

(45) 横桁連結工法を用いた既設PC桁連結部の設計手法の検討

(財) 阪神高速道路管理技術センター 開発研究部 林 秀侃  
 阪神高速道路公団 京都建設事務所 林田 充弘  
 (株) 日本ピーエス 大阪支店 設計部 正会員 ○寺口 秀明  
 興和コンクリート(株) 大阪支店 設計課 正会員 福島 満

1. はじめに

阪神高速道路公団では、橋長25m以上の単純PC桁を対象としたノージョイント工法として、横桁連結工法について検討を行ってきた。本工法は、隣接する径間の端横桁間に間詰めコンクリートを充填しPC鋼棒により緊張する工法であり、耐荷力向上より、走行性向上、騒音振動の低減と伸縮装置など維持管理の省略を目的としたノージョイント工法である。

これまで実用に向けて、各種実験や検討を行っており、それらをもとに連結部を設計するための手法を検討した。ここでは、連結部のひび割れ発生に伴う剛性低下の影響を評価したこと、およびPC鋼棒に着目した簡易式を提案し、実験値およびFEM解析値と比較をおこない安全性と適用性を確認したことを報告する。

2. 連結部の剛性評価

2-1. 連結挙動確認実験結果

横桁連結工法の連結効果を確認する目的で実施した。

図-1は、供試体形状および載荷方法を示す。供試体形状は、1主桁を取り出し連結した形とした。載荷荷重は、片側載荷としタワミ量、連結部開口量に着目して計測を行った。

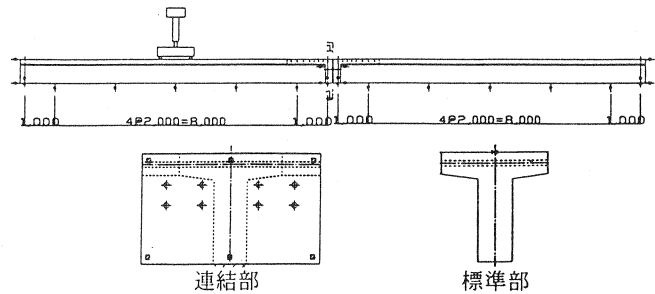


図-1 供試体形状および載荷方法

図-2は、載荷荷重とタワミ量の関係を示す。連結部剛性100%(主桁剛性に同じ)の場合の計算値と比較すると荷重増加とともに剛性が低下していることが推定できる。

なお、開口量については、B活荷重相当の14tでは0.04mm程度であり、実構造物レベルでも0.1mm程度となり連続舗装の耐久性に問題はないと考えられた。

2-2. 連結部の剛性評価

連結部の剛性低下は、前記のように連結目地部の開口の発生により生じると考えられる。ここでは、剛性評価のしやすいタワミに着目し、フレーム解析を利用して連結部(支点間)の剛性を推定する。

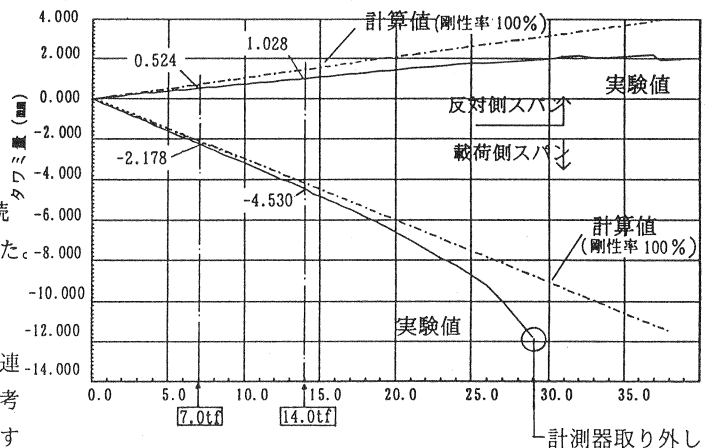


図-2 載荷荷重とタワミ量

図-3は、連結部の剛性低下を行った区間を表す。表-1は、連結部の剛性を0.0~100.0%まで変化させ、載荷荷重(14t)時および1/2時点(7t)の載荷側スパン中央および反対側スパン中央のたわみを表したものである。

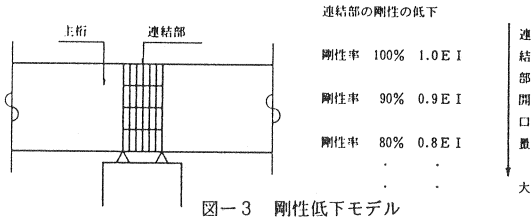


表-1 連結部の剛性率

| 剛性率   | (7t) 載荷時計算たわみ |             | 剛性率   | (14t) 載荷時計算たわみ |             |
|-------|---------------|-------------|-------|----------------|-------------|
|       | 載荷スパン (mm)    | 反対側スパン (mm) |       | 載荷スパン (mm)     | 反対側スパン (mm) |
| (%)   | (mm)          | (mm)        | (%)   | (mm)           | (mm)        |
| 100.0 | -2.131        | 0.738       | 100.0 | -4.252         | 1.474       |
| 90.0  | -2.135        | 0.734       | 90.0  | -4.260         | 1.465       |
| 80.0  | -2.140        | 0.729       | 80.0  | -4.270         | 1.455       |
| 70.0  | -2.146        | 0.723       | 70.0  | -4.283         | 1.442       |
| 60.0  | -2.155        | 0.714       | 60.0  | -4.300         | 1.425       |
| 50.0  | -2.166        | 0.702       | 50.0  | -4.322         | 1.401       |
| 40.0  | -2.182        | 0.685       | 40.0  | -4.355         | 1.368       |
| 30.0  | -2.208        | 0.659       | 30.0  | -4.406         | 1.315       |
| 20.0  | -2.254        | 0.612       | 20.0  | -4.498         | 1.221       |
| 15.0  | -2.294        | 0.571       | 15.0  | -4.578         | 1.140       |
| 10.0  | -2.360        | 0.504       | 10.0  | -4.709         | 1.005       |
| 5.0   | -2.489        | 0.371       | 5.0   | -4.967         | 0.741       |
| 0.0   | -2.862        | 0.000       | 0.0   | -5.711         | 0.000       |
| 実験値   | -2.178        | 0.524       | 実験値   | -4.530         | 1.028       |

図-4は、これをもとにグラフを描いたもので実験でのたわみ量をプロットすると、連結部剛性は載荷側で18~42%、無載荷側で10~11%となった。

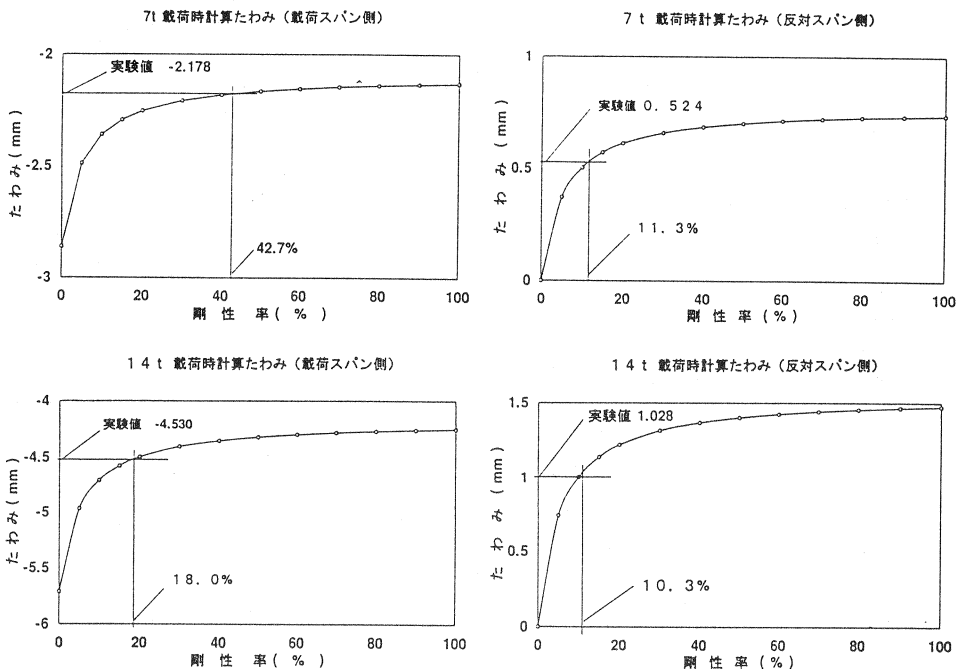


図-4 剛性率とたわみ量

### 3. 連結部の設計方法

#### 3-1. 連結部に発生する断面力

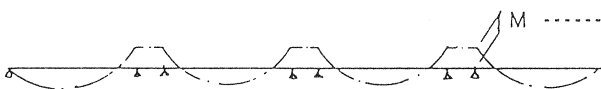
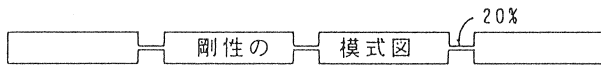
##### 1) 温度変化による断面力

横桁連結工法は、連結部の支承およびアンカーはそのまま使用することを前提としている。このため温度変化による主桁の伸縮がフレキシブルピア方式とした橋脚に拘束されることにより、断面力が発生する。図-5は、試算モデルでの温度変化による拘束力を表している。

P2についてみると約122tがPC鋼棒に作用することになる。

##### 2) 活荷重による断面力

連結部の活荷重による負曲げは、図-6のように連結部剛性を20%としてフレーム計算した値を用いることとした。これは、2. 連結部の剛性評価でB活荷重相当時では、10~18%の結果が得られており、これを安全側となりラウンドになるよう丸めた数値である。



$$M = P1 \cdot L1 + P2 \cdot L2$$

と仮定する。

#### 3-2. 解析モデル

図-7は、連結部を剛部材と仮定したブロックモデルである。このモデルでは、圧縮縁がヒンジとなりPC鋼棒のみが抵抗する。すなわち、活荷重による負曲げに対しては、PC鋼棒の増加張力Pと圧縮力Cの偶力で抵抗すると考えた。

PC鋼棒の増加張力は、(1)式で算出できる。

圧縮力Cによるコンクリートの圧縮応力は、実験値、FEM解析値とも精度よく整合し、許容値に対しては十分安全であることを確認している。このモデルの妥当性について確認するため、繰り返し載荷実験のPC鋼棒増加張力やFEM解析値との比較を行った。

図-8は、繰り返し載荷実験のモデルとFEM解析のPC鋼棒配置である。

図-6 連結部剛性の模式図

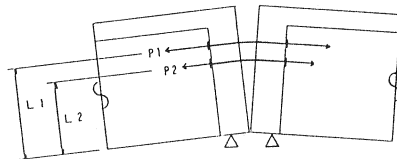


図-7 ブロックモデル

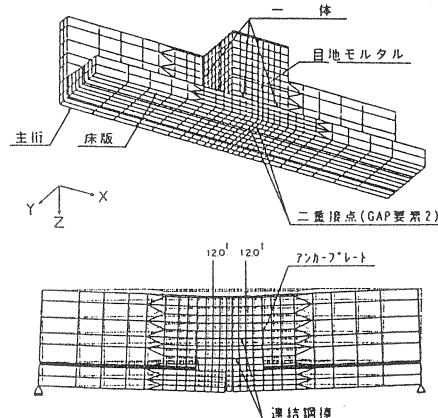


図-8 FEM解析モデルと各ケース

3-3. モデルの妥当性について

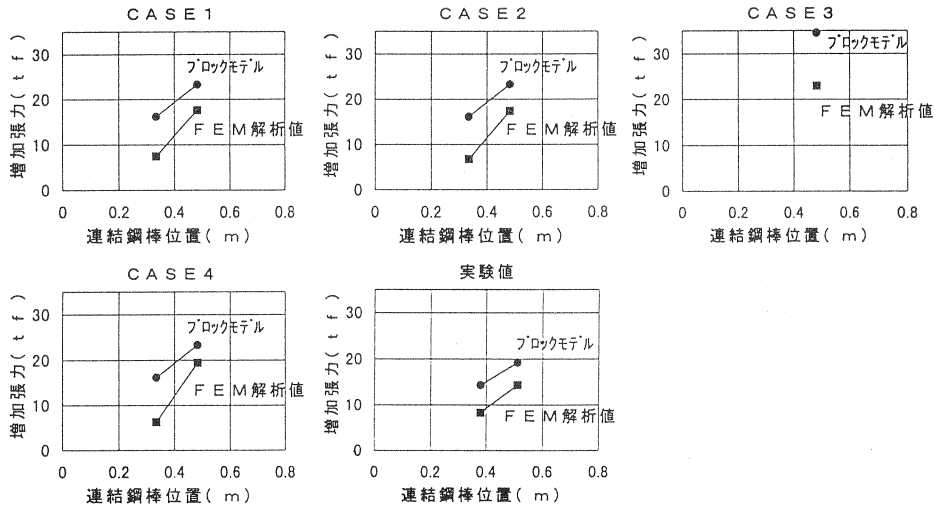
表-2 各ケースのPC鋼棒増加張力

表-2は、各ケースPC鋼棒増加張力のブロックモデル解析値、FEM解析値、実験値を示す。ここで、FEMモデルの増加張力算出については、グラウトの付着切れが生じると考え、(目地幅+鋼棒径×2)の平均値とした。

|          |                     | CASE 1 | CASE 2 | CASE 3 | CASE 4 | 実験     |
|----------|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ブロックモデル  | M (t·m)             | 16.680 | 16.680 | 16.680 | 16.680 | 15.242 |
|          | L1 (m)              | 0.483  | 0.483  | 0.483  | 0.483  | 0.510  |
|          | L2 (m)              | 0.335  | 0.335  | —      | 0.335  | 0.380  |
|          | I (m <sup>4</sup> ) | 0.346  | 0.346  | 0.233  | 0.346  | 0.405  |
|          | P1 (tf)             | 23.317 | 23.317 | 34.534 | 23.317 | 19.217 |
| FEM解析値   | P2 (tf)             | 16.172 | 16.172 | —      | 16.172 | 14.319 |
|          | P1 (tf)             | 17.620 | 17.440 | 22.980 | 19.440 | 14.320 |
| ブロック/FEM | P2 (tf)             | 7.500  | 6.820  | —      | 6.300  | 8.300  |
|          | P 1                 | 1.323  | 1.337  | 1.503  | 1.199  | 1.342  |
| ブロック/FEM | P 2                 | 2.156  | 2.370  | —      | 2.567  | 1.725  |

表-2をグラフで表すと図-9の様になる。PC鋼棒増加張力はブロックモデル解析値が全てのケースでFEM解析値、実験値を上回る結果となった。

またその値も下段のPC鋼棒で大きく上回るものの値自体が小さいことからブロックモデルで設計しても鋼材径が変更しない程度であり問題ないと考えられる。



3-4. PC鋼棒の増加張力

図-9 各ケースのPC鋼棒増加張力

以上の結果、PC鋼棒の張力は以下のように算出できる。

$$PC\text{鋼棒の張力} = \text{初期導入力} + \text{温度変化による増加} + \text{活荷重による増加}$$

4. おわりに

本検討は、横桁連結工法の連結部の設計方法を確立するために行った。本検討によって得られた成果を要約すれば以下ようになる。

- ① 連結部の活荷重による負曲げモーメントは、連結部剛性を主桁部の20%としたフレーム解析で算出できる。
- ② 活荷重によるPC鋼棒の増加張力は、連結部を剛部材と仮定したブロックモデルを使用すれば容易に計算できる。

最後に、本検討は、阪神高速道路公団「コンクリートの耐久性に関する調査研究委員会」の業務の一貫で行われたものであり、同委員会各位には多大なご指導を頂いた。ここに記して謹んで謝意を表します。

参考文献

1) 林、林田、内田、斉藤：主桁と横桁の接触面のせん断耐力実験、PC技術協会第8回シンポジウム論文集1998.10  
 2) 林、川村、寺口、城代：横桁連結工法を用いた既設PC桁の連結挙動確認実験、PC技術協会第8回シンポジウム論文集1998.10