

材料劣化が鋼コンクリート複合構造の力学特性に及ぼす影響

氏名：内藤秀哉
指導教員：下村匠

1. はじめに

鋼コンクリート複合構造とは、鋼部材とコンクリート部材を一体化して、両者の長所を活かす構造である。一体化の方法としては、施工が容易であり、かつ大きなずれ抵抗が得られることから、頭付きスタッドが最も一般的に用いられている。

しかし、コンクリート床版のひび割れや部材界面等から水や塩分、酸素といった劣化因子が侵入し、スタッドが腐食することで、腐食ひび割れやスタッドの断面減少が発生し、力学性能が低下する恐れがある。

2. 現状の問題および研究目的

鋼コンクリート複合構造の接合部の力学特性は、健全な状態については多くの知見が得られているが、ずれ止めが腐食した場合の実験は少なく、現行の設計指針でもずれ止めの腐食は考慮されていない。

しかし、スタッドが腐食した際には、腐食ひび割れがスタッド間で連結することで、連結したひび割れが早期のコンクリート割裂を誘発し、大幅な性能低下が起こると考えられる(図 2-1)。そのため、スタッドが腐食した場合の力学特性を明らかにするべく、昨年度に実験が行われたが、腐食率が 2%未満と小さい範囲での実験であったために、腐食の程度による違いが確認されなかった¹⁾。

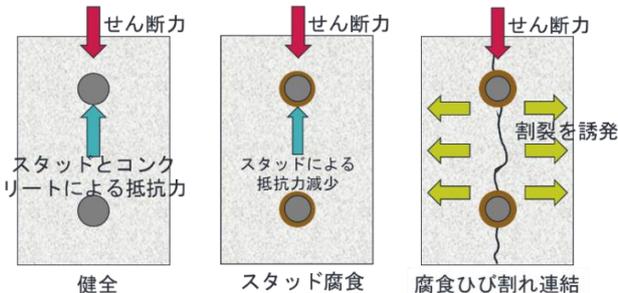


図 2-1 性能低下の仮説

そこで、本研究では、昨年度と同じ条件下で、より腐食が進行した条件で押抜き試験を実施する。これにより接合部の力学特性に及ぼす影響を調査し、図 2-1 に示した性能低下の仮説を検証す

ることを目的としている。

3. 力学特性を評価するための押抜き試験

3.1 試験体概要

押抜き試験に用いる試験体は、日本鋼構造協会の「頭付きスタッドの押抜き試験方法」²⁾を参考に作成した。試験体は、H形鋼にスタッドを溶接し、スタッドを埋め込むようにコンクリートを打設したものである。スタッドの間隔は、複合構造標準示方書及び道路橋示方書の最小間隔である 100mm とした。また、スタッド以外の鋼材は、腐食しないよう防錆塗装を施している。

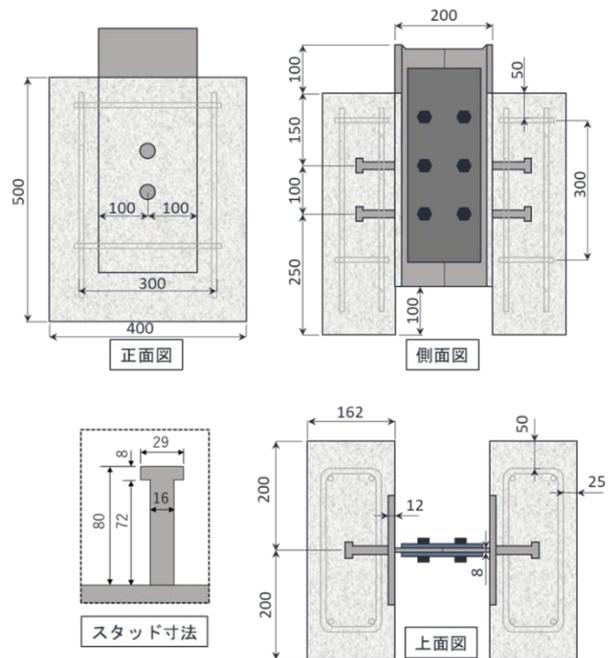


図 3-1 試験体 3 面図

3.2 腐食促進方法

スタッドの腐食には、電食法を用いた。これは、試験体を 3%の塩水に浸漬し、電流を流すことで腐食を促進させるというものである。腐食率の測定は、押抜き試験終了後にスタッドについての錆を削り落としてから断面積を測定することにより求めた。

試験体は 3 体あり、それぞれ、表 3-1 に示す水準とした。

表 3-1 実験水準

試験体名称	目標とする状態
N	腐食なし
Cor_1	腐食ひび割れ連結・錆汁溶出
Cor_2	腐食ひび割れ進展・拡幅終了

3.3 押抜き試験方法

押抜き試験は、日本鋼構造協会の「頭付きスタッドの押抜き試験方法」に準拠して行った。

主な測定項目は、与えたせん断力と、スタッド間中央における H 鋼-コンクリートブロック間のずれ変位である。

3.4 押抜き試験結果

押抜き試験の結果を表 3-2 に示す。また、昨年度の結果も含めたせん断力-ずれ関係を図 3-3 に示す。

表 3-2 押抜き試験結果まとめ

試験体名	腐食率(%)	初期割線剛性[kN/mm]	最大耐力[kN]	破壊モード
N	0	940	523	スタッド破断
Cor_1	7.76	688	329	コンクリート割裂
Cor_2	17.95	974	381	スタッド破断

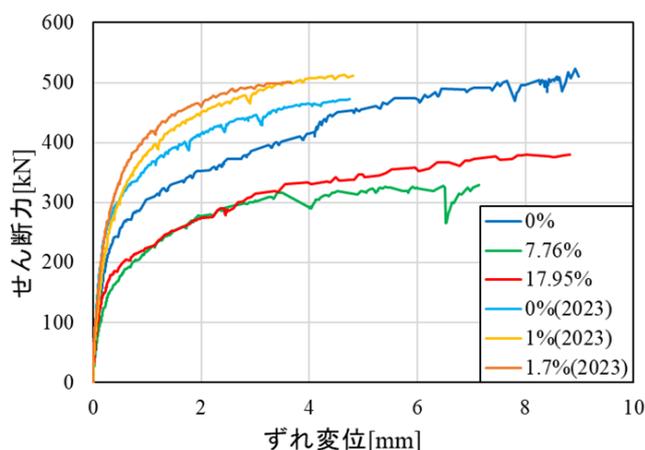


図 3-3 せん断力-ずれ関係

また、実験で得られた耐力と腐食率の関係を図 3-4 に示す。なお、図中の計算値は、複合構造標準施工方書に記載されている耐力算定式の結果を、腐食率分減じることによって算出している。

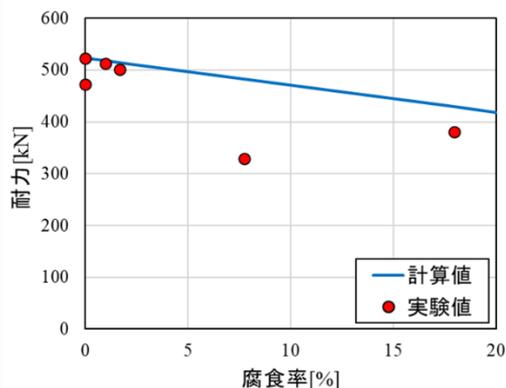


図 3-4 耐力-腐食率関係

押抜き試験の結果より、スタッドに腐食が生じると、耐力・剛性といった力学性能が低下すること確認できた。特に、腐食率が 7.76% であった Cor_1 試験体では、腐食ひび割れが連結していたことによって、耐力が計算値を大幅に下回っていることに加え、破壊モードがスタッド破断からコンクリート割裂へと遷移している。これにより、連結した腐食ひび割れが早期の割裂を誘発し、耐力が大幅に低下するという現象が確認できた。

しかし、より腐食が進行している Cor_2 試験体(腐食率 17.95%)の力学性能が Cor_1 を上回っており、破壊モードはスタッド破断となっている。これは、図 3-5 に示すように、Cor_1 では、腐食ひび割れがコンクリート上下端面まで貫通しているが、Cor_2 では上下端面まで貫通していない。そのため、力学性能が Cor_2 > Cor_1 となり、破壊モードが遷移しなかったと考えられる。ただし、Cor_2 において、ひび割れが斜めに逃げることで上下端面まで貫通していない様子が確認できるが、実構造物では、スタッドが軸方向に無数に並んでいるため、このような現象は起こりにくく、スタッドに沿ったひび割れが生じやすいと考えられる。



図 3-5 腐食ひび割れ(左 : Cor_1, 右 : Cor_2)

4. まとめ

- ・ スタッド間隔 100mm において、スタッド間で腐食ひび割れが連結することが確認できた。
- ・ 連結したひび割れによって、力学性能が低下し、破壊モードが遷移する現象を確認できた。
- ・ ひび割れがコンクリートを貫通している場合、腐食を考慮した計算値を下回るほど性能が低下する。
- ・ 破壊モードがスタッド破断からコンクリート割裂へと遷移するか/計算値を大きく下回るか否かは、腐食ひび割れが貫通しているかに依存する。

5. 今後の課題

本研究で行った実験は、実構造物における腐食の発生過程を再現したものではなかった。実構造物においては、劣化因子の侵入経路により、腐食に集中が生じる可能性がある。そのため、実構造物の劣化シナリオを想定し、腐食が根元/頭部に集中した場合の実験が必要であると考える。

[参考文献]

- 1) 田村悠人：鋼コンクリート複合構造におけるスタッドの腐食が接合部の力学特性に及ぼす影響，長岡技術科学大学修士論文,2024
- 2) 頭付スタッドの押抜き試験方法(案)，JSSCテクニカルレポート，No.35，(社)日本鋼