

断層変位を受ける地中線状構造物の変形性状に関する解析的検討

大成建設 技術センター 都市基盤技術研究部 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条件が構造物の挙動に与える影響を検討してきた¹⁾。これまでの検討では構造物は線形の条件で解析を行ってきたが、本論文では構造物に非線形性を考慮した解析を行い、非線形性の考慮の有無や断層変位量の違いが、構造物の変形性状にどのように影響するかについて検討した。

2. 検討条件

検討対象は、直径 10m・壁厚 0.6m・長手方向および周方向に D19@150 の配筋を有する中空円形断面 RC 地中構造物と、それに直交する断層面を想定する。図-1 に解析モデルを、表-1 に主要な解析諸元を示す。

構造物は積層 Mindlin シェル要素にて非線形性を考慮する。積層 Mindlin シェル要素はファイバー要素の概念を Mindlin シェル要素に拡張して伸縮および曲げに対する非線形挙動を評価するもので、要素を厚さ方向に層分割し、各層でコンクリートは面内の主応力 2 方向で、鉄筋は配筋方向でそれぞれ非線形構成則に適合するように応力-ひずみ履歴を追跡するものである。本検討ではコンクリートは 6 層に分割している。地盤は、軸差ひずみに基づく非線形性が考慮できる R-O 型 Shawky モデルを適用する。なお構造物の非線形性の考慮の有無が変形性状に与える影響も調べるため、構造物が線形のケース（地盤は非線形）も実施する。

荷重は、初期状態として地盤から構造物に 200kN/m^2 （10m 程度の土被り相当を想定）の直応力が作用するように地盤外周節点に荷重を与えた後、断層変位として構造物線形のケースは 0.1m まで、構造物非線形のケースは 0.3m までを地盤外周節点に強制変位として静的に漸増させる。

3. 検討結果

変形および構造物の長手方向軸力・周方向軸力分布図を図-2 に示す。構造物非線形のケースでは断層変位 0.1m と 0.3m のステップを示すが、変形に関しては断層変位の増大による構造物変形の集中度合いの変化を見るため、比較しやすいように断層変位量が図上で同じになるように変形スケールを変えている。

構造物長手方向軸力については、構造物線形のケースでは、構造物が S 字状に変形することにより圧縮領域と引張領域が交差状に現れる弾性梁特有の形となる。構造物非線形のケースでは、引張は鉄筋でしか負担されず最大でも 1318kN/m （降伏強度×壁単位幅当たり断面積）と小さな値となり、これに伴い圧縮領域の分布形状も線形の場合と若干異なってくる。構造物周方向軸力については、構造物非線形で断層変位が 0.3m になると、断層面近傍の側面位置に局所的に大きな圧縮軸力が発生している。変形について見ると次の 2 つの知見が得られる。「知見 1：構造物が非線形の場合は線形の場合と比べて、構造物全体の S 字状の変形が断層面付近

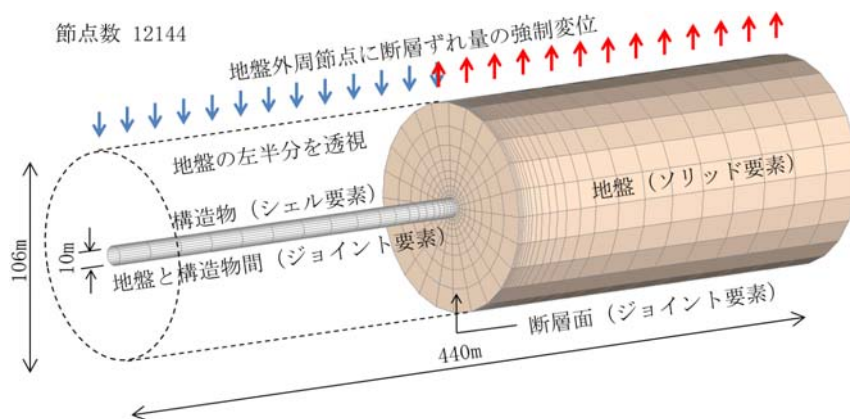


図-1 解析モデル

表-1 主な解析諸元

構造物 寸法	直径	10.0 m
	壁厚	0.6 m
コンクリート	圧縮強度	24 N/mm ²
	引張強度	0 N/mm ²
鉄筋	降伏強度	345 N/mm ²
	長手方向	D19@150
	周方向	D19@150
	かぶり	10cm
地盤	初期剛性	Vs300m/s相当
	ポアソン比	0.48
地盤-構造物間摩擦係数		0.5
断層面摩擦係数		0.0

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, 非線形解析

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設 技術センター 都市基盤技術研究部 TEL 045-814-7232

に集中するようになる。」「知見 2：構造物非線形で断層変位が 0.1m から 0.3m になると，S 字状変形の集中度はそれほど大きく変わらないが，断層面近傍の側面位置に局所的に大きな面内変形が発生するようになる。」

構造物非線形の解析における構造物代表点のコンクリートおよび鉄筋の応力-ひずみ関係を図-3 に示す。コンクリートは引張に対しては抵抗しないため，コンクリートの図では最小（圧縮側）主方向のみ示す。コンクリート・鉄筋の両図より，以下のことが言える。①および④は，構造物が S 字状に変形することによる圧縮領域および引張領域の代表点であり，それぞれ全断面圧縮・全断面引張になっている。③は断層変位 0.3m 時に壁としての曲げが顕著な点であり，構造物の内側圧縮・外側引張になっている。②は断層変位 0.3m 時の面内変形が顕著な点であり，全断面で大きな圧縮ひずみが生じている。なお今回用いている積層 Mindlin シェル要素では，コンクリートのせん断に対する構成則は定義されず，面内せん断挙動は，主応力 2 方向の非線形挙動により確定される応力・ひずみそれぞれのテンソル場から座標変換で自動的に決まる。

これらの結果から，「知見 1」の S 字状変形の集中は主としてコンクリートのひび割れに起因し，「知見 2」の面内変形の発生は主としてコンクリートの圧縮破壊に起因するものと推測できる。

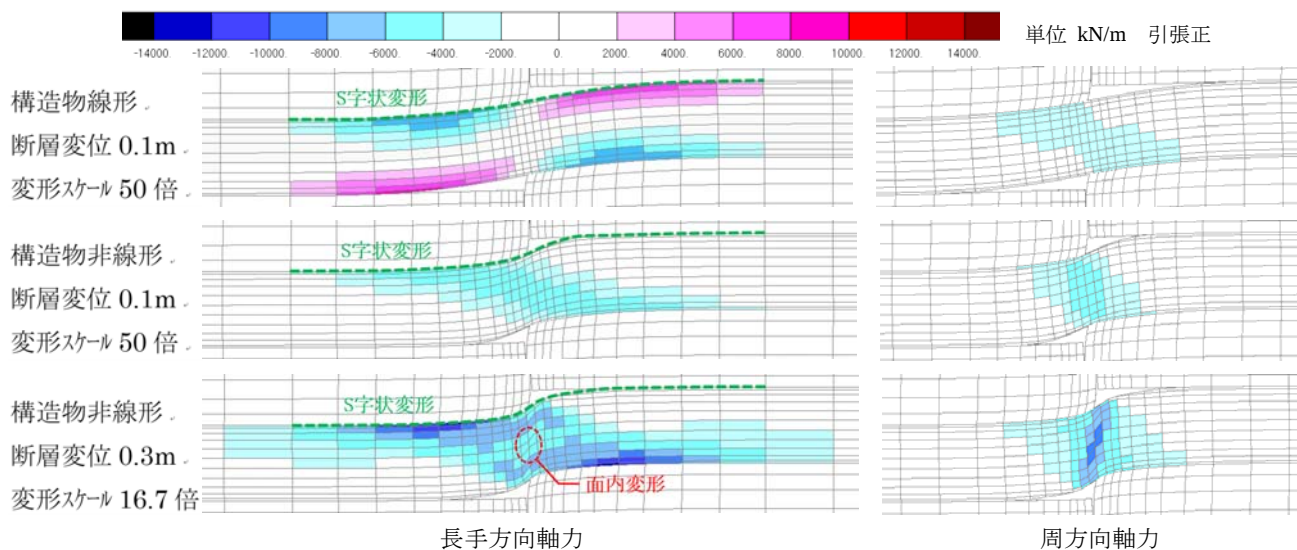


図-2 変形および構造物軸力分布

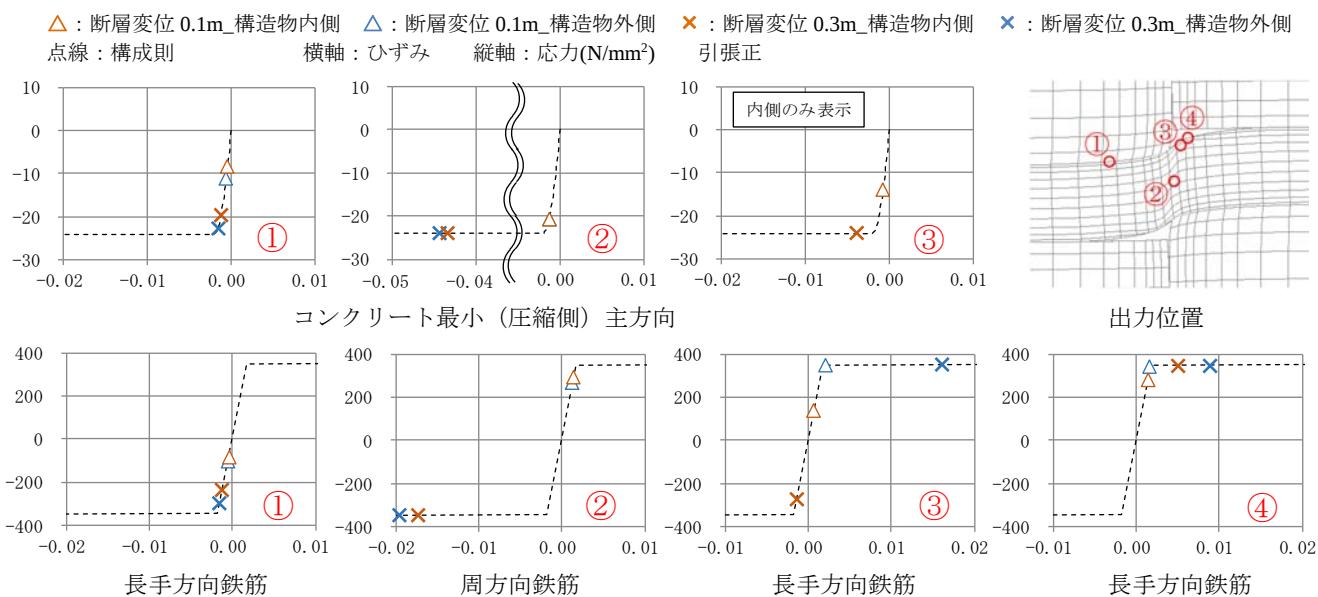


図-3 構造物非線形の解析における応力-ひずみ関係

参考文献

- 1) 坂下克之，畑明仁：断層変位を受ける地中線状構造物の挙動に関する基礎的検討，土木学会論文集 A1，Vol.72，No.4，I_297-I_309，2016.