

京都大学 正員 宮川豊章
 京都大学 学生員 畑村博行
 京都大学 正員 岡田清

1. はじめに

大型海洋構造物に用いられる最も適当な構造形式の一つとしてI型からII型に至るプレストレストコンクリート構造がある。しかし、典型的な塩分帯風気を示す海洋環境においては、鉄筋あるいはPC鋼材等のコンクリート中鋼材の塩化物腐食が耐久性上の問題となる。とくに、PC鋼材では高引張応力が作用し応力腐食割れをもたらす可能性がある。本文は、これら2種の問題を検討するために行なった研究について報告するものである。

2. 鉄筋の塩化物腐食

応力腐食が明確な形で発生するのは、鋼材強度が 150 kg/mm^2 (1470 MPa)程度以上とされており、通常用いられている鉄筋強度はこの値よりはるかに小さく、応力腐食が生じる可能性は小さい。このため、鉄筋においては通常の塩化物腐食が問題となる。ここでは、特に塩分、ひびわれに注目し、析出面積率による検討を行った。

実験計画： 塩化物腐食試験に採用した要因を表-1に示す。塩分濃度として

表-1 塩化物腐食試験要因

要 因	水 準			
	0	1	2	3
塩分(%)：練り混ぜ水に対して	NaCl 0	1.04	2.09	3.13
	MgSO ₄ 0	0.11	0.22	0.33
ひびわれ幅 (mm)	0	0.4	0.03	0.06
供試期間	0	6月	1年	3年

は、最大が練り混ぜ水を海水濃度相等とし、以下海水練りの多少、 $1/3$, 0 の計4種とした。ひびわれ幅としては曲げひびわれを想定し、表-1に示す4種とした。なお、供試温度湿度は全て 20°C , $90\%\text{ R.H.}$ である。

供試体： 鉄筋としてはSD35, $\phi 10$ の異形丸鋼を用いた。コンクリート配合はW/Cを50%とした。供試体は図-1に示すように、 $5 \times 5 \times 40\text{ cm}$ 角柱とし、断面中央に鉄筋をモルタル製スパーサーを用いてかぶり2 cmに配置した。ひびわれは、曲げ載荷を施す方向から行ない、除荷後残存するひびわれ幅によって決定した。

実験結果および考察： 供試期間6ヶ月あるが一年では、鉄筋の腐食程度は小さかった。そこで、供試期間3年における結果を用い、塩分濃度の影響を、各濃度における全体析出面積率から練り混ぜ水として水道水を用いたものの面積率を差し引いた値として図-2に、ひびわれ部の腐食を、各ひびわれ幅におけるひびわれ部析出面積率から全体析出面積率を差し引いた形で図-3に示す。なお、ひびわれのない供試体のひびわれ部析出面積率としては

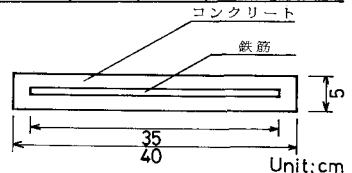


図-1 塩化物腐食供試体

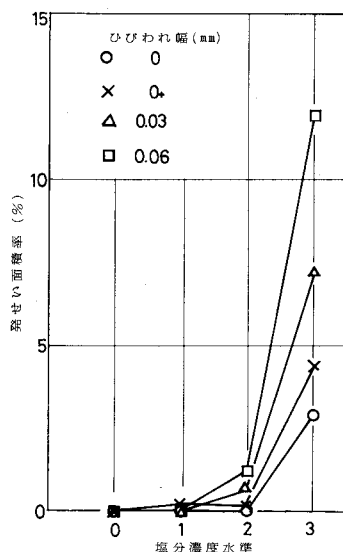


図-2 塩分の影響

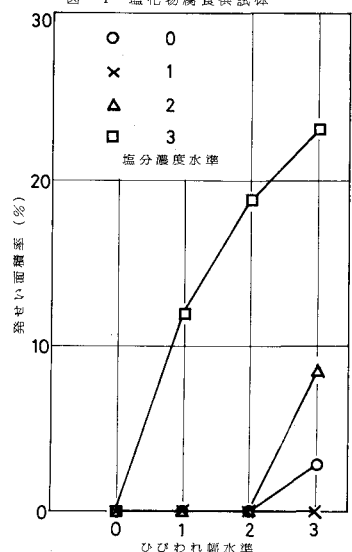


図-3 ひびわれ部腐食

中央部の縦断面積率を用いたが全て0%であった。

塩分の影響は、練り混ぜ水として海水濃度の2/3を用いた場合から表われ始めており、海水相当濃度においては明らかに塩分の影響が表われている。ひびわれによる腐食の局部化はひびわれ幅が0.06mmにおいては顕著であるが、塩分濃度が高い場合にはより小さなひびわれ幅においても局部化が生じており、周囲の塩分濃度により限界ひびわれ幅を変化させるべきであることがわかる。

3. PC鋼材の応力腐食

応力腐食は、割れの進展によりPC鋼材が破断し、直接部材の耐力に影響を与える可能性がある。ここでは、特に塩化物、ひびわれ、鋼材引張強度、鋼材応力および枝質を取りあげ、これらの割れ速度に与える影響を検討した。

表-2 応力腐食試験要因

要 因	水 準
塩化物 (NaCl) (%) : 練り混ぜ水に対して	3.13, 0
ひびわれ幅 (mm)	0.2, 0
鋼材公称引張強度 (kg/mm^2 (MPa))	145(1421), 95(931)
初期鋼材引張応力 / 引張強度 (%)	80, 60, 40
Si含有量 (%)	1.64, 0.27

実験計画： 応力腐食試験に用いた要因を

表-2に示す。塩化物としてはNaClを用い、練り混ぜ水あるいは散水用の水における濃度は0および3.13% (海水濃度相当) の2種とした。コンクリートのひびわれ幅は0および種々の指針に規定されている0.2mmの2種と

した。鋼材の公称引張強度としては、前記の $150\text{kg}/\text{mm}^2$ (1470MPa)程度のもので $145\text{kg}/\text{mm}^2$ (1421MPa)を、また、より発生し難いものとして $95\text{kg}/\text{mm}^2$ (931MPa)の計2種を選んだ。また、初期鋼材応力としては、応力腐食割れを生じる境界応力として引張強度の60%、割れの促進の意味を含めて80%、また応力腐食を生じないと考えられる40%の計3種を選んだ。さらに枝質として、応力腐食防止に効果があると考えられるSiを多く含んだものと含んでいないものとの2種を選んだ。なお、供試温度は全て 20°C 、90%R.H.である。

供試体： PC鋼材としては $\phi 7.4\text{mm}$ の異形PC鋼筋を用いた。コンクリート配合はW/Cを50%とした。供試体は図-4に示すように3種類を用いた。Type 1は、PC鋼材に付する最も苛酷な環境として露出している場合を想定し、所定応力に保ったPC鋼材の周囲に脱脂綿を巻き食塩水を散水した。Type 2はひびわれを生じるプレテンション部材のモデルであり、所定のひびわれ幅と鋼材応力とともに満足するよう鋼製枠に保持し、食塩水を散水した。Type 3はポストテンション部材のモデルであり、同様に食塩水を散水した。

実験結果および考察： 供試期間5ヶ月までの結果では、Type 1における強度 $145\text{kg}/\text{mm}^2$ (1421MPa)、Si少量のもの、応力80% (破断：9および15日後)、および応力60% (破断：148および151日後) の2種のみが応力腐食割れを生じて破断し、応力およびSiの影響が顕著であった。Type 2におけるひびわれ幅の変化を含めて、さらに枝質を検討するため、なお長期の実験を継続中である。

おわりにあたり、応力腐食実験において協力いただいた山田真人氏 (京都大学) に感謝します。また、本研究の一部は、昭和54年度に交付された文部省科学研究費補助金 (基研研究A) No.4475355による研究成果であることを付記し、関係各位に謝意を表します。

<参考文献> FIP: Corrosion of steel, Report on prestressing steel, pp12~18, 1976.8

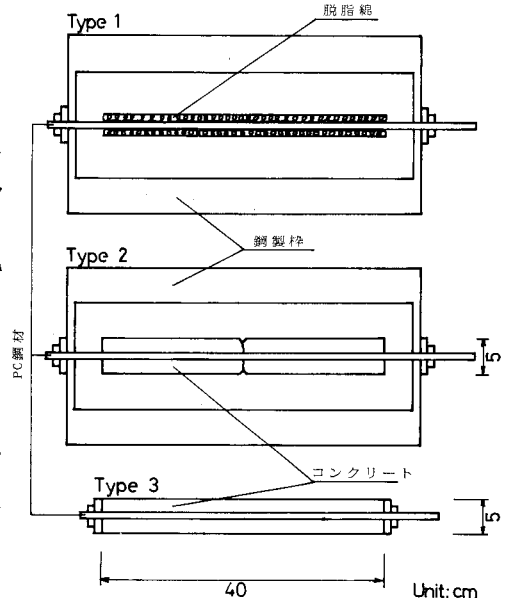


図-4 応力腐食供試体