

150N/mm²級超高強度モルタルの調合検討および施工性確認試験

技術研究所 穴澤雅明
技術研究所 藤井和俊

概要:近年急速に実用化されつつある超高強度コンクリートによる施工において、品質管理および施工管理が確実にでき、効率的な施工を実現させる方策として、プレキャスト部材による施工が考えられる。プレキャスト部材を接合する工法において、接合目地部等に充填するモルタルの開発を目的とし、調合条件が強度発現性に及ぼす影響およびプレキャスト部材接合部を模擬した試験体による施工性を検討した。その結果、開発したモルタルは目標圧縮強度 150N/mm² を満足し、接合目地部への充填性に優れることを確認した。

Key Words: 超高強度, モルタル, 流動性, プレキャスト, 接合目地部

1. はじめに

近年、高強度コンクリート関連の技術の進歩は目覚しく、設計基準強度 100N/mm² のコンクリートを使用した構造物が実際に施工され¹⁾、設計基準強度が 150N/mm² 級の超高強度コンクリートも実用化の段階に達している^{2) 3)}。超高強度コンクリートの施工は、結合材単位量の増大に伴う発熱量の増大や、高い粘性を持つなど品質管理および施工管理に配慮すべき技術的課題がある。このような超高強度コンクリートの特性を考慮すると、工場で製造することによって品質管理および施工管理を確実にでき、現場においても効率的に施工できるプレキャスト部材による方法がある^{4) 5)}。

場所打ちの超高強度コンクリートを極力減らすためには、PC 鋼材によって柱と柱および柱と梁とを圧着接合するプレキャスト・プレストレストコンクリート (PCaPC) 工法の採用が有効である。一般的にこの工法では、柱梁交差部を柱部材と一体で形成するため、現場での施工はトッピングコンクリートと目地モルタルとなる。

一方、プレキャスト・鉄筋コンクリート (PCaRC) 工法は柱部材と梁部材を架設した後に、柱梁交差部を場所打ちとすることが一般的であった。しかし、近頃では PCaRC 工法の施工合理化のために、梁部材と柱梁交差部を一体で形成した部材を用いる工法が採用され始めている。この工法では、柱梁交差部は柱主筋を貫通させる孔が開いた形状になっており、架設時には下層階の柱部材から突き出した主筋をこの孔に通し、その後に部材相互目地と貫通孔内部とをモルタルで同時に充填する。施工の省力化のためには、この目地幅と貫通孔内の鉄筋とのクリアランスは小さい方が望ましいが、これらの大きさの決定には製品および架設の精度はもちろんのこと、充填材料のワーカビリティが支配的要因となる。しかし、現時点ではコンクリートの設計基準強度が 100N/mm² を超える場合に、構造性能およびワーカビリティの双方の条件を同時に満足する充填材料は見当たらない。

このようなことから、本研究では上記 2 種類のプレキャスト部材接合工法に適用できる、目標強度を 150N/mm² とするモルタルの開発を目的とした。本報告では調合条件が強度発現性に及ぼす影響およびプレキャスト部材接合工法の模擬試験体を用いた施工性確認試験について報告する。



穴澤雅明



藤井和俊

2. 実験概要

(1) 使用材料および試験調合

使用材料を表-1 に、試験調合を表-2 にそれぞれ示す。

細骨材は各粒度の珪砂を混合し、粗粒率(FM)を 2.75 に調整したものを用いた。また、高性能 AE 減水剤は、J₁₄ 漏斗流下時間が 8±3 秒となるよう添加量を調整した。なお、練混ぜ時に 1%の空気が巻き込まれるものとして調合を計算した。

表-1 使用材料

種別	銘柄・仕様	密度 (g/cm ³)	記号
結合材	低熱ポルトランドセメント+シリカフェーム	3.08	C
細骨材	粒度調整珪砂 (FM = 2.75)	2.63	S
高性能 AE 減水剤	ポリカルボン酸系	—	SP

(2) 練混ぜ方法

練混ぜは、室温 20℃、相対湿度 60%の室内で、ハンドミキサ(1200rpm)を用い、3 分間練り混ぜた。

(3) 養生方法

材齢 1 日までは恒温恒湿室内で湿布を用いて乾燥を防ぎながら湿空養生とし、それ以降の材齢分は所定の材齢まで標準養生(水中)とした。

(4) 施工性確認試験

施工性確認試験は、前述した品質管理および施工管理を確実にすることを目的としたプレキャスト化に伴う、部材接合目地部等へのモルタルの充填状況を調べることで評価した。

プレキャスト部材接合部の模擬試験体は、柱接合目地を模擬した試験体と柱梁接合部を模擬したものの2種類を用いた。図-1 に柱接合目地試験体を、図-2 に柱梁接合部試験体をそれぞれ示す。

図-1 に示すように、柱接合目地試験体は PCaPC 工法を想定したものであり、本体はコンクリート型枠用合板で作製し、中央にスペーサー、その周囲にジョイントシースに見立てた丸形の障害物を 10 箇所配置した。モルタルは中央の注入口から注入した。モルタルの流動状況を観察するため、試験体上面はアクリル製の透明な蓋を設置した。周囲 4 辺には、それぞれ 2 箇所ずつ計 8 箇所の排気孔を設けた。

図-2 に示すように、柱梁接合部試験体は PCaRC 工法を模擬したものであり、モルタルの流動状況を観測するため、鉄筋(D41)およびコンクリートベースなどの他は透明塩化ビニルで作製した。このモデルでは、モルタル注入口からコンクリートベースに流下させ、コンクリートベース上を水平に広がるように流れ、鉄筋が貫通しているシース管に見立てた透明塩化ビニル管内を上昇しながら充填する状況を観察した。

両方の試験体ともモルタルポンプ(6.8L/min)でモルタル(S/C=0.8, W/C=24%)を注入した。なお、柱梁接合部試験体は初期の流動抵抗を軽減させるために、モルタル注入口から 0.5L の水をモルタル注入の直前に投入した。

表-2 試験調合

S/C (一)	W/C (%)	単位量 (kg/m ³)		
		W	C	S
0.7	21	260	1236	865
	24	286	1192	834
	27	311	1150	805
0.8	21	248	1180	944
	24	273	1139	912
	27	297	1101	881
0.9	21	237	1129	1016
	24	262	1092	982
	27	285	1057	951
1.0	21	227	1082	1082
	24	251	1048	1048
	27	274	1015	1015

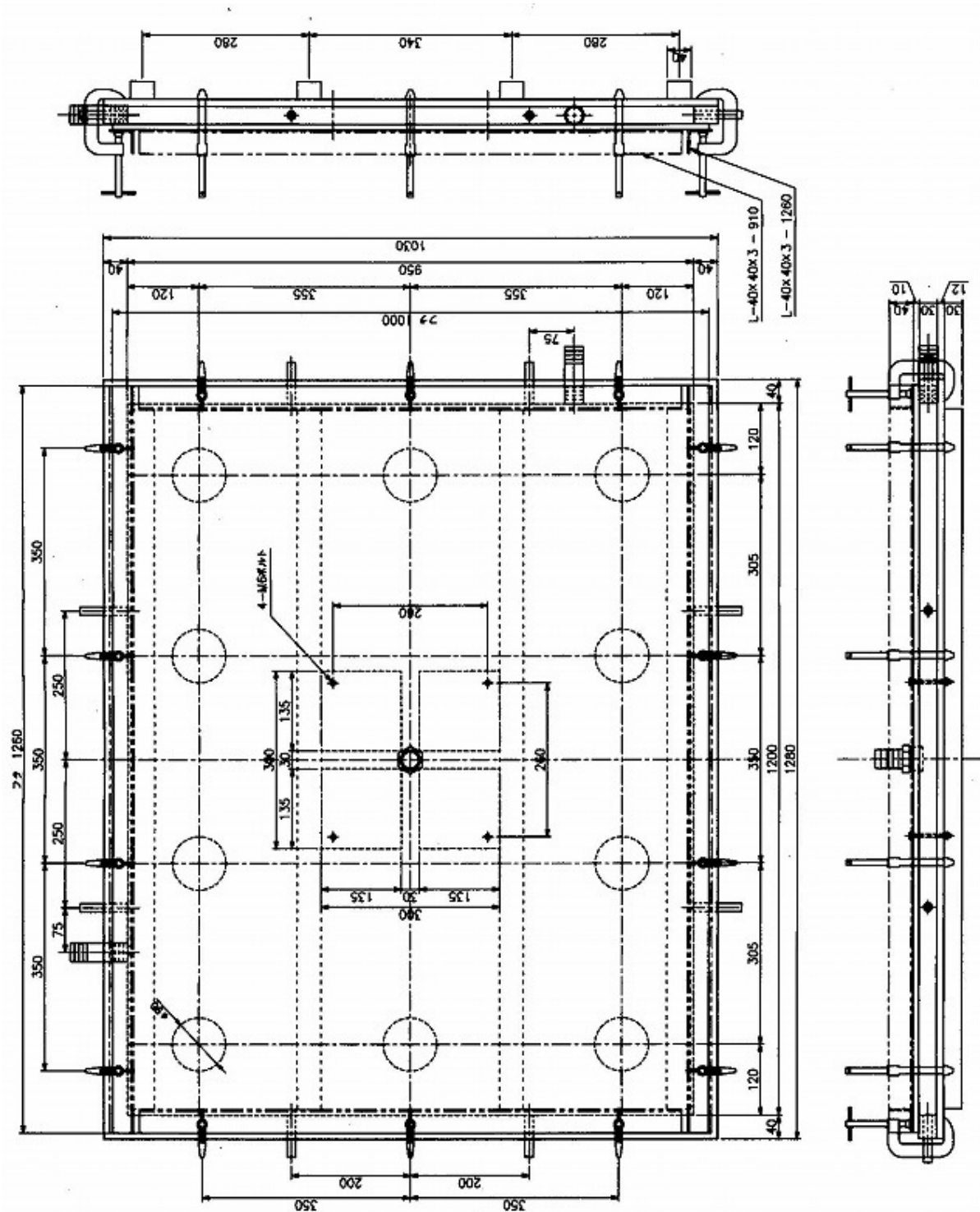


图-1 柱接合目地試験体

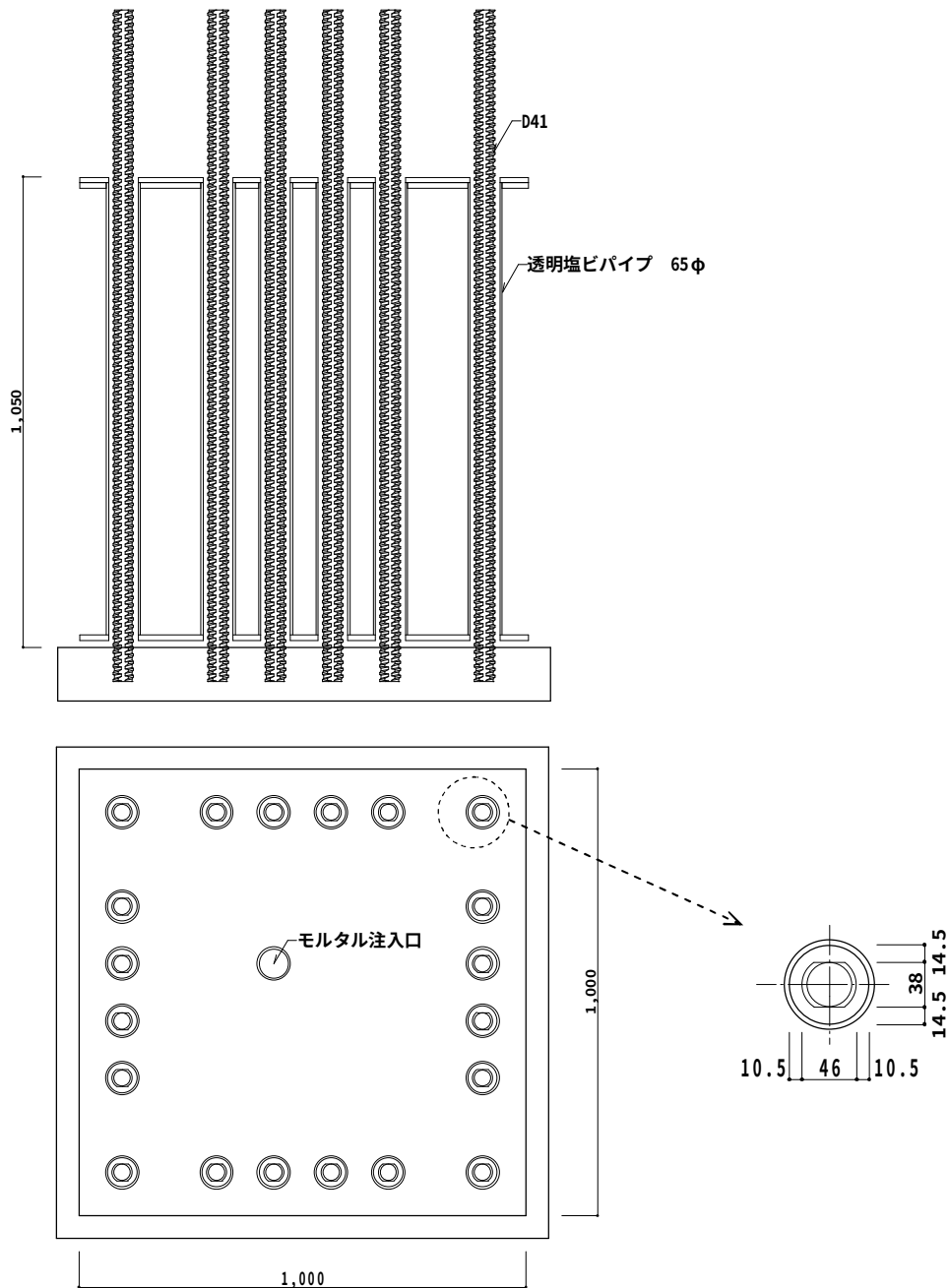


図-2 柱梁接合部試験体

3. 結果および考察

(1) 調査条件が強度発現性に及ぼす影響

1) 圧縮強度

図-3 に圧縮強度試験結果を示す。

図-3 より、各水準の圧縮強度とも、材齢 28 日まで良好な強度発現性を示し、材齢 182 日において水セメント比 21%および 24%で 200N/mm^2 を超えることが判る。目標強度とした 150N/mm^2 には、水セメント比 21%では材齢 28 日で到達し、同 24%および 27%は材齢 91 日で超えている。

また、全ての水準において圧縮強度は材齢 182 日まで増進している。これは、使用したセメントが低熱ポルトランドセメントを使用しているため、ピーライトの水和が長期にわたり進行していることによるものと考えられる。なお、S/C(細骨材セメント比)が圧縮強度に及ぼす明確な影響は認められない。ただし、材齢 182 日における圧縮強度は、水セメント比(W/C)3 水準とも S/C が 1.0 の場合が最も高い。

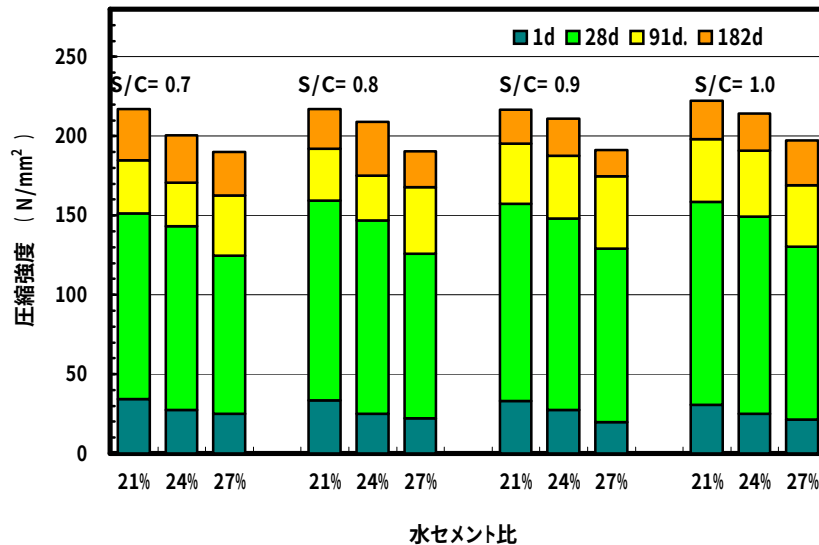


図-3 圧縮強度試験結果

2) 曲げ強度および引張強度

図-4 及び図-5 に、曲げ強度試験結果および引張強度試験結果をそれぞれ示す。

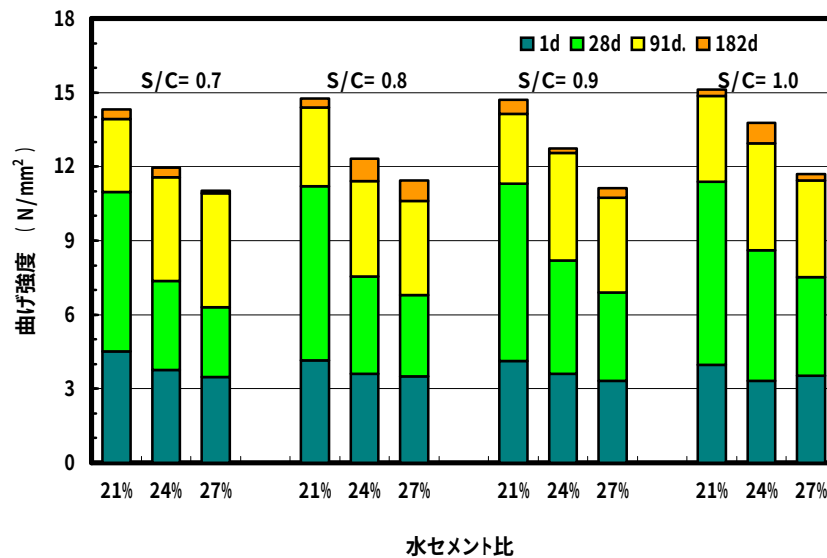


図-4 曲げ強度試験結果

図-4 から、材齢 91 日まで比較的良好に曲げ強度が増進していることが判る。水セメント比 24%では材齢の進行に伴い、わずかであるが、S/C が高いほど曲げ強度が高くなる傾向が認められる。なお、材齢 28 日以降の曲げ強度は水セメント比 3 水準とも、細骨材セメント比が 1.0 の場合が最も高い。

図-5 より、引張強度は材齢 28 日以降の強度増進が緩慢になることが判る。水セメント比 21%において、材齢 28 日以降は S/C が高いほど引張強度が高くなるが、他の 2 水準に明確な傾向は認められない。

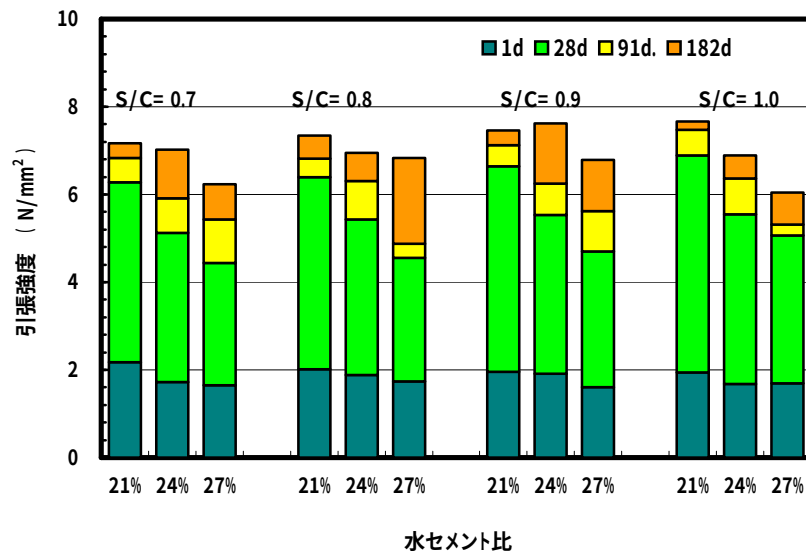


図-5 引張強度試験結果

(2) 施工性確認試験

1) 柱接合目地

写真-1 に柱接合目地試験体内のモルタルの流動状況を示す。モルタルの練上がり温度は 23.8°C, J₁₄ 漏斗流下時間は 6.4 秒であった。

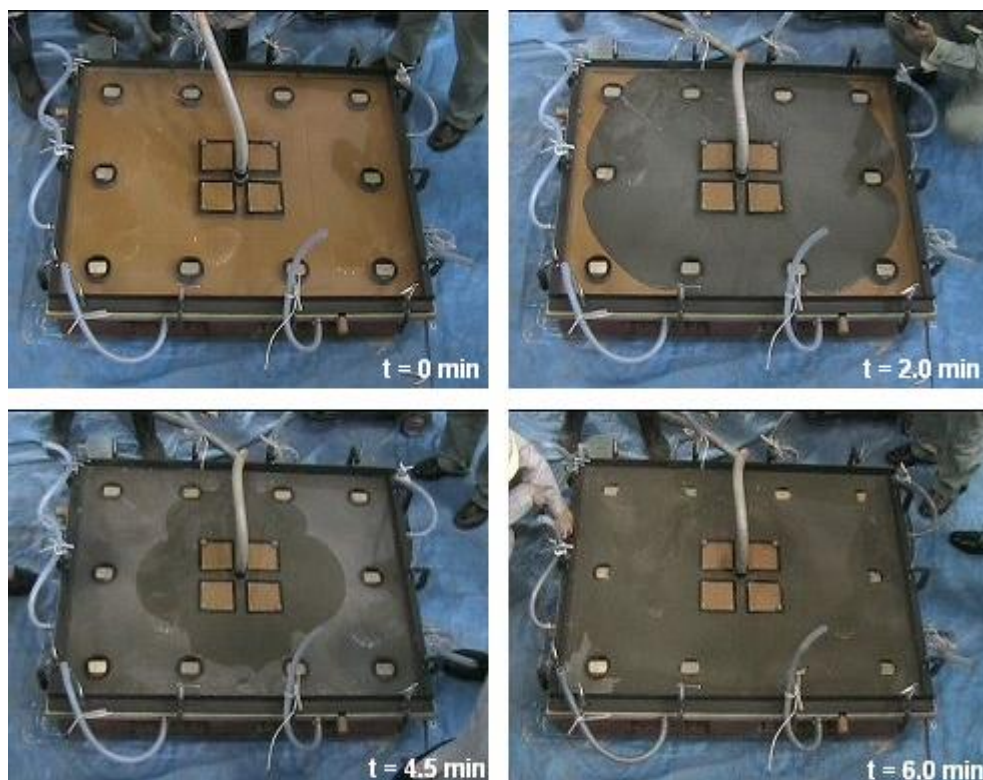


写真-1 柱接合目地試験体内のモルタルの流動状況

モルタルは先に下面を流れ始め、約 3 分後下面全面にモルタルが行き渡る。それと同時に上面に接触しながらモルタルの充填が進む。スペーサーの配置の関係から、モルタルは十字型に広がり、先に側面部に到達し、遅れて隅角部を充填する。最終的に充填が終了したのは約 6 分後であった。試験体内左下に空隙が残った。これは、モルタルの流動状況から排気口を四隅に設けるべきであったが、側面部(ホースを接続した箇所)に設置したためである。

2) 柱梁接合部

写真-2 に柱-梁接合部試験体内のモルタルの流動状況を示す。

注入されたモルタルは、先に投入した水を押しながら試験体内の水平面を広がる。約 1.6 分後から四隅に設置した排気口から水が排出され始める。モルタルが試験体内の水平面(厚さ 15mm)を満たすのは約 2.5 分後であり、その後はシースを模擬した透明塩化ビニル管内を上昇し始める。透明塩化ビニル管内はおおむね均等な高さで充填が進み、約 13.7 分後に管内最高部まで充填される。以上のように、このモデルにおいても開発したモルタルの良好な充填性が確認できた。

現場で使用する場合には品質の安定性や製造コストの点で検討する余地があるが、強度発現性は目標に到達し、良好な充填性が確認できたことから、実施工に適用する見通しが得られたといえる。



写真-2 柱梁接合部試験体内のモルタルの流動状況

4. まとめ

部材接合部への充填に適用できる、目標強度 150N/mm^2 を発現するモルタルの開発を目的とし、調合条件が強度発現性に及ぼす影響およびプレキャスト部材の接合部を模擬した試験体を用いて施工性について検討した。その結果、以下のことが判明した。

- 1) 目標強度とした 150N/mm^2 は、水セメント比 21%では材齢 28 日で得られ、同 24%および 27%は材齢 91 日でそれを超えている。さらに材齢 182 日において水セメント比 21%および 24%で圧縮強度は 200N/mm^2 を超える。
- 2) 材齢 182 日における圧縮強度および曲げ強度は、試験した 3 水準の水セメント比とも細骨材セメント比が 1.0 の場合が最も高い。
- 3) プレキャスト部材接合部の模擬試験体を用いることによって、充填モルタルの J_{14} 漏斗流下時間を 6 秒程度に設定し、適切な位置に排気口を設置することにより目地部への高い充填性が得られることを確認した。これにより実施工に適用する見通しが得られた。

謝辞

本研究は、岩手大学工学部建設環境工学科小山田研究室との共同研究として実施したものです。小山田研究室からは実験の実施からデータの解析まで多大なご協力をいただきました。また、宇部三菱セメント株式会社より実験材料を提供して頂いています。以上の関係各位に、心より感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 陣内浩・服部敦志・長田善紀・石岡明：設計基準強度の PCa 柱の製造と高層 RC 住宅への適用, コンクリート工学, Vol.14, No.12, pp.30-35, 2002
- 2) 鳴瀬浩康・井上敏克・古賀康男・石中正人：超高強度コンクリートへの挑戦 150 N/mm² クラスに対応したシリカフェーム混入セメントの開発, セメント・コンクリート, No.697, pp.8-15, 2005. 3
- 3) 松本信也・大野俊夫・坂井吾郎・盛田行彦：150 N/mm² 級超高強度コンクリートに関する実用化研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.27, No.1, pp.1093-1097, 2005
- 4) 丸田誠・境治彦：超高層 RC を対象としたプレキャスト骨組の構造性能, 鹿島技術研究所年報, No48, pp.71-78, 2000.9
- 5) 杉本訓祥・増田靖彦・江戸宏彰：柱梁接合部のシース管内通し主筋の付着性状確認実験, コンクリート工学年次論文集, Vol.26, No.2, pp.817-822, 2004