

過去と現代のダムコンクリートにおける長期材齢コンクリートの諸物性の比較

○大分工業高等専門学校 正会員 山本大介
大分工業高等専門学校 非会員 日名子梓

1. はじめに

九州南東部にあるTダムは、低熱セメントを用い一貫した機械化施工が行われた日本初の重力式ダムである。1938年に竣工し、現在に至るまで80年以上にわたって供用されている。Tダム着工当時のセメントは粉末度が低く、長期にわたって水和反応の進行が期待でき、長期強度が増進すると思われる。一方、2012年に竣工したOダムは九州中部に位置し、セメントの30%程度をフライアッシュ(以下FA)で内割置換したFAセメントが用いられ、RCD工法が用いられた。FAは、ワーカビリティの改善、水和熱の低減、長期材齢における強度・水密性の増進という特徴を持ち、水和熱低減の観点から主にマスコンクリートで用いられる混和材である。

本研究では、年代違いのため異なる粉末度のセメントが及ぼす水和進行の違いと、それに伴う強度発現の違い、また長期材齢におけるFAセメントコンクリートの物性変化に着目しつつ、旧来の低熱セメントによるダムコンクリートとFAを用いたダムコンクリートの長期性能について考察を行う。

2. 調査対象

用いた供試体を表-1に、供試体の各配合を表-2に示す。Tコアは供用開始から70年時にTダム表層部から採取されたコア供試体である。Tダム配合供試体はTダムの配合をもとに現代のセメントとOダムと同じ骨材を用いて作製された供試体である。Oダム供試体はOダムのコンクリートプラントより採取された供試体である。なお、供試体は打設後翌日脱型し、材齢28日まで20℃水中養生を行い、材齢28日から12年までは20℃水中養生、もしくは気中養生(室内)とした。試験材齢は28日、91日、12年とした。

28日から12年までは20℃水中養生、もしくは気中養生(室内)とした。試験材齢は28日、91日、12年とした。

3. 実験項目

各対象供試体(φ150×300mm)において、圧縮強度(JIS A 1108)、静弾性係数(JIS A 1149)、細孔径分布(JIS R 1655)、骨材界面のピッカース硬さ(JIS Z 2244)、吸水深さの測定を行った。吸水深さは、試料を厚さ5cmに成型したのち側面をシールし、1時間真空状態で静置後注水し、真空状態で20分一面吸水させた時の吸水した深さとした。

4. 実験結果と考察

図-1に材齢と圧縮強度の関係を示す。TダムA配合に比べOダムA配合はより高い圧縮強度を示したが、これはOダムA配合がTダムA配合に比べて水結合材比が低いためと推察される。TダムA配合の気中養生の12年圧縮強度はTダムコア70年圧縮強度より高い。これは70年間でのセメント粉末度変化など年代による品質変化が影響したと考えられる。

12年間での強度増進の勾配をTダムB配合とOダムB配合とで比較すると、OダムB配合はTダムB配合に比べ水結合材比が小さいが、12

表-1 対象供試体

Tダムコア	A配合	竣工後70年のダム表層部(A配合)より採取されたコア供試体。
Tダム配合供試体	A配合	当時の配合表をもとに実験室で作製した供試体。現代のセメント、Oダムと同じ骨材を使用。
	B配合	
Oダム配合	夏季打設	Oダムのコンクリートプラントより採取されたコンクリート供試体。夏季、秋季にそれぞれ採取。
	B配合	
	A配合	

表-2 コンクリート配合表

	粗骨材最大寸法(mm)	細骨材率(%)	水結合材比(%)	単位量(kg/m ³)						
				水	セメント	FA	細骨材	粗骨材	AE減水剤	AE助剤
TダムA配合	100	33	55.0	150	273	-	670	1374	-	-
TダムB配合	100	33	68.0	150	220	-	685	1404	-	-
OダムA配合	80	28	48.6	107	154	66	568	1485	2.2	4.4
OダムB配合	80	31	76.4	107	91	49	653	1471	1.4	2.24

A 配合:ダム表層部 B 配合:ダム堤体内部

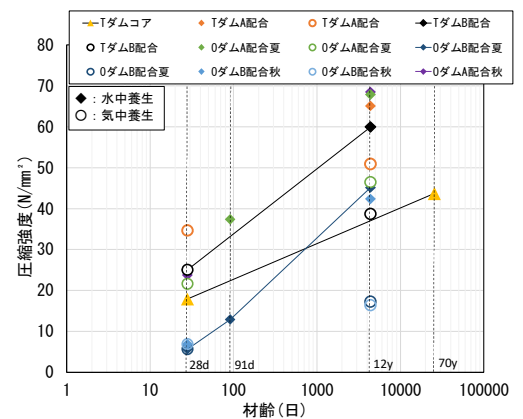


図-1 材齢と圧縮強度の関係

キーワード ダムコンクリート, 低熱ポルトランドセメント, フライアッシュ, 長期強度
連絡先 〒870-0152 大分市大字牧 1666 番地 大分工業高等専門学校 TEL:097-552-7623

年間での強度増進の勾配が大きい。これはFAの混和により長期強度が増進したためと推測される。またOダムA配合は、28日水中養生後、12年間気中であっても長期強度の増進がみられた。なお、12年経過後の全要因において、ダムコンクリートに要求される圧縮強度を十分に満足していた。

図-2に圧縮強度と静弾性係数の関連を示す。赤線は土木学会示方書に示される静弾性係数と圧縮強度の関係を示す。Tダム配合に比べてOダム配合は赤線より上にプロットされるものが多く、剛性の高いコンクリートであることがわかる。図-3に骨材界面のビッカース硬さと圧縮強度の関連を示す。圧縮強度が高いとビッカース硬さも高くなる傾向があったが、これは水結合材比に依存するセメントペーストの硬さが圧縮強度に影響したと推察される。図-4に圧縮強度と細孔量の関連を示す。コンクリートの圧縮強度には細孔径が $50n-2\mu m$ の細孔量が影響すると言われる²⁾が、Tダム配合とOダム配合のコンクリートにおいても圧縮強度が高いと細孔量が小さくなる関係がみられた。

図-5に圧縮強度と吸水深さの相関を示す。材齢が長くなるにつれ、吸水深さが小さくなるのがわかる。また、水中養生を行ったものは吸水深さが小さい。なお、気中養生を行ったTダムA配合およびOダムA配合に着目すると、圧縮強度は $50N/mm^2$ と高い値を示すものの、吸水深さは8mm程度と比較的大きな値を示した。これより、FAを用いたコンクリートは材齢28日以降も湿潤養生を行うことで、より水密性が高いコンクリートとなる一方、気中養生下では材齢が経過しても水密性は向上しないことがわかる。

以上より、材齢12年時の測定結果から、例えばTダムA配合やOダムA配合は、静弾性係数の増加、骨材界面のビッカース硬さの増加、細孔量の減少、水密性の向上が確認され、材齢28日と比べ材齢12年圧縮強度は約2倍に増進することが確認された。これらは長期の湿潤養生による低熱ポルトランドセメントの長期強度やFAの長期ポズラン反応の進行による結果と考えられる。

5. 結論

本研究では、日本で初めて低熱セメントの使用と機械化施工が行われたTダムコア、現代のセメントを用いたTダム配合供試体、FAを使用し、RCD工法で施工されたOダム配合供試体において、圧縮強度、静弾性係数、細孔径分布、骨材界面のビッカース硬さ、吸水深さの比較を行った。

試験の結果より、70年前に施工された低熱ポルトランドセメントを用いたダムコンクリートは、長期にわたる強度増進が確認された。また、FAを用いたダムコンクリートは、水中養生下での長期材齢において、著しく強度増進したことが確認された。

謝辞 本実験を遂行するにあたり、(株)九州電力および(独)水資源機構より試料の提供を受けた。ここに謝意を表す。

参考文献

- 1) 廣瀬利雄, 柳田力:ダムコンクリートの歴史, pp13-19, 土木学会誌, 1992, 8.
- 2) 羽原俊祐:硬化コンクリートの組織及び空隙構造と物性の関係に関する研究, 慶應義塾大学博士論文, 1992.

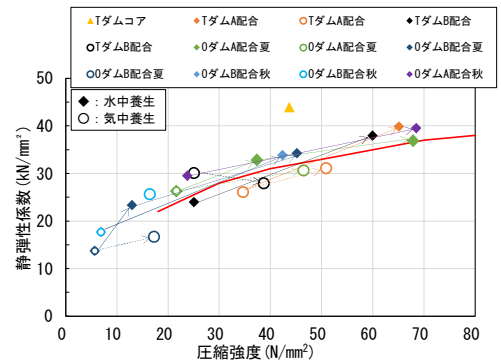


図-2 圧縮強度と静弾性係数の関係

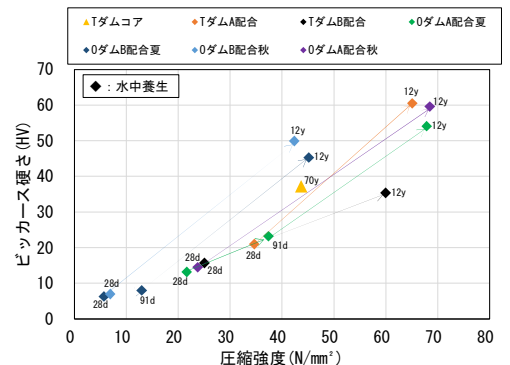


図-3 圧縮強度とビッカース硬さの関係

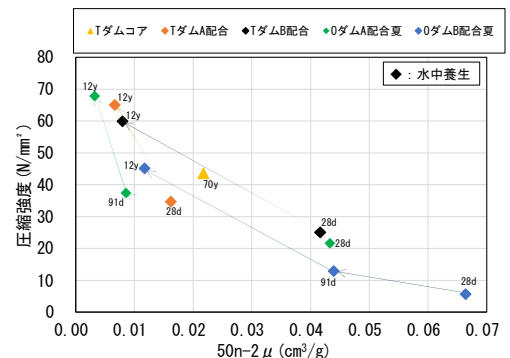


図-4 細孔量(50n-2 μ)と圧縮強度の関係

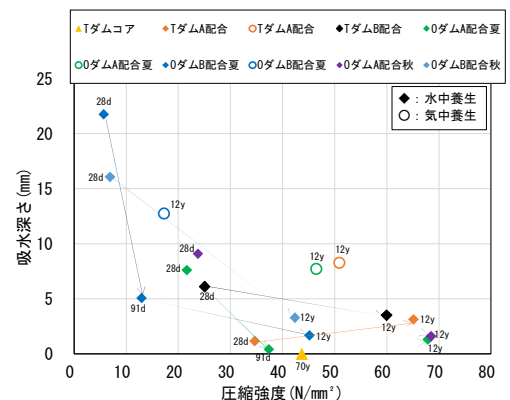


図-5 圧縮強度と吸水深さの関係