

## 鉄筋腐食の生じた RC 床版に関する有限要素解析

弘前大学 正会員 ○上原子 晶久  
 日本大学 正会員 子田 康弘  
 日本大学 正会員 岩城 一郎

### 1. はじめに

寒冷環境下における橋梁上部工における RC 床版については、融雪剤散布による塩害と高サイクルの繰返し荷重による疲労作用が複合的に作用して劣化する事例が多数報告されている。このような RC 床版では、塩害による鉄筋腐食の他に、走行荷重の繰返しが原因となるコンクリートの主筋に沿ったひび割れなどが発生する。本稿では、鉄筋腐食の生じた RC 床版の静的耐荷性状について、有限要素解析によりその力学性能を予測する場合の劣化のモデル化について検討を行った。なお、疲労性状の検討については、文献[1]に譲る。

### 2. 静的載荷試験の概要

本載荷試験は、日本大学工学部にて実施された。試験体の形状を図-1 に示す。試験体は 1200mm × 1200mm × 160mm の寸法である。鋼材は全て D16 の異型鉄筋が使用されている。試験時のコンクリート圧縮強度は 34N/mm<sup>2</sup> であった。載荷は 2 辺弾性支持であり、床版中央に 100mm × 100mm の載荷板を介して単調増加により静的載荷を行った。

既往の研究と同様に、塩化物イオンの浸透条件を変化させて種々の劣化促進試験を実施している。本稿では、そのうち健全な試験体(健全試験体)と 10%の塩化ナトリウム水溶液の浸漬と乾燥を繰返し行った試験体(浸漬試験体)の 2 種類について解析を実施する。

### 3. 試験体のモデル化

図-2 に有限要素モデルを示した。本稿では、この図のように 3 次元で解析を実施した。コンクリート部はソリッド要素とした。内部鋼材はトラス要素でモデル化して離散的に配置した。コンクリート要素と鋼材要素の境界には界面要素を設けて両者の付着をモデル化した。なお、応力集中を避けることを目的として、載荷板と支点部はそれぞれソリッド要素としてモデル化し、その部分にはコンクリートと同一の弾性係数を与えた。

### 4. 使用したコードと材料の構成則

本稿で実施した解析では、汎用有限要素コードである Diana Ver.9.4.2 を用いた。解析に使用した材料の構成則を図-3 に示す。コンクリートの応力-ひずみ関係については、斉藤らの研究を引用した[2]。鋼材はバイリニアでモデル化した。鋼材とコンクリートとの間の界面要素に対する付着-すべり関係は、寄特らの研究を参考にした[3]。解析においてコンクリートは固定ひび割れによる分散ひび割れモデルとした。ひび割れ界面のせん断伝達係数は 0.2 で一定とした。

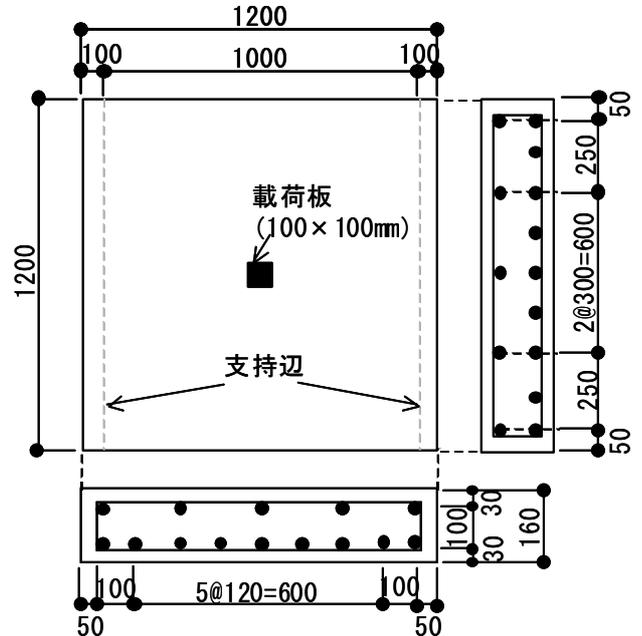


図-1 試験体の形状

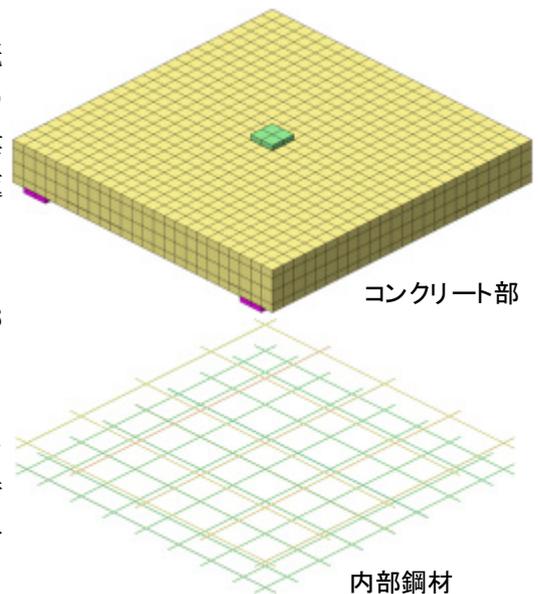


図-2 有限要素モデル

キーワード RC 床版, 有限要素解析, 鋼材腐食

連絡先 〒036-8141 弘前市文京町 3 弘前大学大学院 理工学研究科 TEL 0172-39-3620

浸漬試験体では、鉄筋腐食が生じているため、その材料劣化を考慮する必要がある。載荷試験終了後に鋼材の質量減少率を測定していないため、本試験体の腐食量は不明である。しかしながら、本試験体と同じ期間・環境下で実施した文献[1]における浸漬試験体では、質量減少率の測定を実施している。その結果は、上側の鉄筋で平均 11%、下側の鉄筋で平均 10%であった。本解析では、その質量減少率に応じて鋼材の断面積を低減させた。なお、腐食鋼材の応力-ひずみ関係は、腐食していない健全な関係を適用した。さらに、鋼材腐食による付着性能の低下を考慮するため、図-3 に示したように文献[4]に従って質量減少率  $C$  に応じて健全時の付着強度  $\tau_{max,0}$  を低減した。

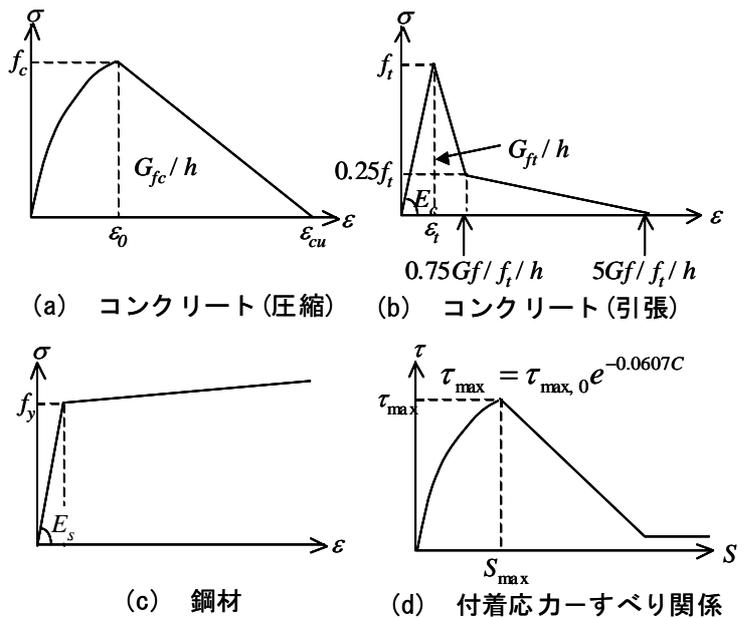


図-3 材料構成則

5. 解析結果

図-4 に荷重と載荷点変位との関係を示す。この図より、健全試験体では最大荷重、終局変位ともに解析は実験を良好に予測していることがわかる。一方で浸漬試験体では、解析における最大荷重の予測は良好なもの、終局変位については、予測精度が低下していることがわかる。これは、解析において腐食による付着劣化が過大に評価されていることが一つの原因として考えられる。このことをさらに詳しく考察するため、図-5 に解析で得られた、支持辺と平行な試験体中央におけるコンクリート主ひずみのコンター図を示した。この図は最大荷重に対応している。図-5 より、健全試験体よりも浸漬試験体において引張ひずみが生じている範囲が比較的広いことがわかる。このような押抜きせん断性上の違いが終局変位の予測に影響を及ぼしているものと推測している。

以上より、材料劣化の生じた RC 構造を解析する場合には、鋼材の断面欠損と付着劣化を考慮するだけでは変形性能を過大に評価することが課題として得られた。今後は、適用範囲を明らかにすることを含めて、以上の精度改善を試みる予定である。

参考文献

[1] 前島 拓ほか：融雪剤散布により塩害を受けた道路橋 RC 床版の疲労耐久性評価，土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集  
 [2] 斉藤 成彦ほか：剛体バネモデルを用いた RC パネルのせん断二次破壊に関する解析的研究，土木学会論文集，V-55，No. 704，pp.219-234，2002.  
 [3] 寄特 隆宏ほか：異形鉄筋の付着応力-すべり関係に及ぼすかぶり厚と鉄筋直径の影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.27，No.2，pp.757-762，2005  
 [4] 日本コンクリート工学協会：コンクリート構造物のリハビリテーション研究委員会報告書，1998.

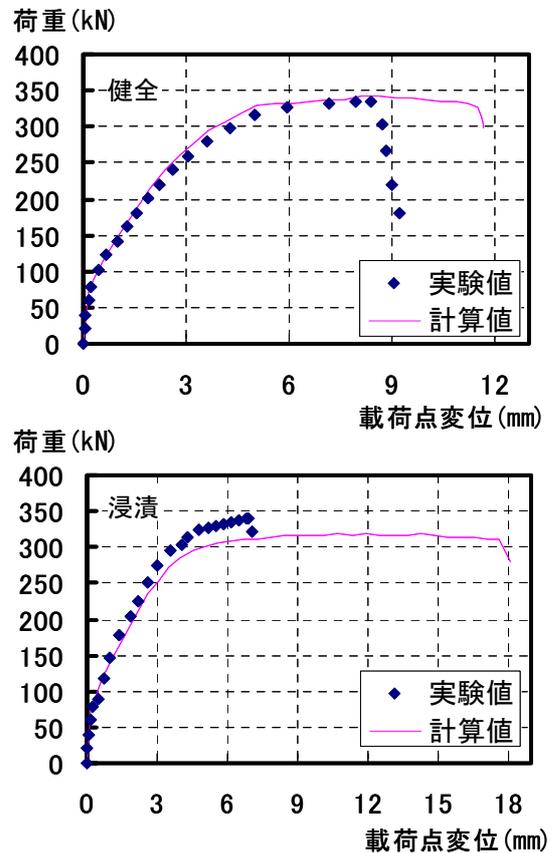


図-4 荷重-載荷点変位関係

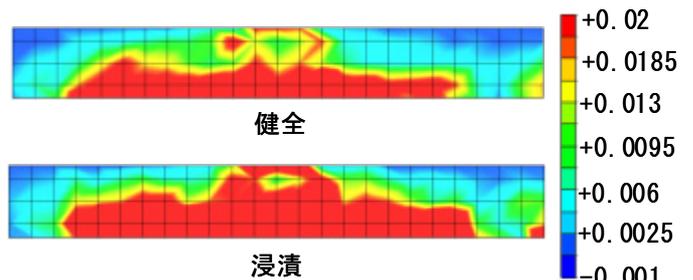


図-5 主ひずみコンター図 (最大荷重時)