

1 検討対象構造物

本検討では、検討対象構造物として汀線から100m程度離れた位置に建設されるプレテンション方式単純床版橋を想定しました。以下に想定した橋梁の諸元を示します。

- 橋 長：20.76 m
- 径間割：単純梁
- 幅 員：8.2 m
- 橋面積：170.2 m²
- 斜 角：90°
- 橋 格：1等橋 (TL25)
- 塩害対策：対策区分（かぶり52mm、最下段P C鋼材位置70mm）
但し、CFRMを補強材・緊張材に使用した場合は、
対策区分（かぶり32mm、最下段CFRM緊張材位置50mm）

図1 橋梁一般図（側面側）

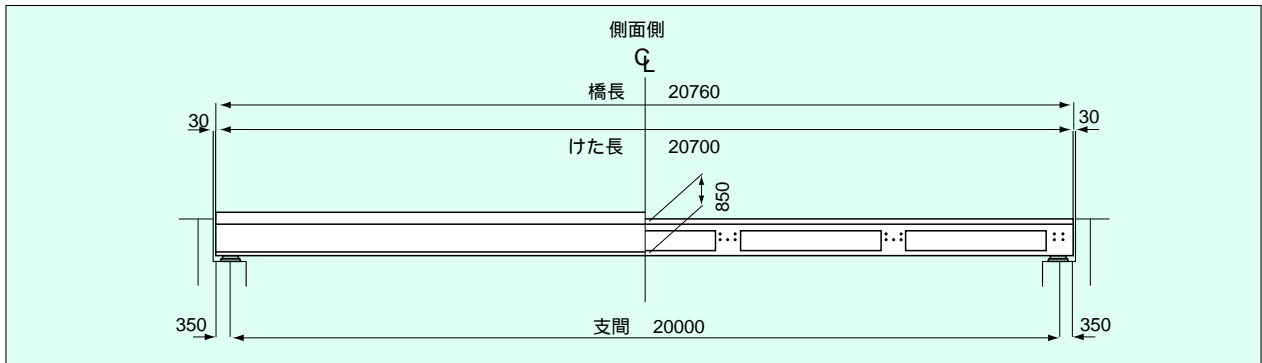


図2 橋梁一般図（断面図）

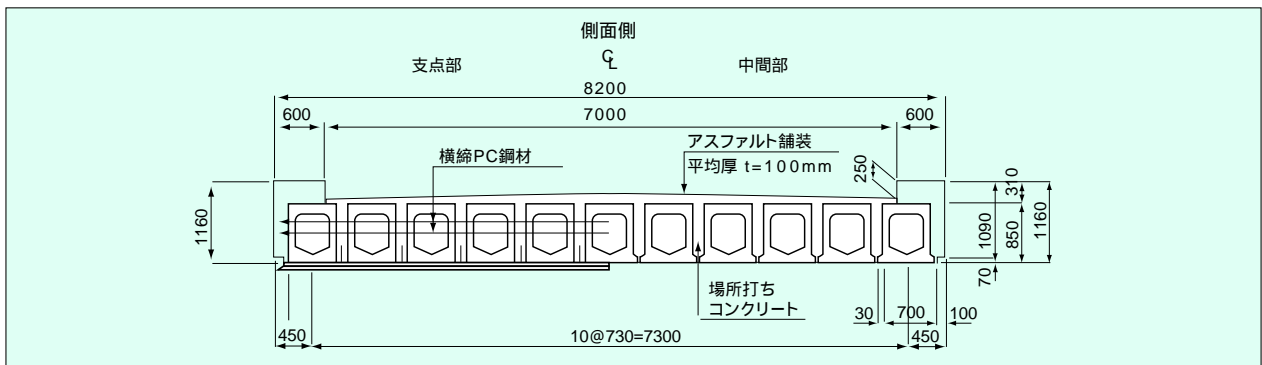
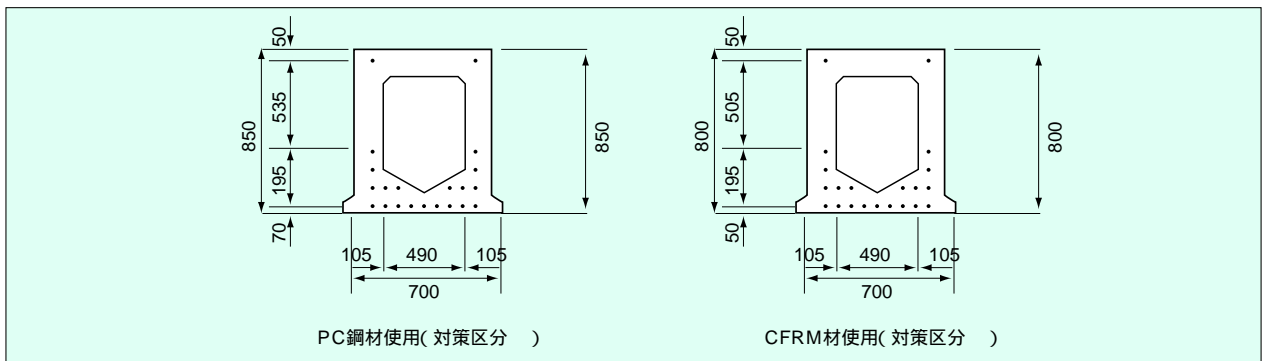


図3 桁断面図



2 劣化予測

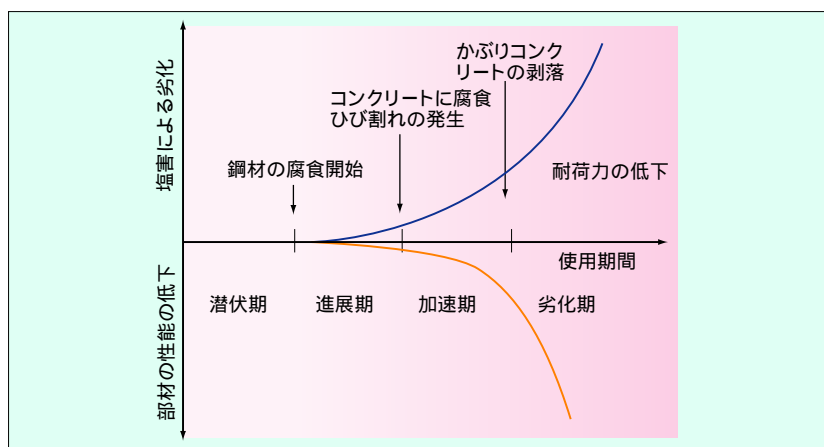
補強鋼材の腐食を促進する因子は、塩害と中性化が考えられますが、重要土木構造物に適用されるコンクリートの水セメント比は50%以下と推定されますので、コンクリート標準示方書にしたがい中性化の検討は省き、劣化因子として塩害を対象としました。

塩化物イオンの拡散予測は「コンクリート標準示方書 維持管理編」等を参照して行った結果、18年程度でかぶり52mmの位置における鉄筋が腐食を開始することになりました。そこで本検討では、潜伏期を18年、進展期を25年まで、加速期を50年までとしました。塩害による劣化進行過程の概念図を図4に、下記の解析条件で得られた塩化物イオン濃度分布の経年変化を図5にそれぞれ示します。

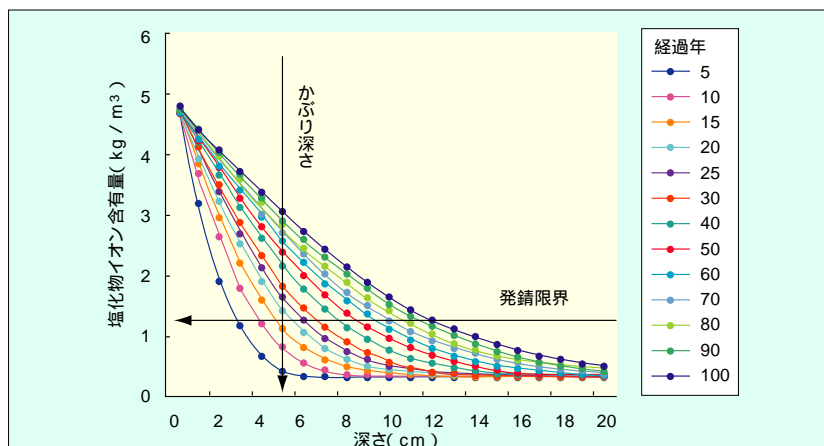
■ 解析条件

コンクリート表面塩化物イオン濃度 $C_0 = 4.5 \text{ kg/m}^3$
 初期含有塩化物イオン濃度 $C(x, 0) = 0.3 \text{ kg/m}^3$
 コンクリートの水セメント比 $W/C = 36\%$
 腐食発生限界塩化物イオン濃度 $C_{cr} = 1.2 \text{ kg/m}^3$

■ 図4 塩害による劣化進行過程



■ 図5 塩化物イオン濃度分布の経年変化の解析結果



LCCの比較

検討した補修・補強工法と各工法の耐久性の一覧を図6に示します。100年後の構造物の性能は、塩化物イオン浸透防止策と内部塩分を除去した工法の場合は健全度を維持するものとしませんが、劣化期まで構造物を放置し補強した工法の場合は余寿命を尽きたものとししました。電気防食工法については、100年後を予測することは難しいですが、健全度を維持しているものとししました。なお、エポキシ塗装鋼材を用いた構造物に関するケースは、現状ではエポキシ塗装PC鋼線を用いてプレテンション桁を制作することに技術的な課題があること、エポキシ塗装のピンホールと腐食の関係が明らかでないことなどから、参考として記述しています。

LCCの算定結果を図7に示します。厳しい塩害環境下でコンクリート構造物を維持保全して行くのに多大のLCCを要することがわかりました。図の工事費とは、現在の価格における直接工事費の予測値です。注意しなければならないことは、将来の技術、金利動向、構造物の残存価値およびリスクとその管理などが複雑にからみ、単純な比較はできないことを含みおく必要があります。

■ 予防保全

新設時に予防保全を実施する案では、100年間のLCCは塩害対策 種の橋梁の初期建設費に対して1.6~2倍程度となります。このなかでは、プレテンション桁のすべての緊張材・補強材にCFRMを用いた場合が最も安価で、1.63倍になります。当然、CFRMを用いた橋梁も予期しない劣化が生じる可能性があり、点検などの維持管理を必要とすることに変わりありませんが、厳しい塩害環境下では高い優位性を示すと考えられます。表面防水塗装を16年ごとに塗り替えて保全する手法は、塗り替えコストが大きくなり、1.9倍になりました。今後、高い耐久性を有するコンクリート用塗装材料の開発が望まれます。近年注目されている電気防食工法は、システムの初期費や更新費の割高感が否めません。

■ 補修工法

潜伏期もしくは進展期初期に補修対策を講じる案は、内部に塩分が多く残存しているため、LCCが初期建設費の3倍程度となり、予防保全よりも割高な工法になります。この種の維持管理を繰り返すと100年後の構造物の健全度は維持されていると思われませんが、点検と維持管理の頻度が高くなると想像されま。塩害の進行が予測される構造物に対しては、予防保全を講じることが望ましいでしょう。

■ 補強工法

進展期後期もしくは加速期に補強を講じる案は、構造物に色々な損傷や劣化が生じていると推定され、供用を継続するためにはリスク管理が必要と考えられます。補強工法も比較的大きな費用が生じます。また、補強工法を適用しても、橋梁に対するすべての要求性能を満足することは困難と想像されます。100年後の供用後、解体撤去すれば、LCCは初期建設費の2.6~3.7倍となり、さらに新設費が必要となります。

3 LCCの比較 (図)

図6 補修工法の一覧表

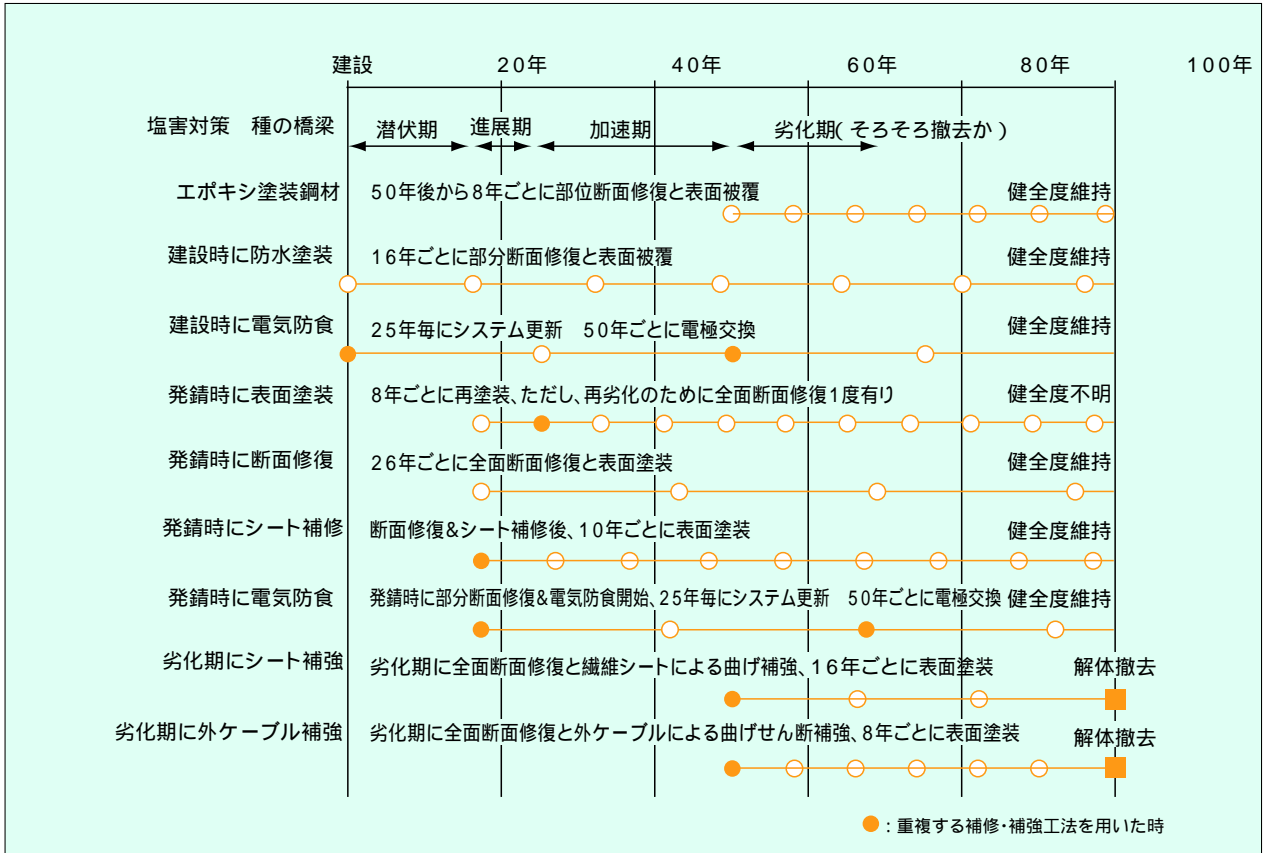
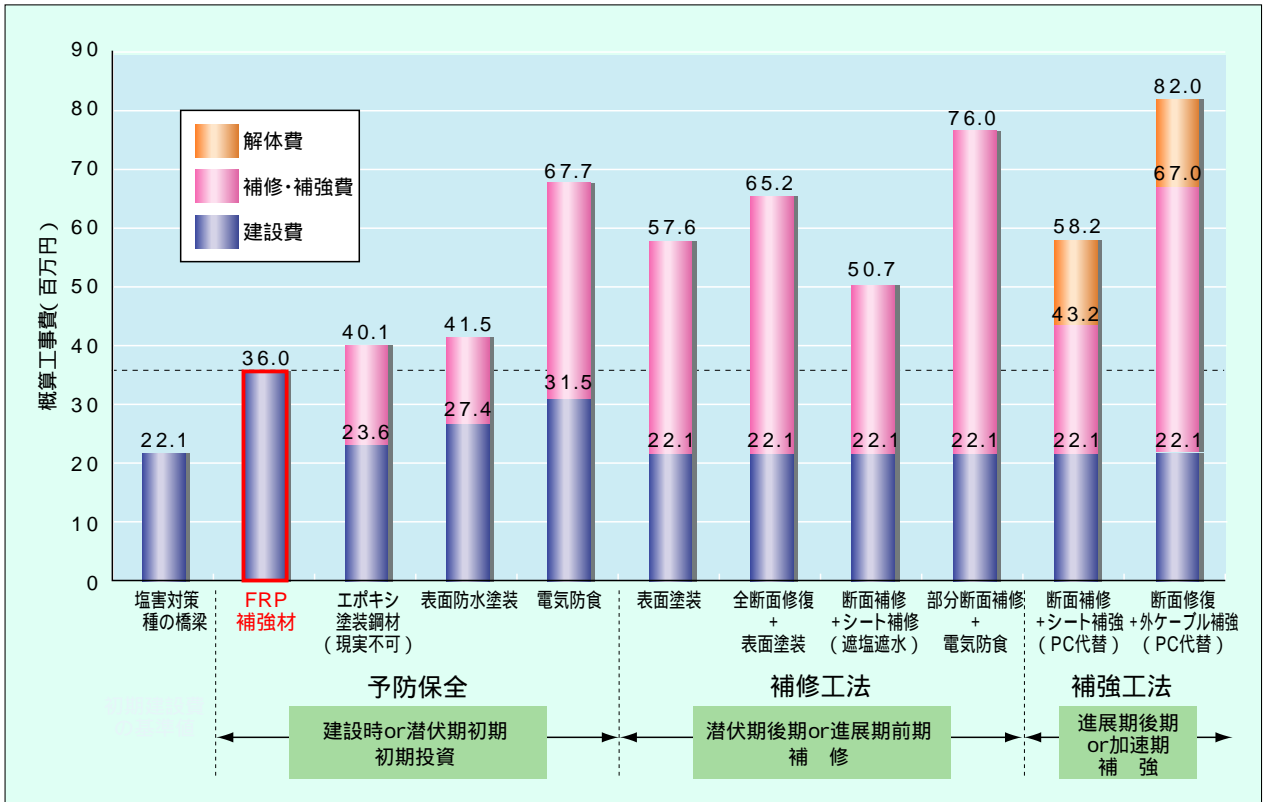


図7 LCC算定結果



4 まとめ

厳しい塩害環境では、予防保全を実施することがLCCを最小にし、そのなかでもCFRM補強材を用いて、錆びない劣化しない構造物を構築することが最善の選択肢の一つと言えます。今後、社会の持続的な発展のためにも、本構造が採用されることを期待します。

なお、本検討はACCのLCC適応検討研究会が実施しました。本冊子がLCC検討の参考資料になることを願います。検討内容の詳細については、「LCC適用検討研究会報告書:2002/06」を参照してください。

■弁天橋



いわき市の波立海岸にある弁天橋は、上部構造（RC中空床版橋）および下部構造のすべての補強材にCFRMが使用されました。

■コンクリート構造物の補強材に用いられている各種のCFRM材

