

神戸大学工学部建設学科 学生員 ○白川 祐太 神戸大学大学院工学研究科 正会員 森川 英典  
 (株)ピーエス三菱大阪支店 正会員 鴨谷 知繁

**1. はじめに** : プレストレストコンクリート(PC)は、一般的に水セメント比が小さく、曲げひび割れが発生しない合理的な構造物といわれている。しかし、グラウト充填不良部を有し、定着部から水、酸素、塩化物等の腐食促進物質が侵入する恐れのある構造物や、厳しい塩害環境にある構造物が存在する。これらは、主ケーブルに損傷を受け、PC 構造物の安全性・信頼性が低下する可能性がある。そこで、本研究ではグラウト充填不良部に着目し劣化予測を行った結果を基に、厳しい塩害環境にある PC 橋の安全性評価を行った。

**2. 対象橋梁** : 本研究の対象橋梁である F 橋は、瀬戸内海にある人工島を結ぶ海上に架設されているポストテンション PC-T 桁橋である。橋梁概要を表-1 に示す。この橋梁で調査を行った結果、グラウト充填不良部が水中および気中の状態で確認した。また、3 章においてグラウト充填部と充填不良部の劣化予測結果の比較を行った結果、100 年時点でグラウト充填部(かぶり 38mm)の方が充填不良部より、腐食量が大きいという結果になった。そこで、図-1 のようにかぶり 38mm のシースをグラウト充填部とし、38mm 以外を充填不良部とした。充填不良部の箇所は、充填不良部(全て未充填)を有するシースの本数を 0 本、1 本、3 本、6 本と変え、検討を行うこととした。また、安全性評価は、F 橋を対象に実施することとし、対象の評価位置は、支間中央部とした。

表-1 橋梁概要

対象橋梁	F橋
形式	ポストテンション方式単純T桁
設計荷重	TL-20
竣工年月	昭和48年3月
調査時の橋齢	35年
主桁本数	5主桁
支間長	26.630m
有効幅員	2×9.500m
桁高	2,000mm
桁幅	1,400mm
鋼材(シーす)の最小かぶり	38mm×5本 108mm×3本 140mm×2本 175mm×1本
引張側鋼材	12φ7mm 11本
PC鋼材断面積	5077.38mm <sup>2</sup>
PC鋼材引張強度	1500MPa
PC鋼線最大荷重時ひずみ	70000μ
有効プレストレス	900MPa

**3. 劣化予測** : 橋梁調査結果を基にして、グラウト充填不良部を水中および気中の状態に分類し、水中では浸漬試験、気中では大気曝露試験に基づいた、不確定性を考慮した劣化予測を行った。その結果を図-2 に示す。また、図-2 には、腐食ひび割れを考慮した劣化予測手法においてグラウト充填部の劣化予測を実施した結果も示している。劣化予測結果が水中より気中の方が厳しいため、気中の結果を示す。さらに、グラウト充填部と充填不良部の劣化予測結果を比較するとグラウト充填不良部は充填部と異なり供用開始と同時に腐食が開始するため、供用年数が短いときは充填不良部の方の腐食量が大きいことがわかる。



図-1 対象断面

**4. プレストレスおよび鋼材破断の予測** : プレストレスおよび鋼材(素線)破断の予測は、既往の研究<sup>1)</sup>ではグラウトと鋼材の付着を完全付着と仮定し、実施している。しかし、本研究ではグラウトの付着強度および断面減少に着目し、プレストレスおよび鋼材破断の予測を行った。まず、グラウト充填部では、図-3 に示しているプレストレスの残存率(健全時が1)と腐食減量率の関係で検討を行った。これは、あるプレストレスの傾きにおいて腐食減量率ごとにプレストレスが比例して低下することを示している、また、腐食が増加することで断面積が小さくなり応力が増加し、最大引張強度を越え鋼材破断に至る。プレストレスの傾きは、図-4 の関係により健全時の付着強度と腐食長さの積との相関式を用いて、表現することができる。

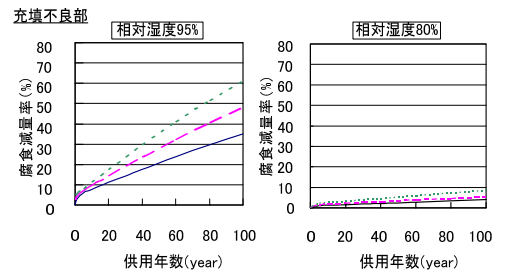
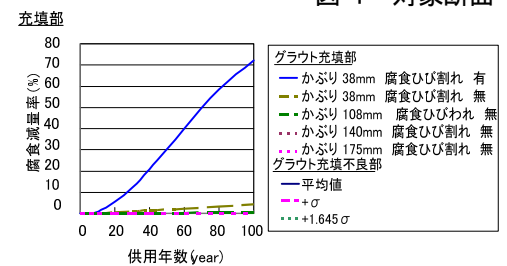


図-2 グラウト充填部とグラウト充填不良(気中)の比較

次に、グラウト充填不良部では、グラウト充填部と同様に、図-5 のようにプレストレスの残存率と腐食減量率の関係で示すことがで

きる。充填不良部の場合は、対象区間の長さおよび局部腐食の区間の長さでそれぞれ実橋データから得られた最大値と最小値でプレストレスの傾向を検討した結果、プレストレスの傾きのばらつきが見られない。また、破断時の腐食減量率に関しても、グラウト充填部と同様に腐食が進行することで断面積が減少、応力が増加し最大引張強度を越えた時点で破断とした。これらの予測を用いて、安全性評価におけるプレストレス力の算出を行った。

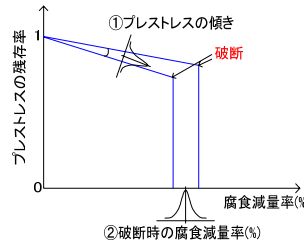


図-3 プレストレス残存率

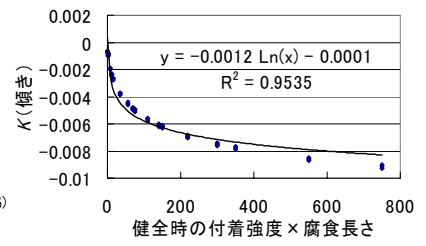


図-4 傾きの傾向

**5. 安全性評価手法：**安全性評価は、既往の研究<sup>1)</sup>と同様に、使用状態と終局状態の安全性指標  $\beta$  を算出することとした。また、グラウト充填不良部は、アンボンドであるため平面保持が成立しない。そのため、グラウト充填不良部の耐荷力は、図-6 のようにプレストレスを鋼材本数分足し合わせたものとする。そして、これをグラウト充填部の鋼材本数分足し合わせた引張力-ひずみ関係に加え、桁断面の耐荷力を算出する。また、グラウト充填不良部を含んだ安全性評価のフローを図-7 に示す。

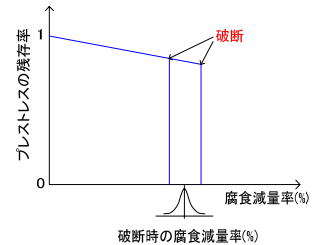


図-5 プレストレス残存率

**6. 安全性評価結果および考察：**経年変化の安全性指標の結果を図-8 に示す。

図-8 は使用状態  $\beta_s$  と終局状態  $\beta_u$  で示しており、ISO13822 に示される目標信頼性 ( $\beta=4.3$ :社会的に影響が大きい場合、 $\beta=2.3$ :社会的に影響が小さい場合)も示している。使用状態と終局状態に分け、以下で考察を行う。使用状態では、グラウト充填不良部の本数が増えるほど、グラウト充填部より腐食量が多い充填不良部が増えるため安全性の低下速度が増加する。また、相対湿度 95%と 80%を比較すると、95%の方の腐食量が多いため、安全性の低下速度が大きい。次に終局状態では、グラウト充填部の本数が増えるほど、安全性が低下している。しかし、相対湿度 95%と 80%で違いが見られないため、腐食量により安全性が低下していない。そのため、グラウト充填不良部(アンボンド)が増えるため、グラウト充填部との耐荷力算定手法の違いにより、安全性が低下する。

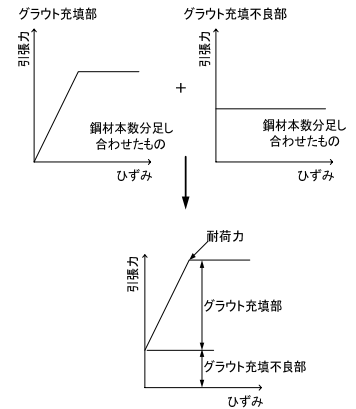


図-6 耐荷力へのグラウト充填不良部の考慮の方法

**7. まとめ：**グラウト充填不良部を含んだ安全性評価を行った結果、使用状態では、グラウト充填不良部の増加は腐食量が増加することで安全性の低下速度の増加が見られた。また、終局状態では、グラウト充填不良部の増加によりアンボンド鋼材が増えることとなり、安全性が低下することがわかった。

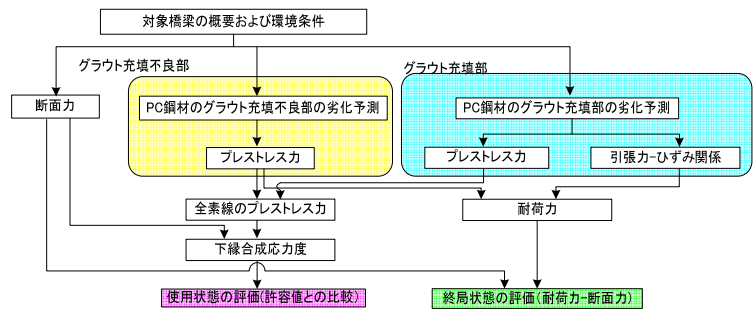
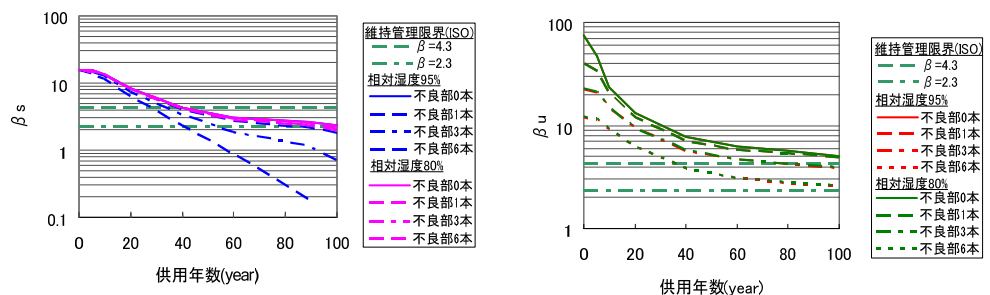


図-7 安全性評価フロー

参考文献：1) 鴨谷知繁，森川英典：厳しい塩害環境下にある PC 橋の性能低下シミュレーション，コンクリート構造物の補修，補強，アップグレード論文報告集，第9巻，pp.131-138，2009。



(a) 使用状態

(b) 終局状態

図-8 終局状態における安全性評価結果