

重晶石を使用した重量コンクリートの諸物性

太平洋セメント(株) 正会員 ○肥後 康秀
 太平洋セメント(株) 正会員 吉本 稔
 太平洋セメント(株) 正会員 早川 隆之

1. はじめに

重量コンクリートは、これまで原子力施設や医療用施設などの遮蔽用コンクリートとして主に用いられてきた。ところが、近年では都市部における地下水位の上昇に伴い、構造物の浮力対策として自重増加を図るウェイト材として使用されるケースが増えてきている。重量コンクリート用骨材としては、従来磁鉄鉱や赤鉄鉱などの鉄鉱石が主流であったが、需給逼迫や価格高騰などの問題から今では入手が困難な状況である。そこで本稿では、鉄鉱石同様に過去使用実績の多い重晶石に着目し、特に生産量の多い中国産の重晶石を用いたコンクリートの基礎的性質に関する実験を行った結果について報告する。

2. 実験概要

2.1 骨材物性

重晶石（Barite）の主成分は、硫酸バリウム（ BaSO_4 ）であり、蛍光 X 線分析による化学組成は表-1 に示すと

表-1 重晶石の主な化学組成 (%)

BaO	SO ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
53.3	24.8	8.78	4.37	1.12

表-2 重晶石の骨材物性

	粒径 (mm)	絶乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	安定性 (%)	すりへり 減量(%)	微粒分 量(%)	実積率 (%)	粗粒率 (FM)
重晶石	10-0	3.94	1.0	3.2	—	16.0	73.9	3.24
	25-10	4.11	0.38	5.2	61.0	3.8	62.6	6.48

おりである。表-2 には、骨材としての物性試験結果を示す。重晶石の密度は、良質な鉄鉱石（ $4.6\sim 4.8\text{g/cm}^3$ ）にはおよばないものの、電気炉酸化スラグや銅スラグ（いずれも $3.5\sim 3.7\text{g/cm}^3$ 程度）よりも大きい。また、重晶石は強度が小さく粉砕時に粉粒化しやすいため、微粒分量およびすりへり減量については JIS A 5005 のコンクリート用砕石、砕砂の規格値よりも多くなっている。一方で、角張りが取れているため粒形は良好であり、粗骨材の実積率は 62.6% と高い値となっている。

2.2 コンクリートの配合

コンクリート実験に用いた材料および配合をそれぞれ表-3、4 に示す。配合は水セメント比 50% の条件において、重晶石を用いた重量コンクリート（HWC）と普通コンクリート（NC）の性状の比較を行った。目標スランブはいずれも $15\pm 2.5\text{cm}$ としたが、目標空気量は実績に即して HWC は $2.0\pm 1.0\%$ 、NC は $4.5\pm 1.0\%$ とした。

表-3 コンクリートの使用材料

材料	記号	備 考
セメント	C	普通ポルトランドセメント 密度 3.16g/cm^3
細骨材	HS	重晶石 表乾密度 3.98g/cm^3
	S	静岡県産山砂 表乾密度 2.56g/cm^3
粗骨材	HG	重晶石 表乾密度 4.13g/cm^3
	G	茨城県産砕石 表乾密度 2.65g/cm^3
混和剤	SP	高性能 AE 減水剤
	AD	AE 減水剤

表-4 コンクリートの配合

配合	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)								単位容積 質量(t/m ³)	フレッシュ性状		
			W	C	HS	S	HG	G	SP	AD		スランブ ^o (cm)	空気量 (%)	単質 (t/m ³)
HWC	50	55	165	330	1525	—	1280	—	2.64	—	3.37	13.0	1.7	3.32
NC	50	46	170	340	—	796	—	970	—	0.85	2.28	15.0	4.2	2.29

2.3 試験項目

コンクリートのフレッシュ性状としてはスランブ、空気量、単位容積質量を測定した。硬化性状としては、圧縮強度、静弾性係数、引張強度、乾燥収縮、熱特性値（熱伝導率、熱拡散率、比熱、熱膨張係数）を測定した。

キーワード：重量コンクリート、重晶石、材料分離、圧縮強度、乾燥収縮、熱特性

連絡先：〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋セメント（株）中央研究所 TEL043-498-3855

3. 実験結果

3.1 フレッシュ性状

フレッシュ性状の試験結果は、表-4 右欄のとおりであった。それぞれ、目標範囲内にあることを確認した。一般的に重量骨材は粒度や粒形が悪いものが多く材料分離（骨材の沈降）が生じやすいが、重晶石は粒形がよく、さらに微粒分が多く含まれているため粘性が高まり、材料分離抵抗性に優れる状態であった。

3.2 圧縮強度および静弾性係数

表-5 強度および静弾性係数

表-5 に強度および静弾性係数の試験結果を示す。圧縮強度は、NC と比較して設定空気量が低いにもかかわらず材齢 28 日において 5.6N/mm² (約

配合	単位容積質量 (t/m ³)		圧縮強度 (N/mm ²)		静弾性係数 (kN/mm ²)		引張強度 (N/mm ²)
材齢	7d	28d	7d	28d	7d	28d	28d
HWC	3.39	3.39	28.3	35.8	17.0	19.3	2.82
NC	2.32	2.32	30.9	41.4	26.4	29.7	3.75

14%) 低くなっており、HWC の静弾性係数は NC の約 60% 程度となっている。また、HWC の圧縮強度に対する引張強度の比（脆度係数）は 1/12.7 であり、NC が 1/11.0 であるのに対して低いことがわかる。このように、重晶石を用いた HWC は力学的性質に関しては NC よりも低くなる面があり、これは既往の研究¹⁾とも一致するところである。

3.3 乾燥収縮

図-1 に乾燥収縮試験結果を示す。試験材齢 182 日における HWC の乾燥収縮ひずみは約 600 μ となっており、NC よりも 100 μ 程度小さくなった。この原因については、重晶石の骨材自体の収縮量が小さいことなど骨材特有の要因も考えられるが、現時点では解明できていない。

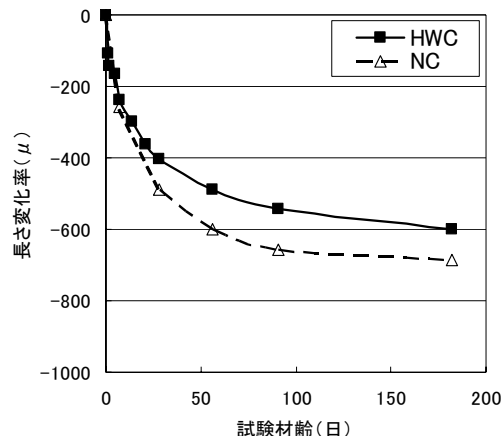


図-1 乾燥収縮試験結果

3.4 熱特性値

熱伝導率の測定は、精密冷水槽および温度制御・測定装置（チノー社製）を用いて、供試体中央に配置した銅管を加熱し、定常状態における循環水との温度差から算出した。熱拡散率は同装置を用いて水中冷却方法（Glover 法）により測定した。いずれも供試体寸法は $\phi 20 \times 40 \text{ cm}$ である。また、熱膨張係数は、 $10 \times 10 \times 40 \text{ cm}$ の供試体を用いて 20~60℃におけるひずみの変化を埋込型ひずみゲージで測定した。測定結果を表-6 に示す。

HWC は NC と比較して熱伝導率および熱拡散率はやや小さく、これらから求めた比熱もやや低い。これは重晶石の特性が反映されたものと推察される。また、熱膨張係数は NC の 1.5 倍程度になっていることから、マスコンクリートとしたときの温度応力ひび割れや、温度変化の大きな環境となる場合に対しては留意する必要がある。

表-6 コンクリートの熱特性値

配合	密度 (kg/m ³)	熱伝導率 (kJ/kg°C)	熱拡散率 (m ² /h)	比熱 (kJ/kg°C)	熱膨張係数 ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)
HWC	3323	5.883	0.0022	0.806	14.9
NC 参考値 ²⁾	2300	9.2	0.003	1.05	10

4. まとめ

重晶石を用いた重量コンクリートの諸物性に関して実験を行った結果、材料分離抵抗性に優れた単位容積質量 3.2~3.3t/m³ の重量コンクリートを得ることができた。ところが、普通コンクリートよりも力学的に低くなる物性もあり、静弾性係数は同じ強度レベルの普通コンクリートに対して 60~70% 程度にとどまると思われるため設計時には留意する必要がある。熱特性値は、重晶石の特性によって普通コンクリートと異なる値を示しており、設計時にはこれら実験データを活用していきたい。

【参考文献】

1. 青戸 章 他: 重量コンクリートの軌道部材への使用の可能性について, 日本コンクリート工学年次論文集, 1979, pp257-260
2. コンクリート標準示方書〔設計編〕, 土木学会, 2007