

硫酸劣化によりかぶり・スターラップが消失した RC はり部材のせん断耐力

京都大学大学院 学生会員 ○坂本 洋介 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

硫酸による化学的侵食を受ける RC はり部材に対し、劣化後に曲げ載荷試験を行い、せん断耐力の算定手法を検討した。

2. 実験概要

2.1 はり供試体

図 1 に示すように、幅×高さ×全長=100×200×1,600mm のはり型とした。主筋は 2-D13(SD295A) を対称複鉄筋とし、スターラップは端部のみに配し健全時にせん断引張破壊となるように作成した。一部の供試体は、劣化を模擬するため、所定の厚さの底板と凝結遅延剤を用い、かぶりを減じ、侵食表面を表現するように打設した。

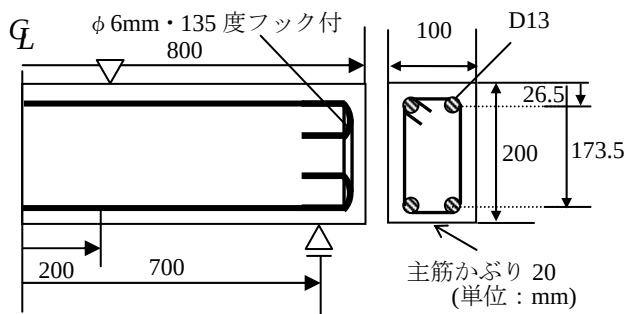


図 1 はり供試体概要

2.2 劣化レベル

健全、小(主筋に対するかぶり約 10mm)、中 (同約 5mm, スターラップ表面が露出)、大(同約 5mm, 主筋が露出)の 4 レベルを目標とし、硫酸水溶液から引き上げた状態での外観観察と、プラスチック製のブラシで脆弱部を除去して水洗した後の高さ測定(曲げスパンの断面高さを 6 箇所でノギスにより測定し平均)で管理した。

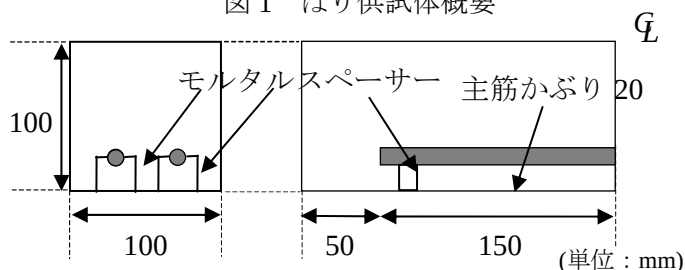


図 2 鉄筋供試体概要

2.3 浸せき環境

5mass%(0.510mol/l・pH=-0.009)と高濃度の硫酸水溶液への浸せきとした。これは実環境より一般に高濃度であり、劣化促進環境となる。浸せきは室温にて行い、1 体ごとに容器を用い残存縁からの喫水が約 50mm となるよう静置し(接触面積/溶液体積 $\approx 3.3 \times 10^5 \text{mm}^2 / 1.7 \times 10^7 \text{mm}^3$)、pH を監視し、定期的に溶液を交換した。

2.4 浸せき終了後の曲げ載荷試験

スパン長 1400mm, 曲げスパン 500mm の一方向対称 2 点漸増載荷を行い、荷重および変位を測定した。載荷方向は、劣化部分が圧縮縁または引張縁となる場合の 2 種類(それぞれ圧縮側載荷, 引張側載荷)とした。

2.5 鉄筋供試体

はり供試体に加え、鉄筋の断面減少を把握するために、図 2 に示すように幅×高さ×全長=100×100×400mm の鉄筋供試体を作成した。はり供試体と同様に浸せき (ただし 4 体/1 容器)し、浸せき終了後に鉄筋のはつり出しを行い、レーザー距離計により直径を測定した後、引張試験を行った。

3. 実験結果および考察

3.1 破壊形式

劣化程度が大きく主筋の付着が失われる場合には引張側載荷でアーチ機構への移行が予想されたが、かぶり、載荷方向によらず、斜めひび割れを伴うせん断引張破壊となった。

3.2 最大荷重

キーワード: 化学的侵食, 硫酸, せん断耐力, ダウエル耐力

連絡先: 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 TEL: 075-383-3173 FAX: 075-383-3177

最大荷重とかぶりの関係を載荷方向ごとに図3, 図4に示す. 載荷方向によらず, かぶり減少とともに低下する傾向が認められる. 圧縮側載荷では, 有効高さの減少によりコンクリートせん断抵抗 (v_{con}) が低下したと考えられる. 引張側載荷では, かぶり減少により引張主筋の付着が低下し, 曲げひび割れが集中・拡大すること, かぶり ≤ 0 では引張主筋の断面減少も有意となることを考慮すると, ダウエル作用 (v_d), かみ合わせ作用 (v_a), およびコンクリートせん断抵抗 (v_{con}) がいずれも低下したと考えられる.

3.3 最大荷重の算定

(1)鉄筋の断面減少

表1に鉄筋供試体の実験に基づく鉄筋の健全に対する直径減少率と, 降伏強度, 最大強度を示す. 鉄筋が露出する段階ではかぶりの減少にばらつきが生じ, かつ中央付近より端部で顕著に減少していたが, 各項目とも顕著な減少は見られなかった. しかし, モルタルスパーサー境界付近では断面減少が進行し, 直径減少率は最大で4.82%であった. 欠陥部では局所的な性能低下が発生することがわかる.

(2)最大荷重の算定

圧縮側載荷での耐力算定は, 有効高さを β_d および a/d で考慮する式^[1]で行った.

$$V_c = 0.2\beta_d \cdot \beta_p \cdot f'_c{}^{1/3} (0.75 + 1.4/(a/d)) \cdot b_w d \quad (1)$$

3.2で述べたように, 引張側載荷では最大荷重低下には複数の要因が考えられるが, ここでは式(1)をベースにダウエル耐力の低下および主筋の断面減少により低下したと仮定した. まず, 健全時には V_c の15%をダウエル耐力が受け持ち, 残るかぶりが-12.7mm(主筋が露出)において消失すると仮定した. 次に3.3(1)に基づき, 図5より残るかぶりが-5mm時の直径減少率は0.656%, 欠陥部の半径減少率は5.31%と比例関係として推定することにより, 残るかぶり0mmから直径が線形に減少し, -5mm時に直径減少率が5%になると仮定し, β_p に適用した.

$$V_c = 0.2\beta_d \cdot \beta_p \cdot f'_c{}^{1/3} (0.75 + 1.4/(a/d)) \cdot b_w d (0.85 + 0.15((Z + 12.7)/32.7)) \quad (2)$$

式(1), (2)を用いることで, 圧縮側, 引張側載荷ともせん断耐力の下限を捉えることができた. ただし, アーチ機構に一部移行したことによる最大荷重の増加は式(1)の適用範囲外であることから捉えることができなかった.

4. 結論

引張側載荷のせん断耐力算定の際, ダウエル耐力の減少と主筋の断面減少を考慮することによりせん断耐力の下限を捉えることができた.

参考文献

- [1] 二羽 淳一郎, 他: せん断補強鉄筋を用いない RC はりのせん断強度式の再評価, 土木学会論文集 No.372/V-5, 167~176, 1986

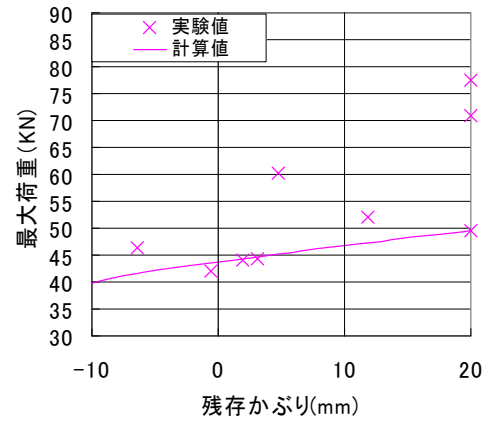


図3 最大荷重(圧縮側載荷)

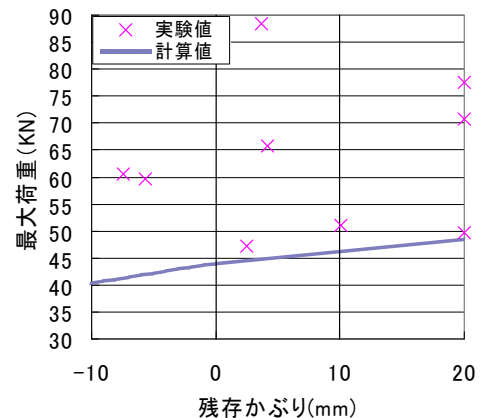


図4 最大荷重(引張側載荷)

表1 直径減少率と降伏強度, 最大強度

残るかぶり (mm)	直径減少率 (%)	降伏強度 (N/mm ²)	最大強度 (N/mm ²)
20.00	0.000	343	484
11.40	0.284	338	479
8.65	0.089	341	483
-0.19	0.597	341	490

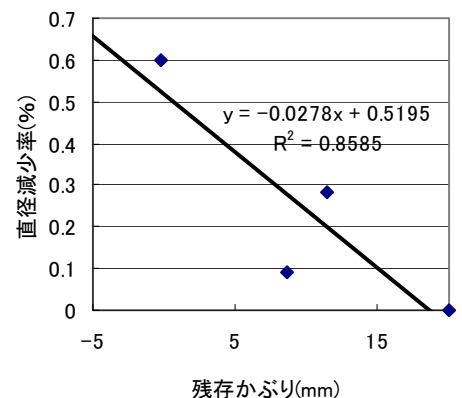


図5 残るかぶりと直径減少率