

チャンネル形状プレキャストPC床版の実橋載荷による性能評価

(株)富士ピー・エス 技術部 正会員 ○ 岸本 真輝  
 (株)富士ピー・エス 技術部 正会員 真鍋 英規  
 (株)富士ピー・エス 技術部 正会員 西 弘  
 大阪大学大学院 松井 繁之

1. まえがき

現場施工の省力化を行う一策として、プレキャストPC床版工法がある。その新工法としてチャンネル形状プレキャストPC床版(以下チャンネル形状版と称す)が考案され、実用化されている。チャンネル形状版は現在までに主要高速道路の新設鋼桁へ数橋の適用事例があるが、それらの供用後の問題等は報告されてはいない。しかし、実際の重交通下で供用されたチャンネル形状版の性能を評価するためには、実橋梁において実輪荷重載荷を行うことがより良い方法と言える。そこで、今回評価の対象となった橋梁は、大阪府道中央環状線に供用されている桑才新町跨道橋である。桑才新町跨道橋において適用したチャンネル形状版の挙動の確認、および実際の交通履歴、輪荷重走行の影響を受けたチャンネル床版の現時点で性能評価を目的として、トラック走行載荷実験を行った。併せて、実験挙動の再現、実橋梁の床版と鋼桁の弾性合成効果を把握する目的から橋梁全体をモデル化しFEMによる弾性解析を行った。

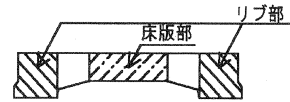


図-1 チャンネル形状版

2. 実験概要

2.1 桑才新町跨道橋の概要

桑才新町跨道橋は、橋長 114.000m(支間 34.575m+44.000m+34.575m)、有効幅員10.750mの3径間連続非合成鋼箱桁橋で、変断面の2主箱桁と断面中央には縦桁を有している。走行車線は3レーンとも南向き一方向通路となっている。上部工概要を図-2, 3に示す。

床版には、現場工期の短縮および上部工重量の軽減を主目的としてチャンネル形状プレキャストPC床版が採用された。チャンネル形状版単体は橋軸方向幅幅 1.500m で製作される幅員方向長さ 11.850m、版厚の大きいリブ部を 27cm 厚に、内部の床版部は 17cm としたプレテンション部材である。鋼桁架設後、チャンネル形状単体版 73 枚をクローラクレーンにより架設し、単体版間の目地を無収縮モルタルにより充填を行い、その後縦締めプレストレスをポストテンション方式により導入し連続床版を構築した。鋼桁とチャンネル版の連結は、予め鋼桁上フランジ上にスタッドを配置しておき、チャンネル版には連結用切欠き部を設けておく。縦締め終了後、その連結用切欠き部に無収縮モルタルを充填するものである。チャンネル形状版は道路橋示方書の活荷重曲げモーメント式を用いて設計を行った。床版支間方向はフルプレストレス、橋軸方向はコンクリートの引張応力を制限値内で許容する設計とした。コンクリートの設計基準強度は  $\sigma_{ck} = 50\text{N/mm}^2$  とし、使用 PC 鋼材は、床版支間方向:SWPR7A.1S15.2mm、橋軸方向:SWPR19.1S21.8mm、である。

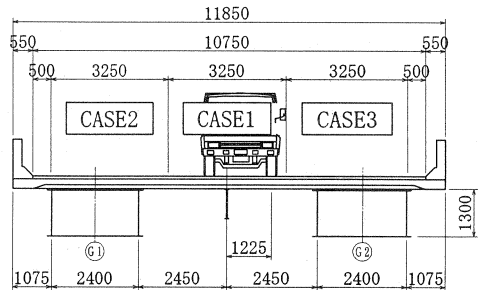


図-2 桑才新町跨道橋標準断面図

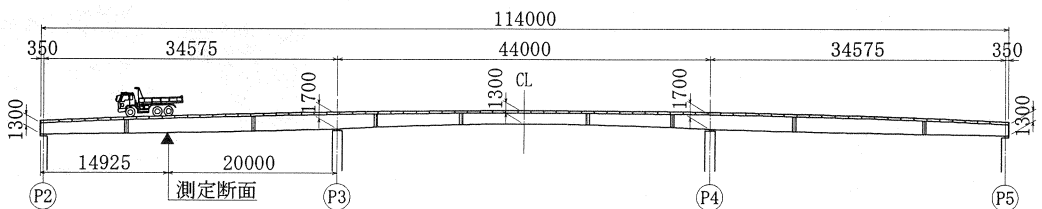


図-3 桑才新町跨道橋側面図

## 2. トラック走行実験

### (1) トラック荷重および載荷荷重

本橋梁が実交通に供用中であり、通行止めを伴う静載荷実験は困難であるため、荷重はトラックを走行させる動的載荷とした。試験に用いた車輛は3軸車で、トラックスケールによる計量から総重量:236kN、前輪軸重:49.6kN、タンデム前輪軸重:89.8kN、タンデム後輪軸重:96.9kNとなっている。図-5にトラックの車輪位置と各軸重を示す。走行ケースは各レーンを走行する3ケースとした。図-4に示す通りケース1については箱桁と縦桁で支持される中床版の支間中央を片側車輪が通る位置に設定した。走行速度は30km/hr一定で走行できるようにした。各ケースの走行は4回を基本として行った。

### (2) 測定項目

測定は側径間支間中央付近の2枚のチャンネル形状パネルに着目した(図-3の▲位置のパネル)。チャンネル形状版の挙動の確認する目的で、床版下面の床版支間方向と橋軸方向のひずみ(床版部、リブ部)、 $\pi$ 型ゲージによりチャンネル版間の目地ひらき量、変位計を用いた床版のたわみ、等を計測した。また、鋼桁と床版の合成効果の把握を目的として、鋼桁のたわみ、鋼桁の橋軸方向ひずみを計測した。図-6, 7に各計測位置を示す。データの計測には動ひずみ計を用いた。記録周波数を100Hzとして、トラックが橋梁に進入する直前から完全に橋梁を通過するまでの約30秒間の計測を行った。

## 3. FEMによる弾性解析

トラック走行実験に併せて、FEMによる弾性解析を行った。上部工着目部のモデル図を図-10に示す。コンクリートと無収縮モルタルのヤング係数は $E_c = 3.3 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ 、鋼桁のヤング係数は $E_s = 2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ を用いた。P2-P3間では、床版コンクリートは3次元8節点および6節点ソリッド要素を用い、鋼桁は4節点および3節点プレート要素を用いた。ソリッドおよびプレート要素は全てアイソパラメトリック要素である。その他の区間は梁要素を用いて連続桁とした。実際の床版と鋼桁の結合はスタッドと無収縮モルタルによるもの(図-8)であるが、この方法を用いると弾性合成桁の挙動を示すことが知られている<sup>2)</sup>。解析では、図-8に示す結合部分の無収縮モルタルを図-9のような要素として評価し、鋼桁要素と結合部要素はダブル節点とし、鉛直方向は剛結合、水平2方向には水平バネを用いた。解析ではスタッドのバネ定数を表-1のように変化させて合成度を定性的、定量的に評価する。

## 4. 実験結果と考察

### 4.1 合成効果の検討

解析に用いた基本バネ定数( $\times 1$ バネ)はプレキャスト床版を用いた既往の押し抜き実験における平均値<sup>2)</sup>であり、 $\phi 19\text{mm}$ スタッドの残留ずれ $\delta = 0.08\text{mm}$ に対する値である。本橋梁では、鋼桁と床版の連結による接触部分は1.5m当たり0.54mと上フランジ長の約1/3の部分でしかない。また、現場施工では鋼桁上フランジに埃等による汚れが生じる可能性もあり連結部分の付着強度に影響を与えることも十分想定できる。併せて、本橋梁は供用後約5年間経過しており、過積載を含む重交通下の応力履歴を受けている。以上の現場状況を考慮すれば、実橋にお

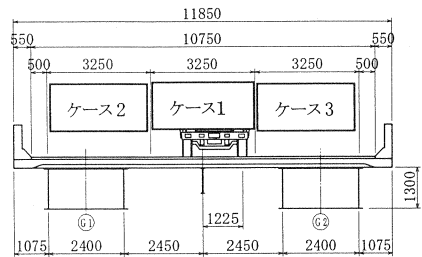


図-4 断面位置

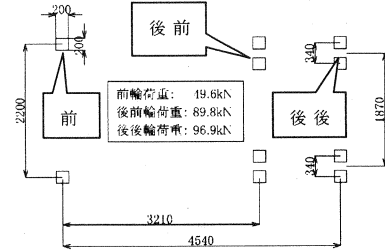


図-5 断面位置

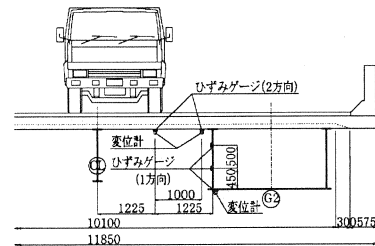


図-6 断面位置

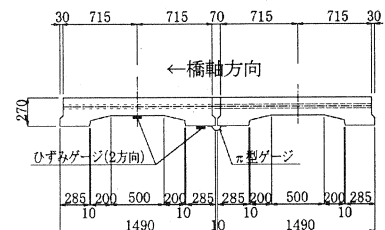


図-7 床版側面位置

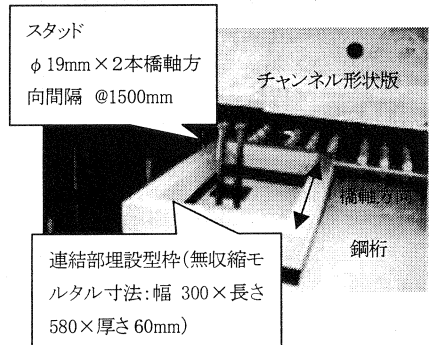


図-8 連結部スタッド配置

表-1 スタッドφ19mmのせん断バネ定数

記号	解析ケース 合成	バネ定数 (kN/cm/本)
FA-1	完全合成(全面結合)	∞
FA-2	完全合成(リブ部結合)	∞
FA-3	弾性合成(×1/3バネ)	2695
FA-4	弾性合成(×1/2バネ)	1348
FA-5	弾性合成(×1/3バネ)	898
FA-6	弾性合成(×1/10バネ)	270
FA-7	非合成	0

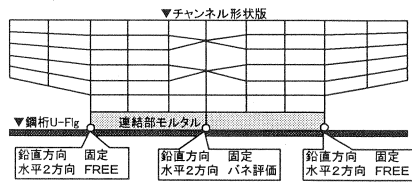


図-9 連結部詳細図

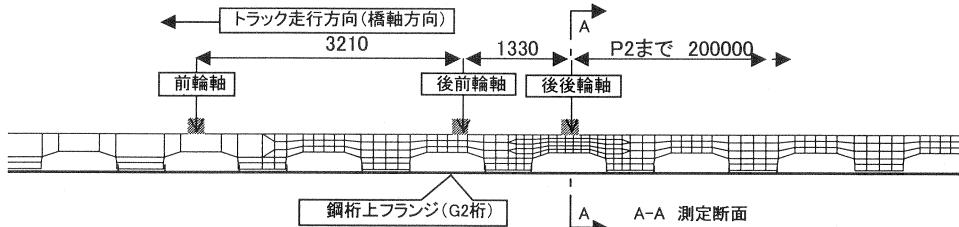


図-10 上部工着目部のモデル図

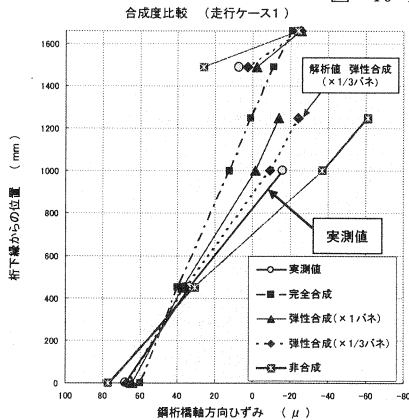


図-11 主桁断面のひずみ分布の比較(ケース1)

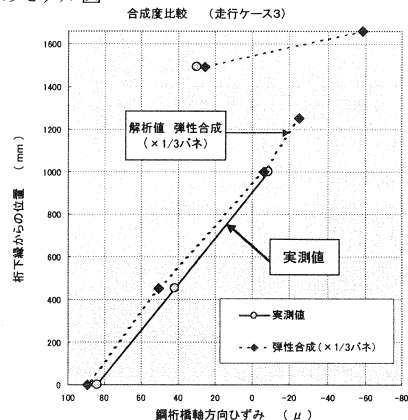


図-12 主桁断面のひずみ分布の比較(ケース3)

スタッドのバネ定数は通常合成桁に用いられる値より低くなると考えられる。そこで、実橋における弾性合成効果を把握する目的から、FEM 解析に用いるスタッド水平バネ定数を4水準変化させ、実験値との比較を行った。測定を行った断面は図-10のA-A断面である。また走行ケース1における各合成度の測定断面のひずみ分布の比較を図-11に示す。図-12は走行ケース3における測定断面のひずみ分布の実測値と1/3バネ値を用いた結果との比較である。これらの図・表からバネ値  $k=898\text{kN/cm/本}(\times 1/3 \text{バネ})$  の場合と実測値が良く合致していることが判る。このような解析結果から、本論文の目的である床版の解析のためのFEM解析では1/3バネを用い計算し、実測値との比較検討を行った。

#### 4. 2健全性の評価

計測は動ひずみ計を用いており、トラック走行時のひずみ変化をとらえている。FEMによる解析では、走行トラック荷重を移動させ、走行時のひずみ変化の再現を試みた。実測では上部工の振動の影響があるが、解析では振動の影響は考慮していない。図-13に床版下面の橋軸方向のひずみ、図-14に床版下面橋軸直角方向のひずみ、図-15に鋼桁下縁橋軸方向のひずみ、図-16に主桁たわみ、各々の経時変化の実測値と解析値の比較を示す。実測値は走行ケース1の1回目走行のデータを使用した。いずれの図も実測値と解析値は良く合致しており、本解析モデルを使用することにより各応答値の経時変化を再現できている。FEMによる解析では、チャンネル形状版のコンクリートは全断面有効の完全弾性体として扱っており、その解析値と実測値が合致することから、実橋の床版も供用開始時から現在に至るまで、全断面有効な状態を保ったまま挙動していると推察できる。また、プレキャスト床版間の目地部のひらき量をπ型ゲージで計測し

たが、最大値で0.025mm(50 $\mu$ )でありリブ部の橋軸方向ひずみ程度の値であった。橋軸方向縦締めプレストレスが有効に働いているため、床版間の目地部はひび割れおらず健全な状態を保っていると言える。もし床版にひび割れ等の損傷が生じている場合は、各応答値は解析値と一致せず経時変化曲線に差異が生じるはずである。しかし、トラック荷重は設計輪荷重の1/2程度であり、橋梁全体にB活荷重を載荷する場合は荷重レベルは違う。本載荷試験の荷重では完全弾性体としての挙動を示しても、大きな荷重が作用する場合は同様の挙動を示す保証はない。ここでは、現在までの荷重履歴において床版は全断面の有効性を損なう劣化・損傷等はなく、本荷重レベルまでは健全性が確認できたと言える。今後、床版の損傷・劣化、合成度の低下等の上部工全体の影響も含め、さらに荷重履歴を受けた10年後、20年後の追跡調査を行い、データを蓄積する必要がある。

5. まとめ

本研究では、チャンネル形状 PC 版を適用した実橋の挙動特性の確認、および実際の交通履歴の影響を受けたチャンネル床版の健全性の評価を目的として、トラック走行載荷実験を行った。併せて、実験挙動の再現、実橋梁の床版と鋼桁の合成効果の把握、床版の健全性の検討、等の目的から橋梁全体をモデル化し FEM により弾性解析を行った。得られた知見を以下に示す。

- (1) 非合成桁として設計された本橋梁は、弾性合成桁の挙動を示した。FEM による弾性解析において、床版と鋼桁の結合部に水平バネを与え合成効果を検討した結果、 $\phi 19\text{mm}$  スタッドのバネ定数は押し抜き試験から得られる限界ずれ発生時のバネ定数の1/3の値を用いると実測挙動と合致し弾性合成されていると評価できた。
- (2) 床版の健全性を検討する目的から FEM 解析により各応答値の経時変化を再現し実測値と比較した。チャンネル形状版のコンクリートを全断面有効の完全弾性体として扱った FEM 解析値と実測値がひずみ、たわみの全測定項目で合致することから5年間重交通による実荷重を受けた本床版はまだコンクリートが全断面有効の状態にある極めて健全なものと立証できた。

謝辞：トラック走行実験では大阪大学大学院工学研究科土木工学専攻社会基盤設計学領域研究室の皆様には多大なる協力を頂いた。また FEM 解析では㈱パウエンジニアリング西澤克彦氏に協力を頂くとともに貴重なご意見を頂いた、ここに深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 真鍋英規, 林功治, 松井繁之: チャンネル形状プレキャスト PC 床版の開発, プレストレストコンクリート, Vol20, No.2, pp36-44, 1998.3.
- 2) 中井博 編: プレキャスト床版合成桁橋の設計・施工, 森北出版, 1988
- 3) プレキャストPC床版の輪荷重走行試験機による疲労実験, プレストレストコンクリート技術協会, 第9回シンポジウム論文集, pp381~386, 1999.10.

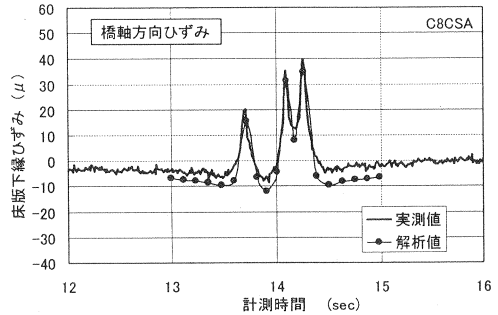


図-13 床版部下縁橋軸方向ひずみの経時変化

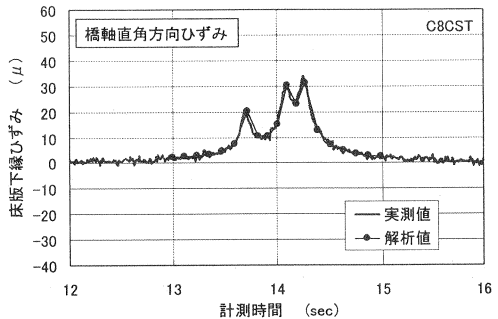


図-14 床版部下縁橋軸方向ひずみの経時変化

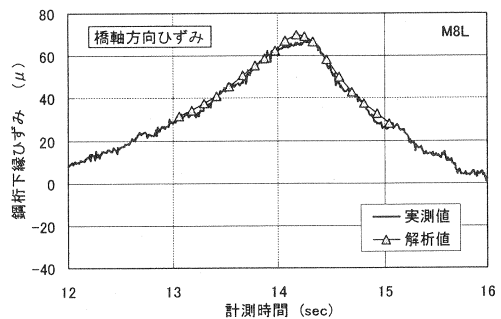


図-15 鋼主桁下縁橋軸方向ひずみの経時変化

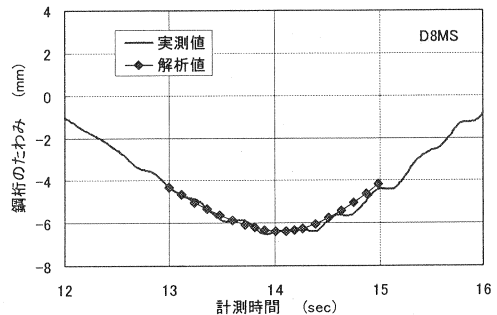


図-16 主桁たわみの経時変化