

ダムコンクリートの長期強度に関する調査

高経年化するダムの維持管理の合理化に向けて

Study of the Long-Term Strength of Concrete Used for Dams

Rationalization for the Maintenance and Management of Aging Dams

(電力技術研究所 土木技術G 構築T)

(Construction Team, Civil Engineering Group, Electric Power Research and Development Center)

ダムコンクリートの長期強度を把握することは、合理的な維持管理を行うために、非常に重要である。そこで、ダムコンクリートの圧縮強度の経年変化に関して、建設された年代による使用材料や配合の変遷に着目しつつ分析した。

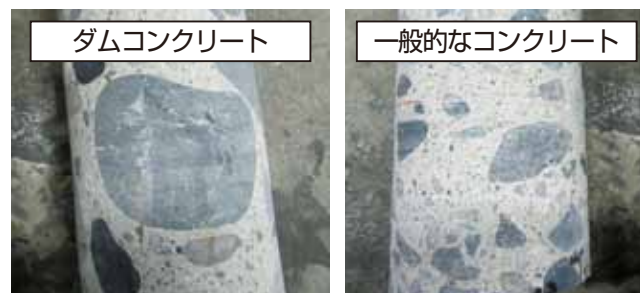
To maintain and manage rationally, it is very important to understand the long-term strength of the concrete used for the dams. Therefore regarding the changes that occur over the time with the compressive strength of the concrete used for dams, we conducted analysis by focusing on the transition in the materials used along with the mixing ratio according to the time of construction.

1 背景および目的

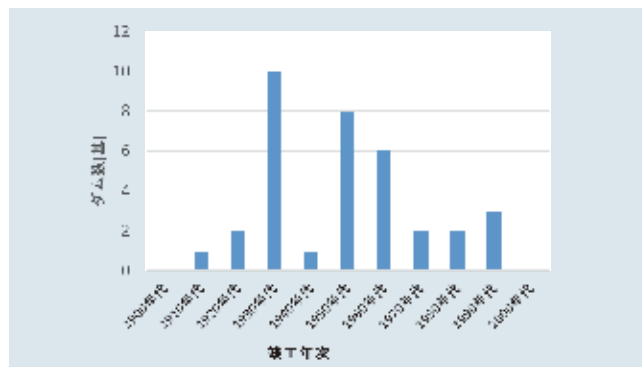
当社における水力発電用設備であるコンクリートダムの内、高さ15m以上（ハイダム）の建設数の推移を第1図に示す。最も古いものは1919（大正9）年に竣工した高橋谷ダムである。建設数は、1930年代、1950～60年代にピークがあり、これらは、第二次大戦前の軍需景気や戦後の高度経済成長期に相当する。1960年代までに建設されたダムは、全体の8割程度を占めており、既に竣工後50年～100年程度経過している。これら高経年化したダムは、今後も増加するため、適切な維持管理が必要である。

ダムコンクリートに用いる砂利の最大粒径は、第2図に示すように一般的な建物等に使用するコンクリートが25mm程度なのに比べて150mmと大きく異なる。また、過去からの技術開発の中で、ダムコンクリートに使

用するセメント、砂、砂利等の材料や、これら材料の配合割合に関する考え方は、第3図に示すように年代とともに変遷してきている。



第2図 ダムコンクリートと一般的なコンクリートの比較

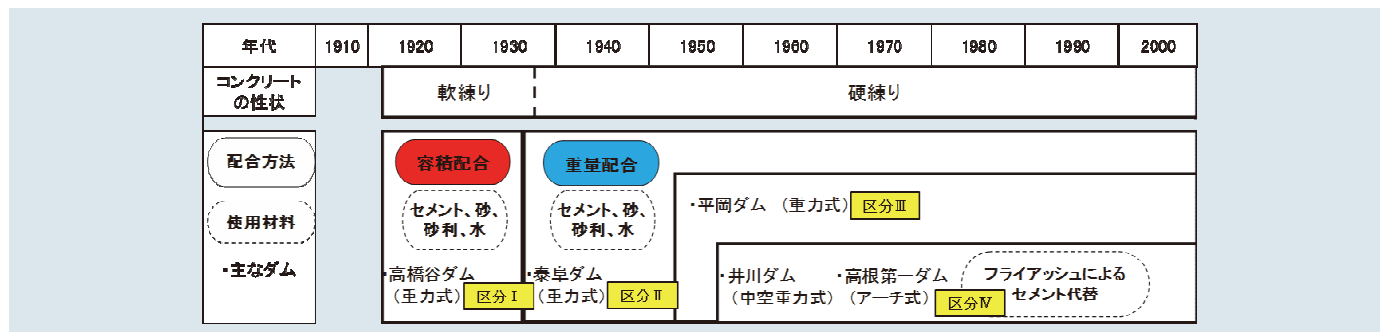


第1図 コンクリートダムの建設数の推移

ダムコンクリートの維持管理においては、圧縮強度の把握が重要であり、圧縮強度等の物性値に関する調査を行ってきている。そこで、これまで建設時や供用開始後に実施してきた圧縮強度試験に関するデータを収集するとともに現場調査を実施し、得られたデータを分析してダムコンクリートの変遷および経年に伴う圧縮強度の特徴を把握することにより、今後のコンクリートダムの維持管理に資することを目的とした。

2 ダムコンクリートの配合の主な変遷

一般的にコンクリートは、水量が多いほど柔らかく施工性に優れる一方、必要な強度を得るためのセメント量



第3図 ダムコンクリートの配合の主な変遷と主なダム

が増える。セメント量が増えると、打設時の発熱量が大きくなり、硬化後のひびわれ発生などの問題が生じやすく、また、コンクリートが高価となる傾向がある。そこで、ダムコンクリートは、所定の強度や施工性を確保したうえで、水およびセメント量をできるだけ減らすよう施工方法や材料などが改良されてきた。

大正～昭和初期（区分Ⅰ）までのダムコンクリートは、施工機械等の性能上の制約から、軟練りコンクリートを用いざるを得ず、水量、セメント量とも近年のダムコンクリートに比べ多かった。配合は、セメント：砂：砂利：水の割合を容積配合比で、例えば1：3：6：1とした上でコンクリートの練り混ぜ状態によって水量を調整する必要があり、製造には高い技術が必要であったと考えられる。

泰阜ダム（昭和10年（1935）竣工）の施工（区分Ⅱ）では、コンクリート品質の均一化のため、重量配合比の考え方が初めて採用された。また、この頃には、厳寒時施工における凍害の問題から水量を減らした硬練りコンクリートが実用化された。

戦後以降、水およびセメント量削減のため、減水剤、AE剤等の混和剤が開発された。AE剤はコンクリート中への微細な気泡の連行により、水の凍結膨張がもたらす内部圧力を緩和してコンクリートの耐凍害性能を向上するものであるが、同時にコンクリートの流動性を向上し、水量を減らす効果がある。わが国では当社の平岡ダム（昭和26年（1951）竣工）で初めて本格的に使用された。（区分Ⅲ）

昭和32年（1957）竣工の井川ダムの頃（区分Ⅳ）からは、石炭火力発電所から発生するフライアッシュがセメントの代替添加材として使用された。フライアッシュにより、セメント量の減少と発熱量の低減等が可能であることから、ダム工事には有効とされ、その後広く使われるようになった。

3 ダムコンクリートの長期強度に関する調査

(1) 調査方法

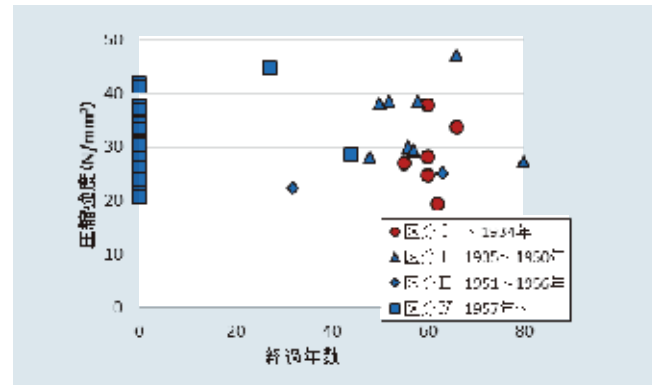
当社の水力発電所コンクリートダムに対して、これまで建設時や供用開始後に実施してきた圧縮強度試験に関するデータを収集するとともに、データを補完するため既設のダムからコンクリートコアを採取して圧縮強度試験を実施した。

(2) 調査結果

第4図に、圧縮強度と経過年数の関係を示す。試験は、それぞれの箇所において複数個のコンクリートコアに対して実施しており、これらの平均値を示している。図中のマーカーの違いは第3図における区分を示し、塗りつぶしの色は、容積比配合（赤）、重量比配合（青）を示す。一部、 40 N/mm^2 を超える高い強度を示したものもあるが、圧縮強度は $20 \sim 40 \text{ N/mm}^2$ 程度の範囲に分布している。

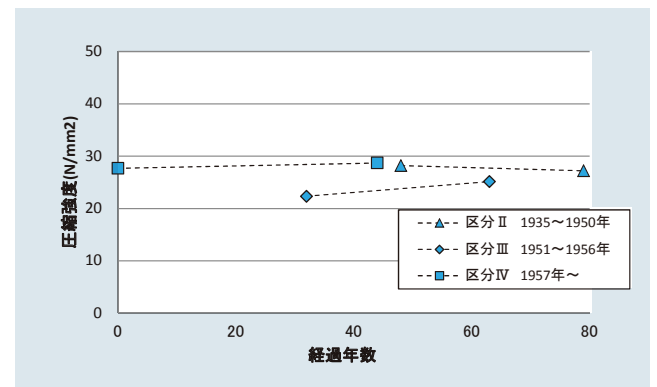
コンクリートの配合の変遷により、使用材料等が異な

るものの、特定の年代に建設したダムのコンクリート強度が低下する傾向はみられない。また、区分Ⅰ～Ⅲ（1956年以前）に建設されたダムから採取した経年コンクリートの圧縮強度の下限値は、比較的近年の区分Ⅳ（1957年以降）のダムにおける建設時の圧縮強度の下限値以上を有しており、建設後80年を経過したダムにおいても、現設計において必要とする圧縮強度を満たしていると考えられる。



第4図 圧縮強度と経過年の関係

第5図に、同じ地点において異なる時期に採取して計測した圧縮強度の平均値を、地点ごとに破線で結んで示す。0～45年、30～60年、45～80年程度経年しても圧縮強度はほぼ同じである。データ数が少ないものの、配合の区分によらず強度が低下する傾向は見られない。



第5図 同一地点における圧縮強度と経過年の関係

4 まとめ

高齢化するダムが増加する中で、竣工後25年～80年経過したダムコンクリートの圧縮強度について調査した結果、コンクリートの材料や配合方法の違いに関わらず、現設計において必要な圧縮強度を満たしており、かつ、経年による強度低下は見られなかった。今後も継続的にダムコンクリートの圧縮強度データ収集、圧縮強度の経年変化を適切に分析し、ライフサイクルコスト削減などを含めた合理的な維持管理を目指す。



執筆者／上松泰介