

橋梁用 PCF 埋設型枠の支持構造を再現した実物大試験体の有限要素解析

瀧上工業(株) 正会員 ○櫻井 勇太 正会員 アペンヨ ダニエル 正会員 松村 寿男
東海コンクリート工業(株) 非会員 伊藤 康男 非会員 伊藤 宏辰

1. 目的

交差道路上の橋梁で、コンクリートを打設する場合、作業空間などの制約の解消や工期短縮のため、埋設型枠工法が採用される事例がある。筆者らが開発したビニロン繊維補強モルタルを用いた PCF 埋設型枠¹⁾は、合理化・省力化・耐久性向上を目的に、架道橋や跨道橋などの壁高欄外側²⁾および床版³⁾の埋設型枠として、採用されてきた。本稿では、新たに SRC 造のコンクリート桁を有する橋梁用 PCF 埋設型枠を実工事で適用するため、実物大試験体の弾性有限要素解析による支持構造の再現、具体的にはコンクリート打設後の埋設型枠の変位に着目した結果を報告する。なお、実物大試験の発生応力に着目した検討は、文献⁴⁾を参照されたい。

2. 実物大試験体

図-1、図-2 に有限要素解析のモデルとなる実物大試験体を示す。実物大試験は、実際の工事で想定される橋梁のうち、最も床版の張出長が長い断面に着目し、施工時の挙動が把握できていない床版パネル、側壁パネル、床パネル、桁間パネルを対象とした。具体的には、長さ 7m の区間に設置する橋軸方向に 4 パネル分の PCF パネルおよび鋼桁 2 本を想定した。床版パネルの支持構造は、横梁（山留材）と中間横梁・耳縦桁（H 形鋼）から全ねじボルトで吊り下げ、ターンバックルでピロン柱（山留材）と横梁の先端を繋ぐ構造とした。側壁パネルは、主桁ウェブに取りつけた支持金具（L 形鋼）から水平方向の全ねじボルトで支持する構造とした。床パネルおよび桁間パネルは、L 形鋼を橋軸直角方向に配置してボルトで PCF パネルと固定し、L 形鋼を主桁下フランジ上に置いて支持する構造とした。各パネル厚さは床版パネル、床パネル、桁間パネルを 50mm、側壁パネルを 40mm とした。PCF パネルの橋軸方向寸法は 1.5m を標準とし、実構造の吊金具などとの干渉による最大パネル割付けの調整を想定し、4 パネルのうち 1 パネルを 1.7m とした。

3. 弾性有限要素解析

実物大試験に先立ち、コンクリート打設による各パネルの最大変位が制限値である 5mm 以下となる支持構造を検討するため、弾性有限要素解析を実施した。図-3 に解析モデルを示す。解析モデルは、図-1、図-2 に示す実物大試験体を 3 次元でモデル化し、パネル寸法および支持構造を同一の配置とした。解析コードは、DIANA ver10.3(TNO 社製：当社所有)を使用した。適用した要素は、PCF パネルに 8 節点ソリッド要素、鋼桁、横梁、中間横梁、耳縦桁に 4 節点シェル要素、形鋼などの支持金具、全ねじボルト、ターンバックルに 2 節点梁要素を用いた。弾性有限要素解析に用いた PCF パネルのヤング係数は $3.55 \times 10^4 \text{N/mm}^2$ 、鋼材のヤング係数は $2.0 \times 10^5 \text{N/mm}^2$

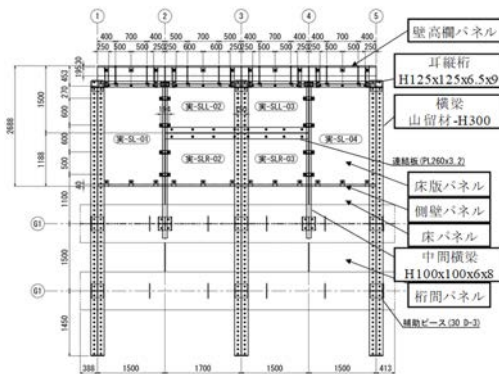


図-1 実物大試験体図 (平面図)

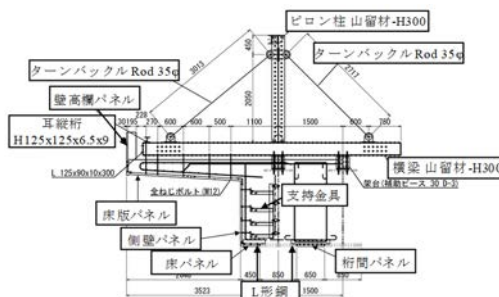


図-2 実物大試験体図 (断面図)

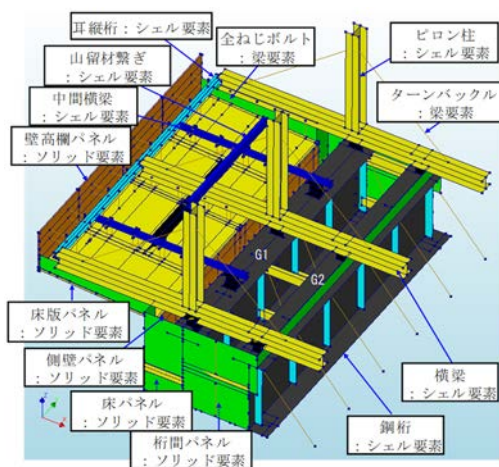


図-3 弾性有限要素解析モデル

キーワード 橋梁用埋設型枠, ビニロン繊維補強モルタル, 弾性有限要素解析, 変位

連絡先 〒475-0826 愛知県半田市神明町一丁目1番地 瀧上工業(株) TEL 0569-89-2103

である。なお、これらのヤング係数は、既往の材料開発時の試験結果および PCF パネルの解析を参考にした。荷重は鉛直方向荷重を現場打ちコンクリートの自重とし、水平方向荷重（側圧）はコンクリートの打ち上がり速度を考慮しない液圧として载荷した。なお、荷重は実施工で想定される载荷順序とした。

4. 解析結果

図-4 に解析結果より得られた、コンクリート打設後の各パネルの最大変位および変形挙動を示す。図より、床版パネルと床パネルの最大変位が 5mm を超える結果であった。変形挙動より、床版パネルの根元を支持する側壁パネルが床パネルの鉛直変位に追従して下方方向の変位が生じており、床版パネルの支持点として機能していないことがわかった。側壁パネルは、主桁ウェブに取りつけた支持金具から水平方向の全ねじボルトで固定しており、全ねじボルトの剛性が低く、鉛直荷重に抵抗できていないと考えられる。次に、床パネルは張出し側で下方方向の変位が生じた。これは、床パネルに固定した L 形鋼を主桁下フランジに置いて支持する構造であるため、張出し側の降下に伴い、主桁側の L 形鋼先端が跳ね上がり、鉛直荷重に抵抗できていないことがわかった。

5. 支持構造の改良

以上の結果より、PCF パネルの最大変位を低減するため、図-5 に示す支持構造に改良した。床版パネルの根元を支持する側壁パネルは、はらみ出し抑制に横梁と中間横梁から側壁パネルを全ねじボルトの直接吊り下げ構造を追加した。加えて、一部の全ねじボルトを溝形鋼に変更し、剛な構造とした。床パネルは、主桁ウェブに取りつけた支持金具から全ねじボルトでの吊り下げ構造を追加した。L 形鋼先端の跳ね上りを防止するため、L 形鋼を主桁側に延長して、支持金具とボルトで固定した。以上の支持構造改良モデルで、再度、弾性有限要素解析を実施した。表-1 に支持金具改良後の最大変位を示す。桁間パネルを除く全てで最大変位を低減できた。なお、支持金具改良後も床版パネルの最大変位が 5mm を超過しているが、張出長が最大となる範囲は一部であるため、経済性を鑑み、実工事では部分的に仮設材で補強することとした。

6. まとめ

本稿では、SRC 造のコンクリート桁を有する橋梁用 PCF 埋設型枠を実工事で適用するため、弾性有限要素解析による埋設型枠の支持構造の検討を行った。その結果、鉛直荷重に抵抗する支持構造を側壁パネルと床パネルに追加することで、コンクリート打設後の PCF パネルのはらみ出しの変位を低減できることがわかった。

参考文献

1) プレストレストコンクリート床版研究プロジェクトチーム：短繊維補強モルタルを用いた新型 PCF 壁高欄型枠の開発，技報たきがみ VOL.22, pp.67-75, 2004. 2) 亀山誠司，竹内秀峰：PCF 壁高欄工法の NETIS 試行調査－納米里高架橋鋼上部工事－，技報たきがみ VOL.26, pp.33-36, 2009. 3) 松村寿男：ビニロン繊維補強コンクリートを用いた PCF 床版埋設型枠材料の開発，技報たきがみ VOL.28, pp.57-63, 2011. 4) 松村寿男，ダニエルアペンヨ，櫻井勇太，大森健広：コンクリート桁を有する橋梁用 PCF 埋設型枠の開発－実物大試験と有限要素解析－，技報たきがみ VOL.37, pp.47-60, 2021.

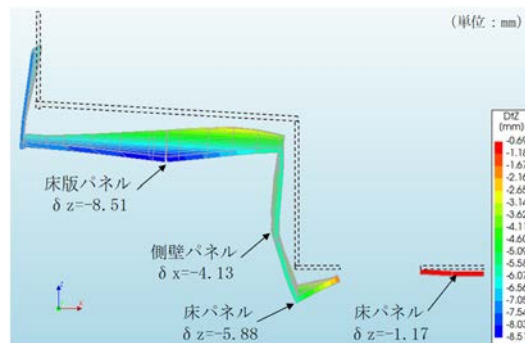


図-4 解析結果（最大変位・変形挙動）

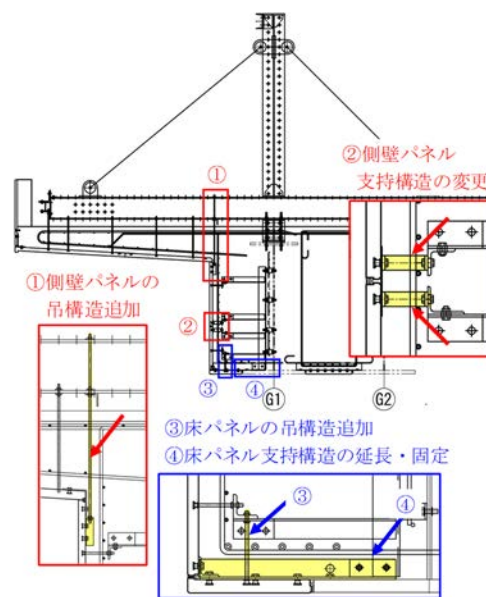


図-5 支持構造の改良図

表-1 支持構造改良後の最大変位

着目 パネル	最大変位(mm)		差(mm)
	改良前	改良後	
床版	8.51	6.89	-1.62
側壁	4.13	3.34	-0.79
床	5.88	4.16	-1.72
桁間	1.17	1.33	+0.16