

第V部門

石灰石砕砂のコンクリート用細骨材への適用に関する研究

立命館大学大学院理工学研究科 学生員 ○三浦 弘明
 立命館大学理工学部 中村 公一
 立命館大学理工学部 正会員 井上 真澄
 立命館大学理工学部 正会員 岡本 享久
 立命館大学理工学部 正会員 児島 孝之

1. はじめに

本研究では、天然細骨材の代替として石灰石砕砂の適用を目的として、石灰石砕砂を山砂と混合して用いたコンクリートのフレッシュ性状および硬化後の強度・収縮特性に関する実験を行った。石灰石砕砂が乾燥収縮をはじめとしたコンクリートの諸特性に及ぼす影響を明らかにするとともに、石灰石骨材の物性や骨材とペースト界面の性状などに視点を置き、そのメカニズムについても検討を行った。

2. 実験概要

表1 示方配合

配合名	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					Ad* (%)	スランブ (cm)	空気量 (%)
			W	C	S	SL	G			
55-0	55	46	175	318	794	0	968	1.5	15.0	4.9
55-20					635	166		1.3	15.0	4.8
55-30					556	249		1.1	15.0	5.7
55-40					476	332		1.1	17.0	5.6
55-50					397	415		1.0	17.0	4.9
55-100					0	831		0.5	18.0	4.4
45-0	45	44	175	389	734	0	970	1.5	14.0	5.0
45-30					514	230		1.2	13.5	5.0
45-50					367	384		1.0	14.5	4.3
65-0	65	48	175	269	847	0	954	1.7	9.5	4.0
65-30					593	266		1.3	14.5	5.1
65-50					424	444		0.9	15.5	5.4
65-100					0	887		0.5	16.0	4.7

注)*: セメント質量に対する割合

表1にコンクリートの示方配合を示す。セメントは普通ポルトランドセメント[C](密度: 3.15g/m³)を、細骨材は信楽産山砂[S](密度: 2.56g/m³、FM: 2.87、吸水率: 1.57%、微粒分量: 2.90%)と多賀産石灰石砕砂[SL](密度: 2.68g/m³、FM: 2.23、吸水率: 0.75%、微粒分量: 4.90%)を混合使用した。粗骨材には土山産硬質砂岩砕石[G](密度: 2.66g/m³、吸水率: 0.55%)を使用した。混和剤[Ad]は高機能型 AE 減水剤標準形I種(ポリカルボン酸ポリマー系)を用いた。コンクリートの配合条件は、水セメント比は3水準、石灰石砕砂の置換率は6水準、目標スランブ 15±2.0cm、目標空気量 5±1%とした。同一水セメント比においては置換率に関わらず単位水量、細骨材率を一定とした。試験は、骨材の物性試験、フレッシュ試験、各種強度試験(材齢 7、

28、91 日)、乾燥収縮試験(コンタクトゲージ法)は JIS 規格に準拠して行った。また、石灰石骨材とペースト界面の付着性状が強度や収縮特性に及ぼす影響を明らかにするため、破壊エネルギー試験(JCI 規準)を行った。

3. 実験結果および考察

3.1 石灰石砕砂の物理的性質

本研究で使用した石灰石砕砂は、粒径を改善するため摩砕処理を行ったものである。その表乾密度は 2.68g/cm³と山砂に比べ大きい。吸水率は 0.75%と山砂に比べかなり小さい値を示した。粗粒率については、琵琶湖砂の代替用骨材としての適用を想定し、現在使用されている琵琶湖砂の粗粒率に合わせて粒度調整し 2.23 とした。微粒分量については 4.9%と山砂に比べて大きい値を示した。

3.2 フレッシュ性状

図1にブリーディング試験、図2に凝結時間試験の結果を示す。ブリーディング量は置換率 100%の場合が最も高く、終了時間は早い結果となった。これは混和剤の使用量が少ないにもかかわらずスランブが大きくなった

ことから、余剰水が多かったことが原因と考えられる。一方、凝結時間は置換

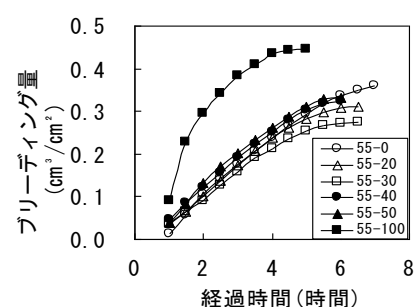


図1 ブリーディング試験

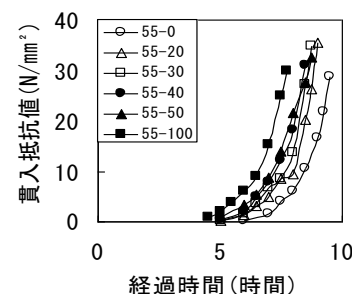


図2 凝結時間試験

Hiroaki MIURA, Koichi NAKAMURA, Masumi INOUE, Takahisa OKAMOTO and Takayuki KOJIMA

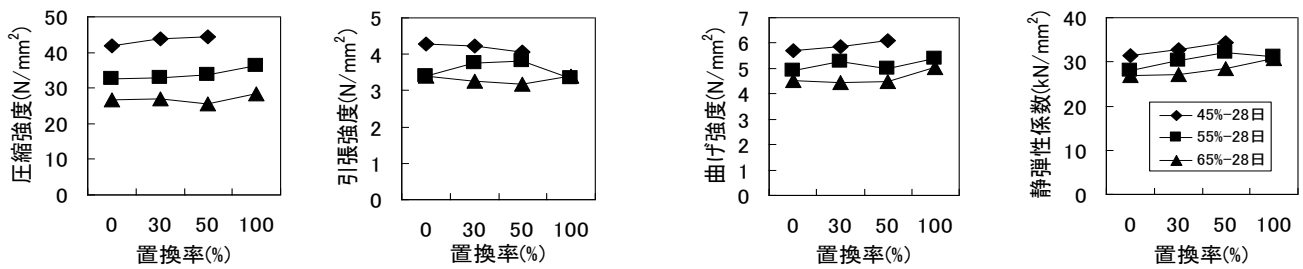


図3 各種強度および静弾性係数試験結果

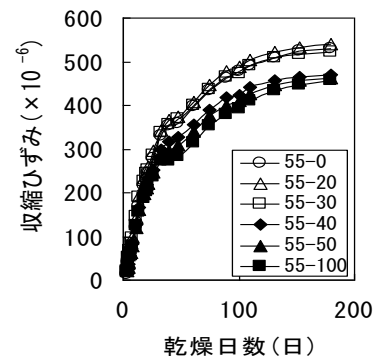
率が高くなるにつれて始発、終結ともに早くなる傾向がみられた。0%置換と 100%置換を比べると始発、終結とも約 2 時間近く差がみられた。0%置換が最も遅いのは、スランプ、空気量の調整のために使用した混和剤の影響が大きいのと考えられる。

3.3 強度特性

図 3 に材齢 28 日における各種強度と静弾性係数試験結果を示す。石灰石砕砂を用いたコンクリートの各種強度および静弾性係数は、石灰石砕砂の置換率の影響は小さく、普通コンクリートと同等かそれ以上の数値が得られた。引張強度に関しては低下傾向にあるものの、その差異は小さいものである。

3.4 乾燥収縮試験

図 4 に水セメント比 55%における乾燥収縮試験結果を示す。置換率の増加に伴い乾燥収縮ひずみは小さくなる傾向にあるが、置換率 20%、30%の場合は置換率 0%とそれほど差は観察されなかった。乾燥日数 180 日において置換率 0%と 100%とを比べると、約 70μ の乾燥収縮の低減効果(約 15%)が得られている。既往の研究成果では、産地などによって大きく差はでるが、石灰石を混合することで乾燥収縮の低減効果は得られている。具体的に、石灰石碎石の場合、硬質砂岩に対する石灰石碎石の混合割合を 50%、70%、100%を用いたコンクリートは硬質砂岩のみに比べて、それぞれ約 11%、20%、24%の低減効果が得られている¹⁾。図 4 乾燥収縮ひずみの経時変化
今回は砕砂だが同様の結果となった。今回の実験では乾燥収縮ひずみが $460\mu \sim 540\mu$ の範囲にあり、全配合で日本建築学会 JASS5 に規定される 800μ ²⁾を十分満足する結果となった。



3.5 破壊エネルギー試験

図 5 に荷重-CMOD(ひび割れ肩口開口変位)曲線、図 6 に引張軟化曲線を示す。引張軟化曲線は、各配合 5 体の荷重-CMOD 曲線の平均値を用いて解析を行った。破壊エネルギーの値は、水セメント比、置換率を変化させてもほとんど差はみられなかった。また、荷重-CMOD 曲線および引張軟化曲線はどれもほぼ同じ外形を示している。石灰石砕砂を置換したコンクリートの強度にも大きな差異が観察されなかったことから、石灰石砕砂が破壊力学特性に与える影響は小さいものと考えられる。

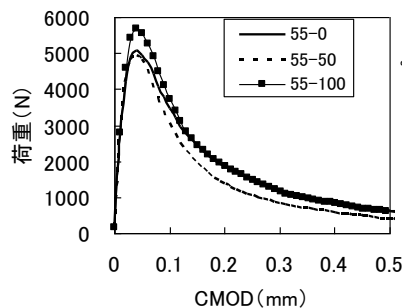


図5 荷重-CMOD 曲線

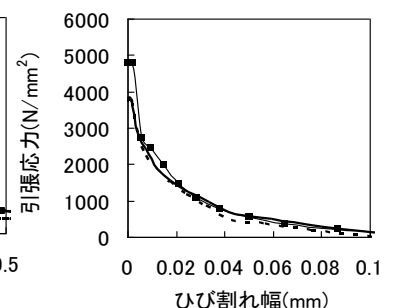


図6 引張軟化曲線

4. まとめ

石灰石砕砂を用いたコンクリートは、普通コンクリートと同等かそれ以上の強度特性を有しており、石灰石砕砂をコンクリート用細骨材に適用することは、十分可能であることが示唆された。しかし、乾燥収縮を考慮すると置換率を 40%以上にすることが望ましい。

【参考文献】

- 1) (株)セメントジャーナル社、コンクリート工業新聞、2008 年 7 月 24 日
- 2) 日本建築学会、鉄筋コンクリート造建築物の収縮ひび割れ制御設計・施工指針(案)・同解説、2006 年 2 月