

断層変位を受ける地中線状構造物の解析手法の簡易化に関する検討

大成建設株式会社 正会員 ○坂下 克之 畑 明仁

1. はじめに

筆者らは断層変位を受ける地中線状構造物に対し、3次元解析を用いたパラメータスタディにより、断層角度や地盤の剛性といった諸元が構造物の挙動に与える影響を検討してきた¹⁾。本論文では、「構造物断面が円形である」「ある程度深い土被りを有する」「断層面が構造物長手方向に直交する」という条件の元で、計算負荷の軽減のため地盤をばね要素で置き換えた簡易評価手法の適用性の検討を行った。地中線状構造物の応答変位法は通常、横断方向と構造物を1本の梁要素でモデル化した縦断方向とが別々の評価となるが、ここでは構造物を3次元シェル要素でモデル化して、横断方向・縦断方向を同時に評価できる手法を検討した。

2. 検討条件

検討対象として、直径10mの中空円形断面を有するRC地中構造物、およびそれに直交するずれ量0.1mの断層面を想定する。本検討では構造物、地盤とも線形材料として扱う。図-1に構造物をシェル要素で、地盤をソリッド要素でモデル化した詳細手法の解析モデルを示す。断層面および地盤と構造物間にはジョイント要素を配置する。荷重は地盤の外周節点に断層ずれ量分の強制変位を静的に与える。図-2に地盤を3方向のばね要素でモデル化して構造物の各節点位置に取り付けた簡易手法の解析モデルを示す。地盤ばね取り付け節点と構造物構成節点は2重節点とし、その間に詳細手法と同様にジョイント要素を配置する。荷重は各地盤ばね端より詳細手法と同じ強制変位を与える。なお本論文では自重による常時の変形や応力等は考慮しない。

簡易手法の地盤ばね定数は、図-3に示すように地盤および構造物をモデル化した軸対称線形解析に基づく

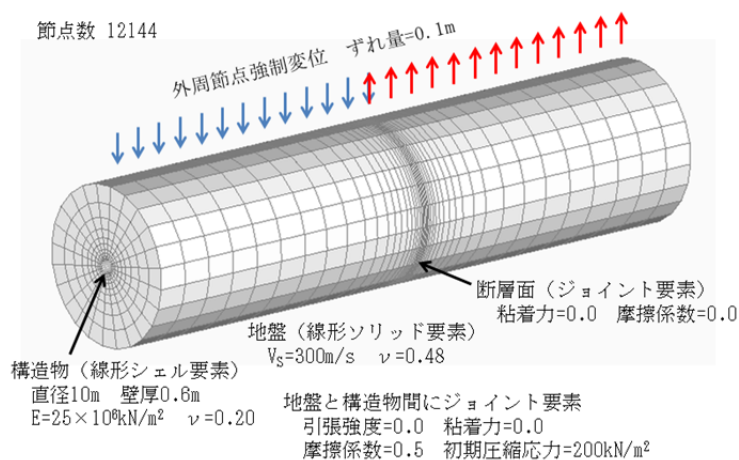


図-1 解析モデル（詳細手法）

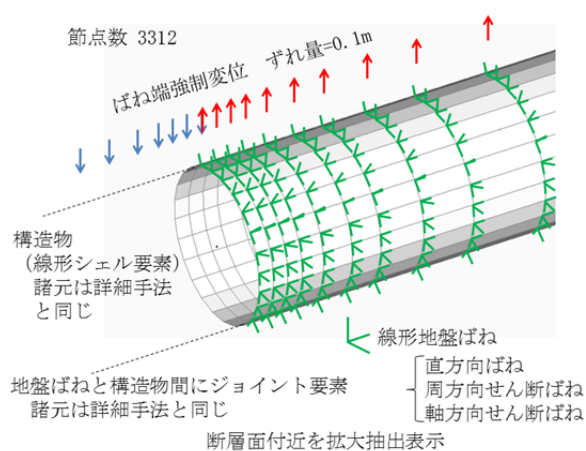


図-2 解析モデル（簡易手法）

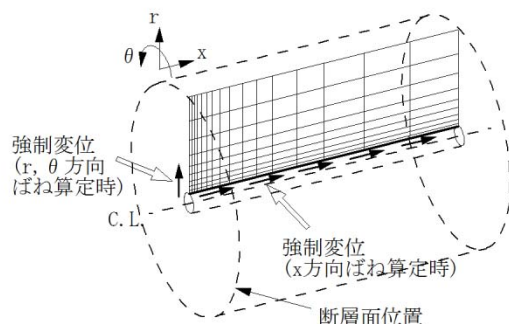


図-3 地盤ばね定数算定（軸対称解析）

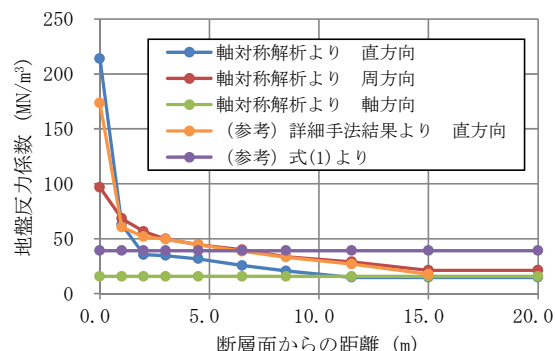


図-4 地盤反力係数

キーワード 断層変位, 地中構造物, トンネル, 管路, 3次元解析, 応答変位法

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設株式会社 技術センター TEL 045-814-7230

地盤反力係数より算定する．直(r)方向ばねと周(θ)方向せん断ばねについては，外周節点を固定して構造物断層面位置節点に軸直角方向の強制変位を与えた1次(並進)モードの軸対称解析を行い，構造物と地盤間の相互作用力と構造物のたわみ量をもとに算定する．軸方向せん断ばねについては，外周節点を固定・全節点を半径(r)方向に固定して構造物壁面位置節点に軸(x)方向に一樣強制変位を与えた0次(通常)モードの軸対称解析を行い，同様に算定する．軸対称解析結果に基づく地盤反力係数分布を図-4に示す．均一地盤であるにもかかわらず，直方向と周方向については，地盤反力係数が断層面付近で局所的に大きく評価されることがわかる．図中に参考として示した詳細手法解析結果より構造物のたわみ量と地盤反力をもとに算定される直方向地盤反力係数も断層面付近で局所的に大きくなっており，軸対称解析による地盤反力係数の評価はこの現象を再現できていると言える．また図中に参考として示す，下式(1)²⁾により計算される地盤反力係数を，直方向・周方向・軸方向に共通な値として適用した簡易手法による解析も，参考ケースとして設定した．

$$k_H = k_{H0} \left(\frac{B_H}{0.3} \right)^{-\frac{3}{4}} \quad (1) \quad \text{ここで} \quad k_{H0} = \frac{E_0}{0.3} \quad (2) \quad B_H = \sqrt{\frac{D}{\beta}} \quad (3) \quad \beta = \sqrt[4]{\frac{k_H D}{4EI}} \quad (4)$$

E_0 : 地盤の弾性係数 D : 構造物径 E : 構造物の弾性係数 I : 構造物の断面二次モーメント

3. 検討結果

変形図および構造物の長手方向軸力のコンター図を図-5に示す．詳細手法では，構造物とその直上・直下に位置する地盤要素のみ抽出している．また図-5における構造物上縁のラインに沿った長手方向軸力を応力換算した分布を図-6上図に示す．変形・軸力分布とも，各手法で大きな差異は見られない．構造物上縁のラインに沿った長手方向せん断応力の分布を図-6下図に示す．詳細手法と簡易手法は概ね良好に一致している．一方，参考ケースである式(1)による地盤ばねを用いた簡易手法については，値が過小に評価され分布形状も異なっている．これは図-4で示したように，断層面付近で見かけ上の地盤反力係数が局所的に大きく評価されることを反映していないためと考えられる．計算時間は，詳細手法の解析が約60分，簡易手法の解析が約2分，簡易手法における軸対称解析が約1秒であり，簡易手法は計算負荷を軽減した上で詳細手法と同等の結果を得られる有効な手法であることが確認された．

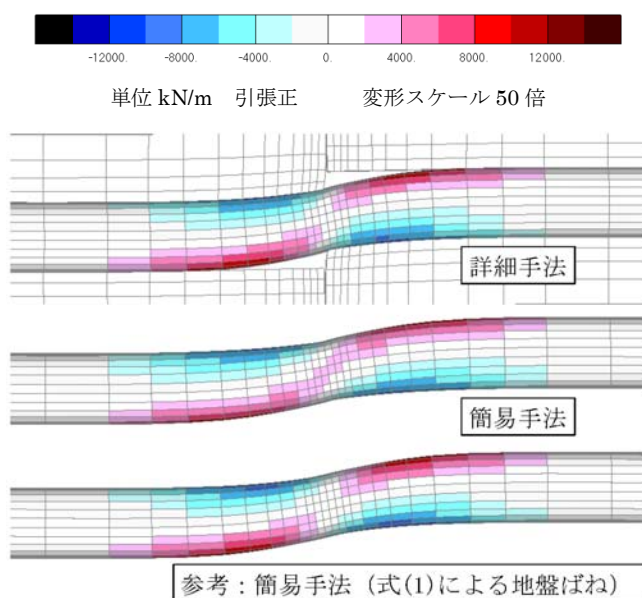


図-5 変形図および構造物長手方向軸力分布

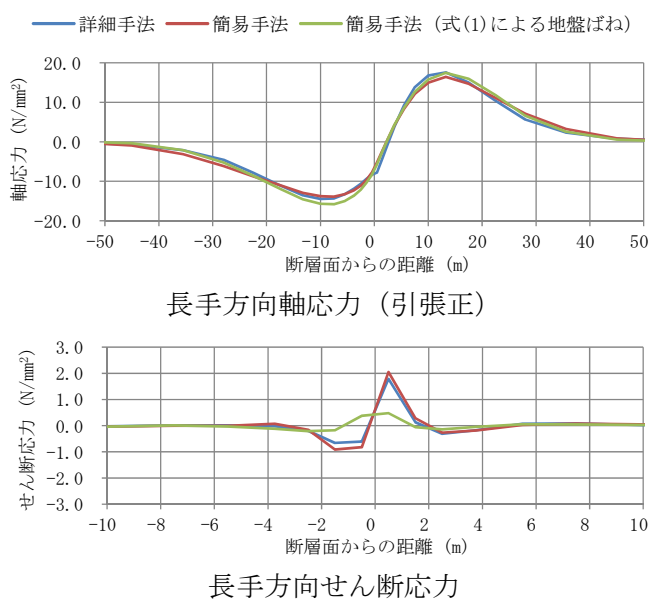


図-6 構造物上縁の応力分布

参考文献

- 1) 坂下, 畑:断層変位を受ける地中構造物の応答に関する基礎的検討, 第35回地震工学研究発表会, B23-802, 2015.
- 2) 日本道路協会:道路橋示方書・同解説 IV下部構造編, 2012.