

## 表面振動機によるコンクリートの締固めシミュレーションに関する研究

名古屋市 正会員 杉森誠志  
 東京都立大学大学院 フェロー 國府勝郎  
 東京都立大学大学院 正会員 上野敦

## 1. はじめに

本研究の対象である超硬練りコンクリートは、単位水量を著しく減じたコンクリートである。この種のコンクリートの品質は空隙率に支配されるため、入念な施工によって空隙を最小にすることが非常に重要である。示方書類が性能規定化に移行しつつある今日、高品質の転圧コンクリートを施工するためには、コンクリートの締固め性に応じた転圧回数設計と施工条件に応じて任意位置のコンクリートの充填率を推定できるようにすることが重要である。

本研究は表面振動機を用いた室内実験を行い、締固め層内の締固めエネルギー分布を明らかにし、締固め性試験によって得られる締固めエネルギーと充填率との関係を基礎として、締固め層内の充填率分布を推定することを目的に行ったものである。

## 2. 支持条件による振動伝播性状の変化

## (1) 実験方法

コンクリートの配合を表-1に示す。表面振動機による締固め試験は60×60×60cmの鋼製型枠に詰められたコンクリートについて行った。締固め後の高さが30cmとなる量の試料を計量し、6層に分けて型枠内に投入した。加速度センサ埋設位置を図-1に示す。支持条件は、コンクリートスラブ、硬さの異なるゴム板2種類の3水準設定した。支持条件を表-2に示す。

## (2) 結果および考察

## a) 支持条件の影響

締固め時間を10秒間隔に分割して加速度波形の最大値と最小値を平均した結果を図-2に示す。各支持条件の上層において、締固め初期に入力加速度4.5G以上の加速度が認められる。この理由は、締固め初期に試料上面が急激に沈下するため、振動機が試料に衝撃的な振動を作用させているためだと考えられる。締固めが進行するにつれて試料の沈下は少なくなり、衝撃的な振動は少なくなる。その結果、加速度波形は周期的な波形となり、平均加速度は入力加速度に漸近する。支持条件による応答加速度の変化は、支持の剛性が低いほど深さ方向の減衰は小さくなり、中層、下層の応答加速度の差は小さくなる傾向が認められた。

表-1 配合表

W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )					Mass (kg/l)
		W	C	S (細)	S (粗)	G	
35	43	120	343	175	701	1170	2.509

表-2 支持条件

種別	単位体積質量 (kg/l)	層厚 (mm)	ヤング率 (N/mm <sup>2</sup> )	K <sub>10</sub> 値 (N/mm <sup>2</sup> )
コンクリート版	2.3	—	30000	—
ゴム板 No1	1.17	8	159.8	23.22
ゴム板 No2	0.36	19	0.27	0.012

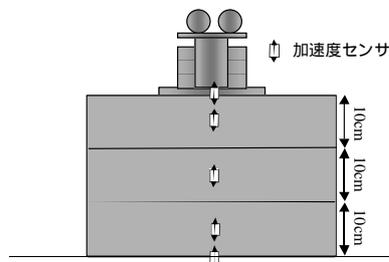


図-1 加速度センサ埋設位置

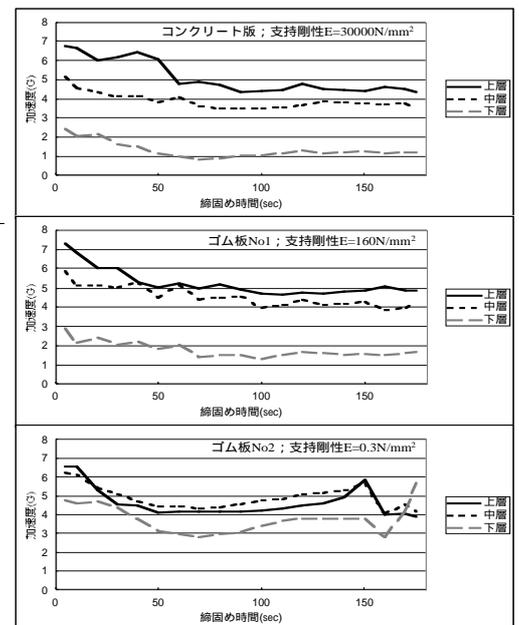


図-2 締固め進行による加速度変化

キーワード：超硬練りコンクリート、締固め性試験、シミュレーション

連絡先：〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1 tel.0426-77-1111、fax.0426-77-2772

b)間接充填率

締固め層内の応答加速度分布から締固めエネルギーを求め、締固め性試験で得られる締固め関数を介して層内の充填率分布を計算した。この充填率を間接充填率ということにする。加速度波形を10秒間隔に分割し、フーリエ変換を行い、式-1を用いて全振動数成分から締固めエネルギーを求めて計算した間接充填率と、締固め層からコアを採取して充填率を測定した直接充填率の比較を図-3に示す。図-3は支持条件がコンクリート版についてのものである。

$$E = \sum_{i=1}^n m \cdot \frac{\alpha_i^2}{4\pi^2 f_i} \cdot t$$

E; 締固めエネルギー(J/l)  
 m; 試料の単位体積質量(kg/l)  
 $\alpha_i$ ; 各振動数に対する加速度(m/sec<sup>2</sup>)  
 $f_i$ ; フーリエスペクトルの振動数(Hz)  
 t; 時間(sec)  
 n=300

(1)

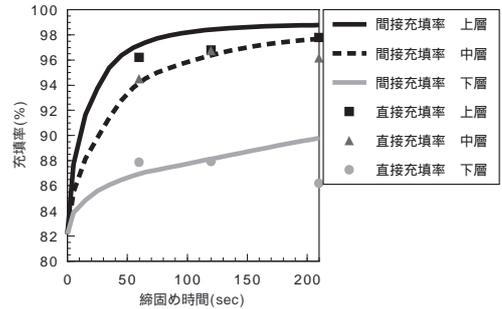


図-3 間接充填率と直接充填率

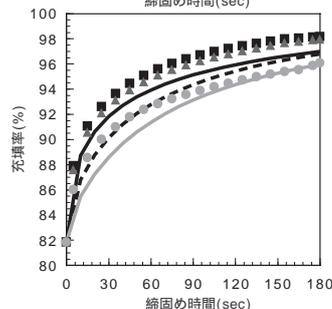
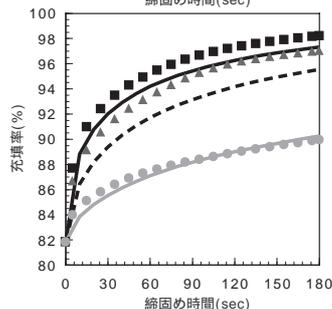
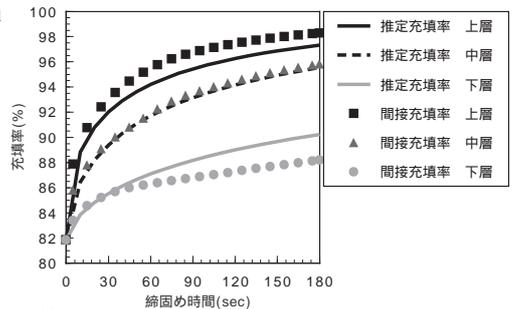


図-5 推定充填率と間接充填率

3. シミュレーション

(1) シミュレーションモデル

図-4にシミュレーションモデルを示す。粘弾性 Voigt モデルを直列に連結した一次元モデルとした。本研究のシミュレーションは締固め性試験を基礎としており、ある締固め時間における各節点の加

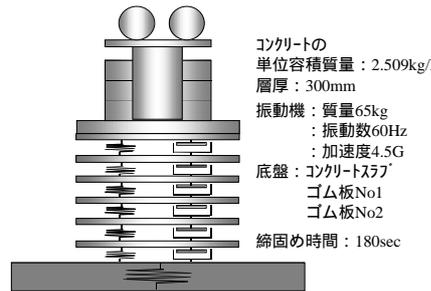


図-4 シミュレーションモデル

速度を求め、振動エネルギーを算出し、締固め関数を介して新たな充填率を得るシステムとしている。これを逐次繰り返すことにより充填率変化に応じて材料定数を修正しながら計算を行っている。

(2) シミュレーション結果

シミュレーション結果の充填率を推定充填率ということにする。図-5に推定充填率と間接充填率を示す。上から順に支持条件がコンクリート版、ゴム板 No.1、ゴム板 No.2である。各支持条件の推定充填率と間接充填率は近似しており、シミュレーションによって充填率が推定可能であることがわかる。図-2の実験結果と同様に、支持層の剛性が低いほど、下層まで大きな加速度が伝播される傾向が認められ、下層における充填率は支持の剛性が低いほど、大きくなる

4. まとめ

- 1) コンクリート層を粘弾性 Voigt モデルで表し、直列に連結した一次元粘弾性モデルより適正な材料定数を用いれば、締固め層内のエネルギー分布、充填率を予測することができる。
- 2) 開発したシミュレーションプログラムによってコンクリートの締固め性、路盤条件に応じて充填率の分布を予測できる。
- 3) 実際の施工において、振動ローラの振動条件の情報が得られれば、転圧回数などをシミュレーションによって決定できる可能性がある。

【参考文献】 杉森、國府、三栖、上野、早川：転圧コンクリートの配合設計、転圧設計および施工管理に対する締固め性試験の応用、土木学会・フレッシュコンクリートのコンシステンシー評価に関する技術の現状と課題 (コンクリート技術シリーズ No.37) pp.1 8,2000