

BEM による超硬練りコンクリートの振動締固め機構の解析的検討

○ 熊本大学大学院 学生会員 横山 禎之
 熊本大学大学院 学正会員 国居 史武
 熊本大学大学院 正会員 大津 政康

1. はじめに

超硬練りコンクリートは RCD 工法などのダム施工、RCCP 工法などの舗装で採用されている。これらの超硬練りコンクリートの施工管理には VC 値によるコンシステンシー評価などが行われている程度で締固め機構は完全に解明されているとは言えない。そこで本研究では、超硬練りコンクリートの振動締固め試験において間隙水圧の測定を行い、また透水係数、密度、弾性係数などの物性値の測定も行った。そして、これらの物性値を用いて、固相 - 液相からなる 2 相系動的問題を BEM 解析し、振動締固め過程の間隙水圧分布について、実験値と解析値の比較検討を行った。

2. 解析手法

解くべき未知数を振動変位 u と間隙水圧 p とする Biot の二相混合体理論に基づいた定式化を行うと、支配方程式は以下ようになる。

$$\text{固相の釣合式: } r(-w^2)u_i = (l+m)u_{j,ji} + mu_{i,jj} + p_{,i} \quad (1)$$

$$\text{液相の連続式: } p_{,ii} = -\left(r^f w^2 + \frac{g_w}{k} i w\right) u_{i,i} \quad (2)$$

ここで、 r^f : 固相の密度 l, m : Lamé の定数、 g_w は液相の単位体積重量、 k は透水係数である。また、 l, m は複素数とし粘性を考慮する。

3. 実験・解析概要

図 - 1 に示すような直径 20cm、高さ 40cm の鋼製円筒型枠に表 - 1 に示すスランプ 0cm の配合のフレッシュコンクリートを投入しながら間隙水圧計を供試体の底面から 10cm、20cm、30cm の 3 ヶ所に設置して、敷き均した後、コンクリート上に厚さ 5mm の鋼製の蓋をし、振動器で 12.5kPa の応力負荷をした状態で 130Hz の振動を加え、それぞれの位置での間隙水圧を測定した。測定時間は、間隙水圧の値が一定となる定常状態が確認できるまでとした。解析は、密度試験、変水位透水試験、弾性波計測の結果得られた物性値を用いて、図 - 2 に示されているような、加振動後の沈下量 3.6cm を考慮した 20cm × 36.4cm の 2 次元解析モデルにより境界上接点数 40 点、内部点 90 点とし、振動締固め過程の定常状態における中心断面の間隙水圧を弾性、粘弾性の場合で BEM 解析を行った。

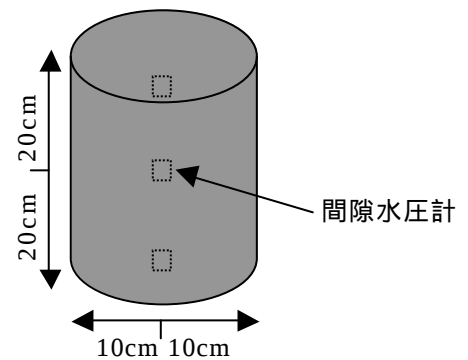


図 - 1 実験装置配置図

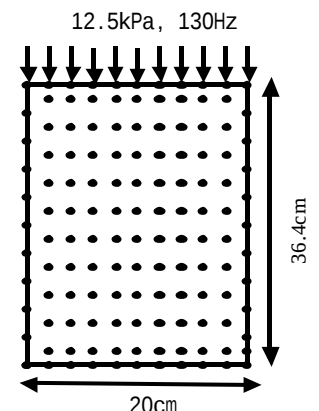


図 - 2 解析モデル

表 - 1 コンクリートの配合

G max (mm)	W / C (%)	s / a (%)	単位量 (kg/m³)				
			W	C	F	S	G
20	35	38.5	113	226	97	780	1274

F: フライアッシュ

キーワード: 超硬練りコンクリート、振動締固め、境界要素法、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

4. 結果および考察

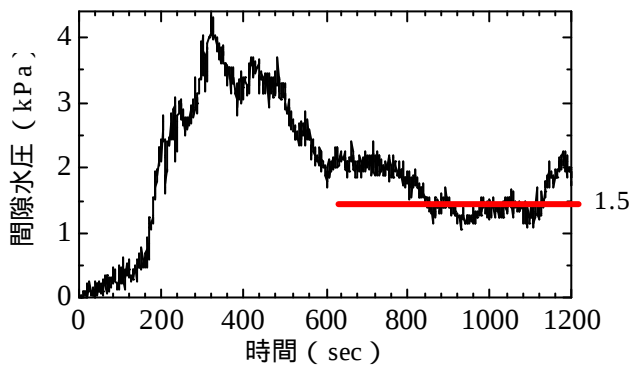


図 - 3(a) 間隙水圧 (深さ 10cm)

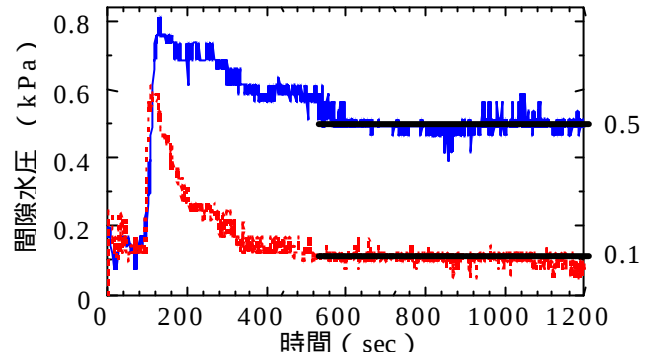


図 - 3(b) 間隙水圧 (— 深さ 20cm)
(--- 深さ 30cm)

図 - 3(a), (b), それぞれに振動締固め試験により

計測された、最終沈下量 3.6cm の場合の、間隙水圧の時間変動を示した。間隙水圧は供試体上部ほど大きい値を示しており、特に深さ 10cm における間隙水圧は他の 2 点に比べて著しく大きい値であることが認められた。また、深さ 10cm, 20cm, 30cm すべてにおいて振動载荷開始直後に間隙水圧は急激に増加し、200秒付近を境に減少していき 600秒付近で一定の値に収束する定常状態に至ることが確認された。それぞれの間隙水圧の値は深さ 10cm で 1.5kPa、深さ 20cm では 0.5kPa、深さ 30cm では 0.1kPa であった。

図 - 4 に表 - 2 の物性値を用いて、BEM 解析による中心断面の間隙水圧分布と、振動締固め実験により得られた間隙水圧分布の比較を示す。図 - 3 の実験で求められた間隙水圧の分布は、解析を行った弾性解と粘弾性解にまたがっており下部では弾性解に一致し、上部では粘弾性解に近くなることがわかる。ここで、粘弾性では表 - 2 に示すとおり波動の減衰係数 Q 値を考慮した。既報によると透水係数による圧力変動の影響が非常に大きいことが知られている¹⁾ので、コンクリート内部で透水係数を変化させる必要があると考えられる。弾性・粘弾性問題として物理量の測定により求められた物性値を用いた BEM 解析により実験結果の間隙水圧分布を再現できることが認められた。

表 - 2 物理量の測定結果

比重	2.86
湿潤密度 (g/cm^3)	2.86
含水比 (%)	5.81
間隙比	0.18
透水係数 (cm/sec)	2.46×10^{-2}
P 波 (m/sec)	709
弾性係数 (GPa)	1.31
Q 値	61.83

5. 結論

- 1) 振動締固め試験から計測された間隙水圧は、定常状態では供試体上部になるにつれて高い値をし、特に供試体上部では著しく高い値を示すことが認められた。
- 2) 物理量測定により得られた値を用いて、固相 - 液相の二相モデルによる定常振動場の BEM 解析を行った結果、弾性問題、粘弾性問題として実験での間隙水圧分布を解析する可能性が示された。

さらに、透水係数の測定法と不均質性の考慮など、解析と振動締固め試験を含めた詳細な検討が必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 國居史武・横山禎之・友田祐一・大津 政康, RCD コンクリートの振動締固め過程に関する考察、コンクリート工学年次論文報告集, pp.409 - 414, Vol.117, 1136 - 1157, 1999

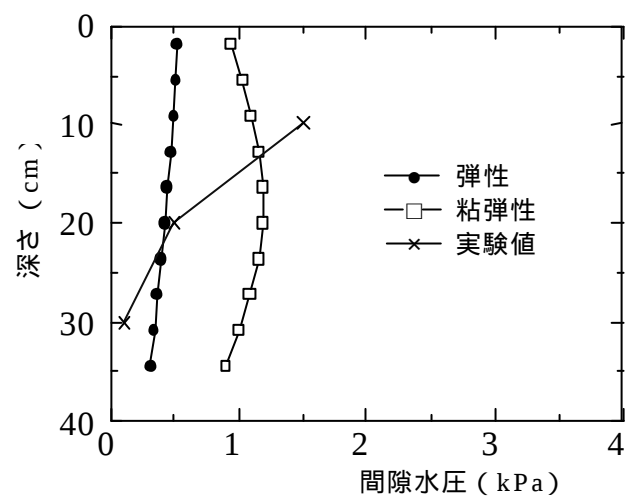


図 - 4 解析結果