

砕石・砕砂を用いたコンクリートの耐久性向上に関する試験

日本道路公団試験研究所 正会員 井ヶ瀬 良則
同 上 正会員 安松 敏雄
同 上 宇佐美 惣

1. はじめに

最近、建設工事量の増大に伴いコンクリート用の良質な骨材、特に河川材の枯渇が進み、入手が困難になっており、そのかわりに砕石、砕砂の使用が増えてきている。（図-1）砕石、砕砂を用いたコンクリートは川砂利、川砂を用いたコンクリートと比較してワーカビリティが劣り単位水量を多く必要とする。

一般に砕石、砕砂を使用したコンクリートはセメントペーストとの付着がよいので、強度は単位水量が増えても川砂利、川砂を用いたコンクリートと同等であるが、耐凍結融解、水密性等耐久性の面では単位水量が増すことで低下する傾向にある。

そこで本文は産業副産物である高炉スラグ微粉末、フライアッシュを用いることにより、砕石、砕砂を用いたコンクリートの耐久性の向上を図るべく検討を行った結果について報告するものである。

2. 試験の概要

表-1の配合パターンにより表-2に示す条件で試験を行った。

配合1は川砂・川砂利を使用したコンクリート、配合2は砕砂・砕石を使用したコンクリートであり、配合3は骨材として砕砂+砕石、セメントに高炉セメントB種を使用したコンクリートである。

今回の試験ではこれらを基準として配合1～3のフレッシュ性状、強度、耐久性等を評価した上で、主に配合2の耐久性を改善するべく高炉スラグ微粉末、フライアッシュを使用した配合4～配合11について検討を行った。

表-1には材料単価も示しているが、材料費のみの比較では配合4～配合11は配合1と比較して、配合8を除き安価となっている。

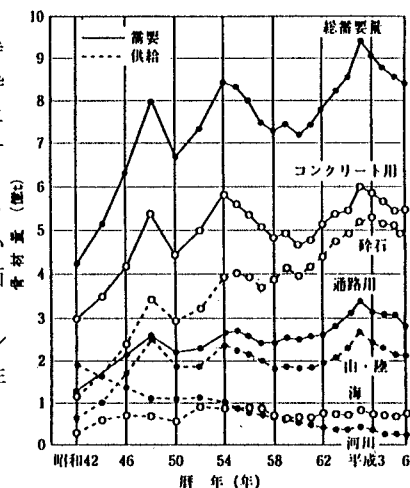


図-1

表-1 配合パターン表

配合	セメント	骨材	混和材 ※1	混和剤	材料金額※2	配合1との差
1	普通ポルトランドセメント	川砂利、川砂	—	AE剤, AE減水剤	5,707 円	—
2	普通ポルトランドセメント	砕砂、砕石	—	AE剤, AE減水剤	5,307 円/m³	△400 円
3	高炉セメントB種	砕砂、砕石	—	AE剤, AE減水剤	5,169 円/m³	△538 円
4	普通ポルトランドセメント	砕砂、砕石	高炉スラグ 4000 (30%)	AE剤, AE減水剤	5,184 円/m³	△532 円
5	普通ポルトランドセメント	砕砂、砕石	高炉スラグ 4000 (50%)	AE剤, AE減水剤	5,109 円/m³	△598 円
6	普通ポルトランドセメント	砕砂、砕石	高炉スラグ 4000 (70%)	AE剤, AE減水剤	5,029 円/m³	△678 円
7	普通ポルトランドセメント	砕砂、砕石	高炉スラグ 6000 (30%)	AE剤, AE減水剤	5,584 円/m³	△123 円
8	普通ポルトランドセメント	砕砂、砕石	高炉スラグ 6000 (50%)	AE剤, AE減水剤	5,781 円/m³	+74 円
9	普通ポルトランドセメント	砕砂、砕石	フライアッシュ (10%)	AE剤, AE減水剤	5,308 円/m³	△399 円
10	普通ポルトランドセメント	砕砂、砕石	フライアッシュ (20%)	AE剤, AE減水剤	5,268 円/m³	△439 円
11	普通ポルトランドセメント	砕砂、砕石	フライアッシュ (30%)	AE剤, AE減水剤	5,238 円/m³	△469 円

※1 () 内はセメントに対する置換率。

※2 東京単価、高炉スラグ微粉末 4000、6000 は見積による。

表-2 配合条件

項目	配合条件
目標強度	材齢 28 日 28.4 Kgf/cm²
粗骨材の最大寸法	2.0 mm
目標スランプ	10 ± 1.0 cm
目標空気量	5.0 ± 0.5 %
最大水セメント比	6.0 %

キーワード 砕石 砕砂 高炉スラグ微粉末 フライアッシュ 単位水量 耐久性

連絡先 〒194 東京都町田市忠生1-4-1 日本道路公団試験研究所

TEL 0427-91-1621 FAX 0427-91-3717

3. 結果及び考察

試験結果を表-3、4に示す。配合2は配合1と比較してコンクリートの圧縮強度、引張強度には差がないものの、単位水量が22 kg/m³多くなり耐久性が劣る傾向にあることがわかった。また、高炉スラグ微粉末をセメントと置き換えた配合では、その耐久性は改善され、特に高炉スラグ微粉末6000ブレーンをセメントと置き換えた配合については、強度、硬化したコンクリートの性質及び耐久性共に配合2よりも優れたコンクリートとなる事がわかった。またフライアッシュをセメントと置き換えた配合についても同様に、強度はその置換率が20%以上になると低下傾向であるものの、置換率10%程度では強度の低下傾向は見られず、フライアッシュセメントの置換率に関係なく硬化したコンクリートの性質、耐久性は配合2と同等若しくは向上する傾向にあることがわかった。これらよりコンクリートの経済性、強度発現、硬化したコンクリートの性質及び耐久性を考慮した場合、配合7、9が優れた配合であるといえる。

表-3 フレッシュ性状試験結果

配合	W/C水和材 (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m ³)					AE減水剤 (%)	AE剤	スラッグ (%)	空気量 (%)	温度 (℃)
			II	C	水和材	S	G					
1	51.0	40	153	300	-	735	1120	750	0.75A	9.5	5.0	20
2	58.3	43	175	300	-	753	1036	750	1.00A	9.5	5.0	22
3	56.7	43	168	300	-	758	1039	750	1.25A	10.0	5.2	22
4	57.7	43	172	210	90	755	1036	750	1.25A	10.0	5.2	21
5	56.3	43	169	150	150	758	1039	750	1.75A	9.5	5.0	20
6	54.7	41	164	90	210	724	1082	750	2.00A	9.5	5.2	20
7	56.3	43	169	210	90	758	1042	750	1.50A	10.0	4.9	20
8	54.0	43	162	150	150	766	1050	750	2.00A	10.0	4.8	21
9	56.7	42	170	270	30	737	1055	750	1.50A	9.5	4.9	21
10	55.7	42	167	240	60	735	1050	750	2.50A	9.5	5.2	20
11	54.7	42	164	210	90	735	1050	750	2.75A	9.5	5.1	21

表-4 強度、硬化したコンクリートの性質、耐久性試験結果

配合	圧縮強度 (kgf/cm ²)			引張強度 (kgf/cm ²)			弾塑性試験 1/2係数 δ/δ _{0.2}	乾燥収縮 長さ変化率 (×10 ⁻³)	透水係数 (×10 ⁻⁵)	凍結融解試験 耐久性指数	水和熱 最高温度 (℃): 時間 (h)	ブリージング 率 (%)
	7日	28日	91日	7日	28日	91日						
1	257	304	367	21.3	25.7	30.9	2.9 0.194	7.0	8.68	97.9	50.8 40.0	3.05
2	220	312	376	25.9	28.5	31.8	2.31 0.164	8.0	10.86	73.9	53.9 39.0	2.94
3	198	328	404	19.1	31.9	40.8	2.64 0.196	7.9	8.98	99.7	49.9 55.0	2.13
4	190	330	416	18.3	30.7	34.9	3.04 0.198	8.3	2.22	99.9	50.7 58.0	2.59
5	172	346	423	17.9	28.8	31.9	2.74 0.203	8.3	11.17	98.7	49.1 65.5	2.18
6	162	319	405	15.7	24.6	36.4	2.63 0.248	7.9	8.51	102.1	44.1 75.0	2.20
7	241	386	458	24.4	30.2	33.5	2.86 0.199	8.1	3.35	103.1	53.8 52.5	2.12
8	242	439	504	23.1	32.0	37.2	2.89 0.208	7.8	1.93	101.8	51.2 57.0	2.14
9	272	363	394	25.3	30.3	33.7	2.96 0.193	7.7	11.06	91.5	51.9 40.5	3.67
10	218	313	375	20.1	23.6	30.6	2.75 0.195	7.5	8.13	96.2	48.3 43.5	3.56
11	194	268	398	20.3	27.2	35.3	2.60 0.152	7.6	12.77	99.5	45.3 42.5	3.34

4. おわりに

本試験結果から、高炉スラグ微粉末及びフライアッシュを普通ポルトランドセメントの一部と置き換えることにより、コンクリートの耐久性向上に効果があることが確認された。しかし、今後こうした混和材を現場で使用していく場合、現地の材料流通、配合によっては強度発現が遅い、生コンプラントの設備設置等多数の問題が挙げられるが、耐久性の向上ということ以外に地球温暖化防止、自然環境保護の面からも、これらの産業副産物をコンクリート材料にさらに積極的に利用することを推し進めるべきであると考えられる。