

港湾構造物の根固め・被覆ブロック等への適用を目的とした高比重モルタルの室内試験

若築建設(株) 技術研究所 正会員 ○秋山哲治
 若築建設(株) 土木部 正会員 藤村 貢
 新菱商事(株) 磐城工場 小澤良一, 鈴木克実

1. はじめに

東日本大震災を契機に、港湾構造物のコンクリート分野も“粘り強い構造の考え方”が公表されるなど、構造的及び材料的な観点から様々なアプローチがなされている。一方、コンクリート材料供給の観点では、特に東北地方では骨材の枯渇化が深刻な社会問題となっており、産業副産物の積極的活用は復興事業の加速に役立つと期待されている。そこで、例えば細骨材のみを高比重な材料に置換した、単位容積質量 2.5t/m³ 程度の高比重コンクリート¹⁾よりも重く、かつ産業副産物としての銅スラグ細骨材を大量に用いた高比重モルタルの確立を目指し、室内試験による配合検討を行ってきた。以下に、検討結果として抽出した高比重モルタルの試験結果について報告する。

2. 高比重モルタルの配合検討

2.1 検討ケースと配合の方向性

表-1 に、検討ケースおよび室内フレッシュ試験結果を示す。これらの配合は、表-2 に示す着眼点に対する配合の方向性に基づき、図-1 の検討フローにより試行錯誤を積み重ねて抽出したものである。

2.2 練り混ぜと品質試験の方法

練り混ぜは、まずセメントと石粉および銅スラグで空練り 10s を行い、次に混和剤と水を投入して本練り 60s で行った。フレッシュ試験のタイミングは、本練り終了後 5 分経過時点とした。

品質試験は表-3 の項目を確認した。モルタルフローとミニスランプの両試験を行ったのは、現場での品質管理試験として後者を想定しているためであり、両者の関係については別途検討³⁾を行っている。単位容積質量は、エアメータへ振動機を用いて試料を 2 層詰めして測定し、併せて空気量も測定した。ブリーディングと圧縮強度の品質目安は、文献^{1),2)}を参考にした。

3. 試験結果および考察

3.1 フレッシュ性状

表-1 に室内フレッシュ試験の結果を示す。検討ケースでは、室内試験の全項目で品質の目安をクリアした。ここで、空気量は 3.0~3.6% となり、設計値 2.0% に対して若干大きく、練り混ぜにより空気を巻き込む傾向

表-2 高比重モルタルの配合の方向性

着眼点	配合の方向性
1) フレッシュ性状の確保	混和材(剤)の使用
2) 単位容積質量の確保	銅スラグを出来るだけ多く
3) ブリーディング抑制	混和材(剤)の使用
4) 水セメント比の順守	60~65%以下 ²⁾
5) 強度特性の確保	水セメント比の低減
6) 水和熱の抑制	単位セメント量の低減

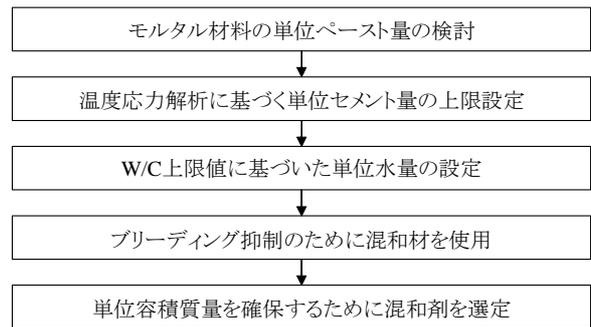


図-1 配合の検討フロー

表-3 室内試験項目と品質目安(案)

項目	品質目安	準拠等
モルタルフロー	140~195mm 程度	JIS R 5201
ミニスランプ	3~10cm 程度	JIS A 1171
単位容積質量	2.7t/m ³ 以上	JIS A 1116
ブリーディング	0.5~0.6cm ³ /cm ² 以下	JIS A 1123
圧縮強度	18N/mm ² 以上	JIS A 1108

※空気量は、設計値と比較するために測定。

表-1 試験練りで抽出した配合ケース および 室内フレッシュ試験の結果

検討ケース	W/C [%]	ペースト容積 [L/m ³]	単位量 [kg/m ³]				混和剤		室内フレッシュ試験の結果					
			セメント C	石粉 F	水 W	銅スラグ CUS	SP [C*%]	Ad [C*%]	ミニスランプ [cm]	モルタルフロー [mm]	空気量 [%]	温度 [°C]	比重 [t/m ³]	ブリーディング [cm ³ /cm ²]
1	65%	405	331	217	215	2013	0.60	0.120	6.0	143	3.3	13.0	2.702	0.26
2	60%	405	359	193	215	2013	0.55	0.120	5.9	159	3.6	8.0	2.701	0.48
3	55%	405	391	164	215	2013	0.60	0.120	8.0	167	3.0	9.0	2.706	0.45

空気量の設計値2.0%, C:高炉B種セメント(密度3.04g/cm³, 比表面積3,840cm²/g), F:石粉(タンカル, 密度2.68g/cm³, 比表面積6,028cm²/g) CUS:銅スラグ2.5(密度3.49g/cm³, 吸水率0.3%, FM2.35), SP:高性能AE減水剤(ポリカルボン酸エーテル系), Ad:空気量調整剤

キーワード : 高比重モルタル, 銅スラグ細骨材, 港湾構造物, 根固め・被覆ブロック, 粘り強い構造
 連絡先 : 〒153-0064 東京都目黒区下目黒 2-23-18 若築建設(株) 技術研究所 TEL 03-3492-0285

を呈した。品質項目は、今後の実機試験や実物大モデルの結果も踏まえ、さらに検討を進めたいと考える。

3.2 SP 添加量・表面水率とミニスランプ等の関係

図-2 に、基本配合に対し、表-4 の変動要因-1 として、SP 添加量を±0.15%変動させた場合のミニスランプとモルタルフローの結果を示す。図より、SP 添加量を 0.15% 変動させると、ミニスランプで約 3cm, モルタルフローで平均 20mm 程度変動することを確認した。

図-3 に、基本配合に対し、表-4 の変動要因-2 として、表面水率を単位水量に換算して±10kg/m³ 変動させた場合のミニスランプとモルタルフローの結果を示す。図より、単位水量を 10kg/m³ 変動させると、ミニスランプで約 3cm, モルタルフローで平均 20mm 程度の変動を確認した。

以上のことから、SP 添加量・表面水率とミニスランプ等には相関性があることから、これらの変動量を予め考慮することで、実機においても所定の品質範囲内に配合を制御できると推測する。

3.3 流動性を増加させた場合のブリーディング特性

SP 添加量を+0.15%増加させた検討ケースでブリーディング量を測定した結果、ケース 2 で 0.39cm³/cm², ケース 3 で 0.31cm³/cm² となり、両者とも表-1 に示す基本配合と比べてブリーディング量は低下した。

一方、表面水率設定として単位水量換算で+10kg/m³ とした場合にブリーディング量を測定した結果、ケース 2 で 0.66cm³/cm², ケース 3 で 0.80cm³/cm² となり、両者とも基本配合と比較してブリーディング量は増加した。

以上より、見かけ上は同様なミニスランプであっても、表面水率の設定を見誤った場合は、ブリーディングが増加する場合があるため、実施工では、出荷中は定期的に表面水率の変動をチェックすることが重要と考える。

3.4 強度特性および静弾性係数

表-5 に強度特性および静弾性係数の結果を示す。圧縮強度は、W/C=60%で他ケースと比べて若干小さい傾向であったが、すべてのケースで 30N/mm² 以上となった。引張強度は材齢 28 日 3.1~3.6N/mm² で圧縮強度の 10%弱、曲げ強度は材齢 28 日 5.5~6.0N/mm² で圧縮強度の約 15%であった。圧縮強度に対する各強度比率は、コンクリートと同等又は若干小さいと推測するが、上記水準の圧縮強度を有すれば、品質上問題になることはないと考える。

4. まとめ

- 1) 室内試験で抽出した高比重モルタルの配合は、設定した品質の目安を満足し、コンクリートと同等又は要求性能に対して十分な強度特性を有すると考える。なお、設計値と比べて練り混ぜ時に空気を巻き込む傾向があるため、配合設計上は空気量調整剤の使用、および内部振動機を用いた材料の充填作業が必要であると考え。
- 2) 変動要因として SP 添加量・表面水率設定と、高比重モルタルのコンシステンシーは相関性があった。この関係を予め把握しておくことによって、実機練りでは所定の品質範囲内にフレッシュ性状を制御できると考える。

参考文献 1) 秋山哲治, 森晴夫, 本田友之, 小澤良一:ポンプ圧送性に配慮した貧配合としての高比重コンクリートの配合選定と実施工, コンクリート工学論文集, Vol.35, No.1, 2013.7 2) 日本港湾協会:港湾の施設の技術上の基準・同解説, 2007 3) 秋山哲治ほか:銅スラグ細骨材を用いた高比重モルタルの品質目安としてのミニスランプ管理値の検討, 土木学会第 71 回年次学術講演会(平成 28 年度)投稿中, 2016.9

表-4 変動要因の検討ケース

検討ケース	W/C [%]	変動要因-1		変動要因-2	
		SP添加量 [C*%]	備考	表面水率設定 [単位水量換算]	備考
1	65%	0.60	基本配合:表-1	-	
		0.75	+0.15%	-	
2	60%	0.40	-0.15%	205	-10kg/m ³
		0.55	基本配合:表-1	215	基本配合:表-1
		0.70	+0.15%	225	+10kg/m ³
3	55%	0.45	-0.15%	205	-10kg/m ³
		0.60	基本配合:表-1	215	基本配合:表-1
		0.75	+0.15%	225	+10kg/m ³

SP添加量は混和剤のみ変動。表面水率は単位水量変動分を銅スラグで置換。

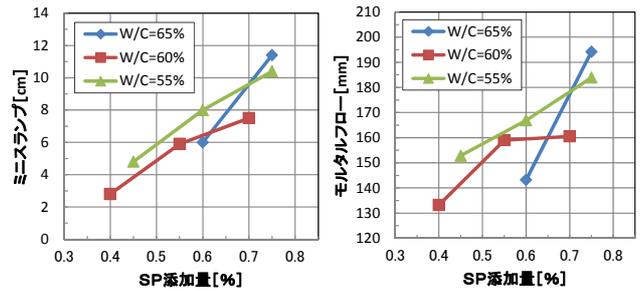


図-2 SP 添加量とミニスランプ・モルタルフローの関係

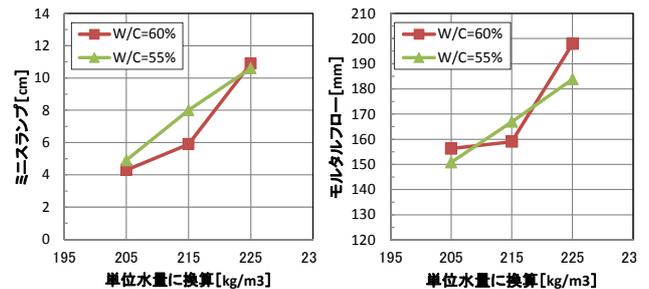


図-3 表面水率設定とミニスランプ・モルタルフローの関係

表-5 強度特性および静弾性係数

検討ケース	W/C [%]	圧縮強度 [N/mm ²]		静弾性係数 [kN/mm ²]		引張強度 [N/mm ²]		曲げ [N/mm ²]
		7日	28日	7日	28日	7日	28日	28日
1	65%	19.2	38.2	24.5	34.9	1.9	3.1	5.6
2	60%	17.5	33.3	23.4	31.6	2.1	3.6	5.5
3	55%	23.0	40.2	27.1	37.2	2.2	3.5	6.0