

各種混和材を使用した吹付けコンクリートの凍結融解抵抗性に関する一考察

西松建設(株)技術研究所 正会員 松浦 誠司
大成建設(株)技術研究所 正会員 坂本 淳
戸田建設(株)土木技術開発室 正会員 田中 徹
東京大学 国際・産学共同研究センター フェロー会員 魚本 健人

1. はじめに

N A T M工法に用いられる吹付けコンクリートは、様々な施工条件への対応や、シングルシェル構造の適用の検討にともない、高耐久化が求められるようになってきている。本報告は各種混和材を使用した吹付けコンクリートの凍結融解抵抗性について、空気量、圧縮強度試験の結果をふまえて検討を行ったものである。

2. 実験概要

使用材料および配合を表 - 1, 2 に示す。スランブは原則として高性能減水剤の添加あるいは水結合材比を変えずに単位水量を減ずることで調整した。

実験では、ロータリー式空気圧送方式の吹付け機を用いた実施工と同様の吹付けシステムを用いた。試験項目および試験方法は表 - 3 に示すとおりであり、試験体採取位置は吹付け機により圧送する前（急結剤無添加：以下ベースとする）と吹き付けた後（急結剤添加：以下吹付けとする）の2種類である。なお、吹付け後の空気量試験は、急結剤を添加せずに箱に下向きに吹いたコンクリートを練り返した試料を用いた。

3. 実験結果

(1) フレッシュ時の空気量

空気量測定結果を図 - 1 に示す。ベースコンクリートと急結剤無添加の吹付けコンクリートを比較すると、吹き付けることにより空気量が増大する傾向が見られた。これは、吹付けの過程において空気が巻き込まれる等、何らかの空隙が形成されているためであると考えられる。

(2) 圧縮強度試験結果

圧縮強度試験結果を図 - 2 に示す。結合材量 360kg/m³、450kg/m³ のそれぞれの場合において、ベース、吹付けともにシリカフ

表 - 1 使用材料

材 料	名 称	記号	密度 (g/cm ³)	諸元, 主成分
セメント	普通ポルトランドセメント	C	3.16	比表面積 3,260cm ² /g
細骨材	千葉県君津市産山砂	S	2.61	吸水率 1.70%, F.M 2.76
粗骨材	東京都八王子産 6 号碎石	G	2.66	吸水率 1.02%, F.M 6.24
混和剤	高性能減水剤	Ad	1.05	主成分 ポリカルボキシル誘導体
混和材	シリカフューム	SF	2.20	比表面積 200,000cm ² /g
	フライアッシュ	FA	2.27	比表面積 3,730cm ² /g
急結剤	セメント鉱物系粉体急結剤	CA	2.57	主成分 カルシウムアルミネート系

表 - 2 配合表

番号	結合材量 (kg/m ³)	混和材	置換率 (%)	目標 スランブ (cm)	目標 空気量 (%)	W/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					混和剤* (%)
								水	結合材B セメント	混和材	細骨材	粗骨材	
1	360	-	-	12	2	56.9	60.0	205	360	-	1035	703	0
2		SF	10				59.7	205	324	36	1022		1.10
3		FA	10				60.8	194	306	34	1069		0
4	450	-	-	21	45.6	45.6	58.2	205	450	-	960	703	0.85
5		SF	10				57.8	205	405	45	944		2.03
6		FA	10				57.8	205	405	45	946		0.40

*:高性能減水剤(単位結合材量 × (%))

表 - 3 試験項目および試験方法

試験項目	試料採取場所	試料採取・供試体作製方法	供試体寸法(cm)	試験方法
空気量試験	ベース (急結剤無添加)	アジテータトラックからの荷卸し時に採取	-	JIS A 1128に準拠した
	吹付け (急結剤無添加)	急結剤を添加せずに箱型枠内に吹付けたコンクリートを採取		
圧縮強度試験	ベース (急結剤無添加)	アジテータトラックからの荷卸し時に採取, JIS A 1132に準じて供試体を作製	φ 10 × 20	JIS A 1108に準拠した
	吹付け (急結剤添加)	JSCE-F 561に準じてパネル試験体作製後, 材齢 2 日目に JIS A 1107 に準じてコア供試体作製	φ 7.5 × 15	
凍結融解試験	ベース (急結剤無添加)	パネル型枠大の型枠に打ち込み, 材齢 2 日目に切り出し, 供試体作製	10 × 10 × 40	JSCE-G501に準拠した
	吹付け (急結剤添加)	JSCE-F 561に準じてパネル試験体作製後, 材齢 2 日目に切り出し, 供試体作製		

Key Words : 吹付けコンクリート, 空気量, 圧縮強度, 凍結融解, シリカフューム, フライアッシュ

連絡先 : 〒242-8520 神奈川県大和市下鶴間 2570-4 TEL. 046-275-0286, FAX. 046-275-6796

ュームを添加した配合が最も圧縮強度が高くなった。また、フライアッシュを添加した配合はベース、吹付けともに材齢 7 日強度は最も低いものの、材齢 91 日までの強度の増加量が大きくなった。これらのことは、シリカフュームのマイクロファイラー効果とフライアッシュの長期にわたるポゾラン反応のためであると考えられる。

(3)凍結融解試験結果

凍結融解試験における相対動弾性係数の測定結果を図 - 3 に示す。一般に凍結融解 300 サイクルでの相対動弾性係数が 60%以上であれば十分な凍結融解抵抗性を有していると言われている。ベースコンクリートは 90 サイクルまでにすべて 60%を下回った。吹付けコンクリートは、フライアッシュを添加した場合に 90 サイクルまでにすべて 60%以下になったが、無添加の場合は結合材量 450kg/m³の配合、シリカフュームを添加した場合は結合材量 360 kg/m³および 450kg/m³の配合が凍結融解 300 サイクルにおける相対動弾性係数が 60%以上になった。以上より、凍結融解抵抗性は、無添加と比較すると、フライアッシュを添加すると低下し、シリカフュームを添加した場合には向上する傾向にあった。また、吹付けコンクリートはベースコンクリートよりも凍結融解抵抗性に優れる傾向が見られた。

これらのことは、フライアッシュを添加した配合は凍結融解試験の開始材齢（14 日）においては、他の配合よりも強度が低く、シリカフュームを添加した配合は他の配合よりも強度が高かったとされること等により長期の強度発現が阻害されるものの、凍結融解抵抗性に寄与するような気泡が増加している可能性があることによると推察できる。

4. まとめ

今回行った試験の範囲内において、以下の知見を得た。

- 1)凍結融解抵抗性は無添加の配合と比べると、フライアッシュを添加した配合では低下し、シリカフュームを添加した配合では向上する。
- 2)吹付けコンクリートはベースコンクリートよりも空気量が増大し、凍結融解抵抗性が向上する。

2)の理由として、吹き付ける過程における耐凍害性に寄与するような気泡の増加が考えられるため、今後、気泡間隔係数の測定等、吹付けコンクリートの細孔構造についての検討を行う予定である。

本報告は、東京大学国際・産学共同研究センターにおける共同研究「高品質吹付けコンクリートの開発」の成果であり、関係各位のご協力に感謝致します。

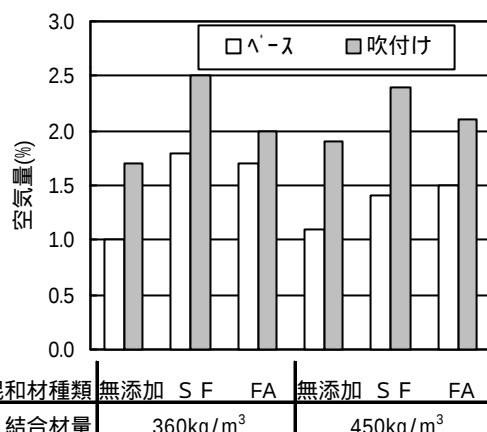


図 - 1 空気量試験結果

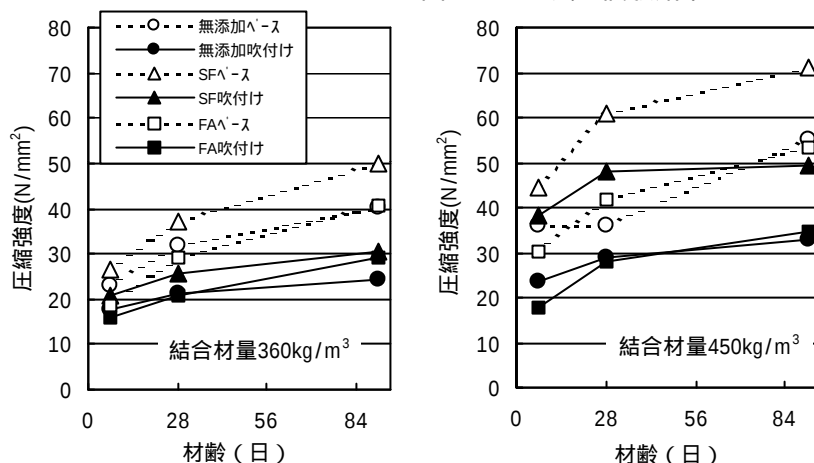


図 - 2 圧縮強度試験結果

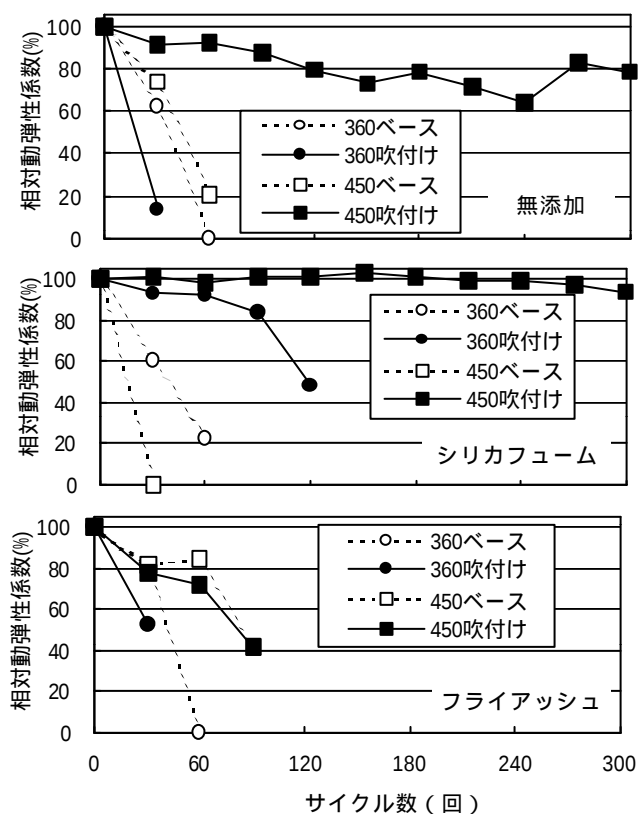


図 - 3 凍結融解試験結果