

埋設型枠を用いた橋脚施工のひび割れ予測解析および確認試験

(株)大林組 正会員 ○高橋敏樹 川西貴士 齋藤隆

1. はじめに

橋梁下部構造のうち橋脚を急速施工するために、外周部にモルタル製の埋設型枠を組み立て、内部にコンクリートを打設するハーフプレキャスト工法が実用化されている。このような工法は、硬化した埋設型枠の内側に内部コンクリートを打設するため、打設時のコンクリート側圧と、内部コンクリートの硬化発熱に伴う膨張圧により、埋設型枠に温度応力ひび割れが生じるリスクを有している。

本稿では、埋設型枠を用いた橋脚施工の FEM 解析および温度応力解析を実施し、確認試験による計測結果と比較することにより、埋設型枠ひび割れリスクの解析的検討に関して考察した。

2. 解析の概要

本検討は、埋設型枠を用いた図-1 に示す寸法 1.5 × 1.0 × 1.0m の橋脚 1 リフトを模擬したモデルにより行った。解析については対称形状のため、この 1/4 モデルを用いた。

(1) コンクリート側圧の FEM 解析

埋設型枠は内部支保工で内部コンクリートの側圧に抵抗する構造とし、高強度モルタル製の埋設型枠(シェル要素)およびφ16mm 鋼棒の内部支保工(線材要素)のモデルに、内部コンクリートの側圧を埋設型枠直角方向の面荷重として作用させた。モデル図を図-2 に示す。コンクリートの側圧は、打ち上がり高さが 1.0m と小さいため、下式による液圧とした。

$$p_w = W_c \cdot H$$

ここで、 p_w : 液圧 (kN/m²)、 W_c : コンクリートの単位重量 (23.5kN/m³)、 H : コンクリートの打込み高さ (m)であり、 $H=1.0m$ の場合の液圧 23.5kN/m² を下端、

表-1 埋設型枠および内部コンクリートの配合および物性値

項目	設計基準強度	引張強度	ヤング率	セメント種類	W/C	単位量(kg/m ³)				
	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	-	%	C	W	S	G	密度
橋脚(内部コン)	30	JSCE	JSCE	N	50.0	320	160	806	1050	2336
橋脚(埋設型枠)	70	4.6	3,5000	埋設型枠は先行製作のため圧縮・引張強度は一定、収縮特性は考慮しない						

※「JSCE」は2012年制定土木学会コンクリート標準示方書【設計編】に準拠して物性値を計算

キーワード 橋脚, 埋設型枠, コンクリート側圧, 温度応力ひび割れ

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 (株)大林組 生産技術本部 技術第一部 TEL03-5769-1322

天端をゼロとした三角形分布の側圧とした。

(2) 温度応力解析

内部コンクリートの硬化発熱による膨張圧は、温度応力解析により検討した。埋設型枠および内部コンクリートの配合、物性値は表-1 に示す通りとした。その他の条件として、両部材とも線膨張係数 10μ/°C、熱伝導率 2.7W/m°C、比熱 1.15kJ/kg°C、ポアソン比 0.2 とした。

3. 確認試験の概要

図-3 の平面図に示すように厚さ 60mm の埋設型枠 4 枚を内部支保工により組合せ、この内部にコンクリートを打設して温度、ひずみの計測を行った。

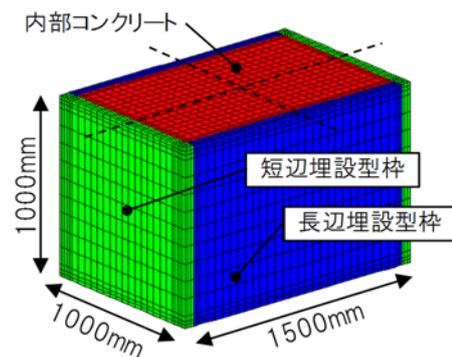


図-1 検討対象・温度解析のモデル図

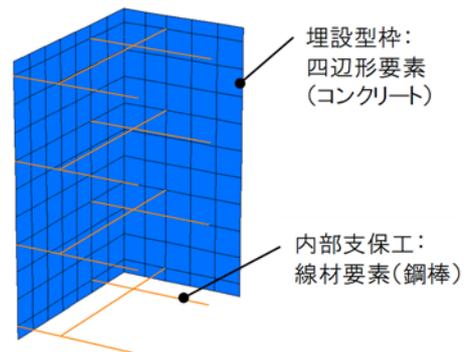


図-2 側圧FEM解析のモデル図

4. 解析および確認試験の結果

(1) 温度

内部コンクリート中心および長辺型枠中心の温度履歴を図-6に示す。解析と実測で最高温度は概ね一致しているが、材齢2日以降の温度降下に違いが見られる。これは日射と養生シートの影響が解析に反映しきれていないためと考えられる。

(2) 内部コンクリート側圧による応力度

内部コンクリート側圧による埋設型枠の発生引張応力度を図-4に示す。3つの着目点で解析値より実測値が大きくなった。確認試験では内部支保工固定用のインサートやボルトに遊びがあり、内部支保工よりも埋設型枠の荷重分担が大きくなったためと考えられる。内部支保工の実測ひずみは小さく、最大でも5N/mm²程度の応力度しか発生していなかった。

(3) 内部コンクリートの硬化発熱による応力度

温度応力解析の発生引張応力度を図-5に示す。長辺、短辺の型枠天端中心で引張応力度がそれぞれ6.31N/mm²、5.04N/mm²となり、温度応力だけで埋設型枠の引張強度4.6N/mm²を超えた。

この応力度に、内部コンクリート側圧による応力度の解析値を初期値として加えたグラフを図-7に示す。いずれの着目点も材齢約1.5日で最大引張応力度となるが、短辺型枠下端中心でも引張応力度が4.60N/mm²と埋設型枠の引張強度同等になり、ひび割れ発生が予想される結果となった。

(4) 確認試験の埋設型枠応力度

確認試験における埋設型枠表面の水平方向引張応力度の計測結果を図-8に示す。日気温変動の影響を受けるためグラフに1日単位の周期性があるが、長辺型枠天端中心の引張応力度が約4.1N/mm²と最大となり、これは解析結果に比べて値は小さいが傾向としては一致している。短辺型枠中心の天端と下端で、

実測値の大小関係が解析と異なっているが、実測では下端部の内部コンクリート打設時側圧による引張応力度が大きかったためと考えられる。なお、内部コンクリート打設から材齢7日までに埋設型枠にひび割れは発生しなかった。

5. まとめ

埋設型枠に発生する引張応力度は、養生や日気温変動の影響なども受けるため、やや複雑な挙動となるが、内部コンクリートの側圧と硬化発熱による膨張圧から、ひび割れリスクの解析的な検討が可能であると考えられる。

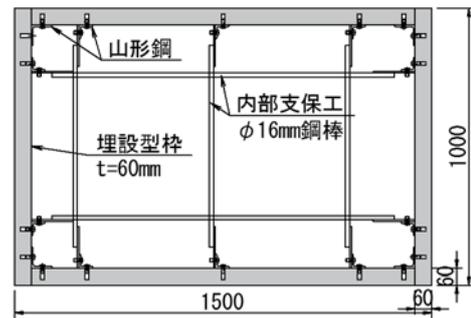


図-3 試験体平面図

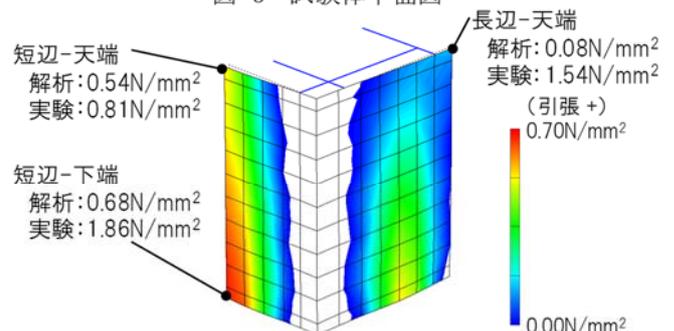


図-4 側圧FEM解析の引張応力度コンター図

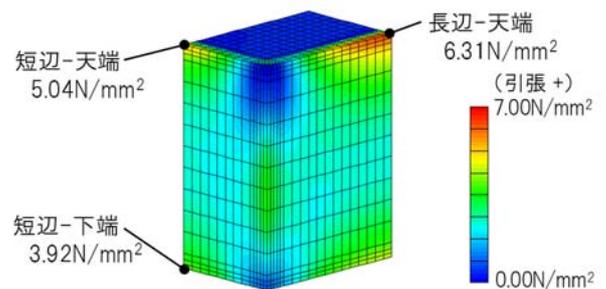


図-5 温度応力解析の最大引張応力度コンター図

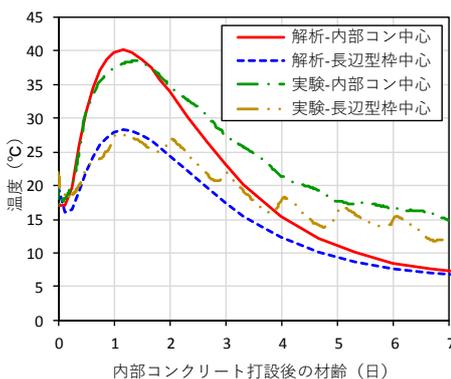


図-6 温度の経時変化

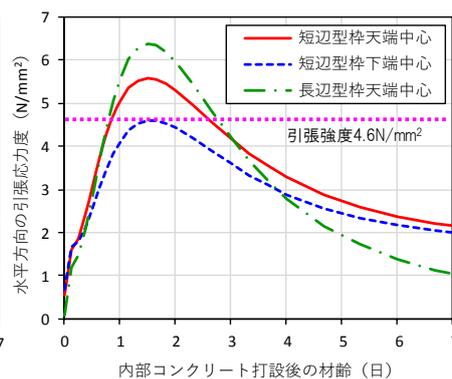


図-7 埋設型枠引張応力度の解析結果

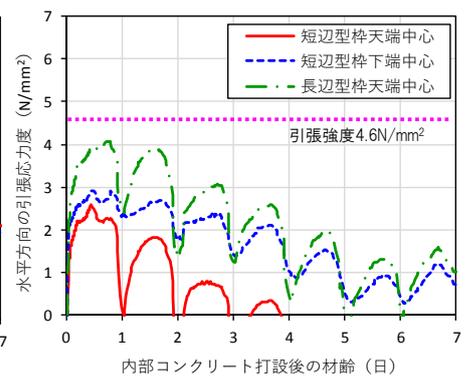


図-8 埋設型枠引張応力度の計測結果