

# ロッド方式 PC 舗装について

—ピー・エス・コンクリート（株）秦野工場内静的載荷試験舗装—

郡 道 夫\*  
柳 下 肇\*\*  
原 千 里\*\*\*

## 1. ま え が き

わが国におけるプレストレスト コンクリート舗装(以下 PC 舗装と略す)は、昭和 33 年、大阪市<sup>うつぼ</sup>鞆公園前の試験舗装に始まり、すでに 13 年間経過している。この間、可動式ポストテンション方式と可動式プレテンション方式の技術的および経済的問題につき研究、改良が進められ、すでに十数万 m<sup>2</sup> におよぶ施工実績もあり、技術面では誰しもそのすぐれた特性を認めるところであるが、単価面でも他の舗装に匹敵する傾向になりつつあり、適正なる改良、工夫次第によっては、より安価になる期待が出てきている。

しかしながら、まだ現場に多くの労務者を要する欠点が残されており、現代の省力化の方向に必ずしも沿ったものとは思えない。その主なる原因として考えられることは、舗装版内部に埋設される PC ケーブル、すなわち、数百 m にも及ぶ長いケーブルの配置、組立ておよびその緊張とグラウト工にその大部分がしめられ、これに対する施工の機械化がとり入れにくい点にある。

PC ロッド プレキャスト部材——75 mm×75 mm 断面に φ12.4 mm PC 鋼より線が 1 本配置されているプレテンション方式により長さ 10 m 程度に工場であらかじめ作るもの——を鉄筋と同様に現場型わく内路盤紙上に直接敷き並べ現場打ちコンクリートとの付着効果により合成版とさせた舗装が、すなわち、ロッド方式 PC 舗装である。

従来の PC 舗装に比べ、ロッド方式 PC 舗装による利点を列記すると次のようなことがいえる。

- 1) 従来の PC 舗装より安価になる。
- 2) 施工が簡単になり、工期を短縮できる。
- 3) 施工後の地下埋設物等に対し切断、補修が容易。
- 4) コンクリートのクリープによる膨張目地幅

\* ピー・エス・コンクリート（株）道路事業部部長  
\*\* " 担当課長  
\*\*\* "

の広がりほとんどなくなる。

以上の目的で、ピー・エス・コンクリート（株）秦野整備工場（神奈川県）内実用道路に、プレキャスト PC ロッド部材を埋設したコンクリート舗装、すなわち、ロッド方式 PC 舗装を施工し、静的載荷試験を行ない、その一般的挙動を調査した。

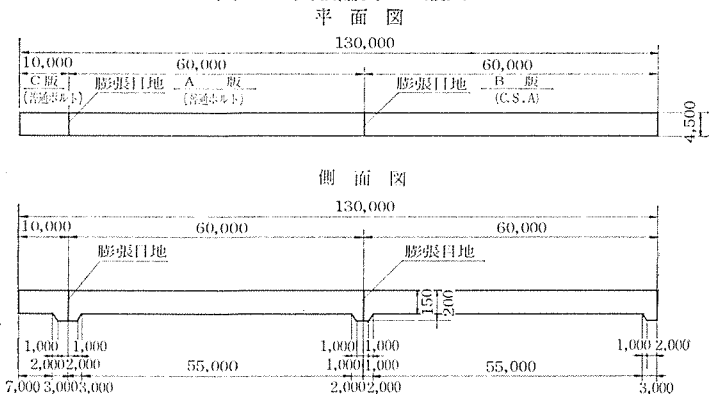
今回の報告は、おもに PC ロッド部材を縦方向のみに使用した異方性版としての問題を含む版中央部載荷時のたわみ分布、ひずみ分布状態より、その技術的特性を報告するものである。

## 2. 試験舗装の概要

### (1) 規模および構造

試験舗装の規模は、図—1 に示すとおりである。すなわち、舗装版の幅員は 4.5 m、版長は、延長 130 m を、10m、60 m、60 m と膨張目地で絶縁し、3 種類の版から成っている。図—1 のように便宜上これらを A、B、C 版と名づける。A、B 版がロッド方式 PC 舗装版であるが、場所打ちコンクリートとして A 版には普通ポルトランドセメントを使用し、B 版には電化 CSA セメントを使用し、PC ロッドとの付着によるケミカルプレストレスを期待したものである。そして、C 版は、比較のため普通のコンクリート舗装版である。版厚は、ともに 15 cm 厚で、膨張目地部のみは鉄筋で補強し、普通コンクリート舗装と同様スリップバーの膨張目地構造と

図—1 試験舗装の一般図



し、版厚を 20 cm にしてある。

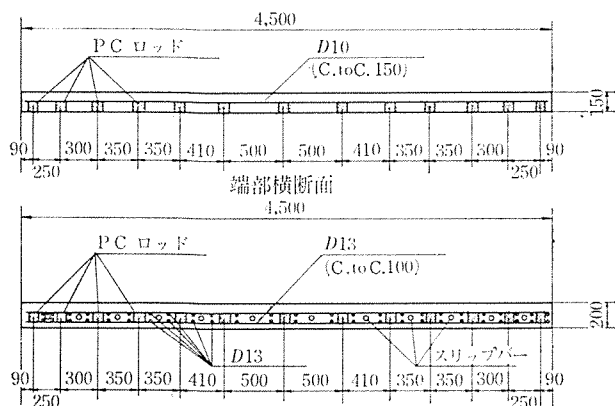
試験舗装の路盤は、関東ローム路床上に約 10 cm 厚の切込碎石の砂利道として 2 年間架設機材等の取出し運搬道として使用されて

いた所である。路盤断面は、図-2 に示すとおりである。摩擦減少層上での直径 30 cm 円形載荷板による路盤

支持力係数は、8 ヶ所で測定し、平均値  $K_{30}=8.2 \text{ kg/cm}^3$ 、径 75 cm の載荷板に換算すると  $K_{75}=3.7 \text{ kg/cm}^3$  の軟弱地盤である。

ロッド方式 PC 舗装版の構造は、図-3 の断面図に示すように、路盤紙上に直接 PC ロッドを縦方向に、版中央部で 50 cm、縁部で 25 cm 間隔にラップさせながら配置されている。ラップ長は、1 m 以上で、ロッド内部の PC 鋼材付着長より決められたものである。

図-3 断面図  
標準横断面



横方向には、ロッド上に D 10 mm の鉄筋を 15 cm 間隔にロッドに結束させて配置されている。

また、膨張目地部補強鉄筋は、長さ方向 2 m を D 13 mm の複鉄筋で、横方向も D 10 mm の複鉄筋としてある。

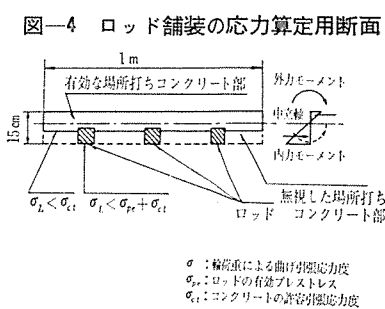
なお、<sup>めくら</sup>盲目は、従来の PC 舗装と同様、全くない。

## (2) 設 計

ロッド方式 PC 舗装は、舗装版中に埋設した PC ロッドにより、舗装版下面に生ずる引張力に抵抗させることを目的とした構造である。

舗装用コンクリートの許容曲げ引張応力度は、一般に  $30 \sim 45 \text{ kg/cm}^2$  であり、一方ロッドの曲げ引張強度は、プレストレスにより  $180 \text{ kg/cm}^2$  程度である。したがって、場所打ちコンクリートについては、許容曲げ引張応力を越える下縁部コンクリートの抵抗モーメントは考慮しない。

本設計において、図-4 ロッド舗装の応力算定用断面は、単位幅あたりの曲げモーメントに対し図-4 に示す抵抗断面の内力モーメントが平衡するように設計されてある。



また、横方向の鉄筋は、連結材として、日本道路協会、セメントコンクリート舗装要綱中、連続コンクリート舗装に準じて配置されている。

## (3) PC ロッド

PC ロッドは、あらかじめ工場で製作した、プレテンション方式 PC プレキャスト部材であり、その標準形状は長さ 10 m、断面 75 mm × 75 mm の正方形断面である。また、ロッドの両側面は、場所打ちコンクリートとの付着効果をも高めるため、床用鋼板を側わくに使用し、深さ 2.5 mm、平均幅 6 mm のくぼみをもうけ、上面は、木ごて仕上げとした。

PC 鋼材は、断面図心位置に  $\phi 12.4 \text{ mm}$  PC 鋼より線を 1 本配置し、約  $130 \text{ kg/cm}^2$  の有効プレストレスを導入している (写真-1)。試験舗装に使用した PC

写真-1 PC ロッド



写真-2 路盤線に建築用ルーフィングペーパー (型わくは 15 cm × 15 cm の木製型わくを鉄製ピンで固定)

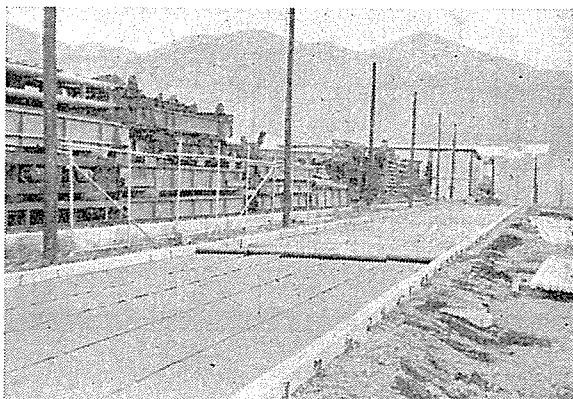
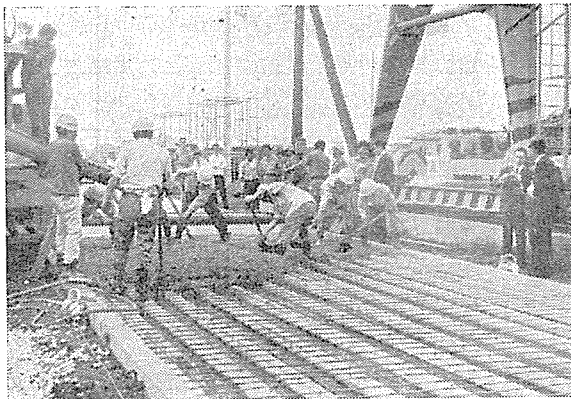


写真-3 PC ロッド組立て完了  
(ロッドのラップ長は 1.3m)



写真-4 コンクリート打設  
(人力でならず)



ロッドは、ピー・エス・コンクリート(株) 鴨宮工場(神奈川県)で製作されたものである。

(4) 施 工

試験舗装の路盤厚は、前述したように自然転圧された砂利道路で、人力によりその整地を行ない、厚さ 10cm 切込碎石上を 10t マカダムローラーで転圧した。路盤施工完了後雨天にあい、再度転圧を行なっている。

路盤と舗装版間の摩擦拘束力を減少させる目的をもつ摩擦減少層は、2cm 厚の砂層でできており、同上 10t マカダムローラーで再転圧してある。

摩擦減少層上に設置した路盤紙には、幅 1m の建築用ルーフィングペーパーを使用し、舗装幅 4.5m あた

り重ねしろを含め 5 本使用した。これは現場コンクリート打設直前に路盤紙上に配置された乾いた PC ロッドの付着効果を保たせるために、ロッド上に散水を行なうからである。

型わくは、15cm×15cm の木製型わくを使用し、路盤は鉄製ピンで固定し、フィニッシャー用レールを兼用させた。

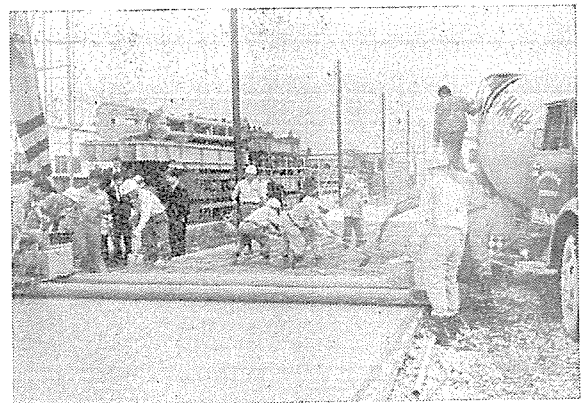
PC ロッドは、路盤紙上に配置され、横方向鉄筋をその上に結束線で固定した。

現場打設コンクリートは、運搬時間 10 分の所にある相州産業(株) レディミクストコンクリートを使用した。コンクリートの示方配合は表-1 のとおりである。

コンクリート打設は、アジテーター車より直接型わく内にコンクリートを投入し、人力によりならしたあと、アメリカ・クラリー社製、クラリー・パワースクリード(写真-5 参照)により、コンクリートの締め固めおよび平坦性をとらせた。

コンクリート打設後、表面の浮き水がなくなる時期に初期養生として散水、打設後 2~3 時間後、スポンジマットでおおい、ほぼ 7 日間散水養生を行なった。

写真-5 クラリー・パワースクリードで表面仕上げ



3. 静的載荷試験の装置および測定方法

(3) 載荷装置および方法

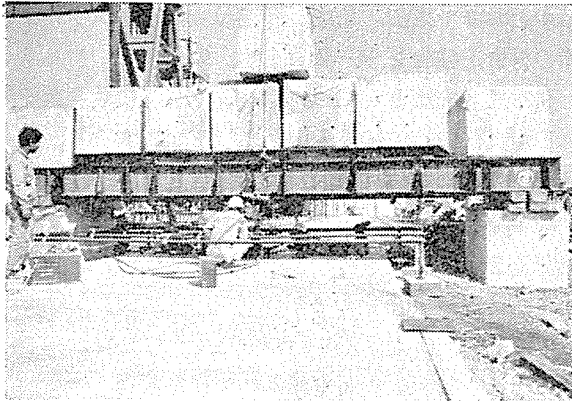
載荷装置は、幅員 4.5m の舗装版をまたぐ載荷ばり方式をとった。すなわち、舗装版縁部より約 1m 離れ

表-1 各種コンクリートの示方配合

	使用セメント	粗骨材の最大寸法 (mm)	スラブの範囲 (cm)	単位水量 W (kg)	単セメント量 C (kg)	水・セメント比 W/C (%)	細骨材率 S/A (%)	コンクリート 1m <sup>3</sup> あり骨材重量 (kg)			単 位 混 和 剤*
								全 量	細 骨 材	粗 骨 材	
場 所 打 ち コ ン ク リ ー ト	普通 ポルトランド	25	5~7	130	326	46.0	40.0	2 084	829	1 255	130 cc
	CSA	25	5~7	150	326 (CSA 単味 50)	46.0	40.0	2 084	829	1 255	130 cc
ロ ッ ド	早強 ポルトランド	25	1~3	150	440	40.6	40.6	1 990	751	1 239	1.8 kg

\* 場所打ちコンクリートは、AE 剤ウインゾール  
ロッドコンクリート、分散剤プラストクリート

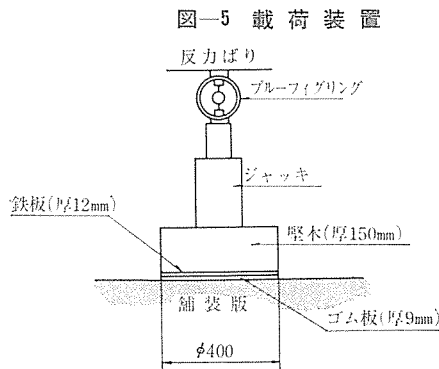
写真-6 載荷反力ブロックとガーダー



た所におのおの支持台を置き、メタルのガーダーを渡し、ガーダー上に反力用コンクリートブロック約 40 t を積み、ガーダーと舗装版間の油圧ジャッキで舗装版に載荷する方法である（写真-6 参照）。

載荷板は、直径 40 cm の円形の底面に硬質ゴム板をはさんだ鋼製板である。直径 40 cm にした理由は、設計荷重を 8 t としたので、接地半径がおよそ 20 cm に相当すると考えたからである。載荷板底面のゴム板には、中心に十字の溝をきざみ、載荷板直下のひずみをストレンゲージで測定できるようにした。

載荷荷重は、50 t 油圧ジャッキを使用し、載荷板との間に 15 cm 厚の堅木をはさんで、載荷板には一様に荷重が分布するよう考慮した。載荷装置を 図-5 に示す。



また、載荷荷重は、低荷重時（0～8 t）には、プルーフイグリングを使用し、高荷重時（8 t 以上）には、あらかじめ検定したジャッキの荷重計を使用して確認した。

(2) 測定装置と計器

静荷重載荷時に各載荷部の舗装版表面のひずみ分布およびたわみ分布状態を測定している。使用した計器類を列記すると

- a. ポリエステル抵抗線単軸 ひずみ ゲージ (120 Ω, 67 mm)

- b. ダイアルゲージ (1/100 mm)

舗装版表面のひずみ分布測定は、載荷試験数日前に、舗装版に直接ポリエステルゲージを貼り測定した。

たわみ分布の測定は、写真-7 のごとく鉄製パイプで作ったフレームにダイアルゲージを取付けて測定した。ダイアルゲージ測定点は、舗装版表面のひずみゲージの位置と同じ場所にした。

舗装版中央部載荷時の計器配置位置を 図-6 に示す。

写真-7 載荷装置とたわみ分布測定状態

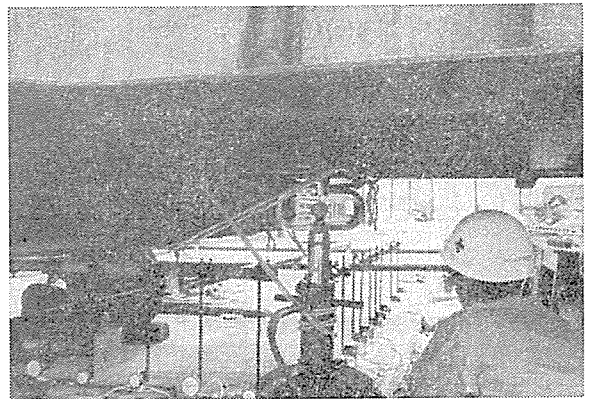


写真-8 B版縁部載荷時舗装版表面半円形に生じたき裂

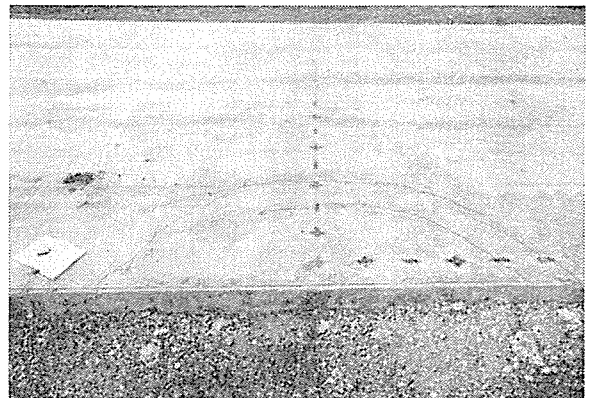
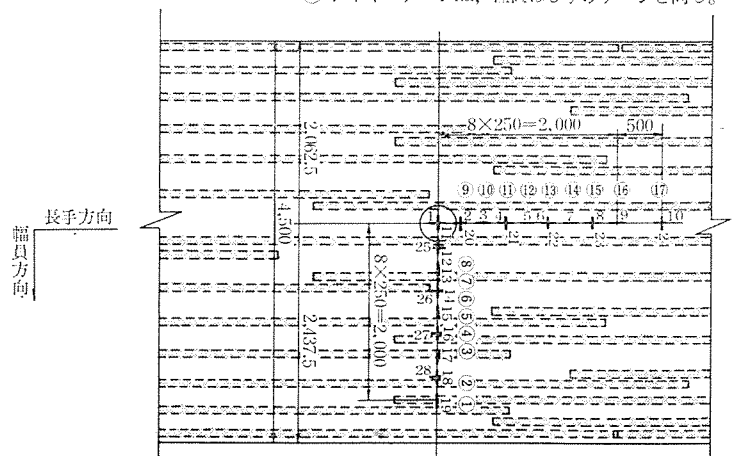


図-6 中央載荷時舗装版表面の計器配置位置

u ひずみゲージ位置, n ゲージNo.  
 (n) ダイアルゲージNo., 位置はひずみゲージと同じ。



4. 試験結果と考察

静的荷重試験は、A, B, C 版おのおの縁部, 中央部, 隅角部, 計 9 点を昭和 45 年 10 月 20 日より 2 週間に

図-7 静荷重載荷位置

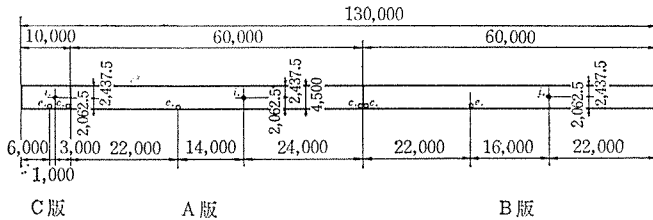


表-2 各種コンクリートの材令と強度

種別	使用版 (日)	材令 (日)	圧縮側		引張側		打設日
			圧縮応力 (kg/cm <sup>2</sup> )	静弾性係数 (kg/cm <sup>2</sup> )	引張応力 (kg/cm <sup>2</sup> )	静弾性係数 (kg/cm <sup>2</sup> )	
普通 ポルト ランド	C	49	349	22×10 <sup>5</sup>	39.3	2.4×10 <sup>5</sup>	9月22日
	A	47	356	2.5	40.4	—	9月24日
	A	46	357	2.5	37.7	2.6	9月25日
	平均		354	2.4	39.1	2.5	
CSA	B	41	346	2.1	30.2	2.4	10月1日

表-3 A版載荷荷重段階ときれつ発生荷重

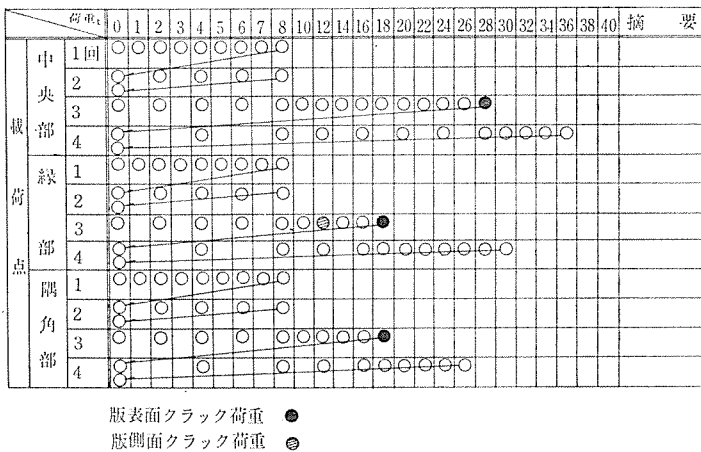
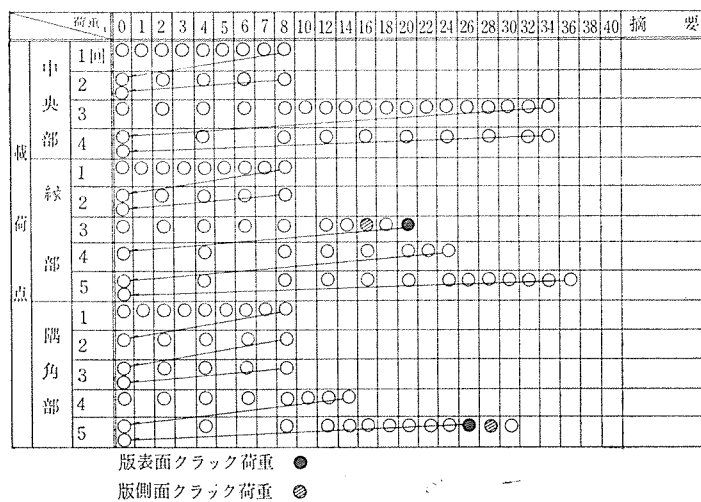


表-4 B版載荷荷重段階ときれつ発生荷重



わたって行なわれたものである。載荷位置は、図-7 に示すとおりである。また、各舗装版のコンクリート供試体の材令、強度を表-2 に示す。

異方性合成版として PC ロッド舗装の最も重要視される中央部載荷の結果を中心に以下報告する。

(1) 各試験版の載荷荷重と初きれつ発生荷重

各載荷点とも標準 4 サイクルであり、各サイクルの上  
限荷重を以下に示す。

- 1 回目：対象輪荷重 8 t
- 2 回目：同 上
- 3 回目：舗装版表面の初きれつ発生荷重
- 4 回目：載荷装置の上限荷重

A, B 版の各載荷点における載荷荷重および初きれつ  
荷重を表-3, 4 に示す。

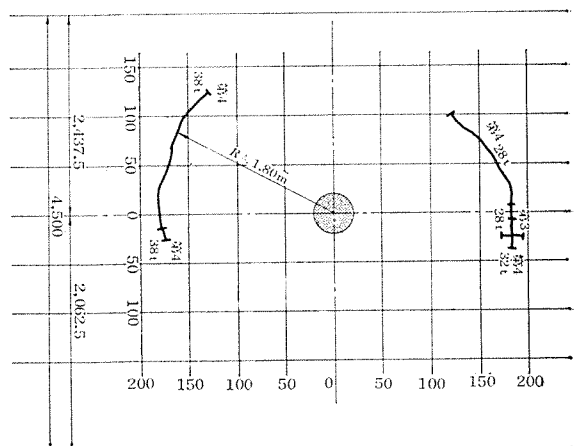
また、図-8 に A 版中央載荷時、舗装版表面のきれつ  
発生形状を図示した。B 版においては、34 t まで載荷さ  
れたが、舗装版表面のきれつは確認されなかった。

(3) たわみ分布の測定

A 版中央部載荷時の 1, 3 回載荷時のたわみ分布図を  
図-9, 10 に代表して示した。第 1 回目載荷を  
△印で、第 3 回目載荷を○印で示し、両者のた  
わみ曲線がほぼ一致していると考えられる測定  
値については、その平均的たわみ曲線を実線で  
示し、両者のたわみ曲線が明らかに異なってい  
る測定値については、第 1 回目載荷を実線で、  
第 3 回目を破線で示した。

従来のポストテンションing, プレテンショ  
ニング工法の PC 舗装の場合と比べほぼ同じ  
性状を示している。すなわち、幅員方向たわみ  
分布図の連続性が保たれていること、そして、  
舗装版表面初きれつ発生時の載荷点直下の沈下  
量が約 4 mm であり、なお、連続性を保って  
いる。普通コンクリート舗装が版厚にかかわら

図-8 A版中央載荷時舗装版表面のきれつ形状



ず、沈下量 2.5 mm で破壊することは一般的に知られているが、これに比べ大きな沈下量に耐えることが従来の PC 舗装と同様実証された。

図-9 A版中央載荷時幅員方向たわみ分布図

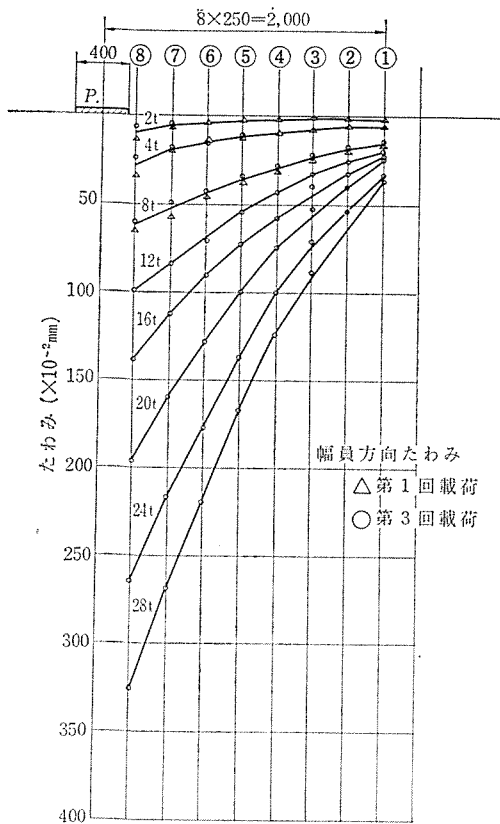
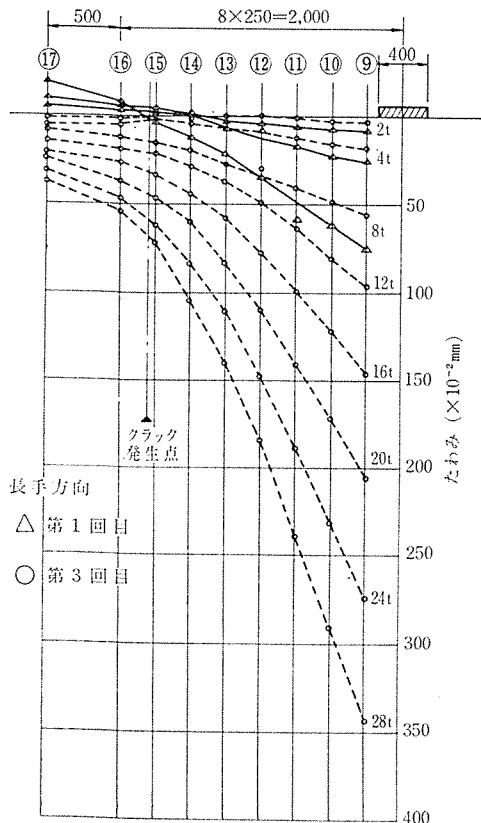


図-10 A版中央載荷時長手方向たわみ分布図



縁部載荷も同様な結果が得られた。また、B版の中央部載荷時においては、その値が 5 mm まで沈下しても舗装版表面には、きれつが発生しなかった。

(4) ひずみ分布の測定

たわみ分布の測定と同様、A版中央部載荷時の1, 3回目載荷時のひずみ分布図を代表して図-11~13に示

図-11 A版中央載荷ひずみ分布 (第1回 0~8t)

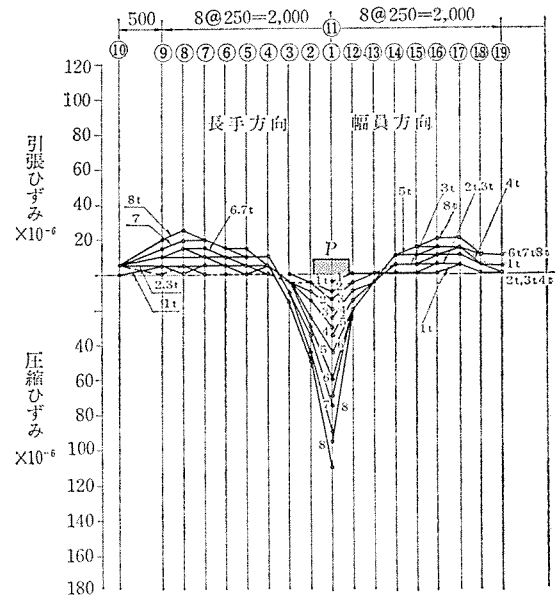
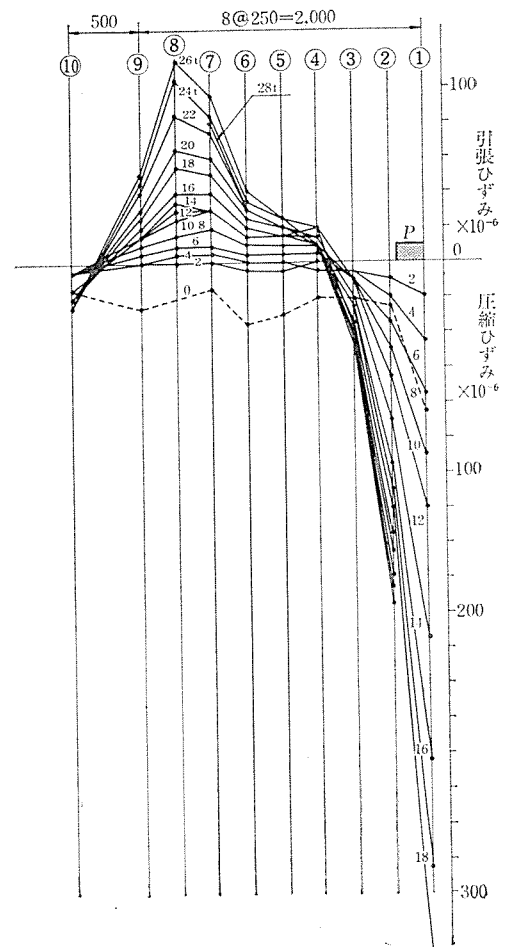


図-12 A版中央部載荷時長手方向ひずみ分布(第3回 0~28t)



した。

また、図-14、15 とは、A版とB版の載荷荷重直下の舗装版のひずみ量より、荷重-応力曲線をグラフ化したものである。図中、 $H=15$  から  $H=9$  までの直線が7本引かれているが、これは、版厚 15 cm から 9 cm の場合の Westergaard による中央部載荷応力公式より導びいた計算値である。すなわち、A版載荷点直下の応力は、設計荷重 8 t 以上になると、場所打ちコンクリート部底面にきれつが発生し、その応力は、急激に増し始める傾向にあるが、荷重 16 t あたりからは、 $H=9$  の直線に平行に増加し、そのきれつが伸びず、破壊安全率の高いことを示している。

B版では、より高い載荷荷重でその傾向がみられる。

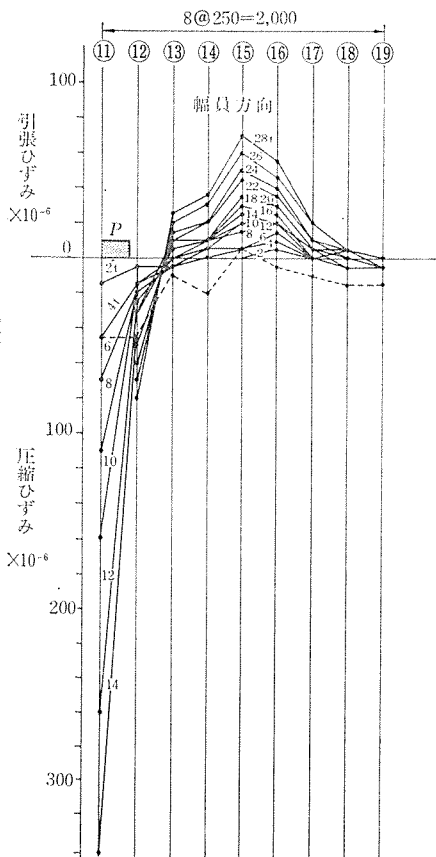
したがって、ロッド方式 PC 舗装の破壊も従来の PC 舗装と同様、舗装版表面にきれつを入れる負の曲げモーメントによって生ずるであろうと推測される。

縁部載荷時においても従来の PC 舗装とほぼ同様なひずみ分布が得られた。

(5) 試験結果の考察

静的載荷試験を行ない、そのたわみ分布測定と舗装版表面のひずみ分布測定より、ロッド方式 PC 舗装は、従来の PC 舗装とほ

図-13 A版中央部載荷時幅員方向ひずみ分布 (第3回 0~28 t)



ぼ同等の性状を示すことを確かめた。以下おもだった特性とその考察を記してみる。

1) 舗装版表面のきれつは、中央部載荷では、円形に、縁部載荷では、半円形に PC 舗装独特のきれつ発生状況を示した。すなわち、底面に入ったきれつは、表面まで決して達し得なかった。

舗装版底面に曲げ引張応力を生じさせるモーメントを正のモーメント、版表面に曲げ引張応力を生じさせるモーメントを負のモーメントと称することにすればロッド方式 PC 舗装も、正の曲げモーメントによって発生したひびわれが版表面まで発達しにくいことから舗装版の破壊は、負のモーメントによって生ずることが推測される。

負の曲げモーメントによる舗装版表面の引張ひずみは、正の曲げモーメントによる版底面の引張ひずみに対し、ひびわれ発生前は、縁部載荷時 1/4.5、中央載荷時約 1/5、ひびわれ発生後はともに約 1/6~1/7 であった。

図-14 A版中央載荷時荷重-応力曲線

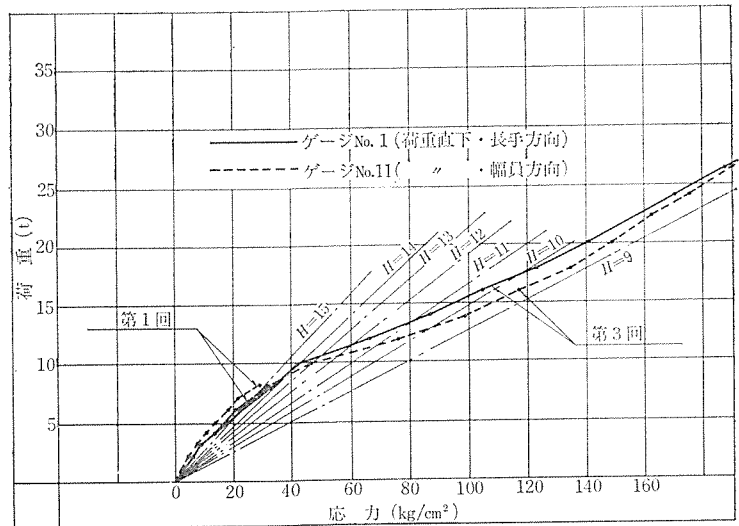
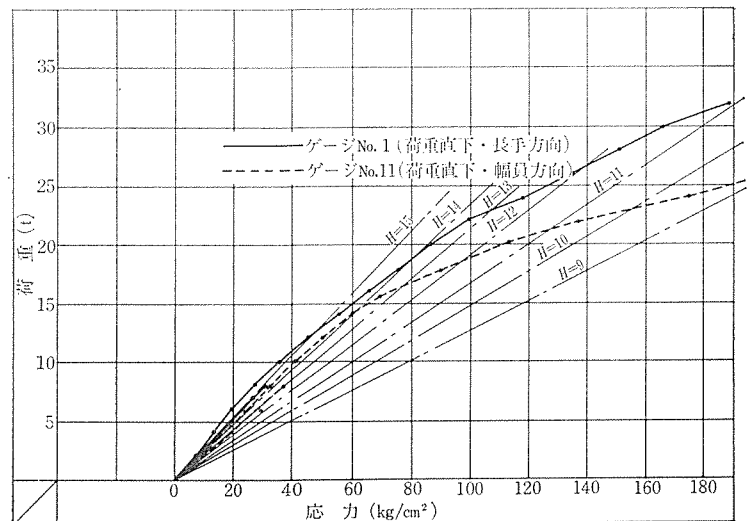


図-15 B版中央載荷時荷重-応力曲線



2) 舗装版表面のきれつ発生荷重は、底版のきれつ発生荷重よりかなり高い荷重であった。このことは、ロッド方式 P C 舗装では底面の場所打ちコンクリート部にきれつが発生してもロッド内部鋼材の腐食は全く考えられないので、舗装版底面にひびわれを全く発生させない設計をする必要がないことを示している。

3) ロッド方式 P C 舗装の載荷試験時のきれつ幅はきわめて小さく (0.1 mm 以下)、ひびわれ発生後も連続的な性質を持続し、荷重一ひずみの関係は、その勾配がやや大きくなるが、ほとんど直線変化である。載荷試験後、6 ヶ月たつての観測によると、普通コンクリート版のきれつは段が付き、完全に破壊を示しているにもかかわらず、P C ロッド舗装のほうは、載荷試験時と同様 0.1 mm 以下のきれつ幅で連続性を保っている。

4) 舗装版表面きれつ発生時の載荷点直下の沈下量が、A版の中央載荷時、縁部載荷時ともに約 4 mm の値が観測された。従来の P C 舗装と同様、大きな沈下量に耐えうる舗装といえよう。

5) 電化 CSA セメントを場所打ちコンクリートに使用し、P C ロッドとの付着効果によるケミカルプレス

トレスを期待した B 版は、中央部、縁部、隅角部載荷時とも、A 版に比べ高い荷重できれつが入っている。特に中央部載荷では、設計荷重 8 t に対し 34 t と高い荷重にもかかわらず、表面にはきれつが観測できなかった。

また、図-15 の応力-荷重グラフからもケミカルプレストレスの効果があつたものとみなされる。

以上の事柄からロッド方式 P C 舗装も曲げに強く破壊安全率の高いコンクリート舗装といえよう。

### 5. あとがき

本試験舗装を行なうにあたって、東京大学 国分教授、名古屋大学 成岡教授、日本構造橋梁(株)猪股俊司博士、建設省土木研究所 柳田 力氏、日本道路公団 岩間 滋氏、東北大学 福田助教授、東京工業大学 長滝助教授、また、施工時、試験時に多数ご来場いただいた方々から多くの有益なご示唆ならびにご指導をいただいた。また、電気化学工業(株)のご協力をいただいた。ここに誌上より厚く感謝致します。

1971.7.5・受付



**興和コンクリート株式会社**

本 社	東京都中央区銀座 6-2-10	TEL (571)	8655~7
東京営業所	東京都中央区銀座 5-1-15	TEL (573)	0431~3
名古屋営業所	名古屋市中区矢場町 2 丁目 42 番地	TEL (262)	5 6 7 8
大阪営業所	大阪市北区芝田町 97 番地	TEL (372)	4 9 4 5
建 築	東京都中央区銀座 5-1-15	TEL (573)	0 4 3 4
大 月 工 場	山梨県大月市大月町駒橋 1278 番地	TEL 大月 (2)	1111~4
豊 橋 工 場	愛知県宝飯郡小坂井町小坂井	TEL 小坂井 (2)	2 1 2 1
神 戸 工 場	神戸市垂水区神出町字南苧屋谷	TEL 神出	2 2 0