

コンクリートのひび割れが鋼材腐食に与える影響に関する実験的検討

(独) 土木研究所 正会員 ○古賀 裕久 正会員 渡辺 博志 正会員 片平 博
川田建設(株) 正会員 北野 勇一

1. 検討の目的

コンクリートにひび割れがあると、塩化物イオンや二酸化炭素など鋼材の腐食環境を生じしめる物質が侵入しやすくなること、水や酸素など鋼材の腐食に不可欠な物質が侵入しやすくなることからコンクリート構造物の耐久性の面で弱点となるおそれがある。しかし、その影響程度については、十分には明らかになっていない。既往の研究を見ると、塩化物イオンや二酸化炭素などの侵入に関しては、かなり小さな幅のひび割れでも、大きな影響を与えうることが報告されている。一方、ひび割れ箇所の腐食量という観点では、影響が明確でないとする報告も見られる。そこで、これらを検証するため、塩分を混入した供試体を作製し、ひび割れの有無が鋼材腐食に与える影響について検討した。

2. 実験方法

水セメント比(40, 55, 70%)及び塩化物イオン量(0.0~5.0kg/m³)の異なるコンクリート(表1)で、内部にD10鉄筋を1本有する100×100×400mmの角柱供試体を作製した(図1)¹⁾。配合ごとに、ひび割れを導入した供試体2体と、ひび割れのない供試体(プレーン)1体の合計3体を作製した。

供試体は材齢1日で脱枠後、材齢14日まで湿封養生した。その後、材齢28日前後に、中央点載荷法で曲げひび割れを生じさせた。ひび割れ幅は、概ね0.2mmであり、かぶりの0.005倍以上となる。

ひび割れ供試体の1体とプレーン供試体は促進試験(JCI-SC3に基づく乾湿繰返し(65°C, RH95%に3日間と12°C, RH25%に4日間のサイクルを20サイクル)に供した。ひび割れ供試体の残る1体は促進試験を行わず、茨城県つくば市で約3年間、ひび割れ面を上にして屋外暴露した。促進試験または屋外暴露の後、鉄筋をはつりだし、腐食面積率と腐食量の測定、引張試験を行った。

3. 実験結果

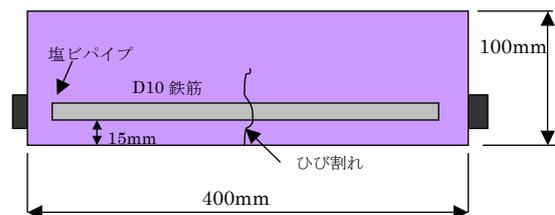
(1) ひび割れが腐食発生に及ぼす影響

ひび割れ供試体の促進試験結果を表2に示す。全ての供試体で腐食が確認された。供試体No. 1, 4, 5の3体では、ひび割れを挟む10~20mmの範囲のみが腐食していた。

表1 配合条件および塩化物イオン量

W/C (%)	s/a (%)	空気量 (%)	W (kg/m ³)	C (kg/m ³)	塩化物イオン量 (kg/m ³) *
40	45	4.5	160	400	0.6, 2.5, 5.0
55	45	4.5	160	291	0.0, 0.6, 1.2, 2.5, 5.0
70	45	4.5	160	229	0.6, 1.2, 2.5

*塩化物イオン量は、NaClを練混ぜ水に混入して調整した。



*打設底面にひび割れを生じさせ、この面を暴露面とした。
**暴露面以外はシリコン系コーキング材を用いてシールした。
***鉄筋は黒皮付きのものをそのまま用いた。

図1 供試体の形状

表2 ひび割れ供試体の促進試験の結果

No.	W/C(%)	Cl ⁻ 量 (kg/m ³)	腐食面積率(%)		質量減少量 (g)**	引張強度 (N/mm ²)***
			ひび割れ*	全体		
1	40	0.6	45	5	1.71	487
2		2.5	62	18	2.67	484
3		5	98	37	5.67	468
4	55	0	25	3	2.07	488
5		0.6	50	6	1.58	486
6		1.2	35	17	2.00	482
7		2.5	84	57	3.56	479
8	70	5	56	85	7.20	466
9		0.6	45	16	2.13	485
10		1.2	39	36	2.72	484
11	70	2.5	100	58	4.41	477

*ひび割れを挟み20mm区間の腐食面積率とした(長さの約6%)。
**質量減少量は促進試験後にクエン酸二アンモニウム溶液を用いて除錆した際の前後の質量差である。なお、腐食していない鋼材でも平均で1.7gの質量減少があった。
***引張試験は、鉄筋の両端20mmを切断して長さ約300mmとした試験片で実施した。また、腐食していない鋼材の引張強度は平均487N/mm²であった。

キーワード 塩化物イオン, ひび割れ, 鋼材腐食

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1番地6 (独)土木研究所 構造物マネジメント技術チーム TEL029-879-6761

塩化物イオン量と腐食面積率の関係を図2に示す。ひび割れ近傍では、塩化物イオン量に関わらず腐食が見られた。このうち塩化物イオン量がセメント質量の0.5%以下の場合には、塩分量の大小による腐食程度の違いが明確でなく、コンクリートの中酸化等の影響で腐食したことも考えられる。一方、塩化物イオン量がセメント質量の0.5%を超えると、塩分量が多いほど腐食面積率が増大する傾向が見られた。これらに対し、鉄筋全体の腐食面積率は、ひび割れ近傍と比較すると小さかった。

次に、促進試験を行わず暴露した供試体の腐食面積率を図3に示す。促進試験を行った場合(図2)と比較すると腐食面積率は低いが、データの分布形状は類似していた。腐食面積率が急激に増大する塩化物イオン量は、ひび割れ近傍では促進試験を行った場合と同等、鉄筋全体では、若干大きくなった。

(2) ひび割れが腐食量や引張強さに及ぼす影響

促進試験を行ったひび割れ、プレーン供試体に着目し、塩化物イオン量と質量減少量の関係を図4に示す。両供試体の質量減少量は概ね一致していた。なお、質量減少量が急激に増大する塩化物イオン量は、セメント質量の0.6~1.0%程度であった。(1)の検討結果と併せて考えると、ひび割れ近傍では塩化物イオン量が少ない場合でも早期に腐食したが、その腐食量は小さく、ひび割れから少し離れると影響は小さかったものと考えられる。

次に、鉄筋の引張強さの減少率を図5に示す。塩化物イオン量が大きかった供試体では引張強さの減少が認められたが、ひび割れの有無による影響は認められなかった。また、ひび割れ位置で破断したのはNo.2の試料のみで、この場合も強度の低下は顕著でなかった。すなわち、今回の実験の範囲では、ひび割れ近傍の腐食が鉄筋の機械的性質上の弱点となることはなかった。

なお、検討を通して、水セメント比の違いによる差異は明確には確認できなかった。

4. まとめ

今回の検討の範囲では、ひび割れが存在する場合、その近傍10~20mm程度の範囲では腐食面積が多くなったが、それ以外の箇所に与える影響は明確ではなかった。また、ひび割れ箇所の腐食が鋼材の機械的性質上の弱点になることはなかった。

参考文献

1) 松浦誠司, 片平博, 渡辺博志, 河野広隆: 塩分を混入した鉄筋コンクリートの自然電位と腐食に関する研究, 土木学会第59回年次学術講演会, pp413-414, 2004.9

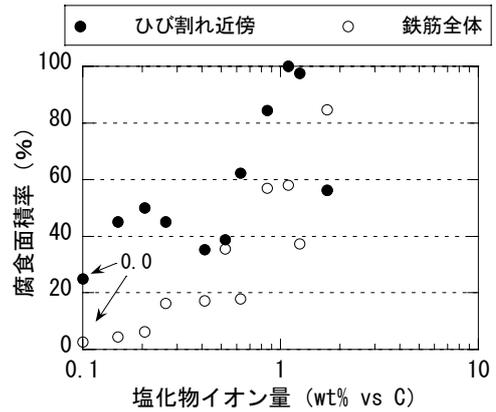


図2 促進試験(ひび割れ有り)の腐食面積率

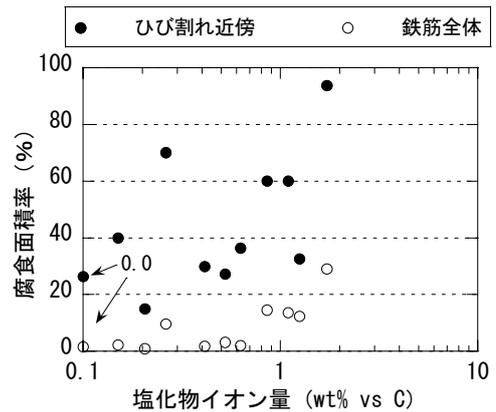


図3 暴露試験(ひび割れ有り)の腐食面積率

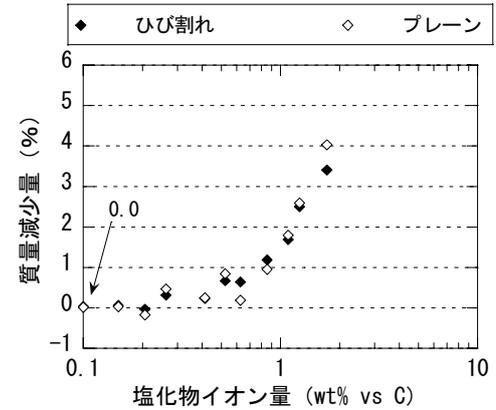


図4 質量減少量の測定結果

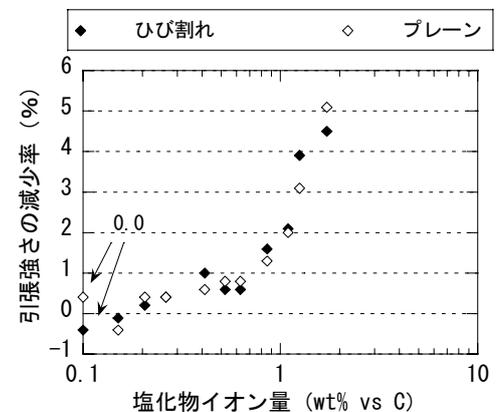


図5 引張強さの測定結果