寒冷地における低品質骨材を使用したダムコンクリートの長期暴露試験

国土交通省 東北地方整備局 河川部河川計画課　　○菅間栄治、大場　将
国土交通省 東北地方整備局 東北技術事務所 品質調査課　　阿曽貢貴、小林健一
独立行政法人土木研究所　水工研究グループダム構造物チーム　正会員 山口嘉一、正会員 小堀俊秀

1. はじめに

コンクリートダム本体建設費用のうち、骨材製造費が占める割合は、約 40%と言われており、ダム本体工事費を構成する工種の中で最も大きい[1)]。また、良質な骨材を得るために、掘削量及び廃棄岩量が増えることにより､ダム建設コストの増大だけでなく､周辺環境改変域の拡大という課題もでてくる。そのため、低品質骨材の有効利用方法を検討、確立することがコンクリートダム建設のコストの縮減や環境保全に繋がると考えられる。

国土交通省東北地方整備局は、ダムコンクリート用の低品質骨材の有効利用のための各種調査研究を個別ダムの建設に併せて継続的に実施している。

本論文は、有害鉱物の含有や、密度・吸水率などの条件において規格外である骨材を用いて作製したダムコンクリート供試体に対して 1987 年より 20 年間かけて実施した、寒冷地における長期暴露試験の結果について報告するものである。

2. 試験の方法

本試験で使用した低品質骨材の特徴を表-1 に示す。骨材は、コンクリート標準示方書（昭和 61 年制定 舗装･ダム編)において､有害物含有量の限度、耐久性、密度などの項目のいずれかにおいて、規格を外れたために、ダム建設工事に使用されなかった 8 種類と、評価指標とするため、規格を満たしている 1 種類（表-1 中の骨材 G)の骨材を用い、コンクリート供試体を作製した。

供試体作製時の配合条件を表-2 に示す。配合は、一般的なコンクリートダムの外部コンクリート相当とした。

暴露試験は、寒冷地で気象条件の厳しいと想定される岩手県盛岡市内で実施した。暴露試験の状況を写真-1 に示す。暴露試験に用いた供試体は、写真に示すとおり、陸上部に格子状の枠を組み、供試体は常に空気中に保持された状態で設置している。

試験地の気象条件のうち気温の変化を図-1 に示す。試験地の過去 20 年間の気温の変化は、各月の最高気温と最低気温の平均値の差は 7℃～10℃、月最低気温は-20℃（1 月）、月最高気温が 36℃（8 月）であった。

暴露試験中の実施試験項目を表-3 に示す。試験としては、圧縮試験、静弾性係数試験、中性化状況の計測、相対動弾性係数試験を行ない、その頻度は表内に示す通りである。

表-1　使用した低品質骨材の特徴

骨材	①洗い	②密度	③吸水	④安定	⑥指数	⑦鉱物
A	○	×	×	○	×	ｱﾙ骨反応有
B	○	○	○	×	×	ﾓﾝﾓﾘﾛﾅｲﾄ
C	○	○	○	×	×	ﾓﾝﾓﾘﾛﾅｲﾄ、ﾛｰﾓﾝﾀｲﾄ
D	○	○	○	×	×	ﾓﾝﾓﾘﾛﾅｲﾄ
E	○	×	×	○	×	ﾓﾝﾓﾘﾛﾅｲﾄ
F	×	○	○	○	○	鉱物含有無いが岩錐
G	○	○	○	○	○	ﾓﾝﾓﾘﾛﾅｲﾄ
H	×	○	○	○	○	ﾓﾝﾓﾘﾛﾅｲﾄ、ﾛｰﾓﾝﾀｲﾄ
I	×	○	○	○	○	ﾓﾝﾓﾘﾛﾅｲﾄ、ﾛｰﾓﾝﾀｲﾄ

①洗い：細骨材について、洗い試験で失われる量 3%以下。②密度：粗骨材について、絶乾密度 2.50 以上。③吸水：粗骨材について、吸水率 3%以下。④安定：粗骨材について、安定性損失量 12%以下。⑥指数：暴露試験実施前の凍結融解試験において、耐久性指数 60 を満たしているか。⑦鉱物：含有する有害鉱物。鉱物名が当時の東北地方整備局内ダムの基準値（ﾓﾝﾓﾘﾛﾅｲﾄ 20%、ﾛｰﾓﾝﾀｲﾄ 1%）以上含有。

表-2　配合条件（ｺﾝｸﾘｰﾄﾀﾞﾑ外部ｺﾝｸﾘｰﾄ相当）

粗骨材最大寸法(mm)	150
スランプ(cm)	3～3.5
空気量(%)	3～3.5
水セメント比 W/C+F(%)	50
FA 置換率 F/C+F (%)	25
セメント量 (kg/m³)	160～180
AE 剤量	5A～10A※

※ 1A=2.0cc/ｾﾒﾝﾄ 1kg

写真-1　暴露試験の状況

3. 暴露試験結果

本論文では、暴露試験時の実施試験項目のうち、

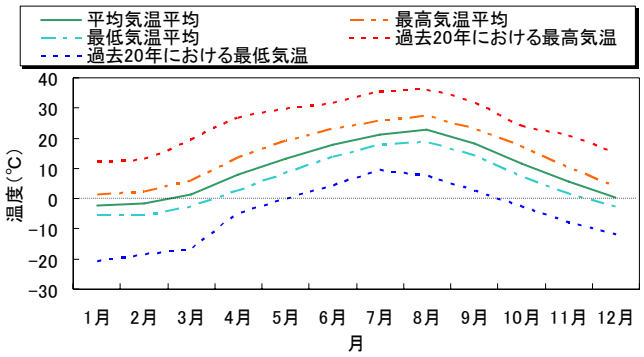

図-1　暴露地の気象条件（気温）

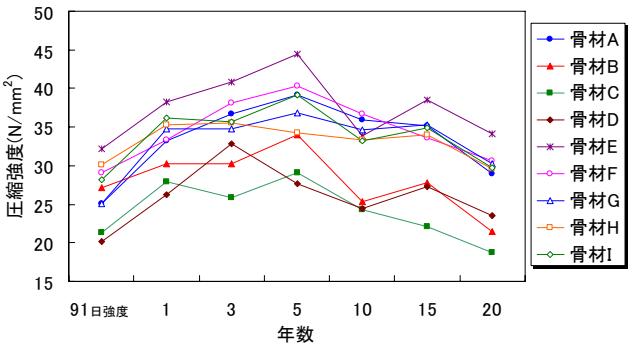

図-2　圧縮強度の経年変化

表-3　暴露試験中の実施試験項目

試験項目及び供試体種別		試験頻度
力学特性試験	圧縮強度試験 供試体種別①	材齢 91 日、1、3、5、10、15、20 年目
	静弾性試験 供試体種別①	
耐久性試験	中性化状況測定 供試体種別①	
	相対動弾性係数試験 供試体種別②	2 回/年とし 20 年間実施
備考：供試体種別①：φ150mm×300mm 供試体種別②：100mm×100mm×400mm		

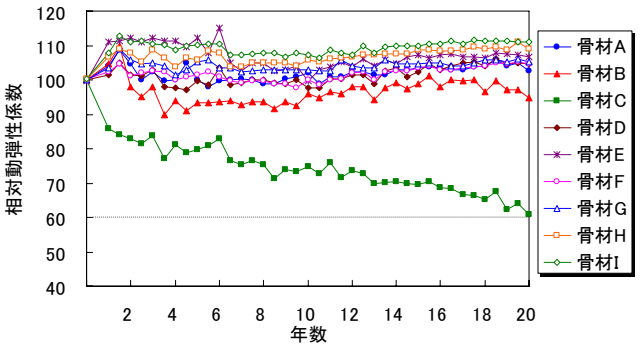

図-3　相対動弾性係数の経年変化

圧縮強度と相対動弾性係数の経年変化について例示する。

3-1. 圧縮強度の経年変化

20 年間の圧縮強度の経年変化を図-2 に示す。

試験結果より、暴露試験を実施した全ての供試体の強度が材齢 3～5 年において、増加傾向を示しているが、その後は減少し、20 年目では 91 日材齢時の強度と同程度となっている。また、同一配合でも 91 日材齢の強度に比較的大きな差があり、骨材の種類による強度の違いが大きい傾向にある。特に、安定性損失量が規格を満たさなかった骨材 C、D、E の圧縮強度は全体的に低い傾向にある。

3-2. 相対動弾性係数の経年変化

20 年間の相対動弾性係数の経年変化を図-3 に示す。

試験は、材齢 14 日における動弾性係数を初期値（100）とし、初期値に対する経年変化を求めたものである。

試験結果より、20 年間の暴露試験後の相対動弾性係数は、骨材 C を除き耐久性評価の基準である耐久性指数 60 を下回るものはなく、事前に同じ骨材を用いて室内で実施した凍結融解試験（水中凍結・水中融解：+5℃～-18℃）の結果と比較しても大きく上回る結果となっていた。

骨材 C の相対動弾性係数は、初期の段階から低下傾向を示しており、20 年目で 60 まで低下している。原因の一つとして、骨材に含まれるローモンタイトによる膨張が考えられる。骨材 C は、ローモンタイトの含有量が基準を満たしているが、含有量は 0.9%と高い。また骨材 C は凍結融解だけでなく乾湿繰り返しによる劣化も発生していることも考えられる。

4. 考察

今回の暴露試験における強度試験結果からは、全ての骨材は、5 年以降の圧縮強度は低下する傾向であった。強度低下については、供試体の形状が小さいことから、外部環境の影響を受けやすく比較的早期に劣化が始まった結果と考えられる。また、同一配合において強度に差があるのは、骨材の品質がコンクリートの強度に強く影響していること考えられる。

耐久性指数については、殆どの供試体が 20 年間の暴露後においても 90 以上を確保しており室内試験の結果と大きく異なる結果となった。相対動弾性係数が低下しなかった理由としては、暴露地の気象条件と凍結融解試験の温度条件や現地の凍結融解の頻度が異なることなどが考えられる。

今後は、低品質骨材を使用した供試体の暴露試験を継続実施するとともに、完成後長期経過した、実際のダムコンクリートとの比較を行い、低品質骨材のさらなる有効性について検討を行ないたい。

参考文献

1) 上阪恒雄、吉田等、松井健一、瀬ノ田明敏：コンクリートダム事業における骨材生産コスト、ダム技術、No.194、pp22-34、2002.11.