

鋼コンクリート境界部が腐食した鋼製柱の変形性能

国土交通省	正会員	○柏 宏樹	東北大学	学生会員	佐野善紀
土木研究所	正会員	高橋 実	土木研究所	正会員	村越 潤
東北大学	正会員	内藤英樹	東北大学	フェロー	鈴木基行

1. はじめに

近年、橋梁などの鋼部材がコンクリートに埋め込まれる接合箇所において、著しい腐食欠損(以下、境界部腐食)が生じる事例が報告されている。鋼コンクリート合成構造の境界部腐食は補修が困難であり、かつ構造物の安全性を低下させる要因にもなる。しかし、合成構造の経年劣化と構造性能に関する研究例は少なく、特に、境界部腐食が生じた鋼コンクリート接合部の力学的特性は明らかではない。本来、合成構造は鋼とコンクリートが相互に拘束することによって高い耐荷性能と変形性能を同時に可能とする点に構造上の大きな利点があり、大地震などで設計荷重を上回る過大な外力が作用した場合にも、構造部材のリダンダンシーが期待される。そのため、合成構造の経年劣化と構造性能の関係を明らかにし、性能評価に基づく維持管理を講じることが望ましい。

そこで、本研究では鋼コンクリート接合部の性能評価に関する基礎的検討として、コンクリートフーチングに鋼製柱が埋め込まれた供試体を作製し、電食によって境界部腐食を生じさせた。そして、正負交番載荷試験によって境界部腐食が柱の耐荷力や変形性能に及ぼす影響を検討した。

2. 実験概要

供試体の概略図を図-1に示す。本研究では、健全供試体、F20およびF40供試体の3体を作製した。鋼種はSS400とし、試験片の引張試験結果は、降伏強度 264 N/mm^2 、引張強さ 433 N/mm^2 、弾性係数 $209,000\text{ N/mm}^2$ 、伸び 32% であった。コンクリートの物性は、圧縮強度 26.1 N/mm^2 、引張強度 2.23 N/mm^2 、弾性係数 $22,800\text{ N/mm}^2$ である。

電食試験は、コンクリート内部のH形鋼のフランジとウェブに面して金網を埋め込み、濃度 5% の塩水を供給して直流電流を流した。フーチング上面から深さ 100 mm までの鋼材全面を腐食区間とし、積算電流量から求まるF20とF40供試体の目標腐食率(腐食区間での鋼材の平均質量減少率)をそれぞれ 20% と 40% とした。

電食試験後に、フーチング上面から柱高さ 1000 mm 位置に交番荷重を加えた。柱に軸力は作用させていない。健全供試体の柱基部(フーチング上面から 5 mm 位置)に貼付したひずみゲージの値が、材料試験の降伏ひずみに達した変位を降伏変位 δ_y と定義し、変位制御によって δ_y の整数倍ごとに1回の交番荷重を加えた。なお、F20とF40供試体の載荷でも、健全供試体の降伏変位 δ_y を基準として正負交番載荷試験を行った。

3. 実験結果

(1) 電食試験

正負交番載荷試験に先立って、フーチング上面のコンクリートを 50 mm 程度はつり、鋼材の腐食状況を確認した。目視による観察の限りでは、写真-1に示す鋼製柱基部とフーチング面の境界に断面欠損が見られた。載荷試験後に型取りゲージで測定した板厚減少量は、フランジ表面において $1\sim 2\text{ mm}$ 程度であったが、裏面は表面ほどの断面欠損は見られなかった。また、ウェブにも著しい断面欠損が見られた。今後、供試体を解体して詳細調査と鋼材の質量計測を予定している。

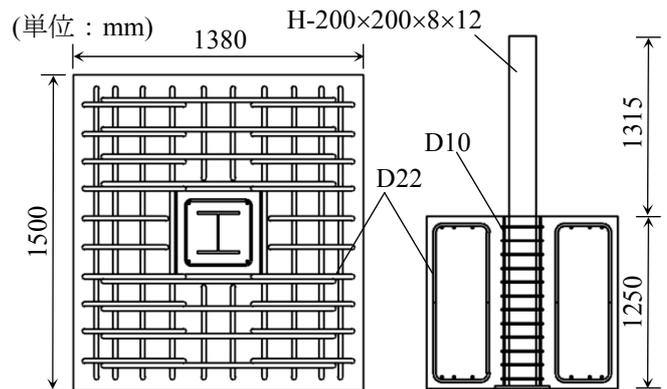


図-1 供試体の概略図

キーワード：合成構造，鋼材腐食，正負交番載荷試験，座屈，変形性能

連絡先：〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 TEL：022-795-7449 FAX：022-795-7448

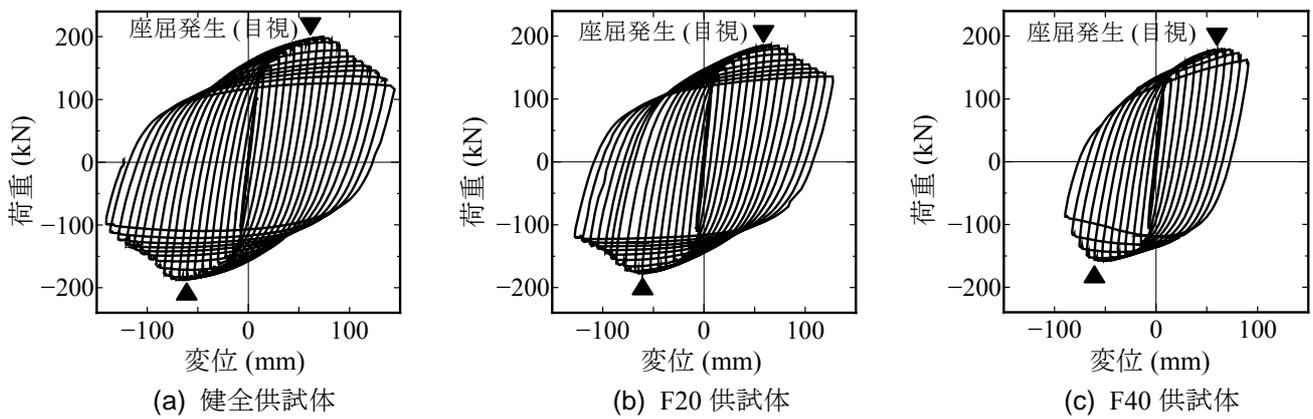


図-2 荷重-変位関係



写真-1 柱基部の腐食欠損

表-1 荷重と変位および累積エネルギー

	降伏変位 (mm)	降伏荷重 (kN)	最大荷重時 変位 (mm)	最大荷重 (kN)	累積エネルギー (kJ)	
					最大荷重時	載荷終了時
健全	-7.7	-103	-68.2	-188	132	593
F20	-7.5 (97%)	-111 (107%)	-60.7 (89%)	-178 (95%)	96 (73%)	470 (79%)
F40	-7.8 (101%)	-106 (103%)	-53.0 (78%)	-158 (84%)	67 (51%)	215 (36%)

注) 括弧内は健全時に対する割合。荷重と変位は負荷側を示した。

(2) 正負交番荷重試験

荷重-変位関係を図-2と表-1に示す。3体の供試体は、変位7.5mmで圧縮側と引張側のフランジがほぼ同時に降伏し、その後、 $8\delta_y$ の荷重時に圧縮フランジに局部座屈が観察された。健全供試体は $9\delta_y$ で最大荷重となり、荷重ストロークの限界(± 150 mm)まで鋼材に亀裂・破断は生じなかった。このような鋼コンクリート接合部は、フーチングからの鋼材の伸び出しに起因する回転変位が柱の全変形量の半分程度を占めており¹⁾、大変形域まで紡錘型の履歴ループを描いた。一方、境界部腐食を生じさせた場合には、表-1に示すように、最大荷重および最大荷重時変位が腐食率に応じて低下している。さらに、F20供試体は $15\delta_y$ でウェブに亀裂が生じ、 $18\delta_y$ でフランジが破断して耐力を失った。そして、F40供試体でも $12\delta_y$ でウェブ-フランジ接合部に亀裂が発生し、 $13\delta_y$ でフランジが破断した。これらの亀裂や破断は、いずれもコンクリート内部の腐食区間において発生した。表-1の累積エネルギーも腐食率に応じて大きく低下しており、腐食欠損による性能低下が示唆された。

以上より、コンクリートフーチングに鋼製柱を埋め込んだ接合形式では、境界部腐食が柱の耐荷力を低下させるだけでなく、特に、局部座屈後の変形性能やエネルギー吸収能を大きく低下させる可能性が示唆された。

4. まとめ

本研究では、コンクリートフーチングに埋め込まれた鋼製柱供試体の正負交番荷重試験を行った。健全供試体では、局部座屈後も荷重ストロークの限界まで亀裂が生じることなく、優れた塑性変形性能とエネルギー吸収能を示した。一方、柱基部が腐食欠損した供試体では、局部座屈後の繰返し荷重によって鋼材に亀裂が発生し、破断による終局を早期に迎える結果となった。このことから、コンクリート境界部における鋼材の腐食欠損は、部材の耐荷力のみならず、変形性能やエネルギー吸収能を低下させる要因となることが示された。

謝辞：本研究は、(独) 土木研究所と東北大学による共同研究「コンクリート埋込部における鋼部材の腐食欠損等の共鳴振動評価法に関する研究」(平成23年度~24年度)として実施したものである。ここに記して、関係者各位に謝意を表します。

参考文献：1) 内藤英樹：鉄骨鉄筋コンクリート橋脚の変形性能と復元力特性に関する研究，東北大学学位論文，2007。