

既設マンホールの側壁に設けたシールド接続用の開口が構造物の力学性能に与える影響に関する解析的検討

東電設計 正会員 ○高橋 秀明, 小林 正幸, 市川 卓也, 山谷 敦
東京電力ホールディングス 正会員 重岡 匠, 斉藤 仁, 田邊 成

1. はじめに

新設シールド洞道を既設のマンホール構造物に到達させ、シールドとマンホールの接続のために径 3.8m の開口を側壁に新設する計画を検討している。シールドを接続するマンホール構造物は中床板を有する複雑な形状をしており、側壁には矩形の開口部も存在する。構造物の内部は配管やケーブルラックが多数配置され、空間的な制約も多い状況にある。従来は、開口された側壁を単純な梁部材に置き換えて設計荷重に対して照査し、応答値が既設側壁の断面耐力を超える場合には、補強部材を構造物の内部に配置した。本検討では、マンホール構造物の側壁が単純化した設計モデルと異なり 3 次元的に応答する点に着目し、補強部材寸法の合理化の可能性を解析的に検討した。

2. 解析の概要

解析は、図 2 に示す新設シールドを到達させて開口する厚さ 800 mm の側壁全体を対象とし、奥行き方向は 5,300 mm までをモデル化した。側壁は非線形要素を用い、建設当時の設計図書からコンクリートの設計強度 $f'_{ck} = 24\text{N/mm}^2$ と主鉄筋 (SD295) の配置を読み取った。奥行き方向の側壁と床版は弾性要素とし、複雑な支点構造を表現した。設計作用荷重は、側壁に作用する常時の土圧および水圧である。解析には 3 次元の非線形有限要素解析のソフトウェア COM3D を使用した。

側壁の条件は、開口する前の現行の状態と開口後の補強なし状態および開口に対する補強対策を実施した状態の 3 つのパターンを設定し、それぞれの状態を解析して側壁の応答を比較した。

3. 解析の結果と評価

常時の設計作用土圧を 1.0P として、作用土圧の大きさと開口部周辺の着目点の土圧作用方向の変位の関係を 3 ケース比較して図 3 に示す。図より、シールド洞道の到達による開口が側壁の応答を増大させるような影響はほとんど現れていない。一方、開口部の周囲を梁部材で補強すると、1.0P における応答変位は、1/2 程度に半減するやや過剰な補強の効果が現れた。

側壁の変形状態を 2 か所で切断して鉛直 Z 方向ひず

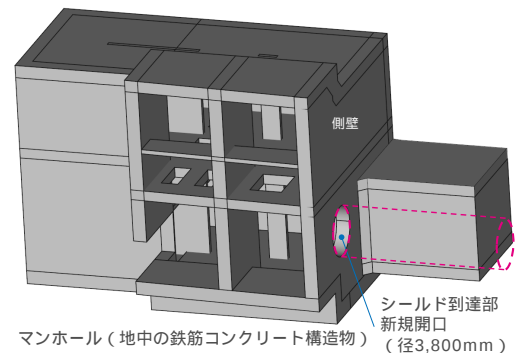


図 1 マンホールの構造形状と新設シールド到達部開口位置

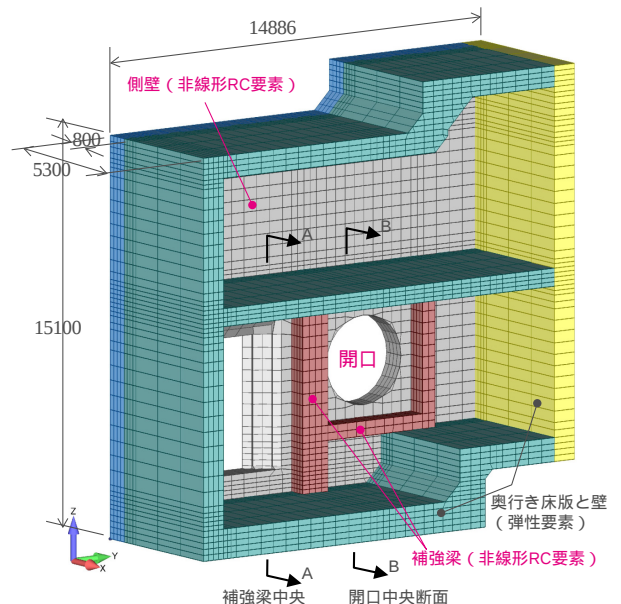


図 2 3次元有限要素メッシュ

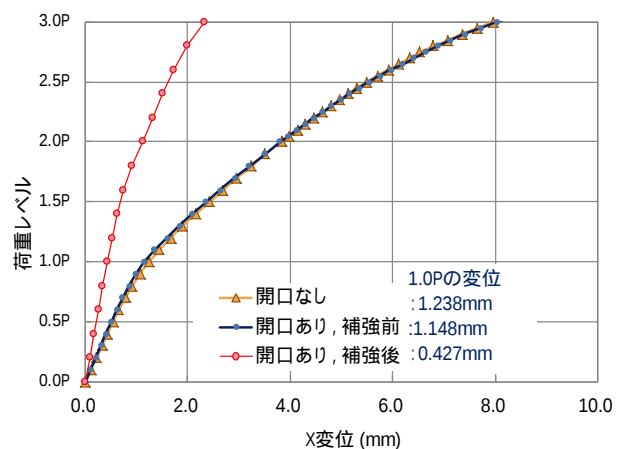
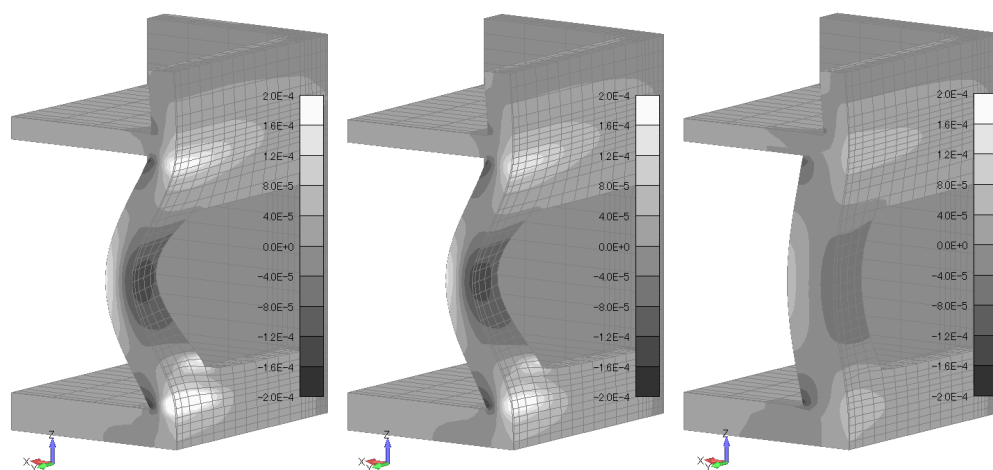


図 3 設計作用土圧と側壁開口部の X 方向変位の関係

キーワード シールド洞道, 3次元解析, 力学性能, COM3D

連絡先 〒135-0062 東京都江東区東雲 1-7-12 KDX 豊洲グランスクエア 9F 東電設計(株)電気本部 送変電土木部 TEL 03-6372-5470

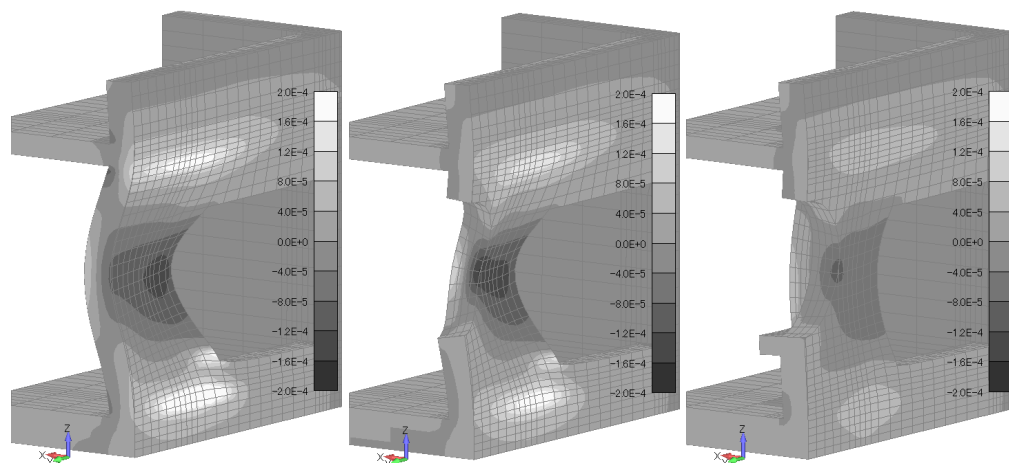


(a) 開口なし

(b) 開口あり，補強なし

(c) 開口あり，補強あり

図 4 補強梁中央断面 (A-A 断面) の変形 (1000 倍) と Z 方向の成分ひずみのコンタ (1.0P 荷重時)



(a) 開口なし

(b) 開口あり，補強なし

(c) 開口あり，補強あり

図 5 開口部中央断面 (B-B 断面) の変形 (1000 倍) と Z 方向の成分ひずみのコンタ (1.0P 荷重時)

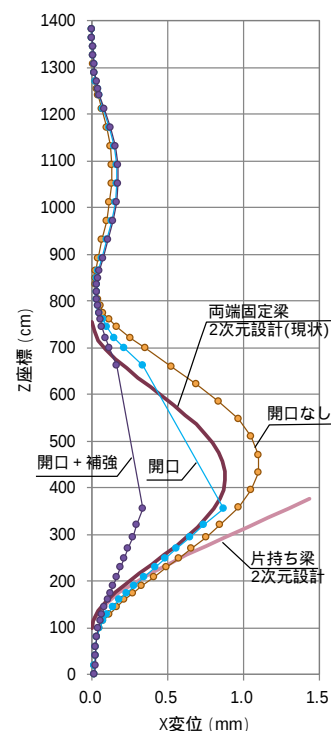
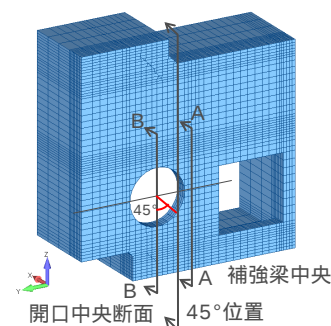


図 6 開口部中心から 45 度位置の水平変位に関する 3次元有限要素法と設計計算の比較 (1.0P 荷重時)



みコンタとともに各ケースを比較して、図 4 と図 5 に示す。図は開口を設ける下層の側壁に着目して表示した。開口部周辺の側壁は、土圧の作用により中床版と底面床版で両端部を支持された梁に近い変形挙動を示している。1.0P 時の Z 方向ひずみはどのケースも小さく、側壁の外側は床版の位置で引張ひずみが卓越し、中央部で圧縮ひずみが発生している。補強対策をしない場合、外側の下部で発生した最大主ひずみは 200μ 程度であった。補強梁を配置したケースは、他の 2 ケースよりもひずみレベルがさらに小さく、部材断面内のひずみ分布も変化が緩やかで、明らかに断面剛性を補強した効果が現れており、図 3 に示した荷重—変位関係と調和的である。

開口の有無に着目すると、断面 A-A にはあまり有意な差は見られないが、断面 B-B では開口によるひずみの局所化とねじれ変形が生じている様子を確認できる。側壁の開口に伴って作用する土圧の軽減と部材断面剛性の現象が相殺されたものと考えられる。単純化した 2 次元の計算モデルと比較した結果を図 6 に示す。側壁の現状を両端固定の梁で計算すると既存の開口の影響を考慮できず変位は小さめに、開口の新設後を片持ち梁で計算すると、開口部周囲の側壁の連続性を期待できず、変位を大き目に計算する傾向が確認できた。

4. おわりに

本解析的検討によって得られた知見を以下に述べる。

形状が複雑かつ開口などを有する面部材の力学的な性能を評価するためには、3 次元の非線形有限要素解析が有効な手段と成り得る。具体的には、単純化された 2 次元の計算理論では見出せない点を考慮でき、補強対策設計のコストダウンを実現できる。今後は、側壁の開口が本構造物の耐震性能に与える影響を検討する予定である。