

鉄筋コンクリート造建築物の健全性 ～長寿命化と老朽化の課題～

松沢晃一

建築研究所 材料研究グループ

はじめに

鉄筋コンクリート造建築物の**長寿命化**に関する検討

- 仕上材料による中性化抑制対策
- コンクリート内部の湿度環境評価

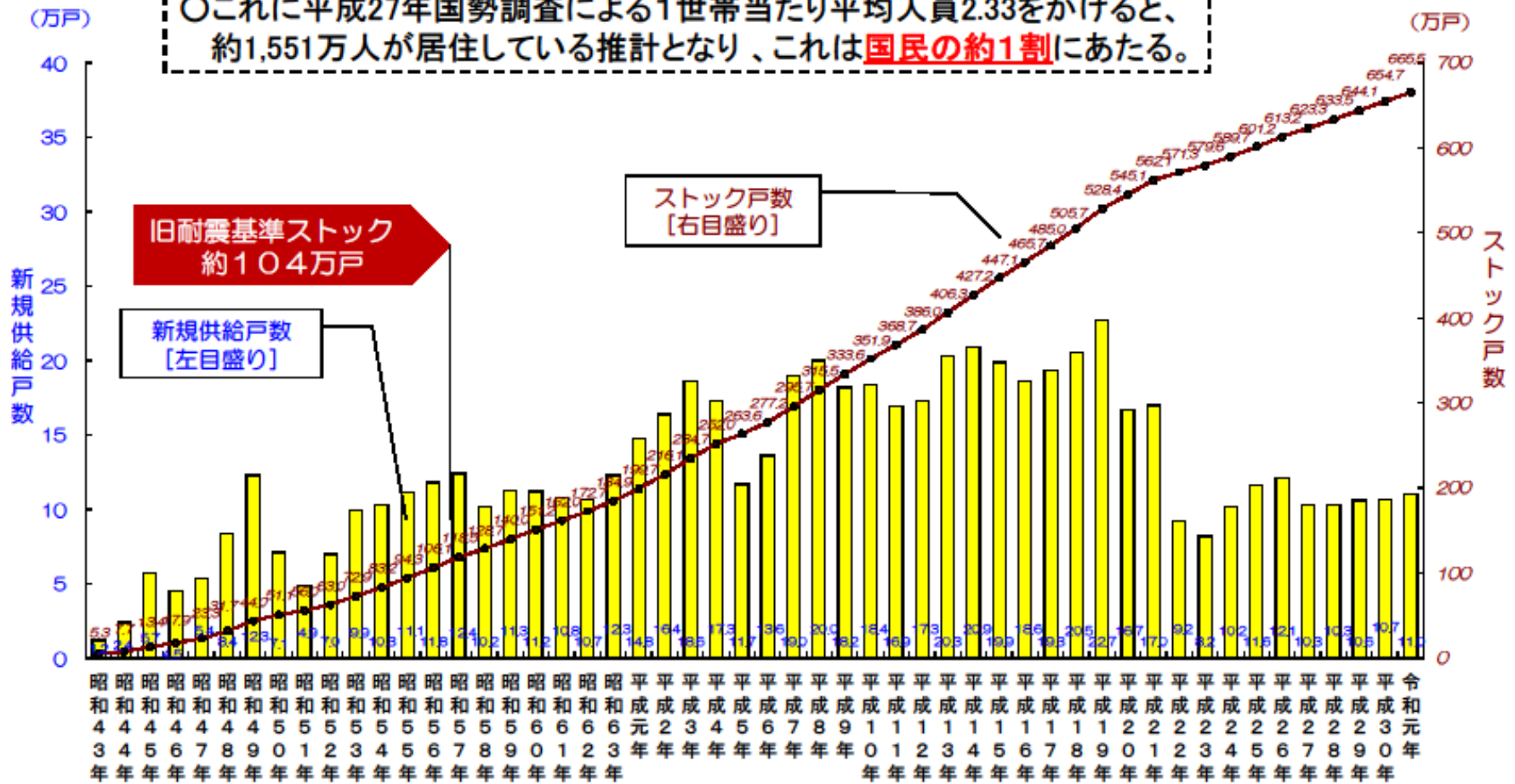
鉄筋コンクリート造建築物の**老朽化**評価に関する検討

- コンクリート表面のひび割れと鉄筋腐食の関係
- 目視による建築物の劣化度評価に関する検討

おわりに

分譲マンションストック戸数

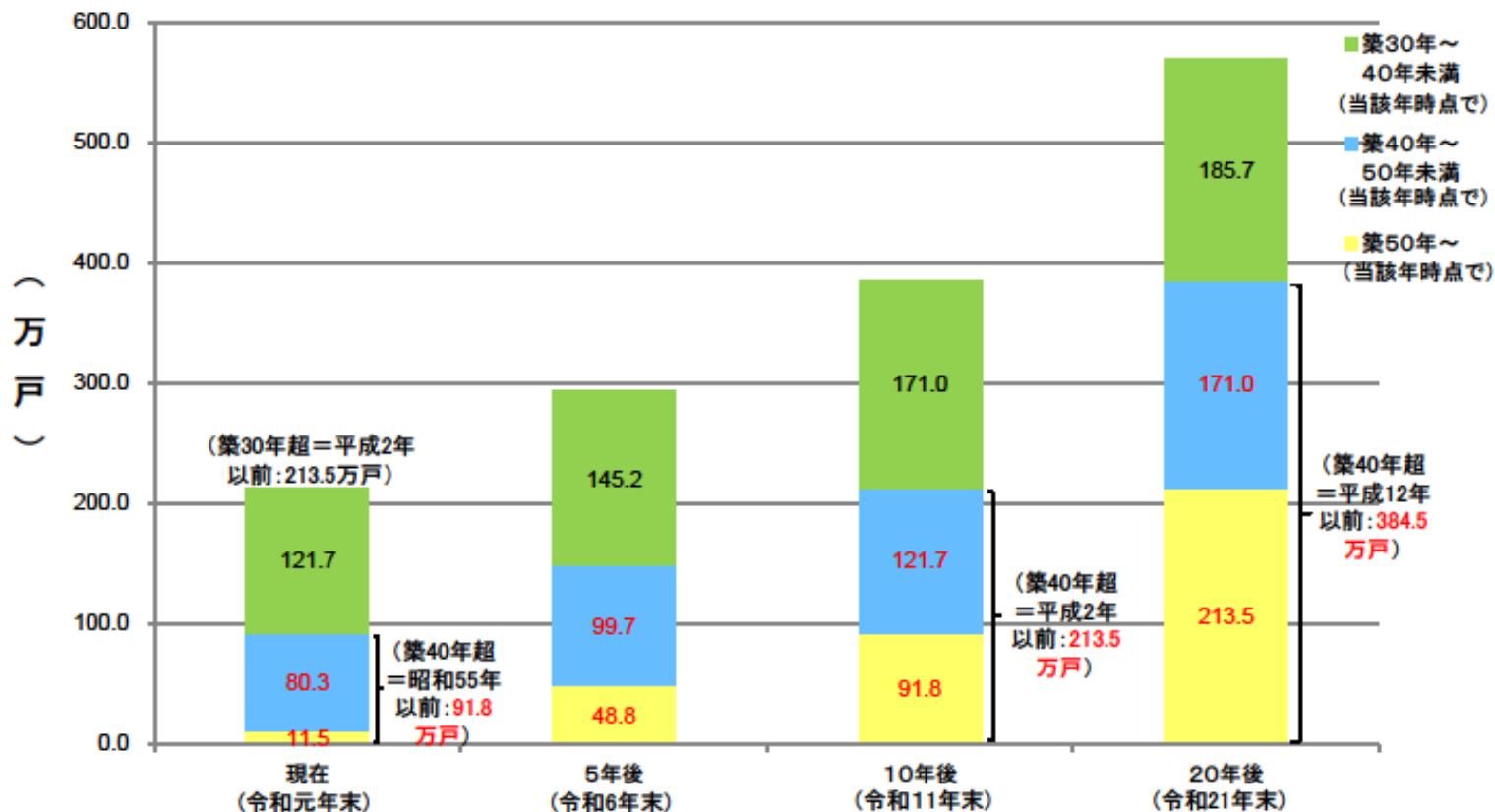
○現在のマンションストック総数は**約665.5万戸**(令和元年末時点)。
 ○これに平成27年国勢調査による1世帯当たり平均人員2.33をかけると、
 約1,551万人が居住している推計となり、これは**国民の約1割**にあたる。



- ※ 1. 新規供給戸数は、建築着工統計等を基に推計した。
- 2. ストック戸数は、新規供給戸数の累積等を基に、各年末時点の戸数を推計した。
- 3. ここでいうマンションとは、中高層(3階建て以上)・分譲・共同建て、鉄筋コンクリート、鉄骨鉄筋コンクリート又は鉄骨造の住宅をいう。
- 4. 昭和43年以前に分譲マンションの戸数は、国土交通省が把握している公団・公社住宅の戸数を基に推計した戸数。

築後30、40、50年超の分譲マンション戸数

- 築40年超のマンションは現在91.8万戸であり、ストック総数に占める割合は約1割。
- 10年後には約2.3倍の213.5万戸、20年後には約4.2倍の384.5万戸となる見込み。



※現在の築50年超の分譲マンションの戸数は、国土交通省が把握している築50年超の公団・公社住宅の戸数を基に推計した戸数。
 ※5年後、10年後、20年後に築30、40、50年超となる分譲マンションの戸数は、建築着工統計等を基に推計した令和元年末時点の分譲マンションストック戸数及び国土交通省が把握している除却戸数を基に推計したもの。

はじめに



外付けフレーム設置



補強壁設置



筋かい設置



炭素繊維シート巻付け

耐震改修事例

(国土交通省HPより)



設置前



設置後

EV設置事例

(改修によるマンションの再生手法に関するマニュアルより)



外壁の剥落等が生じた事例

(国土交通省HPより)

鉄筋コンクリート造建築物の長寿命化に関する検討

仕上材料による中性化抑制対策（建築基準整備促進事業M8による取組み）

【背景】

長期優良住宅制度のあり方に関する検討会

現状

劣化対策

- ・水セメント比が45～50%の場合、等級3に比べて認定基準では最小かぶり厚さを1cm大きくする必要がある。
- ・外壁の屋外に面する部位に施すことで、屋外側の部分に限り最小かぶり厚さを1cm減ずることができる処理について、仕上塗材などを評価する方法が確立されていない
- ・中性化と水分の浸入が同時に発生しない場合、コンクリートの耐久性に問題はないとの見解もある。

対応の方向性

- ・JIS A 6909の改定に向けた動き（建築用仕上塗材仕上げ塗材自体の定量的な中性化抵抗性の評価方法および評価基準の検討）をにらみつつ、定期的に仕上塗材の状態が確認され必要に応じて補修されることを前提とした建築用仕上塗材による中性化抑制効果の評価方法及び評価基準について検討する。
- ・建築学会等の動向を踏まえ、基準の合理化について検討する。

令和2年度建築基準整備促進事業M8

仕上塗材の性能評価に基づくRC造劣化対策の

評価方法基準の合理化に関する検討 （令和2年度）

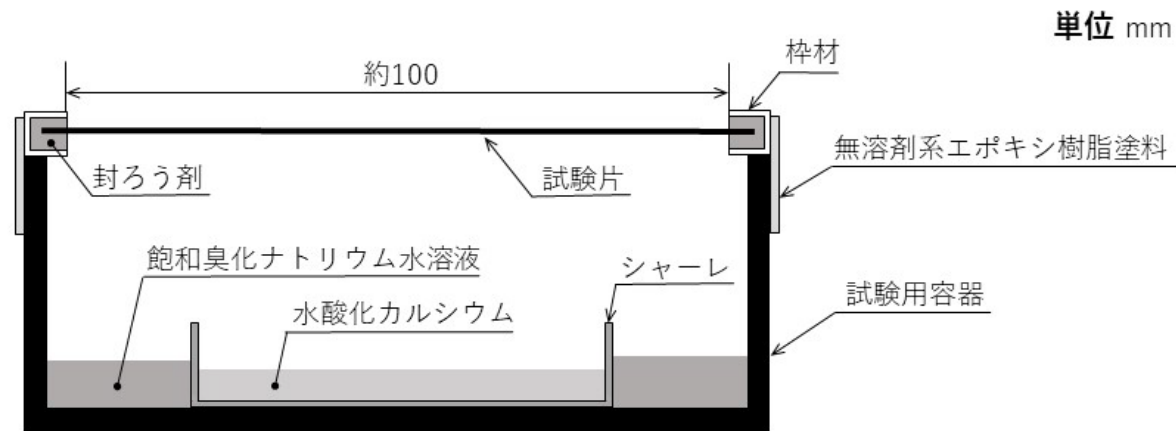
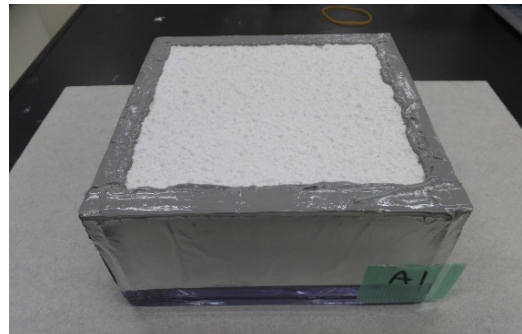
- ・仕上塗材を施したコンクリート供試体を用いた試験および仕上塗材の二酸化炭素透過性に関する試験から、それぞれの結果の関係を整理
- ・既往の知見と得られた結果から基準値を検討

鉄筋コンクリート造建築物の長寿命化に関する検討

仕上材料による中性化抑制対策（建築基準整備促進事業M8による取組み）

試験に用いた仕上塗材

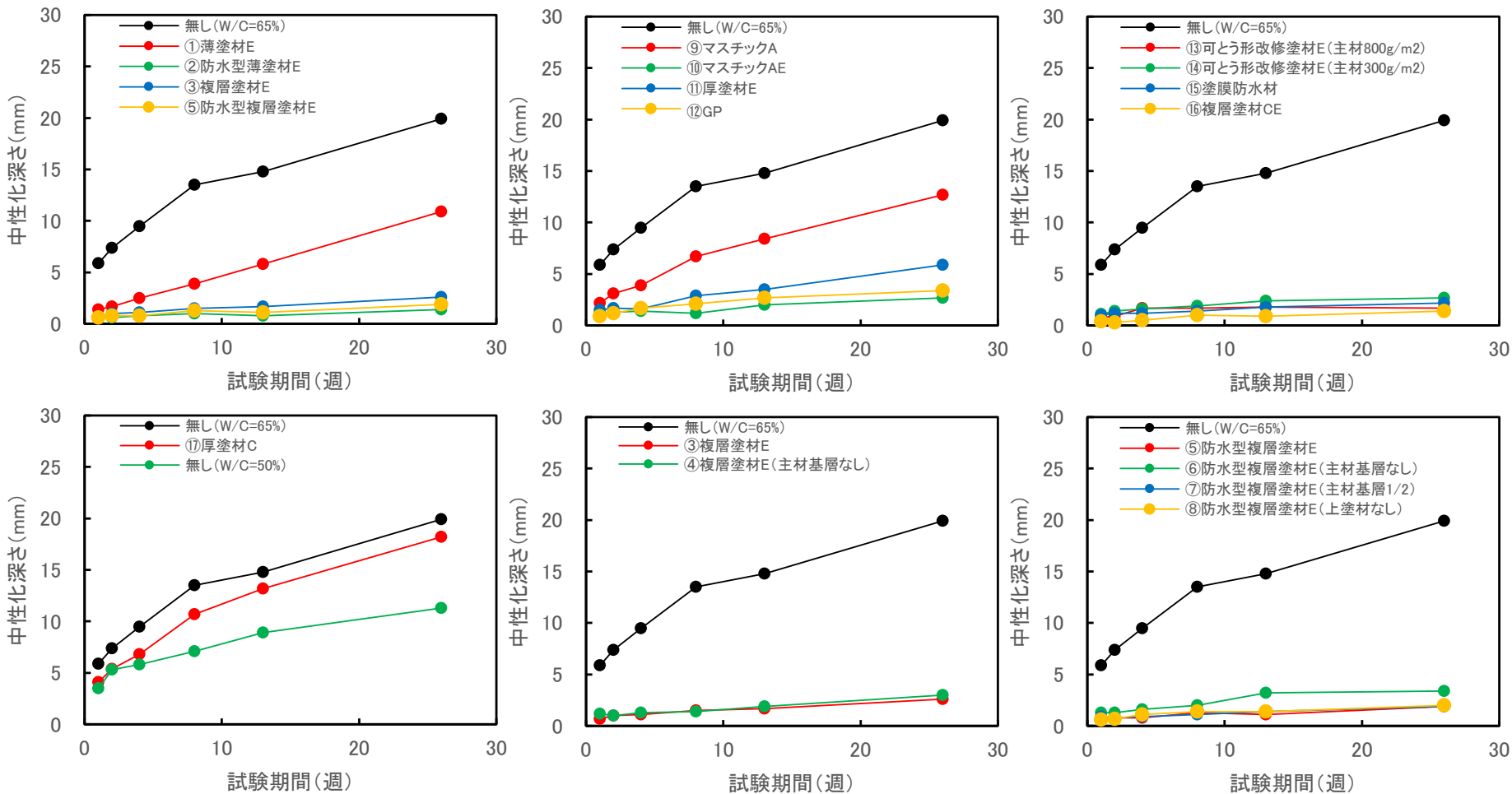
記号	仕上材種類
①	薄塗材E
②	防水形薄塗材E
③	複層塗材E
④	複層塗材E（主材基層なし）
⑤	防水形複層塗材E
⑥	防水形複層塗材E（主材基層なし）
⑦	防水形複層塗材E（主材基層1/2）
⑧	防水形複層塗材E（上塗材なし）
⑨	マスチックA
⑩	マスチックAE
⑪	厚塗材E
⑫	GP
⑬	可とう形改修塗材E（主材800g/m ² ）
⑭	可とう形改修塗材E（主材300g/m ² ）
⑮	塗膜防水材
⑯	複層塗材CE
⑰	厚塗材C



仕上塗材の二酸化炭素透過度試験概要

鉄筋コンクリート造建築物の長寿命化に関する検討

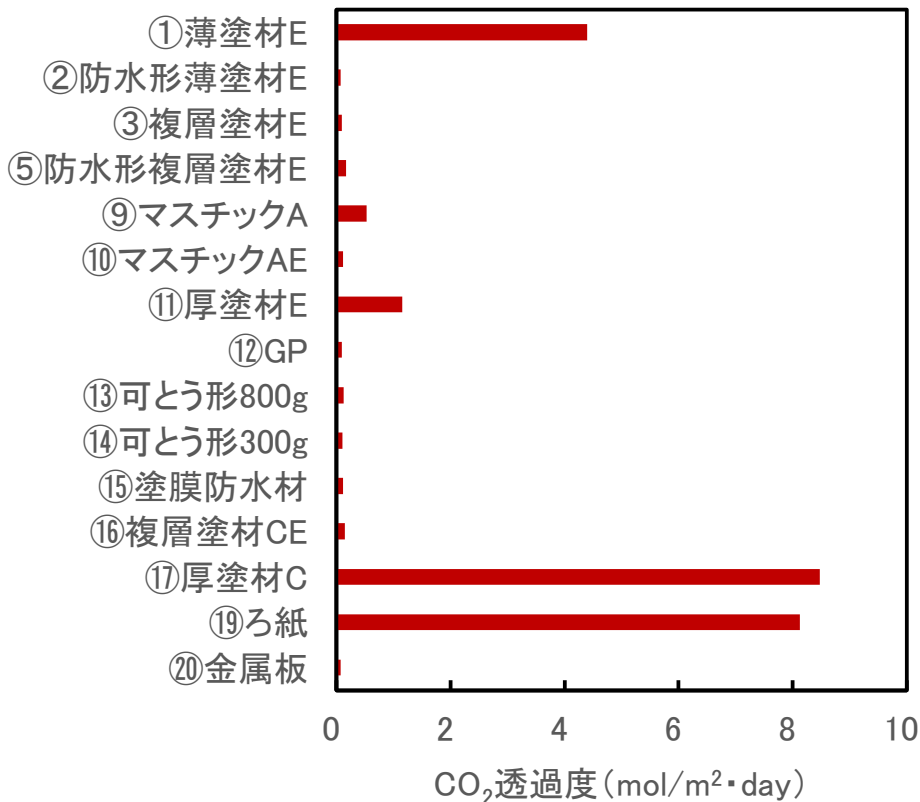
仕上材料による中性化抑制対策（建築基準整備促進事業M8による取組み）



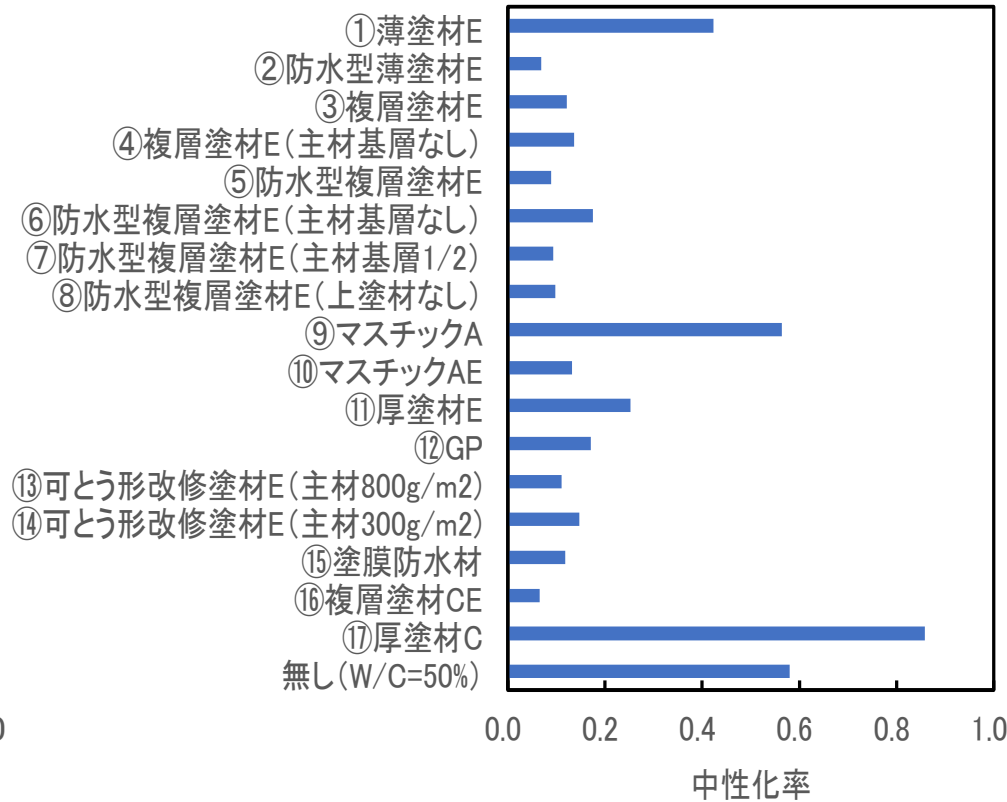
中性化深さ

鉄筋コンクリート造建築物の長寿命化に関する検討

仕上材料による中性化抑制対策（建築基準整備促進事業M8による取組み）



二酸化炭素透過度

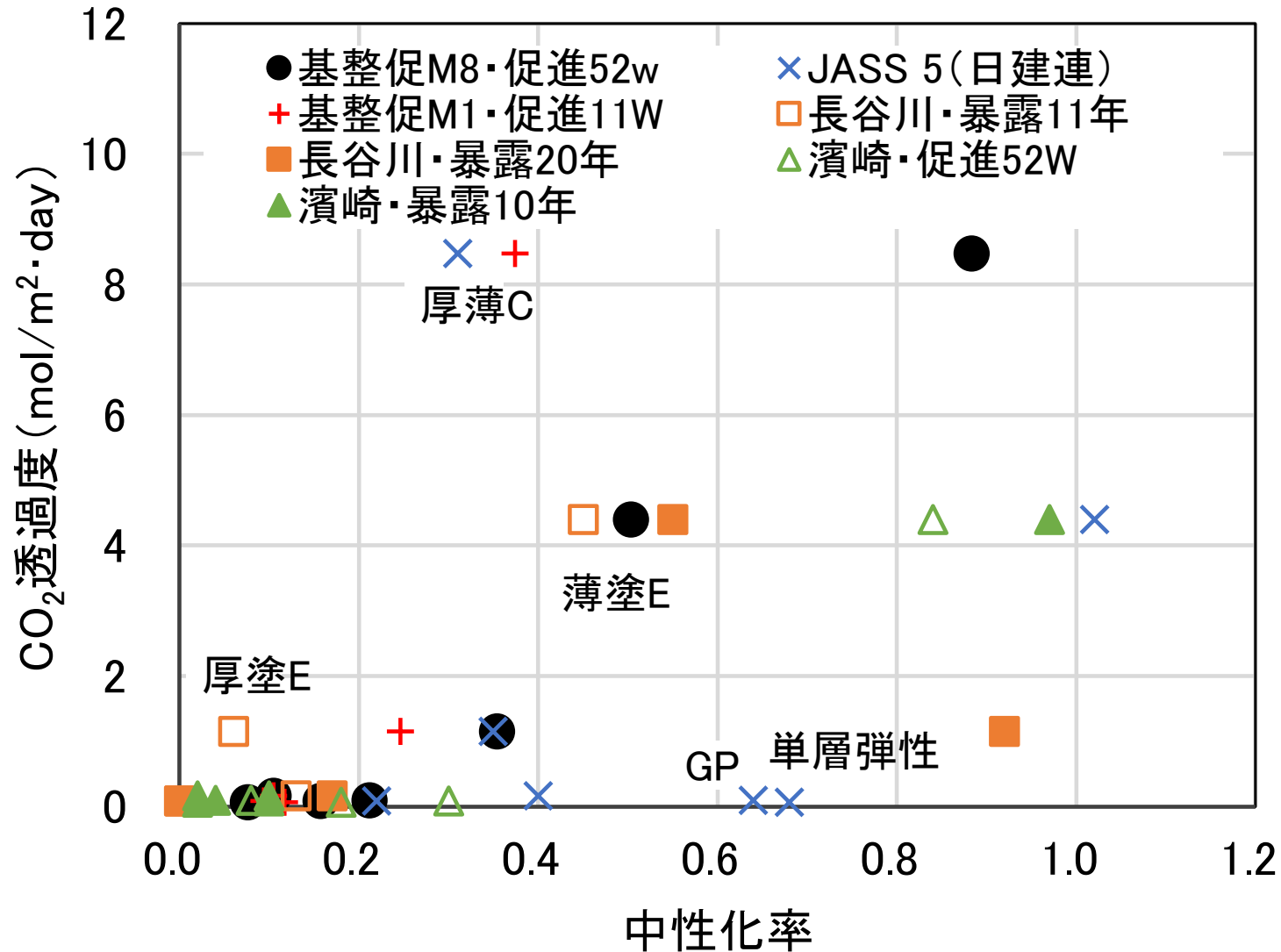


中性化率

(仕上ありの中性化深さ/仕上なしの中性化深さ)

鉄筋コンクリート造建築物の長寿命化に関する検討

仕上材料による中性化抑制対策（建築基準整備促進事業M8による取組み）



二酸化炭素透過度と中性化率の関係

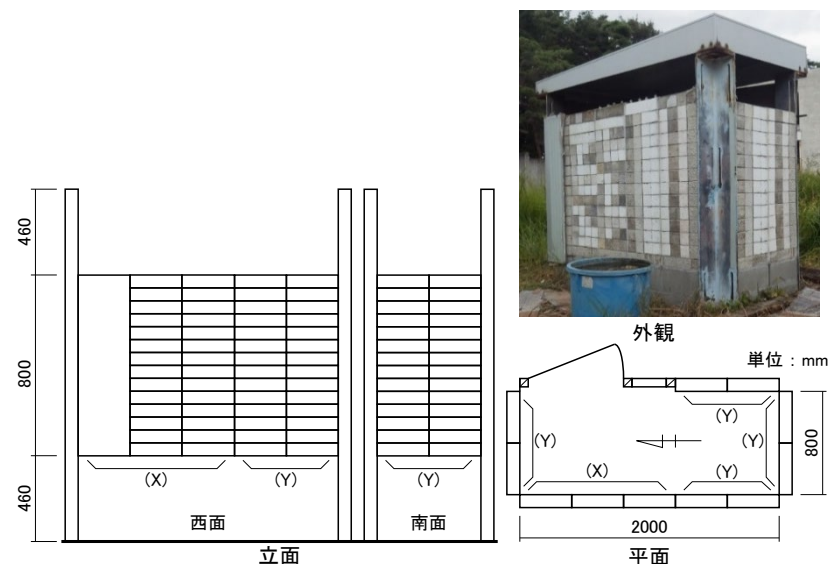
鉄筋コンクリート造建築物の長寿命化に関する検討

仕上材料による中性化抑制対策（長期屋外暴露試験に基づく仕上材料の中性化抑制効果の検討）

- 官民連帯共同研究
「外装材の補修・改修技術の開発」
 （昭和61～63年度）に試験開始
- 11年時に東面、
 20年時に北面、
 30年時に西面および南面
 の試験を実施

試験に用いた仕上材料

記号	仕上材	記号	仕上材
1	複層塗材E	14	シリカ [®] イト
2	複層塗材CE	15	EP
3	複層塗材RE	16	GP
4	防水形E-1	17	RP
5	防水形E-2	18	塗料
6	薄塗材E	19	アクリル樹脂イタル
7	可とう形薄塗材E	20	塩化ビニル樹脂イタル
8	薄塗材C	21	ウレタン樹脂イタル
9	薄塗材Si	22	アクリルシリコンイタル
10	MR-A	23	ふっ素樹脂イタル
11	防水形通気性	24	浸透剤
12	厚塗材E	25	珪 [®] 矽系浸透剤
13	厚塗材C	26	アクリル系浸透剤
			シリコン系浸透剤
			アルカリ回復剤

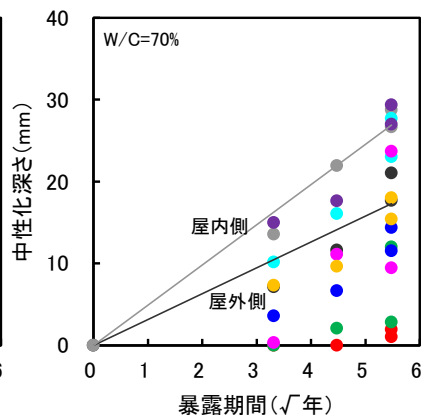
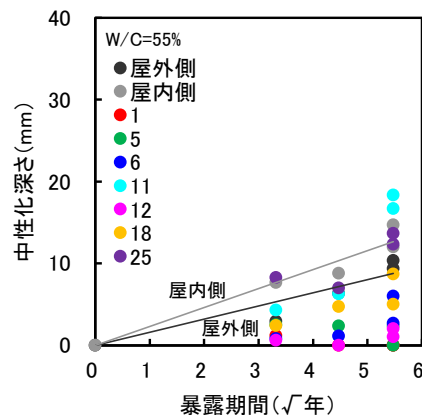
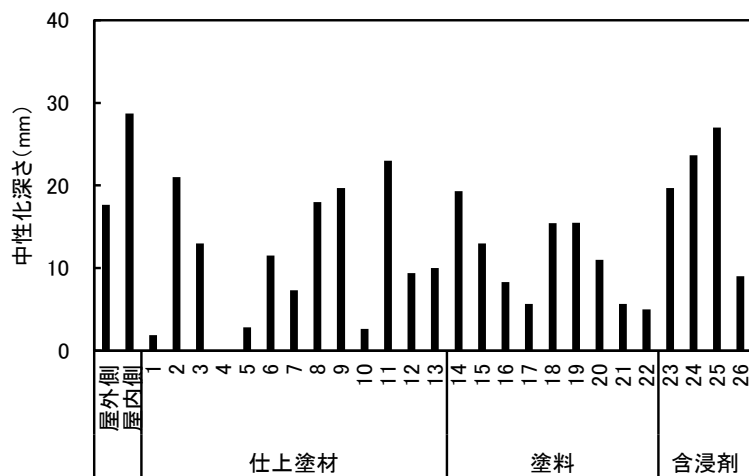


試験概要									
(X)					(Y)				
10	20	3	12	17	11	14	9		
7	21	-	26	6	15	16	22		
2	18	1	19	8	23	24	25		
17	11	14	9	4	5	-	13		
6	15	16	22	10	20	3	12		
8	23	24	25	7	21	-	26		
4	5	-	13	2	18	1	19		
10	20	3	12	17	11	14	9		
6	15	16	22	7	21	-	26		
2	18	1	19	8	23	24	25		

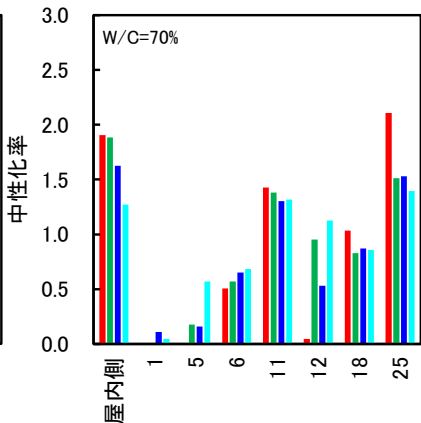
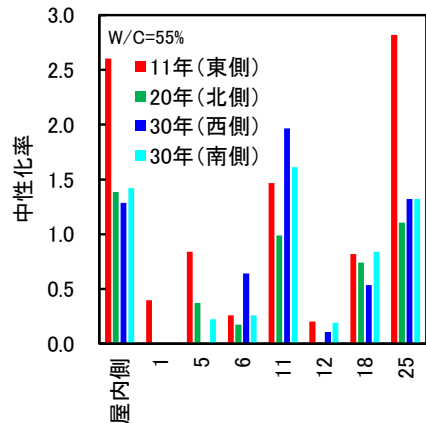
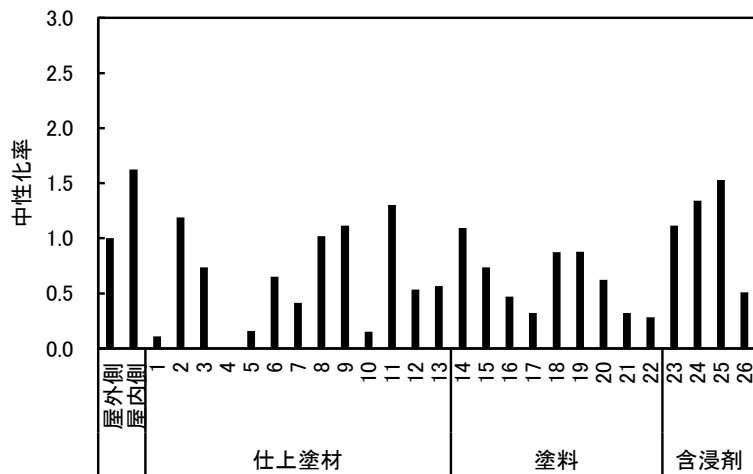
試験概要

鉄筋コンクリート造建築物の長寿命化に関する検討

仕上材料による中性化抑制対策（長期屋外暴露試験に基づく仕上材料の中性化抑制効果の検討）



中性化深さ

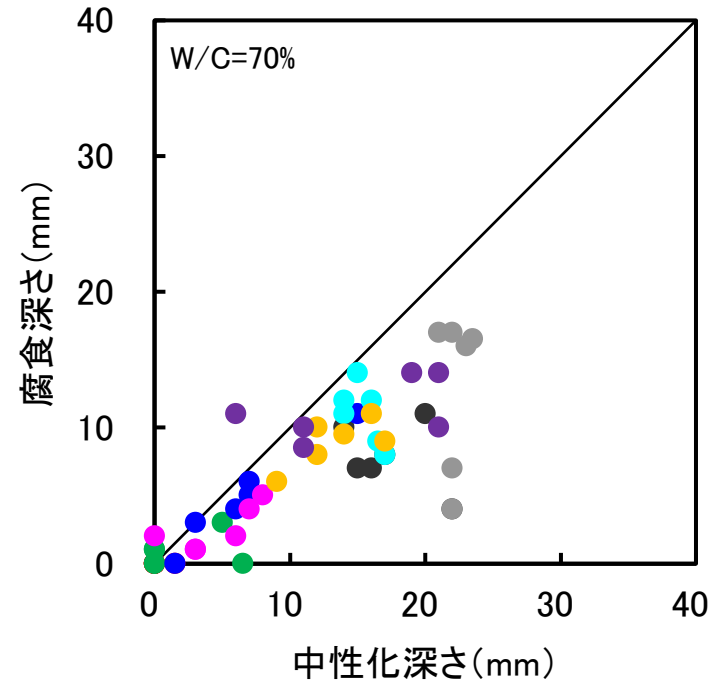
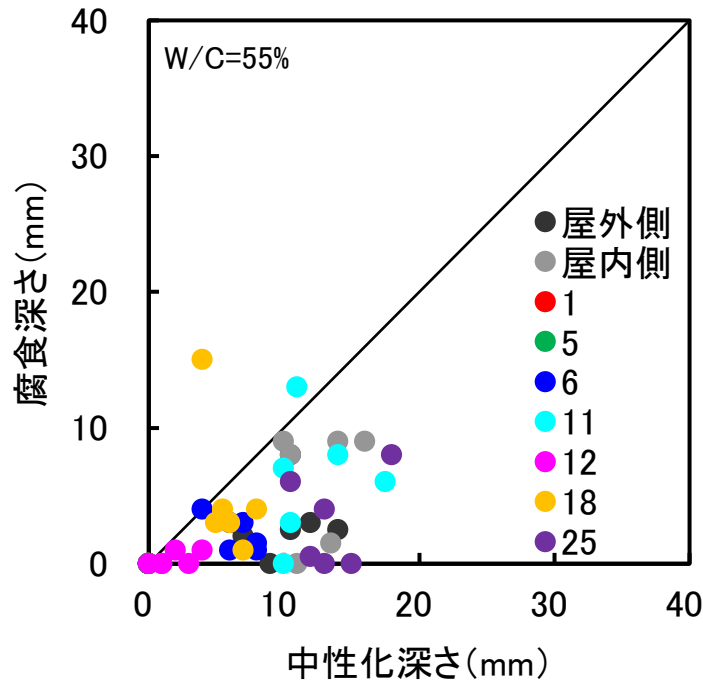


中性化率

(各仕上材施工面の中性化深さ/屋外側仕上なしの中性化深さ)

鉄筋コンクリート造建築物の長寿命化に関する検討

仕上材料による中性化抑制対策（長期屋外暴露試験に基づく仕上材料の中性化抑制効果の検討）

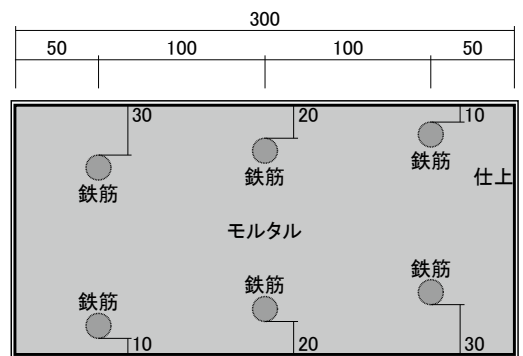


腐食深さと中性化深さの関係

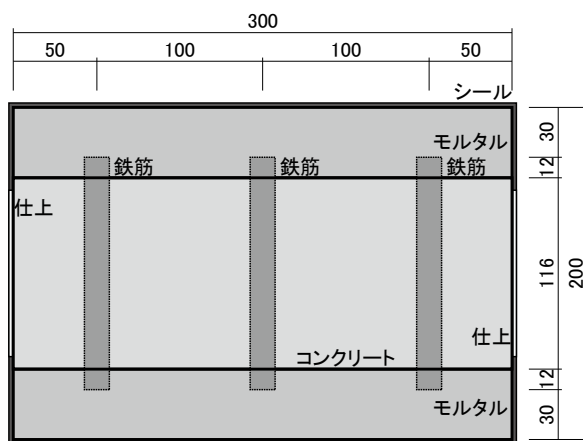
鉄筋コンクリート造建築物の長寿命化に関する検討

コンクリート内部の湿度環境評価（各地での屋外暴露試験による湿度環境の変化）

- 鉄筋が埋設した供試体および温湿度ロガーをコンクリート内部に設置して、仕上材を施した供試体を北海道，茨城県，沖縄県で暴露
- 鉄筋腐食とコンクリート内部の温湿度との関係について検討



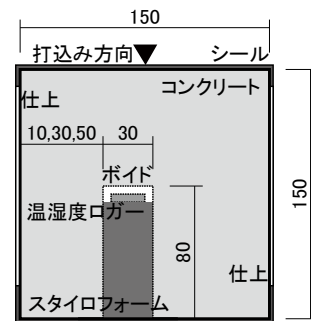
上面（打込み面）



正面



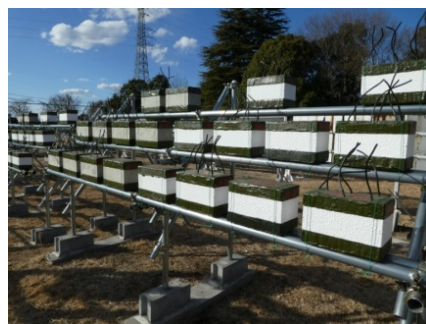
上面（打込み面）



側面



北海道



茨城県（つくば）
雨掛かりあり



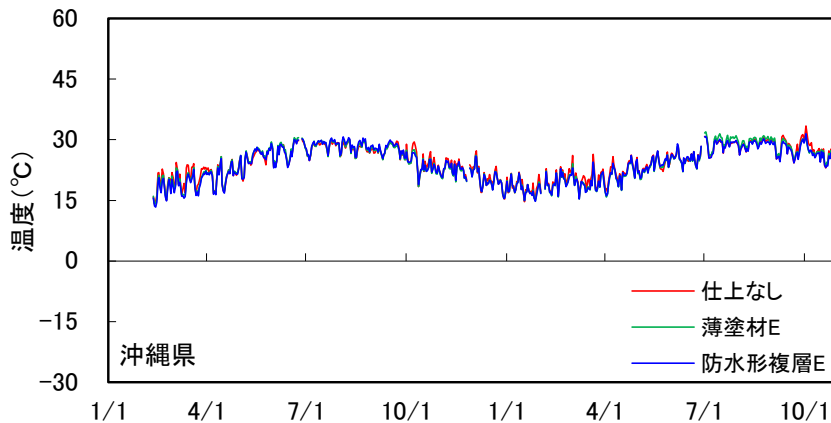
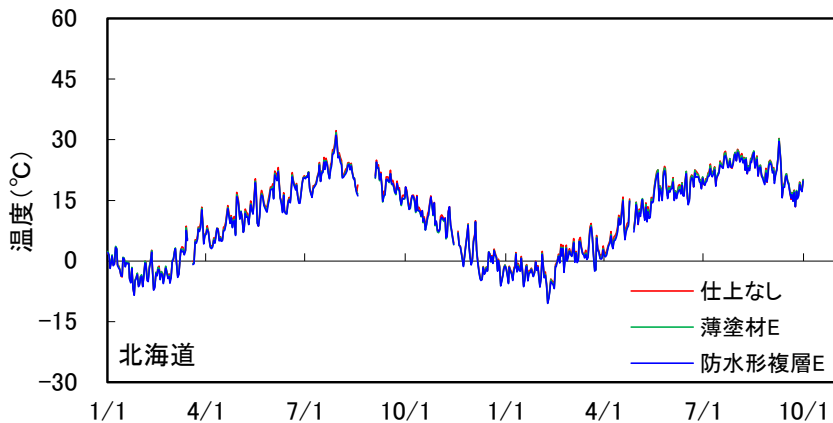
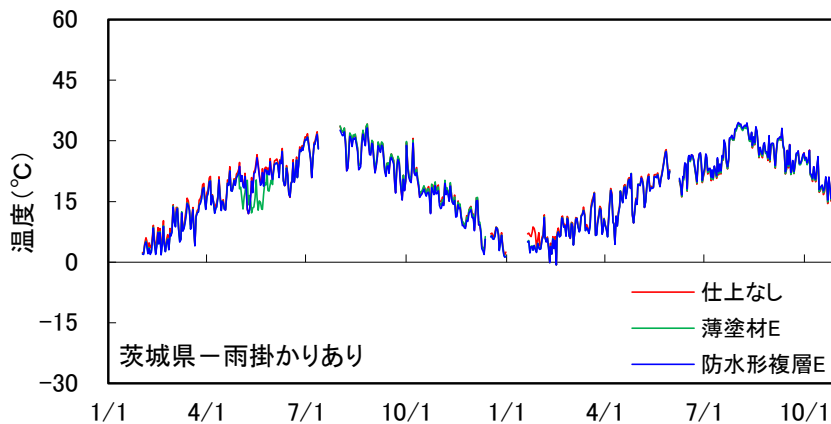
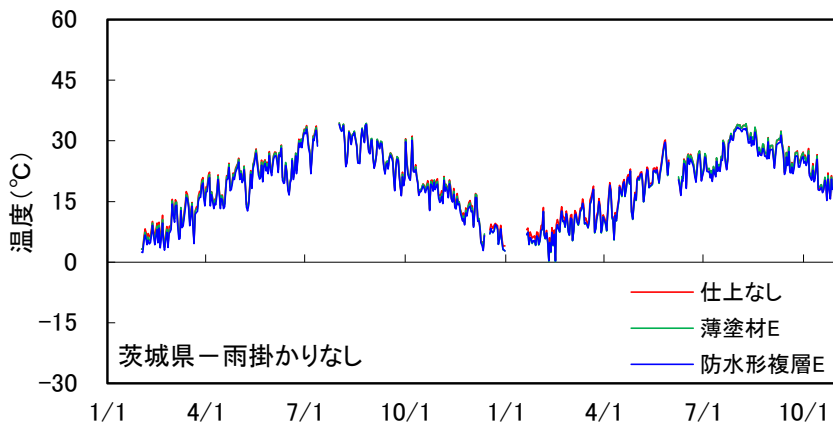
茨城県（つくば）
雨掛かりなし



沖縄県

鉄筋コンクリート造建築物の長寿命化に関する検討

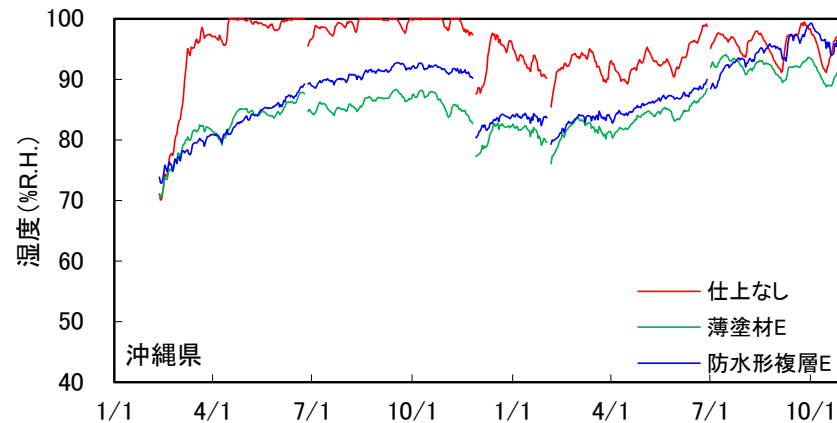
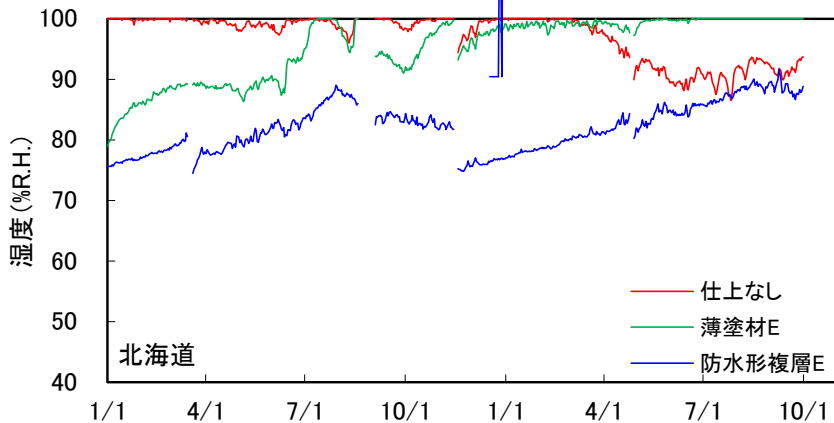
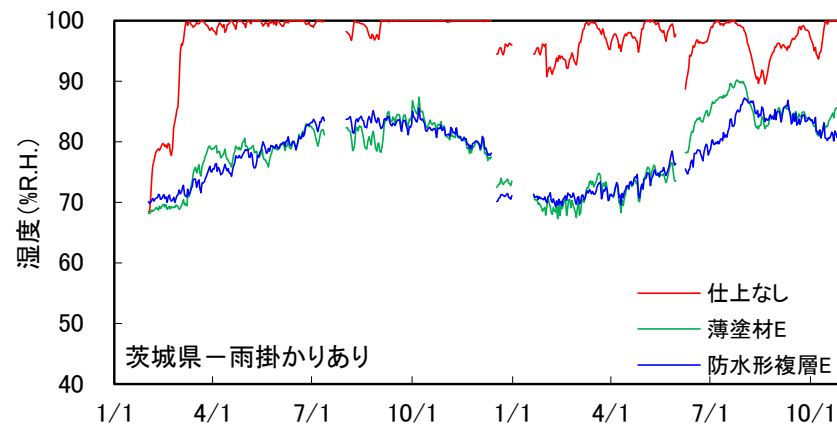
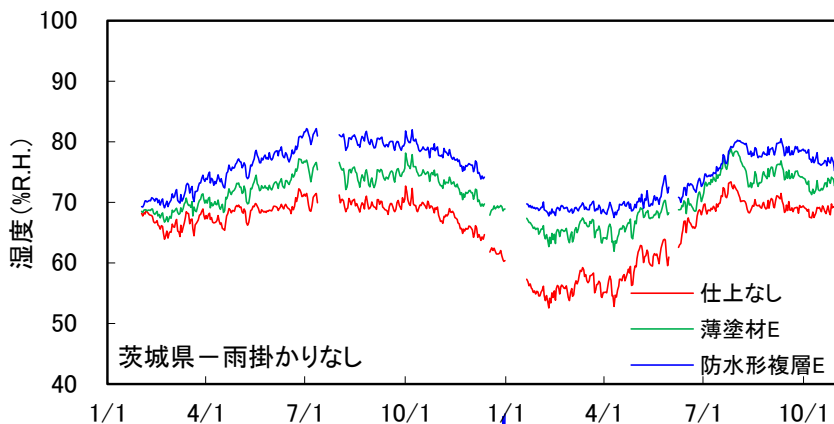
コンクリート内部の湿度環境評価（各地での屋外暴露試験による湿度環境の変化）



深さ30mm位置における温度の日平均変化（2018～2019年）

鉄筋コンクリート造建築物の長寿命化に関する検討

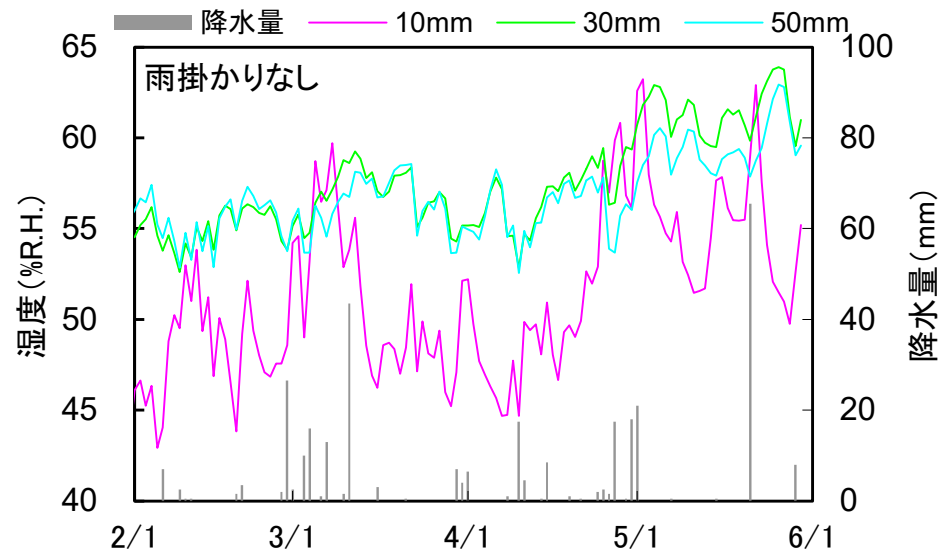
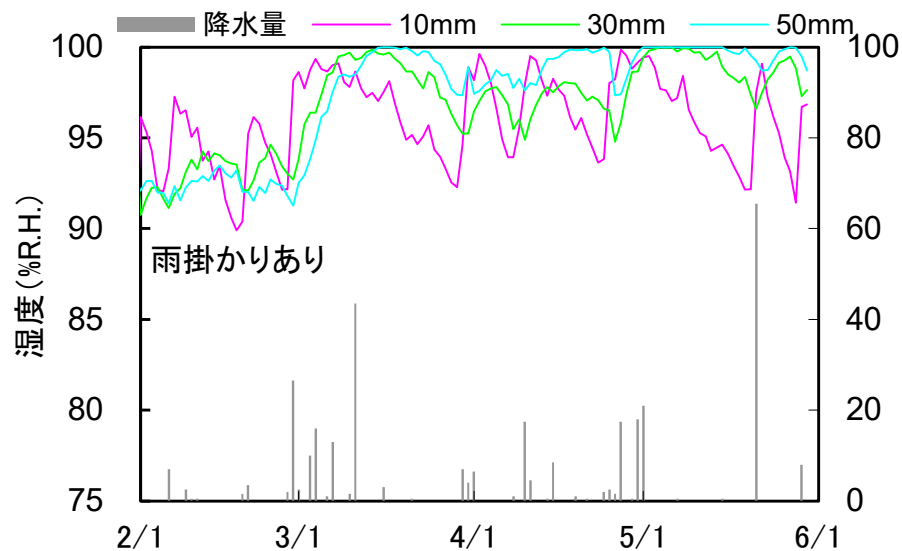
コンクリート内部の湿度環境評価（各地での屋外暴露試験による湿度環境の変化）



深さ30mm位置における湿度の日平均変化（2018～2019年）

鉄筋コンクリート造建築物の長寿命化に関する検討

コンクリート内部の湿度環境評価（各地での屋外暴露試験による湿度環境の変化）

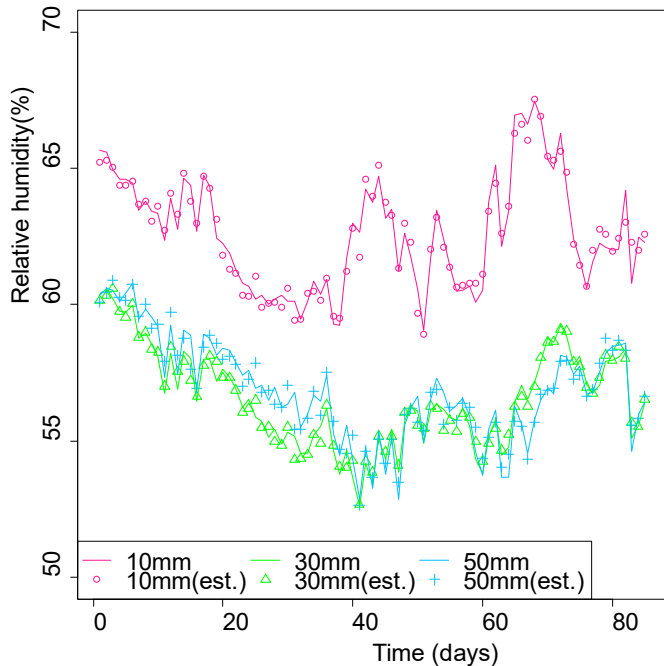
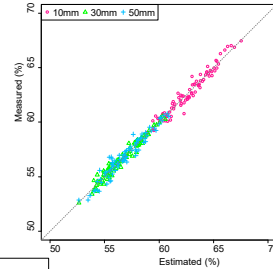


降水とコンクリート内部の温湿度変化の関係

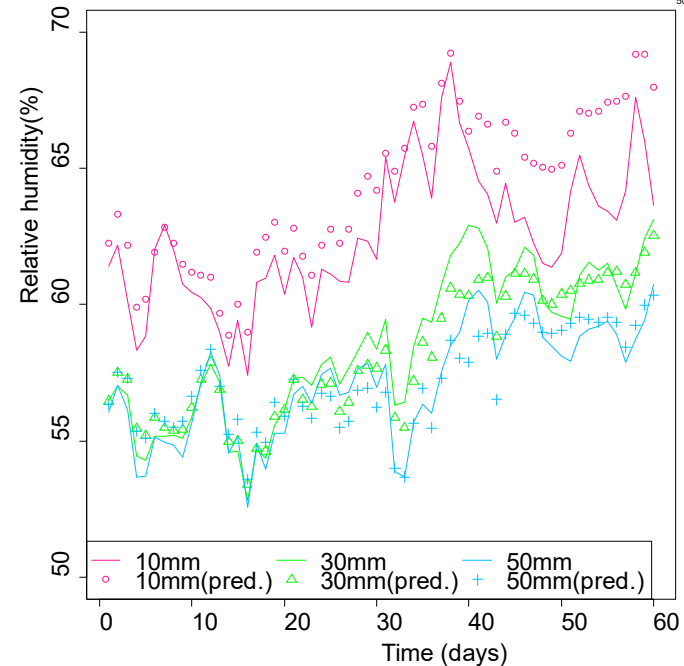
鉄筋コンクリート造建築物の長寿命化に関する検討

コンクリート内部の湿度環境評価（外部環境からコンクリート内部の湿度予測に関する検討）

- 実測したコンクリート内部の温湿度データに関する時系列分析を行い，分析により得られたパラメータおよび気象データからコンクリート内部湿度を予測する手法を検討



予測



90日分の湿度データと
時系列分析により得られた回帰結果の関係

実測値とパラメータおよび気象データ
を用いて予測した60日分の結果の関係

鉄筋コンクリート造建築物の老朽化評価に関する検討

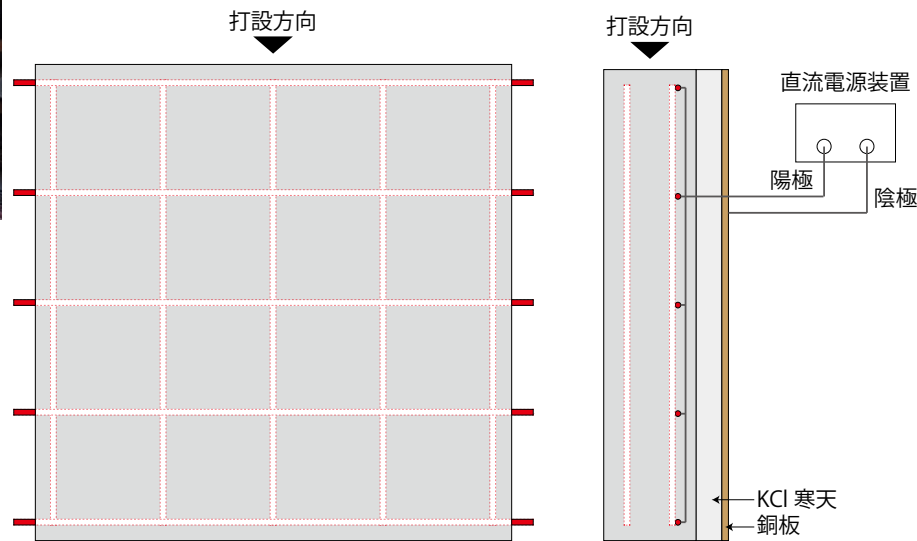
コンクリート表面のひび割れと鉄筋腐食の関係

- 壁試験体（約1m×1m）の電食実験による，コンクリート表面のひび割れと鉄筋腐食の関係に関する検討

試験体一覧



試験体No.	W20_1	W20_2	W20_3	W20_5	W12_3	W12_5
鉄筋間隔 (mm)	200				120	
かぶり厚さ (mm)	10	20	30	50	30	50
部材厚さ (mm)	180			120	180	120
高さ、長さ (mm)	875	895	915	955	857	897
鉄筋量	縦5、横5			縦7、横7		
	複筋			単筋	複筋	単筋
観察面鉄筋長さ (mm)	8750	8950	9150	9550	11998	12558



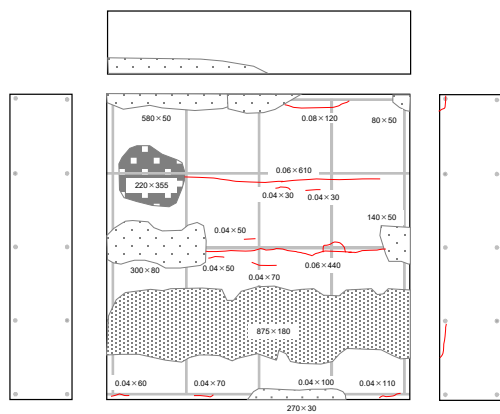
試験概要



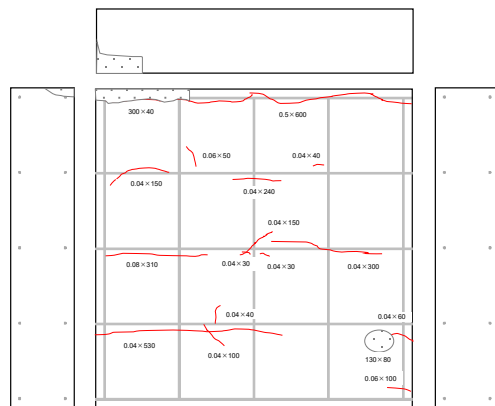
電食後の供試体

鉄筋コンクリート造建築物の老朽化評価に関する検討

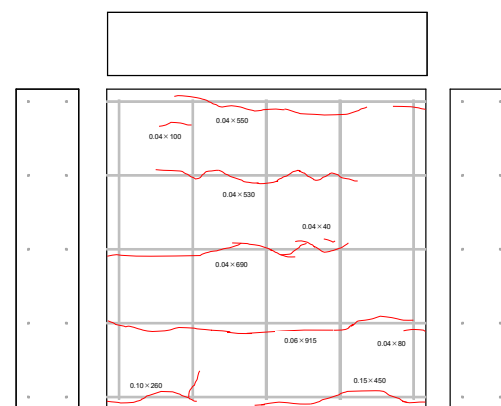
コンクリート表面のひび割れと鉄筋腐食の関係



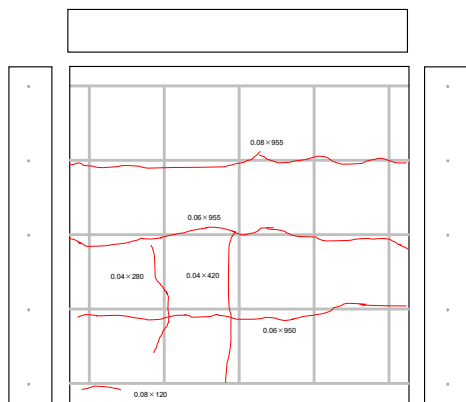
W20_1



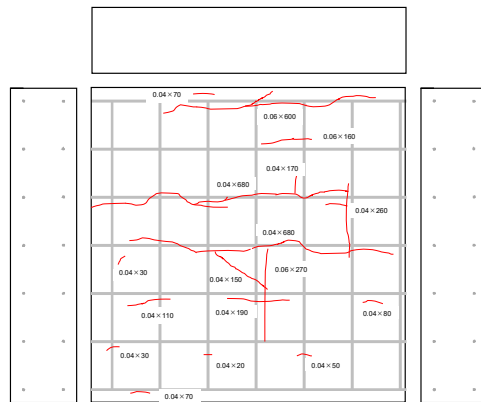
W20_2



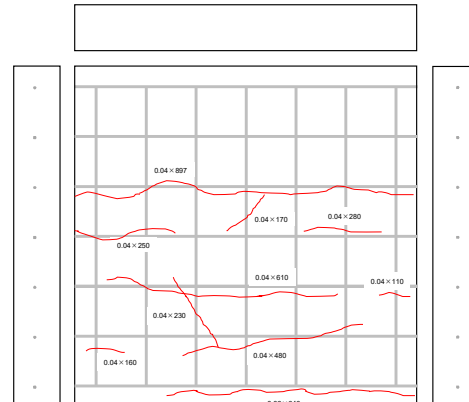
W20_3



W20_5



W12_3

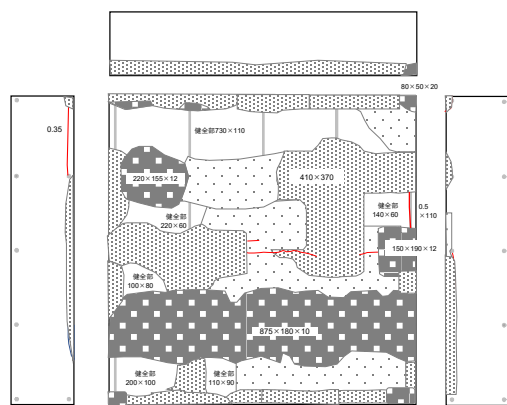


W12_5

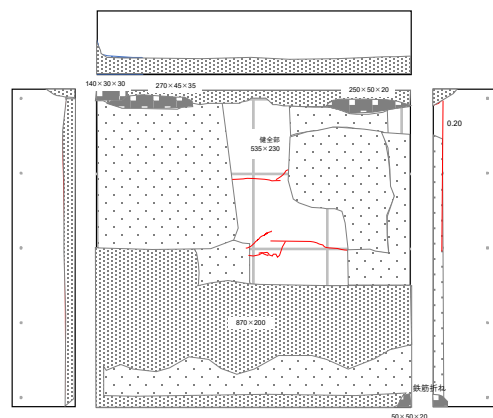
変状の観察結果 (10日)

鉄筋コンクリート造建築物の老朽化評価に関する検討

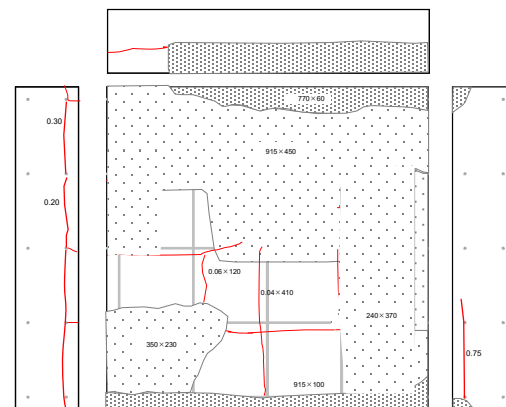
コンクリート表面のひび割れと鉄筋腐食の関係



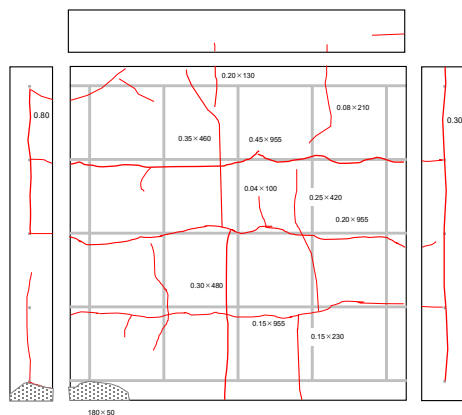
W20_1



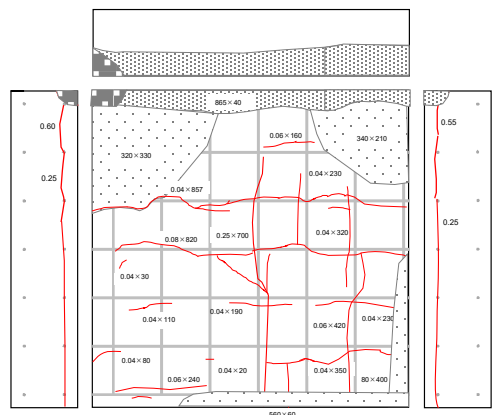
W20_2



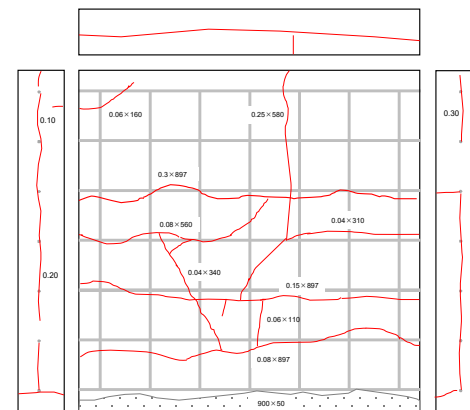
W20_3



W20_5



W12_3

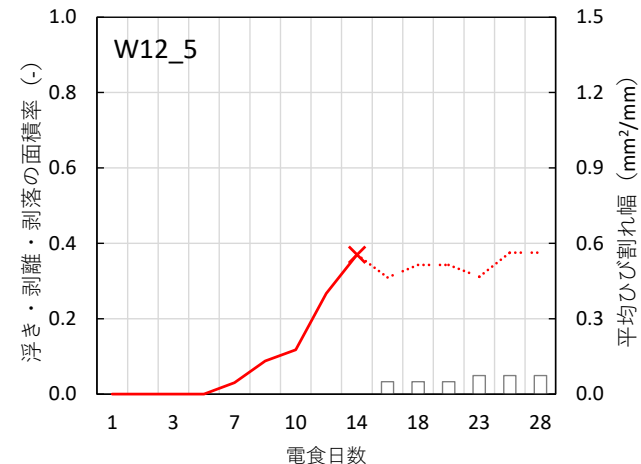
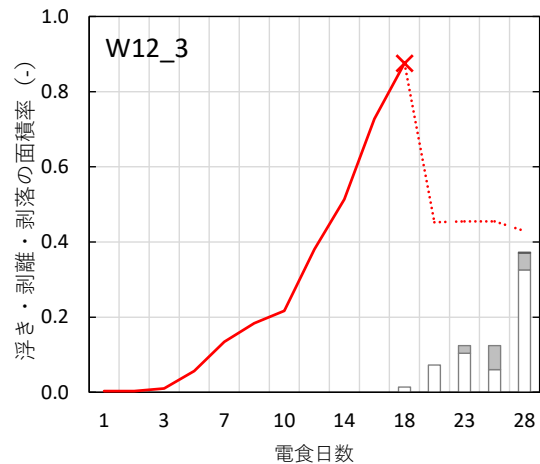
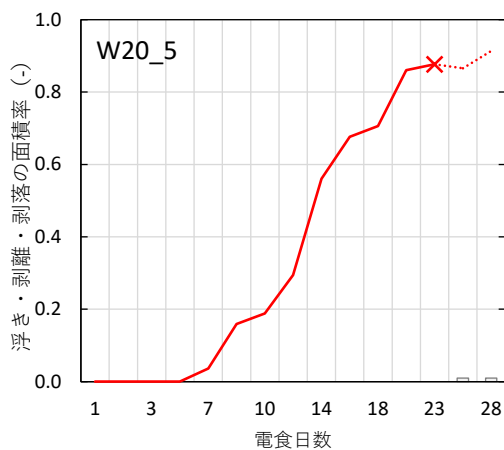
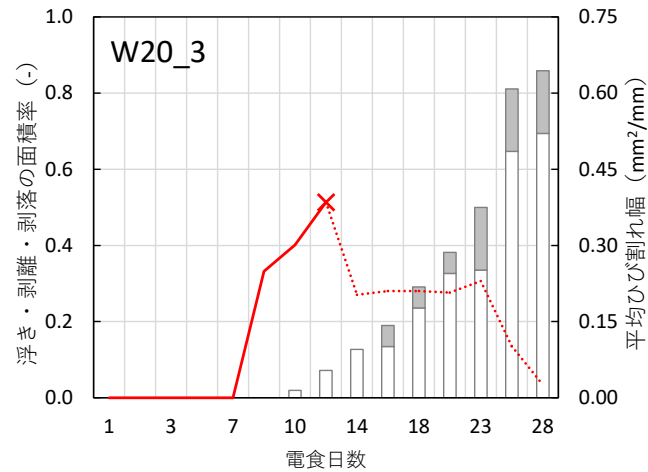
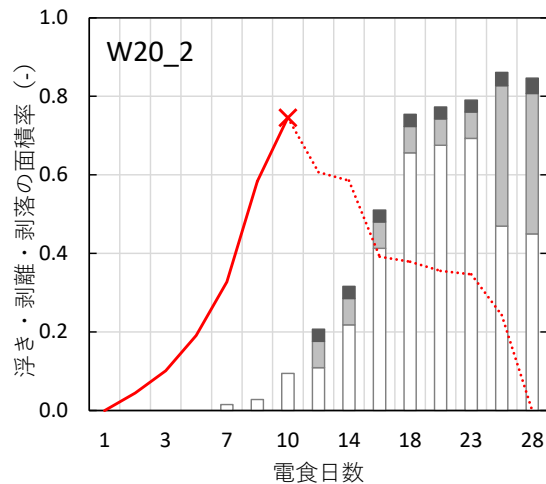
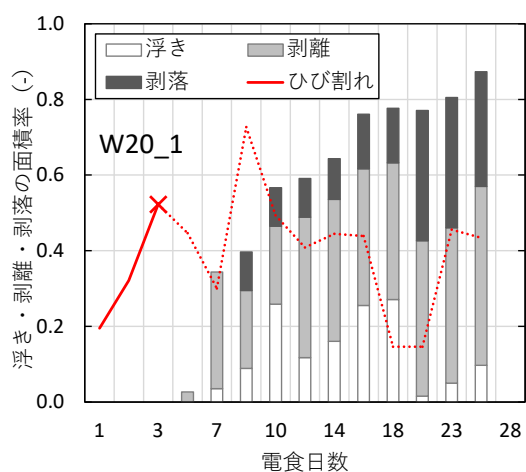


W12_5

変状の観察結果 (28日)

鉄筋コンクリート造建築物の老朽化評価に関する検討

コンクリート表面のひび割れと鉄筋腐食の関係



平均ひび割れ幅 (右軸) および浮き・剥落・剥離 (左軸) の面積率の推移

【背景】

- ・ 現在、マンション建替法においては、耐震性不足マンションのみが敷地売却制度の対象となっている。
- ・ 今後、老朽化マンションの急増に伴い、耐震性のあるマンションであっても、外壁等剥落といった安全性の面から、危険が生じる恐れがある。



建築基準整備促進事業C1

マンションの老朽化認定に係る使用安全性評価基準等に関する検討

(令和2年度)

- ・ 老朽化による剥落危険性が高い状態の検討
- ・ 老朽化が建物の広範囲にわたっている蓋然性が高い状態の検討
- ・ 改正マンション建替法案に基づく使用安全性に対する評価方法基準の検討・提案

鉄筋コンクリート造建築物の老朽化評価に関する検討

目視による建物の劣化度評価に関する検討

調査建築物一覧

建物記号	所在地	構造規模	竣工	劣化主原因
A	富山県	RC4階	昭和37年 (1962)	中性化
B-1	鹿児島県	RC5階	昭和48年 (1973)	塩害
B-2	鹿児島県	RC5階	昭和49年 (1974)	塩害
C-1	福岡県	RC5階	昭和46年 (1971)	塩害
C-2	福岡県	RC5階	昭和46年 (1971)	塩害
D	岐阜県	RC4階	昭和26年 (1951)	中性化
E	東京都	RC7階	昭和46年 (1971)	中性化
F-1	宮城県	RC4階	昭和47年 (1972)	凍害
F-2	宮城県	RC4階	昭和47年 (1972)	凍害
G	兵庫県	RC4階	昭和31年 (1956)	中性化



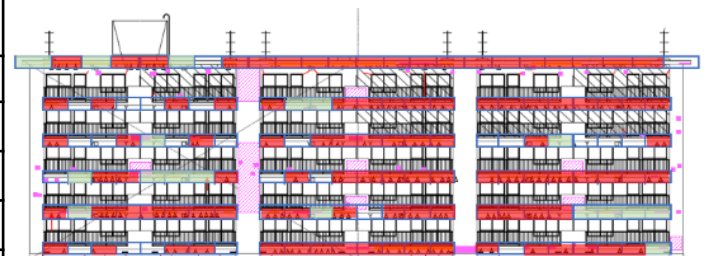
調査建築物例

鉄筋コンクリート造建築物の老朽化評価に関する検討

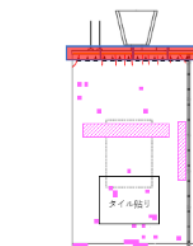
目視による建物の劣化度評価に関する検討

目視および打診による劣化グレード案

目視グレード	症状
1	なし
2	外装の浮き、仕上げの劣化
3	コンクリート表層のひび割れ
4	エフロレッセンス・白華
5	錆汁
6	鉄筋腐食によるひび割れ (鉄筋に沿ったひび割れ・錆汁を伴うひび割れ)
7	鉄筋腐食による浮き・剥離 (鉄筋方向に20cm以内)
8	鉄筋腐食による浮き・剥離 (鉄筋方向に20cmを超える)
9	鉄筋露出
備考欄	補修痕、豆板、構造ひび割れ、たわみ、傾斜などがあれば備考欄に記入



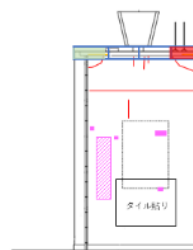
南面 バルコニー以外の窓周りの部など



東面 バルコニー以外の窓周りの部など



北面 バルコニー以外の窓周りの部など



西面 バルコニー以外の窓周りの部など

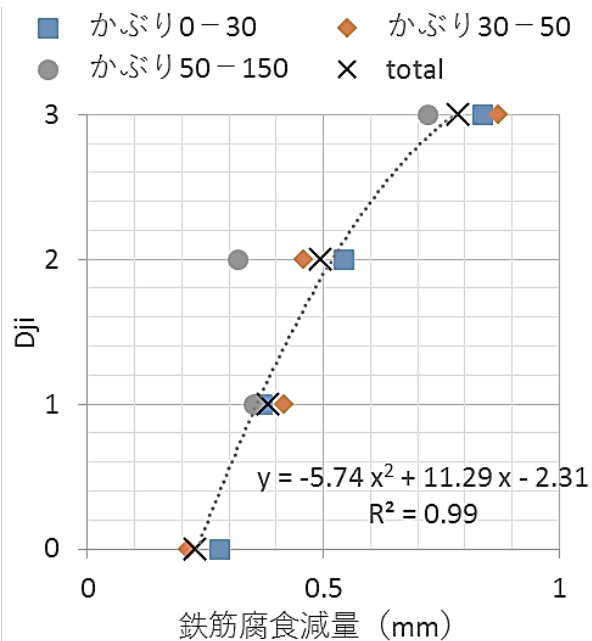
目視による評価例

対象部材の劣化グレード案

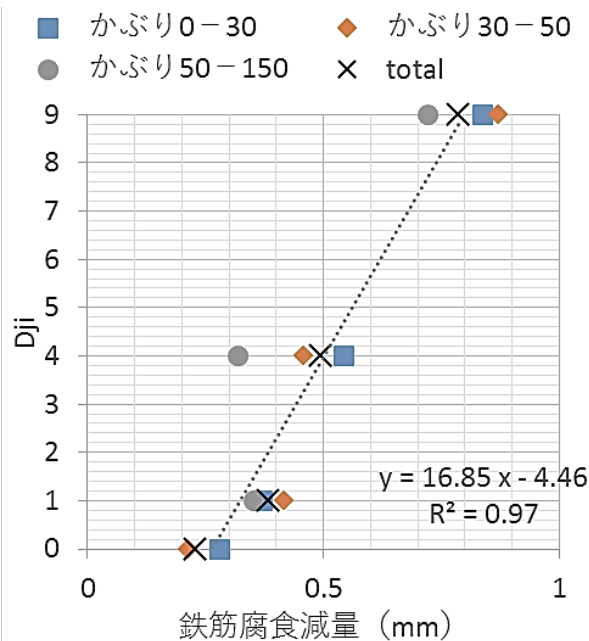
劣化の状態	劣化現象	劣化グレード	目視グレード
D0：健全	下記の状況がみられない	0	0
D1：初期の劣化	仕上げおよび表層部コンクリートの劣化	1	1
D2：中期の劣化（今後一気に劣化進行）	鉄筋腐食に関する劣化	2	2
D3：部材の使用安全性としての限界	コンクリートの剥離・露筋	3	3

鉄筋コンクリート造建築物の老朽化評価に関する検討

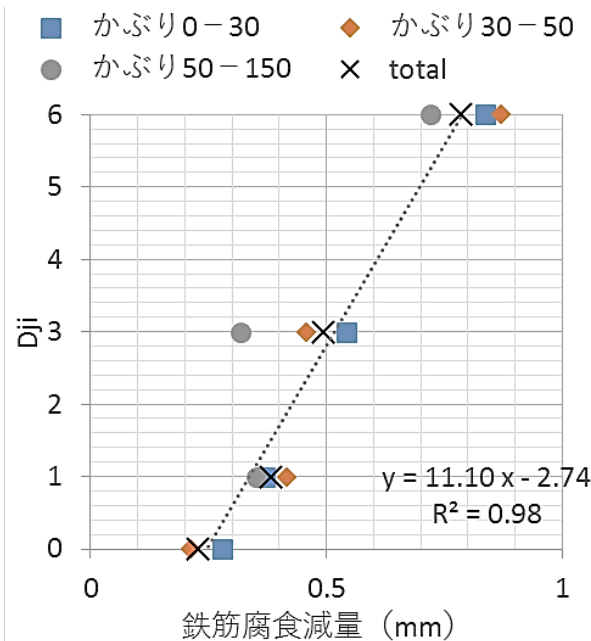
目視による建物の劣化度評価に関する検討



A案



B案



C案

劣化グレードと鉄筋腐食減量の関係に関する検討例

劣化グレード設定値

劣化の状態	劣化現象	A案	B案	C案
D0：健全	下記の状況がみられない	0	0	0
D1：初期の劣化	仕上げおよび表層部コンクリートの劣化	1	1	1
D2：中期の劣化（今後一気に劣化進行）	鉄筋腐食に関する劣化	2	4	3
D3：部材の使用安全性としての限界	コンクリートの剥離・露筋	3	9	6

長寿命化

- コンクリートや仕上材料が適切に施工され、更新が必要な材料については、それらの更新が適切に実施される必要がある。
- 現況調査の結果や環境条件から、その建物が置かれている環境下における鉄筋腐食予測が可能となる手法を確立することで、その後の詳細な寿命予測や修繕計画につながる。

老朽化

- 建物の使用安全性に関する評価基準の整備が必要である。
- 外観目視や打診調査など、躯体に手を加えることが少ない手法による調査から、ある程度の評価できることが望ましい。