

地下構造物への地震時ひずみ伝達率に与える構造物の寸法ならびに剛性の影響 （その3：地盤と構造物の軸剛性比（構造物/地盤）の影響）

中央復建コンサルタンツ 東京本社総合設計室 フェロー 鈴木 猛康
 中央復建コンサルタンツ 東京本社総合設計室 正会員 勝川 藤太
 中央復建コンサルタンツ 東京本社総合設計室 正会員 鈴木 和重

1. はじめに

比較的大型の線状地下構造物を対象とした縦断方向の耐震設計に対する弾性床土上の梁理論に基づいた応答変位法の適用性について検討することを目的として、軸対称 FEM モデル（解析コード EASIT^{1),2)}を用いた耐震解析を実施し、弾性床土上の梁の解析解との比較を行った。本稿では、共同溝クラスならびに大口径の道路トンネルクラスのシールドトンネルを対象とし、構造物と同じ面積を有する地盤の軸剛性と構造物の軸剛性の比（等価剛性比）が地震時軸ひずみ伝達率に与える影響について検討したので報告する。

2. 解析方法の概要

図 - 1 に示す外径 13.9m の大口径道路トンネルならびに図 - 2 に示す外径 5.05m の共同溝クラスの RC セグメント製シールドトンネルを検討対象とした。軸対称 FEM モデルを用いたトンネルの耐震解析コード EASIT を用い、トンネル長手方向に 2.0 波長分の地盤慣性力を静的に作用させ、セグメントの軸ひずみを算定した。解析ケースを表 - 1 に示す。2 種類のトンネルに対して、構造物と同じ面積を有する地盤の軸剛性と構造物の軸剛性の比を等価剛性比と定義し、等価剛性比が約 1 ~ 300 倍となるようにセグメントのヤング率を 5 種類変化させることとした。また、得られたセグメント軸ひずみ ε_{seg} に対して、地盤モデルのみに同様な地盤慣性力を与えて得られる深さの地盤軸ひずみ ε_{gr} を求め、(2)式で示すこれ

表 - 1 解析ケース

項目	種類	内容
地盤のヤング率	3	200, 600, 3000 (kN/m ²)
シールドトンネル	2	外径 5.05, 13.9m の RC 製セグメント
トンネル剛性	5	同じ断面積の地盤に対する軸剛性比
地盤変位の波長	5	50, 100, 300, 500, 1000m

表 - 2 等価剛性比のまとめ

Eseg(kN/m ²)	外径D(m)	Eg(kN/m ²)	等価剛性比
16500	5.05	3000	1.0
16500	5.05	600	5.2
16500	5.05	200	15.5
330000	5.05	600	103.5
330000	5.05	200	310.6
16500	13.9	3000	1.0
16500	13.9	600	4.9
16500	13.9	200	14.7
330000	13.9	600	98.1
330000	13.9	200	294.2

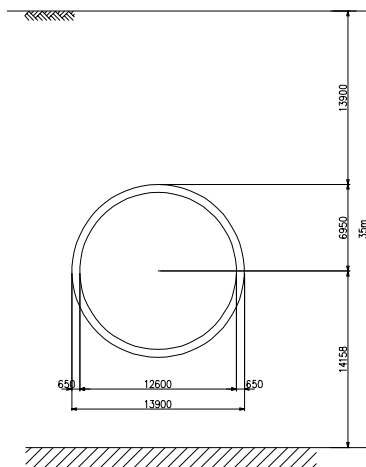


図 - 1 大断面道路トンネル

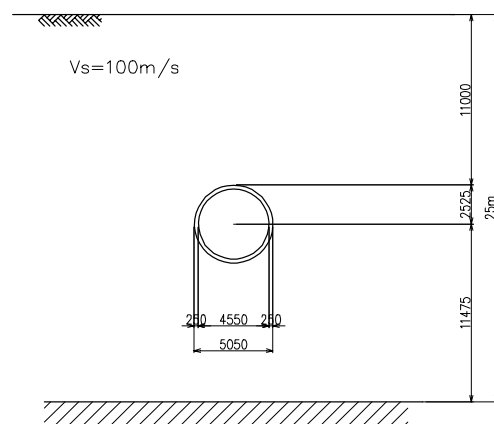


図 - 2 共同溝

キーワード 地下構造物，耐震設計，軸ひずみ伝達率，梁ばねモデル，軸対称 F E M

連絡先 〒103-0011 東京都中央区日本橋大伝馬町 2-11 中央復建コンサルタンツ東京本社 TEL:03-3669-1630

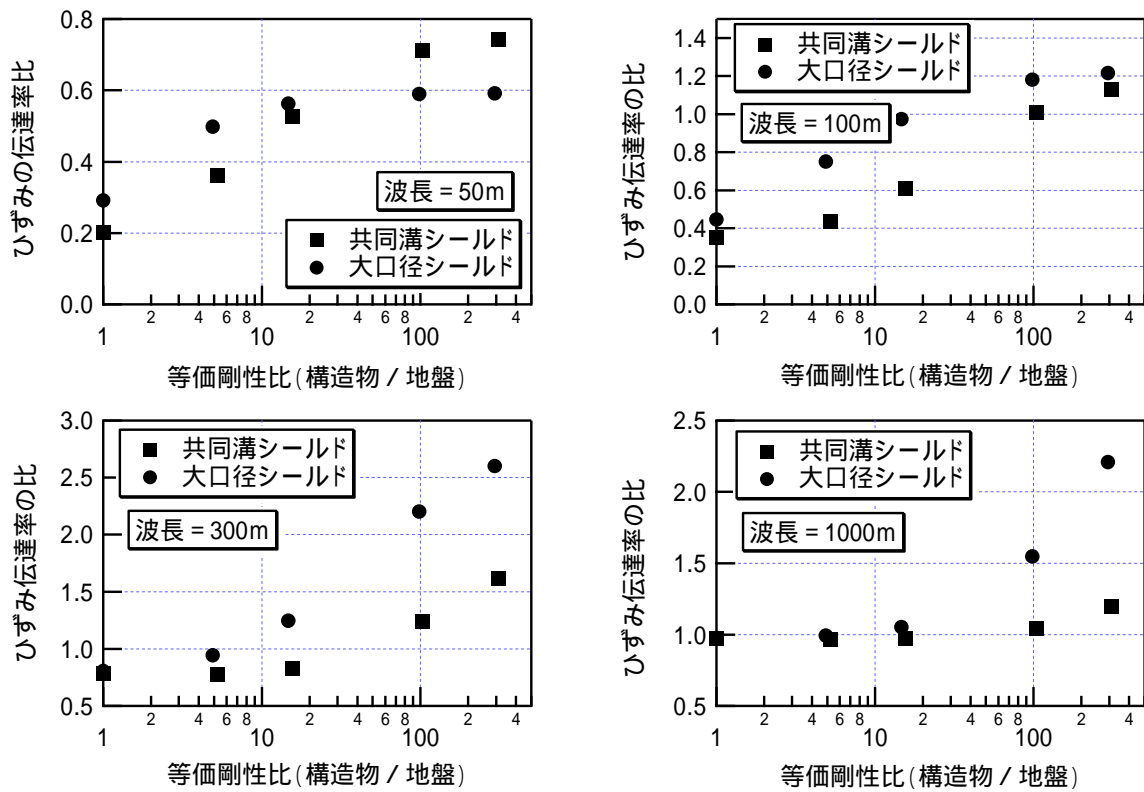


図 - 3 等価剛性比に対するひずみ伝達率の比に関する2種類のトンネルの比較

らの比を EASIT を用いた数値解析によるひずみ伝達率 r_{num} と定義することとした。一方、弾性床上の梁による地盤からトンネルへの軸ひずみ伝達率 r_{bef} は、(3)式で与えられる。ここで L は波長であり、 K_x を軸方向剛性係数、 EA をトンネルの軸剛性として (4)式で与えられる。このようにして算定した数値解析による軸ひずみ伝達率 r_{num} と弾性床上の梁に基づく軸ひずみ伝達率 r_{bef} の比である (1) 式を、ひずみの伝達率の比 r_{trm} と定義して、以下の考察を行う。

$$r_{trm} = r_{num} / r_{bef} \cdots (1), \quad r_{num} = \varepsilon_{seg} / \varepsilon_{gr} \cdots (2), \quad r_{bef} = \frac{1}{1 + (2\pi/\lambda L)^2} \cdots (3), \quad \lambda = \sqrt{\frac{K_x}{EA}} \cdots (4)$$

3. 解析結果と考察

上述のようにして算定したひずみの伝達率の比 r_{trm} を、等価剛性比との関係で整理し、波長毎にまとめて図 - 3 に示した。波長 = 1000m の解析ケースでは、等価剛性比 20 程度までは外径の異なる2種類のトンネルでひずみ伝達率の比はほぼ 1.0 であるが、等価剛性比が 100 を超えると、大口径トンネルの方がひずみ伝達率の比は 1 を超え、また大口径トンネルの方がより大きな数値を示す。一方、波長がもっとも短い 50m の解析ケースでは、ひずみの伝達率は等価剛性比とともに増加するものの、すべてのケースで 1 に達することなく、弾性床上の梁よりも小さな軸ひずみにしかならないことがわかる。これらをまとめると以下の通りである。

- (1) 等価剛性比が大きいほど、ひずみ伝達率の比は大きくなる。
- (2) ひずみ伝達率の比は 1 よりも小さくなるケースと大きくなるケースがあり 0.2~3 の広い範囲にある。
- (3) 等価剛性比が 1 未満で、かつ波長が短いケースでは弾性床上の梁よりも軸ひずみは小さく、等価剛性比が 100m を超え、かつ波長 100m を超えるケースでは弾性床上の梁よりも軸ひずみは大きくなる。
- (4) 等価剛性比が同じでも、トンネル外径が異なればひずみ伝達率の比は異なる。

参考文献 1) Suzuki, T.: The axisymmetric finite element model developed as a measure to evaluate earthquake responses of seismically isolated tunnels, Proc. 12th World Conference on Earthquake Engineering, Auckland, New Zealand, 2000. 2) 鈴木猛康, 勝川藤太: 地下構造物の滑り型免震構造の提案と検証実験, 土木学会論文集, No.689/I-57, pp.137-151, 2001.10.