

V-153

約70年間海中にあったケーソン壁の鉄筋コンクリート

室蘭工業大学 正会員 尾崎 諒

室蘭工業大学 正会員 菅田紀之

1. はじめに

約70年間海中にあったケーソン壁の鉄筋コンクリートを採取し、コンクリートおよび鉄筋の性状を調べる機会を得たので、その結果を報告する。この試料は北海道第一期拓殖計画に引き続き、第二期拓殖計画により昭和の初め頃に竣工した浦河港の南防波堤のケーソンの海面下約3m付近のケーソン壁の一部である。調査の中心は鉄筋の腐食状況を知ることであったが、これ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、強度および配合推定を行なった他、生成物質等も調べてみた。その結果、鉄筋コンクリートの耐久性上の欠陥として問題になるようなものはなかった。

2. 採取試料

採取した試料は厚さ23cmで重量が約90kgの鉄筋コンクリート塊3個で、 $\phi 19$ mmの鉄筋が12cmのかぶり、27cm間隔に入り、これに直角に $\phi 12$ mmの鉄筋が14cmのかぶり、20cm間隔に入っている。3個の塊はA,B,Cの記号を付けて取り扱った。

3. 鉄筋の腐食

鉄筋コンクリート塊を主鉄筋方向と平行にダイヤモンドカッターで4分割し、鉄筋重量が200g未満になるように配慮して直径19mmの丸鋼の長さが約8cmになるように切断し、鉄筋を取り出した。腐食状況を観察し、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。鉄筋表面はゲーサイト (α -FeOOH) およびマグネタイト (Fe_3O_4) を主成分とする保護性の黒さびの均一腐食状態であったが、部分的な赤錆も13~18%存在していた。これらの鉄筋を10%クエン酸アンモニウム溶液に数日間浸漬して腐食生成物を除去し、重量測定を行い重量減少率を求めた。

その際鉄筋表面に長さ方向の線状溝と孔食が見られたが、前者の幅は0.05mm前後であり、圧延の際の傷と思われた。これらの試験結果によれば、重量減少率は0.9~1.1%、これから換算した腐食厚さは0.03~0.05 mmであった。

4. コンクリートの中性化と塩分含有量

フェノールフタレイン溶液による中性化深さは殆ど測定できなかった。そこで、微粉碎したコンクリートを50℃の温水30分間振とうし、pH値を測定してみると図-1のように壁の表側・裏側とも表面から5cm位迄の深さの範囲のpH値が低くなっており、中性化の傾向が見られる。しかし、表面でも11以上のpH値を示しており、劣化に影響する程の中性化は進行していなかった。

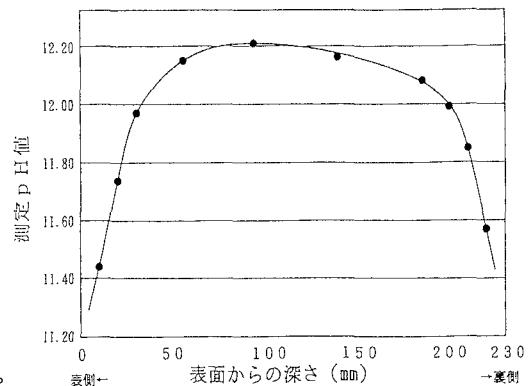


図-1 pH値の分布

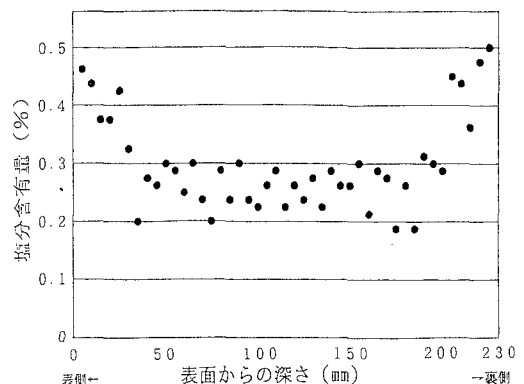


図-2 塩化物イオンの分布

一方、塩分含有量については、コアを深さ毎にスライスしたコンクリートを微粉砕し、これを試料として全塩分量を求めた。塩分含有量の試験結果を図-2に示す。壁の表側も裏側も表面付近の塩化物イオンはコンクリート重量の約0.5%と大きく、壁の裏側からも海水が浸透したことが伺われ、深さ5 cm位から内部も0.2~0.3%という高い値の一定値となっている。

5. 細孔径分布

試料のモルタルをコンクリートから慎重に取り出し水銀ボロシメーターによる水銀圧入法にて細孔径を調べた。表層部と中心部のコンクリート中のモルタルの細孔径分布を図-3に示す。これを見ると中心部の全細孔量0.060 cc/gに比べて表層部のモルタルの全細孔量の方が0.081 cc/gと大きく、特に0.1 μm 以下の細孔が多い。これは水酸化カルシウムの溶出が原因と考えらるが、劣化を促進させるほどではない。

6. コンクリートの強度と配合推定

壁の表面と直角に直径99mmのコアを抜き、高さ198 mm程度に成型した供試体による圧縮強度の平均値は356 kgf/cm²、単位容積質量は2,490 kg/m³、弾性係数は254,000 kgf/cm²であり、配合は不明だが、約70年経過した現在でも十分な強度等を有している。

配合推定方法としてはセメント協会コンクリート専門委員会報告F-18を参考にした。配合推定に必要なセメントの分析値としては、同時期に比較的近くで工事が行なわれた室蘭港の施工記録にある鉾津セメント分析表を参照し、CaO=50%, ig. loss=1.8%と仮定した。骨材の分析値には ig. loss=1.8%, insol=95.4%, CaO=0.3%を使用した。配合推定結果は、単位骨材量が1950 kg/m³（吸水率を1%として）、単位セメント量が290 kg/m³、単位水量が153 kg/m³、水セメント比が52.5%となった。

7. X線回折試験および電子顕微鏡による考察

壁の表層部及び中心部のコンクリート中からモルタル部分だけを取り出し、微粉砕したものを試料としてX線回折試験を行った。図-4に示したピークから判読すると、炭酸カルシウムやエトリンガイトは表層部の方に多く見られ、海水の影響をより受けたことが伺える。また、フリーデル氏塩やモノサルフェート等のピークも見られる。

一方、コンクリートから1g程度のモルタル片を取り出し、スパッタ装置で金蒸着して電子顕微鏡で観察した結果では、表層部、中心部共にエトリンガイトやフリーデル氏塩等がモルタルの微細な空隙中に観察された。これらの結晶は表層部で大きく、中心部でもフリーデル氏塩らしき六角形柱状結晶が確認された。

8. おわりに

ご協力頂いた北海道開発局浦河港建設事務所、北見工業大学、日鉄セメント㈱の各位に感謝いたします。

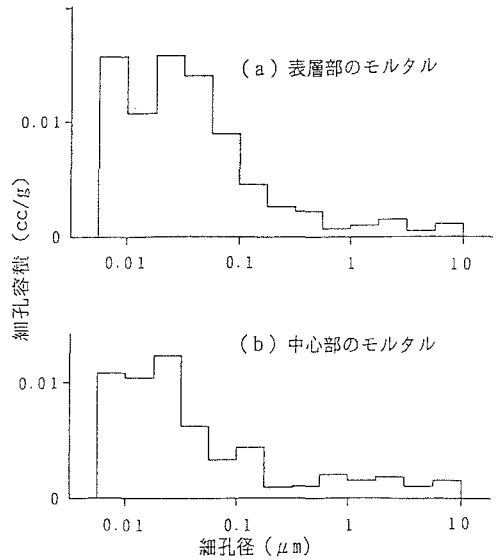


図-3 モルタル部の細孔径分布

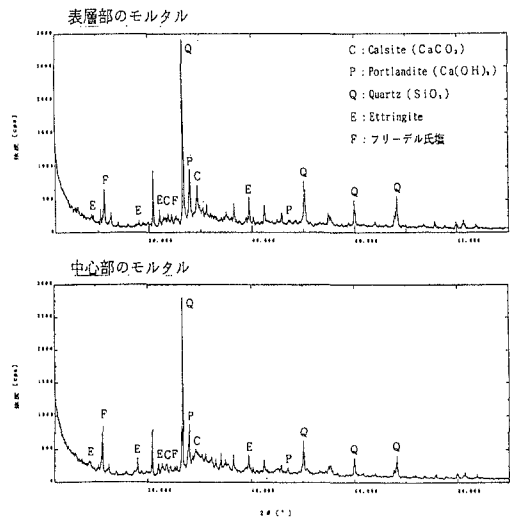


図-4 X線回折試験結果