

橋梁用防護柵の性能照査型統合型設計システムに関する研究

名古屋大学大学院工学研究科

学生会員

鈴木 達

名古屋大学理工科学総合研究センター

フェロー会員

伊藤義人

名古屋大学工学大学院研究科

学生会員

劉 斌

1. はじめに

近年、従来型の仕様規定に基づく設計と比較して、より簡単に新しい技術を取り入れることが可能な性能照査設計が注目されている。防護柵の性能照査型設計法は、平成11年4月の防護柵設置基準改訂において始めて導入された。一方、地球環境問題が重要なものとなってきており、土木分野においてもライフサイクルを通じて安全性、コスト、景観と同様に環境負荷についても十分な注意を払う必要がある。本研究では橋梁用防護柵の環境負荷を考慮した性能照査型統合設計システムを提案し、環境要求性能、安全性能など様々な性能に優れた防護柵を設計できることを示す。

2. 性能照査型統合設計システムの構築

(1) 性能照査型統合設計システムの枠組み

防護柵は、供用時における偶発的な車両衝突を主な対象としており、ライフサイクル全体で、安全性、使用性などの要求性能を保持していかなければならない。このような防護柵の特徴と、性能照査型設計の利点である、設計の自由度の拡大、技術の発展、設計内容の明確化を生かすために、防護柵の設計、防護柵の研究・開発を対象とし、市民への説明責任に反映させるシステムを試作した。この3つを対象とすることにより、研究、開発された防護柵を円滑に設計に取り入れ、設計者が市民に対しての責任を果たすことができると考えた。

(2) 防護柵に求められる性能

始めに、防護柵に求められる性能を決定した。環境負荷を考慮した性能照査型設計法としては、2005年愛知国際博覧会協会委託の土木学会の環境負荷低減型土木構造物ガイドラインにおいて、従来型の設計評価項目に加えて、環境負荷低減性を考慮し、一体的に評価する環境負荷低減型土木構造物ガイドラインが提案されている。本研究においては、これを参考にして要求性能を図-1に示すように従来型の標準要求性能と環境負荷などを考慮する環境要求性能に分類した。

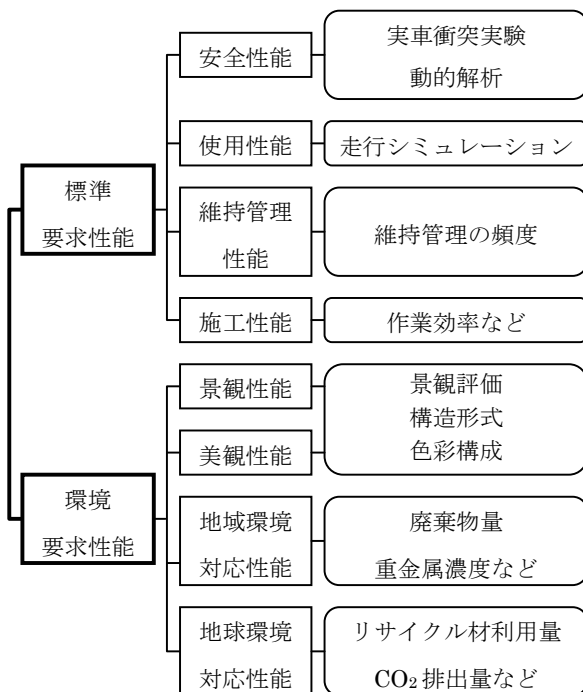
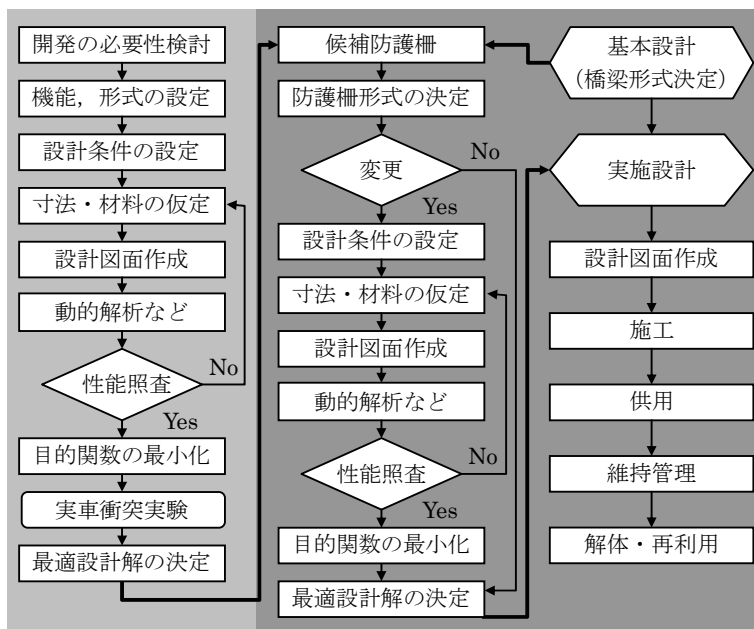


図-1 防護柵の要求性能



(a) 防護柵開発フロー

(b) 橋梁との関係を考慮した設計フロー

図-2 防護柵の性能設計フロー

防護柵, 性能照査型設計, 環境要求性能, 環境負荷, ライフサイクル

〒464-8603 名古屋市千種区不老町 Tel 052-789-2737 Fax 052-789-3734

（３）性能照査型設計フロー

性能照査型システムの設定，要求性能などを踏まえた防護柵を開発，設計するための性能照査型設計フローを図-2に示す．この設計フローの特徴は，防護柵が一品生産ではなく製品である場合が多いことをふまえ，開発フローと橋梁との関係を考慮した設計フローに分けたところである．また，実車衝突実験を性能照査後の最終確認としたことにより，コストを最小限に抑え設計の自由度を生かすようにした．

３．境負荷低減性と経済性の評価

防護柵は土木構造物ではあるが製品としての特徴をもっており LCA を適用する意義が十分ある．本研究では，新たに取り入れた防護柵の環境負荷低減性と経済性を，LCA（ライフサイクルアセスメント）と LCC（ライフサイクルコスト）によって明らかにする．また，比較のためにリサイクル材を用いた場合の環境負荷およびコストの考察，交通事故に伴う防護柵補修による影響度の考察を行なった．

ライフサイクル全体における環境負荷 E_T 及びコスト C_T は，次のように表される．

$$E_T = E_C + E_M + E_R + \sum P_D E_D$$

$$C_T = C_C + C_M + C_R + \sum P_D C_D$$

ここで，

E_T , C_T = ライフサイクル全体の環境負荷及びコスト

E_C , C_C = 建設段階での環境負荷及びコスト

E_M , C_M = 維持管理段階（供用）段階での環境負荷及びコスト

E_R , C_R = 廃棄・取替え段階の環境負荷及びコスト

P_D = 所定の被害が起こる確率

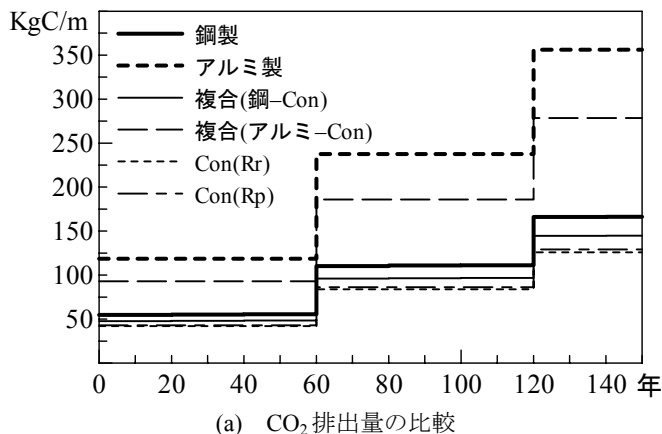
E_D , C_D = 所定の被害に伴う環境負荷及びコストである．

表-1 に示す各種の防護柵を対象に CO_2 排出量とコストを算出した結果を図-3に示す．ここで，図中では，アルミニウム合金製をアルミ製，複合防護柵（鋼-コンクリート）を複合（鋼-Con），複合防護柵（アルミニウム合金製-コンクリート）を複合（アルミ-Con），スリップフォーム工法のコンクリート製防護柵を Con (Rr)，プレキャスト工法のコンクリート製防護柵を Con (Rp) とした．維持管理段階における環境負荷は，鋼製防護柵と複合防護柵（鋼-コンクリート）の塗装によるもののみであり，その他の防護柵はメンテナンスフリーと仮定したので CO_2 は排出しない．塗装 1 回あたりの CO_2 排出量は建設段階の約 0.8% 程度であり，60 年の段階（塗装 2 回）で 1.6% しかなく塗装回数によって環境負荷の順位が入れ替わるほどの影響はない．また，アルミニウム合金製の防護柵（アルミニウム合金製防護柵，アルミニウム合金-コンクリート複合防護柵）の方が，他の種別と比較して約 2.4 倍，約 1.8 倍となり，環境負荷が大きくなった．これは，アルミニウム合金の CO_2 原単位が大きく，単位重量が小さく施工性が良い一方，製造する段階で多量の CO_2 を排出しているためである．コストを比較すると，コンクリート製防護柵が，他の形式に比べて有利な結果となった．たわみ性防護柵だけで比較すると，鋼製は，塗装約 2 回でアルミニウム合金製よりコストが大きくなり，取替えの 60 年の段階で約 7% 大きくなる．

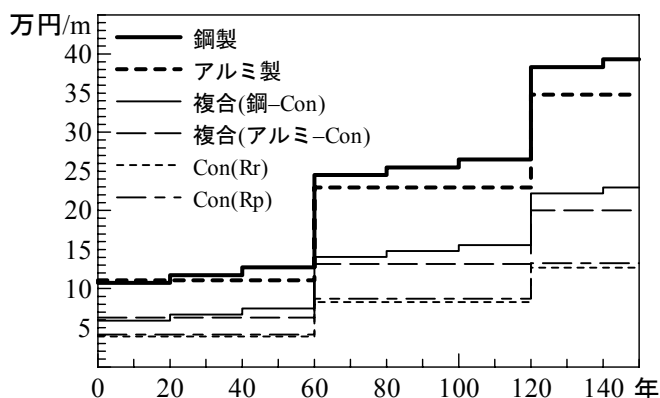
数値衝突解析シミュレーションなどに関する，新しい防護柵設計に対する性能照査統合型設計システムの適用例については当日発表する．

表-1 対象とする防護柵

種類	材料など	
たわみ性防護柵 (橋梁用防護柵)	鋼製	
	アルミニウム合金製	
剛性防護柵	コンクリート製	スリップフォーム工法
		プレキャスト工法
複合防護柵	鋼-コンクリート	
	アルミニウム合金-コンクリート	



(a) CO_2 排出量の比較



(b) コストの比較

図-3 従来型橋梁における各防護柵の比較