

## (15) プレキャストPC舗装版のプレストレス 導入目地に関する現場実証実験

オリエンタル建設(株) 技術部 正会員 ○中橋 一壽  
 宇都宮大学工学部 建設学科 正会員 佐藤 良一  
 オリエンタル建設(株) 技術部 正会員 甲斐 一夫  
 オリエンタル建設(株) 情報システム室 正会員 須田 勤

### 1. はじめに

近年、我が国は輪荷重の大型化と交通量の増加が著しい状況にある。その結果、従来から広く採用されているアスファルト舗装は轍掘れや摩耗の損傷を受けており、頻繁なオーバーレイ補修が余儀ない状況にある。

この問題を解決する工法のひとつにプレキャストPC舗装が挙げられる。

この舗装は、アスファルト舗装に比べて耐久性に富み、摩耗、轍掘れに対する抵抗性が高く、維持管理面で優れていることから採用事例が多くなりつつある。

しかし、プレキャストPC版舗装は多くの目地を有しており、この目地部分が弱点となっている。一般的にはダウエルバーで連結されているが、長期にわたる繰返し荷重や目地部からの路盤への雨水の浸入の影響によって、目地部での段差やPC版のひびわれ発生等の損傷事例が報告されている。

これらを勘案して、我々は目地部およびその周辺が長期にわたって重交通に耐えうる新しい目地構造の開発研究を実施してきた。そのひとつに、各々のプレキャストPC舗装版を短いPC鋼棒を用いて強固に結合する目地構造がある。我々はこの新しいプレストレス目地構造を対象に一連の室内基礎試験を行い<sup>1)</sup>、その性能を確認した上で現場実規模実験を実施<sup>2)</sup>した。

その後、現場実規模実験箇所は供用開始後約5年を経過したが、プレストレス目地部およびその周辺には目視では特に大きな変状は生じていない。しかし、この5年間には多数の重車両通行があったことから、その影響をより詳細に調査する目的で再度現場載荷試験を実施した。

本報告は、供用開始5年後のプレストレス目地部およびその周辺のプレキャストPC版の性状、路盤の性状等を調査した結果について述べるものである。

### 2. プレストレス目地の構造と特徴

我々が開発研究してきた新しい目地構造を図-1に示す。この新目地構造の特徴は、短いPC鋼棒を用いて目地部にプレキャストPC版本体と同等のプレストレスを導入し、目地部において連続構造とすることにある。そうすることによって、従来のダウエルバー目地に比べ、目地部におけるせん断抵抗および曲げ抵抗を約3倍向上させることが可能なことを室内基礎試験で確認している。

使用するPC鋼材の径、配置間隔、導入緊張力などは、設計荷重と路盤支持力に応じて、ひび割れを許容するPC構造とした設計法で決定される。図-1に示した構造は道路舗装を対象としたものであり、室内基礎試験および現場実規模試験に用いたものである。

この新目地構造の特徴は、PC鋼棒の緊張システムにもあ

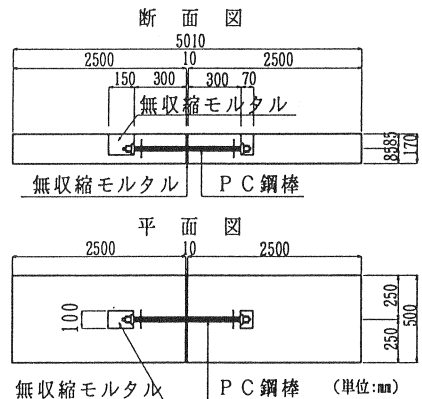


図-1 プレストレス目地構造

る。通常のPC鋼棒の緊張は、油圧ジャッキによる方法が用いられるが、本工法は、小型の電動トルクレンチとトルクを定着ナットに伝達させる特殊なギアボックスによる緊張方法を採用している。このシステムは、緊張スペースのためのPC版切り欠きを油圧ジャッキによる場合に比べて格段に小さくでき、ナットの回転数とPC鋼棒の伸びによる緊張管理のため作業が容易であるという利点を有している。

### 3. 現場実規模実験の概要

#### 3. 1 舗装構造の設計

現場実規模実験に用いる舗装構造は、現地の重交通を考慮して路盤をセメント安定処理路盤とし、その上にPC舗装版を設置することを基本として表-1に基づいて設計した。

設計荷重は、現場での軸重調査に基づいて設計輪荷重を118kNに設定した。PC版厚さは従来から採用されている17cmとし、導入プレストレスは、輪荷重応力および温度応力とを合成した状態でのコンクリート引張応力を $3.0\text{N/mm}^2$ 以下となるよう決定した。輪荷重応力は、ウェスターガードの縁部載荷公式により算出した。

セメント安定処理路盤の設計は、バーバーの式により路盤と路床の合成効果を考慮した特殊な設計を実施して、設計で要求されるの路盤支持力係数 $295\text{N/cm}^3$ を満足するよう一軸圧縮強度および路盤厚を決定した。以上の設計計算により決定された現場実規模実験用の舗装構造を図-2に示す。

一方、プレストレス目地部の設計は、以下の3つの要求を満足するように行った。

- 1) 目地部でのPC版の段差を許容しない。
- 2) 輪荷重によるPC鋼棒の増加応力を $98\text{N/mm}^2$ 以下とする。
- 3) 輪荷重による目地開きによる剛性低下を考慮に入れて算定したたわみを $0.75\text{mm}$ 以下とする。

1)の検証は、室内試験により設計荷重作用時に段差が発生しないことを確認することにより行い、2)および3)の検証は、ウェスターガードの式に基づく応力照査およびたわみ照査により行った。

#### 3. 2 載荷試験

載荷試験は、5年前の供用前試験と全く同様の条件で実施した。載荷は、図-3に示すように鋼製ガーダーにコンクリートブロックをカウンターウェイトとして載せ、これに反力をとらせて油圧ジャッキにより荷重を加える方法とした。

表-1 設計条件

設計輪荷重	118.0 kN	
PC版厚	17.0 cm	
コンクリートの弾性係数	$34800\text{ N/mm}^2$	
コンクリートのポアソン比	0.15	
PC版の温度勾配	$0.6^\circ\text{C/cm}$	
許容圧縮応力度	輪荷重作用時	$10.0\text{ N/mm}^2$
	輪荷重+温度	$15.0\text{ N/mm}^2$
許容引張応力度	輪荷重作用時	$2.0\text{ N/mm}^2$
	輪荷重+温度	$3.0\text{ N/mm}^2$
路盤厚	25.0 cm	
路盤の支持力係数 (K75)	$295\text{ N/cm}^3$	
路床のCBR	8 %	

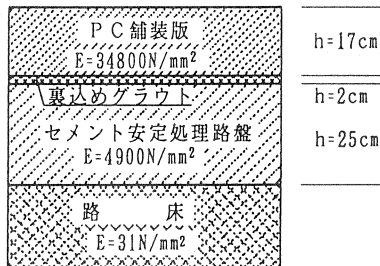


図-2 舗装構造

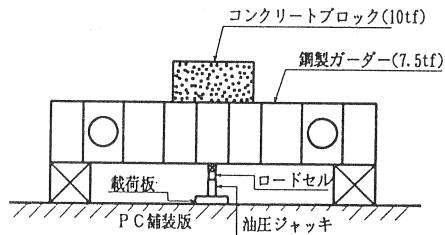


図-3 試験用載荷装置

荷重試験を実施した箇所を図-4に示す。この図に示すようにP C舗装版の版中央部 (POINT-1)、プレストレス目地部 (POINT-2) およびP C舗装版の版縁部 (POINT-3) の3か所とした。

載荷荷重は設計荷重 118kN を上限とし、各場所3回の繰り返し載荷を実施した。

測定項目は、①P C舗装版のひずみ、②セメント安定処理層のひずみ、③P C舗装版表面のたわみ、④プレストレス目地部の段差の4項目である。

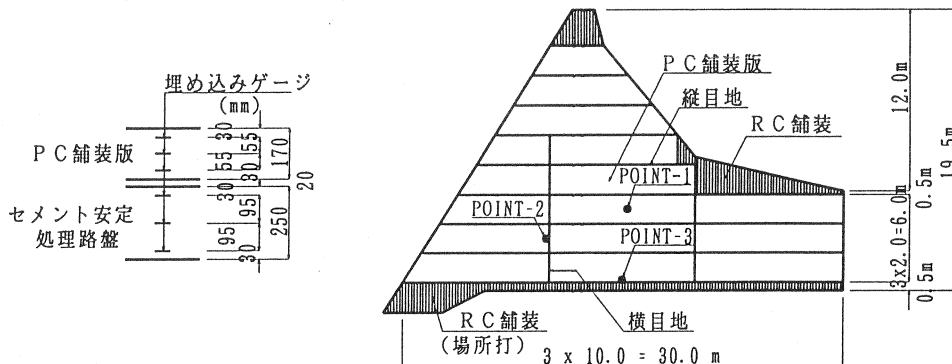


図-4 載荷位置図および埋め込みゲージ位置図

P C舗装版およびセメント安定処理層のひずみ測定は、図-4に示すようにそれぞれ深さ方向の分布を調査するために3か所に埋め込みゲージを設置して行った。また、P C舗装版表面のたわみおよび目地部の段差測定は、一般的に用いられる変位計を使用して行った。

表-2 材料特性 (N/mm<sup>2</sup>)

	圧縮強度		弾性係数	
	測定値	設計値	測定値	設計値
セメント安定処理材	12.1	4.9	13300	4900
プレキャストP C版	80.6	64.0	37700	34800
裏込めモルタル	43.1	39.2	21200	21600

### 3. 3 舗装構造材料の特性値

5年前に採取した各種材料の設計用値と測定値を表-2に示す。

また、同じく5年前に測定した、路床と路盤の平板載荷試験による支持力係数 (K<sub>30</sub>) および設計用値を表-3に示す。

表-3 路盤支持力係数(N/cm<sup>3</sup>)

	測定値	設計値
路盤	1330	650
路床	290	110

これらは、実験データに対する理論値を計算するためのデータである。

## 4. 実験結果および考察

### 4. 1 P C舗装版のひずみ

図-5~7は、POINT-1,2,3のP C舗装版の荷重~ひずみ曲線を示す。

5年経過後の荷重とひずみの関係を見ると、上縁側および下縁側ともにほぼ直線的であり、残留ひずみも小さい。また、3回繰り返した時のひずみ値はお互いによく一致している。

更に理論値として、現場試験によって得られた弾性係数を用いた多層弾性理論による計算値 (M.L.E.T.-1)、この条件に対して路盤、路床の弾性

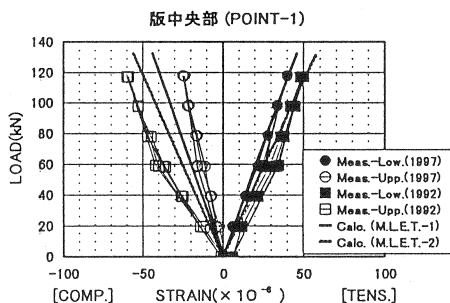


図-5 P C舗装版の荷重とひずみの関係

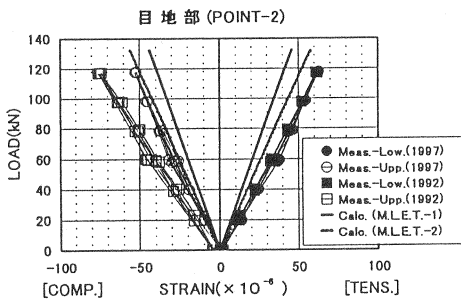


図-6 PC舗装版の荷重とひずみの関係

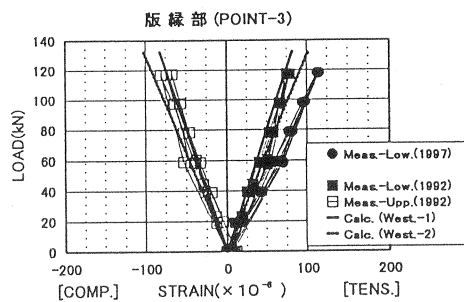


図-7 PC舗装版の荷重とひずみの関係

係数を40%低減した場合の多層弾性理論による計算値(M.L.E.T.-2)、現場試験によって得られたK値を用いたウェスターガード公式による計算値(West.-1)、そのK値を約60%低減した場合のウェスターガード公式による計算値(West.-2)の4種類を示した。これらの理論値と実験値を比較すると、POINT-2の目地部で実験値が計算値(M.L.E.T.-2)より若干大きいものの、全体的にはおおむね一致しているといえる。

以上のことから、路床・路盤は、約50%程度の支持力低下を起こしているものの、5年経過後の現在もPC舗装版は弾性的に挙動していると判断される。

#### 4.2 セメント安定処理層のひずみ

3計測点のセメント安定処理路盤の荷重とひずみの関係を、図-8~10に示す。セメント安定処理路盤のひずみを5年前と今回とを比較すると、版中央部(POINT-1)において増加傾向にあるが、プレストレス目地部(POINT-2)および版縁部(POINT-3)においては減少傾向にある。しかし荷重とひずみの関係は、PC舗装版のひずみと同様に5年後においてもおおむね比例関係にあり、弾性的挙動を示しているといえる。

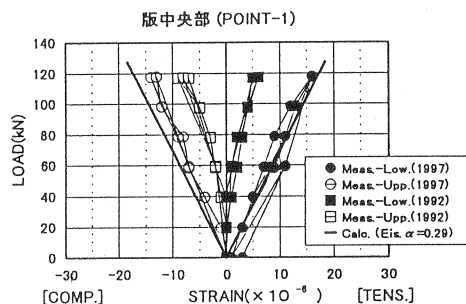


図-8 路盤の荷重とひずみの関係

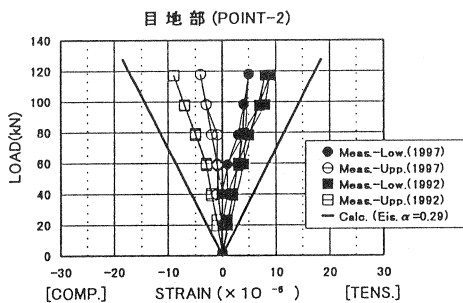


図-9 路盤の荷重とひずみの関係

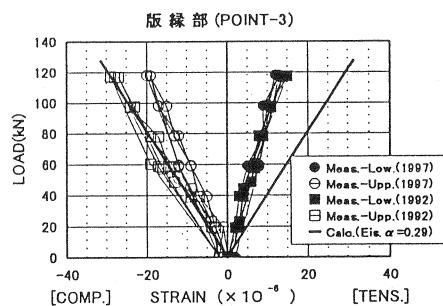


図-10 路盤の荷重とひずみの関係

### 4. 3 P C 舗装版のたわみ

図-11～13に3計測点のP C 舗装版のたわみを示す。グラフに示したたわみ値は、載荷点直下の最大たわみ値である。5年前の供用前測定時と今回測定時の最大たわみ値を比較すると、P C 舗装版中央 (POINT-1) においては約1.5倍、プレストレス目地部 (POINT-2) および版縁部 (POINT-3) において約2倍に増加している。

この原因は、P C 舗装版自体の下面ひび割れ発生による剛性低下またはP C 舗装版の下層にあるセメント安定処理路盤および路床の支持力の低下のいずれかにあると考えられる。

しかし、4. 1で示したP C 舗装版の下縁側コンクリートひずみを見ると、5年間に大きな変化はなく荷重上昇と共に直線的変化を示していることから推察すると、P C 舗装版の下面ひび割れ発生による剛性低下はないと考えられる。したがって、5年後のたわみの増加は路盤と路床全体の支持力低下に起因するものと考えられる。

実測の最大たわみ値と路盤および路床の弾性係数を低減した場合の多層弾性理論による計算値 (M.L.E.T.-2) あるいは路盤支持力係数を低減した場合のウェスターガード公式による計算値 (West.-2) とを比較すると、版中央部で約40%、版縁部で約60%程度路盤と路床全体としての支持力低下があるものと推定される。

我々が最も注目しているプレストレス目地部 (POINT-2) をみると、実測の最大たわみ値は、多層弾性理論による計算値 M.L.E.T.-2 に比べ約20%ほど大きい値となった。

この現象は、目地部は本来ひび割れ断面であり、版中央一般部に比べてP C 舗装版の剛性が小さいことによるものと考えられる。M.L.E.T.-2 に対して、更にP C 舗装版の剛性低下 (P C 版厚さ17cmを13cmとした) を考慮した多層弾性理論による計算値 M.L.E.T.-3 と実測値がよく一致することから、目地部においては約7割程度の剛性低下があるものと考えられる。

しかし、最大たわみ値は0.58mmあり、設計段階で設定した3要求のひとつであるたわみの制限値0.75mmを5年後の現在も満足しており、プレストレス目地部は、現在も健全な状態にあるといえる。

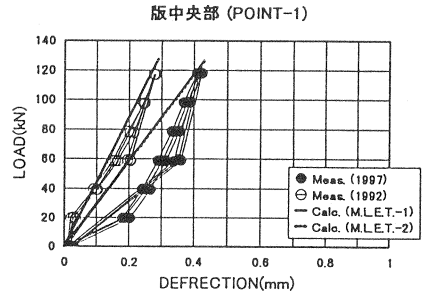


図-11 P C 舗装版の荷重とたわみの関係

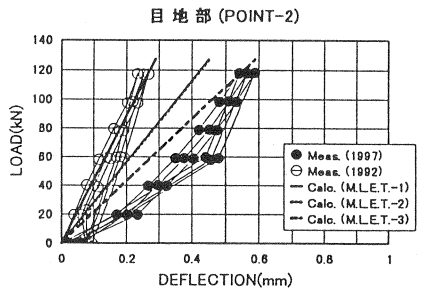


図-12 P C 舗装版の荷重とたわみの関係

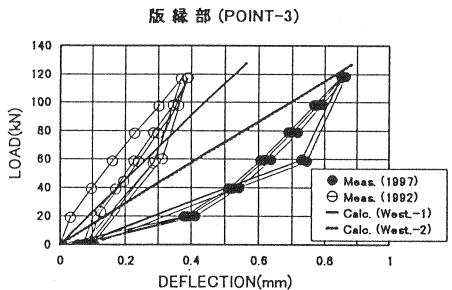


図-13 P C 舗装版の荷重とたわみの関係

#### 4. 4 目地部の段差

図-14は、プレストレス目地部において隣り合うPC舗装版同士の方に載荷した時の隣接版間の相対変位を示す。

最大相対変位量は0.005mm以下であり、荷重と相対変位のグラフはほぼ縦軸に平行な状態にある。

このことは、目地部で段差が発生していないことを示しており、プレストレス目地は5年間に及ぶ重交通条件下にさらされても健全な目地構造を保っているといえる。

プレキャストPC版同士をプレストレスによって目地部の連続化を図ることは、版自由縁部の状態から版中央部の状態へ変化させることであり、荷重による絶対変位を小さく抑えることとなり、路盤の塑性変形によるPC舗装版裏面の空隙発生などの悪影響を減少させ耐久性の向上へとつながるといえる。

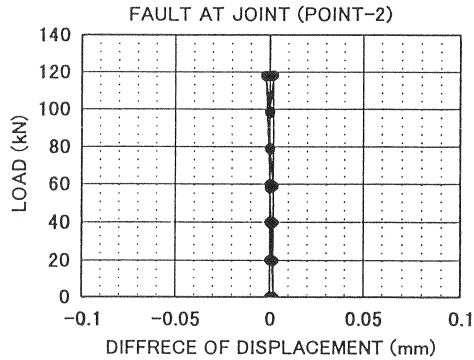


図-14 PC舗装版の荷重と目地部段差の関係

#### 5. 結論

我々は、プレキャストPC舗装版の目地部を改善するために、目地部にプレストレスを導入する新ジョイントの開発を行ってきた。この新ジョイントの開発当初、室内試験と現場実規模実験を行い実用化に問題ないことを確認した。

さらに供用開始から5年経過後に載荷試験を行い、この新ジョイントが長期的にも十分耐えうることを確認できた。

得られた主な結論を以下に示す。

- ①5年経過後のPC版およびセメント安定処理路盤の荷重によるひずみは、供用開始前の状態と比較して増減はあるものの弾性的挙動を示した。
- ②5年経過後の輪荷重によるPC舗装版のたわみは、供用開始前の1.5倍～2倍程度に増加した。これは、路盤と路床の支持力低下によるものと推定できる。
- ③プレストレス目地は、5年経過後も我々が設計要求にあげた「段差発生を許さない」、「最大たわみを0.75mmに抑える」の2項目を満足した。
- ④プレストレス目地は、設計荷重118kNの載荷において段差の発生はみられなかった。

#### 参考文献

- 1) 甲斐, 佐藤, 阿部, 熊倉: プレキャスト舗装版目地部の純せん断試験, 第3回プレストレストコンクリート技術協会シンポジウム論文集, pp.381～384, 1992
- 2) M.Kumakura, S.Kondo, K.Kai, Y.Abe, R.Sato: Development of Prestressing Method for Joints of Precast prestressed Concrete Pavement Slabs, 7th Int.Symp.on Concrete Roads, 1994, Wien.