

報告 連続練りシステムによる無収縮モルタルの調製と適用事例

寺崎 聖一^{*1}， 五十嵐 数馬^{*2}， 柳沢 直仁^{*3}， 盛岡 実^{*4}， 酒井 喜久雄^{*5}

The Applications of Non-Shrinkage Mortar by the Continuous Mixing System

Seiichi TERASAKI^{*1}, Kazuma IGARASHI^{*2}, Naohito YANAGISAWA^{*3},
Minoru MORIOKA^{*4} and Kikuo SAKAI^{*5}

要旨：連続練りはさまざま分野で用いられているが，無収縮モルタルの分野ではバッチ練りが主流である．今後直面する環境問題や高齢化社会，また人件費削減などの課題を解決するため，連続練りによるシステムを構築し，連続練りによる無収縮モルタルの物性評価を行った．その結果バッチ練りと同じ物性を得ることが出来たことから，実施工に適用し問題なく施工出来ることを確認した．

キーワード：連続練り，ミキサ，無収縮モルタル

1. はじめに

連続的に材料の供給を行い，高速回転で練り混ぜる機構を有する連続練りミキサは，大量打設や施工の合理化を目的として，超速硬コンクリートを使用した大規模な補修工事や NATM のロックボルト定着材の練混ぜなどに使用されている^{1),2)}．

一方，無収縮性や高流動性を兼ね備えた無収縮モルタルは，機械基礎や橋脚支承部の充填，鋼板巻立て工法・鉄骨枠付け増設工法などの耐震補強工事，壁面・床版下面・梁などの断面修復工事など様々な用途に使用されているが，練混ぜはバッチ練りミキサが主流である．これは無収縮モルタルに使用される材料は，扱いやすさからプレミックスタイプがほとんどであり，所定の品質を得るために流動化剤などさまざまな混和剤が配合されていて，水材料比の変動が流動性に大きく影響を与えること，また連続練

りミキサによる練混ぜは，練混ぜ時間が比較的短く混和剤などの効果が不十分になり安定した品質を得られないことなどによる．

しかしながら，バッチ練りミキサは人力により施工を行うため，水や材料の計量・投入ミスなどにより無収縮モルタルの品質が得られないことも起こりうる．大量打設においてはバッチ毎に練混ぜを行うことで，連続したフレッシュなモルタルを供給出来ず，解袋投入した袋の処理など環境問題もクローズアップされて来ている．また労力がかかり高齢化や人件費削減など課題も多い．

本報告では，前記の様な課題を解決する手段として無収縮モルタルの連続練りを提案するため，連続練りシステムを用いた連続練りによる無収縮モルタルの物性評価を行い，実施工に適用した事例について紹介する．

*1 電気化学工業(株) 青海工場 無機材料研究センター

*2 電気化学工業(株) 青海工場 無機材料研究センター 主事

*3 電気化学工業(株) 特殊混和材事業部 建設材料グループ

*4 電気化学工業(株) 青海工場 無機材料研究センター 主任研究員

*5 (株)エムシーエム 代表取締役

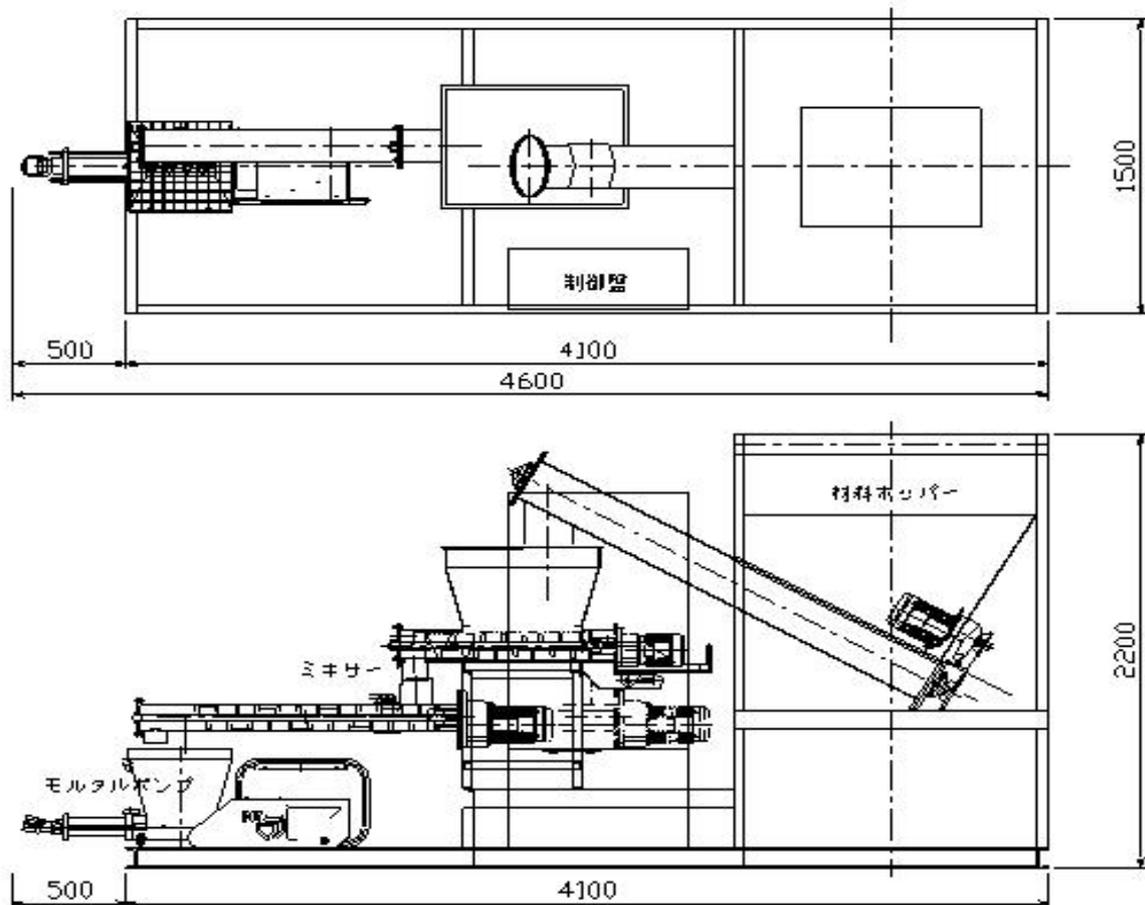


図-1 連続練りシステム

2. 試験概要

2.1 使用機器

無収縮モルタルの施工では、工事の規模によってモルタル供給量が異なり、大規模な施工においては $2\text{m}^3/\text{hr}$ 程度は必要となる。市販されている連続練りミキサーは外国製が多く、材料供給用のスクリューとモルタル練混ぜ用のスクリューが一体となった一軸式であり、スクリューの回転速度はモルタル練混ぜに最適な速度に合わせる必要があり、材料供給量すなわちモルタル供給量を可変させることが出来ない。そこで材料供給用のスクリューとモルタル練混ぜ用のスクリューを独立させた二軸式の連続練りミキサーを新たに作製し、材料供給装置・連続練りミキサー・モルタルポンプからなる連続練りシステムを構築し、無収縮モルタルの物性評価を行うこととした。図-1に連続練りシステムの概略を示す。

材料供給装置は材料ホッパーとスクリューコンベアからなり、材料ホッパーはフレコン投入を想定して 2t の材料が確保出来る容量とした。

連続練りミキサーは上部に材料を定量的に供給するためのミキサーホッパーと材料供給スクリューが取り付けられており、材料供給スクリューはインバーターで回転数を変化させることで材料供給量を調節出来る。またミキサーホッパーのレベルが下限になるとスクリューコンベアが作動して材料が補給される。モルタル練混ぜ用のスクリューは材料供給量にかかわらず常にモルタル練混ぜに最適な回転速度に保つことが出来る。

またモルタルポンプは従来スクイズポンプが一般的であるが、コンパクト化を目的としてローター&ステーター(スネークポンプ)を採用した。モルタル供給の開始および停止はリモコン操作で行う。モルタルポンプホッパー内のモル

タルレベルは、一定に保たれる様にモルタルレベルの上限や下限でインバーター周波数が変わり、モルタル供給量に変化することで自動調整される。またモルタルレベルが最上限になると連続練りミキサが停止し、下限のモルタルレベルまで下がると連続練りミキサが再起動しモルタルの練混ぜが再開される。水および材料供給量の設定は制御盤で行う。表-1に連続練りシステムの仕様を示す。

表-1 連続練りシステムの仕様

設置スペース	1,600×4,600mm
電源	220V 50/60Hz 3Φ
電源容量	15kw
重量	1,850kg
モルタル供給量	MAX 2m ³ /hr
モルタル圧送距離	100m

2.2 使用材料と配合

試験に使用した無収縮モルタルは、一般的に使用されている、カルシウムサルフォアルミネート系膨張材を混和したプレミックスタイプの無収縮モルタル(以下略記を M と表す)を使用した。表-2に試験配合を示す。

表-2 試験配合

目標 J ₁₄ 漏斗 (sec)	W/M (%)	単位量(kg/m ³)	
		W	M
7±2	15.6	296	1900

2.3 練混ぜ方法

連続練りシステムに用いた材料は、あらかじめ材料ホッパーに 2t 投入し、途中 1t を補給して合計 3t 使用した。連続練りシステムでの練混ぜは、モルタル供給量が 2m³/hr となる様に水および材料の供給量を調節し練混ぜを行った。また比較としてバッチ練りを行い、バッチ練りでの練混ぜは、ハンドミキサ(1000rpm)を使用し、スチール缶に水、材料の順に投入し 90 秒練混ぜを行った。練混ぜ量は約 13 リットルとした。

2.4 試験方法

(1) キャリブレーション

連続練りシステムにおける水および材料供給量の測定として、水は 60 秒間のサンプリングを連続で 2 回、材料は 15 秒間のサンプリングを連続で 10 回行い、それぞれ重量を測定した。なお材料は時間当たりの供給量として換算した。

(2) 流動性

流動性は、JSCE-F 541 1999「充填モルタルの流動性試験方法」に準じて J₁₄ 漏斗流下時間を測定した。

(3) 単位容積質量

単位容積質量は、JIS A 1116「フレッシュコンクリートの単位容積質量試験方法」に準じて測定した。

(4) 膨張率

膨張率は、φ50×100mm の円柱型枠にモルタルを充填し、材齢 24 時間まで上面の動きをレーザーセンサーで測定した。

(5) モルタル供給量

モルタル供給量は 15 秒間のモルタル重量と単位容積質量から時間当たりの供給量を算出した。なおモルタルポンプ出口でのモルタル供給量はモルタルレベルに合わせ変動しているため、サンプリングは連続練りミキサ出口で行った。

(6) 圧縮強度

圧縮強度は、JSCE-G 541 1999「充填モルタルの圧縮強度試験方法」に準じて行い、φ50×100mm の供試体を作製し、24 時間後に脱型しその後標準養生とした。測定材齢は 3 日、28 日とした。

3. 試験結果

3.1 キャリブレーション

図-2に水の流量計の値と実測値の関係を、図-3に材料供給スクリュウのインバーター周波数と実測値の関係を示す。水の流量計の値と実測値は直線関係にあるが、若干誤差があったため水供給量の設定時は補正することとした。材料供給スクリュウのインバーター周波数と実測値も直線関係にあった。また表-3に材料供給スクリュウのインバーター周波数 42Hz にお

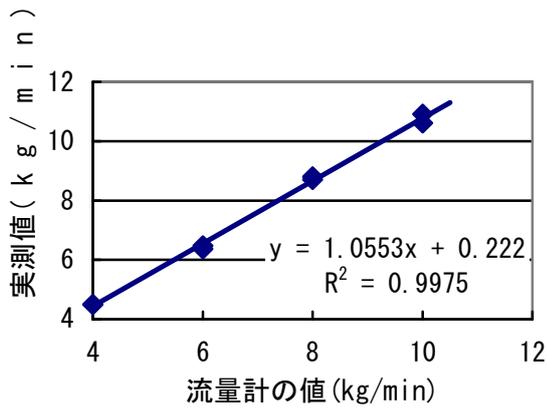


図-2 水の流量計の値と実測値

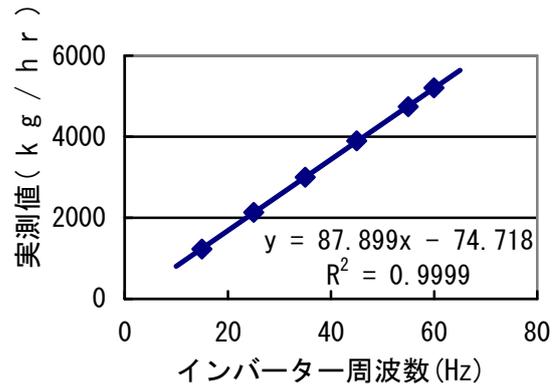


図-3 材料のインバーター周波数と実測値

表-3 粉体キャリブレーション結果

インバーター周波数(Hz)	測定回数(回)	最大供給量(kg/hr)	最小供給量(kg/hr)	平均供給量(kg/hr)	標準偏差(kg/hr)	変動係数(%)
42	10	3540	3444	3492	30	0.9

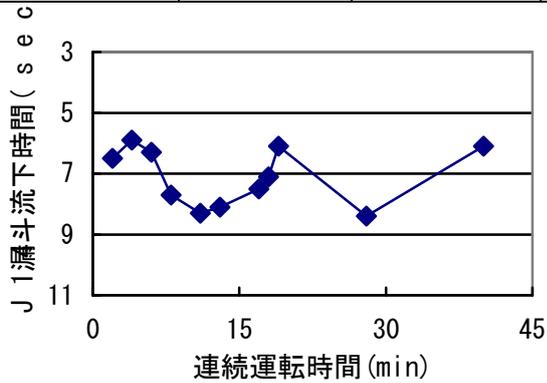


図-4 J14 漏斗流下時間

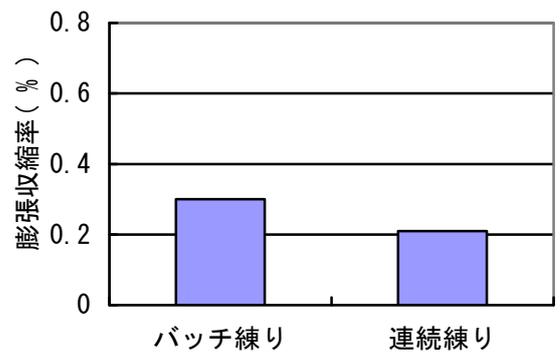


図-5 膨張率

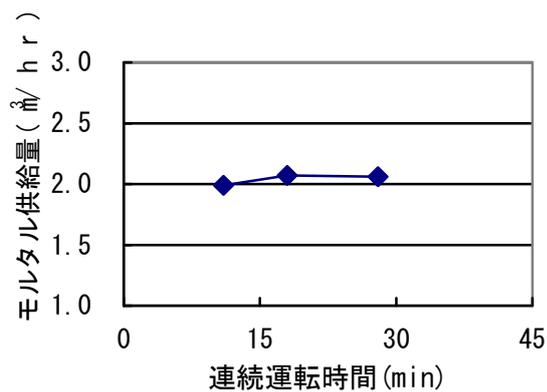


図-6 モルタル供給量

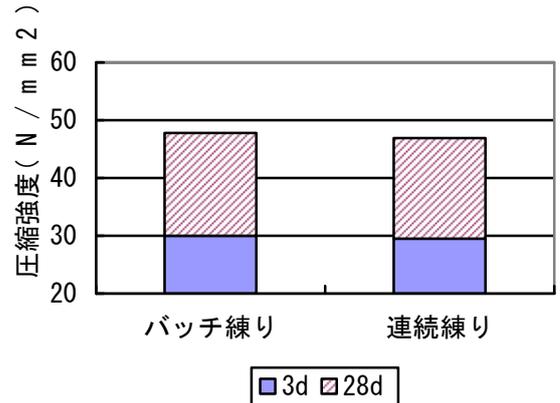


図-7 圧縮強度

ける材料キャリブレーション結果を示す。連続ミキサの計量・供給性能試験方法としてプレミックス材料の性能評価については、現在規定は定められていないが、材料供給の変動は小さいことが確認出来た³⁾。

3.2 モルタル物性

キャリブレーション結果からモルタル供給量が $2\text{m}^3/\text{hr}$ となる様に、水および材料供給量を設定し連続運転を行いモルタル物性を確認した。

図-4に連続運転中の J_{14} 漏斗流下時間を示

表－４ 適用事例の概要

事例	施工時期	施工箇所	施工量(m ³)
1	平成 18 年 7 月～10 月	新設地下鉄の逆打ち工法による打継ぎ部の充填	87
2	平成 19 年 4 月	鉄骨ブレース耐震補強での充填	10.4

す。連続運転時間は 45 分程度であったが、目標の 7 ± 2 秒の範囲で推移していた。なおバッチ練りの J_{14} 漏斗流下時間の値は 5.9 秒であった。図－５にバッチ練りと連続練りの膨張率を示す。バッチ練りおよび連続練り共に膨張側にあり、連続練りにおいても無収縮性を確保していることが分かる。図－６に連続運転中のモルタル供給量を示す。安定してモルタル供給量 $2\text{m}^3/\text{hr}$ を確保出来た。図－７にバッチ練りと連続練りの圧縮強度を示す。連続練りにおいてもバッチ練りと同程度の圧縮強度であった。



写真－１ 材料供給状況(事例 1)

4. 適用事例

連続練りシステムを使用した無収縮モルタルの適用事例を 2 事例紹介する。表－４に適用事例の概要を示す。

4.1 事例 1

事例 1 は新設地下鉄の逆打ち工法による打継ぎ部の充填に適用した事例である。写真－１に材料供給状況を、写真－２に連続練りシステム稼働状況を、写真－３に無収縮モルタル充填状況を示す。連続練りシステムは地下に設置した。材料供給は地上からクレーンで材料フレコンを吊り、縦坑から地下に下ろし材料ホッパー内へ投入した。充填箇所はさらに下の階で、モルタルの圧送距離は $40 \sim 80\text{m}$ であった。表－５に施工時間と施工量を示す。1 日 10m^3 以上の打設であったが、作業員は玉掛け・材料投入に 2 名、筒先で 2 名、総指揮者 1 名の計 5 名で全ての打設を行った。図－８に 5 回目の打設時に測定した J_{14} 漏斗流下時間を示す。長時間の連続運転においてもモルタルの流動性は安定していた。表－６に連続練りとバッチ練りの比較を示す。バッチ練りの施工能力を 7 名で $6\text{m}^3/\text{日}$ と想定すると、施工にかかる工数の違いは明らかに連続



写真－２ 連続練りシステム稼働状況(事例 1)



写真－３ 無収縮モルタル充填状況(事例 1)

表－5 施工時間と施工量(事例1)

回数	施工時間(hr)	施工量(m ³ /日)
1回目	6	10
2回目	6.5	10
3回目	9	17
4回目	7.5	13
5回目	6.5	12
6回目	8	14
7回目	7	11

練りの方が少ないことがわかる。

4.2 事例2

事例2は鉄骨ブレース耐震補強での充填に適用した事例である。写真－4に充填箇所を示す。充填箇所は建屋2階にあり、連続練りシステムは4tトラックに積載したまま建屋1階に設置した。材料供給は建屋の天井クレーンを使用して材料フレコンを吊り、材料ホッパー内へ投入した。またモルタルの圧送距離は50mであった。ブレースは6基あり、1回目の施工ではブレース4基(6.2m³)を3日間で、2回目の施工でブレース2基(4.2m³)を3日間で打設した。

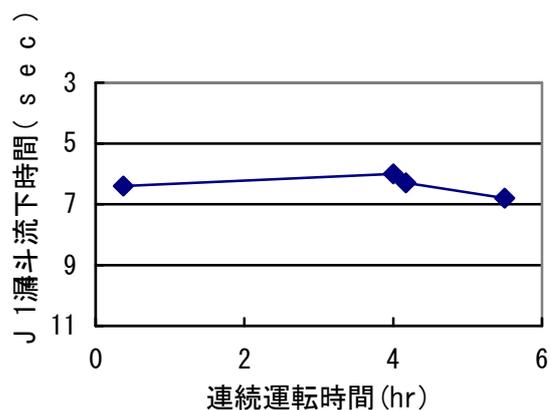
5. まとめ

本報告を以下のようにまとめる。

- (1)連続練りシステムを構築し、連続練りにより練混ぜた無収縮モルタルはバッチ練りと同様の物性が得られ、安定して供給することが出来た。
- (2)実際の施工においても安定してモルタルを供給することが出来た。また連続練りシステムの使用で工数削減が可能となり省力化につながることを確認出来た。

参考文献

- 1) 山田清承, 銀山巧, 平尾欣夫, 佐々木真, 君島健之: 可搬式コンクリート連続ミキシングプロセスの性能と施工事例, セメント技術年報, No.33, pp. 452-456, 1973
- 2) 社団法人日本トンネル技術協会: 現場技術者のための吹付けコンクリート・ロックボルト,



図－8 J₁₄漏斗流下時間(事例1)

表－6 連続練りとバッチ練り比較(事例1)

練混ぜ方法	施工日数	工数
連続練り(実績)	7日間	35
バッチ練り(想定)	15日間	105



写真－4 充填箇所(事例2)

pp. 3-76 - 3-78, 2005.3

3) 土木学会: コンクリート標準示方書「基準編」
土木学会基準および関連基準, pp.293-294,
2005.3