

## 柱供試体に埋設した水平鉄筋の腐食性状に及ぼす水・酸素供給の影響

愛媛大学 賛助会員 梶山千穂 愛媛大学大学院 正会員 河合慶有  
中国地方整備局 非会員 永松真依

### 1. はじめに

近年，高度経済成長期に建設された RC 構造物の供用年数が 50 年を経過し，鉄筋腐食に起因する耐久性の低下が社会問題となっている．コンクリート中鉄筋の腐食の発生原因の一つに中性化が挙げられる．通常，コンクリート中鉄筋の表面には不動態皮膜が存在するが，中性化により pH が低下すると鉄筋表面の不動態皮膜が破壊され，腐食が発生する．また，コンクリート中鉄筋の腐食はマクロセル腐食とマイクロセル腐食に大別され，特に前者はアノード反応とカソード反応が互いに離れた位置で生じ，局所的に腐食が進行する形態である．一般に，中性化による腐食はマイクロセル腐食形態となり，均一に進行すると考えられる．しかし，柱部材ではブリーディングにより高さ方向に品質の差が生じるとともに，水平鉄筋下部には空隙が形成されることで，鉄筋上側と下側において品質の相違に起因したマクロセル腐食の発生が懸念される．特に，本研究では中性化後に水と酸素の供給量の差により変動するマクロセル腐食性状に着目して実験的検討を行った．このような背景を踏まえて，本実験では中性化が鉄筋位置まで到達した鉄筋コンクリート供試体を対象として，相対湿度の上昇に伴う含水率・酸素透過量の変動がマクロセル腐食の発生に与える影響を把握することを目的とした．

### 2. 実験概要

表 1 に本研究で作製したコンクリートの配合を示す．セメントは普通ポルトランドセメント（密度：3.16g/cm<sup>3</sup>）とし，骨材には砂岩骨材（S1，G1，G2）を用いた．打設時に測定したスランプ，空気量，及びブリーディング量をあわせて記載する．OPC 配合に対して，ブリーディングの低減を目的としてフライアッシュを混和し，銅スラグ細骨材（S2，容積置換率 30%）を混合使用した FACUS30 と，ブリーディングの増大を目的とした銅スラグ細骨材（S2）を容積置換率 45% で混合使用した CUS45 を作製した．本研究で作製した柱供試体（断面 300×300，高さ 1500mm）の概要を図 1 に示す．打込みは 3 層にわけて 30 分以内に行った．打設後，材齢 3 日目に脱型し，材齢 182 日まで 20℃ の恒温室内で屋内暴露した．その後，供試体の底面から 250mm，750mm および 1250mm の位置（以降，上部，中部，下部と称す）から分割鉄筋（D32）を含む供試体を切り出した．なお，かぶりは 10 及び 20mm の 2 水準とした．柱供試体から切り出した供試体は約 2 か月間中性化試験槽（二酸化炭素濃度 5%，温度 20℃，相対湿度 60%）に静置し，中性化深さがかぶり位置まで到達するまで曝露した．図 2 に示すように鉄筋位置まで中性化させた供試体

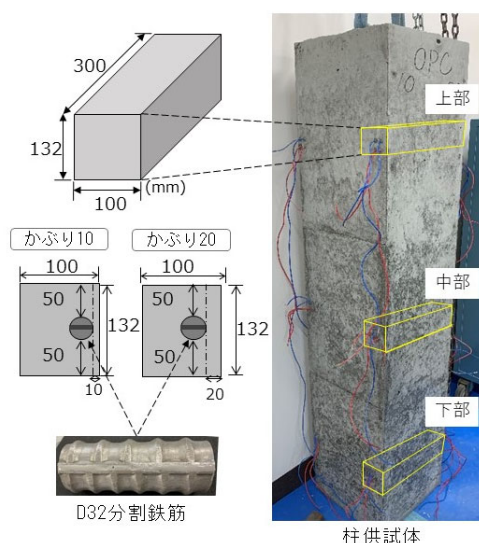


図 1 供試体概要

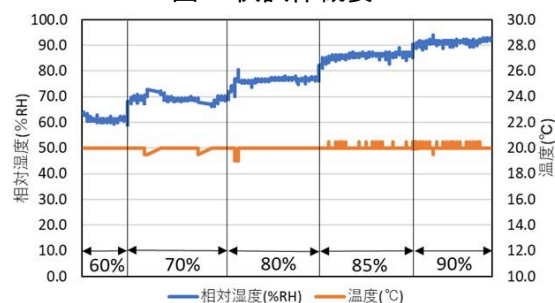


図 2 相対湿度・温度の経時変化

表 1 配合とスランプおよび空気量

配合	W/B(%)	単用量(kg/m <sup>3</sup> )							単用量(g/m <sup>3</sup> )		スランプ (cm)	空気量 (%)	ブリーディング量 (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )
		水 W	セメント C	FA	細骨材S		粗骨材G		混和剤				
					S1	S2	G1	G2	AE減水剤	AE剤			
OPC	55	175	318	—	857	—	466	466	4773	1273	9.0	3.8	0.11
FACUS30	47	165	281	70	594	338	459	459	2809	1123	13.0	4.6	0.05
CUS45	55	175	318	—	473	513	465	465	3182	1273	9.5	4.7	0.23

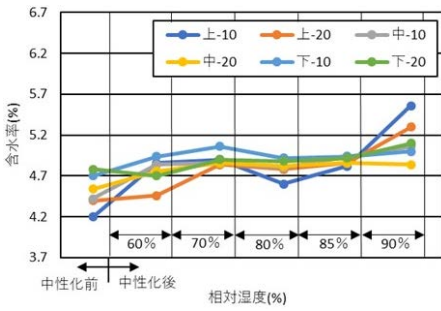


図3 含水率変化 (CUS45)

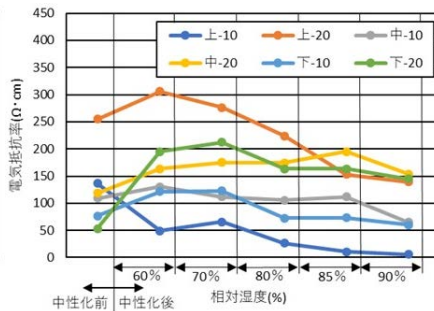


図4 電気抵抗率の変化 (CUS45)

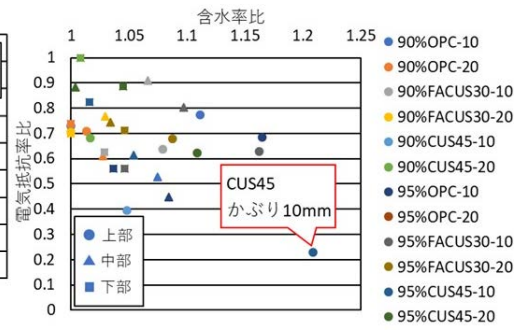


図5 含水率と電気抵抗率比

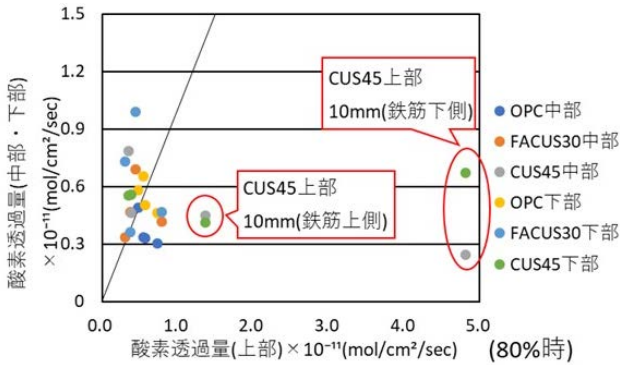


図6 相対湿度 80%時の酸素透過量

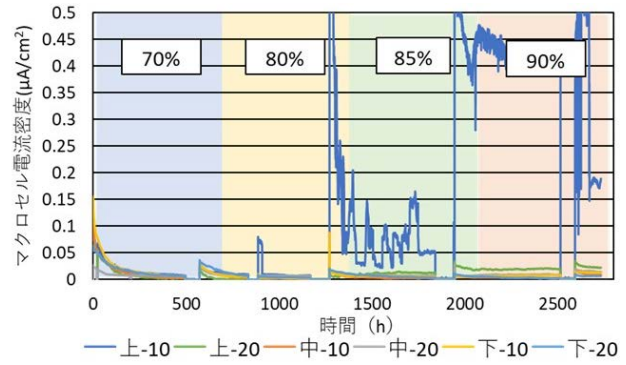


図7 マクロセル電流密度 (CUS45)

を、温度 20°C に保った恒温恒湿機内に静置し、相対湿度を 60% から 90% まで段階的に上昇させた。また、各相対湿度の曝露期間約 4 週間後に各鉄筋を埋設したかぶり面において含水率、電気抵抗率、カソード分極曲線を測定した。また、マクロセル電流密度は無抵抗電流計を用いて試験期間中、常時計測した。

### 3. 実験結果及び考察

図 3 に CUS45 の含水率の経時変化を示す。なお、紙面の都合上 OPC 及び FACUS30 の結果は割愛している。図より、CUS45 において相対湿度の上昇に伴い含水率が増加していることがわかる。これは曝露面から環境試験槽内の湿気がかぶりコンクリートに侵入したためであると考えられる。また、供試体上部の含水率は曝露開始時には最も低く、徐々に増加し最終的には最も高い値を示していることがわかる。これはブリーディングによって上部の方が下部に比べて細孔構造が多孔質化し、水分が逸散しやすく、また湿気が侵入しやすいためと推察される。次に図 4 に CUS45 の電気抵抗率の経時変化を示す。図より、中性化後において相対湿度の上昇に伴い電気抵抗率は概ね低下傾向を示している。特に CUS45 においては上・中・下部ごとの電気抵抗率の差が大きく、上部のかぶり 10mm 位置の電気抵抗率が最も低い値を示した。以上の結果に基づき、含水率比と電気抵抗率比の関係を図 5 に示す。なお、それぞれの比は各相対湿度の測定値を相対湿度 80% 時の測定値で除すことで算出した。図より、含水率比の増加に伴う電気抵抗率比の低下は、特に CUS45 のかぶり 10mm で顕著となっていることがわかる。

次に図 6 に相対湿度 80% 時の各部位の鉄筋(上・下)で測定された酸素透過量の比較を示す。図より、鉄筋上側・下側で比較すると下側の方が大きいことが確認でき、特に CUS45 上部では非常に大きな値を示した。これは、水分が侵入しやすい柱供試体上部において、特にブリーディングの影響を受けやすい鉄筋下側では酸素透過量が増加したと推察される。最後に図 7 に無抵抗電流計を用いて測定されたマクロセル電流密度の結果を示す。図より、供試体上部かぶり 10mm では相対湿度を 85% に引き上げた直後から大きく変動しており、0.1μA/cm<sup>2</sup> を大幅に上回るマクロセル電流が発生していることがわかる。前述の通り、供試体上部では含水率の増加に伴い電気抵抗率が低下し、酸素の供給量も多く、マクロセル腐食が発生したと推察される。

### 参考文献

1) T.U.Mohammed : 耐久的な RC 構造物とするための設計上の課題について, コンクリート工学, Vol.38, No.11, pp.36-41, 2000.11