Japan Society of Engineering Geology

46. 地震動増幅特性・液状化危険度と地下水位の関係

○中迎誠(東邦地水株式会社), 中川康一(大阪市立大学大学院理学研究科)
Makoto NAKAMUKAE and Koichi NAKAGAWA

1. はじめに

地下水位は液状化危険度と密接な関係があると従来指摘されているが, 増幅特性にも影響することが危惧される. これは, 地盤の剛性が有効応力(上位層による全応力と間隙水圧の差)に依存するためであるが, この点に言及した研究例はほとんどない.

そこで, 本研究では地下水位と地震応答・被害との関連を明らかにするために, 地下水位を考慮した地盤モデルを用いて, 連動型南海地震を想定した一次元解析と液状化危険度の評価を行った.

2. 地下水位と表層地盤の物性との関係

地下水位と表層地盤の地震応答に関連する剛性率と減衰率の関係は以下のように整理される.

一般に, 土の線形剛性率G_{max}は, 有効応力の累乗に比例することが知られている. 有効応力にかかる冪数は, 正規圧状態では経験的に0.5が知られており, 式(1)にように表せる.

$$G_{\max} = a\sigma'^{0.5} \qquad (1)$$

不飽和層内部では, 間隙に残った水の表面張力により負の間隙水圧(サクション)が生じるために, 地盤全体で式1のG_{max}は増加することになる. なお, 地下水面より上位の地層では不飽和となるが, それによる単位体積重量の変化は無視した.

減衰率hは, 有効応力の-0.5乗に反比例する次の関係式を用いた.

$$h_i = (c\gamma^d) * \left[\frac{\sigma'^{-0.5}_i}{\sigma'^{-0.5}_0} \right] \qquad (2)$$

地下水位の設定については, GL 0, -1, -2, -3, -5mとした. 中央防災会議による地下構造モデル[2]を用い, 地下水位がGL0mの場合とその他の場合について, 地層毎に物性値の変化を考慮した.

3. 対象とした地震と解析地域

入力地震動は中央防災会議による, 連動型南海地震の想定地震動[2]とした.

計算対象地域は東西方向約25km, 南北方向約20kmの地域であり, 東西, 南北方向ともに約1kmの間隔にて一次元解析を行った(図-1). 対象地域には, 中央部(砂礫質台地)の西側に埋立地・海岸低地, 東側に旧河川や後背湿地が存在している.

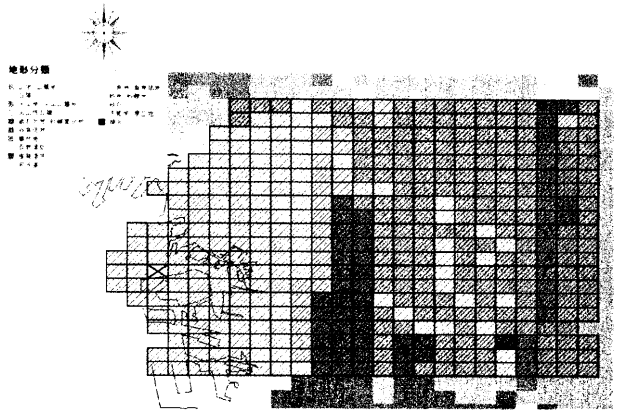

図-1 対象地域と計算メッシュ

4. 地震動と液状化の解析・評価手法

応答解析は逐次積分法に基づく一次元解析プログラムAMPLE2000 [3]を用いた. それぞれの地下水位によって変化する, 地表の最大加速度(水平2成分合成波形による), SI値(加速度スペクトルの0.1 ～10 Hz区間の積分値), P_L値(地盤液状化指数[4])について, 地下水位がGL0mの場合を基準として評価した.

5. 最大加速度・SI・P_L値の変化

地下水位がGL0mの場合を基準に, 各地下水位に対応する最大加速度とSIの低減率について図-2, 3に示す. 図より地下水位と最大加速度, SIの低減率との間にはきれいな関係があることがわかる. なお, 図-3にてSIは東西成分のみであるが, 南北成分も同様の結果であった. 低

NII-Electronic Library Service

減率が負となったメッシュは最大加速度，SIともに1割強である．

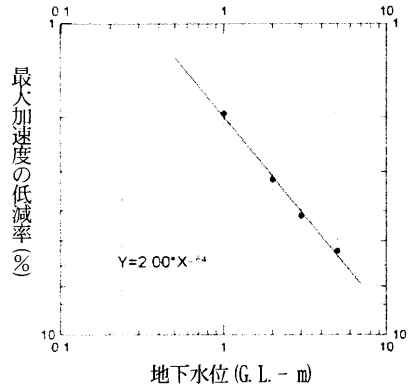

図-2　地下水位と最大加速度の減少率の平均値

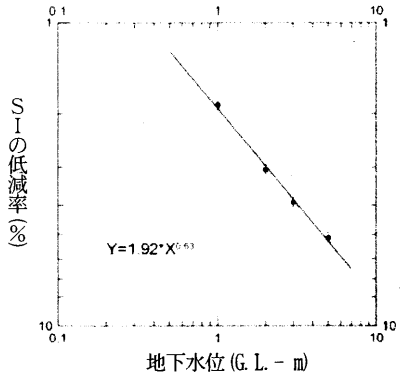

図-3　地下水位とSI(東西成分)の減少率の平均値

地震動が増幅した地点のうち 1 点での加速度スペクトル増幅率の例を図-4 に示す．地下水位の低下により剛性率が増加すると，地盤の固有周波数が高周波数側に移る．その際，入力地震動の卓越周波数と地盤の増幅特性の微妙な関係から地震動が増幅する場合がある．

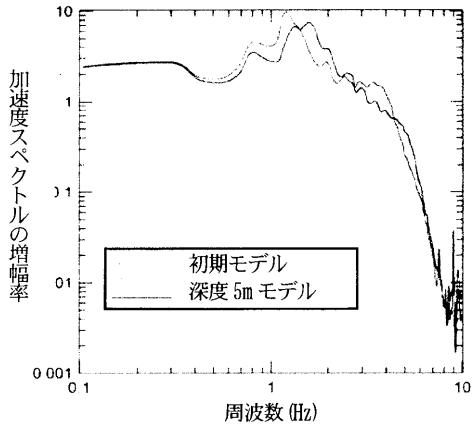

図-4　地震動が増幅した地点での加速度スペクトルの増幅率

図-2，3と同様に，地下水位がGL0mの場合を基準に各水位に対応したP_L値の低減量(平均値と標準誤差)を図-5に示す．低減量が負となったメッシュは地下水位がGL-1mの場合に2メッシュのみである．

図-5に示した地下水位とP_L値の低減量は定性的に指摘されてきたことである．しかし，図-2・3，5は，地下水位を考慮した液状化危険度の計算には外力(加速度)の変化を考慮することが望ましいことを示している．

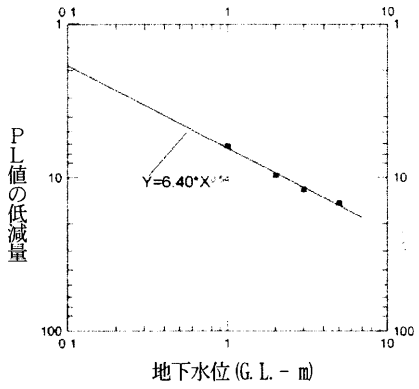

図-5　地下水位とP_L値の減少量の平均値

6. まとめ

大阪平野を対象として，想定南海地震の場合の一次元地震動解析により，加速度と地下水位とには負の相関があることが確かめられた．地下水位の異なる場合の加速度の変化は液状化危険度の計算に考慮されるべきである．

以上地震被害を想定するときに重要と思われる地下水の影響について，単純化した手法と中央防災会議によるデータを用いて解析したが，信頼性を高めるためにはさらに高精度の地下構造モデルの採用ともにメッシュを細かくするなど詳細な検討が必要である．

参考文献

1) 今津・福武，1986，第21回土質工学研究発表会，509-512.
2) 中央防災会議，2004，東南海・南海地震公開データ.
3) Pestana and Nadim, 2000, Geotechnical Engineering Report No. UCB/GT/2000-04.
4) 岩崎・他，1980，土と基礎，**28**，4，23-29.

NII-Electronic Library Service