

I - B 376

開削トンネルの耐震性に関する試算例

阪神高速道路公団	正会員	幸左賢二
阪神高速道路公団	正会員	藤井康男
㈱建設技術研究所	正会員	○大野政雄
㈱建設技術研究所		岡崎亮男

1. はじめに

兵庫県南部地震以後における構造物の耐震設計の見直しが進められる中、地下構造物に対する耐震設計手法の確立が各団体において検討されている。特に大地震時（L2 レベル）に対する地中構造物の耐震性能については未解明な部分が多いのが現状である。本研究は開削トンネルの実構造物を対象とした、応答変位法にもとづく試設計により、耐震性能の評価を行ったものである。

2. 検討概要

図1のような実道路構造物を想定し、常時・L1レベル・L2レベルに対する部材の照査を行い、各荷重レベルについての断面決定に関する影響度を検証した。耐震基盤面からの隔離による影響を把握するため、浅いモデル（モデル①）、深いモデル（モデル②）の2ケースについて試算を行った。

(1) 解析モデル

応答変位法による解析モデルは、図-2のような骨組モデルとし、構造物、地盤ともに非線形性を考慮した。構造物のモデル化にあたっては、常時死荷重により発生する軸力を用いたM- ϕ 関係を、図-4に示すトリニアモデルで定義し、終局曲率はコンクリートの終局ひずみを0.0035として算出した（図-3）。地盤バネのうち、側面地盤バネは受働土圧強度を上限値とし、せん断バネは周面摩擦強度を上限値とした。また、初期地盤バネはFEM解析により算出を行ったが、このときの地盤変形係数は、地震時のひずみによる低減を考慮した。

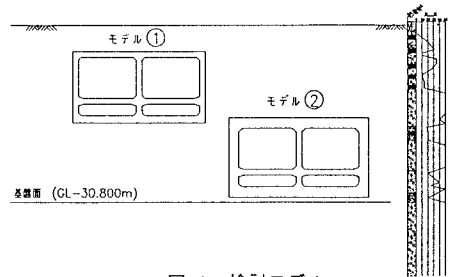


図-1 検討モデル

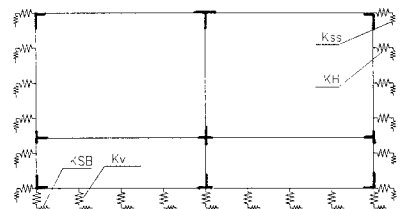


図-2 解析モデル

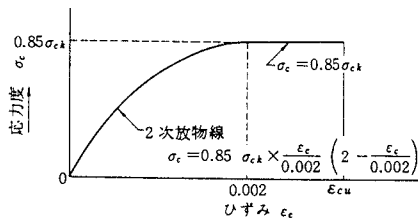
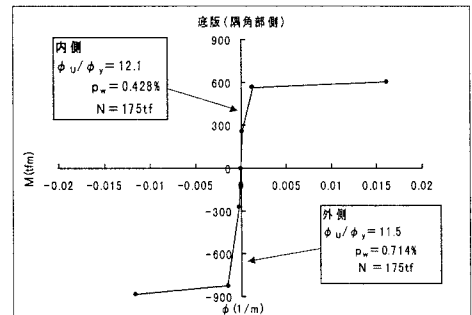


図-3 コンクリートの応力ひずみ曲線

図-4 部材のM- ϕ 関係

2) 荷重モデル

地震時において考慮する荷重は①相対水平変位②周面せん断力③慣性力とした。L1レベルは地下駐車場設計指針により、L2レベルはポートアイランド基盤波形を用いた地盤重複反射応答解析により荷重（相対変位）分布の算出を行った。

3. 検討結果

(1) モデル①

部材の多くは常時に決定された。地震時における発生断面力の増加量は少なく（図-6）、L2 レベルにおいても、若干降伏を越える箇所がある程度である。

(2) モデル②

地震時における発生断面力の増加量は大きく（図-7）、部材の多くは L1 レベルで決定された。L2 レベルでも降伏点を超過する部材が多数存在し（図-8）、曲率靱性（ ϕ/ϕ_y ）で最大 4.6 を示した。しかし、コンクリート終局ひずみによる終局曲率靱性率は 10 ～ 15 程度であり、これに対しては余裕を有している。また底版隅角部の回転角は 0.0047rad となり、阪神高速道路公団にて実施された実験で確認された隅角部の許容回転角（0.04rad）を下回っている。

一方で、せん断に関しては多くは常時に決定されるが、L2 レベルで中壁のスターアップの補強が必要となる結果となった。

表-1 地震時荷重

	モデル①		モデル②	
	L 1	L 2	L 1	L 2
設計水平震度	0.16	0.30	0.12	0.38
相対変位 δ cm	0.63	2.3	1.19	6.1
周面摩擦 (tf/m)	頂版	2.92	8.90	7.96
	底版	3.61	12.24	10.00

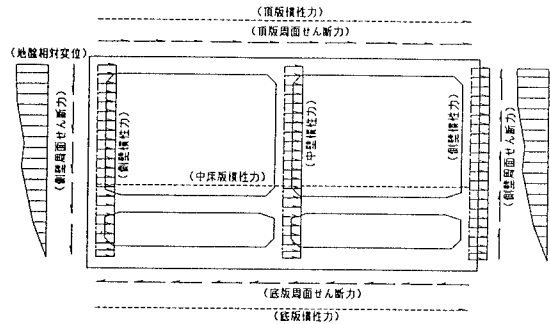


図-5 地震時荷重モデル

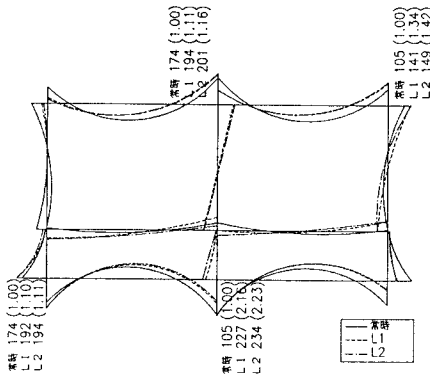


図-6 M図(モデル①)

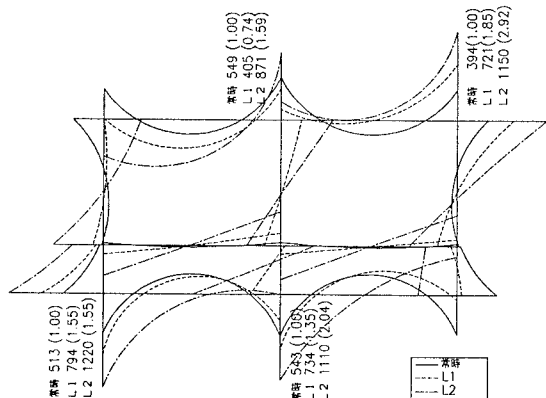


図-7 M図(モデル②)

4. まとめ

- 1) 基盤面から離れたモデルは、地盤のひずみレベルが小さいため、地震の影響が小さく、L2 レベルでも断面が若干降伏する程度である。
- 2) 基盤面付近に位置するモデルでは、地震の影響が大きく、断面の多くは L1 レベルで決定される。L2 レベルでは、多くの部材が降伏するが、終局に対しては余裕を有していることがわかった。
- 3) 設計手法の問題点として、周面パネの設定方法、せん断耐力の評価手法、基盤面の設定方法が挙げられ、今後検討の余地があるものと考えられる。

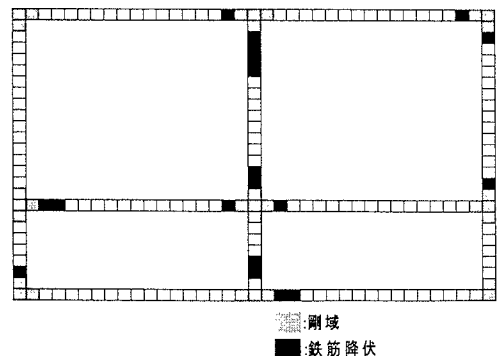


図-8 L2曲げ損傷状況(モデル②)