

都市ガス埋設導管のリアルタイム護岸流動被害推定（その2 南関東地域の液状化分布の整備）

日本技術開発(株) 正会員 ○石田 栄介
 基礎地盤コンサルタンツ(株) 正会員 亀井 祐聡
 東京電機大学 正会員 安田 進
 東京ガス(株) 正会員 清水 善久, 小金丸 健一

1. はじめに

低圧ガス導管のリアルタイム被害推定システム¹⁾では、大地震時の液状化層厚分布の作成に設計水平震度一律0.4(海洋型地震)の地震外力を用いた。この震度の入力で、液状化対象層(深さ20(m)までのN値4~20程度の砂質土)がほぼ全て液状化抵抗率(F_L 値) <1.0 となるため、これ以上大きな震度を入力しても液状化層厚はあまり変わらないことが確認されている。

一方、高圧ガス導管液状化耐震設計指針²⁾(以後、ガス液状化指針)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検討対象領域を絞り込むことができる。しかし、 P_L 値は各層の F_L 値の減少に伴い増大するため、 P_L 値分布の作成においては、低圧時に用いた地震外力だけでは必ずしも安全側とはいえない。また、高圧ガス導管耐震設計指針³⁾(以後、ガス耐震)は液状化検討に関する指針ではないが、指針2)とは別の地震外力を想定しており、ガス導管に関する指針として、こちらにも配慮しておく必要がある。

そこで、これらの指針を参考に表1に示す地震外力を想定し、埋設ガス導管の検討を行うこととした。本論では、これらの地震外力に対する液状化分布(P_L 値分布)整備手法について検討を行う。

2. 検討の流れ

検討対象ガス導管の絞込みは、導管網・バルブ情報や海岸・河川情報と P_L 値分布との空間的な重ね合わせにより行われるので、 P_L 値分布の面的整備が求められる。一方、液状化判定には地盤情報が必要であり、ボーリング地点で計算可能である。そこで、図1に示すようにボーリング地点毎に P_L 値計算を行い、これを詳細な50mメッシュ毎に補間計算することで面的整備を行うこととした。

3. 表層地盤の固有周期の計算

P_L 値計算に用いる地震外力は、両指針とも表層地盤の固有周期(s)に依存する。固有周期の計算は文献4)で定義する「基盤」より上層の地盤データを用いる。図2にボーリング地点毎に計算した固有周期を示す。

4. P_L 値の計算

P_L 値はまずボーリング地点毎に下式により計算する。

$$P_L = \int_x (1 - F_L) (10 - 0.5 x) dx \quad (1)$$

ここで、 P_L はボーリング地点の P_L 値、 F_L は各層の F_L 値、 x は計算深さ(m)であり、 \int_x は $x=0\sim 20$ (m)までの積分を表している。ただし、 $F_L > 1.0$ の場合は \int_x の積分に加ええない。また、深さ20(m)以内に基盤面⁴⁾が出現したと判断した場合は、以深は液状化被害の影響は無いと考え、 \int_x の積分に加ええないこととした。

表1 想定する地震外力

設計基準	地震外力
① 高圧ガス導管	海洋型、 $K_0 = 0.4$ ^{※1}
② 液状化耐震設計	内陸型、 $K_0 = 0.8$
③ 指針 ²⁾	海洋型、 $K_0 = 0.3, 0.35, 0.4$ (地盤種別毎)
④	内陸型、 $K_0 = 0.8, 0.7, 0.6$ (地盤種別毎)
⑤ 高圧ガス導管耐震設計指針 ³⁾	海洋型、レベル2 ^{※2}
⑥	内陸型、レベル2 ^{※2}

※1 低圧ガス導管対策で用いた地震外力
 ※2 速度応答スペクトルから相当するSI値に変換して検討する。

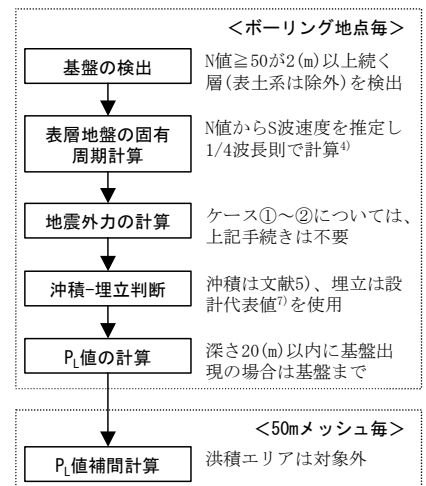


図1 検討の流れ

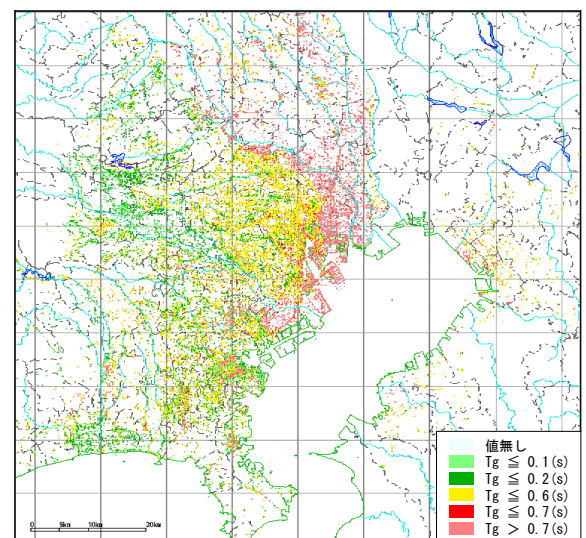


図2 表層地盤の固有周期(ボーリング地点)

キーワード: SUPREME、都市ガス、 F_L 値、 P_L 値、補間、表層地盤固有周期

連絡先: 〒102-8220 東京都千代田区九段北1-11-5 TEL:03-5276-6738 FAX:03-5210-9405

各層の F_L 値計算の際、動的せん断強度比 R の計算には、南関東地域の沖積低地における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推定手法⁵⁾を採用している。ただし、埋立地⁶⁾については適用できないため、土質別の設計代表値⁷⁾を用い、ガス液状化指針²⁾に基づき F_L 値を算定する。

一方、地震時せん断応力比 L は設計地震動を用いて計算するが、ケース①、②については一律0.4、0.8を与えている。ケース③～⑥については、表2のように各指針に従い表層地盤の固有周期を反映した地震動を与えている。ただし、ガス耐震³⁾では基盤地震動に対する応答速度が与えられているため、このままでは、ケース⑤～⑥の地震動はガス液状化指針²⁾の計算にのらない。そこで、一質点系から連続体への置換係数 $(4/\pi)$ を乗じて地表最大速度(cm/s)とし、さらに最大速度からSI値への変換係数1.18を乗じて地表SI値(cm/s)とした上で、安田らの方法⁸⁾により地震時せん断応力比 L を求めている。表2のケース⑤～⑥では、変換された地表SI値(cm/s)を下段に併記している。

ボーリング地点毎の P_L 値から、低圧検討時¹⁾と同様の補間方法で50mメッシュ分布を作成した。 P_L 値分布50mメッシュ整備例を図3～図4に示す。図中の湾岸付近の青線は、液状化強度式切替(沖積-埋立)境界⁶⁾を示している。

表2 表層地盤の固有周期に対する各指針の設計地震動一覧

表層地盤の固有周期(s)		0.1 0.2 0.6 0.7			
		I種地盤		II種地盤	III種地盤
③ 高圧ガス導管液状化耐震設計指針(設計震度)	海洋型	0.3		0.35	0.4
	内陸型	0.8		0.7	0.6
⑤ 高圧ガス導管耐震設計指針(最大速度)(cm/s)	海洋型	4 (cm/s) SI=6 (cm/s)	← 対数線形内挿 →		50 (cm/s) SI=75 (cm/s)
	内陸型	8 (cm/s) SI=12 (cm/s)	← 対数線形内挿 →		100 (cm/s) SI=150 (cm/s)

5. 今後の課題

今回用いた表層地盤の固有周期(s)は、ガス液状化指針²⁾で「地盤種別」を決定する際に計算される「地盤の特性値」 T_g (s)である。しかし、ガス耐震³⁾で用いる固有周期は、 T_g とは若干計算方法が異なる上、大地震時には剛性低下によりS波速度を70%に低減させた固有周期を用いることになっている。両指針を組み合わせた検討については、今後も整合性を議論していく必要があると考える。

参考文献

- 1) 清水, 他: 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(投稿中)
- 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) (社)日本ガス協会: 高圧ガス導管耐震設計指針 JGA指-206-00, 2000.3
- 4) (社)日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 V耐震設計編, pp.43-48, 1996.1
- 5) 亀井, 他: 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
- 6) 磯山, 他: 都市ガス埋設導管のリアルタイム護岸流動被害推定(その1 東京湾における埋立エリアの抽出), 第58回土木学会年次学術講演会論文集
- 7) 基礎地盤コンサルタンツ株式会社: 液状化計算プログラム LIQ/PV Ver.5 操作手引書, 2章, p.45, 1988.2初版
- 8) 安田, 他: SI値を用いた液状化予測手法, 第28回土質工学研究発表会, pp.1325-1328, 1993.6.

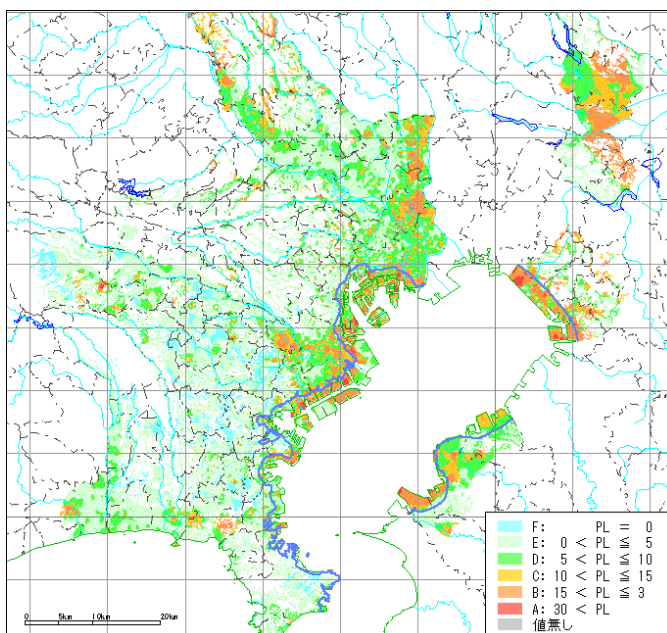


図3 ケース④のPL値分布(ガス液状化指針、内陸型)

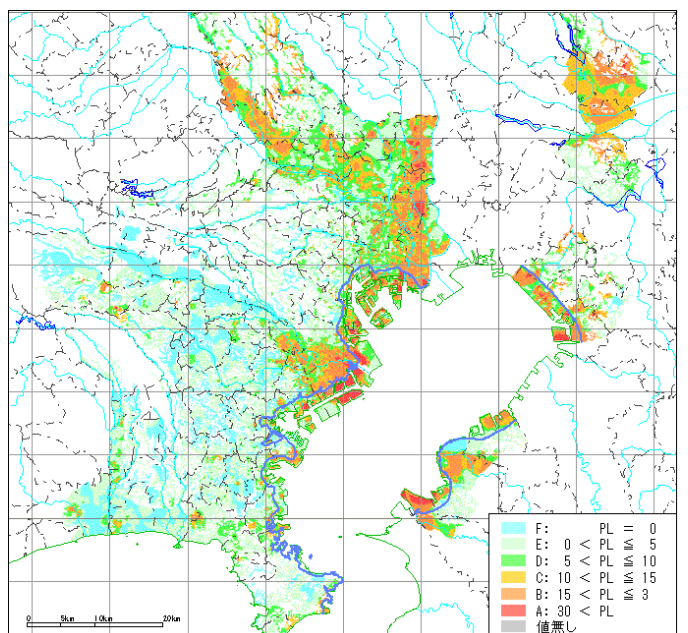


図4 ケース⑥のPL値分布(ガス耐震、L2、内陸型)