

部分腐食が腐食ひび割れ発生腐食量に与える影響に関する研究

京都大学 学生会員 ○齊藤 亮介 京都大学 正会員 山本 貴士
 京都大学 正会員 高谷 哲 京都大学 フェロー会員 宮川 豊章

1. 研究目的

本研究では、かぶりを実験要因として、鉄筋腐食模擬実験（以下弾性体実験とする）を行い、これらの要因が腐食ひび割れ発生腐食量に与える影響について検討を行った。また、弾性体実験では様々な仮定の下で内圧や半径変化量を算出しており、この仮定では実際の腐食現象をモデル化できていない可能性があるため、部分腐食を模擬した弾性体実験を行うことで、弾性体実験の整合性を評価することとした。

2. 実験概要

供試体は図1に示すような150×400×400mmの角柱供試体とし、D19の異形棒鋼を150mmピッチで直交配筋した。

実験要因として、かぶり3種類（10mm、20mm、30mm）、内圧導入方法2種類(全体腐食模擬、部分腐食模擬)を設定した。内圧の導入方法は図2に示した通りであり、全体腐食模擬の場合はφ19で長さ100mmの弾性体を1本挿入し、部分腐食模擬の場合はφ19で長さ12.5mmの弾性体4本（弾性体長さの合計は50mm）と、同径で長さ10mmの鋼板5本を交互に挿入した。この時、全長（100mm）を腐食区間と呼ぶ。載荷装置は図3に示した通りで、測定項目は鉛直荷重と鉛直変位とし、得られた鉛直荷重と鉛直変位から内圧と半径変化量を算出した¹⁾。

3. 実験結果および考察

実験の結果、円柱空洞内の圧力導入部分の内圧が概ね最大となる際に軸方向ひび割れが発生したため、最大内圧発生時をひび割れ発生時とした。また、最大内圧時の半径変化量を、腐食膨張倍率を2.5倍として腐食減量に換算し¹⁾、これをひび割れ発生腐食量とした。その結果を表1に示す。荒木らは長さ50mmの弾性体を1本を挿入し、腐食区間を50mmとした全体腐食模擬の弾性体実験を行っており、その結果¹⁾も併せて表1に記載している。

表1から、最大内圧時の換算腐食量はかぶりが大きくなると大きくなるのが分かる。また、部分腐食模擬実験の腐食面積あたりの結果は、かぶり10mmの場合を除いて、荒木らの結果に近い値であった。よって、挿入する弾性体の合計長さが等しければ、弾性体を数本に分けて挿入しても腐食面積あたりの、最大内圧時の半径変化量および換算腐食減量は概ね等しい可能性がある。今回用いた粗骨材は最大寸法が15mmのものであったため、かぶり10mmの場合にかぶり面に粗骨材が十分存在していなかった可能性がある。そのため、かぶり10mmの場合のみ他と異なる傾向を示したものと思われる。

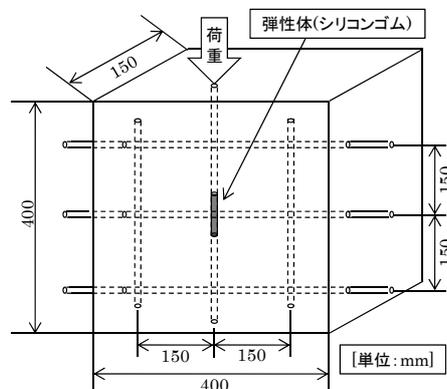


図1 供試体概要

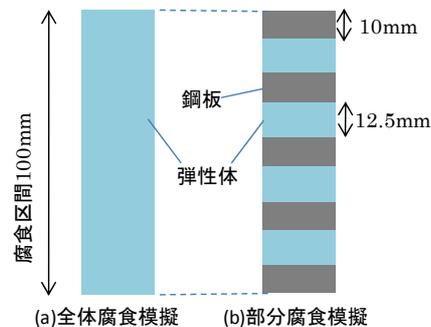


図2 内圧導入方法

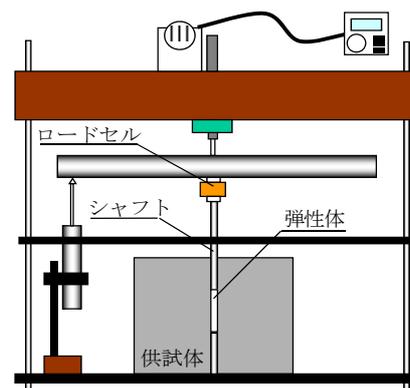


図3 載荷装置

キーワード 鉄筋腐食 剥落 腐食ひび割れ発生腐食量 第三者被害

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 TEL: 075-383-3173 FAX: 075-383-3177

次に、部分腐食模擬実験の腐食区間 100mm あたりの結果と、腐食区間 50mm あたりの全体腐食模擬実験の結果を図 4 に示す。図 4 を見ると、換算腐食減量は部分腐食(腐食区間 100mm あたり)の方が小さい傾向が見える。このことから、実際の鉄筋で考えると、腐食区間が例えば 200mm, 300mm で、実質腐食長さが 100mm となっているような部分腐食の場合には、腐食区間 100mm が全体腐食する場合よりも、小さな腐食量でひび割れを生じる可能性があると言える。

本研究の、腐食区間を 100mm とした全体腐食模擬の弾性体実験の結果と、それに諸元の近い既往の研究を比較したものを表 2 に示す。これを見ると弾性体実験から得られる軸方向ひび割れ発生腐食量は電食実験や自然腐食実験などの結果と比べると大きな値であった。この原因としては、1 本の弾性体を挿入した弾性体実験は腐食区間の均一な全体腐食を模擬した実験であるのに対し、実際の鉄筋腐食では腐食区間において均一に腐食することはほとんどないということが考えられる。しかし、内圧の導入方法を変更し部分腐食を模擬すれば、弾性体実験から得られる腐食ひび割れ発生腐食量は大幅に小さくなる可能性があることが分かった。以上より、内圧の導入方法を変更することで弾性体実験の妥当性を高めることができると考えられる。ただし、本研究では模擬した腐食形態が 2 パターンであり供試体の数も少ないため、今後更なる研究が必要である。

4. 結論

- (1) 挿入する弾性体の合計長さが等しければ、弾性体を数本に分けて挿入しても腐食面積あたりの最大内圧時の半径変化量および換算腐食減量は、概ね等しい可能性がある。
- (2) 部分腐食の場合には、腐食長さの合計長さが同じ場合であれば、全体腐食時よりもかなり小さい腐食量でひび割れが発生する可能性があることが分かった。
- (3)他の電食実験のように実際に鉄筋を腐食させる実験と比べると、弾性体実験から得られる軸方向ひび割れ発生腐食量は大きな値であった。
- (4) 弾性体実験の妥当性の向上には、内圧の導入方法を変更することが有効であり、今後様々な方法を試す必要がある。

参考文献

1) 荒木弘祐, 服部篤史, 宮川豊章: 鉄筋の腐食膨張によるかぶりコンクリートの剥離現象とその予測, 土木学会論文集 No.802/Vol-69,209-202,2005.1

2) 武若耕司, 松本進: コンクリート中の鉄筋腐食が RC 部材の力学性状に及ぼす影響, コンクリート工学年次講演会論文集, Vol.6, No.2, pp.177-180, 1984

3) 濱田宏, 丸山久一, 清水敬二, 中田泰広: 土木学会第 51 回年次学術講演会, V-150, pp.300-301, 1996

4) 宇野祐司, 高谷哲, 山本貴士, 宮川豊章: ひび割れ発生腐食量に与える鉄筋径の影響に関する研究, 土木学会関西支部年次学術講演会概要集, 2009

表 1 ひび割れ発生時の換算腐食減量

| | | W/C(%) | 半径変化量(mm) | | | 換算腐食減量(mg/cm ²) | | | |
|-------------------|------------------------------|--------|-----------|------|------|-----------------------------|-----|-----|-----|
| | | | かぶり(mm) | | | かぶり(mm) | | | |
| | | | 10 | 20 | 30 | 10 | 20 | 30 | |
| 本研究 | 腐食区間 100mm あたり ^{※1} | 全体腐食 | 60 | 0.19 | 0.22 | 0.38 | 102 | 115 | 203 |
| | 腐食面積あたり ^{※2} | | 60 | 0.95 | 1.16 | 1.53 | 524 | 659 | 865 |
| | 腐食区間 100mm あたり ^{※3} | 部分腐食 | 60 | 0.95 | 1.16 | 1.53 | 258 | 303 | 405 |
| 荒木ら ¹⁾ | 腐食区間 50mm あたり ^{※4} | 全体腐食 | 62 | 0.28 | 0.96 | 1.30 | 149 | 528 | 728 |

※1…腐食区間100mmの周面積を用いて算出
 ※2…実質腐食面積(腐食区間50mmの周面積)を用いて算出
 ※3…腐食区間100mmの周面積を用いて算出
 ※4…腐食区間50mmの周面積を用いて算出

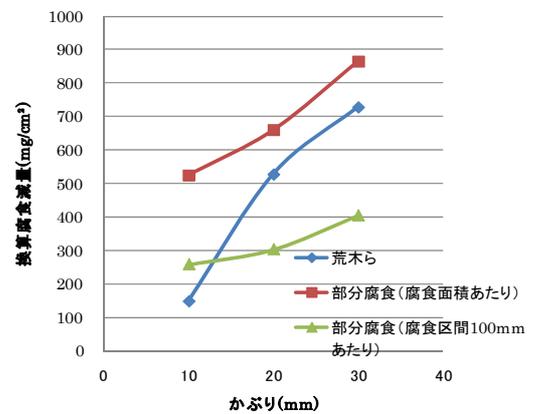


図 4 部分腐食と全体腐食での換算腐食減量の比較

表 2 既往の研究との比較

| 研究者等 | 実験方法 | 腐食区間 | かぶり(mm) | 鉄筋種類 | 軸方向ひび割れ発生腐食量(mg/cm ²) |
|-------------------|------|-------|------------|------|-----------------------------------|
| 武若ら ²⁾ | 電食 | 100mm | 40 | D13 | 20 |
| 濱田ら ³⁾ | 電食 | 50mm | 40 | D19 | 80 ^注 |
| 宇野ら ⁴⁾ | 電食 | 100mm | 20 | D19 | 31 |
| 本研究 | 弾性体 | 100mm | 10, 20, 30 | D19 | 102~203 |

注: 供試体の寸法を考慮し, 本実験のL=100mmに近いと考えたL=50cmの実験結果を用いて, 幅0.05mmの腐食ひび割れが発生する腐食減量を算出。