

(20) プレテンション方式P C単純床版橋の構造特性に関する基礎的研究

日本鋼弦コンクリート（株）大阪支店 正会員○東原 実
 同 上 横畑 勝彦
 同 上 武末 崇志
 金沢工業大学 工学部 本田 秀行

1. はじめに

本解析で対象とした橋梁は、工場で作製のプレテンション方式によって緊張力が与えられたプレキャスト桁を架設現場に並べ、場所打ちコンクリートとポストテンション方式によってプレキャスト桁を水平方向に一体化させて床版構造とするプレテンション方式P C単純床版橋である。このような床版橋は、経済性、工期短縮、施工精度の向上など利点とすべき特徴がある。

本解析では、プレテンション方式P C単純床版橋の強度や振動特性など力学的性状を把握するために、90日後のクリープによるそりを考慮した主桁に着目し、主桁間詰部および横締め位置などに対して、様々な解析モデルを作成した。そして、これらの解析モデルに対して有限要素法による静解析と固有値解析を実施した。

本報告書は、この静解析および固有値解析で得られた結果を基に、プレテンション方式P C単純床版橋の構造特性の有意性を確認したものである。

2. 解析目的

本解析は、P C鋼棒による横締めの箇所に対する固有振動数や振動モードの変化、主桁の本数に対する床版構造の強度などプレテンション方式P C単純床版橋の基本的な構造特性を把握すると同時に、その基礎資料を得ることを目的としている。

本解析の主要な検討事項は、以下の2点である。

(1) 主桁の本数に対する版挙動とその構造特性：

主桁本数の増加による梁から版への挙動の確認、強度および支間に対する幅員の比によるたわみや振動特性から版の強度と振動挙動の検討などである。すなわち、床版構造としての基本的な構造特性を把握する。

(2) 横締め箇所に対する振動挙動と振動特性：

横締め箇所とその順序による振動挙動と振動特性の検討である。すなわち、横締め箇所とその順序と振動特性の検討から、現場施工時においての有効的な横締め箇所とその順序など、施工時の省力化や安全施工を把握する。

3. 解析モデルおよび解析方法

1) 基本1本梁モデル

本解析で対象としたプレキャスト桁は、図-1に示すように、断面内に9本のP C鋼材（SWPR7BN 7本より12.7mm）が配置されている。桁は、充実断面であり、支間5mの桁である。また、90日後のクリープによるそりとして5mmを与えている。

構造解析の基本として、このプレキャスト桁1本に対する静解析を行った結果、支間中央での100KNの荷重による鉛直変位量は、3.3

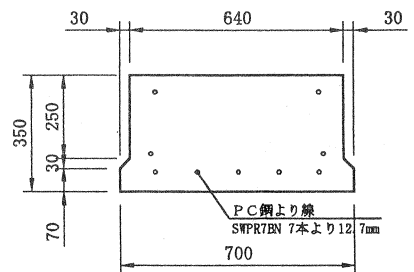


図-1 基本1本梁モデル

mmであった。同様に、このプレキャスト桁1本に対する固有値解析を行った結果、1次の固有振動数は、23.235 Hzであった。さらに、解析上の基礎データを得るためにプレキャスト桁に対する固有値解析の理論計算も実施した。その理論式(1)を次式に示す。

$$f_n = \frac{(n\pi)^2}{2L^2} \sqrt{\frac{EIg}{w} \left(1 + \frac{NL^2}{\pi EI}\right)} \quad (\text{Hz}) \quad \dots (1)$$

ここに、 f_n : n次固有振動数, L: 支間 (5.0 m), E: ヤング係数 ($3.3 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$)

I: 断面二次モーメント ($2.38 \times 10^{-3} \text{ mm}^4$), g: 重力加速度 (9.8 m/s^2)

$w = \rho A$: 単位長さ当たりの重量 (N/m), N: プレストレス力 (531.19 kN)

式(1)から求めた1次固有振動数の理論値は、 $f_1 = 23.215 \text{ Hz}$ であった。

2) 8本主桁モデルと4本主桁モデル

本解析では、格子による解析を行った。解析モデルとしては、1)に示した基本1本梁主桁を用い、図-2に示す8本主桁モデルおよび図-3に示す4本主桁モデルを仮定した。

また、モデル化の方針を次の通りとした。

- a) 中間横桁および端支点横桁のプレストレス導入方法は、集中荷重とする。
- b) 仮想横桁の剛性評価は、間詰部の断面積、断面二次モーメント、ねじり定数を考慮する。
- c) 支持条件は、単純支持とする。

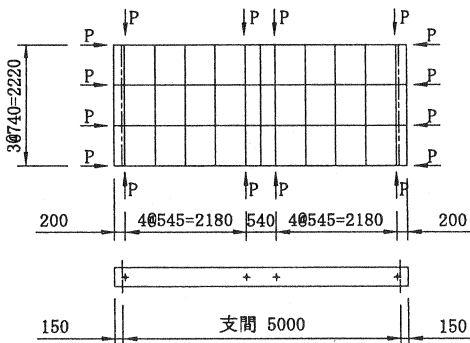


図-2 8本主桁モデル

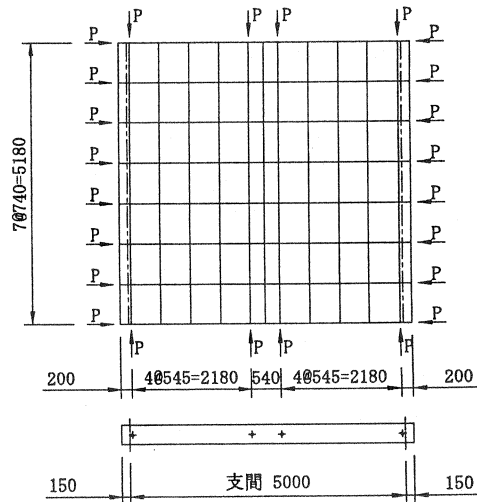


図-3 4本主桁モデル

3) 解析方法

静解析の解析方針は、次の通りとした。

- a) 線形解析とする。
- b) 載荷荷重は、支間中央での集中荷重とし、10 kN刻みで100 kNまでとする。

固有値解析の解析方針は、次の通りとした。

- a) プレストレス導入の影響が振動特性に反映されるように、非線形の固有値解析とする。

4. 解析ケース

本解析では、表-1のように解析ケースを設定し、各解析ケースに対する静解析及び固有値解析を行った。

表-1 解析ケース

解析モデル	主桁本数	幅員方向の剛性	横締め位置
Case1.1	8 or 4	間詰コンクリート+ P C鋼棒(φ23)	なし
Case1.2			左端
Case1.3			中央左
Case1.4			左端+中央左
Case1.5			左端+中央右
Case1.6			左端+右端
Case1.7			中央左+中央右
Case1.8			左端+中央左+中央右
Case1.9			左端+中央左+右端
Case1.10			左端+中央左+中央右+右端
Case2.1	8 or 4	P C鋼棒(φ23)	なし
Case2.2			左端
Case2.3			中央左
Case2.4			左端+中央左
Case2.5			左端+中央右
Case2.6			左端+右端
Case2.7			中央左+中央右
Case2.8			左端+中央左+中央右
Case2.9			左端+中央左+右端
Case2.10			左端+中央左+中央右+右端

5. 解析結果

1) 静解析結果

主桁本数の違いによる荷重と最大たわみを図-4に、たわみ形状を図-5に示す。

図-4では、両主桁モデル共に荷重とたわみに線形関係が見られる。また、幅員方向の剛性として、間詰+P C鋼棒とした場合とP C鋼棒のみとした場合とでは、有意な差異が見られなくほとんど同じである。当然ながら、幅員方向の剛性の異なるモデルのいずれにおいても、8本主桁モデルは4本主桁モデルの場合よりも最大たわみ値は小さく、4本主桁モデルの約1/2程度の値となっている。これは、格子構造のため幅員方向の剛性が十分存在しているためである。

図-5は、両主桁モデルの横締めが完工された時点でのたわみ形状を一例として表している。これらの図から、両主桁モデルに対する幅員方向の剛性の異なるモデルのたわみ形状には、ほとんど

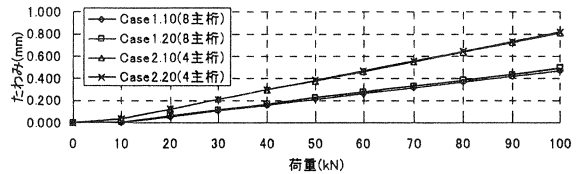


図-4 主桁本数の違いによる荷重と最大たわみ

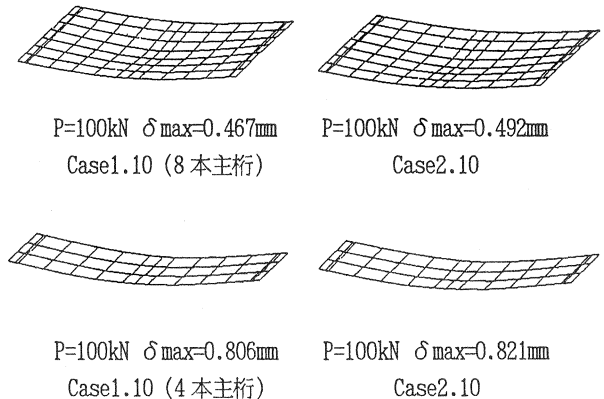


図-5 たわみ形状

差異がないものと考えられる。また、8本主桁モデルでは幅員方向のたわみ差が生じ、4本主桁モデルではほとんどたわみ差が生じていない。このことから8本主桁モデルでは版構造のたわみ形状が表れ、4本主桁モデルでは梁に近いたわみ形状が表れると考えられる。

2) 固有値解析結果

固有値解析による固有振動数および振動モードを図-6、図-7に示す。

図-6は、4箇所の横締め施工が完工された時点で、8本主桁モデルの幅員方向の剛性として間詰+PC鋼棒とした場合とPC鋼棒のみとした場合を示す。同様に図-7では、4本主桁モデルを示す。

両主桁モデル共に、幅員方向の剛性の違いに対しても振動次数による固有振動数の変化に有意な差が無く、ほとんど同程度と考えられる。

8本主桁モデルは、幅員方向の剛性の異なるモデルのいずれにおいても、4本主桁モデルの場合よりも固有振動数は小さい値となっている。これは、支間と幅員の比による影響が考えられる。

また、構造物の振動特性を検討する場合、基本的な1次の固有振動数とその振動モードで評価されるのが一般的あり、両主桁モデル共に1次振動モードは、幅員方向の剛性の異なるモデルのいずれにおいても、橋軸全体の鉛直方向の曲げ1次モードを示している。これは、幅員方向にも剛性が均等に分布されていることを示していると思われる。

6. おわりに

本解析では、格子桁モデルによる解析し、その有意性を確認された成果を要約すれば以下のようである。

- ①8本主桁モデルは、版構造としての静的および動的挙動となっていると考えられる。
- ②4本主桁モデルは、版構造より梁に近い静的および動的挙動となっていると考えられる。
- ③全体的なたわみ形状から評価すると、横締め位置とその順番に対する有意な相違が見られなかった。これは、間詰めコンクリートによって、プレキャスト桁と間詰め部に剛性が生じていることが考えられる。従って、実際の施工時では、横締め位置とその順番を詳細に規定する必要性は低いことが言えるものと思われる。

しかし、本解析では、プレテンション方式PC単純床版橋を格子モデルに仮定し、その有意性を確認したが今後、実構造物とモデルの検証および幅員方向の剛性評価も検討する必要がある。

参考文献

- 1) 道路橋示方書・同解説I、III (日本道路協会) 平成8年12月
- 2) JIS橋げたによるPC道路橋設計・製造便覧 (プレストレスト・コンクリート建設業協会) 平成7年4月

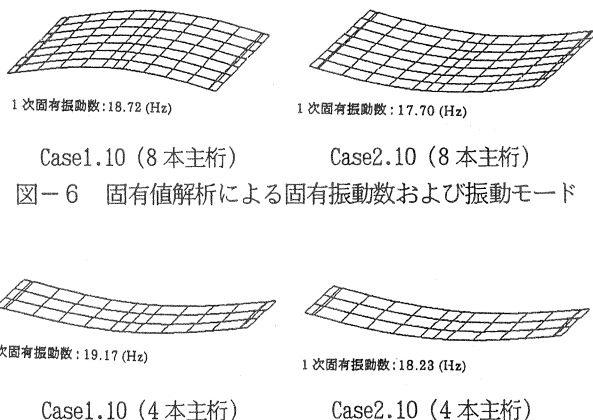


図-6 固有値解析による固有振動数および振動モード

図-7 固有値解析による固有振動数および振動モード