

## RC ラーメン橋脚梁部におけるせん断損傷メカニズムの解析的検討

九州工業大学大学院 学生員 ○坂田秀生 九州工業大学 正会員 幸左賢二  
 (株) 八千代エンジニアリング 正会員 田中克典 大日本コンサルタント (株) 正会員 田崎賢治

## 1. はじめに

本研究では RC ラーメン橋脚梁部のせん断損傷において支配的であると考えられる梁部の帯鉄筋量をパラメータ (No.1 帯鉄筋比 0.16%, No.2 帯鉄筋比 0.08%) とした地震時挙動再現実験を対象として 2 次元弾塑性 FEM 解析を行い、最終破壊形態であるせん断損傷に着目した検討を行った。

## 2. 解析手法

図-1 に供試体配筋図を示す。荷重条件としては梁端部において水平方向の変位増分による単調荷重を与えた。また、境界条件はフーチング下面を完全固定とした。解析で適用した要素特性としては、コンクリートには平面応力要素、鉄筋にはトラス要素を用い、鉄筋とコンクリートは完全付着とした。各材料の降伏基準は、コンクリートは圧縮域において、Drucker-Prager の降伏基準を採用し、引張域では最大主応力基準を用いた。コンクリートの応力-ひずみモデルは、圧縮上昇域では圧縮強度までは 2 次放物線とし、その後は応力が一定でひずみのみが増加するモデルを、引張域では引張強度に達した後、直線的に応力が減少するモデルを用いた。また、鉄筋は鉄筋降伏強度に達した後のひずみ硬化を考慮したトリリニアモデルを用いた。なお、ひび割れモデルについては分布ひび割れの一種である固定多方向ひび割れモデルを用いている。

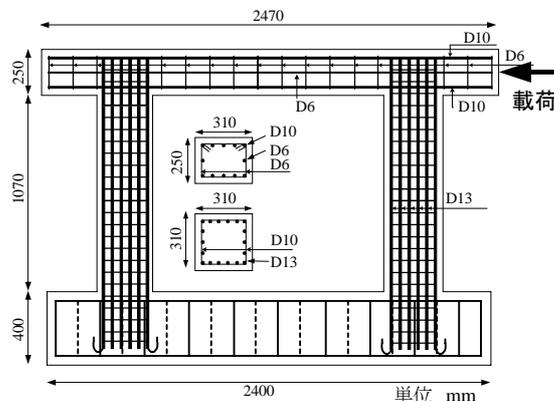


図-1 No.1 供試体配筋図

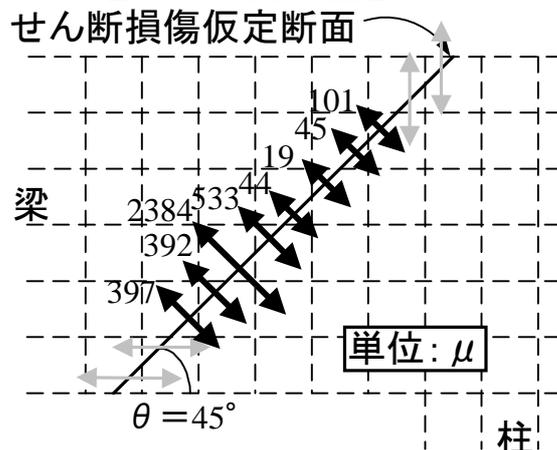


図-2 荷重側梁端部における最大主ひずみ分布

## 3. 実験結果および解析結果

荷重側梁端部における側面に発生したひび割れが斜め 45 度方向に進展すると同時に開き出しせん断破壊に至った。水平荷重-変位関係において、最大荷重付近までは、実験・解析ともに同じような挙動が得られた。しかし、実験においては、せん断破壊が生じたことによる荷重の急激な低下が見られたのに対して、解析では荷重の低下現象が再現できなかった。そこで、FEM 解析から得られた最大主ひずみなどによる、せん断損傷の評価を試みた。図-2 に実験においてせん断損傷の見られた荷重側梁端部における最大主ひずみ分布を示す。FEM 解析において、実験でせん断損傷が生じた箇所で斜め方向のひずみが発生しているのが確認できた。ここで、せん断損傷は斜め方向の引張力により損傷が進展すると考えられるので、このひずみに沿った断面をせん断損傷断面と仮定した。せん断損傷断面において梁中間部 80mm~200mm の範囲で最大主ひずみの大きな進展が確認された。このことから、梁中間部 80mm~200mm の範囲でせん断損傷が生じているものと考えられる。次にこの断面内における負担せん断力を算出した。せん断損傷はせん断ひびわれ面に対してほぼ垂直に作用する主引張応力により発生すると考え、コンクリートの負担せん断力は、せん断損傷断面に生じる主引張応力の平均を求め、式 (1) により算出した。このとき、ひずみ分布を評価した結果により、せん断損傷断面は梁中間部 (梁高 80~200mm) のみであると考えて算出した。

キーワード：RC ラーメン橋脚，FEM 解析，せん断損傷

連絡先：九州工業大学 〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町 1-1 TEL, FAX(093)884-3123

$$V_c = f_1 \cdot b \cdot j \cdot d \cdot \cot \theta \quad (1)$$

また、鉄筋の負担せん断力は、仮定したせん断損傷断面と交わる帯鉄筋のひずみより作用平均応力を求め、式 (2) により算出した。

$$V_s = f_v \cdot A_v / s \cdot j \cdot d \cdot \cot \theta \quad (2)$$

以上により算出したコンクリート負担せん断力を図-3 に示す。コンクリート負担せん断力については、No.1, No.2 とともにほぼ同様のせん断挙動を示している。No.1, No.2 とともに梁主鉄筋降伏後、コンクリート負担せん断力が一定または増加が緩やかとなりその後、軟化していることが分かる。発生せん断力は、コンクリートと帯鉄筋で負担すると考えられることから、実際の現象としては梁帯鉄筋量の少ない No.2 の方がせん断損傷によるひずみの増加が大きいと考えられる。しかし、本解析においてほぼ同様の傾向となった原因としては、メッシュの分割数が考えられる。最大主ひずみが斜め 45 度に同一方向に進展する断面をせん断損傷断面としていることから、メッシュの分割数をより細かく設定することによって、コンクリート負担せん断力をより精度良く評価できると考えられる。図-4、図-5 に発生せん断力-水平変位関係を示す。No.1, No.2 とともにコンクリート負担せん断力の軟化に伴って、水平変位 10mm 程度で帯鉄筋負担せん断力が増加し始めている。また、帯鉄筋負担せん断力の実験値を示しているが、No.1, No.2 とともに解析値に比べ実験値の方が早い段階で増加し始めている。図-6 に No.1 の载荷側梁端部における梁帯鉄筋ひずみ性状を示す。ひずみ性状においても解析値に比べ実験値の方がひずみの進展が早くなっている。この原因としては、帯鉄筋のモデルに採用しているトラス要素の適応性が考えられる。トラス要素で解く場合、発生せん断力を鉛直方向のみ負担していることから、実験で生じた 45 度方向のせん断損傷を完全には評価できていないと考えられる。しかし、帯鉄筋負担せん断力の増加傾向が実験と似通っていること、コンクリート負担せん断力の低下と帯鉄筋負担せん断力の増加がほぼ同様の水平変位で生じていることから、実験におけるせん断損傷の傾向は評価できていると考えられる。

4. まとめ

RC ラーメン橋脚梁部のせん断損傷を解析的に検討した結果を以下に示す。

- 1) No.1, No.2 とともに梁主鉄筋降伏後、コンクリート負担せん断力の軟化挙動が得られ、水平変位 10mm 程度で低下し始める。
- 2) コンクリート負担せん断力の低下に伴い、水平変位 10mm 程度から帯鉄筋負担せん断力が増加し始める。
- 3) FEM 解析における帯鉄筋負担せん断力は、実験と比較して若干増加が遅れるものの、傾向はつかめていると考えられる。

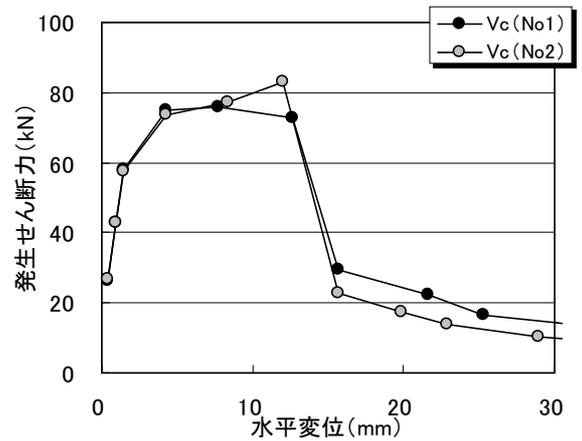


図-3 コンクリート負担せん断力（解析）

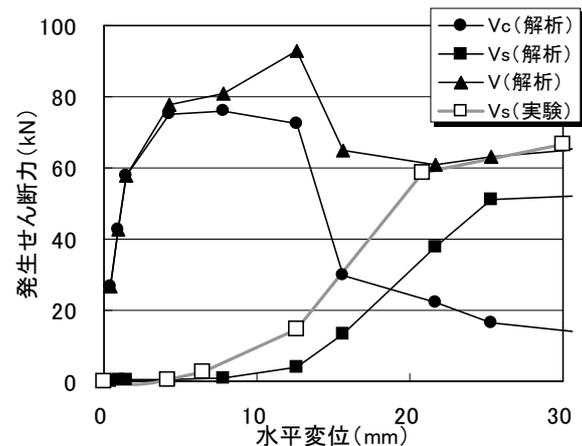


図-4 発生せん断力-水平変位関係 (No. 1)

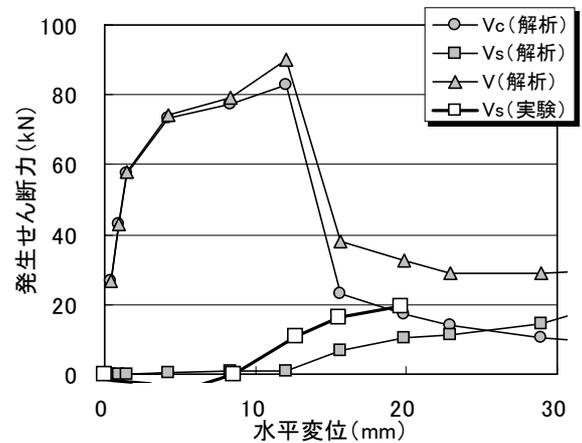


図-5 発生せん断力-水平変位関係 (No. 2)

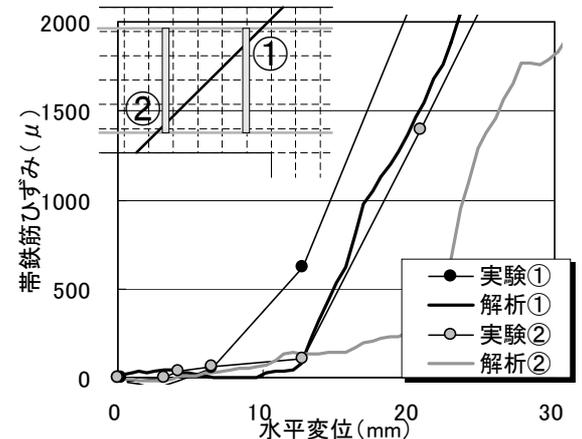


図-6 梁帯鉄筋ひずみ性状 (No. 1)