

劣化を考慮した開削トンネル（とう道）横断面方向の耐震性能に関する一考察

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

1. はじめに

通信用トンネルである「とう道」は、全国で約700km 建設されており、これらは円形で建設深度の深いシールド式と一般に矩形で比較的建設深度の浅い開削式に大別される。兵庫県南部地震や今年の鳥取県西部地震の際には開削式とう道においてひび割れ・若干の漏水等の修復可能な被害はあったが、今後老朽化の進行で耐震性能の低下も考えられる。

そこで、本稿では、開削式とう道の標準断面を対象にして地震動に対する鉄筋腐食問題を考慮した横断面方向の解析を行ったので報告する。

2. 開削とう道横断面方向の耐震性能評価方法

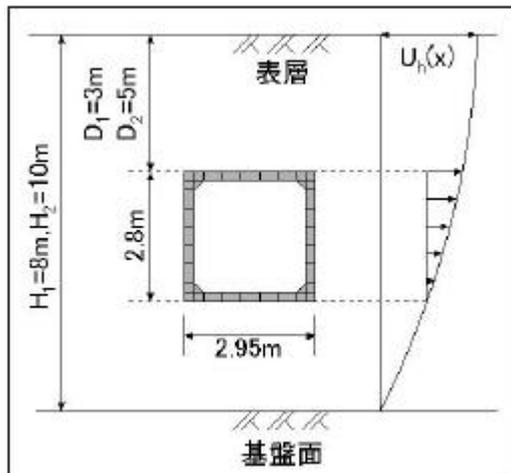


図1 解析断面図

解析は、汎用プログラムである「UC-WIN/WCOMD」により行った。本プログラムは鉄筋コンクリート構造の構成則が組み込まれ、ひび割れを生じた部材の非線形解析が可能であり、ひび割れ発生状態のトレースおよびひび割れ発生後の部材の応力・ひずみ評価が可能である。検討断面として、NTTの標準設計断面として最も建設されている矩形2号とう道

(W2950×H2800)を選定した。解析断面を図1に示す。超軟弱地盤(N値1)と軟弱地盤(N値10)における構造物上床部・下床部間の地盤相対水平変位量が最大となる表層厚:Hと土被り:Dを求め、解析断面とした。

(1) 入力荷重

図1に示す解析断面・モデルに対して地盤の変位振幅・慣性力・周面せん断力を水道施設耐震工法指針により算出する。解析時には下記(d)～(f)により算出した外力を静荷重に加えてモデルに作用させる。なお、解析はL1・L2地震動ともに行っているが、ここではL2地震動に対する結果を報告する。

$$(a) \text{地盤の変位振幅: } U_h(x) = \frac{2}{P} \cdot S_v' \cdot T_G \cdot \cos \frac{P}{2H}$$

$$(b) \text{地盤ばね: } k_h = K_{h0} \cdot (B_h / 0.3)^{-\frac{3}{4}}$$

(c) 設計水平震度: 上・下床板設計水平震度の平均

$$(d) \text{地震時水平荷重: } P(z) = k_h \{U(z) - U(z')\}$$

$$(e) \text{地震時慣性力: } p_1 = W \cdot K_h$$

$$(f) \text{地震時周面せん断力: } t = W' \cdot K_h$$

(2) 劣化現象の表現

劣化現象を表現する要素としては、1)コンクリート強度の低下、2)鉄筋断面積の減少、が考えられる。過去のNTTとう道の劣化診断結果より、コンクリート強度が設計基準よりも低下する可能性は少ないと判断し、鉄筋断面積の減少のみを考慮することとし、本解析では鉄筋比を低減させることで対応した。

これまでのNTTとう道の劣化診断結果より、かぶりコンクリートが無くなり鉄筋が露出している地点での鉄筋断面積の減少は10%程度であるので、解析では断面積の減少を、診断結果の2倍の20%を最大とし、鉄筋比を95%、90%、80%に低減させ解析を行った。解析ケースの一覧を表1に示す。

キーワード: 電気通信設備、トンネル、L2地震動、耐震解析

連絡先: 〒305-0805 茨城県つくば市花畑 1-7-1 T:0298-52-2543 F:0298-52-2593

表 1 解析ケース一覧

解析番号	解析断面		地盤性状		上床部 - 下床部 地盤相対水平変位量	鉄筋比 (%)
	番号	表面厚: H (m)	土被り: D (m)	種別 N値		
case1	1	8	3	粘性土	相対変位: 0.98cm	100
case2						95
case3						90
case4						80
case5	2	10	5	砂質土	相対変位: 0.40cm	100
case6						95
case7						90
case8						80

3. 解析結果および考察

上述のような方法で行った解析結果の一例を示す。荷重は5ステップに分けて行っており、ステップごとにひび割れを生じた部材の非線形解析を行っている。それぞれのステップごとに数値データとして部材の応力値・ひずみ値を算出し、ひび割れの数・ひび割れ深さを表示することができる(図2)。

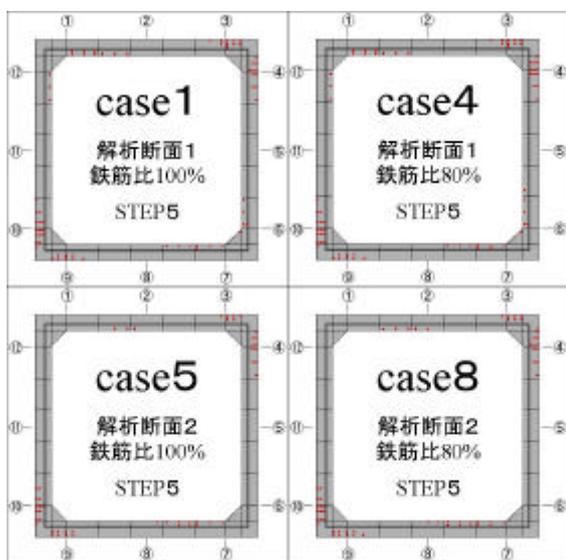


図 2 解析結果例

(1)発生応力について

発生応力はいずれのケースも および の位置で最大となり、ひび割れ発生位置とほぼ対応している。それらの位置の内壁における圧縮応力は、コンクリートの圧縮強度と比べて最大でも 40%程度である。同様に外壁の引張応力は鉄筋の降伏応力を下回り、構造上の安全性が確認された。

(2)鉄筋比の違いについて

図2に示す解析結果においては有意な差が見受けられないので、数値での比較を試み表2に示す。表中の数字は図2に示すひび割れの数および深さよりひび割れ量を数値化したものである。表2より、鉄筋比の低減に伴いひび割れ量は増加する傾向はあるものの、明確な差は示さなかった。ひび割れは部材の中央部付近までの深さであり、貫通はしていない

が、漏水等の被害は発生することが予想される。

表 2 ひび割れ量の解析結果

解析番号	解析断面 番号	鉄筋比 (%)	上床板		右側壁		下床板		左側壁		計
			外側	内側	外側	内側	外側	内側	外側	内側	
case1	1	100	10	9	11	5	8	7	15	3	68
case2		95	10	9	11	5	8	7	15	3	68
case3		90	10	9	12	5	8	7	15	3	69
case4		80	10	9	13	6	8	8	16	3	73
case5	2	100	6	3	10	0	8	10	13	0	50
case6		95	6	3	10	0	8	10	13	0	50
case7		90	8	5	11	0	9	13	15	0	61
case8		80	8	5	12	0	9	13	16	0	63

(3)解析断面による違いについて

各荷重におけるひび割れ量の推移を図3に示す。解析断面1におけるひび割れ量が多くなっている。これは解析断面1が断面2よりも地震時水平荷重は小さいものの、相対変位量が大きいためであると考えられる。一方、解析断面2は鉄筋比減少による差違が解析断面1に比べて大きく出ている。これは鉄筋比を減少させた影響が、荷重レベルにより敏感であるためと思われる。

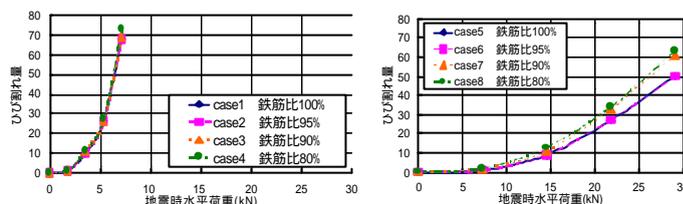


図 3 各荷重におけるひび割れ量の推移

4. まとめ

汎用プログラムである「UC-WIN/WCOMD」を用いて、NTT 開削とう道の L2 地震動に対する評価を行った。L2 地震動に対してもひび割れ等の被害が発生するものの、構造的な崩壊といった現象には至らないことが分かった。

また、劣化現象を表現する方法として、鉄筋比を低減させ解析を行ったが、鉄筋比を 80%に低減してもひび割れ量にはあまり差が出ない結果となった。

今後は、本解析の結果を確認するために模型実験等を行い、劣化現象を再現できる解析手法の改良を行っていく予定である。

5. 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)鉄筋コンクリートの非線形解析と構成則
1991年 岡村甫、前川宏一 技報出版