

Br. 73-10

受託研究費による
プレキャストけた橋
連結部強度試験



土木研究所資料

第929号

プレキャストけた橋連結部強度試験

昭和49年3月

建設省土木研究所

土木研究所資料

第九二九号

プレキャストけた橋連結部強度試験

昭和四十九年三月

まえがき

PC橋工事の省力化、急速施工化を行なうには、プレキャスト化を行なうことが有効であることは論を待たない。しかし、プレキャストけたを用いた単純けた橋を連絡して用いる場合は、現場打ち連続けた橋と異なり、橋脚上の伸縮継手の維持管理および走行性に大きな問題がある。このような問題を解決するために、橋脚上で隣接する支間のけた間に現場打ちコンクリートを施工することによりプレキャストPCけたどうしを連結するという方法が考案された。

本報告書は、日本道路公団東京建設局からの委託に基づいて土木研究所が行なった、このような連絡構造におけるプレキャストけた端面と現場打ちコンクリートとの打継目のせん断強度に関する実験について述べたものである。

昭和49年3月

橋梁研究室 室長 国 広 哲 男
研究員 朝 倉 肇
百 田 国 広

目 次

ま え が き

1. 試 験 の 目 的	1
2. 試 験 体	5
2.1 試験体の形状, 寸法	5
2.2 材 料	5
2.3 製 作	5
3. 試 験	8
4. 測 定 結 果	12
4.1 打継目のずれ	12
4.2 鉄筋ひずみ	12
4.3 破壊荷重および破壊状況	14
5. 試験結果に対する考察	22
6. 結 論	24

あ と が き

参 考 文 献

1. 試験の目的

単純けた橋と連続けた橋を比べると、走行性、維持管理等の面からは伸縮継手の数が少なくなる連続けた橋の方が秀れている。とくに、走行性を重視する高速道路では、連続構造であることが望まれる。

また、一方、PC橋工事の省力化、急速施工の面からは、一般には、現場打ちとなる連続けた橋より、プレキャストけたを用いた単純けた橋の方が好ましい。

そこで、これらの両者の利点を合わせもつ構造として、プレキャストけたを架設後、橋脚上で連結する構造に関する研究が行なわれてきた。^{1) 2) 3) 4)}

これまで、我国で検討されてきたものとしては、図-1に示すようにプレテンションPCTげたの上フランジに切り欠きを設け、この切り欠き部でPCげたから出した埋込み鉄筋に連絡鉄筋を添わせ、重ね合わせ継手により橋脚両側のPCけたを連結する構造や、図-2に示すように、ポストテンションPC合成けた橋において床版に埋込んだ鉄筋により連結する構造がある。これらの工法においては、図から明らかなように橋脚上では両側の支間のそれぞれのPCけたを二つの支承で別々に支持しているため、橋脚頭部の幅をある程度大きくする必要があり、下部工の費用が増大する。また、支承および構造解析においても特別の配慮を要する。さらに、跨道橋において、中央分離帯

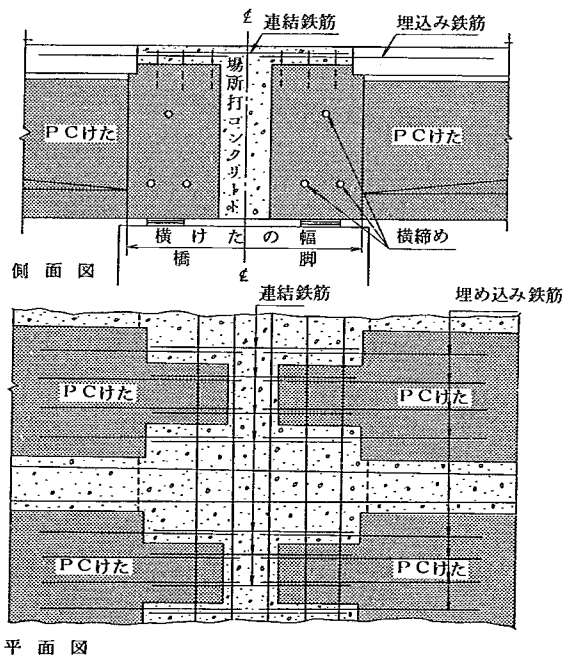


図-1 プレテンションPCけた連結構造

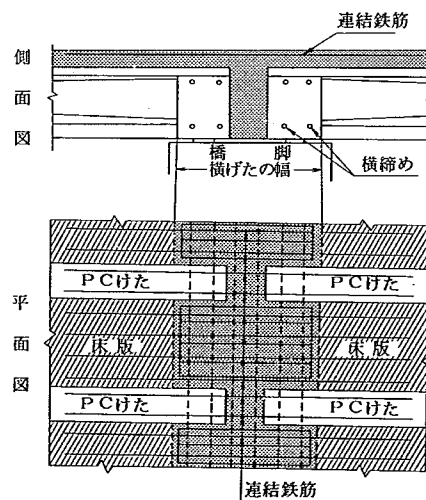


図-2 ポストテンションPC合成けた橋連結構造

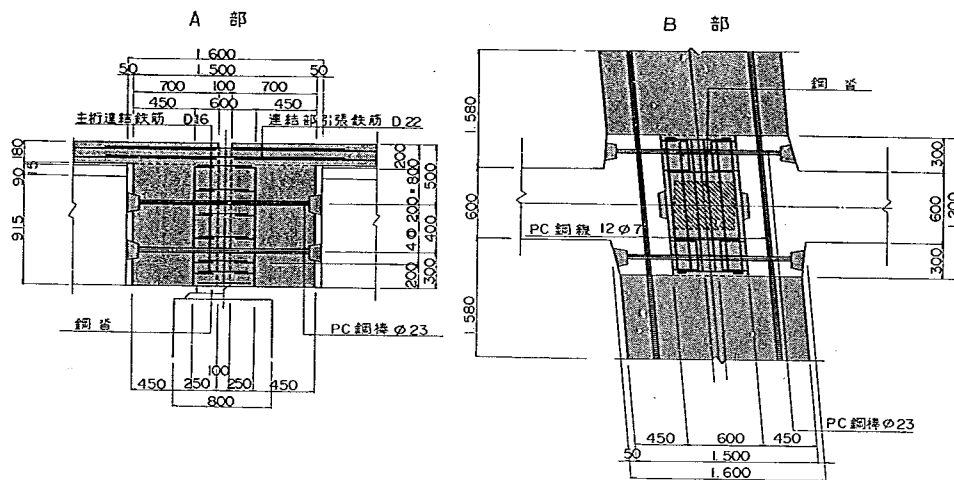
に橋脚を立てる場合は、橋脚頭部の幅に制限を受けるためこのような構造の採用には問題がある。

そこで、図-3に示すような連絡構造が検討されている。すなわち、プレキャストけたを仮置きした状態で、連結部にコンクリートを打設し、このコンクリートが硬化後、連結部を一点で支持する構造である。

このような連結構造においては、せん断力の最も大きい、支点付近にプレキャストけた端面と現場打ちコンクリートとの打継目がくるために、この打継目の補強が必要と考えられる。

せん断に対する補強方法としては、プレキャストけた端面から差し筋を出す、プレストレスを導入し摩擦抵抗を増大する、プレキャスト端面にテーバーを付ける等の方法が考えられる。

そこで、プレキャストコンクリートと現場打ちコンクリートとの打継目を対象として、小型コンクリート試験体による静的破壊試験および疲労試験を行ない、打継目の補強方法の検討を行なうこととした。



横断面図

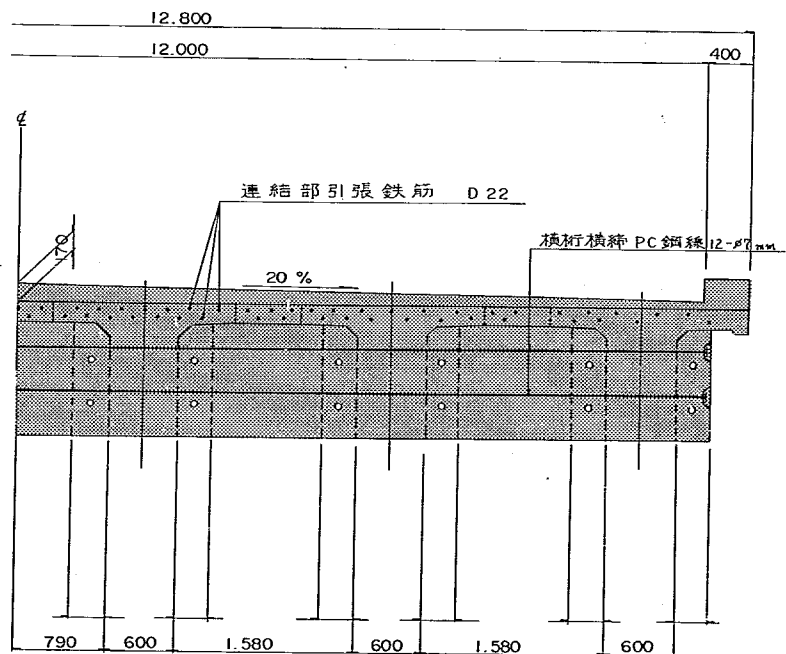


図-3.2 連結部詳細図

2. 試 験 体

2.1 試験体の形状、寸法

試験体は図-4に示す通りで、プレキャストけた端面と現場打ちコンクリートとの打継目の部分を切り出した形のものである。

タイプAはプレキャストけたに差し筋をしたもの、タイプBはタイプAにプレストレスを導入したもの、タイプCはタイプAのプレキャストけた端面に1/10のテーパをつけたもの、および比較のための一体打コンクリートタイプDの4種類である。

差し筋は、 $\phi 19$ mmの鉄筋を4本用いた。鉄筋比としては約14%であり、この値はプレストレストコンクリート道路橋示方書の合成げたにおけるずれ止め鉄筋の設計方法（PC道示12.6）によって必要とされる鉄筋比よりかなり多い。

タイプBの導入プレストレス量は、 4 kg/cm^2 であり、プレストレスの影響を明らかにするため、グラウトは行わず、PC鋼棒がせん断力を分担しないようにした。

製作数は、タイプA、タイプB各4体、タイプC、タイプD各2体の合計12体である。

2.2 材 料

プレキャスト部のコンクリートの設計基準強度 σ_{ck} は、 400 kg/cm^2 、連結部現場打ちコンクリートの σ_{ck} は 300 kg/cm^2 とした。それぞれの示方配合および試験結果を表-1に示す。鉄筋はSD30、PC鋼棒は丸鋼A種1号を用いた。

表-1 コンクリート示方配合および試験結果

	設計 基準 強度 (kg/cm^2)	粗骨 材大 寸法 (mm)	ス ラン プ (cm)	単 位 水 量 W(kg)	単 位 セ メント 量 G(kg)	水 セ メント 比 W/G(%)	絶骨 対材 細率 S/A(%)	骨材重量 (kg)			圧縮 強度 (kg/cm^2)	ヤ 係 数 (kg/cm^2)
								全 量 A	細骨材 S	粗骨材 G		
本 体	400	25	6	162	405	40	40	1838	727	1111	405	3.7×10^5
連結部	300	25	6	162	360	45	42	1874	779	1095	316	3.0×10^5

* 試験体と同じ養生を行なった $\phi 15 \times 30$ cmの供試体による試験結果

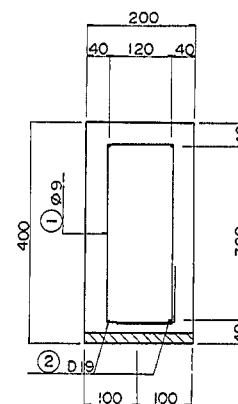
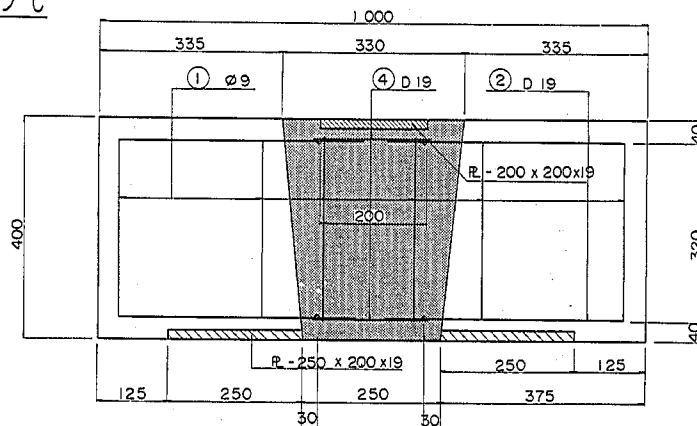
2.3 製 作

試験体の製作はできるだけ実際の橋の場合と同じとなるように行なった。

プレキャスト部のコンクリートは、 60°C 以下の蒸気養生を10時間行ない、二日後に脱型した。プレキャスト部の打継目はワイヤーブラシで良く磨きレイトンスを取り除いた後に、連結部のコンクリートを打設した。

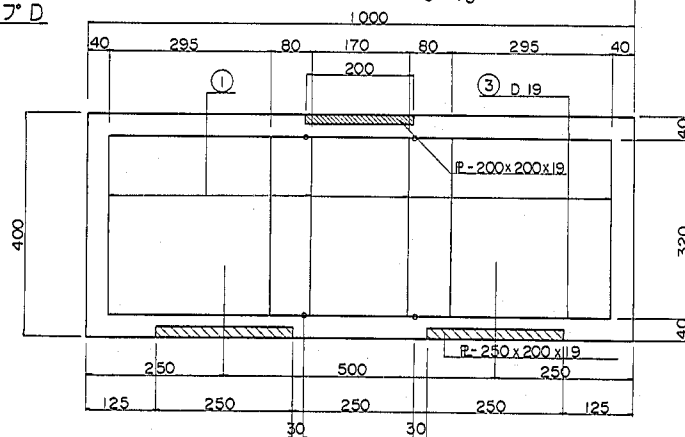
圖 - 4.1 試驗體形狀寸法

タイプ C



側面図
 $S = 1/6$

タイプ D



断面図
 $S = 1/6$

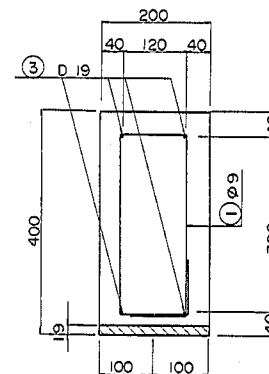


図 - 4.2 試験体形状寸法

3. 試 験

各タイプ2体について静的破壊試験を、タイプA, Bの各2体について疲労試験を行なった。

荷重方法は図-5に示す通りである。

静的試験は、まず、実際の橋の設計荷重によるせん断応力度 6.6 kg/cm^2 を生ずる荷重（以下設計荷重と略す。）10.56 tonまで荷重し、 $0 \rightarrow 10.56 \rightarrow 0$ を10回繰返し後、静的に荷重を増大し破壊させた。

疲労試験は、タイプA, B各1本は実際の橋の死荷重せん断応力 5.3 kg/cm^2 を生ずる荷重（以下死荷重と略す。）8.45 tonと設計荷重10.56 tonとの間で200万回繰返し荷重後、静的に荷重を増大し、破壊させた。タイプA, Bの残りの各1本は、死荷重と設計荷重との間で50万回繰返し荷重後、上限荷重を50%上げ、8.45 ton

と15.84 tonの間で200万回繰返し荷重し、その後静的に荷重を増大し、破壊させた。

試験においては、打継目のずれと鉄筋のひずみの測定およびひび割れ発生状況の観察を行なった。

ずれ量は、コンタクトゲージにより、図-6に示すように、コンクリート表面に設けた標点間の長さ変化を測定し、以下のようにして求めた。

ずれ量を δ_a 、コンクリートの圧縮変位を δ_b （打継目の両側とも同じと仮定）とすると、測定値 δ_{l1} および δ_{l2} は次式で表わされる。

$$\delta_{l1} = \delta_a - \delta_b$$

$$\delta_{l2} = -\delta_a - \delta_b$$

したがって、ずれ量 $\delta_a = (\delta_{l1} - \delta_{l2}) / 2$ で求められる。

鉄筋のひずみは図-6に示すようにプレキャスト部から突き出した鉄筋の上側に貼った。

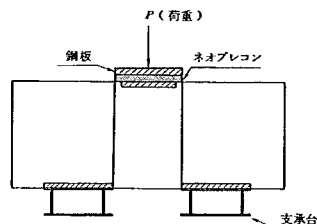


表 荷重荷重

静	0 ~ 10.56 ~ 0 ~ 10.56 ~ 0 (10回繰返し)
的	0 ~ 破壊まで
疲	0 ~ 10.56 ~ 8.45 ~ 10.56 (200万回繰返し) ~ 0 ~ 破壊まで
勞	0 ~ 10.56 ~ 8.45 ~ 10.56 (50万回繰返し)
	0 ~ 15.84 ~ 8.45 ~ 15.84 (200万回) ~ 0 ~ 破壊まで

図-5 荷重方法および荷重

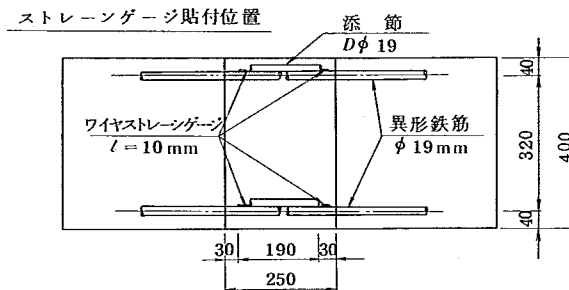
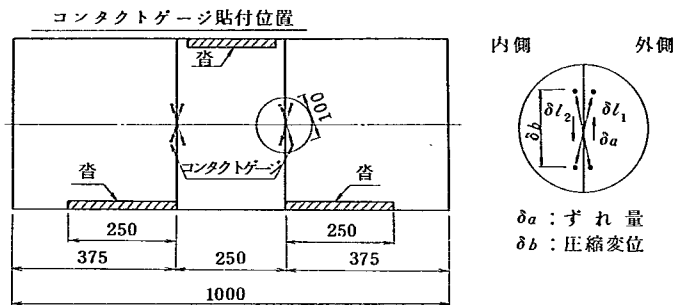


図-6 測定位置

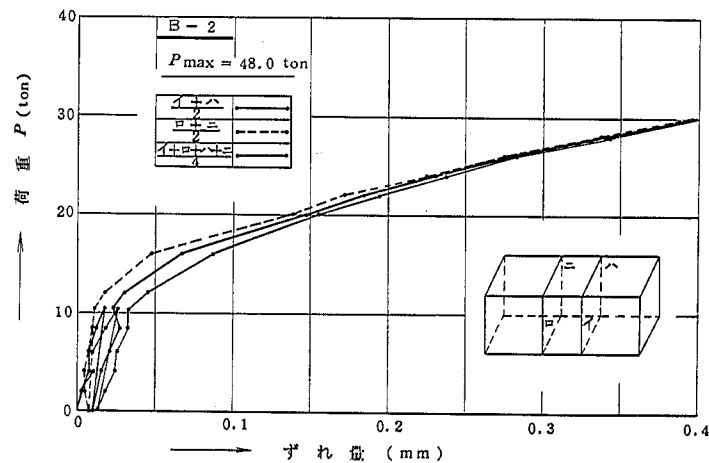
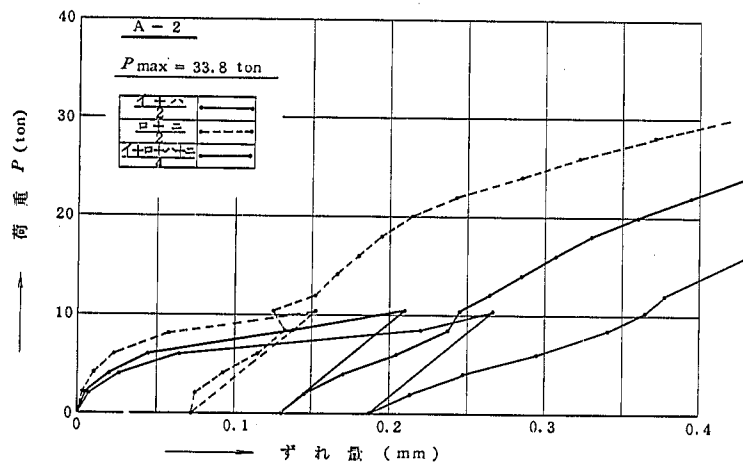
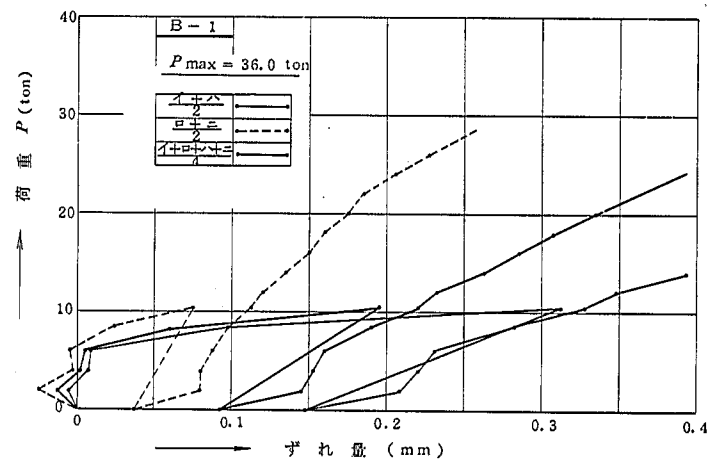
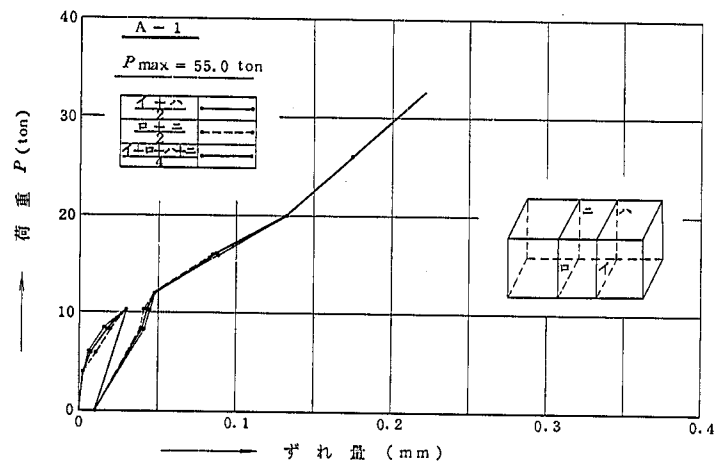


図-7.1 打継目のずれ量(タイプA)

図-7.2 打継目のずれ量(タイプB)

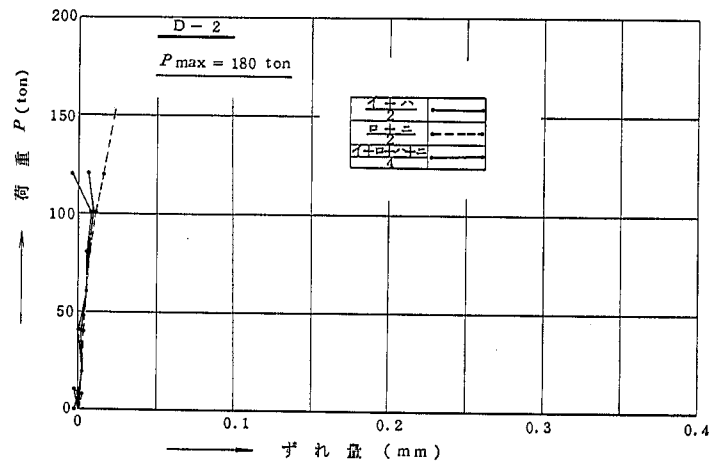
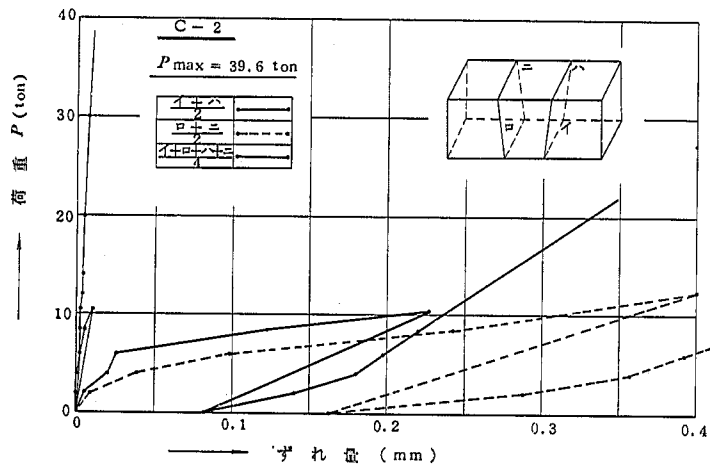
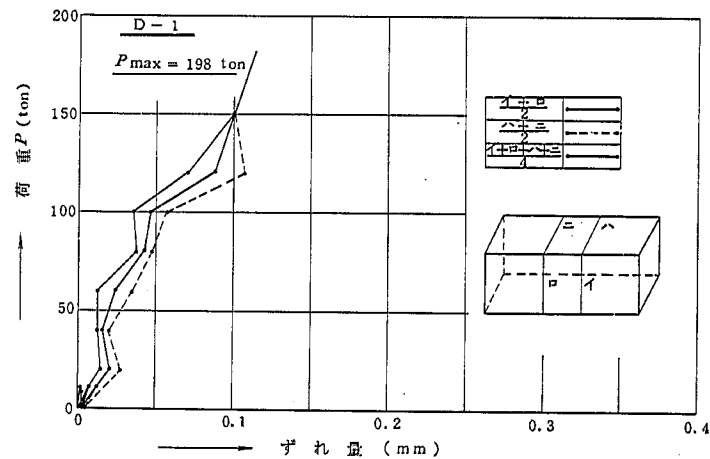
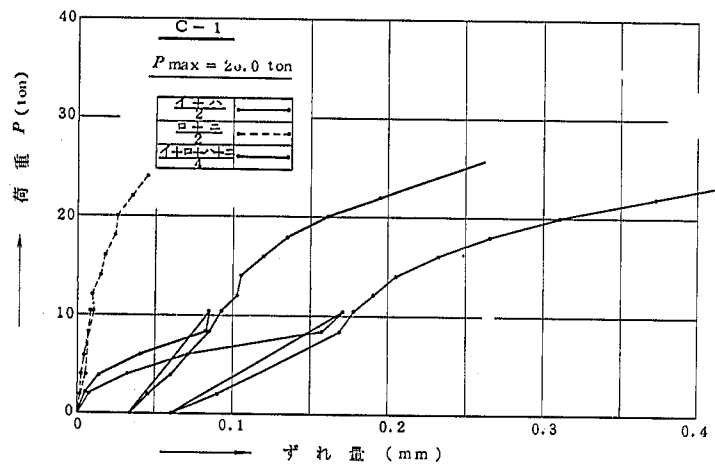


図-7.3 打継目のずれ量(タイプC)

図-7.4 打継目のずれ量(タイプD)

4. 測定結果

4.1 打継目のずれ

一体打ちのタイプDには打継目がないが、その他の試験体と同じ位置に標点を打ちその測定値のずれ量として示した。

図-7は、静的試験における各試験体のずれを示したものである。これらの図には各々の打継目の試験体両側の平均値および両者の平均値を示した。また、試験体番号の下に示した値は破壊荷重である。

これらの図から、同一タイプの試験体でもその値にかなりのばらつきがあることがわかる。

一般的にいえることは、各々の打継目のずれ量のばらつきが少ないものほど破壊荷重が大きいこと、一体打ちコンクリートは打継目のあるものに比して非常に強いことである。

これらの静的試験の結果からはタイプA, B, Cの間では、テーパーをつけたタイプCがいくらか弱いように見えるがはっきりした差は見られない。

図-8および図-9に疲労試験の結果を示す。

図-9は、繰返し载荷後の静的载荷によるずれ量を示したものである。

これらの図からは、プレストレスを導入したタイプBの方が、プレストレスを導入しないタイプAよりずれ量が少ないことがわかる。

4.2 鉄筋ひずみ

プレキャスト部から突き出した鉄筋は、現場打ち部コンクリートがずれ出すと、片持ばりのような形となり、上側に引張ひずみが生じる。また、载荷方法

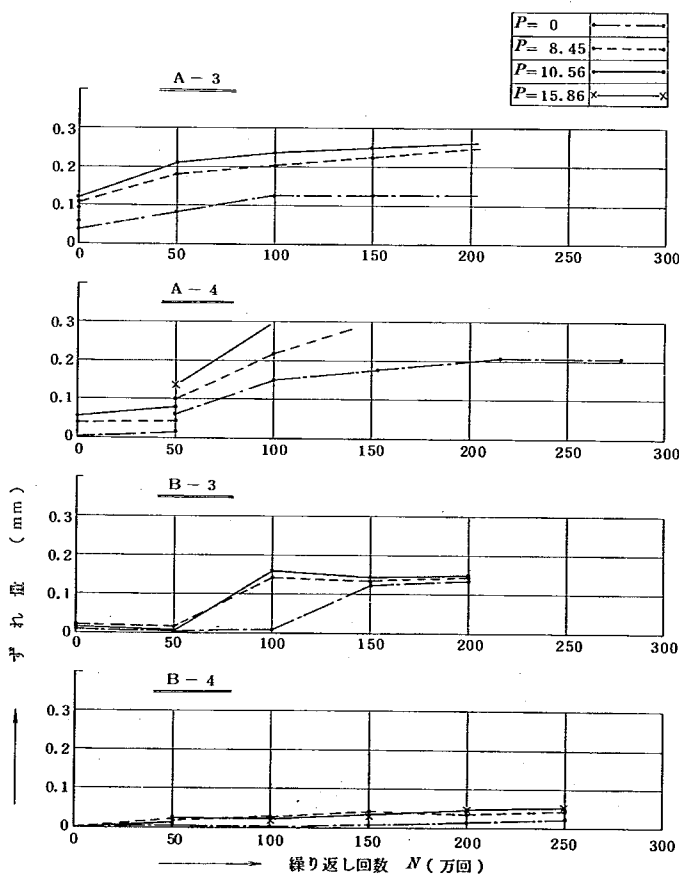


図-8 繰返し载荷によるずれ量の変化

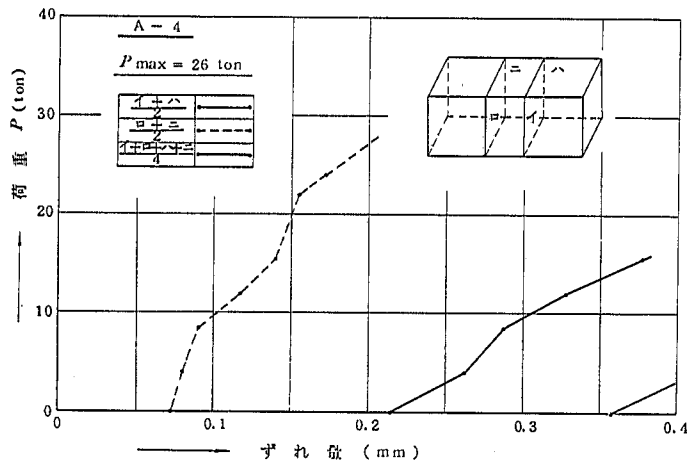
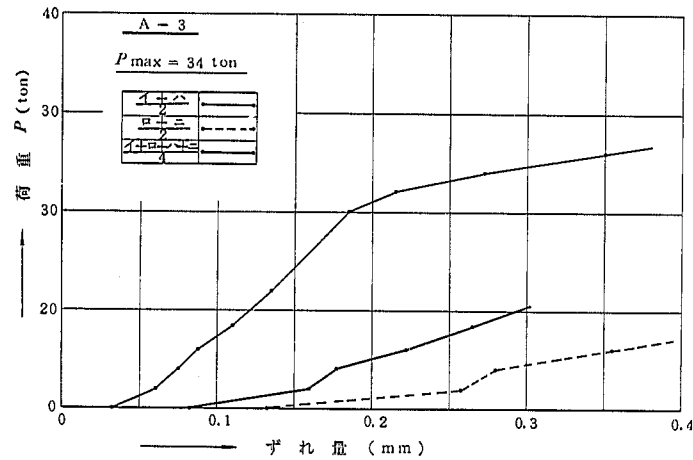


図-9.1 繰返し載荷後の静的載荷によるずれ量

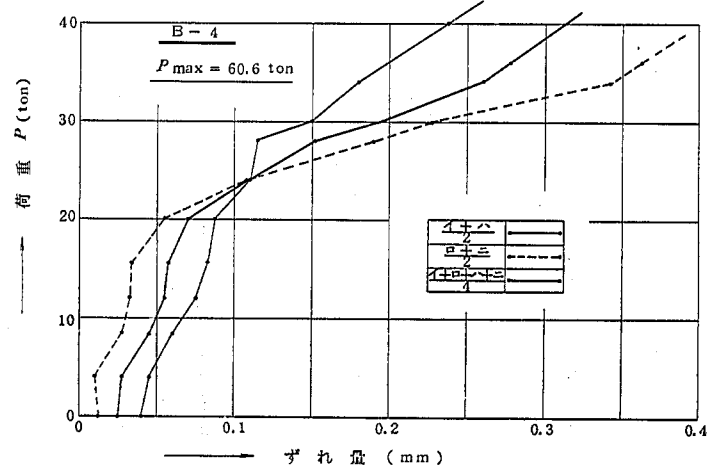
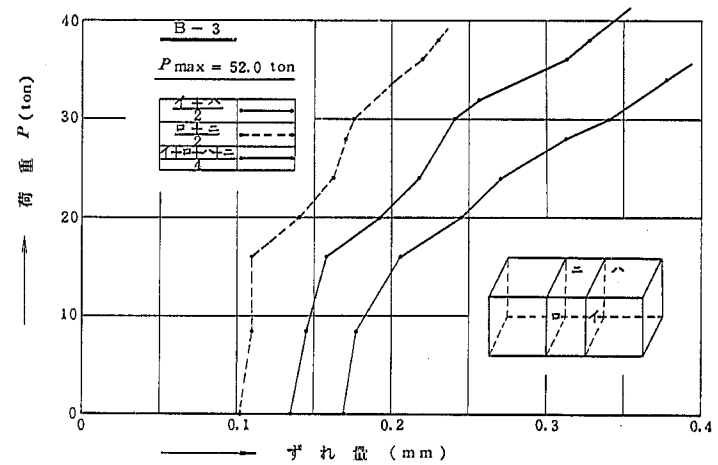


図-9.2 繰返し載荷後の静的載荷によるずれ量

は純せん断の形をとっているが、曲げや現場打ちコンクリート部のポアソン効果によるふくらみによって、軸方向力も生じるものと考えられる。

図-10は、静的試験体における各々の試験体の上下鉄筋のそれぞれ2本の平均ひずみを示す。

これらの図から、ずれと同様に試験体によってかなりばらつくことがわかる。また、C-1試験体以外は下側鉄筋の方が上側鉄筋よりひずみが大きくでていることがわかる。

また、当然のことながら破壊荷重の大きいものほどひずみは小さい。

図-11、12には、疲労試験の結果を示す。

図-11には4本の鉄筋の平均のひずみを示した。図-12には疲労試験後の静的載荷による上下鉄筋のそれぞれ2本の平均値を示した。

これらの図からは、ずれ量における測定結果と同様に、プレストレスを導入したタイプBはプレストレスを導入しないタイプAより鉄筋のひずみが小さいことが認められた。

4.3 破壊荷重および破壊状況

図-13に各試験体の破壊状況を示す。

これらの図からタイプA、B、Cでは破壊はいずれもプレキャスト部から突き出した下側鉄筋付近のコンクリートが、割裂したためにおきていることがわかる。

一体打ちのタイプDでは、下側鉄筋付近のコンクリートの割裂といった現象はみられず、ほぼ純せん断に近い形で破壊している。

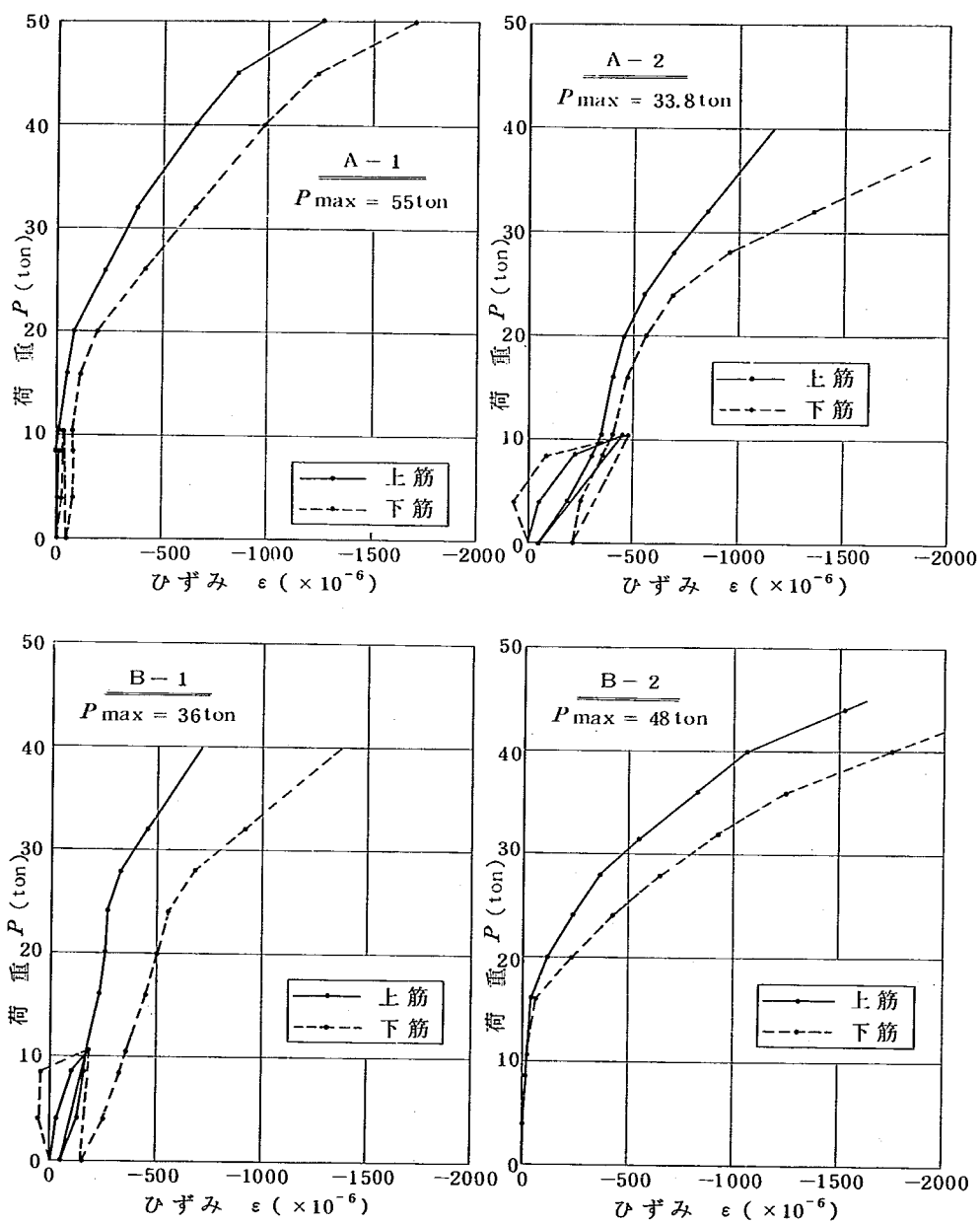


図-10.1 鉄筋のひずみ

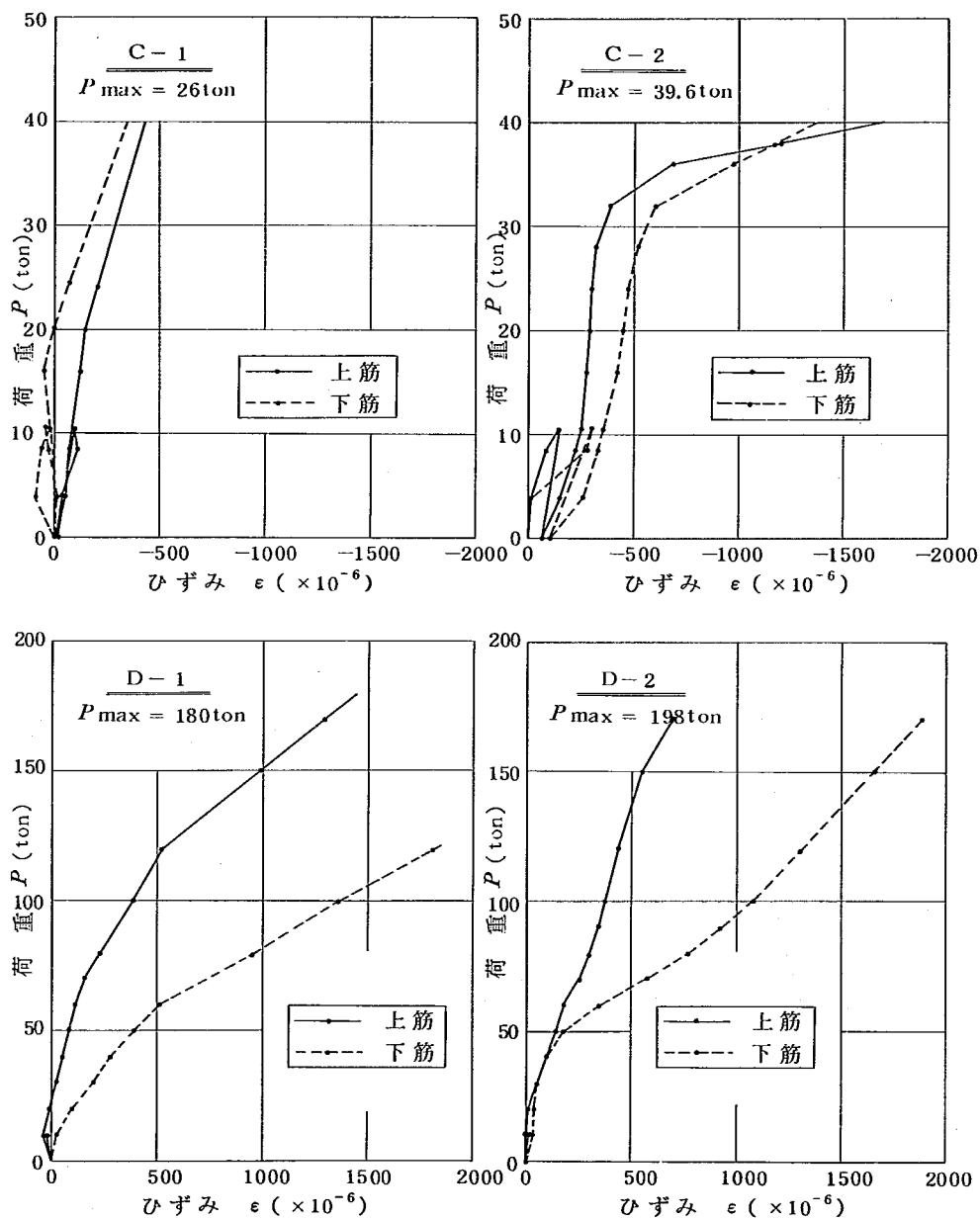


図-10.2 鉄筋のひずみ

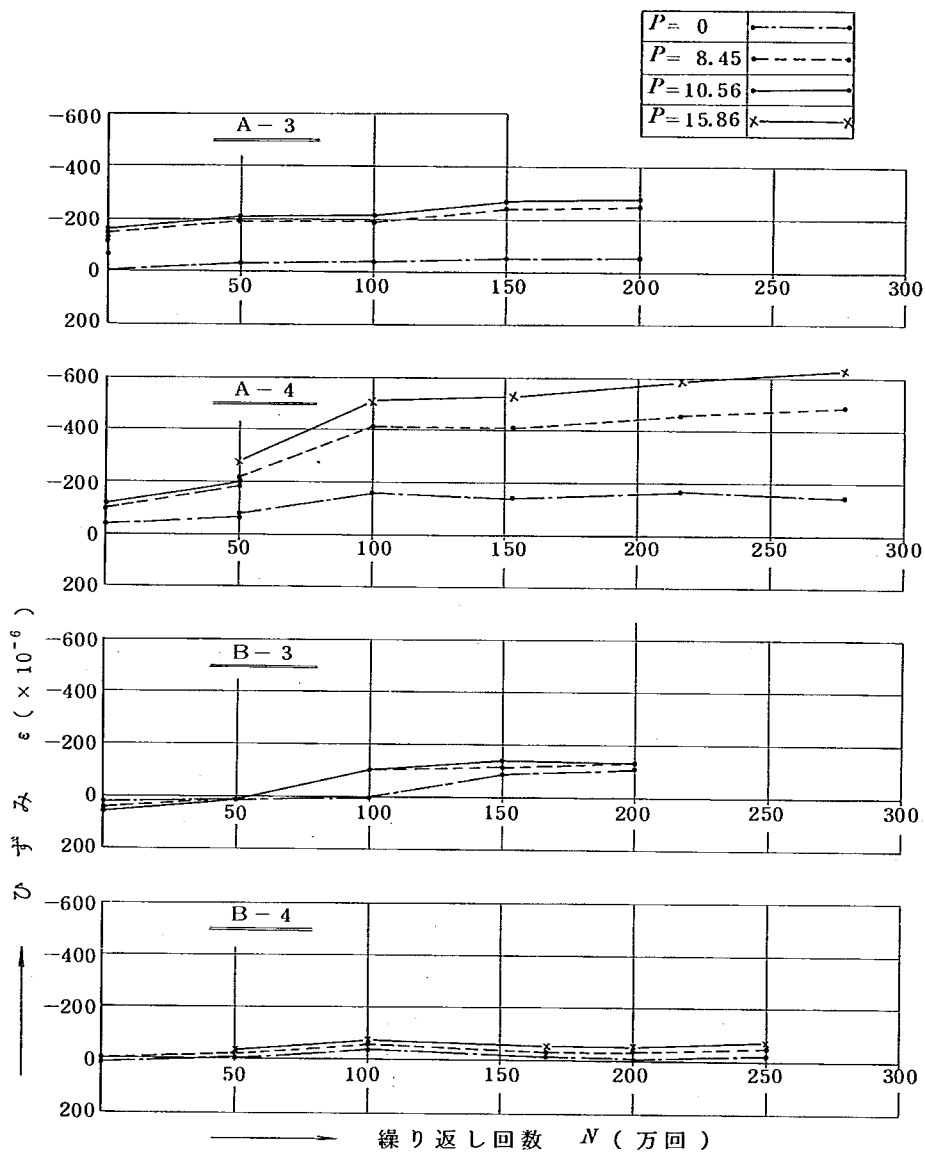


図-11 繰返し載荷による鉄筋ひずみの変化

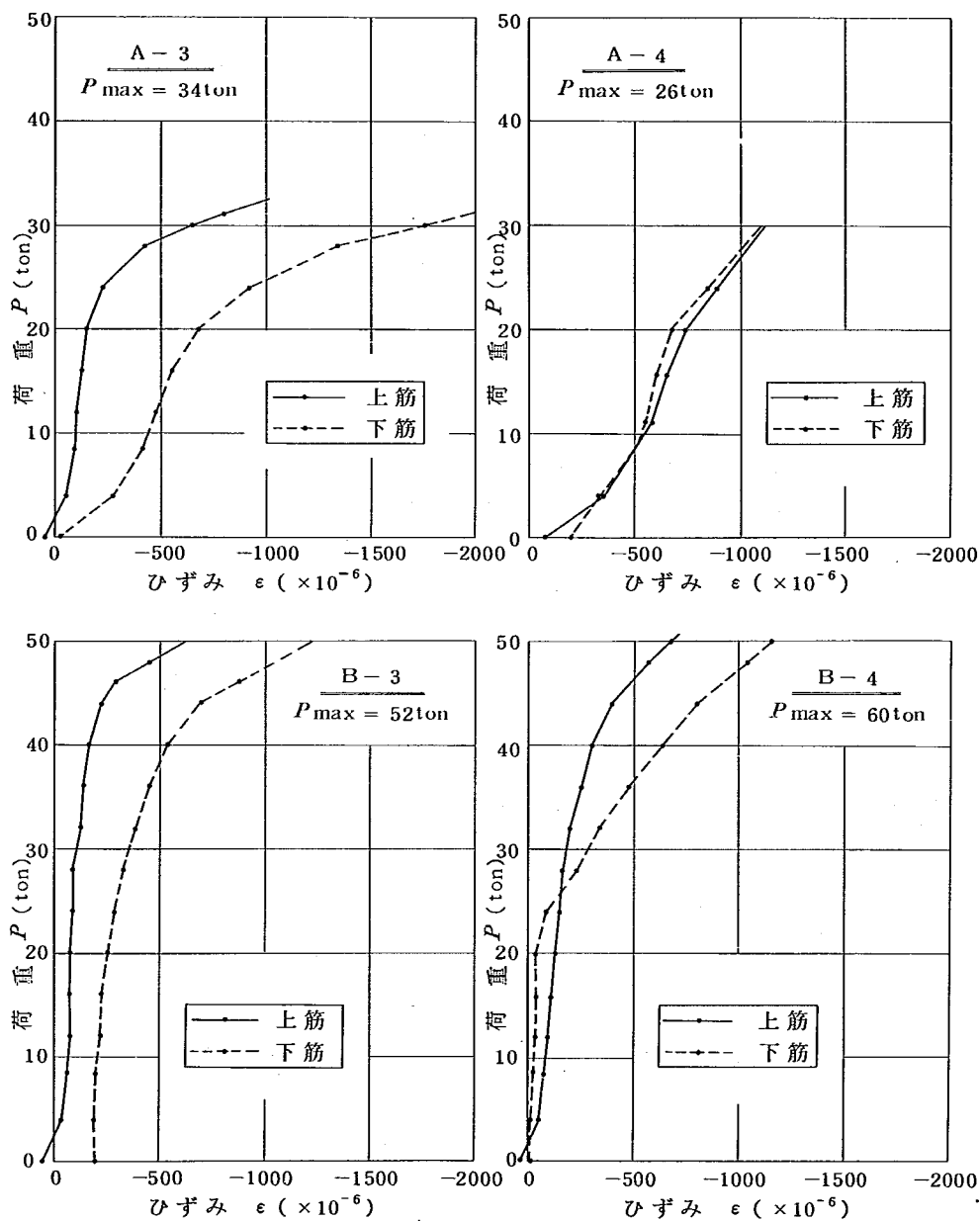
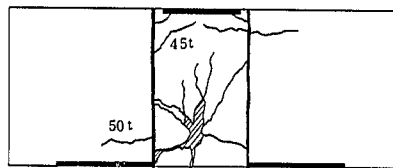


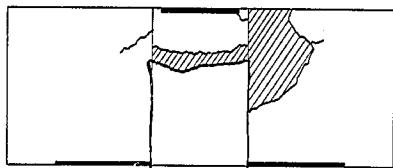
図-12 繰返し載荷による鉄筋のひずみの変化

A-1 表

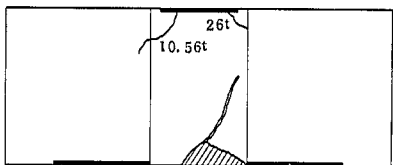


A-1 表

$P_{\max} 50t$

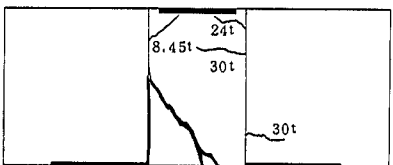


A-2 表

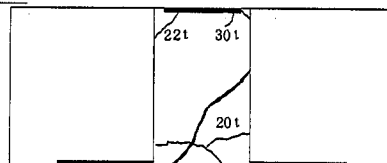


A-2 表

$P_{\max} 33.8t$

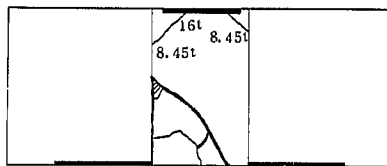


A-3 表

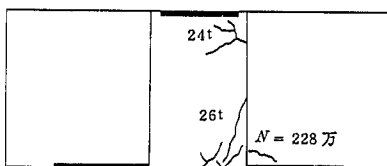


A-3 表

$P_{\max} 34t$



A-4 表



A-4 表

$P_{\max} 26t$

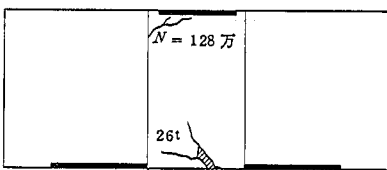
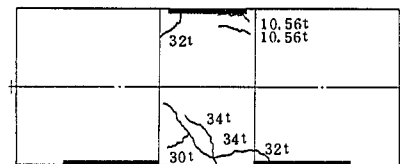


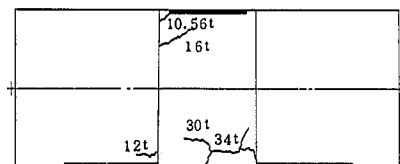
图-13.1 破坏状况

B-2 表

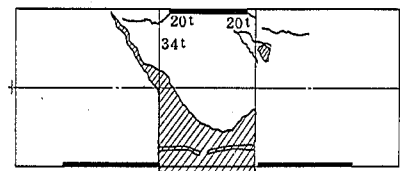


B-1 表

$P_{\max} 36t$

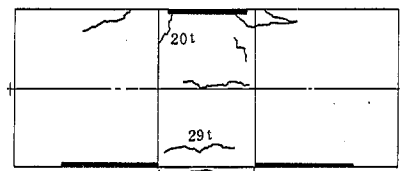


B-2 表

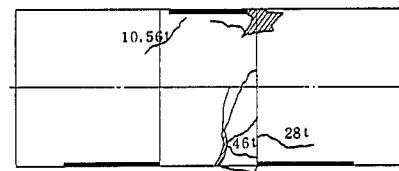


B-2 表

$P_{\max} 48t$

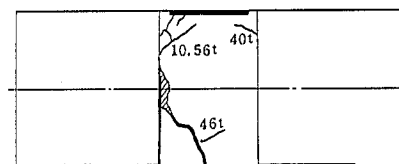


B-3 表

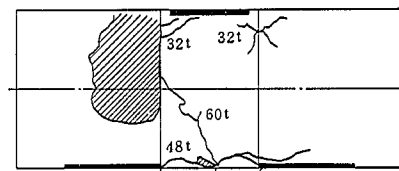


B-3 表

$P_{\max} 52t$



B-4 表



B-4 表

$P_{\max} 60t$

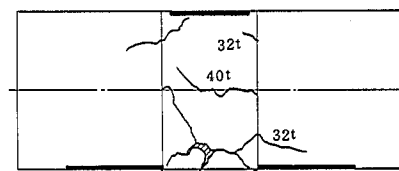
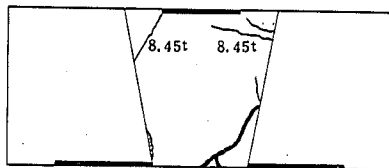


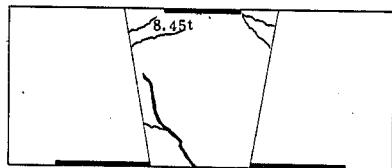
图-13.2 破壞狀況

C-1 表

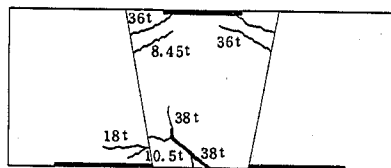


C-1 表

$P_{\max} 26t$

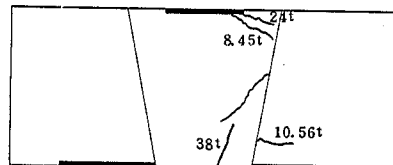


C-2 表

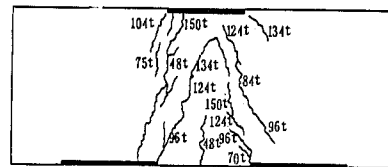


C-2 表

$P_{\max} 39.6t$

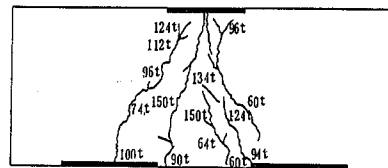


D-1 表

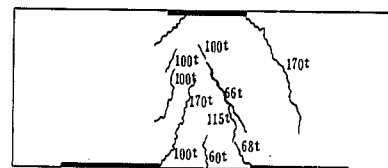


D-1 表

$P_{\max} 180t$



D-2 表



D-2 表

$P_{\max} 198t$

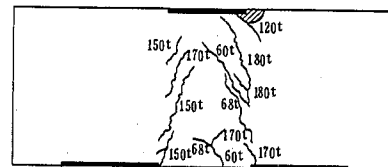


图-13.3 破坏状况

5. 試験結果に対する考察

表-2は、打継目の一方のずれ量が0.2 mmになったときの荷重、ずれ量の平均値が0.2 mmになったときの荷重および破壊荷重を一覧したものである。

これらの結果から、一体打ちのタイプDが非常に強いことがわかるが、打継目のあるタイプA、B、Cの結果は非常にばらついており、補強方法にかかわらず打継目の性状は非常に不安定なものであることがわかる。

しかし、静的破壊試験と疲労試験を各々2本ずつ計4本ずつ行なったタイプAとタイプBでは、プレストレスを導入したタイプBの方が平均的にはずれ量、鉄筋ひずみとも小さくなっており、プレストレス導入の効果はあると考えられる。

タイプA、B、Cでさほど顕著な差が見られず、また、不安定な性状を示したのは、これらの試験体の破壊は4.3で示したようにいずれも下側鉄筋付近のコンクリートの割裂によって生じているためと思われる。これは、ずれが生じ始めると図-14に示すように、プレキャスト部から突き出した鉄筋が曲げを受け、鉄筋下側のコンクリートを割裂させるためと考えられる。

また、テーバーのついたタイプCで、破壊強度がいくらか小さ目に出たのは、以下のような理由によると考えられる。すなわち、テーバーのついたタイプCでは、現場打ち部コンクリートを上から押し込むことにより、テーバーにより外側への分力が生じ、この分力が鉄筋に引張力を生じる。ところが、連結部の重ね継手は非常に短かいので、この引張力が重ね継手周辺のコンクリートに割裂応力を生じ、破壊を早めたと考えられる。

図-15は、破壊後の試験体底面のひび割れ発生状況の一例である。

しかし、以上に述べた破壊原因は、主に試験体が小さかったことにありと思われる。すなわち、実際の連結部では、プレキャスト端面から突き出した鉄筋は、大きな横けた部に包まれており今回の試験におけるような割裂は生じにくいと考えられるが、今回の試験体では、かぶりが小さく容易にコンクリートの割裂が生じた。

また、試験体のコンクリート断面に比して鉄筋が太かったこともコンクリートに対して集中的に力が作用し割裂の原因となったと思われる。

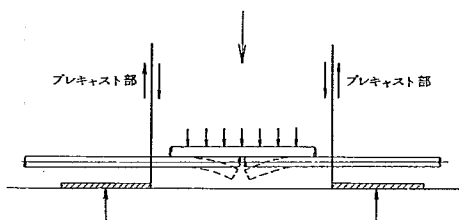
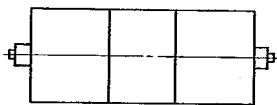
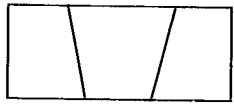


図-14 コンクリート割裂原因模式図



図-15 試験体底面のひび割れ発生状況

表-2 ずれおよび破壊荷重

試験体番号			試験体の形状	一方のずれ量が 0.2 mm になった 時の荷重 (t)	ずれ量の平均値 が 0.2 mm とな った時の荷重 (t)	破壊荷重 (t)
A	1	静		26.0	26.0	55.0
	2	的		8.45	10.56	33.8
	3	疲		10.56 ¹⁾	22.0 ³⁾	34.0
	4	労		15.86 ²⁾	15.86 ²⁾	26.0
B	1	静		10.56	10.56	36.0
	2	的		24.0	24.0	48.0
	3	疲		16.0 ³⁾	22.0 ³⁾	52.0
	4	労		30.0 ³⁾	32.0 ³⁾	60.0
C	1	静		14.0	22.0	26.0
	2	的		8.45	10.56	39.6
D	1	静		—	—	180.0
	2	的		—	—	198.0

注)

1) 繰返し回数 50 万回後の静的載荷時

2) 静的載荷時 (繰返し回数 0 回時)

3) 繰返し載荷 200 万回後の静的載荷時

6. 結 論

5の試験結果に対する考察で述べたように試験体が小さかったために実験結果から直接結論を導くのは困難であるが、今回の実験から以下のようなことがいえると考ええる。

- 1) プレキャストけた端面と連結部コンクリートの打継目の性状は不安定であり、ずれの発生を防ぐことは困難である。したがって、せん断力は鉄筋で取らせると考えた方がよい。
- 2) 鉄筋でせん断力を取らせる際は、鉄筋周辺のコンクリートが割裂しないように、十分配慮する必要がある。
- 3) 鉄筋のせん断力を減じるために打継目にプレストレスを導入し、打継目の摩擦力でせん断力の一部を分担させるのは有効と考えられる。
- 4) プレキャストけた端面にテーバーをつけることについては今回の実験からは、はっきりした答えは出なかったが、打継目の摩擦力を増大し、鉄筋のせん断力の分担を減じるという面から考えれば有効と考えられる。
- 5) 隣接するプレキャストけた端面間の距離は短くプレキャスト端面から突出した鉄筋に添え筋した場合、十分な重ね継手長さがとれないので、プレキャストけた端面から突き出した鉄筋には添え筋はせず、できるだけ長くして連絡部のコンクリートにしっかり埋込む方が好ましいと考えられる。

あ と が き

今回の実験では、試験体が小さかったために必ずしも満足な試験結果は得られなかったが、一応実際の設計に必要と思われる諸資料は得られたと考えられる。

本実験は日本道路公団東京建設局からの委託にもとずいて行なったものであり、この試験の計画実施にあたっては多大な協力をいただいた。

参 考 文 献

- 1) 国広哲男, 他2名, “プレテンションPCけた橋連結部強度試験”
土木研究所資料第706号 昭和46年12月
- 2) 高速道路調査会 “PCプレテンションけた橋の連結構造に関する研究報告書”
昭和47年2月
- 3) 国広哲男, 他2名, “ポストテンションPC合成けた橋連結部強度試験”
土木研究所資料第792号 昭和48年1月
- 4) 高速道路調査会 “PCポストテンション合成けた橋の連結構造に関する調査研究報告書”
昭和48年2月

プレキャストけた橋連結部強度試験

土研資料第929号
昭49年3月(1974)

国広哲男, 朝倉肇, 百田国広

キーワード プレキャストけた橋, 連結構造

要旨 PC橋工事の省力化, 急速施工を行なうには, プレキャスト化を行なうことが有効であることは論を待たない。しかし, プレキャストけたを用いた単純けた橋を連結して用いる場合は, 現場打ち連結けた橋と異なり, 橋脚上の伸縮継手の維持管理および走行性に大きな問題がある。このような問題を解決するために, 橋脚上で隣接する支間のけた間に現場打ちコンクリートを施工することによりプレキャストPCけたどうしを連結するという方法が考案された。
本報告書は, 日本道路公団東京建設局からの委託に基づいて土木研究所が行なった, このような連絡構造におけるプレキャストけた端面と現場打ちコンクリートとの打継目のせん断強度に関する実験について述べたものである。

郵便はがき

は
十
円
切
手
を
は
つ
て
下
さ

2 8 0 - □ □

建設省土木研究所
橋梁研究室 御中

千葉県千葉市穴川
四丁目十二番五二号

No. 26 10

No. 26 10

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第929号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名

印