

V-227

防波堤コンクリートの耐久性調査

運輸省第一港湾建設局 正会員 北澤 壮介
 同 上 渡辺 清
 同 上 正会員 岩谷 文方

1. まえがき

防波堤は、コンクリートの劣化という観点から見ると各種の土木構造物の中でもっとも厳しい環境条件下にある施設の一つであり、厳しい冬季風浪にさらされる日本海側の防波堤は特に過酷な条件下にあると考えられる。本文は、秋田県から福井県に至る日本海側の主要港湾6港の施工後5年～24年経過した防波堤コンクリートの耐久性調査について報告するものである。

2. 調査の概要

調査対象施設は、秋田港、酒田港、新潟港、伏木富山港、金沢港、福井港の防波堤であり、これらは建設開始後約15～25年を経過しており、一部を除いて現在も延伸が行われている。これらの防波堤がおかれた地域では、冬期北西の季節風が強く陸上部では凍結融解が起こっており、富山湾内に位置する伏木富山港を除いてこの間 $H_{1/3}=2\sim3\text{m}$ 以上の波浪が長期にわたって継続する。

調査対象の各防波堤から2～4種類の経過年数のコンクリートコアを採取した。コアの採取位置を図-1に示す。対象施設はすべてケーソン式であり、ケーソン(鉄筋コンクリート)および上部工(無筋コンクリート)から1箇所(1つの経過年数)につき各3本のコア(直径10cm、高さ20～40cm)を採取した。採取高さは、ケーソンで+0.3～+1.3mの感潮部から飛沫帯、上部工で+0.8～+1.9mの飛沫帯に位置する。コアの数は、施設と経過年数でみるとケーソンと上部工でそれぞれ16種類、本数でそれぞれ48本である。

これらのコンクリートの使用材料は、セメントは普通ポルトランドセメント、粗骨材は川砂利および砕石、細骨材は川砂または山砂であり、上部工では一部海砂が使用されている。水セメント比は、ケーソンで50～55%、上部工で60～65%である。

採取したコアに対して、中性化、圧縮強度、静弾性係数についての試験を実施し、さらにケーソンのコア(鉄筋コンクリート)については、塩分量の測定、鉄筋の腐食状況の調査を実施した。

3. 調査結果と考察

圧縮強度と経過年数の関係を図-2に示す。圧縮強度はばらつきがかなりあるが、すべて設計基準強度を上回っている。また、全体的にみると5～15年にかけて経過年数とともに圧縮強度が低下する傾向が認められる。

全塩分量とコンクリート表面からの深さの関係を図-3に示す。これによると、表層部の塩分含有量が多く内部へいくにしたがって減少する傾向を示し、外部から侵入した塩分であることは明らかである。塩分量は、ほぼ鉄筋位置である深さ8cmにおいても鉄筋に腐食が発生するといわれている値をかなり越えている。塩分量と経過年数の関係を図-4に示す

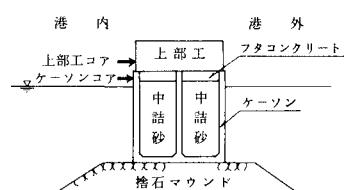


図-1 コアの採取位置の模式図

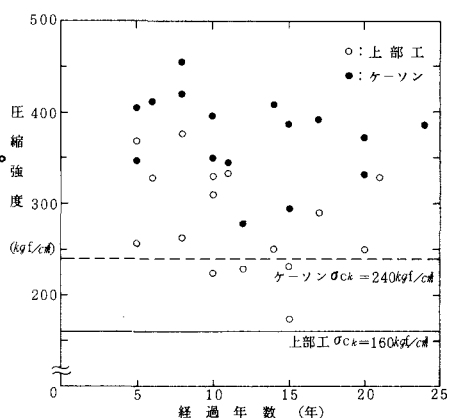


図-2 圧縮強度と経過年数の関係

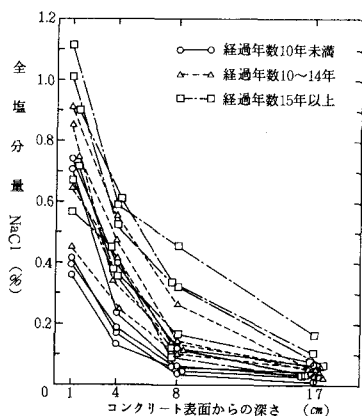


図-3 全塩分量とコンクリート表面からの深さ

が、表層部から8cm 位までの塩分量は15年位までは経過年数とともに増加する傾向が認められる。

フェノールフタレイン法により求めた中性化深さと経過年数の関係を図-5に示す。上部工、ケーソンとも中性化深さは一般のコンクリートに比べて小さく平均でそれぞれ4mm、2mm以下であり、上部工では中性化深さの最大値の上限が経過年数とともに大きくなる傾向にあるが、ケーソンでは上部工よりも値が小さく経年変化も明確でない。これらのことから鉄筋の腐食に影響を及ぼすほどの中性化は生じていないと判断できる。また、上部工よりもケーソンの中性化が小さい傾向にあるのは、ケーソンの方が海面に近くより湿潤状態にあるためと考えられる。

鉄筋の腐食面積は、一般的な赤錆と孔食状の錆とに分けて求めた。図-6に腐食面積率とはば鉄筋位置に相当する深さ8cmの全塩分量の関係を示すが、両者の間には相関が認められる。すなわち、全塩分量 0.1%以下では孔食はなく、全腐食面積率も小さいのに対して、全塩分量 0.3%以上では全ての鉄筋に孔食が認められ、全腐食面積率も大きい。また、全腐食面積率は経過年数とともに増加する傾向が認められたが、孔食部の腐食面積率は値が小さいこともあり明らかな傾向は認められなかった。

4. あとがき

調査対象の防波堤においては、現在までのところコンクリートの劣化を原因とする損傷は発生していないが、外部より侵入する塩分によって鉄筋の腐食が進行していることが明らかとなったため、今後とも定期的な点検が必要と考えられる。また、港湾のコンクリートでは海水からの塩分の侵入は避けることができないことなどから、従来から水セメント比、スランプ、かぶりについて他の構造物に比べてやや厳しい基準が設けられているが、今後セメントの種類の検討、良質な骨材の使用と良好な施工の徹底などにより、より耐久性の高いコンクリートとしていく必要がある。

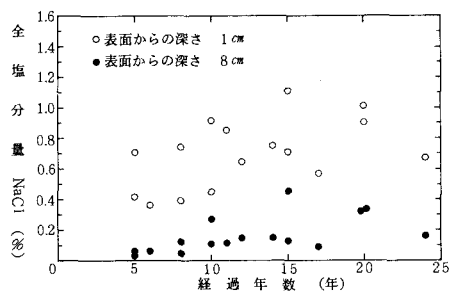


図-4 全塩分量と経過年数との関係

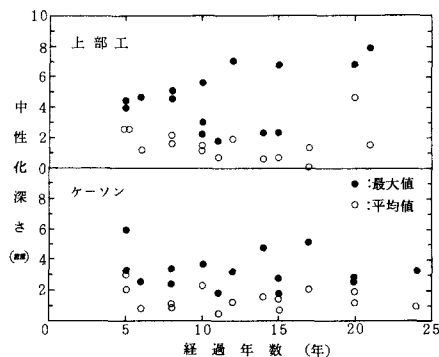


図-5 中性化深さと経過年数の関係

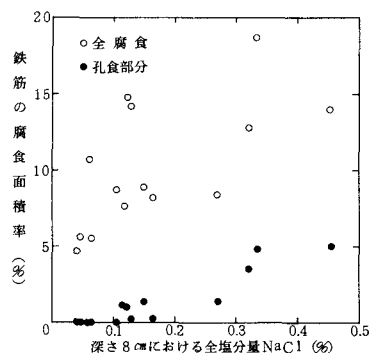


図-6 全塩分量と鉄筋の腐食面積率