

BEM を用いた RCD コンクリートの振動締固め機構の解明

○熊本大学大学院 学生会員 國居史武
 熊本大学工学部 非会員 横山禎之
 熊本大学工学部 正会員 大津政康

1. はじめに

RCD 工法は汎用機械を使用した機械化施工法であり、現在ではダム施工法の主流となっている。しかし、RCD 工法への信頼感はまだに確立されておらず、その原因の一つが締固め機構の不明な点とされている¹⁾。そこで、定常状態におけるコンクリートの物性値を実験的に決定し、これらの値を用いて境界要素法 (BEM) により解析的に考察し、振動実験により測定された間隙水圧と物性値との関係について検討を行った。

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方程式は以下のようになる。

固相の釣合式：

$$\rho \frac{d^2 u_i}{dt^2} = (\lambda + \mu) u_{j,ji} + \mu u_{i,jj} + p_{,i} \quad (1)$$

液相の連続式：

$$p_{,ii} = -\rho^f \frac{d^2 u_{k,k}}{dt^2} - \frac{\gamma_w}{k} \cdot \frac{du_{k,k}}{dt} \quad (2)$$

ここで、 ρ^f ：固相の密度、 γ_w ：液相の単位体積重量、 k ：透水係数、 λ 、 μ は Lamé の定数である。

3. 実験方法

図-1 に示すような直径 20cm、高さ 40cm の鋼製円筒型枠に表-1 に示す配合のフレッシュコンクリートを打設し、敷き均した後、間隙水圧計を供試体の底面 (0cm) と底面から 20cm、40cm の 3 ヶ所に設置して、それぞれの位置での間隙水圧を測定した。AE センサ (共振周波数 60kHz) は鋼製円筒型枠外面に同様に計 3 個取り付け、定常状態の確認のために AE の発生頻度を測定した (60dB 増幅)。コンクリート上には厚さ 5mm の鋼製の蓋をし、振動器で 392N の荷重載荷した状態で 60Hz の振動を加えた。解析には BEM 解析理論に基づいた二次元解析プログラム²⁾を用いた。図-2 にそのモデルを示している。境界上節点は 40 点、内部点は 90 点である。ここで式 (2) のとおり、フレッシュコンクリートの透水係数が必要となったので、変水位透水試験 (JIS A 1218) により定常状態における透水係数を、密度試験 (JIS A 1202) により密度をそれぞれ測定した。また RCD コンクリート内を通る弾性波動の速度を計測し、定常状態における弾性係数を実験的に決定した。

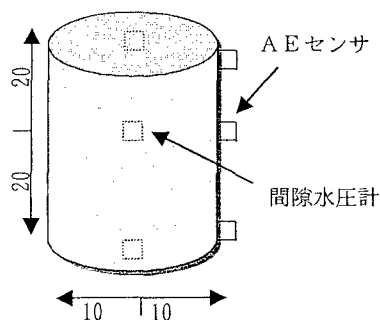


図-1 実験装置配置図

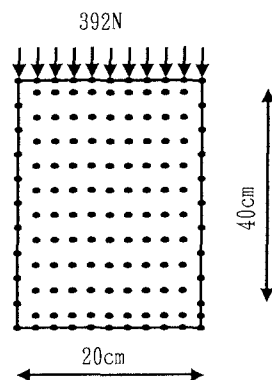


図-2 解析モデル

表-1 コンクリートの配合

Gmax (mm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					スランプ (cm)
			W	C	F	S	G	
20	35	38.5	113	226	97	780	1274	0

F:フライアッシュ

キーワード：RCD、振動締固め、境界要素法、二相問題、AE

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 と図-4 に実験により計測された最終沈下量 3.5cm の場合の時間と間隙水圧の関係が示されている。供試体上部になるにつれて間隙水圧の値は大きくなり、特に深さ 0cm の間隙水圧は他の 2 点に比べて著しく大きいことが認められる。これは供試体上部の方にのみ振動が伝わり、その結果、ダイレタンスーに伴う間隙水圧の消散が供試体上部にのみ活発に生じたことを示していると考えられる。深さ 0cm では時間の増加と共に間隙水圧の値が単調に減少していることが認められる。深さ 20cm と 40cm では間隙水圧の値は 150 秒を境に減少し、その後間隙水圧の値がほぼ一定となる定常状態に達することが認められる。それぞれの間隙水圧の値は深さ 20cm では 0.2kPa、深さ 40cm では 0.05kPa（一点鎖線で示す）であった。

図-5 に実験により計測された時間と AE 発生数の関係の一例が示されている。どの深さにおいても AE カウントの値は 350 秒付近で AE カウント数が大幅に減少し、その後ピーク値を示すことが認められた。このことから AE カウント数の大幅に減少する時間が間隙水圧の非定常状態と定常状態の境界であると考えられ、AE がコンクリートの締固め度の評価の有効性が確認された。

表-2 に密度試験、浸水透水試験、弾性波計測により得られた RCD コンクリートの定常状態における物理量が示されている。これらの値を用いて、振動締固め過程の定常状態における間隙水圧を BEM 解析により求めた。理論値は実験値に比べ著しく小さい値を示していることが明らかとなった。そこで、表-2 の透水係数を 3×10^{-3} 倍した解析結果を実験結果の比較を図-6 に示す。

参考文献

- 1) 國府勝郎、牛島栄:超硬練りコンクリートの現状、コンクリート工学、Vol. 36, No. 8, 3-9, 1998. 8
- 2) 上野修司、大津政康、友田祐一、重石光弘:超硬練りコンクリートの振動締固め機構の BEM 解析、土木学会西部研究発表会講演概要集、914-915, 1996. 3

表-2 物理量試験の結果

比重	2.75
湿潤密度 (g/cm³)	2.41
含水比 (%)	5.78
透水係数 (cm/sec)	5.81×10^{-2}
弾性係数 (GPa)	1.39

- 理論値
- 実験値
- △ $k=1.74 \times 10^{-4}$ (cm/sec)

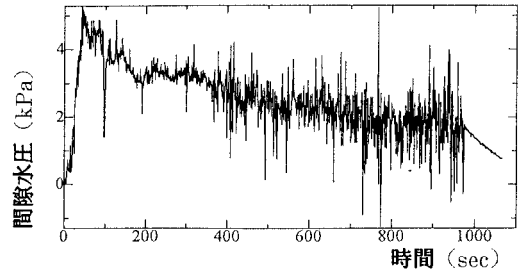


図-3 間隙水圧 (深さ 0cm)

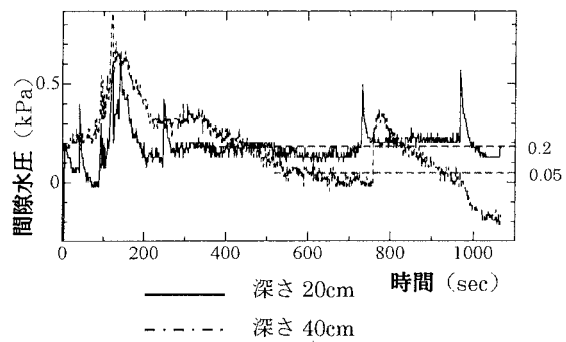


図-4 間隙水圧

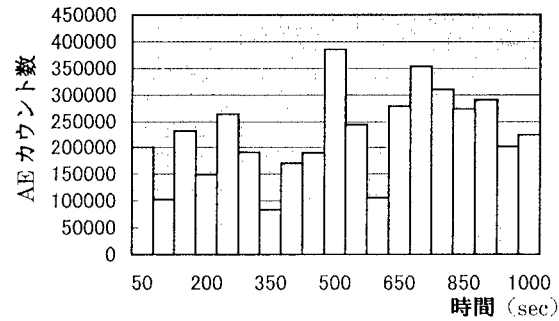


図-5 AE 発生頻度 (深さ 20cm)

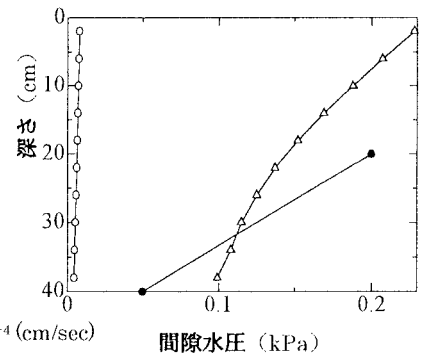


図-6 解析結果