

アルカリシリカ反応が及ぼすRC床版のひび割れに関する解析的検討

(社) 日本橋梁建設協会 正会員 ○橋 吉宏 正会員 春日井 俊博 正会員 和田 均
国土交通省東北地方整備局 小山田 桂夫

1. はじめに

昭和54年に竣工した月山付近の橋梁で、平成21年道路機能向上を目的に床版取替え工事が行われた。この工事で切断撤去されたRC床版に、写真-1に示す水平ひび割れが多く発見された。この水平ひび割れの原因について文献1)では、外力作用の



写真-1 観察された水平ひび割れ (錆汁は切断後に発生)

観点から解析的に検討を行った結果を報告している。一方、文献2)では、凍結防止剤散布地域のRC床版においてアルカリシリカ反応(以下ASRと略す)による被害の損傷例として、床版内の水平ひび割れが報告されている。そこで、本報告では、水平ひび割れの原因としてASRによる骨材の膨張が疑わしいと推定して、材料劣化の観点からFEMによるひび割れ進展解析を行い、水平ひび割れ発生の可能性について検討を行った。

2. ASRによるコンクリート挙動

ASRについては、平成元年の建設省技調発第370号の通達以降に抑制対策が講じられるようになったが、それ以前に建設された橋梁に対しては、ASRの被害は潜在的に存在すると考えられる。文献2)では凍結防止材散布により反応性骨材が使用されたRC床版ではASRが促進されることを指摘している。通常のコンクリートは時間の経過とともに収縮するが、ASRのコンクリートは膨張する。鍵本らの研究によるとASRによるコンクリートの膨張量はコンクリート内の水分量に影響し、乾燥状態では最大400 μ 膨張、水分供給状態では最大2000 μ 膨張が試験体の長期計測結果として報告されている³⁾。

3. 解析モデル 対象としたRC床版は、幅員11.2m、床版支間3.0m、床版厚20cmである。解析モデルは文献1)と同じで、図-1に示すように対称性を考慮し、4主桁構造のうち1/2断面である2主桁分、すなわち、橋軸直角方向に5.6m、橋軸方向に1m長さとした解析モデルで、境界条件は橋軸直角方向断面にY方向対称、橋軸方向断面にX方向対称条件、鋼桁部は固定とした。要素は図-2に示すようにコンクリートと主鉄筋D19をソリッド要素、配力鉄筋D19を梁要素でモデル化した。解析コードにはFINAL(伊藤忠テクノソリューションズ所有)を用い、材料構成則として図-3に示す引張側のテンションスティフニング特性に出雲式を用いた。竣工時の設計基準強度は210kg/cm²であるが、実橋における状態を再現するために、解析モデルの圧縮強度を

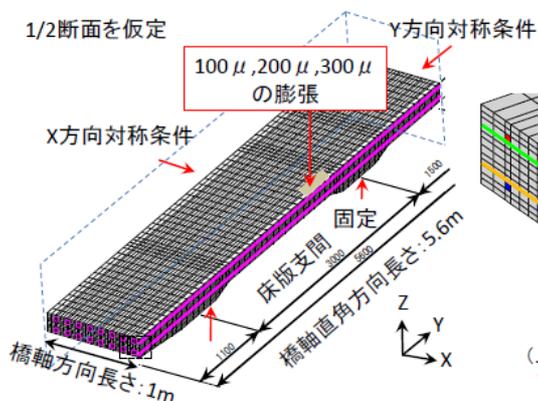


図-1 RC床版の解析モデル

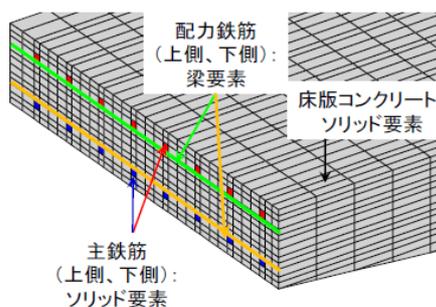


図-2 適用要素

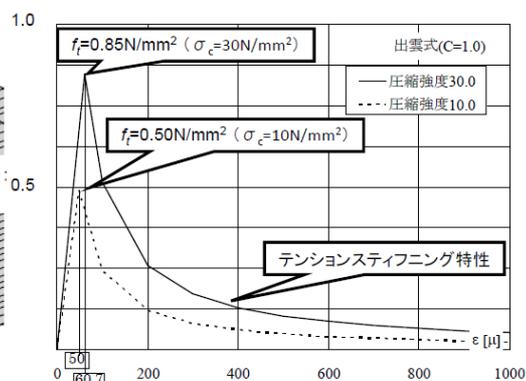


図-3 コンクリート構成側(引張側)

キーワード RC床版, ひび割れ, FEM解析, アルカリシリカ反応

連絡先 〒114-8562 東京都北区滝野川1-3-11 川田工業(株) 橋梁事業部 東京技術部 TEL03-3915-4321

健全な状態の $\sigma_c=30\text{N/mm}^2$ と、劣化が進んで強度が低下した状態を想定して $\sigma_c=10\text{N/mm}^2$ の2ケースとし、ASRによる膨張量として、 100μ 、 200μ 、 300μ を温度荷重換算としてコンクリート要素に与えて解析を行った。なお、コンクリートの弾性係数は $28,000\text{N/mm}^2$ ($\sigma_c=30\text{N/mm}^2$)、 $20,000\text{N/mm}^2$ ($\sigma_c=10\text{N/mm}^2$)、ポアソン比 0.2、ならびに鉄筋の弾性係数を $200,000\text{N/mm}^2$ 、ポアソン比 0.3、降伏点 300N/mm^2 とし、解析ではコンクリートのクリープは考慮しなかった。また、コンクリートの引張強度は、 0.85N/mm^2 ($\sigma_c=30\text{N/mm}^2$)、 0.5N/mm^2 ($\sigma_c=10\text{N/mm}^2$) とした。

4. 解析結果 解析結果として、図-4で示した断面におけるひび割れの進展状況を図-5に示す。A断面はハンチの立ち上がり位置で、B断面は2番目の主鉄筋での断面である。図-5に示すように、 100μ の膨張で水平ひび割れが部分的に発生して、膨張量が大きくなるにしたがい水平ひび割れが進展し、 300μ の膨張でほぼ床版全体にわたり上下鉄筋位置に水平ひび割れが進展した。コンクリートに一樣な膨張を与えた本解析では、ひび割れの発生は上下鉄筋ともほぼ同時であり、ひび割れの進展は下側鉄筋位置のひび割れがやや先行する結果となった。なお、図-5は $\sigma_c=30\text{N/mm}^2$ の解析結果であり、 $\sigma_c=10\text{N/mm}^2$ の場合についても同様な結果で、ひび割れの進展がより早くなる解析結果であった。

5. まとめ RC床版では、コンクリートの膨張により鉄筋位置で水平ひび割れが生じることが解析により確認された。すなわち、実橋に使用された骨材が反応性であれば、RC床版では水平ひび割れが生じる可能性を示唆する結果であった。また、文献1)で示したように、輪荷重の作用によっても主桁付近では水平ひび割れが生じやすく、実橋のRC床版ではこれらが複合されて床版内部にひび割れが生じるものと考えられた。ここではRC床版を対象としたが、PC床版や合成床版についても輪荷重による疲労損傷に加えて材料劣化の観点からも耐久性を論じる必要があり、今後の課題であると考えられた。最後に、本報告をまとめるにあたり貴重なご助言を賜った日本大学・岩城一郎先生に、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 松村, 高瀬, 酒井, 竹内, 小山田: 輪荷重によるRC床版の水平ひび割れの発生可能性の検討, 土木学会第67回年次学術講演会講演概要集(I)、平成24年9月
- 2) 土木学会中部支部, 寒冷積雪地域における複合劣化を想定したコンクリート構造物の調査・診断委員会; 北陸地域における凍結防止剤による複合劣化の現状とその維持管理に関する検討, 平成23年3月
- 3) H. Kagimoto, M. Kawamura; Measurements of strain and humidity within massive concrete cylinders related to the formation of ASR surface cracks, Elsevier, Cement and Concrete Research 41, 2011.

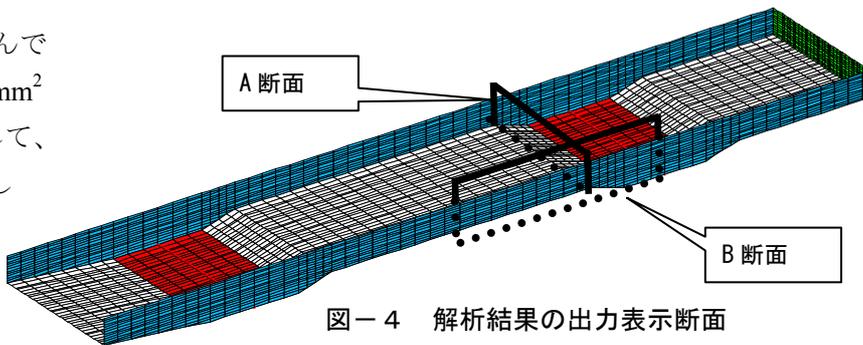


図-4 解析結果の出力表示断面

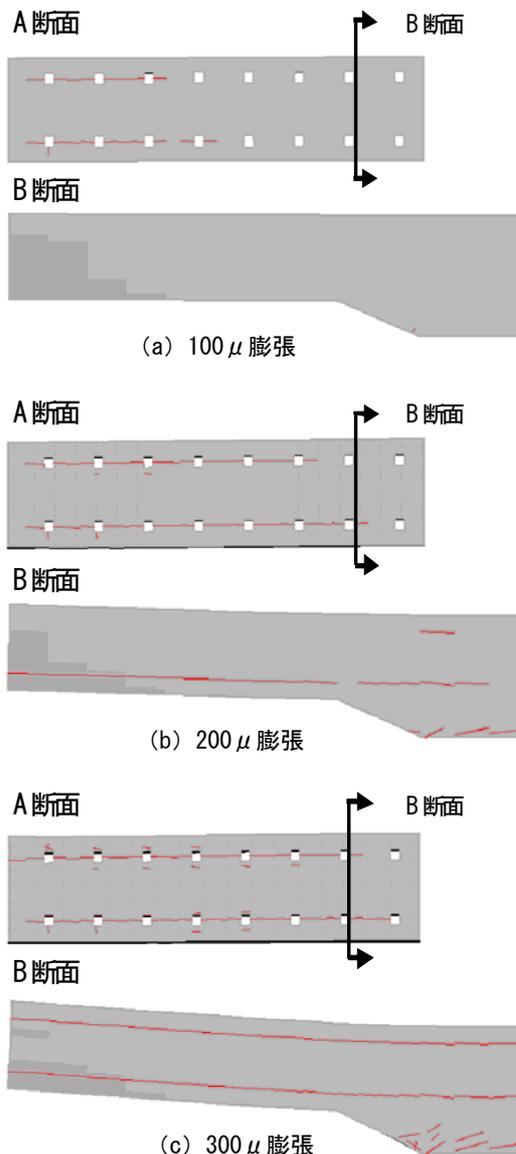


図-5 ひび割れ解析結果 ($\sigma_c=30\text{N/mm}^2$)