

砕石ズリを用いたコンクリートの配合設計と強度評価 Mix Design and Strength Evaluation of Concrete with Waste Stone from Quarry

○鈴木麻里子*・足立優斗*・林和彦*・小竹望*

Mariko SUZUKI, Yuto ADACHI, Kazuhiko HAYASHI and Nozomu KOTAKE

1. はじめに

近年、骨材資源の枯渇や環境保全の観点から海砂の採取が禁止され、コンクリート用骨材の安定供給が危ぶまれている。また、骨材は運送上の問題等から採取地近辺で利用されることが望ましいが近場での採掘が困難である。

香川県では日本三大花崗岩の一つである庵治石が産出される。庵治石は、極め細やかな地肌であるがゆえに風化に強く、水晶に近い高度をもち非常に硬いという特徴がある。墓石や灯籠など製品化されているがそれは全産出量(30万トン)の1%にしか過ぎず、残りの99%のうち63%(18万トン)はズリとして廃棄されている。

本実験では、香川県で産出される庵治石に着目し、庵治石ズリのコンクリート用粗骨材への有効利用を考え、スランプ、空気量、圧縮強度試験を行い最適なコンクリート配合を明らかにすることを目的とした。

2. 試験概要

(1) 使用材料

本研究では、粗骨材として砕石(香川産)、砕石(愛媛産)、庵治石の3種を用いた。使用材料および基本物性について、粗骨材の密度および吸水率試験(JIS A 1110)、骨材の単重および実績率(JIS A 1104)の結果を表-1に示し、写真-1に各種粗骨材の写真を示す。

表-1より、庵治石の基本物性は、他の砕石と比較して違いが見られなかったためコンクリート用粗骨材として使用可能であると判断した。

(2) 供試体作製および実験方法

コンクリートは、セメント、細骨材、粗骨材をミキサーに投入して30秒空練りした後、水と混和剤を投入して90秒間練混ぜを行って製作した。練り上がり後、フレッシュコンクリートの試験を行い、材料分離が生じていないこと、スランプが 10 ± 2.0 cmの範囲内、空気量が 4.5 ± 1.5 %の範囲に収まることを確認し、 $\phi 100 \times h200$ mmの円柱供試体を作製した。供試体は、気中養生を行った。圧縮強度試験については、材令7日、28日で各配合3本ずつの供試体を試験した。

(3) コンクリートの配合設計

コンクリートの配合例を表-2に示す。目標スランプは 10 ± 2 cm、空気量は 4.5 ± 1.5 %とした。なお、空気量はAE剤をセメント使用量の0.003%を1Aとして調整した。

表-1 使用材料と各種物性
Materials and properties

使用材料	物性等
セメント (C)	普通ポルトランドセメント 密度 3.15 g/cm^3
砕砂 (S)	表乾密度 2.60 g/cm^3 FM=2.63 吸水率 1.74%
粗骨材 (G)	砕石(香川産) 表乾密度 2.61 g/cm^3 FM=6.64 吸水率 1.97% 最大寸法 20mm
	砕石(愛媛産) 表乾密度 2.63 g/cm^3 FM=6.64 吸水率 0.68% 最大寸法 20mm
	庵治石 表乾密度 2.62 g/cm^3 FM=6.41 吸水率 1.34% 最大寸法 20mm 実績率 57.5%
混和剤	AE減水剤
	AE剤
	ポリカルボン酸系AE減水剤 変性アルキルカルボン酸化合物系AE剤



写真-1 各種粗骨材
Coarse aggregates

表-2 コンクリートの配合例
Concrete mix proportion

配合名	W/C(%)	s/a(%)	単位量 (kg/m^3)				CX (%)	
			W	C	S(砕砂)	G	AE減水剤	AE助剤
砕石(香川産)	55	48	175	318	847	922	0.9	0
砕石(愛媛産)					851	929	1.1	1A
庵治石		52	180	327	907	844	0.6	0

*香川高等専門学校(National Institute of Technology, Kagawa College)

キーワード: コンクリート材料, 配合設計, リサイクル

3. 結果と考察

(1) スランプおよび空気量

既往の研究の配合設計より、 $W/C=55\%$ 、 $s/a=48\%$ 、単位水量 $175\text{kg}/\text{m}^3$ の配合で各コンクリートを作製した。しかしながら、庵治石を用いたコンクリートのみスランプが許容範囲内に収まらなかった。この原因として、庵治石は形状が粗いため、骨材同士がかみ合ってしまうスランプが出にくくなったと考えられる。

そこで、粗骨材（庵治石）の占める割合を低くするため、 $W/C=55\%$ 、 $s/a=52\%$ 、単位水量 $180\text{kg}/\text{m}^3$ としたところ、許容範囲内に収まる結果となった。また、AE 減水剤についても考慮し、 $C\times 0.6\%$ とした。

表-3 に練り上がり 10 分後のフレッシュ試験結果を示す。写真-2 にスランプの写真を示す。

表-3 スランプおよび空気量
Slump and the air content

配合名	スランプ (cm)	空気量 (%)	単位容積質量 (kg/m ³)	練上り温度 (°C)
	10±2.0cm	4.5±1.5%		
砕石(香川産)	10.0	4.4	2258	19.2
砕石(愛媛産)	10.0	5.4	2247	19.5
庵治石	8.0	4.3	2283	18.8



写真-2 スランプ
Slump

(2) 圧縮強度および静弾性係数

圧縮強度および静弾性係数試験結果をそれぞれ図-1 と図-2 に示す。庵治石を使用したコンクリートは、圧縮強度、静弾性係数ともに他の砕石を用いたコンクリートよりやや低い値を示した。

圧縮試験(図-1)より、材齢 28 日で $34.7\text{N}/\text{mm}^2$ という結果が得られ、JIS A 5308 より問題なく使用可能であるということが判断できる。

庵治石は花崗岩、砕石(香川産)は安山岩、砕石(愛媛産)は砂岩由来であるため、庵治石を用いたコンクリートの静弾性係数が最も大きくなると予想していた。しかしながら、実際には砕石(香川産:安山岩)を用いたコンクリートの静弾性係数が他と比較して最も大きな値を示した(図-2)。この原因として、本研究で用いた庵治石は採掘後のズリで風化が進行しており、庵治石自体が脆性破壊を起こしたと考えられる。

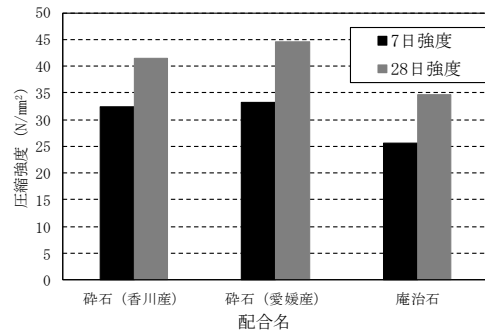


図-1 圧縮強度試験結果

Results of compressive strength

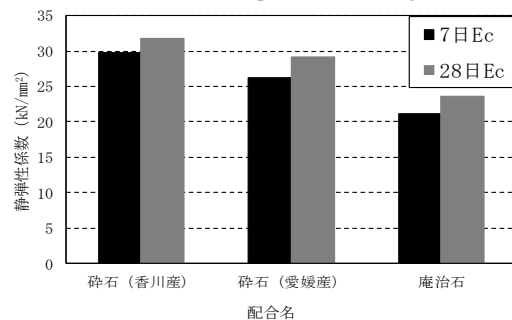


図-2 静弾性係数試験結果

Results of static elastic modulus

4. まとめ

本実験では、庵治石ズリのコンクリート用粗骨材への有効利用を目的とし、スランプ、空気量、圧縮強度試験を行い最適なコンクリート配合や強度特性を明らかにした。その結果、庵治石ズリを用いたコンクリートは庵治石の物性上、骨材同士がかみ合ってしまうため、配合の際に細骨材率 s/a および単位水量の 2 点に留意する必要があるということがわかった。また、圧縮強度は規格値内に収まっているが、静弾性係数については一般的な砕石を用いたコンクリートよりも低い値となった。よって、庵治石ズリは風化が進んでおり脆性破壊を起こしたのではないかと考えられる。

今後、骨材自体の硬さを調べるべく岩石の圧縮強さ試験、フレッシュ性状試験としてブリーディング試験、凝結試験、硬化性状試験として乾燥収縮試験、凍結融解試験、アルカリシリカ反応性試験について検討する。