

かぶり厚さが鋼材腐食量に与える影響

東電設計 正会員 ○瀬下 雄一 東京電力ホールディングス 正会員 安田 浩二
 東電設計 正会員 中川 貴之 東京電力ホールディングス 正会員 鬼東 俊一
 東京電力ホールディングス フェロー 堤 知明

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物の耐久性設計では、鉄筋位置における塩化物イオン濃度が鋼材腐食発生限界濃度を超えると鉄筋の腐食が開始するものとして照査している¹⁾。しかし、実際の構造物を対象とした調査結果では、鋼材腐食発生限界濃度を超えていても腐食が発生していないケースが多く認められることから、本件では、火力発電所の過去の点検データを分析し、鋼材周辺の塩化物イオン濃度とかぶり、鋼材腐食量の関係を整理した。

2. 調査概要

分析に用いた調査データは、火力発電所の鉄筋コンクリート構造物を対象とした点検データである。

表-1 に調査対象の概要を示す。基本的には飛沫帯、干満帯に設置された厳しい環境条件にある構造物が対象となっている。

調査内容は、採取したコンクリートコアによる圧縮強度ならびに塩化物イオン濃度、コア採取位置付近のかぶりコンクリートをはつり、目視による腐食状況の確認と鉄筋径を計測することによる鉄筋の断面減少率である。

分析対象とした構造物のコンクリートは、普通ポルトランドセメントが多く用いられているが、配合が不明なものもある。

表-1 調査対象

発電所	設備名称	環境条件	調査時 供用年数
A 火力	油棧橋	飛沫帯	8, 23
	石炭棧橋	飛沫帯	32, 58
B 火力	ポンプ基礎	内陸	14
	油バース	飛沫帯	21
C 火力	ケーブル専用橋	飛沫帯	16
	護岸	飛沫帯	25, 26
	放水路横断橋	飛沫帯	25
	放水路	干満帯	45
D 火力	取水路	干満帯	19
	連絡橋	飛沫帯	31
	取水口護岸	干満帯	31
E 火力	取水口護岸	干満帯	23
F 火力	護岸	飛沫帯	30, 35
	油棧橋	飛沫帯	33

3. 分析結果

写真-1 に C 火力放水路側壁で調査事例を示す。当該箇所は干満帯頂部に当たる場所から塩化物イオン濃度測定用コアを採取し(左側写真の左下側)その近傍から鉄筋の腐食状態を確認するためのコア抜きを行ったものである。この写真で認められる鉄筋の純かぶりは縦筋が 50mm、横筋が 70mm であった。

塩化物イオン濃度測定の結果は、コンクリート表面から 40~60mm で 7.73kg/m³、60~80mm で 4.08kg/m³と高濃度であったが、目視による調査では縦筋横筋とも鉄筋表面に錆は認められず腐食していないことを確認した。

この事例を踏まえ、既往の実構造物調査結果を圧縮強度別に分類して、かぶり厚さと鉄筋位置の塩化物イオン濃度、鉄筋断面減少率の関係を整理した(図-1、図-2)。

コンクリート強度が 30~40N/mm² の場合には、かぶり厚さが 50mm 以下では鉄筋の断面減少率が 10%以上と大きくなる傾向



写真-1 鉄筋腐食調査事例

キーワード 発錆限界塩化物イオン濃度、かぶり、鋼材断面減少率、構造物性能

連絡先 〒135-0062 東京都江東区東雲 1-7-12 KDX 豊洲グランスクエア 9F 東電設計(株) 技術開発部 TEL: 03-6372-5575

になる. 逆に 50mm 以上では鉄筋位置の塩化物イオン濃度が 5kg/m^3 以上と高くなっていても鉄筋が腐食していない場合もある. なお, 鉄筋位置の塩化物イオン濃度が 1kg/m^3 以下でかぶり厚さが 50mm 以上でも腐食している場合も認められたが減少率は 10%程度以下である.

コンクリート強度が $40\sim 50\text{N/mm}^2$ の場合には, かぶりが 50mm 程度以下では塩化物イオン濃度の増加に伴い断面減少率が 20%を超えているが, 50mm 以上では鉄筋位置の塩化物イオン濃度が 10kg/m^3 に近い場合でも断面減少率が 5%以下と腐食していないか腐食していても軽微な段階に止まっている. なお, 図-1 と同様にかぶり厚さが 50mm 以上で塩化物イオン濃度が低いケースでも腐食しているケースが見受けられるが, 1 箇所のデータを除き全て 10%程度以下となっており軽微な段階に止まっている.

これらのデータは塩害以外の要因で鉄筋が腐食している可能性も考えられるが, 古い火力発電所での点検データが多く, 既に撤去された構造物もあることから詳細は不明である.

4. かぶりにより腐食の進行が抑制される理由

飛沫帯, 干満帯に位置する実構造物の調査データから, かぶりが概ね 50mm 以上の場合は, 発錆限界塩化物イオン濃度を大きく超えても鉄筋の腐食は生じないか生じても軽微な段階で止まっていることが明らかとなった.

既往の実験によると, 鉄筋の断面減少率が数%程度以下では曲げ耐力等の構造性能にはほとんど影響を与えないことが示されており²⁾, 本調査結果は, かぶり厚さをある一定量確保していれば, 塩化物イオン濃度に係わらず塩害劣化の影響はかなり抑制され, 塩害による構造性能低下は問題にならない可能性を示唆している. これを明確に示すためには, 本調査結果が普遍的な現象であること並びにそのメカニズムを明らかにする必要があるが, 現状では以下のように推定し検討している. コンクリート中の鋼材腐食は水の存在下における湿式腐食であり, 腐食が進行するためには水と酸素の供給が不可欠となる. ここで, 飛沫帯のように常時水分の供給が行われ, かつコンクリート中には水和反応に寄与しない余剰水が細孔中に存在している場合, かぶり厚さがある程度大きくなると, 表面からの乾燥が抑えられ, あたかも水中腐食と同様, 酸素の供給が少ないことが原因で腐食の進行が抑制されたものと思われる.

5. まとめ

- (1) かぶりが概ね 50mm 以上の場合は, 塩化物イオン濃度が鉄筋腐食発生限界濃度以上であっても鉄筋が腐食していないか軽微な段階に止まっているケースが多く確認された.
- (2) ある程度のかぶり厚さを確保した RC 構造物は塩害による構造性能低下は問題にならない可能性がある.
- (3) かぶりが厚くなると腐食進行が遅くなる理由を明らかにするための検討を実施中である.

参考文献

- 1) 土木学会: 2012 年制定コンクリート標準示方書 [設計編], pp.148-150
- 2) 例えば村上, 大下, 鈴木, 堤: 鉄筋腐食した RC 梁部材の残存耐力性状に及ぼすせん断補強筋ならびに定着性能の影響に関する研究, 土木学会論文集 E, Vol.64, 631-649, 2008.12

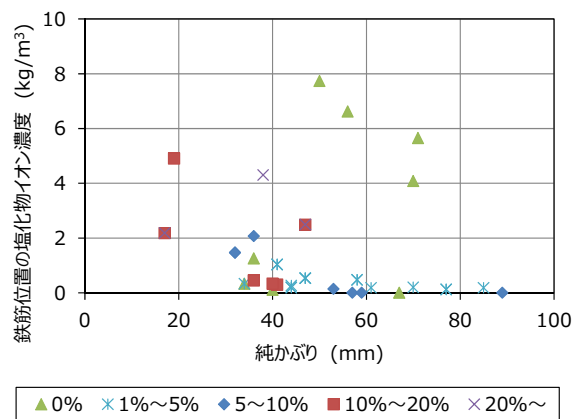


図-1 かぶりと塩化物イオン濃度の関係
(コンクリート強度 $30\sim 40\text{N/mm}^2$)

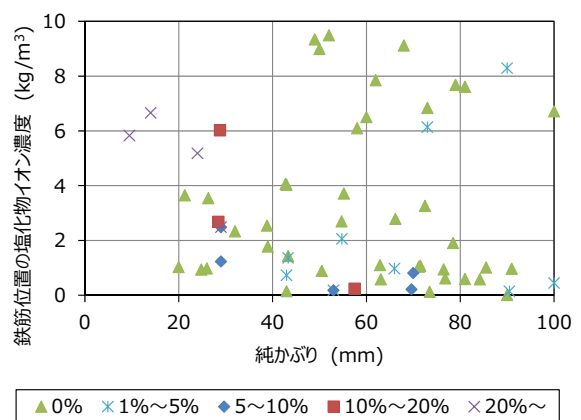


図-2 かぶりと塩化物イオン濃度の関係
(コンクリート強度 $40\sim 50\text{N/mm}^2$)