

凍結融解を受ける RC における鉄筋周りの微細ひび割れ発生状況について

(国研) 土木研究所 寒地土木研究所 正会員 ○西 弘明
 (国研) 土木研究所 寒地土木研究所 正会員 角間 恒
 (一社) 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 正会員 渡邊晋也
 (一社) 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 正会員 小野秀一

1. はじめに

寒冷地における RC 構造物では、凍害によるコンクリートの力学的特性（圧縮強度、静弾性係数等）、および、鉄筋とコンクリートとの付着性能の低下により構造特性が著しく変化する。本研究では、構造特性が変化する要因として後者に着目し、予備損傷を導入した RC 試験片に対する凍結融解試験および内部のひび割れ発生状況の観察を基に、凍害によって鉄筋付着性能が低下するメカニズムを考察した。

2. 試験方法

本研究では、橋梁床版等の外力と凍結融解が複合的に作用する部材を想定し、外力を加えることで予備損傷を与えた RC 試験片を使用して凍結融解試験を実施した。

予備損傷は両引き試験により導入した。図-1 は試験体概要であり、ひび割れ発生位置を制御するため、150mm 間隔で切欠きを設置した。表-1 はコンクリートの配合であり、AE 剤は使用していない。載荷は切欠き部に設置したパイ型変位計（標点距離 50mm, 10 箇所）により測定した開口変位の最大値が 1.5mm に達するまで実施し、その後、切欠き位置を中心とする長さ 150mm の試験片を採取して、表-2 に示す損傷レベルに試験片を分類した。ここで、開口変位の最大値 1.5mm や損傷レベルは特定の損傷状況を想定したものではなく、凍結融解による内部でのひび割れ発生に与える予備損傷の影響を明確にするため、実構造物で発生するひび割れと比較して大きめの損傷を与えた。また、試験結果の比較用に予備損傷を導入していない試験片（損傷レベル 0）も採取した。

凍結融解試験は 1 損傷レベル当たり 9 試験片について実施した。本試験では、試験片内への水の浸入経路を両引き試験で導入したひび割れに限定するため、切欠きのある 2 面を除く 4 面には止水処理を施した。凍結融解試験は気中凍結水中融解法により実施し、最低温度 -20°C、最高温度 20°C の間で凍結融解負荷を与えた。また、凍結融解 30 サイクル毎に切欠きから 40mm 離れた位置において透過法により超音波伝播速度を測定し、凍結融解試験前と比較して測定値が著しく低下したのものから、蛍光エポキシ樹脂含浸法により内部のひび割れ発生状況の観察を行った。

3. 試験結果

表-3 には、超音波伝播速度の低下が見られた試験片について、内部のひび割れ発生状況を観察した結果を示す。損傷レベル 0 および 1 では、凍結融解 420 サイクルまでに予め導入したひび割れの他に試験片内部に新たなひび割れの発生は確認されなかった。ただし、試験体表面付近には微細ひび割れが発生しており、これが超音波伝播速度低下の要因になっていた。一方、損傷レ

表-1 コンクリートの配合

W (kg/m ³)	W/C (%)	S/a (%)	Air (%)
189	65	48	4.5

表-2 損傷レベル

損傷レベル	開口変位 (mm)
0	—
1	~0.5mm
2	0.5~1.0mm
3	1.0mm~

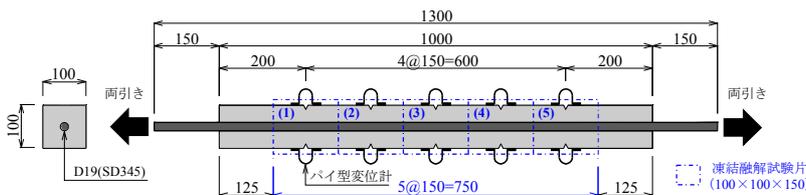


図-1 試験体概要

キーワード 凍結融解, 鉄筋付着性能, 微細ひび割れ

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1-34 (国研)土木研究所 寒地土木研究所 TEL 011-841-1698

表-3 試験片内部のひび割れ発生状況

損傷レベル	凍結融解サイクル			
	0	120	360	420
0				
		—	—	—
1				
	0.42mm	0.25mm		0.37mm
2				
	0.59mm	0.79mm		0.91mm
3				
	1.02mm	1.04mm	1.32mm	1.35mm

※表中下段の数字は両引き試験での開口変位（上下切欠きでの平均値）

ベル2および3では、凍結融解負荷を与える前には、損傷レベル1と同様に切欠きと鉄筋の間に代表的なひび割れが1本発生している状況であるが、凍結融解負荷を与えた場合には、鉄筋の周辺でひび割れの発生領域が水平方向に拡大する傾向があり、損傷レベル3（360サイクル）のように試験片全長の半分程度にまで達するものもあった。これは、両引き試験後に観察できたひび割れ以外にも、その周辺にはいくつにも分岐してひび割れが発生していることや、鉄筋ふし部には支圧応力によりひび割れが発生していることが考えられ、これらに水が浸入し凍結融解によって拡大・進展したと推察できる。さらに、損傷レベル3（120, 420サイクル）のように鉄筋とコンクリートの境界面に沿った発色部（隙間）が見られる試験片もあり、損傷レベルおよび凍結融解サイクルが大きくなるほど広範囲に発生する傾向があった。

以上のひび割れ発生状況から、外力により損傷が発生しているRC構造物において、凍害による鉄筋（異形鉄筋）の付着性能低下が発生するメカニズムとしては、①鉄筋周辺のコンクリートに微細ひび割れが発生・進展し、支圧応力等に対する抵抗性が低下すること、②鉄筋とコンクリートの間に隙間が発生し、付着長さが減少することの二つがあり、外力による損傷のレベルが大きいほどこれらが発生しやすいと考えられる。

4. おわりに

本研究では、外力と凍結融解が複合的に作用するRC構造物において鉄筋付着性能が低下するメカニズムを考察した。今後は、実構造物における損傷レベルを想定して、外力作用と凍結融解作用が鉄筋の付着性能低下に与える影響について検討を行っていく必要がある。

参考文献

1) 北海道土木技術会：凍害により材料劣化が生じたコンクリート構造物の構造性能評価に向けて，2014.