

鉄筋断面の周方向腐食分布がひび割れ発生限界腐食量に与える影響に関する実験的検討

清水建設株式会社 正会員 ○齊藤 亮介 京都大学 正会員 高谷 哲
 京都大学 正会員 平野 裕一 京都大学 正会員 山本 貴士
 京都大学 フェロー会員 宮川 豊章

1. 研究目的

コンクリート中の鉄筋が腐食すると耐荷力の低下やひび割れの進展によってかぶりコンクリートの剥落が生じる危険性があるため、ひび割れ発生限界腐食量(以下、限界腐食量)やひび割れ幅と腐食量の関係については多くの研究が行われている。しかし、様々な結果が報告されており未だ統一的な見解が得られていないのが現状である。そこで本研究では、かぶり、鉄筋径および腐食長さを実験要因として弾性体を用いた腐食膨張圧シミュレーション実験¹⁾(以下、弾性体実験)を行い、これらの要因が限界腐食量に与える影響を明らかにした。

2. 実験概要

供試体は、図1に示すような400×400×150mmの角柱供試体を使用した。鉄筋は150mmピッチで配筋し、実験要因はかぶり4種類(10, 20, 30, 40mm)、鉄筋径3種類(D13, D19, D29)、腐食長さ3種類(100, 150, 200mm)とした。各要因に対して2体ずつ、合計で72体作製した。以下、実験要因に関して、かぶりはC、鉄筋径はD、腐食長さはLとして、例えばかぶり10mm、鉄筋径D19、腐食長さ100mmを表す際はC10, D19, L100と表記する。

腐食膨張圧を模擬した内圧を供試体内部に加えるため、供試体の円柱内部空洞部に弾性体を挿入し、これを載荷装置に取り付けた弾性体と概ね同径の鋼棒によって静的に加圧することで、ポアソン効果によって円柱内部空洞側壁に均等な単調漸増圧力を加えた。また、腐食長さは、挿入する弾性体の長さと同義であり、弾性体の長さを変えることで腐食長さを変化させた。

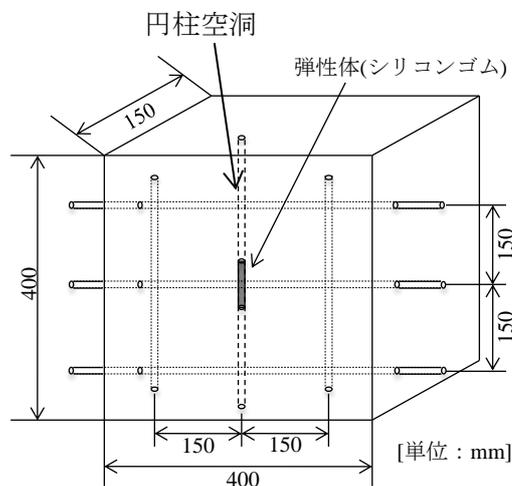


図1 供試体概要

3. 実験結果および考察

実験で得られた鉛直荷重、鉛直変位を、腐食量に換算し¹⁾、既往の研究結果と比較したものを表1に示す。また、宇野ら²⁾は電食試験による限界腐食量の値を約3.0倍したものが実環境の腐食による限界腐食量であると報告しており、表1中の電食試験の結果については、実験結果を3.0倍に修正した値も示した。

弾性体実験の結果は、他の実験結果と比べると大きい結果もあれば、概ね等しいものも見られた。これは、弾性体の変形を、腐食長さ全長にわたる全周方向の変形と仮定して限界腐食量を算出しているためと考えられる。暴露試験や電食試験のような実際に鉄筋腐食が生じる手法では、鉄筋が全周方向に腐食する場合、鉄筋のかぶり側半周が腐食する場合、鉄筋の一部が著しく腐食する場合など様々な腐食形態が想定される。つまり、鉄筋の周方向腐食分布は限界腐食量に大きな影響を与えられ、そのため弾性体実験結果と他の実験結果の傾向が異なった可能性がある。

表1の限界腐食量結果をかぶり/鉄筋径(C/D)について整理したものを図2に示す。図2には鉄筋周囲のかぶり側半周が腐食した場合の限界腐食量を、FEM解析を用いて算出した結果³⁾を併せて示した。なお、解析には本研究で用いた供試体と同形状のモデルを使用している。この解析結果よりも限界腐食量が大きな結果を全

キーワード 鉄筋腐食 剥落 ひび割れ発生限界腐食量 腐食形態

連絡先 〒135-0044 東京都江東区越中島 3-4-17 TEL : 03-3820-5504

周腐食, 小さい結果をかぶり側腐食として整理し, それぞれの場合で C/D について線形近似すると以下の式が得られた.

$$\text{かぶり側腐食} : W_{loss} = 39 \times C/D \quad (1)$$

$$\text{全周腐食} : W_{loss} = 122 \times C/D \quad (2)$$

この2式より, かぶり側腐食は, 全周腐食の約0.33倍の限界腐食量であり, 鉄筋外周のかぶり側約1/3周分が主に腐食した場合でも, かぶりコンクリートにひび割れが発生するには十分な膨張圧が発生すると考えられる.

また, 図2を見ると, かぶり側腐食はばらつきが大きな結果となっている. 鉄筋周方向腐食分布の割合が限界腐食量に影響を与えることは解析的に確かめられており³⁾, このばらつきの一因として周方向腐食分布が異なることが挙げられる. 加えて, 軸方向腐食分布も限界腐食量に影響を与えると考えられ⁴⁾, 周方向および軸方向腐食分布の影響でかぶり側腐食の結果のばらつきが大きくなったと考えられる.

以上より, 実構造物の限界腐食量を評価するためには, 鉄筋の周方向および軸方向腐食分布といった腐食形態を考慮する必要があると言える.

4. 結論

- 1) 周方向腐食分布によって限界腐食量は異なり, かぶり側腐食時の限界腐食量は全周腐食時よりも小さいと考えられる.
- 2) 限界腐食量を評価するには周方向および軸方向腐食分布を考慮する必要があると考えられる.

参考文献

- 1) 荒木弘祐, 高谷哲, 服部篤史, 宮川豊章: コンクリート中の鉄筋腐食膨張圧モデル化と実験・解析手法, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, 第四巻 pp25-32, 2004
- 2) 宇野祐司, 高谷哲, 山本貴士, 宮川豊章: ひび割れ幅と腐食速度が鉄さび生成に与える影響に関する研究, 土木学会第67回年次学術講演会第5部, pp203-204, 2012.9
- 3) 齊藤亮介: かぶり, 鉄筋径および腐食形態がひび割れ発生限界腐食量に与える影響に関する研究, 京都大学大学院修士論文, 2013.2
- 4) 齊藤亮介, 高谷哲, 山本貴士, 宮川豊章: 軸方向腐食分布が腐食ひび割れ発生腐食量に与える影響, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, pp123-128, 2011.10

表1 本研究の結果と既往の研究結果の比較 (既往の研究結果³⁾については, 原文を元に修正した)

研究者等	実験手法	腐食長さ	かぶり (mm)	鉄筋径	限界腐食量 (mg/cm ²)	修正後の限界腐食量 (mg/cm ²)	本研究の限界腐食量 (mg/cm ²)				
維持管理編	電食				10以上		30~450				
佐々木	塩水散布	200mm	20	D13	170(75.2)		107				
須田ら	解析		40	20	2.6~7.2		222~450				
松島ら	電食	450mm	25	D25	50~80	150~240	106~131				
	解析		30~100	22	25~75		117~222				
角本ら	電食				5~10	15~30	66~450				
	解析	30~70mm			2~10						
濱田ら	電食	5, 25, 50, 100cm	40	D19	80	240	236				
Andres	電食	C/L=0.0.5.1.0.1.5.2.0		φ21	12	36	58~450				
Andrade	電食	380mm	20, 30	D16	16	48	117~222				
荒木ら	腐食模擬	50~300mm	10~40	D19	34~686		30~450				
宇野ら	電食	100mm	20	D13	31	93	208				
				D19	31	93	88				
				D29	48	144	59				
				D19	7.9~15.5	24~47	87~450				
松尾ら	電食		20~65		φ19	9.2~14.2					
横関ら	解析		50~100		D19	15~50					
河村ら	電食	250mm	30	D19	60	180					
					130			117~266			
森川ら	電食	解析	30~70	φ25	5~50	15~150					
					2~10			66~185			
中川ら	乾湿繰返し	100mm	15~40	D16	38~116		58~236				
堀口ら	海岸曝露	800mm	20	D13	138~576		107				
松村ら	海岸曝露	1200mm	15	φ19	150		58~188				

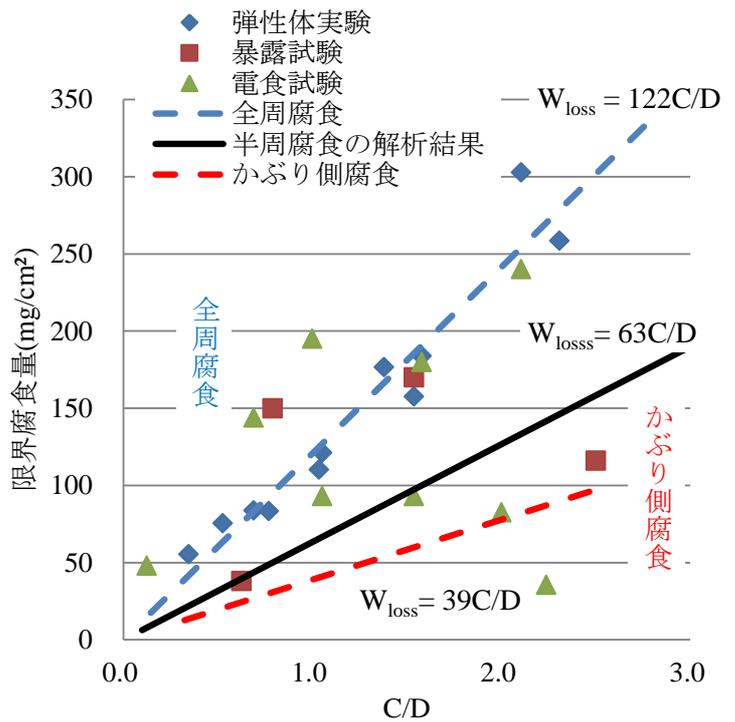


図2 腐食形態による限界腐食の比較