

## 臨海地域の地盤災害

東京大学工学部 石原研而  
東京電機大学 安田 進

### 地盤概要

六甲山から深く落ち込む急峻な崖の南側に厚く堆積した洪積と沖積層の上に発達したのが神戸市であるが、被災地は巾約3 km長さ約30 kmほどの細長いベルト状の地域である。地形的に大別すると、六甲山ふもと付近では扇状地、南に向かって洪積層、沖積層、そして臨海地帯の埋立土が地表を覆っている。

今回被害の大きかったポートアイランドは1967年から1981年にかけて、六甲アイランドは1973年から1992年にかけて12～15 mの水深まで、六甲山麓から搬出されたマサ土系の土砂によって埋立られた。用いたマサ土には、平均粒径20～50 mmのレキからシルトまで広範囲の粒径を持った土粒子が含まれており、代表的な粒土曲線を描くと図2のようになる。この埋立土のN値は5～20であるが、N=5～10程度のものが多い。その下の海底土は沖積の粘土層でN値はゼロに近く、圧密沈下を懸念して構造物の基礎には各種の地盤改良が施してあるが、島全体を見ると改良を施していない部分も多い。

### 液状化の分布

航空写真の概略判読により噴砂の発生が明瞭に認められる部分を地図上で示したのが図1である。実際の液状化はもっと広範囲にわたると思われる。被災地の全体をカバーしていないがポートアイランドと六甲アイランドを含む臨海の埋立地で広範囲に液状化が発生している様子がわかる。液状化の影響は平坦地においては地盤沈下、沿海地域では地盤の水平移動に伴う港湾の被害、ライフライン等の埋設物被害、そして橋脚の損傷という4つの形で現れていると考えられる。

### 人工島被害の概要

ポートアイランドの被害は大別して、周辺部の港湾岸壁の破壊と中心部の地盤沈下の2つからなっている。中心部ではかなり広範囲に20～50 cm程度の沈下が生じているがいずれも元凶は地盤の液状化と考えられる。図3に示したのは西側の平地部において、周辺地盤の沈下に伴って地表上に突出してきた場所打ちぐいの頭である。建物を今後立てる予定で杭を打設し地表面のところで頭をカットしてあったものが約50 cm抜け出している。高層アパートや倉庫等の建物でも岸壁下部の基礎の部分が、周辺地盤の沈下に伴い50 cm程度地震後の地表面より持ち上がった格好になっていた。ポートアイランドの中央部を南北に走る新交通モノレールの基礎周辺の地盤もやはり50 cm位下がっていた。図4はその段差の模様を示している。厚さが12～15 mの埋立土が50 cm沈下したとすると、一次元的に見た圧縮ひずみは3%～4%位になるが、これ

はゆるい砂の室内実験結果等から推して、おかしくない数値だと思える。

ポートアイランドの西側のコンテナバース、東側のコンテナバース、ライナーバースにおいては、岸壁ケーソンが2-3m海側へ押し出され、背後のエプロン部分が、巾5-10mにわたって2-4mの深さに陥没するタイプの被害が生じている。これは岸壁のほとんど全周にわたって発生している。これはよく見られる被害のタイプであるが、今回はそれが著しく誇大化して生じたといえよう。埋め戻し土の液状化によって土圧が増大したのと、地震時の衝撃力の強さが原因のように思える。

六甲アイランドでは、周辺部の岸壁構造の被害が南側の一部を除いてほとんど全国にわたって生じているが、崩壊の形式はポートアイランドとほぼ同じである。ただ島の中央部は液状化が発生せず、被害も少なかった。

### 橋梁基礎への影響

阪神高速5号湾岸線が通過する甲子園浜側にある西宮湾大橋の橋梁の桁が落下しているが、この人工埋立地では液状化が広範囲にわたって発生しており、レキを含み砂質土からなる埋立地の表面には亀裂が走り海底砂が噴出している。岸壁も1m程度せり出しその背後が1m位陥没し、その影響は30m位島の内部に及び地盤は横方向に変位している。落下した桁を支持していた橋脚は岸壁から20m位内側にあり、液状化により横方向の揺れが増巾されたものと思える。又、地盤の全体的な横方向移動により橋脚が相当大きな横荷重を受けたものと思える。この模様は図5に示してある。神戸とポートアイランドを結ぶ神戸大橋の北側のピアの一つも周辺地盤が2m程度大きく海側にせり出したために、その影響を受けて30-50cm程度海側に移動している。上部構造が頑強であったため、橋脚が固定されたまま橋台のみが移動した格好になり大事には到らなかったが、大きな問題と言えよう。この橋台は岸壁の背後5m位の位置にある。以上2つの例から得られる教訓は、橋台を水辺の近傍に建造する場合、液状化に伴い地盤が側方に移動する可能性が大きいので、この変位に耐えうる構造型式を採用する必要性が示されたことであろう。

### 結び

今回の地震で、地盤の液状化による被害が甚大であったのは、2つの巨大人工島を含む臨海地域である。なかでも護岸や港湾施設の被害が顕著であった。これらウォーターフロント施設全般の耐震性を十分強化する必要があると考えられる。

今回の地震で生じた地盤の液状化は、レキやシルトが混じった砂で大規模に発生したという点で今までに例を見ない出来事であった。これらの材料は良質で液状化しにくいとみなされてきたが地震動が強大な場合には液状化が起り、地盤の沈下や岸壁の水平移動の元凶になることが示されたといえよう。

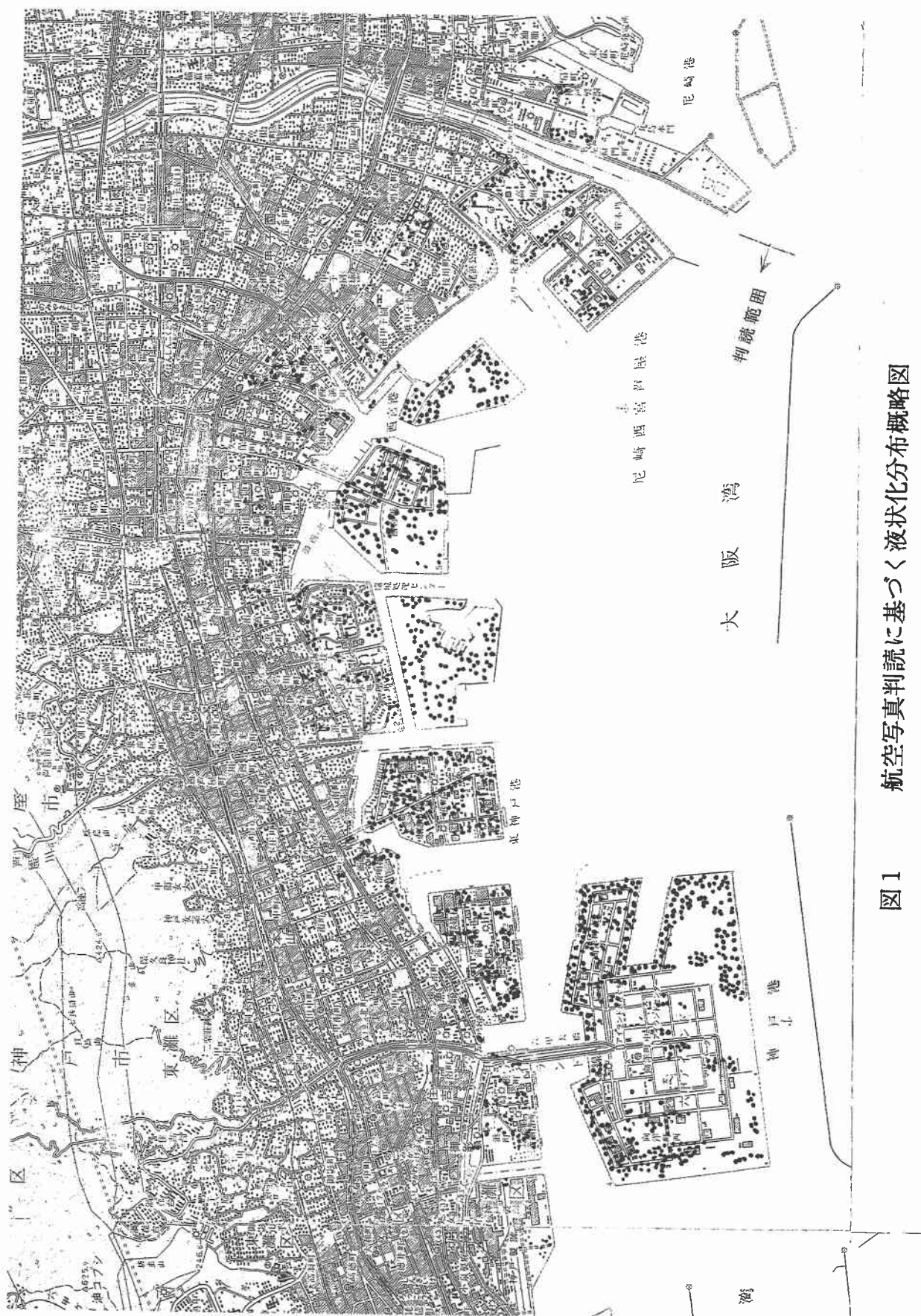
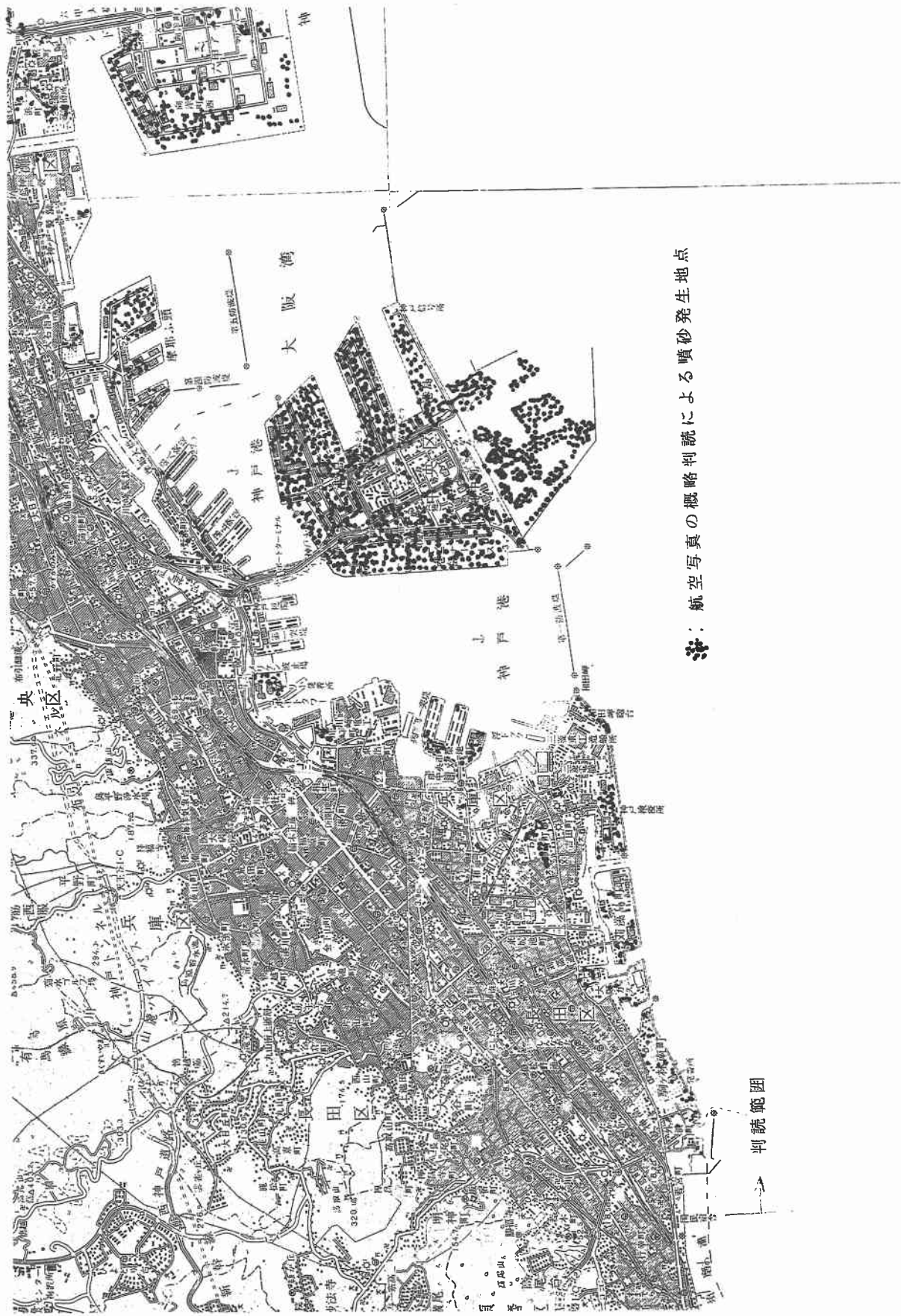


図1 航空写真判読に基づく液状化分布概略図



★：航空写真の概略判読による噴砂発生地点

図1 航空写真判読に基づく液状化分布概略図

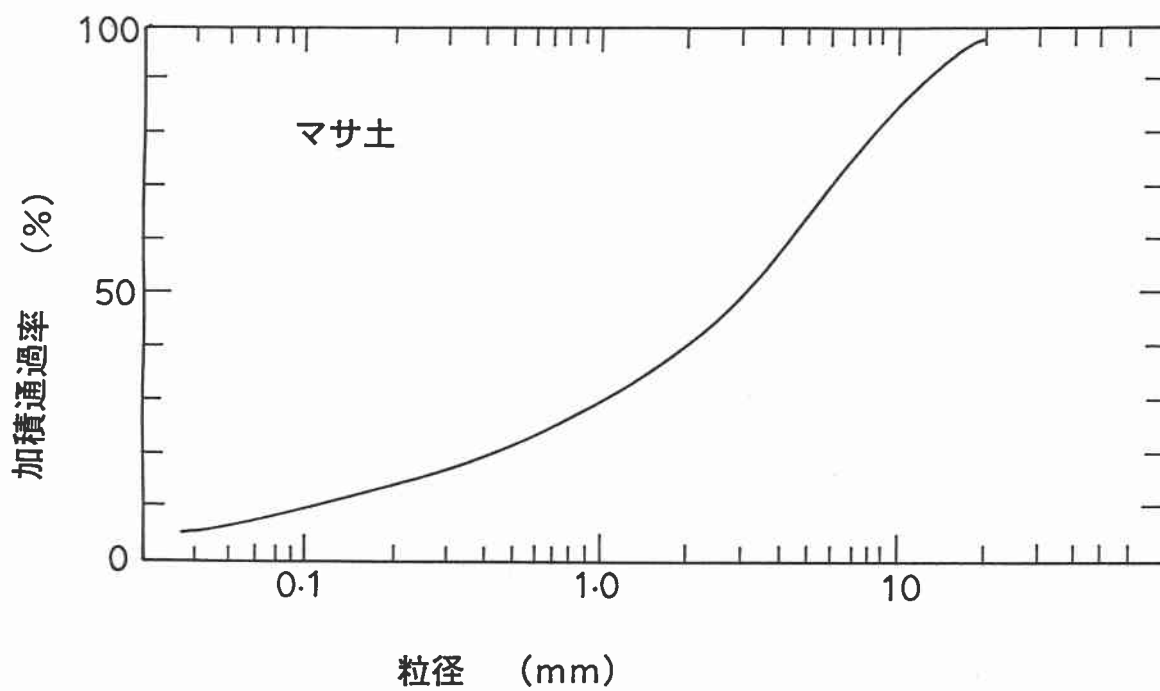


図2 代表的な埋立土の粒径加積曲線 (ポートアイランド)



図3 地盤の沈下による場所打ち杭の突出





図4 新交通支柱基礎周辺の地盤沈下

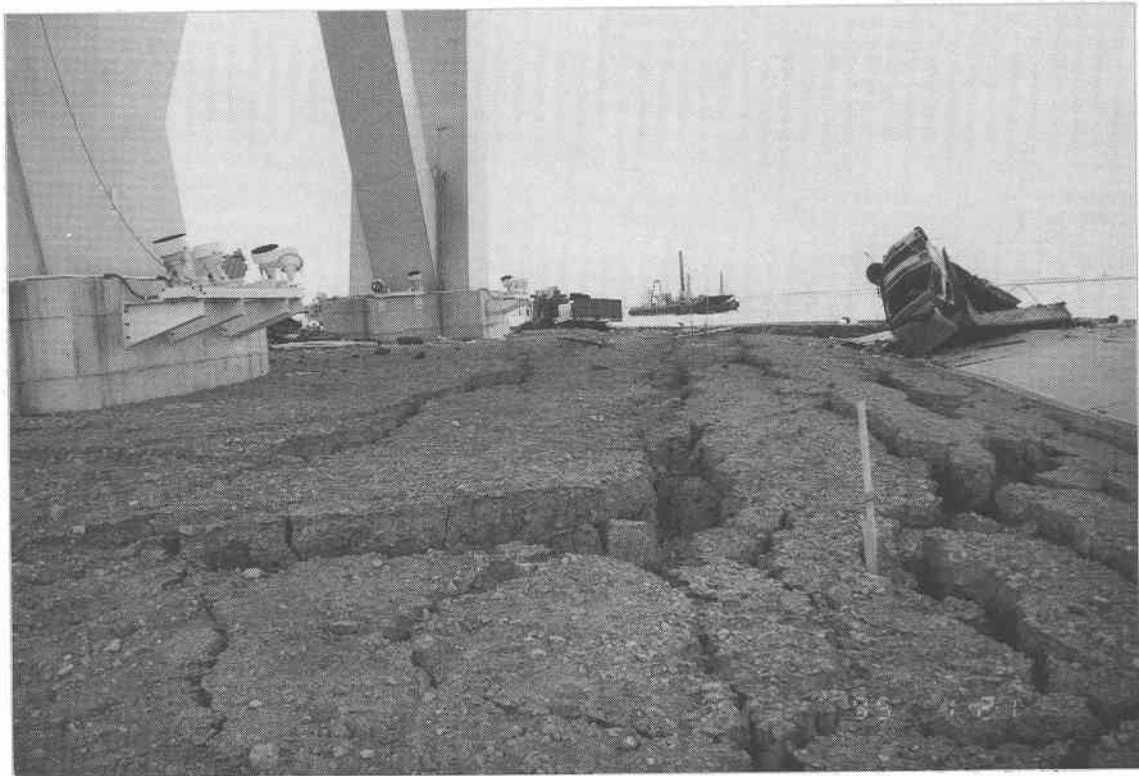


図5 西宮港大橋橋台周辺の地割れ