

京都大学工学部 正員 家村 浩和
 京都大学大学院 学生員 田中 克直
 京都大学大学院 学生員 ○前堀 伸平

1.はじめに

この度の阪神大震災では、多くの橋脚がせん断破壊を起こした。せん断破壊は脆性的な性質を有し耐震上極めて危険であり、また複雑な性質を有するためそのメカニズムは解明が困難である。そこで、本研究では解析的な手法である、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た場合のせん断挙動の評価を行った。とりわけ、軸方向圧縮力がせん断耐力に及ぼす影響を検討した。

2.修正圧縮場理論の解析手法

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(図1)と考えることによって、つり合い条件、適合条件、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2)。

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、せん断応力は一樣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3)。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

本研究のサンプルとして、以前に行われたせん断実験において使用された中空及び中実の断面を持つRCの供試体(図4)を採用した。載荷方式としては、一方向載荷と交番載荷とを各々考慮し、比較・検討した。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。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検討した。

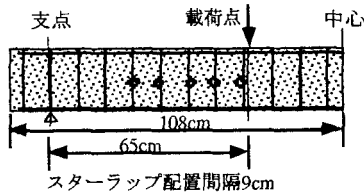


図4 供試体図

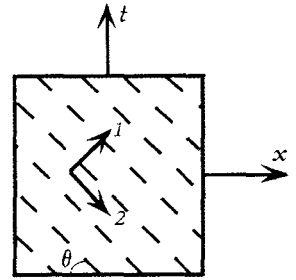


図1 ひび割れたコンクリート要素

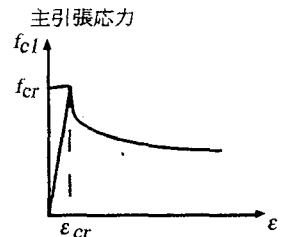
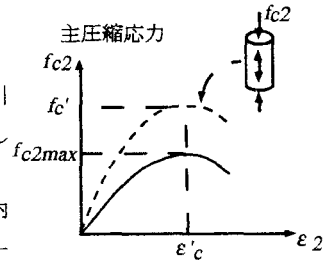


図2 せん断解析におけるコンクリートの応力-ひずみ曲線

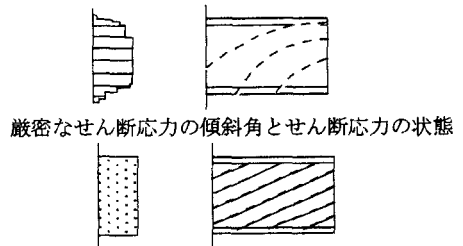


図3 曲げモーメント、軸力作用下の断面への拡張

4.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の形で与えられている。

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

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実験経験的に求めた式に、有効高、鉄筋比、軸力の影響を考慮できるようにした式で表される。 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。

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

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_j 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。これによれば、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の検討を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。これより、軸方向圧縮力によってコンクリートの抵抗せん断力が増加する程度を、修正圧縮場理論による解析と示方書とは、ほぼ同様の評価をしていることがわかる。

5.結論

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・楳貝 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

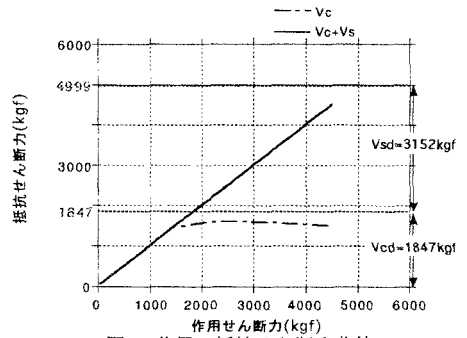


図5 作用-抵抗せん断力曲線

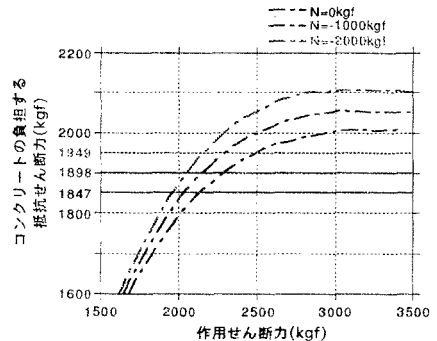


図6 軸方向力による抵抗せん断力の増加