

9. 超硬練り,低セメントコンクリートの振動ローラによる締固めについての一実験

建設省中国技術事務所 福永典次
村上輝久
池田勇

1. まえがき

コンクリートダムの施工法を新しく見直しする傾向は世界的なものとなりつつある。すでに諸外国では、経済性や施工性を高めるための新しい提案と実施が試みられている。我国では、中国地建島地川ダムを国内における合理化施工法の提体第1号として本格的打設に着手する運びとなった。本報告は打設で使用する超硬練りコンクリートの締固めについて新工法を実用化することを目的に試験を実施したので、これらの結果をとりまとめたものである。

2. 調査概要

中国技術事務所構内に傾胴式コンクリートプラントを仮設して島地川ダムに使用する配合のコンクリートを混合し、振動ローラによる屋外試験、並びにこれに付随する室内でのコンシステンシー等の試験を実施した。

2.1 コンクリートの基本配合

提体内部に使用するものと同配合とした。転圧機械の走行性と作業性の観点から、超硬練りゼロスランプとしているのが大きな特徴といえる。

表-1 島地川ダムコンクリート基本配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	水セメント比 (W/C+F) (%)	フライアッシュ比 (F/C+F) (%)	細骨材率 (S/A) (%)	スランプ (mm)	空気量 (%)	水 (W) (kg)	セメント (C) (kg)	フライアッシュ (F) (kg)	細骨材 (S) (kg)	粗骨材 (G) (kg)	混和材 (kg)	
												C+F=120
B種コンクリート(内電)	80	79.2	30	34	0	25±0.5	95	84	36	756	1474	0.21



写真-1 屋外試験状況 (ボマーク B 型 - 200)

2.2 締固め機械と施工試験条件

締固めには振動ローラを用い1機種に限定して試験を実施した。

表-2 締固め機械と施工試験条件

機械名……振動ローラ 起振力……16,000kg 速度第1速……1km/h 振動ローラ
 メーカー……ボマーク社 振動数…… $\frac{2600 \text{ rpm}}{2300 \text{ rpm}}$ 第2速……2km/h (ボマーク BW-200)
 総重量……8000kg ローラ径×ローラ幅……800×950mm 第3速……3km/h 速度 1.0km/h

締固め仕	転圧回数		
	6	8	10
1層打	35	○*	○
2層打	70	○	○

3. 試験方法及び結果

3.1 VC値 (Vibrating Compaction Value)

図-1は各種測定法の適用範囲を示したもので、RCD「Roller

注: 1) 速度 1.0km/hは、速度段第1速フルロットルに相当する。
 2) 転圧回数は無振動1往復を含む回数を示し、往復1回が転圧回数2回に相当する。
 3) *印はS/A=31%の2種類の配合で行った。

Compacted Dam」コンクリートの場合は超硬練りのため一般コンクリートのようなスランプによる品質管理ができない。そこで、振動台式コンシステンシー試験でコンクリートに振動を与え振動を開始した時から表面全面にセメントペーストが浮かび上がるまでの時間(秒)をVC値と呼び表示するVC試験が行われる。なお、試験機には道路協会型、大川ダム型、中国地建で特注した中技型等の振動台

表-3 屋外試験コンクリートのVC値

転圧回数	1層打				2層打	
	6回	8回	10回	8回 S/A31%	8回 S/A31%	10回
VC値	20秒	19~33秒	14~35秒	10~27秒	40~57秒	1層目 14~55秒 2層目 25~37秒
						1層目 9~22秒 2層目 43~51秒

注: 試験は振動数 4,000rpm、モールドφ24×20mm、偏心アスの位置A-6で実施している。

式試験機がある。



写真-2 道路協会型



写真-3 大川ダム型



写真-4 中枝型
(特許出願中)

3.2 振動ローラによる締固め表面の沈下

レベルを使用して測定した結果、1層打及び2層打の中で第1層目の最大沈下量は8.5㎝、第2層目は9.3㎝であった。6回転圧までは漸増するが、それ以上はほぼ横ばいとなることから目標とする35㎝仕上がりとするには、その敷き均しを44~45㎝程度とする必要がある。

3.3 コンクリート強度とRIによる“締固め前後の密度”

測定対象範囲が表面下20㎝程度とやや浅い難点はあるが、転圧直前及び直後のRI密度を測定した。4回転圧程度までは、ほぼ直線的に密度増加し、目標とする設計基準値2.3t/m³を満足する。また硬化後の密度は、RI密度を0.4%程度大きめに測定された。なお強度は、6~10回の転圧では回数の違いによる圧縮強度の差は認められず、大半 $\sigma_{91} \geq 150 \text{ kg/cm}^2$ 以上である。

3.4 締固めコンクリート表面の推移

施工試験の代表的な転圧表面推移とその状況を写真-5~8に示した。



写真-5 ダンピングした硬練りコンクリート

軽径の大きい骨材はダンピングによって側方に分離する傾向を見受けらる。



写真-6 2回目転圧後の表面状況

粗骨材の周囲は以降転圧の進行につれて徐々にセルタム分が充填されていくが、この段階では粗い。手前はRI密度計検出器



写真-7 6回目転圧後の表面状況

4回で部分的ブリージング及びウェーピング現象が表れはじめる。6回で表面が全般的にブリージングする。



写真-8 7回目転圧後の表面状況

1部分でローラによるこねかえし現象を見受けらる。

3.5 締固め振動加速度の測定

加速度と締固めの関係については、土の締固めを例にとれば砂のような粘性の非常に少ない土に振動を与えると土の中の密度差によって砂が対流現象を生じ、全体が流動性を帯びて流体的挙動を呈するようになるといわれ、この現象は振動の加速度によって大きく支配されせん断強さが低下し土粒子の位置移動が容易となり、あわせて密度増加することが実験的に裏付けられている。(図-4、図-5)

(古見喜八郎、星野光之著、土の締固め — 表面締固めを中心にした技術紹介 — より抜粋)

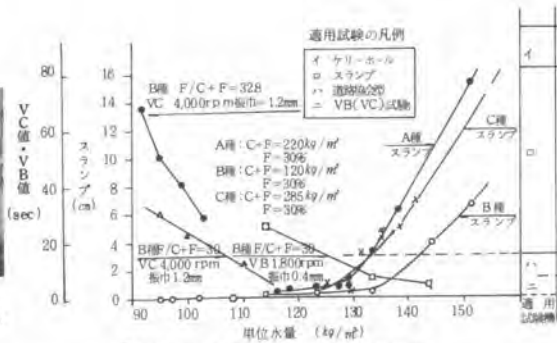


図-1 コンシステンシー測定法と適用範囲

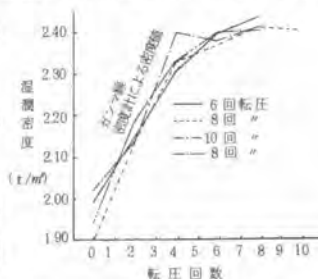


図-2 転圧回数とRI密度の関係

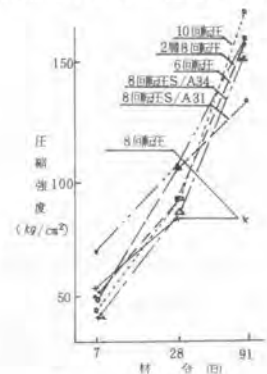


図-3 コアの圧縮強度

3.5.1 ローラと各層の締めめ加速度

本試験では前振動輪及びコンクリート層内に加速度計を設置して振動ローラ締めに関する鉛直方向の振動加速度を測定し、表-4の結果を得た。

層内の加速度は、転圧回数による差は認められないが、前振動輪は4~5回転圧までは漸増し、それ以上はほぼ横ばいの傾向を示した。

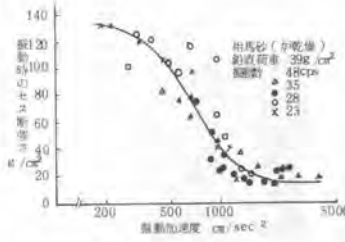


図-4 振動加速度とセン断強さ

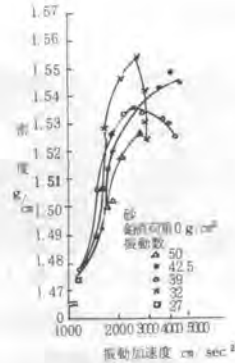


図-5 振動加速度と密度

表-4 締めめ振動加速度 (ピーク値両振幅)

測定値 (G)
振動輪 23.20 ± 1.53
上層 21.56 ± 4.02
中層 17.59 ± 3.42
下層 7.82 ± 1.31

注: 確率 95%信頼限界を示す。

3.5.2 Total Downward Movement (T.D.M)

表面式振動機による施工条件を与える1種の指数としてT.D.Mが考えられている。今、この考え方を振動ローラに応用するには若干問題があるが、加速度及び沈下量の測定結果からT.D.Mの分布状況を求めた。ローラの場合は接地幅が少ないためと、施工速度が早いために一般の表面式振動機に比べてかなり小さな値となっている。

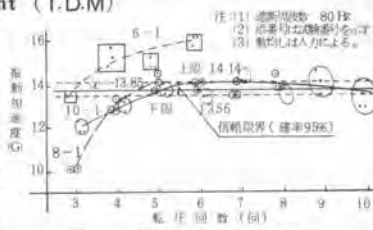


図-6 振動輪の加速度と転圧回数

3.6 加速度とVC値についての室内試験

図-8は中技型VC試験機を用いて、コンクリート内の加速度とVC値の関係を試験した結果を示したものである。その結果:

- ① コンクリート内の加速度とVC値の関係はかなり顕著な相関を示す。
- ② 2G程度の加速度では長時間経過してもブリージングが起こらない。
- ③ ブリージングの起こりやすさは20G程度が最も早く、その時のVC値は概ね30秒で、その目標を満足する振動は表-5のとおり試算される。

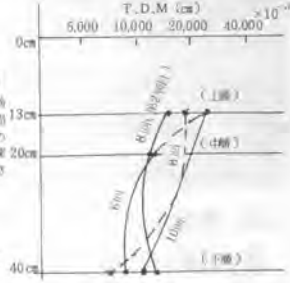


図-7 T.D.Mの分布状況

なお、20G程度以上になると逆の現象を示しているが、これは試料の上に載荷した附加荷重が試験機そのものの振動に追随しきれなくなり飛び跳ねが著しく起こるためと考えられる。

3.7 附加荷重がVC値に及ぼす影響

試料の上に載荷する附加荷重の違いがVC値に及ぼす影響について試験を行った結果を図-9に示す。その結果、

- ① 載荷附加荷重はVC値に及ぼす影響が大きく、無載荷より20kg載荷の方が極端にVC値は低い。
- ② 附加荷重が大きいほど、VC値は早くなるが図で跳める限り余り荷重を附加しすぎてもVC値の迅速化には余り効果的でなく、20kg程度が適当と思われる。

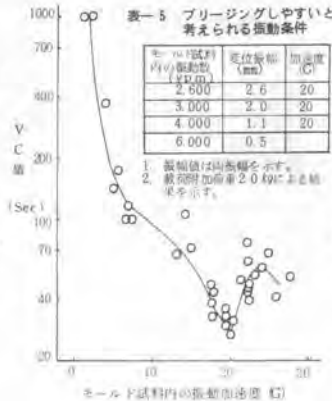


図-8 資料内の加速度とVC値

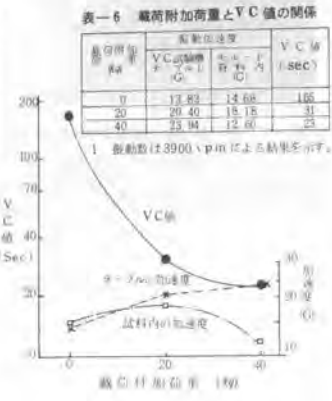


図-9 附加荷重とVC値の関係

3.8 締固めに関する運動エネルギーの比較

V C 試験機及び振動ローラで、コンクリート層内の任意の1点に与えられた締固めのための上下方向の単位質量当たり吸収運動エネルギーを図-

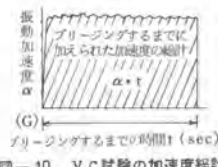


図-10 V C試験の加速度総計

10及び図-11に示した概念から求めた。マクロ的に眺めて、振動ローラで締固めた場合の単位質量当たり吸収運動エネルギーは、V C 試験での加振時間 (V C 値) の $\frac{1}{5} \sim \frac{1}{16}$ 秒に匹敵している。しかし、振動ローラと V C 試験時の附加荷重の割合は、静止状態の圧力値でローラ転圧の方がおよそ70倍程度大きいので、前述の附加荷重が V C 値に及ぼす影響の結果などを総合すると実際にはローラ締固めの上記値 $\frac{1}{5} \sim \frac{1}{16}$ よりもエネルギー的に若干有利な方向へ移動するものと考えられる。

3.9 透水試験

通常、岩盤内で行うルジオンテストを屋外試験で打設した2層打コンクリートの透水性のは握のために参考までに実施したものである。実際のダムの場合と違って2層打のみの薄層であり、試験方法に問題があると思われ、次に示す結果となったが一試験的な域を出ないものと考えられる。

① コンクリートのルジオン値は、 $1.2 \ell / \text{min} / \text{m} / 10 \text{kg} / \text{cm}^2$ 以下、透水係数も 10^{-10}

cm / sec の位より低い。ローラが連結しない中央部でのルジオン値は、転圧部分より悪い。しかし、実施工ではオーバーラップしながら万遍なく締固めるので問題はないと考えられるが一応、施工に当たっては注意する必要があると思われる。

4. あとがき

以上は、振動ローラ1機種についての一部分的な試験結果である。本報告が大規模コンクリート構造物を施工するうえで若干なりとも参考になれば幸いである。

最後に、本試験を行うにあたり、いろいろ御指導をいただいた(前)建設省土木研究所地質化学部長 柳田力氏、並びに建設省島地川ダム工事事務所等、関係者各位に感謝の意を表する。

5. 参考文献

- 1 山川尚典 著、コンクリート舗装の機械化施工法に関する研究報告書、建設省土木研究所 昭和33年3月 水盛峰雄
- 2 コンクリートダムの合理化施工に関する研究報告書 建設省関東地方建設局 (財)国土開発技術研究センター 昭和50年3月
- 3 大川ダムのコンクリート合理化に関する調査資料 建設省北陸技術事務所 昭和52年3月
- 4 島地川における R C C 概要書 建設省島地川ダム工事事務所 昭和52年1月
- 5 コンクリートダム合理化施工技術資料 株式会社間組 ・昭和52年3月
- 6 R C D コンクリート試験結果中間報告 建設省中国技術事務所、建設省島地川ダム工事事務所 昭和52年9月

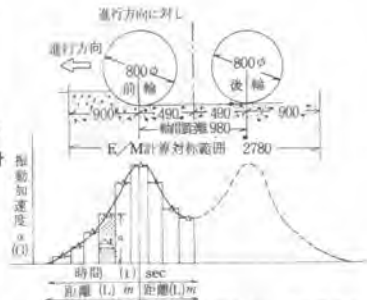


図-11 加速度総計の図式解法(ローラの場合)

表-7 単位質量当たりの吸収運動エネルギー $\left(\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{kg} \cdot \text{sec}^2}\right)$

① V C 試験の場合

測定結果	E/M	
振動数 (vpm)	加速度(G)	
4020	22.30	77.6
4020	17.84	47.6
4020	21.41	77.6
平均	20.52	67.6

注: モールド形状 $24\phi \times 20\text{cm}$ 20kg 載荷による。

② 振動ローラの場合

位置	層 打			
	1層	8回	10回	8回(準2層打)
上層	2.1649	1.2793	1.8768	0.5706
中層	0.1997	2.4640	1.6443	0.4812
下層	0.1847	0.3883	0.3846	0.5300

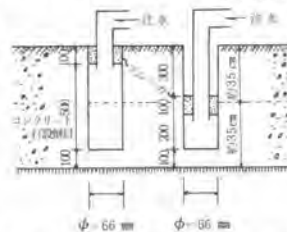


図-12 ボウリング孔とバック位置の関係

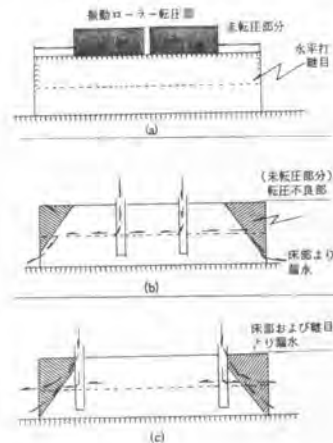


図-13 漏水の推察図