

道路橋のアルカリ骨材反応に対する維持管理要領（案）

1. 対応の基本的な考え方

橋梁にアルカリ骨材反応（以下、「ASR」という）によるものと疑われる変状が生じている場合には、必要な調査等を行い、適切に対応しなければならない。

対応にあたっては、基本的に次のフローに従うものとする。

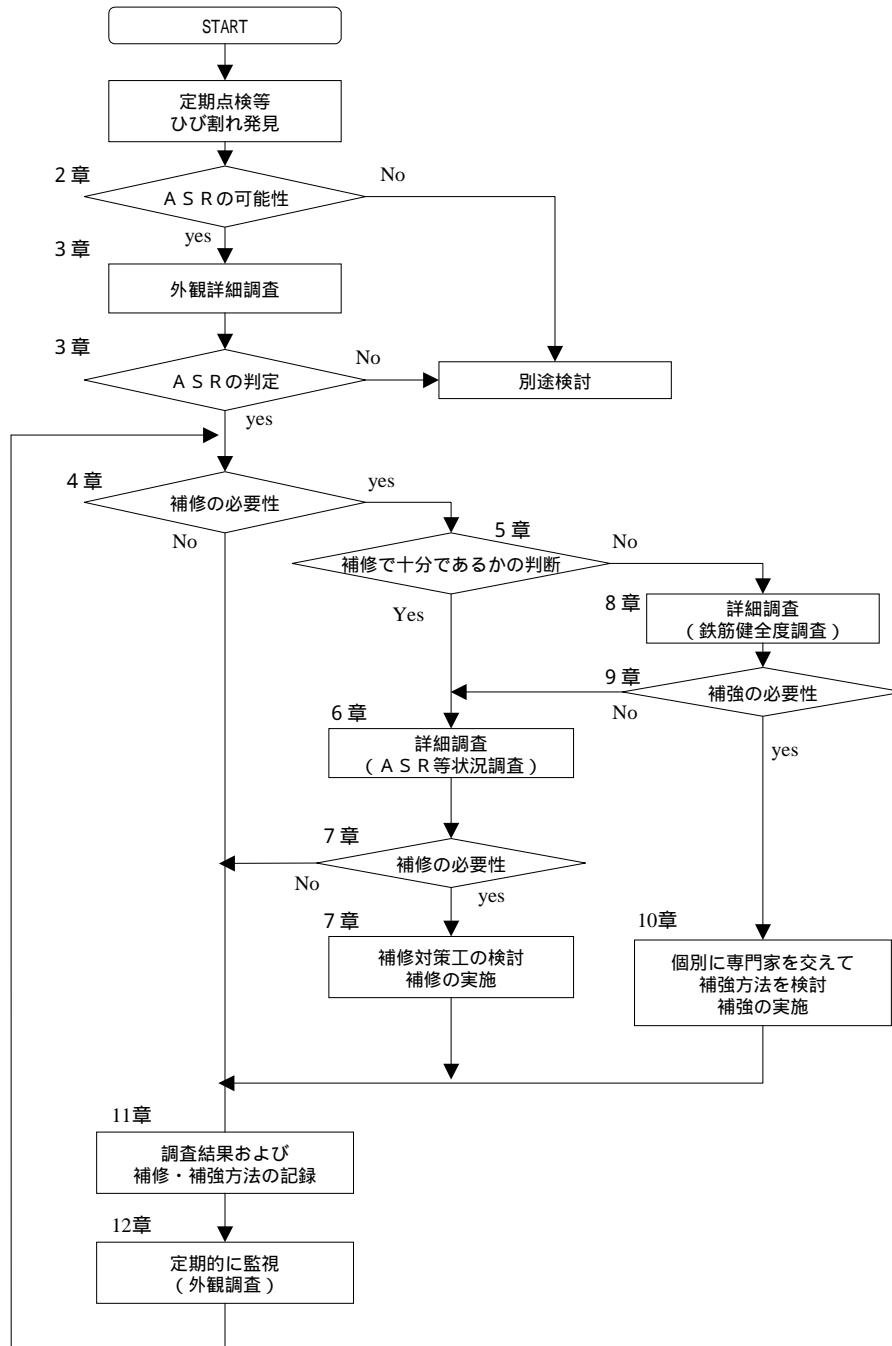


図 - 1 . 1 ASRによる変状を生じた橋梁に対する対応フロー

【解説】

コンクリート構造物が損傷をうける原因は多岐にわたるが、アルカリ骨材反応は、コンクリート中のアルカリと反応性骨材との化学反応により生成するアルカリシリカゲルが水分の供給により膨張する現象であり、これによってコンクリートにひび割れが生じるとともに、強度などの物理特性にも変化が生じる。

A S Rによる変状を生じた構造物の健全性の評価にあたっては、外観的特徴以外にも使用された骨材の種類や残存膨張量、構造物の種類や構造、環境条件など様々な要素を考慮しなければならない。したがって、補修の要否や補強方法の検討などの対応にあたっては、適切な手続きを経るとともに必要に応じて専門家による総合的な判断を加えることが求められる。

この維持管理要領(案)は、橋梁の下部構造を前提に定めたものであるが、上部構造に対しても共通する部分が多く基本的な事項については参考にできる。ただし、上部構造と下部構造では補修の要否の判断基準や補強に対する考え方など異なる部分もあるため上部構造へ準用するにあたっては別途、専門家を交え十分な検討を行うことが必要である。

2. A S Rの影響を受けている可能性があるかどうかの判定

定期点検時等に発見された変状が、A S Rによるものであるかどうかは、定期点検時の所見や概略のひび割れ状況図・変状箇所の写真から判定することを原則とする。A S Rに特徴的なひび割れや白色のゲル状物質の滲出等が見られた場合は、A S Rの疑いがあるものと判断する。

A S Rによるひび割れの特徴には次のものがある。

-) コンクリート表面の網目状のひび割れ
-) 主鉄筋やP C鋼材の方向に沿ったひび割れ
-) 微細なひび割れ等における白色のゲル状物質の析出

【解説】

- (1) A S Rによるひび割れには、他の劣化要因によるものとは異なる特徴があるので、構造物がA S Rによる影響を受けているかどうかの判定は、まず外観の調査結果から行うものとする。
- (2) A S Rによるひび割れの形状は、鉄筋量が少なく、周囲からそれほど拘束を受けない壁状の構造物（橋台や擁壁など）では、網目状となることが多い。一方、鉄筋量が多い部材やP C部材などでは、網目状の特徴を残しながらも、主鉄筋の方向またはP C鋼材の方向に沿った直線的なひび割れになることが多い。
- (3) A S Rによるひび割れでは、内部から白色（乳白色、黄褐色の場合もある）のゲル状物質が滲み出していることが観察されることが多い。ただし、A S Rによるひび割れでも、ゲル状物質が観察されるとは限らないので注意する必要がある。
- (4) 外観に生じている変状以外で、簡易に調査することができ、A S Rの可能性を検討する際に参考にすることができるものとしては、ア）構造物に関する過去の定期点検記録（特にひび割れ図）、イ）周囲の構造物に対する定期点検結果がある。ア）について、A S Rによるひび割れは竣工後2～3年以上が経過した後に発生し、5～6年以上後に目立つようになることが多い。竣工当初から発生しているひび割れについては、A S R以外の原因があると考えることが妥当である。イ）について、地理的、時間的に近いときに竣工した周囲の構造物にA S Rによる変状が著しい場合には、判定する構造物についてもA S Rの影響を受けている可能性が高いと考えることができる。
- (5) 上記の方法で判断することが困難な場合には、専門家の意見を聞き、A S Rの影響を受けている可能性があるかどうか検討すると良い。

参考：A S Rの影響を受けているかどうかをより詳細に調査する方法としては、コアを採取し、ア）骨材の破断面に反応リム（骨材の周縁および骨材内部のひび割れにみられる環状または帯状の変色域）

が見られるかどうか確認する方法、イ) 偏光顕微鏡等を用いて反応性骨材の有無を確認する方法、ウ) 骨材の残存膨張量を調べる方法、エ) 強度やヤング率の変化を調べる方法などもある。しかし、これらの方法は、試料採取のため少なからず構造物を傷つけるので、多用することは望ましくない。また、試料を採取する場合の採取位置や箇所決定にあたっては、構造や部位等について慎重に検討しなければならない。

3．外観詳細調査と判定

構造物に生じている変状の原因がASRであることが考えられる場合には、必要に応じて、より詳細な外観調査を行いASRかどうか判定する。

【解説】

(1) 損傷の原因がASRであると疑われる場合は、定期点検時に得られている調査結果で、補修の検討を行う必要性の判断や補修で十分であるかどうかの判断を行うために必要な情報がそろっているか確認する。必要に応じてより詳細な外観調査を行って、詳細なひび割れ図を作成したり個々のひび割れの性状を記録する。

特に、個々のひび割れの性状（ひび割れ幅、ゲル状の析出物質等で埋まっているかどうか、漏水、錆汁の有無）に関する十分な情報がそろっているか確認するとよい。

(2) 外観詳細調査結果により、ASRであるかどうかの判定を行う。調査結果のみからASRであるかどうかの判定が困難な場合には、専門家の意見を聞き判定を行う。

4. 補修の検討を行う必要性の判断

構造物の種類や重要性、変状の程度などを勘案して、補修を検討・実施するかどうかの判断を行う。すでにASRに対する補修を行った構造物で、外観上の変化が認められない構造物については、外観調査の結果等を記録し、経過観察を続けるものとしてよい。

【解説】

- (1) 補修を行うための検討を始めるかどうかは、構造物の種類や重要性、周辺環境、ひび割れの程度、これまでの調査記録等を総合的に勘案して判断するものとする。

- (2) ASRによるひび割れが生じていても、ひび割れ幅が小さく、反応ゲルや炭酸カルシウムなどで充填されている場合には、次のような理由から、すぐに補修のための検討を行わず、経過観察を行うものとしてもよい。
 - 1) ひび割れ幅が小さい場合には、ひび割れが反応ゲルや炭酸カルシウム（遊離石灰）などで充填されるため水や空気の鉄筋近傍への侵入が抑制され、コンクリート中の鉄筋は健全であることが多い。
 - 2) ひび割れ幅が小さく、ひび割れが反応ゲル等で充填されている場合には、ひび割れへの補修材料の注入が困難である。
 - 3) 補修（特に、表面保護工）を行うことで、外観からの経過観察が困難になる場合がある。

- (3) (2)のように経過観察を行うと判断する場合でも、上部構造からの漏水が著しく、ASRによる変状が生じている部位に水分が供給されている場合には、水分の供給を防ぐための対策を行う（対策は、7章解説(6)参照）。

5. 補修で十分であるかの判断

A S Rによる変状が認められる場合でも鉄筋に損傷がない場合には、A S Rが進行することを防ぐことを目的とした補修を実施する。しかし、構造物中の鉄筋が破断しているおそれがある場合には、構造物の補強を行うことも視野に入れた検討を行うものとする。

【解説】

(1) 既往の研究では、A S Rにより著しいひび割れが発生しているなど外見上かなりの変状が見られる場合でも、ひび割れの深さが鉄筋のかぶり程度までにとどまっていることが多く、内部の鉄筋が健全であれば、耐荷力の低下はほとんどないと考えられている。このため、A S Rによる変状が認められた構造物に対する対策としては、A S Rの抑制および鉄筋の腐食防止を目的とした表面保護工・ひび割れ注入工等が一般的である。

しかし、最近になって、A S Rによるコンクリートの膨張が著しい構造物の一部では、内部の鉄筋が破断している事例もあることがわかってきた。このような構造物中の鉄筋の損傷が進展すれば、構造物の耐荷性能が損なわれる可能性もあるので、早期に補強することも念頭に置いて詳細調査を行うものとする。

(2) 以下のいずれかに該当する変状が見られる構造物は、内部の鉄筋が破断しているおそれもあるため、鉄筋の健全度に関する詳細調査を行う。

1) 過去にひび割れ注入工による補修を実施していない場合。

ひび割れ幅 2 mm 以上の連続したひび割れがある。

T型橋脚の図解 - 5 . 1 に示す部位において、同図に示したような幅が 1 mm 以上の連続したひび割れがある。

ひび割れ箇所のコンクリート表面に 2 mm 以上の段差がある。

2) 過去にひび割れ注入工による補修を実施している場合。

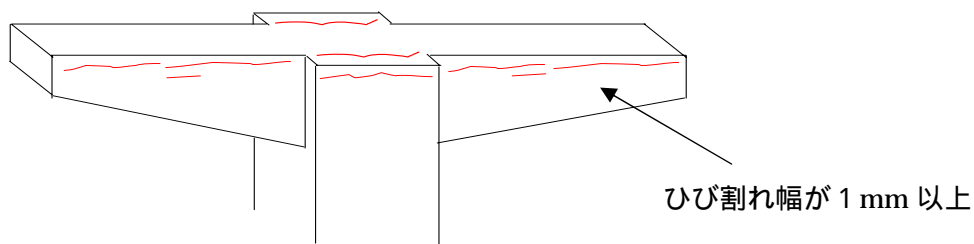
なお、ひび割れ幅は、補修前のひび割れ幅と補修後に開いた開口幅（ひび割れが再度開いた場合）の合計で判断する。

ひび割れ幅 2 mm 以上の連続したひび割れがある。

補修前のひび割れ幅が明確でなく、そのひび割れが再度 1 mm 以上の幅に開口している場合。

T型橋脚の図解 - 5 . 1 に示す部位において、同図に示したような幅が 1 mm 以上の連続したひび割れがある。

ひび割れ箇所のコンクリート表面に 2 mm 以上の段差がある。



図解 - 5 . 1 橋梁下部構造（T型橋脚）における、ひび割れのパターン

6．詳細調査（A S R等状況調査）

補修を行うことを検討する構造物では，補修の要否の検討，補修工法や補修材料の選定のための基礎資料とするために，必要な調査を行うものとする。

A S Rの反応は水分が供給されるところで著しいので，変状が見られる箇所周辺の雨水の流下状況等についても調査するとよい。

【解説】

- (1) A S Rによる変状に対する補修の必要性，補修方法を詳細に検討する際には，次のような調査から得られる結果が参考になるので，状況に応じて必要な調査を選択し，実施すると良い。なお，コア試料の採取を行う場合には，構造物の特性やひび割れ状況等を勘案して採取位置・数量を定めるものとする。
 - 1) 過去の調査記録の把握
 - 2) 今後のコンクリート膨張量に関する調査（残存膨張量試験）
 - 3) 変状が見られる箇所付近の雨水の流下状況に関する調査
- (2) 構造物の過去の定期点検結果や詳細調査結果，補修の記録などから，構造物の竣工後の経時的な変化を把握することができ，将来のA S Rの進行についてもおおまかに推定することが可能である。例えば，竣工後40年以上が経過しているような構造物では，今後，急激に変状の程度が変化することは考えにくい。逆に，比較的新しい構造物では，今後もA S Rが進行することが十分考えられる。
- (3) 補修材料によって，適用できるひび割れ幅やひび割れの変動量が異なるので，今後もA S Rの進行によってひび割れ幅が変化する可能性が高いかどうかについて調査することが有効である。今後のA S Rの進行性を予測するための試験方法としては，現状では，コアの残存膨張量試験が唯一のものである。なお，残存膨張量試験を行うためのコアを採取・運搬する際には，コアの含水状態が変化しないように，湿布でつつむなどして乾燥しないようにするものとする。
- (4) A S Rの反応には水の存在が不可欠であり，実構造物では雨水が流下する経路など水分が豊富に供給される箇所で著しい変状が見られることが多い。したがって，橋台，橋脚などその水分環境が上部構造の影響を受ける部位では，雨水の流下状況などを調査し，変状箇所への水分の供給を防ぐための対策を検討するために必要な調査を行う。

参考：A S Rによる変状が見られる構造物の調査方法としては，他にも

- ・採取したコアにおける骨材の調査（反応リムの観察，岩種判定など）
- ・採取したコアを用いたコンクリートのアルカリ量測定
- ・採取したコアを用いたコンクリートの圧縮強度試験および静弾性係数試験
- ・コンクリートの超音波伝播速度の試験（非破壊試験）

などもある。しかし，これらの調査方法で得られるデータは，変状の原因がA S Rかどうかを判定す

る際には有効であるものの、構造物の補修を行うにあたっては、上記の(1)に示した調査項目と比較すると参考になりにくい。一方で、超音波伝播速度試験を除くと、調査のためにコアを採取する必要があり、構造物に与える影響も少なくない。そこで、これらの試験は、特に必要な場合にのみ追加して行うものとする。

7. 補修対策工の検討

構造物の種類や重要性，周辺環境，損傷の程度，これまでの記録，詳細調査で得られた各種試験の結果，補修の有効性等を総合的に勘案して、補修を行うかどうか判断し、補修工法を選定するものとする。

補修後にも A S R が進行する可能性があるので、補修後も A S R の進行を容易に監視できるような対策を講じることが望ましい。

【解説】

- (1) A S R が原因と考えられる変状を補修するかどうか，どのような補修を行うか判断する際には，構造物の種類や重要性，周辺環境，損傷の程度，これまでの記録，詳細調査で得られた各種試験の結果，補修の有効性等を総合的に勘案しなければならない。そこで，必要な場合には，専門家の意見を交えて検討し，これらの判断を行うものとする。

- (2) A S R は，コンクリート中のアルカリ分，骨材に含まれる反応性鉱物，および水の三者がそろうことで反応が進行する。したがって，A S R による変状に対する代表的な補修工法には，1) コンクリートへの水分の供給を絶って A S R の反応を抑制することを目的とした表面保護工，2) 鉄筋近傍への水や塩化物イオンなどの劣化因子の侵入を防止することを目的としたひび割れ注入工がある。なお，これらの対策とは別に変状箇所への水分供給を極力防ぐことが必要である。

- (3) 代表的な表面保護工としては，以下のものがある。
 - 1) 撥水系表面保護工：外部からの水の侵入を防ぐ。また，内部からの水分の蒸発は妨げない。
 - 2) 遮水系表面保護工：外部からの水の侵入を防ぐ。一方，内部からの水分の蒸発も妨げられる。既往の適用例からは，撥水系表面保護工の効果が高いと考えられているので，未補修の構造物に新たに補修を行う場合は，撥水系表面保護工を採用すると良い。

既補修の構造物に再度補修を行う場合には，現在補修されているものと同じ系統(撥水系，遮水系) の表面保護工を再度，上塗りする。

- (5) A S R によるひび割れが大きく開口していると，そこから水や塩化物イオンなどの劣化因子が，鉄筋の近傍まで容易に侵入するおそれがある。したがって，開口したひび割れ部にはひび割れ注入工を行って補修するのが一般的である。ひび割れ箇所へ注入するための補修材は種々のものがあり，施工性やひび割れへの追従性などについてそれぞれ長所短所があるので，補修を行う箇所のひび割れ幅や面積，今後のひび割れ幅の変化の可能性などを総合的に勘案して，補修材料・工法を選定しなければならない。

- (6) A S R の反応には水分の供給が不可欠であり，特に橋台・橋脚などの橋梁下部構造物などでは，上部構造から流下する雨水の通りみちなどで，著しい変状が見られることが多い。このような場合には，次のような対策で変状が見られる箇所への水分の供給を防ぐことも重要である。
 - 1) ジョイント部の漏水対策工

- ・非排水型伸縮装置の採用
- ・ジョイント部周辺への防水シートの採用
- ・排水桝，配水管の補修・更新

2)その他，上部構造からの漏水防止

(7) 補修を行った構造物でも，A S Rがさらに進行する可能性があるので，これを容易に監視できるような補修方法を選定することが望ましい。また、例えばコンタクトゲージを取り付けるなどして，ひび割れ幅の変動が監視できるような工夫をするのがよい。

8 . 詳細調査（鉄筋健全度調査）

鉄筋の破断が生じているおそれがあり、それによって耐荷力に影響があると考えられる部位については、鉄筋を部分的にはつりだし、その状態を確認するものとする。

【解説】

- (1) 構造物中の鉄筋の破断について正確に調査する方法としては、現状では鉄筋を部分的にはつり出して観察する以外にない。ただし、鉄筋のはつり出しは構造物に与える影響が大きいため、特にひび割れ幅が大きい箇所や代表的な損傷のパターンが見られる箇所を選択して調査を行うものとする。
- (2) 以下のような箇所については、内部の鉄筋が破断している可能性もあるので、その全数を調査することが望ましい。ただし、過去に補修としてひび割れ注入工を実施している場合には、補修前のひび割れ幅と補修後に開いた開口幅（ひび割れが再度開いた場合）の合計で判断する。
 - 1) ひび割れ幅が 5 mm 以上の連続したひび割れがある。
 - 2) 図解 - 5 . 1 のようなパターンでひび割れ幅 3 mm 以上のひび割れがある。
 - 3) ひび割れ箇所のコンクリート表面に 5 mm 以上の段差がある。
- (3) 以下のような箇所については、内部の鉄筋が破断している可能性もあるので、代表的な構造物や箇所を調査し、その調査結果から周囲にある同様の構造物や箇所の状態を推測すると良い。
 - 1) ひび割れ幅が 2 mm ~ 5 mm の連続したひび割れがある。
 - 2) 図解 - 5 . 1 のようなパターンで、ひび割れ幅 1 mm 以上 3 mm 未満のひび割れがある。
 - 3) ひび割れ箇所のコンクリート表面に 2 mm ~ 5 mm の段差がある。
 - 4) 過去にひび割れ注入工などの補修を行って充填したひび割れにおいて、再度、ひび割れ箇所が開口し、開口幅が 1 mm 以上である。

参考：既往の鉄筋破断箇所は、帯鉄筋の折り曲げ部の他に、一部の主鉄筋の圧接部にも見られている。したがって、帯鉄筋の折り曲げ部に破断が発見された場合には、周辺の主鉄筋の圧接箇所についてもその状態を調査することが望ましい。

9．補強の要否の判断

詳細調査の結果，鉄筋の破断が生じている場合には，専門家を交えて補強の必要性，補強方法についての検討を行う。

詳細調査の結果，コンクリート中の鉄筋が健全であると確認された場合には，構造物の補強は必要ないものと判断し，補修のための詳細調査を検討する。

【解説】

- (1) 詳細調査で鉄筋の破断が生じている場合には，構造物の耐荷力に影響を及ぼすおそれもあるので，専門家を交えて補強の必要性について検討し，必要に応じて補強方法の検討に入らなければならない。
- (2) A S Rにより著しいひび割れが発生しているなど外見上かなりの変状が見られる場合でも，ひび割れの深さが鉄筋のかぶり程度までにとどまっており，内部の鉄筋が健全であれば，耐荷力の低下はほとんどないと考えられるので，補強は行わなくとも良い。

10．構造物の補強方法の検討

詳細調査の結果に基づき、構造物の種類や重要性、損傷の程度や今後のASRの進行の可能性、補強の経済性などを十分に考慮し、専門家を交えて検討を行って適切な補強方法を選択しなければならない。

補強後もASRが進行する可能性があり、これを監視できるような補強方法を選択することが望ましい。

【解説】

- (1) 構造物中の鉄筋が破断するほどまでにASRによる損傷が著しい構造物の事例は少ない。また、その補強方法は現状では確立されていない。したがって、個々の構造物ごとに専門家を交えて補強方法を検討しなければならない。また、補強方法によってその設計のために必要な物性値などが異なるので、補強方法の選定や設計を行いながら、必要な調査・試験を追加して行うとよい。

- (3) 補強を行った構造物でも、ASRがさらに進行する可能性があるため、補強後もASRの進行を監視できるような補強方法を選定することや、ASRの進行を監視するための工夫を行うことが望ましい。

11. 調査結果結果および補修・補強方法の記録

外観詳細調査や詳細調査の結果、実施した補修・補強の方法等について適切に記録しておかなければならない。

【解説】

- (1) 補修後も A S R によるコンクリートの膨張が続き、再度の補修が必要となる事例もある。そこで、補修前の状況や補修時に使用した材料・工法等について、詳細な記録を残しておくことが有効である。また、検討の結果、補修を行わなかった場合でも、今後の維持管理の参考にするために、外観詳細調査等で得られた結果を適切に記録しておくものとする。
- (2) 以下の項目について、特に記録を残しておく必要がある。
 - ・ 外観詳細調査時のひび割れ図、ひび割れ幅、ひび割れ密度
 - ・ 変状が見られた箇所の写真
 - ・ コンクリートコア試料を用いた各種試験の結果
 - ・ 鉄筋調査箇所の状況図
 - ・ 選定した補修、補強工法
 - ・ 補修、補強に使用した材料
 - ・ 施工の内容や品質管理結果

参考：A S R による変状の程度を評価する指標としては、ひび割れ幅の他に、ひび割れ密度も検討されている。しかし、現状では、ひび割れ密度を用いた構造物の評価方法は確立されていない。そこで、当面の間は、調査結果を蓄積するための記録のみをおこなうものとした。

12. 定期的な監視

A S Rの影響を受けていることが明らかな構造物に対しては、補修・補強の実施の有無に関わらず、定期的な監視（外観調査）を継続的に行うものとする。

特に着目すべき点を以下に示す。

- ）新たに発生したひび割れの有無
- ）ひび割れ幅が比較的大きなひび割れの進展状況
- ）補修（ひび割れ注入工）を行った箇所でのひび割れ再発の有無
- ）外部からの水分の供給状況の変化

【解説】

- (1) A S Rの影響を受けていると判断された構造物は、定期的な監視を行うものとし、通常の定期点検よりも頻度を多くして近接目視による外観調査を行う。少なくとも5年以内に外観調査を行うものとするが、変状が著しい構造物については、これよりも高い頻度（1～3年程度に一回）で定期的に調査することとする。
- (2) 外観調査では、前回の外観調査結果との比較を行い、A S Rが進行していないか点検する。したがってひび割れ図などを記入する場合には、以下の点に留意する。
 - 1) 既存のひび割れと新たに発生したひび割れが区別できるように記入する。
 - 2) ひび割れ幅が大きなひび割れについては、そのひび割れ幅を記録し、点検時に幅が増加していないかどうか確認する。
 - 3) ひび割れ箇所からの、錆汁、漏水、遊離石灰やゲルの滲出状況なども記入する。
- (3) 上部にコンクリート桁がある天端、掛違い部、ピルツ連結部など外観調査が困難（場合によっては不可能）な箇所についてもできるだけ調査する。また、周辺の調査できる部位や面の状況から、これらの部位の損傷状況を推定する。