

鋼道路橋床版の性能照査設計 — 材料耐久性能について

ヤマト設計（株） 正会員 ○大田 孝二
 （株）富士ピー・エス 正会員 田中 千尋

1. はじめに

性能照査型設計法は、国際的な技術の広まりや、新材料・新技術の採用促進という潮流の中で次第にその必要性の認識が高まっており、道路橋示方書をはじめ、わが国の設計仕様書についても性能照査型への移行が始まっている。本報告は、道路橋床版に性能照査型設計法の適用を図るため、土木学会で平成16年11月にまとめられた「道路橋床版の性能照査型設計指針（案）」¹⁾材料耐久性に関してその概要を整理して報告するものである。同（案）の構成を図-1示す。材料耐久性は、耐力力性、疲労耐久性とともに「第1章 安全性」の3つの柱の1つと位置付けられている。

2. 床版材料の耐久性に関する要求性能

現在、床版に使用されている材料は、主として鋼材とコンクリートである。しかし、プラスチック系や鉄筋に代わる繊維系新材料が今後使われることも否定できない。ここではこれらの床版に使用される新材料を含む材料を包括した書式でまとめている。

昨今の道路橋床版は、合成構造として主桁の役割を担う他、地震時横方向力を伝達する役割を担うなど、恒久的な役割を期待され、以前にも増して耐久性に留意する必要がある。したがって、床版材料の要求性能としては、「床版を構成する各種材料が、設計供用期間を通じて有害な劣化・変質を生じないこと」としている。

3. 床版材料耐久性の照査項目

鋼材に対しては材料耐久性を損なう主因は「腐食」である。大気中における一般的な鋼材の腐食に加え、コンクリート内における鋼材の腐食として3つの腐食原因「ひび割れ」「中性化」「塩化物イオン」を照査項目としている。コンクリート材料に対しては「アルカリ骨材反応」「凍結融解」「化学的腐食」を取り上げた。その他材料（新材料など）については「材質変化や材料強度低下がないこと」とし、解説では例としてプラスチック系の材料における紫外線劣化を挙げている。

4. 床版材料耐久性における作用レベル

床版材料の耐久性に及ぼす作用（耐久性に影響を及ぼす因子）としては、例えば大気中で使用される鋼材の腐食については「床版が供用される環境における塩化物イオン濃度、水分、気温」であり、コンクリートの耐久性に及ぼす作用としてはアルカリ骨材反応や凍結融解では「気温、水分」である、としている。

5. 床版材料耐久性における照査指標

照査指標とは耐久性を計る指標である。鋼材の腐食では、それを覆う塗膜やめっきの表面状態が照査指標である。コンクリート中の鋼材の材料耐久性指標は、ひび割れの大きさ、中性化深さ等と密接な関係があり、これらを照査指標としている。例えば、ひび割れによる鋼材腐食の指標は特に厳しい腐食環境では、許容ひび割れ幅 $w_a = 0.0035c$ (c :鉄筋のかぶりコンクリート)を用いた鋼材腐食の照査指標の例を紹介している。また、コンクリート材料の例を挙げると、アルカリ骨材反応による材料耐久性の指標としてはアルカリ (Na^+ , K^+) 総量の値を照査指標としている。

【道路橋床版の性能照査型設計指針（案）】

- I 総則
 - 1. 適用範囲
 - 2. 用語の定義
 - 3. 要求性能
 - 4. 性能照査
- II 性能照査型設計
 - 第1章 安全性
 - 1.1 耐力力性
 - 1.2 疲労耐久性
 - 1.3 材料耐久性
 - 第2章 使用性
 - 2.1 供用性
 - 2.2 社会・環境適合性
 - 第3章 社会・環境適合性
 - 3.1 経済的合理性
 - 3.2 環境適合性

図-1 道路橋床版の性能照査型設計指針（案）¹⁾構成

キーワード 性能照査型設計, 道路橋床版, 鋼材, コンクリート材料, 材料耐久性

連絡先 〒135-0031 江東区佐賀 1-1-3 (第一富士ビル) ヤマト設計（株） TEL: 03-3820-1741 FAX: 03-3820-1746

なお、このひび割れ幅は通常のコンクリート構造物における許容値であり、床版では活荷重が通過した後はひび割れが閉じてしまうことから、この値を採用することの疑義についても指摘している。性能照査という新たな設計法によって技術課題が明確となる例であり、性能照査型設計法のメリットのひとつと考えられる。

6. 状態レベル

床版に用いられる材料が耐久性という観点から見てどの程度の余裕を有している「状態」にあるかを耐用年数という物理量を用いて評価している。従来，“鋼材に有害な錆が生じないこと”といった定性的な表現が多かったが、本指針では極力定量的な表現とした。その結果、下式に定義する安全率という定量的な指標で示している。

安全率 = 耐用年数 / 床版の設計供用年数

ただ、コンクリート材料のアルカリ骨材反応などは時間の経過に伴う劣化ではあるが、その耐用年数を算出することが難しく、初期段階で満たすべき条件（総量規制）を示すにとどまった。

7. 耐久性関連の資料内容

資料編には材料耐久性指標や耐用年数に関する参考資料をいくつか掲載した。具体的には床版に用いられる鋼板（底鋼板など）との使用環境が類似と考えられる鋼橋の既存資料から、表-1（厳しい環境のみ抽出）のように、その期待耐用年数を与えている。また、亜鉛めっきして使用する鋼板についても表-2（同）のように環境に応じた亜鉛の腐食減量が示されており、亜鉛めっきされた底鋼板等の耐用年数の参考とすることができる。

コンクリート中の鋼材の耐久性で問題となるのは、塩害である。アメリカでは凍結防止剤の撒布による橋梁部位の耐久性が示されており（表-3）、資料として掲載している。また、日本における凍結防止材撒布による床版の塩害例や、日本の特殊地域における飛来塩分による橋梁の塩害例も掲載している。これらは、特殊な例ではあるが、耐用年数を考える上での参考になると考えられる。

8. おわりに

道路橋床版の設計は、この10年で大きく変わってきた。合成構造としての利用が稀であった状態から、最近では連続桁橋でさえ合成構造として設計するようになっている。こういった設計法の変化は、床版に関する研究が進んだことをベースに、経済性に対する要求が強くなってきたことによるものと考えられる。今後、更なる経済性を追求する場合にも新たな設計法を活用することによって、新たな材料・工法の技術開発、普及促進が行われ、さらに経済的で優れた床版の出現を願うものである。

9. あとがき

本論文は、土木学会鋼構造委員会道路橋床版の調査研究小委員会第二分科会（性能照査設計分科会）において下記メンバーにより調査研究がなされ、2004年11月に最終報告¹⁾が行なわれたものを再編したものである。川畑篤敬（JFE、主査）、浜田純夫（山口大学）、大田孝二（ヤマト設計）、堤忠彦（富士ピー・エス）、肥沼年光（日本カイザー）、中原智法（日本橋梁）、秋元礼子（早稲田大学、幹事）、内田大介（三井造船）、橋本和夫（AEN）、田中千尋（富士ピー・エス）

参考文献

1) 土木学会，道路橋床版の調査研究小委員会：道路橋床版の設計の合理化と耐久性の向上，p. 67-105，2004. 11

表-1 各種防食方法の期待耐用年数

厳しい環境（海岸部）の場合			
防食系		期待耐用年数	
		初期	塗替え
従来型	ポリウレタン樹脂塗装（C-1）	20年	15年
提案型（1）	ふっ素樹脂塗装（C-4）	30年	25年
提案型（2）	常温溶射（塗替ふっ素塗装）	45年	25年

注1. 参考用として、C塗装系でも比較検討した。
注2. 期待耐用年数については初期（新設）100%とした場合、塗替え（2種クレン）を80%に設定した。

表-2 使用環境とめっき皮膜の年間腐食減量

環境区分		年間腐食減量 (g/m ² /年)	頻発度 (g/m ² /年)	
海岸地域	平常時は海水飛沫を受けない海岸地帯	10 ~ 30	一般の海岸で、海岸より0.5 ~ 2kmの地域	10
			その他上記より厳しい横路	20
	頻繁に海水飛沫を受ける海岸地帯	30 ~ 200	非常に過酷な腐食性地域	50

頻発度：長期に耐用した場合の年間腐食減量のそれぞれの地域での代表値

表-3 ペンシルバニアにおける橋梁各部位の計画耐用年数

部 位	計画耐用年数
デッキスラブ（被覆鉄筋不使用）	25年
デッキスラブ（被覆鉄筋使用）	40年
上部工	75年
下部工	100年
メタルカルバート	40年
コンクリートカルバート	80年