

水力発電所水車基礎への再生骨材コンクリートの利用検討について

北海道電力株式会社

正会員○石黒忠雄

橋井和也

正会員 峯田 稔

北海道大学大学院 工学研究科 正会員 佐藤靖彦

1. はじめに

比羅夫発電所は、昭和15年の運転開始以来約70年を経過した自流水路式発電所である。当発電所更新工事は、経年により劣化が進行した水車およびケーシングをリプレースするものであり、平成22年8月より実施している(表-1参照)。本工事では、産業廃棄物処理量の削減による環境負荷および運搬車両通行量の低減等を目的として、既設構造物の解体に伴い発生したコンクリート塊を用い、バージン骨材と混合する方法で再生骨材コンクリートを製造し、平成23年9月に新設する水車基礎コンクリートの打設を計画している。

本報告は、実構造物に適用するための再生骨材コンクリートの配合試験に関する検討の途中経過を紹介するものである。なお、対象構造物は屋内に設置し凍結融解作用を受けない環境にあるため凍害に対する検討を省略した。

2. 実験概要

2.1 原コンクリートの特性

既設構造物から採取したコア供試体(φ10×30cm)により求めた原コンクリートの物性は、圧縮強度35.3N/mm²、静弾性係数19.3kN/mm²および吸水率9.5%であった。

2.2 再生粗骨材の製造方法

再生粗骨材は簡易処理のみで製造する方法とし、既設構造物を静的破砕機により一次破砕を行った後、機械・人力ブレーカーによる二次破砕した300mm程度のコンクリート塊をジョークラッシャーで最大粒径40mm程度に処理後、ふるい分け機を通して5mmのふるいに留まるものを使用した。

2.3 再生粗骨材の物理的性質

製造した再生粗骨材の物理的性質を表-2に、粒度分布を図-1に示す。

2.4 コンクリート配合

コンクリート配合を表-3に示す。目標強度は28N/mm²(材齢28日)であり、セメントはフライアッシュセメントB種(置換率15%)とした。実験ケースは、水セメント比を45%の1水準、再生粗骨材とバージン粗骨材の混合率を合成吸水率3.73%(配合ケース1)および6.43%(配合ケース2)の2水準とし、目標スランプは18±2.5cm、目標空気量は4.5±1.5%とした。粗骨材は、5mmふるいでふるいながら水洗いをし十分に吸水させた後、表乾状態に調整して使用した。コンクリートの練混ぜは、容量55Lの二軸強制練りミキサーを使用し、セメント、細骨材を30秒間空練りした後、水、混和剤を投入し90秒間練混ぜ、掻き落とし後粗骨材を投入し90秒間練混ぜた。

試験項目を表-4に示す。フレッシュ性状は、スランプ、空気量およびコンクリート温度を、硬化後性状は、圧縮強度、静弾性係数および乾燥収縮ひずみをJISに準拠して測定した。

表-1 工事計画概要

工事概要		
工 事 名	比羅夫発電所1・2号水車更新工事	
工 期	平成22年8月18日～平成24年3月26日(土木工事)	
工事場所	北海道虻田郡ニセコ町字羊蹄 北海道電力㈱ 比羅夫発電所内	
主要数量	水車基礎コンクリート撤去	435 m ³
	撤去範囲内充填コンクリート工 再生骨材コンクリート打設	170 m ³

表-2 再生粗骨材の物理的性質

試験項目	試験方法	試験結果			土木学会規格※
		40-20mm	20-5mm	40-5mm	
粗 粒 率	JIS A 1102	8.00	6.80	7.54	—
微 粒 分 量 (%)	JIS A 1103	—	—	1.3	2以下
単位容積質量 (kg/L)	JIS A 1104	1.285	1.269	—	—
実 積 率 (%)		58.4	58.3	—	—
粒形判定実積率 (%)	JIS A 5005	—	57.4	—	55以上
表 乾 密 度 (g/cm ³)	JIS A 1110	2.35	2.35	2.35	—
絶 乾 密 度 (g/cm ³)		2.20	2.18	2.19	—
吸 水 率 (%)		6.88	8.00	7.26	7以下
アルカリシリカ反応性	JIS A 1145	無害でない			無害

※土木学会「電力施設解体コンクリートを用いた再生骨材コンクリートの設計施工指針(案)コンクリートライブラリー第120号」

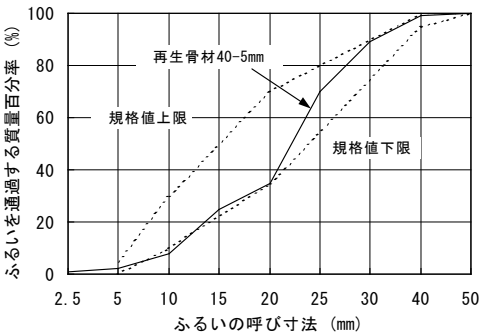


図-1 再生粗骨材の粒度分布

キーワード 再生骨材コンクリート、簡易処理、水力発電所、乾燥収縮

連絡先 〒044-0034 虻田郡倶知安町南4条西3丁目35番地1 北海道電力㈱倶知安水力センター TEL 0136-22-2834

表-3 コンクリート配合

配 ケ ー ス	再生骨材 混合率	粗骨材 吸水率	粗骨材の 最大寸法	スランパ の範囲	空気量 の範囲	水セメント比	フライッシュ 置換率	細骨材率	単 位 量 (kg/m ³)												
									水	フライッシュセメントB種				細骨材		粗骨材		再生粗骨材		混和剤	
										セメント	フライ アッシュ	陸砂	砕砂	砕石	砕石	再生	再生	AE 減水剤	AE剤		
(%)	(%)	(mm)	(cm)	(%)	W/(C+F) (%)	F/(C+F) (%)	s/a (%)	W	C+F	C	F	S1	S2	G2005	G4020	R2005	R4020	(g/m ³)	(g/m ³)		
1	40	3.73	40	18±2.5	4.5±1.5	45	15	40	168	373	317	56	315	385	243	365	162	243	932	10.44	
2	85	6.43				45	15	43	172	382	325	57	335	409	54	81	305	457	955	8.79	

【使用材料】セメント：普通ポルトランドセメント：密度 3.16g/cm³，比表面積 3,350cm²/g
混 和 材：フライアッシュ JIS II種：密度 2.33g/cm³，比表面積 3,740cm²/g
細 骨 材：S1(陸砂)：密度 2.63g/cm³，吸水率 2.99%，粗粒率 1.41， S2(砕砂)：密度 2.65g/cm³，吸水率 1.87%，粗粒率 2.99
粗 骨 材：砕石：密度 2.70g/cm³，吸水率 1.39%，粗粒率 7.23，再生粗骨材：比羅夫発電所産
混 和 剤：AE減水剤：リグニンスルホン酸化合物とポリオールの複合体，AE剤：アルキルエーテル系陰イオン界面活性剤

3. 実験結果（予備試験）

3.1 フレッシュ性状

各配合ケースのフレッシュ性状の経時変化を図-2に示す。再生粗骨材混合率によるフレッシュ性状の相違は認められなかった。

3.2 圧縮強度

圧縮強度と材齢との関係を図-3に示す。いずれの配合ケースも再生粗骨材混合率の影響は見られず、40N/mm²（材齢28日）程度の強度が確保され、目標強度28N/mm²（材齢28日）を満足する結果となった。

3.3 静弾性係数

各配合ケースの応力-ひずみ曲線を図-4に示す。応力-ひずみ曲線により求めた配合ケース1と配合ケース2の静弾性係数は、それぞれ29.3kN/mm²，23.8kN/mm²であった。静弾性係数と圧縮強度との関係を図-5に示す。図中の実線はコンクリート標準示方書式による計算値を示す。配合ケース1の静弾性係数は示方書式との対応が良く、配合ケース2の場合は示方書式よりも幾分小さくなる傾向となった。

3.4 乾燥収縮

長さ変化率と材齢との関係を図-6に示す。図中の黒塗り線はコンクリートライブラリー第120号による計算値を示す。配合ケース1，配合ケース2の長さ変化率は保存期間91日において、それぞれ629×10⁻⁶，835×10⁻⁶程度となり再生粗骨材混合率（合成吸水率）が大きいほど長さ変化率は大きくなる傾向である。また、保存期間91日における計算値と実験値の長さ変化率を比較すると、両者は概ね一致するものの、配合ケース1は計算値よりも実測値の方が幾分小さい値を示し、配合ケース2は幾分高い値を示した。現時点では収束状態に達していないため明確な判断はできないが、保存期間182日における配合ケース1の長さ変化率は、800×10⁻⁶以下になると推察される。

4. まとめ

- (1) 圧縮強度は再生粗骨材混合率の影響はなく、その値は40N/mm²程度であった。
- (2) 静弾性係数は再生粗骨材混合率（合成吸水率）6.43%では示方書式よりも幾分小さい傾向となるが、同合成吸水率3.73%では吸水率の影響は見られない。
- (3) 乾燥収縮量はコンクリートライブラリー第120号による計算値と概ね一致することを確認した。また、再生粗骨材混合率（合成吸水率）3.73%では、保存期間182日において800×10⁻⁶以下になると推察された。

今後、残りの室内配合試験、ならびに実機配合試験を行い実構造物への適用性を検証する予定である。

謝辞：本検討にあたり北電総合設計㈱ 齋藤敏樹氏，比羅夫発電所1・2号水車基礎更新工事（前田・瀬尾・岩倉）共同企業体に多大なる協力を得た。ここに感謝の意を表す。

表-4 試験項目

試験項目	試験方法	備考
フレッシュ	スランパ	JIS A 1101 経時変化共 0,30,60,90分
	空気量	JIS A 1128 経時変化共 0,30,60,90分
	コンクリート温度	JIS A 1156 経時変化共 0,30,60,90分
硬化後	圧縮強度	JIS A 1108 標準養生 7,28,91日
	静弾性係数	JIS A 1149 標準養生 28日
	乾燥収縮	JIS A 1129-1 乾燥材齢 7,28,56,91,182日

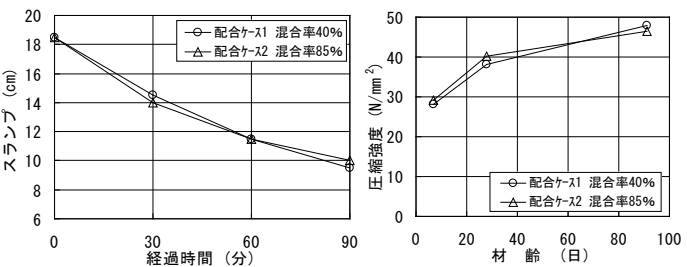


図-2 フレッシュ性状（スランパ）

図-3 圧縮強度と材齢との関係

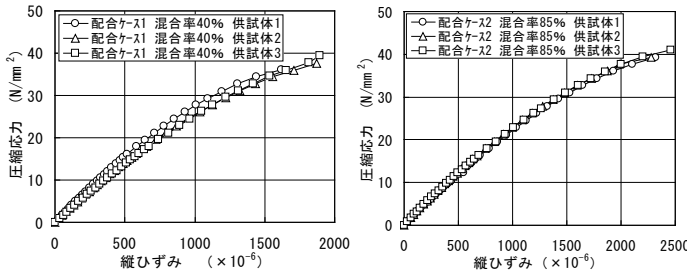


図-4 応力-ひずみ曲線(左：混合率 40%，右：混合率 85%)

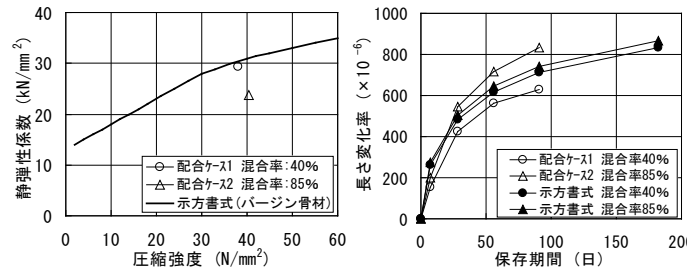


図-5 静弾性係数と圧縮強度との関係

図-6 長さ変化率と材齢との関係