



既設躯体に開口を設ける場合の構造解析による安全性評価

ー 共同溝参画企業体および自治体との合意形成に向けたプレゼン提案 ー ナレッジフュージョン株式会社

背景・目的

近年、レジリエンスの強化や再生可能エネルギーの活用といった社会情勢に加え、2020年代後半に普及が見込まれるポスト5Gにより展開される自動運転や遠隔医療等を実現するために、我が国においてデータセンターの新規整備事業が進められている。この事業においては新たに光ファイバー網を敷設するために既設の共同溝を活用することがあるが、その際、既設躯体の側壁の一部に開口を設ける場合などは、電力会社やNTTなどの共同溝参画企業体および自治体との合意形成を図る必要がある。

本作品は、ある共同溝の既設躯体に開口を設ける際の合意形成に向けたプレゼン提案として、構造解析による安全性評価を行ったものである。

解析手法の提案

解析手法	2次元フレーム解析	3次元FEM解析	3次元FEM解析	3次元FEM解析	3次元FEM解析
線形・非線形	線形	線形	線形	非線形	非線形
使用要素	梁要素	シェル要素	ソリッド要素	シェル要素	ソリッド要素
解析モデルのイメージ					
特徴	モデル化が簡便で計算速度も速いため、従来より用いられてきた。しかし、開口を有する部材の剛性を低下させるとともに開口の上端と下端にピンやバネを設けるなど、開口部分の影響を解析モデルで工夫しなければならぬ。本工事は開口を3つ設けることからモデル化が困難である。	任意の形状をモデル化できるため、本工事の開口も表現できる。3次元FEM解析の中では最も簡便な解析手法である。今回は常時の検討であるため、線形でもよいと考えられる。	任意の形状をモデル化できるため、本工事の開口も表現できる。部材の非線形性も考慮できるため、開口周りのひずみの変化等も確認できる。	任意の形状をモデル化できるため、本工事の開口も表現できる。部材の非線形性も考慮できるため、開口周りのひずみの変化等も確認できる。	任意の形状をモデル化できるため、本工事の開口も表現できる。部材の非線形性も考慮できるため、開口周りのひずみの変化等も確認できる。
採用	○			○	○

(採用した解析手法)

① 2次元フレーム解析(線形・梁要素)

理由

従来より用いられている古典的な手法であり、照査方法も許容応力度法であるため、結果を理解しやすい。
しかし、この解析は簡易的なものであり、実挙動を捉えているとは言い難い。また、本工事はではφ174mmの開口を3箇所設けるが、この解析ではその位置や形状を反映できない。3次元FEMによる、より精度の良い解析でも照査を行って欲しい。

② 3次元FEM解析(非線形・シェル要素)

理由

本工事の開口の位置や形状を反映でき、開口周りのひずみの変化等も確認できる。

③ 3次元FEM解析(非線形・ソリッド要素)

理由

研り時に鉄筋がむき出しになった状態(開口周りが最も弱くなった状態)も再現できる。また、開口なしモデルから開口ありモデルへの応力の引き継ぎが行える。

解析条件

- 使用材料
 - コンクリート：設計基準強度 21N/mm²
 - 鉄筋：SD295
- 単位重量
 - 鉄筋コンクリートの単位重量：24.5kN/m³
 - 土の単位重量：砂質土 19.0kN/m³
 - 土の単位重量(水中)：10.0kN/m³
 - 水の単位重量：9.8kN/m³
- 地盤条件(共同溝付近のボーリング柱状図より設定)
 - 設計GL：OP+92.08(孔口標高：OP+92.08)
 - 地下水位：OP+89.58(孔内水位：2.50m(OP+89.58))
- 地盤バネ

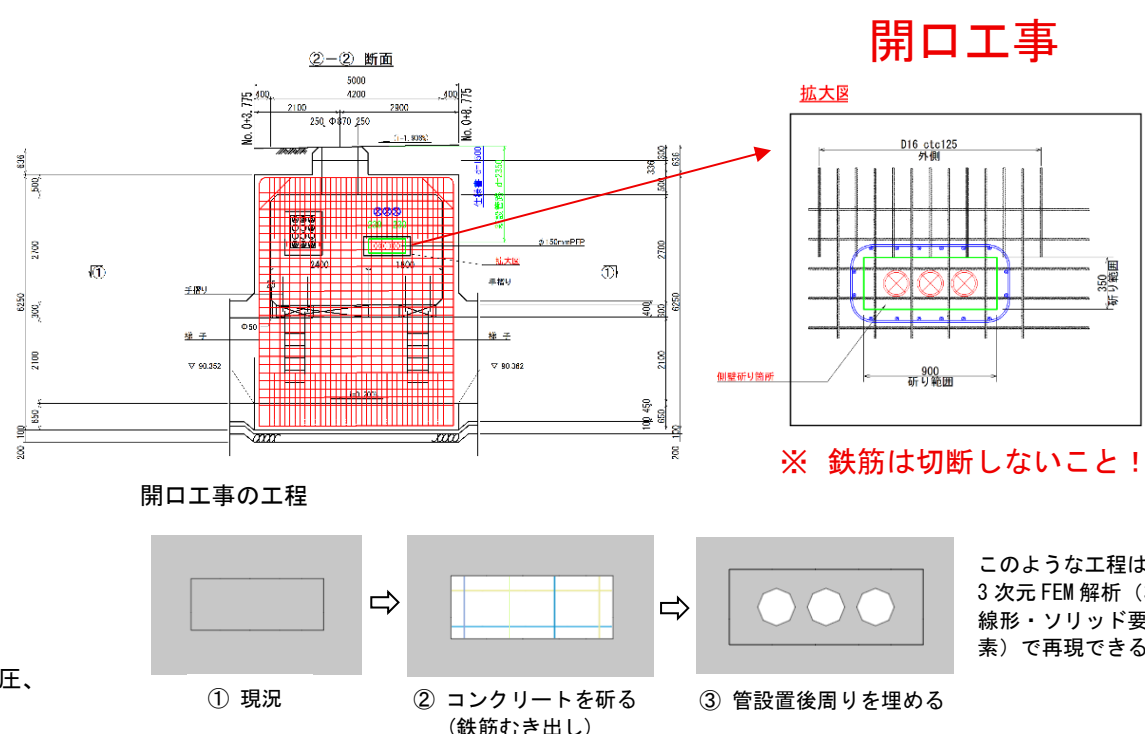
$$k_{F0} = (1/0.3) \times 4 \times 140000 = 1866667 \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

$$A_V = 28.3 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$B_V = 28.3^{0.5} = 5.32 \text{ (m)}$$

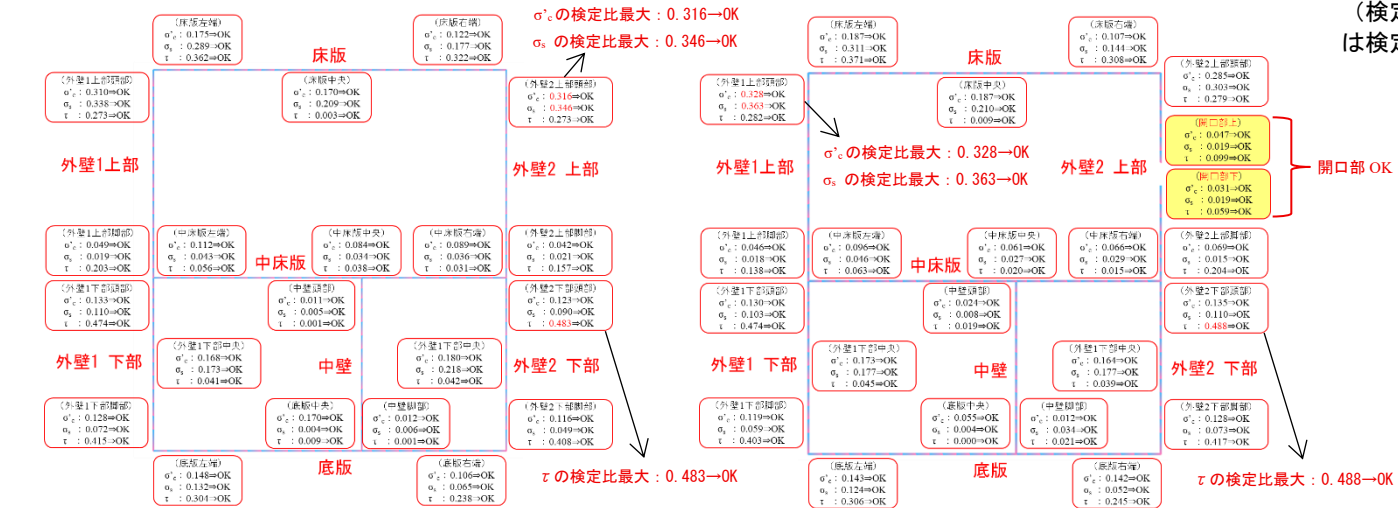
$$k_V = 1866667 \times (5.32 / 0.3)^{-3/4} = 216010 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$k_{VS} = 0.3 \times 216010 = 64803 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$
- 荷重
 - 荷重は常時の荷重とし、1) 死荷重、2) 積載荷重、3) 鉛直土圧、4) 水平土圧(静止土圧)および5) 浮力を組み合わせる。



検討結果

① 2次元フレーム解析(線形・梁要素)⇒許容応力度による照査



※ 数値は、発生応力度の許容応力度に対する比(検定比)を表す(1以下でOK)。また、赤字は検定比の最大値を示す。

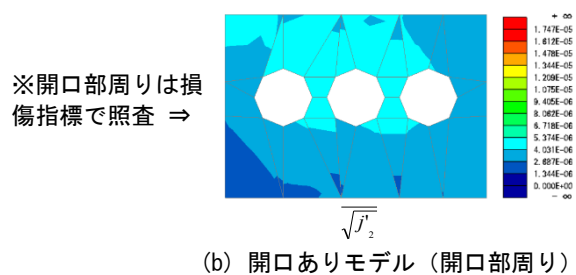
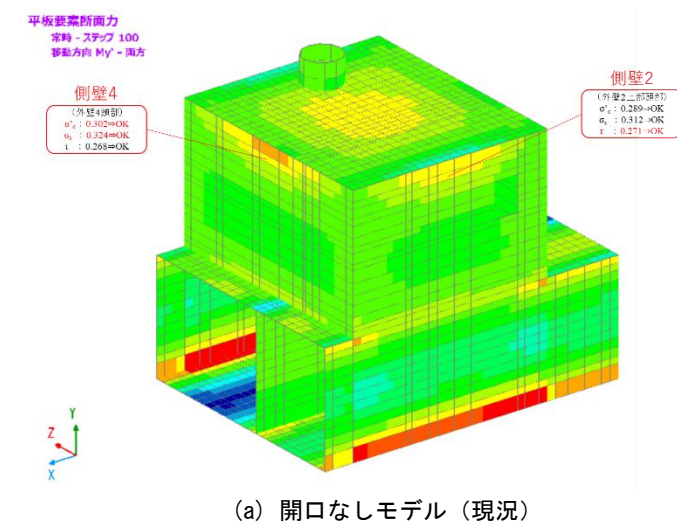
・開口なしモデルでは、全体的に発生応力度は許容応力度を下回っており、現況の常時において安全である。
・開口ありモデルでは、発生応力度は開口なしモデルと比べ変動はあるが、許容応力度を下回っており、開口設置後の常時においても安全である。
・開口部の発生応力度も許容応力度を大きく下回っており、開口設置による躯体への影響は少ないと考えられる。

(a) 開口なしモデル(現況)

(b) 開口ありモデル(開口設置後)

② 3次元FEM解析(非線形・シェル要素)⇒許容応力度による照査

③ 3次元FEM解析(非線形・ソリッド要素)⇒損傷指標による照査

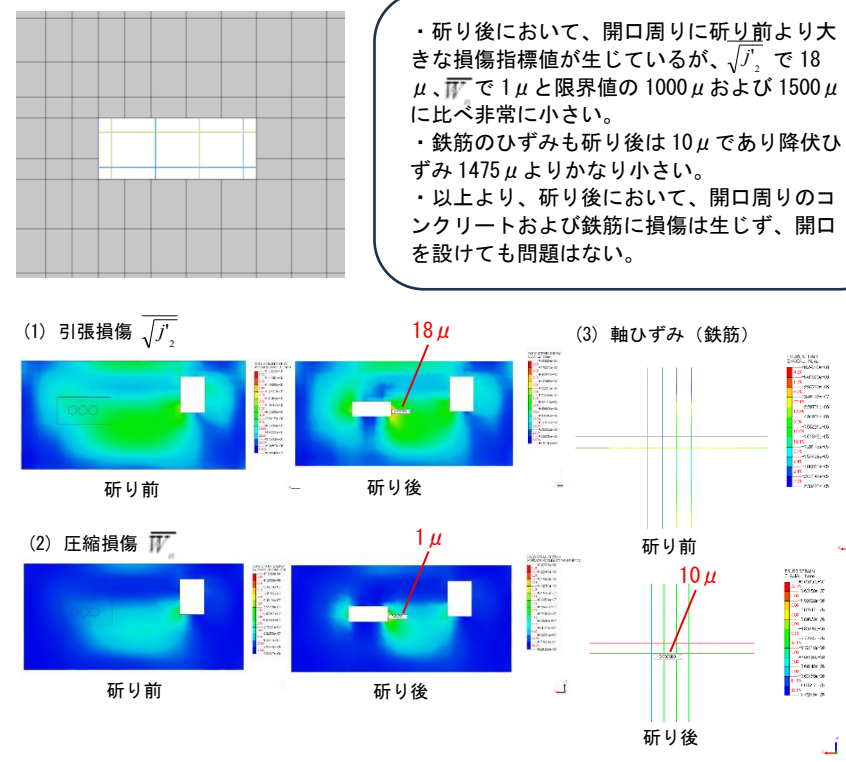


※開口部周りは損傷指標で照査⇒

・2次元フレーム解析と比べると、検定比が小さい。これは、3次元モデルにすることにより横方向にも応力が流れたためと考えられる。
・曲げ応力度(σ_c、σ_s)の検定比の最大は2次元フレーム解析ではモデル化していない外壁4であった。構造物全体の形状をモデル化することによる照査をするうえで重要である。

・損傷指標√I₃は限界値1000μを大きく下回っており、コンクリートを研ることによる躯体への影響は少ないと考えられる。

下図のように、研り時に鉄筋がむき出しになった状態を照査する。 ※他社ソフトを使用



・研り後において、開口周りに研り前より大きな損傷指標値が生じているが、√I₃で18μ、√I₃で1μと限界値の1000μおよび1500μに比べ非常に小さい。
・鉄筋のひずみも研り後は10μであり降伏ひずみ1475μよりかなり小さい。
・以上より、研り後において、開口周りのコンクリートおよび鉄筋に損傷は生じず、開口を設けても問題はない。

まとめ

- 2次元フレーム解析(線形・梁要素)による許容応力度の照査により、現況の常時において安全であり、開口設置による躯体への影響も少ないことが確認できた。しかし、この解析は簡易的なものであり、実挙動を捉えているとは言い難い。
- 3次元FEM解析(非線形・シェル要素)により、構造物の3次元的な挙動を捉えることができ、部材全体について照査することができた。また、開口部周りも実際の形状で照査することができ、損傷指標が限界値を大きく下回っていることから、コンクリートを研ることによる躯体への影響は少ないと考えられる。
- 3次元FEM解析(非線形・ソリッド要素)により、研り時に鉄筋がむき出しになった状態を照査することができた。その状態で、開口部周りのコンクリート損傷指標は限界値を大きく下回っており、鉄筋のひずみも降伏ひずみよりかなり小さかった。したがって、研り後において、開口周りのコンクリートおよび鉄筋に損傷は生じず、研り工事を行って開口を設けても問題ないと判断する。
- 「3次元FEM解析により現況に近い状態で照査できたが、損傷指標は馴染みがなく、従来の2次元モデルの解析も行うことで、慣れ親しんでいる許容応力度のオーダーも確認できたので、安全性が理解できた。」と自治体の方に言っていただき、最終的に合意を形成することができた。