

阪神大震災における臨海埋立地の地盤震動特性

熊本大学工学部 正員 秋吉 卓
 八代工業高等専門学校 正員 淵田邦彦
 熊本大学工学部 正員 松本英敏
 熊本大学工学部 学生員 〇今中康貴

1. はじめに

平成7年1月17日に起きた兵庫県南部地震において、阪神地域の臨海埋立地は液状化の被害を多く受けた。そこで本研究では、最初に、神戸ポートアイランドの鉛直アレーで観測された同地震波形と、本研究室で開発した2次元非線形有効応力解析プログラム「NUW2」¹⁾により、同一地点について、解析した波形を比較してプログラムの妥当性を検討する。その後、阪神地域の地盤ボーリング資料を基に作成した解析モデル地盤の液状化解析を行い、液状化調査資料と対比する。また、液状化の可能性があると判断された場合には、種々の地盤改良を施し、工法の違いによる効果を比較検討する。

2. 解析手法

液状化の解析には、上述の液状化解析プログラム「NUW2」¹⁾を使用する。また、サンドコンパクションパイル工法をシミュレートする波動累積プログラム「WAP3」²⁾で作成した改良地盤の液状化防止効果について解析を行う。

3. 地盤のモデル化

地盤モデル(図-1)は、ポートアイランド北端の地震計鉛直アレー設置位置のボーリング資料のN値を、道路橋示方書³⁾よりせん断波速度 V_s に換算し、これをせん断弾性係数 G (kPa)に変換する。次にこの G から、式(1)により基準化されたせん断弾性係数 G_n に変換し、モデル地盤を作成する。また、初期有効上載圧 σ'_{m0} は静止土圧係数 K_0 を0.5として求めた。

$$G_n = \frac{G}{\sqrt{(\sigma'_{m0}/98)}} \quad (\text{kPa}) \quad \dots \dots (1)$$

ここで、 σ'_{m0} : 有効上載圧 (kPa)

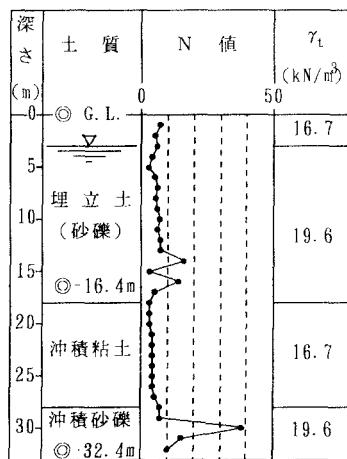
なお、この G_n に対して地盤モデル⁴⁾の液状化パラメータを決定して、NUW2にかける。

4. NUW2の実地盤への適用性

NUW2を実地盤へ適用するに当たって、図-1に示す柱状図から、2.の方法で作成したモデル地盤に、深さ32.4mで観測された加速度波形(N S成分、MAX=543.6gal=0.55g)を入力波として解析を行い、深さ16.4mおよび地表面における解析加速度波形と、この深さにおける観測加速度波形とを比較することで妥当性を検討した。地盤の固有値解析より、1次の固有周期が0.664秒となり、レイリー減衰は、1次モード減衰を2%とすれば、質量比例定数 $\alpha=0.19$ 、剛性比例定数 $\beta=0.0021$ となる。図-2より、加速度振幅は、地表面で、解析値の方が多少小さくなっているものの、位相は、16.4mおよび地表面ともほぼ一致しており、NUW2は実地盤において十分使用可能であると考えられる。

5. 解析結果

液状化の判定は、過剰間隙水圧比で行う。本研究では、0.5を越えると液状化しているものとする。図-3はポートアイランドにおける地盤改良域と液状化解析地点を示す。図-4は、液状化地点(Point 8)の未改良地盤と、この地盤にプログラム「WAP3」により、サンドコンパクションパイル(SCP)で対策した地盤における



※○は地震計設置位置
 図-1 地震観測位置の柱状図⁵⁾

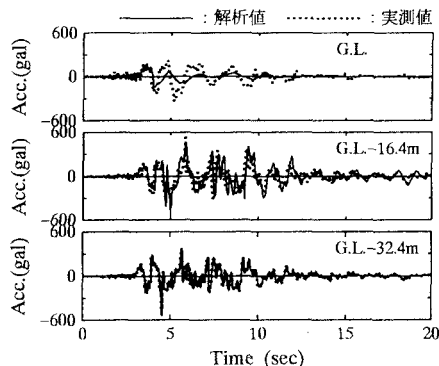


図-2 加速度時刻歴の比較

過剰間隙水圧比 u^* の時刻歴を比較したものである。表-1 にこの場合の SCP 施工条件を示す。図 4 より未改良地盤では、 u^* が急激に増加し、一瞬で液状化しているのに対して、SCP 改良地盤は、 u^* がかなり低減していることが分かる。この時刻歴の最大値を深さごとにプロットしたものを図 5 に示す。同図の (a) は液状化地点 (Point 8)、(b) は非液状化地点 (Point 4) の u^* についての解析結果である。この地点の地表面近くの液状化の有無については、解析結果と航空写真による液状化分布図⁶⁾とを比較した結果、大差はなかった。図-5 (a) では、未改良地盤では埋立土のほぼ全体にわたって液状化しているが、SCP 対策を行った結果、過剰間隙水圧比 u^* がかなり低減でき、その効果がみられる。なお、同図 (a) の改良地盤と (b) の地盤の粘土層上部で u^* が 0.9 を越えているが、これは、粘土層内の水が排水できず高圧化したものと考えられる。また、(b) では深さ 10m で u^* が 0.5 を越えているが、その影響が地表面付近まで及んでいないことから、液状化していないものとする。

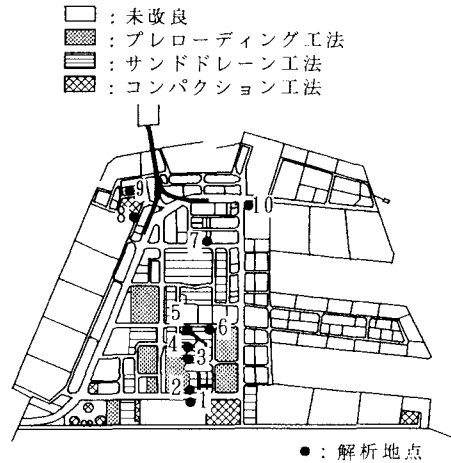


図-3 ポートアイランドにおける地盤改良域と解析地点⁶⁾

表-1 SCPの施工条件

項目	置	施工条件
配	置	四角形
杭間	(m)	2.0
起振力	(kPa)	592
杭径	(m)	0.4
振動数	(Hz)	9.3
加振時間	(sec)	120
打設深度	(m)	15.0~20.0

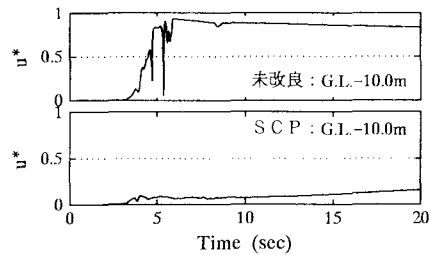


図-4 過剰間隙水圧比の時刻歴 (Point 8)

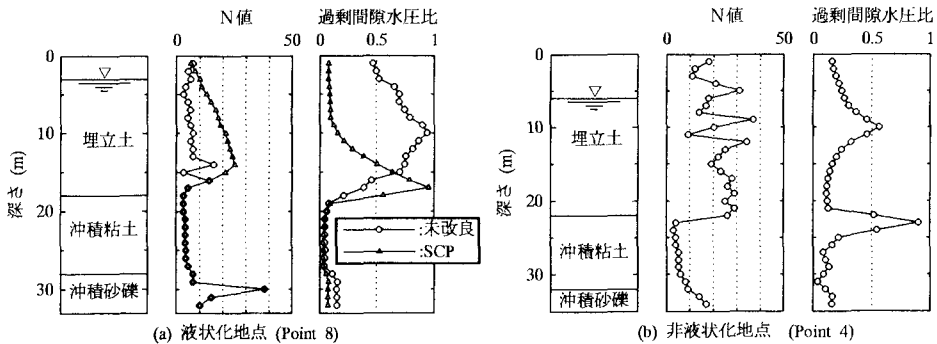


図-5 NUW2による解析結果

6. あとがき

本研究により、液状化解析プログラム NUW2 は実地盤において液状化予測が十分可能であることが分かった。今後は、SCP 工法以外の液状化対策工法を液状化地盤に施した場合の効果を検討したい。

【参考文献】1) T.Akiyoshi, et al., "Liquefaction analysis of sandy ground improved by sand compaction piles," Soil dynamics and Earthquake Engineering, Vol.12, No.5, 1993, pp.299-307. 2) 秋吉他: サンドコンパクション工法による地盤剛性改良の動的評価について, 土木構造・材料論文集, 第8号, 1992.11, pp.51-60. 3) Iai, S. et al., "Basic consideration for designing the area of the ground compaction as a remedial measure against liquefaction," Report of P.H.R.I., No.590, 1987. 4) 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, 1990, p.34. 5) 吉田 望: 1995年兵庫県南部地震におけるポートアイランドの地震応答解析, 土と基礎 10月号, 1995, pp.49-53. 6) M.Hamada et al., "The 1995 Hyogoken-Nanbu(Kobe) Earthquake, Association for Development of Earthquake Prediction, 1995.9, pp.41-97, pp.180-193.