

事例に基づく液状化判定法の検討

独立行政法人土木研究所 正会員 佐々木哲也
 正会員 田村 敬一

1. はじめに

本研究では、既往地震における液状化・非液状化事例を対象に、道路橋示方書の液状化判定法の適用性を検証するとともに、液状化抵抗に及ぼす地震および地震動特性の影響を検討した。

2. 検討方法

まず、既往の被害地震における液状化・非液状化地点の土質データ、地震動記録、液状化発生の有無等に関するデータを収集した。ボーリング資料の選定に当たっては、ボーリング位置が明らかであること、ボーリング柱状図が備わっていること、土質試験結果（特に粒度試験結果）が備わっていること

表 - 1 地震別ボーリング資料数

No.	地震名	マグニチュード	発生年月日	ボーリング数
1	新潟地震	7.5	1964/06/16	6
2	十勝沖地震	7.9	1968/05/16	2
3	宮城県沖地震	7.4	1978/06/12	1
4	日本海中部地震	7.7	1983/05/26	158
5	千葉県東方沖地震	6.7	1987/12/17	0
6	釧路沖地震	7.8	1993/01/15	77
7	北海道南西沖地震	7.8	1993/07/12	61
8	北海道東方沖地震	8.1	1994/10/04	3
9	三陸はるか沖地震	7.5	1994/12/28	91
10	兵庫県南部地震	7.2	1995/01/17	111
11	鹿児島	6.3	1997/05/13	165
12	岐阜	5.2	1998/04/22	43
13	鳥取県西部	7.3	2000/10/06	128
計				846

3 条件を満たすものを収集した。液状化発生の有無の判定は、ボーリング資料を抽出した文献に液状化発生の有無が明記されている場合については文献に従い、また、沈下等の被災状況が記してあるものについては被災状況によって液状化の有無を判定した。ボーリング資料を抽出した文献から液状化発生の判定ができないものについては、液状化分布が明示されている文献等を参考にして液状化発生の有無を判定した。液状化発生の判定は液状化、非液状化、不明確の3分類とした。

液状化・非液状化地点の事例データにもとづき、地震時最大せん断応力比と換算N値の関係をプロットし、道路橋示方書¹⁾の換算N値 - 動的せん断強度比R関係と比較した。換算N値は、文献1)に従いN値と有効上載圧より計算した。分析に用いる換算N値は、各地点とも地下水位以深8mの範囲に分布する砂質土のうち2番目に小さな値を採用した。ただし、地盤が均一とみなせる地点では最小値を採用した。また、地震時最大せん断応力比の算出に必要な地表面最大加速度値は、基本的に強震記録に基づいて設定した。ただし、地表面加速度分布図が作成されている場合には、その分布図をもとに設定した。

3. 検討結果

図1に、細粒分含有率FCが10%以下のデータについて地震時最大せん断応力比と換算N値の関係を示す。

図は、地震のタイプに応じて2つに区分して示している。ここで、地震動のタイプは文献1)に従い、海洋プレート境界型地震による地震動をタイプⅠ、内陸型直下型地震による地震動をタイプⅡとした。図中には道路橋示方書¹⁾の換算N値 - 動的せん断強度比R関係もプロットしている。これらより、道路橋示方書の式は、液状化・非液状化の

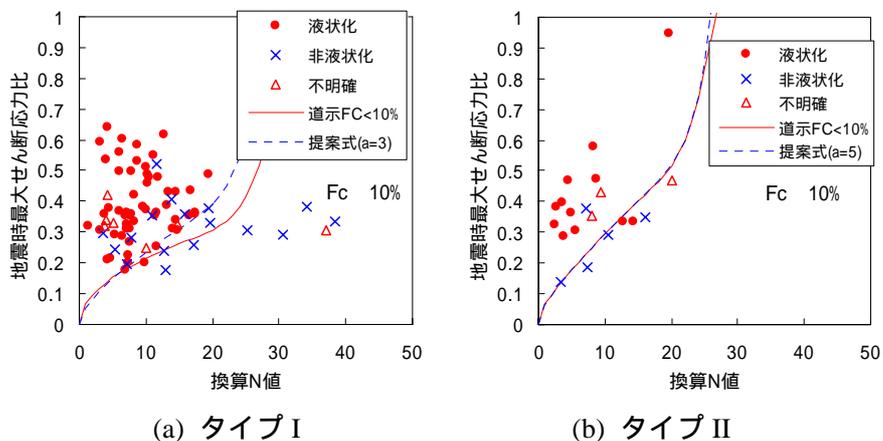


図1 地震時最大せん断応力比と換算N値の関係（地震動のタイプ毎）

キーワード：液状化、液状化判定 連絡先：〒305-8516 つくば市南原1-6, Tel 0298-79-6771, Fax 0298-79-6735

境界と比較的よく対応していることがわかる。ただし、タイプⅠの地震動については、 N 値の大きなところで安全側の評価となる傾向が見られる。

図 2 に、代表的な地震について地震時最大せん断応力比と換算 N 値の関係を示す。いずれも FC が 35% 以下のデータをプロットしたものである。図中には、図 1 と同様に道路橋示方書の曲線も示している。また、図中には道路橋示方書の繰返し三軸強度比 R_L から、動的せん断強度比が式(1)で表されると仮定して求めた境界線も示している。

$$R = c_1 c_2 R_L \quad (1)$$

ここに、 R_L :道路橋示方書における繰返し三軸強度比、 c_1 :拘束圧に対する補正係数 ($= (1+2K_0)/3$, $K_0=0.5$ とした)、 c_2 :地震波の不規則性に対する補正係数。ここでは、 c_2 は式(2)で表されると仮定した。

$$c_2 = aR_L + 1 \quad (2)$$

ここに、係数 a は図 1、図 2 の液状化・非液状化の境界にフィッティングすることにより求めた。

これらの図より、提案式の方が道路橋示方書の式よりも特にタイプⅠの地震動に対して比較的液

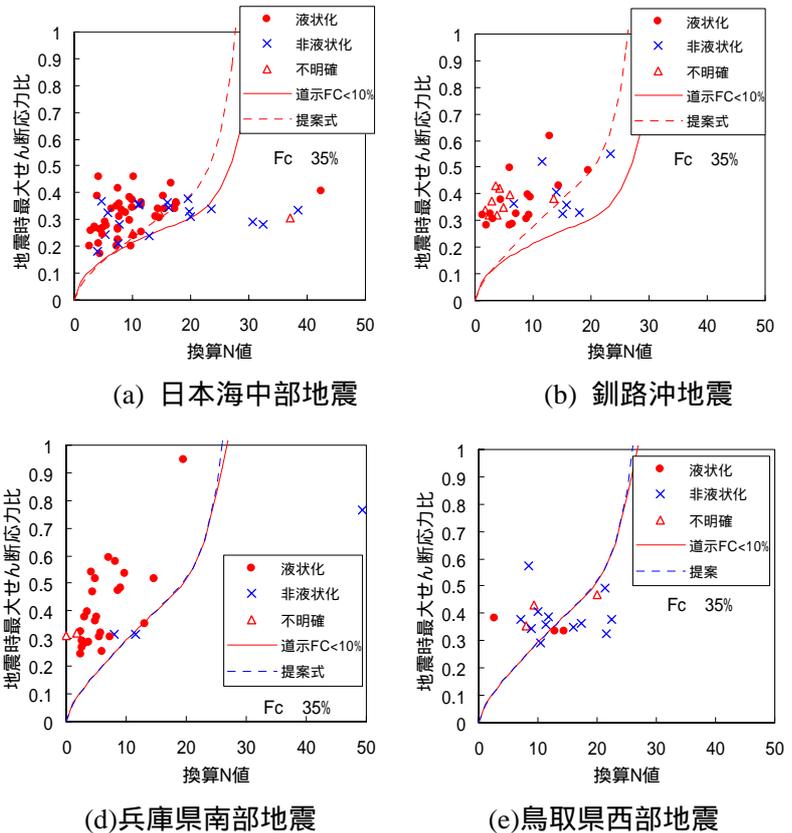


図 2 地震時最大せん断応力比と換算 N 値の関係（地震毎）

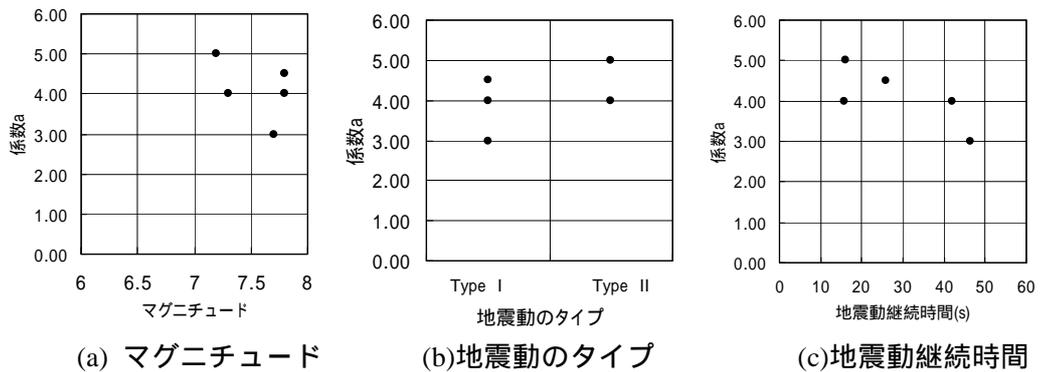


図 3 地震の特性と係数 a の関係

状化・非液状化の分離度がよくなっている。道路橋示方書ではタイプⅠの地震動に対しては c_2 の値は R_L の値に拘わらず一定値であるが、 c_2 を R_L の関数として与えた方が比較的よく事例と一致するものと考えられる。

図 3 に係数 a と地震のマグニチュード、地震のタイプおよび地震動継続時間の関係を示す。これらより、地震のマグニチュードが大きいほど、タイプⅡの地震動よりもタイプⅠの地震動の方が、また、地震動継続時間の長い方が、係数 a の値は小さい傾向があることがわかる。

4. まとめ

地盤の液状化に及ぼす地震および地震動特性の影響について、被害事例を分析することにより検討した。その結果、道路橋示方書の関係は液状化・非液状化の境界と比較的よく対応しているが、タイプⅠの地震動については、 N 値の大きなところで安全側の評価となる傾向が見られた。今後データを蓄積しさらに検討を行う必要がある。

参考文献

1) (社) 日本道路協会 (2000)：道路橋示方書（V 耐震設計編）・同解説,丸善(株)