

(60) 実橋を用いたプレキャストPC床版における静的載荷試験

ドーピー建設工業(株) 名古屋支店 設計課 正会員 ○宮下 秀樹  
 ドーピー建設工業(株) 本社 技術センター 正会員 立神 久雄  
 ドーピー建設工業(株) 名古屋支店 設計課 正会員 斉藤 亮一  
 日本道路公団 名古屋建設局 名古屋工事事務所 正会員 木次 克彦

1. はじめに

近年日本において、施工の省力化や経済性を考慮して、少数主桁(3主桁及び2主桁)の合成桁橋の建設が進んでいるが、一方では、床版を形成するPC床版の設計方法について、構造的特徴を考慮しての合理化設計への取り組みもある。このため、先ず、実際の輪荷重載荷時の床版応力度を把握する為、実橋にトラック荷重を載荷した。なお、本対象橋梁のPC床版は、工場で製作されたプレキャストPC床版である。

本報告は、実橋載荷実験と3次元FEM解析によって、主桁の不等沈下、PC床版と鋼主桁の結合条件、PC床版の異方性度、横桁の拘束度等がPC床版の発生応力度にどの程度影響しているのかを把握し、今後のPC床版の合理化設計への方向性を示唆するものである。今回の論文に関しては、橋軸直角方向に着目し、取りまとめるものとする。

2. 実橋載荷実験

実橋載荷実験を行った合成桁橋の断面図を、図-1に示す。本橋梁は、第二名神高速道路に架かる、橋長428.800m、支間長48.500m+4@52.000m+3@43.000m+42.300mの9径間連続鋼3主桁合成桁橋である。主桁断面は、有効幅員14.490m、鋼主桁高2.900m、鋼主桁間隔6.000mである。床版は、図-3に示すように、標準部材厚0.270m、支点部材厚0.370mを有する工場で製作されたプレキャストPC床版で、図-2に示すよ

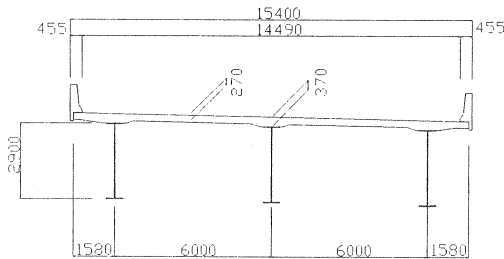


図-1 断面図

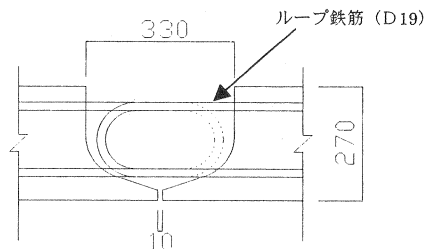


図-2 ループ鉄筋継手

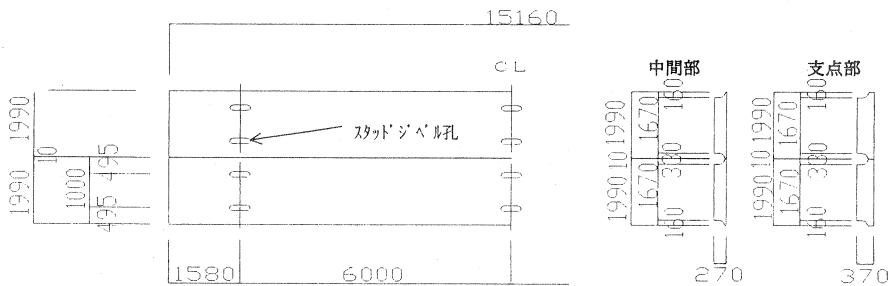


図-3 PC版構造図

うに、プレキャストPC床版同士は、ループ鉄筋により接合している。また、鋼主桁とプレキャストPC床版の接合はスタッドジベルによる方法を用い(図-4)、ジベル孔には無収縮モルタルおよび膨張コンクリートを充填している(図-5)。スタッドジベルの設計においては、非合成の計算を行っている。

表-1に実橋載荷ケースを示す。載荷実験には、本橋梁のP78~P80を使用して行った。載荷荷重としては前輪荷重49kN、後輪荷重196kNのダンプトラックを用い、主桁の不等沈下、横桁の拘束度等の影響を考慮するために、支間中央横桁上、支間中央横桁間、支点横桁~中間横桁間および支点横桁上にダンプトラックを載荷してプレキャストPC床版に発生するひずみ応力を計測した。また、ダンプトラックのタイヤ近傍の応力集中の影響を把握するために、計測位置から2.0m離れた位置にも、ダンプトラックを載荷した。図-6にダンプトラック載荷ケースの一部を示す。この図からもわかるように、プレキャストPC床版の正曲げモーメントに着目する場合は片側にダンプトラック2台を載荷し、負曲げモーメントに着目する場合はダンプトラック4台を載荷し、合計16ケースの実橋載荷を行った。図-7に、ひずみゲージ及び変位計の設置位置を示す。計測断面は、A1~A4までの4断面とし、1断面あたり、2軸のひずみゲージをプレキャストPC床版に23箇所、鋼主桁に12箇所、貼付した。プレキャストPC床版の鉛直変位を計測するために、変位計を12箇所、設置した。またプレキャストPC床版と鋼主桁フランジの鉛直方向の開きを確認するために、変位計を6箇所設置した。さらに、プレキャストPC床版と場所打ちコンクリートの界面にπゲージを設置し、その開きの有無を確認した。

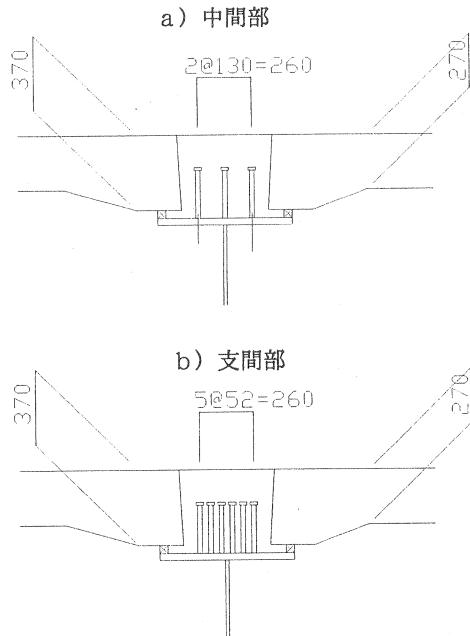


図-4 スタッドジベル配置図

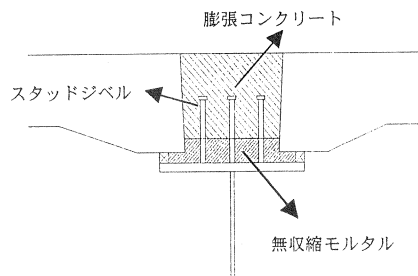


図-5 鋼主桁とPC床版の接合方法

表-1 実橋載荷ケース

TYPE	着目曲げモーメント		着目位置		車両台数	計測断面	備考
	橋軸直角方向	負曲げ	支間中央	中間横桁上			
TYPE 1-1	〃	負曲げ	〃	〃	4	A3	
TYPE 1-2	〃	正曲げ	〃	〃	2	〃	
TYPE 2-1	〃	負曲げ	〃	〃	4	〃	2.0m 移動
TYPE 2-2	〃	正曲げ	〃	〃	2	〃	2.0m 移動
TYPE 3-1	〃	負曲げ	〃	中間横桁間	4	A4	
TYPE 3-2	〃	正曲げ	〃	〃	2	〃	
TYPE 4-1	〃	負曲げ	〃	〃	4	〃	2.0m 移動
TYPE 4-2	〃	正曲げ	〃	〃	2	〃	2.0m 移動
TYPE 5-1	〃	負曲げ	支点部	支点横桁上	4	A1	
TYPE 5-2	〃	正曲げ	〃	〃	2	〃	
TYPE 6-1	〃	負曲げ	〃	〃	4	〃	2.0m 移動
TYPE 6-2	〃	正曲げ	〃	〃	2	〃	2.0m 移動
TYPE 7-1	〃	負曲げ	支点~中間横桁間	〃	4	A2	
TYPE 7-2	〃	正曲げ	〃	〃	2	〃	
TYPE 8-1	〃	負曲げ	〃	〃	4	〃	2.0m 移動
TYPE 8-2	〃	正曲げ	〃	〃	2	〃	2.0m 移動

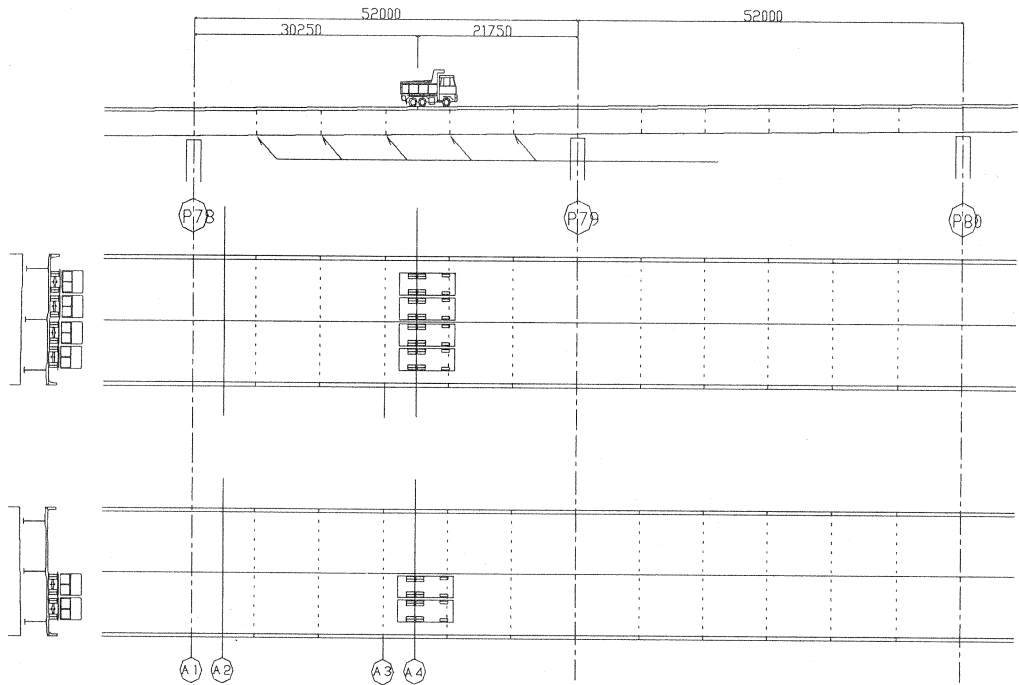


図-6 トラック載荷ケース

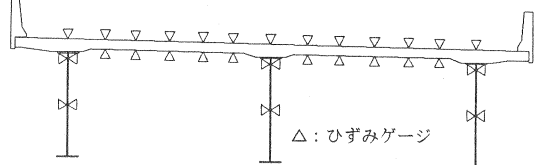


写真-1 トラック載荷状況

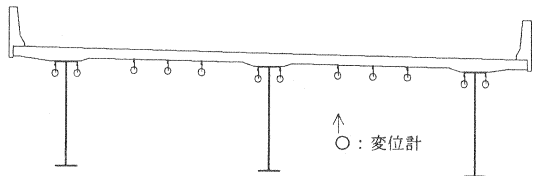
### 3. 詳細FEM解析

実橋載荷試験で得られた実験値と比較するために、微小変形理論によるFEM解析を行った。解析モデルは、床版の挙動を確実に把握し、境界条件などの不確定要素を取除くために、橋梁全体(全9径間)のモデルを作成した。特に、着目断面(P78~P80)では要素の細分化を行った。プレキャストPC床版においては、各床版厚、ハンチを考慮し、SHELL要素によりモデルを構築した。橋軸直

【 2軸ひずみゲージの添付位置 】



【 鉛直方向変形の設置位置 】



【 PC床版と鋼フラングの鉛直方向変位計の設置位置 】

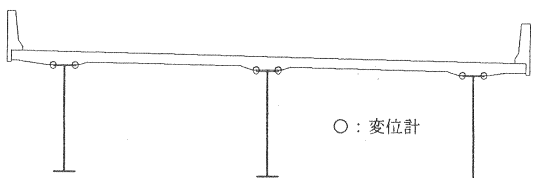


図-7 ひずみゲージおよび変位計の設置位置

角方向に着目したFEMモデルにおいては、床版に及ぼす壁高欄の影響がほとんど無い為、壁高欄の合成を無視する。鋼主桁においては、主桁フランジ、支点横桁、中間横桁、鉛直補剛材をSHELL要素により、忠実にモデル化をおこなった。また、プレキャストPC床版と鋼主桁の接合条件は、スタッドジベルを無視した剛結合とした。図-8に詳細FEMモデルを示す。

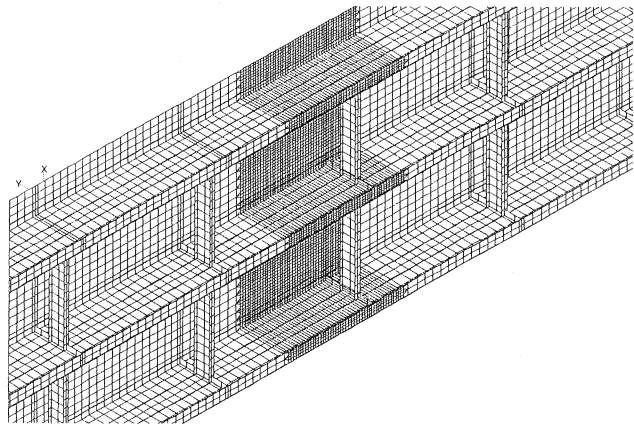


図-8 詳細FEM解析モデル

#### 4. 試験結果とFEM解析の比較

##### 4.1 試験結果と詳細FEM解析の比較

実橋載荷試験の計測結果の解析にあたり、プレキャストPC床版の橋軸方向および橋軸直角方向の応力は、2軸ゲージにより求めた床版のひずみを用いて、以下に示す式(1)および式(2)

$$\sigma_x = \frac{E_c}{1 - \nu^2} (\epsilon_x + \nu \cdot \epsilon_y) \dots (1)$$

$$\sigma_y = \frac{E_c}{1 - \nu^2} (\epsilon_y + \nu \cdot \epsilon_x) \dots (2)$$

- $\sigma_x$  : 主方向のコンクリート応力。
- $\sigma_y$  : 横方向のコンクリート応力。
- $\nu$  : コンクリートのポアソン比。
- $\epsilon_x$  : 主方向のコンクリートひずみ。
- $\epsilon_y$  : 横方向のコンクリートひずみ。

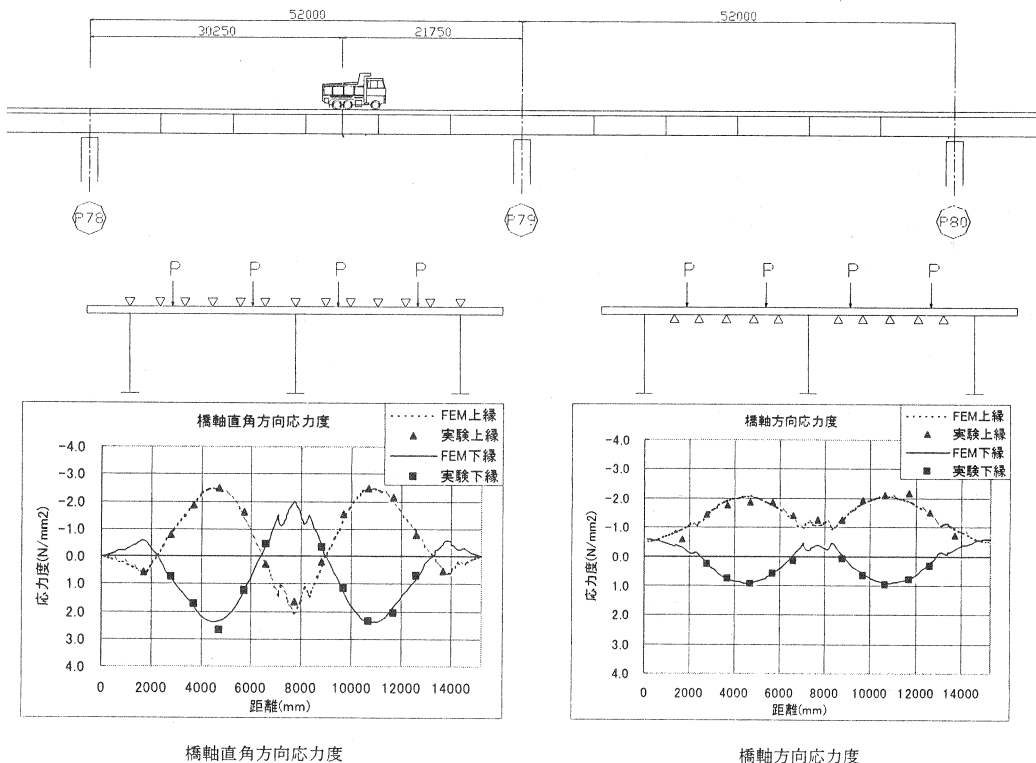


図-9 計測結果と詳細FEM解析の比較

より求めた。図-9に計測結果と詳細FEM解析の比較の一部を示す。

詳細FEM解析モデルは、等方性としてSHELL要素で構築されたモデルである。各載荷ケースとも、計測結果値と詳細FEM解析値は良く一致しており、詳細FEM解析モデルで仮定した境界条件の妥当性が確認された。これは、計測においてもPC床版と鋼フランジの開きおよびプレキャストPC床版と場所打ちコンクリートの界面の開きとも確認されておらず、PC床版と鋼主桁の結合条件は剛結合と考えられ、PC床版は等方性と考えられる。また、端支点部においては、剛度の高い横桁が配置されており、中間部に比べ応力集中が確認された。

#### 4.2 詳細FEM解析と簡易FEMとの比較

ここでは、実設計を考慮して簡易FEM解析モデルの提案を行う。図-10に簡易FEM解析モデルを示す。このモデルは、鋼主桁を省略してプレキャストPC床版のみをSHELL要素によりモデルを構築したものである。プレキャストPC床版は、詳細FEM解析モデルと同様に、各床版厚、ハンチを考慮した。また、境界条件は、省略した鋼主桁位置を単純支持とした。前節の結果より、詳細FEM解析モデルの妥当性が確認されたことから、詳細FEM解析と簡易FEM解析および道路橋示方書の比較を行い、簡易FEM解析の有用性の確認を行う。図-11に、これらの応力度比較を示す。図-11からもわかるように、各載荷位置により、主桁の不等沈下および横桁の拘束度の影響が出ている。道

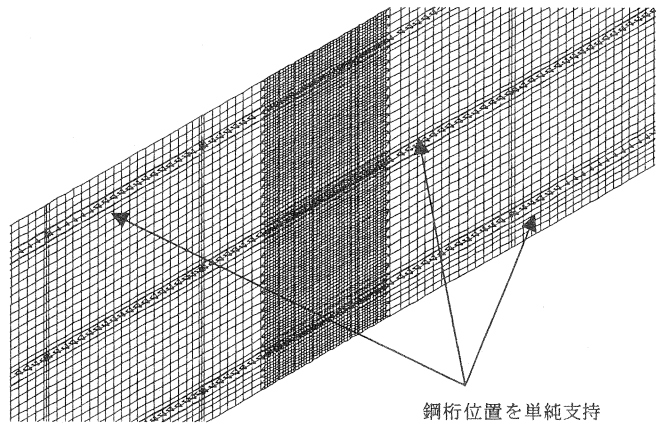


図-10 簡易FEM解析モデル

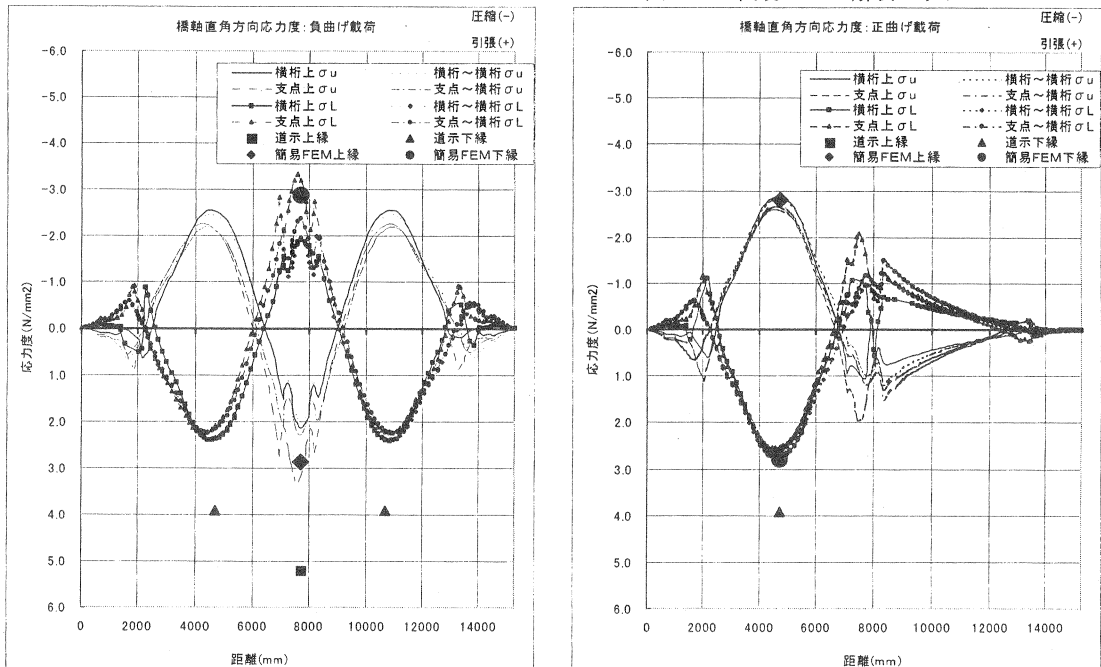


図-11 各載荷位置における応力度比較

路橋示方書と詳細FEM解析を比較した場合、道路橋示方書の値は、安全側の値となる。特に、支点の負荷げモーメントに対しては、1.8程度となる。これは、道路橋示方書の提案式が両端固定版として算出されている影響と考えられる。

詳細FEM解析と簡易FEM解析の比較であるが、正曲げ荷による橋軸直角方向応力度の場合、詳細FEM解析による各載荷位置による変動は、若干の不等沈下の影響が見られるものの、上縁応力度および下縁応力度とも約10%の応力変動があり、あまり顕著な応力変動ではない。簡易FEM解析により各載荷位置とも、ほぼ安全側に評価できると考える。

負曲げ荷による橋軸直角方向応力度の場合、詳細FEM解析による各載荷位置による変動は、上縁応力度は約44%応力変動があり、下縁応力度は約50%の応力変動がある。この負曲げ荷の場合は、支点横桁および中間横桁の拘束の影響が各載荷位置により顕著に現れている。特に、支点上は防音コンクリートが鋼横桁に巻かれた構造になっており剛度が高く、他の載荷位置に比べると大きな応力度が発生している。この場合、支点上の載荷に対して、詳細FEM解析と簡易FEM解析を比較すると、簡易FEM解析の方が約15%程度下回る結果となった。

## 5. まとめ

本試験とFEM解析から、以下のことがわかった。

- ① 正曲げ荷による橋軸直角方向応力度の場合の各載荷位置による変動は、上縁応力度および下縁応力度とも約10%の応力変動にとどまっており支点沈下の影響が小さいことが上げられる。
- ② 負曲げ荷による橋軸直角方向応力度の場合の各載荷位置による変動は、上縁応力度は約44%応力変動があり、下縁応力度は約50%の応力変動があり支点横桁および中間横桁の拘束の影響が顕著に現れている。
- ③ 簡易FEM解析は、15%程度の安全率を考慮すれば、各載荷状態の橋軸直角方向の応力は安全側に評価できる。

## 6. あとがき

謝辞) 本試験および解析に際し、日本大学理工学部交通土木工学科の星埜正明教授及びその研究室に所属する川瀬一成君、小川篤君、孫崎安紀さんに多大の尽力を頂きました。この場を借りて感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 道路橋示方書・同解説、Ⅲコンクリート橋偏、日本道路協会、平成8年12月
- 2) PC床版設計・施工マニュアル(案)、(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会、平成11年5月
- 3) 第二東名・名神 鋼少数主桁の設計・施工指針(案)、(財)高速道路技術センター 平成10年10月7日