

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

鹿島建設(株) 正会員 ○Devin Gunawan 曾我部直樹 小林 聖

1. はじめに

近年、RC 躯体構築現場では少子高齢化に伴う担い手不足が強く懸念されている。筆者らは、RC 躯体の型枠工を省力化できる構造・施工技術として、吹付け可能な高強度モルタルによる外殻構造の開発を行っている。外殻構造は型枠として機能するため、コンクリート打込み時の側圧への対処が課題となる。これに対して、せん断補強筋をセパレータの代替として活用する方法を考案し、その成立性を検討している¹⁾。ここでは、外殻部に定着部を埋設したせん断補強筋の定着性能について、実験的に検討した事例を報告する。

2. 吹付けによる外殻構造の概要

外殻構造を用いた RC 躯体構築では、図-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、躯体のかぶりに相当する外殻部を形成する。モルタルが硬化した後、外殻部の内部にコンクリートを打ち込むことで RC 躯体を構築できるため、型枠の組立・解体作業を省略することができる。

柱や壁のようにコンクリートの打込み高さが大きい場合には、コンクリート打込み時の側圧に対して、多くのセパレータや支保を設置することになるが、作業の増加や工程の遅延に繋がる。そこで、躯体に配筋されるせん断補強筋をセパレータに活用する方法を考案した¹⁾。この方法では、せん断補強筋の両端の定着部を巻き込むように外殻部を形成することで、コンクリート打込み時の側圧に対して、外殻部を繋ぐせん断補強筋がセパレータとして抵抗する。本設材であるせん断補強筋を活用することで、仮設材のセパレータや支保の追加が不要となるため、外殻構造を合理的に成立させることができる。

3. 外殻部に定着させたせん断補強筋の定着性能確認実験

外殻部に定着させたせん断補強筋が、コンクリートの打込み時にセパレータとして機能するためには、側圧によって作用する引張力に対して十分な定着性能が必要である。そこで、定着部を外殻部モルタルに埋設したせん断補強筋の引抜き実験によって、定着性能を検証した。

試験体の概要を図-2 に示す。試験体は、長さ 600mm、幅 450mm の平板の中央に、機械式定着を有するせん断補強筋の定着部を配置し、圧縮強度が 100N/mm^2 超の高強度モルタル²⁾を吹き付けて埋設したものである。試験ケースは、平板(外殻部)の厚さを 40, 60, 100mm とした 3 水準であり、定着部は表面からのかぶりが 10mm とする深さで設置した。定着部の周囲には、定着力の向上とひび割れ発生後における外殻部の曲げじん性を高めるためのメッシュ筋(D6@100)を配置した。

試験体の製作状況を写真-1 に示す。吹付け時に高強度モルタルを附着させて外殻部を形成するために、開口率 59% 程度のラス網を芯材として設置した。高強度モルタルは試験体の上方から鉛直方向に吹き付け、いずれの厚さも一層で仕上げた。脱型後に鉄筋の周囲を目視で観察したところ、高強度モルタルが密実に充填されていることが確認できた。

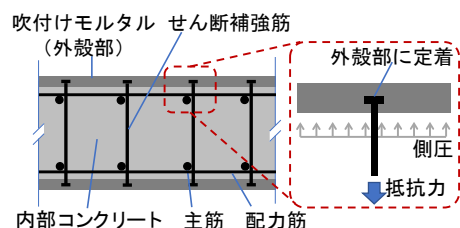
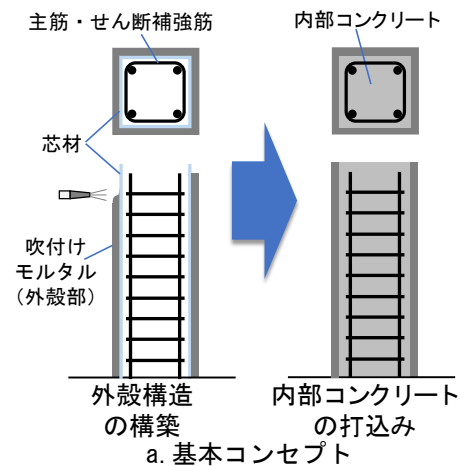


図-1 外殻構造による RC 躯体構築

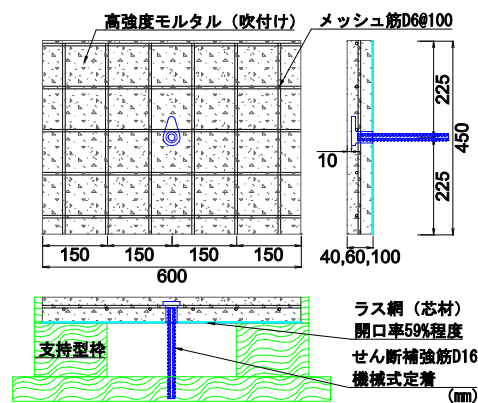


図-2 試験体の概要(製作時)

キーワード 型枠, 生産性向上, 高強度モルタル, 吹付け, 外殻構造, 定着性能

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

引抜き実験の概要を図-3に示す。本実験では、450mm 間隔でせん断補強筋を配置した外殻部にコンクリート側圧が作用することを想定し、その際にせん断補強筋に作用する引抜き力とそれによって平板に生じる断面力が同じ大きさとなるように、平板のスパンを 300mm として両端を固定支持とした状態で鉄筋に引抜き力を作用させた。

図-4に荷重と変位の関係を示す。同図には、①普通コンクリート、②高流動コンクリートを、打込み高さ 5m で打ち込んだ場合に、せん断補強筋に作用する最大引張力を併せて示す。外殻部厚さ（定着深さ）の増加に伴って最大荷重が大きくなり、厚さ 40mm および 60mm の試験体は引抜き破壊し、厚さ 100mm の試験体は鉄筋が降伏するまで引抜き破壊することはなかった。いずれの試験体も、最大荷重まで拔出し変位が急増するようなことはなく、埋設部付近におけるひび割れも確認されなかった。

最大荷重は、全ての試験体において普通コンクリートを想定した側圧に相当する荷重を超えている。また、厚さ 60mm 以上の試験体では、高流動コンクリートを想定した側圧（液圧）に相当する荷重に対しても十分な定着力を示した。このことから、せん断補強筋の配置間隔とコンクリートの側圧に対して、外殻部の厚さを調整することで必要となる定着性能を確保できることが確認できた。

使用材料の特性、および定着力の実験値と計算値を表-1に示す。計算値は土木学会コンクリートのあと施工アンカー工法の設計・施工指針(案)³⁾に記載される式を参考として、図-5に示すように、せん断補強筋の定着部から 45 度のコーン状破壊が生じた際の荷重を算出したものである。コーン状破壊における抵抗面積は、定着部頭部の形状を考慮して設定し、計算式における安全係数は 1.0 とした。表-1に示すように、引抜き破壊を示した厚さ 40, 60mm の試験体を対象とした定着力の計算値は実験値の 0.71~0.88 であり、実験で確認された定着力を安全側に評価できることが分かった。

4. まとめ

高強度モルタルの吹付けによって形成した外殻構造について、外殻部に定着部を埋設したせん断補強筋の定着性能を実験的に検討・評価した。その結果、外殻部モルタルの厚さを調整することで、外殻構造の内部に打ち込まれるコンクリートに対して、十分な定着性能を確保できることを確認した。また、既存の設計式を用いて、コーン状破壊に対する抵抗面積を適切に設定することで、定着性能を評価できることを確認した。

参考文献

- 1) Devin Gunawan ら：せん断補強筋を活用した吹付けによる外殻構造の補強方法に関する検討，土木学会第 76 回年次学術講演会 講演概要集，V-479，2021.
- 2) 中村ら：吹付けによる外殻形成を目的とした高強度モルタルの配合検討，土木学会 76 回年次学術講演会 講演概要集，V-126，2021.
- 3) 土木学会：コンクリートのあと施工アンカー工法の設計・施工指針（案），p.47，2014.

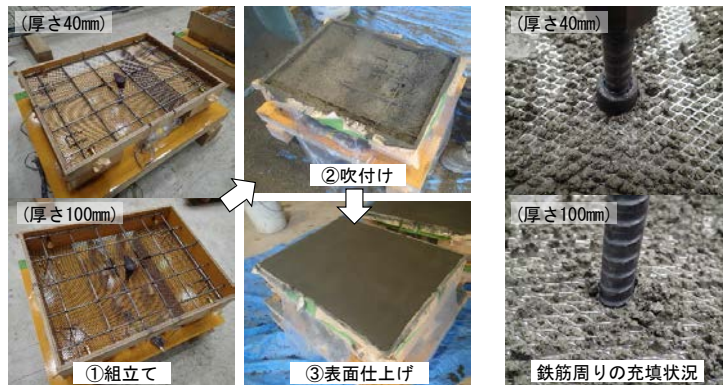


写真-1 試験体の製作状況と鉄筋周りの充填状況

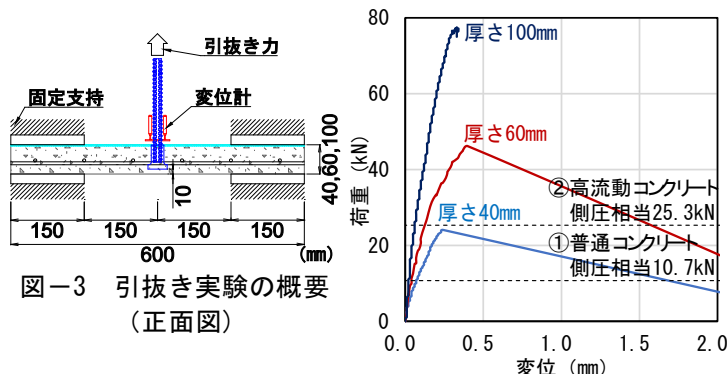


図-3 引抜き実験の概要（正面図）

図-4 荷重—変位関係

表-1 使用材料の特性と定着力の比較

項目		厚さ		
		40 mm	60 mm	100 mm
吹付けモルタル	圧縮強度 N/mm ²	139.4	123.7	139.4
	曲げ強度 N/mm ²	8.3	7.7	8.3
	弾性係数 kN/mm ²	42.7	41.0	42.7
せん断補強筋	降伏強度 N/mm ²	391.0		
	弾性係数 kN/mm ²	200.0		
メッシュ筋	降伏強度 N/mm ²	456.8		
	弾性係数 kN/mm ²	200.0		
定着力	実験値 kN	24.1	46.2	(77.5)
	計算値 kN	17.1	40.6	-
	計算値/実験値	0.71	0.88	-

※（ ）は鉄筋降伏時の荷重を示す。

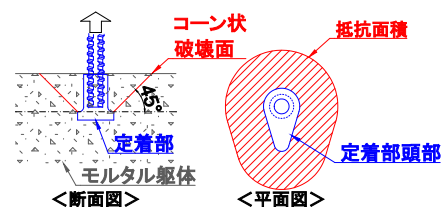


図-5 コーン状破壊の耐力計算概要