

# 東京低地の沖積砂質土特性を考慮した 液状化推定手法の東京湾岸地域における 適用範囲に関する検討

石田栄介<sup>1</sup>・安田 進<sup>2</sup>・磯山龍二<sup>3</sup>・亀井祐聡<sup>4</sup>・清水善久<sup>5</sup>・小金丸健一<sup>6</sup>・安田岩夫<sup>7</sup>

<sup>1</sup>日本技術開発(株)パブリックマネジメントセンター 防災・情報グループ 課長  
(〒164-8601 東京都中野区本町5-33-11)

E-mail:isida@jecc.co.jp

<sup>2</sup>東京電機大学 理工学部 建設環境工学科 (〒350-0311埼玉県比企郡鳩山町石坂)

E-mail:yasuda@g.dendai.ac.jp

<sup>3</sup>日本技術開発(株)パブリックマネジメントセンター センター長 (〒164-8601 東京都中野区本町5-33-11)

E-mail:isoyama@jecc.co.jp

<sup>4</sup>基礎地盤コンサルタンツ(株) (〒102-8220 東京都千代田区九段北1-11-5)

E-mail:kamei.masaaki@kiso.co.jp

<sup>5</sup>東京ガス株式会社 防災・供給センター (〒105-8527 東京都港区海岸1-5-20)

E-mail:kenici\_k@tokyo-gas.co.jp

<sup>6</sup>東京ガス株式会社 防災・供給センター マネージャー (〒105-8527 東京都港区海岸1-5-20)

E-mail:yshimizu@tokyo-gas.co.jp

<sup>7</sup>(株)八州 技術開発室 (〒151-0073 東京都渋谷区笹塚3-26-5)

E-mail:i-yasuda@hasshu.co.jp

地盤流動被害の液状化指標として $P_L$ 値が使われることが多く、 $P_L$ 値分布を整備することで地盤液状化流動検討の対象領域を絞り込むことができる。 $P_L$ 値の計算方法としては、南関東の沖積地における土の細粒分含有率の地域性及び沖積砂質土の液状化強度特性を考慮した液状化推定手法が提案されている。しかし、埋立地盤については適用範囲外であるため、地域に関する使用制限のない手法を用いる等して、沖積地と埋立地を分離する必要がある。本論では、液状化流動検討の基礎資料となる $P_L$ 値分布を整備する上で必要となる沖積-埋立境界の設定を行う。検討には、海図から求めた旧海底面標高データ、ボーリングデータ、旧沿岸地図等を用いる。

**Key Words :** SUPREME, liquefaction, reclaimed land area, Tokyo Bay, marine chart, land subsidence

## 1. はじめに

ガス導管等、埋設管の耐震検討では、液状化に対する安全性の検討も重要な検討項目の一つである。地盤情報から液状化の危険性を判定する簡易方法としては、 $F_L$ 法・ $P_L$ 法が広く用いられている<sup>1)</sup>。例えば、高圧ガス導管液状化耐震設計指針<sup>2)</sup>では $P_L \geq 5$ の領域を流動検討対象としており、 $P_L$ 値分布を整備することで、流動検討対象領域を絞り込むことができる。南関東地域の沖積低地においては、土の細粒分含有率の地域性、および、

沖積砂質土の液状化強度特性を考慮した液状化推定手法が提案されており<sup>3)</sup>、これを用いることで、地域性を考慮した検討が可能となる。しかし、埋立地盤については、文献3)の推定手法の適用範囲外であるため、使用する地域の限定が特にない指針2)の方法をそのまま用いる等、沖積エリアと埋立エリアで推定手法の使い分けが必要となる。

本論では、このような背景を考慮し、東京湾岸において文献3)の推定手法が適用可能な沖積エリアの範囲を見極めるため、沖積-埋立の境界設定について検討を

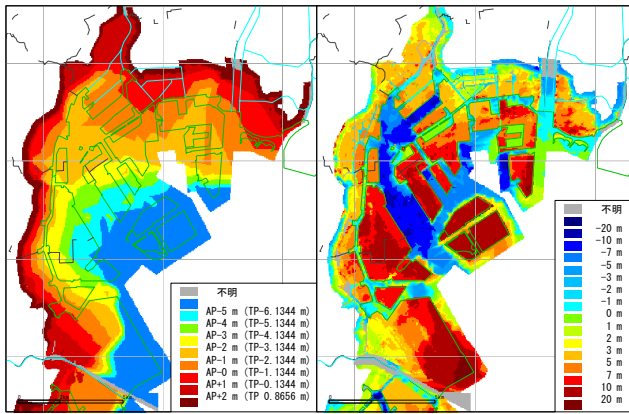


図-1 湾岸エリアの旧海底面標高と新旧海底面標高差分  
 (a) 旧海底面標高 (明治9～32年海図) (b) 現海底面標高(平成12年)との差分

図-1 湾岸エリアの旧海底面標高と新旧海底面標高差分

行う。旧海底面標高に関する資料や過去の知見等を参考に沖積-埋立境界を設定し、地形情報、地盤情報を用いて検証を行う。

## 2. 旧海底面標高の整備

東京ガス(株)で独自にデジタル整備を行った「東京ガス地質分類図」<sup>4)</sup>では、「埋立地(干拓地)」という地形区分があり、東京湾周辺の表層地質としての埋立領域が分かる。しかし、埋立厚さに関する情報がなく、干拓地との区別もないため、文献3)の液状化推定手法がどの辺りまで適用可能か判断するのは難しい。そこで、明治時代の海底面標高計測点を海図より抽出し、二次元線形補間により標高分布を求めた。明治(9～32年)の海図に基づく標高分布推定結果を図-1(a)に示す。また、現在の海底面標高についても同様の方法で面的な分布を求め、現在標高から旧標高を差し引くことにより、標高変化差分の整備も行っている。標高変化差分の計算結果の分布を図-1(b)に示す。なお、図-1(a)の標高分布は、荒川工事基準面(Arakawa peil: A.P., 基準=霊岸島水位観測所の最低水位, T.P.-1.1344(m))の値を用いている。

## 3. 沖積-埋立境界の設定

図-1(b)を見ると、海の中で差分がマイナス値を示している部分が多く見受けられ、中には-5(m)を超える領域もある。この理由としては、

- (1) 地盤沈下の影響で現標高が実際に低くなった
- (2) 大規模な海底掘削の影響
- (3) 補間精度やA.P.換算方法の問題

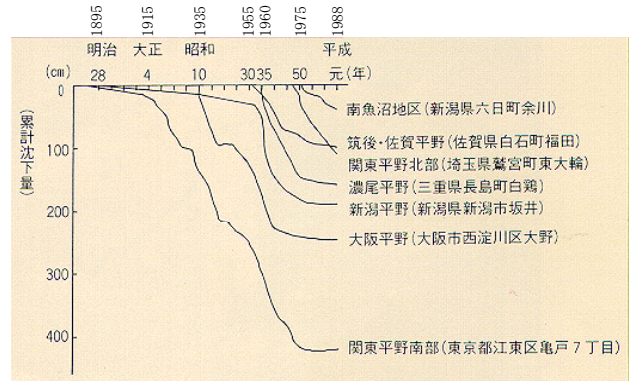


図-2 代表的な地盤沈下地域における沈下量

表-1 東京湾埋立地に関する経験的観点

1	干拓地は、水を汲み上げて表層に盛土をした場所なので、海を埋め立てた領域とは区別するべきである。
2	干拓地の盛土層厚が薄ければ、盛土層がすべて地下水面より上にあると判断される。従って、液状化対象層は、地下水面より下の沖積地盤のみを考えれば良く、沖積地盤の液状化推定手法 <sup>2)</sup> が適用可能である。
3	東陽町, 佃, 越中島は沖積, 枝川は埋立と言われている。

等が考えられる。図-2によれば、海部全体の差分がマイナス値になっているのは、理由(1)が影響しているのではないかと予想され、台場周辺で局部的に大きなマイナス値を示している領域は理由(2)によるものと考えられる。しかしながら、理由(3)の影響の可能性も排除できない。そこで、表-1に示す経験的な観点を考慮し、沖積-埋立境界の検討を行った。また、現状の液状化判定では、孔内水位以下を液状化判定対象層としているので、ボーリングデータがある地点について、孔内水位から旧海底面標高までの厚さを調べ、この厚さ分布との比較も行った。ボーリング地点について孔内水位から旧海底面標高までの厚さを色分けした図を図-3に示す。図-3では、比較のため「東京ガス地質分類図」を下図、旧海底面標高を等高線表記として重ねている。図-3より、旧海底面標高がA.P.+1.0m (=T.P.-0.1334m)となる等高線を沖積-埋立境界とした時、表-1の観点と最も良く整合すると判断し、これを液状化推定手法の切替境界と考えた場合について検討してみることにした。

## 4. 地盤データによる検証

3章の境界に従えば、東陽町, 越中島は沖積, 枝川は埋立となる。佃は北端100(m)を残して埋立となり、表-1の第3項をほぼ満足すると言える。図-4に断面模式図を示すが、地盤沈下を3(m)程度、埋立地の地下水位を水面+1(m)程度と想定すれば、液状化対象となる埋立層厚は、明治時代の水深+4(m)程度と推定される。

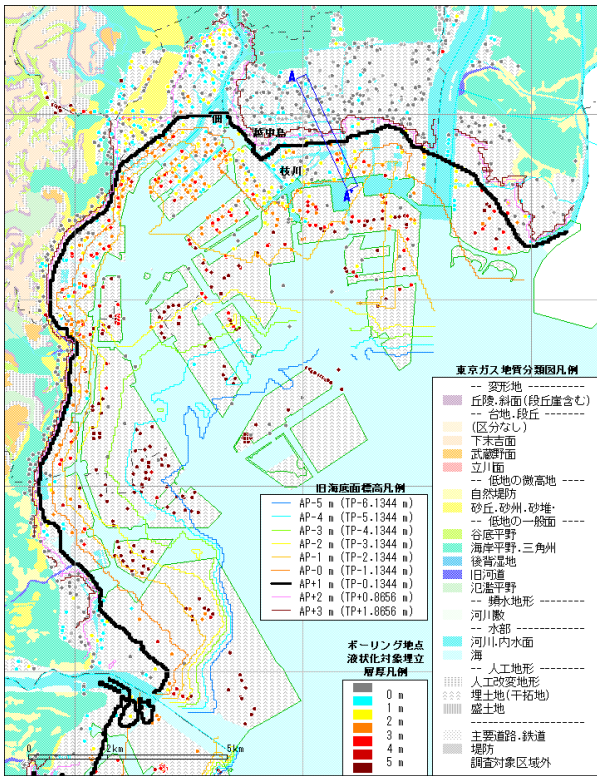


図-3 ボーリング地点の孔内水位から旧海底面標高までの厚さ(m)

図-3を見ると、孔内水位から旧海底面標高までの厚さが2(m)以上となるデータは、概ね境界より海側にあることが確認できる。また、孔内水位から旧海底面標高までの厚さが1(m)以上となるデータも、新川周辺を除けば、ほとんど海側にあることが確認できる。データ誤差も考慮し、1~2(m)未満の厚さでは、 $P_L$ 値全体にそれ程大きく影響しないと考えられるので、今回設定した沖積-埋立境界は、ほぼ妥当な領域を示していると言える。

図-3のA-A'断面を図-5に示すが、この断面は、図-4の断面模式図を比較的良好に説明する例である。旧海底面標高を3~4(m)沈下させて考えると、埋立地側の各ボーリングデータの表土層下端深度に近くなり、現標高より旧海底面標高が高くなっているような場所もほぼ無くなる。各ボーリングデータの上に調査年を示しているが、昭和30年代のデータは、図-2から推測すると調査時より1(m)程度沈下している可能性がある。

ボーリング地点の孔内水位から旧海底面標高までの厚さを補間して境界設定に利用することも考えられそうだが、ボーリングの標高データは、T.P.で統一されているとは必ずしも言えず、図-5の地層断面図をみても、標高、孔内水位ともに、ばらついたデータがあることがうかがえる。また、古いボーリングデータでは、調査当時と現在で地下水位が変化している可能性も高い。従って、今回は目視検証に用いるのみとした。

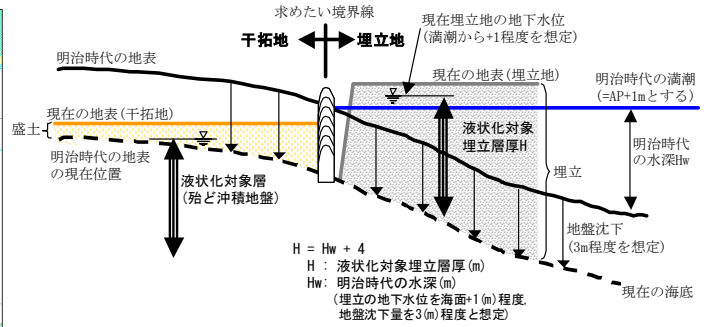


図-4 沖積地盤と埋立地盤の切り分け概念図

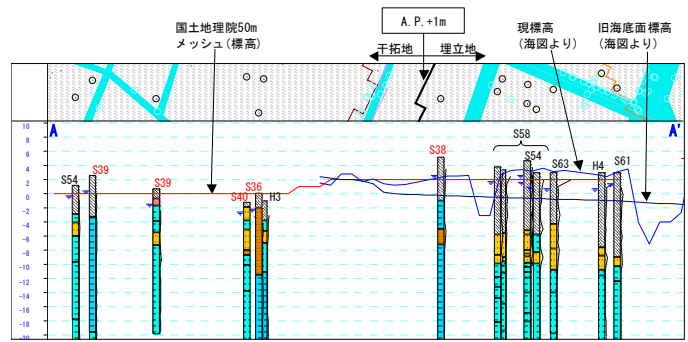


図-5 A-A'断面(インデックス:図-3)

## 5. 旧沿岸地図の海岸線情報との比較

次に、旧沿岸地図における海岸線データとの比較を行った。江戸時代末期の地形図<sup>5)</sup>の画像をGISに取り込み、寺院等のランドマークを手掛かりに現在地図と位置合わせした上で、海岸線のデジタルトレースを行った。この結果を図-6に示す。また、この結果と図-3の沖積-埋立境界の比較を図-7に示す。両者は比較的良好に対応しており、場所によっては、図-6の方がもっともらしい部分もある。これらを合成し、沖積-埋立境界の精度を向上させていくのも今後の課題となる。また、明治、大正時期の資料もあるので、現存資料を収集して総合的に判断することが望ましいと考えられる。しかし一方で、古地図の幾何精度は一般に著しく低く、幾何補正自体が難しい課題となるため、文献6)等の方法はあるものの、今回は全ての資料を整合させる作業はしていない。

## 6. 今後の課題

本論では、面としての境界の設定を行ったが、埋立エリアにおいても、埋立層厚以深は沖積層が堆積していると考えられるので、深さ方向の三次元的な境界を見極めた上で液状化推定式を切り替えた方が、より高い精度の結果が得られる可能性がある。また、埋立地盤の地下水位の面的な推定整備<sup>7)</sup>や、面的な標高データの活



図-6 江戸時代の海岸線(1859年/安政6年)のデジタルトレース(黄色線)

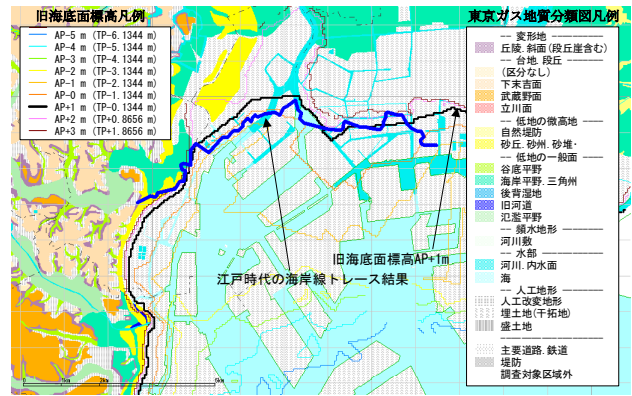


図-7 旧海底面標高と江戸時代の海岸線の比較

用により、ボーリングデータの標高、孔内水位が不正確なケースを抽出排除できるので、ボーリングデータを主体とした検討も不可能ではないと思われる。また、埋立層の土質定数等を地域毎にある程度正確に設定できれば、埋立エリアの液状化推定精度も沖積エリアと同等程度に揃えることが可能であると考えられる。

#### 参考文献

- 1) 安田 進: 液状化の調査から対策工まで, 鹿島出版会, 1988.11
- 2) (社)日本ガス協会: 高圧ガス導管液状化耐震設計指針 JGA指-207-01, 2001.12
- 3) 亀井祐聡, 森本巖, 安田進, 清水善久, 小金丸健一, 石田栄介: 東京低地における沖積砂質土の粒度特性と細粒分が液状化強度に及ぼす影響, 地盤工学会論文報告集,

Vol.42 No.4, pp.101-110, 2002.8

- 4) 清水善久, 石田栄介, 磯山龍二, 山崎文雄, 小金丸健一, 中山涉: 都市ガス供給網のリアルタイム地震防災システム構築及び広域地盤情報の整備と分析・活用, 土木学会論文集, No.738/I-64, pp.283-296, 2003.7
- 5) 貝塚爽平, 清水靖夫: 明治前期・昭和前期 東京都市地図1 東京東部, Topographical Maps of Tokyo East, 1880-1966, 巻頭カラー図及びpp.44-49, 柏書房, 1995.12
- 6) 清水英範, 布施孝志, 森地茂: 古地図の幾何補正に関する研究, 土木学会論文集, IV-44, No.625, pp.89-98, 1999.
- 7) 戸川 泉, 中島 三春, 片田 良之, 小菅 和英, 後藤 榮逸, 清水 恵助: 東京湾埋立地盤における液状化解析に用いる地下水位, 第27回土質工学研究発表会, 1992.6

(2003. 10. 10 受付)

## STUDY OF APPLICABLE RANGE IN REGION AROUND TOKYO BAY ON LIQUEFACTION ESTIMATION METHOD CONSIDERING CHARACTERISTICS OF SANDY SOIL IN KANTO ALLUVIUM

Eisuke ISHIDA, Susumu YASUDA, Ryoji ISOYAMA, Masaaki KAMEI, Yoshihisa SHIMIZU, Kenichi KOGANEMARU and Iwao YASUDA

It is possible to limit examination region of the ground flow in the earthquake by improving the  $P_L$  value distribution, because  $P_L \geq 5$  is often made to be a standard of the examination object of the ground flow damage. The calculation method of the  $P_L$  value is proposed considering liquefaction strength characteristics of the alluvium sandy soil. However, it is application range outside of this technique on the reclaimed land. In this paper, the boundary in reclaimed land and alluvium is set.