

RC ラーメン橋脚梁部のせん断挙動評価

九州工業大学 学生会員 坂田秀生
 阪神高速道路公団 正会員 吉原聡

九州工業大学 正会員 幸左賢二
 大日本コンサルタント 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%, No.3 帯鉄筋比 0%) 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。表-1 にコンクリートおよび鉄筋の材料特性を示す。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、 ε_t ($\varepsilon_t = \sigma_{sy}/E_s \approx 2000\mu$) まで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。せん断モデルにおいてはひび割れ発生後のせん断応力伝達力を 20% と一定の値として採用した。

3. 実験結果および解析結果

図-2 に実験における No.1 供試体最終損傷状況を示す。梁部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。図-3 に各供試体の荷重-水平変位関係を示す。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ていることが分かる。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、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-4 に荷重側

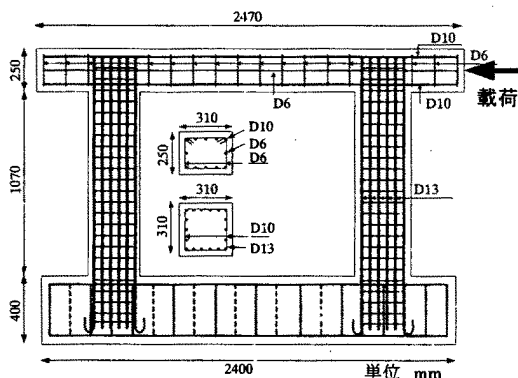


図-1 No.1 供試体配筋図

表-1 材料特性

供試体	コンクリート		鉄筋			
	圧縮強度 N/mm ²	引張強度 N/mm ²	降伏強度: N/mm ² (降伏ひずみ: μ)			
			D4	D6	D10	D13
No.1	27.4	2.83		380 (1810)	398 (1895)	399 (1900)
No.2	27.4	2.83	342 (1630)	357 (1702)	398 (1895)	375 (1786)
No.3	30.6	2.54				

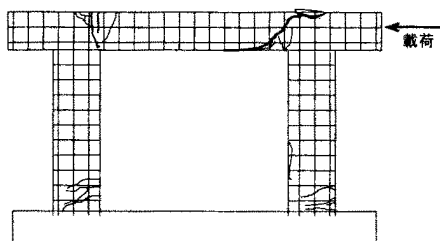


図-2 No.1 供試体最終損傷状況

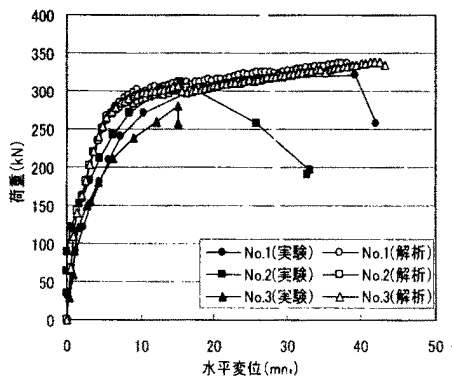


図-3 各供試体の載荷点における荷重-水平変位関係

梁端部における最大主ひずみ分布を示す。実験において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。図-5にせん断損傷仮定断面での最大主ひずみを示す。ここでは、梁下面を梁高0mm、上面を梁高250mmとしている。梁高80~160mmにおいてひずみの進展が見られ、梁主鉄筋降伏変位4.3mm付近からひずみの増加が始まり、その後も進展していることが分かる。このことから、梁高80~160mmの部分においてせん断損傷が発生していると考えられる。

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最大主応力の平均を求め、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80~160mm)のみであると考えて算出した。

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

ここに、 f_1 : 主引張応力、 b : 梁部の奥行き幅、 j : せん断損傷幅に対する係数、 d : せん断損傷幅、 θ : ひびわれの傾斜角

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。

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

ここに、 f_v : せん断鉄筋作用応力、 A_v : せん断鉄筋面積、 s : せん断鉄筋の間隔

以上により算出した各発生せん断力と水平変位の関係を図-6に示す。梁主鉄筋降伏以降に、コンクリートせん断力低下の減少が見られた。また、コンクリートせん断力の減少に伴って鉄筋負担せん断力が増加しており、帯鉄筋降伏後せん断破壊に至るものと考えられる。ここで、変位13mm付近でコンクリートせん断力が再び増加しているが、主鉄筋降伏ひずみである1900 μ を超えた点から他の要素へ応力が流れる現象が生じているからであると考えられる。

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) 仮定したせん断損傷断面において、梁主鉄筋降伏以降にコンクリートの発生せん断力は低下する。
- 2) コンクリートせん断力の低下に伴い、帯鉄筋のひずみが増加し、補うように帯鉄筋負担せん断力が増加する。
- 3) 解析におけるせん断破壊は、帯鉄筋負担せん断力増加による帯鉄筋降伏後に生じると考えられる。

参考文献：

- 1) 幸左賢二、田口柊子、乙黒孝年、田中克典：RC ラーメン橋脚梁部の耐震性評価、第26回地震工学研究発表会講演論文集
- 2) 阪神高速道路公団：RC 橋脚のダクティリティーに関する調査研究報告書、平成6年3月

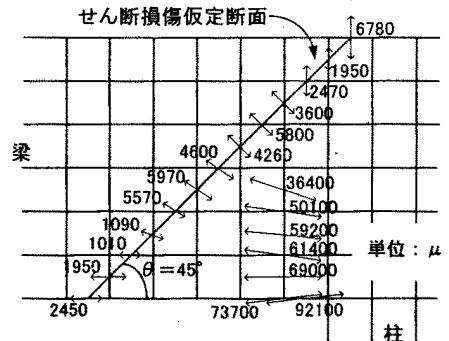


図-4 載荷側梁端部における最大主ひずみ分布

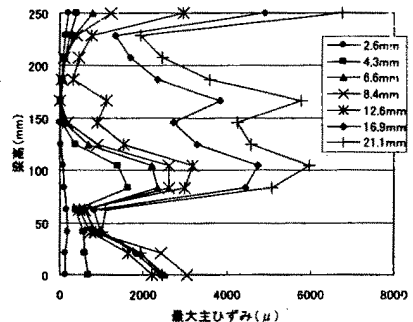


図-5 せん断損傷仮定断面における最大主ひずみ

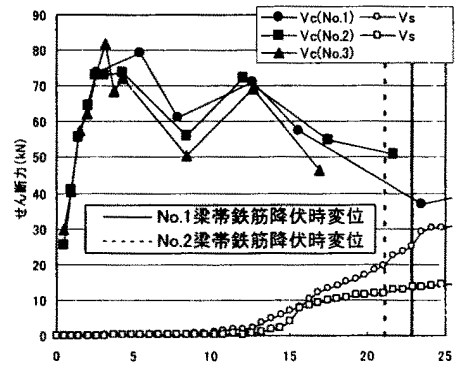


図-6 発生せん断力