

コンクリート中における鉄筋の錆びと不動態膜生成に関する研究

福島工業高等専門学校 学生会員 ○鈴木 幹奈
福島工業高等専門学校 酒井 正和
福島工業高等専門学校 フェロー 金子 研一

1. はじめに

コンクリートはアルカリ性であり、アルカリ性環境(pH>10)では鉄筋の表面に不動態膜が生成され、鉄筋は腐食が起こらず安定した状態になる。錆びていない鉄筋はコンクリート中で不動態膜を生成するが、鉄筋が錆びた場合、不動態膜を生成するかどうかそのメカニズムを研究することにした。

2. 研究方法

①試験材料の鉄筋 (D19, L=350mm) 70本の初期重量測定後、鉄筋を以下のように分け錆びさせる(小さび, 中さび, 大さび, 海さびと呼ぶ)。

表1 暴露ケース

ケース	錆び度	No.
ケース1 (14日暴露)	小さび	No. 1~15
ケース2 (30日暴露)	中さび	No. 16~30
ケース3 (60日暴露)	大さび	No. 31~53
ケース4 (60日海岸で暴露)	海さび	No. 54~70

②型枠寸法は直径200×高さ400とし、中央に錆びた鉄筋を、針金を用いて設置した後、生コンを打設する。生コンの強度は24N/mm²とし、打設から1週目, 4週目, 8週目, 12週目に破壊し、鉄筋の状況を観察する。また、ケース3のNo.51~53, ケース4のNo.66~68には暴露前に錆止めを塗布している。コンクリートの打設日は、ケース1は7/13, ケース2は8/3, ケース3, 4は9/1である。

3. 実験結果

(1) 屋外に暴露した鉄筋錆の状態は以下の通り。

ケース1: 鉄筋の表面の約70%が錆, ケース2: 全面的に錆,

ケース3: ケース2より錆の色が茶褐色であり, ケース4: 錆の色は黒みを帯びた茶褐色。

(2) コンクリート打設1週後に試験体を割裂した状況を表2に, 4週後の状況を表3に, 8週後の状況を表4に示し, 12週後の観察結果を表5に示す。

表2 1週後試験体割裂後の鉄筋の状況

暴露ケース	破壊日	観察結果
ケース1 (No.1~3)	7/20	錆は鉄筋表面の約10%に減少した。
ケース2 (No.16~18)	8/10	錆は鉄筋表面の約20%に減少した。
ケース3 (No.31~33)	9/7	錆は鉄筋表面の約40%に減少した。
ケース4 (N.54~56)	9/7	錆は鉄筋全面に残り, 試験体のコンクリートにも多く付着していた。

表3 4週後試験体割裂後の鉄筋の状況。

暴露ケース	破壊日	観察結果
ケース1 (No.4~6)	8/10	鉄筋は元の青い状態になり, 錆は消失した。
ケース2 (No.19~21)	8/31	鉄筋の端部に錆は残るが大部分の錆は消失。
ケース3 (No.34~36)	9/27	ケース2と同程度。
ケース4 (N.57~59)	9/27	錆はほとんど残り, 鉄筋表面全体は黒褐色を呈する。

表 4 8 週後試験体割裂後の鉄筋の状況

暴露ケース	破壊日	観察結果
ケース 1 (No.7~9)	8/31	鉄筋は元の青い状態になり、錆は消失した。
ケース 2 (No.22~24)	9/27	鉄筋の端部に錆は残るが大部分の錆は消失。
ケース 3 (No.37)	10/24	ケース 2 と同程度。
ケース 4 (N.60)	10/24	端部に変色した錆が多く残り、鉄筋表面は黒褐色を呈する。

表 5 12 週後試験体割裂後の鉄筋の状況

暴露ケース	破壊日	観察結果
ケース 1 (No.10)	10/24	鉄筋表面に一部金属光沢が見られた。
ケース 2 (No.26)	11/7	鉄筋表面は 8 週後の破壊よりも鮮やかな金属光沢が見られた。
ケース 3 (No.38)	11/7	鉄筋は 8 週後の破壊と同程度。
ケース 3 (No.51)	11/7	鉄筋は暴露前の鉄筋に近いが、コンクリート面が茶色に変色。
ケース 4 (No.61)	11/7	鉄筋錆は 8 週後の破壊と同程度で、錆はコンクリートにも点々と付着。
ケース 4 (No.66)	11/7	No.61 と比較して錆は少ないが、コンクリート面が黄色に変色。

(2) 走査型電子顕微鏡による観察

図 1 は海さびの実験に使用していない錆びた鉄筋の表面を、SEM で観察した結果であり、カッコ内は倍率を示す。図 2 はその拡大であり、錆の中にいくつものホールがあることが分かる。さらに、図 3 は割裂試験後に取り出した後の鉄筋表面である。図 4 は図 3 の拡大であり、小さな粒はコンクリートの粉体である。図 3 をほぼ同倍率の図 2 と比較すると、ホールが縮小傾向にあることが分かる。また、ホール周り全てにクレータが現れ、錆のホール周辺が電気化学反応を起こしていることが観察できる。

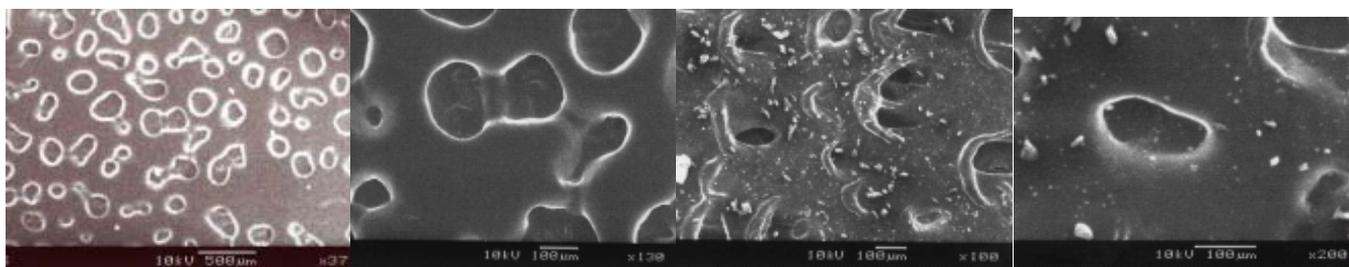


図 1(No.70:×37)

図 2(No.70:×130)

図 3(No.65:×100)

図 4(No.65:×200)

図 5 は No.6 の試験体割裂後の鉄筋切断面である。図の上側が鉄筋であり、矢印の部分 (50 μ m) が錆や不動態皮膜が生成した状態である。

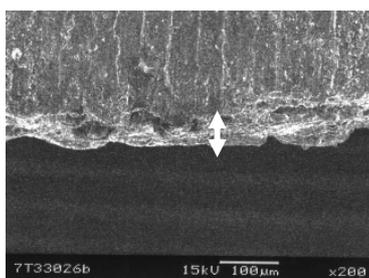


図 5 鉄筋切断面 (No.6 : ×200)

4. まとめ

①60 日間暴露した鉄筋 (大さび) でも、コンクリート打設から 4 週後には錆が消え、不動態膜が生成したと考えられる。しかし、海さびはコンクリート打設から 4 週後でも大きな変化はなく、錆が残った。このことから沿岸部でなければ鉄筋加工組み立て後 60 日間程度なら錆落としをせず構造用鉄筋として使用できる。

②No.51, No.66 の結果より、錆止めを塗ることで錆の生成は抑制されているが、鉄筋が接触したコンクリート面が変色したり、引張強度は 15%低下するなどコンクリートの付着力に悪影響を及ぼすことが推察される。