

凍害、塩害、中性化に及ぼす初期ひび割れの影響に関する一考察

福岡大学大学院 学生会員 今村 和也  
 福岡大学 正会員 添田 政司  
 福岡大学 正会員 大和 竹史

1. まえがき

実際のコンクリート構造物の表面には、材料、施工、構造条件、乾燥収縮、温度応力、アルカリ骨材反応などの様々な要因によって、ひび割れが発生する。コンクリートにひび割れが生じると、それらの欠陥部においては局部的に中性化や塩害、凍害等の劣化が促進され、コンクリートの強度や耐久性を著しく低下させ早い段階で鉄筋の腐食を起こさせ将来にわたり重大な欠陥となりかねない。そこで、本研究では、初期ひび割れを有するコンクリート供試体を用いて凍害、塩害、中性化の促進試験を行い、コンクリートの耐久性に及ぼすひび割れ深さとひび割れ幅の影響を実験的に検討することを試みた。

2. 実験概要

使用材料および配合：結合材として普通ポルトランドセメント（密度3.16g/cm<sup>3</sup>、略号C）を使用した。細骨材として海砂（密度2.58g/cm<sup>3</sup>、略号S）粗骨材として砕石2005（密度2.80g/cm<sup>3</sup>、略号G）混和剤としてAE減水剤と空気量調整剤を使用した。コンクリートの配合を表-1に示す。

表-1 コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	Air (%)	単位量					
			(kg/m <sup>3</sup> )				(ml)	
			W	C	S	G	減水剤	AE剤
50	44	4 ± 1	173	347	768	1046	3468	694

試験方法：各試験に角柱供試体(10 × 10 × 40cm)を用いた。供試体は、打設後24時間で脱型し、材齢28日まで水中養生を行った。試験項目および試験方法を表-2に示す。実験に使用した模擬ひび割れは、コンクリート打設前にあらかじめステンレス板を角柱供試体に80mm間隔で配置し、硬化後にそのステンレス板を除去し、ひび割れとした。ひび割れの組合せを表-3に示す。ひび割れ部分はコンクリート表面からの深さを測定した。測定方法はひび割れなしの健全部は割裂面の一方向につき5点の計20点で最大値と最小値を除いた18点の平均値で表した。ひび割れの場合はひび割れ部分の一方向のみの3点の平均点で表した。図-1に発錆面積測定用の配筋（かぶり：20mm、磨き丸鋼：6mm）とひび割れ深さ20mmに配置したステンレス板を示した。

表-2 試験項目および試験方法

試験項目	試験方法
凍結融解試験	JIS A 1148：温度 -18 ~ -5 の条件下で試験
中性化促進試験	温度40、湿度40%、CO <sub>2</sub> 濃度10%の条件下で試験
中性化深さ測定	供試体の割裂面に、1%フェノールフタレイン溶液を噴霧し、変色域を測定
塩水噴霧試験	3%NaCl水溶液を3日間噴霧、乾燥2日間の条件下で試験
塩分浸透深さ測定	供試体の割裂面に、0.1規定の硝酸銀水溶液を噴霧し、変色域を測定
細孔径分布測定	水銀圧入式ポロシメーター：中性化深さ測定後の供試体を破碎し測定

3. 実験結果および考察

凍結融解試験結果を図-2に示す。ひび割れ深さ10mmの場合、相対動弾性係数は、ひび割れ幅の大小にかかわらず、いずれも90%以上にあり、ひび割れ幅が凍結融解作用に及ぼす影響は小さいと判断される。一方、ひび割れ深さ30mmでは、ひび割れ幅の増加に伴い、相対動弾性係数は低下する傾向にあった。特に、ひび割れ幅0.5および1.0mmになると著しい低下を示した。これは、ひび割れ深さおよびひび割れ幅ともに大きい場合は、ひび割れ部に浸透した水分により、凍結時の膨張圧が大きくなり、著しい劣化を示したものと考えられる。

表-3 ひび割れの組合せ (mm)

促進試験	ひび割れ深さ	ひび割れ幅
凍結融解 中性化 塩水噴霧	10, 30	(0.1), (0.2), 0.3 (0.5), 1.0

\* カッコ内は発錆面積測定にも用いた。

凍結融解試験終了後の供試体表面を写真-1に示す。ひび割れ深さが小さい場合は、試験終了後に変化は認められないが、ひび割れ深さが大きい30mmの場合は、初期に導入したひび割れ部よりひび割れがさらに進行しているのが観察される。これらのことから、初期に導入されたひび割れ深さやひび割れ幅が大きい場合は、耐凍害性に及ぼす影響が大きいことが明らかとなった。

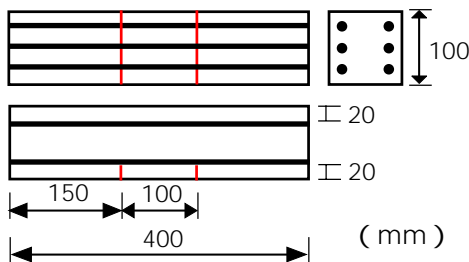


図-1 発錆面積測定用供試体詳細図

塩分浸透試験結果を図-3に示す。ひび割れ深さ10mmの場合、ひ

キーワード：初期ひび割れ、ひび割れ幅、ひび割れ深さ、耐久性

連絡先：〒814-0142 福岡県福岡市城南区七隈8-19-1 TEL092-871-6631(内線6466) FAX 092-864-8901

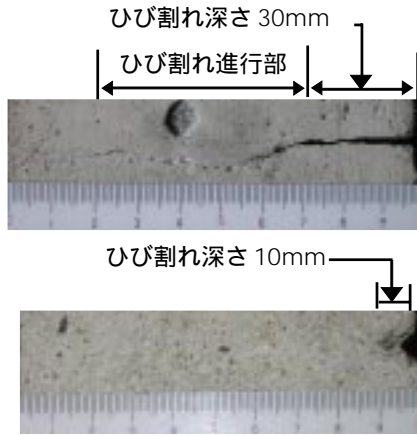


写真-1 凍結融解試験終了後の外観観察  
(ひび割れ幅 1.0mm)

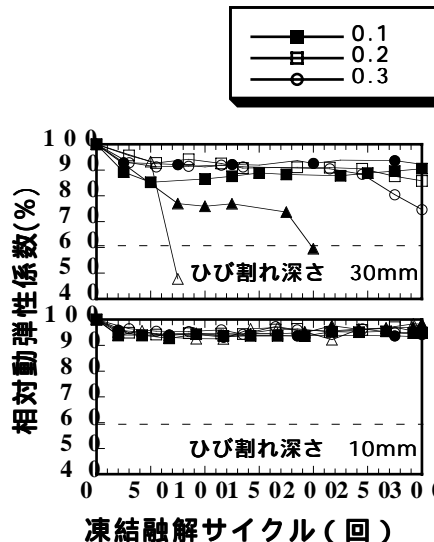


図-2 凍結融解試験結果

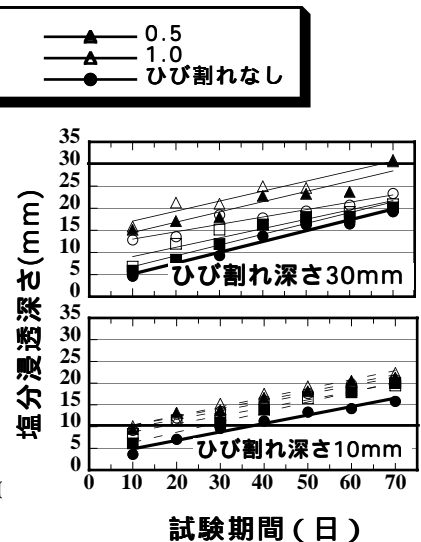


図-3 塩分浸透試験結果

ひび割れ部とひび割れなし部での塩分浸透の速度はほぼ同一傾向を示した。一方、ひび割れ深さ 30mm の場合では、ひび割れ幅 0.3mm 以上になると初期の塩分浸透深さは大きくなるが、その速度はほぼ一定である。また、ひび割れ深さ 30mm では初期導入したひび割れ深さ位置まで塩分浸透が進行していないことがわかる。これは、塩水噴霧試験期間中に塩水により水和反応が進行し、そのため、ひび割れ部が閉塞し、Cl<sup>-</sup>の拡散が起こりにくくなったものと考えられる。

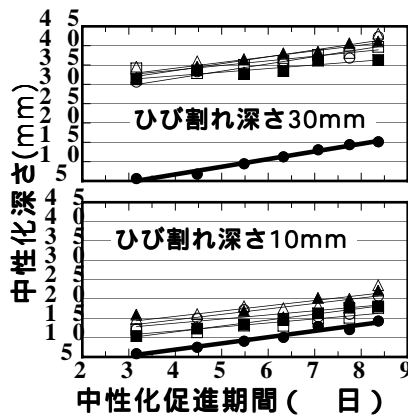


図-4 中性化促進試験結果

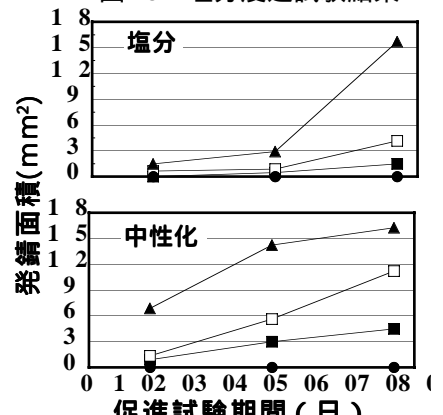


図-5 発錆面積測定結果

中性化深さと中性化促進期間(日)の平方根との関係を図-4に、細孔径分布測定結果を図-5に示す。図-4よりひび割れ幅にかかわらずひび割れ深さ位置から中性化が進行することがわかる。初期の中性化深さは大きくなるが、中性化期間が長期になるとその速度は遅くなる傾向にある。これは、コンクリートの中性化がある程度進むと、細孔構造が緻密化し、物質の移動・拡散が起こりにくくなると考えられる<sup>1)</sup>。

図-6に各ひび割れ幅にそれぞれ中性化と塩水噴霧促進試験を行った供試体における鉄筋の発錆面積を示す。中性化促進試験を行った場合の発錆面積は、ひび割れのない健全部においては腐食が認められなかったが、ひび割れ幅の増加とともに大きく、さらに促進試験期間の経過とともに発錆面積が大きくなる傾向にあった。塩水噴霧試験を行った場合も中性化と同様にひび割れ幅の増加、促進試験期間の経過とともに徐々に発錆面積は増加しているが、ひび割れ幅の最も大きい0.5 mm の場合は促進試験期間 75日において発錆面積が著しく増加している。これはひび割れ開口部が大きいために塩素イオン以外の鉄筋の腐食を促進させる有害な物質の酸素が鉄筋に到達したためと考えられる。

4. まとめ

コンクリートにひび割れが存在している場合、ひび割れ幅の大小にかかわらず、ひび割れ部での初期の中性化深さは大きい、その後の中性化の進行は遅くなる傾向がある。塩分浸透深さは、ひび割れ幅が大きくなるに従い大きくなる傾向にある。ひび割れ深さやひび割れ幅が大きい場合は、耐凍害性が得られない。ひび割れ幅の増加に伴い、鉄筋の腐食をさらに促進させる有害な物質が鉄筋に到達しやすくなる可能性があることが分かった。

【参考文献】 1) 伊与田他：コンクリートのひび割れが中性化速度に及ぼす影響、コンクリート工学年次論文集、Vol.20、No2、1998、pp979～984

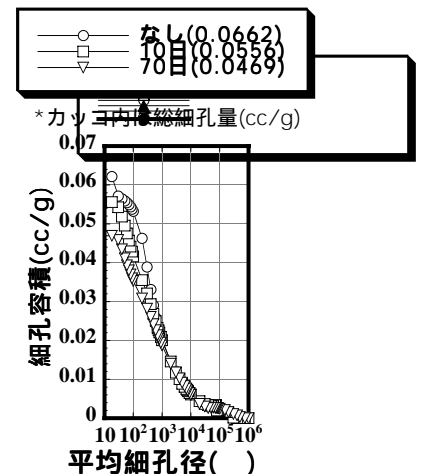


図-6 細孔径分布測定結果