

13Point で 3 行空け

MS 明朝 15Point
太字，左右センター揃え

11Point で 2 行空け

2 章 構造物の要求性能

MS ゴシック 10.5Point 太字

2.1 原則

11Point で 1 行空け

構造物の維持管理にあたっては，対象構造物に要求される性能を明確にしておかなければならない。

【解説】 構造物に要求される性能をあいまいにした場合，維持管理に一貫性を欠いた対症療法的なものとなり，合理的な維持管理が困難となる。すなわち，構造物に要求される性能をあらかじめ明確にしておくことは，維持管理に必須の要件である。維持管理では，供用期間の間，考えられている性能を継続的に照査し，規定の性能範囲内に保持するための対策を講じる。

MS ゴシック 10Point

16Point で 1 行空け

2.2 一般

(1) 一般の構造物で，維持管理の対象となる要求性能は，安全性能，使用性能，第三者影響度に関する性能，美観・景観，および，耐久性能である。

(2) 安全性能として，一般に耐震性能を含む耐荷性能を対象とする。

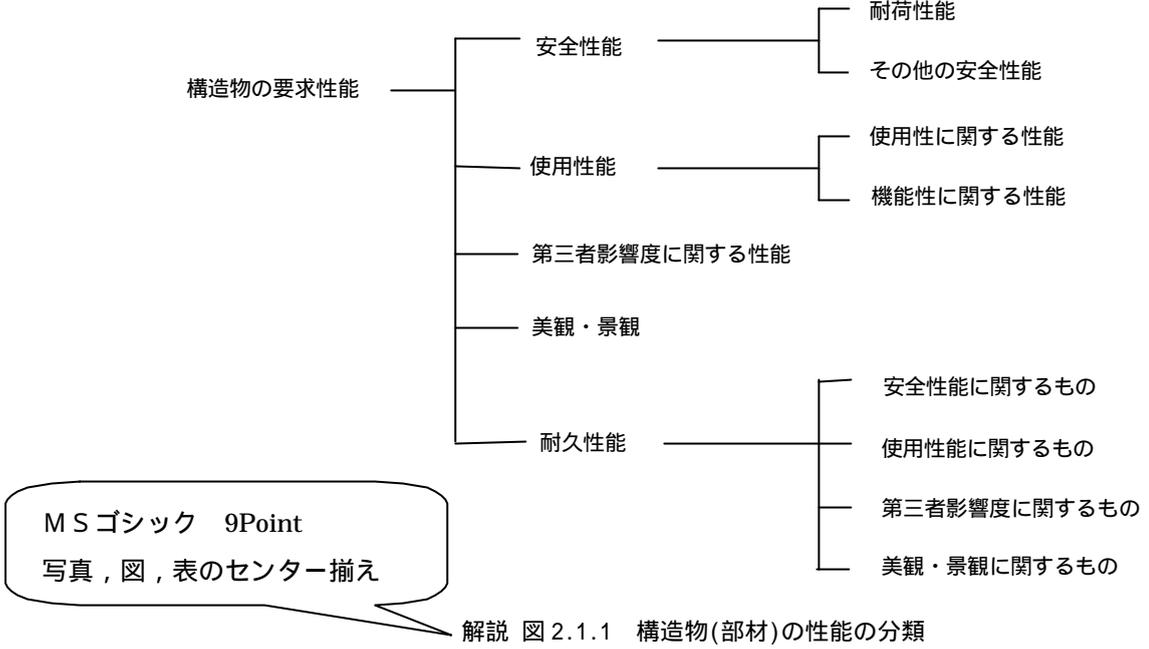
(3) 使用性能として，構造物の使用性あるいは機能性に関する性能を対象とする。

(4) 耐久性能として，安全性能，使用性能，第三者影響度に関する性能，美観・景観の 4 つの性能に対する各々の耐久性能を対象とする。

【解説】 (1) について 構造物の種類は多様であり，それぞれの構造物個別に求められる機能も非常に多岐にわたる。本来であれば，多岐にわたる機能それぞれに対して要求される性能について述べるべきであるが，全てを網羅することは不可能である。また構造物の維持管理は，建設，供用（維持管理），解体，廃棄あるいは再利用といった一連のサイクルの一過程であり，この一連のサイクルにおける総合的な考え方のもとに要求される性能を確保するための行為である。例えば，解体から再利用の過程においては，資源の有効利用を進めるとともに，排出される二酸化炭素，エネルギー消費，環境負荷の低減を目指す必要があり，これらのことに十分配慮した維持管理が求められる。このことに関する基本的な考え方，方法については，近年盛んに研究が行われ，議論が展開されているところであるが，評価技術が確立された段階でこの示方書においても具体的に考慮することが必要となる。

以上のことを考慮して，この示方書では，一般的な構造物を想定し，これに求められる基本的な要求性能を述べることとした。

一般的な構造物の維持管理において，構造物の機能より必要となる要求性能は，解説 図 2.1.1 に示すように，大きく「安全性能」，「使用性能」，「第三者影響度に関する性能」，「美観・景観」および「耐久性能」に分類される。この内，第三者影響度に関する性能は，構造物の一部（かぶりコンクリート片やタイル片など）が落下することによって構造物下の人やものに危害を加える可能性（第三者影響度）について考慮され



解説 図 2.1.1 構造物(部材)の性能の分類

るものである。これらは、一種の安全性能ともいえるが、構造物本体の耐荷力に関するものではなく、性能照査プロセスも異なるので、ここで第三者影響度として区別することとした。また、構造物の供用に伴う周辺への騒音問題についても第三者影響度を含むものとした。さらに構造物の種類によっては、構造物の汚れ（錆汁、ひび割れなど）による美観・景観への影響が対策の判定上重要となる場合もあるので取り上げた。

この示方書においては、予定供用期間内での安全性能、使用性能、第三者影響度に関する性能、美観・景観を許容範囲に保持できるよう維持管理することを基本としている。また本来、それらが十分な精度で照査できるのであれば、あえて耐久性能について考慮する必要はない。劣化予測技術、性能の評価技術は近年めざましい進歩を遂げているが、未だ多くの課題のもとに研究開発が精力的に行われている現状にあり、実務レベルで十分に成熟しているとは言い難い。そこで、現在、国内外において広く一般的に使用されている耐久性能を評価することにより、安全性能、使用性能、第三者影響度に関する性能、美観・景観が予定供用期間中あるいは設計耐用期間中、要求水準を満足できることを代替的に照査できるものとした。基本的には、照査は予定供用期間で行われるが、設計耐用期間が予定供用期間よりも短く設定される場合には、これら両者で行われることになる。

また、要求性能として耐久性能を考慮することは、設計耐用期間、予定供用期間をどのように設定するか、またそれらの期間中、安全性能、使用性能、第三者影響度に関する性能、美観・景観がどのような水準を満足する必要があるか、ということに関わることを意味する。劣化および性能評価技術が確立途上にある現段階においては耐久性能の照査法の精度について慎重に考慮する必要があるが、この示方書においては、耐久性能の照査は基本的に点検時と予定供用期間終了時において安全性能、使用性能、第三者影響度に関する性能、美観・景観が要求水準を満足することを、定量法に限らず半定量的な方法も含めて適切な方法により照査することとしている。またいずれの方法による場合でも照査の安全度（余裕度）については十分に考慮し、最終的な判定を行うこととしている。

(2) について 安全性能としては、構造物の耐荷性能およびその他の安全性（構造物の転倒や滑動に対する安全性）といったような構造物の崩壊に関わる安全性が含まれる。構造物を供用する基本として、構造

物自体の安全性を供用期間中保証する必要がある。この中で、一般的なものは耐荷性能である。耐荷性能は点検結果（部材の形状寸法，鋼材の位置および断面積，コンクリート強度など）から算定される部材の耐荷力（曲げ耐力，せん断耐力など）に基づいて評価される。耐震性能も安全性能に含まれ，この場合構造物の終局時の耐荷性能だけではなく，じん性（変形性能）も評価対象となる。この他に，場合によっては，航空機の落下，船舶，車両の衝突による衝撃力などを考えて耐荷性能を評価する必要がある構造物もある。

（3）について 一般に，構造物の機能とは，目的または要求に応じて構造物の果たす役割とされている。このため，広義にはすべての性能が，機能に関する性能といえる。この示方書では，広義の機能に関する性能より，耐荷性能，第三者影響度に関する性能，美観・景観，および耐久性能を除くものを「使用性能」とする。使用性能としては構造物の使用性あるいは機能性に関する性能と定義している。まず使用性については，基本的に変形や振動，（タンクなどの）防水性などが考えられる。一般にこれらの使用性は当初の水準から経年変化する性質を有しているものである。

一方，機能性については，構造物の供用における満足度に関するもので，たとえば道路橋の車線数が実際の交通量に対応できる程度などが挙げられ，一般には当初の要求水準よりも向上させる対策がとられる。

（4）について 耐久性は，かなり漠然としているので，維持管理においては，供用期間中に，構造物の要求性能が許容範囲内に維持される性能を耐久性能と定義し，この性能を維持管理の対象とすることとした。この示方書では，安全性能・使用性能・第三者影響度に関する性能，美観・景観の4つの性能に対する各々の耐久性能を対象とする。

(3)について 既設構造物の場合も、まず始めに解説表4.1.1に基づき、外的要因から劣化機構を推定し、次に、構造物の変状の特徴から劣化機構の推定を行う。同表に示されている劣化機構ごとの特徴と、構造物の変状を比較検討することにより、第二部を参考にして劣化機構の推定を行う。

(4)について 複合劣化が生じている場合などのように、解説図4.1.1の手順から劣化機構の推定ができない場合は、解説表4.1.1を参考にして該当する劣化現象に対応する劣化指標に着目した調査を行わなければならない。この場合、第二部の劣化機構毎の詳細点検に示されている評価項目を構造物の特徴に合わせて選定し、その結果を第二部を参考にして適切に判断することにより、劣化機構の推定を行うとよい。

4.2 劣化機構の推定方法

(1) 初期点検後に行う劣化機構の推定は、構造物の点検結果から、その劣化要因の外的な要因と、変状の特徴とに基づいて、実施することを基本とする。

(2) 詳細点検後に行う劣化機構の推定では、検出された変状の中から劣化現象を選定しなければならない。次に、その外的な要因と変状の特徴とから選定した劣化機構を、劣化指標で検証して、適切な劣化機構を推定しなければならない。

【解説】 (1)について 詳細点検を行わずに初期点検の結果から劣化機構を推定する場合には、初期点検時に顕著な変状を検出できなかったことが前提となっている。すなわち、部位・部材の劣化が顕在化していない状況にあっては、将来起こりうる劣化現象を予測しなければならないことや、点検結果の大部分は目視を主体として収集されたデータであることから、供用期間中に劣化機構の修正が必要となることも想定しておかなければならない。

新設構造物を対象とした初期点検時には、一般的に顕著な初期欠陥はないと考えられる。このため、構造物の劣化外力から劣化機構を推定しても、変状の特徴で推定結果を検証することが出来ないこともある。この場合には、外的な要因と、それから推定される劣化機構との関係を示した解説表4.2.1を、劣化機構を推定する当面の方針として使用してもよい。

解説表 4.2.1 環境条件，使用条件から推定される劣化機構

外的要因		推定される劣化機構
環境条件	海岸地域	塩害
	寒冷地域	凍害，塩害
	温泉地域	化学的侵食
使用条件	乾湿繰返し	アルカリ
	凍結防止剤使用	塩害，ア
	繰返し荷重	疲労
	二酸化炭素	中性化
	酸性水	化学的侵食

一番上の横線のみ1ポイントケイ 他はすべて0.25ポイントケイ 両サイドの縦線は不要
表内の文字はすべてMS明朝8ポイント

亀裂進展則による進行予測

補強鋼材の疲労亀裂進展速度 (da/dN) と応力の関係は、亀裂進展則によれば次式で表される。

$$\frac{da}{dN} = C \cdot \Delta K^m \quad (\text{解 19.2.1})$$

ここに、 a ：亀裂長、 N ：繰返し回数、 C ：係数、 K ：応力拡大係数 ($=\Delta\sigma\sqrt{\pi a}$)、 m ：係数、 D_s ：応力振幅

式(解 19.2.1)を積分すると繰返し回数 N は、式(解 19.2.2)のように表される。

$$N = \int_{a_i}^{a_f} dN = \frac{1}{C \cdot (F \cdot \Delta\sigma \cdot \sqrt{\pi})^m \cdot \left(\frac{m}{2} - 1\right)} \cdot \left(\frac{1}{a_i^{\frac{m}{2}-1}} - \frac{1}{a_f^{\frac{m}{2}-1}} \right) \quad (\text{解 19.2.2})$$

ここに、 a_i ：初期亀裂長、 a_f ：限界亀裂長、 F ：補正係数(例えば、表面亀裂に対しては1.12)

式(解 19.2.2)は、初期亀裂長 a_i を適切に定めると、限界亀裂長 a_f を含む項の影響が非常に小さくなり、次式に示すように応力振幅 D_s の m 乗と疲労寿命 N_f の積が一定という関係に簡略化できる。

$$D_s^m \cdot N_f = \text{一定} \quad (\text{解 19.2.3})$$

式(解 19.2.1)は、一般には疲労亀裂の進展期を予測するために用いられ、この期間における m の値は2～4程度の値であるとされており、構造用鋼材では3程度の値を用いることが多い。これは疲労亀裂が目視で発見できる場合、その亀裂進展に対する寿命予測に有用である。

式(解 19.2.2)を a_f について解き、応力振幅 D_s 下での繰返し回数 N の後の亀裂長 a_N として求めると(解 19.2.4)のようになる。

$$a_N = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{a_i^{\frac{m}{2}-1}} - N \cdot C \cdot (F \cdot \Delta\sigma \cdot \sqrt{\pi})^m \cdot \left(\frac{m}{2} - 1\right)} \quad (\text{解 19.2.4})$$

この式を用いて補強鋼材の疲労亀裂長を予測することが可能である。対象となるはり部材のかぶりコンクリートをはつりだして補強鋼材に対して磁粉探傷などを行って亀裂長を求めれば、これを初期亀裂長とし、補強鋼材の物性値から定まる C および m を用いて、その後の疲労亀裂長の進行予測を行うことができる。

さらに、探傷可能な亀裂長の発生時期を予測する場合には、平成8年制定コンクリート標準示方書[設計編]で与えられている異形鉄筋の引張疲労強度式から、探傷可能な亀裂長が限界亀裂長に達するまでの疲労寿命を亀裂進展則によって求めてこれを差し引くことで、その概要を求めることができる。

線形累積損傷則による進行予測

劣化過程を意識しながら簡略に疲労の進行予測をする方法として式(解 19.2.4)に示すような累積疲労損傷度を用いることができる。累積疲労損傷度による劣化過程を区分する数値と前出の亀裂進展則によるものとは、必ずしも一対一に対応するものではないが、劣化過程を区分する数値の目安値を定めることにより、