

神戸大学都市安全研究センター	正会員	吉田信之
神戸大学都市安全研究センター	正会員	鳥居宣之
神戸大学大学院	学生員	○寺岡由佳
神戸大学大学院	学生員	中村 勉
神戸大学大学院	学生員	吉田晋暢

1999年8月17日早朝に発生したトルコ・コジャエリ地震（マグニチュード7.4、震源深さ17km）により、アダバザール市では液状化による建物被害が局地的に発生したと言われており、平成11年度の土木学会全国大会で行われたトルココジャエリ地震被害調査報告会では同市における液状化発生分布図¹⁾が報告されている。今回現地訪問の機会を得てアダバザール市内にてスウェーデン式サウンディング試験及び縦断測量を実施し、また数箇所にて採取した表土試料について土質試験を行った。ここでは、主にスウェーデン式サウンディング試験及び土質試験結果について報告する。

現地調査は2000年1月4～9日に実施した。調査地であるアダバザール市は黒海へ注ぐサカリヤ川が形成した沖積平野に位置し、表層約20mは過去200年間に堆積した沖積層である¹⁾。事前調査で選定しておいた15箇所ですウェーデン式サウンディング試験を行った。調査深度は、人力による貫入引抜き作業であることから原則5mまでとした。また、そのうちの2地点で表層土を採取し、後日基本的な土質試験を行った。一方、縦断測量は光波測距儀を用いて行った。図-1に調査箇所及び調査内容を示す。なお、図中には参考のため上述の液化化発生分布範囲も示してある。

図-2に、一例として地点No.13とNo.5でのスウェーデン式サウンディング試験結果を示す。ここで、No.13及びNo.5はそれぞれ液状化及び非液状化とされる領域に属する地点である。各地点での地下水面は、サウンディング孔での目視観察から、No.13では地表面下約0.9mの位置に、またNo.5では地表面下約1.2mの位置にあった。なお、他の地点でも地下水位は地表面下0.9～1.5mまでの比較的浅いところにあった。

さて、スウェーデン式サウンディング試験結果を利用して地盤の液状化・非液状化層を区別し液状化対象層の液状化の可能性を評価する方法²⁾が提案されている。すなわち、地下水位より浅い土層であるか、また

Nobuyuki YOSHIDA, Nobuyuki TORII, Yuka TERAOKA, Tsutomu NAKAMURA and Akinobu YOSHIDA

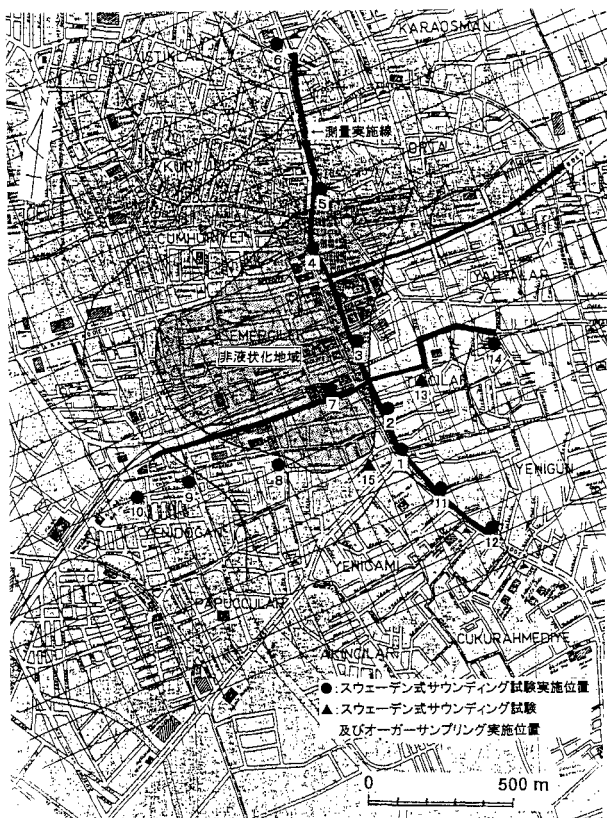


図-1 原位置調査箇所及び調査内容

表-1 液状化可能性評価結果のまとめ

試験地点	H_L	N_L	液状化可能性
1	1.50	73	少しある
2	1.50	145	ほとんどない
3	1.50	140	ほとんどない
4	1.50	89	少しある
5	1.20	139	ほとんどない
6	1.50	32	ある
7	1.75	3	ある
8	1.50	3	ある
9	2.35	7	ある
10	1.80	11	ある
11	1.55	26	ある
12	1.80	13	ある
13	1.65	20	ある
14	1.50	32	ある
15	1.60	4	ある

表-2 土質試験結果のまとめ

試料番号	1	2	3	
試験地点	No.13	No.13	No.15	
採取深度 (m)	0.50	0.60	0.50	
自然含水比 w_n (%)	36.78	40.3	42.53	
土粒子密度 (g/cm^3)	2.663	2.677	2.643	
粒度分布	最大粒径 D_{max} (mm)	9.5	4.75	4.75
	50%粒径 D_{50} (mm)	0.021	0.015	0.011
	礫分 (%)	8.3	0.7	0.5
	砂分 (%)	31.6	7.5	6.3
	シルト分 (%)	33.2	64.3	55.7
	粘土分 (%)	26.9	27.5	37.5
均等係数 U_c	166.7	30.7	45.7	
曲率係数 U_c'	1.07	2.84	2.86	
液性限界 w_L (%)	57.74	49.07	50.58	
塑性限界 w_P (%)	29.74	29.69	28.71	
塑性指数 I_P	28.00	19.38	21.87	

は地表面から連続する土層で(a)全荷重1kNまでの重りで自重沈下する土層か(b)細粒分含有率 $F_c \geq 35\%$ の材料で構成される土層により構成されている層を非液状化層とし、液状化対象層とは非液状化層下面から地表面下5mまでの層とするものである。さらに、液状化対象層の液状化可能性は N_{sw} の深度分布から計算される評価値 N_L と非液状化層厚 H_L をもとに判定図を用いて評価する。その結果を表-1にまとめる。なお、目視観測出来なかった地点での地下水位を地表面下1.5mと仮定した。15地点中12地点は液状化の可能性はあるまたは少しあるという評価となり、液状化したと推定される領域（図-1で中央網掛け部周りの帯状になっている領域）外でも液状化している可能性を示唆している。

表-2に、調査地点No.13の地表面下0.5m（試料1）及び0.6m（試料2）のところ、及びNo.15の地表面下0.5m（試料3）のところから採取した試料の土質試験結果を示す。塑性図を参考に分類すると、試料1は粘土（CH）に、試料2はシルト（ML）に、試料3は（CH）に分類される。また、ここには示していないが、日本港湾協会の定める粒径加積曲線上の液状化可能性の範囲で見ると、いずれの試料も礫～シルト分までは液状化の可能性有りの範囲内にはある。ただし、各粒径加積曲線全体の形状や粘土分が試料1で約27%、試料2で約28%、試料3で38%と多く含まれていることを考えると、いずれも液状化を生じたとは考えにくい。なお、上述の判定法によるといずれも非液状化層内の土ということになっている。

4. 結論

今回の調査の主な目的は、アダバザール市内で甚大な建物被害が生じたがその主要因が、はたして地盤の液状化なのかあるいは地震動による慣性力なのかを見極めたいということにあった。しかしながら、時間的制約により調査地点数が限られたこと、液状化対象層からの試料採取ができなかったこと、さらに市内建物被害分布図を入手できなかったことから、明確な結論を導くには至らなかった。現在他機関で同様の現地調査が進行中であることから、それらの結果とも合わせて考察していきたいと考えている。

なお、今回の現地調査に際しては神戸大学都市安全研究センターから財政支援をいただき、また副センター長の沖村 孝教授には種々の便宜を図っていただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 土木学会：地盤変状と液状化，1999年トルココジャエリ地震被害調査，土木学会平成11年度全国大会配付資料．
- 2) 国土庁防災局震災対策課：小規模建築物等のための液状化マップと対策工法，ぎょうせい，pp. 78-84，1994.