

2段階の地震動に対する微地形による液状化ゾーニング

安田 進¹・前島 修²・水長 徹³・井上 桂介⁴

¹正会員 工博 東京電機大学教授 理工学部建設工学科 (〒350-03 埼玉県比企郡鳩山町石坂)

²学生会員 修士 東京電機大学大学院理工学研究科建設工学専攻 (〒350-03 埼玉県比企郡鳩山町石坂)

³学生会員 修士 東京電機大学大学院理工学研究科建設工学専攻 (〒350-03 埼玉県比企郡鳩山町石坂)

⁴鉄建建設株式会社 東北支店一関作業所 (〒021 一関市中里字上日照地内)

従来の微地形による液状化予測では、液状化地点を広範囲にわたって概略的に推定することができた。しかし、その一方で地震動の大きさや液状化層の深さなどが考慮されていないという欠点を有していた。そこで、本研究ではこれらの問題点を考慮に入れた新たな液状化予測方法の考案を行った。対象として川崎市を選び、微地形のなかでも液状化が発生し易い旧河道・自然堤防の砂層の幅と深さの調査を行った。また、堆積年代と液状化が発生する限界の地震動の関係を調べた。そして、これを用いレベル1・2地震動に対する液状化層の推定を提案した。その結果、より詳細な液状化ゾーニングに発展させることができた。

Key Words : liquefaction, micro zoning, geomorgraphy, earthquake

1. はじめに

これまでの研究で微地形と液状化の発生とは関係があることがわかってきており、液状化のゾーニングにあたってこの関係を利用することが行われてきている。しかし、この方法では次のような問題点がある。

- ①地震動の大きさを考慮できない。
- ②液状化層の厚さがわからない。

そこで本研究は、対象地域として川崎市(図-1)を選び、微地形分類図や液状化履歴図、ボーリング柱状図等をもとに2つの問題点を考慮した微地形による液状化ゾーニング手法の検討を行った。

2. 関東地震における液状化履歴と微地形の関係

川崎市における微地形分類図と関東地震時の液状化履歴

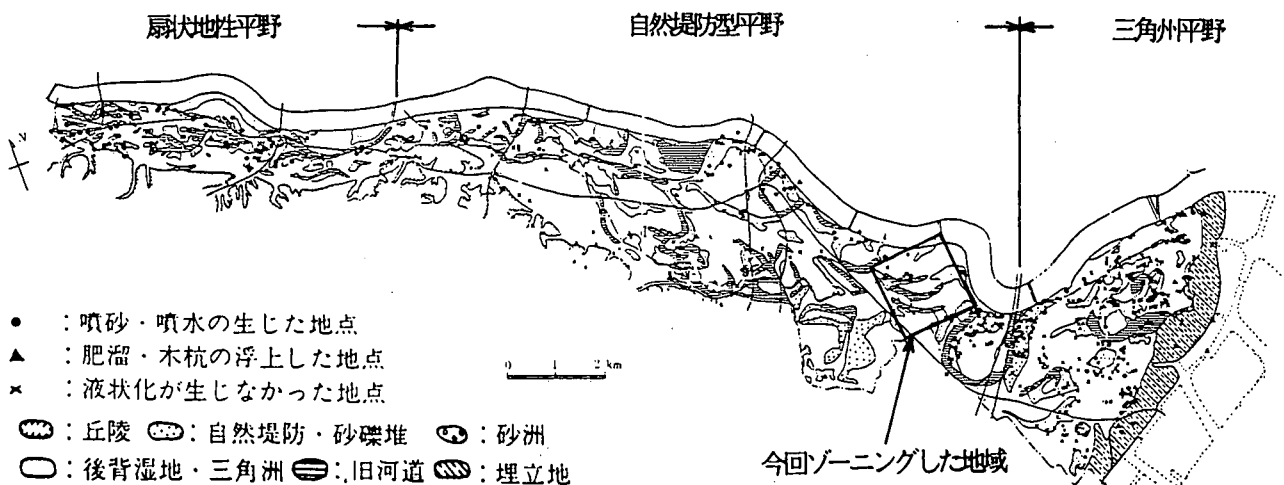


図-1 川崎市の液状化地点および微地形分類¹⁾

歴を比較してみたところ、液状化しやすいとされている旧河道・自然堤防内にも非液状化地点が存在していたことがわかった。そこで旧河道・自然堤防について地層構成を調べ、以下の手順で液状化判定を行ってみた。まず、縦断方向に各16個地質断面をとった。次に、この縦断面内について限界N値法により関東地震時の液状化層を簡易推定した。限界N値は道路橋示方書・同解説(1996)により算出し、これに用いた地表最大加速度は、川島・相沢・高橋による最大水平加速度に関する式²⁾より求めた。ただし、調査範囲内にはⅡ種・Ⅲ種地盤が存在したため2つの式の平均値を参考に350galとした。また、地下水位のデータが不足している地点については、地下水位と地表面の標高の関係を求め(図-2)地下水位を推定した。

次に、求めた液状化層厚、およびその表層の非液状化層厚と関東地震時の液状化履歴の関係を求めた。これを石原の提案³⁾である図-3にプロットし350galにおける境界線を推定した。図-3より川崎市においても石原の提案曲線を用いてよいのではないかと考えられる。そこで、この関係を基に微地形ごとの液状化発生のし易さの推定を行った。その結果、旧河道・自然堤防どちらにおいても扇状地帯から自然堤防地帯上流部では砂礫が多く、地下水位が低いため液状化しにくく、自然堤防地帯下流部から三角州地帯では緩い砂質土が存在して液状化し易かったことがわかった。

3. 旧河道・自然堤防の砂層の広がりパターン

次に、旧河道・自然堤防について緩い砂層の広がりパターンを推定した。まず、旧河道・自然堤防からそれぞれ8つ・7つの地質断面図(横断面)を作成し、地層線を引いた。そして、図-4に示すように簡略化し、微地形分類図による幅Bと実際の緩い砂層の幅L・実際の緩い砂層の深さHの関係を求めた(図-5、6)。

その結果、微地形分類図の幅と堆積物の幅は、比例関係にあることがわかった。しかし、深さについては明瞭な関係は見られず一定と仮定した。深さを一定としたのは、本流などでは川幅の増加に従い深さも増加すると考えられるが、支流などでは逆に、河川の流量が一定と考えると川幅の増加に従い深さは減少するといった二面性が考えられたためである。ただし、今回求めた砂層の広がりパターンはその河川の流れる勾配に関係すると思われる。我々が調査を行った範囲の河川勾配の平均は約1/1000であった。

4. 通常および強い地震動に対する液状化層の推定

阪神・淡路大震災以後、液状化予測にあたっては2つの地震動レベルについて考えることが重要になってきた。大まかにいうと、レベル1では近年自然堆積または人工的に埋め立てられた非常に緩い砂層(以後L層と呼ぶ)が

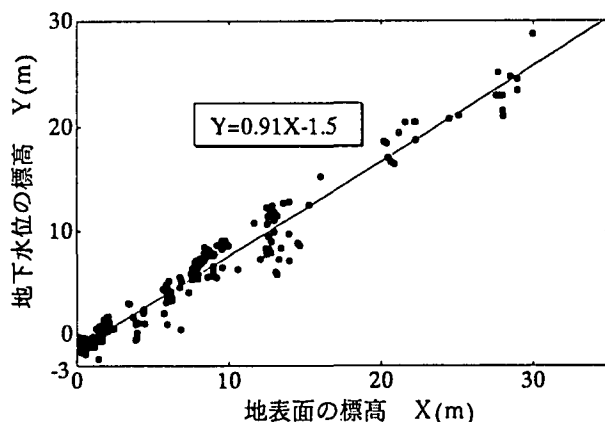


図-2 地下水位と地表面の標高の関係

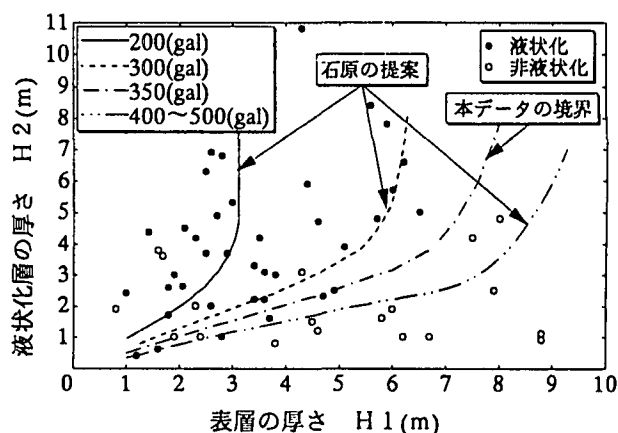


図-3 液状化・非液状化層厚と地表での液状化発生の関係

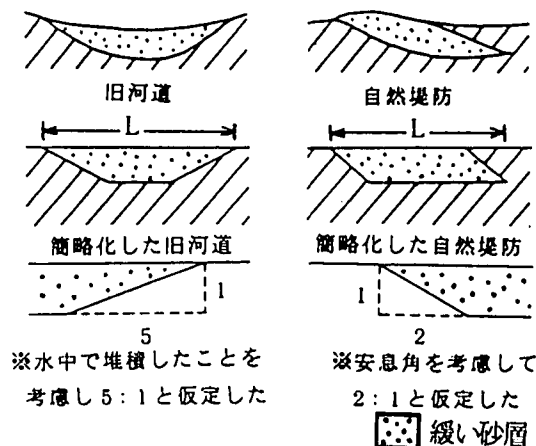


図-4 旧河道・自然堤防の簡略化した例

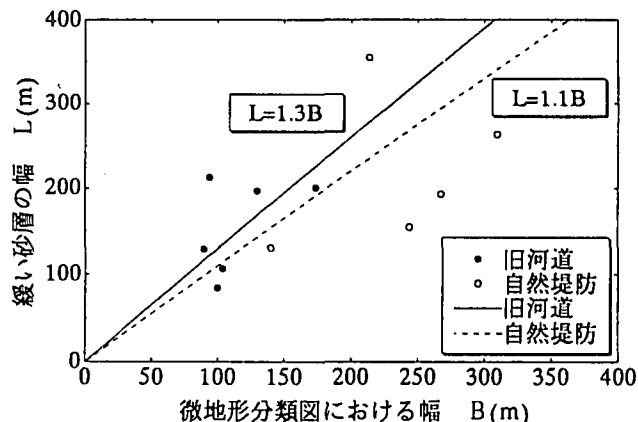


図-5 微地形の幅と実際の堆積砂層の幅の関係

液状化し、レベル2では更に昔に自然堆積した沖積砂層(MD層)が液状化すると考えられる。

最近の研究によると、液状化し易い緩い砂層でも堆積年代を重ねるにつれて液状化しにくくなることがわかってきている⁴⁾(図-7)。しかし古いデータがないため、これを基に経年変化を直線で近似し、300年までの関係を推定してみた。レベル1・2地震動を200・600galと仮定すると、図-7よりそれぞれ70・300年前以降から堆積した層がL層・MD層に相当する。沖積層は約1万年前から堆積を始めているので、地下水位以上は人工的な盛土と仮定して、地下水位の標高から沖積層基底面深度までの0.7%・3%ほどがL層・MD層の底面深度と考えられる(概念図を図-8に示す)。

そこで、まず対象地域を川崎市の中流部に限定し、そのエリア内すべてのボーリング資料より沖積層基底面深度を推定した(図-9)。また、図-5の関係をj用いて旧河道・自然堤防における緩い砂層の分布を求めた。それを図-10に示す。レベル1地震動では地下水位の標高からL層底面深度までの厚さ、および現旧河道・自然堤防下の緩い砂層が液状化すると考えてみる。また、レベル2地震動ではレベル1地震動での液状化層に加え、地下水位の標高からMD層基底面深度までの厚さで液状化すると考えてみる。そして、図-3の関係をj用いて各地震動レベルでの液状化被害の発生箇所をゾーニングした。この結果を図-11、12に示す。図に見られるように、レベル1地震動で噴砂・噴水や液状化被害が発生する地区に比べて、レベル2地震動ではその範囲が広がる結果となっている。

5. 結論

従来、平面だけの二次元情報でしか予測できなかった微地形による予測方法を、微地形内の砂層の広がりのパターン化、および堆積年代と液状化する地震動の関係と

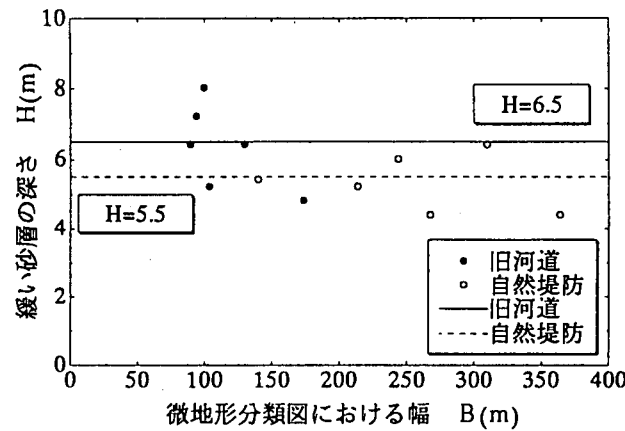


図-6 微地形の幅と実際の堆積砂層の深さの関係

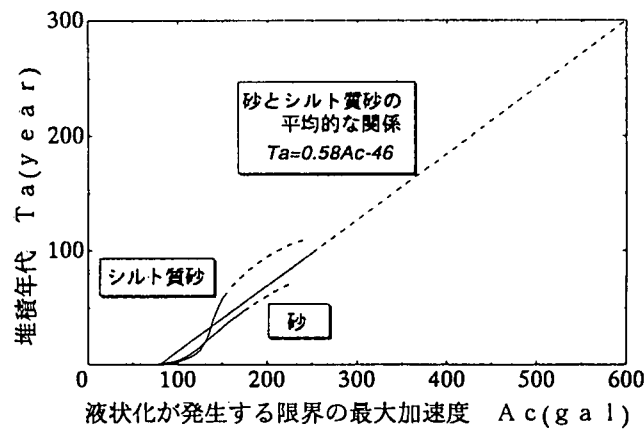


図-7 液状化が発生する最大加速度と堆積年代との関係

いう二つの考えを取り入れることによって、より詳細な液状化のゾーニングに発展させることができた。今後、この手法の妥当性を確かめるために、東京都などの他地域についても調査していきたいと考えている。

謝辞：本研究は(財)地震予知総合研究振興会の研究活動の一環として行ったものである。関係各位に感謝する次第である。

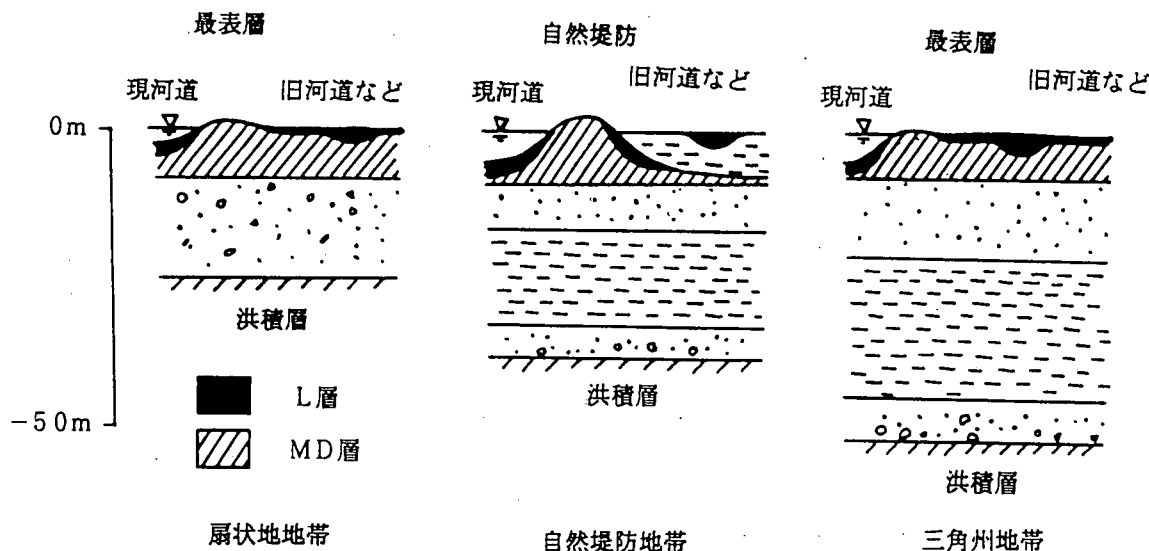


図-8 L層とMD層の分布のイメージ

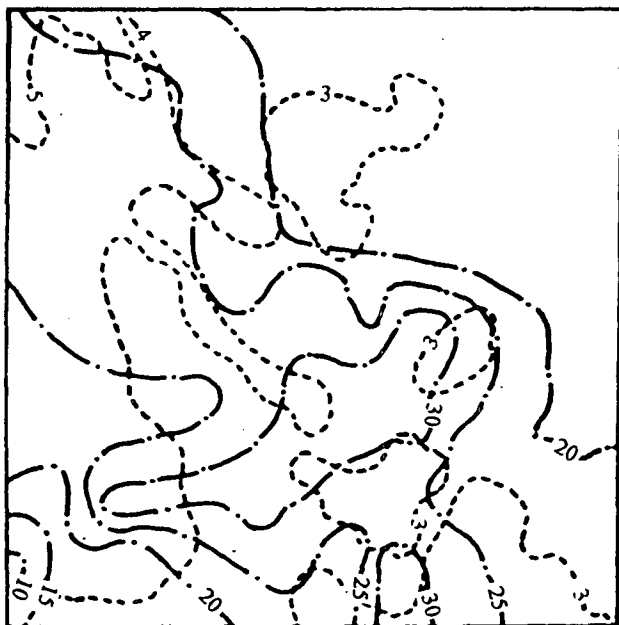


図-9 標高および沖積層基底面深度

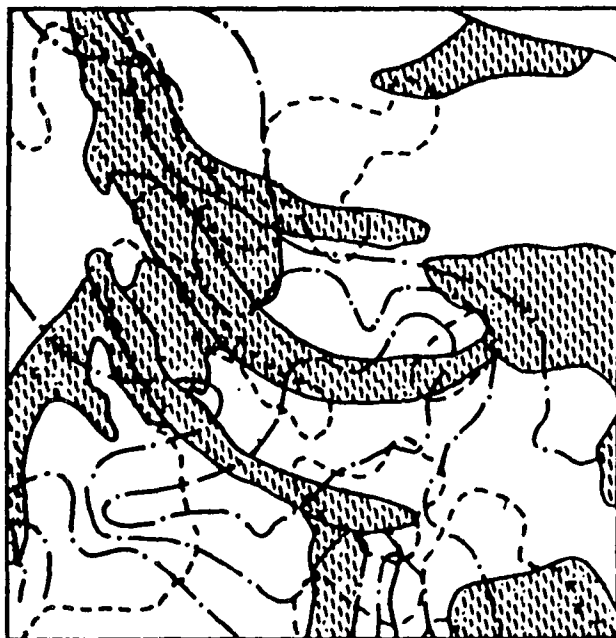


図-11 レベル1地震動での液状化予測

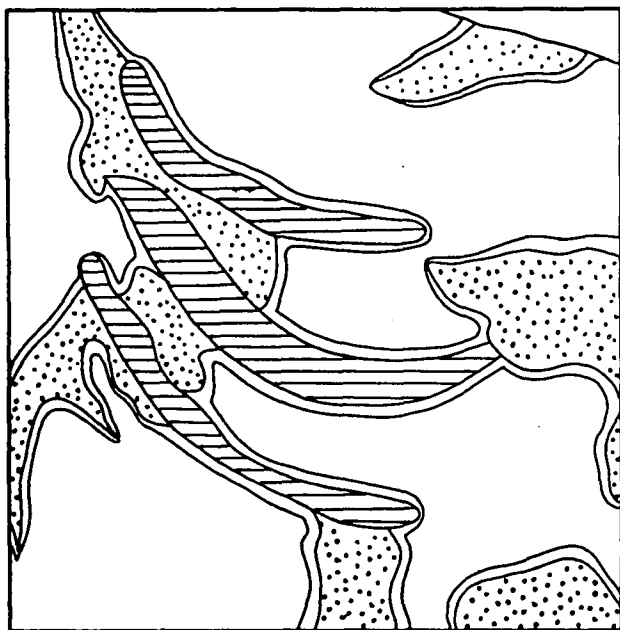


図-10 液状化しやすい緩い砂層の分布

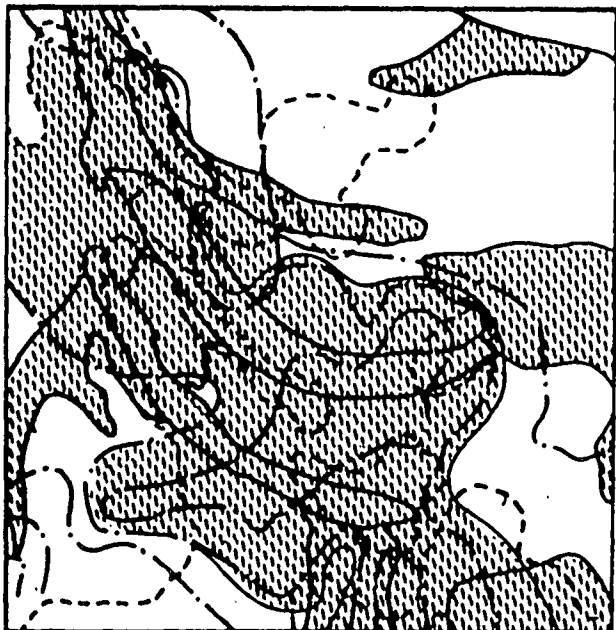
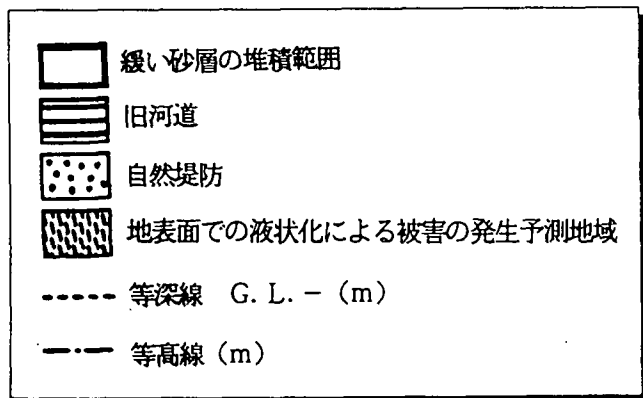


図-12 レベル2地震動での液状化予測



【参考文献】

- 1) 安田進：液状化の調査から対策工まで、1988.11
- 2) 川島、相沢、高橋：動的解析と耐震設計第1巻地震動・動的物性、1989
- 3) 石原研而：Stability of Natural Deposits during Earthquakes, 11th. Int. Conf. on S.M.F.E., Vol. 1, pp.321~376, 1985
- 4) Yasuda, S., Wakamatsu, K., and Nagase, H., Liquefaction of Artificially Filled Silty Sands, ASCE, GSP, No. 44, pp.91~104, 1994