

フェノール樹脂含浸による琉球石灰岩の吸水率特性の改善と
それを用いたコンクリートの強度特性に関する研究

防衛大学校 学生会員 ○佐藤 匡浩 日鉄高炉セメント(株) 桑原 直也
防衛大学校 正会員 藤掛 一典 日鉄高炉セメント(株) 笹谷 達也

1 はじめに

琉球諸島に広く分布している琉球石灰岩は、サンゴ礁堆積物が固結したものであるが体積年代が新しいため、固結度が弱く空隙が多い。そのため、吸水率が3.0%を超えるものが多くコンクリートの粗骨材としては適さないためにあまり用いられておらず、主に路盤材として活用されている。

そこで本研究では、琉球石灰岩にフェノール樹脂を含浸することにより、1) その吸水率を改善することは可能かどうかを実験的に調べるとともに、2) フェノール樹脂を含浸した琉球石灰岩碎石を粗骨材として使用したコンクリートの強度特性を把握することを目的とした。

2 樹脂含浸による琉球石灰岩碎石の吸水率特性の改善

2.1 実験の概要

本実験では糸満産の琉球石灰岩碎石（吸水率 4.53%，絶乾密度 2.29g/cm³）を使用した。碎石に含浸させる樹脂としてフェノール樹脂を用いた。実験パラメータは表-1に示す通り、1)樹脂の濃度、2)含浸方法および3)含浸回数である。フェノール樹脂は粘度が高いため、水道水で2種類の濃度に希釈した。含浸方法は真空含浸装置を用いた真空含浸と樹脂液体中に浸すだけの通常含浸の2種類とした。真空含浸とは樹脂液に浸した碎石を真空タンク内に設置し、真空ポンプにより 1/100 気圧に減圧することで、碎石内部の空気等を脱気し、その空隙に樹脂を速やかに充填することを目的としたものである。

なお、どちらの含浸に於いても含浸時間 30 分とし、含浸回数は最大 4 回までとした。

2.2 樹脂含浸実験の結果

図-1 に各実験ケースで得られた吸水率と含浸回数の関係を示す。樹脂の含浸回数を増すことで吸水率は減少し、1～2 回の含浸回数で JIS 規格(3%以下)を満足することが確認された。含浸方法による吸水率実験結果の有意な差はなかった。

図-2 にフェノール樹脂含浸後の状況をマイクロスコープで観察した結果を示す。内部空隙についてはすべてを樹脂で満たすことができず、内部空隙の表面に数 10μm のコーティング層を形成していることが確認された。

表-1 実験ケース一覧

実験ケース名	濃度(%)	含浸方法	含浸回数
P-50-V	50	真空含浸	1~4回
P-50-N		通常含浸	
P-25-V	25	真空含浸	
P-25-N		通常含浸	

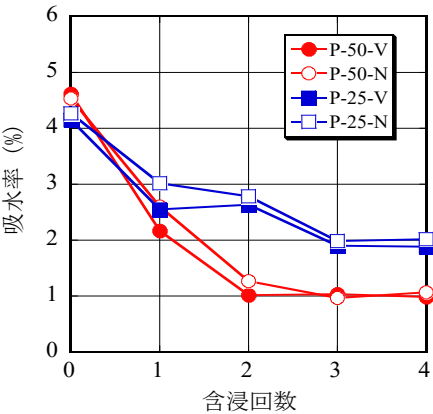
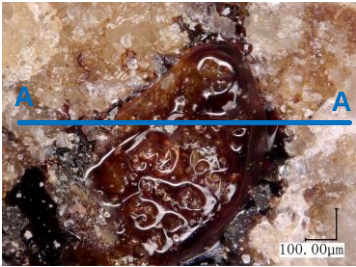
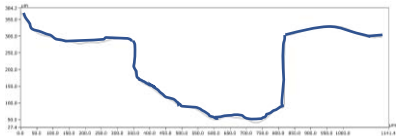


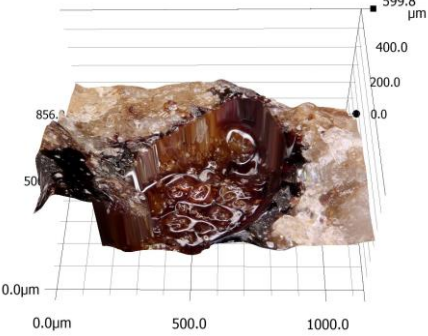
図-1 含浸回数 - 吸水率関係



(a) 平面表示



(b) A-A 断面表示



(c) 鳥瞰図表示

図-2 フェノール樹脂含浸後の内部空隙の充填状況

キーワード 琉球石灰岩, 吸水率, フェノール樹脂, 真空含浸, 圧縮強度, 割裂強度

連絡先 〒239-0811 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校理工学研究科 TEL.046-841-3810

3 樹脂含浸した琉球石灰岩碎石を粗骨材として使用したコンクリートの強度特性

3.1 コンクリート強度試験の概要

樹脂含浸した琉球石灰岩碎石を粗骨材として使用したコンクリートの力学的特性を調べるため、円柱試験体を作製し、圧縮及び割裂強度試験を行った。円柱試験体のコンクリートの材料には普通ポルトランドセメント（密度 3.15g/cm³）を使用し、細骨材として山砂（表乾密度 2.50g/cm³，吸水率 4.63%，粗粒率 2.17）を使用した。比較のため高知県産石灰岩碎石（表乾密度 2.50g/cm³，吸水率 4.63%，粗粒率 2.17）も使用した。コンクリートの配合は単位水量を 180 kg，細骨材率を 50%として、水セメント比を 40%，50%，60%の 3 種類とした。表-2 に実験パラメータ，各ケースの粗骨材の材料試験の結果をまとめた。円柱試験体は材令 1 日で脱型したのち，水中養生材令 28 日で試験を実施した。

表-2 実験パラメータ及び粗骨材の材料試験結果

実験ケース	実験パラメータ			粗骨材 材料試験結果		
	粗骨材の種類	含浸方法	含浸回数	吸水率 (%)	表乾密度 (g/cm ³)	粗粒率
P-50-V	琉球石灰岩	真空含浸	2回	1.01	2.33	7.48
P-50-N		通常含浸		1.27	2.34	7.48
Control-RL				4.53	2.39	7.48
Control-KL	高知県産石灰石			0.31	2.60	7.28

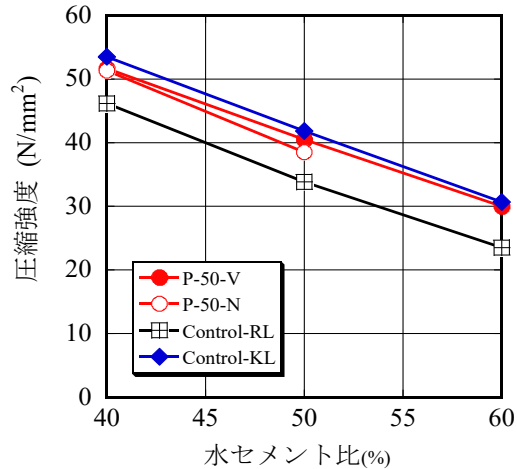


図-3 水セメント比 - 圧縮強度 関係

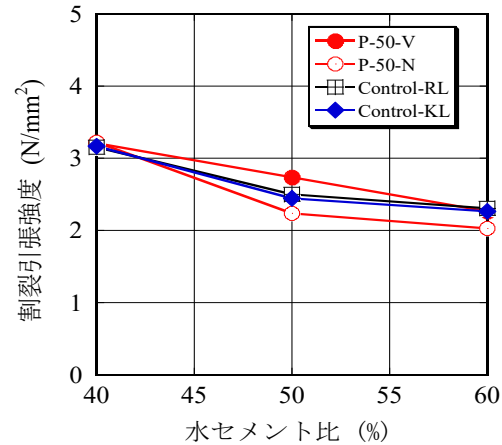


図-4 水セメント比 - 割裂引張強度 関係

3.2 実験結果

(1) コンクリートの圧縮強度に及ぼす影響

図-3 に圧縮強度試験で得られたコンクリートの圧縮強度と水セメント比の関係を示す。各水セメント比でコンクリートの圧縮強度が最大になったのは高知県産の石灰岩碎石を用いた Control-KL であった。これに対して、樹脂を含浸していない琉球石灰岩碎石を用いた Control-RL では、各水セメント比において Control-KL の圧縮強度よりも約 10N/mm² 程度小さな値となっている。これは、用いた琉球石灰岩自体の強度が小さいためと考えられる。次に、フェノール樹脂を含浸させた P-50-V および P-50-N の圧縮強度は、各水セメント比において Control-KL に匹敵することは特筆に値する。これはフェノール樹脂でコーティングされた琉球石灰岩碎石は、コーティング層による拘束効果により強度が増したことが要因として考えられる。これらの結果から、琉球石灰岩を粗骨材として用いる場合、そのコンクリートの圧縮強度を一般的な石灰岩碎石と同様な圧縮強度に上げるためにはフェノール樹脂を含浸させることが有効であるといえる。

(2) コンクリートの割裂引張強度に及ぼす影響

図-4 に割裂引張強度試験から得られた割裂引張強度と水セメント比の関係を示す。高知県産の一般的な石灰岩碎石を粗骨材として用いた Control-KL の割裂引張強度を基準とすると、樹脂含浸なしの琉球石灰岩を用いた Control-RL の割裂引張強度は Control-KL と同程度となった。フェノール樹脂を含浸した琉球石灰岩碎石を用いたケース (P-50-V および P-50-N) の割裂引張強度は、Control-KL 及び Control-RL の場合のそれらと同程度になっている。

4 おわりに

本研究の範囲内において得られた結果を示す。

- (1) フェノール樹脂含浸を繰り返すことで琉球石灰岩碎石の吸水率を低減することができる。2 回程度繰り返すことによって JIS 基準を満足する 3.0%以下にすることができる。
- (2) 真空含浸によっても内部の空隙を完全に充填することは困難である。
- (3) 効率よく琉球石灰岩碎石の吸水率を減少させるためには、通常含浸で十分である。
- (4) フェノール樹脂を含浸した琉球石灰岩碎石を粗骨材として使用したコンクリートは、水セメント比 40～60%の範囲で一般的な石灰岩碎石を用いた場合と同程度の圧縮強度ならびに割裂引張強度を期待できる。
- (5) フェノール樹脂の含浸において含浸方法の相違がコンクリートの圧縮強度に及ぼす影響は小さいため、通常含浸という簡易な含浸方法で圧縮強度を向上させる方が得策である。