

空気泡の径が固体粒子間摩擦 緩和効果に及ぼす影響

学籍番号:1140096 氏名:高畠直己 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: 複数種類の AE 剤を使用し, 自己充填モルタルにおける連行空気泡による固体粒子間摩擦緩和効果を比較し, AE 剤の種類による違いがあることを明らかにした。硬化モルタルの切断面観察により, AE 剤による連行空気泡が小さい方の固体粒子間摩擦緩和効果が高かったことを確認した。

Keywords : 自己充填性, 固体粒子間摩擦, AE 剤, 空気泡の径

1. はじめに

フレッシュモルタルに空気泡を連行することで固体粒子間摩擦緩和効果があると既往の研究から言われているが, その空気泡の特性 (径の大きさや膜の強さ) は解明されていない。

本研究の目的は, 空気泡を連行するさまざまな AE 剤を使用することで, 空気泡の特性によって固体粒子間摩擦に及ぼす影響の違いを明らかにすることである。

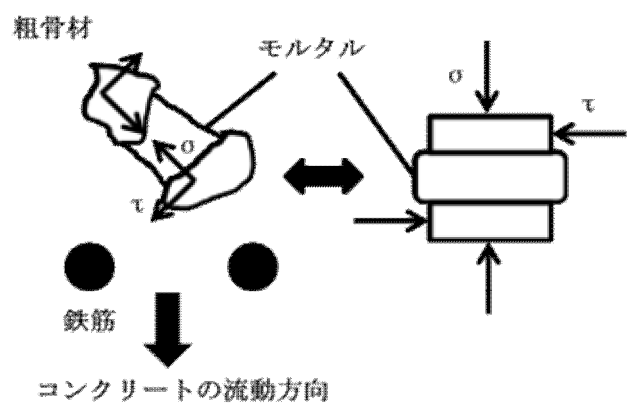


図-1

フレッシュコンクリートの間隙通過の際にモルタル中に生じる直応力 σ と増加するせん断変形抵抗性 τ

2. 仮説の設定

2.1 既往の研究

本研究にて着目する「固体粒子間摩擦」は, 粗骨材とモルタル構成粒子間の相互作用により生じるものである。これは, フレッシュコンクリートが狭い間隙を通過するために変形する際に影響を及ぼす特性である。コンクリートが変形するためにはモルタル相の変形が必要であるが, それと同時に粗骨材どうしの接近が伴う。その際, モルタルに発生する直応力 σ がモルタルのせん断変形抵抗性 τ を増加させる。その増加度合いが, フレッシュモルタルを構成する粒子の物理的特性, すなわち粗骨材容積比が固体粒子間摩擦に大きな影響を与えることが分かっている。

直応力 σ とせん断変形抵抗 τ の関係を図-1 に示す。

2.2 AE 剤による連行空気の効果と仮説

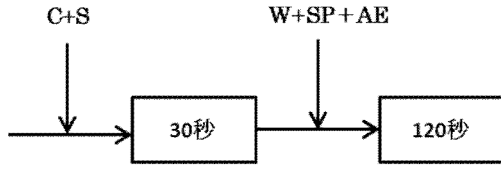
連行した空気泡が固体粒子間摩擦緩和に効果があるということは知られているがそのメカニズムは解明されていない。

そこで, さまざまな AE 剤によって生じる異なる空気泡の径が固体粒子間摩擦に影響を及ぼすと仮説を立てた。

3. 試験方法及び配合条件

3.1 練り混ぜ方法

本研究での自己充填モルタルの練り混ぜ方法を図-2に示す。



C:普通ポルトランドセメント S:細骨材 W:蒸留水
SP:高性能AE減水剤 AE:コンクリート用化学混和剤

図-2 練り混ぜ方法

3.2 実験手順

本研究ではバラつきを小さくするため、すべての実験を1種類につき3回行った。実験手順を図-3に示す

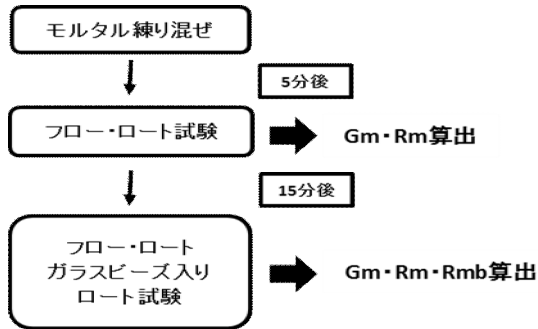
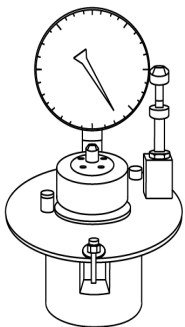


図-3 実験手順

3.3 空気量の試験方法

圧力法と重量法の両方で測定し、混入した空気のバラつきを小さくした。

本研究で使用したモルタルエアメーターを図-4に示す。



重量法の算定式を下記に示す。

$$S=M/V \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

$$T=M1/V1 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

$$A= (T-M) /T \times 100 \text{ (\%)}$$

M=容積中の試料質量 V=容積中の試料体積

M1=各材料の質量 V1=各材料の容積和

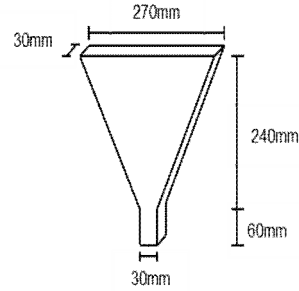
A=空気量

図-4 モルタル用エアメーターと重量法算定式

3.4 粘性の試験方法

本研究では模擬粗骨材としてガラスビーズを用いてロート試験を行った。フレッシュモルタルの相対ロート速度比をRmとし、ビーズ入り相対ロート速度比をRmbとする。この1-Rmb/Rmをフレッシュモルタルの圧力伝達特性の指標とした。1-Rmb/Rmの値が大きいほど粒子間の摩擦が大きいことになる。

本研究で使用したロート試験装置を図-5に示す。



相対ロート速度比
 $R_m=10/t$
t=ロート流下時間(秒)

図-5 ロート試験装置と相対ロート速度比

3.5 使用材料

使用材料を表-1に示す。

表-1 使用材料

セメント (C)	普通ポルトランドセメント 密度 3.15g/cm ³
細骨材 (S)	石灰石砕砂 密度2.68g/cm ³ 粗粒率2.72
模擬粗骨材	ガラスビーズ 直径10mm 密度2.55g/cm ³
増粘剤添加型高性能AE減水剤 (SP1)	グレニウム6550 (ポリカルボン酸系+増粘剤) 密度1.058g/cm ³
従来型高性能AE減水剤 (SP2)	SP-8SBs (ポリカルボン酸系) 密度1.044g/cm ³
コンクリート用化学混和剤 (AE)	ヴィンソル (AE1)
	マスターエア101 (AE2) マスターエア785 (AE3)
水 (W)	蒸留水

3.7 配合条件

本研究では、3種類のAE剤とそれとの相性を比較するために2種類の高性能AE減水剤を用い自己充填モルタルの練り混ぜを行った。

前提条件として、AE剤の効果を明確にするため配合を統一し、種類と添加量を変化させた。

配合を表-2に示す

表-2 配合

W/C(%)	s/m(%)	SP/C(%)	W(g)	C(g)	SC(g)	AE(g)	空気量(%)	AE剤
45	55	0.95	410	1000	2546	0	3.1	添加なし
45	55	0.95	405	1000	2546	5	10.2	AE1
			400			10	15.6	
			395			15	19.3	
			390			20	25.8	
45	55	0.95	406	1000	2546	4	9.6	AE2
			402			8	16.2	
			398			16	22.7	
			394			20	30.4	
45	55	0.95	408	1000	2546	2	7.3	AE3
			406			4	8.8	
			402			8	7.7	
			394			16	6.0	

4. 考察

4.1 AE剤の種類や添加量を変化させることによる固体粒子間摩擦の違い

基本的に添加量を増やしていくごとに空気量は増加し、固体粒子間摩擦緩和効果も高くなるという結果になった。

図-6ではAE1, AE2は空気増加に伴い固体粒子間摩擦緩和効果も高くなった。一方で、AE3は空気が多く入らないが空気量10%のプロットで比較すると最も固体粒子間摩擦緩和効果が高くなった。

図-7では増粘成分を含まないSP2を使用したが増粘成分を含むSP1と比較すると、基本的に空気量が多く入ったが分離するといった傾向が見えた。なお、AE剤によって固体粒子間摩擦には違いが出なかった。この結果から空気泡が連行されやすいAE1とAE2を固体粒子間摩擦緩和効果が高いAE3を混合させると高品質なものになるのではないかと考え混合を行った。

混合したものは互いの欠点を改善し、本研究で使用したAE剤の中で最も優れたものとなった。

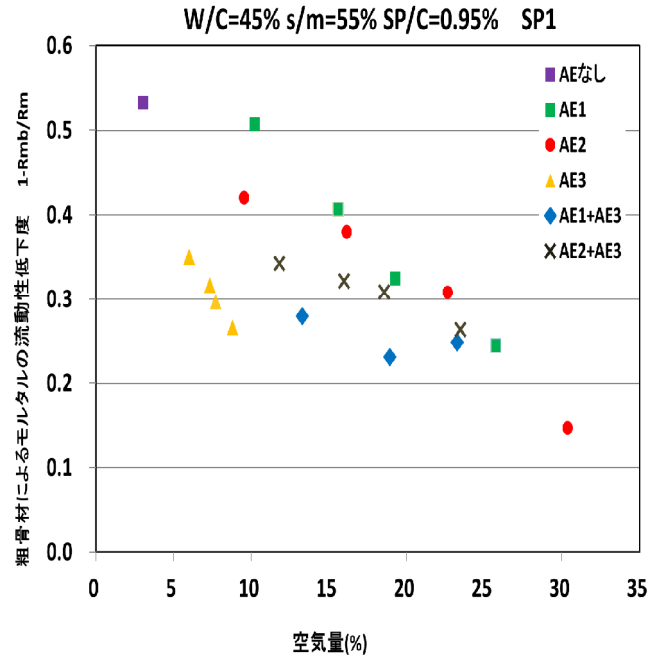


図-6 AE剤による固体粒子間摩擦の比較1
1-Rmb/Rmと空気量の関係

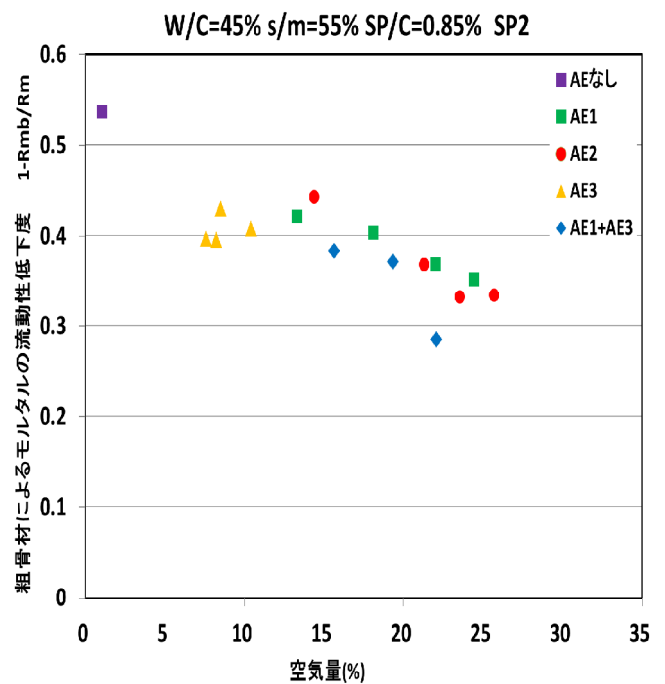


図-7 AE剤による固体粒子間摩擦の比較2
1-Rmb/Rmと空気量の関係

4.2 AE 剤の種類による相対ロート速度比と強度の違い

図-8 ではほとんど固体粒子間摩擦に違いが出なかった AE1 と AE2 でも相対ロート速度比に大きな違いが見えた。AE1 は空気量が増加するにしたがって、粘性が高くなるとともにロート速度も速くなるという結果になった。

図-9 では AE 剤によって強度にほとんど差が出なかった。強度は空気量に影響され、空気泡の特性は影響しないと考えられる。

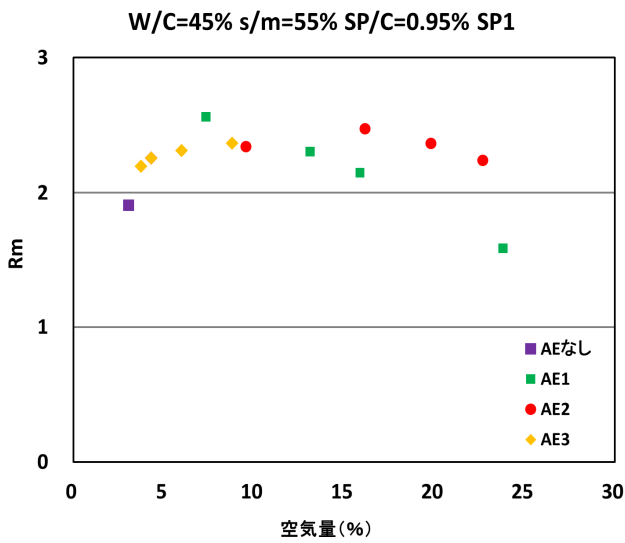


図-8 相対ロート速度比 (Rm) と空気量の関係

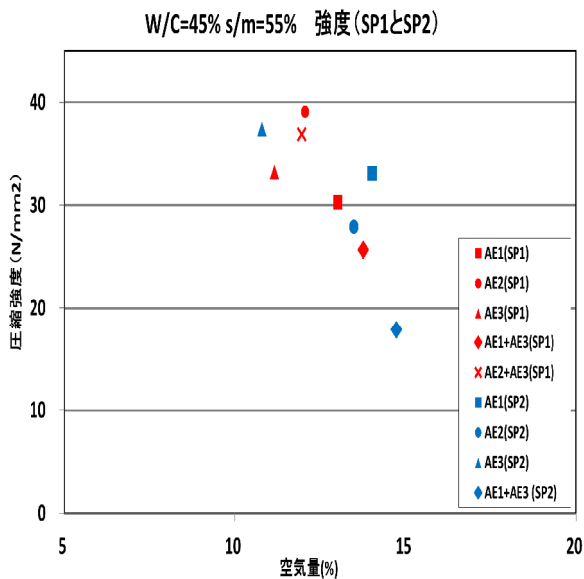


図-9 4 週強度と空気量の関係

4.3 空気泡の特性が固体粒子間摩擦に与える影響

図-10 では AE3 の平均気泡径が小さくなった。空気泡の径が細かく、フレッシュモルタル中に密に分布したことが優位に働き固体粒子間摩擦緩和効果が大きくなったと考えられる。

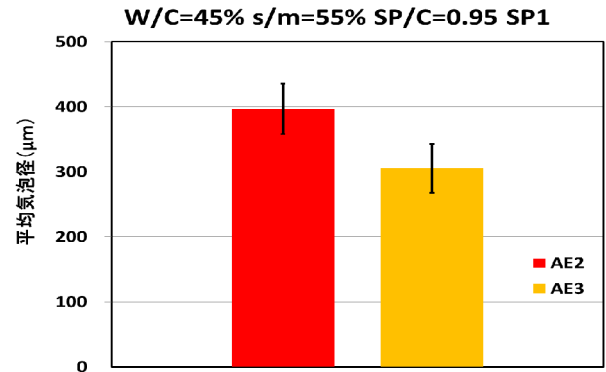


図-10 AE 剤による平均気泡径の比較

5. 結論

本研究の結果、以下のことが明らかになった。

- (1) 使用する AE 剤の種類により、連行空気量が同じであっても、固体粒子間摩擦とロート速度や粘性に違いが出た。連行空気泡の特性が異なっているものと考えられる。
- (2) 増粘剤を添加した新型高性能 AE 減水剤 (SP1) は、従来の高性能 AE 減水剤 (SP2) に比べて基本的に固体粒子間摩擦低減効果が高くなったが、一部の AE 剤で従来型の方が固体粒子間摩擦低減効果の高いものがあつた。使用する高性能 AE 減水剤 (SP) で AE 剤の種類により連行される空気泡の特性が異なるものと考えられる。
- (3) AE 剤を混合させることで互いの欠点を改善でき、少ない空気量で高い流動性を保持することが可能となった。
- (4) 固体粒子間摩擦の異なる結果となった 2 種類の AE 剤による連行空気泡の径を測定したところ、固体粒子間摩擦緩和効果の大きいものの方が空気泡の径が小さかった。