

## 締固めエネルギーによるダムコンクリートの締固め完了範囲の評価に関する一考

大成建設(株) 土木技術部 ダム技術室 正会員 ○ 新井 博之  
大成建設(株) 技術センター 正会員 張 文博 梁 俊

### 1. はじめに

有スランブのダムコンクリートは、一般のコンクリートに比べてモルタル分が少ないので、内部振動機を用いて十分な締固めが必要である。しかし、ダムコンクリートの適切な締固め時間や締固め完了範囲の判定方法はまだ確立されていないのが現状である。本稿では、ダムコンクリートの締固め完了エネルギーと累積エネルギーの関係から締固め完了範囲を推定し、さらにその推定値を硬化後コンクリートの品質により検証した。

### 2. 試験概要

本研究に使用した粗骨材最大寸法 80mm のダムコンクリートの配合を表-1 に示し、締固め完了エネルギー測定用試験装置を図-1 に示す。実験に用いたスランブコーンの寸法は、作業性を考慮したうえで、図-1 に示すように標準スランブコーンの体積の 4 倍とした。試験中には、まず試料容器を振動テーブルに固定し、その中にスランブコーンをセットしてコンクリートを 5 層に分けて充填した。その後スランブコーンを引上げ、高さ追従ボードを試料頂部まで軽く降下させてから加振し、振動テーブルの下部中心に設置した加速度センサーで加速度と振動数を計測し、レーザー変位計で試料高さの変化を計測した。なお、コンクリートの練混ぜには容量 60L のジクロスミキサを使用した。

図-2 は、累積エネルギー試験における加速度計の分布、および締固め完了範囲の確認試験における試験体の切断位置とコアの採取位置を合わせて示すものである。両試験とも W3000×D3000×H750mm の型枠を用い、コンクリートは容量 2.25m<sup>3</sup> の二軸強制練りミキサで製造し、ダンプトラックで運搬し、バックホウで打込んだ。その後型枠の中心線にバイバックの振動体 4 本を挿入して締固めを実施した。

累積エネルギー試験では、加振時間別の加速度と振動数を計測するため、締固め時間を 180 秒に設定した。加速度計は型枠底面から 200mm 離れた位置に鉛直方向に設置した。締固め完了範囲の確認試験では、締固め時間を標準的な 60 秒にした。コンクリート硬化後、図-2 に示す切断面で透気試験を実施し、採取した 3 列のコアの圧縮強度と単位容積質量を測定した。すべての試験は材齢 91 日で実施した。

### 3. 試験結果

#### 3.1 締固め完了範囲の算出方法およびその結果

既往研究<sup>1)</sup>に示す式 (1) と (2) に基づいて締固め度と締固めエネルギーを求めた。締固め完了エネルギーは、締固め度が 99.5% に達した時に対応したエネルギーとしており、測定した加速度、振動数および締固め曲線によるキーワード 締固め完了エネルギー、ダムコンクリート、累積エネルギー、締固め完了範囲、透気試験、圧縮強度

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株) 技術センター 社会基盤技術研究部 TEL 045-814-7221

表-1 ダムコンクリート配合表

Gmax (mm)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )							
	水	セメント	細骨材	粗骨材			減水剤	AE剤
				8040	4020	2005		
80	100	210	612	522	506	506	C×1.0%	C×0.034%

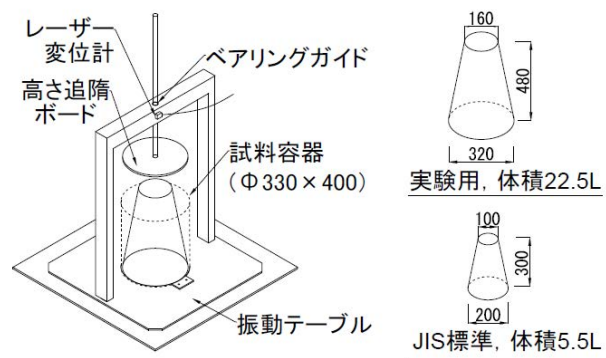


図-1 締固め完了エネルギー試験装置の概要

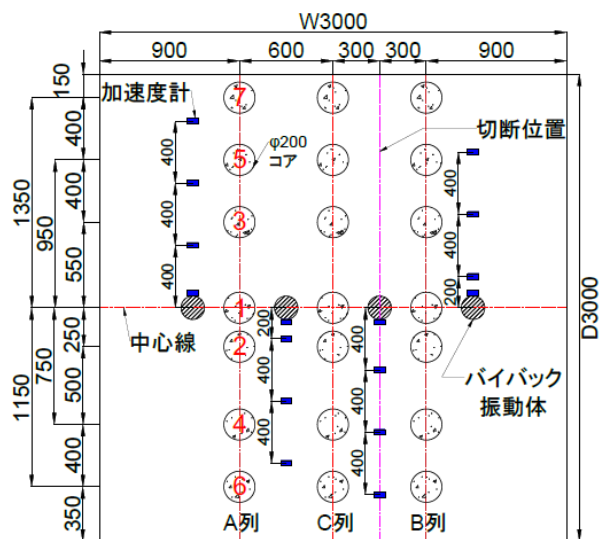


図-2 加速度分布と締固め完了範囲確認試験概要

計算結果は 139.5J/L であった。

$$\gamma = H_0/h \times 100 \quad (1)$$

ここに、 $\gamma$ ：締固め度(%),  $H_0$ ：理論上の単位容積質量まで締固められた場合の試料の高さ(mm),  $h$ ：締固め途中の高さ(mm)

$$E_t = \rho_0 \alpha_{\max}^2 t / 4\pi^2 f \quad (2)$$

ここに、 $E_t$ ：t秒間振動時試料が受けたエネルギー(J/L),  $\rho_0$ ：単位容積質量(kg/L),  $\alpha_{\max}$ ：最大加速度(m/s<sup>2</sup>),  $f$ ：振動数(s<sup>-1</sup>)

加振時間別の累積エネルギーの計算結果を図-3に示す。締固めエネルギーは振動時間と共に大きくなり、振動中心からの距離の増加に伴い指数的に減衰することが認められる。求めたダムコンクリートの締固め完了エネルギーは 139.5J/L であったので、振動時間を 60 秒にした場合、締固め完了範囲の計算結果は図に示すように、435mm となった。

### 3.2 算出した締固め完了範囲の検証

採取した  $\phi 200 \times 750$ mm のコアを写真-1に示す。下から長 400mm の円柱を切出して圧縮強度と単位容積質量試験に供し、それら結果を図-4、図-5に示す。図-4に示すように、振動中心線から 550mm 以内にあるコアの圧縮強度には大差なく、ウェットスクリーニングした  $\phi 150 \times 300$ mm の打込み試験体の圧縮強度とほぼ同程度であった。550mm 以外のコアの圧縮強度はバラツキが大きく強度の低下が顕著であった。図-5に示す見かけの単位容積質量も圧縮強度と同様な傾向であった。中心線からの距離が 550mm 以内のコアの単位容積質量は配合に基づいて計算した理論密度とほぼ同じであるが、中心線からの距離が 550mm を超えると徐々に小さくなっていく傾向が認められた。また切断面の上縁と下縁から内部に向かってそれぞれ 200mm 離れた箇所 で計測した表層透気試験 (Torrent 法) の試験結果を図-6に示す。算出した締固め完了範囲 435mm 以内であれば、透気係数が「優」か「良」の範囲に収められているが、600mm を超えると、透気係数がばらついて品質が不安定になっていることがわかる。

以上の評価結果は、締固め完了エネルギーが 139.5J/L のダムコンクリートの締固め時間を 60 秒にした場合、硬化後コンクリートの品質は振動中心線から 450~550 mm 程度離れた箇所より先では明らかな品質変化が発生していることを示唆している。

### 4. おわりに

今回の実験により、締固め完了エネルギーを用いてダムコンクリートの締固め完了範囲を精度よく推定できることがわかった。この研究と合わせて締固め完了エネルギーに基づいて、パイバックによるダムコンクリート締固め状態を面的に管理できるダムコンクリート締固め可視化システムも開発<sup>2)</sup>しており、今後施工するダム現場で導入・運用していく予定である。

#### 参考文献

- 1) 梁俊ほか：締固め完了エネルギーに基づくコンクリートの締固め完了範囲の評価方法に関する研究，土木学会論文集 (材料・コンクリート構造)，Vol.69, No.4, pp.438-449, 2013.
- 2) 太田兵庫ほか：締固めエネルギーによるダムコンクリート締固め状況可視化システムの開発，土木学会第 77 回年次学術講演会，2022..

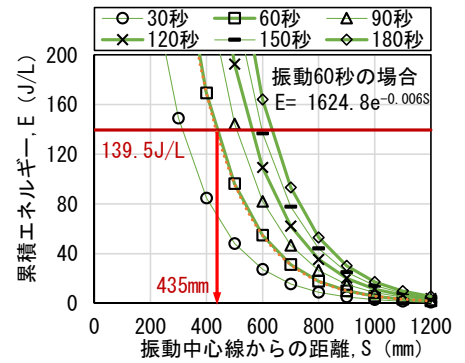


図-3 加振時間別の累積エネルギー



写真-1 採取した A 列のコア

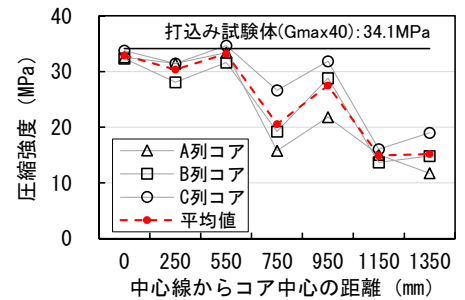


図-4 コア圧縮強度の結果

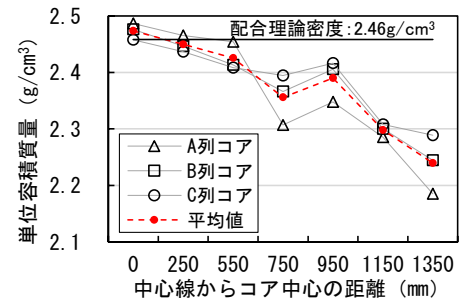


図-5 単位容積質量の結果

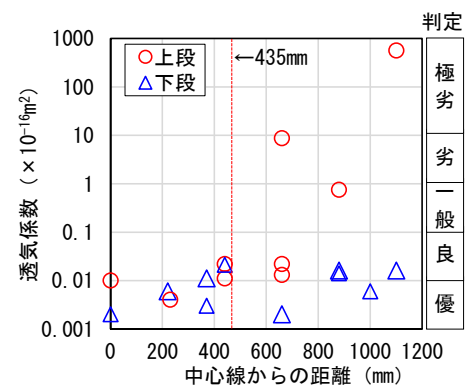


図-6 透気係数の計測結果