

Ⅲ-262

三陸はるか沖地震の際のはるか離れた場所における液状化

八戸工業大学 正員 諸戸靖史
青森県 鈴木英生
佐藤技術 内山正國

1. はじめに

1994年三陸はるか沖地震（ $M=7.5$ ）では特に八戸地方に強震動が見舞った。そこでは震度6を記録した。

海岸地帯では液状化現象や余震による再液状化も見られたが、はるか離れた十和田湖でも液状化が生じた。本稿はこの長い震央距離を持つ液状化について若干の考察をするものである。

2. 液状化地点の状況

表-1 ボーリング調査結果

液状化によって下水道のマンホールの浮き上がり現象があったのは十和田湖に流入する小河川の三角州であった。場所は十和田湖町字樽部でほぼ $N40^\circ, 26.7'$ 、 $E140^\circ, 56.4'$ に位置する地点であり、土質の状況は表-1に示す通りである。三陸はるか沖地震の震央は $N40^\circ, 27.1'$ 、 $E143^\circ, 43.3'$ であるから、震央距離 $R=235\text{ km}$ と計算される。

時代	地層区分	土質区分	層厚 (m)	N値 (回)	記 事
第 四 紀	表土層	盛土	1.40	11	礫混じり中砂主体。上部に玉石点在。
	上部砂質土層	礫混じり細砂	4.80	8~10 (9)	所々に浮石、小礫混入。
	粘性土層	シルト	2.50	2~3 (2)	一部、礫または有機物混入。
	下部砂質土層	細砂・中砂 礫混じり細砂 粗砂、火山灰砂	5.30	20~42 (31)	全体に浮石・礫混入。混入礫径 $\phi 2\sim 5\text{ mm}$ 。最大礫径 $\phi 50\text{ mm}$ 程度。
	砂礫層	砂 礫	6.45	18~36 (23)	礫径 $\phi 2\sim 5\text{ mm}$ 主体。最大礫径 $\phi 50\text{ mm}$ 程度。

() 内数値は平均N値

3. 諸戸が提案する液状化条件式による液状化の検討

諸戸ら（1989）は内外の液状化した砂層のデータと地震のマグニチュードと震央距離を基に次のような液状化条件式を提案している。

$$N = 3.3 \log E(r) / \sigma'_0 + 9.6 \quad (1)$$

σ'_0 : 液状化したと推定される砂層の平均深さにおける有効上載荷重 (N/m^2)

N : 液状化したと推定される砂層のN値 (平均値)

$E(r)$: 到達エネルギーの尺度 $E(r) = E_0 / r^2$

r : 震央距離 (m)

$$E_0 = 10^{1.5M+11.8} \quad (erg) = 10^{1.5M+4.8} \quad (J = N \cdot m)$$

M : 地震のマグニチュード

いま、現地の地下水位は $GL-0.5\text{ m}$ であるので、地下水位以浅の土の単重を $1.8\text{ tf}/\text{m}^3$ 、地下水位以下を $1.0\text{ tf}/\text{m}^3$ と仮定し、上部砂質土層が液状化したと推定すると、

$$\sigma'_0 = 1.8 \times 0.5 + (0.9 + 4.8/2) \times 1.0 = 4.2\text{ tf}/\text{m}^2 = 42\text{ kN}/\text{m}^2$$

$$E(r) / \sigma'_0 = 2.03 \times 10^5 / 4.2 \times 10^4 = 4.8$$

となる。これを式(1)に入れると、 $N=11.8$ と計算される。対象砂質土の平均的なN値は9であるから液状化の条件は満たされることになる。

4. 結果の図示

上の結果を図-1には大きい黒丸で、図-2には大きい白丸で示し、震央距離が大きい場合の事例を両図に付加することができた。

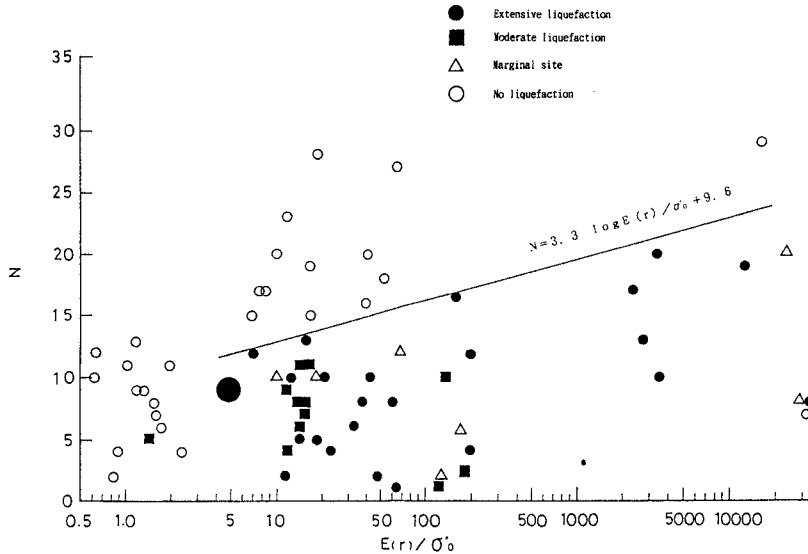


図-1 N値と $E(r)/\sigma'_0$ の関係

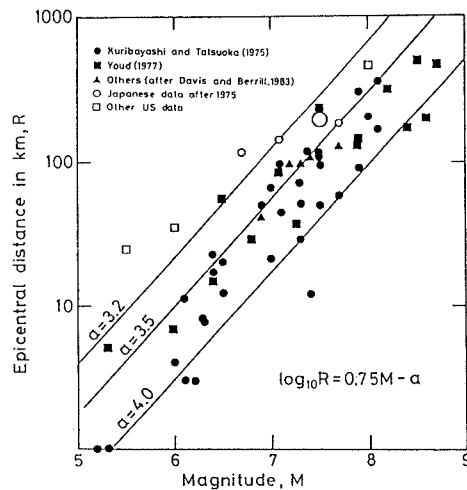


図-2 液状化が生じる最大震央距離とマグニチュード

5. 引用文献

- 1) 諸戸靖史・田上裕（1989）：エネルギーに着目した飽和砂地盤の液状化条件式の提案、地盤と土構造物の地震時の挙動に関するシンポジウム発表論文集、pp. 147 - 150
- 2) 図-2の他のプロット点は Seed, Tokimatsu, Harder and Chung (1984) : The influence of SPT procedures in soil liquefaction resistance evaluations, Report of Earthquake Engineering Research Center, University of California, P.31 による。
- 3) 図-1の他のプロット点は時松・吉見（1983）がまとめている既往の液状化についてのデータを用い、諸戸らが震央距離を算定して作成したものである。

Tokimatsu and Yoshimi(1983): Empirical correlation of site liquefaction based on SPT-value and fines content, Soils and Foundations, Vol.23, No.4, PP.56- 74