

再生粗骨材を用いた超硬練りコンクリートの締固め性に関する検討

首都大学東京大学院 学生会員 原田駿平

首都大学東京大学院 正会員 上野敦、正会員 宇治公隆

1. はじめに

近年、環境保護や骨材資源枯渇の理由から、コンクリートの廃材を再生骨材として利用することが望まれているが、再生骨材は付着モルタルの影響で、硬化後の乾燥収縮の増大、強度やヤング率の低下が懸念される。これらの課題

に対しては、新コンクリートのセメントペーストの強度を高めること、単位水量を顕著に減少させることが有効と考えられる。

本研究では、普通粗骨材に対して再生粗骨材を混合し、混合率を変化させた場合の混合粗骨材の特性とモルタル粗骨材空隙比 (K_m) による、超硬練りコンクリートの締固め性への影響を検討した。また、仮想空隙比曲線による空隙比最小の細粗混合率(最適 s/a)の超硬練りコンクリートの締固め性に対する適用性について検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料

セメントは密度 3.16g/cm^3 の普通ポルトランドセメントを使用した。骨材の物性は表1のとおりである。碎石と比較して、本実験で利用した再生粗骨材Lの実積率が大きいことが特徴的である。また、JIS A 1104 に従い、後述する再生粗骨材の混合率における混合粗骨材の実積率試験を行った。この結果、図1のとおり、再生粗骨材の混合率が増加すると、混合粗骨材の実積率は概ね増加する結果となった。

2.2 配合

コンクリートの配合は、表2のとおり、水セメント比を35%、単位水量を 125kg/m^3 の一定とし、各再生粗骨材の混合率において、 K_m を変化させたものとした。再生粗骨材の混合率は体積比で0、25、50、75および100%とし、 K_m は1.4、1.5、1.6、1.7および1.8とした。

2.3 締固め性試験

超硬練りコンクリートの締固め性は、JSCE-F 508 に従い試験した。この方法は、加速度数5G、振動数75Hzで3分間振動締固めを行い、締固めエネルギーと充填率との関係を式(1)の近似式として得るものである。そして、この近似式から、 C_i 、 C_f 、 C_e 、E98(充填率98%のエネルギー)を算出し、締固め性の評価を行った。

$$\gamma = C_i + (C_f - C_i)\{1 - \exp(-bE^d)\} \quad (1)$$

ここに、E:締固めエネルギー(J/ℓ)、 γ :充填率(%)、 C_i :初期充填率(%)、 C_f :達成可能充填率(%)、 C_e :締固め効率、bおよびd:実験係数

表1 骨材の物性

種類	記号	岩種など	産地	表乾密度 (g/cm^3)	絶乾密度 (g/cm^3)	吸水率 (%)	単位容積重量 (kg/ℓ)	実積率 (%)	F.M.
砕砂	S	砂岩	相模原	2.63	2.59	1.45	1.71	66	2.82
碎石	G	砂岩	津久井	2.68	2.53	1	1.54	57.9	6.81
再生粗骨材	R	L	-	2.38	2.24	6.39	1.38	61.6	6.13.

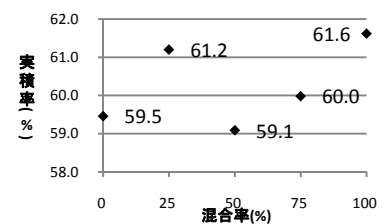


図1 実積率試験結果

表2 示方配合表

混合率	K_m	K_p	s/a	質量(kg/m^3)				
				W	C	S	G	R
0	1.4	1.74	0.348	125	357	696	1332	0
	1.5	1.64	0.370	125	357	742	1286	0
	1.6	1.55	0.391	125	357	784	1243	0
	1.7	1.47	0.411	125	357	824	1202	0
	1.8	1.41	0.430	125	357	861	1164	0
25	1.4	1.85	0.327	125	357	655	1030	305
	1.5	1.73	0.350	125	357	701	996	295
	1.6	1.63	0.371	125	357	743	963	285
	1.7	1.55	0.391	125	357	783	933	276
	1.8	1.48	0.409	125	357	820	904	268
50	1.4	1.72	0.352	125	357	706	661	587
	1.5	1.62	0.375	125	357	751	638	566
	1.6	1.53	0.396	125	357	794	616	547
	1.7	1.46	0.416	125	357	833	596	529
	1.8	1.40	0.434	125	357	870	577	513
75	1.4	1.80	0.336	125	357	673	339	903
	1.5	1.69	0.359	125	357	719	327	872
	1.6	1.60	0.380	125	357	761	316	843
	1.7	1.52	0.400	125	357	801	306	816
	1.8	1.45	0.418	125	357	838	297	791
100	1.4	2.04	0.298	125	357	597	0	1273
	1.5	1.89	0.320	125	357	642	0	1232
	1.6	1.77	0.342	125	357	684	0	1194
	1.7	1.68	0.361	125	357	724	0	1158
	1.8	1.59	0.380	125	357	762	0	1124

キーワード：再生骨材、超硬練りコンクリート、モルタル粗骨材空隙比、締固め性

連絡先：〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL042-677-2777 FAX042-677-2772

3. 実験結果および考察

3.1 E98 と混合率の関係

図2に、再生粗骨材の混合率とコンクリートのE98の関係を示す。Kmに関わらず、再生粗骨材混合率が大きくなるとE98が減少する傾向となった。このことは、再生粗骨材の混合率増大にともない、混合粗骨材の実積率が大きくなるためと考えられる。

3.2 E98 と Km 値の関係

Km と E98 の関係を図3に示す。概ね Km が 1.5～1.7 において、E98 が小さく、締固め性が良好となる。単位水量、水セメント比が一定の場合、Km は、s/a と同義となる²⁾ ため、実験から締固めに必要なエネルギー量 E98 が最小となる細粗骨材の混合割合が得られた。

4. 仮想間隙比曲線による最適 s/a

4.1 理論値導出

仮想間隙比曲線は、図4のようになり、2曲線の交点が、間隙比が最小となる細粗骨材の混合状態、すなわち、最適細骨材率³⁾となる。理論により求めた最適細骨材率(s/a)_{opt}を、理論値として表3に示す。実際のコンクリートの練混ぜでは、粗骨材粒子接点への細骨材の介在や、細骨材粒子接点へのペーストの介在、また、湿潤状態による充填構造の変化の影響を受けるため、補正係数の導入が検討¹⁾されている。本研究では、次節で実験値との比較検討を行う。

4.2 仮想間隙比曲線による理論値と実験値の比較

再生粗骨材の混合率と Km ごとの s/a と、前節の仮想間隙比曲線の理論値を表4に示す。なお、表4では、各混合率において E98 が最小となった Km のときの細骨材率を斜体にして表している。

表4に示すとおり、最適細骨材率の理論値と実験値の差は、約4～10%の範囲となった。有スランブコンクリートでは、この実験値と理論値の差は4～5%の範囲であり、実験値が大きくなる¹⁾ことが指摘されている。本研究の場合、有スランブコンクリートと比べ、実験値と理論値の差が大きいことがわかる。これは、超硬練りコンクリートでは骨材粒子同士が接しているため、有スランブコンクリートと比較して骨材特性による影響を受けやすいためと考えられる。

5. まとめ

(1)再生粗骨材を用いた超硬練りコンクリートの締固め性は良好であった。このことは、再生粗骨材の実積率が大きいことによると考えられる。

(2)仮想間隙比曲線による最適細骨材率の論理的な推定では、有スランブコンクリートよりも超硬練りコンクリートの方が骨材特性による影響を受けやすいことが示唆された。

参考文献

- 1) 外山和仁：細、粗骨材の実積率に基づく最適細骨材率の選定方法、土木学会第62回年次学術講演会、第5部、pp.141-142、2007
- 2) 國府勝郎・上野敦：締固め仕事量評価に基づく超硬練りコンクリートの配合設計、土木学会論文集、No.532/V-30、pp.109-118、1996
- 3) 岩崎訓明：コンクリート配合の原点、セメント・コンクリート、No.564 pp.20-27、1994

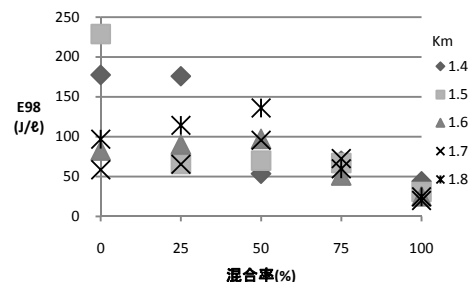


図2 E98 と混合率の比較

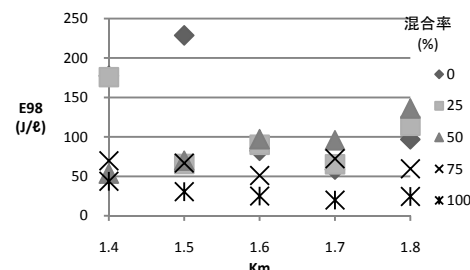


図3 E98 Km 値比較

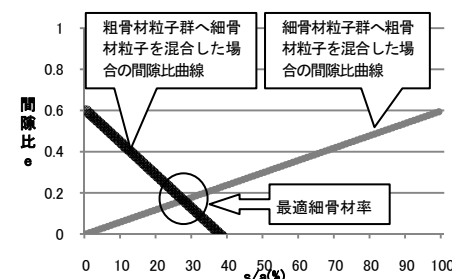


図4 仮想間隙比曲線図

表3 仮想間隙比曲線による理論値

理論値	eg	es	(s/a) _{opt}
0%	0.682	0.523	0.309
25%	0.635	0.523	0.294
50%	0.691	0.523	0.312
75%	0.665	0.523	0.304
100%	0.623	0.523	0.290

表4 実験値と理論値の比較

		実験値と理論値の比較					理論値	実験の (s/a) _{opt} と理論値 の差(%)
		実験値 Km 値						
		1.4	1.5	1.6	1.7	1.8		
混合率	0%	0.348	0.370	0.391	<i>0.411</i>	0.430	0.309	10.2
	25%	0.327	<i>0.350</i>	0.371	0.391	0.409	0.294	5.6
	50%	<i>0.352</i>	0.375	0.396	0.416	0.434	0.312	4.0
	75%	0.336	0.359	<i>0.380</i>	0.400	0.418	0.304	7.6
	100%	0.298	0.320	0.342	<i>0.361</i>	0.380	0.290	7.1