

2. 材料に関する性能照査試案

2.1 はじめに

わが国の土木構造物に用いられる構造材料は、鋼材とコンクリートを主に、品質の安定した良好な材料が供給されてきた。わが国の経済は低成長期に入り、公共財源の有効活用が求められると同時に地域や個人のニーズの多様化により、建設業界にも多品種少量生産が求められるようになってきた。

橋梁などの土木構造物では、時代のニーズに合った有用な新しい性能を有する構造材料として、これまで高強度鋼材や耐候性鋼材などの高機能鋼材、また高強度コンクリートや高流動コンクリートなどの開発が進められ、適用されてきている。近年では鋼材やコンクリートだけでなく、樹脂系などの新しい材料を採用する気運が一層高まってきており、アラミド繊維や炭素繊維、繊維補強プラスチック（FRP）などが広く活用され始めてきている。またさらに、今後これらの使用が広がりを見せるものと期待される。

鋼橋を始めとする鋼構造物においても、有用な新しい機能を持った鋼材の開発と活用が、より多様なニーズに応え、合理的で経済的な構造物の構築を担うものとなる。

本章では新しい機能を持った鋼材を開発・適用するに当たって、これらを要求性能と保有性能の観点から捉え、その品質を保証していくための考え方について述べる。

2.2 構造材料に求められる性能

構造材料に求められる性能には、一般的に次のような項目が挙げられる。

- (1) 安全性 引張・圧縮・せん断・曲げ強さ、じん性など、一般に強度で表される性能で、これらについての経時劣化に対する安定性も含まれる。
- (2) 溶接性 溶接部において安全性や耐久性が局部的に低下しない性能が必要とされる。
- (3) 加工性 切断、孔明、組立などのし易さや、曲げ加工性、造形性などが求められる。
- (4) 耐久性 耐食性、耐摩耗性、耐火性、疲労耐久性などが必要とされる。
- (5) 経済性 価格、入手の難易度がこれに当たる。
- (6) 材料均一性 同一部材内におけるばらつきその他、材料製作時のロット間のばらつきも小さいことが要求される。

これまでに一般的に用いられてきた鋼材においては、巨大な構造物の構築を可能とするため、自重の軽減を目的とした高強度鋼の開発や、溶接の高度利用のための溶接性の良い鋼材の開発が主になされてきた。

近年では、「社会基盤整備のコスト縮減」が求められ、経済性が特に重視されており、それとともに「環境にやさしい」というキーワードで表される、社会環境に対する負荷の軽減についても重視されてきている。

2.3 基本的な考え方

構造材料は、前項で述べた性能をあるレベル以上に兼ね備えていることが必要とされ、その上で使用箇所などにより特定の性能を高いレベルで有することが求められる。そのため、新しい機能を持つ構造材料を開発・適用するに当たっては、次の6点について明確にしなければならない。

- (1) 必要とされる目的（その材料を用いることによって得られる効果）
- (2) 目的のために高める（または抑える）必要のある性能とその目標レベル
- (3) ある性能を向上させることにもなって変化する性能とその管理レベル
- (4) 必要性能の長期間にわたる安定性または再現性の確証
- (5) 構造材料の使用条件の範囲
- (6) 維持管理の必要性の有無と点検間隔、維持管理要領

新しい性能を持つ材料は、一般的に使用実績が少ないため、劣化状況の点検調査や維持管理が不可欠である。

2.4 要求性能

2.4.1 背景

従来は、品質の安定した橋梁を大量に構築することに重きが置かれ、鋼材やコンクリートなどの長年の使用経験と研究成果のある構造材料を使用する前提で、その材料の持つ性能を適切に構造物内に配置することが設計に求められてきたと考えられる。

高度成長時代においては、経験工学的な部分も取り入れて、このような設計による橋梁の建設が時代の要請に則していたと考えられる。その時代においても、そのほとんどが従来型の設計によって建設される中で、長大橋梁を中心に高張力鋼や耐候性鋼など、新たな機能を持った材料の開発が進められてきた。また、本州四国連絡橋の建設に当たって、道路橋示方書の適用範囲外である支間長が200mを超える長大橋梁を数多く建設するため、本州四国連絡橋公団規格（HBS）が作られ、多くの新材料が規格化された。

しかし多くの場合、道路橋示方書の遵守を前提としたため、新材料の採用には比較的消極的であったと言える。

近年になって、積極的な技術開発により、鋼材やコンクリートの高機能化だけでなく、ゴムや炭素繊維、樹脂材料など、安定した品質を有する優れた材料が安価で供給されるようになり、これらの有効活用が可能となってきた。併せて、更なる建設コストの縮減要求やニーズの多様化、環境への配慮など、ますます新しい材料を採用する必要性が増している。

2.4.2 要求性能の明確化

構造材料に新たに要求される性能は、その目的（構造物に求められる要求性能）とともにどんな性能をどのレベルに高める必要があるのか（構造材料に求められる要求性能）を具体的に示し、明確にしなければならない。

橋梁に求められる必要性能から求められる構造材料の要求性能の分類を表2.1に例示する。また、

近年の高性能鋼の開発事例について、着目された要求性能を表 2.2 に示す。

表 2.1 橋梁に求められる必要性能と構造材料の要求性能例

橋梁の必要性能	構造材料の要求性能	備 考	
橋梁は公共の使用に供する構造物である	路下に空間を確保する		
	安全に使用できる	十分な耐荷力を有する	
		十分な耐久性を有する	
		経時劣化の形態や原因、進行が明確である	安全に使用できる期間が予測できる
		高い破壊じん性を有する	エネルギー吸収による二次災害の防止
		耐火性を有する	
		耐食性を有する	腐食耐久性
	経済的である	初期建設コストが安い	初期の材料費
		設計供用期間の LCC が安い	劣化調査費用, 補修費用
		補修が容易である	補修費用
		経時劣化が少ない	
	快適に使用できる	不快(有害)な振動を生じない	低周波振動など
		不快(有害)な音を生じない	活荷重による輻射音など
		色合いが架橋地点の景観にマッチしている	材料の風合い, 着色性
	環境に優しい	建設時に有害な廃棄物を出さない	
		供用中に有害な物質を出さない	
		製作における残材がリサイクルできる	
		供用期間終了後にリサイクルできる	

表 2.2 高性能鋼の要求性能

高性能鋼の名称	目的（効果）	求められる性能
高強度鋼	自重を軽減する	高い強度（降伏点、耐力）を持つ
降伏点一定鋼	厚板を使用する場合の自重を軽減する	板厚が厚くなっても降伏点の低下しない
高じん性鋼	低温下で粘りのある挙動を示す	定温における高いエネルギー吸収能力
大入熱溶接用鋼	溶接パス数を減らす	大入熱で溶接した際、熱影響部の強度が低下しない
予熱低減鋼	加工の時間と手間を減らす	短時間の少ない予熱で溶接熱影響部の強度が低下しない
LP鋼板	材料そのものの絶対量を減らす	板厚がロール方向に変化した鋼板を圧延する
制振鋼板	輻射音を減らす	高い減衰性能

2.5 材料の保有性能

2.5.1 保有性能確認の必要性

2.4 要求性能で述べたように、目標とする要求性能を明確にして新しい性能を持つ構造材料が開発されるが、開発された構造材料を実際の構造物に適用するに当たっては、その保有性能を正しく評価して使用しなければならない。

使用実績の多い材料については、そのほとんどが道路橋示方書などに既に規定されているが、使用実績の少ない材料を用いる場合、その材料の物性、強度特性、耐久性などを試験によって確認し、その結果を明確にした上で使用する必要がある。

新しい技術を積極的に導入することにより、技術開発を活発化させることが可能であるため、疲労試験や促進耐候性実験などの活用や、モデル工事の実施とそこから得られるデータのフィードバックなど、比較的開発から短期間で新技術が適用できる仕組みが必要である。

2.5.2 保有性能の明確化

ある材料を使用するに当たって、必要とされる主性能の他、必ず副次的な作用をとらなう。副次的な作用には、好ましいものと好ましくないものが存在し、特に好ましくない作用については、その特性や影響を把握し、対策を講じることが望ましい。それらが明確でない場合には、余裕を持った仕様とする必要がある。

2.6 品質保証

2.6.1 必要性能の確認および保証方法

使用実績の少ない材料を用いる場合は、安定した品質の材料を供給することが重要である。必要性能を具体化し、それを測る尺度と管理値を明確にして、その材料の持つ性能を確認することが必要であり、その保証のためには統計的な評価も必要となる。

統計的な評価はサンプル数が多く必要となるため、実験計画法を用いた実証試験による確認方法を用いることにより、サンプル数を少なくすることができる。

実際の工事に適用した場合は、その性能を確認するために計測を計画・実施し、供用状態の実構造物から得られるデータの蓄積を図ることが重要である。これにより、新しい材料がより早く認知され、使用機会の増加や供給コストの削減、品質の安定などを図ることも可能となる。

2.6.2 経時劣化の確認、維持管理方法

新しい技術は、概して長期間にわたって使用に供された実績が少ないため、経時劣化の度合を把握することが特に必要とされる。また橋梁に用いる部材は、その公共性から一般的に取り替えが困難である。したがって、維持管理や補修が必要ないことがもっとも望ましいが、実際には計画的に予算付けして補修・補強・取り替えを実施しなければならず、そのためには経時劣化の確認が重要である。また維持管理の方法やそのコストを建設時に想定しておくことも重要である。

2.6.3 補修方法および補修コスト

補修方法は損傷原因、損傷部位、損傷材料等を十分考慮のうえ、実施することが望ましい。車両等の衝突、火災による延焼等原因が外部にある場合は損傷部位のみの検討でよいが、亀裂・変形・振動・ゆるみ等構造物全体の特性に関係する場合には局部的な損傷補修では済まないことに留意する必要がある。

また、補修方法は実績のある信頼性の高い方法で行うことが望ましいが、新しい材料・技術の使用の場合、補修方法が確立されているとは限らない。補修方法を選択する段階で、新材料の溶接性・加工性を参考に数種の方法を選択し、試験補修を行うことも現実的である。

補修コストの面では、従来から損傷が小さな内に対策を講じた方が良いと言われている。損傷が極度に進行し、構造物全体の取替えにならない内に講じた方が安価であるとの考えである。ただ、早期発見は有益であるが、原因究明のための追跡調査も必要であること、度重なる補修はコストの増大を招くので、損傷程度の判定に基準・区分を設け、ある程度以上の損傷となった場合に補修すると規定しておくが良い。