

脱水ケーキを混入したダム用内部コンクリートの基本特性に関する研究

(株)熊谷組 正会員 奈須 直人
(株)熊谷組 正会員 佐藤 英明

1. はじめに

ダム建設工事中において建設発生土の一つとして濁水処理設備で発生する脱水ケーキは、一般的なコンクリートダムでは堤体積の約 20～30%にもなるため、その有効利用を含め発生量の低減に対する要求は原石山および処分場等が縮小できることによる建設コストの縮減だけでなく、環境・景観に及ぼす影響・効果も大きいと考える。

そこで、本研究では、濁水処理設備で発生した脱水ケーキの有効利用の一方法として、有スランプダム用内部配合コンクリートに混入することを提案し、その混入率の相違による強度特性等について以下に試験結果を示すものである。

表 1 脱水ケーキの化学試験

化学試験		試験結果	物理試験		試験結果
強熱減量	(%)	2.2	密度	(g/m^3)	2.71
二酸化けい素	(%)	67.7	湿潤密度	(g/m^3)	1.981
酸化アルミニウム	(%)	13.0	含水比	(%)	33.7
酸化第二鉄	(%)	5.3	液性限界	(%)	35.1
酸化カルシウム	(%)	2.2	塑性限界	(%)	21.4
酸化マグネシウム	(%)	1.5	粒度分布	25 μm 粒径 (μm)	3.0
酸化ナトリウム	(%)	2.7		50 μm 粒径 (μm)	6.7
酸化カリウム	(%)	3.1		75 μm 粒径 (μm)	20.0

2. コンクリート試験概要

脱水ケーキは、実際のコンクリートダム現場の濁水処理設備においてフィルタプレスより排出された試料を含水状態（排出された状態のままの試料）のものおよび絶乾状態としたものを用い、練混ぜには強制二軸式ミキサ（200 型）を使用した。使用セメントは

表 2 ダム用内部コンクリート示方配合

高炉セメント B 種、混和剤には高性能 AE 減水剤を使用した。表 2 に、試験に用いたダム用内部コンクリート示方配合を示す。

粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランプ の範囲 (%)	空気量 の範囲 (%)	W/C (%)	S/a (%)	単位量 (kgf/m ³)							
					水 W	結合材 C	細骨材 S	粗骨材 G				遅延型 AE減水剤
								5mm ~ 20mm	20mm ~ 40mm	40mm ~ 80mm	80mm ~ 150mm	
150	3±1	3.0±1	76.4	29.0	107	140	618	307	386	496	356	0.350

脱水ケーキ混入量は、コンクリート容積の 5～30%とし、S/a を一定として、細・粗骨材容積に置換した。コンクリート強度は、40mm 篩いにてウェットスクリーニングを行い、標準供試体（ $\phi 150 \times 300 \text{mm}$ ）を作製し、20℃の水中標準養生の基で材齢 3、7、28 および 91 日で試験を行った。

なお、脱水ケーキをコンクリートに混入する場合、練混ぜ水不足等の影響で、練混ぜ不可となる場合があることから、強度試験に先立ち、スランプ、空気量を確保した配合をモルタルフロー試験にフィードバックし、練混ぜ可能なモルタルフロー値における水粉体比を確定し、各配合の練混ぜ水量を決定した。

3. 含水状態の脱水ケーキを用いた混入コンクリートの強度試験結果

図 1 に含水状態（含水比 33.7%）の脱水ケーキのコンクリートへの混入率と基準コンクリート（混入率 0%）を基とした圧縮強度比（ σ_{91} ）との関係を、図 2 に各配合試験の結合材水比と基準コンクリートに対する圧縮強度比（ σ_{91} ）との関係を示す。なお、試験は、脱水ケーキをコンクリート容積に対し 5%、15%、20%および 30%の割合で細・粗骨材

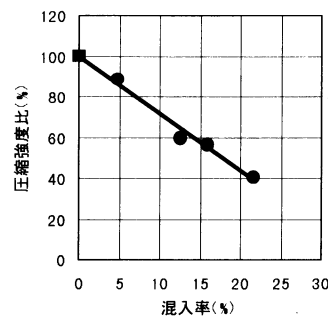


図 1 混入率と圧縮強度比

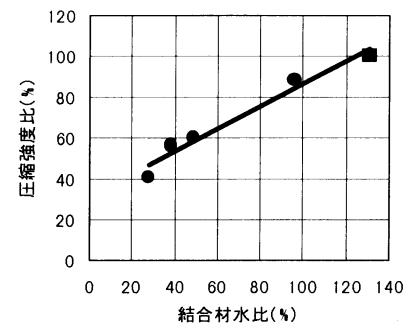


図 2 結合材水比と圧縮強度比

キーワード：ダム用コンクリート、脱水ケーキ、混入率、圧縮強度、水粉体比

連絡先：〒162-8557 東京都新宿区津久戸町 2-1 奈須 直人 TEL 03-3235-8647 FAX 03-3266-8525

容積に置換し混入したが、脱水ケーキに含まれる全水量を練混ぜ水へ加算されるものとして補正すると、実質の脱水ケーキ混入率は図1に示すとおりとなる。

これより、脱水ケーキの混入量の増加に伴い、脱水ケーキ中の水分によってコンクリート中の水量が増加するため、結合材水比が減少し、圧縮強度が減少することが分かる。

4. 絶乾状態とした脱水ケーキを用いた混入コンクリートの強度試験結果

図3に、コンクリート中の全水量を考慮した結合材水比と基準コンクリート（混入0%）に対する圧縮強度比との関係を示す。

ここで、圧縮強度の近似式と基準コンクリートとの関係から、絶乾状態の脱水ケーキを混入した場合、コンクリート容積中の91.7%の水が結合材と反応する練混ぜ水に、残りの8.3%は脱水ケーキ中に吸着される水であると考えることができる。

図4にこれに基づいて推定した結合材水比と圧縮強度比との関係を、また図5に混入率と圧縮強度比との関係を示す。

図4より、推定練混ぜ水量に基づく結合材水比と圧縮強度比との線形関係における相関は、 $y = 0.6758x + 18.993$ から $y = 0.6815x + 14.02$ へ向上すること分かり、絶乾状態の脱水ケーキを用いたコンクリートの配合設計における水分の取り扱い方法は概ね適切であるものと考えられる。

また、図5より、脱水ケーキをコンクリート容積に対して15%程度混入しても、基準コンクリート（混入0%）に比べて材齢91日の圧縮強度は80%以上確保できることが明らかとなった。

5. まとめ

以上の検討結果をとりまとめて、下記に示す。

- (1) 脱水ケーキ混入コンクリートにおいても、結合材水比と圧縮強度との関係は、ほぼ線形関係にあることが明らかとなった。
- (2) 脱水ケーキ混入コンクリート中の水量は、混入量にかかわらず、遊離水と脱水ケーキ内への吸着水とに分けて考える必要があり、コンクリートの配合設計上その割合は一定であることが把握できた。
- (3) 脱水ケーキの混入量の増加に伴い、圧縮強度は減少するが、その割合は混入率15%に対して20%程度であることが明らかとなった。
- (4) 強制二軸式ミキサを使用し、高性能AE減水剤を用いることによって、高含水比の脱水ケーキであっても練混ぜは十分可能であることが確認できた。
- (5) 今後、脱水ケーキ混入コンクリートの配合設計を確立するには、脱水ケーキ内の水分を水粉体比および遊離水・吸着水の関係を究明することにより、確立できることが把握できた。

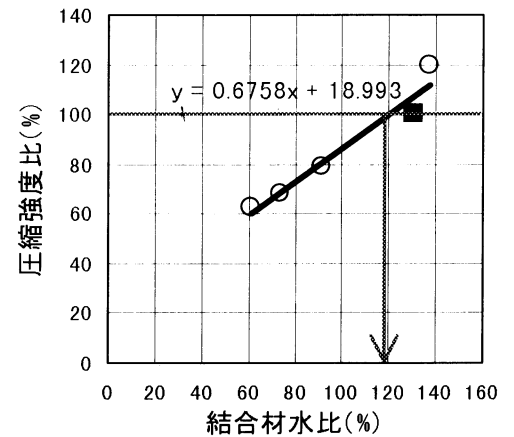


図3 結合材水比と圧縮強度比
(脱水ケーキ：絶乾状態)

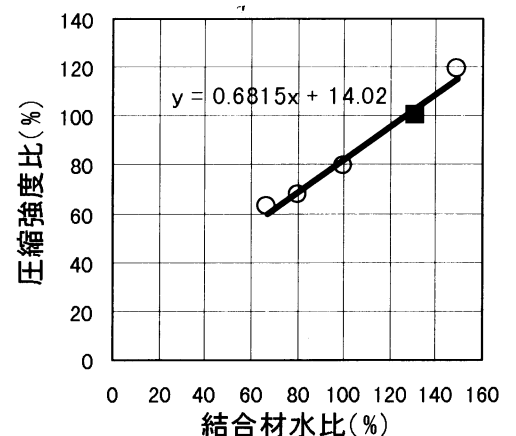


図4 推定練混ぜ水量に基づく
圧縮強度比

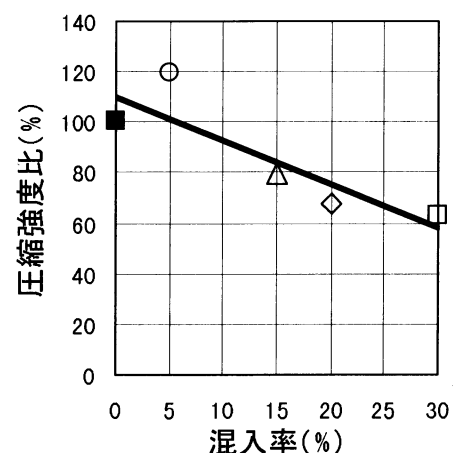


図5 混入率と圧縮強度比
(脱水ケーキ：絶乾状態)