

# 比較的口径の大きいシールドトンネルに対する 応答変位法の適用性に関する解析的検討

鈴木 猛康<sup>1</sup>

<sup>1</sup>山梨大学大学院医学工学総合研究部  
(〒400-8511 山梨県甲府市武田4-3-11)  
E-mail:takeyasu@yamanashi.ac.jp

地下構造物の縦断方向の耐震設計に用いられている応答変位法は、簡便かつ合理的であるため、多くの耐震設計指針に採用されている。しかし、応答変位法は、線状地下構造物を梁と仮定しているため、断面の大きな地下構造物の寸法効果を再現することはできない。そこで、線状地下構造物に対する応答変位法の適用性を検討するため、本論文では、比較的口径の大きな共同溝、上水道、大口径道路トンネルという3タイプのトンネルを対象とし、トンネルの軸方向地震時挙動に関する応答変位法とFEM解析の比較を行っている。また、軸ひずみ伝達率を指標として両者の解析結果を比較し、応答変位法の適用性について、定量的な評価を行っている。

**Key Words :** Seismic displacement method, shield-driven tunnel, finite element analysis, axial strain, seismic design

## 1. はじめに

地下構造物の長手方向の耐震設計では、弾性床上の梁理論に基づいた応答変位法が採用されている<sup>1)</sup>。弾性床上の梁モデルを用いたシールドトンネルの地震応答解析と実地震観測結果との比較も行われ、両者が比較的良く一致することも報告されている<sup>2)</sup>。本手法は簡便かつ実用性に優れているものの、構造物の剛性効果は考慮できても寸法効果は考慮できないという欠点を有している。したがって、構造物の大型化が著しい現状では、その構造条件、地盤条件、ならびに地震動の波長等を考慮した地盤変位が水平方向に一樣でない荷重条件下における応答変位法の適用性について、検討を行う必要がある。この検討は、耐震設計における応答変位法を用いた線状地下構造物の簡易的な耐震検討のみならず、梁ばねモデルを用いた線状地下構造物の地震応答解析による耐震検討の適用性を示す上でも重要である。

そこで本研究では、応答変位法の適用性を具体的かつ定量的に示すことを目的として、外径の異なる比較的大型の3種類のシールドトンネルを対象とし、地盤からトンネルへの軸ひずみ伝達率に着目して軸対称 FEM モデル (解析コード EASIT<sup>3)</sup> <sup>4)</sup>) を用いた数値解析 (数値解) と応答変位法、すなわち弾性床上の梁に基づいた解析解の比較を行う<sup>5),6),7)</sup>。図-1 に本研究のフローを示す。本論文では、まず数値

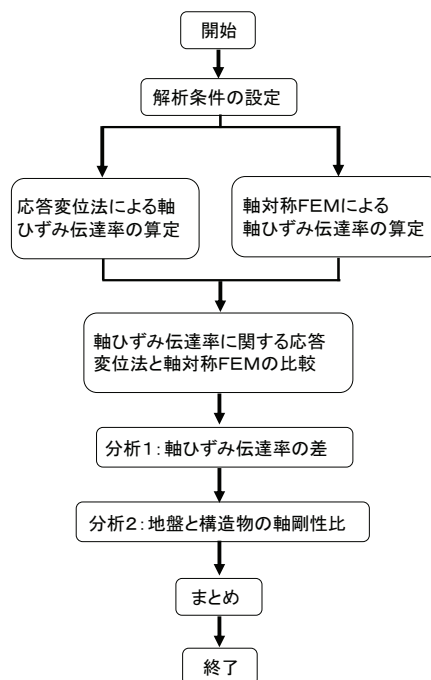


図-1 本研究のフロー

解析と解析解の比較検討結果についてまとめ、軸ひずみ伝達率を指標として応答変位法の適用性に関する基本的傾向を示す。次に、解析ケースを追加した

上で、応答変位法と軸対称 FEM 解析による軸ひずみ伝達率の差ならびに地盤に対する構造物の等価剛性比を指標として、応答変位法の適用性について具体的かつ定量的な評価を行った結果を報告する。

## 2. 応答変位法の適用性に関する基本的傾向

### (1) 解析条件

本研究の検討対象としては、比較的大型かつ代表的なシールドトンネルを選定する必要がある。そのため、表-1 に示すように、鋼製セグメントの上水道トンネル、RCセグメントの共同溝トンネル、ならびにRCセグメントの大断面道路トンネルといった材質、外径の異なる3種類のシールドトンネルを対象構造物として選定した。トンネルの土被りは、 $1.5 \sim 2D$  ( $D$ : 外径) 程度とした。図-2 に共同溝トンネル、図-3 に大断面道路トンネルの断面ならびに設置条件を示す。なお、上水道トンネルは外径 2.75m、厚み 125mm、土被り 5.5m とした。

表層地盤については、標準的な地盤が大地震時に剛性低下し、せん断波速度 100m/sec 程度となったことを想定し、ヤング率を  $E=600\text{kN/m}^2$  とした標準地盤、せん断波速度 60m/sec 程度を想定してヤング率を  $E=200\text{kN/m}^2$  とした軟弱地盤、そしてせん断波速度 250m/sec 程度を想定してヤング率を  $E=3000\text{kN/m}^2$  とした硬質地盤という代表的な3種類を設定した。地盤の密度は  $1.8\text{t/m}^3$ 、ポアソン比は  $\nu=0.49$  で一定とした。なお、本研究においては、地盤のヤング率をパラメータとした解析も行っているが、このパラメトリックスタディで取り扱う地盤のヤング率は、上記の3種類には限定しない。

### (2) 解析方法

耐震解析には軸対称 FEM モデルを用いたトンネルの耐震解析コード EASIT<sup>1),2)</sup>を用いた。一様地盤中のトンネルを想定し、図-4 に示すようにトンネル長手方向に 1.5 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。ここで、波長は解析の目的に応じて数ケース設定することとした。得られたセグメント軸ひずみ  $\varepsilon_{\text{seg}}$  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トンネル深さ位置の地盤軸ひずみ  $\varepsilon_{\text{gr}}$  を求め、(1)式で与えるこれらの比を EASIT を用いた数値解析によるひずみ伝達率  $r_{\text{num}}$  (数値解) と定義することとした。一方、弾性床土上の梁に基づく地盤からトンネルへの軸ひずみ伝達率  $r_{\text{bef}}$  (解析解) は(2)式で与えられる。ここで  $L$  は波長であり、 $\lambda$  は  $K_x$  を軸方向剛性係数、 $EA$  をトンネルの軸剛性として(3)式で与えられる。

$$r_{\text{num}} = \varepsilon_{\text{seg}} / \varepsilon_{\text{gr}} \cdots (1)$$

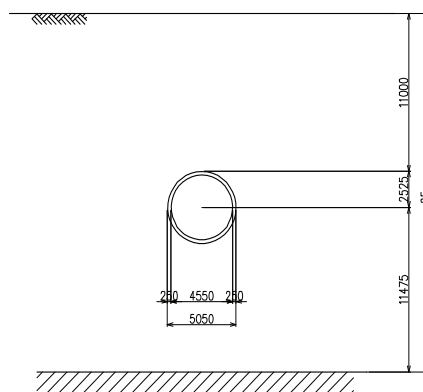


図-2 共同溝シールドトンネル

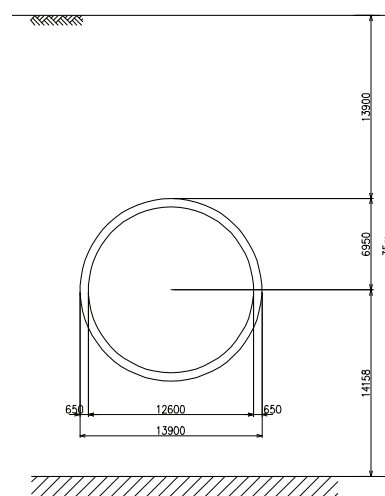


図-3 大断面道路シールドトンネル

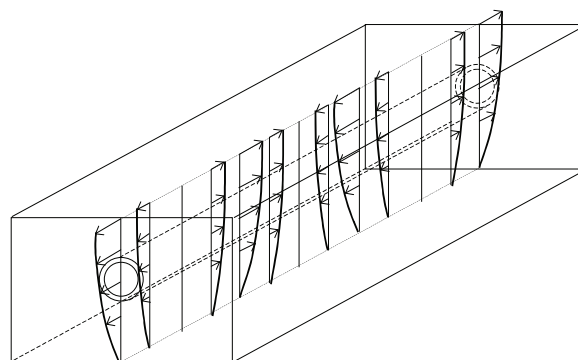


図-4 地盤慣性力の载荷方法

表-1 解析ケース 1

| 項目       | 種類 | 内容                                                      |
|----------|----|---------------------------------------------------------|
| 地盤のヤング率  | 3  | 200 (軟弱地盤), 600 (標準地盤), 3000 (硬質地盤) ( $\text{kN/m}^2$ ) |
| シールドトンネル | 3  | 外径 2.75m の鋼製, 5.05, 13.9m の RC 製セグメント                   |
| トンネル剛性   | 2  | 圧縮剛性, 等価引張剛性                                            |
| 地盤変位の波長  | 8  | 50, 100, 300, 500, 1000, 3000, 5000, 10000m             |

$$r_{bef} = \frac{1}{1 + \left( \frac{2\pi}{\lambda L} \right)^2} \cdots (2)$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{K_X}{EA}} \cdots (3)$$

3 種類のシールドトンネルに対して、地震時の圧縮変形時ならびに引張変形時における地盤からトンネルへの軸ひずみ伝達率（以後、軸ひずみ伝達率と呼ぶ）を検討する。応答変位法では引張変形時には EA を等価引張剛性で与えることになるので、EASIT でもとくにリング継手要素の分割は行わず、セグメントは等価引張剛性に相当するヤング率を有する要素としてモデル化した。なお、等価引張剛性については、コンクリートセグメントの場合は圧縮剛性の 1/20 を、鋼製セグメントの場合は 1/2 を目安とする他、引張剛性をパラメータとする解析も行う。なお、コンクリートのヤング率は 330000kN/m<sup>2</sup>、鋼材のヤング率は 2100000kN/m<sup>2</sup>を用いた。

EASIT による解析では、地盤は剛性低下後の物性値を設定しており、地震荷重は応答スペクトルで 500gal となる余弦分布の応答震度を与えた。

### (3) トンネル外径と材質の影響<sup>5)</sup>

表-1 に示す解析ケースについて解析を行い、(1)式で与えるトンネル軸ひずみ伝達率に関する EASIT による数値解と(2)式で与える弾性床土の梁の解析解を求め、縦軸に軸ひずみ伝達率、横軸に地盤変位の波長をとって、図-5、図-6 にまとめた。地盤は軟弱、標準、硬質の 3 種類、シールドトンネルは前述の 3 種類である。共同溝シールドトンネル（以後、共同溝シールドと呼ぶ）を対象とし、等価引張剛性を想定してセグメントのヤング率をコンクリートの 1/20 に設定した図-5 上段のケースでは、すべての地盤ケースでひずみ伝達率の数値解が解析解を下回っており、その差は地盤が硬く（ヤング率が大きく）、かつ地盤変位の波長が短いとき顕著であることがわかる。地盤変位の波長が 1000m を超えると、ひずみ伝達率は数値解、解析解ともほぼ 1 となり、両者の差は極めて小さいことがわかる。これに対して図-5 下段の大口径道路シールドトンネル（以後、大口径シールドと呼ぶ）のケースでは、軟弱地盤ではひずみ伝達率の数値解が解析解をすべての地盤の変位波長の範囲で上回っているが、標準地盤ではやや数値解が解析解を下回り、さらに硬質地盤ではその差が大きくなる傾向が認められる。大口径シールドの場合も、地盤変位の波長が 1000m を超える範囲では、ひずみ伝達率は 1 に達しないまでも、数値解と解析解がほぼ一致している。

図-6 では、軟弱地盤と標準地盤の地盤条件で、それぞれ共同溝シールド、大口径シールド、上水道鋼製シールドトンネル（以後、上水道鋼製シールドと呼ぶ）の圧縮剛性を用いたケースについて、軸ひずみ伝達率に関する数値解と解析解の比較結果をま

表-2 解析ケース 2

| 項目       | 種類 | 内容                            |
|----------|----|-------------------------------|
| 地盤のヤング率  | 1  | 600(標準地盤)(kN/m <sup>2</sup> ) |
| シールドトンネル | 1  | 外径 5.05m の RC 製セグメント          |
| トンネル剛性   | 10 | 圧縮剛性に対して 1/1~1/100 の 10 種類    |
| 地盤変位の波長  | 2  | 50, 500m                      |

とめている。図に示すように、どのトンネルでも、軟弱地盤と硬質地盤の差、すなわち地盤剛性の相違による顕著な軸ひずみ伝達率の差はない。また、共同溝シールドと大口径シールドでは、すべての地盤変位の波長の範囲で軸ひずみ伝達率の数値解が解析解を上回っているが、上水道鋼製シールドではすべての地盤変位の波長の範囲で軸ひずみ伝達率は数値解の方が解析解よりも小さいことがわかった。

以上のように、地盤変位の波長の比較的短い範囲では、トンネル外径やトンネル剛性、地盤剛性、そして地盤変位の波長によって、トンネルの軸ひずみ伝達率に関する解析解と数値解の大小関係がかなり変化することが明らかとなった。したがって、トンネル剛性と地盤剛性に着目したパラメトリックスタディによるさらなる検討を以下で試みることにした。

### (4) トンネルの剛性の影響<sup>6)</sup>

外径 5.05 m の共同溝シールドトンネルを検討対象として、トンネル剛性が軸ひずみ伝達率に与える影響について検討した。解析ケースを表-2 に示す。ここでは、セグメントのヤング率をコンクリートのヤング率の 1 倍~1/100 倍まで変化させ、10 種類の軸剛性について検討した。

図-7 は圧縮剛性としてセグメントにコンクリートのヤング率をセグメントに与えた解析ケースと、等価引張剛性を想定してセグメントにコンクリートの 1/20 のヤング率を与えたケースについて、トンネル軸ひずみ伝達率と波長の関係を示したものである。図より明らかなように、圧縮剛性のケースでは両者が比較的一致しているのに対して、等価引張剛性のケースでは波長 1000m 以下の範囲で数値解が解析解を下回っている。

図-8 は地盤変位の波長を、それぞれ 50m, 500m に固定した上で、トンネルの軸剛性を圧縮剛性の 1 倍~1/100 倍まで変化させて、ひずみの伝達率に関する解析解と数値解とを比較したものである。地盤変位の波長を 50m とした解析ケースは、地盤変位の波長がとくに短くなる地盤条件急変部や立坑接合部における挙動の検討を想定したものであるが、セグメント剛性が小さいほど、ひずみ伝達率の解析解と数値解の差が顕著であることがわかる。また、地盤変位の波長が 500m のケースでは、セグメント剛性比 0.5 を境として、ひずみ伝達率に関する解析解と数値解の大小関係が逆転している。このように、共同溝クラスのシールドトンネルでは、弾性床土の梁に基づいて(2)式によって軸ひずみ伝達率を設計

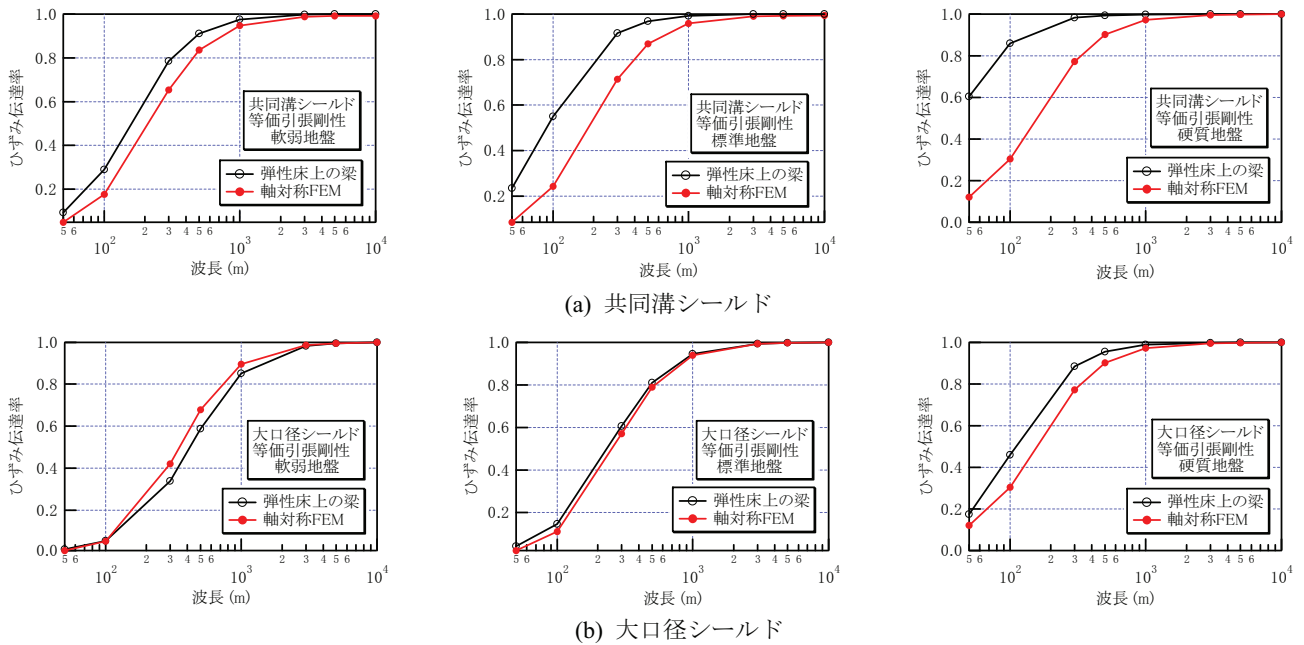


図-5 軸ひずみ伝達率に関する解析解と数値解析（EASIT）の比較（その1：等価引張剛性のケース）

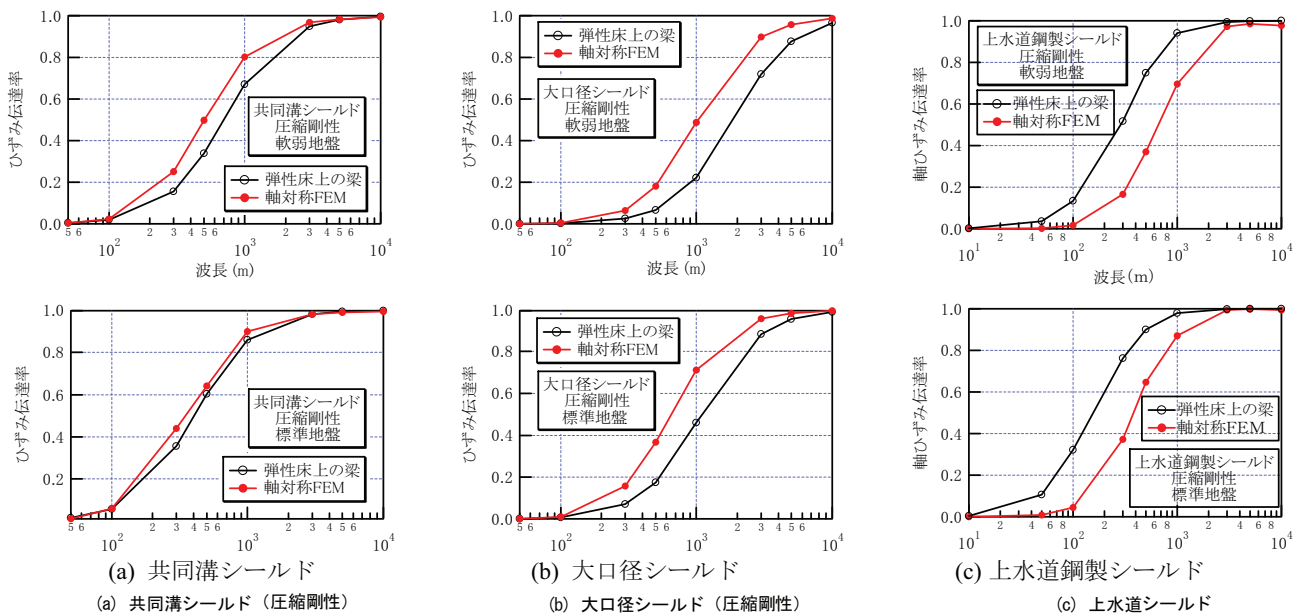


図-6 軸ひずみ伝達率に関する解析解と数値解析（EASIT）の比較（その2：圧縮剛性のケース）

に適用したり、梁ばねモデルを用いた縦断方向の耐震解析に基づいてトンネルの耐震設計を行うと、トンネルの地震時軸ひずみを過大に評価することになる。

#### (5) 構造物と地盤の剛性比の影響<sup>7)</sup>

共同溝トンネルならびに大口径トンネルを検討対象として、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種類変化させて、軸ひずみ伝達率の数値解と解析解の比較を行った。解析ケースを表-3に示す。

ここでは、数値解の軸ひずみ伝達率  $r_{num}$  に対する

表-3 解析ケース3

| 項目       | 種類 | 内容                                                   |
|----------|----|------------------------------------------------------|
| 地盤のヤング率  | 3  | 200(軟弱地盤), 600(標準地盤), 3000(硬質地盤)(kN/m <sup>2</sup> ) |
| 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                             |

解析解の軸ひずみ伝達率  $r_{bef}$  の比として (4) 式で与える  $r_{trm}$  を、ひずみ伝達率の比と定義する。

$$r_{trm} = r_{num} / r_{bef} \cdots (4)$$



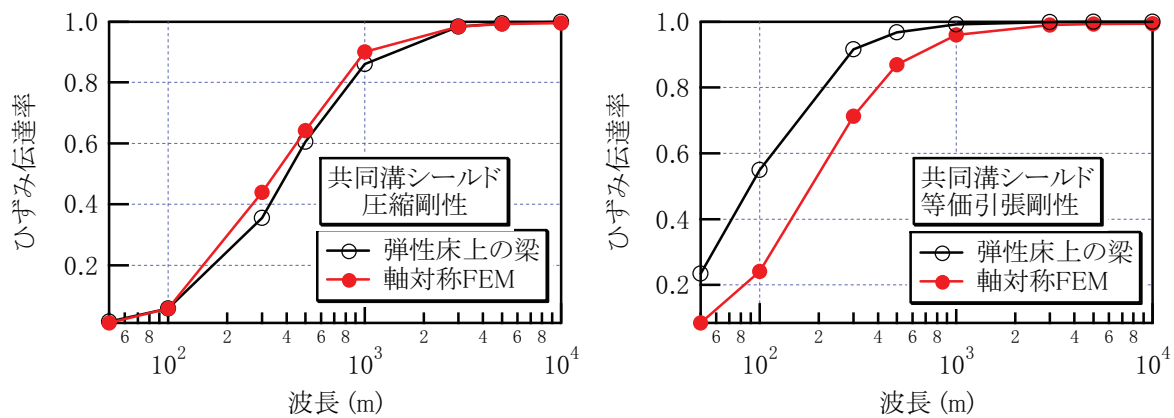


図-7 軸ひずみ伝達率と波長の関係

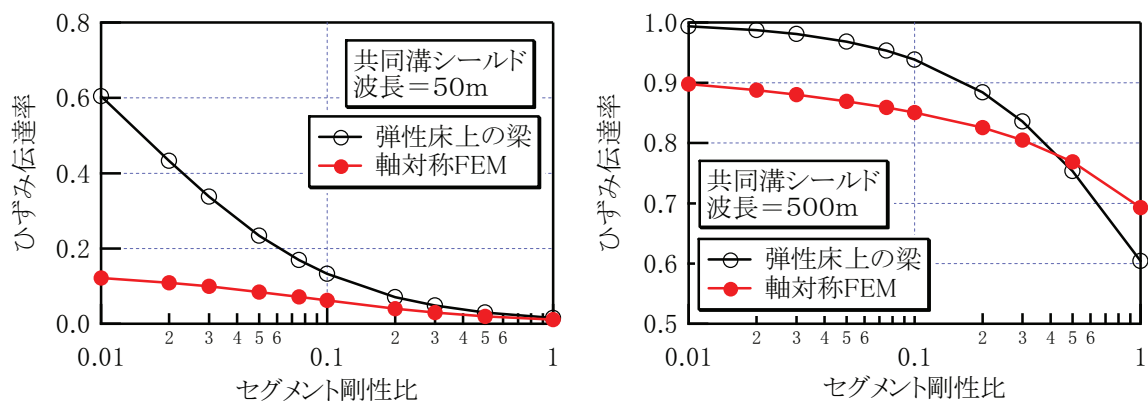


図-8 軸ひずみ伝達率とセグメント剛性の関係

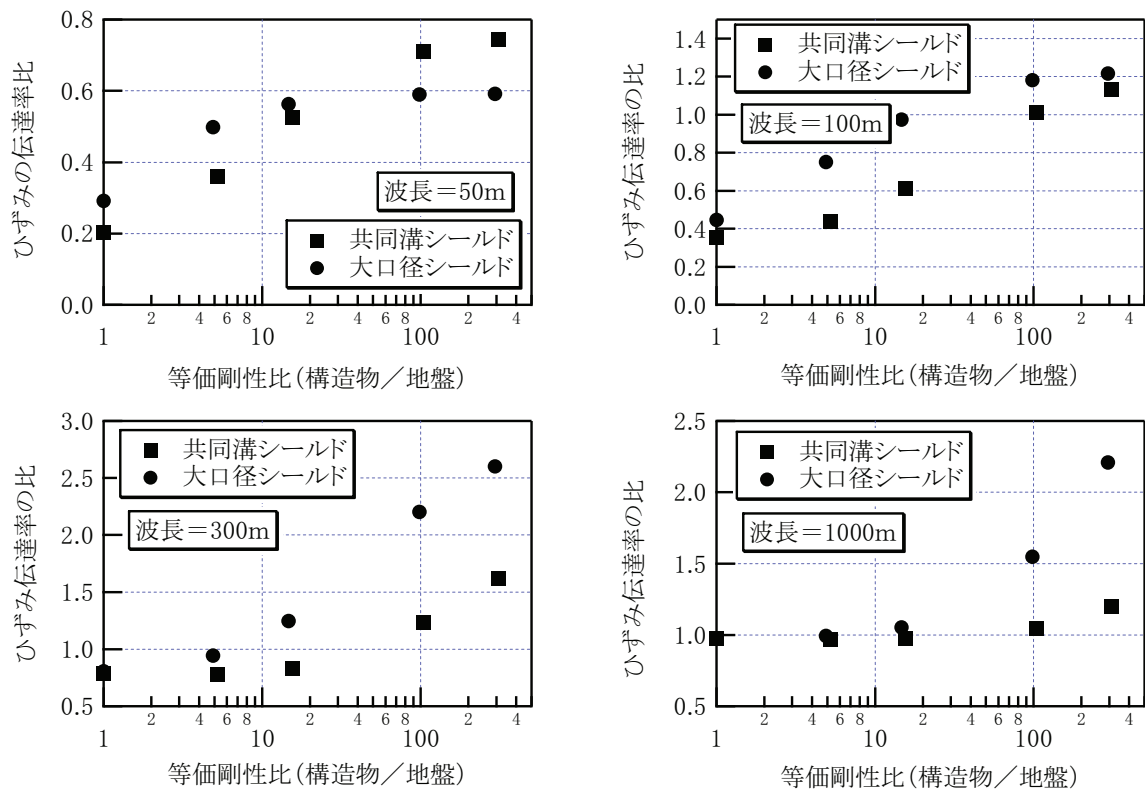


図-9 等価剛性比に対するひずみ伝達率の比に関する2種類のトンネルの比較

図-9 はひずみ伝達率の比と等価剛性比の関係を、地盤ひずみの波長毎に整理して4つのグラフで示したものである。4つのグラフはすべて右肩上がりの傾向を示しており、等価剛性比が大きいくほど、ひずみ伝達率の比は大きくなっている。すなわち、地盤に対してトンネルの軸剛性が大きいほど、あるいは地盤が軟らかいほど、応答変位法では過大なトンネル軸ひずみを算定する傾向があり、その傾向は地盤ひずみの波長が短いほど顕著である。ひずみ伝達率の比は1よりも小さくなるケースと1よりも大きくなるケースがあり、0.2~3の広い範囲に分布した。大口径トンネルにおけるひずみの伝達率は、ほとんどのケースで共同溝シールドのひずみ伝達率の比よりも大きい。地盤変位の波長が短い50mのケースのみ、等価剛性比が100以上で両者の関係が逆転している。また地盤変位の波長が50mのケースは地盤条件急変部や立坑接合部等を想定しているが、ひずみの伝達率の比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に達することがない。したがって、地盤条件急変部や立坑接合部等、地盤ひずみの波長が短い場合には、応答変位法はトンネル軸ひずみを過大評価する傾向があることがわかった。一方、波長が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、ひずみ伝達率の比は1を超え、この傾向は、大口径シールドの方が共同溝シールドよりも顕著である。ただし、このように波長が長くなるケースでは、地盤ひずみが比較的小さいので、トンネルにとっては危険となるような条件ではない。

### 3. 応答変位法の適用性に関する分析

#### (1) 応答変位法の適用範囲に関する検討

以上のように、シールドトンネルの構造や地盤とトンネルの剛性比、ならびに地盤変位の波長によっては、応答変位法はトンネル軸ひずみの伝達率を過大に算定することが示唆された。そこで、本章では、応答変位法の耐震設計への適用性について、さらに解析結果を分析することを試みる。そのため、比較的口径の大きなシールドトンネルの地震時軸ひずみ算定に関する応答変位法の適用性を示す指標として、(5)式で与える(2)式と(1)式の軸ひずみ伝達率の差 $r_{dif}$ を用いることとする。

$$r_{dif} = r_{bef} - r_{num} \cdots \cdots (5)$$

図-10の(a)は上水道鋼製シールド、(b)は共同溝シールド、(c)は大口径シールドの等価引張剛性の構造条件で、地盤のヤング率を200、600、ならびに3000kN/m<sup>2</sup>とした軟弱地盤、標準地盤ならびに硬

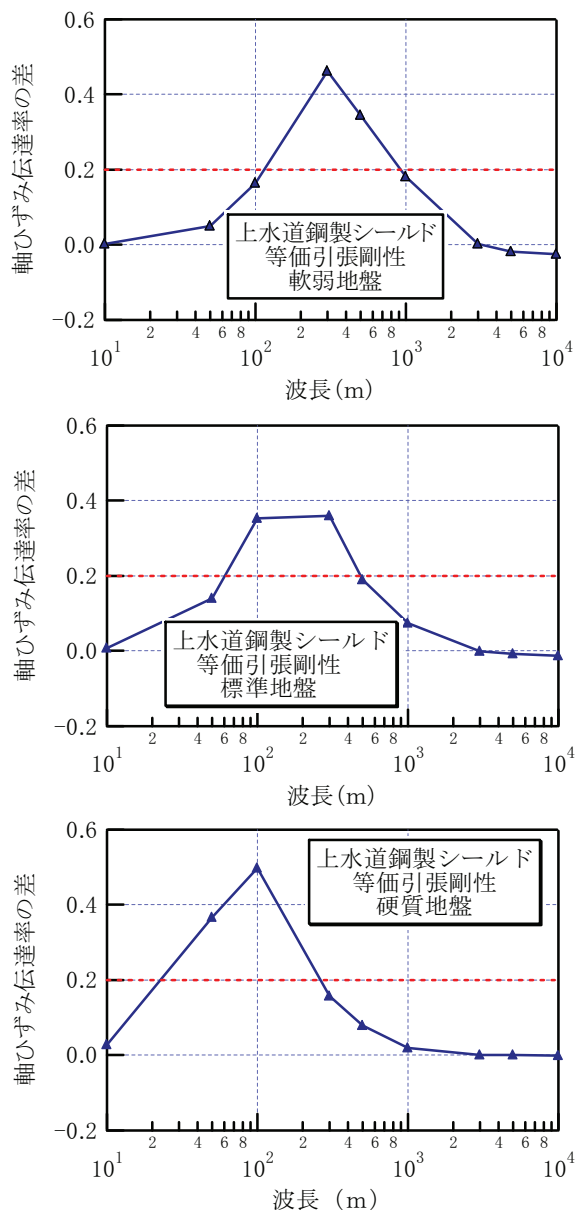


図-10(a) 軸ひずみ伝達率の差(上水道シールドトンネル(等価引張剛性))

質地盤のケースについて、軸ひずみ伝達率の差と地盤ひずみの波長との関係を整理したものである。上水道トンネル(図-10(a))では、3つのグラフに大きな相違は認められないが、地盤のヤング率が大きいくほど、グラフのピークが左側へ、すなわちピークの位置が波長の短い方向へと移動することがわかる。ピークの数値は0.5であるから、このことは応答変位法では50%軸ひずみを過大評価していることを意味している。図中には縦軸の0.2の位置で水平線を入れている。耐震設計において、設計技術者は多少の余裕を持たせて構造設計を実施するが、この余裕を2割程度と設定し、ここでは0.2を超える領域を、応答変位法が軸ひずみを過大評価する領域と定義することとする。地盤のヤング率を200~3000kN/m<sup>2</sup>まで11種類変化させ、地盤変位の波長10m~10000mまで9種類変化させて解析を行った結果、表-4に示すとおり、上水道シールドでは地

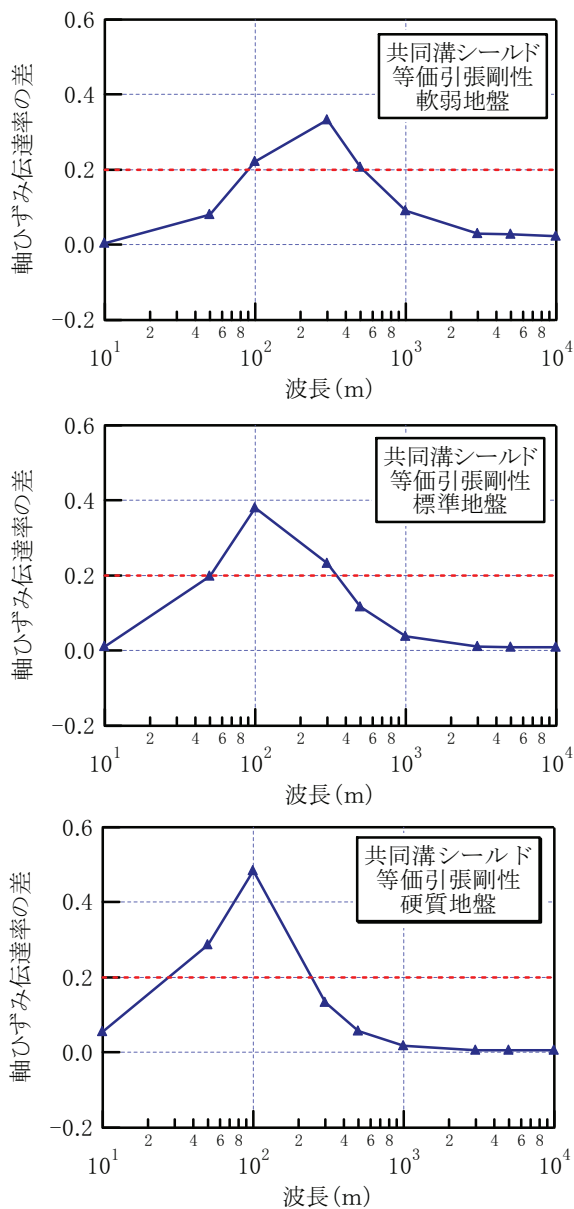


図-10(b) 軸ひずみ伝達率の差（共同溝シールドトンネル（等価引張剛性））

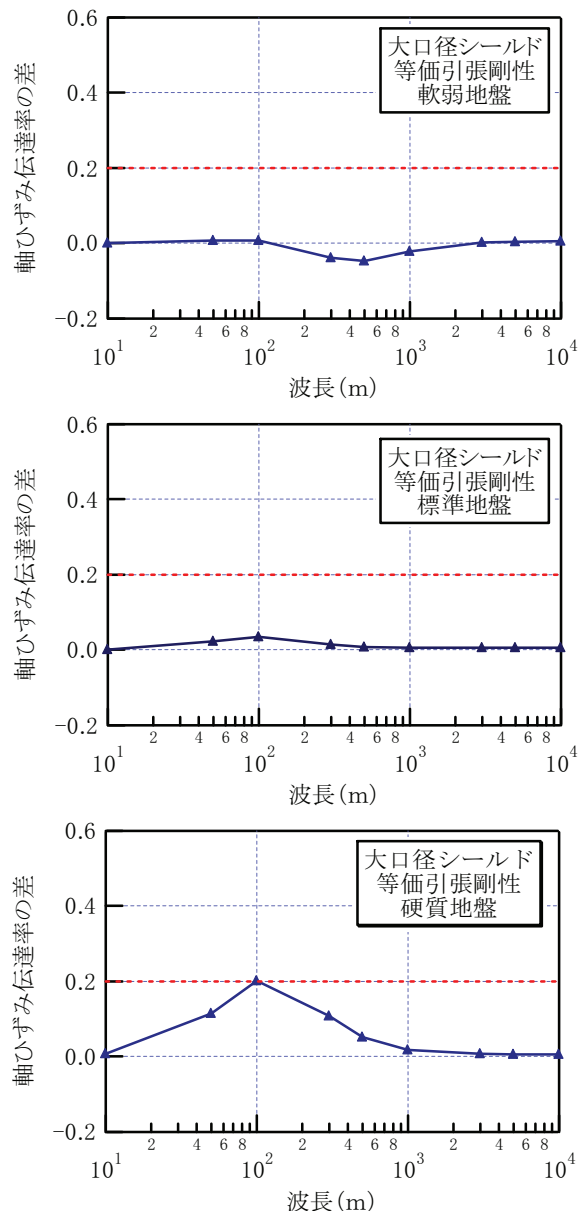


図-10(c) 軸ひずみ伝達率の差（大断面シールドトンネル（等価引張剛性））

盤のヤング率が  $200 \sim 800 \text{ kN/m}^2$  でかつ地盤変位の波長が  $50 \sim 500 \text{ m}$  の場合、ならびに地盤のヤング率が  $100 \sim 3000 \text{ kN/m}^2$  でかつ地盤変位の波長が  $50 \sim 300 \text{ m}$  の場合、応答変位法が軸ひずみを過大評価していることが分かった。

共同溝シールド（図-10(b)）でも、軸ひずみ伝達率の差のピークの現れる地盤変位の波長や軸ひずみ伝達率のピーク値の傾向は、上水道鋼製シールドとほぼ同じであった。その結果、表-3 に示すとおり、共同溝シールドでは、地盤変位の波長が  $50 \sim 300 \text{ m}$  の場合、地盤のヤング率にかかわらず、応答変位法が軸ひずみを過大評価していることが分かった。一方、大口径シールド（図-10(c)）では、地盤のヤング率  $3000 \text{ kN/m}^2$  で地盤ひずみの波長  $100 \text{ m}$  のケース以外では軸ひずみ伝達率の差が  $0.2$  を超えることはなく、明らかに他のトンネルとは異なる結果が得

表-4 応答変位法で過大評価となる条件

| トンネル | 地盤 E (kN/m <sup>2</sup> ) | 波長 (m) |
|------|---------------------------|--------|
| 上水道  | 200～800                   | 50～500 |
|      | 1000～3000                 | 50～300 |
| 共同溝  | すべて                       | 50～300 |
| 大口径  | 3000                      | 100    |

られた。

## (2) 大口径シールドへの梁ばねモデルの適用性

前節で示したように、大口径シールドでは応答変位法と EASIT によって算定される軸ひずみ伝達率の値が非常に近い結果となった。その理由を考察するため、解析に用いた地盤のヤング率  $200 \sim 3000 \text{ kN/m}^2$  の範囲における 3 種類のトンネルの等価軸剛性比を算定してみると、大口径シールドでは

0.3~4 と 1 に近い範囲にあるのに対して、上水道鋼製シールドでは 8~120、共同溝シールドでは 103~1546 であった。すなわち、大口径シールドの場合には寸法効果はあるものの、軸剛性が地盤とほぼ同じオーダーであるため、地盤と構造物の間に働く相互作用力は比較的小さいことがわかった。

大口径のシールドトンネルの耐震設計では、応答変位法ではなく、主として梁ばねモデルによる地震応答解析によって耐震性照査が行われているが、上記の結果は、梁ばねモデルを用いたトンネル縦断方向の地震応答解析<sup>8)</sup>の妥当性を示していると言える。

#### 4. まとめ

本論文では、応答変位法の適用性を具体的かつ定量的に示すことを目的として、外径の異なる比較的大型の 3 種類のシールドトンネルを対象とし、地盤からトンネルへの軸ひずみ伝達率に着目して EASIT を用いた数値解析（数値解）と応答変位法（解析解）の比較を行った。以下に、本論文で得られた結果をまとめた。

(1) トンネル外径や材質、地盤のヤング率によっては、軸ひずみ伝達率と地盤変位の波長の関係が数値解と解析解で大きく異なる場合があり、応答変位法の適用性を検討する必要があることが示された。

(2) 地盤に対してトンネルの軸剛性が大きいほど、応答変位法では過大なトンネル軸ひずみを算定する傾向があり、その傾向は地盤変位の波長が短いほど顕著であることがわかった。

(3) 応答変位法と EASIT によって算定した軸ひずみ伝達率の差が 0.2 を超える場合、応答変位法が軸ひずみを過大評価する領域と定義すると、上水道鋼製シールドと共同溝シールドでは地盤変位の波長が 50~300m の場合、ほとんどの地盤条件で応答変位法が軸ひずみを過大評価していることが分かった。一方、大口径トンネルでは、地盤に対するトンネルの軸剛性比が 1 前後であり、地盤と構造物の間の相

相互作用力が小さいため、応答変位法の適用性は高いことが示された。

**謝辞：**本論文の3章の解析については、元山梨大学工学部土木環境工学科4年生の伊藤彩都君（現飯田鉄工(株)）に手伝っていただいた。ここに謝意を表する次第です。

#### 参考文献

- 1) 日本水道協会：水道施設耐震設工法指針・解説，1997.
- 2) Tamura, C., Hinata, Y. and Suzuki, T.: Earthquake Observation and Response Analysis of A Shield Tunnel, Proc. 9th Conf. Earthq. Eng., Vol.6, pp.563-568, 1988.
- 3) 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.
- 4) 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.
- 5) 鈴木猛康，勝川藤太，鈴木和重：地下構造物へのひずみの伝達率に与える構造物の寸法ならびに剛性の影響（その 1：構造物の外径ならびに材質の影響），第59回土木学会年次学術講演会講演概要集CD-ROM, pp.125-126, 2004.
- 6) 鈴木猛康，勝川藤太，鈴木和重：地下構造物へのひずみの伝達率に与える構造物の寸法ならびに剛性の影響（その 2：構造物の剛性の影響），第59回土木学会年次学術講演会講演概要集CD-ROM, pp.127-128, 2004.
- 7) 鈴木猛康，勝川藤太，鈴木和重：地下構造物へのひずみの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），第59回土木学会年次学術講演会講演概要集CD-ROM, pp.129-130, 2004.
- 8) Tamura, C. and Okamoto, S. and Hamada, M.: Dynamic Behavior of a Submerged Tunnel during Earthquakes, 東京大学生産技術研究所報告, Vol.24, No.5, 1975.

(原稿受理 2009年6月28日)

## COMPARISON BETWEEN FINITE ELEMENT ANALYSIS AND SEISMIC DISPLACEMENT METHOD ON A TRANSMISSION COEFFICIENT OF SEISMIC AXIAL STRAIN OF SHIELD-DRIVEN TUNNELS

Takeyasu SUZUKI

In order to examine the applicability of seismic displacement method to seismic axial response of shield-driven tunnels, the comparison between seismic displacement method and finite element analysis is carried out in this paper, for a water supply tunnel, a common conduit and a large-diameter road tunnel, respectively. The two different methods are compared by using a transmission coefficient of axial strain from ground to tunnel as an indicator. Then, a quantitative evaluation on the applicability of seismic displacement method to a seismic design of shield-driven tunnels with relatively large diameter is investigated based on analytical approach.