

とう道とマンホール間のシャフト構造（STIC）の L2 地震動および側方流動に対する性能評価

NTTアクセスサービスシステム研究所 正会員 小松 宏至
同上 正会員 藤橋 一彦
通信土木コンサルタント株式会社 小池 孝幸

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。現時点では全国で約 50 本（うち、東京地域 30 本）が建設されているが、今後もさらに建設が予想される。

現在、STIC 方式は、液状化地盤においては原則建設をしないという方針であるが、その適用範囲を拡張するニーズがあるので、L2 地震動に対する耐震性能評価および側方流動に対する STIC 方式の性能評価について検討した。

2. STIC 方式の耐震解析

解析は、汎用プログラムである「T D A P 3」により行った。モデル化に際し、STIC 方式の中間部はトリリニア特性を有する梁、マンホール側は伸縮・回転特性を有する継手、とう道側は回転特性のみを有する継手とした。なお、継手の特性はいずれも線形とした。また、各節点に非線形特性を有する地盤パネ¹⁾を想定した。

（1）L2 地震動に対する耐震性の検討

L2 地震動の外力設定に関しては、上水道指針²⁾および兵庫県南部地震強震記録を参考とし、とう道上部を基盤面とする 1 次モードおよび 2 次モード（CASE1、2、5、6）を想定した。解析ケースを表 1 に示す。

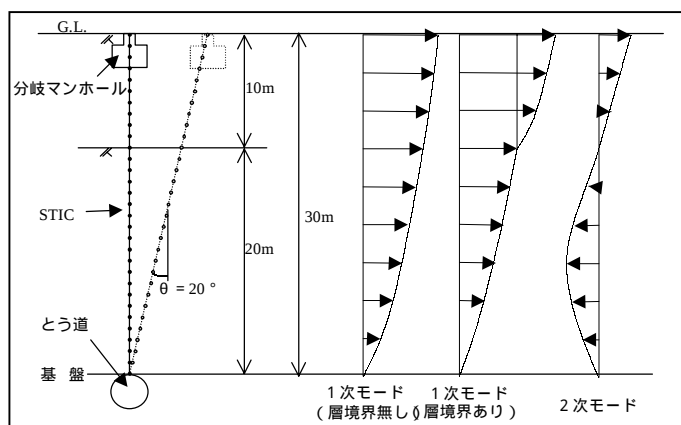


図 1 解析モデル (L2 地震動)

表 1 解析ケース (L2 地震動)

CASE No.	分岐管傾斜	地盤条件	地震動	Uh
CASE1	傾斜無し	3 種地盤	上水道指針	14.2
CASE2		上層：3 種地盤 下層：1 種地盤	上水道指針	14.2 3.0
CASE3		3 種地盤	兵庫県南部地震 強震記録	15.9
CASE4	傾斜 20°	3 種地盤	上水道指針	14.2
CASE5		上層：3 種地盤 下層：1 種地盤	上水道指針	14.2 3.0
CASE6		3 種地盤	兵庫県南部地震 強震記録	15.9

解析の結果を表 2 に示す。中間部本体についていずれのケースも許容応力度、許容ひずみ以下であり、また継手部についても許容値を下回っている。以上の結果より、L2 地震動に対する STIC 方式の耐震性は高いと考えられる。

キーワード：電気通信設備、L2 地震動、側方流動、耐震解析、応答変位法、シャフト構造

連絡先：〒305-0805 茨城県つくば市花畑 1-7-1 T:0298-52-2541 F:0298-52-2593

表 2 解析結果 (L 2 地震動)

CASE No.	中間部本体				継手		
	最大曲げ応力度 (kgf/cm ²)	最大せん断応力度 (kgf/cm ²)	最大軸応力度 (kgf/cm ²)	最大ひずみ	MH側継手 最大伸び量 (cm)	MH側継手 最大回転角 (°)	とう道側継手 最大回転角 (°)
CASE1	225.6	8.1	0	1.07×10^{-4}	0.00	0.09	0.00
CASE2	1423.6	70.9	0	6.45×10^{-4}	0.00	0.43	0.00
CASE3	252.6	9.1	0	1.20×10^{-4}	0.00	0.10	0.00
CASE4	200.8	6.6	314.5	9.50×10^{-4}	0.79	0.07	0.00
CASE5	1338	64	636.7	6.02×10^{-4}	1.69	0.38	0.00
CASE6	224.8	7.4	352.2	1.06×10^{-4}	0.88	0.08	0.00

(2) 側方流動に対する安全性の検討

側方流動に対する安全性の検討に関しては、図 2 に示すモデル・外力を用い、管体部が許容応力度・降伏応力度それぞれに達したとき、および継手部が弾性限界のときの側方流動量を算出した。ただし、側方流動はモデルのように 3 角形分布によると仮定し、液状化地盤の上部に一般地盤が存在するケースと液状化地盤が再上部に存在するケースを考慮した。表—3 に解析ケースおよび解析結果の一覧を示す。

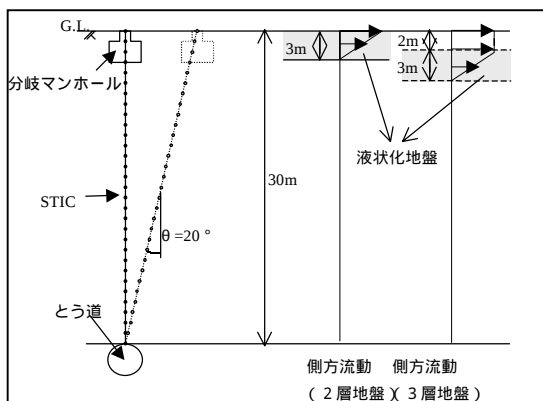


図 2 解析モデル (側方流動)

表 3 解析ケースおよび結果 (側方流動)

CASE No.	解析ケース		解析結果	
	分岐管傾斜	地盤条件	検討条件	側方流動量 (cm)
CASE1-1	傾斜無し	2 層	管体部 許容応力度	地表より 4m
CASE1-2			管体部 降伏応力度	地表より 4m
CASE1-3			継手部 弾性限界	MH側回転パネ
CASE2-1		3 層	管体部 許容応力度	地表より 6m
CASE2-2			管体部 降伏応力度	地表より 6m
CASE2-3			継手部 弾性限界	MH側回転パネ
CASE3-1	20° 傾斜	2 層	管体部 許容応力度	地表より 4m
CASE3-2			管体部 降伏応力度	地表より 4m
CASE3-3			継手部 弾性限界	MH側回転パネ
CASE4-1		3 層	管体部 許容応力度	地表より 6m
CASE4-2			管体部 降伏応力度	地表より 6m
CASE4-3			継手部 弾性限界	MH側回転パネ

地盤およびモデル等の条件により数値的な違いがあるものの、全てのケースにおいて、液状化地盤から一般地盤に入り込む部分で、最大の応力が発生した。その際の側方流動量は 3.8cm という非常に小さいものであった。

3 . 考察

本論では、NTT の電気通信設備のなかで、今後建設が進むことが予想される STIC 方式の L 2 地震動および側方流動に対する耐震性の検討を応答変位法により行った。検討の結果より、L 2 地震動に対しては十分な耐震性が確認されたが、側方流動のような地盤の変状に対しては弱い構造物であることが分かった。ここでさらに、濱田らが提唱している側方流動量の予測式³⁾を用いて、本解析モデル地盤において側方流動量 3.8 ~ 164.7cm に対応する地表面勾配を概算すると、約 0.01 ~ 0.3% となり、ほぼ平坦な地盤においても液状化および側方流動の発生により、大きな影響が出るという結果になった。

4 . 今後の予定

数メートル規模の側方流動に対応した STIC 方式の弾塑性解析を行い、使用限界についての検討を行う予定である。その結果を基に継手部対策を検討し、液状化地盤において STIC 方式が建設される場合の一助としたい。

5 . 謝辞

本論を執筆するにあたり、東洋大学鈴木崇伸助教授に御助力・御助言を頂戴した。ここに御礼を申し上げる。

6 . 参考文献

- 1) 水道施設耐震工法指針・解説 1997 年版 社団法人日本水道協会
- 2) 道路橋示方書・同解説 1 共通編、4 下部構造編 平成 8 年 12 月 社団法人日本道路協会
- 3) 濱田政則、若松加寿江：液状化による地盤の水平変位の研究 土木学会論文集 No. 596/ 3 - 43、PP. 189-208、1998. 6