

SI値を用いた繰返しせん断力比の予測式

九州工業大学工学部 ○安田進,牛島和子,石川利明
東京ガス(株) 吉川 洋一

◆まえがき◆

道路橋示方書などの耐震設計基準類で用いられている液状化簡易判定方法では、すべて、地震力のパラメータとして地表最大加速度を用いている。ところが、直下型など近地地震を想定するとこの地表最大加速度を300~400galなどと大きくとる必要が生じ、このような値を用いると至る所液状化すると判定結果になることが指摘されている。この場合、SI値を用いると直下型地震といえども極端に大きなSI値を想定しなくてもよい可能性がある。そこで、地震応答解析をいくつか行ってSI値を用いた液状化予測方法を考案した。

◆現行の簡易予測式の直下型地震への適用性◆

液状化の発生を簡易的にFL値で予測する方法では、地盤内に発生する繰返しせん断応力比Lとして1971年にSeedとIdrissが提案した方法を基本とし、その後、岩崎・龍岡らや、時松・吉見ら等により修正された方法がよく用いられている。代表的な方法として、道路橋示方書等にも用いられている岩崎・龍岡らの方法を示すと以下ようになる。

$$L = r_d \frac{A_{s,max} \cdot \sigma_v}{g \cdot \sigma_v'} \dots\dots\dots(1)$$

ただし、 r_d は深さ方向の低減係数、 σ_v は上載圧、 σ_v' は有効上載圧である。

この方法の妥当性は1964年新潟地震などの液状化、非液状化事例で検証されているが、いずれの事例も震央から遠く、また200gal前後の $A_{s,max}$ のものである。ところが、近地地震を想定すると震央付近で300galとか400galといった大きな $A_{s,max}$ を設定して液状化の予測を行うことが生じる。この場合、Lは $A_{s,max}$ に比例する式となっているため、密な砂や粘性土まで液状化するという予測結果になりがちなのが、最近指摘されている。

ところで、式(1)のうち、 r_d についてはSHAKEによる地震応答解析から逆算して求めている。図1にその値を示すが、かなりのバラつきがある中を平均的な値がとるようにになっている。そしてよく見てみると、 T_0 が小さいと r_d も小さくなっており、その傾向は深くなると大きくなっている。一般に近地地震では $A_{s,max}$ が大きいものの、基盤入力波の卓越周期は遠地の地震に比べて小さくなる傾向がある。上記の T_0 の影響と合わせて考えると、近地地震では $A_{s,max}$ が大きくてもLは比例して大きくなり、上記の指摘が解決される可能性がある。

そこで、沖積地盤として代表的な地盤モデル(沖積層厚30m)に対し、卓越周期の異なる20波の入力波(T_0 が0.21秒~3.13秒)を用いてSHAKEで解析を行い、考察を加えてみた。この解析では、地表面最大加速度を200galと一定とし、2つの深度(GL-4.6mと-9.3m)での最大せん断力 τ_{max} を求め、 τ_{max} に与える地震動の卓越周期の影響をまとめた。なお、 τ_{max} はLを σ_v' で除した値に相当する。図2に結果を示すが、この図によると T_0 が大きいと τ_{max} も大きくなる傾向となっている。ちなみに式(1)

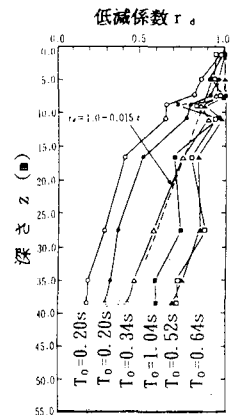


図1 岩崎らによる r_d の逆算

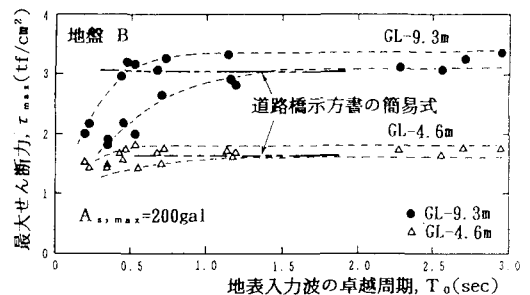


図2 T_0 と τ_{max} の試算例¹⁾

を用いて τ_{max} を試算してみると図中の破線のようにになる。 T_0 が0.7~0.8秒程度以上では解析結果とよい一致を示すが、これより短周期になると両者に差が生じ、式(1)では τ_{max} 、したがって L を過大評価することになる。これは、前述したように、近地地震で $A_{s,max}$ が大きくても液状化しにくいのではないかとの推察と一致している。

◆SI値による液状化予測手法の考案◆

式(1)に卓越周期の影響

を含ませる手法として

まず考えられるのは、 r_d

を T_0 の関数にすること

であろう。ただし、式が

複雑になる可能性がある。

もう1つの方法としては、

地表最大加速度を用いず、

速度か何らかのパラメータ

を用いることであろう。

そこでSI値を用いて式

(1)と同様の式を作成し

てみた。

まず、沖積地盤の代表

的な4つの地盤モデル

(沖積層厚は7m~42m)を設定し、3つの地震波を基盤

を4つのレベル(100~250gal)で入力して、SHAKEにより

地震応答解析を行った。そして、 σ_v' ごとに τ_{max} と

地表でのSI値との関係をプロットすると、図3に例を

示すようにほぼ直線関係が得られた。そこで、図4のよ

うにこの比例定数と σ_v' の関係を求めると次式となっ

た。

$$L=0.01 \frac{SI}{(\sigma_v')^{0.1}} \dots\dots\dots(2)$$

この式の妥当性を確かめるため、井上・安田¹⁾が用

いた液状化・非液状化事例のうち強震記録が近くで得

られていてSI値が計算できるデータだけを選び出し、

式(2)を適用してみた。図5にその結果を示すが、液状

化・非液状化事例が1.0付近を境に分かれ、式は妥当と

判断される。

◆あとがき◆

地表最大加速度の代りにSI値を用いた液状化簡易予

測式を提案した。今後近地地震の液状化事例に適用し

て妥当性をさらに検討してゆく予定である。

◆参考文献◆1) 井上素行・安田進：液状化判定法の

選択および適用性に関する研究、第7回日本地震工学

シンポジウム講演集、pp.667-671、1986。

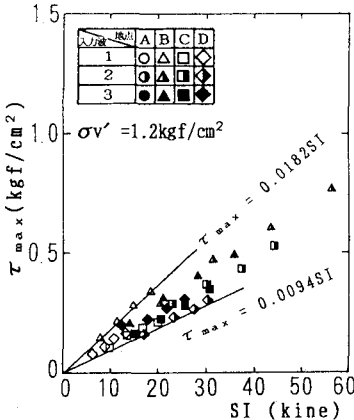


図3 SI値と最大せん断力の関係例

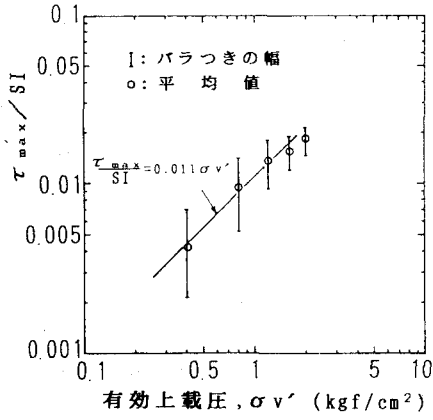


図4 τ_{max}/SI と σ_v' の関係

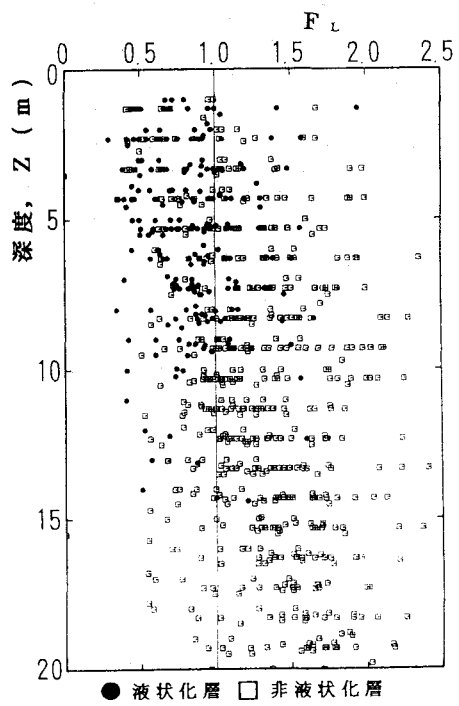


図5 液状化・非液状化事例への適用結果