

被覆されたコンクリート中の塩化物イオン濃度分布を用いた塩害に対する耐久性評価

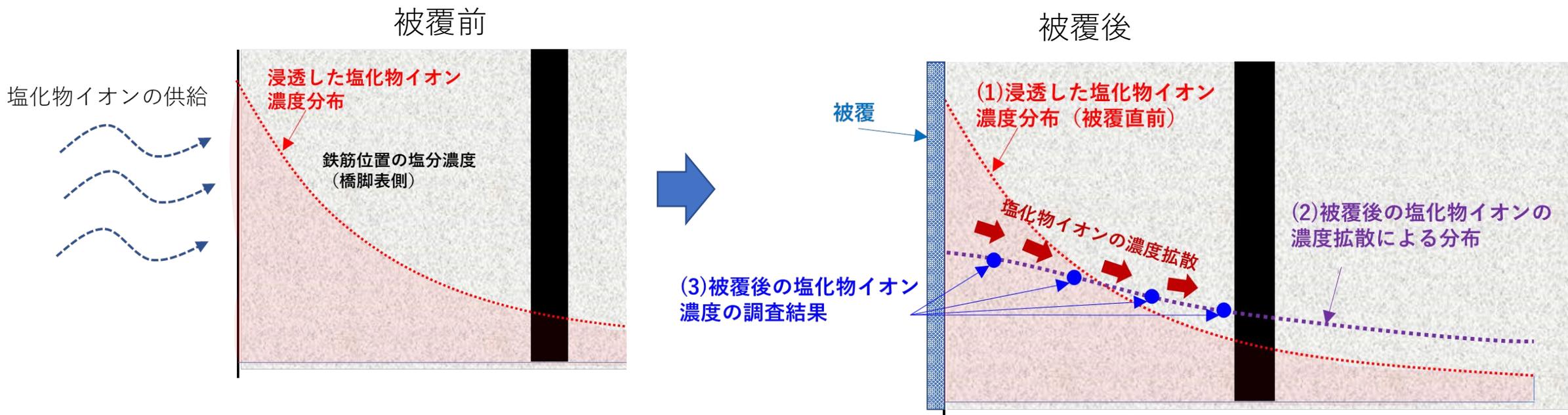
被覆されたコンクリート中の塩化物イオン濃度の測定結果より、「建設時から調査時まで」さらに「調査時から構造物の耐用年数まで」の塩化物イオン濃度の変化を推測する。

使用方法の説明

塩化物イオンの浸透過程(計算のための設定条件)

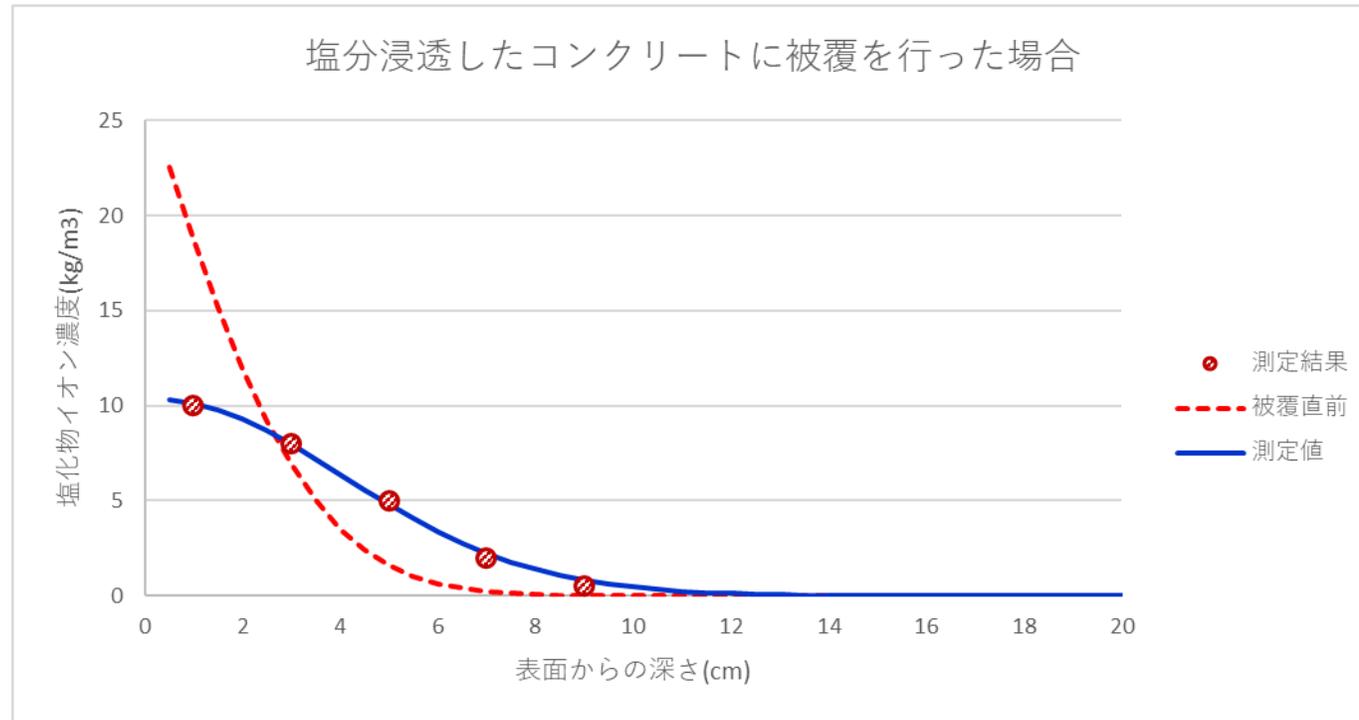
- (1) 被覆されたコンクリート中の塩化物イオン濃度は、被覆されるまではFickの拡散則に従って塩化物イオンが供給される。
- (2) 被覆後は、表面からの供給は遮断された状態で、コンクリート内部に浸透した塩化物イオンが濃度拡散をしていく。
- (3) 被覆されたコンクリートの塩化物イオンを調査した時点では、コンクリート内部の塩化物イオンの濃度拡散の途中の情報である。

調査データから、構造物の塩害環境(C0)や拡散係数(D)を算出して、これまでの履歴や将来の劣化進行について予測する。



計算の進め方（概念）

- (1) C0とDを仮定して、「被覆前のFickの拡散」及び「被覆後の濃度拡散(差分法)」を計算する。
- (2) 調査データと計算結果を比較し、誤差を計算する。
- (3) 上記の(1),(2)を繰り返して、誤差の最小値を求める。
- (4) 誤差の最小値が現れる数値を中心に、さらに細かくC0とDの範囲を仮定して誤差を計算する。
- (5) 上記を数回繰り返して、誤差が最小となるC0とDを算出する。
- (6) 下図は、そのように計算した結果の例である。



入力方法

- ① 建設されたから「被覆が実施されるまでの期間(被覆の無い期間：年)」を入力
- ② 「被覆をされてから調査までの期間(被覆されている期間：年)」を入力
- ③ 塩化物イオンの調査データの個数を入力
- ④ 調査データの塩化物イオン濃度(kg/m³)を③個分入力
- ⑤ C0の範囲，Dの範囲を設定する（この範囲を10分割して計算を行い，それぞれの二乗誤差を求める）
- ⑥ 計算を実行すると⑦の部分に「誤差の数値」と「その大きさに応じた色分け」が表示される
- ⑧ 計算の結果，誤差が最小となるC0とDの値が表示される。

測定結果に対する評価

被覆がない状態の期間 20年

被覆されてからの期間 30年
(被覆は健全であることが前提)

被覆後に測定したデータ数 5個

C0の検討範囲 (最小) 5 (最大) 40 kg/m³

拡散係数の検討範囲 0.1 5 cm²/年

(上記の範囲で近似値を探します)

測定データ	深さ (cm)	分濃度 (kg/m ³)	重みづけ
1	1	10	1
2	3	8	1
3	5	5	1
4	7	2	1
5	9	0.5	1
6			
7			
8			
9			
10			

$$C(x,t) = C_0 \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2 \times \sqrt{D \times t}} \right) \right)$$

計算開始

結果の確認

最適なC0の値 26.49616 kg/m³

最適なDの値 0.177 cm²/年

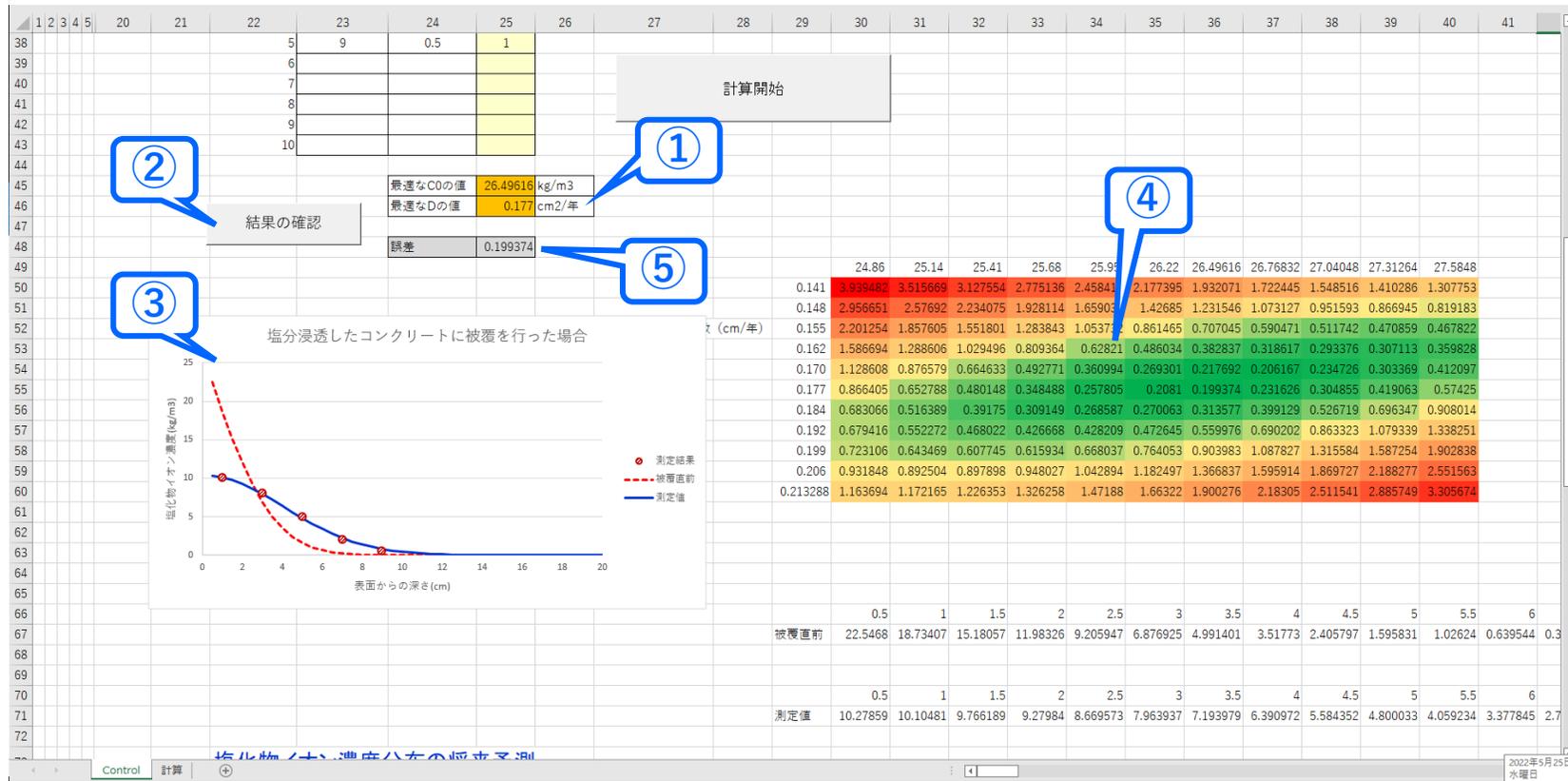
誤差 0.199374

	24.86	25.14	25.41	25.68	25.95	26.22	26.49616	26.76832	27.04048	27.31264	27.5848
0.141	3.939482	3.515669	3.127554	2.775136	2.458417	2.177395	1.92071	1.722445	1.548516	1.410286	1.307753
0.148	2.956651	2.57692	2.234075	1.928114	1.659039	1.42685	1.21546	1.073127	0.951593	0.866945	0.819183
0.155	2.201254	1.857605	1.551801	1.283843	1.053732	0.861465	0.707045	0.590471	0.511742	0.470859	0.467822
0.162	1.586694	1.288606	1.029496	0.809364	0.62821	0.486034	0.382837	0.318617	0.293376	0.307113	0.359828
0.170	1.128608	0.876579	0.664633	0.492771	0.360994	0.269301	0.217692	0.206167	0.234726	0.303369	0.412097

塩分浸透したコンクリートに被覆を行った場合

結果の確認

- ① 先のプロセスで、誤差が最小となるC0とDが出力される。
- ② 結果がどの程度正しいか、結果の確認ボタンを押すと、グラフ③が表示されて、近似の状態を確認できる。
- ③ 近似の状態を修正したい場合には、④の分布状態を見ながら、適切と思われる数値を①に入力して②ボタンで確認する。
- ⑤ 結果を確認したときの誤差が表示されるので、この値を見ながら最終調整をする。



塩化物イオン濃度の将来予測

- ① 将来予測のために、C0を設定する。一般には、先の誤差が最小となる計算結果を入力することになるが、塩害環境が変化したことによりC0が「大きくなる場合」や「小さくなる場合」にも対応する。
- ② 今後の検討期間(年)を入力する。一般的には、調査時点から構造物の予定供用期間までの年数を入力する。
- ③ 被覆の耐用年数は、被覆を維持し続ける場合にはここに大きな数値を入力する。ただし、被覆が劣化した場合で、そのまま放置する場合には、「被覆の耐用年数」を入力する。耐用年数を迎えた後は、①のC0を用いて塩化物イオンが表面から再度供給されることとして計算する。(耐用年数は、「被覆されてから調査までの期間」(2ページ前の②の値)よりも長くする必要はある。調査時点では被覆は健全であることが前提)
- ④ 鉄筋の位置を設定し、⑤照査に用いる限界塩化物イオン濃度を入力する。
- ⑥ 「将来予測」のボタンを押すことで、鉄筋位置で限界値を超えるまでの年数⑦や、被覆の有無による鉄筋位置の塩化物イオン濃度の変化を図化⑧する。



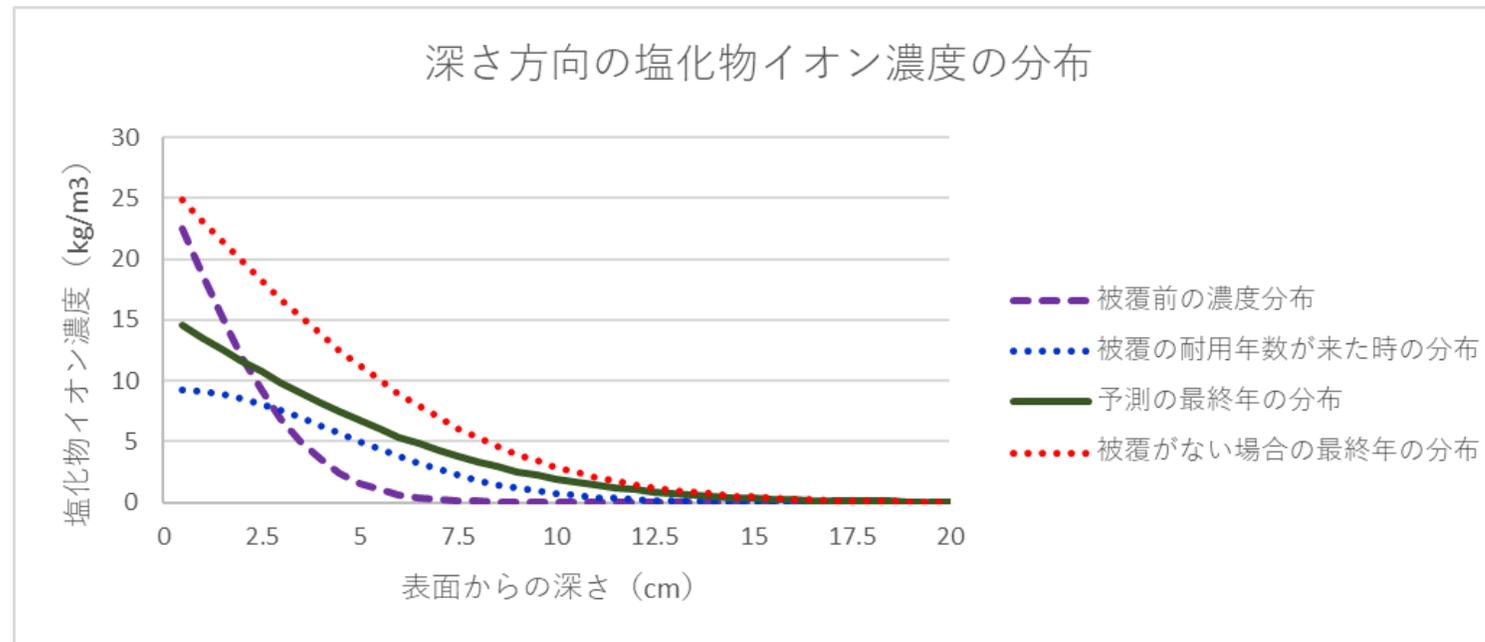
補足として、断面方向の塩化物イオン濃度分布を出力している。

被覆前の濃度分布：表面被覆を行う直前までにコンクリート中に浸透している塩分濃度分布。この値をベースにして、被覆後の濃度拡散を差分法により計算する。

被覆の耐用年数が来たときの分布：被覆の耐用年数が、今後予測する年数よりも前に来る場合に表示される。耐用年数が今後の検討期間より長い場合には、「予測の最終年の分布」と一致する。

予測の最終年の分布：今後の予測年数に応じて、最終的な分布を表示する。被覆が途中で耐用年数を迎えた場合には、その後に表面から塩化物イオンの供給を受けた状態での、最終的な濃度分布を表示する。

被覆がない場合の最終年の分布：比較の為に、当初から被覆がない場合を想定し、Fickの拡散則に従って検討期間の最終年までにコンクリート中に浸透する塩化物イオン濃度の分布を表示する。



被覆されたコンクリート中の塩化物イオン濃度分布を用いた塩害に対する耐久性評価

使用方法の説明

(終わり)