

振動締固め時間がスランプ 12cm のコンクリートにおける曲げ強度と耐久性に与える影響

徳山工業高等専門学校 正会員 ○温品 達也
 徳山工業高等専門学校 学生会員 石丸 壮太
 徳山工業高等専門学校 正会員 谷口 総一郎
 徳山工業高等専門学校 正会員 島袋 淳

1. 背景と目的

コンクリート構造物において、バイブレータの振動締固め時間は 5~15 秒程度を目安として打込みが行われている。本研究においては、実施工での締固め管理方法の検討に資することを目的に、振動締固め時間が曲げ強度と耐久性に与える影響を実験的に検討した。

2. 曲げ強度実験

本実験には表-1 に示す配合のコンクリートを用いた。この配合は、山口県の土木構造物における一般的な配合である。コンクリートのフレッシュ性状は、スランプを 12 ± 2.5 cm, 空気量を $4.5 \pm 1.5\%$ 以内で管理した。試験体作製は図-1 に示すように、幅 530mm, 高さ 450mm, 奥行き 150mm の比較的大型の型枠を作製し、中央部に固定したバイブレータ (直径 $\phi 25$ mm, 振動数 50~80Hz) を使用して、3 層でコンクリートを打ち込んだ。振動時間は、5・10・15・30・60・90 秒の 6 水準とした。打込みから 7 日後に脱型し、ただちに曲げ試験を実施した。曲げ試験は、試験体中央の鉛直方向, 中央から 130mm 外側の鉛直方向が載荷中心となるように 3 点曲げ試験を行った。また、曲げ試験後割裂面を画像分析することで、粗骨材の分布状況を観察した。

図-2 に中央部および中央部より 130mm 外側の位置における、振動締固め時間と曲げ強度の関係を示す。この結果より、振動締固め時間の長短が曲げ強度に及ぼす傾向は認められなかった。この実験は試験体が大型であるため、 $n=1$ の曲げ試験を行ったことで、ばらつきが $1\text{N}/\text{mm}^2$ 程度であった。そのため、締固め時間が曲げ強度のばらつきに与える影響については議論ができない。また、曲げ試験体の断面を観察したところ、締固め時間が 60 秒を超えると上層部の粗骨材分布は半減し、骨材沈降が顕著に生じていることを確認した。

3. 耐久性実験

コンクリートは、表-1 に示す曲げ強度実験と同じ配合のものを、別日別バッチにて練り混ぜた。耐久性を検討する方法として、中性化や塩分浸透実験ではなく、近年制定された「短期の水掛かりを受けるコンクリー

キーワード：締固め時間, 曲げ強度, 耐久性, 水分浸透速度係数, 高炉セメント B 種, バイブレータ

連絡先 〒745-8585 山口県周南市学園台 徳山工業高等専門学校 土木建築工学科 TEL 0834-29-6327

表-1 コンクリートの配合

| セメント | W/B (%) | 細骨材率 (%) | 単位量(kg/m ³) | | | |
|------|---------|----------|-------------------------|------|-----|-----|
| | | | 水 | セメント | 細骨材 | 粗骨材 |
| BB | 55 | 50.0 | 170 | 309 | 915 | 943 |

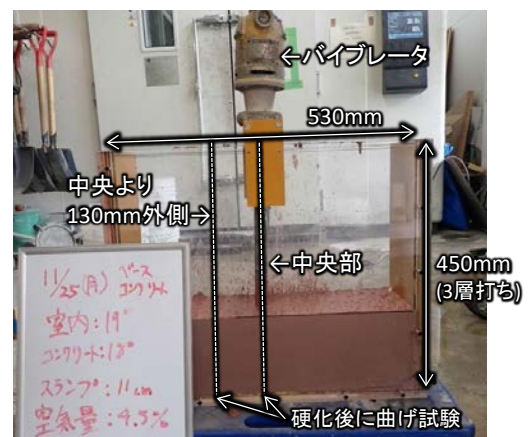


図-1 曲げ強度試験体の概要

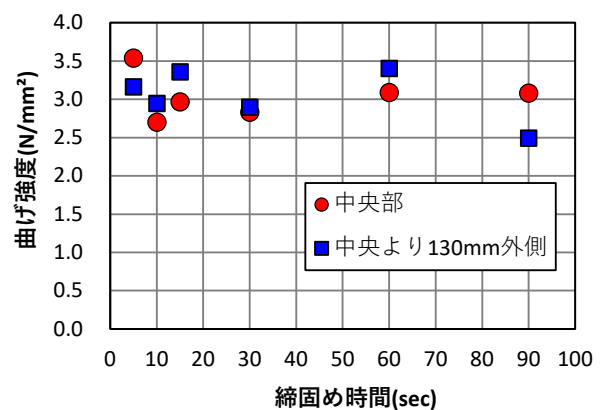


図-2 締固め時間と曲げ強度

ト中の水分浸透速度係数試験方法（案）（JSCE-G582-2018）」に準拠し、水分浸透に着目して評価することとした。通常のφ100mmのコンクリート試験体では、試験体寸法に対してバイブレータの直径が過大であると判断し、可能な範囲で大きい試験体かつ同一バッチで水分浸透試験に必要な試験体数を確保できるコンクリートの上限を考慮し、直径φ150mmで高さ300mmの円柱試験体とした。締め固め方法は、予め型枠中央にバイブレータを配置し、コンクリートを投入後、設定した振動時間ちょうどにバイブレータの引抜きが完了するように行った（図-3）。振動時間は、3・5・10・15・30・45秒の7水準とした。打込み後7日で脱型し、材齢14日まで水中養生し、試験体を上中下にカットして（図-4）、温度 $40\pm 2^{\circ}\text{C}$ かつ相対湿度 $30\pm 5\%$ の環境で14日間乾燥を行い、24時間の質量変化が0.1%以下であることを確認して、水分浸透試験を行った。水分浸透は上中下それぞれ3体を5・24・48時間水分浸透させ、3回の水分浸透深さより水分浸透速度係数Aを算出した。

図-5に振動締め固め時間と水分浸透速度係数A（上・中・下の平均値）の関係を示す。まず、3秒や45秒の締め固めにおいては、速度係数が顕著に大きくなっている。3秒の締め固め時間では粗大な気泡が除去できず、45秒の締め固め時間では材料分離が発生して硬化体が不均質となり、水分が浸透しやすくなったものと考えられる。締め固め時間が5～30秒においては、速度係数が0.8未満となっており、締め固め時間15秒の条件が最も水分が浸透しづらい結果となった。本実験結果による水分浸透の観点からも、コンクリート標準示方書において目安とされている締め固め時間5～15秒については、適切であると考えられる。スランプ12cmのコンクリートについては、締め固め時間が30秒程度を超えると水密性が低下傾向にあることから、長時間の締め固めを可能な範囲で避けることでより高い水密性を確保できるものと考えられる。

4. まとめ

バイブレータによる振動時間について、スランプ12cmのコンクリートでは、振動時間5～90秒の範囲で曲げ強度には影響がないことが分かった。振動時間が60秒を超えてくると、上層部の粗骨材の沈降が顕著になることが分かった。水分浸透実験に基づく耐久性においては、5～30秒程度の振動時間であれば、高い水密性が得られることが分かった。5秒より短い、30秒を超える締め固めにおいては水密性が低下した。以上より、曲げ強度や耐久性の観点から、振動締め固め時間は5～15秒程度が理想であり、スランプ12cmのコンクリートにおいては、振動時間を長くした場合、材料分離や施工時間の過大などのリスクが考えられる。これらの知見に基づき、締め固めのより適切な管理方法を検討していく。

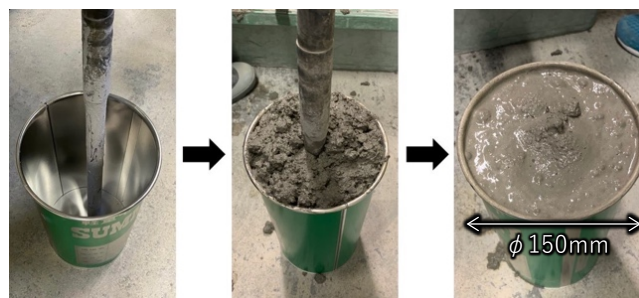


図-3 耐久性試験体の概要

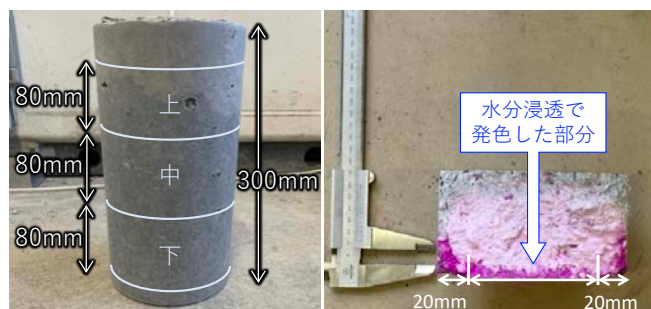


図-4 水分浸透試験の概要

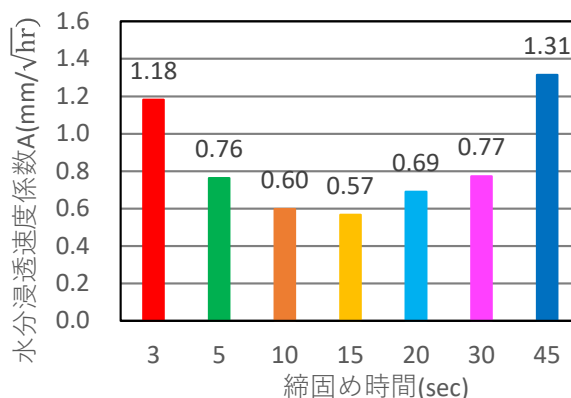


図-5 締め固め時間と水分浸透速度係数