

V-506

転圧締固め挙動のシミュレーションに用いる物性値の評価

東京都立大学大学院 フェロー 國府勝郎、学生員 三栖幸彦
東急建設(株) 正会員 早川健司

1. はじめに

超硬練りコンクリートの振動締固め過程の解析は、締固めの進行とともにコンクリート物性が変化するものとして取り扱わなければならない。しかし、締固めの進行にともなうコンクリート物性の変化に関する実験的研究は数少ない。本文は、任意の充填率におけるコンクリートのヤング率を超音波による試験および一軸圧縮試験より求め、締固め進行にともなうコンクリートのヤング率の変化について検討した。また、フォークトモデルを直列に連結した一次元モデルを用いたシミュレーションと、試作の表面振動機を使用した室内試験結果より、ヤング率およびシミュレーションの妥当性を検討した。

2. 実験方法

表-1 配合

配合を表-1に示す。供試体の作製は次の通りである。 $\phi 10 \times 20\text{cm}$ の鋼製型枠に対して充填率100%に相当する試料を示方配合から求め計量し、ホッパを有する型枠に投入する。これを電磁式加振機に設置し、加振中の試料上面の高さをレーザ変位計により計測し、任意の供試体高さで振動を止め、任意の充填率の供試体を作製し、以下の2方法の試験を行った。

配合no.	km	kp	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				Mass (kg/l)
					W	C	S	G	
W115	1.61	1.3	40	38	115	288	781	1314	2.498
W120	1.65	1.37			120	300	773	1300	2.492
W125	1.68	1.45			125	313	764	1285	2.486

1) 超音波による試験(波速法): 超音波測定装置エルソニックを用いた。供試体の両端に端子を設置し、超音波が供試体中を伝播するのに要する時間を計測し、供試体長さを伝播時間で除すことによって波速を得る。その際、端子の接触圧により波速が大きく変化するため、バネを用いて一定の力で端子が供試体に接触するようにした。ヤング率は次式より求められる。

$$E = \rho \cdot c^2 \quad (1)$$

ここに、 c : 縦波の伝播速度 (m/sec²)、 E : ヤング率 (N/m²)、 ρ : コンクリートの密度 (kg/m³)

2) 一軸圧縮試験: 圧縮試験は $\phi 10 \times 20\text{cm}$ 供試体を用い一軸圧縮試験機を使用し、変位と荷重の関係曲線を求めた。ひずみ速度は毎分1%とし、0.2mmごとに荷重を記録した。最大圧縮応力に達した後、ひずみが0.5%以上になるまで記録した。

3. シミュレーション

コンクリートを粘弾性体フォークトモデルと仮定し、締固め層をフォークトモデルを直列で連結した一次元モデルで表したシミュレーションプログラムを作成した。図-1にモデルを示す。プログラムは、ある締固め時間における各接点の速度を運動方程式から求め、運動エネルギーを算出し、締固め関数によっ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締固め時間の経過にともなう充填率の変化に応じて物性値を修正しながら計算を行う。また、シミュレーションは、試作の振動機を用いた振動締固めの室内試験を対象として行った。シミュレーションと室内試験の概要は以下の通りである。

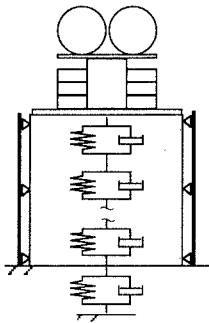


図-1 モデル

1) 振動機: 質量55kg、振動数53.6Hz、入力加速度4.5 G、低盤の直径30cm

2) コンクリート: 配合は表-1のW120、層厚は充填率100%で30cm、初期充填率は81%。シミュレーションでは、コンクリートを深さ方向に9層に分割し、質量は接点に集中させた。室内試験では、コンクリートを3層に分け、それぞれの層の中心に加速度センサを埋設し、応答加速度を得た。

キーワード: 超硬練りコンクリート、振動締固め、シミュレーション、ヤング率

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

3) 型枠：室内試験の締固め試料は、振動機と型枠との接触を避けるため ϕ 33cmの円筒形型枠を用いた。

室内試験で得た加速度から運動エネルギーを算出し、締固め関数を用いて締固めの進行中の充填率とした。

4. 結果および考察

図-2に波速法によるヤング率と充填率の関係を示す。骨材中の波動の伝播速度はペースト中よりも大きいいため、単位水量の小さい配合、つまり骨材量の大きい配合ほど、また充填率が高いほど伝播速度が大きく、ヤング率は大きくなる傾向が示されている。図-3に一軸圧縮試験によるヤング率と充填率の関係を示す。単位水量の大きい配合ほどペースト量が大きいいため、骨材間距離が大きく、粘着力が小さくなるため、骨材粒子の移動が容易であり、荷重増分に対する変形が大きいためヤング率は小さくなる。また、ヤング率は充填率とともに増加し、充填率96%付近で最大を示す傾向にある。配合上、骨材間隙体積以上のペーストが存在するため、充填率がある程度に達すると、骨材間隙中のペーストが過剰になり、骨材の受け持つ有効応力が低下する。そのため、応力ひずみ曲線の勾配がゆるやかになると推察される。

図-4に波速法によるヤング率、図-5に一軸圧縮試験によるヤング率を用いたシミュレーション結果を示す。波速法によるヤング率を用いたシミュレーションはその値が大きく過大な加速度を生成することになるため振動応答試験結果と近似しない。一方、一軸圧縮試験によるヤング率を用いた場合のシミュレーション結果は、良好に室内試験結果と近似している。

波速法は超音波の伝播によってヤング率を求めるものであり、コンクリートの変形をともなわずに測定するためむしろ静的である。一軸圧縮試験によるヤング率は、変形をともなう測定法であり、前者の測定方法より実

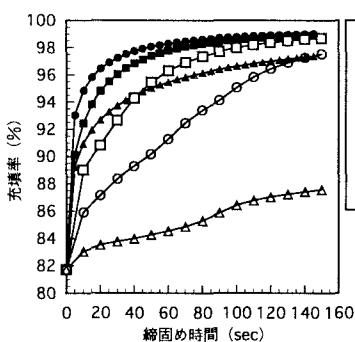


図-4 波速法によるヤング率を用いたシミュレーション

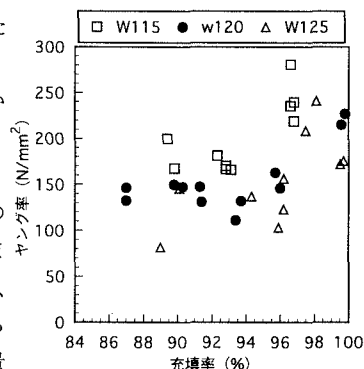


図-2 波速法によるヤング率

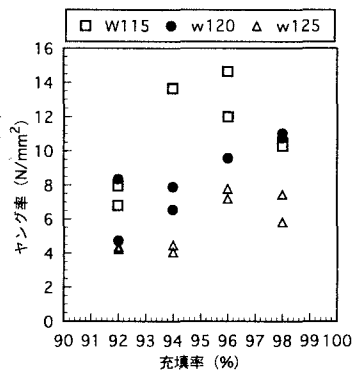


図-3 一軸圧縮試験によるヤング率

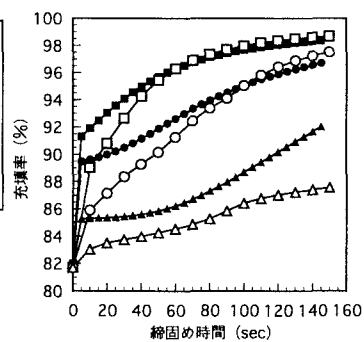


図-5 一軸試験によるヤング率を用いたシミュレーション

際の振動締固めの条件に近い状態と考えられ、一軸圧縮試験によるヤング率の方がシミュレーションに用いる物性値として適していると考えられる。しかし、実際の振動締固めではコンクリートが流動化するほどの振動力が加えられる状態であり、明らかに一軸圧縮試験の状態とは異なると考えられる。

5. まとめ

本文の締固め関数を用いたシミュレーションは一軸圧縮試験によるヤング率で比較的良好な近似を示した。しかし、減衰比を0.3の一定としてシミュレーションを行っており、今後、粘性係数に関する実験的研究が必要である。また、シミュレーションの2次元化も検討を要する。

【参考文献】 早川、三栖、國府：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