

第2章 事前評価

2.1 点検と調査

2.1.1 一般

腐食の程度を適切に評価、診断するには、構造物に要求される性能の評価と適切な対策を実施するために必要な情報を収集する目的で行なう目視を主とした点検、より科学的で定量的な診断とするために非破壊試験などを主として行われる調査がある。

【解説】

鋼構造物を長期間健全な状態に維持管理するためには、定期的に適切な点検を行なうことが必要である。点検とは、あくまで目視外観によって構造物全体や各部材の現状を点検する人の経験と知識等によって定量的に行なわれることを基本としている。しかし、点検が不適切に行なわれると、時間と費用の浪費だけでなく、構造物の寿命や安全性に影響のある大きな損傷を見落とす危険性がある。また、不十分な点検によって、その後の対策が適切に行なえなかったことから次の点検までに損傷が急激に拡大している可能性があり、最悪、構造物の機能を損なう危険性を含んでいる。点検は、構造物診断の基本事項であるとともに、その後に行なわれる緊急対策、要観察、各種調査の判断につながる。

次に、構造物を対象に行なわれる調査である。各種点検を行なった結果、点検対象構造物が健全であれば問題ないが、何らかの損傷、変状等が発見されるか、予測される場合は、その程度に応じて対策を行なうか、行なう必要が無いかの判断が必要となる。そこで、行なわれるのが調査である。調査は、点検とは違ってより精度の高い判断をするために行なわれることから、目視点検によって全体を診断はするが、主となるのは、超音波などの非破壊検査（一部、破壊検査も含む）によって科学的に損傷や変状を定量的に調べることを指している。点検では、どの程度の対策が必要か、補修か補強か、常時観察のレベルでよいのかなどの判断は困難であるが、調査は、詳細に調べることから、その結果によって点検では判断できないことが可能となる。

2.1.2 点検の種類

鋼構造物の腐食損傷についての情報を得るためには、その構造物の重要度、劣化予測を考慮して適切な時期に目的に合った点検を行うことがのぞましい。

- (1) 初期点検
- (2) 日常点検
- (3) 定期点検
- (4) 臨時点検

鋼構造物の腐食に着目した点検は、建設時の設計図書、維持管理記録、点検記録、補修・補強記録等を確認する机上点検と、既設構造物の損傷や変状を確認する現地点検を実施する。

【解説】

点検には、点検の目的、内容及び実施時期によって異なっている。以下が鋼構造物を対象として行なわれる一般的な点検の概要である。

- (1) 初期点検とは、鋼構造物の竣工後、供用開始直後あるいは種々の対策を行なった直後に実施する点検で、初期の損傷を発見、把握する目的で行なわれる。点検の内容は、外観に現れるような損傷を対象とすることから目視外観で行なうのが一般的である。
- (2) 日常点検とは、比較的短い間隔で行なう点検で、道路巡回や橋梁巡回によって行われることから対象損傷も専門家でなくても判別できるような損傷に限られている。日常点検の目的は、第3者に対する安全性や使用性確保を主な目的として行なわれる。
- (3) 定期点検とは、対象となる鋼構造物に可能な限り接近して目視や簡易な点検器具などを用いて損傷の有無や程度を調べる点検で、対象鋼構造物の健全度を詳細に把握し、誤りの無い診断をする目的で実施する。点検する項目は、対象鋼構造物の全ての損傷、変状、各部材を対象とする。
- (4) 臨時点検とは、地震、台風、豪雨等の天災や、火災、事故後に実施する点検で、これらの影響で損傷や変状が発生していないのか確認することを目的で行なわれる。点検の対象は、全ての部材を対象とし、特に、安全性を主眼に判断する。

2.1.3 調査

定量的な診断を行うために、下記の調査を行う。

- (1) 目視調査
- (2) 損傷調査
- (3) 環境調査
- (4) 過去に実施した関連調査

【解説】

定期点検や臨時点検等で、鋼構造物に腐食損傷が発見された場合に一般的に行われる調査についての概要を以下に示す。

- (1) 目視調査とは、鋼構造物の損傷や変状を発見し、それらが構造物全体の安全性や使用性に影響があるのか無いのかを判断できる程度まで鋼部材に接近して調べることが必要である。そのためには、近接するための道具（装置等も含む）として点検足場、点検車両などを使って肉眼で明確に視認できるような環境とすることが求められる。なお、目視調査の際には、調査支障の無い限り交通を規制せずに行なうのが良い。これは、車両が走行する際に材料や部材等に異常がある場合、異常振動や異常音などによって目視調査をどの部分に行なうのが良いか示唆されることも考えられ、より欠陥を発見しやすくなるからである。
- (2) 損傷調査は、鋼構造物の腐食耐久性の照査に資することを目的に行う。その代表的調査には塗膜損傷調査と腐食損傷調査がある。前者は、塗膜の劣化・機能低下特性について詳細に把握するもので、目視に加えて各種計測機器を用いて実施する。その具体的な調査としては、画像解析、膜厚測定、および光沢度測定などがある。後者は、損傷の程度（鋼板の減肉量、表面凹部の深さや残存板厚など）によって評価する。腐食が著しい場合で、損傷部位に近接できる場合には簡易な計測器を用いて直接計測するのが望ましい。
- (3) 環境調査

鋼構造物の腐食は、水と酸素が供給されることによって進行するが、水分、塩分、硫酸化物などの腐食性物質が腐食速度に大きな影響を与える。このように鋼構造物に腐食を発生させる環境を腐食環境と呼び、国内においても、それぞれの地域特性によって異なっているので腐食性物質を測定することが必要である。環境調査は、このような腐食性物質の測定だけでなく、風向や日照なども測定することで効果的な防食対策を選択できることとなるので可能な限り種々の事項を調査すると良い。

(4) 過去に実施した関連調査

鋼構造物は、必ず腐食対策を講じているのが一般的である。そこで、計画や設計当初において、事前調査や施工時に調査を行なっていることが多い。また、供用後に行なわれる初期点検、定期点検、臨時点検などで腐食に関する調査を行なっている場合もある。そこで、鋼構造物の腐食や断面欠損等を測定する場合は、必ず事前に何らかの関係する調査を行なっているか否かを調べ、既に実施されている調査があれば、十分、内容を確認しその後の調査等に役立てると良い。

2.2 塗膜損傷調査

2.2.1 一般

塗膜の損傷調査は、鋼構造物の腐食耐久性の照査に適切かつ十分な情報が得られるように計画的に実施するものとする。

【解説】

- (1) 鋼構造物の防食対策としては、塗装の他、耐候性鋼材や耐腐食性金属などの採用、溶射やめっきなどによる被覆、湿度制御や電気防食などが考えられる。本節では、これらのうち、特に一般的に採用されている塗装の塗膜損傷程度の調査について扱う。なお、他の防食対策についても、本節の条文を準用して防食機能の劣化程度を調査することは可能である。その際、個々の具体的な実施方法については、本報告書第Ⅱ部「耐久性能向上方策 第2章～第5章」、あるいは文献1)などを参照するのがよい。
- (2) 本節で扱う塗膜の損傷調査とは、主に目視のみによって日常・定期的に行なわれる点検（初期点検、日常点検、定期点検、臨時点検など）とは異なり、鋼構造物の腐食耐久性の照査に資することを目的に塗膜の劣化・機能低下特性について詳細に把握するもので、目視に加えて各種計測機器を用いて実施するものである。

なお、塗膜の劣化は多くの場合年月の経過に伴って進行して、防食性能や景観機能が低下していく。また、劣化部位も一様ではなく、部位毎に劣化の開始時期、進行速度や劣化の形態が異なってくるのが一般的である。したがって、塗膜の損傷調査およびそれに伴う評価・判定は、計画的に適切な頻度で継続して実施することが重要である。
- (3) 調査を実施する際、調査に従事する技術者による評価・判定のバラツキを少なくして精度を高めるためには、基準類の整備が不可欠である。また、調査の具体的実施方法についても基準類で規定することにより、調査データの精度向上が図られ、公正な評価・判定に資することとなる。

こうした基準類には、評価・判定の精度向上のために、代表的な変状の写真と対応する評価を明示した、変状の標準写真集を添付するとよい。

そのほか、防食性能の劣化原因やそのメカニズムを解明するためには経時データが必要であり、計測機器を用いた調査を行う部位は毎回決まった同じ箇所であることが望ましい。また、目視による調査であっても後述する評価点付けをする場合には、部材間や構造物間で判定の条件が変わらないように、評価・判定の対象箇所を特定する必要がある。この場合、平均的な変状が発生する箇所を予め想定しておき、基準類において調査対象箇所を明示する配慮が必要である。
- (4) 塗膜の調査・評価には専門的な内容が多いため、これらを確実に実行するためには、塗装を熟知した点検員、塗装に関する高度な知識・技術を有した評価者が実施することが必要である。そのため、鋼構造物の維持管理技術者は、これらの調査・評価を行う要員の教育・育成・確保に努める必要がある。

2.2.2 調査

塗膜の損傷調査は、塗装系や過去に発見された塗膜変状、および過去に実施した補修等の影響、ならびに現時点における塗膜の損耗、劣化状況を明らかにするために、次の事項について実施することを原則とする。

- (1) 資料調査
- (2) 目視調査
- (3) 計測機器による調査

【解説】

- (1) 資料調査は、対象となる構造物に施した初期の塗装系、過去に発生した変状、過去に実施した補修・塗替塗装などの履歴のみならず、腐食環境（飛来塩分量、紫外線照射量など）に関する過去の調査結果なども含めて実施するものである。これら文献（電子データを含む）調査により、対象構造物がおかれている状況を明らかにし、後述する目視調査、計測機器による調査など現地調査結果と照らし合わせることで、より精度の高い評価・判定を可能とするものである。
- (2) 目視による塗膜調査項目の一例を表-解2.2.1に示す。目視による塗膜調査は、現地調査における基本であり最も重要な調査であるため、標準写真と対比するなどして、より正確な調査を実施するのがよい。

表-解2.2.1 目視による塗膜調査項目

点検・調査項目	留意点
さび	外部から飛来し塗膜表面に付着したいわゆるもらいさびや、さび汁などで汚れている場合には評価が過大となる事がある。また、さびは母材面の変状の結果生じる事があるため、溶接部や鋼材端部の亀裂、構造物内部(見えない部分)の腐食等が発生している恐れもある。そのため、周辺状況の確認をよくすることが望ましい。
はがれ われ(割れ)	はがれやわれは母材面の変状の結果生じる事があるため、溶接部や鋼材端部の亀裂、構造物内部(見えない部分)の腐食等が発生している恐れもある。そのため、周辺状況の確認をよくすることが望ましい。
ふくれ(膨れ)	発生するふくれの大きさや密度(面積)等を調べる。ふくれの発生原因を調べ、適応塗装系の品質不良か環境に起因するかを確認することが望ましい。
漏水 滞水	漏水や滞水に対しては、その水の流入経路や、流出がある場合はその経路の把握も重要であるため、周辺状況の確認をよくする必要がある。
結露	
白亜化 (チョーキング)	白亜化は塗膜の表面が粉化して次第に消耗していく現象であるが、この粉が劣化した塗膜の保護層として機能している場合があるので、注意が必要である。
汚れ	汚れには砂塵等による非油性の汚れと、自動車排気ガス等による油性の汚れがあり、後者は容易に洗浄できないため、これらを踏まえて評価する事が望ましい。また、もらいさびや、さび汁による汚れは防食性能への悪影響が考えられるため、注意が必要である。
変褪色 ^{※)}	変褪色や光沢の低下は経時的に徐々に進行するものであるため、塗装後早期に生じた場合はその原因を十分調査する必要がある。また、日射量や汚れ等に左右される部分が大きい場合、これらの点を十分考慮して評価することが望ましい。

※) 防食機能に関する調査項目ではないが、耐候性機能や景観等に影響する項目。

- (3) 計測機器による調査には多くの種類がある。鋼構造物の腐食耐久性照査のための事前調査として適当な調査

としては、以下の調査が挙げられる。

- a) 画像解析：目視調査の補完として実施するのが望ましい。画像をデジタル処理することで、評価者の技量によらず一定の基準の下に客観的評価が可能となる手法である。画像の処理方法に応じて適切な画像撮影を行う必要があるほか、判定の精度を上げるには、正確な目視調査結果の積み重ねが不可欠である。
- b) 膜厚測定：塗膜厚の損耗程度を推定するために実施するのが望ましい。ここでは、電磁式膜厚計などを用いる非破壊型の膜厚測定を指す。塗料を均一な厚さに塗布することは困難であるため、塗膜厚の測定精度は測定方法、測定箇所の形状などによってばらつく。また、非破壊式の膜厚測定器自体の測定誤差も無視し得ないため、測定箇所、測定回数を増やし、得られたデータを統計処理して膜厚を推定するのが望ましい。
- c) 光沢度測定：塗膜の劣化程度と耐候性を推定するために実施するのが望ましい。光沢度は塗膜劣化の比較的初期に低下する指標であり、塗膜表面の劣化程度を簡便に把握するに適した指標である。光沢計を用いて測定するが、測定直前の気象条件に大きく左右されるため注意が必要である。

これら以外にも、計測機器による調査の種類は多々あるので、必要とする指標に合わせて取舍選択するとよい。ただし、破壊型の膜厚測定や、付着力を測定するための各種試験など、塗膜の破壊を伴うタイプの調査は、測定部位の補修が不十分で、その部位から発錆するなどの問題があるため、できる限り避けることが望ましい。また、白亜化の程度と光沢度との間には、ある程度の相関があることから、両者を同時に測定する必要性は低い。

2.2.3 評価および判定

- (1) 塗膜の損傷程度の評価は、調査結果に基づき、適切に定められた評価基準を用いて評価するものとする。

なお、評価は定量的な方法で行うことが望ましい。また、定量的な評価が困難な場合を含め、評価点付けによる方法を用いてよい。

- (2) 塗膜の損傷程度の判定は、詳細調査の要否、ならびに対策の要否および種別を決定するものである。

なお、判定にあたっては、以下の各項目を考慮して行わなければならない。

- a) 塗膜の性能低下の程度
- b) 当該構造物の重要度
- c) 当該構造物が設置されている環境
- d) 当該構造物の塗装・補修履歴

【解 説】

- (1) 塗膜の損傷程度を定量的に評価するには、塗膜厚の損耗程度、塗膜を構成する顔料や樹脂成分などの劣化状態を評価するとともに、それらを定量化し、塗膜の性能を評価する必要がある。また、さびの発生程度や、はがれ・われ・ふくれ等の物理的損傷なども加味して評価する必要がある。

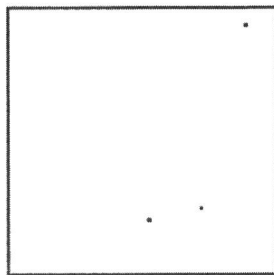
これらは、前項に掲げた調査手法によって比較的明快に評価できる場合もあるが、判定の根拠となる、今後の劣化程度の予測や、設置環境の異なる複数の部材間や構造物間での総合的な比較に資するには、必ずしも十分な精度を持っていない場合がある。また、比較手法についても、必ずしも確立しているわけではない。さらに、調査項目によっては、定量的なデータを取得するのが困難な場合もある。

そこで、現実的には目視調査によって把握した外観変状や、定量的データについても、表-解2.2.2、図-解2.2.1に示すような評価点付けを調査項目ごとに行い、適切な重み付けを行った上で総合評価する方法を

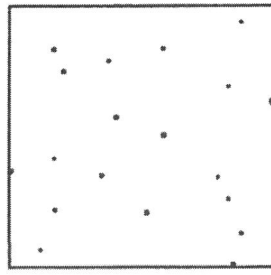
用いてよい。なお、表-解2.2.2、図-解2.2.1は文献2)によった。

表-解2.2.2 JSS IV 03-2006におけるさびの評価点

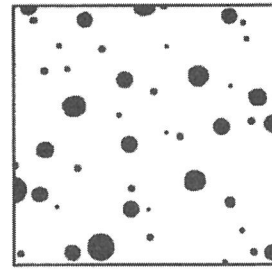
評価点 (RN)	発生状態		JIS K 5600-8-3 さびの等級 (さびの面積%)
	発生面積 (%)	外観状態	
0	$X < 0.05\%$	さびが認められず、塗膜は健全な状態	Ri1 (0.05%)
1	$0.05 \leq X < 0.5$	さびが僅かに認められるが、塗膜は防食性能を維持している状態	Ri2 (0.5%)
2	$0.5 \leq X < 8.0$	さびが顕在化し、塗膜は一部防食性能が損なわれている状態	Ri3, Ri4 (1.0%, 8.0%)
3	$8.0 \leq X$	さびが進行し、塗膜は防食性能が失われている状態	Ri4 以上 (8.0%以上)



発生面積 0.05%



発生面積 0.5%



発生面積 8.0%

図-解2.2.1 JSS IV 03-2006におけるさびの発生限度標準図

(2) 塗膜の損傷程度の判定は、詳細調査の要否、ならびに対策の要否および種別を決定するものであり、「2.1.3(3) 環境調査」、「2.3 腐食損傷調査」の結果を加味して判断するものとする。

なお、塗膜の損傷程度の判定にあたっては、以下の項目を考慮して判断する必要がある。

- a) 塗膜の性能低下の程度：現時点の塗膜の損傷程度の評価結果だけでなく、評価結果の履歴を調査することで、塗装劣化が急速に進行したものであるか、徐々に劣化したものであるかを把握する必要がある。
- b) 当該構造物の重要度：例えば橋梁であれば、高速自動車国道であるか、地域高規格道路であるか、一般の市町村道であるか等によって、同程度の劣化状態であっても、対策の種別が異なることが考えられる。その他の構造物も同様であり、構造物の重要度によって、対策種別も変わる。
- c) 当該構造物が設置されている環境：腐食の厳しい環境（沿岸部や凍結防止剤の散布頻度が高い場所など）、環境調和が必要な環境（景観を考慮する必要性が高い場所など）などでは、必ずしも現時点における塗膜の損傷程度だけを基準に、対策の種別を決定できない場合がある。
- d) 当該構造物の塗装・補修履歴：現時点の評価が比較的良好であっても、塗装系によっては今後、急激な塗膜劣化を生じる恐れもある。また、過去の補修塗装や塗替塗装で素地調整がきちんと行われていない場合など、そこから急激な劣化を生じる場合もある。

2.2.4 記録

塗膜損傷調査の結果は、適切な方法で必ず記録することが必要である。

【解説】

塗膜損傷調査における調査、評価および判定、ならびに後述する対策などの実施結果の記録は、当該構造物の防食機能を適切に維持管理していく上での重要な資料であるだけでなく、類似構造物の性能評価、維持管理計画策定の参考とすることができる。このため、適切な方法で記録、保存しなければならない。なお、記録の具体的な方法については文献 1)などを参照するのがよい。

2.3 腐食損傷調査

腐食が著しい場合には、代表的な箇所において簡易な計測器を用いて損傷の程度を計測するのが望ましい。

【解説】

腐食が著しい場合で、損傷部位に近接できる場合には、代表的な箇所において簡易な計測器を用いて損傷の程度を計測するのが望ましい。ここでいう損傷の程度とは主として鋼板の減肉量をさしてあり、表面凹部の深さや残存板厚などによって評価する。

表面凹部の深さを計測できる計測器としては、ダイヤルゲージ、デプスゲージ、デプスマイクロメータなどがある。いずれも平滑面を基準面とし、凹部に測定子ヘッドを接触させて深さを計測するものであり、測定点周辺に平滑面が存在しない場合には計測は難しい。

板厚を計測できる機械式計測器としては、ノギス、マイクロメータ、キャリパーゲージなどがある。いずれも向かい合わせの測定子ヘッド部を板の表裏面に接触させ、測定子間の距離を計測するものであり、計測できる範囲は板端部からゲージが差込める（測定子が届く）範囲に限られる。一般に市販されている機器で、もっとも差込み深さが大きいものは600mm程度（キャリパーゲージ）である。

以上のように、損傷の部位や程度によって使用できる機器は異なるので、損傷状況や要求される精度に応じた適切な計測器を選択して計測をおこなわなければならない。

腐食した凹凸面での測定では、測定点に対してヘッドが傾斜すると大きな誤差の要因となるため、板に対して鉛直にヘッドがあたるように注意する。また、腐食面の錆生成物があまり付着していない場合には計測に先立って表面処理を行わなくてもよい場合もあるが、一般には錆を事前に除去した上で計測を行う。測定子の接触範囲が表面の凹凸よりも大きい場合には、グラインダー等によって平滑にした後に計測を行う必要がある。

上記の機械的計測器の他、簡易機器としては超音波板厚計がある。超音波板厚計を用いた計測を行う場合には「3.1 腐食損傷量の計測」に従うのがよい。

第2章の参考文献

- 1) 日本道路協会：鋼道路橋塗装・防食便覧，2005。
- 2) 日本鋼構造協会：鋼橋塗膜調査マニュアル JSS IV 03-2006，2006。