

V-26

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 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、これによる振動解析を試み、この解析の有効性を検討したものである。

2. 計算理論

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、

$$m_1 \ddot{x} + \eta_1 \dot{x} + E_1(x-u) = m_1 g + F_0 \sin(2\pi f \Delta t) \quad (1)$$

$$m_2 \ddot{u} + E_2 u - \eta_1 \dot{x} - E_1(x-u) = m_2 g + H \quad (2)$$

ここに、

m_1 : 起振機質量 (kg), m_2 : コンクリート質量 (kg)

η_1 : 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、中央差分化¹⁾した。

$$\left(m_1 + \frac{\Delta t}{2} \eta_1 \right) x_{(n+1)} = 2m_1 x_{(n)} - \left(m_1 - \frac{\Delta t}{2} \eta_1 \right) x_{(n-1)} + \Delta t^2 \{ m_1 g + F_0 \sin(2\pi f \Delta t) - k_1(x-u) \} \quad (3)$$

$$m_2 u_{(n+1)} = 2m_2 u_{(n)} - m_2 u_{(n-1)} + \Delta t^2 \{ \eta_1 \dot{x} + E_1(x-u) + m_2 g + H - E_2 u \} \quad (4)$$

ここで $\dot{x}$ が出てくるので、Houbolt法²⁾を用いて表す。

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

3. 解析

3.1 解析条件

表-1にこの解析の振動条件を示す。また、表-2に解析対象となるコンクリートの配合表を示す。

コンクリートの物性値は、起振機部分Kelvinモデルのバネ定数 E_1 , 粘性減衰係数 η_1 , 四要素粘弾性モデルのKelvin要素のバネ定数 E_2 , ダッシュポット定数 η_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 E_3 , η_2 が15, 30, 60, 90, 120, 150, 180 (s) ごとに変化すると仮定し、解析を行い、杉森ら⁵⁾が行った実験と比較し検討する。

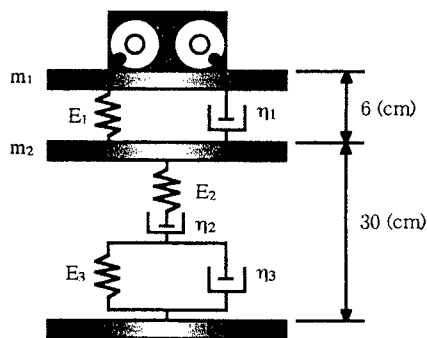


図-1 二質点モデル

表-1 振動条件

起振機	質量 65 (kg), 振動数 60 (Hz) 起振力 2915 (N)
超硬練り コンクリート	コンクリートの高さ 36 (cm) 断面積 706.9 (cm ²)
振動条件	締固め時間 180 (s) 時間刻み 0.001 (s)

表-2 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

3.2 解析結果

解析結果を図-2, 3, 4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多少のズレが生じるが、30秒以降は良好に近似している。

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。

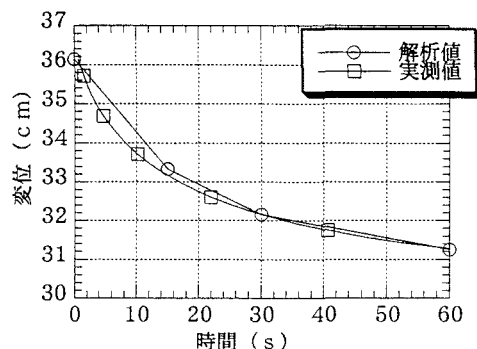


図-2 コンクリート高さの比較(0-60秒)

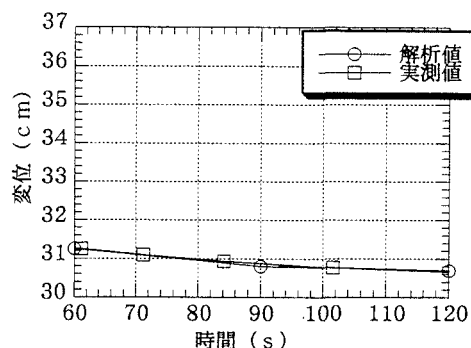


図-3 コンクリート高さの比較(60-120秒)

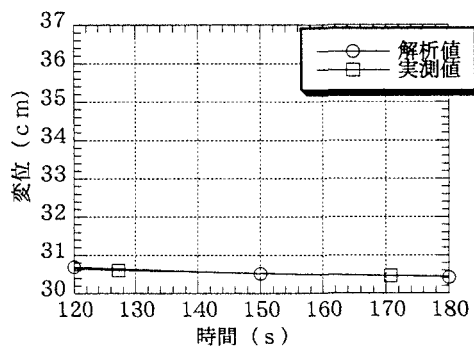


図-4 コンクリート高さの比較(120-180秒)

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, pp21-35, 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, pp48-56, 1994
- 3) 早川, 国府: 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, pp83-88, 1998
- 4) 畑澤洋平: 東北学院大学大学院工学研究科, 修士論文, 2001
- 5) 杉森, 国府, 三栖, 上野, 早川: 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Ⅱ編 シンポジウム論文集, pp.Ⅱ-1~Ⅱ-8, 2000