

環境作用とLiNO₂化学反応の強連成に基づいた鉄筋コンクリート構造物の補修に関する研究

宮崎大学
工学教育研究部
李 春鶴
2019年10月3日

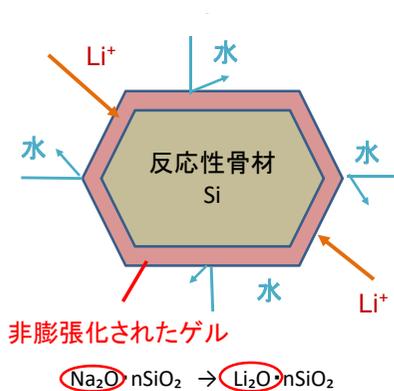
研究背景

現象		対策	
体調不良 	癌患者	手術療法 切除・移植	薬物療法 ... 投薬量 病気種類 人の体調 ...
鉄筋腐食 	鉄筋 取り換え	LiNO ₂ 圧入 	圧入量 塩害: $NO_2^-/Cl^- = 1.0$ ASR: $Li^+/Na^+ = 0.8$
骨材膨張 	コンクリート 取り換え		

亜硝酸リチウムの最適な圧入量に関する検討が乏しい。

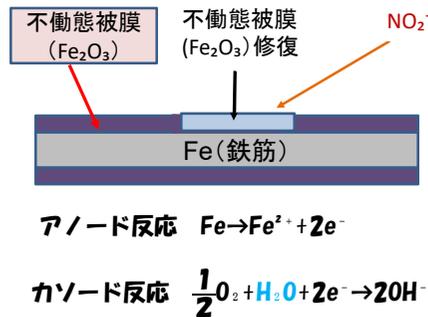
メカニズム

骨材膨張 (ASR) 抑制機構



- 亜硝酸リチウムによるアルカリシリカ反応 (ASR) を抑制
- 亜硝酸リチウムによる鉄筋腐食を抑制

鉄筋腐食抑制機構



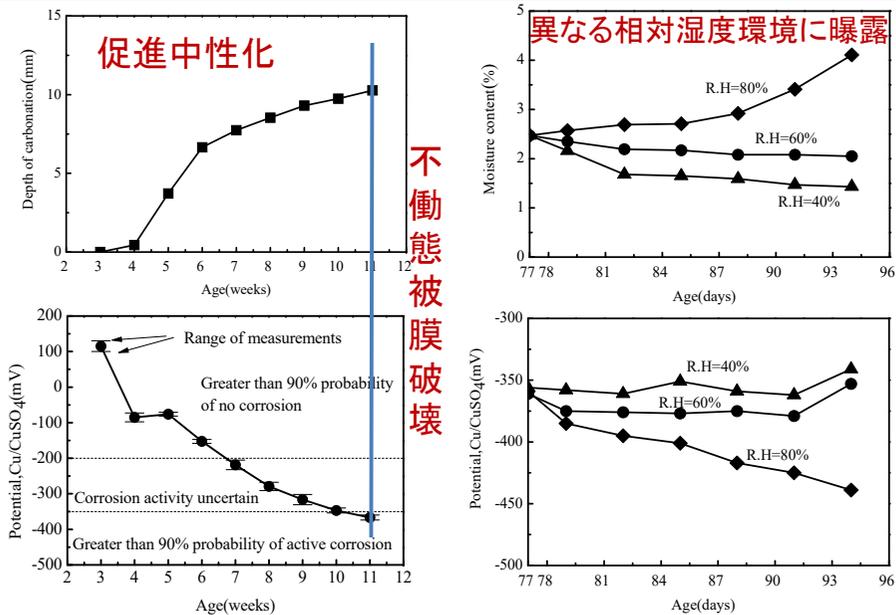
研究背景 (2)



鉄筋コンクリート構造物への影響は？

カバープレートにより覆われている桁内空間は、除湿システムを設けて、相対湿度を50%以下に制御する防食工法

予備検討



研究目的

ASR抑制機構

ASRによる膨張機構

$$Na_2O \cdot nSiO_2 + mH_2O \rightarrow Na_2O \cdot nSiO_2 \cdot mH_2O$$

反応性骨材の非膨張化

$$Na_2O \cdot nSiO_2 \rightarrow Li_2O \cdot nSiO_2$$

鉄筋腐食抑制機構

鉄筋腐食反応

$$Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$$

$$0.5O_2 + H_2O + 2e^- \rightarrow 2OH^-$$

不動態被膜の修復

$$2Fe^{2+} + 2OH^- + 2NO_2^- \rightarrow 2NO + Fe_2O_3 + H_2O$$

亜硝酸リチウムと水(漏水, 雨水), 湿度, 気温
→鉄筋腐食およびASRの抑制に影響



水切り

環境作用(相対湿度と温度)と亜硝酸リチウム圧入量が鉄筋腐食およびASRの抑制に及ぼす影響について検討

実験概要 (鉄筋腐食に及ぼす影響)

Step1 (促進劣化)
Step2 (圧入作業)
Step3 (曝露・計測)

小型環境試験機
デシケータ
完全非破壊型鉄筋腐食探知器
腐食計測

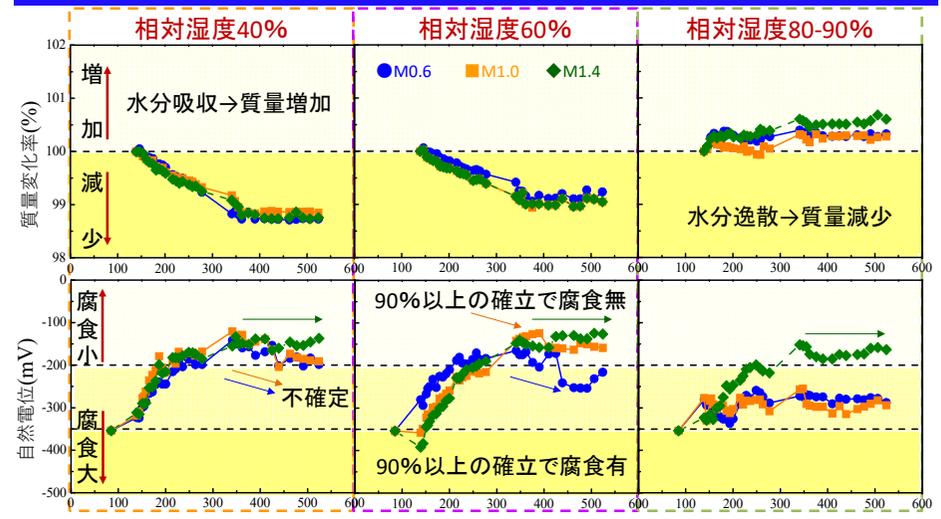
曝露環境	圧入量
T20	M0.6, M1.0, M1.4
RH40	M0.6, M1.0, M1.4
RH60	M0.6, M1.0, M1.4
RH90	M0.6, M1.0, M1.4
T10	M0.6, M1.0, M1.4
T20	M0.6, M1.0, M1.4
T30	M0.6, M1.0, M1.4

自然電位 (mV) vs 材齢 (日)

90%以上の確率で腐食無
90%以上の確率で腐食有
不確定

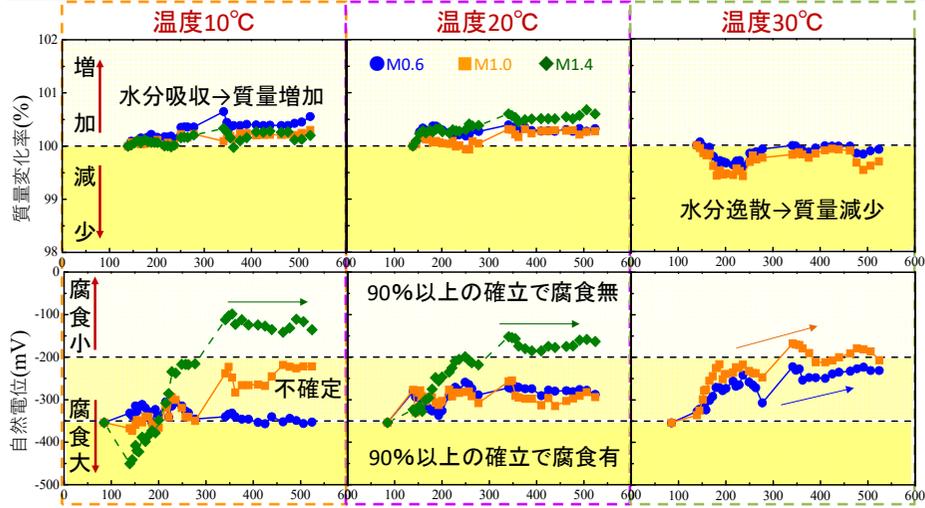
圧入量: $NO_2^-/Cl^- = M = 0.6, 1.0, 1.4$
曝露環境: 相対湿度3水準, 温度3水準
計測項目: 自然電位, 腐食速度, 質量など
計測期間: 半年→1年半

相対湿度の影響 (温度20°C一定)



鉄筋腐食は, 周辺からの水分供給, 亜硝酸リチウム溶液の水分, 亜硝酸リチウム圧入量の影響を受ける。

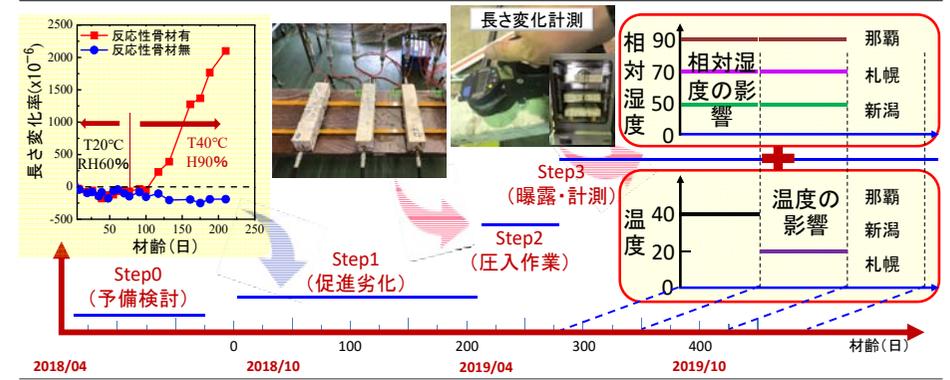
温度の影響 (相対湿度一定)



鉄筋腐食は、周辺からの水分供給、亜硝酸リチウム溶液の水分、亜硝酸リチウム圧入量の影響を受ける。

実験概要 (ASRに及ぼす影響)

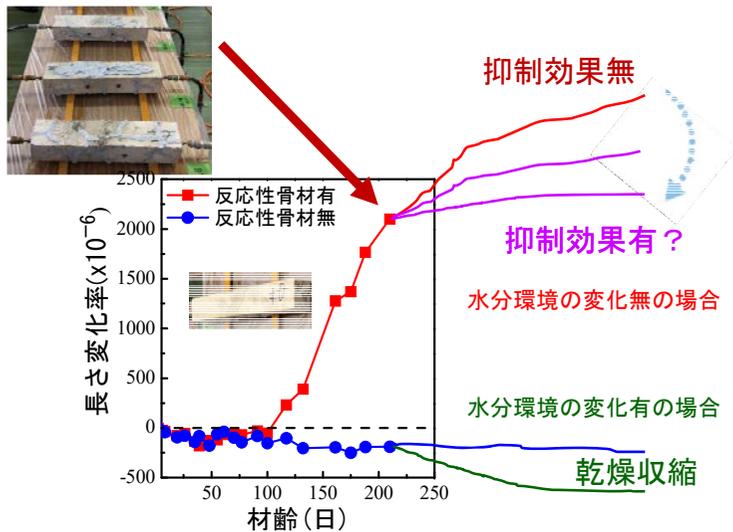
反応性骨材	W/C (%)	単位置量(kg/m ³)						AE減水剤	NaCl
		水	セメント	細骨材		粗骨材			
有	57	168	294	427	465	490	528	0.737	14.04
無	57	168	294	892	0	1018	0	0.737	14.04



圧入量: $Li^+/Na^+ = M = 0, 0.4, 0.8, 1.2$

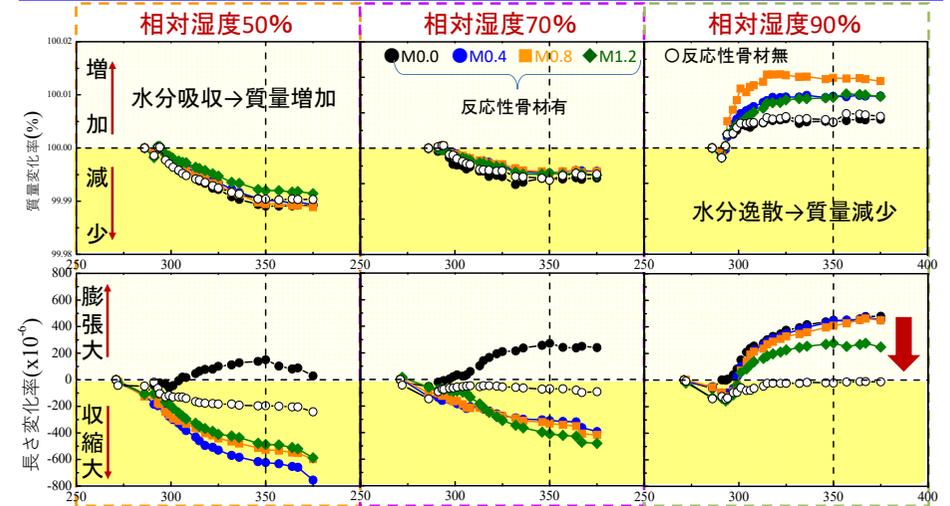
曝露環境: 相対湿度の影響, 温度の影響, 実環境を模擬
計測項目: 長さ変化, 質量など

抑制効果のシナリオ



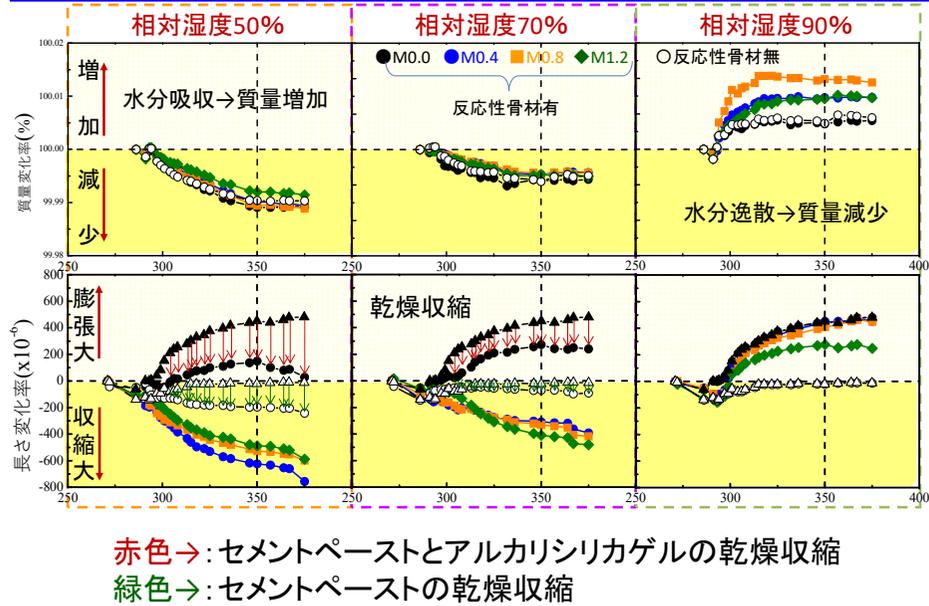
供試体内部の水分逸散による収縮効果をどう評価?

相対湿度の影響 (温度一定)

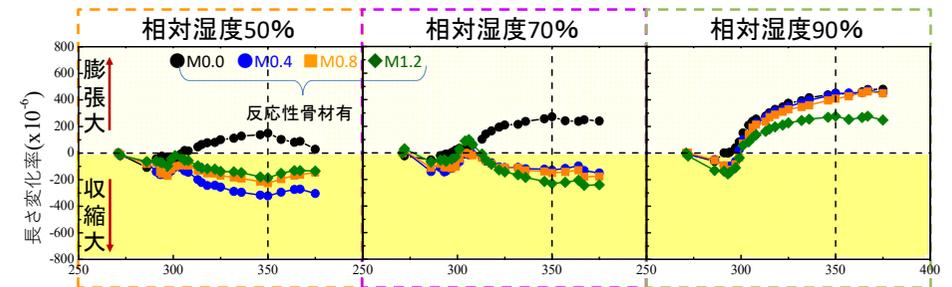


- 異なる相対湿度, 異なる圧入量における長さ変化は異なる。
- 相対湿度90%の環境では, 抑制効果が顕著ではない。
- 相対湿度が小さい環境での長さ変化は乾燥収縮の影響を受ける。

乾燥収縮の影響（温度一定）



ASRにおける相対湿度の影響



- 相対湿度が70%以下の環境においては、いずれの亜硝酸リチウム圧入量において収縮が進む一方、ASRの抑制効果が顕著
- 相対湿度が90%の環境においては、亜硝酸リチウム圧入量が大きい場合、抑制効果があることが確認できる。

まとめ

- 鉄筋腐食およびASRにおいて、亜硝酸リチウムの補修効果は、その圧入量、温度および相対湿度など周辺環境の影響を強く受ける。
- 補修工事においては、周辺環境状況に応じて適切な圧入量を決めるべきである。
- 実際の環境状況に応じた詳細検討が必要である。

お礼

一般財団法人大成学術財団及び財団理事長、理事・監事・評議員皆様、選考委員皆様、事務局の皆様へ深くお礼申し上げます。