

論文 長年海中にあったコンクリートの中の鉄筋腐食

尾崎 詔*¹ ・菅田紀之*²

要旨：約70年間海中にあった防波堤ケーソン壁の鉄筋コンクリートを採取し、中の鉄筋の腐食を調べた。観察およびX線回折による検討の結果、Magnetiteを主成分とする黒錆の均一腐食のほか、GoethiteやAkaganiteの黄褐色錆が鉄筋表面積の約15%存在する程度で、鉄筋の腐食重量減少率も1%程度であった。腐食に関わるコンクリート中の塩化物イオン含有量は6 kg/m³と多かったが、中性化は殆ど進行しておらず、コンクリートのpH値は表面でも11以上あり減少は少なく、表面から50mm深さでは12以上であった。
キーワード：鉄筋腐食、70年間、海水中、X線回折、腐食生成物、中性化、塩分含有量

1. はじめに

約70年間海中にあった鉄筋コンクリートについて、コンクリート内部の鉄筋腐食を中心に研究した。この鉄筋コンクリートは、北海道第一期拓殖計画およびこれに続く第二期拓殖計画によって1921～1929年に施工され、昭和の初めに竣工した浦河港の南防波堤ケーソンの壁である。[1]防波堤の外の海水を防波堤内に引き込むために、図-1に示したようなケーソン壁の海面下0.5～3 mの一部を取り壊した際にその鉄筋コンクリートを採取し、実験試料とした。

この研究の動機は、約60年間海洋環境下にあった室蘭港北防波堤のコンクリートについて調べ、1986年に発表した際[2]、コンクリート内部の塩素イオン含有量が1.4kg/m³以上と大きかったことと、鉄筋腐食厚さが0.05 mm以下と少なかったことが気になっており、確認の機会を待っていたからである。

主たる研究の目的は鉄筋の腐食状況を知ることであり、腐食生成物も調べたが、腐食に関わるコンクリート中の塩分含有量、鉄筋を保護してきたコンクリートの中性化の程度、細孔構造、強度の他、生成物質等も調べた。その結果、コンクリートが海水中で十分な品質を維持していたので、高アルカリ環境下における鉄筋は主として塩化物イオンの存在によるMagnetite等の均一錆の存在にとどまり、腐食はさほど進展しておらず、室蘭港における調査とほぼ同様の結果が確認された。

2. 採取試料

採取した試料は厚さ230 mmで一個の重量が約90 kgの鉄筋コンクリートの塊3個である。図-2のようにφ19 mmの鉄筋が表面から120 mm(裏面から90 mm)のかぶり

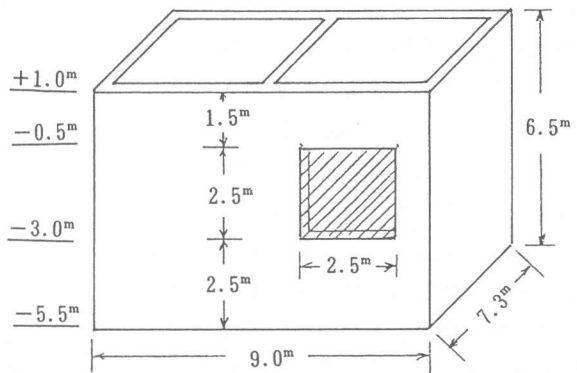


図-1 防波堤ケーソンの試料採取位置

* 1 室蘭工業大学教授 工学部建設システム工学科、工博(正会員)

* 2 室蘭工業大学講師 工学部建設システム工学科、工博(正会員)

で270 mm間隔に入り、これに直角にφ12 mm 鉄筋が表面から140 mm (裏面から80mm) のかぶりで 200 mm 間隔に入っていた。

3個の塊を A,B,C の記号を付けて取り扱い、これらの鉄筋コンクリートの塊をφ19 mm 鉄筋方向と平行にダイヤモンドカッターでA1,A2,A3,A4のように4分割して実験に供した。

3. 鉄筋の腐食

コンクリートから取り出した鉄筋は腐食状況を観察した後、重量が 200g 未満になるように配慮して、直径 19mm の丸鋼を約 80 mm の長さで切断して腐食の定量分析に供した。鉄筋重量を正確に量った後、鉄筋展開図を用いて腐食面積を求めた。

鉄筋表面は安定しているように見える黒さびの均一腐食状態であったが、黄色や白色の部分的な錆も少し存在していた。

鉄筋表面の腐食生成物を調べるためにX線回折法による定性分析を行なった。黒錆を調べた鉄筋の腐食状況とX線回折のピークを図-3に示す。図のように黒錆の均一腐食は Fe_3O_4 (Magnetite) を主成分とする腐食生成物で、 FeO (Wustite) のほか、 $\alpha-Fe(OH)$ (Goethite) も存在していた。更にこの鉄筋の裏側の一様な黒錆の上に部分的に発生していた黄色や褐色の錆を調べたので、その腐食状況を示す写真とX線回折のピークを図-4に示す。黄色い錆の主体は $\beta-Fe(OH)$ (Akaganeite) で、 $\alpha-Fe(OH)$ (Goethite) と共存して

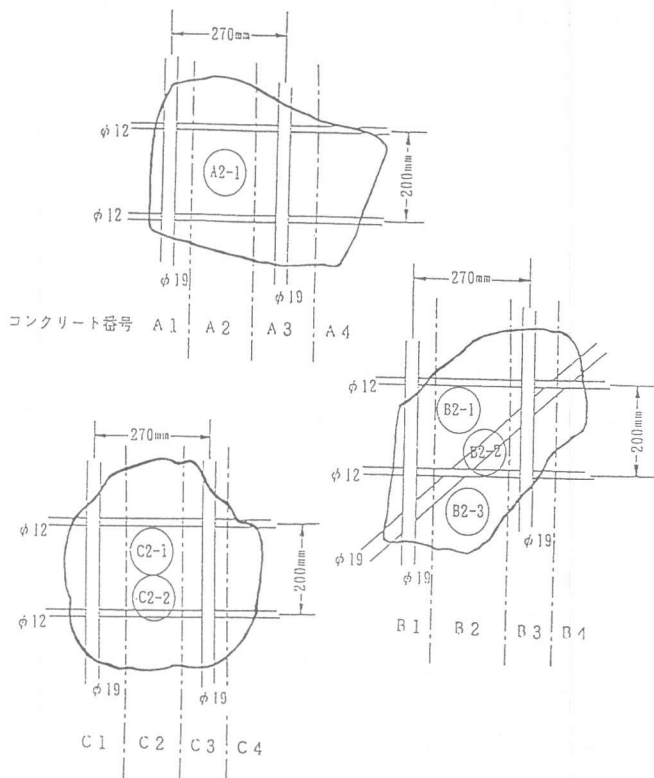


図-2 鉄筋およびコア採取状況

B-1

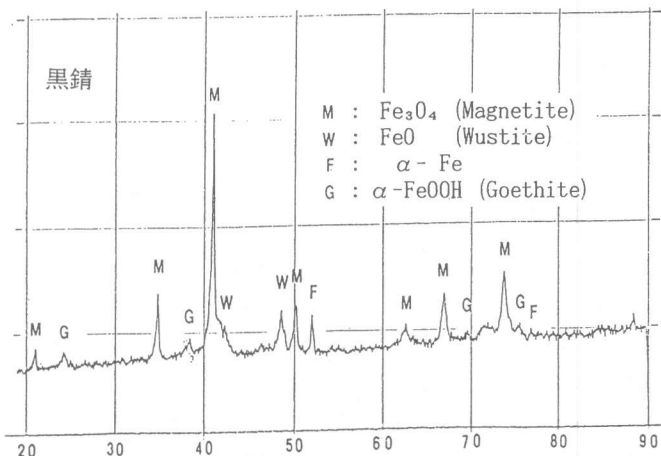
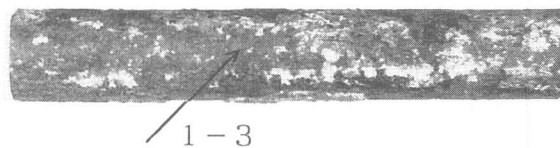


図-3 黒錆のX線回折ピーク