

## 層状ひび割れが発生した床版コンクリートの凍結融解試験および圧縮疲労試験

(国研) 土木研究所 寒地土木研究所 正会員 ○角間 恒  
 正会員 中村 拓郎  
 正会員 安中新太郎

## 1. はじめに

近年、寒冷地の道路橋床版において、内部に層状のひび割れ（以下、層状ひび割れ）が発生する事例が報告されている<sup>1)</sup>。層状ひび割れは凍害や ASR により発生し、経年により土砂化に進展すると考えられる<sup>2)</sup>が、そのメカニズムや影響要因は明確になっていない。本研究では、実橋床版から採取したコンクリート試験体を用いて凍結融解試験および圧縮疲労試験を実施し、層状ひび割れが土砂化に進展するメカニズムを検討した。

## 2. 試験方法

(1) 試験体 試験には、北海道内で 49 年間供用され、凍害と ASR の複合作用を受けた床版<sup>1)</sup>から採取したコンクリート角柱試験体（縦横寸法 95～130mm，高さ 140～170mm）を使用した。図-1 は試験体を採取した床版パネルであり、事前の調査により、パネル 1 では試験体採取範囲に層状ひび割れが発生していないことを、パネル 2 では全面に層状ひび割れが発生していることを確認している。なお、図-2(a)に示すように、試験に当たっては、両パネルから採取した試験体に対して点検ハンマーを用いた打撃を行い、上面側の脆弱部を除去している。

(2) 凍結融解試験 図-2(b)に凍結融解試験の概要を示す。試験体の周面にアルミテープによる止水処理を、上面にシリコンシーリング材による堤設置を行い、堤内に水を張った一面吸水状態で凍結融解負荷を与えた。凍結融解負荷は、径 100mm，高さ 160mm の円柱形状の温度管理用試験体の中心温度が最低温度 $-15^{\circ}\text{C}$ ，最高温度 $0^{\circ}\text{C}$ となるように制御し、凍結過程 4.5 時間，融解過程 1.5 時間の合計 6 時間を 1 サイクルとした。試験中は、凍結融解 20 サイクル毎に試験体の質量減少率および超音波伝播速度（床版厚さ方向）を計測した。

(3) 圧縮疲労試験 図-2(c)(d)に圧縮疲労試験の概要を示す。本試験では、載荷方向（床版に対して鉛直または水平）と環境（乾燥または湿潤）をパラメータとし、鉛直載荷では上面全面を、水平載荷では上面側の幅 40mm の範囲を載荷面とした。載荷は荷重により制御し、鉛直載荷では大型車による接地圧を想定した  $1.5\text{N}/\text{mm}^2$ ，水平載荷では従前の設計基準で規定されてきたコンクリートの許容曲げ圧縮応力度を想定した  $10\text{N}/\text{mm}^2$  を最大応力とした。最小応力は最大応力の 10%（鉛直）または 5%（水平），載荷周波数は 7Hz，載荷回数上限は 100 万回である。湿潤状態とした試験体では、載荷開始前日から試験体を水中で保管し、載荷直前に取り出しラップで封緘して試験に供した。

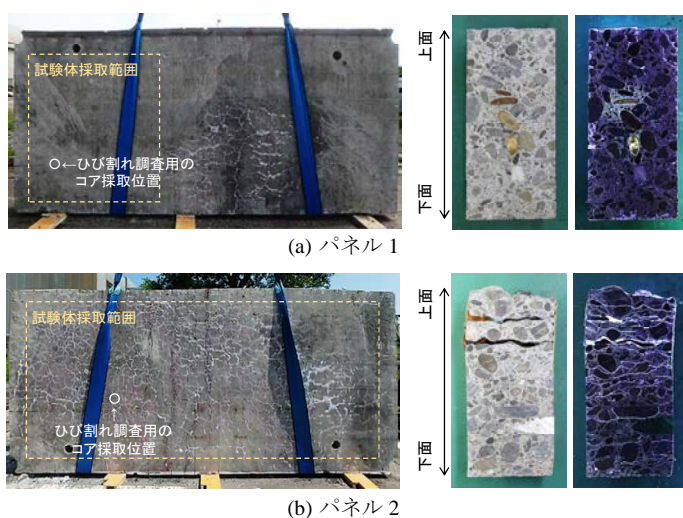


図-1 床版パネル(左：下面の状況、右：床版内のひび割れ状況)

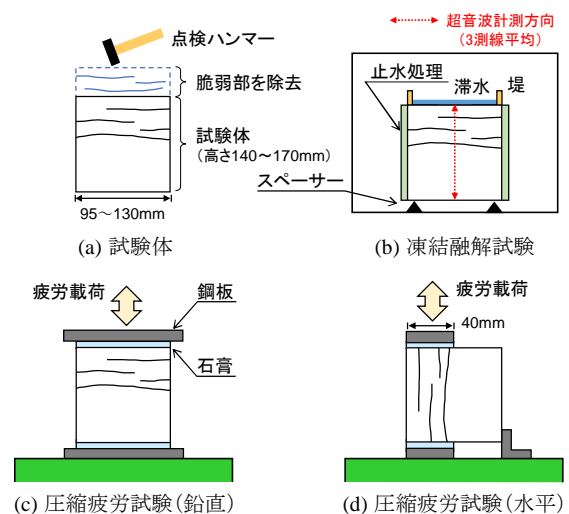


図-2 試験概要

キーワード 床版，層状ひび割れ，凍結融解，圧縮疲労

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

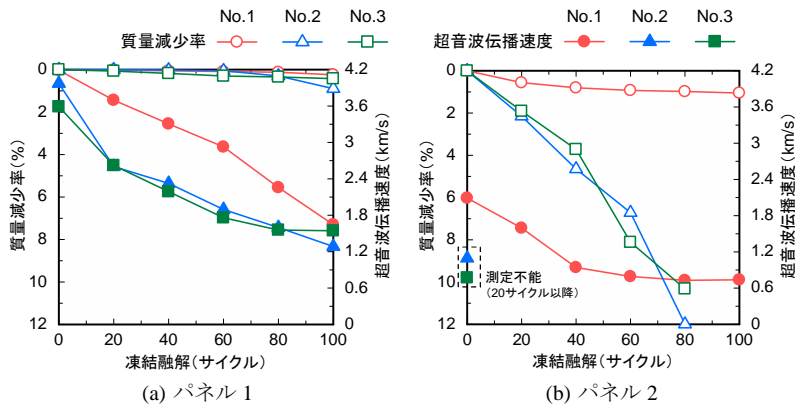


図-3 凍結融解試験の結果

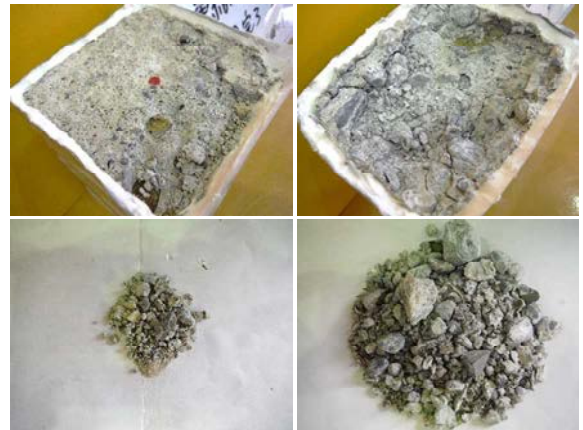
表-1 圧縮疲労試験の結果

No.	試験条件			載荷回数*	
	パネル	載荷方向	最大応力 (N/mm <sup>2</sup> )		
1	1	鉛直	1.5	未破壊	
2				未破壊	
3				未破壊	
4		水平	10	未破壊	
5				未破壊	
6				未破壊	
7	2	鉛直	1.5	未破壊	
8				未破壊	
9				未破壊	
10				未破壊	
11		水平	10	乾燥	41,600 回
12				未破壊	
13			湿潤	373 回	
14			湿潤	3,011 回	

\*載荷回数上限 100 万回

### 3. 試験結果

(1) 凍結融解試験 図-3 に凍結融解試験による質量減少率および超音波伝播速度の変化を、写真-1 に試験体の損傷状況の例を示す。パネル 1 では、凍結融解 100 サイクルの間に上面にうきが生じて超音波伝播速度が低下したが、うきは表層に留まり、著しい質量減少には至らなかった。一方、パネル 2 では、No.2 および No.3 において凍結融解作用による急激な質量減少が生じ、上面では断面減少や粗骨材とセメントペーストとの間のひび割れが確認された。試験体上面から採取した剥離片には、パネル 1 ではモルタルの剥離およびモルタルからの細骨材の剥離が多く含まれていたのに対し、パネル 2 ではモルタルの剥離および粗骨材の剥離が見られた。層状ひび割れが発生しているコンクリートは骨材とセメントペーストとの結合が緩んだ状態であり、ひび割れ等に浸透した水が凍結する際に生じる膨張圧によって容易にモルタルや粗骨材の剥離が生じることで、急激に土砂化に進展するものと考えられる。



(a) パネル 1\_No.1 (b) パネル 2\_No.3  
写真-1 凍結融解試験による試験体の損傷状況



写真-2 圧縮疲労試験による試験体の破壊状況 (パネル 2\_No.13)

(2) 圧縮疲労試験 表-1 に圧縮疲労試験による破壊までの載荷回数を示す。全 14 体のうち破壊に至った 3 体は、全てパネル 2 から採取した試験体に対して水平方向に載荷したものであり、そのうち 2 体は湿潤状態としたものであった。写真-2 は試験体の破壊状況の例であり、破壊時には載荷範囲のコンクリートが上下に分離し、湿潤状態とした試験体では、粗骨材の剥離やコンクリートが粉状化している様子が観察された。層状ひび割れが土砂化に進展するメカニズムとして、外力作用時のひび割れ面の開口・せん断変位の繰返しによるひび割れ面のかみ合わせ抵抗の低下があり、水が浸透した状態でこの面内応力が繰返される場合にひび割れ面のすり磨きが助長され、土砂化進展に対する抵抗性が著しく低下すると考えられる。なお、鉛直方向に載荷した試験体においては、乾燥・湿潤状態ともに 100 万回の疲労載荷により層状ひび割れが進展の様子は確認されなかったことから、土砂化進展に対する大型車の接地圧の影響は小さいものと推察される。

### 4. おわりに

本研究では、床版内に発生した層状ひび割れが土砂化に至るメカニズムとして、凍結融解作用や大型車走行時の面内応力作用があることを確認した。実橋においては複数の要因が複合的に作用することから、今後は、各要因の影響度を把握するとともに、実供用環境下において層状ひび割れが土砂化に進展する期間の評価を行いたい。

参考文献 1) 角間ら：凍害・ASR が複合的に作用する環境下で 49 年間供用された実橋床版の構造性能評価，土木学会論文集 E2，Vol.76，No.1，pp.21-40，2020.2 2) 土木学会：道路橋床版の維持管理マニュアル 2020，2020.