

発泡スチロール廃材を細骨材とした軽量モルタルの耐凍害性に関する実験

山口大学工学部 正会員 ○牧原 貴之

山口大学大学院 正会員 松尾 栄治

山口大学大学院 正会員 川崎 秀明

1. はじめに

我が国には鋼製の樋管・樋門ゲートが無数に存在しており、その多くが更新時期に差し掛かっている。その際に、鋼製ゲートよりも軽量で耐久性に優れ、かつ低コストで製造が可能なゲートが開発されれば、その需要は大きいものと考えられる。そこで現在、発泡スチロール（Expanded Polystyrene、以降「EPS」と表記）廃材から作られる EPS 細骨材を使用した軽量モルタル（以降「EPS モルタル」と表記）に着目し、これを主材としたゲートの開発を行っている。この EPS モルタルを寒冷地で使用する場合には、凍結融解作用に対する抵抗性を確認する必要がある。そこで本研究では、EPS モルタルの凍結融解抵抗性試験を実施し、寒冷環境における耐久性を実験的に調べることにした。

2. 実験方法

使用材料は普通ポルトランドセメント、上水道水、EPS 細骨材（密度＝ $0.51\sim0.53\text{g/cm}^3$ ，F.M.=3.95，吸水率＝0%，最大寸法＝4mm），AE 減水剤，ビニロン短繊維である。配合は配合Ⅰ（W/C＝40%，EPS 混入率＝50%，AE 減水剤の使用なし），配合Ⅱ（W/C＝35%，EPS 混入率＝50%，AE 減水剤の使用量＝ $C\times 2\%$ ），配合Ⅱにビニロン短繊維を外割り体積比で 0.5%混入したものの 3 種類とした。配合Ⅱと短繊維補強した配合Ⅱの 2 つについては、それぞれ樹脂コーティングを供試体全面に塗布する処理を施した。すなわち、合計 5 ケースとなり、それぞれ 3 本の供試体を作製した（表-1 参照）。なお、コーティングした樹脂は主成分がアクリル酸エステル共重合体の水性エマルジョンである。供試体寸法は $10\times 10\times 40\text{cm}$ の角柱で、打設の翌日に脱型を行った。ケース①②④については、材齢 28 日まで水中養生を施し、材齢 28 日目から凍結融解試験を開始した。ケース③⑤については、樹脂を塗布するために打設後から乾燥状態におき、材齢 28 日目から凍結融解試験を開始した。

実験は「JIS A 1148-2001 コンクリートの凍結融解試験方法（A 法）」に従って実施した。最高温度を 3°C ，最低温度を -18°C とし、その繰返し温度履歴を与え、30 サイクル毎に、供試体の質量、動弾性係数を測定し、300 サイクルまで実施した。30 サイクルでほぼ 1 週間の期間を要した。試験結果については、JIS 規格に則り、300 サイクルにおいて相対動弾性係数が 60%以上となるものを耐凍害性が高いと判断した。また相対動弾性係数が 60%を下回る直前の測定サイクル数を本研究では耐凍害性寿命 L と定義した。

表-1 凍結融解抵抗性試験ケース

ケース	ベース配合	W/C (%)	EPS混入率 (%)	AE 減水剤	VF (%)	樹脂コーティング
①	I	40	50	—	—	—
②	II	35	50	0.02C	—	—
③	II	35	50	0.02C	—	○
④	II	35	50	0.02C	0.5	—
⑤	II	35	50	0.02C	0.5	○

3. 実験結果

表-2 に材齢 28 日すなわち凍結融解試験開始時に測定した各配合の強度試験結果と耐凍害性寿命 L を示す。

図-1 に各ケースの質量変化率（平均値）を示す。質量変化率については、各ケースとも質量は増加しており、スケーリングの発生およびさらなるモルタル内部への水分浸透があったものと考えられる。

図-2 に①から⑤の各ケースの相対動弾性係数（平均値）とケース③、④においてケース②からの相対動弾性係数の差を対策効果として求め、ケース②の相対動弾性係数に加えたものを示す。

ケース①の耐凍害性寿命 L は 90 サイクルであった。配合Ⅰは混和剤無混入であるために耐凍害性が低くな

キーワード：EPS，ビニロン短繊維，凍結融解，樹脂コーティング

連絡先：〒755-8611 宇部市常盤台 2-16-1 山口大学大学院理工学研究科 TEL:0836-85-9698

表-2 材料試験結果 (材齢 28 日＝凍結融解開始時)

ケース	配合	密度 (g/cm ³)	材料強度 (N/mm ²)						耐凍害性
			円柱圧縮	角柱圧縮	割裂引張	曲げ	2面せん断	静弾性係数	寿命L
①	I	1.26～1.31	11.0	22.3	1.7	3.6	6.0	4570	90
②	II	1.27～1.30	17.0	24.8	2.0	4.6	7.0	6489	180
③									210
④	II +	1.30	17.4	25.5	2.4	5.3	7.7	5919	210
⑤	VF0.5%								300以上
②+個別 効果の和	※ 下式に、各測定サイクル数における相対動弾性係数を代入して求めたもの。 ②+(③-②)+(④-②)								240

ったと考えられる。

ケース②の耐凍害性寿命 L は 180 サイクルであり、ケース①と比べ耐凍害性寿命が 2 倍であった。これはエントレインドエアの効果と思われる。ケース③の耐凍害性寿命 L は 210 サイクルであり、樹脂を塗布していないケース②と比較すると、耐凍害性寿命が 30 サイクルのびている。特に 60 サイクルまでは相対動弾性係数が初期値よりも上回っているが、これは樹脂を塗布するために打設後から乾燥状態においていたため、樹脂コーティングの破損に伴う漏水によって、供試体が吸水し水和反応が進行して動弾性係数が増加したことが原因と推察される。

ケース④の耐凍害性寿命は 210 サイクルであった。既往の研究では、短繊維補強したコンクリートの耐凍害性が向上することが知られている。本研究でもケース②と比較して 30 サイクル耐凍害性寿命がのびている。また、短繊維の混入が新たな水道（みずみち）となるような悪影響もなかったと推察される。

ケース⑤の相対動弾性係数については、300 サイクル終了時において 66% となり、JIS 基準を満足したことから耐凍害性が高いと判断できる。また、「配合 II に個別の効果足を足したもの」の耐凍害性寿命 L を求めると 240 となるが、最初から対策を併用したケース⑤の方がこれよりも耐凍害性が大幅に高い。すなわち、樹脂とビニロン短繊維を併用した場合、相乗効果が生じると推察出来る。また、写真-1 に 30 サイクル終了時の樹脂状況を比較して示す。光沢のある部分が樹脂である。上が樹脂だけのもの、下が樹脂とビニロン短繊維の併用であるが、ビニロン短繊維を混入した方が樹脂の残存率が高いことがわかる。

4. まとめ

- (1) EPS モルタルの耐凍害性については、AE 減水剤を使用することで耐凍害性の寿命が 2 倍となる。
- (2) ビニロン短繊維の混入、樹脂コーティングは、それぞれ EPS モルタルの耐凍害性向上に効果がある。
- (3) ビニロン短繊維と樹脂コーティングを併用することにより相乗効果が生じ、JIS の基準を満足する結果が得られた。

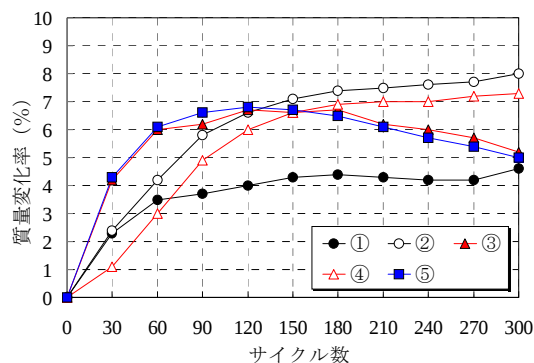


図-1 各ケースの質量変化率（平均値）

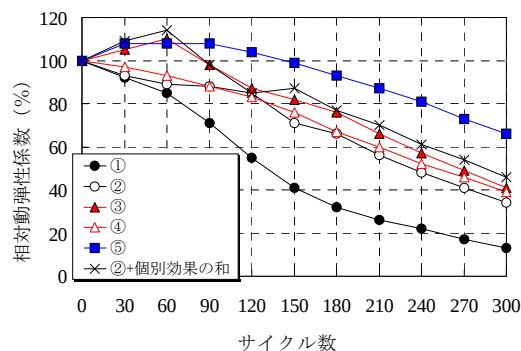
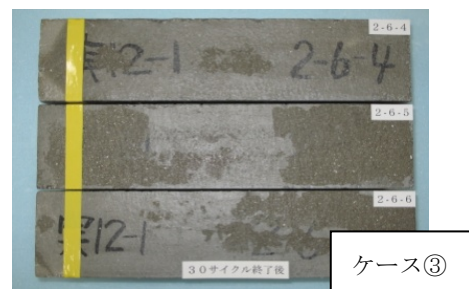
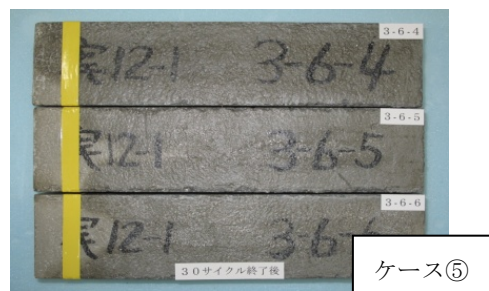


図-2 各ケースの相対動弾性係数（平均値）



ケース③



ケース⑤

写真-1 30 サイクル終了時の樹脂状況