

埋設型枠を用いた梁部材曲げ試験に対する FEM 事後解析による検討

(株)大林組 正会員 ○上野 高太 高橋 敏樹 齋藤 隆

1. はじめに

近年の技術動向として、生産性向上が重要視されており、プレキャスト工法や、ハーフプレキャスト工法のニーズが高まっている¹⁾。埋設型枠を用いたハーフプレキャスト工法は、工場製作のプレキャスト型枠を用いることで、型枠工や養生を簡略化でき、工期短縮効果を見込むことができる。

一方、埋設型枠を用いた場合の橋脚の構造性能は不明確な部分もあるため、影響評価のための要素検討として、高強度繊維補強モルタルによる埋設型枠を用いた梁部材の載荷試験の FEM 解析を行った。

2. 載荷試験

試験体は幅 300mm、厚さ 400mm、長さ 3000mm の鉄筋コンクリート製梁部材とした(図 1)。埋設型枠は厚さ 30mm の高強度繊維補強モルタル製とし、埋設型枠配置の異なる図 2 に示す 3 ケースを検討した。

載荷ステップは、ひび割れ発生後、鉄筋引張応力度が許容応力度の 200N/mm² 程度となる荷重 80kN まで載荷を行った後に除荷を行い、荷重の低下が認められるまで単調載荷を行った。

3. 非線形有限要素解析

非線形有限要素解析プログラム“FINAL”を用いて、上記の梁部材の載荷試験の再現解析を行った。

試験体はコンクリートと埋設型枠部分を六面体要素で、鉄筋を線材要素としてモデル化を行った。各材料の物性は表 1 に示す材料試験結果を用いたとし、コンクリートの引張強度については、値にばらつきがあること、直接引張試験を行っていないことから、梁のひび割れ発生時の荷重から計算して求めた値を用いた。埋設型枠部については、無筋ではあるものの繊維補強モルタルであるため、出雲らのモデル²⁾に則りテンションスティフニングの効果を適用し、実験結果にフィットする係数を設定した。本解析では、埋設型枠部と内部コンクリートの一体化を仮定しているが、実験で使用した埋設型枠は、接合面を目荒ししており、載荷試験中も一体化を確認している。

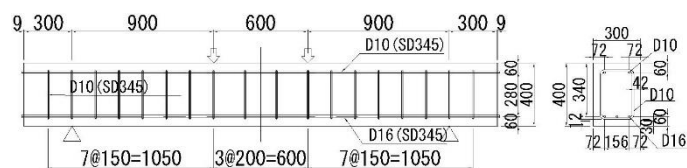


図 1 試験体概略図(ケース 1)



図 2 試験体概要

表 1 材料試験結果

	圧縮強度/降伏点	静弾性係数	ポアソン比
	f_c/s_y (N/mm ²)	E_c (kN/mm ²)	γ
内部コンクリート	36.2	27.4	0.21
埋設型枠	67.1	36.7	0.24
鉄筋(SD345)	365	194	0.3

4. 解析結果の評価

各ケースの実験及び解析の荷重-変位関係を図 3 に示す。変位の測定点は支間中央、高さの 1/2 点である。実線が解析で、破線が実験結果である。いずれのケースも、解析が実験をよく再現しており、本研究では解析を妥当なものと評価し、解析によって埋設型枠の使用による影響の評価を行う。

5. 各試験体の解析結果

(1) ケース 2 (引張縁に埋設型枠を使用)

埋設型枠が引張縁に存在するケース 2 では剛性、荷重ともに埋設型枠の無い基準試験体(ケース 1)より大きな値となっている。図 3 より解析結果において載荷荷重 140kN 時に剛性が低下し、基準試験体に近い挙動となった。実験でのひび割れ発生挙動は、載荷荷重 54kN 時に載荷断面の埋設型枠側面に、60kN 時に載荷断面の RC 部分に、80kN 時に曲げスパン内の埋設型枠下面にひび割れが発生した。解析では、44kN 時に側面下側 RC 部に、66kN 時に引張縁に設置した埋設型枠にひび割れが発生した。実験結果よりも早期にひび割れが発生しているが、解析結果の荷重-変位関係では、70kN 程度まで剛性の低下は見

キーワード 橋脚, 有限要素法, 載荷試験, 埋設型枠, ひび割れ

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 TEL 03-5769-1305

られなかった。埋設型枠の繊維補強モルタルがひび割れ発生後も荷重分担していることによる効果と考えられる。

(2) ケース 3 (両側面に埋設型枠を使用)

埋設型枠が両側面にあるケース 3 では、ケース 2 同様に、剛性、荷重ともに基準試験体より大きい値となる傾向にあった。特に、ケース 3 のほうが主筋降伏時の荷重が大きい。载荷初期のひび割れ発生挙動については図 3 に示すとおりであった。実験では図 4 に示すように载荷荷重 36.9 kN 時に曲げスパン内の RC 部分にひび割れが発生し、60 kN 時に曲げスパン内の埋設型枠部にひび割れが発生している。解析では、図 5 に示したように、38 kN 時に曲げスパン中央の RC 部分にひび割れが発生し、55 kN 時に曲げスパン中央埋設型枠部にひび割れが発生し、実験と同様のひび割れ挙動を再現することができた。

(3) 各ケースの比較

ケース 2, 3 の荷重-変位関係は、約 2.5mm の変位 (荷重 140kN) までの領域ではほぼ同様であるものの、それ以降でケース 2 の剛性が低下している。原因として、ケース 3 では圧縮縁において RC 部材より圧縮強度の高い埋設型枠が抵抗できること、ケース 2 では引張縁の埋設型枠の支間部分のほぼ全域にひび割れが発生して剛性が低下したと考えられる。

6. 結論

(1)非線形 FEM 解析によって埋設型枠を用いた梁部材の挙動を、妥当に評価することができた。特に载荷初期については高い精度で実験を再現することができ、有効な手段であることが確認できた。

(2)本研究の解析で仮定したように埋設型枠と内部コンクリートの一体化が担保されるのであれば、部材の強度、剛性の面では同断面の RC 部材と同等かそれをやや上回る性能を有している。したがって、埋設型枠工法を用いる場合でも、埋設型枠のない場合の構造設計方法をそのまま適用しても大きな問題はないことが考察された。

参考文献

- 1) 現場打ちコンクリートの生産性向上プレキャストの活用に向けた取り組み状況と課題，一般社団法人日本建設業連合会，平成 28 年 3 月
- 2) 出雲淳一，他：面内力を受ける鉄筋コンクリート板要素の解析モデル，コンクリート工学論文，No. 87. 9-1, pp. 107-120, 1987.

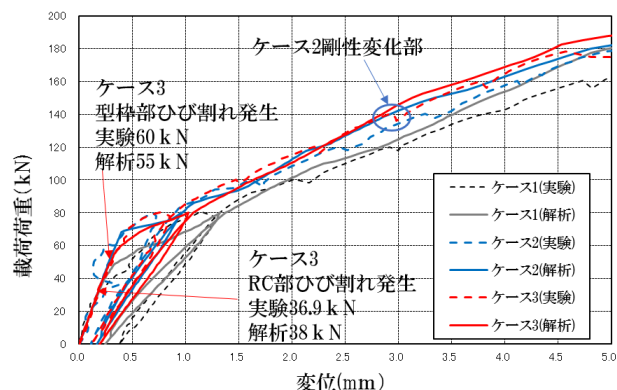


図 3 変位-荷重関係

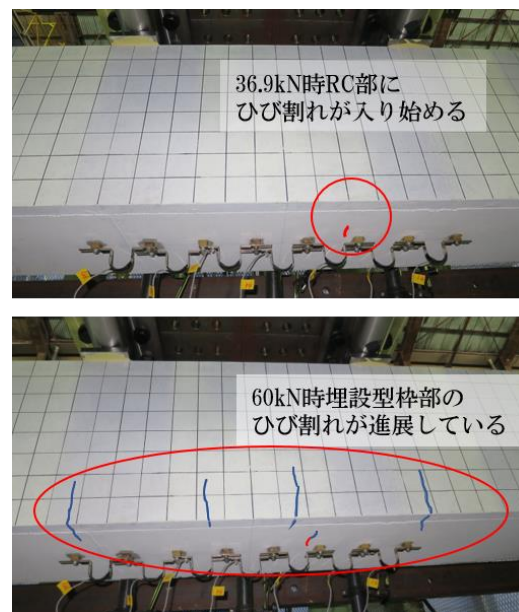


図 4 各载荷時点におけるひび割れ状況 (ケース 3)

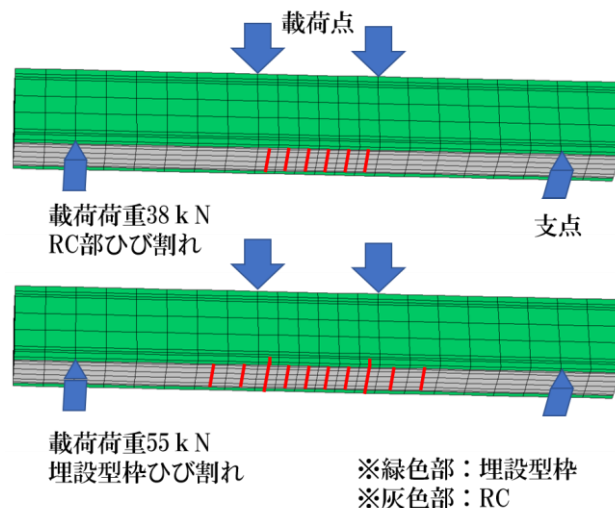


図 5 各载荷時点におけるひび割れ図(ケース 3)