

省力化に対応した鋼桁橋の設計施工に関する
共同研究報告書（I）

— R C ループ継手を有するプレキャスト P C 床版の輪荷重走行実験 —

平成11年12月

建設省土木研究所
構造橋梁部 橋梁研究室
(社)日本橋梁建設協会

Copyright©(2000) 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。

省力化に対応した鋼桁橋の設計施工に関する 共同研究報告書 (I)

— R C ループ継手を有するプレキャスト P C 床版の輪荷重走行実験 —

構造橋梁部 橋梁研究室
(社) 日本橋梁建設協会

要 旨

近年、工期の短縮と品質、耐久性の向上とを目的に鋼板床版においてプレストレスを導入したプレキャスト P C 床版を採用する機会が増えている。本研究は、現場型枠が不要でかつ鉄筋継手長の低減が図られることにより、その施工実績が増えている R C ループ継手を用いたプレキャスト P C 床版について輪荷重走行実験を行い、本形式の継手構造の耐久性および最終破壊性状を確認した。さらに、継手を用いない同諸元のプレキャスト P C 床版についても同様な実験を行い、継手の有無による疲労耐久性への影響を確認した。

キーワード：工費縮減，省力化，R C ループ継手，輪荷重走行実験，疲労耐久性，
押し抜きせん断破壊

共同研究担当者名簿
(平成9～10年度)

建設省土木研究所

構造橋梁部 橋梁研究室

西 川 和 廣

内 田 賢 一

宮 崎 和 彦

(社) 日本橋梁建設協会

床版開発研究会W/G

八 部 順 一

小 林 潔

太 田 貞 次

秋 山 洋

川 畑 篤 敬

小 西 拓 洋

江 頭 慶 三

倉 田 幸 宏

佐々木 保 隆

目 次

共同研究者名簿

1. まえがき	1
2. 実験対象とするRCループ継手構造	1
3. 実験供試体	3
(1) 材料およびその特性	3
(2) 実験供試体	5
1) 継手なし供試体	5
2) RCループ継手供試体	5
(3) 実験供試体のF.E.M.解析	6
4. 実験方法	12
(1) 載荷方法	12
(2) 計測方法	14
5. 実験結果	17
(1) 床版中央たわみの時系列変化	17
(2) 床版下面ひび割れ密度の時系列変化	17
(3) 床版下面ひび割れの進展状況	18
(4) 床版上面コンクリートのひずみの進展状況	19
(5) RCループ継手部の時系列変化	20
(6) 最終破壊状況	21
(7) 実験終了後の実験供試体切断面のひび割れ状況	24
6. まとめ	27
参考文献	27

付属資料

(1) P C床版実験供試体設計計算書	29
(2) 継手なし実験供試体実験結果	63
1) 材料試験結果 (①コンクリート、②鉄筋、③P C鋼線)	63
2) 載荷回数と床版変位との関係	73
3) 載荷回数と床版ひずみとの関係	81
4) 載荷回数と鉄筋ひずみとの関係	93
5) 載荷回数とクラック幅との関係	107
6) 載荷回数とひび割れ密度との関係	111
7) C C Dカメラによる床版下面ひび割れ状況の時系列変化	115
8) 最終ひび割れ状況	133
9) 実験終了後の切断面写真	137
10) 破壊前1時間挙動	147
(3) R Cループ継手実験供試体実験結果	153
1) 材料試験結果 (①コンクリート、②鉄筋、③P C鋼線)	153
2) 載荷回数と床版変位との関係	163
3) 載荷回数と床版ひずみとの関係	171
4) 載荷回数と鉄筋ひずみとの関係	183
5) 載荷回数とクラック幅との関係	199
6) 載荷回数と継手部段差との関係	203
7) 載荷回数とひび割れ密度との関係	207
8) C C Dカメラによる床版下面ひび割れ状況の時系列変化	211
9) 最終ひび割れ状況	227
10) 実験終了後の切断面写真	231
11) 破壊前1時間挙動	241

1. まえがき

近年、工期の短縮と品質・耐久性の向上とを目的に、鋼橋床版において、従来の場所打ち床版に代わり、プレストレスを導入したプレキャスト床版を採用する機会が増えている。プレキャスト床版に関する研究は、プレストレスを導入しない床版のみならず、プレストレスを導入した床版についても、諸外国をはじめ、わが国においても数多く行われ、実橋に適用された事例も多数報告されている。しかし、これまでのプレキャスト床版に関する研究は、静的耐力や設計手法に関するものが多く、損傷原因となる疲労耐久性に関する研究は、最近、輪荷重走行試験機の導入にともない、その研究事例¹⁾²⁾が増えているものの、今なお少なく、十分なデータが得られているとは言い難い。本実験では、現場型枠が不要でかつ鉄筋継手長の低減が図られることにより、その施工実績が増えているRCループ継手を用いたプレキャストPC床版について輪荷重走行実験³⁾⁴⁾を行い、本形式の継手部の疲労耐久性および最終破壊性状について確認した。さらに、継手を設けなないプレキャストPC床版についても同様な実験を行ない、継手の有無による影響を比較検討した。本実験は、(社)日本橋梁建設協会と建設省土木研究所構造橋梁部橋梁研究室との共同研究⁵⁾として行ったものである。

2. 実験対象とするRCループ継手構造

本実験で採用した床版構造は、床版支間方向にプレテン方式によるパーシャルプレストレス（フルプレストレスの75%）で設計したプレキャスト床版を対象とし、継手構造にはRCループ継手を採用した。床版支間方向の補強鉄筋量は、配力鉄筋量の1/2とした。実験は床版支間3.2mの連続版を対象とし設計を行い、正の曲げモーメント部分2.5mを取り出し、単純支持として実験を行った。

床版厚は、道示の最小版厚とRCループ継手の鉄筋曲げ半径から決まる必要床版厚を考慮し、かつ床版厚と経済的なPC鋼材の配置間隔の関係を検討し、総合的に判断した。以下に床版厚の決定根拠を示す。

1) 道示およびRCループ継手部鉄筋曲げ半径からの床版厚の制約条件

①道示Ⅱ鋼橋編 6.1.5 から決まる床版支間 3.2m の連続PC版の最小床版厚

$$d = (3L+11) \times 0.9 = 18.54 \text{ cm} \quad \rightarrow \quad 19 \text{ cm}$$

②RCループ継手部の鉄筋曲げ半径から決まる最小床版厚

・最小曲げ内側半径（道示コンクリート橋編 4.4.3） $r = 2.5 \phi = 2.5 \times 1.9 = 4.75 \text{ cm}$

・ループ継手部上面かぶり厚 C_u 3.0 cm

・ループ継手部下面かぶり厚 C_l 3.1 cm

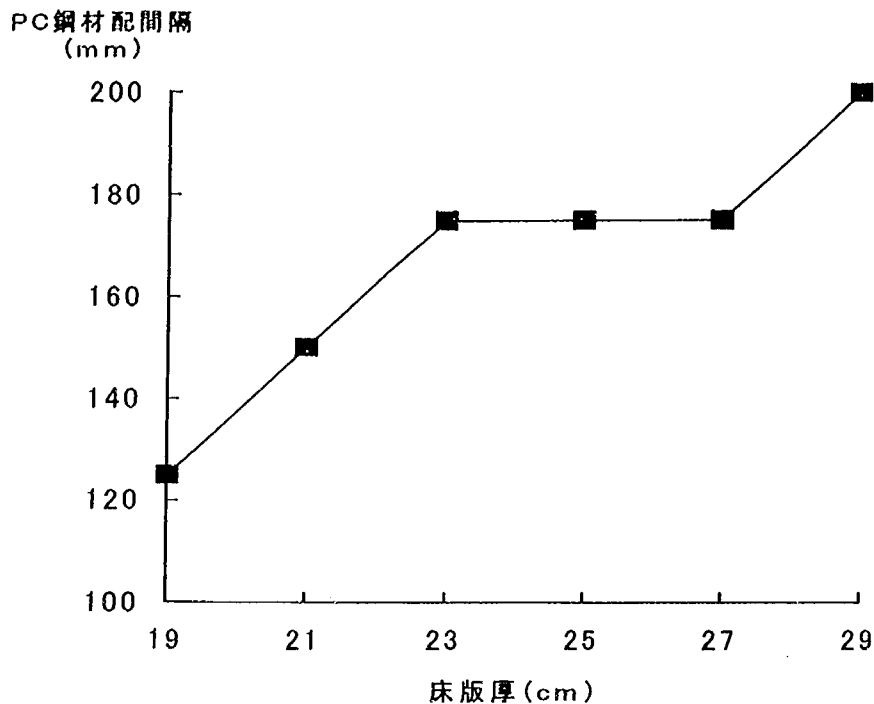
・ループ筋+主筋+メッシュ筋 R_t $2 \times 1.9 + 2 \times 1.3 + 1.0 = 7.4 \text{ cm}$

$$d = 2r + C_u + C_l + R_t = 9.5 + 3.0 + 3.1 + 7.4 = 23.0 \text{ cm} \quad \rightarrow \quad 23 \text{ cm}$$

2) PC鋼材配置から決まる経済的なPC床版厚

床版支間 3.2m の連続PC床版の最小版厚は 19cm となる。しかし、床版厚を極端に薄くした場合、必要とされるPC鋼材の配置間隔が小さくなり、PC鋼材量が増加するため、必ずしも経済的な床版厚となるとは言い難い。図-1 に床版支間 3.2m の連続版の床版厚を 19cm から 29cm まで 2cm 間隔で変化させた場

合に必要とされるP C鋼材の配置間隔の関係を示す。床版厚が 23cm より薄い場合、P C鋼材の配置間隔が急激に小さくなり、必要とされるP C鋼材量が急増する。一方、床版厚が 23cm より厚い場合には、P C鋼材の配置間隔が変わらないため、床版厚を厚くすることは経済性につながらないことがわかる。したがって、床版厚と必要P C鋼材量の検討結果から総合的に判断した結果、支間 3.2m の連続P C版の経済的な床版厚は 23cm となる。



図ー１ 床版厚とP C鋼材配置間隔との関係（床版支間 3.2m 連続版）

3) RCループ継手構造

本実験で対象とするRCループ継手構造は、通常使用される直鉄筋の重ね継手構造に比べ以下の力学的特長を有する。直鉄筋による重ね継手方式は、鉄筋とコンクリートとの付着力による力の伝達を期待しており、図ー2に示すように、鉄筋に引張力が作用する場合、鉄筋間の引張力は、コンクリートとの付着力を介してそれぞれの鉄筋に伝達される。道示により、必要鉄筋の重ね継手長が規定されており、式（1）、式（2）を満足する継手長が要求される。さらに、継手断面に集中する影響を考慮しなければならない。

$$l_a = \frac{\sigma_{sa}}{4\tau_{0a}} \phi \text{ --- (1)}$$

$$l_a = 20 \phi \text{ --- (2)}$$

ここに、

l_a : 必要鉄筋の重ね継手長

σ_{sa} : 鉄筋の許容引張応力度

τ_{0a} : コンクリートの許容付着応力度

ϕ : 鉄筋の直径

一方、図-3に示すRCループ継手方式の場合、付着力の他にループ内部に支圧が作用するため、通常の重ね継手に要求される継手長に比べ短くすることが可能である。さらに、ループ継手鉄筋内部に補強鉄筋を配置すれば、コンクリートに作用する支圧力が分散されるため、抵抗力が増大する。RCループ継手部の鉄筋の曲げ半径については、式(3)に示すDIN 1045による規定を準用している。

$$db \geq (1.4 + 2.8\phi / e) \times \phi \times \sigma_B / \beta_{wN} \quad \text{--- (3)}$$

ここに、

db : ループ鉄筋の曲げ半径

ϕ : 鉄筋径

e : ループ鉄筋間隔

σ_B : ループ鉄筋曲げ応力

β_{wN} : コンクリートの設計基準強度

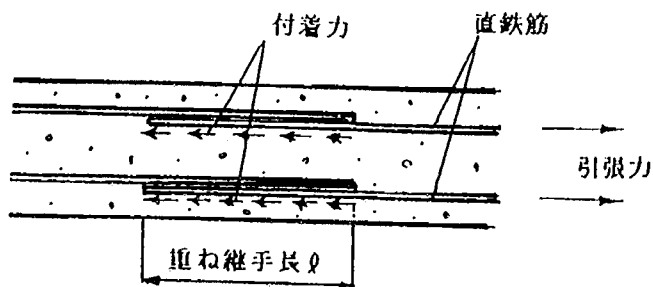


図-2 直鉄筋重ね継手方式

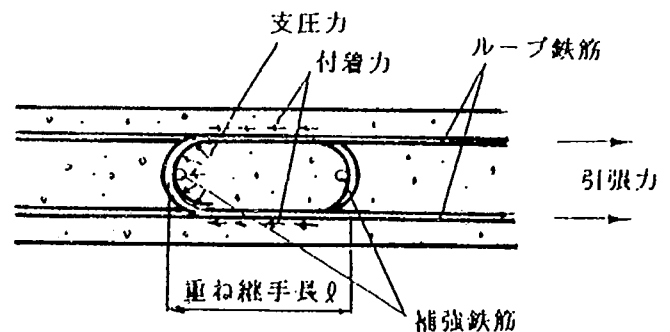


図-3 RCループ継手方式

4) 導入プレストレス

実験供試体への導入プレストレスは、プレテンション方式によりフルプレストレスの75%とした。PC鋼材は、SWPR7B 15.2φを使用し、床版単位長さあたりに導入されるプレストレス量が同一になるよう設計し、継手なし供試体は上下2段にそれぞれ175mmピッチに配置し、RCループ継手供試体は上下2段にそれぞれ150mmピッチにPC鋼材を配置した。

本実験で採用したRCループ継手の構造詳細を図-4 および写真-1に示す。現在、日本道路公団第二東名名神高速道路のプレキャストPC床版において使用されているRCループ継手構造を参照し、構造詳細については、以下の改良を加えた。

- ①型枠を兼用したあごの取付け部を $R=100\text{mm}$ の曲線とし、応力集中を緩和する。
- ②型枠を兼用したあご部にメッシュ筋を配置し、補強を行う。
- ③表面凝結遅延剤によるループ部コンクリート表面の目荒し（目標値： 2mm ）を施す。

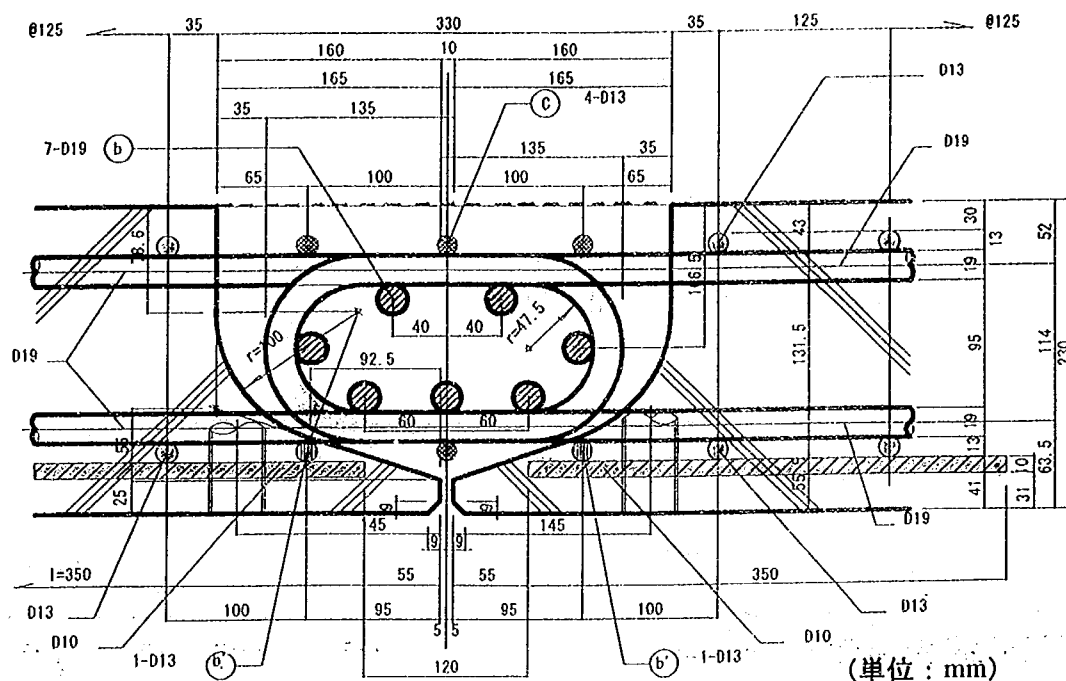


図-4 RCループ継手構造



写真-1 実験供試体のRCループ継手部

3. 実験供試体

(1) 材料およびその性質

本実験に用いたコンクリートの配合を表-1に示す。コンクリートは早強ポルトランドセメントを使用し、設計基準強度 $\sigma_{ck}=50\text{N/mm}^2$ 、スランブは12cm、空気量は4.5%を目標値とし、鉄筋はSD295A(D19,D13)、P C鋼材はP C鋼より線 SWPR7B15.2 ϕ を使用した。表-2に実験時のコンクリート圧縮強度、弾性係数、ポアソン比、引張強度を示す。表-3に鉄筋およびP C鋼線の力学的特性を示す。

表-1 コンクリートの配合

水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	空気量 (%)	スランブ (cm)	単位量 (N/m ³)				
				水	セメント	最骨材	粗骨材	混和剤
36	41	4.5	12	1,499	4,136	7,370	10,662	22

表-2 コンクリートの力学的特性

	圧縮強度 (N/mm ²)	弾性係数 (N/mm ²)	ポアソン比	引張強度 (N/mm ²)
RCループ供試体	46.9	0.266E+05	0.167	2.9
継手部コンクリート	53.6	0.282E+05	0.176	3.8
継手なし供試体	49.9	0.296E+05	0.156	2.8

表-3 鉄筋およびP C鋼線の力学的特性

	降伏荷重 (kN)	最大荷重 (kN)	降伏点応力 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	伸び (%)	公称断面 (mm ²)
鉄筋 D10 SD295	26.9	39.1	376	549	18.5	71.3
鉄筋 D13 SD295	43.4	65.2	342	514	21.9	126.7
鉄筋 D19 SD295	103.3	153.1	360	534	18.6	286.5
PC鋼より線 15.2mm SWPR7BL	244.0	264.0	1,759	1,865	7.5	387.0

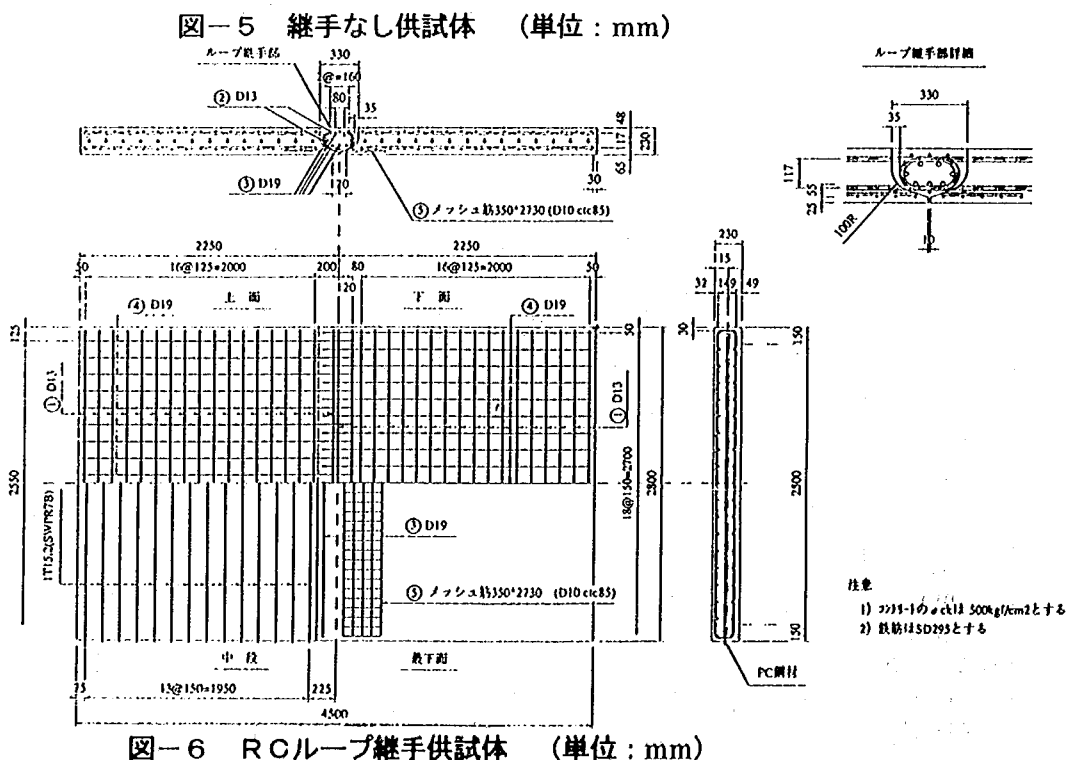
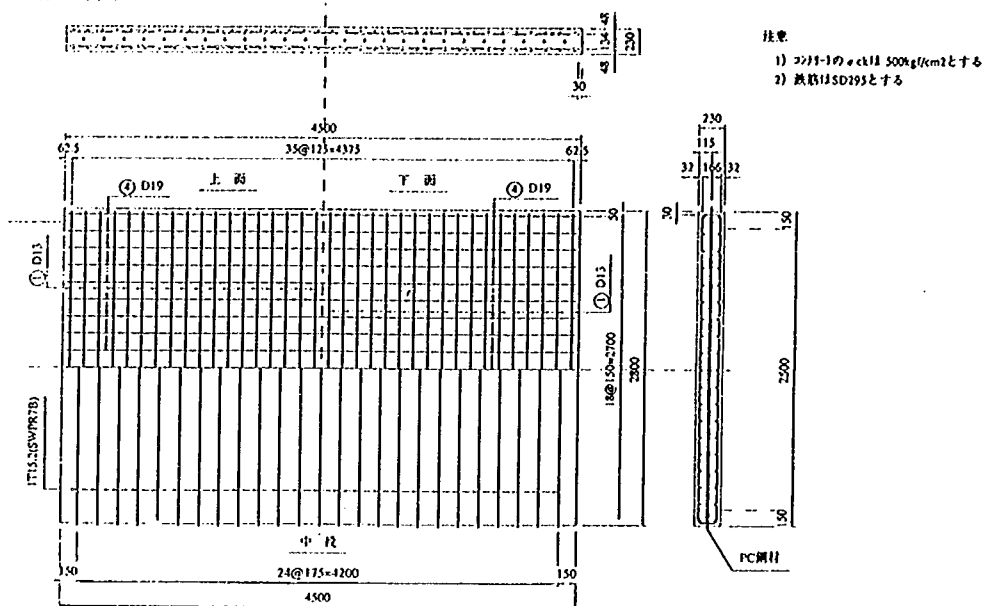
(2) 供試体

1) 継手なし供試体

図-5にプレテン方式のパーシャルプレストレスを導入した継手なし供試体の一般図を示す。供試体の寸法は、これまでに建設省土木研究所で行われた RC 床版に関する輪荷重載荷実験に合わせ床版支間 2.5m, 橋軸方向床版長 4.5m とした。

2) RCループ継手供試体

図-6にRCループ継手供試体の一般図を示す。床版中央位置にRCループ継手を1カ所設けた供試体を製作した。RCループ継手部のコンクリートについても、プレキャストパネルと同配合のコンクリートを打設し、両パネルを一体化した。



(3) 実験供試体のF.E.M.解析

本実験供試体の断面力および応力性状を把握するため、事前に弾性F.E.M.解析を実施した。表-4に解析対象とするPC床版の諸元を示す。また、解析に際しては、図-7に示す床版端部に設置した変位拘束梁の影響を考慮した解析モデルを用いた。図-8に実験供試体のF.E.M.解析モデルを示す。本F.E.M.解析により得られた単位荷重載荷時（載荷荷重 9.8kN）の鉛直変位の橋軸方向分布を図-9に、橋軸直角方向応力の橋軸方向分布を図-10に、さらに、橋軸方向応力の橋軸直角方向分布を図-11にそれぞれ示す。床版端部に変位拘束梁を設置することにより、無限版に相当する辺長比1:4モデルと精度良く一致することがわかる。表-5に床版曲げモーメントの比較結果を示す。また、別途計算により求めた初期クラック発生モーメントの計算結果を表-6に、終局曲げモーメントの計算結果を表-7に示す。

表-4 解析対象とするPC床版諸元

1. 床版支間	2.5 m
2. 床版長	4.5 m
3. 辺長比	1:1.8
4. 床版厚	23 cm
5. コンクリートの設計基準強度 σ_{ck}	49 N/mm ²
6. コンクリートの弾性係数 E_c	0.323×10^5 N/mm ²
7. ポアソン比	1/6
8. 端部拘束梁	1-H 300x300x15x12

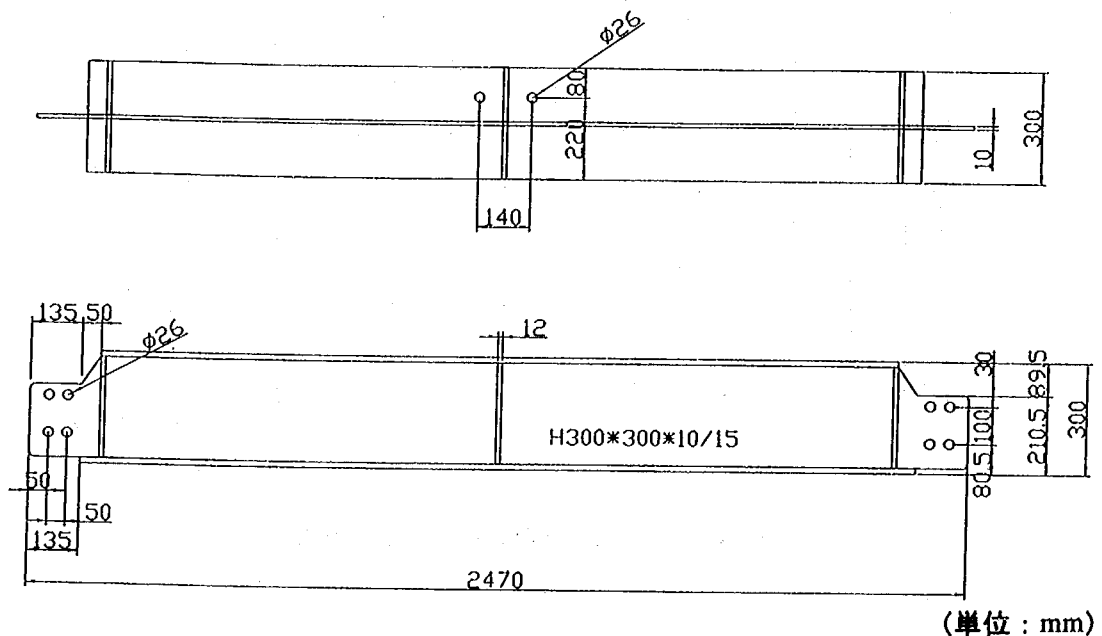
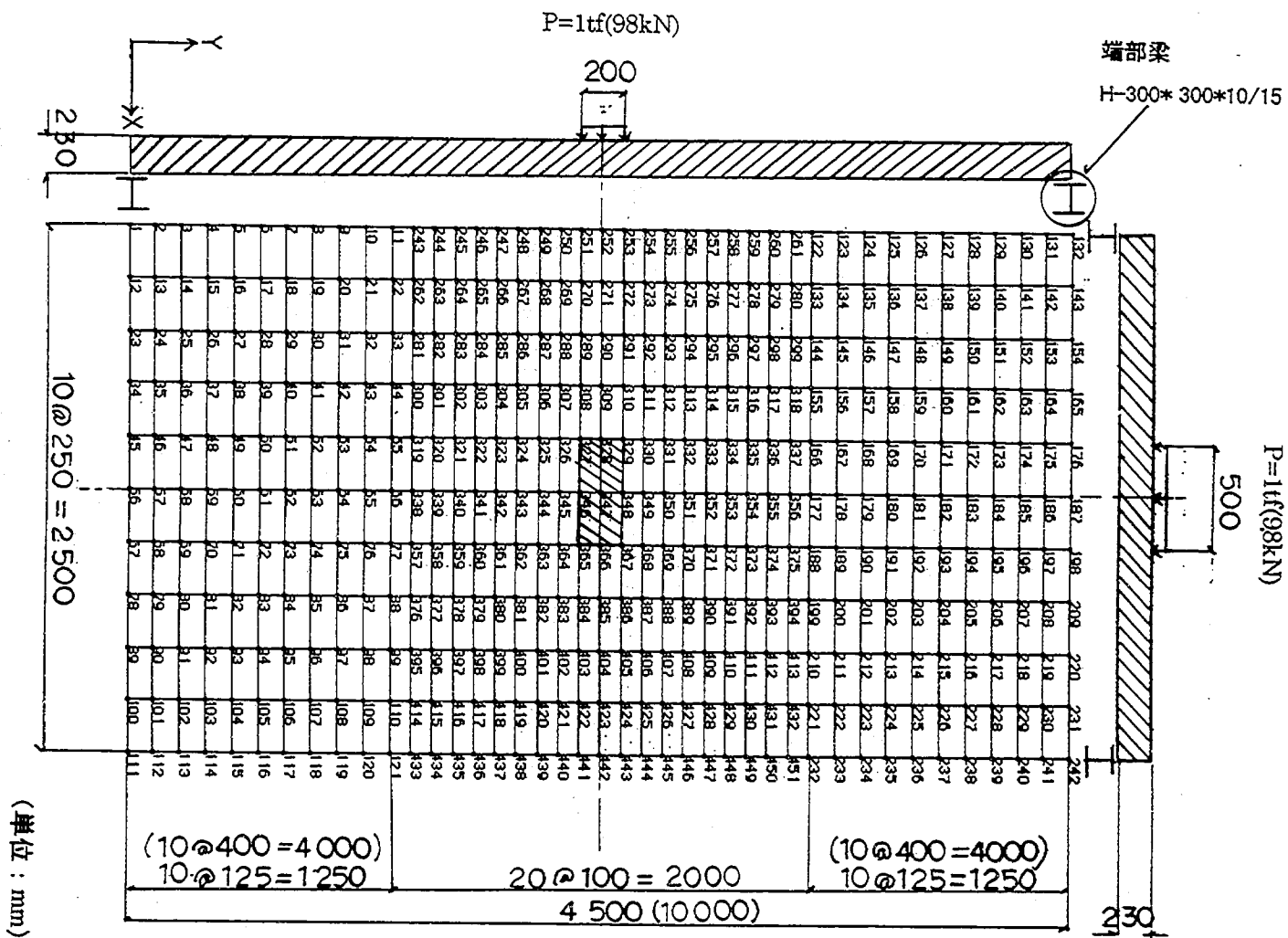


図-7 床版端部に設置した変位拘束梁 (1-H 300×300×15×12)



図一 8 実験供試体の F.E.M.解析モデル

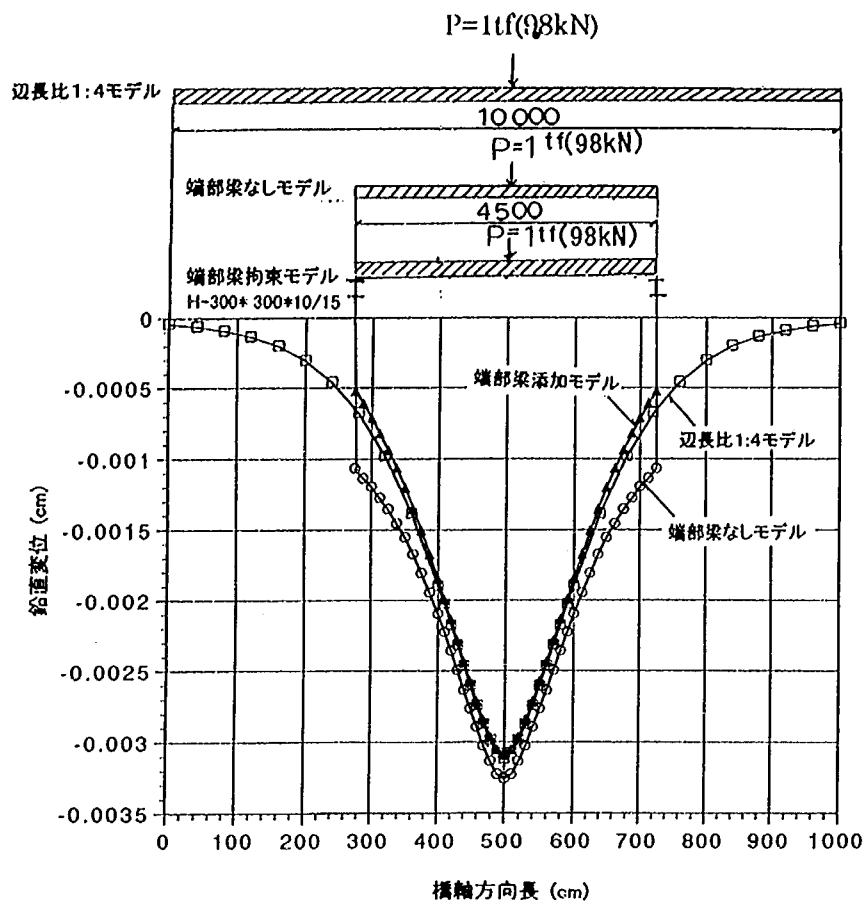


図-9 鉛直変位の橋軸方向分布

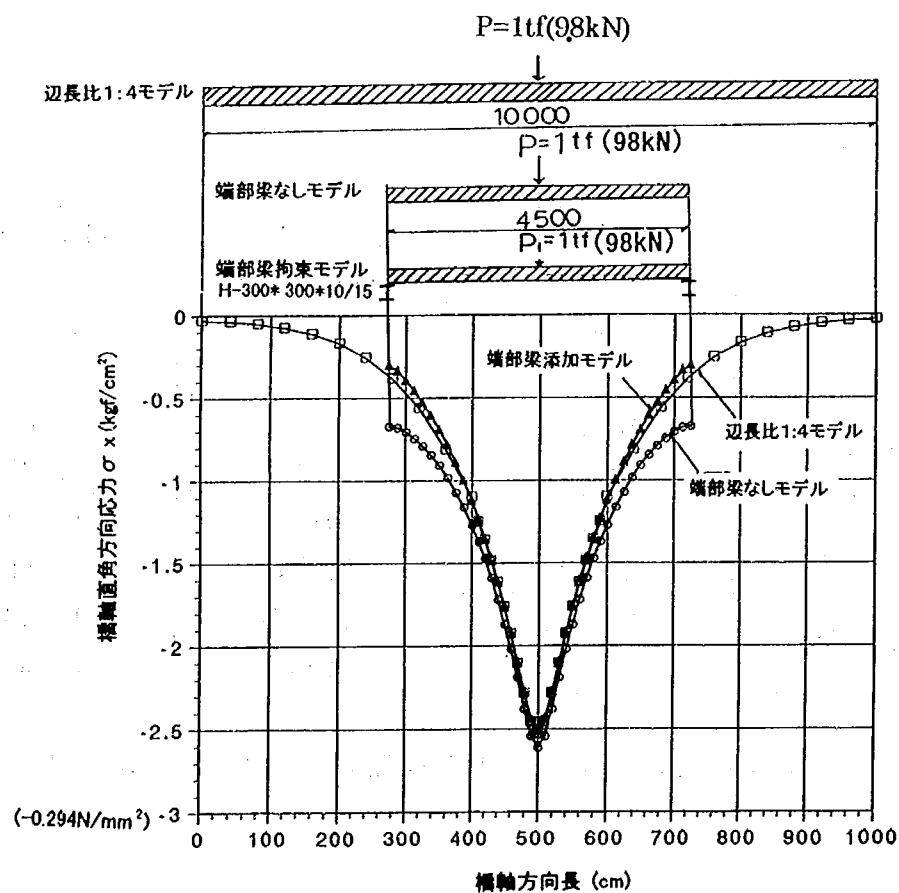


図-10 橋軸直角方向応力の橋軸方向分布

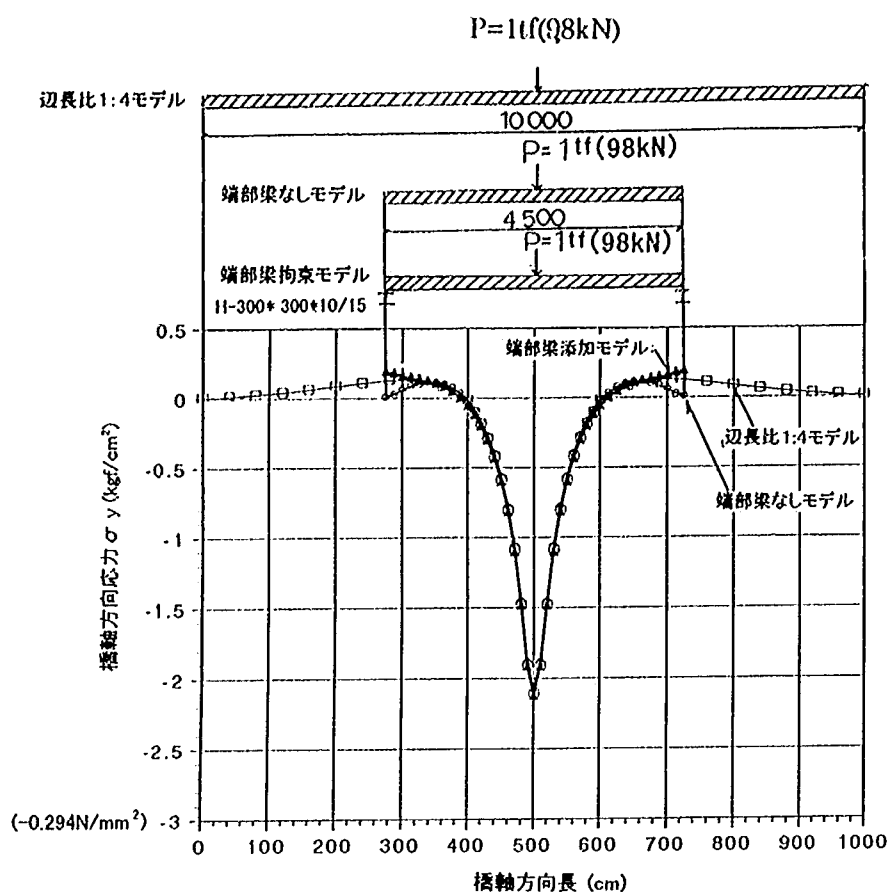


図-1 1 橋軸方向応力の橋軸方向分布

表-5 床版曲げモーメントの比較 (荷重 9.8kN)

解析ケース 曲げモーメント	主鉄筋方向 曲げモーメント $M_y(\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m})$	配力筋方向 曲げモーメント $M_x(\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m})$	曲げモーメント 比率 M_y/M_x
1) 1:4(無限版)モデル	21.9 (1.00)*	18.2 (1.00)	1.20 (1.00)
2) 端部梁なしモデル	22.5 (1.03)	18.0 (0.99)	1.25 (1.04)
3) 端部梁添加モデル	21.8 (1.00)	18.3 (1.00)	1.19 (1.00)

* ()内数値は、1:4(無限版)モデルに対する比率を示す

表-6 初期クラック発生モーメントの計算値

単位: kN・m

		継手なし	RCループ継手
床版自重曲げモーメント		5.76	5.11
活荷重曲げモーメント	ケース(1)	45.1<204kN>	45.5<205kN>
	ケース(2)	52.6<237kN>	52.9<238kN>
	ケース(3)	43.3<195kN>	43.7<197kN>

ケース(1) $\sigma_t = -1.76\text{N/mm}^2$ (道示に規定する $\sigma_{ck} = 50\text{N/mm}^2$ に対する許容引張応力度)

ケース(2) $\sigma_t = -2.55\text{N/mm}^2$ (コンクリート標準示方書に規定する $\sigma_{ta} = 0.42 * \sigma_{ck}^{(2/3)}$)

ケース(3) $\sigma_t = -1.57\text{N/mm}^2$ (上記(2)の60%)

< > 数値は、端部梁添加モデルの曲げモーメントより算出した荷重

表-7 終局曲げモーメントの計算値

単位: kN・m

	継手なし	RCループ継手
破壊抵抗曲げモーメント	174.4<785kN>	164.4<741kN>

4. 実験方法

(1) 載荷方法

輪荷重走行実験は、図-12に示すように階段状荷重漸増載荷方法（以下、段階載荷）により、157kN より4万回毎に19.6kNずつ段階的に荷重を増加させ、供試体が破壊に至るまで行った。具体的な載荷方法は、以下に示すとおりである。

STEP-1：輪荷重走行実験に先立ち、弾性範囲内における静的載荷実験を行う。載荷荷重は、0～157kN まで19.6kN 刻みに増加させ、弾性挙動の計測を行う。

STEP-2：輪荷重 157kN 載荷時と除荷した状態で各々計測を行う。

STEP-3：輪荷重 157kN より移動載荷を開始する。載荷回数 100 回、1000 回、5,000 回、10,000 回、20,000 回、40,000 回走行後に停止し、荷重を除荷し、残留たわみおよび応力の測定を行う。

STEP-4：以後、載荷回数 40,000 回毎に、載荷荷重を 157kN より 19.6kN 刻み増加させ、供試体が破壊に至るまで繰り返し載荷を行う。各荷重段階で、荷重載荷時と除荷時の変位および応力の測定を行う。

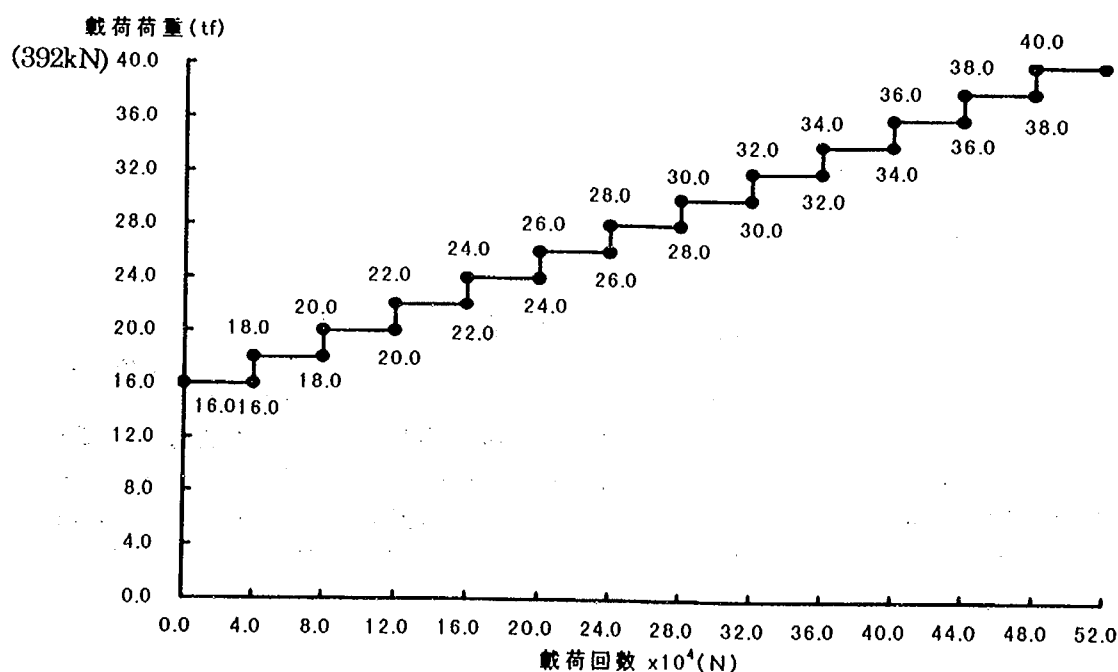


図-12 輪荷重走行実験載荷ステップ

表-8に本実験に使用した輪荷重走行試験機の主要諸元を示す。本試験機には、24時間計測が可能となる自動計測システムが用いられており、ひずみ、変位等のデータを自動的にパソコンに取り込むとともに、床版下面に発生するひび割れに関しては、CCDカメラによる画像データを基に、ひび割れ幅、ひび割れ長さ、およびひび割れ密度を算出した。実験時には、常時、動的な変位と応力をモニターした。写真-2に移動輪荷重走行試験状況を示す。なお、本試験は、幅50cmの鉄輪を使用し、輪荷重の走行範囲は床版中心から±1.5mとした。

表-8 輪荷重走行試験機の主要諸元

項 目		仕様	
形状・寸法	試験機寸法	フレーム：高さ約 5m x 長さ約 8 m フライホイール：直径 3.5m, 重さ 10tf	
	供試体最大寸法	幅 3.0m x 長さ 4.5m x 厚さ 0.35m (床版) 治具の取替えにより桁部を含めた床版の実験も可能	
	車輪の種類	鉄輪：直径 700mm x 幅 300mm 鉄輪：直径 700mm x 幅 300mm ゴムタイヤ：9.00-R20-14R 相当 (ダブル)	
性能	駆動	走行範囲	±0.5 / ±1.0 / ±1.25 / ±1.5m
		最大回転速度	59.8 / 42.3 / 37.8 / 34.7rpm
	載荷	最大載荷力	走行時： 50tf (490 k N) 停止時： 100tf (981 k N)
		最大載荷ストローク	200mm
その他	設置台数	2基： 1号機 (赤)、2号機 (黄)	
	設置場所	土木研究所 構造力学実験施設	

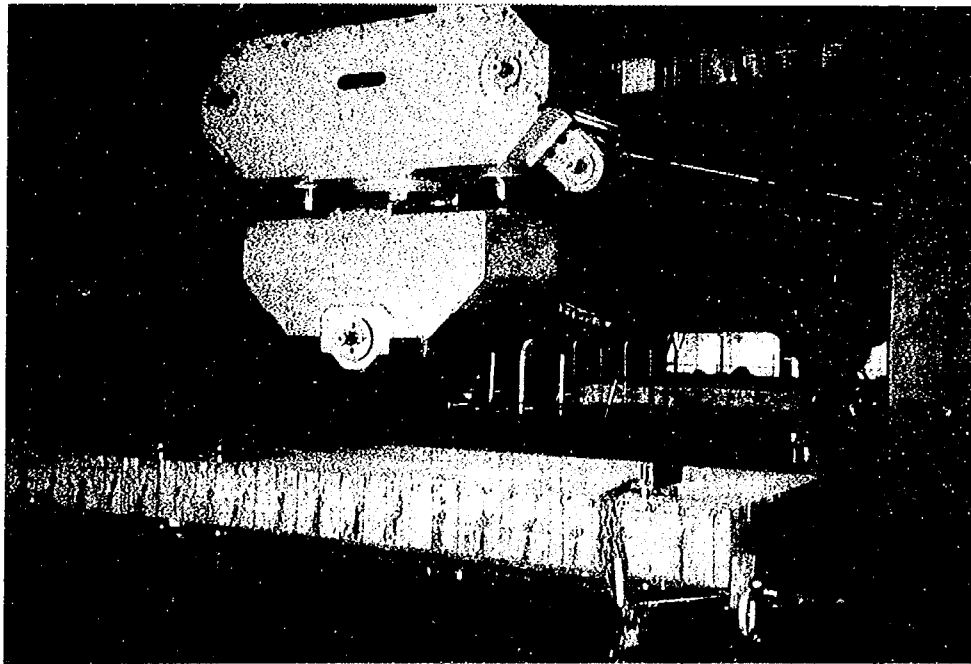


写真-2 移動輪荷重走行試験状況

(2) 計測方法

輪荷重走行実験におけるPC床版の鉄筋ひずみはひずみゲージ、変位はひずみゲージ式変位計、クラック幅はπ型変位計により測定を行った。図-13にひずみおよび変位の測定位置を示す。本実験における変位とひずみの計測点一覧を表-9、10に示す。

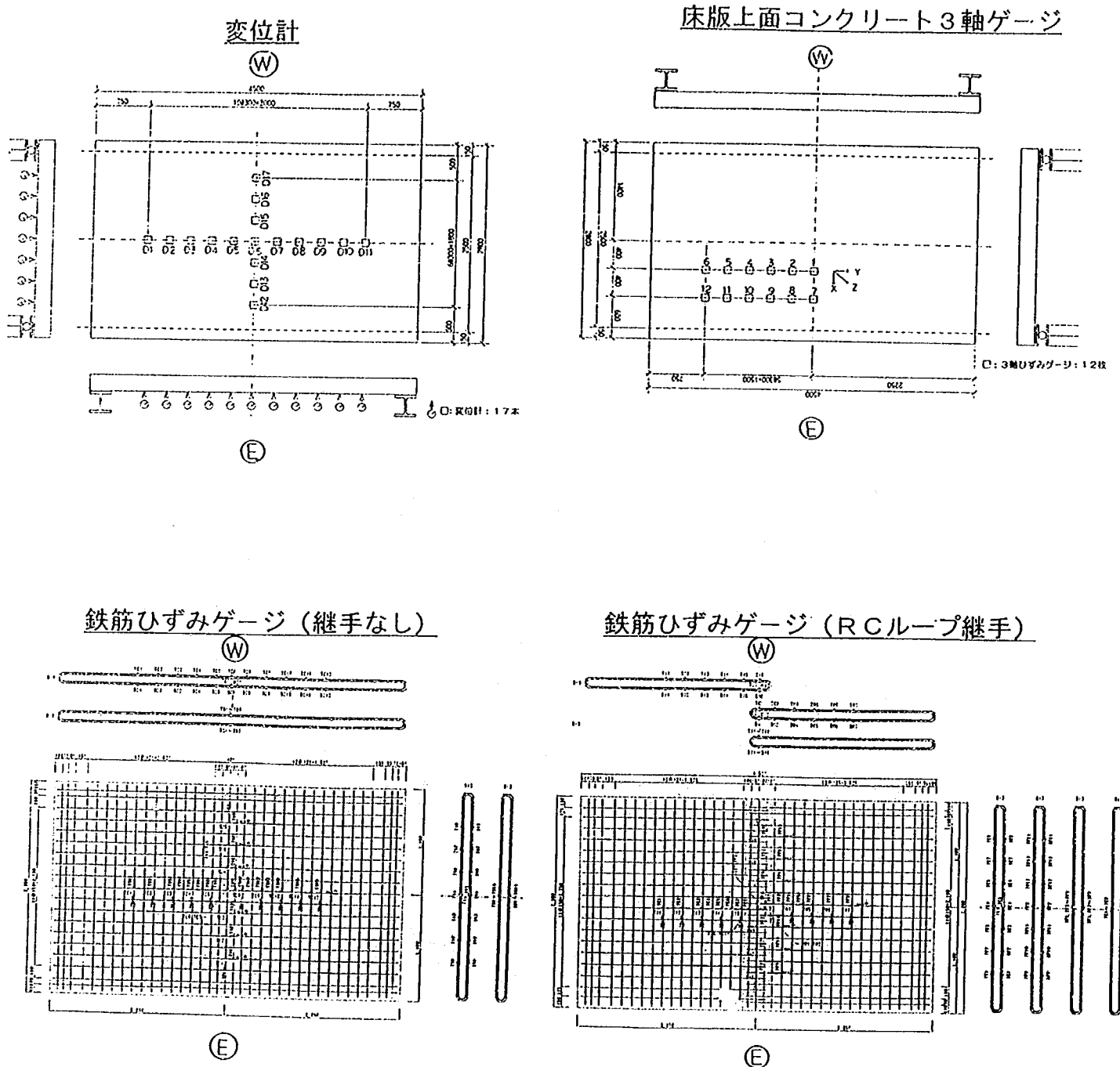


図-13 ひずみおよび変位の測定位置

表-9 変位およびひずみの測定点一覧(継手なし供試体)

No.		測定項目	単位	測定値	単位	測定値	単位	測定値
MIYAZAKI		2号機(第0号)	kgf	4500	mm	2500	kgf/cm ²	1
PC-2 継手なし				0	0	0	0	0
141								
1	1	変位(1)	mm	0.4	2	0.8	0	1.2
2	2	変位(1)	mm	0.4	2	0.8	0	1.2
3	3	変位(1)	mm	0.4	2	0.8	0	1.2
4	4	上主筋	μ	500	5	2500	0	0
5	5	下主筋	μ	500	5	2500	0	0
6	6	上配力筋	μ	500	5	2500	0	0
7	7	下配力筋	μ	500	5	2500	0	0
8	8	ひびき(1)	mm	0.02	5	0.1	0	0
9	9	変位(1)	mm	-0.002				
10	10	変位(1)	mm	-0.002				
11	11	変位(1)	mm	-0.002				
12	12	変位(1)	mm	-0.002				
13	13	変位(1)	mm	-0.002				
14	14	変位(1)	mm	-0.002				
15	15	変位(1)	mm	-0.002				
16	16	変位(1)	mm	-0.002				
17	17	変位(1)	mm	-0.002				
18	18	変位(1)	mm	-0.002				
19	19	変位(1)	mm	-0.002				
20	20	変位(1)	mm	-0.002				
21	21	変位(1)	mm	-0.002				
22	22	変位(1)	mm	-0.002				
23	23	変位(1)	mm	-0.002				
24	24	変位(1)	mm	-0.002				
25	25	変位(1)	mm	-0.002				
26	18	コンクリート	μ	0.957				
27	19	コンクリート	μ	0.957				
28	20	コンクリート	μ	0.957				
29	21	コンクリート	μ	0.957				
30	22	コンクリート	μ	0.957				
31	23	コンクリート	μ	0.957				
32	24	R1-X	μ	0.939				
33	25	R1-Y	μ	0.939				
34	26	R1-Z	μ	0.939				
35	27	R2-X	μ	0.939				
36	28	R2-Y	μ	0.939				
37	29	R2-Z	μ	0.939				
38	30	R3-X	μ	0.939				
39	31	R3-Y	μ	0.939				
40	32	R3-Z	μ	0.939				
41	33	R4-X	μ	0.939				
42	34	R4-Y	μ	0.939				
43	35	R4-Z	μ	0.939				
44	36	R5-X	μ	0.939				
45	37	R5-Y	μ	0.939				
46	38	R5-Z	μ	0.939				
47	39	R6-X	μ	0.939				
48	40	R6-Y	μ	0.939				
49	41	R6-Z	μ	0.939				
50	42	R7-X	μ	0.939				
51	43	R7-Y	μ	0.939				
52	44	R7-Z	μ	0.939				
53	45	R8-X	μ	0.939				
54	46	R8-Y	μ	0.939				
55	47	R8-Z	μ	0.939				
56	48	R9-X	μ	0.939				
57	49	R9-Y	μ	0.939				
58	50	R9-Z	μ	0.939				
59	51	R10-X	μ	0.939				
60	52	R10-Y	μ	0.939				
61	53	R10-Z	μ	0.939				
62	54	R11-X	μ	0.939				
63	55	R11-Y	μ	0.939				
64	56	R11-Z	μ	0.939				
65	57	R12-X	μ	0.939				
66	58	R12-Y	μ	0.939				
67	59	R12-Z	μ	0.939				
68	60	上主筋ひずみ	μ	0.939				
69	61	上主筋ひずみ	μ	0.939				
70	62	上主筋ひずみ	μ	0.939				
71	63	上主筋ひずみ	μ	0.939				
72	64	上主筋ひずみ	μ	0.939				
73	65	上主筋ひずみ	μ	0.939				
74	66	上主筋ひずみ	μ	0.939				
75	67	上主筋ひずみ	μ	0.939				
76	68	上主筋ひずみ	μ	0.939				
77	69	上主筋ひずみ	μ	0.939				
78	70	上主筋ひずみ	μ	0.939				
79	71	上主筋ひずみ	μ	0.939				
80	72	上主筋ひずみ	μ	0.939				
81	73	上主筋ひずみ	μ	0.939				
82	74	上主筋ひずみ	μ	0.939				
83	75	上主筋ひずみ	μ	0.939				
84	76	上主筋ひずみ	μ	0.939				
85	77	上主筋ひずみ	μ	0.939				
86	78	上主筋ひずみ	μ	0.939				
87	79	上主筋ひずみ	μ	0.939				
88	80	上主筋ひずみ	μ	0.939				
89	81	上主筋ひずみ	μ	0.939				
90	82	上主筋ひずみ	μ	0.939				
91	83	下主筋ひずみ	μ	0.939				
92	84	下主筋ひずみ	μ	0.939				
93	85	下主筋ひずみ	μ	0.939				
94	86	下主筋ひずみ	μ	0.939				
95	87	下主筋ひずみ	μ	0.939				
96	88	下主筋ひずみ	μ	0.939				
97	89	下主筋ひずみ	μ	0.939				
98	90	下主筋ひずみ	μ	0.939				
99	91	下主筋ひずみ	μ	0.939				
100	92	下主筋ひずみ	μ	0.939				
101	93	下主筋ひずみ	μ	0.939				
102	94	下主筋ひずみ	μ	0.939				
103	95	下主筋ひずみ	μ	0.939				
104	96	下主筋ひずみ	μ	0.939				
105	97	下主筋ひずみ	μ	0.939				
106	98	下主筋ひずみ	μ	0.939				
107	99	下主筋ひずみ	μ	0.939				
108	100	下主筋ひずみ	μ	0.939				

109	101	下主筋ひずみ	μ	0.939				
110	102	下主筋ひずみ	μ	0.939				
111	103	下主筋ひずみ	μ	0.939				
112	104	下主筋ひずみ	μ	0.939				
113	105	下主筋ひずみ	μ	0.939				
114	106	下主筋ひずみ	μ	0.939				
115	107	下主筋ひずみ	μ	0.939				
116	108	下主筋ひずみ	μ	0.939				
117	109	下主筋ひずみ	μ	0.939				
118	110	下主筋ひずみ	μ	0.939				
119	111	下主筋ひずみ	μ	0.939				
120	112	下主筋ひずみ	μ	0.939				
121	113	下主筋ひずみ	μ	0.939				
122	114	下主筋ひずみ	μ	0.939				
123	115	下主筋ひずみ	μ	0.939				
124	116	下主筋ひずみ	μ	0.939				
125	117	下主筋ひずみ	μ	0.939				
126	118	下主筋ひずみ	μ	0.939				
127	119	下主筋ひずみ	μ	0.939				
128	120	下主筋ひずみ	μ	0.939				
129	121	下主筋ひずみ	μ	0.939				
130	122	下主筋ひずみ	μ	0.939				
131	123	下主筋ひずみ	μ	0.939				
132	124	下主筋ひずみ	μ	0.939				
133	125	下主筋ひずみ	μ	0.939				
134	126	下主筋ひずみ	μ	0.939				
135	127	下主筋ひずみ	μ	0.939				
136	128	下主筋ひずみ	μ	0.939				
137	129	下主筋ひずみ	μ	0.939				
138	130	下主筋ひずみ	μ	0.939				
139	131	下主筋ひずみ	μ	0.939				
140	132	下主筋ひずみ	μ	0.939				
141	133	下主筋ひずみ	μ	0.939				
142	134	下主筋ひずみ	μ	0.939				
143	135	下主筋ひずみ	μ	0.939				
144	136	下主筋ひずみ	μ	0.939				
145	137	下主筋ひずみ	μ	0.939				
146	138	下主筋ひずみ	μ	0.939				
147	139	下主筋ひずみ	μ	0.939				
148	140	変位(1)	mm	0.0005				
149	141	変位(1)	mm	0.0005				

表-10 変位およびひずみの測定点一覧 (RCループ継手供試体)

		sh001		01 終ひずみ					
		PC1111		1997/4/14		13.44.47		1997/5/8	
		MIYAZAKI		PC-1 (JL)		kgf		mm	
		2800		4500		230		0	
		0		0		0		0	
		142							
		1		変位 D2		mm		0.4	
		2		変位 D6		mm		0.4	
		3		変位 D10		mm		0.4	
		4		変位 D20		mm		0.4	
		5		鉄筋テンジ		μ		500	
		6		鉄筋テンジ		μ		500	
		7		π 型 P14		mm		0.02	
		8		π 型 P15		mm		0.02	
		9		変位計		mm		-0.002	
		10		変位計		mm		-0.002	
		11		変位計		mm		-0.002	
		12		変位計		mm		-0.002	
		13		変位計		mm		-0.002	
		14		変位計		mm		-0.002	
		15		変位計		mm		-0.002	
		16		変位計		mm		-0.002	
		17		変位計		mm		-0.002	
		18		変位計		mm		-0.002	
		19		変位計		mm		-0.002	
		20		変位計		mm		-0.002	
		21		変位計		mm		-0.002	
		22		変位計		mm		-0.002	
		23		変位計		mm		-0.002	
		24		変位計		mm		-0.002	
		25		変位計		mm		-0.002	
		26		コンクリート		μ		0.957	
		27		コンクリート		μ		0.957	
		28		コンクリート		μ		0.957	
		29		コンクリート		μ		0.957	
		30		コンクリート		μ		0.957	
		31		コンクリート		μ		0.957	
		32		三輪 R1-X		μ		0.939	
		33		Z		μ		0.939	
		34		Z		μ		0.939	
		35		三輪 R2-X		μ		0.939	
		36		Y		μ		0.939	
		37		Z		μ		0.939	
		38		三輪 R3-X		μ		0.939	
		39		Y		μ		0.939	
		40		Z		μ		0.939	
		41		三輪 R4-X		μ		0.939	
		42		Y		μ		0.939	
		43		Z		μ		0.939	
		44		三輪 R5-X		μ		0.939	
		45		Y		μ		0.939	
		46		Z		μ		0.939	
		47		三輪 R6-X		μ		0.939	
		48		Y		μ		0.939	
		49		Z		μ		0.939	
		50		三輪 R7-X		μ		0.939	
		51		Y		μ		0.939	
		52		Z		μ		0.939	
		53		三輪 R8-X		μ		0.939	
		54		Y		μ		0.939	
		55		Z		μ		0.939	
		56		三輪 R9-X		μ		0.939	
		57		Y		μ		0.939	
		58		Z		μ		0.939	
		59		三輪 R10-X		μ		0.939	
		60		Y		μ		0.939	
		61		Z		μ		0.939	
		62		三輪 R11-X		μ		0.939	
		63		Y		μ		0.939	
		64		Z		μ		0.939	
		65		三輪 R12-X		μ		0.939	
		66		Y		μ		0.939	
		67		Z		μ		0.939	
		68		主筋 上端		μ		0.939	
		69		主筋 上端		μ		0.939	
		70		主筋 上端		μ		0.939	
		71		主筋 上端		μ		0.939	
		72		主筋 上端		μ		0.939	
		73		主筋 上端		μ		0.939	
		74		主筋 上端		μ		0.939	
		75		主筋 上端		μ		0.939	
		76		主筋 上端		μ		0.939	
		77		主筋 上端		μ		0.939	
		78		主筋 上端		μ		0.939	
		79		主筋 上端		μ		0.939	
		80		主筋 上端		μ		0.939	
		81		主筋 上端		μ		0.939	
		82		主筋 上端		μ		0.939	
		83		主筋 上端		μ		0.939	
		84		主筋 上端		μ		0.939	
		85		主筋 上端		μ		0.939	
		86		主筋 上端		μ		0.939	
		87		主筋 上端		μ		0.939	
		88		主筋 上端		μ		0.939	
		89		主筋 上端		μ		0.939	
		90		主筋 上端		μ		0.939	
		91		主筋 上端		μ		0.939	
		92		主筋 上端		μ		0.939	
		93		主筋 上端		μ		0.939	
		94		主筋 上端		μ		0.939	
		95		主筋 上端		μ		0.939	
		96		主筋 上端		μ		0.939	
		97		主筋 上端		μ		0.939	
		98		主筋 上端		μ		0.939	
		99		主筋 上端		μ		0.939	
		100		主筋 上端		μ		0.939	

5. 実験結果

(1) 床版中央たわみの時系列変化

図-14に床版中央のたわみの時系列変化を示す。床版たわみの変化は、継手の有無に関わらず破壊直前までほぼ同様な増加傾向を示している。破壊時の荷重は、継手なし供試体の場合 40tf、RCループ継手供試体の場合 38tf と1 載荷ステップの差に過ぎず、近接した値となる。別途行われた平成8年道示に準拠したRC床版の破壊時載荷荷重 28tf に比べ十分な耐久性を有していることが確認された。両試験体ともプレテン方式による張力導入を行ったが、実験初期から若干のケーブルのめりこみが認められ、実験途中で張力抜けが発生したものと思われるが、たわみデータからは発生時期については明らかでない。

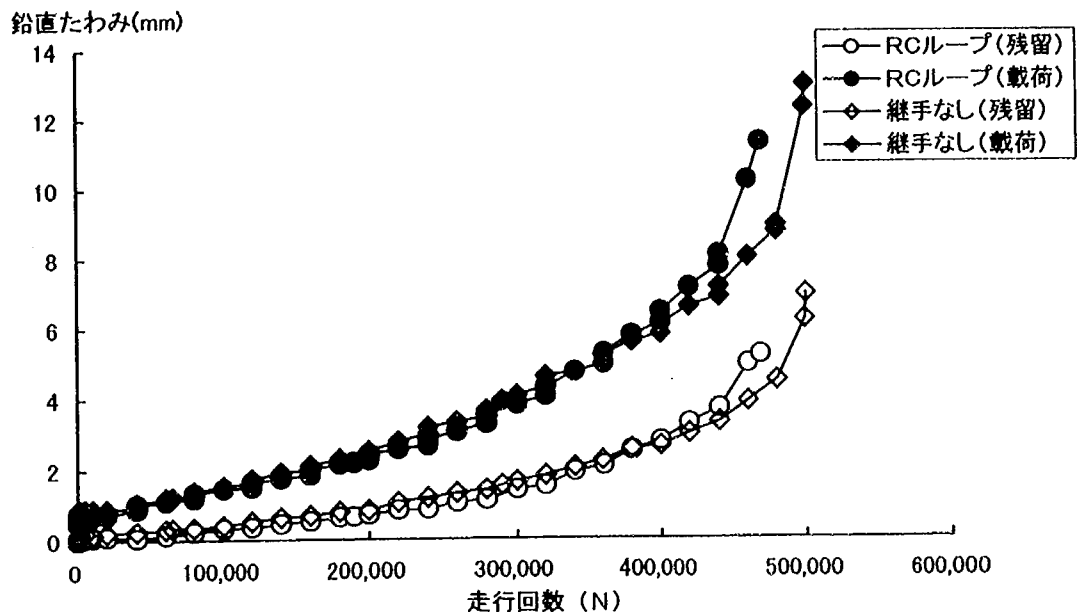


図-14 床版中央たわみの時系列変化

(2) 床版下面ひび割れ密度の時系列変化

図-15に床版下面ひび割れ密度の時系列変化を示す。ひび割れ密度の進展についても、継手の有無に関わらず同様な経過をたどった。初期ひび割れは、いずれの供試体とも載荷荷重 157kN にて確認された。

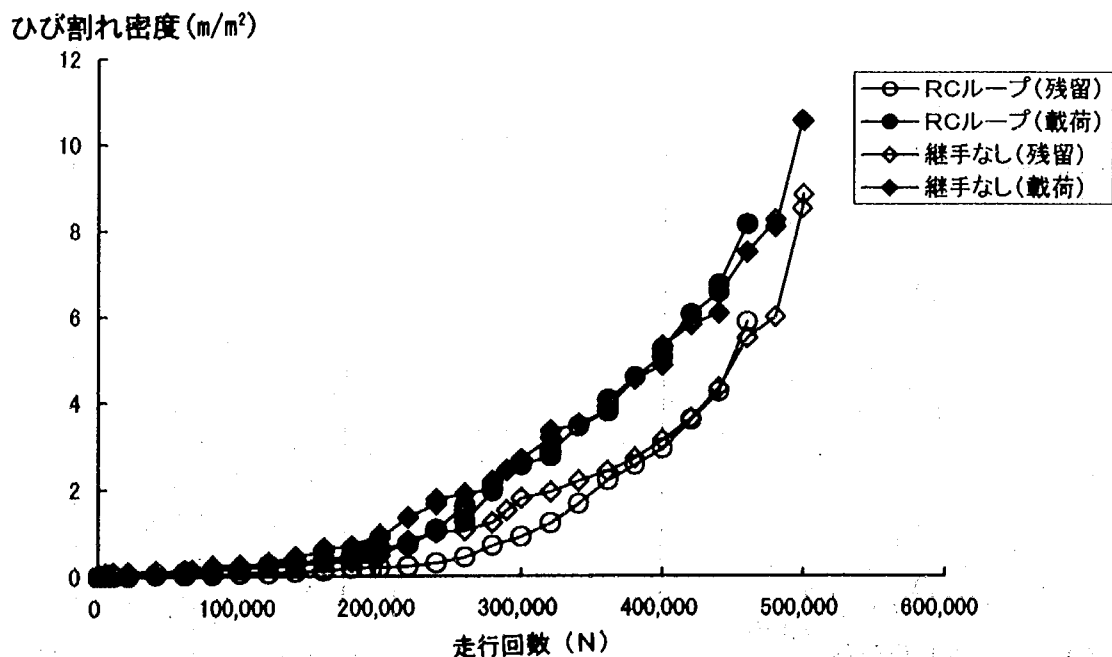


図-15 床版下面ひび割れ密度の時系列変化

(3) 床版下面ひび割れの進展状況

図-16にCCDカメラによる床版下面ひび割れの進展状況を示す。たわみ、ひび割れ密度同様に、継手の有無による明確な進展状況の差は認められない。

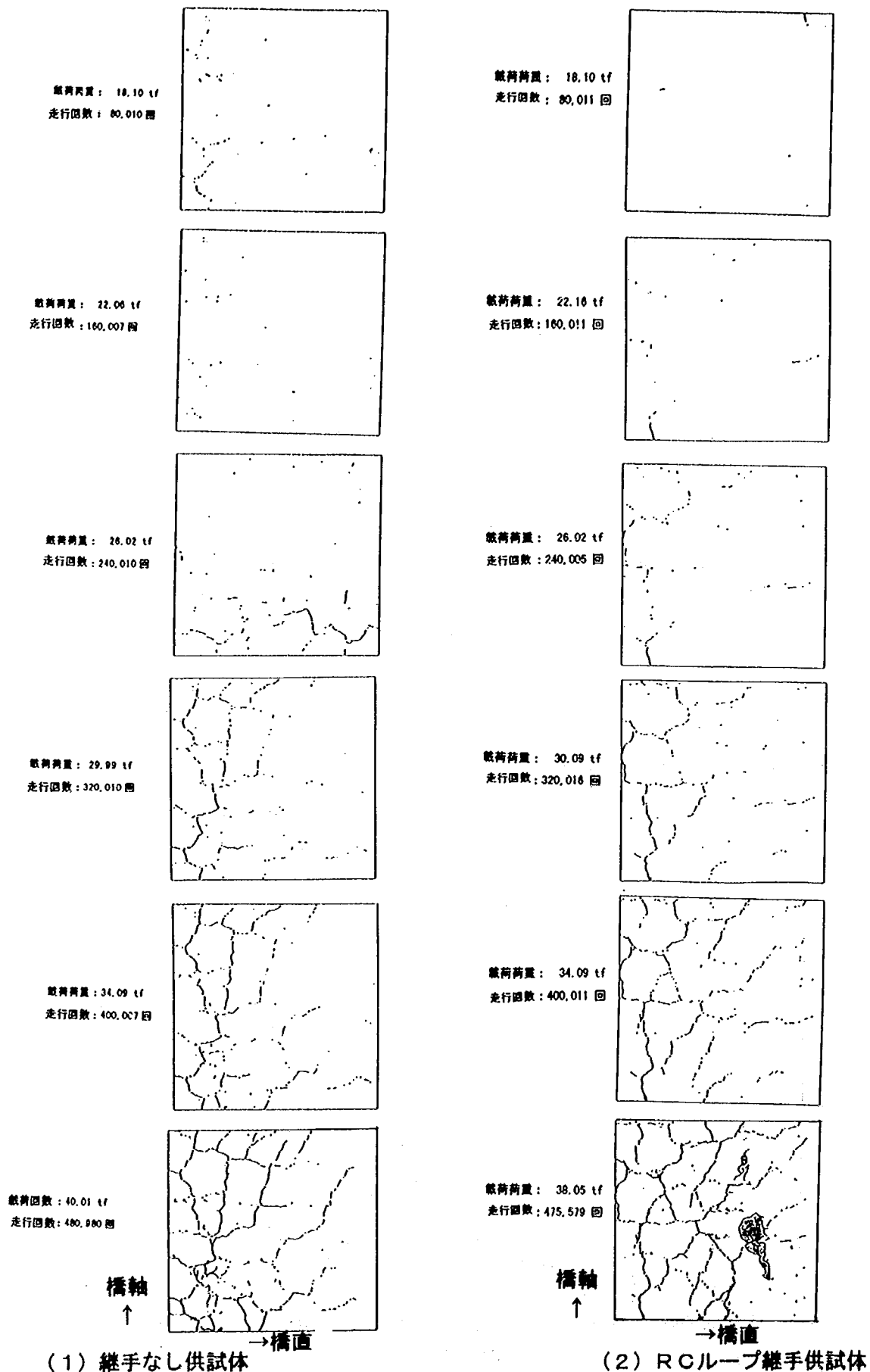
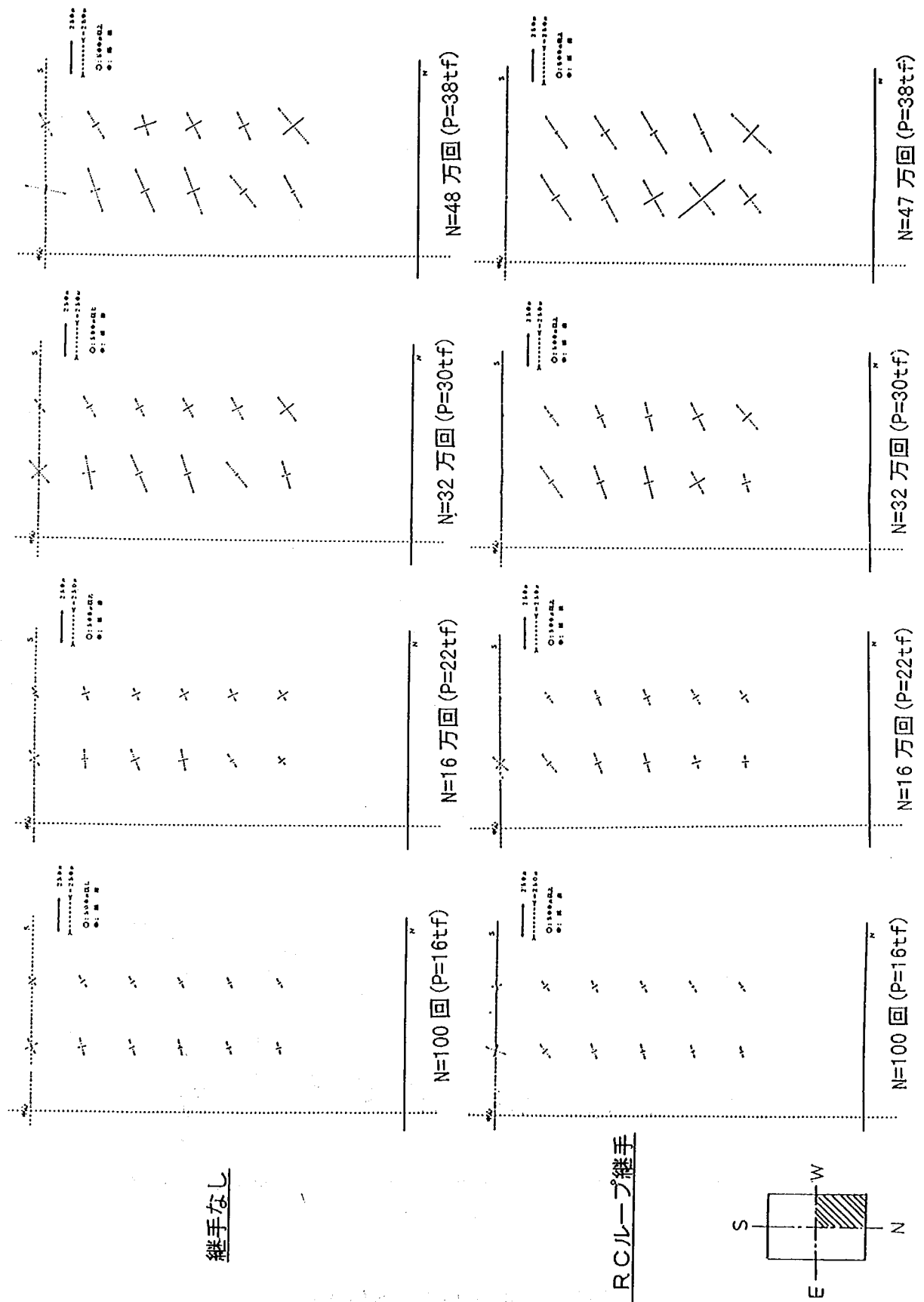


図-16 床版下面ひび割れの進展状況

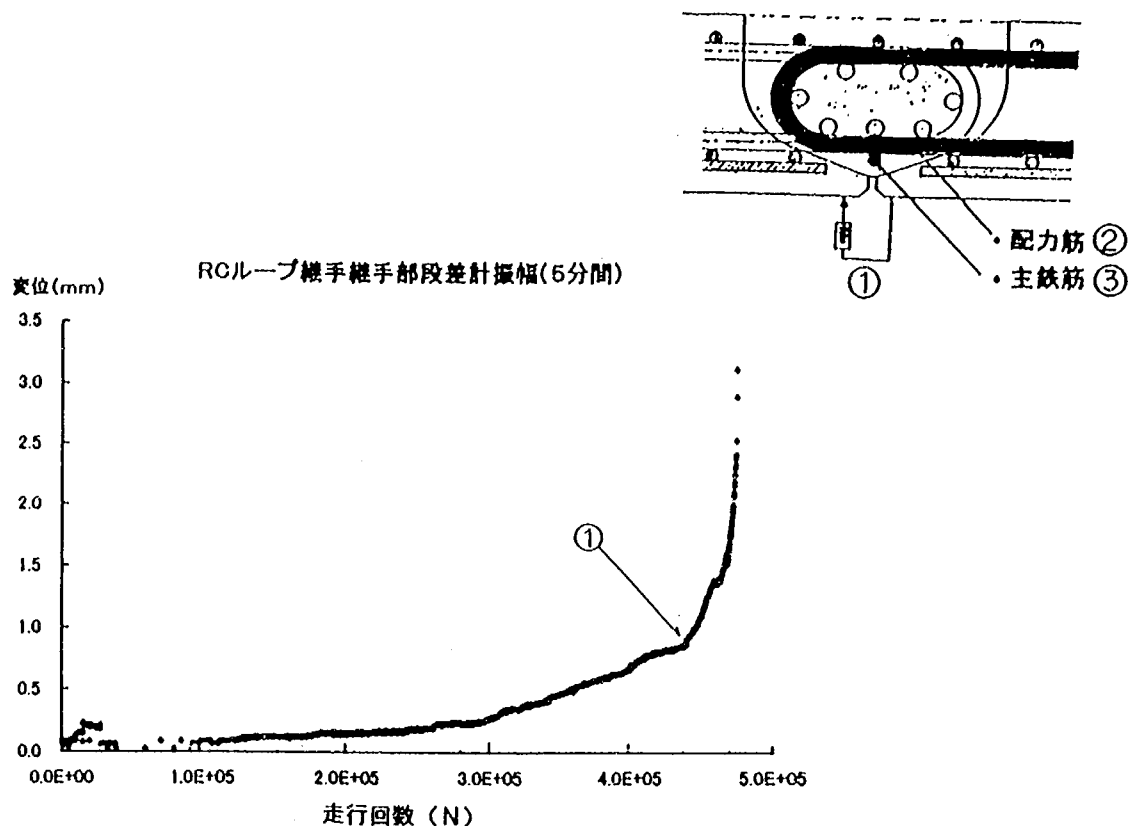
(4) 床版上面コンクリートひずみの進展状況

図-17に床版上面コンクリート主ひずみの進展状況を示す。継手の有無による床版上面コンクリート主ひずみの明確な違いは認められない。

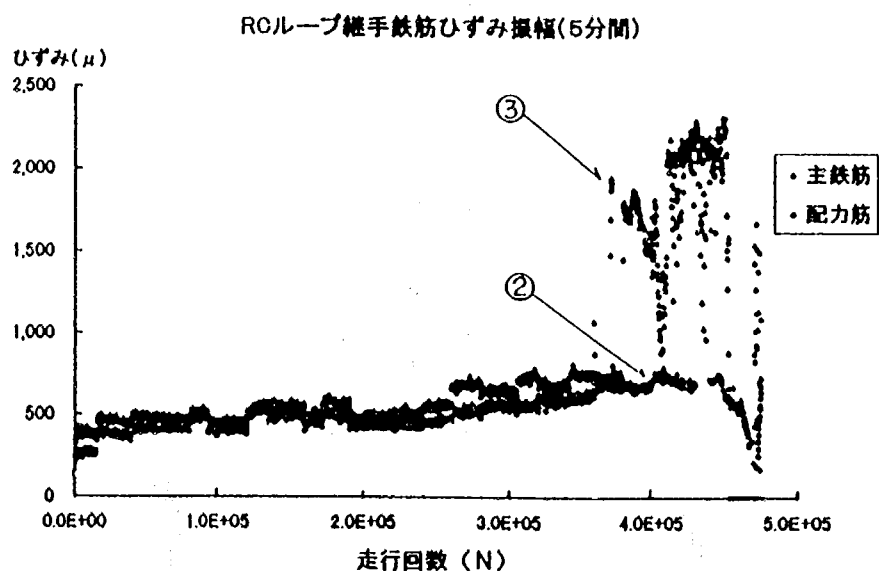


(5) RCループ継手部の時系列変化

載荷荷重の増加に伴い図-18に示すようにRCループ継手部中央位置に若干の段差が発生し、走行回数40万回で主鉄筋と配力筋との荷重分配性状に変化が認められる。最終的には、継手なし供試体、ループ継手供試体とも押し抜きせん断破壊を呈し、継手部は輪荷重の走行直下に一部段差が生じた。

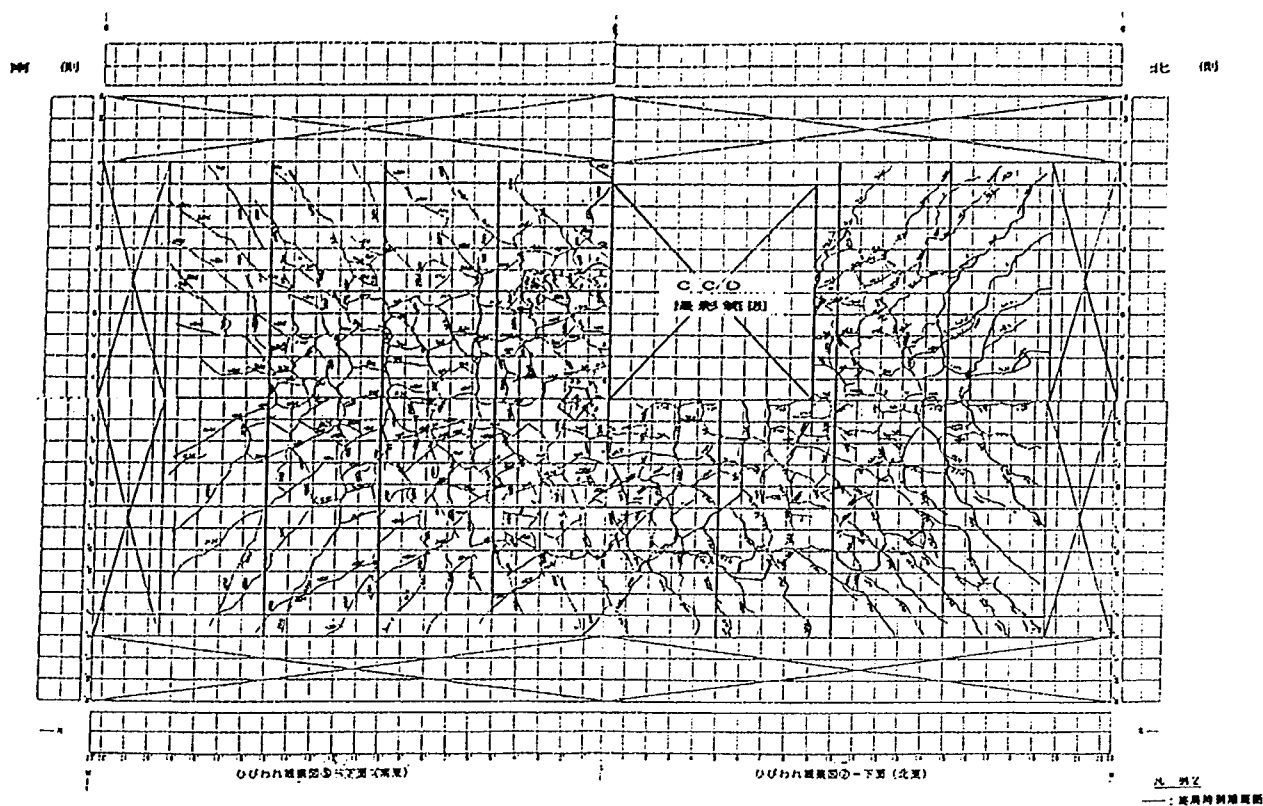


(1) RCループ継手部位差

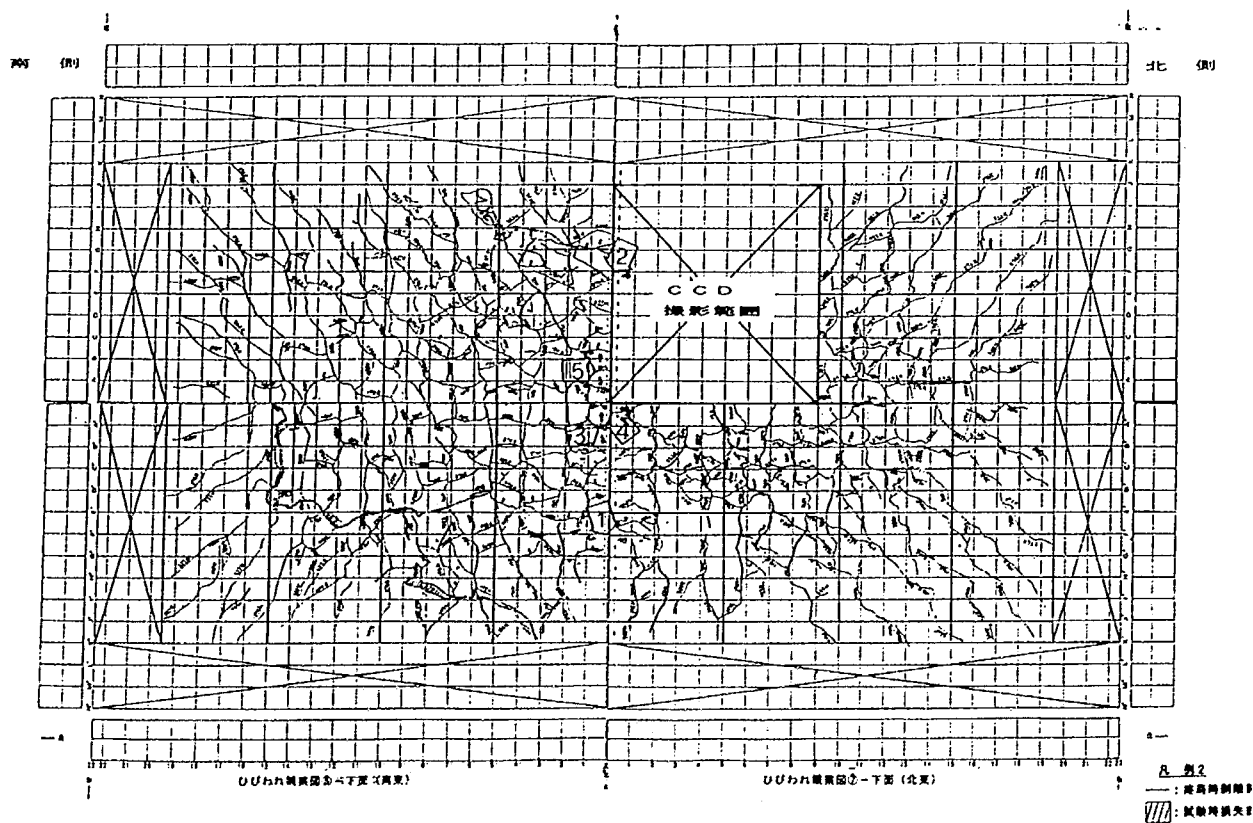


(2) RCループ継手部鉄筋ひずみ

図-18 RCループ継手部の時系列変化

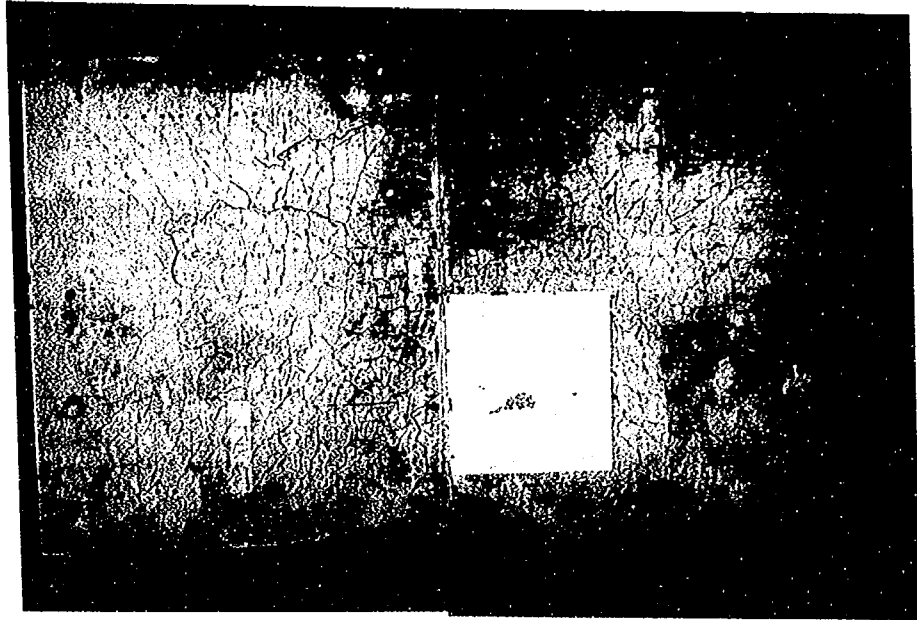


(1) 継手なし供試体

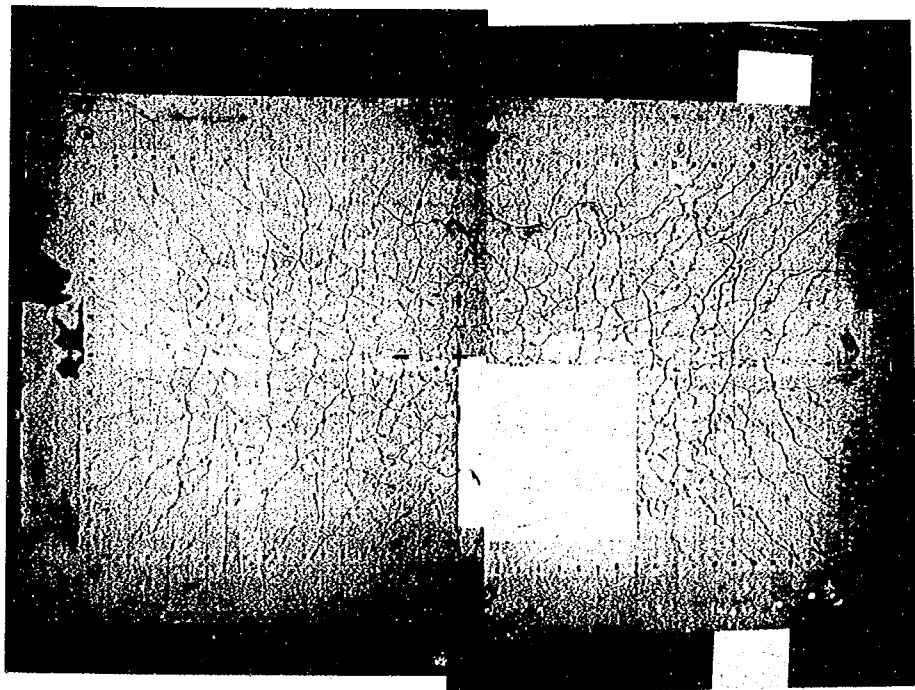


(2) RCループ継手供試体

図一19 (2) 最終破壊状況 (床版下面)



(1) 継手なし供試体

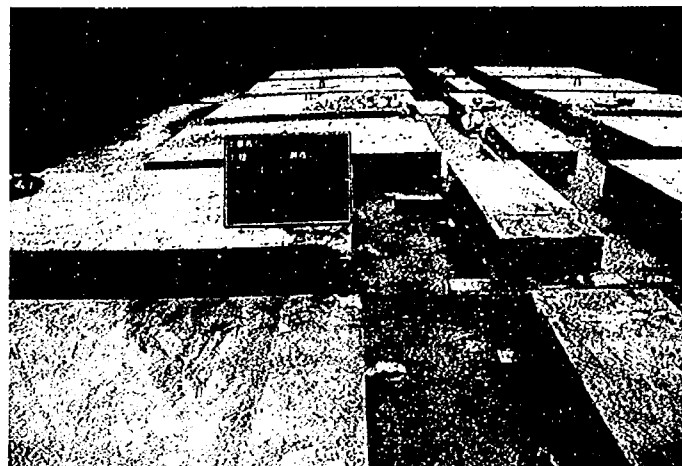
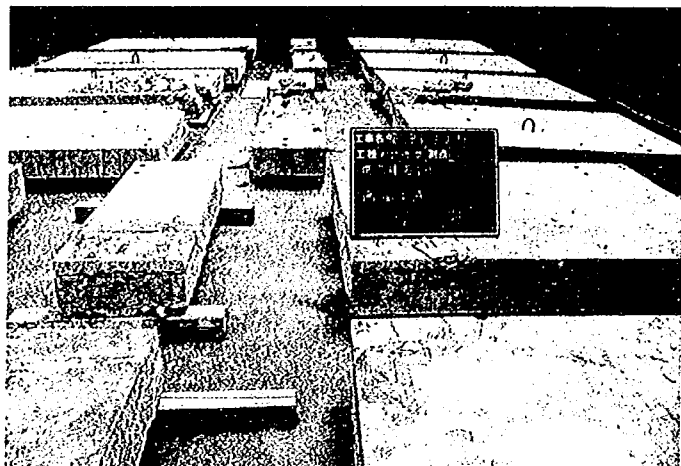


(2) RCループ継手供試体

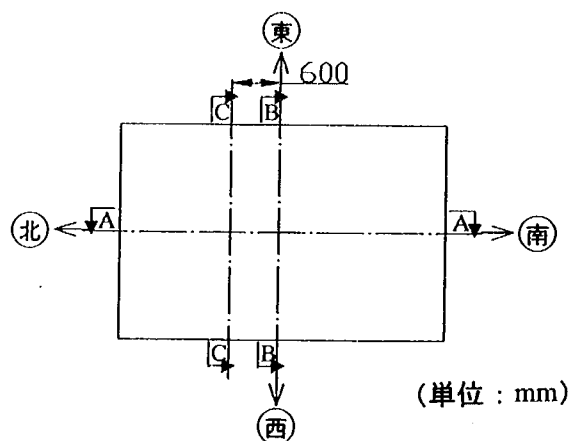
写真-3 最終破壊状況 (床版下面)

(7) 実験終了後の実験供試体切断面のひび割れ状況

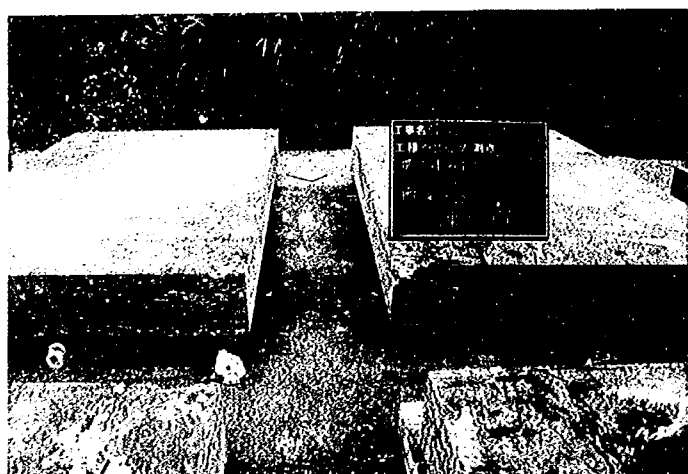
写真-4, 5に実験終了後の供試体切断面のひび割れ状況を、図-20に切断面のひび割れ状況の観察図を示す。供試体切断面を観察すると、橋軸方向に上側主鉄筋にそった水平クラックと橋軸直角方向には、曲げおよび押し抜きせん断により生じたせん断クラックが認められた。なお、継手の有無によるひび割れ状況に大きな違いは認められなかったが、終局時に生じたと考えられるループ継手あご部のひび割れが確認された。



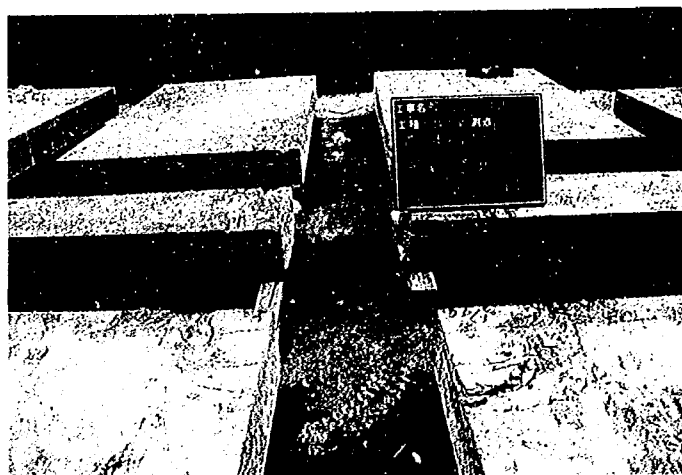
断面A-A



(単位: mm)

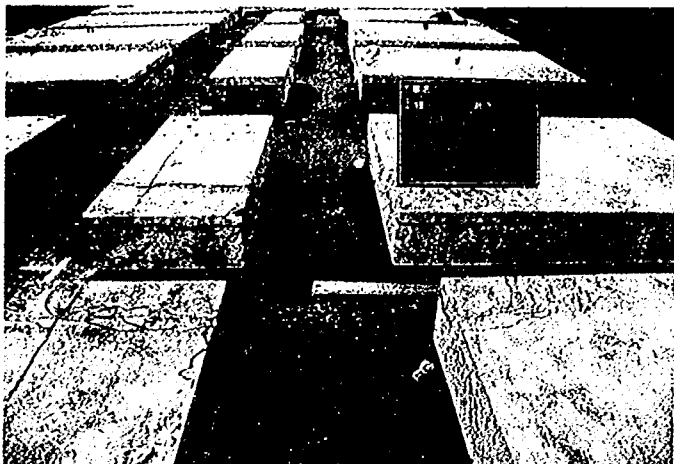


断面B-B

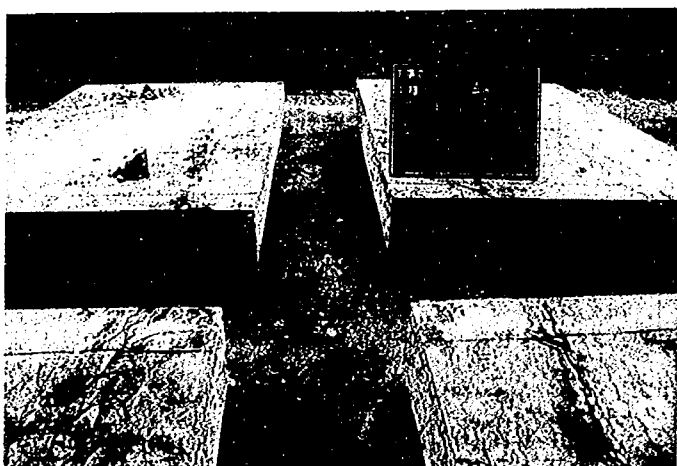
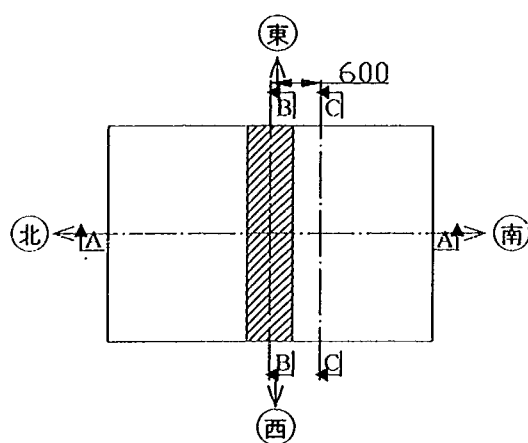


断面C-C

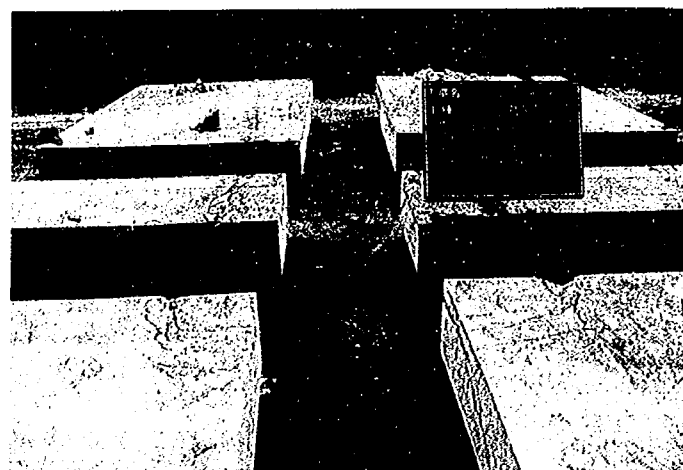
写真-4 床版切断面のひび割れ状況（継手なし供試体）



断面 A-A

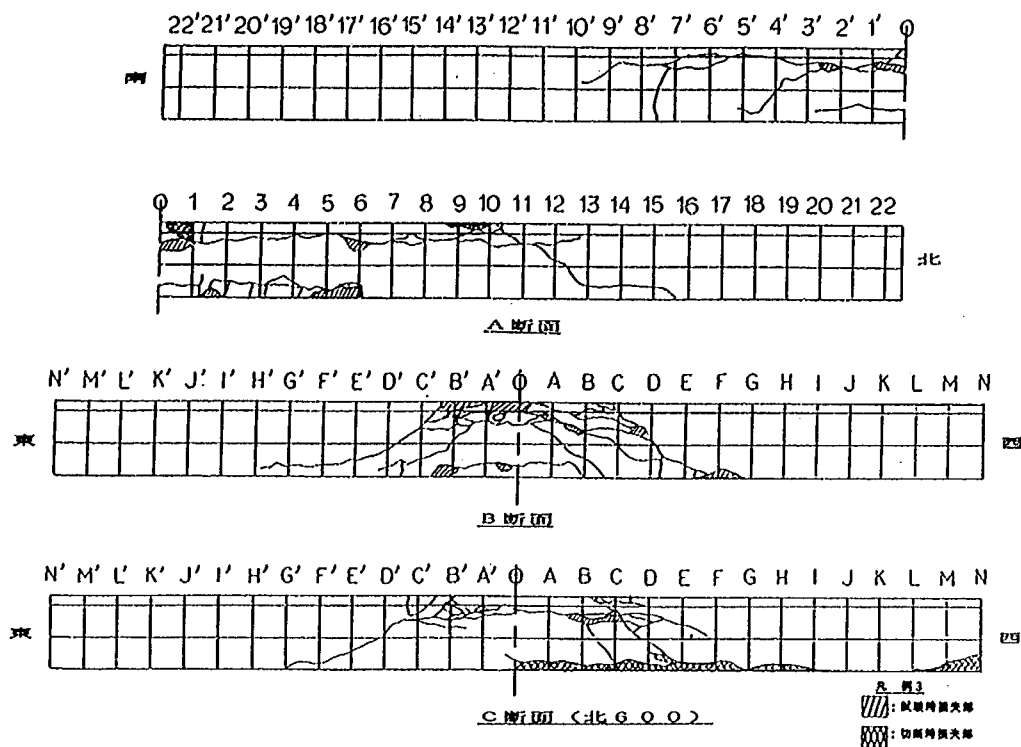


断面 B-B

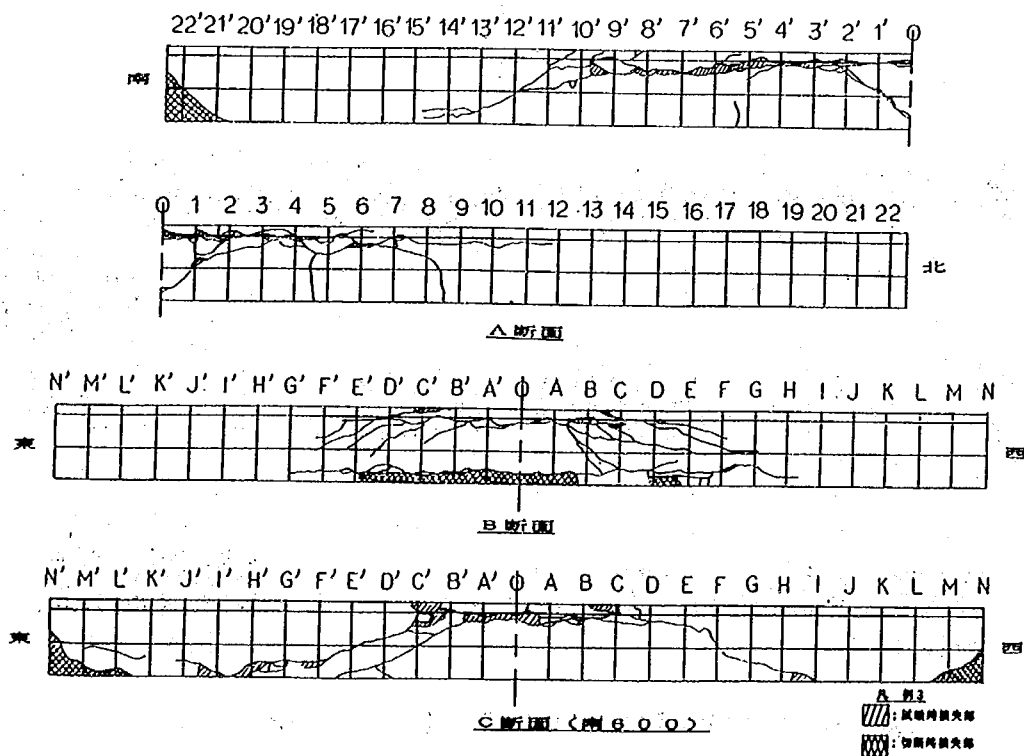


断面 C-C

写真-5 床版切断面のひび割れ状況 (RCループ継手供試体)



(1) 継手なし供試体



(2) RCループ継手供試体

図—20 床版切断面のひび割れ状況観察図

6. まとめ

本実験は、プレキャストPC床版の現場施工の省力化、工期短縮の観点から、近年、施工実績の増えているRCループ継手構造について、輪荷重走行実験を行うことにより、本形式継手部の疲労耐久性と最終破壊性状の確認を行ったものである。今回のRCループ継手部に着目した輪荷重走行実験結果ならびに既往のRC床版に関する輪荷重走行実験結果を比較することにより、以下の結論が得られた。

- (1) 載荷荷重の増加にともないRCループ継手部のパネル間に若干の段差が発生し、主鉄筋と配力鉄筋との荷重分配性状に変化が認められるが、最終的な破壊性状はRCループ継手部を含む一般部での押し抜きせん断破壊を呈し、継手部とプレキャストパネルの連続性が確保されていることが確認された。
- (2) 最終破壊荷重は、継手のない実験供試体で 40tf、RCループ継手を有する実験供試体で 38tf と僅少の差であり、RCループ継手部の損傷が破壊の直接的な原因となっておらず、また、既往のRC床版の輪荷重走行実験結果に比べ、破壊荷重は数段大きい値を示した。したがって、本形式の継手構造は、十分な疲労耐久性を有しており、実用上問題のないものと判断できる。

謝辞：本実験は、(社)日本橋梁建設協会と建設省土木研究所橋梁研究室との共同研究として行ったものである。本実験を遂行するにあたり適切なご助言を頂きました大阪大学松井繁之教授をはじめ道路公団ならびに(社)日本橋梁建設協会の関係各位に深甚なる謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 松井繁之：床版の技術開発－耐久性の向上，施工合理化－，橋梁と基礎，97-8，pp.84-94
- 2) 内田賢一・西川和廣・神田昌幸：輪荷重走行試験機による道路橋床版の疲労試験，土木学会第51回年次学術講演会，pp.998-999，平成8年9月
- 3) 西川和廣：ライフサイクルコストを最小にするミニマムメンテナンス橋の開発，橋梁と基礎，97-8，pp.68-69
- 4) 松井・角・向井・北山：RCループ継手を有するプレキャストPC床版の移動最試験，第6回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，pp.149～154，1996
- 5) 森山・橘・松井・牛島：ループ継手を有するプレキャストPC床版接合部の疲労耐久試験，土木学会第52回年次学術講演会概要集I-152，1995
- 6) 佐々木・八部・大田・内田・宮崎・西川：RCループ継手を有するプレキャストPC床版の輪荷重走行実験，土木学会第53回年次学術講演会，pp.40-41，平成10年10月

—付 属 資 料—

- (1) P C床版実験供試体設計計算書
- (2) 継手なし実験供試体実験結果
- (3) R Cループ継手実験供試体実験結果

(1) P C床版実験供試体設計計算書

目 次

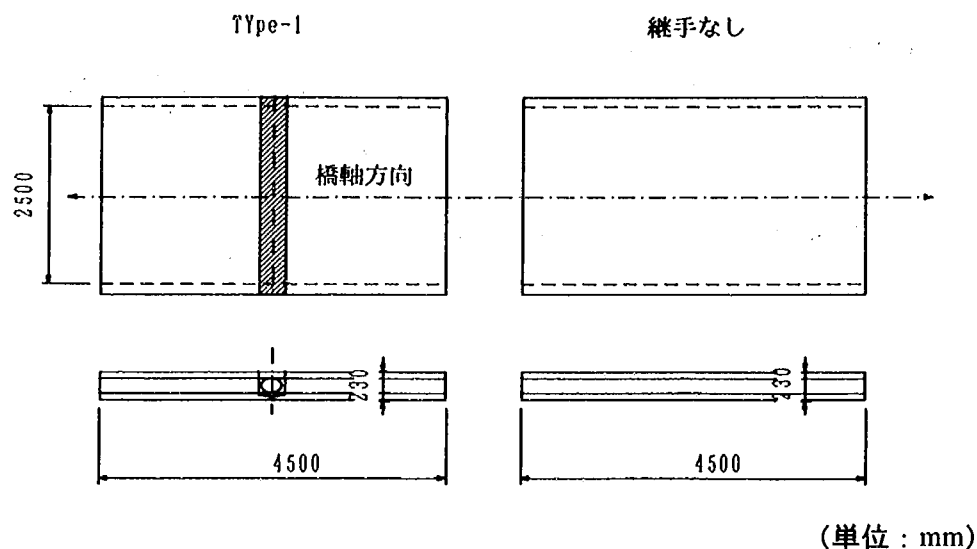
1. 設計条件	31
1) 供試体の種類	31
2) 設計項目	31
3) 設計条件	32
4) 材料特性値	33
5) 設計諸定数	34
2. 形状寸法、断面性能	35
1) 形状寸法、鋼材配置	35
2) 結果の纏め	37
3) 最少鋼材の検討	38
3. 断面力	39
4. 断面性能	40
5. プレストレスの算出	42
1) 緊張直後のプレストレス応力度	42
2) 有効プレストレス力	44
6. 設計荷重に対するコンクリート応力度の検討(合成応力度の検討)	47
1) 鉄筋拘束による断面力	47
2) 断面力、及び抵抗断面性能	47
3) 各荷重によるコンクリート応力度	48
4) 合成応力度	49
7. 鉄筋、P C鋼材の引張応力度の検討(R C計算)	50
8. 曲げ破壊安全度の検討	54
9. ループ継手部のR C床版応力度の検討	58
10. 配力筋方向のR C床版の設計	60
11. R Cループ状継手の必要重ね継手長の検討	61
12. 初期クラック発生曲げモーメント、及び終局曲げモーメントの算出	62

1. 設計条件

1) 供試体の種類

プレキャスト床版、及び、ループ継手の強度を確認するために、2タイプの供試体について比較実験を行う。実験済みのRC床版と条件を一致させるために、PC床版は全て支間3.2mの連続板として設計する。実験はこのうち正曲げ部2.5mを取り出して行うものとする。

- ・ Type-1: ループ継手有り、床版厚23cm
- ・ 継手なし: ループ継手無し、床版厚23cm



2) 設計項目

- (1) プレキャストPC床版の設計(橋軸直角方向)
 - ・ プレストレスの算出
 - ・ 設計荷重に対するコンクリート応力度の検討(合成応力度の検討)
 - ・ 鉄筋、PC鋼材の引張応力度の検討(RC計算)
 - ・ 曲げ破壊安全度の検討
- (2) ループ継手部のRC床版としての応力照査
- (3) 配力筋方向のRC床版の設計
- (4) RCループ状継手の必要重ね継手長の検討

3) 設計条件

形 式	プレテンション連続PC床版(橋軸直角方向) RC床版(橋軸方向)		
寸 法	支間長	L =	3.200 m
	床版幅	$\Sigma B =$	4.500 m
	床版厚	H =	Type-1 : 23.0 cm
		継手無し :	23.0 cm
荷 重	死荷重	:	床版自重
			アスファルトコンクリート舗装 8.0 cm
	活荷重	:	B活荷重
設計方法	道路橋示方書による許容応力度設計法		
	A :	プレストレスはフルプレストレスとし、床版に引張応力を発生させない。	
	B :	プレストレスはパーシャルプレストレス(フルプレの約75%)とし、床版の一部に生じる引張応力を許容する。	
材料強度	コンクリート設計基準強度		
	$\sigma_{ck} =$	500 kgf/cm ²	

4) 材料特性値

(1)コンクリート

			Type-1-A	継手なし-A	Type-1-B	継手なし-B
設計基準強度	σ_{ok}	kgf/cm ²	500	500	500	500
緊張時	σ_o	kgf/cm ²	350	350	350	350
許容曲げ圧縮応力度(長方形断面)						
緊張直後	σ_{oba}	kgf/cm ²	210	210	210	210
活荷重時	σ_{oba}	kgf/cm ²	170	170	170	170
RC床版作用	σ_{oa}	kgf/cm ²	167	167	167	167

RC床版作用に対しては、 $\sigma_{oa} = \sigma_{ok} / 3$ とする。

許容曲げ引張応力度(床版)						
緊張直後	σ_{tba}	kgf/cm ²	-18	-18	-18	-18
活荷重時	σ_{tba}	kgf/cm ²	0	0	-10	-10

(2)PC鋼材

使用PC鋼材			SWPR7B	SWPR7B	SWPR7B	SWPR7B
径			1T15.2	1T15.2	1T15.2	1T15.2
引張強度	σ_{puk}	kgf/mm ²	190	190	190	190
引張降伏強度	σ_{pyk}	kgf/mm ²	160	160	160	160
許容引張応力度	$\sigma_{pa} = \min(0.8 \cdot \sigma_{puk}, 0.9 \cdot \sigma_{pyk})$ $\sigma_{pa} = \min(0.7 \cdot \sigma_{puk}, 0.85 \cdot \sigma_{pyk})$ $\sigma_{pa} = \min(0.6 \cdot \sigma_{puk}, 0.75 \cdot \sigma_{pyk})$					
緊張中	σ_{pa}	kgf/mm ²	144	144	144	144
緊張直後	σ_{pa}	kgf/mm ²	133	133	133	133
使用状態	σ_{pa}	kgf/mm ²	114	114	114	114

(3)鉄筋

使用鉄筋			SD295	SD295	SD295	SD295
引張強度	σ_{suk}	kgf/cm ²	4,500	4,500	4,500	4,500
引張降伏強度	σ_{syk}	kgf/cm ²	3,000	3,000	3,000	3,000
許容応力度	σ_{sa}	kgf/cm ²	1,400	1,400	1,400	1,400

5) 設計諸定数

					Type-1-A	継手なし-A	Type-1-B	継手なし-B
弾性係数	コンクリート	最終時	E _{c1}	kgf/cm2	330,000	330,000	330,000	330,000
		緊張時	E _{c0}	kgf/cm2	275,000	275,000	275,000	275,000
		RC計算	E _c	kgf/cm2	140,000	140,000	140,000	140,000
	鋼 材	PC鋼材	E _p	kgf/cm2	2,000,000	2,000,000	2,000,000	2,000,000
			ε _{py}					
		鉄 筋	E _s	kgf/cm2	2,100,000	2,100,000	2,100,000	2,100,000
			ε _{sy}					
	コンクリートのクリープ係数		φ		3	3	3	3
コンクリートの乾燥収縮度		ε _s		2.5E-04	2.5E-04	2.5E-04	2.5E-04	
PC鋼材リラクゼーション率 (低リラクゼーション材)		γ ₁		1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	
		γ ₂		1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	
		γ ₃		1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	
線膨張係数	コンクリート	α _c		1.0E-05	1.0E-05	1.0E-05	1.0E-05	
	PC鋼材	α _p		1.0E-05	1.0E-05	1.0E-05	1.0E-05	
	鉄 筋	α _s		1.0E-05	1.0E-05	1.0E-05	1.0E-05	

ϕ : 材令1日、早強セメント

ϵ_s : 材令1日、不静定以外

γ_1 : プレストレス導入時まで

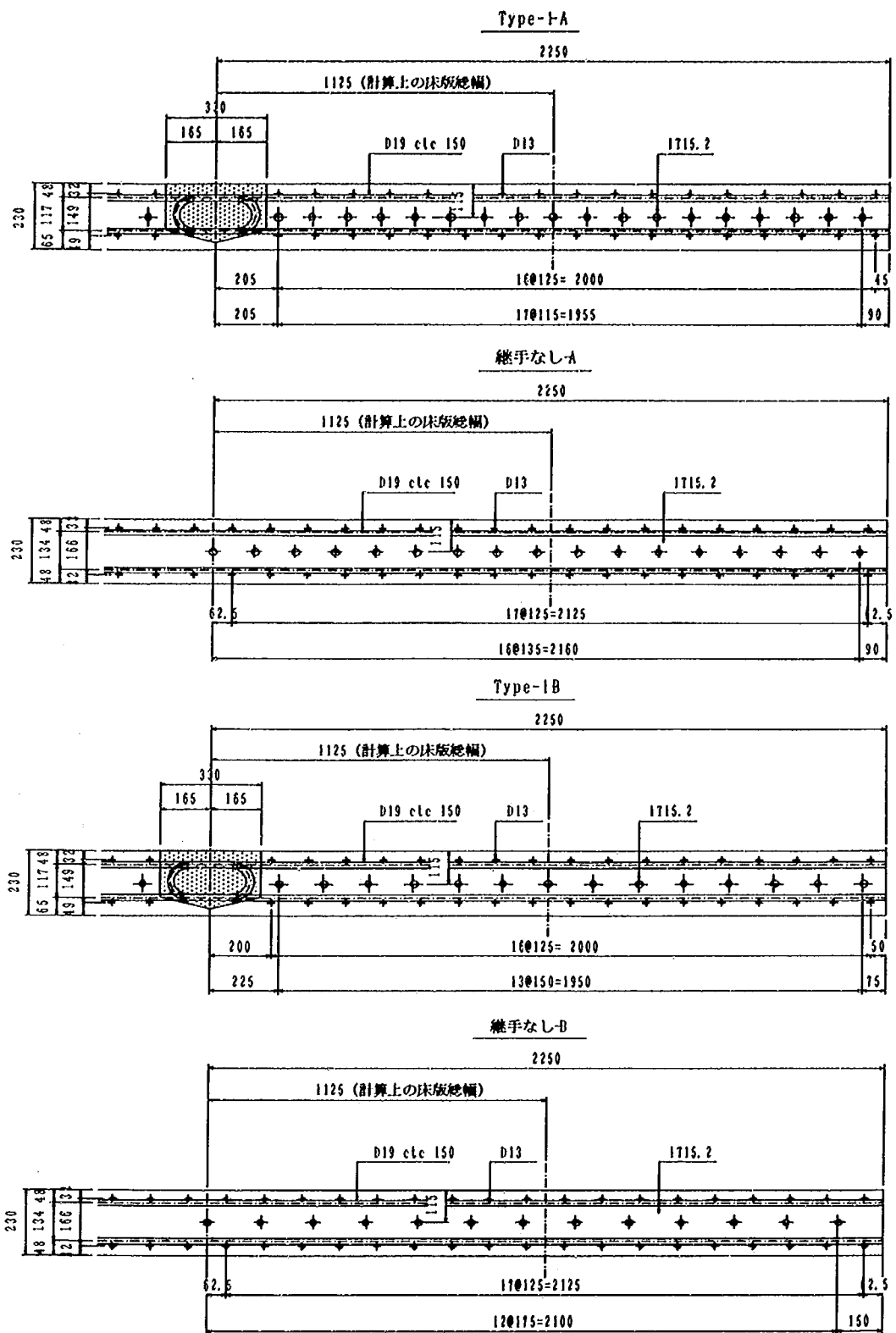
γ_2 : 高温養生の影響

γ_3 : プレストレス導入後

RC計算用のコンクリートの弾性係数 E_c は、鉄筋との弾性係数比 $n=15$ となるように逆算。

2. 形状寸法、断面性能

1) 形状寸法、鋼材配置



(単位 : mm)

断面寸法、及び配置寸法の詳細を次ページに示す。この入力値で全ての設計結果が制御される。次ページには、以降の計算の結果を纏めて示す。

本供試体は連続版のモデルであることから、PC鋼材を床版厚の中心にPC鋼材を配置する。

形状寸法・鋼材配置表

形式・寸法 鋼材配置表				Type-1-A	継手なし-A	Type-1-B	継手なし-B	
支間長			L	m	3.200	3.200	3.200	3.200
床版		総幅	B	m	1.125	1.125	1.125	1.125
		高	H	m	0.230	0.230	0.230	0.230
間詰		深さ	D	m	0.180	0.000	0.180	0.000
		幅	J	m	0.165	0.000	0.165	0.000
主鉄筋	呼び径	上面			D13	D13	D13	D13
		下面			D13	D13	D13	D13
	面積/本	上面		cm2	1.267	1.267	1.267	1.267
		下面		cm2	1.267	1.267	1.267	1.267
	本数	上面		本	8.0	9.0	8.0	9.0
		下面		本	8.0	9.0	8.0	9.0
	高さ	上面	yso	m	0.032	0.032	0.032	0.032
		下面	ysu	m	0.181	0.198	0.181	0.198
配力鉄筋	径	上面			D19	D19	D19	D19
		下面			D19	D19	D19	D19
	面積/本	上面		cm2	2.865	2.865	2.865	2.865
		下面		cm2	2.865	2.865	2.865	2.865
	ピッチ	上面		m	0.150	0.150	0.150	0.150
		下面		m	0.150	0.150	0.150	0.150
	高さ	上面	yso'	m	0.048	0.048	0.048	0.048
		下面	ysu'	m	0.165	0.182	0.165	0.182
PC鋼材	径				1T15.2	1T15.2	1T15.2	1T15.2
	断面積 /1本		Ap/1	mm2	138.7	138.7	138.7	138.7
	本数	上面		本	0.0	0.0	0.0	0.0
		下面		本	8.5	8.5	6.5	6.5
	高さ	上面	ypo	m	0.115	0.115	0.115	0.115
		下面	ypu	m	0.115	0.115	0.115	0.115
	初期応力余裕量		σ_{pm}	kgf/mm2	5	6	9	9

主鉄筋は、最低量として配力鉄筋量の1/2程度を配置する。ただし、曲げ破壊安全度の検討の結果、主鉄筋量の増加が生じた場合はそれによるものとする。

2) 結果の纏め

				Type-1-A	継手なし-A	Type-1-B	継手なし-B		
緊張直後 プレストレス力		PC応力	σ_{pt}	kgf/mm2	129	128	126	126	
		許容値	σ_{pa}	kgf/mm2	133	133	133	133	
		判定			OK	OK	OK	OK	
有効静定 プレストレス力		PC応力	σ_{pe}	kgf/mm2	112	113	112	113	
		許容値	σ_{pa}	kgf/mm2	114	114	114	114	
		判定			OK	OK	OK	OK	
コンクリートの合成応力度	PS緊張直後	上 面	合成値	σ_o	kgf/cm2	72	61	56	48
			許容値	σ_a	kgf/cm2	210	210	210	210
			判 定			OK	OK	OK	OK
		下 面	合成値	σ_u	kgf/cm2	52	48	37	35
			許容値	σ_a	kgf/cm2	210	210	210	210
			判 定			OK	OK	OK	OK
	活荷重時	上 面	合成値	σ_o	kgf/cm2	105.5	94.4	92.2	83.4
			許容値	σ_a	kgf/cm2	170	170	170	170
			判 定			OK	OK	OK	OK
		下 面	合成値	σ_u	kgf/cm2	1.8	1.3	-9.8	-9.7
			許容値	σ_a	kgf/cm2	170	170	-10	-10
			判 定			OK	OK	OK	OK
鋼材 引張応力度	P C	合 計	σ_p	kgf/cm2	10,572	10,655	10,709	10,829	
		許容値	σ_{pa}	kgf/cm2	11,400	11,400	11,400	11,400	
		判 定			OK	OK	OK	OK	
	鉄 筋		σ_{su}	kgf/cm2	-246	-192	-57	-27	
		許容値	σ_{sa}	kgf/cm2	1,400	1,400	1,400	1,400	
		判 定			OK	OK	OK	OK	
破壊抵抗 曲げ	破壊抵抗	Mu	tf.m	22.10	23.20	18.83	19.96		
	終局荷重	M	tf.m	11.35	11.35	11.35	11.35		
	安全度	F	> 1	1.95	2.04	1.66	1.76		
	判 定			OK	OK	OK	OK		

3) 最少鋼材の検討

鉄筋量	As	cm2	20.272	22.806	20.272	22.806
PC鋼材量	Ap	cm2	11.790	11.790	9.016	9.016
合計鋼材量	As+p	cm2	32.062	34.596	29.288	31.822
$A_o = B * H - D * J$						
コンクリート断面積	Ao	cm2	2,291	2,588	2,291	2,588
鋼材比	i	%	1.40%	1.34%	1.28%	1.23%
最小鋼材比	i-nes	%	0.15%	0.15%	0.15%	0.15%
判 定			OK	OK	OK	OK

3. 断面力

断面性能算定幅に合わせて橋軸方向1.125m当りの値とする。

(1) 床版自重曲げ

$$Md1 = w * L^2 / 10$$

$$w = 2.5 * A_o$$

$$A_o = B * H - D * J$$

			Type-1-A	継手なし-A	Type-1-B	継手なし-B
床版総幅	B	m	1.125	1.125	1.125	1.125
床版高	H	m	0.230	0.230	0.230	0.230
間詰深さ	D	m	0.180	0.000	0.180	0.000
間詰幅	J	m	0.165	0.000	0.165	0.000
総断面	Ao	m ²	0.2291	0.2588	0.2291	0.2588
単位重量	w	tf/m	0.573	0.647	0.573	0.647
支間長	L	m	3.200	3.200	3.200	3.200
床版自重曲げ	Md1	tf.m	0.586	0.662	0.586	0.662

(2) 後死荷重曲げ

$$Md2 = Md2j + Md2p$$

$$Md2j = wj * L^2 / 10$$

$$wj = 2.5 * A'$$

$$A' = D * J$$

$$Md2p = wp * L^2 / 10$$

$$wp = 2.3 * hp * B$$

間詰深さ	D	m	0.180	0.000	0.180	0.000
間詰幅	J	m	0.165	0.000	0.165	0.000
舗装厚	hp	m ²	0.080	0.080	0.080	0.080
床版総幅	B	m	1.125	1.125	1.125	1.125
支間長	L	m	3.200	3.200	3.200	3.200
間詰単位重量	wj	tf/m	0.074	0.000	0.074	0.000
舗装単位重量	wp	tf/m	0.207	0.207	0.207	0.207
間詰部曲げモーメント	Md2j	tf.m	0.076	0.000	0.076	0.000
舗装曲げモーメント	Md2p	tf.m	0.212	0.212	0.212	0.212
後死荷重曲げ	Md2	tf.m	0.288	0.212	0.288	0.212

(3) 活荷重曲げ

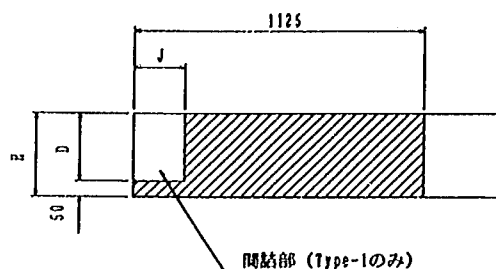
主筋 $ML = 0.8 * (0.12L + 0.07) * P * B$

配力 $ML' = 0.8 * (0.10L + 0.04) * P$

支間長	L	m	3.200	3.200	3.200	3.200
輪荷重	P	tf	10.000	10.000	10.000	10.000
床版総幅	B	m	1.125	1.125	1.125	1.125
主筋方向L曲げ	ML	tf.m	4.086	4.086	4.086	4.086
配力筋方向L曲げ	ML'	tf.m/m	2.880	2.880	2.880	2.880

4. 断面性能

断面性能は、片側床版の1/2、すなわち橋軸方向1.125m当りについて、下図のようにモデル化して算定する。



総断面 $A_c = B * H - D * J$

鋼材換算断面 $A_e = A_c + (E_s / E_{c1} - 1) * A_s + (E_p / E_{c1} - 1) * A_p$

間詰部換算断面 $A_g = A_e + D * J$

断面性能は別途計算し、結果を以下に示す。

なお、

総断面 : 間詰部を除いた床版部分を全てコンクリートとした場合の断面

鋼材換算断面 : 総断面に対し、鉄筋とPC鋼材をコンクリートに換算して加えた断面

間詰部換算断面 : 鋼材換算断面に対し、間詰部のコンクリートを加えた断面

			Type-1-A	継手なし-A	Type-1-B	継手なし-B	
床版総幅		B	m	1.125	1.125	1.125	1.125
床版高		H	m	0.230	0.230	0.230	0.230
間詰深さ		D	m	0.180	0.000	0.180	0.000
間詰幅		J	m	0.165	0.000	0.165	0.000
鉄筋量	上面	Aso	cm2	10.136	11.403	10.136	11.403
	下面	Asu	cm2	10.136	11.403	10.136	11.403
	合計	As	cm2	20.272	22.806	20.272	22.806
鉄筋位置	上面	yso	m	0.032	0.032	0.032	0.032
	下面	ysu	m	0.181	0.198	0.181	0.198
PC断面積	上面	Apo	cm2	0.000	0.000	0.000	0.000
	下面	Apu	cm2	11.790	11.790	9.016	9.016
	合計	Ap	cm2	11.790	11.790	9.016	9.016
PC図心位置	上面	ypo	m	0.115	0.115	0.115	0.115
	下面	ypu	m	0.115	0.115	0.115	0.115
弾性係数		Ec1	kgf/cm2	330,000	330,000	330,000	330,000
		Es	kgf/cm2	2,100,000	2,100,000	2,100,000	2,100,000
		Ep	kgf/cm2	2,000,000	2,000,000	2,000,000	2,000,000

				Type-1-A	継手なし-A	Type-1-B	継手なし-B
総断面積		Ao	m2	0.2291	0.2588	0.2291	0.2588
図心距離		eo	m	-0.118	-0.115	-0.118	-0.115
断面2次		lo	m4	0.001039	0.001141	0.001039	0.001141
距離	上面	yco	m	0.118	0.115	0.118	0.115
	下面	ycu	m	-0.112	-0.115	-0.112	-0.115
鋼材換算断面積		Ae	m2	0.2459	0.2769	0.2445	0.2755
図心距離		ee	m	-0.118	-0.115	-0.118	-0.115
断面2次		le	m4	0.001101	0.001225	0.001101	0.001225
距離	上面	yco	m	0.118	0.115	0.118	0.115
	下面	yeu	m	-0.112	-0.115	-0.112	-0.115
間詰部換算断面積		Ag	m2	0.2756	0.2769	0.2742	0.2755
図心距離		eg	m	-0.115	-0.115	-0.115	-0.115
断面2次		lg	m4	0.001202	0.001225	0.001202	0.001225
距離	上面	ygo	m	0.115	0.115	0.115	0.115
	下面	ygu	m	-0.115	-0.115	-0.115	-0.115

5. プレストレスの算出

1) 緊張直後のプレストレス応力度

(1) 緊張直後*のプレストレス力(*: コンクリートの弾性変形前)

$$\begin{aligned}\sigma_{pod} &= \sigma_{pi} - \sigma_{pm} \\ \sigma_p &= \sigma_{pod} * (1 - \gamma_1 - \gamma_2) - \Delta\sigma_{pt} \\ N_p &= \sigma_p * A_p \\ M_p &= N_p * e_p \\ e_p &= y_{eo} - y_p \\ y_p &= (y_{po} * A_{po} + y_{pu} * A_{pu}) / A_p \\ \Delta\sigma_{pt} &= \alpha_p * E_p * (t_2 - t_1) * C\end{aligned}$$

			Type-1-A	継手なし-A	Type-1-B	継手なし-B
許容応力	σ_{pi}	kgf/mm ²	144	144	144	144
余裕量	σ_{pm}	kgf/mm ²	5	6	9	9
初期応力	σ_{pod}	kgf/mm ²	139	138	135	135
純リラクゼーション	γ_1		0.015	0.015	0.015	0.015
高温養生の影響	γ_2		0.010	0.010	0.010	0.010
PC鋼材の線膨張係数	α_p		1.0E-05	1.0E-05	1.0E-05	1.0E-05
PC鋼材のヤング率	E_p	kgf/mm ²	20,000	20,000	20,000	20,000
養生最高温度	t_2	°C	50	50	50	50
緊張時の温度	t_1	°C	15	15	15	15
	$t_2 - t_1$	°C	35	35	35	35
温度補正係数	C		0.31	0.31	0.31	0.31
	$\Delta\sigma_{pt}$	kgf/mm ²	2.2	2.2	2.2	2.2
緊張直後PC応力	σ_p	kgf/mm ²	133.4	132.4	129.5	129.5
PC断面積	A_p	cm ²	11.790	11.790	9.016	9.016
鋼材換算断面図心距離	y_{eo}	m	0.118	0.115	0.118	0.115
PC図心距離	y_p	m	0.115	0.115	0.115	0.115
PC偏心量	e_p	m	0.003	0.000	0.003	0.000
緊張直後*PC張力	N_p	tf	157.2	156.1	116.7	116.7
直後*偏心曲げ	M_p	tf.m	0.416	0.000	0.310	0.000

(2) 製作時、PC鋼材に最初に与える1本当りの張力

$$N_o = \sigma_{pod} * A_p / 1$$

			Type-1-A	継手なし-A	Type-1-B	継手なし-B
初期応力	σ_{pod}	kgf/mm ²	139	138	135	135
PC鋼材断面積	$A_p / 1$	mm ²	138.7	138.7	138.7	138.7
初期緊張力	N_o	tf	19.28	19.14	18.72	18.72

(2)コンクリートの弾性変形を考慮した緊張直後のプレストレス力

$$\sigma_{cpg} = N_p / A_e + (M_p + Md1) / I_e * e_p$$

$$\Delta \sigma_p = E_p / E_{c0} * \sigma_{cpg}$$

$$\Delta P = \Delta \sigma_p * A_p$$

$$\Delta M = \Delta P * e_p$$

$$\sigma_{pt} = \sigma_p - \Delta \sigma_p$$

$$N_{pst1} = N_p - \Delta P$$

$$M_{pst1} = M_p - \Delta M$$

				Type-1-A	継手なし-A	Type-1-B	継手なし-B
緊張直後*PC張力	Np	tf		157.219	156.069	116.710	116.710
直後*偏心曲げ	Mp	tf.m		0.416	0.000	0.310	0.000
プレ2次曲げ	MP	tf.m		0.000	0.000	0.000	0.000
床版自重曲げ	Md1	tf.m		0.586	0.662	0.586	0.662
総断面	面積	Ae	m2	0.2459	0.2769	0.2445	0.2755
	断面2次	Ie	m4	0.001101	0.001225	0.001101	0.001225
	PC偏心量	ep	m	0.003	0.000	0.003	0.000
弾性係数	PC	Ep	kgf/cm2	2,000,000	2,000,000	2,000,000	2,000,000
	コンクリート	Ec0	kgf/cm2	275,000	275,000	275,000	275,000
PC断面積	Ap	cm2		11.790	11.790	9.016	9.016
PC図心のコンクリート応力	σ_{cpg}	kgf/cm2		64.18	56.35	47.95	42.36
弾性変形 減少分	PC応力 $\Delta \sigma_p$	kgf/mm2		4.67	4.10	3.49	3.08
	PC張力 ΔP	tf		5.5	4.8	3.1	2.8
	曲げ ΔM	tf.m		0.015	0.000	0.008	0.000
緊張直後 弾性変形後	PC応力 σ_{pt}	kgf/mm2		128.7	128.3	126.0	126.4
	PC張力 Npst1	tf		151.7	151.2	113.6	113.9
	曲げ Mpst1	tf.m		0.401	0.000	0.302	0.000
	許容値 σ_{pa}	kgf/mm2		133	133	133	133
	判定			OK	OK	OK	OK

2) 有効プレストレス力

有効係数の算出は、断面に配置されたPC鋼材＋鉄筋の図心を求め、その位置における持続荷重によるコンクリート応力度を用いて、クリープ、乾燥収縮、及びリラクセーションによるPC鋼材応力度の減少量を計算することにより行う。

(1) PC鋼材に換算した全鋼材の断面諸量

$$A_{p+s} = A_p + E_s / E_p * A_s$$

$$e_{p+s} = y_{co} - y_{p+s}$$

$$y_{p+s} = (A_p * y_p + E_s / E_p * A_s * y_s) / A_{p+s}$$

$$y_s = (y_{so} * A_{so} + y_{su} * A_{su}) / A_s$$

				Type-1-A	継手なし-A	Type-1-B	継手なし-B
PC断面積		A_p	cm ²	11.790	11.790	9.016	9.016
鉄筋断面積		A_s	cm ²	20.272	22.806	20.272	22.806
弾性係数	鉄筋	E_s	kgf/cm ²	2,100,000	2,100,000	2,100,000	2,100,000
	PC	E_p	kgf/cm ²	2,000,000	2,000,000	2,000,000	2,000,000
総断面重心距離		y_{co}	m	0.118	0.115	0.118	0.115
鉄筋位置	上面	y_{so}	m	0.032	0.032	0.032	0.032
	下面	y_{su}	m	0.181	0.198	0.181	0.198
鉄筋量	上面	A_{so}	cm ²	10.136	11.403	10.136	11.403
	下面	A_{su}	cm ²	10.136	11.403	10.136	11.403
	合計	A_s	cm ²	20.272	22.806	20.272	22.806
PC図心距離		y_p	m	0.115	0.115	0.115	0.115
PC断面積		A_p	m ²	11.790	11.790	9.016	9.016
PC換算断面積		A_{p+s}	m ²	33.08	35.74	30.30	32.96
鉄筋図心距離		y_s	m	0.107	0.115	0.107	0.115
PC換算図心距離		y_{p+s}	m	0.110	0.115	0.109	0.115
PC換算偏心量		e_{p+s}	m	0.009	0.000	0.009	0.000

(2)PC換算鋼材図心における持続荷重によるコンクリート応力度

上面 $\sigma_o = \sigma_{cto} + \sigma_{Po} + \sigma_{do} + \sigma_{so}$
 下面 $\sigma_u = \sigma_{ctu} + \sigma_{Pu} + \sigma_{du} + \sigma_{su}$
 PC換算位置 $\sigma_{cp} = \sigma_o - (\sigma_o - \sigma_u) * y_{pts} / H$
 ・プレテンションによる緊張直後の応力度
 $\sigma_{cto} = N_{pst1} / A_e + M_{pst1} / I_e * y_{eo}$
 $\sigma_{ctu} = N_{pst1} / A_e + M_{pst1} / I_e * y_{eu}$
 ・プレ2次による応力度
 $\sigma_{P1o} = M_P / I_e * y_{eo}$
 $\sigma_{P1u} = M_P / I_e * y_{eu}$
 プレ2次断面力はなし
 ・床版自重による応力度
 $\sigma_{do} = M_{d1} / I_e * y_{eo}$
 $\sigma_{du} = M_{d1} / I_e * y_{eu}$
 ・後死荷重による応力度
 $\sigma_{so} = M_{d2} / I_e * y_{eo}$
 $\sigma_{su} = M_{d2} / I_e * y_{eu}$

			Type-1-A	継手なし-A	Type-1-B	継手なし-B
鋼材換算断面積	A_e	m ²	0.2459	0.2769	0.2445	0.2755
// 断面2次	I_e	m ⁴	0.001101	0.001225	0.001101	0.001225
// 図心距離	上面	m	0.118	0.115	0.118	0.115
	下面	m	-0.112	-0.115	-0.112	-0.115
PC換算図心距離	y_{pts}	m	0.1095	0.1150	0.1090	0.1150
床版厚	H	m	0.2300	0.2300	0.2300	0.2300
弾性変形後	PC張力	N_{pst1}	tf	151.7	151.2	113.6
	曲げ	M_{pst1}	tf.m	0.401	0.000	0.302
プレ2次曲げ	M_p	tf.m	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
床版自重曲げ	M_d	tf.m	0.5864	0.6624	0.5864	0.6624
後死荷重曲げ	M_s	tf.m	0.2880	0.2120	0.2880	0.2120
プレテンによる 応力度	上面	σ_{cto}	kgf/cm ²	66.0	54.6	49.7
	下面	σ_{ctu}	kgf/cm ²	57.6	54.6	43.4
プレ2次による 応力度	上面	σ_{Po}	kgf/cm ²	0	0	0
	下面	σ_{Pu}	kgf/cm ²	0	0	0
床版自重 応力度	上面	σ_{do}	kgf/cm ²	6.3	6.2	6.3
	下面	σ_{du}	kgf/cm ²	-6.0	-6.2	-6.0
後死荷重 応力度	上面	σ_{so}	kgf/cm ²	3.1	2.0	3.1
	下面	σ_{su}	kgf/cm ²	-2.9	-2.0	-2.0
合計応力度	上面	σ_o	kgf/cm ²	75.3	62.8	59.0
	下面	σ_u	kgf/cm ²	48.7	46.4	34.5
鋼材図心コンクリート応力	σ_{cp}	kgf/cm ²	62.6	54.6	47.4	41.3

(3)有効係数、及び有効プレストレス力

$$\begin{aligned}\Delta \sigma_c &= E_p / E_{co} * \phi * \sigma_{cp} / (1 + \alpha * (1 + \phi / 2)) \\ \Delta \sigma_s &= E_p * \varepsilon_s / (1 + \alpha * (1 + \phi / 2)) \\ \alpha &= E_p / E_{co} * A_{pts} * (1 / A_e + e_{pts} / l_e * e_{pts}) \\ \Delta \sigma_r &= \sigma_{pt} * \gamma_3 \\ \eta &= (\sigma_{pt} - \Delta \sigma_c - \Delta \sigma_s - \Delta \sigma_r) / \sigma_{pt} \\ \sigma_{pe} &= \eta * \sigma_{pt} \\ N_{pse1} &= \eta * N_{pst1} \\ M_{pse1} &= \eta * M_{pst1}\end{aligned}$$

			Type-1-A	継手なし-A	Type-1-B	継手なし-B	
弾性係数		Ep	kgf/cm2	2,000,000	2,000,000	2,000,000	2,000,000
		Eco	kgf/cm2	275,000	275,000	275,000	275,000
コンクリートのクリープ係数		ϕ		3	3	3	3
コンクリートの乾燥収縮度		εs		2.5E-04	2.5E-04	2.5E-04	2.5E-04
PS導入度リラク率		$\gamma 3$		1.5%	1.5%	1.5%	1.5%
鋼材換算断面積		Ae	m2	0.2459	0.2769	0.2445	0.2755
// 断面2次		le	24	0.001101	0.001225	0.001101	0.001225
PC換算断面積		Ap+s	cm2	33.075	35.736	30.301	32.962
PC換算偏心量		ep+s	m	0.009	0.000	0.009	0.000
鋼材図心コンクリ応力		σcp	kgf/cm2	62.6	54.6	47.4	41.3
弾性変形後PC応力		σpt	kgf/mm2	128.7	128.3	126.0	126.4
		α		0.0995	0.0938	0.0918	0.0870
減少応力度	クリープ°	$\Delta \sigma c$	kgf/mm2	10.9	9.7	8.4	7.4
	シュリンク	$\Delta \sigma s$	kgf/mm2	4.0	4.0	4.1	4.1
	リラックス	$\Delta \sigma r$	kgf/mm2	1.9	1.9	1.9	1.9
有効係数		η		0.869	0.878	0.886	0.894
弾性変形後	PC応力	σpt	kgf/mm2	128.7	128.3	126.0	126.4
プレストレス力	PC張力	Npst1	tf	151.7	151.2	113.6	113.9
	曲げ	Mpst1	tf.m	0.401	0.000	0.302	0.000
有効静定	PC応力	σpe	kgf/mm2	111.8	112.7	111.6	113.0
プレストレス力	PC張力	Npse1	tf	131.8	132.8	100.6	101.8
	曲げ	Mpse1	tf.m	0.348	0.000	0.268	0.000
	許容値	σpa	kgf/mm2	114	114	114	114
	判定			OK	OK	OK	OK

6. 設計荷重に対するコンクリート応力度の検討(合成応力度の検討)

1) 鉄筋拘束による断面力

$$N_s = -E_s / E_p * A_s * (\Delta \sigma_c + \Delta \sigma_s)$$

$$M_s = (y_{co} - y_s) * N_s$$

(鉄筋には圧縮力、コンクリートには引張力として作用する)

			Type-1-A	継手なし-A	Type-1-B	継手なし-B
弾性係数	Es	kgf/cm ²	2,100,000	2,100,000	2,100,000	2,100,000
	Ep	kgf/cm ²	2,000,000	2,000,000	2,000,000	2,000,000
鉄筋断面積	As	cm ²	20.272	22.806	20.272	22.806
総断面図心距離	yco	m	0.118	0.115	0.118	0.115
鉄筋図心距離	ys	m	0.107	0.115	0.107	0.115
減少応力度	クリープ	$\Delta \sigma_c$	10.9	9.7	8.4	7.4
	シュリンク	$\Delta \sigma_s$	4.0	4.0	4.1	4.1
鉄筋拘束による 断面力	Ns	tf	-0.32	-0.33	-0.27	-0.28
	Ms	tf.m	-0.0037	0.0000	-0.0031	0.0000

2) 断面力、及び抵抗断面性能

以下に断面力を一覧表にして示す。

			Type-1-A	継手なし-A	Type-1-B	継手なし-B
曲げ モーメント	床版自重	Md1	0.586	0.662	0.586	0.662
	直後プレ1次	Mpst1	0.401	0.000	0.302	0.000
	鉄筋拘束	Ms	-0.0037	0.0000	-0.0031	0.0000
	後死荷重	Md2	0.288	0.212	0.288	0.212
	活荷重	ML	4.086	4.086	4.086	4.086
軸力	直後プレ1次	Npst1	151.7	151.2	113.6	113.9
	鉄筋拘束	Ns	-0.32	-0.33	-0.27	-0.28

(床版幅1.125m当り)

プレテン方式であるので、継手部硬化後の荷重(ここでは活荷重)を除き鋼材換算断面が抵抗断面となる。活荷重に対しては、間詰部のコンクリートを含めた間詰部換算断面が抵抗断面となる。

断面力	断面性能	添字
床版自重	鋼材換算断面積	e
直後プレ1次	鋼材換算断面積	e
鉄筋拘束	鋼材換算断面積	e
後死荷重	鋼材換算断面積	e
活荷重	間詰部換算断面積	g

3) 各荷重によるコンクリート応力度

			Type-1-A	継手なし-A	Type-1-B	継手なし-B
床版自重 (Md1)	Md1	tf.m	0.586	0.662	0.586	0.662
	le	m4	0.001101	0.001225	0.001101	0.001225
	yeo	m	0.118	0.115	0.118	0.115
	yeu	m	-0.112	-0.115	-0.112	-0.115
	σ_o	kgf/cm2	6.3	6.2	6.3	6.2
	σ_u	kgf/cm2	-6.0	-6.2	-6.0	-6.2
直後プレ1次 (Pst1) (弾性変形後)	Npst1	tf	151.7	151.2	113.6	113.9
	Mpst1	tf.m	0.401	0.000	0.302	0.000
	Ae	m2	0.2459	0.2769	0.2445	0.2755
	le	m4	0.001101	0.001225	0.001101	0.001225
	yeo	m	0.118	0.115	0.118	0.115
	yeu	m	-0.112	-0.115	-0.112	-0.115
	σ_o	kgf/cm2	66.0	54.6	49.7	41.3
	σ_u	kgf/cm2	57.6	54.6	43.4	41.3
直後プレ2次 (Pst2)	σ_o	kgf/cm2	0.0	0.0	0.0	0.0
	σ_u	kgf/cm2	0.0	0.0	0.0	0.0
直後プレ計 (Pst)	σ_o	kgf/cm2	66.0	54.6	49.7	41.3
	σ_u	kgf/cm2	57.6	54.6	43.4	41.3
有効プレストレス力 (Pse)	η		0.869	0.878	0.886	0.894
	σ_o	kgf/cm2	57.3	48.0	44.0	37.0
	σ_u	kgf/cm2	50.1	48.0	38.4	37.0
鉄筋拘束 (S)	Ns	tf	-0.32	-0.33	-0.27	-0.28
	Ms	tf.m	-0.0037	0.0000	-0.0031	0.0000
	Ae	m2	0.2459	0.2769	0.2445	0.2755
	le	m4	0.001101	0.001225	0.001101	0.001225
	yeo	m	0.118	0.115	0.118	0.115
	yeu	m	-0.112	-0.115	-0.112	-0.115
	σ_o	kgf/cm2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1
	σ_u	kgf/cm2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
後死荷重 (Md2)	Md2	tf.m	0.288	0.212	0.288	0.212
	le	m4	0.001101	0.001225	0.001101	0.001225
	yeo	m	0.118	0.115	0.118	0.115
	yeu	m	-0.112	-0.115	-0.112	-0.115
	σ_o	kgf/cm2	3.1	2.0	3.1	2.0
	σ_u	kgf/cm2	-2.9	-2.0	-2.9	-2.0
活荷重 (L)	ML	tf.m	4.086	4.086	4.086	4.086
	lg	m4	0.001202	0.001225	0.001202	0.001225
	ygo	m	0.115	0.115	0.115	0.115
	ygu	m	-0.115	-0.115	-0.115	-0.115
	σ_o	kgf/cm2	39.0	38.4	39.0	38.4
	σ_u	kgf/cm2	-39.2	-38.4	-39.2	-38.4

4) 合成応力度

PS緊張直後

$$\sigma = Md1 + Pst1 + Pst2$$

活荷重時

$$\sigma = Md1 + Md2 + Pse + S + Ms + L$$

					Type-1-A	継手なし-A	Type-1-B	継手なし-B	
PS 緊張直後	上 面	合成値	σ_o	kgf/cm2	72.2	60.8	55.9	47.6	
		許容値	σ_a	kgf/cm2	210	210	210	210	
		判 定			OK	OK	OK	OK	
	下 面	合成値	σ_u	kgf/cm2	51.6	48.4	37.4	35.1	
		許容値	σ_a	kgf/cm2	210	210	210	210	
		判 定			OK	OK	OK	OK	
	活荷重時	上 面	合成値	σ_o	kgf/cm2	105.5	94.4	92.2	83.4
			許容値	σ_a	kgf/cm2	170	170	170	170
			判 定			OK	OK	OK	OK
下 面		合成値	σ_u	kgf/cm2	1.8	1.3	-9.8	-9.7	
		許容値	σ_a	kgf/cm2	170	170	-10	-10	
	判 定			OK	OK	OK	OK		
判 定					OK	OK	OK	OK	

7. 鉄筋、PC鋼材の引張応力度の検討(RC計算)

設計条件の章で触れたように、フルプレストレスであるのでコンクリート、及び鋼材に引張応力は生じないが、コンクリートの引張応力を許容するケースも場合によっては想定されるので、以下、鉄筋とPC鋼材の引張応力度の検討(いわゆるRC計算)を行っておく。

1) 検討条件

- (1) コンクリートの引張応力を無視する。
- (2) 縦ひずみは断面の中立軸からの距離に比例する。
- (3) コンクリートの弾性係数は、鉄筋の1/15とする($n=15$)。
- (4) PC鋼材については増加応力度を算出する。
- (5) 軸力の作用位置は床版中心位置とする。
- (6) 中立軸の算定では、曲げモーメントは軸力の偏心で置き換える。
- (7) 荷重状態は活荷重作用時とする。

2) 断面力

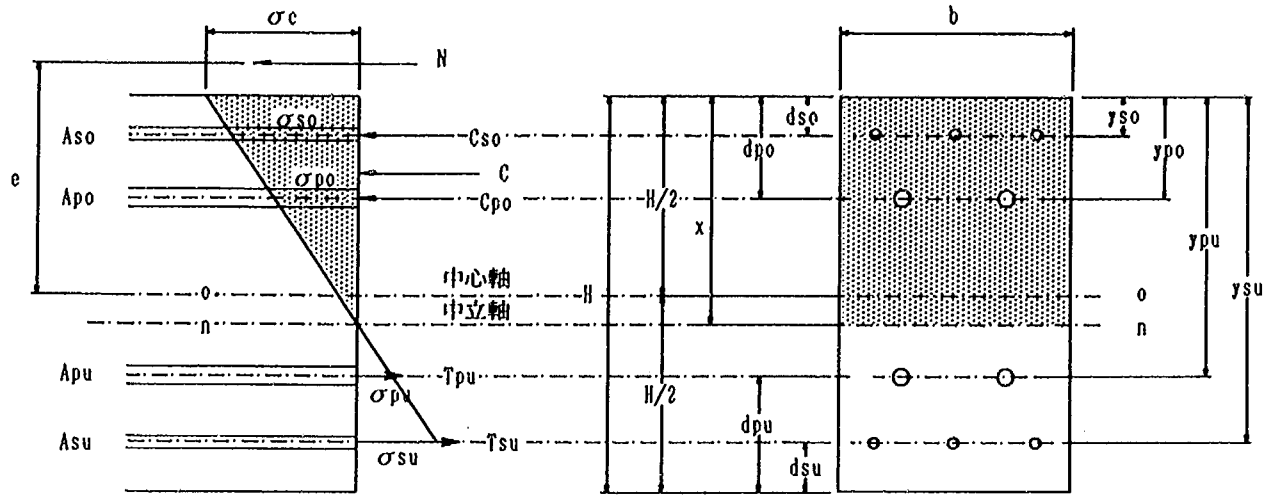
活荷重時組合せ $SF = Md1 + Md2 + Pse + S + Ms + L$

BM置換軸力偏心量 $e = M / N$

			Type-1-A	継手なし-A	Type-1-B	継手なし-B
床版自 (Md1)	M	tf.m	0.586	0.662	0.586	0.662
有効PS (Pse)	N	tf	131.8	132.8	100.6	101.8
	M	tf.m	0.348	0.000	0.268	0.000
鉄筋拘束 (S)	N	tf	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3
	M	tf.m	-0.004	0.000	-0.003	0.000
後死 (Md2)	M	tf.m	0.288	0.212	0.288	0.212
活荷重 (L)	M	tf.m	4.086	4.086	4.086	4.086
合計	N	tf	131.5	132.5	100.4	101.6
	M	tf.m	5.305	4.960	5.225	4.960
BM置換軸力偏心量	e	m	0.0403	0.0374	0.0521	0.0488

(床版幅1.125m当り)

3) 中立軸の算定



応力度の比例より、

$$\sigma_{so} = n1 * \sigma_c * (x - dso) / x$$

$$\sigma_{po} = n2 * \sigma_c * (x - dpo) / x$$

$$\sigma_{pu} = n2 * \sigma_c * (H - dpu - x) / x$$

$$\sigma_{su} = n1 * \sigma_c * (H - dsu - x) / x$$

力の釣り合いより、

$$N = b * x / 2 * \sigma_c + \sigma_{so} * A_{so} + \sigma_{po} * A_{po} - \sigma_{pu} * A_{pu} - \sigma_{su} * A_{su}$$

$$\rightarrow N = \sigma_c / x * (E x^2 + F x + G)$$

$$E = b / 2$$

$$F = n1 * (A_{so} + A_{su}) + n2 * (A_{po} + A_{pu})$$

$$G = -n1 * (dso * A_{so} + (H - dsu) * A_{su}) - n2 * (dpo * A_{po} + (H - dpu) * A_{pu})$$

$$n1 = E_s / E_c$$

$$n2 = E_p / E_c$$

$$dso = y_{so}$$

$$dpo = y_{po}$$

$$dpu = H - y_{pu}$$

$$dsu = H - y_{su}$$

モーメントの釣り合いより、

$$M = b * x * \sigma_c / 2 * (H/2 - x/3) + \sigma_{so} * A_{so} * (H/2 - dso) + \sigma_{po} * A_{po} * (H/2 - dpo) + \sigma_{pu} * A_{pu} * (H/2 - dpu) + \sigma_{su} * A_{su} * (H/2 - dsu)$$

$$\rightarrow M = \sigma_c / x * (A x^3 + B x^2 + C x + D)$$

$$A = -b/6$$

$$B = b * H/4$$

$$C = n1 * (A_{so} * (H/2 - dso) - A_{su} * (H/2 - dsu)) + n2 * (A_{po} * (H/2 - dpo) - A_{pu} * (H/2 - dpu))$$

$$D = n1 * (-dso * A_{so} * (H/2 - dso) + (H - dsu) * A_{su} * (H/2 - dsu)) + n2 * (-dpo * A_{po} * (H/2 - dpo) + (H - dpu) * A_{pu} * (H/2 - dpu))$$

$$b = B(\text{床版総幅})$$

$M = N * e$ と置いて、

$$Ax^3 + (B - e * E)x^2 + (C - e * F)x + (D - e * G) = 0$$

$$ax^3 + bx^2 + cx + d = 0$$

$$e = M / N$$

$$a = A$$

$$b = B - e * E$$

$$c = C - e * F$$

$$d = D - e * G$$

				Type-1-A	継手なし-A	Type-1-B	継手なし-B
入 力 値	弾性係数	Es	kgf/cm2	2,100,000	2,100,000	2,100,000	2,100,000
		Ep	kgf/cm2	2,000,000	2,000,000	2,000,000	2,000,000
		Ec	kgf/cm2	140,000	140,000	140,000	140,000
	弾性係数比	n1		15.0	15.0	15.0	15.0
		n2		14.3	14.3	14.3	14.3
	床版厚	H	m	0.230	0.230	0.230	0.230
	鋼材位置	yso	m	0.032	0.032	0.032	0.032
		ysu	m	0.181	0.198	0.181	0.198
		ypo	m	0.115	0.115	0.115	0.115
		ypu	m	0.115	0.115	0.115	0.115
	かぶり	dso	m	0.032	0.032	0.032	0.032
		dsu	m	0.049	0.032	0.049	0.032
		dpo	m	0.115	0.115	0.115	0.115
		dpu	m	0.115	0.115	0.115	0.115
	床版総幅	b	m	1.125	1.125	1.125	1.125
	鋼材断面積	Aso	m2	0.001014	0.001140	0.001014	0.001140
		Asu	m2	0.001014	0.001140	0.001014	0.001140
Apo		m2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	
Apu		m2	0.001179	0.001179	0.000902	0.000902	
BM置換偏心量	e	m	0.0403	0.0374	0.0521	0.0488	
定数計算	A		-0.187500	-0.187500	-0.187500	-0.187500	
	B		0.064688	0.064688	0.064688	0.064688	
	C		0.000258	0.000000	0.000258	0.000000	
	D		0.000141	0.000236	0.000141	0.000236	
	E		0.562500	0.562500	0.562500	0.562500	
	F		0.047250	0.051051	0.043287	0.047088	
	G		-0.005175	-0.005871	-0.004720	-0.005415	
3次方程式の係数	a		-0.187500	-0.187500	-0.187500	-0.187500	
	b		0.041994	0.043628	0.035401	0.037215	
	c		-0.001648	-0.001911	-0.001995	-0.002300	
	d		0.000350	0.000455	0.000387	0.000500	
3次方程式を解くと、							
中立軸位置		x	m	0.222	0.234	0.190	0.203

($x > H$ の場合は全断面圧縮応力となる)

4) 鋼材引張応力度

$$\begin{aligned}\sigma_o &= N * x / (E x^2 + F x + G) \\ \sigma_{so} &= n1 / x * \sigma_o * (x - d_{so}) \\ \sigma_{po} &= n2 / x * \sigma_o * (x - d_{po}) \\ \sigma_{pu} &= n2 / x * \sigma_o * (H - d_{pu} - x) \\ \sigma_{su} &= n1 / x * \sigma_o * (H - d_{su} - x)\end{aligned}$$

				Type-1-A	継手なし-A	Type-1-B	継手なし-B
応 力 度	コンクリート上面	σ_o	kgf/cm ²	88.3	84.2	80.1	75.5
	上面 鉄筋	σ_{so}	kgf/cm ²	-1,133	-1,090	-999	-954
	PC	σ_{po}	kgf/cm ²	0	0	0	0
	下面 PC	σ_{pu}	kgf/cm ²	-608	-611	-452	-467
	鉄筋	σ_{su}	kgf/cm ²	-246	-192	-57	-27
check		N	tf	131.5	132.5	100.4	101.6
		M	tf.m	5.305	4.960	5.225	4.960
				OK	OK	OK	OK

まとめ

PC鋼材 応力度 (合計)	有効	σ_{pe}	kgf/cm ²	11,181	11,266	11,161	11,296
	増分	$\sigma_{po,u}$	kgf/cm ²	-608	-611	-452	-467
	合計	σ_p	kgf/cm ²	10,572	10,655	10,709	10,829
	許容値	σ_{pa}	kgf/cm ²	11,400	11,400	11,400	11,400
	判定			OK	OK	OK	OK
鉄筋応力度		σ_{su}	kgf/cm ²	-246	-192	-57	-27
	許容値	σ_{sa}	kgf/cm ²	1,400	1,400	1,400	1,400
	判定			OK	OK	OK	OK

コンクリートは圧縮を正、鋼材は引張を正に表示。

8. 曲げ破壊安全度の検討

1) 終局荷重作用時の曲げモーメント

$$M1 = 1.3 * MD + 2.5 * ML$$

$$M2 = 1.0 * MD + 2.5 * ML$$

$$M3 = 1.7 * (MD + ML)$$

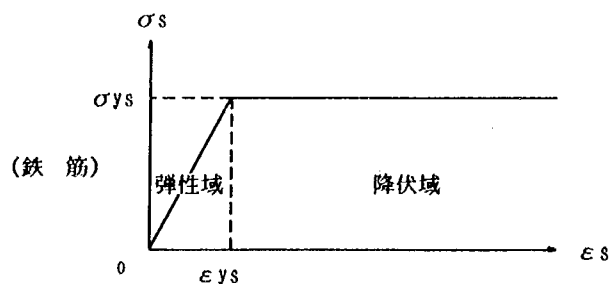
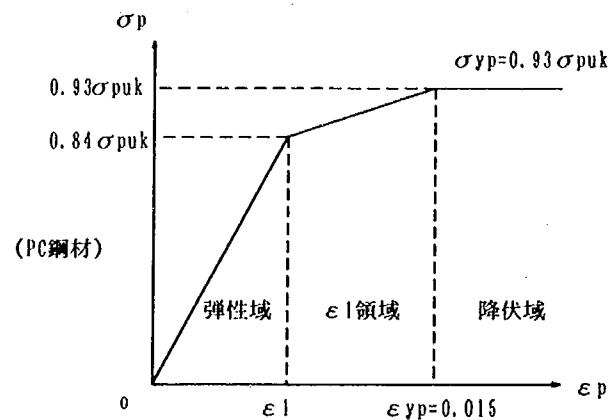
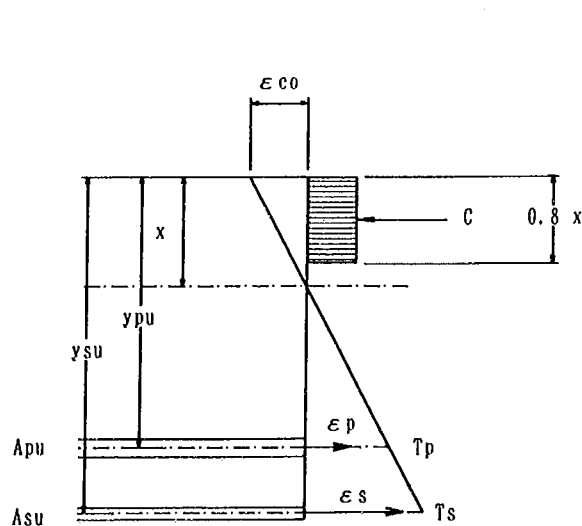
$$MD = Md1 + Md2$$

			Type-1-A	継手なし-A	Type-1-B	継手なし-B
床版自重曲げ	Md1	tf.m	0.586	0.662	0.586	0.662
後死荷重曲げ	Md2	tf.m	0.288	0.212	0.288	0.212
死荷重曲げ	MD	tf.m	0.874	0.874	0.874	0.874
活荷重曲げ(inc.i.)	ML	tf.m	4.086	4.086	4.086	4.086
照査曲げモーメント	M1	tf.m	11.352	11.352	11.352	11.352
	M2	tf.m	11.089	11.089	11.089	11.089
	M3	tf.m	8.433	8.433	8.433	8.433
	Mmax	tf.m	11.352	11.352	11.352	11.352

(床版幅1.125m当り)

2) 中立軸の計算

鋼材の変位状態を可能性として考えられる3ケースに仮定し、各ケース毎に破壊抵抗曲げ状態における中立軸をまず算定する。



(1) 鋼材が全て降伏していると仮定した場合

$$T_p = A_{pu} * 0.93 * \sigma_{puk}$$

$$T_s = A_{su} * \sigma_{suy}$$

$$C = 0.85 * \sigma_{ck} * 0.8 * x * B$$

$$C = T_p + T_s \text{ より、}$$

$$x = (T_p + T_s) / (0.85 * \sigma_{ck} * 0.8 * B)$$

ひずみによる仮定の検証

$$\epsilon_p = \epsilon_{co} * (y_{pu} - x) / x + \epsilon_{pe} \geq \epsilon_{yp} = 0.015$$

$$\epsilon_s = \epsilon_{co} * (y_{su} - x) / x \geq \epsilon_{ys}$$

$$\epsilon_{pe} = \sigma_{pe} / E_p$$

(2) 鉄筋は降伏、PC鋼材は $0.93\sigma_{puk} < 0.84\sigma_{puk}$ の範囲にあると仮定した場合
PC鋼材の応力度は $0.84\sigma_{puk} \sim 0.84\sigma_{puk} \sim 0.93\sigma_{puk}$ の間で直線変化させる。

$$T_p = A_{pu} * 0.84 * \sigma_{puk} + A_{pu} * (\epsilon_p - \epsilon_1) * \alpha$$

$$\alpha = (0.93 - 0.84) * \sigma_{puk} / (\epsilon_{yp} - \epsilon_1) = 0.09 * \sigma_{puk} / (\epsilon_{yp} - \epsilon_1)$$

$$\epsilon_1 = 0.84 * \sigma_{puk} / E_p$$

$$T_s = A_{su} * \sigma_{suy}$$

$$C = 0.85 * \sigma_{ck} * 0.8 * x * B$$

$$\epsilon_p = \epsilon_{co} * y_{pu} / x + \epsilon_{pe} - \epsilon_{co}$$

$$C = T_p + T_s \text{ より、}$$

$$0.85 * 0.8 * \sigma_{ck} * B * x^2 - (A_{pu} * 0.84 * \sigma_{puk} + A_{pu} * \alpha * (\epsilon_{pe} - \epsilon_{co}) - A_{pu} * \alpha * \epsilon_1 + T_s) * x - A_{pu} * \alpha * (\epsilon_{co} * y_{pu}) = 0$$

$$x = (-b + \sqrt{b^2 - 4ac}) / 2a$$

$$a = 0.85 * 0.8 * \sigma_{ck} * B$$

$$b = -(A_{pu} * 0.84 * \sigma_{puk} + A_{pu} * \alpha * (\epsilon_{pe} - \epsilon_{co}) - A_{pu} * \alpha * \epsilon_1 + T_s)$$

$$c = -A_{pu} * \alpha * (\epsilon_{co} * y_{pu})$$

ひずみによる仮定の検証

$$\epsilon_p = \epsilon_{co} * y_{pu} / x + \epsilon_{pe} - \epsilon_{co} \geq \epsilon_1, \text{ but } < \epsilon_{yp}$$

$$\epsilon_s = \epsilon_{co} * (y_{su} - x) / x \geq \epsilon_{ys}$$

(3) 鉄筋は降伏、PC鋼材は弾性域内にあると仮定した場合

$$T_p = A_{pu} * \epsilon_p * E_p$$

$$T_s = A_{su} * \sigma_{suy}$$

$$C = 0.85 * \sigma_{ck} * 0.8 * x * B$$

$$\epsilon_p = \epsilon_{co} * y_{pu} / x + \epsilon_{pe} - \epsilon_{co}$$

$$C = T_p + T_s \text{ より、}$$

$$0.85 * 0.8 * \sigma_{ck} * B * x^2 - (A_{pu} * E_p * (\epsilon_{pe} - \epsilon_{co}) + T_s) * x - A_{pu} * \epsilon_{co} * E_p * y_{pu} = 0$$

$$x = (-b + \sqrt{b^2 - 4ac}) / 2a$$

$$a = 0.85 * 0.8 * \sigma_{ck} * B$$

$$b = -(A_{pu} * E_p * (\epsilon_{pe} - \epsilon_{co}) + T_s)$$

$$c = -A_{pu} * \epsilon_{co} * E_p * y_{pu}$$

ひずみによる仮定の検証

$$\epsilon_p = \epsilon_{co} * y_{pu} / x + \epsilon_{pe} - \epsilon_{co} < \epsilon_1$$

$$\epsilon_s = \epsilon_{co} * (y_{su} - x) / x \geq \epsilon_{ys}$$

前式から中立軸、歪みを(1)から(3)の各ケースについて求め、算定歪みが仮定と矛盾しないケースを判定し、そのケースを採用ケースとする。

				Type-1-A	継手なし-A	Type-1-B	継手なし-B
断面積	PC	A _{pu}	cm ²	11.790	11.790	9.016	9.016
	鉄筋	A _{su}	cm ²	10.136	11.403	10.136	11.403
PC引張強度		σ_{puk}	kgf/cm ²	19,000	19,000	19,000	19,000
鉄筋降伏点		σ_{syk}	kgf/cm ²	3,000	3,000	3,000	3,000
コンクリート基準強度		σ_{ck}	kgf/cm ²	500	500	500	500
床版総幅		B	cm	112.5	112.5	112.5	112.5
鋼材位置	PC	y _{pu}	cm	11.5	11.5	11.5	11.5
	鉄筋	y _{su}	cm	18.1	19.8	18.1	19.8
コンクリート降伏歪		ε_{co}		0.0035	0.0035	0.0035	0.0035
有効プレストレス応力		σ_{pe}	kgf/cm ²	11,181	11,266	11,161	11,296
PC弾性係数		E _p	kgf/cm ²	2,000,000	2,000,000	2,000,000	2,000,000
有効プレストレスPC歪		ε_{pe}		0.0056	0.0056	0.0056	0.0056
(1) 鋼材が全て降伏していると仮定した場合							
張力	PC	T _p	tf	208.3	208.3	159.3	159.3
	鉄筋	T _s	tf	30.4	34.2	30.4	34.2
合計張力		T	tf	238.7	242.5	189.7	193.5
中立軸		x	cm	6.24	6.34	4.96	5.06
歪み	PC	ε_p		0.0085	0.0085	0.0102	0.0101
	鉄筋	ε_s		0.0067	0.0074	0.0093	0.0102
仮定歪み	PC	ε_{yp}		0.0150	0.0150	0.0150	0.0150
	鉄筋	ε_{ys}		0.0014	0.0014	0.0014	0.0014
歪み判定	PC			非降伏	非降伏	非降伏	非降伏
	鉄筋			降伏	降伏	降伏	降伏
仮定判定				No	No	No	No
(2) 鉄筋は降伏、PC鋼材は $0.93\sigma_{puk} < 0.84\sigma_{puk}$ の範囲にあると仮定した場合							
鉄筋張力		T _s	tf	30.4	34.2	30.4	34.2
		α	kgf/cm ²	243,590	243,590	243,590	243,590
2次式係数	a			38,250	38,250	38,250	38,250
	b			-201,655	-205,578	-161,339	-165,289
	c			-115,590	-115,590	-88,392	-88,392
中立軸		x	cm	5.79	5.89	4.71	4.80
PC張力		T _p	tf	188.4	188.4	144.5	144.5
歪み	PC	ε_p		0.0090	0.0090	0.0106	0.0105
	鉄筋	ε_s		0.0074	0.0083	0.0100	0.0109
仮定歪み	PC	ε_1		0.0080	0.0080	0.0080	0.0080
	鉄筋	ε_{ys}		0.0014	0.0014	0.0014	0.0014
歪み判定	PC			ε_1 域	ε_1 域	ε_1 域	ε_1 域
	鉄筋			降伏	降伏	降伏	降伏
仮定判定				Yes	Yes	Yes	Yes

				Type-1-A	継手なし-A	Type-1-B	継手なし-B
(3)鉄筋は降伏、PC鋼材は弾性域内にあると仮定した場合							
鉄筋張力		Ts	tf	30.4	34.2	30.4	34.2
2次式係数		a		38,250	38,250	38,250	38,250
		b		-79,698	-84,499	-67,918	-72,942
		o		-949,055	-949,055	-725,748	-725,748
中立軸		x	cm	6.13	6.21	5.33	5.41
PC張力		Tp	tf	204.1	203.2	173.6	172.8
歪み	PC	ϵp		0.0087	0.0086	0.0096	0.0096
	鉄筋	ϵs		0.0068	0.0077	0.0084	0.0093
仮定歪み	PC	ϵl		0.0080	0.0080	0.0080	0.0080
	鉄筋	ϵys		0.0014	0.0014	0.0014	0.0014
歪み判定	PC			非弾性域	非弾性域	非弾性域	非弾性域
	鉄筋			降伏	降伏	降伏	降伏
仮定判定				No	No	No	No
採用ケース							
ケース番号				(2)	(2)	(2)	(2)
中立軸		x	cm	5.79	5.89	4.71	4.80
張力	PC	Tp	tf	188.4	188.4	144.5	144.5
	鉄筋	Ts	tf	30.4	34.2	30.4	34.2

3) 破壊抵抗曲げモーメントと安全度の算定

$$Mu = Tp * (ypu - 0.4 x) + Ts * (ysu - 0.4 x)$$

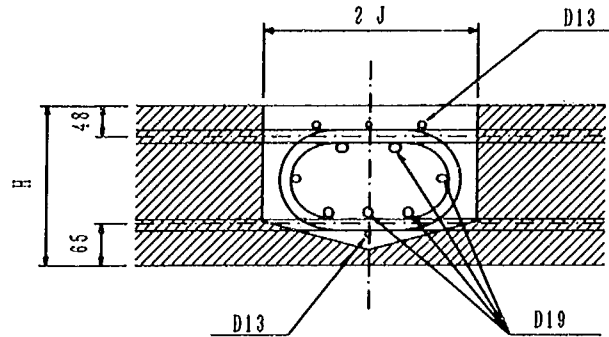
$$F = Mu / M > 1$$

				Type-1-A	継手なし-A	Type-1-B	継手なし-B
張力	PC	Tp	tf	188.4	188.4	144.5	144.5
	鉄筋	Ts	tf	30.4	34.2	30.4	34.2
?上面位置	PC	ypu	cm	11.5	11.5	11.5	11.5
	鉄筋	ysu	cm	18.1	19.8	18.1	19.8
中立軸		x	cm	5.79	5.89	4.71	4.80
破壊抵抗曲げ		Mu	tf.m	22.10	23.20	18.83	19.96
終局荷重曲げ		M	tf.m	11.35	11.35	11.35	11.35
安全度		F	> 1	1.95	2.04	1.66	1.76
判 定				OK	OK	OK	OK

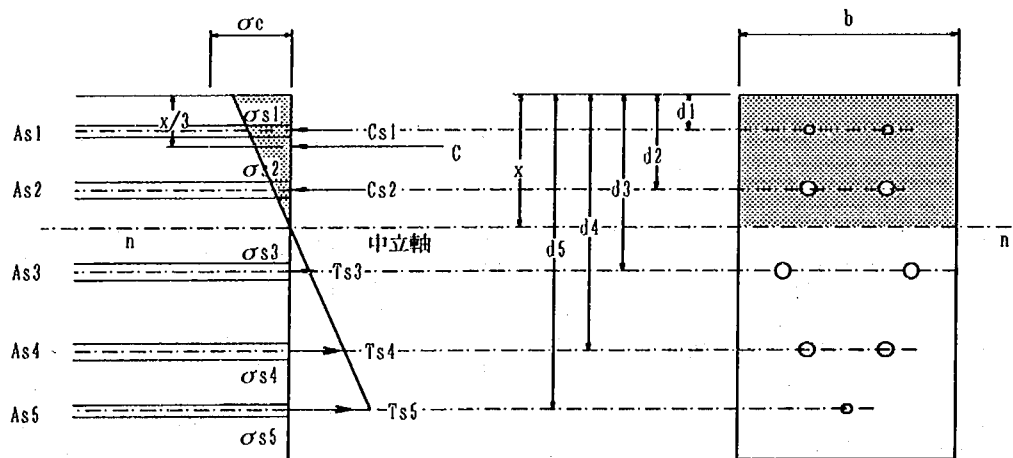
9. ループ継手部のRC床版応力度の検討

ループ継手部にはプレストレスを導入しないので、この部分はRC床版としての応力度を照査する。下図に示すように、ループ継手部には橋軸直角方向に合計11本の鉄筋が配置される。この鉄筋と間詰コンクリートによるRC構造で、橋軸直角方向の曲げモーメントに抵抗するものとする。

作用曲げモーメントは、舗装の死荷重曲げモーメントと活荷重であり、幅比から設計曲げモーメントを求める。



応力度計算式



応力度の比例より、

$$\sigma_{s1} = n * \sigma_c * (x - d_1) / x$$

$$\sigma_{s2} = n * \sigma_c * (x - d_2) / x$$

$$\sigma_{s3} = n * \sigma_c * (d_3 - x) / x$$

$$\sigma_{s4} = n * \sigma_c * (d_4 - x) / x$$

$$\sigma_{s5} = n * \sigma_c * (d_5 - x) / x$$

力の釣り合いより、

$$x = -n * \sum A_s / b$$

$$+ \sqrt{((n * \sum A_s / b)^2 + 2 * n / b * (A_{s1} * d_s + A_{s2} * d_{s2} + A_{s3} * d_{s3} + A_{s4} * d_{s4} + A_{s5} * d_{s5}))}$$

モーメントの釣り合いより、

$$\sigma_c = M / (b * x / 2 * (d_5 - x / 3) + n * ((x - d_1) / x * A_{s1} * (d_5 - d_1) + (x - d_2) / x * A_{s2} * (d_5 - d_2) - (d_3 - x) / x * A_{s3} * (d_5 - d_3) - (d_4 - x) / x * A_{s4} * (d_5 - d_4)))$$

設計モーメント

$$M = (M_{dp} + M_L) * 2J / B$$

			Type-1-A
床版総幅		B	cm
継手部幅		2J	cm
舗装曲げ		M _{dp} 2	tf.m
活荷重曲げ		M _L	tf.m
設計曲げモーメント		M	tf.m
弾性係数比		n	
RC床版幅		b (=2J)	cm
床版厚		H	cm
鉄筋径	1段	D1	D13
	2段	D2	D19
	3段	D3	D19
	4段	D4	D19
	5段	D5	D13
有効高	1段	d1	cm
	2段	d2	cm
	3段	d3	cm
	4段	d4	cm
	5段	d5	cm
配置本数	1段	N1	本
	2段	N2	本
	3段	N3	本
	4段	N4	本
	5段	N5	本
鉄筋断面積	1段	A _{s1}	cm ²
	2段	A _{s2}	cm ²
	3段	A _{s3}	cm ²
	4段	A _{s4}	cm ²
	5段	A _{s5}	cm ²
	合計	Σ A _s	cm ²
中立軸		x	cm
上面コンクリート応力度		σ _c	kgf/cm ²
最下段鉄筋応力度		σ _{s5}	kgf/cm ²
許容値	コンクリート	σ _{ca}	kgf/cm ²
	鉄筋	σ _{sa}	kgf/cm ²
判 定			OK

(コンクリートは圧縮を正、引張鉄筋は引張を正)

10. 配力筋方向のRC床版の設計

$$x = -n(As+As')/b + \sqrt{\{(n(As+As')/b)^2 + 2n/b \cdot (d \cdot As + d' \cdot As')\}}$$

$$\sigma_c = 2M / \{bx(d-x/3) + 2nAs'(x-d')(d-d')/x\}$$

$$\sigma_s = n \delta_c (d-x)/x$$

				Type-1-A	継手なし-A
鉄筋径	上面			D19	D19
	下面			D19	D19
断面積/本	上面		cm2	2.865	2.865
	下面		cm2	2.865	2.865
ピッチ	上面		cm	15.0	15.0
	下面		cm	15.0	15.0
距 離	上面	ys _o '	cm	4.8	4.8
	下面	ys _u '	cm	16.5	18.2
鉄筋断面積	上面	As'	cm2	19.10	19.10
	下面	As	cm2	19.10	19.10
圧縮側かぶり		d'	cm	4.8	4.8
引張側有効高		d	cm	16.5	18.2
単位幅		b	cm	100	100
弾性係数比		n		15	15
中立軸		x	cm	6.72	7.10
曲げモーメント		M	tf.m	2.880	2.880
応力度	コンクリート	σ _c	kgf/cm2	50.1	42.0
	鉄筋	σ _s	kgf/cm2	1,096	984
許容値	コンクリート	σ _{ca}	kgf/cm2	167	167
	鉄筋	σ _{sa}	kgf/cm2	1,400	1,400
判 定				OK	OK

(コンクリートは圧縮を正、引張鉄筋は引張を正)

11. RCループ状継手の必要重ね継手長の検討

$$L_a = f * a_o * (\text{erfFe} / \text{vorFe}) * k \geq 1.5 * d_b \geq 20 \text{ cm}$$

$$a_o = (\sigma_e / 4 \tau_{oa}) * \phi$$

$$\text{erfFe} / \text{vorFe} = \sigma_s / \sigma_{sa}$$

			Type-1-A
定着形状の係数	f		0.5
ずらし量の係数	k		2.2
鉄筋降伏点応力度	σ_e	kgf/cm ²	1,600
許容付着応力度	τ_{oa}	kgf/cm ²	28.0
鉄筋の公称直径	ϕ	cm	1.9
鉄筋曲げ直径	d_b	cm	11.7
鉄筋応力度	σ_s	kgf/cm ²	1,096
鉄筋許容応力度	σ_{sa}	kgf/cm ²	1,400
基本定着長	a_o	cm	27.1
必要重ね継手長	L_a	cm	23.4
最低重ね継手長	Lamin	cm	20.0
実際の重ね長	L_a'	cm	26.0
判 定			OK

12. 初期クラック発生曲げモーメント、及び終局曲げモーメントの算出

1) 初期クラック発生曲げモーメント M_c

初期クラック発生曲げモーメント M_c を、コンクリートに限界的な曲げ引張応力度が発生するときの活荷重曲げモーメントに相当する曲げモーメントであると定義する。この曲げモーメントを手入力による繰り返し計算で求める。限界的な引張応力度として以下の3ケースを考えるものとする。なお、内部モーメント除き、死荷重曲げモーメント等との合計曲げモーメントも合わせて示しておく。

- (1) $\sigma_t = -18 \text{ kff/cm}^2$ (道示に規定する $\sigma_{ck}=500\text{kgf/cm}^2$ に対する許容引張応力度)
- (2) $\sigma_t = -26 \text{ kff/cm}^2$ (コンクリート標準示方書に規定する $\sigma_{ta}=0.42*f'_{ck}^{(2/3)}$)
- (3) $\sigma_t = -16 \text{ kff/cm}^2$ (上記(2)の60%)
(引張を負とする)

繰り返し計算による M_c 算定結果(床版幅1.125m当り)

			Type-1-A	継手なし-A	Type-1-B	継手なし-B
床版自重曲げ	Md1	tf.m	0.586	0.662	0.586	0.662
後死荷重曲げ	Md2	tf.m	0.288	0.212	0.288	0.212
ケース (1)	M_c	tf.m	6.150	6.140	4.940	4.970
	ΣM	tf.m	7.024	7.014	5.814	5.844
ケース (2)	M_c	tf.m	6.990	6.990	5.780	5.820
	ΣM	tf.m	7.864	7.864	6.654	6.694
ケース (3)	M_c	tf.m	5.940	5.930	4.730	4.760
	ΣM	tf.m	6.814	6.804	5.604	5.634

2) 終局曲げモーメント M_u

終局曲げモーメントは M_u 、8章の曲げ破壊安全度の検討における破壊抵抗曲げモーメント M_u と同じものであるため、その結果を移記する。

M_u の値(床版幅1.125m当り)

			Type-1-A	継手なし-A	Type-1-B	継手なし-B
破壊抵抗曲げ	M_u	tf.m	22.10	23.20	18.83	19.96

(2) 継手なし実験供試体実験結果

- 1) 材料試験結果 (①コンクリート, ②鉄筋, ③P C鋼線)
- 2) 載荷回数と床版変位との関係
- 3) 載荷回数と床版ひずみとの関係
- 4) 載荷回数と鉄筋ひずみとの関係
- 5) 載荷回数とクラック幅との関係
- 6) 載荷回数とひび割れ密度との関係
- 7) C C Dカメラによる床版下面ひび割れ状況の時系列変化
- 8) 最終ひび割れ状況
- 9) 実験終了後の切断面写真
- 10) 破壊前 1 時間挙動

1) 材料試験結果 (①コンクリート、②鉄筋、③P C 鋼線)

コンクリート強度試験結果

供試体名：PC-2 (NO. 3)

試験材令：3/6 , 材令 33日

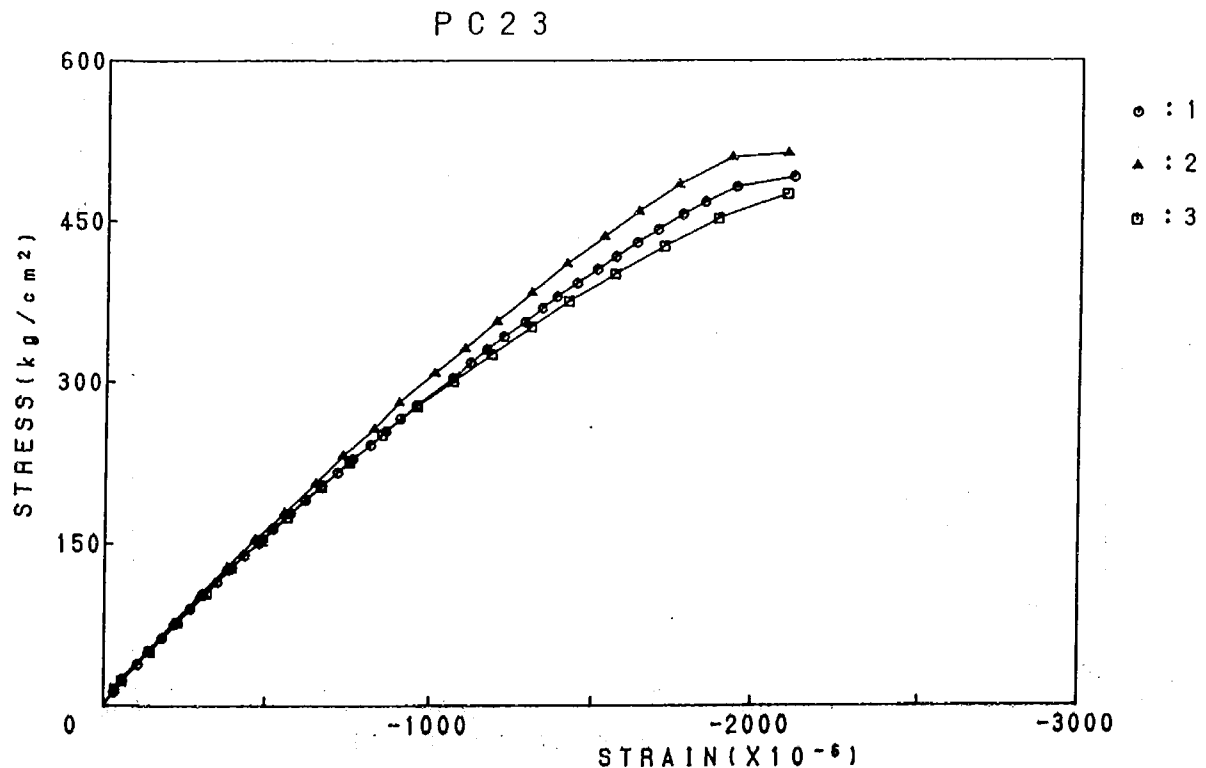
実施時期：載荷試験前

圧縮強度試験

番 号	直 径 (mm)	断面積 (cm ²)	最大荷重 (tonf)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	静弾性係数 ($\times 10^5$ kg/d)	ポアソン比
PC23-1	100.35	79.09	38.90	492	3.05	0.112
-2	100.10	78.70	40.90	520	3.08	0.177
-3	100.80	79.80	39.10	490	2.99	0.160
平均値				501	3.04	0.150

引張強度試験

番 号	直 径 (mm)	長 さ (mm)	最大荷重 (tonf)	引張強度 (kgf/cm ²)	備 考
1	99.90	202.75	9.50	29.9	
2	99.90	199.90	9.00	28.7	
3	99.80	202.43	7.70	24.3	
平均値				27.6	



コンクリート圧縮応力-ひずみ線図

コンクリート強度試験結果

供試体名：PC-2 (NO.4)

試験材令：3/6， 材令 33日

実施時期：載荷試験前

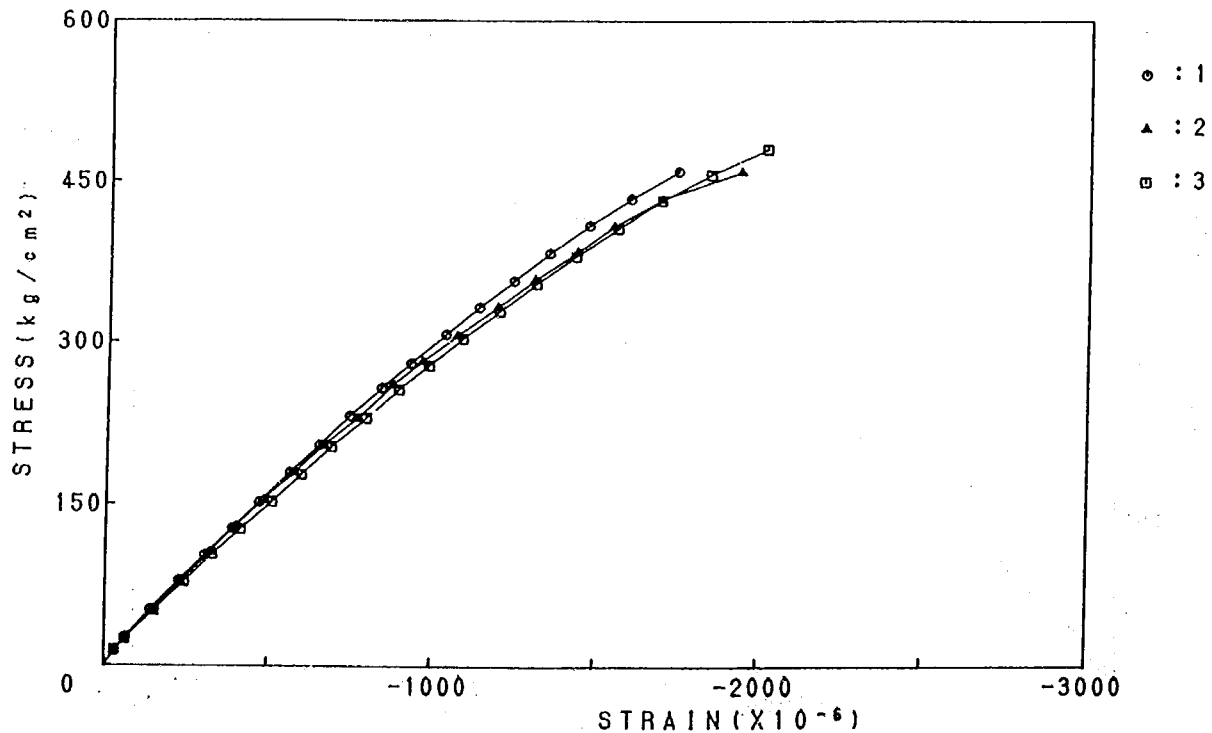
圧縮強度試験

番 号	直 径 (mm)	断面積 (cm ²)	最大荷重 (tonf)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	静弾性係数 ($\times 10^5$ kg/d)	ポアソン比
PC24-1	99.90	78.38	37.00	472	3.10	0.174
-2	99.85	78.30	36.10	461	3.06	0.203
-3	100.35	79.09	39.50	499	2.85	0.204
平均値				477	3.00	0.194

引張強度試験

番 号	直 径 (mm)	長 さ (mm)	最大荷重 (tonf)	引張強度 (kgf/cm ²)	備 考
1	99.95	199.63	9.00	28.7	
2	100.10	200.75	9.90	31.4	
3	100.00	200.63	9.20	29.2	
平均値				29.8	

PC24



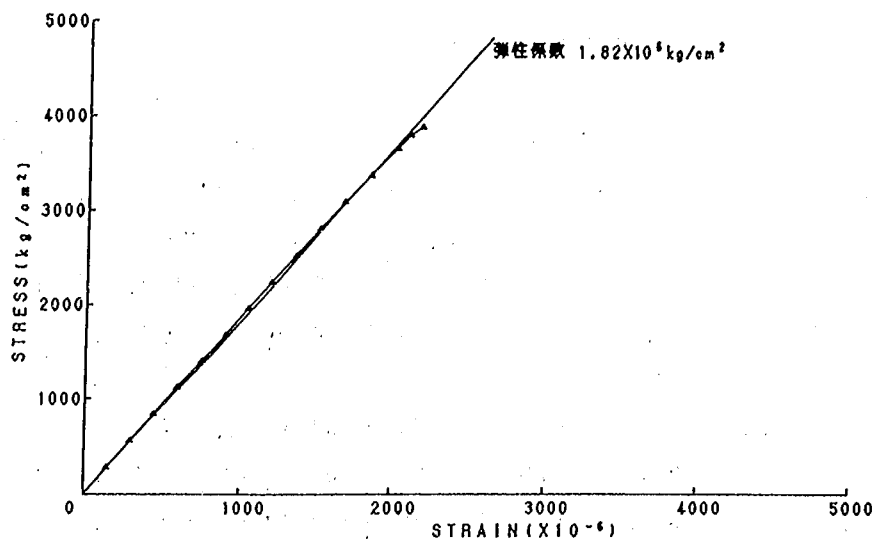
コンクリート圧縮応力-ひずみ線図

鉄筋の引張強度試験結果②

* P C - 1、2

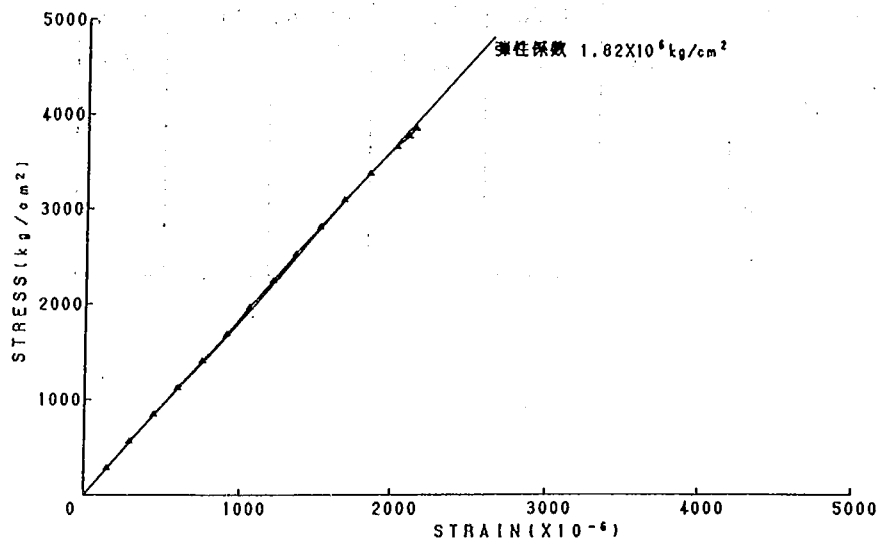
鉄筋の種類	降伏荷重	最大荷重	降伏点応力	降伏点ひずみ	引張強さ	標点距離(m)		伸び	公称断面積
	(tf)	(tf)	(kg/cm ²)	$\times 10^{-3}$	(kg/cm ²)	試験前	試験	(%)	(cm ²)
D10-4	2.76	3.98	3869	2180	5580	79.80	94.80	18.8	
D10-5	2.74	4.02	3841	2135	5636	80.45	95.95	18.7	0.713
D10-6	2.71	3.98	3799	2064	5580	80.40	94.35	17.4	
平均値	—	—	3836	2126	5599	—	—	18.3	
D13-4	4.45	6.60	3512	1805	5209	102.80	125.80	22.4	
D13-5	4.42	6.69	3489	1904	5280	104.85	128.00	22.1	1.267
D13-6	4.41	6.65	3481	1855	5249	103.20	125.00	21.1	
平均値	—	—	3494	1855	5246	—	—	21.9	
D19-4	10.58	15.68	3693	1847	5473	152.90	182.20	19.2	
D19-5	10.54	15.63	3679	1930	5456	152.90	180.75	18.2	2.865
D19-6	10.49	15.56	3661	1928	5431	152.60	180.65	18.4	
平均値	—	—	3678	1902	5453	—	—	18.6	
PC-1		24.60							
PC-2		24.25							
PC-3		25.60							
平均値		24.82							

D10-4



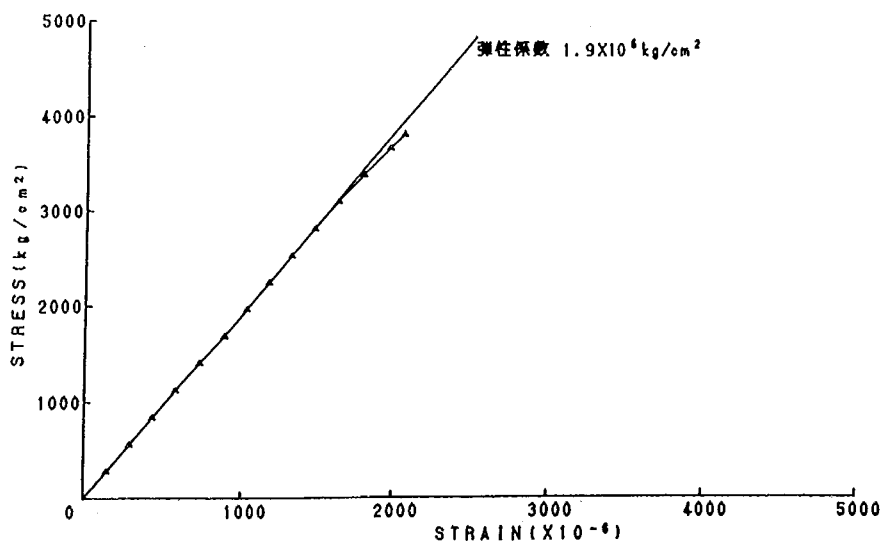
鉄筋引張応力-ひずみ線図

D10-5



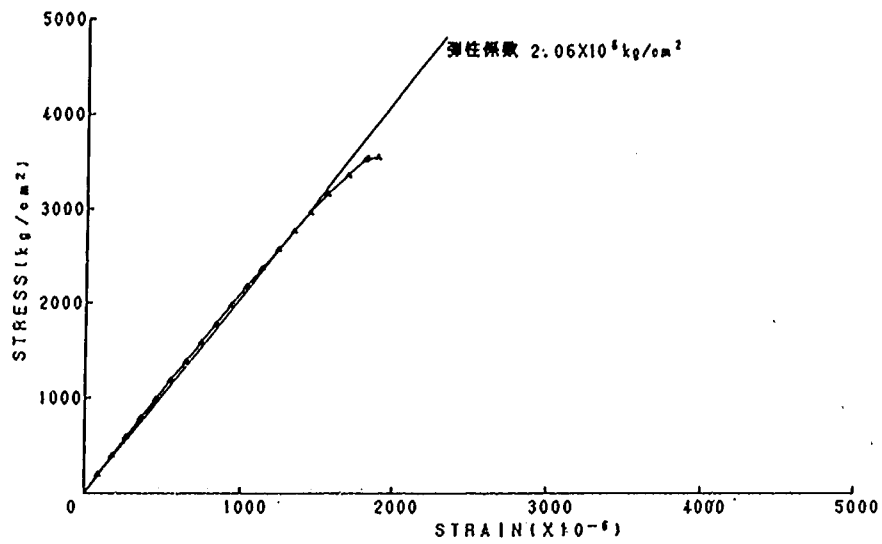
鉄筋引張応力-ひずみ線図

D10-6



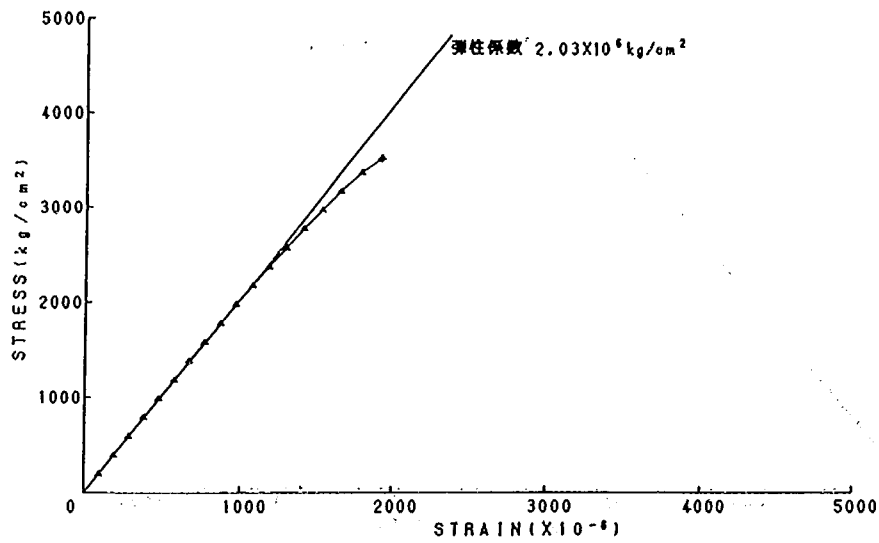
鉄筋引張応力-ひずみ線図

D13-4



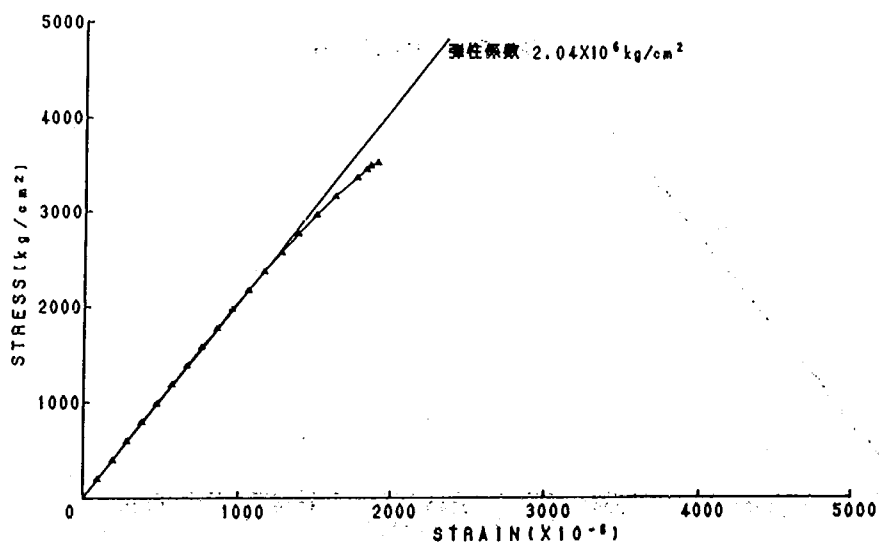
鉄筋引張応力-ひずみ線図

D13-5



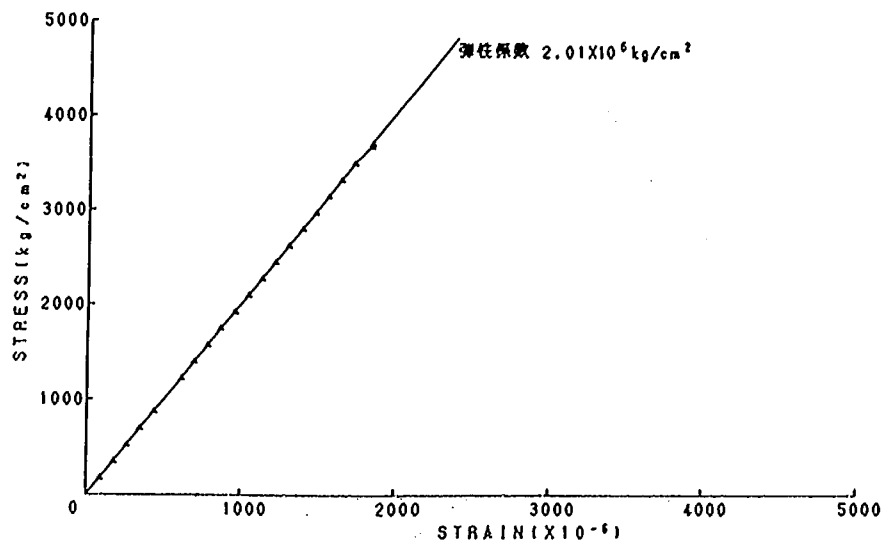
鉄筋引張応力-ひずみ線図

D13-6



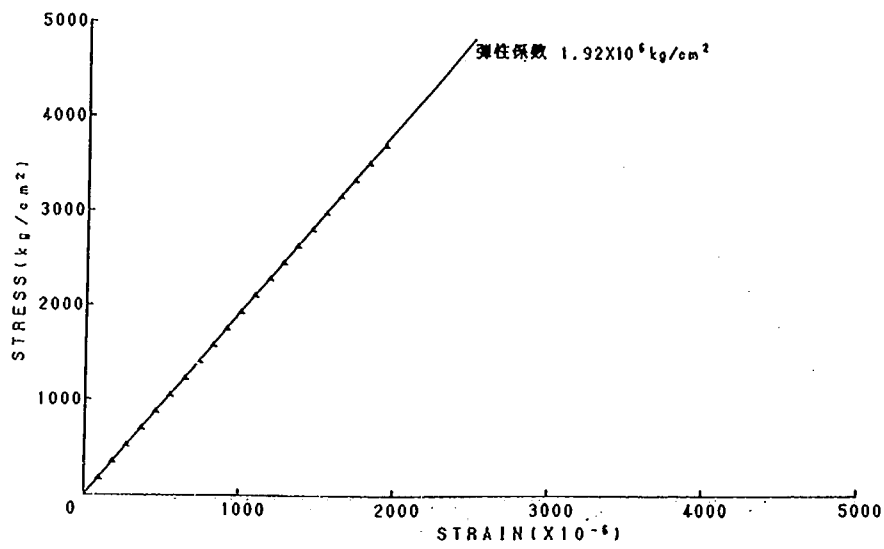
鉄筋引張応力-ひずみ線図

D19-4



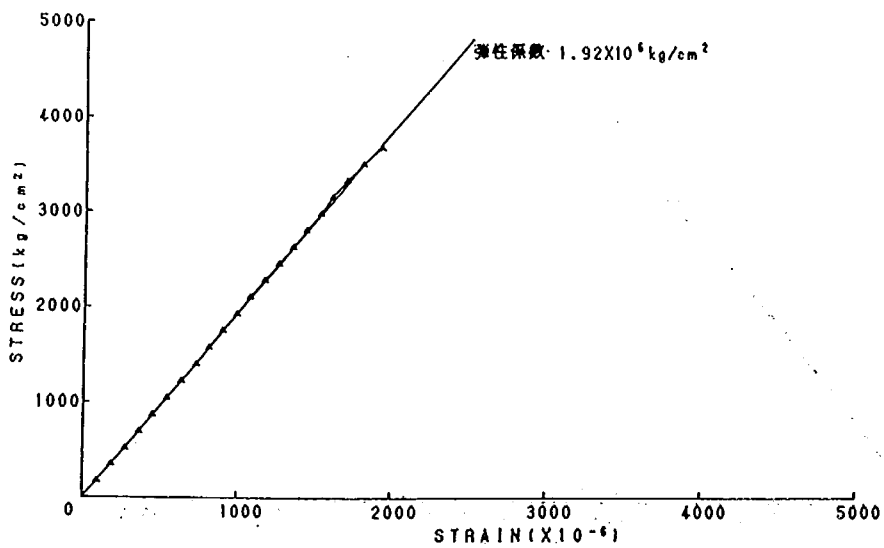
鉄筋引張応力-ひずみ線図

D19-5

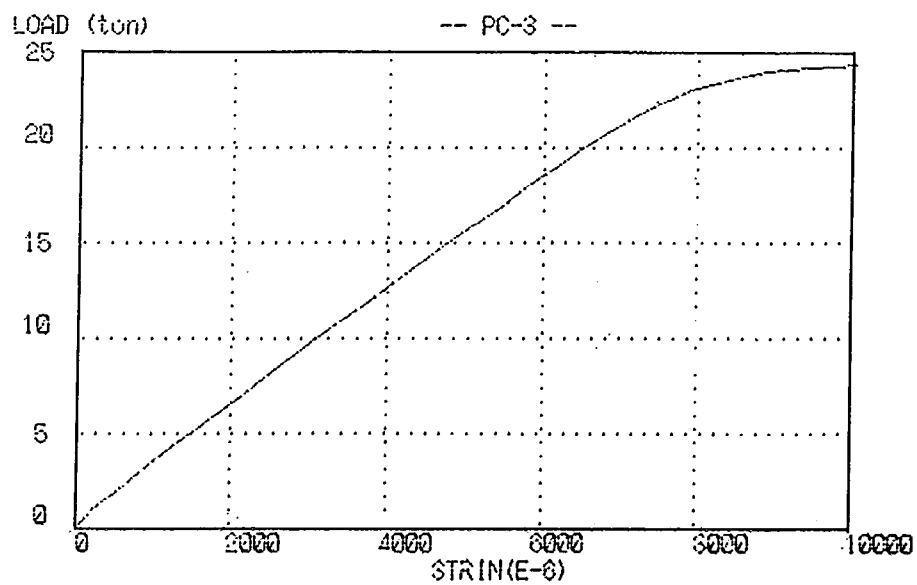
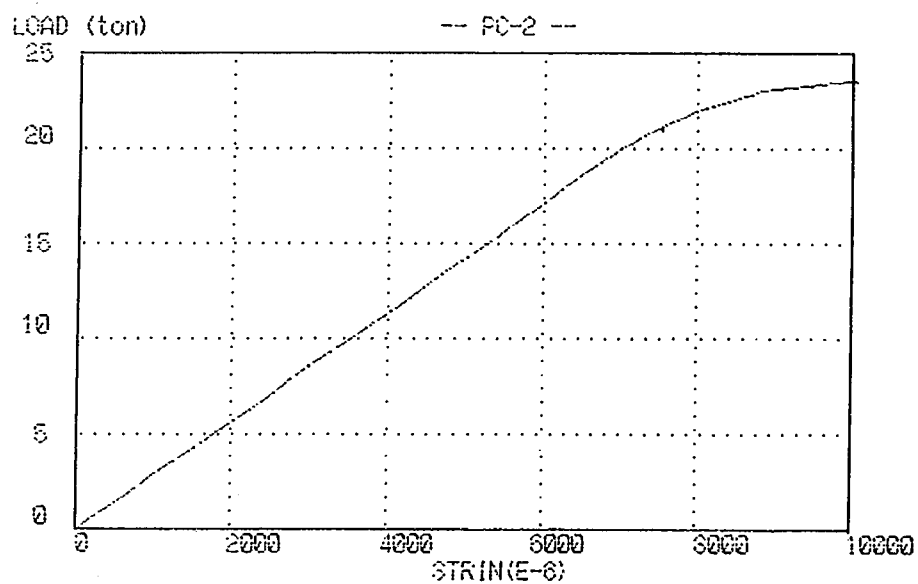
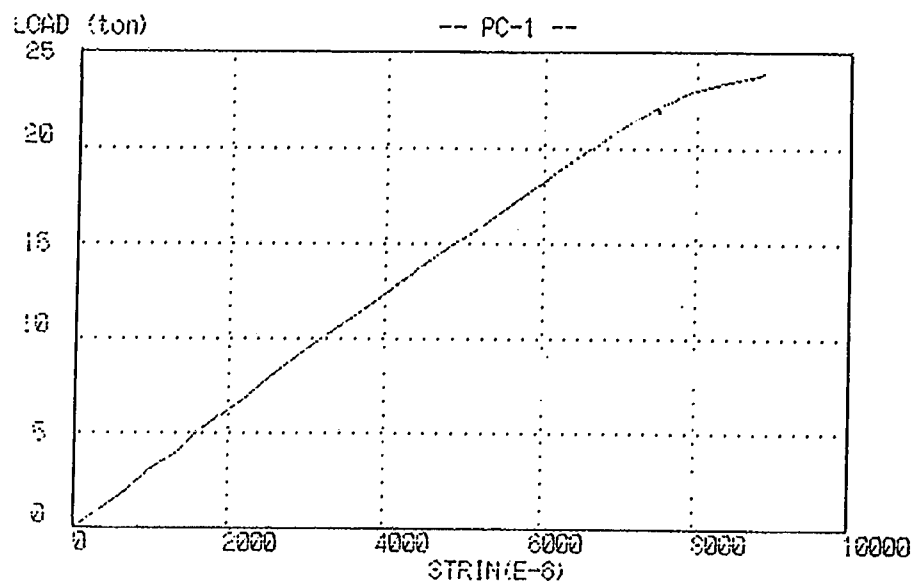


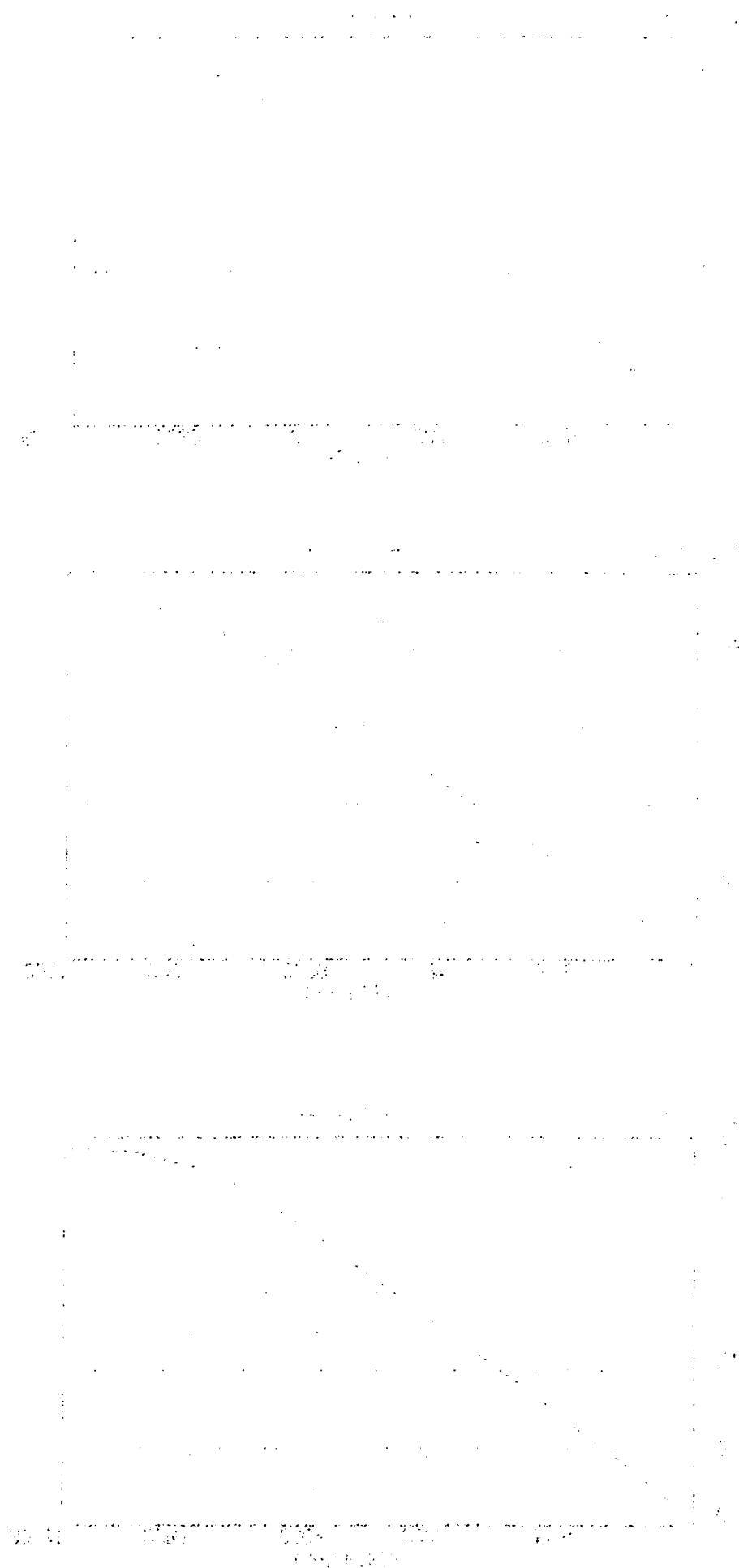
鉄筋引張応力-ひずみ線図

D19-6



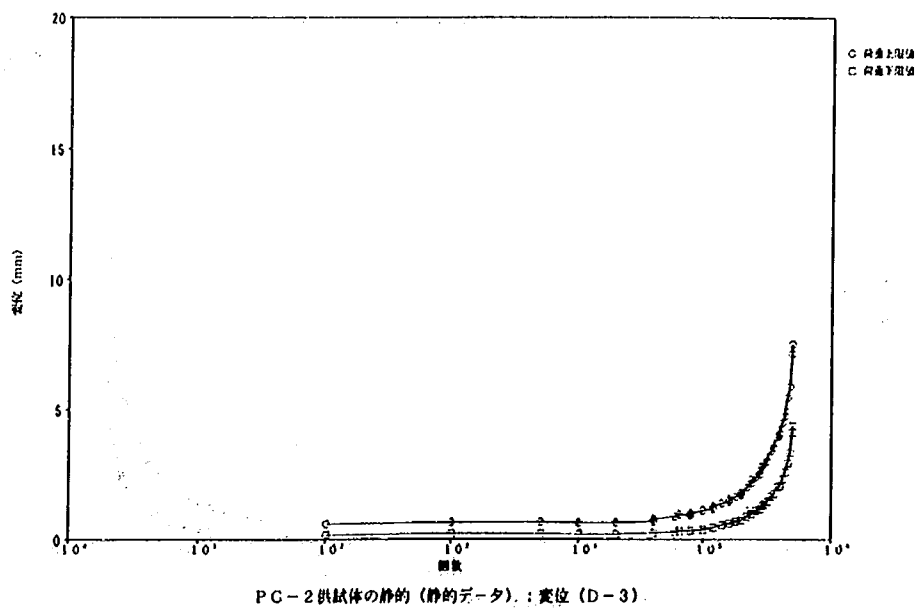
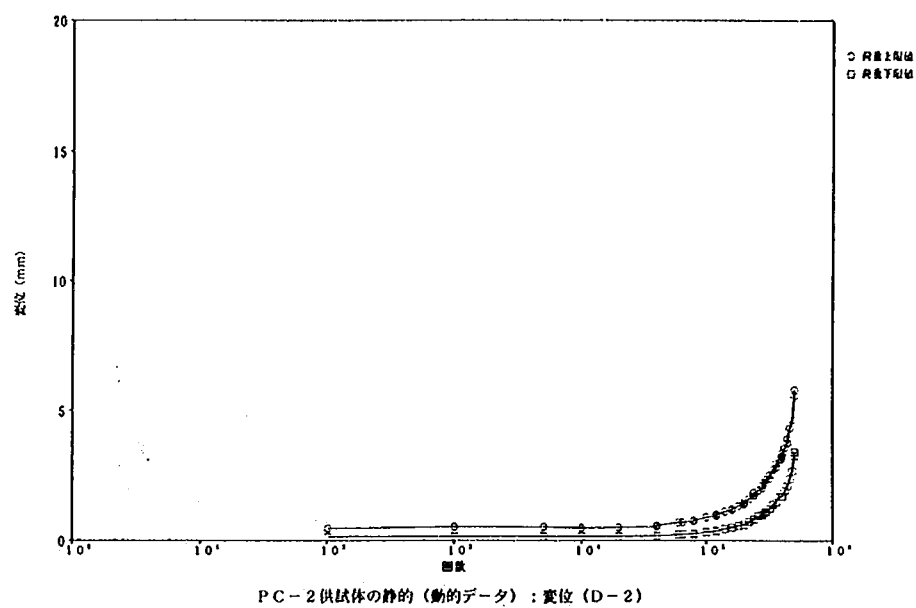
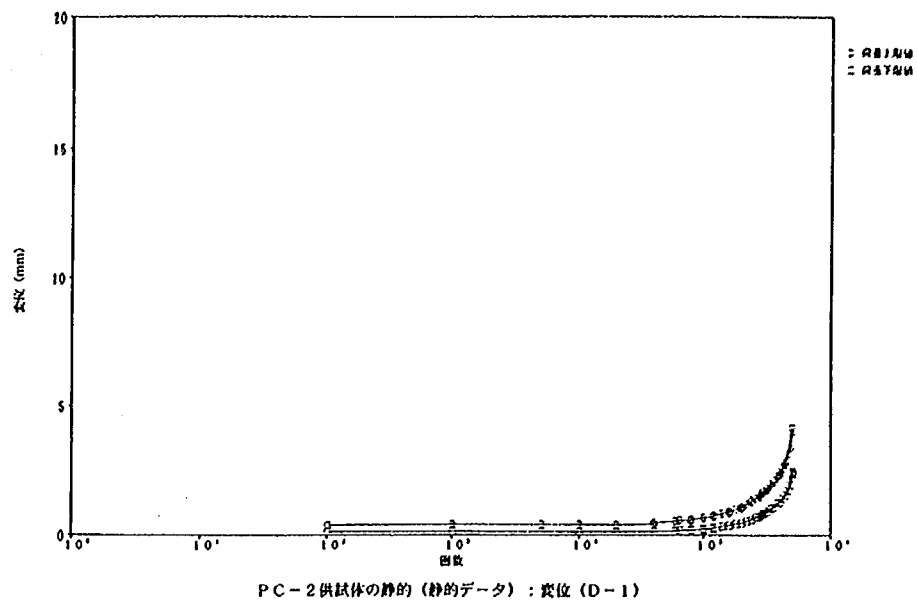
鉄筋引張応力-ひずみ線図

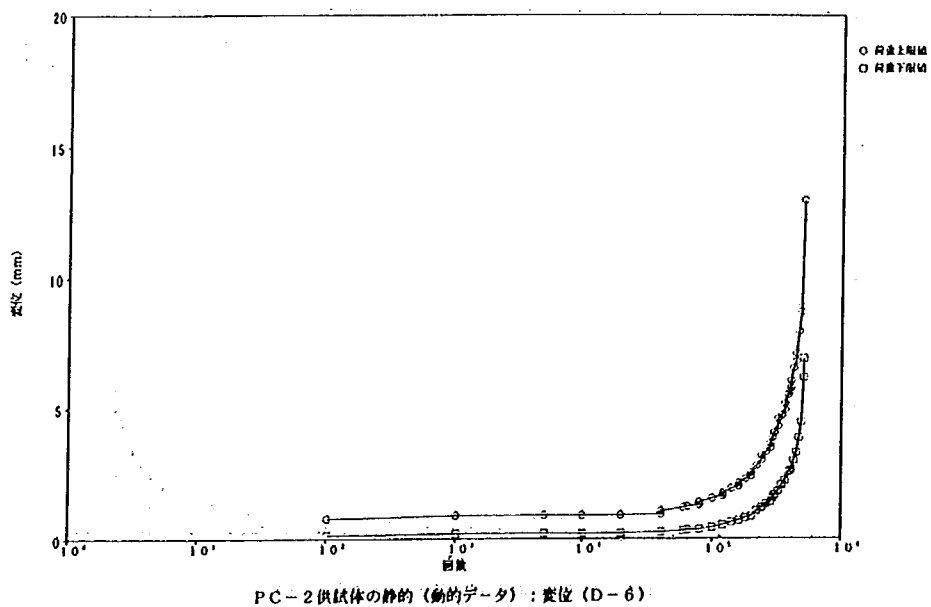
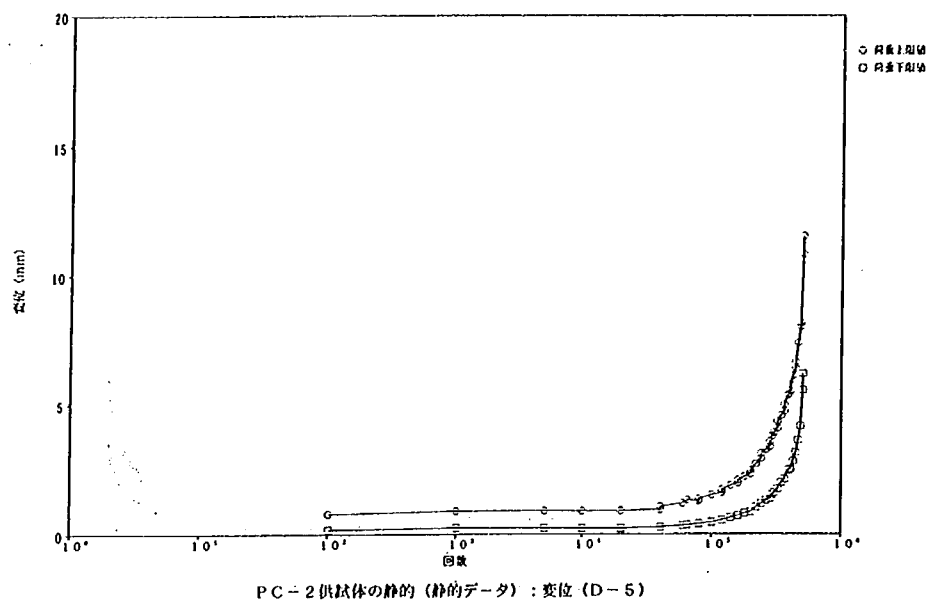
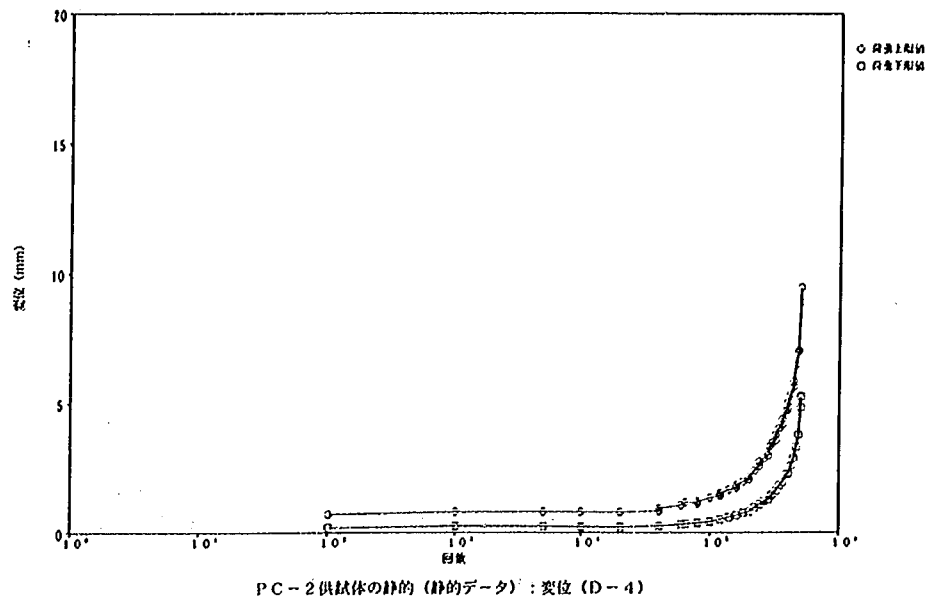


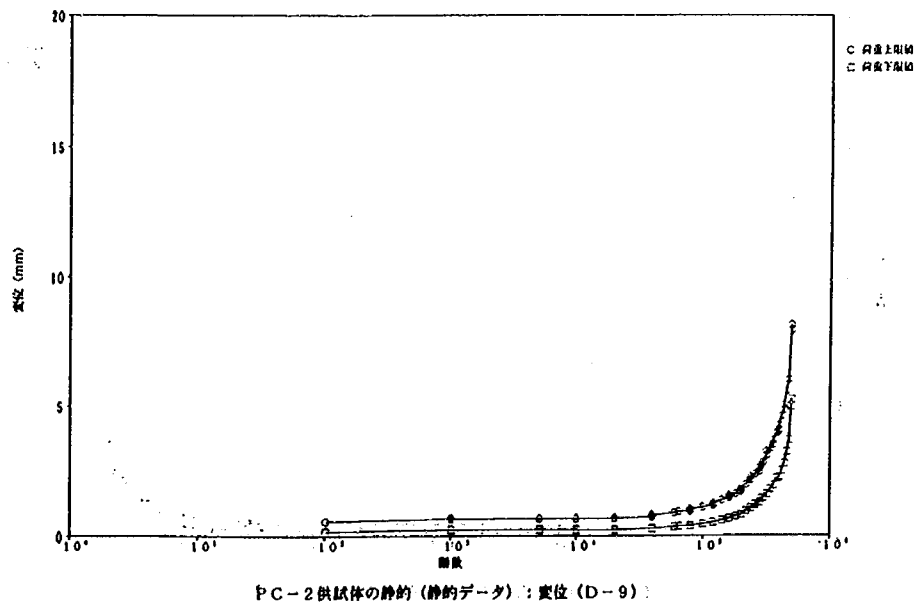
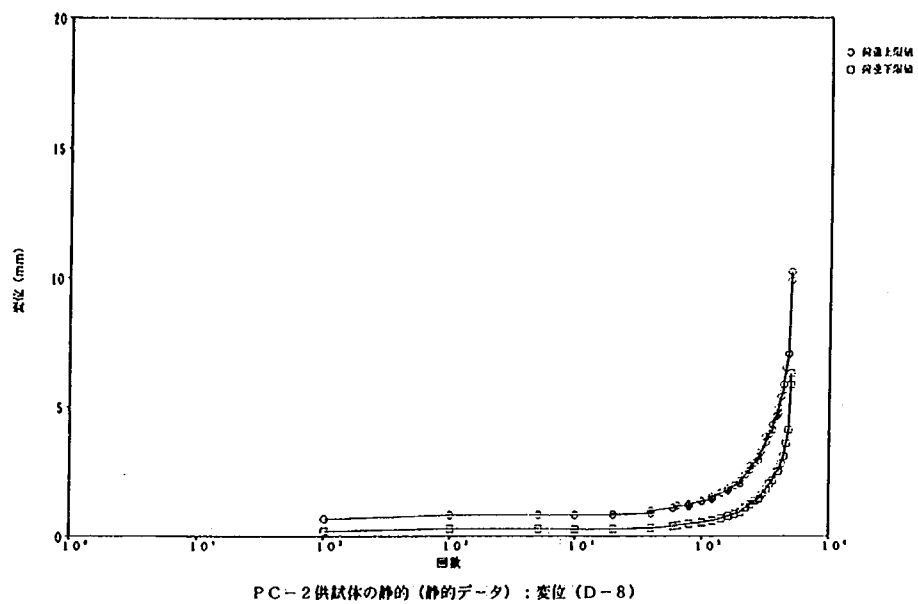
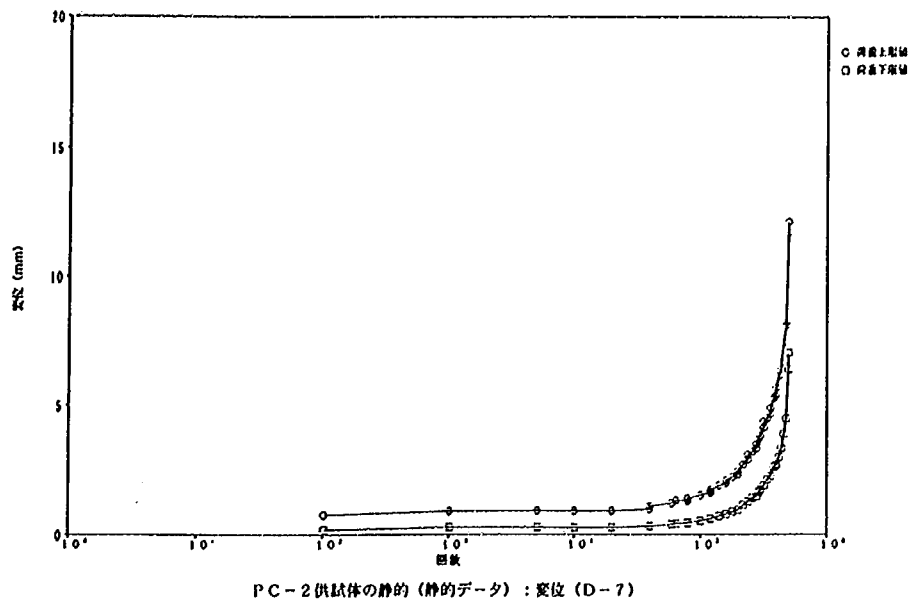


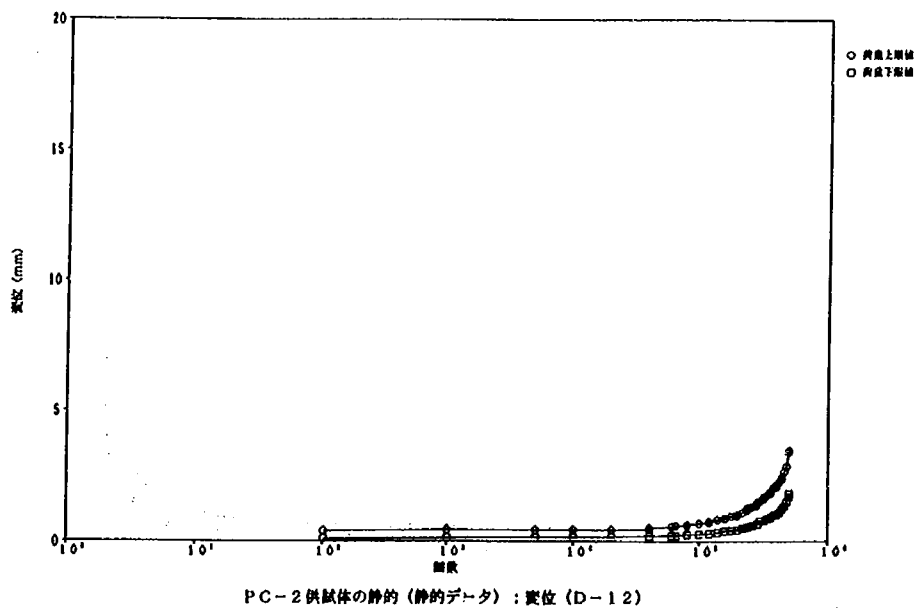
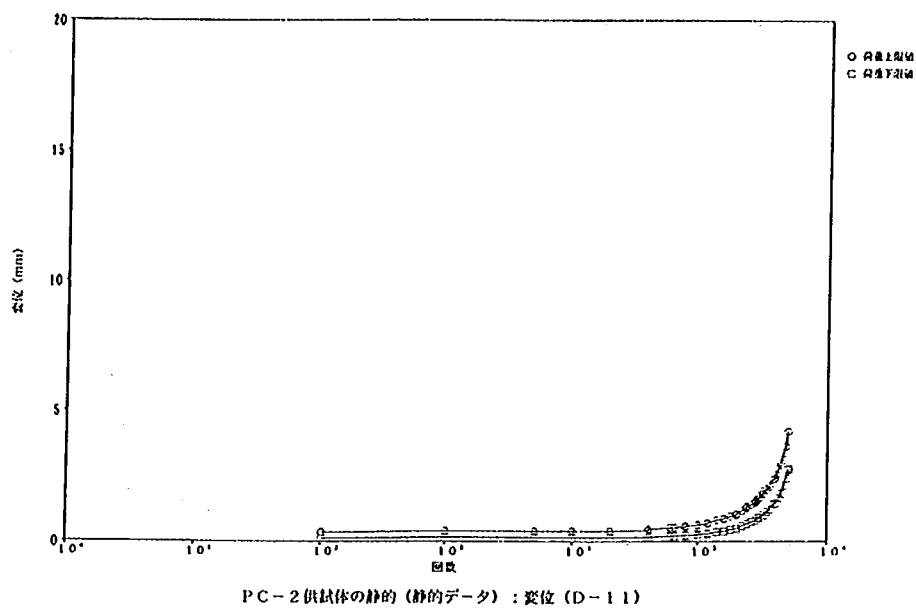
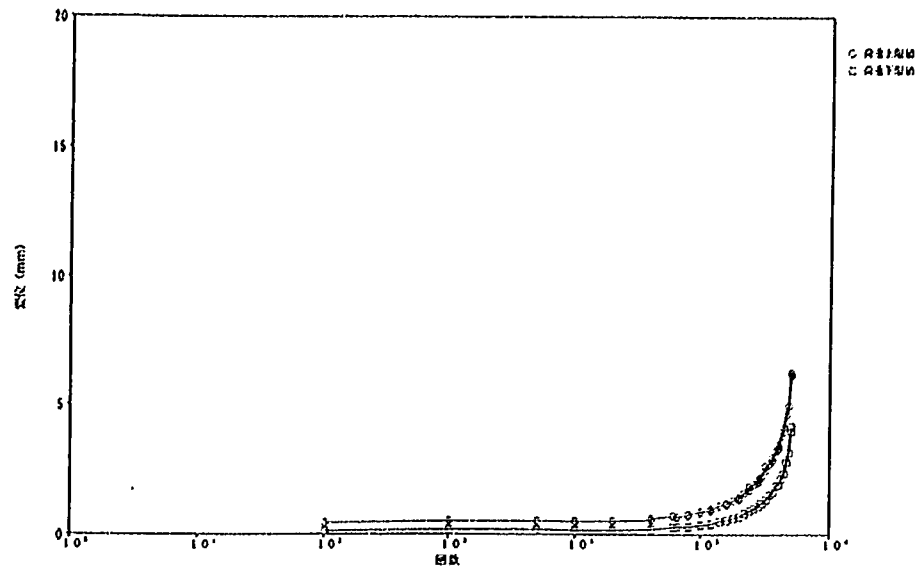
2) 載荷回数と床版変位との関係

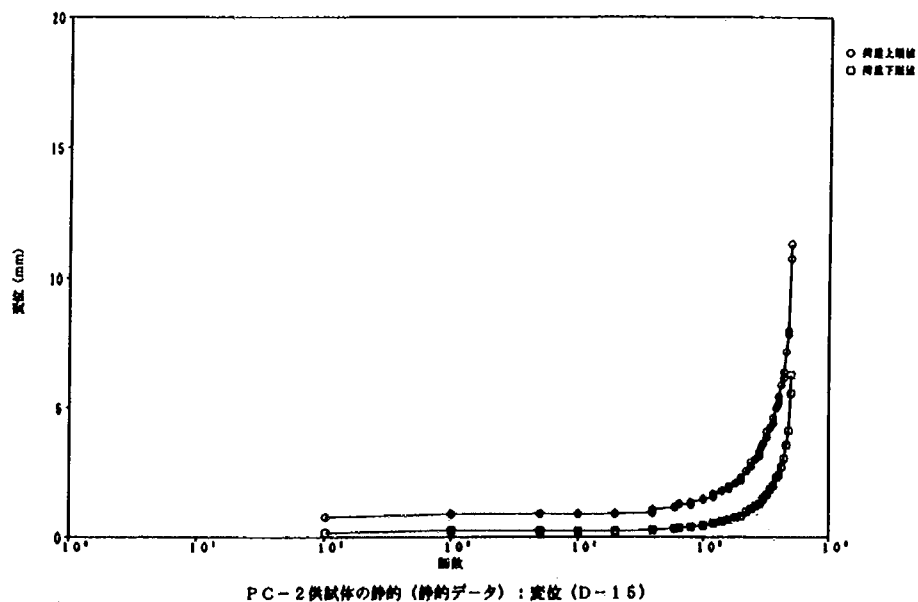
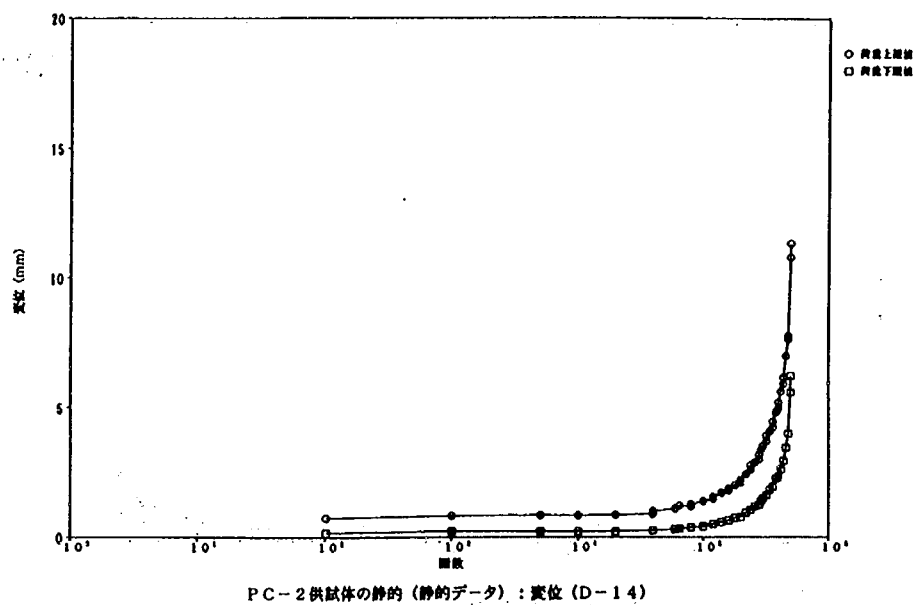
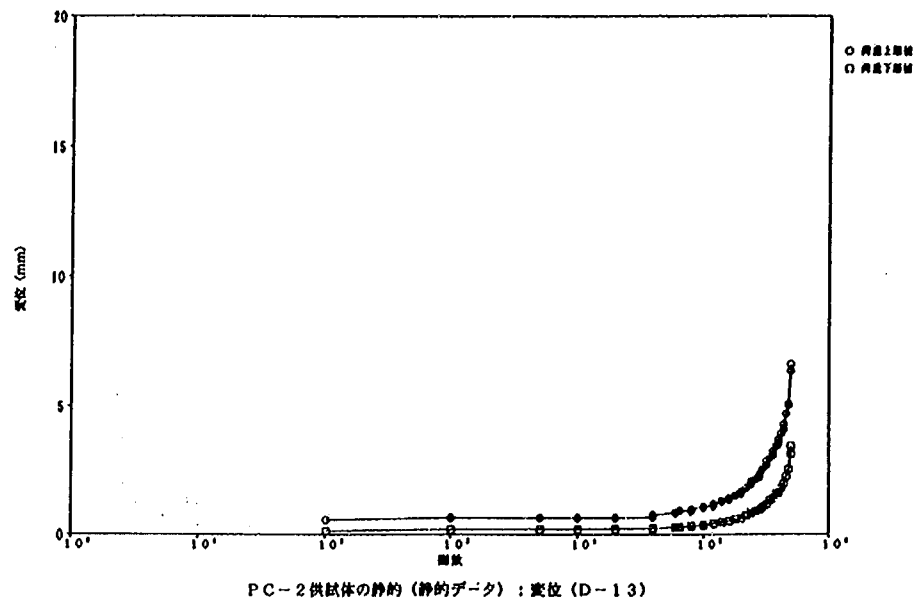
THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY

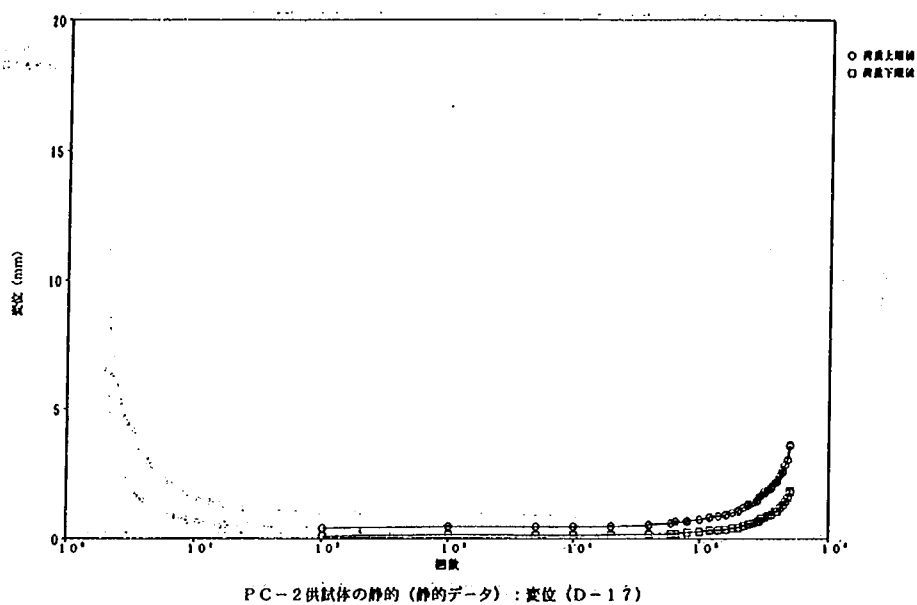
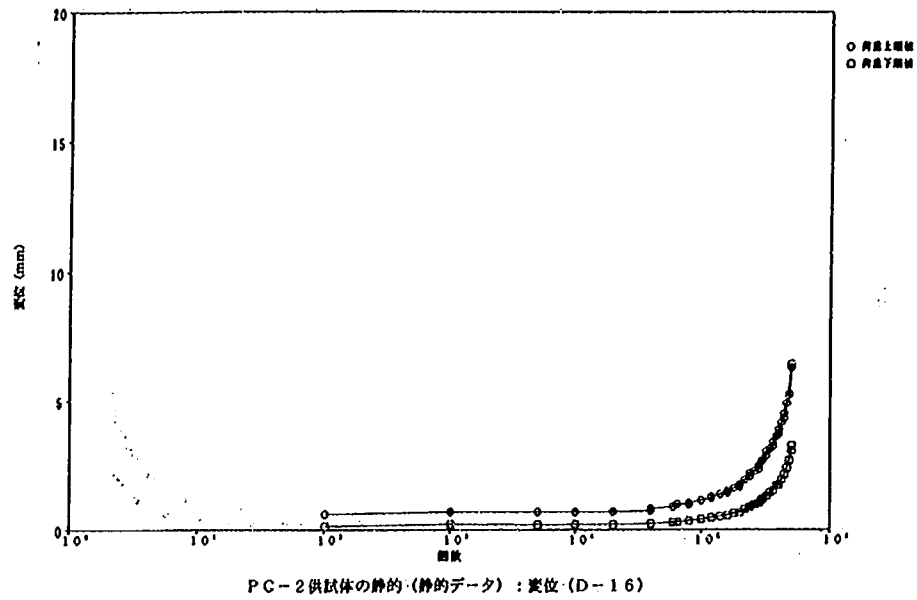






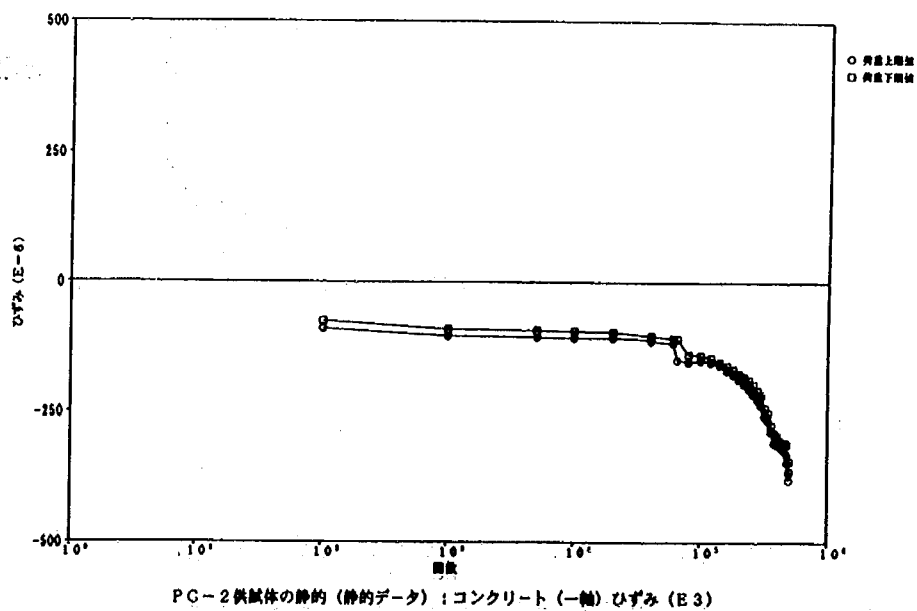
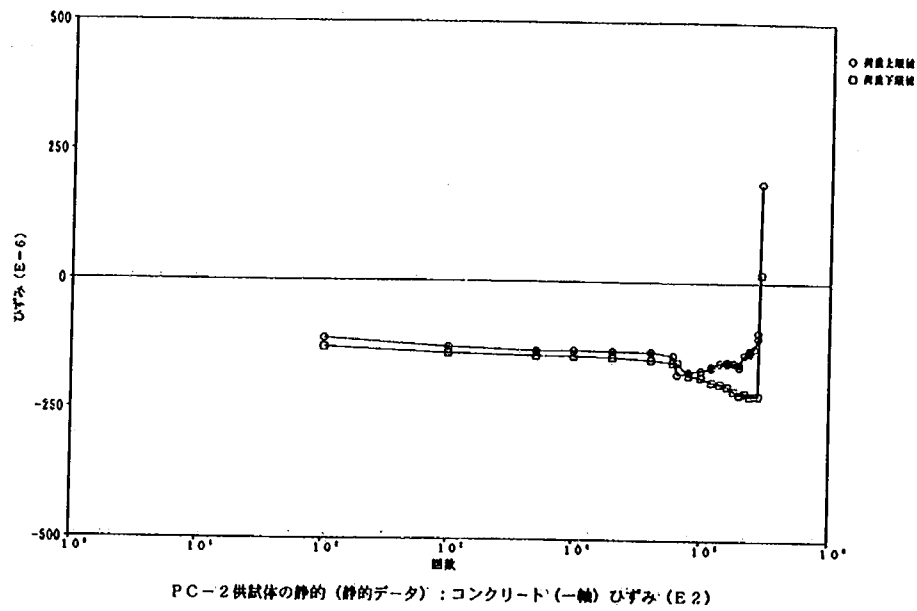
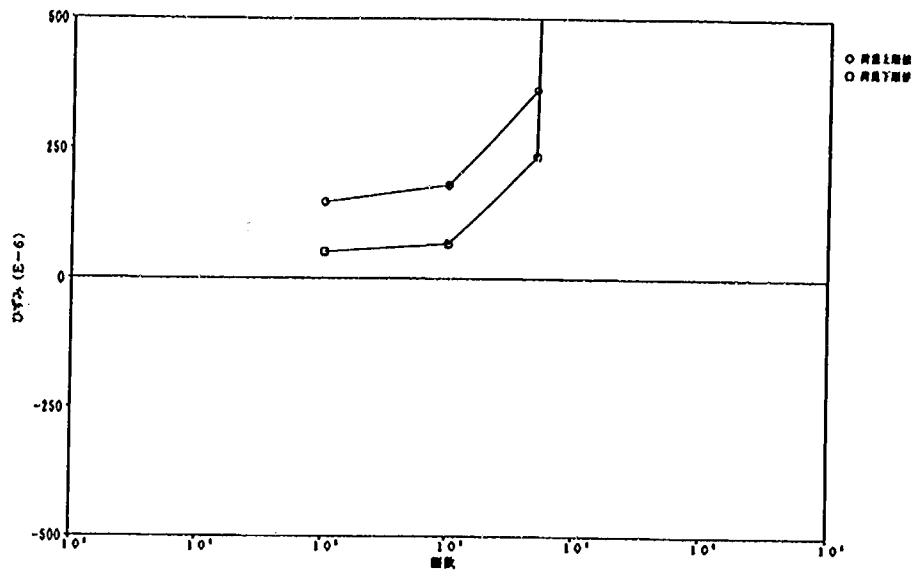


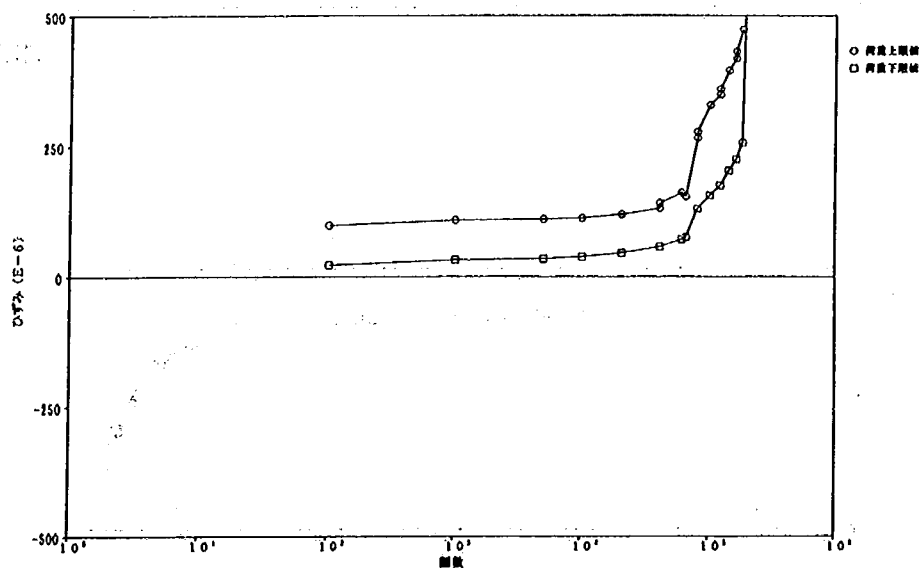
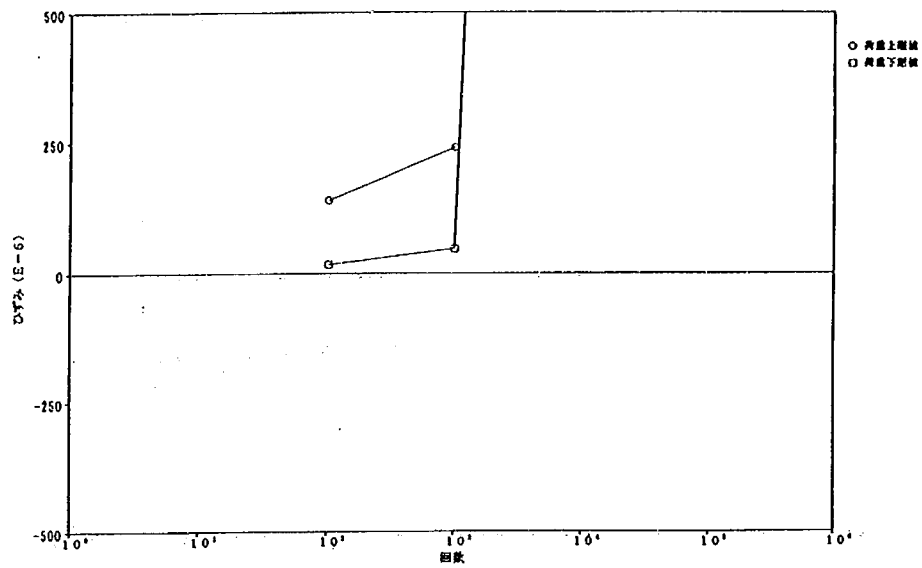
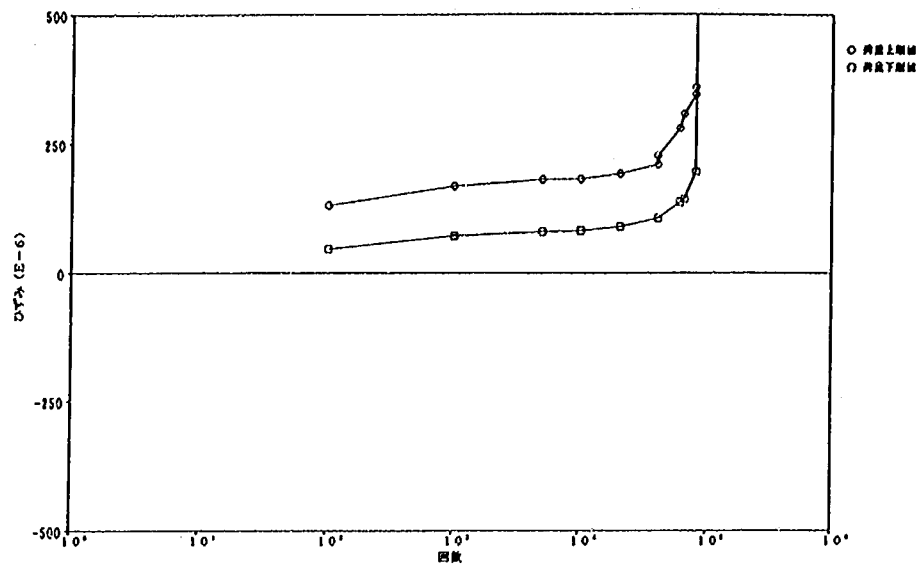


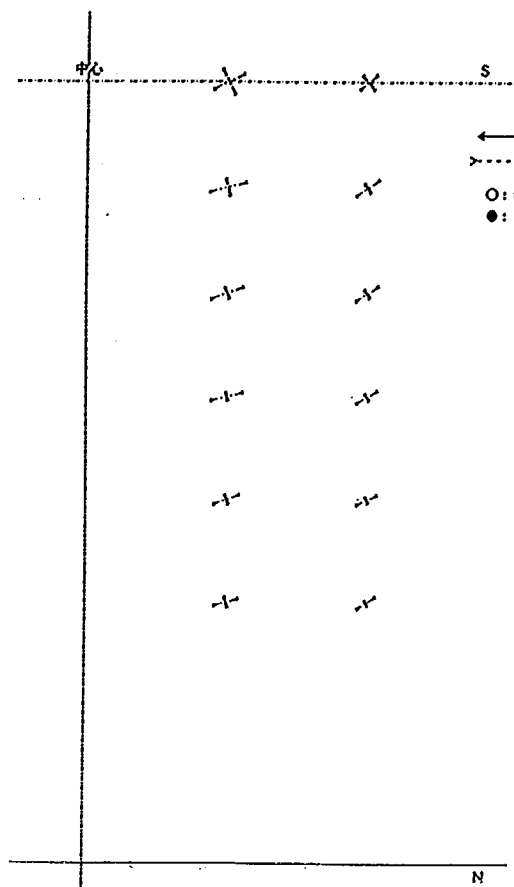


3) 載荷回数と床版ひずみとの関係

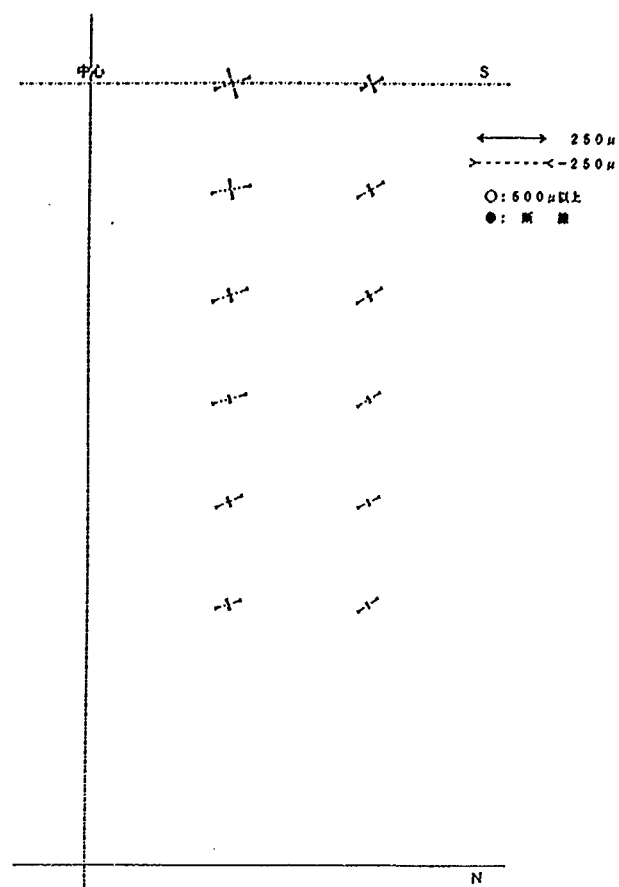
1. *Journal of the American Medical Association*, 1997; 277: 1039-1043.



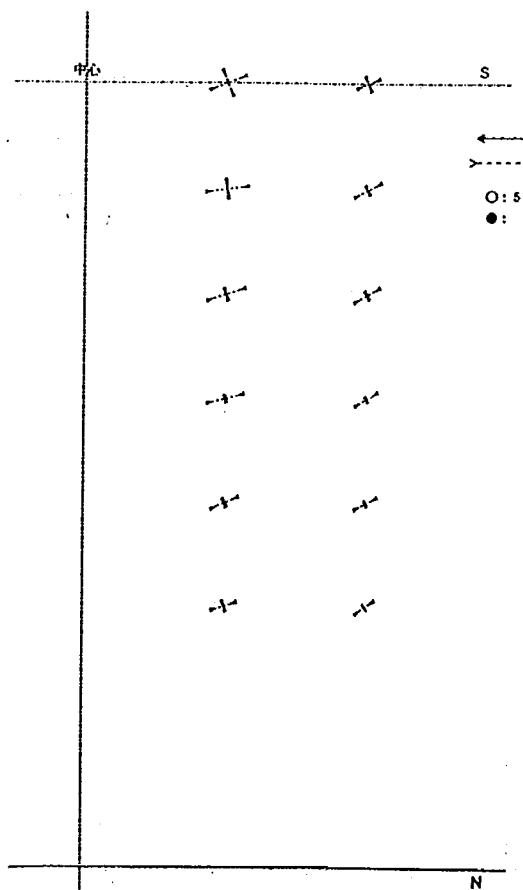




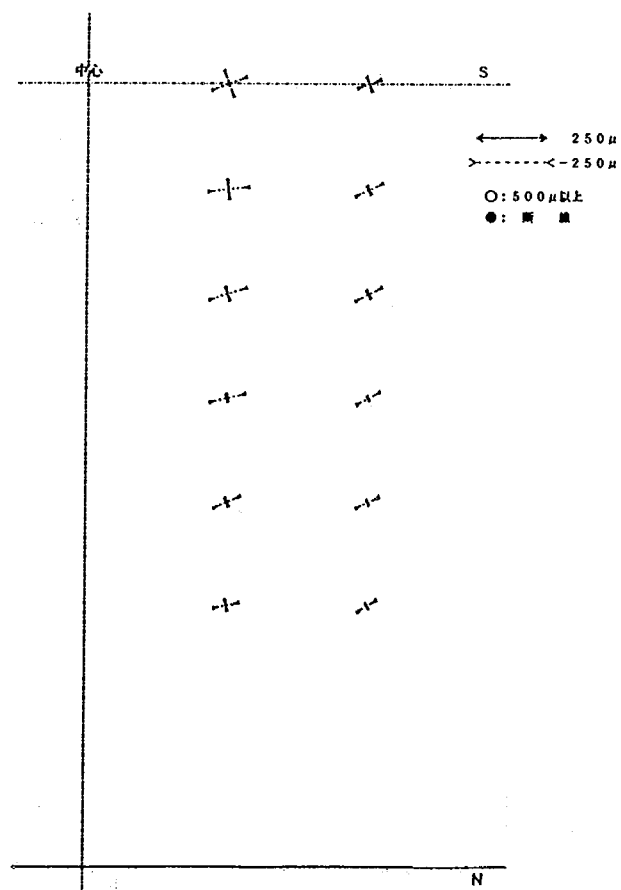
主ひずみ分布図 (PC-2 供試体) : 1000回



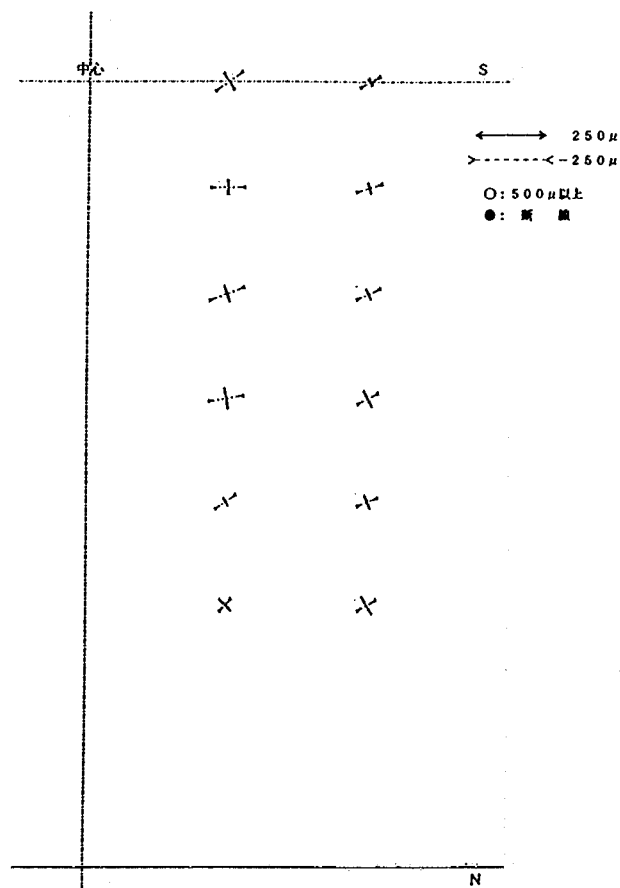
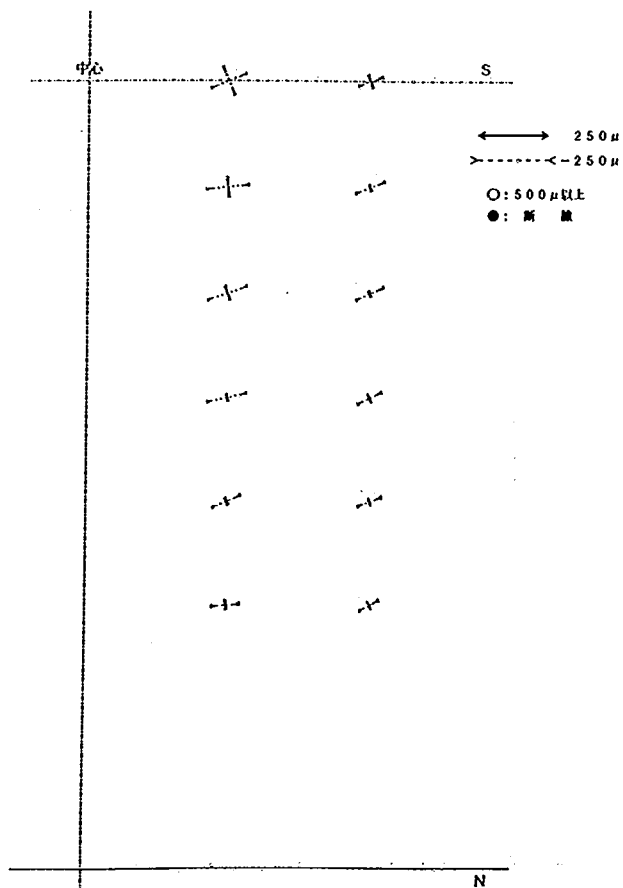
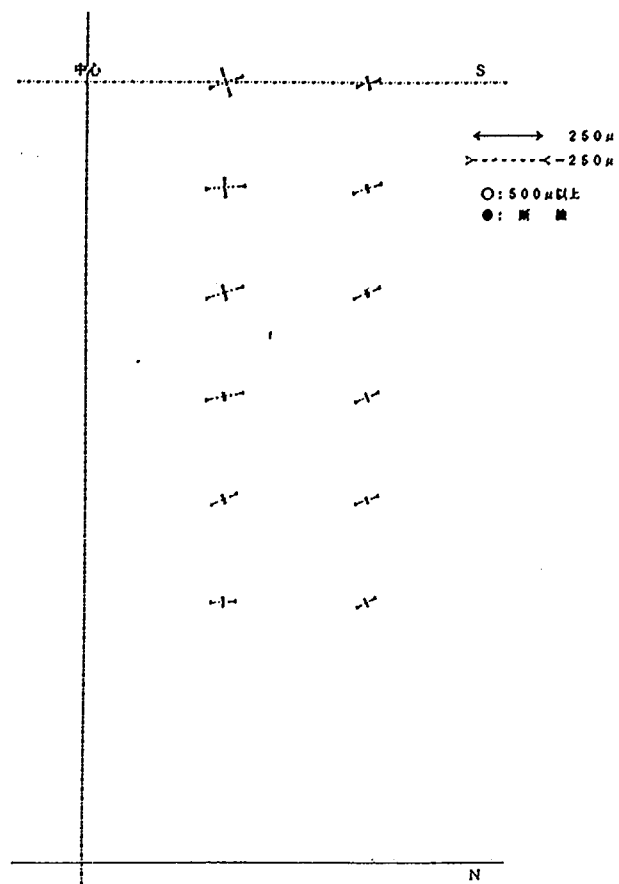
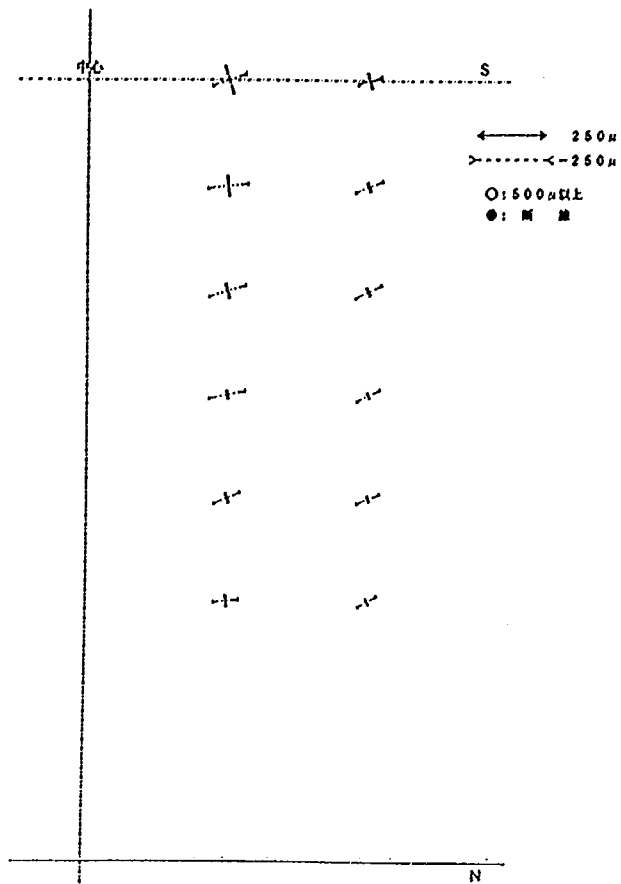
主ひずみ分布図 (PC-2 供試体) : 1000回

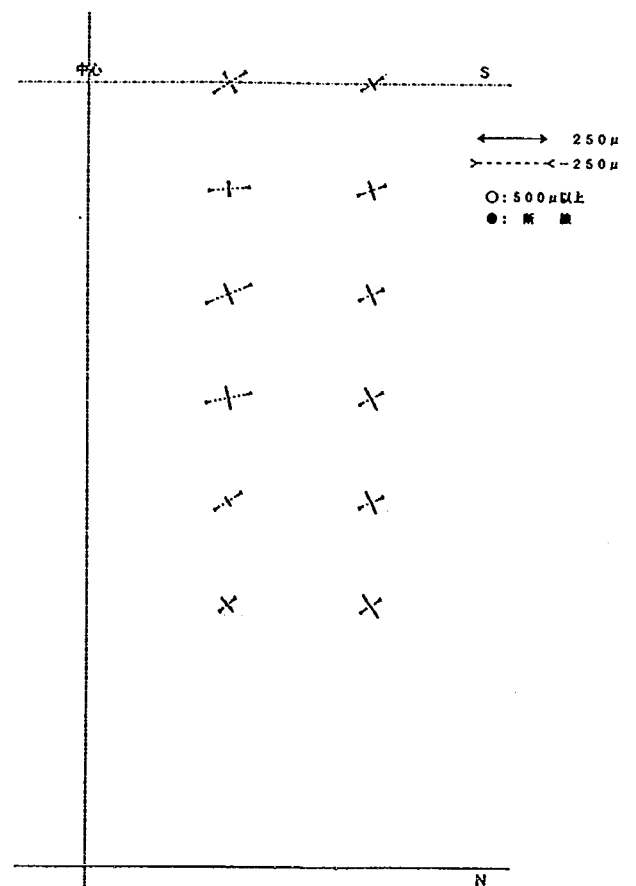
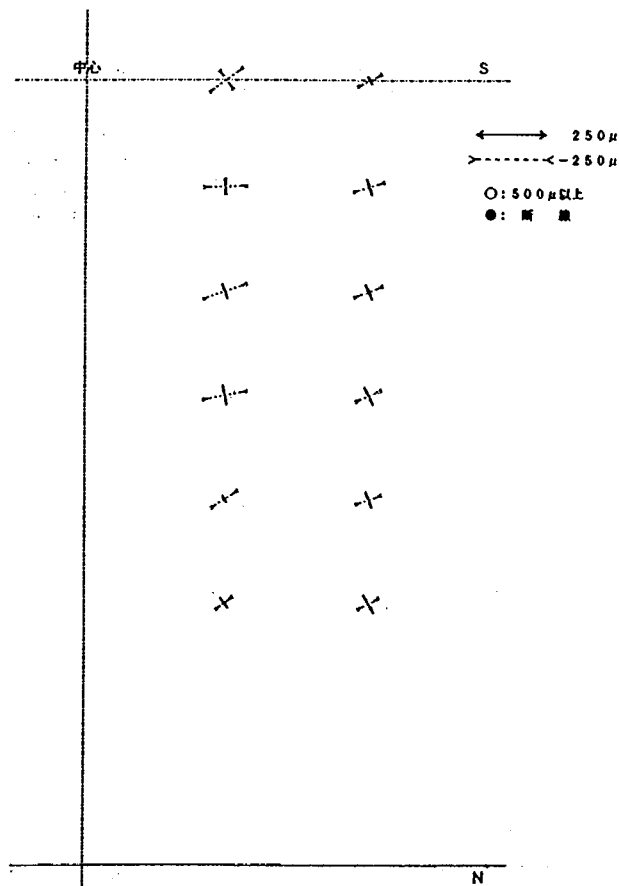
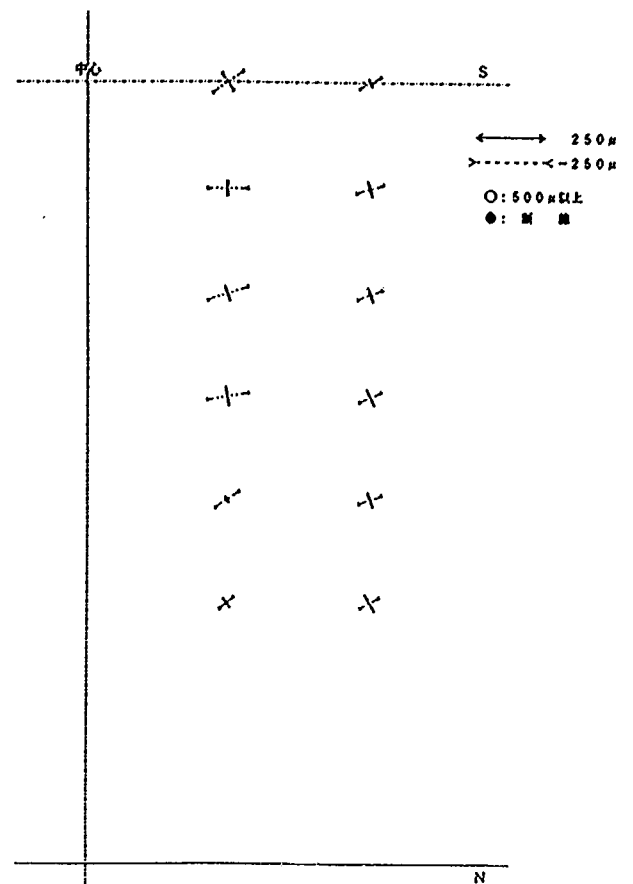
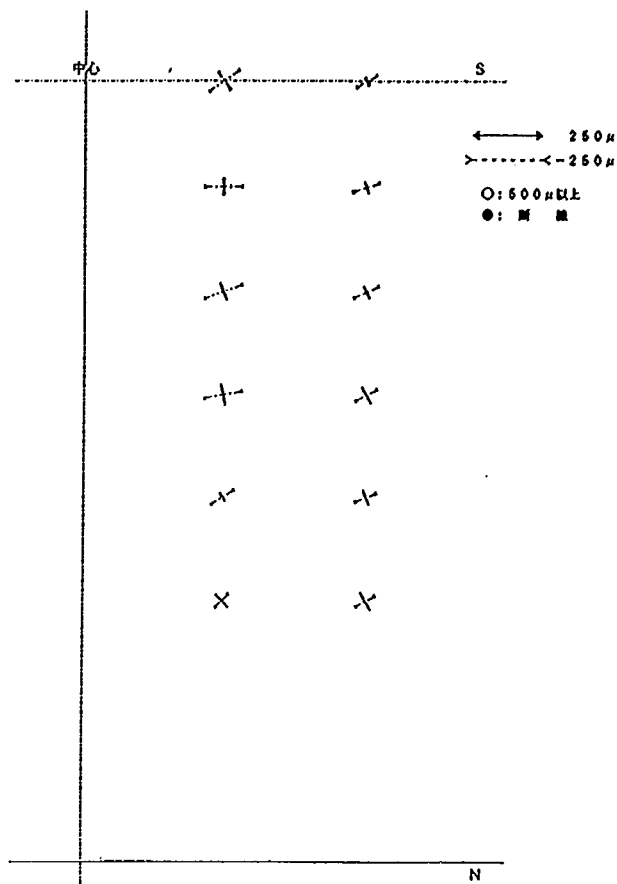


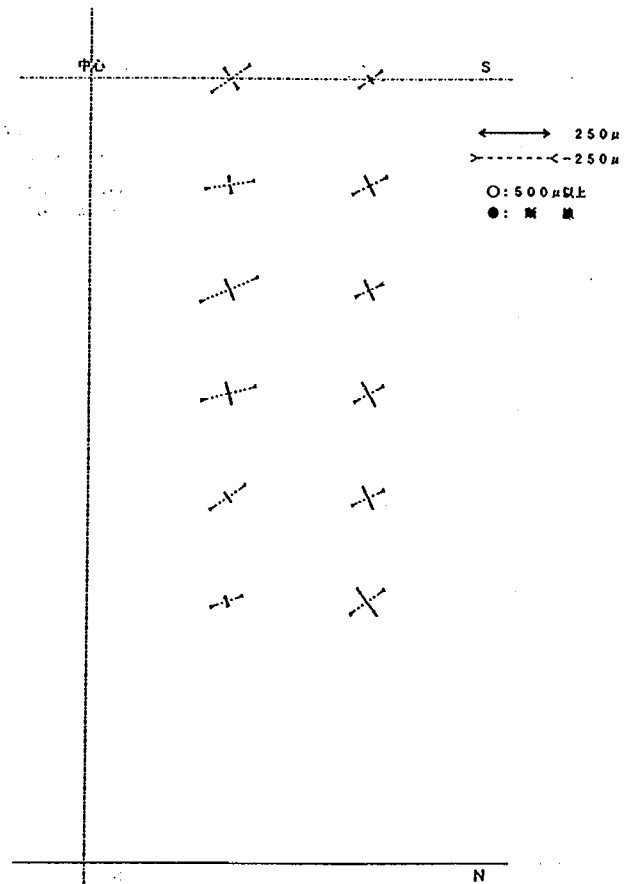
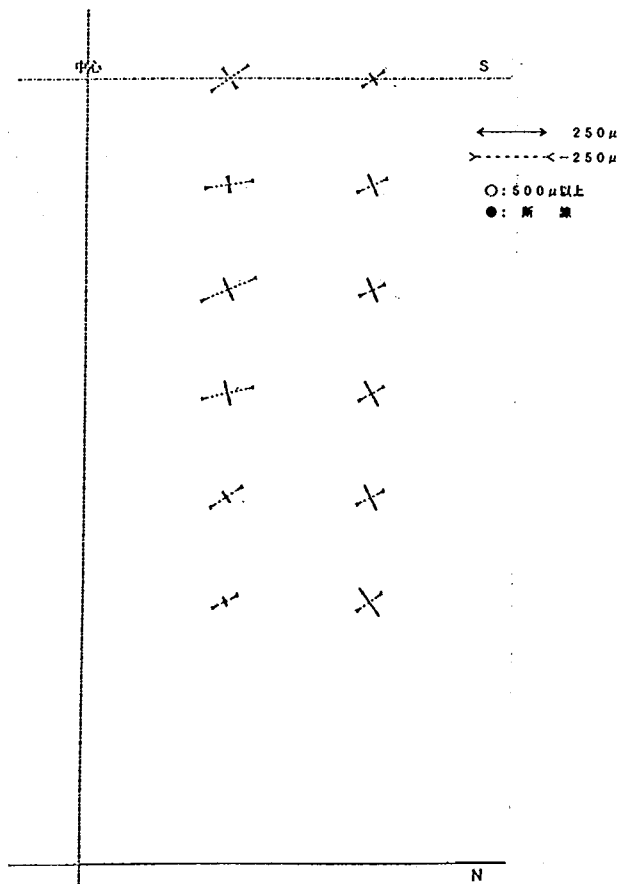
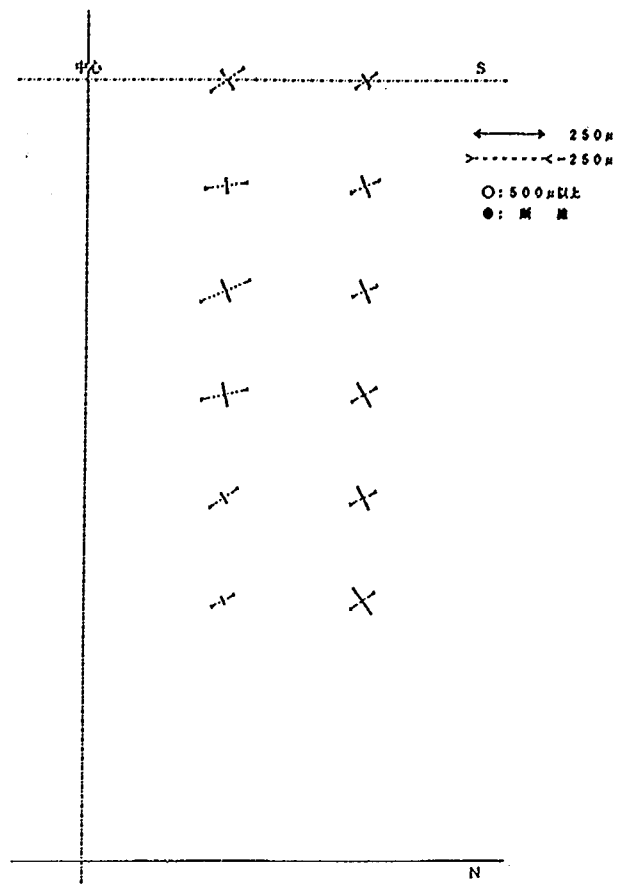
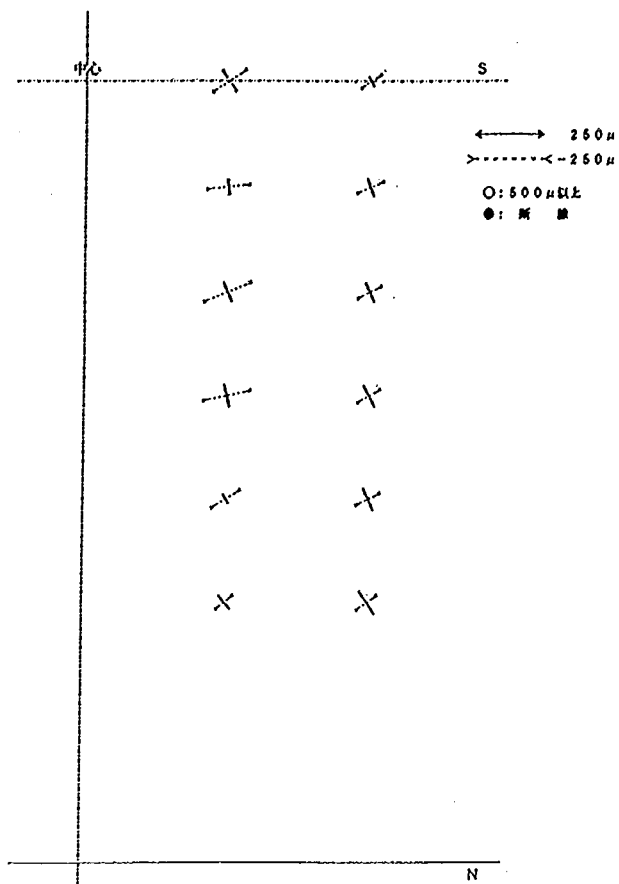
主ひずみ分布図 (PC-2 供試体) : 5000回

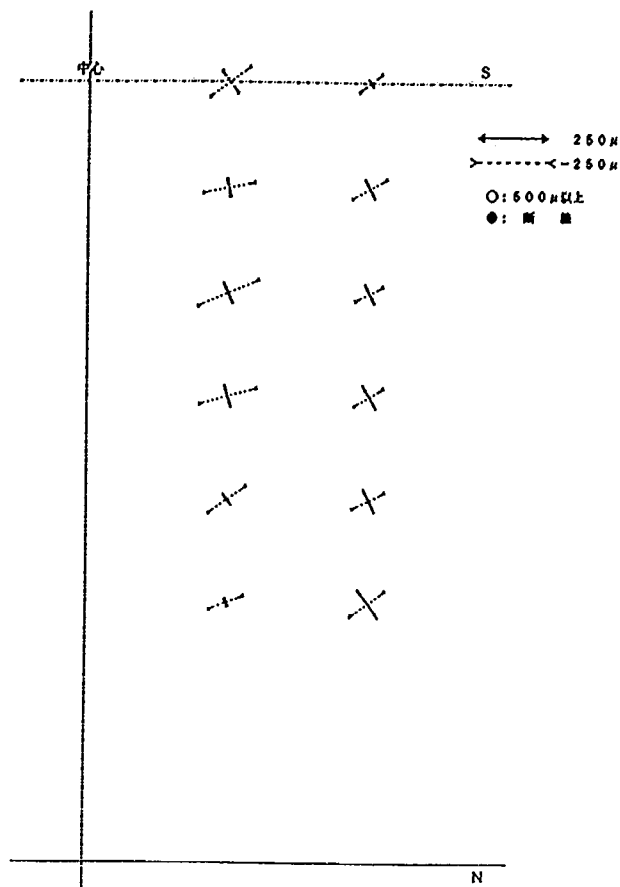


主ひずみ分布図 (PC-2 供試体) : 1万回

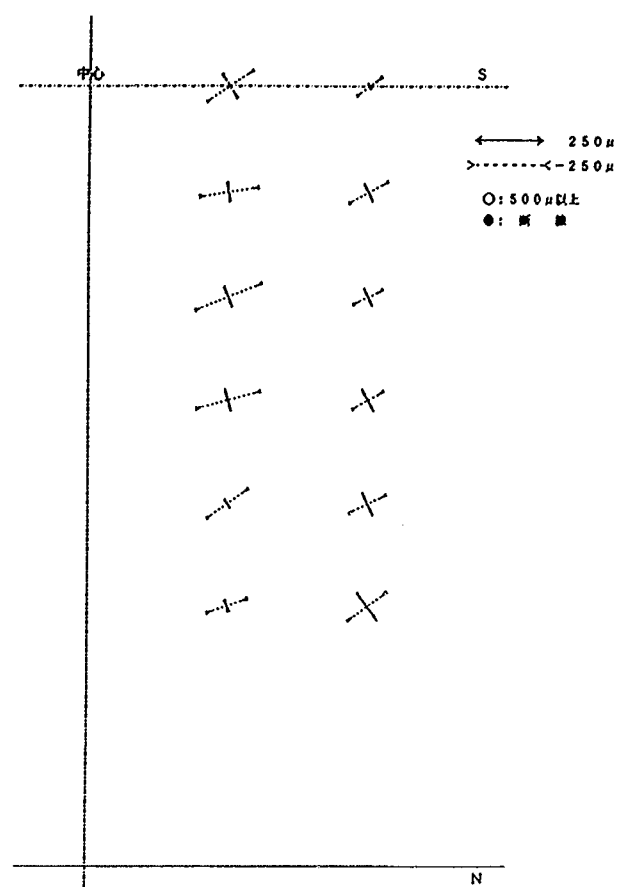




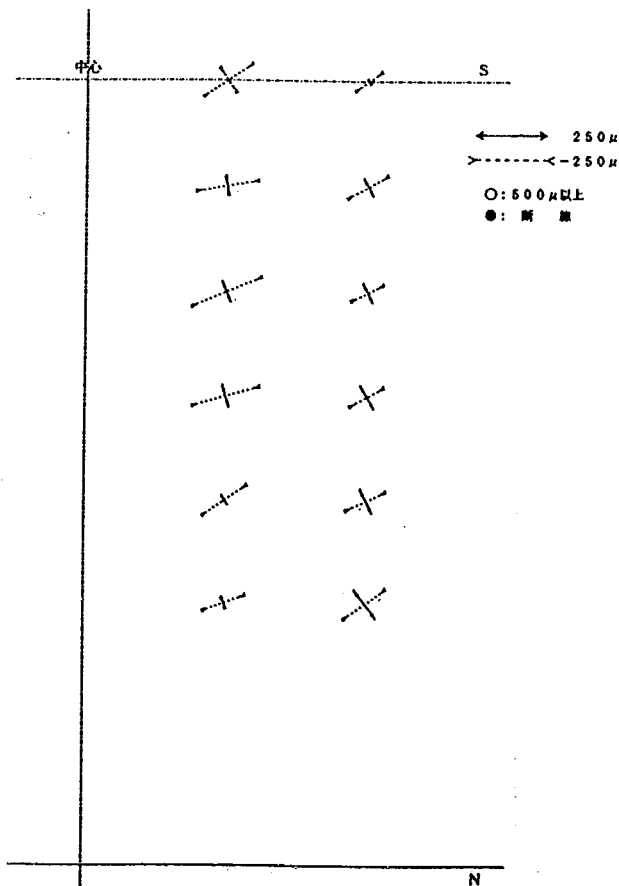




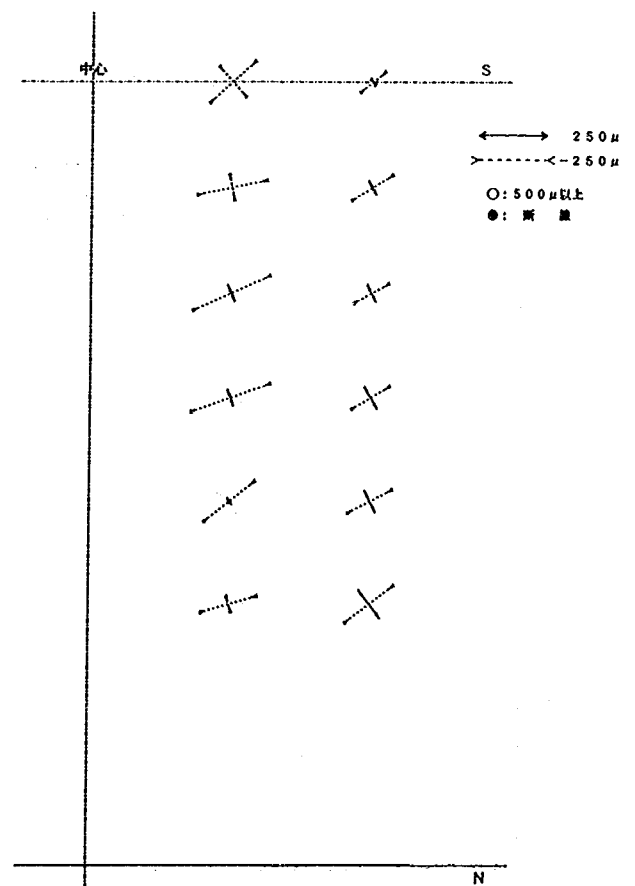
主ひずみ分布図 (PC-2 供試体) : 24 万回 (281)



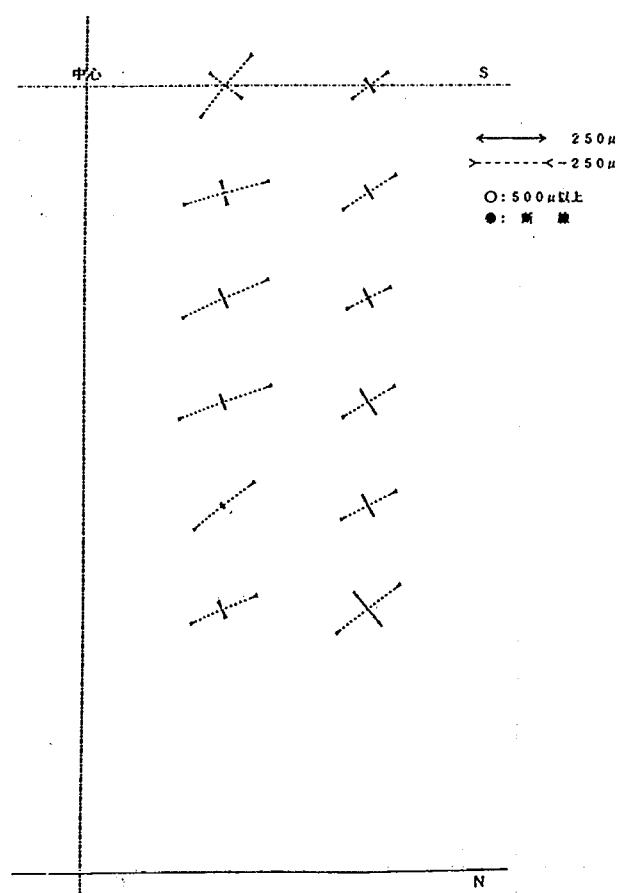
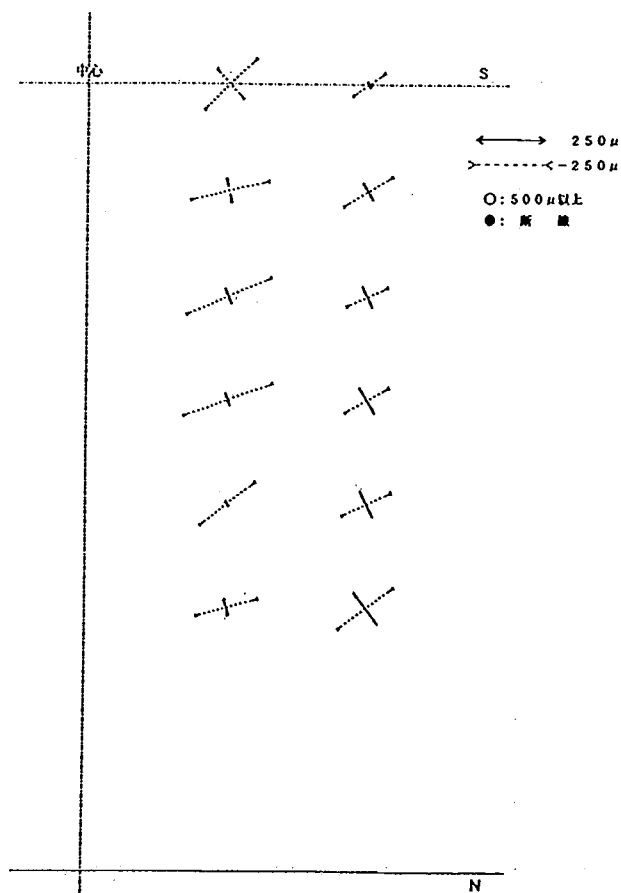
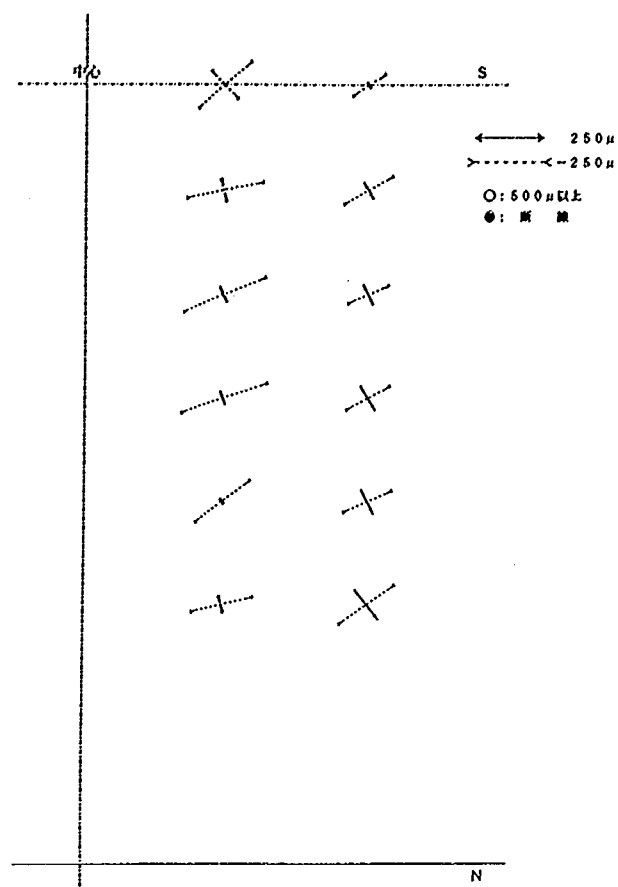
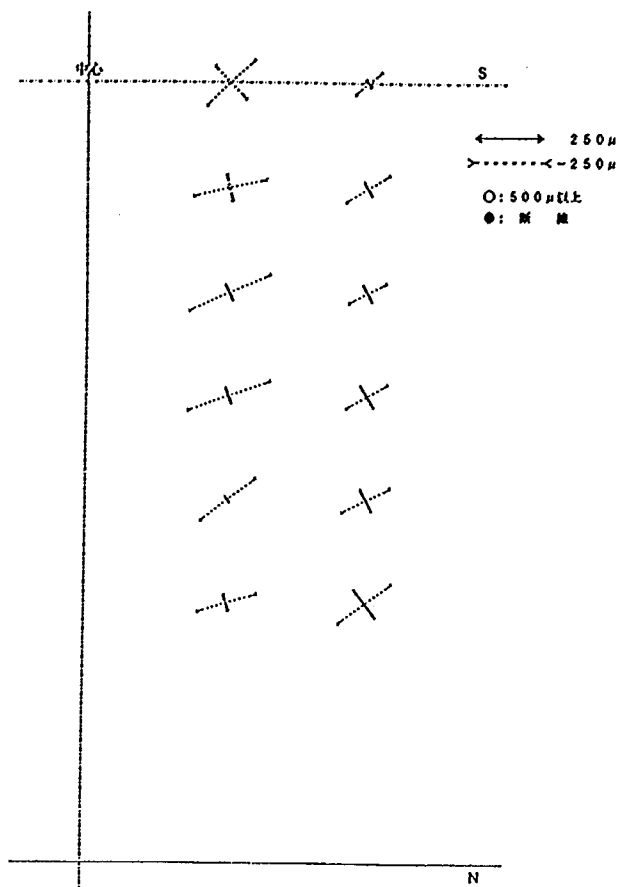
主ひずみ分布図 (PC-2 供試体) : 28 万回 (281)

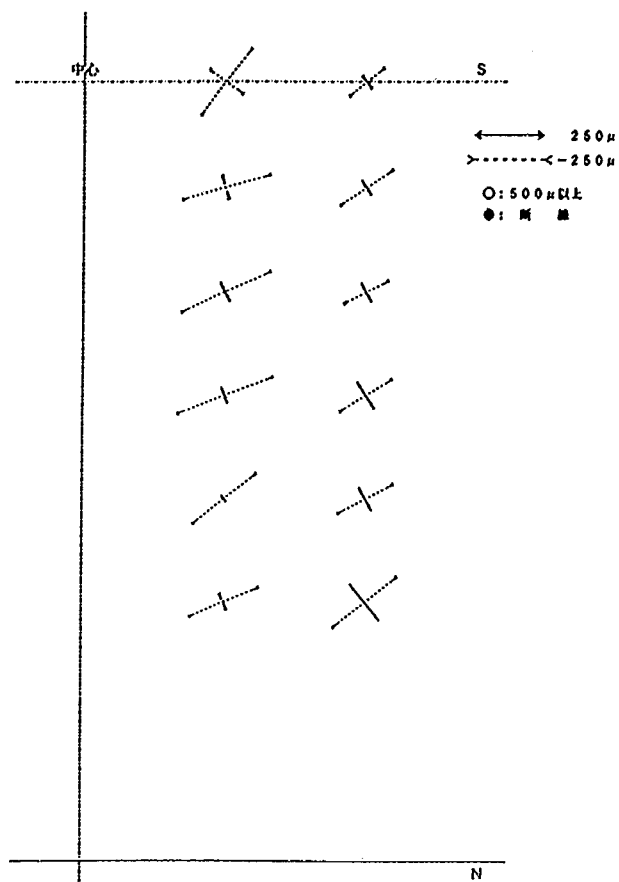


主ひずみ分布図 (PC-2 供試体) : 28 万回 (301)

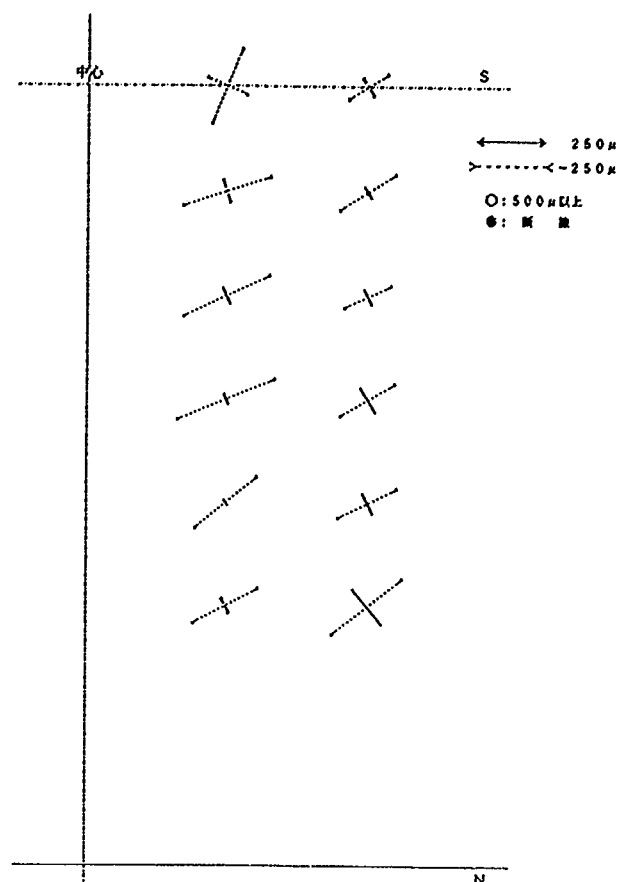


主ひずみ分布図 (PC-2 供試体) : 32 万回 (301)

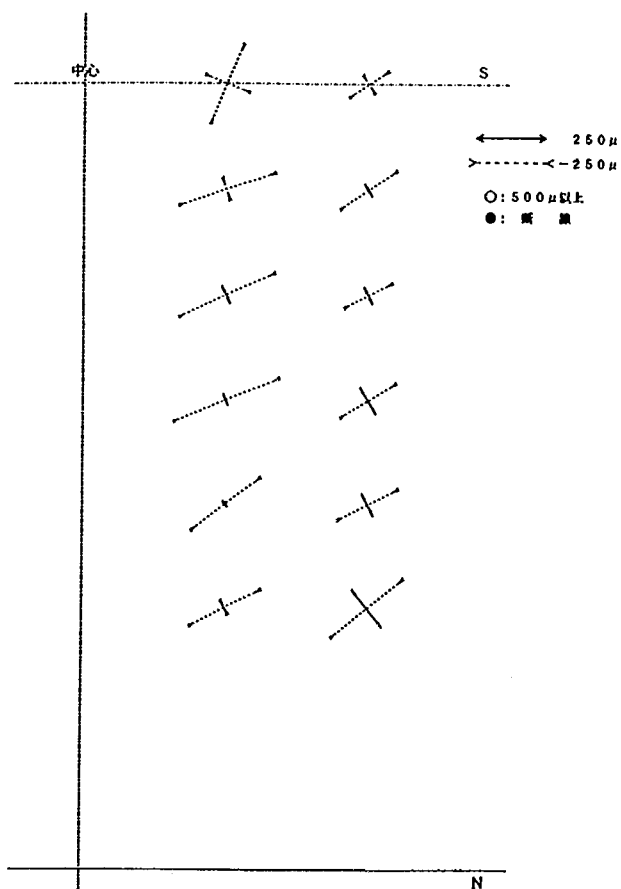




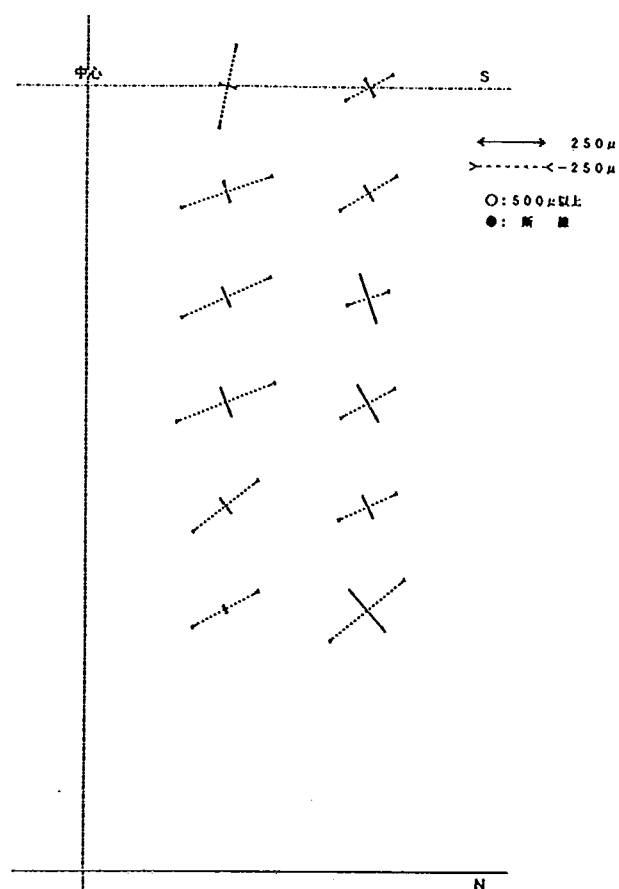
主ひずみ分布図 (PC-2 供試体) : 40万回 (361)



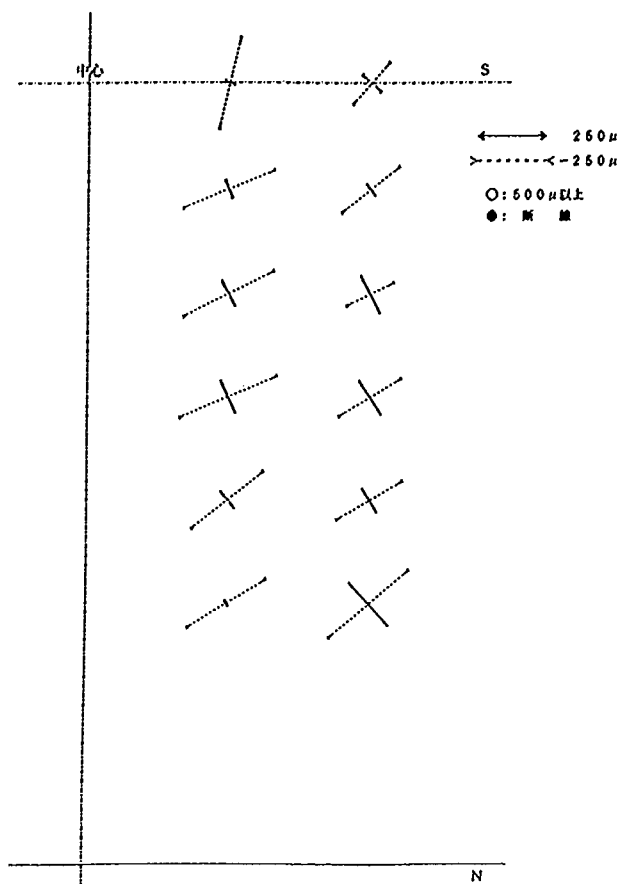
主ひずみ分布図 (PC-2 供試体) : 44万回 (361)



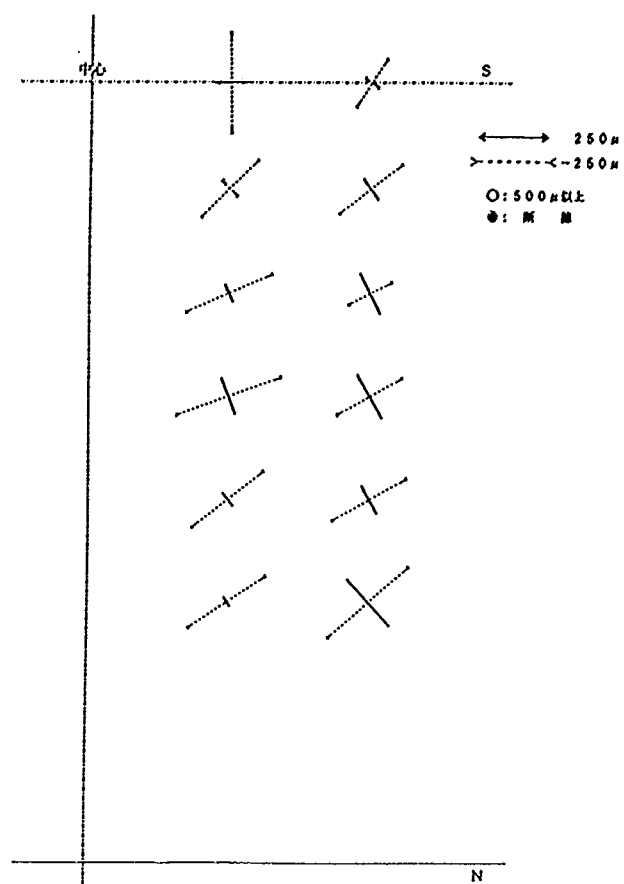
主ひずみ分布図 (PC-2 供試体) : 44万回 (381)



主ひずみ分布図 (PC-2 供試体) : 48万回 (381)



主びずみ分布図 (PC-2 供試体) : 48 万回 (40 l)

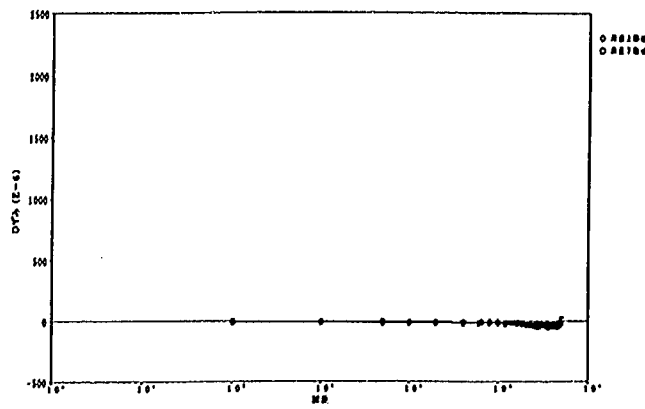


主びずみ分布図 (PC-2 供試体) : 50 万回

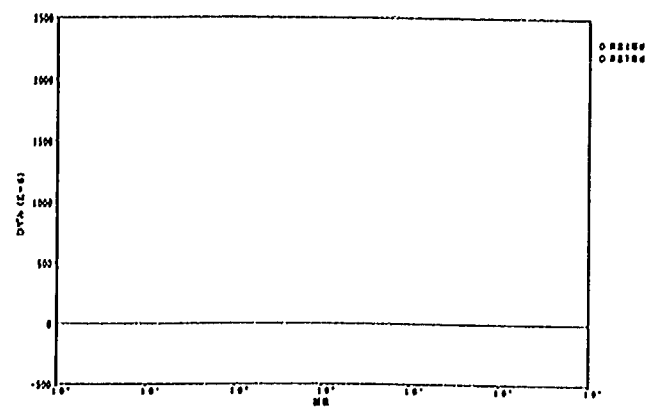
4) 載荷回数と鉄筋ひずみとの関係

上側鉄筋

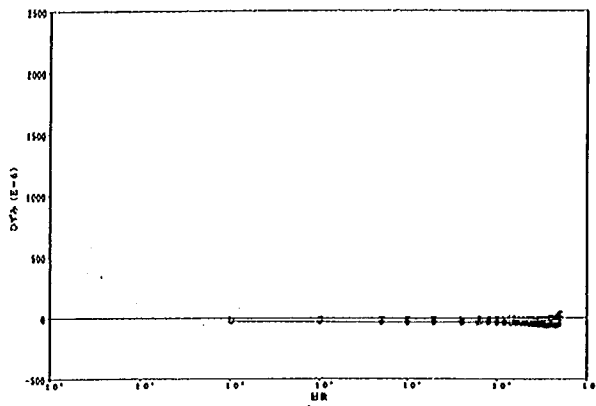
下側鉄筋



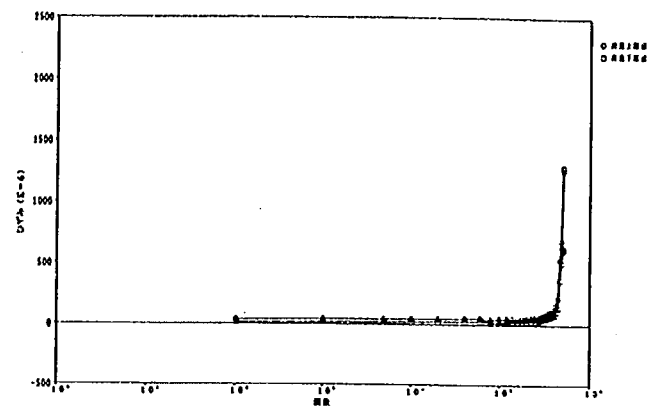
PC-2試体の静的(静的データ):主鉄筋ひずみ(TA1:上面)



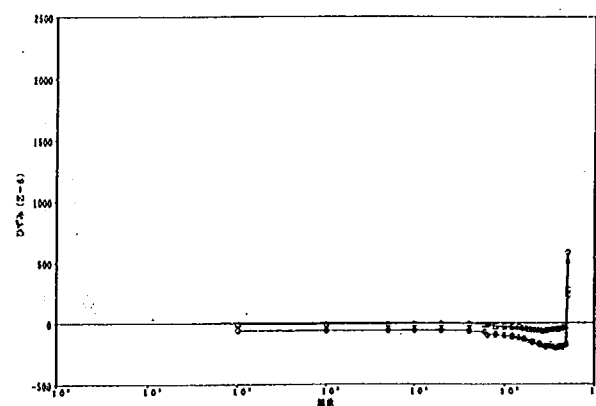
PC-2試体の静的(静的データ):主鉄筋ひずみ(BA1:下面)



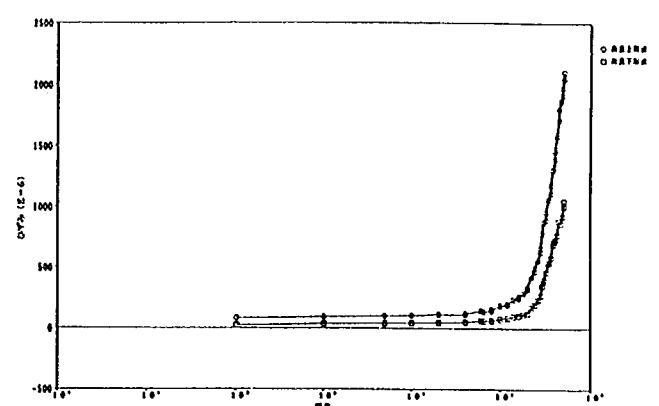
PC-2試体の静的(静的データ):主鉄筋ひずみ(TA2:上面)



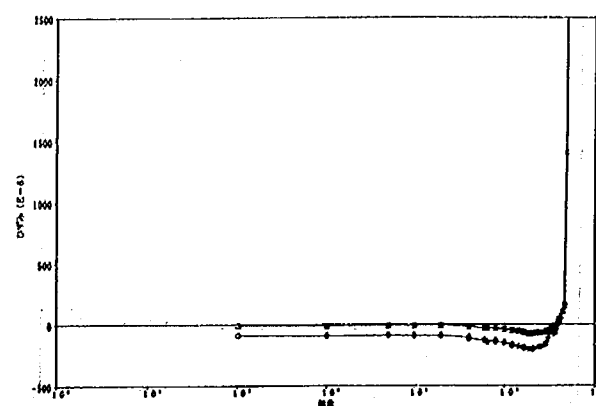
PC-2試体の静的(静的データ):主鉄筋ひずみ(BA2:下面)



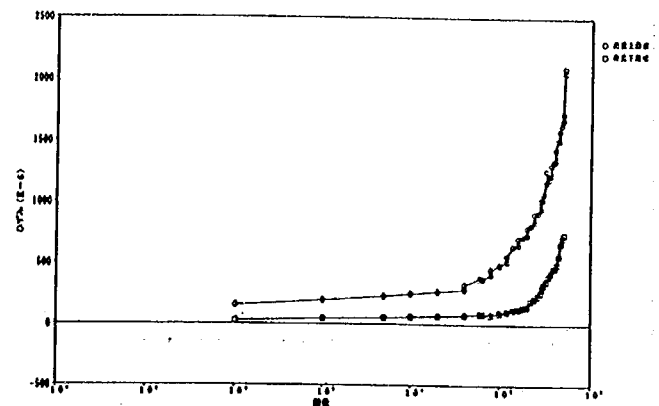
PC-2試体の静的(静的データ):主鉄筋ひずみ(TA3:上面)



PC-2試体の静的(静的データ):主鉄筋ひずみ(BA3:下面)



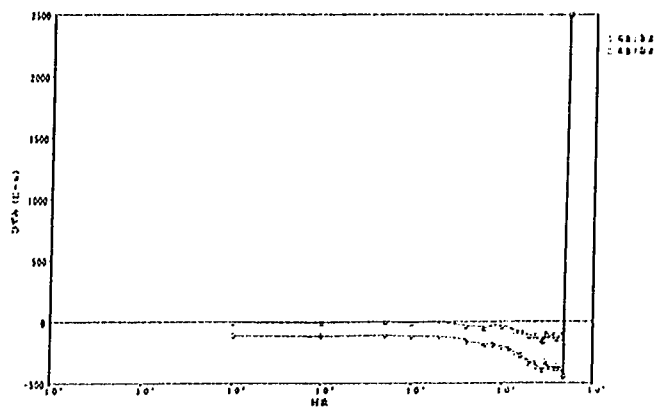
PC-2試体の静的(静的データ):主鉄筋ひずみ(TA4:上面)



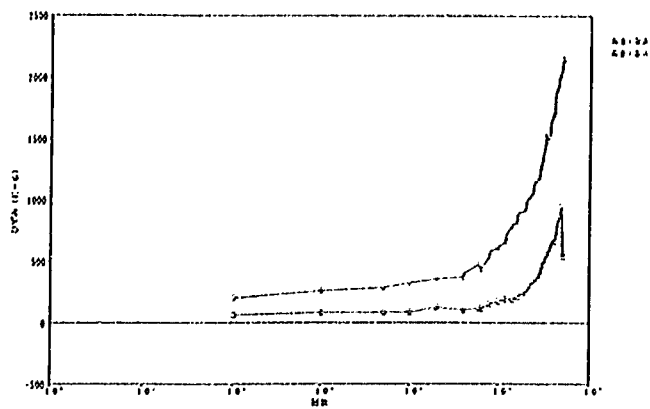
PC-2試体の静的(静的データ):主鉄筋ひずみ(BA4:下面)

上側鉄筋

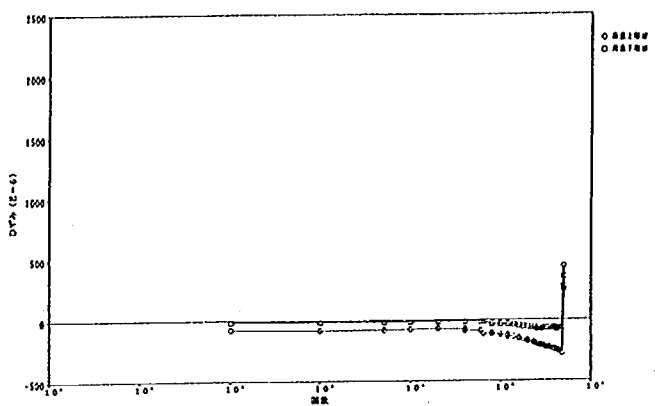
下側鉄筋



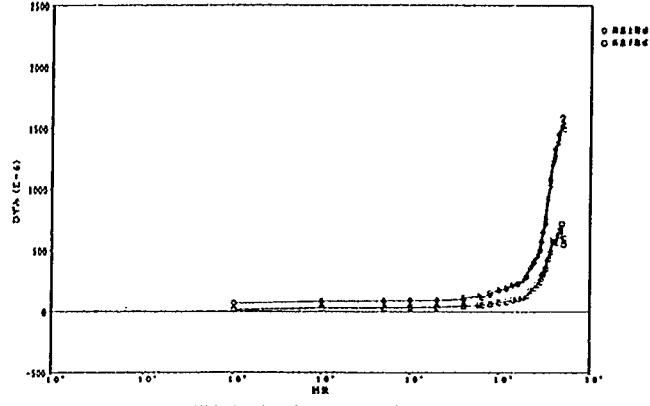
PC-2試体の静的(静的データ) : 上側鉄筋 (TA5 : 上面)



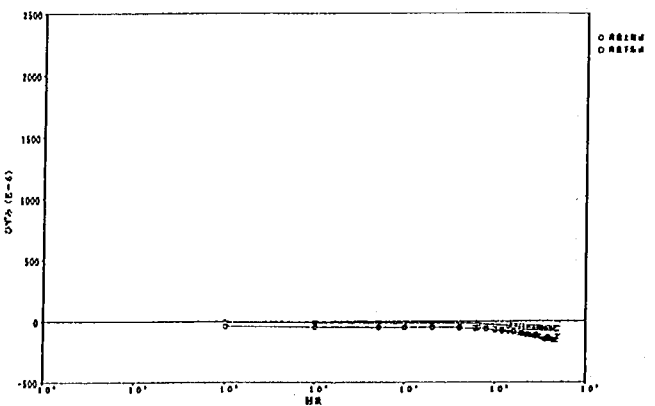
PC-2試体の静的(静的データ) : 下側鉄筋 (UA5 : 下面)



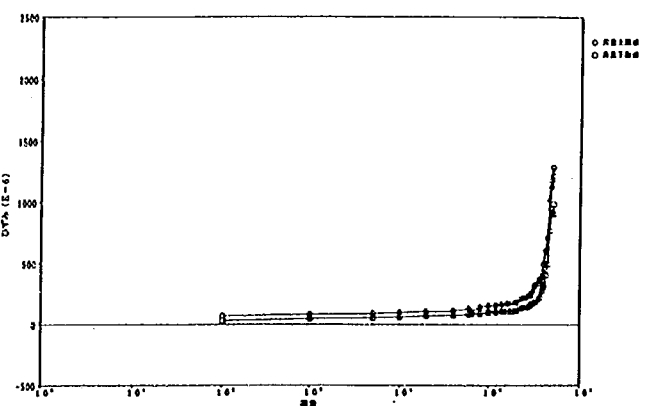
PC-2試体の静的(静的データ) : 主鉄筋ひずみ (TA6 : 上面)



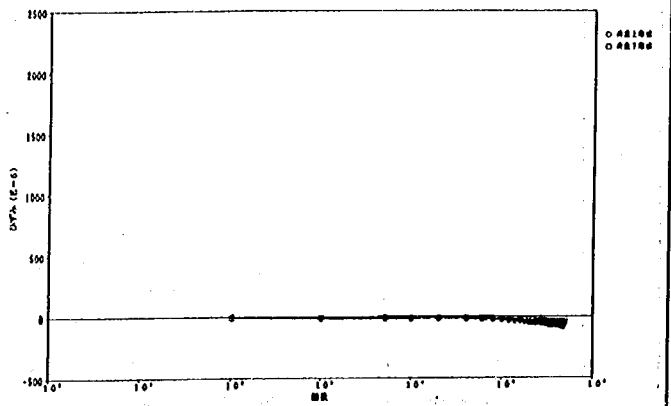
PC-2試体の静的(静的データ) : 主鉄筋ひずみ (BA6 : 下面)



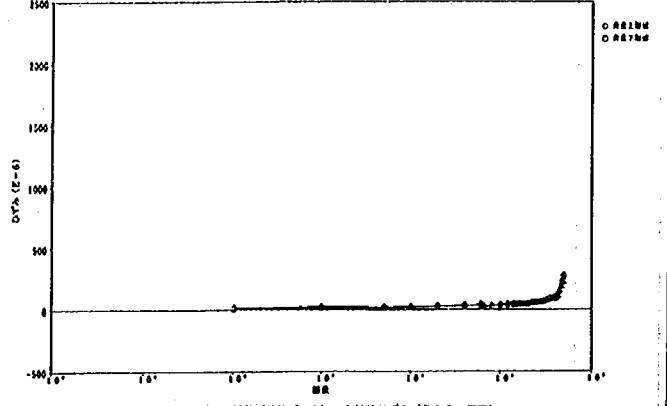
PC-2試体の静的(静的データ) : 主鉄筋ひずみ (TA7 : 上面)



PC-2試体の静的(静的データ) : 主鉄筋ひずみ (BA7 : 下面)



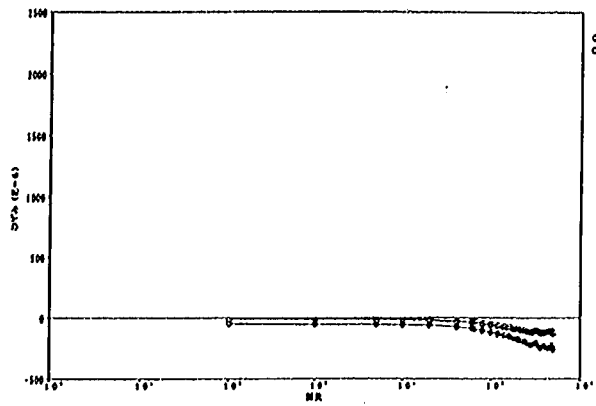
PC-2試体の静的(静的データ) : 主鉄筋ひずみ (TA8 : 上面)



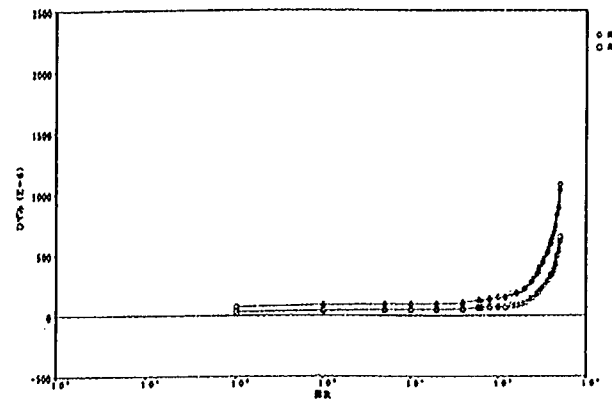
PC-2試体の静的(静的データ) : 主鉄筋ひずみ (BA8 : 下面)

上側鉄筋

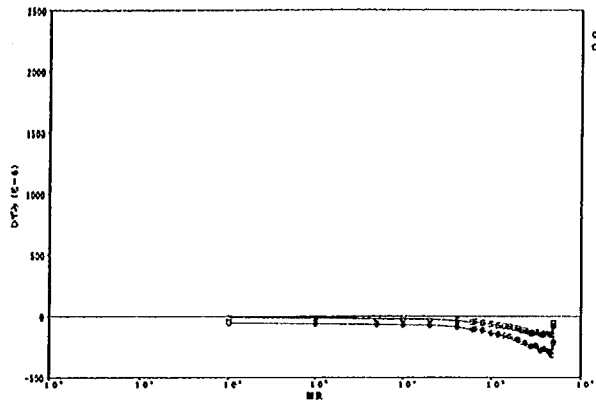
下側鉄筋



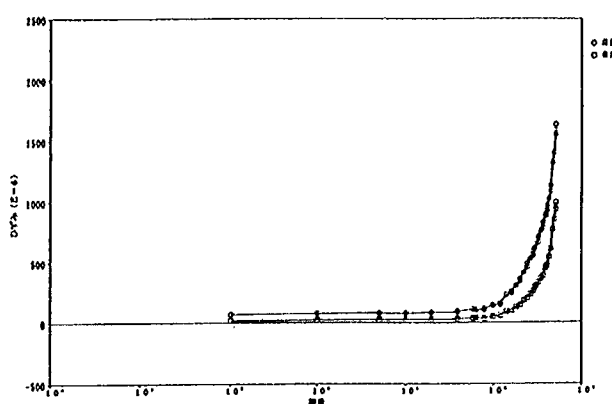
PC-2 供試体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (TB1 : 上面)



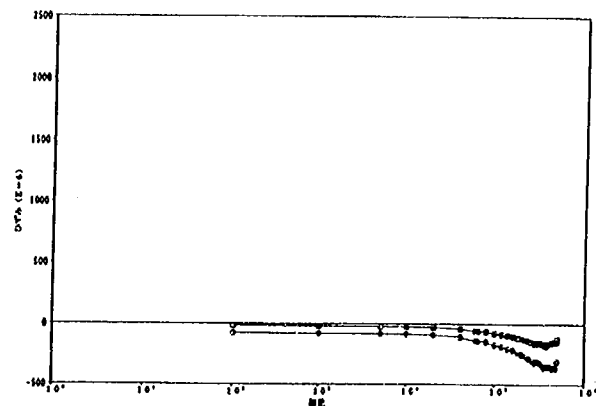
PC-2 供試体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (BB1 : 下面)



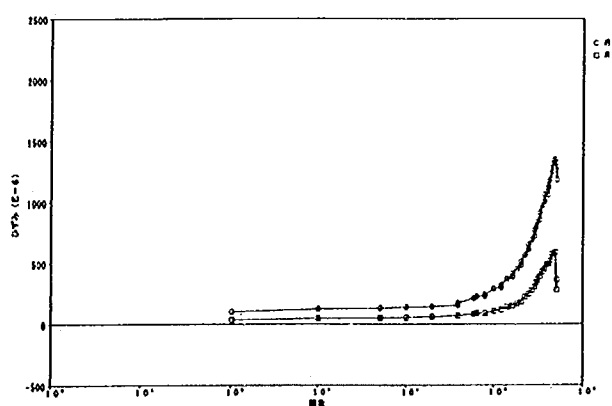
PC-2 供試体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (TB2 : 上面)



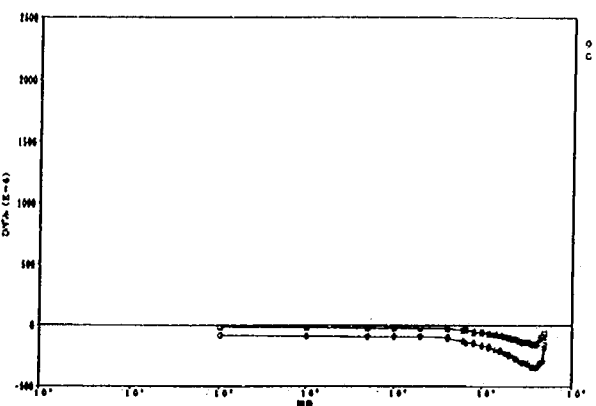
PC-2 供試体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (BB2 : 下面)



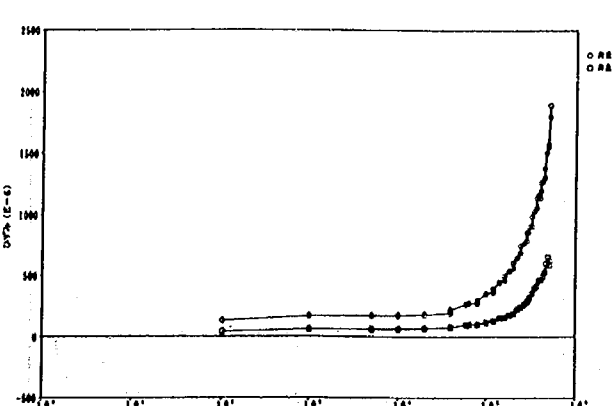
PC-2 供試体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (TB3 : 上面)



PC-2 供試体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (BB3 : 下面)

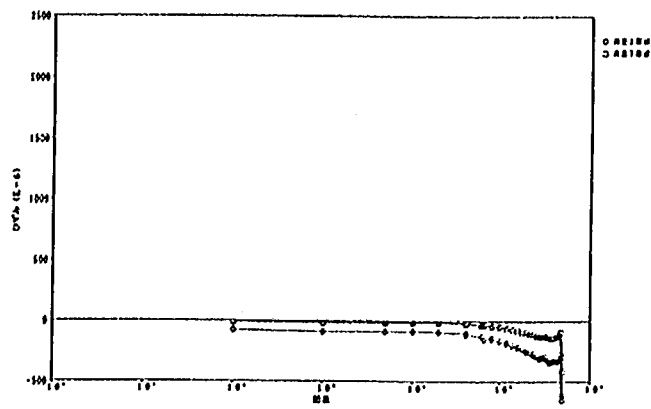


PC-2 供試体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (TB4 : 上面)



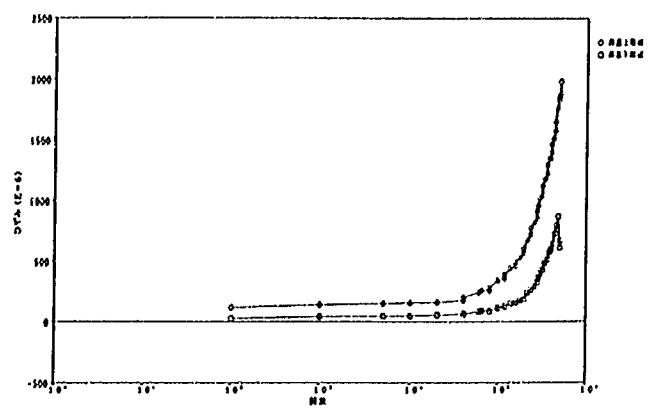
PC-2 供試体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (BB4 : 下面)

上側鉄筋

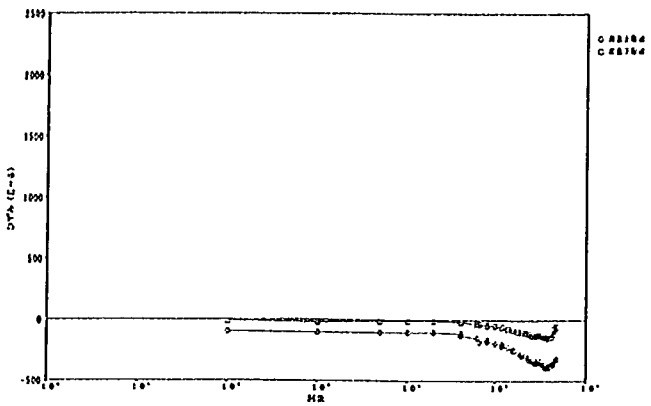


PC-2供試体の静的(静的データ):主鉄筋ひずみ(TB5:上面)

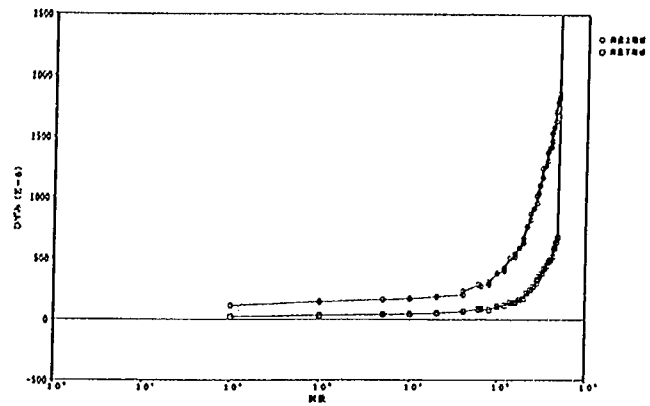
下側鉄筋



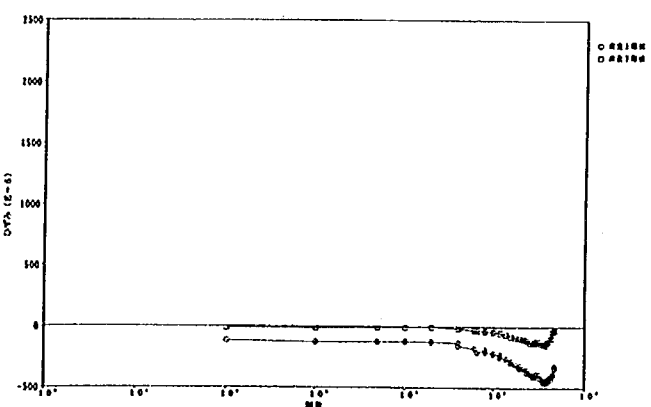
PC-2供試体の静的(静的データ):主鉄筋ひずみ(BB5:下面)



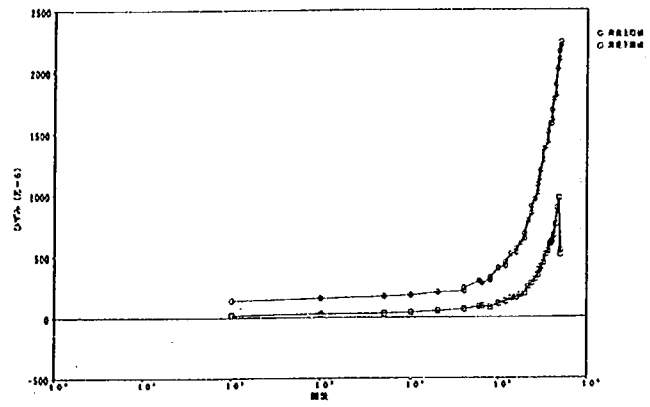
PC-2供試体の静的(静的データ):主鉄筋ひずみ(TB6:上面)



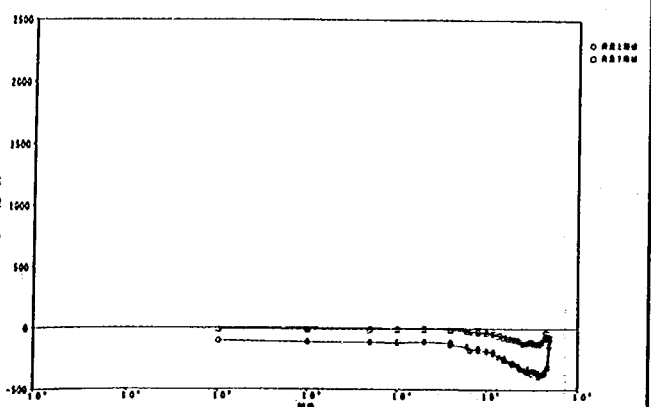
PC-2供試体の静的(静的データ):主鉄筋ひずみ(BB6:下面)



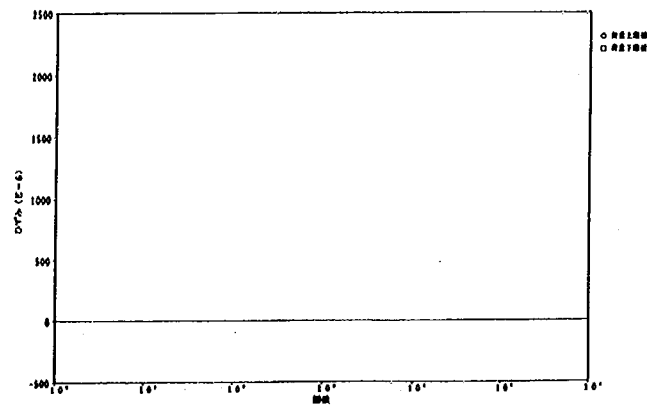
PC-2供試体の静的(静的データ):主鉄筋ひずみ(TB7:上面)



PC-2供試体の静的(静的データ):主鉄筋ひずみ(BB7:下面)

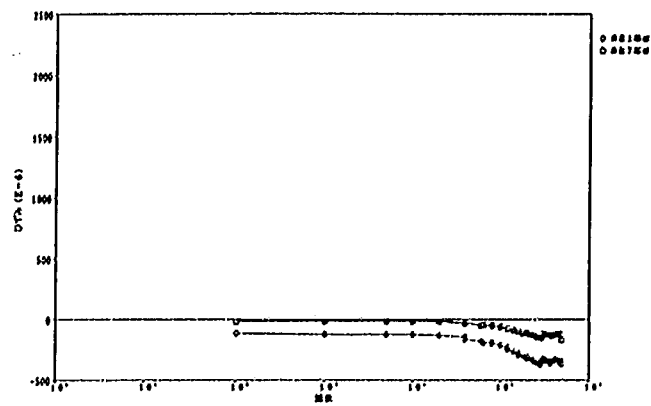


PC-2供試体の静的(静的データ):主鉄筋ひずみ(TB8:上面)

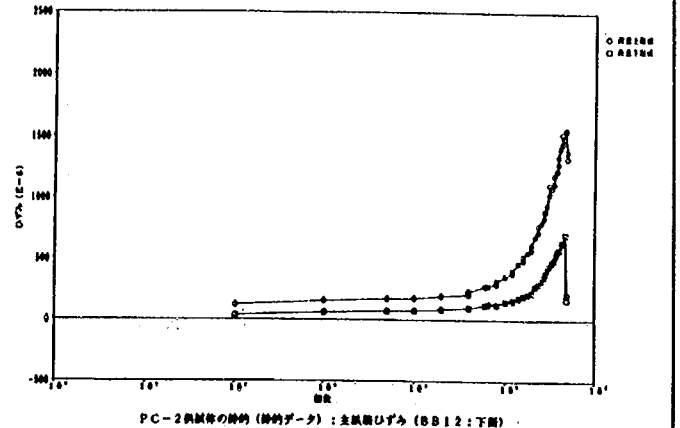
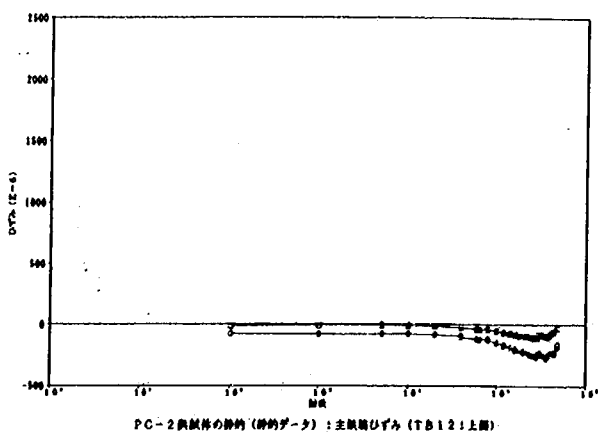
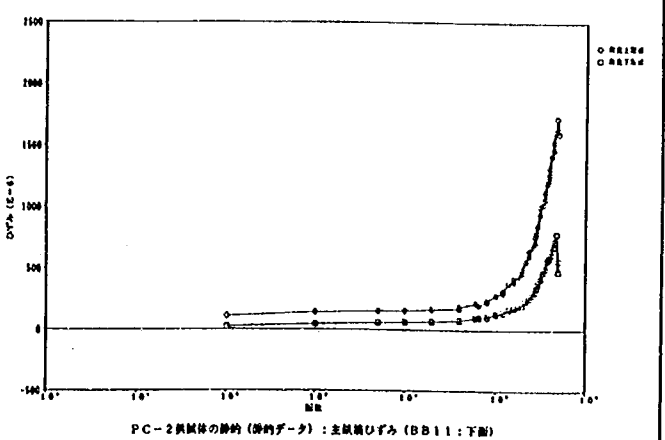
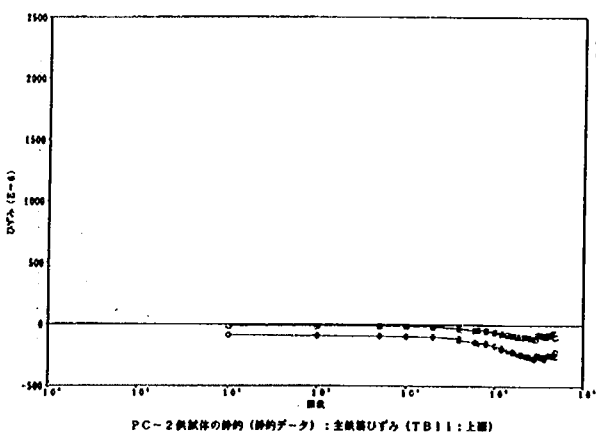
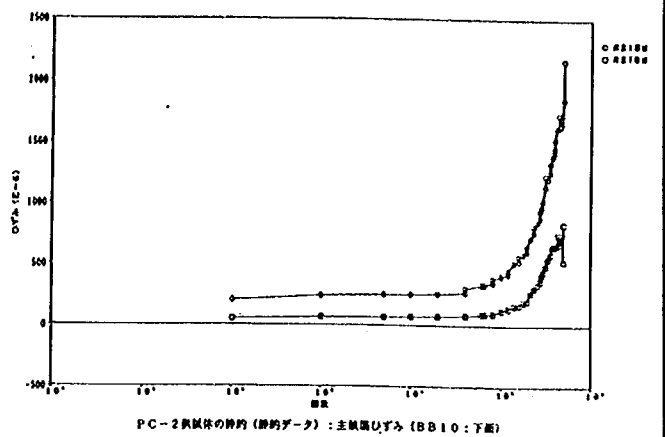
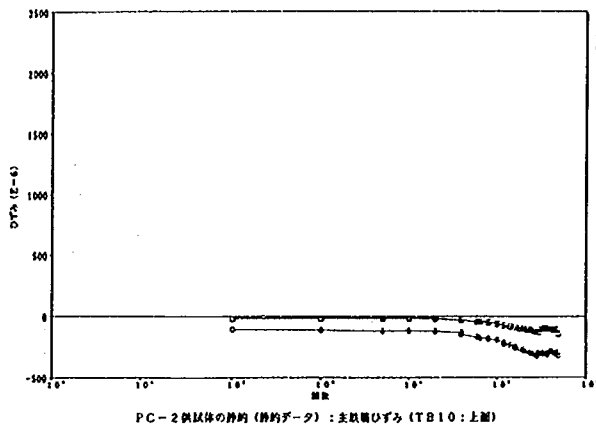
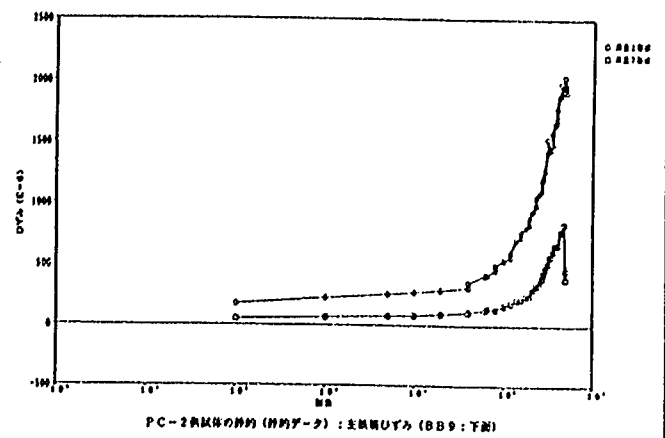


PC-2供試体の静的(静的データ):主鉄筋ひずみ(BB8:下面)

上側鉄筋

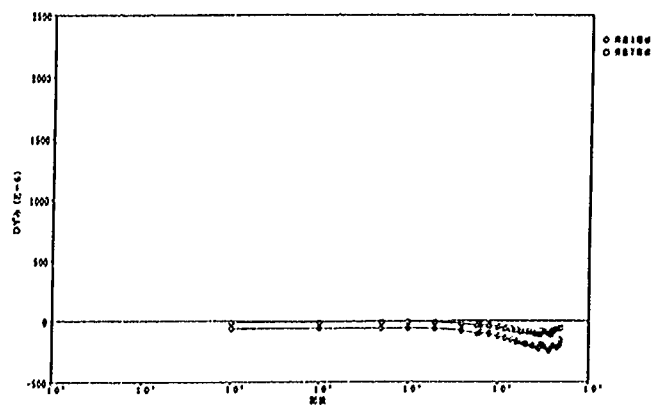


下側鉄筋

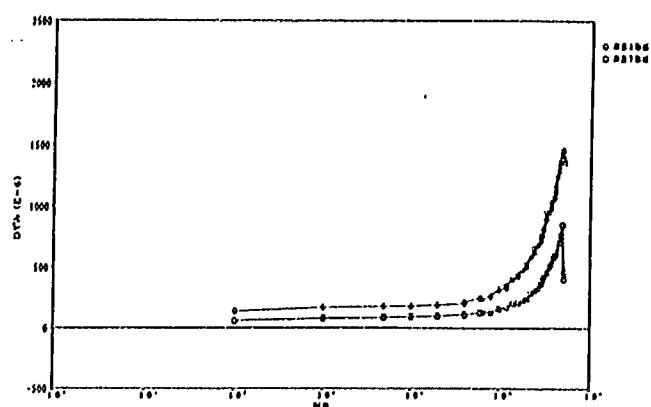


上側鉄筋

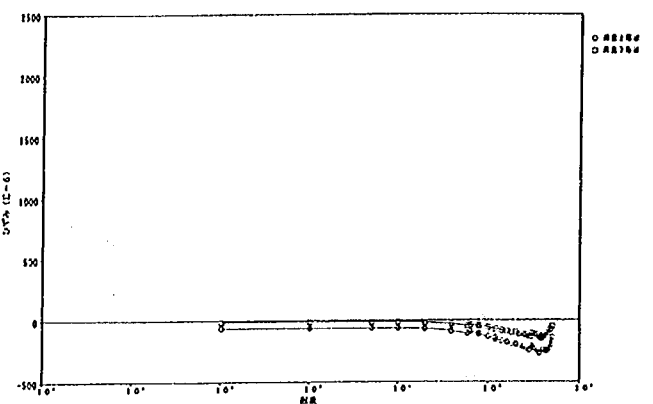
下側鉄筋



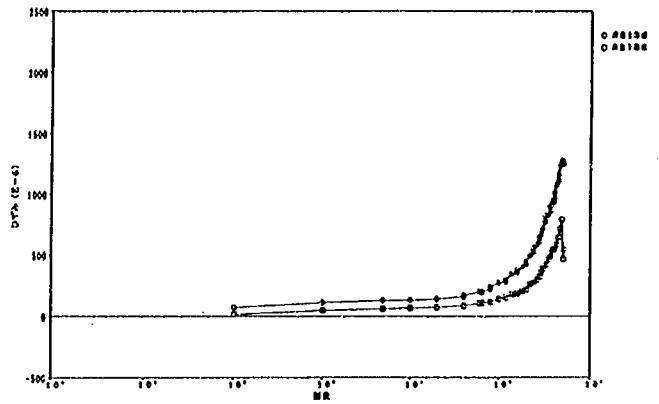
PC-2 供試体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (TB13 : 上面)



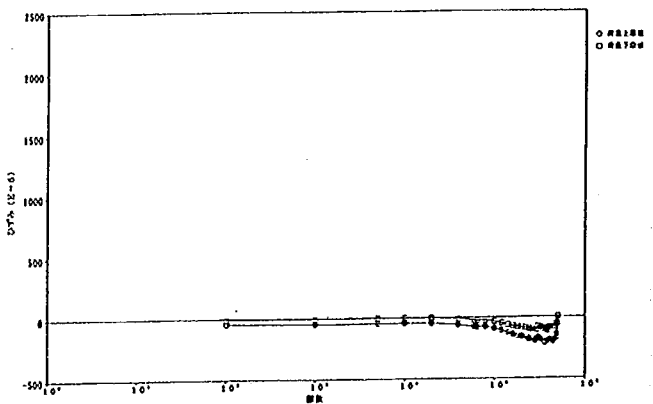
PC-2 供試体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (BB13 : 下面)



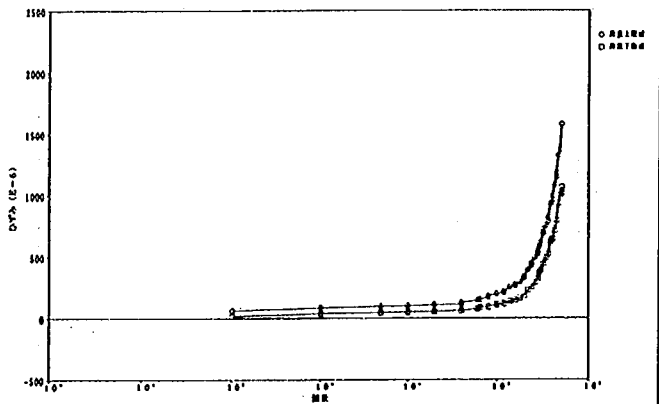
PC-2 供試体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (TB14 : 上面)



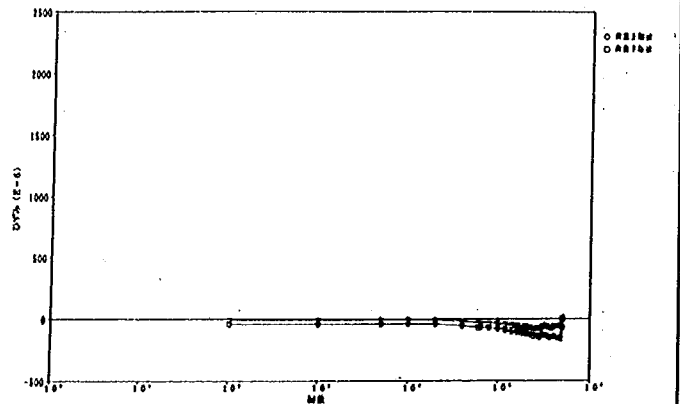
PC-2 供試体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (BB14 : 下面)



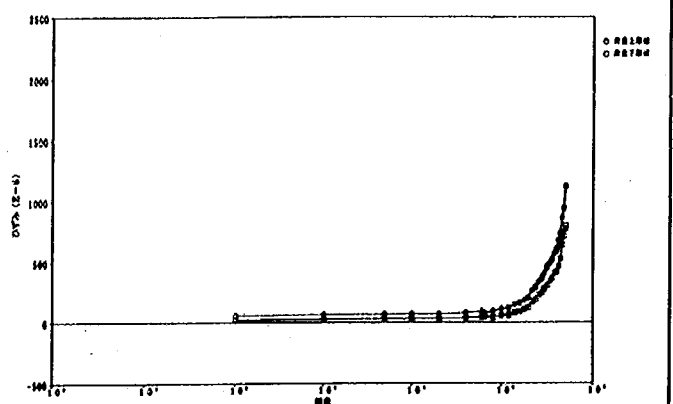
PC-2 供試体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (TB15 : 上面)



PC-2 供試体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (BB15 : 下面)



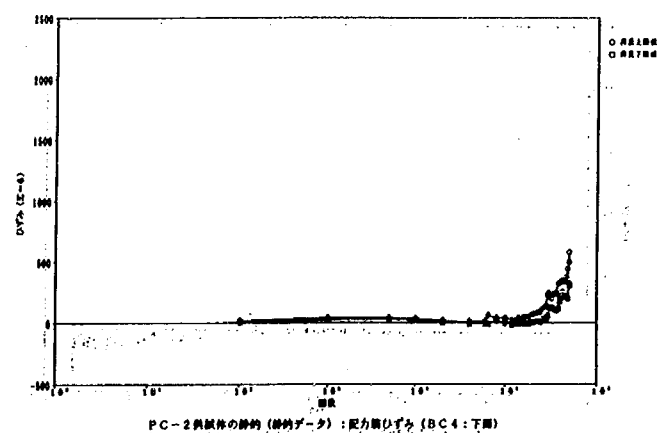
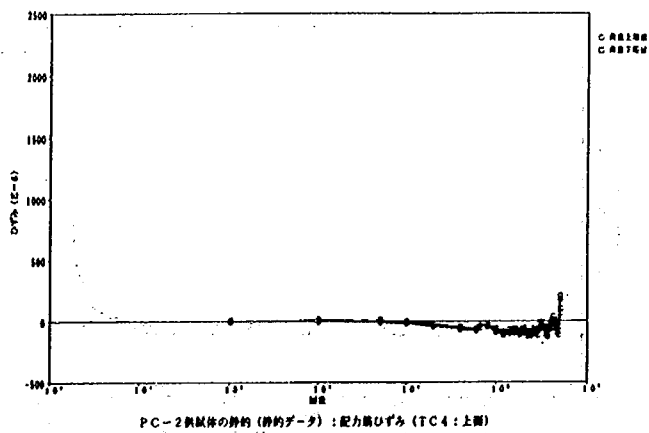
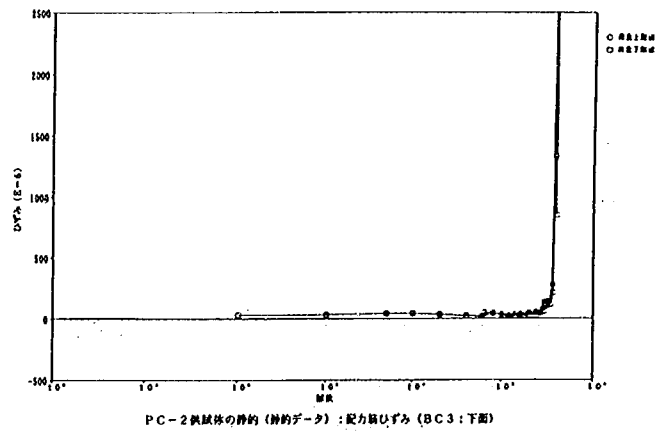
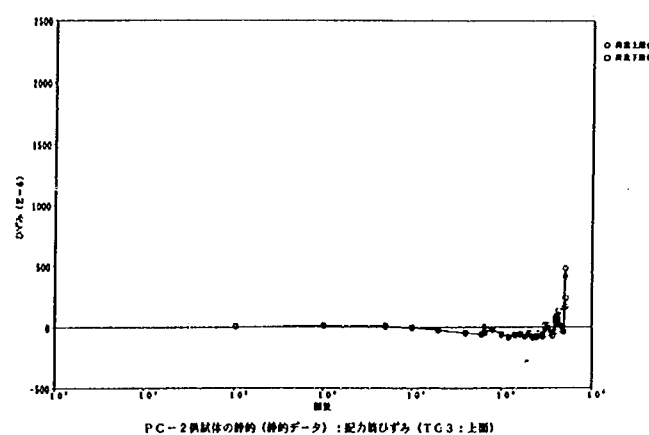
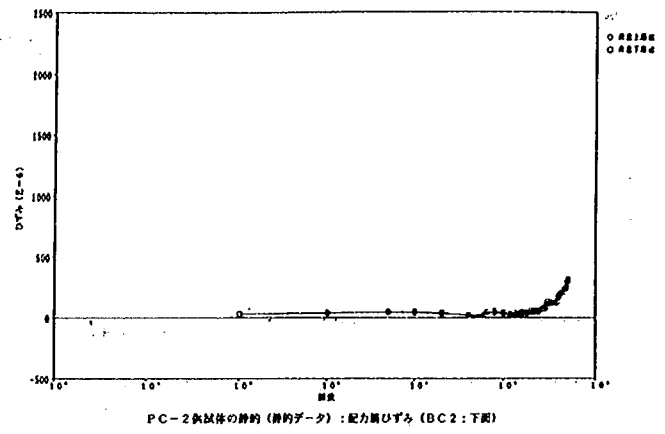
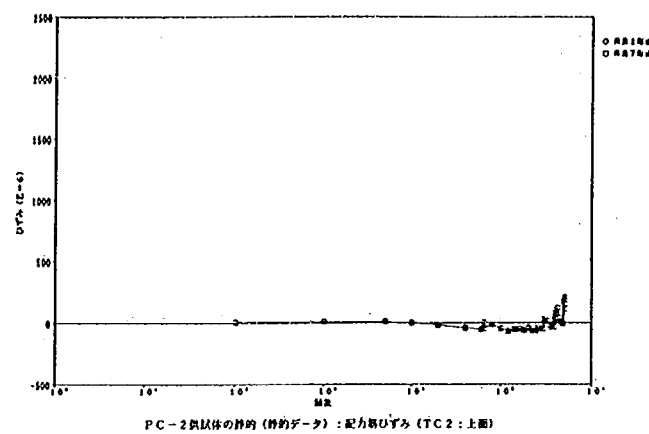
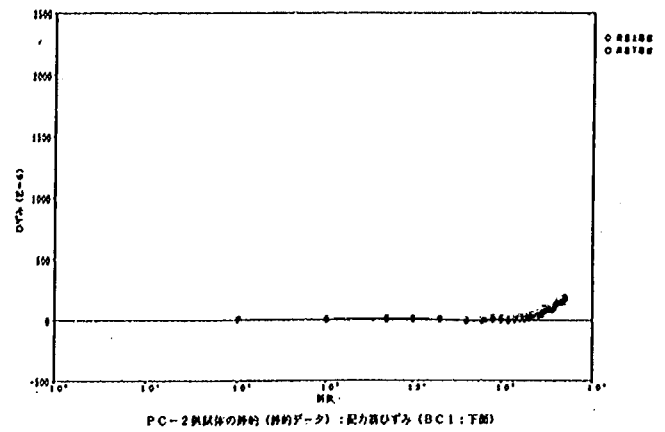
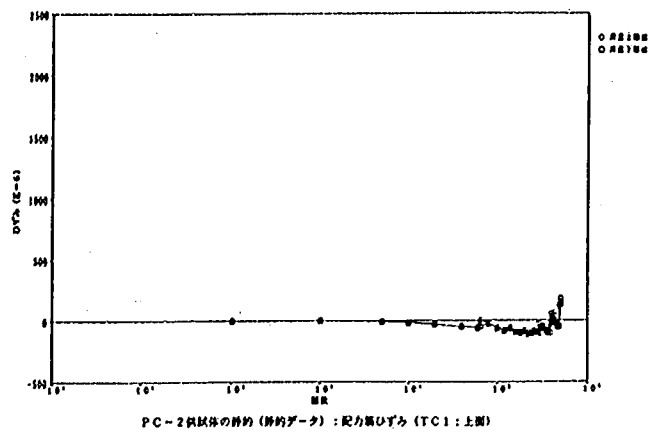
PC-2 供試体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (TB16 : 上面)



PC-2 供試体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (BB16 : 下面)

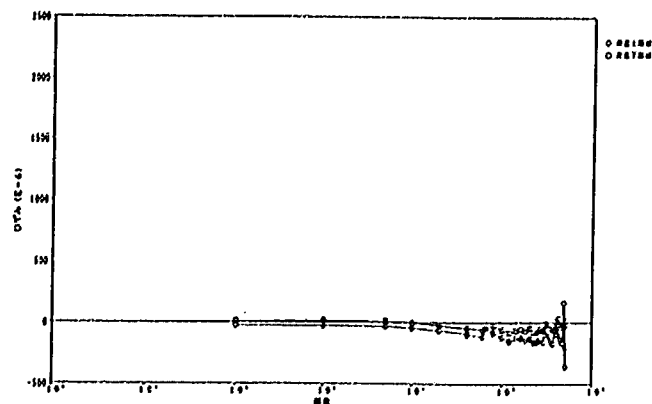
上側鉄筋

下側鉄筋

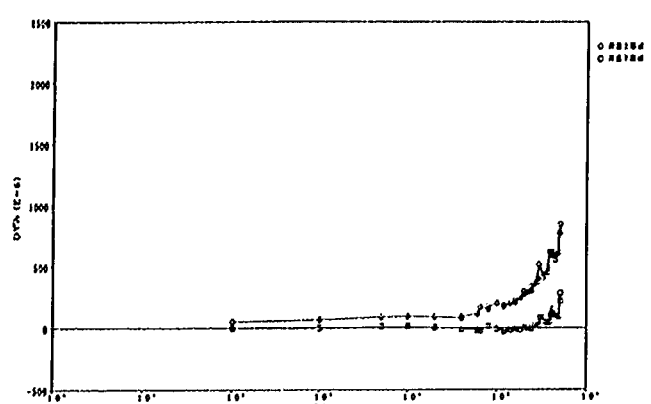


上側鉄筋

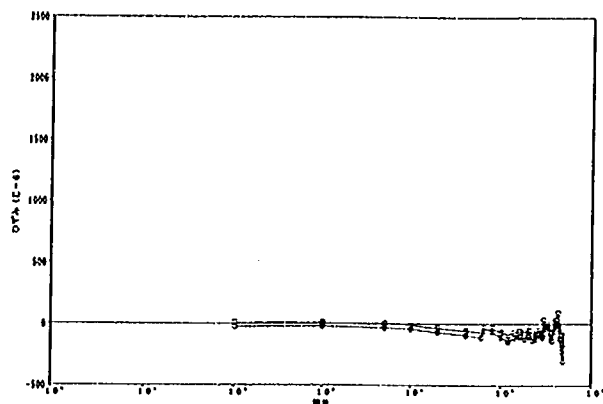
下側鉄筋



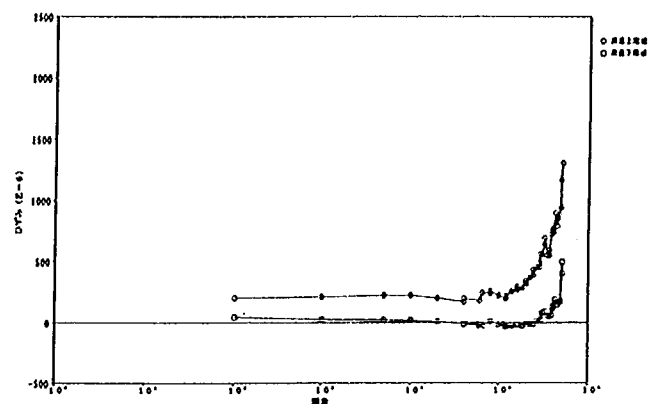
PC-2供試体の静的(静的データ): 配力値ひずみ (TC5: 上面)



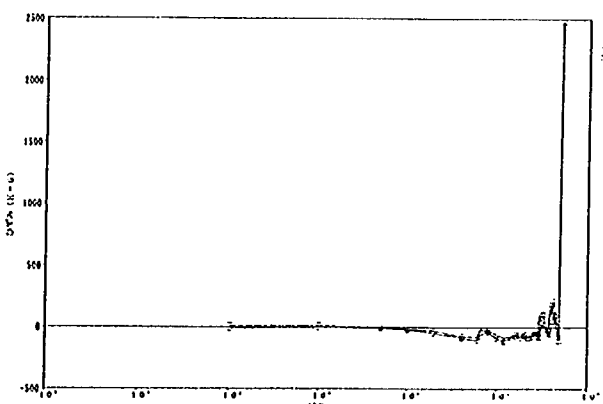
PC-2供試体の静的(静的データ): 配力値ひずみ (BC5: 下面)



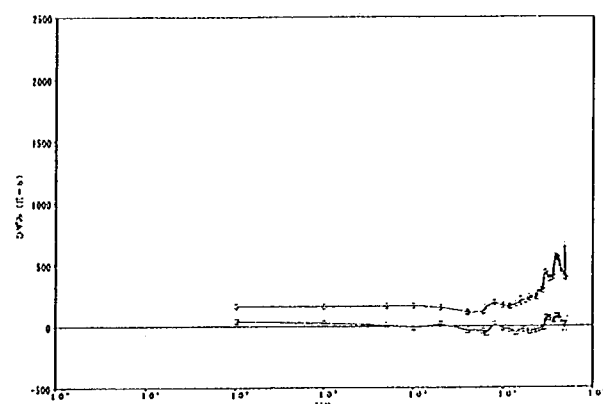
PC-2供試体の静的(静的データ): 配力値ひずみ (TC6: 上面)



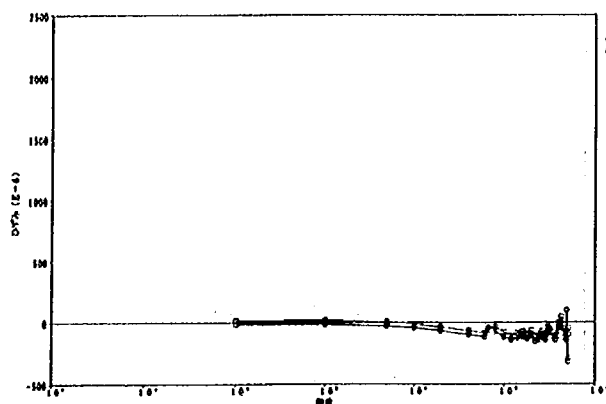
PC-2供試体の静的(静的データ): 配力値ひずみ (BC6: 下面)



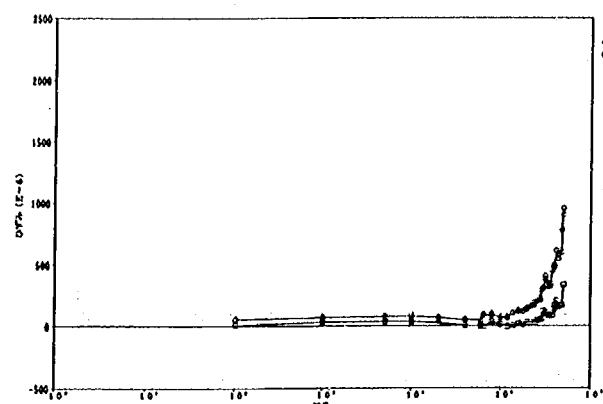
PC-2供試体の静的(静的データ): 配力値 (TC7: 下面)



PC-2供試体の静的(静的データ): 配力値 (BC7: 下面)

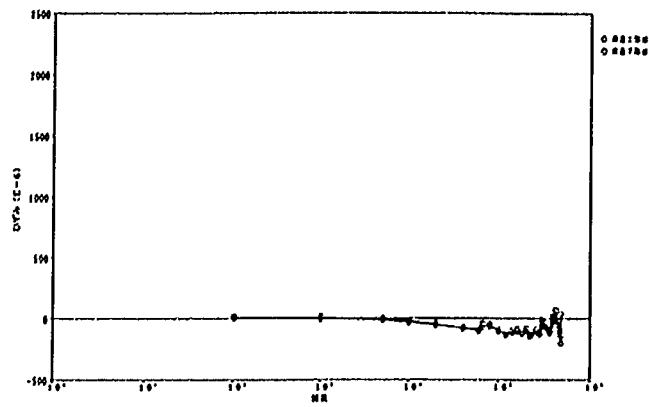


PC-2供試体の静的(静的データ): 配力値ひずみ (TC8: 上面)



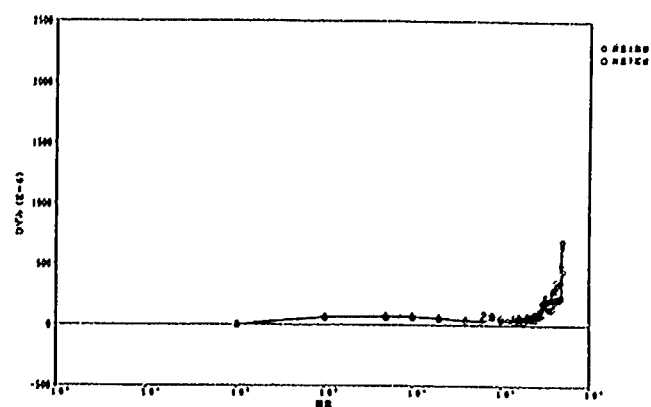
PC-2供試体の静的(静的データ): 配力値ひずみ (BC8: 下面)

上側鉄筋

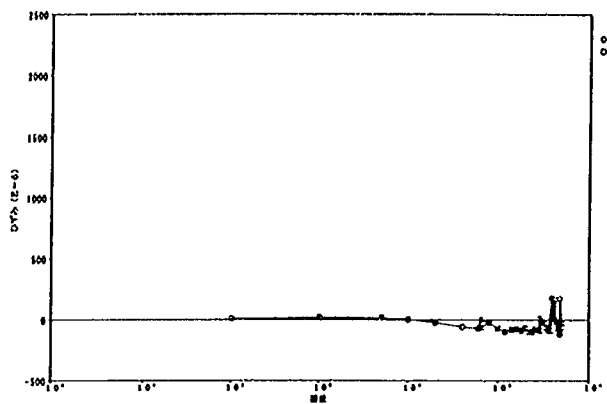


PC-2鉄筋体の静的(静的データ):配力値ひずみ(TC9:上面)

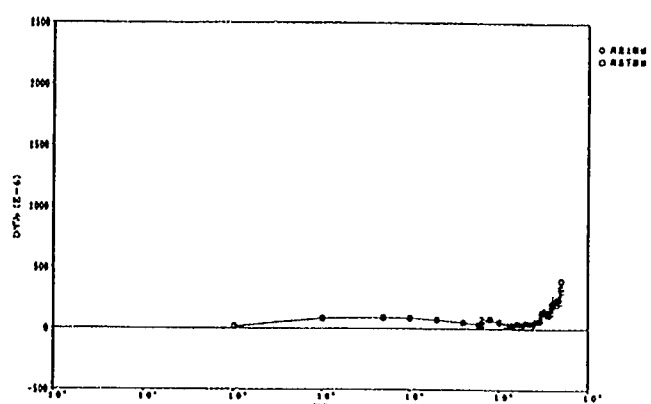
下側鉄筋



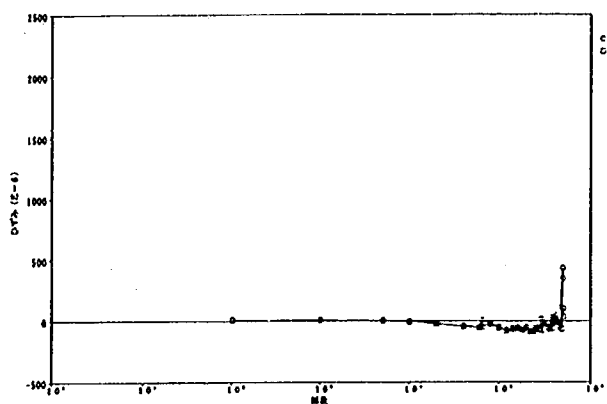
PC-2鉄筋体の静的(静的データ):配力値ひずみ(BC9:下面)



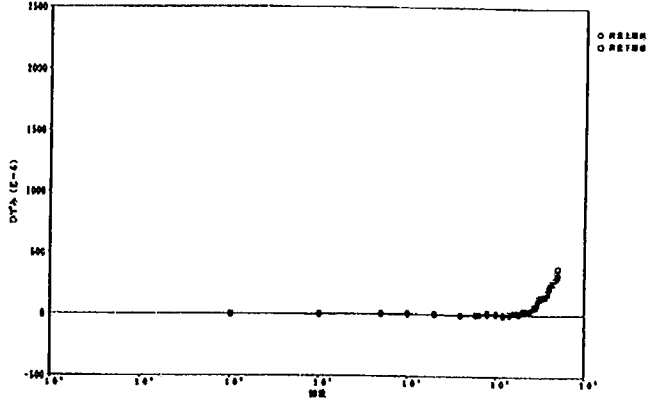
PC-2鉄筋体の静的(静的データ):配力値ひずみ(TC10:上面)



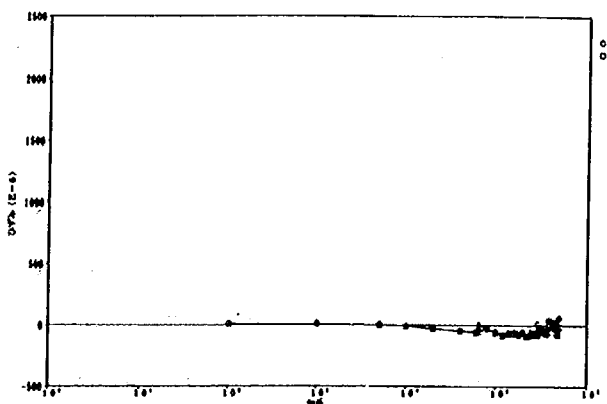
PC-2鉄筋体の静的(静的データ):配力値ひずみ(BC10:下面)



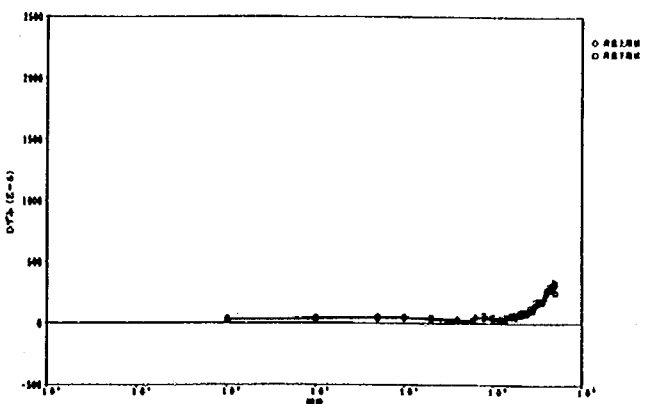
PC-2鉄筋体の静的(静的データ):配力値ひずみ(TC11:上面)



PC-2鉄筋体の静的(静的データ):配力値ひずみ(BC11:下面)



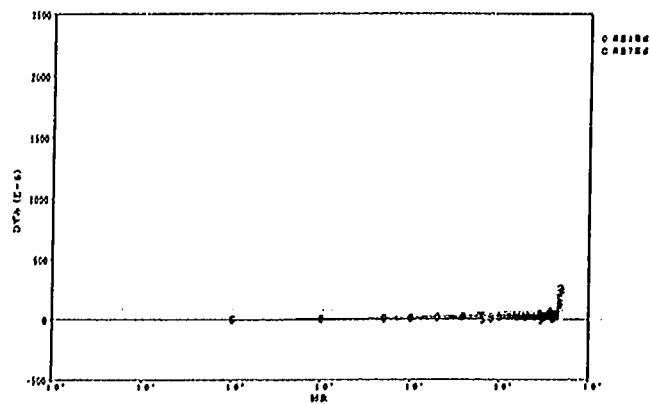
PC-2鉄筋体の静的(静的データ):配力値ひずみ(TC12:上面)



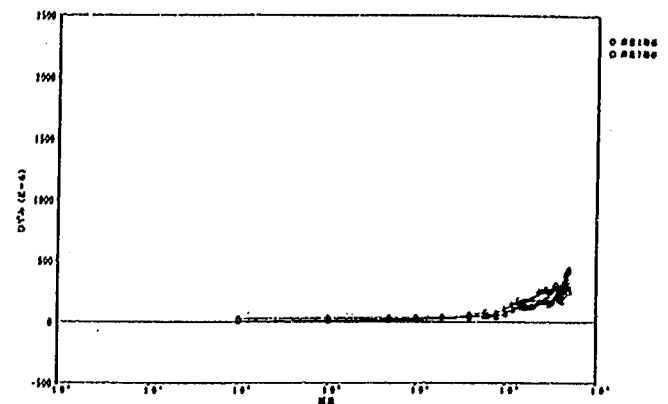
PC-2鉄筋体の静的(静的データ):配力値ひずみ(BC12:下面)

上側鉄筋

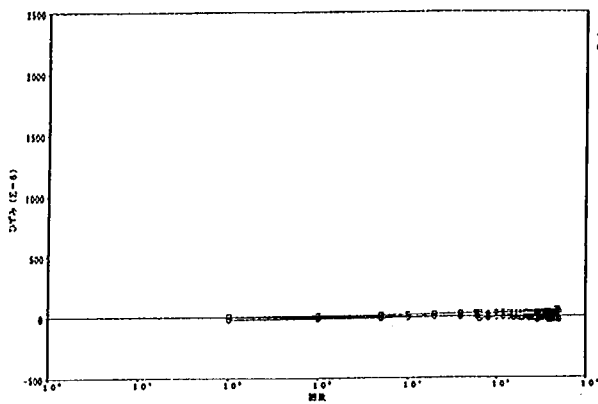
下側鉄筋



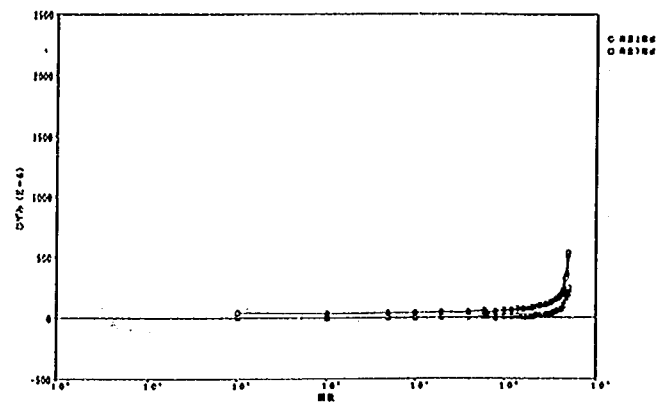
PC-2鉄筋体の静的 (静的データ) : 配力値ひずみ (TD1: 上面)



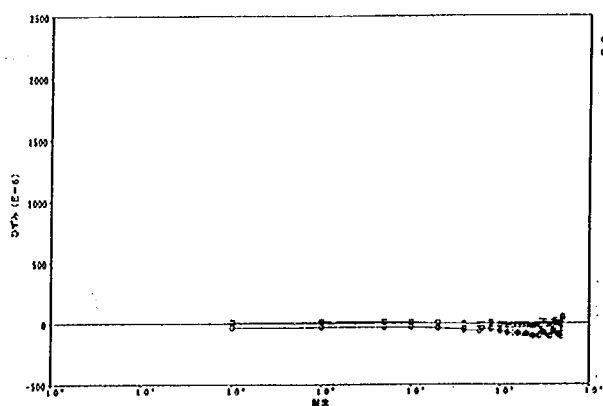
PC-2鉄筋体の静的 (静的データ) : 配力値ひずみ (BD1: 下面)



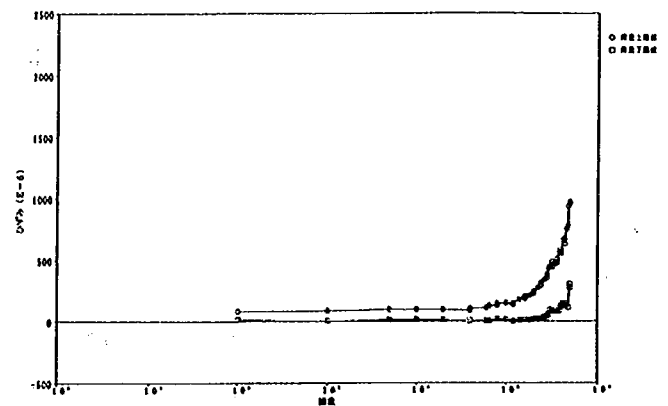
PC-2鉄筋体の静的 (静的データ) : 配力値ひずみ (TD2: 上面)



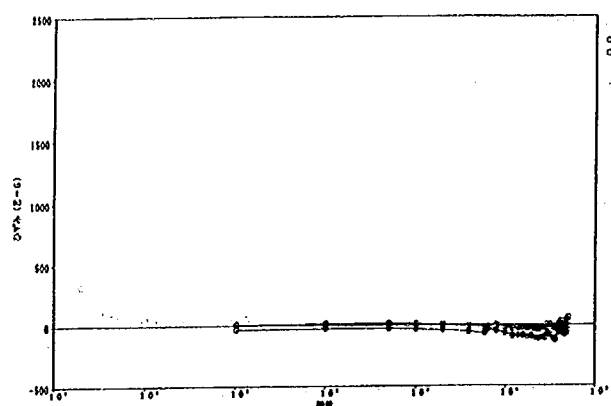
PC-2鉄筋体の静的 (静的データ) : 配力値ひずみ (BD2: 下面)



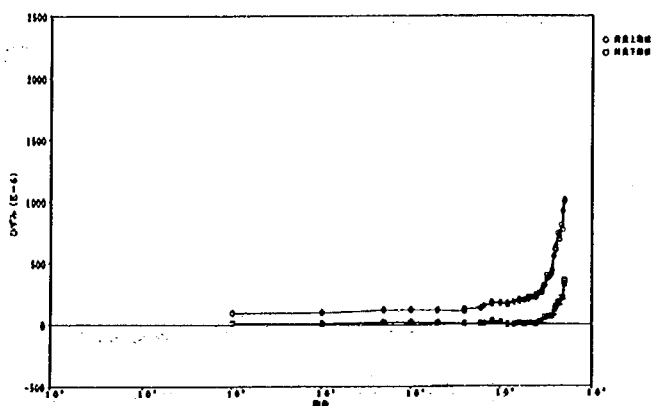
PC-2鉄筋体の静的 (静的データ) : 配力値ひずみ (TD3: 上面)



PC-2鉄筋体の静的 (静的データ) : 配力値ひずみ (BD3: 下面)

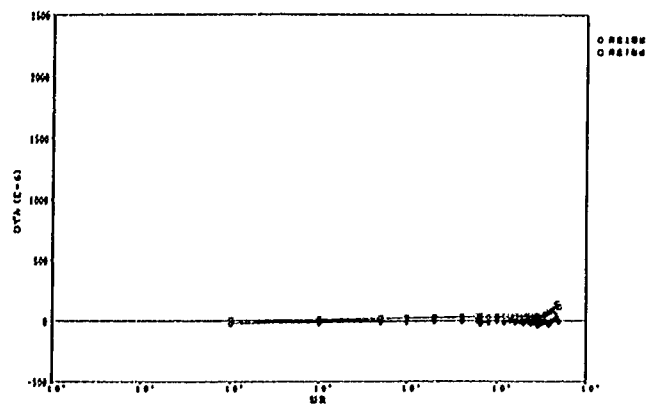


PC-2鉄筋体の静的 (静的データ) : 配力値ひずみ (TD4: 上面)



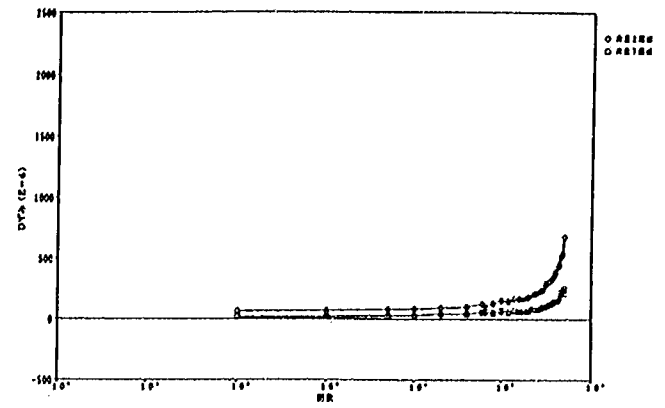
PC-2鉄筋体の静的 (静的データ) : 配力値ひずみ (BD4: 下面)

上側鉄筋

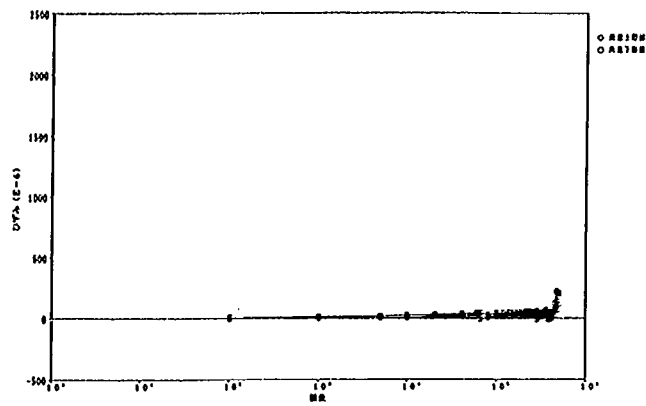


PC-2供試体の静的 (静的データ) : 配力値ひずみ (TD5 : 上面)

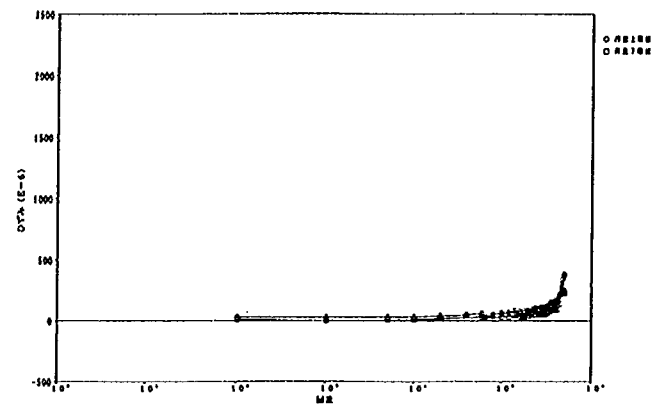
下側鉄筋



PC-2供試体の静的 (静的データ) : 配力値ひずみ (BD5 : 下面)

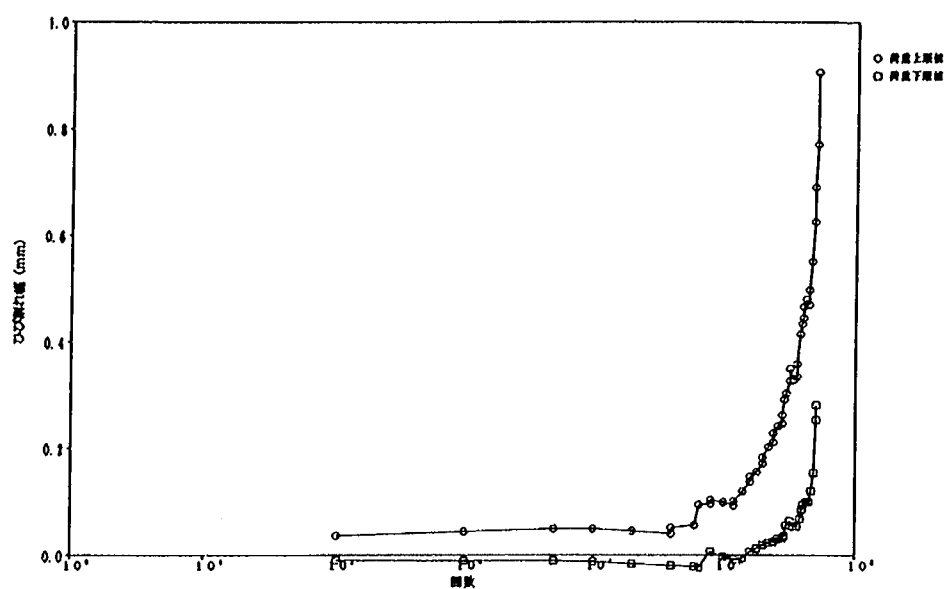


PC-2供試体の静的 (静的データ) : 配力値ひずみ (TD6 : 上面)

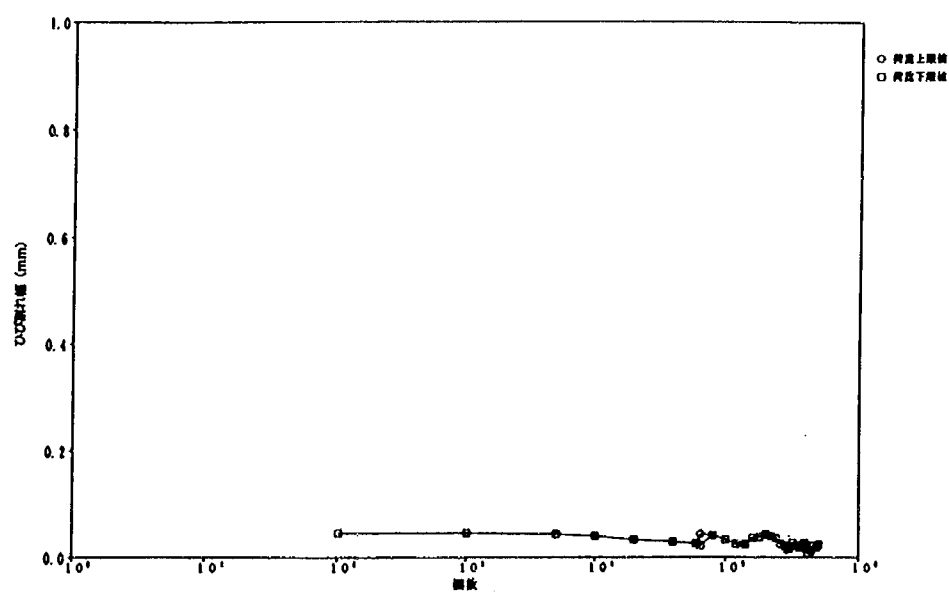


PC-2供試体の静的 (静的データ) : 配力値ひずみ (BD6 : 下面)

5) 載荷回数とクランク幅との関係

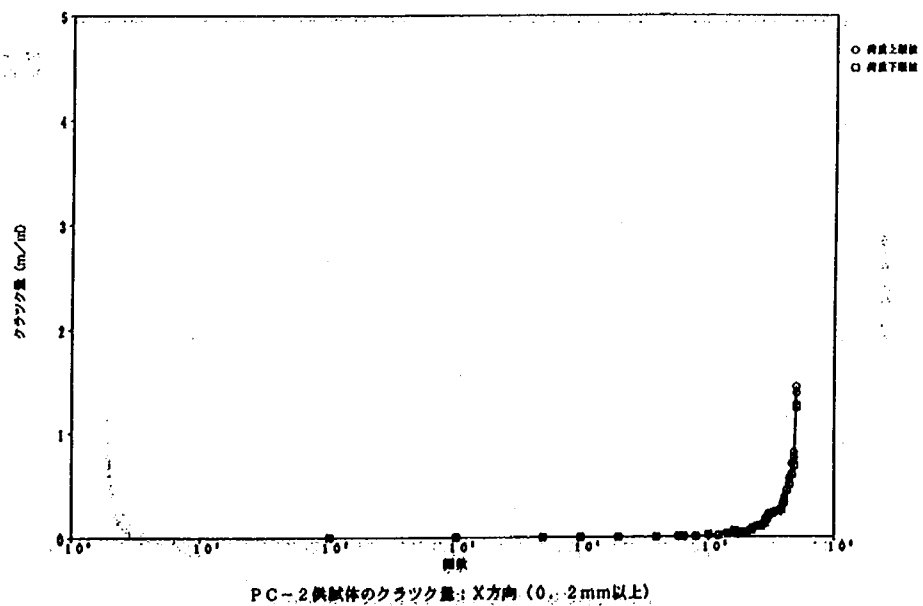
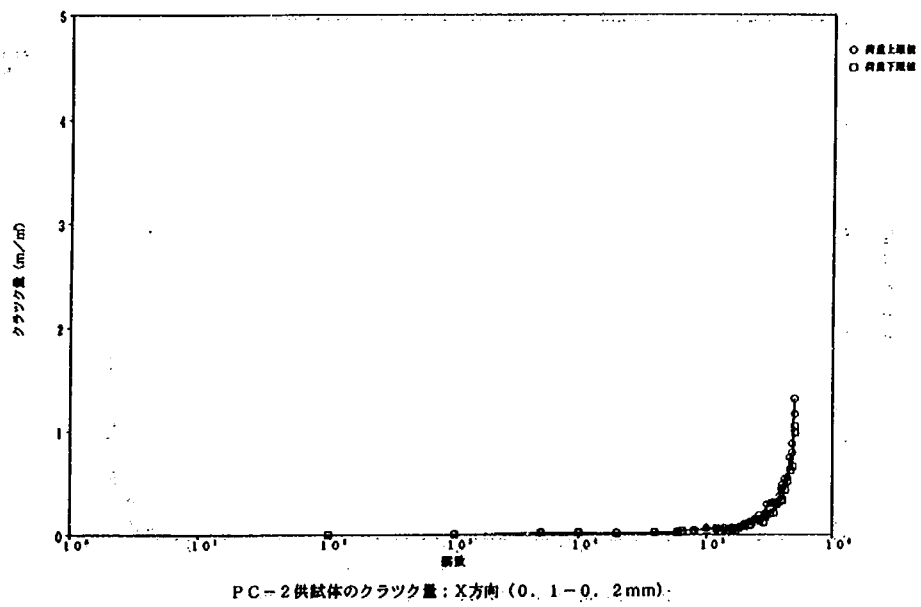
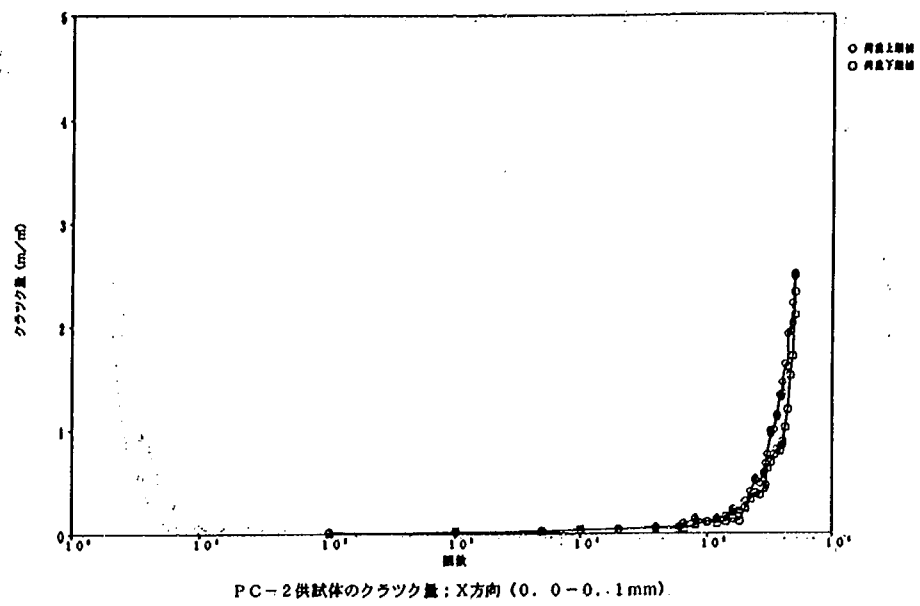


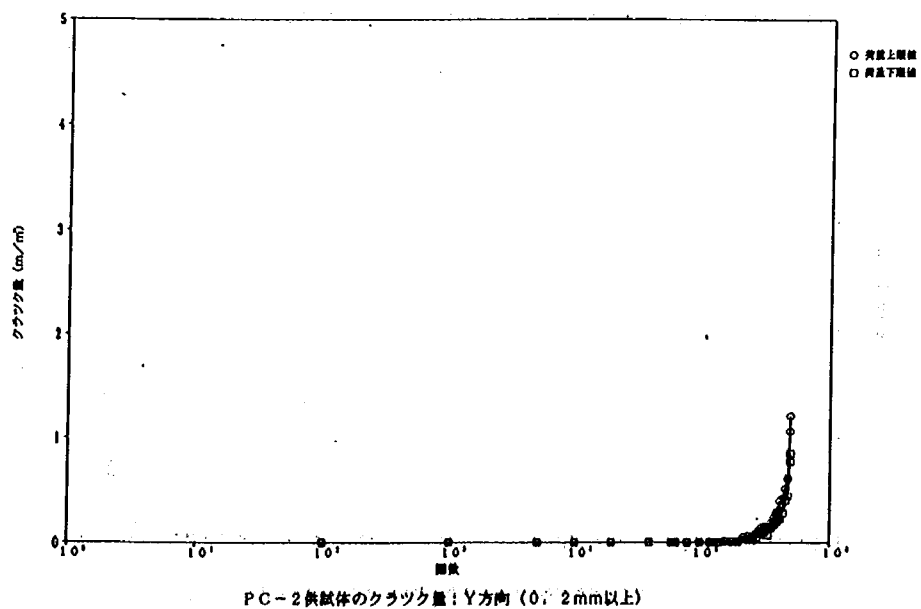
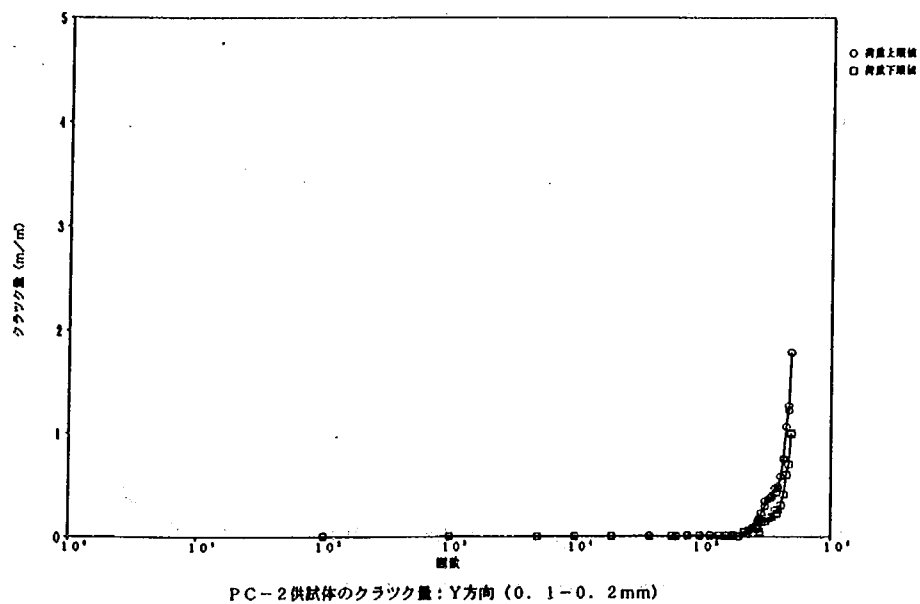
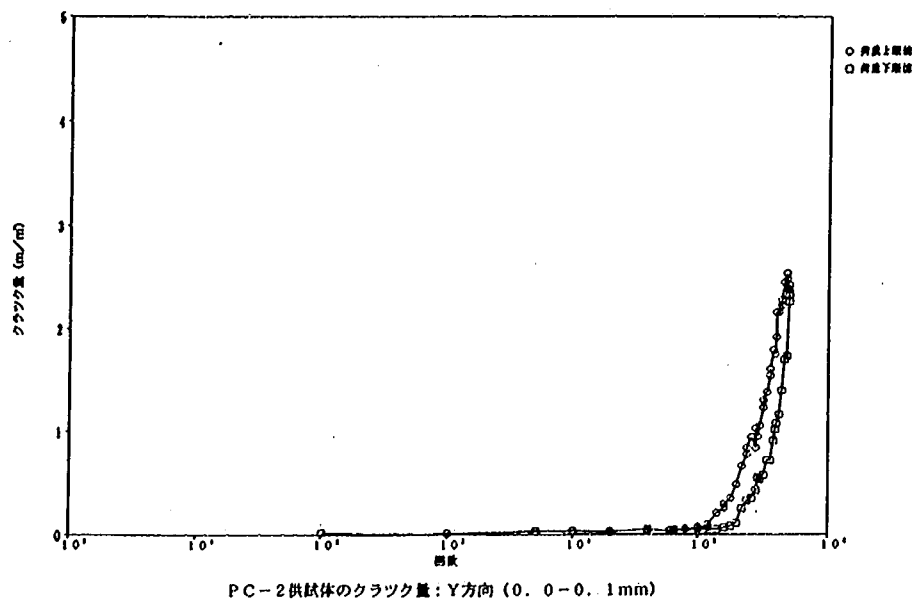
PC-2 供試体の静的 (静的データ) : ひび割れ幅 (PI1)



PC-2 供試体の静的 (静的データ) : ひび割れ幅 (PI2)

6) 載荷回数とひび割れ密度との関係





7) C C Dカメラによる床版下面ひび割れ状況の時系列変化

計測ID: PC2111

測定時刻 1997/ 3/ 4 13:31:31

測定: 3 回

荷重: 0.00 tonf

繰り返し回数: 102 回

★クラック

濃度 0

密度	X (n/m2)	Y (n/m2)
~0.1mm	0.00	0.02
0.1~0.2mm	0.00	0.00
0.2~ mm	0.00	0.00
小計	0.00	0.02
合計		0.02

—— : ~0.1mm
—— : 0.1~0.2mm
—— : 0.2~ mm

計測ID: PC2111

測定時刻 1997/ 3/ 4 13:52:11

測定: 4 回

荷重: 14.20 tonf

繰り返し回数: 102 回

★クラック

濃度 0

密度	X (n/m2)	Y (n/m2)
~0.1mm	0.01	0.02
0.1~0.2mm	0.00	0.00
0.2~ mm	0.00	0.00
小計	0.01	0.02
合計		0.02

—— : ~0.1mm
—— : 0.1~0.2mm
—— : 0.2~ mm

計測ID: PC2111

測定時刻 1997/ 3/ 4 14:40:15

測定: 4 回

荷重: 15.90 tonf

繰り返し回数: 1010 回

★クラック

濃度 0

密度	X (n/m2)	Y (n/m2)
~0.1mm	0.01	0.01
0.1~0.2mm	0.00	0.00
0.2~ mm	0.00	0.00
小計	0.01	0.01
合計		0.01

—— : ~0.1mm
—— : 0.1~0.2mm
—— : 0.2~ mm

計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 3/ 1 05:47:59

測定: 14 回

質量: 10.07 t_{air}

観測回数: (0010 回)

★クラック

濃度	0	
密度	X (n/m ²)	Y (n/m ²)
~0.1mm	0.01	0.01
0.1~0.2mm	0.02	0.01
0.2~ mm	0.00	0.00
小計	0.03	0.02
合計		0.13

—— : ~0.1mm
 —— : 0.1~0.2mm
 —— : 0.2~ mm

計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 3/ 1 06:03:16

測定: 15 回

質量: 10.10 t_{air}

観測回数: (0010 回)

★クラック

濃度	0	
密度	X (n/m ²)	Y (n/m ²)
~0.1mm	0.01	0.03
0.1~0.2mm	0.02	0.00
0.2~ mm	0.00	0.00
小計	0.03	0.03
合計		0.12

—— : ~0.1mm
 —— : 0.1~0.2mm
 —— : 0.2~ mm

計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 3/ 1 13:18:14

測定: 17 回

質量: 10.01 t_{air}

観測回数: (0010 回)

★クラック

濃度	0	
密度	X (n/m ²)	Y (n/m ²)
~0.1mm	0.01	0.04
0.1~0.2mm	0.03	0.00
0.2~ mm	0.00	0.00
小計	0.10	0.04
合計		0.14

—— : ~0.1mm
 —— : 0.1~0.2mm
 —— : 0.2~ mm

計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 3/19 10:32:14

測定: 17 回

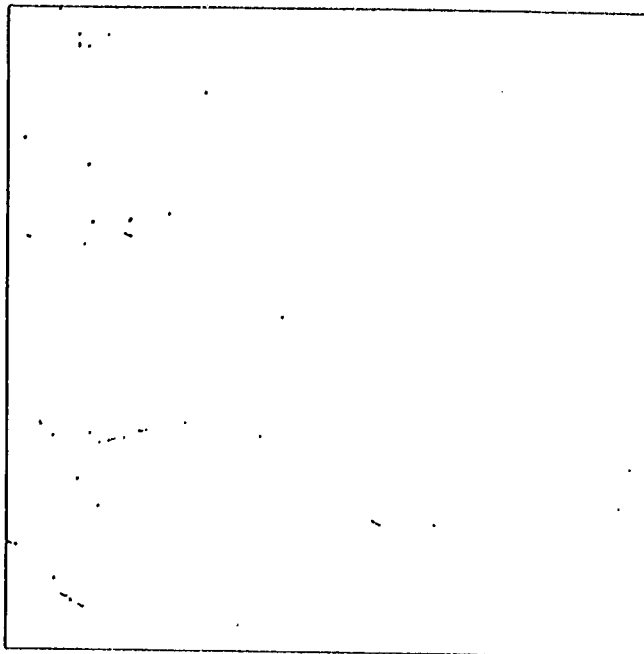
荷重: 10.10 tonf

観測回数: 10010 回

★クラック

測定	0	
密度	X (n/a)	Y (n/a)
~0.1mm	0.11	0.05
0.1~0.2mm	0.01	0.01
0.2~mm	0.00	0.00
小計	0.11	0.06
合計	0.11	

——: ~0.1mm
——: 0.1~0.2mm
——: 0.2~mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 3/19 11:14:49

測定: 19 回

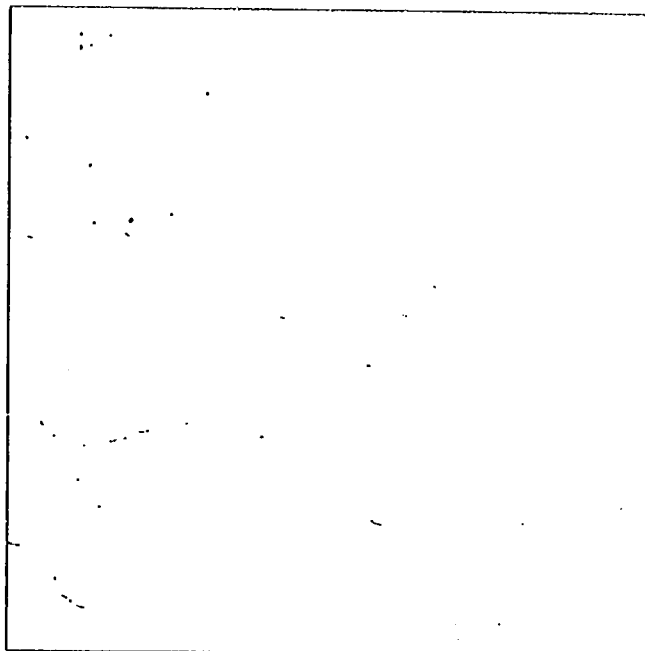
荷重: 10.00 tonf

観測回数: 10010 回

★クラック

測定	0	
密度	X (n/a)	Y (n/a)
~0.1mm	0.11	0.05
0.1~0.2mm	0.01	0.01
0.2~mm	0.01	0.01
小計	0.11	0.07
合計	0.11	

——: ~0.1mm
——: 0.1~0.2mm
——: 0.2~mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 3/19 12:10:54

測定: 15 回

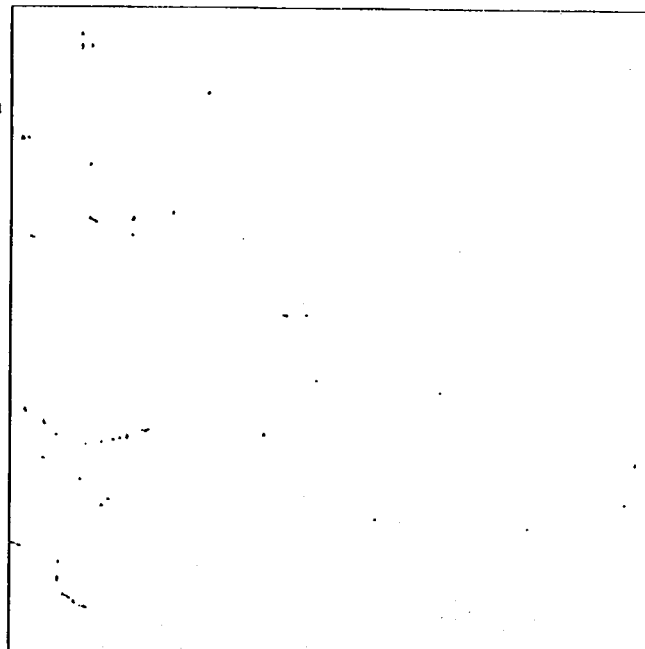
荷重: 10.13 tonf

観測回数: 10010 回

★クラック

測定	0	
密度	X (n/a)	Y (n/a)
~0.1mm	0.11	0.07
0.1~0.2mm	0.01	0.01
0.2~mm	0.01	0.01
小計	0.11	0.09
合計	0.11	

——: ~0.1mm
——: 0.1~0.2mm
——: 0.2~mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 3/11 05:11:19

測定: 11 回

荷重: 19.99 tonf

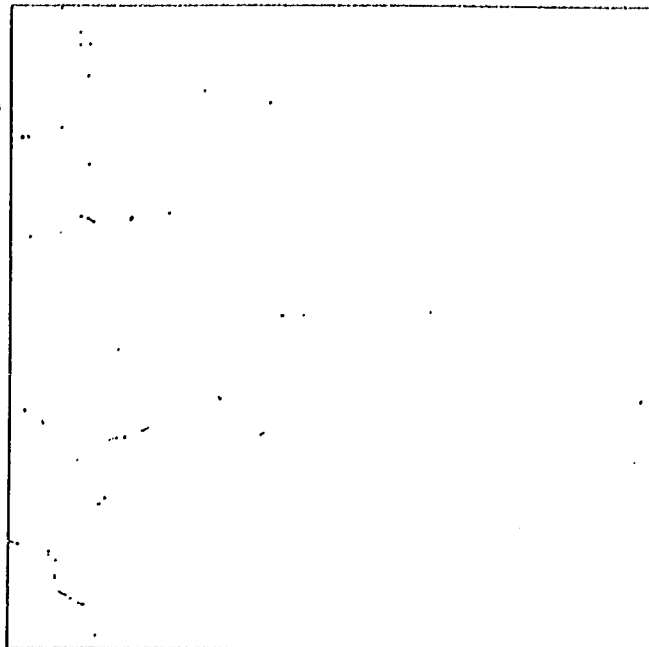
振動回数: 120010 回

★クラック

濃度 0

密度	I (n/m ²)	T (n/m ²)
～0.1mm	0.13	0.07
0.1～0.2mm	0.06	0.02
0.2～mm	0.02	0.03
小計	0.21	0.12
合計	0.23	0.12

——: ～0.1mm
——: 0.1～0.2mm
——: 0.2～mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 3/11 05:11:51

測定: 10 回

荷重: 22.06 tonf

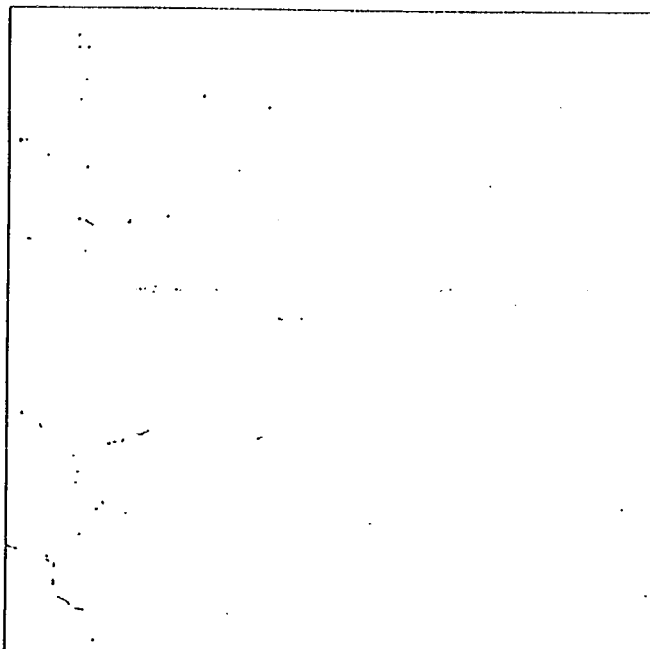
振動回数: 120010 回

★クラック

濃度 0

密度	I (n/m ²)	T (n/m ²)
～0.1mm	0.14	0.10
0.1～0.2mm	0.06	0.01
0.2～mm	0.01	0.00
小計	0.21	0.11
合計	0.22	0.12

——: ～0.1mm
——: 0.1～0.2mm
——: 0.2～mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 3/11 11:06:41

測定: 10 回

荷重: 22.06 tonf

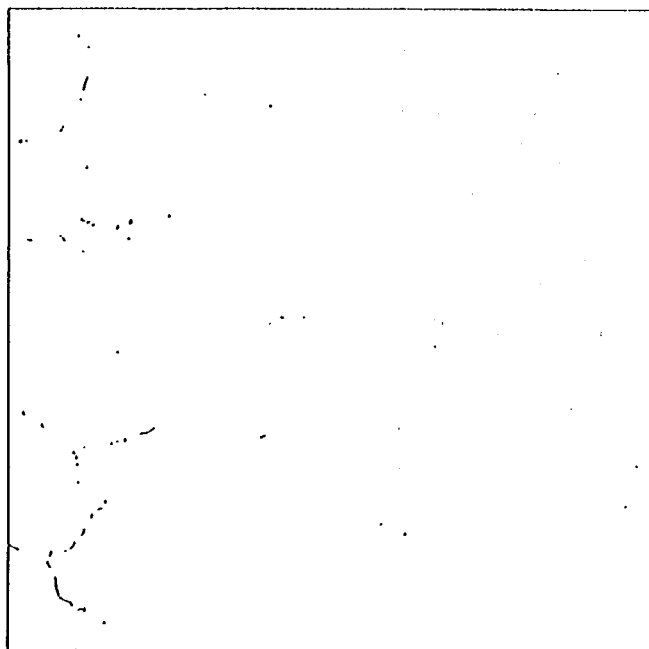
振動回数: 110010 回

★クラック

濃度 114

密度	I (n/m ²)	T (n/m ²)
～0.1mm	0.16	0.21
0.1～0.2mm	0.06	0.01
0.2～mm	0.02	0.00
小計	0.24	0.22
合計	0.25	0.23

——: ～0.1mm
——: 0.1～0.2mm
——: 0.2～mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 3/11 23:12:30

測定: 31 回

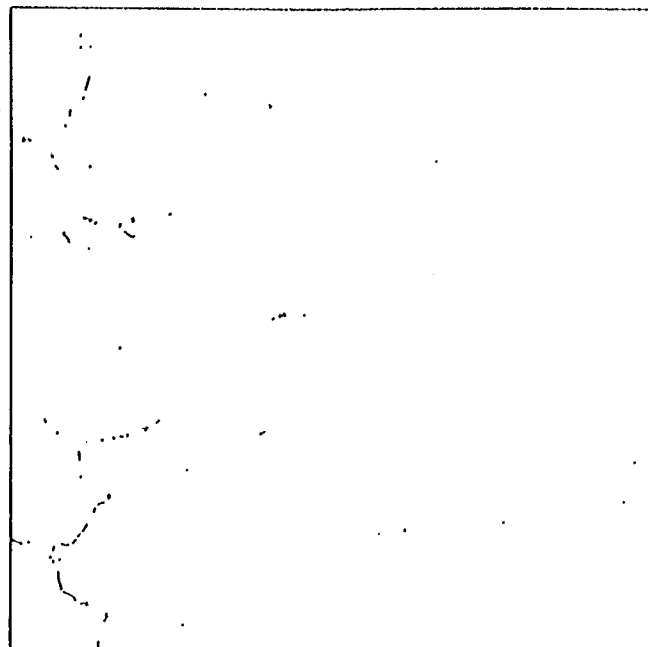
荷重: 22.00 tonf

観測回数: 10000 回

★クラック

測定	mm	
密度	X (n/m2)	Y (n/m2)
～0.1mm	0.10	0.10
0.1～0.2mm	0.00	0.01
0.2～0.3mm	0.00	0.01
小計	0.10	0.12
合計		0.22

——: ～0.1mm
——: 0.1～0.2mm
——: 0.2～0.3mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 3/11 23:58:24

測定: 33 回

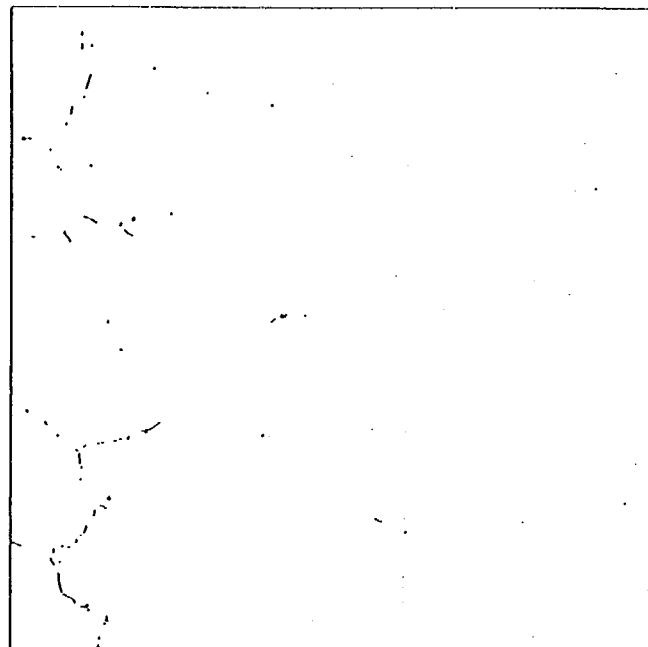
荷重: 22.00 tonf

観測回数: 10000 回

★クラック

測定	mm	
密度	X (n/m2)	Y (n/m2)
～0.1mm	0.23	0.19
0.1～0.2mm	0.07	0.01
0.2～0.3mm	0.00	0.01
小計	0.30	0.21
合計		0.45

——: ～0.1mm
——: 0.1～0.2mm
——: 0.2～0.3mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 3/12 00:57:34

測定: 35 回

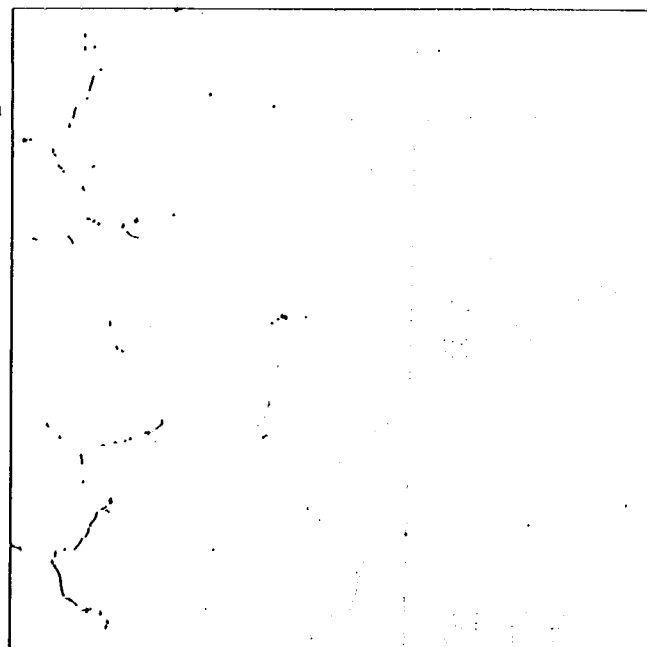
荷重: 22.00 tonf

観測回数: 10000 回

★クラック

測定	mm	
密度	X (n/m2)	Y (n/m2)
～0.1mm	0.21	0.35
0.1～0.2mm	0.07	0.00
0.2～0.3mm	0.00	0.01
小計	0.28	0.36
合計		0.64

——: ～0.1mm
——: 0.1～0.2mm
——: 0.2～0.3mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 3/11 10:10:53

測定: 37 回

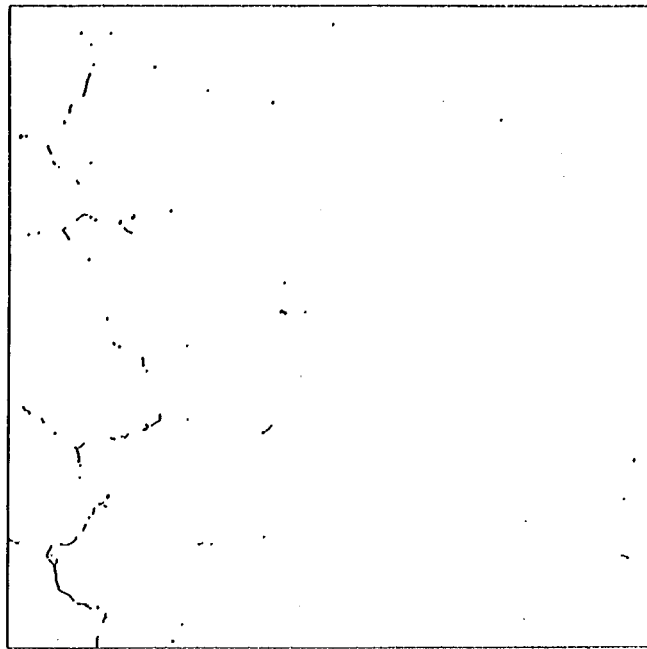
質量: 24.09 tonf

破砕回数: 100010 回

★クラック

破度	1778	
密度	X (n/m2)	Y (n/m2)
~0.1mm	0.31	0.18
0.1~0.2mm	0.18	0.49
0.2~mm	0.05	0.01
小計	0.54	0.68
合計		0.15

====: ~0.1mm
====: 0.1~0.2mm
====: 0.2~mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 3/12 10:31:00

測定: 38 回

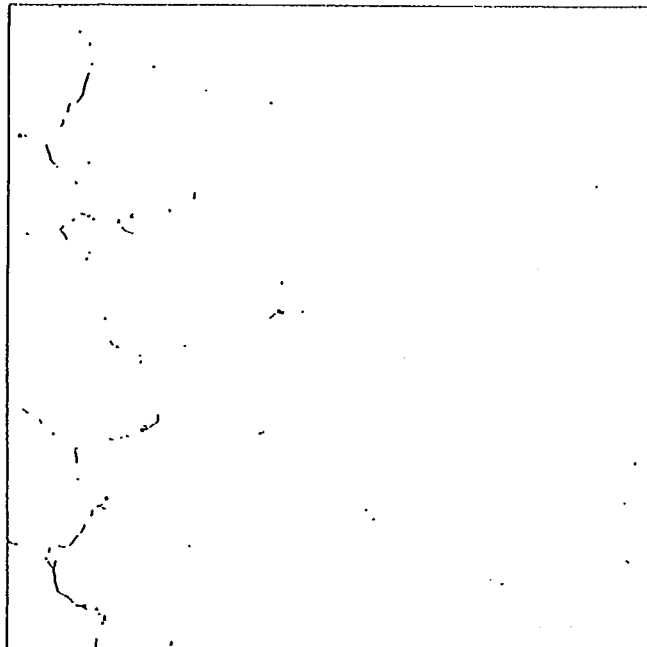
質量: 26.02 tonf

破砕回数: 100010 回

★クラック

破度	1778	
密度	X (n/m2)	Y (n/m2)
~0.1mm	0.24	0.49
0.1~0.2mm	0.10	0.00
0.2~mm	0.05	0.01
小計	0.39	0.50
合計		0.19

====: ~0.1mm
====: 0.1~0.2mm
====: 0.2~mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 3/13 02:54:00

測定: 40 回

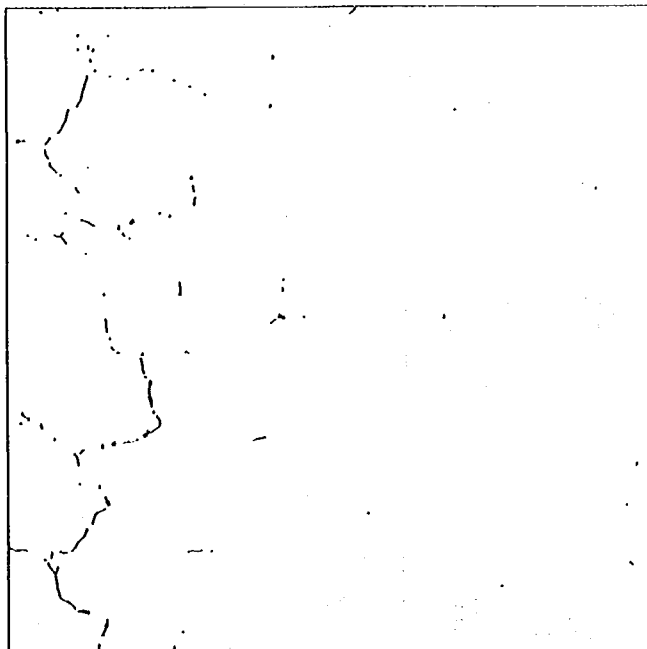
質量: 26.02 tonf

破砕回数: 220010 回

★クラック

破度	1592	
密度	X (n/m2)	Y (n/m2)
~0.1mm	0.49	0.47
0.1~0.2mm	0.12	0.09
0.2~mm	0.00	0.05
小計	0.61	0.61
合計		1.26

====: ~0.1mm
====: 0.1~0.2mm
====: 0.2~mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 3/13 11:16:11

測定: 41 回

質量: 20.02 tonf

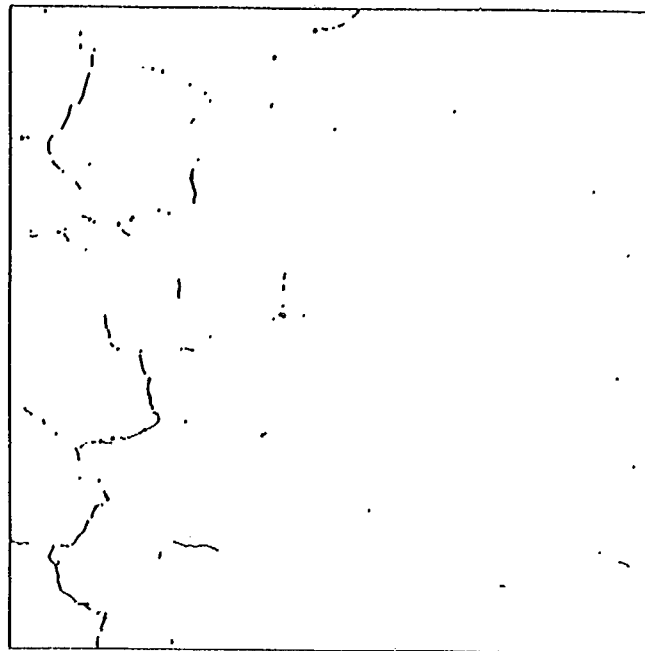
観測回数: 210010 回

★クラック

濃度 1110

密度	X (a/m)	Y (a/m)
～0.1mm	0.51	0.73
0.1～0.2mm	0.15	0.05
0.2～mm	0.10	0.01
小計	0.76	0.79
合計		1.55

—— : ～0.1mm
—— : 0.1～0.2mm
—— : 0.2～mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 3/13 11:16:11

測定: 41 回

質量: 20.09 tonf

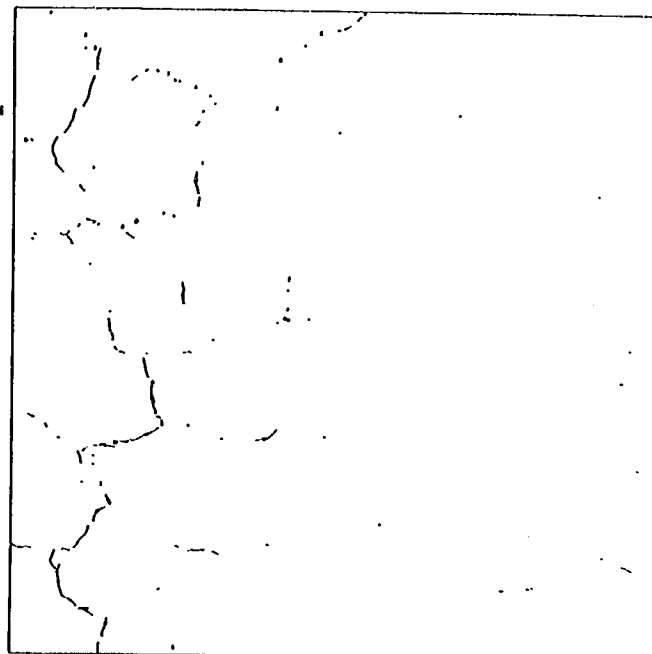
観測回数: 210010 回

★クラック

濃度 1592

密度	X (a/m)	Y (a/m)
～0.1mm	0.52	0.81
0.1～0.2mm	0.15	0.05
0.2～mm	0.10	0.01
小計	0.77	0.87
合計		1.74

—— : ～0.1mm
—— : 0.1～0.2mm
—— : 0.2～mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 3/14 02:41:51

測定: 45 回

質量: 21.32 tonf

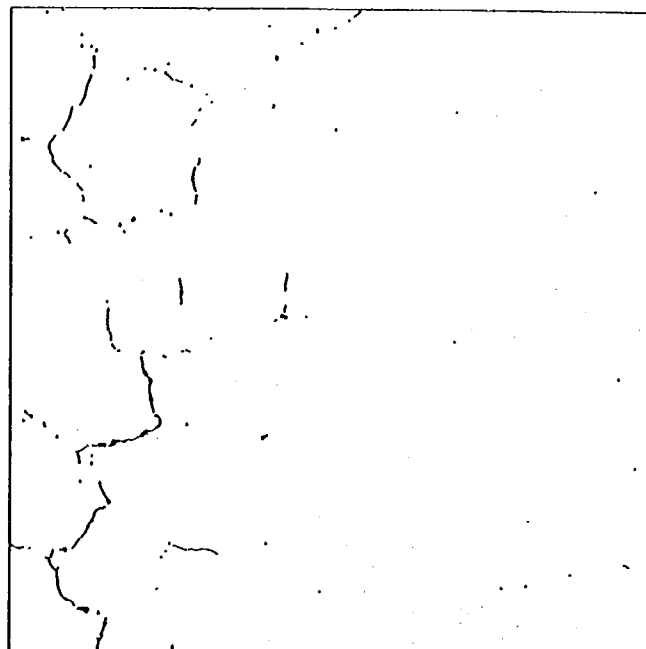
観測回数: 210004 回

★クラック

濃度 1512

密度	X (a/m)	Y (a/m)
～0.1mm	0.48	0.77
0.1～0.2mm	0.11	0.05
0.2～mm	0.11	0.01
小計	0.70	1.12
合計		1.10

—— : ～0.1mm
—— : 0.1～0.2mm
—— : 0.2～mm



AI測ID: PC0111

測定時刻 1997/ 3/16 12:00:19

測定: 41 回

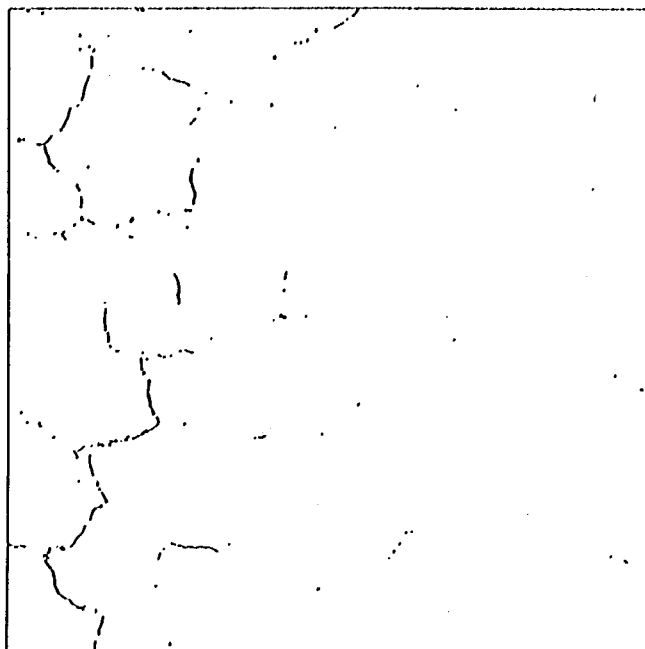
荷重: 25.00 tonf

観測回数: 10000 回

★クラック

濃度	3455	
密度	X (n/m)	Y (n/m)
~0.1mm	0.50	0.10
0.1~0.2mm	0.14	0.15
0.2~mm	0.15	0.00
小計	0.79	0.25
合計		0.00

==== : ~0.1mm
==== : 0.1~0.2mm
==== : 0.2~mm



AI測ID: PC0111

測定時刻 1997/ 3/16 13:10:00

測定: 41 回

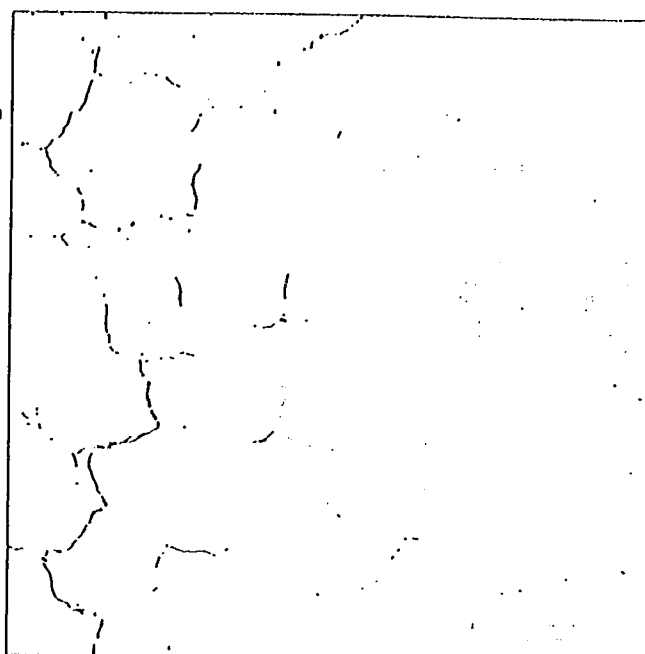
荷重: 25.00 tonf

観測回数: 10000 回

★クラック

濃度	3100	
密度	X (n/m)	Y (n/m)
~0.1mm	0.53	0.04
0.1~0.2mm	0.17	0.13
0.2~mm	0.10	0.00
小計	0.80	0.17
合計		0.10

==== : ~0.1mm
==== : 0.1~0.2mm
==== : 0.2~mm



AI測ID: PC0111

測定時刻 1997/ 3/16 17:51:33

測定: 50 回

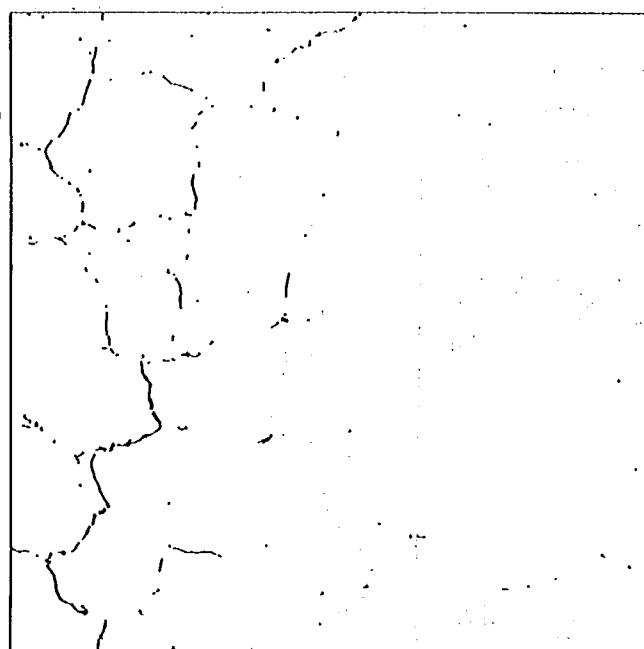
荷重: 25.00 tonf

観測回数: 10000 回

★クラック

濃度	3154	
密度	X (n/m)	Y (n/m)
~0.1mm	0.10	0.04
0.1~0.2mm	0.14	0.10
0.2~mm	0.10	0.10
小計	0.34	0.24
合計		0.10

==== : ~0.1mm
==== : 0.1~0.2mm
==== : 0.2~mm



計測ID: PC2111

測定時刻 1997/ 3/17 13:14:39

測定: 55 回

経度: 30.02 tonf

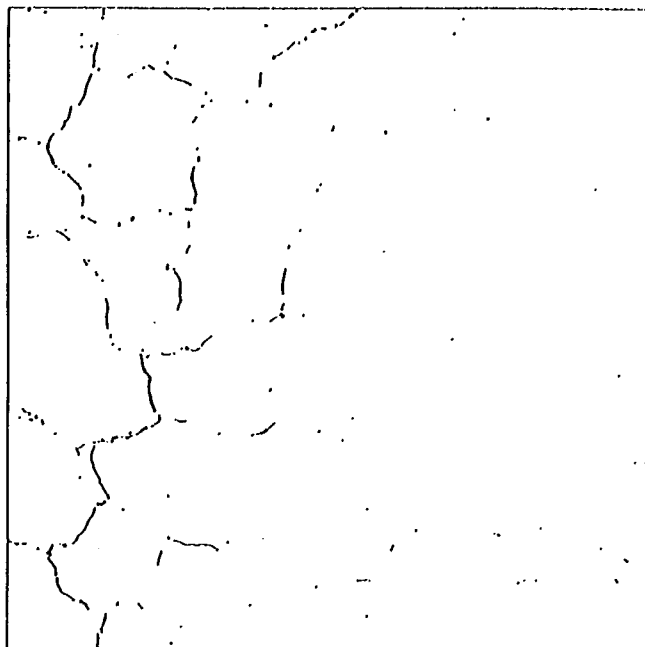
観測回数: 300010 回

★クラック

傾度 55306

密度	X (n/m)	Y (n/m)
~0.1mm	0.14	1.04
0.1~0.2mm	0.21	0.23
0.2~mm	0.19	0.14
小計	1.54	1.41
合計		1.63

—— : ~0.1mm
—— : 0.1~0.2mm
—— : 0.2~mm



計測ID: PC2111

測定時刻 1997/ 3/18 15:07:15

測定: 55 回

経度: 29.99 tonf

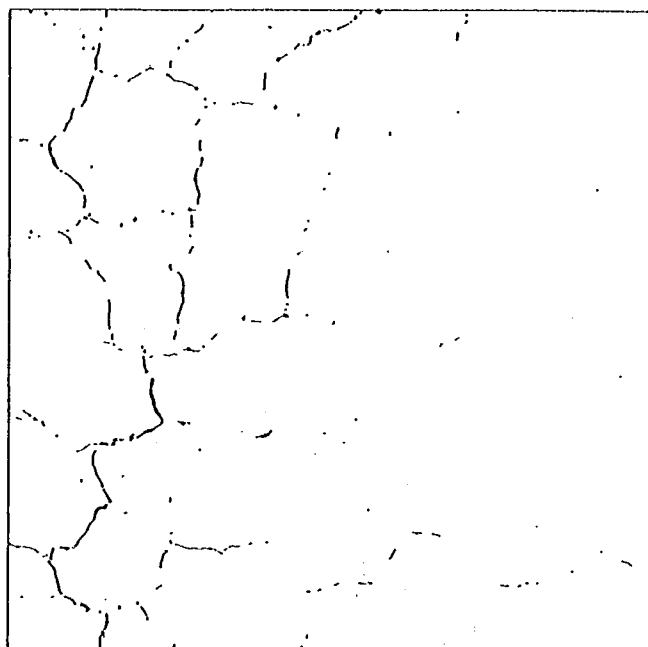
観測回数: 320010 回

★クラック

傾度 55296

密度	X (n/m)	Y (n/m)
~0.1mm	0.36	1.22
0.1~0.2mm	0.30	0.23
0.2~mm	0.24	0.14
小計	1.50	1.59
合計		3.10

—— : ~0.1mm
—— : 0.1~0.2mm
—— : 0.2~mm



計測ID: PC2111

測定時刻 1997/ 3/18 15:14:11

測定: 58 回

経度: 32.05 tonf

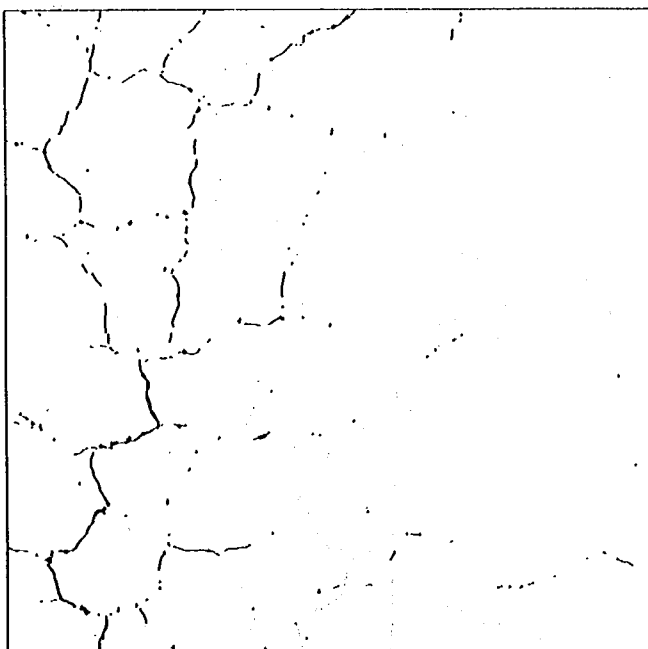
観測回数: 320010 回

★クラック

傾度 55168

密度	X (n/m)	Y (n/m)
~0.1mm	0.39	1.24
0.1~0.2mm	0.21	0.23
0.2~mm	0.22	0.15
小計	1.52	1.64
合計		3.36

—— : ~0.1mm
—— : 0.1~0.2mm
—— : 0.2~mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 3/19 03:22:52

測定: 50 回

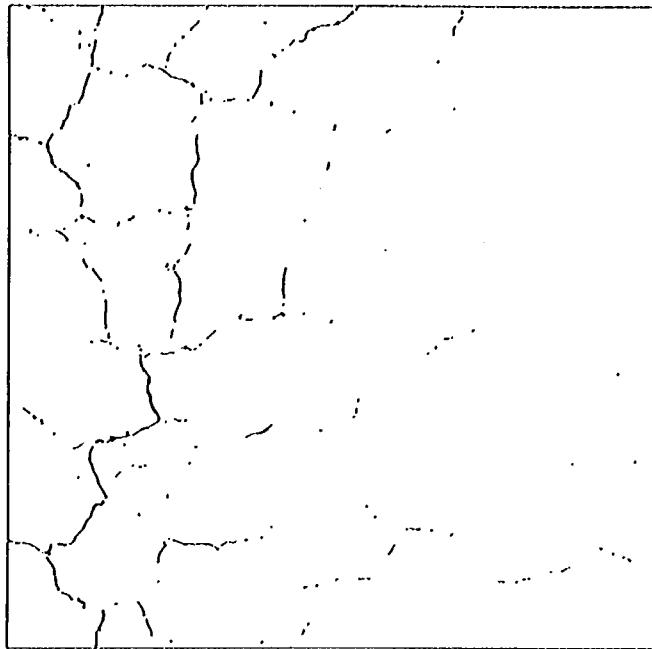
質量: 32.00 tonf

観測回数: 310000 回

★クラック

濃度	51884	
密度	I (n/m ²)	T (n/m ²)
~0.1mm	1.01	1.52
0.1~0.2mm	0.22	0.33
0.2~	0.25	0.14
小計	1.52	1.99
合計	3.59	

—— : ~0.1mm
 —— : 0.1~0.2mm
 —— : 0.2~



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 3/19 11:03:10

測定: 60 回

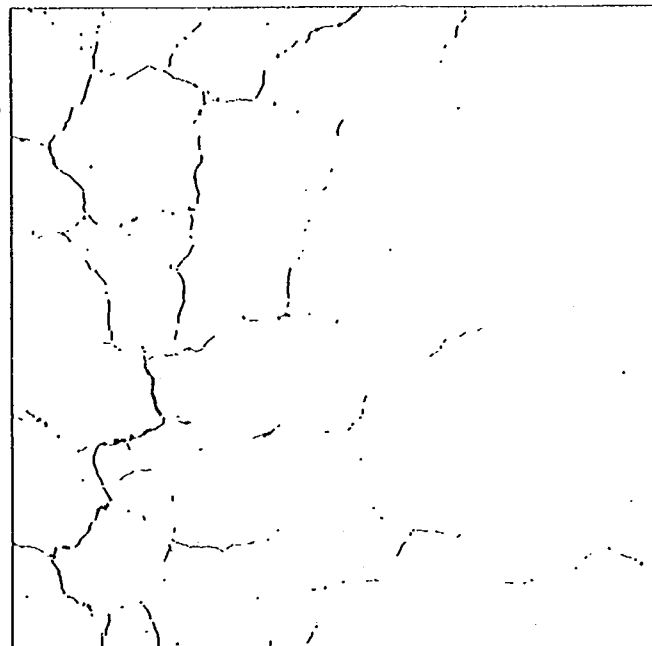
質量: 32.05 tonf

観測回数: 310000 回

★クラック

濃度	51752	
密度	I (n/m ²)	T (n/m ²)
~0.1mm	1.15	1.50
0.1~0.2mm	0.28	0.30
0.2~	0.27	0.16
小計	1.71	2.12
合計	3.82	

—— : ~0.1mm
 —— : 0.1~0.2mm
 —— : 0.2~



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 3/19 14:10:26

測定: 61 回

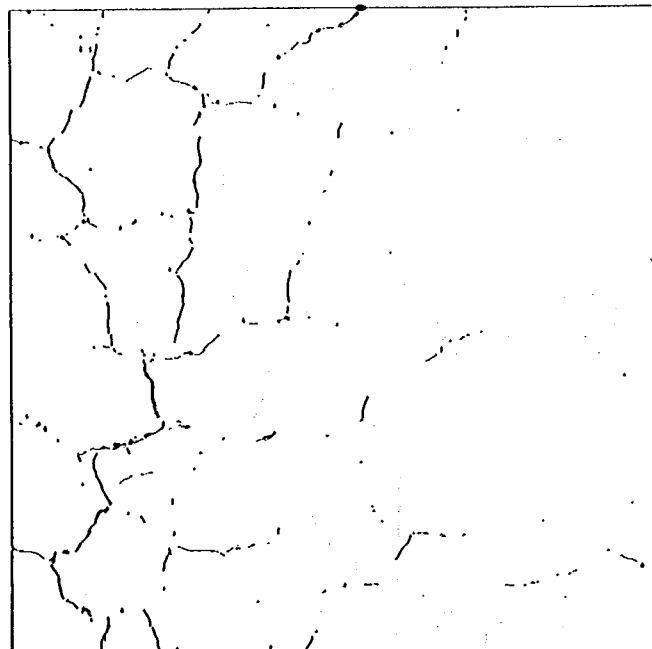
質量: 32.95 tonf

観測回数: 310000 回

★クラック

濃度	61000	
密度	I (n/m ²)	T (n/m ²)
~0.1mm	1.12	1.45
0.1~0.2mm	0.31	0.10
0.2~	0.26	0.18
小計	1.69	2.13
合計	3.82	

—— : ~0.1mm
 —— : 0.1~0.2mm
 —— : 0.2~



計測ID: PC2111

測定時刻: 1997/ 3/10 01:10:32

測定: 43 回

荷重: 31.11 tonf

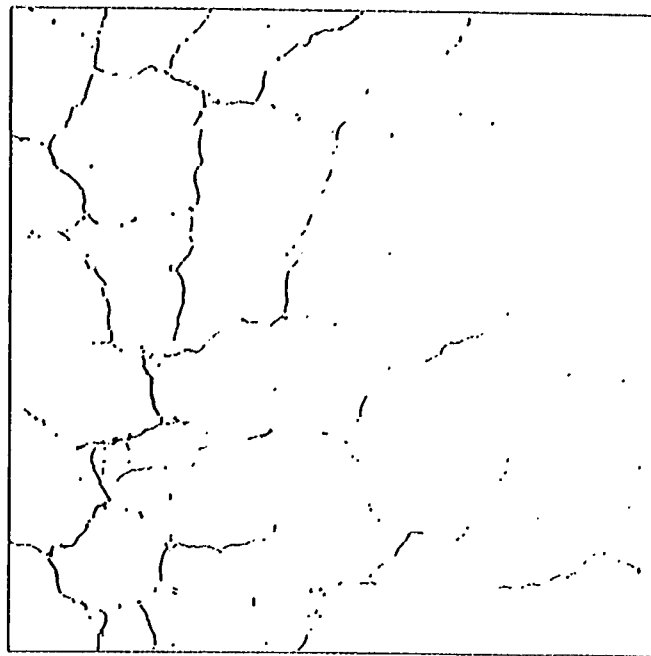
破砕回数: 31000 回

★クラック

濃度 100551

密度	X (n/a)	Y (n/a)
~0.1mm	1.39	1.81
0.1~0.2mm	0.49	0.41
0.2~mm	0.33	0.22
小計	2.21	2.44
合計		4.86

—— : ~0.1mm
—— : 0.1~0.2mm
—— : 0.2~mm



計測ID: PC2111

測定時刻: 1997/ 3/11 03:44:01

測定: 44 回

荷重: 31.02 tonf

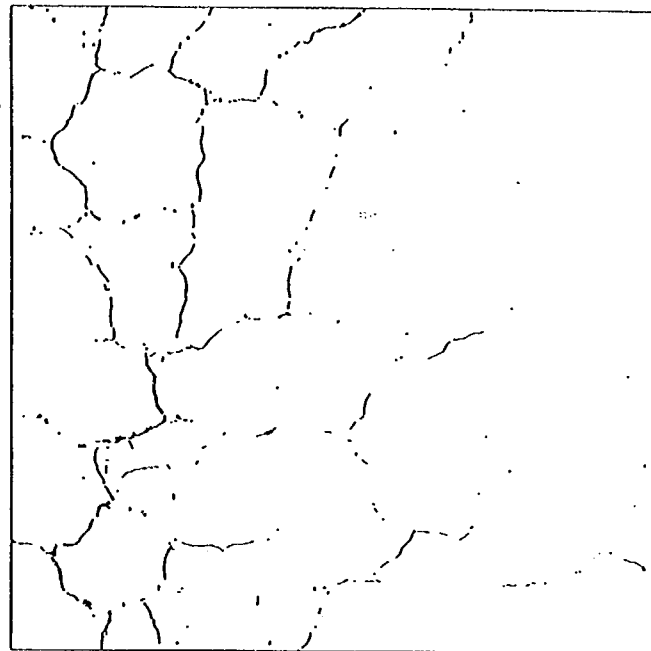
破砕回数: 31000 回

★クラック

濃度 100432

密度	X (n/a)	Y (n/a)
~0.1mm	1.33	1.83
0.1~0.2mm	0.33	0.41
0.2~mm	0.33	0.24
小計	2.00	2.48
合計		4.57

—— : ~0.1mm
—— : 0.1~0.2mm
—— : 0.2~mm



計測ID: PC2111

測定時刻: 1997/ 3/21 17:32:40

測定: 44 回

荷重: 31.05 tonf

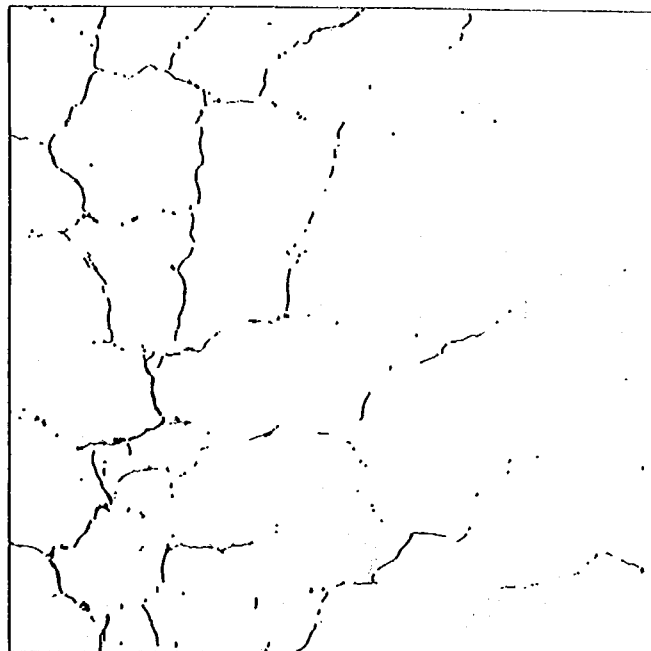
破砕回数: 31000 回

★クラック

濃度 101131

密度	X (n/a)	Y (n/a)
~0.1mm	1.33	2.01
0.1~0.2mm	0.41	0.44
0.2~mm	0.33	0.24
小計	2.07	2.69
合計		4.77

—— : ~0.1mm
—— : 0.1~0.2mm
—— : 0.2~mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 3/24 09:32:11

測定: 61 回

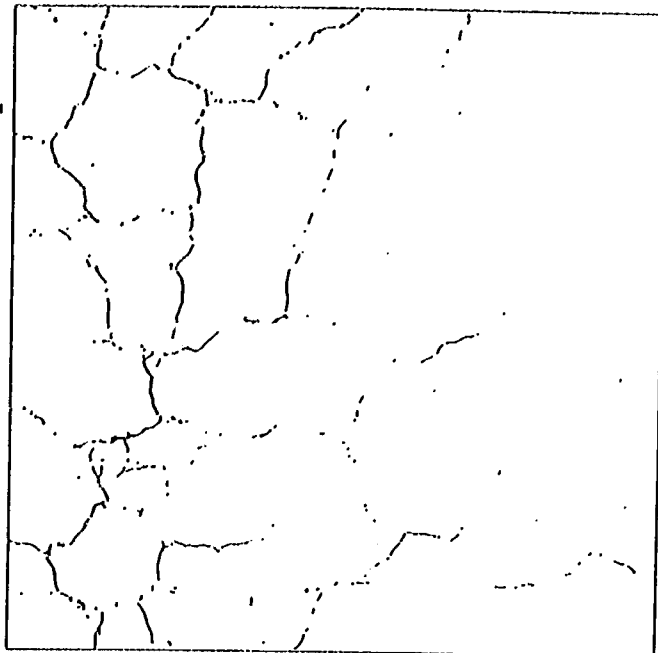
質量: 33.11 tonf

観測回数: 333333 回

★クラック

濃度	103211	
密度	X (n/m)	Y (n/m)
~0.1mm	0.31	0.19
0.1~0.2mm	0.44	0.43
0.2~mm	0.31	0.28
小計	1.11	1.10
合計	0.49	

——: ~0.1mm
——: 0.1~0.2mm
——: 0.2~mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 3/24 11:00:51

測定: 61 回

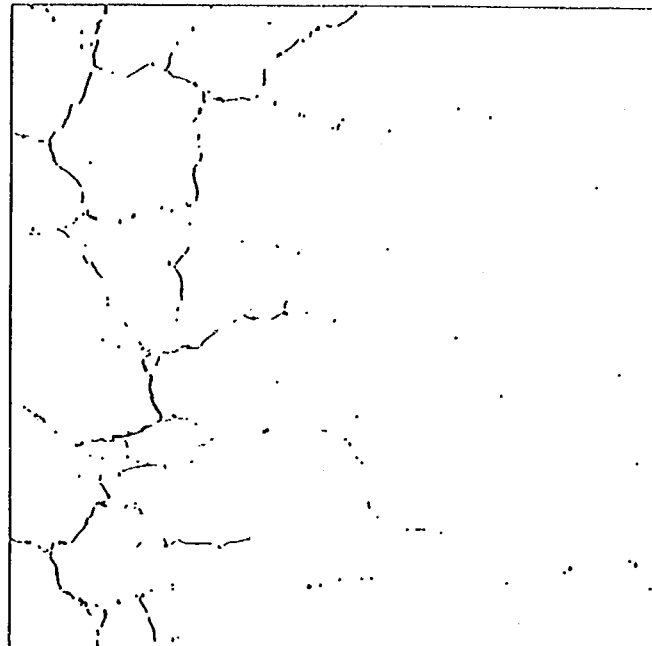
質量: 0.00 tonf

観測回数: 400001 回

★クラック

濃度	333021	
密度	X (n/m)	Y (n/m)
~0.1mm	0.34	1.01
0.1~0.2mm	0.35	0.37
0.2~mm	0.36	0.10
小計	1.05	1.55
合計	2.14	

——: ~0.1mm
——: 0.1~0.2mm
——: 0.2~mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 3/24 12:11:11

測定: 61 回

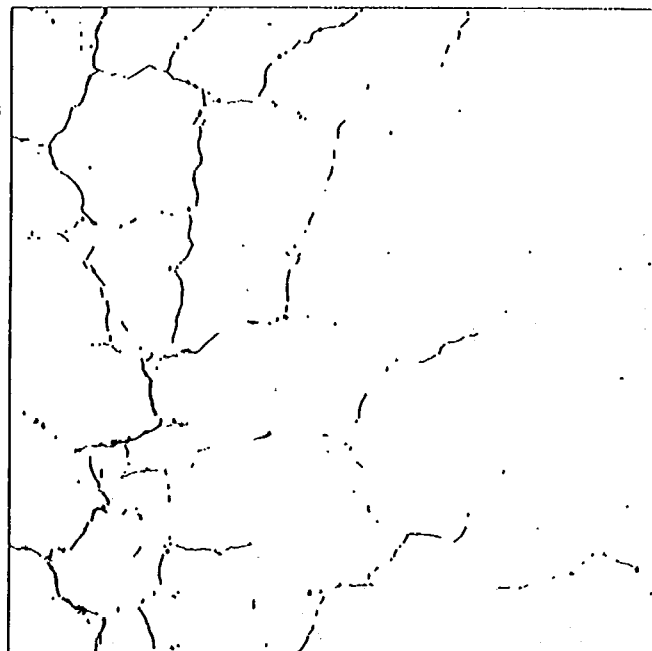
質量: 31.09 tonf

観測回数: 400001 回

★クラック

濃度	321312	
密度	X (n/m)	Y (n/m)
~0.1mm	0.35	1.15
0.1~0.2mm	0.44	0.43
0.2~mm	0.33	0.21
小計	1.14	1.79
合計	1.07	

——: ~0.1mm
——: 0.1~0.2mm
——: 0.2~mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 3/21 13:41:53

測定: 19 回

荷重: 36.02 tonf

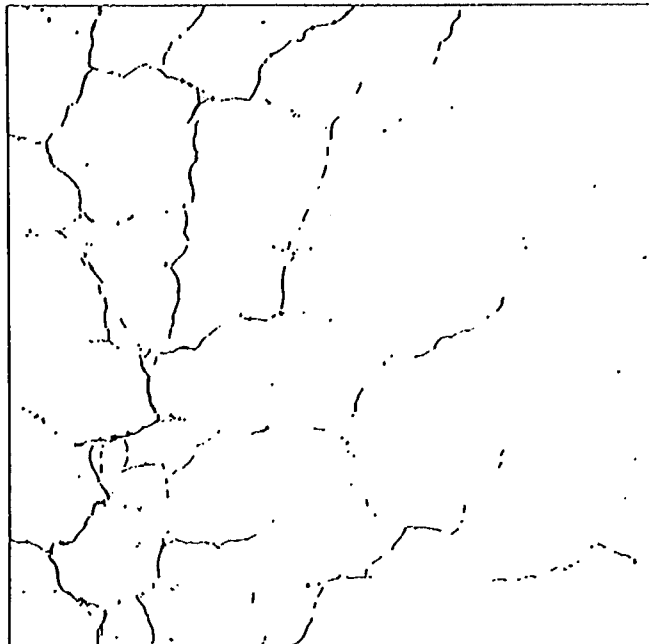
破砕回数: 400001 回

★クラック

濃度 331014

密度	X (n/m)	Y (n/m)
~0.1mm	1.48	2.19
0.1~0.2mm	0.50	0.47
0.2~mm	0.33	0.30
小計	2.31	3.01
合計	1.35	3.32

—— : ~0.1mm
—— : 0.1~0.2mm
—— : 0.2~mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 3/21 13:34:10

測定: 11 回

荷重: 36.02 tonf

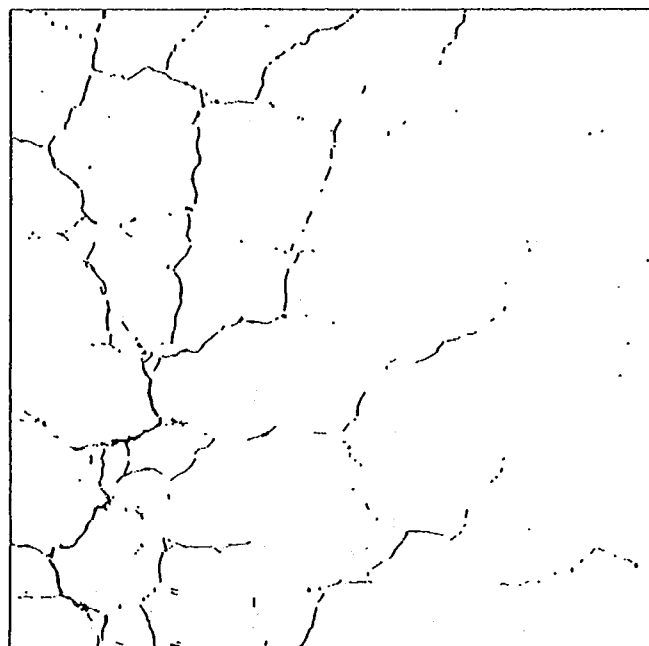
破砕回数: 411001 回

★クラック

濃度 355534

密度	X (n/m)	Y (n/m)
~0.1mm	1.60	2.16
0.1~0.2mm	0.52	0.55
0.2~mm	0.40	0.38
小計	2.53	3.09
合計	2.53	3.09

—— : ~0.1mm
—— : 0.1~0.2mm
—— : 0.2~mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 3/21 15:14:53

測定: 13 回

荷重: 36.05 tonf

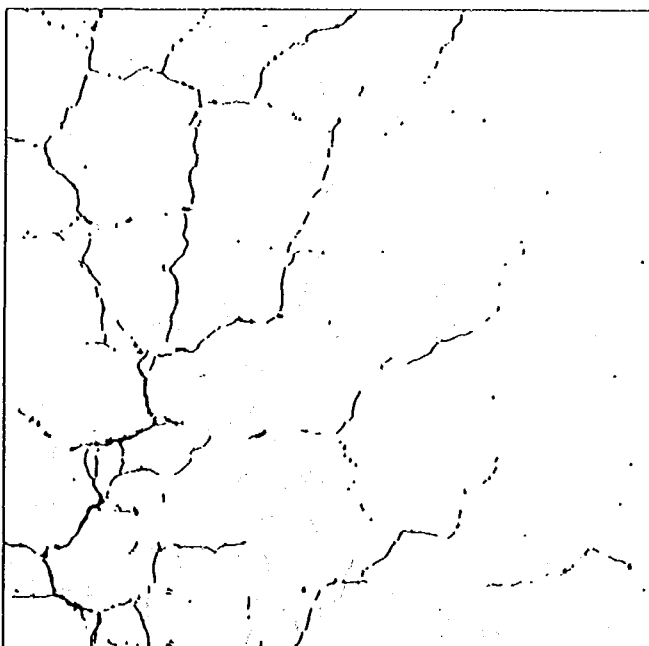
破砕回数: 420001 回

★クラック

濃度 349320

密度	X (n/m)	Y (n/m)
~0.1mm	1.42	2.20
0.1~0.2mm	0.57	0.50
0.2~mm	0.46	0.39
小計	2.45	3.10
合計	2.45	3.10

—— : ~0.1mm
—— : 0.1~0.2mm
—— : 0.2~mm



測定ID: PC1111

測定時刻 1997/ 3/21 00:48:31

測定: 15 回

質量: 36.05 tonf

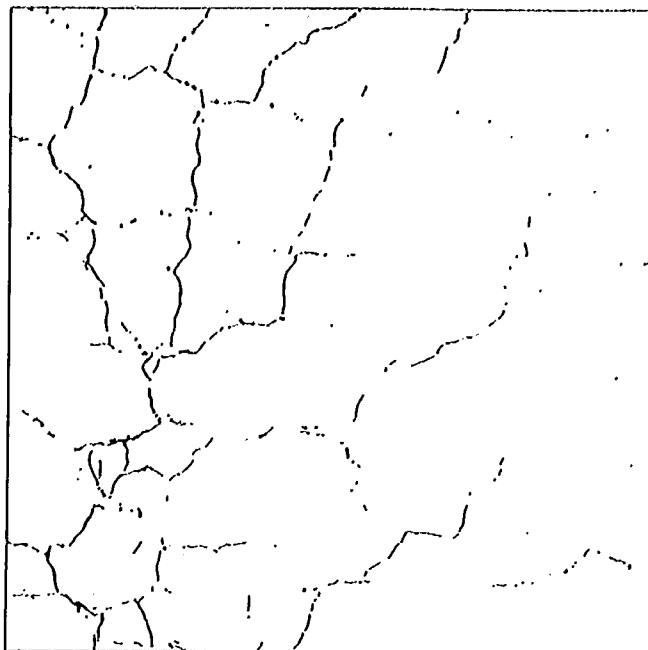
観測回数: (10000) 回

★クラック

濃度 359056

濃度	X (m/m)	Y (m/m)
0.1mm	0.59	0.10
0.1~0.2mm	0.57	0.16
0.2~ mm	0.54	0.34
小計	1.70	0.60
合計		

—— : 0.1mm
—— : 0.1~0.2mm
—— : 0.2~ mm



測定ID: PC1111

測定時刻 1997/ 3/21 00:06:51

測定: 16 回

質量: 38.01 tonf

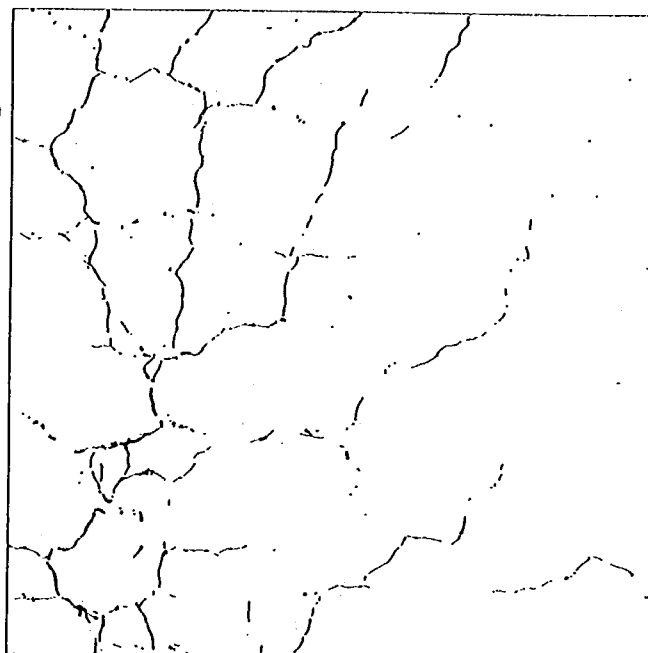
観測回数: (40000) 回

★クラック

濃度 365040

濃度	X (m/m)	Y (m/m)
0.1mm	1.36	0.28
0.1~0.2mm	0.53	0.17
0.2~ mm	0.56	0.44
小計	2.45	0.89
合計		

—— : 0.1mm
—— : 0.1~0.2mm
—— : 0.2~ mm



測定ID: PC1111

測定時刻 1997/ 3/21 10:54:03

測定: 18 回

質量: 38.05 tonf

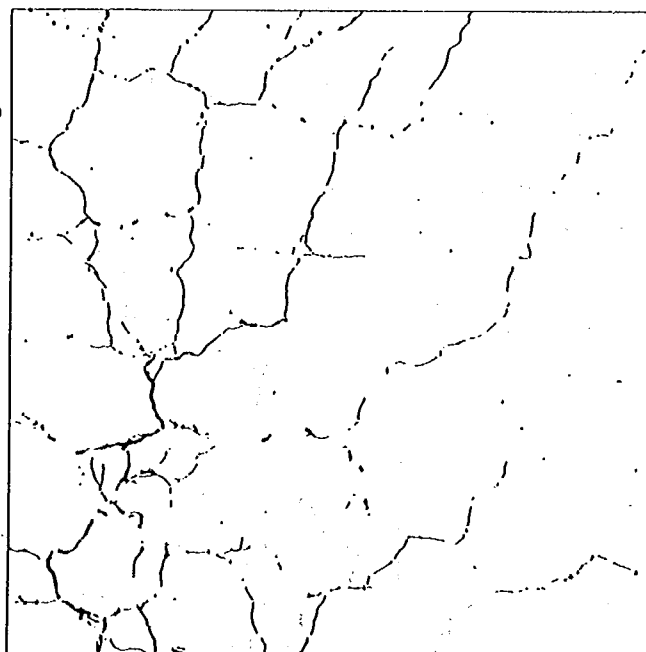
観測回数: (60000) 回

★クラック

濃度 411128

濃度	X (m/m)	Y (m/m)
0.1mm	1.04	0.17
0.1~0.2mm	0.75	0.08
0.2~ mm	0.72	0.52
小計	2.51	0.77
合計		

—— : 0.1mm
—— : 0.1~0.2mm
—— : 0.2~ mm



AI測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 3/31 01:56:27

測定: 10 回

荷重: 33.05 tonf

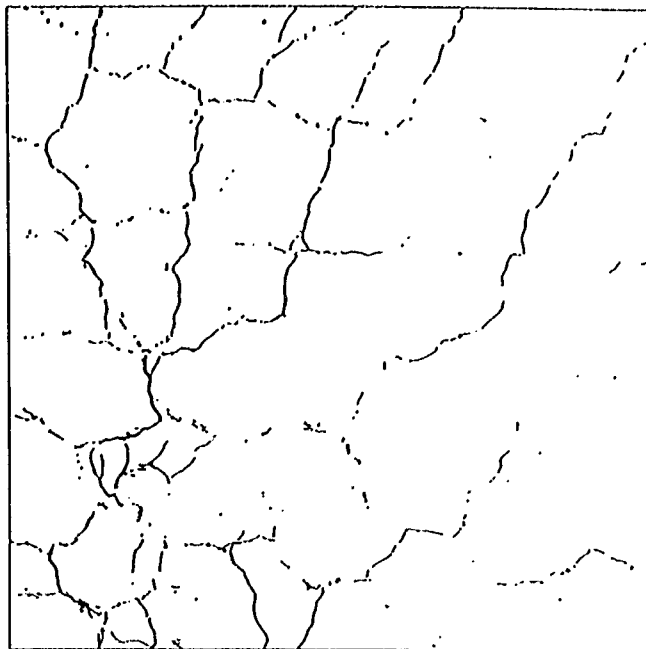
観測回数: 111111 回

★クラック

観度 111111

密度	X (a/m)	Y (a/m)
～0.1mm	3.23	3.55
0.1～0.2mm	0.09	0.10
0.2～mm	0.10	0.11
小計	3.41	3.76
合計		0.15

——: ～0.1mm
——: 0.1～0.2mm
——: 0.2～mm



AI測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 3/31 03:00:00

測定: 11 回

荷重: 33.30 tonf

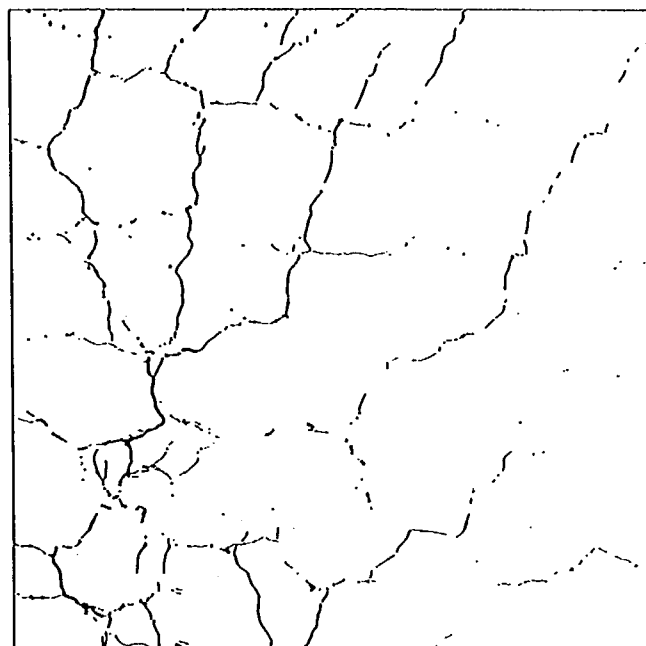
観測回数: 111111 回

★クラック

観度 111111

密度	X (a/m)	Y (a/m)
～0.1mm	3.04	3.19
0.1～0.2mm	0.09	0.14
0.2～mm	0.02	0.01
小計	3.15	3.34
合計		0.00

——: ～0.1mm
——: 0.1～0.2mm
——: 0.2～mm



AI測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 3/31 13:33:01

測定: 12 回

荷重: 10.01 tonf

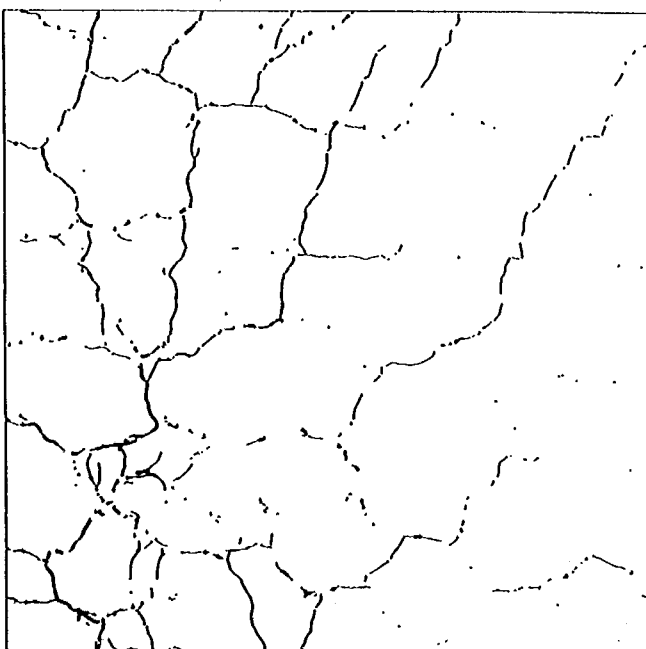
観測回数: 111111 回

★クラック

観度 111111

密度	X (a/m)	Y (a/m)
～0.1mm	3.40	3.37
0.1～0.2mm	0.08	0.15
0.2～mm	0.03	0.04
小計	3.51	3.56
合計		0.00

——: ～0.1mm
——: 0.1～0.2mm
——: 0.2～mm



ALPH ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/ 1 10:03:30

測定: 00 回

質量: 10.01 tonf

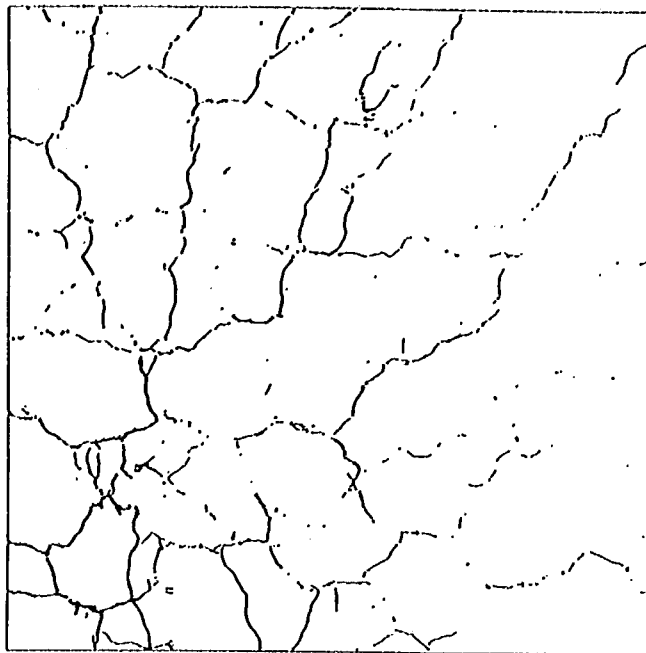
破砕回数: 69335 回

★クラック

濃度 000000

密度	X (n/m)	Y (n/m)
～0.1mm	2.43	2.43
0.1～0.2mm	1.37	1.70
0.2～mm	1.44	1.10
小計	5.23	5.23
合計		10.55

—— : ～0.1mm
 —— : 0.1～0.2mm
 —— : 0.2～mm



ALPH ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/ 1 12:00:45

測定: 00 回

質量: 39.95 tonf

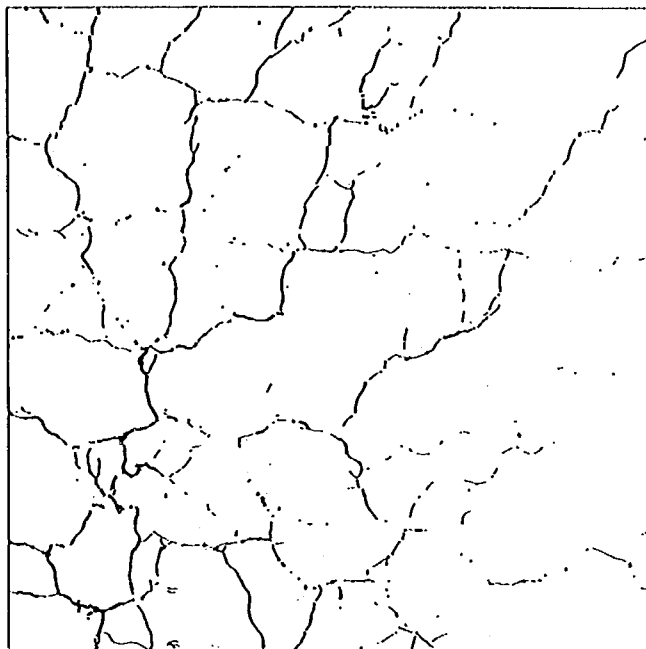
破砕回数: 500001 回

★クラック

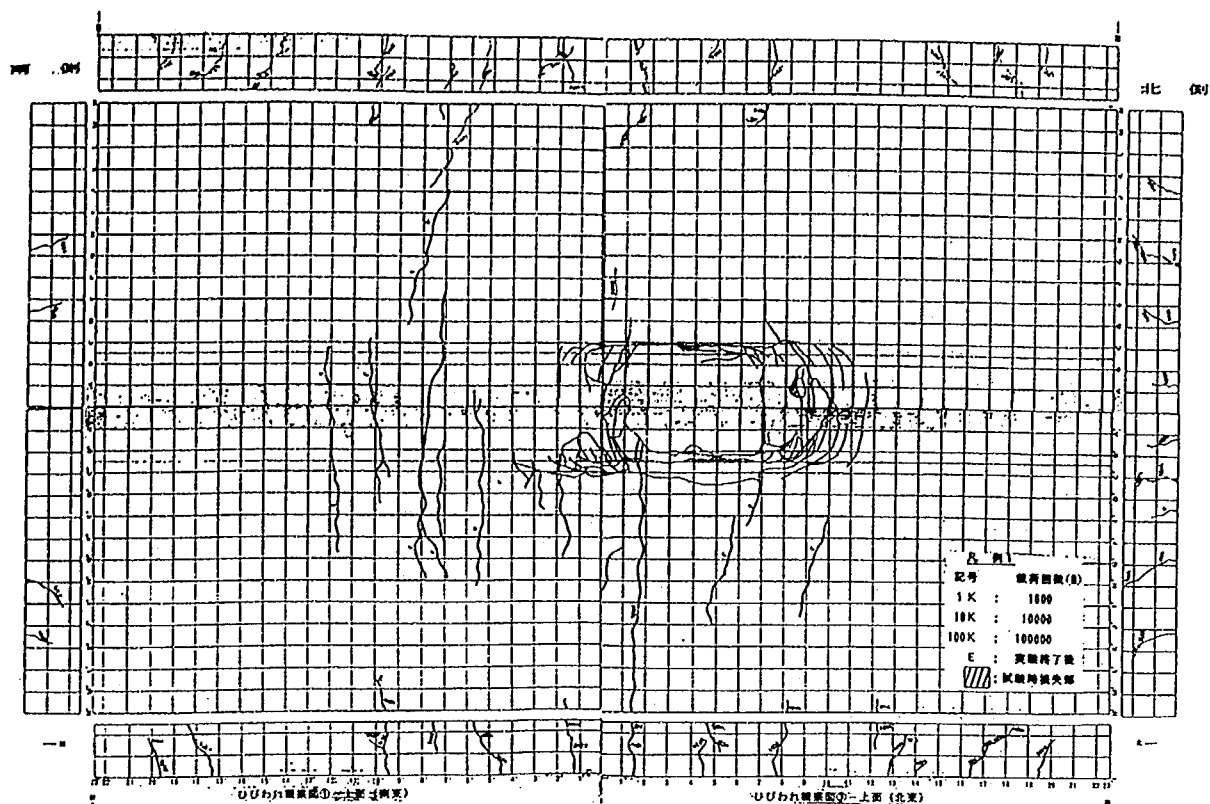
濃度 000000

密度	X (n/m)	Y (n/m)
～0.1mm	2.54	2.39
0.1～0.2mm	1.18	1.43
0.2～mm	1.39	1.22
小計	5.03	5.04
合計		10.54

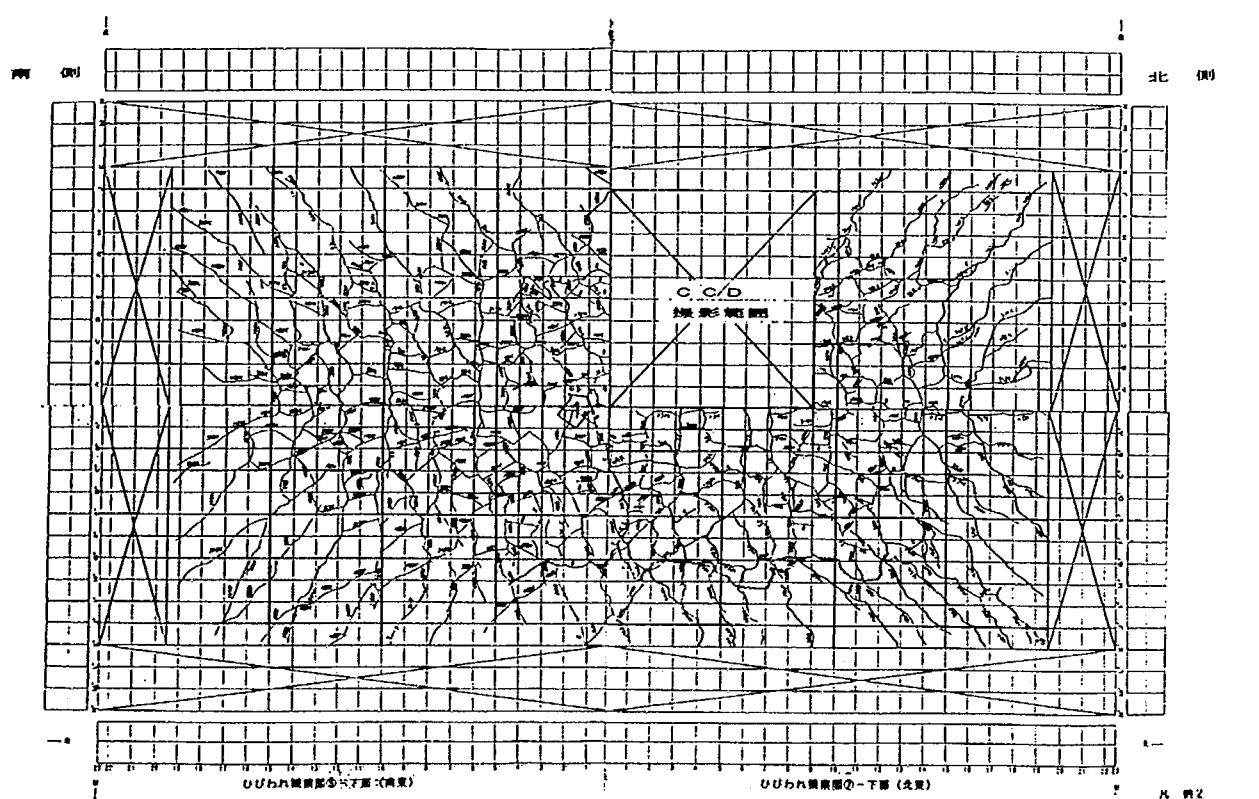
—— : ～0.1mm
 —— : 0.1～0.2mm
 —— : 0.2～mm



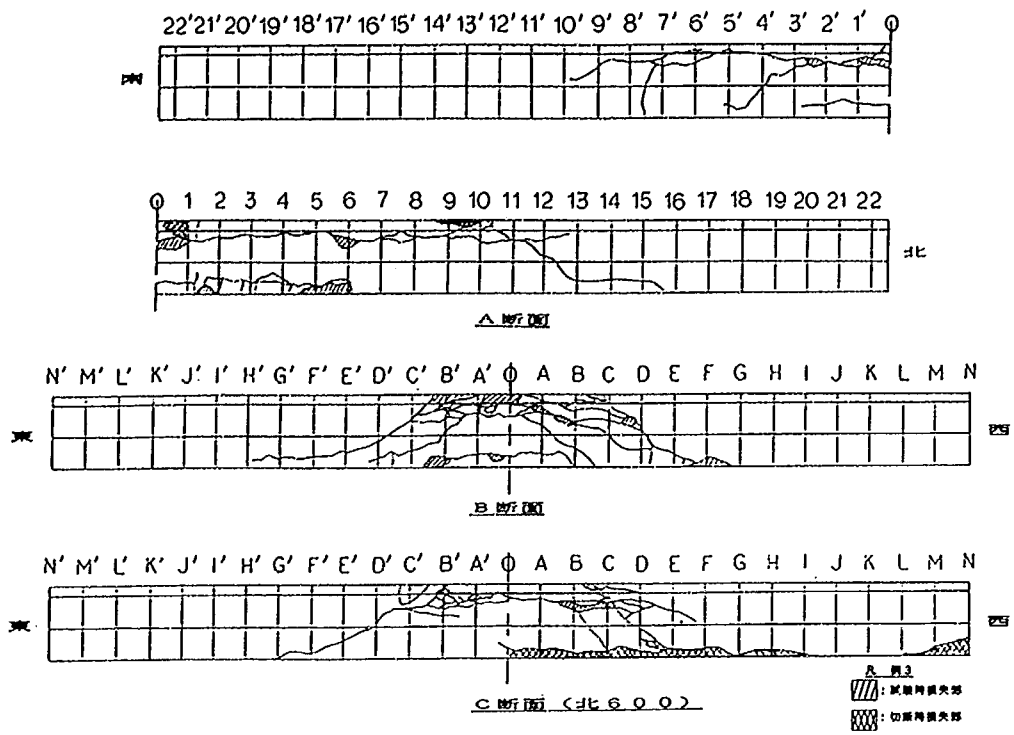
8) 最終ひび割れ状況



ひび割れ観察図 (PC-2・上面)



ひび割れ観察図 (PC-2・下面)

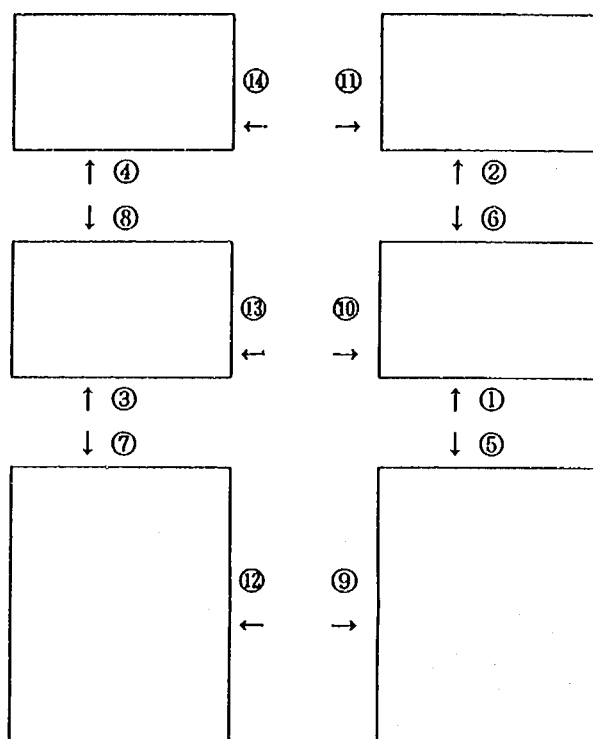


ひびわれ観察図 (PC-2・内部)

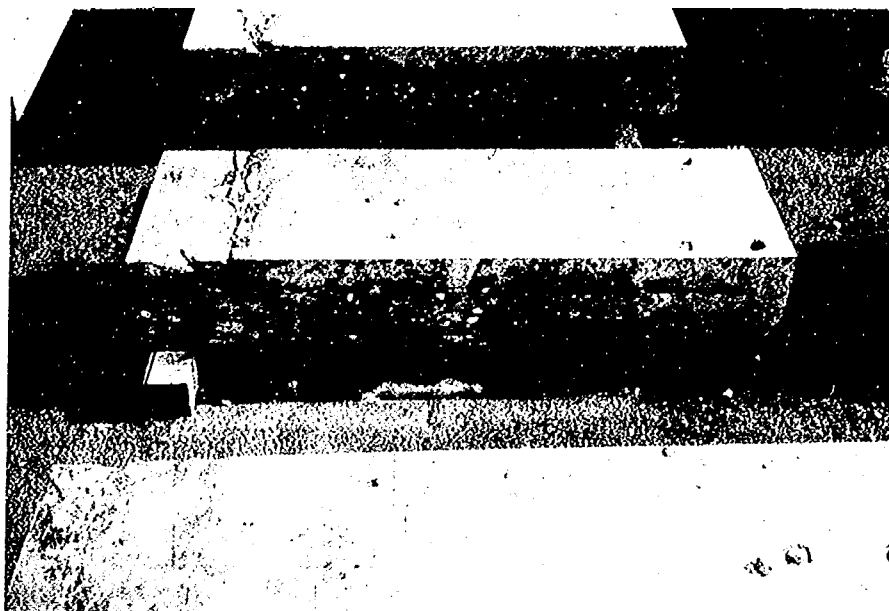
9) 実験終了後の切断面写真

P C 床 版

北



↑ ⑮
←
⑯



継手なし供試体 ①



継手なし供試体 ②



継手なし供試体 ③



継手なし供試体 ④



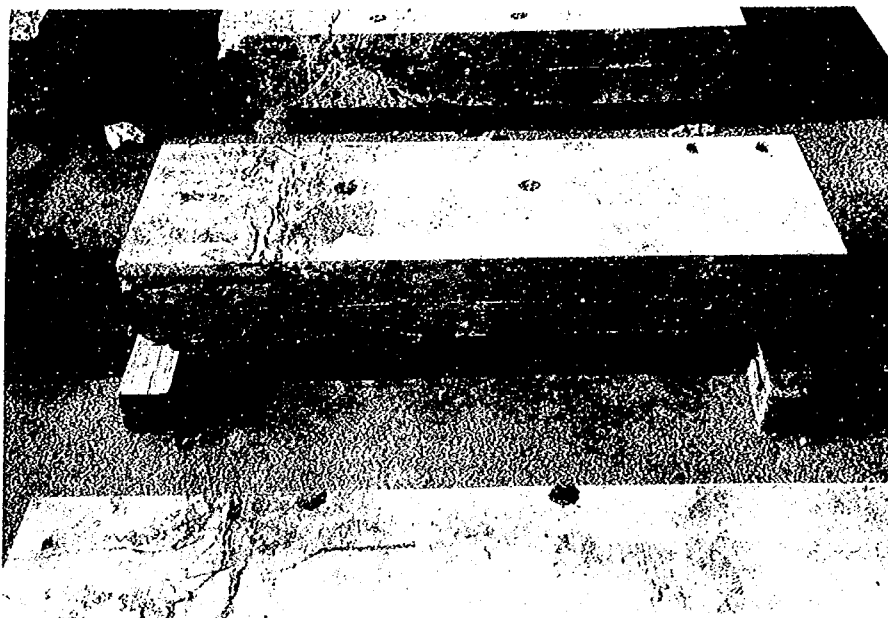
継手なし供試体 ⑤



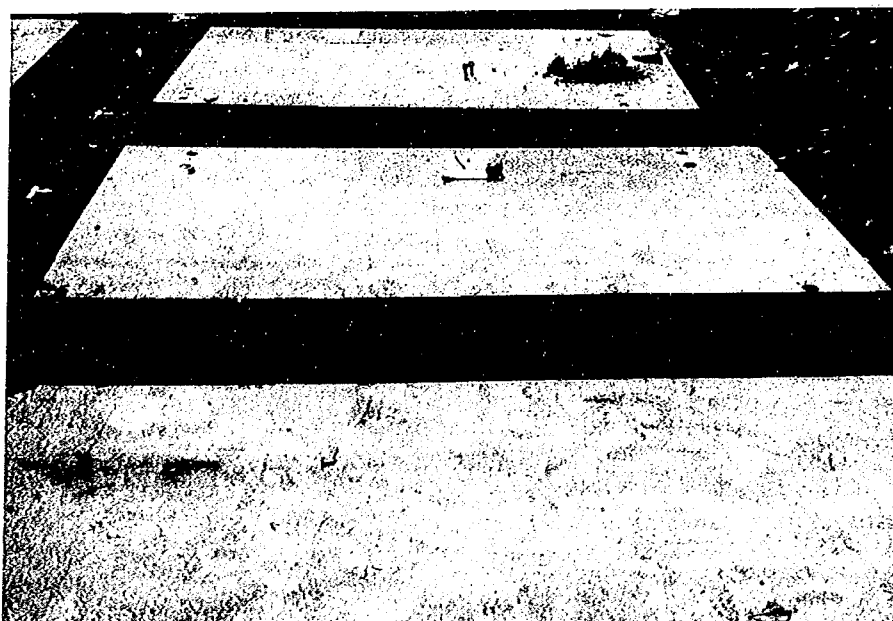
継手なし供試体 ⑥



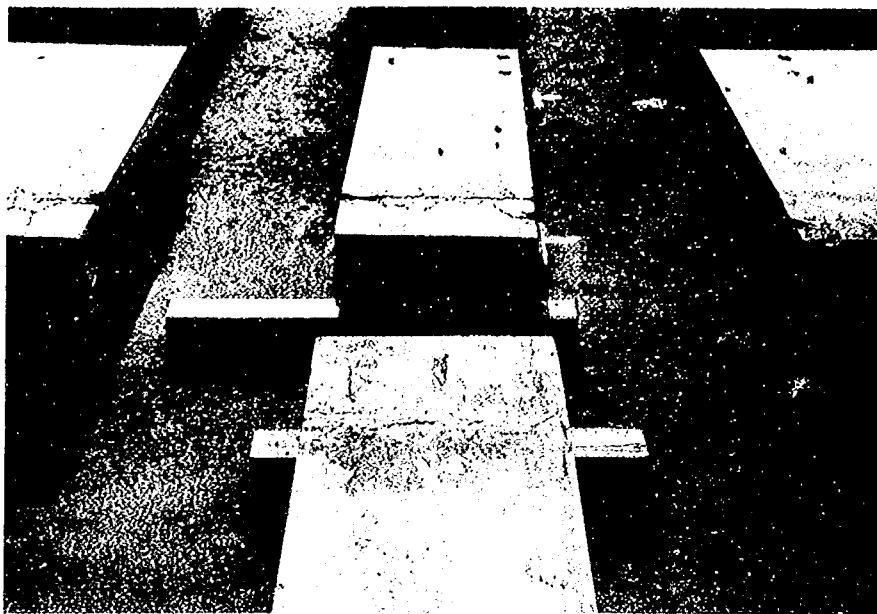
継手なし供試体 ⑦



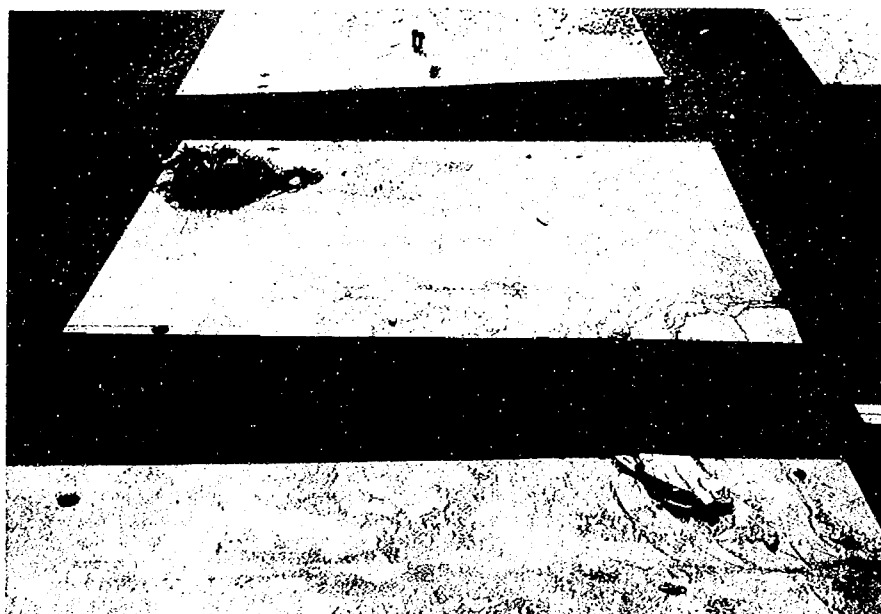
継手なし供試体 ⑧



継手なし供試体 ⑨



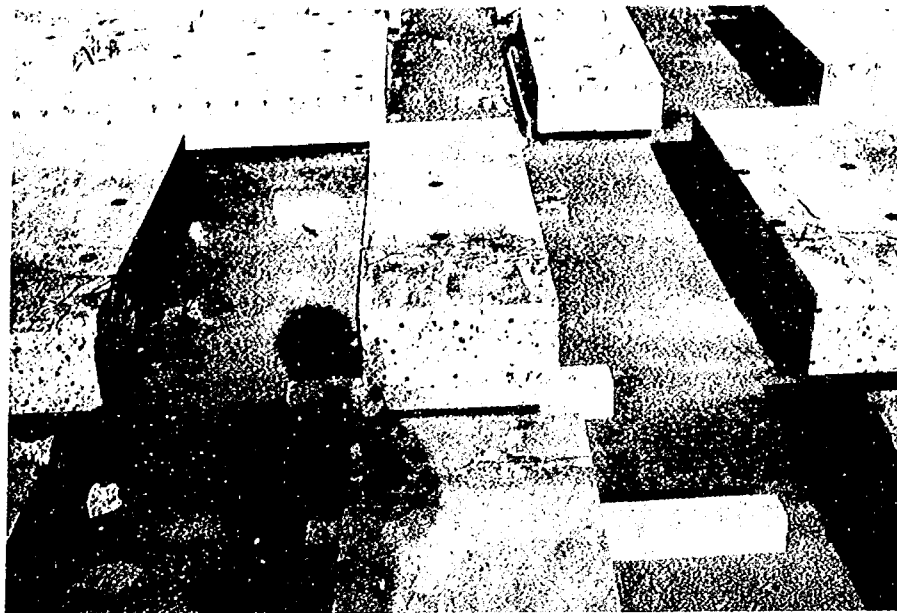
継手なし供試体 ⑩



継手なし供試体 ⑪



継手なし供試体 ⑫



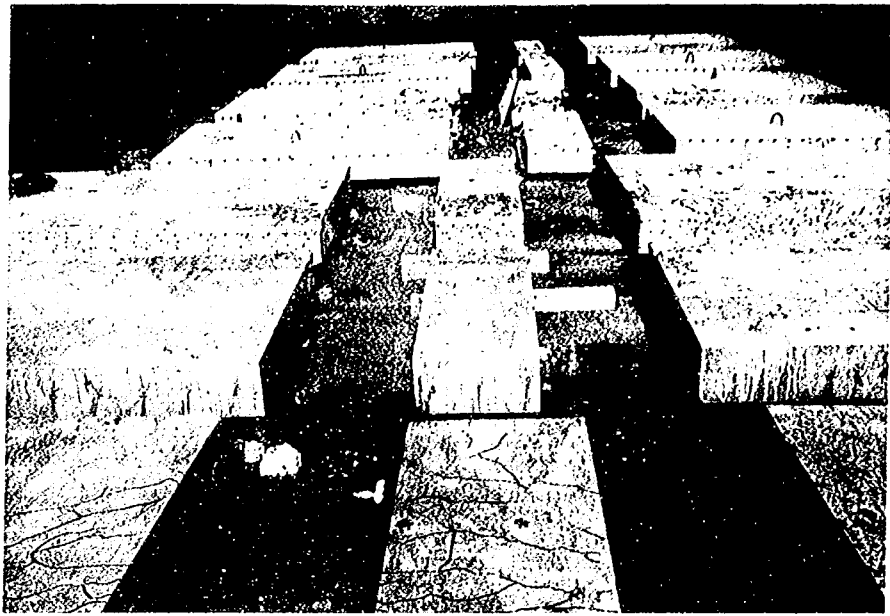
継手なし供試体 ⑬



継手なし供試体 ⑭

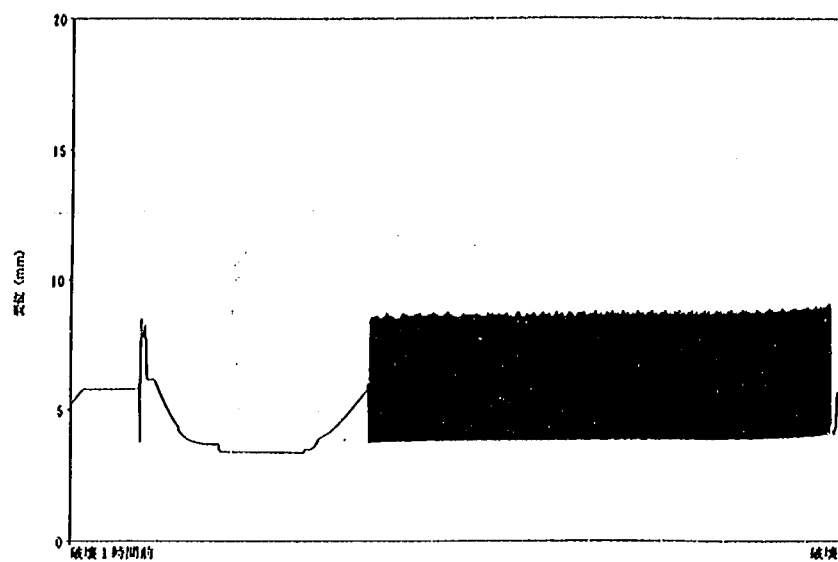


継手なし供試体 ⑮

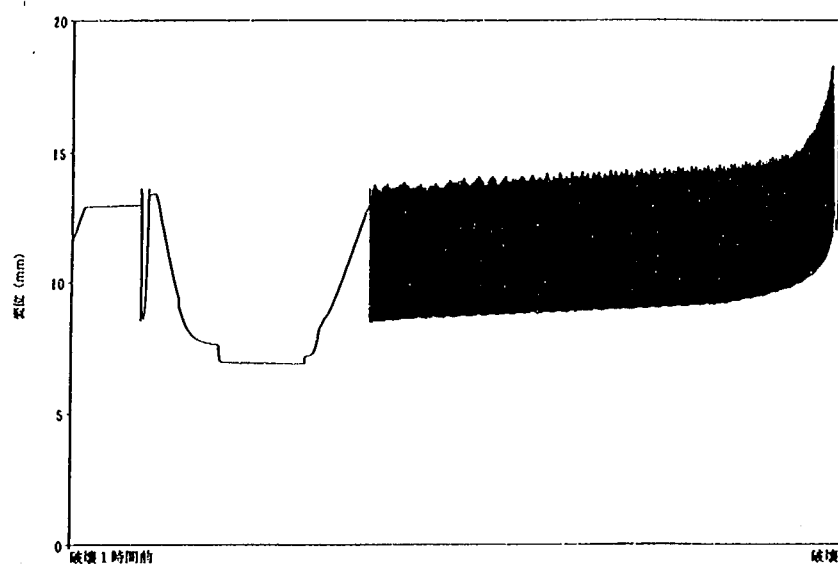


継手なし供試体 ⑩

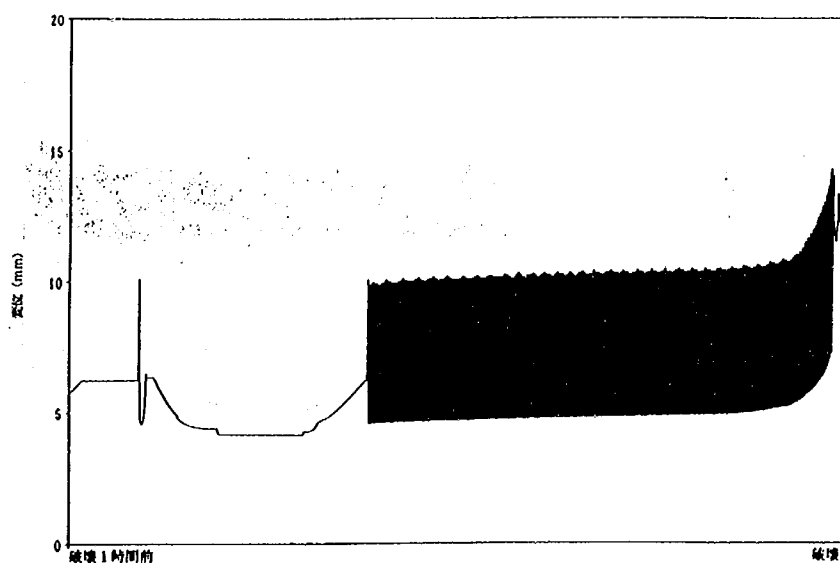
10) 破壊前 1 時間挙動



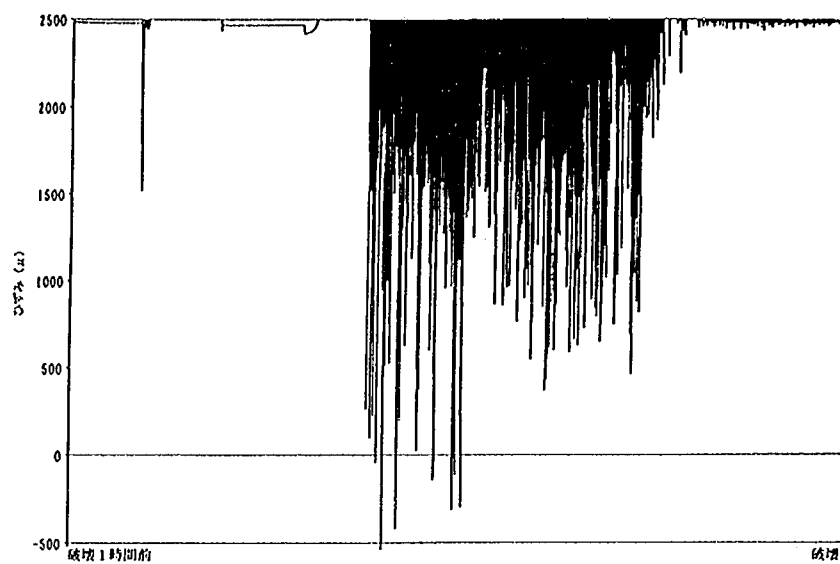
PC-2 供試体の短期計測：変位 (D-2)



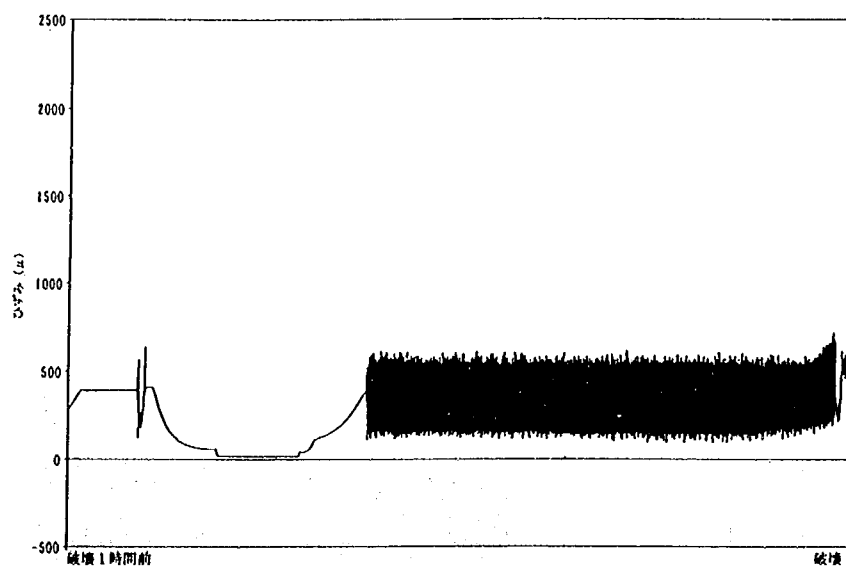
PC-2 供試体の短期計測：変位 (D-6)



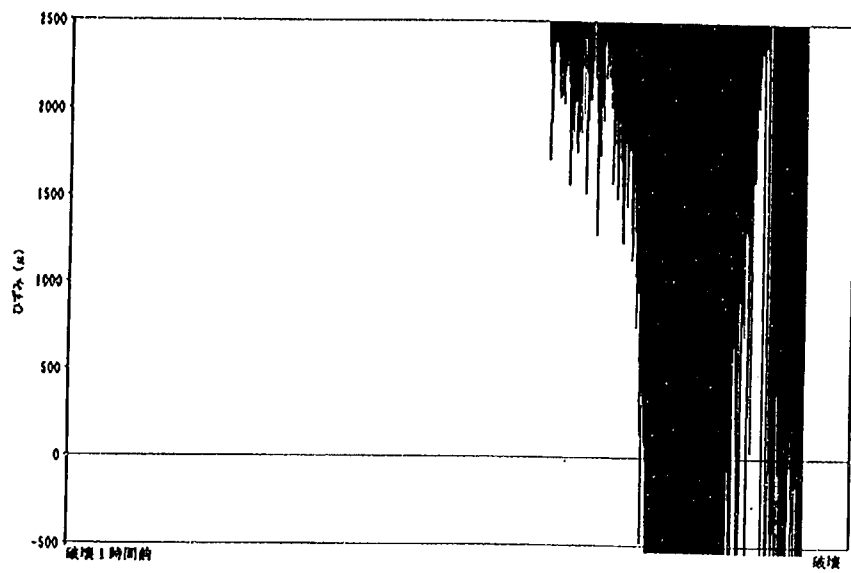
PC-2 供試体の短期計測：変位 (D-10)



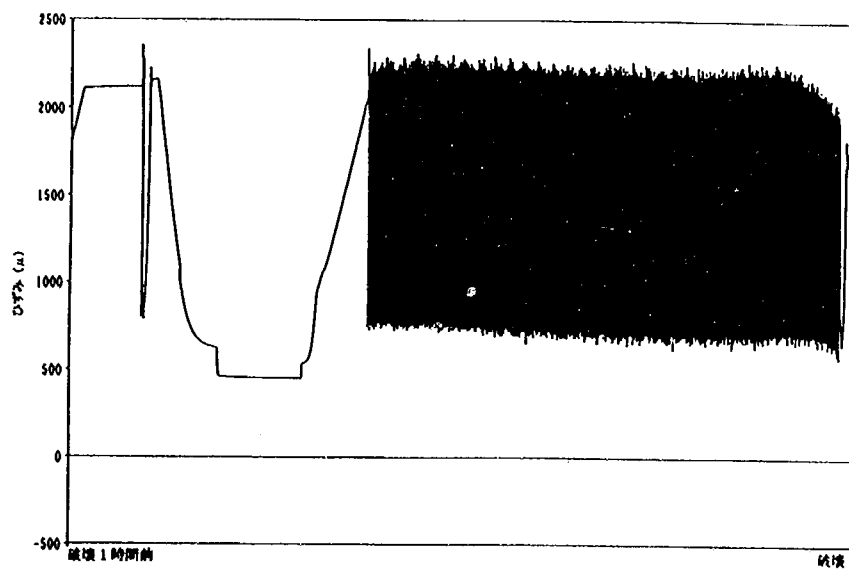
PC-2 供試体の短期計測：配筋筋ひずみ（TC7：上面）



PC-2 供試体の短期計測：配筋筋ひずみ（BC7：下面）



PC-2 供試体の短期計測：主鉄筋ひずみ (TA5：上面)



PC-2 供試体の短期計測：主鉄筋ひずみ (BA5：下面)

(3) R C ループ継手実験供試体実験結果

- 1) 材料試験結果 (①コンクリート, ②鉄筋, ③P C 鋼線)
- 2) 載荷回数と床版変位との関係
- 3) 載荷回数と床版ひずみとの関係
- 4) 載荷回数と鉄筋ひずみとの関係
- 5) 載荷回数とクラック幅との関係
- 6) 載荷回数と継手部段差との関係
- 7) 載荷回数とひび割れ密度との関係
- 8) C C D カメラによる床版下面ひび割れ状況の時系列変化
- 9) 最終ひび割れ状況
- 10) 実験終了後の切断面写真
- 11) 破壊前 1 時間挙動

1) 材料試験結果 (①コンクリート、②鉄筋、③P C 鋼線)

コンクリート強度試験結果

供試体名：PC-1 (NO.1)

試験材令：4/14, 材令 73日

実施時期：載荷試験前

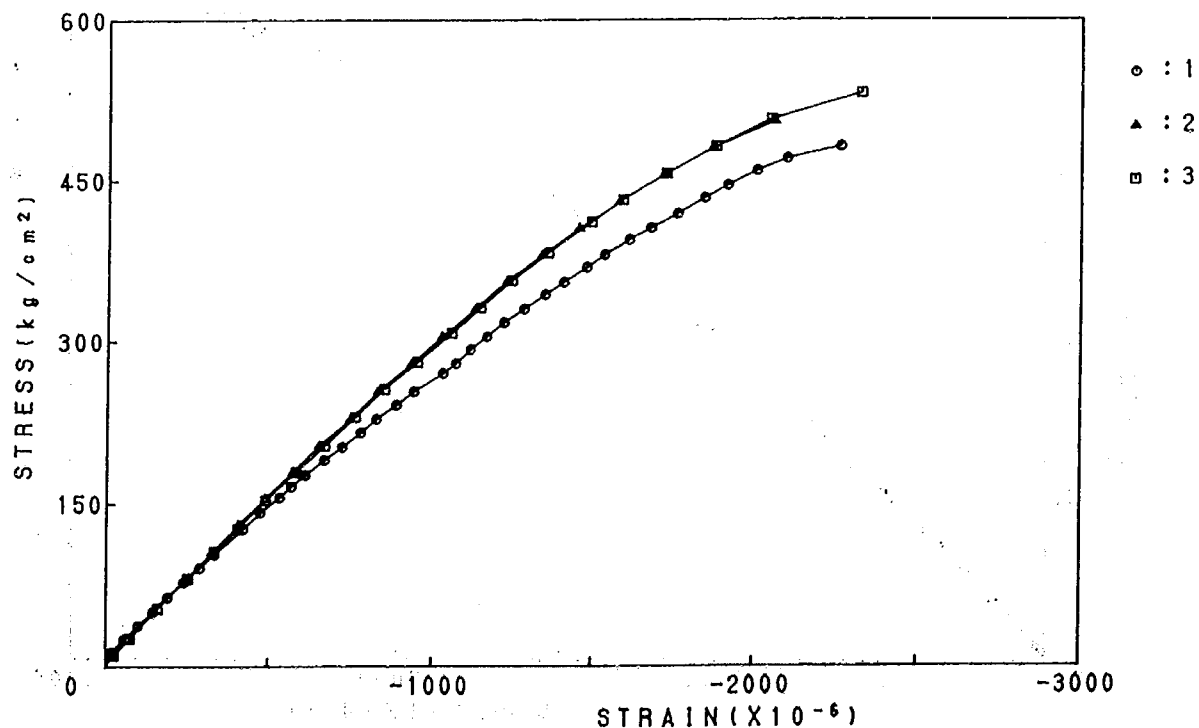
圧縮強度試験

番 号	直 径 (mm)	断面積 (cm ²)	最大荷重 (tonf)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	静弾性係数 ($\times 10^5$ kg/cm ²)	ポアソン比
PC11-1	100.10	78.70	38.30	487	2.74	0.155
-2	100.40	79.17	41.60	525	3.05	0.184
-3	100.25	78.93	42.50	538	3.00	0.171
平均値				517	2.93	0.170

引張強度試験

番 号	直 径 (mm)	長 さ (mm)	最大荷重 (tonf)	引張強度 (kgf/cm ²)	備 考
1	100.00	202.73	16.00	50.3	
2	100.43	202.48	12.80	40.1	
3	99.90	201.90	12.90	40.8	
平均値				43.7	

P C 1 1



コンクリート圧縮応力-ひずみ線図

コンクリート強度試験結果

供試体名：PC-1 (NO. 2)

試験材令：4/14, 材令 73日

実施時期：載荷試験前

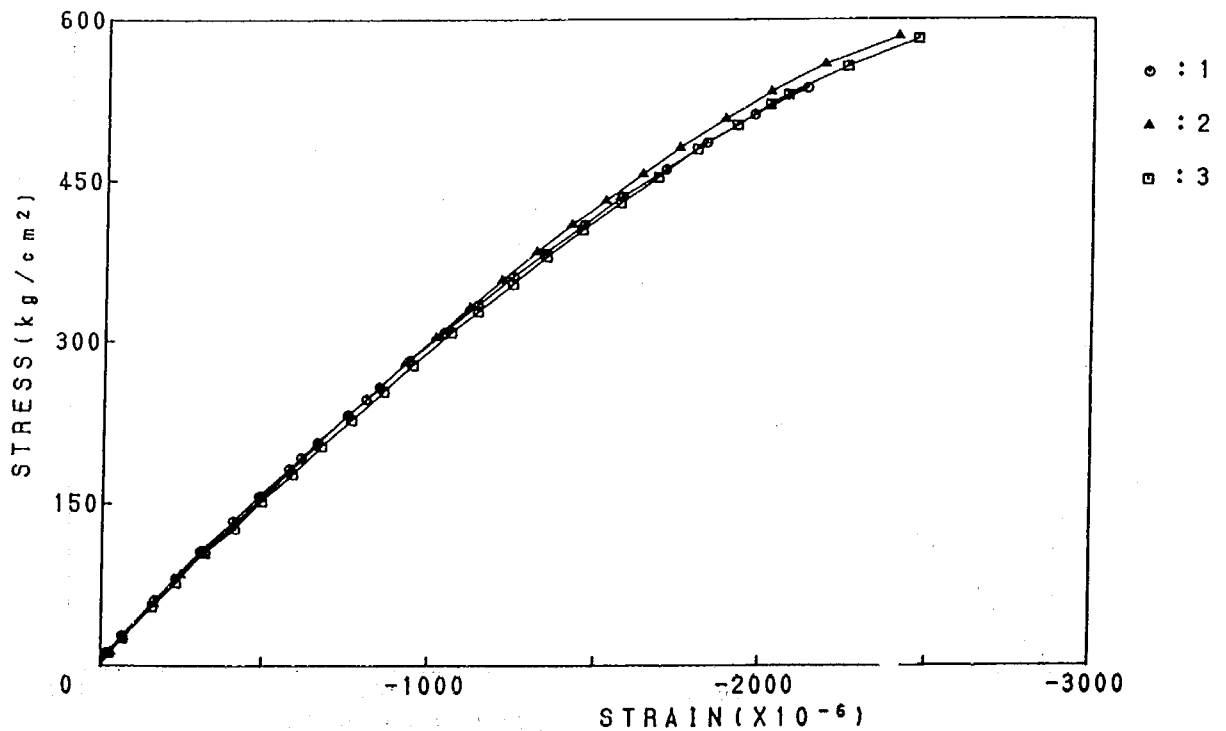
圧縮強度試験

番 号	直 径 (mm)	断面積 (cm ²)	最大荷重 (tonf)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	静弾性係数 ($\times 10^5$ kg/d)	ポアソン比
PC12-1	99.95	78.46	43.00	548	3.03	0.174
-2	100.28	78.98	46.70	591	3.02	0.228
-3	100.50	79.33	47.10	594	2.92	0.167
平均値				578	2.99	0.190

引張強度試験

番 号	直 径 (mm)	長 さ (mm)	最大荷重 (tonf)	引張強度 (kgf/cm ²)	備 考
1	100.05	201.70	12.40	39.1	
2	100.58	199.35	12.95	41.1	
3	100.30	200.35	13.60	43.1	
平均値				41.1	

P C 1 2



コンクリート圧縮応力-ひずみ線図

コンクリート強度試験結果

供試体名：PC-1 (JC)

試験材令：4/14, 材令69日

実施時期：載荷試験前

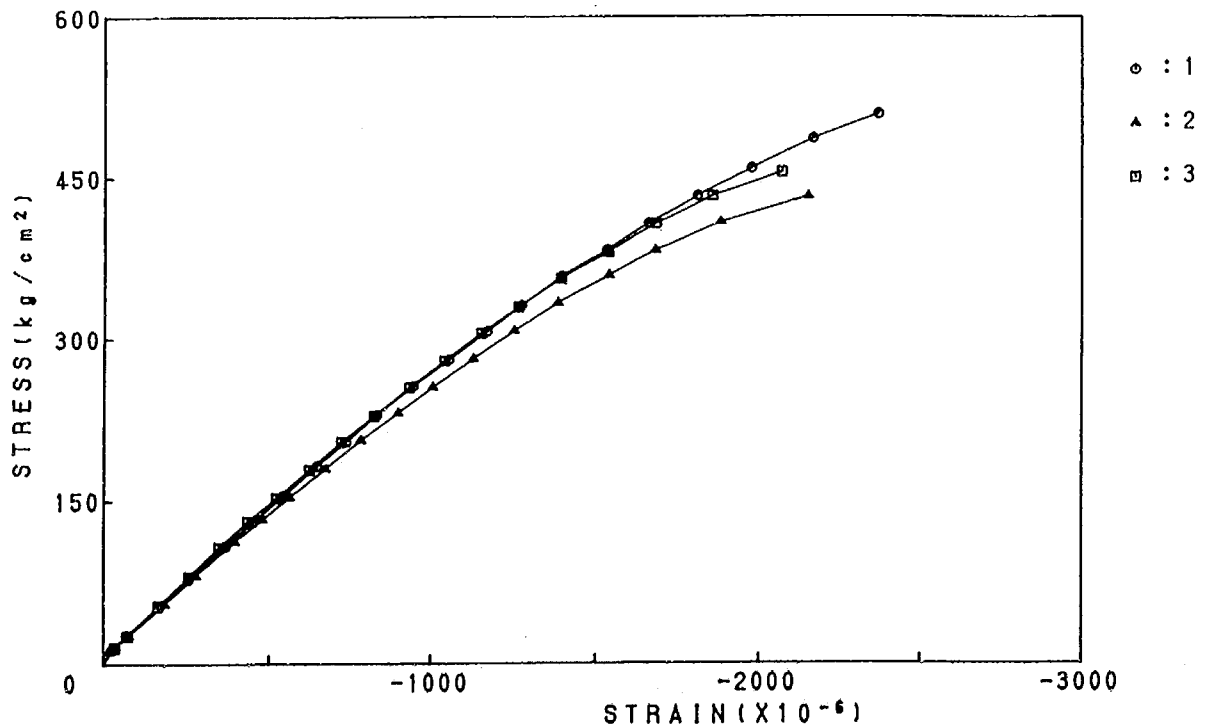
圧縮強度試験

番 号	直 径 (mm)	断面積 (cm ²)	最大荷重 (tonf)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	静弾性係数 ($\times 10^5$ kg/d)	ポアソン比
JC -1	100.10	78.70	41.70	530	2.70	0.172
-2	99.95	78.46	34.80	444	2.63	0.183
-3	100.30	79.01	36.60	463	2.80	0.147
平均値				479	2.71	0.167

引張強度試験

番 号	直 径 (mm)	長 さ (mm)	最大荷重 (tonf)	引張強度 (kgf/cm ²)	備 考
1	100.05	201.80	9.20	29.0	
2	100.08	201.10	8.55	27.1	
3	100.30	199.70	10.80	34.3	
平均値				30.1	

J C



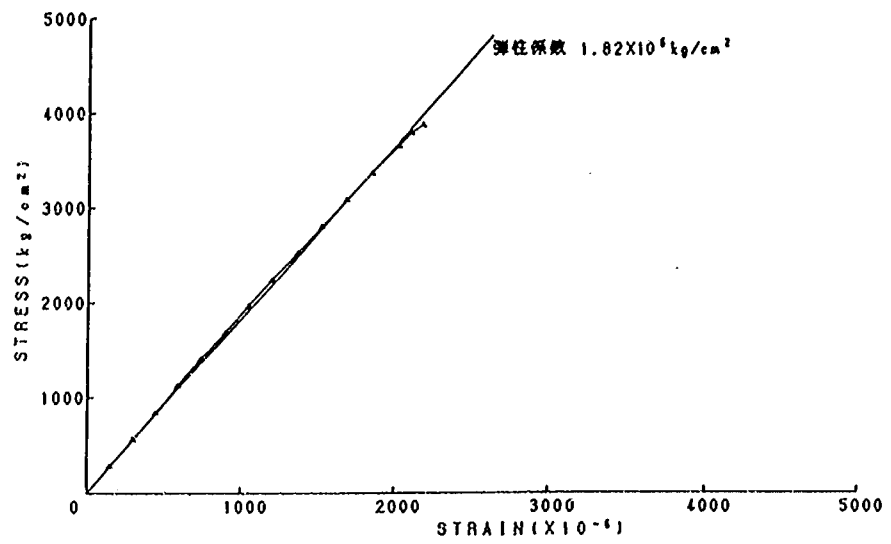
コンクリート圧縮応力-ひずみ線図

鉄筋の引張強度試験結果②

* P C - 1、2

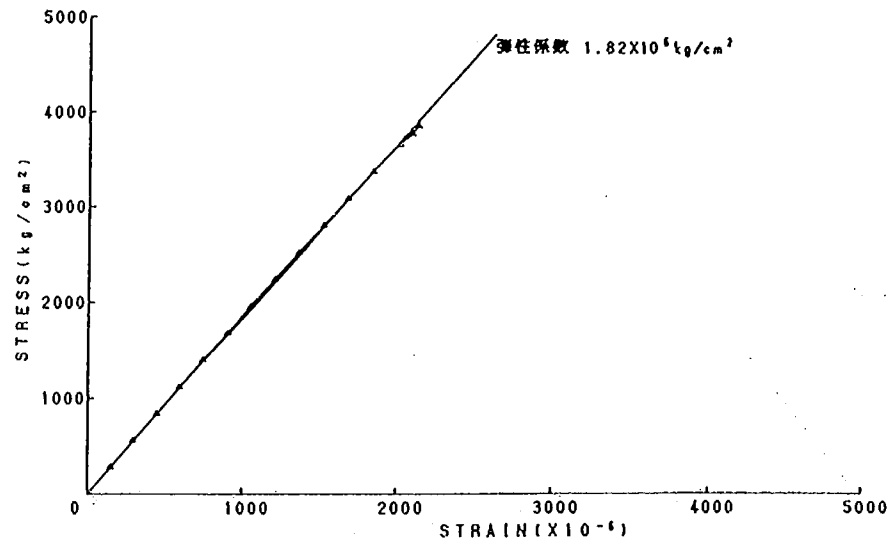
試筋の区間	降伏荷重	最大荷重	降伏点応力	降伏点ひずみ	引張強さ	標点距離 (mm)		伸び	公称断面積
	(tf)	(tf)	(kg/d)	$\times 10^{-3}$	(kg/d)	試験前	試験後	(%)	(d)
D10-4	2.76	3.98	3869	2180	5580	79.80	94.80	18.8	
D10-5	2.74	4.02	3841	2135	5636	80.45	95.95	18.7	0.713
D10-6	2.71	3.98	3799	2064	5580	80.40	94.35	17.4	
平均値	—	—	3836	2126	5599	—	—	18.3	
D13-4	4.45	6.60	3512	1805	5209	102.80	125.80	22.4	
D13-5	4.42	6.69	3489	1904	5280	104.85	128.00	22.1	1.267
D13-6	4.41	6.65	3481	1855	5249	103.20	125.00	21.1	
平均値	—	—	3494	1855	5246	—	—	21.9	
D19-4	10.58	15.68	3693	1847	5473	152.90	182.20	19.2	
D19-5	10.54	15.63	3679	1930	5456	152.90	180.75	18.2	2.865
D19-6	10.49	15.56	3661	1928	5431	152.60	180.65	18.4	
平均値	—	—	3678	1902	5453	—	—	18.6	
PC-1		24.60							
PC-2		24.25							
PC-3		25.60							
平均値		24.82							

D10-4



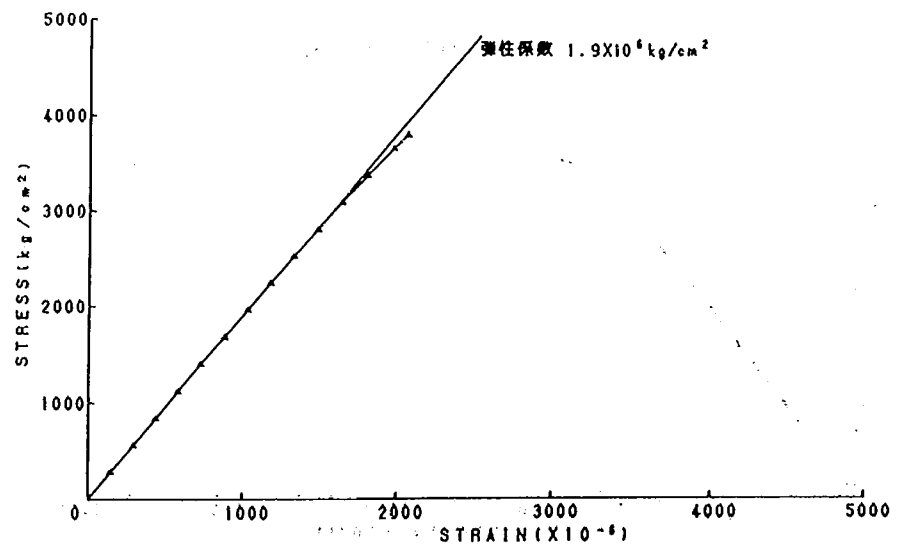
鉄筋引張応力-ひずみ線図

D10-5



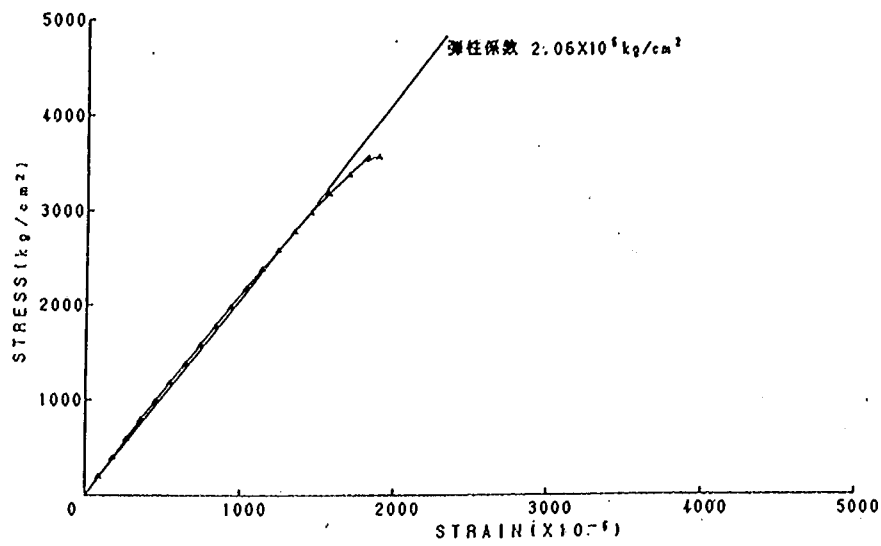
鉄筋引張応力-ひずみ線図

D10-6



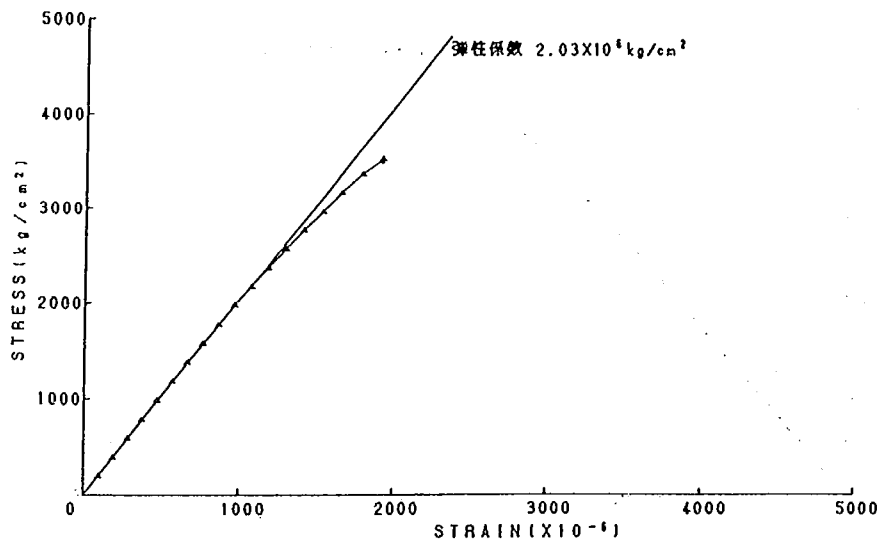
鉄筋引張応力-ひずみ線図

D13-4



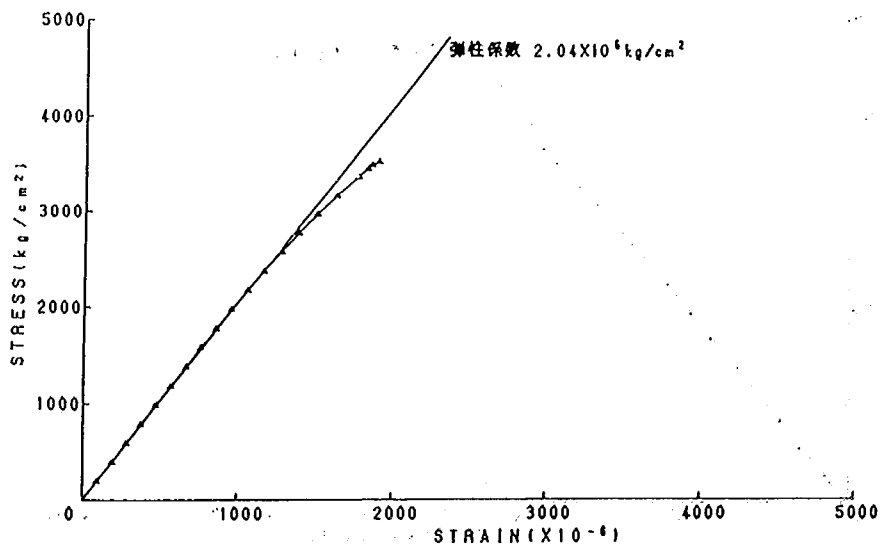
鉄筋引張応力-ひずみ線図

D13-5



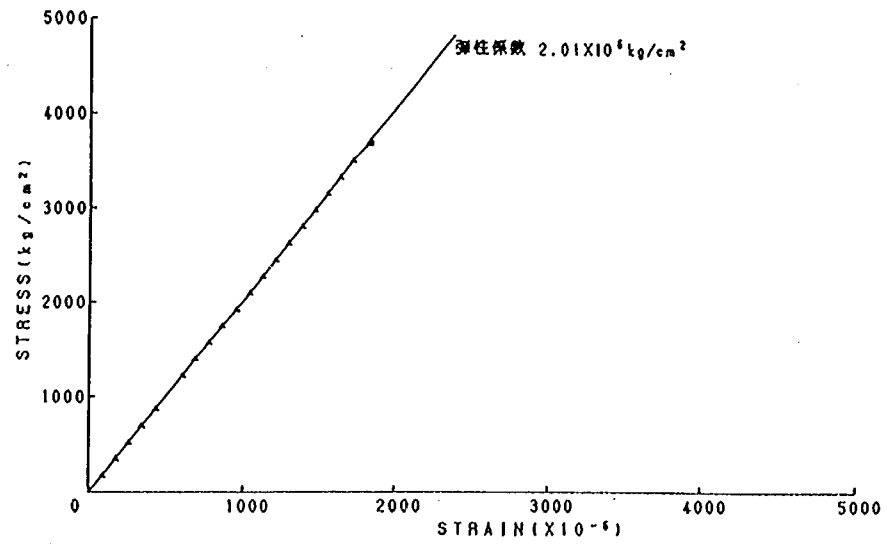
鉄筋引張応力-ひずみ線図

D13-6



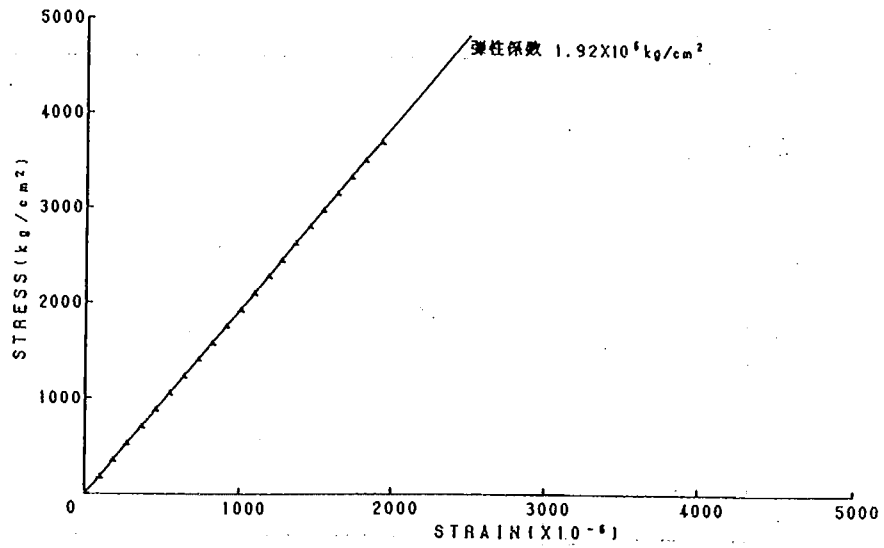
鉄筋引張応力-ひずみ線図

D19-4



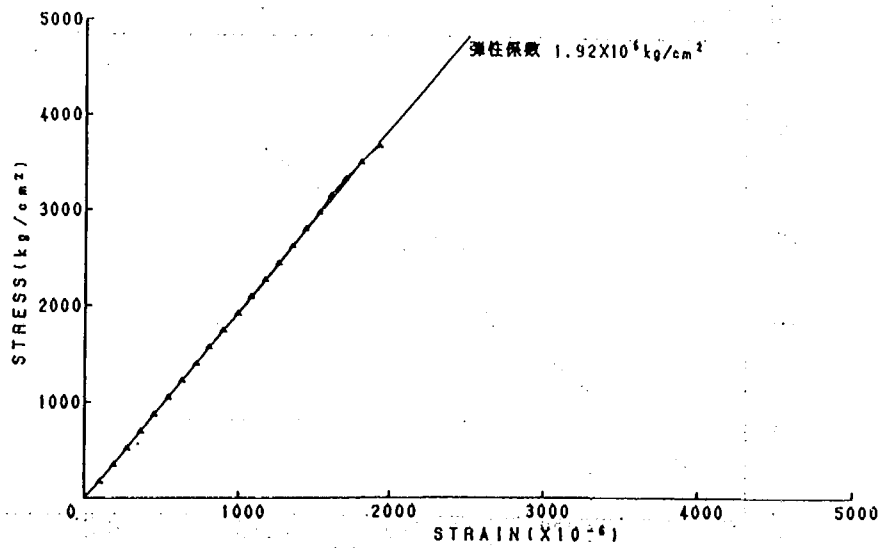
鉄筋引張応力-ひずみ線図

D19-5

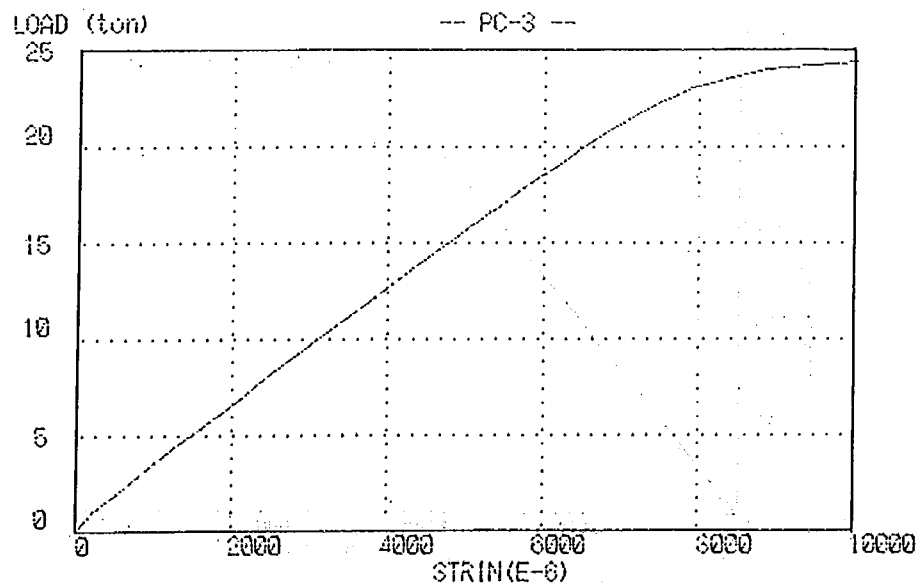
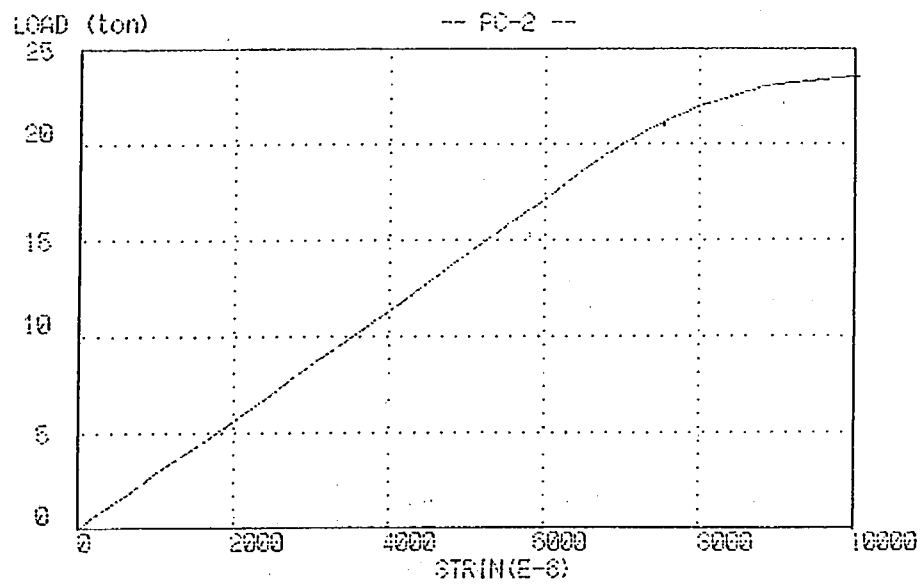
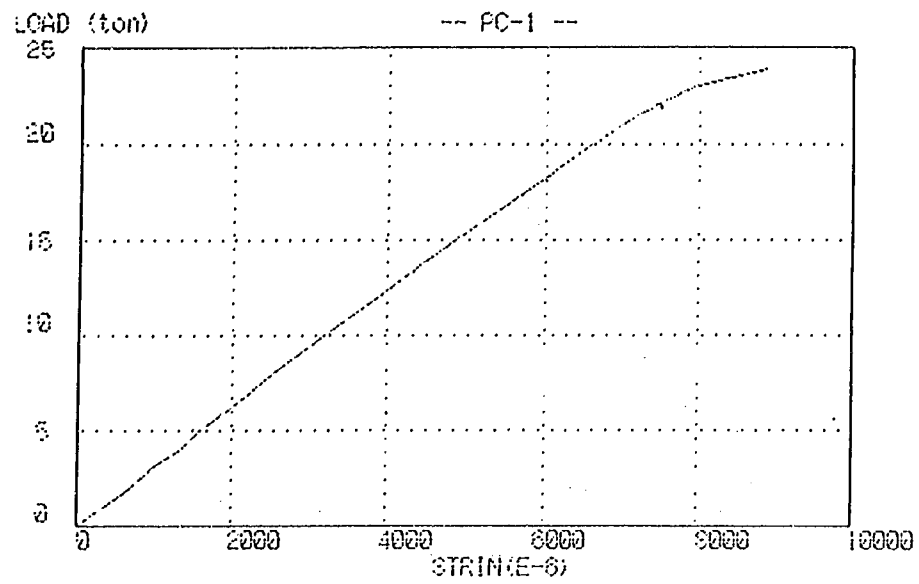


鉄筋引張応力-ひずみ線図

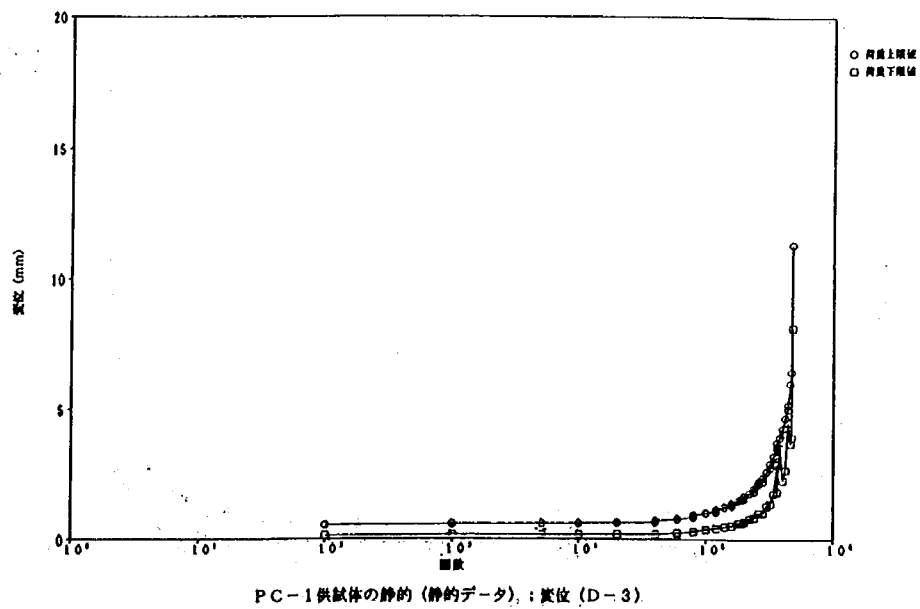
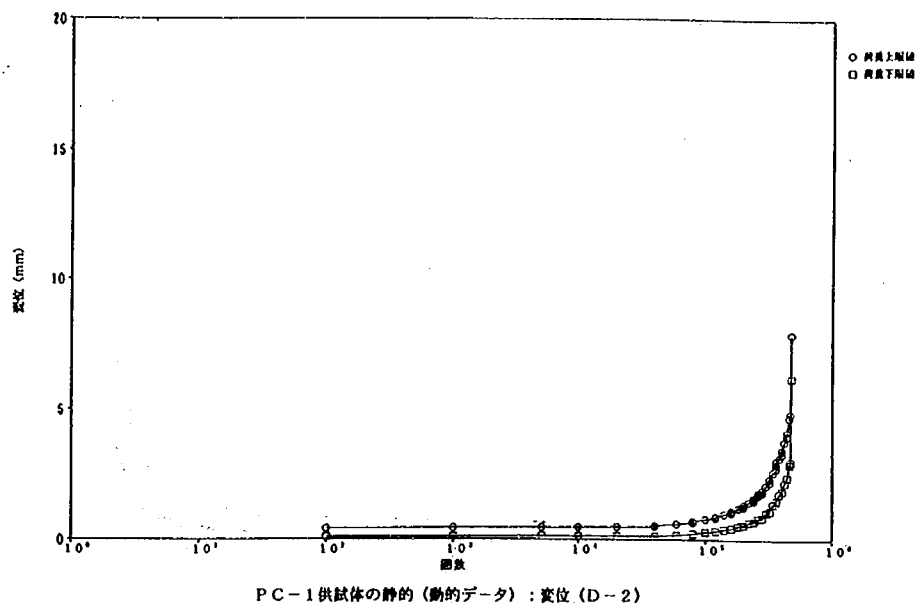
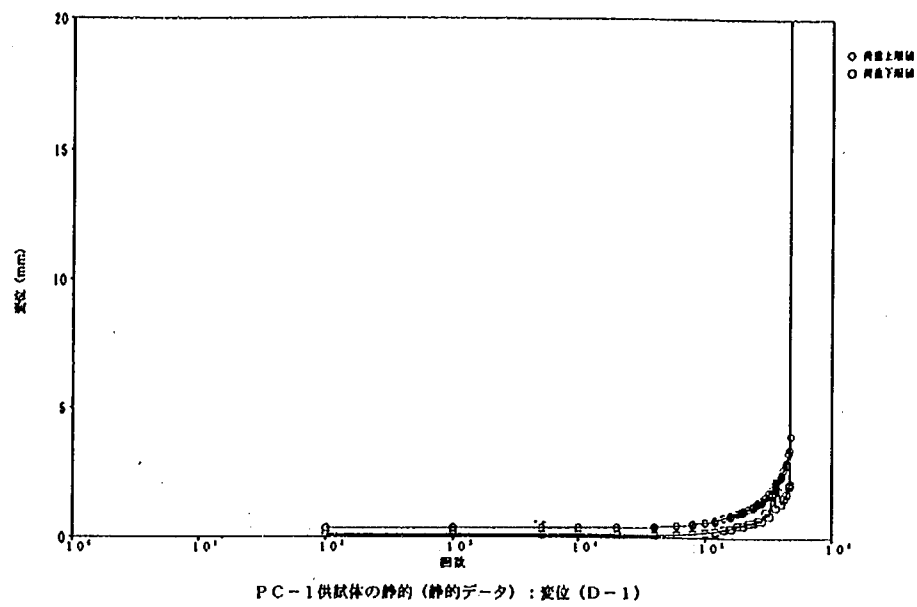
D19-6

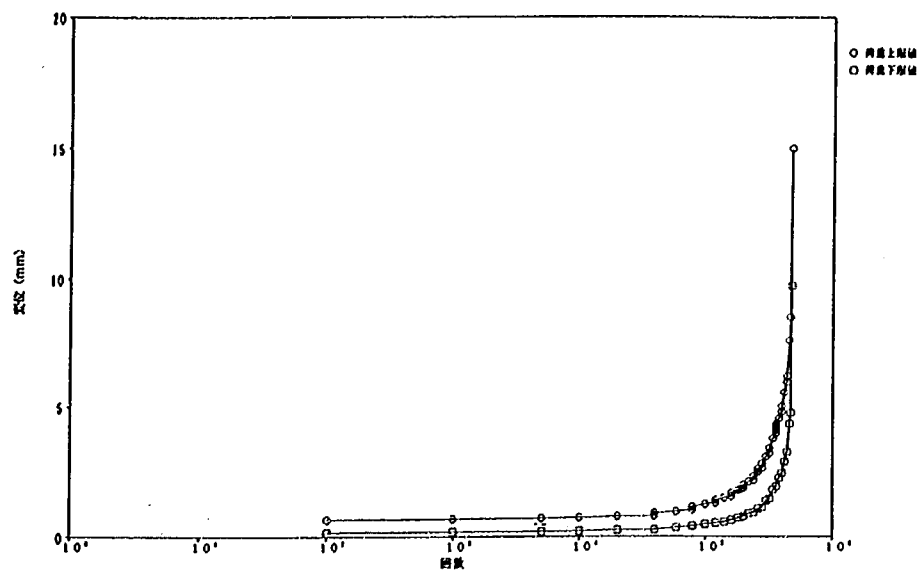


鉄筋引張応力-ひずみ線図

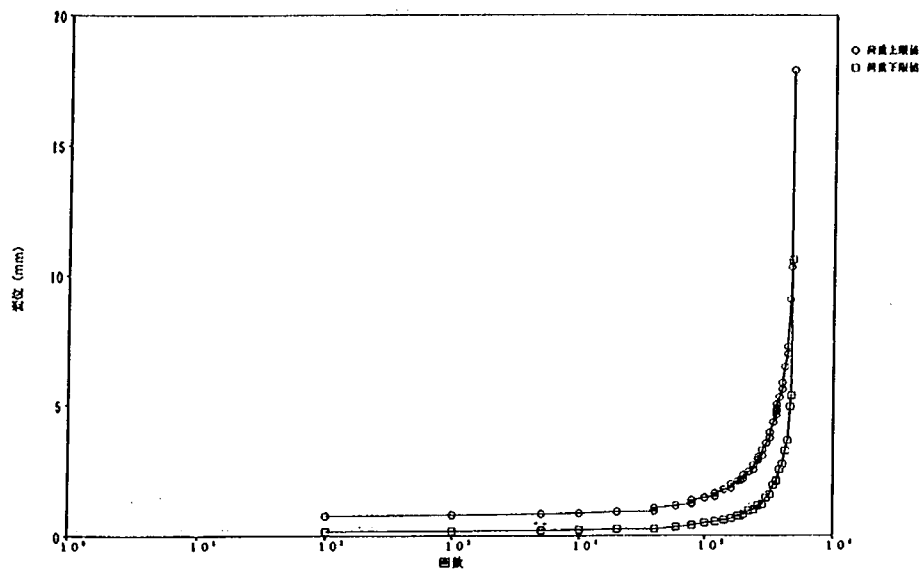


2) 載荷回数と床版変位との関係

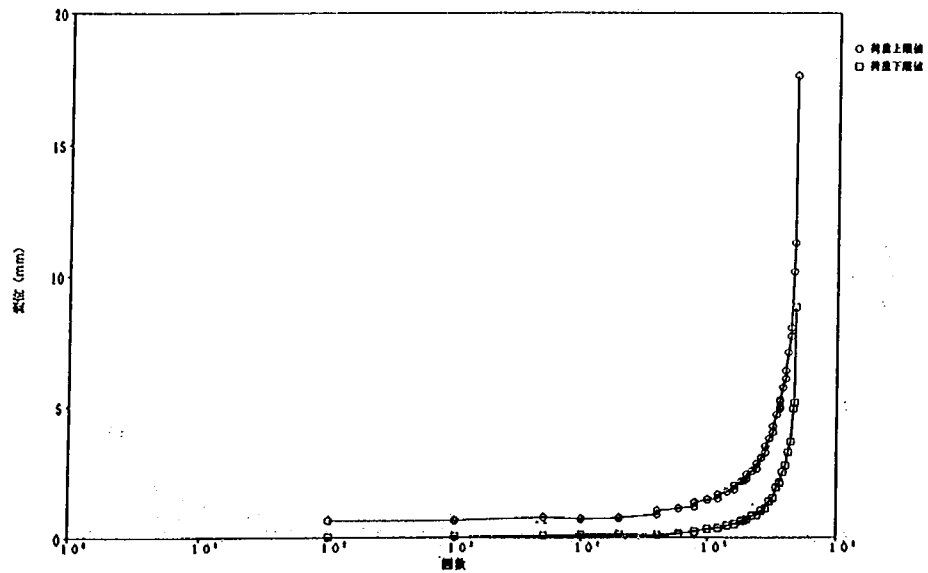




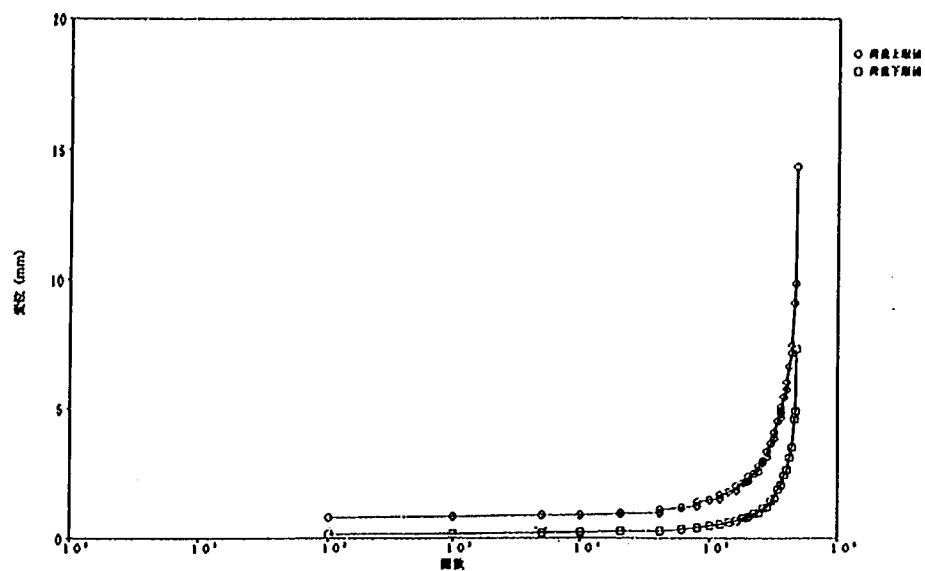
PC-1 供試体の静的（静的データ）：変位（D-4）



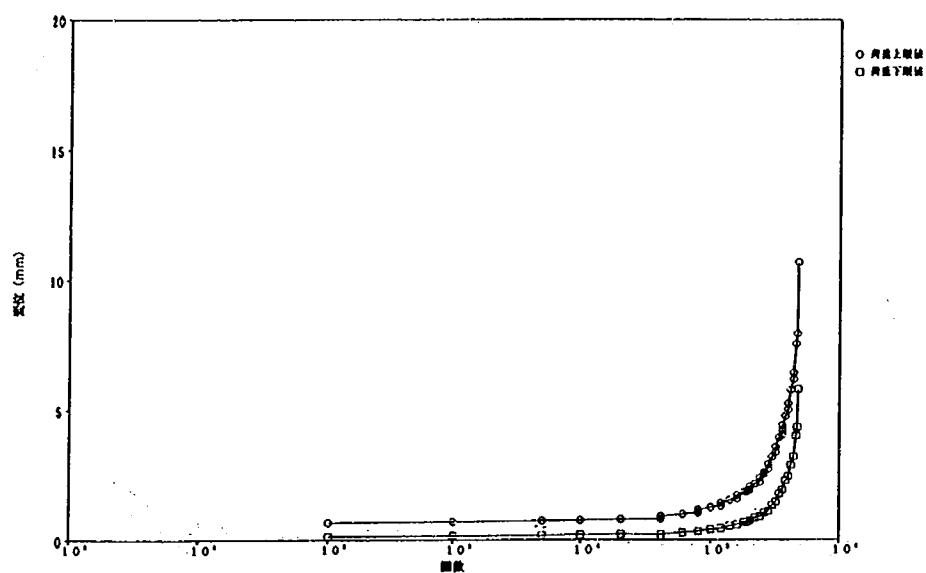
PC-1 供試体の静的（静的データ）：変位（D-5）



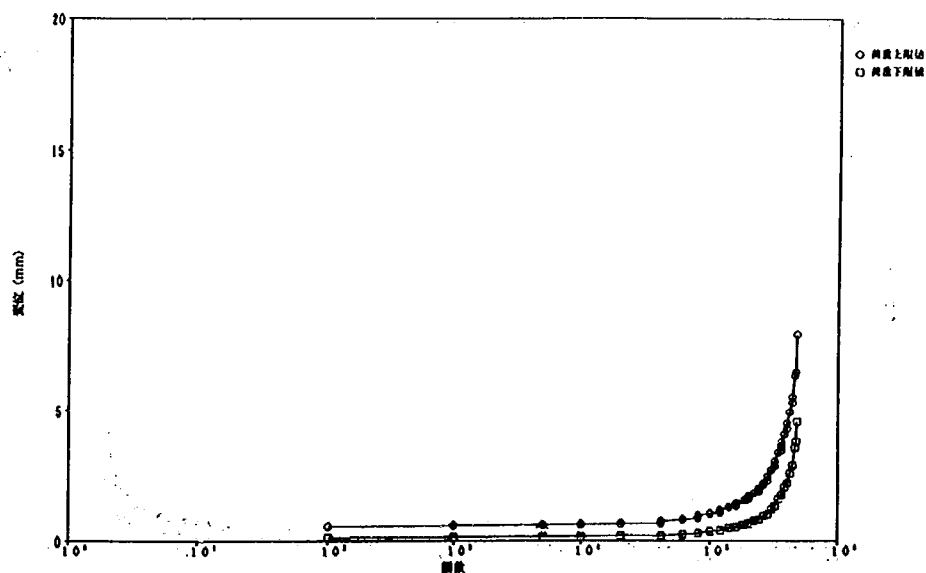
PC-1 供試体の静的（静的データ）：変位（D-6）



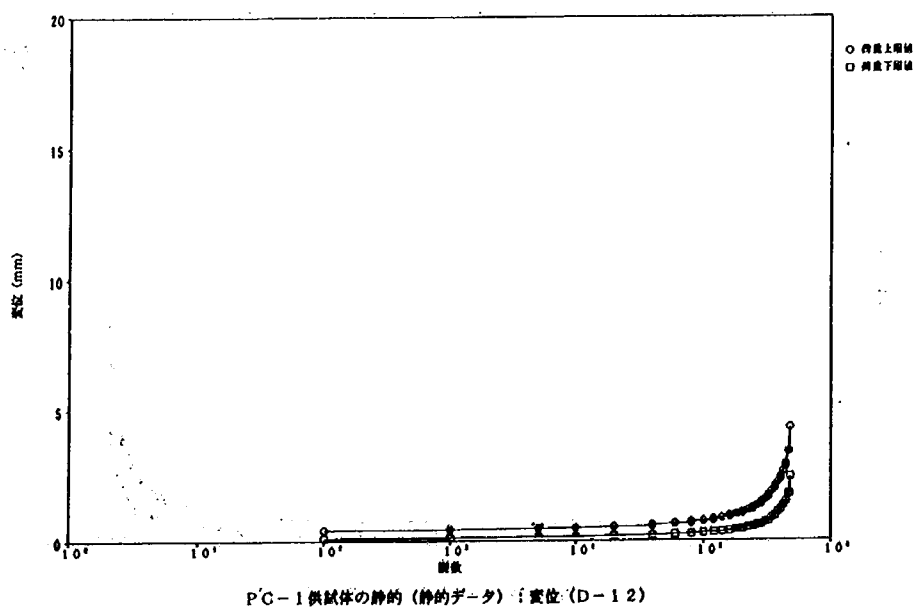
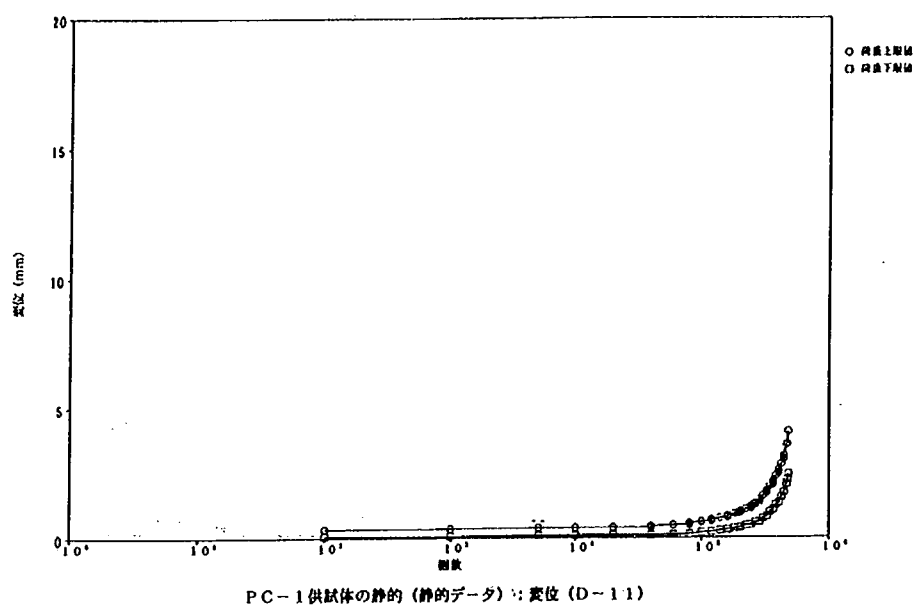
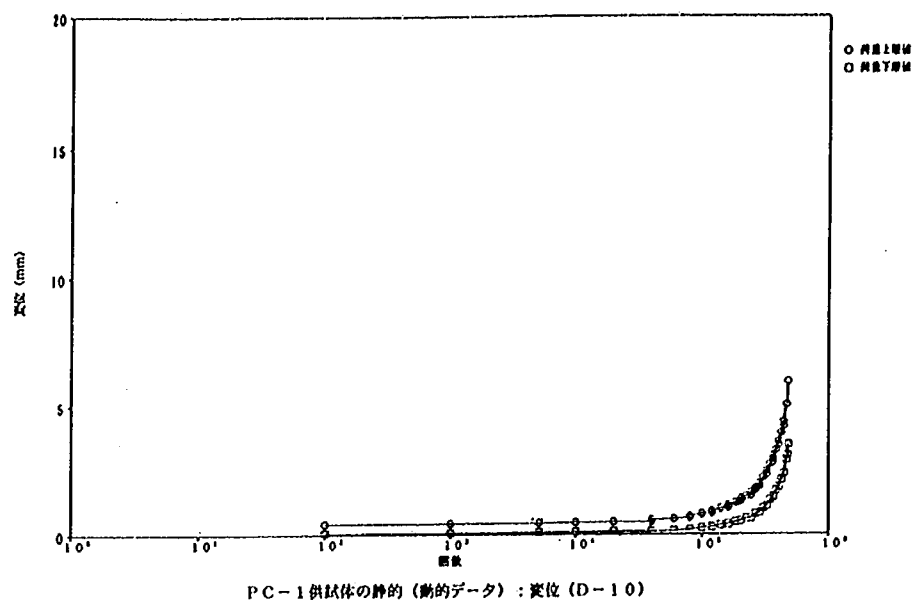
PC-1 供試体の静的 (静的データ) : 変位 (D-7)

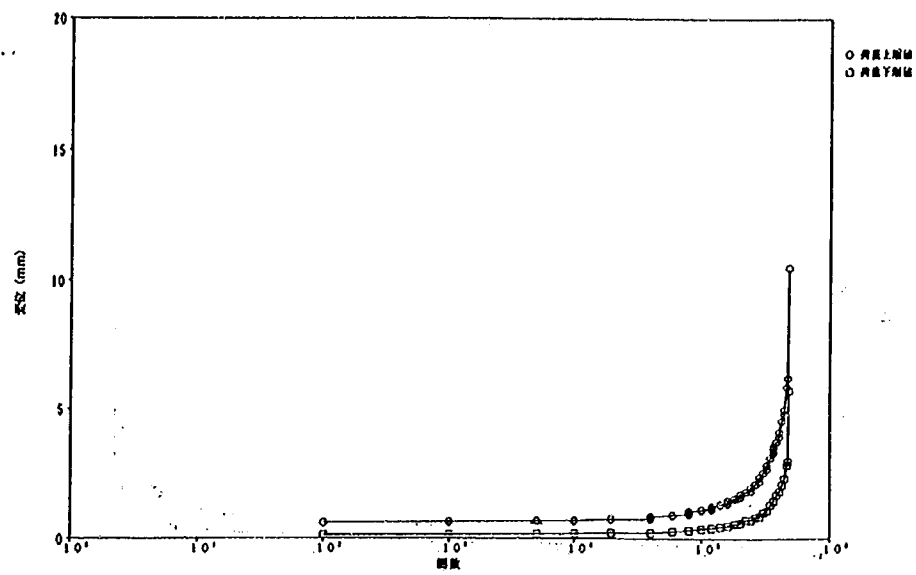


PC-1 供試体の静的 (静的データ) : 変位 (D-8)

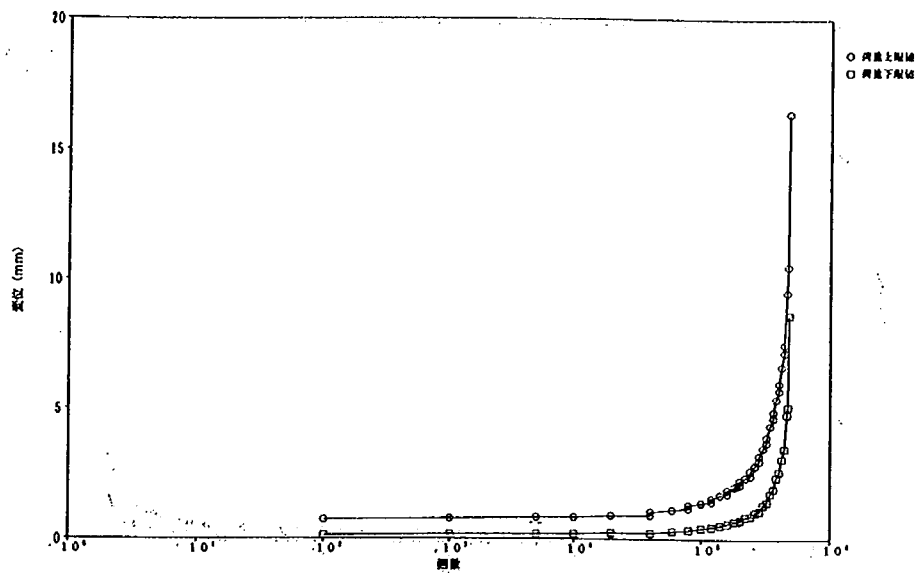


PC-1 供試体の静的 (静的データ) : 変位 (D-9)

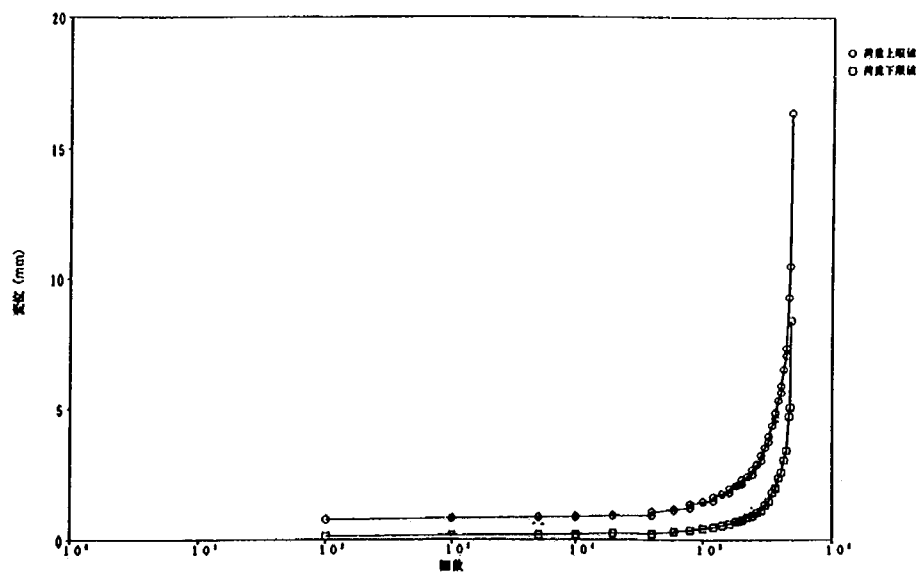




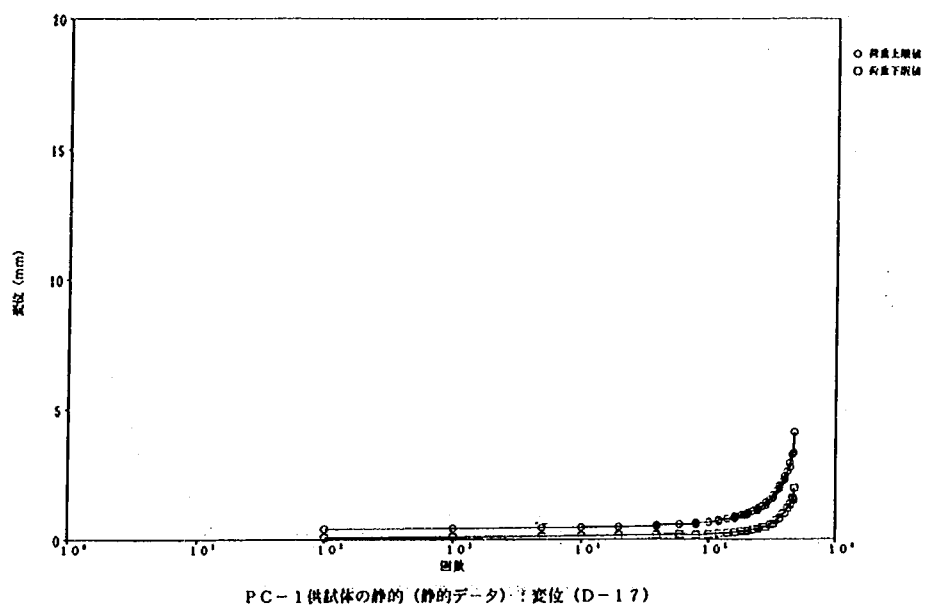
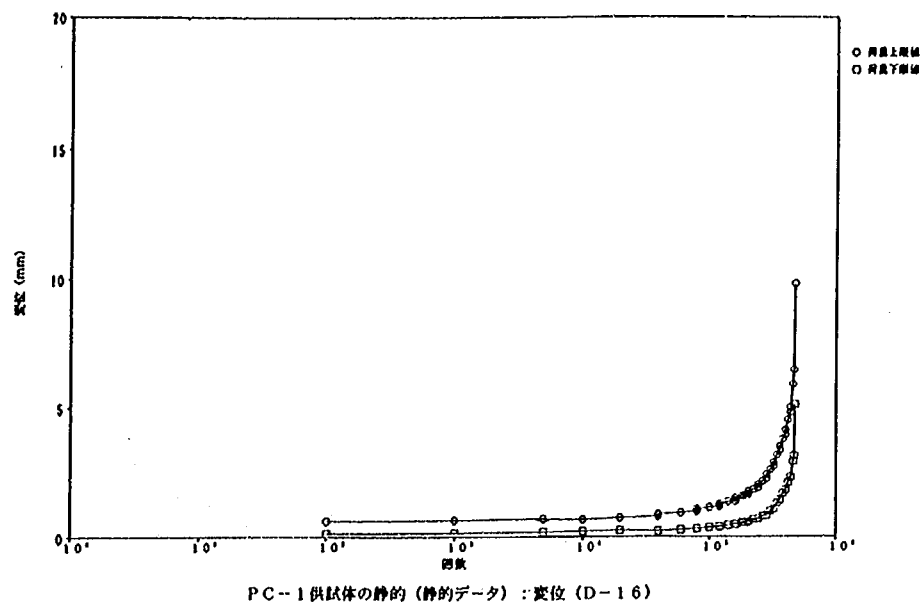
PC-1 供試体の静的（静的データ）：変位（D-13）



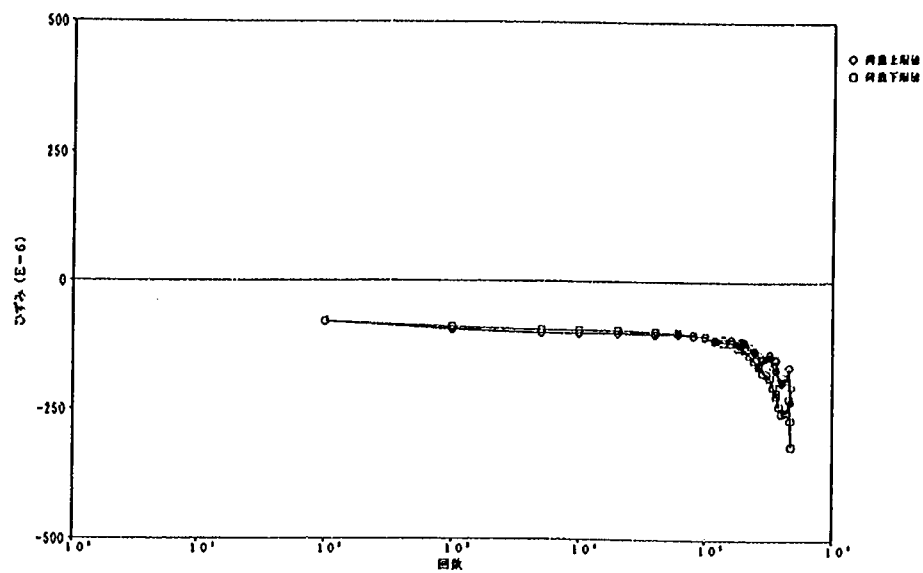
PC-1 供試体の静的（静的データ）：変位（D-14）



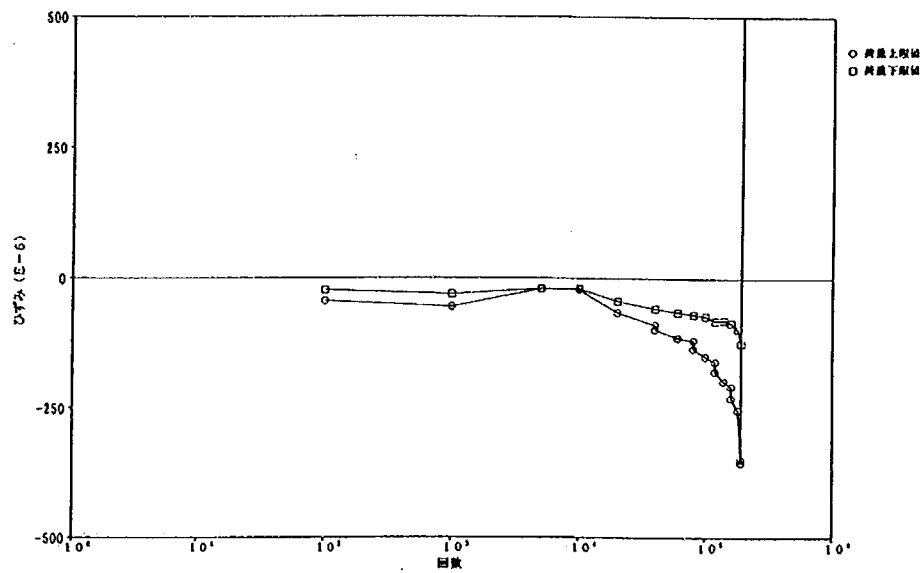
PC-1 供試体の静的（静的データ）：変位（D-15）



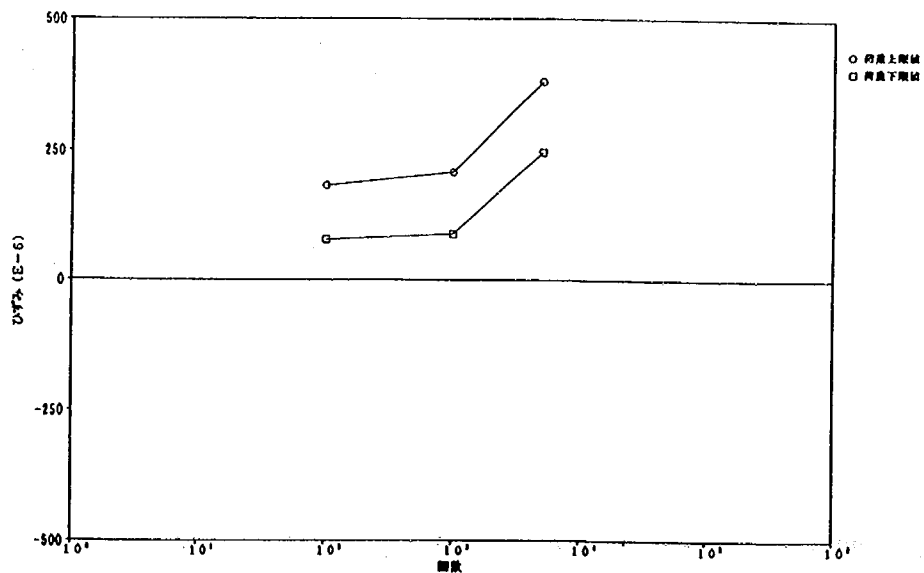
3) 載荷回数と床版ひずみとの関係



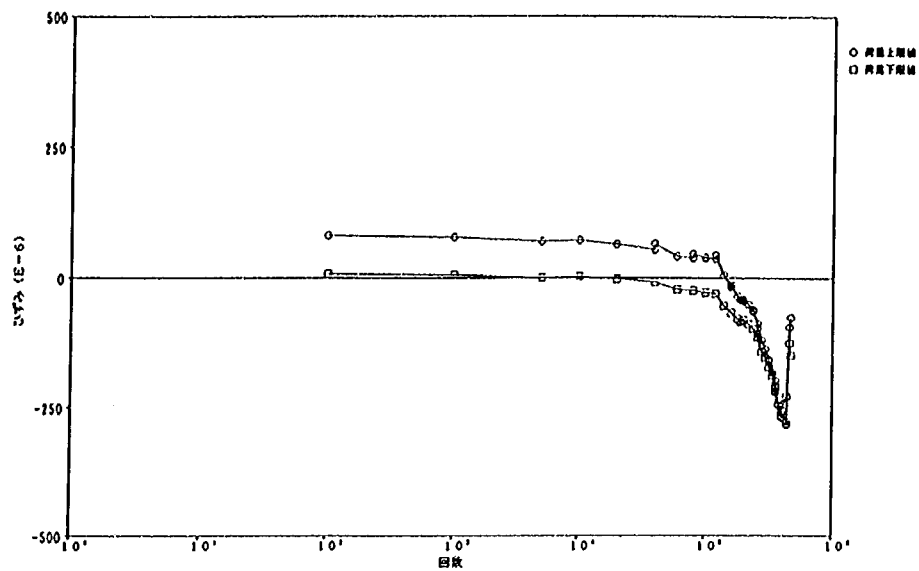
PC-1 供試体の静的 (静的データ) : コンクリート (一軸) ひずみ (E1)



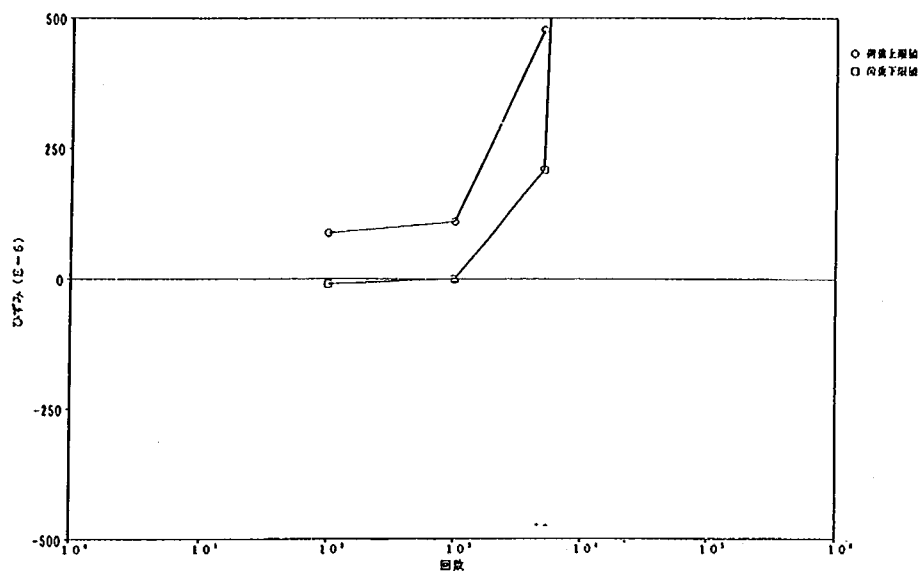
PC-1 供試体の静的 (静的データ) : コンクリート (一軸) ひずみ (E2)



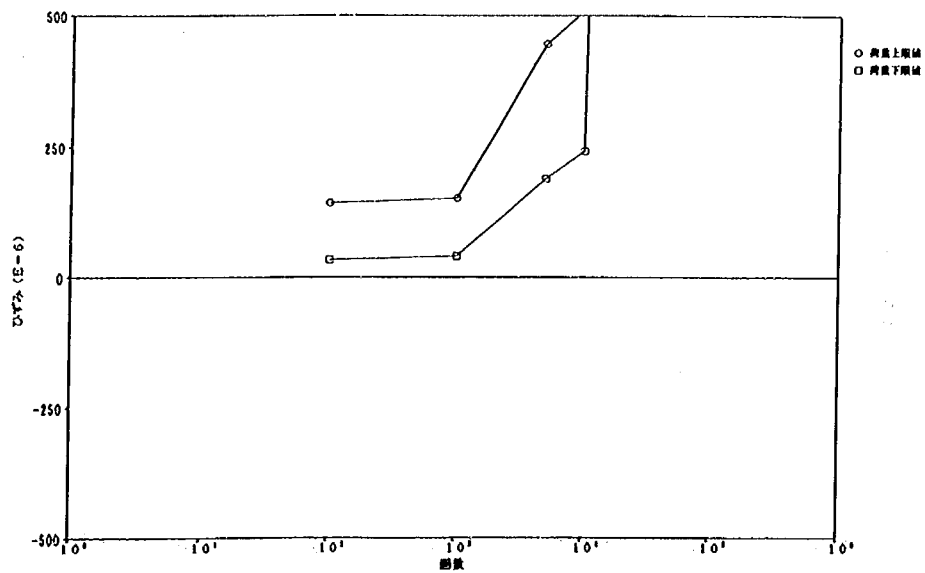
PC-1 供試体の静的 (静的データ) : コンクリート (一軸) ひずみ (E3)



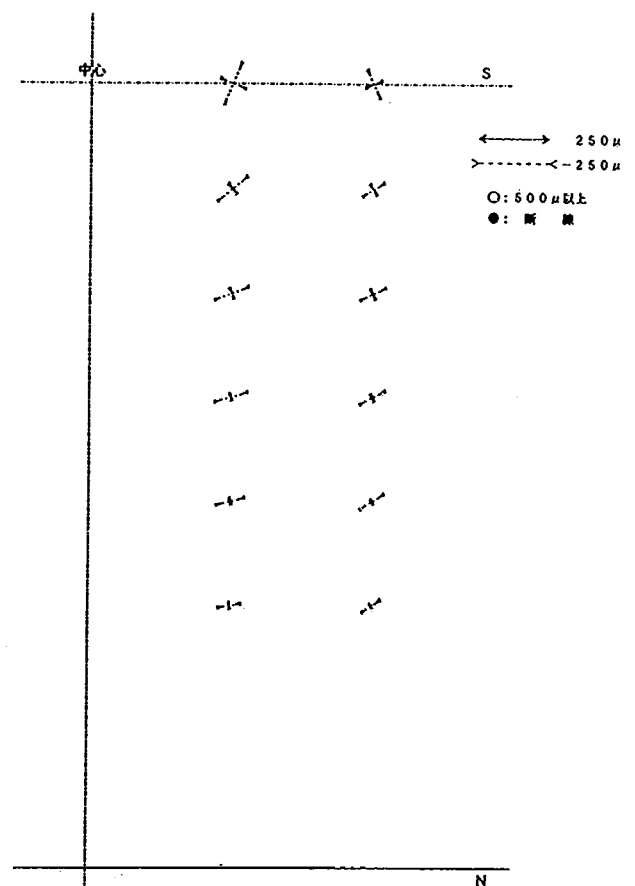
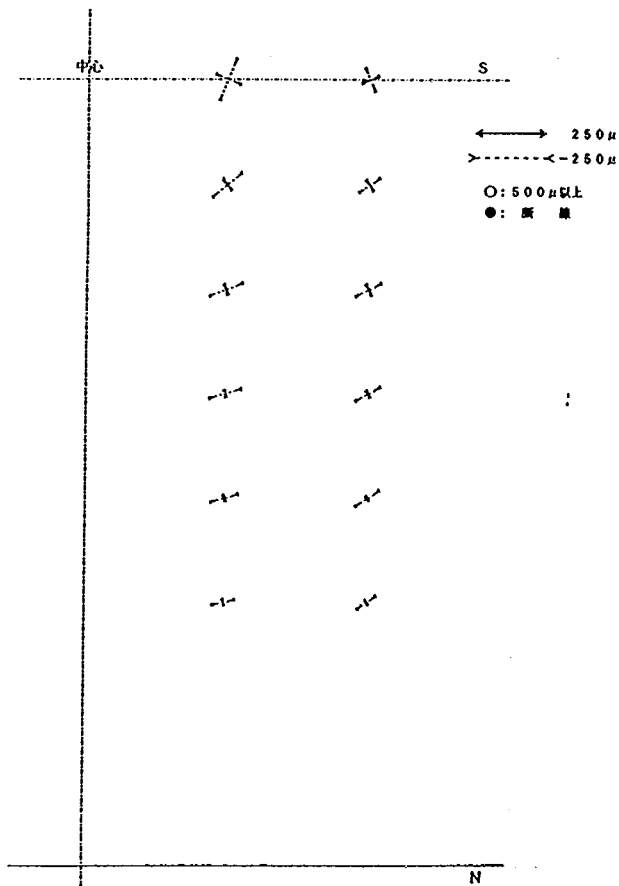
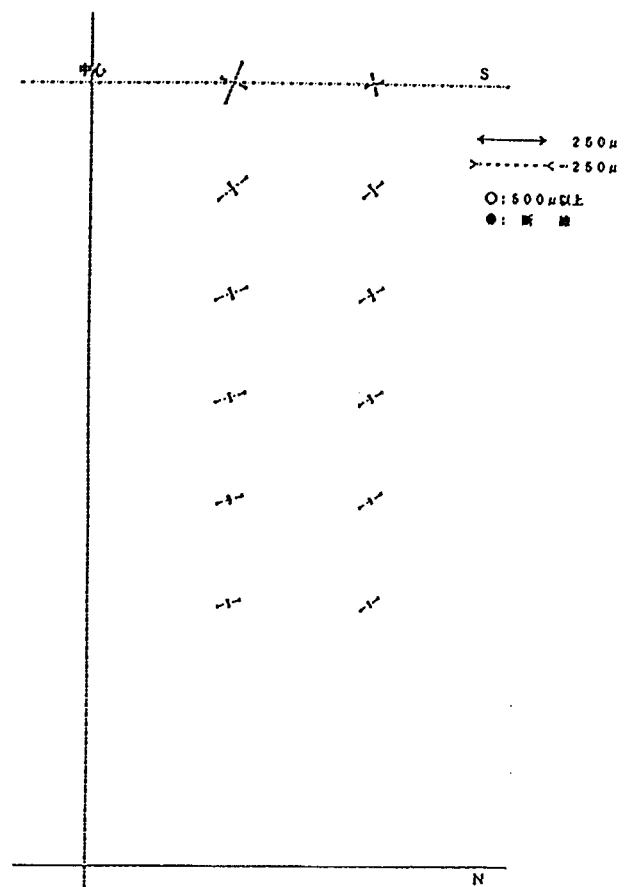
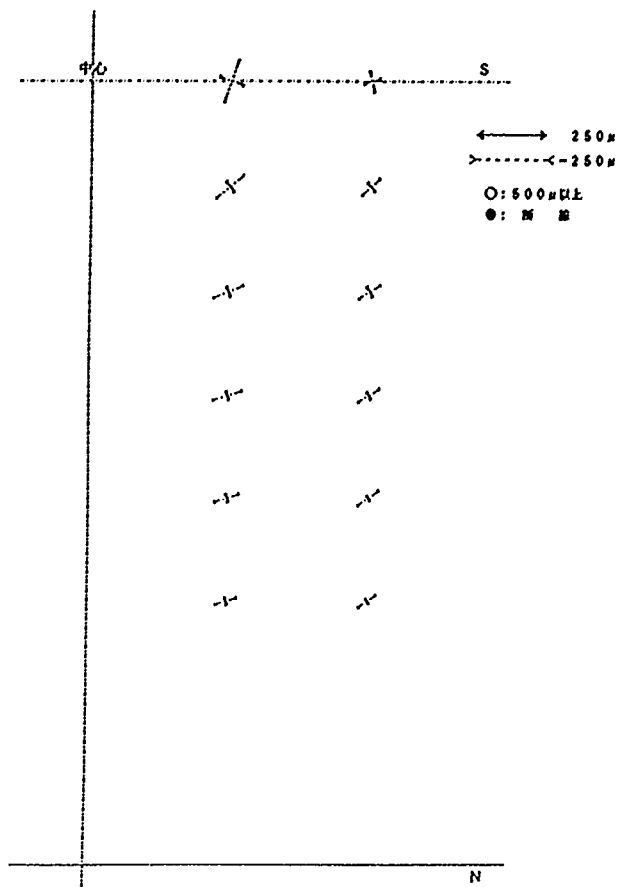
PC-1 供試体の静的（静的データ）：コンクリート（一軸）ひずみ（E4）

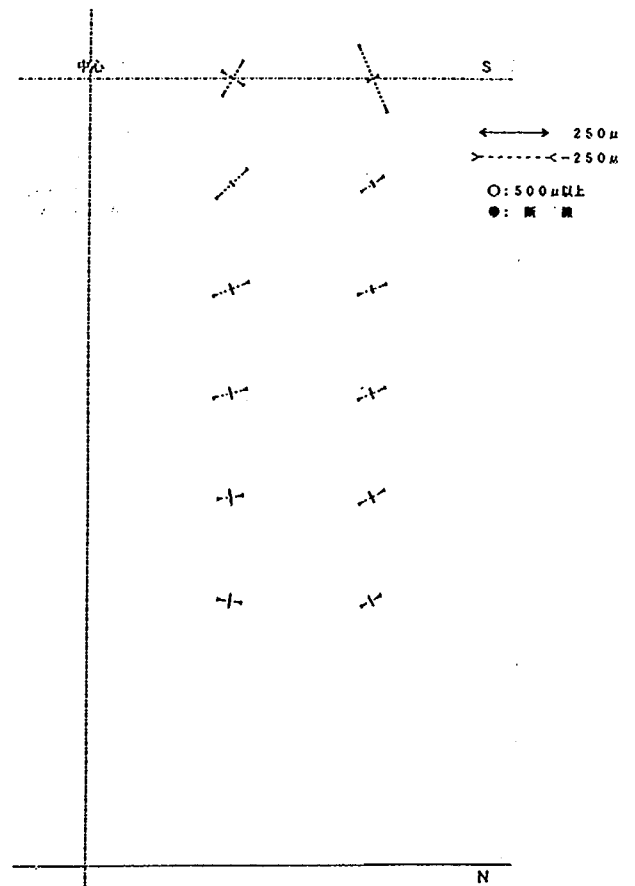
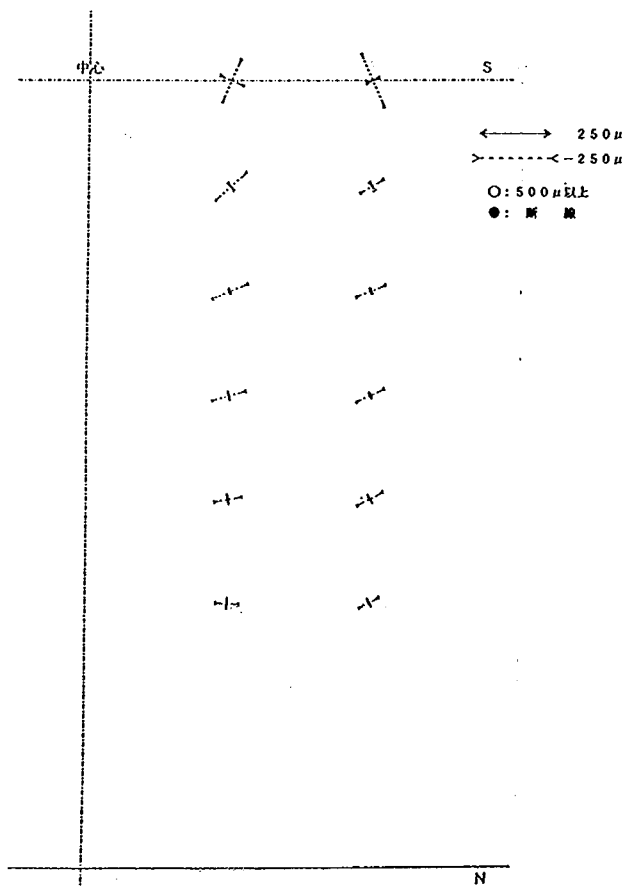
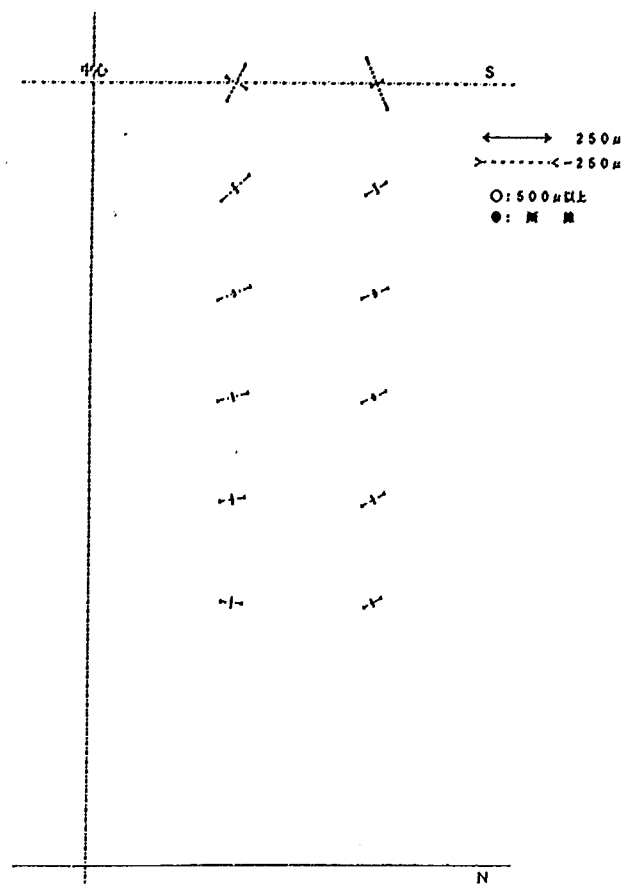
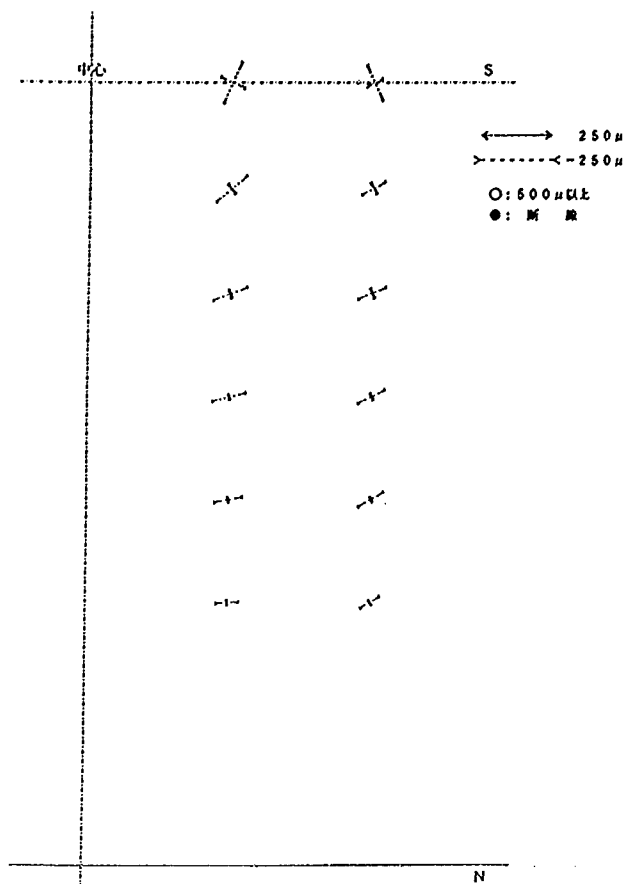


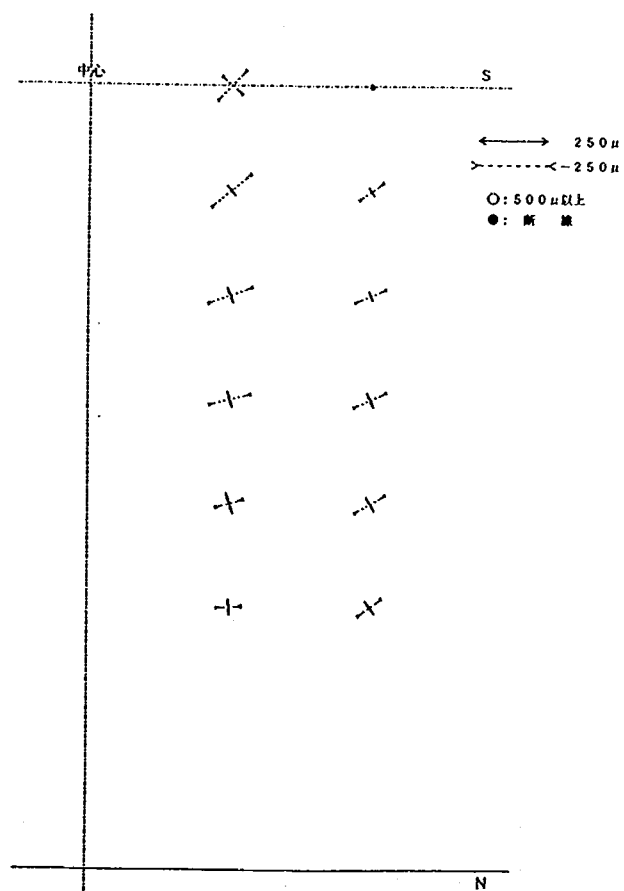
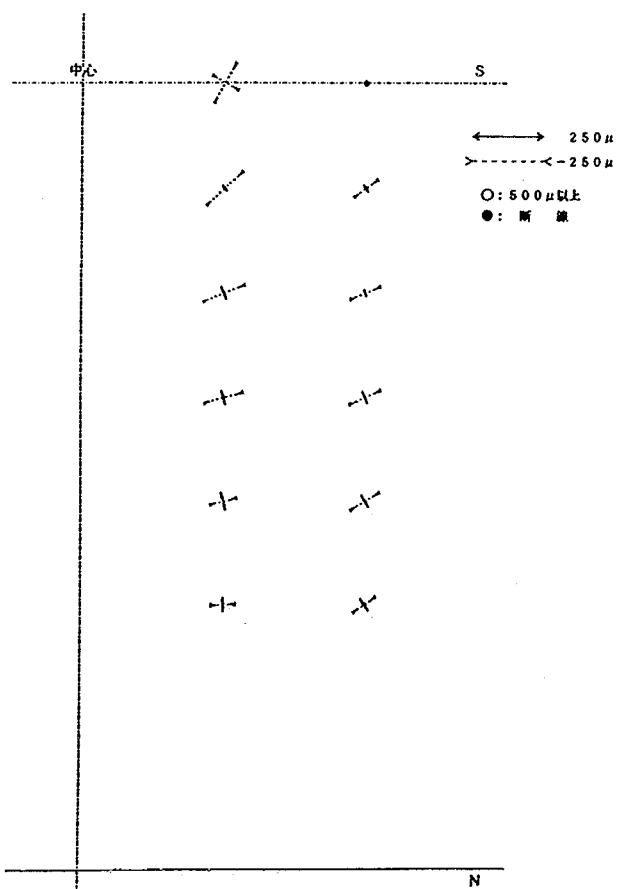
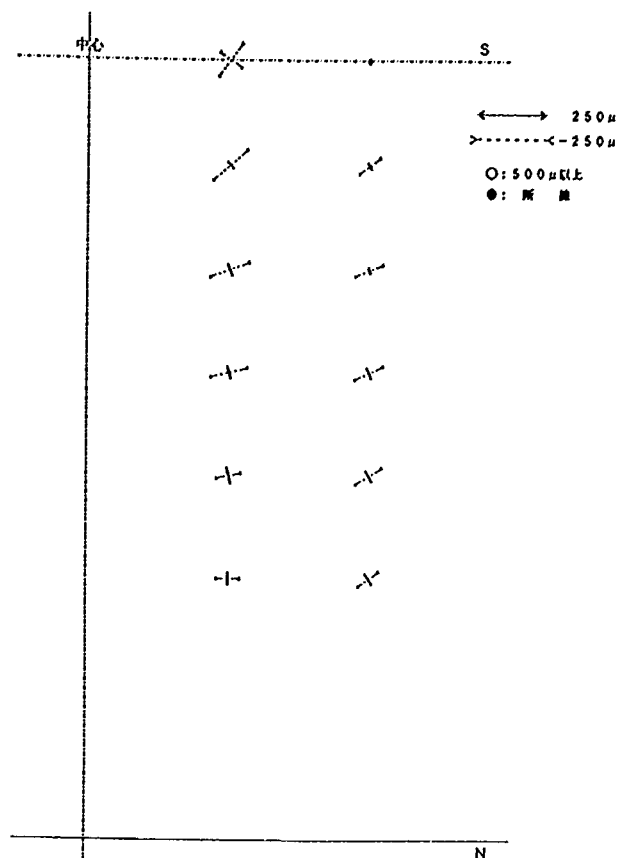
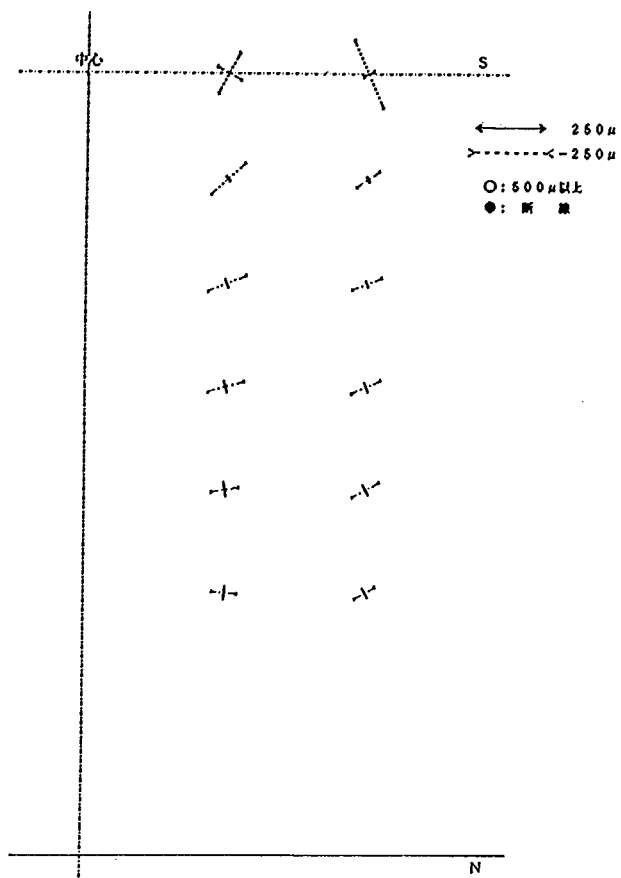
PC-1 供試体の静的（静的データ）：コンクリート（一軸）ひずみ（E5）

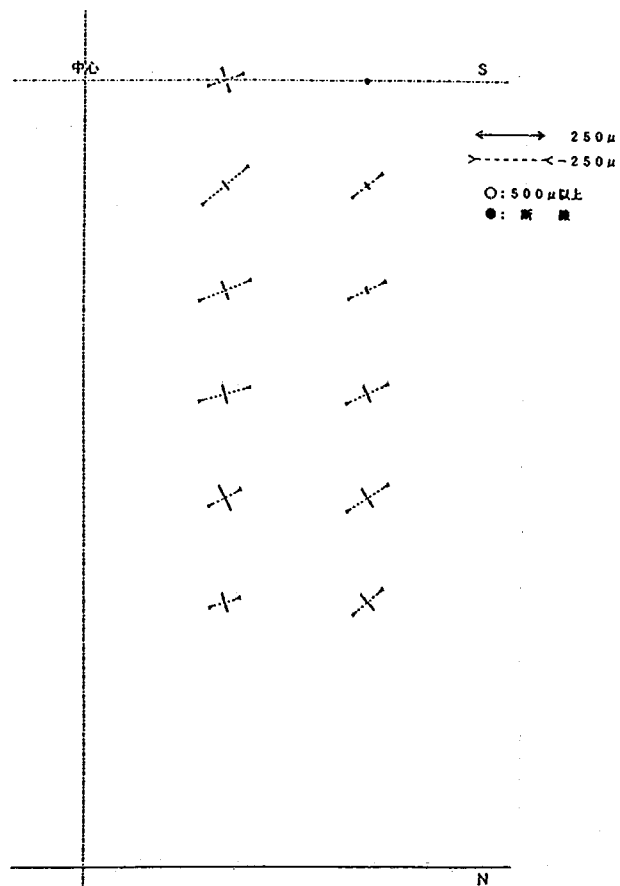
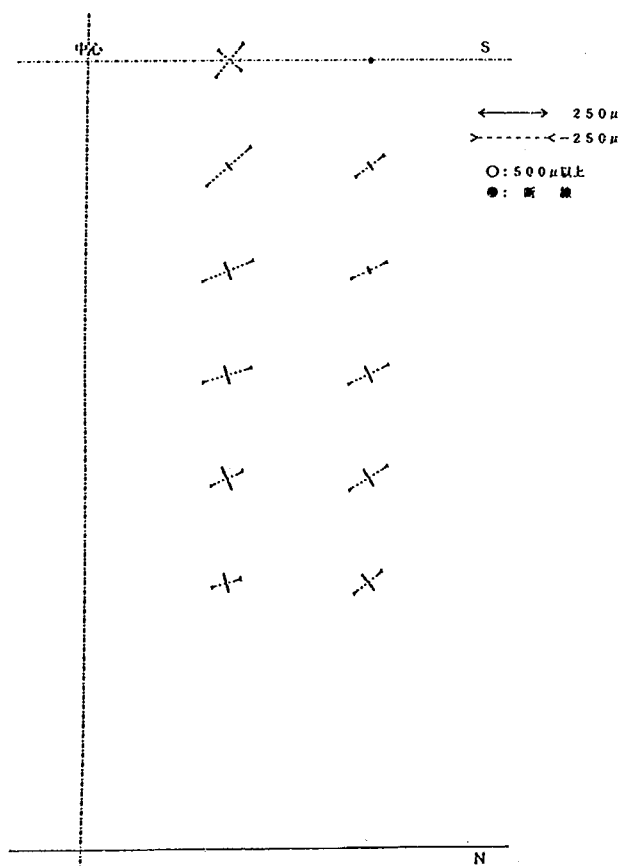
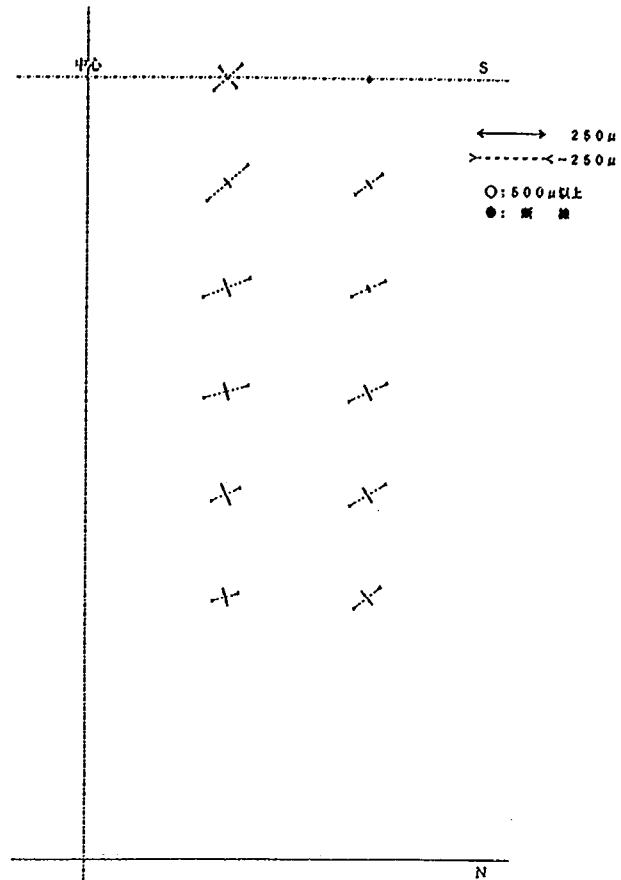
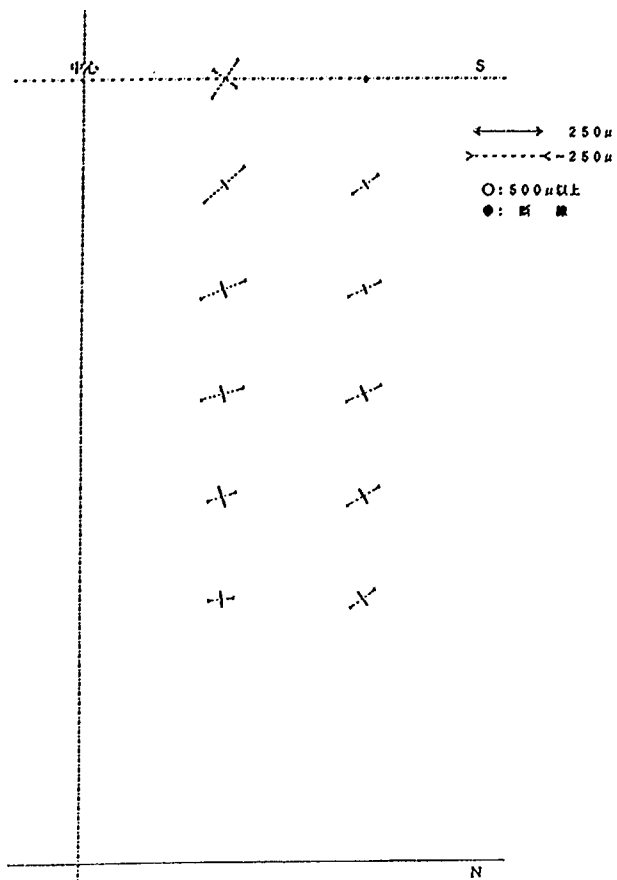


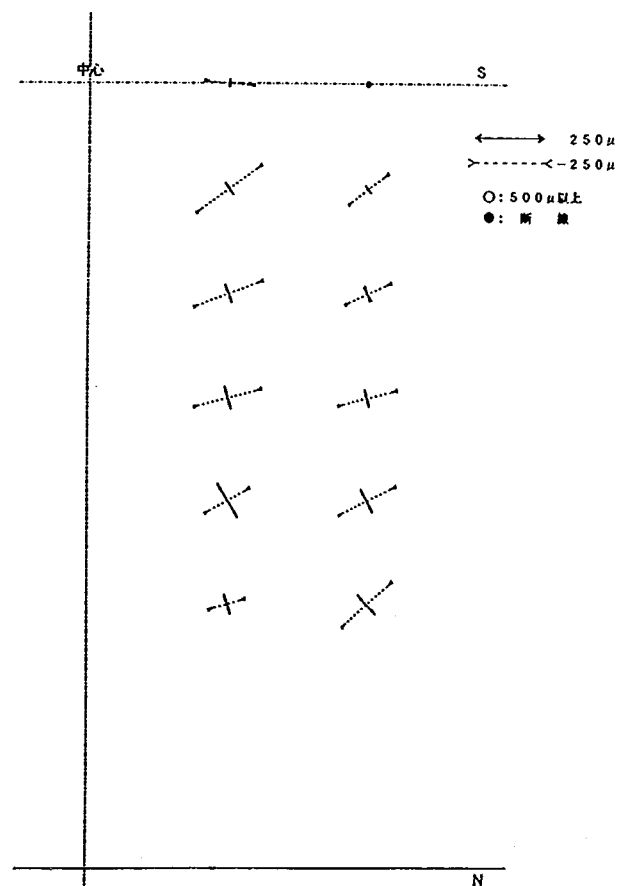
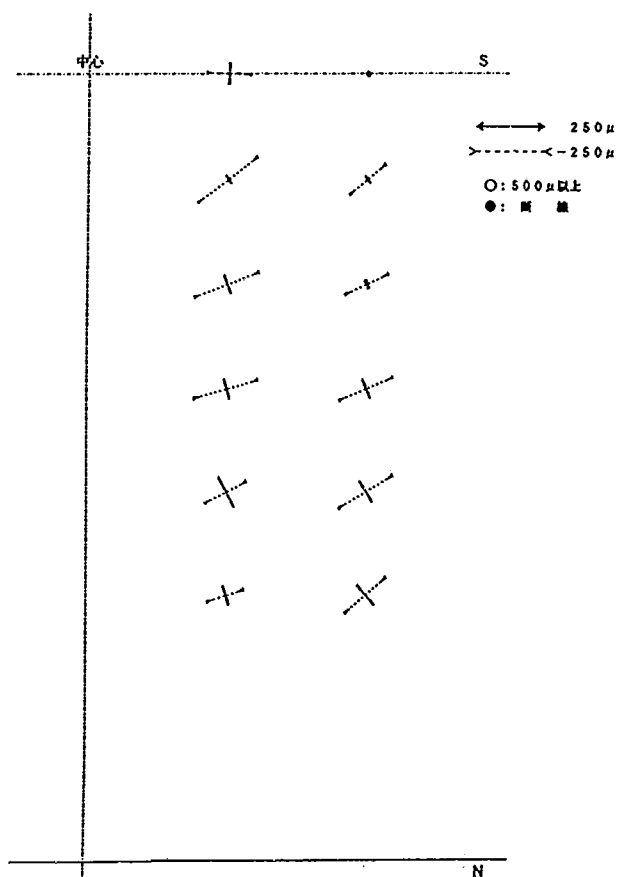
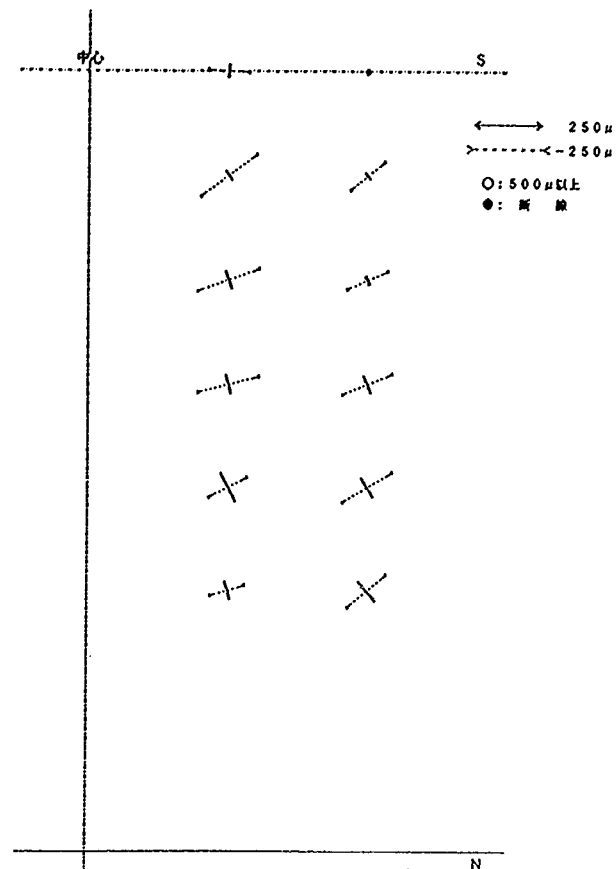
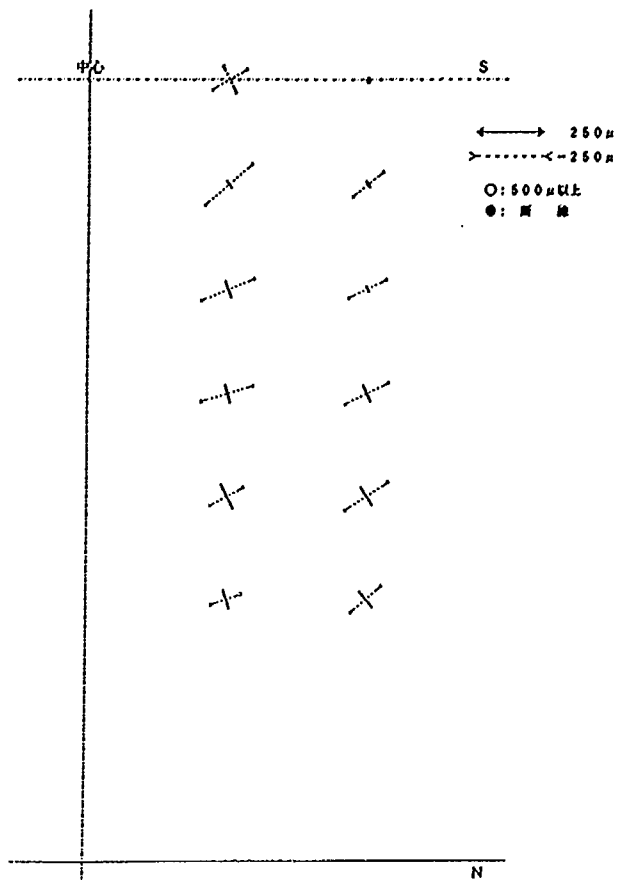
PC-1 供試体の静的（静的データ）：コンクリート（一軸）ひずみ（E6）

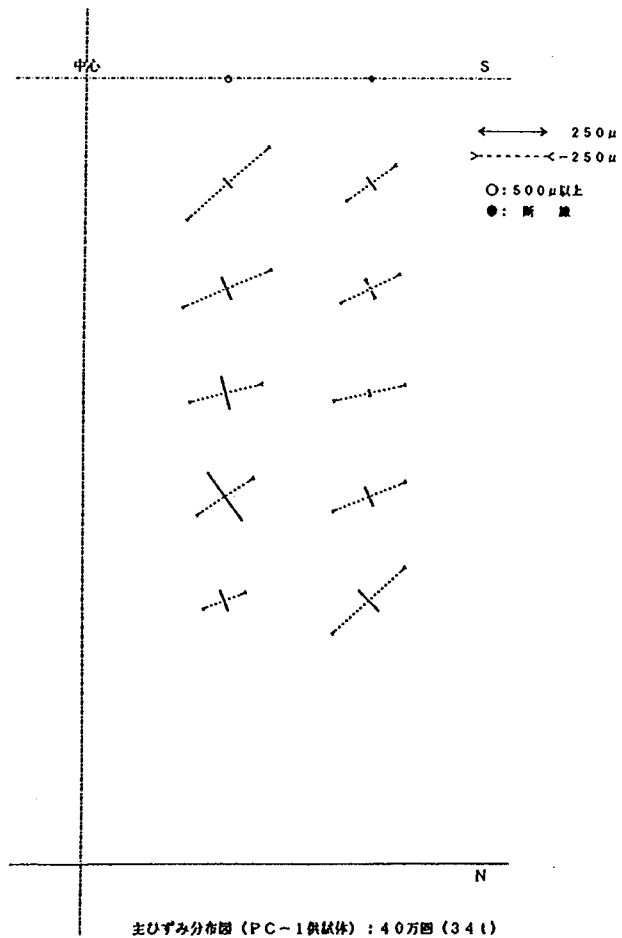
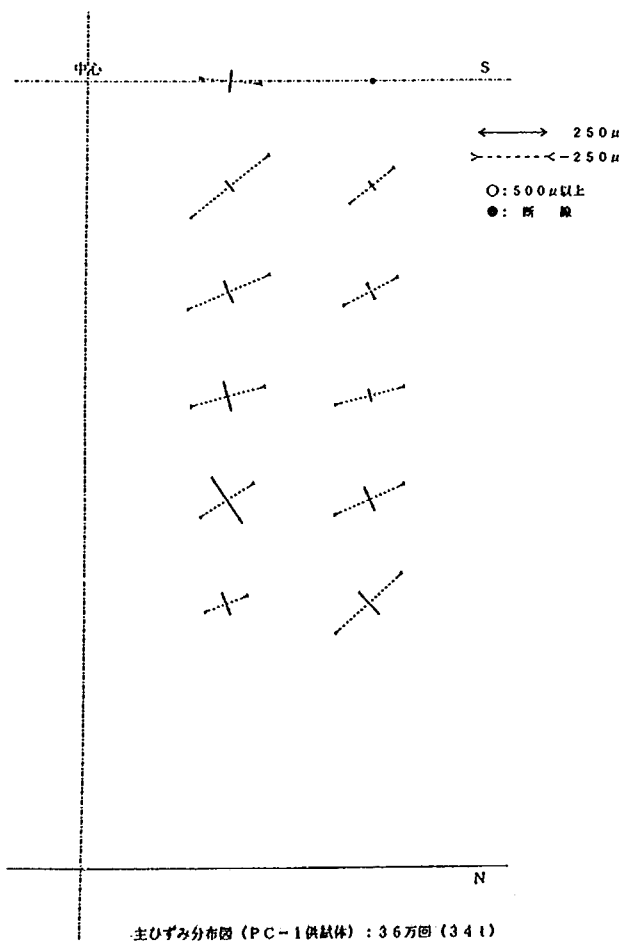
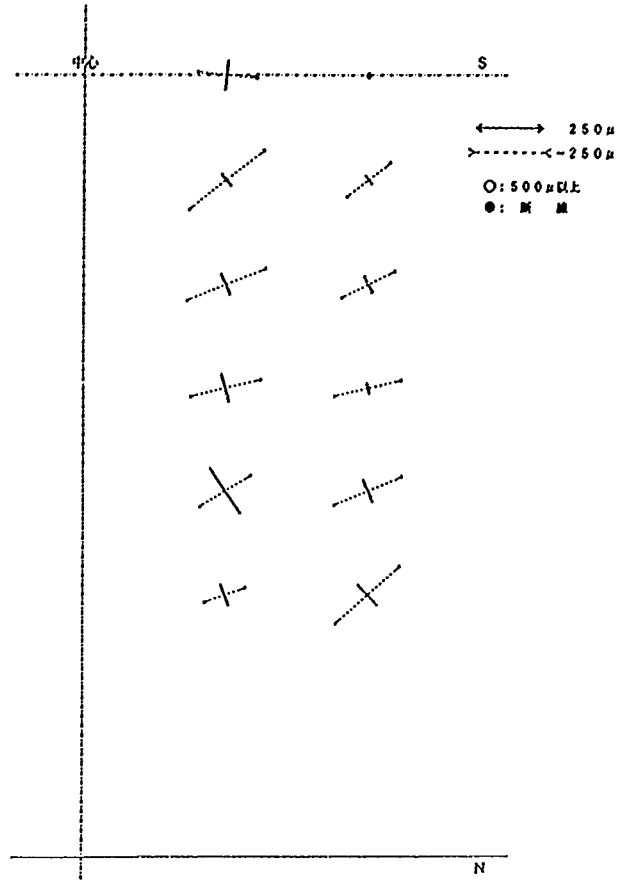
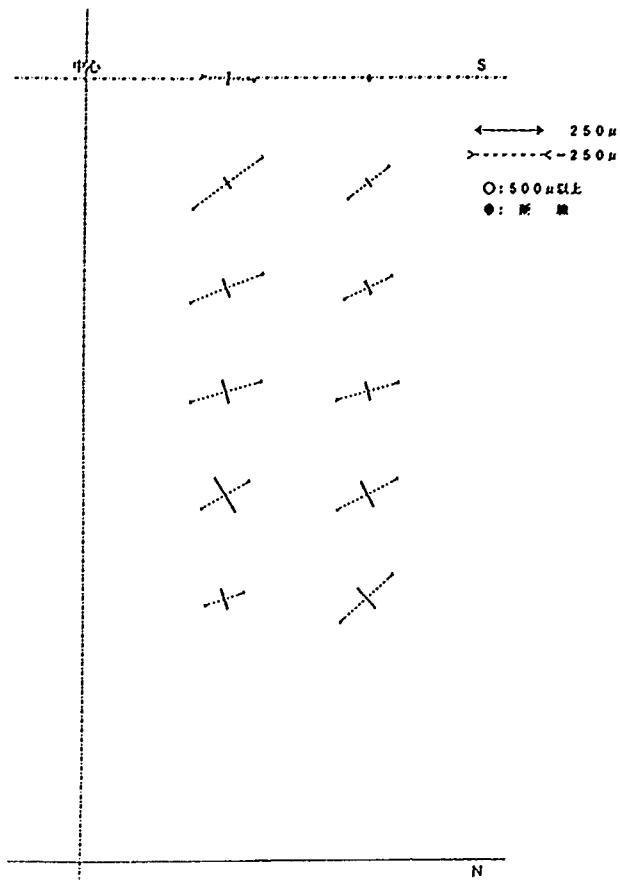


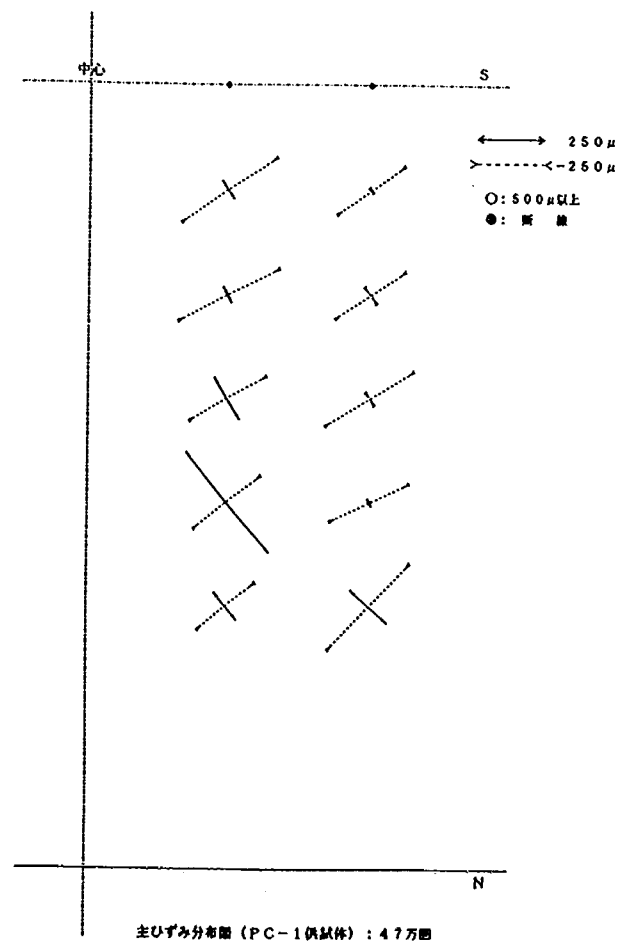
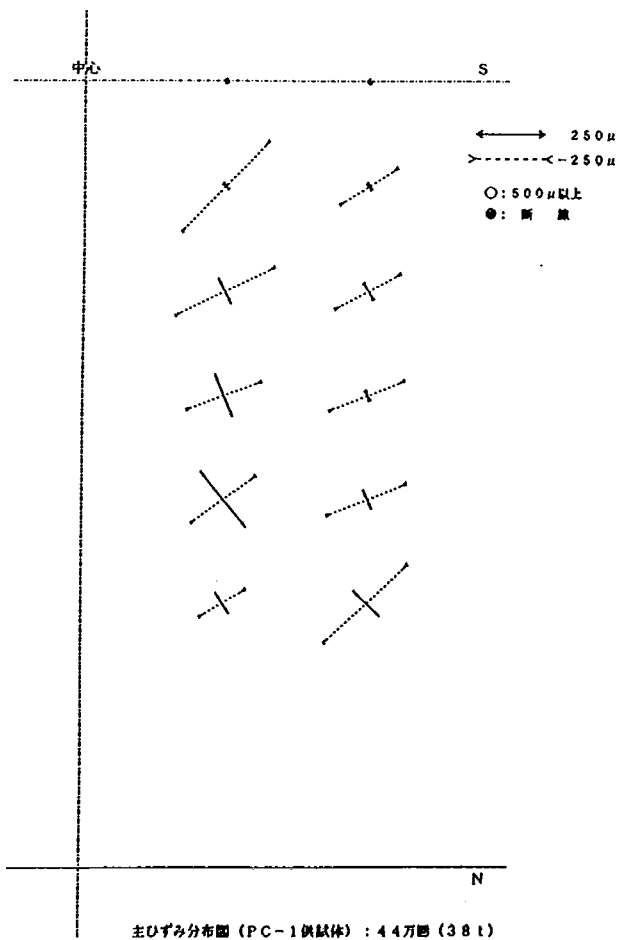
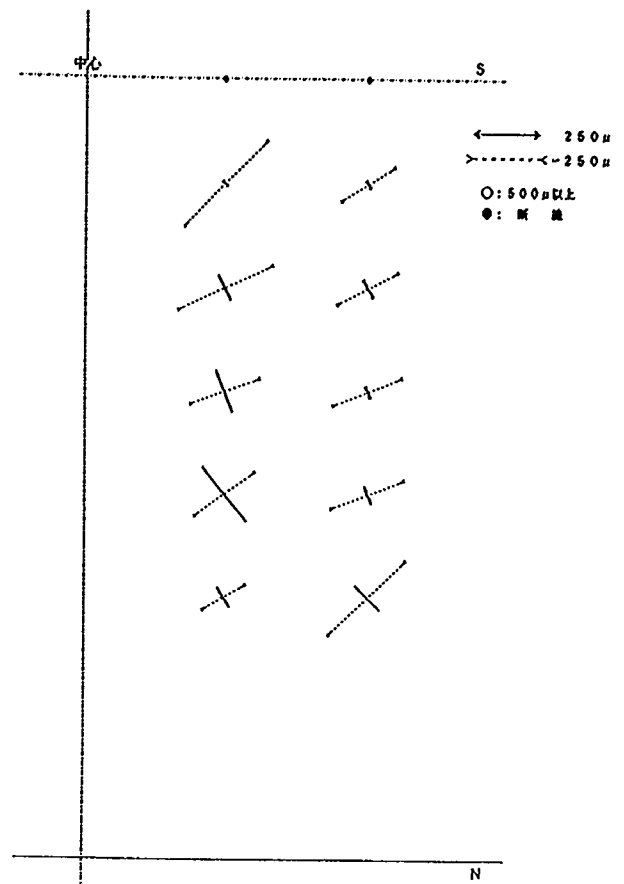
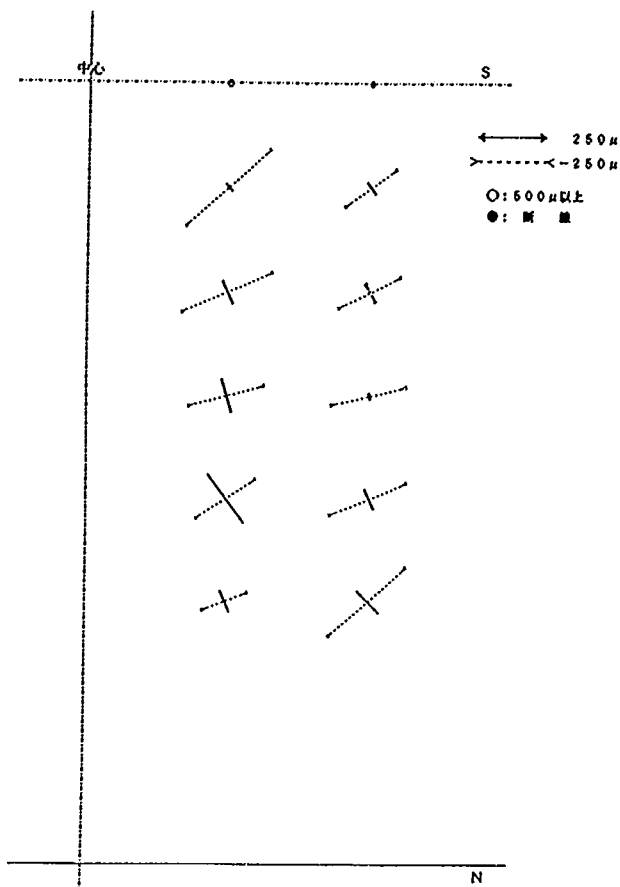








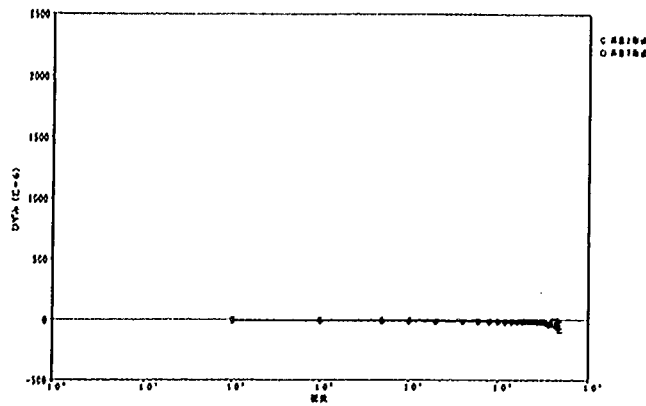




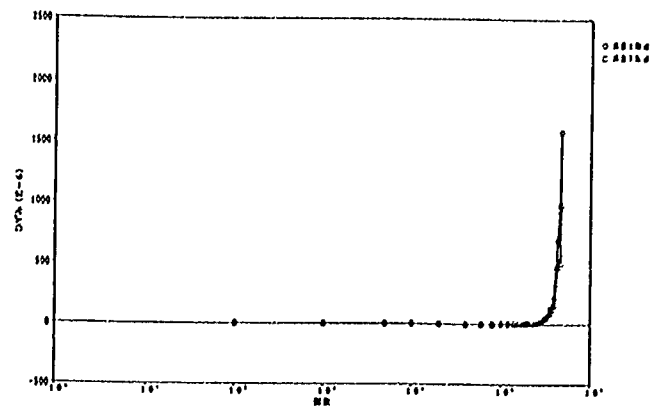
4) 載荷回数と鉄筋ひずみとの関係

上側鉄筋

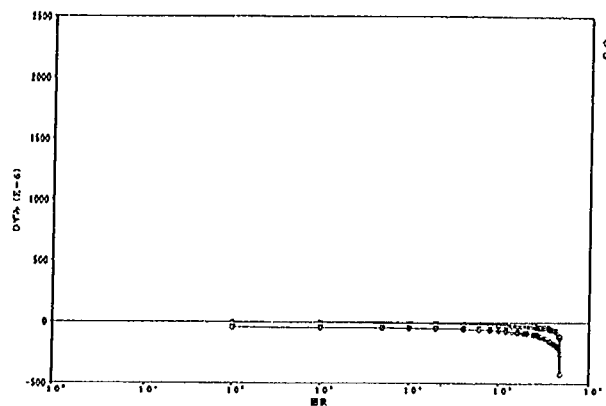
下側鉄筋



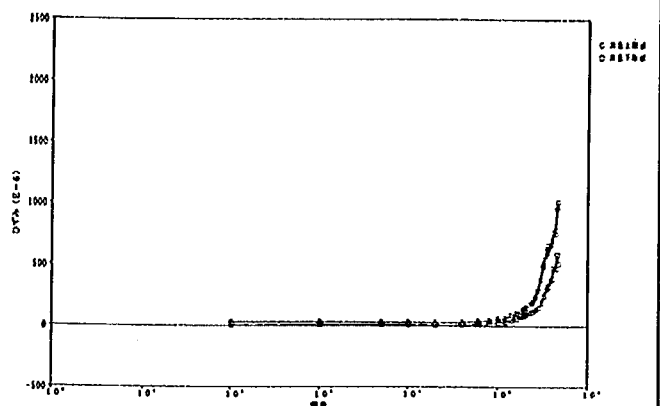
PC-1試体の静的・静的データ：主鉄筋ひずみ (TE1：上面)



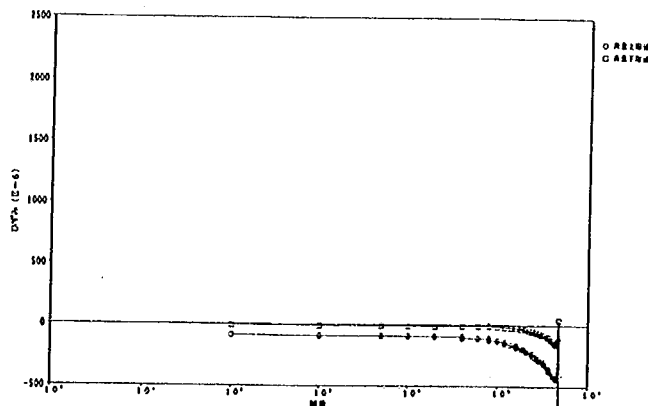
PC-1試体の静的・静的データ：主鉄筋ひずみ (BE1：下面)



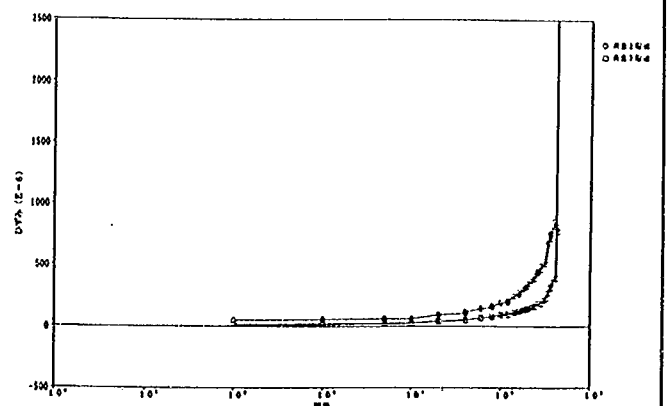
PC-1試体の静的・静的データ：主鉄筋ひずみ (TE2：上面)



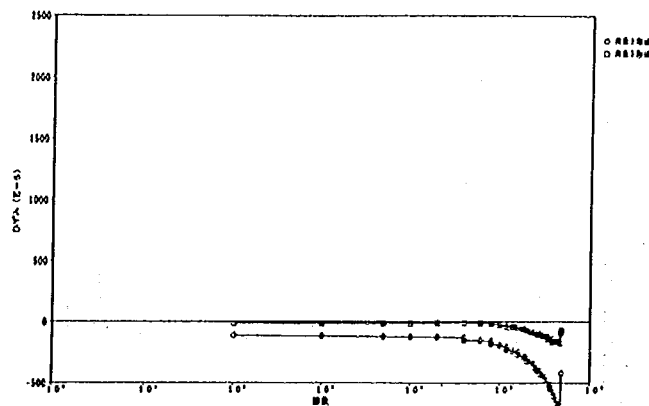
PC-1試体の静的・静的データ：主鉄筋ひずみ (BE2：下面)



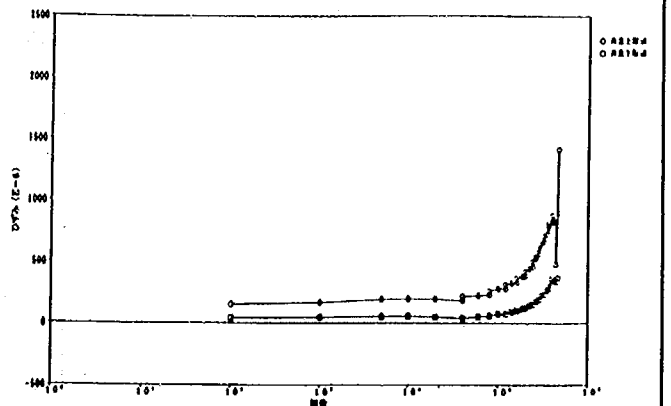
PC-1試体の静的・静的データ：主鉄筋ひずみ (TE3：上面)



PC-1試体の静的・静的データ：主鉄筋ひずみ (BE3：下面)



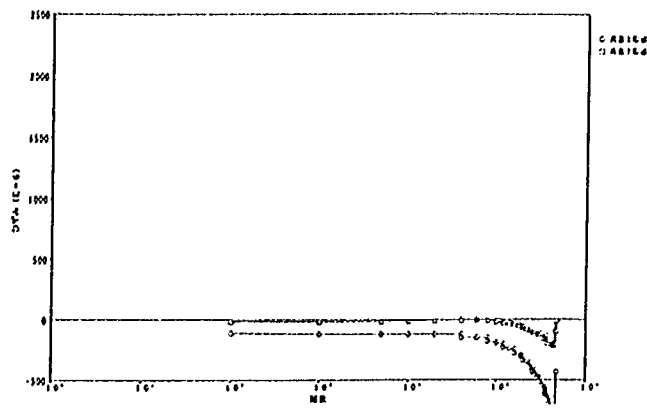
PC-1試体の静的・静的データ：主鉄筋ひずみ (TE4：上面)



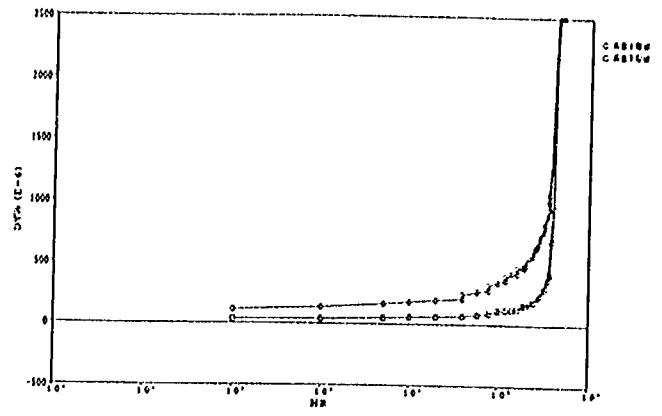
PC-1試体の静的・静的データ：主鉄筋ひずみ (BE4：下面)

上側鉄筋

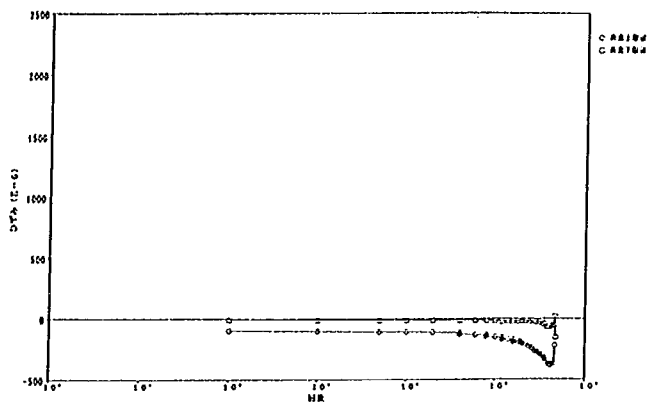
下側鉄筋



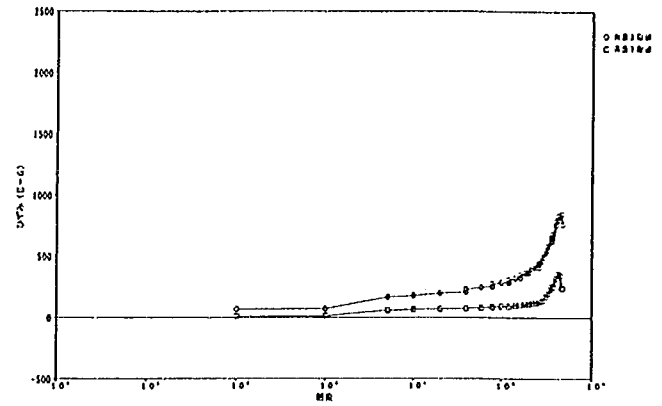
PC-1 供試体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (TE 5 : 上面)



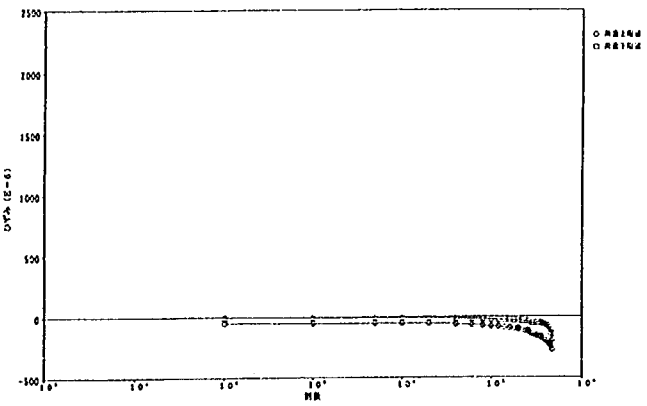
PC-1 供試体の静的 (静的データ) : 主鉄筋 (BE 5 : 下面)



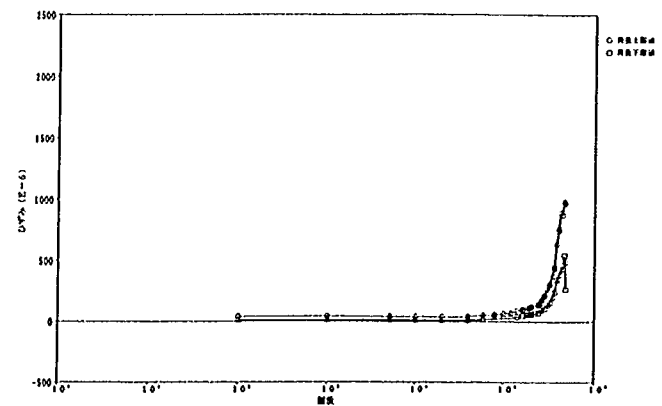
PC-1 供試体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (TE 6 : 上面)



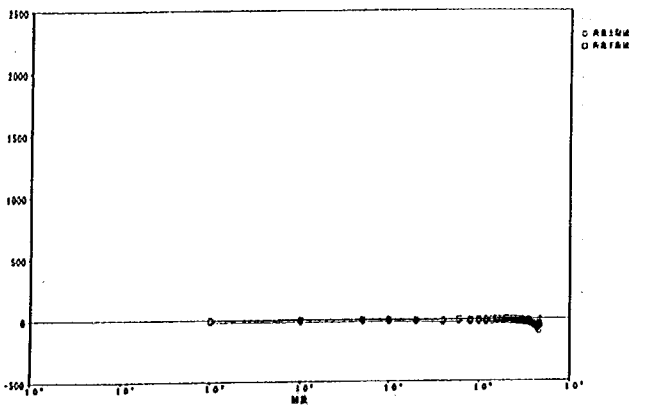
PC-1 供試体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (BE 6 : 下面)



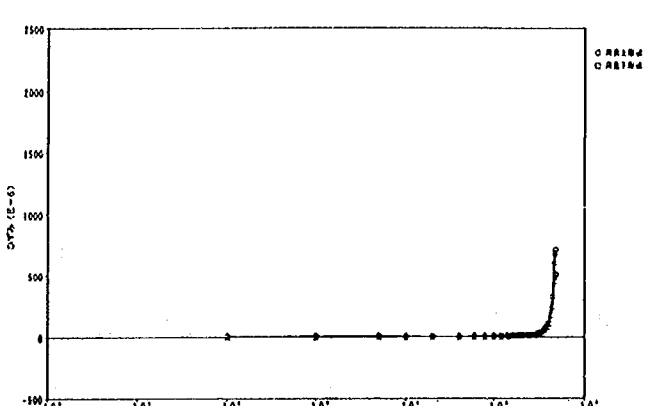
PC-1 供試体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (TE 7 : 上面)



PC-1 供試体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (BE 7 : 下面)



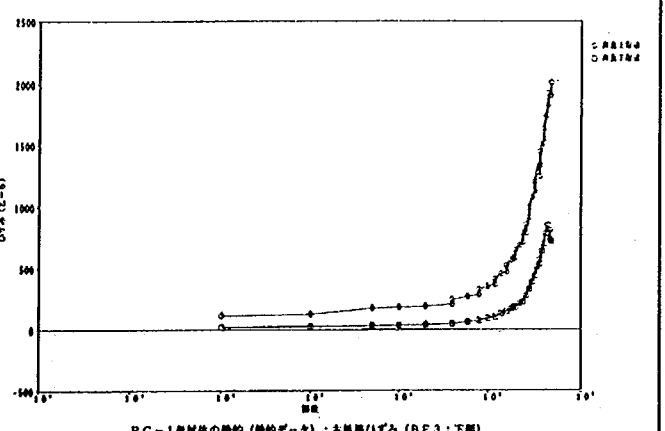
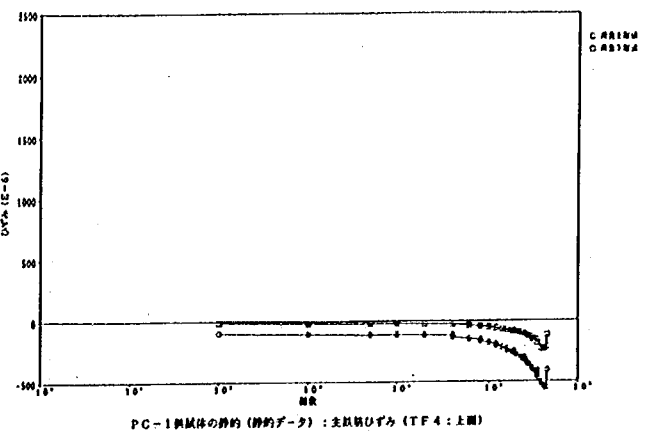
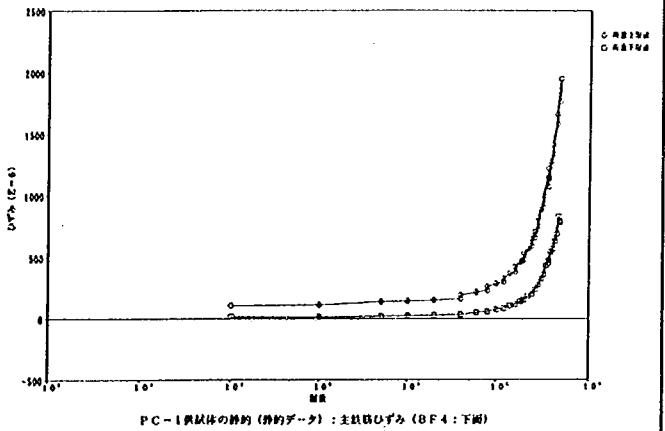
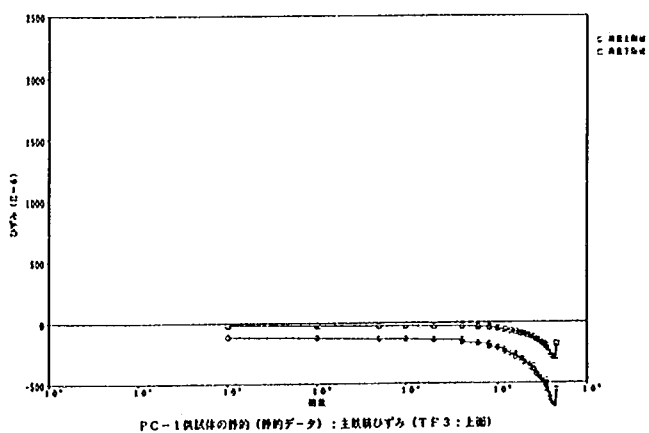
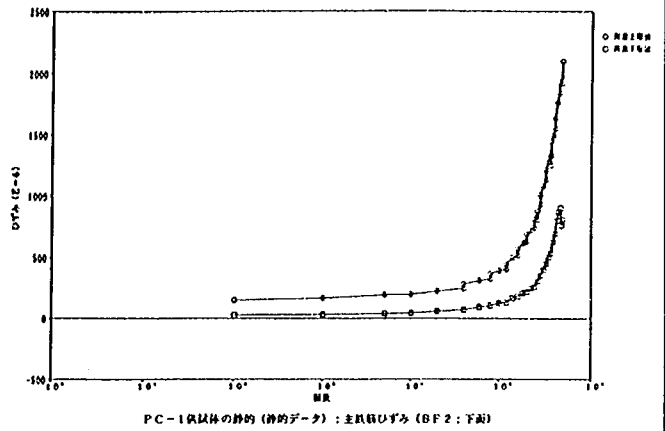
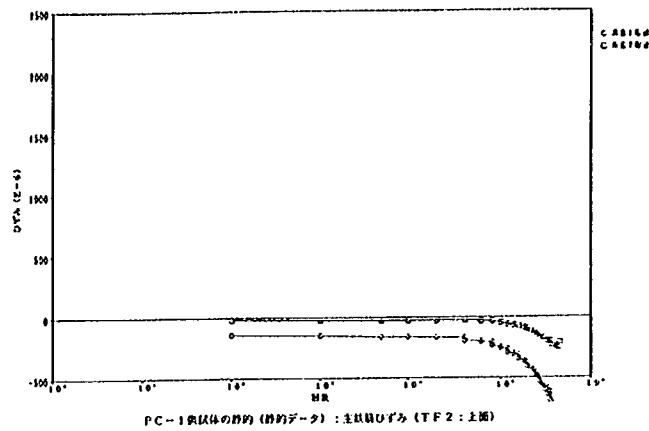
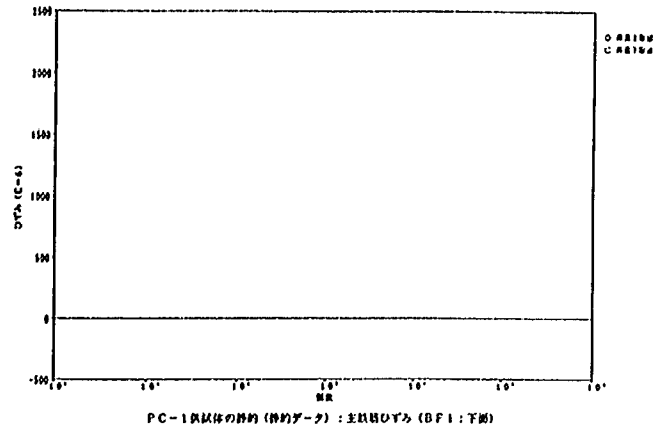
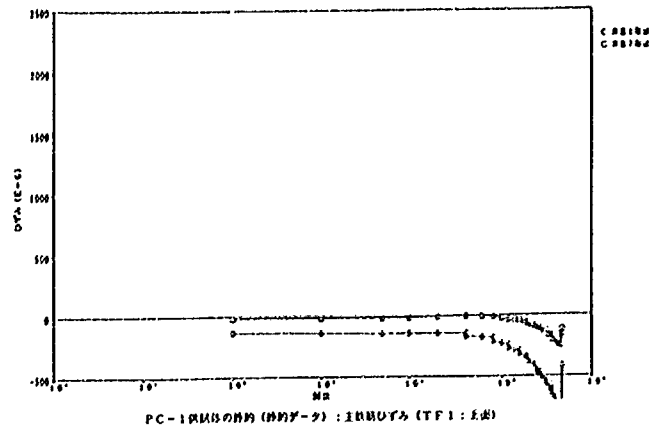
PC-1 供試体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (TE 8 : 上面)



PC-1 供試体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (BE 8 : 下面)

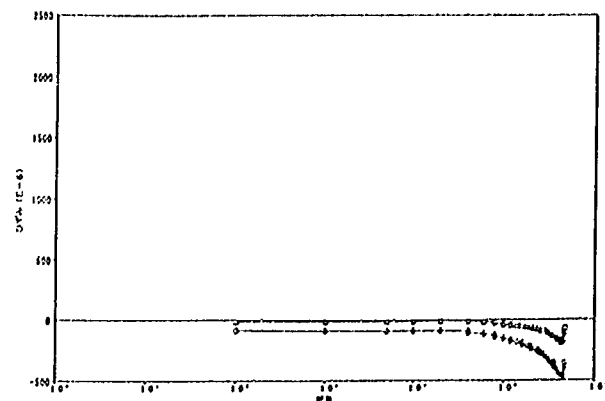
上側鉄筋

下側鉄筋

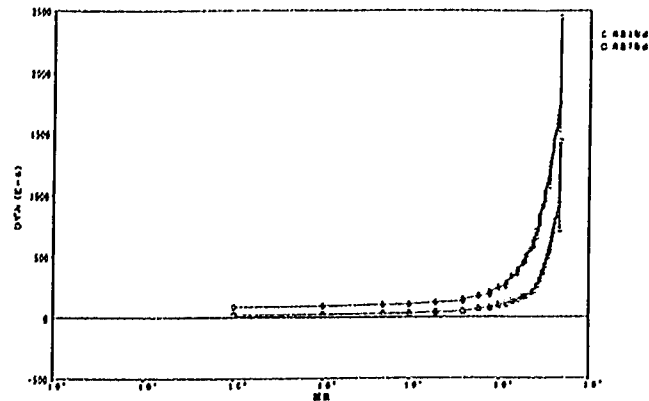


上側鉄筋

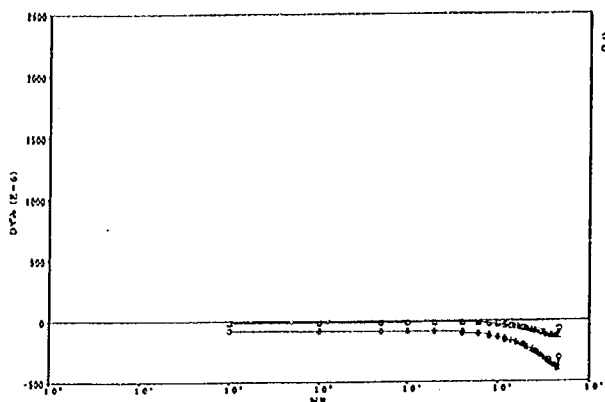
下側鉄筋



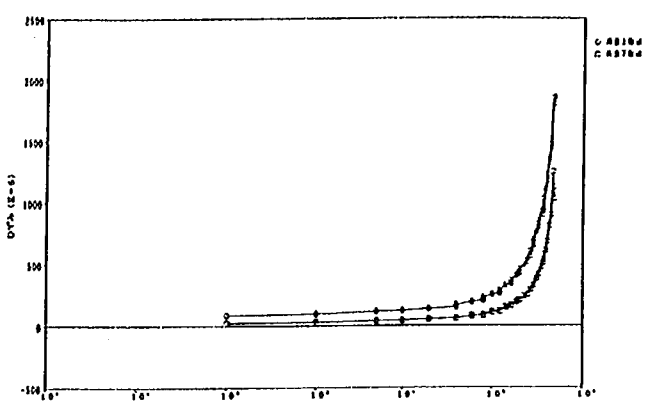
PC-1供試体の静的(静的データ) : 主鉄筋ひずみ (TF5 : 上部)



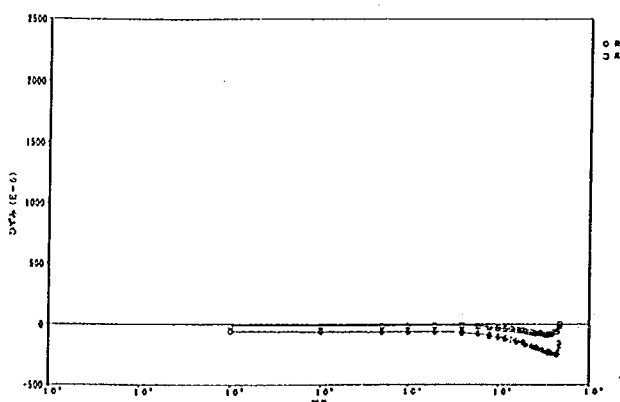
PC-1供試体の静的(静的データ) : 主鉄筋ひずみ (BF5 : 下部)



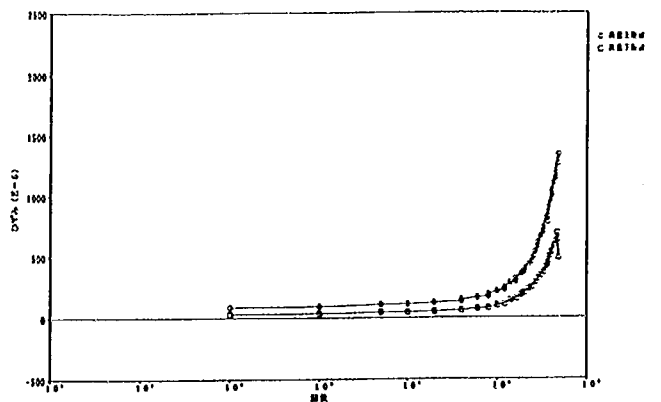
PC-1供試体の静的(静的データ) : 主鉄筋ひずみ (TF6 : 上部)



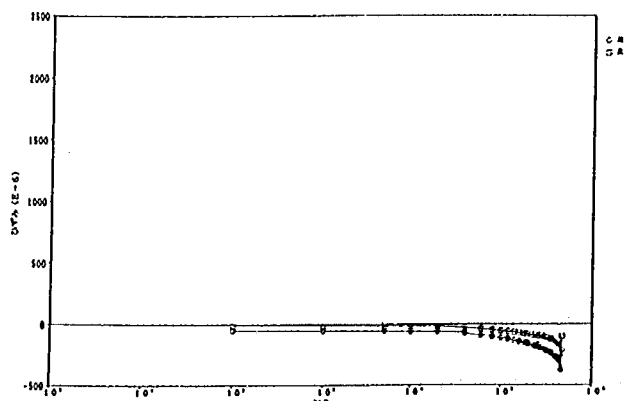
PC-1供試体の静的(静的データ) : 主鉄筋ひずみ (BF6 : 下部)



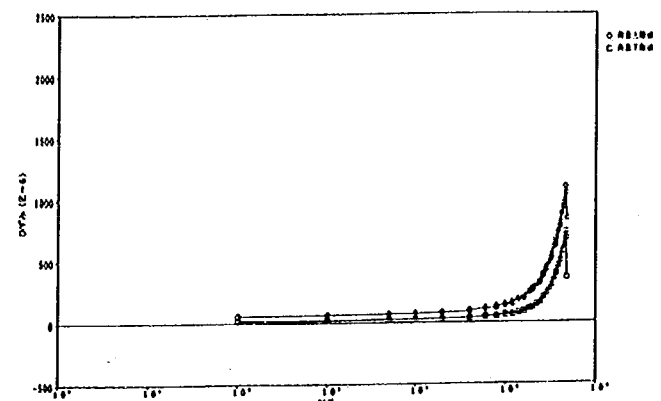
PC-1供試体の静的(静的データ) : 主鉄筋ひずみ (TF7 : 上部)



PC-1供試体の静的(静的データ) : 主鉄筋ひずみ (BF7 : 下部)



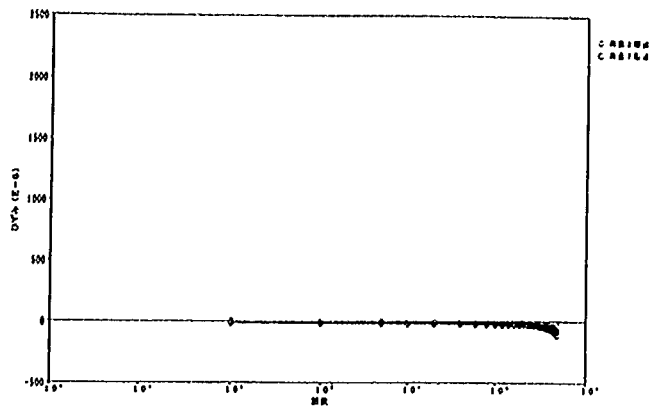
PC-1供試体の静的(静的データ) : 主鉄筋ひずみ (TF8 : 上部)



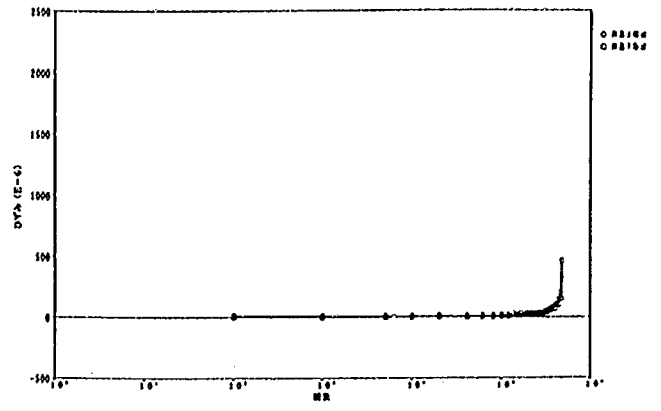
PC-1供試体の静的(静的データ) : 主鉄筋ひずみ (BF8 : 下部)

上側鉄筋

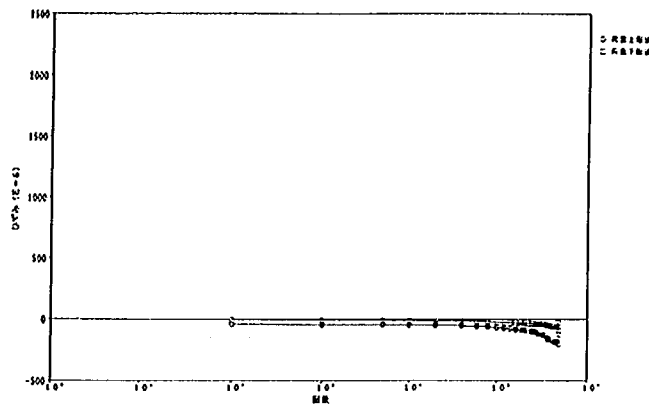
下側鉄筋



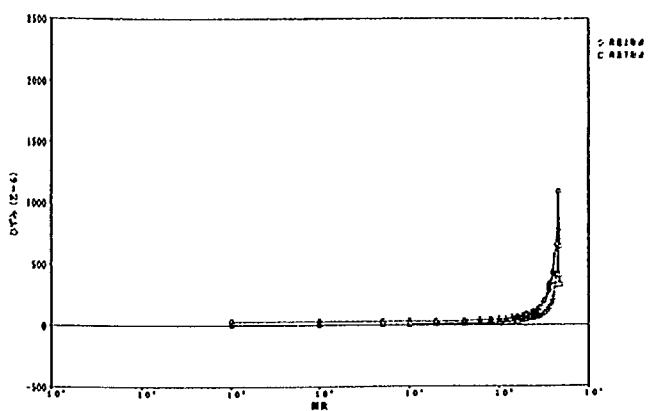
PC-1 供試体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (TF9 : 上面)



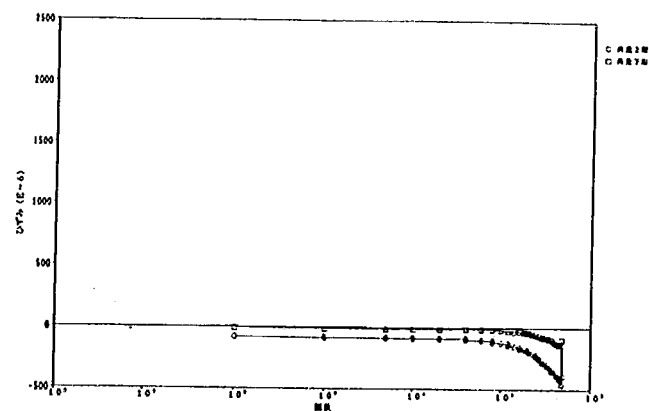
PC-1 供試体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (BF9 : 下面)



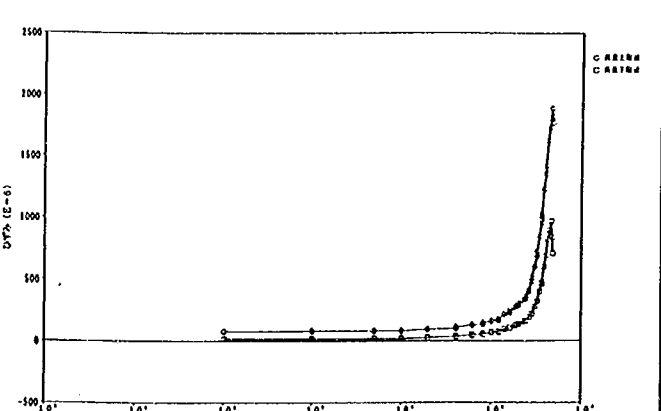
PC-1 供試体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (TF10 : 上面)



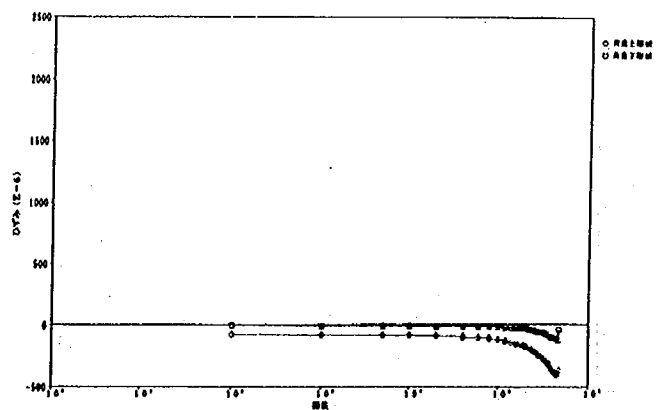
PC-1 供試体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (BF10 : 下面)



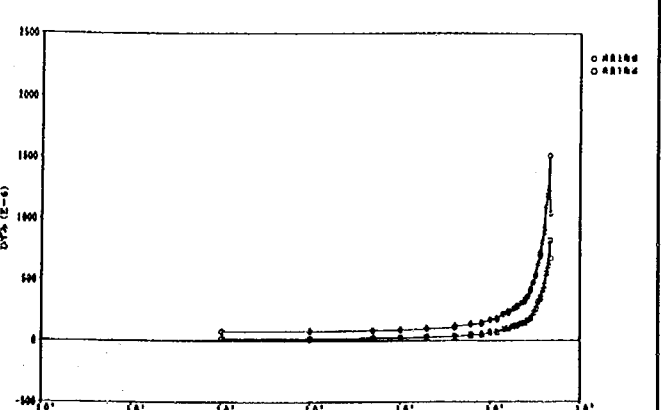
PC-1 供試体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (TF11 : 上面)



PC-1 供試体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (BF11 : 下面)



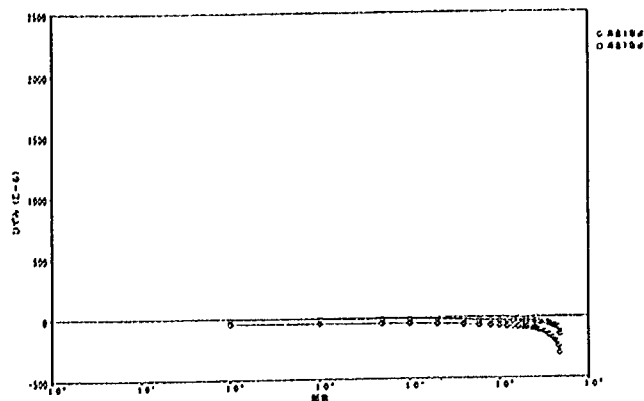
PC-1 供試体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (TF12 : 上面)



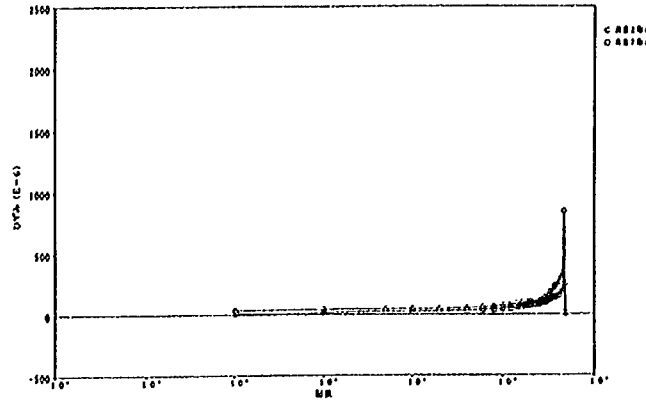
PC-1 供試体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (BF12 : 下面)

上側鉄筋

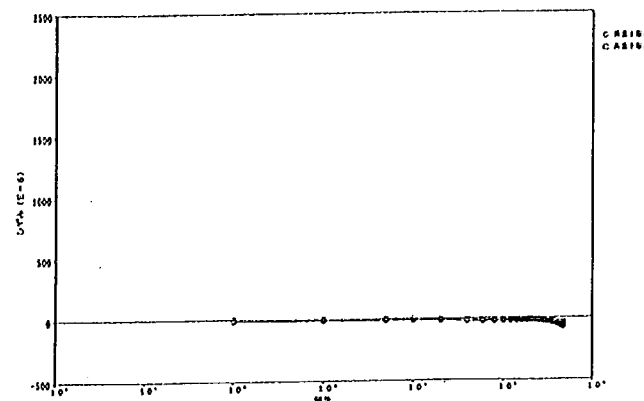
下側鉄筋



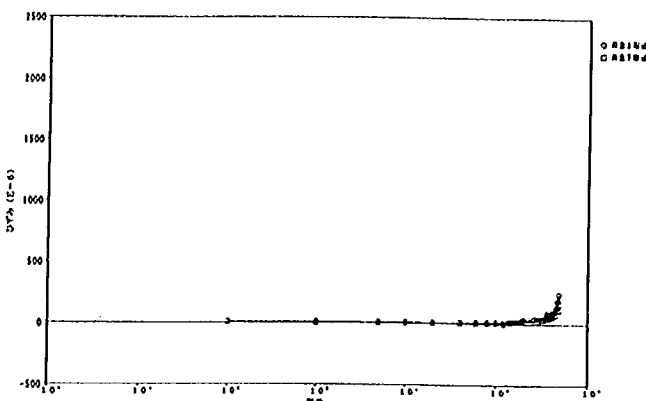
PC-1 鋼鉄体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (TF13 : 上面)



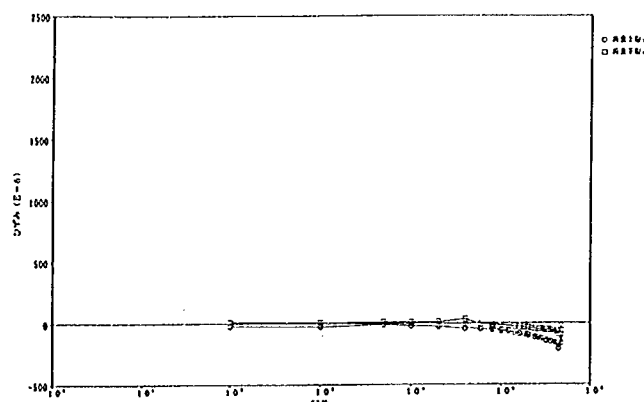
PC-1 鋼鉄体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (BF13 : 下面)



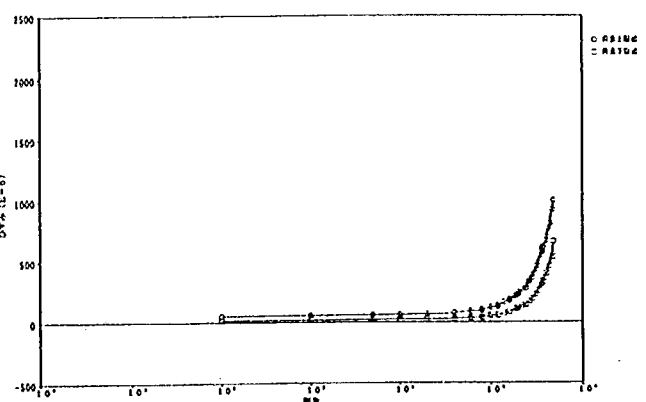
PC-1 鋼鉄体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (TF14 : 上面)



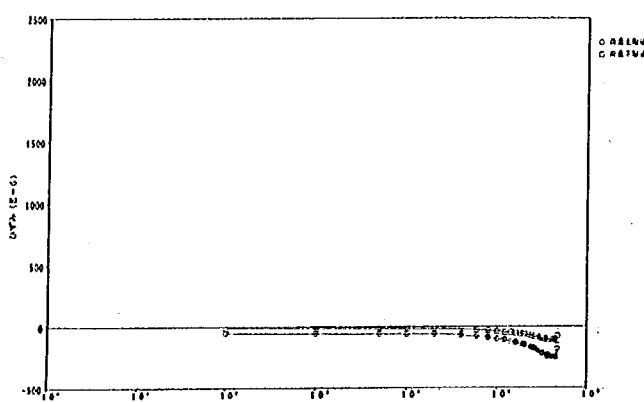
PC-1 鋼鉄体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (BF14 : 下面)



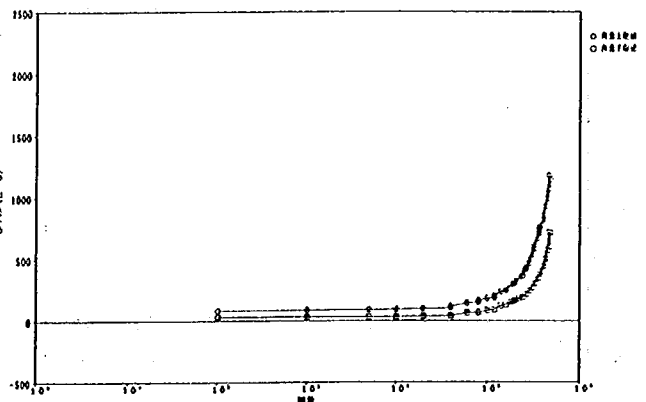
PC-1 鋼鉄体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (TG1 : 上面)



PC-1 鋼鉄体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (BG1 : 下面)

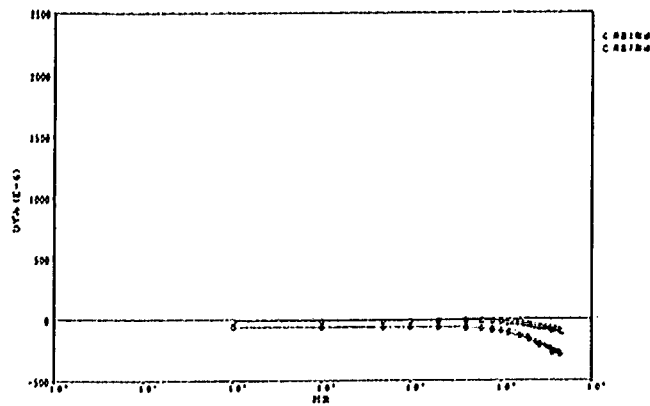


PC-1 鋼鉄体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (TG2 : 上面)



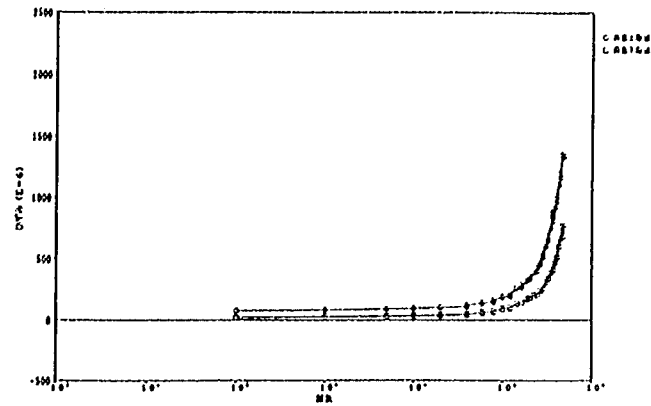
PC-1 鋼鉄体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (BG2 : 下面)

上側鉄筋

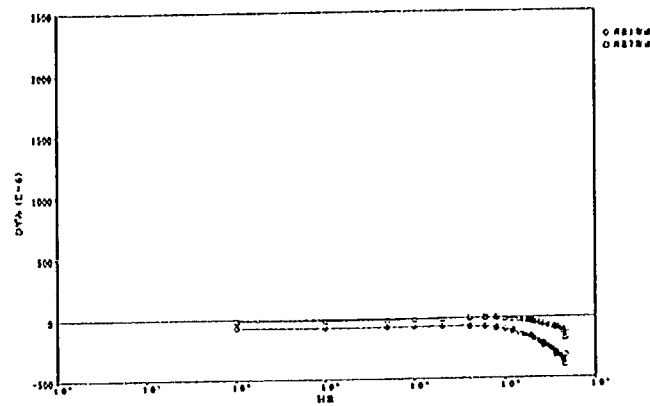


PC-1 鉄筋体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (TG3: 上面)

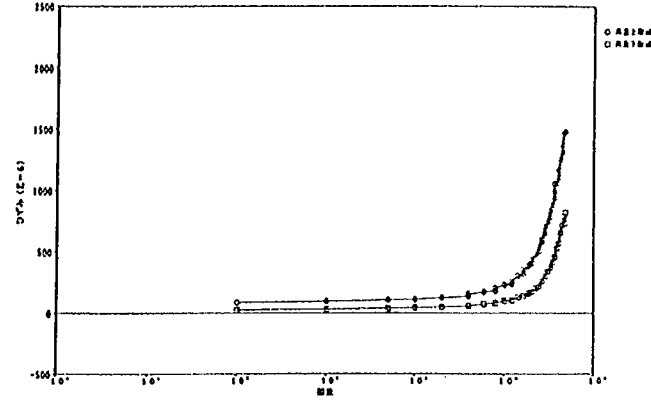
下側鉄筋



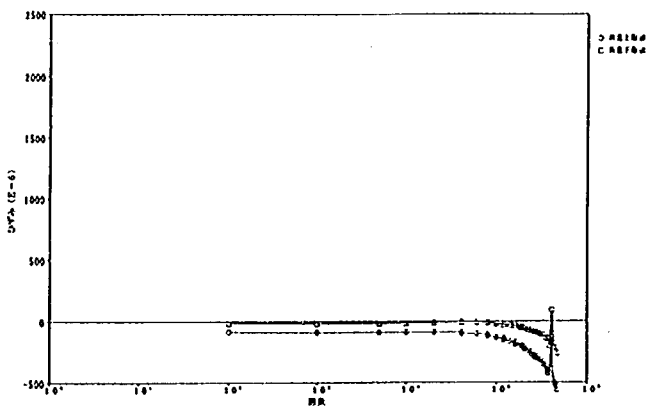
PC-1 鉄筋体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (BG3: 下面)



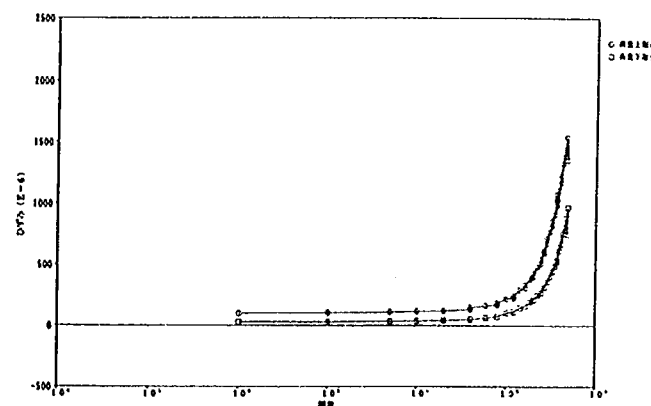
PC-1 鉄筋体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (TG4: 上面)



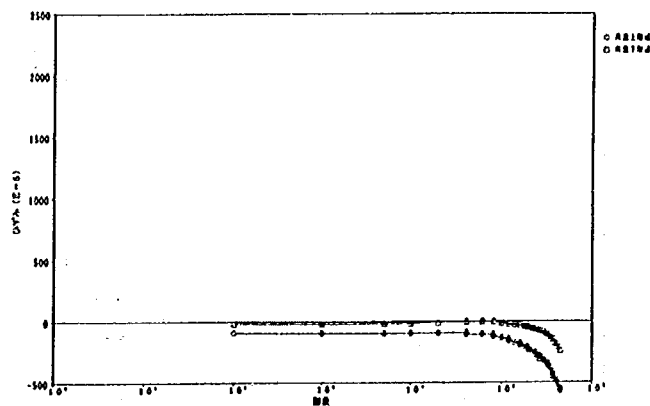
PC-1 鉄筋体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (BG4: 下面)



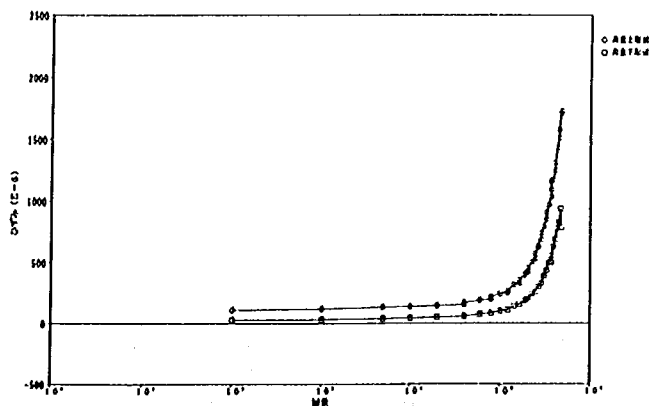
PC-1 鉄筋体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (TG5: 上面)



PC-1 鉄筋体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (BG5: 下面)



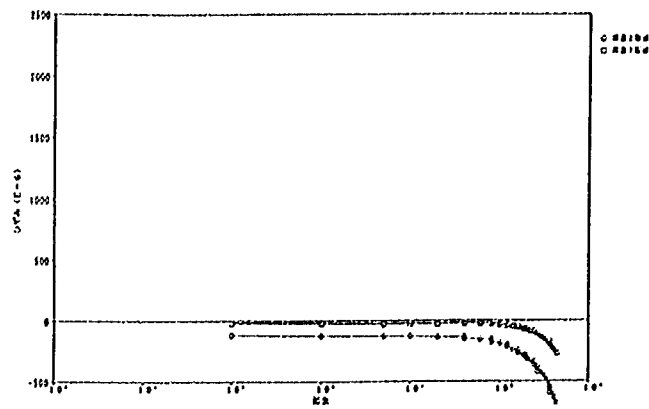
PC-1 鉄筋体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (TG6: 上面)



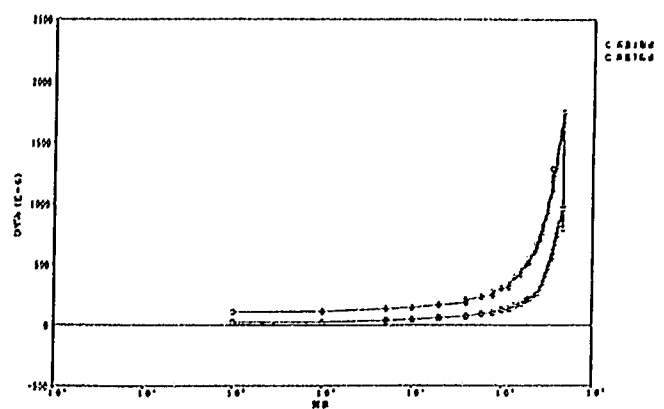
PC-1 鉄筋体の静的 (静的データ) : 主鉄筋ひずみ (BG6: 下面)

上側鉄筋

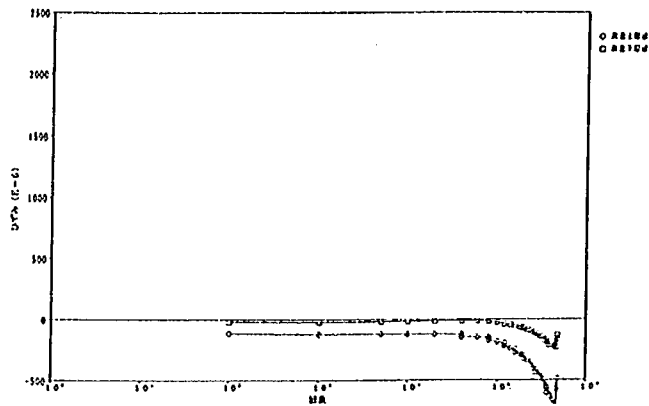
下側鉄筋



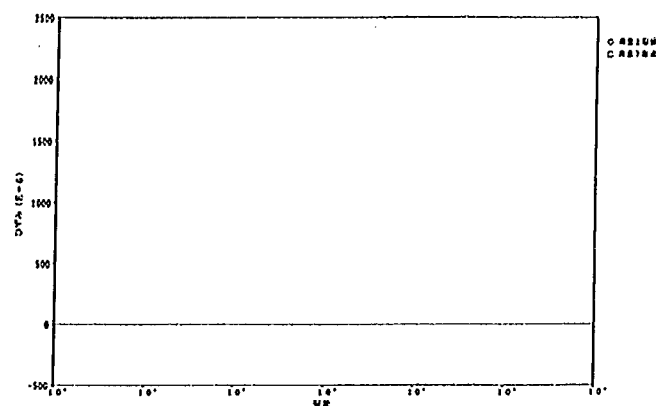
PC-1鉄筋体の静的(静的データ) : 主鉄筋ひずみ (TG7 : 上面)



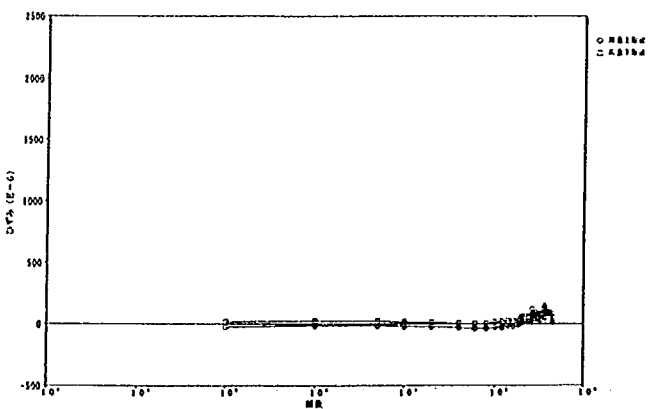
PC-1鉄筋体の静的(静的データ) : 主鉄筋ひずみ (BG7 : 下面)



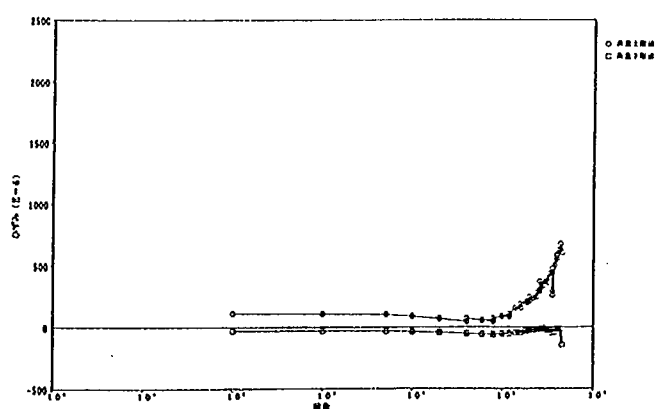
PC-1鉄筋体の静的(静的データ) : 主鉄筋ひずみ (TG8 : 上面)



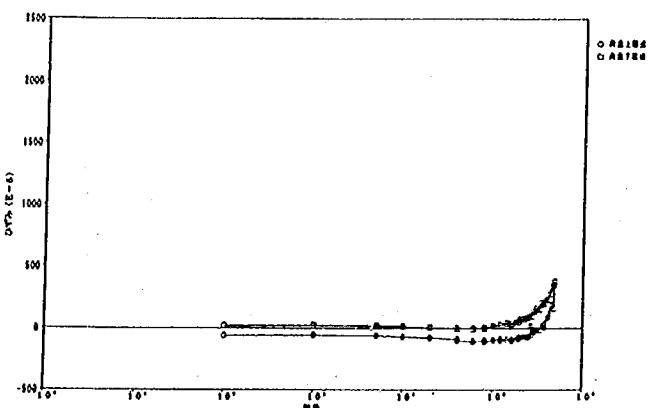
PC-1鉄筋体の静的(静的データ) : 主鉄筋ひずみ (BG8 : 下面)



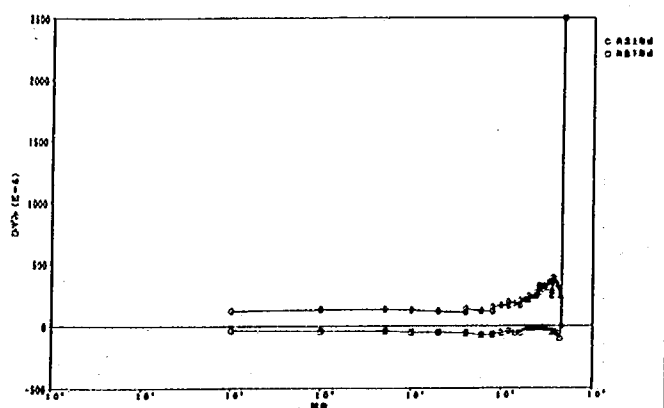
PC-1鉄筋体の静的(静的データ) : 配力筋ひずみ (TH1 : 上面)



PC-1鉄筋体の静的(静的データ) : 配力筋ひずみ (BH1 : 下面)

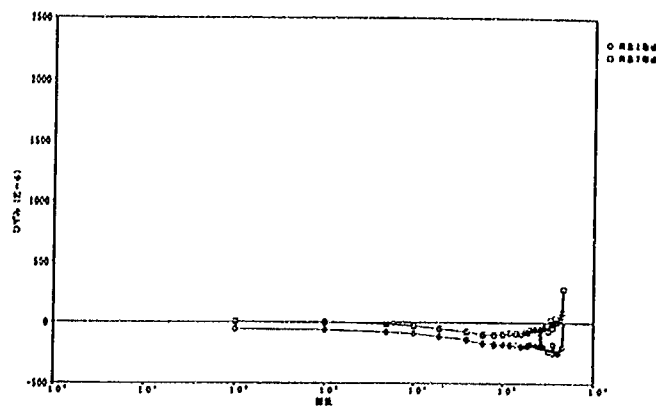


PC-1鉄筋体の静的(静的データ) : 配力筋ひずみ (TH2 : 上面)



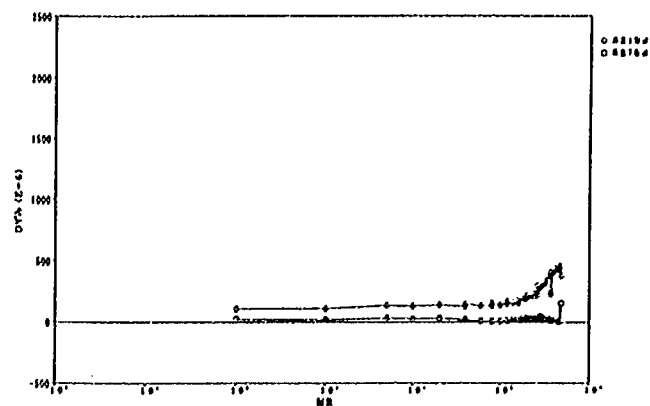
PC-1鉄筋体の静的(静的データ) : 配力筋 (BH2 : 下面)

上側鉄筋

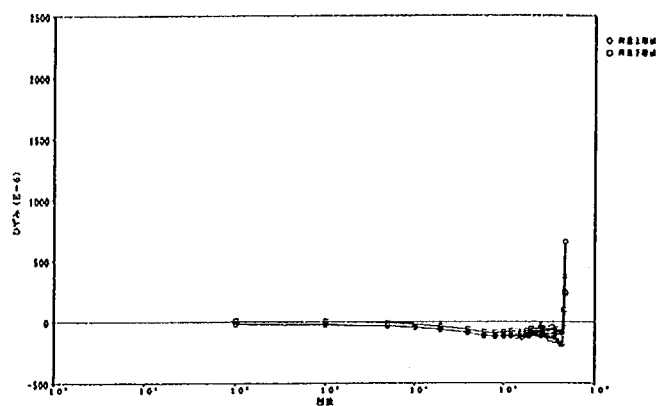


PC-1供試体の静的(静的データ):配力値ひずみ (TH3:上面)

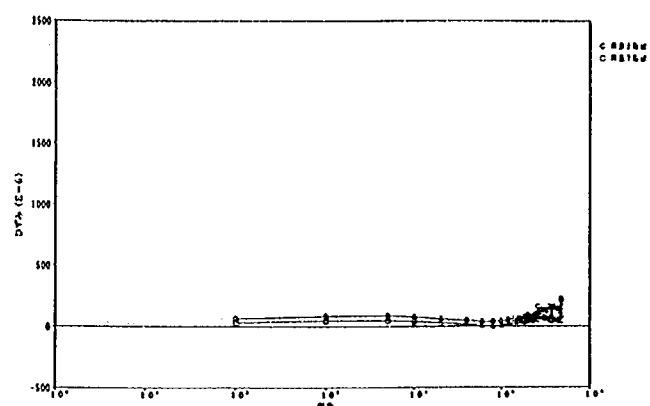
下側鉄筋



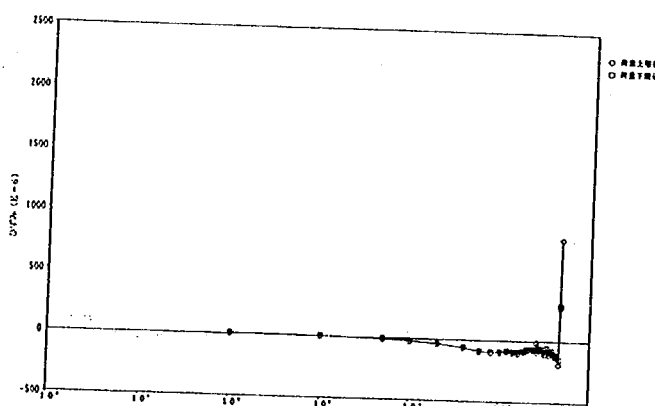
PC-1供試体の静的(静的データ):配力値ひずみ (BH3:下面)



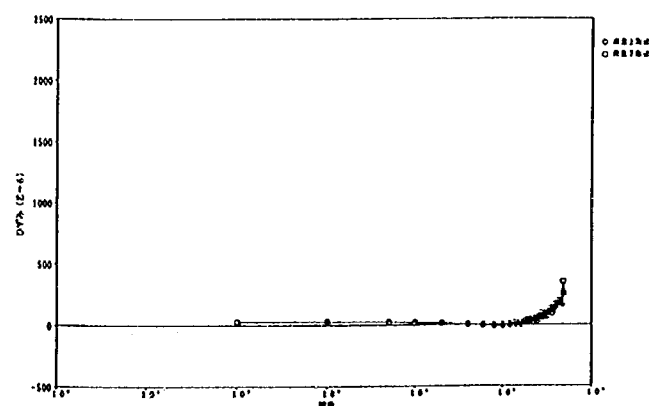
PC-1供試体の静的(静的データ):配力値ひずみ (TH4:上面)



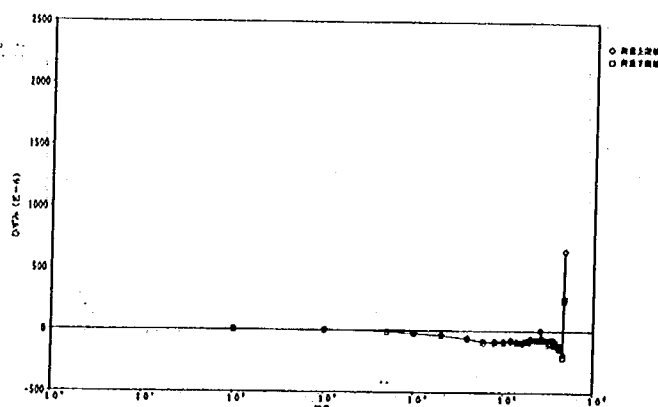
PC-1供試体の静的(静的データ):配力値ひずみ (BH4:下面)



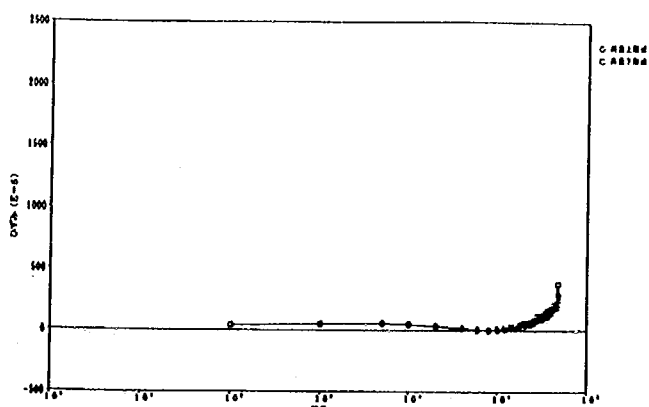
PC-1供試体の静的(静的データ):配力値ひずみ (TH5:上面)



PC-1供試体の静的(静的データ):配力値ひずみ (BH5:下面)



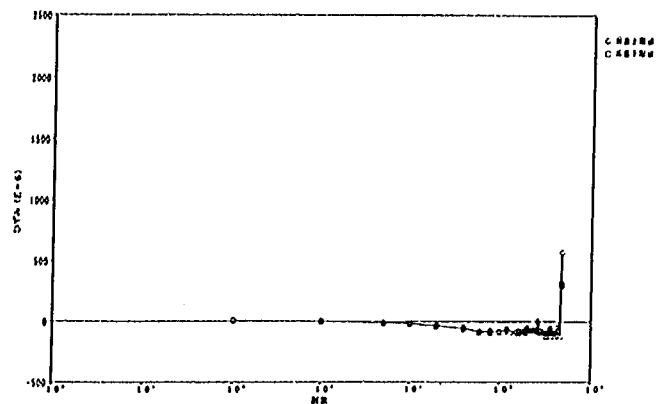
PC-1供試体の静的(静的データ):配力値ひずみ (TH6:上面)



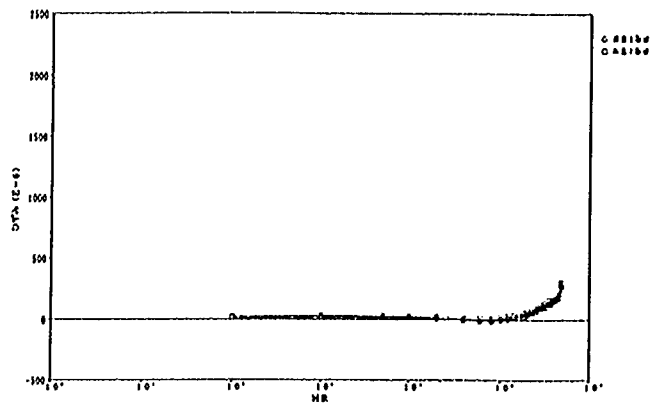
PC-1供試体の静的(静的データ):配力値ひずみ (BH6:下面)

上側鉄筋

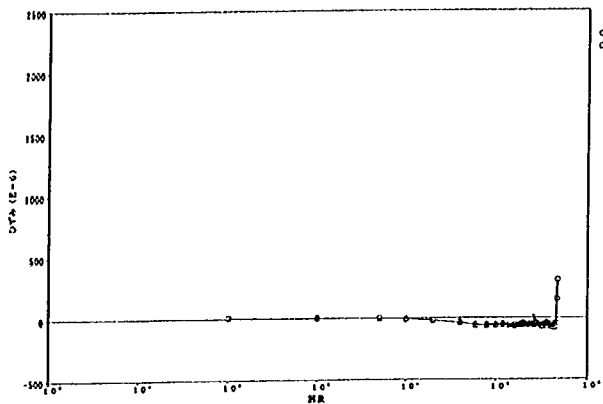
下側鉄筋



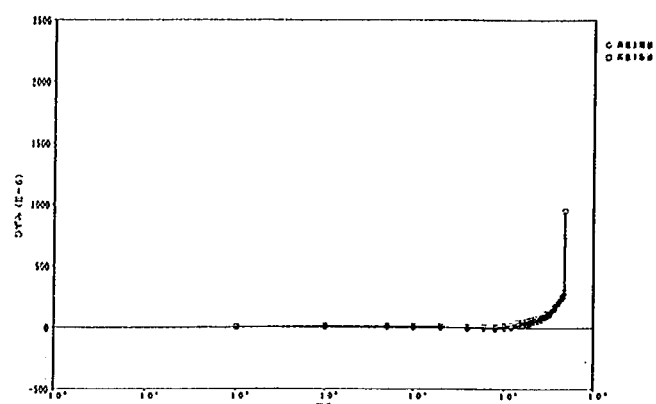
PC-1 供試体の静的 (静的データ) : 配力値ひずみ (T117 : 上面)



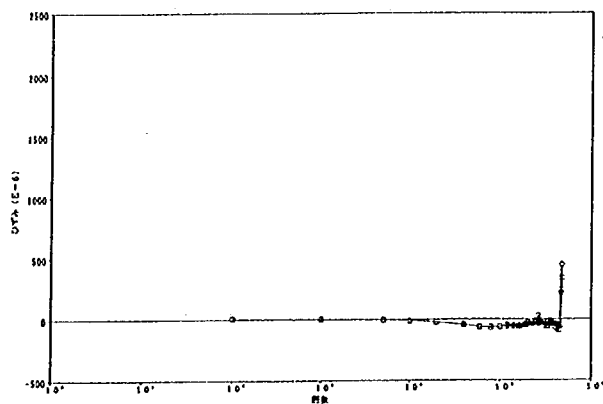
PC-1 供試体の静的 (静的データ) : 配力値ひずみ (B117 : 下面)



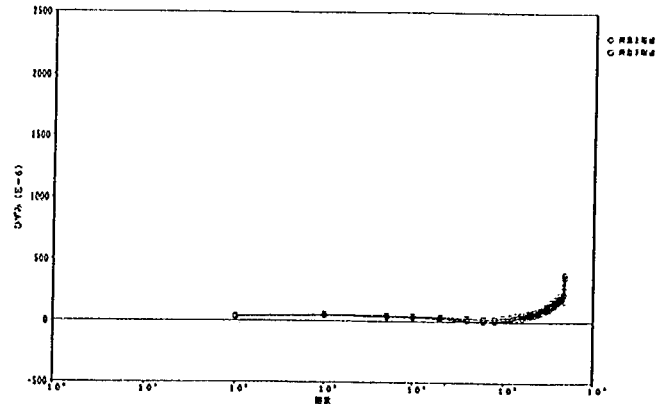
PC-1 供試体の静的 (静的データ) : 配力値ひずみ (T112 : 上面)



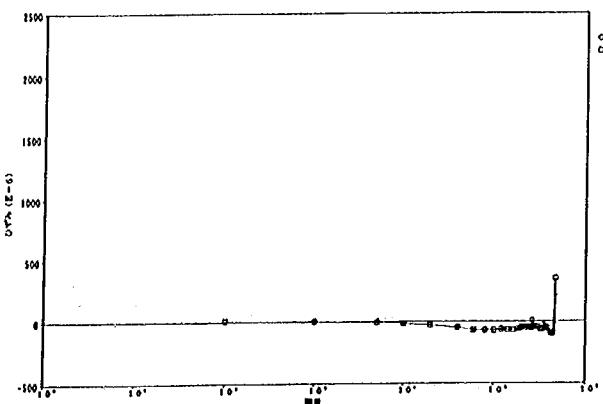
PC-1 供試体の静的 (静的データ) : 配力値ひずみ (B112 : 下面)



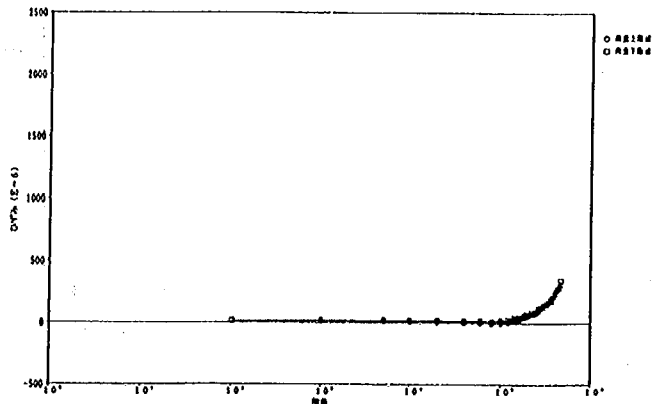
PC-1 供試体の静的 (静的データ) : 配力値ひずみ (T122 : 上面)



PC-1 供試体の静的 (静的データ) : 配力値ひずみ (B122 : 下面)

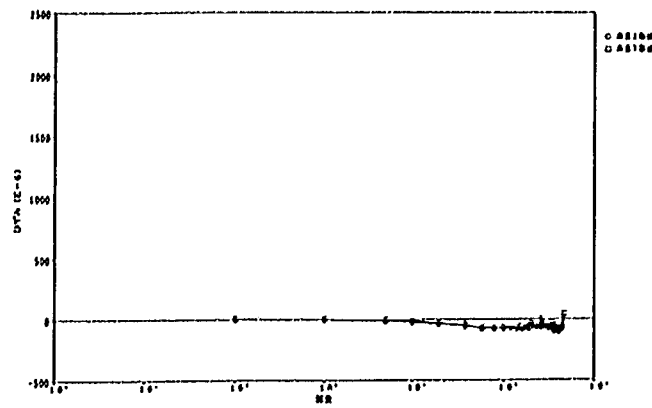


PC-1 供試体の静的 (静的データ) : 配力値ひずみ (T132 : 上面)



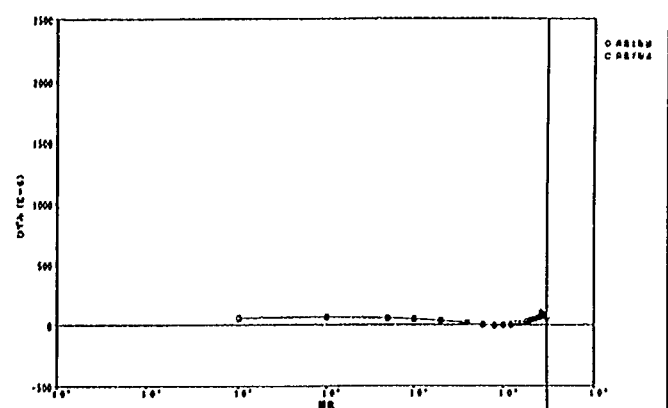
PC-1 供試体の静的 (静的データ) : 配力値ひずみ (B132 : 下面)

上側鉄筋

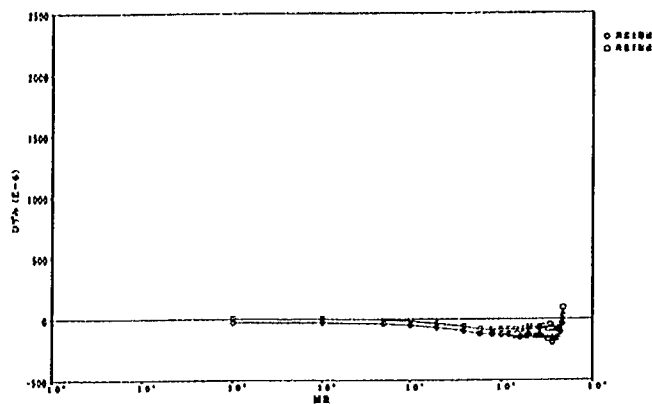


PC-1 供試体の静的 (静的データ) : 配力値ひずみ (T14 : 上面)

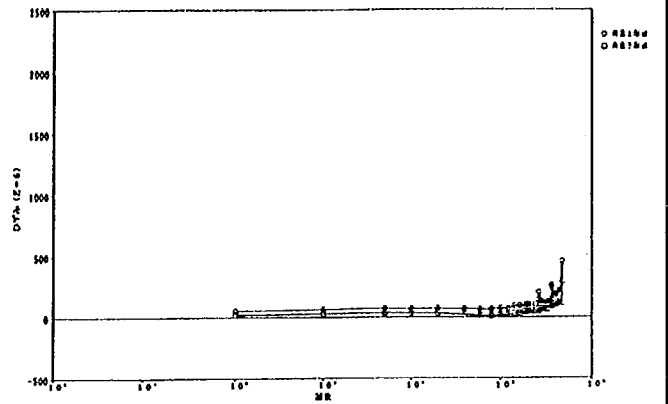
下側鉄筋



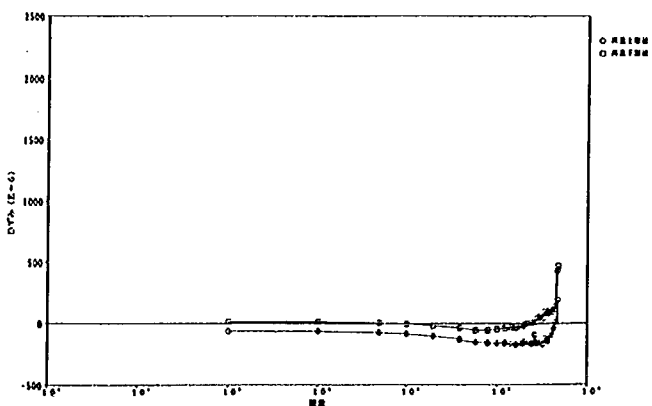
PC-1 供試体の静的 (静的データ) : 配力値ひずみ (B14 : 下面)



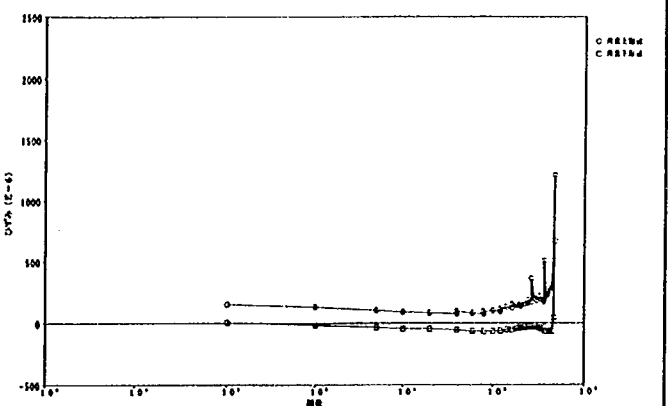
PC-1 供試体の静的 (静的データ) : 配力値ひずみ (T15 : 上面)



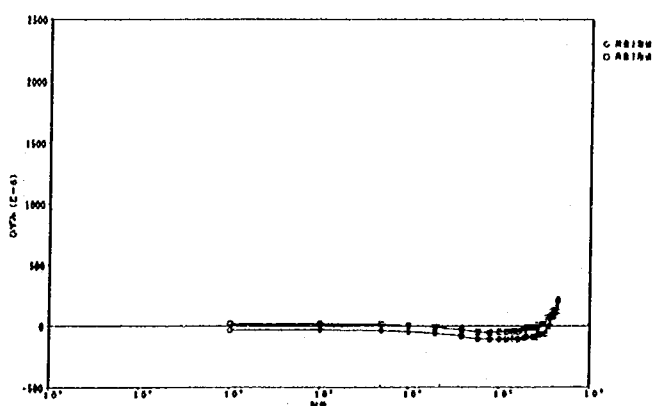
PC-1 供試体の静的 (静的データ) : 配力値ひずみ (B15 : 下面)



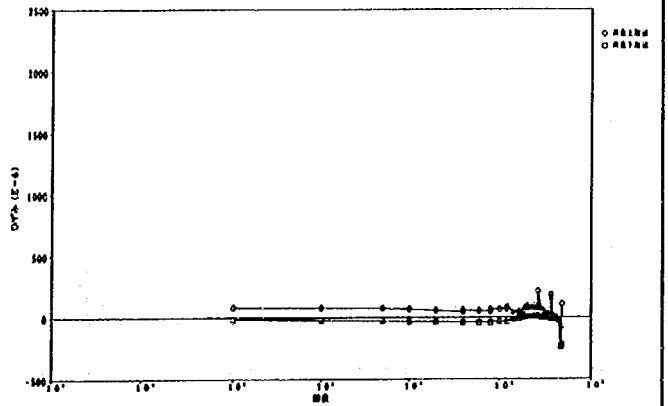
PC-1 供試体の静的 (静的データ) : 配力値ひずみ (T16 : 上面)



PC-1 供試体の静的 (静的データ) : 配力値ひずみ (B16 : 下面)



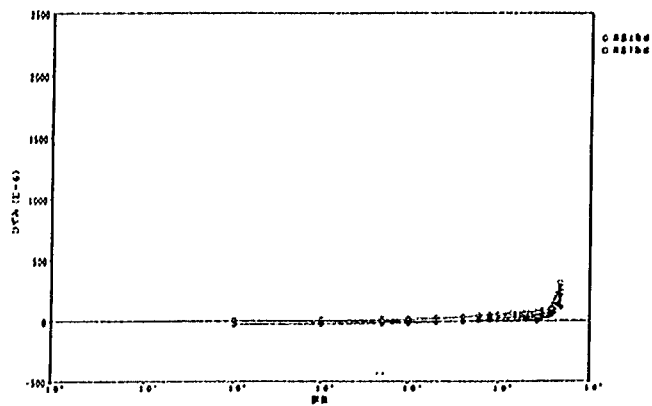
PC-1 供試体の静的 (静的データ) : 配力値ひずみ (T17 : 上面)



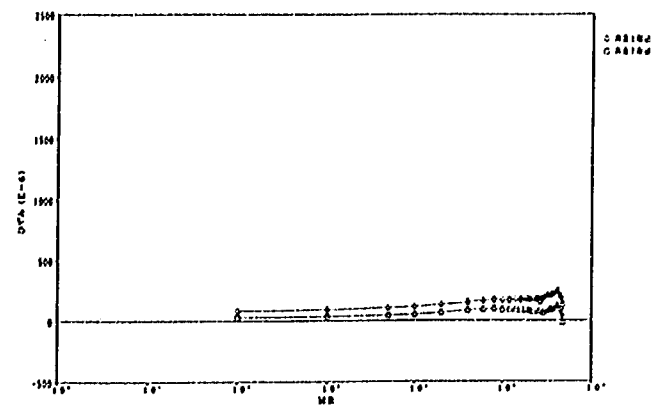
PC-1 供試体の静的 (静的データ) : 配力値ひずみ (B17 : 下面)

上側鉄筋

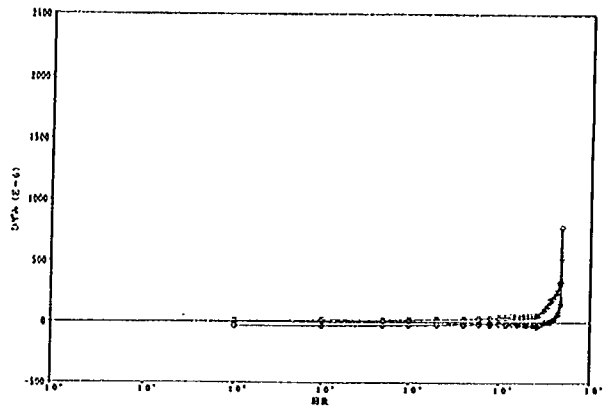
下側鉄筋



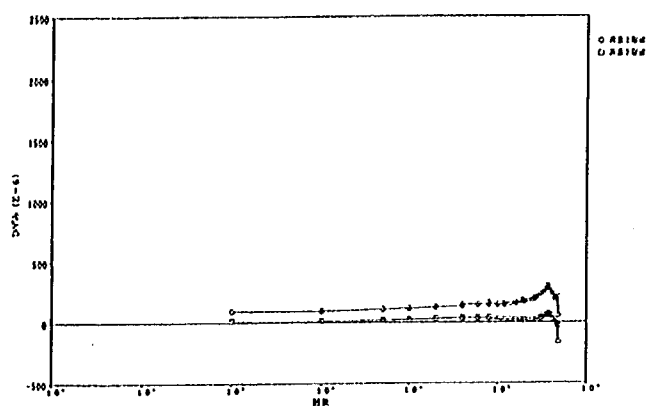
PC-1鉄筋体の静的 (静的データ) : 配力値ひずみ (TJ1: 上面)



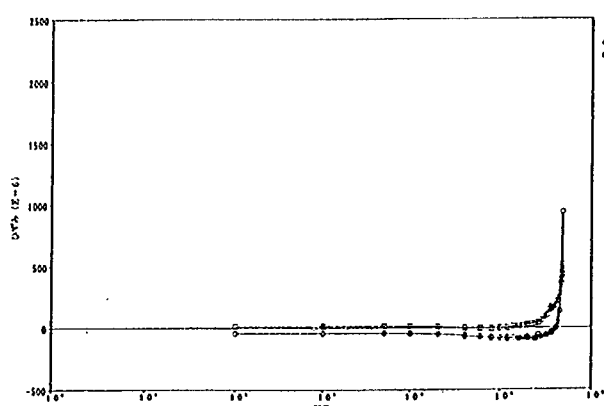
PC-1鉄筋体の静的 (静的データ) : 配力値ひずみ (BJ1: 下面)



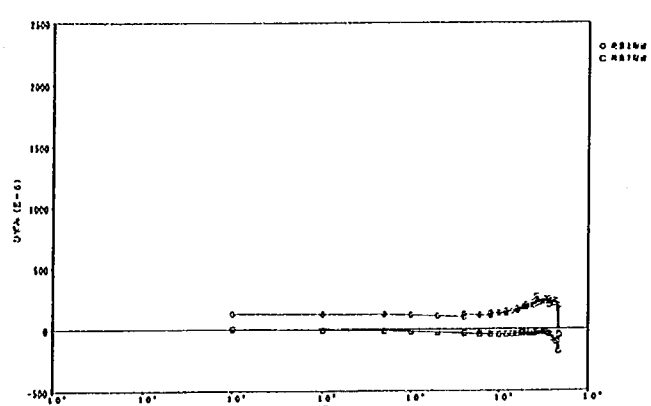
PC-1鉄筋体の静的 (静的データ) : 配力値ひずみ (TJ2: 上面)



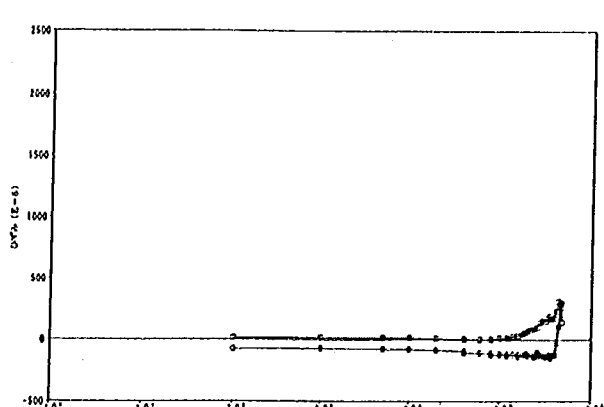
PC-1鉄筋体の静的 (静的データ) : 配力値ひずみ (BJ2: 下面)



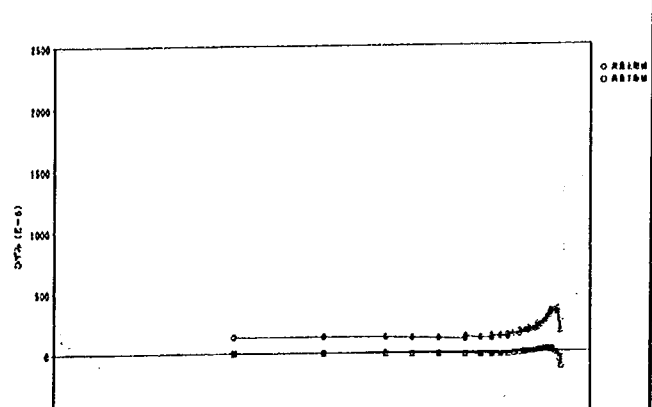
PC-1鉄筋体の静的 (静的データ) : 配力値ひずみ (TJ3: 上面)



PC-1鉄筋体の静的 (静的データ) : 配力値ひずみ (BJ3: 下面)

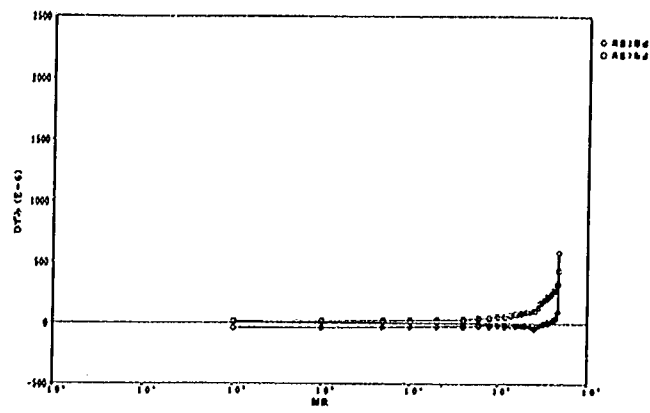


PC-1鉄筋体の静的 (静的データ) : 配力値ひずみ (TJ4: 上面)



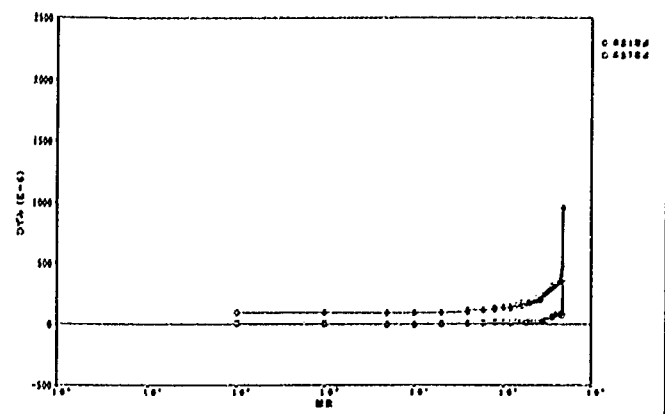
PC-1鉄筋体の静的 (静的データ) : 配力値ひずみ (BJ4: 下面)

上側鉄筋

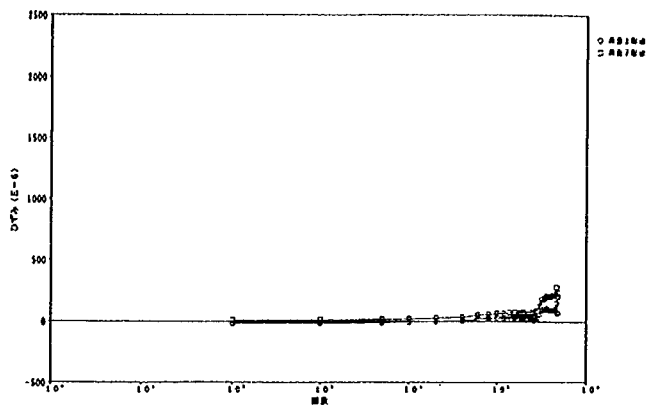


PC-1 供試体の静的・静的データ：配力値ひずみ (TJ5：上面)

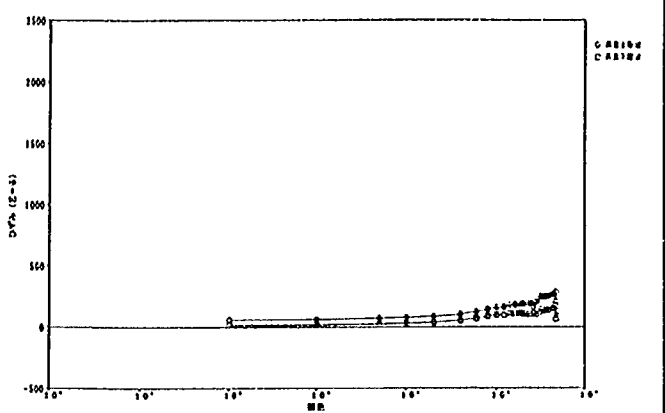
下側鉄筋



PC-1 供試体の静的・静的データ：配力値ひずみ (BJ5：下面)

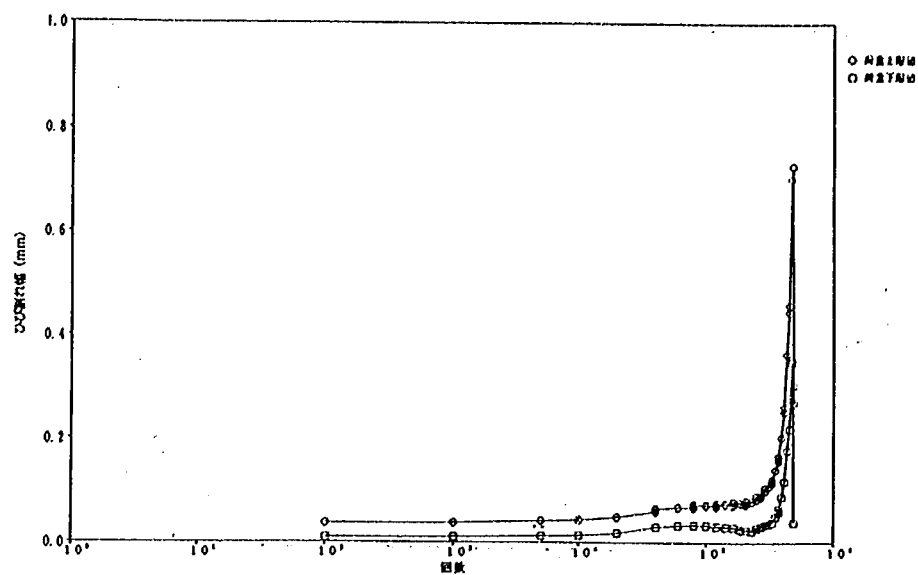


PC-1 供試体の静的・静的データ：配力値ひずみ (TJ6：上面)

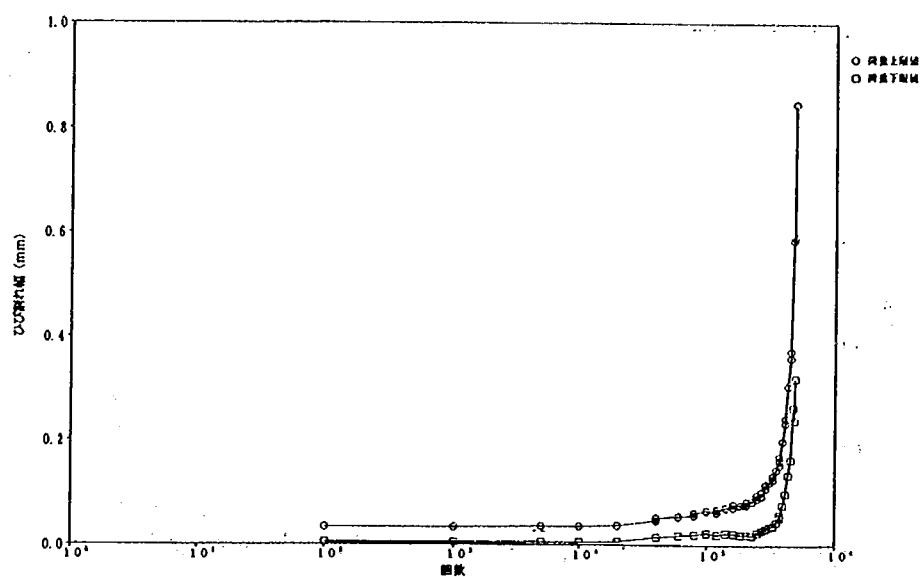


PC-1 供試体の静的・静的データ：配力値ひずみ (BJ6：下面)

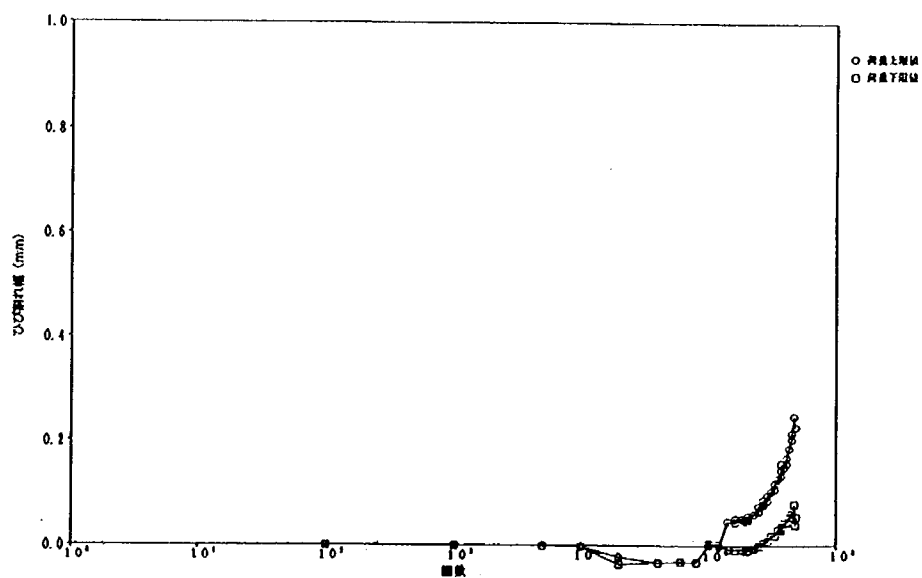
5) 載荷回数とクランク幅との関係



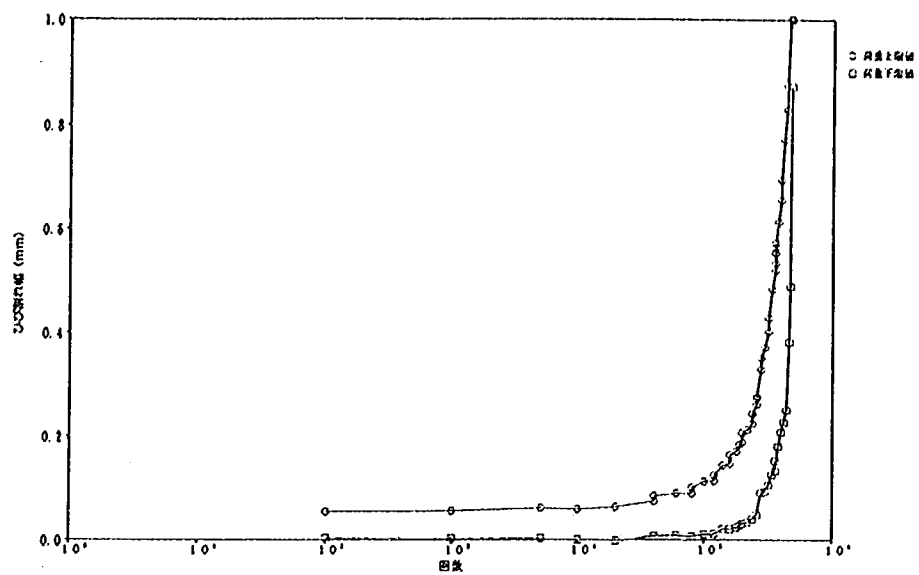
PC-1 供試体の静的（静的データ）：ひび割れ幅（P11）



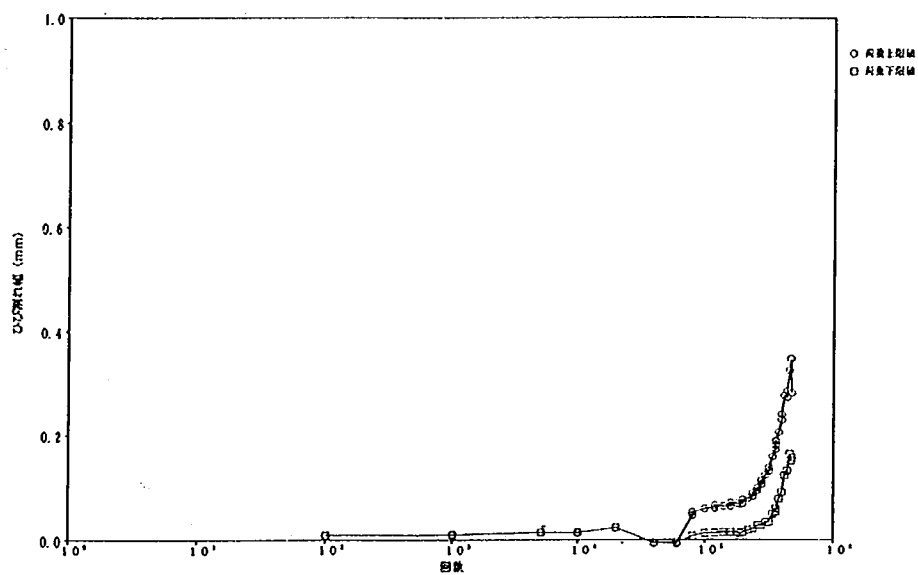
PC-1 供試体の静的（静的データ）：ひび割れ幅（P12）



PC-1 供試体の静的（静的データ）：ひび割れ幅（P13）

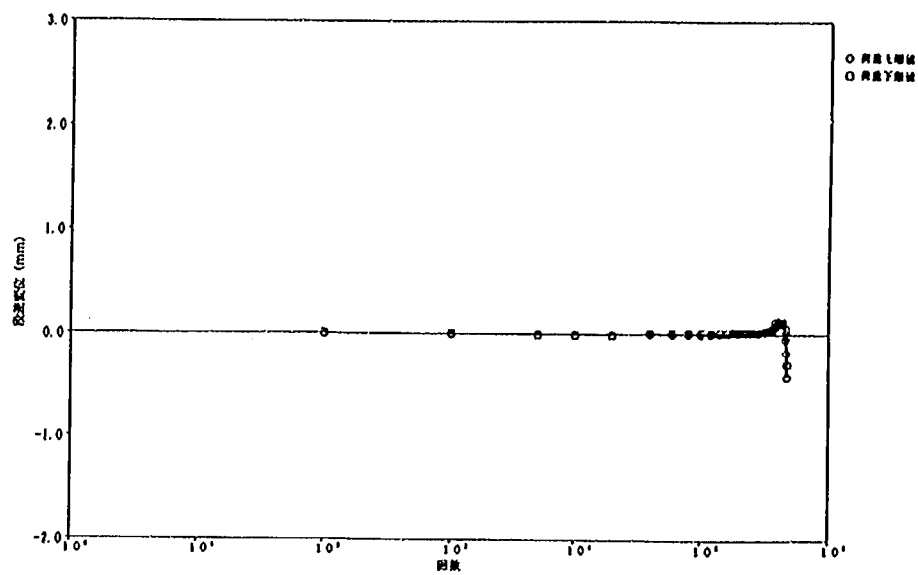


PC-1 供試体の静的（動的データ）：ひび割れ幅（P14）

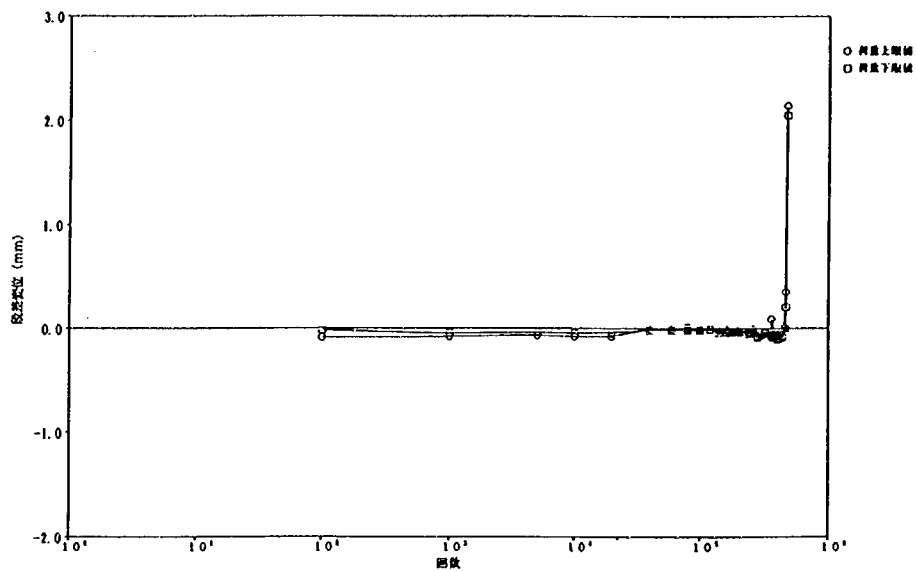


PC-1 供試体の静的（動的データ）：ひび割れ幅（P15）

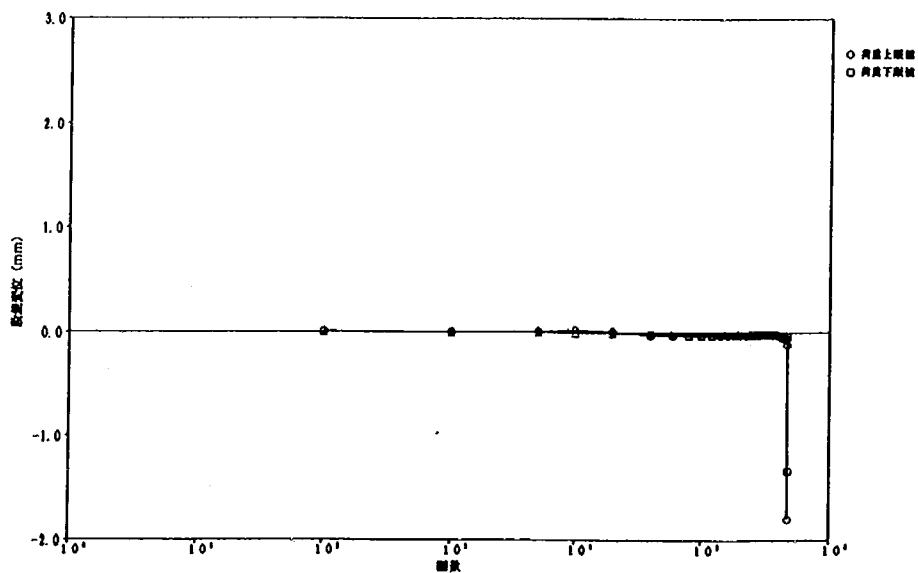
6) 載荷回数と継手部段差との関係



PC-1 供試体の静的（静的データ）：継手部段差変位（ZU1：東側）

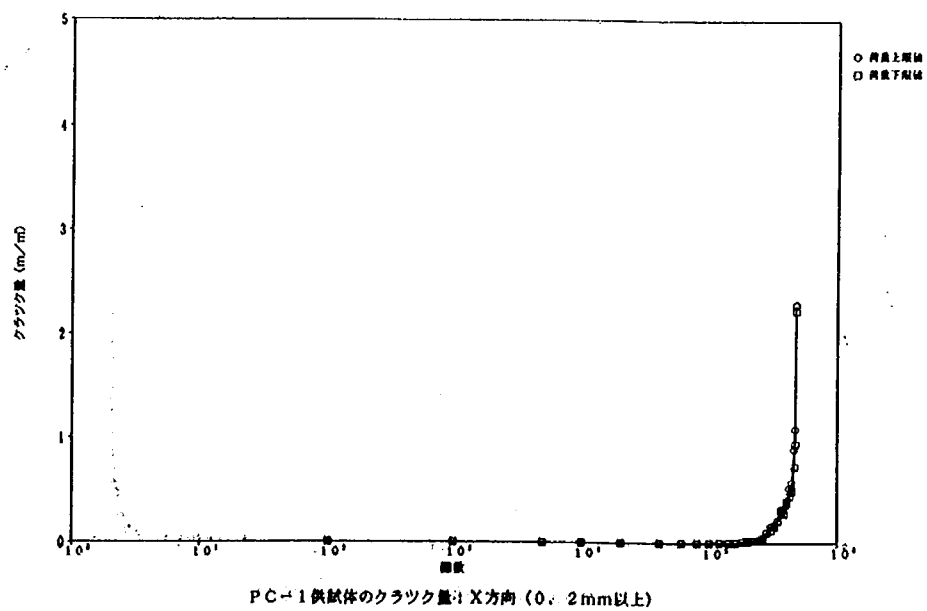
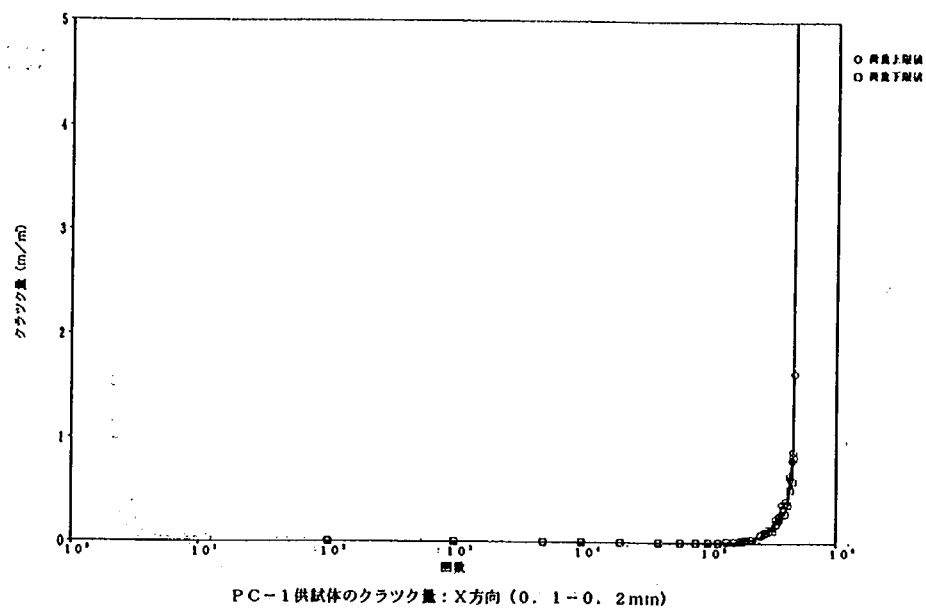
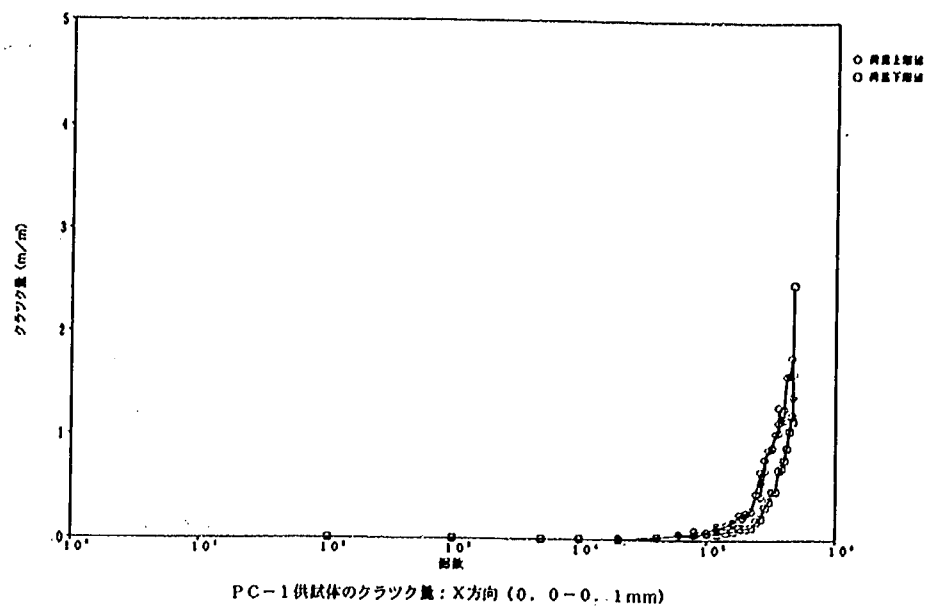


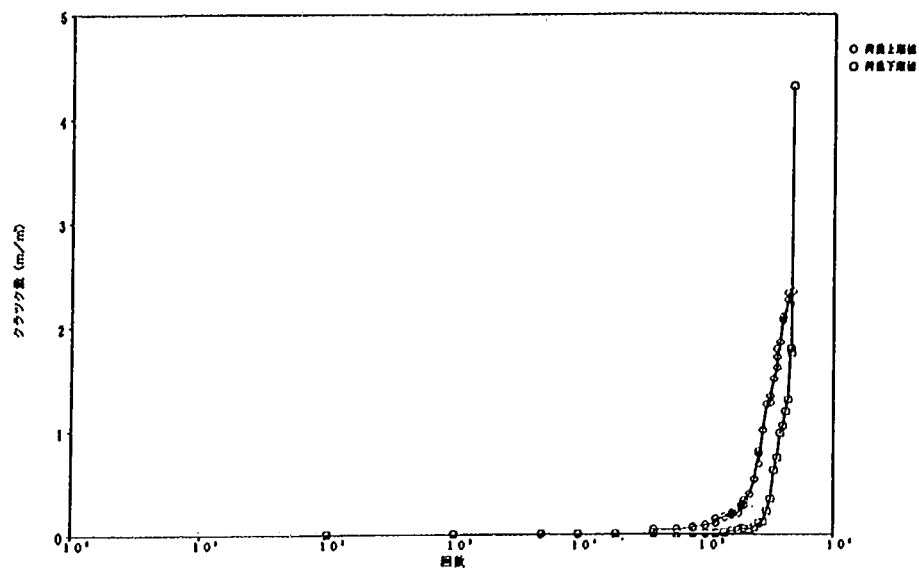
PC-1 供試体の静的（動的データ）：継手部段差変位（ZU2）



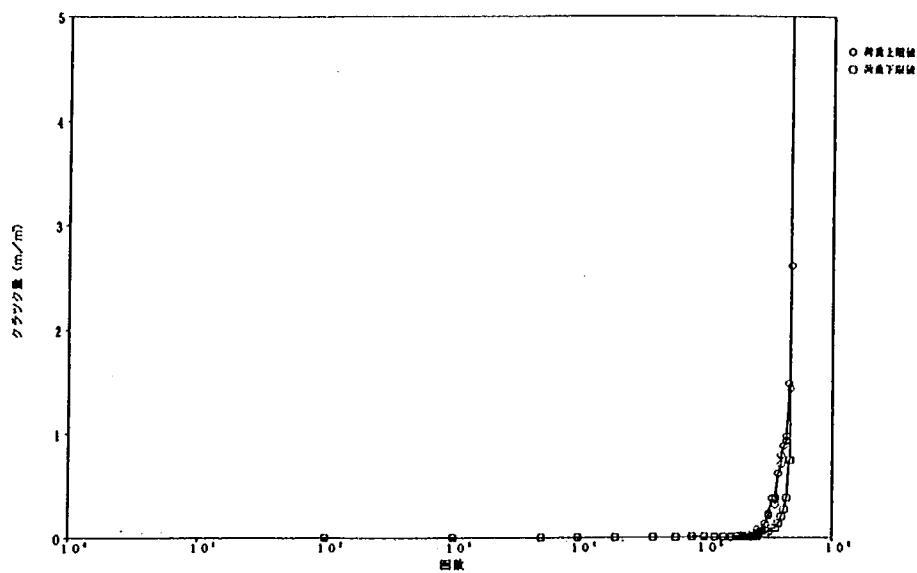
PC-1 供試体の静的（静的データ）：継手部段差変位（ZU3：西側）

7) 載荷回数とひび割れ密度との関係

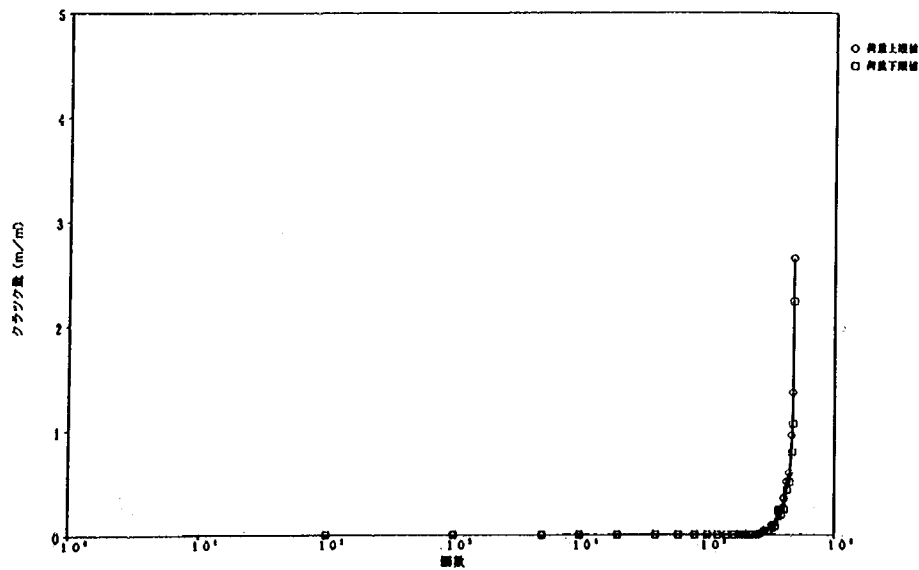




PC-1 供試体のクラック量：Y方向 (0. 0-0. 1mm)



PC-1 供試体のクラック量：Y方向 (0. 1-0. 2mm)



PC-1 供試体のクラック量：Y方向 (0. 2mm以上).

8) C C Dカメラによる床版下面ひび割れ状況の時系列変化

計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/14 13:11:03

測定: 1 回

質量: 0.00 tconf

破砕回数: 0 回

★クラック

濃度 0

濃度	I (n/m)	T (n/m)
~0.1mm	0.00	0.01
0.1~0.2mm	0.00	0.00
0.2~ mm	0.00	0.00
小計	0.00	0.01
合計		0.01

-----: ~0.1mm
-----: 0.1~0.2mm
-----: 0.2~ mm

計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/14 13:11:10

測定: 1 回

質量: 10.17 tconf

破砕回数: 101 回

★クラック

濃度 0

濃度	I (n/m)	T (n/m)
~0.1mm	0.00	0.00
0.1~0.2mm	0.00	0.00
0.2~ mm	0.00	0.00
小計	0.00	0.00
合計		0.01

-----: ~0.1mm
-----: 0.1~0.2mm
-----: 0.2~ mm

計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/14 13:11:24

測定: 1 回

質量: 15.17 tconf

破砕回数: 1001 回

★クラック

濃度 0

濃度	I (n/m)	T (n/m)
~0.1mm	0.00	0.01
0.1~0.2mm	0.00	0.00
0.2~ mm	0.00	0.00
小計	0.00	0.01
合計		0.01

-----: ~0.1mm
-----: 0.1~0.2mm
-----: 0.2~ mm

測定ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/15 10:17:16

測定: 14 回

荷重: 15.03 tonf

振動回数: 40011 回

★クラック

濃度	θ	
密度	X (n/m2)	Y (n/m2)
〜0.1mm	0.03	0.02
0.1〜0.2mm	0.00	0.00
0.2〜mm	0.00	0.00
小計	0.03	0.02
合計		0.04

==== : 〜0.1mm
==== : 0.1〜0.2mm
==== : 0.2〜mm

測定ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/15 10:32:19

測定: 15 回

荷重: 17.16 tonf

振動回数: 40011 回

★クラック

濃度	θ	
密度	X (n/m2)	Y (n/m2)
〜0.1mm	0.02	0.05
0.1〜0.2mm	0.00	0.00
0.2〜mm	0.00	0.00
小計	0.02	0.05
合計		0.07

==== : 〜0.1mm
==== : 0.1〜0.2mm
==== : 0.2〜mm

測定ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/15 03:41:21

測定: 17 回

荷重: 16.01 tonf

振動回数: 40011 回

★クラック

濃度	θ	
密度	X (n/m2)	Y (n/m2)
〜0.1mm	0.04	0.05
0.1〜0.2mm	0.00	0.00
0.2〜mm	0.00	0.00
小計	0.04	0.05
合計		0.10

==== : 〜0.1mm
==== : 0.1〜0.2mm
==== : 0.2〜mm

計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/16 10:49:03

測定: 10 回

秤重: 10.10 tonf

観測回数: 10011 回

★クラック

傾度	0	
密度	X (n/m)	Y (n/m)
~0.1mm	0.00	0.00
0.1~0.2mm	0.00	0.00
0.2~0.3mm	0.00	0.00
小計	0.00	0.00
合計	0.00	0.00

====: ~0.1mm
====: 0.1~0.2mm
====: 0.2~0.3mm

計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/16 12:04:31

測定: 10 回

秤重: 10.10 tonf

観測回数: 10011 回

★クラック

傾度	0	
密度	X (n/m)	Y (n/m)
~0.1mm	0.00	0.00
0.1~0.2mm	0.00	0.00
0.2~0.3mm	0.00	0.00
小計	0.00	0.00
合計	0.00	0.00

====: ~0.1mm
====: 0.1~0.2mm
====: 0.2~0.3mm

計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/16 21:14:19

測定: 11 回

秤重: 10.10 tonf

観測回数: 10015 回

★クラック

傾度	0	
密度	X (n/m)	Y (n/m)
~0.1mm	0.00	0.00
0.1~0.2mm	0.00	0.00
0.2~0.3mm	0.00	0.00
小計	0.00	0.00
合計	0.00	0.00

====: ~0.1mm
====: 0.1~0.2mm
====: 0.2~0.3mm

計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/17 09:00:12

測定: 21 回

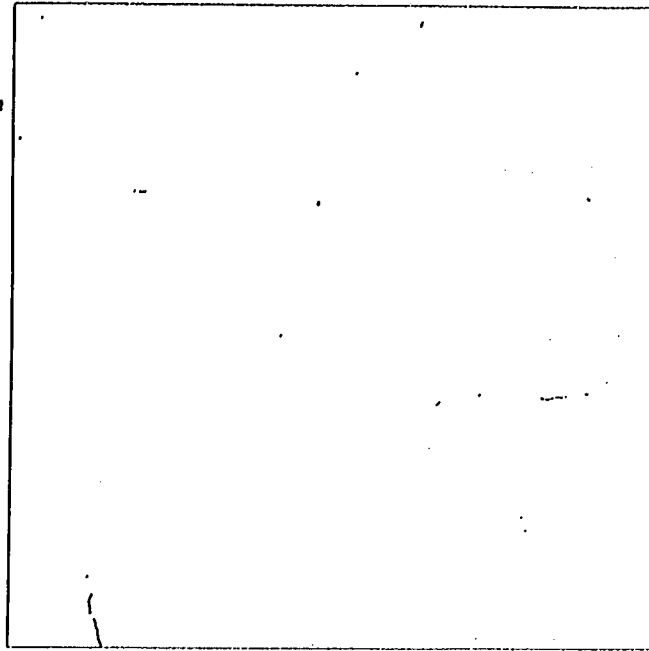
質量: 19.75 kgf

破砕回数: 120005 回

★クラック

深度	0	
密度	X (n/m ²)	Y (n/m ²)
～0.1m	0.11	0.11
0.1～0.2m	0.00	0.00
0.2～	0.00	0.00
小計	0.11	0.11
合計	0.11	0.11

——: ～0.1m
——: 0.1～0.2m
——: 0.2～



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/17 09:10:12

測定: 25 回

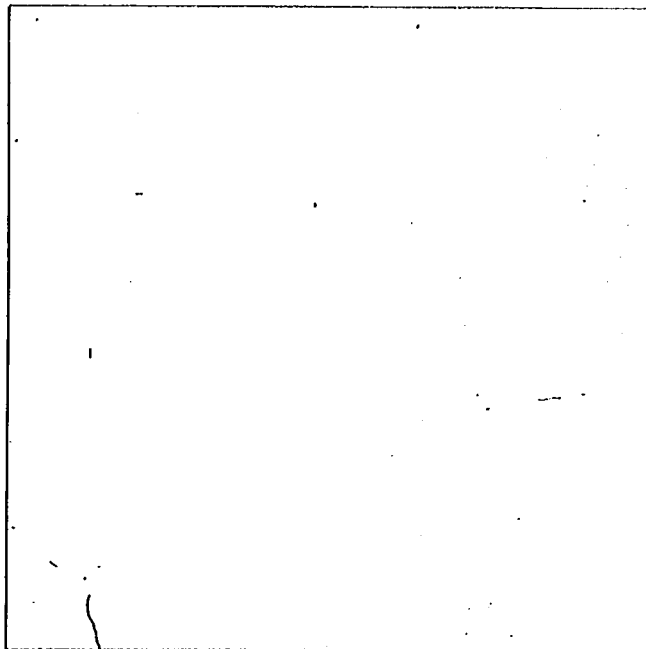
質量: 22.00 kgf

破砕回数: 120005 回

★クラック

深度	0	
密度	X (n/m ²)	Y (n/m ²)
～0.1m	0.11	0.11
0.1～0.2m	0.00	0.00
0.2～	0.00	0.00
小計	0.11	0.11
合計	0.11	0.11

——: ～0.1m
——: 0.1～0.2m
——: 0.2～



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/17 10:31:10

測定: 27 回

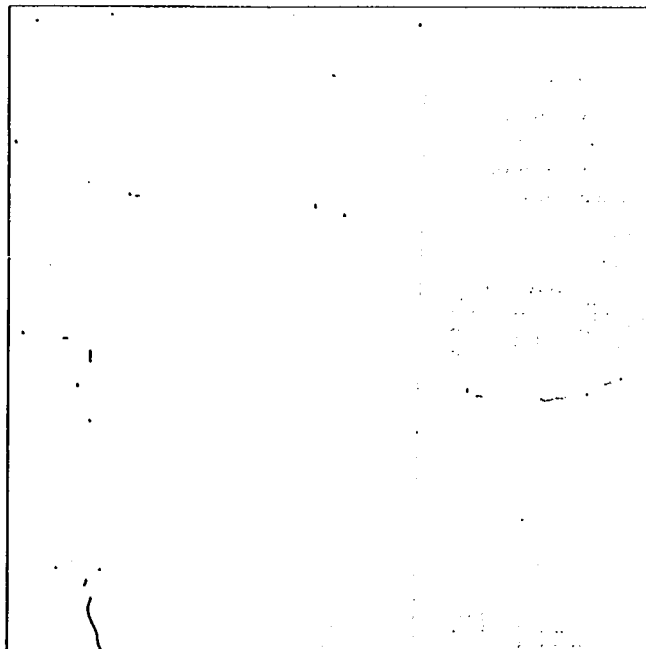
質量: 21.90 kgf

破砕回数: 140011 回

★クラック

深度	0	
密度	X (n/m ²)	Y (n/m ²)
～0.1m	0.11	0.11
0.1～0.2m	0.00	0.00
0.2～	0.00	0.00
小計	0.11	0.11
合計	0.11	0.11

——: ～0.1m
——: 0.1～0.2m
——: 0.2～



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/18 01:47:35

測定: 10 回

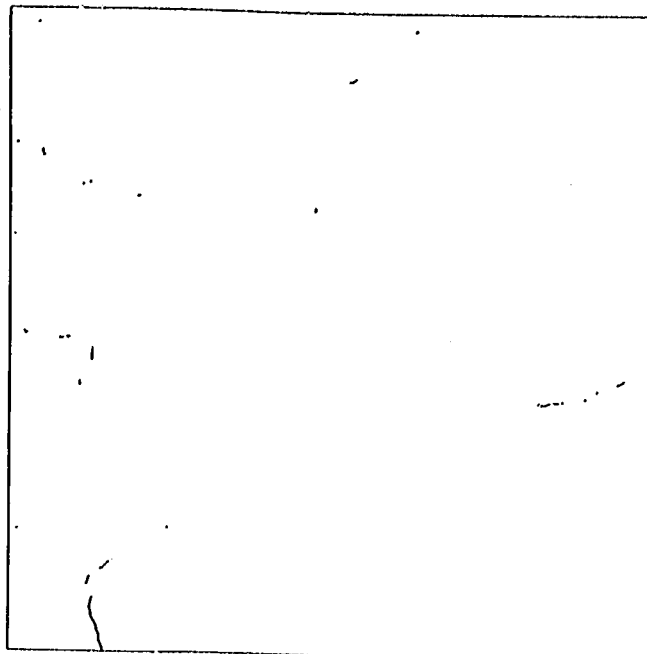
荷重: 22.10 tonf

観測回数: 100011 回

★クラック

傾度	0	
密度	X (n/a)	Y (n/a)
~0.1mm	0.13	0.13
0.1~0.2mm	0.01	0.00
0.2~ mm	0.00	0.00
小計	0.13	0.13
合計	0.13	

— : ~0.1mm
 — : 0.1~0.2mm
 — : 0.2~ mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/18 02:03:32

測定: 10 回

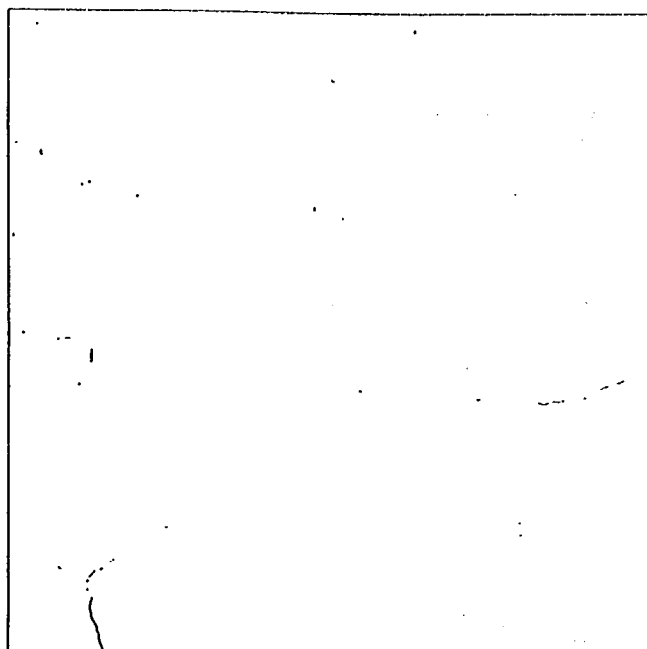
荷重: 24.00 tonf

観測回数: 100011 回

★クラック

傾度	0	
密度	X (n/a)	Y (n/a)
~0.1mm	0.15	0.15
0.1~0.2mm	0.01	0.00
0.2~ mm	0.00	0.00
小計	0.15	0.15
合計	0.15	

— : ~0.1mm
 — : 0.1~0.2mm
 — : 0.2~ mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/18 12:45:32

測定: 10 回

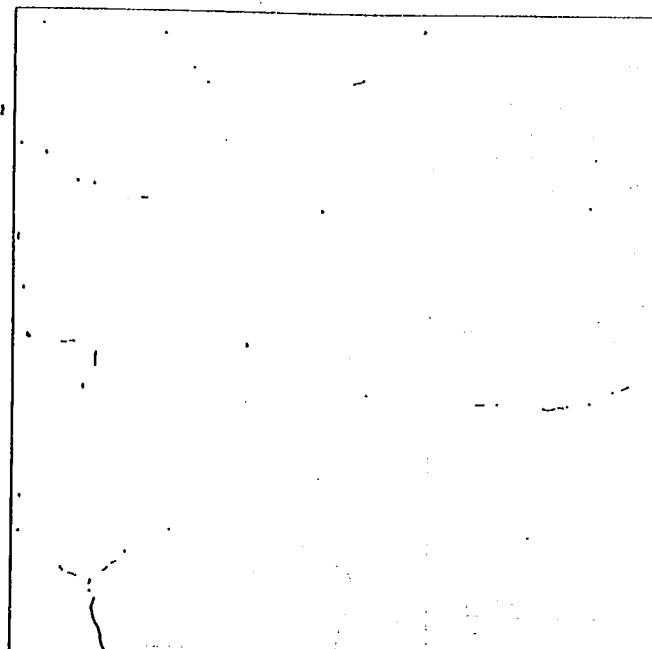
荷重: 22.90 tonf

観測回数: 100011 回

★クラック

傾度	0	
密度	X (n/a)	Y (n/a)
~0.1mm	0.24	0.10
0.1~0.2mm	0.02	0.01
0.2~ mm	0.01	0.00
小計	0.27	0.11
合計	0.11	

— : ~0.1mm
 — : 0.1~0.2mm
 — : 0.2~ mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/18 23:03:39

測定: 37 回

質量: 24.03 tonf

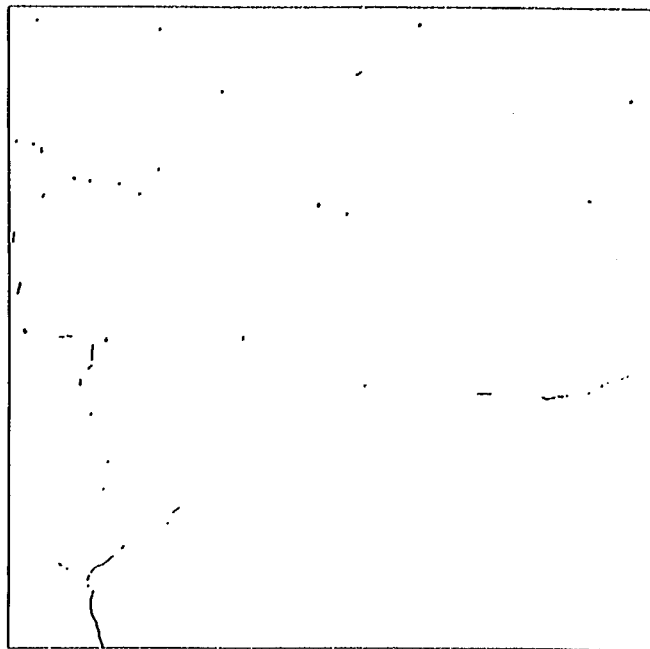
観測回数: 200005 回

★クラック

濃度 0

密度	X (n/m)	Y (n/m)
~0.1mm	0.25	0.32
0.1~0.2mm	0.03	0.02
0.2~mm	0.02	0.00
小計	0.31	0.34
合計		0.66

—— : ~0.1mm
—— : 0.1~0.2mm
—— : 0.2~mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/18 23:22:03

測定: 38 回

質量: 24.02 tonf

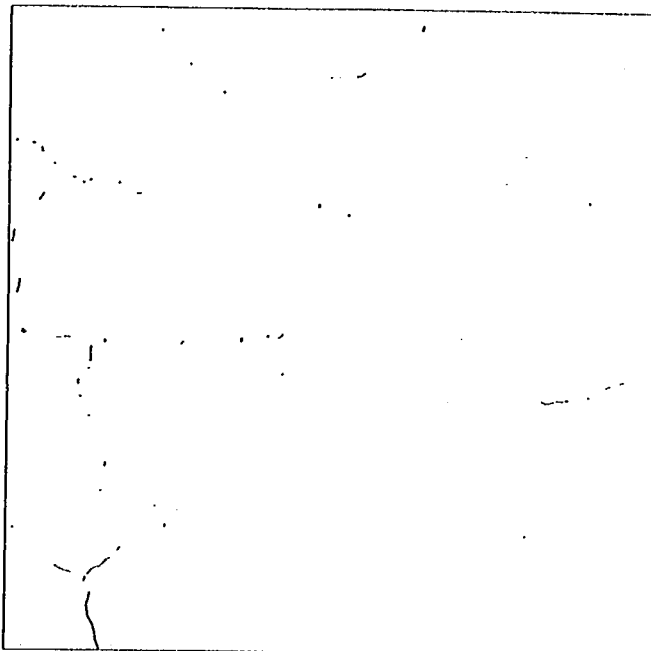
観測回数: 200005 回

★クラック

濃度 0

密度	X (n/m)	Y (n/m)
~0.1mm	0.25	0.32
0.1~0.2mm	0.03	0.02
0.2~mm	0.02	0.00
小計	0.30	0.34
合計		0.66

—— : ~0.1mm
—— : 0.1~0.2mm
—— : 0.2~mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/18 11:12:19

測定: 40 回

質量: 24.01 tonf

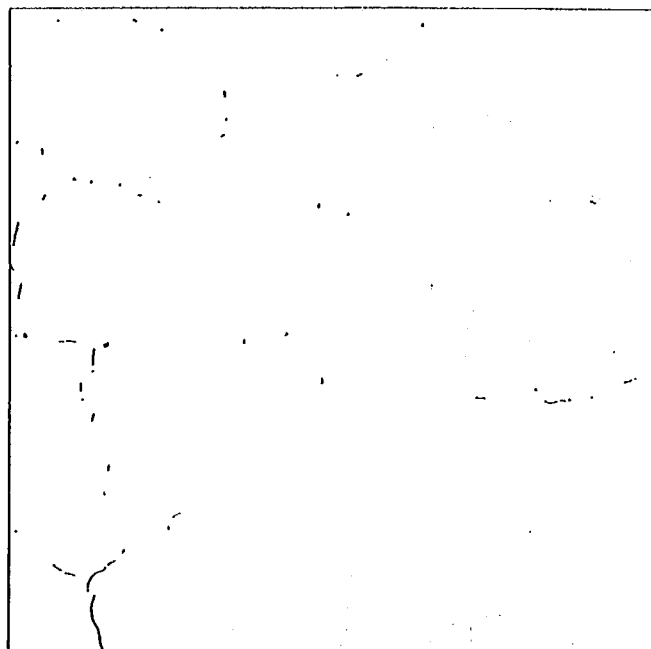
観測回数: 210005 回

★クラック

濃度 31104

密度	X (n/m)	Y (n/m)
~0.1mm	0.24	0.30
0.1~0.2mm	0.03	0.02
0.2~mm	0.02	0.00
小計	0.33	0.32
合計		0.65

—— : ~0.1mm
—— : 0.1~0.2mm
—— : 0.2~mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/19 13:03:50

測定: 47 回

質量: 25.92 tonf

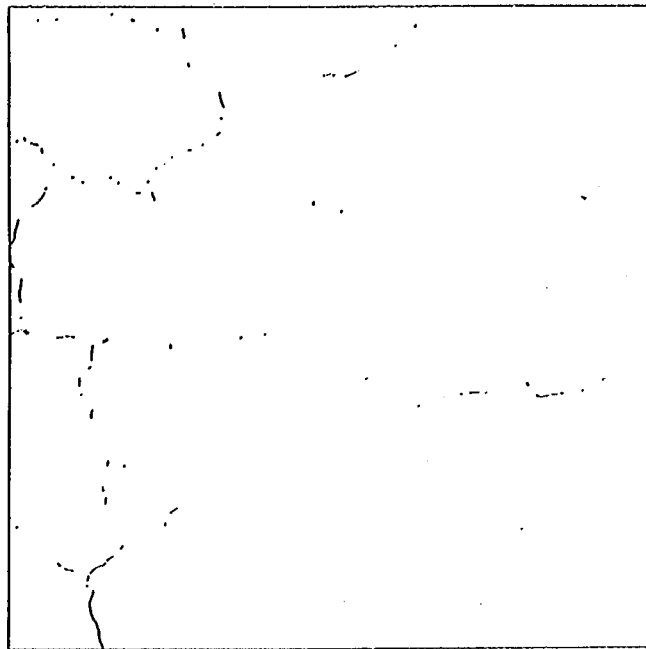
観測回数: 100000 回

★クラック

濃度 44224

密度	X (a/m)	Y (a/m)
～0.1mm	0.45	0.53
0.1～0.2mm	0.43	0.47
0.2～mm	0.43	0.49
小計	0.50	0.51
合計		1.01

—— : ～0.1mm
—— : 0.1～0.2mm
—— : 0.2～mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/19 13:10:40

測定: 43 回

質量: 25.86 tonf

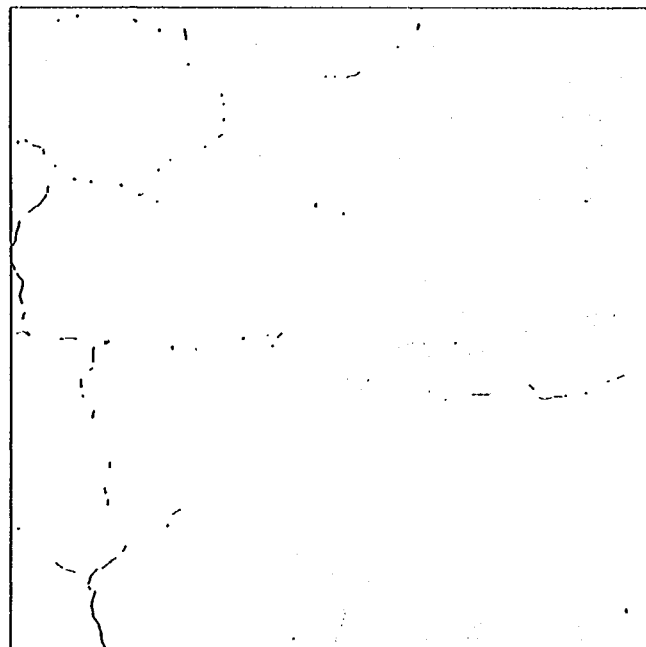
観測回数: 200000 回

★クラック

濃度 44456

密度	X (a/m)	Y (a/m)
～0.1mm	0.45	0.53
0.1～0.2mm	0.43	0.47
0.2～mm	0.42	0.49
小計	0.50	0.51
合計		1.01

—— : ～0.1mm
—— : 0.1～0.2mm
—— : 0.2～mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/19 11:12:10

測定: 45 回

質量: 25.92 tonf

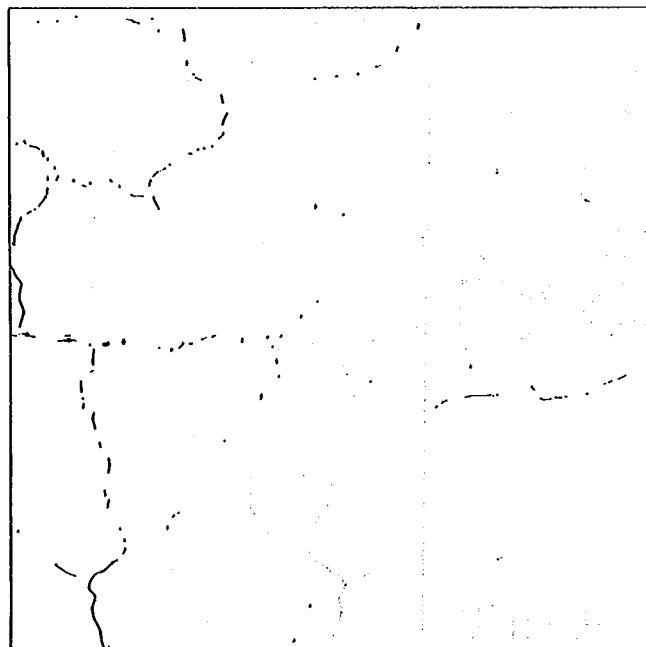
観測回数: 200000 回

★クラック

濃度 44118

密度	X (a/m)	Y (a/m)
～0.1mm	0.44	0.51
0.1～0.2mm	0.47	0.45
0.2～mm	0.44	0.48
小計	0.75	0.44
合計		1.01

—— : ～0.1mm
—— : 0.1～0.2mm
—— : 0.2～mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/21 17:42:10

測定: 49 回

荷重: 25.46 tonf

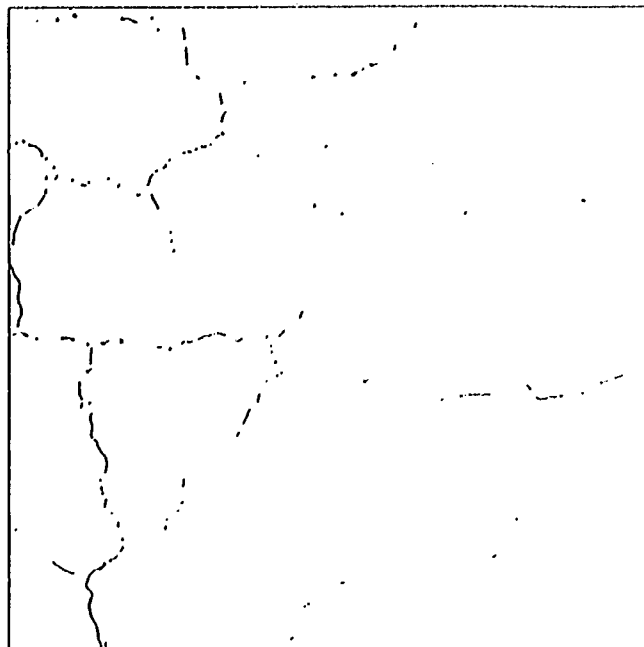
破砕回數: 111911 回

★クラック

濃度 11032

濃度	X (n/m)	Y (n/m)
密度		
~0.1mm	0.07	1.00
0.1~0.2mm	0.03	0.03
0.2~mm	0.11	0.01
小計	0.11	1.04
合計		1.05

——— : ~0.1mm
 ——— : 0.1~0.2mm
 ——— : 0.2~mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/21 17:59:51

測定: 50 回

荷重: 25.16 tonf

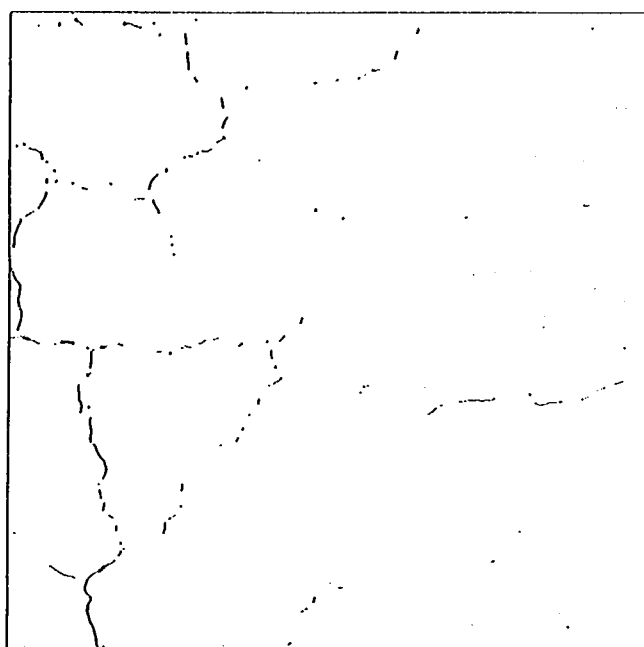
破砕回數: 110014 回

★クラック

濃度 11304

濃度	X (n/m)	Y (n/m)
密度		
~0.1mm	0.07	1.00
0.1~0.2mm	0.10	0.03
0.2~mm	0.10	0.03
小計	0.27	1.06
合計		1.09

——— : ~0.1mm
 ——— : 0.1~0.2mm
 ——— : 0.2~mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/21 05:51:23

測定: 52 回

荷重: 26.12 tonf

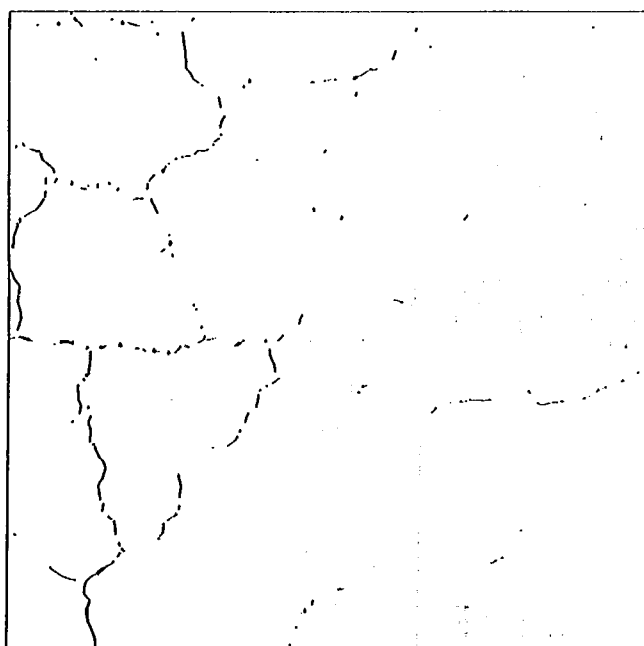
破砕回數: 100004 回

★クラック

濃度 11400

濃度	X (n/m)	Y (n/m)
密度		
~0.1mm	0.07	1.25
0.1~0.2mm	0.11	0.13
0.2~mm	0.16	0.01
小計	0.34	1.39
合計		1.56

——— : ~0.1mm
 ——— : 0.1~0.2mm
 ——— : 0.2~mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/11 14:00:37

測定: 51 回

質量: 30.09 tonf

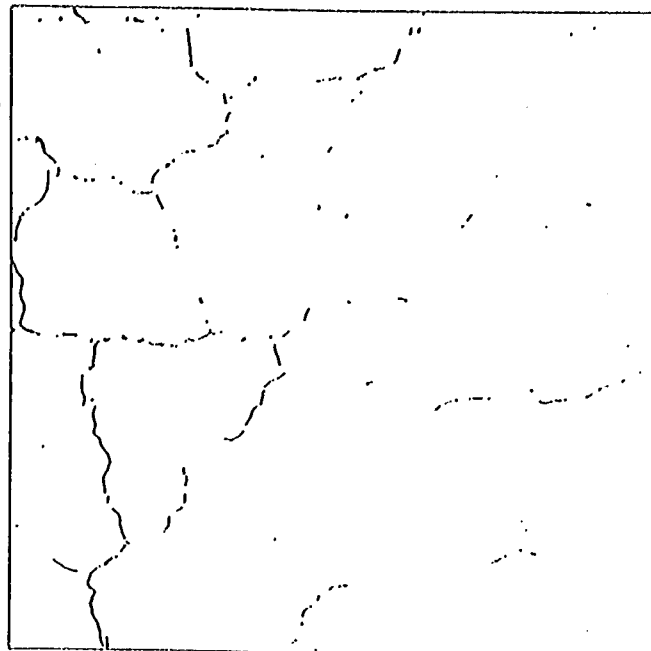
破砕回数: 320010 回

★クラック

濃度 350000

密度	X (n/m)	Y (n/m)
~0.1mm	0.11	1.14
0.1~0.2mm	0.15	0.11
0.2~mm	0.10	0.09
小計	0.11	1.33
合計		1.37

——: ~0.1mm
——: 0.1~0.2mm
——: 0.2~mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/12 15:00:00

測定: 55 回

質量: 31.59 tonf

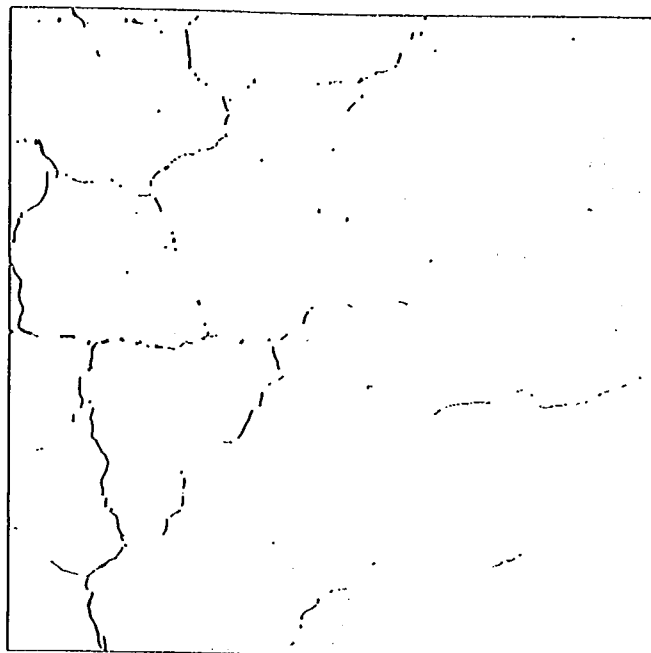
破砕回数: 320010 回

★クラック

濃度 350000

密度	X (n/m)	Y (n/m)
~0.1mm	0.11	1.33
0.1~0.2mm	0.14	0.23
0.2~mm	0.11	0.09
小計	0.23	1.65
合計		1.80

——: ~0.1mm
——: 0.1~0.2mm
——: 0.2~mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/13 01:33:15

測定: 57 回

質量: 32.19 tonf

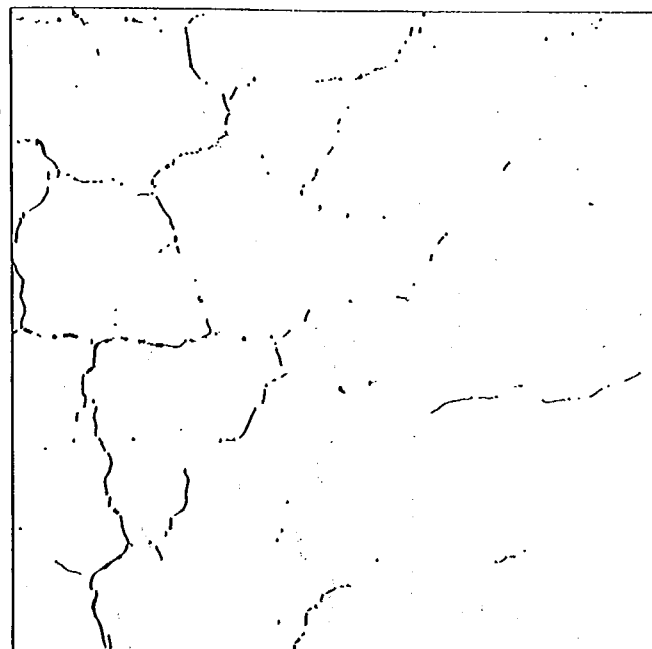
破砕回数: 340002 回

★クラック

濃度 340000

密度	X (n/m)	Y (n/m)
~0.1mm	1.02	1.51
0.1~0.2mm	0.23	0.37
0.2~mm	0.21	0.11
小計	1.47	2.00
合計		3.40

——: ~0.1mm
——: 0.1~0.2mm
——: 0.2~mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/23 11:12:19

測定: 59 回

荷重: 32.95 tonf

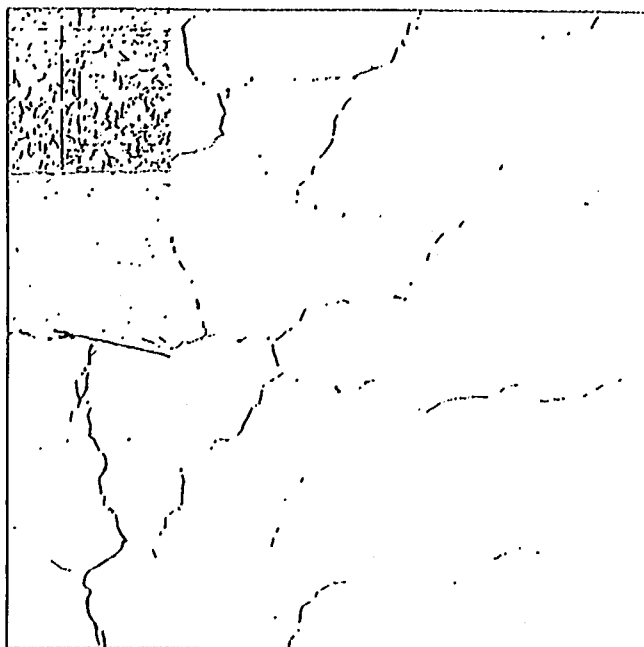
繰返し回数: 310015 回

★クラック

濃度 310100

密度	X (n/m)	Y (n/m)
~0.1mm	1.00	1.22
0.1~0.2mm	1.13	1.52
0.2~mm	0.35	0.18
小計	2.48	2.92
合計	1.48	1.92

—— : ~0.1mm
—— : 0.1~0.2mm
—— : 0.2~mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/23 11:20:21

測定: 62 回

荷重: 31.85 tonf

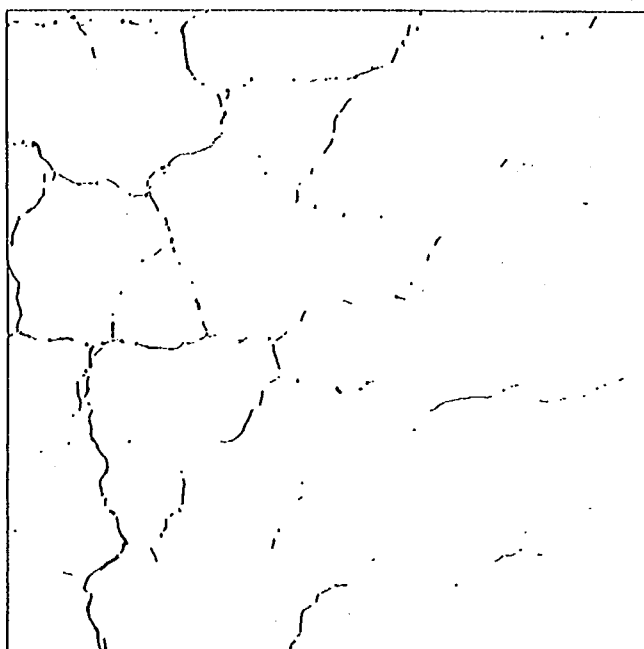
繰返し回数: 310502 回

★クラック

濃度 310216

密度	X (n/m)	Y (n/m)
~0.1mm	1.00	1.62
0.1~0.2mm	0.34	0.51
0.2~mm	0.22	0.25
小計	1.56	2.38
合計	1.42	2.10

—— : ~0.1mm
—— : 0.1~0.2mm
—— : 0.2~mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/23 11:47:30

測定: 63 回

荷重: 33.55 tonf

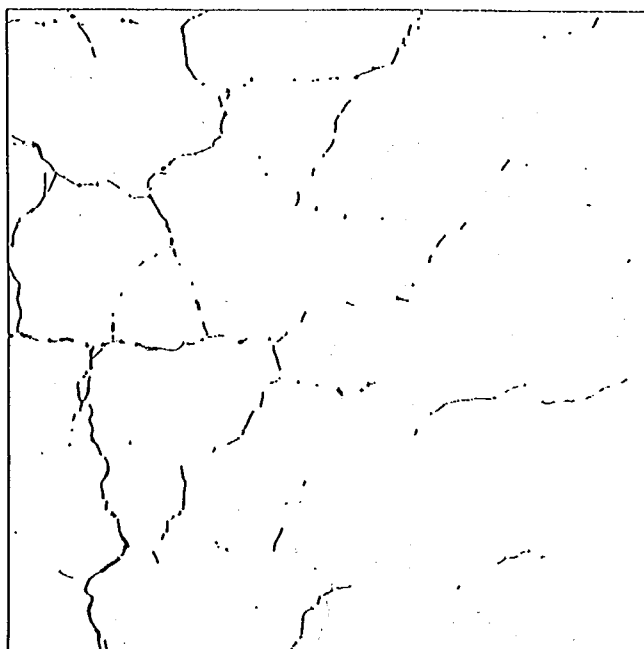
繰返し回数: 310502 回

★クラック

濃度 310140

密度	X (n/m)	Y (n/m)
~0.1mm	1.13	1.80
0.1~0.2mm	0.22	0.31
0.2~mm	0.31	0.23
小計	1.66	2.34
合計	1.44	1.80

—— : ~0.1mm
—— : 0.1~0.2mm
—— : 0.2~mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/24 03:00:33

測定: 66 回

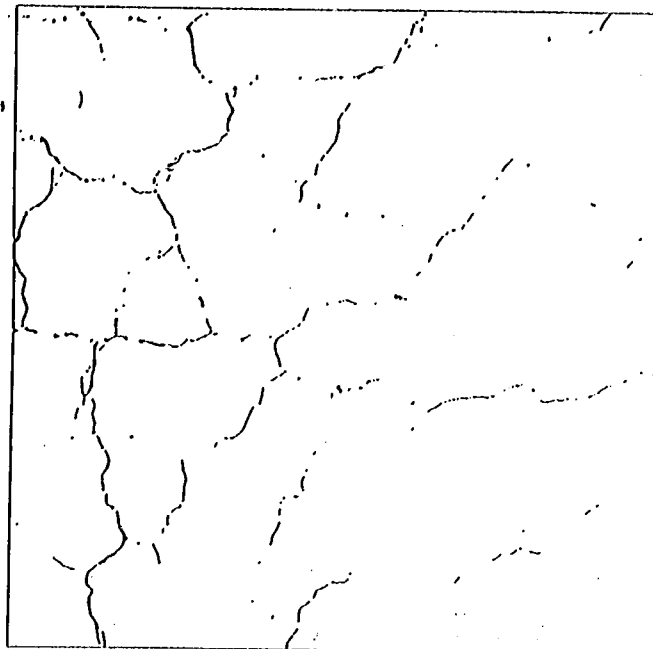
秤量: 31.12 tonf

観測回数: 330000 回

★クラック

濃度	055336	
密度	X (n/m)	Y (n/m)
~0.1mm	1.03	1.03
0.1~0.2mm	0.38	0.61
0.2~mm	0.33	0.25
小計	1.74	1.89
合計		1.69

==== : ~0.1mm
==== : 0.1~0.2mm
==== : 0.2~mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/24 14:00:10

測定: 66 回

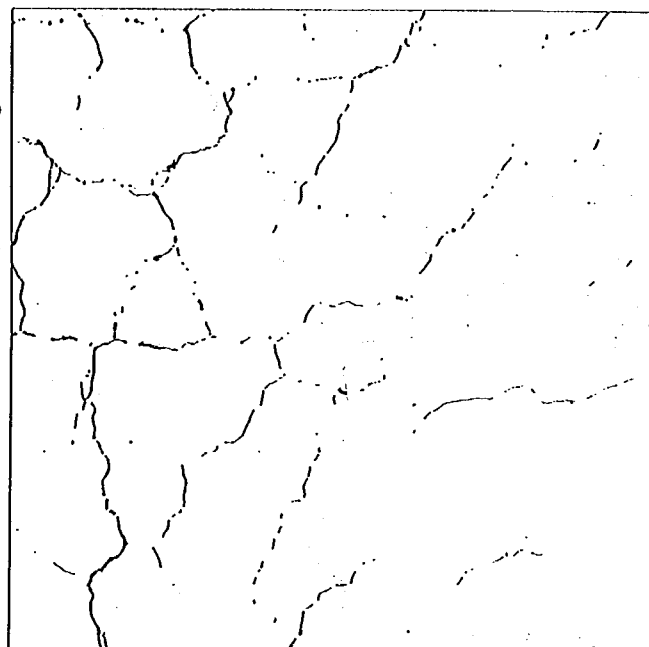
秤量: 31.09 tonf

観測回数: 660000 回

★クラック

濃度	011300	
密度	X (n/m)	Y (n/m)
~0.1mm	1.15	2.11
0.1~0.2mm	0.37	0.70
0.2~mm	0.41	0.32
小計	1.93	3.13
合計		5.97

==== : ~0.1mm
==== : 0.1~0.2mm
==== : 0.2~mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/24 14:54:22

測定: 66 回

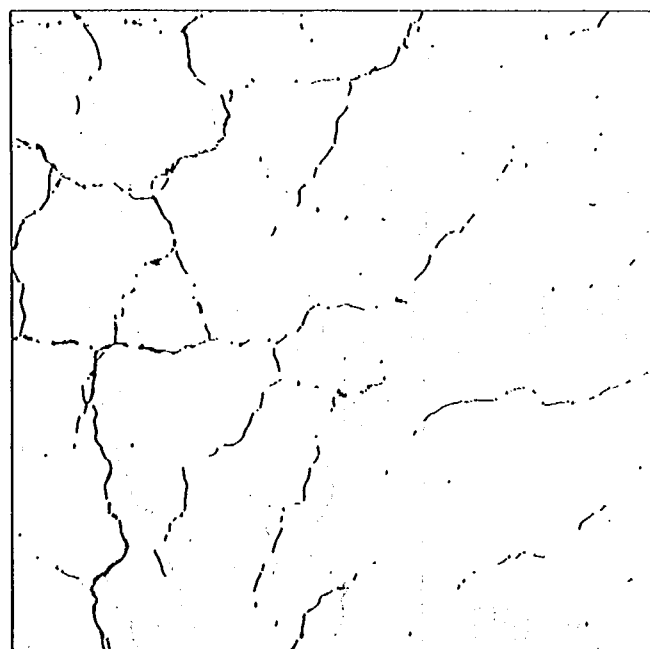
秤量: 31.15 tonf

観測回数: 660000 回

★クラック

濃度	034704	
密度	X (n/m)	Y (n/m)
~0.1mm	1.10	2.10
0.1~0.2mm	0.41	0.38
0.2~mm	0.33	0.35
小計	1.84	2.83
合計		5.26

==== : ~0.1mm
==== : 0.1~0.2mm
==== : 0.2~mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/15 00:01:15

測定: 31 回

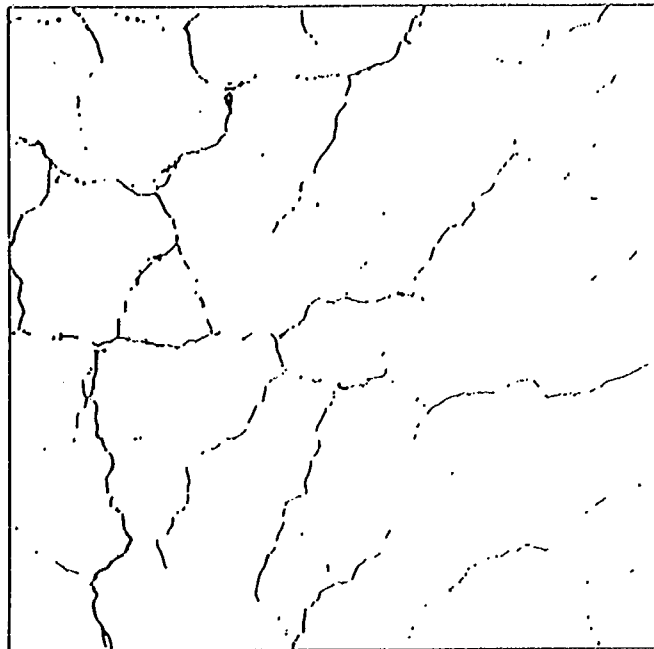
質量: 35.01 tonf

観測回数: (1000) 回

★クラック

濃度	T00014	
密度	X (n/m)	Y (n/m)
~0.1mm	0.14	0.01
0.1~0.2mm	0.12	0.11
0.2~ mm	0.53	0.53
小計	0.79	0.65
合計		0.03

----- : ~0.1mm
 ----- : 0.1~0.2mm
 ----- : 0.2~ mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/15 00:15:10

測定: 33 回

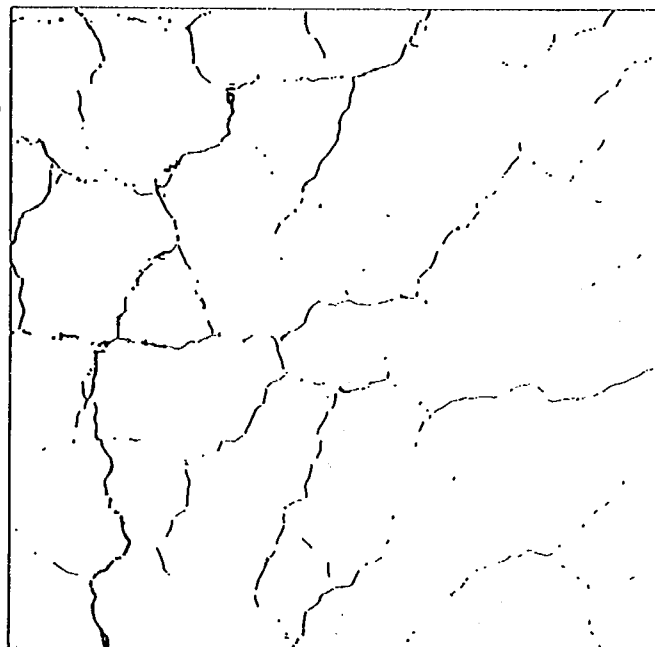
質量: 34.02 tonf

観測回数: (1000) 回

★クラック

濃度	T00030	
密度	X (n/m)	Y (n/m)
~0.1mm	0.51	0.19
0.1~0.2mm	0.07	0.11
0.2~ mm	0.52	0.50
小計	1.10	0.80
合計		0.51

----- : ~0.1mm
 ----- : 0.1~0.2mm
 ----- : 0.2~ mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/15 00:31:51

測定: 34 回

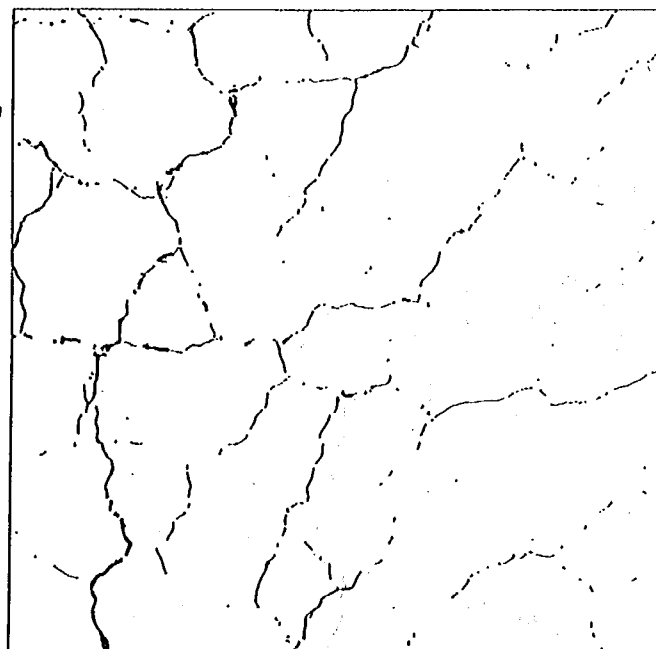
質量: 33.05 tonf

観測回数: (1000) 回

★クラック

濃度	T00024	
密度	X (n/m)	Y (n/m)
~0.1mm	1.59	0.14
0.1~0.2mm	0.01	0.10
0.2~ mm	0.51	0.53
小計	2.11	0.77
合計		0.14

----- : ~0.1mm
 ----- : 0.1~0.2mm
 ----- : 0.2~ mm



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/15 10:54:22

測定: 11 回

秤量: 30.45 tcaf

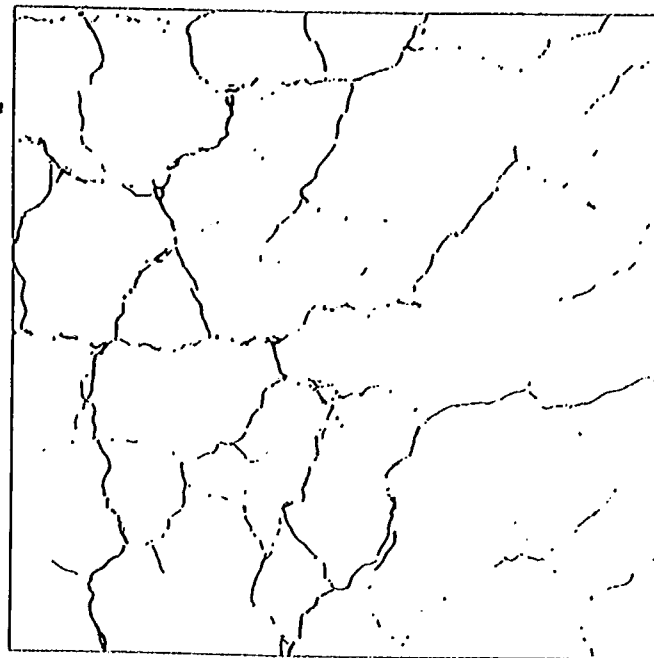
観測回数: 440111 回

★クラック

濃度 1011916

濃度	X (n/a)	Y (n/a)
密度	1.11	1.11
0.1~0.1aa	0.11	1.11
0.2~aa	0.11	0.11
小計	1.11	1.11
合計	1.11	1.11

—— : 0.1~0.1aa
—— : 0.1~0.1aa
—— : 0.2~aa



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 4/15 10:10:50

測定: 11 回

秤量: 30.41 tcaf

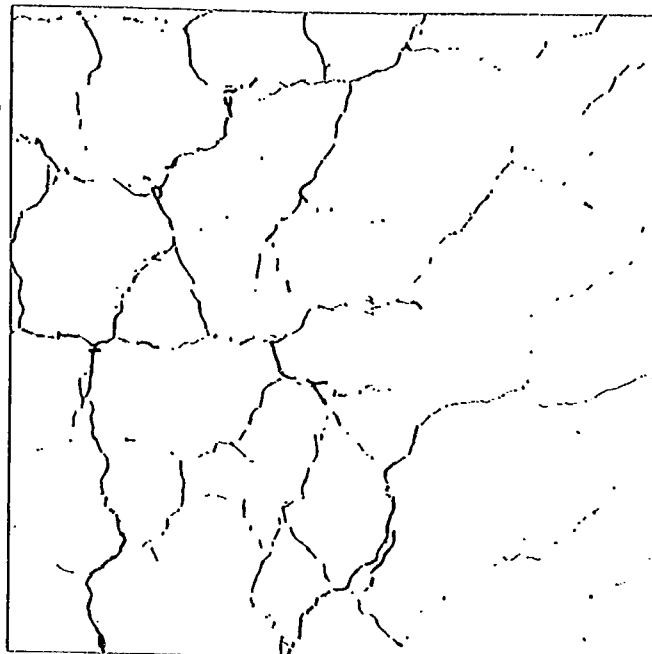
観測回数: 440101 回

★クラック

濃度 1020210

濃度	X (n/a)	Y (n/a)
密度	1.11	1.11
0.1~0.1aa	0.11	1.11
0.2~aa	1.10	1.10
小計	1.11	1.11
合計	1.11	1.11

—— : 0.1~0.1aa
—— : 0.1~0.1aa
—— : 0.2~aa



計測ID: PC1111

測定時刻 1997/ 5/ 6 10:11:44

測定: 10 回

秤量: 30.45 tcaf

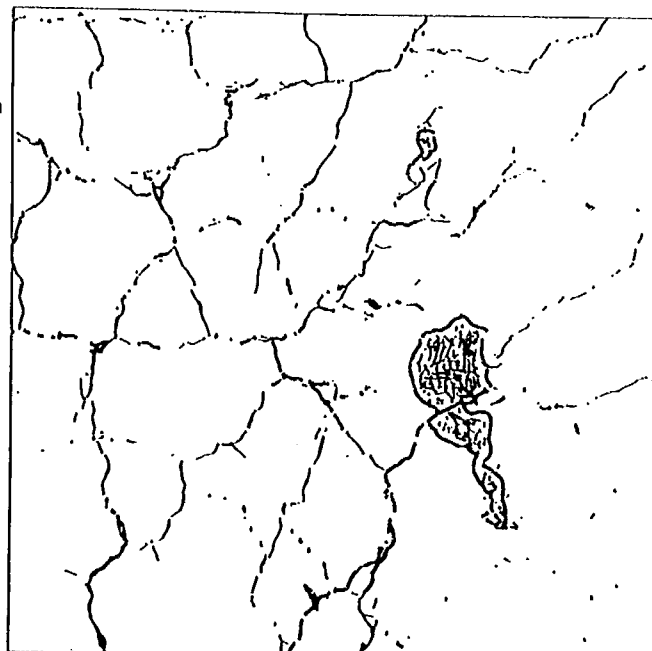
観測回数: 435510 回

★クラック

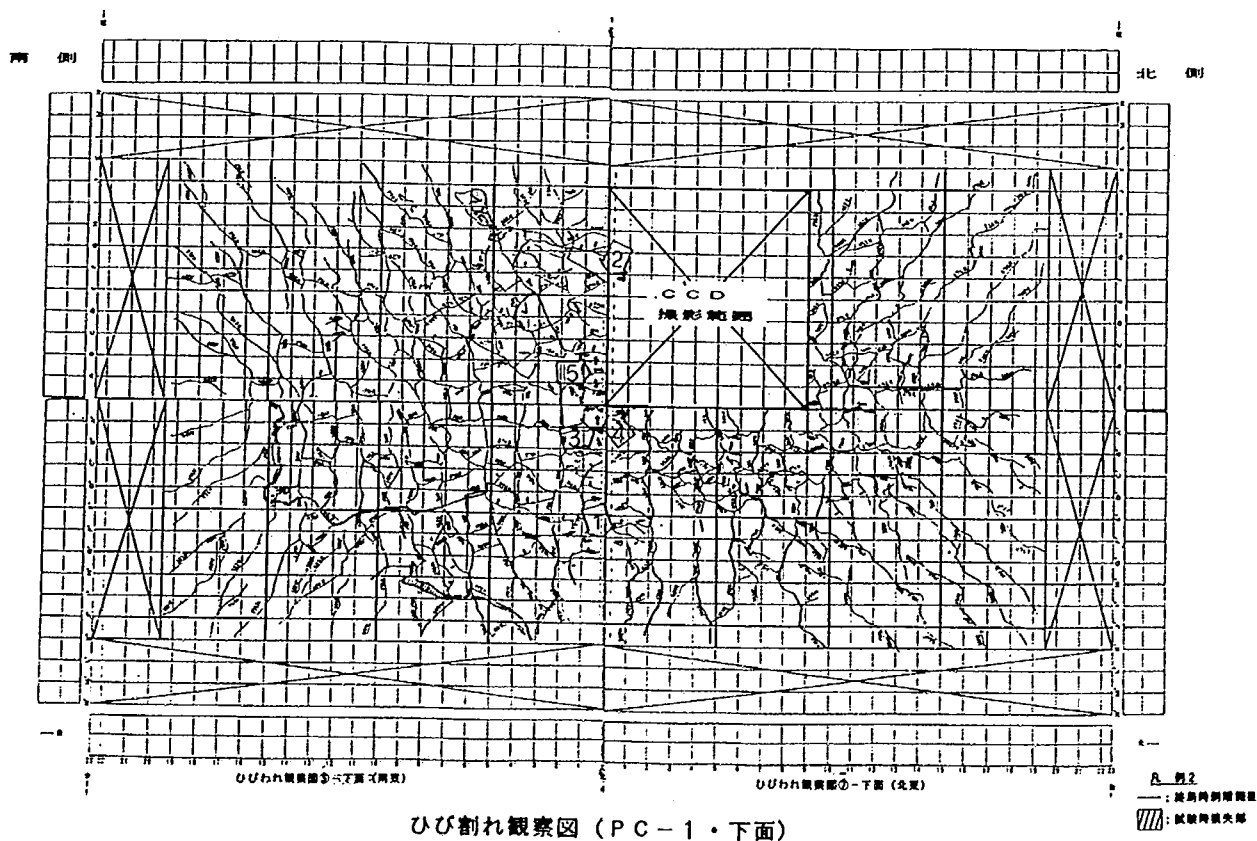
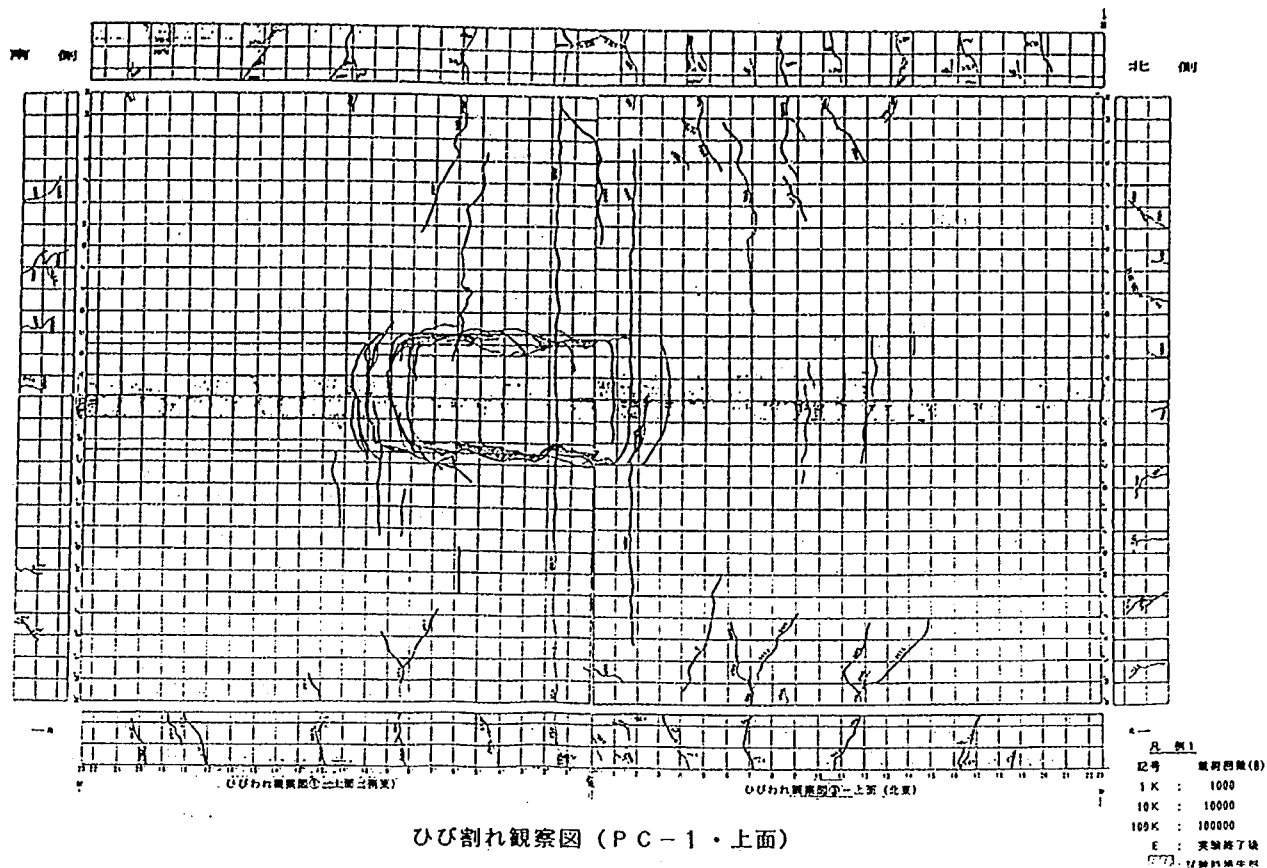
濃度 4334032

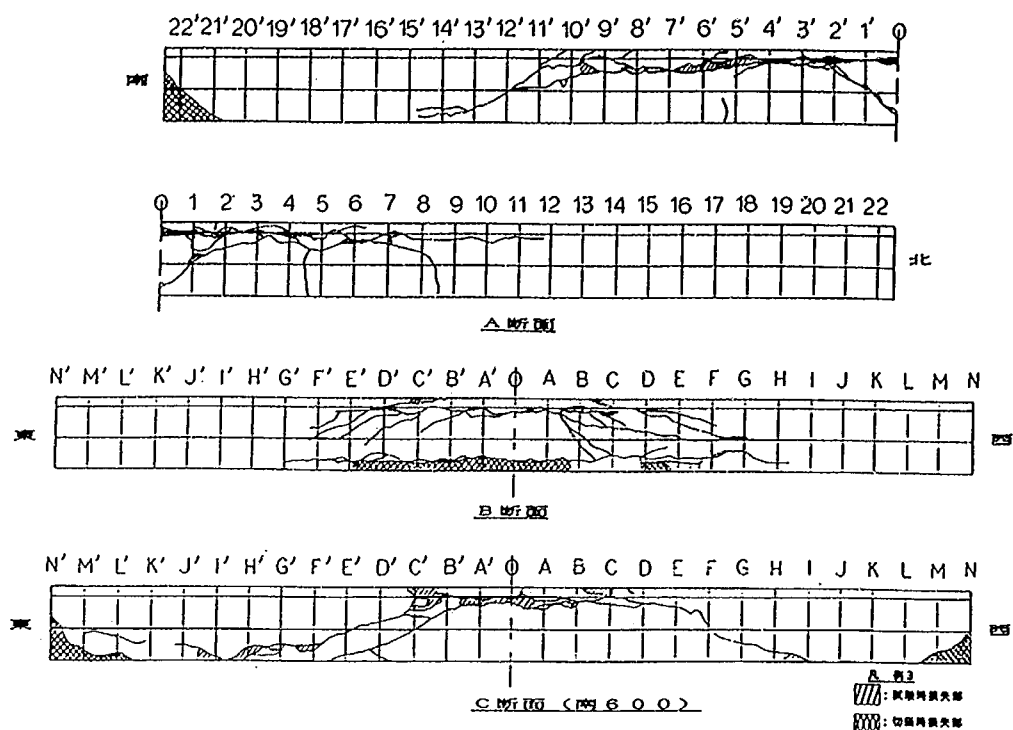
濃度	X (n/a)	Y (n/a)
密度	1.11	1.11
0.1~0.1aa	1.11	1.11
0.2~aa	1.11	1.11
小計	1.11	1.11
合計	1.11	1.11

—— : 0.1~0.1aa
—— : 0.1~0.1aa
—— : 0.2~aa



9) 最終ひび割れ状況



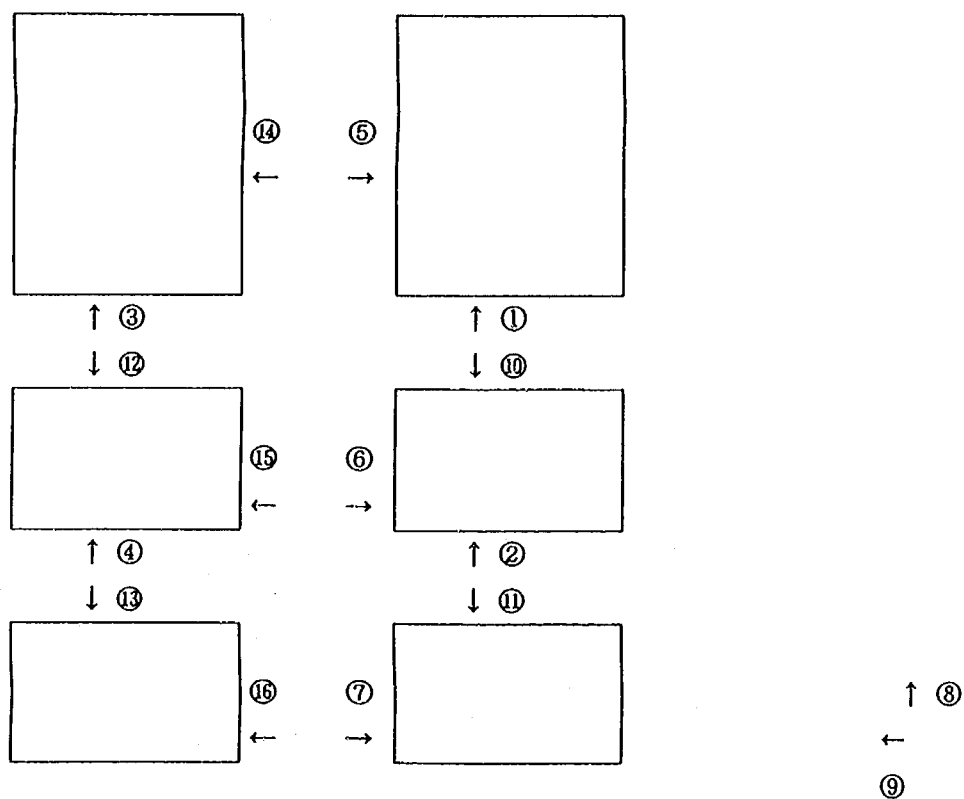


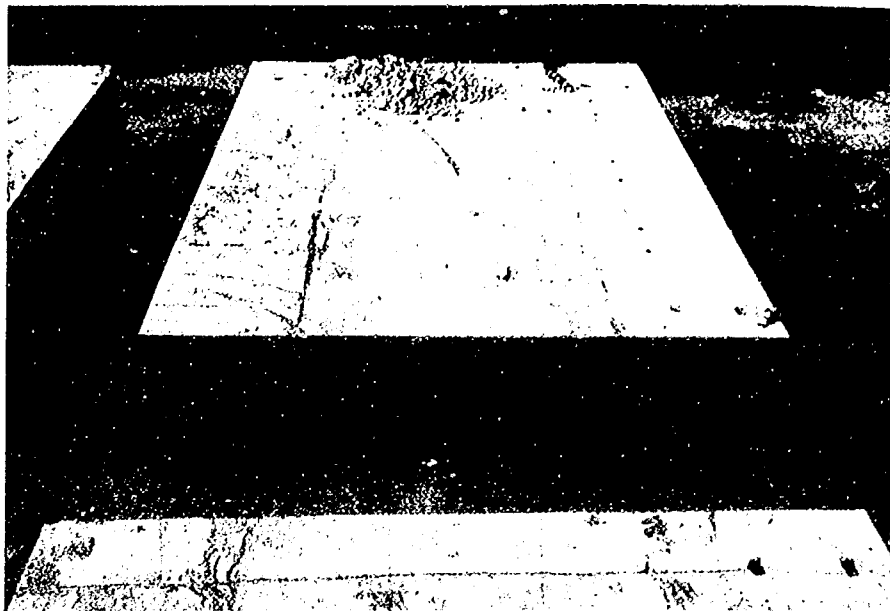
ひびわれ観察図 (PC-1・内部)

10) 実験終了後の切断面写真

ループ継手床版

北

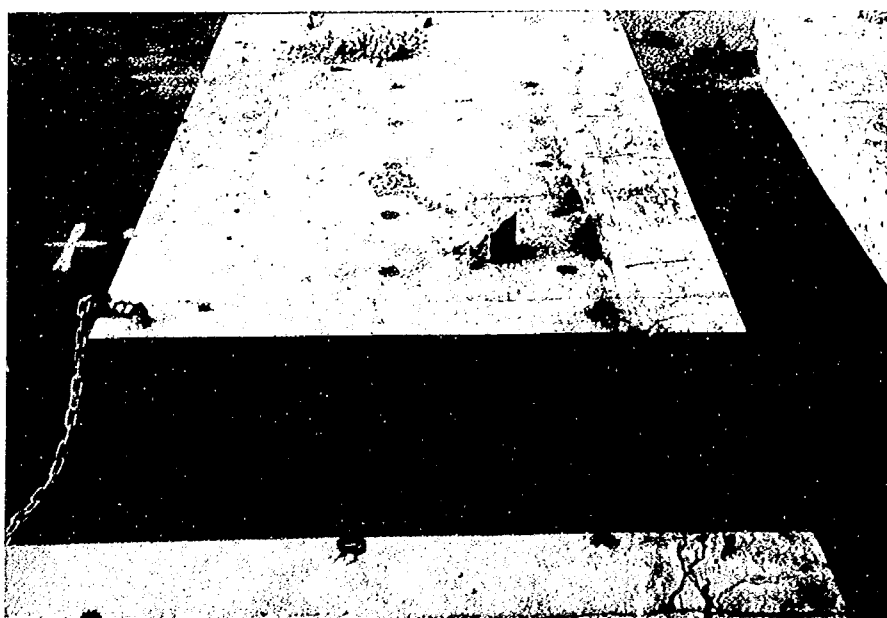




RCループ継手供試体 ①



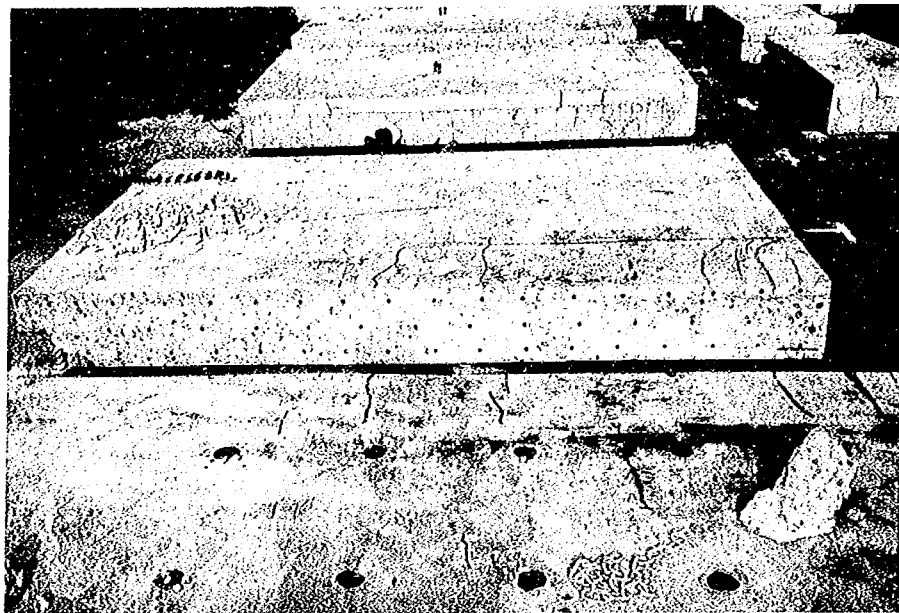
RCループ継手供試体 ②



RCループ継手供試体 ③



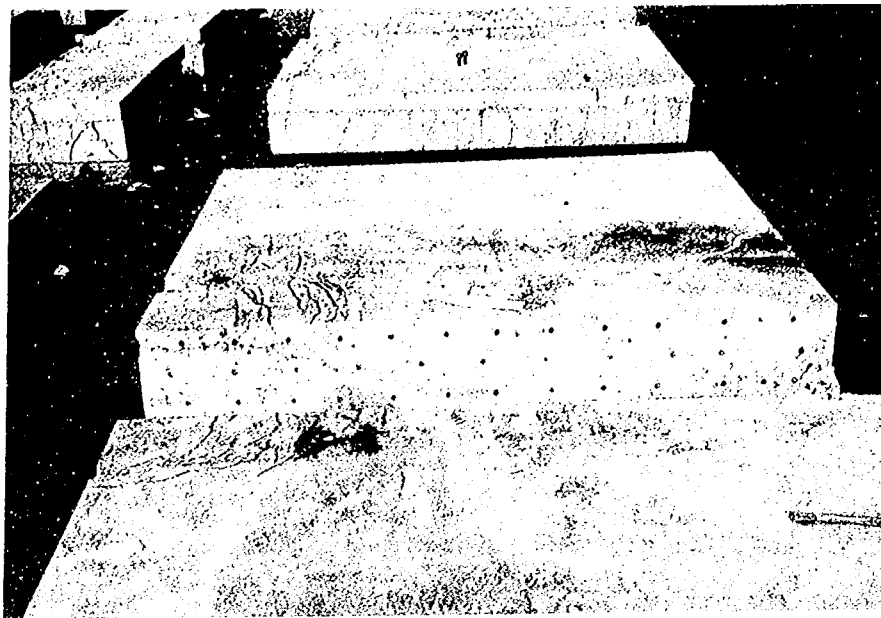
RCループ継手供試体 ④



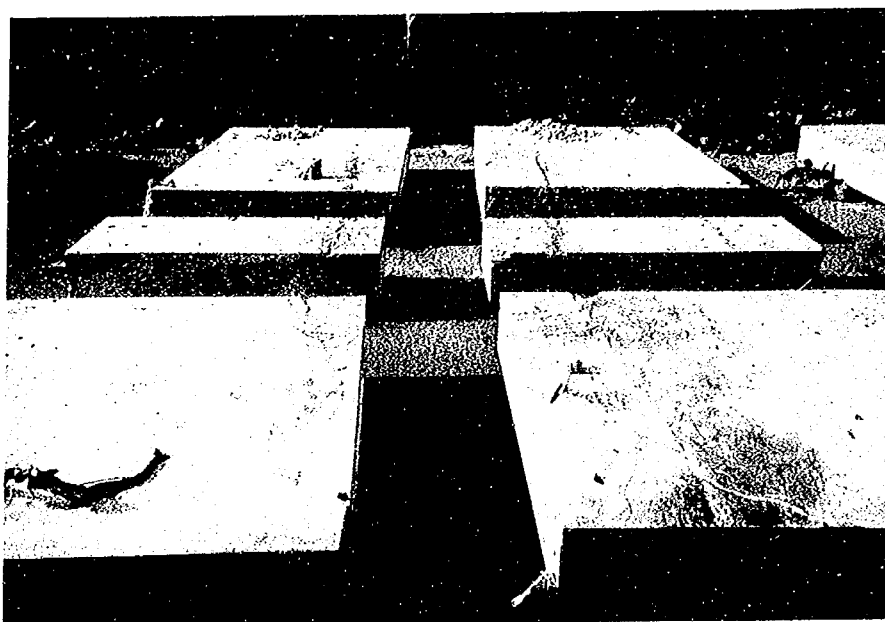
RCループ継手供試体 ⑤



RCループ継手供試体 ⑥



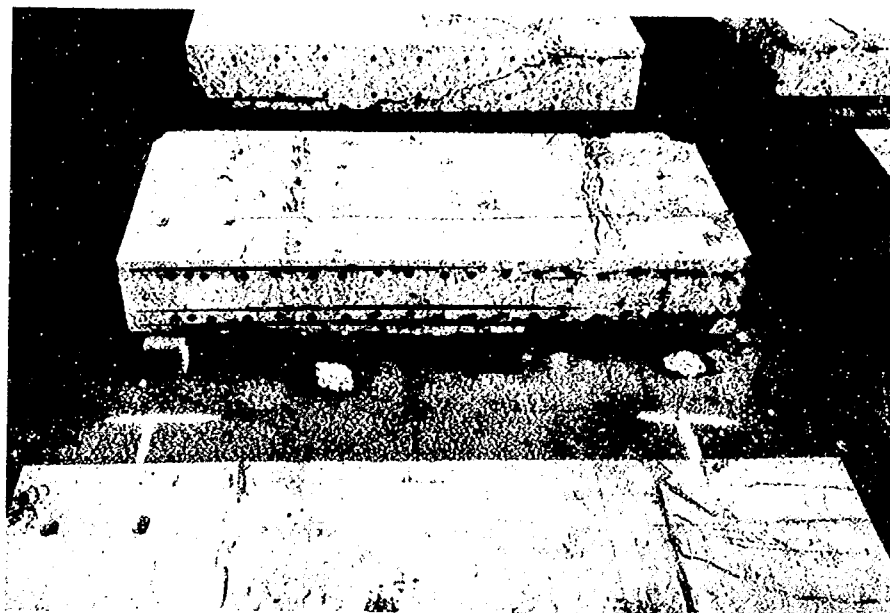
RCループ継手供試体 ⑦



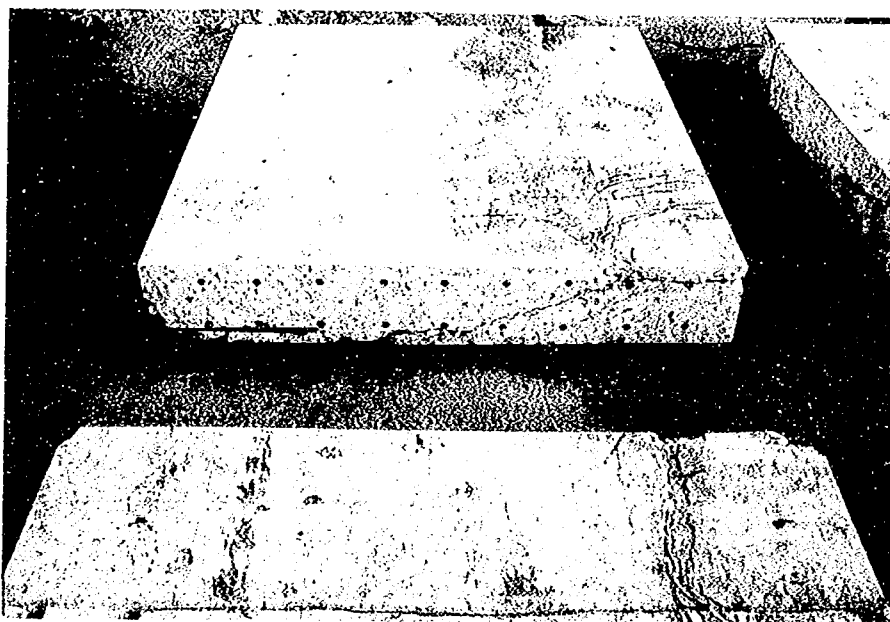
RCループ継手供試体 ⑧



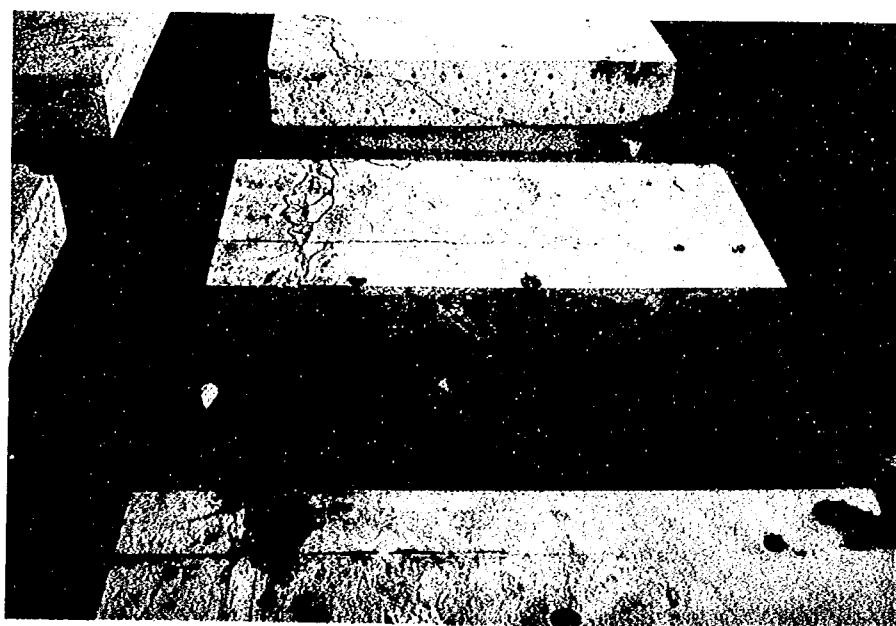
RCループ継手供試体 ⑨



RCループ継手供試体 ⑩



RCループ継手供試体 ⑪



RCループ継手供試体 ⑫



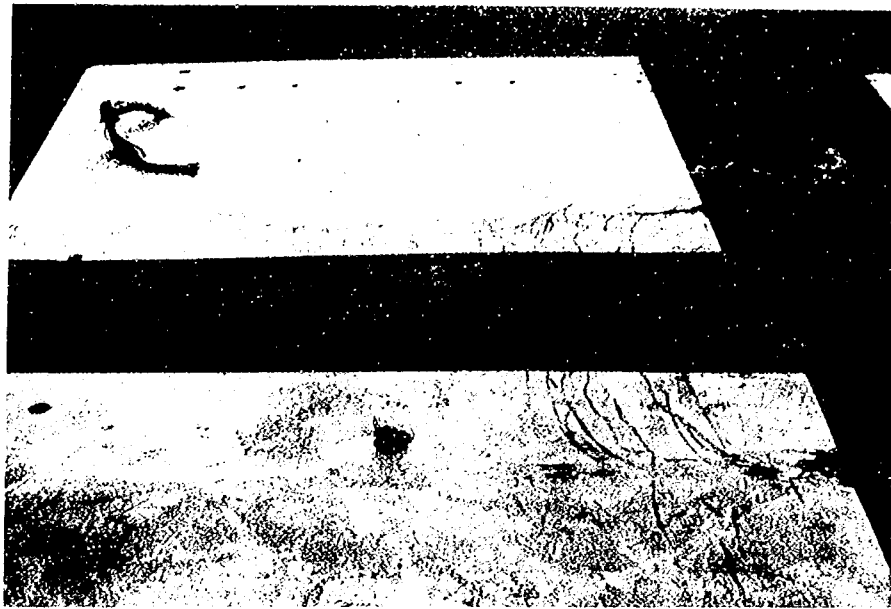
RCループ継手供試体 ⑬



RCループ継手供試体 ⑭

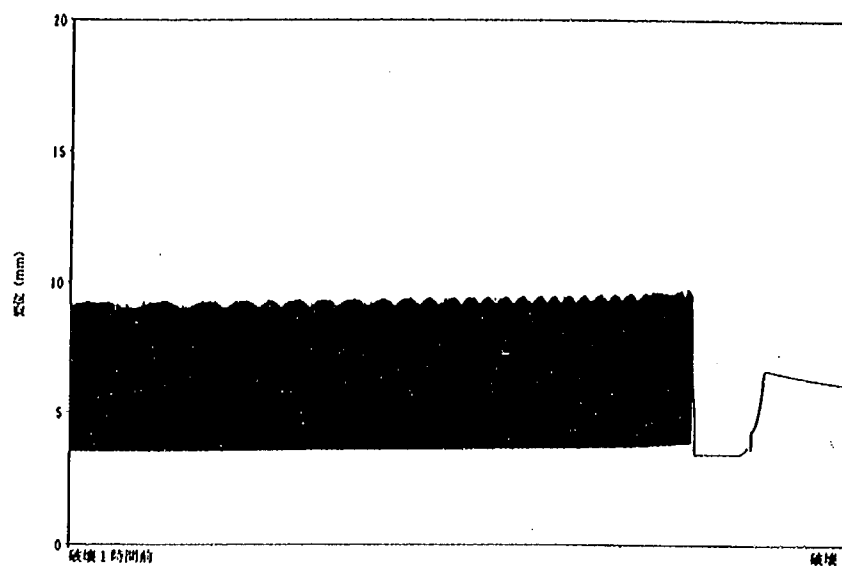


RCループ継手供試体 ⑮

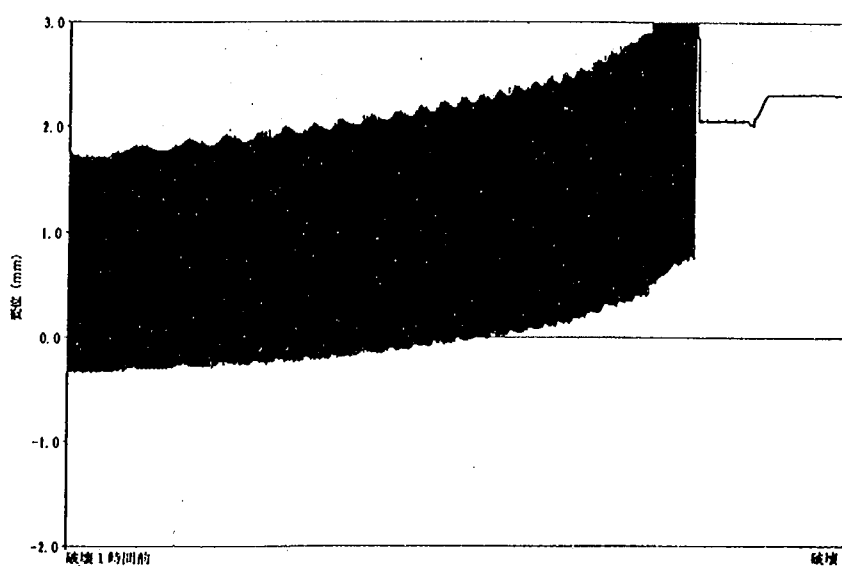


RCループ継手供試体 ⑩

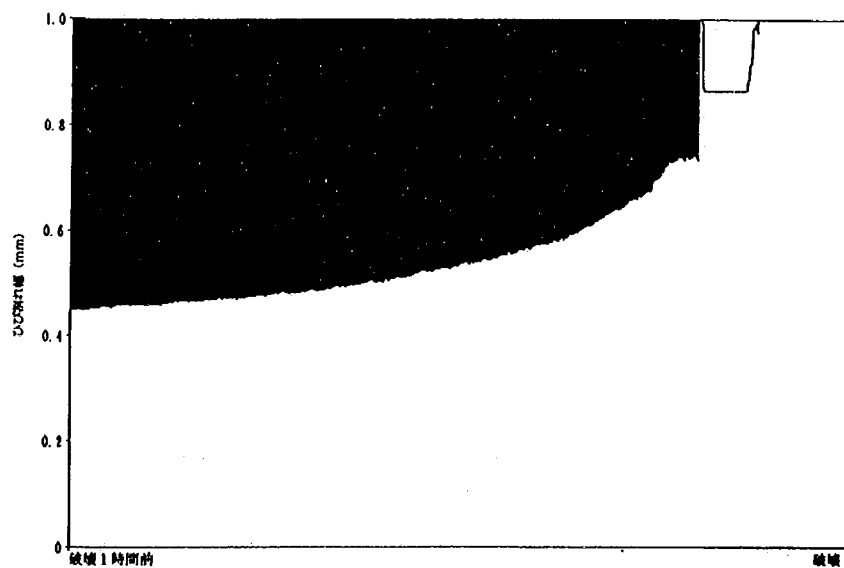
11) 破壊前 1 時間挙動



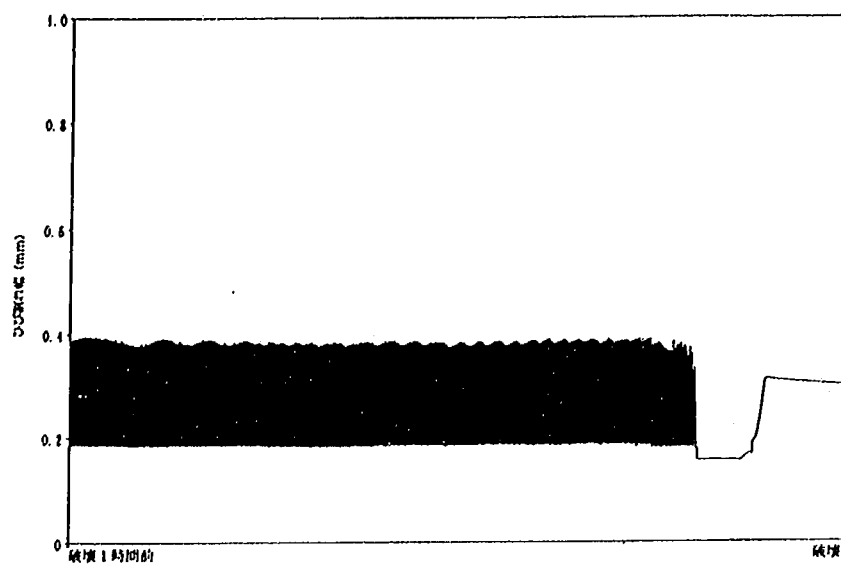
PC-2 供試体の短期計測：変位 (D-10)



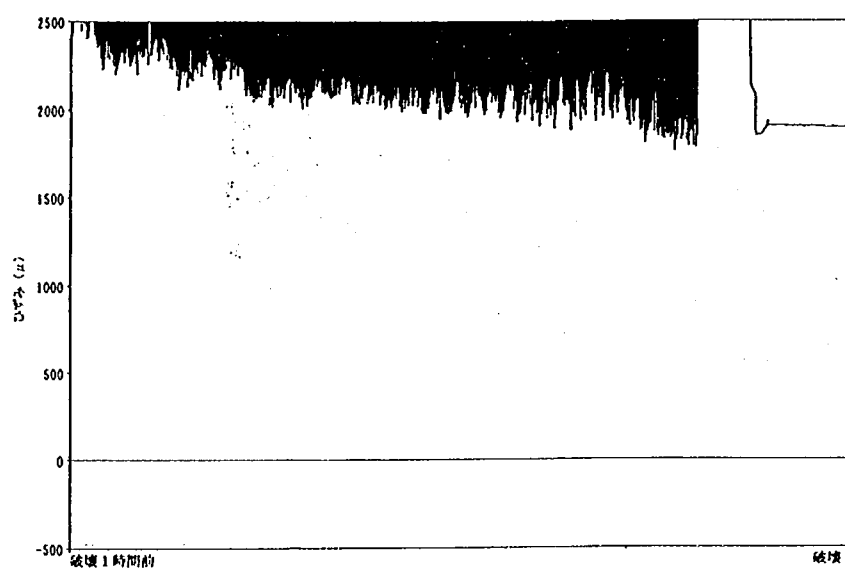
PC-1 供試体の短期計測：継手部段差変位 (ZU2)



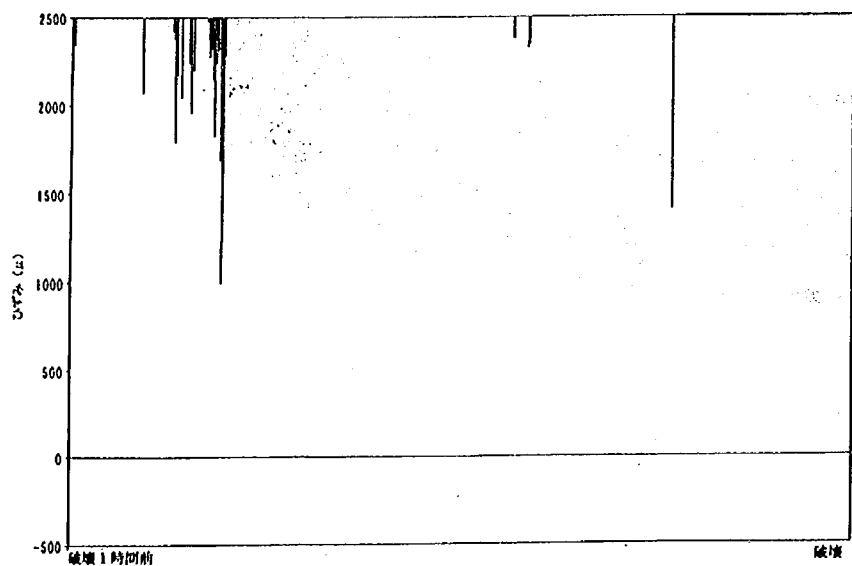
PC-1 供試体の短期計測：ひび割れ幅 (P14)



PC-1 供試体の短期計測：ひび割れ幅 (P15)



PC-1 供試体の短期計測：主鉄筋ひびき (BE5：下面)



PC-1 供試体の短期計測：配力筋ひびき (BH2：下面)