鋼橋 RC 床版内部の水平ひび割れ発生に関する考察

中日本ハイウエイ・エンジニアリング名古屋(株)フェロー ○青山 實伸 中日本ハイウエイ・エンジニアリング名古屋(株) 正会員 有馬 直秀

1. はじめに

鋼橋 RC 床版で ASR 劣化が進行した場合、床版内部に水平方向のひび割れが発生することが報告されている. この事象を解明するために RC 床版をモデル化して FEM 解析を行って床版内部の応力度状態を推定し、水平ひび割れ発生に関して考察する.

2. ASR 劣化の特徴 と RC 床版内部の水分率

ASR 劣化が進行すると微視ひび割れが生じて静弾性係数 低下や強度低下が生じる特徴がある.

鍵本らの研究 ¹⁾では、高い相対湿度が維持されているコンクリート内部では ASR 膨張が継続するが、表面近傍で相対湿度が 80% 以下になると ASR 膨張が収束して引張応力が発生して表面ひび割れ(巨視ひび割れ)が生じることを明らかにしている。また、ASR 膨張が収束した表層よりさらに内部の表面からの深さ約 100 mm の中間領域では、それより内部より ASR 膨張が活発に進行することを見出している。

図1は建設後40年経過したRC床版内部の水分率分布の測定結果を示す.水分率は径6 mm の孔を2本削孔して,深さごとにコンクリート水分計(HI-800)を用いて測定した.床版内部の水分率は下面の表面近傍で低いが,床版内部は高い値になっている.このことから床版下面の表面近傍では相対湿度が低下しているが,床版下面から約60mm以深は相対湿度が高くASR反応が継続する環境にあることが推察される.

3. RC 床版の FEM 解析モデルと解析方法

ASR 膨張に伴う RC 床版内部の発生応力を FEM 解析で求める. FEM 解析モデルを図 2 に示す. モデルは橋軸直角方向は外主桁上から中主桁上間の支間中央の範囲とし, 橋軸方向は鉄筋配置間隔を勘案して 125 mm の幅とする (主桁間隔 3.0 m). 要素分割は横断方向の要素は 50×20 mm とし, 橋軸方向の要素を 50×62.5mm とする. 鉄筋(D19 mm, 125~250 mm 間隔配置)は橋軸方向の要素間にコンクリートと完全付着する条件で配置する. 解析モデルの境界条件を表 1 に示す.

RC 床版はアスファルト舗装で覆われているので、湿度の低下は床版下面からのみ生じると考える. ASR に伴う劣化の進行は、鍵本らの研究を踏まえて床版下面から A~C の 3 つの領域に区分する(図 3). 劣化が進行した段階で、A 領域は非膨張層を想定し、その厚さは過去の調査結果や図 1 を参考

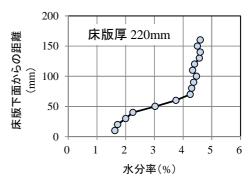


図 1 RC 床版内部の水分率分布

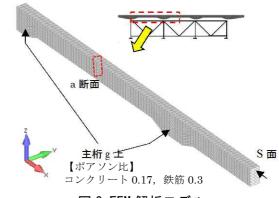


図 2 FEM 解析モデル

表1 解析モデルの境界条件

位置	位置	X	y	Z	回転
g上	桁上	固定	固定	固定	x,y,z 軸自由
S面	端面	固定	自由	自由	x 軸自由

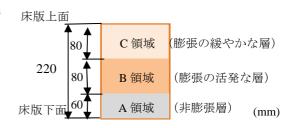


図3 RC 床版の ASR 膨張の3つの領域区分

にして 60 mm と設定する. B 領域は膨張の活発な層であり, 鍵本らの研究を参考に厚さ 80 mm と仮定する.

キーワード RC 床版, ASR 劣化, 非膨張層, 水平ひび割れ, FEM 解析

連絡先 〒020-0025 金沢市駅西本町 3-7-1 中日本ハイウエイ・エンジニアリング名古屋(株) 金沢支店 TEL 076-264-7872

C 領域は、ASR 劣化床版の上部にあって初期の段階から膨張が緩やかに継続する領域である. B 領域の膨張量は C 領域の膨張量の 1.3 倍とする.

解析は C 領域に 0.01% (100μ)の膨張ひずみを発生させ, RC 内部に発生する応力度を求める. コンクリートの静 弾性係数は,ASR 劣化に伴って内部は表層部に比べて低下するが,ここでの解析は,一定($3\times10^4\,N/mm^2$)と仮定する. FEM 解析ソフトは Femap with NEi Nastran を用いる.

4. 解析結果

FEM 解析結果の z 方向の変位図を図 4 に示す. 図より 床版の z 方向の変位は、主桁による x 方向変位の拘束によって、支間中央で上に反る形になる. 図 2 に示す S 面において RC 床版内部に発生する x および z 方向の主応力度分布を図 5 に, x 方向および z 方向の発生主応力度を図 6 に示す. 両図より, x (水平) 方向に圧縮応力が、z (鉛直) 方向に引張応力が発生することがわかる. z 方向では非膨張層と膨張層との境界部下側に最大 1.7 N/mm²の引張応力度が、また、活発な膨張層と緩やかな膨張層の境界部上側に 0.5 N/mm²の引張応力度が発生する. x 方向では非膨張層上側に最大 3.7 N/mm²の圧縮応力度が生じる. 鉄筋には上筋で 13.8 N/mm², 下筋で 6.3 N/mm²の引張応力度が発生する. なお、非膨張層が存在しない場合は、z 方向に発生する引張応力度は僅かであることを別の解析で確認している.

5. 解析結果の考察

ASR 劣化が進行する RC 床版は、非膨張層の拡大や活発な膨張層の形成を経て、長期にわたり膨張が進行する. C 領域の膨張は、大きい場合 0.1 % 程度になると想定される 1). その場合、ASR 劣化に伴って RC 床版内部に発

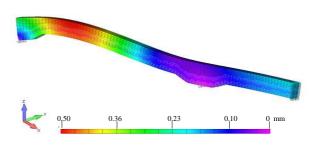


図4 z 方向の変位図

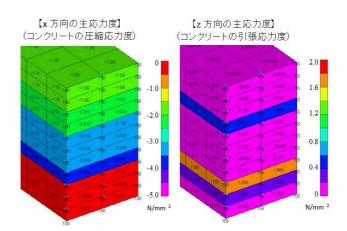


図5 S面の x および z 方向の主応力度分布

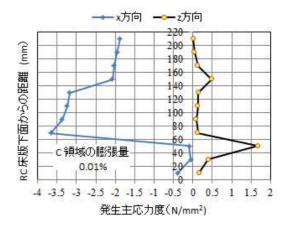


図6 S面のx方向およびz方向の発生主応力度

生する z 方向の引張応力度は、FEM 解析で求めた図 6 に示す値より大きくなることが推定される.

下側鉄筋付近に発生する引張応力は、鉄筋との付着力があることからひび割れ発生に至るリスクは小さいと考える。他方、RC 床版内部に発生する引張応力は、ASR 劣化進展に伴って水平方向の微視ひび割れが生じ、引張応力度の増大と共に振動や疲労劣化の影響が加わることから、ASR 膨張が大きい RC 床版では水平方向のひび割れ発生に至るリスクが高くなることが推察される。

6. まとめ

コンクリート内部の ASR 劣化に伴う非膨張層や膨張の活発な層の存在によって、ASR 膨張により床版内部の上下方向に引張応力が発生する.このことによって、ASR 膨張が大きい RC 床版では水平方向ひび割れが発生するリスクが高くなると推察する.

参考文献

1) 鍵本広之,安田幸弘,木下茂,川村満紀:大型コンクリート円柱における ASR 表面ひび割れの発生メカニズム,コンクリート工学論文集,第 25 巻,pp.201-211,2014