

高松高専 学生会員 ○山口詩織
 高松高専 正会員 長友克寛
 四国総研 正会員 横田 優
 香川大学 正会員 松島 学

1. はじめに RC部材の主鉄筋が塩害によって腐食した場合、主鉄筋軸に沿う割裂ひび割れが発生することはよく知られている。RC部材のせん断耐力式は、トラス理論に基づいて提案されているが、この前提となるのはせん断補強筋が降伏するまで主鉄筋の定着が確保されることである。そのため、塩害による腐食ひび割れが主鉄筋の定着強度、いわゆる付着割裂強度にどのように影響を及ぼすかを定量化することが必要不可欠である。本研究は、その予備試験として、定着長が短い簡易型試験体（Schmidt 型試験体）を用い、ひび割れ幅が比較的小さい場合の付着割裂強度について検討したものである。

2. 実験方法

2.1 本研究の特徴 本研究では、腐食鉄筋の付着割裂強度を検討する際に、以下の3点について特に配慮した。

- (1) 付着割裂強度には、かぶり、鉄筋あき、横補強筋間隔など多くの影響因子が関わるため、パラメトリックな検討が容易である試験体を用いること。
- (2) 付着割裂破壊には大きく3つの破壊形式が存在するため、割裂ひび割れの発生パターンを予め想定した試験体とすること。
- (3) 電食実験では局所的に腐食が進行するため、高塩分環境下での乾湿繰返しによる腐食方法を用いること。今回は、「70℃の塩水に3.5日、15℃の槽中に3.5日」を1サイクルとする環境下において試験体の養生を行った。なお、試験体コンクリート中の塩分濃度は Cl^- 換算で $3\text{kg}/\text{m}^3$ とした。

2.2 試験体 図-1にせん断ひび割れの成長したRCはりの支点近傍域を切り出した自由体の、図-2に本研究で使用した簡易型試験体の力の流れをそれぞれ示す。簡易型試験体は、試験体中央部にスリットを入れ、かつ载荷端側の主鉄筋部分にパイプをかぶせてこの部分の付着を絶つことで、RCはりに似た定着域の応力状況を実現できる。小型で比較的軽量なこの試験体の使用により、パラメトリックな検討が容易に可能となる。

図-3に本研究で使用した簡易型試験体の形状・寸法および载荷・測定方法を示す。試験体は、幅 b_w が2種類（80mm, 110mm）、せん断補強筋間隔 s_w が2種類（D6 せん断補強筋を100mm間隔で2本配置、50mm間隔で3本配置）の計4種類である。幅 $b_w=80\text{mm}$ のものは側面かぶり方向、 $b_w=110\text{mm}$ のものは底面かぶり方向への腐食ひび割れの発生を想定している。主鉄筋の試験区間長は210mmであるが、両側30mmをエポキシ樹脂でコーティングしてあるため、実質の定着長は150mmである。図-4にエポキシ樹脂による試験体表面のコーティング状況を示す。なお、主鉄

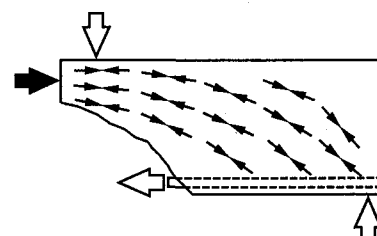


図-1 RCはりの力の流れ

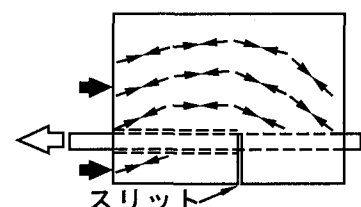


図-2 簡易試験体の力の流れ

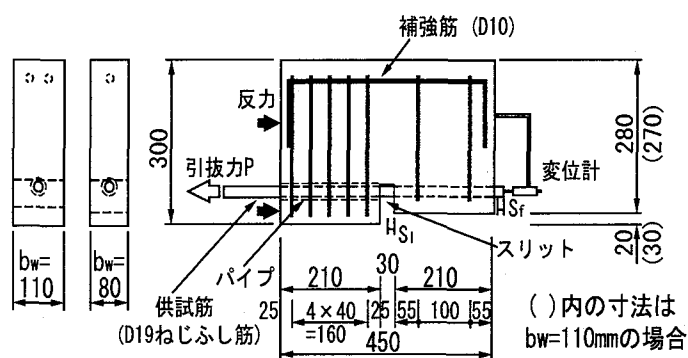
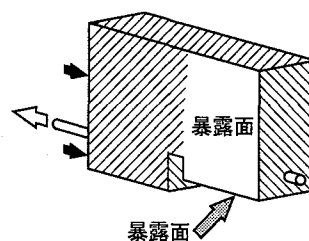


図-3 簡易試験体の形状・寸法および载荷・測定方法



/// : エポキシ樹脂コーティング面
 (せん断補強筋にもコーティング)

図-4 簡易試験体のコーティング

表一 実験概要

試験体 No.	養生環境	コンクリート 圧縮強度 f_c' (MPa)	部材幅 b_w (mm)	最小かぶり 厚さ C_{min} (mm)	せん断補強筋 本数 (本)	せん断補強筋 間隔 s_w (mm)	$\tau_u / \sqrt{f_c'}$	最大引抜き 実験値 P_{ue} (kN)	最大引抜き 計算値 P_{uc} (kN)	P_{ue}/P_{uc}
1	Cl 添加 + Cl 水中養生	42.7	80	30.5	2	100	1.37	80.4	62.7	1.28
2		42.7	110		2	100	1.69	99.2	77.9	1.27
3		44.4	80		3	50	1.64	98.0	65.0	1.51
4		42.7	110		3	50	1.79	105.0	78.9	1.33
5	気中	30.0	80		2	100	1.20	59.3	52.6	1.13
6		30.0	110		2	100	1.41	69.5	65.4	1.06
7		30.2	80		3	50	1.43	70.7	53.7	1.32
8		30.6	110		3	50	1.69	84.2	66.8	1.26

筋以外の鉄筋には全てコーティングを施した。

2.3 計測事項 本研究では、まず、養生時において腐食によるひび割れ幅をマイクロスコープで観察した。次に、載荷時においてロードセルにより引抜き力 P を、変位計により載荷端すべり S_i と自由端すべり S_f を、 π 型変位計によりひび割れ幅 w をそれぞれ計測した。

3. 実験結果

3.1 実験開始前の腐食ひび割れ幅および腐食減量

表一 2 に各腐食試験体のひび割れ幅 w (mm) および腐食減量率 Cor (%) を示す。ここに、 w は 30mm 間隔の 6 カ所の計測点におけるひび割れ幅を平均したものである。同表より、せん断補強筋間隔 s_w を 100mm から 50mm へと狭くすることにより、ほぼ同じ w でも Cor を低く抑えられることがわかる。さらに、同表の w に至るのに要した日数も、 $s_w=50$ mm の場合の方が 100mm の場合よりも 3 ヶ月以上長かった。

3.2 破壊形式 写真一 1 に付着割裂破壊の破壊状況の一例を示す。 $b_w=80$ mm の試験体は側面の腐食ひび割れがそのまま貫通 (サイドスプリット型) することで、 $b_w=110$ mm の試験体は底面の腐食ひび割れとは別の割裂ひび割れが側面方向に貫通することによってそれぞれ付着割裂破壊に至った。

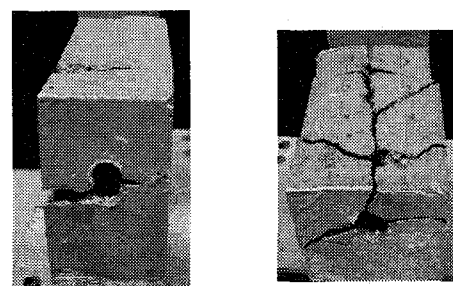
3.3 付着割裂強度 図一 5 に各試験体の付着割裂強度 τ_u を $\sqrt{f_c'}$ で除して基準化した値の比較を示す。同図より腐食環境下にある試験体 No. 1 ~ 4 の方が健全な環境下にある試験体 No. 5 ~ 8 に比べて $\tau_u / \sqrt{f_c'}$ が若干大きいことが分かる。これは鉄筋が腐食し膨張することによって、主鉄筋には半径方向に側圧が作用したためであると考えられる。なお、当然のことながらせん断補強筋間隔 $s_w=50$ mm の試験体の方が $s_w=100$ mm の試験体よりも $\tau_u / \sqrt{f_c'}$ は大きい。表一 1 右端の欄には最大引抜き力の実験値 P_{ue} と藤井等¹⁾ の付着割裂強度式による計算値 P_{uc} の比を示している。各試験体の比は 1 以上の良好な値となっており、腐食ひび割れ幅が小さい場合には、この付着割裂強度算定式を適用可能であることが分かる。

4. まとめ 本研究の結果、塩害によって鉄筋が腐食しても、そのひび割れ幅が小さい場合は付着割裂強度への影響は小さいこと、その付着強度は藤井等による提案式で推定可能であること、せん断補強筋間隔が狭いほど同程度のひび割れ幅に達するまでに多くの日数を要すること、その際の腐食減量率も小さいこと、などが明らかになった。

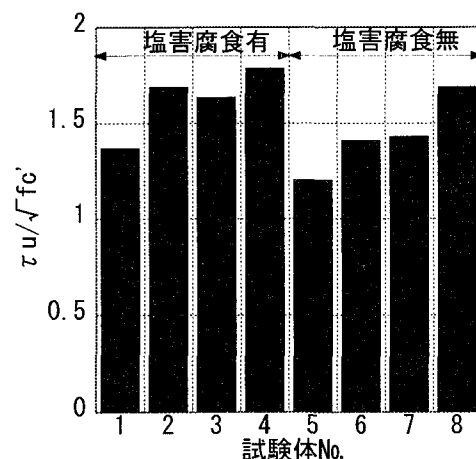
参考文献 1) 藤井 栄, 森田司郎: 異形鉄筋の付着割裂強度に関する研究 (第 1 報), (第 2 報), 日本建築学会論文報告集, 第 319 号, 第 324 号, pp.47-55, pp.45-53, 昭和 57 年 9 月, 昭和 58 年 2 月。

表一 2 腐食ひび割れ幅と腐食減量率の比較

試験体 No.	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
せん断補強筋間隔 s_w (mm)	100	100	50	50
腐食ひび割れ幅 w (mm)	0.20	0.14	0.17	0.07
腐食減量率 Cor (%)	4.08	3.56	2.18	3.44



(a) $b_w=80$ mm (b) $b_w=110$ mm
写真一 破壊状況の一例



図一 5 各試験体の基準化
付着割裂強度の比較