

四要素粘弾性モデルを用いた超硬練りコンクリートの振動解析

東北学院大学大学院 工学研究科 学生員 千葉 佳和
 東北学院大学 工学部 安藤 智紀
 東北学院大学 工学部 正会員 遠藤 孝夫

1. はじめに

超硬練りコンクリートを振動締固めにより施工する場合、締固め性試験によりコンクリートのコンシステンシーに応じた充填率とエネルギーとの関係を求め、この結果より振動機的能力を考慮して施工厚さなどの施行計画が作成されることになる。この際、現場のコンクリート中に生ずる加速度を精度良く推定できれば、コンクリートの締固めの程度（充填率）をより正確に予測することができる。このためには、室内で行われる締固め性試験等の結果より、コンクリートの物理定数を簡単に求める方法の開発が重要となってくる。

本研究は、上記の目的の第一歩として、振動を受けて締固められるコンクリートの挙動をできるだけ正確に表わすことを目的に、四要素粘弾性モデルを採用し、振動解析を試み、この解析の有効性を検討したものである。

2. 解析手法

まず、超硬練りコンクリートをKelvinモデルと四要素粘弾性モデルで表されると仮定した（図-1）。

質点は起振機と超硬練りコンクリートの2つとした。運動方程式は、次のように表される。

$$m_1 \ddot{x} + \dot{x} + E_1(x - u) = m_1 g + F_0 \sin(2\pi f t) \quad (1)$$

$$m_2 \ddot{u} + E_2 u - \dot{x} - E_1(x - u) = m_2 g + H \quad (2)$$

ここに、

m_1 : 起振機質量 (kg), m_2 : コンクリート質量 (kg)

\dot{x} : Kelvinモデルの粘性減衰係数 (kgf s/cm)

E_1 : Kelvinモデルのバネ定数 (kgf/cm)

E_2 : Maxwell要素のKelvin部分のバネ定数 (kgf/cm)

F_0 : 起振力(kgf/cm²), f : 振動数 (Hz)

次に式(1), (2)で数値解析を行うために、中央差分法¹⁾した。

$$\left(m_1 + \frac{t}{2}\right) x_{(n+1)} = 2m_1 x_{(n)} - \left(m_1 - \frac{t}{2}\right) x_{(n-1)} + t^2 \{m_1 g + F_0 \sin(2\pi f t) - k_1(x - u)\} \quad (3)$$

$$m_2 u_{(n+1)} = 2m_2 u_{(n)} - m_2 u_{(n-1)} + t^2 \{ \dot{x} + E_1(x - u) + m_2 g + H - E_2 u \} \quad (4)$$

ここで \dot{x} が出てくるので、Houbolt法²⁾を用いて表す。

$$\dot{x}_{(n+1)} = \frac{1}{6t} (11x_{(n+1)} - 18x_{(n)} + 9x_{(n-1)} - 2x_{(n-2)}) \quad (5)$$

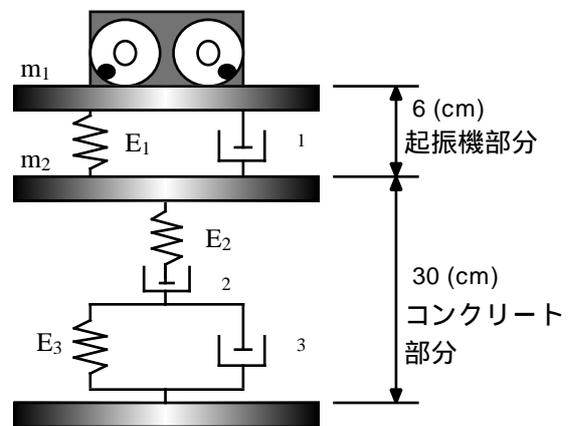


図-1 二質点モデル

3. 計算課程

3.1 解析対象実験

解析の対象は、超硬練りコンクリートを上載式表面振動機により締固める、杉森ら⁵⁾が行った実験とした。締固め進行過程のコンクリート層内の応答加速度を上層、中層、下層それぞれに加速度センサを埋設して計測したものである。

銅製型枠の寸法は60×60×60 (cm)で、コンクリートは3層に分けて投入され、初期充填率が83%になるように、初期高さは1層12 (cm)の3層36 (cm)として試験を行い、締固め終了時のコンクリートの層厚は30 (cm)となっている。また、コンクリートの配合を表-1に示す。さらに、

キーワード：超硬練りコンクリート 四要素粘弾性モデル

連絡先：〒985-8537 宮城県多賀城市中央1丁目13-1 電話番号：022-368-1115

表面振動機の質量65 (kg) , 振動数60 (Hz) , 起振力2915 (N) の締固めを行っている .

3.2 解析条件

この解析の振動条件は起振機の質量65 (kg) , 振動数60 (Hz) , 起振力2915 (N) とする . また解析対象となる超硬練りコンクリートの供試体の初期高さは , 36 (cm) とする . また , コンクリートと起振機の接地面積は706.9 (cm²) であり , 支持層をコンクリートスラブとする .

コンクリートの物性値は , 起振機部分のKelvinモデルのバネ定数E₁ , 粘性減衰係数 γ_1 , 四要素粘弾性モデルのKelvin要素のバネ定数 E₃ , ダッシュポット定数 γ_3 を逆解析により妥当とされる値を定め⁴⁾ , 四要素粘弾性モデルのMaxwell要素の物性値E₂ , γ_2 が15, 30, 60, 90, 120, 150, 180 (s) ごとに变化すると仮定し , 解析を行い , 杉森ら⁵⁾ が行った実験と比較し検討する .

表-1 コンクリート配合表

Km	Kp	w/c (%)	s/a (%)	単位量 (kg / m ³)				Mass (kg / l)
				W	C	S	G	
1.65	1.37	35	42	120	343	681	1186	2.5

Km : モルタル粗骨材空隙比
 Kp : ペースト粗骨材空隙比
 Mass : 単位体積重量

3.3 解析結果

解析で得られたコンクリート高さの結果を図-2, 3に示す . 振動締固め開始から30秒までの区間は , 物性値の変動が著しいため実測値と解析値との間で多少のズレが生じるが , 30秒以降は良好に近似している . また , 応答加速度波形はコンクリート部分の解析値と実測値で , 形状ならびに絶対値がともに良好に一致する .

4. 結論

本研究において , コンクリート高さの実測値と解析値は良好に近似した .

これは , Kelvinモデルだけでは , 精度良い近似ができず , 要素数を増やすことにより精度が良くなることを示している . その結果 , 四要素粘弾性モデルはコンクリートの沈下挙動を適切に表現でき , 本モ

デルの有効性が示された .

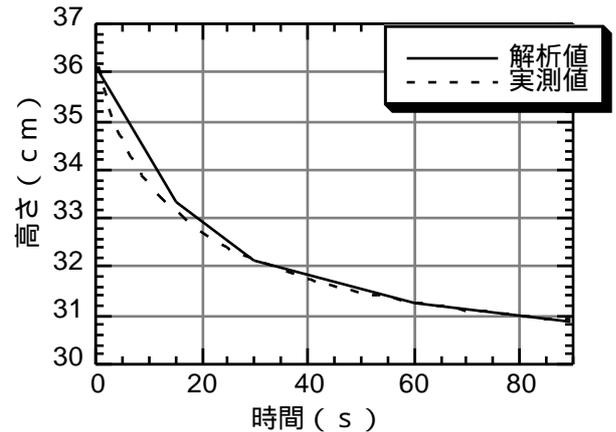


図-2 コンクリート高さの比較(0-90秒)

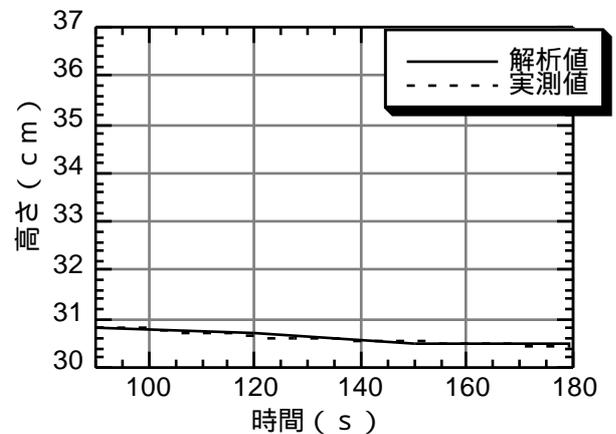


図-3 コンクリート高さの比較(90-180秒)

参考文献

- 1) 渡辺啓行 : 有限要素法による粘弾性体の振動解析 , 土木学会論文報告集 , 第198号 , pp . 21-35 , 1972 . 2
- 2) 社団法人土木学会編 : 動的解析と耐震設計 第二巻 動的解析の方法 , pp . 48-56 , 1994
- 3) 早川健司ら : 表面振動機による超硬練りコンクリートの振動応答挙動とその評価方法に関する研究 , JCI超硬練りコンクリート技術に関するシンポジウム論文集 , pp . 83-88 , 1998
- 4) 畑澤洋平 : 振動締固めを受ける超硬練りコンクリートの物性値の同定に関する研究 , 東北学院大学大学院 , 修士論文 , 2001
- 5) 杉森誠志ら : 転圧コンクリートの配合設計および施工管理に対する締固め性試験の応用 , コンクリート技術シリーズ No.37 , 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第 編 シンポジウム論文集 , pp . -1 ~ -8 , 2000