

コンクリートの振動締め固め時の動的挙動に関する解析

熊本大学大学院 学生会員 戸田 和博
 熊本大学工学部 正会員 大津 政康

1. はじめに

RCD あるいは RCC に見られるように超硬練りコンクリートの振動締め固めについて、その技術開発はめざましいものがある。著者等は、コンクリートの振動締め固め機構の解明のために、練り混ぜコンクリートを固相・液相から成る二相の連成モデルとした境界要素法（BEM）と有限要素法（FEM）を用いた解析法について研究を進めている¹⁾。近年、施工日数短縮のために超硬練りコンクリート施工での層厚は厚くなる傾向にあり、締め固め度の評価の定量化は益々重要になると考えられる。そこで、解析的に表面振動機の振動条件を変化させたときのフレッシュコンクリート層内の圧力変化、変位について考察を試みた。

2. 解析手法

動的な場での水圧 p の発生する液相と振動変位 u を受ける固相の支配式は以下になる。

$$\text{固相の釣合式：} \quad \rho \frac{d^2 u_i}{dt^2} = (\lambda + \mu) u_{j,j} + \mu u_{i,jj} + p_{,j} \quad (1)$$

$$\text{体積の連続式：} \quad p_{,ii} = -\rho_f \frac{d^2 u_{k,k}}{dt^2} - \frac{\gamma_w}{k} \cdot \frac{du_{k,k}}{dt} \quad (2)$$

ここで λ, μ はラーメの弾性定数、 ρ_f は液相の密度、 γ_w は液相の単位体積重量、 k は透水係数である。

3. 解析モデル

参考文献²⁾での超硬練りコンクリートのモデル実験を参考にして、図-1のようなRCDコンクリートが打設された50cm×30cmの型枠をモデルとした。型枠モデルコンクリートの表面境界点に表面振動機があるとし、振動荷重を与えた。この場合振動荷重は539Nである。図-1は定常応答を解析したBEMモデルを示している。境界、内部点は必要に応じて、境界上節点は40点、内部点は135点となっている。そして、型枠は含まず、RCDコンクリートのみをモデル化している。この場合、境界要素法でありながらモデルに内部点が必要なのは、内部の圧力と体積ひずみが未知量となるためである。解析には、BEM解析理論に基づいた二次元動的解析プログラム³⁾を用い、ヤング率、ポアソン比、密度、及びモデル実験に合わせた周波数を与えることにした。この他に節点を図-1と一致させたFEMモデルにより非定常応答の解析も行った。その要素数は100、節点数は121である。

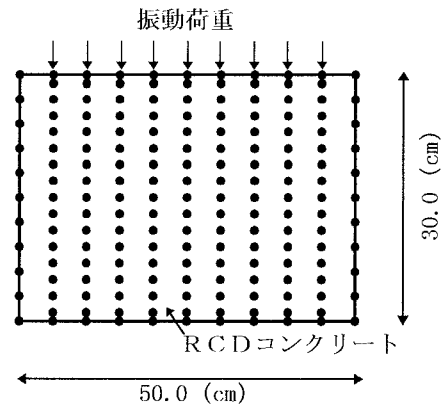


図-1 BEM解析モデル

4. 結果及び考察

モデル実験で得られた圧力分布を再現するには、妥当なヤング率を与え、圧力の深さ方向分布を一致させる必要がある。そこで、BEMモデルでヤング率の影響について考察した。図-2に、周波数一定(58.4Hz)のもとで、ヤング率を変化させたときのモデルの中心断面の圧力変化を示す。これより、ヤング率の上昇に伴って、圧力は深さ方向全体に低下することが認められる。これらの結果より、モデル実験での超硬練りコンクリートのヤング

キーワード：振動締め固め、BEM、FEM、二相問題

連絡先：〒860 8555 熊本市黒髪2-39-1、(tel)096-342 3542、(fax)096-342-3507

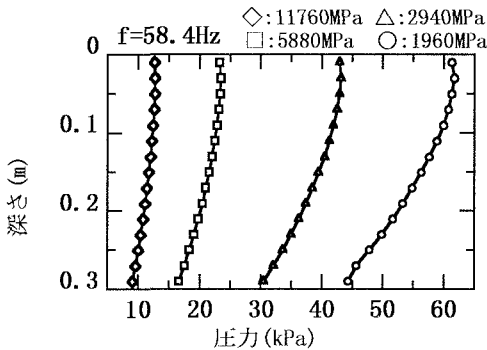


図-2 モデル供試体内の圧力分布

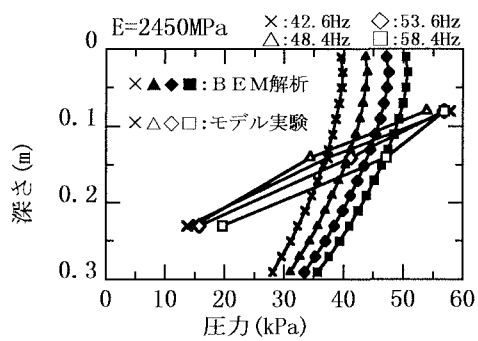


図-3 圧力分布の比較

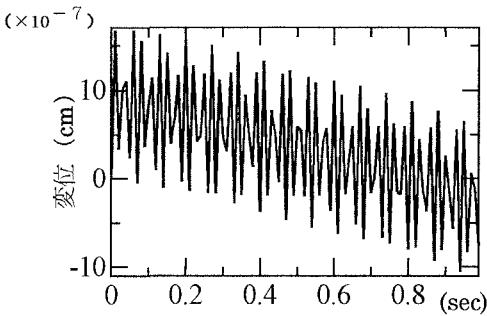


図-4 時間-変位（モデル表面中央）

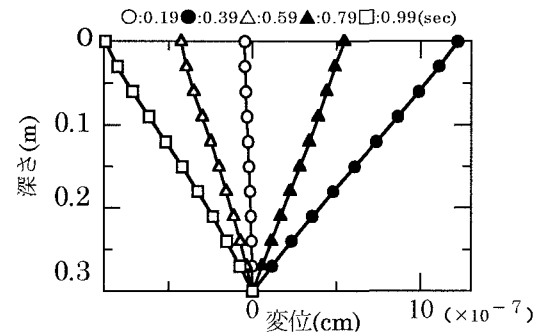


図-5 変位-深さ（モデル中央断面）

率として 2450MPa と決定した。図-3 は、モデル実験の結果とヤング率 2450MPa のときの BEM 解析結果を比較したものである。縦軸に深さ、横軸に圧力をとっているが、深さ方向の供試体中心部の圧力はほぼ一致しているのに対し、上層部と下層部は違っている。図-2 の結果を参考にすれば、モデル実験では、供試体内のコンクリートのヤング率が一様でなく、上層部で低く、下部では高くなっていることが推測される。これは、FEM 解析等により要素毎に剛性を変化させる必要のあることを示唆している。ただし、このモデル実験によれば、BEM 解析と実験のどちらにおいても、圧力上昇には周波数の影響をほとんど受けないことが明らかに認められる。

次に、過渡的な状態での変位を調べるため、FEM モデルにより、周波数 42.6Hz、ヤング率 2450MPa のケースの解析を行った。図-4 に供試体表面中央点の時間経過と変位の関係を示す。これより、振動荷重により徐々に締め固めが進められる様子が認められる。なお、この図からは周波数 42.6Hz の追跡が十分ではなく、時間刻みが入力した周波数に対して十分ではないことが見られる。図-5 には各時刻における供試体の深さと変位の関係を示す。いずれの時間においても、変位は供試体上層部のみが大きく、下層部に行くほど小さくなっている。また、時間経過に伴って、変位は圧縮の方向に大きくなっていくことが認められる。このように、振動締め固め過程でのコンクリート内部の圧力と変形を数値解析により解明する可能性が示されたと考えられる。

参考文献

- 1) 上野修司、大津政康、友田祐一、重石光弘：超固練りコンクリートの振動締め固め機構の BEM 解析、土木学会西部支部研究発表会講演概要集、1996.3、914-915
- 2) 早川健司、國府勝郎、上野敦：表面振動機による超固練りコンクリートの振動締め固め機構に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.17、No.1、1995.6、593-598
- 3) 今村利香：RCD コンクリートの振動締め固め挙動に関する解析的考察、土木学会西部支部研究発表会講演概要集、1998.3、828-829