

## 鉄筋腐食を考慮した RC はり部材のせん断耐荷性能評価

神戸大学大学院 学生員 ○橋本 航 神戸大学工学部 正会員 森川 英典  
京都市 岩田 和隆 神戸大学工学部 正会員 小林 秀恵

**1. はじめに** 近年、塩害やコンクリートの中性化により鉄筋が腐食し、RC 構造物の耐久性を確保する上で、鉄筋の腐食状況と構造物の耐荷力との関係を把握する必要性が指摘されている。本研究では、図-1 に示す模擬腐食鉄筋を用いて RC はりを作成し、せん断破壊試験を行うことにより、鉄筋腐食がせん断耐荷性能に及ぼす影響について実験的に評価を行った。

**2. 試験概要**

(1) **供試体**：供試体は幅 150mm、高さ 240mm、有効高さ 200mm の長方形断面を持つスパン 1200mm の RC はりで、主鉄筋に D16 を 3 本、圧縮鉄筋に D13 を 2 本、配筋 I では、スターラップを 150mm 間隔で配置し、配筋 II では、スターラップを配置しないものとした。せん断スパン比は 2.5 で中央 2 点荷重とした。図-2 に供試体概要図(配筋 I)を示す。

(2) **鉄筋の性質**：鉄筋の腐食程度を表す指標には式(1)に示す腐食減量率を用いた<sup>1)</sup>。

$$\sigma_{cy} = \{1 - 1.98(\Delta w / 100)\} \cdot \sigma_{sy} \quad (1)$$

$\Delta w$ ：腐食減量率(%)      $\sigma_{cy}$ ：腐食後の降伏強度(N/mm<sup>2</sup>)      $\sigma_{sy}$ ：健全時の降伏強度(N/mm<sup>2</sup>)

腐食減量率と重量減量率との関係を求めるため、重量減量率の異なる数パターンの鉄筋に対して引張試験を行った。その結果を図-3 に示す。また、各腐食減量率に対する付着強度比を求めるため、鉄筋とコンクリートの付着試験を行った。その結果を図-4 に示す。ここで、付着断絶率とは、健全時における鉄筋の周長に対して貼るテープ幅の割合を示す。

**3. 試験結果および考察**

表-1 に供試体の詳細と実験結果を示す。スターラップの腐食減量率は 0%、10%、20%、主鉄筋の腐食減量率は 0%、5%、10%のそれぞれ 3 水準とし、各腐食減量率に対する重量減少率と付着強度比の値は図-3、図-4 を基に

決定した。なお、各腐食減量率に対する目標付着強度比(対健全)は以下に示す式(2)を用いて算定した<sup>2)</sup>。

$$\text{付着強度比} = \exp(-1.2220 \cdot \Delta w) + \exp(-0.0641 \cdot \Delta w) - \exp(-2.8188 \cdot \Delta w) \quad (2)$$

本試験結果は比較的精度の高かったコンクリート標準示方書によるせん断耐力評価式を用いて検討を行った<sup>3)</sup>。

キーワード：鉄筋腐食、RC はり部材、せん断耐荷性能、腐食減量率、アーチ作用

連絡先：森川 英典 神戸大学工学部 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 TEL：078-803-6027

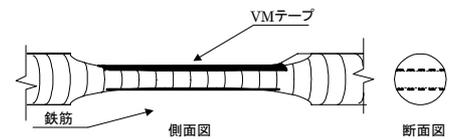


図-1 模擬腐食鉄筋概要

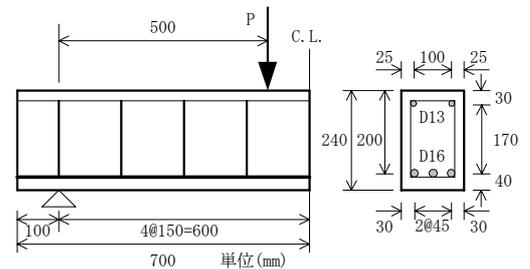
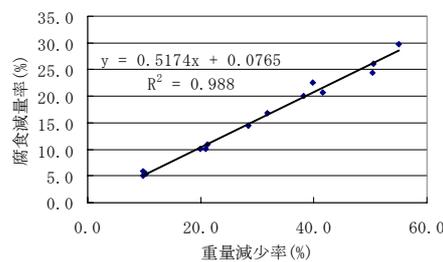
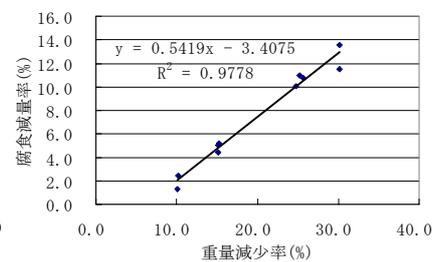


図-2 供試体概要(配筋 I)

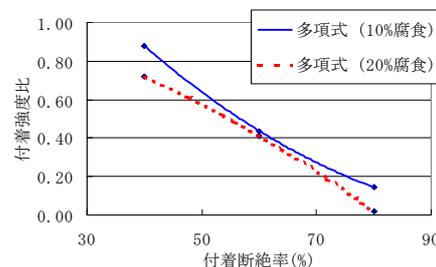


(a) D6 鉄筋

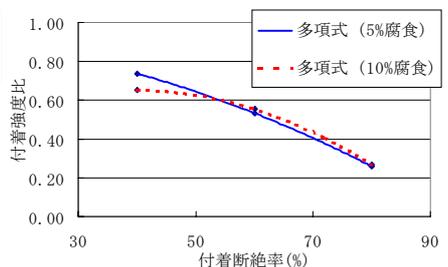


(b) D16 鉄筋

図-3 腐食減量率と重量減量率との関係



(a) D6 鉄筋



(b) D16 鉄筋

図-4 腐食減量率と付着断絶率との関係

表-1 载荷試験結果

供試体名	コンクリート 強度 (N/mm <sup>2</sup> )	スターラップ				主鉄筋				示方書評価値 (kN)			実験値 (kN)			実験値/ 評価値	
		腐食 減量率(%)	重量 減量率(%)	付着強度比		腐食 減量率(%)	重量 減量率(%)	付着強度比		Vc	Vs	V	Vc	Vc'	V	Vc	V
				目標	実験値			目標	実験値								
S0-B0-I	16.9	0.0	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	1.00	29.0	23.8	52.7	29.4	—	52.8	1.02	1.00
S10-B0-I	16.9	10.0	19.2	0.53	0.31	0.0	0.0	1.00	1.00	29.0	19.1	48.0	35.5	—	50.9	1.23	1.06
S20-B0-I	16.9	20.0	38.5	0.28	0.15	0.0	0.0	1.00	1.00	29.0	14.3	43.3	33.1	—	48.0	1.14	1.11
S10-B5-I	16.9	10.0	19.2	0.53	0.31	5.0	15.5	0.73	0.52	27.4	19.1	46.4	28.2	9.3	56.6	1.03	1.22
S20-B10-I	16.9	20.0	38.5	0.28	0.15	10.0	24.7	0.53	0.33	26.3	14.3	40.7	25.7	13.7	53.8	0.98	1.32
S0-B0-II	16.5	0.0	—	—	—	0.0	0.0	1.00	1.00	29.0	—	—	31.9	4.7	36.6	1.10	—
S0-B5-II	16.5	0.0	—	—	—	5.0	15.5	0.73	0.66	27.4	—	—	28.2	16.3	44.5	1.03	—
S0-B10-II	16.5	0.0	—	—	—	10.0	24.7	0.53	0.44	26.3	—	—	27.0	8.5	35.5	1.02	—

評価値 Vc : コンクリート分担せん断耐力      評価値 Vs : スターラップ分担せん断耐力

評価値 V : =Vc+Vs      実験値 Vc : 斜めひび割れが発生荷重      実験値 V : スターラップ降伏荷重

実験値 Vc' : 主鉄筋腐食による増加耐力      実験値 Vs=評価値 Vs (トラス理論)

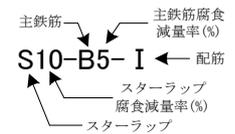
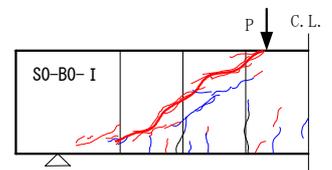


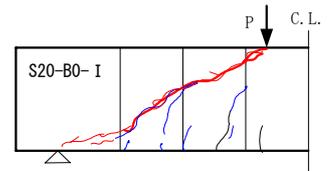
図-3 供試体名称

表-1 から主鉄筋が健全状態を維持し、スターラップのみ腐食が進行すると Vc が増加傾向

にあることが分かる。一方、主鉄筋のみ腐食が進行すると Vc は減少傾向にあると言える。しかしながら、スターラップと共に主鉄筋も腐食が進行すると Vc は減少傾向にある。つまり、スターラップと共に主鉄筋の腐食が進行した場合、主鉄筋腐食による影響が支配的となり Vc は減少すると考えられる。また、表-1 より主鉄筋が健全状態であれば、示方書による評価値 V はある程度の精度が得られていると言え、概ねトラス理論によるせん断抵抗が有効な範囲内でせん断破壊に至ったと考えられる。それに対し主鉄筋の腐食が進行すると、実験値 V は示方書による評価値 V を大きく上回っている。これは、腐食の進行に伴い主鉄筋とコンクリートの付着力が低下したため、せん断抵抗機構が一部アーチ作用へと移行し、その結果せん断耐力が大幅に増加したものと考えられる。表-1 に示す Vc' は主鉄筋の腐食による増加耐力を示している。



(a) 健全供試体



(b) 腐食供試体

(実験値 Vc' = 実験値 V - 実験値 Vs - 実験値 Vc) なお、本試験では図-4 に示すように、健全供試体と腐食供試体のひび割れ性状には大きな差は見られなかった。

図-4 ひび割れ図

**4. 鉄筋腐食を考慮した評価式の提案** 本試験結果から、鉄筋腐食を考慮したせん断耐力評価式を構築した。RC はり部材においてスターラップおよび主鉄筋の一方だけ腐食が進行することは考え難いため、スターラップと主鉄筋の腐食が共に進行した場合について検討する。表-1 より Vc および Vs に関しては、示方書による評価値が妥当であると考えられる。ただし V については、主鉄筋の腐食に伴う付着力の低下が引き起こすアーチ作用の影響を考慮する必要がある。そこで、実験結果を基に構築した主鉄筋腐食による増加耐力 Vc' 評価式を式(3)に示す。

表-2 評価値と実験値の比較

$$V_c' = 1.211 \cdot \Delta w_b + 1.589 \quad (3)$$

$\Delta w_b$  : 主鉄筋の腐食減量率(%)

供試体名	評価値(kN)		実験値(kN)		実験値/評価値	
	Vc	V	Vc	V	Vc	V
S10-B5-I	27.4	54.1	28.2	56.6	0.97	0.96
S20-B10-I	26.3	54.4	25.7	53.8	1.02	1.01

式(3)を用いて、スターラップおよび主鉄筋が腐食した供試

体に対して再度評価を行った。表-2 にその結果を示す。表-2 より、主鉄筋腐食による増加耐力 Vc' を考慮することで、スターラップおよび主鉄筋が腐食した供試体のせん断耐力を評価することは妥当であると考えられる。

**5. まとめ** 本研究では、模擬腐食鉄筋を用いて鉄筋腐食を考慮した RC はり部材のせん断耐荷性能に関して、実験的に評価を行った。その結果、主鉄筋が健全状態であれば、トラス理論によるせん断抵抗が有効な範囲内でせん断破壊に至り、主鉄筋の腐食が進行すると、せん断抵抗機構が一部アーチ作用へと移行し、せん断耐力が上昇することが明らかとなった。

【参考文献】1) 李ら：第19回コンクリート工学年次論文報告集，No.1，1997。

2) 日本コンクリート工学協会：コンクリート構造物の構造・耐久設計境界問題研究委員会報告書，1998.7。

3) 土木学会：平成8年制定コンクリート標準示方書[設計編]，1996。