

地中埋設管の液状地盤中地震時挙動について

○熊本大学工学部 学生会員 乾野正浩
 熊本大学大学院 学生会員 國居史武
 熊本大学大学院 正会員 大津政康

1. はじめに

阪神・淡路大震災では、多くの構造物の被害が報告されたが、その1つに液状化地盤内でのライフライン構造物の破損、損壊がある。そのため、都市機能の復旧には、これらのライフライン構造物の損壊状況を早期発見し、評価することが重要である。本研究では、AE法をライフライン構造物へ適用することを目的として、液状化地盤内でのライフライン構造物の挙動を間隙水圧とAE発生挙動から検討を行った。また、境界要素法(BEM)により体積ひずみ分布を数値解析し、地震時の飽和地盤内の挙動を明らかにした。

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：
$$\rho(-\omega^2)u_i = (\lambda + \mu)u_{j,j} + \mu u_{i,jj} + p_{,i} \quad (1)$$

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

ここで、 ρ^f ：液相の密度 λ, μ ：Lame の定数、 γ_w ：液相の単位体積重量、 ω ：円振動数、 k ：透水係数
 この2式を連成させて固相・液相の2相問題として、動的BEM¹⁾解析を行った。

3. 実験方法

液状化試験の概要を図-1に示す。幅30cm、奥行き30cm、高さ35cmの木製型枠に、飽和させた豊浦標準砂(密度2.64g/cm³、透水係数2.23×10⁻²cm/sec、弾性波の伝播速度323m/sec)を高さ25cmの位置まで投入して、試料上面を均した。加振条件は、供試体下面から40Hzの振動を180秒間与えるものとした。また、試料投入の際に、内径36mm、肉厚2mm、長さ300mmの両端をふさいだ鋼管を底面から高さ10cmの位置に埋設し、間隙水圧計を底面から高さ5cm、15cm、20cmの3箇所に設置して間隙水圧の計測を行った。

また、広帯域型AEセンサ(UT-1000、共振周波数1MHz、Physical Acoustics社製)を型枠外面の高さ5cm、15cm、20cmの位置に取り付け、60dB増幅、閾値を42dBにしてAE発生挙動の計測を行った。実験は、埋設管の有無での比較検討も行った。

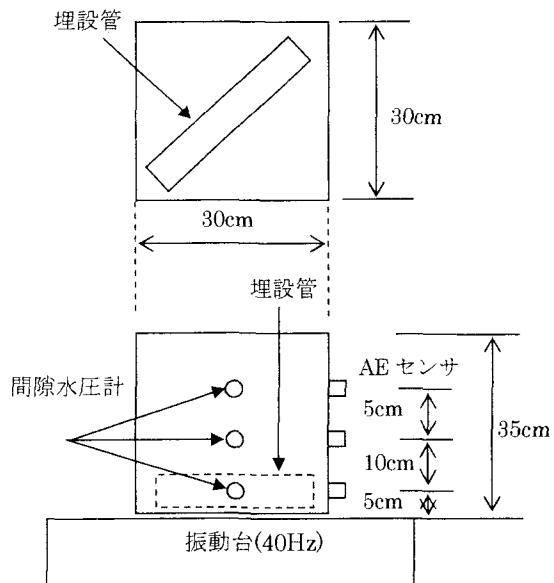


図-1 実験装置

3. 結果および考察

液状化試験において計測された高さ 15cm の位置における3秒ごとのAEカウント数を図-2に示す。AE カウント数は加振直後ではその活性度は大きい、加振後 60 秒付近を境にほぼ一定値に収束し、117 秒付近でAE カウント数が突発的に増加し、その後、再びほぼ元の値に戻る現象が確認された。一方、図-3に示す高さ 20cm の位置におけるAE カウント数は高さ 15cm に比べ少なく、図-2と同様、加振後 60 秒付近を境にほぼ一定値に収束し、120 秒付近で AE カウント数が突発することが明らかとなった。この頻発時期は、埋設管が地盤の液状化に伴って浮上する際に、各センサの設置箇所を通過する時間とほぼ一致している。一方、埋設管の下側に設置された高さ 5cm の位置では、AE カウント数は 60 秒付近から一定値に収束するだけで、図-2と図-3に示すような AE カウント数が突発する現象は確認されなかった。以上のことから、AE を用いた液状地盤内の埋設管の上昇挙動は、AE の頻発としてモニタリングできることが示された。

なお、鋼管が埋設されていないケースにおいては、試験中に計測された間隙水圧は 60 秒を境にほぼ一定となって、砂地盤が完全に液状化に達したことが確認された。

図-4 に BEM 解析により得られた埋設管付近の体積ひずみ分布を示す。40Hz の振動下での体積ひずみは埋設管近傍、特に下側で高い値を示していることが認められる。これが明らかに埋設管の上昇に寄与していることが考えられ、液状化地盤における地中埋設管の地震時挙動を動的 2 相問題として解析的に検討できることが示された。

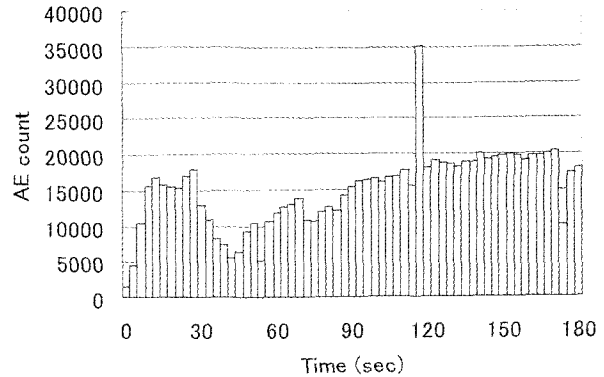


図-2 AE カウント数 (AE センサ位置 高さ 15cm)

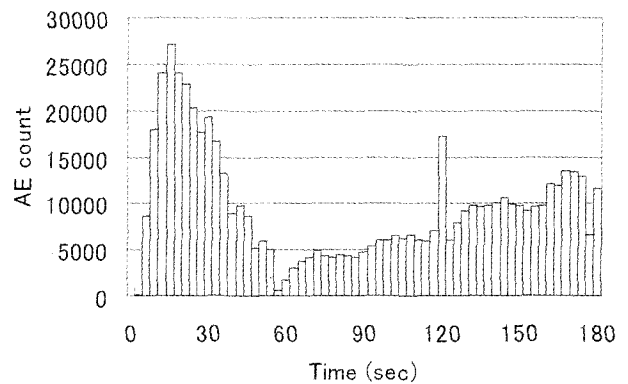


図-3 AE カウント数 (AE センサ位置 高さ 20cm)

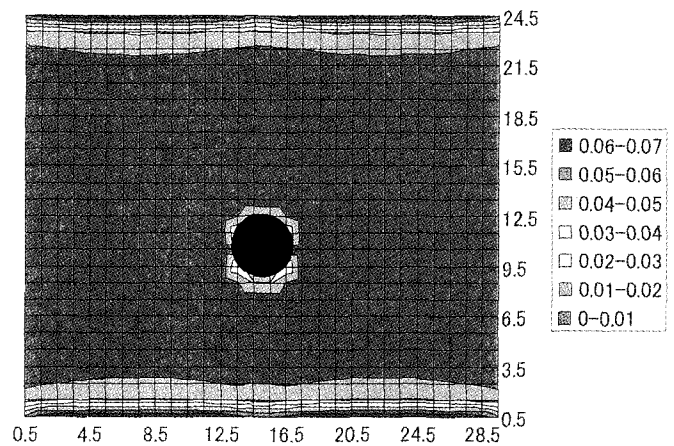


図-4 解析結果 (体積ひずみ分布)

参考文献

- 1) 國居史武, 野上圭一, 横山禎之, 大津政康: 境界要素法を用いた超硬練りコンクリートの振動締め固め挙動の解明に関する研究, 土木学会論文集, V-58, No. 725, pp. 245-254, 2003