

## 報告 プレキャスト床版の連続化に対するプレストレス量の実験的研究

横山広\*<sup>1</sup>・佐藤政勝\*<sup>2</sup>・栗原慎介\*<sup>3</sup>・木田秀人\*<sup>4</sup>

**要旨:** プレキャストRC床版を連続一体化させる橋軸方向プレストレス量を, 実用上問題にならないレベルに設定するため, はりと実物大床版での繰り返し载荷による基礎的な実験を行った。はり実験では過去の実験結果やRC供試体の結果と比較することで最適なプレストレス量を設定し, 同じプレストレス量を導入したプレキャスト床版で疲労耐久性を確認した。また, プレストレス導入量を減少させた場合の耐力向上に, 目地部に炭素繊維シートを接着する方法を提案しその効果を把握した。

**キーワード:** プレキャストRC床版, 橋軸方向プレストレス, RC床版の連続一体化

## 1. はじめに

道路橋床版を構築する方法に, 支持桁上にプレキャストRC床版を敷設し, 床版断面内に配置したダクト中のPC鋼材を緊張することで橋軸方向にプレストレスを導入した連続一体化工法がある。この工法は損傷したRC床版の打ち換え工法として実績が多く, 栗原らの実験<sup>1)</sup>により優れた疲労耐久性を有した構造であることが確認されている。現行の設計では<sup>2)</sup>, 道路橋示方書に規定されている曲げモーメントが作用した場合に, 床版下縁に引張力が生じないフルプレストレスとなるようにプレストレスを導入しているが, 松井らは<sup>3)</sup>プレキャスト床版の連続性を確保するためのプレストレス量に関する実験結果から, コンクリートの圧縮応力で $2.9\text{N/mm}^2$ 以上のプレストレスが導入されれば連続化は確保されるとしている。

プレキャスト床版を連続一体化させるプレストレス量を, 現状のフルプレストレスから低減することが可能になれば, 材料費が減少し, 施工速度が向上するほかにも, 床版コンクリートのプレストレスによるクリープの影響も減少するというメリットがある。

本研究では, プレキャスト床版連続一体化の機能を満足する最適なプレストレス導入量を求めることを目的とし, まず始めに, 橋軸方向プレストレス導入量をパラメータとしたはり供試体の曲げ载荷実験により, 最適なプレストレス量を推定し, 次にその最適プレストレス量を導入したプレキャストRC床版の目地継手に着目した高サイクル疲労実験と静的押し抜き実験を行ったのでその結果を報告する。

## 2. はり供試体による実験

## 2.1 供試体形状および種類

はり供試体は図-1に示すもので, 目地は中央から20cm離れた位置に設定している。目地は凹型の対称形で, 一般的な現場施工に合わせて無収縮モルタルを充填した。プレストレスはPC鋼棒 $\phi 26\text{mm}$ を3本使用し, PC鋼棒の緊張量で調整した。ダクト内はグラウトしていない。はり形状を決定する際に考慮したモデル床版の基本形状は, 床版支間3.0mの連続版で, 床版厚さは20cmとし, 道路橋示方書に規定されている大型車交通量による割り増しを考慮しないものとした。

* 1	ショーボンド建設(株)補修工学研究所佐藤研究室課長	(正会員)
* 2	同上	室長 工博 (正会員)
* 3	同上	部長 (正会員)
* 4	同上	工修

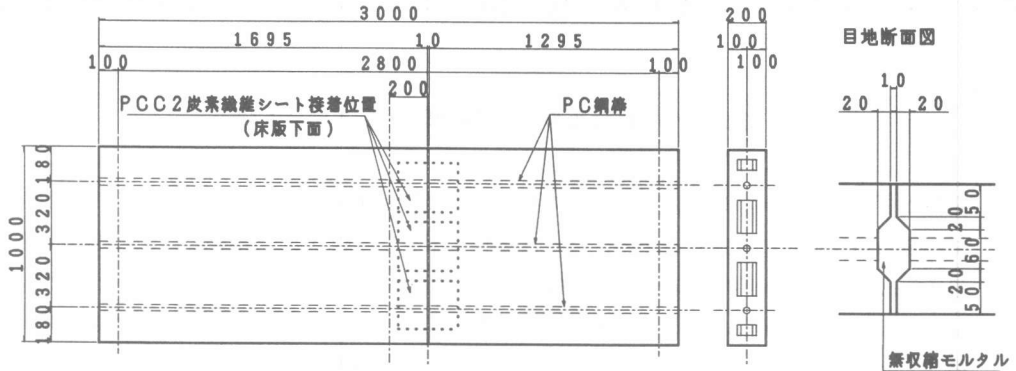


図-1 はり供試体の形状 (寸法単位: mm)

供試体種類は表-1に示すとおりで、モデル床版の支持条件で道路橋示方書により曲げモーメントを算出し、全断面有効、すなわち床版下縁のコンクリート応力が  $0\text{N/mm}^2$  になるプレストレス量  $4\text{N/mm}^2$  を導入したものが PC4 供試体である。このプレストレス導入量を  $3\text{N/mm}^2$  としたものが PC3 供試体、 $2\text{N/mm}^2$  導入したものが PC2、PCC2 供試体である。

PCC2 供試体は PC2 供試体の目地位置に炭素繊維シートを接着して目地部の耐久性を向上させようとするもので、接着長さは岳尾らの実験結果<sup>4)</sup>を参考にして片側 15cm とし、幅 25cm のシート 1 層を 30cm 間隔で 3 列接着した。使用した炭素繊維シートは高弾性タイプのもので、引張弾性率が  $430\text{kN/mm}^2$ 、目付量  $300\text{g/m}^2$  のものである。

RC 供試体は PC 供試体シリーズの比較用に製作したもので現行道路橋示方書に準じた鉄筋量を配している。

使用したコンクリートは  $f_{ck}=40\text{N/mm}^2$  のもので、W/C は 39.0%、s/a は 40.0%、スランプ 8cm、最大粗骨材径は 20mm である。実験開始時のコンクリートの圧縮強度、圧縮弾性率は養生日数 34 日間でそれぞれ  $47.5\text{N/mm}^2$ 、 $34\text{kN/mm}^2$  であった。

## 2.2 はり供試体の実験方法

荷重の載荷位置は中央の 1 箇所とし、供試体全幅に線荷重となるように載荷した。載荷プロ

表-1 供試体種類

名称	プレストレス導入量 ( $\text{N/mm}^2$ )	フルプレストレス比 (%)
PC4	4	100
PC3	3	75
PC2	2	50
PCC2	2	50
RC	—	—

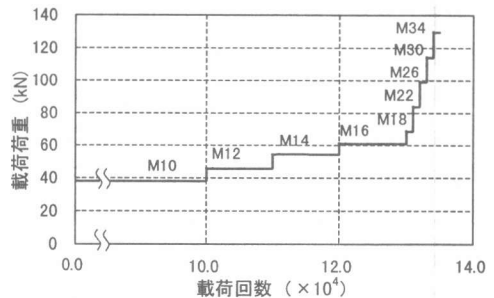


図-2 はり実験の載荷プログラム

グラムは図-2に示す階段型で、荷重ステップ 38kN (M10) で 10 万回載荷を繰り返した後、荷重を 46kN (M12) に上げ 1 万回載荷し、54kN (M14) および 61kN (M16) でそれぞれ 1 万回載荷した。その後は荷重ステップ毎に 2 千回繰り返し載荷し、継手目地の開きが 2mm 以上に達するまで荷重を増加させた。

計測項目は載荷回数毎の荷重と変位、鉄筋ひずみ、目地の開き量である。目地の開き量の計測には  $\pi$  ゲージを使用した。

## 2.3 はり供試体の実験結果と考察

### (1) PC供試体シリーズ

PC 供試体シリーズと RC 供試体の最大載荷荷重と中央位置における活荷重変位との関係を図-3に示す。ここでいう活荷重変位とは、載荷プログラムによる一定回数載荷後の設定値までの静的載荷の変位から残留変位を減じたものである。全体を通して PC4 供試体の変位が小さく、PC3 供試体はそれよりもやや大きい。PC2 供試体は初期変位は小さいが、荷重 54kN (M14) で RC 供試体より変位が大きくなっている。たわみが急増する荷重レベルは PC4 供試体が 99.1kN (M26), PC3 供試体は 68.6kN (M18), PC2 供試体は 54.4kN (M14) であった。

図-4に最大載荷荷重と中央位置の残留変位の関係を示す。PC 供試体シリーズは RC 供試体の結果を下回っているが、PC2 供試体の残留変位は載荷荷重 61kN (M16) で急増している。

図-5に最大載荷荷重と目地の開きの関係を示す。図-3の活荷重変位と比較すると目地の開きが急増する荷重レベルは変位の急増に対応していることがわかる。

図-6(a), (b)に PC3 供試体, RC 供試体の実験終了後の側面ひび割れの発生状況を示す。PC3 供試体は, RC 供試体と異なり中央付近に数本のひび割れが発生する程度で, 目地部の開きが卓越していた。その目地部では, 荷重が大きくなると目地の高さ方向の途中から荷重載荷位置に向かって横方向ひび割れが発生していた。軸方向プレストレスを導入した他の PC 供試体シリーズに対しても PC3 供試体のひび割れと同様の傾向を確認した。

図-3の活荷重変位, 図-4の残留変位, 図-5の目地の開きから, モデル床版における道路橋示方書の設計活荷重 100kN を想定したはりへの載荷荷重 38kN の 10 万回繰り返し終了時には活荷重変位, 残留変位, 目地の開きに及ぼすプレストレス量の影響は小さいこと, その後の載荷荷重の増加に対してはプレストレス導入量が多いほど活荷重変位, 残留変

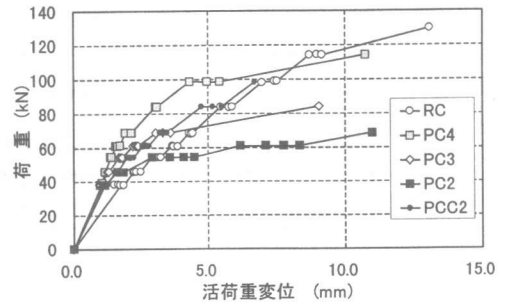


図-3 荷重と活荷重変位の関係

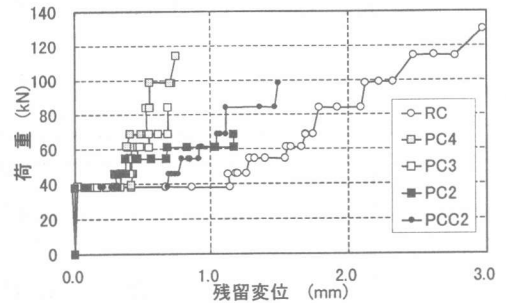


図-4 荷重と残留変位の関係

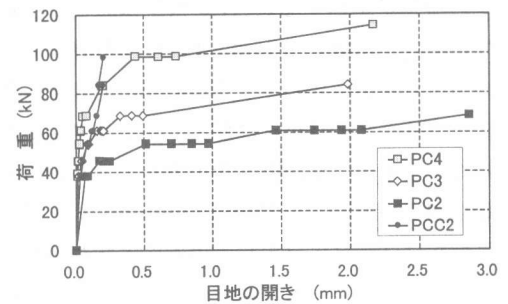


図-5 荷重と目地の開きの関係

位, 目地の開きが小さくなる傾向が確認された。はりと床版構造の力学的特性を考慮するとプレストレスの導入量が  $2\text{N}/\text{mm}^2$  でもプレキャスト床版の連続性を期待できるが, より確実に連続一体化の機能を満足する最適なプレストレス量は  $3\text{N}/\text{mm}^2$  であると推察した。

### (2) PCC2供試体

図-7に PCC2 供試体の最大載荷荷重と活荷重変位の関係を示す。図中には PC4 供試体, PC2 供試体の結果も示した。PCC2 供試体は初期の

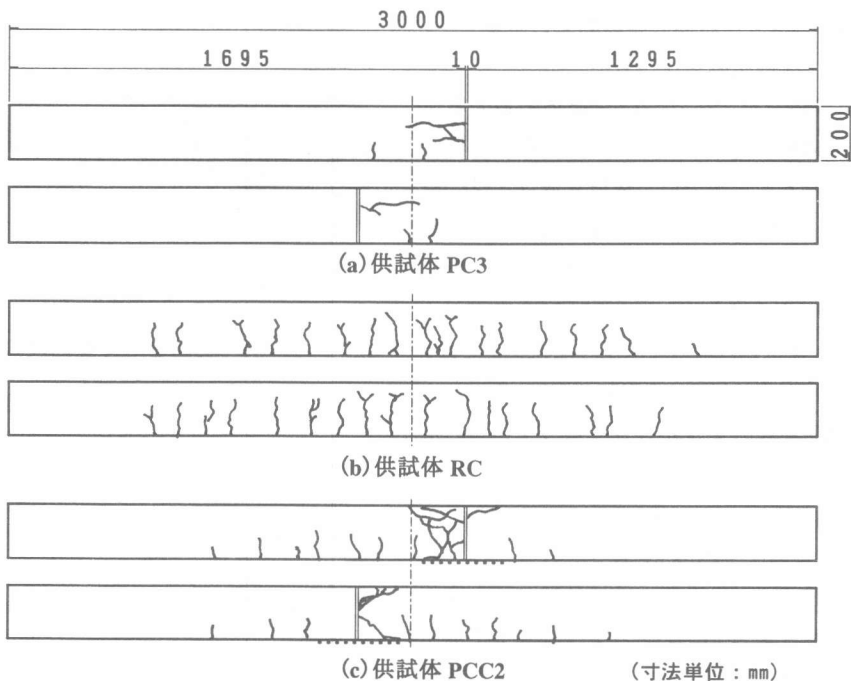


図-6 供試体の側面ひび割れ図

段階では PC2 供試体と同じ変位を示しているが、荷重が増加すると PC4 供試体の変位に近づいている。図-5には、PCC2 供試体の目地の開きの計測結果も示しているが、他の PC 供試体シリーズより小さな値となっており、炭素繊維シートが目地の動きを拘束していると言える。図-6(c)のひび割れ図では、PC3 供試体よりもひび割れが分散していることがわかる。写真-1に示す載荷終了時の状況から、炭素繊維シートがコンクリートを掴んで破壊している様子が確認される。

目地部に炭素繊維シートを接着すれば、開きが制御され、プレストレスを低減してもフルプレストレスに近い性能が期待できる。施工手間の増加が考えられるが、目地部への無収縮モルタル充填時には型枠作業が必要であり、炭素繊維シートを成型板として使用することで、工程上不利になるものではないと考えられる。

### 3. 実物大床版による実験

#### 3.1 床版実験の概要

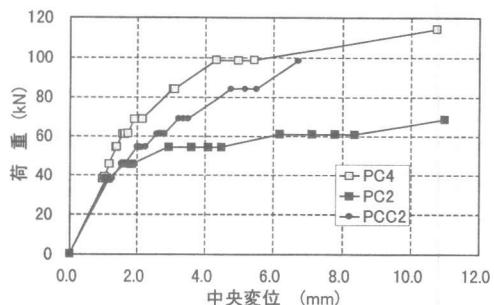


図-7 荷重と活荷重変位の関係 (PCC2)

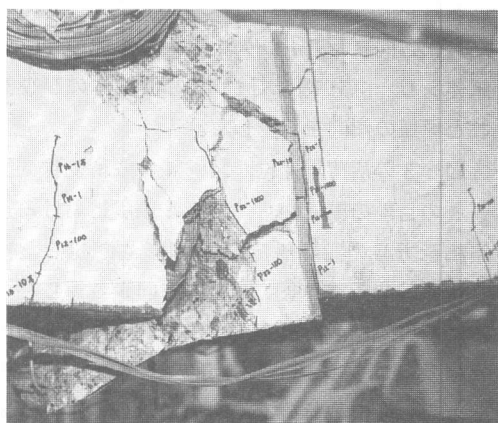


写真-1 目地部の最終破壊状況 (PCC2)

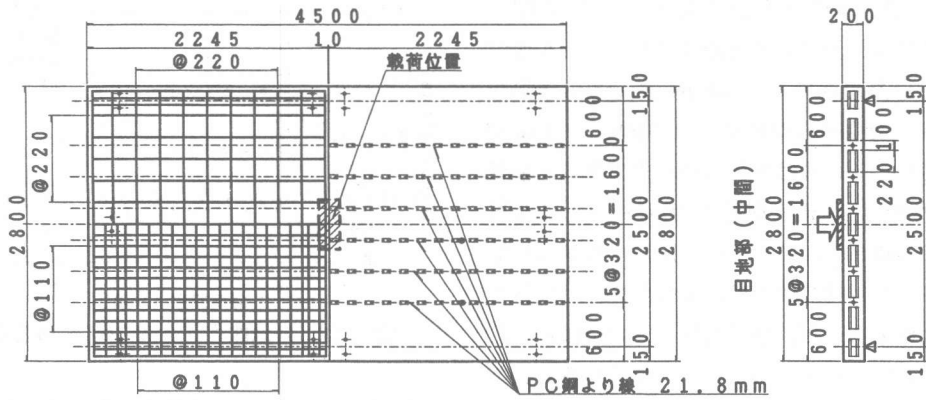


図-8 実物大床版供試体の形状 (寸法単位: mm)

はり供試体の実験から推察した最適プレストレス量を導入したプレキャスト RC 床版の、連続一体性を確認する目的で実物大 RC 床版による定点での高サイクル疲労実験を実施した。供試体はモデル床版を支間 3.0m の連続版として設計し、曲げモーメントがほぼ等しくなる支間 2.5m で単純支持した。形状寸法および鉄筋と PC 鋼材の配置を図-8 に示す。使用したコンクリートの配合は、はり供試体と同じである。

プレストレスはコンクリートの圧縮応力で  $3\text{N/mm}^2$  となるように、張力を PC 鋼より線  $\phi 21.8\text{mm}$  を 6 本で導入した。ダクト内はグラウトしている。床版の支持架台への固定は、回転が可能で浮き上がりを防止する構造とした。載荷プログラムは図-9 に示すように設定値を 160kN から開始し 490kN まで 4 万回毎に荷重を増加させ、その後は 490kN 一定とした。荷重載荷位置は床版中央で、載荷板形状は橋軸方向 20cm、支間方向 50cm である。計測項目は荷重、変位、鉄筋ひずみ、目地の開きである。

試験開始時のコンクリートの圧縮強度、圧縮弾性率は養生日数 240 日でそれぞれ  $53.9\text{N/mm}^2$ 、 $35\text{kN/mm}^2$  であった。

本供試体は荷重ステップ 490kN で 355 万回 (延べ 423 万回) の繰り返し載荷に対しても破壊しなかったので同一の支持、載荷条件により静的押し抜き実験を実施した。

### 3.2 実験結果

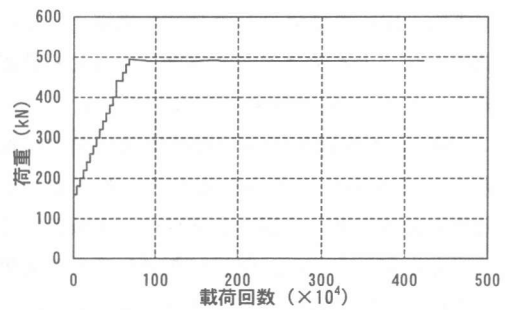


図-9 床版実験の載荷プログラム

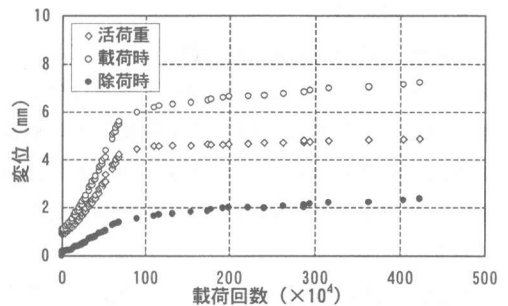


図-10 変位と載荷回数の関係

床版中央変位と載荷回数の関係を図-10 に示す。活荷重変位は荷重の増加に合わせて大きくなり、490kN 載荷時に停留した。図-11 は床版中央部目地の開き量と載荷回数の関係を示したもので、載荷回数 8 万回 (180kN 時) における活荷重による目地の平均開き量は  $0.064\text{mm}$  で、はり供試体 PC3 の同一荷重レベル (M18) の約 20% であった。

図-12 に静的押し抜き実験での荷重と中央変位の関係を示す。載荷順序は高サイクル疲労試験の最高荷重である 490kN まで載荷後除荷し、次に引張鉄筋が降伏した 780kN まで載荷後除荷し、その後は終局に至るまで荷重を単調に増加させた。最大荷重は 918kN で、破壊形状は押し抜きせん断型であった。はり供試体で観察された目地の開きは床版供試体では著しく小さな値であった。ひび割れの方向はほとんどが橋軸方向、すなわちプレストレスを導入した方向であった。

### 3.3 実物大床版の連続一体化

実物大床版の鉄筋コンクリート構造としての断面形状で土木学会式による押し抜きせん断耐力を計算すれば 928kN となる（部材安全係数は無視）。本供試体の静的載荷実験における最大荷重は 918kN であることから、繰り返し載荷後も目地の無い鉄筋コンクリート床版と同等の耐力を有しており、導入したプレストレス量は連続一体化に対して十分なレベルであることが確認された。

### 4. まとめ

プレキャスト RC 床版を連続一体化するためのプレストレス量を実用上問題とまらないレベルに設定するために、はりによる繰り返し載荷試験と、実物大床版による高サイクル疲労試験を行った。本実験の範囲で得られた結果を以下に示す。

(1) はり供試体実験の結果から、プレキャスト床版の連続一体化の機能を満足する最適プレストレス量として  $3\text{N/mm}^2$  を推察した。また、このプレストレス量を低減した場合でも、目地部に炭素繊維シートを接着すれば耐力が向上することを確認した。

(2) 実物大床版の疲労実験および静的押し抜き実験により、はり供試体実験で推察したプレストレス導入量  $3\text{N/mm}^2$  は連続一体化に対して十分なレベルであることが検証された。

今後は、実物大床版による輪荷重移動載荷実

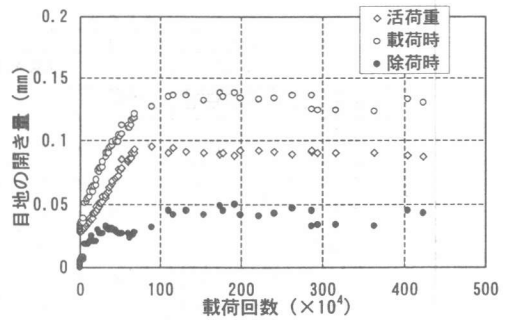


図-11 目地開き量と載荷回数との関係

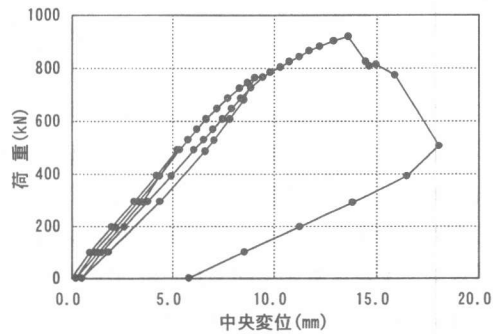


図-12 荷重と変位の関係

験により最適プレストレス量の検証を行う予定である。

### 参考文献

- 1) 栗原慎介・金崎喜美夫・金田昌治・松井繁之：橋軸方向にプレストレスを導入したRCプレキャスト床版の疲労性状，構造工学論文集，Vol.44A，pp.1365-1372，1998.3
- 2) (社)プレレスト・コンクリート建設業協会，プレキャスト床版小委員会：プレキャスト床版設計施工マニュアル，pp.30-32，1994.3
- 3) 松井繁之・中井博・袴田文雄・竹中裕文：プレストレスを導入するプレキャスト床版の継目部の連続性と耐荷力に関する実験的研究，構造工学論文集，Vol.34A，pp.275-284，1988.3
- 4) 岳尾弘洋・松下博通・牧角龍憲・長島玄太郎：CFRP接着工法における炭素繊維シートの付着特性，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.19，No.2，pp.1599-1604，1997