

V-219 石炭灰を原料とした人工骨材を用いたコンクリートの強度特性

熊谷組 正会員 河村 彰男
同 上 正会員 金森 誠治
同 上 細田 信道

1. はじめに

近年、石炭火力発電所から発生する石炭灰の有効利用方法の一つとして、石炭灰を原料とした焼成型の人工骨材（以下、CA 骨材と記す。）についての研究が行われており、実用化への検討も進められている²⁾。この骨材は、JIS A 5002「構造用軽量コンクリート骨材」の粗骨材（種類 H）に相当し、天然砕石と比較して、吸水率が小さく、実積率が大きいといった性能が示されている³⁾。石炭火力発電所の増設に伴って、石炭灰の発生量は年々増加しており、さらに、良質な天然骨の枯渇化が問題となっている現状を鑑みると、CA 骨材の実用化・普及は非常に意義のあることといえる。本報告は、粗骨材として CA 骨材を使用したコンクリートの強度特性について、砕石を使用したコンクリートと比較検討を行ったものである。

2. 試験概要

表-1 粗骨材の品質

2. 1 使用材料

セメントは普通ポルトランドセメント（比重 3.16）、細骨材は砕砂（表乾比重 2.70・F.M.2.71）と山砂（表乾比重 2.61・F.M.1.90）を質量比で 7：3 に混合して使用した。混和剤は、AE 減水剤とポリカルボン酸系の高性能 AE 減水剤を使用した。また、空気量を調整するために AE 剤を使用した。粗骨材は CA 骨材および砕石（ともに Gmax20mm）を使用した。

CA 骨材は、5～10mm および 10～20mm として入荷したことから、これらを質量比で 1：3 に混合して使用した。粗骨材の試験結果を表-1 に、CA 骨材の粒度分布を図-1 に示す。なお、CA 骨材の比重および吸水率は、JIS A 1135「構造用軽量粗骨材の比重及び吸水率試験法」に準拠して求めた。

	砕石	CA 骨材		
		5～10	10～20	混合
絶乾比重	2.64	1.82	1.79	—
表乾比重	2.66	1.88	1.88	—
24 時間吸水率（%）	0.70	3.32	4.79	—
F.M.	6.64	7.02	6.17	6.62
単位容積質量（kg/l）	1.59	1.11	1.12	1.15
実積率（%）	60.2	61.0	62.6	63.5

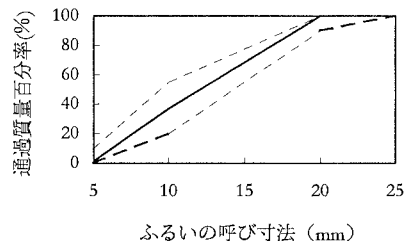


図-1 CA 骨材の粒度分布

2. 2 配合

コンクリートの配合は、単位セメント量を $C=280 \cdot 350 \text{ kg/m}^3$ として、目標スランプ 12cm・目標空気量 4.5% が得られるように、以下に示す方針で決定した。コンクリートの配合とフレッシュ時の性状を表-2 に示す。

表-2 コンクリートの配合とフレッシュ時の性状

(1) $C=280 \text{ kg/m}^3$ ：砕石を使用した場合の水セメント比を 60% として、目標スランプおよび目標空気量が得られるように AE 減水剤および AE 剤の使用量を調整した。CA 骨材を使用した場合には、AE 減水剤の使用量を砕

粗骨材の種類	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						スランプ (cm)	空気量 (%)
			W	C	S	G	混和剤	AE 剤		
砕石	60.0	48.0	168	280	897	966	0.746 ¹⁾	0.034	13.1	4.5
CA 骨材	57.1	46.2	160	280	872	703	0.746 ¹⁾	0.006	11.2	4.7
砕石	40.0	43.2	140	350	813	1064	3.675 ²⁾	—	12.1	5.4
CA 骨材	40.0	43.2	140	350	813	740	4.375 ²⁾	—	12.4	3.8

注：1) AE 減水剤・2) 高性能 AE 減水剤

石の場合と同一として、目標スランプおよび目標空気量が得られるように単位水量および AE 剤を調整した。
(2) $C=350 \text{ kg/m}^3$ ：砕石および CA 骨材のいずれを使用する場合も、水セメント比を 40% として、目標スランプおよび目標空気量が得られるように高性能 AE 減水剤の使用量を調整した。

キーワード：石炭灰、人工骨材、強度特性

〒300-2651 茨城県つくば市鬼ヶ窪 1043 (株)熊谷組技術研究所 TEL.0298-47-7501 FAX 0298-47-7480

3. 試験結果および考察

3. 1 CA 骨材の品質

表1に示したように、今回使用したCA骨材はJIS A 5002の粗骨材（種類H）に適合している。しかし、24時間吸水率が4.79%（5～10mm）・3.32%（10～20mm）と、過去のデータと比較するとかなり大きな値を示しており、品質安定性の点からは改善の余地があるものといえる。ただし、市販の人工軽量骨材（粗骨材）の24時間吸水率の実績（7～18%）と比べると、半分以下の小さい値となっている。

3. 2 フレッシュ時の性状

表-2に示したように、 $C=280\text{kg/m}^3$ の配合では、所要のスランプを得るために必要な単位水量が、CA骨材の使用により 8kg/m^3 程度低減しており、CA骨材の形状が球形である効果が現れている。しかし、 $C=350\text{kg/m}^3$ の配合では、所要のスランプを得るために必要な高性能AE減水剤の使用量が、CA骨材を使用した場合には 0.7kg/m^3 程度（セメントの使用量に対して0.2%程度）増加している。この結果だけから判断することはできないが、粗骨材以外の使用量が同一であることを考慮すると、CA骨材を使用する場合には、高性能AE減水剤の使用量がわずかに増加する可能性が高いものと推測される。

3. 2 強度特性

各配合の圧縮強度試験結果を図-2・3に、CA骨材を使用した場合の圧縮強度と割裂引張強度の結果を表-3に、各配合の弾性係数の測定結果を表-4に示す。単位セメント量にかかわらず、CA骨材を使用した場合の方が、圧縮強度の値が大きくなっている。 $C=280\text{kg/m}^3$ の配合では、水セメント比が小さくなっているため、単純な比較はできないが、 $C=350\text{kg/m}^3$ の配合では、CA骨材を使用することにより、碎石を使用した場合の1.1～1.3倍程度の強度増加がみられる。また、 $C=350\text{kg/m}^3$ の配合では、材齢91日の圧縮強度が 85.3N/mm^2 であることから、CA骨材の高強度コンクリートへの適用が可能であるものといえる。

割裂引張強度の圧縮強度に対する比率は、 $C=280\text{kg/m}^3$ の配合で1/13程度、 $C=350\text{kg/m}^3$ の配合で1/20程度となっており、強度レベルを考慮すると、普通骨材による値とほぼ同等の値が得られている。また、弾性係数はいずれの配合および材齢においても、CA骨材を使用した場合と碎石を使用した場合ではほぼ同等の値を示している。これらのことから、CA骨材を使用したコンクリートの強度特性に関しては、普通骨材コンクリートと同様の取扱いが可能なものと考えられる。なお、CA骨材を使用したコンクリートの単位体積質量は、材齢91日において、 $C=280\text{kg/m}^3$ の配合で2.07、 $C=350\text{kg/m}^3$ の配合で2.10であった。

【参考文献】1)たとえば、小谷中ら：石炭灰を原料とした人工骨材コンクリートの諸特性に関する検討、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.34、No.1、pp.405-410、1995 2)澤田ら：石炭灰を原料とした人工骨材を用いた高強度コンクリートのPCへの適用（その2）、第7回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集、pp.807-810、1997 3)T. SONE et al. : Characteristics of Concrete Containing Artificial Coarse Aggregate Using Coal Ash as Raw Material, Proceedings of 11th International Ash Use Symposium, Volume 2, pp.53-1-17,1995

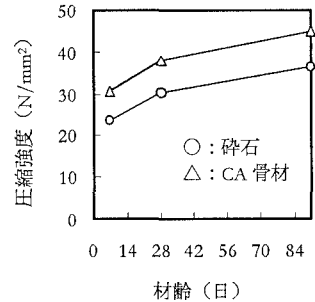


図-2 圧縮強度 ($C=280\text{kg/m}^3$)

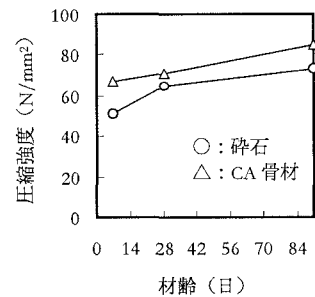


図-3 圧縮強度 ($C=350\text{kg/m}^3$)

表-3 圧縮強度と割裂引張強度

材齢	$C=280\text{kg/m}^3$		$C=350\text{kg/m}^3$	
	圧縮強度 (N/mm^2)	割裂引張強度 (N/mm^2)	圧縮強度 (N/mm^2)	割裂引張強度 (N/mm^2)
28日	38.0	2.73	71.0	3.56
91日	44.9	3.50	85.3	4.01

表-4 弾性係数の測定結果

材齢	弾性係数(N/mm^2)			
	$C=280\text{kg/m}^3$		$C=350\text{kg/m}^3$	
	碎石	CA 骨材	碎石	CA 骨材
7日	2.84×10^4	3.20×10^4	3.84×10^4	3.63×10^4
28日	3.12×10^4	3.16×10^4	3.58×10^4	3.61×10^4
91日	3.40×10^4	3.24×10^4	3.68×10^4	3.87×10^4