

V-6

超硬練りコンクリートの施工の合理化に関する解析的研究

東北学院大学大学院 学生員 ○岡村鉄郎
東北学院大学 正会員 遠藤孝夫

1. はじめに

現在、締固めエネルギーに着目した締固め性試験方法が提案されている。この試験方法を用いた超硬練りコンクリート（以下RCC）の施工管理システムを考えると図-1のようなフローが考えられる。この施工管理システムを確立するためには、締固められるコンクリート中の加速度の分布を適切に算定する事が重要であり、物性値の評価も大きな問題として浮上してくる。

そこで、本研究では、一次元4質点系Kelvinモデルを用い逆解析により超硬練りコンクリートの物性値の同定を行い、ヤング係数を求め、一軸圧縮試験結果から求めた値と比較し、妥当性を検討する。また、得られた物性値をもとに振動解析を実施し、コンクリート内部の加速度の分布を試験施工¹⁾と比較し、さらに各層の充填率を予測する。

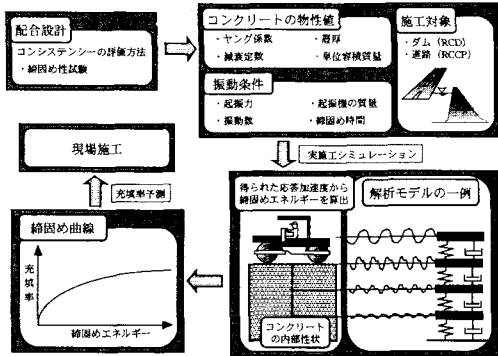


図-1 締固め管理システム

2. 上載式振動機による振動締固め実験

杉森²⁾らの行った上載式振動機による室内実験は、締固め進行過程のコンクリート層内の加速度を、加速度センサを振動機、コンクリート上層、中層、下層、支持面の中心に埋設して計測したものである。鋼製型枠の寸法は60×60×60cmで、起振機の接地面は直径30cmの円形である。実験に用いられたコンクリートの配合を表-1に示す。

3. 一軸圧縮試験

逆解析により求められたヤング係数と比較検討するため、三栖³⁾らが行った一軸圧縮試験で得られたヤング係数と比較した。供試体の作製は締固め性試験装置を用いている。また、締固め性試験結果を表-2に示す。

4. 順解析手法

起振機でRCCを締固める問題を考え、RCCをKelvinモデルで表されると仮定した。解析モデルは、Kelvinモデルの一次元4質点系を用いた。

Kelvinモデルの振動方程式は式(1)で表され、振動解析手法として、Newmarkのβ法を用いている。

$$[M]\{\ddot{x}\} + [C]\{\dot{x}\} + [K]\{x\} = \{P\} \quad (1)$$

[M]: 質量マトリックス [C]: 粘性マトリックス
[K]: 剛性マトリックス {P}: 外力ベクトル

表-1 コンクリート配合表

配合 No.	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				Mass (kg/l)
			W	C	S	G	
w120	35	42	120	343	681	1186	2.5

W/C: 水セメント比 s/a: 細骨材率

Mass: 単位容積質量

表-2 締固め性試験結果

配合No.	Ci	Cf	E98	Ce	b	d
w120	82.1	98.89	151.75	1.110	0.1150	0.647

Ci: 初期充填率 Cf: 達成可能充填率

E98: 充填率98%に達するときの締固めエネルギー

Ce: 締固め効率 b, d: 実験定数

6. 逆解析手法

逆解析手法としてGauss-Newton法を用いた。逆解析によりバネ係数等を同定し、ヤング係数を求める。

7. ヤング係数の算出

逆解析により同定したバネ係数kとコンクリートの断面積Aおよびコンクリートの高さlよりヤング係数Eを求める。ヤング係数の算定式を式(2)に示す。

$$E = kl / A \quad (2)$$

8. 物性値の同定

図-2に、上載式振動機による締固め実験で得られた応答加速度と、逆解析により同定した物性値を用いて行った順解析で得られた応答加速度波形を比較して示す。振動解析により求められた応答加速度は、振幅の大きさ、周期が良好に近似している。

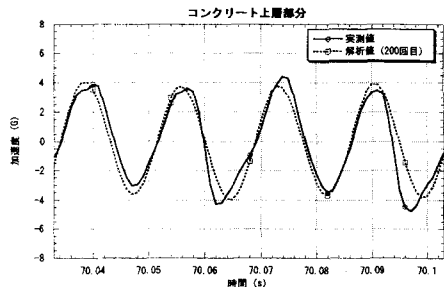


図-2 実測応答加速度と解析値

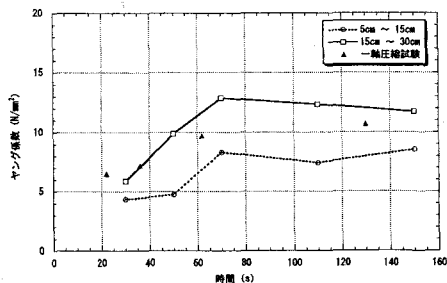


図-3 ヤング係数の実測値と解析値の比較

図-3に逆解析により同定した物性値から算出したヤング係数と一軸圧縮試験結果から得られたヤング係数の比較を示す。ヤング係数は良く近似し、締固めの進行とともに増加する傾向が一致している。70秒前後になると増加の割合が緩くなるのは、振動締固めによって、コンクリート中の空隙がモルタルで充填され、コンクリートが徐々に高密度となって、剛性がある一定値に収束するためだと思われる。

9. 実施工シミュレーション

同定した物性値をもとに実施工を想定し振動解析を行い、コンクリート各層の加速度算出した。想定した実施工の概要を図-4に示す。上から、10cm×10層の超硬練りコンクリート、100cm×5層の硬化コンクリート、1000cm×1層の岩盤とする。また、振動の伝播は45度方向に広がっていくものとした。解析モデルは、Kelvinモデルの一次元16質点系を用いた。

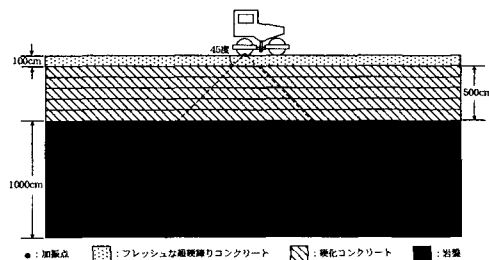


図-4 想定した実施工

10. 締固めエネルギーと充填率

締固めエネルギーは式(3)で、充填率は式(4)でそれぞれ表される。

$$E = m \cdot \frac{(\alpha_{\max})^2}{2} \cdot t \quad (\text{J/l}) \quad (3)$$

m : 試料の単位容積質量 (kg/l) f : 振動数 (Hz)

$\alpha_{\max}$: 最大加速度 (m/s²) t : 振動時間 (sec)

$$\gamma = c_i + (c_f - c_i) \{1 - \exp(-b E^d)\} \quad (4)$$

γ : 締固め仕事量Eにおけるコンクリートの充填率 (%)

C_f : 達成可能充填率 (%) C_i : 初期充填率 (%)

E : 締固め仕事量 (J/l) b, d : 実験定数

11. 解析結果と考察

図-5に振動解析によって得られた超硬練りコンクリート各層の加速度の分布と試験施工から得られた実測値との比較を示す。加振点からの距離が増加するにつれ加速度が減衰する傾向が一致しており、実施工を良好に表現できていると考えられる。

図-6に超硬練りコンクリート各層の充填率の経時変化を示す。上層部分では十分な充填率が得られているが、加速度の伝播が少ない下層部分では十分な充填率が得られていない。

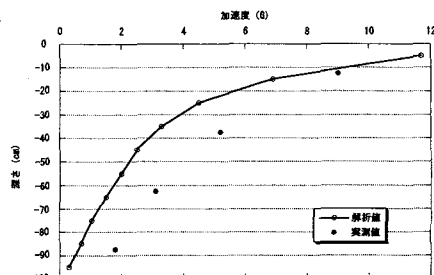


図-5 超硬練りコンクリート内の加速度分布

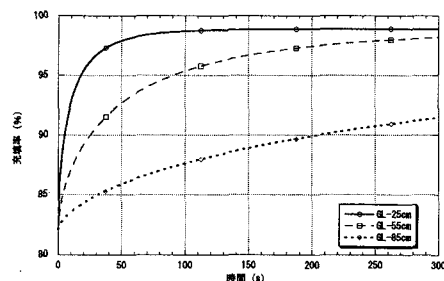


図-6 超硬練りコンクリート各層の充填率の比較

12. 結論

以下に本研究の結論を示す。

- 1) 質点系振動モデルを仮定し、逆解析により求められた、締固めを受ける超硬練りコンクリートの物性値は一軸圧縮試験結果と良好に近似していることから妥当な値であると考えられる。
- 2) 実施工を想定した振動解析は、加速度の分布を良好に表現できており、それをもとに予測したコンクリートの充填率は妥当な値と考えられる。

以上より、締固め管理システムに寄与できる見通しを得た。

参考文献

- 1) 舍川徹, 関根裕治, 堤知明, 村上祐治, 井上慎介: RCD用コンクリートのリアルタイム締固め管理システムの研究開発, 土木学会論文集No.693/VI-53, 105-115, 2001.12
- 2) 杉森誠志, 国府勝郎, 三栖幸彦, 上野敦, 早川健司: 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シンポジウム論文集, pp. II-1 ~ II-8, 2000
- 3) 三栖幸彦: 表面振動機による超硬練りコンクリートの締固め挙動とそのシミュレーションに関する研究, 東京都立大学, 修士論文, 1998.3