

[121] PC 9 径間連続ループ橋の静的載荷実験

池沢 昭和 (兵庫県企業庁開発課)
 田村 章 (オリエンタルコンクリート大阪支店)
 正会員 ○ 八田 吉弘 (オリエンタルコンクリート技術部)
 林下 敦 (オリエンタルコンクリート技術部)

1. まえがき

このほど兵庫県姫路港に完成した飾磨臨海大橋右岸取付橋は、9径間連続のPC箱桁橋である。本橋は図-1~3に示すように、橋長265m、道路中心半径43.35m、交角約320°の全円に近い曲線橋であり、連続したPC構造のループ橋としては我国で最初のものである。設計にあたっては、通常の曲げ挙動のみではなく、ねじり挙動にも着目して一連の検討を行っている。しかし、前例のない構造物であるため、未だ解明されていない事項も残されている。

本報告は、橋体工完成後に実施した実橋による静的載荷実験の結果をとりまとめたもので、解析モデルの設定方法について提案するものである。

2. 実験概要

(1) 測定区間と測定方法

本橋の特徴のひとつは、P8支点を除く中間支点はすべて1点支持されていることである(図-4参照)。そこで、両端部の2点支持による影響を避けるため、測定区間は橋梁中間部の第6径間(P5~P6)とした。

測定項目は主桁のたわみとコンクリートひずみとし、全156点について計測した。測定区間にはビティー足場を設け、変位計の設置とひずみゲージの貼付を行った。変位計はビティー枠に単管を取付けこれにセットした。

(2) 載荷荷重と荷重載荷位置

載荷荷重には35tトラッククレーン(1台)と砕石を満載した20tダンプトラック(4台)を使用した。

荷重の載荷位置は、図-5に示すように、主として主桁に曲げモーメントを与えるため構造中心付近に載荷する「曲げ載荷位置」と、ねじりモーメントを与えるため主桁中心の外側に偏心して載荷する「ねじり載荷位置」の2グループに分けた。さらに、各載荷位置毎に全体の配置を1径間もしくは半径間毎に移動させて、全9ケースの荷重載荷位置とした。

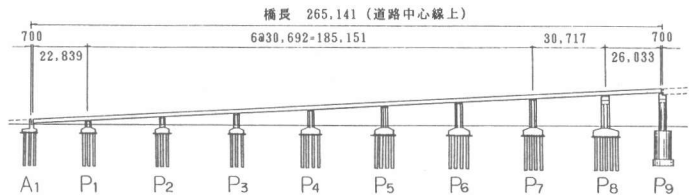


図-1 側面図

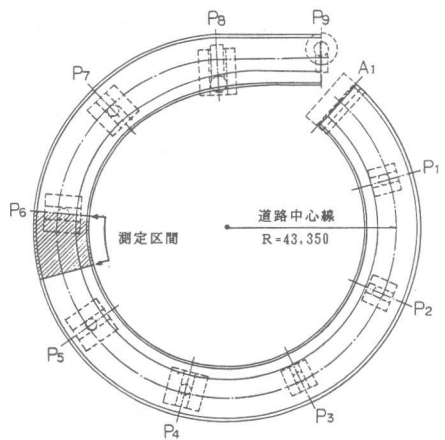


図-2 平面図

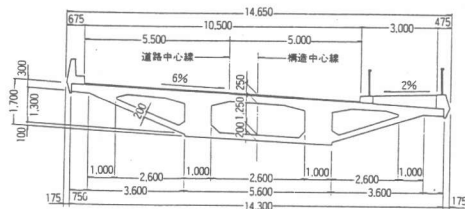
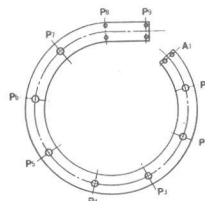


図-3 横断面図



位置	直径×厚さ(mm)	反力(ton)
A1	φ 850×225	330
P1~P7	φ 1,600×214	1,175
P8	φ 1,250×220	660
P9	φ 750×225	270

図-4 ゴム支承の配置と諸元

3. 構造解析

(1) 解析方法

本橋のように複雑な平面線形を有する橋梁では、通常の直梁とは異なり、ねじりモーメントの影響を強く受けることになる。したがって構造解析では、ねじりの影響を考慮しうる解析手法を採用しなければならない。ここでは、鉛直方向荷重のみが作用することから、面外荷重を考慮する微小変形理論によるプログラムを用いて解析した。なお、コンクリートの諸定数は表-1に示す値を用いた。

(2) 解析モデル

構造解析にあたっては、対象とする構造物をどのようにモデル化するかが最も重要な問題となる。ここでは、解析モデルとして表-2に示す3種類のモデルを考えた。

モデル-1は設計計算で採用したもので、骨組形状は1主桁のあばら格子とし、ねじり剛度の算定は斜め床版の連続性を無視して1室箱断面と考えた。また、支承は1点集中パネとして取扱った。

モデル-2はモデル-1を一部修正したもので、骨組形状はモデル-1と同じであるが、ねじり剛度は全断面有効と考えて算定し、さらに1個のゴム支承を5個の集中パネに置換えた。

また、モデル-3は骨組形状をウエブを主桁とする2主桁の格子と考えたもので、主桁は横桁を介して互いに連結されている。このとき、支承は支点横桁の中央に設けた。

なお、横桁は各支間の1/0等分点に設け、その曲げおよびねじり剛度は各モデルとも同じ値を用いた。

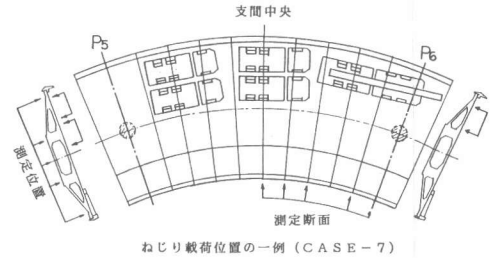
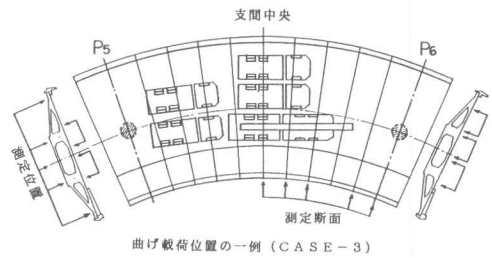


図-5 荷重載荷位置と測定断面

表-1 コンクリートの諸定数

設計基準強度	$\sigma_c = 400 \text{ kg/cm}^2$
ヤング係数	$E_c = 3.5 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$
せん断弾性係数	$G_c = 1.5 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$
ポアソン比	$\nu_c = 1/6$
線膨張係数	$\alpha_T = 1.0 \times 10^{-5}$

表-2 解析モデル一覧表

	モデル-1 (1主桁基本モデル)	モデル-2 (1主桁修正モデル)	モデル-3 (2主桁モデル)
骨組形状	 1主桁のあばら格子	 1主桁のあばら格子	 2主桁格子
主桁の剛性評価	曲げ 全断面有効	曲げ 全断面有効	曲げ 全断面有効
	ねじり 斜床版の連続性を無視(1室箱形断面)	ねじり 全断面有効(3室箱形断面)	ねじり 全断面有効(1室箱形断面)
中間部ゴム支承の評価方法 (φ1600mm)	 1点集中パネ支承	 5個の集中パネ支承	 1点集中パネ支承

4. 実験値と解析値の比較

(1) 主桁のたわみとねじり回転角

図-6は、曲げ載荷とねじり載荷の代表的なもの(CASE-3, 7)について、主桁中心のたわみとねじり回転角の実験値と解析値を示したものである。

主桁中心のたわみは、曲げおよびねじり載荷の両者とも各解析モデル間に大きな差異はみられず、実験値ともよく一致している。主桁中心のたわみは主として曲げ剛度に依存するものであるが、各解析モデルとも全断面有効として曲げ剛度を評価しているため当然の結果であるといえる。しかし、実験値と解析値がよく一致していることから、今回採用した解析方法と材料定数は妥当であったと考えられる。

一方、主桁のねじり回転角は、各解析モデルによって異なり、とくに、ねじり載荷(CASE-7)の場合にその傾向が顕著に表われている。ねじり回転角はモデル-1, 2, 3の順序で小さくなっているが、このうち実験値に最もよく近似しているのはモデル-2で、平均の誤差は約10%であった。モデル-1と3は、実験値と大きく異なり、それぞれ実際よりも構造全体のねじり剛度を過少もしくは過大に評価していることになる。モデル-1と2の違いを明確にするため、両者の中間の場合として、次の2ケースについて検討した。

① モデル-1で、ねじり剛度を全断面有効とする

② モデル-1で、ゴム支承の分散を考慮する

計算結果は両者ともモデル-1と2のほぼ中間の値を示した。したがって、主桁のねじり剛性だけでなくゴム支承の評価も同様に重要なことがわかる。

(2) 主桁の断面力

図-7は、主桁の曲げモーメントとねじりモーメントの解析結果を示したものである。ここでは、実験値が得られないので解析値の比較を行う。

曲げモーメントは、荷重載荷位置と解析モデルに応じてその傾向が異なっている。主桁中心付近に載荷する曲げ載荷(CASE-3)の場合には、解析モデル間にほとんど差異はみられない。一方、主桁中心から偏心して載荷するねじり載荷(CASE-7)の場合には、支点上の不静定曲げモーメントが異なっていることがわかる。これは、図-8に示すように、偏心荷重Pが作用したとき、中間支点上の主桁のたわみが各解析モデルによって異なり、中間支点のみかけのバネ定数がモデル-1, 2, 3の順番に小さくなり、それに応じて支点上の不静定曲げモーメントが減少するためと考えられる。ただし、設計荷重の大半を占める死荷重は主桁中心近くに作用するため、各解析モデル間での全設計曲げモーメントは差異は小さく、構造設計上は大きな問題とはならない。

一方、ねじりモーメントは曲げモーメントとは傾向が異なり、モデル-1と2はよく一致しているが、モデル-3のみが異常に小さい値を示している。表-3に示すように、ねじりモーメント M_T はねじり剛

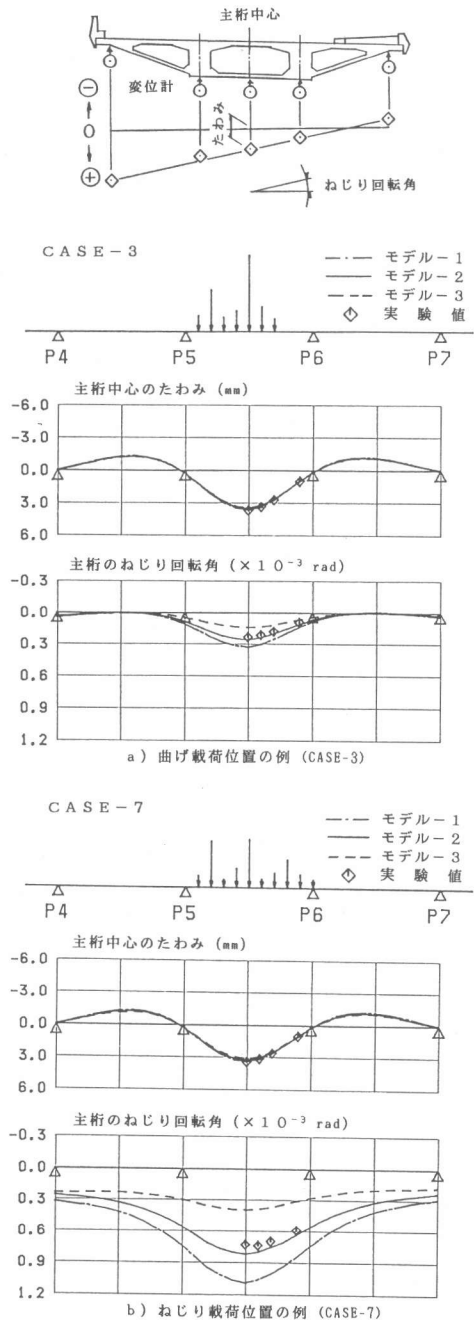


図-6 主桁のたわみとねじり回転角

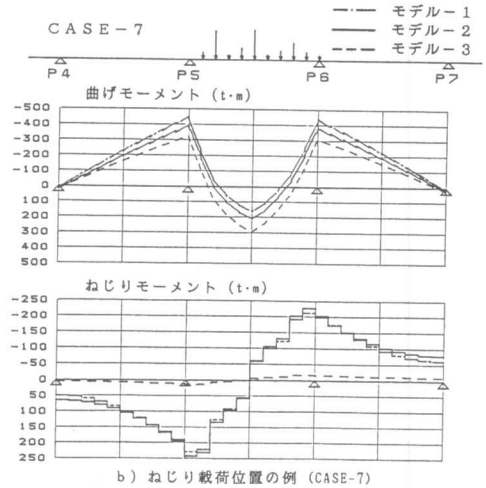
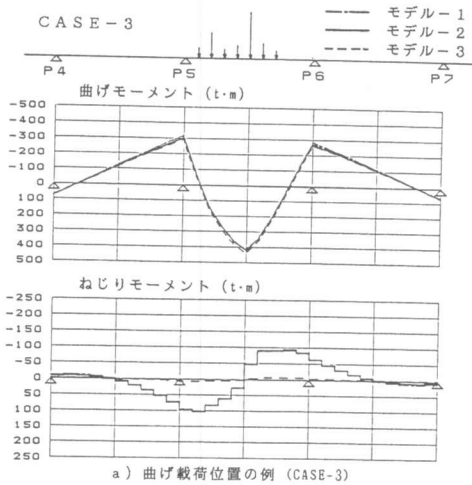


図-7 主桁の断面力

度(GJ)とねじり回転角の変化率($d\phi/dx$)の積で表されるが、各解析モデルによってその値が変化するためである。したがって、骨組形状に2主桁格子を用いる場合にはねじりモーメントを過小に評価することになるので注意が必要である。

なお、せん断力は各解析モデル間でほとんど差異は見られなかった。

(3) 主桁のコンクリートひずみ

図-9は、ねじり載荷位置 (CASE-7) について、曲げモーメントによる主桁上下縁の橋軸方向ひずみの実験値と解析値を示したもので、着目断面は支間中央より1/10支間離れた位置である。

輪荷重によるコンクリートひずみは小さく、顕著な傾向は見られないが、ウェブおよび主桁中心では、実験値はモデル-2の解析値に近い値を示していることがわかる。したがって、これからも解析モデルにはモデル-2が適当であることがうかがえる。

5. まとめ

本実験の結果から、本橋のように中間支間で1点支持されているPC箱形曲線橋では、その解析モデルについて以下の事柄が明らかになった。

- 1) 骨組形状は1主桁のあばら格子とするのがよい。
- 2) 主桁の曲げおよびねじり剛度は全断面有効としてよい。
- 3) 大断面のゴム支承はその広がり considering、分散したバネとして取り扱うのがよい。

[参考文献]

- 1) 高屋、池沢、中西、波辺：9径間連続PC曲線箱橋の設計、プレストレストコンクリート、Vol.27、No.3、3/1985
- 2) 高屋、池沢、中西、田村：野田川橋梁(仮称)の設計と施工、橋梁と基礎、Vol.19、No.9-10、9-10/1985

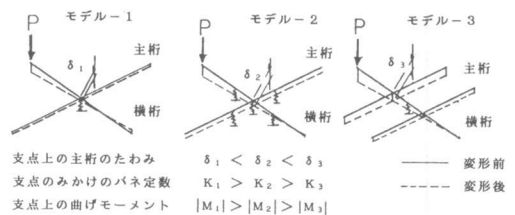


図-8 偏心荷重による支点上のたわみ

表-3 主桁のねじりモーメント

$$M_T = GJ \cdot (d\phi/dx)$$

	ねじり剛度 GJ	ねじり回転角 の変化率 $d\phi/dx$	ねじり モーメント M_T
モデル-1	中	大	大
モデル-2	大	中	大
モデル-3	小	小	小

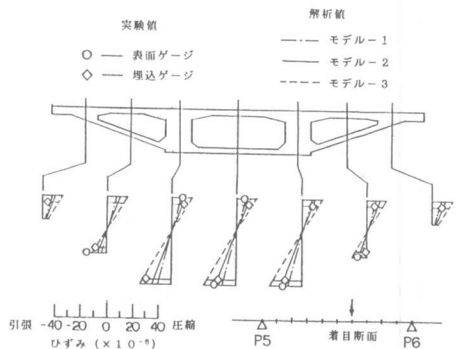


図-9 主桁上下縁のコンクリートひずみ