

鋼とコンクリート界面の腐食の発生・進展に関する基礎的検討

宇都宮大学 学生員 ○ 出川佑莉, フェロー 中島章典

1. はじめに

2007年に国道23号木曾川大橋において、H形鋼部材のトラス斜材が破断しているのが発見された。通過車両の荷重によって地覆と斜材の間に隙間が生じ、この隙間に雨水が浸透し、斜材が錆びて腐食した^{1),2)}。

鋼コンクリート複合構造では、鋼材とコンクリートの界面が必ず存在するが、鋼材とコンクリート界面の付着状態は、鋼材とコンクリートの配置やコンクリートの打設状況の影響を受け、界面には隙間が生じている場合もあると考えられる。

そこで本研究では、複合構造内の鋼材とコンクリートの接触面を模擬した要素供試体を作製し、鋼材とコンクリートの接触面(界面)の付着状態が、界面鋼材の腐食の発生や進展に及ぼす影響を観察する。ここでは、鋼板の上からコンクリートを打設することで、界面の付着状態が良好な供試体³⁾と、両者の間に付着のない2種類の供試体を用い、これらを湿度や水分供給の異なる複数の環境に設置することでコンクリートの中性化、鋼板の腐食の発生や進展状況を調べ、界面鋼材の腐食に及ぼすコンクリートの中性化や腐食因子の影響を考察する。

2. 曝露試験

本研究では2シリーズの曝露試験を行った。シリーズ1, シリーズ2の供試体概要を図-1, 図-2に示す。また、シリーズ1, シリーズ2で用いる供試体の種類を以下に示す。

- シリーズ1: 付着状態が良好な供試体
- シリーズ2: 付着状態が良好な供試体, 付着がない供試体

鋼板とコンクリートの付着状態が良好な供試体を作製するために、鋼板の上からコンクリートを打設することによって供試体を作製した。こうすることで、鋼材とコンクリートの付着状態がよく隙間のない、一般的には腐食の発生しないと考えられる理想的な状態の供試体を作製する。また、打設から1ヵ月後に、付着状態が良好な供試体の鋼板を一度取り外し、再度取り付けることによって鋼板とコンクリートに付着がない供試体を作製した。これらの供試体を一定期間、以下に示すような環境に設置し、経過時間や設置環境の違いによるコンクリートの中性化、鋼板の腐食の進展を比較し、腐食が発生する要因などについて考察する。また、コンクリートの中性化の進展については、界面のコンクリートにフェノールフタレイン液を散布することによって調べた。

(1) 設置環境

シリーズ1の設置環境は実験室乾燥状態、屋外曝露状態、定期湿潤状態の3種類、シリーズ2では実験室乾燥状態、屋外曝露状態の2種類とした。それぞれの設置環境について以下に示す。

- 実験室乾燥状態: 実験室内で通常の温度、湿度の状態に設置する。
- 屋外曝露状態: 屋外に設置し、常時天候の影響を受ける。
- 実験室定期湿潤状態: 実験室内に設置し、定期的(週に1度3時間程度)に供試体を水道水に浸す。

3. 曝露試験結果

(1) シリーズ1の結果

コンクリート打設から約90日後, 180日後, 1年後のそれぞれの鋼板の腐食の状態を図-3, 図-4, 図-5に、1年

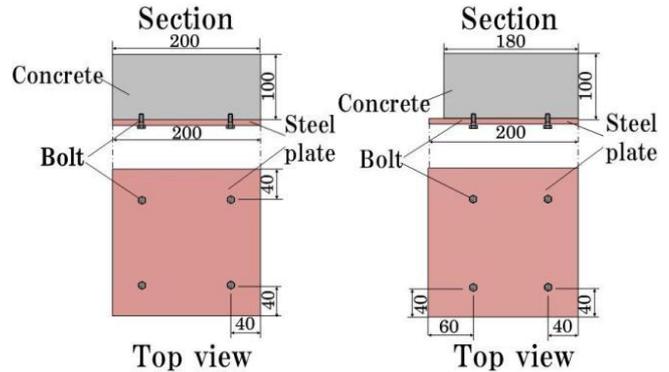


図-1 シリーズ1 供試体 図-2 シリーズ2 供試体



図-3 鋼板の腐食状況 (90日後)



図-4 鋼板の腐食状況 (180日後)

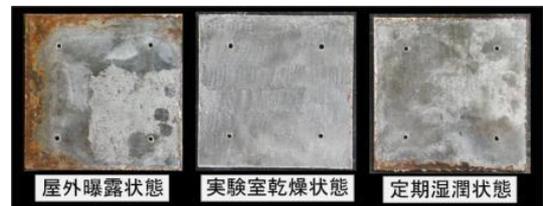


図-5 鋼板の腐食状況 (1年後)

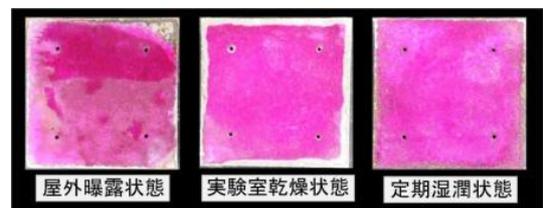


図-6 コンクリートの中性化状況 (1年後)

後のコンクリートの中性化の状態を図-6に示す。また、鋼板の各辺においてさびが縁から中央に向かって最も進展している箇所の長さを計測することによって腐食を評価した。

それぞれの設置環境で3枚の鋼板を取り外したので、設置環境ごとに12辺(4辺×3枚=12辺)のさびの最大長さを計測し、その平均値を算出した結果を表-1に示す。屋外曝露状態と実験室乾燥状態の供試体では、経過時間とともに腐食が進行していた。一方、定期湿潤状態の供試体では、180日後から1年後にかけて腐食が進展しておらず、中性化の進展は3つの設置環境の中で最も小さかった。また、屋外曝露状態と定期湿潤状態の供試体では、コンク

Key Words: 複合構造, 鋼コンクリート界面, 腐食, 中性化

〒321-8585 宇都宮市陽東7-1-2 宇都宮大学工学部建設学科 Tel.028-689-6208 Fax.028-689-6208

表-1 供試体各辺の錆の最大長さの平均値 (単位: mm)

曝露期間	実験室乾燥	屋外曝露	定期湿潤
90 日後	0.96	7.43	5.71
180 日後	5.10	11.93	10.18
1 年後	5.50	22.96	7.25

表-2 界面の隙間 (屋外曝露状態) (単位: mm)

曝露期間	No.1	No.2	No.3
90 日後	-	0.27	0.04
180 日後	-	0.32	0.15

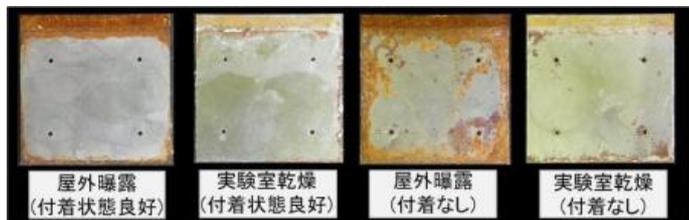


図-7 鋼板の腐食状況 (90 日後)

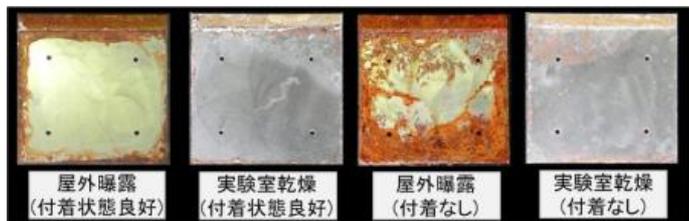


図-8 鋼板の腐食状況 (180 日後)

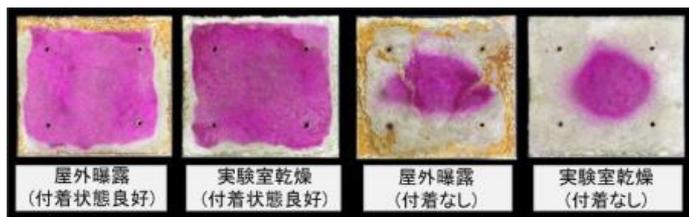


図-9 コンクリートの中性化状況 (90 日後)

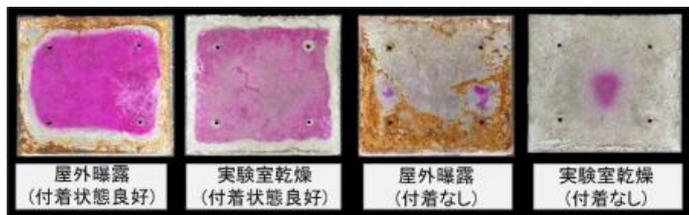


図-10 コンクリートの中性化状況 (180 日後)

リートの中性化箇所以外での鋼板の腐食の進展は見られなかった。これに対して、実験室乾燥状態の供試体では、コンクリートの縁から中心に向かって中性化が進行しているが、その箇所での鋼板の目立った腐食は見られなかった。以上の結果より、コンクリートの中性化が進展しないと腐食も進展しないことが分かった。また、コンクリートが中性化するとその箇所に対応した鋼材の腐食は起こる可能性はあるが、水や酸素などの腐食因子の侵入が無ければ腐食は進展しないことが分かった。

(2) シリーズ 2 の結果

コンクリート打設から 90 日後、180 日後のそれぞれの鋼板の状態を図-7、図-8 に、コンクリートの中性化の状態を図-9、図-10 に示す。すべての供試体において、90 日後よりも 180 日後のほうが腐食と中性化が進展していた。また、両方の設置環境とも、鋼板とコンクリートに付着がない供試体のほうが中性化の進展が大きい。屋外曝露状態の供試体では、鋼板とコンクリートに付着のない供試体のほうが腐食が進展していたのに対して、実験室乾燥状

表-3 界面の隙間 (実験室乾燥状態) (単位: mm)

曝露期間	No.1	No.2	No.3
90 日後	0.25	0.57	0.13
180 日後	0.47	0.63	0.17

態の供試体は、中性化の進展はあったが、鋼板の腐食はあまり進展していなかった。以上より、付着のない供試体のほうが、中性化と腐食がより進展することが分かった。しかし、シリーズ 1 の結果と同様に、腐食因子の侵入が無ければ腐食は進展しないことが分かった。また、屋外曝露状態において、付着のない供試体のほうが中性化と腐食が進展していたことから、界面の隙間から炭酸ガスや腐食因子が内側に向かって浸入することが分かった。

4. 隙間測定

シリーズ 2 の付着のない供試体において、2 つの設置環境ごとに 3 体ずつ、計 6 体の供試体の界面の隙間を、隙間ゲージを用いて測定した。供試体上辺の界面 3 か所に隙間ゲージを差し込んで隙間を測定し、平均値を算出した。界面の隙間の平均値を表-2、表-3 に示す。ただし、隙間ゲージが入らなかった供試体については - と示す。これを打設から 90 日後、180 日後に行った。結果として、両方の設置環境で経過時間とともに隙間が広がっていること、屋外曝露状態よりも実験室乾燥状態の供試体のほうが隙間の広がりが進行していることが分かった。

5. おわりに

本研究では、鋼板とコンクリートの付着状態が良く隙間のない供試体と、両者に付着のない供試体を作製し、これらを湿度や水分供給の異なる複数の環境に設置することでコンクリートの中性化、鋼板の腐食の発生や進展状況を調べ、界面鋼材の腐食に及ぼすコンクリートの中性化や腐食因子の影響を考察した。その結果、界面に付着のない供試体のほうが、中性化と腐食の進展が早いことが分かった。一方で、中性化が進行しても、実験室乾燥状態の供試体のように、界面に腐食因子の侵入が無ければ腐食は大きく進展しないことが分かった。また、シリーズ 1 において、定期湿潤状態の供試体は、3 つの設置環境の中で最も中性化の進行が遅く、180 日後から 1 年後にかけて腐食が進展していなかった。このことから、中性化が進行しなければ腐食も進展しないことが分かった。界面の隙間測定の結果から、経過時間とともに供試体の隙間が大きくなり、特に、乾燥状態にある供試体ほど隙間が大きくなることが分かった。この理由は、コンクリートの乾燥収縮によると考えられる。そこで、湿度の異なる設置環境に供試体を設置し、コンクリートの中性化と鋼板の腐食の進展を調べ、本研究における供試体の腐食に至るまでの過程を推定する予定である。

参考文献

- 1) 加藤光男: 木曾川大橋が破断した理由 (維持管理時代への備え方): 日経コンストラクション, 2007.7.
- 2) 山田健太郎: 木曾川大橋の斜材の破断から見えるもの: 土木学会誌, Vol.93, pp.29-30, 2008.1.
- 3) 倉持ら: 鋼とコンクリート界面の腐食に関する基礎的研究: 第 37 回土木学会関東支部技術研究発表会, I-9, 2010.3.