

pMp

—水分割練りペースト(pMp)の先行生成による高機能／高耐久コンクリート—

pMp コンクリート

—水分割練りペースト (pMp) の先行生成による高機能・高耐久コンクリート—

劉 宏涛*1・酒井 亨*2・中村 聖二*3 青木 涼*4

要旨：社会基盤を支える最も重要な材料の一つであるコンクリートの、サステイナブル高性能化を目指して、アイザワ技術研究所は、コンクリートの性能を支配する水和反応に着目し、pMp (開発コード：paste Mix preceded の頭文字) コンクリートの開発に成功した。混練水を最適な比率で分割投入してセメントペーストを先行練りし、これに骨材を投入して製造する pMp コンクリートは、通常の一括練り製造コンクリートと比べて、ブリーディングを著しく低減し、かつ水和反応を長期化させることから密実で耐久性に優れた特長を持つ。

pMp コンクリートは、先行製造したペースト (pMp) に凝結遅延剤を添加することで長時間水和を停止させ、適宜 pMp と骨材をトラックアジデーターのドラム回転で攪拌混合し、骨材との摩擦によってキレートを破壊させ、遅延を解除して、コンクリートの再水和を自由に制御することを可能とする。この技術は、レディミクストコンクリート供給の空白域問題を解消し、プレキャスト製品の建設現場内での製造による環境負荷低減を可能にするという、新たな建設業モデルを生み出す切り札となることが期待される。

キーワード：pMp コンクリート、ペースト先行練り、再水和制御、環境負荷低減、プレキャスト製品

1. はじめに

コンクリートは、社会基盤整備に必要な最も重要な材料の一つであり、地球上で水に次いで多く用いられている。世界の総量は250億トンを超えていると思われる。コンクリートの利用の増大とともに、コンクリート技術及びシステムには著しい進展があったと言えるが、近年の急激な社会的変化と地球温暖化に象徴される環境問題の深刻化に伴い、従来の技術・システムの変革が求められている。そうした新たな要求に対応するためには、従来の枠組みを超える考え方の導入を図る必要がある。

コンクリートの品質やコンクリートを用いた構造物の安全性は社会の持続可能性の基本である。また、それらのコストは常に経済的要求を満たす必要がある。更に、資源の消費やCO₂等の排出は環境に大きな影響を及ぼす。これらの多様な要素を合理的に考慮されたコンクリートがサステイナブルなコンクリートの実現を図ることが建設業の使命とも言える¹⁾。

アイザワは、こうした観点から、混練水を最適な比率で分割投入してpMpを先行練りし、これに骨材を投入して製造するサステイナブルコンクリート (pMp コンクリート) の開発に成功した。このコンクリートは、通常の一括練り製造コンクリートと比べて、ブリーディングを著しく低減し、かつ水和反応を長期化させることから、密実で耐久性に優れた特長を有すると共に、この技術の活用によって在来製造法より生産効率を著しく高めることができ、コストの大幅低減とCO₂排出量の大幅削減を可能にした。

本資料は、pMp コンクリートの製造方法並びにその性能について評価すると共に、pMp コンクリート利用モデルについて紹介する。

2. pMp コンクリートの製造の概要

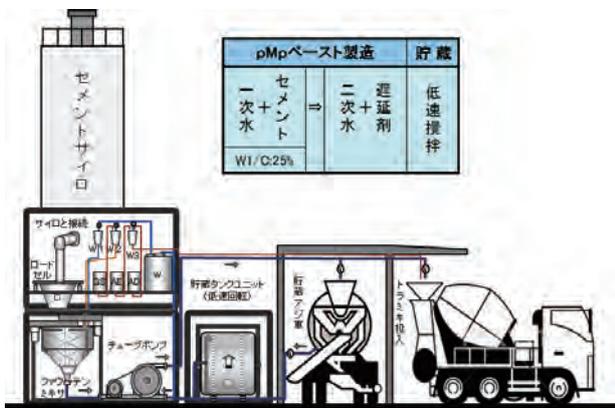


図-1 pMpの製造方法の概要図

*1 アイザワ技術研究所 主任研究員 博士 (工学)

*2 アイザワ技術研究所 主任研究員

*3 アイザワ技術研究所 主任研究員

*4 アイザワ技術研究所 所長 首席主任研究員

pMp コンクリートの製造法の概要を図-1に示す。混練水を最適な割合で分割して、まず一次水とセメントを専用ミキサにて練り混ぜ、凝結遅延剤入りの二次水を投入してpMpを製造し、練り置きをしておく。出荷の際に所定量のpMpと骨材、混和剤およびW/C調整用三次水をトラックアジテーターに投入して無回転で現場まで運搬する。現場到着後、アジテータードラムの高速回転により材料を攪拌し、骨材の摩擦でキレートを破壊させ、凝結遅延を解除してから荷降しをする。

3. 技術の特徴と主な用途

3.1 本技術の特徴

pMp コンクリートは通常の一括練りコンクリートと比べて次の特徴を有する。

- ① ブリーディング率が極めて小さい。
- ② 組織が緻密で品質が均一である。
- ③ 長期的な水和反応により耐久性が高い。

3.2 本技術の主な用途

pMp コンクリートの上述の利点を生かす用途は次のとおりである。

- ① 高品質・高耐久性コンクリート工事
- ② 生コン供給空白域への対応
- ③ プレキャスト製品の高効率・高品質化
- ④ プレキャスト製品のオンサイト製造

4. 技術開発のポイント

4.1 混練水の最適な水分割率およびミキサの開発

本技術開発の初期段階でセメントに混練水を分割して投入し練り混ぜることで、ペーストのフレッシュ性が大きく改善され、特にブリーディングが顕著に減少することが明らかとなった。しかし一次水の量が極端に少ない場合、一般的に使用されているミキサでは練り上げることが不可能であった。この問題を解決するため専用のミキサの開発に着手した。

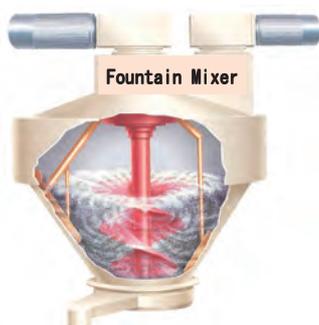


図-2 pMp 製造用ファウンテンミキサ

完成したミキサは、中央に位置するスパイラル羽根により材料が上方に移動しながら拡散・落下し、逆回転する外側スクレーパ羽根により掻き落とされるという構造で、一次水の少ないセメントペーストも均一に練ることができる。なお、セメントと水があたかも噴水のような動きを見せることから、このミキサを「ファウンテン」と名付けた。

また、最適な水分割率の決定にあたり、Agus Santosa 氏の水分割投入による凝集構造理論²⁾よりヒントを得て、田澤氏・笠井氏³⁾や早川氏⁴⁾の研究を参考にしながら、表-1に示した検討試験を行い、その結果、セメントペーストの流下時間(図-3)、攪拌性能を示す残留団粒質量³⁾(図-4)(写真-1)、ブリーディング率(図-5)、水和発熱性(図-6)を得られた。これらの結果により総合的に判断して普通ポルトランドセメントを使用した場合のW1/Cを25%に決定した。

表-1 最適W1/Cの検討試験の概要

練混ぜ種類	pMp	一括練り
基本配合	W/C:42% W1/C:23%、25%、28%	W/C:42%
試験の項目および方法	<ul style="list-style-type: none"> ・流動性試験：P漏斗による方法「JSCE-F 521」を準拠 ・ブリーディング試験：ポリエチレン袋方法「JSCE-F 522」を準拠 ・団粒質量試験³⁾：定量のペースト試料を水洗しながら0.6mmの篩でこし、その残量分の単位乾燥質量を残留団粒質量とする。残留団粒質量が小さいほどセメント粒子の分散がよいとされる。 	

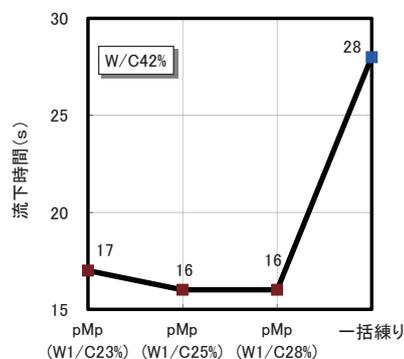


図-3 ペーストの流動性比較

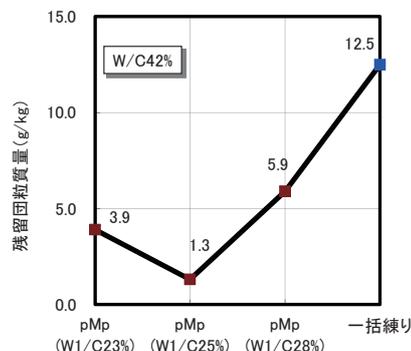


図-4 ペースト練り混ぜ後の残留団粒質量比較

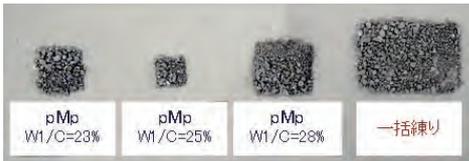


写真-1 ペースト練り混ぜ後の残留団粒質量

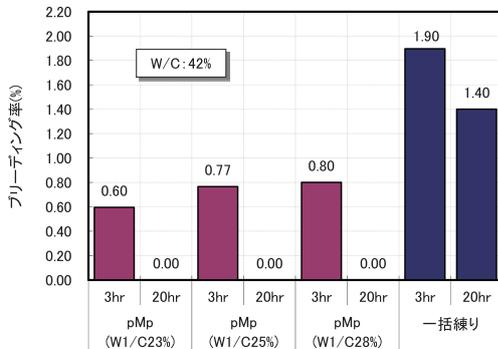


図-5 pMpのブリーディング率の比較

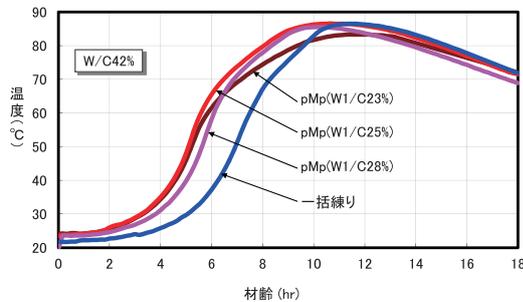


図-6 pMpの水和発熱特性の比較

pMpはセメントに25%の1次水を加え、専用ミキサによって与えられる強力な攪拌エネルギーがセメントの粒子同士を接近・衝突させ、粒子間の最大反発力エネルギー（エネルギー障壁）を超え、最大誘引力エネルギーの

距離まで接近すると、4個から5個の粒子が集まり水を内包した強固な一次凝集構造体が形成される²⁾。

その後、一定の静置時間を設けてpMp凝集構造を安定化させ、2次水を入れてゆっくり攪拌し一次凝集構造体が均等に分散されたpMpを製造する。一方、一括練り製法はすべての材料を同時に投入するため、セメント粒子と水の不規則結合によるフロック構造が形成され、水と触れないセメント粒子が残留しセメントの水和を妨げることになる。その概念図を図-7に示す。

表-2 最適W1/Cの検討試験の結果およびまとめ

比較項目	pMp			一括練り	
	W1/C23%	W1/C25%	W1/C28%		
流下時間 (s)	17	16	16	28	
ブリーディング率 (%)	3hr	0.60	0.77	0.80	1.90
	20hr	0.00	0.00	0.00	1.40
残留団粒質量 (g/kg)	3.90	1.30	5.90	12.5	
体感的ワーカビリティ	固い	良好	分離	普通	
水和発熱特性 (順位)	2	1	3	4	
総合判断	順位	2	1	3	4
	判断	本検討範囲の最適のW1/Cは25%とした。			

4.2 セメントペースト先行練りの意義

pMpはセメントと水を先行練りするため、骨材同士のバインダーの役割を果たすセメントペーストを骨材の表面に均一に付着させることができ、骨材間の隙間を充填、ブリーディング水を骨材界面に滞留するのを防ぐ。よって、ペーストと骨材の付着力が上がり、それに伴って骨材同士の結合力も高められるため、高い品質のコンクリートを製造することができる。

4.3 pMpコンクリートの製造およびその性状

(1) pMpコンクリートの製造について

pMpと骨材を強制二軸ミキサで練り混ぜて製造し、同

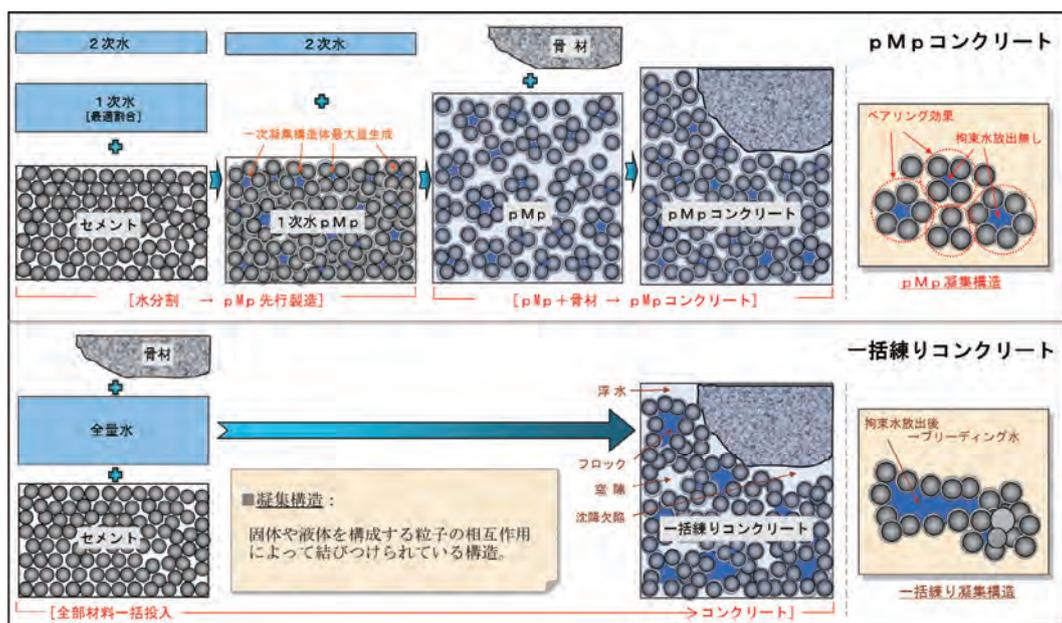


図-7 pMpの凝集構造概念図

時に製造した一括練りコンクリートとフレッシュ性状の比較を行った。コンクリート配合および試験結果を表-3に示す。実験の結果より pMp コンクリートのスランブは一括練りより 2cm 程度小さくなった。数回に渡り試験を行っても結果は同様であった。

表-3 二軸ミキサによる pMp コンクリートの製造実験概要

混練方法	配合									フレッシュ性状	
	W/C (%)	W1/C (%)	S/a (%)	使用量 (kg)					Air (%)	SL (cm)	
				W1	W2	C	S	G			AD
pMp	42.0	25	47.0	95	64	379	839	926	1.89	5.2	16.0
一括練り	-	-	-	159	-	-	-	-	-	4.9	18.0

pMp コンクリートは球状に近い形状の一次凝集構造体を数多く有するため、ボールベアリング効果によりコンクリートの流動性が高くなり、スランブは大きくなると予想していたが、逆の結果となった。この現象について検討した結果、原因はミキサの種類に起因するのではと考えた。そこでパン型ミキサ、傾胴型ミキサそして強制二軸ミキサを用いて表-1と同様な配合でフレッシュ試験を行った。

その結果、図-8に示した通りパン型と傾胴型ミキサともに pMp コンクリートが、一括練りと同等以上のスランブを得ることができた。

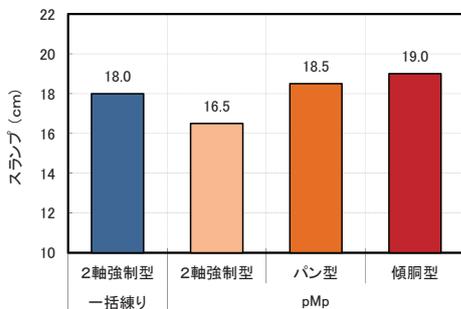


図-8 各種ミキサによる pMp コンクリートスランブの比較

この結果から、強制二軸ミキサがパン型、傾胴型ミキサより攪拌のせん断力が高いことにより、強制二軸ミキサでは、完成された一次凝集構造体が破壊されたと考えられる。一次凝集構造体が破壊されるとバラバラの状態になり新しいブロックが形成され、流動性の悪化を招いたと推測される (図-9)。

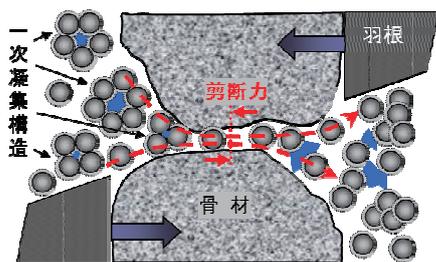


図-9 一次凝集構造体破壊のイメージ

現在は他の考えられる原因究明も進めているが、現時点では、この仮説に基づき pMp コンクリートの製造には傾胴型ミキサを採用することとした。

(2) pMp コンクリートの主な性状

pMp コンクリートの性状を調べるため、傾胴型ミキサを用いて、コンクリートのフレッシュ性状および硬化後性状実験を行った。コンクリート配合および試験結果を表-4に示す。

表-4 pMp コンクリートの配合および実験結果

混練方法	基本配合			フレッシュ性状			硬化後性状	
	W/C (%)	W1/C (%)	S/a (%)	Air (%)	SL (cm)	ブリーディング率 (%)	圧縮強度(N/mm ²)	
							7d	28d
pMp	44.5	25	46.1	5.0	20.5	0.9	30.6	40.8
一括練り	-	-	-	4.0	19.5	2.7	32.3	42.5

■ pMp コンクリートのブリーディング性状

ブリーディング試験結果より、pMp コンクリートのブリーディング率は一括練りと比べて格段に小さくなる (図-10)。この結果より、ブリーディング水の経路空隙や、コンクリート表面の水溜りおよび蒸発による品質不均等などの現象は大幅に低減されることで、コンクリート内の組織は均一に緻密化することが容易に想像できる。

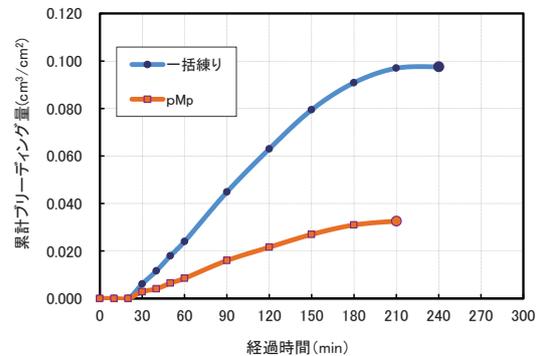


図-10 pMp コンクリートのブリーディング試験結果

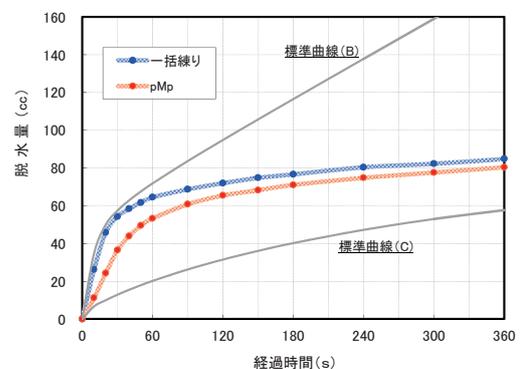


図-11 pMp コンクリートの加圧ブリーディング試験結果

次に、pMp コンクリートのブリーディング性状が、コンクリートのポンプ圧送性にどのような影響を与えるか

を把握するため、加圧ブリーディング試験を行った。その結果は図-1 1 に示すように pMp コンクリートは一括練りに対して、20 秒までは約 50%、60 秒でも約 80% の脱水量に留まった。これは、pMp コンクリートの内部保水力が高いことを意味する。また、ポンプ圧送による高圧を受けても分離抵抗性に優れ、良好なポンプ圧送性を有することが明らかになった。

■pMp コンクリートの水和発熱特性

pMp および pMp コンクリートの簡易断熱温度履歴を図-1 2 に示す。この図より、両者ともに練り上がり後、12 時間までは一括練りより温度の上昇は大きくなるが、12 時間以降は同等もしくは低い温度結果となった。これは、pMp の一次凝集構造体のサイズが小さく比表面積が大きいことで、初期の水和反応が活発となるが、その後水が一次凝集構造体に拘束され反応に必要な水の供給が少なくなるため、水和反応が鈍くなったと推測できる。

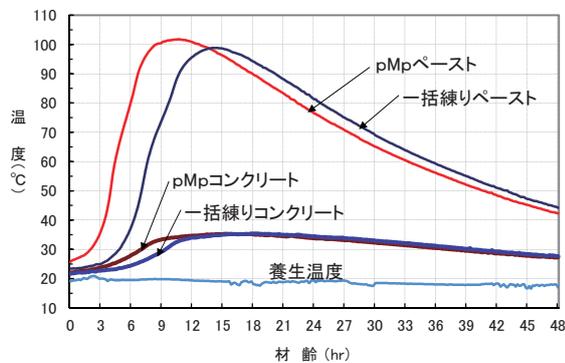


図-1 2 pMp コンクリートの水和発熱による温度履歴

■pMp コンクリートの硬化後圧縮強度特性

圧縮強度は、図-1 3 に示すように、pMp コンクリートは材齢 7 日、28 日とも約 2N/mm² 程度圧縮強度が低い結果となった。

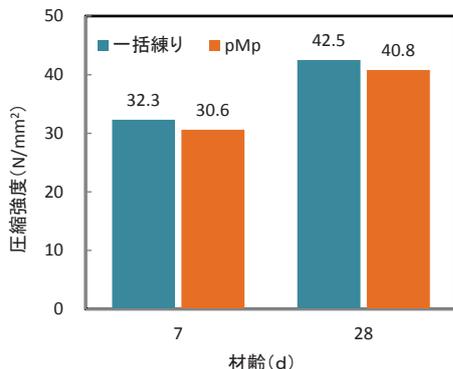


図-1 3 pMp コンクリート材齢 7 日と 28 日の圧縮強度

原因を究明するため、コンクリート硬化体の力学性状が大きく依存する内部の空隙構造を調べることとした。水銀圧入による材齢 28 日コンクリートの細孔径分布測定結果を図-1 4 に示す。

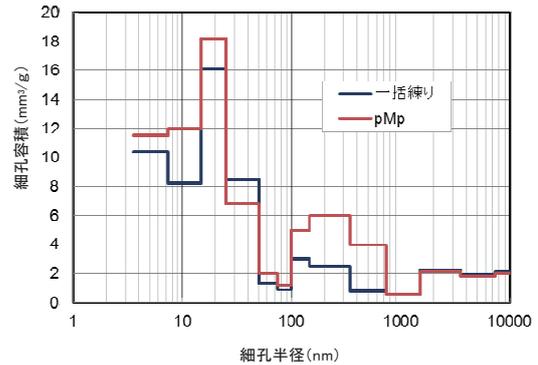


図-1 4 pMp コンクリート材齢 28 日の細孔径分布測定結果

一般的にセメントの水和が進むほど、水和生成物の形成により細孔径 50nm 以上の空隙が少なくなりコンクリートの強度が高くなる。この細孔径の分布図によると、pMp は一括練りより 50nm から 10,000nm までの範囲に空隙量が多い。このため、pMp コンクリートの材齢 28 日での圧縮強度が小さくなった。

これは、pMp コンクリートのブリーディングが少ないため実質の水セメント比は一括練りと比較し大きくなると共に、一次凝集構造体に内包された水により水和反応は進行していくが、その生成物が材齢 28 日という短期間では強固な凝集構造体内部に拘束されたため、強度増進に寄与されていなかったものと考えられる。

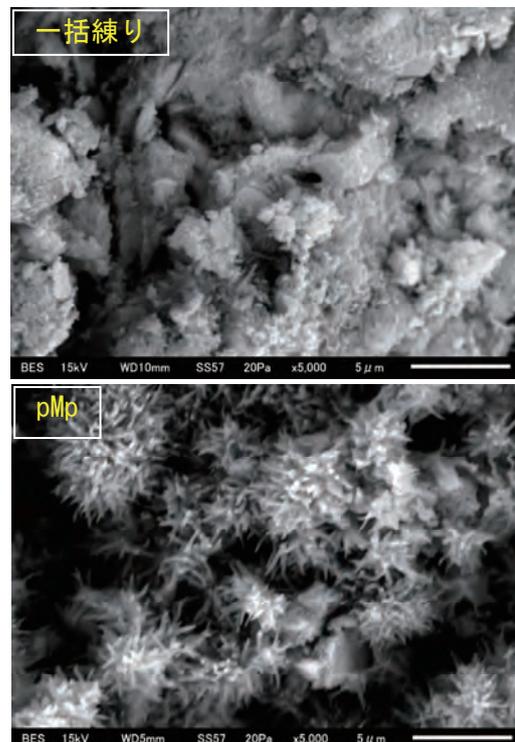


写真-2 材齢 2 年 pMp コンクリートの SEM 像 (5,000 倍)

材齢 28 日では一括練りと比較して強度が低い pMp コンクリートが、長期的にはどのような性状を示すのかを材齢 2 年のコンクリート試料を使用して、走査型電子顕微鏡 (SEM) による微細構造の観察と、生成物の元素を特

定するエネルギー分散型X線分析（EDS）を行い確認した。

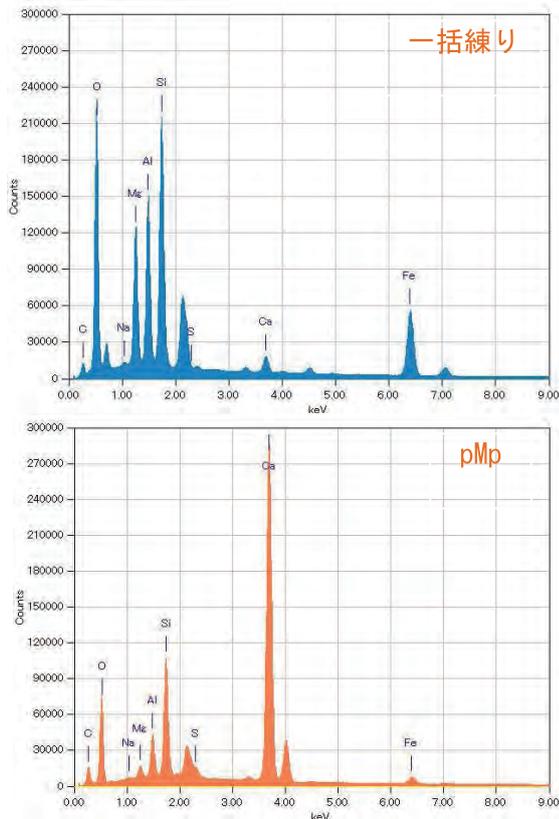


図-16 材齢2年 pMp コンクリートの EDS 分析結果

SEM による観察結果から、pMp コンクリートは一括練りに比べて圧倒的に多くの水和物が生成しているのが確認できた。

次に EDS による成分組成を比較すると、カルシウムとケイ素に顕著な差が認められた。pMp が一括練りに比べてカルシウムが圧倒的に多くケイ素が比較的少ないという結果は、pMp の方がカルシウム化合物等の水和物が多

く生成し組織が緻密化されていることを裏付ける。このように、材齢 28 日までは強度が劣っていた pMp コンクリートが、時間の経過とともに一括練りよりさらに水和が進行し続けていることが明らかになった。

4.4 pMp の性能発現メカニズム

pMp の独特な性状に基づき、水和モデルを構築し pMp の性能発現メカニズムを説明、推測することを試みた。

- ①. pMp コンクリートは、セメント粒子 4 個から 5 個で形成される一次凝集構造体の形状が球状の外形を有するため、ボールベアリング効果によりコンクリートが滑らかとなりその流動性、特に振動流動性に優れている。
- ②. 一部の混練水が一次凝集構造体の内部や粒子間の隙間に拘束されることから余剰水が少なくブリーディングが発生しにくい。また、硬化後コンクリートの表層部は一括練りコンクリートより組織が緻密化し、中性化や凍害、および塩害等の劣化の防止能力が高められ、優れた耐久性を得ることが可能となる。
- ③. pMp の一次凝集構造体は、その比表面積（接水面積）が大きくなるため、初期段階での水和反応は活発になる。その後、一次凝集構造体の内部では水和反応は進行するが、短期間では強固な凝集構造体内部に拘束されるため強度増進に寄与しない。しかし長期的には、一次凝集構造体が内部の水和進行に伴い水和生成物に変わり、周辺の空隙を埋めて組織を緻密化させ、強度を増進させることが考えられる。

4.5 pMp コンクリートの再水和制御

pMp の製造時二次水に凝結遅延剤を予め添加してセメントの水和反応を一時停止させ、遅延させたペーストと骨材をアジテーターのドラムに投入し、高速回転によ

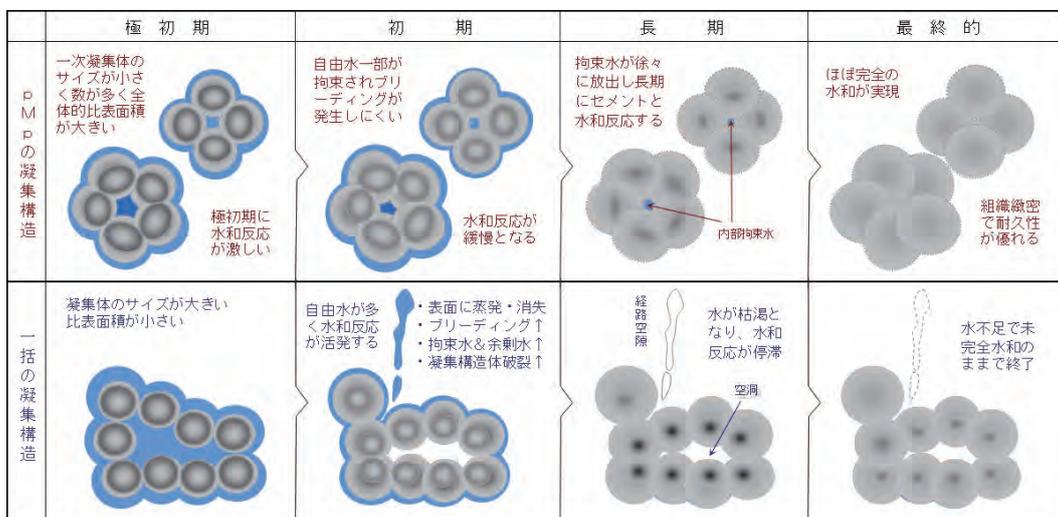


図-17 pMp のメカニズム

り材料を攪拌、図-18に示すように骨材の摩擦でキレートを破壊し、水和反応を再開させるという手法で、コンクリートの再水和開始時間を自由に調整することが可能となる。このように遅延剤を直接セメントペーストに作用する方式は、遅延剤を生コンに投入する従来の遅延方式と比べて骨材等の影響を受けないため、遅延剤が少量でも確実にその遅延効果を発揮できる。その上、コンクリート輸送用のアジテーターを使用しコンクリートを攪拌することで遅延を解除することが可能となる。

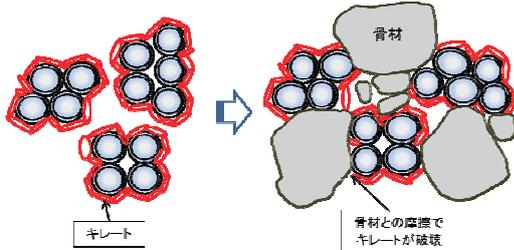


図-18 骨材の摩擦による遅延解除のイメージ

この再水和制御の実用化に向け、関連混和剤の選定や用法用量について、室内・実機試験を繰り返しその要領を得ることが出来た。実験の概要を表-5に示す。実験の結果、遅延剤をセメント重量の0.3%添加した場合には硬化の開始が8時間程度、0.6%添加した場合は24時間程度まで延ばせることが確認できた(図-19)。また遅延剤の添加量と遅延時間には高い相関があるため(図-20)、計画遅延時間に応じた遅延剤の添加量を適切に設定することができる。

表-5 pMp コンクリートの遅延と再水和制御実験の概要

混練せ 方法	基本配合			フレッシュ性状		凝結時間		遅延時間 (hr)
	W/C (%)	W1/G (%)	遅延剤 添加率 (C×wt%)	Air (%)	SL (cm)	始発 (hr:m)	終発 (hr:m)	
pMp	49.5	25	0.0	4.8	18.5	-	-	-
			0.3	4.8	18.5	-	-	8
			0.6	4.9	19.0	4:31	6:16	24
一括練り	-	-	4.7	18.5	4:28	6:22	-	

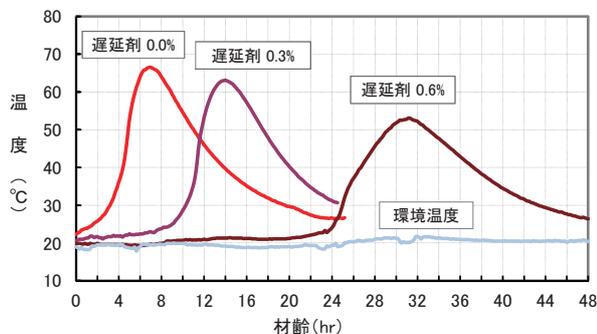


図-19 pMpの遅延剤添加率による簡易断熱の温度履歴

また、遅延の解除については、標準期でおよそ6分間ドラム回転することで、一括練りコンクリートと同等の

フレッシュ性状、凝結硬化性状および圧縮強度が得られたため、pMpの遅延は確実に解除されることが確認された。なお、凝結硬化時間はプロクター貫入抵抗試験により測定した(図-21)。

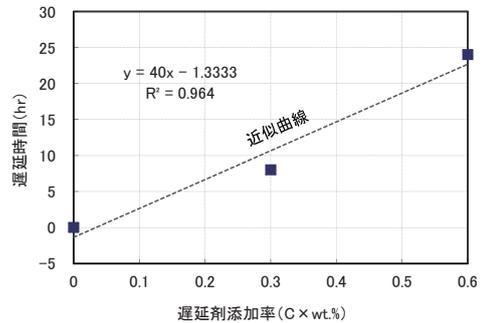


図-20 pMpの遅延剤添加率と遅延時間の関係

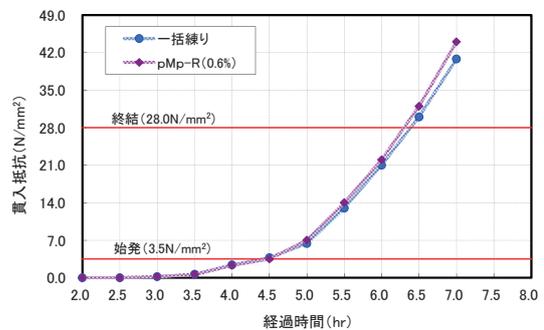


図-21 pMpコンクリート凝結試験の結果

4.6 pMp 製造モジュールの導入

これまでのラボベースでの一連の検証実験から、実機ベースの検証実験に移るために、時間当たり60 m³の生コン製造能力を有するpMpモジュールを開発、菊水工場生コンプラントに並列し設置した。ファウンテンミキサを組み込んだこのモジュールは、既存のプラントからセメントと水をバイパスで引き込み、pMpを製造して直接アジテーターに投入する方法を取る。



写真-3 pMp製造モジュール

5. 模擬体による実物大実証実験

pMpコンクリートのブリーディング量が、一括練り

コンクリートに比べて格段に少ないという実験結果から、場所打ち杭等の構造体の品質を高めることに繋がるものと予想される。そこで、実物大のコンクリート模擬体を製作し、検証することとした。

表-6 実物大実証実験の配合および結果

混練方法	基本配合				フレッシュ性状		硬化後性状	
	呼び強度 (N/mm ²)	W/C (%)	W1/C (%)	S/a (%)	Air (%)	SL (cm)	標準養生圧縮強度(N/mm ²)	
							7d	28d
pMp	33	47.0	25	47.0	4.8	18.0	27.1	37.8
一括練り			-		4.6	18.5	27.7	39.6



写真-4 実物大実証実験の打設風景

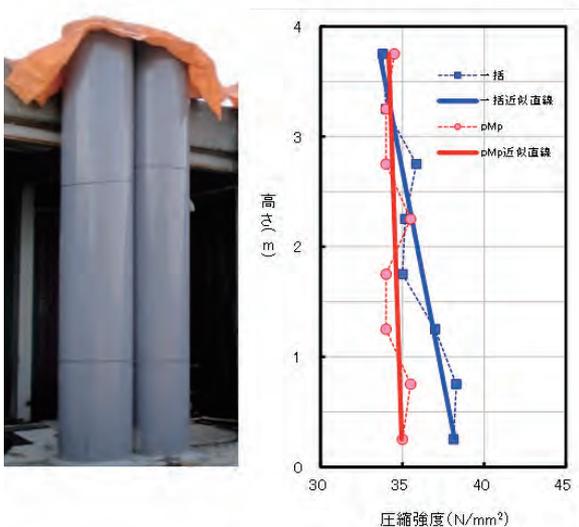


図-22 模擬体高さ方向材齢28日のコア圧縮強度

高さ4m、直径600mmの塩ビパイプ型枠にpMpと一括練りコンクリートをポンプ打設して成型した模擬体を、材齢28日で高さ方向に500mmピッチでコア抜きし、各高さ方向の圧縮強度を測定した。実験の概要を表-6に、打設の風景を写真-4に、材齢28日のコア圧縮強度結果

を図-22にそれぞれに示す。

構造体の上部と下部で強度に顕著な差が生じる一括練りコンクリートに比べ、pMpコンクリートではその差が殆ど生じず、均一な圧縮強度を示した。この結果から、pMpコンクリートは配合設計通りの強度が確実に得られることを意味し、強度の割増しなどを必要としない経済的な配合設計につながる可能性を秘めていると考えられる。

6. pMp利用による新たな建設業モデル

6.1 生コン供給空白域への対応モデル

生コン需要の減退とプラントの老朽化を背景にプラントの稼働数が年々減少していく状況下において、輸送時間ルールを厳格に適用すると、山間部など生コンが供給できないエリア、いわゆる“生コン供給空白域”が発生することとなり、実際そうした地域が増えつつある。

凝結遅延剤を添加したpMpと計量済みの骨材をアジテーターのドラムに積んで現場輸送し使用する直前に水和を再開させて最終の生コン製品に仕上げる本技術は、“生コン空白域”においても品質が確保された製品を供給し続けることが可能となる。

6.2 オンサイト型プレキャストモデル

pMpコンクリートを利用してプレキャスト製品を建設現場で直接生産するモデルを考案し、その可能性および環境負荷低減効果を検討した。

pMpと骨材をそれぞれ個別に、建設現場に直接納入し、現場で最終の生コンを仕上げることで、現地にあらかじめ持ち込んだプレキャスト型枠と組鉄筋を使ってその場でプレキャスト製品をつくり施工してしまう方法、「オンサイト型プレキャスト」という新たな建設業モデルが生まれる可能性が大きい。

人手不足が常態化する中で、わが国の建設業界にとってプレキャスト化技術の本格的な活用は待ったなしと言える。しかし、現行のプレキャストメーカーの製造能力には供給量と輸送距離の両面からおのずと限界があり、製品が実際に使われる建設現場でプレキャスト製品をつくる発想を大胆に進めることが、経済的にも社会的に見ても、理に適っている。

そこで、都内の再開発現場でプレキャスト製品を使用するケースを想定して、図-23に示すモデルで環境負荷低減効果を試算した。これまで、都内でプレキャスト製品を使用する場合、150km離れた隣県の工場で製造したものを高い運賃をかけて搬入していた（現行モデル）。オンサイト型プレキャストは、既存の工場からは硬化遅延させたpMpだけを運び込み、骨材については建設現場から30km前後の近場の骨材山から直接納入する。骨材は簡易な装置で計量し、pMpを積んだアジテーターに投

入して必要な時に生コンに仕上げ、プレキャスト部材そのものをオンサイトで製造してしまうモデルである。

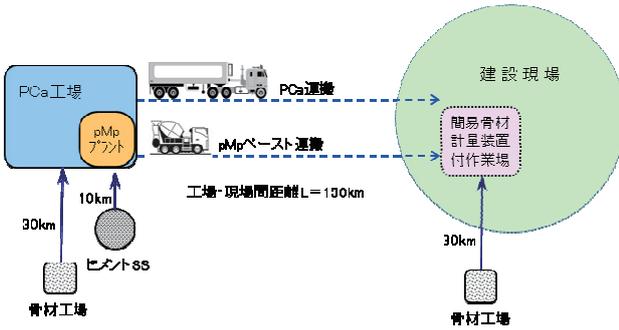


図-23 オンサイト型プレキャストモデル図

図-24に両モデルで試算したCO₂の排出量を示す。重量物のプレキャスト製品を運ぶ現行モデルに比べ、pMpの運搬が軽量であるオンサイト型プレキャストモデルが46.1%もCO₂を削減できるという結果が得られ、サステナビリティという観点から、環境負荷の低減効果は大きいといえる。

なお、試算に使用したCO₂原単位は、土木学会「コンクリート構造物の環境性能照査指針（試案）」を参考とした。

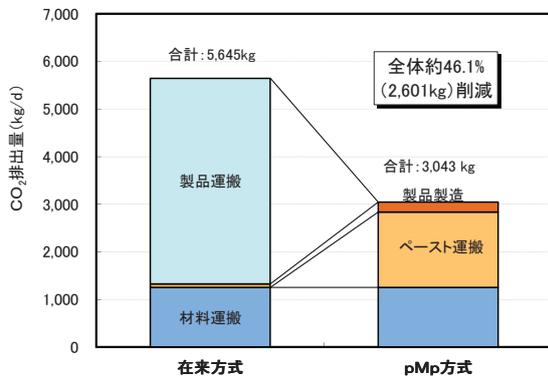


図-24 オンサイト型プレキャストのCO₂低減効果

6.3 プレキャスト工場の活用モデル

プレキャスト工場に設置するバッチャープラントの新規建設や、老朽化したプラントの建て替えには、大きな設備投資が必要となる。

開発したpMp製造モジュールは非常にコンパクトな造りとなっており、簡易的な骨材計量設備を含めても、従来型バッチャープラントの新規建設費用と比較し、1/2程度の初期投資に抑えることが出来る。

また、1基のpMp製造モジュールから複数のプレキャスト工場へpMpを供給するシステムも可能であり、さらなる設備投資費用の低減につながる。

7. まとめ

以上の様に、アイザワは、近未来を見据えた革新的なコンクリート技術開発を指向し、一つのプロトタイプpMpコンクリートを開発した。このコンクリートは、通常の一括練りコンクリートと比べて、ブリーディングを著しく低減し、かつ水和反応を長期化させることから、密実で耐久性に優れた特長を持つ。また、このコンクリートは、先行練りペーストの水和停止・再開制御により、生コン供給空白域へのコンクリートの供給や、建設業従事者の減少に伴うプレキャスト化への活用など、新たな建設業モデルを生み出す技術となる可能性が高い。

今後、地球では、発展途上国を中心に数十億人の人口増加が予測されており、生活水準の向上も考慮すると、資源・エネルギー消費量は著しく増大すると共に、結果として地球温暖化が深刻化すると考えられる。一方、日本では、2040年で人口が1億人程度まで減少し、2090年には現状の半分以下になると予測されている。当然、約1億2700万人の社会経済活動を支えるために構築されてきたインフラは再構築を余儀なくされ、コンクリート・建設産業もその形態を変えざるを得ないことは明らかである。つまり、現状の技術・システムをドラスティックに変えていくことが求められる。アイザワが開発したpMpコンクリートとその適用システムモデルが、将来、人口増加地域及び人口減少地域の何れにおいても、不可欠な技術の一つとして展開されることを期待したい。

参考文献

- 1). Koji Sakai&Takafumi Noguchi :「The Sustainable Use of Concrete」 CRC Press 2013
- 2). Agus Santosa SUDJINO :「ボルトランドセメントの複合水和反応と組織形成モデルに関する研究」 早稲田大学学位論文 2003
- 3). 田澤 栄一・笠井 哲郎 :「フレッシュセメントペーストのダブルミキシング効果」 土木学会論文集 第396号 1988.8
- 4). 早川 光敬 :「水を分割添加するコンクリートの練混ぜ技術に関する研究」 東京大学学位論文 1992