

フライアッシュコンクリートの凝結過程における空気量の変化に関する検討

鹿島建設(株) 正○小川雄一郎 正 橋本 学 正 林 大介 フェロー 坂田 昇
BASFポゾリス(株) 正 菅俣 匠 正 作榮二郎

1. はじめに

フライアッシュを用いたコンクリートは、普通コンクリートに比べて耐凍害性が劣ることが報告されている¹⁾。これは、フライアッシュに含まれる未燃炭素が AE 剤を吸着することで空気連行性が低下し、さらに、連行した空気が経時に伴って減少しやすいこと²⁾や、凝結が遅れるためにブリーディングが増加し³⁾、ブリーディング中を移動する気泡に圧力が加わって消失することなどによるものと考えられる。いずれの理由においても、コンクリートの凝結過程において、凍結融解に伴う圧力を緩和する役割を果たす気泡が減少するために、耐凍害性が低下するという機構が推察されるが、こうした現象に着眼した研究はほとんど行われていないのが現状である。そこで、本研究では、フライアッシュコンクリートの耐凍害性に関する検討の一環として、フライアッシュコンクリートの凝結過程における空気量の変化に関する実験的検討を行った。

2. 実験概要

(1) 使用材料および配合

使用材料を表-1 に示す。本検討では、セメントとして、フライアッシュ 30%混入中庸熟ポルトランドセメント（以下、MF30）と、比較用の普通ポルトランドセメント（以下、OPC）を用い、モルタルによる試験を行った。モルタルの配合については、表-2 に示すとおり、単位水量を 280kg/m^3 、MF30 の水セメント比を 55%とし、OPC の単位セメント量は、その容積が MF30 と同じになるように定めた。目標空気量については $7.2\pm 0.5\%$ とし、AE 剤で調整を行った。

(2) 試験方法

写真-1 に示すような $\phi 45\times 500\text{mm}$ のアクリル製の円柱型容器に、MF30 および OPC の 2 種類のモルタルをそれぞれ高さ 400mm の位置まで詰め、ブリーディングが終了するまでの間、モルタル上面およびブリーディング水上面の目盛を 1 時間間隔で測定した。その際、試験室内の温度は 20°C 一定とした。

硬化後は水中養生を行い、材齢 14 日以降に、容器の中央部から厚さ 20mm 程度の試験片を 3 体切り出し、ASTM C 457（リニアトラバース法）に準じて硬化後の空気量および気泡間隔係数を測定した。

表-1 使用材料

種類	記号	摘要
普通ポルトランドセメント	OPC	密度： 3.16g/cm^3 比表面積： $3310\text{cm}^2/\text{g}$
フライアッシュ 30%混入 中庸熟ポルトランドセメント	MF30	密度： 2.85g/cm^3 比表面積： $3750\text{cm}^2/\text{g}$
細骨材	S	密度： 2.65g/cm^3 （表乾） 吸水率：1.01%
AE 減水剤	Ad1	リグニンスルホン酸化合物と ポリオール複合体
AE 剤	Ad2	変性リン酸化合物系 陰イオン界面活性剤
練混ぜ水	W	水道水

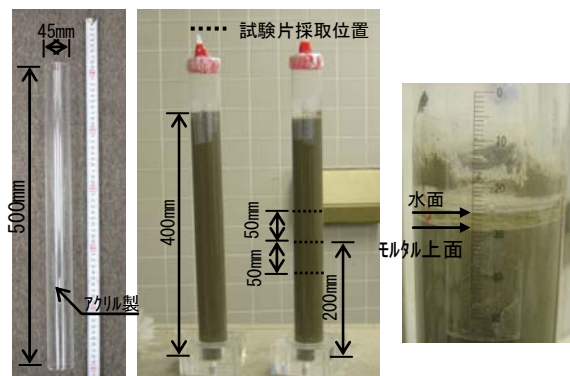


写真-1 試験器具および試験方法

表-2 モルタルの配合

配合条件							単位量(kg/m^3)					
配合名	粗骨材 最大寸法 (mm)	W/C (%)	V_w/V_p (%)	s/a (%)	目標 スランプ (cm)	目標 空気量 (%)	水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 20-05 G	Ad1 (C×%)	Ad2 ^{*1)} (A)
MF30	—	55.0	157.0	—	—	7.2	280	508	1245	—	0.25	43
OPC	—	49.6	—	—	—	—	280	564	1245	—	0.25	3

*1) Ad2 はセメント質量に対して 0.001%を基本量 1A とした。

キーワード：フライアッシュ、ブリーディング、空気量、AE 剤

連絡先：〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-7099

3. 実験結果

図-1 に、練上り後の経過時間と目盛りの読み値を示す。図中の目盛り 0 は打込み直後のモルタル上面、▲印はブリーディング水面であり、□印は経過時間後のモルタル上面である。すなわち、0 から▲印までの下がり、モルタルの体積減少量になり、▲印から□印までがブリーディング水量になる。

同図に示すように、ブリーディングが終了する時間は MF30 の方が 1 時間遅くなったが、ブリーディングの総量およびブリーディング水量は MF30 と OPC でほぼ同じであった。一方、モルタルの体積減少量は、MF30 のほうが大幅に大きくなった。写真-2 および 3 に示すように、モルタル上面の状況を観察すると、OPC ではブリーディング水上面の空気泡がわずかに確認される程度であったが、MF30 では数多く確認された。表-3 に示すようにフレッシュ時空気量から硬化後空気量を減じた空気減少量に着目すると、OPC が 0.2% であるのに対し、MF30 は 2.2% であった。

4. 考察

実験結果より、MF30 の方が、OPC よりも空気減少量が大きくなる理由として、以下の機構が推察される。すなわち、AE 剤によって連行した空気は、表面に静電反発力を生じることで独立し、安定した気泡を形成するが、コンクリート中の自由水がその表面を移動する（ブリーディング）と、AE 剤が溶け出して静電反発力が小さくなり、安定性が低下する。このことは、OPC でも MF30 でも同様に生じる現象であるが、フライアッシュを用いると、未燃炭素が AE 剤を吸着するために気泡の分散性がより低下して気泡が凝集しやすくなり、浮力が大きくなって上面に移動しやすくなるものと考えられる。

図-2 に硬化後の気泡分布を示す。同図より、MF30 の空気量は、OPC に比べて、気泡径 0.25mm 未満の範囲が少ない結果であった。このことから、MF30 は、OPC よりもエントレインドエアの減少量が多いことが推察され、このことは上記の推論と一致する。

以上のことより、フライアッシュコンクリートの場合、凝結過程において微細な気泡が消失するために、普通コンクリートよりも耐凍害性が低い傾向となることが示唆される。

【参考文献】

- 1) 長瀧重義, 大賀宏行, 嶋田久俊: フライアッシュを混和したコンクリートの耐凍害性評価, セメントコンクリート論文集, No.41, pp.371-374, 1987
- 2) 千歩修, 劉宏渉: フライアッシュコンクリートの静置による気泡組織・耐凍害性の変化, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.963-964, 2004.8
- 3) 山本隆信, 杉山隆文, 辻幸和: フライアッシュコンクリートの空気連行性およびブリーディングに影響を及ぼす各種要因, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.20, No.2, pp.97-102, 1998

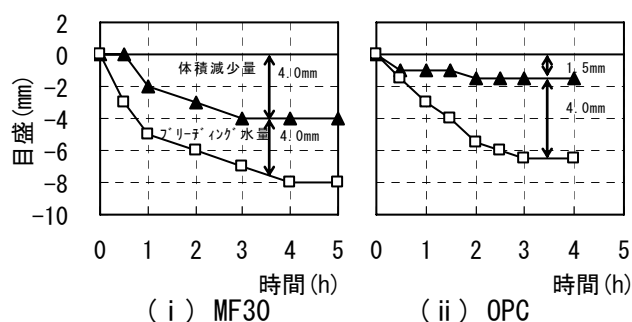


図-1 モルタルの経時による体積変化



写真-2 モルタル上面の状況 (MF30)

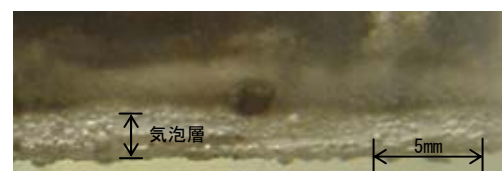


写真-3 モルタル上面の状況 (OPC)

表-3 フレッシュ時および硬化後の比較

セメント 種類	フレッシュ時 空気量 (%)	硬化後 空気量 (%)	空気 減少量 (%)	気泡間隔 係数 (中央部) (mm)
MF30	7.2	5.0	2.2	0.277
OPC	7.0	6.8	0.2	0.212

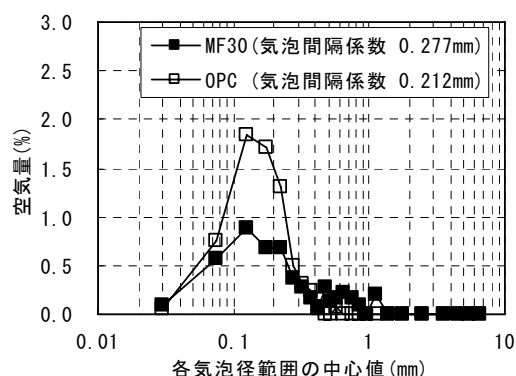


図-2 気泡分布 (供試体中央部)