

V-380

複合力が作用するRC柱部材の修正圧縮場理論によるせん断解析

京都大学大学院 学生会員 前堀 伸平

京都大学工学部 フェロー会員 家村 浩和

京都大学大学院 学生会員 田中 克直

1.はじめに

構造物のせん断破壊は脆性的な性質を有しているため、耐震上極めて危険である。せん断破壊は多くの要因に影響されるため、そのメカニズムを解明するのは大変困難であるとされている。そこで本研究では、解析的な手法の一つである純せん断を受ける部材に適用される修正圧縮場理論を、複合力を受けるRC柱部材に拡張して用いることにより、せん断挙動の評価を試みた。とりわけ、軸方向圧縮力がせん断耐力に及ぼす影響に着目した検討を行った。

2.修正圧縮場理論による解析の手法

修正圧縮場理論は、ひび割れを離散的にとらえるのではなく、ひび割れの発生しているコンクリート要素をマクロ的にとらえて一種の連続的な要素と考えることにより、つり合い条件（図1）、適合条件（図2）、各材料の構成式から、部材の完全な荷重-応答関係を決定する手法である。コンクリートの構成式としては、引張域ではひび割れ間の引張抵抗を考慮した引張軟化曲線、圧縮域では横方向引張ひずみによる圧縮強度の低下を考慮した式を採用している（図3）。

なお、この理論を複合力を受ける部材に拡張して用いる際には、部材内の高モーメント域で起こるせん断応力の再分配を無視し、せん断応力は一様に分布していると仮定するとともに、ひび割れの傾斜角が部材断面内で一定であると仮定している（図4）。そして、ウェブ部分に修正圧縮場理論を用い、その他の部分にはファイバーモデルによる曲げ解析を併せて用いることで、複合力下での解析を可能にしている。

3.解析の概要

本研究のサンプルには、中空及び中実の断面を持つRCの供試体を用いている。載荷方式には、一方向載荷と交番載荷とを各々考慮し、比較・検討している。なおこれらの違いは、引張軟化曲線の低減係数を変えることで、解析上評価している

（図3参照）。また各条件に対し、数種類の異なる軸方向力を考慮し、それぞれについて修正圧縮場理論によるせん断解析を進め、その違いがせん断耐力に及ぼす影響についてを検討している。

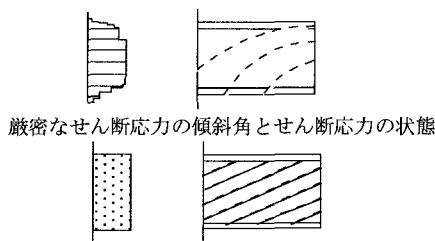


図4 曲げモーメント、軸力作用下の断面への拡張
簡略化したせん断応力の傾斜角とせん断応力の状態

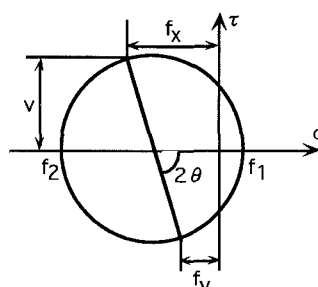


図1 Mohrの応力円（平均値）

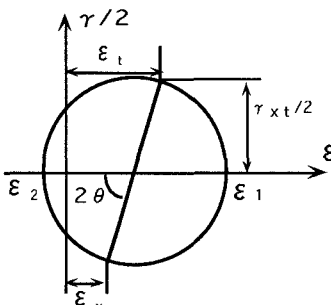


図2 Mohrのひずみ円（平均値）

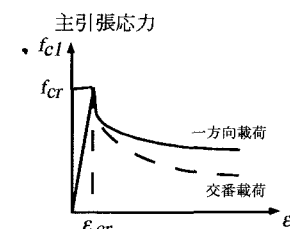
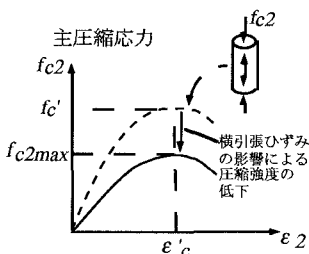


図3 コンクリートの
応力-ひずみ曲線

4. 解析結果とせん断耐力についての考察

現在コンクリート標準示方書では、設計せん断耐力は次式で与えられている。

$$V_{yd} = V_{cd} + V_{sd}$$

これは、全せん断抵抗をコンクリートによって抵抗されるせん断力 V_{cd} とせん断補強筋によって抵抗されるせん断力 V_{sd} の和として表した式で、 V_{cd} はせん断補強筋を用いないRC部材のせん断耐力を多くの実験から経験的に求められた式に、有効高、鉄筋比、軸力の影響を考慮できるように工夫が加えられた式で表される。 V_{sd} は45度トラス理論でせん断補強筋が降伏するときのせん断力として与えられる。

一方、修正圧縮場理論による抵抗せん断力をあらわしているのは、次のような式である。

$$V = V_c + V_s = f_1 b_w j d \cot \theta + \frac{A_w f_v}{s} j d \cot \theta$$

この式も同様に強度累加式の形をしており、この式はひび割れ傾斜角 θ が両方の抵抗せん断力に影響し、また主引張応力 f_1 がコンクリートの抵抗せん断力 V_c に影響されることを意味している。よって、厳密にせん断抵抗メカニズムを検討する際には、これらを考慮する必要がある。

解析結果の一例として、最も危険側となった中空断面・交番載荷時の作用－抵抗せん断力曲線を、 V_c と V_s に分けて図5に示す。なお右端はコンクリート標準示方書による値である。この解析結果によれば、修正圧縮場理論による解析で解を得られなくなる終局時に、コンクリートの負担する抵抗せん断力は、示方書の値を下回っている。このことから、示方書はとりわけ交番載荷に対する評価について再考すべきであると考えられる。

また、各軸方向力によるコンクリートの抵抗せん断力曲線を、それぞれに対応する示方書の値と共に表した例を図6に示す。この結果は、軸方向圧縮力によるコンクリートの抵抗せん断力の増加に関しては、修正圧縮場理論による解析および示方書では、ほぼ同等の評価が得られることを示している。

5. まとめ

修正圧縮場理論による解析では、ひび割れ傾斜角やひび割れ間のコンクリートの引張が抵抗せん断力に影響を与えている。これらの要素を示方書でもさらに考慮することは検討に値すると思われる。また、交番載荷がせん断耐力に与える影響についても、検討を必要とする。軸方向力によるせん断耐力の増加については、同理論で示方書程度に評価できることがわかった。

【参考文献】

- 1) Franc J. Vecchio and Michael P. Collins : Predicting the Reinforced Concrete Beams Subjected to Shear Using Modified Compression Field Theory, ACI Structural Journal, May-June pp.258-268, 1988
- 2) 中村 光・松貝 勇：拡張した修正圧縮場理論によるRCはり断面のせん断耐力評価
土木学会論文集 No.490 / V-23, pp.157-166, 1994
- 3) 土木学会：コンクリート標準示方書（平成3年版）設計編 pp.56-62

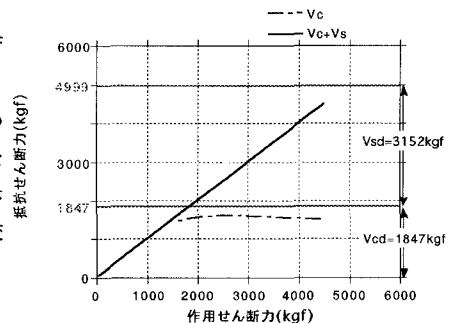


図5 作用－抵抗せん断力曲線

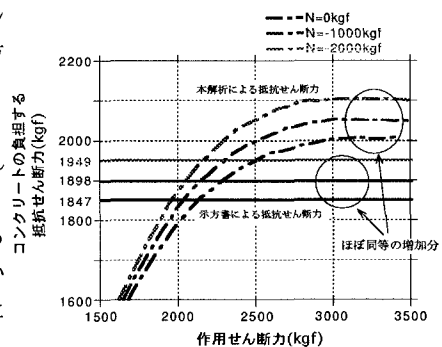


図6 軸方向力による抵抗せん断力の増加