

3次元解析モデルによる地中構造物の変形性能

東北電力(株) 正会員 ○大村 英昭 尾崎 充弘
 (株)大林組 正会員 天満 知生 永井 秀樹

1. はじめに

地中構造物における地震時の要求性能が、水路系ボックスカルバートに代表される「通水機能の確保」である場合、壁には頂版自重と土被荷重による軸力を保持する機能が確保されることが重要となる。構造物の壁のせん断破壊後も、軸力保持機能を維持していると判断できる場合は、限界変位¹⁾(頂版と基礎版の層間変位の限界値)を水平荷重のポストピーク領域まで含めて合理的に設定できる可能性がある(図-1)。

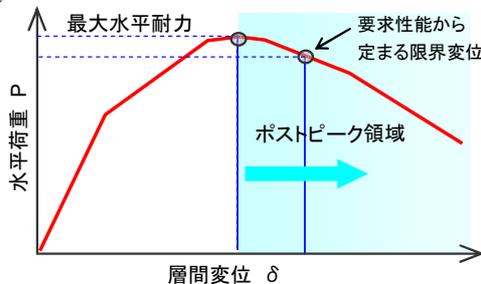


図-1 荷重～変位曲線とポストピーク領域

本報告では、地中構造物の中壁が先行してせん断破壊するような場合に、構造物全体の破壊までの荷重～変位関係を求めることを目的として、3次元モデルによる交番載荷解析を行った結果を示す。2次元モデルでは、一部の要素にひずみが集中し、解析の収束性が悪くなり、途中で解析が発散してしまう場合でも、3次元モデルでは、解析の安定性が増し、構造物の崩壊までの過程を求めることができる。

2. 解析モデル

対象とした構造物は、せん断補強鉄筋が配置されていない中壁のせん断破壊が先行する2連のボックスカルバートである。(図-2)

3次元モデルの解析は、コンクリート構造物非線形有限要素法プログラム「FINAL」にて行った。コンクリートを六面体要素、鉄筋をトラス要素でモデル化(図-3)し、コンクリート構成則は、修正 Ahmad モデルおよび長沼モデル、鉄筋をバイリニアでモデル化した。

奥行き方向は、せん断補強筋およびハンチ筋が「配置された要素」と「配置されていない要素」から構成して、奥行き方向に24要素を配置し、奥行き幅を1.2mとした。

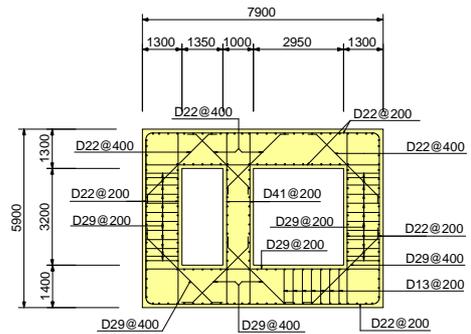


図-2 2連カルバートボックス構造配筋図

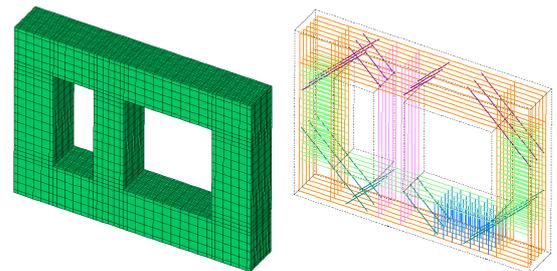


図-3 3次元解析モデル(コンクリート要素と鉄筋モデル)

3. 交番載荷解析の方法

初期状態として常時荷重(自重、土圧、土被り圧)を作用させた後、最初に各壁の上端(図-4の強制変位定義点)に4.55mm(層間変形角約1/1000)の水平方向変位を与え、その後交番で4.55mmずつ漸増させた。

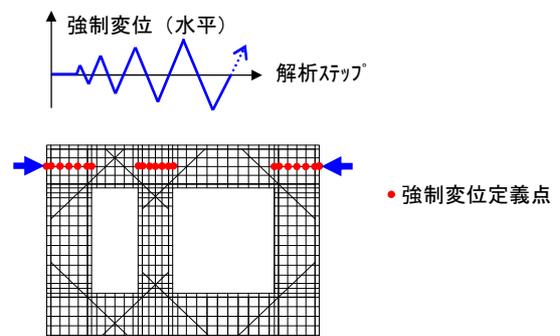


図-4 交番載荷解析の荷重方法

キーワード 電力施設, 地中構造物, 交番載荷, せん断破壊, 3次元モデル

連絡先 〒980-8550 仙台市青葉区本町 1-7-1 TEL 022-799-6103 FAX 022-262-5851

4. 作用荷重と変位の関係

交番载荷解析の水平荷重～変位関係の結果を図-5に示し、その交番载荷の過程でのひび割れ状況および構造物の崩壊過程を図-6に示す。

2次元モデルの場合、2サイクル目（水平変位＝9.1mm）で、中壁の両端部に大きなせん断ひび割れが生じ、3サイクル目（水平変位＝13.65mm）を過ぎた直後に、中壁のせん断破壊により頂版からの軸力を保持できずに、構造物全体の崩壊に至っている。

3次元モデルの場合には、2次元モデルと同様に、2～3サイクル目に中壁でせん断ひび割れが見られるものの、その後も軸力保持機能が維持し、5サイクル目（水平変位＝22.75mm）でも頂版の崩壊に至っていない。6サイクル目の途中で、水平せん断力に対して全体系でポストピーク領域に入り、右側壁の下端より崩壊に至る結果となった。

これは、3次元モデルにおいてせん断補強筋およびハンチ筋が「配置された断面」と「配置されていない断面」とで破壊に関わる事象が起こる解析ステップが異なるため、中壁のせん断破壊による不釣り合い力が奥行き方向の要素に再配分され、あたかも不静定次数が高い構造物のように安定した解析になっているためと考えられる。なお、昨年度に実施した本カルバートの中壁をモデルとした模型実験²⁾では、中壁のせん断破壊後に水平変位を20/1000としても、軸力保持機能が保持されることを確認している。

単調载荷解析の結果(図-7)では、3次元モデルでの不釣り合い力比（収束計算3回目の不釣り合い力 / 収束計算1回目の不釣り合い力の平均値）が1.0以上となる変位は17mm程度であり、交番载荷解析より求まる限界変位と同程度となった。水平荷重～変位関係を比較すると、2次元モデルでは部材に発生する破壊イベントに対して敏感に反応しているが、3次元モデルでは不陸のない曲線となっており、解析の安定性を裏付けている。

5. まとめ

通常は2次元でモデル化される構造物を、せん断補強筋およびハンチ筋の配置を考慮して3次元でモデル化することで、耐力から破壊近辺まで精度の良い水平荷重～変位関係を求めることができた。

構造物の崩壊に対する限界変位は3次元解析により合理的に設定できることが確認できた。

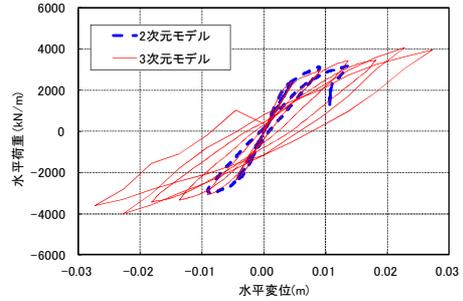


図-5 水平荷重～変位関係（交番载荷解析）

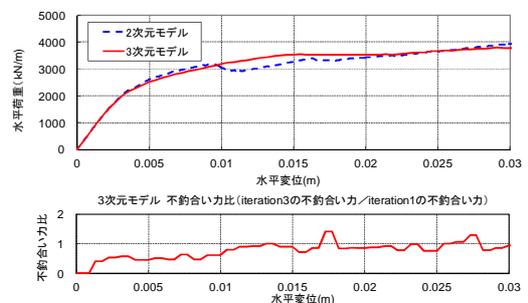
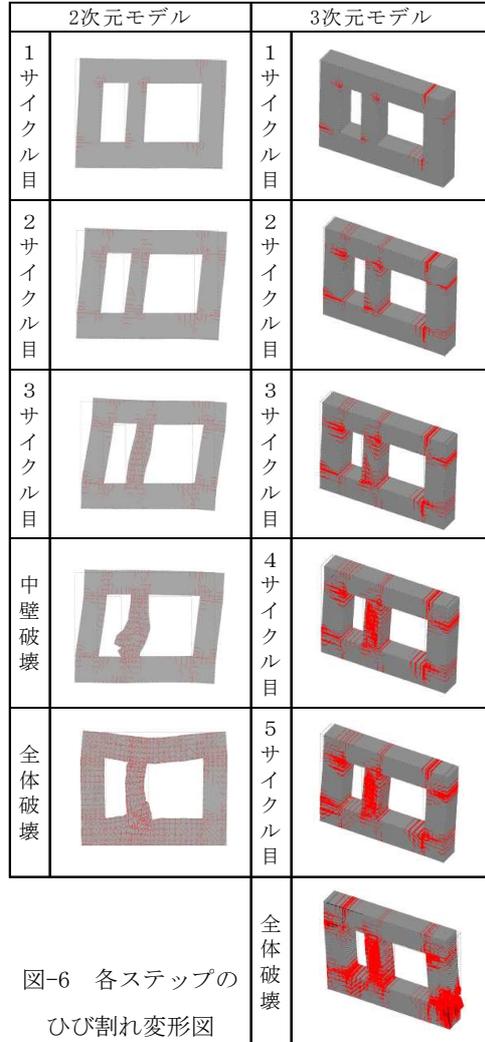


図-7 水平荷重～変位関係（単調载荷解析）

参考文献

- 1) 田村, 伊達, 「地中構造物の要求性能に応じた限界変位の検討」 2012/9, 土木学会第 67 回年次学術講演会
- 2) 坂本, 伊達, 「地中カルバート中壁のせん断破壊後の軸力保持機能の検討」 2012/9, 土木学会第 67 回年次学術講演会