

ダムコンクリートの初期強度特性に与える使用材料の影響

建設省温井ダム工事事務所 為沢長雄 岡 公 雄 庄司俊介 正会員 ○矢崎剛吉

1. はじめに

ダムコンクリートはマスコンクリートであるために温度応力によるひび割れの発生が懸念される。このためセメントの初期の水和を抑制する材料を使用しているが、その結果ダムコンクリートの初期強度が小さくなる傾向がある。ところが実際の施工において、型枠の取り外し、アンカーによる型枠の固定およびグリーンカット¹¹⁾等の施工時に所定の初期強度が要求される。特に温井ダムのようなアーチ式ダムでは、より大きな初期強度が要求されるため強度発現の遅れは工程管理上、重大な問題となる。そこで、ダムコンクリートの初期強度に使用材料がどの程度影響を与えるか実験により検討を行った。さらに発熱を調べる事により、ダムコンクリートの材料として適しているかのチェックを行った。

注1) 打ち継ぎ面のレイタンスを取り除き、コンクリート表面を粗くすること。

2. 試驗方法

試験は発熱と初期強度に及ぼす使用材料の影響を調べるために、基準配合からセメント、フライアッシュ、細骨材および混和剤量をそれぞれ変えた時に圧縮強度と温度上昇の測定を行った。

表1 実験で使⽤したセメントの性質

	比重	粉末度 (cm^2/g)	化学成分 (%)				凝結	
			C ₃ S	C ₂ S	C ₄ AF	C ₃ A	始発(時間-分)	終結(時間-分)
①N中腐蝕セメント	3.20	3.18	45	35	11	3	2-50	4-20
②T中腐蝕セメント	3.21	3.35	41	36	12	4	3-30	4-50

表2 実験で使⽤した

基準配合とは材料が温井ダムの堤体コンクリートと同一で混和剤量を0.25%としたものである。測定はモルタル供試体で行い、配合は全ての試験において、堤体コンクリートのモルタル分と同一の、 $S/(C+F)=2.37$ 、 $W/(C+F)=40.9\%$ 、 $F/(C+F)=30\%$ とした。圧縮強度試験は $\phi 5 \times 10\text{cm}$ の供試体を用い、養生を気温 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ の

圧縮強度試験はφ5×10cmの供試体を用い、養生を気温20±2℃の湿潤養生で行った。温度上昇試験はφ10×20cm（内径）の蓋付二重式ポットにモルタルを入れ、さらにこのポットの周りを発泡スチロールで囲んで行った。この試験は厳密には断熱試験でそれぞれのケースにおいて比較検討は行えると考えている。

フライアッシュの性質

	比重	比表面積 (cm ² /g)	化学成分(%)	
			強熱減量	二酸化ケイ素
①TGフライアッシュ	2.21	2,960	2.5	54.9
②TRフライアッシュ	2.22	4,060	1.07	63.5
③TSフライアッシュ	2.22	3,042	0.76	56.3

3. 本研究で使用了材料及びその性質

実験で使用したセメントとフライアッシュの性質をそれぞれ表1と表2に示す。セメントは②が、フライアッシュは①が温井ダムの堤体コンクリートで使用している材料である。

細骨材は次に示す 4 種類のものを使用した。①温井ダムで使用している粒形改善された細骨材^{※2)}（以下「改良砂」と呼ぶ）②温井ダムで使用している細骨材で粒形改善する以前のもの（以下「通常砂」と呼ぶ）③O 川産 河川骨材（以下「O 川産砂」と呼ぶ）④N 県産の花崗岩をロッドミルで製砂した細骨材（以下「花崗岩 N 砂」と呼ぶ）なお全ての細骨材において、改良砂と同一の粒度分布になるようにふるい分けを行った。

注2) 温井ダムではコンクリートの流動性を改善する為に40mm以下の骨材の粒形を改善(丸く)している。

4. 試験結果および考察

図 1 ～ 図 4 に圧縮強度試験の結果を示す。これらの結果より細骨材とセメントのケースは、フライアッシュと混和剤量のケースと比べ、圧縮強度の差が小さい事が分かる。理由として、細骨材は粒度分布を揃えた為に物理的影響が現れにくかったことや、セメントは初期の水和に影響を及ぼす C_3S の量の差が僅かであった事が考えられる。次にフライアッシュのケースでは、およそ 40 時間までは圧縮強度の大きいフライアッシュ

うほど比表面積が大きい。これは粒子の細かいフライアッシュほどよりセメント粒子を分散させ、初期におけるセメントの水和を促進させたと思われる。最後に混和剤量のケースでは、混和剤量の少ないものほど圧縮強度が大きくなっている。これは遅延型のAE減水剤を使用しているためである。以上にそれぞれのケースについて、初期強度に差が出る理由について考察を行ったが、今後ダムコンクリートの使用材料を決定する際には、前述したような材料の性質が参考になると思われる。

圧縮強度試験によりフライアッシュと混和剤量が初期強度に及ぼす影響が大きい事が分かった。次にこの2ケースについて、温度上昇試験により発熱の評価を行い、基準配合の材料よりも発熱量が大きくなっていないか調べる。そして、ダムコンクリートの材料として最も適した材料はどれであるか評価を行う。(初期強度が大きいか発熱量が大きい材料)なお、温度応力によるクラックの発生は、打設数日後に達する最高温度の大きさにより決定するため、セメントの初期水和の発熱量の大きさを評価する必要がある。本実験における、モルタルの発熱は(1)式によりモルタルの温度とその勾配により決まる。よって、水和初期の最高温度に達するまでのグラフの形状により、定性的には発熱を評価できるものと考えられる。

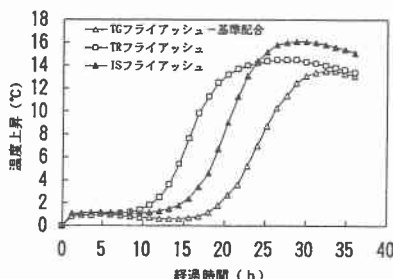


図5 温度上昇試験
(フライアッシュの違いによる比較)

図5～図6に温度上昇試験の結果を示す。フライアッシュのケースにおいて、最も初期強度の大きいTRフライアッシュは基準配合のフライアッシュ(TGフライアッシュ)と同程度の発熱量である。よって、TRフライアッシュが最適の材料であると言える。次に混和剤量のケースでは、基準配合(0.25%)よりも初期強度の大きい0.15%と0.20%では、0.15%の方がセメントの初期水和が盛んであり、最高温度が大きくなっている。よって、0.20%の添加量の方が適している。ただし、混和剤量を少なくすると所要のワーカビリティを得ることができなくなる可能性があるので注意を要する。

5. おわりに

本研究は今後のダムコンクリートの配合を決定するための基礎資料を得る目的で行った。以上のケースの中で、初期強度の差の小さいセメントと細骨材のケースよりも、混和剤量とフライアッシュのケースの方がより有効である。しかし、フライアッシュについては長期安定供給あるいは安定品質といった検討課題があり、混和剤量については実施変更に向けてさらに検討していく所存である。

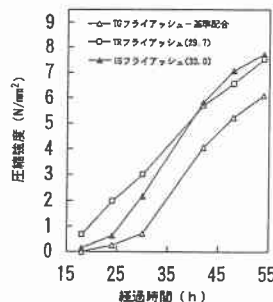


図1 圧縮強度試験
(フライアッシュの違いによる比較)

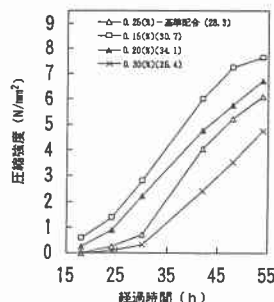


図2 圧縮強度試験
(混和剤量の違いによる比較)

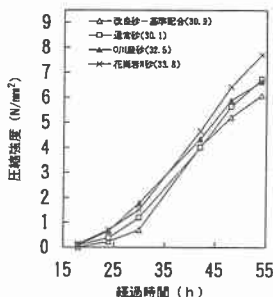


図3 圧縮強度試験
(細骨材の違いによる比較)

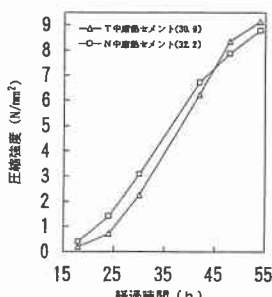


図4 圧縮強度試験
(セメントの違いによる比較)

Δt 時間における外部との熱の出入り

$$C\Delta T = Q(t) \cdot \Delta t - kS(T(t) - T_o) \cdot \Delta t$$

$$Q(t) = C \cdot dT(t)/dt + kS(T(t) - T_o) \dots (1)$$

C: 熱容量 k: 熱伝達率 T_o : 外気温(一定)

Q: モルタルの発熱量 S: 容器の表面積 T: モルタルの温度