

EPS モルタルの乾燥収縮に及ぼす混和材料の影響

山口大学大学院 学生会員 ○浦山智臣 山口大学大学院 正会員 松尾栄治
山口大学大学院 正会員 高海克彦 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、国交省河川局研究開発プロジェクトにおいては、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。しかし、EPS モルタルをゲートに使用する場合、水密性を保つためにひび割れを抑制することが重要である。このため、本研究は EPS モルタルの乾燥収縮性状を改善することを目的とした。すなわち、既往の研究で EPS モルタルは乾燥収縮量が大きいことが報告されているため、近年のコンクリート分野において乾燥収縮問題がクローズアップされていることも鑑み、本研究では実験により EPS モルタルの乾燥収縮量を主とする長さ変化量を再度確認するとともに、混和材および混和剤（以降「混和材料」と表記）による収縮低減効果を検討した。

2. 実験方法

セメントは普通ポルトランドセメント（密度： 3.15 g/cm^3 ）を使用し、細骨材は遠赤外線減容処理を施した EPS 細骨材（密度： 0.53 g/cm^3 ，実積率：64.8%，粗粒率：3.02，吸水率：0%，最大寸法 4mm）を使用した。混和材料として AE 減水剤（密度： 1.04 g/cm^3 ），高炉ヒューム（多機能特殊ポゾラン，密度： 2.60 g/cm^3 ），膨張材（石灰系，密度： 3.16 g/cm^3 ），収縮低減剤（グリコールエーテル系，密度： 0.97 g/cm^3 ），ビニロン短繊維（直径：660 μm ，標準長：30mm）を使用した。AE 減水剤以外の混和材料は収縮対策である。

配合は表-1 のように、EPS モルタルのベース配合（＝配合①）と、収縮対策としての高炉ヒューム（＝配合②），膨張材（＝配合③），収縮低減剤（＝配合④），ビニロン短繊維（＝配合⑤）をそれぞれ混入したもの、上記の対策を全て混合したもの（＝配合⑥）とした。いずれも W/C を 35%，EPS 混入量（体積比）を 50%とし、AE 減水剤はセメント質量の 2%を使用した。供試体寸法は 10×10×40cm であり、中心部に埋込み型ひずみゲージを配置した。各供試体ともに脱型後は 20℃の水中養生を行い、材齢 28 日から恒温恒湿室（20℃，50%）にて自由乾燥させ、乾燥材齢 182 日まで測定した。乾燥条件は、角柱供試体の下面にローラーを設置して下面の拘束を除去し、1 週間ごとに上下面の 90° 回転と、設置場所のローテーションを行った。なお、本稿で称する乾燥収縮には、材齢 28 日以降のわずかな自己収縮も含まれている。

3. 実験結果

試験結果の一覧を表-2 に、乾燥ひずみの経時変化を図-1 に示す。図-1 においてベース配合①が最も収縮ひずみ

表-1 配合表

配合 No.	単位量 (kg/m^3)							
	W	C	EPS	AE 減水剤	高炉 ヒューム	膨張 材	収縮 低減剤	ビニロン 繊維
①	248	750	265	15.0	—	—	—	—
②	248	600	265	14.5	123	—	—	—
③	248	750	265	15.0	—	20	—	—
④	248	750	265	15.0	—	—	10	—
⑤	248	750	265	15.0	—	—	—	7
⑥	248	750	265	14.5	123	20	10	7



写真-1 供試体と測定状況

表-2 試験結果一覧

配合 No.	乾燥開始時（材齢28日）							乾燥材齢182日	
	密度 (g/cm ³)	強度（N/mm ² ）						逸散水量 (g)	ひずみ※膨張を正 (×10 ⁻⁶)
		φ 10×20（cm）			4×4×16（cm）				
		圧縮（円柱）	割裂引張	弾性係数	圧縮（角柱）	曲げ	せん断		
①	1.33～1.37	16.6	1.54	4996	23.6	4.01	6.24	236.4	-2587
②	1.26～1.29	19.5	1.99	5376	23.7	4.01	6.60	124.6	-1841
③	1.33～1.35	17.5	1.40	5265	24.3	4.33	6.62	190.7	-1958
④	1.36～1.37	16.4	1.87	5605	24.3	4.81	6.92	143.3	-1250
⑤	1.42～1.45	22.9	2.60	6198	31.5	6.41	9.43	146.9	-1893
⑥	1.40～1.43	17.8	2.06	4050	25.8	4.03	6.84	131.7	1947

が大きく、いずれの対策も効果があることが確認できる。図中の個別に対策を講じた②～⑤において、ベース配合①からの収縮ひずみ低減量を「対策効果」として求め、それらの和を①に加えたものを⑦とした。⑦は個別対策②～⑤がお互いに完全に独立して効果を発現した場合を想定しており、4対策を併用した配合⑥と比較した。

収縮低減効果を対策別に比較すると、最も効果が高いのは収縮低減剤を使用した配合④で、ベース配合の約52%のひずみに抑制している。続いて高炉ヒュームを使用した配合②、ビニロン繊維を使用した配合⑤、膨張材を使用した配合③と続き、収縮低減効果はそれぞれ29%、27%、24%である。

4つの対策を全て併用した配合⑥では逆に膨張している。膨張材と収縮低減剤を併用すると相乗効果によりコンクリートに一時的に膨張ひずみが発生するという既往の研究があるが、その場合でも乾燥期間が長くなるにつれて収縮に転じている。また、各対策効果の和である⑦は膨張側に転じているが、配合⑥は⑦よりも膨張量が大きい。すなわち、本研究で講じた4つの対策はそれぞれ重ね合わせの原理が適用できることが確認されるとともに、ここではさらなる相乗効果が生じている。

図-2は逸散水量の経時変化であり、組織の密実性やあばた減少による表面積の低減効果の指標ともなる。

各材齢のひずみと182日ひずみの関係を図-3に示す。材齢の経過に伴い寄与率 R^2 が大きくなり、材齢28日においては $R^2=91\%$ となることから、EPSモルタルの長期材齢のひずみは材齢28日のひずみから高精度で推定が可能である。

4. まとめ

- (1) EPSモルタルに高炉ヒューム、膨張材、収縮低減剤、ビニロン繊維を混入した場合、いずれも収縮低減効果があり、その効果は収縮低減剤が最も大きい。
- (2) 4成分混合することでさらなる相乗効果が生じているが、少なくとも上記の対策を組み合わせた場合、乾燥収縮量をかなり低減できる可能性を示している。
- (3) EPSモルタルの長期乾燥収縮ひずみは、乾燥材齢28日のデータから高精度で推定可能である。

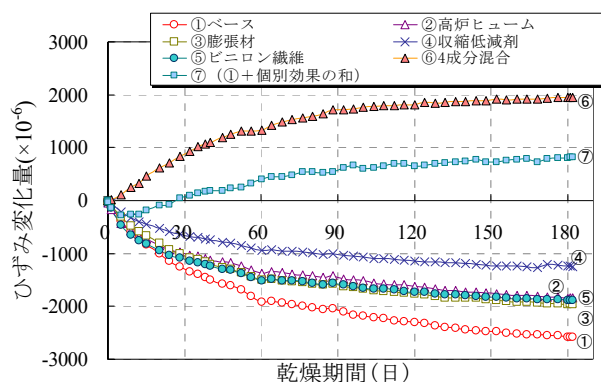


図-1 乾燥ひずみの経時変化

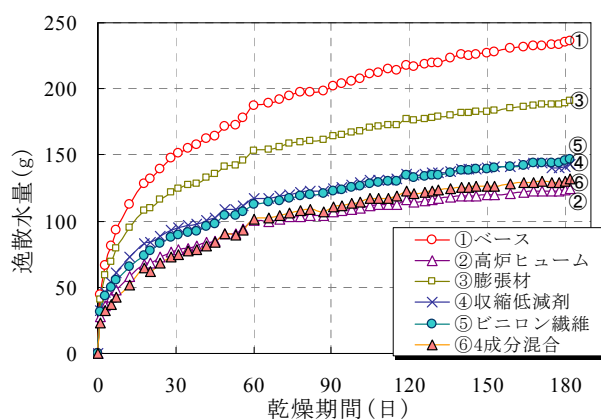


図-2 逸散水量の経時変化

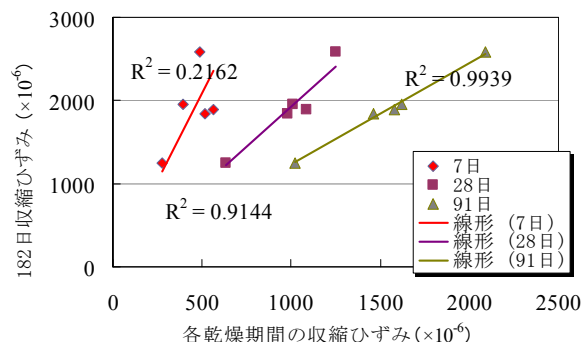


図-3 各材齢のひずみと182日ひずみの関係