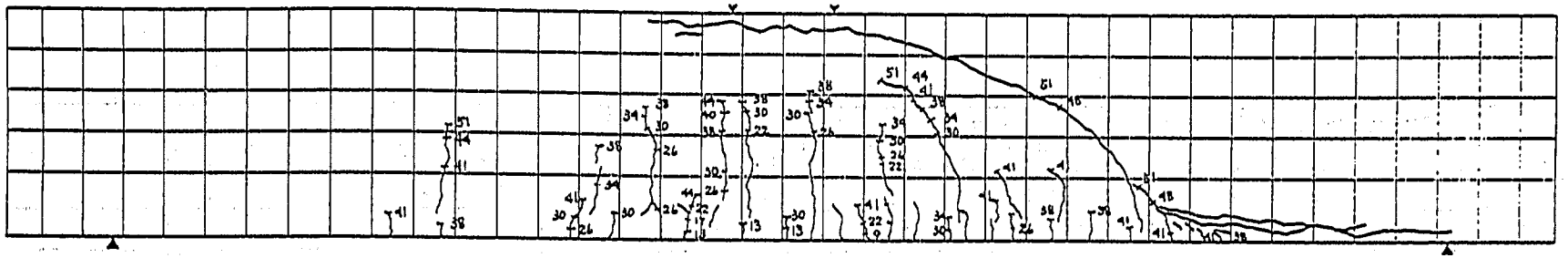


裏側

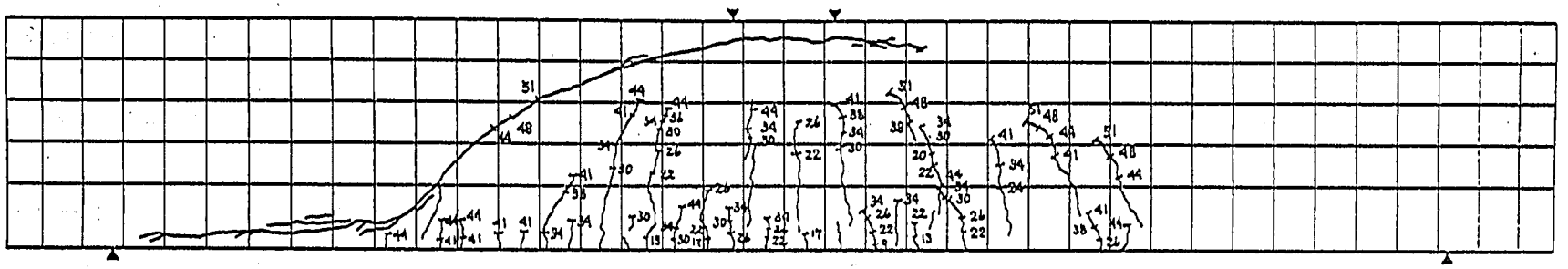


A－4－2

ゲージ貼付側

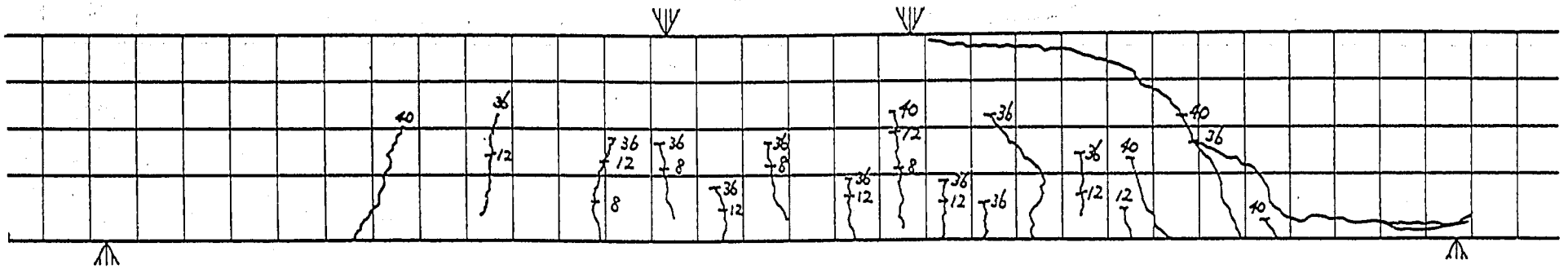


裏側

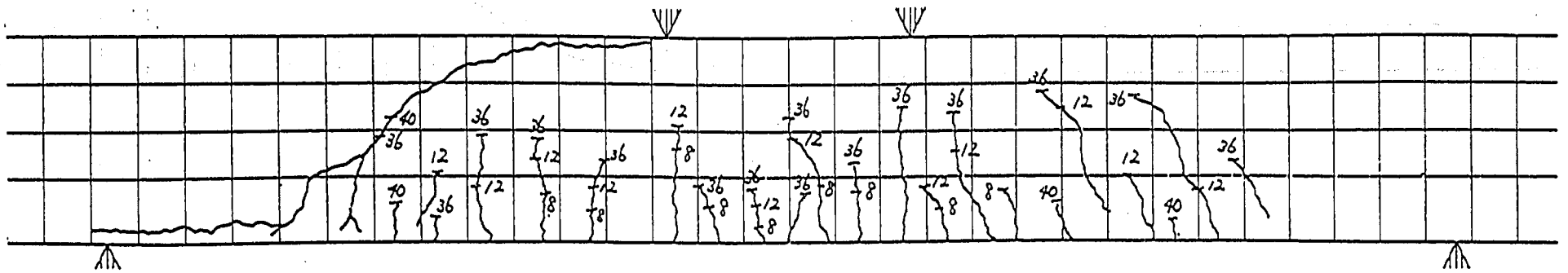


B－1－1

ゲージ貼付側

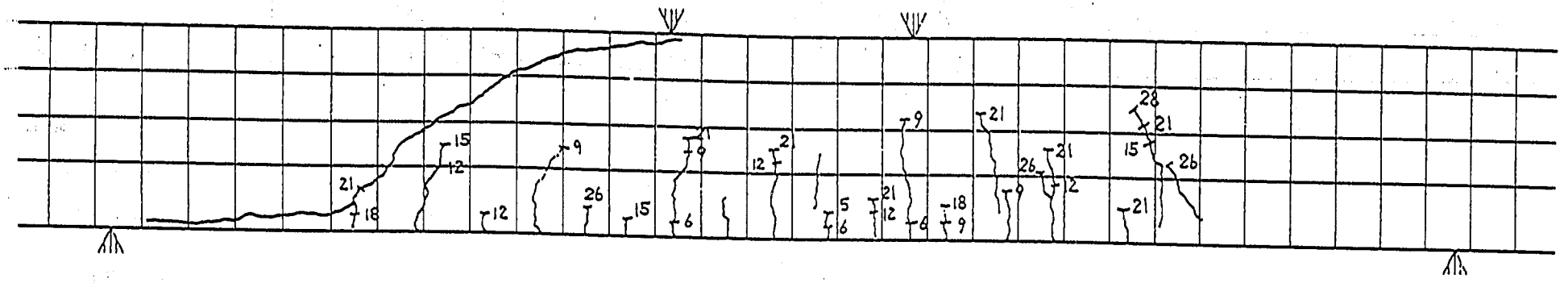


裏側

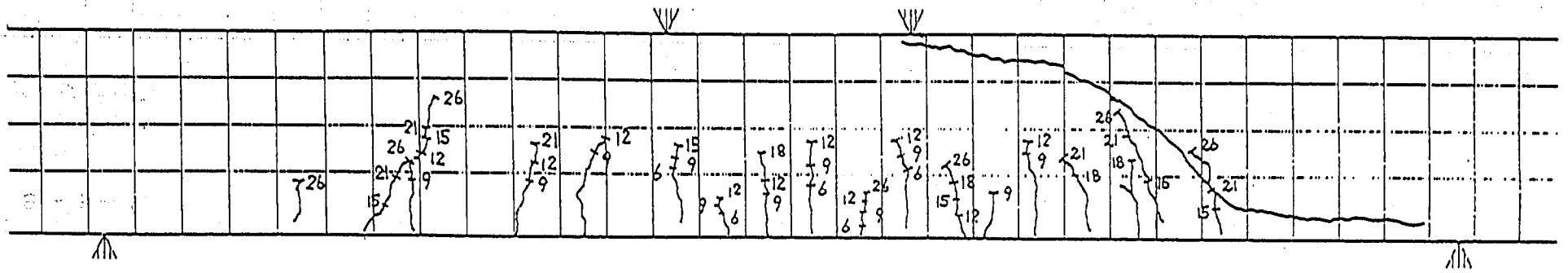


B－1－2

ゲージ貼付側

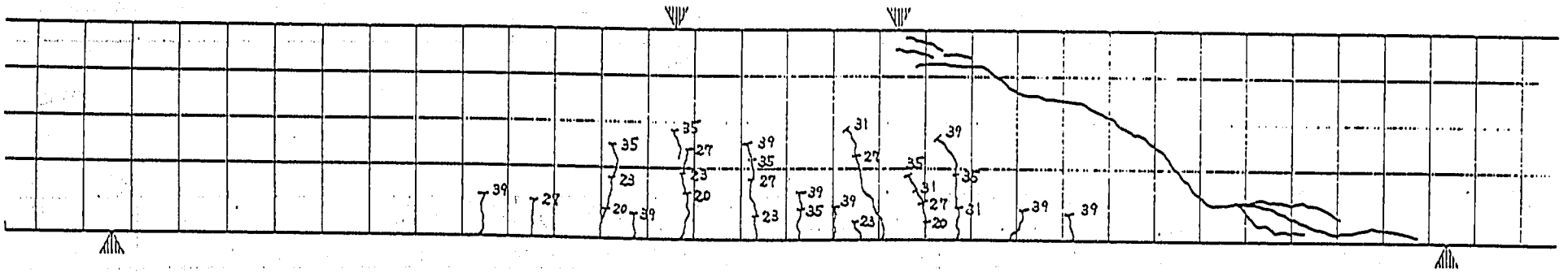


裏側

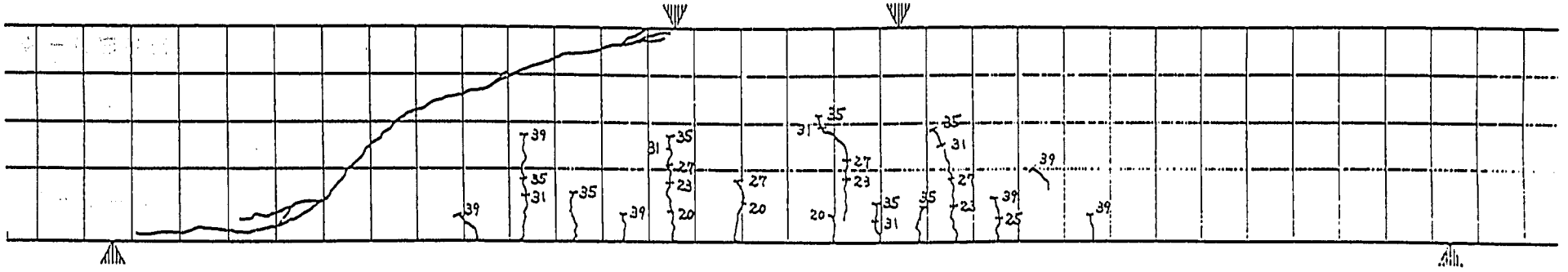


B－2－1

ゲージ貼付側

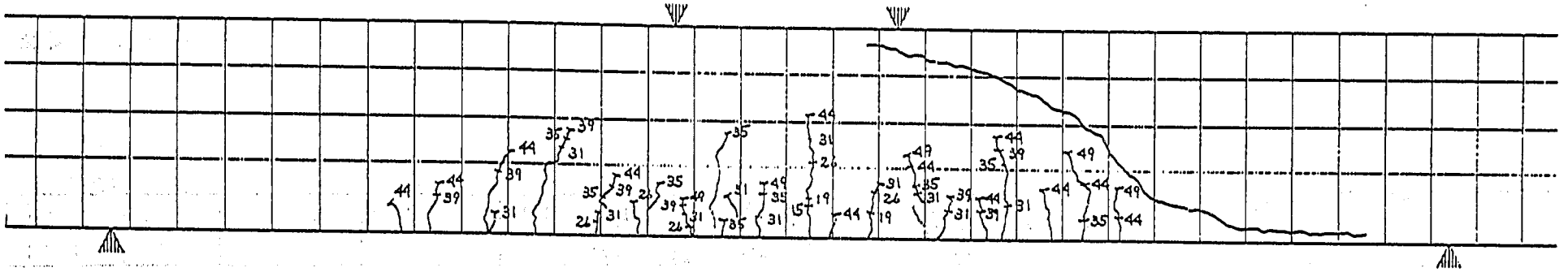


裏側

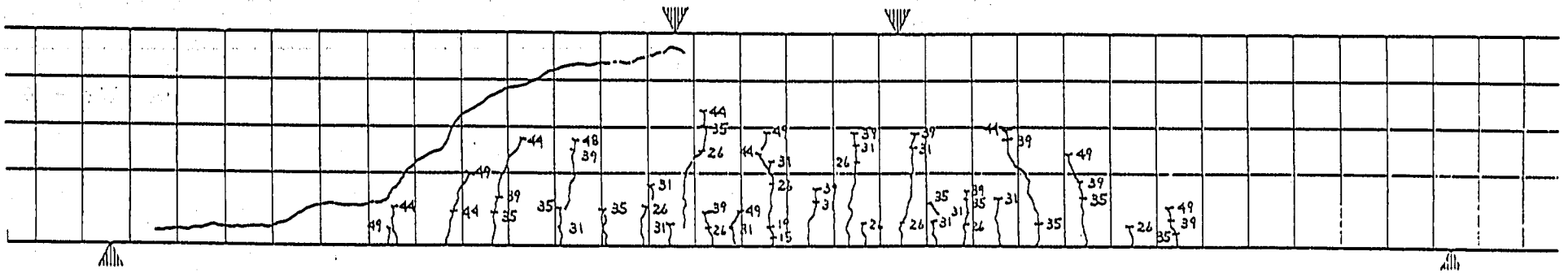


B－2－2

ゲージ貼付側



裏側

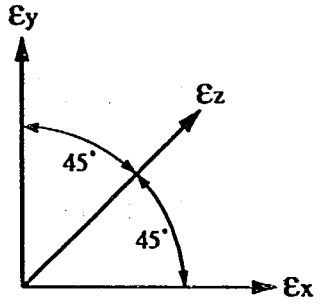


・応力分布図

次頁以降に示した応力分布図は寸法の同じ供試体2体について，上から順に最大荷重の0.5倍時，0.8倍時，最大荷重時（破壊直前）のものを示す。×印はゲージが無効であることを示し，ひび割れの実線部は既に入っているもの，破線部はこれから入るものを表す。

応力はコンクリート試験体の3軸ゲージから得られたひずみと円柱供試体の圧縮強度試験から得られた応力－ひずみ関係，弾性係数，ポアソン比から計算した。弾性係数は縦ひずみ50μの点と圧縮強度の1／3の点をとった割線弾性係数とし，ポアソン比も同じ点を用いて計算した。

直応力の場合は，部材軸方向のひずみが引張で100μを超えた場合はそのひずみゲージを無効とし，せん断応力，主応力の場合は，3軸ゲージのうちいずれか1本でも引張で100μを超えた場合は，そのゲージを無効とした。



ひずみゲージ

・直応力分布図

直応力分布図は部材軸に直角な断面の部材軸方向の直応力を示す。基準線の右側を圧縮，左側を引張とした。応力は円柱供試体の圧縮強度試験で得られた応力－ひずみ関係を二次関数で近似したもの（下式）と部材軸方向のひずみゲージの値を用いて計算した。

$$\left.\begin{array}{l}\sigma = A\varepsilon_x + B\varepsilon_x^2 \quad (\varepsilon_x \geq 0)\\ \sigma = A\varepsilon_x - B\varepsilon_x^2 \quad (\varepsilon_x < 0)\end{array}\right\} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{直応力}$$

A, B:最小自乗法によって求めた係数

・せん断応力図

部材軸と直角な断面のせん断応力を示した。部材上縁および下縁のせん断応力は0と仮定し，同一断面の隣り合うせん断応力を直線で結び，基準線と分布を示す線で囲まれた面積をグレーで示した。ひずみゲージが無効になった場合はそのゲージ位置に×印を付し，その値は同一断面の隣り合うせん断応力の値を用い直線補間した。せん断応力の計算は次式による。

$$\tau = G\gamma \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{せん断応力}$$

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{せん断弾性係数}$$

E:弾性係数
ν:ポアソン比

$$\gamma = \varepsilon_x + \varepsilon_y - 2\varepsilon_z \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{せん断ひずみ}$$

・主応力図

引張主応力は黒い線，圧縮主応力はグレーの線で示す。ε_xとε_yが同一になった場合も主ひずみの方向が不定となるのでひずみゲージの値を無効にした。応力の値が図示されていない場合は，その位置のひずみゲージが無効になったことを示す。主応力の大きさと方向の値の計算は次式による。

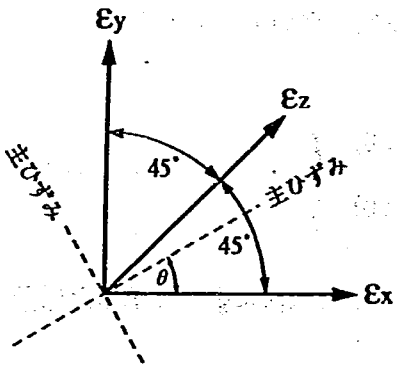
$$\sigma_1 = \frac{E}{1-\nu^2}(\varepsilon_1 + \nu\varepsilon_2) \cdots\cdots\cdots\cdots \text{最大主応力}$$

$$\sigma_2 = \frac{E}{1-\nu^2}(\varepsilon_2 + \nu\varepsilon_1) \cdots\cdots\cdots\cdots \text{最小主応力}$$

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{2}\left[(\varepsilon_x + \varepsilon_y) + \sqrt{2\{(\varepsilon_x - \varepsilon_z)^2 + (\varepsilon_z - \varepsilon_y)^2\}}\right] \cdots\cdots \text{最大主ひずみ}$$

$$\varepsilon_2 = \frac{1}{2}\left[(\varepsilon_x + \varepsilon_y) + \sqrt{2\{(\varepsilon_x - \varepsilon_z)^2 + (\varepsilon_z - \varepsilon_y)^2\}}\right] \cdots\cdots \text{最小主ひずみ}$$

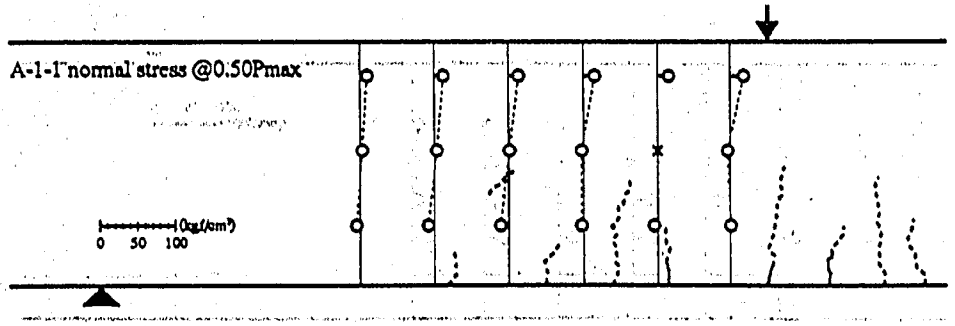
$$\theta = \frac{1}{2}\tan^{-1}\left(\frac{2\varepsilon_z - \varepsilon_x - \varepsilon_y}{\varepsilon_x - \varepsilon_y}\right) \cdots\cdots\cdots\cdots \text{主ひずみの方向}^{注)}$$

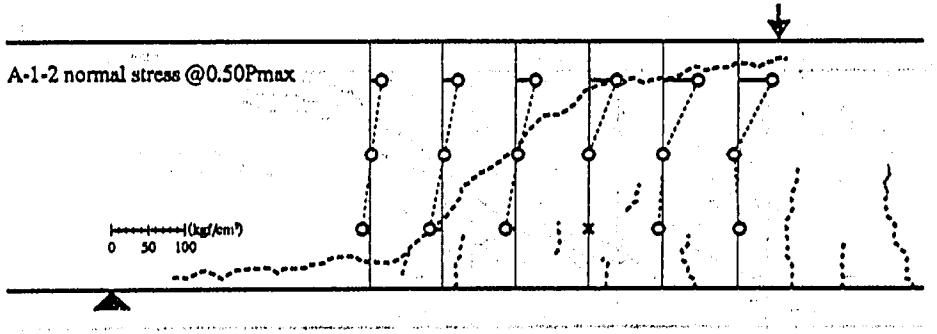


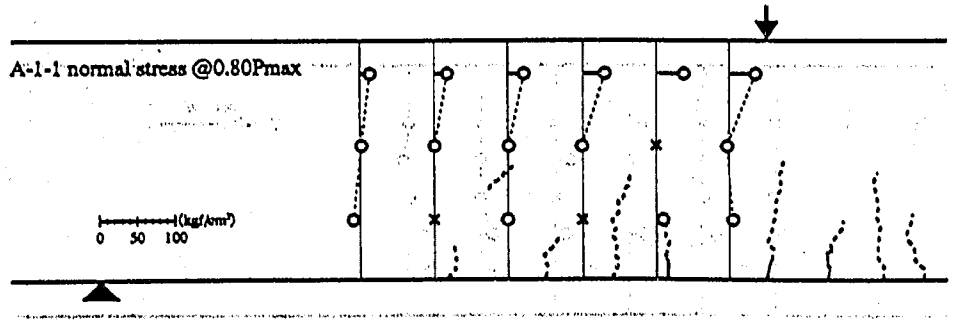
主ひずみの方向

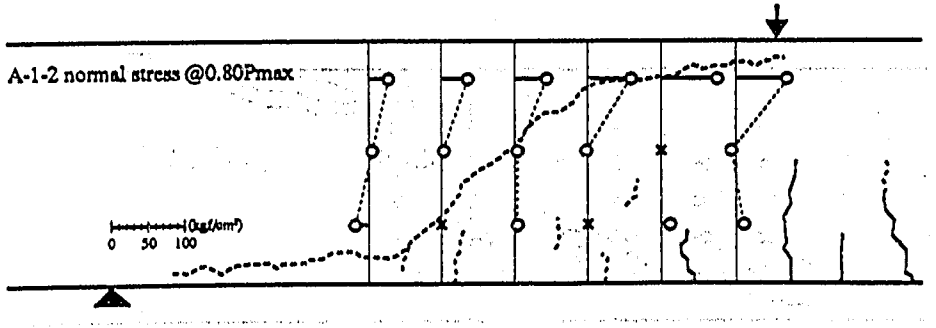
注)　$\varepsilon_x > \varepsilon_y$の場合$\theta$は$\varepsilon_x$軸と$\varepsilon_1$の角度を表し，$\varepsilon_x < \varepsilon_y$の場合は$\theta$は$\varepsilon_x$軸と$\varepsilon_2$の角度を表している。

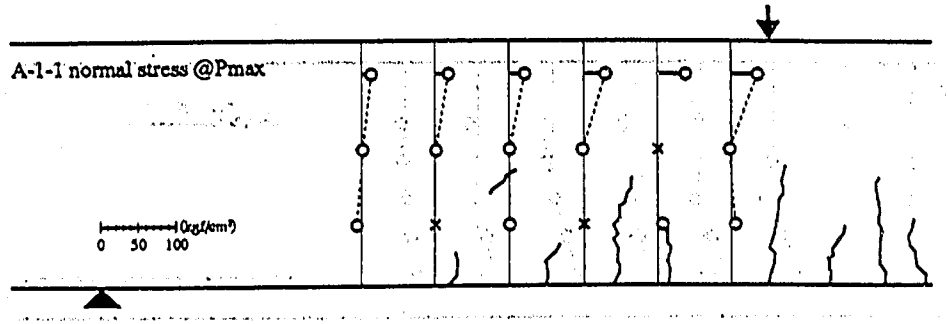
直応力分布：A-1：d＝30cm a/d＝3.0

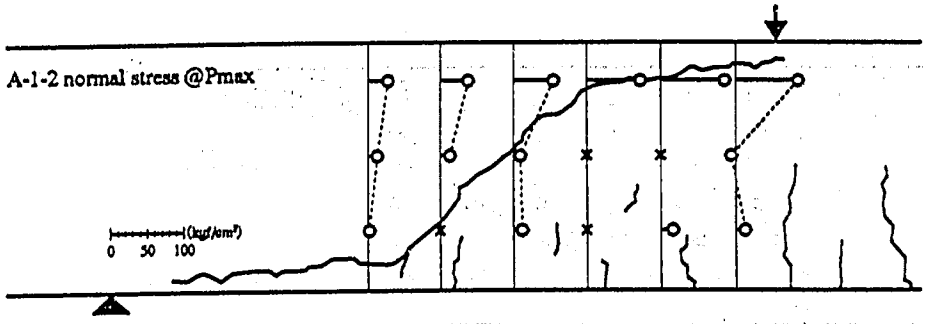






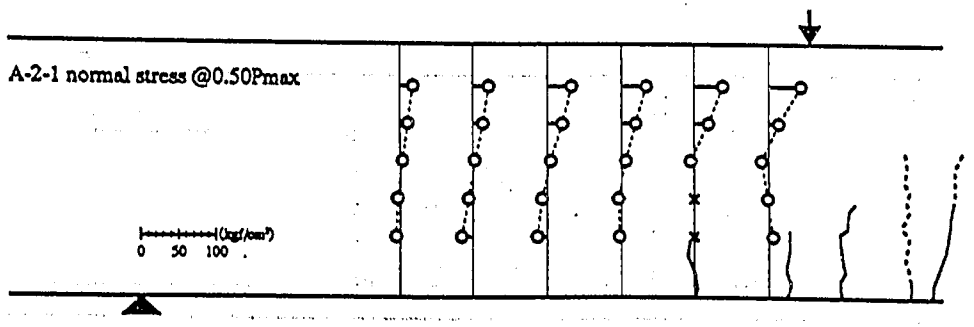


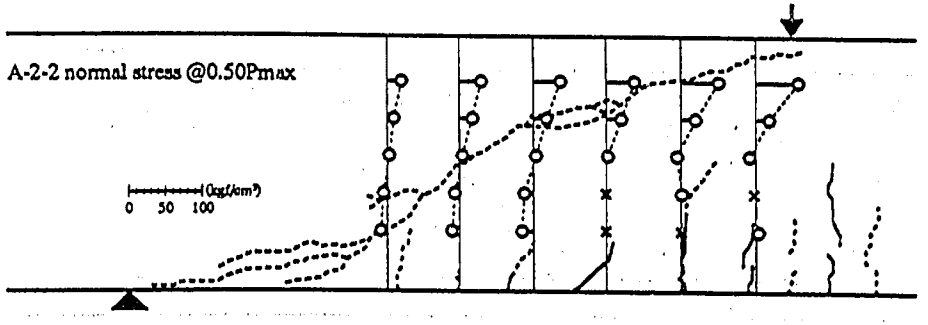


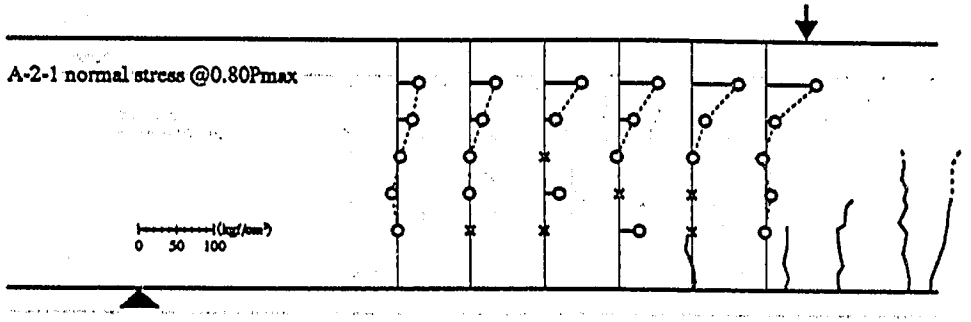


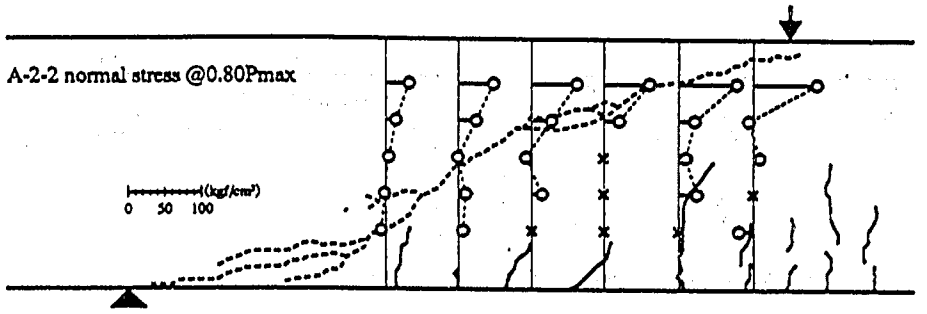
×印はひずみゲージの値が無効であることを示す。破線はひび割れがこれから入る箇所。

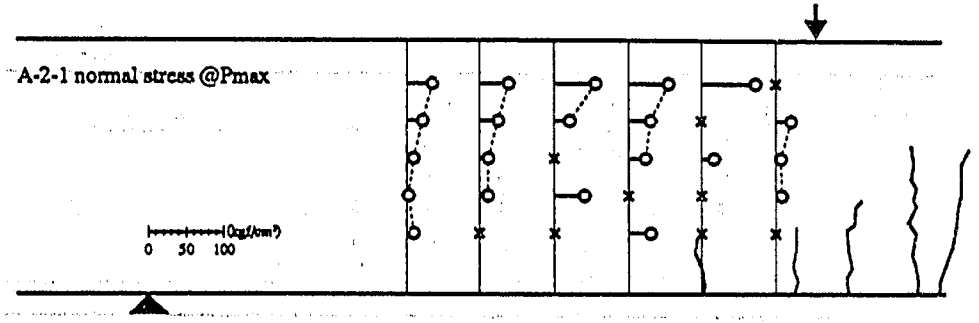
直応力分布：A-2 : d = 50cm a/d = 3.0

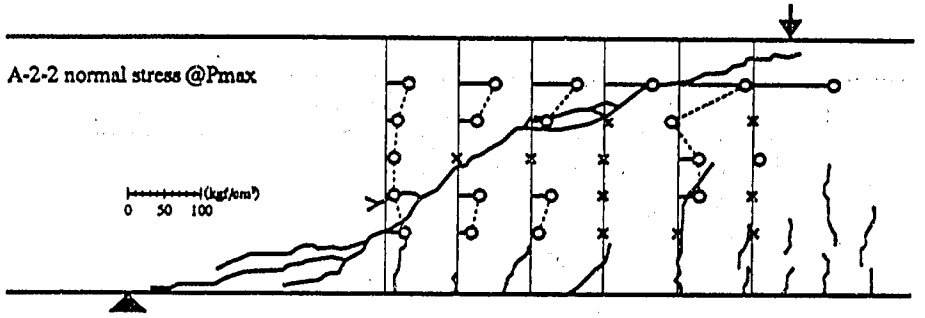






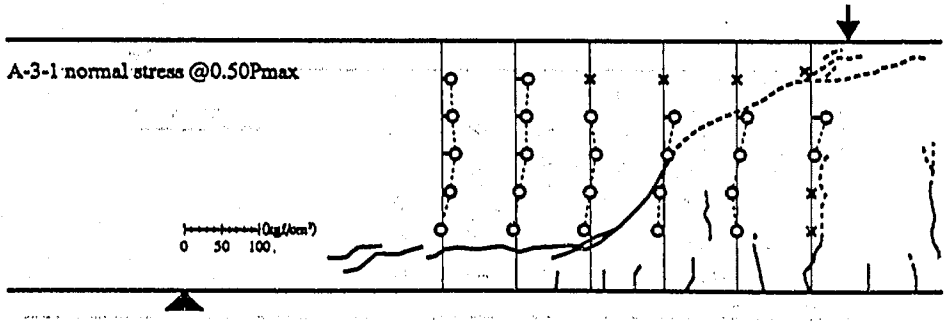


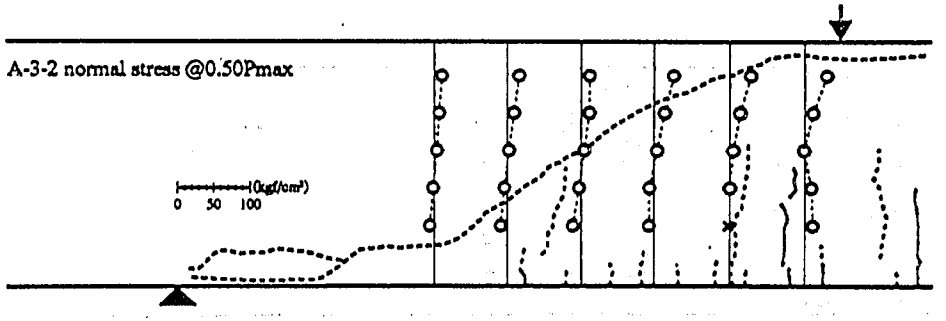


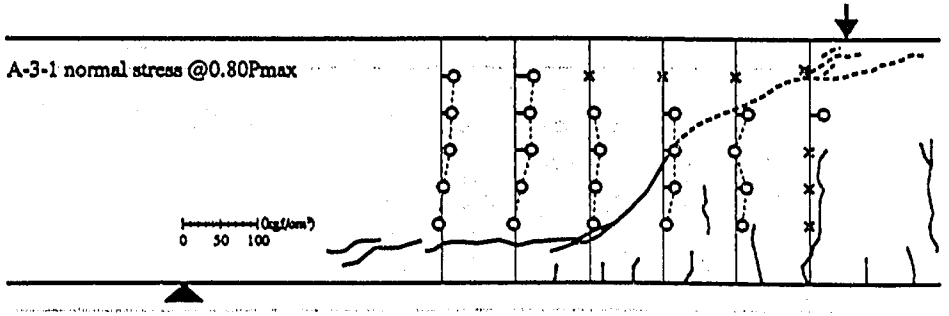


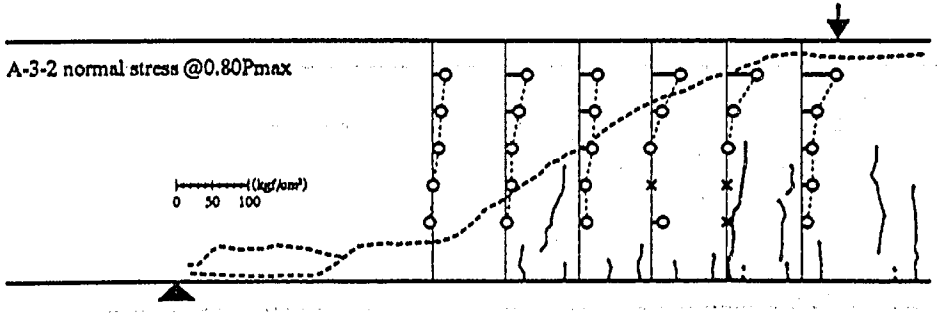
×印はひずみゲージの値が無効であることを示す。破線はひび割れがこれから入る箇所。

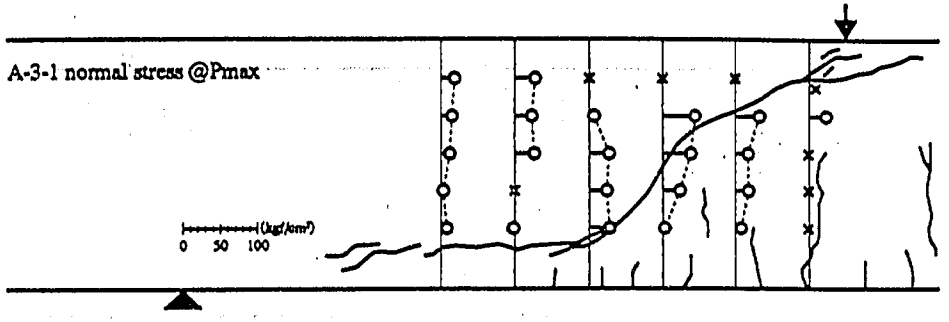
直応力分布：A-3 : d = 100cm a/d = 3.0

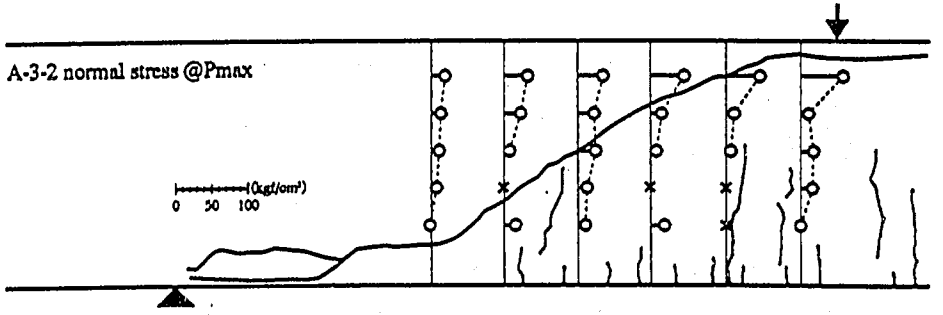






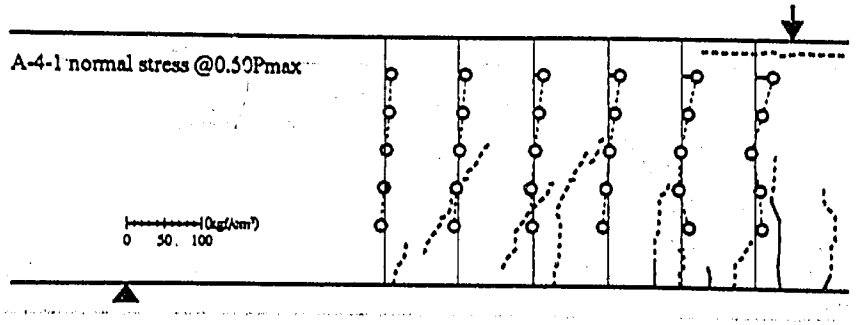


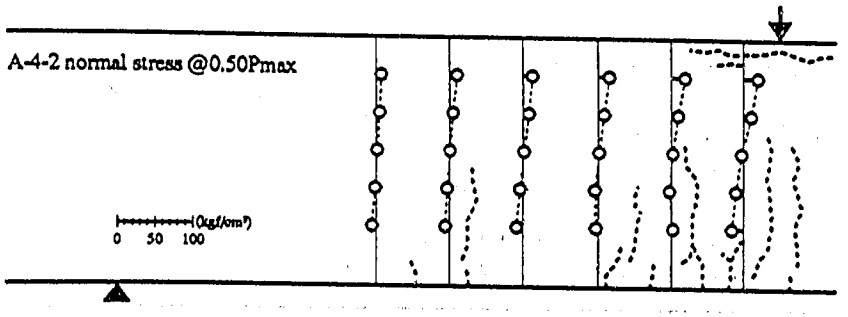


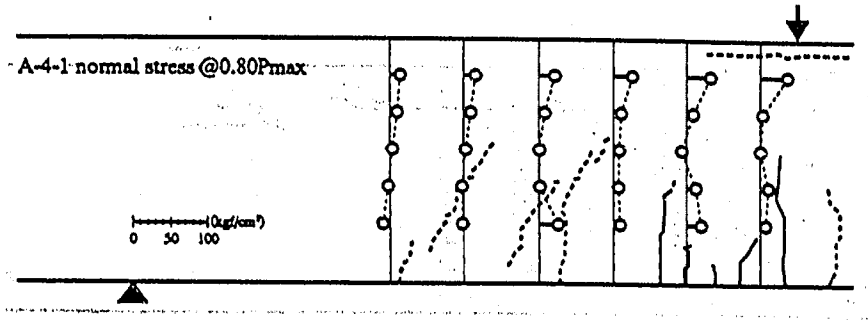


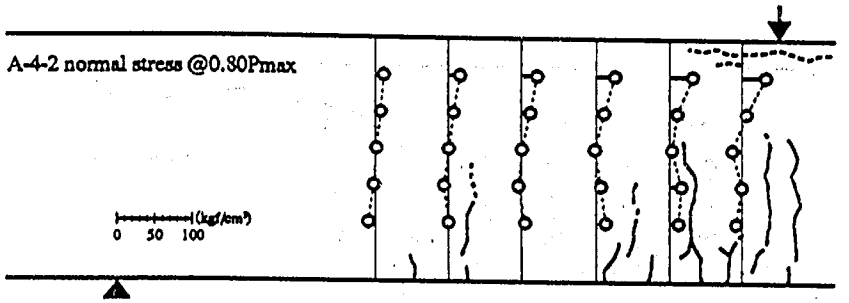
×印はひずみゲージの値が無効であることを示す。破線はひび割れがこれから入る箇所。

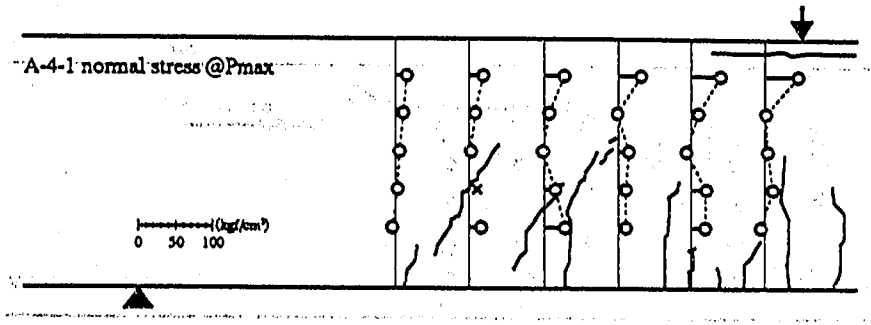
直応力分布：A-4 : d = 200cm a/d = 3.0

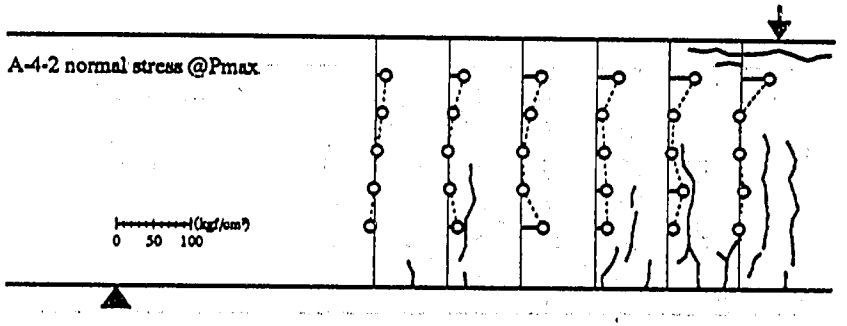






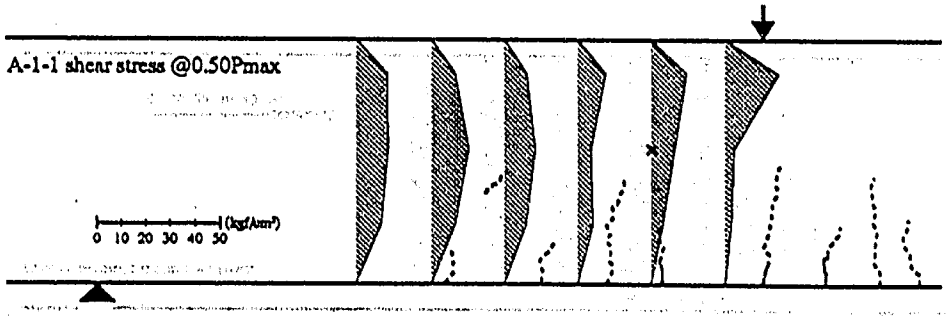


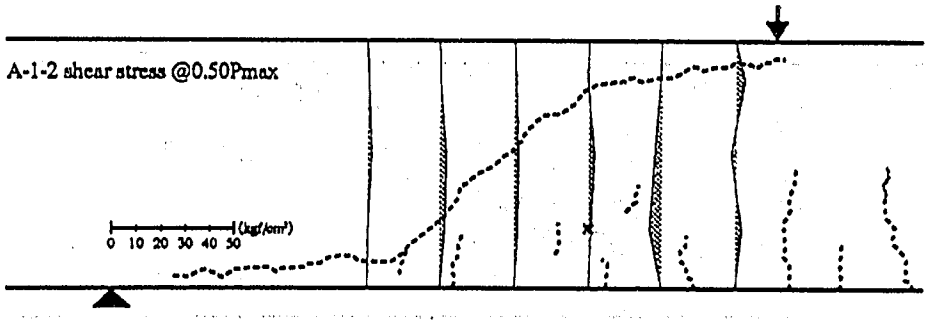


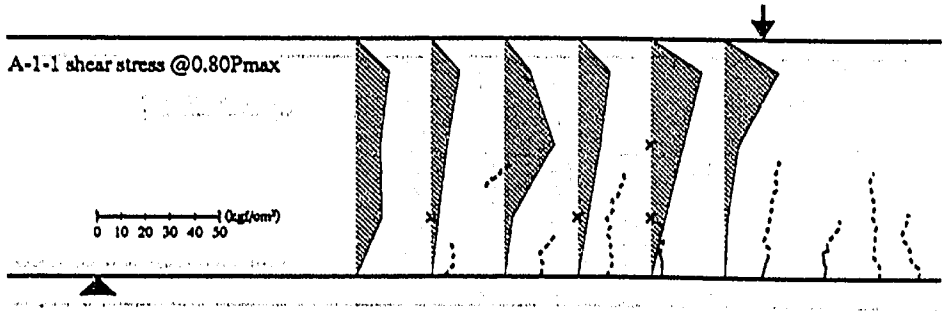


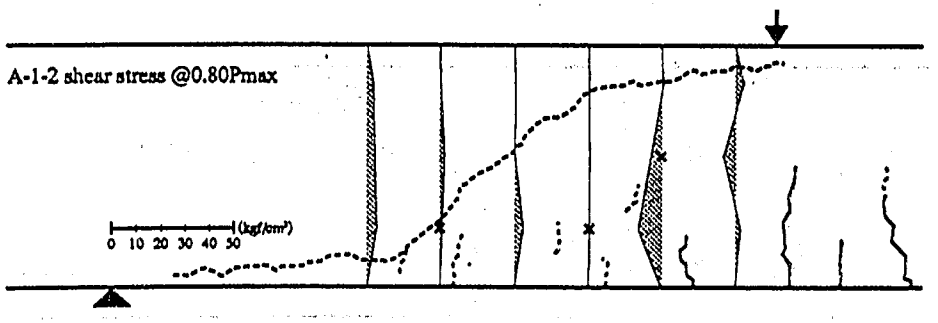
×印はひずみゲージの値が無効であることを示す。破線はひび割れがこれから入る箇所。

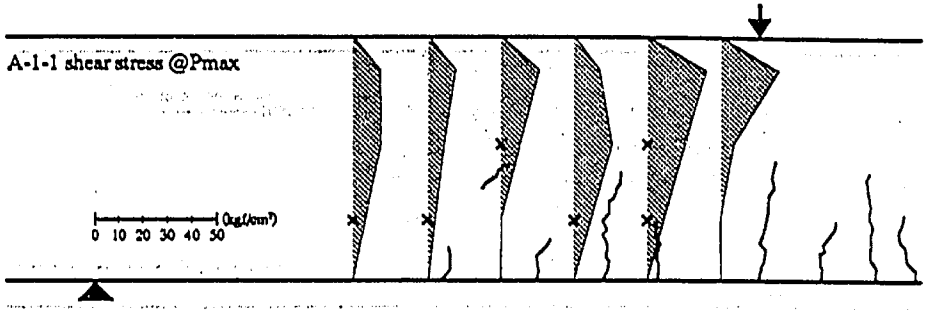
せん断応力図：A-1 : d = 30cm a/d = 3.0

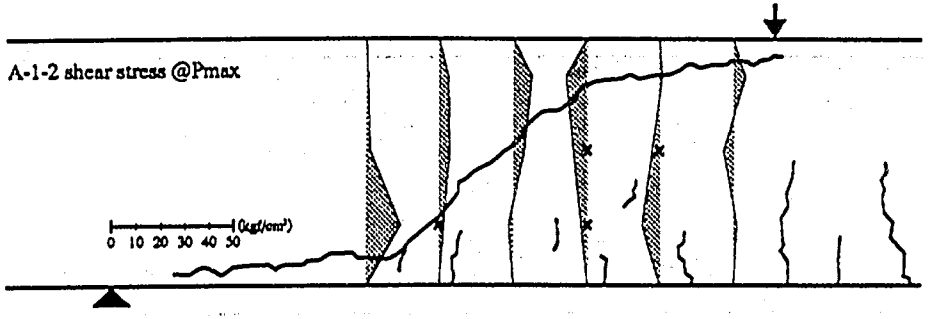






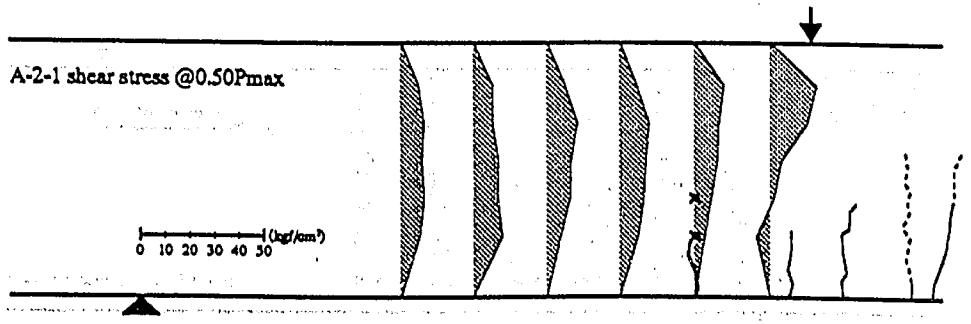


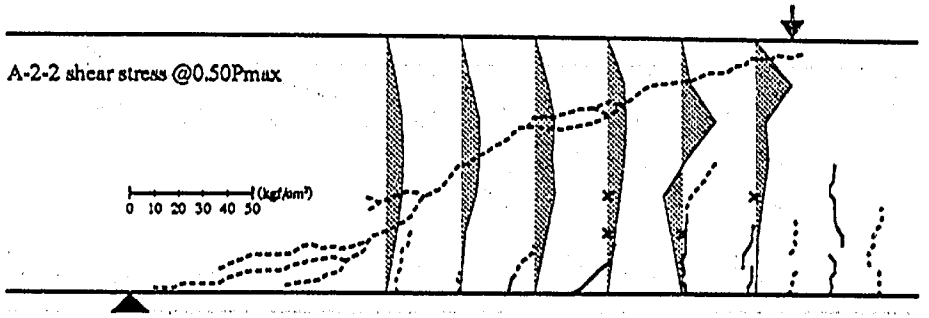


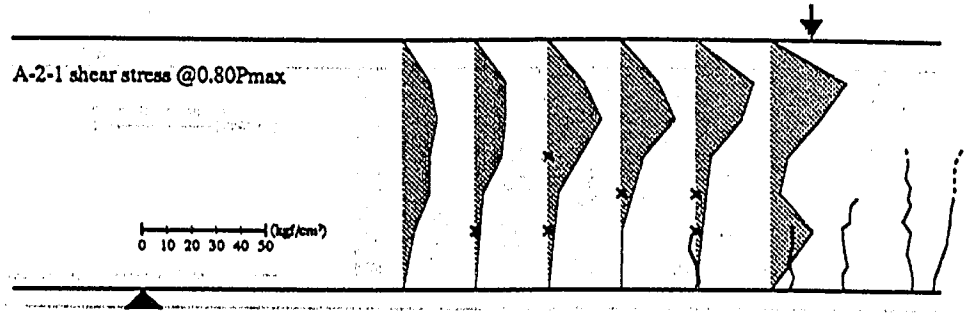


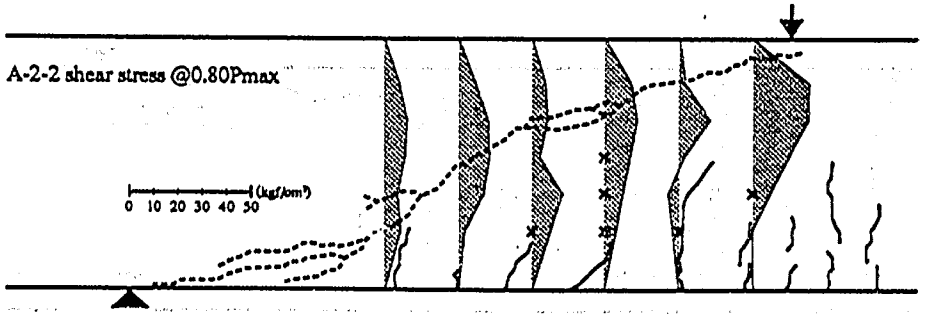
×印はひずみゲージの値が無効であることを示す。破線はひび割れがこれから入る箇所。

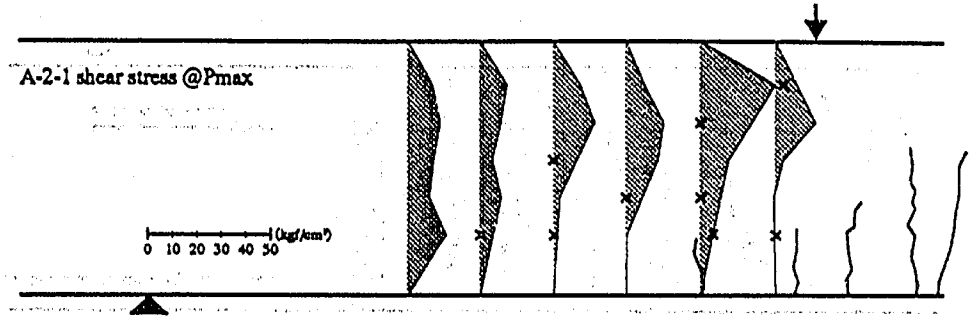
せん断応力図：A-2 : d = 50cm a/d =3.0

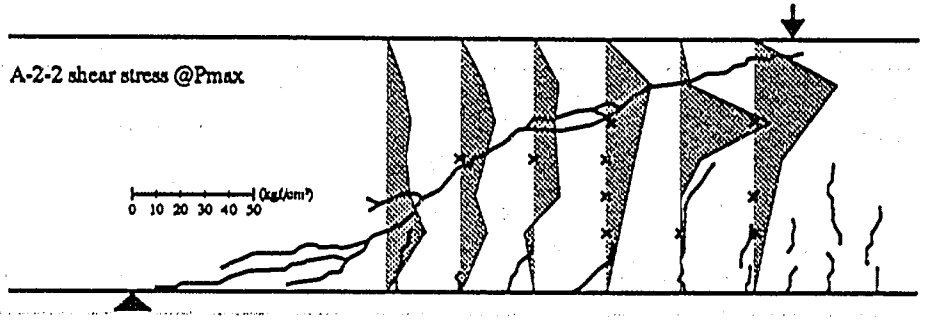






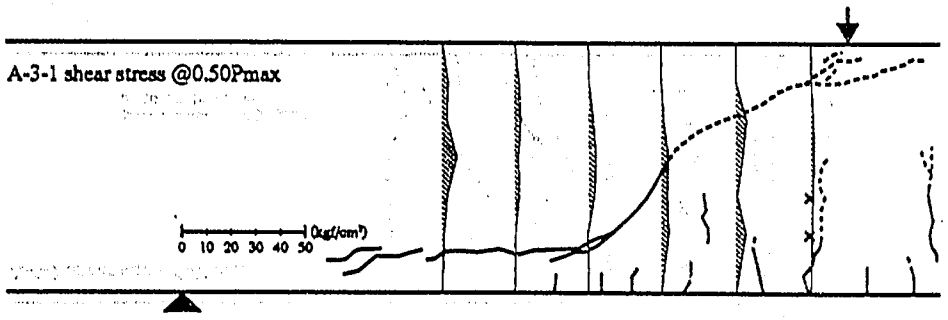


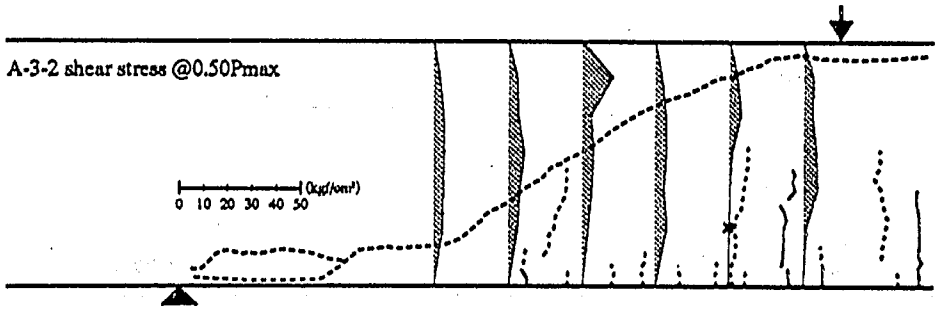


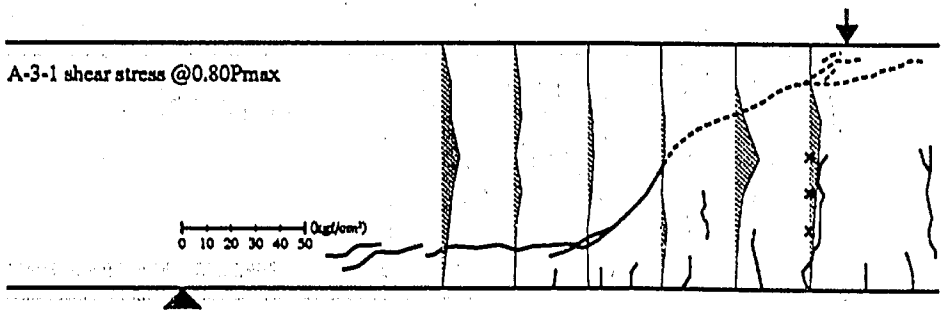


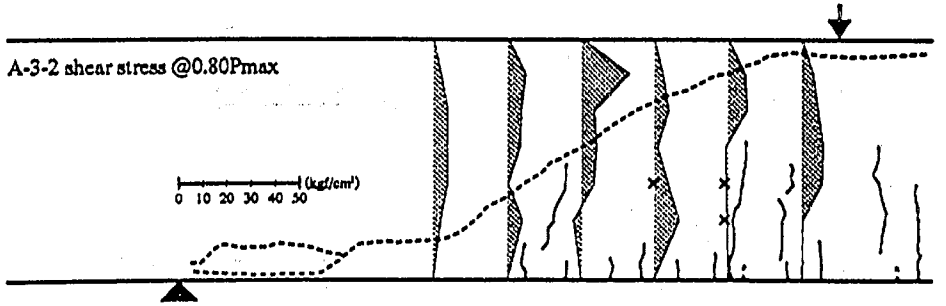
×印はひずみゲージの値が無効であることを示す。破線はひび割れがこれから入る箇所。

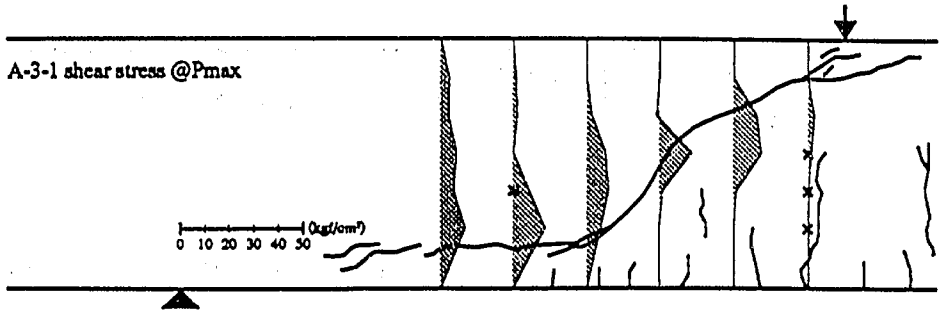
せん断応力図：A-3 : d = 100cm a/d = 3.0

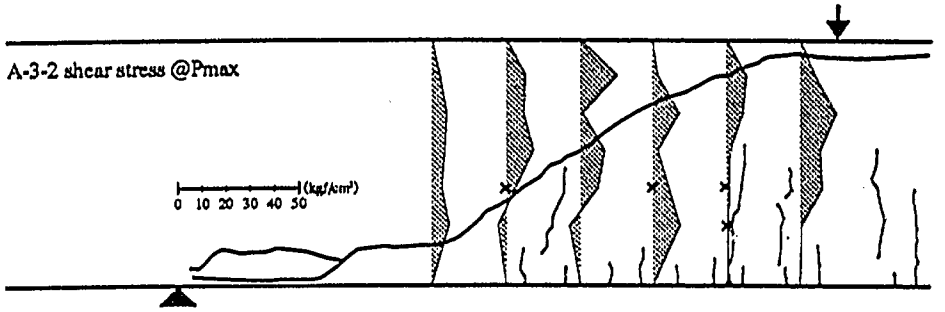






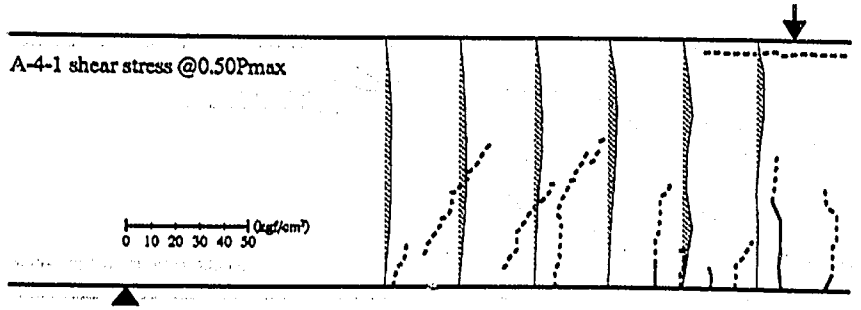


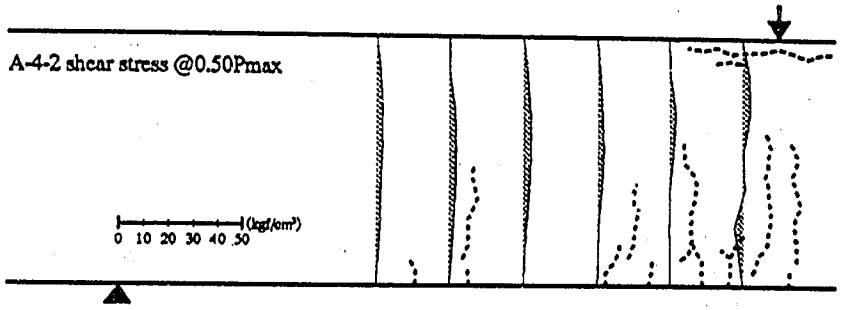


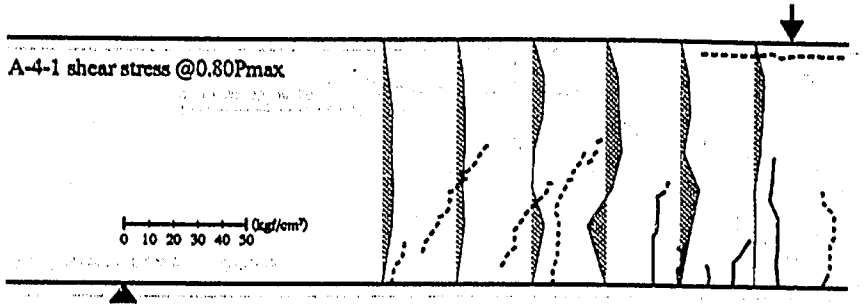


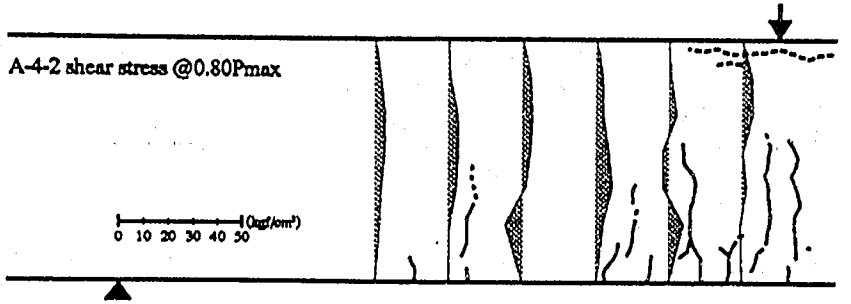
×印はひずみゲージの値が無効であることを示す。破線はひび割れがこれから入る箇所。

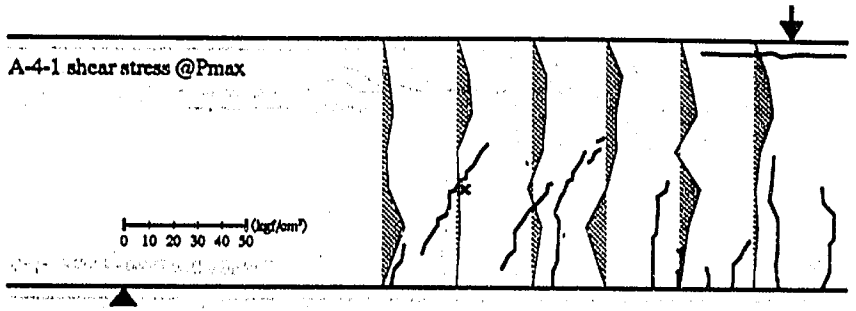
せん断応力図：A-4 : d = 200cm a/d = 3.0

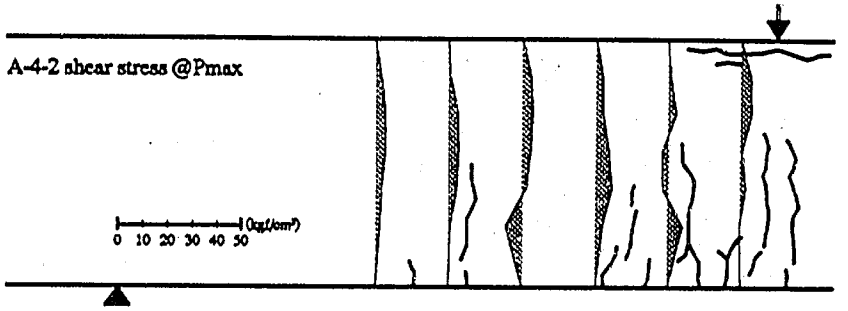






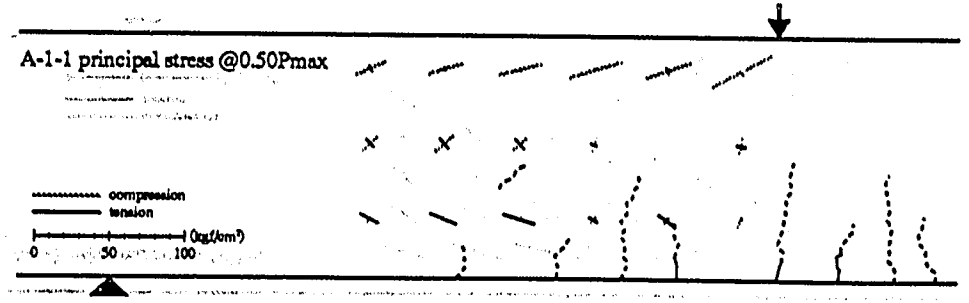


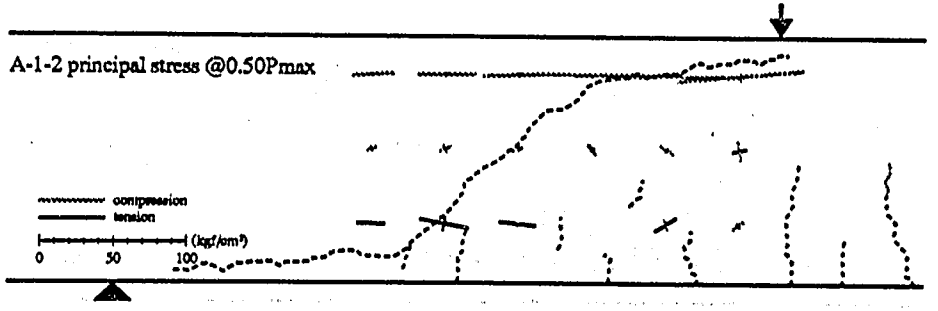


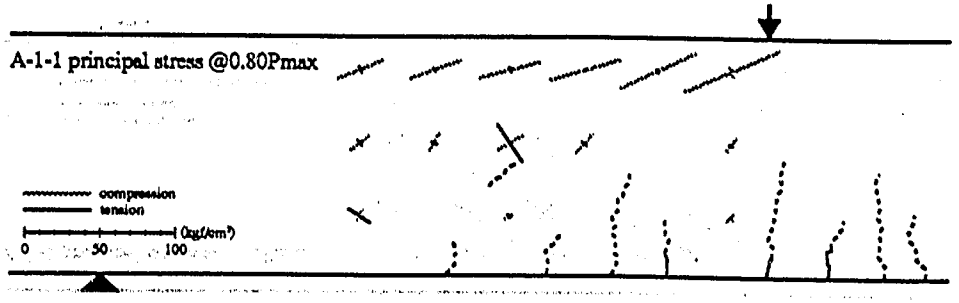


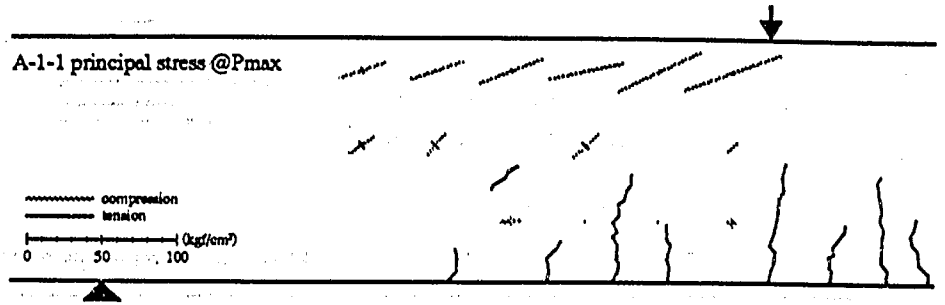
×印はひずみゲージの値が無効であることを示す。破線はひび割れがこれから入る箇所。

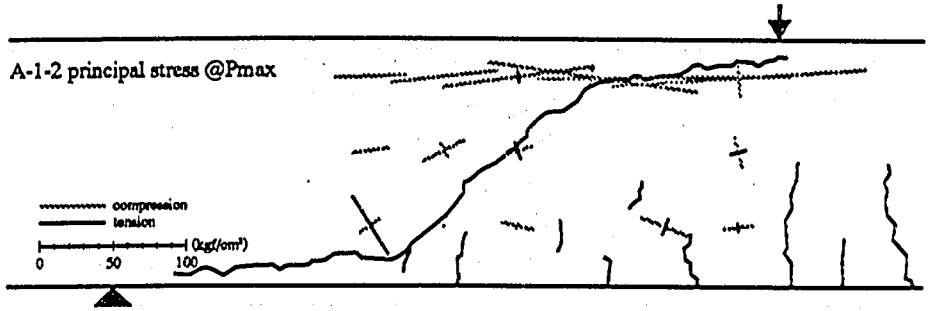
主応力図：A-1 : d = 30cm a/d = 3.0





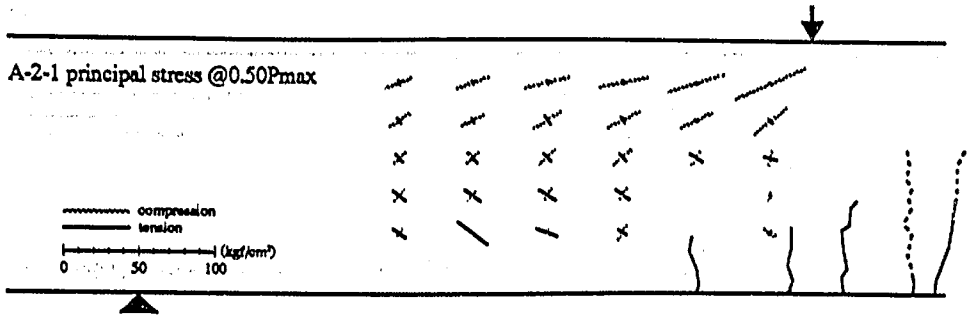


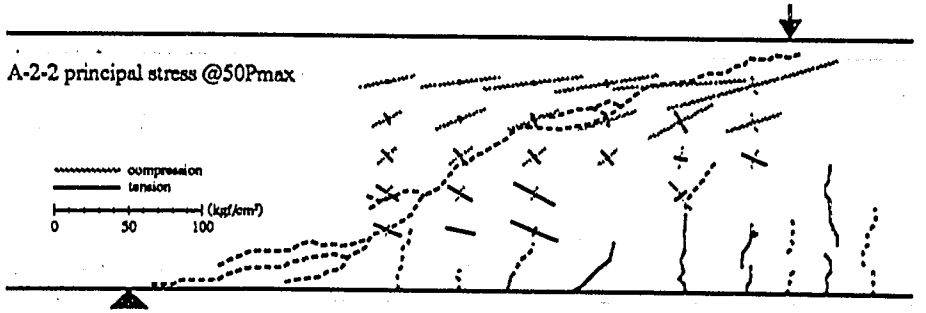


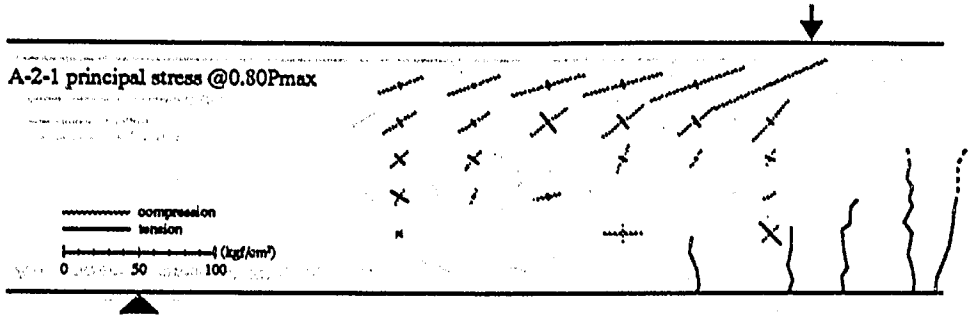


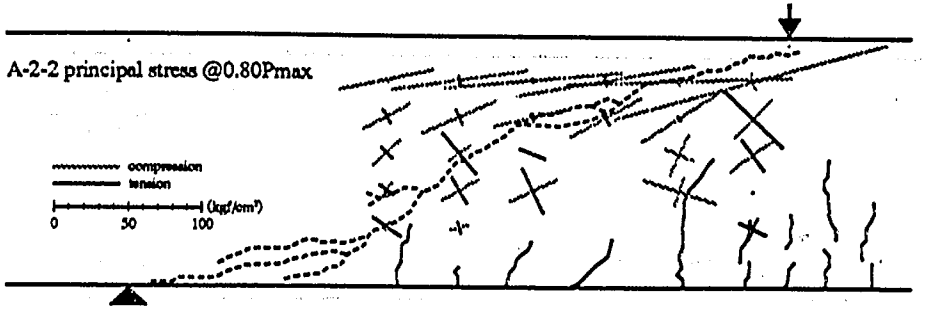
破線はひび割れがこれから入る箇所を示す。

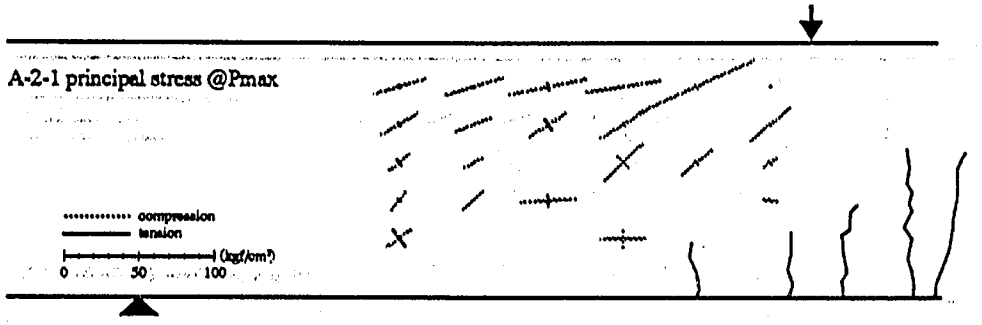
主応力図：A-2 : d = 50cm a/d = 3.0

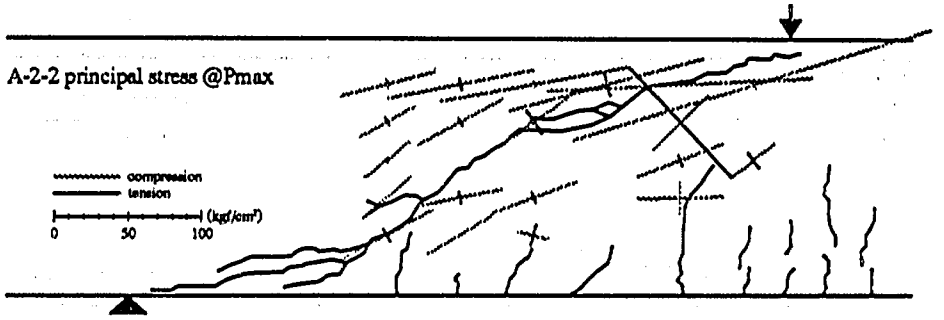






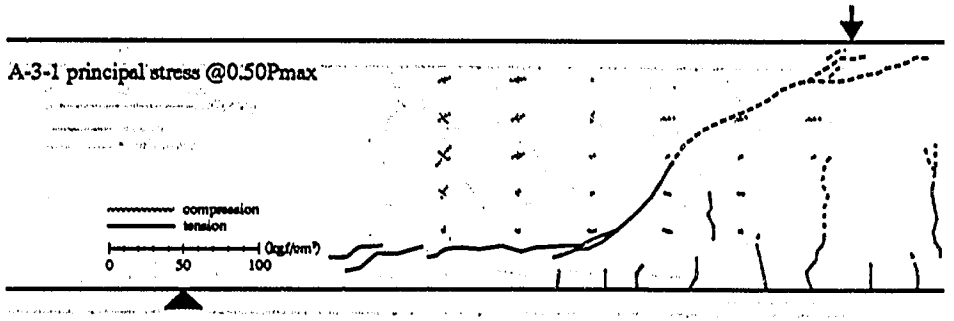


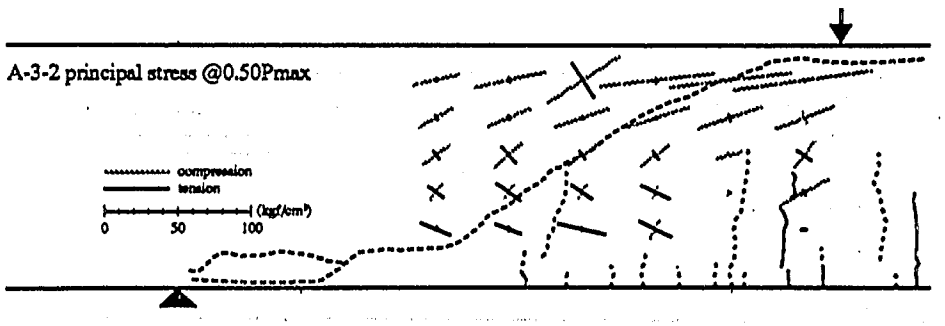


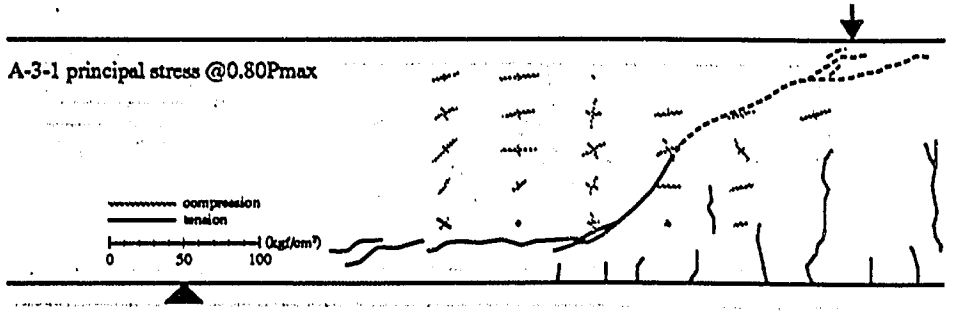


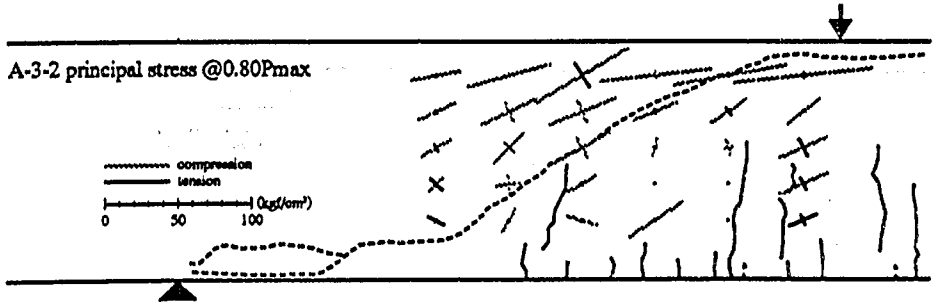
破線はひび割れがこれから入る箇所を示す。

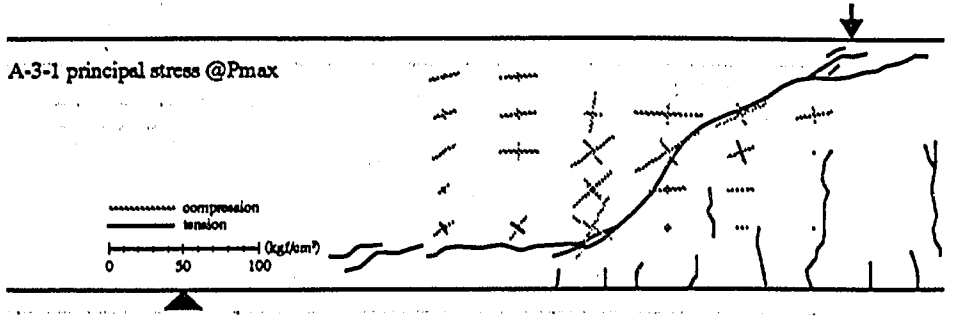
主応力図：A-3 : d = 100cm a/d = 3.0

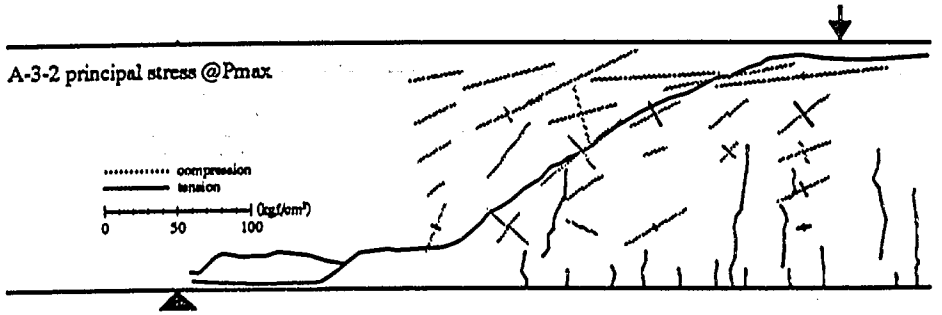






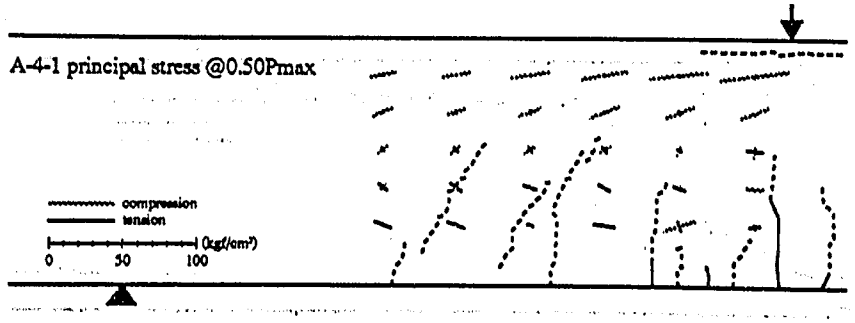


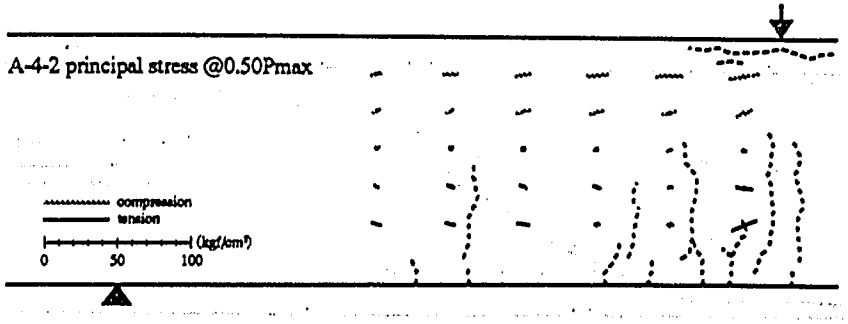


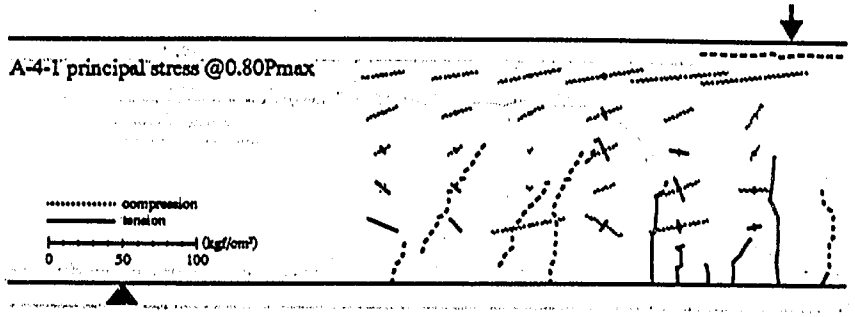


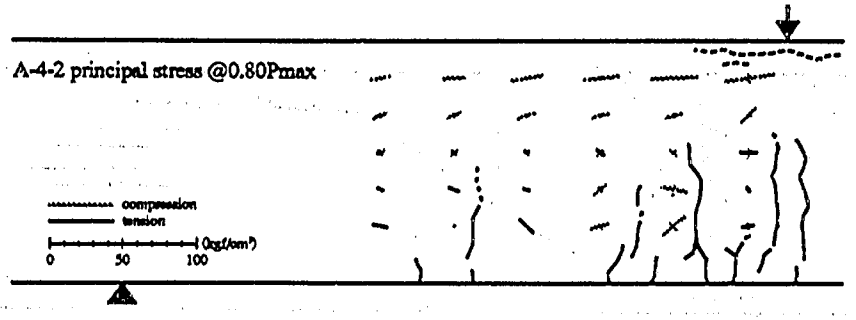
破線はひび割れがこれから入る箇所を示す。

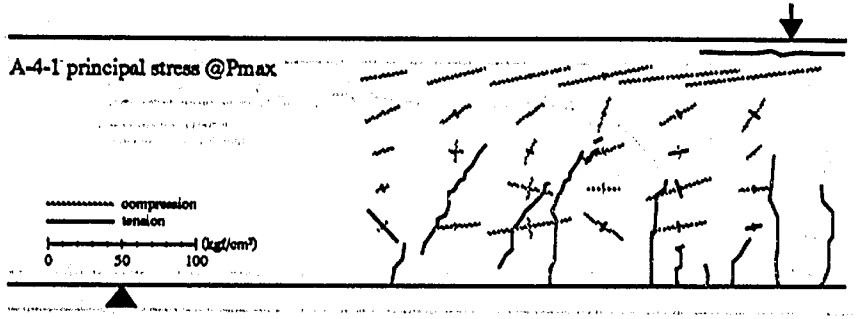
主応力図：A-4 : d = 200cm a/d = 3.0

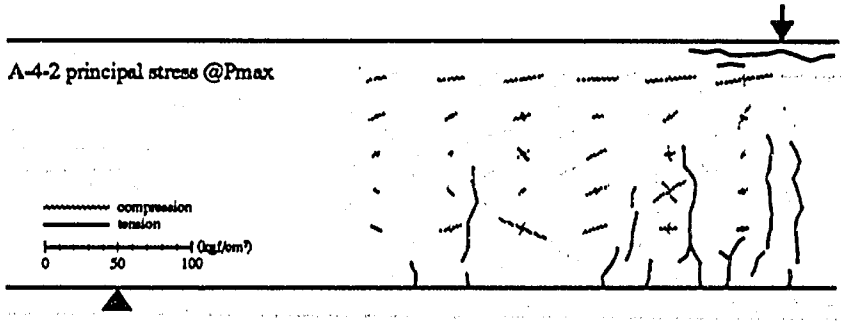












破線はひび割れがこれから入る箇所を示す。