

東京低地の液状化予測

東京都土木技術研究所 地象部長

石井 求

1. まえがき

多くの自然災害のうち、火山災害や地震災害は発生周期が長いので、災害の恐ろしさを忘れがちである。都市の防災行政についても昭和36年の伊勢湾台風を契機に制定された災害対策基本法に基づき各自治体が防災計画を策定するようになった。当初は風水害対策が主体であったが、その後、昭和39年の新潟地震による近代都市の被災状況や、関東南部地震69年周期説などが発表され、各自治体の作成する防災計画にも地震対策が策定されるようになった。

昭和58年5月に発生した日本海中部地震によって秋田、青森県下で津波、液状化現象などによる地震被害が発生した。東京、神奈川、千葉、埼玉、横浜、川崎の六都県市首脳会議（通称首都圏知事サミット）において、自治体職員による地震対策研究会議が設置された。筆者はこの研究会議に参加し、各自治体における今後の液状化調査に関する諸提言を行った¹⁾。その中で、これまでの地震による液状化の発生状況から、液状化予測の実施に当っては、過去の地震時の液状化地域の把握のほか、地盤地質情報、地図情報等が地域の液状化予測に重要であることについて述べた。

ここに紹介する東京都における液状化予測

は、このような考えに基づいて行われたもので、既に昭和62年に公表したものである²⁾。ここでは紙数の関係で極く一部しか紹介出来ないが、現在土質工学会で本報告書を取り扱っているので詳細について知りたい方は御覧いただきたい。

2. 東京低地の液状化予測手法

一般に地震時の液状化被害を想定するとき、沖積低地や埋立地の全域が危険地域と考えやすい。しかし、新潟地震^{3,4)}における液状化の発生地域は信濃川沿いの旧河道や埋立地に集中していることが知られている。また、昭和23年の福井地震では、当時の米軍が撮影した空中写真を解析した結果⁵⁾をみると、液状化地点はかなり規則的な分布をし、地形、地質的な制約を受けていることが推察できる。

このように過去の地震時において、液状化地点の分布と地形（微地形）との間には有意な関係がみられることから、東京都で実施した「東京低地の液状化予測」では

- 過去の地震での液状化発生地域の調査
- 地形図、地質図等から液状化関連項目の抽出
- ボーリングデータによる液状化解析をおこない総合的な判定をおこなった。

(1) 関東地震の液状化履歴調査



凡 例

液状化程度の区分	情報の確定性の区分		地点は確定できないが地域までは確定できる	地域としておおよそ確定できる
	地点を確定できる			
激しい液状化が生じた地域	●	■		
軽度の液状化が生じた地域	●	■		
井水の変化・地割れした地域	●	■		
地盤災害がない地域				
判断保留および未調査地域				

図-1 関東地震液状化履歴図

震災調査等の報告書では、地割れから砂や水が噴出したとか堤防がすべり出したという記事が所々にあり、今日でいう地盤の液状化現象が記録されている。このような過去の地震による液状化の発生地点をより多く知ることができれば、液状化予測に有効であることは言うまでもない。

そこで、東京都の低地を行政区域に持つ14の区の防災担当課と町内会、自治会の協力を得て、大正12年の関東地震当時から引き続きほぼ同一箇所に居住している人の名簿を作成し、約300人について面接調査をおこなった。この調査結果と文献、資料などから作成したものが図一に示す関東地震液状化履歴図である。関東地震時に液状化が発生した地点はこの図からも判読できるように、江戸川、多摩川、新河岸川、古隅田川などの河川沿いの地域や旧河道、埋立地で液状化が多発していることが分る。

(2) 地形地質情報と液状化地点

関東地震液状化履歴図や既応の液状化現象の発生状況から、液状化地点はその地域の地盤の生成条件、即ち地形地質情報から液状化現象に寄与する要因を抽出するため、次のような地形地質図類を使用した。

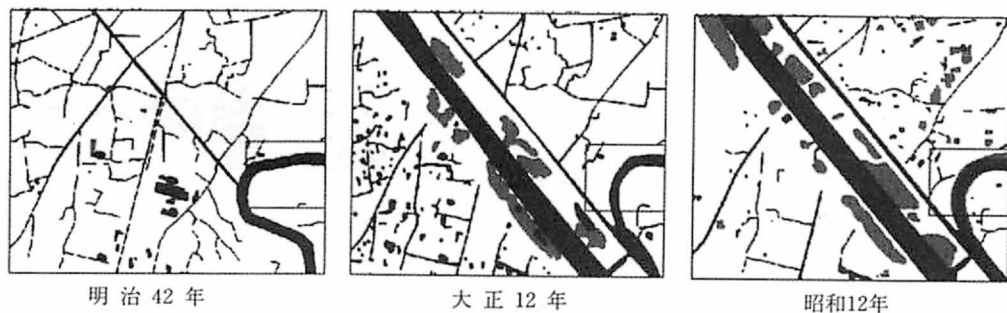
- 地形図関係：土地条件、土地分類図、江戸期水系図⁶⁾、湿地乾田分布図、明

治の水系図（明治42年）、大正の水系図（大正12年）、昭和の水系図（昭和12年）。

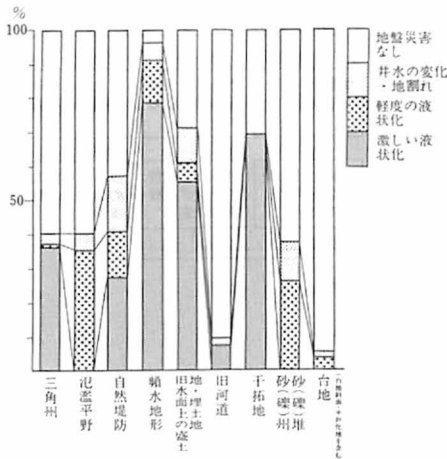
- 地質図関係：軟弱層基底等深図、地下水面図、表層分布図、砂層分布図、礫層分布図。

土地の改変の状況についての1例を図一2に示す。この図は江東地区の水系図の変せんを示したもので、市街化の初期には家屋や工場建設の盛土を得るために作られた池などが多くみられるが、市街化が進行すると再び池などが埋め立てられている様子を知ることができる。このように現在の地図では読み取れないような土地の改変の様子を旧版地図を重ね合わせることによって明らかにすることが可能である。

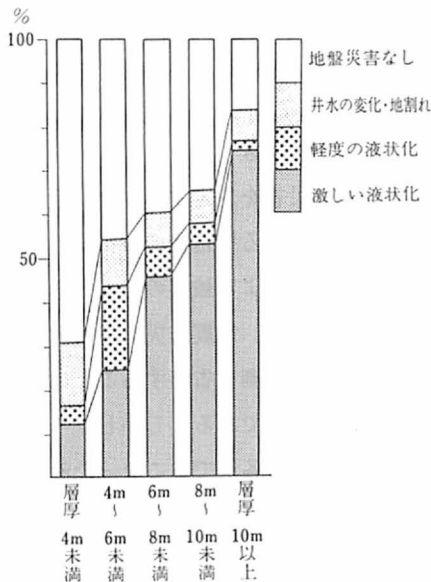
地形地質と液状化履歴との関係を検討したものが図一3である。この図は関東地震液状化履歴図と土地条件図の地形分類を示したもので、類水地形（河川敷や湿地などを含む）、干拓地旧水面上の盛土、埋立地、旧河道などで液状化が多く発生している。また、表層の砂層厚と液状化の関係を検討したものが図一4で、砂層が厚い地点ほど液状化が起きやすいことを示している。このように地形地質と関東地震時の液状化地点との間には密接な関係がみとめられるので、液状化予測に当って



図一2 明治、大正、昭和の水系図



図一3 関東地震液状化履歴図と土地条件図の関係



図一4 関東地震液状化履歴図と砂層分布図の関係

地形地質要素は重要な項目の1つとすることができる。

(3) ボーリングデータによる液状化解析

建設工事の設計や地盤の耐震性評価手法の1つにボーリング調査と土質試験結果から地盤の液状化強度を計算する方法がある。しかし、広域の地域の液状化予測を実施する場合には既存のボーリング資料に頼らざるを得な

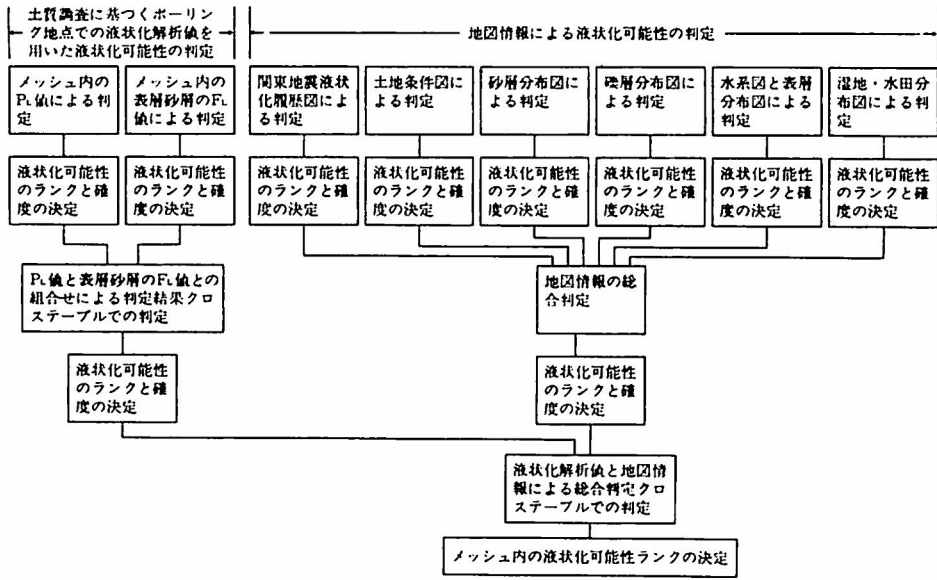
い。そこで土木技術研究所で保有するものに加えて東京都各局で実施したボーリング資料12,300件および液状化試験データ約200件を収集整理した。ボーリング資料は500mメッシュ(対象地域全体で1,679メッシュ)に最低1本のデータを配置した。また、収集した液状化試験データから在来の液状化強度の推定式を改良し、東京低地の地盤に適合した液状化強度推定式を求めた²⁾。

3. 液状化予測図の作成と結果

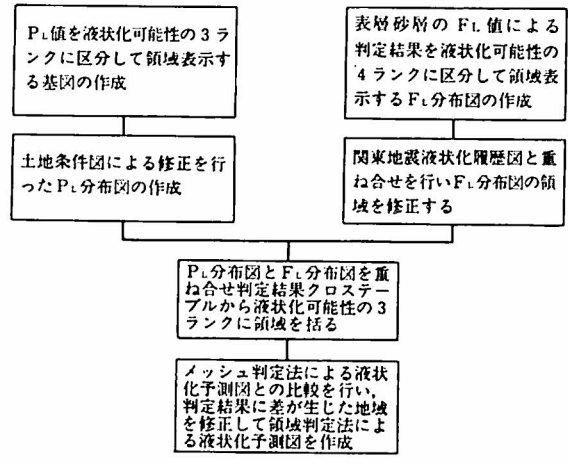
液状化の可能性のある地域を図示する方法に、メッシュ図と領域図で示す方法がある。今回の作業では500mメッシュごとに図一5に示す手順でメッシュごとの判定を行い、さらに図一6に示す方法で1/25,000の領域図を作成した。領域図の最終段階でメッシュ判定法による判定結果を使って領域修正をおこなった。これはメッシュ判定の方が、判定要素が多いことを考慮したものである。ここでは紙数の関係で領域判定結果の縮小図を図一7に示す。なお、今回の対象地震は大正12年の関東地震規模とし、また、ボーリング地点の液状化解析に使用した地表面最大加速度は210~280galである。

液状化予測の結果、地震時に液状化が発生しやすい地域は、関東地震時に液状化が発生した地域と類似し、大田区の低地、江戸川、新河岸川沿いの地域のほか、足立区と葛飾区境などである。液状化の可能性の大きい地域と判定された領域は低地面積の24%、液状化の発生が少ない領域は63%、液状化がほとんど発生しない領域が13%である。

関東地震時に液状化が発生した江東区南部では今回の液状化判定の結果、液状化が発生



図一五 メッシュ判定法のフロー

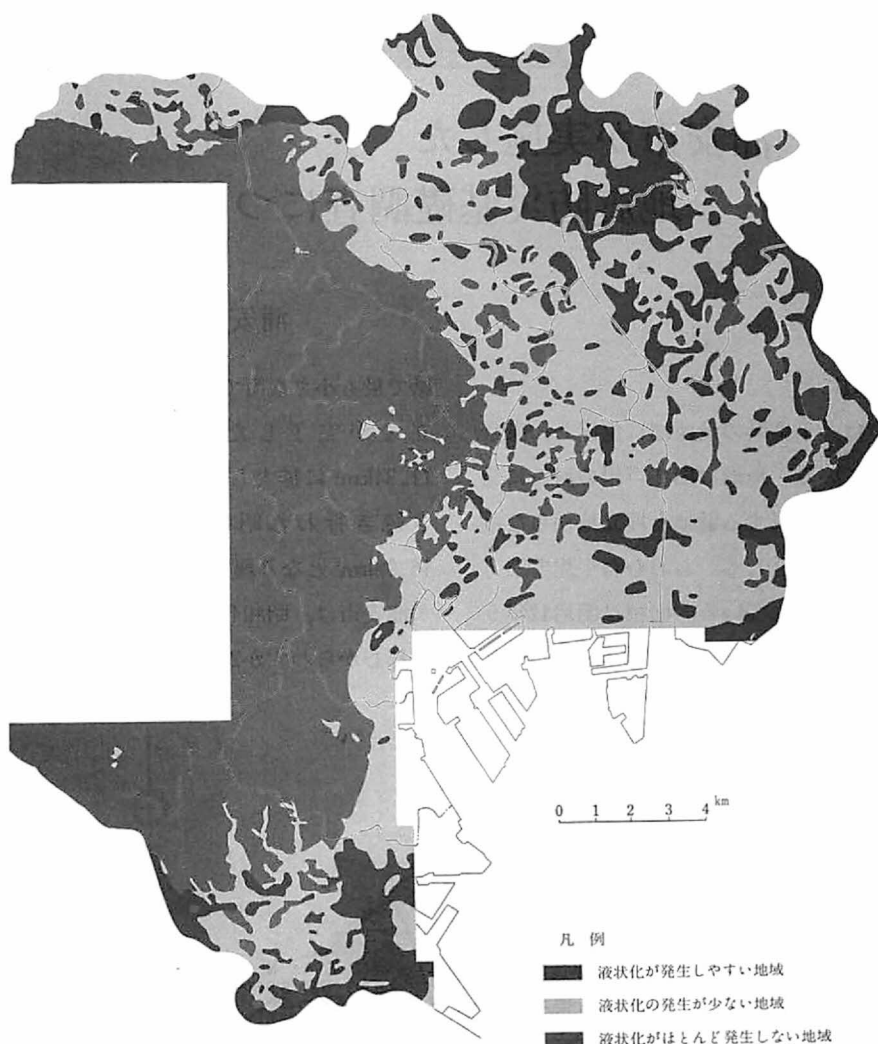


図一六 領域判定法のフロー

4. あとがき

地震災害を想定する場合、近年では地震動による建造物の破損よりも地盤の液状化による被害の方が大きいといわれている。地震防災を検討するうえで液状化予測を省略することはできないほど重要である。しかし、今まで東京をはじめ各地でおこった液状化予測では、地形図だけやボーリング柱状図だけに頼った簡易なものが多い。幸いなことに、東京ではボーリングデータをはじめ、地図類、地質地盤図類が整備されていたこと、最近の電算処理技術が進んでいることに助けられ、関係要因を総合的に判定するところが出来た。しかし、今回の予測作業で使用したボーリングは1万本ほどで、都内の既存ボーリングは少なめに見ても10万本と推定されている。今後予測精度を向上させるとともに、機会があれば1万分の1、5千分の1といった大縮尺の実用性の大きい

しやすいと判定された地域は少ない。これは同地区がかつて激しい地盤沈下地帯であったため、盛土や市街地化など土地の改変が進んだためと考えられる。また、都心部は周辺部に比べて液状化がしやすいと判定された地域が少ない。これは市街地化に加えて地下利用など土地利用の高度化によって地下水位が低下したためである。



図一七 領域判定法による液状化予測図

予測図の出現を願っている。

終りにあたり、この調査研究は土木技術研究所地象部の液状化予測担当チームの皆さんの努力に負うところが多いことを記します。

参考資料

- 1) 六都府市地震対策研究会議(1984)：津波・液状化対策に関する調査研究報告
- 2) 東京都土木技術研究所(1987)：東京低地の液状化予測
- 3) 青木滋・藤田至則(1981)：ボーリング資料からみた新潟平野の地下地質と地盤災害，自然災害資料解析8
- 4) 横尾義貫(1976)：新潟震害の歴史的背景，京大防災研年報19号B.
- 5) 栗林英一他2名(1974)：明治以降の本邦の地盤液状化履歴，土研研報30号
- 6) 正井泰夫(1980)：都市環境としての大江戸の水系と海岸，人文地理研究Ⅳ，筑波大地学系