

廃棄岩を利用した超軽量骨材の開発およびそれを使用したコンクリートの性質

前田製管株式会社 正会員 伊藤 亨
 前田製管株式会社 正会員 前田直己
 前田製管株式会社 鈴木 聡
 前田製管株式会社 河野俊夫

1. はじめに

栃木県内の採石場から発生する廃棄岩を使用して絶対比重 1.0 未満の超軽量骨材の開発を行った。本報では原料として用いた頁岩質の廃棄岩と開発した超軽量骨材、およびそれを使用した軽量コンクリートの性質について述べる。

2. 超軽量骨材の原料と製造

2. 1 原石

栃木県北東部に位置する馬頭町の採石場では道路用やコンクリート用の骨材を採取している。岩質は硬砂岩を主体とするが頁岩（剝離性のある泥質岩）の層を挟んでいる。骨材としては脆く品質の良くない頁岩は碎石プラントにて優先破碎され、7mm のスクリーンにて取り除かれた後、原石採取場跡地に廃棄されている。本研究ではこの廃棄岩を軽量骨材の原料として用いた。

2. 2 原料の性質

超軽量骨材の原料とした廃棄岩は、粒子が 0.05mm 以下の微細粒子からなる黒色の頁岩が約 7 割で、残りは 0.10mm 以上の粒子の砂岩からなる。構成鉱物は偏光顕微鏡での観察及び X 線回折の結果、石英、長石、雲母等であった。化学組成は SiO_2 と Al_2O_3 を主成分とする（表-1）。頁岩部は 1150℃ 以上の高温で焼成すると内部に多数の微細気泡を有する多孔体となった。このような頁岩は一般に酸化鉄が $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow 2\text{FeO} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \uparrow$

の反応で高温熔融時に発泡成分を出すため膨張するとされている¹⁾。

2. 3 製造

超軽量骨材の製造は、廃棄岩を乾燥後砂状に破碎したものを更にボールミルで 0.04mm 以下に微粉碎し、パン型造粒機にて水を加えながら 12~3mm 程度に造粒する。そのペレットを乾燥後ロータリーキルンに入れ 1200℃ 前後で焼成したところ絶対比重が 0.85 ± 0.05 の超軽量骨材を得た（写真-1）。

3. 超軽量骨材の性質

3. 1 試料

超軽量骨材の性能を把握するため、骨材の粒径が 15~5mm のものを用いて試験を行った。また比較のために市販人工軽量骨材（以下市販骨材とする）についても同粒径の試料について試験を行い比較した。

3. 2 試験項目と結果

試験項目については JIS A 5002 構造用軽量コンクリート骨材に準じて行った。骨材強度については英国規格 (B.S. 812) に従った。結果は SO_3 や NaCl などの化学的な試験項目を含め、JIS A 5002 の規定に適合した（表-2）。又、市販骨材との比較をしたところ、開発した超軽量骨材は絶対比重が 0.85 程度と市販骨材の約 65% であり、吸水率は市販骨材より質量百分率ではやや高いが骨材体積当たりの吸水量ではほぼ同じと考えられる。骨材強度は 10% 破碎荷重で市販骨材の 85% 程度であった（表-3）。

表-1 原料の化学組成(%)

SiO_2	Al_2O_3	K_2O	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O_3	TiO_2	ig. loss	Total
62.0	15.7	4.21	3.67	1.68	1.48	1.05	0.58	8.4	98.77

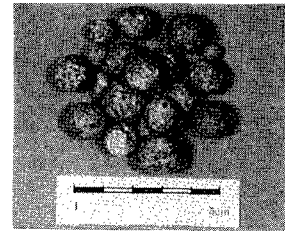


写真-1 超軽量骨材(15~5mm)

表-2 超軽量骨材の性質

試験項目	測定値	JIS A 5002 の規定・区分	試験方法
絶対比重	0.85	L (1.0 未満)	JIS A 1135
実収率 (%)	61	A (60 未満)	JIS A 1104
単位容積質量 (t/m^3)	540	—	JIS A 1104
24 時間吸水率 (%)	17	—	JIS A 1135
破碎強度 40% 破碎値 (%)	67	—	B.S. 812
10% 破碎荷重 (t)	5.8	—	B.S. 812
強熱減量 (%)	0.1 以下	1.0 以下	JIS R 5202
三酸化硫黄 (SO_2 として) (%)	0.1	0.5 以下	JIS R 5202
塩化物 (NaCl として) (%)	0.002	0.01 以下	JIS A 5002
有機不純物	合格(無色)	標準色より濃くないこと	JIS A 1105
粘土塊 (%)	0.15	1.0 以下	JIS A 1137
フロッグコークの単位容積質量 (kg/l)	1.79	17 (1.6 以上 1.8 未満)	JIS A 1116
コンクリートとしての圧縮強度 (N/mm^2)	31.2	300 (29.4 以上 39.2 未満)	JIS A 5002

表-3 市販超軽量骨材との比較

骨材の種類	品質	絶対比重	単位容積質量 (t/m^3)	24 時間吸水率 (質量%)	骨材強度 [※] (t)
超軽量骨材		0.85	540	17	5.8
市販人工軽量骨材		1.30	820	13	6.8

※ B.S. 規格 10% 破碎荷重

4. 超軽量骨材を用いたコンクリートの性質

4. 1 物理的性質

超軽量骨材を用いた軽量1種コンクリートの気乾比重と圧縮強度の関係を図-1に示す。超軽量骨材を使用したコンクリートは、市販骨材を使用したコンクリートのような高強度を得るのは難しい。しかし、市販骨材を使用したコンクリートでは、細骨材にも軽量骨材を用いた軽量2種コンクリートでなければ、比重1.6程度で配合強度が 30N/mm^2 のコンクリートを得るのは難しかったが、超軽量骨材では、軽量1種コンクリートで容易に得ることができる。

引張強度及び曲げ強度に関しては、それぞれ $2.0\sim 3.0\text{N/mm}^2$ 及び $2.5\sim 3.5\text{N/mm}^2$ の範囲にあるが、圧縮強度ほど気乾比重との相関性はみられない。

4. 2 乾燥収縮

温度 20°C 、湿度 60% の条件下で、乾燥収縮の測定を行った結果を図-2に示す。超軽量骨材を使用したコンクリートの乾燥収縮は、初期においては市販の骨材を使用したコンクリートと比較して大きい、時間が経過するに連れ、その差が小さくなっている。

4. 3 耐凍結融解性

JIS原案「凍結融解試験方法(案)」の気中凍結水中融解方法に準じて行った結果を、図-3に示す。超軽量骨材を使用したコンクリートは市販骨材を使用したコンクリートと、ほぼ同等な結果となっており、極度の凍結融解作用を受けるような環境にさらされない限り、実用的には十分な耐久性を持つと思われる。

4. 4 中性化

炭酸ガス濃度 5% 、温度 30°C 、湿度 60% の条件下で1カ月間促進中性化試験を行った結果を、図-4に示す。超軽量骨材を使用したコンクリートは、市販骨材を使用したコンクリートと比較して同じかより優れた傾向を示している。

5. まとめ

①頁岩質の廃棄岩から、絶乾比重 0.85 ± 0.05 の超軽量骨材を開発した。

②開発した超軽量骨材はJIS A 5002の規定に適合する。

③軽量骨材を使用すると、比重1.6程度のコンクリートが容易に得られる。

④超軽量骨材を使用したコンクリートの乾燥収縮は市販骨材を使用したコンクリートよりも、初期では大きい、長期ではその差が小さくなる。

⑤軽量骨材を使用したコンクリートは、実用に十分な耐久性がある。

〔謝辞〕

本研究を進めるに当たり、御協力を賜りました日本大学工学部建築学科の出村克宣先生ならびに秩父小野田社の藤井悟研究員に深く感謝いたします。

〔参考文献〕

1) 村田二郎：コンクリートパンフレット第79号 人工軽量骨材コンクリート、(社)セメント協会、P2、1974

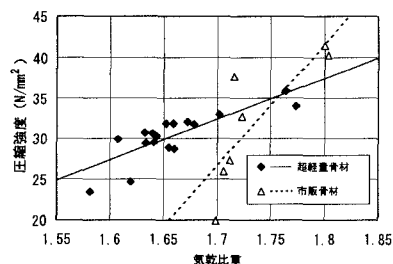


図-1 気乾比重と圧縮強度の関係

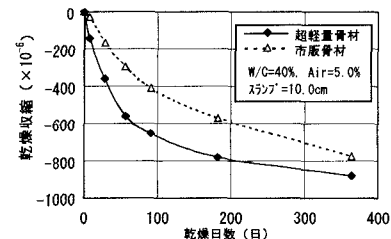


図-2 乾燥収縮

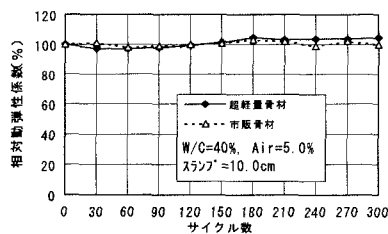


図-3 凍結融解試験結果

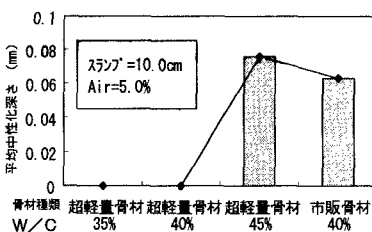


図-4 促進中性化試験結果