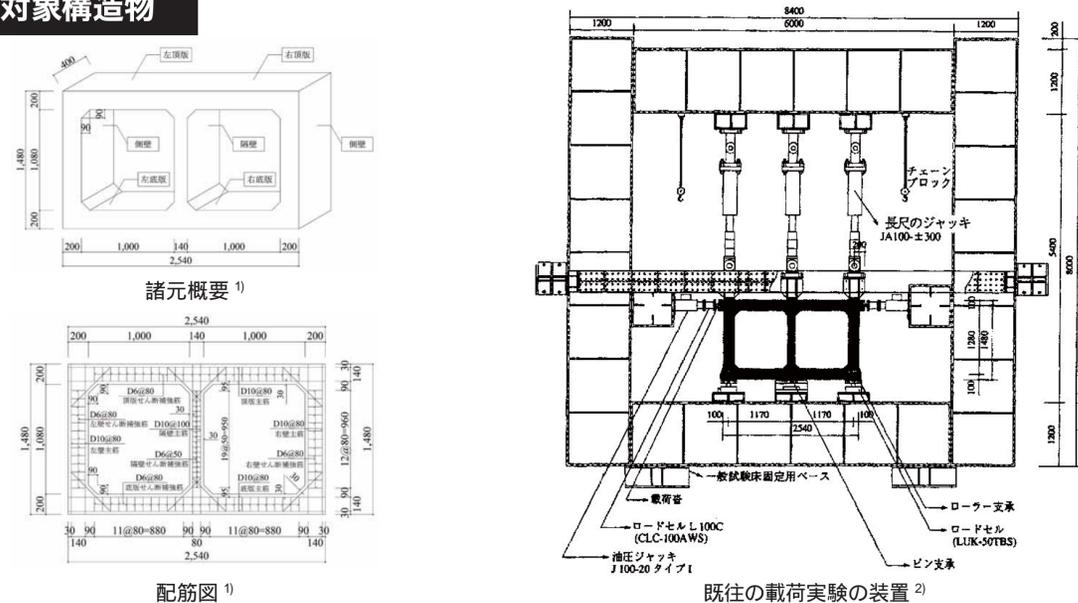


# 下水道施設に非線形有限要素解析を適用する場合の実験結果および解析結果に基づく限界値の設定 - RC製ボックスカルバートを対象として -

## 概要

本作品は、構造設計者が非線形有限要素解析を活用してRC構造物の合理的な性能照査を行えるようになることを目指し、下水道施設を対象に、局所ひずみを指標とした限界値を提案するものである。  
 既往の載荷実験結果を基に、Engineer's Studio®を用いてボックスカルバートの応答を解析的に評価できることを確認した上で、その結果より、各耐震性能の限界値を考察した。

## 解析対象構造物



参考文献: 1) 土木学会: 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針<技術資料>, pp.295-326, 2005.6  
 2) 武田智吉, 石川博之, 足立正信: 鉄筋コンクリート製ボックスカルバートの非線形挙動の定量的評価, 電力土木, No.279, pp.72-76, 1999.

## 解析モデルおよび解析条件

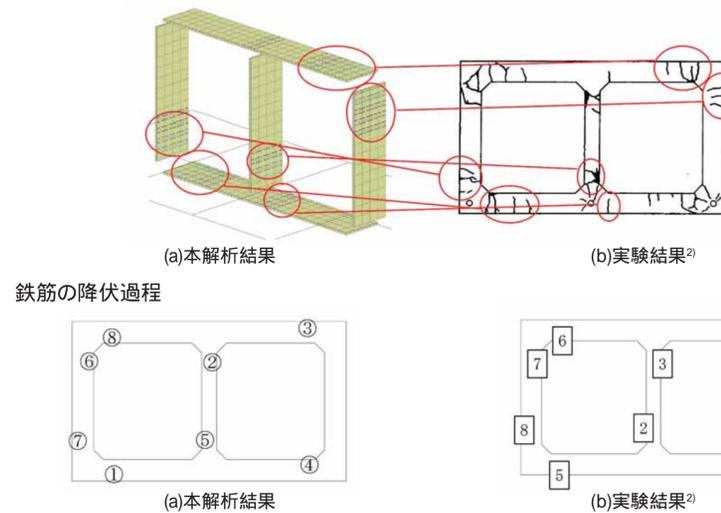
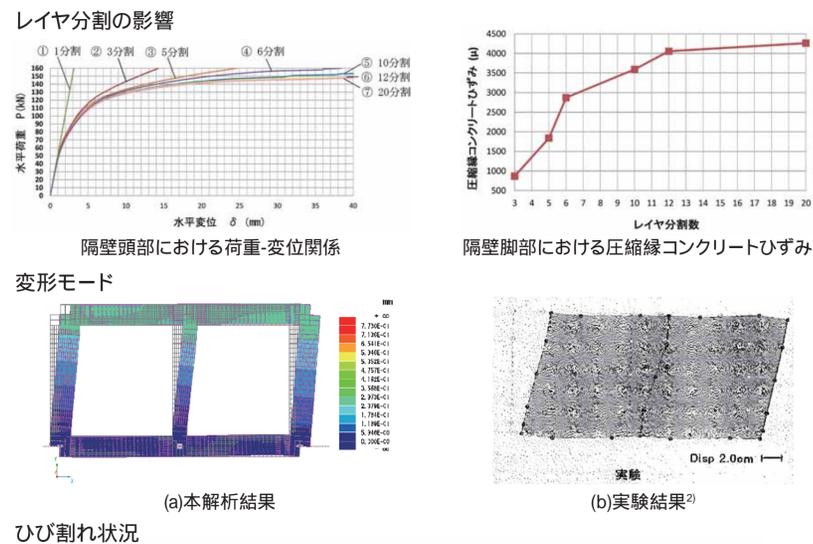
3次元有限要素解析モデル

(使用要素)  
 ・8 節点アイソパラメトリック平板要素  
 (境界条件)  
 ・隔壁下部の隅角部をピン支持とし、側壁下部の隅角部を水平ローラ支持とする。  
 (軟化係数)  
 ・RC領域: C=0.4 無筋領域: C=2.0  
 (荷重条件)  
 ・上載圧として、頂版にかかる上載土圧分を側壁・隔壁上端に集中荷重として作用させる。  
 ・載荷実験結果との比較では、側壁上端・頂版中央に水平荷重を加力することによる荷重制御でプッシュオーバー解析を実施。  
 ・限界値の設定に関する考察では、強制変位を与えることによる変位制御でプッシュオーバー解析を実施。

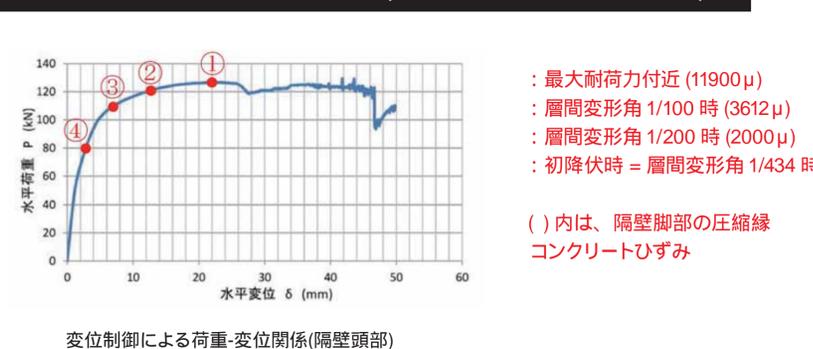
| 単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> ) | 弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> ) | 圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> ) | 引張強度 (N/mm <sup>2</sup> ) | ポアソン比 |
|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-------|
| 21.0                        | 1.76 × 10 <sup>4</sup>    | 22.0                      | 1.44                      | 0.173 |

| 鉄筋種類 (SD345) | 単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> ) | 弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> ) | 降伏点応力 (N/mm <sup>2</sup> ) | ポアソン比 |
|--------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|-------|
| D10(主筋)      | 77.0                        | 1.88 × 10 <sup>5</sup>    | 348                        | 0.284 |
| D6(せん断補強筋)   | 77.0                        | 1.77 × 10 <sup>5</sup>    | 368                        | 0.284 |

## 載荷実験との比較(ピーク付近までの挙動)



## 限界値の設定に関する考察(ピーク後の挙動も追跡)



## (考察)

- ・荷重-変位関係と圧縮縁コンクリートひずみの収束傾向より、レイヤ分割は10分割程度以上にすることが望ましい。
- ・本解析は、変形モードを精度良く再現できており、隔壁の部材回転角が大きくなる傾向も確認できる。
- ・本解析のひび割れ状況は、実験結果のひび割れ状況とほぼ一致している。
- ・実験結果と比較すると、本解析では降伏する順番は多少前後するものの、隔壁と軸力が小さい頂版、底版の鉄筋降伏が早い時期に生じる状況を良く再現できているといえる。
- ・ESによるボックスカルバートの解析結果は、既往の実験結果を良く再現している。

## (耐震性能 1)

- ・耐震性能 1 の限界状態は、部材が降伏しないことであるため、限界値は鉄筋の降伏ひずみとすることができる。
- (耐震性能 2 および耐震性能 2 )
- ・耐震性能 2 の限界値としては、圧縮縁コンクリートひずみ 10000μ とするのが実用的と考える。
- 耐震性能 2 の限界値として、圧縮縁コンクリートひずみ 2000μ を提案する。