

1. はじめに

練混ぜ時に微細気泡(500 μm未満の気泡)を連行することで、骨材間の摩擦を緩和することができる気泡潤滑型自己充填コンクリート(air-SCC)が開発された。さらに、炭酸水練混ぜにより自己充填性能の経時安定性を向上する技術が開発された。

本研究では、炭酸水練混ぜの際の微細気泡連行法の構築を目指し、モルタル相の配合と、連行気泡の量と微細気泡比率との関係を調べた。

2. モルタル試料について

モルタルの使用材料と基本配合を示す(表-1、2)。減水剤添加量はフロー値が 250±10mm に調整した。モルタルフロー試験、重量法による空気量試験を練りあがりから 10 分後に加えて、2 時間後に行った。また、各試験の後に AVA(浮力法による自動気泡測定装置：エアボイドライザー)を使用し、モルタル中の気泡径分布を測定した。

表-1 使用材料

材料	概要	記号
水	上下水道	W
市販炭酸水	アサヒ・ウィルキンソン	Wca
セメント	普通ポルトランドセメント	C
細骨材	石灰砕砂(比重 2.68, 吸水率 0.81, 粗粒率 2.63%)	S
高性能AE減水剤	ポリカルボン酸エーテル系化合物	SP
空気連行剤	変形ロジン酸化合物系 陰イオン界面活性剤	AE
増粘剤	セルロースエーテル系	VMA

表-2 基本配合

W, Wca/C	s/m (細骨材容積比)	単位量(kg/m³)		
		W, Wca	C	S
0.45	0.55	264	586	14, 74

3. 適切な増粘剤(VMA)添加量の決定

炭酸水練混ぜを行い、モルタルの練り上がり直後から 2 時間後までの微細気泡比率、空気量、空気径の変化を調べて比較した(図-1, 2, 3, 4)。練混ぜ手順は、一次水：二次水=2：1 の分割練りとし、一次練り 180 秒、二次練り 180 秒間練混ぜた。増粘剤の添加量は 100、200 及び 400g/m³での 3 種類を設定し、一次練りの際に添加した。増粘剤を 100g/m³にしたもの(図-1)は、時間経過による

微細気泡比率と空気量の変化が小さかった。増粘剤を 200g/m³にしたもの(図-2)は、時間経過による空気量の変化は小さかったが、微細気泡比率の変化が大きかった。増粘剤を 400g/m³にしたもの(図-3)は、時間経過による微細気泡比率に変化がなかったが、気泡径と空気量の変化が大きかった。

比較の結果、増粘剤添加量が最小、コストも最小の 100g/m³にしたものが、時間経過による微細気泡比率と空気量の変化が小さく、空気径のばらつきも小さかったので、最も実用性に優れていると評価した。

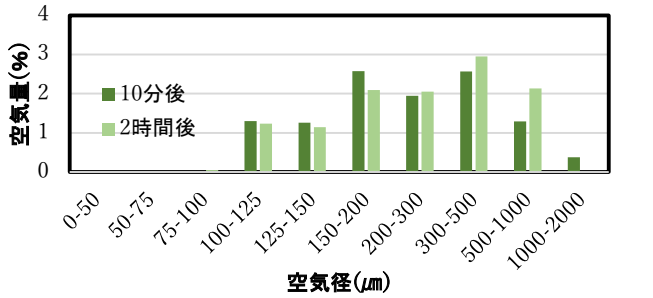


図-1 増粘剤 100g/m³添加の空気径分布

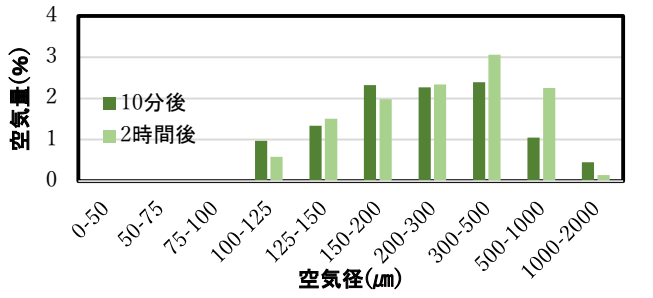


図-2 増粘剤 200g/m³添加の空気径分布

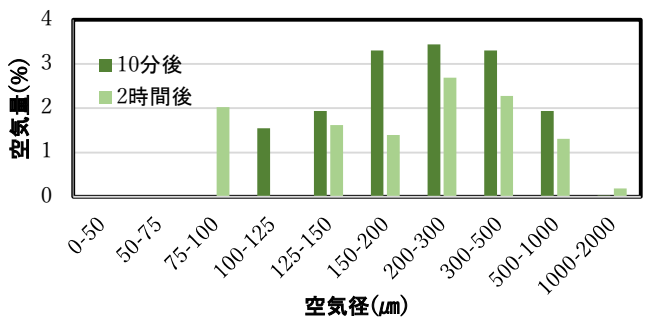


図-3 増粘剤 400g/m³添加の空気径分布

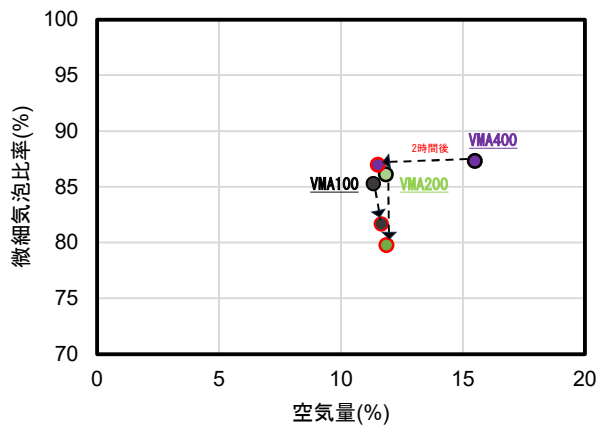


図-4 増粘剤の調整による空気量と微細気泡比率の関係の変化(矢印は練り上がり 2 時間後の変化を示す)

4. 空気連行剤(AE)添加による効果

炭酸水練混ぜで増粘剤の添加を $100\text{g}/\text{m}^3$ にしたものが、時間経過による空気量と微細気泡比率が最も安定していた。そこで、2 次練りの際に空気連行剤を添加することで、モルタル中の微細気泡を多く連行できると仮定し、空気連行剤の添加量を 0A、5A 及び 10A で比較した(1A=セメント粉体質量×希釈倍率(0.001%))。また、水道水練りとの比較も行った(図-6)。

その結果、空気連行剤の添加によって、微細気泡比率が高まった。水道水練りでは 0A~10A で空気量が変化しなかった一方、炭酸水練りでは 0A~10A で空気量が約 3%増加した。炭酸水練りの時間経過による変化は 3 パターンとも同じように、空気量は変わらず、微細気泡比率が約 3%減少した。微細気泡比率を高めつつ空気量を抑制するためには、練混ぜ時間を調整する必要があることが分かった。

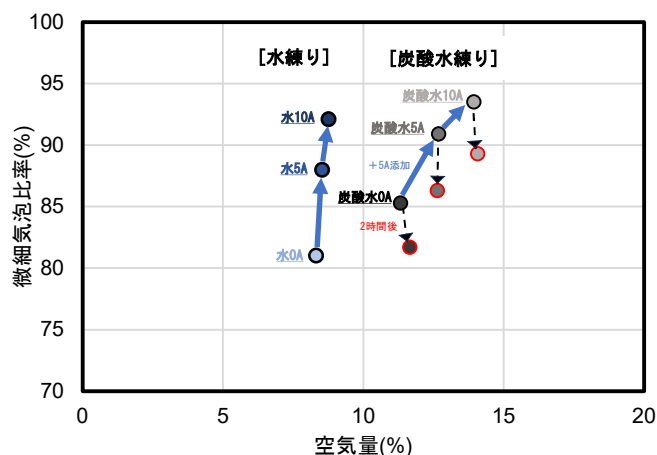


図-5 空気連行剤添加の調整による空気量と微細気泡比率の変化

5. 練混ぜ時間の調整による気泡微細化と空気量適正化

空気量を調整する一次練りの時間を長くすることで、前章にて微細気泡比率が最も高かった炭酸水練混ぜ(10A、増粘剤 $100\text{g}/\text{m}^3$) のものを、適切なモルタルの空気量(約

8%程度；粗骨材容積比 0.3 のコンクリート中の 5%相当) に調整する方法の構築の可能性を調べた。モルタルの一次練りの時間を 180 秒、240 秒および 300 秒に設定し、空気量と微細気泡比率を比較した(図-6)。

その結果、一次練り時間 300 秒、二次練り時間 180 秒で微細気泡比率を 90%以上かつ空気量を 8%程度に抑えることができた。さらに、練りあがり直後と 2 時間後の空気径(図-7)を前章の図-1(増粘剤 $100\text{g}/\text{m}^3$ 添加)と比較すると、75-100 μm 以下の気泡が出現していて、その微細気泡を 2 時間後まで維持できていた。

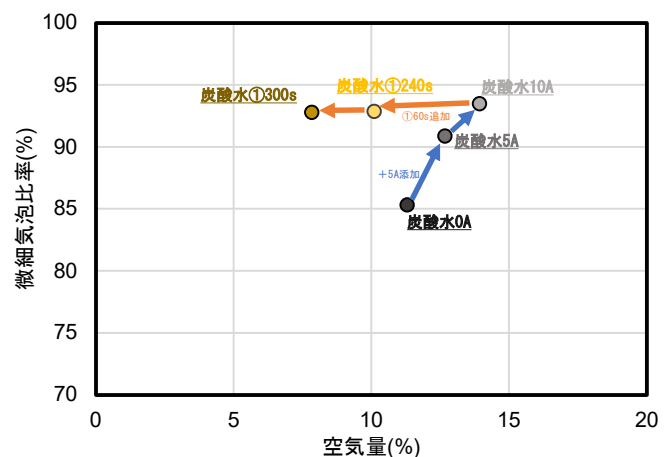


図-6 一次練り時間の調整による空気量と微細気泡比率の関係の変化

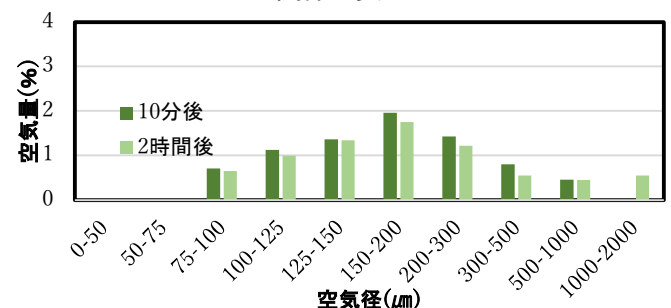


図-7 一次練り 300 秒+2 次練り 180 秒の空気径分布

6. 結論

炭酸水練混ぜでは、増粘剤 $100\text{g}/\text{m}^3$ で時間経過における空気量と微細気泡比率の変化が最も小さくなった。また、微細気泡は多く連行できるが、空気連行剤添加量の調整が必要であった。添加量を多くするほど、空気量と微細気泡比率が増加した。一次練りの時間を長くすることによる空気量を抑制した微細気泡連行法構築の可能性を得たと言える。

【参考文献】

1) 森崎弘汰朗：増粘剤を添加した自己充填コンクリート用モルタルに微細気泡を連行する練混ぜ手順の確立、コンクリート工学年次論文集、45 巻 1 号、2023 年 1 月