

通信用シールドトンネルの立坑取付部における耐震対策

NTT 正会員 ○森屋 高男

同上 正会員 山崎 泰司

通信土木コンサルタント株式会社 森 健治

東洋大学 正会員 鈴木 崇伸

1. はじめに

通信用トンネル設備（以下、とう道）は都市の屋外通信インフラの基幹設備であり、地震時にも重要なケーブルを確実に防護する機能が要求される。管路設備や架空設備に比べて高く設定された要求性能を発揮するためには、最新の知見にもとづいて評価をくりかえし、不十分な箇所は適宜改良していく必要がある。

1995年兵庫県南部地震におけるシールドとう道の立坑取付部被災事例を図-1に示す。とう道が立坑内へ最大20mm突き出し、コンクリート剥離、漏水等が発生した。そのため、立坑の水没や、サービス低下が懸念されるためシールドとう道の立坑取付部の耐震対策を開発し事業導入してきた。

この方法は、立坑取付部にゴム製の継手（以下、ゴムジョイント）を設置し、被災時の立坑内への漏水を防止する方法である（図-2）。しかし、図-3に示すようにスペースが無くゴムジョイントを設置できないケースが多く見られたため対策の見直しを行った。



図-1. とう道立坑取付部被災事例



図-2. ゴムジョイント設置箇所



図-3. 設置できないケース

2. 被災事例にもとづく再現性の確認

シールド立坑取付部の耐震性評価手法の検討にあたり、三宮とう道の被災事例について被災の再現性を確認することとした。用いた手法は、地盤の一次元地震応答解析（SHAKE）で求めた2地点の相対変位を構造物に地盤ばねを介して強制変位として作用させるものである。

入力加速度は、神戸ポートアイランドG.L. -30m付近で観測されたデータのNS（南北）成分を用いた。図-4に入力加速度波形を示す。

解析に必要な単位体積重量、せん断弾性波速度は社内外のボーリングデータを基に道路橋示方書を参照して求めた。またひずみ依存曲線は土木研究所資料を参照した。

地盤の解析イメージを図-5に示す。2地点の変位波形（図-6、図-7）の差分を求めた相対変位波形の例を図-8に示す。

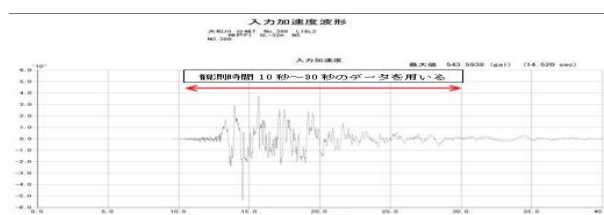


図-4. 入力加速度波形：(財)震災予防協議会

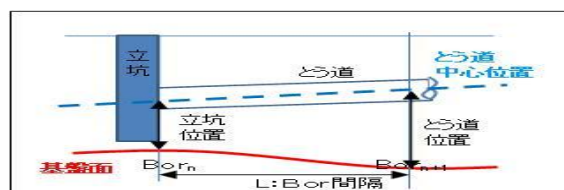


図-5. 地盤の解析イメージ

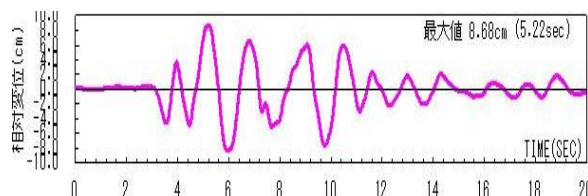


図-6. 立坑位置の変位波形

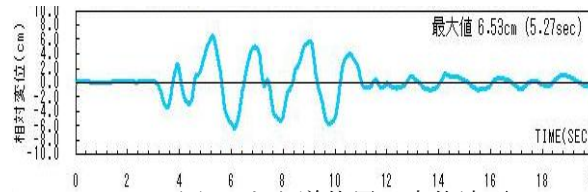


図-7. とう道位置の変位波形

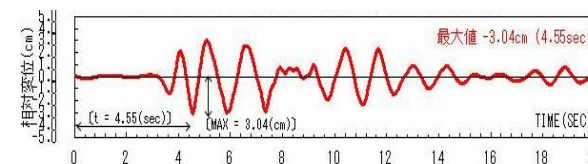


図-8. 相対変位波形

キーワード 通信用シールドトンネル, 立坑取付部, 一次元地震応答解析

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 029-868-6247

次に立坑取付部の解析を行った。解析モデルを図-9に示す。立坑とシールドの接続部は固定、シールドは等価軸剛性を持つ梁、シールドと地盤の相互作用は地盤ばねでそれぞれモデル化した。また地震外力は、とう道端部で地盤の解析で得られた相対変位に等しい三角形分布の強制変位とした。なお、検討箇所のシールドは外径 4,550mm, 内径 3,950mm で鋼製セグメントを使用している。

三宮地区の立坑取付部 2 箇所について上記手法で解析を行った。解析結果を表-2 に示す。被災変位と解析値（シールド端部における相対変位）はほぼ等しい。この結果から、本手法により実被害を再現できることが確認できた。

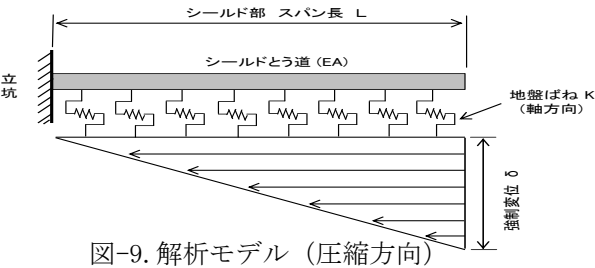


図-9. 解析モデル（圧縮方向）

表-2. 相対変位と被災変位

	ケース1	ケース2
実被害変位	2.00	1.50
シールド端部における相対変位	0.47	1.33

単位cm

3. 立坑取付部のコンクリート耐力評価

立坑取付部の概略構造を図-10 に示す。立坑取付部の抵抗力 R は、取付部コンクリートと立坑壁が接する面積と許容せん断応力を用いて次式で表される。

$$R = \tau \cdot (\pi \cdot D \cdot b) \cdot \eta$$

τ : コンクリートの許容せん断応力(=0.425N/mm²)
D : シールド外径, b : 有効抵抗長, η : 低減率(=45%)
コンクリートの許容せん断応力は、施工当時の設計基準強度を用いた。低減率 η は、「コンクリート工学ハンドブック 朝倉書店」を参照し、45%とした。

検討区間の立坑取付部の発生軸力と抵抗力を表-3 に示す。取付部の抵抗力は発生軸力に比べてかなり小さく、大地震時にシールドが立坑内に突き出すのを抑止する効果は期待できないことが分かった。

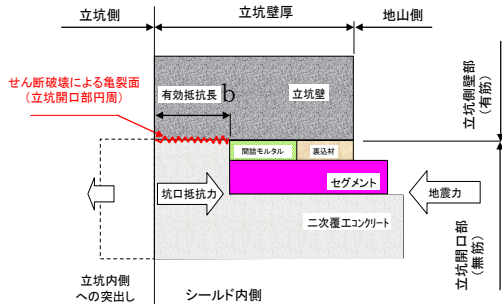


図-10. 立坑取付部の概略構造

表-3. コンクリート耐力と発生軸力

	ケース1	ケース2
立坑取付部におけるシールドの発生軸力	5,465	11,767
立坑取付部におけるコンクリート耐力	1,094	957

単位kN

4. 坑口部の対策の検討

ゴムジョイントが設置できない場合に、立坑内へのとう道変位を立坑内部から抑える対策案を検討した。

立坑内で既設ケーブルの移設が不要かつケーブル新設時の障害にならないことが必要であるため抑えは立坑底面を利用することが考えられる。また立坑内での施工性を考えるとコンクリートを打設方法が適している。図-11 に対策案のイメージを示す。

打設したコンクリートによる抵抗力 R' は次式で表される。

$$R' = f'_{ck} \cdot S = f'_{ck} \cdot (H \cdot L) / 2$$

f'_{ck} : コンクリートの設計基準強度, S : 抵抗面積, H : 下床版から一次覆工までの厚さ, L : 下床版位置における一次覆工両端の距離

検討区間の立坑取付部に対策案を実施した場合の抵抗力を試算した。条件として、 $f'_{ck}=18\text{ N/mm}^2$, $H=0.593\text{ m}$, $L=3.064\text{ m}$ を用いた。結果を表-4 に示す。抵抗力は発生軸力よりも大きく、変位を抑える効果が期待できる。

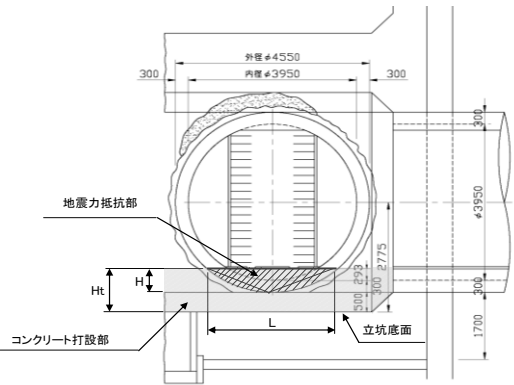


図-11. 対策案イメージ

表-4. 抵抗力と発生軸力

	ケース1	ケース2
立坑取付部におけるシールドの発生軸力	5,465	11,767
抵抗力	16,352	16,352

単位kN

5. まとめ

本評価手法により立坑取付部の被災変位を概ね再現することができた。また、ゴムジョイントが設置できない場合、立坑底面にコンクリートを打設することにより地震時にシールドの突き出しを抑止する対策案の有効性を確認した。今後は、本評価手法による事例を蓄積し、地盤の条件と地震応答の相関関係を分析していく予定である。