

【要約・第Ⅱ編】2014年版「ASR診断の現状とあるべき姿研究委員会」報告書(2014.7),  
(公益社団法人)日本コンクリート工学会, pp59-78.

(注)「第Ⅱ編 委員会からの提案」より抜粋・要約を試みたもの

## 1. 構造物の重大性レベル・・・59

構造物の重大性レベルを、S1(重大ではない)からS4(特に重大である)の4区分を提案した。

本研究委員会では、RILEMを参考に、表-1.1.1の通り構造物の重大性レベルを4区分にして整理した。

ただし、RILEMでは安全性のみに着目していたが、構造物における使用性の低下事例や耐久性への影響を踏まえ、各重大性レベルに対して、構造物の性能や経済性、環境への影響を軸として整理した。

構造物の重大性レベルに応じて、構造物を構成する構造部材もしくは非構造部材に許容可能なASR膨張量を定めることが重要な点であり、抑制対策から維持管理にわたって合理性が高まることとなる。

表-1.1.1 構造物の重大性レベル

レベル	ASRの受容性	構造物への影響度
S1	ASRによるいくらかの劣化は許容できる	ASRが構造物の性能や経済性、環境に与える影響度は小さい、もしくは、無視できる
S2	中程度のASRのリスクは許容できる	ASRが主要な劣化であれば、構造物の性能や経済性、環境に影響がある
S3	小規模のASRのリスクは許容できる	ASRが小規模でも、構造物の性能や経済性、環境に大きな影響がある
S4	ASRは許容できない	ASRが小規模でも、構造物の性能や経済性、環境に深刻な影響がある

## 2. 診断フロー・・・60

### 2.1 構造物の重大性レベルと診断・・・60

構造物の重大性に対して、一般レベルの診断フロー（重大性レベルが低い～中程度）と高レベル診断（重大性レベルが大きい、特に S4）の基本的考え方と診断の流れ図（フロー）を提唱した。

多種多様な構造物の維持管理にあたっては、非常に膨大な労力と費用を要する。したがって、本研究委員会では、ASR が構造物に与える影響を重大性レベルとして S1～S4 に分類し、それぞれの重大性レベルに応じて技術者に要求される技術力の概念を示した（表-2.1.1）。

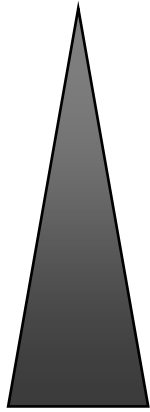
なお、ASR 診断について、広義には、

- i) ASR 発生の有無と原因を特定すること、
- ii) 劣化の進行程度を知ること、
- iii) 膨張の進行可能性を知ること、
- iv) 構造性能に対する影響の有無の評価、
- v) 対策の要否の判断

の5つに区分することができる。

診断 (diagnosis) は本来、『i) ASR 発生の有無と原因を特定すること』であり、これを狭義の ASR 診断と位置付けた。

表-2.1.1 構造物の重大性レベルと技術者レベル

レベル	ASR の受容性	構造物への影響度	技術者に求められる能力
S 1	ASR によるいくらかの劣化は許容できる	ASR が構造物の性能や経済性、環境に与える影響度は小さい、もしくは、無視できる	
S 2	中程度の ASR のリスクは許容できる	ASR が主要な劣化であれば、構造物の性能や経済性、環境に影響がある	
S 3	小規模の ASR のリスクは許容できる	ASR が小規模でも、構造物の性能や経済性、環境に大きな影響がある	
S 4	ASR は許容できない	ASR が小規模でも、構造物の性能や経済性、環境に深刻な影響がある	

## 2.2 一般レベルの診断フロー・・・61

図-2.2.1 に一般レベルにおける診断フローの全体像を示す。

これは、FHWA (Federal Highway Administration) の診断フロー (Ⅲ編参照) を簡略化したものである。各論については、Ⅲ編にて記載している。

### 【Level 1】

ASR 診断の経験の多少は診断に大きな影響を与えるものの、点検においては必ずしも、ASR 経験を持つ技術者が点検するとは限らず、Level 1 の通常点検 (日常点検、定期点検など) においては、ASR 経験を問わず点検者によって点検を実施する。

それらの点検結果から ASR の可能性が疑われた場合には、それ以降の診断 (Level 2, Level 3) においては、少なくとも ASR 経験を持つなど適切な診断技術を有する技術者によって診断が行われることを前提とした。

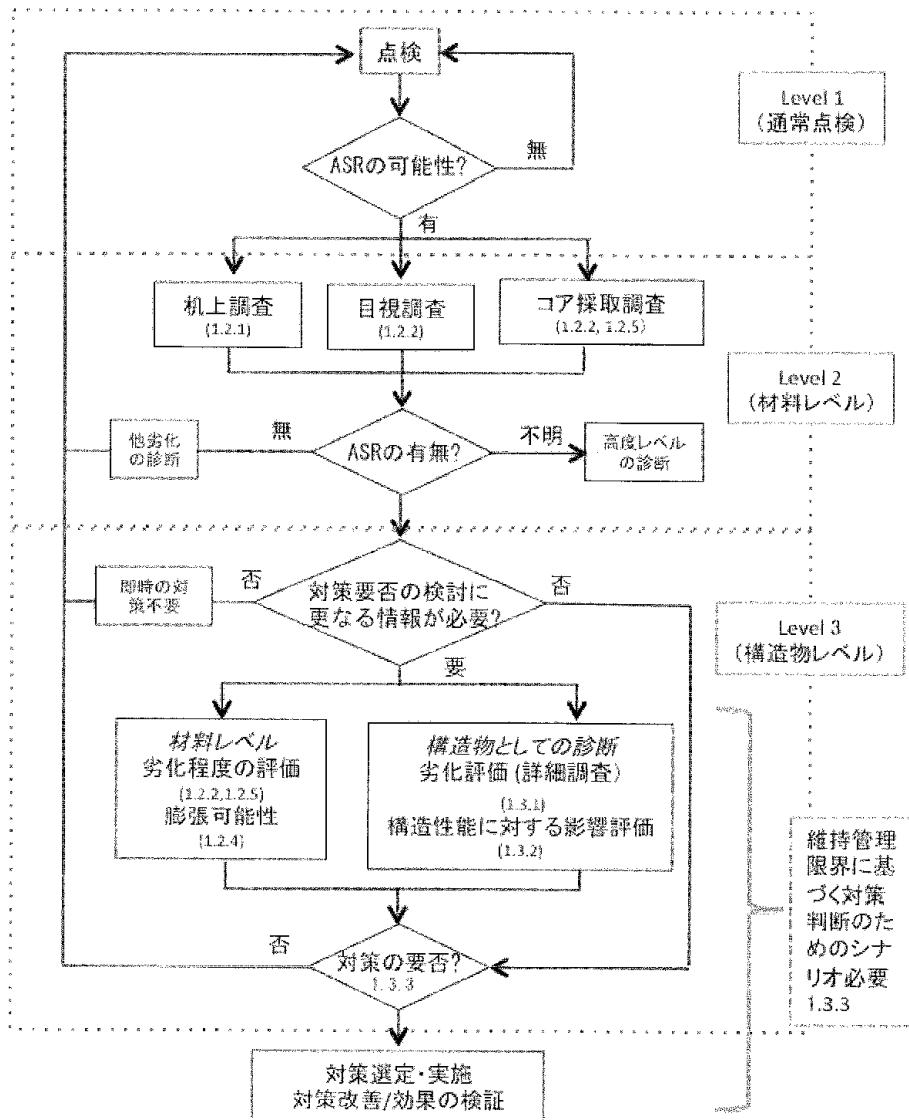


図-2.2.1 一般レベルの診断フローの全体像

Level 2 では、ASR 診断に関して経験を持つ技術者が実施することが前提となる。

Level 2 のうち、机上（資料）調査は、当該構造物の地域性を考慮する上で重要な作業である。資料調査においては、近隣構造物における ASR の有無、対象地域における反応性骨材の有無、コンクリートの配合などを調査する。

例えば資料調査の段階で構造物の変状が ASR と判断できる場合、表面ひび割れの調査や岩石学的試験を実施することなく、詳細調査（Level3）に移行するかどうかの判断が可能となる。

Level 3 では、構造物の診断のため、材料レベルと構造物としての診断に大きく分類して、各種試験を行うことで、以下のような点を検討する。

- ・劣化の程度と今後の予測（過去の膨張量、現在の膨張速度、今後の ASR による膨張の可能性）
- ・構造物の性能評価
- ・他のメカニズムによるさらなる劣化の可能性

対策方法（工法）の選定および実施後については、点検強化やモニタリング等によって、対策効果の検証を必要に応じて行い、対策の効果の検証を進める。

ASR については、その後の膨張進行および補修対策に対する不確実性から、点検強化やモニタリング等など対策効果の検証を行うことはきわめて重要である。

なお、対策の要否については、上記の不確実性を考慮し、適切な維持管理限界を設定するとともに、対策判断のためのシナリオ（膨張進行、劣化進行、補修効果などのシナリオ）を明示し、その判断規準を明確化しておくことが重要である。

## 2.3 高レベルの診断フロー・・・63

図-2.3.1 に一般レベルにおける診断フローの全体像を示す。これは JNES-RE-レポートのフローを引用したものである [2]。

高レベルの診断フローにおいても基本的に3段階に分類した診断の流れになっている。

段階1：予備試験による ASR の可能性検討

（高度な技術を有する者による点検と詳細調査・診断計画の立案）

段階2：材料試験による ASR の検出

（コンクリートコアの岩石記載学・岩石鉱物学的詳細調査及びゲルの化学組成分析）

段階3：ASR 抑制対策へのフィードバック

（コンクリートのアルカリ総量や混和剤の化学組成分析および総合的診断）

段階1については、基本的な方法として一般レベルの Level 1～Level 2 と同様のフローとなっている。日常点検を行い、ひび割れ等の変状を検出した段階で次のフェーズに移行する。

段階1では日常点検は管理者が基本的に行うこととなるが、手戻りなく段階2の高度な診断技術を行うためには、構造物の状態や試験条件（コアの採取箇所など）を適切に判断しなければならない。したがって、高レベルの診断を行うにあたっては、構造物診断から岩石学的診断まで精

通した技術者の適切なコンサルティングの下で進めることが望ましい。

段階2では、これらのコアの岩石学的（岩石記載学，岩石鉱物学的）な詳細調査を基に，ASRの発生原因を特定する（diagnosis）とともに，ASRゲルの組成などから将来的な可能性を推察する（prognosis）。

まず，段階1で採取したコアの外観観察から，骨材の種類や構成比率を推定する。この時点でその後の詳細な分析位置などを決定するため，極めて重要なプロセスである。コアの外観観察では，コアの展開写真やひび割れスケッチ，肉眼や実体顕微鏡による観察を行った上で分析位置を決定する。分析位置に対して，鏡面研磨薄片を作製する。

これらの情報を得た後，岩石学的評価に移行する。

岩石学的評価では，偏光顕微鏡観察によって，岩種ごとのASR発生状況とその進行程度，またコンクリートに関連する情報（混和材使用の有無など）について整理する。

また，必要に応じて，微細領域の観察のためにSEM-EDSを用いる。これらの岩石学的試験の補助として粉末X線回折を使用する場合もある。

上記の作業によって，ASRを生じた骨材に関する情報を概ね得ることができる。その後，骨材の反応性の違い，すなわち急速膨張性か遅延膨張性かによって診断フローが異なる。

急速膨張性の骨材では，ペシマムを生じる鉱物を含み，少ないアルカリ総量で長期間膨張を生じるため，ペシマム条件などを確認する必要があるため，細骨材および粗骨材の岩種構成を定量する。

一方，遅延膨張性の骨材では隠微晶質石英や微晶質石英が反応性鉱物であると判断されるため，偏光顕微鏡観察ではこれらの鉱物を明確に判断できない。したがって，鏡面研磨薄片に対してSEM観察を行い，反応した鉱物を同定するとともに，反応状況，ひび割れ，反応生成物を確認する。

次に，ASRの進行段階を把握する。ASRの進行段階は，上述した偏光顕微鏡観察によるASRの進行ステージの情報を前提に，ASRゲルやCSHゲルのEDS定量分析を行う。これらの分析結果を $[Ca/Si] / [Ca / (Na + K)]$ 組成図にプロットすることで，ASRの進行段階を把握する。なお，ASRゲルの組成変化には3タイプ存在し，ASRゲルの組成変化から凍結融解や炭酸化の影響を把握することも可能である。

段階3では，アルカリ収支（セメント起源，骨材，融雪剤等）を把握し，用いたコンクリートのアルカリ総量の検証を行う。また，コンクリートに混和材が用いられている場合には，SEM-EDS等によってCSHゲルや混和材の組成分析を行う。これらの結果を総合して，新設構造物のASR抑制対策にフィードバックする。

### 3. 抑制対策・・・66

ASR 抑制対策の方法を選定する上で、「構造物の重大性」および骨材の反応性と乾燥・湿潤の環境やアルカリの供給の有無を指標とした「ASR のリスクレベル」について整理する。この両指標を組み合わせ、材料規定によるアルカリシリカ反応の抑制方法を提案している。

#### 3.1 構造物の重大性レベルとカテゴリー・・・66

#### 3.2 リスクレベルの設定・・・66

表-3.1.1 構造物の重大性レベル

レベル	ASRの受容性	構造物への影響度	カテゴリー
S 1	ASRによるいくらかの劣化は許容できる	ASRが構造物の性能や経済性、環境に与える影響度は小さい、もしくは、無視できる	部材を比較的簡単に交換できる (e.g., <30年)
S 2	中程度のASRのリスクは許容できる	ASRが主要な劣化であれば、構造物の性能や経済性、環境に影響がある	必要に応じて補修できる (e.g., 30-100年)
S 3	小規模のASRのリスクは許容できる	ASRが小規模でも、構造物の性能や経済性、環境に大きな影響がある	
S 4	ASRは許容できない	ASRが小規模でも、構造物の性能や経済性、環境に深刻な影響がある	ASRを許容できない (e.g., >100年)

#### 3.2.1 環境評価・・・66

#### 3.2.2 構造物寸法・・・67

#### 3.2.3 骨材の反応性・・・67

表-3.2.1 リスクレベル評価

骨材のアルカリ反応性			骨材の反応性			
			無	低	中	高
					急速膨張性 (非ペシマム配合)	急速膨張性 (ペシマム配合)
環境と構造の区分				遅延膨張性 (変成岩系)	遅延膨張性 (堆積岩系)	
乾燥	アルカリ供給なし	小部材	1	1	2	2
	アルカリ供給なし	マスコン	1	2	3	4
湿潤	アルカリ供給なし (淡水・土壌と接する)	マスコン	1	2	4	4
	アルカリ供給あり (凍害・海水・融雪剤)	マスコン	1	3	4	5

3.3 ASR の抑制レベル・・・68

表-3.3.1 ASRの抑制レベル

ASRの リスク レベル	構造物の重大性			
	S1	S2	S3	S4
	<30年 部材を比較的簡 単に交換できる	30~100年 必要に応じて 補修できる		>100年または、 ASRを許容で きない
1	A	A		A
2	A	B		C
3	A	C		D
4	B	D		E
5	B	E		F

3.4 ASR の抑制対策・・・68

表-3.4.1 ASRの抑制対策

抑制 レベル	ASR抑制対策
A	抑制対策不要
B	コンクリート中のアルカリ総量 $Na_{2O} < 3.0 \text{ kg/m}^3$ , または表-3.4.2の混和材を用いる
C	コンクリート中のアルカリ総量 $Na_{2O} < 2.4 \text{ kg/m}^3$ , または表-3.4.2の混和材を用いる
D	コンクリート中のアルカリ総量 $Na_{2O} < 1.8 \text{ kg/m}^3$ , または表-3.4.2の混和材を用いる
E	コンクリート中のアルカリ総量 $Na_{2O} < 1.2 \text{ kg/m}^3$ , または表-3.4.2の混和材を用いる
F	コンクリート中のアルカリ総量 $Na_{2O} < 1.2 \text{ kg/m}^3$ , かつ表-3.4.2の混和材を用いる

表-3.4.2 混和材の最小添加率

混和材	混和材の アルカリ量 $Na_2O_{eq}(\%)$	混和材の最小添加率 (w t %)			
		抑制レベル B	抑制レベル C	抑制レベル D	抑制レベル E, F
フライ	<3.0	15	20	25	35
アッシュ	3.0-4.5	20	25	30	40
高炉スラグ 微粉末	<1.0	40	45	50	60

#### 4. 促進（加速）コンクリートプリズム試験・・・70

4 章では、アルカリ骨材反応の有無決定づける中核となる判定試験として、実配合コンクリートで作った小型コンクリートプリズム（75×75×250mm）による促進膨張試験〔促進（加速）コンクリートプリズム試験（CPT）〕の方法について詳細に解説している。

##### 4.1 はじめに・・・70

本章では、RILEM で提案されつつある AAR-4 を基に、実配合のコンクリートの潜在的な膨張性で早期に判定できる促進（加速）コンクリートプリズム試験（CPT）を提案する。

本試験は、小型コンクリートプリズム（角柱）を用いて 60°C の湿潤環境下でコンクリートのアルカリシリカ反応性を迅速に判定するための促進試験である。

（※）RILEM の AAR-4.1 “Detection of potential alkali－reactivity Accelerated method for testing aggregate combinations using concrete prisms” に基づき、小型コンクリートプリズム（75×75×250mm）を用いた ASR 促進膨張試験方法を提案する。

AAR-4.1 と比較して異なる点として最も重要な点は、①実配合のコンクリートを用いること、②アルカリ溶液を含ませた不織紙で供試体を覆う点である。

以下、試験方法の詳細を述べている。

##### 4.2 装置および器具・・・70

###### 4.2.1 ゲージプラグ・・・70

###### 4.2.2 型枠・・・70

###### 4.2.3 長さ変化測定器・・・70

###### 4.2.4 供試体格納容器・・・71

###### 4.2.5 養生槽・・・71

###### 4.2.6 プラスチック製コンテナ・・・71

###### 4.2.7 はかり・・・72

###### 4.2.8 湿気箱・・・72

###### 4.2.9 測定室・・・72

###### 4.2.10 不織布・・・72

###### 4.2.11 ラップフィルム・・・72

###### 4.2.12 トレー・・・72

##### 4.3 供試体・・・72

###### 4.3.1 使用材料および配合・・・72

###### 4.3.2 供試体の寸法・・・72

###### 4.3.3 供試体の個数・・・72

###### 4.3.4 供試体の作製および脱型・・・72

###### 4.3.5 初期値の計測・・・73

##### 4.4 養生方法・・・73

- 4.4.1 供試体の包み方・・・73
- 4.4.2 格納容器および養生槽への設置方法・・・74
- 4.5 測定・・・74
  - 4.5.1 長さ変化の測定方法・・・74
  - 4.5.2 測定材齢・・・74
  - 4.5.3 不織布への吸水方法・・・74
- 4.6 計算・・・74
- 4.7 報告・・・75

以上