

平均化局所ひずみを用いた RC 構造物の損傷度評価に関する基礎的研究

名古屋大学大学院 学生会員 ○PhamTruong Giang
 名古屋大学大学院 学生会員 権 庸吉
 名古屋大学大学院 正会員 上田 尚史
 名古屋大学大学院 正会員 中村 光

1. はじめに

RC 構造物の耐震性能照査は、非線形解析を行うことが原則となっており、構造物の耐震性は損傷度と結びつけられている。したがって、損傷度を定量的に評価するための指標が求められている。コンクリート構造の解析においては、変位ならびにひずみが要素寸法に依存することが知られている。この問題に対して、著者らは局所ひずみを平均化した平均化局所ひずみを用いることで要素寸法存在性が低減されることを示してきた¹⁾。本研究では、ファイバーモデル解析による平均化局所ひずみを用いて、RC 構造物の損傷度評価に関して検討した。

2. 解析概要

本研究では材料非線形性ならびに幾何学的非線形性を考慮した 3 次元はり要素を用いてファイバーモデル解析を行った。コンクリートの応力-ひずみ関係は、圧縮側に対しては破壊エネルギーを考慮した軟化モデルを用い、引張側に対しては Tension stiffening モデルを用いた。また、鉄筋の応力-ひずみ関係はバイリニア型を用いた解析を行った。平均化局所ひずみは、コンクリートの一軸圧縮実験に対する既往の研究を参考に 300mm とした平均化長さをを用い²⁾、平均化局所ひずみ算出点を中心とした区間内のひずみを要素寸法とは無関係に平均して算出した。

3. 解析モデル

本研究では、曲げ破壊タイプのボックスカルバートの正負方向交番繰り返し載荷実験を対象として解析を行った³⁾。解析モデルを図-1 に示す。解析はファイバーモデルにより断面を 20 等分割し、部材軸方向に 15cm, 7.5cm の要素寸法で分割した 2 通りで行った。境界条件は、隔壁下部において鉛直、水平の両変位ともに固定し、側壁下部の鉛直変位のみを固定した。また、鉛直方向の載荷として、側壁、隔壁の上端部に、それぞれ 25kN, 49kN の荷重を作用された。解析に用いた材料定数は実験で得られた値を用いて、主筋のヤング係数、降伏応力をそれぞれ 188GPa, 348MPa とし、コンクリートの圧縮強度、引張強度をそれぞれ 32.6MPa, 2.65MPa とした。繰り返し点は正負方向に対して、±30mm, ±52mm, ±74mm とした。

4. 解析結果

解析により予測された荷重-変位関係と実験結果の比較を図-2 に示す。なお実験結果については、骨格曲線のみを示している。実験では、変位は 32.2mm において最大荷重に達した後、隔壁上下のコンクリート剥落することで荷重低下が生じたと報告されている。解析の結果から、変位 30mm において、最大荷重に達した後、荷重が少し低下傾向で、荷重-変位関係については、要素寸法存在性の影響が低減されており、実験結果を概ね捉えていることがわかる。図-3 に、実験で大き

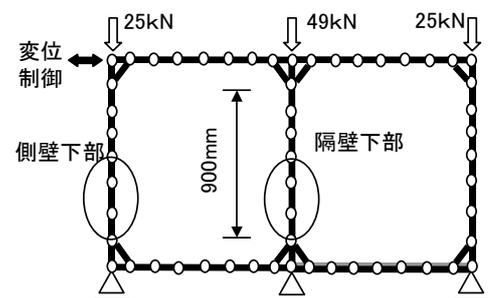


図-1 解析モデル

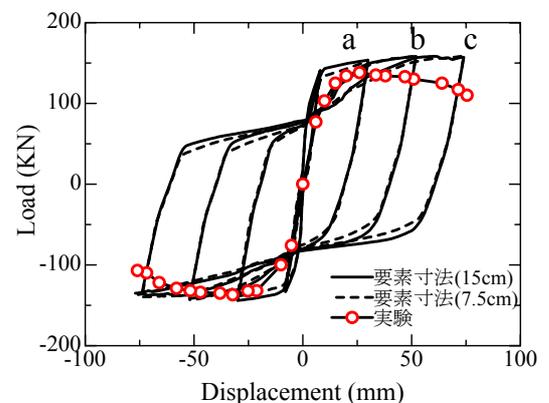


図-2 荷重-変位関係

キーワード 損傷度評価, 平均化ひずみ, ファイバーモデル

連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町1 名古屋大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 TEL:052-789-4484

な損傷が観察された隔壁下部の部材表面における、図-2中のa, b, cの時点に対応する圧縮ひずみ分布を示す。(a)は局所ひずみを示し、(b)は平均化局所ひずみを示す。図-3(a)より局所ひずみは、要素寸法に依存して、一要素内で局所的にひずみが増加する傾向があり、また、要素寸法の小さい場合ほど局所ひずみが大きく、要素寸法による影響が大きいことがわかる。一方、図-3(b)に示す平均化局所ひずみ分布からは、要素寸法が異なる場合においても平均化ひずみ分布は概ね等しい値になることがわかる。また、要素寸法によらないある領域で局所化しており、平均化長さを適切に与えることで、損傷領域ならびに損傷領域内の挙動評価の可能性が示されている。

次に、実験において大きな損傷が観察された隔壁下部と損傷

が比較的軽微であった側壁下部における部材表面の平均化した圧縮ひずみの進展の様子を見ることで、部材の損傷度の評価を行った。図-4(a), (b)にそれぞれ隔壁下部および側壁下部のモーメント-変位-平均化ひずみ関係を示す。図-4(a)に示す隔壁下部においては、曲げモーメントがほぼ一定の状態であっても、ひずみは常に増加傾向にあり、部材の損傷が進展していることが判断できる。一方、図-4(b)に示す側壁下部においては、隔壁下部と同様に曲げモーメントがほぼ一定の値を示すが、ひずみの進展がほとんど見られず1000 μ 程度で低滞している。このことから、この部材は損傷が進行していないといえる。

したがって、表面の平均化ひずみの進展状況を探ることで、部材の損傷度評価を行うことができる可能性が示された。ただし、平均化ひずみの値については、今後詳細に検討する必要がある。

5. まとめ

本研究では、3次元ファイバーモデルを用い、局所ひずみを平均化した平均化ひずみを用いて、RC構造物の損傷度評価の可能性の検討を行った。その結果、ひずみの要素寸法による影響が低減されることで、損傷度と密接に関係があるひずみの絶対値を使用することが可能になるとともに、力の再配分が生じる不静定構造物の各部材の損傷度評価が可能となる可能性が示された。

参考文献

- 1) 上田尚史ら：非線形有限要素解析による曲げ破壊するRC部材の損傷指標の検討，構造工学論文集，Vol.52A，2006。
- 2) H. NAKAMURA and T. HIGAI：Compressive Fracture Energy and Fracture Zone Length of Concrete，Modeling of Inelastic Behavior of RC Structures under Seismic Loads，ASCE，pp.471-487，2001。
- 3) 本田国保ら：水平載荷によるボックスカルバートの変形性能の実験的研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.21，No.3，pp.1261-1266，1999。

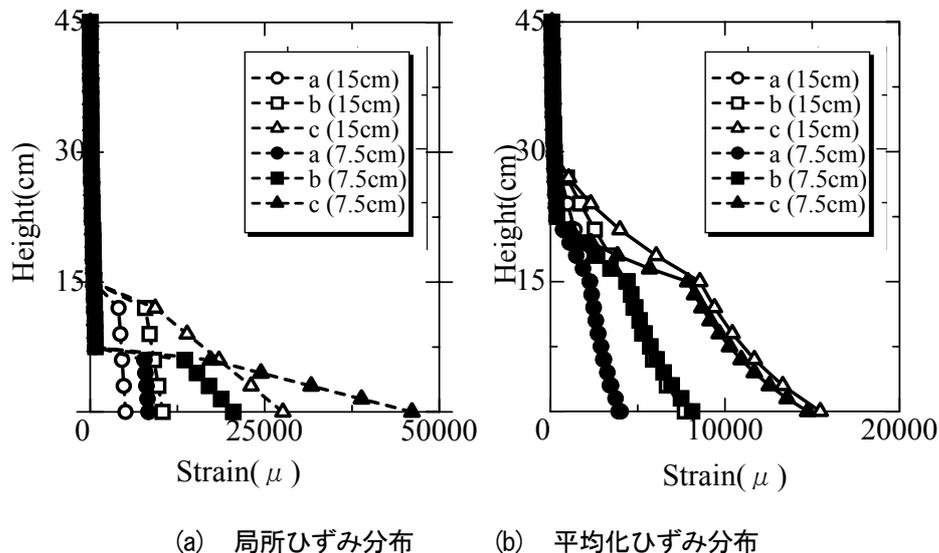


図-3 隔壁下部の圧縮ひずみ分布

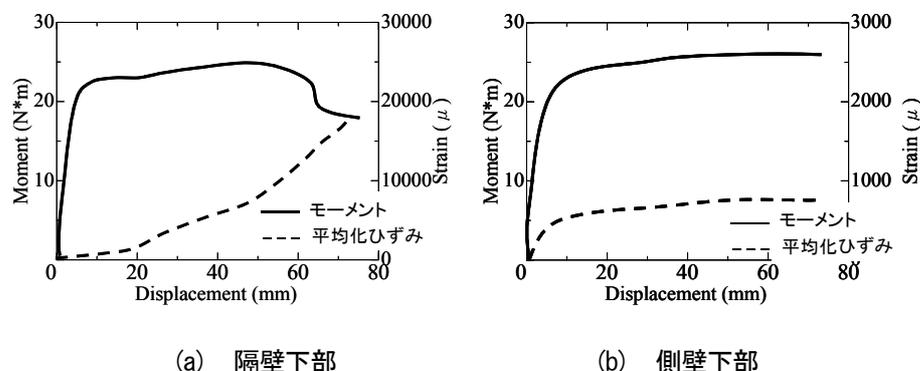


図-4 モーメント-変位-平均化ひずみ関係