

山岳トンネル拡幅断面の地震時挙動について

(株)コンテク	正会員	細井 秀憲
東京都立大学大学院	正会員	西村 和夫
東京都立大学大学院	正会員	土門 剛
東京都立大学大学院	学生会員	鈴木 健

1. はじめに

一般に山岳トンネルは岩盤の中に建設され、地震時には地盤と一体となって挙動するため、地震に対する被害は受け難く安全性の高い構造物とされている。これは山岳トンネルが、地盤自体が本来から保有している支持力を有効に利用した構造体となっているからであり、このため山岳トンネルの耐震検討は、これまでは不要とされてきた。しかし、1995年に発生した兵庫県南部地震では、開削トンネルの被害に比べて明らかに少なかったものの、この地域の山岳トンネルのいくつかは被害を受けた。一方近年、第二東名・名神高速道路を中心とする高速道路整備では、建設技術の向上や経済性、合理性を反映して断面積が200m²を越える大断面かつ偏平形状のトンネルが多く建設されており、こうしたトンネルに対する耐震検討の必要性が高まっている。こうした中で今回耐震検討を行ったトンネルは、立地場所の制約によりトンネル坑口部の断面が段階的に偏平化、大断面化する特殊な構造であった。そこで、5つの拡幅断面の中から対象的な2断面の解析結果とその特徴を示す。

2. 対象断面及び諸物性値

今回解析結果を示すのは、図-1に示す拡幅していない坑口より最も奥の断面(ケース1)と、拡幅され最も大きな断面となった坑口に最も近い断面(ケース2)の2断面である。ケース1はTBMによる掘削断面を生かした比較的円形のトンネル断面であるのに対し、ケース2はケース1のトンネル断面幅の1.5倍の幅を有する偏平断面である。またケース1のトンネルは土被りが大きく単一層内に存在しているが、ケース2のトンネルは土被りも1D以下と小さく、地層境がトンネル断面を交差している。地山の物性値は、表-1に示すものを用い、 V_s が300m/sec以下のDH-DM層、DL-DM層には地盤の歪み依存性を考慮して等価線形化方を適用した。

表-1 地盤の物性

	せん断弾性波 速度 V_s (m/sec)	ポアソン 比	単位体積重 量 γ (tf/m ³)	せん断端正係 数 G_0 (tf/m ²)	減衰比 h
CM	2015	0.33	2.6	1,080,000	0.03
DB	892	0.39	2.4	195,000	0.03
DH - DM	245	0.40	2.4	14,700	0.013
DL - DM	60	0.45	2.0	742	0.080

* 等価線形に用いたh - 曲線の初期値

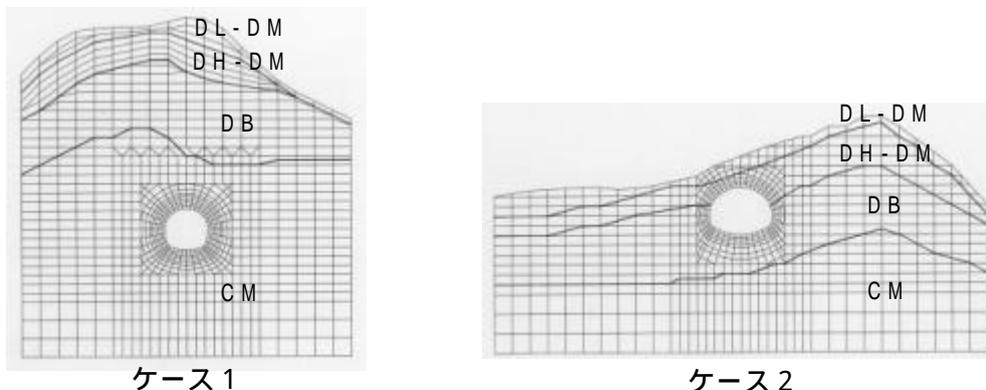


図-1 解析の対象断面

キーワード：山岳トンネル、拡幅断面、偏平化、大断面化、動的解析

連絡先：〒151-0051 東京都渋谷区千駄ヶ谷2丁目36-8 TEL ; 03-5411-5595 FAX ; 03-5411-7491

3. 解析条件

解析は、周波数領域による FEM 動的解析プログラム『FDAP3』を用いて、地盤の歪み依存性を考慮した 2 次元等価線形解析を行った。モデル化には地盤にソリッド要素を、覆工にはビーム要素を用い、境界条件には側方にエネルギー伝達境界、底面に粘性境界を用いた。また、入力地震波には、兵庫県南部地震における強震記録を工学的基礎に戻した解析波（図 - 2）を用いた。

4. 耐震解析結果の特徴

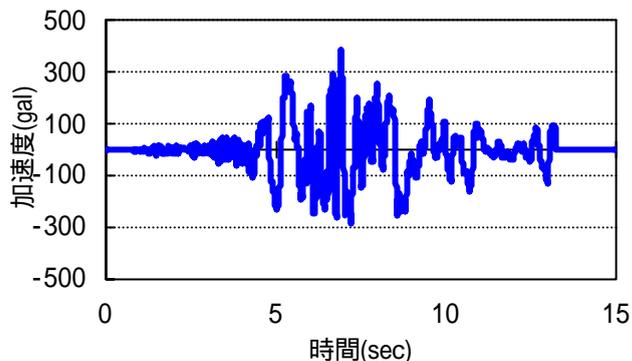


図 - 3 解析に使用した地震

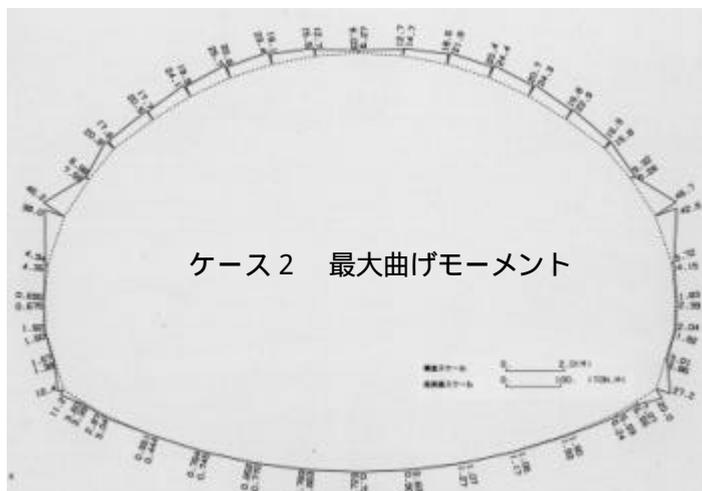
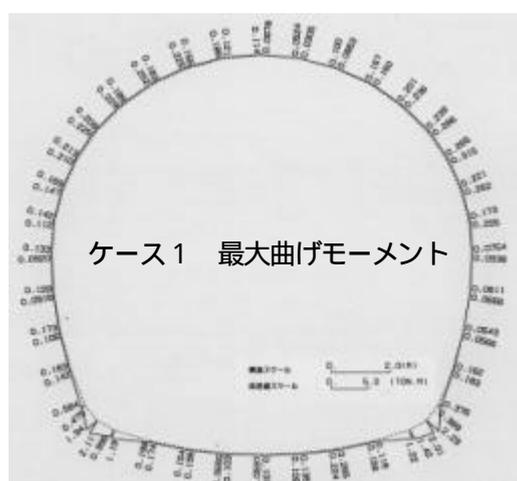
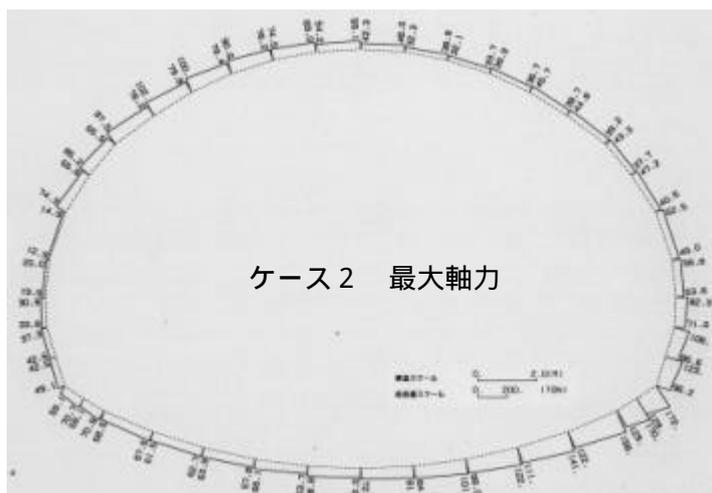
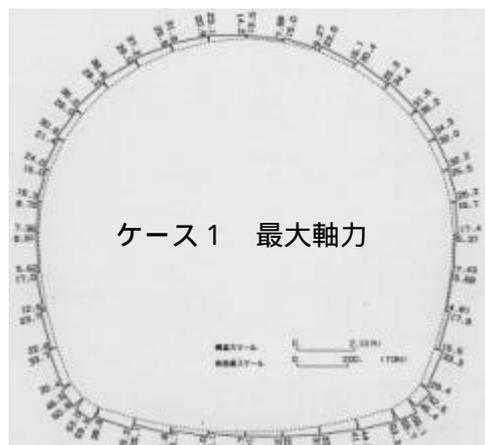


図 - 4 断面力図

坑口に近く土被りの小さい偏平形状のケース 1 の断面は、土被りの大きく比較的円形な坑口奥の断面に比べて軸力、曲げモーメントの両断面力とも大きくなっている。また、各断面力の発生箇所についても、ケース 1 の断面では軸力、曲げモーメントともにアーチ部とインバート部の境に集中しているのに対し、ケース 2 の断面では軸力は、斜面の存在によって土被りのより小さくなる斜面側とその対角（アーチ部左上とインバート部右端）に、曲げモーメントは地層境がトンネル覆工と交わる箇所に大きく発生している。

5. まとめ

トンネル周辺地山の地質状況やトンネル断面形状の相違などから、両断面を単純に比較することは出来ないが、今回の解析では、坑口付近や斜面によってより土被りが小さくなるような場所でトンネルに働く断面力は大きくなった。また、地層境がトンネル覆工と交わるような箇所においても曲げモーメントが顕著に現れた。