

III-A 165 兵庫県南部地震における大型基礎の地震時沈下解析

電力中央研究所 正会員 金谷 守
構造計画研究所 秋元正博

1. はじめに

著者らは、第四紀の締まった砂礫地盤上に重要構造物を建設した時の、地震時における沈下量の予測を目的とした解析手法の開発を行ってきた。本報告では、先の兵庫県南部地震において、締まった砂礫地盤上にある明石海峡大橋主塔基礎2Pの地震前・後の沈下データをターゲットとして、シミュレーション解析を試みた結果について報告する。

2. 解析手法と解析モデル

解析には、有効応力に基づく非線形解析手法（NAFSS）を用いた。本解析手法は、二相系の連成運動方程式（u-w解法）に、弾・塑性構成式を適用した手法である。詳細については文献1)を参照されたい。解析では、Yamagataら²⁾の報告を参考にして、図-1に示すようにモデル化し、地盤の基本的な物性を図-2に示す値とした。なお、基礎体は実際には円筒形をしているが、ここでは平面ひずみ状態で解析している。また、地盤の内、沖積砂礫層(Ac)と明石層(Ak:砂礫)については、弾・塑性構成式による二相系の有効応力解析領域とし、神戸層(K1~K3)については、修正R-0モデルによる一相系の全応力解析領域とした。明石層に対する入力物性値は、当該層で大口径サンプリングされた試料を用いた非排水繰返しせん断試験結果を参考にして推定した³⁾。図-3にその比較を示している。入力地震波は、図-4に示す波形を用いた。これは、神戸大学で観測された波形を地中岩盤(GL-53m, $V_p=3\text{km/s}$, $V_s=1.4\text{km/s}$)に引き戻した波形(NS成分:2E)で、解析では、その主要動15秒間を用いてTP-212m ($V_p=3.2\text{km/s}$, $V_s=1.1\text{m/s}$)からの入射波として解析した。初期応力解析は、弾性解析で行っている。上部工の影響については、鉛直力³⁾のみ考慮することとし、初期応力解析および動的解析のいずれも基礎のマスとして評価した。また、動的解析では水の付加重量³⁾についてもマスの増加として考慮している。モデル側面の境界条件には、粘性境界を与えた。透水に関しては、モデル側面と基礎および明石層底面を不透水境界とし、地表面を透水境界としている。なお、明石層および沖積砂礫層の透水係数は、 $k=10^{-3}(\text{cm/s})$ を仮定した。また、解析では2%のレイリー減衰を考慮した。直接積分には、陰・陽混合法を用い、基礎体を陰解法領域（弾性）とし、地盤部を陽解法領域（非線形）とした。積分時間きざみは、 $\Delta t=0.0005$ 秒である。

3. 解析結果

図-5には、解析によって得られた基礎底面中心での地盤の水平変位ならびに鉛直変位の時刻歴を示している。いずれも明石層底面TP-92mの基礎中心直下を基準点として、その相対量で求めている。水平変位は最大で17.5cm、鉛直変位は沈下の方向に最大で1.74cm、残留で1.5cm程度生じる結果となっている。現地では、基礎の施工時から荷重増加に伴う基礎地盤の沈下を地中変位計によってモニターリングしており、今回の地震前後における基礎底面中心での沈下量の変化を報告している⁴⁾。それによると、地震によって神戸層以深で2~3mm程度の沈下の増分が認められるが、上層の明石層に比べると小さいことから、明石層底面での沈下の増分値をゼロとして、それ以浅における各深度での沈下量の増分値を比較してみたのが図-6である。深い所で解析による沈下が小さくなっているが、解析結果は観測結果と概ね良い一致を示していると言える。

4. 参考文献

- 1)金谷他(1994), 土木学会論文集, 505, III-29, pp. 49-58.
- 2)Yamagata et al. (1995), Rock Foundation, pp. 35-46.
- 3)山田他(1988), 土の非排水繰返し試験に関するシンポジウム, 土質工学会, pp. 175-184.
- 4)Yoshida et al. (1995), Rock foundation, pp. 67-72.

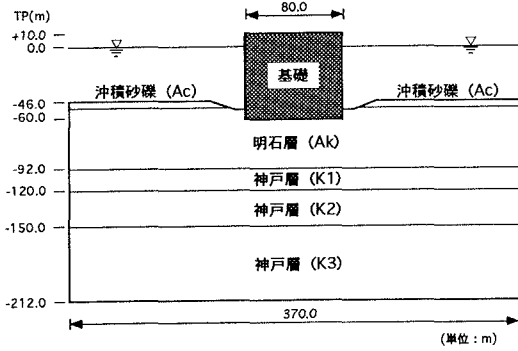


図-1 解析モデルの概要

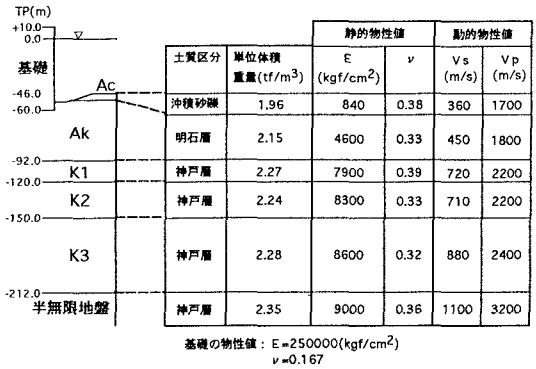


図-2 基本的な物性値²⁾

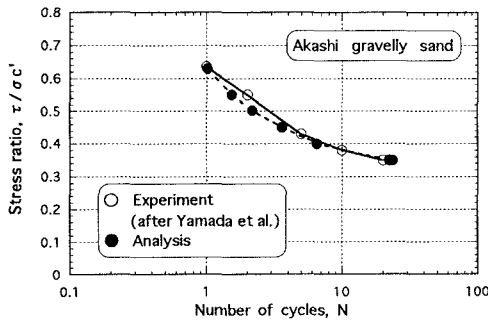


図-3 明石層の非排水繰返し強度の比較

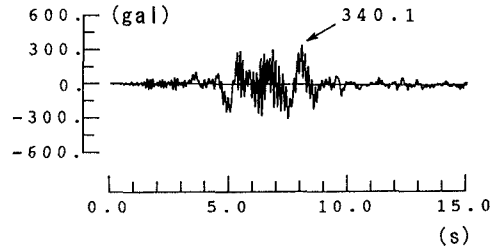


図-4 入力地震動の時刻歴(2E)

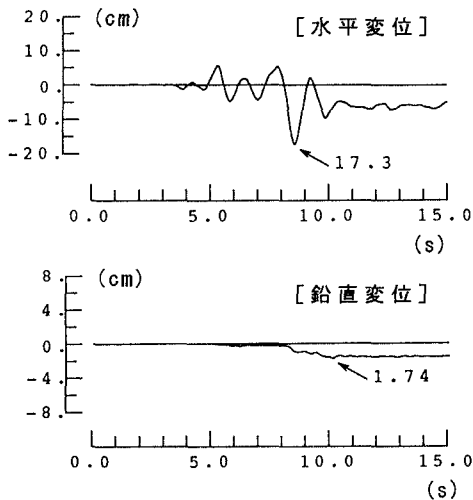


図-5 基礎底面中心での水平・鉛直変位の時刻歴(解析値)

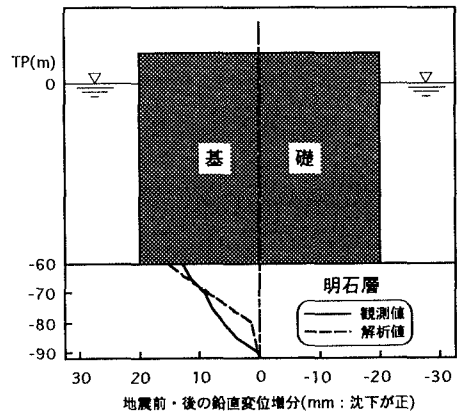


図-6 地震前後の明石層の沈下量の増分比較