

鋼製橋脚地際部の腐食の要因に関する2つの実験検討

宇都宮大学 学生員
正会員○ 葛西孝平
NGUYEN MINH HAIフェロー会員 中島章典
藤倉修一

1. はじめに

コンクリートフーチングなどに埋め込まれた鋼製橋脚地際部の腐食が問題¹⁾となっている。このような部位の腐食が生じる理由として、何らかの理由で地際部の鋼材の塗膜が剥離し、かつその部位の鋼材とコンクリートの接触面に隙間が生じ、腐食因子が侵入してしまうことが考えられる。

橋脚地際部の鋼材表面の塗膜が剥がれる理由として、鋼材表面に垂直方向の作用外力によりコンクリートが鋼材表面から剥がれる際に鋼材表面の塗膜も同時に剥がれることによると考え、種々の塗膜を有する鋼材表面と自然な付着状態を有するコンクリートとの接触面に対して、垂直方向の付着実験を行った²⁾。しかし、十分なデータ数ではなかったため、再度同様の付着試験を試みた。

また、鋼製橋脚地際部の鋼コンクリート接触面境界部に隙間が生じる理由の1つとして、橋脚の振動に伴って橋脚地際部に隙間が生じるのかどうかを確認するために、そのような状態を模擬した模型試験体を用いて振動に伴う地際部の隙間を計測した。

2. 付着試験の概要

塗装を施した鋼板とコンクリートの付着試験体及びその試験方法の概要を図-1に示すが、これらは著者らが2016年度に行ったもの²⁾とほぼ同じであるため、その詳細は省略する。ただし、付着試験体の鋼板の板厚を16mmとし、引張力の計測に用いるロードセルの容量を5kNから10kNに変更している。ここでも、鋼材の塗装の種類としては、鋼板に無機ジンクリッチペイントを塗布したもの（以下、無機ジンク鋼板と呼ぶ）、無機ジンクリッチペイントの上にエポキシ樹脂塗料により封孔処理をしたもの（以下、ミストコート鋼板と呼ぶ）及びさらにその上にフッ素樹脂塗装を施したもの（以下、フッ素樹脂鋼板と呼ぶ）の3種類を用いた。

なお、付着試験はコンクリート打設後材齢2週間および3か月間後に行った。基本的に鋼材の表面状態ごとに3体の試験体を用いた。また、2016年度の付着試験時のコンクリートの圧縮強度は、材齢2週間で25.0N/mm²、また材齢3か月間で32.7N/mm²、2017年度のは材齢2週間で29.6N/mm²、材齢3か月間で36.4N/mm²である。

(1) 付着試験の結果

2017年度に加えて、2016年度の付着試験の結果を、材齢2週間について図-2に、材齢3か月間について図-3に示す。これらの図において、縦軸が試験時の最大引張力を接触面積で除した値である付着強度を、横軸は鋼材の表面状態に対応している。黒の棒グラフ及び赤の棒グラフはそれぞれ2016、2017年度の結果である。これらの結果から、2016、2017年度の無機ジンク鋼板の平均付着強度はそれぞれ0.09、0.38N/mm²であり、フッ素樹脂鋼板の平均付着強度は0.52、0.05N/mm²である。なお、ミストコート鋼板の

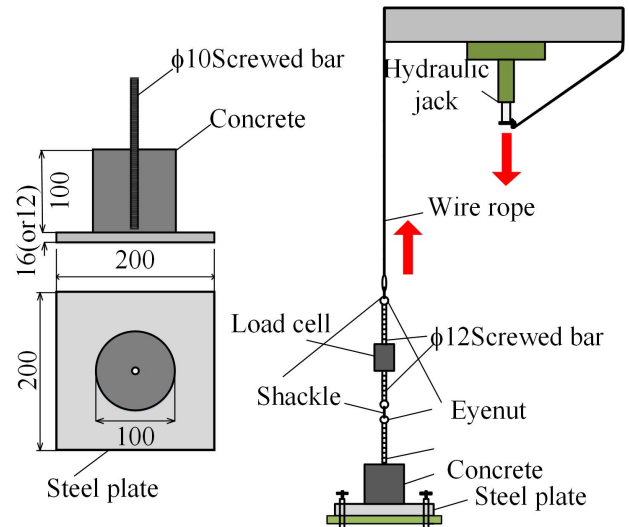


図-1 付着試験体及び実験方法概要図

付着強度は非常に弱く、また、2016年度の付着試験では、付着試験実施前に既にコンクリート部分が鋼板から剥がれており付着強度を確認することができなかったため結果を示していない。

これらの図から、材齢2週間の無機ジンク鋼板の付着強度、材齢3か月間のフッ素樹脂鋼板の付着強度には、2016年度と2017年度の結果で大きな差異が認められる。

さらに、付着試験後の鋼板表面の状況も異なる結果となった。具体的には、2016年度では、ミストコート鋼板のミストコート塗膜が一部剥がれていたが、他の鋼板では塗膜の剥がれは認められなかった。これに対して、2017年度では、無機ジンク鋼板の無機ジンクリッチペイントが一部剥がれていた。

付着試験において、鋼板の板厚を変更したなど試験方法の差異、フッ素樹脂塗料の材料が異なること、塗装の施工時期が異なることなどにより付着強度や鋼板表面の状況に差異が生じたものと考えている。

3. 振動試験の概要

ここでは、コンクリートフーチングに埋め込まれた鋼製橋脚模型を振動台上で加振し、振動に伴って橋脚基部の地際部に隙間が生じるかどうかを調べた。試験体の概要を図-4に示す。橋脚部材の断面は100×50mmの角形鋼管であり、橋脚部の高さは1530mmとした。また、フーチングの厚さは200mmであり、橋脚部材はフーチングの底面まで埋め込み、その橋脚模型のフーチングを高さ150mmのH鋼を介して振動台に固定した。さらに、橋脚模型の固有振動数がある程度小さくするために、橋脚頂部にはおもりとして200×100×16mmの鋼板を6枚重ねて固定した。

振動試験に際しては、橋脚地際部の鋼材表面とコンクリートの隙間を計測する目的で、フーチング上面から18mm位置の振動方向両側の変位を高感度変位計(CDP)で計測し、

Key Words: 鋼製橋脚地際部, 腐食, 付着試験, 振動試験

〒321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学地域デザイン科学部社会基盤デザイン学科 Tel.028-689-6208 Fax.028-689-6208

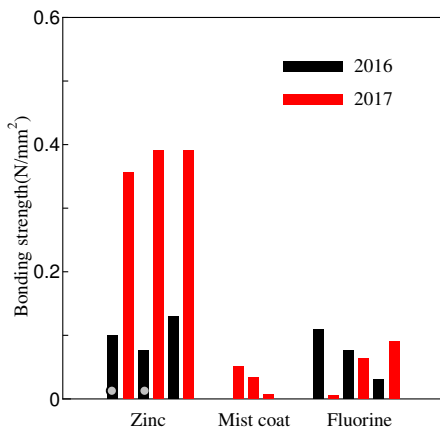


図-2 付着強度 (材齢 2 週間)

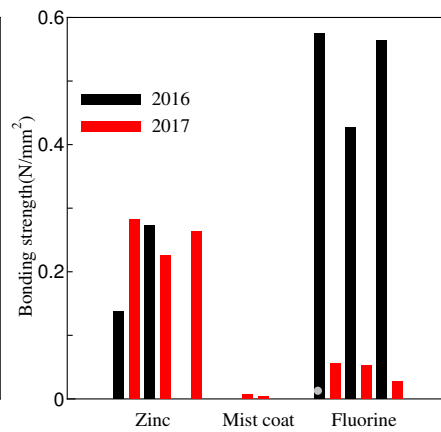


図-3 付着強度 (材齢 3 か月間)

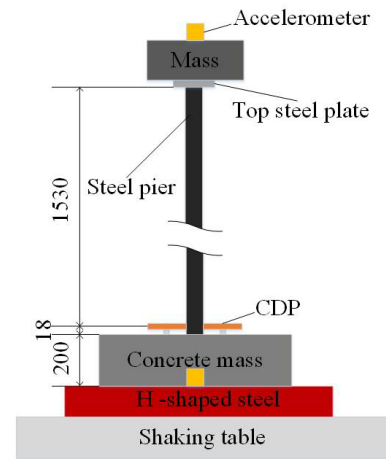


図-4 鋼製橋脚模型図

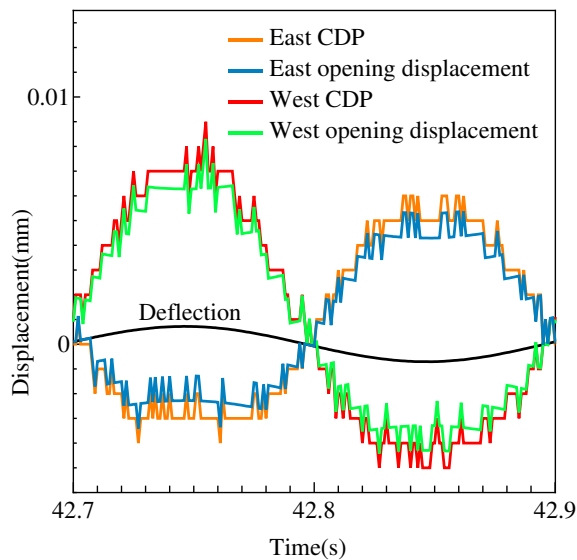


図-5 橋脚地際部の変位応答

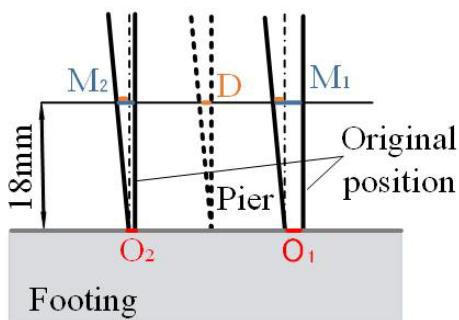


図-6 振動試験時の変位挙動の状況

また、おもり上部位置の加振方向加速度を加速度計により計測した。

なお、振動試験として、自由振動実験と正弦波加振実験を行った。

4. 高感度変位計の挙動

ここでは、上記の試験体を用いて行った正弦波加振実験時の橋脚基部の高感度変位計の応答から、橋脚地際部の鋼材とコンクリートの間に隙間が生じたかどうかを確認した。正弦波加振実験では、振動台の加振加速度が所要の値に達するまで徐々に加速度が大きくなり、その後定常状態に至る。

そこで、加振加速度の大きさを $0.2G$ とした場合の定常状態における 1 サイクルの高感度変位計で計測された橋脚地際部の変位を図-5 に示す。縦軸は変位を、横軸は時間である。橙線と赤線が東西方向の変位計で計測された変位(図-6 の M_1 , M_2) の時刻歴である。しかし、この変位には橋脚自身の振動に伴う振動変位(図-6 の D) も加わっているため、鋼材とコンクリート間の隙間(図-6 の O_1 , O_2) を求めるためには、振動変位を除く必要がある。

実際におもり頂部で計測した加速度におもりの重さに乗じた慣性力に対する振動変位を求めると図-5 中の黒線となる。したがって、この値を差し引いた変位を青線と緑線で図-5 中に示している。この図-5 では、変位の正側が開きを表し、負側が押込みを表すことになる。この図から、変位の最大値は $0.005 \sim 0.007 \text{ mm}$ 程度であるが、東西両方向の変位応答において、負側よりも正側の絶対値は大きい。このことは橋脚模型の振動に伴って橋脚地際部に隙間が生じている可能性があることを示していると考えられる。

5. まとめ

鋼製橋脚地際部の鋼材の腐食が生じる要因として、鋼材表面に垂直方向に作用する何らかの外力によりコンクリートが鋼材表面から剥がれる際に鋼材表面の塗膜も同時に剥がれることが関係すると考え、種々の塗膜を有する鋼材表面と自然な付着状態を有するコンクリートとの接触面に対して、垂直方向の付着実験を行った。付着試験の結果としては、著者らの既報文献の結果と大きく異なる結果が得られた。現在までのところその明確な理由はわからないので、再度、実験を行いたいと考えている。

また、鋼製橋脚地際部の鋼コンクリート接触面境界部に隙間が生じる理由の 1 つとして、橋脚の振動に伴って橋脚地際部に隙間が生じるかどうかを確認するために、そのような状態を模擬した模型試験体を用いて振動に伴う地際部の隙間を計測した。その結果、鋼製橋脚の振動に伴ってその地際部の鋼材とコンクリートの接触面に隙間が生じる可能性が認められた。

参考文献

- 1) 貝沼ら：鋼構造部材のコンクリート境界部における経時的な腐食挙動に関する研究，土木学会論文集，No.780/I-70，pp.97-114，2005.1.
- 2) 葛西ら：鋼材の塗装状態が鋼コンクリート接触面の付着性状に及ぼす影響，土木学会第 72 回年次学術講演会，CS-029，2017.9.