

応用要素法(AEM)における地中構造物の破壊シミュレーションについて

中央大学大学院 学生会員 長島 浩
東京大学生産技術研究所 正会員 目黒 公郎

1. はじめに

兵庫県南部地震は、地震災害における建築・土木構造物の崩壊挙動にいたるまでの破壊挙動の解明が、いかに重要であるかを再認識させた。地震による人的被害を軽減するには、地震動を受ける変形性能の評価精度を向上させることが不可欠である。近年では数値解析技術の進歩と、計算機性能の発展に伴い、高精度で高速な解析が可能となってきた。構造物の複雑な破壊挙動をシミュレーション可能な理論が構築され、解析結果を理論解や実験結果と比較分析し、その信頼性が示されれば、地震時における構造物の破壊挙動や変形性能を定量的に評価できる。

本研究では新しい非線形構造解析手法である応用要素法(AEM)¹⁾を用いて、RC地中構造物の数値解析を試みる。そして解析結果と実験で得られた部材耐力や構造全体としての耐力と変形性能を比較することにより、応用要素法の妥当性を確認する。

2. RC地中構造物の2次元解析モデル

2.1 応用要素法 (Applied Element Method: AEM)¹⁾

応用要素法(AEM)では、解析対象を仮想的に分割した要素の集合体として取り扱う。各要素は法線方向とせん断方向の2種類の分布バネでつながれている(図1)。

2次元解析の場合、各要素は水平、垂直、回転の3自由度を持っており、分布バネを介して周囲の要素と力のやり取りを行なう。各分布バネには、コンクリートの材料モデルが適用される。鉄筋の位置には、鉄筋の挙動を表すバネを配置することで鉄筋の位置と量をダイレクトに反映した解析ができる。分布バネが代表する領域の材料がその領域に作用する応力に耐えられなくなると、バネが切断してクラックが自然に発生する。この様なメカニズムによってAEMでは微小変形領域から破壊を含めた大変形領域までの構造物挙動が解析できる。

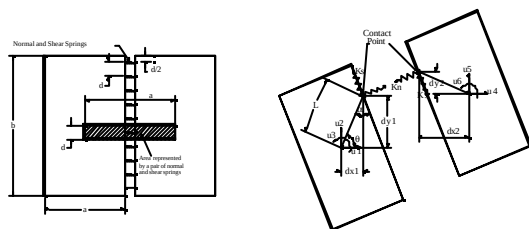


図1 AEMの要素と分布バネ

2.2 RC地中構造物の2次元解析モデル

解析対象構造物は底板と頂板、側壁、隔壁を組み合わせた地中構造物である(図2)。本研究では要素の辺に対して水平・垂直に配置される鉄筋に加えて、要素の辺に対して

任意の角度をなして配置が可能な鉄筋のモデルを新しく導入した。そしてこの斜め鉄筋をハンチ部に組み込んで、配筋図にある全ての鉄筋をモデル化した解析を行う。荷重方法は静的交番荷重であり、両側壁にある頂板上部の荷重板に1stepあたり0.4mmの強制変位を作用させる。図3に荷重スケジュールを示す。また、両側壁、頂板上部にある荷重板に、常時荷重として鉛直・水平土圧を与えた(図4)。使用した材料特性は表1の通りである。

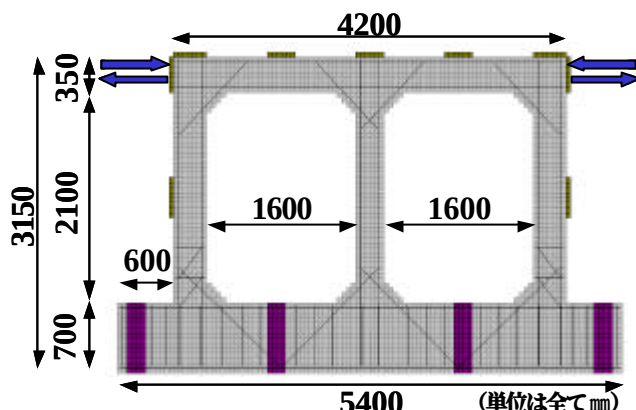


図2 解析対象とした地中構造物

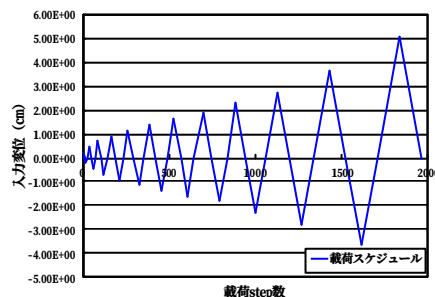


図3 供試体に荷重した強制変位

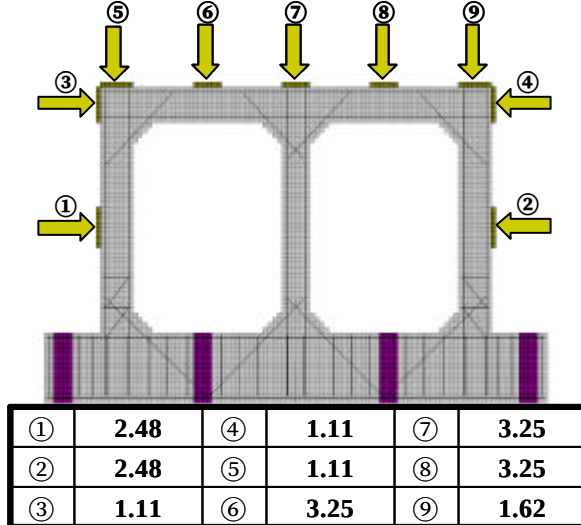


図4 鉛直土圧・水平土圧 (単位は全てkN/m²)

キーワード：応用要素法、鉄筋コンクリート、地中構造物、ハンチ筋、破壊解析

〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1 東京大学生産技術研究所B棟 目黒研究室 Tel:03-5452-6436, Fax:03-5452-6438

表1 使用した材料の特性

	弾性係数	圧縮強度	引張強度	降伏強度
コンクリート (底版)	2.85×10^5	448	31	—
コンクリート (側壁・隔壁・頂板)	2.82×10^5	283	23	—
載荷板	1.95×10^6	3935	3935	
鉄筋	1.95×10^6	—	—	3888

(単位は全て kN/m^2)

3. 解析結果

3.1 荷重—水平変位関係

5cm×5cm の AEM 要素を用いて供試体モデルを作成した。全要素数は 3082 個である。図 5 にハンチ筋導入前、図 6 にハンチ筋導入後の荷重—水平変位関係を示す。測定対象要素は頂板中央の要素である。ハンチ筋を導入したことにより最大荷重が約 3 割増加し、AEM 解析結果が実験値に近づいた。ハンチ筋導入の効果として両側壁の曲げに対する抵抗が高まり、構造物全体の耐力の上昇が見られ、新たに導入した斜め筋の効果を確認することができた。

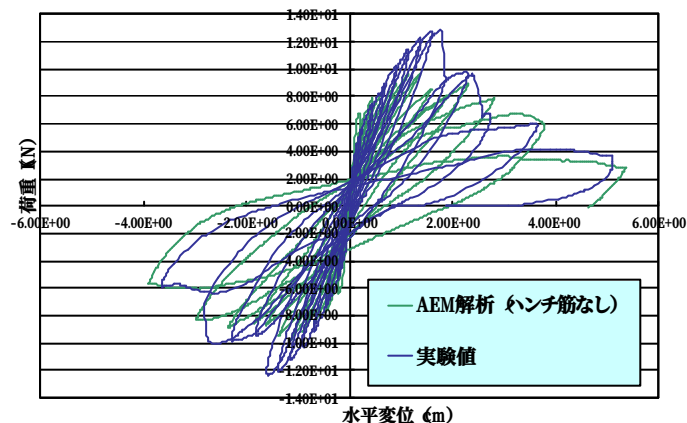


図5 荷重—水平変位関係 (ハンチ筋導入前)

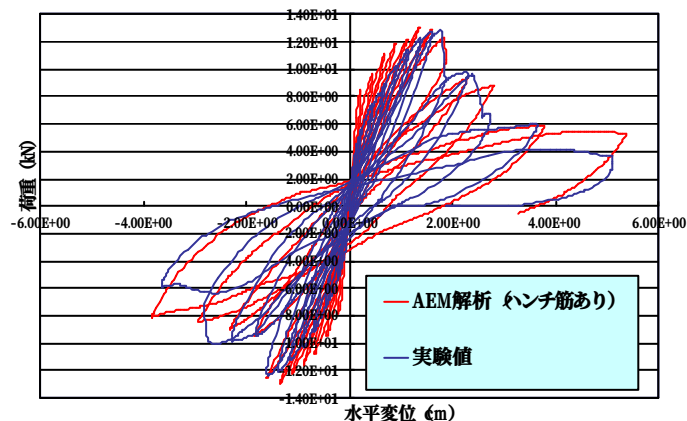


図6 荷重—水平変位関係 (ハンチ筋導入後)

3.2 鉛直変位—水平変位関係

図 7 にハンチ筋導入前、図 8 にハンチ筋導入後の鉛直変位—水平変位関係を示す。実験では荷重が進むに従い隔壁の破壊が最も早く進行するため、水平変位の増大に伴い徐々に頂板が沈下する現象が見られる。そのために荷重ピークを迎えた後に鉛直変位が負の値になっている。ハンチ筋導入前、導入後の AEM 解析では、共に実験値と比較する

と大きな差が出ているもののハンチ筋の効果は出ていることが確認された。実験値と解析結果が異なる原因として隔壁部分の鉄筋が降伏後も十分な耐力を保持してしまっていることが挙げられる。この鉄筋の影響のために、頂板の鉛直方向の沈み込みが鈍くなった。

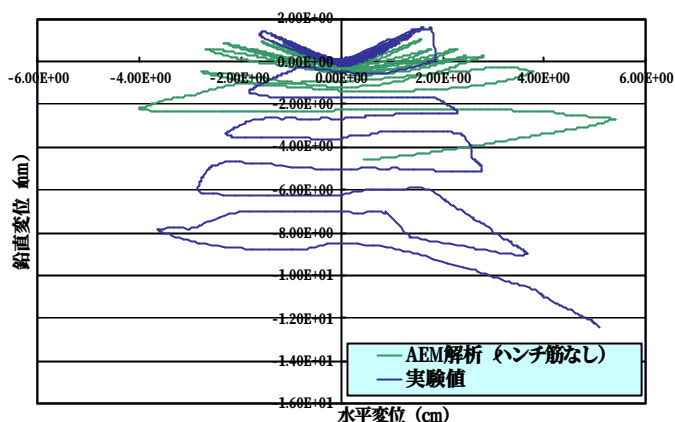


図7 鉛直変位—水平変位関係 (ハンチ筋導入前)

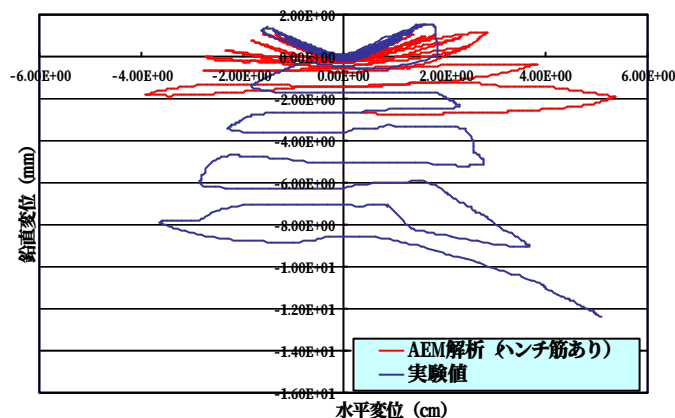


図8 鉛直変位—水平変位関係 (ハンチ筋導入後)

4. まとめ

本研究では応用要素法 (AEM) を用いて、新たに斜め筋のモデル化を行い、RC 地中構造物の数値解析を行った。ハンチ筋導入後の解析結果は、構造全体の耐力の増加が確認され、実験によって得られた値に近づくことがわかった。よって斜め筋を導入した AEM が RC 構造の破壊挙動をシミュレーションできることが確認された。

5. 今後の課題

今後は最大荷重以降の挙動に着目し、特に鉄筋の座屈挙動について、その開始条件の判定や座屈後の鉄筋の構成モデルを導入することにより、実構造物の挙動をさらに明確に反映した解析を行っていく予定である。

参考文献

- 1) Kimiro Meguro. and. Tagel -Din Hatem: A New Efficient Method For Nonlinear Large Deformation AND Collapse Analysis Of Structures (1998), PHD Dissertation, Univ. of Tokyo, pp.4-14-17.