

とう道とマンホール間のシャフト構造（STIC）の適用領域拡大に関する検討

NTTアクセスサービスシステム研究所 正会員 藤橋 一彦
 同上 正会員 ○小松 宏至
 通信土木コンサルタント株式会社 山田 順平
 東洋大学 正会員 鈴木 崇伸

1. はじめに

NTTでは、災害時にも安定したサービスの提供を可能とするために、これまで電気通信ケーブルの地下化を進めてきた。通信用トンネルである「とう道」は、電気通信ケーブル数十条～百条程度を収容・防護する設備である。兵庫県南部地震の際にもひび割れ・若干の漏水等の軽微な被害はあったものの、機能を損なうものではなく、その耐震性能は十分に示された。「STIC方式（*Shield Tunnel Interfaces with Conduits*）」とは、とう道の高機能化および有効活用を図るために、立坑間の中間部においてとう道とマンホールとを管路方式で接続し、小条数のケーブルを分岐させる設備方式である。

現在、STIC方式は、液状化地盤においては安全サイドで考えて原則建設をしないこととしているが、より合理的な適用地盤を明確にするため、今回、液状化沈下および側方流動に対する性能評価を行った。

2. 液状化沈下に対する検討

解析は力のつり合い式より得られた下記に示す式により行った。

○管体の変位
 ・液状化層の下方の層

$$u_1(z) = -\frac{FH_1}{EA\lambda} \frac{\sinh(\lambda z)}{\cosh(H_2\lambda)}$$

 ・液状化層

$$u_2(z) = \frac{F}{EA} \left\{ \frac{1}{2} z^2 - (H_1 + H_2)z + H_2 \left(H_1 + \frac{H_2}{2} \right) - \frac{H_1}{\lambda} \tanh(H_2\lambda) \right\}$$

 ○管体の軸力

$$0 \leq z \leq H_2 \quad N_1(z) = -\frac{FH_1}{\cosh(H_2\lambda)} \cosh(\lambda z)$$

$$H_2 \leq z \leq H_1 + H_2 \quad N_2(z) = F(z - H_1 - H_2)$$

 ○とう道天端での軸力

$$N = -\frac{FH_1}{\cosh(\lambda H_2)}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{K}{EA}}$$

$$z$$
 : とう道天端位置からの距離(m)

$$H_1$$
 : 液状化沈下する層の厚さ(m)

$$H_2$$
 : とう道天端から沈下層下までの距離(m)

$$F$$
 : 沈下に伴う摩擦力(単位長さあたり)(N/m)

$$K$$
 : ばね支持区間の軸方向バネ(N/m²)

$$EA$$
 : STIC管体の軸剛性(N)

解析モデルの設定にあたり、NTT とう道が数多く建設されている東京地域及び大阪地域を対象とし、水際線近傍の液状化危険度が高い地域に現存するとう道に関する調査を行い、妥当と思われる地盤条件を

設定した。STIC 管体とマンホールの接続部は伸縮機能を有する接続ソケット構造であるので、マンホール自重を無視し、解析モデルを作成した（図1）。解析ケースおよび結果の一覧を表1に示す。また、評価基準値の一覧を表2に示し、解析結果と比較する。

液状化によって発生する管体への摩擦力の算定法は確立されていないため、鉄道基準^{1),2)}が示すネガティブフリクションを適用した。また、第3層のばね支持区間の軸方向地盤反力係数も、同様に鉄道基準が示す杭周面のせん断地盤反力係数で算出した。

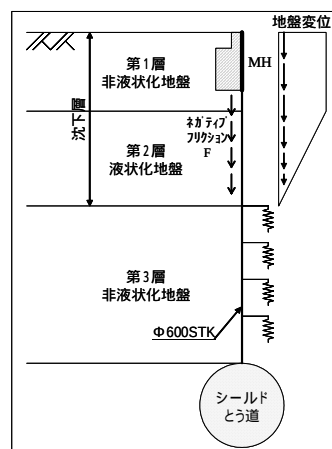


図1 液状化沈下解析モデル

キーワード 電気通信設備、側方流動、液状化沈下、耐震解析、シャフト構造

連絡先 〒305-0805 茨城県つくば市花畑 1-7-1 NTTアクセスサービスシステム研究所 TEL 0298-68-6240

表1 液状化沈下解析ケースおよび結果

解析番号	表層厚 (m)	第1層	第2層	第3層		STIC管体 発生 ひずみ (%) 1	液状化層上端 でのSTIC管体 最大変位 (cm) 2	液状化に よる地盤 沈下量 (cm) 3	シールド 天端での 軸力 (kN) 4
		粘性土 N=5 (m)	砂質土 N=3 (m)	粘性土 N=5 (m)	砂質土 N=20 (m)				
1	25	5	3	17	-	○	○	○	○
2	25	5	5	15	-	○	○	○	○
3	25	5	10	10	-	○	○	○	○
4	25	5	15	5	-	○	○	×	×
5	15	5	3	7	-	○	○	○	○
6	15	5	5	5	-	○	○	○	○
7	15	5	10	0	-	○	○	○	×
8	25	5	3	-	17	○	○	○	○
9	25	5	5	-	15	○	○	○	○
10	25	5	10	-	10	○	○	○	○
11	25	5	15	-	5	○	○	×	×
12	15	5	3	-	7	○	○	○	○
13	15	5	5	-	5	○	○	○	○
14	15	5	10	-	0	○	○	○	×

- 1 評価基準値(許容ひずみ)に対する評価
 2 評価基準値(許容相対変位(引張))に対する評価
 3 評価基準値(許容相対変位(圧縮))に対する評価
 4 基本設計におけるシールドの許容値に対する評価

表2 液状化沈下解析評価基準値

STIC管体 許容ひずみ (%)	MH接続部許容 相対変位(引張) (cm)	MH接続部許容 相対変位(圧縮) (cm)
0.55	13.2	54.25

各評価基準値との考察を下記に示す。項目によっては基準値を越えるケースがあるものの、以下に示す適切な対策を講じることにより、液状化地盤におけるSTICの適用が可能であることが確認できた。

1)STIC管体に発生するひずみに関して、評価基準値を大きく下回り、安全性が確認された。

2)MH接続部に関して

- ・MHが地盤と共に沈下する場合、MHとSTIC管体の相対変位は、最大で約75cmとなり、許容値(圧縮)を上回る。このような場合、MH接続部の伸縮機能を向上させる必要がある。
- ・MHが液状化により浮上する場合、許容相対変位量(引張)は13.2cmと小さく、グラベルドレンやプラスチックドレン等の浮上防止対策を行う必要がある。

3)とう道接続部に関して、基本設計はSTIC管体の自重に対して行うため、この数値を超える場合は、シールド内にリング補強等の対策を講じる必要がある。

3. 側方流動に対する検討

解析は、汎用プログラムである「TDAP3」により行った。液状化沈下の時と同様、NTTとう道の調査結果より、妥当と思われる地盤条件を設定した。また、STIC構造と形式が似ている杭基礎構造の設計方法(鉄道基準および道路基準³⁾)を参照して側方流動外力を設定した。解析モデルを図2に、解析ケースおよび結果の一覧を表3に示す。

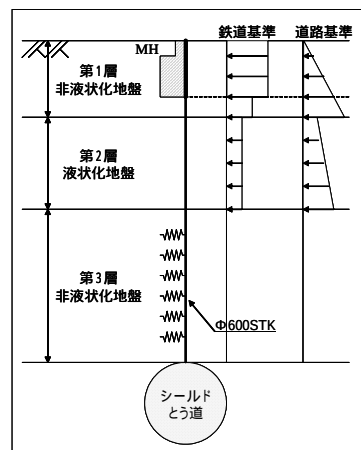


図2 側方流動解析モデル

表3 側方流動解析ケースおよび結果

解析 番号	表層厚 (m)	第1層		第2層		第3層		鉄道基準		道路基準	
		粘性土	砂質土	粘性土	砂質土	限界時 変位量 (cm)	限界部 位	限界時 変位量 (cm)	限界部 位		
		N=5 (m)	N=3 (m)	N=5 (m)	N=20 (m)	1	2	1	2		
1	25	2	3	20	-	20	MH	13	MH		
2	25	2	5	18	-	16	管体	18	MH		
3	25	2	10	13	-	32	管体	34	MH		
4	25	5	3	17	-	13	管体	8	MH		
5	25	5	5	15	-	17	管体	13	MH		
6	25	5	10	10	-	27	管体	31	管体		
7	15	2	3	10	-	19	MH	13	MH		
8	15	2	5	8	-	16	管体	18	MH		
9	15	2	10	3	-	68	MH	124	MH		
10	15	5	3	7	-	14	管体	8	MH		
11	15	5	5	5	-	19	管体	14	MH		
12	15	5	10	0	-	31	管体	98	管体		
13	25	5	3	-	17	7	管体	6	MH		
14	25	5	5	-	15	11	管体	10	MH		
15	25	5	10	-	10	22	管体	25	管体		

- 1 評価基準値に達した際の側方流動量
 2 評価基準値に達した部位(MH: 接合部許容回転角、管体: 許容座屈ひずみ)

解析の結果、地盤条件によっては100cm程度の側方流動量に耐えられるものの、多くのケースにおいて30cm以内という小さな側方流動量に対して、管体の曲げひずみあるいはMHとの接合部において評価基準値に至り、被害が発生するという結果になった。安定したサービスの提供に影響を及ぼす恐れがあるため、側方流動が発生する危険性のある地盤においては、STICの適用は困難であることが確認された。

4. まとめ

STICの適用領域拡大に関する検討を行った結果、側方流動が予想される地盤を除き、適切な対策を講じることにより、液状化地盤への適用が可能であることが確認できた。

参考文献

- 1) 鉄道総合研究所：鉄道構造物等設計標準・同解析基礎構造物・杭土圧構造物 平成12年6月
- 2) 鉄道総合研究所：鉄道構造物等設計標準・同解析耐震設計 平成11年10月
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 下部構造編、耐震設計編 平成8年12月