

コンクリートの振動締固めの評価方法に関する基礎的研究

(株)熊谷組 ダム技術部 正会員 ○高橋 正人
 (株)熊谷組 ダム技術部 正会員 佐藤 英明
 (株)熊谷組 技術研究所 財満 健史

1. まえがき

コンクリートは、所要の密度、強度および耐久性を確保するために、打込み後十分な締固めを行う必要がある。一般のコンクリートの締固めは、コンクリートの体積が減っていくのが認められず、表面はほぼ水平となり、表面に光沢が現れることから確認でき、振動締固め時間の目安は5~15秒程度である¹⁾とされ、硬練りのダムコンクリートでは粗骨材が表面に露出せず、上面にモルタルがあり、さらに上面に人が載れる状態で確認できる²⁾とされている。締固めの管理は、コンクリートの配合や性状、振動機の性能などの影響を受けるとされるものの、実際には経験によるところが大きいと言え、客観的な締固め完了指標は確立されていないのが現状である。また、過度な締固めは逆に粗骨材の沈下を招き、材料分離の原因となるので注意が必要である。締固め時間の管理については、振動加速度やコンクリート表面の平坦性の計測による方法^{3),4)}などが提案されているが、適用事例はダムコンクリートでの報告が多いようである。

そこで、本研究では一般のコンクリートおよびダムコンクリートについて締固めの実験を行い、コンクリート表面の画像処理と発生音の変化によって締固め完了時間の判定が行えることを確認した。以下に、その概要を示す。

2. 一般のコンクリートによる基礎実験

(1) 実験概要

内寸238×358×240mmの容器に、レディーミクストコンクリート(18-8-20N)を打設し、400Wおよび280Wバイブレータを使用して締固めた。その時の画像および発生音を、①ステレオカメラ(輝度による判定、凹凸の平均高さによる判定)、②超指向性マイク(周波数による判定)で計測した(写真-1,写真-2)。画像および発生音から、以下の分析を行った。

画像抽出範囲(60×60mm)



写真-1 小型供試体実験状況



写真-2 計測機器

計測した(写真-1,写真-2)。画像および発生音から、以下の分析を行った。

- ①平均輝度：コンクリート表面の明るさ(単位：階調、全256階調)
- ②エッジ画素数：表面材料の局所的に明るさの変化(単位：pixel)
- ③凹凸の平均高さ：コンクリート表面の凹凸の平均高さ(単位：m)
- ④発生音の卓越周波数とバイブレータの振動周波数との差(Hz)

(2) 実験結果

①輝度増減量の変化による判定

図-1に示すとおり、平均輝度の増減量は、400Wバイブレータが約4秒、280Wが約6秒で収束する。これにより締固め完了時間は4~6秒と想定できる。

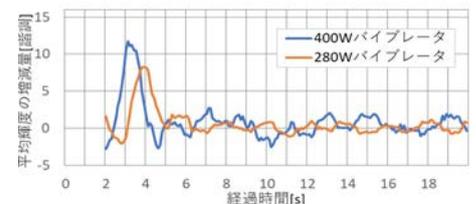


図-1 輝度増減量の経時変化

②エッジ画素数による判定

図-2に示すとおり、エッジ画素数の変化量(pixel)は、400W、280Wバイブレータとも約6秒で収束し、輝度の変化量と同程度の計測結果を示す。

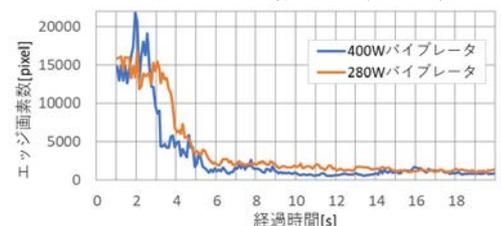


図-2 エッジ画素数の経時変化

③凹凸の増減量による判定

図-3に示すとおり、凹凸の変化量は、400Wバイブレータが3秒、280W

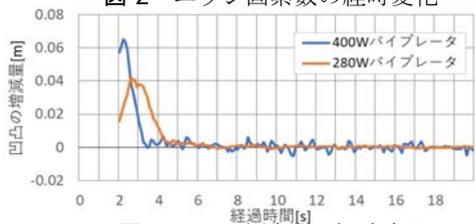


図-3 凹凸増減量の経時変化

キーワード コンクリート、締固め、画像、輝度、エッジ、周波数

連絡先 〒162-8557 東京都新宿区津久戸町2-1 (株)熊谷組 土木事業本部 ダム技術部 TEL 03-3235-8649

が4.5秒で収束する。これは輝度やエッジ画素数の締め完了時間より2秒程度早い結果となった。

④発生音による判定

図-4に示すとおり、卓越周波数(Hz)の変移では、400Wバイブレータが5秒、280Wバイブレータが7秒でバイブレータ振動数と同程度の周波数に収束する。これは輝度変化量およびエッジ画素数と同程度の計測結果を示す。

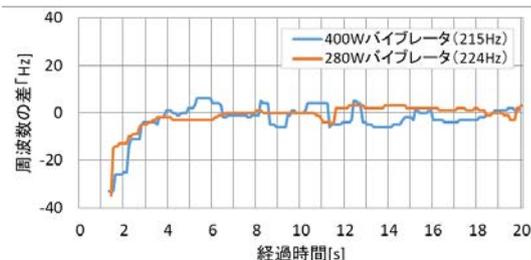


図-4 卓越周波数の経時変化

3. ダムコンクリートによる実験

(1) 実験概要

内寸1,800×2,000×500mmの大型供試体に、硬練りのダムコンクリート(Gmax=80mm, スランプ3cm)を打設し、ダム用バイブレータ(1500W)を使用して締め固めた。その時の画像および発生音を、

①CCDカメラ(画像による判定)、②音カメラ(発生音による判定)を用いて計測し、分析した(写真-3,写真-4)。

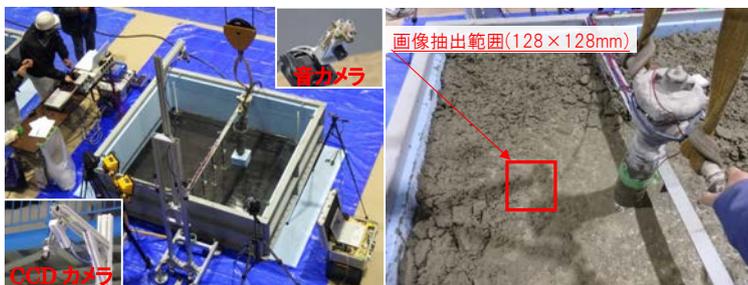


写真-3 大型供試体と計測機器

写真-4 ダムコンクリート実験状況

(2) 実験結果

①輝度増減量の変化による判定

図-5に、平均輝度(階調)の変化量を示す。実験開始から輝度増減量の変動が大きい、時間経過とともに振幅が収束している。締め完了時間を想定すると約15秒と想定できる。

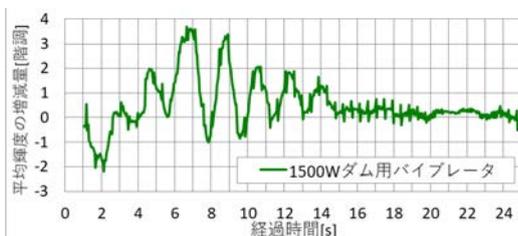


図-5 輝度増減量の経時変化

②エッジ画素数による判定

図-6に、エッジ画素数(pixel)を示す。実験開始からエッジ画素数の変化量が減少し、時間経過とともに収束しているのが分かる。締め完了時間を想定すると約17秒と考えられる。

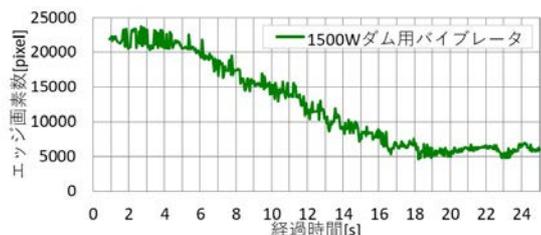


図-6 エッジ画素数の経時変化

③発生音による判定

図-7に、卓越周波数(Hz)の変移を示す。実験開始から周波数の差が増加し、ダム用バイブレータ振動数と同じ周波数に収束している。締め完了時間を想定すると約8秒と考えられる。



図-7 卓越周波数の経時変化

4. まとめ

本研究では、コンクリート締め固め時における画像(輝度・エッジ画素数の変化)および発生音(卓越周波数の変化)によるコンクリート締め固め判定の可能性について検証を行った。その結果、画像および発生音の卓越周波数の収束時期でコンクリート締め固め完了時期を推定できることが把握できた。また、一般コンクリートおよび硬練りのダムコンクリートでも同様の実験結果を得ることができた。これは、画像と音響の多様なセンサを組み合わせることにより、経験に頼ることなくコンクリート締め固め判定技術の高度化および実用化に繋がると考える。なお、この締め固め判定は現場条件や環境の変化に対応できるものでなければならないが、今後は、実際の現場での実証実験を行うことにより、画像・音響データの高速度処理技術やデータの蓄積などさらに研究を進め、実用化を図る予定である。

参考文献

- 1) 土木学会：2017年制定コンクリート標準示方書[施工編]，pp.120-122，2018。
- 2) 土木学会：2013年制定コンクリート標準示方書[ダムコンクリート編]，pp.68，2013。
- 3) 上高ら：ダム用コンクリート締め固め判定システムの開発—コンクリートの振動解析により締め固めを判定—，大ダム，No.240，pp.35-41，2017。
- 4) 立花ら：ダムコンクリート締め固め管理システムの高度化，土木学会第73回年次学術講演会，VI-1049，2018。