

## 液状化対策の耐震性能と照査規準および被害程度の具体的な判定法について

大成建設株式会社 正会員 廻田 貴志 正会員 天野 喜勝 正会員 ○山本 亮太  
 関東地方整備局東京空港整備事務所 竹田 康雄

### 1. はじめに

東京国際空港国際線エプロンの事業においては、面積約35haという広大な範囲に対して液状化対策が求められている。このように広大な敷地に対して、確実かつ費用対効果が最大となるよう液状化対策を実施し、地盤の安定性を確保していくことが事業の成否を左右する鍵となる。本稿では液状化対策の照査規準および被害程度の具体的な判定方法について報告する。

### 2. 対象地盤の土層構成

図-1に示す当該事業用地の土層構成は、地表から約10m付近に砂層のBs, As1層が分布し、その下部に粘性土のAc2層が厚さ20m程度堆積している。Ac2層は粘性土としては砂分が多い上部(Ac2上部層)と砂分の混入が少ない下部(Ac2下部層)の2層に分割できる。その下位には薄層のAsc層が分布しており、Asc層以深は洪積層と判断された。この内、液状化が懸念される土層はBs, As1, Ac2上部層である。

### 3. 液状化対策の基本思想

液状化対策は液状化の可能性のあるBs層およびAs1層を対象に締固め砂杭工法を実施し、Ac2上層の上部に10m程度の非液状化層を設けることにより、地表面のエプロン施設に及ぼす影響を抑制する。

地震後の地盤のひずみと過剰間隙水圧の分布状況は、地盤の有効応力解析の結果をもって確認することとし、地震動が収束した後、過剰間隙水圧が消散していく過程での体積収縮(沈下)については、石原・吉嶺<sup>1)</sup>によって示された液状化後の体積ひずみの算出方法に従い、液状化後の沈下量を算出することとした。

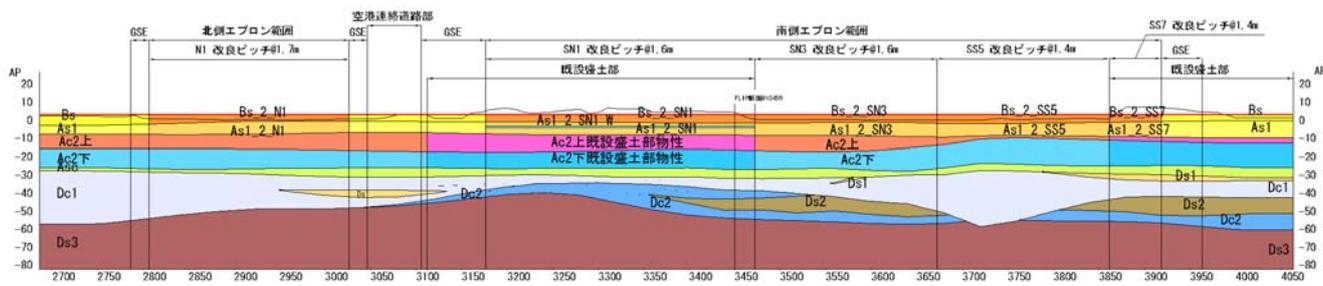


図-1 土層断面図

### 4. 要求耐震性能と液状化の照査

エプロンに求められる耐震性能は、施設の重要度によって被害程度IからIIIに区分され、照査規準は表-1のように示される。しかし、その照査規準は曖昧さを含んだ表現となっており、定量的な照査規準を設定する必要があった。そこで、被害程度に応じ照査規準を以下のように設定した。

表-1 重要度ごとの耐震性能と照査規準<sup>2)</sup>

重要度	対象施設	地震動のレベル	耐震性能	照査規準(許容被害程度)
A	南側エプロン	レベル1地震動	被害程度I	・軽微なひび割れの発生※1 ・エプロン表面の許容変位量を満足する ・ <b>エプロン基礎地盤が液状化しない※2</b>
		レベル2地震動	被害程度II	・早期復旧可能な程度の残留変形量以下 ・エプロン表面に沈下や段差が若干発生し許容変形量を一部逸脱する ・ <b>部分的な液状化※3が発生する</b>
B	北側エプロン	レベル1地震動	被害程度II	・エプロン表面に沈下や段差が発生し、許容変形量を逸脱する ・ <b>液状化が発生する</b>
		レベル2地震動	被害程度III	・エプロン表面に沈下や段差が発生し、許容変形量を逸脱する ・ <b>液状化が発生する</b>

※1 軽微なひび割れの発生は、発生する平均ひずみレベルから推定する  
 ※2 液状化が発生しても地盤変状は小さく、施設(構造物)に与える影響が小さければ、規準を満たすものとする  
 ※3 深度的にみて対象となる施設(構造物)に与える影響が小さい液状化現象をいう

- ・被害程度I : 全てのボーリング地点において、Bs層およびAs1層が液状化しないことを確認する。
- ・被害程度II : 全てのボーリング地点において、Bs層およびAs1層が液状化しないことを目指すが、平面的にみて部分的な液状化は許容する。
- ・被害程度III : 全てのボーリング地点において、Bs層およびAs1層が液状化することを許容する。

上記のボーリング地点で液状化しないことを確認する方法として、等価N値、等価加速度による液状化判定<sup>3)</sup>を深度方向1m間隔で行った。

ボーリング位置における深度毎の液状化判定規準としては、等価N値、等価加速度が表-2に示すIからIIIの範囲に分布する場合、その深度は液状化の可能性があるとする。

また、ボーリング位置における地盤の液状化判定規準は、深度方向に2点連続、もしくは連続しなくても3点以上の深度で等価N値、等価加速度がIからIIIの範囲に分布する場合は、対象のボーリング地点の地盤が液状化すると判定する。

図-3に南北エプロン、GSE橋梁部における被害程度の判定結果を示す。

キーワード： 液状化, 耐震性能, 締固め砂杭工, 羽田空港, エプロン

〒163-0606 東京都新宿区西新宿1-25-1 大成建設株式会社 土木設計部 TEL 03-5381-5418

南北エプロンは広大な範囲を液状化対策の対象とするため、地盤条件と履歴（盛土による荷重）を考慮し11ブロックに分割した。

表-3に重要度A（南側エプロン）に位置するボーリング H16-2-5（SS5ブロック）における改良後の液状化判定結果を示す。H16-2-5では、レベル1地震動（表中のL1）に対してAs1層のいずれの深度も等価N値、等価加速度はIVの範囲に分布することから液状化しない。一方で、レベル2地震動（表中のL2）に対しては等価N値、等価加速度がIIIの範囲に2点連続、また3点分布することからH16-2-5において地盤は液状化すると判定される。しかし、図-3に示すように近隣のボーリング位置（H16-3-7, 3-2）ではレベル2地震動に対して、液状化しないと判定されることから、SS5ブロックは地盤全体として液状化しないと考えられ、被害程度IIを満足する。

重要度B（北側エプロン）N1ブロックでは、レベル1地震動に対してH17-1-1では改良ピッチを1.4mとしても液状化すると判定される。一方で、近隣のボーリング位置（2-1, H17-1-3）では改良ピッチを1.7mとした場合でも、液状化しないと判定されることから、N1ブロックは地盤全体としては液状化は生じないと考えられ、被害程度IIを満足する。

これらのように、南北エプロン、GSE橋梁の各施設における耐震性能の照査を行い、締固め砂杭工の改良ピッチを1.4mから2.0mに決定した。

5. おわりに

本稿では液状化対策工を設計する上で効果的な考え方として、要求性能を定量的に照査し、平面ブロック内での一部液状化を許容する手法を示した。今後、空港施設のような広大な地盤を対象とした液状化対策工の参考になれば幸いである。

表-2 等価N値、等価加速度分布と本検討における判定

範囲	等価N値、等価加速度による液状化の予測	本検討における判定
I	液状化する。	液状化の可能性があると判定
II	液状化する可能性が高い。	
III	液状化しない可能性が高い。	
IV	液状化しない。	液状化しないと判定

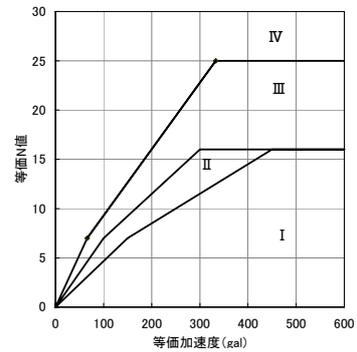


表-3 ボーリング位置での液状化判定結果

H16-2-5									
層名	AP (m)	N値	Fc (%)	lp	八戸 L1	大船渡 L1	八戸 L2	大船渡 L2	備考
Bs	3.1~2.5	14	43	0	*1	*1	*1	*1	
As1	2.5~0.7	10	23	0	IV	IV	IV	IV	
As1	0.7~0.0	2	91	34	—	—	—	—	粒度除外
As1	0.0~-1.0	11	28	0	IV	IV	IV	IV	
As1	-1.0~-2.3	15	14	0	IV	IV	IV	IV	
As1	-2.3~-3.3	19	7	0	IV	IV	III	IV	
As1	-3.3~-4.3	22	7	0	IV	IV	III	IV	
As1	-4.3~-5.3	18	17	0	*1	*1	*1	*1	
As1	-5.3~-6.4	13	38	0	IV	IV	III	IV	
Ac2上	-6.4~-7.3	1	69	20	II	II	II	II	
Ac2上	-7.3~-8.3	1	69	20	II	II	II	II	
Ac2上	-8.3~-9.2	1	86	24	II	II	II	III	
Ac2上	-9.2~-10.3	1	84	23	II	II	II	III	
Ac2上	-10.3~-11.2	2	78	19	II	II	II	III	

※1 等価N値が30以上

※1 H17-1-1は、L1地震動で液状化すると判定される。周辺のボーリング位置では、L1地震動に対して1.7mピッチの改良で液状化しないと判定されるため、部分的に満足しない箇所があるが、地盤全体としての液状化は発生しないものと考えL1地震動に対して、被害程度IIを満足すると判断する

※2 H16-2-5は、L2地震動で液状化すると判定されるが、L1地震動では液状化しないと判定される。周辺のボーリング位置では、L2地震動に対しても1.4mピッチの改良で液状化しないと判定されるため、部分的に満足しない箇所があるが、地盤全体としての液状化は発生しないものと考え、L2地震動に対して、被害程度IIを満足すると判断する。

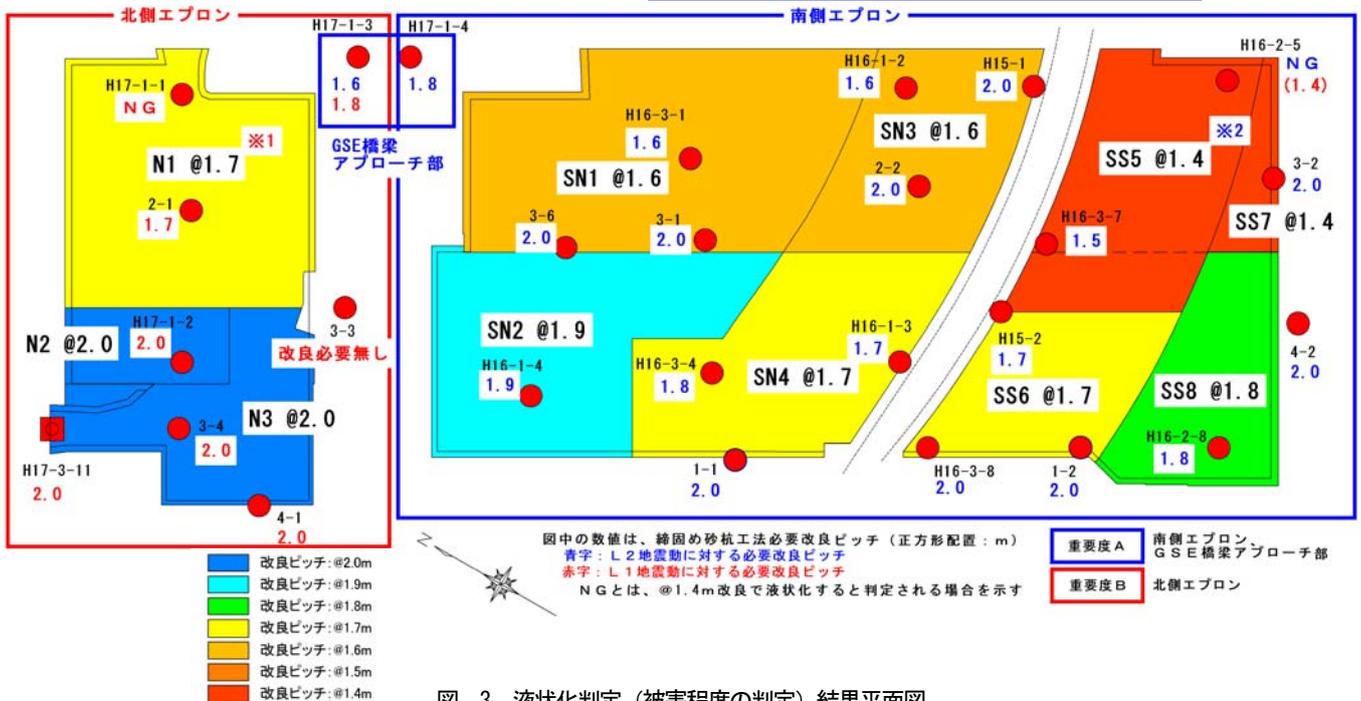


図-3 液状化判定（被害程度の判定）結果平面図

参考文献

- 1) Ishihara, K. And Yoshimine, M. : Evaluation of settlements in sand deposits following liquefaction during earthquakes, SOIL AND FOUNDATIONS, vol.32, No.1, pp.173~188. 1992.
- 2) 運輸省航空局：空港土木施設の耐震設計指針（案），平成12年3月
- 3) 財団法人沿岸開発技術センター：埋立地の液状化対策ハンドブック（改訂版），pp.117~122, 平成9年，運輸省港湾局監修