

# 塩害環境に30年暴露した鉄筋 コンクリート造構造物等の耐久性調査

## ～長寿命化のための技術の検証～

(問い合わせ)

材料研究グループ

主任研究員 松沢 晃一

グループ長 鹿毛 忠継

Tel 029-864-6621

E-mail [matsu@kenken.go.jp](mailto:matsu@kenken.go.jp)



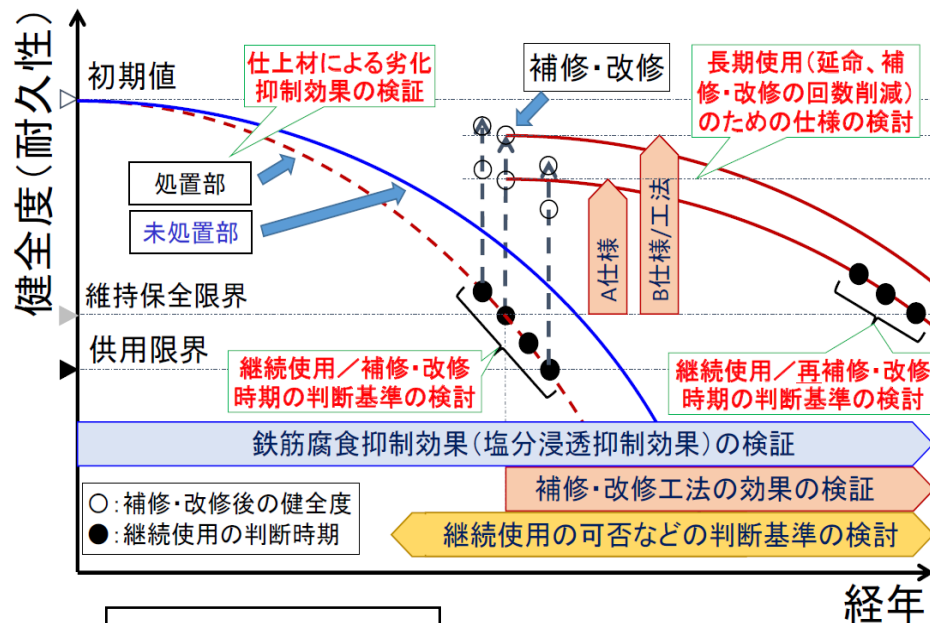
## 研究の技術的背景および特色

- RC造の鉄筋腐食の補修は、「改修標仕（外壁改修）」の適用範囲ではなく、「建築改修工事監理指針」で取り扱われており、標準的な仕様は示されていない。
- 品確法におけるRC造建築物の劣化対策は、中性化と凍害を標準としており、塩害対策の必要性は述べているが、具体的な規定（評価方法基準）はない。
- UR賃貸住宅は、さらなる延命化(50年以上)のための高耐久性仕上材等（表面被覆材や断面修復材）の選定基準を検討。
- 近年、公営住宅をなどの自治体等所管のRC建築物の延命化や耐久性予測（寿命予測）のニーズが特に高い。
- 建築分野では、30年間にわたり劣化環境（飛来塩分）と実構造物の耐久性（塩分浸透と鉄筋腐食）や補修などの効果をモニタリングした例は見当たらない。

## アウトプット

- ① 継続使用の可否や補修・改修時期の判断基準
- ② 高耐久な補修・改修技術、③ 長期使用のための仕様

## RC造建築物の健全度の経年変化と本研究の課題



## アウトカム

- 営繕: 建築工事標準仕様書, 改修工事標準仕様書などへの反映
- 建築学会: 耐久設計指針(改定版), 建築保全標準および建築工事標準仕様書(JASS 5)などへの反映
- 論文/建築研究報告・資料の作成

別途記者発表を予定

# コンクリートの耐久性総プロ (S60-63)における成果

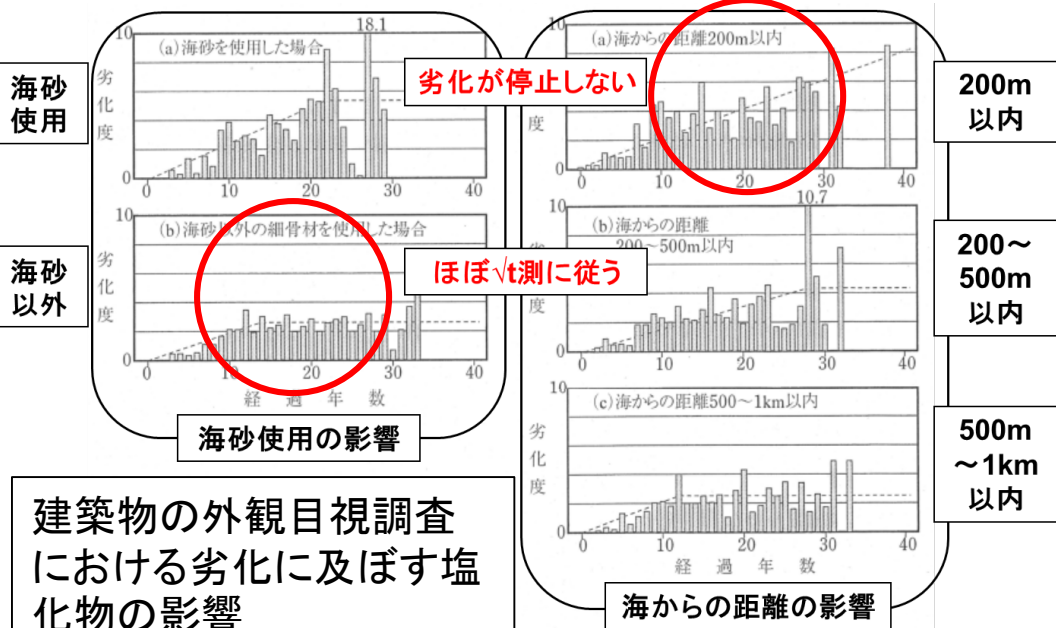
## ① 塩害による早期劣化

→ (検討内容と成果)

全国劣化実態調査, 塩害劣化メカニズム  
(内在塩化物, 外来塩化物), 塩害物総量  
規制基準

## ② アルカリ骨材反応による異常ひび割れ

## ③ 施工管理の不具合



建築物の外観目視調査  
における劣化に及ぼす塩  
化物の影響

縦軸:劣化度、横軸:経年

# 耐久性評価における暴露試験の位置付け

## 耐久性試験

1) 実験室における促進試験

2) 屋外暴露試験

- ・信頼性の高い試験方法であるが、試験結果を得るまでに長期間必要
- ・暴露地により試験結果が異なるため, 暴露地の劣化環境を特徴づける気象因子等の測定値が無いと, 他の試験結果との比較が困難

## 調査の特色

実大および縮小スケールの  
構造性能実験などに該当

この暴露試験における劣化  
環境は、○印(左図)に該当

## 調査内容

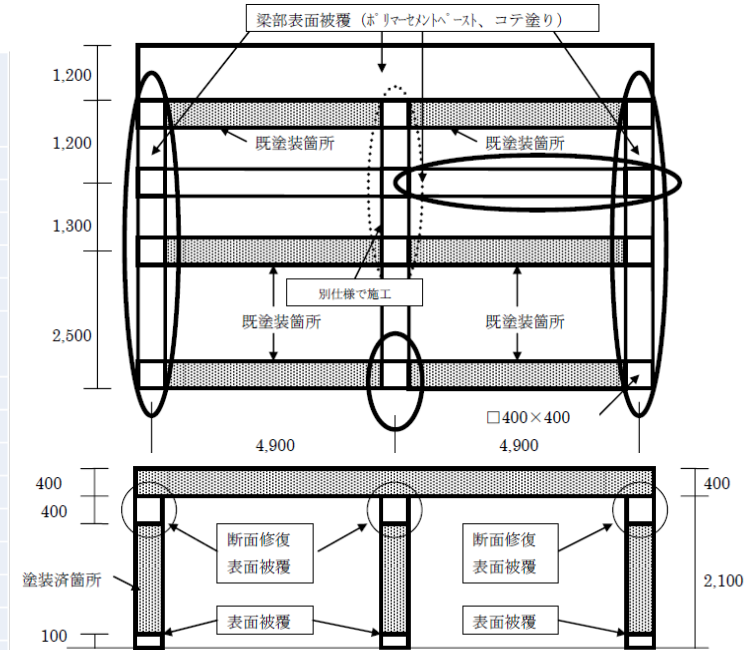
- ・ 飛来塩分量
- ・ 仕上げの塩分浸透抑制効果
- ・ 劣化部の補修処置と効果



# 塩害環境に30年暴露した鉄筋コンクリート造構造物等の概要

## 表面被覆工法(処置部の仕上げ)

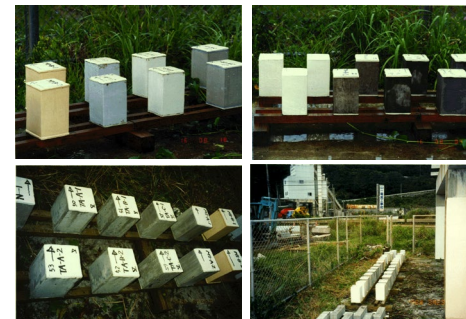
共同研究者	表面被覆材の組合せ	施工場所 (柱、はりの番号)
T1社	水性シリコン系浸透性吸水防止材	6
	高弾性ポリマーセメント系表面被覆材	7
	高耐候性フッ素樹脂塗料	1
M社	特殊ポリマーセメントモルタル	8
	特殊ポリマーセメントモルタル+フッ素樹脂塗料	2、5
O社	腐食抑制剤+特殊ポリマーセメントモルタル +ケイ酸質系複層仕上げ塗材	3、4
	ポリマーセメントモルタル+ケイ酸質系複層仕上げ塗材	9
S社	ポリマーセメントモルタル+フッ素樹脂塗料	4、3
	ポリマーセメントモルタル+ポリウレタン系塗料	10、3
T2社	腐食抑制剤+特殊ポリマーセメントモルタル	2
	特殊ポリマーセメントモルタル	5
N社	腐食抑制剤+特殊ポリマーセメントペースト	11
	薄付け仕上げ塗材	1
	複層仕上げ塗材(水系)	6
	複層仕上げ塗材(溶剤系)	12



□未処置部(仕上げなし=打放し)  
■処置部(仕上げあり)

## 調査履歴

- 1993 施工
- 1995 飛来塩分、コア採取+塩化物量分析
- 1998 同上
- 2007 同上+補修(断面修復工法等)の実施
- 2018 追跡調査
- 2022 今回の調査 → R4.12に実施予定



小型試験体も  
同時に暴露

# 2007年の調査(14年後)



- ✓ 処置部の劣化は認められない
- ✓ 未処置部の鉄筋が腐食し、コンクリートのはく離・はく落が生じた

## 塩化物イオンの測定結果

柱3 未処置部 = 2007年に断面修復した範囲

wt%	0-10 mm	10-20 mm	20-30 mm	30-40 mm	40-50 mm	50-60 mm	
1995年	0.056	0.046	0.031	0.023	0.014	0.010	可溶性
1998年	0.027	0.057	0.045	0.031	0.024	0.019	可溶性
1998年	0.041	0.096	0.076	0.058	0.044	0.032	全塩分
2007年	0.100	0.094	0.078	0.053	0.040	0.025	全塩分

コンクリートの単位質量を2300kgとすると、かぶり厚さ20-30mmの範囲は、可溶性塩分量で1kg/m<sup>3</sup>以上、全塩分量で1.8kg/m<sup>3</sup>以上と推察。

鉄筋の位置

腐食限界塩化物イオン量: 1.2~2.5kg/m<sup>3</sup>程度

柱3 処置部 = 亜硝酸カルシウムを塗布し、表面被覆したうえで塗装した範囲

wt%	0-10 mm	10-20 mm	20-30 mm	30-40 mm	40-50 mm	50-60 mm	
1995年	-	-	-	-	-	-	
1998年	0.006	0.002	0.002	-	-	-	可溶性
1998年	0.011	0.004	0.004	-	-	-	全塩分
2007年	0.009	0.005	-	-	-	-	全塩分

未処置部

処置部



主筋に沿ったひび割れ



はつり後、鉄筋の腐食を確認



補修後

- ✓ 未処置部(打放し部)では、塩分浸透あり
- ✓ 処置部(仕上げ部)では、塩分浸透なし(少ない)

## 対策

- ① 鉄筋腐食によるコンクリートのはく離・はく落は、鉄筋防錆処理と断面修復による補修工法を実施
- ② ひび割れのみは、表面被覆材の塗布



# その他の長期暴露試験の例(参考) ※2020年度専門記者懇談会資料より

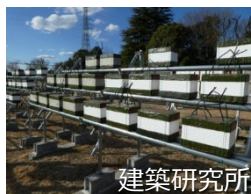
## 各種補修工法適用後の鉄筋腐食に関する検討

補修工法を適用した鉄筋コンクリート供試体の屋外暴露を行っています。現在、**暴露10年**を超えています。鉄筋腐食の兆候は確認されていません。



## 各環境下におけるコンクリート中の鉄筋腐食に関する検討

異なる温湿度環境や塩害環境下に置かれたコンクリート供試体内部の温湿度を測定し、**鉄筋腐食と環境の関係**の検討を行っています。**暴露3年**では目立った鉄筋腐食は確認されていません。劣化が進んだ供試体に関しては補修を行い、その効果の検討も行う予定です。



## 各種仕上塗材による外装改修後の性能に関する検討

様々な仕上材料が施されて**20年以上屋外暴露後**の大型パネルを用いた**外装改修後**の性能に関する検討を行っています。現在、**外装改修後3年**が経過しています。



## 有機系接着剤を用いた外装タイルの長期試験

**外装タイル**後張り工法の耐久性を検証しています。現在、**屋外暴露試験25年**時までの試験を終え、接着強さが暴露開始後1年時と同程度であることを確認しています。



## 各種仕上材料による鉄筋コンクリート造躯体の保護効果に関する検討

**仕上材料**を施したコンクリート試験体の**30年屋外暴露試験**から、コンクリート保護効果に関する検討を行いました。その結果、実環境下では防水性能が高い、厚塗りの仕上材料による躯体保護効果が高いことが明らかになりました。

