

連続練りミキサで練混ぜたモルタルに W/C と温度が与える影響及びモルタルの耐久性

(株) 熊谷組 正会員 ○千賀年浩 河村彰男
(株) 熊谷組 正会員 尾崎健一郎 森 康雄
(株) 熊谷組 正会員 戸畑和徳

1. はじめに

著者らは、従来のトンネル覆工や法面保護等の広範囲における補修・補強工事に加えて、小断面トンネル等の狭隘部においても施工が可能なモルタル吹付け工法(以降、「本工法」と記す)を開発した。

本工法は、ミキサ、ホッパー、圧送用ポンプを一体化した連続練りミキサを用いており、プレミックス粉体を投入し続けることで連続的にモルタルの吹付けが可能となるため、従来のモルタル吹付け工法と比較すると、設備の簡略化、施工の効率化を図ることができる。本工法の概要を図-1 に示す。

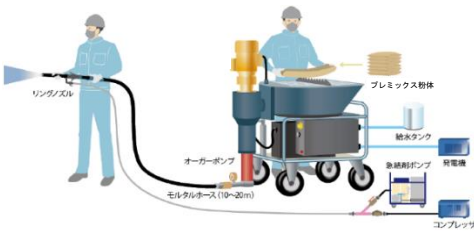


図-1 連続練りミキサを用いたモルタル吹付け工法

モルタル吹付け時は、プレミックス粉体を投入し続けると共に、水は設計 W/C となるように水量計により調整した量が随時ミキサへ供給される仕組みとなっているが、水やプレミックス粉体の供給のばらつきや、ミキサの機械誤差等の変動を考慮すると、W/C が変化することも懸念される。また、実施工では、環境温度の影響も受けることから、これらを踏まえたモルタルのフレッシュ性状や硬化性状を把握することはモルタルの品質を確保する上で重要となる。加えて、本工法は今後、耐久性の回復や向上を意図した補修・補強工事に適用されることが期待されるため、耐久性の把握も重要となる。

本稿では、W/C と温度の違いによるモルタルのフレッシュ性状と硬化性状、また耐久性について試験した結果を報告する。なお、本工法のミキサで練混ぜたモルタルの均一性については、既往の試験により、室内試験でのホバート型ミキサによる練混ぜと同等であることを確認している¹⁾。

2. 実験概要

本実験の試験内容を表-1 に示す。本実験では、W/C と温度の違いに関する試験についてはフロー試験と圧縮強度試験を実施し、長さ変化試験と耐久性に関する試験については、W/C を一定とし、温度は標準の 20℃を目標に実施した。W/C に関して、本工法は吹付け時に急結剤を用いるため、急結剤に含まれる水分量を考慮すると、吹付け前の圧送時のモルタルと吹付け時のモルタル

表-1 試験内容

試験項目		試験体作製及び試験方法	実施方法	W/C	目標練上り温度及び養生温度	内容
フレッシュ性状	フロー試験 (OF)	JIS R 5201	吹付け前	W/C 48.7±1% ○給水量設定 ・基準-0.30/分(5.60/分) ・基準(5.90/分) ・基準+0.40/分(6.30/分)	15, 20, 30 ±1℃	練混ぜ直後に実施
	圧縮強度試験	試験体作製方法 JSCE-F 506 試験方法 JSCE-F 505	吹付け前	W/C 48.7±1% ○給水量設定 ・基準-0.30/分(5.60/分) ・基準(5.90/分) ・基準+0.40/分(6.30/分)	15, 20, 30 ±1℃	材齢(日) 28
	長さ変化試験	試験体作製方法 JSCE-G 564 試験方法 JIS A 1129-3	吹付け時	53.2±1%	20±1℃	測定時期 1週, 2週, 3週, 4週 8週, 3か月, 6か月, 9か月, 1年
耐久性	凍結融解試験	JIS A 1148(A法)	ホバート練り	53.2%	20±1℃	測定時期 30サイクル毎
	促進中性化試験	JIS A 1153				1,4,8,13,26週

の設計 W/C は異なり、吹付け前の設計 W/C は 48.7%、吹付け時の設計 W/C は 53.2%となる。試験の実施方法に関して、W/C と温度の違いに関する試験については、吹付け前のモルタルで実施し、W/C は 48.7±1%を基準とし、その基準となる W/C の給水量から一定の水量を増減した場合に変化する W/C(計 3 水準)とした。また、温度については、各 W/C に対し、本工法の施工に適した温度範囲の上限値 30℃、下限値 15℃、及び標準温度の 20℃を目標に試験を実施した。長さ変化試験については、吹付け時のモルタルで実施し、耐久性に関する試験については、あらかじめ練混ぜ方法が同等であることを確認している¹⁾ことと、吹付けによる試験体作製時の試験体精度の影響を排除するため、ホバート型ミキサの練混ぜ(以降、「ホバート練り」と記す)によるモルタルで試験を実施した。

なお、使用材料としては、吹付け前と吹付け時の試験はプレミックス粉体を使用し、ホバート練りについては、プレミックス粉体の構成材料をそれぞれ計量したものを用了。

3. 実験結果

キーワード モルタル吹付け、連続練りミキサ、フレッシュ性状、硬化性状、耐久性

連絡先 〒300-2651 茨城県つくば市鬼ヶ窪 1043 技術研究所 TEL 029-847-750

(1) W/C 及び温度の違いによるフローと圧縮強度

各試験 3 回実施した平均値の結果を表-2 に、また W/C とフローの関係及び W/C と圧縮強度の関係を図-2 と図-3 に示す。表-2 から、W/C は、20℃の基準の給水量設定では設計 W/C=47.8%に近い値を示したが、15℃と 30℃では W/C が 2%程度低い結果となった。これは給水量の設定を変えた場合においても同様の結果を示し、温度が W/C に与える影響があることが分かる。図-2 から、各温度共に W/C が増加するにつれてフロー値が大きくなる傾向となった。これは水量が増加したことが要因といえる。また、各温度で比較すると、フロー値は 30℃が最も小さい結果を示した。図-3 から、20℃と 15℃は W/C が増加するにつれて圧縮強度が低下する結果となった。これはフローの結果と同様に水量が増加したことが要因といえる。一方で、30℃については W/C に関わらず圧縮強度は同程度となった。これは練上がり温度及び養生温度が高いことによる影響が考えられ、本工法のプレミックス粉体は超速硬性のセメントを用いているため、初期に硬化が急激に進み、強度の増進が頭うちとなったことが推察される。

上記より、温度が W/C やフレッシュ性状、硬化性状に与える影響を確認した。実際の施工では、環境温度が高い場合、モルタル圧送時のホースの閉塞等も懸念されるため、モルタルの品質はもちろん施工面においても温度管理が重要といえる。

(2) 長さ変化試験

長さ変化試験の結果を図-4 に示す。乾燥収縮ひずみは乾燥期間 4 週で -800×10^{-6} 程度、1 年で -1400×10^{-6} 程度の値となった。建設省総合プロジェクト「コンクリートの耐久性向上技術の開発」において断面修復材(モルタル)の品質規格として示されている乾燥収縮ひずみの値(乾燥期間 3 ヶ月で -2000×10^{-6} 以上)と比較して小さな値となっている。ただし、乾燥期間 1 年経過時点においてひずみの進行が懸念されることから、注意が必要である。

(3) 耐久性試験

凍結融解試験の結果及び促進中性化試験の結果を図-5 及び図-6 に示す。図-5 から相対動弾性係数は 750 サイクル時点まで 85%以上を維持する結果を示し、凍結融解抵抗性が高いことが分かる。図-6 に示した結果から中性化速度係数の値を算出すると $1.70\text{mm}/\sqrt{\text{週}}$ ($12.24\text{mm}/\sqrt{\text{年}}$)となり、農林水産省「農業水利施設の補修・補強に関するマニュアル(開水路補修編)」において断面修復材(モルタル)の品質規格として示されている中性化速度係数の値(試験期間 4 週間において $18\text{mm}/\sqrt{\text{年}}$ 以下)と比較して小さな値となっている。また、得られた中性化速度係数を用いて、試験期間 26 週時点の中性化深さ 7.0mm に相当する大気中における期間(雨がかりのない屋外の場合)を算定する²⁾と、およそ 33 年という結果が得られ、中性化抵抗性が高いといえる。

4. まとめ

本工法におけるモルタルの温度と W/C の違いによる影響を試験した結果、温度が W/C やフレッシュ性状、硬化性状に与える影響を確認できた。また、本工法のモルタルの耐久性は高いことが認められた。

参考文献

- 1) 千賀年浩ら：連続練りミキサを用いたモルタル吹付け工法の基本性状，令和 4 年度土木学会全国大会第 77 回年次学術講演会,VI-899, 2022
- 2) 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建築物の耐久設計施工指針・同解説，p117, 2016

表-2 試験結果

目標練上がり温度 及び養生温度	15±1℃				20±1℃				30±1℃			
	基準-0.3%		基準	基準+0.4%	基準-0.3%		基準	基準+0.4%	基準-0.3%		基準	基準+0.4%
	W/C (%)											
試験結果	フロー試験		103	107	109	109	48.2	50.0	44.0	46.4	48.9	
	圧縮強度 (N/mm ²)		54.4	53.6	49.3	57.8	54.9	51.0	52.7	52.8	52.9	

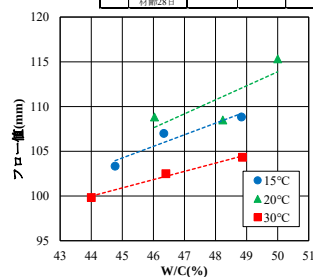


図-2 W/C とフローの関係

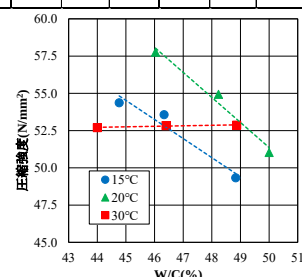


図-3 W/C と圧縮強度の関係

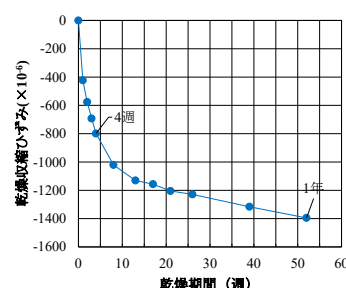


図-4 長さ変化試験結果

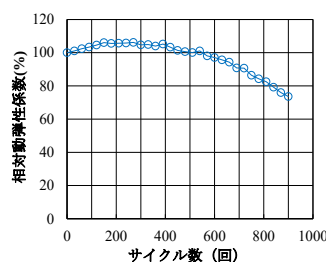


図-5 凍結融解試験の結果

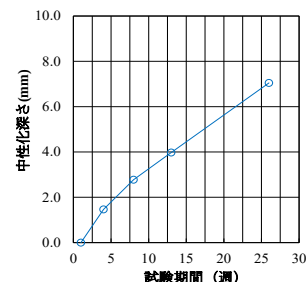


図-6 促進中性化試験の結果