

ひびわれた直方体コンクリートの 圧縮強度低減に関する実験的研究

正会員 ○池田 浩一郎*1
同 北山 和宏*2

1 目的

梁崩壊型鉄筋コンクリート(RC)骨組では地震時に内柱・梁接合部がせん断破壊することがある。これは接合部内に形成される斜めストラットの圧縮強度がストラットに平行なひびわれによって低下し、コンクリートが圧壊するためと考えられる。そこで本研究では、引張り载荷によりひびわれの生じた直方体コンクリートの圧縮強度の低下を実験により確認し、その強度低減率を定量化することを目的とする。

2 実験方法

試験体は15×15×20(cm)のコンクリート直方体12体である。試験体諸元を表1に示す。加力方法を図1に示す。試験体両端の異形鉄筋を引張り荷し付着力を介して初期ひびわれを発生させ、さらに所定のひずみまで引張った。引張り力除荷後、ひびわれに平行方向に圧縮载荷した。実験変数はコンクリート圧縮強度と初期引張りひずみとする。材料特性を表2に示す。

3 実験結果

3-1 ひびわれ発生状況 図2に試験体 N-4, H-4 の引張り载荷終了後におけるひびわれ状況を実線で、また圧縮破壊後のひびわれを点線で示す。平均引張りひずみ1.0%付近までは試験体中央部の1本が成長するだけであったが、それ以降新たなひびわれが生じ、2.0%では3本になった。各試験体毎のひびわれ本数を表3に示す。

3-2 ひびわれ発生時コンクリート負担応力と付着性状 ひびわれ発生時において鉄筋端部引張り力から変位計より得られたコンクリート平均ひずみに鉄筋の断面積とヤング率を乗じたものを減じ、コンクリート断面積で除したものを f_i 、鉄筋端部引張り力からそのときの試験体中央部の実測鉄筋ひずみより求めた鉄筋の負担力を減じコンクリート断面積で除して求めたものを f_{cr} とする。

f_i/f_{cr} の値を表3に示す。 f_i/f_{cr} の値は各試験体の初期の付着の良否を示すもので、値が大きくなるほど付着は悪い。ひびわれ発生直前においてコンクリートと鉄筋のひずみの差が大きいことは、初期付着が良好ではないことを示している。

3-3 初期付着の良否と鉄筋周辺の内部損傷 試験体表面に鉛直に貼付した検長60mmのコンクリート・ゲージより得た平均ひずみと引張り力との関係を図3に示す。

表1 試験体諸元

| 試験体 | 鉄筋径 | 鉄筋比 (%) | F _c (kgf/cm ²) | 鉄筋強度 |
|-------|-----|---------|---------------------------------------|------|
| N-1~3 | D13 | 2.4 | 180 | SD35 |
| N-4~6 | D16 | 3.6 | | |
| H-1~3 | D13 | 2.4 | 350 | |
| H-4~6 | D16 | 3.6 | | |

表2 材料特性
(a) 鉄筋

| | 降伏応力度 (kgf/cm ²) | 降伏時歪 ×10 ⁻⁶ | 最大応力度 (kgf/cm ²) | ヤング係数 (kgf/cm ²) |
|-----|------------------------------|------------------------|------------------------------|------------------------------|
| D13 | 3331 | 1733 | 4885 | 1.92×10 ⁶ |
| D16 | 3538 | 1874 | 5315 | 1.89×10 ⁶ |

(b)コンクリート

| | 材齢 (日) | 圧縮強度 (Kgf/cm ²) | 引張強度 (kgf/cm ²) | ヤング係数 (kgf/cm ²) |
|-------|-------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Fc180 | 70(N6, N1) | 239 | 25.0 | 2.29×10 ⁵ |
| | 90(N2, N3) | 266 | 25.0 | 2.33×10 ⁵ |
| | 100(N5, N4) | 272 | 25.0 | 2.41×10 ⁵ |
| Fc350 | 105(H1~H6) | 410 | 31.8 | 2.68×10 ⁵ |

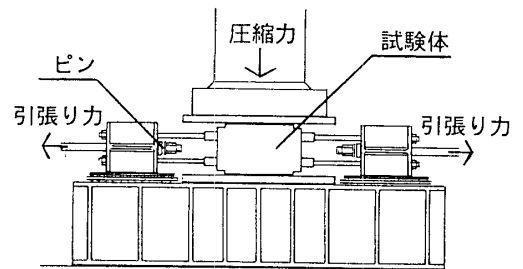


図1 加力装置

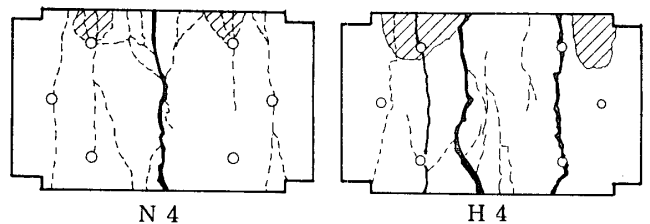


図2 ひびわれ状況

①では引張り载荷とともにポアソン効果で圧縮ひずみ

が生じる。②ではひびわれの発生によってコンクリート内部の引張り力が解放され、またひびわれ面より鉄

筋が抜けだすため鉄筋近傍のコンクリートに内部損傷が生じ微細な空隙がひずみを引張りに転じさせる。③

ではひびわれ発生後さらに引張り载荷することで鉄筋近傍コンクリートの内部損傷はさらに進行する。

引張り载荷終了時までの鉛直ひずみの最大値を表3に示す。fi/fcrの値が小さい(すなわち初期付着が良

好な)ほど、鉛直ひずみは大きい。これは初期付着が良好な場合、付着力によって導入されるコンクリート内部の損傷による空隙が増加することを示すと考えられる。これより、この鉛直ひずみを内部損傷を表わす指標とみなしてよい。

3-4 圧縮強度低減率と平均引張りひずみの関係 表3に付与した引張りひずみ ϵ_1 とそのときの圧縮強度及び初期ひずみを与えない試験体の圧縮強度に対する強度低減率 λ を併記した。本実験結果より圧縮強度低減率を初期引張りひずみの関数として算定式を求めた。式中の定数はHシリーズの結果から最小二乗法を用いて定めた。この式を実験結果とともに図4に示す。白井[1]・長沼ら[2]は λ を ϵ_1 のみで統一的に評価することが困難なこと指摘しているが本実験においても低減率のバラツキが見られた。図5に表3のfi/fcrと λ を試験体毎に示す。fi/fcrの値の大小が圧縮強度低減率 λ の大小と対応している。鉄筋とコンクリートの初期付着性状が、鉄筋周辺のコンクリートに生じる局部応力による内部損傷の度合いに影響を与え、さらに圧縮強度に影響している。H1, H2のように初期付着が良好でないものは内部損傷も少なく圧縮強度も9割程度の低減にとどまった。これに対しH4, H5のように初期付着の良好なものは、内部損傷も進み圧縮強度も6割台まで低減した。

4 まとめ

鉄筋の付着力を介してひびわれを生じさせた直方体コンクリートにひびわれに平行方向の圧縮力を加える実験を行なった。その結果、初期引張りひずみの増加に伴い、コンクリート圧縮強度は低下した。しかし、圧縮強度の低減に内部損傷度が影響している可能性があることを示した。

謝辞 本研究は文部省科研費(代表者:野口博千葉大学教授)により行ない、東急建設技術研究所山本俊彦、磯雅人両氏の協力を得た。

参考文献 [1] 白井伸明:ひびわれコンクリートの構成則、鉄筋コンクリート構造のFEM解析の精度向上に必要な基礎実験と解析モデルの開発、昭和63年度総合研究(A)研究成果報告書、1989、pp.196-217。 [2] 長沼一洋、山口恒雄:ひびわれたコンクリートの圧縮特性に関する研究、JCIコロキウム論文集、JCI-C18、1989、pp.23-30

表3 実験結果

| 試験体名 | fi/fcr | 鉛直歪(μ) | ひびわれ本数 | 圧縮強度低減係数λ及び圧縮強度(kg/cm ²) | 初期引張りひずみε ₁ (%) |
|------|--------|--------|--------|--------------------------------------|----------------------------|
| H1 | 3.3 | 16 | 1 | 0.91 (163) | 0.69 |
| H2 | 6.6 | 10 | 1 | 0.89 (160) | 0.45 |
| H3 | 2.4 | 不明 | 1 | 0.71 (127) | 1.08 |
| H4 | 1.4 | 46 | 3 | 0.66 (118) | 2.23 |
| H5 | 1.5 | 58 | 1 | 0.61 (109) | 0.89 |
| H6 | - | - | - | 1.00 (180) | 0 |
| N2 | 3.3 | 不明 | 1 | 1.00 (139) | 0.10 |
| N3 | 3.2 | 25 | 1 | 0.95 (132) | 0.10 |
| N4 | 1.8 | 35 | 1 | 0.85 (118) | 1.12 |
| N5 | - | - | - | 1.00 (139) | 0 |

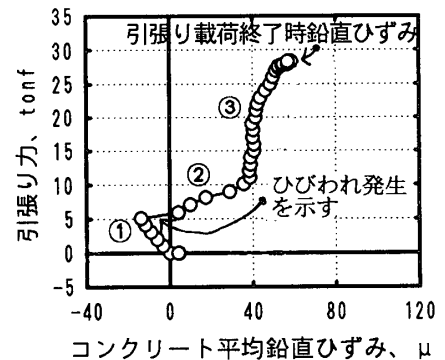


図3 引張り力-鉛直ひずみ関係(H5)

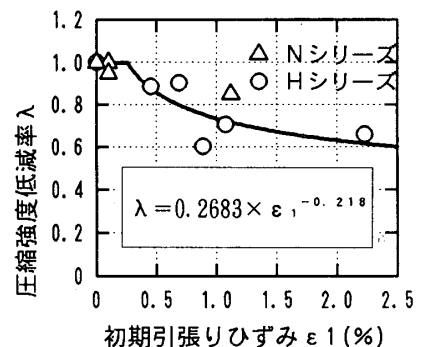


図4 初期引張りひずみ-圧縮強度低減率関係

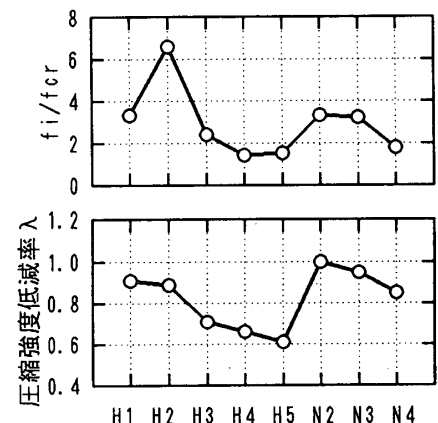


図5 fi/fcrと圧縮強度低減率の比較

*1 東京都立大学大学院 *2同大学助教授 工博