

III-268

北海道南西沖地震によって被災した砂地盤の原位置液状化強度の推定

室蘭工業大学 工学部 正会員 三浦 清一
 室蘭工業大学 大学院 学生員 梶川 正純
 室蘭工業大学 工学部 正会員 磯崎 真一
 (株)地崎工業 技術開発室 正会員 八木 一善

1. はじめに

1993年7月12日に発生した北海道南西沖地震（ $M=7.8$ ）は、津波による被害とともに液状化が主因である地盤災害が多発した。そこで筆者らは、液状化した地盤の物理的・動力学特性を明らかにするために、実際に液状化した地盤から試料を採取し、一連の物理試験および繰返し非排水三軸試験を行っている^{1), 2)}。本研究ではこれらの試験結果から得られた相対密度と液状化強度の関係をを用い、原位置地盤の液状化推定について検討を行っている。

2. 試料の物理的性質

一連の繰返し非排水三軸試験に用いた試料は、洞爺湖畔・長万部町中の沢小学校・江差町水堀小中学校・函館港万代埠頭の4種（洞爺砂、中の沢砂、水堀砂、万代砂）である。洞爺湖畔では液状化が一因と思われる洞爺村役場前の消失した砂浜（長さ約70m、幅約15m）地点から、また他の3種は実際に液状化し噴砂した試料を採取している。各採取地点の詳細は既報¹⁾に詳しい。図-1には洞爺湖畔の地震後に調査された土質柱状図を示す。なお、水堀砂は8月8日の最大余震（ $M=6.5$ ）によって再液状化した試料である。試料の物理的性質を比較のための豊浦砂とともに表-1に示す。中の沢一帯は旧砂鉄鉱床地帯に位置し、中の沢砂には砂鉄分が多く含まれている。また、万代砂はシルト質砂の浅深埋立土層の噴砂である。これら試料は空中落下法（AP法）により再構成され、初期有効拘束圧 $\sigma'_v = 4.9 \text{ kPa}$ のもとで試験に供されている。

3. 原位置地盤の液状化強度

液状化強度の推定は原位置地盤の物理的特性（相対密度、平均粒径、細粒分含有率）より求める簡易液状化強度比 R と、室内の繰返し非排水三軸試験から求める詳細液状化強度比 R_d にもとづいて、比較検討を行っている。地質調査による N 値を基に、Meyerhof式 $\{Dr = 21(N/(\sigma'_v + 0.7))^{1/2}\}$ より推定相対密度を求め、 R は道路橋示方書³⁾に従って、また繰返し非排水三軸試験での相対密度と液状化強度の関係からその推定相対密度に対応する応力比を、 R_d と定義し求めている。

図-2は詳細液状化強度比 R_d を求めるための繰返し非排水三軸試験での圧密後の相対密度 D_{rc} と各

表-1

	D_{50} (mm)	U_c	γ_{dmax} (t/m^3)	γ_{dmin} (t/m^3)	G_s	F_c (%)
TOYA LAKE LAKESIDE SAND	0.49	2.20	1.736	1.424	2.687	0.12
NAKANOSAWA ELEMENTARY SCHOOL	0.27	2.00	1.997	1.657	3.313	0.07
MIZUORI ELEMENTARY SCHOOL	0.35	2.57	1.683	1.353	2.767	1.64
HAKODATE PORT MANDAI BERTH	0.076	—	1.248	0.929	2.649	48.00
TOYOURA STANDARD SAND	0.17	1.60	1.631	1.362	2.650	0.00

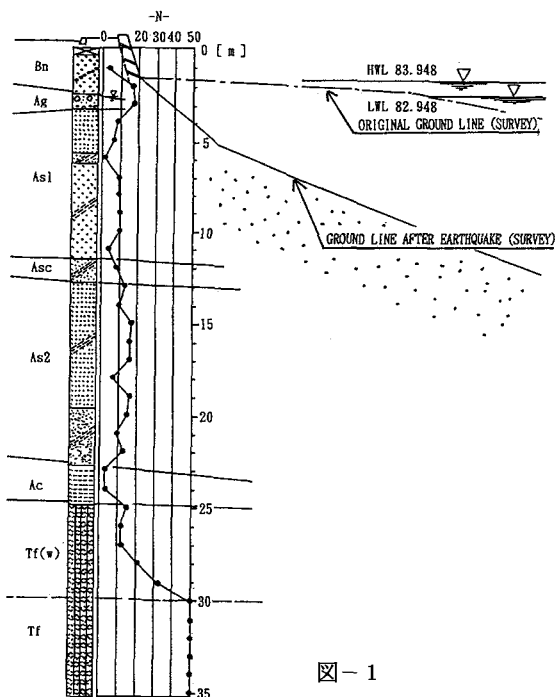


図-1

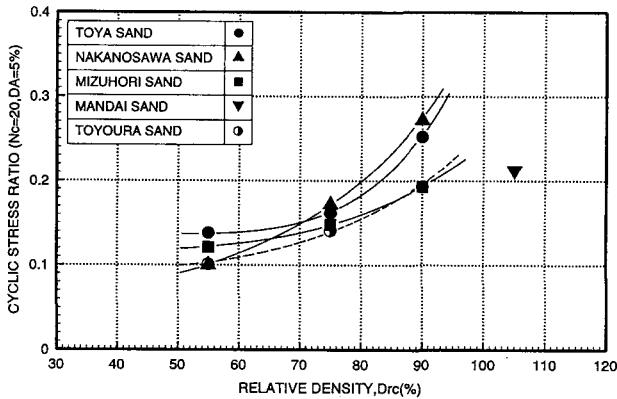


図-2

々繰返し載荷回数 $N_c = 20$ 回において両振幅軸ひずみ $DA = 5\%$ を生じた時の繰返し応力比 $\sigma_v' / 2\sigma_v'$ との関係、比較としての豊浦標準砂のデータとともに示してある。

図-3は、簡易液化化強度比 R と図-2より求めた詳細液化化強度比 R_{L20} ($N_c = 20$) との関係を示している。なお、図示は省略しているが、 $N_c = 10$ 回に対応する R_{L10} との関係も比較のために与えられている。図中の破線はそれぞれの比が $1:1$ である場合を示している。図から理解できるように、 R_{L20} に比べて R の方が常に高い数値を示している。これは各々の計算過程において、Meyerhof式の有効上載圧 $\sigma_v' = 0$ (試料を地表面から採取しているため) としていることが一因して、この差が生じていることが考えられる。例

えば、洞爺砂において流失した砂の深さが $7 \sim 10$ m であった (図-1 参照) ことを考慮して $\sigma_v' = 9.8$ kPa ($\approx 1.0 \text{ t/m}^3 \times 10 \text{ m}$) とすると、 $R = 0.159$ に対して $R_{L20} = 0.136$ および $R_{L10} = 0.152$ となり両者の差は小さくなる傾向となる。

このようにして試料採取地点およびその近傍での土質柱状図をもとに、液化化地点の有効上載圧 σ_v' を推定し、図-3を補正したものを図-4に示す。中の沢砂と万代砂を除いて、 R_{L20} と R は極めて良く一致する傾向にある。なお、万代砂では 48% の細粒分を含む状態にあることから年代効果の影響のために、また中の沢砂では砂鉄分が多く含まれているため採用した供試体作製法 (AP法) による異方性が他の試料より強く出る傾向にある¹⁾ ために、両試料の繰返し非排水強度が低めに見積もられていることが考えられる。

4. あとがき

N 値等から推定される液化化強度と、繰返し非排水三軸試験結果から推定される液化化強度は 1 対 1 の対応関係を示さなかった。正確な N 値情報とともに、正確な原位置地盤の密度情報が重要であることが再認識された。最後に、有田哲也 (現 呉市役所)・伊藤信之 (現 室工大大学院) 各君には実験およびデータ整理に多大な協力を得た。また、洞爺湖畔のすべりに関して貴重な資料を頂いた室蘭土木現業所係長土栄正人氏、中の沢地区及び水堀地区の土質柱状図を提供して下さいた東建ジオテック成田俊文氏、開発局函館港湾建設事務所長柏木功氏には北埠頭の土質柱状図を、日本データサービス (株) には函館港の試料を提供して頂いた。記して深甚なる感謝を申し上げます。

参考文献 1) 三浦・梶川・八木: 土質工学会北海道支部技術報告集, Vol. 34, PP78-87, 1994. 2) 三浦・梶川・八木: 第29回土質工学研究発表会, 投稿中, 1994. 3) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, pp59-64, 1990.

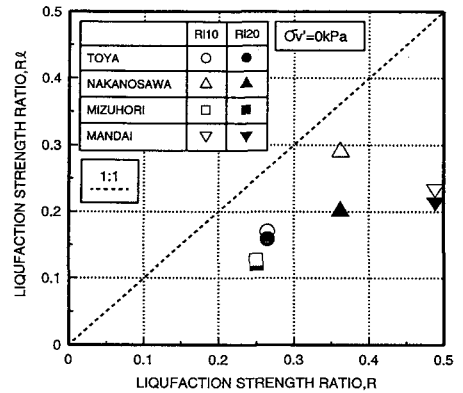


図-3

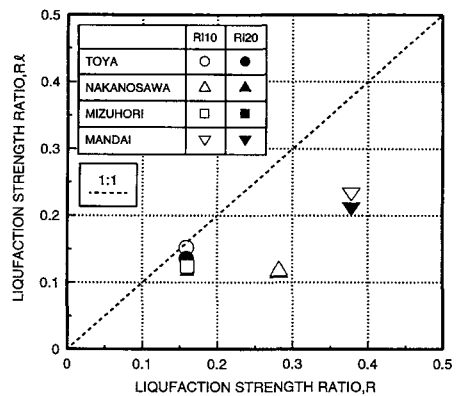


図-4