

徳島大学工学部

正会員

河野 清

愛媛県西条地方局

正会員

向井恒好

オリエンタルコンクリート(株)

正会員

○ 河井 悟

1. まえがき

溶鉱炉から副産される高炉スラグ細骨材(以下水砕砂という)は、天然の細骨材の不足を補うものとして製鉄所周辺のコンクリート工事に使用されている。しかし、水砕砂は粒形が川砂に比べて劣り、単独で使用するすると単位水量が増し、強度が劣る傾向があるので、天然骨材との混合使用が望まれる。したがって、本研究では製品用のかた練りコンクリートへの水砕砂の有効利用を目的として、水砕砂と川砂との混合比を変えた細骨材を用いて、コンシステンシー、ブリージングなどのフレッシュコンクリートの性質、および圧縮強度、曲げ強度、動弾性係数などの硬化コンクリートの性質について、川砂、砕砂、両者の混合砂等を用いたコンクリートと比較して調査し、さらに細骨材の粒形判定実積率と単位水量、破砕値と圧縮強度などの関係についても考察した。

2. 実験の概要

(1) 使用材料 セメントは普通ポルトランドセメント($\delta_{28}=407\text{kg/cm}^2$)を用い、骨材は水砕砂との混合と比較用に川砂、比較用に砕砂2種(A, B)、および最大寸法20mmの碎石を使用した。骨材の主な品質を表-1に示す。混和剤はリグニンスルホン酸塩系のAE減水剤(セメント量に対する0.25%)と空気量調節のためAE助剤を使用した。

表-1. 使用骨材の品質

骨材の種類	比重	吸水率 (%)	単位体積重量 (kg/m^3)	粗粒率 (F4)
水砕砂	2.72	0.67	1480	2.39
川砂(硬質砂)	2.64	1.38	1750	2.72
砕砂A(花崗岩)	2.61	1.45	1650	2.54
砕砂B(硬質砂)	2.56	2.54	1530	2.53
碎石(硬質砂)	2.59	1.79	1470	6.69

(2) 配合 コンクリート

製品を対象とし、目標スランパ 5cm 、空気量4%のかた練りとし、水砕砂と川砂との混合比は、表-2に示すようにとり、実験シリーズによって細骨材率、単位水量、水セメント比等の配合要因を変えたものを用いた。比較のため、川砂、砕砂、混合砂の配合も使用した。

表-2. 使用したコンクリートの配合

混合比		細骨材率の影響の試験				単位水量の影響の試験				硬化コンクリートの試験			
水砕砂	川砂	砕砂A	砕砂B	割合 %	割合 %	C(kg)	W(kg)	割合 %	割合 %	C(kg)	W(kg)	割合 %	割合 %
0	100	-	-	50	40~49	350	175	42.1~51.4	45	350	165~180	45.50.55	44.45.46
25	75	-	-	53	40~49	350	185	48.6~52.9	45	350	170~185	45.50.55	44.45.46
50	50	-	-	56	37~44	350	195	50.0~54.3	45	350	175~190	45.50.55	44.45.46
75	25	-	-	59	37~44	350	205	54.4~55.7	46	350	180~195	45.50.55	44.45.46
100	0	-	-	60	37~44	350	210	54.3~58.6	46	350	190~205	45.50.55	44.45.46
-	-	100	-	-	-	-	-	47.1~50.0	45	350	165~175	50	45
-	-	50	50	-	-	-	-	48.6~51.4	45	350	170~180	50	45
-	-	-	100	-	-	-	-	50.0~52.9	46	350	175~185	50	46
-	-	50	50	-	-	-	-	51.4~54.3	47	350	180~190	50	47

(注) 細骨材の最大寸法 = 20mm ; * 目標スランパ 5cm 、空気量4.1%

(3) 細骨材の実積率と破砕値の試験 形状の指標となる粒形判定実積率(2.5~1.2mm)、通常の実積率、および細骨材をシリンドラ中を流下させ円筒容器に受けて質量をはかり実積率を求める Loose Bulk Density 法による LBD 値を求めた。また、BS 812 の骨材の破砕値試験方法に準じて、細骨材の強さを示す40と破砕値も測定した。

(4) 練りませとフレッシュコンクリートの試験 強制練りミキサを用いコンクリートの練りませを行った。水砕砂と川砂との混合比を変えた場合、それぞれ細骨材率を表-2の範囲で4~5種に変えたコンクリートでスランパとVB値を測定しその影響を調査した。次に、単位セメント量とスランパとを一定とし、5cmのスランパの得られる単位水量を中央に5種に変え、コンシステンシーに及ぼす影響を調査し、川砂、砕砂などとも比較した。また、JIS A 1123によるブリージング試験を行い、混合使用のブリージング率への影響を検討した。

(5) 硬化コンクリートの試験 練りませ後、コンクリートを $\phi 10 \times 20\text{cm}$ 円柱型枠および $10 \times 10 \times 40\text{cm}$ はり型枠に詰め、振動台を用いて締固め成形し、養生28日まで水中養生を行い、円柱供試体では動弾性係数と圧縮強度、はり供試体では曲げ強度を求め、混入率の影響、骨材形状や破砕値との関係、動弾性係数への影響を調べた。

3. 実験結果とその考察

(1) 水砕砂を混合した場合の最適細骨材率 単位水量と単位セメント量一定で細骨材率を増すと、図-1のようにVB値が最小になる細骨材率が存在する。川砂の場合、この値が最適細骨材率となるが、水砕砂の混合率が多い場合、図中に

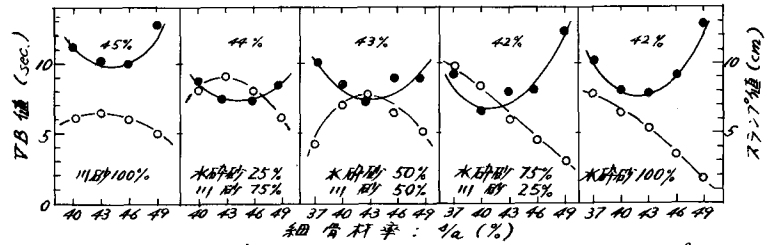


図-1 細骨材率とフレッシュコンクリートのVB値およびスランプ

記入したこの値の場合に材料分離の傾向がみられるので水砕砂混合率50~100%の配合では、細骨材率をこの値より2~4%高目とするのがよい。一方、水砕砂混合率の低い配合では最小VB値付近の細骨材率のときスランプが最大になる傾向がみられるが、混合率が多いと細骨材率の増加とともにスランプは低下する。

(2) 単位水量とスランプとの関係 単位セメント量一定で単位水量を増加するとスランプの増加は図-2のようになり、水砕砂の混合率が多くなるとスランプの増加率が小さくなる。したがって、混合砂や水砕砂単独の場合はスランプ/cm補正するに、一般のコンクリートで採用されている1.2%の単位水量の増減より大きくする必要がある。例えば、50:50の混合砂の場合、単位水量の補正値は約1.5%となる。

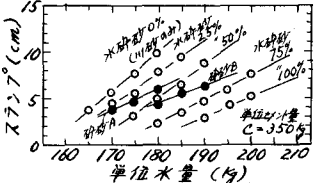


図-2 単位水量のスランプへの影響

(3) グリージング率への影響 水セメント比とスランプ一定の配合でグリージング率を比較すると、図-3のように水砕砂の混合率が多いほどグリージング率は大きくなる。水砕砂のみの配合では、川砂コンクリートの約1.5倍となっており、川砂の混用はグリージングの低減に有効である。

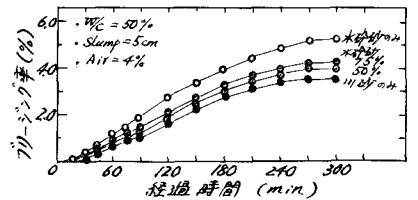


図-3 水砕砂、川砂混合砂の場合のグリージング率

(4) 細骨材粒形と単位水量 骨材形状の指標となる粒形判定実積率、LBD値、実積率等と単位水量との間には直線関係が得られる。図-4のように粒形判定実積率は良い相関を示し、粒形が良いと所要水量を低減できる。

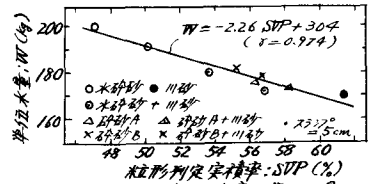


図-4 粒形判定実積率と単位水量

(5) 破砕値と圧縮強度との関係 水砕砂、川砂、混合砂、砕砂などで示した図-5にみられるように、破砕値が小さく細骨材の強さが大となると明らかに圧縮強度は改善される。

(6) 水砕砂混合率の圧縮強度と曲げ強度への影響 水砕砂混合率の圧縮強度、曲げ強度への影響を示した図-6のように、混合率が増加すると強度はともに低下する傾向を示し、その低下率は曲げ強度より圧縮強度のほうが顕著である。また、圧縮曲げ強度比を求め、粒形判定実積率との関係を示すと、実積率の大きい細骨材の場合ほど大となる傾向がある(図-7参照)

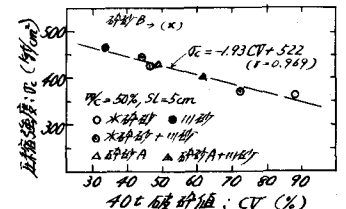


図-5 細骨材の破砕値とコンクリートの圧縮強度

(7) 動弾性係数について

同一圧縮強度では川砂に比べ水砕砂コンクリートの動弾性係数は5%ほど低くなり、混合砂の場合その混合比により中間の値となる。

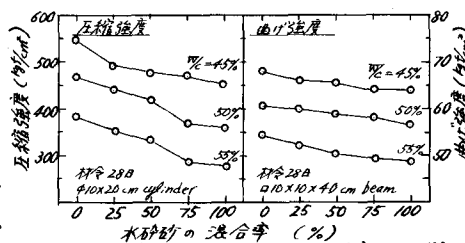


図-6 水砕砂の混合率のコンクリート強度への影響

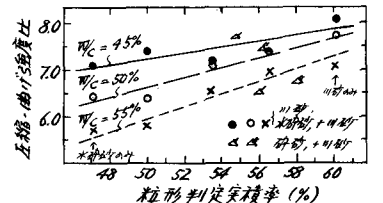


図-7 粒形判定実積率と圧縮曲げ強度比

4. まとめ

高炉水砕砂に川砂を混合して用いることによって、細骨材の粒形が改善され、所要の単位水量が低減でき、さらにコンクリートのワーカビリティが良くなり、強度も改善されるので、混合使用は推奨できる使用方法である。