

簡易液状化判定法に対する繰返し数の評価に関する研究

東北学院大学 学生会員 森 健
東北学院大学 正会員 吉田 望

1 はじめに

液状化の発生予測を行うには有効応力に基づく地震応答解析，全応力解析に基づく地震応答解析，および簡易判定法などがある。このうち，一般に設計に用いられるのは簡易判定法で，各種の設計指針（例えば，道路橋示方書，基礎構造物設計指針，鉄道構造物等設計標準，港湾の施設の技術上の基準など）ではその方法を示している。このうち，港湾の基準は判定時のせん断応力の算定に全応力解析を用いるが，その他の方法では液状化強度と地表の最大加速度（震度）から評価された地震時最大せん断応力の比である液状化抵抗率 F_L に基づく判定が用いられている。

既往の簡易判定法は，内陸地殻内地震に対しては合理的な評価を得ることができるが，断層規模が大きいことにより地震動が長時間継続する海溝型地震については繰返し载荷の影響を小さく評価しているため，液状化の程度を精度よく予測できていないことが知られている¹⁾。

そこで，本研究では，海溝型地震に対しても液状化の程度を精度よく予測するために，地震動の繰返し数が最大せん断応力に対して与える影響を調べることを目的とした。

2 繰返し数とその影響

地震波には色々な振幅の波で構成されており，振幅によって過剰間隙水圧の発生に及ぼす影響が異なる。石原・安田らは最大せん断応力 τ_{max} が発生した側で，最大値になる前に振幅が $0.6\tau_{max}$ より大きくなった波の数を液状化に対して有効な繰返し数と定義した²⁾。本研究で用いる繰返し数もこの定義に従い，以下有効繰返し数 N_c と呼ぶ。

液状化判定法では継続時間の短い，直下型地震の評価は合理的であるとされる¹⁾ので，本論では継続時間の長い，海溝型巨大地震を考える。検討には，

2003 年十勝沖地震の際に苫小牧で観測された波形と，想定される東南海地震用対して作成された模擬地震動の地震波を用いる。なお，前者はそのままでは今回用いた地盤では液状化発生がほとんど無かったことから，その値を 2 倍して用いる。以下，これらを十勝沖，東南海として引用する。

簡易判定法は道路橋示方書に示される方法を用いる。また，対象としたサイト，地盤条件等は文献 1)と同じである。解析には YUSAYUSA-2³⁾を用いている。検討に用いるのは，文献 1)の解析結果のうち，液状化した層のみである。

図 1 に最大せん断応力比 τ_{max}/σ'_v と N_c の関係を示す。同じ地震波でも有効繰返し数が大きく異なっており，十勝沖地震は 0～15，東南海地震では 0～30 までの広い範囲に分布している。二つの地震を比べ

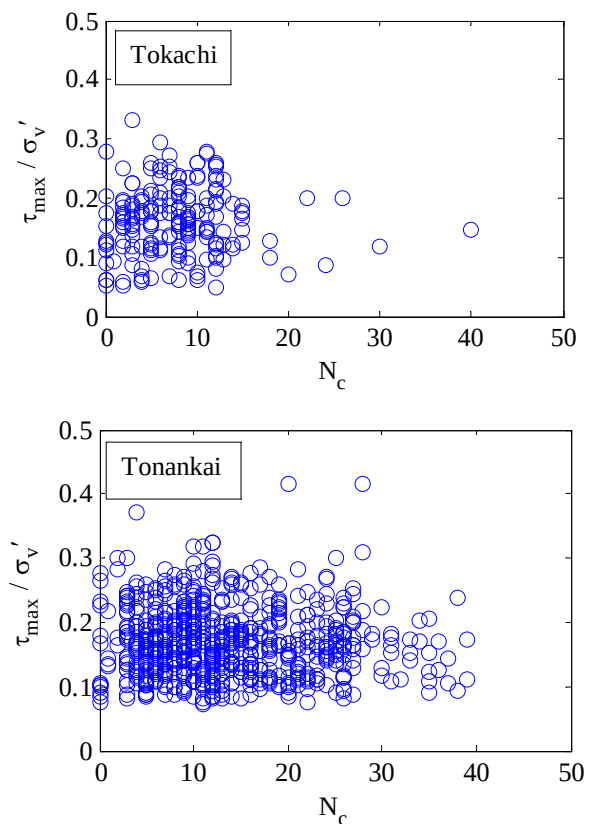


図 1 最大せん断応力比 - 繰返し数関係

キーワード 液状化，簡易判定法，有効繰返し数，海溝型地震

連絡先 〒985-8537 宮城県多賀城市中央一丁目 13-1

ると、最大せん断応力比は、継続時間の短い（繰返し数が少ない）十勝沖地震の方が大きい。

図 2 に最大せん断応力と細粒分補正をした N_a 値 (N_a) との関係を示す。図では繰返し数で色分けしている。データはばらついてはいるが、繰返し数が少ないデータが上の方に、少ないデータが下の方にある傾向は伺える。ただし、明瞭には分離していないことから、これだけで繰返し数の影響を考慮するのは困難に見える。

3 地震動特性による補正

道路橋示方書に示される液状化強度と N_a の関係では、繰返し数 20 回で液状化するせん断応力振幅を液状化強度に各種要因を考慮し補正し、地震による最大せん断応力比と比較できるようにしたものである。その際、補正係数の影響は平均的に $1/0.65$ が考えられ、さらに直下型地震の影響として c_w が考慮されている。すなわち、海溝型地震に対しては有効繰返し数 3 以上として考慮されるのみである²⁾。しかし、図 1 に示されるように、海溝型巨大地震に関しては繰返し数はずっと多い。そこで、 c_w に海溝型巨大地震の影響も考慮することにし、適切な値を求めることを考える。

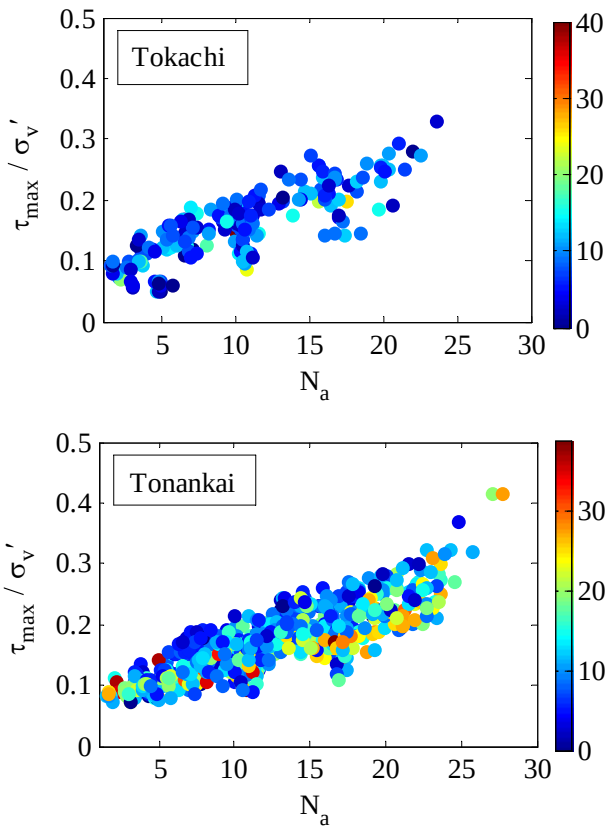


図2 最大せん断応力 - N_a 関係

図 3 に図 2 の関係に道路橋示方書に示される液状化強度を重ねて示す。道路橋示方書の式は解析結果の条件になっている。YUSAYUSA による解析では道路橋示方書に示される液状化強度を用いていたので、これが小さいということは c_w が小さいことと考えられる。そこで、図の中央付近を通るような係数を考えると、図の $c_w=0.7$ 程度が適当と考えられる。

4 まとめ

海溝型巨大地震に関しては、液状化した層の最大せん断応力比は道路橋示方書の液状化強度より小さく、従って、この影響を補正する必要がある。本研究ではこれを $c_w=0.7$ とすることで、平均的な姿が捉えられることがわかった。

参考文献

- 1) 吉田望, 大矢陽介, 澤田純男, 中村晋 (2009) : 海溝型長継続時間地震動に対する簡易液状化判定法の適用性, 日本地震工学会論文集, 第 9 巻, 第 3 号, pp.28-47
- 2) 安田進 (1988) : 液状化の調査から施工まで, 鹿島出版会, pp243
- 3) 吉田望, 東畑郁生 (2003) : YUSAYUSA-2・SIMMDL-2 理論と使用法, (改訂版 Version2.10)

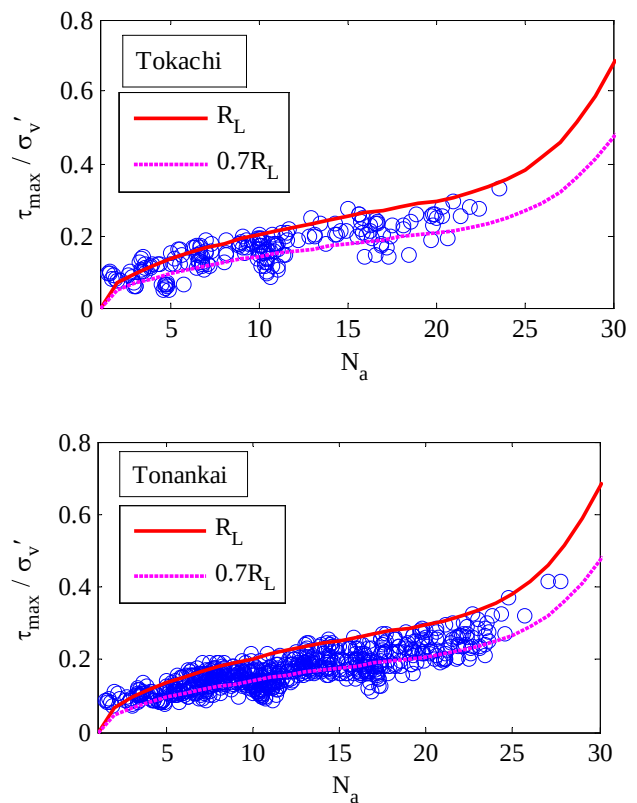


図3 最大せん断応力比 - N_a 関係