

塩化カルシウム水溶液による ポーラスコンクリートの圧縮強度 の低下に関する実験的研究

三重大学大学院 工学研究科システム工学専攻 ○内田寿久
三重大学大学院 工学研究科建築学専攻 畑中重光
三重大学大学院 工学研究科建築学専攻 三島直生

背景

ポーラスコンクリートの耐久性

- ・ 凍害
- ・ 摩耗
- ・ 乾湿繰返し
- ・ 凍結防止剤の影響

凍結防止剤による普通コンクリートの劣化

- ・ スケーリング
- ・ ひび割れ
- ・ 強度低下
- ・ 砂利化 など

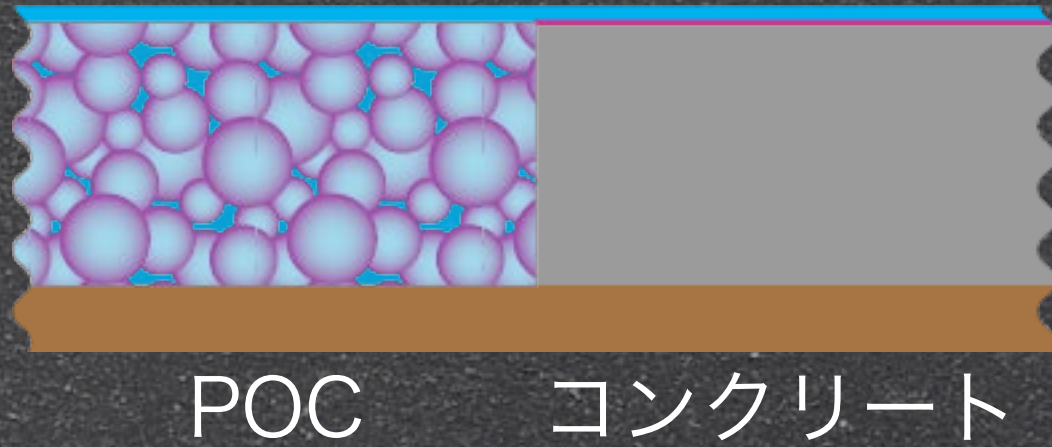
背景 砂利化について



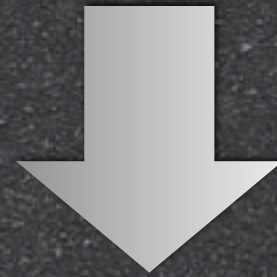
凍結防止剤が散布された寒冷地のRC床版コンクリート
(アスファルト層除去)

森寛晃・久我龍一郎・小川彰一・久保善司：寒冷地で供用されたRC床版
の劣化要因推定, コンクリート工学論文集, 第24巻, 第1号, 2013年1月

凍結防止剤による ポーラスコンクリートの劣化



- ・ 連続空隙がある
- ・ 保水性/透水性が高い
- ・ 結合材の膜厚が薄い



凍結防止剤が
ポーラスコンクリートに及ぼす影響

実験概要：ポーラスコンクリートの要因と水準

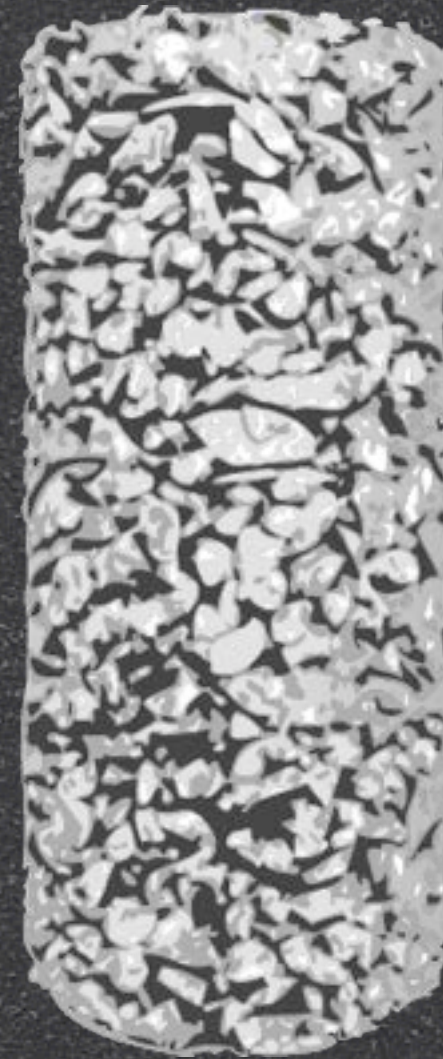
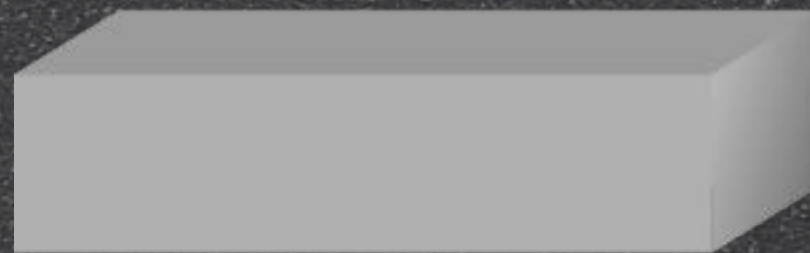
要因	セメントの種類	W/C	記号
水準	普通ポルトランドセメント	40%	Opc40
		35%	Opc35
		30%	Opc30
		25%	Opc25
		20%	Opc20
	高炉セメントB種	40%	BB40
		35%	BB35
		30%	BB30
		25%	BB25
		20%	BB20

※設計空隙率=20%

実験概要：実験条件・試験項目

ポーラスコンクリート
φ100×200mm 円柱供試体

ポーラスコンクリートの結合材
40×40×160mm 角柱供試体



材 齡 (浸漬日数)	28日 (0d)	35日 (7d)	42日 (14d)	56日 (28d)	70日 (42d)	84日 (56d)	119日 (91d)
養生条件	標準養生	20°C 30wt.% 塩化カルシウム水溶液					
圧縮強度(円柱)	●	●	●	●	●	●	●
EPMA (角柱)	—	—	—	—	—	—	●

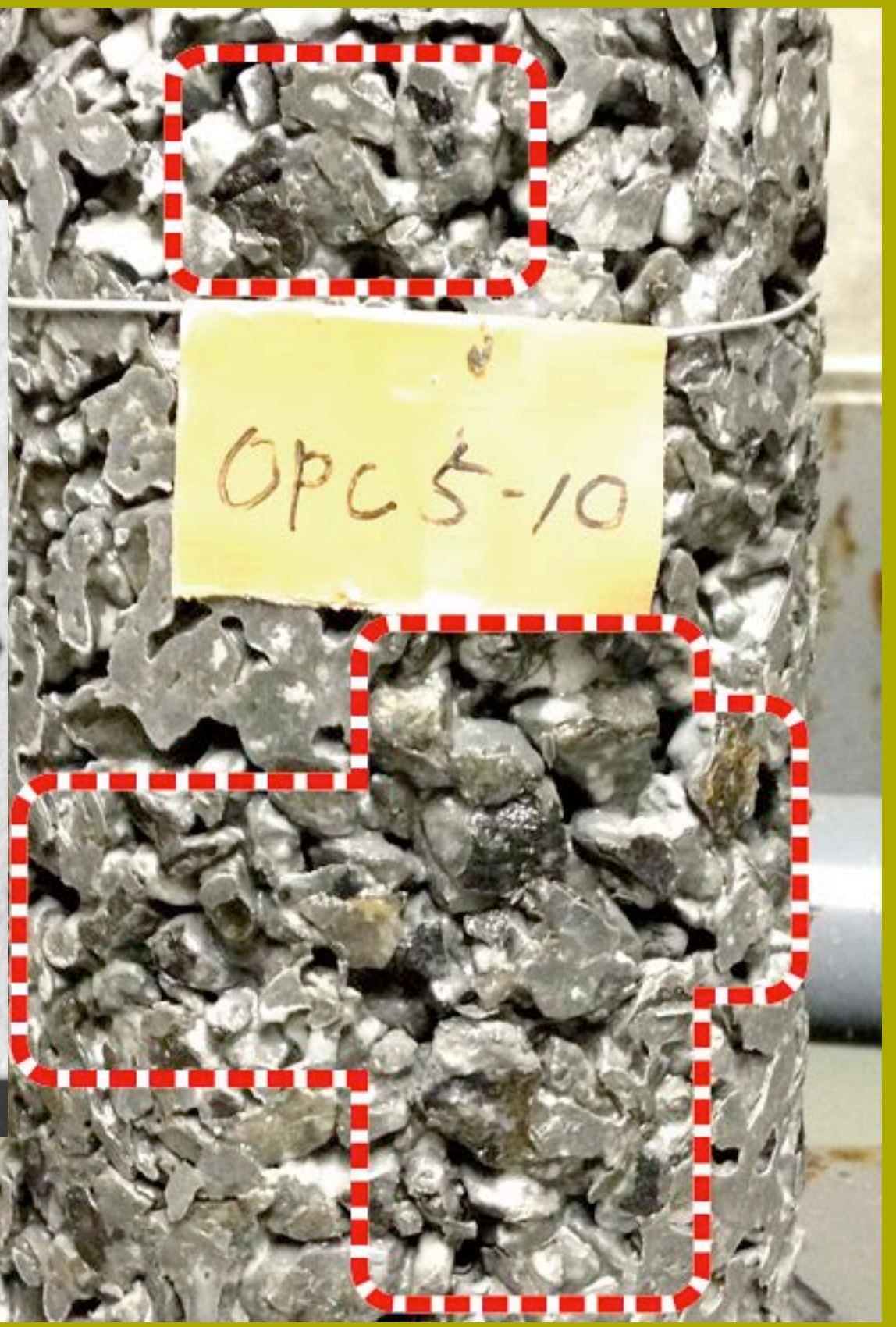
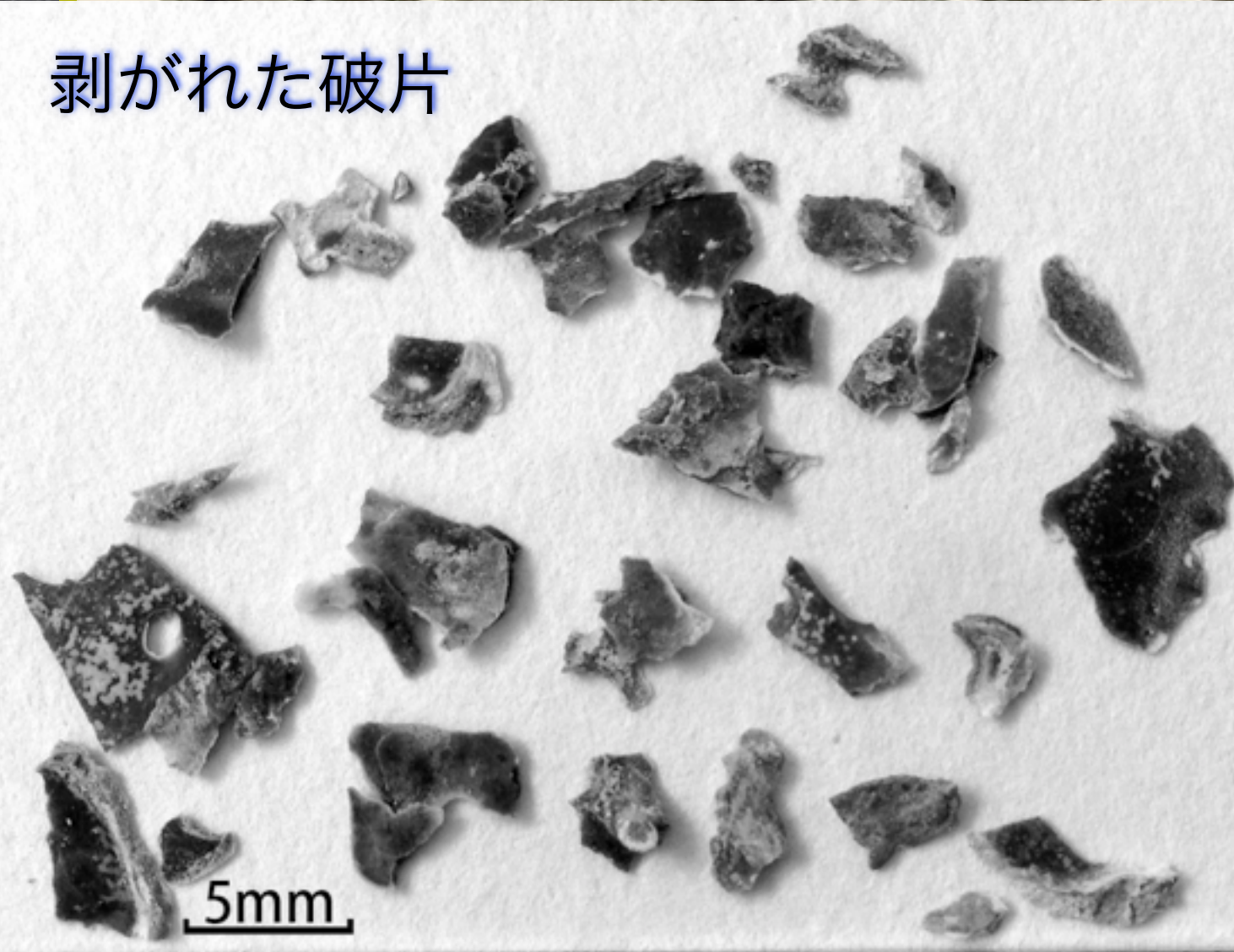
実験結果:CaCl₂aqに浸漬した円柱供試体の外観の変状

供試体の種類	CaCl ₂ aqに浸漬した日数					
	7	14	28	42	56	91
Opc40	●	●	▲	×	×	×
Opc35	●	●	▲	×	×	×
Opc30	●	●	●	▲	×	×
Opc25	●	●	●	●	●	●
Opc20	●	●	●	●	●	●
BB40	●	●	●	●	●	●
BB35	●	●	●	●	●	●
BB30	●	●	●	●	●	●
BB25	●	●	●	●	●	●
BB20	●	●	●	●	●	●

実験結果:CaCl₂aqに浸漬した円柱供試体の外観の変状



剥がれた破片



浸漬14日

Opc40

浸漬28日

実験結果:CaCl₂aqに浸漬した円柱供試体の外観の変状

供試体の種類	CaCl ₂ aqに浸漬した日数					
	7	14	28	42	56	91



BB25 CaCl₂aqに35日間浸漬したOpC35

BB20	●	●	●	●	●	●
------	---	---	---	---	---	---

実験結果:CaCl₂aqに浸漬した円柱供試体の外観の変状

浸漬56日の水槽内

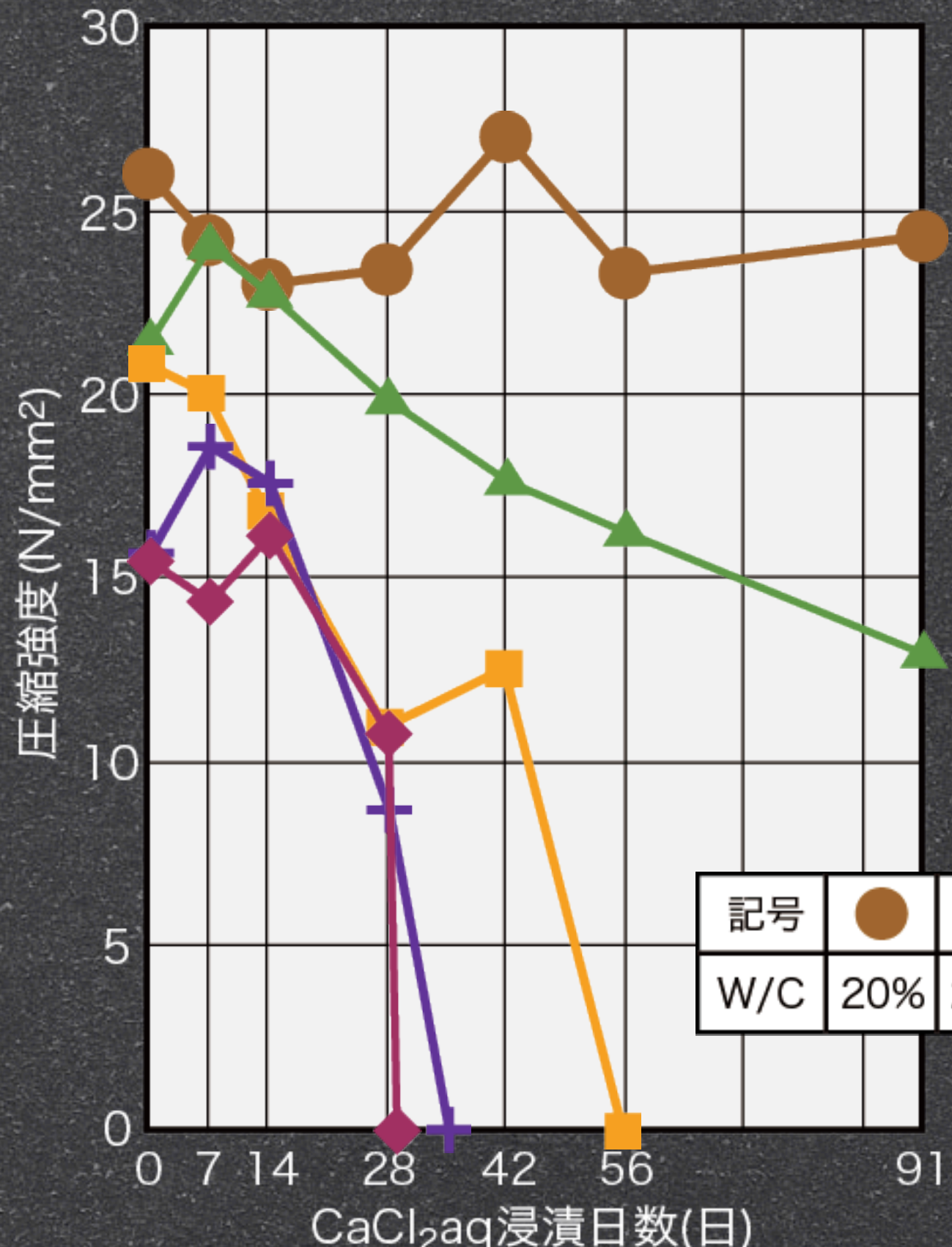
Opc35

Opc40

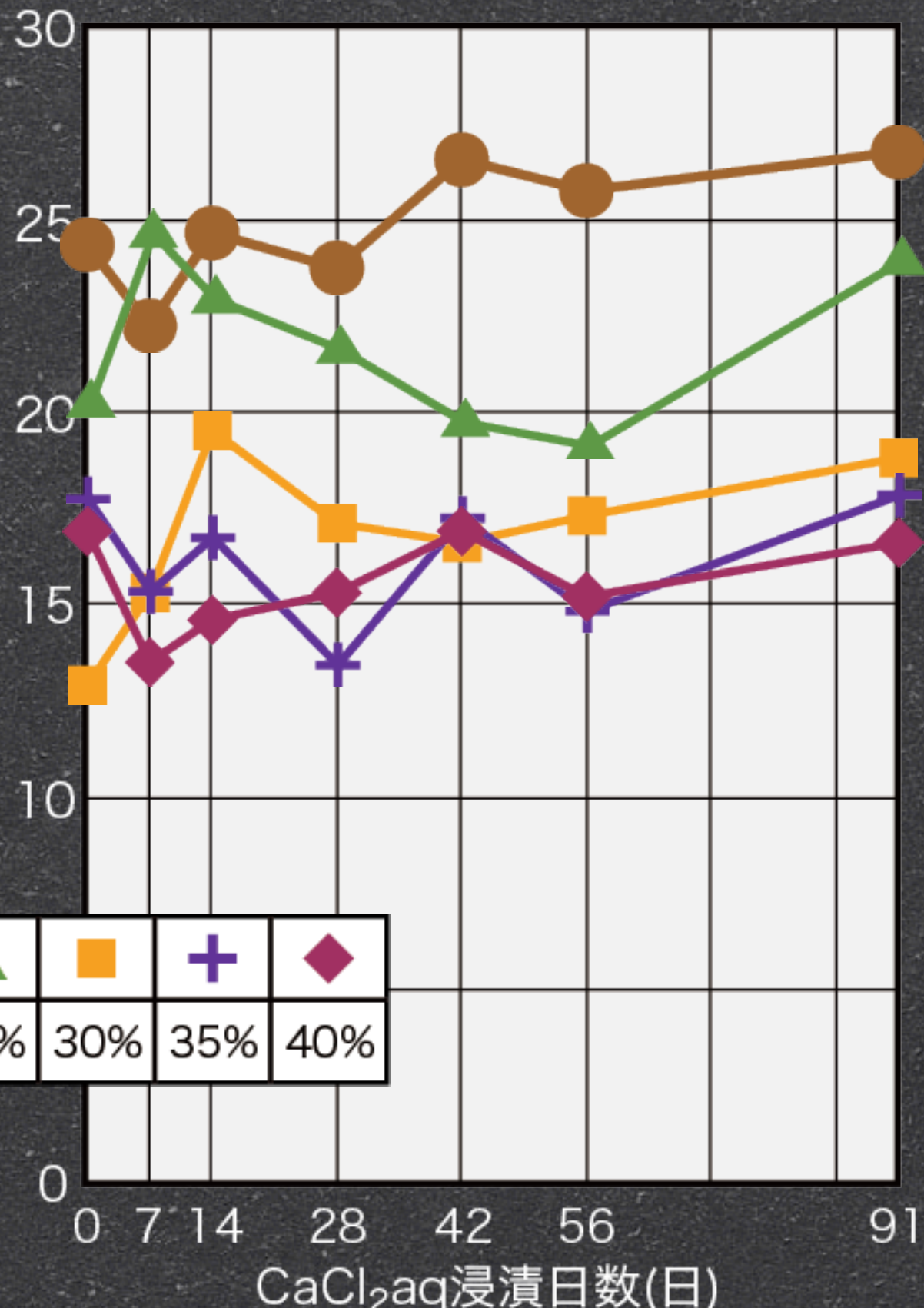
Opc30



実験結果: ポーラスコンクリートの圧縮強度の推移



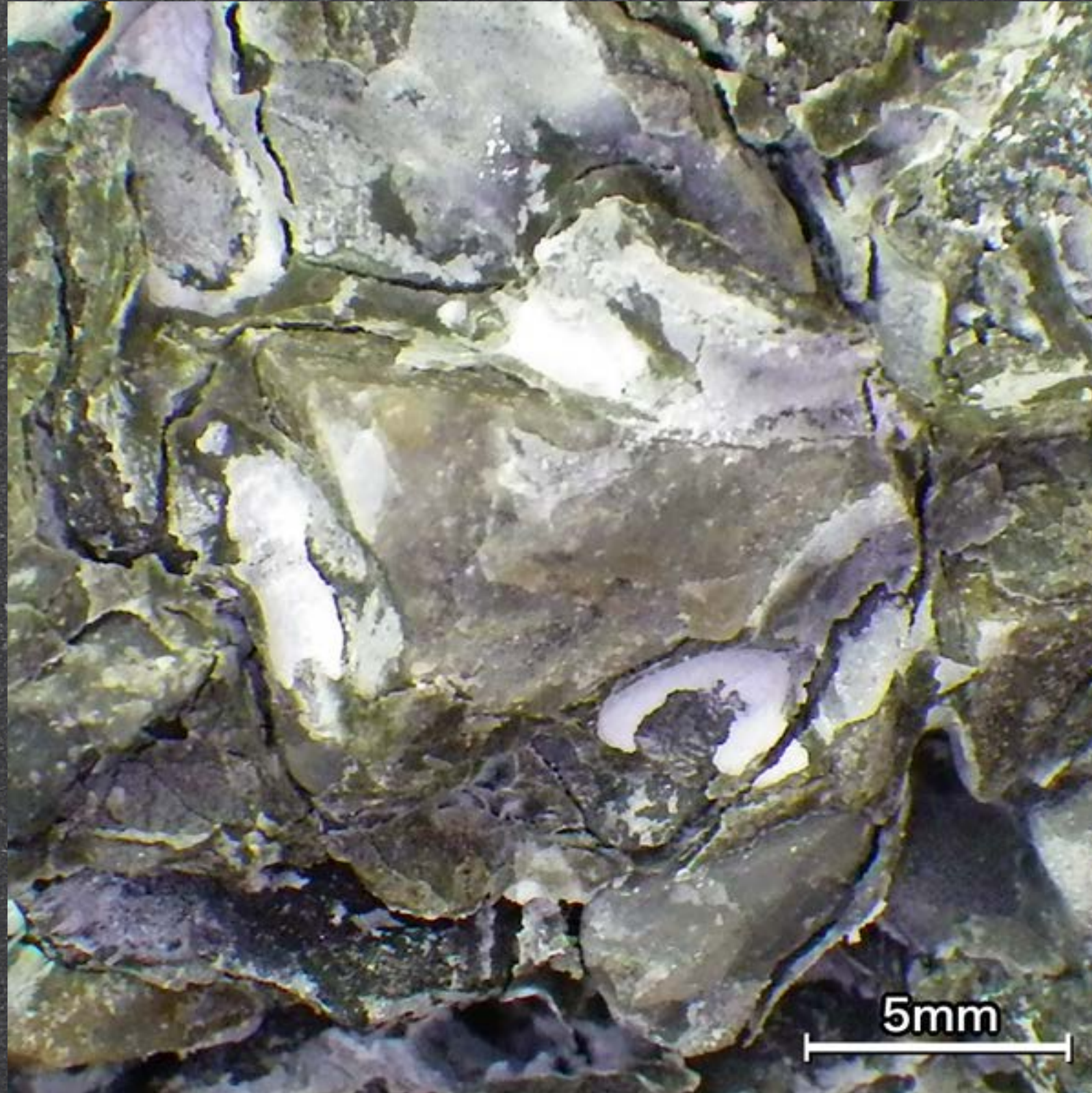
a) セメントの種類 :Opac



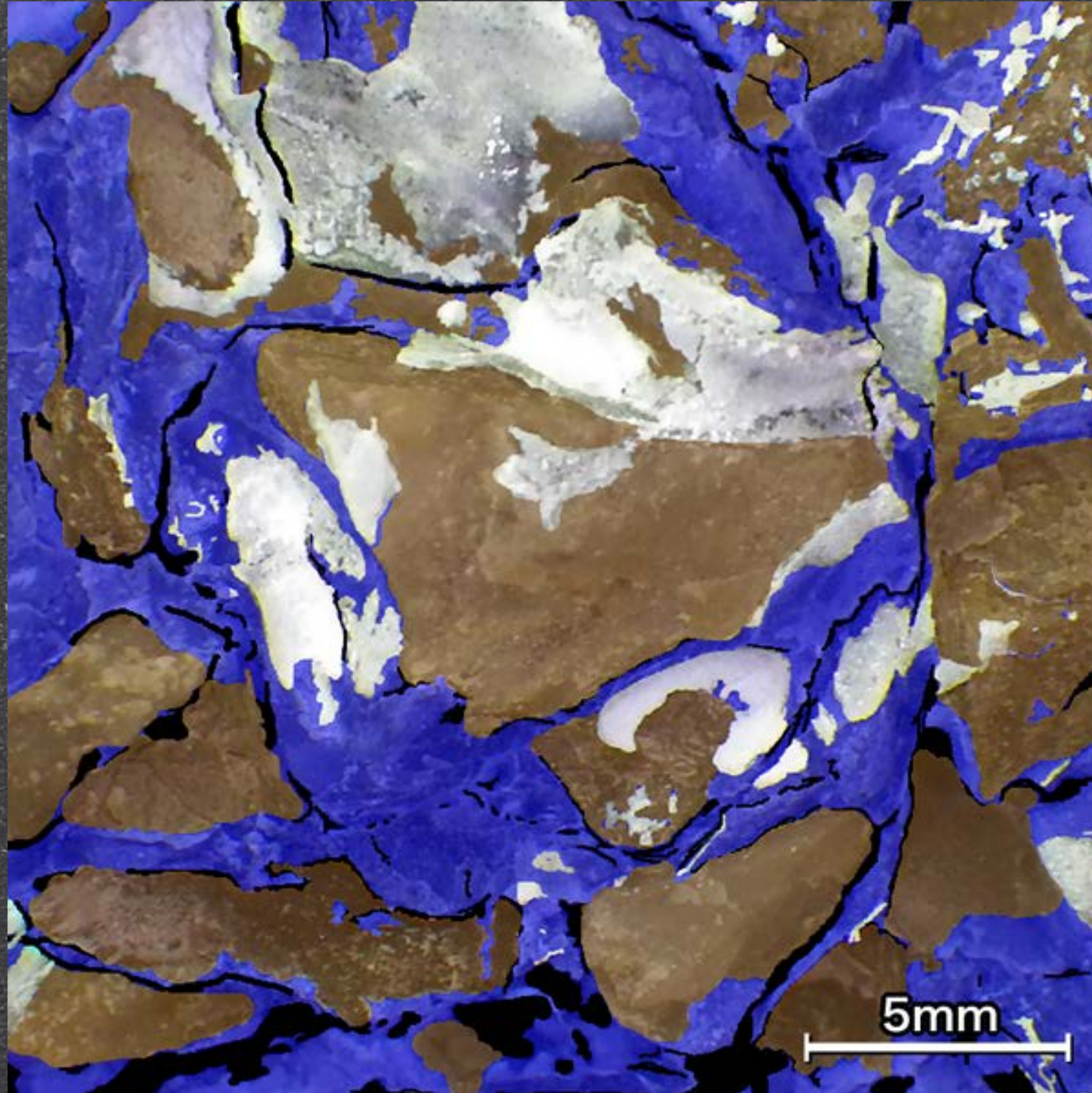
b) セメントの種類 :BB

記号	●	▲	■	+	◆
W/C	20%	25%	30%	35%	40%

実験結果: 崩壊したポーラスコンクリート



実験結果: 崩壊したポーラスコンクリート

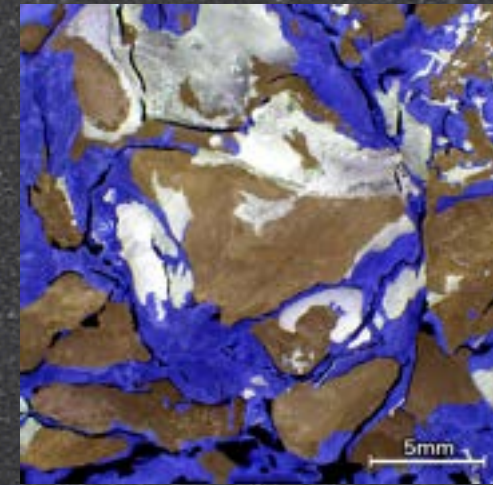


実験結果: 崩壊したポーラスコンクリート

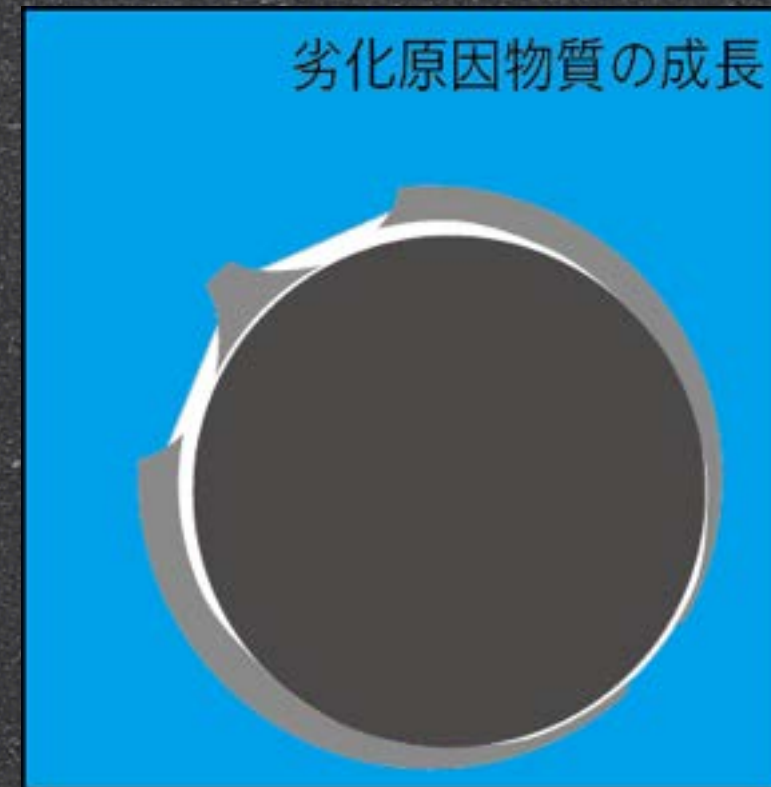
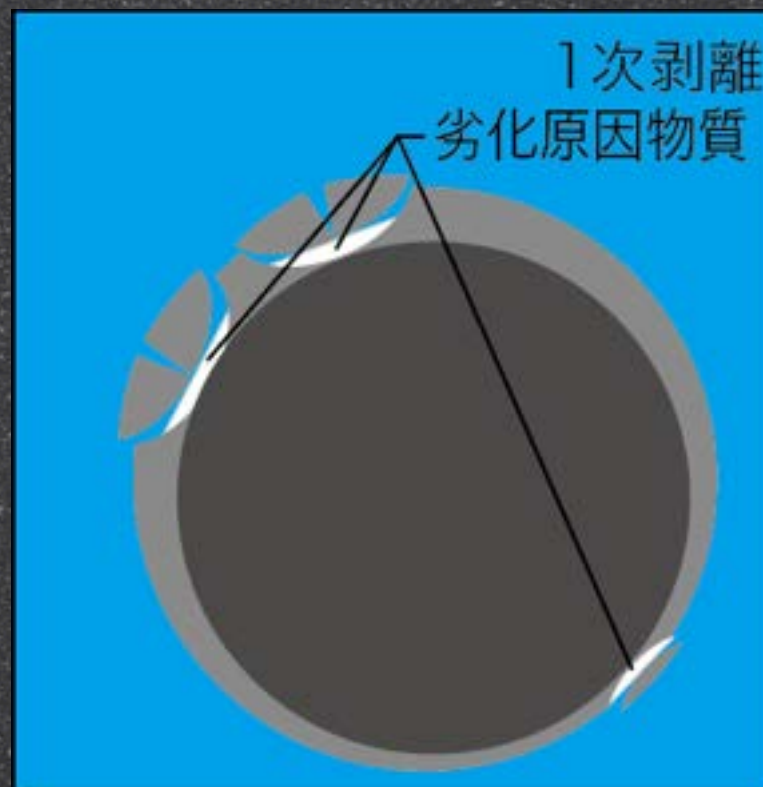
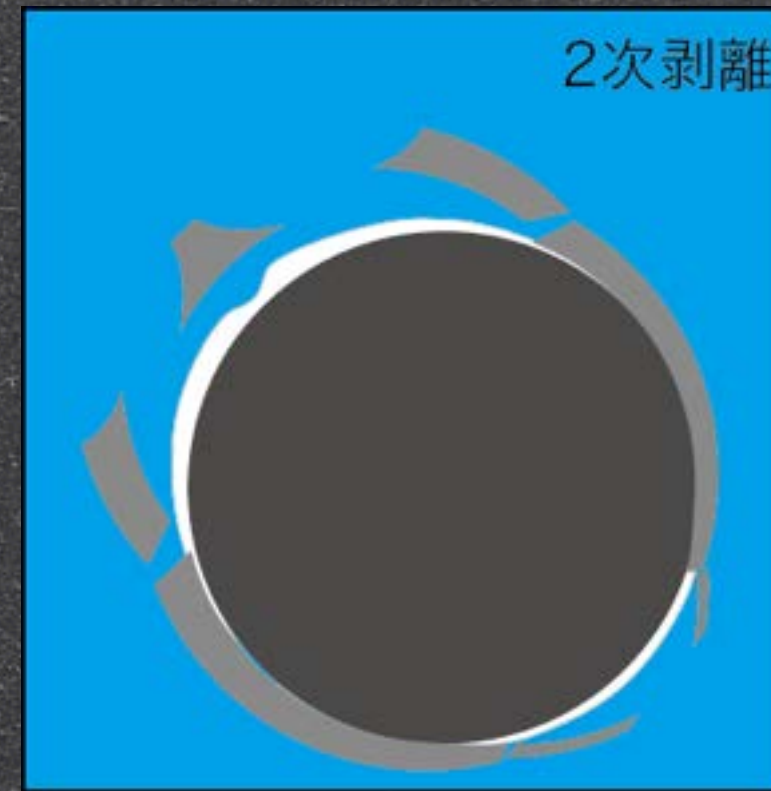
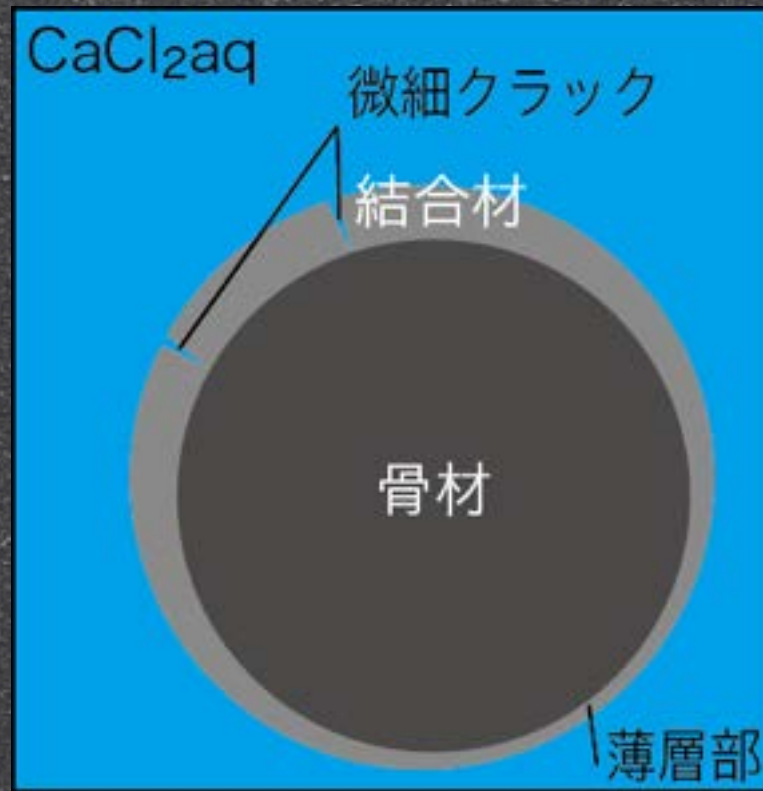
劣化原因物質

結合材

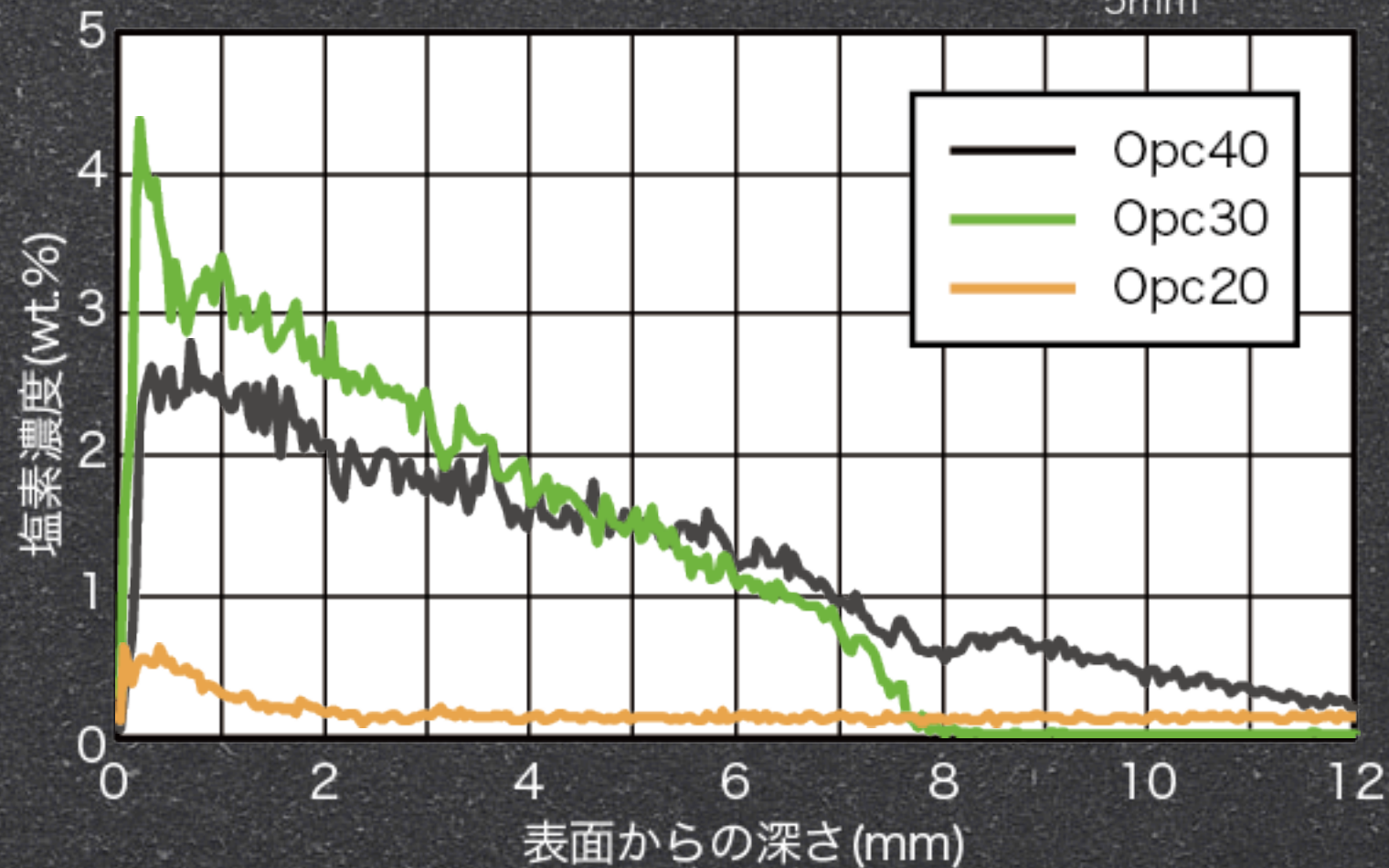
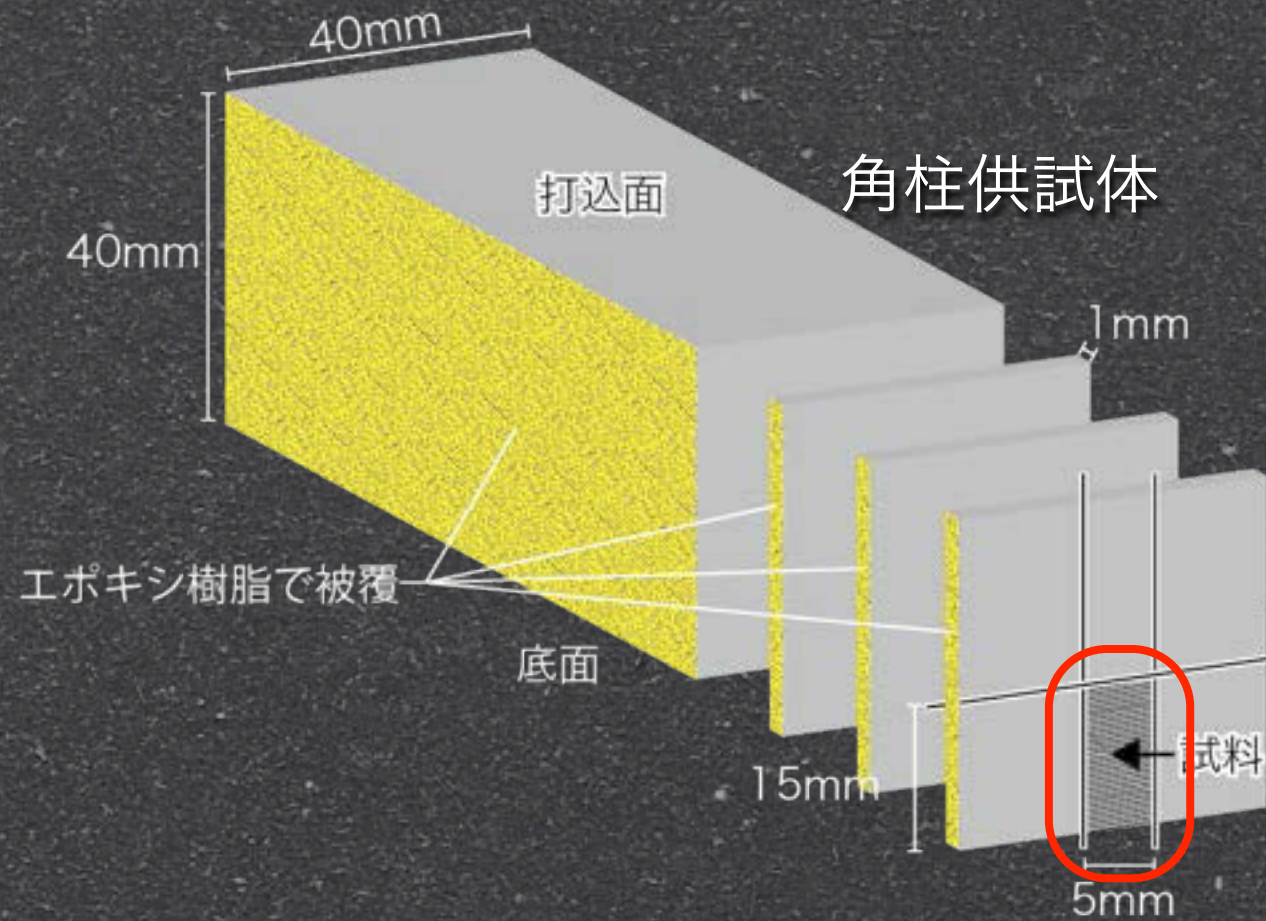
骨材



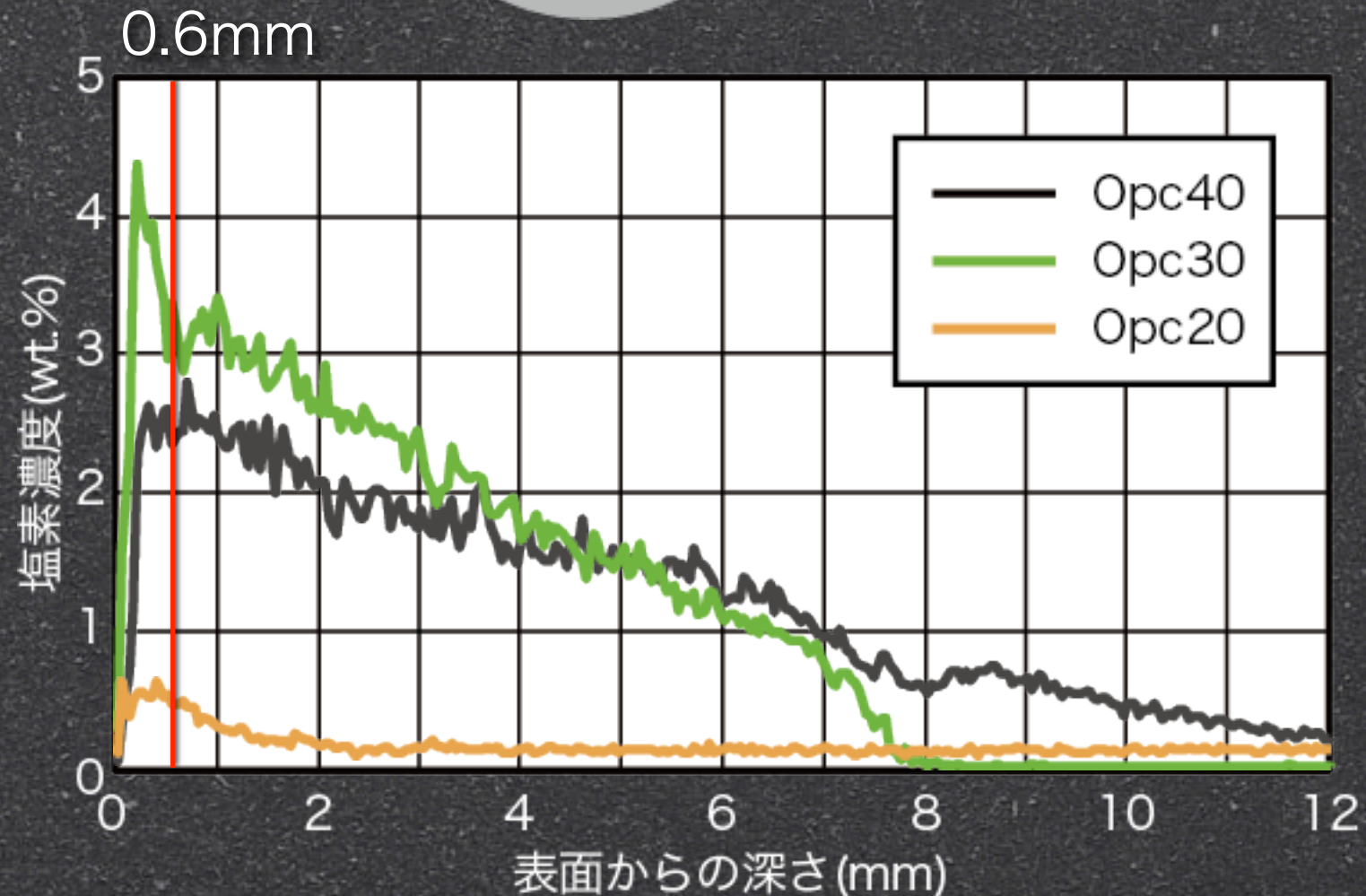
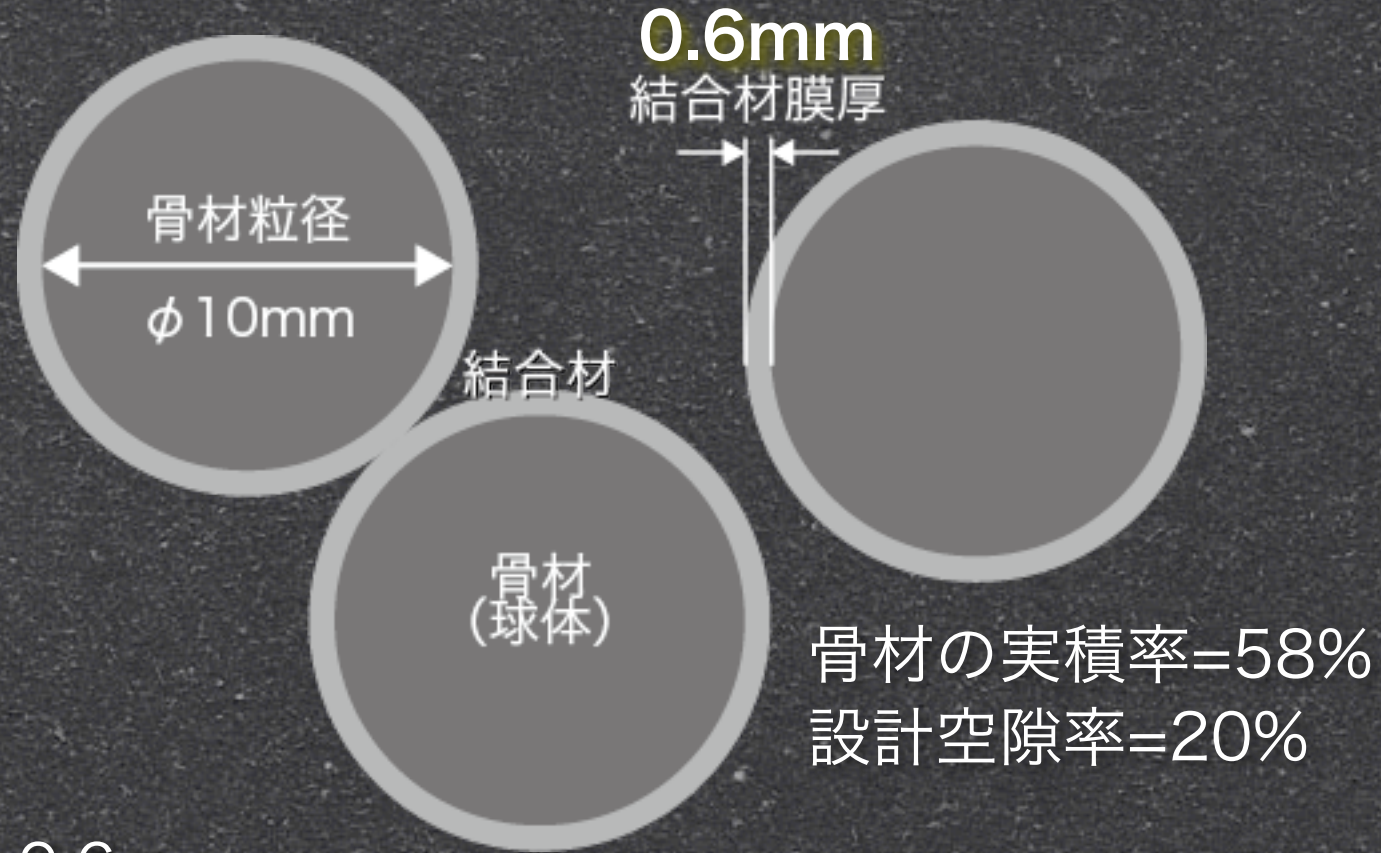
実験結果: CaCl_2aq によるPOCの劣化モデル



実験結果：EPMAによる塩素元素の浸透深さ(浸漬91日)



実験結果：EPMAによる塩素元素の浸透深さ(浸漬91日)



まとめ

~CaCl₂aqによるポーラスコンクリートの圧縮強度の低下~

1)セメントの種類をOpcとしたポーラスコンクリートは、塩化カルシウム水溶液によって劣化し、低い水セメント比にしないと崩壊に至る。

BBで作製したポーラスコンクリートは、いずれの水セメント比においてもOpcよりも劣化抵抗性が高く、崩壊することはない。

2)ポーラスコンクリートの劣化は、結合材と骨材の界面における塩化物系反応生成物の析出、またはCaCl₂の再結晶によって進行すると考えられる。

3)EPMAによる塩素濃度分析によれば、ポーラスコンクリートの劣化には、結合材中の塩素濃度が影響しており、塩素濃度がある値以上にならないと、劣化原因物質は生成しないと考えられる。

1 塩化カルシウム水溶液による ポーラスコンクリートの圧縮強度 の低下に関する実験的研究

三重大学大学院 工学研究科システム工学専攻 ○内田寿久
三重大学大学院 工学研究科建築学専攻 畑中重光
三重大学大学院 工学研究科建築学専攻 三島直生

2 ポーラスコンクリートの耐久性

- ・凍害
- ・摩耗
- ・乾湿繰返し
- ・凍結防止剤の影響

凍結防止剤による普通コンクリートの劣化

- ・スケーリング
- ・ひび割れ
- ・強度低下
- ・砂利化 など

3



砂利化したRC床版コンクリート(アスファルト層除去)
森高真・久我隆一郎・小川聖一・久保源司
寒冷地で利用されたRC床版の劣化要因調査
コンクリート工学論文集 第74巻 第1号 2013年1月

4

凍結防止剤による ポーラスコンクリートの劣化



- ・連続空隙がある
- ・保水性/透水性が高い
- ・結合材の膜厚が薄い

凍結防止剤が
ポーラスコンクリートに及ぼす影響

5 実験概要：ポーラスコンクリートの要因と水準

要因	セメントの種類	W/C	記号
水準	普通ポルトランドセメント	40%	Opc40
		35%	Opc35
		30%	Opc30
		25%	Opc25
		20%	Opc20
高炉セメントB種	高炉セメントB種	40%	BB40
		35%	BB35
		30%	BB30
		25%	BB25
		20%	BB20

※設計空隙率=20%

6 実験概要：実験条件・試験項目

材 齢 (浸漬日数)	ポーラスコンクリート φ100×200mm FRP試体						
	28日 (0d)	35日 (7d)	42日 (14d)	56日 (28d)	70日 (42d)	84日 (56d)	119日 (91d)
養生条件	標準養生	20°C 30wt.% 塩化カルシウム水溶液					
圧縮強度(円柱)	●	●	●	●	●	●	●
EPMA(円柱)	—	—	—	—	—	—	●

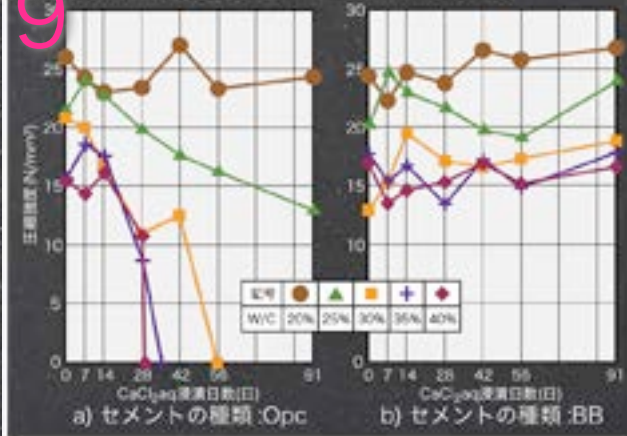
7 実験結果:CaCl2aqに浸漬した円柱供試体の外観の変状

供試体の 種類	CaCl2aqに浸漬した日数					
	7	14	28	42	56	91
Opc40	●	●	▲	×	×	×
Opc35	●	●	▲	×	×	×
Opc30	●	●	▲	×	×	×
Opc25	●	●	●	●	●	●
Opc20	●	●	●	●	●	●
BB40	●	●	●	●	●	●
BB35	●	●	●	●	●	●
BB30	●	●	●	●	●	●
BB25	●	●	●	●	●	●
BB20	●	●	●	●	●	●

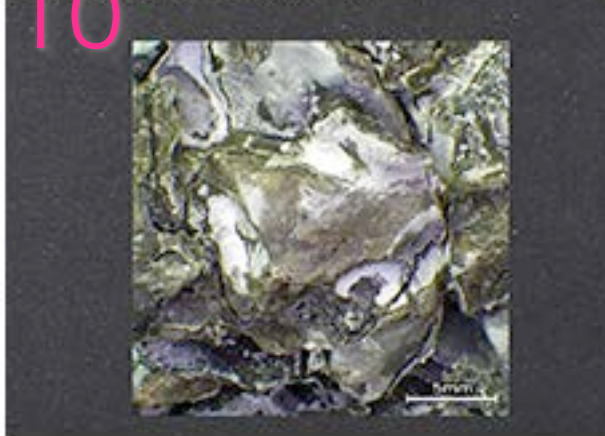
8 実験結果:CaCl2aqに浸漬した円柱供試体の外観の変状



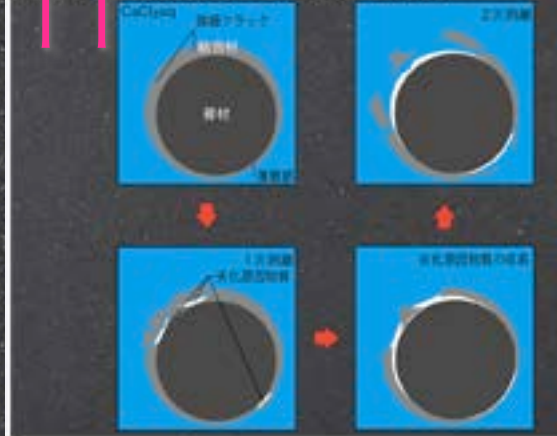
9 実験結果:ポーラスコンクリートの圧縮強度の推移



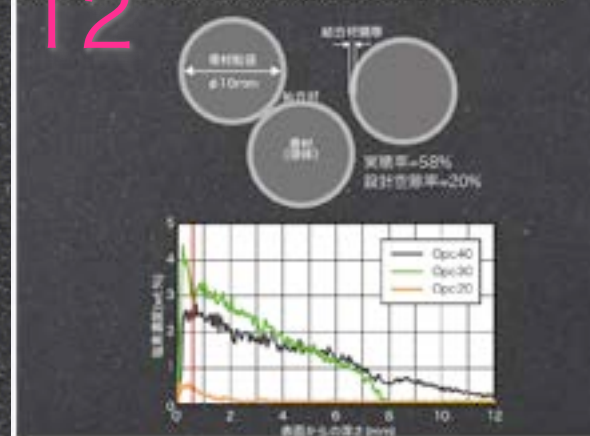
10 実験結果:崩壊したポーラスコンクリート



11 実験結果:CaCl2aqによるPOCの劣化モデル



12 実験結果:EPMAによる塩素元素の浸透深さ(浸漬91日)



13 まとめ

- 1)セメントの種類をOpcとしたポーラスコンクリートは、塩化カルシウム水溶液によって劣化し、低い水セメント比にしないと崩壊に至り、BBで作製したポーラスコンクリートは、いずれの水セメント比においてもOpcよりも劣化抵抗性が高く、崩壊することはない。
- 2)ポーラスコンクリートの劣化は、結合材と骨材の界面における塩化物系反応生成物の析出、またはCaCl2の再結晶によって進行すると考えられる。
- 3)EPMAによる塩素濃度分析によれば、ポーラスコンクリートの劣化には、結合材中の塩素濃度が影響しており、塩素濃度がある値以上にならないと、劣化原因物質は生成しないと考えられる。