

鋼材の腐食に与えるかぶりコンクリートの物性の影響について

京都大学 正 員 岡田 清 京都大学 正 員 小林和夫
 京都大学 正 員 宮川豊章 京都大学 学生員 本田 哲
 青木建設 正 員 ○富山春男

1. はじめに 一般に、鋼材はコンクリートなどの高アルカリ環境においては不働態被膜が生成し腐食しないとされているが、塩素イオンを添加すると不働態被膜が破壊され腐食に至る。したがって塩分雰囲気中におけるコンクリート構造物に関しては、鋼材の腐食が耐久性上最重要課題となると考えられる。鋼材の防食方法としては、水セメント比を小さく取ることによって水密性の高いコンクリートとし、さらにかぶりを大きく取ることによって腐食性物質が鋼材表面に至るのを遅らせる方法が現在最も確実な方法と考えられている。しかし、一般に塩分の浸透は土木構造物の使用期間に比して早く、塩分浸透後の挙動についても検討する必要がある。そこで本研究においては、水道水練りのモルタル供試体を用いて細孔径分布を測定することにより水分および塩分の浸透性を明らかにするとともに、人工海水練りのコンクリート供試体を用いて促進腐食試験を行ない塩分浸透後の腐食挙動についてもあわせて検討した。

表1 供試体一覽表

		要因				
供試体	W/C	鋼材径(mm)	かぶり (mm)	配筋	寸法・形状・本数・その他	塩分
細孔径分布測定用 供試体	0.40	13	26	垂直	8x10x10 cm 角柱 (モルタル)	無
	0.60			水平	鋼材一本埋設	
促進腐食試験用 供試体	0.40	6	13,26,52	垂直	垂直筋 円柱 $\phi 15 \times 13$ cm	有
		13		水平筋 角柱 $13 \times 15 \times 15$ cm		
	0.60	25		水平	それぞれ3種類のかぶりの鋼材を一本ずつ計3本埋設	

2. 実験概要

2.1 実験要因：①水セメント比 土木学会「コンクリート標準示方書」を参考として $W/C = 0.40, 0.60$ の2通りの配合を用いた。なおスランプを一定

とするため単位水量は 196 kg/m^3 と一定にした。②配筋 ブリージング等による影響を考慮して垂直筋、水平筋の2通りとした。③かぶり 13 mm, 26 mm, 52 mm の3種類のかぶりを用いた。ただし細孔径分布の測定においては26 mmのみとした。④鋼材径 6 mm, 13 mm, 25 mm の3種類の鋼材を用いた。ただし、細孔径分布の測定においては13 mmのみとした。

2.2 細孔径分布の測定：水道水練りのフレッシュコンクリートにウェットスクリーニングを施したモルタルに鋼材を配した供試体を作成し、ビニール袋に入れて4週間密封養生した後、鋼材近傍から試料を取り出し、水銀圧入式ポロシメータを用いて細孔径分布を測定した。測定数は、2種類の水セメント比に対して水平筋の上面、下面、および垂直筋で水平筋の底面からの高さとはほぼ同一の個所の計6個とした。

2.3 促進腐食試験：人工海水で練ったコンクリートの供試体を作成し10日間密封養生した後、 60°C 、90% R.H.に調整した恒温槽内で約6週間腐食を促進させ、その後供試体から鋼材を取り出して腐食面積率（腐食面積/鋼材の表面積）を測定した。

3. 実験結果および考察

3.1 細孔径分布：細孔径分布を図1～4に示す。2.4 μm 付近を境として二つの山が見ら

Kiyoshi OKADA, Kazuo KOBAYASHI, Toyooki MIYAGAWA, Satoshi HONDA, Haruo TOMIYAMA.

れる。そこで、 $2.4\mu\text{m}$ より小さな細孔を小径、大きなものを大径として表2を得た。腐食に影響が大きいと考えられる比較的大径の細孔容積は $W/C = 0.60$ で大きく、また水平筋でより顕著である。この傾向は特に水平筋上面において著しく、その結果 $W/C = 0.60$ では上面、下面の差はほとんどなくなっている。すなわち $W/C = 0.40$ ではフリージングの影響によって欠陥部は水平筋下部のみに生じ、特に初期の段階においては下面のみに腐食が集中するが、 $W/C = 0.60$ では水平筋の上部までもが欠陥部となり、全面に腐食が生じる原因となるものと考えられる。

3.2 促進腐食試験：促進試験により得た腐食面積率を供試体2本の平均値として図5に示す。横軸にはAttimtayの示した指標であるかぶり／鋼材径との比をとった。 $W/C = 0.60$ では明らかに $W/C = 0.40$ よりも腐食が進行しており、さらに垂直筋に比べ水平筋の腐食が著しい。水平筋では(かぶり／鋼材径)が4程度まで一定であり8付近で小さくなっており、垂直筋では(かぶり／鋼材径)が大きくなるにつれてすべて小さくなる傾向にある。次にかぶり側での腐食面積率を全体での腐食面積率で除した値をかぶり側寄与率として図6に示す。 $W/C = 0.40$ の水平筋ではすべて100%に近い値をとっており、腐食が下面に集中していることがわかる。 $W/C = 0.60$ の水平筋でも下面に腐食が多いが、 $W/C = 0.40$ ほど顕著ではなく、これは細孔径分布の測定結果とよく一致する。 $W/C = 0.60$ の水平筋では(かぶり／鋼材径)が大きくなるに従ってかぶり側寄与率が小さく、すなわち上面、下面の差が小さくなっているが、ここで下面に腐食が集中しなくなることを防食上のひとつの目安と考えれば、(かぶり／鋼材径)を8以上のかなり大きな値にする必要があると考えられる。垂直筋に関しては特別な傾向は認められない。

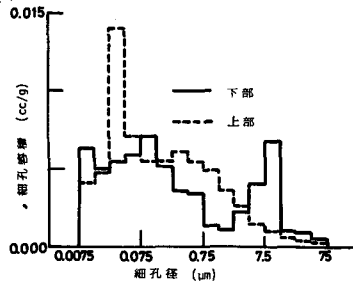


図1 細孔径分布 ($W/C=0.40$ 、水平)

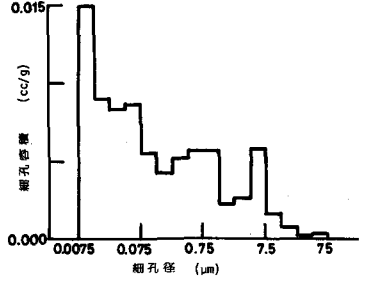


図2 細孔径分布 ($W/C=0.40$ 、垂直)

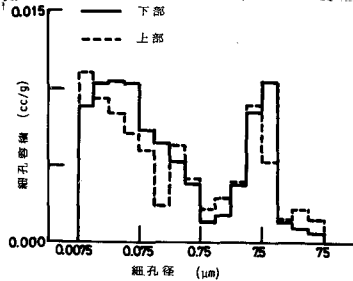


図3 細孔径分布 ($W/C=0.60$ 、水平)

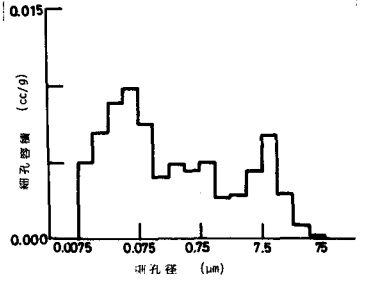


図4 細孔径分布 ($W/C=0.60$ 、垂直)

表2 細孔容積 (cc/g)

W/C	鉄筋上、下	全	小径 ~2.4μm	大径 2.4~7.5μm	大径 7.5~10μm	大径 10~15μm	大径 15~20μm
0.40	水平 下	0.0598	0.0439	0.0159	1.31	—	—
	水平 上	0.0673	0.0559	0.0114	0.94	1.39	—
0.60	水平 下	0.0816	0.0695	0.0121	—	—	—
	水平 上	0.0922	0.0661	0.0261	1.43	1.07	1.64
0.60	垂直 下	0.0874	0.0631	0.0243	1.34	—	2.13
	垂直 上	0.0793	0.0611	0.0182	—	—	1.50

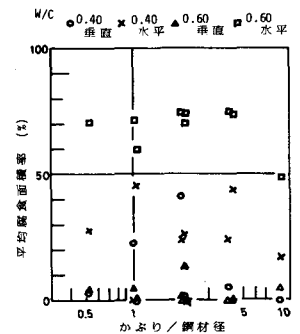


図5 平均腐食面積率に与える(かぶり／鋼材径)の影響

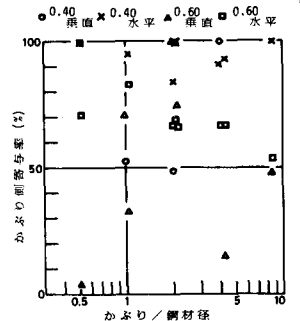


図6 かぶり側寄与率に与える(かぶり／鋼材径)の影響