

塩害劣化したプレテンション桁の内部ひび割れ進展状況の解析的検討

長岡技術科学大学大学院 学生会員 ○武田 健太
長岡技術科学大学 正会員 田中 泰司

1. はじめに

塩害によって鋼材腐食が生じた PC 橋梁の残存耐荷性能を評価するためには、内部の鋼材の腐食状況を正確に把握する必要がある。また、劣化予測の際にはコンクリート中の塩分浸透に加えて、腐食によるひび割れの進展とひび割れを介した水分・塩分の移動を考慮する必要がある。そこで、本研究では有限要素解析によりプレテンション PC 橋桁内部のひび割れ進展予測を行い、実橋梁のひび割れ断面図との比較により、精度の検証を行った。

2. 検討対象橋梁の概要

本研究の検討対象とした実橋梁は、新潟県糸魚川市能生で供用されていた鱗崎橋である。鱗崎橋は、橋長 10.4m、支間 9.8m のプレテンション PC 四主桁橋である。図-1 に試験体の断面図を示す。試験体には $\phi 2.9$ の 2 本より線が多数配筋されていた。鱗崎橋は、海岸から約 15m の場所に位置していたため、塩害による鋼材腐食が進行しており、図-2 のように橋桁内部や外観に腐食ひび割れが進展していた。

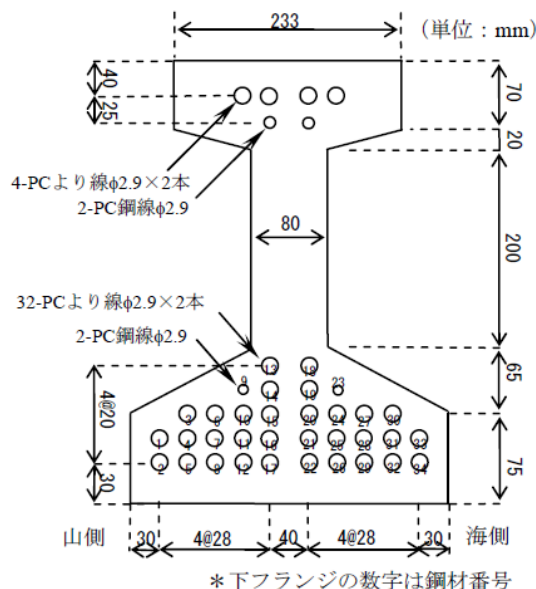


図-1 試験体断面図



図-2 試験体の切断面写真

3. 有限要素解析による再現解析

3.1 解析方法

本研究では、図-2 に示す断面内に生じていた腐食ひび割れを検討対象とし、有限要素解析による再現解析を実施した。解析プログラムには ATENA¹⁾を使用した。試験体に使用されていた PC 鋼材は $\phi 2.9$ の 2 本より線であったため、図-3 に示すように解析上でも PC より線の形状を忠実に再現した。また、解析の都合上、鋼材は鉄筋要素ではなくコンクリート要素としてモデル化し、要素を温度膨張させ、初期ひずみを導入することにより、腐食生成物による膨張を表現した。

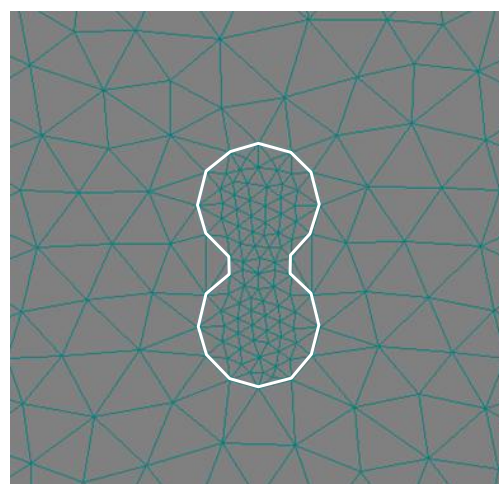


図-3 PC より線の要素形状

キーワード 有限要素解析, 塩害, 内部ひび割れ, PC より線

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 環境・建設系 コンクリート研究室

TEL: 0258-47-1611 E-mail: s103293@stn.nagaokaut.ac.jp

表-1 コンクリートの物性値の一覧

物性値	数値	単位
圧縮強度	66.7	N/mm ²
弾性係数	2.73×10^4	N/mm ²
引張強度	3.78	N/mm ²
破壊エネルギー	117.0	N/m
線膨張係数	12	$\mu / ^\circ\text{C}$
圧縮強度の低下率	1.0	—

解析に用いたコンクリートの物性値の一覧を表-1に示す。引張強度と破壊エネルギーは、コンクリート標準示方書²⁾に準拠し、圧縮強度から求めた。鋼材に相当する要素の膨張ひずみは各ステップ 60 μ とした。今回の解析では微視的なひび割れの進展を検討しているため、修正圧縮場理論による圧縮強度の低下は考慮しなかった。コンクリートの応力-ひずみ関係は、圧縮側の上昇曲線は CEB- FIP Model code³⁾に準拠し、圧縮軟化は直線、引張軟化は指数関数とした。

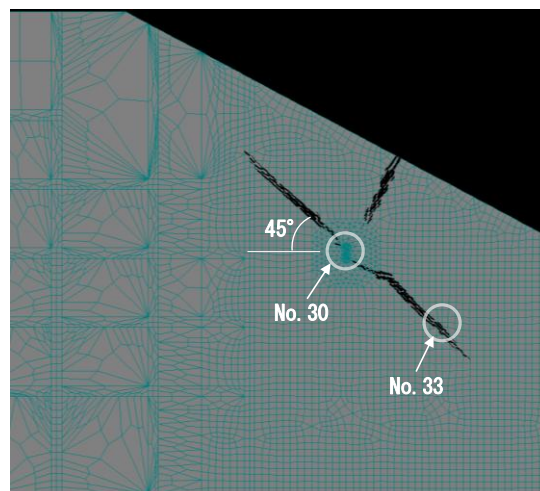
初期ひずみを導入した PC より線は、図-2 に示した鋼材番号 30 (No.30) とし、PC より線を縦と横に配筋した場合の 2 水準で解析を行った。

3.2 解析結果

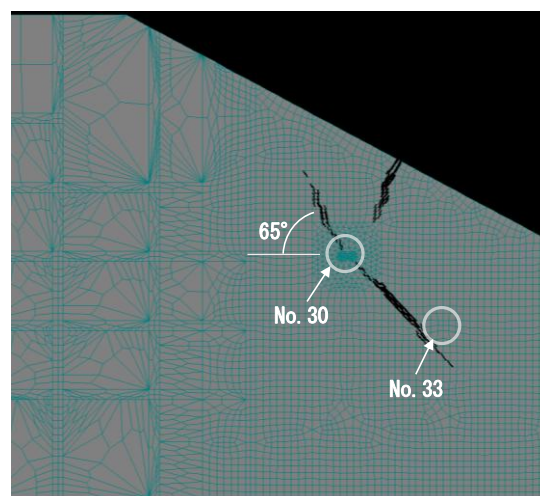
図-4 に有限要素解析から得られたひび割れ進展状況を示す。なお、図上のひび割れは、ひび割れ幅の閾値を 0.05mm として表示している。鋼材の配置方向によらず、ひび割れが No.30 からハンチ部へ進展し、鋼材番号 33 (No.33) の方向へ進展する傾向が見られた。図-2 と比較すると、解析は実際と同様なひび割れが生じており、ひび割れ状況を概ね再現できているといえる。ひび割れ進展方向に着目すると、縦に配筋した場合、水平方向から 45° 方向、横に配筋した場合は 65° 方向に進展し、進展角度が異なる結果となった。これは、PC より線の形状が長軸方向と短軸方向を有する 2 本より線であり、長軸方向の膨張量が相対的に大きいので、長軸直交方向にひび割れが進展しやすいと考えられる。

4. まとめ

本研究では、実橋梁内部に進展していた腐食ひび割れを検討対象とし、有限要素解析による再現解析を実施した。その結果、PC より線の形状を解析上で



(a) 縦に配筋した場合のひび割れ進展状況



(b) 横に配筋した場合のひび割れ進展状況

図-4 解析上におけるひび割れ進展状況

忠実に再現し、鋼材位置の要素を温度膨張させることにより、ひび割れ進展状況を比較的高精度で再現できた。しかし、PC より線の配筋角度を変えると、ひび割れの進展方向は異なる傾向が見られた。実構造物では同じ断面諸元であっても腐食ひび割れ状況は場所によって異なるが、その要因のひとつとして、このような鋼材の断面形状の影響もあると考えられる。

参考文献

- 1) Cervenka, V., Jendele, L. and Cervenka, J.: ATENA program documentation, Cervenka Consulting, 2007.12
- 2) 土木学会：コンクリート標準示方書[設計編], 2013.3
- 3) CEB: CEB-FIP Model code 1990, Thomas Telford, 1993