

第 部門

鉄筋腐食を生じた横拘束コンクリートの一軸圧縮耐荷挙動に関する検討

京都大学大学院工学研究科 学生会員 福田 貴志 正会員 山本 貴士
正会員 服部 篤史 フェロー 宮川 豊章

1. 研究目的

本研究では、曲げを受ける RC 部材の曲げ圧縮部に着目し、軸筋および横拘束筋の腐食とそれともなう腐食ひび割れが、横拘束コンクリートの一軸圧縮耐荷性状に与える影響を明らかにするとともに、鉄筋腐食を生じた横拘束コンクリートの応力 - ひずみ関係の表現方法について検討した。

2. 実験概要

供試体は、直径 15cm、高さ 30cm の円柱供試体とし、軸筋に異形鉄筋(SD295A, D10)をかぶり 15mm で 4 本(鉄筋比 $p=1.61\%$)、横拘束筋に丸鋼スパイラル筋(SR235, 6mm)を横拘束筋体積比 $v_s=1.0\%$ で用いた。載荷は、単調一軸圧縮試験とし、荷重と供試体高さ中央部 20cm の区間の軸方向変形量を測定した。配筋図を図 1 に示す。

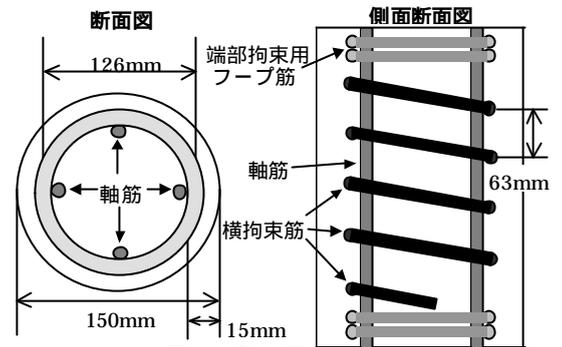


図 1：配筋図

軸筋のみ、横拘束筋のみを電食による腐食対象鉄筋とした。腐食対象鉄筋以外はエポキシ樹脂を用いて防錆処理した。腐食レベルは、腐食鉄筋の質量減少率および、供試体高さ中央部 20cm を測定区間とする腐食ひび割れ幅によって整理した。腐食量は、供試体表面に腐食ひび割れを目視確認できた時点をもとに、質量減少率 30% を最大値の目安として種々のレベルについて検討した。

3. 実験結果および考察

3.1. 腐食ひび割れ

質量減少率と平均ひび割れ幅の関係を図 2 に示す。軸筋および横拘束筋の腐食ひび割れ幅は、それぞれの質量減少率と正の相関を持つものの、目視で多くの孔食が確認された横拘束筋は、ばらつきが大きくなった。また、軸筋の方が、横拘束筋よりも鉄筋径が大きく、腐食生成物が多く膨張力が大きくなることから、平均ひび割れ幅が大きくなった。また、腐食ひび割れの観察から、横拘束筋の腐食ひび割れでは、軸筋と同じ傾向の腐食ひび割れ(図 3-)以外に、コアコンクリート内部に進展するもの(図 3-)が見られた。軸方向ひび割れは、横拘束筋の拘束力を受けることでコアコンクリート内部に進展しにくかったと考えられる。

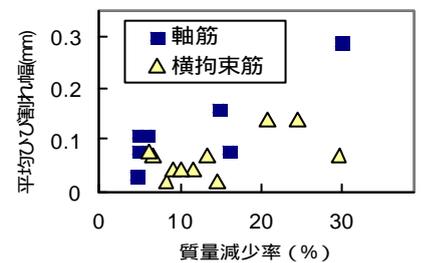


図 2：質量減少率と平均ひび割れ幅の関係

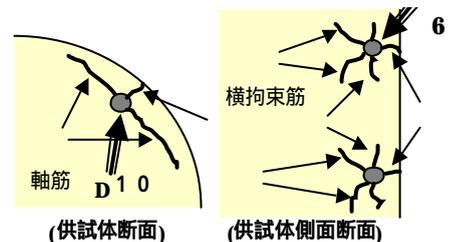


図 3：腐食ひび割れの進展性状

3.2. ヤング係数： E_{cc}

平均腐食ひび割れ幅とヤング係数の関係を図 4 に示す。横拘束筋のみの腐食の方がひび割れ幅の増加にともなう E_{cc} の低下が大きい。横拘束筋の断面減少による横拘束筋周辺の空隙が増加するとともに、3.1. に述べたように、微細な腐食ひび割れが内部あるいは水平方向へも進展して、一部コアコンクリートの損傷につなが

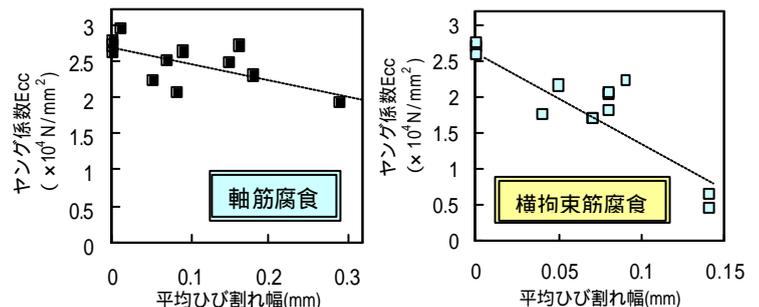


図 4：平均ひび割れ幅とヤング係数の関係

たことで、より低下したと考えられる。

3.3. 最大応力比： f_{cc}/f_{co}

平均腐食ひび割れ幅と最大応力比 f_{cc}/f_{co} (f_{cc} :横拘束コンクリートの圧縮強度, f_{co} :コンクリートの圧縮強度)の関係を図5に示す。軸筋の腐食では平均腐食ひび割れの増加にともなって f_{cc}/f_{co} が低下する傾向にあるのに対し、横拘束筋では、腐食ひび割れの小さい段階では、増加する傾向にある。軸筋の腐食ひび割れは圧縮応力方向に進展し、横方向の抵抗力を低下させるため、最大応力の低下に影響すると考えられる。横拘束筋の腐食ひび割れは、ある程度のひび割れ幅までは応力増加時に閉塞するため低下には影響しない反面、応力増加による縦方向ひび割れの急激な進展を防ぐため、増加させる効果があったと考えられる。

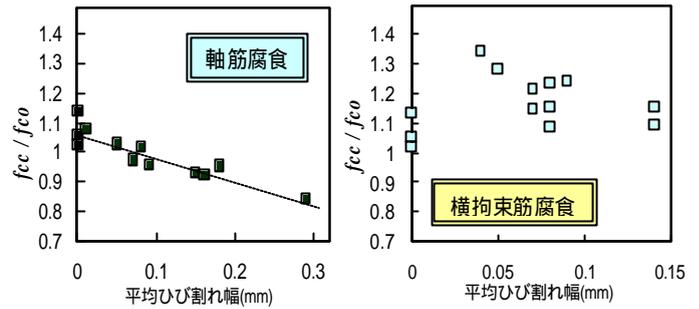


図5：平均ひび割れ幅と最大応力比の関係

3.4. 終局ひずみ： ϵ_{cu}

横拘束筋の破断時点として、横拘束コンクリートのモデル式¹⁾に横拘束筋の伸び低下²⁾を考慮し、横拘束コンクリートの各構成要素が吸収できるひずみエネルギーの釣合い式

(1)を用いて、 ϵ_{cu} を求めた。

$$U_{sh} = U_{cc} + U_{sc} - U_{co} \quad (\text{Nm/m}^3) \quad (1)$$

それぞれ、

- U_{sh} ：コアコンクリート単位体積あたりの横拘束筋が破断まで、
- U_{cc} ：単位体積あたりの横拘束コンクリートが終局時まで、
- U_{sc} ：コアコンクリート単位体積あたりの軸筋が終局時まで、
- U_{co} ：単位体積あたりのかぶりコンクリートがはく落(無拘束コンクリートの負担応力が0になる)までに

吸収できるエネルギー。横拘束筋の質量減少率0, 5, 10%の各レベルについて算出した終局ひずみを反映させた ϵ_{cu} と実験での横拘束筋破断時(終局)ひずみを比較したものを図6に示す。いずれも横拘束筋の伸びの低下によって ϵ_{cu} が減少し、質量減少率10%までの範囲では低下の傾向を表現できている。しかし、モデルよりも実験の方が ϵ_{cu} が小さい。実験では、モデルで考慮していない軸筋の座屈によって、横拘束筋のひずみ増加が座屈範囲で局所的に起こり破断していると考えられる。

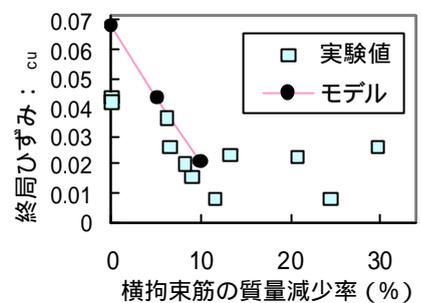


図6：横拘束筋の質量減少率と終局ひずみ

4. 結論

- (1)鉄筋腐食にともなってヤング係数が低下した。軸筋より横拘束筋の腐食の方が、ヤング係数の低下に与える影響が大きかった。
- (2)軸筋の腐食ひび割れによって最大応力が低下するのに対し、ある段階までの横拘束筋の腐食ひび割れでは最大応力は低下しなかった。
- (3)鉄筋腐食を生じた横拘束コンクリートの終局ひずみを、横拘束コンクリート各構成要素が終局までに吸収できるエネルギー釣合い式をもとに、腐食鉄筋の伸び低下を考慮して求める計算により、腐食にともなう横拘束筋破断による終局ひずみの低下傾向を表現することができた。

参考文献

- 1)J.B.Mander, M.J.N.Priestley, and R.Park: Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete, Journal of Structural Engineering, Vol.114, No.8, August 1988.
- 2)Atsushi Hattori, Toyooki Miyagawa: Prediction of Degradation and Performance in RC Beams Subjected to Chloride Attack by Corrosion Monitoring, Proc. of 7th International Conference on Inspection, Appraisal, Repair & Maintenance of Buildings & Structures, Vol.2, pp81-88, 2001.9.