

中空断面RC部材のせん断挙動に関する解析

京都大学大学院 学生員○田中 克直
 大阪工業大学工学部 正員 井上 晋
 京都大学工学部 正員 家村 浩和

1. はじめに

本研究は、複雑な挙動を呈するRCはり部材のせん断挙動に関して、その抵抗メカニズムを修正圧縮場理論¹⁾を用いて解析的に検討することを目的としたものである。ここでは、同理論を曲げモーメント及びせん断力が同時に作用するRCはり部材へ拡張し、ひび割れ発生後の圧縮強度の低下、引張軟化等を考慮した解析プログラムの開発を行った。また、解析結果を中空断面RCはり部材の実験結果と比較し、その整合性を検討した。

2. 修正圧縮場理論

修正圧縮場理論は、コンクリート要素に関するモールのひずみ円から得られる2つのひずみ適合条件式と、モールの応力円から求められる軸力、モーメント、せん断力と外力に関する3つのつり合い条件式によって、軸方向鋼材の応力、スターラップの応力、コンクリートの斜圧縮・引張応力及び、ひび割れの傾斜角を求めようとするものである。また同理論では図1に示すようなコンクリートのひび割れ間の引張抵抗とひび割れ後の圧縮強度の低下を考慮しているところに特徴を有する。なお、同理論は、純せん断を想定した理論であるが、ここでは、曲げ、軸力作用下の断面へ拡張して用いるために図2のような仮定を用いた。即ち、高モーメント域に生じるせん断応力の再分配を無視し、せん断応力は均一に分布するものとし、また、ひび割れの傾斜角は一定とするものである。

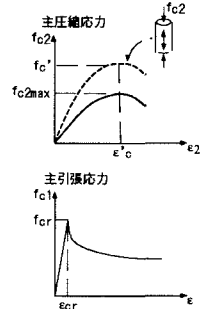
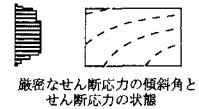
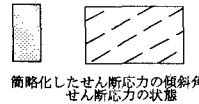


図1 せん断解析におけるコンクリートの応力ひずみ曲線



厳密なせん断応力の傾斜角とせん断応力の状態



簡略化したせん断応力の傾斜角とせん断応力の状態

図2 曲げモーメント、軸力作用下の断面への拡張

3. 解析結果の考察

解析、実験に用いた部材は、図3に示すように、12cm×10cmの中空部を有する幅×高さ=20cm×20cmのRCはりである。主鉄筋はSD10 (SD295A) とし、コンクリート圧縮強度は30MPaである。なお、載荷方法は一方単調及び、正負交番方式を用いた。

せん断スパン55cmの供試体の載荷点から1cm, 19cmの断面(図4)におけるスターラップのひずみ(ϵ_s)とせん断力(V)の関係を実験値とあわせて図5に示す。この図より、載荷点から19cmの断面では実験値と解析値はほぼ一致しているということが出来る。対して、1cmの断面では、解析値の方がかなりスターラップのひずみを大きく算定している。これは、修正圧縮場理論を用いるにあたり図2のような仮定を用いたが、載荷点に近い高曲げモーメント域では必ずしも当てはまらないこと、また、ひび割れ間隔及び傾斜角は一定であるとしているが、高モーメント域では、せん断ひび割れよりも曲げひび割れが卓越することがその原因といえる。次に、載荷点から19cmの位置におけるせん断力と主圧縮ひずみ(ϵ_2)との関係を図6に示す。図より、解析値と実験値は、比較的良好に一致していることが分かる。

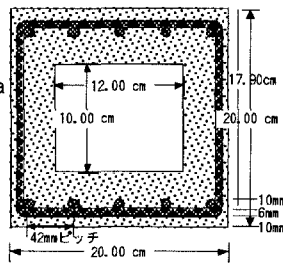


図3 断面図

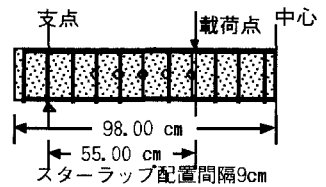


図4 供試体図

4. セン断耐力についての考察

コンクリート標準示方書によれば、棒部材の設計せん断耐力 V_{yd} は次式によって求めることとしている。

$$V_{yd} = V_{cd} + V_{sd} \quad (1)$$

ここに V_{cd} はコンクリートのせん断抵抗であり、有効高、鉄筋比、軸力の影響を考慮したものである。また、 V_{sd} は、スターラップの降伏を仮定し、圧縮斜材角を45度としたトラス理論から算定されるものである。

一方、修正圧縮場理論によるせん断抵抗力は次式で示される。

$$V = V_c + V_e = f_t b_w j d \cot \theta + \frac{A_f f_v}{s} j d \cot \theta \quad (2)$$

A_v, f_v : スターラップの断面積、及び応力

s : スターラップの配置間隔

この式はコンクリート及びスターラップの抵抗とともにひび割れの傾斜角 θ に影響され、また、コンクリートのせん断抵抗力は、主引張応力 f_t に影響されることを意味している。これら両者ともせん断耐力はコンクリート及びせん断補強筋によって負担されるせん断抵抗の和、即ち強度累加式で表されているものの、その内訳は若干異なっている。即ち、図7に示すように、斜めひび割れ発生時は両者は一致しているものの、示方書ではひび割れ発生後コンクリートのせん断抵抗力は一定と仮定しているのに対し、修正圧縮場理論では低下していくことになっている。

図8に、作用せん断力とコンクリート、スターラップの抵抗せん断力の関係を実験値、解析値あわせて示す。この図によれば、修正圧縮場理論による解析値は、かなり安全側の値を与えるものの、実験値においては、斜めひび割れ発生後、最終的にコンクリートのせん断抵抗力は低下しており、設計においてはこのことを考慮する方が望ましいと言える。

5. 結論

修正圧縮場理論によるスターラップひずみ、ひび割れ傾斜角等の解析値は、実験値とほぼ一致しており、同理論の適用性がある程度確認された。しかし、作用曲げモーメントの大きい断面においては両者の差が大きくなる傾向があり、今後更なる検討を要する。また同理論によるせん断抵抗力は、コンクリート標準示方書のそれとはひび割れ発生位置ではほぼ一致するが、ひび割れ発生後は、解析値の方は低下していく傾向がある。即ち正負交番載荷を受ける場合はコンクリートのせん断耐力がコンクリート標準示方書から得られる値よりも低下する場合があります、このことを考慮した設計法の確立が望まれる。

参考文献 1) M. P. Collins and D. Mitchell: Prestressed Concrete Structures, PRENTICE HALL, 1991

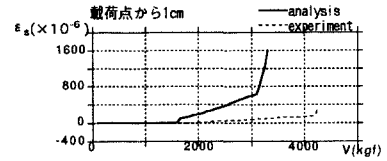


図5 セン断力-スターラップひずみ曲線

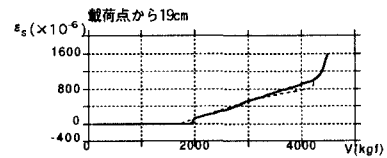


図6 セン断力-主圧縮ひずみ曲線

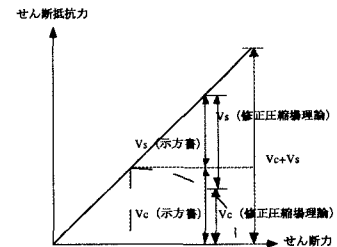


図7 コンクリート標準示方書・修正圧縮場理論によるコンクリート・せん断補強筋のせん断抵抗力の関係

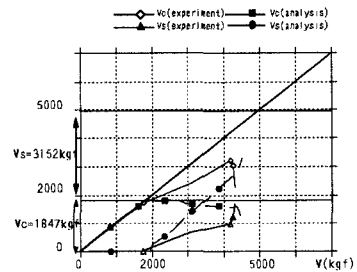


図8 コンクリート・せん断補強筋のせん断抵抗力の関係