

高い曲げひび割れ発生強度を有するポリマーセメントモルタルを用いた埋設型枠の製作に関する検討

鹿島建設(株) 正会員 ○高木智子 向 俊成 荒川 遥 渡邊有寿 坂井吾郎
(株) 日本触媒 森本正和 富永喜一郎

1. はじめに

生産性向上や耐久性の確保を目的に、プレキャストコンクリート製のパネルを用いた埋設型枠工法の適用事例が増えている。埋設型枠工法においては、パネルの①曲げひび割れ発生強度が高いほど、また、②曲げ剛性が高いほどコンクリート打込み時の側圧に対する仮設鋼材を減らすことができ、より合理的な施工が可能となる。これまで筆者らは、①に着目してポリマーセメントモルタル（以下、PCM）を高温乾燥養生することで、 $20\text{N}/\text{mm}^2$ 以上の曲げひび割れ発生強度が得られることを明らかにしてきた¹⁾。しかしながら、この結果は試験室レベルでのものであり、プレキャスト工場でパネルを製作した場合の強度やパネル自体の均質性については確認できていなかった。本検討では、実規模のPCM製パネルを製造し、パネル内の強度の分布やポリマーの状態を評価した結果について報告する。

2. PCMの配合および練混ぜ

PCMの使用材料および配合を表-1および表-2に示す。普通ポルトランドセメントを使用し、水セメント比を31.5%とし、モルタルフローが $250\pm 20\text{mm}$ となるように高性能減水剤を、空気量が5%以下となるように消泡剤を添加した。PCMに使用したポリマーエマルジョン（以下、ポリマー）は、ポリアクリル酸エステル（PAE）であり、ポリマーの固形分（Ps）とセメントの質量比であるポリマーセメント比（Ps/C）を20%とした。ここで、Psは外割とし、ポリマーの溶媒（Wp）は単位水量の一部として計量した。

PCMの練混ぜは、強制二軸ミキサ（公称容量100リットル）を用いて行い、練混ぜ量を80リットルとした。練混ぜ手順は、セメントおよび細骨材を投入し、30秒間の空練りを行った後、水、混和剤およびポリマーを投入し、60秒間練り混ぜた後にかき落としを行い、さらに120秒間練り混ぜた。この時のモルタルフローは $235\times 227\text{mm}$ 、空気量は4.7%であった。なお、検討時期が夏期であり、練上がり温度は 36.4°C となった。

3. 実験内容

プレキャスト工場が保有する蒸気養生槽を写真-1に示す。養生方法は、脱型強度（ $15\text{N}/\text{mm}^2$ ）を満足させるために一次養生として 50°C -14時間の蒸気養生を実施し、脱型後、19日間の高温乾燥養生（温度 70°C 、湿度10%）を実施した。外気温 38°C 、湿度65%の夏期において、2台の送風機を用いて、上述の高温乾燥養生を実現した。

この時、圧縮強度の管理用として $\phi 50\times h100\text{mm}$ 供試体を、曲げ強度（曲げひび割れ発生強度）の管理用として $\square 40\times 40\times 160\text{mm}$ 供試体を採取した（以下、基準供試体と記す）。

製作したパネルを図-1に示す（ $900\times 1,300\times 60\text{mm}$ ）。パネルを構成するPCMの曲げひび割れ発生強度を確認

表-1 使用材料

材料名	記号	摘要
水	W	上水道水
セメント	C	普通ポルトランドセメント、密度: $3.16\text{g}/\text{cm}^3$
細骨材	S	千葉県君津産、山砂、密度: $2.57\text{g}/\text{cm}^3$
混和剤	P	PAE系ポリマーエマルジョン、固形分40.9% Wp: 溶媒, Ps: 溶質(固形分)
	SP	高性能減水剤、ポリカルボン酸系化合物
	DA	消泡剤、アルコール系

表-2 PCMの配合

W/C (%)	Ps/C (%)	単位量(kg/m^3)						Ps (kg/m^3)
		W	Wp	C	S	SP	DA	
31.5	20	24	266	922	1039	3.7	7.4	184

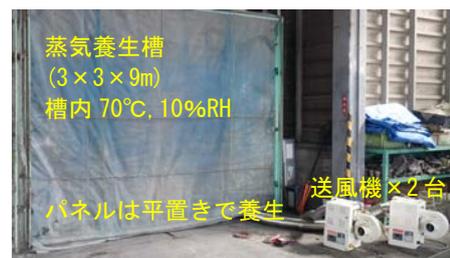


写真-1 パネルの養生状況

キーワード：ポリマーセメントモルタル、埋設型枠工法、曲げひび割れ発生強度、高温乾燥養生

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

するために、高温乾燥養生後に、**図-1** に示す位置で□60×60×240mmの大きさの供試体を切り出して、曲げ強度試験に供した。パネルの乾燥具合が強度に影響することが既往の検討¹⁾ で明らかとなっているため、乾燥しやすいパネル外側(A, B, C)と乾燥しにくいパネル中心部(D, E)にて曲げひび割れ発生強度を評価した。なお、供試体Aはパネルの切断面が曲げ試験時の引張縁となるように载荷したが、実現場での使用時は、パネルの下型枠面が躯体の引張側となることから、供試体B, C, D, Eは型枠面を引張縁として载荷した(**図-2** 参照)。

4. 実験結果

高温乾燥養生終了後の基準供試体の圧縮強度は、84.4N/mm²、曲げひび割れ発生強度は19.9N/mm²であり、プレキャスト工場にて送風機を用いた養生を実施した場合においてもこれまでの検討¹⁾ (94.8N/mm², 19.9N/mm²) と同等の強度が得られた。

次に、パネルから切り出した供試体の曲げ強度試験の結果を**表-3** に示す。曲げひび割れ発生強度は約14N/mm²で、パネル内で強度がばらつくことなく、切断位置や切断方向、载荷面によらず均一な強度が得られた。ここで、基準供試体の曲げひび割れ発生強度は19.9N/mm²であったのに対し、切出し供試体は5N/mm²程度小さくなった。この原因を確認するために、基準供試体と切出し供試体を走査型電子顕微鏡(以下、SEM)にて観察した結果を**写真-2** に示す。これまでの室内検討と同様に、基準供試体、切出し供試体ともにポリマーによるネットワーク構造(写真中、黄色枠)が確認され、骨材とペーストの間の遷移帯についてもポリマーの融着によって密実になっている状態が確認された。一方、基準供試体よりも切出し供試体の方が250μm以上のエントラップトエアが多い結果となった。これは、基準供試体の製作時は型枠を叩いて振動を与え空気を抜いたのに対し、パネルの製作時は打込み時に自己充填性に期待してバイブレータによる振動を与えなかったためにエントラップトエアが抜けにくかったものと推察された。このことが強度の違いが生じた主たる原因であると考えられる。

5. まとめ

プレキャスト工場にてPCM製パネルを製造し、熱風を発生させる送風機を用いて高温乾燥養生を行った結果、基準供試体の高温乾燥養生後の圧縮強度は84.4N/mm²、曲げひび割れ発生強度は19.9N/mm²となり、これまでの室内検討と同等の強度が得られた。また、パネルから切り出した供試体の曲げひび割れ発生強度は、切断位置や向きによらず均一であった。しかしながら、基準供試体と比較して曲げひび割れ発生強度が約5N/mm²低下しており、打込み方法の工夫も必要であることがわかった。なお、本実験では高温乾燥養生を19日間実施したが、7日後に養生槽から取り出した基準供試体でも同等の強度が得られることを確認しており、実際の製作では養生期間のさらなる短縮が可能であると考えられる。

参考文献

1) 高木智子ほか: 養生方法の違いによるポリマーセメントコンクリートの強度および耐久性向上効果に関する検討, コンクリート工学年次論文集, vol.41, No.1, pp.1235-1240, 2019

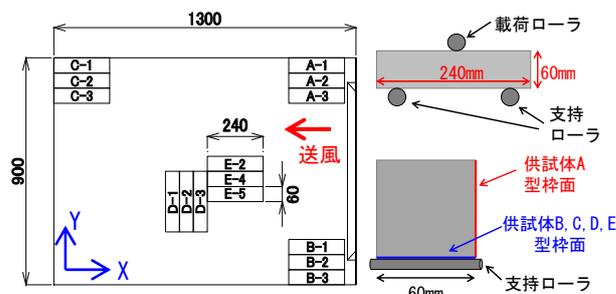


図-1 パネルからの供試体採取位置(平面図) **図-2** 曲げ強度試験の载荷状況

表-3 曲げひび割れ発生強度の試験結果

採取位置		引張縁	曲げひび割れ発生強度 (N/mm ²)
基準供試体(40×40×160mm)		型枠側面	19.9
切出し(60×60×240mm)	外側/X方向	A	切断面
	外側/X方向	B	型枠面
	外側/X方向	C	型枠面
	中心/Y方向	D	型枠面
	中心/X方向	E	型枠面

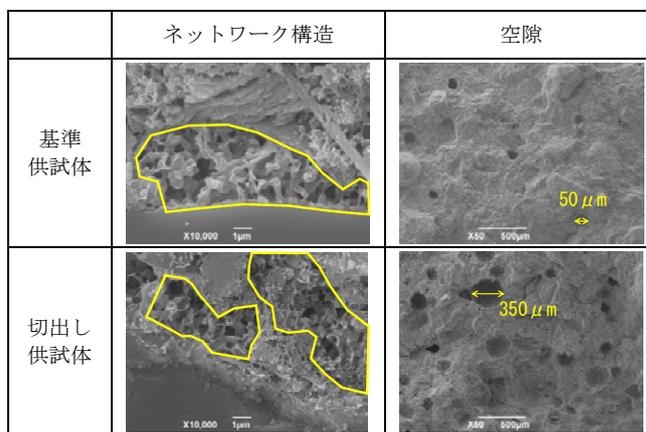


写真-2 SEM観察写真