

竹中土木 (元・愛媛大学学生) 正会員 ○服部加奈子  
愛媛大学工学部 フェロー 森 伸一郎

1. はじめに

2000年鳥取県西部地震では、境港市ば埋立地で重度の液状化が生じた。また、境港港湾地域の地盤で強震動が観測され液状化した地盤の挙動が記録されている可能性が高いことが森により指摘されている。ここでは、境港港湾で観測された地盤の液状化解析を行うことにより、液状化した観測記録の再現性を検討した。

2. 境港市昭和町の地震記録と解析方法

図-1は港湾技術研究所により公開された境港港湾地域で観測された地表 (EW 成分) の加速度記録である。20秒あたりから急激に波の様相が変化している。この変化が基盤に入力される波に含まれているものか、表層地盤の (液状化) 応答の結果によるものかは興味のあるところである。そこで、この地震波が観測された地盤は、液状化被害により岸壁が大きくせり出した境港のカニ籠岸壁の南方の内陸側に位置する。表-1にこの地盤のモデルを示す。表層の8mと11~30mが緩い砂質シルト層である。この地盤の68mの深さを地震波の入力基盤とした。

解析に用いた入力地震動は、防災科学技術研究所の強震観測網 KiK-NET の鳥取県境港市美保関町地下200mで観測された加速度記録 (EW 成分) である。この地点は境港水道を挟んで大変近い。1960年代に埋立によって造成されている。観測地点の表層の影響を受けていないと考えられる200mの記録を用いた。記録は、その振幅を、0.1, 0.5, 1.0, 1.2, 1.5, 2.0, 3.0と変化させた。

表-1 境港港湾地震観測施設の地盤モデル

	深度(m)	層厚(m)	土質	平均N値	せん断波速度(m/s)	周期(s)	$\Delta$ (m)
						1.55	f=10
1	1.50	1.50	砂質シルト	2	126	0.05	2.52
1	8.70	7.20	砂質シルト	2	126	0.23	2.52
2	10.95	2.25	砂	15	197	0.05	3.94
3	30.45	19.50	砂質シルト	3	144	0.54	2.88
4	44.55	14.10	火山灰質砂	14	193	0.29	3.86
5	56.60	12.05	砂質シルト	7	191	0.25	3.82
6	61.20	4.60	シルト	18	262	0.07	5.24
7	66.80	5.60	シルト質砂	28	304	0.07	6.08

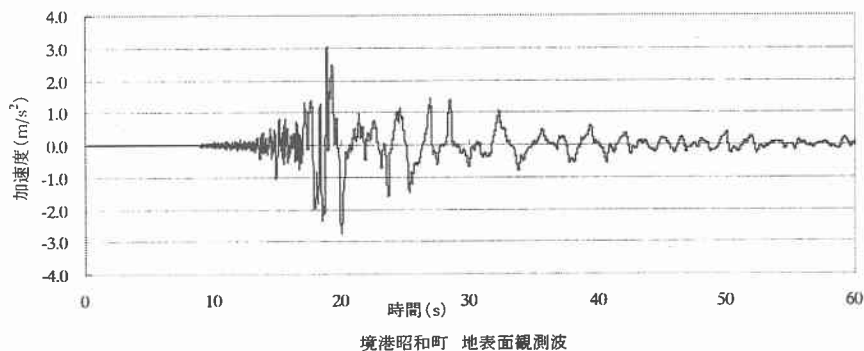


図-1 境港港湾の地表で観測された加速度 (EW 成分)

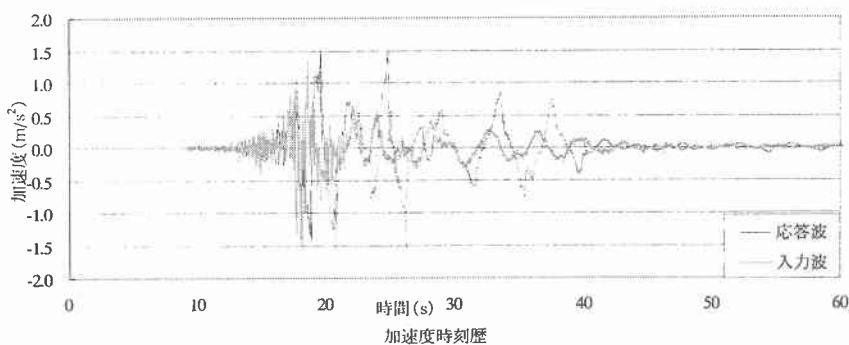


図-2 境港港湾の地表で観測された加速度 (上図) と解析によって得られた地表の応答の加速度時刻歴 (下図, 入力波も重ねて描いている)

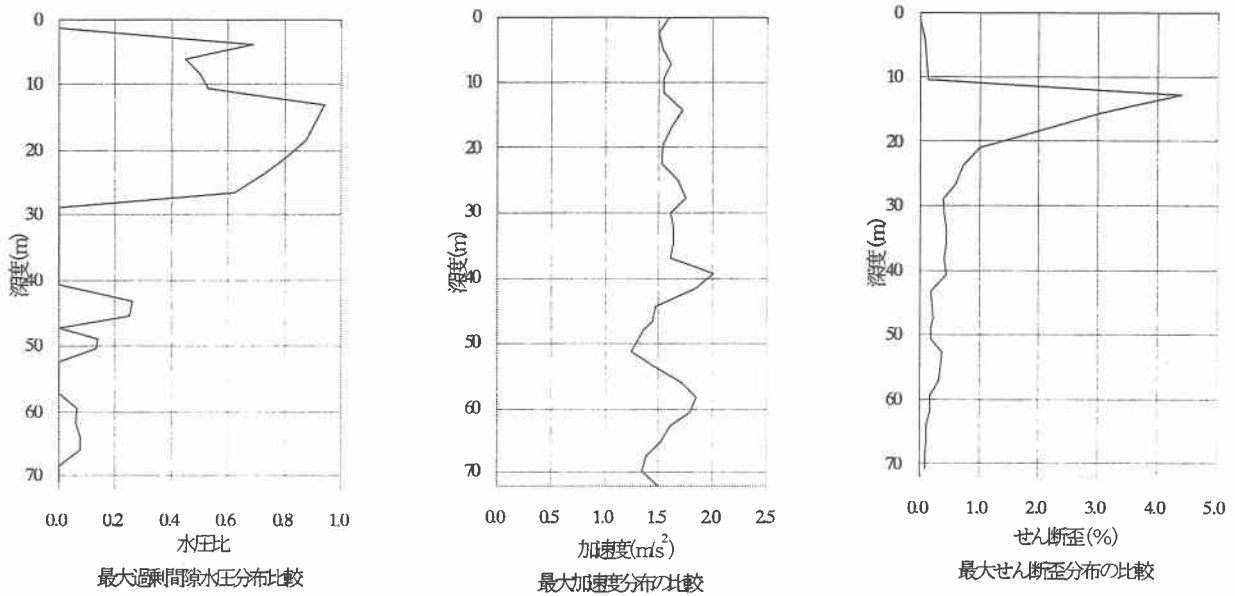


図-3 入力振幅を1.5倍にしたときの深さ方向最大値分布

液状化解析はプログラム FLIP によった。FLIP は東畑・石原により提案された双曲線型のマルチスプリングで任意方向のせん断を考慮できる。解析で用いている有効応力モデルのパラメータの主なものは全部で 10 個ある。砂の変形特性を規定するもの 4 個と、過剰間隙水圧の発生（砂のダイレイタンス）を規定するもの 6 個とに大別される。双曲線型モデルのパラメータとして、内部摩擦角  $\phi_f$  および有効拘束圧が  $\sigma_{mc}'$  の時のせん断弾性係数  $G_{mo}$  が必要である。これらを N 値から設定した。変相角は 28 度に統一した。その他の液状化パラメータについては、まず目標とする液状化特性を設定した後、要素シミュレーション結果が設定された液状化特性をよく再現するような液状化パラメータを試行錯誤により決定した。目標とする液状化特性は、道路橋示方書の液状化判定式に用いられている海洋型と直下型の液状化強度を 20 回と 5 回の繰り返し強度に対応するものとして考えた。

解析に用いた地盤は表-1 である。10Hz まで考慮できるサイズとした。地下水位は 2.5m とした。

### 3. 応答解析の結果

図-2 の応答加速度と図-1 の地表面観測波を比べてみる。波形の形に着目して比較すると、入力レベル 1.5 倍で位相・振幅ともによく合う。そこで、図-3 に入力レベルが 1.5 倍の深さ方向の応答分布を示す。加速度分布は、1.0 倍まで増幅が見られるが、それ以上ではほぼ 1 である。過剰間隙水圧については、1.0 倍では最大水圧比が 0.4 であるのに対し、1.2 倍では約 0.9 倍まで増える。図-3 に示すように、この点からでも地下 13m を中心に液状化が起こったと考えられる。図-4 にこの深さの要素の有効応力経路を示す。過剰間隙水圧は 18 秒から上昇が始まり、40 秒で液状化に達している。

### 4. 結論

境港の港湾地域（昭和町）で観測された地震観測記録は液状化解析によってその挙動が概略再現できた。

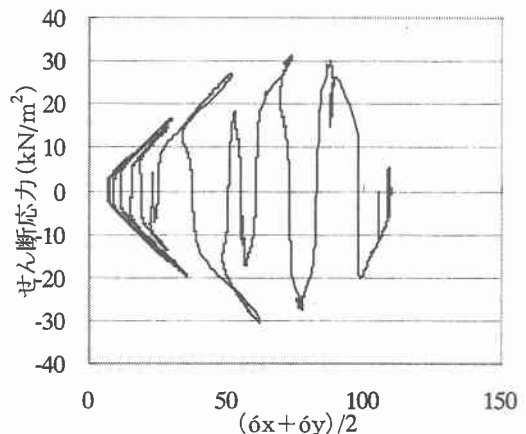


図-4 有効応力経路図:要素6

### 参考文献

- 1) 森伸一郎: X.液状化被害(その3), 平成12年鳥取県西部地震災害緊急調査団報告, 地盤工学会, pp. 78-82, 2000.12.