

(62) プレキャスト PC 床版の力学的特性と合成桁 RC 床版取替への適用

| | | |
|--------------------|-----|--------|
| ショーボンド建設（株）大阪支店 | 正会員 | ○木田 秀人 |
| 東京都土木技術研究所 技術部 | | 関口 幹夫 |
| ショーボンド建設（株）大阪支店 | 正会員 | 富松 泰秀 |
| ショーボンド建設（株）補修工学研究所 | | 佐藤 政勝 |

1. はじめに

平成6年2月に改訂された道路橋の設計活荷重の増加に伴い、既設橋 RC 床版取替え需要が増大している。しかし、主桁の許容応力度に余裕がないことから、取替え床版として床版厚さを既設のものと同等に抑えた2方向プレストレス（PC）プレキャスト床版が採用される傾向にある。

そこで、版厚 18cm の2方向 PC プレキャスト床版について、300kN の移動載荷試験、490kN の定点高サイクル疲労試験と静的押し抜き破壊試験を実施し、高い疲労耐久性や押し抜きせん断耐力を確認したうえで、28年間供用した道路橋合成桁 RC 床版の取替えへ適用した。ここでは、各種載荷実験より解明された2方向 PC プレキャスト床版の力学的特性及び合成桁における取替え床版の施工例を紹介する。

2. 実験概要

2.1 供試体

東京都建設局所管の単純合成桁道路橋における床版補強や取替え対象とする RC 床版の版厚は 16～19cm であるが、ここでは版厚 18cm とし、また、床版支間が広くなるに伴い導入プレストレスが大きくなるので比較的狭い 2.2m の支間を対象に設計した PC 床版供試体の形状寸法、PC 鋼より線（SWPR7N、径 12.7mm）および配力鉄筋（D13）等の配置を図-1 に示す。道路橋示方書Ⅲ、5.5.1 の床版の設計曲げモーメントに対して供試体床版下縁の応力がほぼ零になるようなプレストレスとして、支間方向に 5.4N/mm²、その直角（橋軸）方向に 3.2N/mm² が求められたので、それぞれの方向にそれらの値より若干低めの 5N/mm²、3N/mm² のプレストレスを導入した。

PC 床版を2主 I 形鋼上フランジ上面に取りつけた半丸鋼上に設置し、橋軸方向に PC 鋼より線を緊張し、供試体を製作した。コンクリートには呼び強度 45N/mm²、粗骨材の最大寸法 25mm の生コンクリートを

を用いた。気中養生した材令 4 週目の圧縮強度は 53.5N/mm²、その 1/3 の応力における割線弾性係数は 32.7kN/mm² であり、実験終了後に実施した圧縮強度は 55.1N/mm² で、その割線弾性係数は 35.3kN/mm² であった。

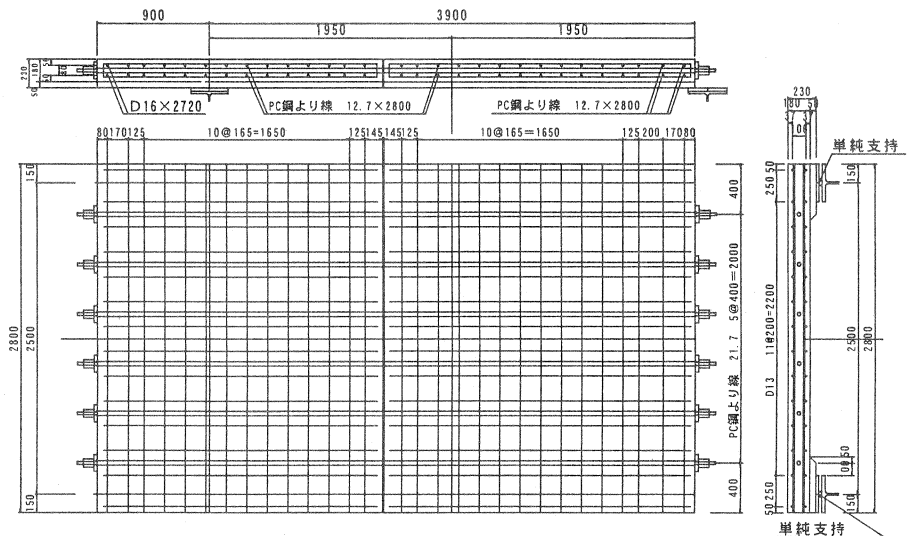


図-1 プレキャスト PC 床版供試体の形状寸法（単位 mm）

2.2 試験方法

2主I形鋼上フランジ上面に設置したPC床版供試体は、橋軸直角方向を回転可能な単純支持とし、橋軸方向を横桁による弾性支持した。この床版供試体上を走行中の自走式移動載荷試験機を写真-1に示す。図-2に示すように、移動載荷の走行荷重は初期荷重160kN(30万回)から200kN(12万回)、250kN(5万回)、300kN(3万回)までに階段状増加させたが、コンクリート下面にひび割れが発生せず、供試体の劣化が観察されなかったため、移動載荷試験を中断し、供試体を500kN疲労試験機に移し、床版中央集中荷重による定点疲労試験を実施した。図-3に示すように、300kN(100万回)から400kN(100万回)、500kN(300万回)まで上限荷重(下限荷重は10kN)を増加させた繰返し載荷に対して、コンクリート下面のひび割れは進展したが、床版破壊の前兆が観察されなかったため、定点疲労試験を中断し、2MN圧縮載荷装置により、同一支持条件の下で静的押し抜き試験を実施した。PC鋼より線と配力鉄筋のひずみおよび床版下面におけるたわみの測定を各荷重ステップで随時実施した。

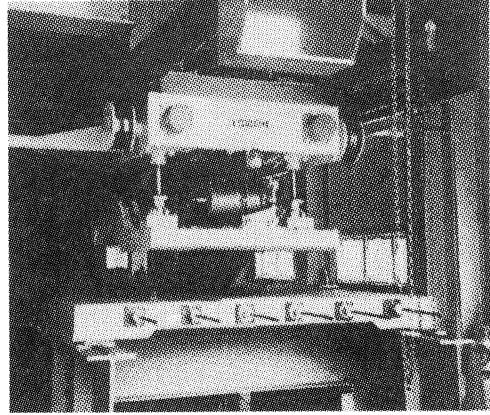


写真-1 PC床版を走行中の移動載荷試験機

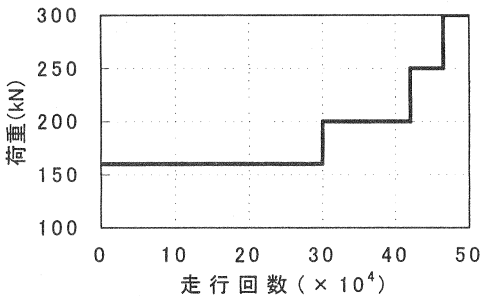


図-2 移動載荷試験の載荷プログラム

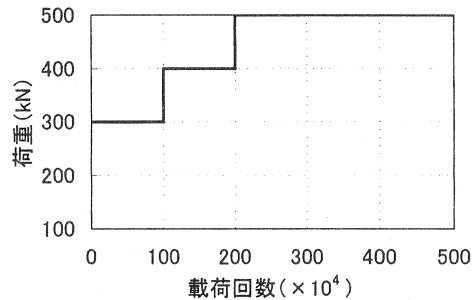


図-3 定点疲労試験の載荷プログラム

3. 実験結果と考察

3.1 繰返し載荷試験における疲労特性

図-4に移動載荷試験時における活荷重たわみと走行回数の関係を示し、図-5に床版中央におけるPC鋼より線の弾性ひずみと走行回数の関係を示す。ここでは、たわみとひずみの実験値は、載荷時の値から除荷時の値を減じたもので、活荷重たわみと弾性ひずみと呼ばれるものである。移動載荷荷重を大きくするのに伴い、コンクリートの割線弾性係数(E_c)の低下が予想されるほか、輪荷重用タイヤの床版接地面積が大きくなるため、載荷荷重ステップごとにたわみを計算することとなるが、ここでは、 E_c を30kN/mm²と仮定し

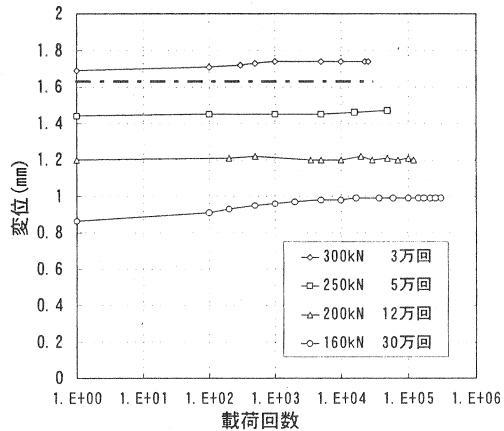


図-4 移動載荷試験における床版中央たわみの経時変化

た載荷荷重 300kN 対応する計算値を一点鎖線で示す。

移動載荷試験機による延べ 50 万回の繰返し載荷に対して、PC 床版下面のコンクリートにひび割れの発生が観察されず、また図-5 に示すように上下対称位置にある PC 鋼より線のひずみの絶対値がほぼ同じ挙動を示し、断面の中立軸が版厚中央面に位置することからも全断面有効であると判断できる。全断面有効で、かつ等方性版と見なし、式(1)により求めた部分等分布矩形荷重 300kN に対応する計算値は実験値より若干小さめであるが、初期載荷に対してほぼ等しいと評価できる。

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{q(x,y)}{D} \quad (1)$$

ここに、 D : 版剛度 $D = \frac{Ech^3}{12(1-\nu^2)}$

E : ヤング率,
 ν : ポアソン比

定点疲労試験では、荷重を 500kN に増加させた段階で、載荷位置床版下面にひび割れが発生し、300 万回繰返し載荷に対し、図-6 に示すように床版下面中央部付近にコンクリートのひび割れが若干進展した。

3.2 静的押し抜きせん断耐荷力

図-7 に中央集中荷重載荷試験における荷重と床版中央のたわみ関係を示す。荷重 700kN を越えた段階でたわみが徐々に大きくなり、940kN で集中載荷位置周囲の床版コンクリートが押し抜きせん断破壊した。導入プレストレスの応力が支間方向と支間直角方向で異なる 2 方向 PC 床版の押し抜きせん断耐荷力の算定に対する提案式が見当たらないので、本供試体について 2 方向プレストレスの平均応力 $4\text{N}/\text{mm}^2$ が 2 方向に作用しているものとし、浜田ら¹⁾が提案した算定式により耐荷力を計算した。この計算値 987kN と最大押し抜きせん断耐荷力がほぼ等しいことから、移動載荷試験と定点疲労試験による床版の耐荷力の顕著な劣化はなかったと判断される。

4. RC 床版更新に用いた PC 床版の設計・施工

RC 床版取替えを実施した橋梁は、都道環状 8 号線

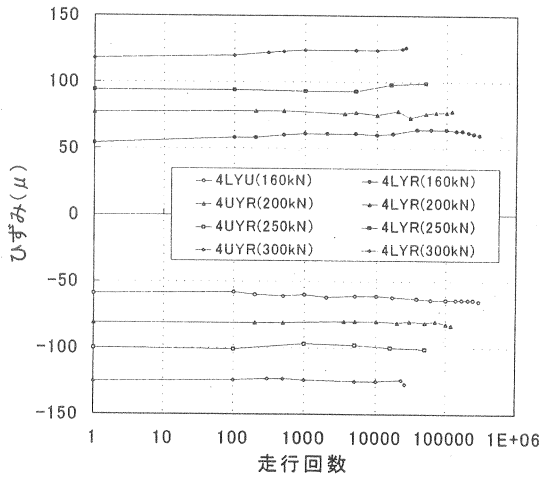


図-5 移動載荷試験における PC 鋼より線のひずみの経時変化

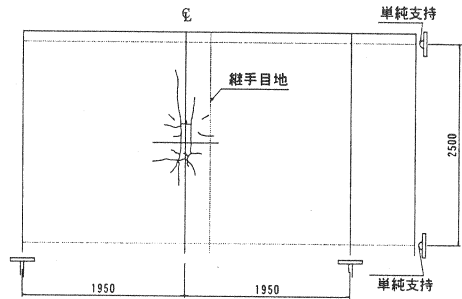


図-6 定点疲労試験終了時に観察された床版下面におけるコンクリートのひび割れ状況

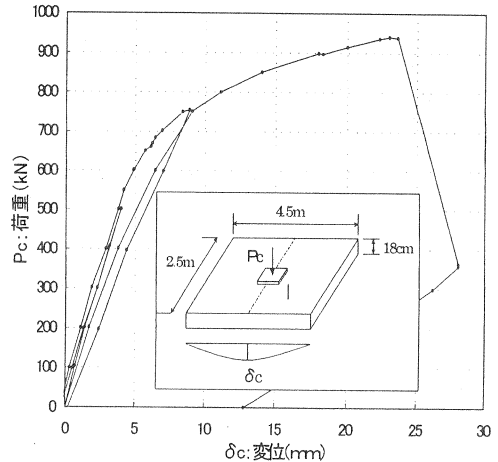


図-7 静的押し抜き試験における荷重と床版中央たわみの関係

に位置し、国道 20 号線を跨ぐ橋長 140mの陸橋のうち、側径間の合成鉄桁である。本橋の供用開始は昭和 45 年であり、その床版設計は昭和 43 年道路橋示方書に準拠したが、主要幹線道を考慮し、設計曲げモーメントは T-20 の 2 割増であった。橋梁と新旧床版の概要を表-1 に示す。

| 橋梁 | 形式と橋格 | 単純合成鉄桁、一等橋 (TL-20) |
|----|-------|-------------------------|
| | 支間×幅員 | 20.0m×14.0m (上下 2 車線) |
| | 主桁間隔 | 4@2.3m+2@2.4m (張り出し部) |
| 床版 | 既設 | 現場打ち RC 床版 (版厚 18cm) |
| | 更新 | 2方向 PCプレキャスト床版(版厚 18cm) |

環状 8 号線は重交通街路であり大型車混入率が大きく、また本橋は側径間で比較的簡便にコンクリートのひび割れが調査できることから、昭和 45 年に供用以後、過去 7 回ひび割れやたわみの経時変化の追跡調査を行った。平成 9 年の追跡調査²⁾では、平均ひび割れ密度が $14\text{m}/\text{m}^2$ 強となり、一部のパネルには遊離石灰が観察される等、床版の損傷が著しいと判断し、RC 床版の取替が検討された。

現行の道路橋示方書に従うと、RC 系プレキャストの全厚は $(3L+11) \times 1.25 = 22.3\text{cm}$ 以上必要とし、L-荷重 (B 活荷重) の増加も考慮すると鋼主桁の作用応力が許容応力度を超過するため、更新床版の版厚・自重を既設床版と同等以下に抑える必要があった。さらに、側道に迂回した場合、交差点で大渋滞が予想された。この為、大型車通行可能な上下一車線の交通解放が要請され、3 分割施工が計画された。18cm の版厚と 3 分割施工を前提に各種工法が検討された結果、2 方向 PC プレキャスト床版が採択された。取替え全体工程は、一次、二次、三次施工の 3 分割施工であるが、その一例として一次施工工程を図-8 に、更新 PC 床版の設置状況を写真-2 に示す。

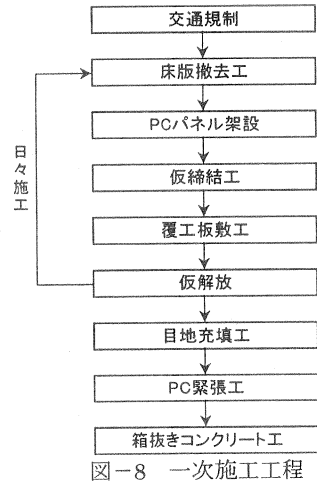


図-8 一次施工工程

5. おわりに

2 方向 PC 床版供試体の移動荷重試験と定点疲労試験および静的押し抜き試験より以下の点が明らかとなった。

- ① 最高荷重 300kN を走行させた移動荷重試験と上限荷重 500kN (下限は 10kN) を 300 万回繰返した定点疲労試験では、2 方向 PC 床版は破壊の前兆が観察されず、十分な疲労耐久性を有することが確認された。
- ② 繰り返し荷重試験後に実施した静的押し抜き試験における最大耐力：940kN は、浜田らが提案した計算耐力とほぼ等しい値であって、新活荷重 (100kN) に対して安全性が保証された。

これらの実験成果を踏まえて、合成鉄桁の RC 床版の取替床版として採択された。今後は、床版へ導入する最適なプレストレスを検討し、経済性に優れた 2 方向 PC 床版の実用化を目指したい。

参考文献

- 1) 浜田純夫ほか：プレストレストスラブの押し抜き強度に関する一考察，プレストレストコンクリート協会第 7 回シンポジウム論文集，pp.7~12，1997.10
- 2) 関口幹夫：供用 27 年間の RC 床版追跡調査結果，第一回鋼橋床版シンポジウム講演論文集，土木学会，pp.259~264，1998.10.

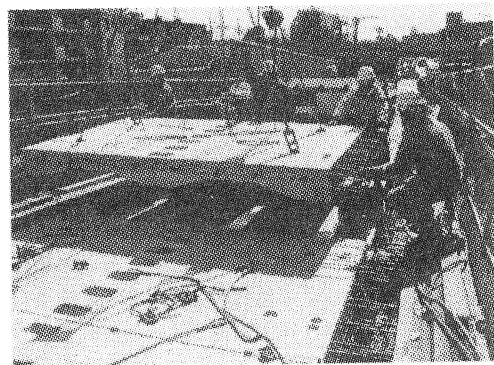


写真-2 PC 床版設置状況