

微細空気泡による普通コンクリートの 施工性向上と空気減少量の抑制

学籍番号:1160093 氏名:多田瑞希 指導教員:大内雅博

高知工科大学システム工学群建築・都市デザイン専攻

要旨:気泡潤滑技術を応用した普通コンクリートの振動締固め試験を行ったところ、細骨材率の最も高い $s/a=56\%$ の配合が、最も微細気泡による振動締固め時間短縮効果が大きかった。コンクリートの水分割練りの微細空気泡連行による施工性向上の可能性を見出すことができた。また、モルタル実験から、微細空気泡は経時による空気減少量を抑制する効果を確認できた。

Key Words : 気泡潤滑技術, 微細空気泡, 振動締固め試験, 空気量, 細骨材率

1. はじめに

近年、自然環境への配慮などから天然骨材の採取規制が進んでおり、岩石を破碎し製造した砕砂細骨材の使用量が増えている。

しかし、砕砂は形が角張っているため、それを用いたコンクリートは川砂をはじめとする天然骨材を用いたコンクリートに比べ施工性が劣るという問題がある。現在、砕砂を用いる場合には形状の丸い陸砂や海砂を混合して用いる生コンクリート工場がほとんどあるが、材料供給及び製造管理の点から、砕砂一本でコンクリートを製造可能とすることが望ましい。

小松・大内らの研究により、連行空気泡による摩擦低減効果(ボールベアリング効果)に着目した気泡潤滑型自己充填コンクリートの気泡潤滑技術を用いて、粗粒率 3 を超える砕砂細骨材(関西砕砂)のみを用いた普通コンクリートの開発を行った。しかし、同一配合条件のみでしか検証していない¹⁾。

本研究では、更に実用性を高めるために複数の配合条件で施工性を検証し、気泡潤滑技術が有効に作用する配合条件を明らかにする。

まず、一般的な普通コンクリートの配合条件で粗粒率 3.1 と、施工性には明らかに不利な「関西砕砂」を使用し、施工性(スランブ値)を得るために必要な単位水量を求めた(図-1)。

この結果、日本建築学会 JASS 5 で規定されている単位水量の範囲内では、所要の施工性を得ることが難しいことが分かった。そこで高知工科大学独自の気泡潤滑技術を用いて、細骨材として「関西砕砂」のみを用いても施工性の良い普通コンクリート開発を目指す。

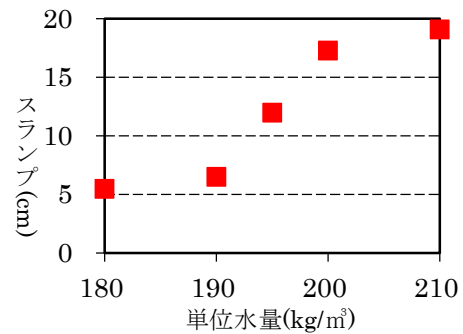


図-1 関西砕砂を用いた普通コンクリートの単位水量とスランブ値との関係

2. 試験方法

スランブ試験は JIS A 1101「コンクリートのスランブ試験方法」に準じた。空気量試験は 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及び空気量の質量による試験方法(質量方法)」に準じた。尚、フレッシュ時の試験は練り上がり直後から同時進行で行った。

型枠内に鉄筋を有する実構造物へのコンクリートの施工性の評価には、既往研究²⁾で提案されている、棒状内部振動機(以下、振動機と表記)と高流動コンクリートの自己充填性評価に用いられるボックス形容器(以下、ボックスと表記)を用いた。

振動締固め試験は、ボックスの仕切りゲートを閉じた状態で A 室にコンクリートを流し込み、A 室上面をならした後、底部から 10 cm の位置になるように振動機を挿入する。仕切りゲートを引き上げ、振動機を作動させコンクリートを加振する。加振開始から B 室の上昇高さが 300 mm に達したまでの時間を測り、これを到達時間とした(図-2)。

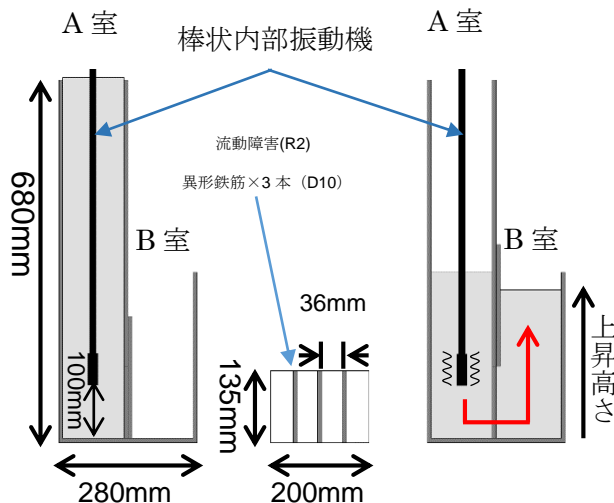


図-2 振動締め試験(コンクリート試験用)

3. 配合条件と練り混ぜ方法

本実験で使用した材料は、水(上水道水)、セメントに普通ポルトランドセメント(比重:3.15)、粗骨材は高知県白木谷産石灰砕石(比重:2.7, 吸水率:0.25%, 最大寸法:20mm)、細骨材は高知県西分産「関西砕砂」(比重:2.58, 吸水率1.85%, FM3.1)である。混和剤にはAE減水剤(以下WRと表記;変性リグニンスルホン酸化合物とオキシカルボン酸化合物の複合体)、空気連行剤(以下AEと表記:アルキルエーテル系陰イオン界面活性剤)を使用した(表-1)。配合条件を表-2に記す。

単位水量185(kg/m³)と水セメント比を55%で固定し、細骨材率s/aの値を45%, 50%, 55%と変化させた。設定空気量を0%の配合を示す(表-3)。空気連

行剤の添加量を変化させ、空気量を調整した。

表-2 配合条件

W/C	55%
s/a	45%、50%、56%
AE減水剤添加量	セメント質量×1.0%
AE剤添加量	空気量5%と10%になるように調整

表-3 コンクリートの配合

s/a(%)	単位量(kg/m ³)			
	W	C	S	G
45	185	336	822	1052
50	185	336	914	956
56	185	336	1023	841

コンクリートの練混ぜには強制2軸練りミキサーを使用し、1バッチあたりの練混ぜ量は20リットルとした。2種類の練混ぜ手順(一括練りと水分割練り)によるコンクリートの性状を比較するのが本研究である。

「一括練り」では、まずセメント・細骨材・粗骨材で30秒間空練りを行う。その後、水・WR・AEを一括投入し180秒間練り混ぜる。「水分割練り」では、空練りの後、投入量の半分の水とSPを入れ90秒間混ぜた後に残りの水とAEを入れ90秒間混ぜる(図-3)。

表-1 使用材料

材料	概要	記号
水	上水道水	W
セメント	普通ポルトランドセメント(比重:3.15)	C
細骨材	高知県西分産 関西砕砂 (比重:2.58, 吸水率:1.85%, 粗粒率:3.10, 微粒分(0.15mm以下):6.4%)	S
粗骨材	高知県白木谷産 石灰砕石(比重:2.70, 吸水率:0.25%, 最大寸法:20mm)	G
AE減水剤	変性リグニンスルホン酸化合物とオキシカルボン酸化合物の複合体	WR
空気連行剤	アルキルエーテル系陰イオン界面活性剤	AE

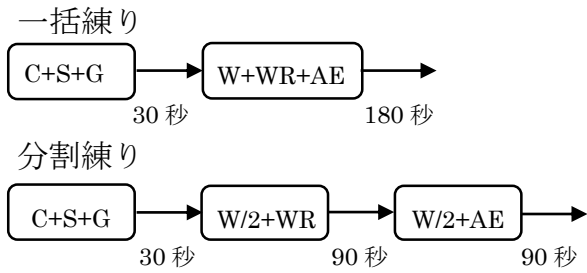


図-3 練混ぜ方法(コンクリート)

3. スランプ試験結果

s/a の値, 空気量 (5%または 10%), 練混ぜ手順との関係を示す(図-4)。

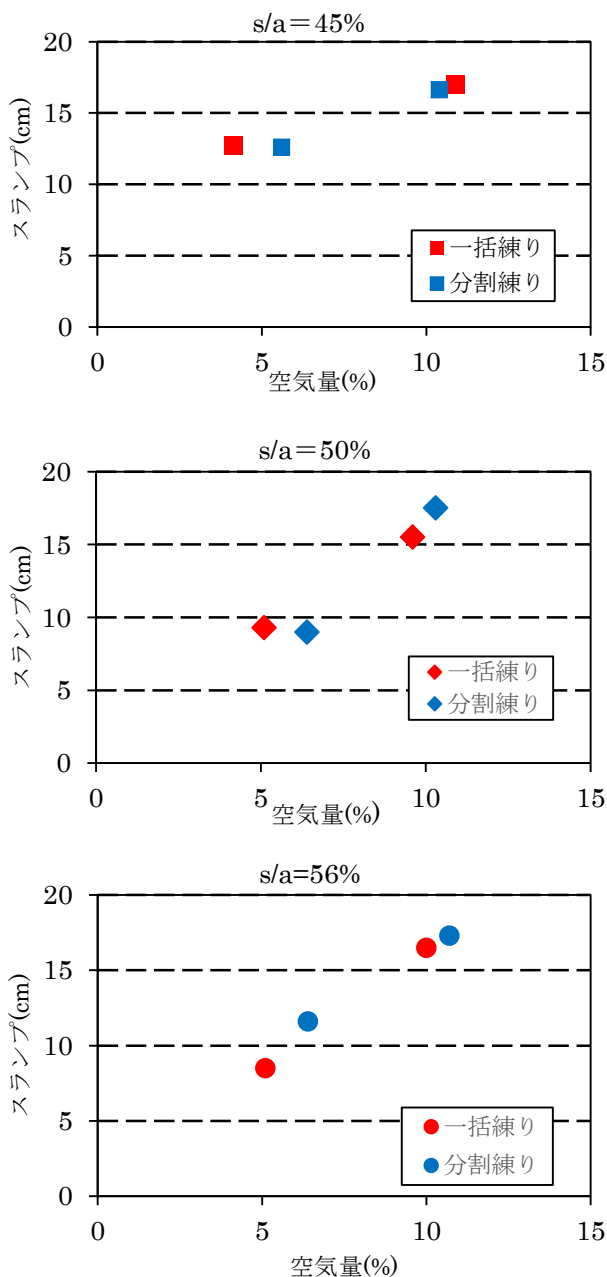


図-4 空気量とスランプの関係

同程度の空気量で比較すると, s/a=45%と 50%では一括練りと分割練りによるスランプの差はあまり見られなかった。一方, s/a=56%では, 分割練りの方が一括練りよりもスランプ値が大きくなったが, あまり大きな差ではなかった。

4. 振動締め試験の結果

各 s/a (45%, 50%, 56%) について, 空気量約 5% の場合の, 一括練りと分割練りとで振動締めに必要な時間を比較した(図-5)。

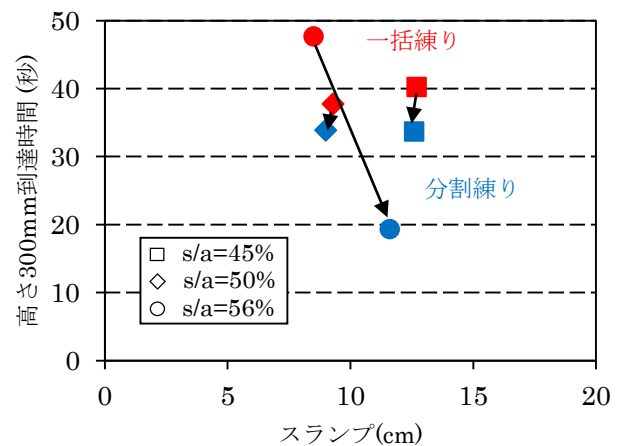


図-5 振動締め試験実験結果

スランプ試験では同程度の空気量で比較した場合の一括練りと分割練りの差は約 3.0cm だったが, 振動締め試験では, 分割練りは一括練りより 30 秒早く到達した。約 6 割の所要時間の減少であった。同程度のスランプであっても, 気泡を細かくすることにより施工性を良くする効果を確認できた。特に s/a=56% の配合が一括練りと分割練りで最も差が生じた。

5. 経過時間による空気量の変化

微細空気泡で施工性を向上させるためには, 経時変化による空気減少を抑えることも必要である。既往研究¹⁾より, 施工性に有効な気泡径は小さいものであることが明らかになっている。径の細かい空気泡はコンクリート中の移動抵抗の大きさから抜けにくいと仮定し, モルタル相で検証した。なお, ここではモルタルのような小さいサイズのコーンでの試験結果をミニスランプと呼ぶ。

同じ空気量で一括練りと分割練りとでミニスランプ値に差が生じたモルタル試験体を用いて, 練上がり 120 分後の時間経過による空気減少量を測定した。練混ぜ直後, 練混ぜ直後から 5 分後, 20 分後, そし

て 120 分後に空気量を測定した。測定の際には 5 秒間の再練混ぜを行った（図-6）。空気量は質量法で測定した。配合条件を表-4 に、空気量 10%の配合を表-5 に示す。

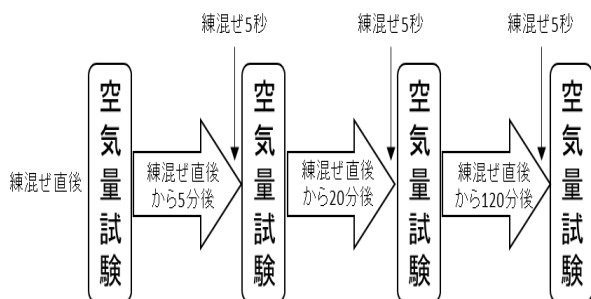


図-6 経過時間による空気量の試験

表-4 配合条件

W/C	55%
s/m	55%
AE 減水剤	セメント質量 × 1.0%
空気連行剤	セメント質量 × 1.0%

表-5 モルタルの配合

W/C(%)	単位量 (kg/m ³)		
	W	C	S
55	257	467	1277

モルタルの練混ぜ手順は、水・AE 減水剤・空気連行剤を一括投入して 120 秒間練混ぜる「一括練り」と、水を半分に分割し水と AE 減水剤を入れて 60 秒間練混ぜた後に残りの水と空気連行剤を入れて 60 秒間練混ぜる「分割練り」の 2 種類を比較した（図-7）。モルタルの練混ぜにはモルタルミキサを用いた。練混ぜ速度は低速（自転速度：毎分 140±5 回転，公転速度：毎分 62±5 回転）とした。

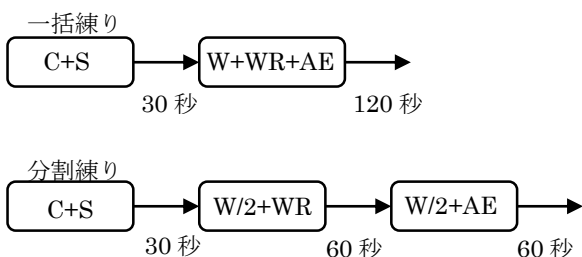


図-7 モルタルの練混ぜ手順

空気量約 10%で差が生じた、一括練りと分割練りの経過時間による空気量の変化を図-8 に示す。

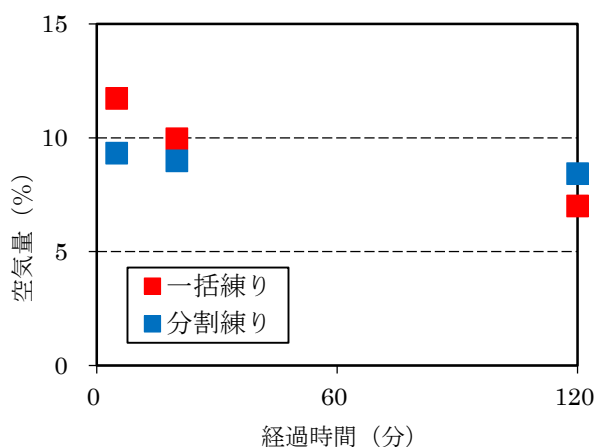


図-8 経過時間による空気量の変化

「一括練り」のモルタルの、経過時間による空気量は減少傾向にあった。一方、「分割練り」のモルタルの、経過時間による空気量の変化は小さかった。分割練りの方が、微細空気泡の効果により経時変化による空気減少量を抑えられるということが確認できた。

6. 結論

- (1) 鉄筋障害物を有する振動締め試験により、同程度のスランブでも微細気泡による施工性の向上効果を確認できた。
- (2) 細骨材容積比が大きい 56%の配合が、微細気泡による振動締め施工性向上効果が最も大きかった。微細空気泡が砂を動かして施工性が向上するという可能性を見出すことができた。
- (3) モルタル試験から、水分割練りにより、時間経過による空気減少を抑制可能であることを確認した。

参考文献

- 1) 小松:連行空気泡の活用による普通コンクリートの施工性向上, 修士論文, 2015 年
- 2) 浦野真次, 宇治公隆, 江渡正満:高密度配筋部におけるコンクリートの充填性に関する実験的検討, コンクリート工学年次論文集 Vol.30, No.2, pp.37-42, 2008 年