

せん断補強筋を一体化した吹付け埋設型枠を用いた RC 壁部材の構造性能

鹿島建設（株） 正会員 ○永島史晟 Devin GUNAWAN 曾我部直樹 小林 聖 田口翔也

1. はじめに

著者らは、RC 柱や壁部材の型枠工を省力化できる施工技術として、吹付け可能な高強度モルタルによる埋設型枠（吹付け埋設型枠）の開発を行っている¹⁾。本工法では、写真-1 に示すように、組み立てた補強筋の外周に設置した芯材に対して高強度モルタルを吹き付け、埋設型枠を形成する。その際、せん断補強筋の定着部を巻き込むように吹き付けることで、打込み時の側圧に対してせん断補強筋がセパレータとして抵抗することができる。同工法を用いた RC 壁部材の施工実験では、想定したメカニズムにより外部からの補強が無い状態でコンクリート打込み時の側圧に抵抗できることが確認できている²⁾。ここでは、製作した RC 壁部材に対して正負交番载荷を行い、構造性能、埋設型枠と内部コンクリートの一体性、せん断補強筋の性能について検証した結果を報告する。

2. 実験概要

製作した試験体は、図-1 に示すカルバートの隅角部を模擬した L 字型の RC 部材である。本技術を適用する際の施工状況を想定して、ハンチ部から上に 100mm 離れた位置に打継面を設け、水平部・ハンチ部・打継面までは通常の型枠で製作した。打継面処理を行った後、そこから上の鉛直部（壁部）は、壁面となる 2 面に吹付け埋設型枠を構築し、内部にコンクリートを打ち込んだ²⁾。壁部は参考とした実際の RC 躯体を模擬した配筋とした。せん断補強筋はコンクリートの打込み時にセパレータとして機能させるため、定着部が吹付け埋設型枠に埋め込まれるように設置した。表-1 に設計曲げ耐力およびせん断耐力を示す。設計耐力は、カルバート工指針³⁾（以下、「指針」）におけるコンクリートの設計基準強度 30N/mm²、鋼材の規格降伏強度 345N/mm² を用いて、コンクリート標準示方書⁴⁾の手法により算出した。曲げ耐力はハンチ部の上面を照査断面とした。なお、本実験では、吹付け埋設型枠と一体化させたせん断補強筋による補強効果を検証するため、斜めひび割れが発生した後に曲げ破壊するようにせん断スパンを 1400mm に設定した。表-2 に材料試験結果を示す。

载荷方法は、内部に配置した PC 鋼棒の緊張により壁部に 600kN（面圧：1N/mm²）の軸力を作用させた状態で、油圧ジャッキにより水平力を作用させた。水平力は、部材が開く方向を正、閉じる方向を負とした正負交番载荷とした。水平力の载荷では、まず、曲げひび割れ発生荷重、および壁部の主鉄筋の引張応力度が指針³⁾における一般部材の許容応力度 180N/mm² となる水平荷重で正負 1 回ずつの繰返し载荷を行った。その後、正方向は主鉄筋が降伏した際の载荷点変位 δ_y （18.9mm）を基準とした、同一振幅の繰返し回数 3 回の振幅漸増型载荷波形を変位制御で作用させた。なお、本実験での試験体の仕様および



写真-1 吹付け埋設型枠の施工

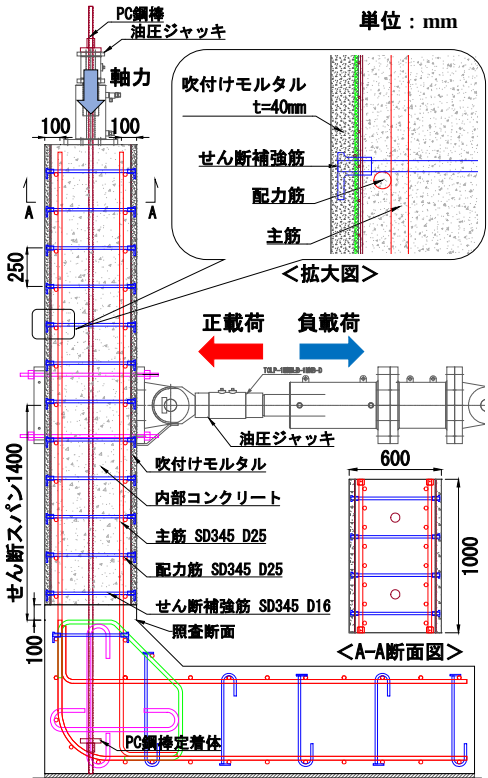


図-1 試験体概要

表-1 試験体の設計耐力

曲げ耐力 (kN)	せん断耐力 (kN)	せん断余裕度
571.0	975.1	1.71

表-2 材料試験結果

コンクリート	圧縮強度(N/mm ²)	40.1
	弾性係数(kN/mm ²)	27.6
吹付けモルタル	圧縮強度(N/mm ²)	125
	弾性係数(kN/mm ²)	39.2
主鉄筋 D25	降伏強度(N/mm ²)	400
	弾性係数(kN/mm ²)	183
せん断補強筋 D16	降伏強度(N/mm ²)	392
	弾性係数(kN/mm ²)	194

キーワード 生産性向上、高強度モルタル、吹付け、外殻構造

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-485-1111

載荷方法では、負方向の載荷において底版部の損傷が先行することが想定された。そのため、負方向は主鉄筋の降伏を確認した後、その時点の変位までを載荷することとし、正方向のみに変位を漸増させるようにした。

3. 実験結果

載荷実験における荷重と載荷点水平変位の関係を図-2に、試験体のひび割れ図および損傷状況を図-3に示す。変形は、主鉄筋の降伏（荷重564.5kN）以降、ほぼ一定の荷重を保持した状態で進行した。なお、 $5\delta_y$ ステップにおいて、かぶりコンクリートが剥落し、荷重が低下したため、載荷を終了した。載荷終了まで、吹付け埋設型枠の浮き、剥離は確認されなかった。終局時には埋設型枠を配置していない区間のコンクリートが曲げ圧縮破壊したが、曲げ変形が埋設型枠の境界などに集中することはなく、急激に荷重が低下する様子は確認されなかった。最大荷重は602.5kNであり、前述の設計曲げ耐力を上回る結果となった。以上のことから、吹付け埋設型枠を用いたRC壁部材は通常のRC壁部材と同等の耐荷性能を有していることが確認できた。

吹付け埋設型枠と内部コンクリートの一体性を確認するため、同一断面の主鉄筋、埋設型枠内部および表面の圧縮ひずみ分布の推移を図-4に示す。 $4\delta_y$ ステップまでは、ほぼ直線的な分布となっており、埋設型枠と内部のコンクリートが一体化して、平面保持が成立していると評価できる。これに対して $5\delta_y$ ステップでは、吹付け埋設型枠を配置していない下部区間のかぶりコンクリートが剥離した影響で、埋設型枠のひずみが低下している。

図-5に正載荷の各ステップにおけるせん断補強筋の高さ方向のひずみ分布を示す。せん断補強筋は、斜めひび割れが発生した後、ひずみが増加していき、基部付近のものは $4\delta_y$ ステップで降伏ひずみ付近に達した。最大荷重時のせん断力は表-1に示す設計せん断耐力以下であるが、基部付近の損傷の影響によって、局所的に降伏付近に至ったものと思われる。一方、降伏付近に至ったせん断補強筋では、埋設型枠と一体化させた定着部の損傷は少なく、拔出し等も生じなかった。このことから、コンクリート打込み時のセパレータを兼用させたせん断補強筋が、問題無くせん断補強効果を発揮できることが確認できた。

4. まとめ

せん断補強筋を一体化させた吹付け埋設型枠を用いたRC壁部材の載荷実験を行った。その結果、同部材が設計値以上の耐力を有していること、曲げ圧縮破壊の直前まで吹付け埋設型枠が内部コンクリートと一体化して挙動すること、埋設型枠と定着部を一体化させたせん断補強筋が有効に機能することを確認した。

参考文献

- 1) Gunawan ら：せん断補強筋を活用した外殻構造の構築に関する実験的検討，土木学会第77回年次学術講演会 講演概要集，V-369，2022
- 2) 横田ら：せん断補強筋を一体化した吹付け埋設型枠によるRC壁部材の施工実験，土木学会第78回年次学術講演会 講演概要集（投稿中），2023
- 3) 日本道路協会：道路土工 カルバート工指針（平成21年度版），2010
- 4) 土木学会：2017年度制定コンクリート標準示方書〔設計編〕，2018

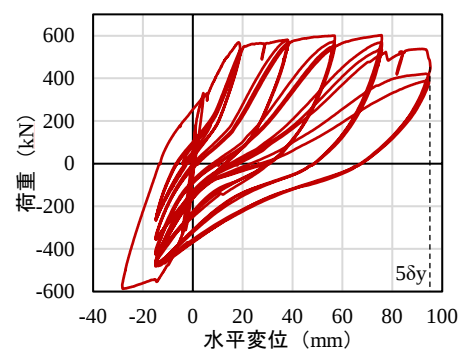
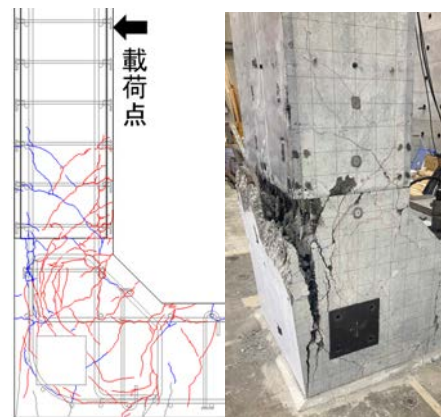


図-2 荷重－載荷点水平変位関係



($5\delta_y$ 時点，赤：正載荷 青：負載荷)
図-3 ひび割れ図と終局時損傷状況

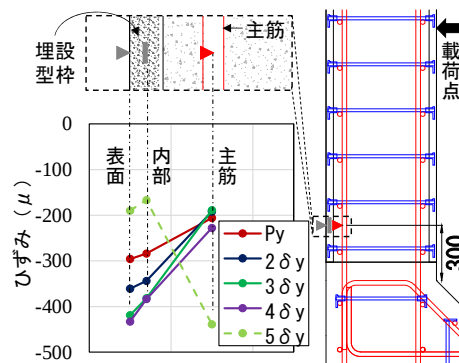


図-4 断面のひずみ分布

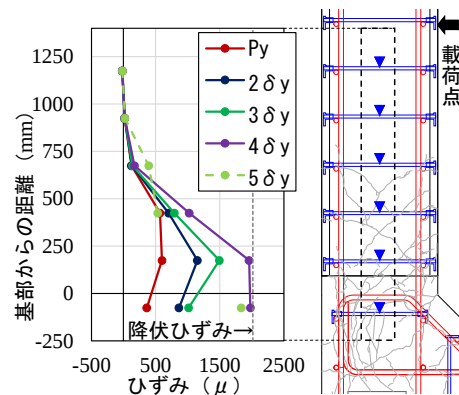


図-5 せん断補強筋ひずみ分布