

道路事業調査費・試験調査
橋梁上部構造の調査・設計・施工
基準の作成に関する試験・調査

Br. 71-1



土木研究所資料
第681号

鋼板接着による鉄筋コンクリート床版
補強に関する実験

昭和46年4月

建設省土木研究所

要 旨

既存の鉄筋コンクリート床板に銅板を接着して補強する工夫に関して、幅 35 cm 厚さ 18 cm、支間 120 cm の供試体による静的載荷実験および繰返し載荷実験を行ない、接着された銅板の合成効果、初期ひびわれの有無による挙動のちがい、銅板接着の施工法のちがい（注入法、圧着法）による挙動のちがい、繰返し載荷のもとでの挙動などを調査した。その結果、初期ひびわれの有無、施工法のちがいにかかわらず銅板接着による床板補強の設計は通常の鉄筋コンクリート部材としての計算によることができること、銅板を接着補強する位置が適切かどうかによってこの工法による補強効果の成否が左右されること、などがたしかめられた。

昭和46年4月

太	田	実
相	沢	勇
百	田	国 広
中	村	登 喜 雄

序 言

近年、道路橋の鉄筋コンクリート床版の破損の事例が各地でみられるようになり、その補修・補強対策の確立が待たれている。床版の破損に関連をもつとみられる因子としては、作用荷重の増大、設計法の進歩にともなう過度な床版支間の増大・版厚減少、配力鉄筋量の不足、あるいは施工不良などが考えられるが、補修・補強を行なうにあたっては破損の原因および破損の状況に応じてもっとも適切な工法を採択する必要がある。床版補強工法としては、

- (1) 縦げたを追加して床版の支間を短縮することにより、間接的に床版の耐荷力を高める方法
(縦げた挿入工法)
- (2) 床版底面(曲げ引張縁)に樹脂接着材を用いて薄い鋼板を接着し、既存の鉄筋コンクリート版と合成作用させることにより床版の耐荷力を高める工法(鋼板接着工法)
- (3) 床版の底面に新たに鉄筋を添加しモルタルを吹付けて床版の断面を増すことにより耐荷力を高める工法(モルタル吹付け工法)

などがあるが、なかでも(1)と(2)は施工も比較的容易であり、施工中とくに重い車両の通行さえ規制すれば、中・小型車両を通行させたまま施工することも可能であるため、これら両工法は最近よく用いられている。

(1)の工法は、いわば機械的補強工法であるから、新設縦げたに対する既設床版の均等な接触支持がはかられるように注意して施工されるならば、補強後の挙動についてとくに不安な点はないように思われる。しかし、(2)の工法については、接着材を介して既存の床版と新たに添加する鋼板との合成作用をはかるものであるから、このように異質の材料から構成された合成部材の挙動、繰返し荷重に対する接着部の強度、施工の方法と強度との関係などについて十分たしかめておく必要がある。

そこで、鋼板接着による床版補強工法について、現在まだ十分に明らかにされていないこれらの問題点のいくつかを解明するために供試体による実験を行なった。この実験にはAグループ(東邦天然ガス株式会社製作)およびBグループ(株式会社ショーボンド製作)の2グループの供試体を用いた。

この報告書は、この実験の内容と結果についてのべたものである。

この実験の担当者はつぎのとおりである。

橋梁研究室	主任研究員	太 田	実
"		相 沢	勇
"		百 田	国 広
"		中 村	登喜雄

鋼板接着による鉄筋コンクリート床版補強に関する実験

目 次

1. 実験の目的	1
2. 実験方法	3
3. 実験結果	5
4. 実験結果の考察	7
5. 結 論	11

1. 実験の目的

この実験は、つぎの諸項目について資料をうるために行なった。

(1) 初期ひびわれの有無による版の挙動のちがい

床版コンクリートにまだひびわれが生じていない状態で鋼板を接着して補強した場合と、ひびわれがかなり発生している状態で鋼板を接着して補強した場合とで、補強された版の性能や強度のうえでどのような異差を生ずるか。もし、これら両者に明瞭な差異があるときは、鋼板接着による床版補強の設計の際に、補強時における床版のひびわれの状態を考慮する必要がある。

(2) 注入法と圧着法とによる補強版の挙動のちがい

鋼板の接着には合成樹脂材（エポキシ樹脂）が用いられるが、この樹脂の用い方により注入法と圧着法とがある。注入法は、既存床版のコンクリート面の仕上り精度に応じて適切なすき間をもたせて支保工上に鋼板をセットし、鋼板の周縁をシールしたのち、シール線上に適宜設けた注入口より樹脂を充てんしそのまま硬化させる方法であり、圧着法は床版コンクリート面が比較的平滑（仕上り精度良好）でかつコンクリートが比較的健全であってホールアンカーの定着が確実に行なえる場合、樹脂を塗布した鋼板をアンカーボルトの張力を利用して床版面に押しつけたまま硬化させる方法である。

これら2種の工法により補強された版の性能や強度に差異があるかどうか。もし、これら両者に明瞭な差異があるときは、それぞれの工法に応じて設計法をかえる必要がある。

(3) 養生条件による強度のちがい

鋼板接着に通常用いられている樹脂は熱硬化性のものであり、ある範囲までは養生温度を上げることにより硬化時間が短縮しそれだけ強度の発現が早くなる。

鋼板接着工法による床版補強を施工する際には、樹脂硬化の初期の間はできるだけ重車両の通行を規制して確実な接着効果が得られるようにすることが必要となるが昨今の交通事情により、交通規制の時間はできるだけ短縮するのが望ましく、そのためとくに気温の低い時期の施工にあたっては、樹脂の加温養生が必要となることがある。その際の樹脂の養生温度が強度におよぼす影響についてたしかめておく必要がある。

しかし、限られた数の供試体をもって、養生温度と強度との関係を十分に求めるのは困難なので、ここでは養生条件3種について比較し、養生温度と強度との関係について一つの目安をうることにした。

(4) 鋼板接着により補強された版の疲労強度

床版は橋梁を構成する各種部材のなかでとくに輪荷重の繰返し作用の影響が大きいものであるため、鋼板接着により補強された版の繰返し荷重のもとでの挙動について十分たしかめておく必要がある。

2. 実験方法

2.1 実験の種類

(1) 静的載荷実験

静的荷重のもとにおける、補強された版の主要部（鋼板面およびコンクリート圧縮縁）のひずみと版各部のたわみを測定した。また、載荷にともなう版の変状（コンクリートのひびわれなど）の状態についても調査した。

(2) 疲労実験

荷重振幅 2.0～8.0 t の曲げ繰返し載荷を行ない、繰返し載荷の進行にともなう版各部のひずみ、たわみ、ひびわれ状況等の変化について調査した。繰返し載荷開始前と繰返し載荷開始後は繰返し数約 50 万回ごとに繰返し載荷を一時停止し静的載荷を行なって各種の測定を行なった。

なお、繰返し載荷における上限荷重 8.0 t は、この実験に用いた供試体の最弱断面である鋼板止端部断面のコンクリート引張縁に生ずるひびわれを、繰返し載荷開始当初からあまり過大なものとしないうような荷重範囲を考慮して定めたものである。

2.2 供試体

Aグループ（東邦天然ガス株式会社）、Bグループ（株式会社ショーボンド）のそれぞれについて、表-1に示す仕様の供試体を製作した。表-1に注記するごとく、鋼板接着時にコンクリートにひびわれが存在しないもの（I-N, P-N）と存在するもの（I-C, P-C）、および注入法によるもの（I）と圧着法によるもの（P）とを基本にし、40℃-6時間+20℃-42時間を基本とした。養生条件のちがいをみるための供試体は20℃-48時間養生のものと60℃-6時間+20℃-42時間養生のもの各2体にとどめた。いずれも、鋼板接着後材令2日（48時間）の時点を載荷実験開始の時とした。

鋼板を接着するための鉄筋コンクリート版の構造を図-1に示す。実橋の床版としてよく用いられる版厚を考慮して、版の総厚は18 cm とした。

鋼板接着長を鉄筋コンクリート版の支間全長（ $\ell = 120 \text{ cm}$ ）とせず、支間中央部 $\frac{2}{3}\ell$ 区間（接着長：80 cm）にとどめたのは、施工性の面から実橋の床版では床版支間に対する鋼板接着区間の幅の割合がこの程度になるものと想定したものである。

2.3 載荷方法

実験には橋梁研究室の能力 60 t（動的）/100 t（静的）のローゼンハウゼン型万能疲労試験機を使用した。試験機への供試体の設置の状態を図-2.1に示す。支承は一端ピン他端ローラー支承とした。

供試体への荷重は静的実験疲労実験ともすべて図-2.2(1)に示すような支間中央点1点荷重とした。I-C, P-C供試体に対する鋼板接着前の初期ひびわれ導入は、図2.2(2)のような2点荷重によった。これは、ひびわれをできるだけ支間全体に分散させることを意図したものである。

2.4 測定項目および測定方法

接着された鋼版面およびコンクリート圧縮縁のひずみと、版各部のたわみとを測定した。

ひずみ測点は供試体の種別に応じて図-3.1～図-3.3のように、また、たわみ測点は図3.4のように設けた。

これらの測定に用いた器機は表-2に示すとおりである。

3. 実験結果

3.1 材料試験結果

コンクリートの圧縮強度試験結果ならびに弾性係数を求めるために行なったひずみ測定結果をそれぞれ表-3および図-4に示す。これらより明らかなように、Aグループ、Bグループともコンクリートの圧縮強度（補強版実験時の材令における）は約300kg/cm²、弾性係数は300,000 kg/cm²であった。この実測弾性係数より、供試体のひずみおよびたわみの計算において、ヤング係数比nは、

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2100000}{300000} = 7$$

とした。

つぎに、接着材として用いた樹脂材料の強度試験結果を表-4（Bグループについては表-4および図-5）に示す。ここには床版の引張縁に鋼板を接着した合成構造において重要と考えられる。樹脂の引張強さ、引張せん断強さ等についてのみ示した。

3.2 供試体実験結果

表-5.1に静的実験結果の総括を、表-5.2に疲労実験結果の総括をかける。表-5.1に示す「破壊実験最大荷重」は、供試体の破壊状況にかかわらず各供試体について載荷し得た最大荷重である。繰返し載荷においては、繰返し数の増大とともに鋼板止端部断面におけるコンクリートのひびわれが次第にその大きさ（幅および長さ）を増したが、そのひびわれがかなり進むとその断面の剛性が低下し、あたかも鋼板止端部にヒンジを有するかのような変位（たわみ）を示し、そのままさらに繰返し載荷を続けるとその断面付近はスムーズな弾性挙動を示さなくなり、安定した繰返し載荷を継続することが困難となった。表-5.2に示す各疲労実験供試体の「繰返し数」は、供試体が上記のような状態にいたって繰返し載荷を停止した時の繰返し数である。

当初疲労実験用として予定していた供試体のうち数本の疲労実験を終った段階で、同一仕様の供試体でも上記のような状態に達するまでの繰返し数にかなりの差を生ずることがわかったため疲労に関してより多くのデータを得るため、当初静的実験を予定していた供試体6本を疲労実験用に変更した。

ひずみ、たわみの実測結果について、各種の相関を求めた。

図-6は初期ひびわれの有無別に、ひずみおよびたわみの状況を比較したものである。

図-7は静的実験供試体において測定した鋼板の幅方向のひずみ分布を示す。

図-8に、注入法と圧着法との工法別にひずみ、たわみの状況を比較した。

図-9は3種の養生条件についての比較である。

図-10 は、繰返し載荷にともなう鋼板およびコンクリート圧縮縁のひずみと版各部のたわみの支間方向の分布の変化を示したものである。繰返し載荷中途での測定は原則として繰返し数約50万回ごとに行なったので、繰返し数が50万回に達するまでに繰返し載荷を継続できなくなったものについては、繰返し載荷開始前 ($N=0$ 時) における測定結果のみを示してある。

図-11 は、供試体の主要点(支間中央断面および鋼板止端部付近の鋼板およびコンクリート圧縮縁)に注目し、繰返し載荷の進行にともなうひずみおよびたわみの変化を示したものである。

図-12 は、各供試体の初期載荷時 ($P=8t$) と最終状態における両側面のひびわれ状況を示す。

4. 実験結果の考察

表-5および図-6～図-12に示す実験結果ならびにそれより求めた各種相関について、供試体A、B両グループを比較すると両者に顕著な差異は認められないので、以下両者を一括して考察をすすめることとする。

(1) 補強された版の静的耐力

表-5.1 Aおよび表-5.1 Bより、鋼板接着により補強された版の静的耐力は、初期ひびわれの有無、施工法（注入法、圧着法）の相違にかかわらずほぼ同程度の値を示していることがわかる。そこで、無補強供試体（C-1、C-2）、補強供試体の別に静的破壊荷重の平均値を求めると、下表Aのようである。ただし、表-5.1 Aにおいて、載荷方法に問題のあったP-N-40-S1、P-N-40-S2の2体は平均値算出から除外した。

表-A 静的破壊荷重 (単位：t)

グループ	A	B
無補強供試体	$\left. \begin{array}{c} 14.6 \\ 13.5 \end{array} \right\} 14.0$	$\left. \begin{array}{c} 15.0 \\ 14.6 \end{array} \right\} 14.8$
補強供試体	$\left. \begin{array}{c} 14.4 \\ 14.0 \\ 13.0 \\ 13.5 \end{array} \right\} 13.7$	$\left. \begin{array}{cc} 13.3 & 14.5 \\ 12.2 & 13.0 \\ 12.8 & 14.2 \\ 13.5 & 14.0 \\ 15.3 & 12.3 \\ 13.0 & 13.8 \end{array} \right\} 13.5$

表-B 静的破壊荷重における計算応力度 (単位：kg/cm²)

断面	グループ 供試体 破壊荷重 (t)	A		B	
		無補強	補強	無補強	補強
		P = 14.0	P = 13.7	P = 14.8	P = 13.5
支間中央	σ_{c1}	433	181	457	178
	σ'_{c1}				
	σ_{s1}	6.620	723	6.980	713
	σ_{p1}		1,380		1,360
鋼板止端部	σ_{c2}	144 (77)	141 (75)	152 (78)	139 (71)
	σ'_{c2}	(-77)	(-75)	(-78)	(-71)
	σ_{s2}	2,027 (288)	2,160 (282)	2,327 (304)	2,124 (277)

注1) ()内数値は、コンクリートの全断面が有効と仮定した場合

注2) □ は破壊に対して支配的であったと考えられる応力

注3) JISによる棒鋼SD-30の破壊強度は4,900~6,300 kg/cm²

表-Aによれば、結果的には無補強供試体の方が補強供試体よりもわずかながら大きな破壊荷重となっているが、両者の破壊状況がまったく異なること、すなわち、無補強供試体は曲げモーメントが最大の支間中央付近断面において曲げ破壊したのに対し、補強供試体はすべて鋼板止端部付近の無補強部断面で破壊していることに注意する必要がある。表-Aの平均破壊荷重に対する供試体各部の計算応力度は表-Bのとおりであるが、補強供試体では鋼板止端部の無補強断面におけるコンクリート引張縁にまずひびわれが生じたのち、載荷重の増大とともにそのひびわれが急増して、あたかも左右鋼板止端部にヒンジが形成されたような変形をともなっており最終状態に至っている。表-Bからも明らかなように、鋼板が接着された支間中央部は明らかに耐荷力が増大したかわりに、最弱断面が鋼板止端部に移り、そこにひびわれが集中したためにその部分だけ荷重作用下における変形曲線の曲率が大きくなって曲げ耐荷力の低下をきたしそこで破断するに至った。変形曲線の曲率が大きいほど曲げ耐荷力が低下することは定性的にはよく知られているところであるが、曲率と強度との定量的な関係についてはまだよくわかっていない。したがって、この点については計算を行なってたしかめることができなかった。なお、無補強断面におけるコンクリートのせん断応力度(計算値)は、 $P=141$ 載荷時(支間中央1点載荷)において $\tau_c \approx 17 \text{ kg/cm}^2$ で、これはコンクリートの圧縮強度($\sigma_{cu} \approx 300 \text{ kg/cm}^2$)から推定されるせん断強度 $\tau_{cu} \approx 30 \text{ kg/cm}^2$ (圧縮強度の1/10程度)とくらべて十分余裕があることから、今回の補強供試体の鋼板止端部における破壊は、せん断よりも曲げが支配的となったものと考えられる。

以上のことから、鋼板接着による床版補強を行なう場合、鋼板が接着された部分の耐荷力は明らかに増大するが、鋼板止端部で変形の曲率が大きくなりやすくこの点が弱点となるので、版に作用する曲げモーメントが十分に小さい位置まで鋼板止端部をのばすよう配慮すべきことが示唆される。

版の支間に対する鋼板接着区間の長さを種々にかえた供試体について比較実験を行なえばこの点は明瞭になると思われるが、今回は支間部2/3区間を補強したものについて実験したのみで、支間長に対する補強区間の割合と耐荷力との関連を明らかにすることはできなかった。この点については、今後さらに実験的にたしかめる必要があろう。

(2) 補強時におけるひびわれ(初期ひびわれ)の有無による版の挙動のちがいを

図-6において、注入法、圧着法のいずれの供試体についても、初期ひびわれの有無によるひずみまたはたわみの差異は認めがたい。しかし、図-12のひびわれ状況をみると、初期ひびわれのない場合の方が初期ひびわれのある場合よりもひびわれが鋼板止端部に集中的に生じている傾向が明らかで、この点だけが両者の挙動における差異といえる。鋼板接着による床版補強を設計するに際しては、このように、初期ひびわれのない場合の方が鋼板止端部におけるひびわれ集中度が一層顕著であるという事実を一応念頭においたうえで適正な補強区間を考える必要があるといえよう。

つぎに、図-6のひずみ分布について実測値と計算値とを比較すると、コンクリート圧縮縁

の実測ひずみはほぼ計算値と同程度であるのに対し、鋼板の実測ひずみは計算値の約70%程度となっている。これは、すでにのべたように鋼板止端部付近の非補強部断面のコンクリートに集中的なひびわれが生じたことで、鋼板接着部の応力が一部解放されたためと推測される。既存の鉄筋コンクリート床版を現行の1等橋の設計軸荷重81に対して安全のように補強するのに必要な鋼板厚は通常1~2mm程度であるのに対し、施工面からはあまり薄いものは施工しにくく、一般には3.6mm以上の鋼板が用いられており、断面としてはかなり余裕のある鋼板が用いられるのが普通である。したがって、図-6の実測値にみられる程度の鋼板の作用効率の低下があっても、設計計算にあたっては、接着された鋼板は既存の鉄筋コンクリート版と合成作用するものと仮定して差支えないものと考えられる。また、初期ひびわれの有無にかかわらず、断面計算は引張側コンクリート断面を無視する通常の鉄筋コンクリート部材としての計算を行なうてよいといえよう。

(3) 注入法と圧着法とによる補強版の挙動のちがい

図-8において、注入法による供試体と圧着法による供試体の静的荷重のもとにおけるひずみ、たわみを比較すると、両者の差異はほとんど認められない。また、図-10、図-11に示す繰返し荷重のもとでのひずみやたわみの変動について比較しても、注入法によるものと圧着法によるものとの差異は明瞭でない。破壊荷重についても両者にほとんど差がないことはすでに(1)に示したとおりである。なお、圧着法において用いられるアンカーボルトはずれ止めとしての働きをし、そのために注入法によってつくられたアンカーボルトをもたないものとは多少異なった挙動(応力、変形、耐力)を示すことが予想されたため、今回はボルトのこのようなジベル作用を排除し、樹脂との付着によってのみ合成された状態で注入法、圧着法両工法によるものの比較ができるように、圧着法による供試体の製作には埋込みボルトは使用せず、フレームを用いて鋼板をコンクリート版に押えつける方法を用いたことを付記しておきたい。

以上のように、注入法によるものと圧着法によるものとの挙動の差異は認められないので、両者についてとくに設計法をかえる必要はなく、いずれも(2)にのべたような通常の鉄筋コンクリート部材としての断面計算により補強の設計を行なうことができるものと考えられる。

(4) 養生条件による強度のちがい

今回の供試体製作にあたって用いた3種の養生条件(鋼板接着後6時間の養生温度を20°、40°、60°Cとし、その後は樹脂の材令48時間までいずれも20°Cとしたもの)について比較した図-9にみるかぎり、これらの養生条件のちがいによるひずみやたわみの差異はとくに認められない。

Bグループの供試体に用いた樹脂の試験結果図-5.1Bにおいて、材令1日未満のようなとくに若い材令においては養生温度による強度や弾性係数のちがいがきわめて大きいものの、材令2日程度ではこれらの差がかなり縮まる傾向がみられることから、今回の実験に用いた供試体では、樹脂の材令6時間までの養生温度のちがいは材令2日の実験時においては影響をもた

らさなかったものと考えられる。

材令1日未満といったようなとくに若い材令においては、養生温度による樹脂の性状のちがいが大きいので、このような材令においては鋼板を接着した版の挙動のうえにも何らかの差異が現われることも考えられる。

(5) 鋼板接着により補強された版の疲労強度

図-10、図-11において繰返し載荷の進行にともなうひずみ、たわみの変動をみると、局部的に多少の変動はあるものの、定まった傾向は認められない。たわみについては、たとえば図-10、9Bに示す供試体1-N-40-F2のように繰返しがある程度進んだ時点で異常な変化を示しているものがあるが、これは、鋼板止端部の無補強部コンクリートのひびわれが極度に増大し、あたかもそこにヒンジが形成されたかのような変形を示したもので、その時点での鋼板のひずみは繰返し載荷初期における値よりかなり減少している(図-11.1B)。このように、繰返し載荷の進行にともなって生じているひずみやたわみの変動は、鋼板止端部におけるひびわれの生成がその主因になっているものと考えられる。

静的載荷実験および疲労実験のいずれにおいても、鋼板と樹脂または樹脂とコンクリートとの界面における剥離あるいは樹脂自体のせん断破壊はみられなかった。P=8t 載荷時におけるコンクリート～樹脂界面におけるせん断応力度(計算値)は約 8 kg/cm^2 、破壊荷重P=14t のもとでも約 14 kg/cm^2 であったのに対し、表-4にみられるとおり樹脂の引張せん断強度※は少なくとも 100 kg/cm^2 と、かなり応力の余裕があったことから、当然のことと思われる。しかし、たとえば図-5.1Bの例にもみられるように、樹脂の材令が数時間ないし数十時間で、かつ環境温度が低いときには樹脂の強度がきわめて小さいので、そのような時点で荷重をうけると剥離などせん断による破壊が起りうると考えられる。実際の施工にあたっては、用いる樹脂材料の温度～強度特性を十分把握したうえで、適切な養生方法あるいは交通規制について配慮する必要がある。

以上のように、今回の実験に用いた供試体は実橋の床版における施工性を考慮して、版厚、鋼板接着区間、鋼板厚等のプロポーションを定めたうえ、樹脂の強度がかなり増進した樹脂材令2日に載荷実験を開始したこともあって、接着部は弱点とはなりえず、鋼板止端部における曲げが破壊に対して支配的となったために、接着部の疲労耐力そのものについてはたしかめることができなかった。しかし、少なくとも今回実験した供試体については、破壊は鋼板止端部におけるひびわれの発生が決定的なものとなっており、いわゆる疲労による直接的な破壊はなかったと判断される。

接着部のせん断疲労強度をたしかめるには、たとえば支点近傍まで鋼板接着を行なって中間部の弱点をなくした供試体などを用いて実験する必要がある。

※右図のような試験片による値



5. 結 論

鋼板接着による床版補強について、幅 35 cm，支間 120 cm，厚さ 18 cm の鉄筋コンクリート版の支間部 $\frac{2}{3}$ 区間に幅 30 cm，厚さ 6 mm の鋼板を接着した供試体による静的載荷実験と疲労実験を行なった結果、つぎのことが明らかになった。

- (1) 今回実験した供試体では、鋼板を接着した部分の曲げ耐力は明らかに増大したが、鋼板止端部（補強部と非補強部の境界部）に応力が集中して大きなひびわれを生じ、結果的には無補強の供試体と同程度の荷重（支間中央 1 点載荷、 $P=14\sim15\text{ t}$ ）で破壊に至った。このように鋼板接着により補強された部分と非補強部分との境界部では変形の曲率が大きくなって曲げ耐力が低下するので、鋼板は作用断面力の大きさに十分安全な位置まで覆うようにその寸法をきめることが必要と思われる。
- (2) 鋼板接着時にすでにひびわれがかなり生じている状態とひびわれがほとんどない状態とで、鋼板接着補強後の版のひずみ、たわみの状態、耐力に本質的な差異は認められなかった。ひずみやたわみは、鋼板が既存の鉄筋コンクリート版と合成作用するものとし、引張側コンクリート断面を無視して行なった通常の鉄筋コンクリート部材としての計算値に比較的良好一致している。したがって補強の設計は、接着された鋼板は既存の鉄筋コンクリート版と合成作用すると考えて通常の鉄筋コンクリート部材としての計算によってよいと思われる。
- (3) 注入法により鋼板を接着したものと、圧着法により鋼板を接着したものとで、そのひずみ、たわみの状態、耐力には本質的な差異は認められなかった。
- (4) 養生条件として今回実験した 3 種（鋼板接着後 6 時間の養生温度を 20° 、 40° 、 60°C とし、その後は樹脂の材令 48 時間まではいずれも 20°C としたもの）についてみるかぎり、ひずみやたわみの状態、耐力における明瞭な差異は認められなかった。養生条件のちがいによる影響は、樹脂材令が数時間といったとくに若い材令において現れることが考えられる。
- (5) 荷重振幅 $2.0\sim8.0\text{ t}$ ，鋼板およびコンクリート圧縮縁における応力振幅がそれぞれ $202\sim804\text{ kg/cm}^2$ （振幅約 600 kg/cm^2 ）および $26\sim105\text{ kg/cm}^2$ （振幅約 80 kg/cm^2 ）の繰返し載荷を行なったところ、いずれの供試体も鋼板止端部のコンクリートのひびわれの増大による変形が増大して最終状態にいたったが、その間に、接着部の剝離や樹脂のせん断破壊は起らなかった。すなわち、繰返し載荷による変形の増大はあったものの、疲労による鉄筋や鋼板の破断あるいは接着部のせん断破壊など直接的な疲労破壊は生じなかった。

接着部のせん断強度をさらに十分たしかめるためには、たとえば支点近傍まで鋼板をのばして鋼板止端部での破壊が先行しないようにした供試体による実験などを行なう必要があろう。

結 言

今回の実験で用いた供試体は、コンクリート版の支間中央部 $\frac{2}{3}$ 区間に鋼板接着による補強を施したもののみであったため、支間長に対する補強区間の割合を変えることによって耐力がどの

ように変わるかについてはたしかめることができなかった。しかし、今回の実験結果が示すように、曲げモーメントの大きな支間中央部²/₃の区間を補強したにもかかわらず、破壊荷重が無補強のものとはほとんど同一かむしろやや下まわったという事実は、鋼板を接着する位置が適切かどうかによってこの工法による床版補強の成否が左右されることを示唆しているといえよう。鋼板接着位置の問題は、今後調査すべき重要課題の一つといえる。

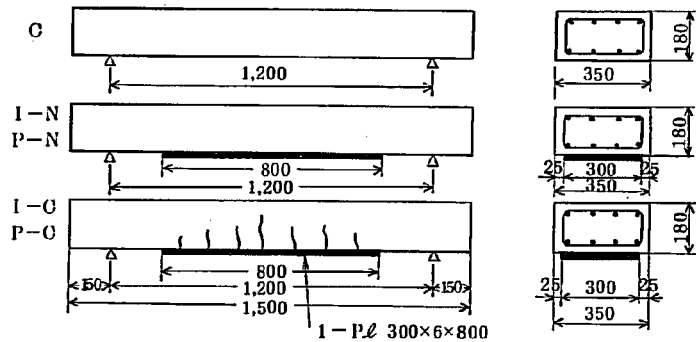
昨今の交通事情のもとでは、床版補強工事を完全な交通遮断下において行なうことは困難な場合が多く、かりに大型車だけでも規制するとしても、規制しうる時間は1日当り数時間程度の場合が多いと考えられる。そのような場合には、今回実験したものの樹脂の材令よりもさらに若材令で荷重を受けることになるので、そのような若材令期における合成効果、耐力などについてもたしかめておく必要がある。

おわりに、今回の実験にあたり、供試体の製作・鋼板接着後の養生管理等について御協力いただいた東邦天然ガス株式会社および株式会社ジョーボンドの関係者各位に対し謝意を表する次第である。

表-1 供試体の種類

養生条件 供試体の種類		20°C×48hr	40°C×6hr +20°C×42hr	60°C×6hr +20°C×42hr
銅板なし			C-1 C-2	
銅板接着	注入法	I-N-20-S1 I-N-20-S2	I-N-40-S1, I-N-40-F1 I-N-40-S2, I-N-40-F2 I-C-40-S1, I-C-40-F1 I-C-40-S2, I-C-40-F2	I-N-60-S1 I-N-60-S2
	圧着法		P-N-40-S1, P-N-40-F1 P-N-40-S2, P-N-40-F2 P-C-40-S1, P-C-40-F1 P-C-40-S2, P-C-40-F2	

合計 { 銅板なし供試体 : 2
銅板接着供試体 : 20



記号の説明

「例」 施工法 { I : 注入法
P : 圧着法 } 静的, 疲労の別 { S : 静的
F : 疲労 }

I-N-40-S1 供試番号 { 1 : 1本目
2 : 2本目 }

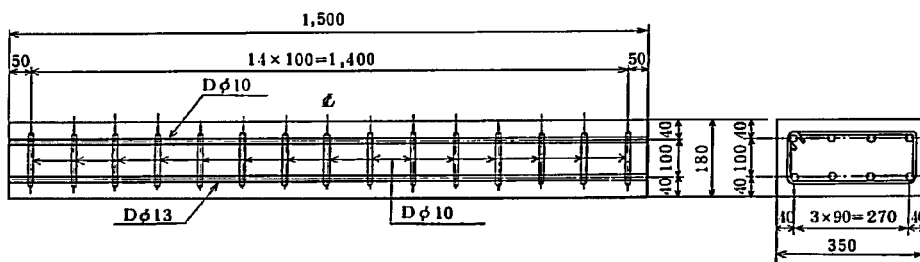
養生条件 { 20 : 20°C 48時間
40 : 40°C 6時間 + 20°C 42時間
60 : 60°C 6時間 + 20°C 42時間 }

版の状態 { N : 初期クラックなし
C : 初期クラックあり }

(上例の場合は「初期クラックなしの版に注入法で銅板を接着し, 40°Cで6時間, 20°Cで42時間養生した静的試験用供試体の1本目」を意味する。)

表 - 2 計測器等の規格

分 類		機 器 規 格				
ひずみ 計測関係	ストレーンゲージ	メーカ－	共和電業	共和電業	東京測器	
		ゲージ長	6 mm	10 mm	60 mm	
		抵 抗 値	120.3Ω±0.3 (ゲージ率201)	120.2Ω±0.3 (ゲージ率207)	120Ω±0.3 (ゲージ率212)	
		ベースの種類	ポリエステル KP-6-A1-11	ポリエステル KP-10-A1-11	ポリエステル PL-60-11	
	接 着 剤		PC-12	PC-12	PC-12	
	静的測定器	ジャンクションボックス	SJ-4C 共和電業製			
		スイッチボックス	SS-24J 共和電業製			
		ひずみ測定器	SM-60AT 共和電業製			
たわみ 計測関係	ダイヤルゲージ	メーカ-及び性能	0.01mm - 30mm D-30S 丸東製作所製			
リード線	0.75mm ² ビニール被覆線					



鉄筋

コンクリート

用途	呼び名	材質
主鉄筋	D13	SD30
スターラップ	D10	SD30

粗骨材 最大寸法 (mm)	W/C (%)	W (kg/m ³)	C (kg/m ³)	S/A (%)	S (kg/m ³)	G (kg/m ³)	スラップ の範囲 (cm)
20	55	184	335	46	750	960	7.5±1.0

図-1 供試体構造図(鉄筋コンクリート版)

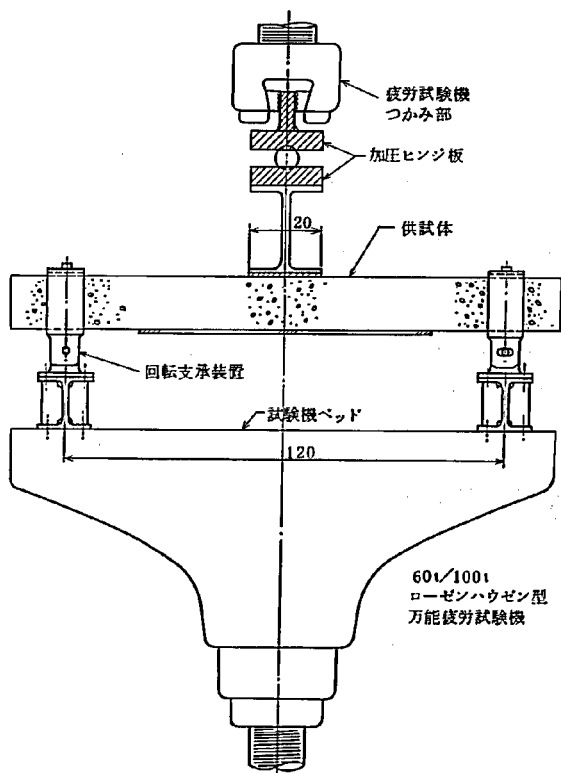


図-2.1 荷 荷 方 法

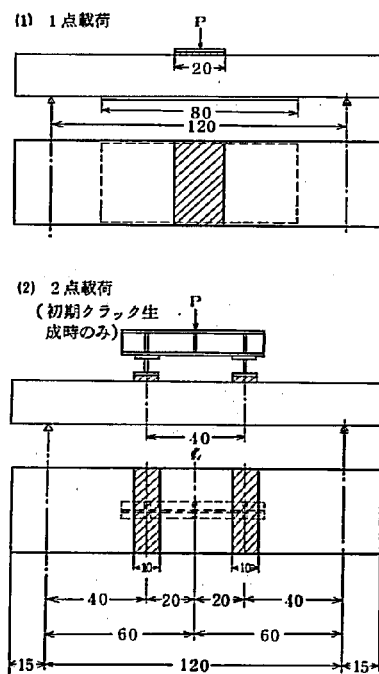


図-2.2 荷 荷 方 法

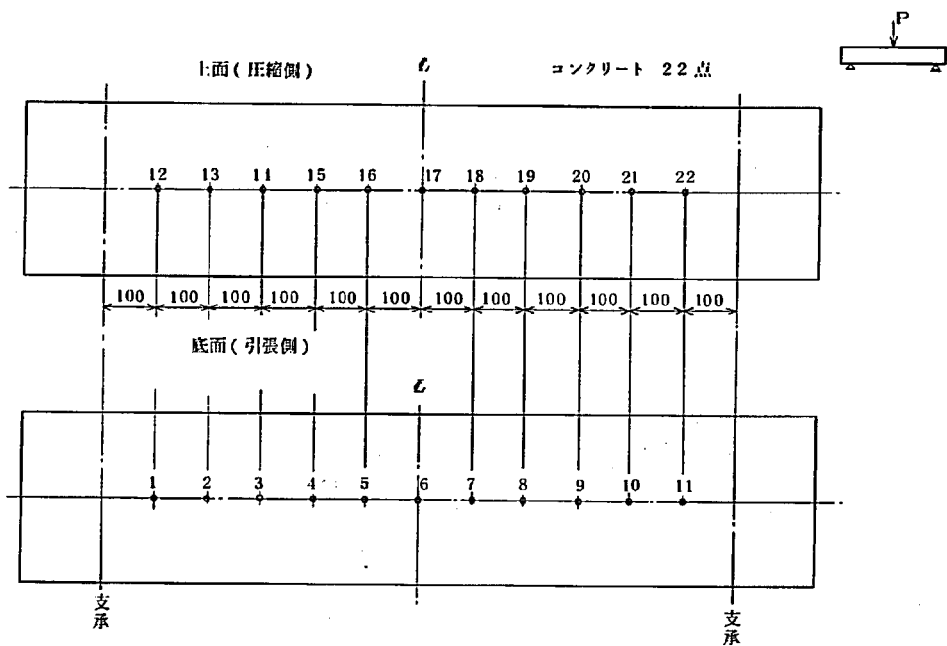


図-3.1 ひずみ測点配置 (C-1, C-2)

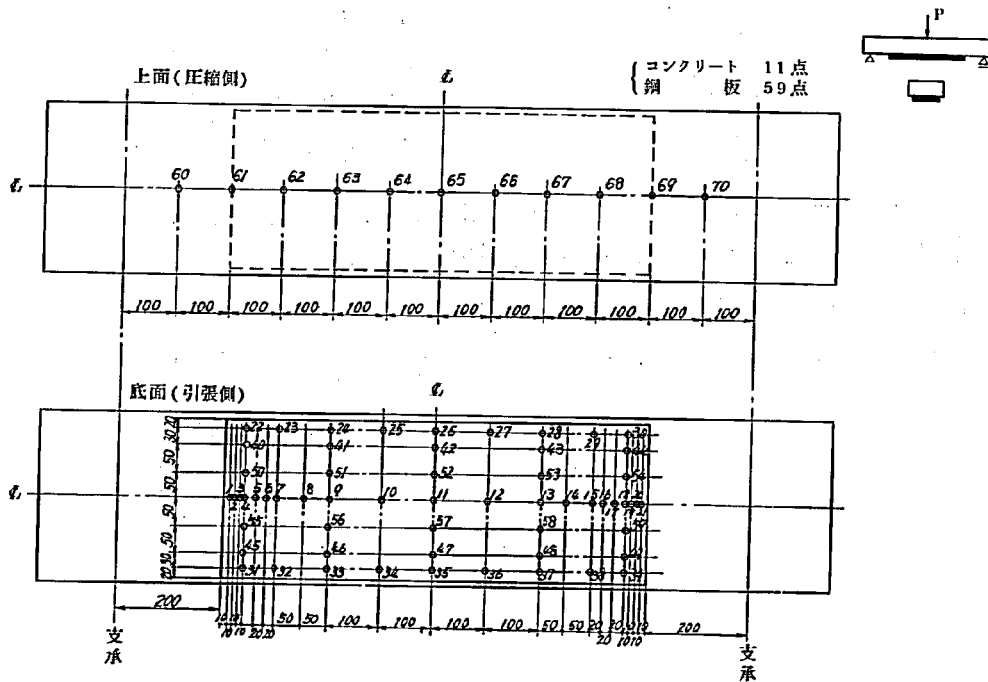


図3-2 ひずみ測点配置 (静的試験供試体, S)

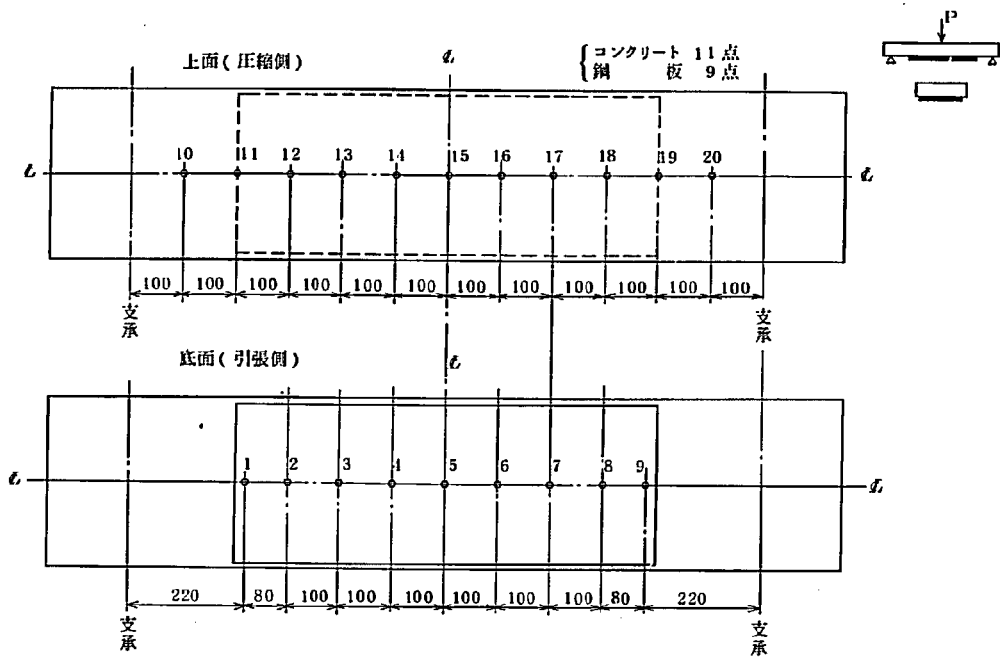


図-3・3 ひずみ測点配置 (疲労試験供試体, F)

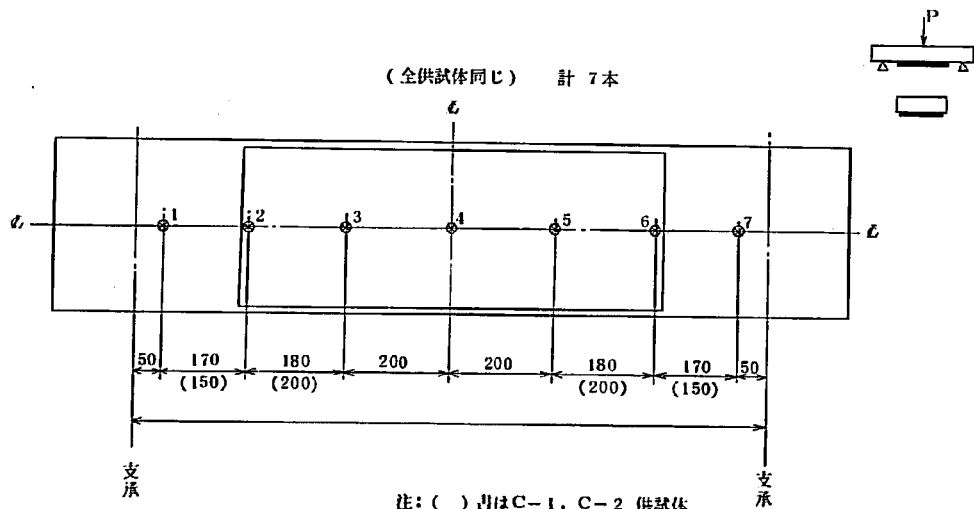


図-3・4 たわみ測点配置

供試体・グループA 実験結果

表-3A コンクリートの圧縮強度試験結果

試料	重量 (kg)	破壊荷重 (t)	圧縮強度 (kg/cm ²)	(平均)
1	12.45	62.4	353	297
2	12.45	62.6	356	
3	12.45	56.8	321	
4	12.40	55.2	312	
5	12.50	60.7	342	
6	12.45	60.0	338	
7	12.45	59.5	337	
8	12.40	59.2	333	
9	12.40	57.1	322	
10	12.25	36.5	207	
11	12.25	35.0	198	
12	12.35	46.2	261	
13	12.35	50.1	283	
14	12.35	48.1	275	
15	12.35	45.0	255	
16	12.30	55.3	312	
17	12.50	52.2	294	
18	12.35	45.0	254	

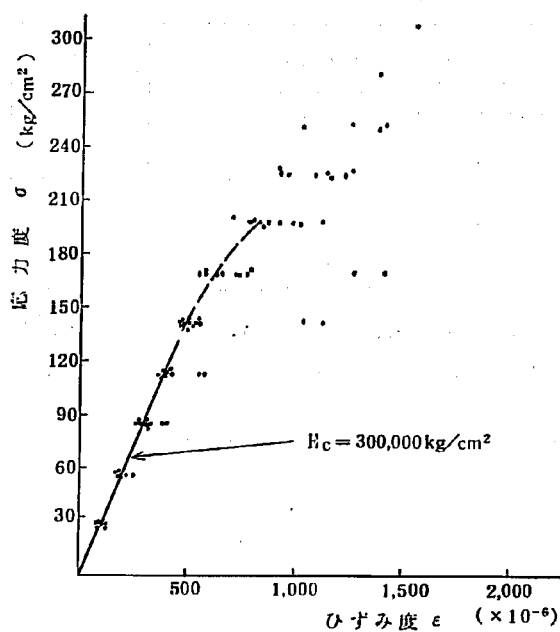


図-4 A 応力~ひずみ

表-4A 接着材の強度試験結果

(東邦天然ガス株式会社による)

(単位: kg/cm²)

接着材の種類	項目	養生条件		
		20°C-48時間	(40°C-6時間)+(20°C-42時間)	(60°C-6時間)+(20°C-42時間)
注入用 (トーホーダイト) (EPX-3S)	引張強さ	285	304	312
	引張せん断強さ※	138	152	161
	曲げ強さ	464	525	552
	圧縮弾性係数	3.56×10^4	4.15×10^4	4.40×10^4
圧着用 (トーホーダイト) (EPX-1S)	引張強さ	271	302	318
	引張せん断強さ※	140	154	158
	曲げ強さ	503	605	625
	圧縮弾性係数	3.10×10^4	3.62×10^4	3.80×10^4

注) 上記の値は、少なくとも3個の供試体による試験結果の平均値である。

※引張せん断強さ試験法

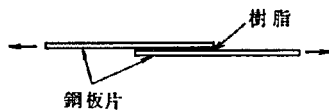


表-5.1A 実験結果総括(静的実験)

供試体 ¹⁾	弾性荷重実験(P: ton)	破壊実験最大荷重(ton)	摘 要
C-1	P=0→2→4→6→8→0 3回繰返し	14.6	破断点: 支間中央付近
C-2	"	13.5	"
I-N-20-S1	"	14.4	破断点: 鋼板止端部
" -S2	"	14.0	"
P-N-40-S1	P=0→5→10→0→10→0→10→0	10.0 ²⁾	"
" -S2	P=0→5→11→0→5→10→11→0→5→10→11→0	11.0 ²⁾	"
I-N-60-S1	P=0→2→4→6→8→0 3回繰返し	13.0	"
" -S2	"	13.5	"

注) 1) 上記8体の供試体のほかI-N-40-S1, I-N-40-S2, I-C-40-S1, I-C-40-S2, P-C-40-S1, P-C-40-S2, の6体も静的実験を行なう計画であったが、疲労に関するデータをより多くするため、これら6体は疲労実験に付した。

2) 急激な荷重を行なったため比較的低荷重で鋼板止端部に集中的な破壊を生じた。

表-5.2 A 実験結果総括(疲労実験)

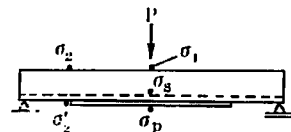
供試体 ¹⁾	荷重振幅 $P_{min} \sim P_{max}$ (t)	計算応力度 (kg/cm^2) ²⁾		実測応力度 (kg/cm^2) ⁴⁾		繰返し数 $N(\times 10^4)$	摘 要
		鋼材 ²⁾	コンクリート ³⁾	鋼材 ²⁾	コンクリート ³⁾		
I-N-40-F1	2.0~8.0	$\sigma_s = 105 \sim 422$ $\sigma_p = 202 \sim 804$	$\sigma_1 = 26 \sim 105$ $\sigma_2 = 21 \sim 82$ $\sigma_2' = 11 \sim 42$	$\sigma_p = 412$ ~ 1239	$\sigma_1 = 24 \sim 95$ $\sigma_2 = 26 \sim 77$	227	鋼板止端部のコンクリートのトラッキング増大
"-F2	"	"	"	$\sigma_p = 101$ ~ 592	$\sigma_1 = 25 \sim 86$ $\sigma_2 = 12 \sim 57$	40	"
I-N-40-S1	2.0~9.0	$\sigma_s = 105 \sim 475$ $\sigma_p = 202 \sim 905$	$\sigma_1 = 26 \sim 118$ $\sigma_2 = 21 \sim 92$ $\sigma_2' = 11 \sim 47$	$\sigma_p = 166$ ~ 678	$\sigma_1 = 24 \sim 89$ $\sigma_2 = 14 \sim 55$	180	"
"-S2	2.0~8.0	$\sigma_s = 105 \sim 422$ $\sigma_p = 202 \sim 804$	$\sigma_1 = 26 \sim 105$ $\sigma_2 = 21 \sim 82$ $\sigma_2' = 11 \sim 42$	$\sigma_p = 269$ ~ 1037	$\sigma_1 = 22 \sim 86$ $\sigma_2 = 14 \sim 60$	144	"
I-C-40-F1	"	"	"	$\sigma_p = 143$ ~ 594	$\sigma_1 = 37 \sim 127$ $\sigma_2 = 17 \sim 61$	82.6	"
"-F2	"	"	"	$\sigma_p = 162$ ~ 704	$\sigma_1 = 26 \sim 100$ $\sigma_2 = 19 \sim 63$	250	"
I-C-40-S1	"	"	"	$\sigma_p = 252$ ~ 899	$\sigma_1 = 24 \sim 94$ $\sigma_2 = 15 \sim 64$	208	"
"-S2	"	"	"	$\sigma_p = 315$ ~ 1193	$\sigma_1 = 33 \sim 113$ $\sigma_2 = 15 \sim 77$	8	"
P-N-40-F1	"	"	"	$\sigma_p = 433$ ~ 1094	$\sigma_1 = 33 \sim 115$ $\sigma_2 = 13 \sim 60$	210	"
"-F2	"	"	"	$\sigma_p = 361$ ~ 1359	$\sigma_1 = 18 \sim 80$ $\sigma_2 = 21 \sim 78$	122.6	"
P-C-40-F1	"	"	"	$\sigma_p = 229$ ~ 983	$\sigma_1 = 25 \sim 97$ $\sigma_2 = 15 \sim 70$	66	"
"-F2	"	"	"	$\sigma_p = 193$ ~ 718	$\sigma_1 = 25 \sim 92$ $\sigma_2 = 13 \sim 50$	168	"
P-C-40-S1	"	"	"	$\sigma_p = 378$ ~ 1243	$\sigma_1 = 21 \sim 90$ $\sigma_2 = 14 \sim 63$	132	"
"-S2	"	"	"	$\sigma_p = 328$ ~ 1239	$\sigma_1 = 25 \sim 92$ $\sigma_2 = 18 \sim 69$	205	"

注) 1) I-N-40-S1, I-N-40-S2, I-C-40-S1, I-C-40-S2, P-C-40-S1, P-C-40-S2 の6体は静的実験用に計画していたものを疲労実験用に繰替え

2) σ_s : 支間中央断面における鉄筋の応力度
 σ_p : " 鋼板 " } 計算において, $\frac{E_s}{E_c} = n$ の値は図-4Aより $n=7$ とする。

3) σ_1 : 支間中央断面圧縮縁のコンクリート応力度
 σ_2 : 鋼板止端部断面圧縮縁の " "
 σ_2' : " 引張縁の "

4) 実測応力度はいずれも実測最大値を示す。



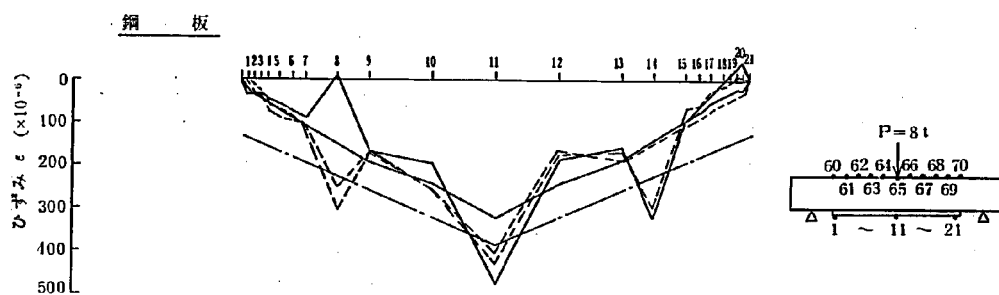
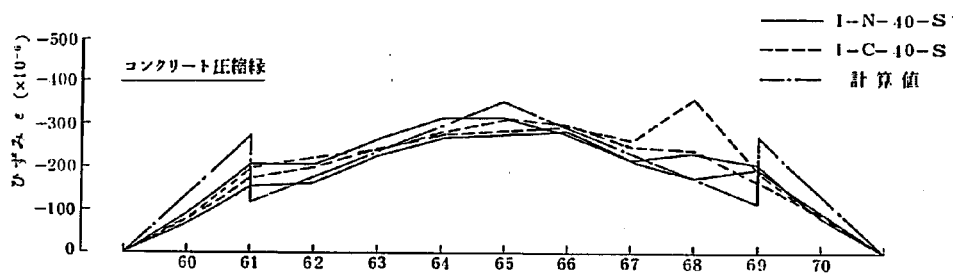


図-6.1 A ひびわれの有無によるひずみの比較(注入法)

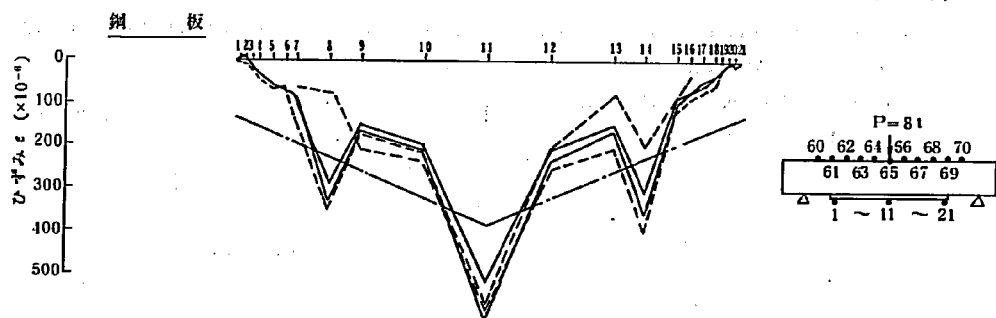
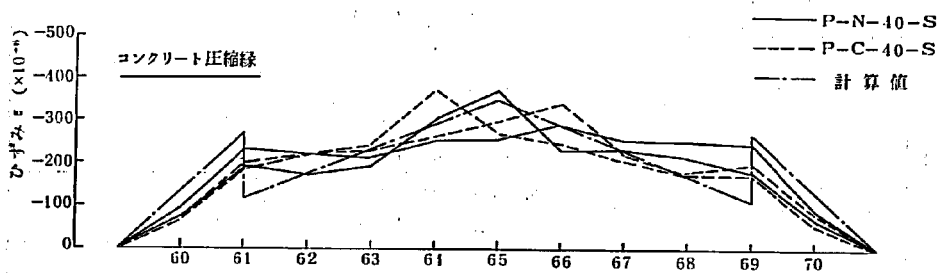


図-6.2 A ひびわれの有無によるひずみの比較(圧着法)

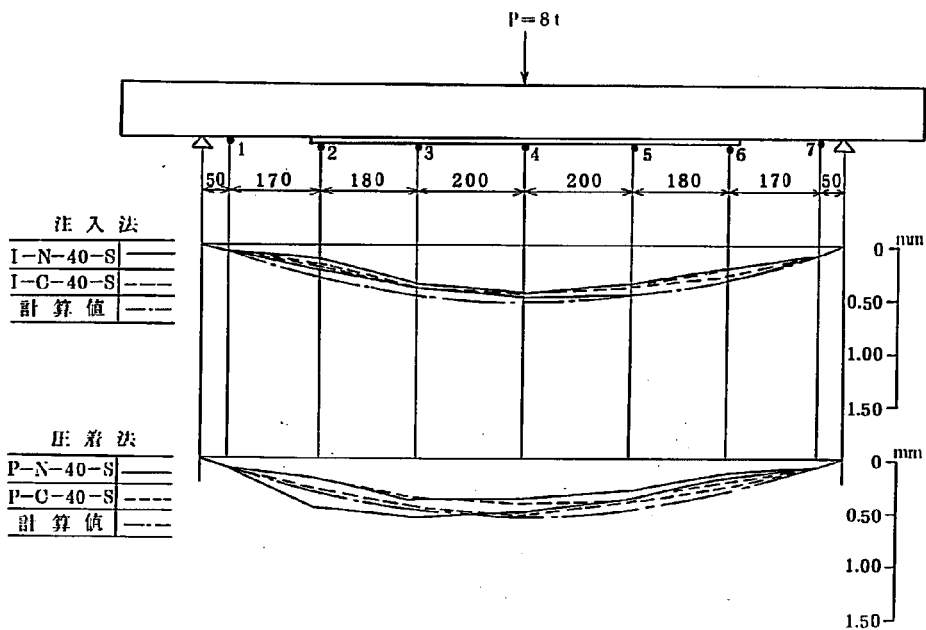


図 6.3 A ひびわれの有無によるたわみの比較

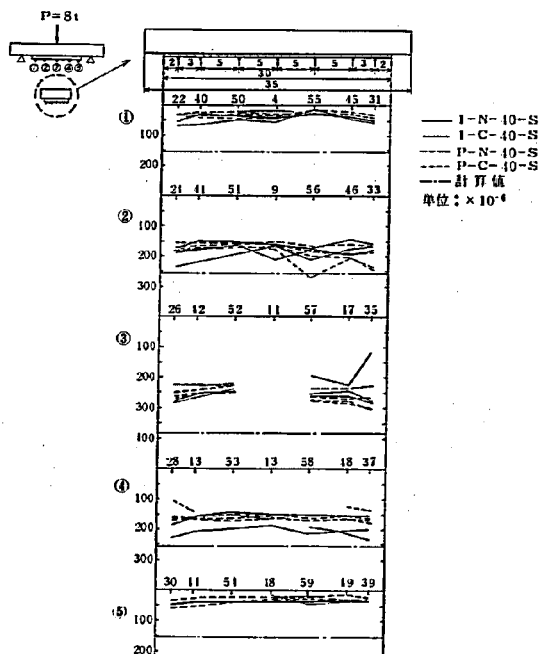


図-7 A 鋼板の幅方向のひずみ分布

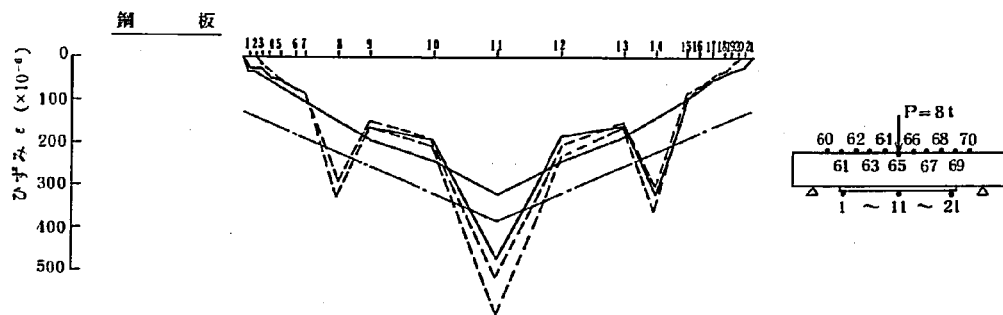
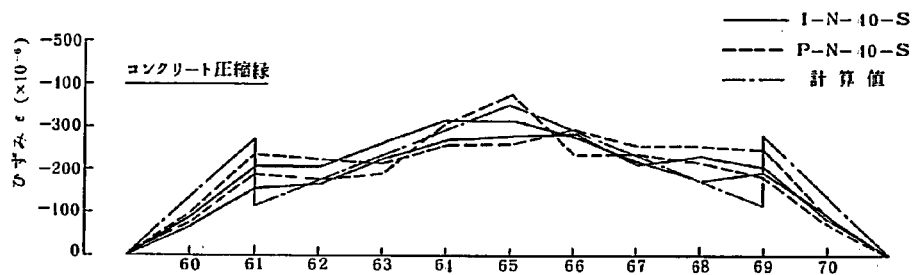


図-8.1 A 注入法と圧着法との相違によるひずみの比較 (N 供試体)

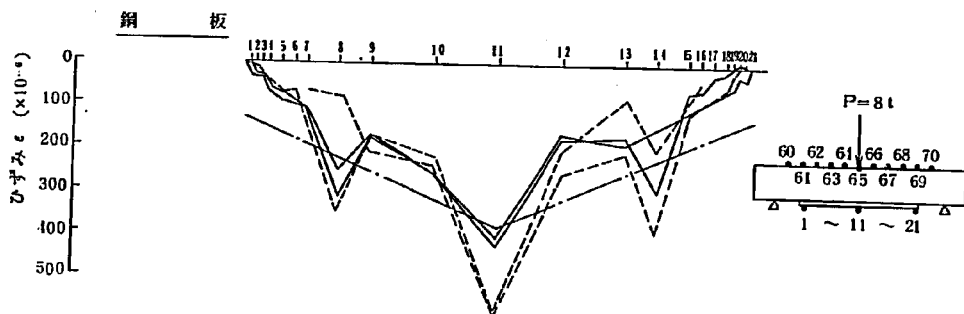
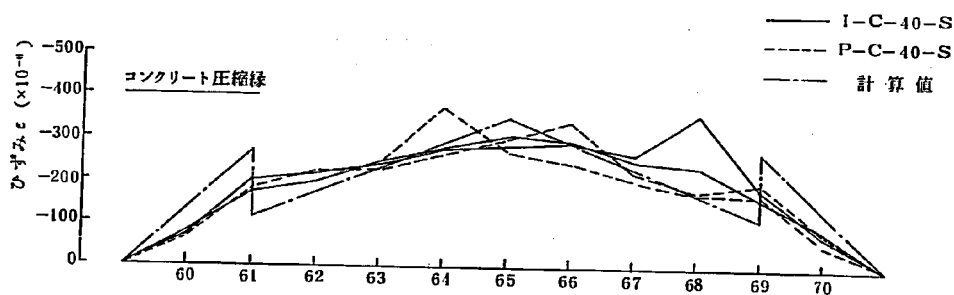


図-8.2 A 注入法と圧着法との相違によるひずみの比較 (C 供試体)

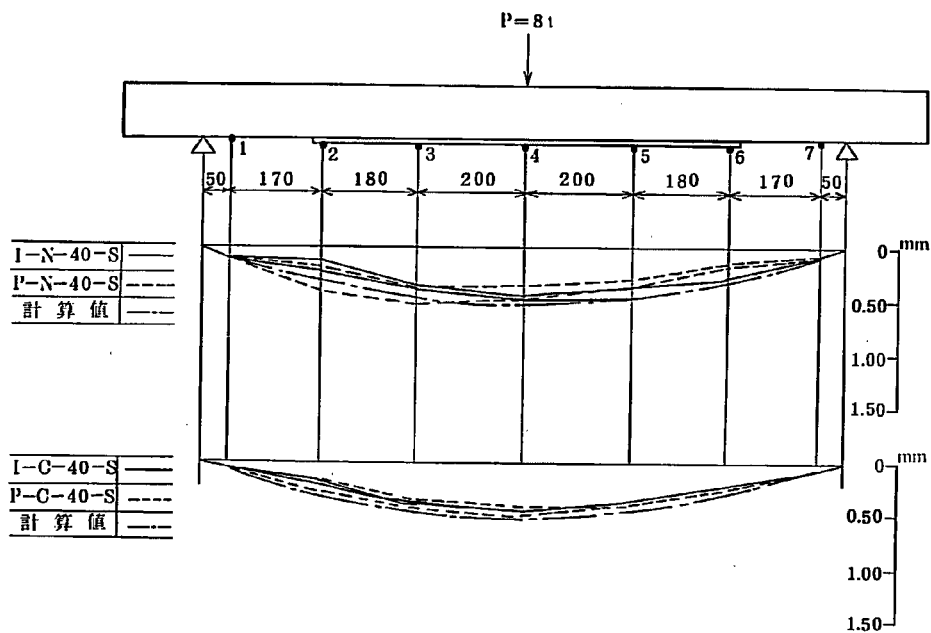


図 8.3 A 注入法と圧着法との相違によるたわみの比較

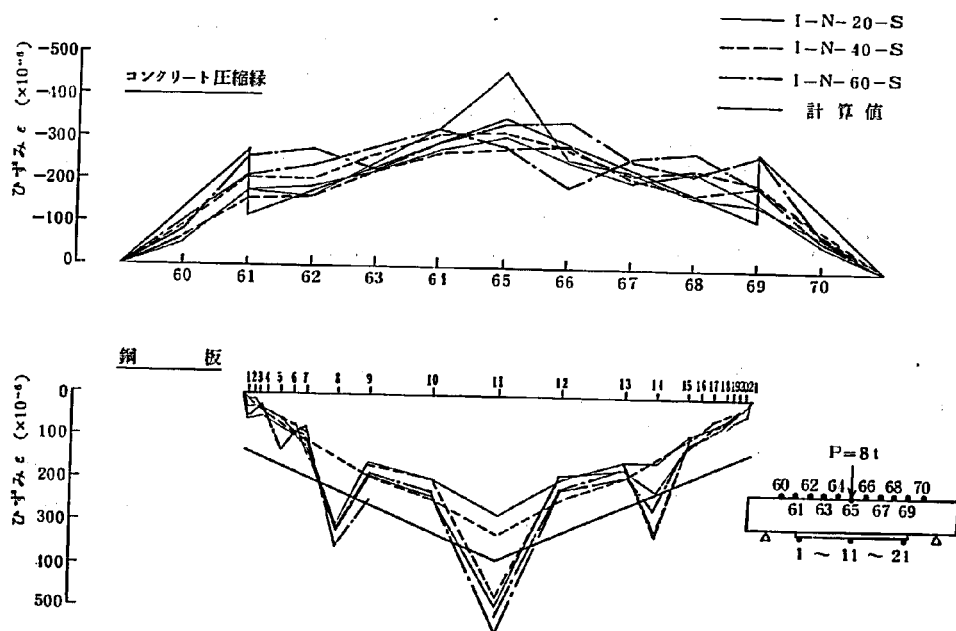
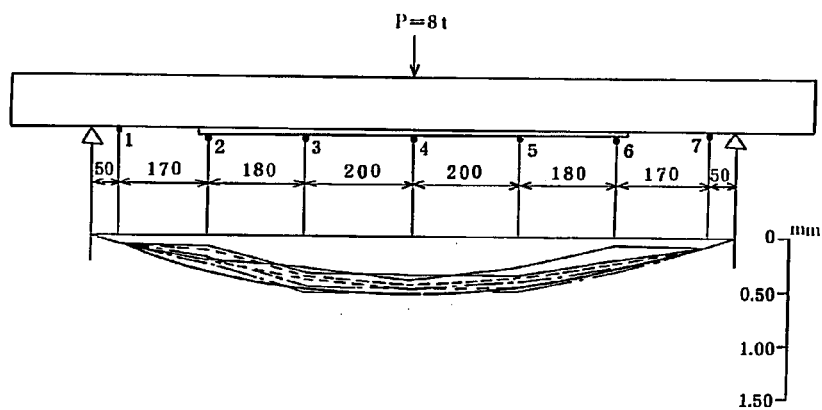


図-9.1 A 養生条件の相違によるひずみの比較



I-N-20-S	—
I-N-40-S	---
I-N-60-S	----
計算値	—

図 9.2 A 養生条件の相違によるたわみの比較

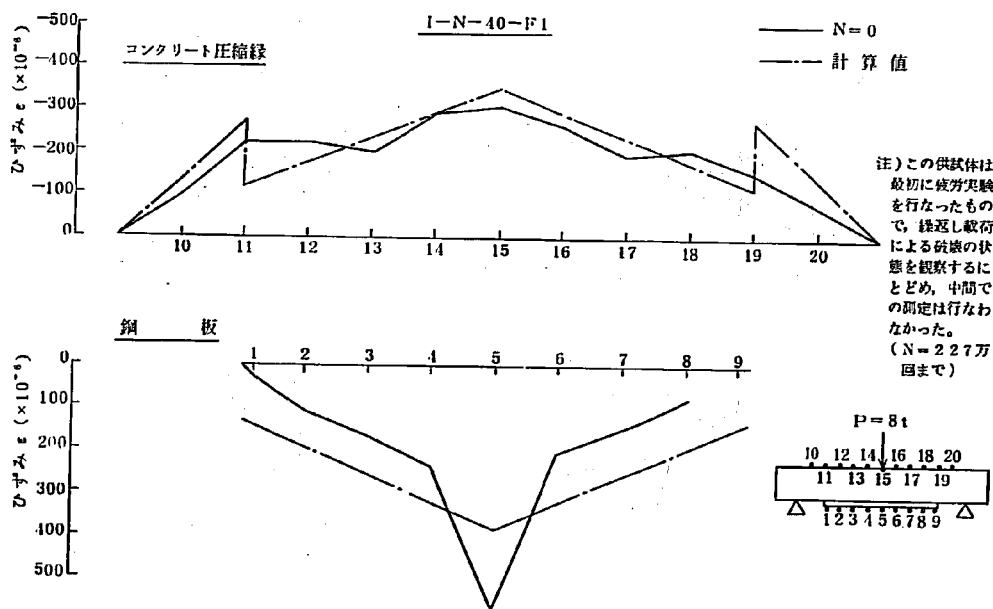


図-10.1 A 繰返し載荷にともなうひずみ分布の変化

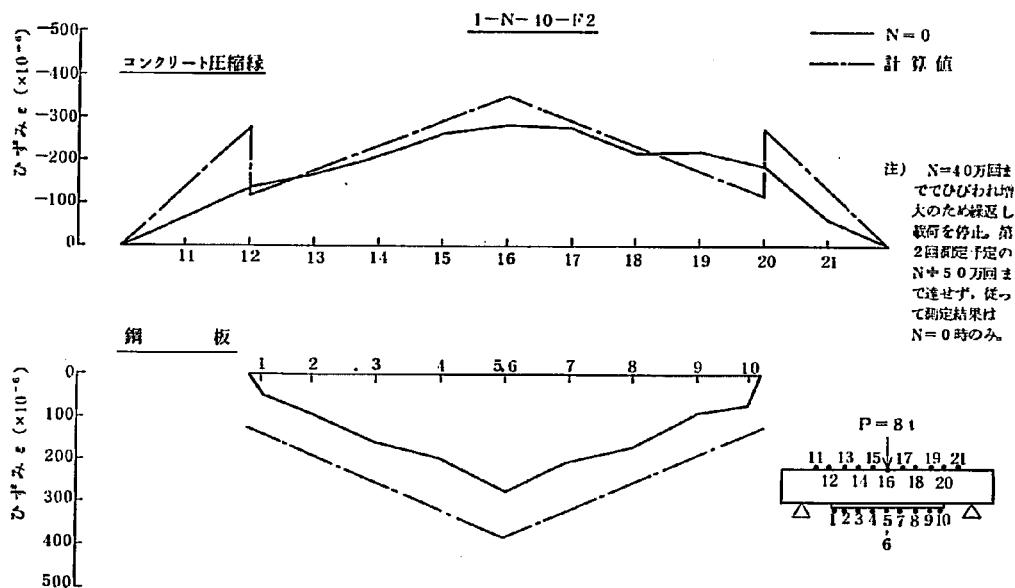


図-1.0.2 A 繰返し載荷にともなうひずみ分布の変化

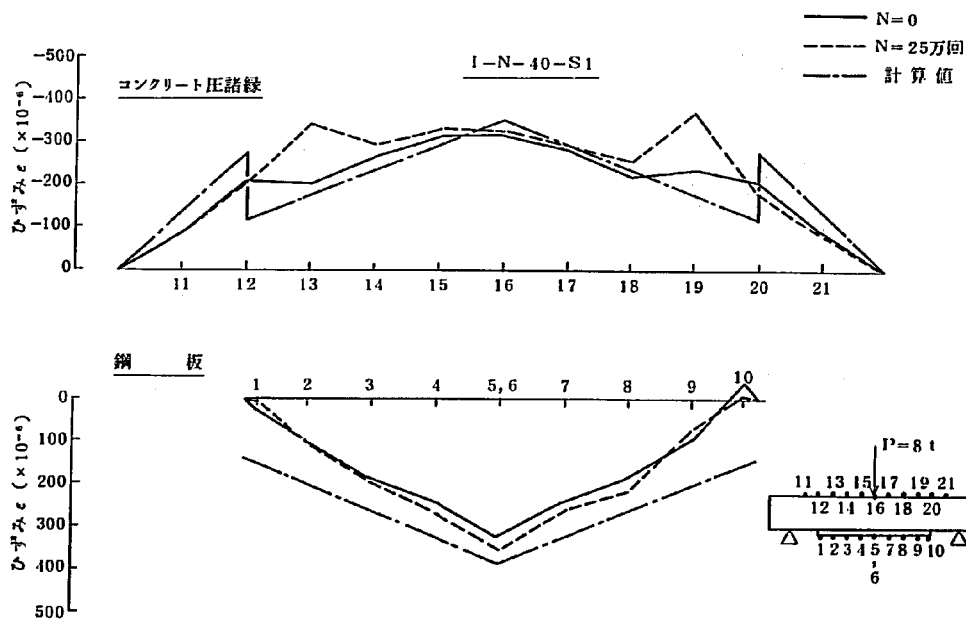


図-1.0.3 A 繰返し載荷にともなうひずみ分布の変化

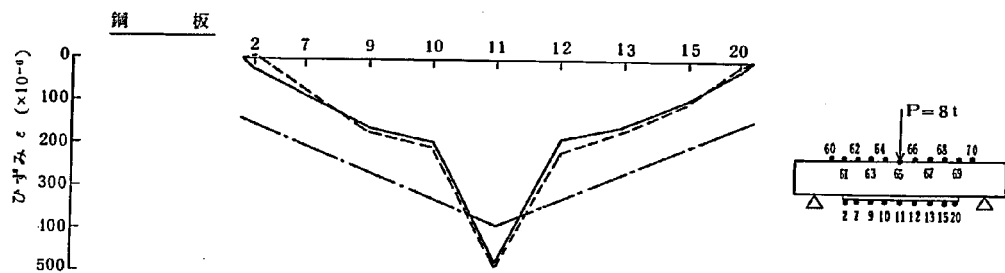
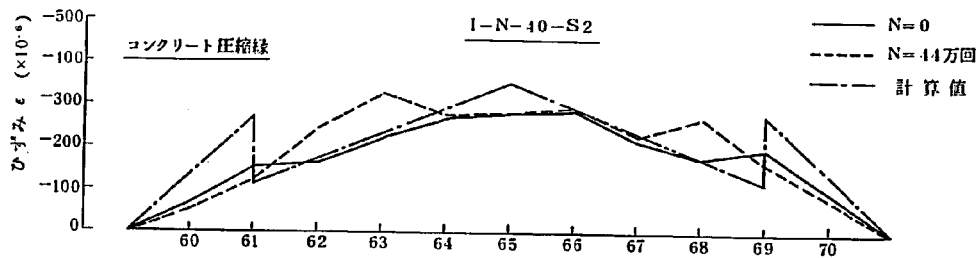


図-10.4 A 繰返し载荷にともなうひずみ分布の変化

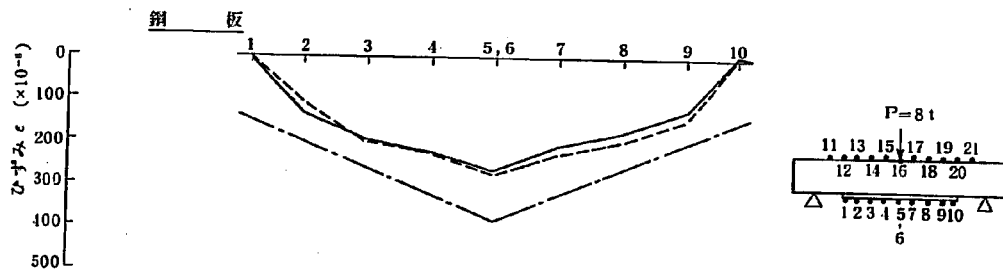
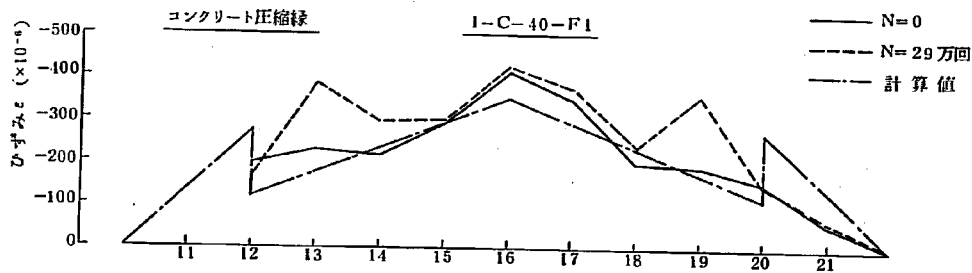


図-10.5 A 繰返し载荷にともなうひずみ分布の変化

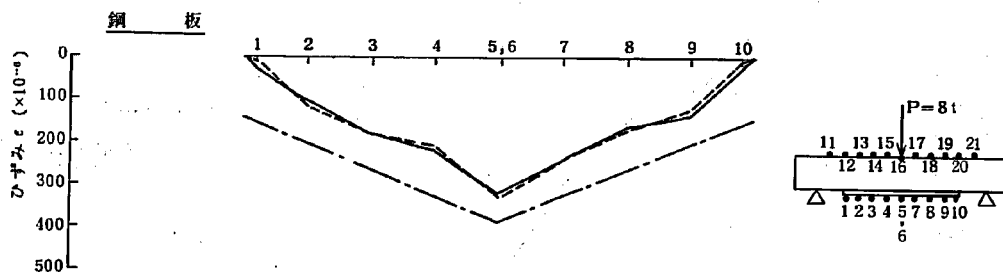
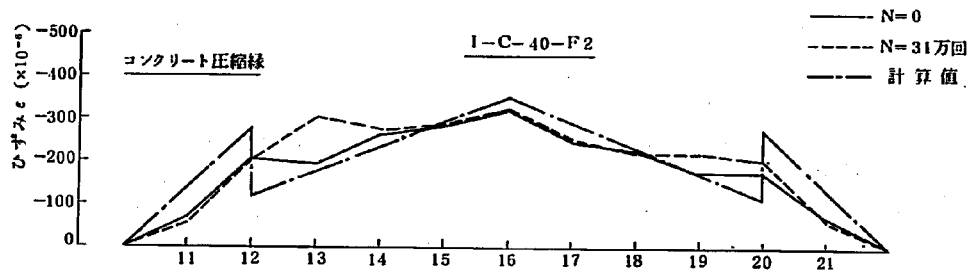


図-1 0.6 A 繰返し載荷にともなうひずみ分布の変化

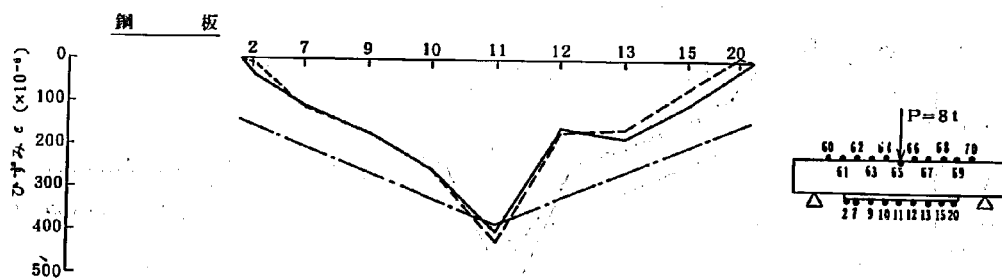
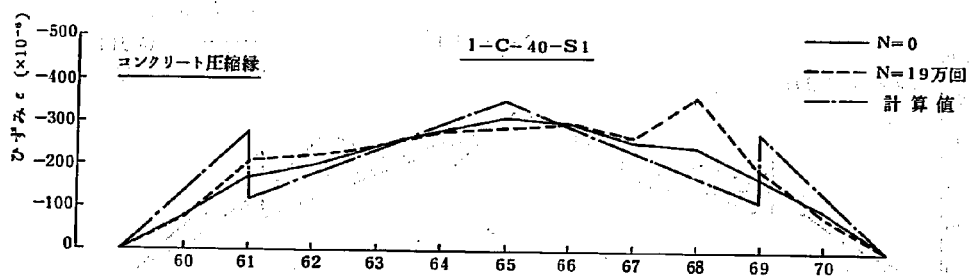


図-1 0.7 A 繰返し載荷にともなうひずみ分布の変化

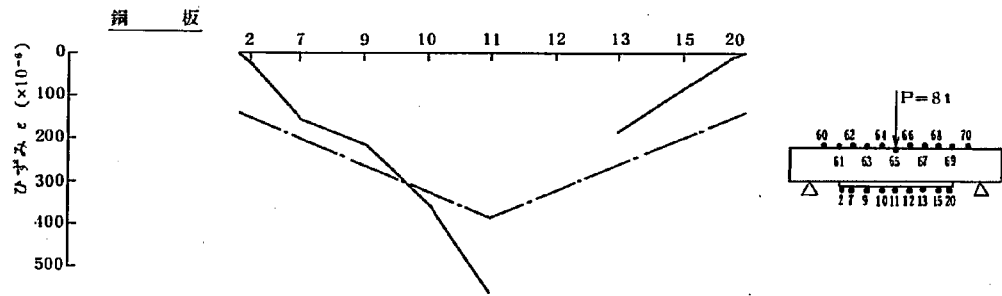
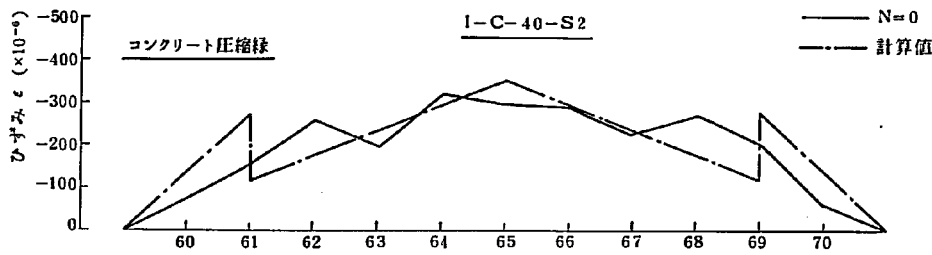


図-1 0.8 A 繰返し載荷にともなうひずみ分布の変化

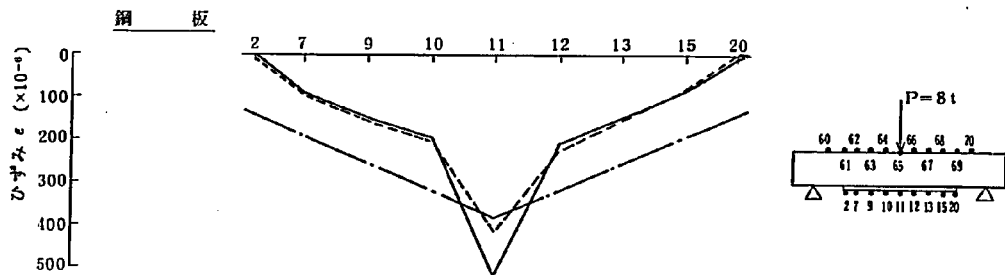
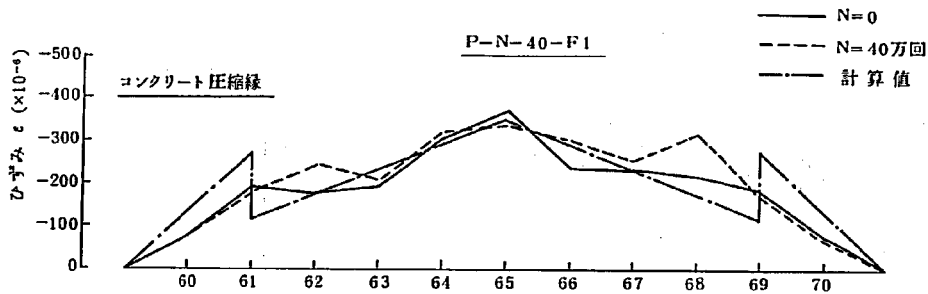


図-1 0.9 A 繰返し載荷にともなうひずみ分布の変化

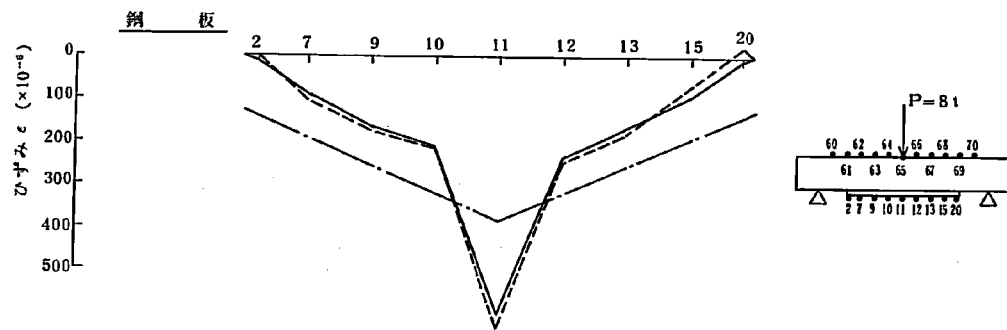
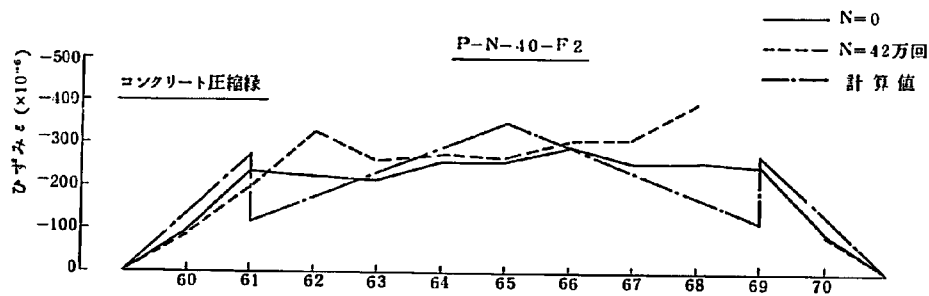


図-1 0.1 0 A 繰返し載荷にともなうひずみ分布の変化

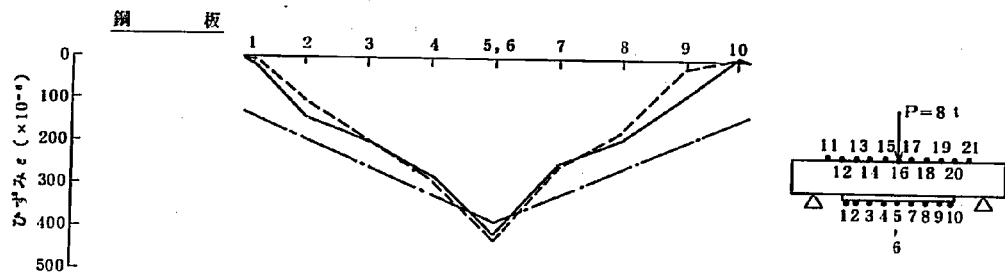
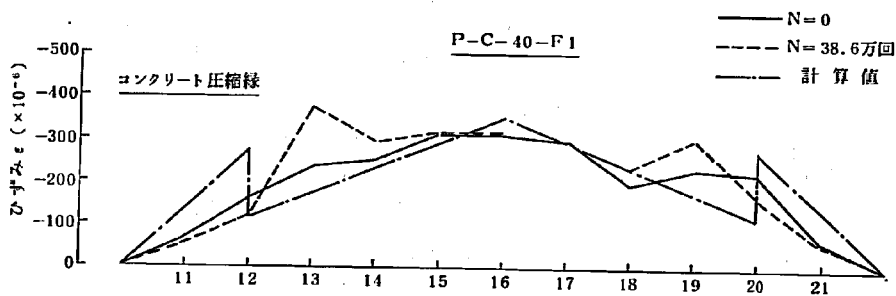


図-1 0.1 1 A 繰返し載荷にともなうひずみ分布の変化

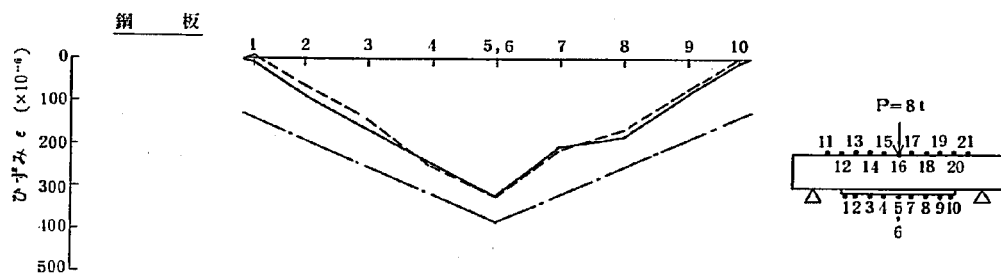
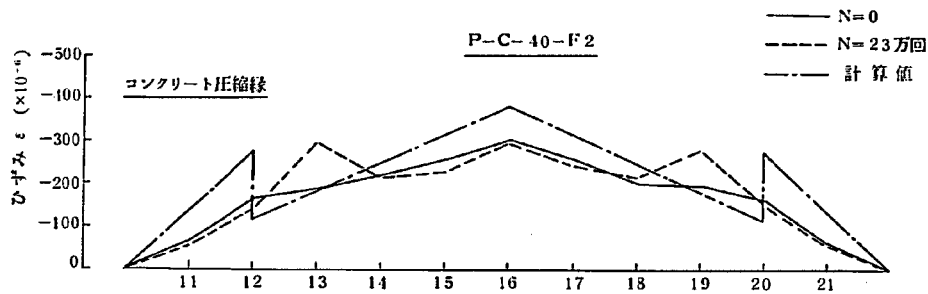


図-1 0.1 2 A 繰返し載荷にともなうひずみ分布の変化

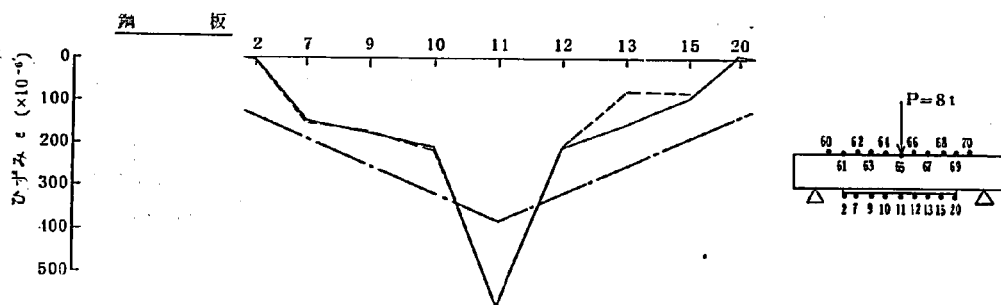
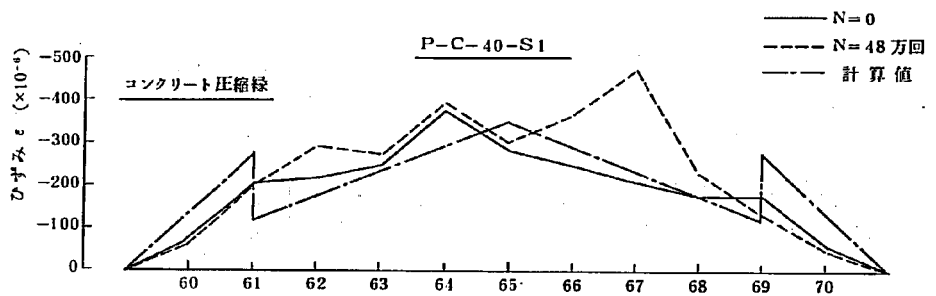


図-1 0.1 3 A 繰返し載荷にともなうひずみ分布の変化

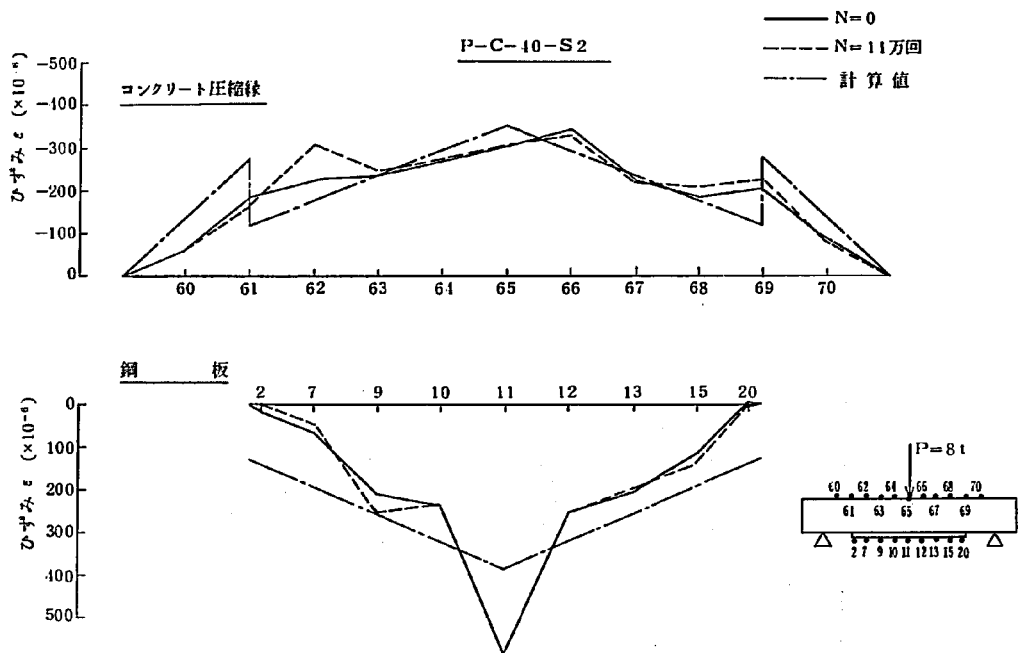


図-10.14A 繰返し载荷にともなうひずみ分布の変化

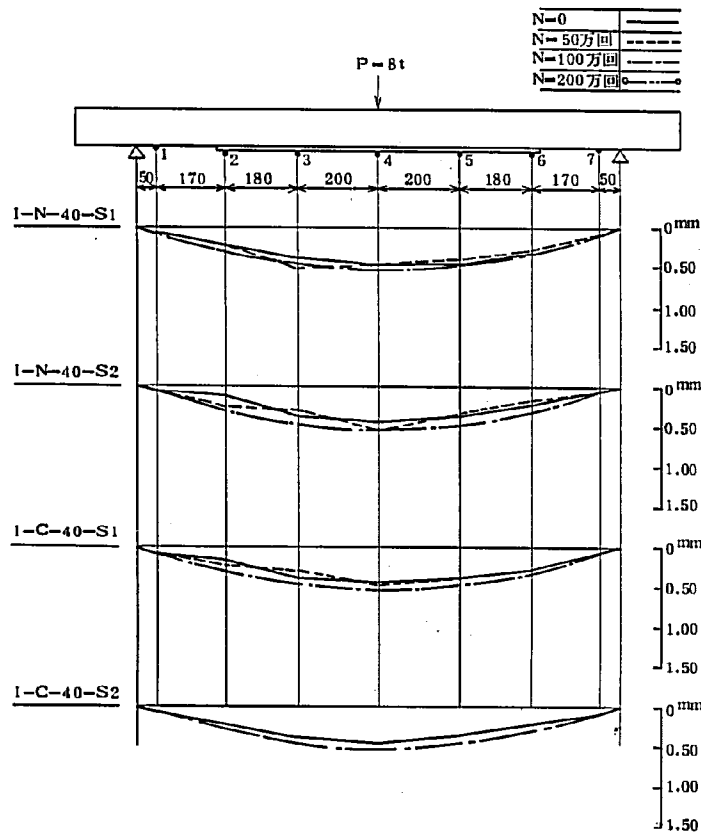


図-10.15A 繰返し載荷にともなうたわみの変化(注入法)

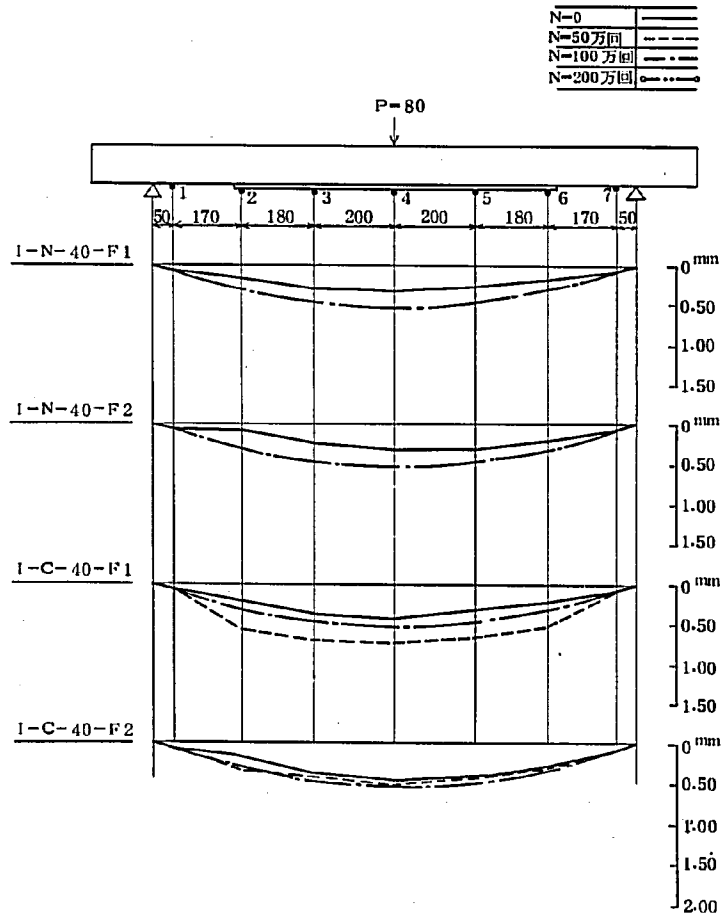


図-10.16A 繰返し載荷にともなうたわみの変化(注入法)

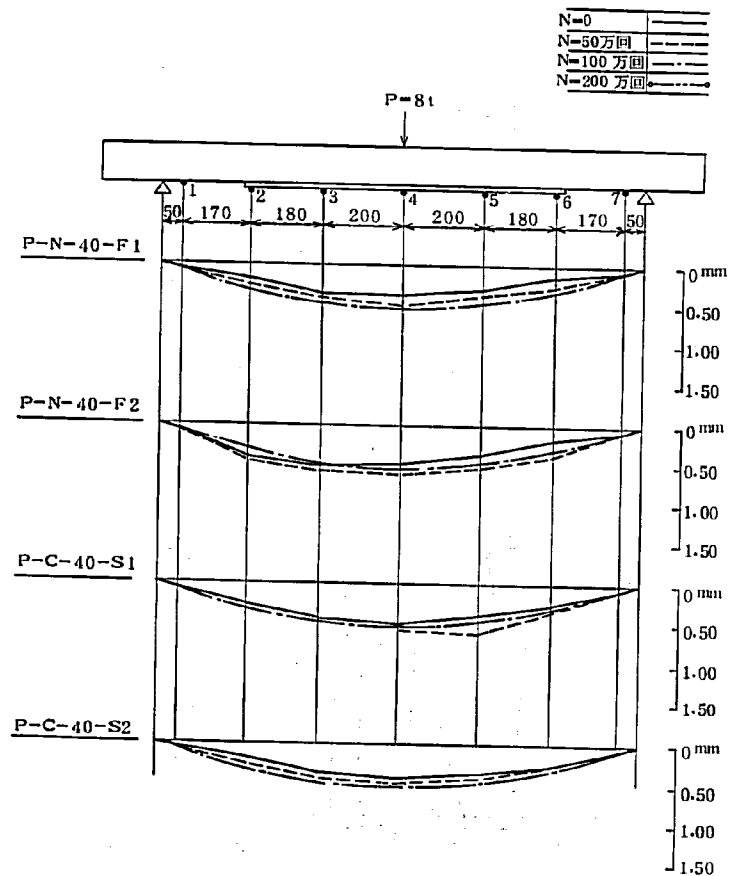


図-10.17A 繰返し載荷にともなうたわみの変化 (圧着法)

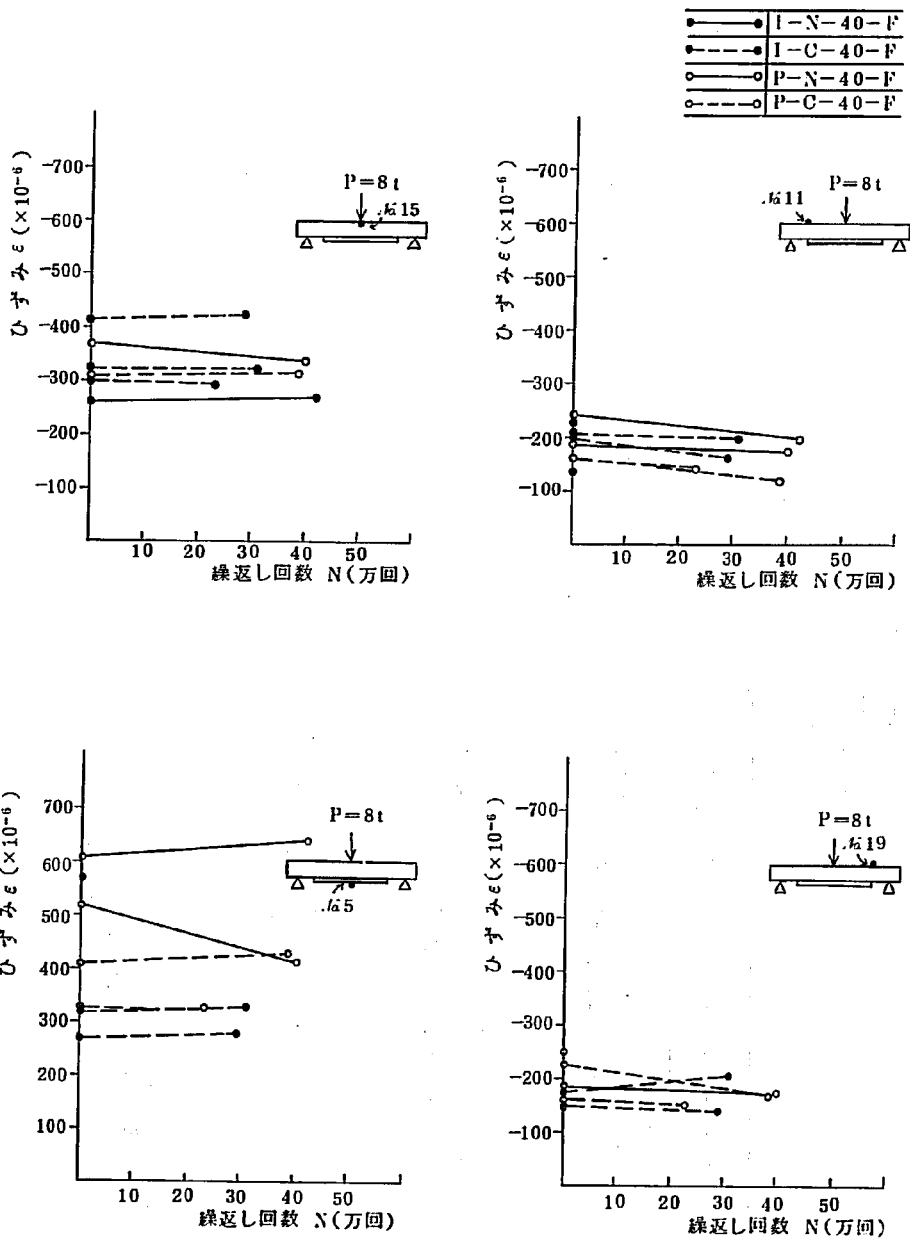


図-1.1.1 A 繰返し載荷にともなうひずみの変化
(供試体主要点について)

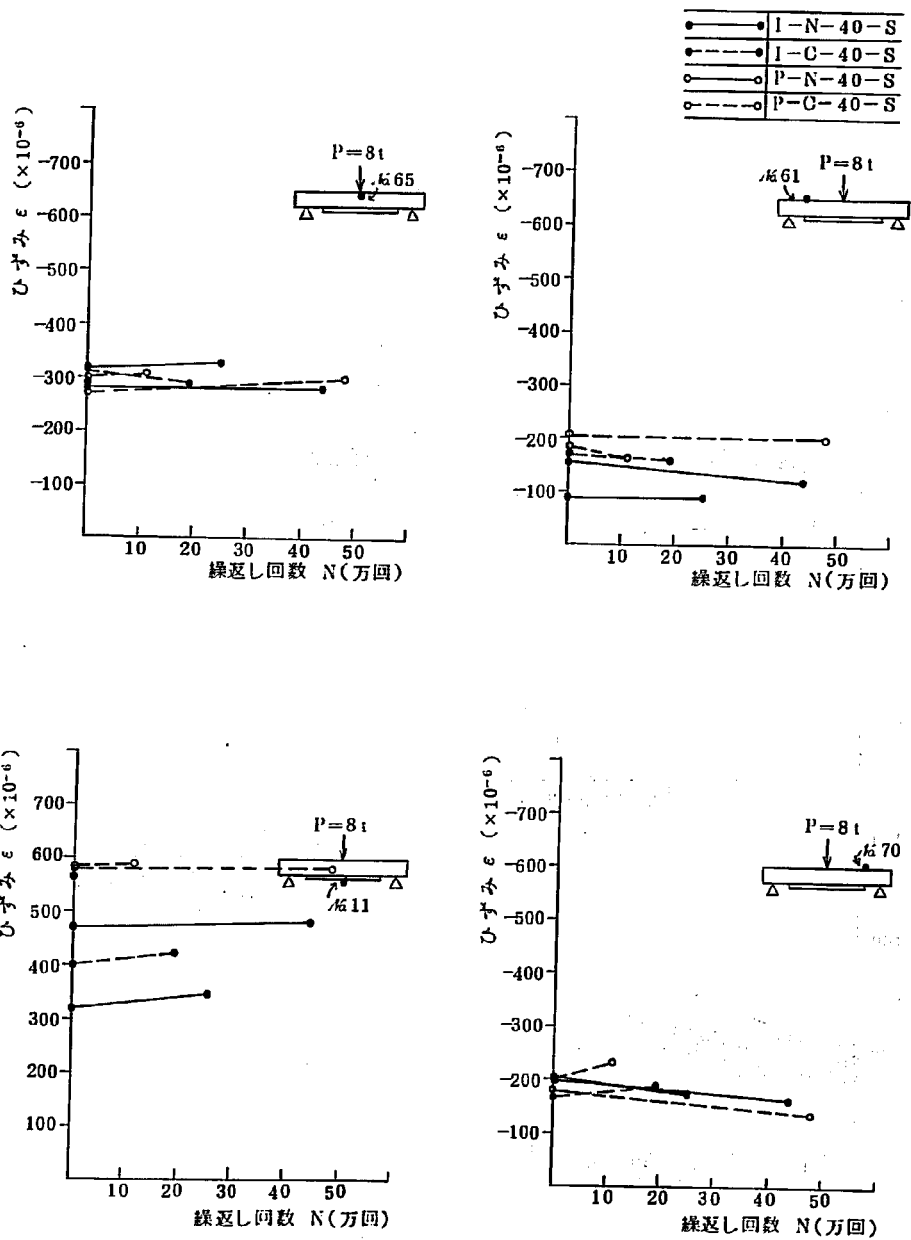
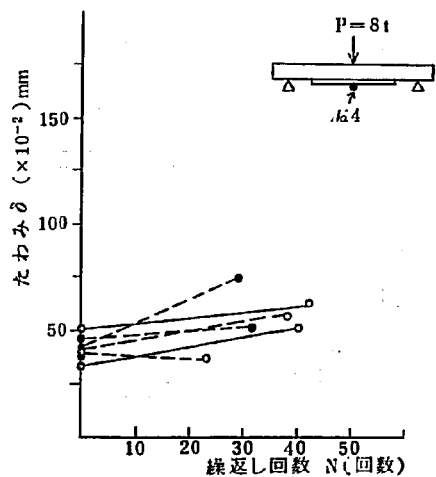
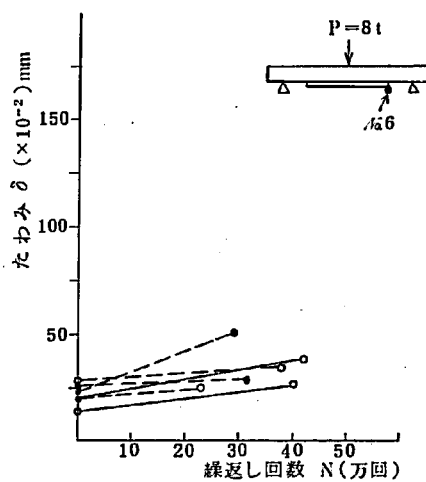
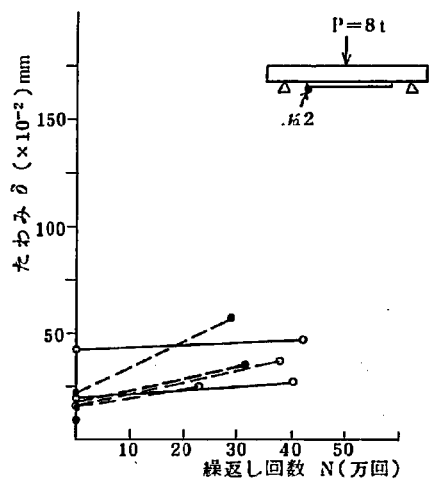
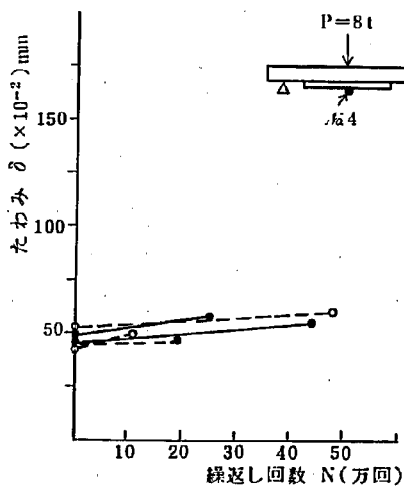
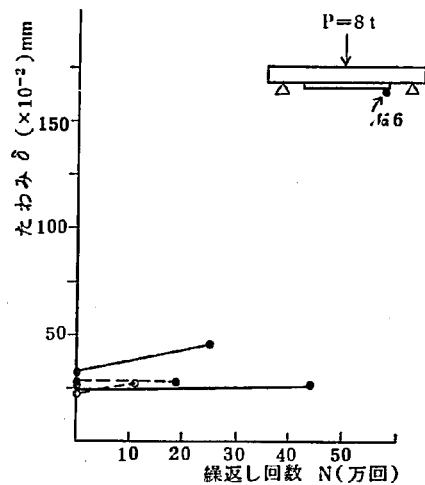
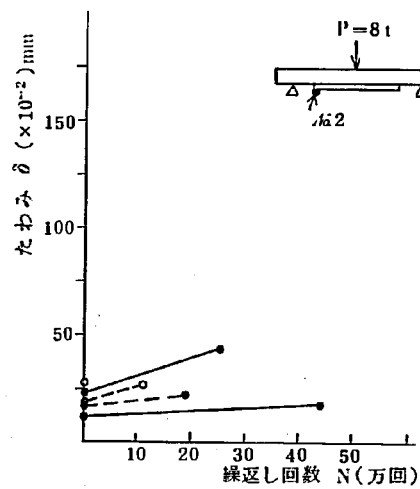


図-1.2 A 繰返し载荷にともなうひずみの変化
(供試体主要点について)



●—●	I-N-40-F
●- - ●	I-O-40-F
○—○	P-N-40-F
○- - ○	P-O-40-F

図-1.1.3 A 繰返し載荷にともなうたわみの変化
(供試体主要点について)



●—●	I-N-40-S
●- - ●	I-C-40-S
○—○	P-N-40-S
○- - ○	P-C-40-S

図-1.1.1.4 A 繰返し載荷にともなうたわみの変化
(供試体主要点について)

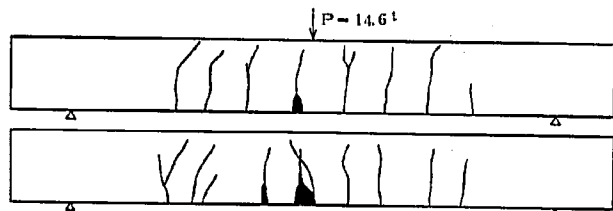
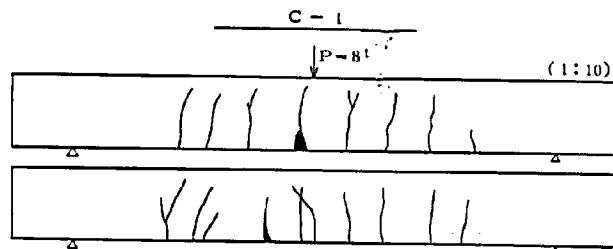


図-12.1A ひびわれ状況
C-2

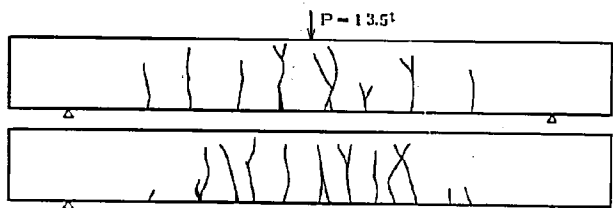
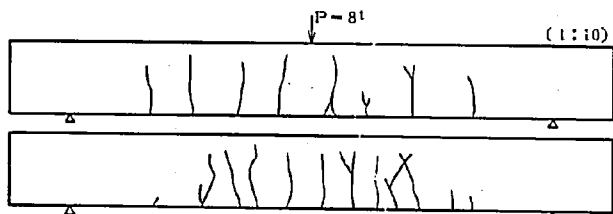


図-12.2A ひびわれ状況

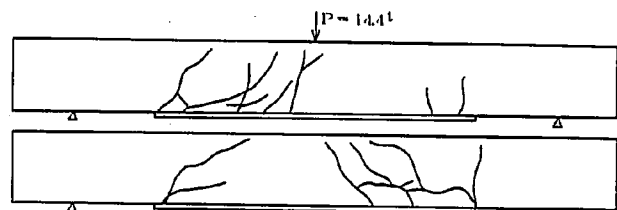
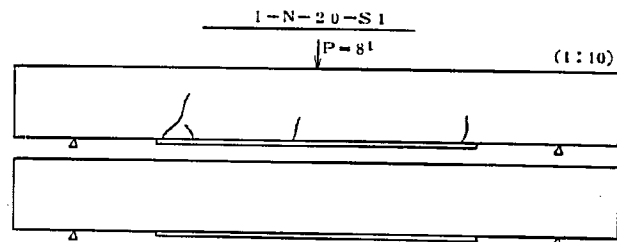


図-12.3A ひびわれ状況
I-N-20-S2

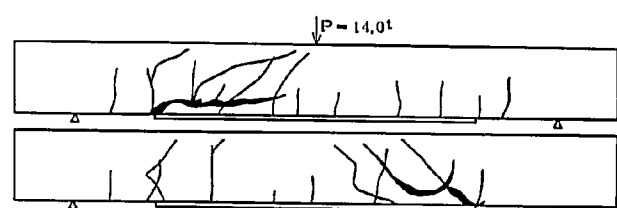
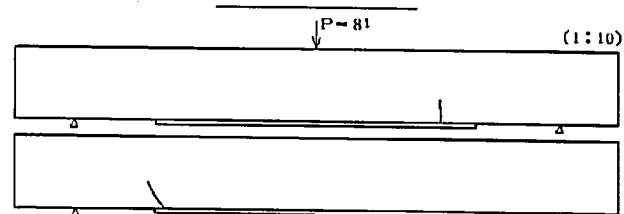


図-12.4A ひびわれ状況

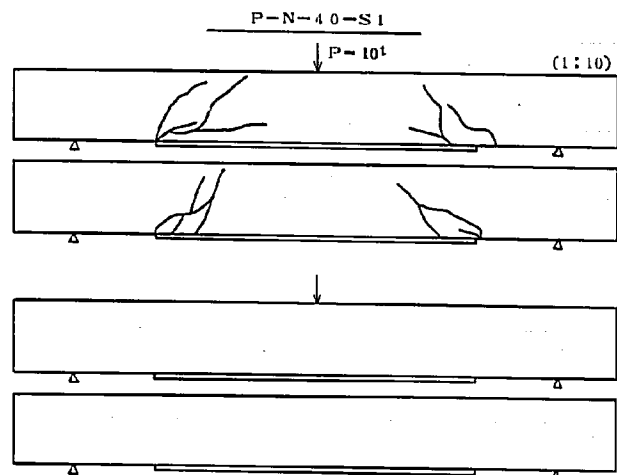


図-12.5A ひびわれ状況

P-N-40-S2

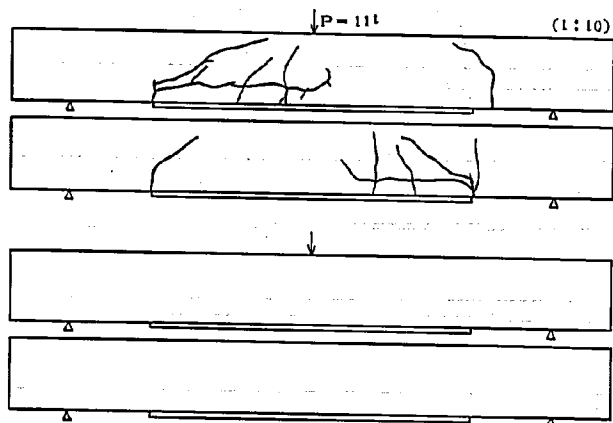


図-12.6A ひびわれ状況

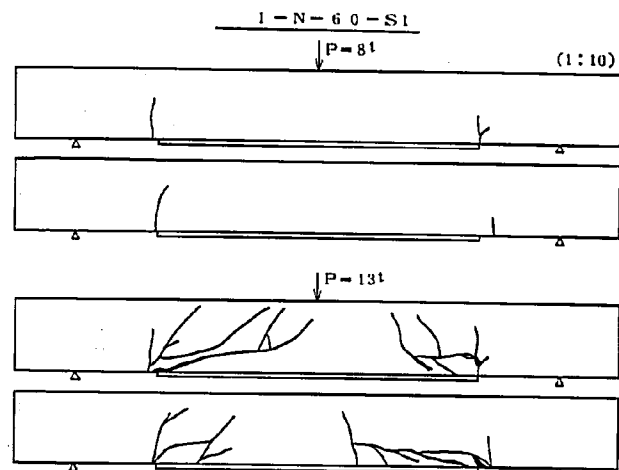


図-12.7A ひびわれ状況

I-N-60-S2

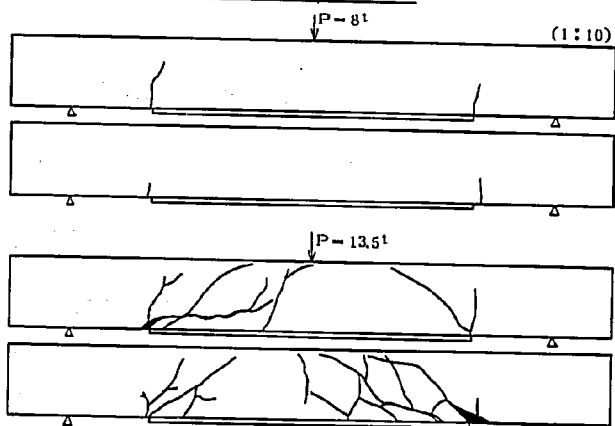
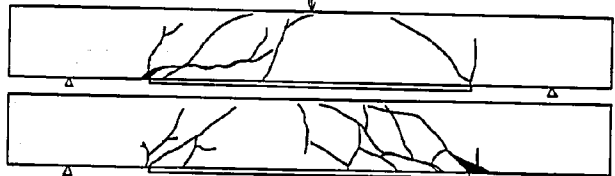


図-12.8A ひびわれ状況

↓ P=13.5t



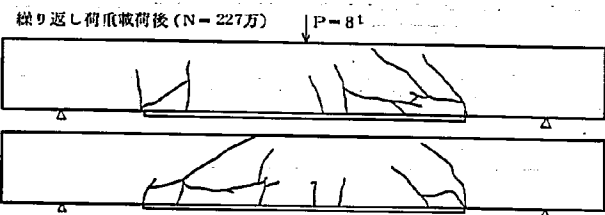
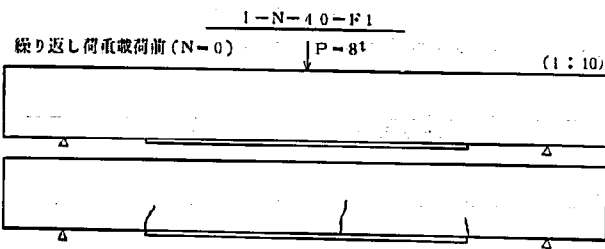


図-12.9A ひびわれ状況

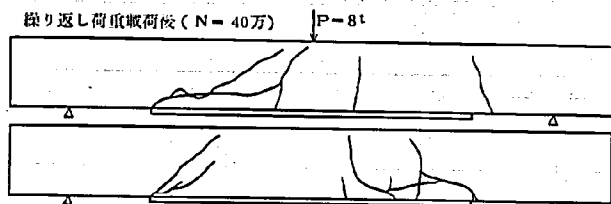
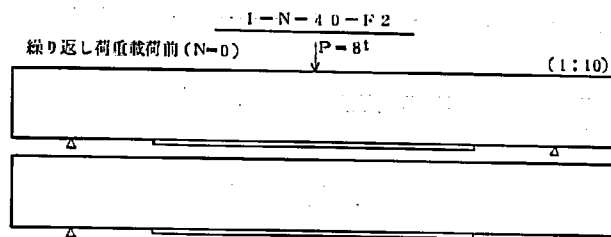


図-12.10A ひびわれ状況

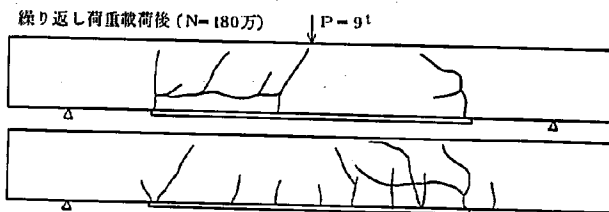
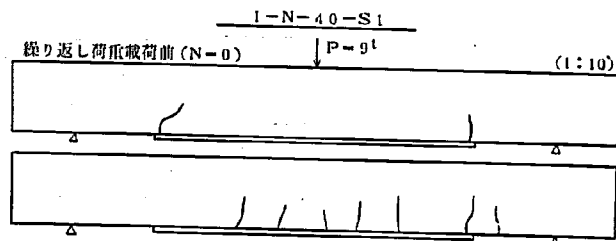


図-12.11A ひびわれ状況

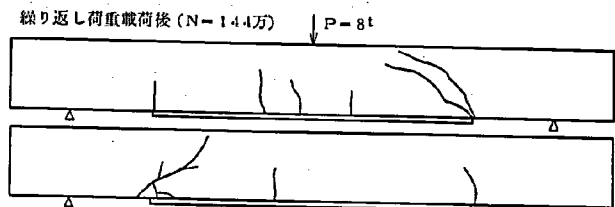
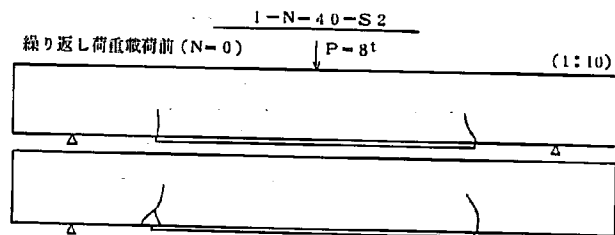


図-12.12A ひびわれ状況

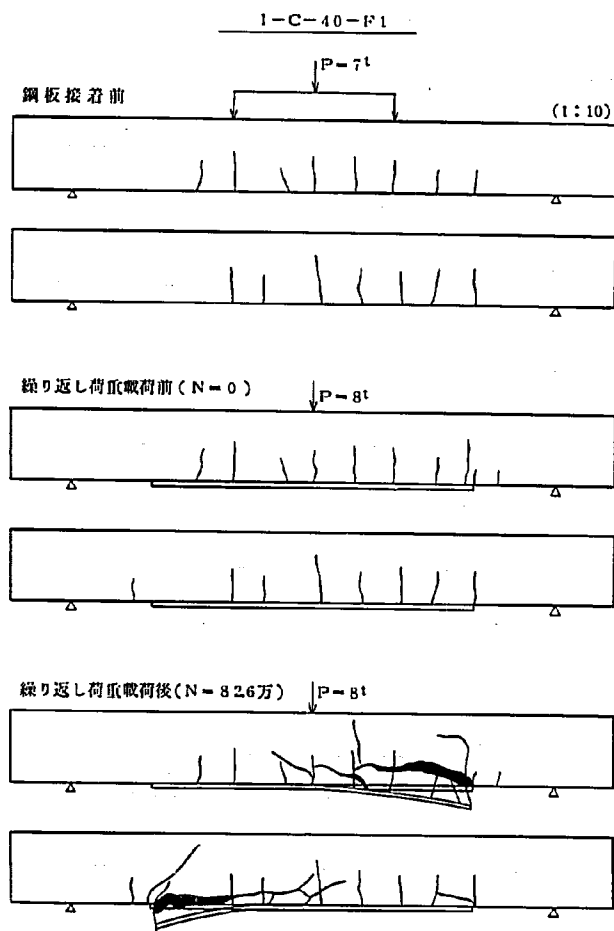


図-12.13A ひびわれ状況

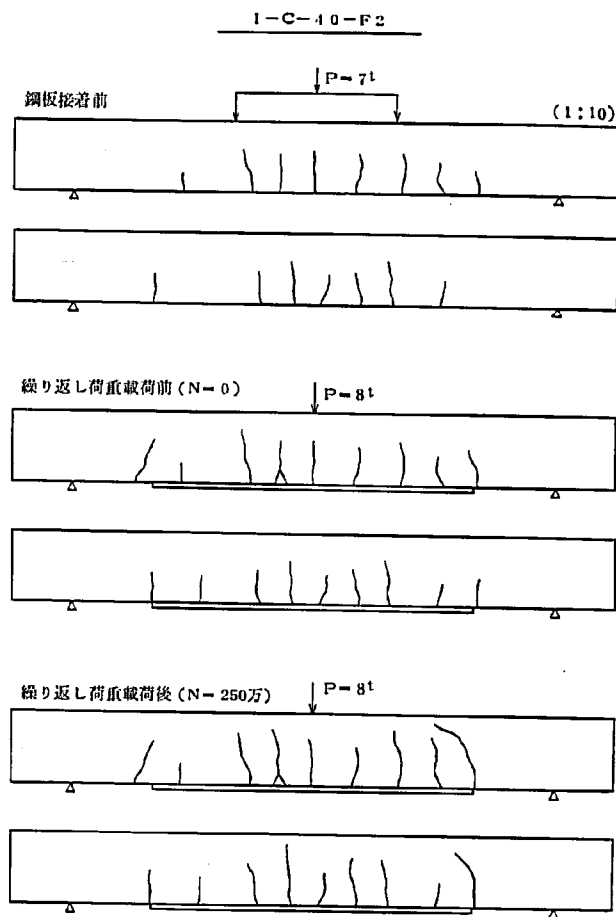


図-12.14A ひびわれ状況

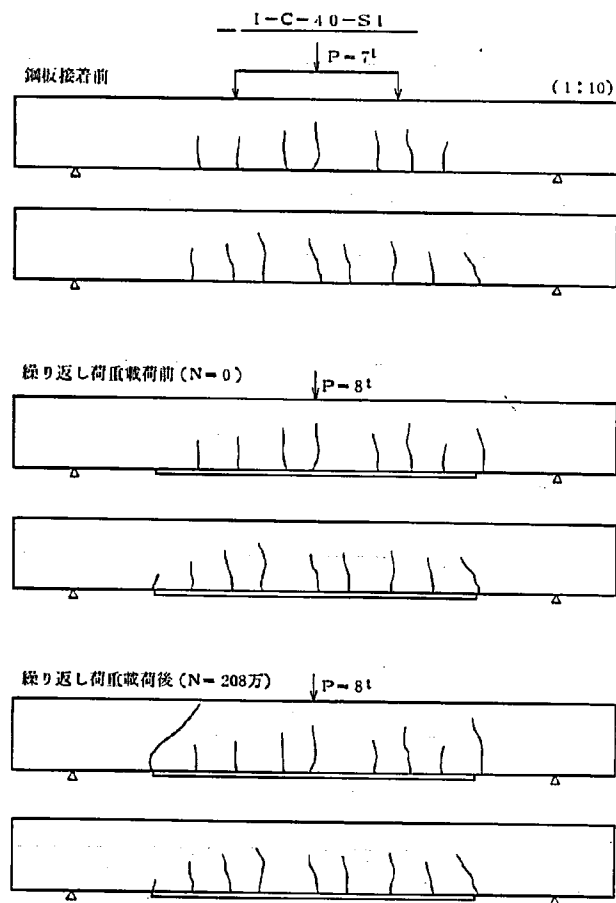


図-12.15A ひびわれ状況

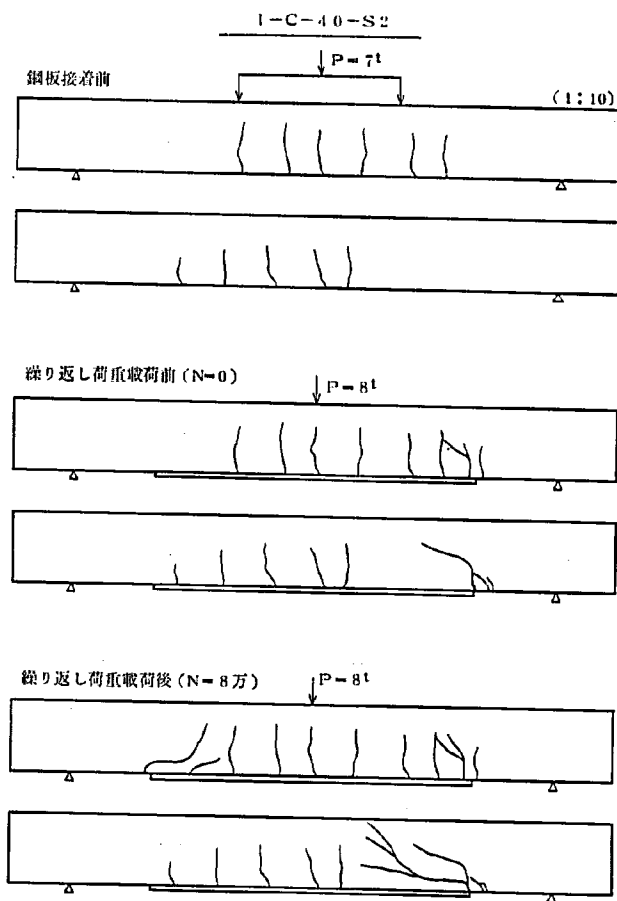


図-12.16A ひびわれ状況

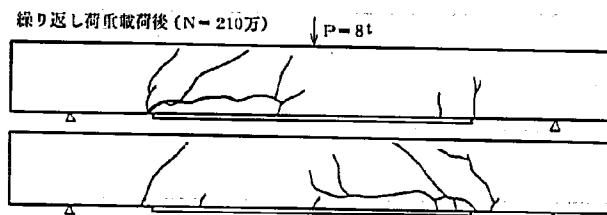
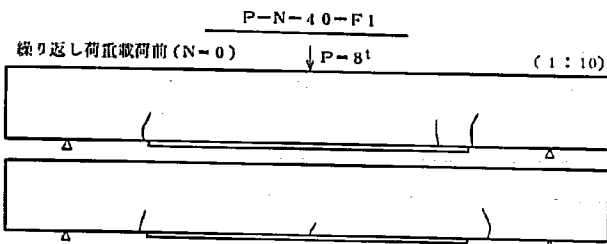


図-12.17A ひびわれ状況

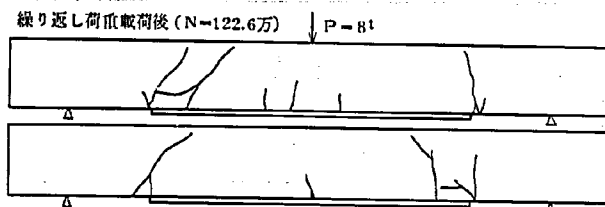
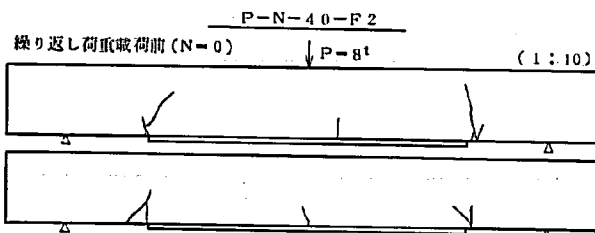


図-12.18A ひびわれ状況

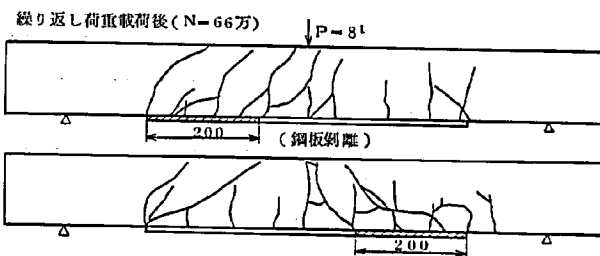
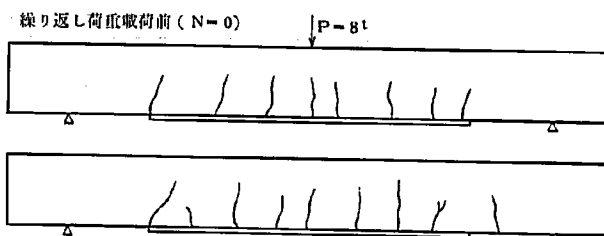
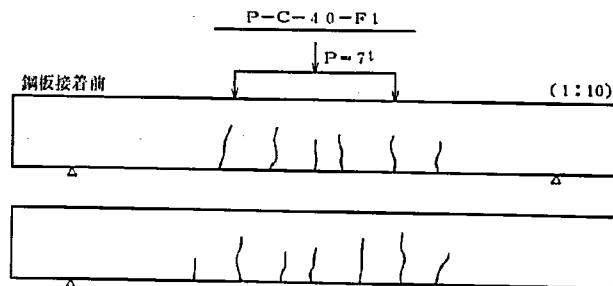


図-12.19A ひびわれ状況

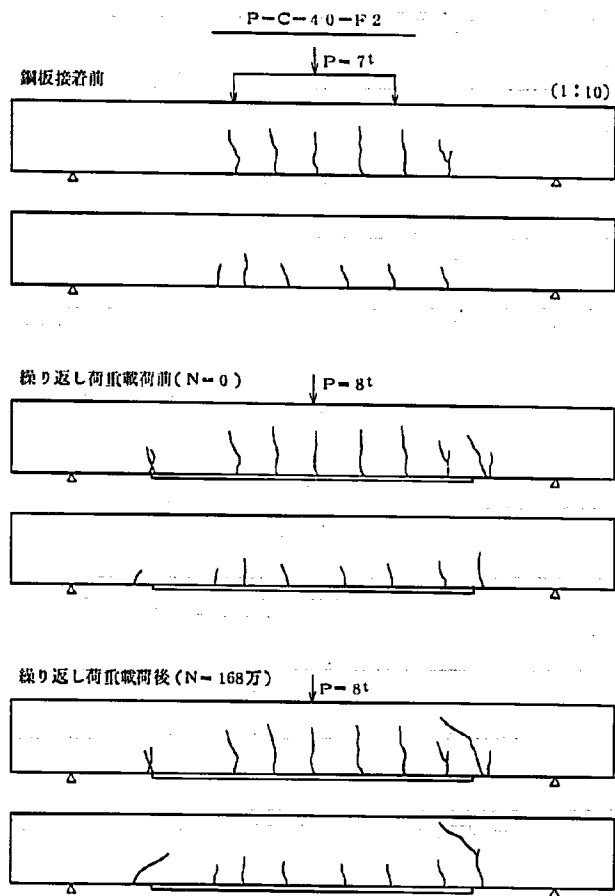


図-12.20A ひびわれ状況

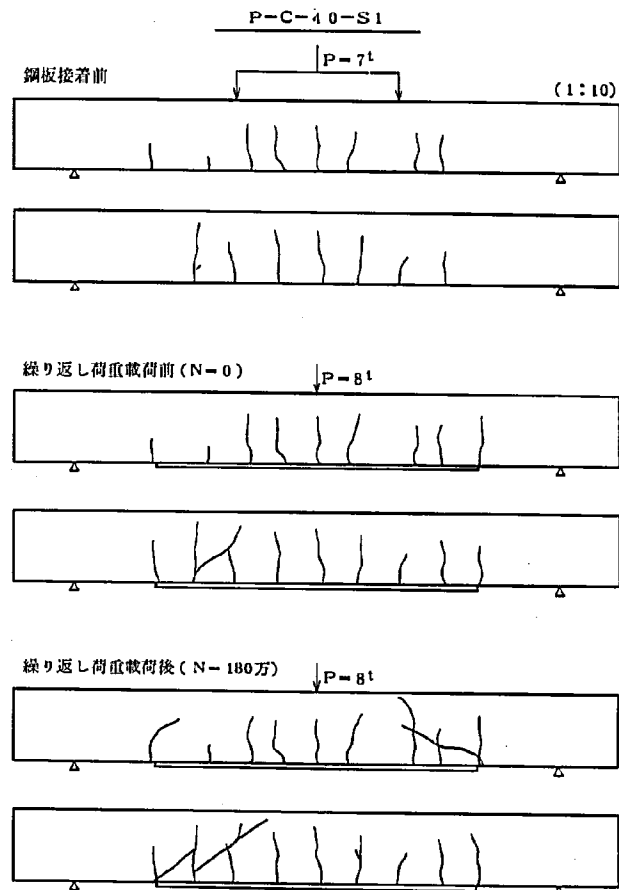


図-12.21A ひびわれ状況

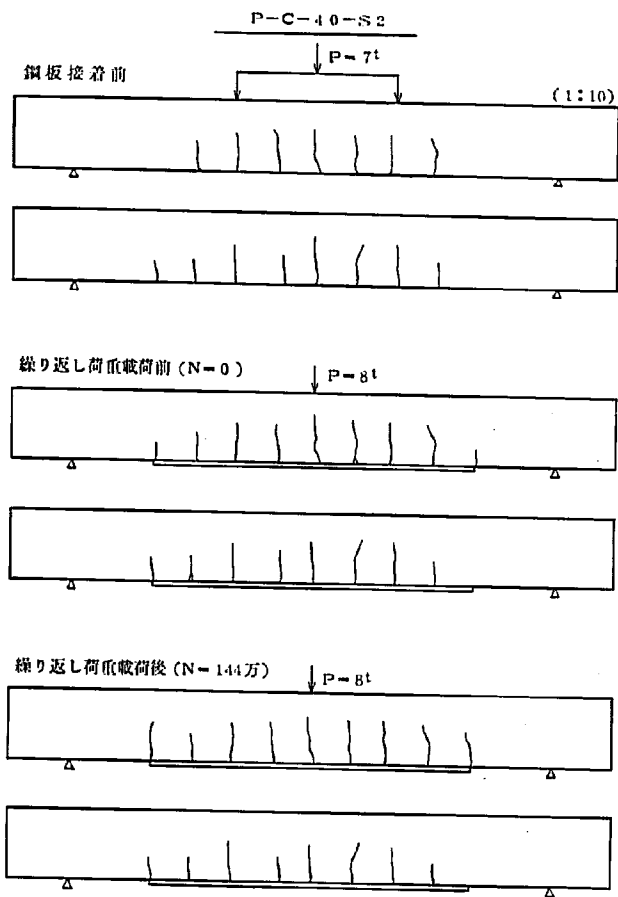


図-12.22A ひびわれ状況

供試体・グループB実験結果

表-3 B コンクリートの圧縮強度試験結果

試料	重量 (kg)	破壊荷重 (t)	圧縮強度 (kg/cm ²)	(平均)
1	1252	42.5	239	294
2	1245	47.4	266	
3	1240	46.4	263	
4	1250	46.8	265	
5	1245	49.7	281	
6	1265	58.3	331	
7	1250	60.3	340	
8	1255	62.2	352	
9	1260	64.1	364	
10	1260	55.0	311	
11	1245	51.8	292	
12	1245	55.3	312	
13	1245	51.2	288	
14	1235	57.6	327	
15	1255	49.3	278	
16	1245	46.6	264	
17	1240	43.5	246	
18	1240	47.9	270	

表-4 B 接着材の強度試験結果

(株式会社, ショーボンドによる)

(単位: kg/cm²)

養生条件		20°C - 48時間	(40°C - 6時間) + (20°C - 42時間)	(60°C - 6時間) + (20°C - 42時間)
接着材の種類	項目			
注入用 (ショーボンド "グラウト")	引張強度 ※	330	520	590
	引張せん断強度	130	215	210
	圧縮弾性係数	1.45×10 ⁴	2.30×10 ⁴	2.55×10 ⁴
圧着用 (ショーボンド "CS ₂ ")	引張強度 ※	110	240	320
	引張せん断強度	105	245	270
	圧縮弾性係数	0.25×10 ⁴	1.00×10 ⁴	2.05×10 ⁴

注). 上記の値は図-5.1 Bより求めたものである。

※引張せん断強度試験法

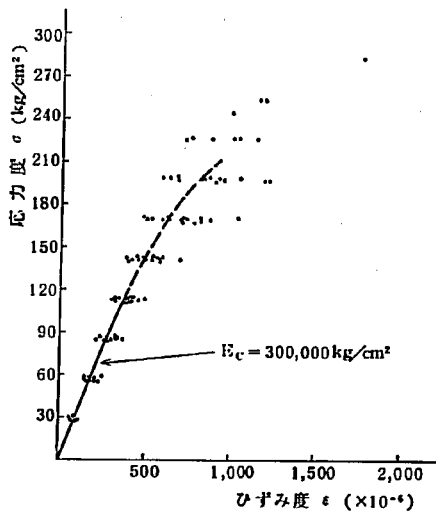
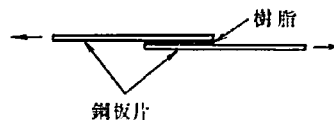


図-4 B 応力～ひずみ

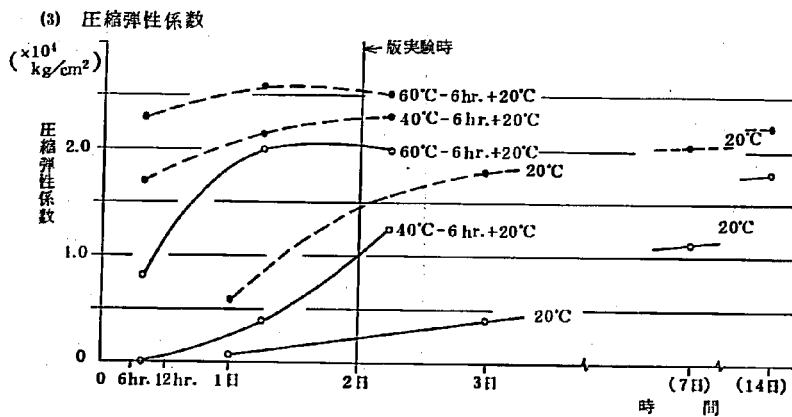
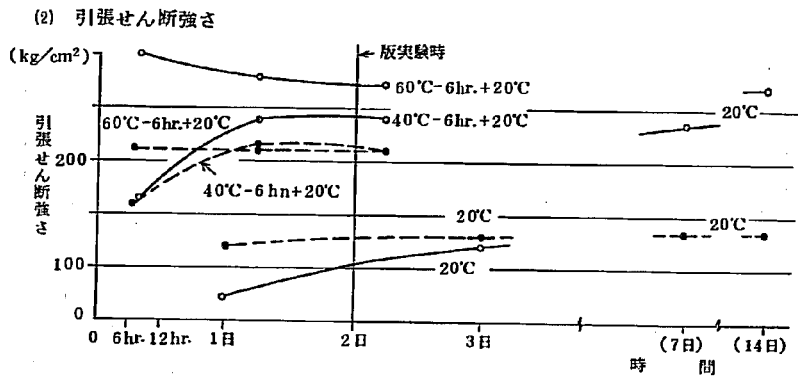
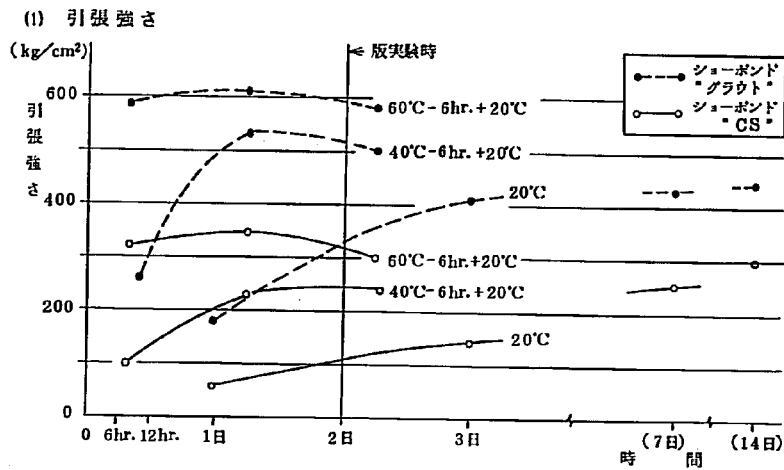


図-5.1 B 接着材の強度試験結果

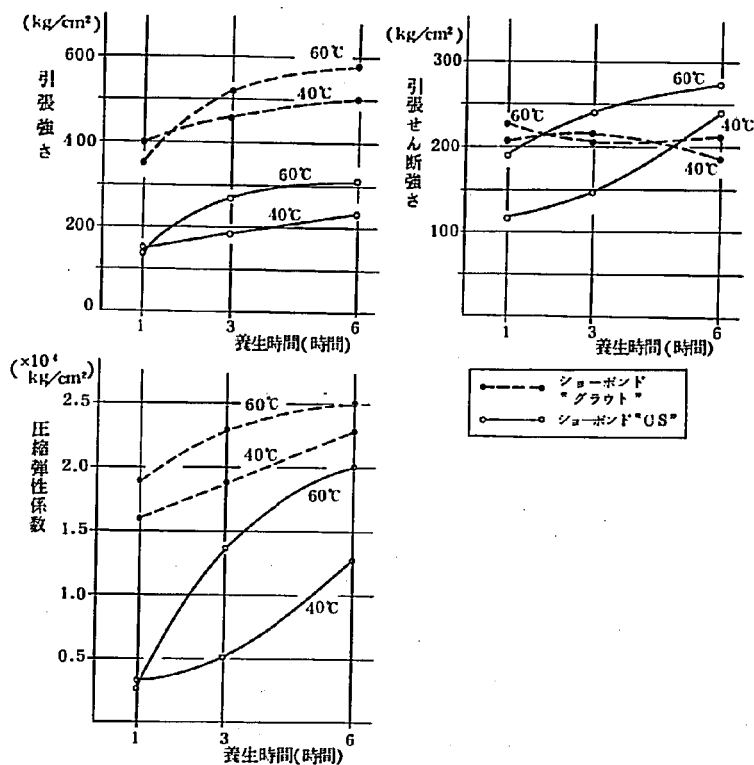


図-5.2B 接着材の養生温度と発見強度との関係

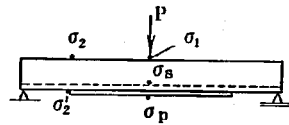
表-5.1B 実験結果総括(静的実験)

供試体	弾性載荷実験 (P: ton)	破壊実験最大荷重 (ton)	摘 要
C-1	P=0→2→4→6→8→0 3 回繰返し	15.0	破断点: 支間中央付近
C-2	"	14.6	"
I-N-20-S1	"	13.3	破断点: 鋼板止端部
" -S2	"	12.2	"
I-N-40-S1	"	12.8	"
" -S2	"	13.5	"
I-C-40-S1	"	15.3	"
" -S2	"	13.0	"
P-N-40-S1	"	14.5	"
" -S2	"	13.0	"
P-C-40-S1	"	14.2	"
" -S2	"	14.0	"
I-N-60-S1	"	12.3	"
" -S2	"	13.8	"

表-5.2B 実験結果総括(疲労実験)

供試体	荷重振幅 $P_{min} \sim P_{max}(t)$	計算応力度 (kg/cm^2)		実測応力度 ³⁾ (kg/cm^2)		繰返し数 $N(\times 10^4 \text{回})$	摘 要
		鋼 材 1)	コンクリート2)	鋼 材 1)	コンクリート2)		
I-N-40 -F1	2.0~8.0	$\sigma_s = 105 \sim 422$ $\sigma_p = 202 \sim 804$	$\sigma_1 = 26 \sim 105$ $\sigma_2 = 21 \sim 82$ $\sigma_1' = 11 \sim 42$	$\sigma_p = 290 \sim 1266$	$\sigma_1 = 20 \sim 79$ $\sigma_2 = 16 \sim 69$	4.8	○鋼板止端部のコンクリートのクラック増大
" -F2	"	"	"	$\sigma_p = 288 \sim 1182$	$\sigma_1 = 29 \sim 154$ $\sigma_2 = 17 \sim 69$	100	"
I-C-40 -F1	"	"	"	$\sigma_p = 298 \sim 1086$	$\sigma_1 = 24 \sim 91$ $\sigma_2 = 14 \sim 67$	200	○200万回繰返し載荷後における静的破壊荷重 $P = 142 t$
" -F2	"	"	"	$\sigma_p = 126 \sim 462$	$\sigma_1 = 24 \sim 90$ $\sigma_2 = 13 \sim 56$	200	" $P = 123 t$
P-N-40 -F1	"	"	"	$\sigma_p = 120 \sim 519$	$\sigma_1 = 20 \sim 84$ $\sigma_2 = 11 \sim 53$	30	○鋼板止端部近傍のコンクリートのクラック増大
" -F2	"	"	"	$\sigma_p = 166 \sim 540$	$\sigma_1 = 30 \sim 144$ $\sigma_2 = 14 \sim 53$	87.5	"
P-C-40 -F1	"	"	"	$\sigma_p = 137 \sim 517$	$\sigma_1 = 24 \sim 113$ $\sigma_2 = 13 \sim 57$	189	"
" -F2	"	"	"	$\sigma_p = 168 \sim 632$	$\sigma_1 = 41 \sim 133$ $\sigma_2 = 11 \sim 61$	136	"

- 注) 1) σ_s : 支間中央断面における鉄筋の応力度
 σ_p : " " " " " } 計算において, $\frac{E_s}{E_c} = n$ の値は図-4Bより $n = 7$ とする。
 2) σ_1 : 支間中央断面圧縮縁のコンクリート応力度
 σ_2 : 鋼板止端部断面圧縮縁の " "
 σ_2' : " " 引張縁の "
 3) 実測応力度はいずれも実測最大値を示す。



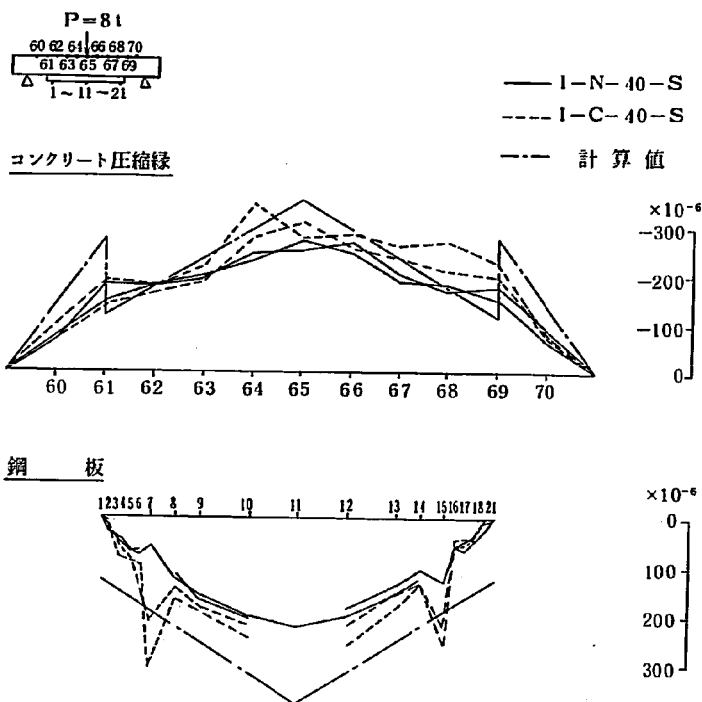


図-6.1 B ひびわれの有無によるひずみの比較(注入法)

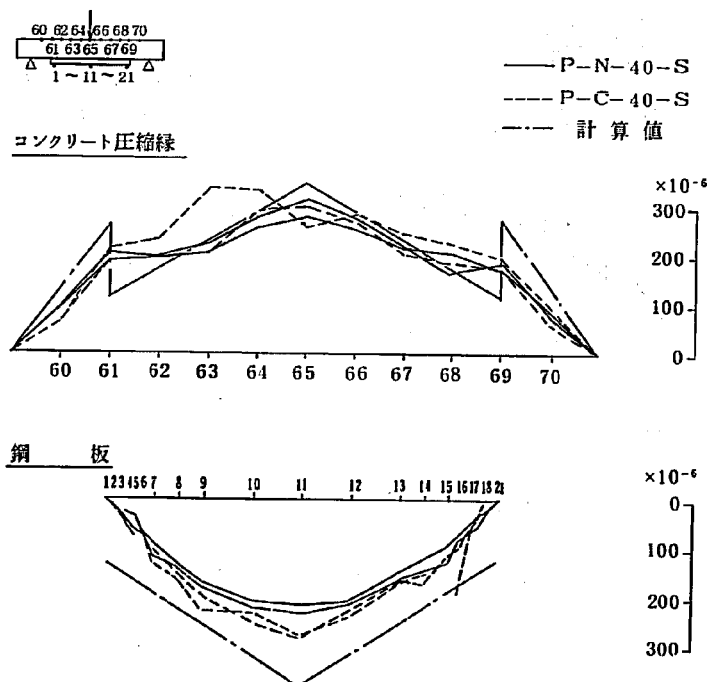


図-6.2 B ひびわれの有無によるひずみの比較(圧着法)

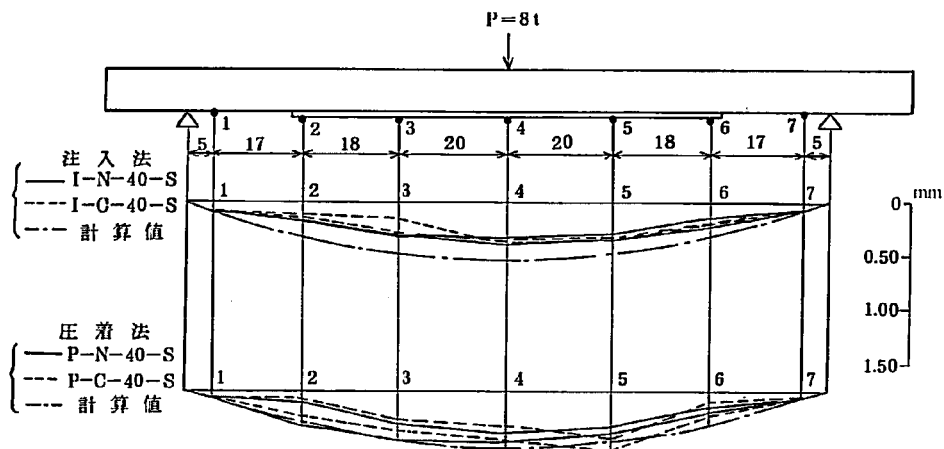


図-6.3 B ひびわれの有無によるたわみの比較

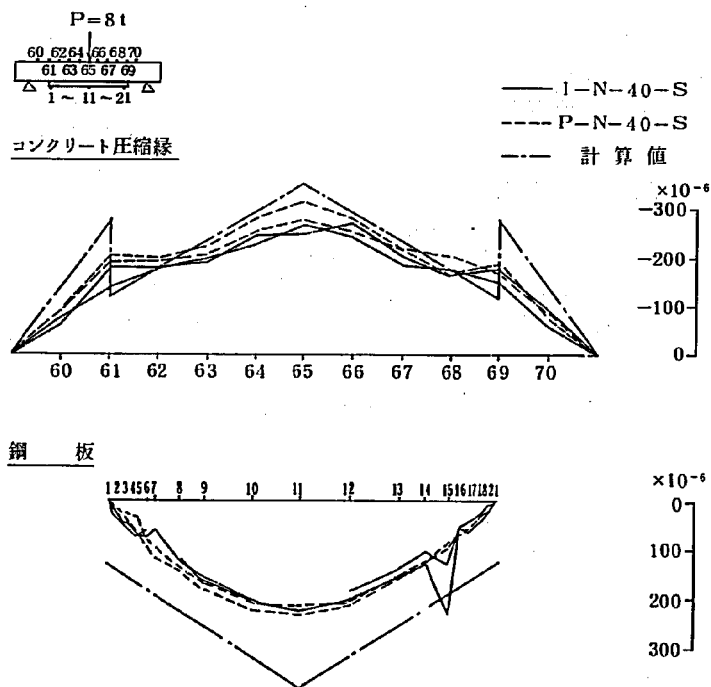


図-8.1 B 注入法と圧着法との相違によるひずみの比較 (N 供試体)

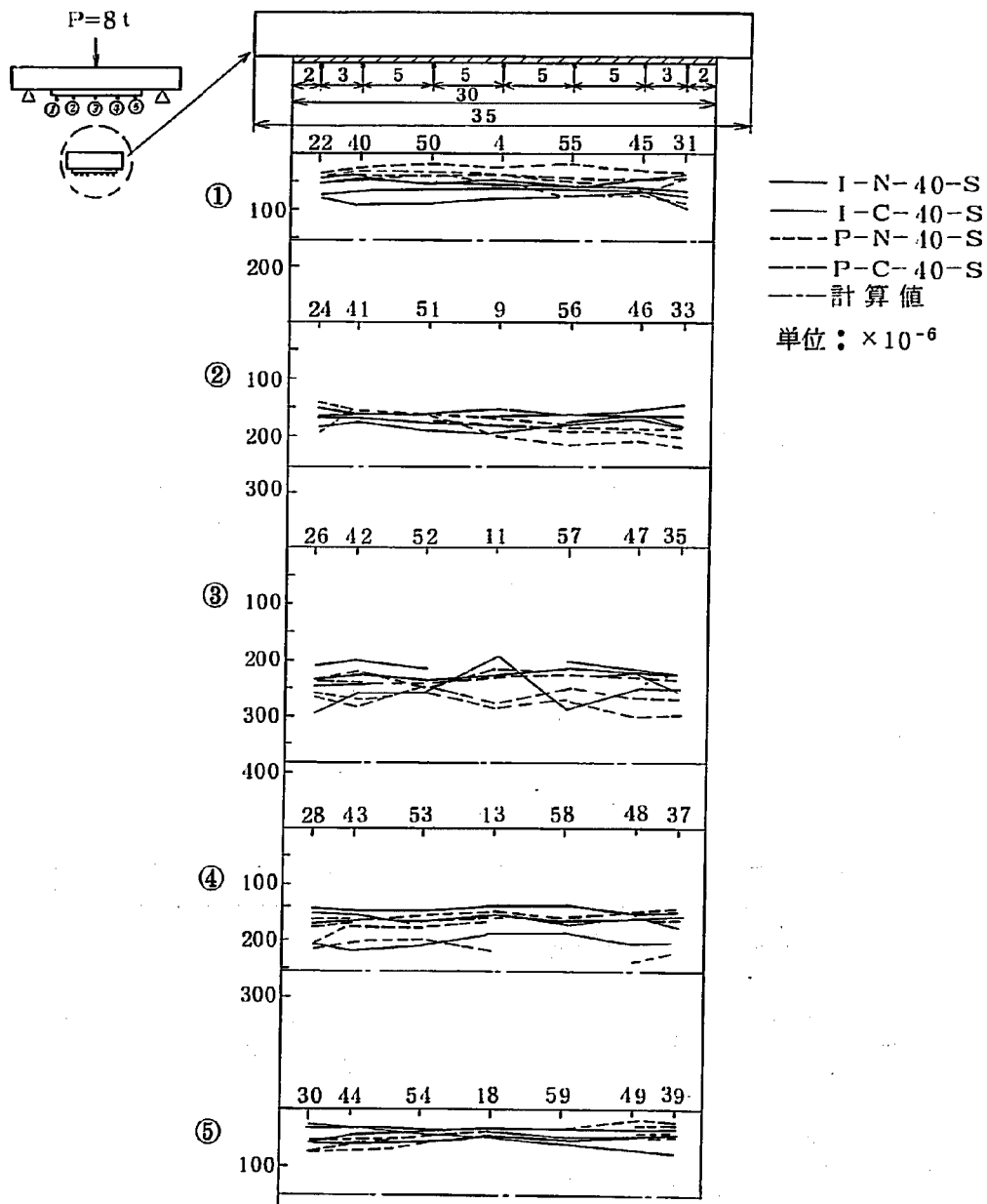


図-7B 鋼板の幅方向のひずみ分布

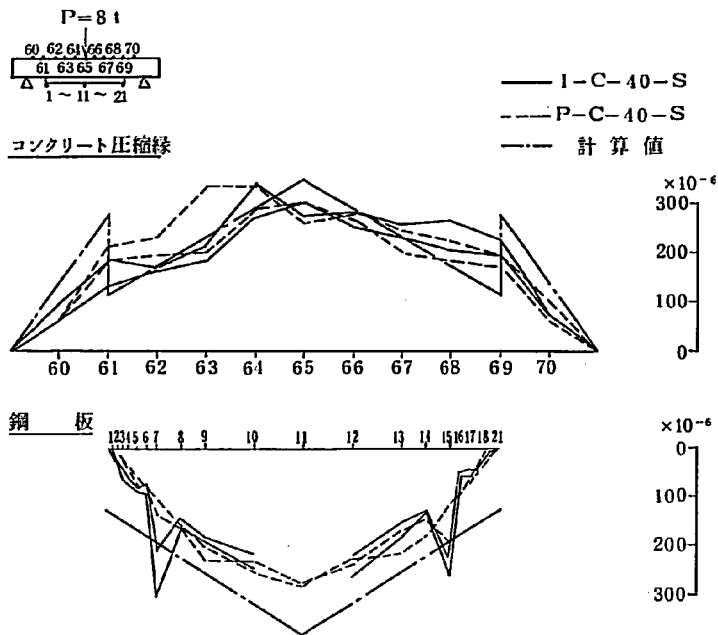


図-8.2 B 注入法と圧着法との相違によるひずみの比較 (C供試体)

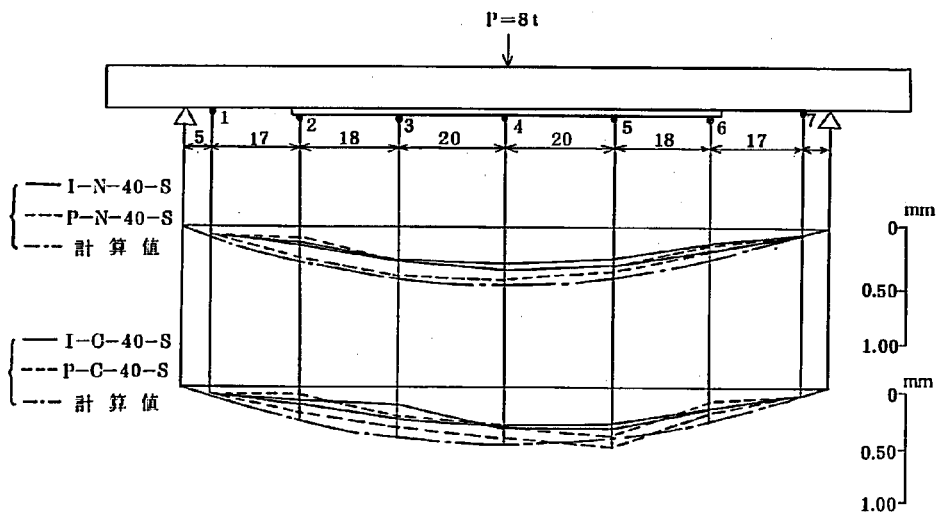
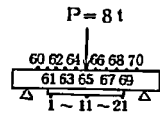
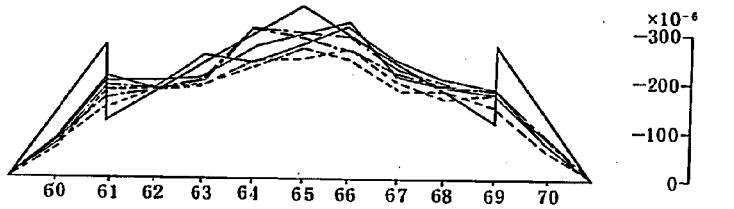


図-8.3 B 注入法と圧着法との相違によるたわみの比較



コンクリート圧縮縁



鋼板

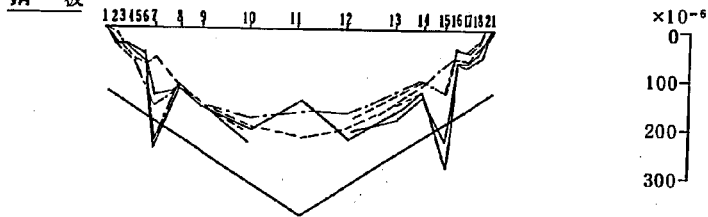


図-9.1 B 養生条件の相違によるひずみの比較

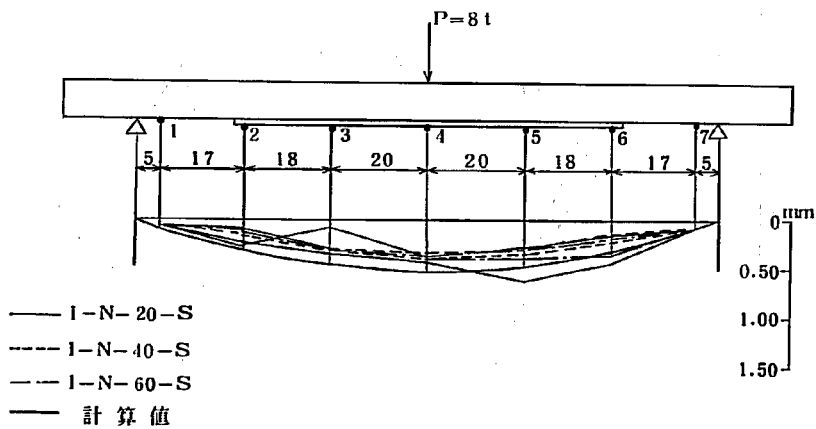


図-9.2 B 養生条件の相違によるたわみの比較

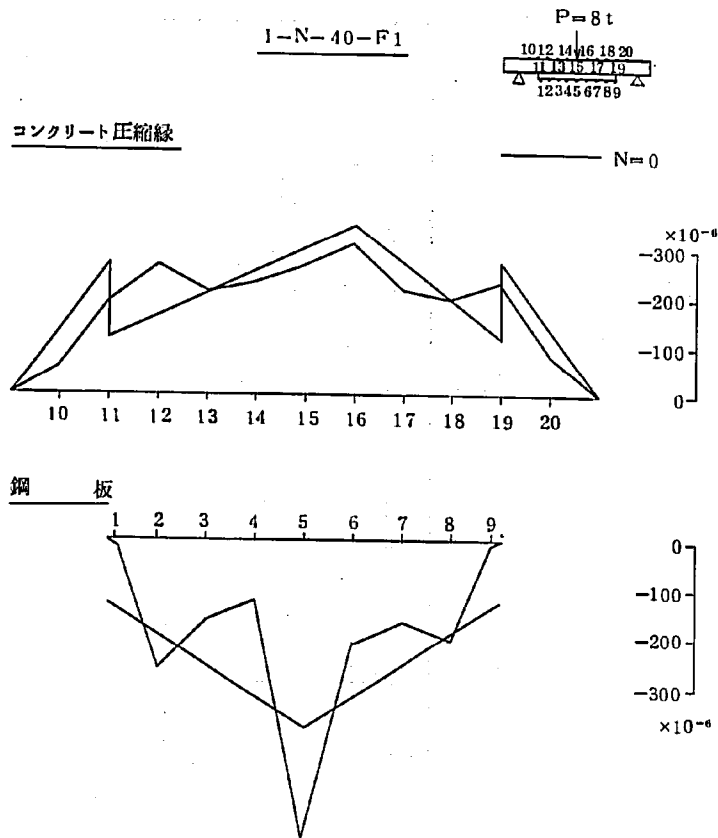


図-1 0.1 B 繰返し載荷にともなうひずみの分布の変化

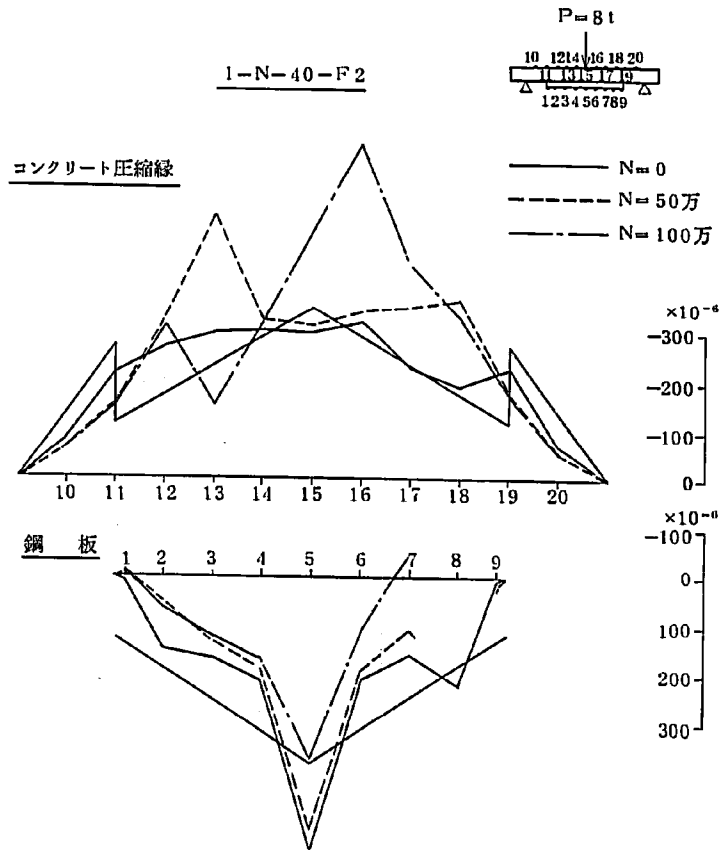


図-1 0.2 B 繰返し載荷にともなうひずみの分布の変化

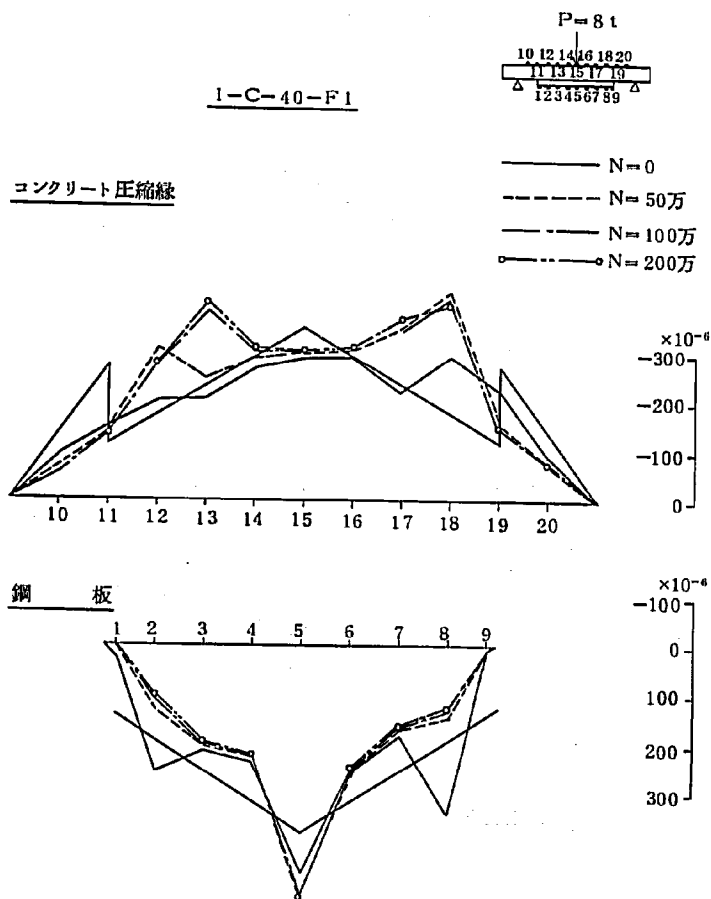


図-1 0.3 B 繰返し載荷にともなうひずみの分布の変化

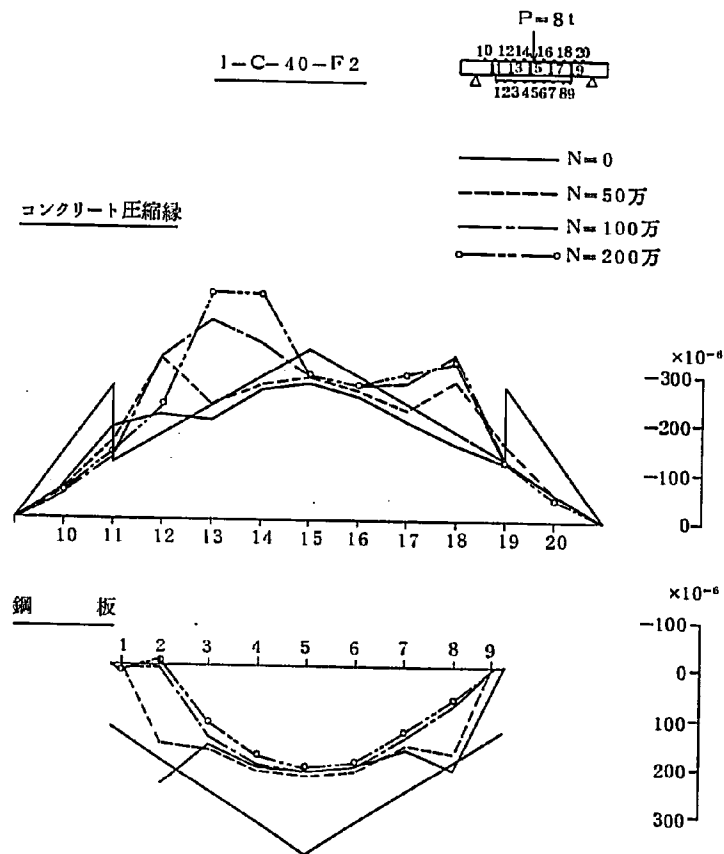


図-1 0.4 B 繰返し載荷にともなうひずみの分布の変化

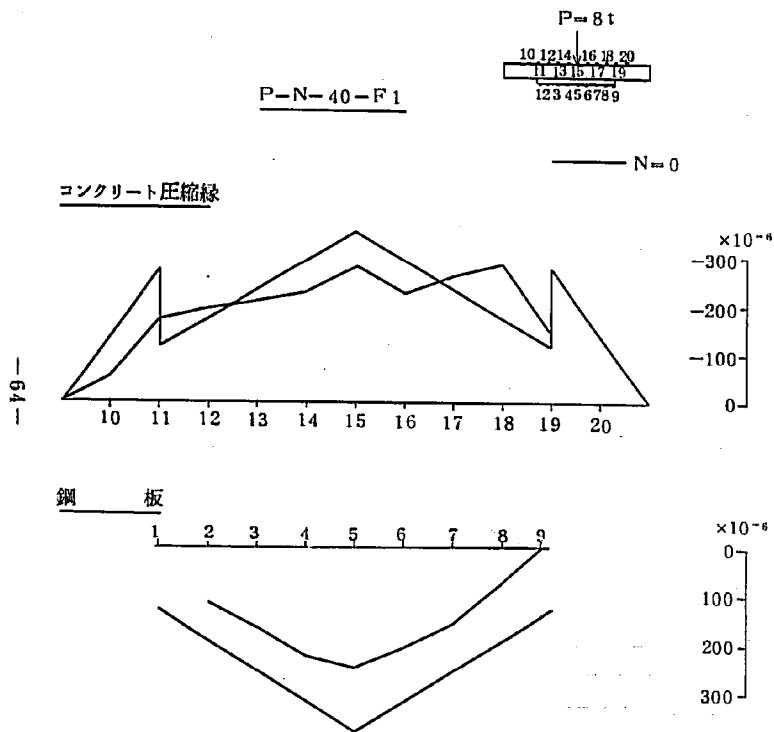


図-1 0.5 B 繰返し荷载にともなうひずみの分布の変化

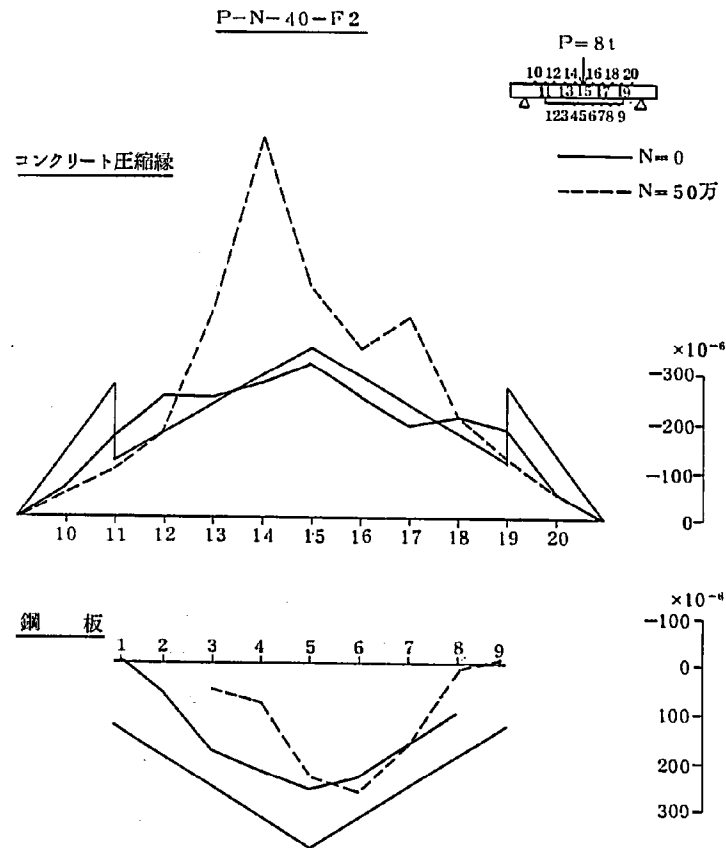


図-1 0.6 B 繰返し荷载にともなうひずみの分布の変化

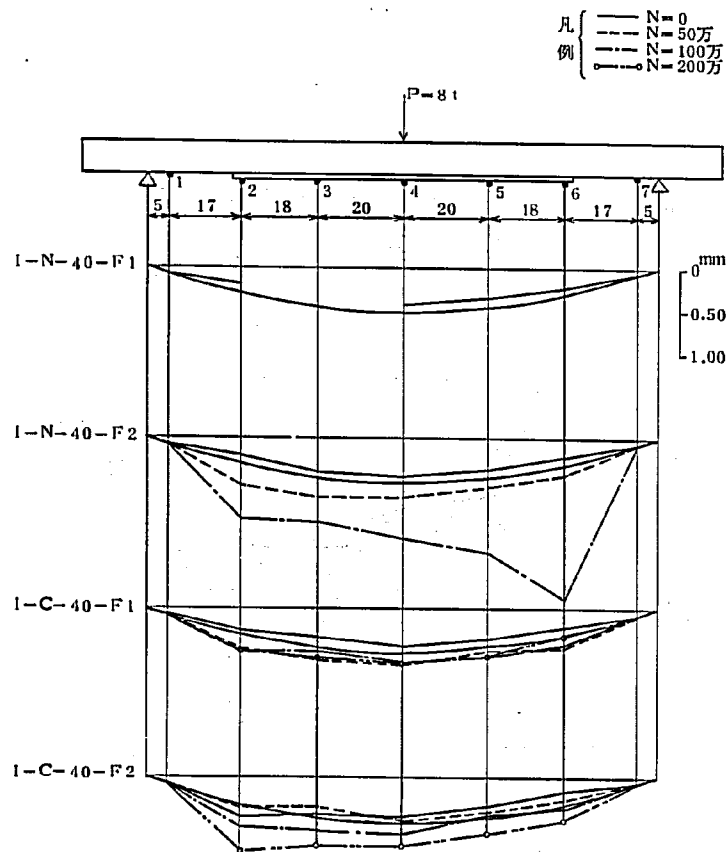


図-1.0.7 B 繰返し載荷にともなうひずみの分布の変化

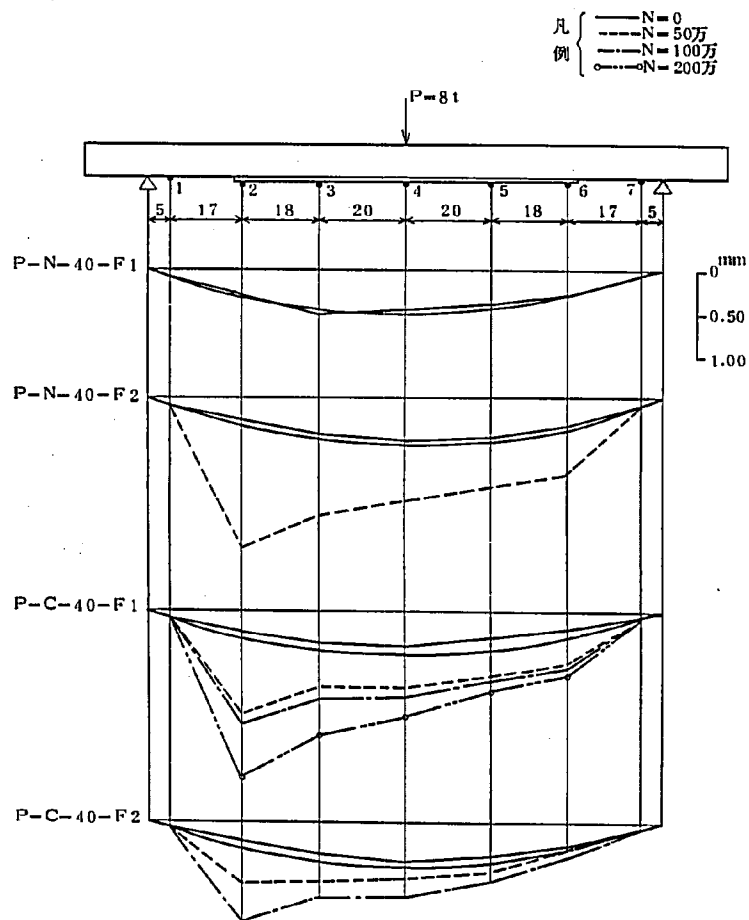


図-1.0.8 B 繰返し載荷にともなうひずみの分布の変化

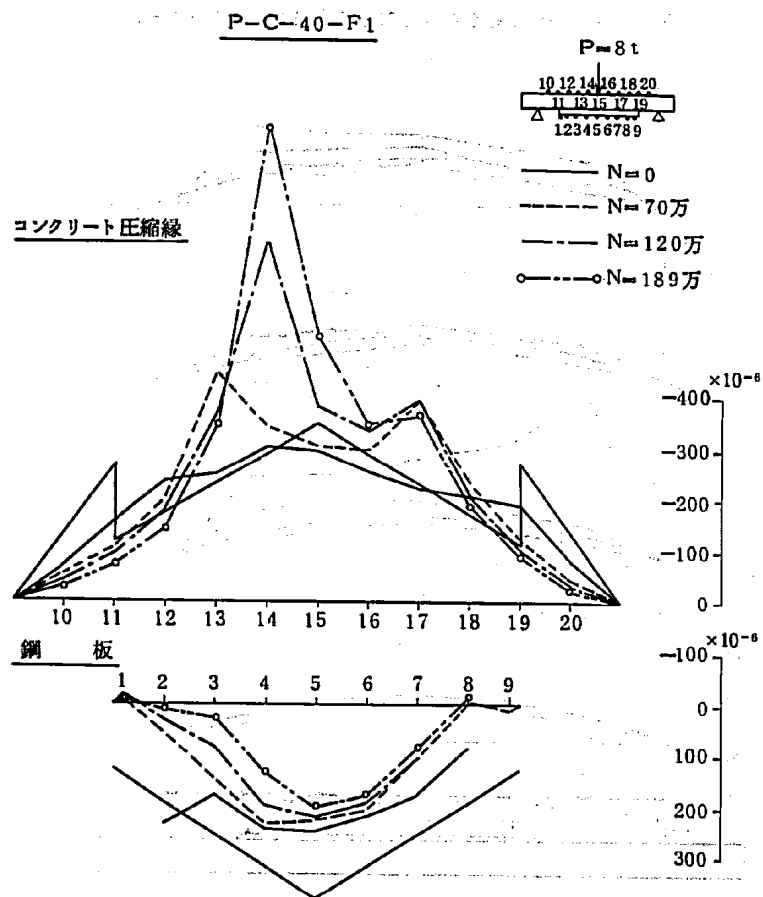


図-1 0.9 B 繰返し載荷にともなうひずみの分布の変化（注入法）

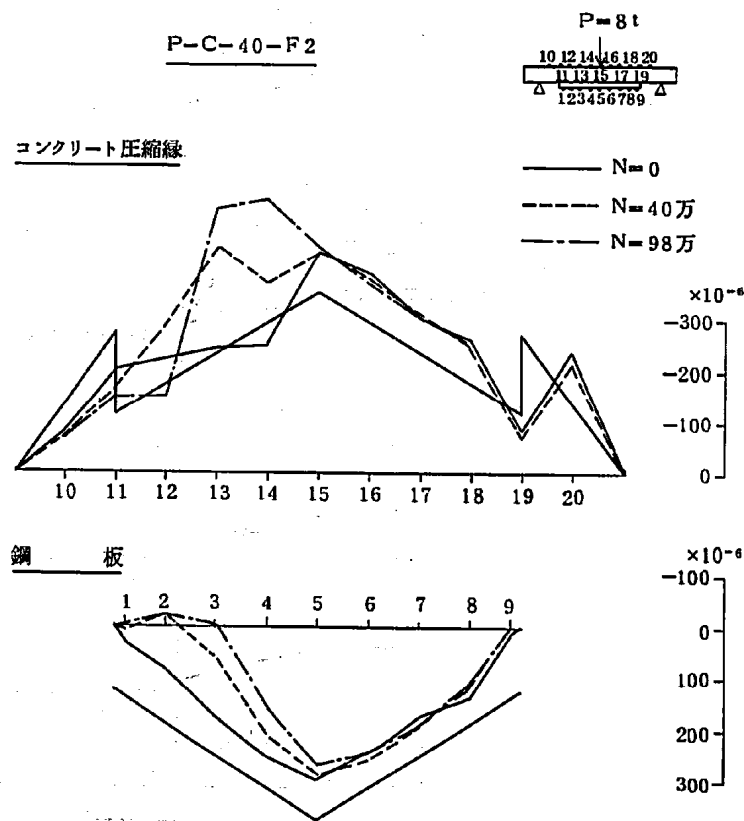


図-1 0.1 0 B 繰返し載荷にともなうたわみ分布の変化（圧着法）

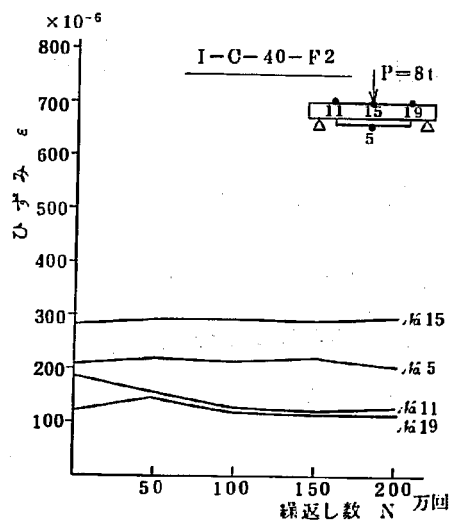
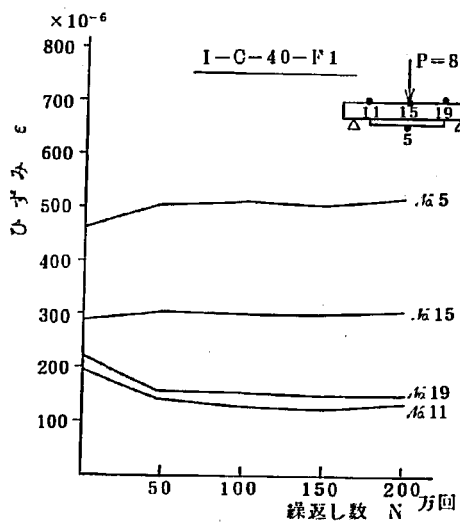
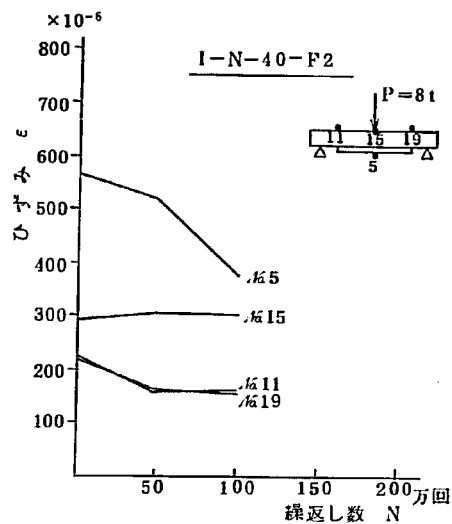
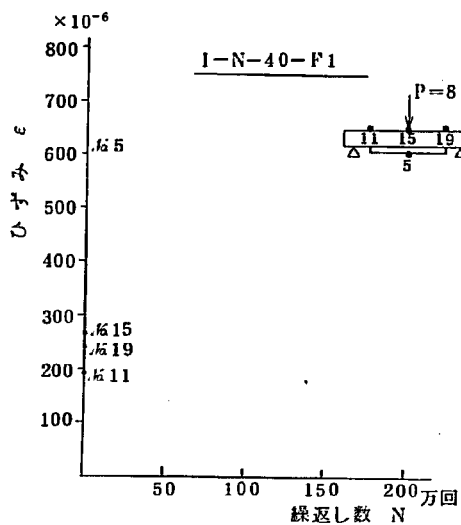


図-11.1 B 繰返し载荷にともなうひずみの変化(注入法)

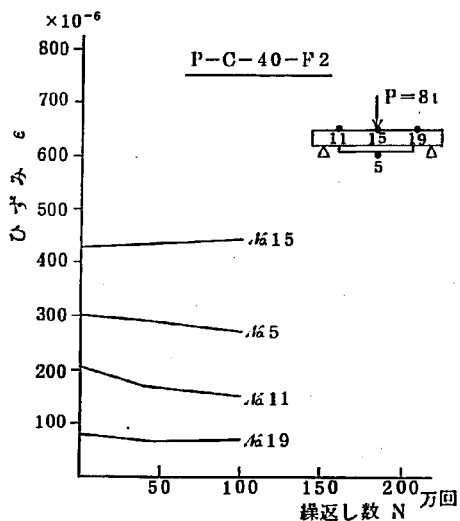
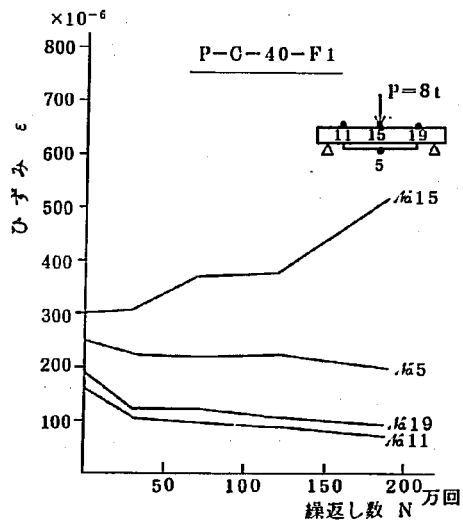
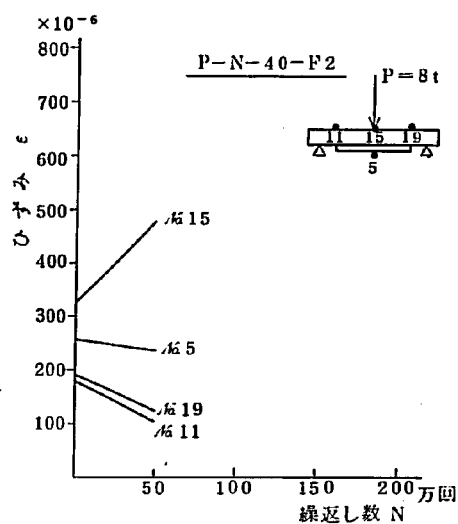
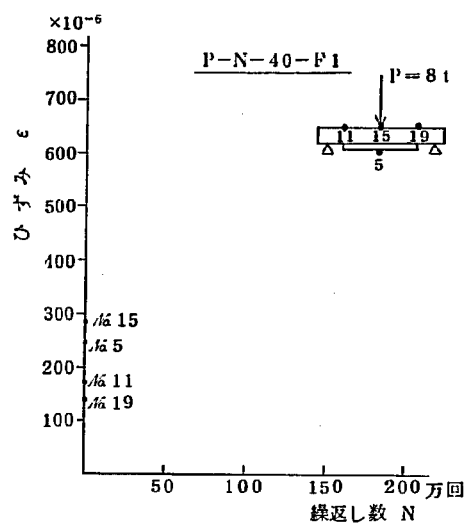


図 1.1.2 B 繰返し载荷にともなうひずみの変化 (圧着法)

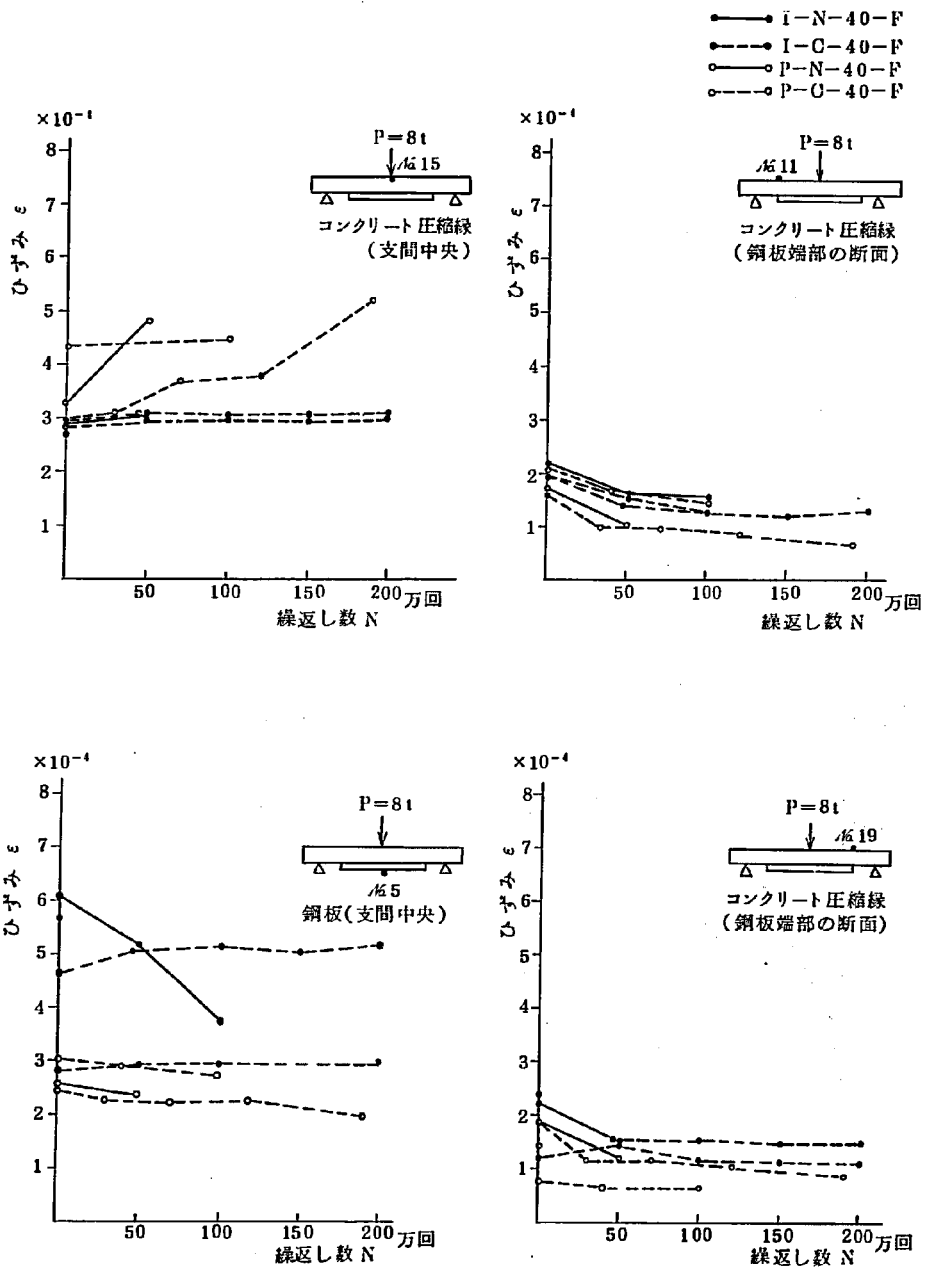
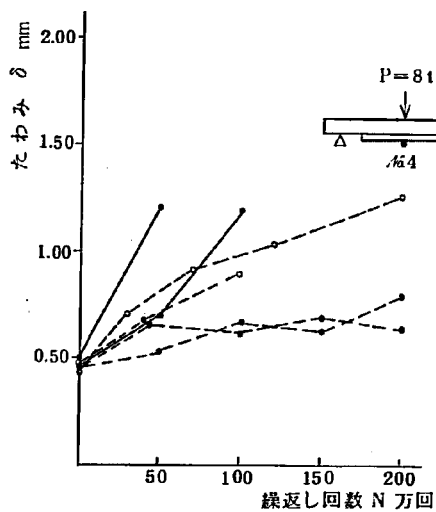
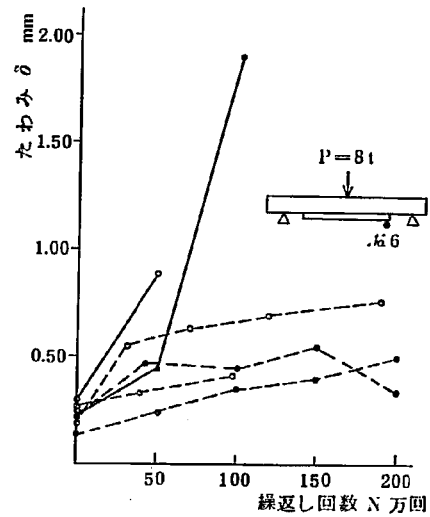
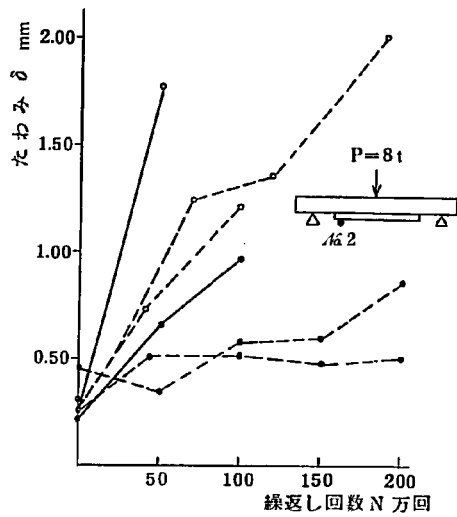


図-1 1.3 B 繰返し載荷にともなうひずみの変化 (供試体主要点について)



- I-N-40-F
- I-C-40-F
- P-N-40-F
- P-C-40-F

図-1.1.4 B 繰返し载荷にともなうたわみの変化(供試体主要部について)

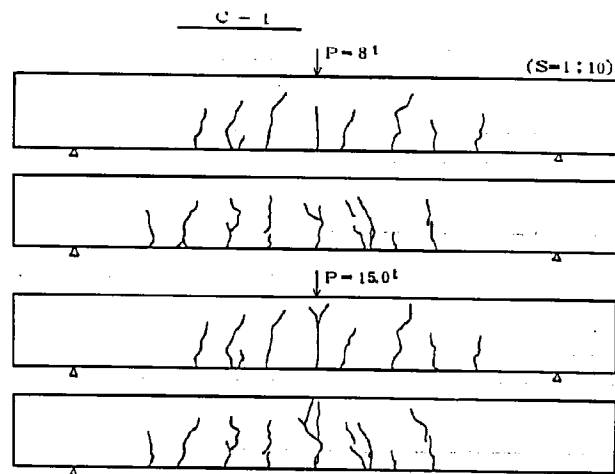


図-12.1B ひびわれ状況
C-2

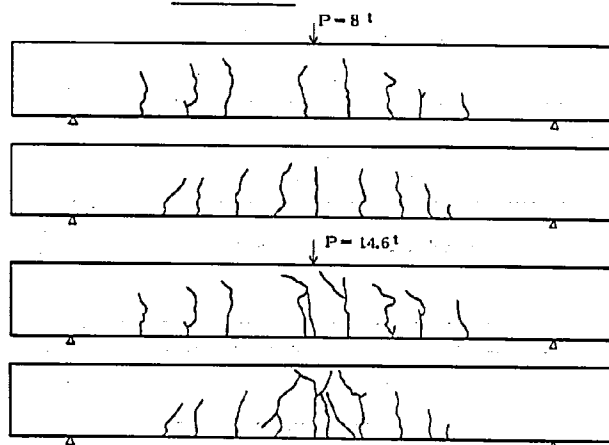


図-12.2B ひびわれ状況

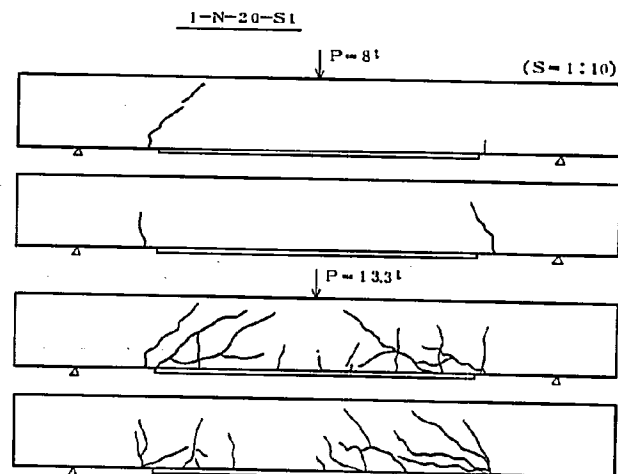


図-12.3B ひびわれ状況

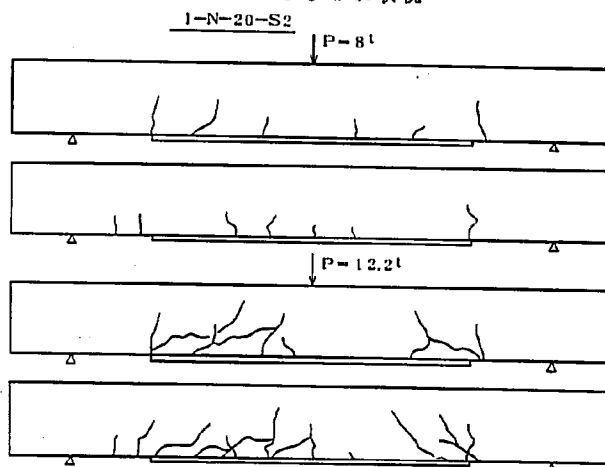


図-12.4B ひびわれ状況

1-N-40-S1

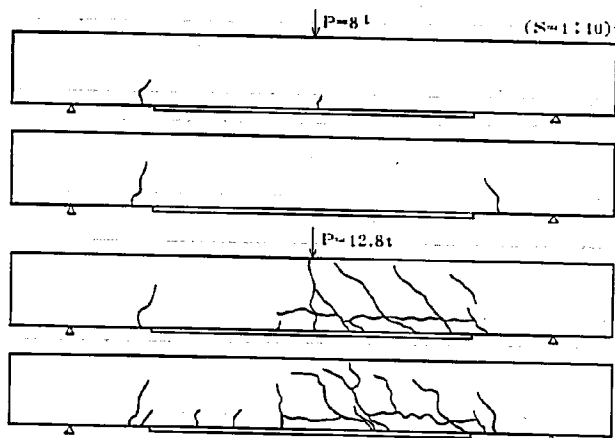


図-12.5B ひびわれ状況
1-N-40-S2

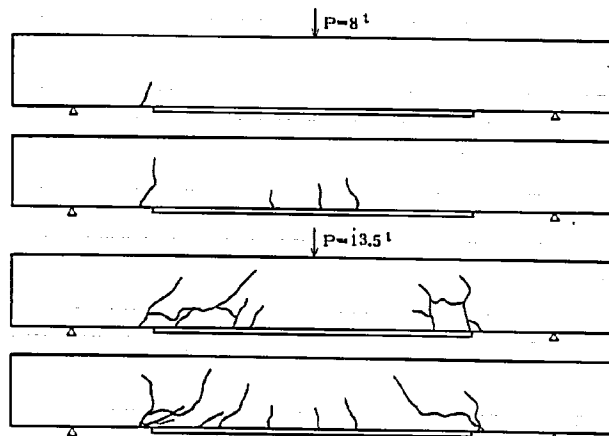


図-12.6B ひびわれ状況

1-N-60-S1

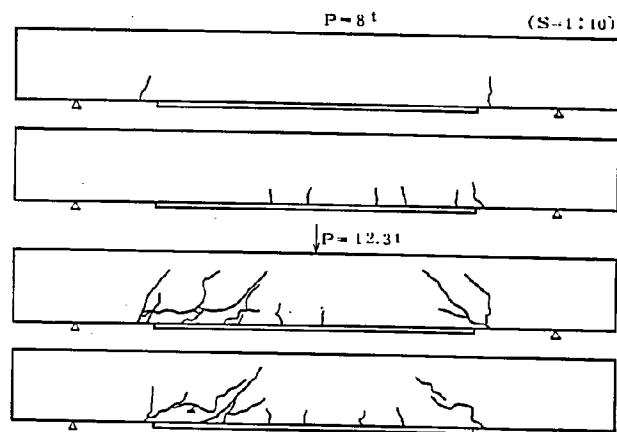


図-12.7B ひびわれ状況
1-N-60-S2

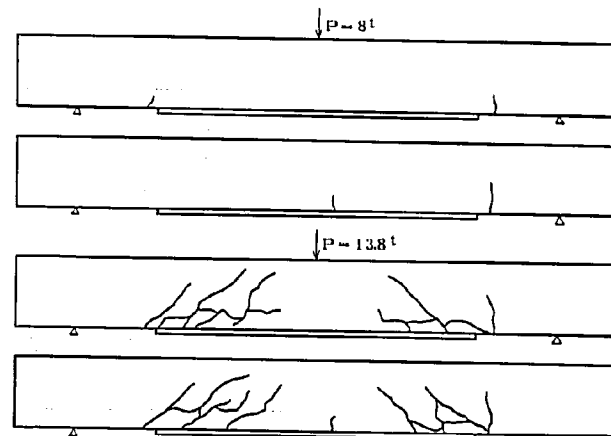


図-12.8B ひびわれ状況

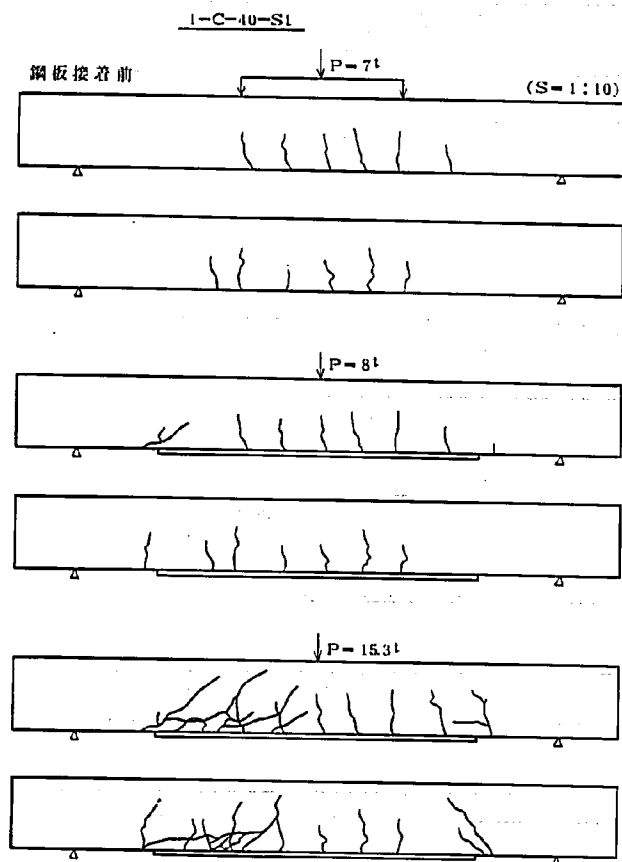


図-12.9B ひびわれ状況

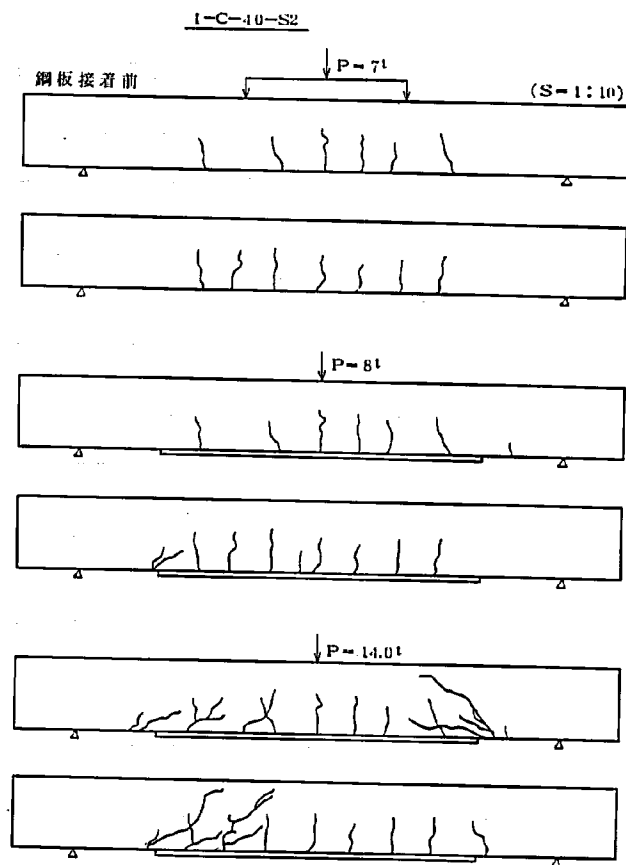


図-12.10B ひびわれ状況

P-N-40-S1

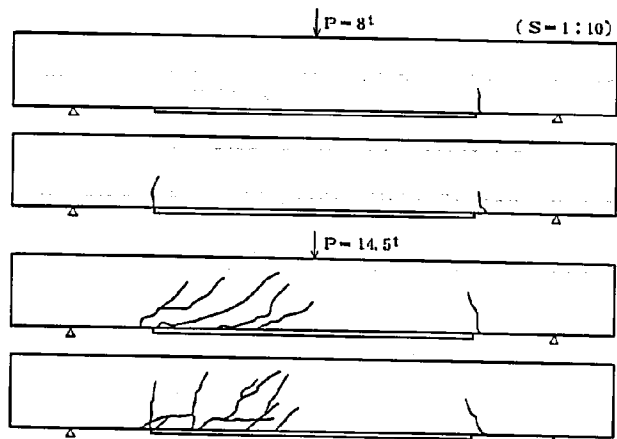


図-12.11B ひびわれ状況
P-N-40-S2

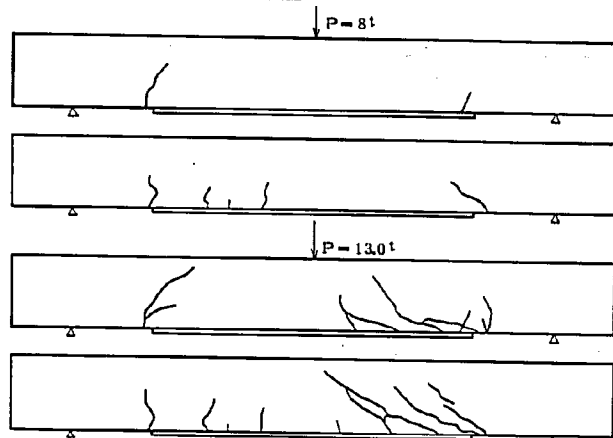


図-12.12B ひびわれ状況

P-C-40-S1

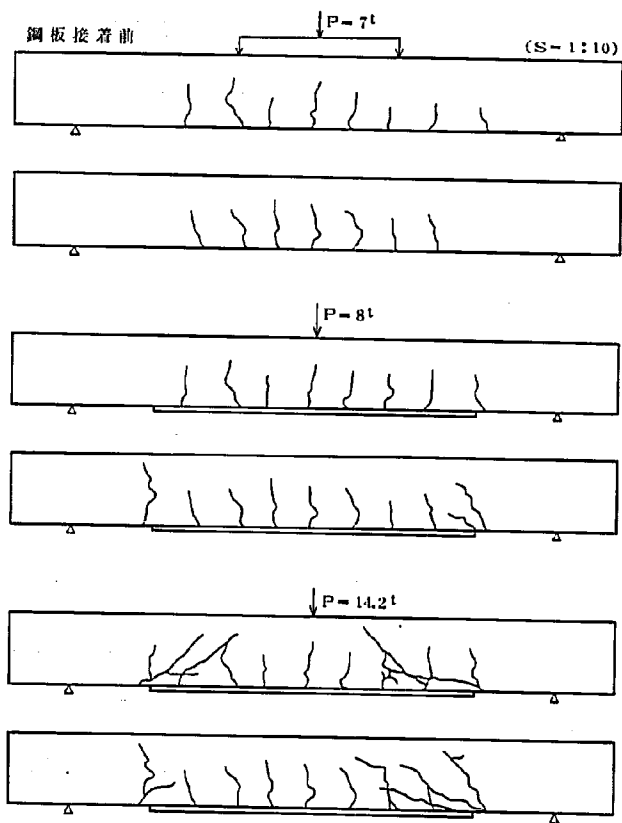


図-12.13B ひびわれ状況

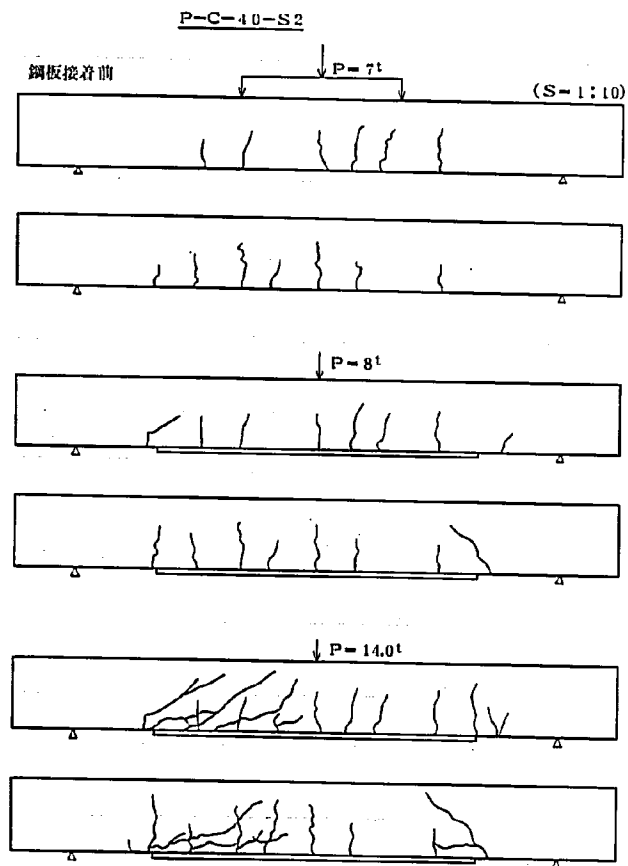


図-12.14B ひびわれ状況

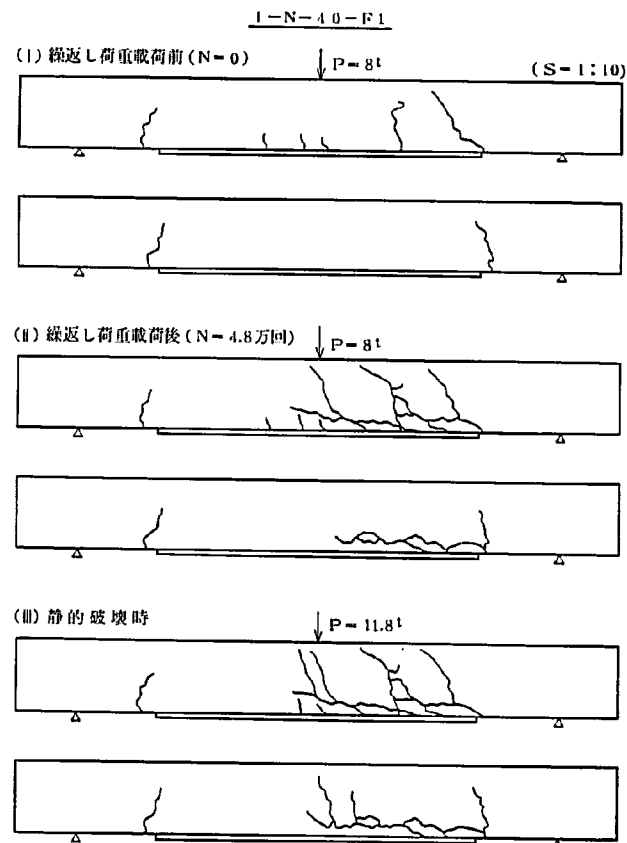


図-12.15B ひびわれ状況

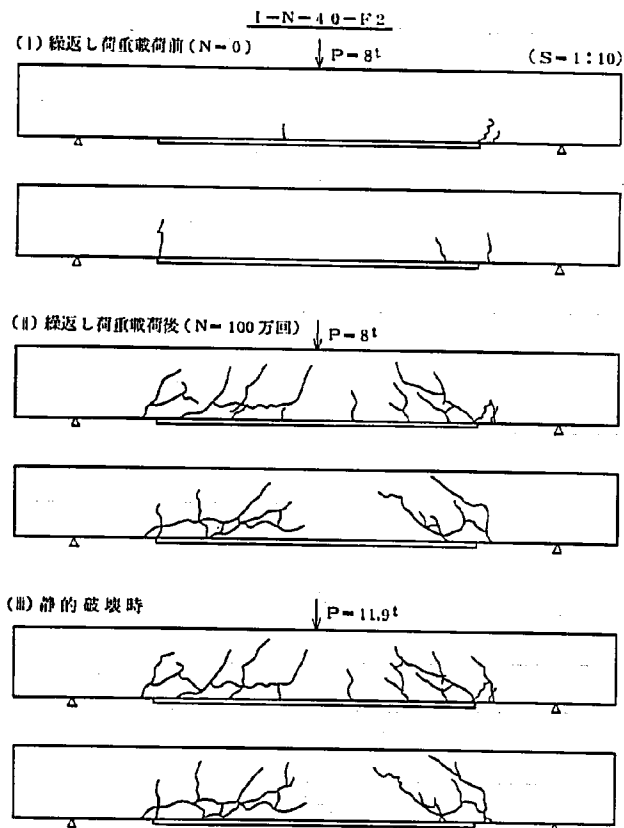


図-12.16B ひびわれ状況

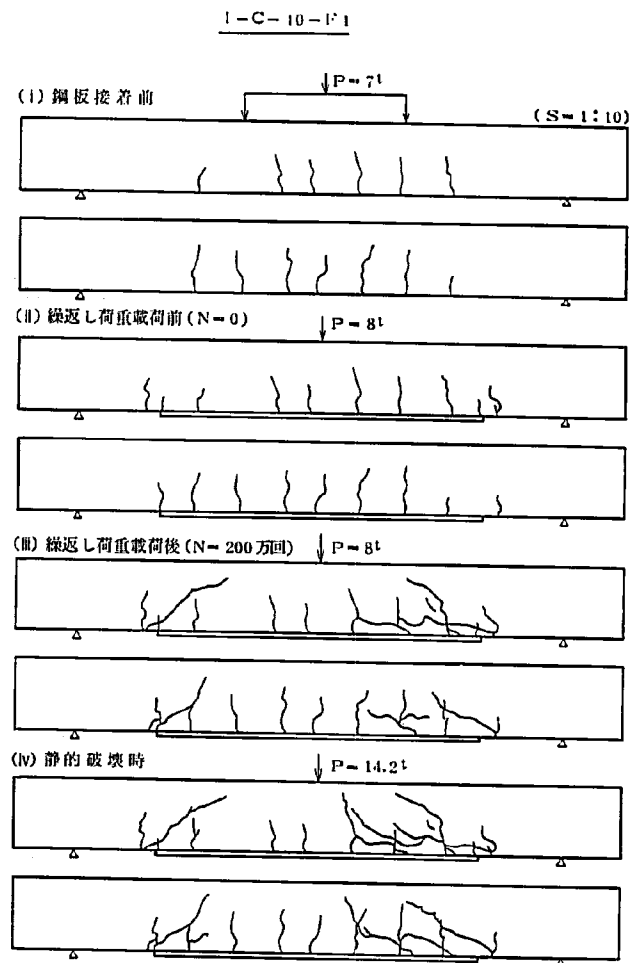


図-12.17B ひびわれ状況

1-C-40-F2

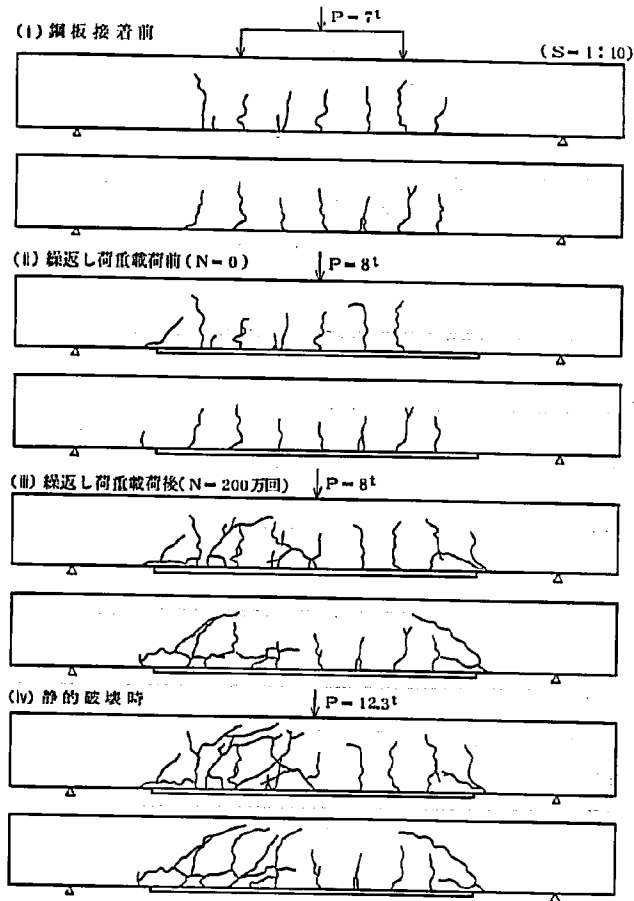


図-12.18B ひびわれ状況

P-N-40-F1

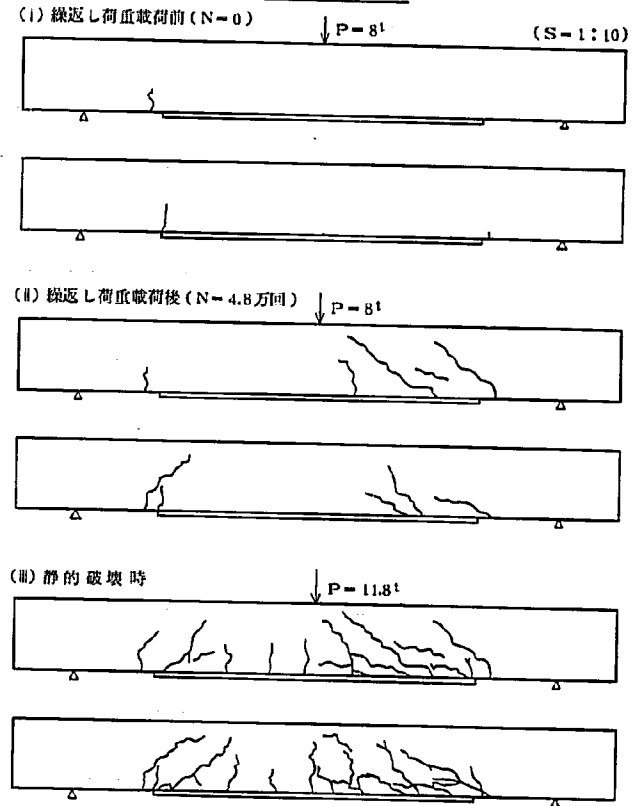


図-12.19B ひびわれ状況

P-N-40-F2

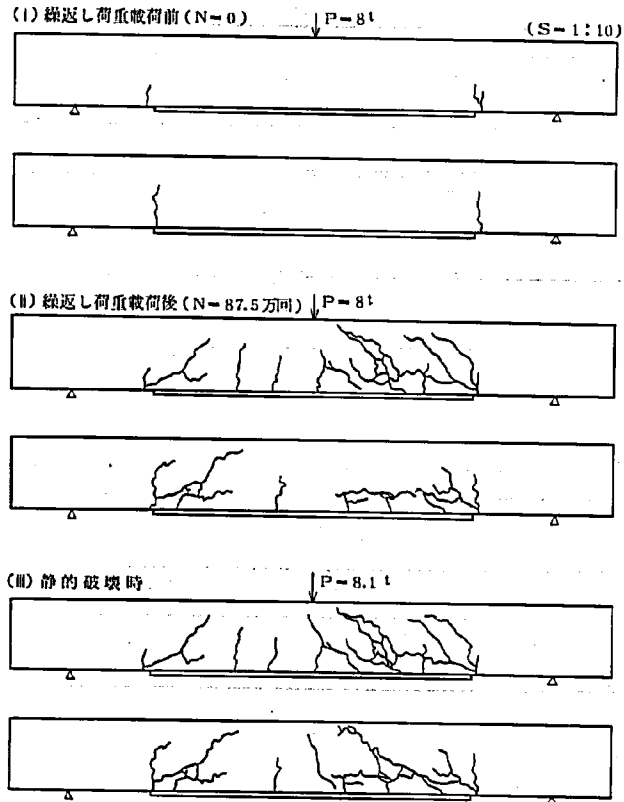


図-12.20B ひびわれ状況

P-C-40-F1

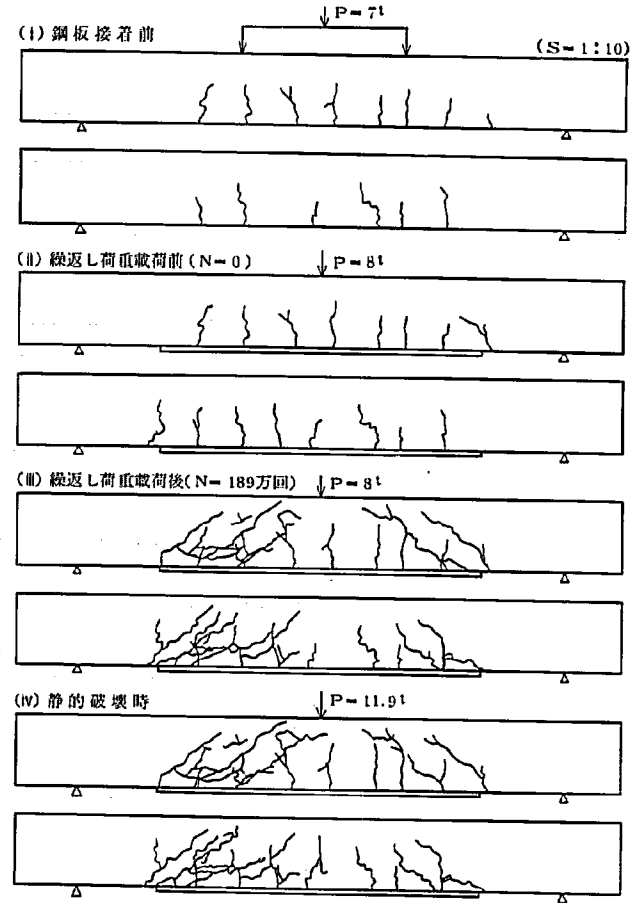


図-12.21B ひびわれ状況

P-C-40-F2

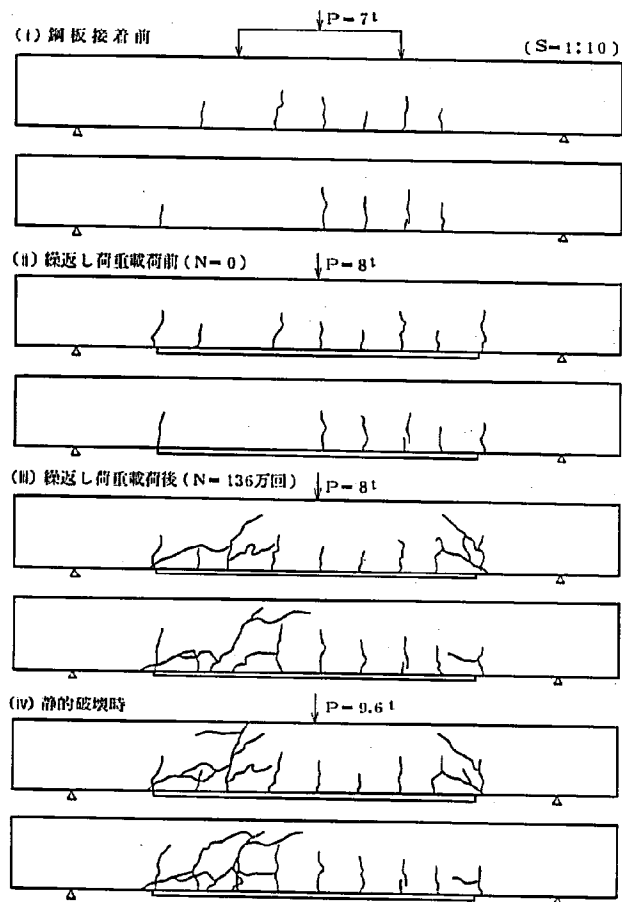


図-12.22B ひびわれ状況

供試体グループ A

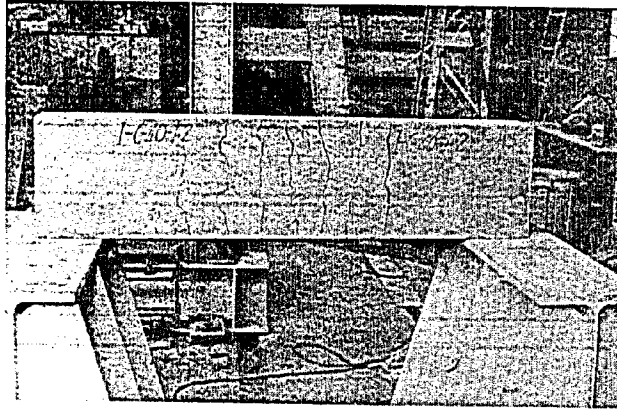


写真-1 鋼板接着前に供試体にクラックを入れる (I-C-40-F2)
P=7t にて2点載荷後

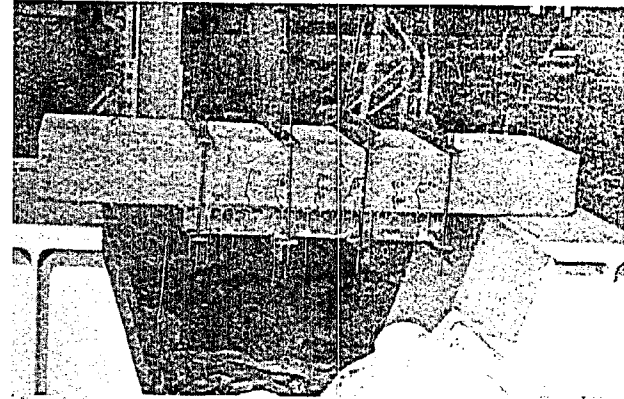


写真-3 鋼板圧着法にて供試体に鋼板を圧着

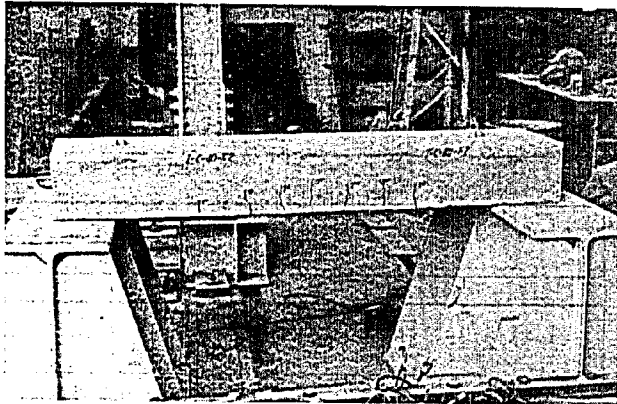


写真-2 鋼板接着前供試体側面 (I-C-40-F2)
P=7t にて2点載荷後

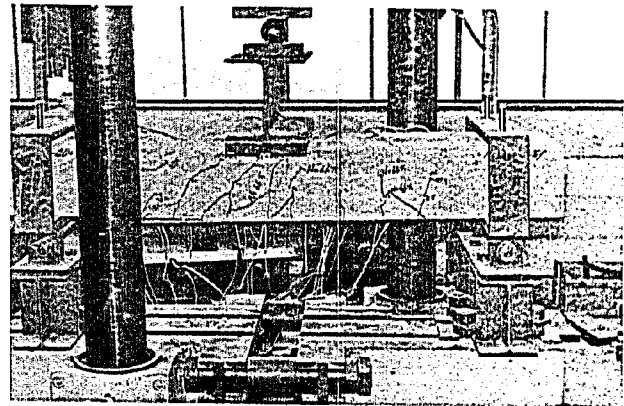


写真-4 供試体曲の試験載荷時 (P-C-40-F1, P=8t)

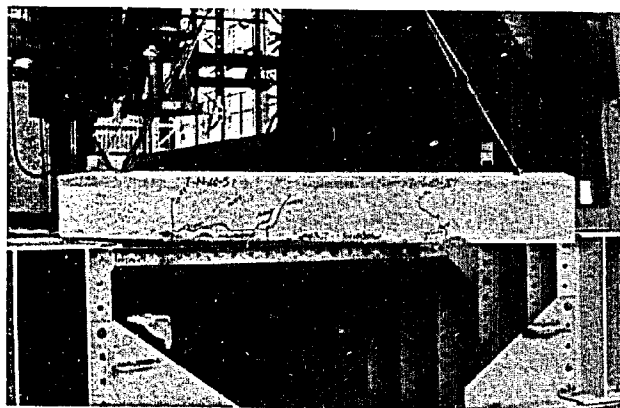


写真-5 供試体試験終了後 (I-N-40-S1, P=8t, N=180万回)

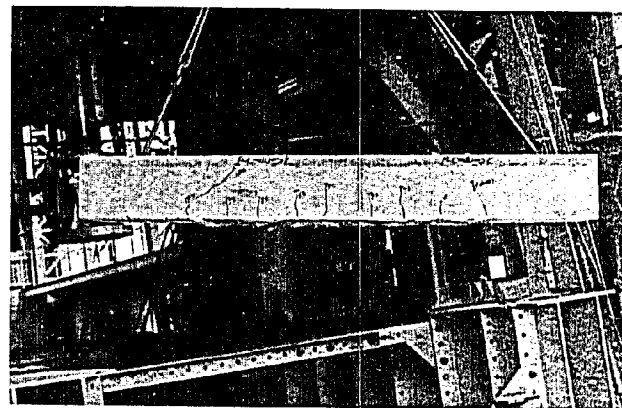


写真-7 供試体試験終了後 (I-C-40-S1, P=8t, N=208万回)

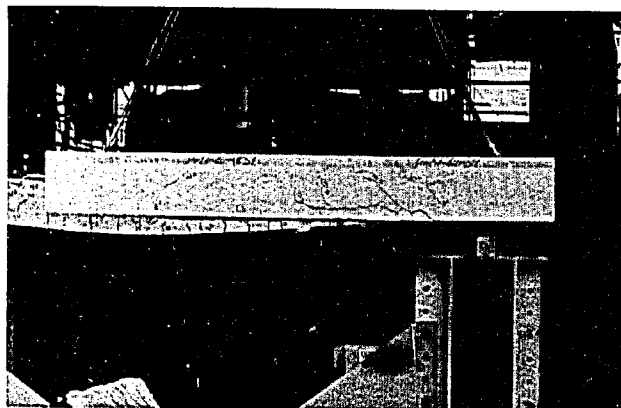


写真-6 供試体試験終了後 (P-N-40-S1, P=8t, N=210万回)

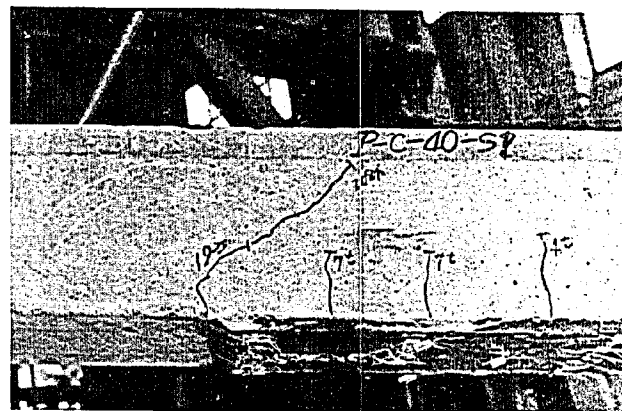


写真-8 供試体試験終了後 (I-C-40-S1, P=8t, N=208万回)

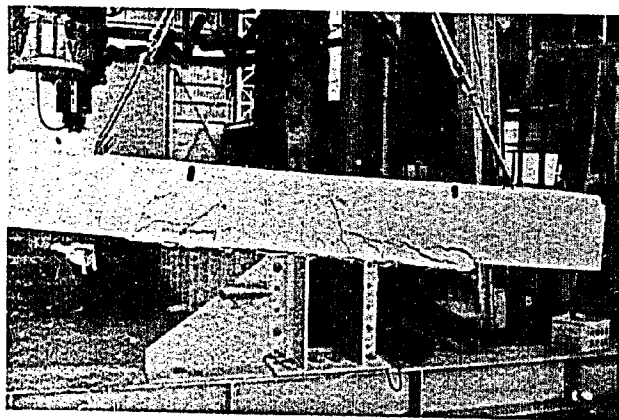


写真-9 供試体試験終了後 (I-N-60-S1, P=13.0 t)
(静的にて破壊)

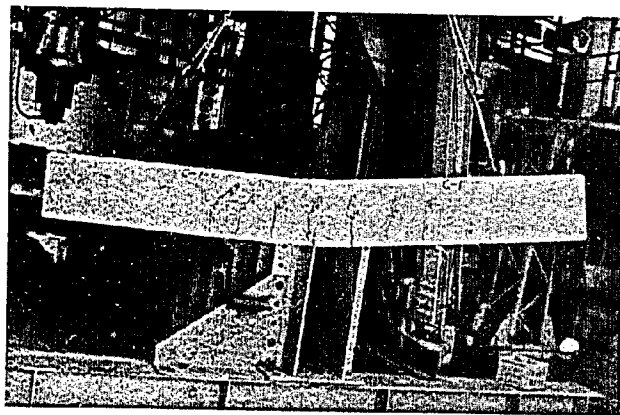


写真-10 供試体試験終了後 (C-1, P=14.6 t)
(静的にて破壊)

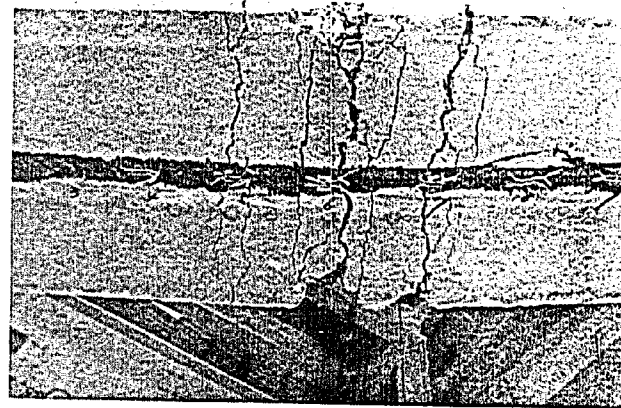


写真-11 供試体試験終了後床板底面 (C-1, P=14.6 pt)
(静的にて破壊)

供試体グループB

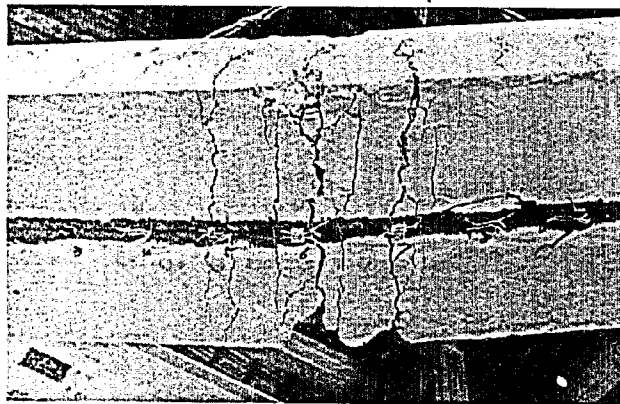


写真-12 静的載荷実験後 (C-1, $P=15.0\text{ t}$)

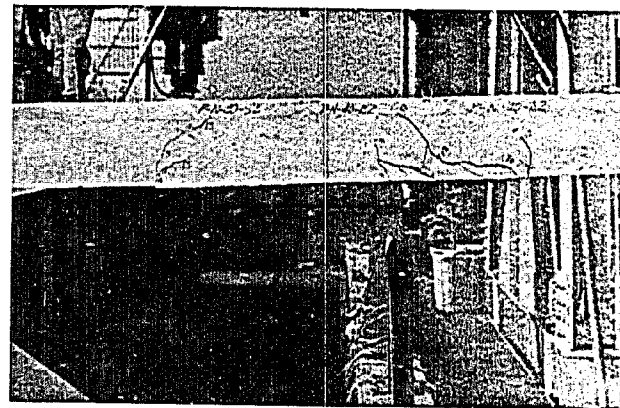


写真-14 静的載荷実験後 (P-N-40-S2, $P=13.0\text{ t}$)

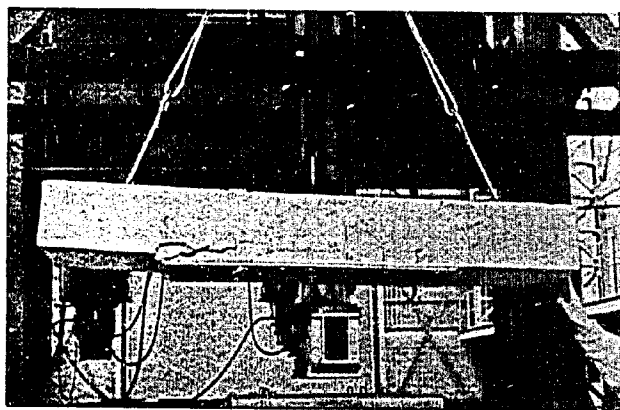


写真-13 静的載荷実験後 (I-N-40-S1, $P=12.8\text{ t}$)

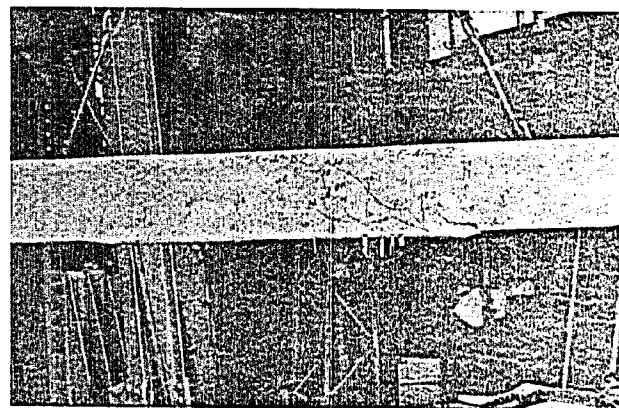


写真-15 静的載荷実験後 (P-C-40-S2, $P=14.0\text{ t}$)

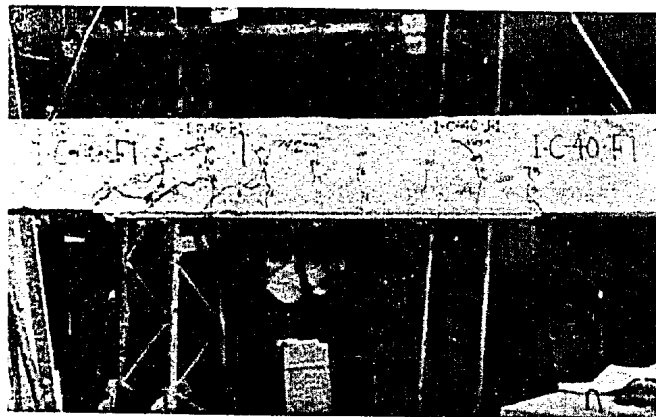


写真-16 繰返し載荷実験後 (I-C-40-F1, N=200万回, P=14.2t)



写真-18 繰返し載荷実験後 (P-N-40-F2, N=87.5万回, P=8.1t)

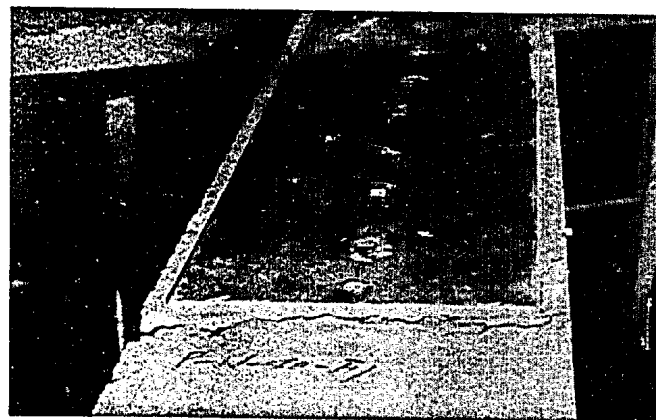


写真-17 繰返し載荷実験後の供試体底面
(P-N-40-F1, N=30万回, P=12.8t)

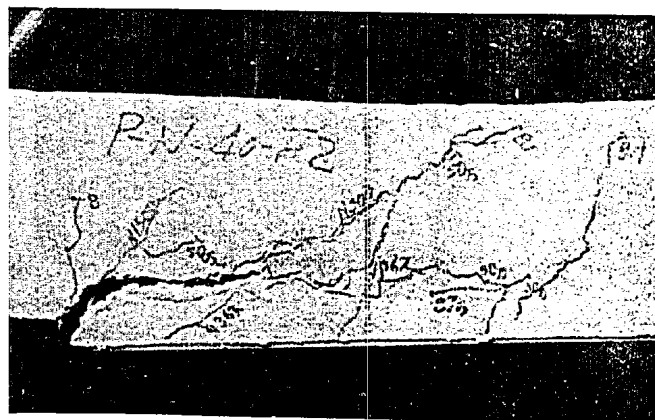


写真-19 繰返し載荷実験後 (P-N-40-F2,
N=87.5万回, P=8.1t)

鋼板接着による鉄筋コンクリート床版補強に関する実験

太田 実, 相沢 勇
百田 国広, 中村 登喜雄

要 旨

既存の鉄筋コンクリート床版に鋼板を接着して補強する工法に関して、幅35cm、厚さ18cm支間120cmの供試体による静的載荷実験および繰返し載荷実験を行ない、接着された鋼板の合成効果、初期ひびわれの有無による挙動のちがい、鋼板接着の施工法のちがい(注入法、圧着法)による挙動のちがい繰返し載荷のもとでの挙動などを調査した。その結果、初期ひびわれの有無、施工法のちがいにかかわらず鋼板接着による床版補強の設計は通常の鉄筋コンクリート部材としての計算によることができること、鋼板を接着補強する位置が適切かどうかによってこの工法による補強効果の成否が左右されること、などがたしかめられた。

昭和46年4月

太田 実 相沢 勇
百田 国広 中村 登喜雄

キイ・ワード：鉄筋コンクリート床版，補強，接着材