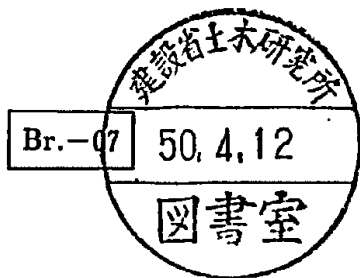


道路事業調査費・試験調査
上部構造の調査・設計
施工基準の作成に関する試験調査



土 木 研 究 所 資 料

第1000号

PC中空床版橋大型模型載荷試験

昭和50年2月

建設省土木研究所
構造橋梁部橋梁研究室

目 次

まえがき

1 試験の目的	1
2 試験体	2
2.1 試験体の形状, 寸法	2
2.2 材 料	2
2.3 製 作	5
3 試 験	5
3.1 試験方法	5
3.2 測定方法	5
4 測定結果および考察	10
4.1 横締めによる目地部のひずみ分布	10
4.2 た わ み	10
4.3 ひ ず み	12
4.4 破壊状況	12
5 結 論	26
あとがき	26

要 旨

本資料は、建設省が標準化を計画しているプレキャスト中空床版橋の目地部が自動車輪荷重による集中荷重に十分耐えうるかどうかを調査するために大型模型載荷試験を行なった実験結果の報告書である。

本実験の結果、目地部は十分な強度を有すること、プレキャストげた断面力の算定においてはギョソ・マソネ 法によって求めた断面力に輪荷重による局所的な影響を付加した方がよいこと等が、明らかとなった。

ま え が き

建設省においては、PCプレキャストげたを用いた床版橋の標準設計の検討を行なっているが、この標準設計においては急速施工、現場作業量の減少等を図るために、プレキャストげたを横げた現場打ちコンクリートの目地で連結する構造を考えている。

本実験はこのような新しい構造における目地部の強度および横方向の荷重分配効果を確認するために行なったものである。

昭和50年2月

橋梁研究室	室長	国 広 哲 男
	研究員	朝 倉 肇
		百 田 国 広

1. 試験の目的

短支間の橋梁には、I型断面のプレキャストPCけたを並列し、けた間にコンクリートの中詰したスラブ橋がよく用いられている。プレキャストPCけたを用いたこの種のスラブ橋については既に標準設計が建設省によって作成されている。しかしながらこの種の型式のスラブ橋では、自重が大きいため支間が大きくなると不利になること及びけた間にコンクリートの中詰めしなければならぬこと等の欠点がある。このような欠点を補なうために、I型断面のプレキャストPCけたのかわりに箱型断面のプレキャストPCけたを用いたスラブ型式の橋が注目されはじめた。このようなスラブ橋は図-1に示すごとく中空断面で自重が小さく、また場所打ちコンクリートが少なく、型枠もきわめて少なくすむので、その使用は今後急増するのではないと思われる。このため建設省ではこのようなPC中空床版橋の標準設計に着手している。

このスラブ橋案は図から明らかなように、横げた位置のみたおいて横締めする構造となっており、従来のプレキャストPCスラブ橋に比べ横締めがかなり少なく、かつ、横げた以外の部分は図に

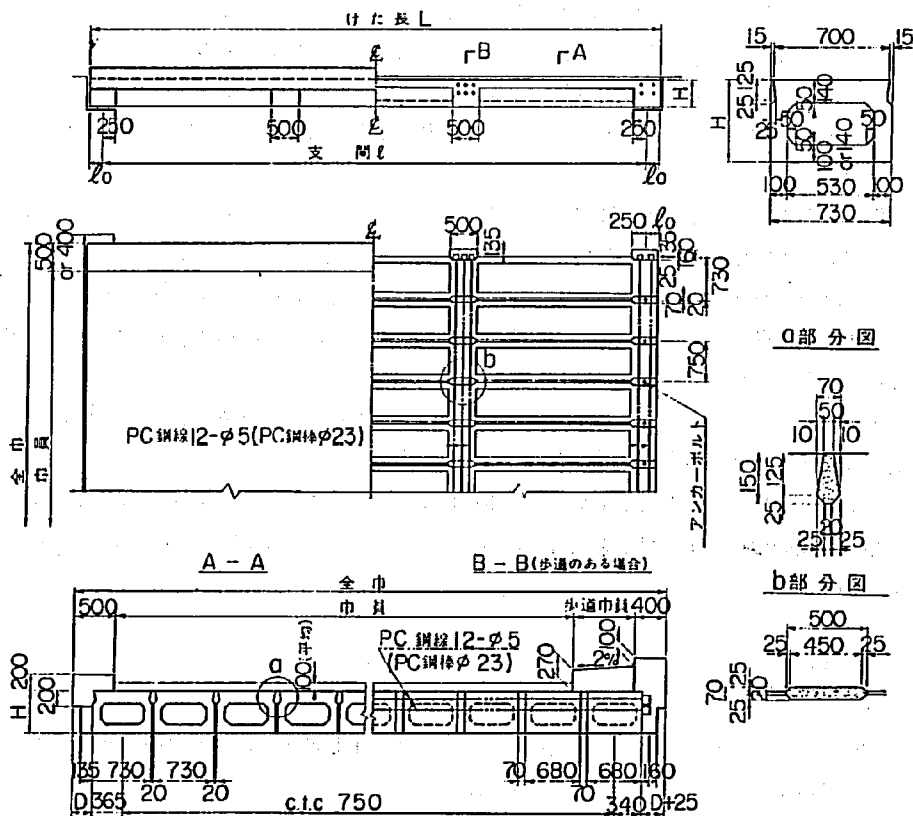


図-1 PCホロースラブ橋の構造図

示すような目地のみで力を伝える構造となっている。

このような、構造に対して一般のコンクリートけた橋の解析に用いられている直交異方性版理論を用いて横方向の荷重分配効果を考慮して主げたの断面力を求めてよいか、目地部が自動車の輪荷重に対して十分耐力を有するか等の問題を標準設計の作成に先立って明らかにすることが必要と考えられた。このため、試験体による静的載荷実験を行なった。

2. 試 験 体

2.1 試験体の形状、寸法

1に述べたような目的の実験を行なうにはなるべく大型の試験体が必要である。しかし、試験機の都合で実物大の試験体を用いることは困難であったので、図-2に示すような横げた部で支持した形の実際の橋を橋軸直角方向に一部切り出したような形の試験体を用いることとした。

また、輪荷重に対する目地部の強度を検討することを主眼においたので、試験体の形状の決定にあたっては標準化を考えている橋の範囲内で、目地部にとって最も厳しくなる条件を選んだ。すなわち、試験体の支間すなわち横締の間隔としては、目地部のプレストレスの分布の点から最も不利な最大間隔である6.0mを、けた断面としては隣接するけたの相対的なずれという点からは最も不利となる最小断面（実験では試験体の製作を容易にするために曲げ剛性のほぼ等しい中実断面を用いた。）を用いた。

標準化を考えている実際の橋においては、横締め間隔が6.0mとなるのは、けた高75cmの場合であり、本試験体相当の最小断面となるのは、横締め間隔が3.0mの場合である。

また、実際の橋の支間に比べ支間が短い本試験体では横方向の荷重分配がかなり劣る。

以上のような諸点を考えると、本試験体は、標準化を考えている実際の橋に比べて厳しい条件の試験といえると考えられる。

プレキャストけたには、けた1本で支間中央に10tonの荷重を受けた時に下縁コンクリート引張応力が 40 kg/cm^2 となるようにプレストレスを導入した。

この試験体を後述するようにギョソ・マソネ法により横方向の荷重分配効果を考慮して解析すると幅員中央、支間中央に1点荷重を載荷した場合、下縁コンクリート応力度が 40 kg/cm^2 となるのは55.5tonである。

2.2 材 料

2.2.1 PC鋼棒

PC鋼棒には、JISG3109 PC鋼棒に適合するA種1号SBPR85/95の $\phi 26\text{ mm}$ をプレキャストけたに、 $\phi 23\text{ mm}$ を横締めにそれぞれ用いた。

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SD30の $\phi 10\text{ mm}$ のものを用了。

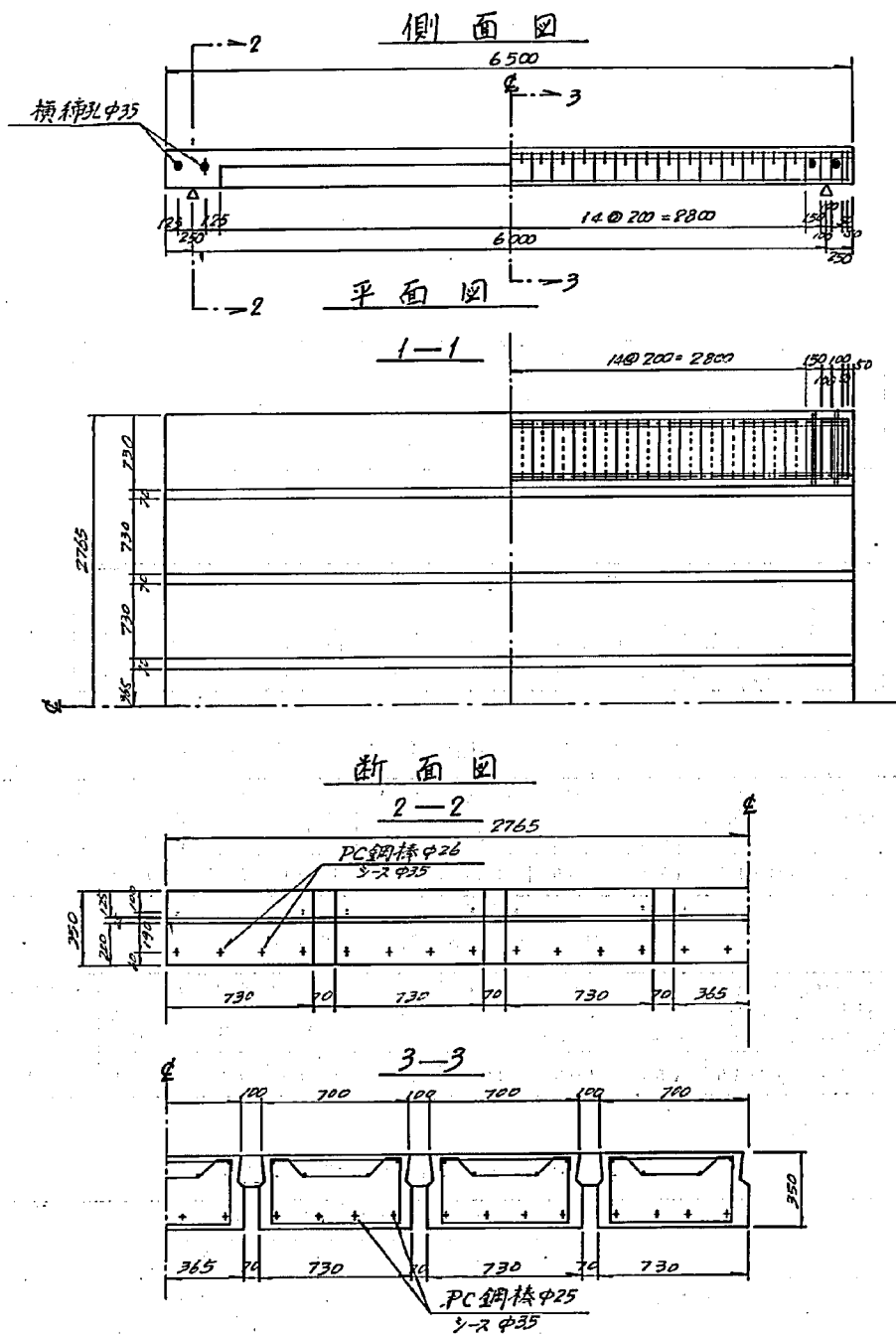


図-2 試験体の形状、寸法

強度試験の結果、降伏点応力度は 39kg/mm^2 であった。

2.2.3 コンクリート

セメントはJIS R 5210 (ポルトランドセメント) の品質に適合する早強ポルトランドセメントを、骨材は土木学会の鉄筋コンクリート標準示方書に適合するものを使用した。

骨材の品質およびコンクリートの示方配合は表1～4に示す通りである。

コンクリートの強度試験の結果は表-5に示す通りで試験時におけるコンクリートの圧縮強度はいずれも設計基準強度を上まわっている。

また、プレキャストけた部のコンクリートのヤング係数は強度に比してかなり小さい値を示した。

表-1 材 料 (プレキャスト部)

セメント	早 強 ポ ル ト ラ ン ド セ メ ン ト									
細骨材	産	酒 匂 川	吸	2.5 7	洗	2.6 2	粗	2.9 2	比	2.6 4
粗骨材	地	"	水 率	1.1 5	い 試 験	0.1 2	粒 率	6.8 2	重	2.8 2

表-2 材 料 (目地部)

セメント	早 強 ポ ル ト ラ ン ド セ メ ン ト									
細骨材	産	木 更 津	吸	1.8	洗	1.8	粗	2.9 4	比	2.6 3
粗骨材	地	鬼 怒 川	水 率	0.3	い 試 験	0.4	粒 率	7.1 4	重	2.6 5

表-3 コンクリート示方配合 (プレキャスト部)

σ_{ck} (kg/cm^2)	粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランブ の範囲 (cm)	W (kg)	C (kg)	W/C (%)	S/A (%)	骨 材 重 量 (kg)			A E 剤 量 (kg)
							A	S	G	
500	20	4 ± 1.5	170	460	37.0	40.5	1,831	722	1,109	1.84

表-4 コンクリート示方配合 (目地部)

σ_{ck} (kg/cm^2)	粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランブ の範囲 (cm)	W (kg)	C (kg)	W/C (%)	S/A (%)	骨 材 重 量 (kg)			A E 剤 量 (kg)
							A	S	G	
350	25	12 ± 1.5	157	400	39.3	40.3	1,810	726	1,084	9.12

表-5 コンクリート圧縮試験結果

種 別		コンクリートの圧縮強度 (kg/cm^2)				備 考
		X_1	X_2	X_3	X_4	
プレキャストけた部	材 令 1 日	407	413	418	422	
	載 荷 時	519	510	513	507	ヤング係数 2.8×10^5
目 地 部	載 荷 時	396	364	386	362	ヤング係数 2.9×10^5

2.3 製作

試験体の製作は実際の橋の場合とできるだけ同じになるように行なった。

プレキャストけた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、2日後に脱型した。

目地部については、プレキャストけた据付後コンクリートを打設し湿潤養生を一週間行ない、二週間後の載荷試験の直前に横締めを行なった。

横締めプレストレス量は40 tonであり目地部のプレストレスは34 kg/cm²である。試験体数は一体である。

3. 試 験

3.1 試験方法

まず最初に横締め時に目地部のプレストレスによるひずみ分布の測定を行なった。次に、図-3に示すように、ケース1, 2, 3, 4の順序で一点載荷した。この際の最大荷重は、衝撃を含む自動車輪荷重を目安として12 tonとした。

最後に中央のけたにひびわれが発生するまで載荷し、その後1度荷重を零にもどし再び荷重を増大させ破壊に至らせしめた。

各けたの載荷々重は表-6に示す通りである。

表-6 載 荷 方 法

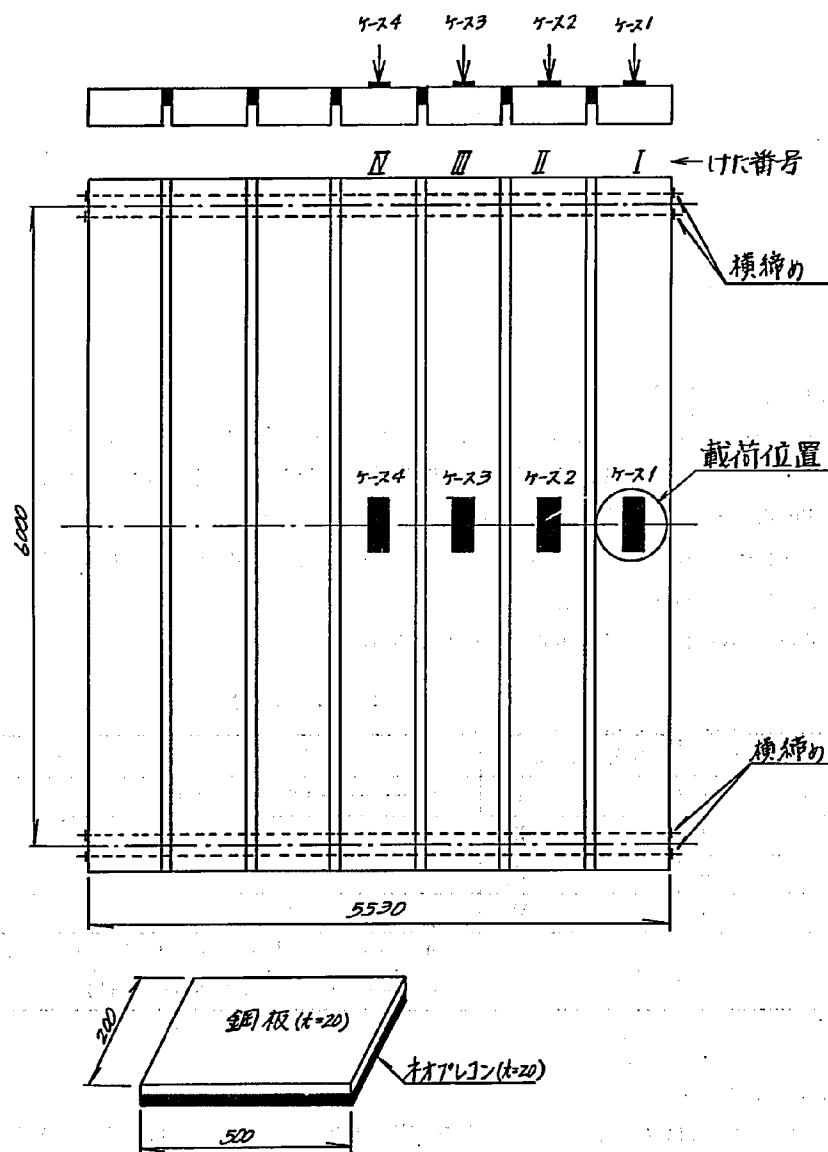
ケース・番号	載荷けた番号	荷 重
ケース 1	I	0 → 12 t → 0
2	II	"
3	III	"
4	VI	"
"		0 → 12 t → 60 t → 0
"		0 → 破壊まで (Pmax = 75 t)

3.2 測定方法

載荷に際しては変位計によるたわみの測定、ポリエステルケージによるコンクリート圧縮縁および引張縁のひずみの測定を行なった。

たわみ測定位置は図-4, 5に示す通りで、支間中央については目地部のずれも測定できるように目地の両側に14点、また支点の沈下等を測定するため両支点のけた中心に各7点計28点設置した。

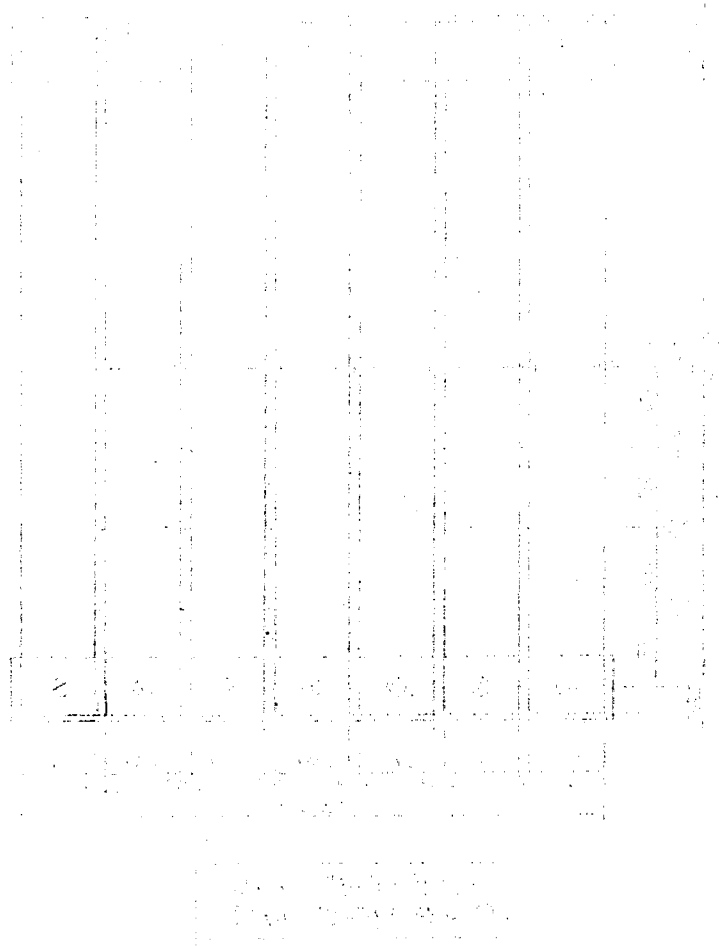
プレキャストげたのひずみは図-4, 5に示す通り、上面については、支間中央断面のけた軸方



載荷板の形状

図-3 載荷方法及び載荷位置

向およびけた軸直角方向について、下面については、支間中央断面のけた軸方向について測定した。
また、目地部の上面ひずみは図-4に示す通り、けた軸方向については支間中央断面、けた軸直角
方向については、片側の支点上1/8, 2/8, 3/8等分点および支間中央断面について測定した。



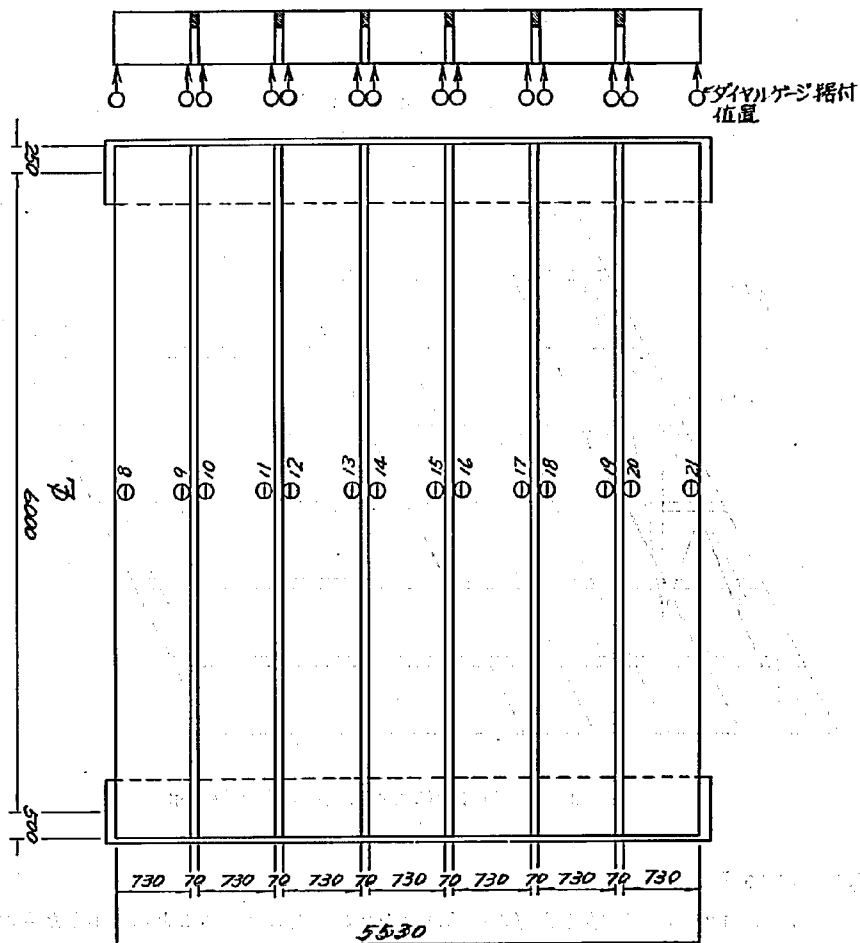


図-5 試験体下面測定位置

4. 測定結果および考察

4.1 横締めによる目地部のひずみ分布

図-6に横締めによる目地部のひずみ分布を示す。

この図から横締め線上以外の目地部にはほとんどプレストレスが入らないことがわかる。横締め線上の一ヶ所の目地でかなり大きなひずみが記録されているがその理由は不明である。

なお、目地部のプレストレスを円柱供試体の圧縮試験により得られたコンクリートのヤング係数で除して求めたプレストレスひずみは 12×10^{-6} である。

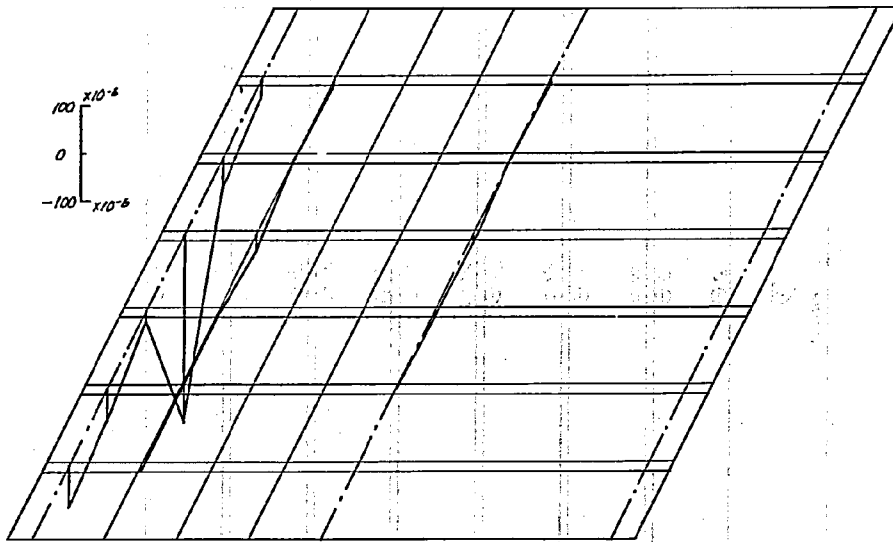


図-6 横締めによる目地部のひずみ分布

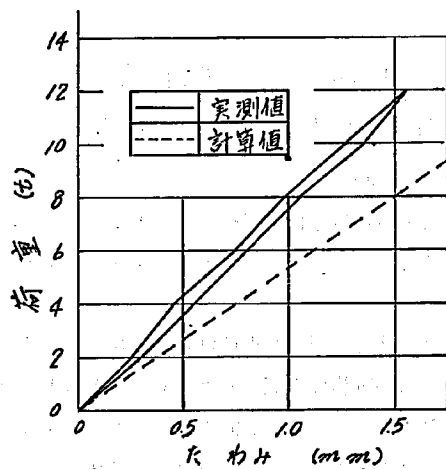
4.2 たわみ

図-7は、12tonまで載荷した際の載荷げたのたわみを各ケースごとに図示したものである。この図からかけたともかなり弾性的な性状を示していることがわかる。破線で示したのは実測したコンクリートのヤング係数を用いて断面を図-8に示すように仮定してギョン・マソネ法により計算した値である。

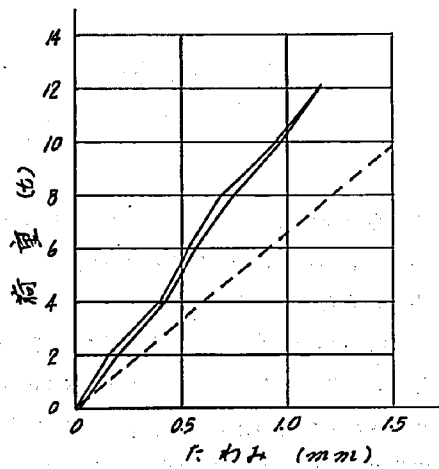
実際の設計では、目地部コンクリートの有効断面は、Tげた橋における横げたの圧縮フランジの有効幅の規定により定めている。この場合、有効断面は図-8に示すごとくこの計算例よりずっと小さくなる。

図-9は、12ton載荷したときの支間中央断面のたわみ形状を示したものである。

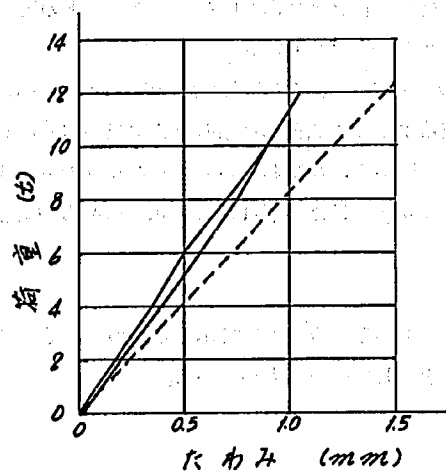
CASE 1



CASE 2



CASE 3



CASE 4

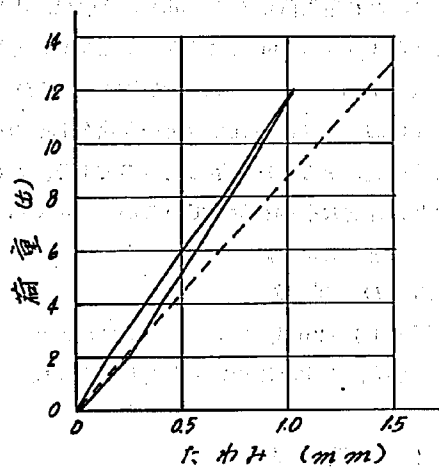
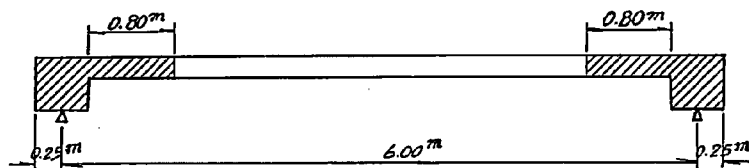


図-7 較荷点値下のけたの荷重～たわみ曲線



□ 本実験の計算値を求めるために用いた有効断面
 ■ 実際の設計で用いる規定による場合の有効断面

図-8 横桁の断面形状

これらの図から、ギョン・マソネの方法によって求めた値とほぼ同様な傾向を示していることがわかる。しかし、この程度の荷重でもプレキャストけたどうしの間のずれが原因と考えられるたわみ差がいくらか認められる。

計算値が実測値よりかなり大きくなっているのは、計算に用いた円柱供試体の圧縮試験より得られたコンクリートのヤング係数 ($2.8 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$) が試験体の実際のコンクリートのヤング係数より小さかったためと考えられる。一般に用いられている圧縮強度 500 kg/cm^2 のコンクリートに対するヤング係数 $4.0 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ を用いると計算値と実測値はかなりよく一致する。

図-10は、ケース4において中央けたⅣの支間中央付近の下面にひびわれが発生した60tonまで載荷後一度除荷し、その後破壊するまで載荷した際の中央けたⅣのたわみを示したものである。

ひびわれ発生荷重の60tonという値は、中央けたⅣの計算下縁応力度がコンクリートの実際の引張強さ 40 kg/cm^2 となる荷重55.5tonとかなりよく一致している。

図-11はケース4において中央けたにひびわれが発生するまで載荷した際の、図-12はケース4においてひびわれ発生後一度除荷しその後破壊するまで載荷した際の支間中央断面のたわみ形状を荷重段階ごとに図示したものである。これらの図から、ひびわれの発生した60tonまではかなり弾性的な挙動を示しているが、隣接するプレキャストけたのずれが最大0.5mm程度に達していることがわかる。

4.3 ひずみ

図-13~20は、プレキャストけたのコンクリートのひずみについて示したものである。これらの図から、ひずみについてもたわみと同様な傾向を示していることがわかる。

4.4 破壊状況

ひびわれが発生した後除荷し、再び荷重を増大させたところ70ton程度になって、目地部のずれる音と思われるバンバンというような大きな音が生じ、78tonで載荷している中央のけたの上側コンクリートが急激に剥脱して破壊した。78tonという荷重は、 $\Delta f_u = \Delta p_{s p y e d} - \frac{\pi}{2}$ という仮定で求めたプレキャストけた1本の破壊荷重の約2.15倍の荷重である。破壊後の試験体上面のひび

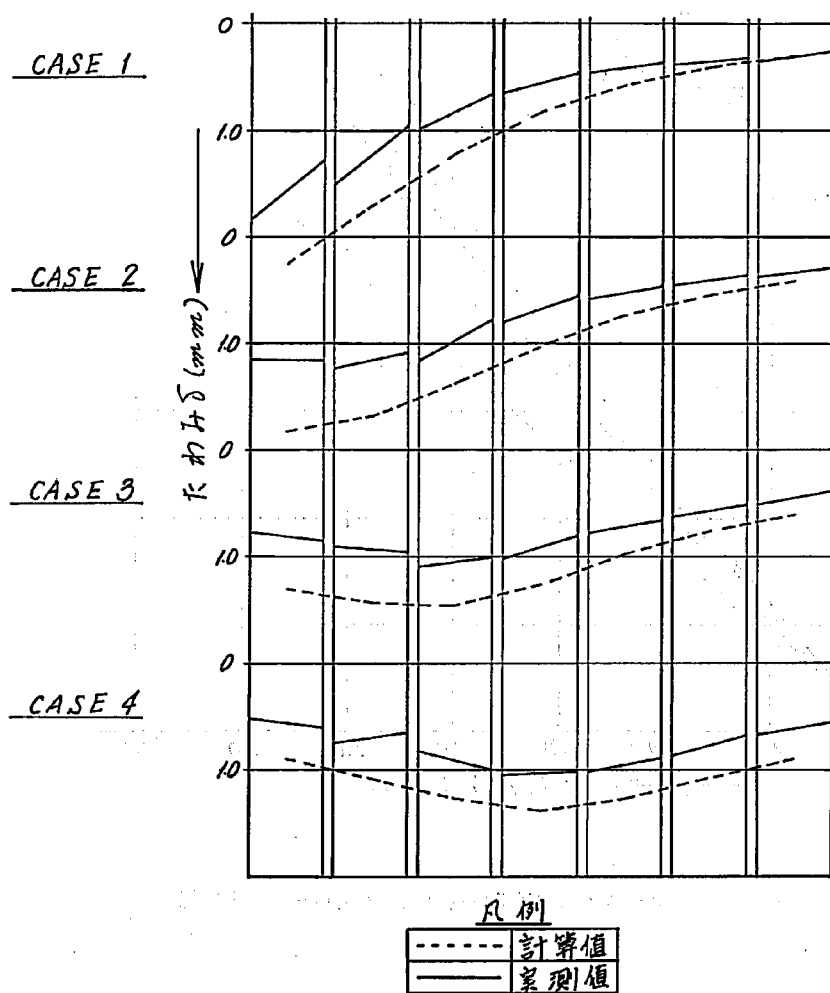
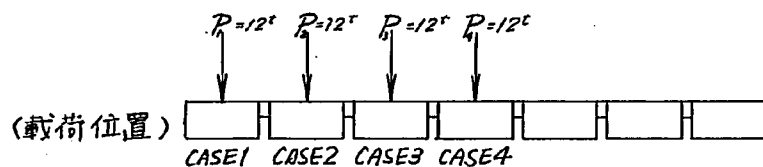


図-9 12^t 載荷時の支間中央断面のたわみ形状

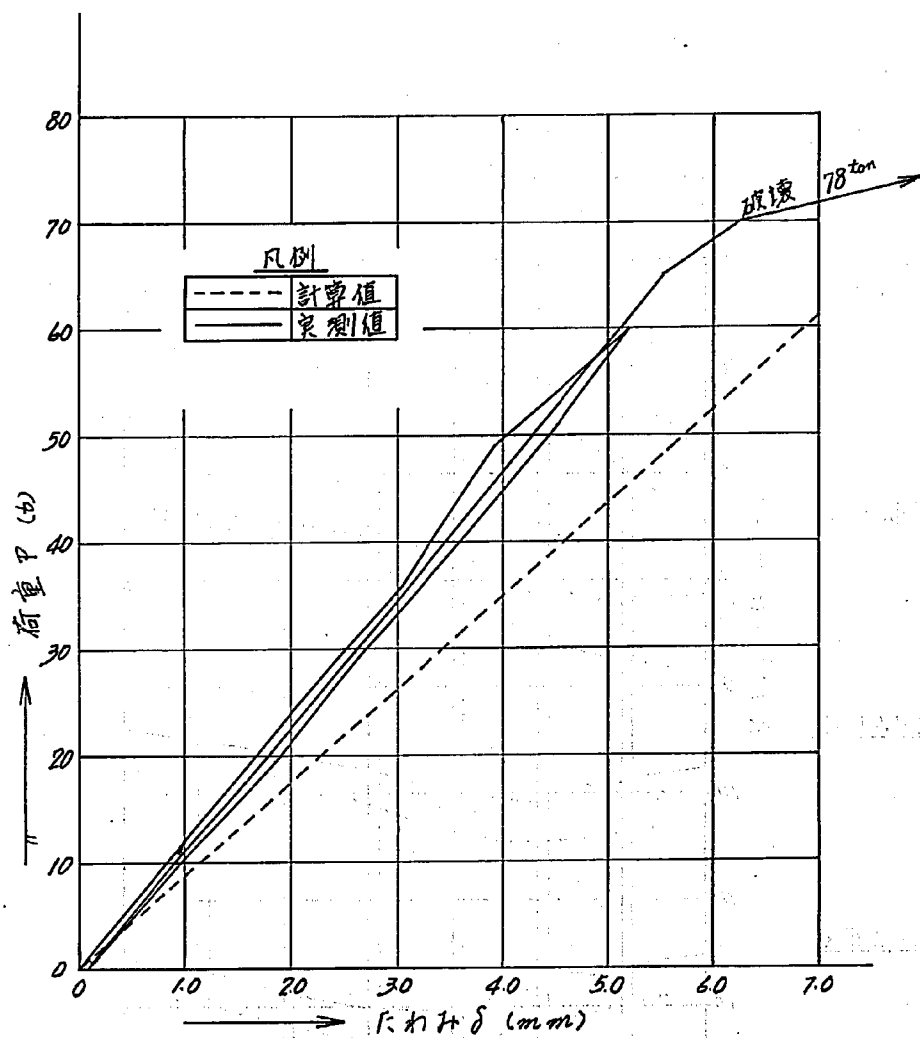


図-10 ケース4における載荷点直下の荷重～たわみ曲線

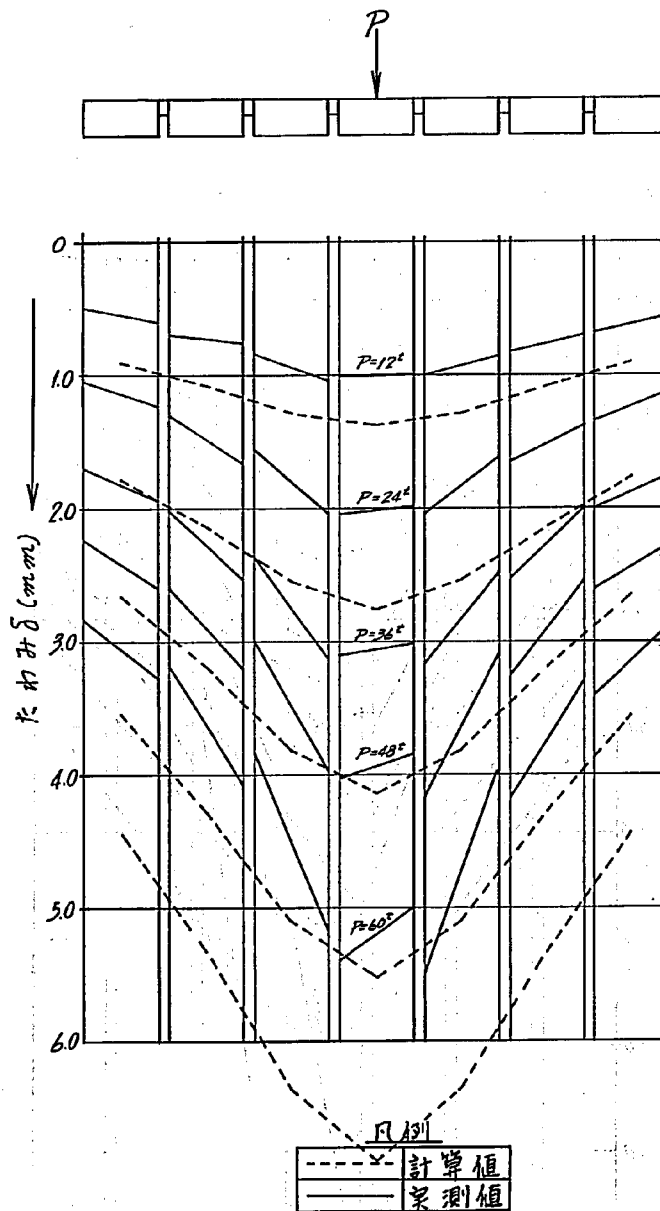


図-11 各荷重段階における支間中央断面のたわみ形状

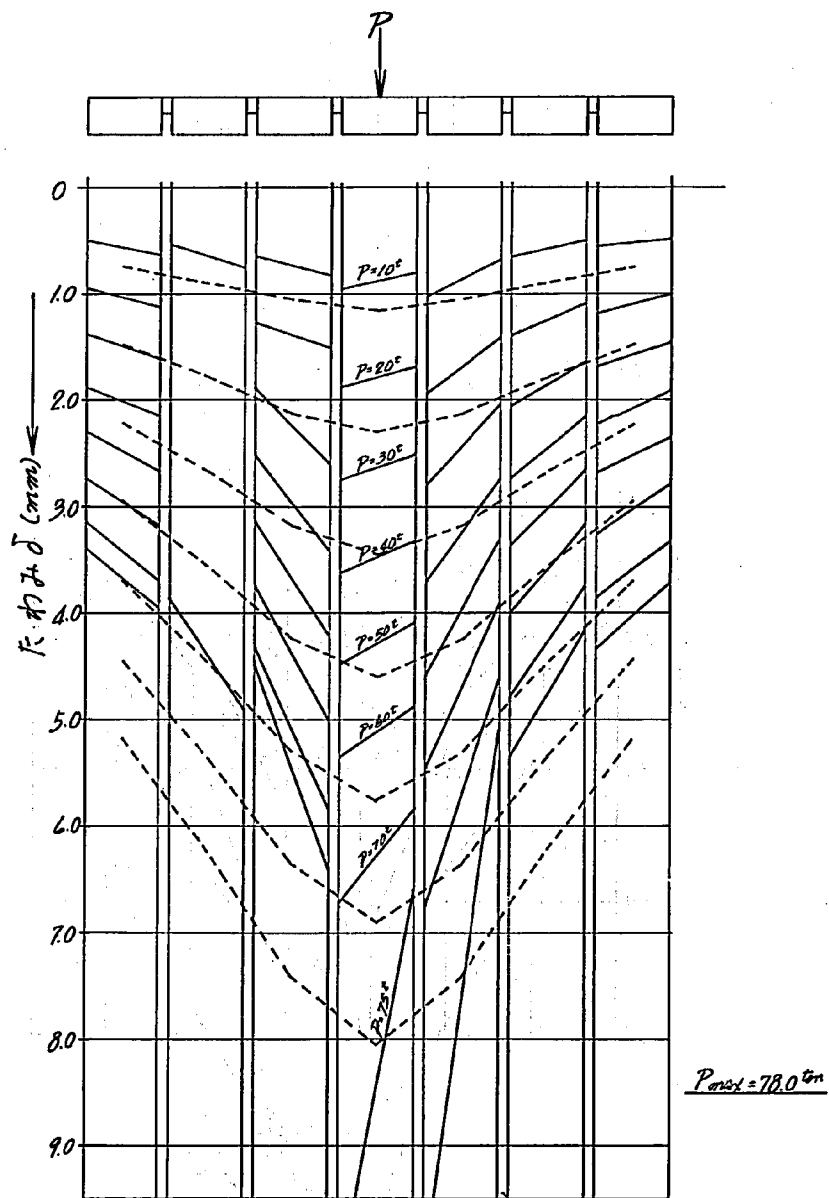


図-12 各荷重段階における支間中央断面のたわみ形状

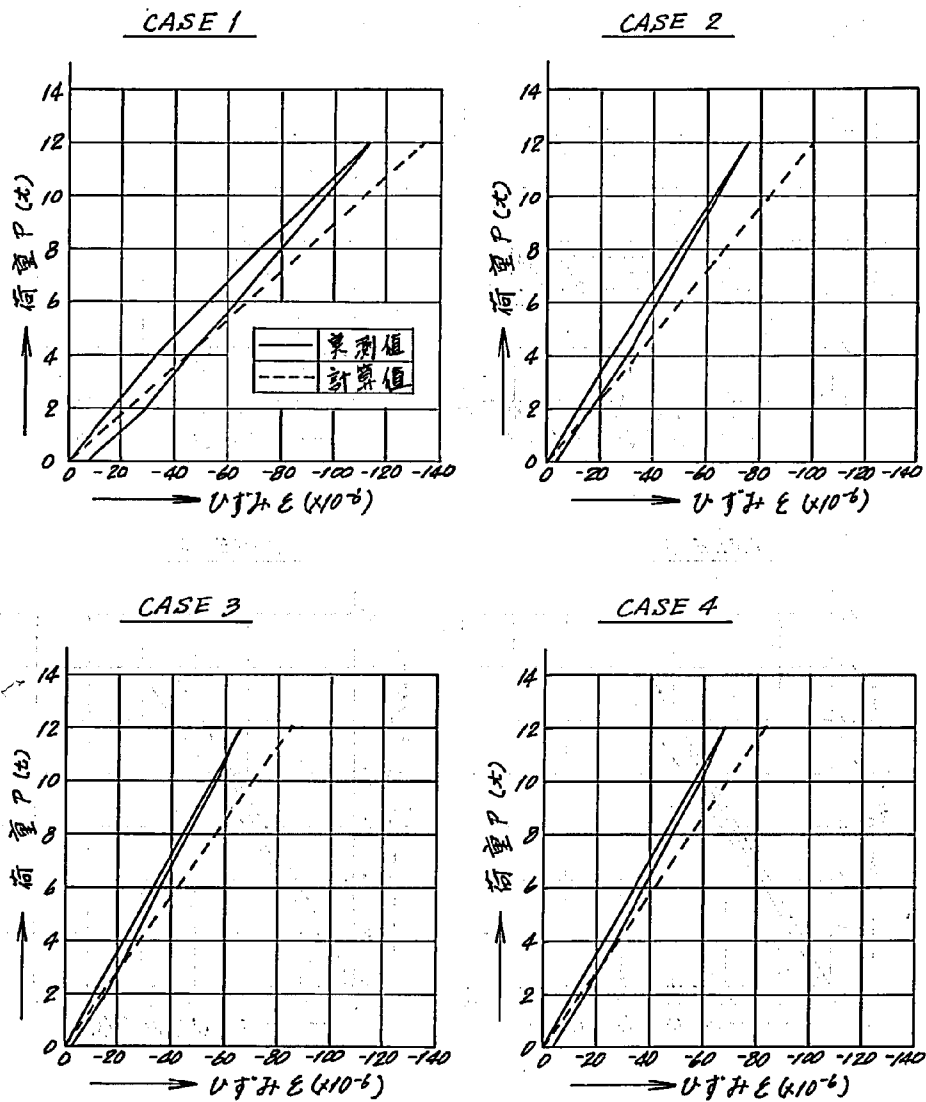


図-13 載荷点直下のけたの荷重～ひずみ曲線（圧縮縁）
（プレキャストげた上面けた軸方向）

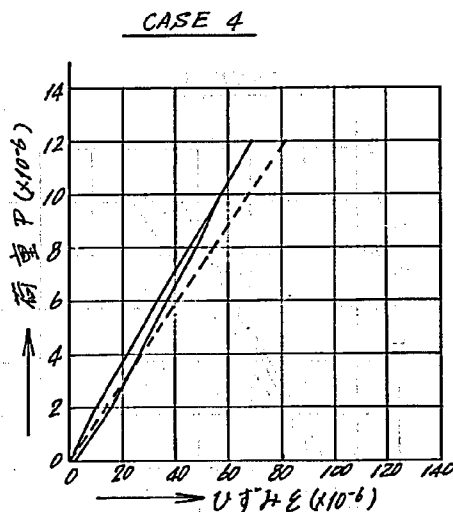
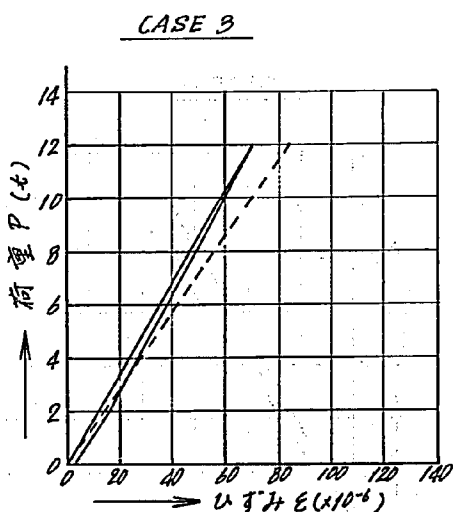
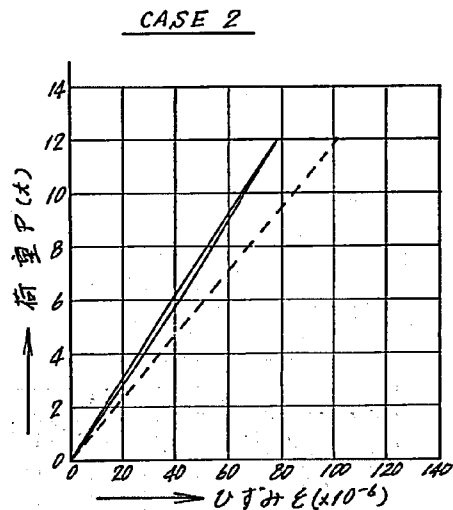
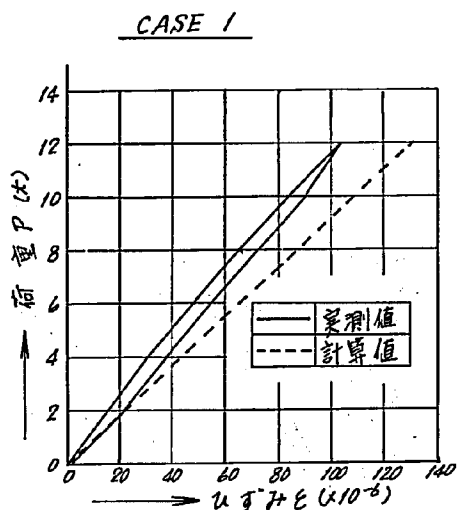
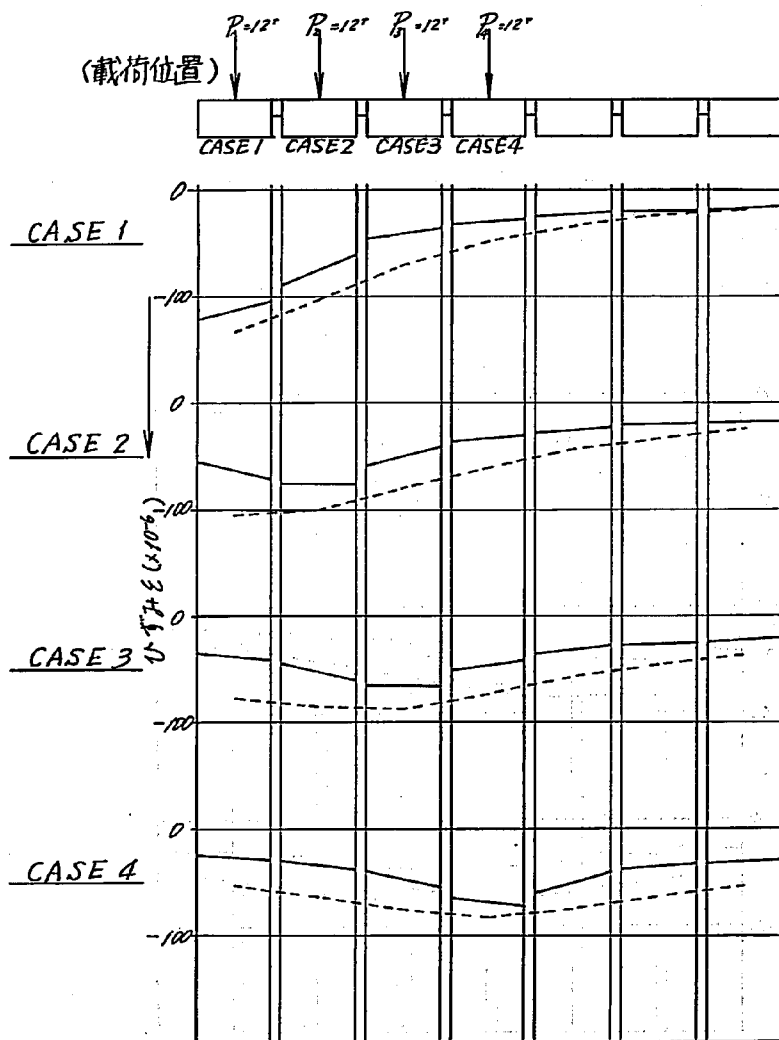


図-14 載荷点直下のけたの荷重～ひずみ曲線（引張縁）
（プレキャストけた下面けた軸方向）



凡例

---	計算値
—	実測値

図-15 設計荷重における支間中央断面のひずみ分布
(プレキャストげた上面けた軸方向)

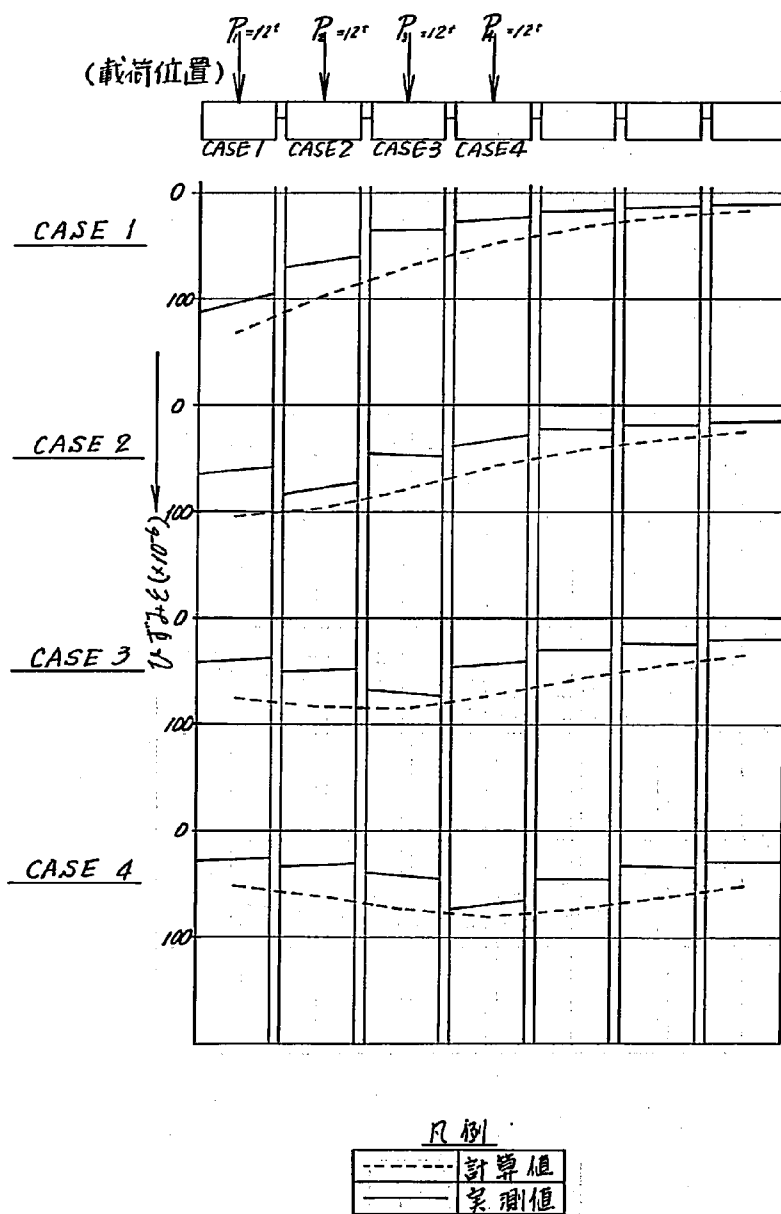


図-16 設計荷重における支間中央断面のひずみ分布
(プレキャストげた下面けた軸方向)

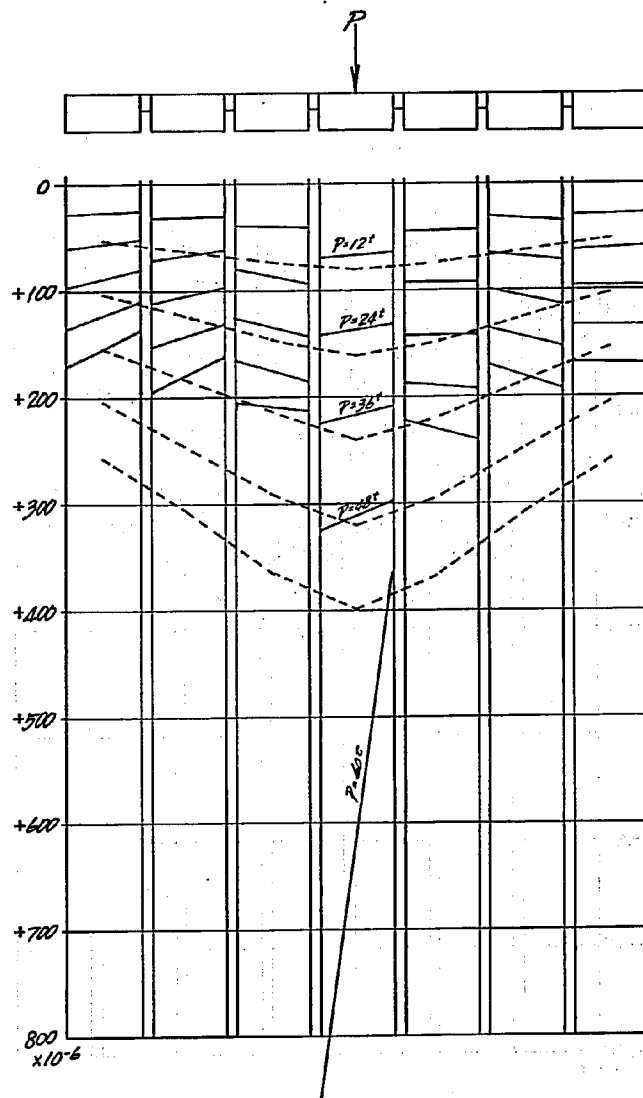


図-17 ケース4における各荷重段階の支間中央断面のひずみ分布
(プレキャストげた上面けた軸方向)

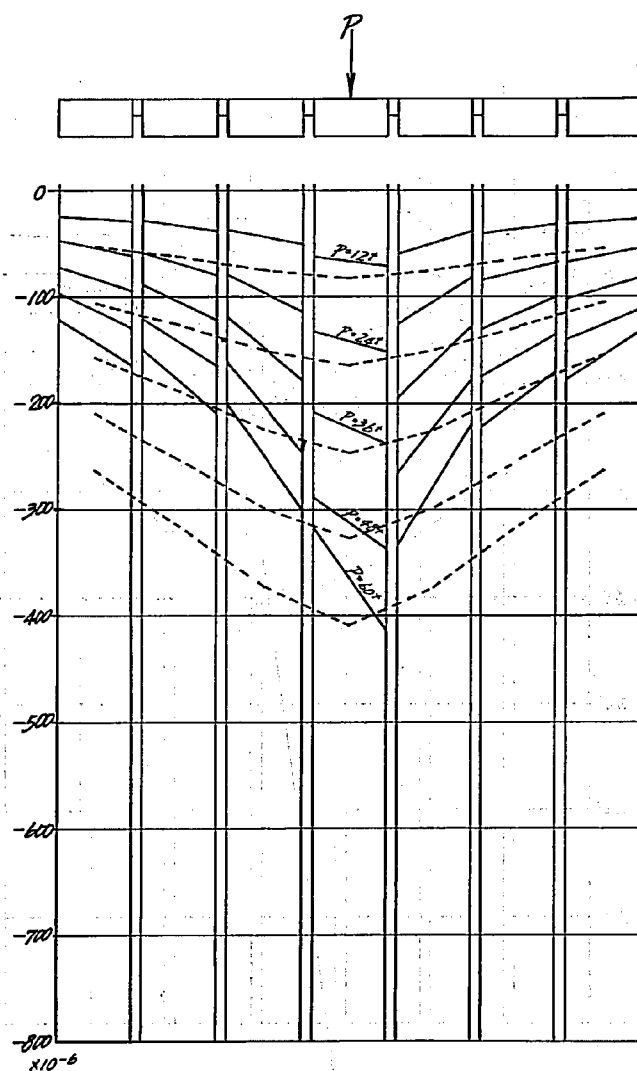


図-18 ケース4における各荷重段階の支間中央断面のひずみ分布
(プレキャストげた下面けた方向)

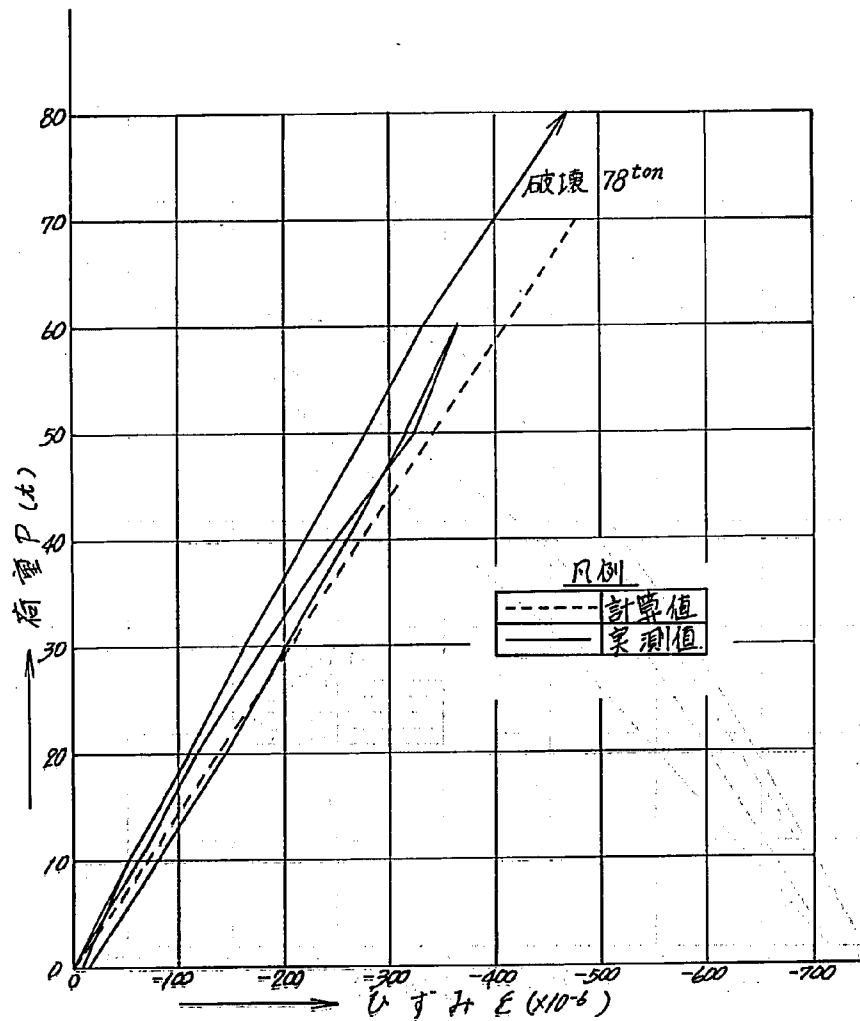


図-19 ケース4における載荷点直下の荷重～ひずみ曲線
(プレキャストげた上面けた軸方向)

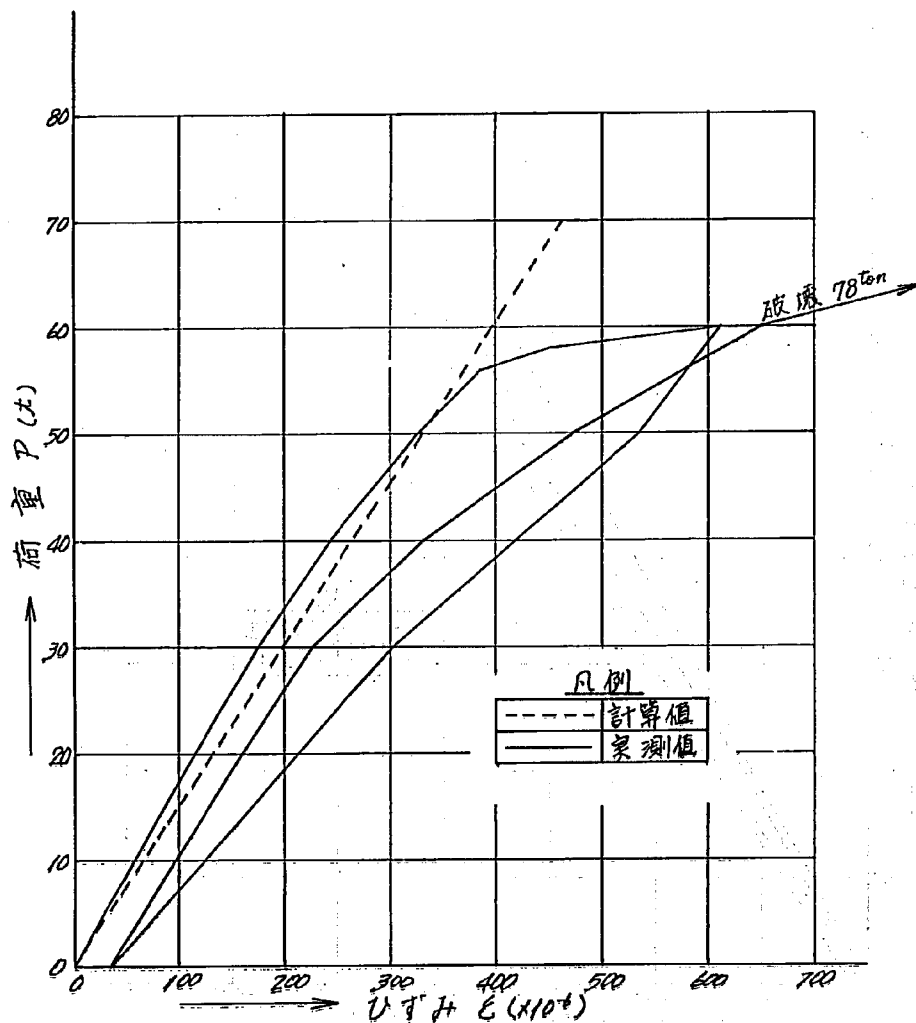


図-20 ケース4における載荷点直下の荷重～ひずみ曲線
(プレキャストげた下面けた軸方向)

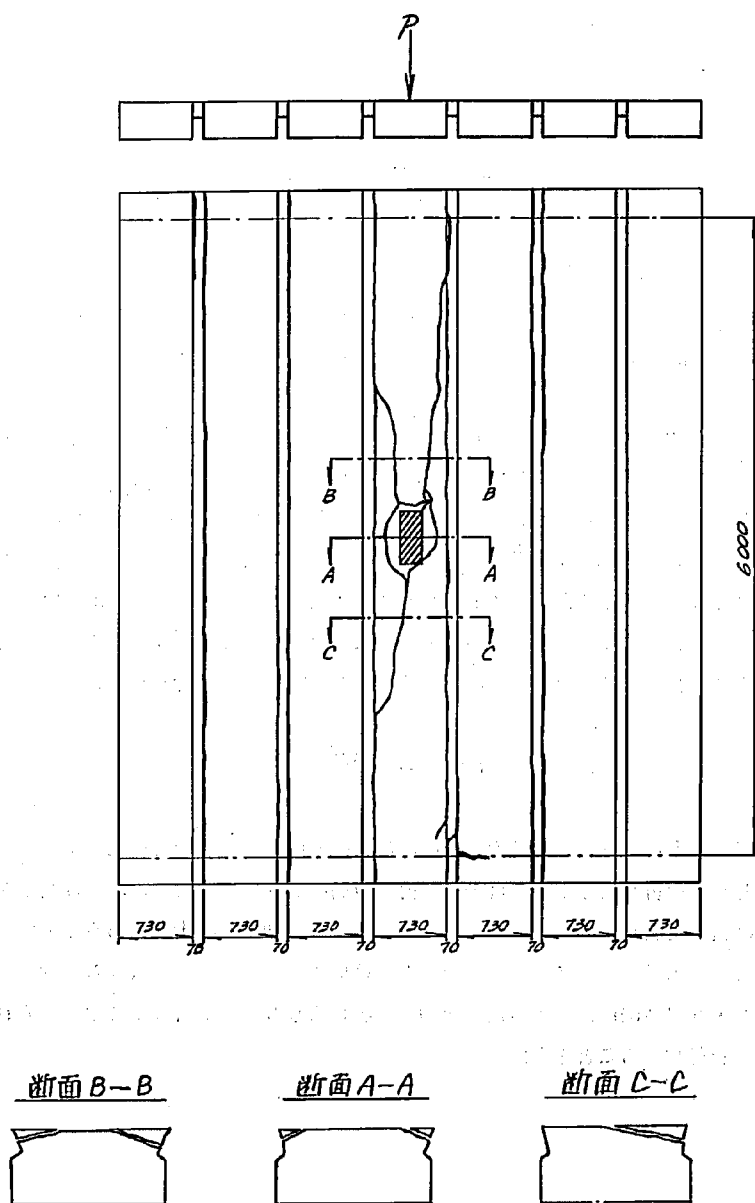


图-21 破坏状况

われ発生状況および試験後に表面コンクリートを
はつて確認したプレキャストげたの各断面の破
壊状況を図-21に示す。

上記のような破壊パターンを示したのは、図-
22に示すように目地部のコンクリートが力を伝
達したためと考えられる。

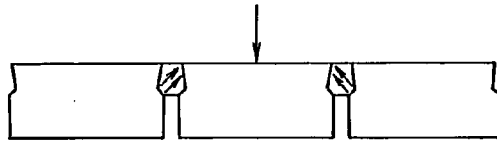


図-22 目地部における力の伝達

5. 結 論

今回の実験結果から以下のようなことがいえると考えられる。

- 1 本実験に用いられた試験体は、実際の橋に比べかなり小さく、かつ目地部コンクリートの施工は条件の良い実験にかかわらず、わずかではあるが、プレキャストげた相互の間にずれが認められた。

したがって、実際の橋における施工性、自動車輪荷重の繰返し載荷重等を考えると、プレキャストげたの断面力の解析においては、目地部のコンクリートを無視した方がよいと考えられる。

- 2 目地部に多少のずれは生じたが全体的な挙動は、ギョソマソネ法による解析結果と良く似た傾向を示した。したがって、目地部を無視した場合の横げた間における自動車輪荷重の局所的な影響を考慮すれば、断面力の算定にはギョソマソネ法を用いても差しつかえないと考えられる。

- 3 目地部に発生したずれは荷重60 tonにおいてさえ高々0.5 mm程度であったことから、たとえ目地部にずれが生じても舗装に悪影響を及ぼすことはないと考えられる。

あ と が き

以上に述べたような本実験の結果をもとに、この種の中空床版橋を目地部コンクリートを無視した格子げたとして解析したところ、自動車輪荷重の局所的な影響としては、横げた部を支点とした単純ばりに輪荷重を載せた場合のモーメントの50%を付加すれば十分であることが解った。

したがって、土木研究所システム課が作成したPC中空床版橋の標準設計の断面力の算定においては、ギョソマソネ法により求めた断面力に上記のような簡易な計算法により得られた輪荷重の局所的な影響を付加することとした。

PC中空床版橋大型模型載荷試験

土研資料第1000号
昭50年2月(1975)

国広哲夫、朝倉 肇、百田国広

キーワード PC中空床版橋、道路橋

要旨

本資料は、建設省が標準化を計画しているプレキャスト中空床版橋の目地部が自動車輪荷重による集中荷重に十分耐えうるかどうかを調査するために大型模型載荷試験を行なった実験結果の報告書である。

本実験の結果、目地部は十分な強度を有すること、プレキャストげた断面力の算定においては、ギョソ・マソネ法によって求めた断面力に輪荷重による局部的な影響を付加した方がよいこと等が明らかとなった。

郵便はがき

十円切手
は
つ
て
下
さ

2 8 0 - □ □

建設省土木研究所
橋梁研究室
御中

千葉県千葉市六川
四丁目十二番五二号

No. 21

No. 21

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第1000号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印