## 2005年福岡県西方沖地震における液状化の判定とその実験的検証

九州工業大学大学院	学生会員	〇田村 英佑	
九州工業大学工学部	正会員	永瀬 英生	廣岡 明彦
九州工業大学工学部		森野 隆司	
東洋建設(株)	正会員	柳畑 亨	

1.はじめに:福岡県西方沖地震は福岡県を中心に人的被害とともに構造物等の損壊などの被害をもたらした。この地震は、通常の地震活動も低く,これまでのところ活断層の存在も知られていない場所を震源域としていた。特に、福岡市は、平野部に乏しいなどの理由から海面を埋め立てて工業用地域などを発展させてきており、今回の地震においては沿岸部主に埋立地に液状化被害が集中している。そこで本研究は、一次元波動伝播解析システム「SHAKE」を用いて実地盤、実地震動を想定し液状化判定を行った。また、試料として百道浜海岸および御笠川の砂を用い、福岡県西方沖地震で観測された不規則波を用いた非排水繰返し三軸試験を行うことで、解析結果の検討を行った。

2.解析方法:本解析は、1988年、1989年に福岡市水道局で作成された地 震対策要綱で行われた液状化解析の方法に準拠して行った。解析プログ ラムには一次元波動伝播解析システム「SHAKE」を用いた。解析に用い た基盤入力波を図1に示す。これは、K-net で福岡市市民会館付近の地表 面にて観測された EW 成分を「SHAKE」によって基盤に戻したものであ る。地盤のせん断波速度は N 値を用いて求めた<sup>1)</sup>。また、単位体積重量 は旧道路橋示方書・同解説(1990)を用いて土質名より求めた。動的せん 断係数比 G/G。と減衰定数 h のひずみ依存性については、安田らの関係式

<sup>1)</sup>を用いた。次に、福岡市水道局で作成された地震 対策要綱より、対象となる土層断面位置を図2に示 す赤線に沿ったところとした。

応答解析にて地表面最大加速度を求め,各N値の 測定点における地震時せん断応力比Lを算出した。 なお、液状化強度比 R は、①シルト混じりや粘土 混じりの砂質土の細粒分含有率 FC を 30%とし,シ ルト地盤の FC を 60%とした場合,②旧道路橋示方 書・同解説(1990)の方法で液状化強度比を求める際, 沖積砂層に対しては0.187を加えて補正する場合の 2 通りで求めた。また、①の場合において、液状化 強度比 R は道路橋示方書・同解説(1996)の方法より 算出した。なお、本解析を解析 A と呼称する。


図2 土層断面位置



3.解析結果:図3、4は、土層断面図および液状化解析の結果を示したものである。①と②のどちらの方法において も埋立地盤では液状化することが予測できる。しかしながら、沖積地盤においては①の方法の場合、液状化が発生 する結果となっている。これは、細粒分の補正方法が液状化強度の予測結果に大きく影響したためと考えられる。 ①の方法による解析では、細粒分含有率 FC をシルト混じりや粘土混じりの砂質土に対して 30%、シルト地盤に対して 60%としているが、十分に細粒分の影響を考慮していない可能性があると考えられる。

4.試料および実験方法: 試料には百道浜海岸、御笠川にて採取した砂を用 いた。図5にこれらの粒径加積曲線を示す。今回は、特に埋立地盤につい て液状化判定を行った。供試体は、空中落下法により、相対密度 Dr=40%、 70%、90%の3種類に調整して作成した。なお、供試体寸法は直径7.5cm、 高さ15cmの円柱型である。供試体セット後、炭酸ガスを一定時間通気し、 脱気水を通水して飽和させ(B値>0.95)、その後、有効拘束E49kPaで等方 圧密を行った。入力波には、液状化解析と同様に福岡市市民会館付近の地 表面にて観測された EW 方向の加速度波形を用いた。なお、加速度波形は 時間スケール20倍で用いた。繰返し試験は油圧三軸試験装置を用いて行っ

た。解析結果の検証方法は、最大せん断応力 σ<sub>dmax</sub>/2 を有効拘束 圧 σ<sub>0</sub>'で正規化したものを最大せん断応力比 R<sub>max</sub> とし、その値 から液状化安全率 FL を算出して解析 A の結果と比較した。な お、試験結果を用いた解析を解析 B と呼称する。

5.実験結果:図5は百道浜砂、御笠川砂の粒径加積曲線を示す。 次に、図6に御笠川砂を用いた場合の最大せん断応力比 R<sub>lmax</sub> と最大軸ひずみ ε<sub>max</sub>の関係を示す。最大軸ひずみ ε<sub>max</sub>=2.5%の ときの最大せん断応力比を液状化強度比 R<sub>lmax</sub> と定義し、表1 にその平均を示す。これを見ると、百道浜砂に比べて、御笠川 砂がより大きな液状化強度比 R<sub>lmax</sub> を示していることがわかる。 これは御笠川砂の方が百道浜砂に比べて細粒分を多く含むた

めと考えられる。次に、図7に相対密度 Dr=40%の御笠川砂の試験結果より得ら れた液状化強度比 R<sub>lmax</sub>を用いて同様の解 析方法による液状化予測結果の一例を示 す。ただし、今回は埋立層を想定した試 験結果のため、沖積層の結果は示してい ない。これを見ると、方法①、②ともに 液状化するという解析 A と同じ結果が得 られている。また、百道浜砂でもほぼ同 じ結果が得られた。なお、相対密度 Dr=70%、90%では液状化しないという結 果が得られている。







図5 粒径加積曲線





		R <sub>Imax</sub>		<b>R</b> <sub>lmax</sub>		
		CM-test	EM-test	の平均		
百道浜砂	(Dr=40%)	0.174	0.132	0.153		
百道浜砂	(Dr=70%)	0.399	0.342	0.371		
百道浜砂	(Dr=90%)	0.475	0.540	0.508		
御笠川砂	(Dr=40%)	0.191	0.157	0.175		
御笠川砂	(Dr=70%)	0.411	0.351	0.381		
御笠川砂	(Dr=90%)	0.502	0.589	0.546		

表1 液状化強度比 Rimax の平均

6.まとめ:液状化判定解析および繰返し三軸試験によるその検証により以下のことが明らかになった。

・解析 A では主に埋立地盤で液状化が発生し、沖積地盤においても細粒分の補正方法によっては一部液状化した。
ただし、この結果では、液状化判定する際、十分に細粒分の影響を考慮していない可能性があると考えられる。
・解析 B では埋立地盤で液状化が発生することが検証された。

参考文献: 1) Yasuda, S. and Matsumura, S. (1991): "Microzonation for liquefaction slope failure and ground response during earthquake in Fukuoka City," Proc. of the 4th International Conference on Seismic Zonation, Vol.3, pp.703–724.