

庵治石ズリを有効活用したコンクリートの力学的挙動

香川高等専門学校 賛助会員 ○串田 浩大
香川高等専門学校専攻科 賛助会員 足立 優斗
神戸大学大学院 正会員 鈴木麻里子
香川高等専門学校 正会員 林 和彦

1. はじめに

近年，天然資源の枯渇や環境保全の観点からコンクリート用骨材の安定供給が危ぶまれている．また，骨材は運送費が占める割合が大きいため，骨材は採取地近辺で利用されることが望ましいとされている．

香川県で産出される花崗岩の庵治石の庵治石はきめ細かな地肌であるがゆえに風化に強く非常に硬いという特徴があり，墓石などに製品化されているが，現在は全産出量(約 30 万トン)のうち，1%しか製品化されず，68%(約 21 万トン)はズリとして廃棄されている．

本研究では庵治石ズリを粒度調整や形状を整えることなく，コンクリート用粗骨材として有効利用することを検討した．本骨材は粉碎工程を経ていないため，風化など強度が弱い部分を含んでいる可能性がある．最適なコンクリート配合を明らかにするために強度特性を評価することを目的とした．

2. 実験概要

(1) 使用材料

本研究では，粗骨材として，庵治石ズリおよび比較のために安山岩砕石を用い，細骨材には共通で安山岩砕砂を用いた．使用材料およびそれぞれの基本物性に加えて，粗骨材の密度および吸水率試験，骨材の実積率試験，粒形判定実積率試験の結果を表 1 に示す．

コンクリート用骨材としては，粒形判定実積率は JIS A 5005 より，56%以上を有していなければならない．粒形判定実積率において，庵治石ズリは 56%以上を有しているものの，安山岩と比較すると値が低いため安山岩より粒形が劣ることがわかる．また，実積率においても庵治石ズリは安山岩と比較して値が小さい．以上のことから，庵治石ズリは粒形については問題ないが，安山岩砕石と比較すると粒度および粒形が劣ることがいえる．

(2) 使用骨材の粒度

庵治石ズリを粗骨材として使用するために，本研究

では 5mm 以上 20mm 以下を採取し，最大寸法 20mm の粗骨材として使用することにした．その粒度分布を図 1 に示す．JIS A 5005 に規定される砕石 2005 の標準値を外れ，10mm の細かい粒が極端に少ないことがわかる．本研究で用いた庵治石は材料入手の関係から，同地域で砕石用に採取されたものから発生した庵治石ズリであり若干異なるが，破碎工程を経る前のものであり，対象とする庵治石ズリに粒度調整をすることで同様のものとして扱った．

3. 結果および考察

(1) 配合，スランプおよび空気量

検討対象とする庵治石ズリは粗骨材 G1(10～20mm)：粗骨材 G2(5～10mm)=98:2 である．比較とした安山岩(最大寸法 20mm)では，庵治石ズリと同じになるように 10～20mm：5～10mm=98:2 と偏った粒度分布にした安

表 1 使用材料

使用材料		基本的物性，骨材試験結果	
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 吸水率 1.74%	
粗骨材 (G)	庵治石ズリ	表乾密度 2.62 g/cm ³ 吸水率 1.34%	実積率 58.4% 粒形判定実積率 60.0%
	安山岩砕石 (香川県産)	表乾密度 2.61 g/cm ³ 吸水率 1.97%	実積率 62.1% 粒形判定実積率 61.7%
混和剤 (AE減水剤)		リグニンスルホン酸塩、オキシカルボン酸塩とポリカルボン酸系化合物	
		リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸エーテルの複合体	

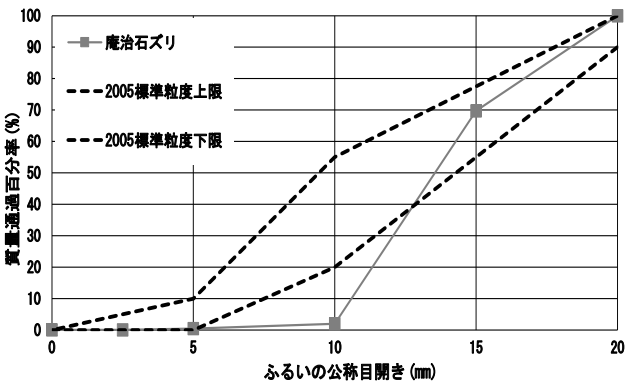


図 1 庵治石ズリの粒度分布

山岩 No.1 に加え、生コンクリートとして使用している通常の粒度をもつ安山岩 No.2 を設定した。目標のスランブは $10.0 \pm 2.0 \text{ cm}$ 、空気量は $4.5 \pm 1.5 \%$ とした。配合条件を満たすために試行錯誤的に配合試験を行い、スランブおよび空気量の値が許容範囲内に収まった配合を採用した。それぞれの骨材について配合およびスランブ、空気量の結果を表 2 に示す。

(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図 2 に示す。庵治石ズリと同様に粒度が偏った安山岩 No.1 とを比較すると、強度はほぼ同等であるが、静弾性係数は安山岩 No.1 に比べて低い結果が得られた。庵治石ズリの静弾性係数が低い値となった原因として庵治石ズリの風化が進んでいることやモルタルとの付着が安山岩と比較して弱いことが考えられる。

粒度が偏っている庵治石ズリおよび安山岩 No.1 と粒度が適度な安山岩 No.2 とを比較すると、安山岩 No.2 の方が圧縮強度は大きい値となった。庵治石ズリおよび安山岩 No.1 は供試体中の粒度が偏っているため、フレッシュコンクリートの時点で骨材間での噛み合わせ等による材料分離が発生しており、粒度が適切な安山岩 No.2 と比べて硬化後の強度特性が劣ったのではないかと考えられる。ただし圧縮強度と静弾性係数で傾向の違いが見られたことの理由解明までには至らなかった。

(3) コンクリートの破断面観察

圧縮強度試験後、コンクリート供試体を割裂し、破断面を詳細に観察した結果を図 3 に示す。庵治石ズリコンクリートは粗骨材を多く貫通する破断面となっていた。粗骨材の断面のほとんどが茶色に変化していたことから粗骨材の破壊は庵治石ズリの風化部分から進行していることが示唆される。

粒度の偏る安山岩 No.1 コンクリートを割裂すると、骨材が破断している箇所は少なかった。破壊面のほとんどがモルタルと骨材の界面であった。粗骨材の表面および断面は青白い色であったことから安山岩自体の風化は進んでいないことがわかる。

粒度が適度な安山岩 No.2 コンクリートは庵治石ズリコンクリートと同様に粗骨材が多く破断していた。図 2 より安山岩 No.2 コンクリートにおいては骨材中の粒度が適度であるため、材料分離の傾向があらわれず、圧縮強度が 36 N/mm^2 を超え、高強度領域となっ

表 2 配合およびスランブ、空気量

配合名	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					C× (%) 混和剤	スランブ (cm)	空気量 (%)
			W	C	S	G1	G2			
庵治石ズリ	55	42	175	318	741	1011	21	0.7	8.5	3.8
安山岩 No.1					1007				9.0	3.9
安山岩 No.2		48			847	369	553	0.9	10.0	4.5

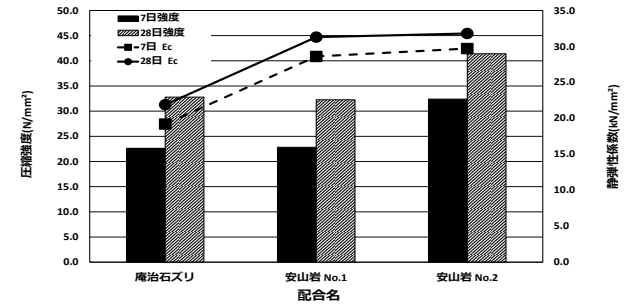


図 2 圧縮試験および静弾性係数試験結果

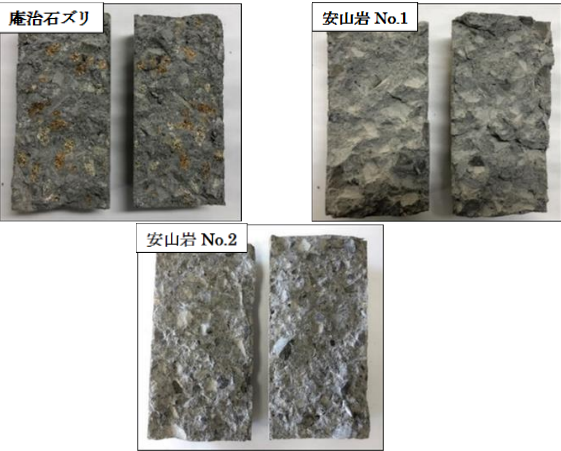


図 3 コンクリートの断面

いる。高強度領域になるとモルタルと骨材との界面が強くなることから、粗骨材が破断した箇所が多くなったと考えられる。

4. まとめ

本研究では、廃棄される庵治石ズリを粒度調整や摩砕することなく、元来のままコンクリート用粗骨材へ有効利用することを目的とし、各種試験を実施して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、庵治石ズリは粒度が同一の安山岩と比較すると強度はほぼ同じであるが、静弾性係数に関しては低い値となった。これは、適切でない粒度による影響と庵治石ズリが風化により骨材自体の脆性破壊が進行していることが理由として考えられる。

今後の課題として、低い静弾性係数のメカニズム解明および改善や、コンクリートのフレッシュ性状を確保するために細骨材率および単位セメント量を増加させ、粘性を十分に確保させた配合を検討していくことが挙げられる。