

鉄筋が腐食した Schmidt 型試験体の付着割裂破壊時における変形状

高松高専 学生会員 ○瀬戸亮太
高松高専 正会員 長友克寛
四国総研 正会員 横田 優
高松高専 松原三郎

1. はじめに 著者等は、既往の研究¹⁾において定着長が短い簡易型試験体（以下、Schmidt 型試験体と表記）を用い、塩害による腐食ひび割れが生じた場合の付着割裂強度について検討を行った。その結果、その腐食ひび割れ幅が小さい場合は、塩害によって鉄筋が腐食しても付着割裂強度への影響は小さいこと、その付着強度は既往の強度式で安全側に評価可能であること、せん断補強筋本数が多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しその際の腐食減量率も小さいこと、等を明らかにした。本研究では、鉄筋が塩害腐食したそれらの Schmidt 型試験体の付着割裂破壊時における変形状について考察した。

2. 実験方法 図-1に本研究で使用した Schmidt 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, SD295A のせん断補強筋を 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 $b_w=80$ mm のものは側面かぶり方向, $b_w=110$ 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た。

試験体は、コンクリート中の塩分濃度が Cl^- 換算で 3kg/m^3 となるような配合で作製し、鉄筋を「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腐食させた。試験体に発生する腐食によるひび割れ幅 W_c を 30mm 間隔の 6 カ所においてマイクロスコップで観察し、それが約 0.1mm ~ 0.2mm に達した時点で引抜試験を実施した。写真-1に実験状況を示す。計測事項は、ロードセルによる引抜力, レーザー変位計による载荷端すべり S_l , 変位計による自由端すべり S_f , π 型変位計による割裂ひび割れ幅の増加量 W_s である。 π 型変位計は、50mm 間隔で 4 カ所貼り付けた (写真-1参照)。ただし、試験体 No. 6 のみ側面に貼り付けた。

3. 実験結果

表-1に実験結果の概要を示す。本論文では、ひび割れ幅を以下のように定義して議論を進める。

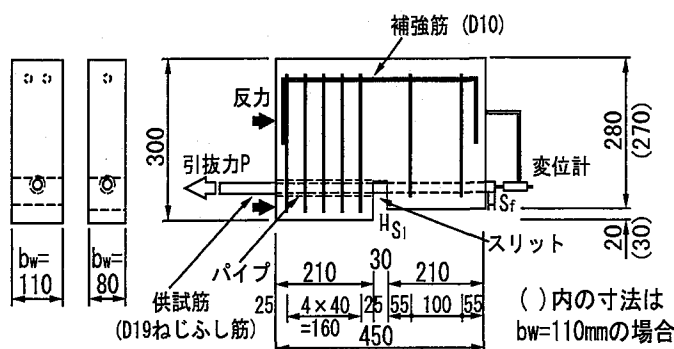


図-1 Schmidt 型試験体

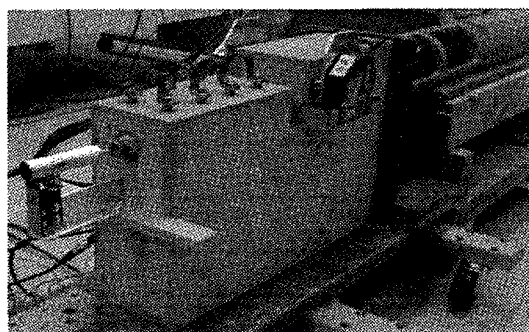


写真-1 実験状況

表-1 実験概要

試験体 No.	CL 添加 + 水中養生	コンクリート 圧縮強度 f_c' (MPa)	幅 b_w (mm)	最小かぶり厚さ C_{min} (mm)	せん断補強筋本数 n (本)	せん断補強筋間隔 s_w (mm)	最大引抜力 P_{ue} (kN)	腐食減量率 Cor (%)	腐食ひび割れ幅 W_c (mm)	Pue 時のひび割れ幅 W_s (mm)	W (W_c+W_s) (mm)	Pue 時の自由端すべり S_f (mm)
1	○	42.66	80	30.45	2	100	80.4	4.08	0.20	0.296	0.49	0.15
2		42.66	110		2	100	99.2	3.56	0.14	0.563	0.70	0.07
3		44.37	80		3	50	98.0	2.18	0.17	0.255	0.42	0.28
4		42.66	110		3	50	105.0	3.44	0.07	0.693	0.76	0.12
5	×	30.02	80		2	100	59.3		0.00	0.152?	0.42	
6		30.02	110		2	100	69.5		0.00			0.09
7		30.27	80		3	50	70.7		0.00	0.563	0.56	0.25
8		30.62	110		3	50	84.2		0.00	0.743	0.74	0.60

W_c : 腐食試験における主筋軸に沿う腐食ひび割れ幅の
全計測点での平均値 (気中養生の場合には $W_c=0$)

W_s : 引抜試験における割裂ひび割れ幅の計測値
(腐食環境下での養生の場合には増分値)

W : 引抜試験時の全ひび割れ幅 $=W_c+W_s$

3.1 破壊形式 幅 $b_w=80\text{mm}$ の試験体では片側の側面に主筋軸に沿って発生した腐食ひび割れがそのまま反対側にまで貫通 (サイドスプリット型) することで, 一方, $b_w=110\text{mm}$ の試験体では底面に主筋軸に沿って発生した腐食ひび割れに加えて, V 字型のひび割れが生じ, それらが貫通することによって, それぞれ破壊に至った。

3.2 ひび割れ分布 図-2に試験体No.2を対象として, 引抜力 P の増加に伴う主筋軸に沿った割裂ひび割れ幅 W_s 分布の推移を示す。引抜力 P の大きさに関わらず, 荷端側から自由端側に行くへと従って W_s は低下している。最大引抜力 P_{ue} 付近から W_s が急増し始めているのは, 荷端側からの割裂ひび割れの発生・進展によるものである。

表-1の右端から2列目に最大引抜力 P_{ue} 時における各試験体の全ひび割れ幅 W を示す。ここで, W_s には最も荷端側の π 型変位計の読みを使用している。試験体 No.5 の W_s が小さくなっているが, 実際には P_{ue} 時近傍において W_s は 0.15 から 0.42mm へと急増した。同表では, W_s として後者の値を採用した。ひび割れ幅の計測値の変動を考えると, 試験体幅 b_w とせん断補強筋本数 n が同一であれば, W はほぼ同じであるといえる。

3.3 自由端・荷端すべり 図-3に試験体No.2の平均付着応力 τ —自由端すべり S_f の関係を, 図-4に同試験体の平均付着応力 τ —荷端すべり S_l の関係をそれぞれ示す。すべり S_l は荷初期段階から増加しているが, S_f は最大付着応力度 τ_u ($=11.0\text{MPa}$) 近くになるまでほとんど増加していない。自由端すべり S_f が増加し始めるのは, 上述した割裂ひび割れの発生・進展の時点に対応している。最大付着応力度 τ_u 到達後は, 割裂ひび割れの貫通によって平均付着応力 τ は急激に低下し, 一方, すべり S_f および S_l は急増する。表-1右端列に, 各試験体の P_{ue} 時における自由端すべり S_f を示す。同表より, 試験体幅 b_w が同一であれば, せん断補強筋本数 n の多い方が S_f は大きいことが分かる。これは, n の多い方がひび割れの開口への拘束が大きく, 鉄筋の抜け出し靱性が改善されるためである。

4. まとめ 本研究の結果, 腐食ひび割れ幅が比較的小さい場合, 試験体幅 b_w とせん断補強筋本数 n が同一であれば, 最大引抜力 P_{ue} 時の全ひび割れ幅 W は腐食の有無に関らずほぼ等しいことが明らかになった。このことは, 表面ひび割れ幅を観測すれば, 付着耐力の余裕度を予測できる可能性があるということを示唆しており, 注目される。今後, サイドスプリット型の破壊に的を絞る, 腐食ひび割れ幅がかなり広がった時点を対象とした付着特性について検討する予定である。

参考文献 1) 山口 詩織他: Schmidt 型試験体による腐食鉄筋の付着割裂強度の評価, 土木学会四国支部, 第12回技術研究発表会講演概要集 pp.316-317, 平成18年5月

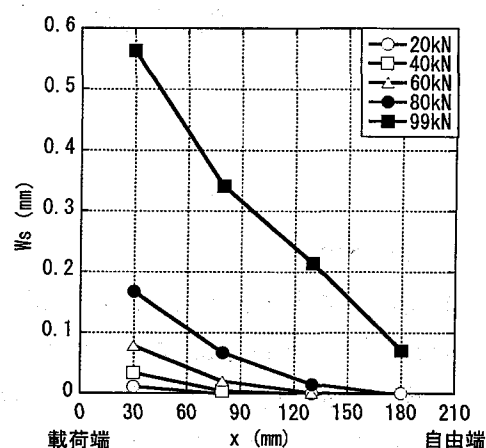


図-2 試験体No.2のひび割れ幅 W_s 分布

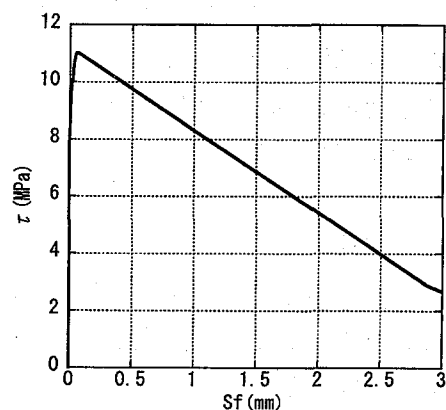


図-3 平均付着応力 τ —自由端すべり S_f 関係 (試験体No.2)

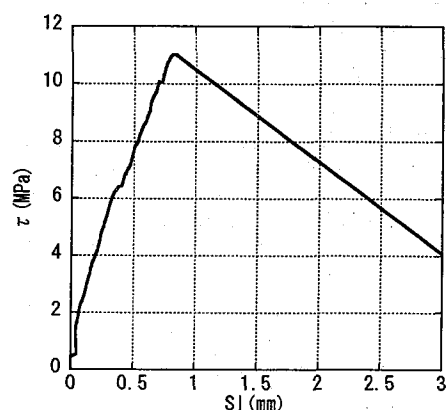


図-4 平均付着応力 τ —荷端すべり S_l 関係 (試験体No.2)