

V-107

砕砂単独コンクリートの施工性・耐久性の改善手法

日本道路公団高松建設局 正会員○松田哲夫

日本道路公団高松建設局 井手俊也

四国道路エンジニア(株) 松田靖博

1. はじめに

四国におけるコンクリート用骨材は、瀬戸内の海砂採取規制により年々砕砂の使用率が高くなっている。しかし、砕砂を単独に用いた配合は単位水量が大きく、乾燥収縮・ブリージングが大きくなり施工性・耐久性上好ましくない。そこで、本実験では、近未来を想定して、細骨材を砕砂単独配合とした場合、単位水量を低減し耐久性に優れたコンクリートとすべき実用可能で有効な改善策について検討した。

2. 使用材料および実験方法

使用骨材は、表-1に示す5種類の代表的な組合せとした。セメントは、普通ポルトランドセメント（比重3.16、粉末度3240 cm^3/g ）、性状改善に用いた石粉は、舗装用石灰石粉（比重2.71、粉末度4670 cm^3/g 、75 μm 通過量82%）である。また、混和剤は、A E減水剤、高性能A E減水剤（4成分系）とも現在市販されているものを用いた。

実験は、 $\sigma_{ck}=240\text{kgf}/\text{cm}^2$ で行い、その比較対照する配合を表-2の4パターンとした。各配合は所要のワーカビリティで単位水量が最小となる細骨材率を定めた。ただし、配合④は、単位粗骨材量を配合②と等しくし、所定の減水量が得られる高性能A E減水剤と石粉の添加量を求めたものである。コンクリートの練り混ぜは、50 ℓ 練りのパン型ミキサーを用いた。

試験は、5骨材の全ての配合パターンでブリージングと圧縮強度試験を行い、配合②で単位水量が多く、また、骨材の吸水量が高かった2番について、表-3の試験を実施した。なお、全組合せの配合試験では、高性能A E減水剤はポリカルボン酸系1種の使用である。

3. 実験結果および考察

5種骨材組合せの配合特性の範囲と平均値を図-1に示す。配合①と②の比較より、標準の配合方法で細骨材を現行から多砕砂に変更したことによる影響は、粗粒率の平均増分0.32に対して、細骨材率が1.5%、単位水量が2 kg それぞれ増加しており、粗粒率の増分以上に細骨材粒形の悪化による細骨材率と単位水量の増加が認められる。また、コンクリートの練り上がり状態も荒々しい。

配合②の改善策として行った配合③は、A E減水剤を標準量の1.5倍使用したことで石粉を30 kg 添加したことにより、全ての骨材で細骨材率を約1%小さくし単位水量を平均5 kg 減少できた。

表-1 使用骨材の品質

骨 材 番 号	粗 骨 材	粗 骨 材			細 骨 材 (現 行)				細 骨 材 (多砕砂)			
		岩 質	FM	比重	吸水率%	FM	比重	吸水率%	FM	比重	吸水率%	FM
1	砕 砂	6.92	2.60	2.11	60	2.59	2.58	1.86	90	3.17	2.60	1.64
2	砕 砂	6.81	2.59	1.99	70	2.62	2.57	2.48	100	2.83	2.57	2.53
3	砕 砂	6.76	2.59	1.87	75	2.52	2.58	1.89	100	2.76	2.59	1.68
4	鰐 岩	6.70	3.03	0.54	65	2.64	2.86	1.51	100	2.87	2.99	0.95
5	砕 砂	6.71	2.61	1.57	55	2.54	2.57	2.37	90	2.99	2.58	2.04
平均	—	6.78	2.68	1.62	65	2.58	2.63	2.02	96	2.92	2.67	1.77

表-2 試験条件（5骨材に共通）

配 合 番 号	パター 名 称	配 合 条 件		使 用 材 料	
		目 録 数	284 kg/m^3	細骨材	混 和 剤
①	現行-標準配合	目録スランプ	10 ± 1 cm	現 行	—
②	多砕砂-標準配合	目録空気量	5 ± 0.5 %	多砕砂	—
③	多砕砂-増量配合	水セメント比	55 %	多砕砂	30
④	多砕砂-高減水配合			多砕砂	30~60

*) 石粉…舗装用石灰石粉を使用。 **) ②よりWを-6%する量使用。

表-3 試験項目、方法（骨材2番に適用）

試 験 項 目	供試体寸法	試 験 方 法
圧 縮 強 度	$\phi 10 \times 20\text{cm}$	水中養生、材令7日、28日
曲 げ 強 度	$\square 10 \times 10 \times 40\text{cm}$	水中養生、材令7日、28日
静弾性係数	$\phi 10 \times 20\text{cm}$	水中養生、材令28日
乾 燥 収 縮	$\square 10 \times 10 \times 40\text{cm}$	水中養生、材令7日から6ヶ月間
凍 結 融 解	$\square 10 \times 10 \times 40\text{cm}$	水中養生、材令14日から300サイクル
透 水 性	$\phi 10 \times 20\text{cm}$	水中養生28日、気調養生3か月、 $t=1.0\text{cm}$ にカット、水圧10 kgf/cm^2 で24時間
促進中性化	$\square 10 \times 10 \times 40\text{cm}$	水中養生28日、気調養生28日、気温20℃、湿度60%、 CO_2 濃度5%で6か月間

配合④は、高性能A E減水剤により予定の減水効果を得た。ただし、細骨材粒形の悪い多砕砂配合でセメント量 300kg程度のコンクリートに高性能A E減水剤を使用する場合、微粒分が不足するため石粉が不可欠である。石粉の最適量は、使用する細骨材中に含まれる微粒分に左右されるため、今回の

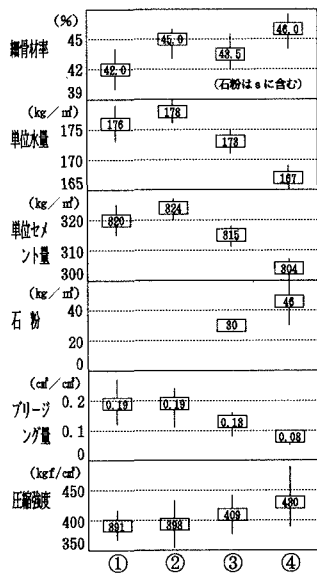


図-1 配合特性(5骨材の平均値)

実験でも30~60kgの幅を持つが、図-2より細骨材の75 μ m通過量が8%程度であった。また、所定の減水量を得るために必要とする高性能A E減水剤の使用量も、細骨材の粒度・粒形により異なり、細長偏平粒を多く含む骨材2番や角張りの多い1番での使用量が多くなったが、図-2の粒度曲線上ではその差は表せていない。

さらに、表-4に示すように石粉のブリージング低減効果が大いこと、ならびに石粉を添加すると圧縮強度が高くなることが挙げられる。また、改善配合③④のコンクリートの目視観察結果を比較すると、多砕砂による荒々しさの改善効果は配合④の方が高いようである。

図-3は、骨材2番を用いた硬化コンクリートの試験結果である。力学的性質は、強度は満足しているが、静弾性係数は土木学会式より22%低い値である。これは、粗骨材によるものと思われる。また、乾燥収縮も若干大きい値となっているが、配合④で小さくなっているのは単位水量の低減効果の表れである。なお、各試験値は耐久性においても問題となる値ではない。

4. まとめ

砕砂コンクリートは、砕砂を単独で使用情况、単位水量が大きく、練り上がり状態が荒々しいため、施工性と耐久性から何らかの対策が必要である。その改善策として、石粉の添加とA E減水剤の増量あるいは高性能A E減水剤の使用が有効な手段であり、単位水量を 175kg/m³以下でかつ耐久性も満足することを実証した。さらに、石粉とA E減水剤の増量による改善策の費用は約 260円/m³であり、経済性にも優れている。本研究に当たって御指導頂いた、京都大学藤井教授、岡山大学阪田教授、早稲田大学関教授に謝意を表します。

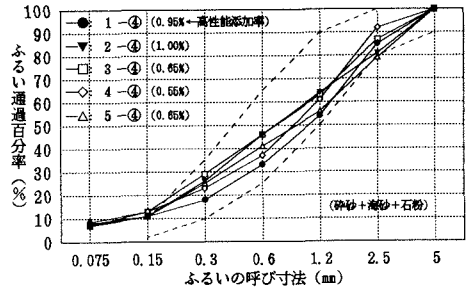


図-2 配合④の骨材別粒度(細骨材)

表-4 ブリージング量の重回帰結果

項目	単相関係数	偏相関係数	回帰係数	備考**
W (kg)	0.6032	0.3224	0.17202	+0.86 (kg/m³)
C (kg)	-0.1781	-0.6127	-0.15440	-0.44 (kg/m³)
-75 μ m量 (kg)	-0.7204	-0.6295	-0.25156	-2.28 (kg/m³)
(定数)			-4.6975	
重相関係数	0.84111		寄与率	0.70746

*) -75 μ m量は、細骨材の低いと石粉の-75 μ mふるい通過量の合計値。

**) 備考数値は、Wを+5kgした場合(W/C=55%よりC=5/.55kg)のWとCの影響量、石粉30kg添加時の-75 μ m量の影響量を示す。ただし、算定には $\rho_c=3.16$ 、 $\rho_F=2.71$ 、石粉の75 μ m通過率=82%を使用。

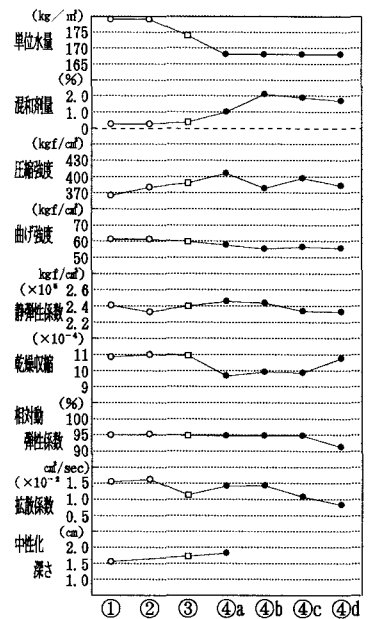


図-3 硬化後コンクリートの特性(骨材2番使用)

{ a:シリカドレン系 b:ナフリン系
c:フミン系 d:メラミン系 }