

せん断補強鉄筋を有する RC はりのせん断破壊メカニズムの評価に関する実験的研究

関西大学環境都市工学部 学生会員 ○児玉 圭

関西大学環境都市工学部 正 会 員 上田 尚史

関西大学環境都市工学部 正 会 員 鶴田 浩章

1. はじめに

現在、せん断補強鉄筋を有する RC はりのせん断耐力に関して、設計基準類¹⁾に広く採用されている考え方は修正トラス理論である。しかし、修正トラス理論は経験的なものであるため、必ずしも破壊メカニズムは明らかではない。本研究では、せん断補強鉄筋比が異なる RC はりの載荷試験を行い、コンクリート内部やせん断補強鉄筋のひずみを評価することで、せん断破壊する RC はりの耐荷機構や破壊進展挙動を明らかにすることを試みた。

2. 実験概要

図-1(a)に供試体の概要を示す。供試体は、せん断スパン 700mm、有効高さ 250mm の RC はりであり、主鉄筋として D22 を 4 本配置した。せん断補強鉄筋には D10 を使用し、せん断補強筋比 p_w を 0.00, 0.18, 0.24, 0.36, および 0.71% とした。すべてのはりの片側スパンには 50mm の間隔で D6 を U 型で配置することで、破壊が片側スパンで生じるようにした。載荷は、せん断スパン 700mm の一点載荷で行った。せん断スパン比は 2.8 である。なお、載荷点および支点には幅 50mm の鋼板を設置した。コンクリートの圧縮強度は、 29.1N/mm^2 であり、D6, D10 および D22 の降伏強度は、それぞれ 522, 371 および 385N/mm^2 であった。

図-1(b)にひずみゲージの貼り付け箇所を示す。本研究では主鉄筋、せん断補強鉄筋と共に、コンクリート内部のひずみを計測するため、10mm 角の亚克力バーにひずみゲージを貼り供試体内部に設置した。亚克力バーは、ウェブコンクリートの圧縮ストラットのひずみを測定するため、角度を 45° とし、100mm 間隔で 6 本配置した。また、圧縮部のコンクリートのひずみを計測するため、供試体の上部から 50mm の位置に 1 本配置した。

3. 実験結果

(1) 荷重-変位関係ならびにひずみ履歴の評価

実験から得られた荷重-変位関係を図-2 に示す。図より、せん断補強筋比が大きくなるほど最大荷重が大きくなっていることが分かる。ただし、 $p_w=0.71, 0.36\%$ の供試体はせん断補強筋比によらず最大荷重はほぼ同程度であった。また、ポストピーク挙動については、 $p_w=0.00\%$ の供試体は急激に荷重が低下したのに対し、せん断補強筋を設置しているものは荷重の低下が緩やかであった。

図-3 に $p_w=0.24\%$ の供試体の鉄筋および亚克力バーのひずみの履歴を示す。図中の凡例は、図-1(b)のゲージ位置と対応している。ここで、鉄筋は引張りひずみを、亚克力バーは圧縮ひずみを正としている。また、図中の破線は荷重-変位関係を表している。図-4 にひび割れ図にひずみゲージ貼り付け位置を重ねた図を示す。

図-3(a)の主鉄筋のひずみ履歴より、変位がおおよそ 1mm (荷重 150kN 弱) までは曲げモーメント分布に従ったひずみ履歴となっており、曲げが卓越した変形挙動となっているといえる。しかしその後は、主 5 位置のひずみが増加する傾向が確認された。図-4 より、主 5 は斜めひび割れの付け根に位置していることから、斜めひび割れの発

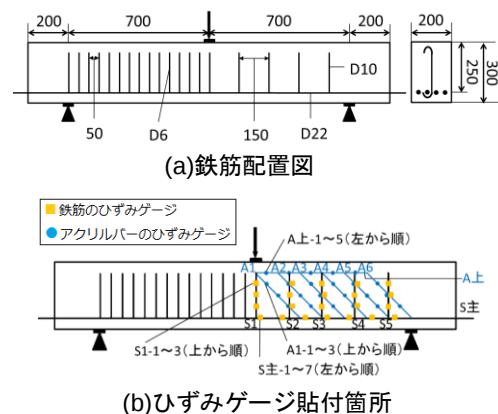
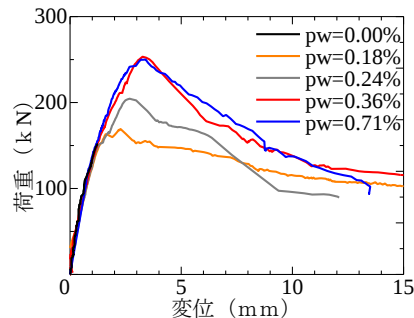
図-1 供試体概要($p_w=0.24$ 供試体)

図-2 荷重-変位関係

キーワード せん断破壊, 内部ひずみ, 耐荷機構, トラス機構

連絡先 〒564-8680 大阪府吹田市山手町3丁目3番35号 第4学舎第5実験棟 コンクリート工学研究室 TEL 06-6368-1653

生により耐荷機構が変化したものと推測される。また、図-3(b), (c)より、鉄筋2とアクリルバー3のひずみは、いずれも変位1mm以降に増加していることが確認できる。このことは、斜めひび割れ発生後において、せん断補強鉄筋が引張腹材、ウェブコンクリートが圧縮斜材として、トラス機構が形成されていることを示唆している。

一方、最大荷重前後のひずみ履歴に着目すると、図-3(b)より、せん断補強鉄筋のひずみは、S2-1位置において急激に増加し、降伏したことが確認できる。図-3(c)より、ウェブコンクリートのひずみは、最大荷重以降も増加していないことがわかる。また、図-3(d)より、上部のアクリルバーのひずみは、上1位置において増大する結果となっており、最大荷重時において3000 μ 程度であった。その後、上2、上3位置のひずみも増加していることから、ポストピーク領域においては、供試体上部のコンクリートの損傷が進展したものと推察される。図-4に示すように、破壊時には供試体上部のコンクリートは剥離しており、アクリルバーによるひずみ計測が妥当であることが確認できる。

以上のことから、本実験で対象としたRCはりの破壊挙動は、せん断補強鉄筋の降伏により最大荷重となり、供試体上部のコンクリートの圧壊により終局に至ったものと考えられる。

(2) VsおよびVcの評価

実験で得られたせん断補強鉄筋のひずみを基にVsを求めた。Vsはせん断補強鉄筋が負担するせん断抵抗力とし、各鉄筋で斜めひび割れに最も近いひずみゲージの値を用い算出した。また、全体の荷重からVsの値を引くことで、修正トラス理論における、トラス作用以外の作用によるせん断力Vcを求めた。図-5にVsおよびVcの履歴のグラフを示す。図中には荷重の履歴を破線で示している。また、Vsのグラフには、せん断補強鉄筋が最初に降伏した点を丸で示している。図-5(a)より、Vsは斜めひび割れ発生後に増加しており、 $p_w=0.71\%$ の供試体を除き、せん断補強鉄筋が降伏することにより最大荷重をむかえる結果となった。せん断補強鉄筋比が大きくなるほどVsの値は大きくなっているが、 $p_w=0.71$ と0.36%の供試体はほぼ同じ値となっている。このことが二つの供試体の最大荷重がほぼ同様の値になった原因であると考えられる。一方、図-5(b)より、すべての供試体で斜めひび割れが発生した後にVcが減少していることが分かる。また、Vcの値はせん断補強鉄筋比によらず、概ね同程度となっていることがわかる。以上のように、コンクリートや鉄筋のひずみ挙動を評価することで、せん断破壊するRCはりの耐荷機構や破壊進展挙動を明らかにできる可能性があることが分かった。

4. まとめ

本研究では、せん断補強鉄筋比が異なるRCはりの載荷試験を行い、鉄筋およびコンクリート内部のひずみの履歴を観察した。その結果、斜めひび割れ発生後にトラス機構が形成されることを実験的に確認した。また、Vs、Vcを実験的に求めた結果、斜めひび割れ発生後のせん断力の分担機構を明らかにする事が出来た。今後、FEMなどを行うことで、より詳細な検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 例えば、土木学会：2012年制定コンクリート標準示方書[設計編]，2012。

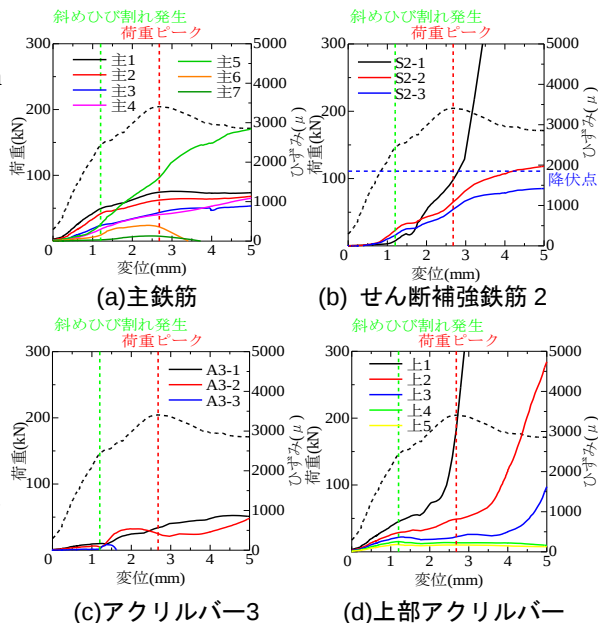


図-3 鉄筋及びアクリルバーのひずみ履歴($p_w=0.24\%$)

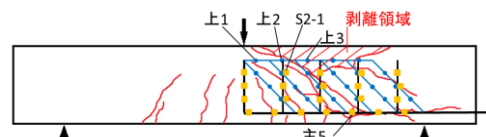


図-4 $p_w=0.24\%$ 供試体ひび割れ図

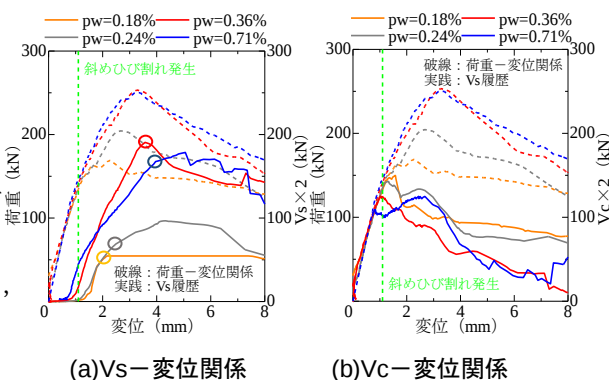


図-5 VsおよびVcの履歴