

トグル制震構法における構造体と鉄骨フレーム密着に用いる レディーミクスト無収縮モルタルの開発と現場適用に関する報告

A Report on the Development and Application of Non-shrinkage Ready-mixed
Grout for Toggle Reinforcement

加藤 淳司^{*1} 平間 昭信^{*1} 中野 裕公^{*2}
Junji Kato Akinobu Hirama Nakano Hiromasa
榊原 修^{*3} 金井 進^{*4}
Osamu Sakakibara Susumu Kanai

【要旨】

トグル構法における鉄骨フレームと構造体の密着に用いる無収縮グラウト材は、従来、プレミックス品（袋詰 25kg、水のみを計量・投入して練り混ぜる）を使用していた。しかし、プレミックス品は基本的に人力による練り混ぜとなるため、1日の大量打込みは不可能であり、また、材料自体のコストも高価であった。そこで、無収縮グラウト材を生コン工場で製造することで、「大量打込み」、「コスト縮減」を実現させることを目的とした開発を行った。開発目標としては、(財)日本建築防災協会発行「既存コンクリート造建築物の耐震改修設計指針・同解説」の規格を満足し、かつ施工性の課題としてフレッシュ状態を長時間保持する性能が求められた。室内実験、実機試験、施工実験などにより実用化に向けた検討を実施し、「A荘耐震改修工事」（総施工数量は100 m³程度）に供した。この適用においては、目標としたフレッシュ状態、品質、工期、コスト縮減を実現することができた。

【キーワード】 トグル制震構法 無収縮グラウト レディーミクスト 大量打込み コスト縮減

1. はじめに

近年、災害対策への関心が高まっており、その中でも地震対策としての、耐震・制震・免震技術などは、特に注目される技術となっている。

このような背景から、当社では、制震技術に分類されるトグル（制震）構法を開発して、技術保有し、実構造物へ適用してきた。このトグル構法は、新設・既設を問わず、あらゆる構造物に適用できるため、過去の実適用数も多く、今後の需要も見込まれる。したがって、当社において、トグル構法は、最も盛んに開発・改良が行われる技術の一つとなっている。

このトグル構法は、建物の挙動をダンパーで吸収、減殺し、建物自体の揺れを低減するものであるが、それにはトグルの鉄骨フレームと構造体を密着させ、構造体の挙動を確実にダンパーに伝える必要がある。その密着には、図-1のように、無収縮グラウト材が使われる。



図-1 既存構造体へのトグル構法適用例

従来、その密着材料にはプレミックス品（袋詰 25kg、水のみを投入して練り混ぜる）を使用していた。しかし、プレミックス品は基本的に人力による練り混ぜとなるため、1日の大量打込みは不可能（3m³/日程度）であり、材料自体のコストも高価であった。そこで、コスト縮減、

1. 防災 R&D センター 技術研究所 2. 関東建築支店 横浜 RN 作業所
3. トグル推進事業部 技術グループ 4. 関東建築支店 堀越学園高崎作業所

工期短縮のため、「プラント添加型の混和材を用い、市販のプレミックス品と同等の性能を有した無収縮グラウト材を大量製造（レディーミクスト）する技術（以下、本開発技術と表記）」を開発することとした。この技術の開発目的は、工期短縮、および材料のコスト縮減の実現である。また、工場の品質管理下で製造されるため安定した材料品質が得られることも挙げられる。

今回、本開発技術を用いて、レディーミクスト無収縮モルタル（以下、無収縮レミモルと表記）を製造し、実施工に適用したことで、目標とした性能、効果が得られたので、ここに報告する。

2. 開発目標性能

（財）日本建築防災協会発行「既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計指針・同解説」に示される無収縮グラウトの要求性能を表-1に示す。市販のプレミックス品はこの要求性能を満足するものであった。

表-1 無収縮グラウトの要求性能

区分	指針解説の記述の内容
圧縮強度	30N/mm ² 以上とする。
付着性	既存コンクリート面と鉄骨面との付着が良好であること。
体積変化	多少膨張性があり、体積変化をしないこと。
ブリーディング	ブリーディングや砂の分離が少ないこと。
流動性	流動性が良好で施工性が良いこと。

3. 検討手順

(1) 市販プレミックス品の評価

室内試験により、市販プレミックス品の性能を把握し、本開発技術の要求性能を明確に設定した。

(2) 無収縮レミモルの調合設定

室内試験により、プラント添加型の混和材を用いて、実施工に適用予定の生コン工場（以下、適用工場と表記）の細骨材を用いた無収縮レミモルの調合設定および基本性状について検討した。

(3) 充てん性および施工性の確認

実大トグル鉄骨フレーム模擬試験体を用いて、開発した無収縮レミモルの施工性および充てん性などについて検討を行った。

(4) 現場実験による適用性評価、現場適用

適用工場において、実機ミキサーを用いて無収縮レミモルの調合確認を行った。また、練り混ぜ、運搬、ポンプ車による打込み作業を実験し、各工程における無収縮レミモルの品質、人員、役割について検証した。その結果を受けて、現場適用を実施した。

4. 実験結果

4.1 市販プレミックス品の評価

表-1に基づいて、市販プレミックス品の性能を評価した。その結果を表-2に示す。このプレミックス品の試験結果を受けて、無収縮レミモルの実施工適用に向けて、無収縮レミモルの目標値を明確に設定した。

表-2 従来プレミックス品試験結果と無収縮レミモルの目標値

項目	評価試験の内容	単位	既存品実測値				無収縮レミモルの目標値	
			A	B	C	D		
圧縮強度	JSCE-G 505 (φ50×100 圧縮強度試験)	(N/mm ²)	標準7日	46.5	40.2	48.1	40.6	構造体コンクリートで材齢28日で30N/mm ² 以上が目標値である。 したがって、供試体の目標値は、 標準養生材齢28日で39.0N/mm ² 以上、 現場封かん養生材齢28日で33N/mm ² 以上とする。
			標準28日	51.6	46.5	57.2	45.4	
			封かん7日	50.0	40.6	46.2	41.6	
			封かん28日	56.1	43.8	53.3	51.8	
付着強度	JIS A 1171 (ポリマーセメントモルタル) 建研式引張試験	(N/mm ²)	0.99	0.72	0.58	1.69	0.6N/mm ² 以上を目標値とする。	
体積変化	初期膨張（カタログ値） JSCE-F 533 (マイクロメータ法)	(%)	0.7	0.4~0.8	0.4	0.1~0.8	長期的な収縮は0.1~0.15%と判断されるため、初期膨張は0.2以上が望ましい。 したがって、目標値は、 膨張：0.2~0.8% 収縮：0.15%以下とする。	
	長期収縮 (気中養生56日の値) JIS A 1129-1 (ガラスコンパレータ) JIS A 1171 (ポリマーセメントモルタル)	(%)	-0.1185	-0.0984	-0.1139	-0.1125		
ブリーディング	JSCE-F 542	(%)	0	0	0	0	ブリーディング0%とする。	
流動性	JSCE-F 541 (J14漏斗)	(秒)	9.5	9.3	7.4	9.4	暫定的に8±2秒とする。	

なお、本開発技術を適用した場合、生コン1車の荷卸し時間が2時間となることも予想されたため、流動性保持時間については、3時間と設定した。

(1) 圧縮強度

市販プレミックス品の代表的な特性として標準養生圧縮強度試験結果を図-2に示す。

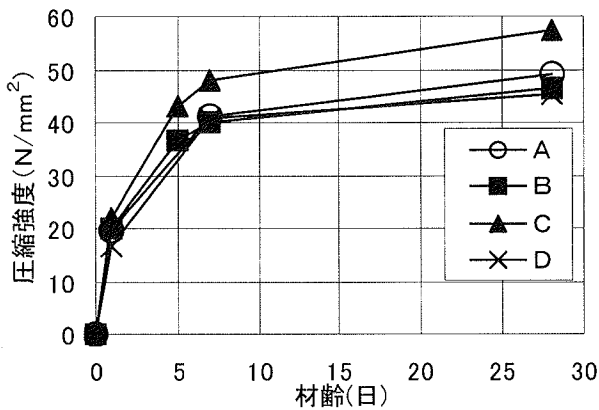


図-2 標準養生圧縮強度試験結果

市販プレミックス品は、標準養生材齢28日で50N/mm²を超える強度を発現するものもあり、30N/mm²に対して十分に強度の余裕があることが確認された。無収縮グラウト材は急速施工に用いられることが多く、冬期施工時の構造体強度の補正、および支保工早期解体のための安全側の品質としているものと思われる。

そこで、本開発技術の管理強度については、日本建築学会 JASS5 (2003) のコンクリートの判定基準に準拠し、以下のように設定した。

・管理強度の設定方法 (JASS5 2003 に準拠)

判定基準Xを管理強度とし、式-1および式-2にて管理強度を決定した。

$$\langle \text{標準養生} \rangle X \geq F_c + \Delta F + T = 39 \text{N/mm}^2 \quad (\text{式-1})$$

$$\langle \text{現場封かん} \rangle X \geq F_c + \Delta F = 33 \text{N/mm}^2 \quad (\text{式-2})$$

ここで、

F_c : 設計基準強度 (ここでは、構造体強度規定の 30N/mm²とする。)

ΔF : 構造体コンクリートの強度と供試体の強度との差を考慮した割り増しで 3N/mm²とする。

T: 予想平均気温によるコンクリート強度の予想値 (ここでは、冬期施工となるので、T: 6N/mm²とする。)

なお、この判定値と連動して、調合強度の設計は式-3にて設定した。

$$F = F_c + \Delta F + T + 1.173 \sigma = 43.6 \quad (\text{式-3})$$

ここで、

F: 調合強度

σ : コンクリート強度の標準偏差。実績がない場合は、

0.1 (F_c+ Δ F+T) とする。

(2) 体積変化

次に体積変化として、乾燥収縮の測定結果を図-3に示す。

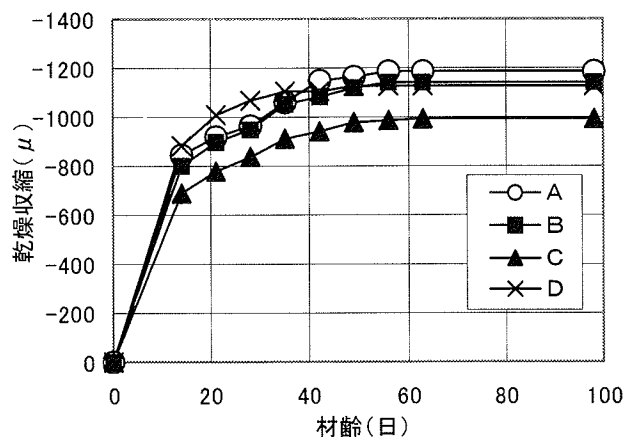


図-3 乾燥収縮測定結果

市販プレミックス品に使われる細骨材は、長期収縮を低減するように、粒度分布や混合比、あるいは混和材にメーカーの独自技術が用いられる。しかし、本開発技術は、市中の生コン工場のコンクリート用材料を用いるために、グラウト専用に調整された細骨材ではない。したがって、乾燥収縮は市販プレミックス品より若干大きい収縮になると判断された。そのため、長期収縮の目標値を-0.15% (-1500μ) 以下に設定した。

4.2 無収縮レミモルの調合設定

適用工場である、江東徳山生コンの材料を用いて室内試験により調合を設定した。なお、無収縮レミモルのフレッシュ状態管理は、J14 漏斗試験ではなく、分離抵抗性を優先し、簡易テーブルフロー試験で管理することとした。簡易テーブルフロー試験とは、「建築工事改修工事監理指針 (国土交通省大臣官房官庁営繕部 監修) 平成

16年版」に示される試験方法であり、φ50×100mmの内径を持った容器を用いてガラス上や鉄板上でスランプフロー値を測定するものである。一般的なJ14漏斗試験と並び、無収縮グラウト材のフレッシュ状態の管理に多用されている試験である。

無収縮レミモルの目標値から、表-3のように調合を設定した。

表-3 調合

単位量(kg/m ³)			
水	セメント	細骨材 (富津産)	混和材
327	637	1090	90

設定した調合の試験結果を表-4に示す。

表-4 選定した調合の試験結果

項目	試験材齢	試験結果	備考
圧縮強度	標準 7日	30.9 N/mm ²	材齢 28 日で管理強度の 39 N/mm ² を満足した。
	標準 28日	42.9 N/mm ²	
	封緘(8°C) 7日	23.7 N/mm ²	冬期施工を想定し、封緘8°Cの環境下で検討した。材齢 28 日では管理強度 33 N/mm ² を満足しており、冬期施工に問題ないことを確認した。
	封緘(8°C) 28日	38.9 N/mm ²	
	封緘(8°C) 56日	43.4 N/mm ²	
付着強度	—	0.65 N/mm ²	目標とした 0.6 N/mm ² 以上を満足した。
体積変化	膨張 2日	0.72%	目標とした 0.2~0.8%を満足した。
	収縮 104日	-0.1540%	目標とした 0.15%より、若干大きな値であったが問題ない範囲と判断した。
ブリーディング	1日	0%	目標とした 0%を満足した。
流動性 (簡易フロー)	0分	217mm	経過時間 60 分まで、フローは増加する傾向であり、それ以降については緩やかに減少することが確認された。目標とした 180 分においても、流動性が確保できることを確認した。
	4分	220mm	
	30分	234mm	
	60分	243mm	
	90分	233mm	
	180分	226mm	

試験結果は、概ね要求品質を満たしており表-3の調合を決定調合とした。また、表-4の流動性に示すように、経時性の検証を実施したが、20°C下で3時間のフレッシュ性状を保持することが確認された。

4.3 充てん性および施工性の確認

(1) 充てん性の確認

決定した調合の無収縮レミモルを写真-1に示す模擬試験体に注入し、充てん性の確認を行った。

写真-1に示すように、良好な充てん性を有することを確認した。また、写真-2に示すように、硬化後脱型して充てん状況を観察したが、良好な充てん性であることを確認した。

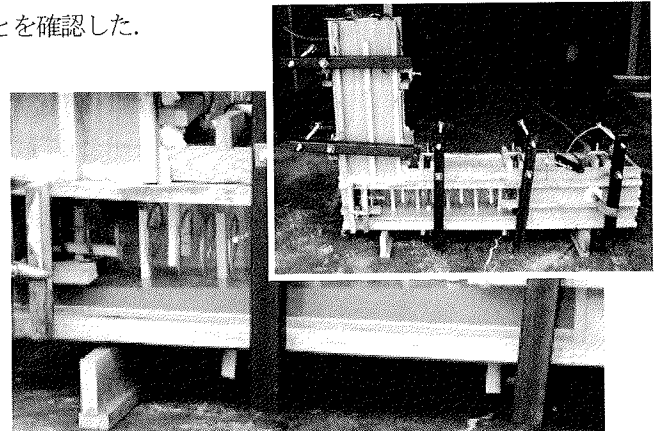


写真-1 充てん性検証状況

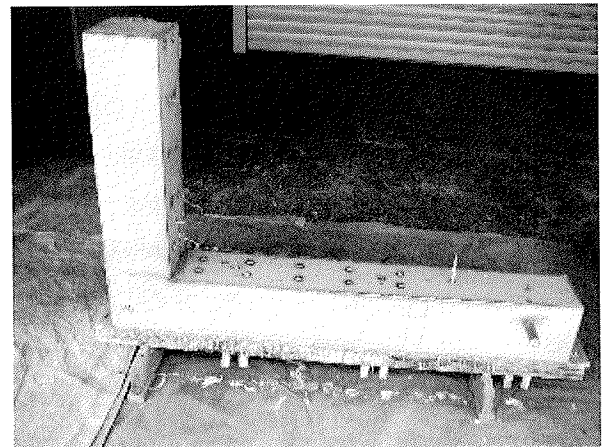


写真-2 硬化後脱型、充てん状況確認

(2) 実大トグル鉄骨フレーム模擬試験体（以下、実大模擬体と表記）による施工性の確認

写真-3、写真-4に示すように、実大模擬体にて充てん性を確認するとともに、型枠補強方法、打込み手順などの施工方法について検討した。

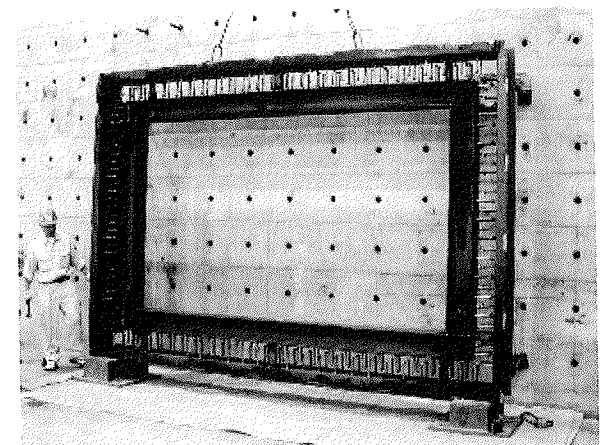


写真-3 実大模擬体据付

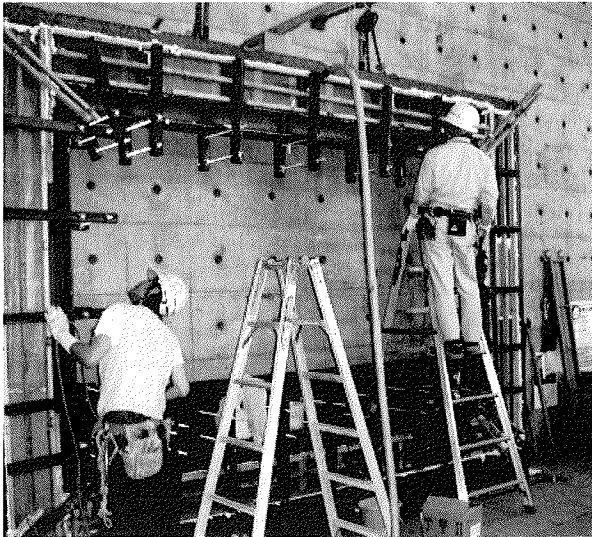


写真-4 実大模擬体の打込み状況

その結果、以下の考察が得られた。

(1) 充てん性とフロー値の設定について

充てん性は良好であった。しかし、実適用の場合、フロー値が大きいことで、型枠からの無収縮グラウト材漏れが生じやすくなり、施工前の厳密なスキマ詰め、施工当日の掃除など、人件費が余分に発生することも考えられる。

打込む部位の断面積が大きく、配筋が粗である場合は、現状よりフロー値が小さくても、十分な充てん性が得られると判断された。ゆえに、施工条件によってはフロー値を小さめに管理することも有効と判断された。

(2) 型枠の補強方法とフレッシュ性状保持性について

実大模擬体のような四方枠の施工において、従来工法である市販プレミックス品を適用する場合、打込み部位を確認しながら必要数だけ練混ぜて、下水平部のみ打込み、その凝結を待って縦部材および上部の打込みができた。しかし、本開発技術はフレッシュ性状が長時間保持されるため、充てん部の打込み高さ全ての液圧が、直接下部の型枠に側圧として載荷されるため、従来の下部型枠の固定方法では、側圧に耐えられない可能性が高い。したがって、本開発技術を適用する場合には、側圧に見合った型枠固定方法の検討が必要であると判断された。

(3) 作業性および人員など

フレッシュ状態での無収縮レミモルの作業性は、市販

プレミックス品と同等であった。また、連続して生コン車で大量に打込めるため、作業ロスが少なくなった。

一方、人員については、プレミックス品の場合に練混ぜに要する人員が、この方法では不必要ではあるが、実機プラントでの混和材投入、出荷管理に人員を要することから、同数、もしくはそれ以上の人員が必要であった。

以上のことから、本開発技術を現場に適用する場合、1日に大量打込みを行うことが効率的であることが判明した。

4.4 現場実験による適用性評価、現場適用

適用工場の材料、設備を用いて練り混ぜ、現場に搬送し、ポンプ車を用いて圧送することにより、施工の一連の流れを実験し、実施工への適用性を検証した。

なお、実機プラントでの試験練りの結果、所要のフローが得られなかったため、表-3の単位水量を10kg/m³増加させた、337kg/m³の単位水量に変更し、適用性を検証した。試験結果を表-5に示す。

表-5 実機試験プラントでの試験結果

項目	試験材齢	試験結果	備考
圧縮強度	標準 7日	26.0 N/mm ²	標準養生材齢 28日の目標強度 39 N/mm ² を満足できなかった。
	標準 28日	37.4 N/mm ²	
付着強度	-	0.72 N/mm ²	目標とした 0.6 N/mm ² 以上を満足した。
体積変化	収縮 104日	-0.1366%	目標とした 0.15%を満足した。
ブリーディング	1日	0%	目標とした 0%を満足した。
簡易テーブルフロー	0分 (出荷時)	217mm	運搬により、フローは30mm程度増加する傾向であることを確認した。
	90分 (現着時)	246mm	

(1) 流動性について

簡易テーブルフロー値は練り上がり 214mm、現着 90分後 246mm となり、良好な流動性の保持性が確認された。しかし、現着時のフレッシュの状態は、若干細骨材が沈降気味であったことから、流動性を小さくすることが適切であると判断された。このことから、本施工では単位水量を低減して、フロー値 200mm を目標に製造することとした。なお、流動性を小さくしたことから、実施工では充てん性を確認しながら、打込み間隔を適切に管理することとした。

(2) 圧縮強度について

圧縮強度は、標準養生材齢 28 日で 37.4N/mm² であり、要求品質である 39N/mm² を満足できなかった。このことは、室内実験の基本調合では、42.9N/mm² であったことから、単位水量を増加したことに起因する強度不足と考えられる。

このことから、実施工では、単位水量を低減することで、フロー値 200mm を目標としたため、水セメント比が小さくなるので、十分に強度を確保することが可能であると判断された。

(3) 体積変化について

体積変化については、乾燥収縮は 0.14% であり、目標とした 0.15% を満足する結果であった。

以上の結果より、実機プラントでの適用性検討において、設定した要求性能を満足すると判断された。前述ではあるが、現着時のフレッシュ状態や施工条件から判断して、実施工では単位水量を低減してフロー値 200mm を目標とすることとし、実施工に適用することとした。

4.5 実施工

本案件は、既存構造体とトグル鉄骨フレームの上下 2 辺を密着させる（アウトフレーム）工法であり、グラウト施工が水平部材のみであった。したがって、一度に大量打込みが可能であり、かつ、縦部材がないため型枠の側圧も検討するレベルではなかった。また、鉄筋も過密ではなく、部材断面積も大きかった。なお、圧送はポンプ車を適用し、打込み箇所にはバイブレータを使う条件となった。

以上の施工条件をもとに、検討の結果、施工性および材料分離抵抗性を重要視し、目標フロー値は 170～200mm として、単位水量をさらに 5kg/m³ 縮減する調査を採択した。

(1) 出荷、現着のフロー値の変動について

出荷時のフロー値は 170～192mm であり、現着のフロー値は 168～193mm となった。出荷は、フロー値 170～180mm の範囲が最も多く、安定した品質で施工できた。また、この範囲のフロー値であると、運搬に影響されず、フロー値の変化が小さいことも確認された。

(2) 施工性確保

無収縮レミモルは、施工性良好であって、確実に鉄骨フレームと構造体の間に充てんされ、調合を原因とする施工不具合は生じなかった。しかし、従来品と同等の作業性のため、ブリーディングは生じず、上面のこて仕上げは困難となった。このことは、今後の課題であるが、表面養生材などの適用を検討したい。

また、経時性については、冬期ではあったが、3 時間経っても施工可能なフレッシュ性状を保有しており、本技術の高いフレッシュ保持性が確認された。

(3) 強度発現について

圧縮強度試験結果を表-6に示す。

全ての試験結果において、品質目標値として設定した、標準養生材齢 28 日圧縮強度 39N/mm²、および現場封かん養生材齢 28 日圧縮強度 33N/mm² を満足できた。このことから、充てん部において、材齢 28 日で確実に圧縮強度 30N/mm² が発現していると判断された。

以上のように、強度発現不足による工期への悪影響は生じなかった。

表-6 圧縮強度試験結果

打込み日	採取場所	養生条件	圧縮強度 (N/mm ²)	
			材齢 7 日	材齢 28 日
12/20	出荷時	標準水中	41.6	54.7
	現着時	標準水中	45.5	59.4
		現場封かん	33.9	53.4
12/22	出荷時	標準水中	39.0	47.2
	現着時	標準水中	42.6	53.7
		現場封かん	33.5	53.8
12/27	出荷時	標準水中	—	—
	現着時	標準水中	40.5 ^{※1}	54.1
		現場封かん	29.9 ^{※1}	50.8
12/28	出荷時	標準水中	36.3	48.5
	現着時	標準水中	—	—
		現場封かん	—	49.0
1/11	出荷時	標準水中	35.1	48.1
	現着時	標準水中	—	—
		現場封かん	30.9	51.0
1/16	出荷時	標準水中	35.1	46.7
	現着時	標準水中	—	—
		現場封かん	30.0	55.7

※ 1：材齢 8 日にて試験実施

(4) 工期短縮

前述のように、従来の施工方法は、現場でプレミックス品を必要数練り混ぜる方法であるため、一日の施工数量に限界があり、 $3\text{m}^3/\text{日}$ 程度であった。しかし、本案件では、本開発技術を適用することで大量打込みが可能となり、最も多い時は $40\text{m}^3/\text{日}$ を出荷することができた。条件によっては、1日 100m^3 の製造も可能と考えられる。

本案件では、従来の方法で打込み日数が33日間の予定であったが、本開発技術を適用することで、6日間の打込み日数で施工することができ、工期短縮に寄与することができた。

5. コストダウン検討

本開発技術は、実験を伴った事前検討が必要、大量の型枠仮設材が必要、強固な型枠補強が必要など、従来のプレミックス品では必要としなかった作業や検討が必要となり、それら検討に関わる費用は、施工数量に関わらず生ずる。したがって、施工数量が少ない場合にはそれら検討に関わる費用により、材料コスト低減効果が得られなくなる可能性がある。そこで、本開発技術導入の判断基準として、グラウト工事に関わる作業（事前検討から型枠支保工解体まで）の総工費をシミュレートした結果を表-7に示す。なお、計算に当たっては「物価単価」(財)建設物価調査会の一般的な単価データを引用した。

表-7 グラウト工事に関わる総費用比較

(市販プレミックス品適用を100とした場合の割合)

総施工数量 (m^3)	1日当たりの施工数量毎のグラウト工事総費用の割合				
	市販プレミックス	無収縮レミモル			
	$3\text{m}^3/\text{日}$	$3\text{m}^3/\text{日}$	$6\text{m}^3/\text{日}$	$12\text{m}^3/\text{日}$	$24\text{m}^3/\text{日}$
10	100	87.3	71.5	63.6	60.2
25	100	77.7	61.8	53.9	50.5
50	100	74.5	58.6	50.7	47.3
100	100	72.8	57.0	49.1	45.7
200	100	72.0	56.2	48.2	44.9

表-7に示すように、1日の施工数量が 12m^3 と 24m^3 を比べると、割合に大きな差は生じず、これ以上施工数

量を増やしても顕著な効果は得られない。これは、施工数量が増えることで生コン車を増やす必要が生じたり、打込み分の型枠を用意する必要が生じるためである。したがって、コスト面からは、打込み量 $12\sim 24\text{m}^3/\text{日}$ が妥当な計画と判断される。例えば、生コン車(4m^3)1車で3~4回往復する施工計画とすれば、 $12\sim 16\text{m}^3$ となり、十分なコストダウン効果が得られると判断される。しかし、本来は工期短縮(打込み日数縮減)も大きなコストダウン効果となるので、その目的で大量打込みを計画する場合はこの限りでない。

本開発技術は、表-7に示すように、施工数量が大きいほど、コストメリットが大きい。したがって、本開発技術を適用する場合は、事前に施工総数を把握し、1日の施工数量計画を策定することが重要である。

6. まとめ

特殊混和材を混入し、レディーミクスト無収縮モルタルとする技術を開発し、トグル制震構法におけるトグル鉄骨フレームと構造体の密着材料として実施工に適用した。一連の検討の結果、以下の知見を得た。

- ① 室内実験での検討において、適切な調査を選定・設定することにより、従来のプレミックス品とほぼ同等のフレッシュ性状、硬化特性を確保することができた。
- ② 室内試験、実機プラント試験で品質確認した調査により、現場に適用した無収縮グラウトの品質において、フロー、圧縮強度は安定したものであり、管理された生コン工場での製造に問題のないことを確認した。
- ③ 室内試験、実機プラント試験で品質確認した調査により、現場に適用したグラウトでの施工性は良好であり、調査を原因とする施工不具合は生じなかった。
- ④ プレミックスの方法では打込みで33日間要する予定であったが、工場生産としたことで、6日間の打込み日数で施工することができた。
- ⑤ コストダウンの観点から検討すると、 $12\sim 16\text{m}^3/\text{日}$ の計画打込み数量が妥当と判断される。

以上、事前の室内試験による検討によって、確実に施工できる調合を選定することができた。ただし、本開発技術を適用する場合は、事前に施工総数を把握し、1日の施工数量計画を策定することが重要である。



写真-5 竣工後全景

今回得られた貴重なデータを本開発技術の水平展開に活用したいと考える。

なお、本開発、現場適用には、電気化学工業(株)、野田生コン(株)、岩本建材工業(株) (江東徳山生コン) の多大なる協力を頂いた。ここに感謝の意を表し、記して謝辞とする。

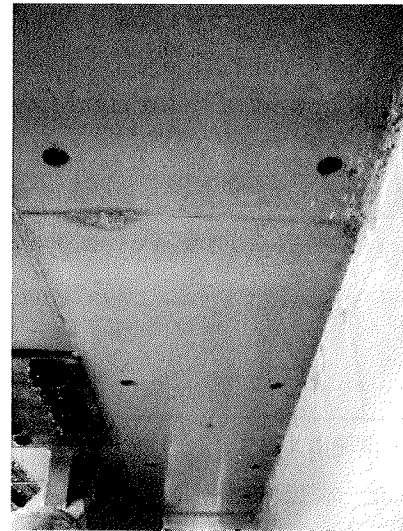


写真-6 充てん部底面脱型状況

【参考文献】

- 1) (財) 日本建築防災協会 既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計指針・同解説
- 2) JIS A 1171 ポリマーセメントモルタル
- 3) 日本建築学会 建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事 2003
- 4) 国土交通省大臣官房官庁営繕部 建築工事改修工事監理指針 平成16年版

Summary Premixed products of 25-kg packs have conventionally been used as non-shrinkage grout for toggle reinforcement. Addition of water to the powder products and manual mixing have therefore inhibited large-quantity grouting in one day, and the material cost in itself was expensive. To cope with these problems, non-shrinkage grout to be produced at a ready-mixed concrete plant was desired. The targets of development included fulfillment of the requirements specified by the Standard of the Association of Japanese Building Disaster Prevention and retention of workability for a long time. After laboratory tests, trial mixing using actual mixers, and placing tests, the newly developed ready-mixed grout was applied to the “Maruha Toyomi” seismic rehabilitation site (total amount: approximately 100 m³) and successfully achieved the required working life, quality, construction time, and cost reduction.

【Keywords】 toggle reinforcement, non-shrinkage grout, ready-mixed mortar, large-quantity placing, cost-reduction