

積雪寒冷地で生じたコンクリート床版内部の水平ひび割れ発生要因についての一検討

一般社団法人 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
国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 正会員 角間 恒
国立大学法人 金沢大学 理工学域地球社会基盤学類 正会員 久保 善司

1. 目的

コンクリート構造物としては比較的部材厚が薄いコンクリート床版（以下、RC 床版）において近年、ASR 劣化と思われる損傷が報告され始めている。特に積雪寒冷地では凍害との複合劣化で写真1に示すような水平ひび割れがRC 床版内部に多数発生している例が見られる。この水平ひび割れはASR で生じたのか、凍害で生じたのかは議論する余地はあるが、積雪寒冷地での報告が多く、損傷する箇所は床版全体が一樣に損傷するのではなく水が溜まりやすい箇所で損傷している傾向がある。そこで、本研究では水平ひび割れの発生要因を検討することを目的として、水平ひび割れが生じた RC 床版から採取したコンクリートにおける ASR の促進膨張率を把握し ASR の影響について検討した。また、促進膨張試験方法による結果への影響についても併せて検討を行ったものである。



写真1 RC 床版内部に発生した
水平ひび割れ

2. 試験に用いたコア試験体の概要

本研究では、昭和 40 年から 49 年間供用された道路橋 RC 床版から採取したコア試験体を用いた。当該橋梁の大型車交通量は上下線合計 192 台/日と少ないが、凍結防止剤が散布されている路線に架橋されており、疲労の影響は少ないと考えられる。床版下面は水染みが生じている箇所で遊離石灰が発生していた。なお、RC 床版内部には水平ひび割れが確認されている。本試験で用いたコア試験体は、床版下面から、損傷がなく内部に水平ひび割れが生じていない健全と判断できる箇所からφ100mm を3本とφ75mm を6本採取している。

3. 試験概要

本研究では、コアを採取後直ちに評点を設けて解放膨張率を測定した後、表1に示す促進環境に静置し、促進膨張率を測定した。また別のコア試験体（損傷有）を用いて、骨材の岩種構成

表1 促進試験法の概要

試験	試験体寸法	促進方法			標準試験 日数	適用
		温度(℃)	湿度(RH%)	浸漬溶液		
A	φ 75	40±2	95%以上	-	一定値に収れんするまで	JCI-S-011-2017
B		50℃	-	飽和NaCl溶液	13週間	飽和NaCl溶液浸漬法
C	φ 100	40±2	95%以上	-	一定値に収れんするまで	JCI-S-011-2017
D	φ 75	試験No.Aを126日実施後、カナダ法実施※			-	-
E	φ 100	試験No.Cを154日実施後、カナダ法実施※			-	-

※カナダ法の条件：温度80℃、1mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液に浸漬。標準試験日数4週間

と ASR ゲル観察および変更顕微鏡観察を行った。

4. 試験結果

4. 1 岩種構成および ASR ゲル観察結果

短径 5 mm 以上の骨材を粗骨材、それ以外を細骨材として扱い、コンクリートコア側面における粗骨材の岩種別面積割合を測定した。その結果を図1に示す。細骨材は、粗骨材とほぼ同様な岩石と斜長石、輝石などの結晶片から構成される砂が使用されていた。ASR ゲル観察を行った結果、骨材粒子からセメントペーストに進展した状態が確認され、特に珪質泥岩に発生していた。

その他の安山岩、チャートおよび砂岩に軽微または稀にゲルが認められた程度であり比較的限定的な発生状況であった。偏光顕微鏡観察では、珪質泥岩の中に反応性の顕著なオパールが含まれていた。その他の岩石に、クリストバライト、ガラス、隠微晶質石英、カルセドニーが認められている。

その他の安山岩、チャートおよび砂岩に軽微または稀にゲルが認められた程度であり比較的限定的な発生状況であった。偏光顕微鏡観察では、珪質泥岩の中に反応性の顕著なオパールが含まれていた。その他の岩石に、クリストバライト、ガラス、隠微晶質石英、カルセドニーが認められている。

キーワード RC 床版、水平ひび割れ、促進膨張率、アルカリ骨材反応、凍害

連絡先 〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154 (一社) 施工技術総合研究所 研究第二部 TEL 0545-35-0212

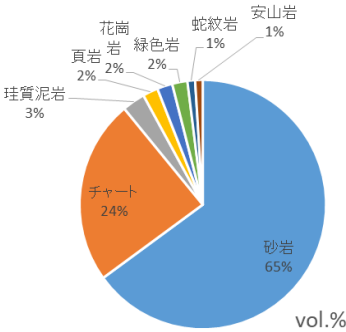


図1 粗骨材の岩種割合

4. 2 解放膨張率

コア採取後直ちにステンレス製バンドを取付け、23℃の恒温室内に保管した。なお、保管には気密性の高い容器に入れて静置し、1, 2, 3, 7 および 14 日の 5 回計測を行った。その結果、 $\phi 100\text{mm}$: 3 本と $\phi 75\text{mm}$: 6 本とも解放膨張率は概ね -0.001% （解放 14 日目）となった。この結果から、コアを採取した箇所では ASR による膨張は生じていないことが推測された。ただし、水染みがある箇所では遊離石灰が発生し、アルカリシリカゲルも滲出していたことを付記しておく。

4. 3 促進膨張率

試験 A～C における促進膨張率試験の結果を図 2 に示す。試験 A および C の判定基準はないが、ほぼ同じ JCI-DD2 法の判定基準として、旧建設省の総プロ法では 13 週間での膨張量が 0.05% 以上、旧阪神高速道路公団の基準では全膨張量が 0.1% を超える場合を有害と判定することになっている。また、試験 B においては、3 ヶ月の膨張量が 0.4% 以上で膨張性ありの判定基準である。本研究に用いた試験体はいずれの促進試験法においても、促進膨張率が概ね $0.01\% \sim 0.02\%$ と非常に小さな値であった。その後、同一条件で促進試験を継続した結果、JCI 法の試験 A および C については、促進膨張率が 0.02% で収れんした結果であると判断できた。一方で試験 B においては、促進試験期間 140 日以降に急激に膨張する結果となり、促進期間 300 日では 0.23% となった。ただし、この結果においても膨張量が 0.4% 未満であることから、ASR の膨張量としては小さな値である。

JCI 法で膨張が生じなかった試験体を促進期間 126 日（ $\phi 75$ ）、154 日（ $\phi 100$ ）以降にカナダ法（ASTM C 1260 法）に促進条件を変更して、膨張量を測定した結果を図 3 に示す。カナダ法の判定は試験開始後 14 日間で判定しており、“ 0.2% 以上が潜在的に有害”、“ $0.1 \sim 0.2\%$ までを有害と無害の骨材が含まれる”とされていることから、継続的な試験が必要とされている。本試験体の結果、 $\phi 75$ は 0.022% 、 $\phi 100$ は 0.027% と無害である結果となった。しかしながら、長期間の促進試験において膨張性は確認されたが概ね 0.2% であった。なお、本試験体にはチャートが含まれていることから、カナダ法の適用は不適と考えられていることを付記する。

5. まとめ

本研究では、ASR と凍害の複合劣化と考えられた RC 床版からコア試験体を採取し、ASR に対しての詳細な調査を行った。その結果、骨材の岩種構成とゲル観察により、床版下面に遊離石灰が発生し水平ひび割れが生じている箇所は中程度（進展期～加速期）の ASR が発生していることが確認された。したがって、RC 床版には ASR が生じるコンクリートが用いられていたことが言える。一方で、遊離石灰が発生していない概ね健全と考えられる位置からコア試験体を採取し、各種促進膨張試験を実施した結果、どの方法においても促進膨張率は小さい結果が得られた。このことから、既往の判定基準で評価すると無害であるという結果が得られた。ただし、判定基準の議論は別途検討する必要がある。

以上のことから、本研究で調査した RC 床版については、水平ひび割れが発生した主要因は ASR の可能性は小さいと考えられる。すなわち、水平ひび割れ発生の主要因としては、凍害の可能性が高いことが言える。凍害は RC 床版内部に水が浸透しないと生じないことから、凍害により微細なひび割れが床版表面に発生し、床版内部への「水」の浸透を容易にさせ凍害を加速させ、水平ひび割れが生じたものと考えられる。

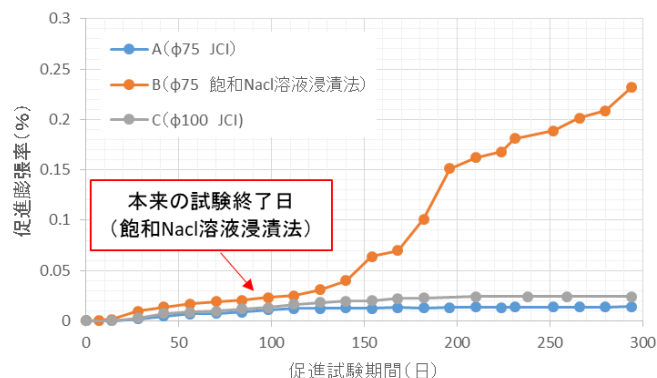


図 2 試験 A～C の促進膨張率結果

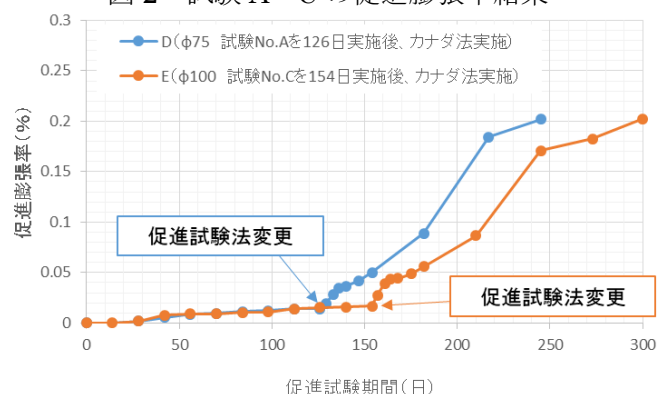


図 3 試験 D・E の促進膨張率結果