

鋼ラーメン高架橋の構造形式に対する LCA

復建エンジニアリング 正会員 平 暁
 復建エンジニアリング 正会員 吉村 剛

1. はじめに

一般に、鋼構造物はコンクリート構造物に比べて、ランニングコストの点でマイナスの評価となることが多い。また、鋼材の CO₂ 排出量原単位は他の材料に比べて大きいため、ライフサイクルアセスメント（以下 LCA）でも鋼構造物は良い結果を得難い傾向にある。一方、これからのインフラ整備は、少子高齢化や低経済成長の影響による熟練技術者の減少、および投資余力の低下を想定する必要がある、それらに加えて環境への配慮も忘れてはならない。

しかしながら、鉄道構造物の改良や改築では、既設構造物や営業線の近接施工等の物理的な理由により、鋼構造物を採用する例が多い。ここでは、図-1 に示すような鉄道用の鋼ラーメン高架橋を想定し、保守の簡略化、ライフサイクルコスト、施工性の向上を目的として考えられている構造細目によって、LCA がどのようになるかを試算した。以下にその結果を報告する。

2. 構造形式の概要

鉄道構造物で多く用いられているラーメン高架橋は、地中梁を有する構造形式が一般的である。しかし、供用線の改良工事などで線路直上若しくは近接して構造物を構築する場合は、地中梁の存在により架設が大掛かりになり、工費および工期が増大する。そこで、杭の耐力と柱の剛性を上げて地中梁を省略するラーメン高架橋が考案されている。これは、性能照査型の設計思想に則した耐震設計法により、地震時の地盤～杭～上部構造物の一体構造を非線形解析で解析して、大変形時までの挙動が把握できるようになったことで可能となった構造形式と言える。ここでは、地中梁を線路方向および線路直角方向共に省略した構造形式を基本とした。その結果、地中梁のある構造形式に比べて、杭と柱の部材寸法は大きくなっている。

柱と杭の接合方法は、フーチングを設けてその中に柱を挿入するか、もしくはアンカーフレームを設置して柱を定着する方法が一般的である。これらの工法は杭頭付近で広範囲の掘削が必要となり、工費および工期が増大する。そこで、杭頭に鋼管を巻き、その中に柱を挿入するソケット方式を基本とした。

3. LCAの算定

一般的に、土木工事におけるライフサイクルとは、調査・設計、建設、維持・管理、解体・撤去、廃棄を指す。しかし、鉄道構造物で想定されている設計耐用年数は 100 年であり、同一構造物でこのサイクルを繰り返すことは考え難い。そこで、建設と維持・管理に着目して、想定した構造形式と一般的な構造形式、および当該箇所 RC ラーメン高架橋とした場合の 3 ケースについて LCA の比較を行った。LCA は、目的および調査の設定、イベントリ分析、影響評価、解釈の 4 つのプロセスからなるが、ここでは参考文献 1) の構造形式毎の単位長さ当たり CO₂ 排出量を参考にして、影響評価のみを行った。CO₂ 排出量原単位は参考文献 2) の推奨値であり、算出方法は積み上げ方に則っている。

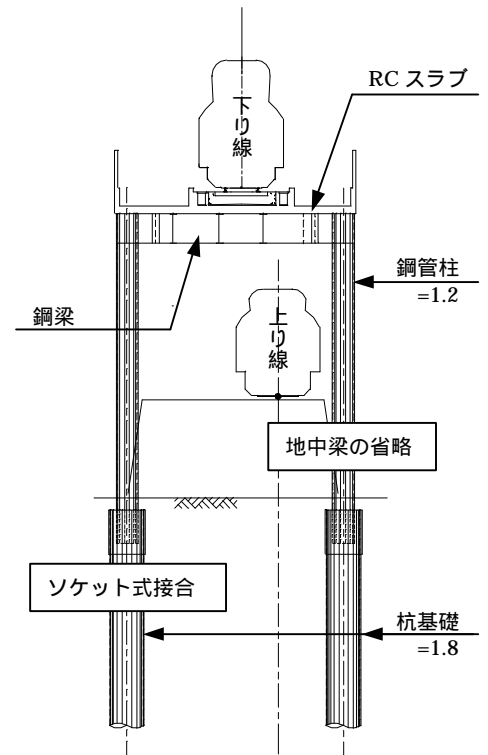


図-1 基本的な構造形式

キーワード：鉄道構造物，鋼構造，ラーメン高架橋，地中梁の省略，LCA

連絡先：〒103-0012 東京都中央区日本橋掘留町 1-11-12TK 掘留ビル (株)復建エンジニアリング TEL:03-5652-8560

想定した鋼ラーメン高架橋と一般的な鋼ラーメン高架橋は概略設計を行い、重量はその結果を用いた。塗装の塗り替えは10年毎に行うと仮定した。比較したRCラーメン高架橋は、過去の事例より想定されるコンクリート重量を用いた。比較した構造形式の概算数量を表-1に示す。

表-2に参考文献1)の試算例を示す。これは、東海道新幹線(東京～新大阪)の全体を平均した解析結果である。これを見ると、建設時および供用時共に鋼構造のCO₂排出量の多いことが分かる。

4. 結果

表-3に参考文献1)の抜粋と今回計算した建設時の結果を示す。東海道新幹線のRCラーメン高架橋Aに比べて、今回の比較用RCラーメン高架橋Bが大きいのは、基礎形状の違いと耐震設計の改訂により部材断面が大きくなっていることが原因と思われる。

今回想定した鋼ラーメン高架橋Aと一般的な鋼ラーメン高架橋Bは、何れも他の構造形式に比べて大きなCO₂排出量となっている。これはCO₂排出量原単位の大きい鋼材の使用量が多いためである。但し、鋼ラーメン高架橋AのLCAは鋼ラーメン高架橋Bよりも若干小さくなっており、Aの構造形式が環境負荷の低減に貢献していることが分かる。

図-2に主な構造形式の計算結果をグラフに示す。ここでは10年毎に鋼構造物の塗装の塗り替えを行うことを前提にしているため、塗り替え回数が減るか、なくなればLCAが好転することは明白である。塗装の塗り替えは鋼構造物のライフサイクルコストを上げる一因ともなっており、鋼構造物を採用する場合の課題である。この対策の一つに耐候性鋼材の使用が考えられる。都市部の構造物では景観との兼ね合いから耐候性鋼材が採用される例は稀であったが、近年は採用事例も増えつつあり、ニッケルの濃度を高めて耐塩害性に優れた耐候性鋼材の開発も行われている。

5. おわりに

LCAは構造形式を選定する際の判断材料の一つとなるが、鉄道構造物の各構造形式で具体的な数値が示されている例は少ない。今回は既存の資料より評価のみを行った。今後は、実構造物の詳細設計の結果を用いてイベントリ分析を含めた評価を行う予定である。

参考文献

- 1) 行澤, 毛利, 山田, 佐藤: 新幹線土木構造物のLCA, 鉄道総研報告, Vol.16, No.10, 2002.10, pp7-12
- 2) 土木学会地球環境委員会・環境負荷評価(LCA)研究小委員会: 平成8年度調査研究報告書, 1997.3

表-1 構造物の諸元 (L=80m)

項目		今回の構造形式	一般的な構造形式	RCラーメン高架橋
諸元	主要部材	S	S	RC
	地中梁	なし	有り	有り
重量 (t)	鋼重量	450	400	-
	RC重量	2,180	2,700	2,530

表-2 構造物のCO₂排出量試算例 (新幹線)

構造物種別	CO ₂ 排出量 (tCO ₂ /m)		
	建設時	供用時 (40年)	建設~40年間
コンクリート構造*	7.55	0.233	7.783
鋼構造*	7.97	0.621	8.591

表-3 各構造形式のCO₂排出量

構造形式	CO ₂ 排出量 (tCO ₂ /m)	備考
下路トラス桁	14.0	参考文献1)
合成桁	9.3	〃
SRC桁	18.4	〃
RCラーメン高架橋A*	5.1	〃
Iビーム埋込桁+橋脚*	18.3	〃
鋼ラーメン高架橋A*	19.9	今回の構造形式
鋼ラーメン高架橋B*	21.0	一般的な形式
RCラーメン高架橋B*	8.4	比較用

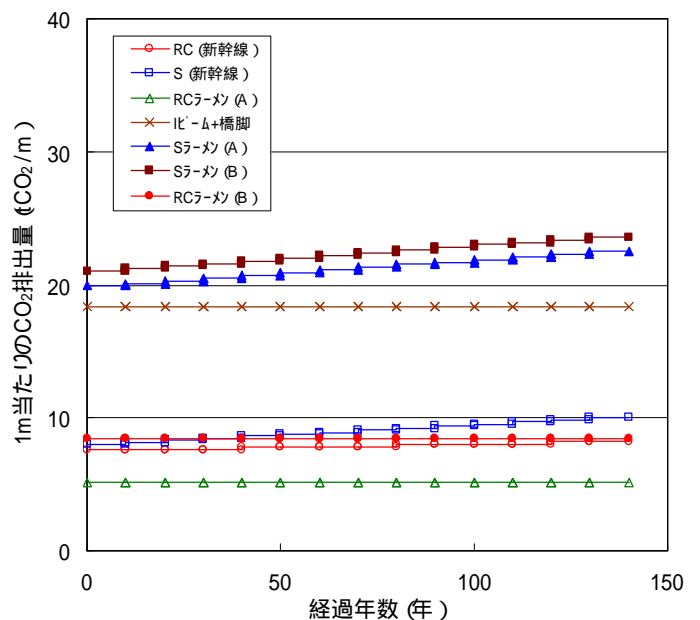


図-2 CO₂排出量の時系列変化 (表-2,3の*印)