

道路橋床版のライフサイクルにおける環境負荷評価

(株) 富士ピー・エス 正会員 ○田中 千尋  
早稲田大学 正会員 秋元 礼子

1. 背景

2005年2月に京都議定書が発効され、環境負荷である二酸化炭素排出量の削減が全世界的に求められていることは周知の通りである。そのことを鑑みれば、現行の道路橋示方書に規定されていない床版設計時の環境負荷評価が、将来的に環境適合性の一性能として極めて重要な要求性能になる可能性は否定できない。

そこで本論文では、今後の環境負荷評価手法構築への足がかりとするべく、道路橋床版を対象とし、仮定したある条件下で環境負荷評価指標の一つである二酸化炭素排出量の試算を行なった。

2. ライフサイクルにおける環境負荷評価の前提条件

環境負荷の評価指標は、床版の単位面積あたりの二酸化炭素排出量とした。二酸化炭素排出量算出に用いる原単位はさまざまな機関から提案されているが、ここでは土木学会 LCA 小委員会提案の値<sup>1)</sup>を用いた。本検討における原単位を表-1に示す。

道路橋床版を対象とする場合、ライフサイクルは以下3段階に分類できると考えられる<sup>2)</sup>。

- ① 初期建設（材料調達、輸送、施工等）
- ② 維持管理（供用、点検・管理、補修）
- ③ 更新廃棄（取壊し、輸送、廃棄・リサイクル）

本検討では、上記の各イベントにおける二酸化炭素排出量を合計することにより、ライフサイクル全体での環境負荷を算出するものとした。ただし、初期建設以降、橋梁の設計供用期間を通して点検や大掛かりな補修を行わずに床版が健全な状態を保つと仮定し、②維持管理に伴う環境負荷は発生しないものとした。また、床版供用時の車両走行に伴う排ガス等は床版単体に直接起因するものではない上、床版の構造形式によって排出量が大きく変化するとは考えにくいことから省略した。

① 初期建設

- ・材料調達：ここでは、影響が支配的であるコンクリートおよび鋼材に絞って算出している。鋼材はその製造過程により表-2のように分類し、鋼材の種類に応じた原単位を採用した。
- ・輸送：輸送距離については表-3に示すように仮定した。
- ・施工：施工に関わる二酸化炭素排出量は既往の研究結果<sup>3)</sup>の平均的な値から 5.0kgC/m<sup>2</sup>と仮定した。

③ 更新廃棄

- ・取壊し：初期建設時の施工の2割増し程度と考え、6.0kgC/m<sup>2</sup>と仮定した。
- ・輸送：輸送距離については表-3に示す値と仮定した。
- ・廃棄・リサイクル：材料は再生材として使用するか、安定型産業廃棄物において処理することを基本とし、ここでは廃棄による環境負荷は想定しない。特に鋼材については、全鋼材量の50%を電炉製鋼材として再生利用することにより環境負荷を軽減できるものとした。

表-1 二酸化炭素原単位<sup>1)</sup>

		原単位	
① 初期建設	材料調達	コンクリート	84.9 kgC/m <sup>3</sup>
		鋼材 (高炉製鋼材) (電炉製鋼材)	0.411 kgC/kg 0.128 kgC/kg
		輸送	0.093 kgC/t·km
		施工	5.0 kgC/m <sup>2</sup>
③ 更新廃棄		取壊し	6.0 kgC/m <sup>2</sup>
		輸送	0.093 kgC/t·km
		リサイクル(二酸化炭素削減量)*	-0.128 kgC/kg

\*リサイクル：全鋼材重量の50%を電炉材として再生利用可能と仮定。

表-2 鋼材分類

分類	使用材料
高炉製鋼材	鋼板、PC鋼材、合成床版の底鋼板
電炉製鋼材	鉄筋、形鋼、鋼型枠

表-3 仮定輸送距離 (kgC/m<sup>2</sup>)

材 料	輸送距離	適 用
生コン(工場)	300km	床版製作会社の工場
生コン(現場)	10km	現場近くの生コン工場
高炉鋼(工場)	300km	床版製作会社の工場
高炉鋼(現場)	300km	高炉鋼材取扱業者
電炉鋼(工場)	300km	床版製作会社の工場
電炉鋼(現場)	100km	現場近くの鋼材取扱業者
廃棄時	50km	現場近くの安定型処理場 またはリサイクル施設

キーワード 性能照査型設計, 道路橋床版, 環境負荷評価(LCA), 環境適合性

連絡先 〒105-0004 東京都港区新橋 4-24-8 (第二東洋海事ビル) (株) 富士ピー・エス TEL:03-3432-0836

### 3. 床版支間の変化による環境負荷の比較

RC床版およびPC床版を対象とし、床版支間を変化させた場合について比較検討を行なった結果を表-4に示す。

- ・ 支間が長くなるにつれ、環境負荷は増加している。これは、床版厚が厚くなることによるコンクリート量増加および鉄筋量増加に起因するものと考えられる。
- ・ RC床版とPC床版の構造形式を比較した場合、同じ支間では床版厚を薄く抑えられるPC床版の方がLCAの面ではやや有利である。しかしながら、一般的な床版支間であるRC床版・支間4mとPC床版・支間6mでは（表-4中、着色部）、LCAはほぼ同程度と考えられる。

### 4. 床版形式による環境負荷の比較

近年、採用が増加している合成床版やプレキャスト床版等の高機能な床版について比較検討を行なった。検討対象床版諸元を表-5に、試算結果を表-6および図-1に示す。

これらの試算結果から、使用材料の違いによる床版のLCAに関する一般論として以下のことがわかる。

- ・ ライフサイクルにおけるイベントを比較すると、材料調達時の負荷が支配的である。
- ・ 鋼材製造における二酸化炭素排出量が非常に大きいため、材料調達時点ではコンクリート系材料の方が環境負荷は少ないと言える。特に高炉鋼材は負荷が大きいことから、形鋼や鉄筋の利用を有効に利用した方が環境負荷は少なくなると予想される。
- ・ 重量物であるプレキャスト部材等の工場製品は、全体に占める輸送時の環境負荷の割合が大きい。輸送距離が長いほど環境負荷が大きくなる。

### 5. まとめ

試算された原単位から二酸化炭素排出量を推定することにより、環境負荷を定量的に評価することが可能である。

しかしながら、絶対的な数値としてLCAを把握することはやや困難であり、何か一つの条件を変えた場合の二酸化炭素排出量の変化を比較検討する等、限定された範囲で用いるのが現時点では妥当だと考えられる。

### 6. 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<sup>2)</sup>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) （社）土木学会地球環境委員会LCA小委員会：土木建設業における環境負荷評価研究小委員会，平成8年
- 2) 土木学会鋼構造委員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，2004.11
- 3) 森口，近藤，清水，石谷：自動車によるCO<sub>2</sub>排出のライフサイクル分析，第9回エネルギーシステム・経済コンファレンス講演論文集，1993.1，pp411-pp416

表-4 床版支間の変化による比較

単位(kgC/m <sup>2</sup> )		RC床版		PC床版		
		(床版支間2m)	(床版支間4m)	(床版支間2m)	(床版支間4m)	(床版支間6m)
① 初期建設	材料調達	25.07	34.04	23.04	28.13	35.69
	輸送	0.95	1.32	1.03	1.20	1.51
	施工	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
② 維持管理	補修・点検	-	-	-	-	-
	取壊し工	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
③ 更新廃棄	取壊し	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
	輸送	2.64	3.51	2.07	2.63	3.35
	リサイクル	-3.19	-4.71	-4.43	-4.57	-5.51
合計		<b>36.45</b>	<b>45.16</b>	<b>32.71</b>	<b>38.39</b>	<b>46.04</b>

\* 橋梁諸元は次の条件で統一。 橋長:106m, 幅員:14m, 橋面積:1484m<sup>2</sup>(現場施工)

表-5 試算対象床版諸元

構造形式	RC床版*	鋼コンクリート合成床版	PC+RC合成床版	プレキャストPC床版
橋長	106 m	120 m	144 m	170 m
幅員	14 m	11 m	10 m	16 m
橋面積	1484 m <sup>2</sup>	1338 m <sup>2</sup>	1426 m <sup>2</sup>	2635 m <sup>2</sup>

\* 「3. 床版支間の変化による環境負荷の比較」のRC床版(床版支間4m)と同一。

表-6 各検討対象のLCA内訳(kgC/m<sup>2</sup>)

		RC床版		鋼コンクリート合成床版	PC+RC合成床版	プレキャストPC床版
		コンクリート	鋼材			
① 初期建設	材料調達	24.62	9.42	19.95	21.96	<b>25.24</b>
	輸送	1.32	1.32	4.34	10.44	<b>18.49</b>
	施工	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	取壊し	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
③ 更新廃棄	輸送	<b>3.51</b>	3.34	3.29	3.29	3.31
	リサイクル	-4.71	<b>-8.60</b>	-6.33	-6.33	-0.81
	LCA合計	45.16	68.37	56.52	58.98	
内 ① 初期建設計		<b>40.36</b>	<b>67.63</b>	<b>53.56</b>	<b>50.48</b>	
内 ③ 更新廃棄計		<b>4.80</b>	<b>0.74</b>	<b>2.96</b>	<b>8.50</b>	

\* 下線のついた値は、その段階における最大値(リサイクル段階においては最小値)

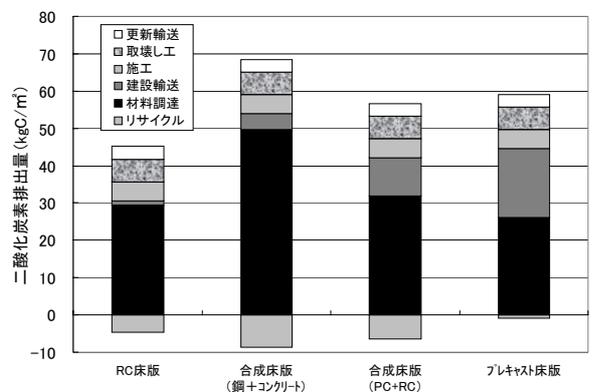


図-1 各検討対象のLCA内訳(kgC/m<sup>2</sup>)