

海洋飛沫帯に5年間暴露した鉄筋コンクリート梁の性状(I) ——鉄筋腐食に及ぼすセメントの種類・水セメント比およびかぶりの影響——

Behavior of Reinforced Concrete Beams Exposed in Marine Splash Zone for Five Years (I)
——Effect of Cement Type · Water Cement Ratio and Concrete Cover Depth on Steel Corrosion——

小林一輔*・星野富夫*
Kazusuke KOBAYASHI and Tomio HOSHINO

1. は し が き

海洋環境下における鉄筋コンクリート構造物の耐久性は、コンクリート中の鉄筋の腐食によって左右される。とくに、海洋飛沫帯のような厳しい腐食環境に設置される鉄筋コンクリート構造物では、コンクリートのひびわれ部分のみでなく、ひびわれのない健全なコンクリートの表層部分においても塩分の拡散・浸透・蓄積が活発に行われ、早期に鉄筋腐食を生じさせる。本研究は、このような環境に設置される鉄筋コンクリート構造物の防食方法を明らかにすることを目的として、海洋飛沫帯において5年間にわたる鉄筋コンクリート梁の暴露試験を実施し、1種防食および2種防食の効果を確かめたものである。

本文ではまず1種防食に関して得られた結果を報告する。

2. 暴露試験の概要

暴露試験に供した鉄筋コンクリート梁は図-1に示すように寸法が10×10×120cmで内部に長さ110cm、φ10mmの異形鉄筋(高炉品)を2本埋め込んだものであり、計画かぶりを2cmおよび3cmの2種類とした。セメントの種類は普通ポルトランドセメント、これに高炉水砕スラグ微粉末を重量で50%および70%置き換えた2種のスラグセメントの合計3種を使用した。水セメント比は普通ポルトランドセメントを用いた場合には40%、50%および60%とし、スラグセメントの場合には60%とした。これらの梁は図-1に示すように2本1組として曲げ荷重を行い、コンクリート表面に0.2~0.3mmのひびわれを導入し、この状態を保ったまま暴露を行った。暴露試験は、静岡県伊豆半島東海岸(伊東市城ヶ崎)に設

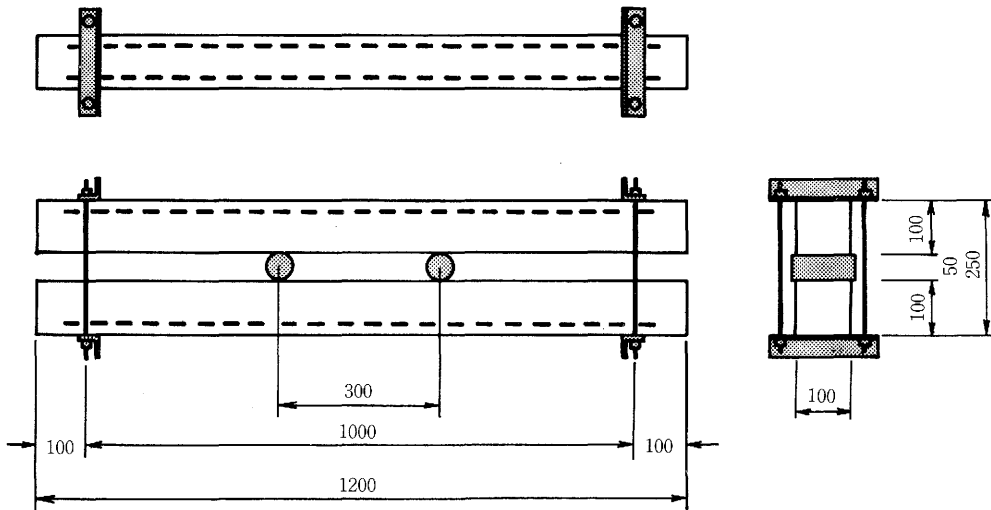


図-1 試験体の寸法と導入ひびわれの保持方法 (mm)

*東京大学生産技術研究所 第5部

研究速報

置した暴露試験場において行った (写真-1)。供試体は最高潮位から50cm程度上部の架台に固定したものであり、この場所は満潮時には波浪によって洗われ、干潮時

にも海水飛沫を受ける極めて厳しい腐食環境である。

3. コンクリートの使用材料およびコンクリートの配合

高炉水砕スラグ微粉末はガラス化率99%、塩基度1.80、粉末度が4320cm²/gのものを用いた。細骨材は川砂(砂岩)、粗骨材は碎石(砂岩)を使用した。コンクリートの配合を表-1に示す。

4. 試験結果と考察

図-2～5は鉄筋腐食の進行に及ぼす水セメント比,か

表-1 コンクリートの配合

水・セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単 位 量 (kg/m ³)				スランプ (cm)
		水	セメント	細骨材	粗骨材	
40	43	196	490	736	1,002	8
50	45	196	392	807	1,013	8
60	47	196	327	869	1,006	7

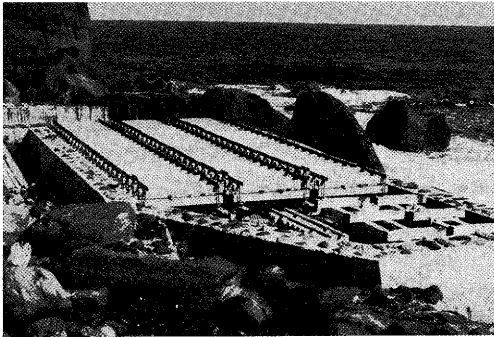


写真-1 暴露中の試験体

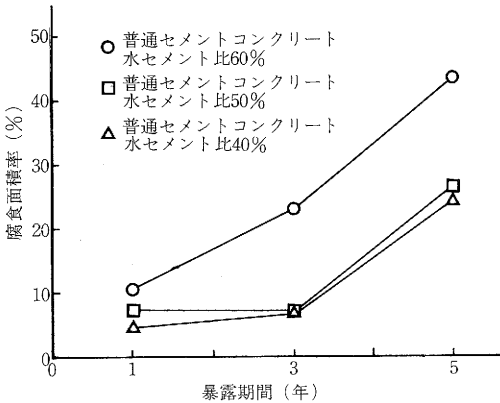


図-2 腐食面積率と暴露期間の関係 (かぶり 2 cm)

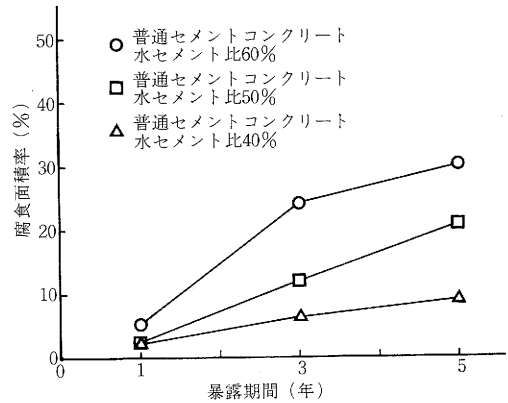


図-3 腐食面積率と暴露期間の関係 (かぶり 3 cm)

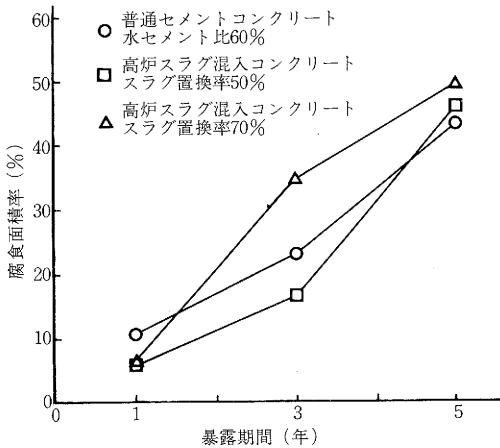


図-4 腐食面積率と暴露期間の関係 (かぶり 2 cm)

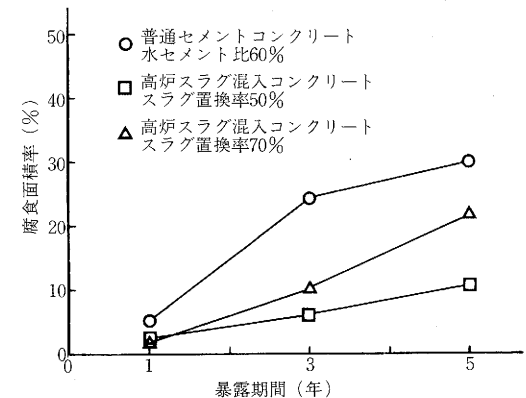


図-5 腐食面積率と暴露期間の関係 (かぶり 3 cm)

研 究 速 報

ぶりおよび高炉水砕スラグ微粉末混入の影響を示したものである。

図-2および図-3は水セメント比の影響を示したものであって、水セメントが小さい供試体ほど鉄筋の腐食の進行は抑制されることを示している。さらに、これら2つの図を比較すると、かぶりが2 cmの場合には暴露3年以降の腐食面積が急激に増大しているのに対し、かぶりが3 cmの場合には逆にこの時点以降の腐食面積の増大が緩やかになっており、1 cmだけかぶりを大きくすることが暴露3年以降の腐食の進行を抑制していることがわかる。

この理由については図-6にその一例を示したように、かぶりが2 cmの場合には暴露1年の時点から暴露に先立って生じさせておいた鉄筋に直交するひびわれを中心とする鉄筋に添ったひびわれを生じはじめ、暴露3年ではこのひびわれが急激に拡大しているのに対し、かぶりが3 cmの場合には暴露3年に至ってもこのようなひびわれの発生が少ないことから、以下のように推論することができる。すなわち、かぶりが2 cmの場合には鉄筋の腐食とこれに伴う膨張によって比較的早期に鉄筋に沿ったひびわれを生じるので、これを通じて腐食因子の浸透が活発に行われ、腐食は加速されることになるが、かぶりが3 cmの場合には鉄筋に沿ったひびわれを生じる段

階に至る前に、腐食因子が浸透・拡散する通路となる毛管孔隙の相当部分が塩化物によって充填されるために、腐食因子の浸透・拡散が抑制されると考えられる。

図-4および図-5は高炉水砕スラグ微粉末を混入した場合の結果であるが、これらの図から明らかなように高炉スラグの混入が鉄筋腐食におよぼす影響は、かぶりによって異なることがわかる。すなわち、かぶりが2 cmの場合には暴露期間が1年の場合を除いて高炉スラグの混入は鉄筋腐食の面で必ずしもプラスにはなっていないことを示している。これに対して、かぶりが3 cmの場合には高炉スラグを混入したもののほうが明らかに鉄筋腐食が抑制されることを示している。

このようにかぶりによって異なる傾向を生じた理由としては、次の2つがあげられる。その一つは、高炉スラグの塩化物遮へい性であり、もう一つは高炉スラグ中における不安定な硫黄化合物の存在である。前者に関しては既報¹⁾ならびに図-7に示したように、高炉スラグを混入したコンクリートでは塩化物が表面から20mm程度の表層部に留まり内部にはほとんど浸透しない、かぶりが2 cmの場合と3 cmの場合とで高炉スラグ混入の影響が異なるのは以上のような理由によるものと考えられる。また、これらの図においてスラグ量が多いほど腐食が進行するような傾向が認められるが、これは、鉄筋の腐食

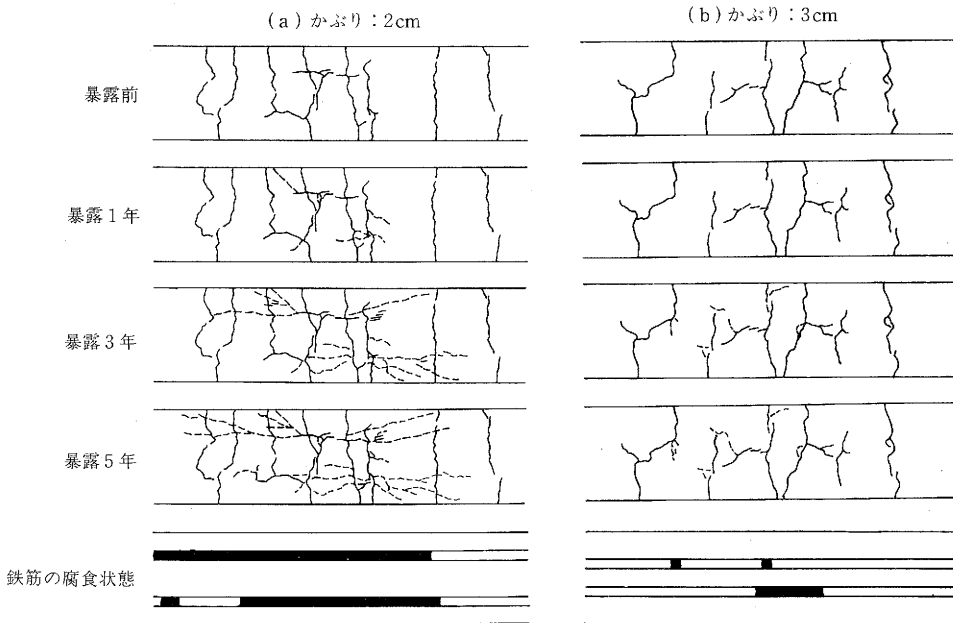


図-6 ひびわれの経時変化と鉄筋の腐食
—普通セメントコンクリート、W/C=40%—

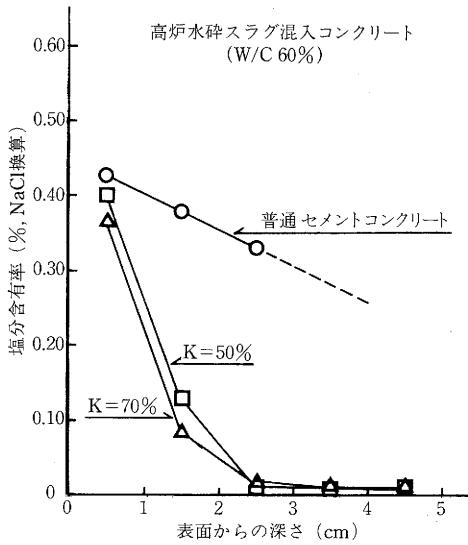


図-7 暴露期間5年のコンクリート中の塩分含有率

がいずれも当初に導入したひびわれを中心に拡大していることから、高炉スラグ中に含まれている硫黄化合物が鉄筋腐食を助長させたものと考えられる。すなわち、高炉水砕スラグ微粉末の混入はひびわれのないコンクリートでは優れた防食効果を発揮するが、ひびわれのある場合には鉄筋の腐食が促進される場合もありうるということである。

5. む す び

今回の海洋暴露試験によって、海洋飛沫帯のような厳しい環境下においても、かぶりの値が鉄筋腐食に大きい影響を及ぼすことが明らかとなった。また、スラグセメントを用いたコンクリートでは、ひびわれの有無が腐食傾向を左右することを確かめた。(1989年4月22日受理)

参 考 文 献

- 1) 小林, 星野: 生産研究, Vol. 41 (1989) No. 6.