

## コンクリート橋の塩害に関する特定点検要領（案）

### 1. 適用の範囲

本要領（案）は、国土交通省及び内閣府沖縄総合事務局が管理する一般国道の塩害による劣化が生じる可能性があるコンクリート橋の特定点検（以下「塩害点検」という。）に適用する。

#### （解説）

本要領（案）は、橋梁に与える各種の劣化原因のうち、「塩害」という特定の劣化原因に着目して予防保全的な観点から行う特定点検について定めたもので、国土交通省地方整備局及び北海道開発局並びに内閣府沖縄総合事務局が管理する一般国道の塩害による劣化が生じる可能性があるコンクリート橋の特定点検に適用する。

塩害は、コンクリート橋を劣化させる（橋の寿命に影響を与える）主要要因の一つであるが、劣化が始まると進行が速いだけでなく、補修補強に多大な経費を要する。このため、塩害の劣化速度に応じた点検間隔及び予防に主眼をおいた点検方法を定めて計画的かつ定期的に行う塩害点検を行うことにしたものである。したがって、明らかに塩害によると考えられる損傷が現れている橋梁については、本要領（案）によることなく、早急に補修・補強などの対策をとる必要がある。

また、橋梁に係る各種点検及びその記録等の一元管理については、「橋梁の維持管理の体系と橋梁管理カルテ作成要領（案）」（平成 16 年 3 月）に定められているので、それによること。

本要領（案）は、塩化物イオンの侵入により、コンクリート中の鋼材が腐食する塩害の兆候を早期に発見するための点検方法を示したものである。したがって、外部からの塩化物の侵入を防ぐためにコンクリート表面に塗装が施されている橋梁や、塩化物イオンが侵入しても腐食しないように塗装鉄筋が使用されている橋梁に、本要領（案）をそのまま適用するのは適当でない。

また、本要領（案）は、塩害地域の中でも塩害による劣化を受けやすい構造物を早期に発見し、コンクリート中の鋼材が塩害により腐食する前に予防保全的な補修を行うことを想定して記述したものである。

これに対し、外観に鋼材の腐食によるものと疑われるひび割れや錆汁が見られる場合には、鋼材の腐食状況を調査するなど、本要領（案）には含まれていない調査・検討を行って塩害による劣化の程度を明らかにし、補修方法などを検討しなければならない。調査方法および補修方法の選定にあたっては、専門家の意見を踏まえて対応することが望ましい。

塩害とは、コンクリート中に多量の塩化物イオンが含まれることが原因で、鋼材表面の不動態被膜が破壊され、コンクリート中の鋼材が腐食する劣化現象である。塩害は、この塩化物イオンの由来によって、構造物の外部から供給される塩分による外的塩害とフレッシュコンクリート中に含まれていた塩分による内的塩害に分類される。

外的塩害は、海からの飛来塩分や凍結防止剤・融氷剤として路面に散布される塩分などがコンクリート中の鋼材周辺まで侵入した場合に生じるものである。したがって、外的塩害が起こりやすい地域や周辺環境は限定される。しかし、内的塩害の可能性について地域

や周辺環境で限定することは難しい。

1986年のJISの改訂により、レディーミクストコンクリートの受入れ時に塩化物含有量の検査が行われるようになったので、1987年以降に建設された構造物では、内的塩害による劣化の可能性は小さい。一方、1986年以前に建造された構造物は、コンクリート中に多量の塩分を含んでいるおそれもある。

しかしながら、内的塩害の可能性が否定できないというだけで、1986年以前に竣工したすべてのコンクリート橋についても、本要領（案）で説明した塩害点検を行うのは、点検にかかる費用を考えると合理的ではない。また、1986年以前に建設された橋梁で建設時から多量の塩分が含まれていたような場合には、建設から少なくとも竣工後17年以上が経過していることから、すでに劣化が顕在化している可能性も高い。

一方、外的塩害について見てみると、凍結防止剤・融氷剤に由来する塩化物イオンのコンクリート構造物中の分布は、交通や排水の水みちなどの条件により極めて局在化する傾向がある。本要領（案）は、特に海からの飛来塩分による塩害を対象とし、外部からの塩化物イオンの浸透がある程度均一であると仮定した上で実施するものである。このため、凍結防止剤・融氷剤による塩害に対しては、別途、個別の検討が必要となる。

このような理由から、道路橋示方書コンクリート橋編（表-5.2.2）で、塩害の影響地域に位置するコンクリート橋を対象に点検すればよい。

本要領（案）では、コンクリート橋の上部構造を主たる対象とする。同じコンクリート構造物でも、上部構造と下部構造で鉄筋のかぶりが大きく異なっており、かぶりが比較的小さい上部構造の方が塩害による劣化が生じやすく、またその影響も大きい。一方、下部構造は、一般にかぶりが大きいため塩害が生じにくく、かつ、塩害による鋼材の腐食が生じたとしても、その劣化の進行は比較的ゆるやかである。そこで、本要領（案）で示される点検・調査は、コンクリート橋の上部構造を主体として適用するものとする。ただし、調査の途中段階で下部工に多量の塩分が浸透していることが確認された場合は、別途対応を検討する。

コンクリートは微視的には多くの空隙を含む材料なので、海からの飛来塩分や凍結防止剤・融氷剤として外部から塩分がもたらされる環境では、コンクリートの表面から塩化物イオンが侵入し、内部へと拡散する。このようにしてコンクリート中に含まれる塩化物イオンの濃度が一定以上になると、コンクリート中の鋼材の不動態被膜が破壊され、鋼材が腐食するようになる。したがって、塩害を受ける可能性のある橋梁では、鋼材の周囲に鉄筋を腐食させるほどの多量の塩化物イオンが含まれているか、あるいは、今後供用期間中に、多量の塩化物イオンが侵入する可能性があるかを点検するのが基本である。

一方、塩害による劣化を防ぐために、外部からの塩化物イオンの侵入を防ぐことを目的としてコンクリート表面に塗装を施した構造物や、コンクリート中の塩化物イオン濃度が高まっても腐食しないように塗装鉄筋を使用した構造物もある。これらの対策を採った構造物と採っていない構造物では、塩害による劣化の兆候を把握するために必要な情報が異なる。したがって、構造物の塩害対策や補修の有無・種類によって、適切な点検方法をとらなければならない。

そこで塩害点検の対象となる橋梁の状態を、次の から に分類し、それぞれに対して表 - 1 の点検方針で点検を行うとよい。

- 無補修・無塗装の構造物
- 竣工後に塗装した構造物
- 竣工時に塩害対策として塗装を施した構造物

塩害対策として塗装鉄筋が用いられている構造物  
塩害による劣化を補修した構造物

表 - 1 点検方針

点検方針	構造物の状態
A	,
B	
C	
D	

< 点検方針 A の橋梁 >

点検方針 A の橋梁の塩害点検では、本要領（案）にしたがって、鋼材周囲のコンクリートに含まれる塩化物イオン量の測定・予測を行うものとする。点検方針 A の橋梁の点検方法については、2 章以降で詳細に述べる。

なお、竣工から一定の期間供用された後にコンクリート表面に塗装が施された場合には、塗装によって新たな塩分の侵入が防止される一方、すでにコンクリート中に侵入している塩分が内部で移動し、鋼材周辺での塩化物イオン量が高くなることも考えられる。したがって、無塗装の場合と同様に、点検時にコンクリート中の塩化物イオン量を測定することが必要である。

< 点検方針 B の橋梁 >

点検方針 B の橋梁の塩害点検では、コンクリート塗装の健全度を点検するものとする。

塩害抑制対策として建設当初から塗装されている場合、この塗装が健全である限りコンクリートへの塩化物イオンの侵入が抑制されるので、塩害による劣化の発生を防止できるものと考えられる。したがって、このような橋梁の塩害点検では、塗装の健全性を確認するものとする。塗装の健全性の確認手法は各塗装材料に定められた方法による。

また、点検方針 B の橋梁では、塗装の供用期間をあらかじめ定めておき、定期的に塗り替えを実施することが望ましい。

< 点検方針 C の橋梁 >

点検方針 C の橋梁の塩害点検は、塩害の影響を受けない地域にある場合と同様とする。

塩害抑制対策として塗装鉄筋など防錆効果が高い鋼材を使用している場合には、コンクリート中に多量の塩分が侵入しても、鋼材の腐食が始まることはまれである。したがって、塩害の影響を受けない地域にあるとみなして通常の維持管理を行うとよい。

ただし、構造物中に塗装鉄筋と通常の鋼材が混在している場合には、コンクリートの表面に最も近い通常の鋼材を対象に点検方針 A にしたがった塩害点検を行うものとする。

< 点検方針 D の橋梁 >

点検方針 D の橋梁の塩害点検は、実施した補修方法や規模などに応じて定めた方法に従って行うものとする。

塩害を受けたコンクリート橋を補修する補修方法や補修材料には様々な種類がある。したがって、補修を行った橋梁については、補修の実施内容にあわせて、塩害点検として実施すべき項目を個別に定め、実施しなければならない。

## 2. 塩害点検のフロー

塩害点検に関連する標準的なフローは、図 - 1 のとおりとする。

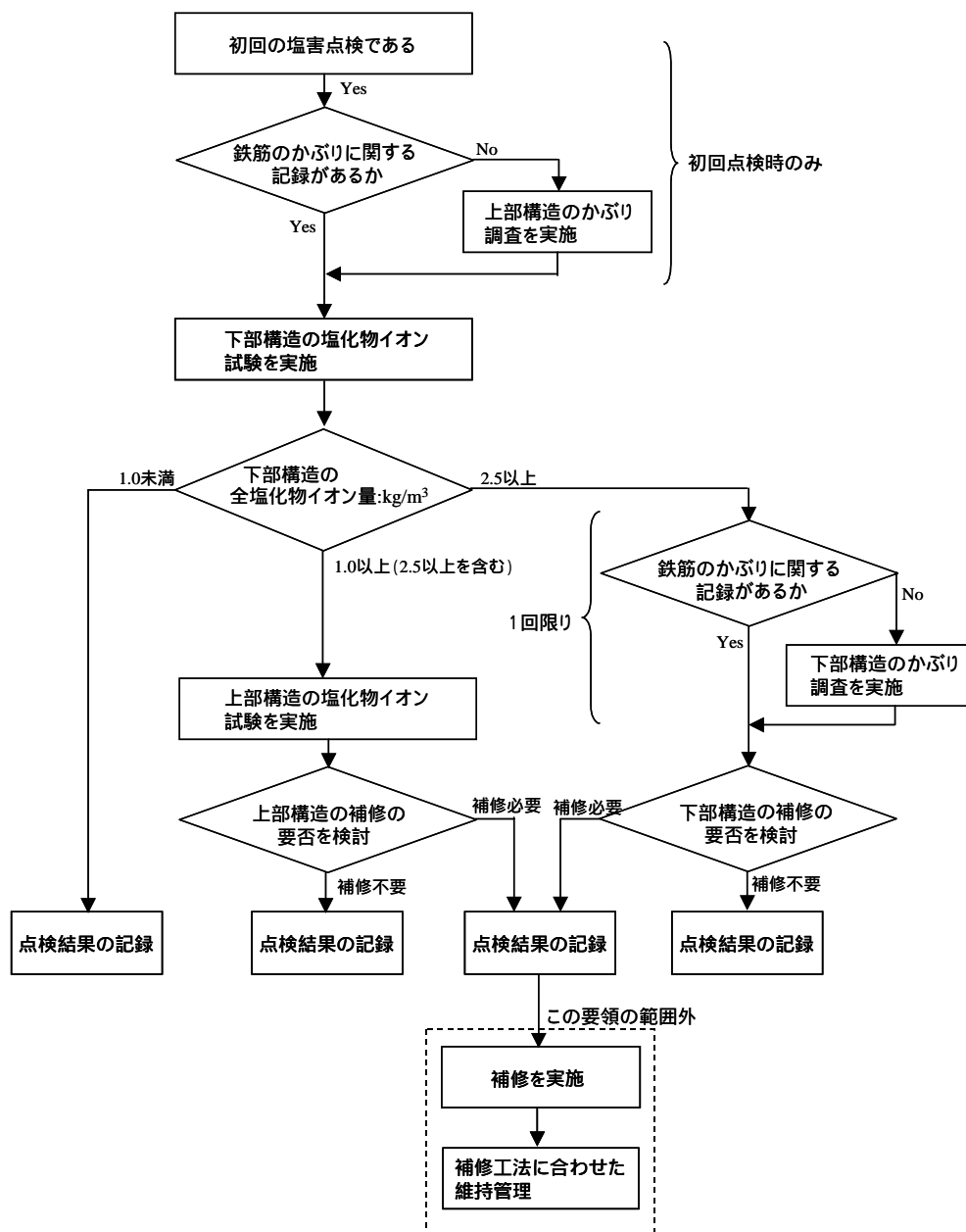


図 - 1 塩害点検に関連するフロー

(解説)

外部から塩分が供給されるおそれがある環境条件にある無塗装の構造物では、鋼材位置のコンクリートに含まれる塩化物イオン量から、塩害の可能性を推定するものとした。このため、塩害点検時に、鋼材のかぶりの測定と、コンクリートに含まれる塩化物イオン量の測定を行う。ただし、かぶりについては、供用期間中に大きく変化することが考えにくいので、初回の塩害点検時に一度だけ測定し、二回目以降の点検ではその記録を活用することにした。

コンクリートに含まれる塩化物イオン量を調査するためには、コア採取やドリル削孔等により、試料を採取する必要がある。構造物の健全度を詳細に調査するという目的からは、塩分が比較的付着しやすく、かつかぶりも小さくなりがちな上部構造の桁下面などで試料採取を行って、塩化物イオン量の試験を行うのが理想的である。しかし、このような箇所には、鉄筋や PC 鋼材などが密に配置されているので、調査時の試料採取のために鉄筋等を傷つけてしまうおそれがある。

そこで、塩害点検では、まずかぶりが比較的大きく鉄筋の間隔も広い下部構造から試料を採取して塩化物イオンの分布を調査し、その結果、塩害を受ける可能性が高いと判断された構造物に限定して、上部構造の塩化物イオン試験を行うこととした。

塩害をうけた橋梁の補修方法は多数あるが、適用性や補修効果、経済性はさまざまである。また、塩害による劣化の程度が一定以上になった場合には、補修方法によっては十分な補修効果が得られない。そこで、複数の橋梁間での補修の優先順位・塩害による劣化の程度・構造物の供用年数などを総合的に勘案して、補修工法を選定する必要がある。したがって、調査結果を基に補修を検討する場合には、専門家の意見を参考にして判断するのがよい。

### 3．塩害点検の頻度

塩害点検は，原則として 10 年に 1 度行うものとする。

（解説）

塩害点検は，試料採取のために構造物を傷つけるので，これをむやみに多数回行うことは好ましくない。そこで，10 年に 1 回実施するものとした。

ただし，非常に厳しい周辺環境にある構造物で，竣工後 10 数年で塩害による著しい腐食が見られた事例もあるので，周辺環境が特に厳しい場合や鉄筋のかぶりが設計よりも小さいことが明らかになった場合などでは，点検間隔を 5 年に 1 回まで縮めるのがよい。

#### 4．上部構造のかぶりに関する調査

塩害点検を実施する際には、対象となる橋梁のかぶりの測定記録を確認するものとする。記録がない場合には、非破壊試験によるかぶりの測定を行うものとする。

（解説）

かぶりコンクリートには、コンクリート中の鋼材を塩化物イオン等の腐食因子から保護するという役割があり、かぶりの大小は塩害を防ぐ性能と直結している。かぶりの大きさは、橋梁が必要な耐久性を有するように設計されており、施工時にコンクリートを打設する前にも、かぶりが確保されているかどうかの検査が行われる。

しかしながら、コンクリート打設時の振動や衝撃により鉄筋が型枠内で移動し、設計されたよりもかぶりが小さくなってしまいうことがないとは言い切れない。また、既存構造物の調査結果でも、何らかの理由でかぶりの確保が十分でなかったために、損傷が生じている場合が数多く認められている。

したがって、塩害を受けるおそれがある橋梁については、かぶりに関する調査を行って健全度の評価に活用することとした。ただし、橋梁上部構造のかぶりが供用期間中に大きく変化することは通常考えにくいので、過去にかぶりの測定を行った結果がある場合には、改めて測定を行うのではなく、その記録を活用するのがよい。この場合も、コンクリートの凍結融解によるスケーリング等により、かぶりコンクリートが失われていることが明らかかな場合は、改めて測定を行うものとする。

かぶりの調査は、これまでの実績や測定の容易さから、電磁誘導法または電磁波反射法により行うものとする。測定方法の詳細は、「電磁誘導法・電磁波反射法によるコンクリート構造物の鉄筋位置およびかぶり測定手順（案）」<sup>1</sup>を参考にするるとよい。なお、電磁波反射法によりかぶりの測定を行う場合には、鉄筋のかぶりを一部で実測し、測定結果のキャリブレーションを行わなければならない<sup>2</sup>。

- 1：土木研究所・日本構造物診断技術協会：「コンクリート構造物の鉄筋腐食診断技術に関する共同研究報告書 - 電磁誘導法・電磁波反射法による鉄筋位置およびかぶりの測定 - 」, 共同研究報告書第 288 号に付属
- 2：電磁波反射法でかぶりを測定した鉄筋のうち任意の 1 本の鉄筋を対象とする。コンクリートドリルを用いて鉄筋表面まで削孔し、ノギス等を用いてかぶりを実測する。電磁波反射法による測定結果と実測による測定結果の比を用いて、電磁波反射法による測定結果を補正する。

かぶりの調査は原則として橋梁上部構造の下面で行う。調査する範囲は 1 橋梁あたり 1 径間を原則とするが、橋梁の規模が大きい場合には 5 径間あたり 1 径間程度を目安に、調査する径間を増やすとよい。調査する径間を複数選定する場合には、構造形式や工区の違いなどを考慮して選定するとよい。

かぶりを測定する箇所は図 - 2 のように 1 径間あたり 6 箇所とする。かぶりの測定対象は、スターラップ（または、設計上かぶりをもっとも小さくなる鉄筋）とし、各測定箇所あたり 5 本程度、6 箇所の合計で 30 本以上のかぶりを測定するものとする。

調査結果は、径間ごとに整理し、以下の結果を記録しておかなければならない。

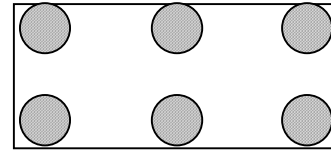
かぶりを測定した鉄筋の位置

### 個々の鉄筋のかぶり測定結果

#### かぶりの代表値（10%分位点）<sup>3</sup>

（電磁波反射法で測定した場合）実測によるかぶり測定を行った鉄筋の位置と測定結果

3：かぶりが極端に小さい鉄筋が局部的に存在する可能性や測定の誤差などを考慮して、10%分位点を代表値とした。10%分位点とは、測定結果を値が小さい順に並べた際に、並び替えられたデータの10%の位置にあるような点である。例えば、測定数が30であったとすると、10%分位点は、3番目に小さいデータと4番目に小さいデータの平均値である。



橋軸方向

橋梁上部構造（1径間）を、下方から見たところ、着色部が調査箇所（6箇所/径間）

図 -2 かぶりの測定箇所



## 5 . 下部構造の塩化物イオン試験

対象となる橋梁の橋台または橋脚から試料を採取し，JIS A 1154「硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法」により，コンクリート中に含まれる全塩化物イオンの試験を行う。

### (解説)

試料の採取も構造物の健全性に影響を与えるおそれがあるので，塩害による劣化が問題になるかどうか明確でない構造物の場合には，試料採取による影響が小さいと思われる橋台または橋脚を調査対象とする。このため、前回の点検において6 . の規定により上部構造の塩化物イオン試験を行うこととなった橋梁については、本項の塩化物イオン試験は省略し、直接、7 . の規定による上部構造の塩化物イオン試験を行うこととしてよい。

調査箇所数は，1 橋梁あたり 1 箇所を原則とするが，橋梁の規模が大きい場合には，5 径間あたり 1 箇所程度を目安に調査箇所を増やすとよい。調査箇所数を複数とする場合には，周辺環境の違いなどを考慮して，なるべく離れた箇所を選定するとよい。なお，試料採取箇所は調査後早急に補修するものとする。

橋台または橋脚の中での試料採取位置は，主な塩分の供給原因・構造物の形状・風向き・上部構造との位置関係などを総合的に考慮して，外部からの塩分が付着しやすい位置とするのがよい。また，今後も調査位置近傍で定期的に試料採取を行うことを考慮し，作業の容易さや美観に与える影響なども検討したうえで，試料採取位置を決定するのがよい(図 - 3)。

過去に下部構造の塩化物イオン試験を実施したことがある構造物では，過去の試料採取箇所の近傍から採取するのがよい。

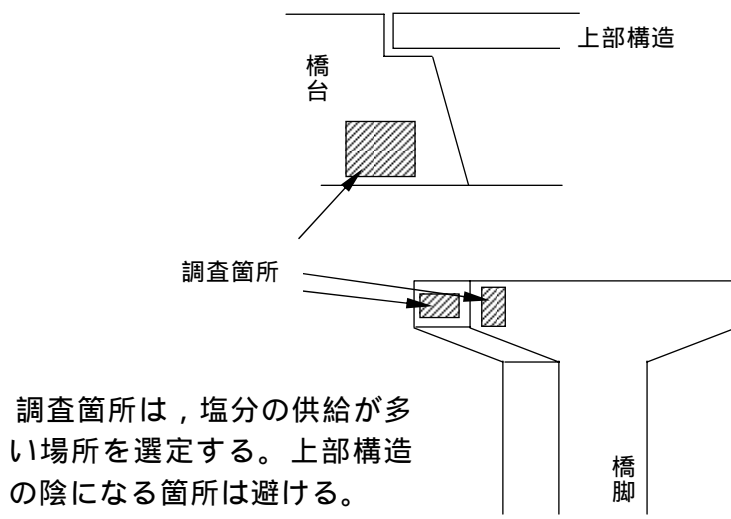


図 - 3 下部構造における調査箇所の例

塩化物イオンの試験は，構造物表面から深さ 70mm までの範囲を 10mm ピッチで行うものとする。試料の採取は，コア採取またはドリル削孔のいずれによってもよいが，採取時に構造物中の鋼材を傷つけないように，あらかじめ電磁誘導法または電磁波反射法により鉄筋位置を調査したうえで，行うものとする。

採取する試料の量は，各深さごとに 20g (10g × 2 回として使用) 以上とする。この分

量の試料を得るためには、50mmのコアでは1本、または25mmの小径コアでは3本、14mmのドリル削孔粉として試料を採取する場合には8箇所程度の削孔が必要となる。

試料の採取方法は、試料採取位置での鉄筋間隔や作業のしやすさを考慮して選定するとよい。なお、コア試料の場合は、採取後に1cm間隔で切断するので、切断のために使用する工具の特性等を考慮して、コアを長めに採取しておく必要がある。

採取したコアの表面または、コア・ドリルの削孔あなでJIS A 1152「コンクリートの中酸化深さの測定方法」に準じてコンクリートの中酸化深さを測定するものとする。ただし、塩化物イオンの試験結果に影響を与えないように、コアで中酸化を測定する場合は、表面のノ口はなるべく少量の水で取り除くものとする。

塩化物イオンの試験は、JIS A 1154「硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法」に準じて行い全塩化物イオン量を算出するものとする。

## 6．上部構造の塩化物イオン試験及び下部構造の対策の要否に関する検討

下部構造の塩化物イオン試験を行った結果，上部構造のかぶりの代表値に相当する深さの試料の全塩化物イオン量が  $1.0\text{kg/m}^3$  以上である場合には，上部構造の塩化物イオン試験を行うものとする。

さらに，この位置で全塩化物イオン量が  $2.5\text{kg/m}^3$  以上である場合には，下部構造についてもかぶりを測定し，必要に応じて下部構造への対策の要否を検討する。

(解説)

コンクリート中の鋼材の腐食が始まる全塩化物イオン量は， $1.2\sim 2.5\text{kg/m}^3$  程度と考えられている。したがって，鋼材位置での全塩化物イオン量が  $1.2\text{kg/m}^3$  に達しないように，維持管理を行っていくことが基本となる。

橋梁の上部構造と下部構造では，部位によって外部からの塩分の付着状況が異なるおそれがあること，用いられているコンクリートの品質が異なること，といった条件の違いがあり，下部構造の塩化物イオン試験結果から上部構造のコンクリートに含まれる塩化物イオンの量を推定することは難しい。しかし，本要領(案)では，下部構造物の塩化物イオン試験の結果，上部構造のかぶりの代表値に相当する深さの試料で全塩化物イオン量の含有量が  $1.0\text{kg/m}^3$  に達していなければ，上部構造でもすぐに塩害による劣化が生じるほどの塩化物イオンは含まれていないものと判断することにした。

さらに，下部構造でも鉄筋位置で多量の塩化物イオンが存在すると塩害による劣化が発生する可能性がある。ただし，下部構造では一般に上部構造よりかぶりが大きく，腐食が始まる全塩化物イオン量も上部構造よりは大きいと言われている。このため，ここでは上部構造のかぶりの代表値に相当する深さで，下部構造のコンクリート中の全塩化物イオン量が  $2.5\text{kg/m}^3$  以上である場合には，さらに調査を行い，対策の要否を検討するとした。なお，上部構造の塩化物イオン試験を行うとなった場合以降の点検では，下部構造の塩化物イオン試験は行わず上部構造の塩化物イオン試験のみ実施することとしてよいとしたが，上部構造のかぶりの代表値近傍の全塩化物イオン濃度が  $2.5\text{kg/m}^3$  以上となった場合には，下部構造の塩化物イオン試験を行い，必要に応じて下部構造への対策の要否も検討しなければならない。

## 7. 上部構造の塩化物イオン試験

上部構造の塩化物イオン試験は、横桁または主桁端部の下面から試料を採取して、JIS A 1154 によりコンクリート中に含まれる全塩化物イオンの試験を行う。なお、試料を採取する際には、構造物中の鉄筋を切断することがないように実施しなければならない。

(解説)

橋梁上部構造では、特に桁の下面に塩分が付着しやすく、塩害による劣化を受けやすい。そこで、上部構造の塩化物イオン試験では、試料を横桁または主桁端部の下面から調査箇所を選定し、採取するものとした。

調査箇所数は、1橋梁あたり1箇所を原則とするが、橋梁の規模が大きい場合には、5径間あたり1箇所程度を目安に調査箇所を増やすとよい。調査箇所数を複数とする場合には、周辺環境の違いなどを考慮して、なるべく離れた箇所を選定するとよい。例えば、同一の橋梁でも、桁下の状況（消波ブロックの有無など）等により塩分の飛来量が大きく異なる場合がある。このような局所的な環境の違いについても、情報があれば反映させるとよい。

なお、主桁の下面は鋼材量も多く、試料の採取が困難であるうえ、試料の採取により構造物を傷つけてしまうおそれも大きい。このため、採取前に電磁誘導法や電磁波反射法による鉄筋位置の調査を行ったうえで、ドリル削孔による削孔粉の収集や小径のコアの採取などにより採取するものとする。なお、試料採取箇所は調査後早急に補修するものとする。

採取したコアの表面またはコア・ドリルの削孔あなで JIS A 1152「コンクリートの中酸化深さの測定方法」に準じてコンクリートの中酸化深さを測定するものとする。ただし、塩化物イオンの試験結果に影響を与えないように、コアで中酸化を測定する場合は、表面のノ口はなるべく少量の水で取り除くものとする。

試料の採取量は、下部構造物の塩化物イオン試験の場合と同様、構造物の表面から深さ70mmまで10mmピッチで、各深さごとに20g以上とする。試料の採取方法は、採取位置での鉄筋間隔や作業のしやすさを考慮して適切に選定するとよい。塩化物イオンの試験は、JIS A 1154「硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法」に準じて行い全塩化物イオン量を算出するものとする。

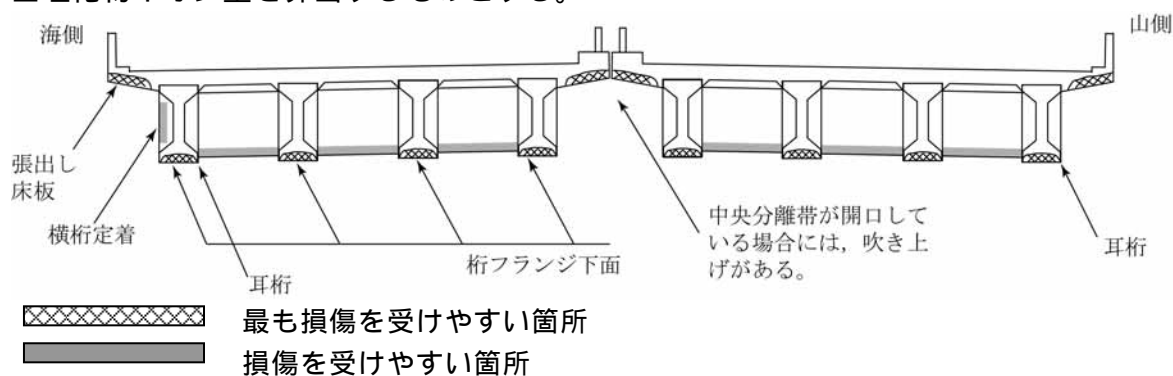


図 - 4 海岸線に近い橋梁上部構造で塩害による損傷を受けやすい箇所（T桁の場合）

また、将来の塩化物イオン量を推定するため、適切な方法\*でもって、次の値を算定するものとする。

- ・見掛けの拡散係数

- ・表面の塩化物イオン量
- ・初期塩化物イオン量
- ・鉄筋位置の塩化物イオン量（この値は，推定値の検証に使用する）

\* 参考資料 2 「コンクリート橋の塩害劣化予測法について」が参考となる。

## 8. 補修の要否の検討

上部構造の塩化物イオン試験を行った結果、かぶりの代表値近傍の深さから採取した試料に多くの塩化物イオンが含まれていた場合には、調査したコンクリート橋が塩害による劣化の影響を受けることも考えられるので、補修について検討するものとする。補修方法は、供用年数、全塩化物イオン量、環境条件、橋梁諸元等を総合的に勘案して、検討しなければならない。

(解説)

上部構造の塩化物イオン試験の結果、コンクリート中の鋼材周辺の全塩化物イオン量が  $1.2\text{kg/m}^3$  以上となっている場合や、コンクリート中の塩化物イオン量分布の将来予測を行い、鋼材位置での全塩化物イオン量が今後 10 年以内に確実に  $1.2\text{kg/m}^3$  以上となると考えられる場合には、その旨を記録しておくとともに、それらの結果も考慮したうえで補修等の対策について検討を行わなければならない。

補修方法は、表 - 2 を参考に選定するとよい。

表 - 2 鋼材周辺での全塩化物イオン量<sup>1</sup>と適用できる補修方法<sup>2</sup>の例  
(数値は目安<sup>3</sup>)

橋梁上部構造の種類	補修工法の種類と適用できる全塩化物イオン量の範囲		
	表面塗装	断面修復	電気防食 / 脱塩
プレテンション式 プレストレストコンクリート	$0.6\text{kg/m}^3$ 以下	$1.2\text{kg/m}^3$ 以下 <sup>4</sup>	$1.2\text{kg/m}^3$ 以上
ポストテンション式 プレストレストコンクリート	$0.9\text{kg/m}^3$ 以下	$1.2\text{kg/m}^3$ 以下	$1.2\text{kg/m}^3$ 以上
鉄筋コンクリート	$0.9\text{kg/m}^3$ 以下	$1.2\text{kg/m}^3$ 以下	$1.2\text{kg/m}^3$ 以上

- 1: この表で用いる全塩化物イオン量は、構造物表面に最も近い鉄筋(スターラップなど)の近傍における測定結果とする。
- 2: ここでは、代表的な補修工法を紹介した。塩害の補修方法には、この他にも、断面修復工法による補修と外ケーブル工法による補強を組み合わせる方法などもある。
- 3: 補修方法の適用性は塩化物イオン量以外に、種々の要因を考慮する必要がある。ここではあくまでも塩化物イオン量の情報のみから判断する場合の目安を示す。
- 4: プレテンション式プレストレストコンクリート部材は、一般に断面積が小さいので、断面修復工法を採用した場合、コンクリートのはつり時にPC鋼材に導入されているプレストレス力が影響を受ける度合いが大きいものと予想される。したがって、プレテンション式プレストレストコンクリート部材の補修に断面修復工法を適用する場合には、はつりによるプレストレス力への影響について事前に特に入念な検討を行わなければならない。
- 5: 現場条件により断面修復と表面塗装を併用してよい。

## 9 . 点検結果の記録

塩害点検の結果は、適切な方法で記録し、蓄積しておかなければならない。  
 なお、対策区分については、表 - 3 により判定する。

表 - 3 対策区分の判定方法

判定区分	判定内容
A	下部構造を対象とした塩化物イオン試験を行った結果、上部構造を対象とする詳細調査の必要性が認められなかった。
B	上部構造を対象とした塩化物イオン試験を行った結果、鋼材位置での全塩化物イオン量は、 $1.2\text{kg/m}^3$ に達していなかった。
C	上部構造を対象とした塩化物イオン試験を行った結果、鋼材位置での全塩化物イオン量は、 $1.2\text{kg/m}^3$ 以上であった。

(解説)

対策区分、及び鉄筋のかぶり・塩化物イオン量の分布（構造物表面からの距離と塩化物イオン量）・中性化深さの測定位置や測定結果を記録しておかなければならない。

効率的かつ効果的な橋梁の維持管理を行うためには、最新の橋梁現況に基づく適切な対応が行われることが重要である。したがって、本点検をはじめ各種の点検の結果や補修等の結果は、一元的に管理、蓄積し、絶えず最新データとして参照できるようにしておくことが重要である。

当面、データの一元管理が容易に図れることから、記録は、「橋梁定期点検要領（案）」の

- ・点検調書（その5）損傷図
- ・点検調書（その6）損傷写真
- ・点検調書（その10）対策区分判定結果（主要部材）

を使用する。

「点検調書（その5）損傷図」に記載する事項

鉄筋かぶり

- ・かぶりを測定した鉄筋の位置
- ・個々の鉄筋のかぶり測定結果
- ・かぶりの代表値（10%分位点）
- ・電磁波反射法で測定した場合実測によるかぶり測定を行った鉄筋の位置と測定結果
- ・測定方法

下部構造の塩分測定結果、中性化測定結果

- ・測定位置
- ・測定結果（塩分濃度は10mmピッチでの値）
- ・測定方法

上部構造での塩分測定結果

- ・ 同じ

上部構造の塩化物イオン試験を実施した場合には、次の事項を記載する。

ア)かぶりの代表値（10%分位点）

イ)見掛けの拡散係数

ウ)表面の塩化物イオン量

エ)初期塩化物イオン量

オ)鉄筋位置の塩化物イオン量

カ)将来（次回点検予定時）の鉄筋位置での塩化物イオン量

「点検調書（その6）損傷写真」に記載する事項

- ・鉄筋かぶりの測定状況写真，資料採取状況写真等を記録する。

「点検調書（その10）対策区分判定結果（主要部材）」に記載する事項

- ・上部構造の該当欄全て（主桁，横桁，等。試験結果を適用する他の径間を含む。）に，損傷の種類を「塩害」として当該判定結果を記載する。
- ・原因の確定欄には，「塩害」と記載する。
- ・なお，1橋梁あたり複数箇所塩化物イオン試験を実施した場合は，試験した箇所が適用できると見なせる径間全てに当該試験の結果を記載するものとする。



## 10 . 実施体制

塩害点検は、橋梁及びコンクリートに関して十分な知識と実務経験を有する者がこれを行わなければならない。

( 解説 )

( 1 ) 塩害点検はコンクリートの塩害を推定するなど専門的知識を必要とするため、橋梁点検員は橋梁に関する設計、施工や維持管理等及びコンクリートの品質に関して専門的技術を有する者でなければならないこととした。

橋梁点検員として必要な要件の標準は次のとおりとする。

橋梁点検員 ... コンクリート部材の塩害状況の把握を行うのに必要な以下の能力と実務経験を有する者

- ・ 橋梁に関する実務経験を有する者
- ・ 橋梁の設計、施工に関する基礎知識を有すること
- ・ コンクリートの品質に関する基礎知識を有すること
- ・ 当該点検に関する技術と実務経験を有すること

( 2 ) 塩害点検作業班 1 班当たりの実施体制は、点検内容、橋梁の立地条件、交通状況等を考慮して定めるものとする。

## 参考資料 1 : 記入例

点検調書(その5) 損傷図(塩害特定点検用)		径間番号	1			
橋梁名称	〇〇橋		路線名	一般国道〇〇号 現道		管轄
所在地	自	〇〇市〇〇町	距離標	自	123.0km+ 45m	〇〇 地方整備局 橋梁コード
	至	〇〇市〇〇町		至	123.0km+ 73m	〇〇 事務所 調査更新年月日
						〇〇 出張所 点検年月日

かぶり																											
工種	材料	部材種別		要素番号	測定位置	設計かぶり(mm)	かぶりの代表値(mm)	かぶりの測定値(mm)								実測によるかぶり(mm)	実測かぶり測定位置	かぶりの測定方法									
		名称	記号					測定値1	測定値2	測定値3	測定値4	測定値5	測定値6	測定値7	測定値8			記号	名称								
A	C	縦壁	Ac	0101	Re1	70	69.0	A1	73	A2	72	A3	69	A4	75	A5	73	A6	-	A7	-	A8	-	-	-	11	電磁誘導法
A	C	縦壁	Ac	0101	Re2	70		B1	73	B2	70	B3	71	B4	72	B5	74	B6	-	B7	-	B8	-	-	-	11	電磁誘導法
A	C	縦壁	Ac	0102	Re3	70		C1	74	C2	73	C3	73	C4	68	C5	71	C6	-	C7	-	C8	-	-	-	11	電磁誘導法
A	C	縦壁	Ac	0102	Re4	70		D1	72	D2	70	D3	74	D4	69	D5	73	D6	-	D7	-	D8	-	-	-	11	電磁誘導法
								E1		E2		E3		E4		E5		E6		E7		E8					
								F1		F2		F3		F4		F5		F6		F7		F8					

塩化物イオン量																								
工種	材料	部材種別		要素番号	測定位置	中性化深さ(mm)	鉄筋位置での塩化物イオン量(kg/m3)	測定深さ(上段:始端mm、中段:終端mm)、測定値(下段kg/m3)										塩化物イオン量試験方法		初期塩化物イオン量(kg/m3)	表面塩化物イオン量(kg/m3)	見掛けの拡散係数(cm2/年)	将来推定年	将来の鉄筋位置での塩化物イオン量(kg/m3)
		名称	記号					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	記号	名称					
A	C	縦壁	Ac	0101	Cl	7.4	2.53	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	11	JIS A 1154 電位差滴定					
								10	20	30	40	50	60	70	80	90	100							
								5.58	5.30	4.63	4.15	3.62	3.02	2.66	2.33	2.00	1.72							

**かぶり・塩化物イオン量の測定位置(下部工)**

A1 橋台

A2 橋台

かぶり測定位置	Re
塩化物イオン試験位置	Cl

※塩化物イオン試験のための試料は、かぶりの測定位置A1～A5の近傍から採取した。

注1)かぶりの代表値 :測定結果の10%分位点(塩害に関する特定点検要領参照)を入力する。

注2)測定位置 :位置図に示した記号と対応させる。

注3)実測によるかぶり :電磁波反射法による場合、ドリル等により削孔し、ノギス等を用いて実測する。

注4)実測によるかぶり測定位置 :電磁波反射法による場合。

注5)測定深さ :コンクリート部材表面からの深さ。

備考

点検調書(その5) 損傷図(塩害特定点検用)			径間番号	1				/		
橋梁名称		橋		路線名		一般国道 号 現道		地方整備局	橋梁コード	###
所在地	自	市 町		距離標	自	123.0km+ 45m		事務所	調書更新年月日	年 月 日
	至	市 町			至	123.0km+ 73m		出張所	点検年月日	年 月 日

かぶり																											
工種	材料	部材種別		要素番号	測定位置	設計かぶり(mm)	かぶりの代表値(mm)	かぶりの測定値(mm)								実測によるかぶり(mm)	実測かぶり測定位置	かぶりの測定方法									
		名称	記号					測定値1	測定値2	測定値3	測定値4	測定値5	測定値6	測定値7	測定値8			記号	名称								
S	C	主桁	Mg	0201	Re1	70	69.5	A1	73	A2	72	A3	69	A4	75	A5	73	A6	-	A7	-	A8	-	-	-	11	電磁誘導法
S	C	主桁	Mg	0202	Re2	70		B1	73	B2	70	B3	71	B4	72	B5	74	B6	-	B7	-	B8	-	-	-	11	電磁誘導法
S	C	主桁	Mg	0204	Re3	70		C1	74	C2	73	C3	73	C4	68	C5	71	C6	-	C7	-	C8	-	-	-	11	電磁誘導法
S	C	主桁	Mg	0801	Re4	70		D1	72	D2	70	D3	74	D4	69	D5	73	D6	-	D7	-	D8	-	-	-	11	電磁誘導法
S	C	主桁	Mg	0802	Re5	70		E1	70	E2	72	E3	70	E4	72	E5	70	E6	-	E7	-	E8	-	-	-	11	電磁誘導法
S	C	主桁	Mg	0804	Re6	70		F1	74	F2	73	F3	71	F4	70	F5	71	F6	-	F7	-	F8	-	-	-	11	電磁誘導法

塩化物イオン量																									
工種	材料	部材種別		要素番号	測定位置	中性化深さ(mm)	鉄筋位置での塩化物イオン量(kg/m3)	測定深さ(上段:始端mm、中段:終端mm)、測定値(下段kg/m3)										塩化物イオン量試験方法		初期塩化物イオン量(kg/m3)	表面塩化物イオン量(kg/m3)	見掛けの拡散係数(cm2/年)	将来推定年	将来の鉄筋位置での塩化物イオン量(kg/m3)	
		名称	記号					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	記号	名称						
S	C	主桁	Mg	0804	Cl	2	0.37	0	10	20	30	40	50	60	70			11	JIS A 1154 電位差滴定	0.07	5.62	0.52	2013	1.01	
								10	20	30	40	50	60	70	80										
								4.03	3.90	2.88	2.20	1.45	0.98	0.42	0.31										

損傷図	<p>かぶり・塩化物イオン量の測定位置(桁下面)</p>	<p>注1)かぶりの代表値 :測定結果の10%分位点(塩害に関する特定点検要領参照)を入力する。</p> <p>注2)測定位置 :位置図に示した記号と対応させる。</p> <p>注3)実測によるかぶり :電磁波反射法による場合、ドリル等により削孔し、ノギス等を用いて実測する。</p> <p>注4)実測によるかぶり測定位置 :電磁波反射法による場合。</p> <p>注5)測定深さ :コンクリート部材表面からの深さ。</p> <p>備考</p>
-----	------------------------------	--

点検調書(その6) 損傷写真(塩害特定点検用) 径間番号 1

フリガナ 橋梁名	パン橋		路線名	一般国道 号 現道		管轄	地方整備局	橋梁コード	###
所在地	自	市 町	距離標	自	123.0 km + 45m		事務所	調査更新年月日	平成 年 月 日
	至	市 町		至	123.0 km + 73m		出張所		

損傷写真	写真番号	1	径間番号	1	撮影年月日	2000.00.00	写真番号	2	径間番号	1	撮影年月日	2000.00.00
	部材名	縦壁	要素番号	0101	メ モ		部材名	縦壁	要素番号	0101	メ モ	
	損傷の種類		損傷程度				損傷の種類		損傷程度			
				橋台正面写真						試料採取位置		
	写真番号	3	径間番号	1	撮影年月日	2000.00.00	写真番号	4	径間番号	1	撮影年月日	2000.00.00
	部材名	縦壁	要素番号	0101	メ モ		部材名	縦壁	要素番号	0101	メ モ	
	損傷の種類		損傷程度				損傷の種類		損傷程度			
				中性化深さの測定						鉄筋発錆状況確認		

点検調書(その10) 対策区分判定結果 (主要部材)	径間番号	1
-------------------------------	------	---

フリガナ 橋梁名	パン 橋		路線名	一般国道 号 現道		管轄	地方整備局	橋梁コード	####
所在地	自	市 町	距離標	自	123.0 km + 45m		事務所	調書更新年月日	平成 年 月 日
	至	市 町		至	123.0 km + 73m		出張所		

工種	材料	部材種別			損傷の程度		対策区分						検査結果			
		名称	記号	部材番号	最大	最小	補修等の必要性		維持工事で 対応する必要性	緊急対応の必要性		詳細調査の 必要性	原因		所見	
							区分Bの損傷	区分Cの損傷	区分Mの損傷	区分Eの損傷			区分Sの損傷	確定		推定
										更新	更新					
S	C	主桁	Mg	01			塩害									・塩害特定点検による対策区分の判定結果「B」
S	C	主桁	Mg	02			塩害									・塩害特定点検による対策区分の判定結果「B」
S	C	主桁	Mg	03			塩害									・塩害特定点検による対策区分の判定結果「B」
S	C	主桁	Mg	04			塩害									・塩害特定点検による対策区分の判定結果「B」
S	C	主桁	Mg	05			塩害									・塩害特定点検による対策区分の判定結果「B」
S	C	横桁	Cr	01			塩害									・塩害特定点検による対策区分の判定結果「B」
S	C	横桁	Cr	02			塩害									・塩害特定点検による対策区分の判定結果「B」
S	C	横桁	Cr	03			塩害									・塩害特定点検による対策区分の判定結果「B」

## コンクリート橋の塩害劣化予測法について

土木研究所構造物マネジメント技術チーム

### 1. 塩害のメカニズム

海岸線近くでは海からの潮風、寒冷地では凍結防止剤の散布により構造物の外部から塩分がもたらされる環境にある構造物では、この塩分が徐々にコンクリートの内部に侵入し、塩害による劣化を生じさせるおそれがある。すなわち、コンクリート中の鋼材は、通常、コンクリートの強アルカリ環境により腐食から守られているが、鋼材の周囲に多量の塩分（塩化物イオン）が侵入すると、鋼材表面の不動態皮膜が破壊され、腐食が始まる（図 - 1）。そこで、塩害による劣化の発生・進行を予測する際には、コンクリート中に含まれる塩化物イオン量を測定することが重要になる。

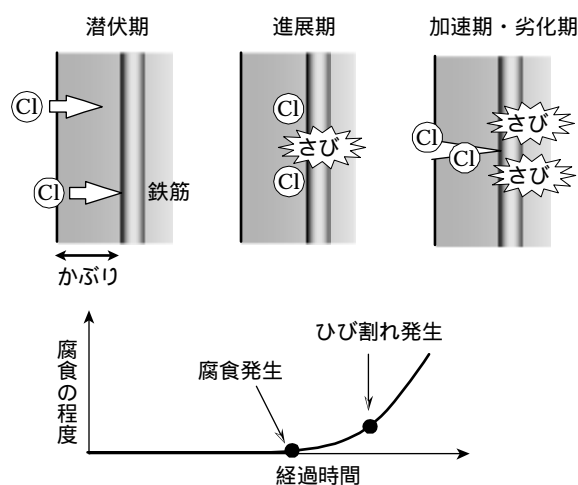


図 - 1 塩害のメカニズム

### 2. コンクリート中への塩化物イオン侵入速度の予測

現状では、塩化物イオンの侵入速度は、フィックの拡散法則に従うと考えられている。この拡散法則から、任意の時点でのコンクリート中の塩化物イオン量は、式 - 1 で表すことができる。



$$C(x,t) = C_0(1 - \operatorname{erf}(\frac{0.1 \times x}{2\sqrt{D \cdot t}}))C_i \quad \dots\dots (式 - 1)$$

ただし、 $C(x,t)$ : 建設時からの年数が  $t$  年の時点での、構造物表面から  $x$  (mm) の位置における塩化物イオン量 (kg/m<sup>3</sup>)

$C_0$ : 構造物表面の塩化物イオン量 (表面塩化物イオン量、kg/m<sup>3</sup>)

$C_i$ : コンクリートに建設当初からコンクリートに含まれていた塩化物イオン量 (初期塩化物イオン量、kg/m<sup>3</sup>)

$D$ : コンクリートの見掛けの拡散係数 (cm<sup>2</sup>/年)

$\operatorname{erf}()$ : 誤差関数

式 - 1 の、見掛けの拡散係数 ( $D$ )、表面塩化物イオン量 ( $C_0$ )、初期塩化物イオン量 ( $C_i$ ) の3つのパラメータを適切に定めることができれば、竣工からの経過年数やかぶりの大きさなどの情報から、任意の時点での鉄筋位置での塩化物イオン量を求めることができる。土木学会の標準示方書等では、構造物の設計を行うに際して、周辺環境やコンクリートの配合から、これらの値を定める方法が示されている。しかし、実構造物では、個々の構造物ごとの局所的な周辺環境の違いやコンクリートの品質の違いの影響が大きく、これらの設計用値を用いて将来予測を行うのは、合理的ではない。

そこで、実構造物中に塩化物イオンが侵入する速度を予測する際には、コンクリート表面から深さ方向に試料を採取して塩化物イオンの試験を行って、実際の塩化物イオンの分布状況を明らかにした上で、これと式 - 1 で表される曲線がよく合致するように、見掛けの拡散係数 ( $D$ )、表面塩化物イオン量 ( $C_0$ )、初期塩化物イオン量 ( $C_i$ ) を推定し、推定したパラメータを用いて将来の塩化物イオンの分布状況を予測するのが一般的である。

### 3. 将来予測の実務

塩化物イオンの将来予測方法は、前節で述べたとおりであるが、式 - 1 に誤差関数が含まれることなどから、理論に沿った推定を行う計算は容易ではない。そこで、見掛けの拡散係数 ( $D$ )、表面塩化物イオン量 ( $C_0$ )、初期塩化物イオン量 ( $C_i$ ) の推定には、信頼できるプログラム等を利用するのがよい。

例えば、独立行政法人土木研究所から、一般的な表計算ソフトを利用する「コンクリート中の塩化物イオン濃度分布簡易分析シート」が提供されており、ホームページからダウンロードして使用することができる (図 - 2)。



コンクリート中の塩化物イオン濃度分布 簡易分析シート

© 独立行政法人土木研究所

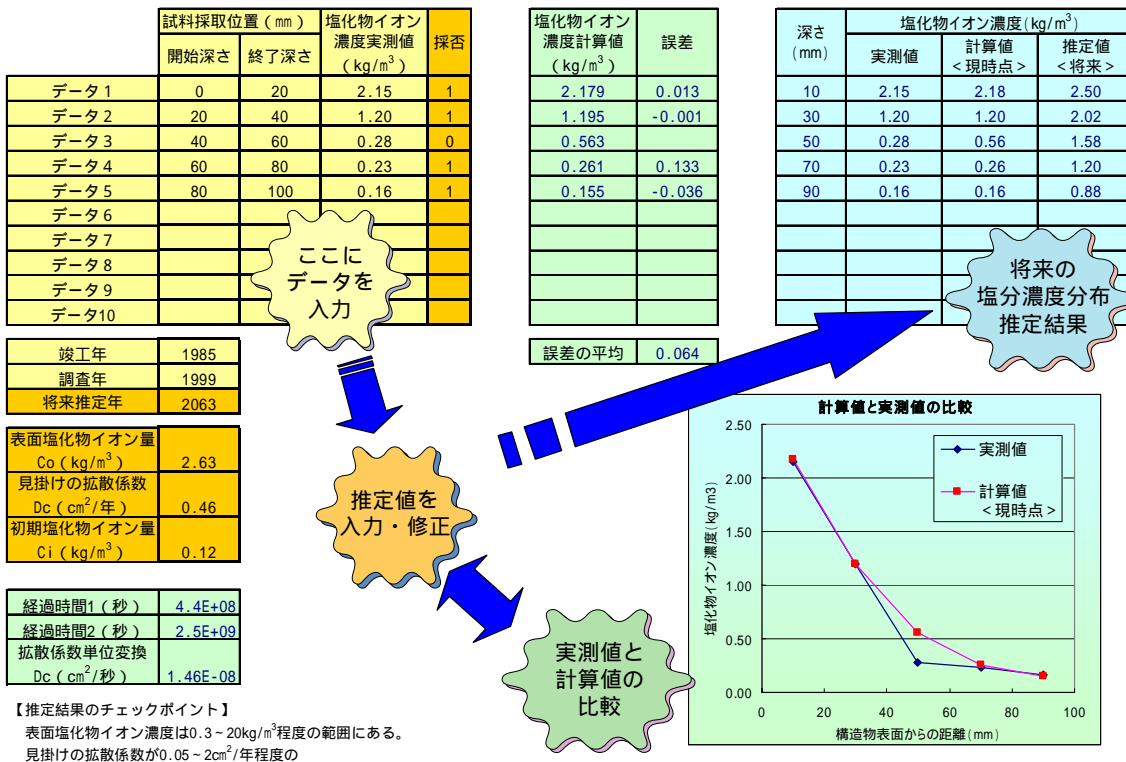


図 - 2 コンクリート中の塩化物イオン濃度分布簡易分析シート