



40

Br. 71 - 06

受託研究費による
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

プレテンションPCけた橋連結部強度試験

昭和46年12月

建設省土木研究所
構造橋梁部橋梁研究室

土木研究所資料

第七〇六号

プレテンションPCけた橋連結部強度試験

昭和四十六年十二月

建設省土木研究所

目 次

1. 試験の目的	2
2. 試験体	5
2.1 試験体の形状, 寸法	5
2.2 材料	6
2.3 製作	9
3. 試験の方法	10
3.1 載荷方法	10
3.2 試験荷重	10
3.3 測定方法	11
4. 測定結果およびその検討	15
5. 結論	33
あとがき	34

まえがき

まえがき

短支間の単純けた橋を連続して用いた高架橋等においては、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。プレテンションPCけたを用いた高架橋の場合に、上記の問題の解決策の一つとして、隣接する支間の、けた間に現場打ちのコンクリートを施工することにより、単純けたとして架設された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、日本道路公団福岡支社からの委託にもとづいて、土木研究所が実施したこのような連結構造に関する強度試験について述べたものである。

昭和46年12月

橋梁研究室 国 広 哲 男

朝 倉 肇

小笠原 保

1. 試験の目的

短支間の単純けた橋を連続して用いた高架橋等においては、次に述べるような問題がある。

橋梁の伸縮継手は最近種々の工夫、改良が行なわれているが、この部分は、維持管理上および走行性の上で最も問題の多い部分である。従来、短支間の橋の伸縮継手については、簡単なものが用いられてきたが、これらの破損率はかなり高く、このため、維持に相当の費用を要するという結果になった。

短径間の単純支持けたが、何連も連続するとなると、伸縮継手の数は非常に多くなり、これが、車の走行性に好ましくない結果を与えることは言うまでもない。さらに、これらの伸縮継手が破損した場合には、車の走行性に非常に悪い影響を与える。

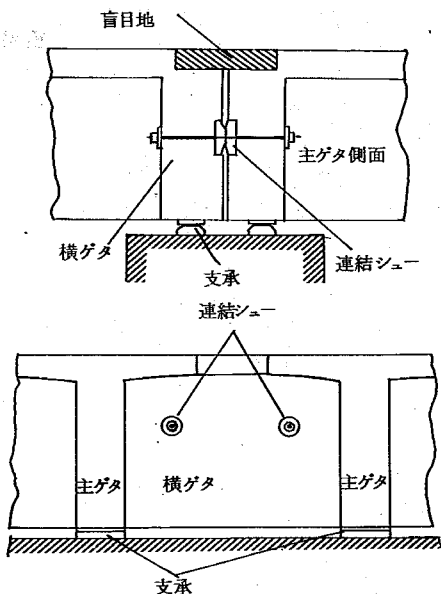
一方、構造的にも、橋の破壊時の終局耐力を向上させたり、地震の際の落橋の危険率を小さくするためには、単純けた橋を何連も連ねるよりは、何らかの形で連続構造とした方がよいと考えられる。

このような観点からみると、一般に広く用いられている5径間連続RC穴あき床版橋や、中央高速道路（富士吉田線）で採用された単純プレテンションPCけたをけた端でヒンジ結合させ、プレストレスを導入し、路面には盲目地を設けた連結構造等（図-1参照）は好ましい型式と考えられる。しかし、前者は工事の急速性という点で、後者は継手としてはかなり割高なものになるという点で問題がある。

日本道路公団福岡支社が建設を進めている九州縦貫道の全長339 mの高架橋の建設においては、以上に述べたような問題点を解決する工夫の一つとして、プレテンションのPCけたを単純支持の状態ですでに架設し、橋脚上において両側支間のPCけたの間にコンクリートを打設して双方のけたを連結する構造が考えられた。（図-2参照）

すなわち、図-2に示すごとくJISA5316（1971）B D20のプレテンションPCけた（ただし、連結する方のけた端近くではウェブは拡幅されている。）を単純けたとして架設した後、あ

図-1 連結シュウを用いた連結構造



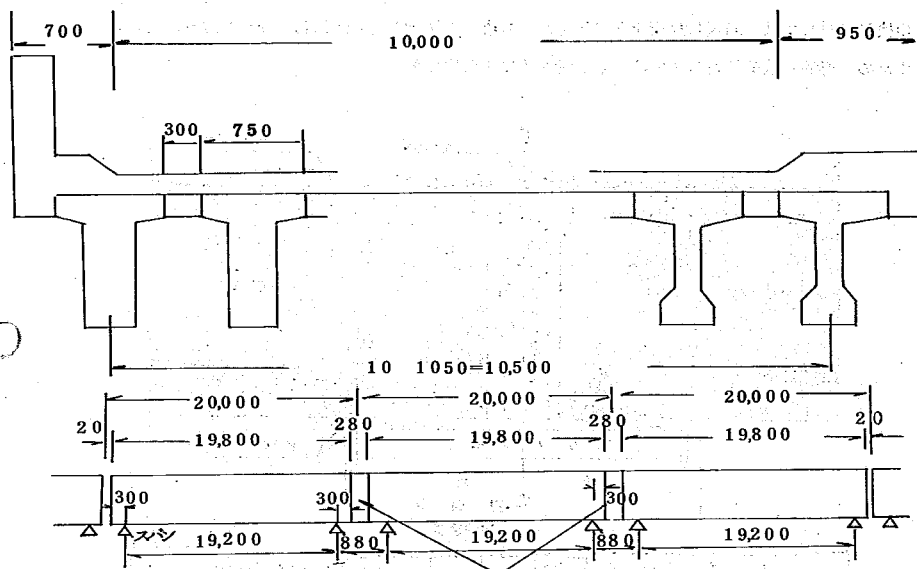


図-2 プレテンションPCけた連結けた橋 連結部場所打ちコンクリート

はじめPCけた上フランジに切り欠きを設け、この切り欠きの端面からPCけたに埋め込んでおいた鉄筋（埋め込み鉄筋）を突出させ、切欠部において両側のけたから突出した埋め込み鉄筋に連結鉄筋をラップして連結（すなわち重ね合わせ継手）したのちに、支点上横けたと同時に上フランジの面までコンクリートを打設して、橋脚の両側のPCけたを連結する構造である。（図-3 参照）

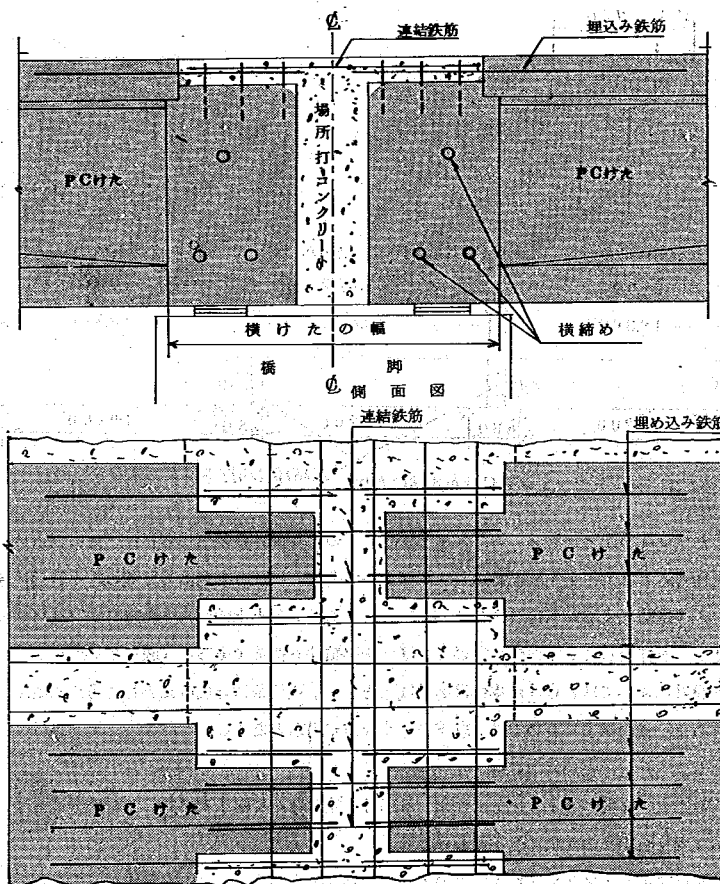
実際の設計においてはPCけた本体は単純けたとして、連結部は連続けたとして考えた断面力を用いることとした。この構造においては、以下のような点が問題となる。

すなわち

1. 最も大きな負のモーメントの作用する部分に重ね合わせ継手があり、この部分に曲げひびわれが発生した場合の性状に不安がある。
2. PCけたの上フランジにかなりの大きさの切り欠きがあり、この部分から、大きなひびわれが発生しないか？
3. 現場打ちコンクリートの部分とPCけたの端面との継ぎ目の部分に大きなひびわれが発生しないか？

以上のような問題点を解明するために、PCけた連結部の強度試験を行なった。静的に載荷した場合より、荷重が繰返して載荷した場合に対しての方が、より敏感に上述したような欠陥が現れる。橋梁

は使用状態においては絶えず自動車の通行によって繰返し載荷をうけており、この種の連結構造の安全性の検討に対しては、繰返し載荷をうけた場合の連結部の挙動を明らかにしておかなければならない。このため、静的な載荷試験のみではなく、疲労試験を実施した。



平面図

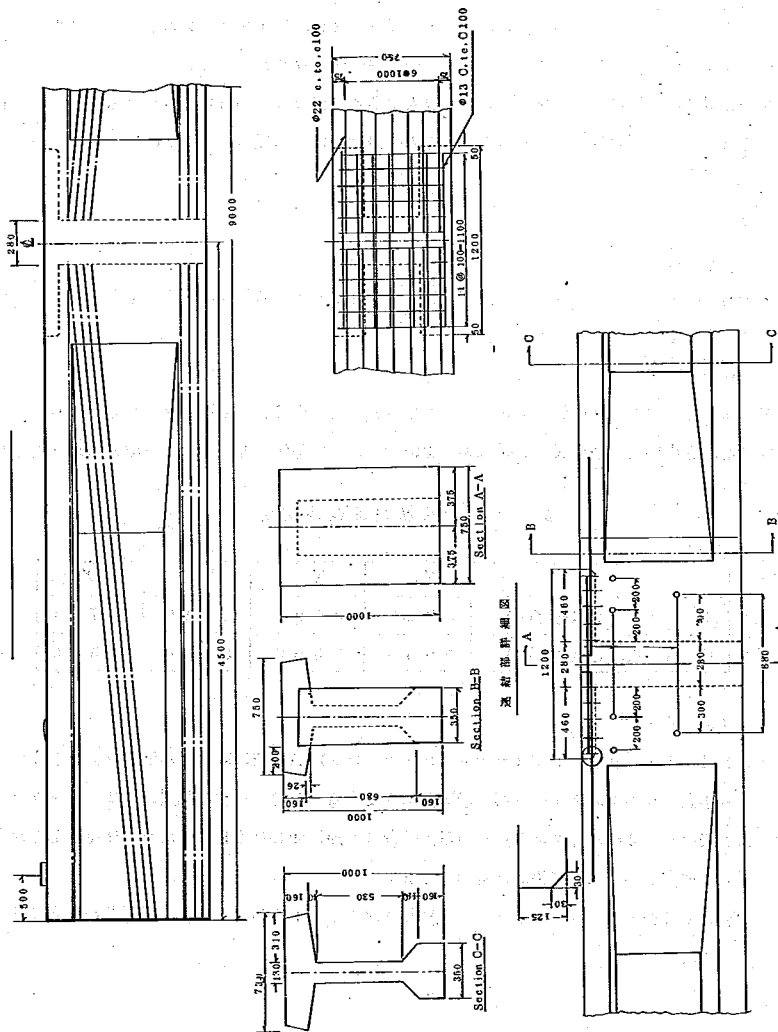
図-3 プレテンションPCけた連結構造

2. 試験体

2.1 試験体の形状、寸法

試験体は図-4に示すようなものであって、2つのプレテンションPGけたを連結した構造のものである。

図-4 プレテンションPGけた橋連結部強度試験体



これらの試験体は橋脚上における両側支間のPCけたの連結構造をできるだけ忠実に再現しようという意図のもとに製作されている。すなわち、JISA5316(1971)BD20と同じ断面のPCけた(ただし、連結する側のけた端近くでは図-4に示すごとく、上フランジに切り欠きを設けて鉄筋を突き出してあり、けたのウェブの幅は下フランジの幅まで拡げてある)を2本、28cmの間隔をあけて縦に並べ、この部分で両側のPC桁の端部から突出した鉄筋(埋め込み鉄筋)に連結鉄筋を重ね合わせてつなぎ、しかるのちに、横桁の幅に相当する長さ130cmに上フランジの幅でコンクリートを打ち2つの桁を一体化するという方法によって、この試験体は製作されている。

実際の設計では、横けたにプレストレスを導入することになっているので本試験体もこれにあわせて横締めを行なった。試験体長さは9mとし、その中央部分に連結部がくるようにしてある。製作本数は2本である。

2.2 材料

2.2.1 PC鋼線

PC鋼線はJISG3536PC鋼線およびPC鋼線より線の品質に適合するものを使用し、SWPG3、7本より12.4mmのものとした。

2.2.2 鉄筋

鉄筋はJISG3112、鉄筋コンクリート用棒鋼の品質に適合するものを使用し、SD30のφ22mmのものをを用いた。強度試験結果は表-1に示す通りで降伏強度は3700Kg/cm²余りあった。

表-1 鉄筋強度試験結果

	X ₁	X ₂	X ₃	平均値
降 伏 点 (Kg/cm ²)	3720	3796	3746	3754
引 張 強 さ (Kg/cm ²)	5606	5580	5580	5589

2.2.3 コンクリート

セメントは、JISR5210(ポルトランドセメント)の品質に適合する早強セメントを使用し、骨材は土木学会、鉄筋コンクリート標準示方書に適合するもので、骨材の品質およびコンクリートの示方配合は、表-2、3に示してある。この示方配合は実際に使われるPCけたおよび連結部コンクリートの設計基準強度を参考にして決めたものである。

強度試験結果は表-4、5に示す通りで連結部コンクリートの強度が実際の設計基準強度に比してかなり大きかった。

表-2 PCけたコンクリート

表-2.1 材 料

セメント	JIS R5210 早強ポルトランドセメント (字部セメント)									
細骨材	産	相模川	吸水率	2.04%	洗い試験	1.75%	粗粒率	3.04	比	2.60
粗骨材	地	相模川	吸水率	1.13%	洗い試験	0.41%	粗粒率	6.62	重	2.64

表-2.2 示方配合

設計基準強度 σ_{ck}	粗骨材最大寸法 (mm)	スランブの範囲 (cm)	単位水量 W (Kg)	単位セメント量 C (Kg)	水セメント比 W/C (%)	絶対細骨材率 S_A (%)	骨材重量 (Kg)			A.E. 剤 (ポリリス No.5 L) (%)
							全量 A	細骨材 S	粗骨材 G	
500	20	3~5	157	470	335	36	1740	620	1120	0.25

表-3 連結部コンクリート

表-3.1 材 料

セメント	JIS R5210 早強ポルトランドセメント (字部セメント)									
細骨材	産	相模川	吸水率	2.04%	洗い試験	1.75%	粗粒率	3.04	比	2.60
粗骨材	地	相模川	吸水率	1.13%	洗い試験	0.41%	粗粒率	7.14	重	2.64

表-3.2 示方配合

設計基準強度 σ_{ck}	粗骨材最大寸法 (mm)	スランブの範囲 (cm)	単位水量 W (Kg)	単位セメント量 C (Kg)	水セメント比 W/C (%)	絶対細骨材率 S_A (%)	骨材重量 (Kg)			A.E. 剤 (ポリリス No.5 L) (%)
							全量 A	細骨材 S	粗骨材 G	
300	25	3~8	140	310	452	37	1949	719	1230	0.25

表 - 4 P Cけたのコンクリート圧縮強度試験結果

種 別			コンクリートの圧縮強度 (Kg/cm ²)				備 考
			X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	
A 試験体	A-1	プレストレス導入時	4 6 5	4 5 2	4 8 2	4 6 6	
		材 令 2 8 日	5 4 7	5 4 6	5 3 7	5 4 3	標 準 養 生
		載 荷 時	5 0 3	5 1 0	5 1 0	5 0 8	ヤング係数308000 Kg/cm ²
	A-2	プレストレス導入時	4 8 8	4 8 8	4 5 6	4 7 7	
		材 令 2 8 日	5 3 6	5 2 5	5 3 8	5 3 3	標 準 養 生
		載 荷 時	4 4 7	4 5 3	4 9 4	4 6 5	ヤング係数312000 Kg/cm ²
B 試験体	B-1	プレストレス導入時	3 5 4	3 9 5	4 0 3	3 8 4	
		材 令 2 8 日	5 6 8	5 6 0	5 5 4	5 6 1	標 準 養 生
		載 荷 時	4 9 6	5 5 5		5 2 6	ヤング係数310000 Kg/cm ²
	B-2	プレストレス導入時	3 8 2	4 3 5	4 1 9	4 1 2	
		材 令 2 8 日	5 4 6	5 4 9	5 3 8	5 4 1	標 準 養 生
		載 荷 時	5 6 6	5 6 6	5 7 2	5 6 8	ヤング係数321000 Kg/cm ²

表 - 5 連結部コンクリート圧縮強度試験結果

種 別		コンクリートの圧縮強度 (Kg/cm ²)				備 考
		X ₁	X ₂	X ₃	$\bar{X}$	
A 試験体	材 令 1 8 日	4 4 9	4 5 1	4 5 2	4 5 1	標 準 養 生
	載 荷 時	4 5 1	4 5 3	4 4 7	4 5 0	ヤング係数290000 Kg/cm ²
B 試験体	材 令 1 8 日	4 0 9	3 8 7	4 2 4	4 0 7	標 準 養 生
	載 荷 時	4 5 2	4 4 7	4 4 6	4 4 8	ヤング係数283000 Kg/cm ²

2.3 製作

製作ベンチは、図-5に示すように試験体ブロック（試験体製作に用いるPCけたの部分）4本分の長さを有するものを使用した。PC鋼線は直線配置、折曲げ配置のPC鋼線とも同時に緊張を行なった。PC鋼線の緊張力は、PC鋼線1本当り11,200Kg（121Kg/mm²）とした。

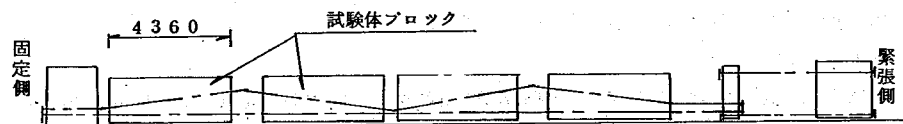


図 - 5 製作ベンチ

試験体ブロックの型わくには、鋼製型わくを（端面にも）、連結部の型わくには、木製型わくを使用した。

養生は、コンクリート打設後3時間より蒸気養生を始め、以後9時間連続した。送気停止後は自然養生した。

連結部の施工は、次のように行なった。

プレストレスの導入は、最終ブロックを打設後48時間をおいて行なった。プレストレス導入時のコンクリートの圧縮強度は表-4に示すごとく、A試験体では約470Kg/cm²、B試験体では約400Kg/cm²であった。

試験体ブロックを28cmの間隔をとって縦に並べ、支承板の位置でねじれないように調整した。試験体ブロック端面より突きでたPC鋼線は、コンクリート打設前に反対側の桁のPC鋼線とぶつからない程度の長さに切りおとした。連結部コンクリート打設前に、連結部分のブロック面を充分濡らしてから、連結部コンクリートを打設した。この場合連結部コンクリートと接するブロック面においてはチャッピング等により打ち継ぎ面を粗にするような処置は何らほどこされていない。

連結部コンクリートの養生は、コンクリート打設3時間後より散水養生を12時間行ない、その後蒸気養生を9時間行なった。

3. 試 験

試験は、実際に設計荷重が作用した時に生ずる応力を生ぜしめる荷重（以下これを設計荷重に相当する試験荷重と呼ぶ）によって200万回繰返し載荷後、静的に荷重を増大して破壊させたもの（A試験体）と設計荷重に相当する試験荷重によって200万回繰返し載荷後、繰返し載荷の上限荷重を順次増大させて疲労破壊させたもの（B試験体）とからなる。

3.1 載荷方法

実際の橋梁の使用状態においては、連結部に負の曲げモーメントが生ずる。しかし、実験において連結部に負の曲げモーメントを与えることは、試験機の都合でむずかしいので、本実験においては実際の使用状態とは、P Cけたの上、下が逆になるように試験体をおき、図-6に示すごとく、正の曲げモーメントが生ずるように載荷した。

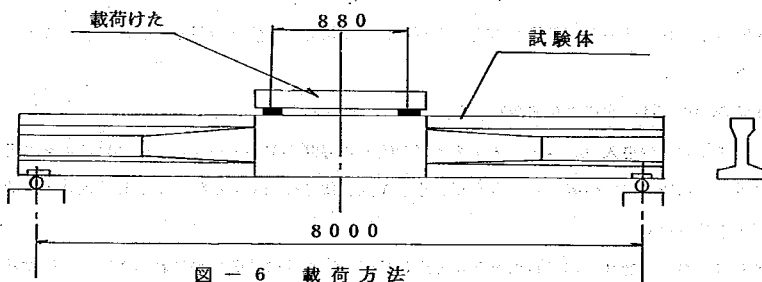


図-6 載荷方法

3.2 試験荷重

載荷を行なうにあたって、載荷けた（図-6参照）の重量1 ton が常にかかる状態にあった。

繰返し載荷における下限荷重はA、Bとも2 tonとし上限荷重は、A、B試験体についてそれぞれ以下のよう定めた。

A試験体

連結部中央断面の連結鉄筋の計算応力が、連続橋と仮定して求めた実際の橋の連結鉄筋の設計計算応力 $\sigma_s = 1320 \text{ Kg/cm}$ となるような上限荷重 $P = 11.56 \text{ ton}$ で、約200万回繰返し載荷を行ない、その後静的に荷重を増大させて破壊にいたらしめた。

B試験体

実際の現場と試験体製作の場合との連結部の施工条件の差および試験体連結部コンクリートが 300 Kg/cm という設計基準強度に比し、 450 Kg/cm ほど強度が出ていたということを考慮して、最初の200万回の繰返し試験荷重の割増しを行なった。割増し係数にはSD30の実際の降伏強度約3700

Kg/cmと公称の降伏強度3000Kg/cmとの比を用いた。

$$\sigma_s = 1320 \times \frac{3700}{3000} = 1627.56 \text{ Kg/cm}$$

鉄筋能力が $\sigma_s = 1627.6 \text{ Kg/cm}$ となるような試験荷重は、15.46tonで、約200万回の繰返し載荷を与えた後は、表-6に示すように順次上限荷重を増大させてゆき、疲労破壊にいたらしめた。

表-6 繰返し上限荷重

繰返し回数(万回)	0~197	197~300	300~344	344~397	397~464	464~481
上限荷重P(t)	15.46	20.10	23.19	30.92	38.65	46.38
計算鉄筋応力度 σ_s	1620	2010	2260	2880	3500	4110
σ_s / σ_{s*}	1.23	1.52	1.71	2.18	2.65	3.11
活荷重比n	1.31	1.70	1.96	2.65	3.24	3.87

(注)

σ_s / σ_{s*} : σ_{s*} は計算設計応力度(1320Kg/cm) すなわち σ_s / σ_{s*} は試験荷重による曲げモーメントと設計曲げモーメントとの比を表わす。

$$n : \sigma_s / \sigma_{s*} = \frac{M_D + n M_L}{M_D + M_L}$$

ここでは M_D は死荷重による曲モーメント

M_L は活荷重による曲モーメント

すなわち、nは σ_s の増加が活荷重の増加によってのみ生じるとした場合の活荷重の設計活荷重に対する比を表わす。

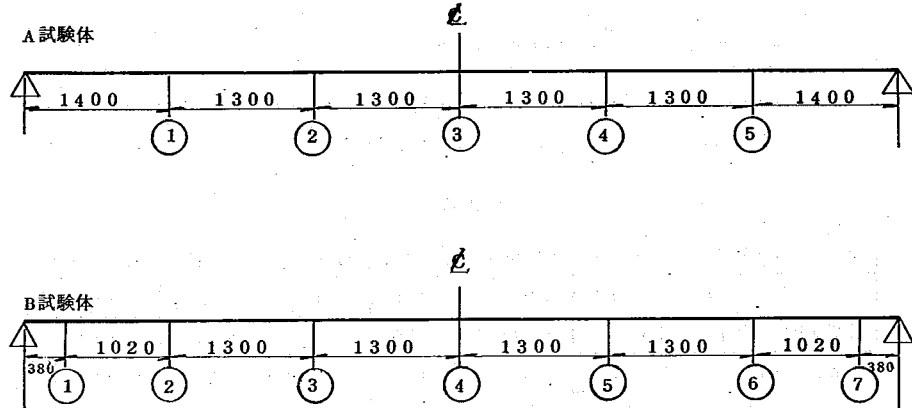
なお、A試験体では、設計荷重相当の試験荷重による繰返し載荷時には、連結部のコンクリートにひびわれが発生していなかったが、B試験体では、過大な荷重が載ってひびわれが発生した場合を想定して、最初の静的載荷後に26tonまで静的に載荷してひびわれを発生させてから繰返し載荷を行なった。

3.3 測定方法

測定はダイヤルゲージによるたわみの測定、ワイヤーストレインゲージによる連結部の鉄筋ひずみとコンクリート表面のひずみの測定、コンタクトゲージによるひびわれ幅の測定の3種について行なった。繰返し載荷中は約50万回ごとに試験機を止め、静的に載荷してそれぞれについて測定した。

ダイヤルゲージによるたわみの測定では、支点沈下は小さいものと予想してA試験体では、支点付近の値を測定しなかったが、実際には設計荷重程度では、けたのたわみに比してかなり大きな支点沈下が生じていると思われる結果が出た。B供試体では、支点近くに測点を設けて支点沈下の影響を補正した。たわみの測定位置は図-7に示す。

図 - 7 たわみ測定位置

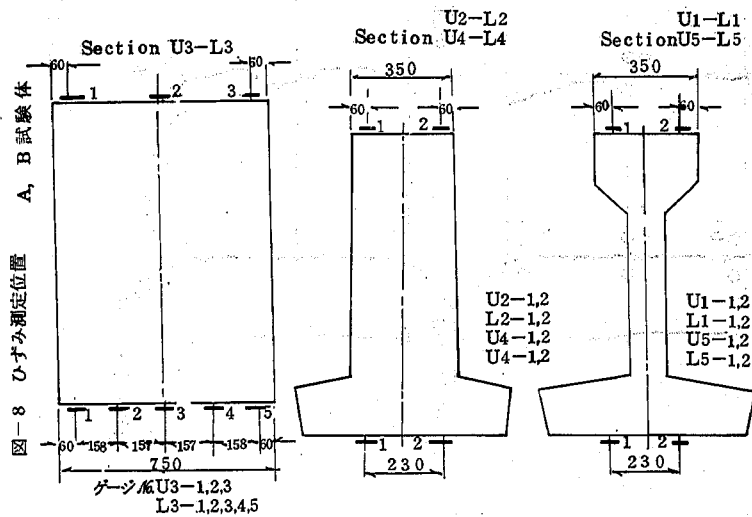
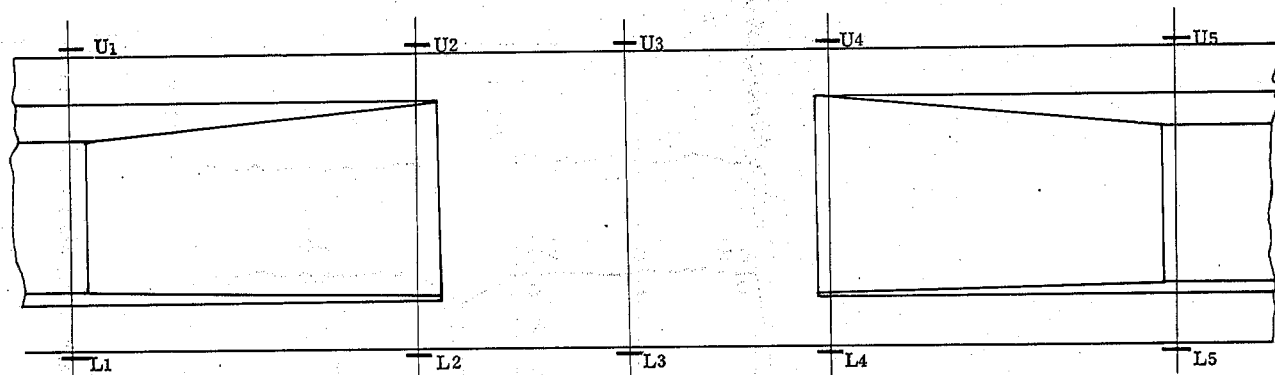


鉄筋については、ストレインゲージの防湿が完全に行なわれたうえ、2ゲージ法を用いて温度の影響を除去したため、長期にわたる測定でも、0点の移動はかなり小さいと思われる。

しかし、B試験体で上限荷重を上げ、ストレインゲージが大きなひずみを受ける状態で繰返し載荷を受けた後の測定値には、ストレインゲージの特性による誤差が含まれていると思われる。

一方、コンクリートについては、防湿が困難なうえ、1ゲージ法を用いたため温度の影響もかなりあるので、長期にわたる測定値の信頼性があまり高くないと思われる。ひずみの測定位置は図-8に示す。

ひびわれ幅は、連結部コンクリートの断面中央に1列に設けた11点の標点の標点間距離の変化をコンタクトストレインゲージで測定して求めた。A試験体では標点の位置が適切でなかったため、多くの標点の真下にひびわれが発生し、ひびわれ幅の測定不能なひびわれが多かった。測定位置は図-9に示す。



鉄筋ゲージ貼付位置

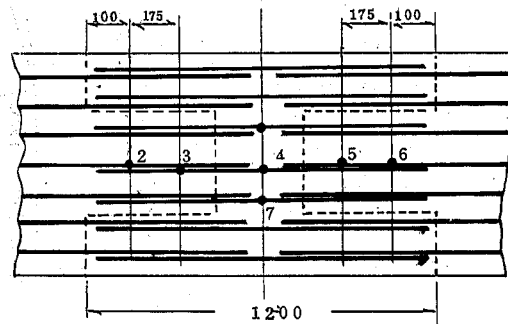
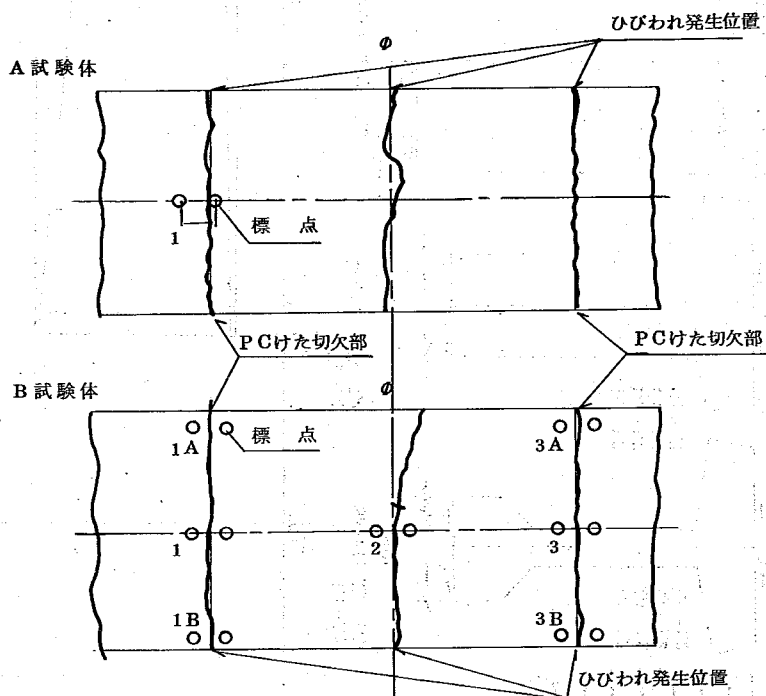


図-9 ひびわれ幅測定位置(試験体下面)



4. 測定結果およびその検討

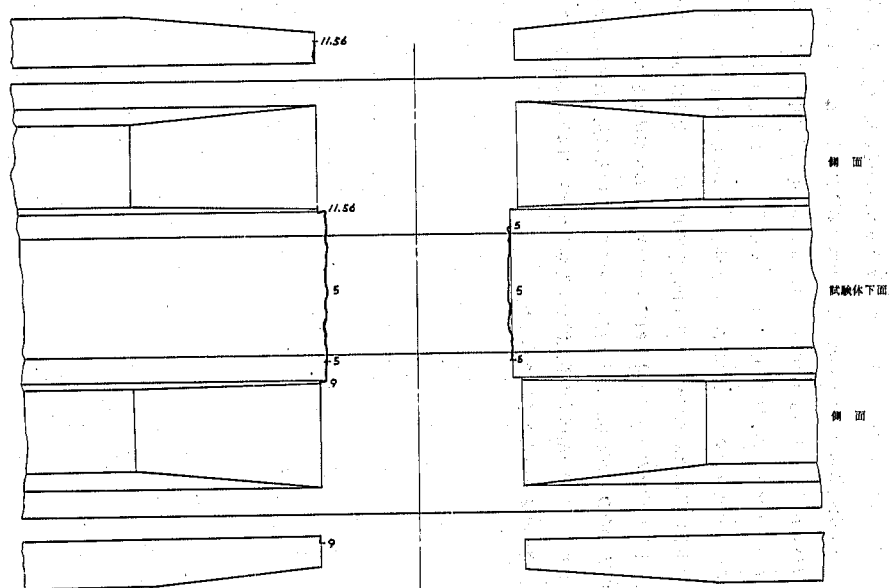
A 試験体

1) ひびわれ発生状況

ひびわれ発生状況は図-10に示す通りで、P Cけたと連結部コンクリートの継ぎ目に静的载荷のごく初期に(5 ton) ひびわれが発生し、その後設計荷重相当の試験荷重による、200万回繰返し载荷中には新たなひびわれの発生はみられなかった。200万回繰返し载荷後、静的に荷重を増加した結果連結部コンクリート引張部にはっきりした曲げひびわれの発生がみられたのは約25 tonで、それ以前に見えられたひびわれはごく微細なものであった。25 ton という荷重は設計曲げモーメントの約1.7倍、設計活荷重モーメントの約2倍の増加に相当する曲げモーメントを生ぜしめる値である。その後、約31 tonまでは連結部コンクリートのひびわれが伸び、31 tonを越してからP Cけたの部分にも曲げひびわれが発生しはじめた。その後、約61 tonまでP Cけたに発生する曲げひびわれの数が増し、61 tonを越すとP Cけたのウェブにせん断による斜めひびわれが発生しはじめた。以上に述べたように、この試験げたのひびわれ性状は、一体打ちコンクリートげたに見られるひびわれの性状とほとんど差がない。すなわち、この連結構造の計画段階で懸念されたP Cけたの端部や切り欠き部に集中的に大きなひびわれが発生するようなことはなかった。

図-10.1 A試験体ひびわれ発生状況

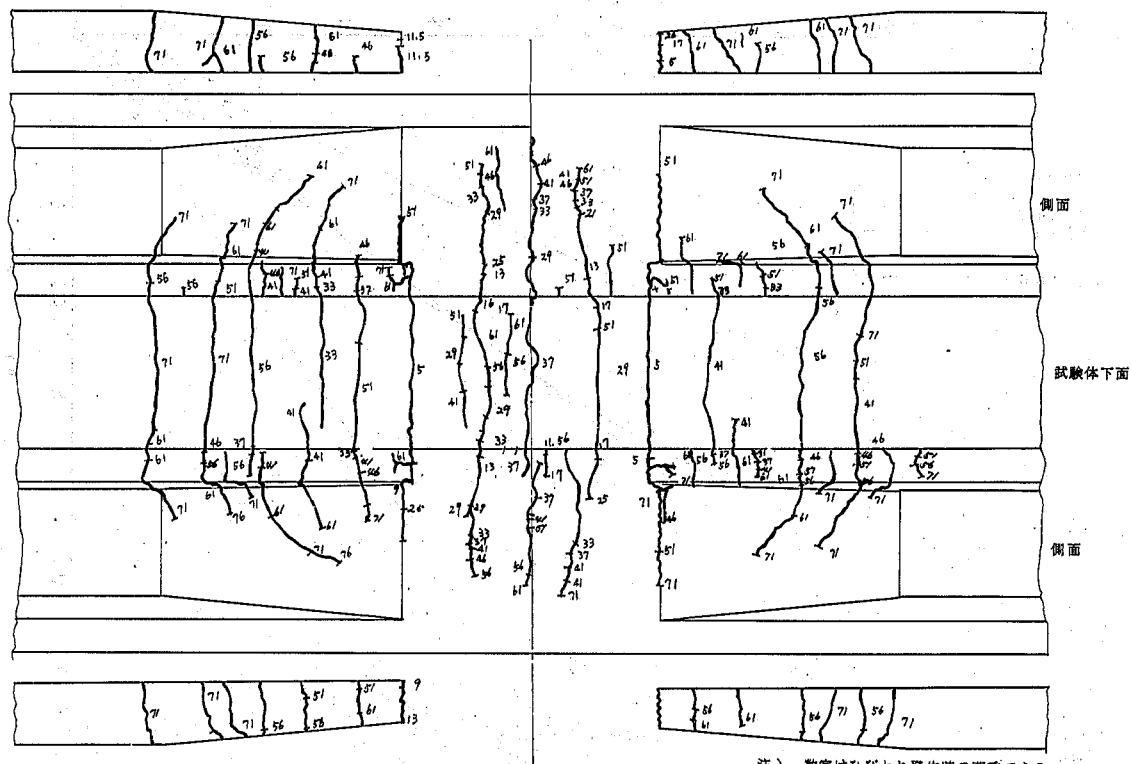
200万回繰返し載荷後(上限荷重1.56 t_{on})



注) 数字はひびわれ発生時の荷重である

図 - 10.2 A 試験体ひびわれ発生状況

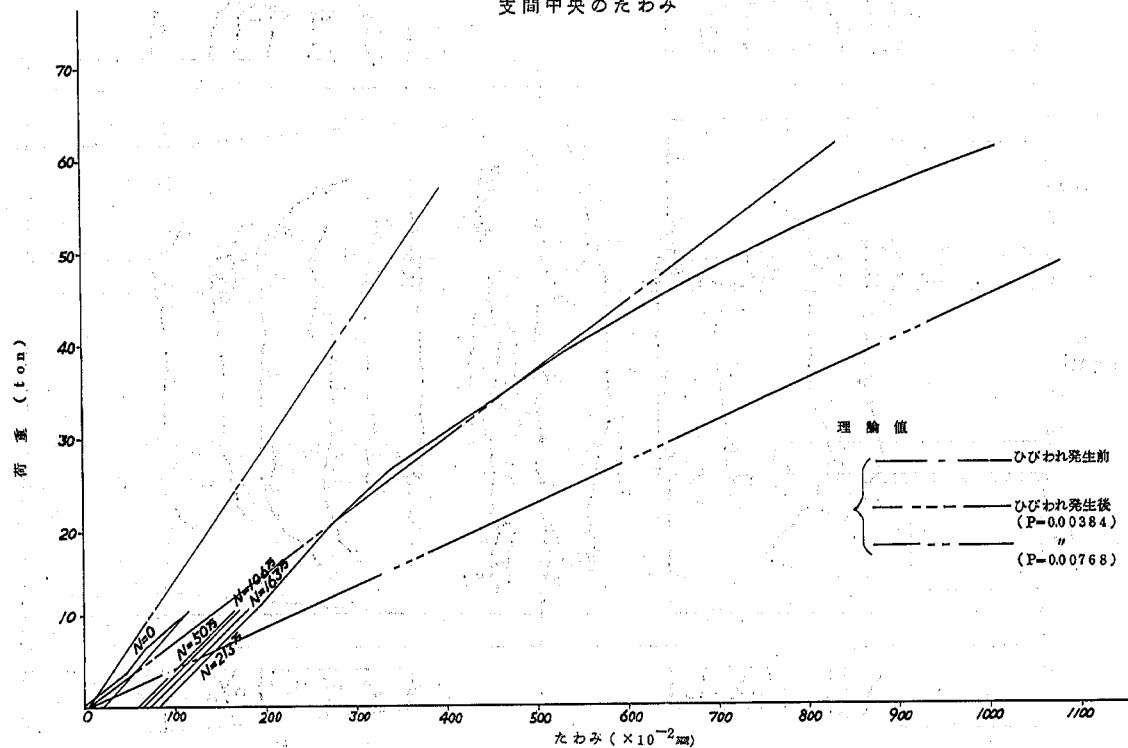
76 ton 載荷後



注) 数字はひびわれ発生時の荷重である。

図 - 11 A試験体

支間中央のたわみ



2) たわみ

図-11に支間中央点におけるたわみを示す。測定方法のところで述べたように、支点の沈下を測定しなかったため、測定値にはある程度の誤差が含まれている。

ここに示す理論値とは、次のような仮定のもとに、モールの定理により計算した値である。ひびわれ発生前については、連結部、P Oけた部とも全断面有効とした断面2次モーメントを用いた。ひびわれ発生後については、連結部1.3mにひびわれが発生した場合の断面2次モーメントを用いた。この際、連結部のP Oけたにもひびわれが発生しているものとした。鉄筋量は、中央断面すなわち連結鉄筋断面積のみ考慮した場合（鉄筋比 $P=0.00384$ ）と、重ね合わせ部すなわちP Oけたから突き出した埋め込み鉄筋と連結鉄筋の双方の断面積を考慮した場合（ $P=0.00768$ ）の2通りについて行なった。また、コンクリートのヤング係数は試験体と同じ養生を行なった円柱供試体の実測値より 30000 Kg/cm^2 とした。

このたわみ曲線から、設計荷重相当の試験荷重による繰返し載荷では、最初の50万回の繰返し載荷によるたわみ性状の変化は、支点の沈下量がはっきりしないのでなんともいえないが、50万回以後200万回までは、累積的なたわみの増加はほとんどなく、静的載荷試験による荷重とたわみの関係もほぼ一定している。200万回繰返し後、破壊までのたわみ曲線も、一体打ちのコンクリートげたと同様な曲げ性状を示しているものと考えられる。

3) 鉄筋ひずみ

鉄筋ひずみ測定結果を図-12～14に示す。

試験体の支間中央（実際の橋の場合は橋脚上）における連結鉄筋のひずみをみると、設計荷重相当の試験荷重による50万回～200万回の繰返し載荷によるひずみの累積はほとんどなく、静的載荷試験による荷重とひずみの関係もほぼ一定している。重ね合わせ部の鉄筋のひずみについても同様な傾向がみられることから、設計荷重程度の繰返し荷重では、重ね合わせ部の付着力の低下もほとんど無視できるものと思われる。

図 - 12 A 試験体鉄筋ひずみ

測点 1. 4. 7 の平均値 (連結鉄筋中央)

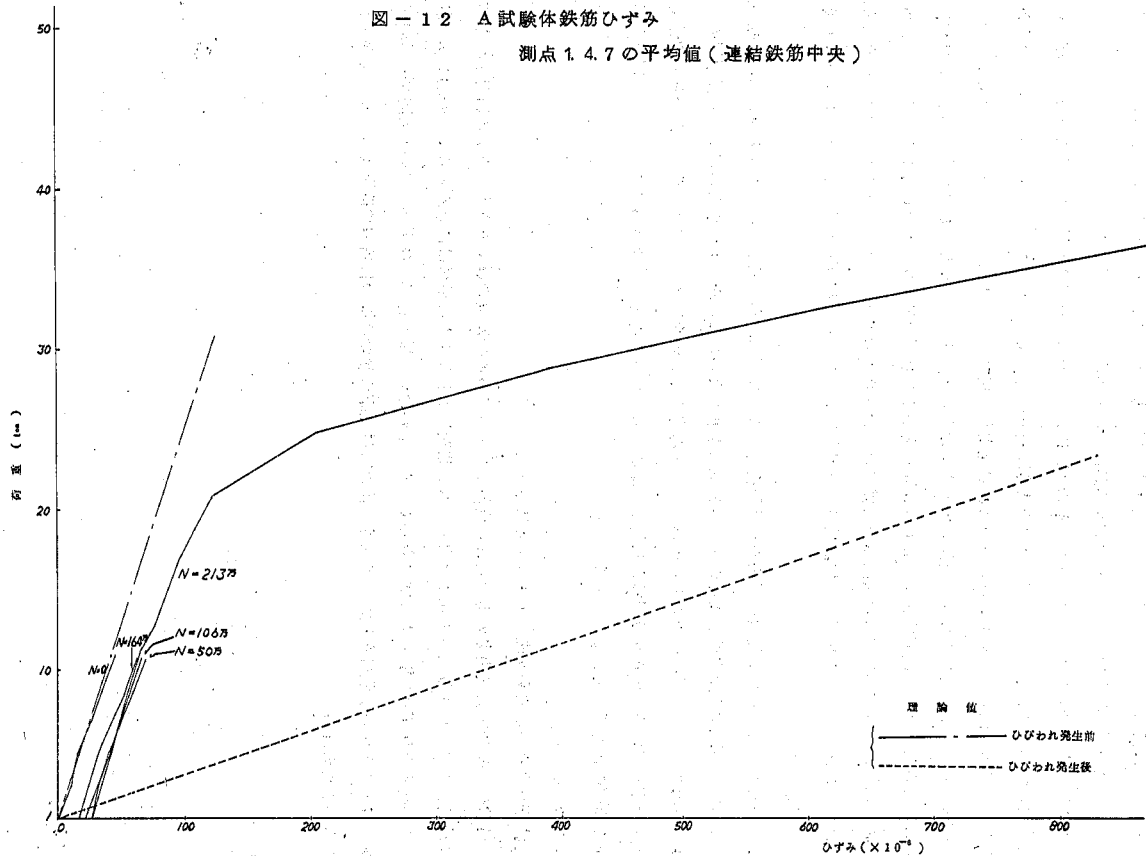


図-1 3A 試験体鉄筋ひずみ

測点 2.6 の平均値 (重ね合わせ継手部)

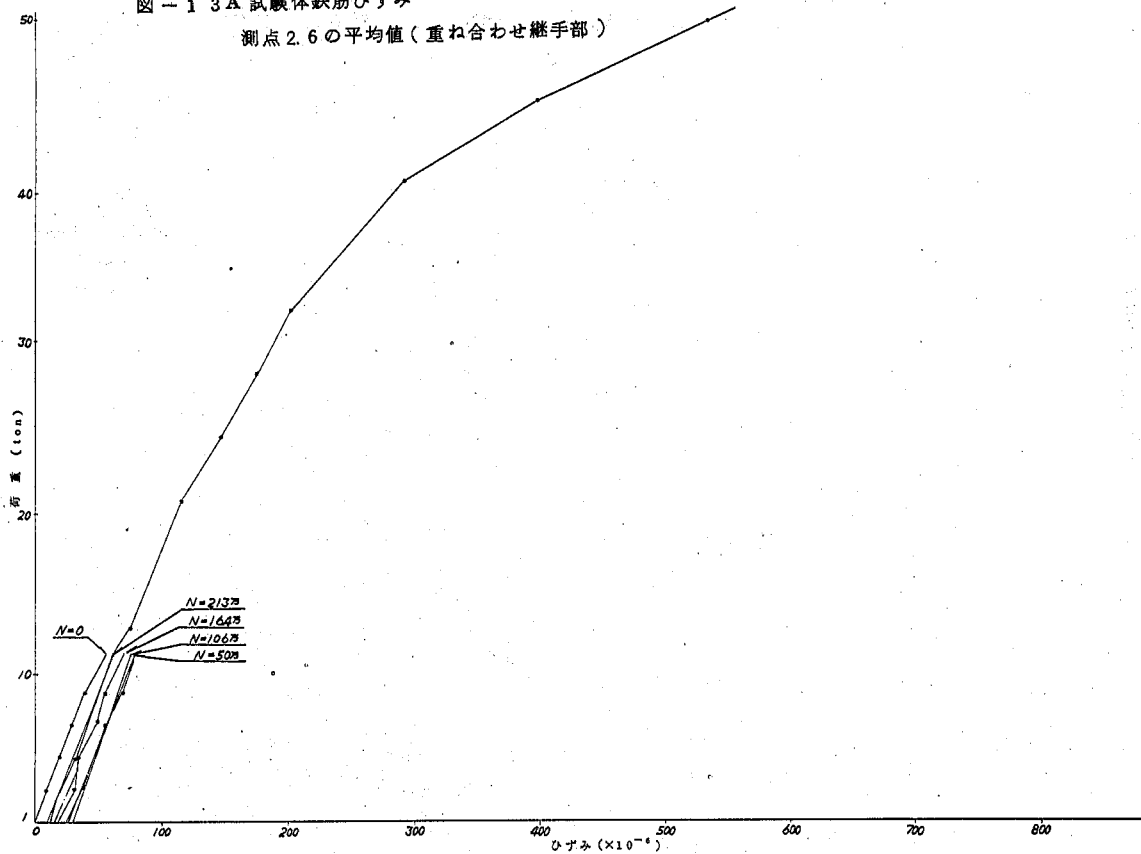
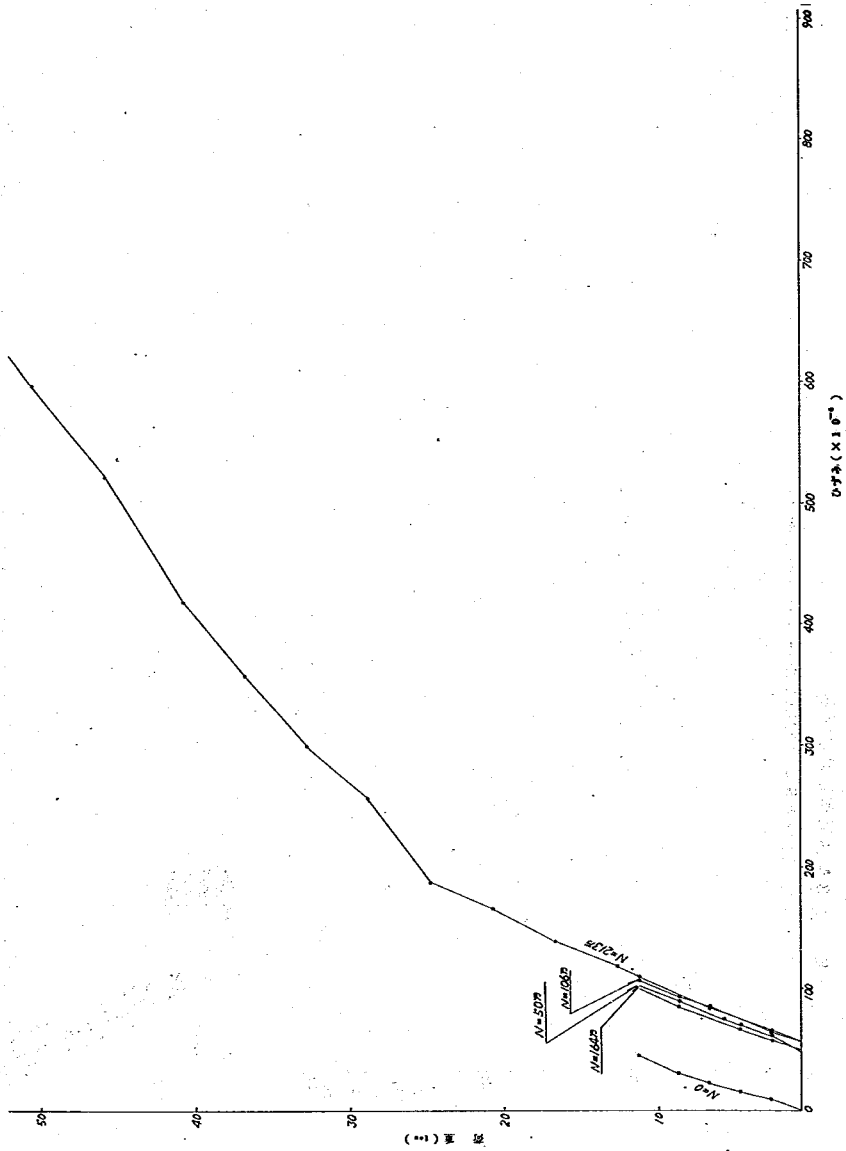


図 - 1 4 A 試験体鉄筋ひずみ

測点 3. 5 の平均値 (重ね合わせ継手部)

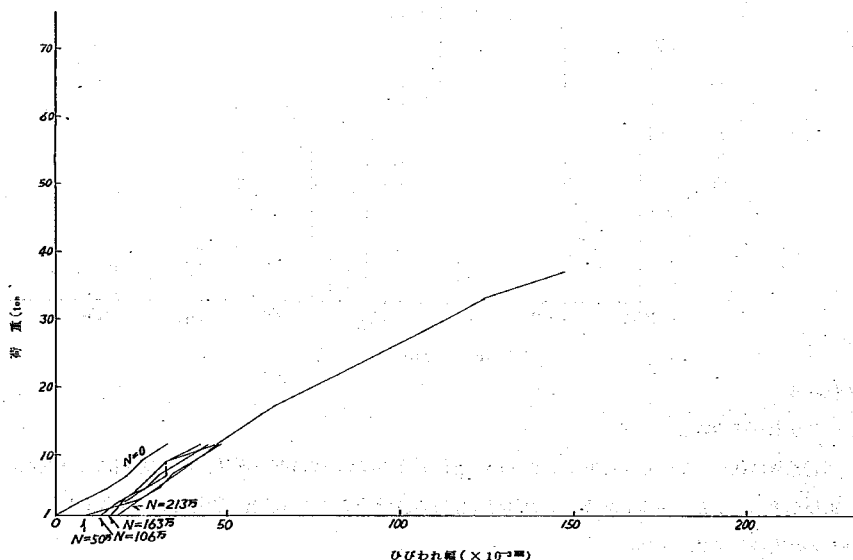


4) ひびわれ幅

ひびわれ幅の測定は標点位置が不適当だったため、P Cけた切り欠き部と現場打ちコンクリートとの継目部の一点の値しか測定できなかった。

図-15からわかるように、ひびわれ幅も設計荷重相当の試験荷重による繰返し載荷では、50万～200万回の繰返し載荷による累積的な増大はほとんどみられず、静的載荷試験による荷重とひびわれ幅の関係も、ほぼ一定している。200万回繰返し載荷後、静的に荷重を増大させた結果、設計曲げモーメントの2倍、設計活荷重モーメントの約2.5倍の増加に相当する曲げモーメントを生ぜしめる荷重においてさえ0.1mm余りのひびわれ幅であった。

図-15 A試験体ひびわれ幅



5) 破壊状況

設計荷重相当の試験荷重による繰返し試験後、破壊状況をみるために、静的に荷重を増大した結果、76 tonの一定荷重でたわみの増大が止まらなくなったので、この荷重を破壊荷重とした。

この破壊強度は、ASCE-ACIの合同委員会が1955年に発表した終局抵抗曲げモーメント式

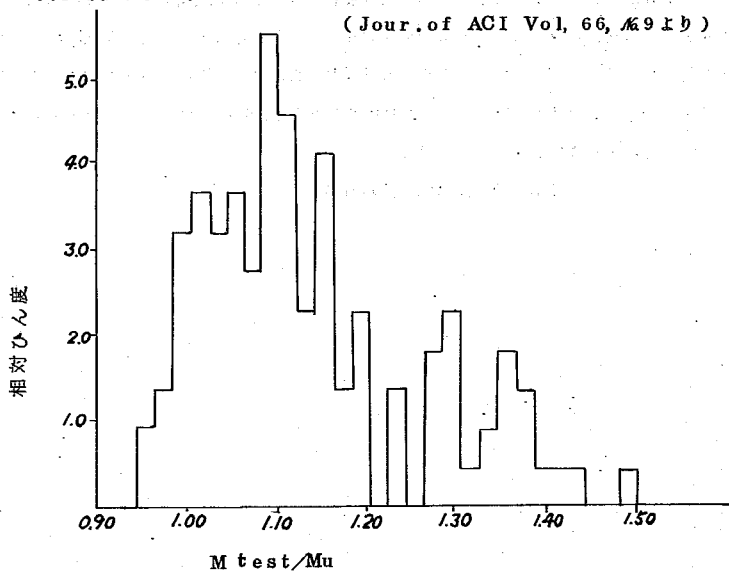
$$M_u = A_s \sigma_y D_s \left(1 - 0.59 \frac{P_t \sigma_y}{\sigma_{ck}} \right) \text{ で計算したものの1.6倍程ある。 (ここで, } A_s = 271, \sigma_y = 3700 \text{ Kg/cm}^2, \sigma_{ck} = 300 \text{ Kg/cm}^2, P_t = 0.00384 \text{ とした) }$$

これまでの多くの試験けたの破壊試験で得られた終局抵抗曲げモーメント (M_{test}) とこの上式による

破壊強度 (M_u) との比較は、図-16に示すように、ほぼ1.0に近い値を示している。

計算値 (M_u) との比 (M_{test}/M_u) は、およそ 0.95 ~ 1.50 の間に分布しているが (図-16 参照) 今回の試験結果は、この上限値よりさらに少し大きい値を示した。

図-16 けたの終局抵抗曲げモーメントの実験値と計算値の比



B 試験体

1) ひびわれ発生状況

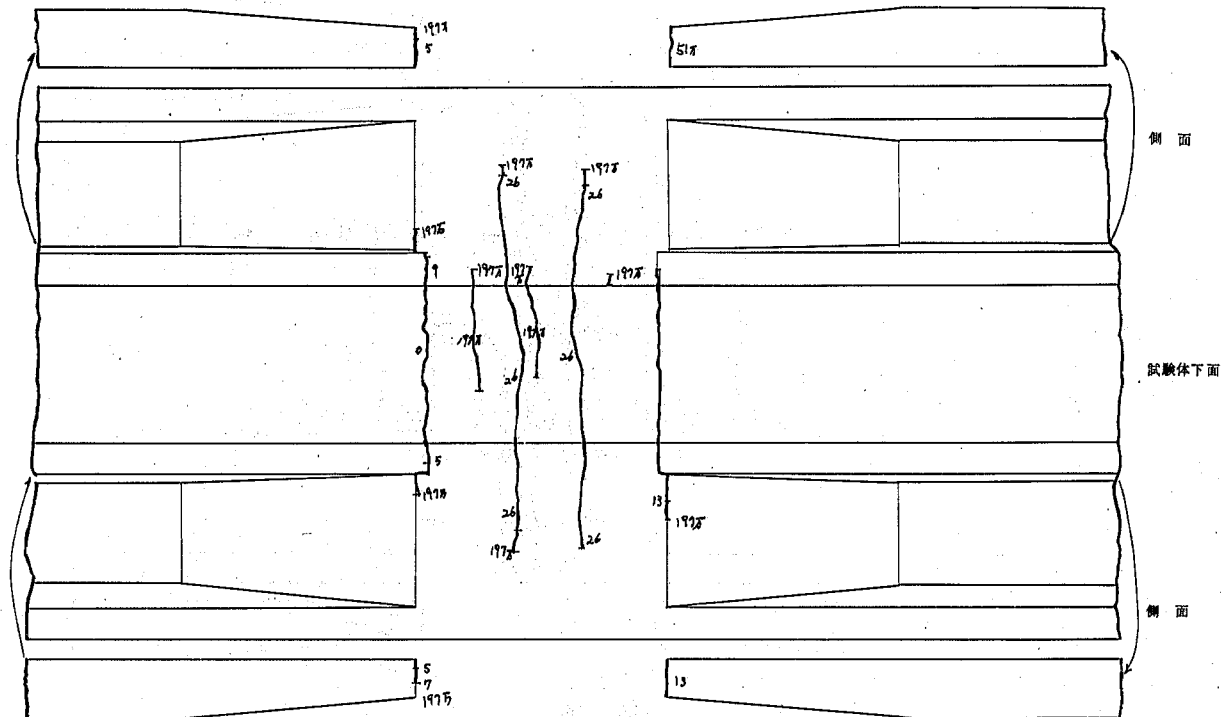
測定結果は図-17に示す通りで、2.6 ton と付したひびわれは初期載荷後の静的載荷により発生させたひびわれで、A 試験体と異なり、設計荷重相当の試験荷重による繰返し載荷時にすでにこのようなひびわれを発生させておいた。

設計荷重相当の試験荷重による約 200 万回の繰返し載荷では連結部コンクリートに数本の新たなひびわれが発生した。延べ 344 万回繰返し後、設計荷重の 2.2 倍に相当する 3.09 ton まで静的に載荷した際、P C けたの引張側に曲げひびわれの発生がみられたが、これは A 試験体に比べれば少し低い荷重である。

鉄筋の腐食や付着に非常に好ましくないと考えられている鉄筋軸方向の縦ひびわれの発生は設計荷重の 2.5 倍に相当する 3.865 ton の載荷によって初めて認められた。

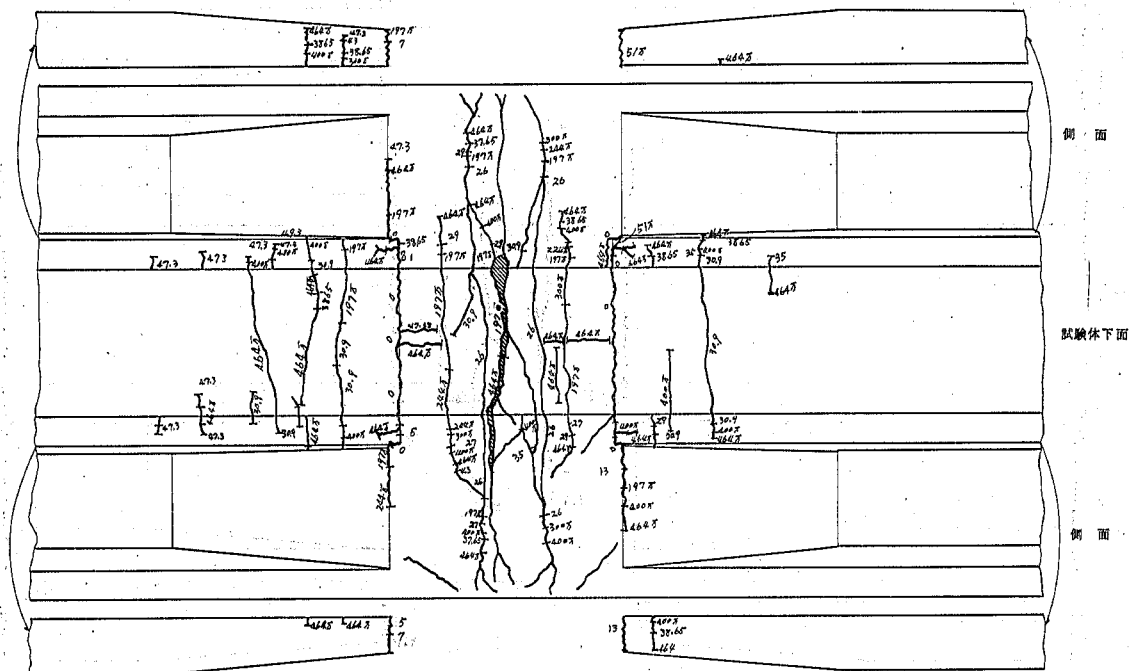
斜線を付した部分は一部の鉄筋が疲労破断後、異常な振動が生じたためコンクリートが剥脱した部分を示したものである。

図-17.1 B試験体ひびわれ発生状況 197万回繰返し載荷後(上限荷重15.46ton)



注) 数字のみ付してあるひびわれは静的載荷によって生じたひびわれで数字は発生荷重。
 ~万と付してあるひびわれは繰返し載荷によって生じたひびわれで、数字は繰返し延べ回数。

図-1 7.2 B試験体ひびわれ発生状況
疲労破壊後



注) 数字のみ付してあるひびわれは静的載荷によって生じたひびわれで数字は発生荷重。(ton)
 ~万と付したひびわれは繰返し載荷によって生じたひびわれで、数字は繰返し延べ回数。
 数字の付していないひびわれは破壊後に認められたひびわれである。

2) たわみ

図-18, 19に支間中央におけるたわみを示す。

図-19から、繰返し荷重が増大するとともに繰返し載荷によるたわみの増加の割合がわずかずつではあるが、大きくなる傾向は認められるが、図-18において上限荷重載荷時におけるたわみと理論値とを比べてみると、実測値は、一般に理論値に比べてかなり小さい値をしている。

図-18 B試験体支間中央のたわみ

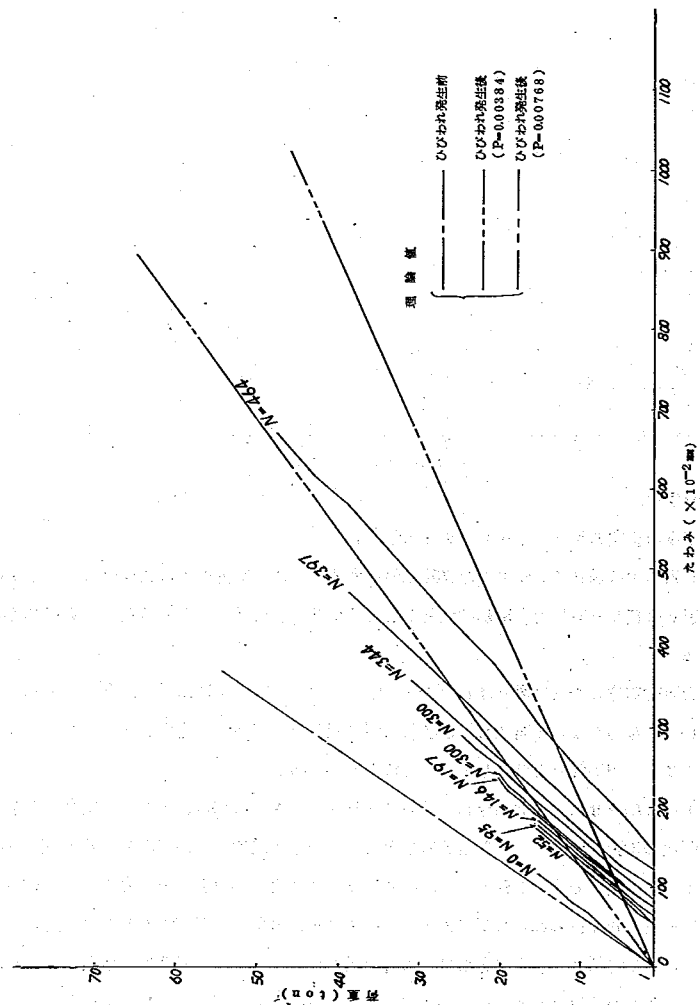
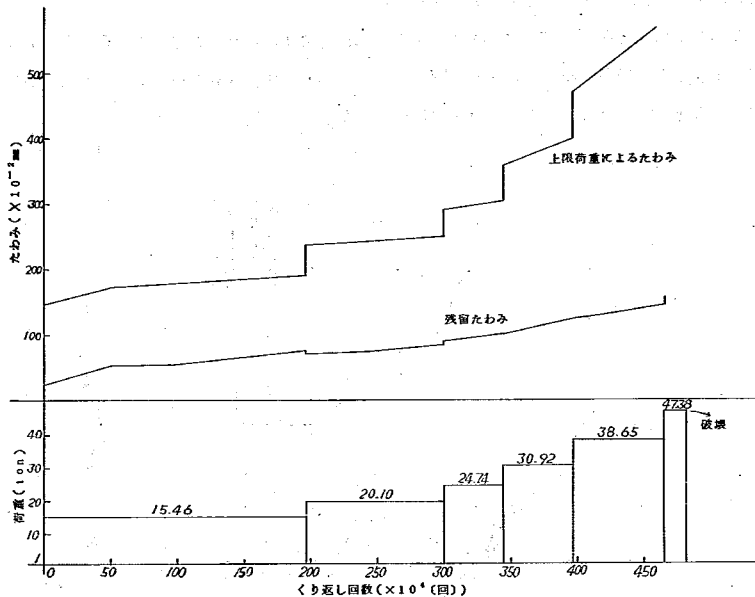


図-19 B試験体 支間中央のたわみ



3) 鉄筋ひずみ

鉄筋ひずみの測定結果を図-20～22に示す。

図-20に示す試験体支間中央の連結鉄筋のひずみは、設計荷重相当の試験荷重による50万～200万回の繰返し載荷では累積的な増加はほとんどなく、静的載荷試験による荷重とひずみの関係もほぼ一定している。

また、上限荷重時の鉄筋ひずみは $n=7$ と仮定して求めた計算値に比べてかなり小さい。これは、最初の2.6 tonの載荷によって発生したひびわれ間に新たなひびわれが発生したにもかかわらず、まだかなりコンクリートが引張力を分担しているためと思われる。

図-21および22に示す重ね合わせ継手の重ね合わせ部の鉄筋のひずみは、繰返し荷重上限値および繰返し回数の増大にともなって累積的に増大し、静的載荷試験による荷重とたわみの関係傾きが少しずつ大きくなる傾向がある。これは、たわみやひびわれ発生状況の変化から考えて、連結部コンクリートに新たに発生したひびわれの影響が大きく、特に付着力の低下を表わすものとは考えられない。

鉄筋ひずみの測定値には、測定方法のところで述べたように、上限荷重増大後はストレインゲージの特性によると思われる誤差が含まれているが、一応参考のためにプロットしておいた。

図-20 B試験体鉄筋ひずみ 測点1,4,7の平均値(連結鉄筋中央)

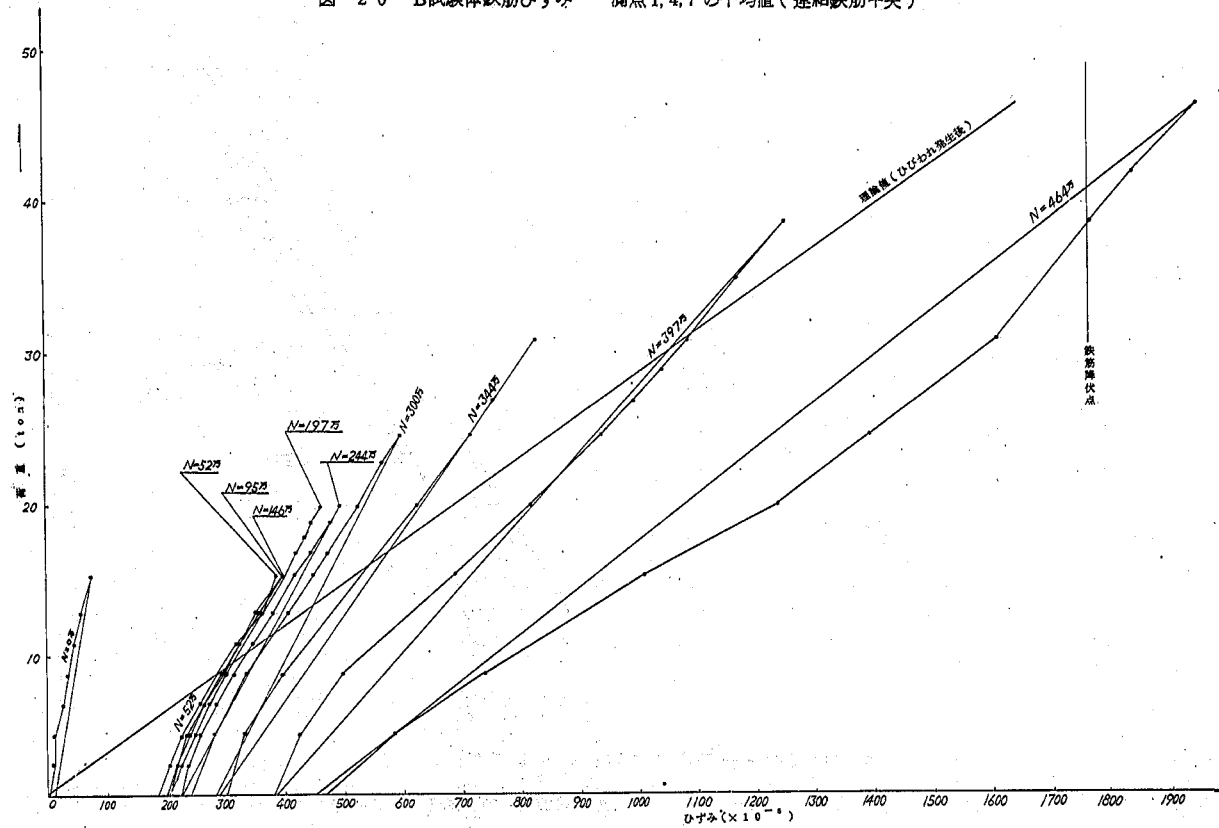


図-21 B試験体 鉄筋ひずみ

測点 2, 6 の平均値 (重ね合わせ継手部)

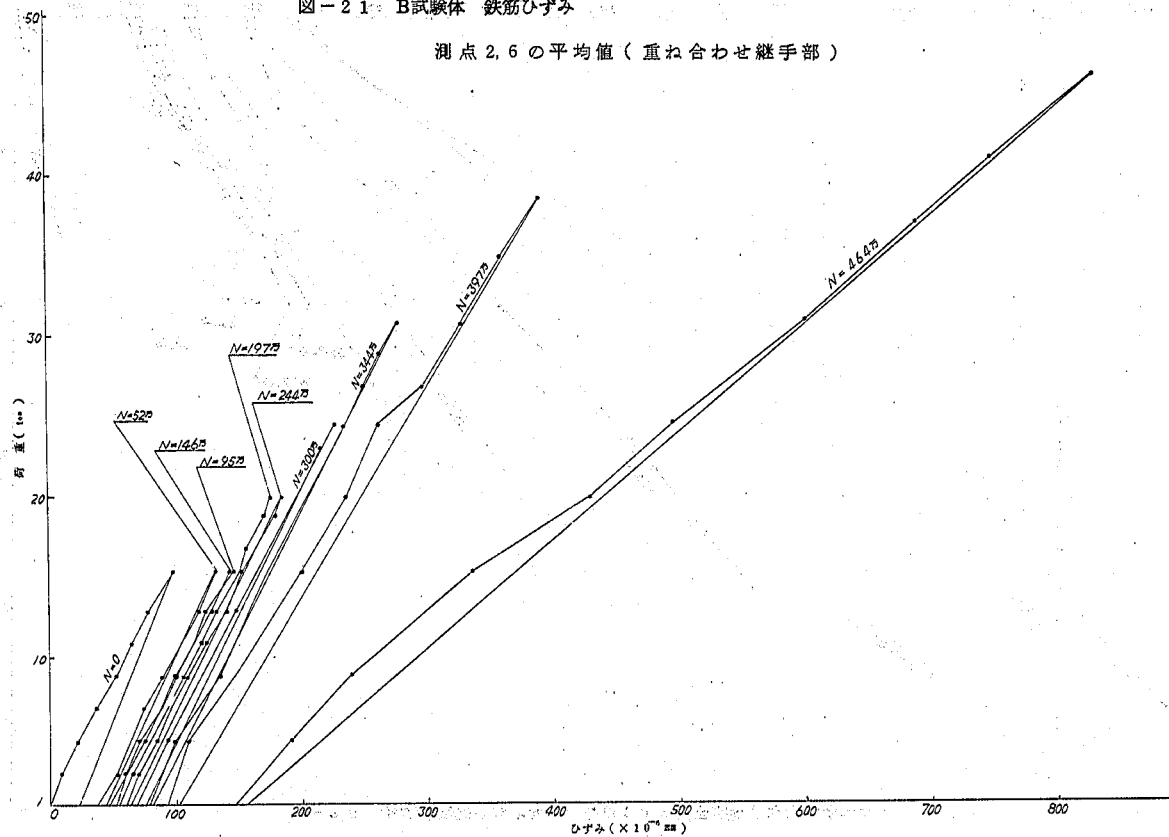
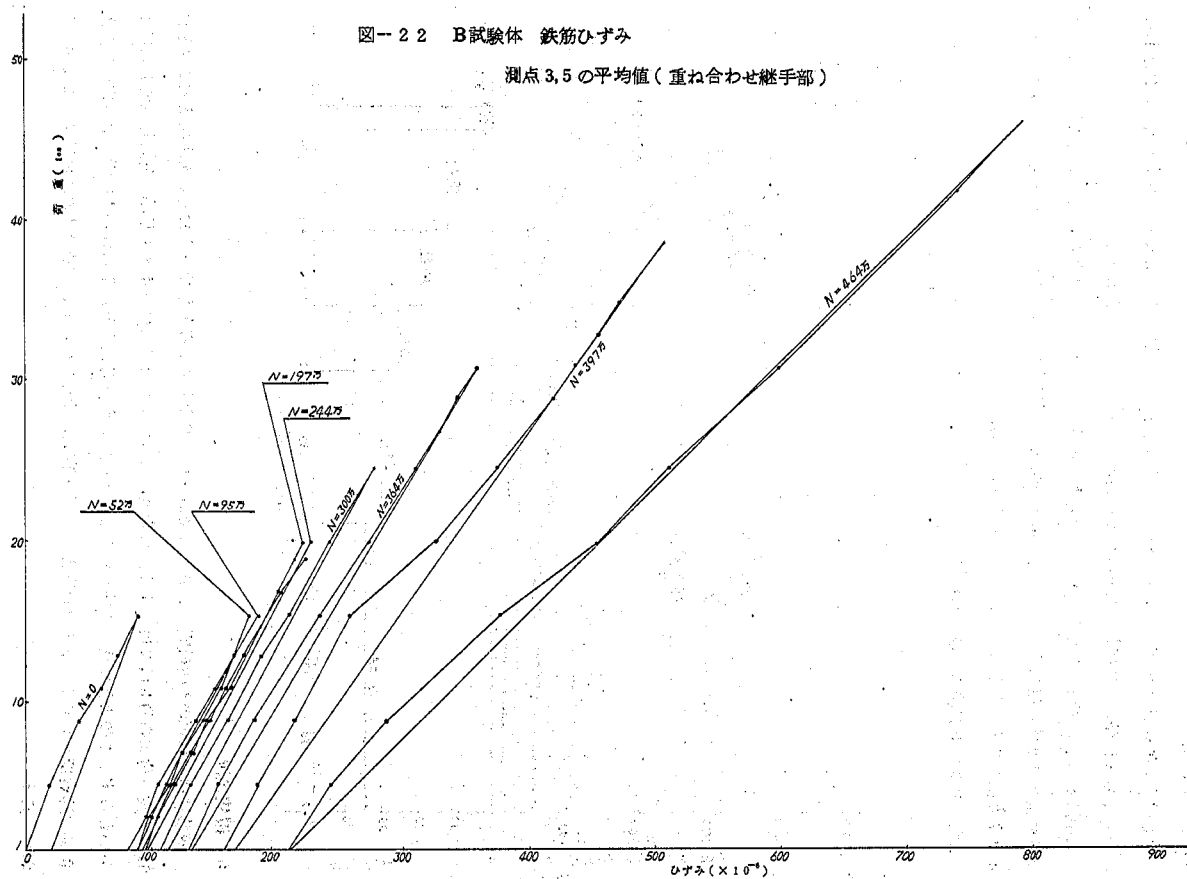


図-22 B試験体 鉄筋ひずみ

測点3,5の平均値(重ね合わせ継手部)

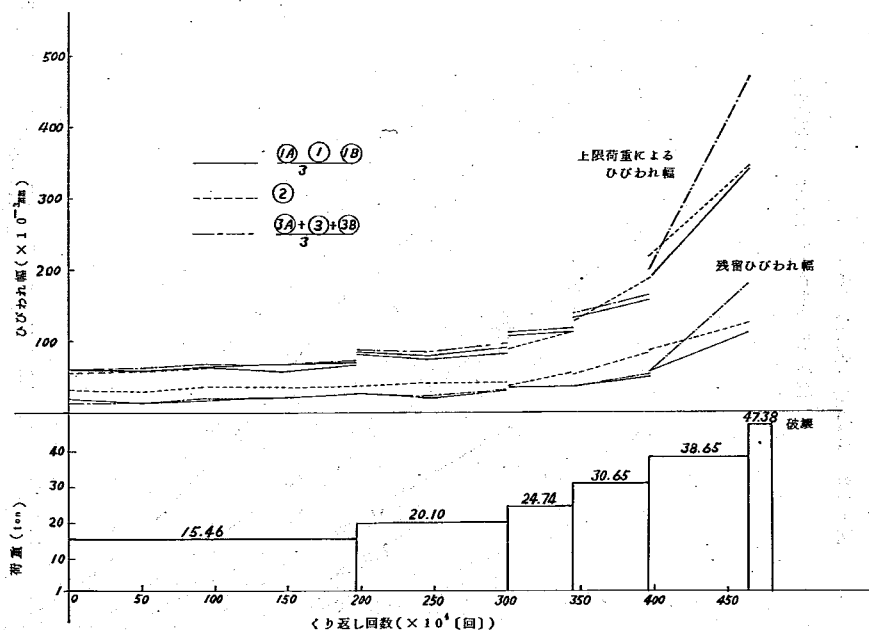


4) ひびわれ幅

PCけたと連結部コンクリートとの継目部のひびわれおよび曲げひびわれのうち最も大きいひびわれについて繰返し載荷とひびわれ幅との関係を表わしてみると、図-23となる。

この図から、いずれのひびわれも、一定荷重での繰返し載荷によるひびわれ幅の増大はわずかであり設計荷重の2.2倍に相当する309.2 tonの上限の試験荷重で53万回繰返し後（延べ344万回～397万回）でも、ひびわれ幅が0.2mm足らずであった。

図-23 B試験体 ひびわれ幅



5) 破壊状況

破壊は連結鉄筋の疲労破断によるものであった。すなわち、繰返し荷重の大きさを順次増大させ最終的には設計荷重の約3倍に相当する試験荷重によって17万回（延べ481万回）繰返し載荷したにもかかわらず、このような構造の弱点になるのではないかと考えられた重ね合わせ継手、PC桁の切り欠き部、連結部コンクリートとPCけたとの継目部等が原因とならず、鉄筋の疲労破断によって破壊したわけである。

破断後、コンクリートをはつた結果、7本の連結鉄筋のうち中央4本が破断していた。

5. 結 論

A・Bいずれの試験体も設計荷重相当の試験荷重による約200万回の繰返し載荷によっては、支間中央のたわみや鉄筋ひずみの測定値は理論値に比べて小さい。また、連結部コンクリートに発生したひびわれの幅も一般に基準とされている上限値0.2mmに比べて十分小さく、ひびわれの発生状況も一体打ちの鉄筋コンクリートげたと同様であった。

B試験体では設計荷重相当の試験荷重による200万回繰返し後、繰返し上限荷重を順次上げて疲労破壊に至らしめたが、設計荷重の2.2倍相当の荷重で53万回繰返し載荷しても重ね合わせ継手の部分に異常は認められず、PCけたと連結部コンクリートとの継目のひびわれ幅も十分小さかった。

B試験体は最終的に設計荷重の約3倍に相当する試験荷重によって17万回繰返し載荷したとき疲労破壊した。その破壊状況から判断して、重ね合わせ継手、PCけたの切り欠き部、連結部コンクリートとPCけたとの継目部等が構造上の弱点とはならないことが判明した。

以上の結果から、短支間の単純けた橋を連続して用いる高架橋等における伸縮継手の難点を解決するために今回考案されたプレテンションPCけたを橋脚上で連結する構造は実用に供しても十分安全であると思われる。

今回の受託研究の対象となった高架橋の実際の設計においては、PCけたは単純けたとして設計されたものをを用いることを考えているが、この実験結果では、このような連結構造を用いればPCけたは連続けたとして設計しても十分安全であるという結果が得られている。しかしながら今回の実験はわずか2体の試験結果であり、しかも、試験体は現場で実際に施工されるものに比べてかなりよい品質のものであったという点を考慮すると、今回の試験だけでPCけたを連続けたとして設計するというのは早計であろう。PCけたを連続けたとして設計しても良いという結論を得るためには、今後、実際に架設された橋についての挙動調査や現場の施工条件に見合った品質の試験体についての試験を行なうことが必要であろう。

なお、今回の試験は曲げモーメントに対してのみ行なったものであり、同一橋脚上に橋軸方向に隣接して支承を設けたために生じるせん断力の影響は考慮されていない。しかし実際の設計ではゴム支承を用いてせん断力を小さくするように努めており、さらに、橋脚上の横げたの幅が広く十分補強されているのでせん断に対しても安全と思われる。今後、長支間の橋にこの種の連結構造を採用し、ゴム支承を用いない場合や橋脚上の横げたの幅を小さくする場合等にはせん断力の影響についても十分検討を加える必要がある。

あ　と　が　き

本実験は日本道路公団福岡支社からの委託にもとづ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、日本道路公団および高速道路調査会の方々に多大な御協力をいただいた。

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706号

昭和46年12月(1971)

国広哲男・朝倉 肇・小笠原 保

キーワード: プレテンションPCけた橋 連結構造

〔要旨〕

プレテンションPCけたを用いた高架橋の場合に、隣接する支間のけた間に現場打ちのコンクリートを施工することにより、単純けたとして架設されたPCけた相互を連結するという方法が考えられる。

本報告書は、このようなPCけたの連結構造に関する強度試験について述べたものである。

