

(168) 広域地盤を対象とした液状化危険度の一評価法とその名古屋地盤への適用

--地盤特性としての液状化危険度評価の試み--

名古屋大学 松澤 宏
 名古屋大学 杉村昌広

1. まえがき

都市域などの広域地盤を対象とした地震時の液状化危険度を評価しておくことは、建設工事のための具体的な地盤調査計画の立案のみならず、広域地震防災計画の策定のための基礎資料としての意味が大きい。このような液状化予測は各所で行われているが、対象地域全域に対して、特定地震の想定に基づく地表面最大加速度の分布を仮定したものと、一様の地表面最大加速度を仮定したものとが見られる。これに対して、筆者らは、特定の地震を想定することなく、対象地域における地盤の液状化に対する弱点領域の抽出と、そのランク付けが可能であれば、これもまた上述した基礎資料のひとつとして有用と考えた。すなわち、上述の前者は、想定地震と地盤特性の相乗作用としての液状化危険度であり、後者は、地震を想定することなく、対象地域における各地盤(地区)の液状化しやすさのランク付けと、これに基づく最も液状化しやすい地区の抽出を目的とした評価である。ここでは、後者の視点に立った危険度評価の可能性を検討し、名古屋市域の地盤特性としての液状化危険度評価への適用を試みた。

2. 液状化危険度判定の流れ

広域を対象とする場合、その地域における地盤情報としての大量のボーリングデータが必要であるが、ボーリングデータについては、「最新名古屋地盤図資料編データベース(以下、「名古屋地盤DF」と略記す

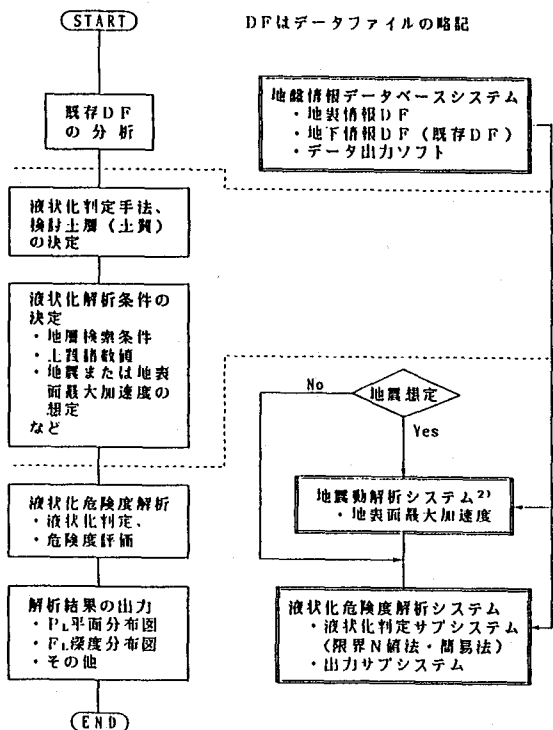


図-1

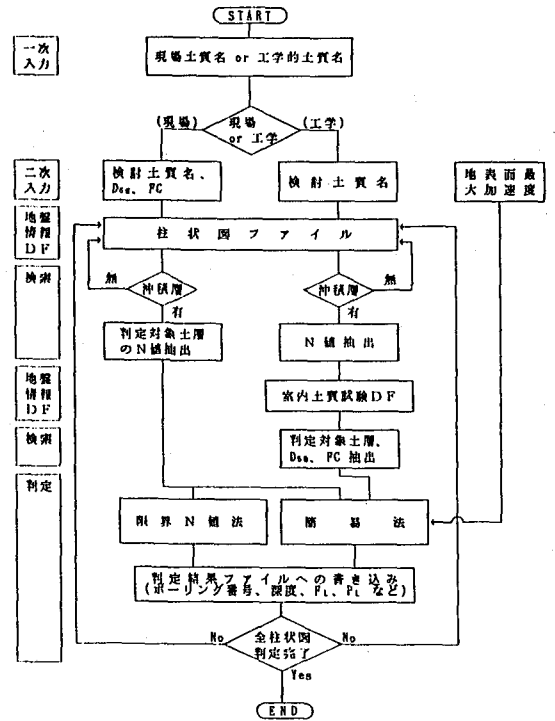
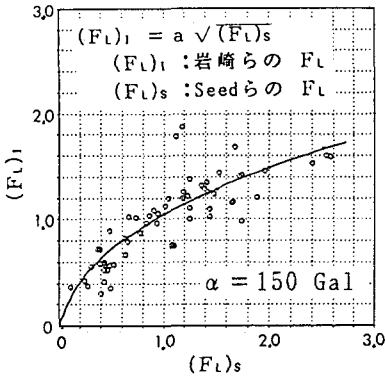
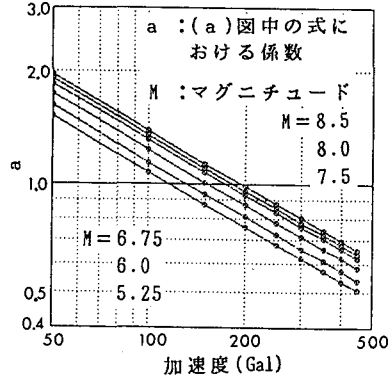


図-2



(a)



(b)

図-3

表-1

手法	提案者および基準
限界N値法	小泉
	岸田
	福岡・石原
	小規模建築物
	LNG地下式貯槽
簡易判定法	危険物規則(タンク周縁)
	危険物規則(タンク中心)
簡易判定法	建造物設計標準
	Seed・Idriss(1971)
	岩崎・龍岡
	今野ら
	道路標示方書
簡易判定法	大橋・岩崎・龍岡
	時松・吉見
	Seedら(1985)
	建築基礎構造設計指針

る)」¹⁾を使用した。このような既存データファイルを使用する場合、登録データの内容を分析し、適用可能な方法で液状化予測を行わなくてはならない。

そこで、液状化判定は、図-1に示す流れで行った。図中の液状化判定サブシステムの流れは、図-2に示す通りであり、表-1に示す限界N値法および簡易判定法による判定が可能である。なお、地盤情報データベースシステムおよび地震動解析システムについては、それぞれ文献^{2), 3)}を参照されたい。

液状化判定の対象とする地層については、「工学的土質分類名」または「現場土質名」のいずれか一方で検索し、「現場土質名」を指定する場合には、液状化判定に必要な50%粒径D₅₀、細粒分含有率FCおよび単位体積重量の代表値を入力するようにしている。

3. 液状化判定法の選定・液状化危険度指数の算定法・判定対象の土質

(1)液状化判定法の選定：本研究における液状化判定は簡易判定法によった。「名古屋地盤図DF」に登録された4190本の柱状図のうち、液状化検討の対象となる土のD₅₀の推定精度を高めるために重要なD₅₀データ数は極めて少ない一方、FCに関するデータはかなりの数が登録されている³⁾。そこで今回は、FCのみを考慮するSeedら(1985)の判定法⁴⁾を用いることとした。

(2)液状化指数P_Lの算定法：本研究では、地盤の液状化危険度を岩崎らによる液状化指数P_L⁵⁾によって表すこととした。ただし、岩崎らによるP_L値の算定には、岩崎らの簡易判定法によるF_L値⁵⁾を用いなくてはならない。そこで、D₅₀およびFCの両者が明確な砂質地盤のボーリングデータについて、岩崎らおよびSeedらそれぞれによる方法でF_Lを算定したところ、それぞれには図-3(a)、(b)に示す傾向が見られ、これらより両者の関係は次式で表されることが分かった。

$$(F_L)_i = (M + 5.47) \alpha^{-0.500} \sqrt{(F_L)_s} \dots \dots (1)$$

ここに、(F_L)_i、および(F_L)_sは、岩崎らおよびSeedらそれぞれによる液状化抵抗係数。Mは地震のマグニチュード、αは地表面最大加速度である。

表-2

式(1)左辺の(F_L)_iを岩崎ら相当の液状化抵抗係数(F_L)に書き直せば、これより岩崎ら相当の液状化指数P_Lを算定できる。

(3)検討対象の土質：表-2は、「名古屋地盤図DF」

現場土質名	データ数	工学的土質分類に該当するデータ数の百分率						卓越する微地形ごとのFC(%)			
		礫粒土 G			砂粒土 S			細粒土 F	自然堤防	後背湿地	埋立地
		{G}	{GF}	小計	{S}	{SF}	小計				
砂	1512	0.9	0.3	1.2	48.2	40.5	88.7	10.1	8.5	6.0	8.5
〇〇まじり砂	781	1.9	0.8	2.7	39.5	42.8	82.3	15.0			
〇〇質砂	462	0.2	0.4	0.6	8.7	52.4	61.1	38.3	20.0	32.5	22.5
△△まじり〇〇質砂	103	0.0	1.9	1.9	20.4	40.8	61.2	36.9			
△△まじり砂質シルト	278	0.0	0.4	0.4	2.9	19.4	22.3	77.3			

の室内土質試験データについて、それぞれの現場土質名とその土質名に含まれる土の工学的土質分類名の対応を検討した結果³⁾、表-2に示した現場土質名の土について液状化判定を行うこととした。なお、名古屋臨港地区では堆積年代の比較的新しい埋立地が存在するが、いくつかの例外を除けば、「名古屋地盤図DF」に登録された埋立て地盤のボーリングデータの大部分は、堆積年代が30~40年以上を経過していることから、砂質シルトのような土は検討対象から除外した。

4. 地盤の液状化履歴と危険度解析結果の比較

名古屋市域は、1891年の濃尾地震(M=8.0)の際に、各所で噴砂・噴水現象がみられた。図-4に、これまでに明確にされた濃尾地震当時の噴砂・噴水の発生箇所^{6),7)}と濃尾地震を想定して求めた \overline{P}_L 値(ただし、 $1.5 \leq \overline{P}_L$ 、地下水位=地表面)を示した。なお、この図には、1944年東南海地震による液状化発生地区も示されている。

濃尾地震当時の各地区における液状化の程度については不明であるが、発生箇所が明確にされている範囲で、液状化判定結果は比較的よい合致を示し、あまりかけ離れた結果を与えるものではないと考える。

5. 地盤特性としての液状化危険度

$\alpha = 150, 200, 250, 300, 350, 450 \text{ Gal}$ それぞれの一樣な地表面最大加速度を名古屋市全域に仮定して求めた(ただし、地下水位=地表面) $\overline{P}_L \geq 1.5$ となるメッシュを図-5に示す。図中のドット1つは、概ね $125\text{m} \times 125\text{m}$ メッシュに相当している。「名古屋地盤図DF」に登録されたデータの範囲内で、 $\alpha = 150 \text{ Gal}$ を想定した場合(a図参照)、 $\overline{P}_L \geq 1.5$ のメッシュが、港区の南部の名古屋港付近、天白川が流下する南区の南部~東部の区境、および中村区の庄内川に沿う西部~西北部に表れている。 $\alpha = 200 \text{ Gal}$ になると(b図参照)、上記の3地区におけるメッシュの分布が拡大するとともに、 $\overline{P}_L \geq 1.5$ のメッシュが新たに出現する。想定加速度 $\alpha = 250 \text{ Gal}$ では(c図参照)、これらの分布範囲が急激に拡大するとともに、東部丘陵地を流下する河川沿いの沖積地盤に $\overline{P}_L \geq 1.5$ のメッシュが出現し始める。加速度レベルがさらに大きくなると(d~f図参照)、分布範囲が若干拡大する程度であり、 $\alpha = 250 \text{ Gal}$ 程度以上の加速度では、沖積平野部の一部を除いてかなり広範囲にわたって $\overline{P}_L \geq 1.5$ となる。図示した範囲で、名古屋地盤において①液状化抵抗が最も低い地区は名古屋港臨港部、南区の天白川沿い、中村区の庄内川に沿う地区であり、②これに次いで、西区および中川区の庄内川に沿う地区、港区の一部において液状化抵抗が低い。③加速度が 250 Gal より大きくなると、液状化危険度の高い地区は上記①、②に示した地区を中心として次第に拡大するが、その傾向はさほど著しいものではない。

7. あとがき

ここでは、 D_{50} を用いない Seedら(1985)の方法で液状化判定を行っても岩崎らが提案に相当する液状化指数を求め得ることを示した。これにより求めた濃尾地震を想定した名古屋地盤の液状化危険度は、当時の液状化履歴とかなりにより合致を示した。

また、名古屋地盤一帯に種々の大きさの均一地表面最大加速度を仮定して液状化危険度解析を行ったところ、危険度の高い地区の平面的広がり、加速度の増加とともに拡大した。今後さらに、深度別の F_L 分布を調べることなどにより、地盤特性としての液状化危険度の評価が三次元的に可能になると考える。ここで報告したシステムは、より詳細なデータの整った地盤情報にも適用であるので、そのような地盤情報が整備されることによって広域地盤を対象とした液状化危険度評価の精度を向上させることが可能である。

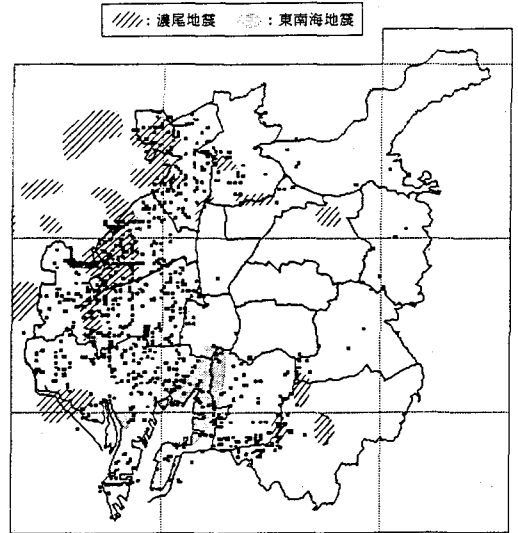


図-4

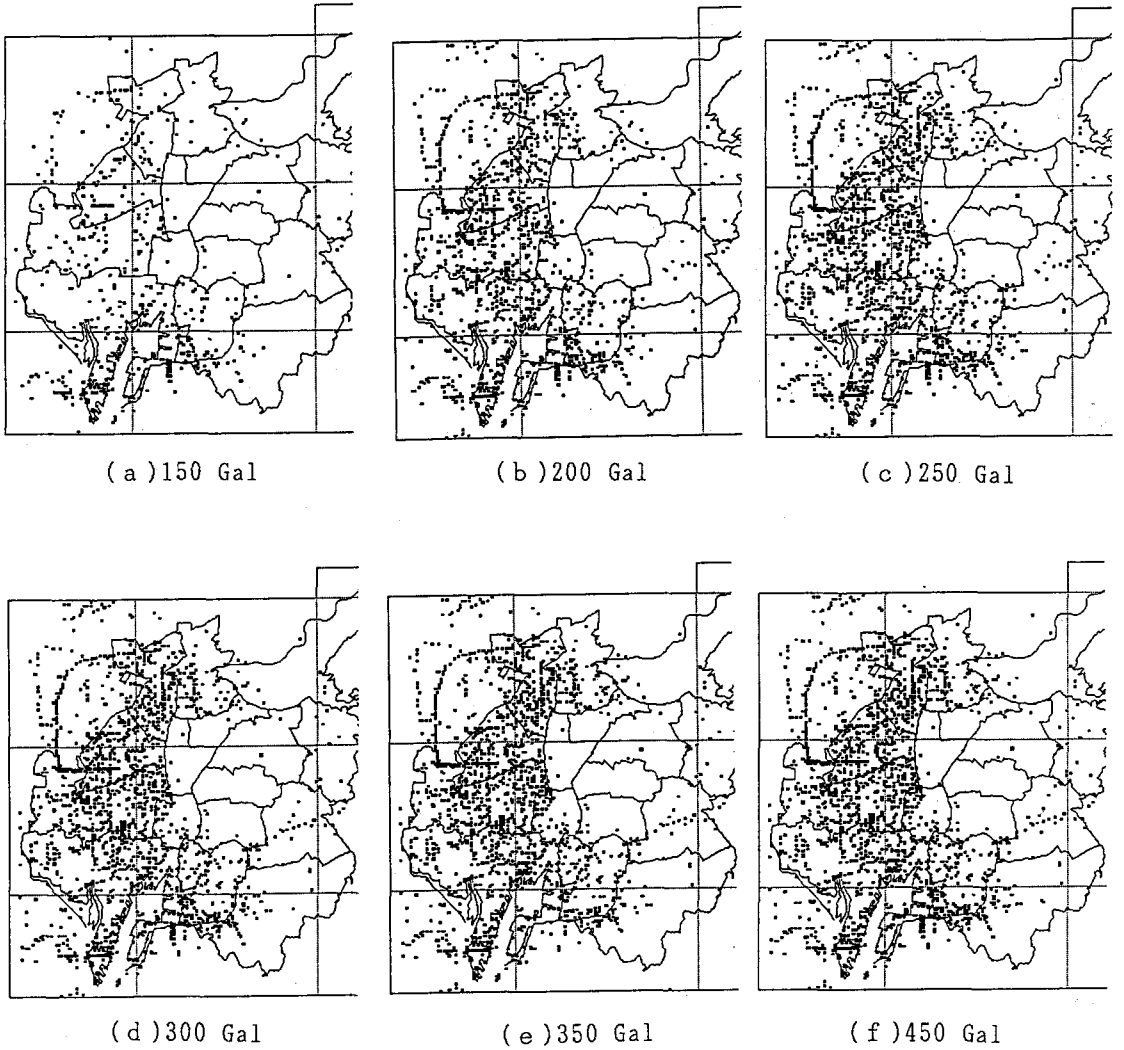


図-5

【参考文献】

- 1)土質工学会中部支部編：最新名古屋地盤図資料編データベース、名古屋地盤図出版会、1990。 2)松澤宏・杉村昌広：名古屋市域における地盤情報を用いた液状化危険度解析の試み、土質工学会中部支部第3回シンポジウム、1991、投稿中。 3)谷口仁士・松澤 宏・杉村昌広：広域地震防災システムの開発と利用ーデータベースの構築と被害想定シミュレーションー、第1回地域安全学会研究発表会講演論文集、1991、pp.133-140。 4)Seed, H.B., Tokimatu, K., Harder, L.P. and Chung, R.M.: Influence of STP Procedures in Soil Liquefaction Resistance Evaluations, Jour. of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol. 111, No. GT12, 1985, pp. 1425-1445。 5)岩崎敏男・龍岡文夫・常田賢一・安田 進：砂質地盤の地震時流動化の簡易判定法と適用例、第5回日本地震工学シンポジウム講演集、1978、pp.641-648。 6)飯田波事・他：濃尾地震を想定した愛知県の被害想定、愛知県防災会議、1991。 6)飯田波事・他：名古屋市における地域別地震被害想定に関する調査研究、名古屋市防災会議、1981。 7)谷口仁士・飯田波事：地震時住家被害予測法定式化への試みー主として地盤液状化に起因する被害を中心にー日本建築学会構造系論文集、第365号、1986。
- (発表者連絡先：〒464-01 名古屋市千種区不老町 名古屋大学工学部地盤工学教室)