

軟石を多く含む骨材を用いたダムコンクリートの凍結融解抵抗性の検討

社団法人 日本建設機械化協会 施工技術総合研究所

正会員 ○柴藤勝也

国土交通省 中国地方整備局 斐伊川・神戸川総合開発工事事務所

正会員 木村克己

国土交通省 中国地方整備局 斐伊川・神戸川総合開発工事事務所

野元俊秀

国土交通省 中国地方整備局 斐伊川・神戸川総合開発工事事務所

川邊健作

社団法人 日本建設機械化協会 施工技術総合研究所

正会員 伊藤文夫

1. はじめに

コンクリートダム建設において、建設コストの縮減、環境への配慮の点から、従来では使用されなかった低品質な骨材についてもダムコンクリートへの適用を検討し、コンクリートの品質および経済性を確保できる範囲で活用することが求められている。本文は、ダムサイト付近で採取した河床材（段丘堆積物）のダムコンクリート用骨材としての適用性に関し、軟石を多く含む骨材を使用した場合の外部コンクリートの凍結融解抵抗性について検討したものである。

2. 骨材の製造と物性

ダムサイト上流の河床から採取した段丘堆積物について、表－1に示す6種類の骨材（A～E骨材）を製造し、骨材試験を実施した。

各骨材種類における物性試験結果を、表－2に示す。いずれの粗骨材も軟石を多く含み、ほとんどが土木学会コンクリート標準示方書ダムコンクリート編（以下、示方書ダム編という）に規定される上限値を超える結果となった。特に、80mm アンダー材料を原石とするB骨材において、軟石が最も多い。

しかし、骨材に対する凍結融解作用を硫酸ナトリウム溶液の結晶化によって模擬的に作用させる安定性試験（試験結果は安定性損失質量で表す）においては、いずれの骨材も規定される上限値を大きく下回っており、この結果と軟石量の結果は相反するものとなっている。

なお、細骨材の物性試験結果としては、どの骨材も特に問題は見られなかった。

表－1 段丘堆積物から製造した骨材の種類

手順	内容	骨材種類
1	段丘堆積物を80mmオーバー材料とアンダー材料に分ける	—
2	80mmオーバー材料を破碎し、粗骨材・細骨材を製造する	A骨材
3	80mmアンダー材料を洗浄、分級し、粗骨材・細骨材を製造する	B骨材
4	B骨材を軟石除去し、軟石量を低減した骨材を製造する	C骨材
5	AとBを70：30で混合する	D1骨材
6	AとBを50：50で混合する（D1骨材に対しA骨材の構成率が低下）	D2骨材
7	AとCを70：30で混合する（D1骨材に対しB骨材の軟石除去）	E骨材

表－2 各骨材種類における物性試験結果（網掛は規定を外れる値）

骨材の種類 および骨材の粒径	絶対密度 (g/cm ³)	表乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	安定性 損失質量 (%)	すりへり減量 (%)		軟石量 (%)
					E区分	A区分	
A	80～40mm	2.68	2.70	0.66	14.8	—	11.0
	40～20mm	2.73	2.75	0.64	—	25.3	4.4
	20～5mm	2.72	2.74	0.84	—	—	3.5
	5mm～(細骨材)	2.69	2.71	0.80	—	—	—
B	80～40mm	2.65	2.68	0.98	17.1	—	32.5
	40～20mm	2.62	2.65	1.14	—	29.6	26.8
	20～5mm	2.58	2.62	1.61	—	—	25.7
	5mm～(細骨材)	2.54	2.59	2.05	—	—	—
C	80～40mm	2.65	2.68	0.98	12.2	—	15.4
	40～20mm	2.62	2.65	1.23	—	25.0	6.2
	20～5mm	2.58	2.62	1.76	—	—	8.8
	5mm～(細骨材)	2.54	2.59	1.92	—	—	—
D1	80～40mm	2.67	2.69	0.73	15.2	—	16.4
	40～20mm	2.69	2.72	0.80	—	27.2	12.5
	20～5mm	2.67	2.70	1.14	—	—	10.3
	5mm～(細骨材)	2.64	2.67	1.20	—	—	—
D2	80～40mm	2.67	2.69	0.84	16.4	—	23.9
	40～20mm	2.68	2.70	0.92	—	28.9	14.5
	20～5mm	2.65	2.68	1.20	—	—	11.8
	5mm～(細骨材)	2.62	2.65	1.41	—	—	—
E	80～40mm	2.67	2.69	0.73	13.4	—	12.5
	40～20mm	2.69	2.72	0.83	—	25.0	5.1
	20～5mm	2.67	2.70	1.21	—	—	5.4
	5mm～(細骨材)	2.64	2.67	1.16	—	—	—
示方書ダム編による 標準値および上限値	—	2.5以上 (粗骨材)	—	12(粗骨材) 10(細骨材)	40 (粗骨材)	—	5.0 (粗骨材)

キーワード ダムコンクリート 凍結融解抵抗性 軟石

連絡先 〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154 TEL 0545-35-0212 FAX 0545-35-3719

3. コンクリートの配合と凍結融解抵抗性

各骨材を用いた外部コンクリートの配合を、表－3に示す。砕石・砕砂から成るA骨材は、所要のワーカビリティを得るための細骨材率および単位水量が大きくなるため、水結合材比が大きなものとなった。

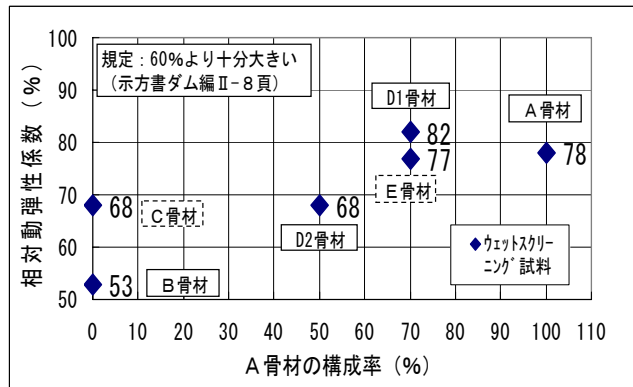
表－3 各骨材を用いた外部コンクリートの配合

試験 種類	示方配合														
	粗骨材 の最大 寸法 (mm)	スラン プの 範囲 (cm)	空気量 の範囲 (%)	水結合 材比 W/(C+F) (%)	混和材率 F/(C+F) (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m³)								
							水 W	セメント C	フライ アッシュ F	細骨材 S	粗骨材 G			混和剤 ((C+F) × %)	
											80-40mm	40-20mm	20-5mm	減水剤	AE助剤
A	80	3 ± 1	3.5 ± 1	54.5	30	32	120	154	66	666	485	470	470	0.25	0.055
B	80	3 ± 1	3.5 ± 1	46.8	30	27	103	154	66	549	516	501	501	0.25	0.075
C	80	3 ± 1	3.5 ± 1	46.8	30	27	103	154	66	549	516	501	501	0.25	0.075
D1	80	3 ± 1	3.5 ± 1	52.3	30	30	115	154	66	619	497	483	483	0.25	0.060
D2	80	3 ± 1	3.5 ± 1	49.1	30	28	108	154	66	579	514	498	498	0.25	0.065
E	80	3 ± 1	3.5 ± 1	52.3	30	30	115	154	66	619	497	483	483	0.25	0.060

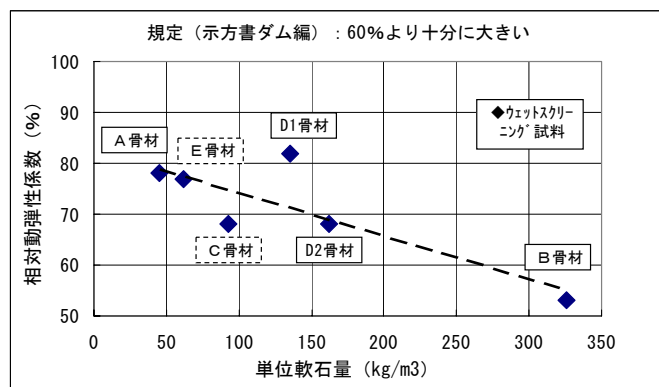
各配合の外部コンクリートの凍結融解試験結果（相対動弾性係数）を、各配合の骨材におけるA骨材の構成率（A骨材が占める率）で整理したものを図－1に示す。

これより、A骨材の構成率が小さい（軟石量が多い）配合ほど相対動弾性係数が小さくなる傾向が見られる。なお、A骨材（A骨材の構成率 100%）の場合はコンクリートの水結合材比が大きいため、相対動弾性係数がやや小さい結果となっている。D1 骨材とE骨材を比較すると、軟石量を低減したE骨材の凍結融解抵抗性は、D1 骨材と大差なく、軟石除去効果が明瞭でない。これは、いずれの骨材も 80mm アンダー材料の構成率（B骨材あるいはC骨材が占める率）が 30%と小さいために、それについての軟石除去の有無による差違が現われにくい状況であったためと考えられる。

各配合の相対動弾性係数を、単位軟石量（単位粗骨材量に軟石量(%)を乗じたもの）で整理したものを図－2に示す。図－1と同様にD1 骨材とE骨材の相対動弾性係数が、本来の予想される傾向と逆転しているが、全体の傾向として単位軟石量が大きいくほど直線的に相対動弾性係数が小さくなる関係を明瞭に示している。



図－1 A 骨材の構成率と相対動弾性係数の関係



図－2 単位軟石量と相対動弾性係数の関係

4. まとめ

- ① 段丘堆積物を原石としてダムコンクリート用骨材を製造したところ、原石の 80mm オーバー材料を破碎して製造した骨材は軟石が比較的少ないものとなったが、80mm アンダー材料を分級して製造した骨材は軟石が極めて多く含まれるものとなった。安定性損失質量としては、いずれも小さいものであった。
- ② 軟石が含まれる度合いを変えて外部コンクリートを製造し、それらの凍結融解抵抗性を調べたところ、軟石を多く含む骨材を使用したコンクリートほど凍結融解抵抗性が劣ることが判明した。
- ③ 外部コンクリートの単位粗骨材量に軟石量 (%) を乗じて求めた単位軟石量と、そのコンクリートの相対動弾性係数の関係は、単位軟石量が大きいくほど直線的に相対動弾性係数が小さくなる傾向となることが判明した。したがって、この骨材に関しては、コンクリートとしての凍結融解抵抗性を間接的に評価するうえで、軟石量試験の結果が指標になり得ると言える。