

橋梁のLCCO₂に関するケーススタディ

極東工業(株) 正会員 ○正願地祐
 三菱重工業(株) 正会員 中出 収
 広島大学工学部 正会員 河合研至

1. はじめに

近年、土木構造物の建設における環境負荷、とりわけ炭素排出量が問題となってきた。橋梁の建設に関しても同様であり、環境負荷を少しでも低減させる橋梁形式や使用材料、工法の選定が今後求められていくものと考えられる。環境負荷低減のための概念の提唱は、最近になって多く見られるが、環境負荷を定量化して設計に活用していく試みはまだほとんど見られないのが現状である。本報告は、環境負荷の中から炭素排出量を取り上げ、実際に施工が終了した橋梁の上部工（鋼橋とP C橋）をモデルとして試算ならびに比較検討を行ったものである。

2. モデル橋概要

炭素排出量の算出に用いたモデル橋の概要を表-1に示す。P C橋は全て現地施工であり、鋼橋は輸送可能なブロックに工場で製作後、現地に輸送され、架設が行われるものである。

3. 炭素排出量の算出

炭素排出量は、工事における主要資材および重機の稼動時間をもとに算出した。主要資材の一覧を表-2に、使用重機を表-3に示す。炭素排出量は、①資材の運搬、重機および発動発電機稼動時間の算出、②時間当りの炭素排出量の算出、③各機材の稼動による炭素排出量の算出、④資材の供給に伴う炭素排出量の算出、⑤工事全体における炭素排出量の順で算出した。

①の資材の輸送時間は、架設現地から各材料供給地までの距離（km）を求め、輸送時間に換算した。材料供給地が架設地点の県内では平均輸送速度を30km/h、県外では60km/hと仮定し、往復距離を考慮した。重機および発動発電機の使用時間は、施工工程表から稼働日数を割り出して仮定した稼働時間を乗じて算出した。②時間当りの炭素排出量の算出は、燃料消費による炭素排出量と機械の消耗による炭素排出量を個別に算出し、その和を時間当り炭素排出量とした。燃料消費によるものは、建設省土木工事

表-1 モデル概要

		P C橋	鋼橋
施工場所		広島県	島根県
構造形式	橋梁型式	P C 3径間連続中空床版橋	鋼 4径間連続非合成5主版鉄桁
	橋 長	85m	129m
	支 間	28.35+28.3+28.35m	28.5+35.5+35.5+28.5m
	幅 員	車道 8.0m 歩道 3.5m	車道 8.0m 歩道 3.5m

表-2 主要資材

資機材名	単位	数量	輸送手段	始点	終点	運搬距離	台数	時間/台	延時間
P C橋	コンクリート	m3	737台	広島県	広島県	20	206	1	206
	型枠	m2	1616.0	11tトラック	"	"	100	6	24
	支保工	kg	39646.0	"	"	"	100	4	16
	鉄筋	kg	68236.2	"	岡山県	"	400	7	49
	P C鋼材	kg	20442.1	"	兵庫県	"	650	3	33
	シーす	m	2200.9	"	大阪府	"	700	1	12
	定着具	組	52.0	"	神奈川県	"	1800	1	30
	ゴム支承	枚	16.0	"	千葉県	"	1900	1	32
	円筒型枠	m	517.7	"	広島県	"	100	11	44
	排水溝	kg	325.2	"	福岡県	"	600	1	10
	フレキシブルジョイント	個	3.0	"	大阪府	"	700	1	12
	排水管	m	44.3	"	山口県	"	250	1	5
	伸縮装置	-	-	"	大阪府	"	700	2	12
	地盤カバープレート	m	1.8	"	"	"	700	1	12
	境界ブロック	m	84.7	"	広島県	"	100	1	4
	落橋防止装置	組	4.0	"	岐阜県	"	1100	1	20
鋼橋	コンクリート	m3	393.0	737台	島根県	島根県	20	88	88
	鋼板	t	241.7	トレーラー	加古川	広島県	600	12	240
	型鋼	t	22.5	11tトラック	"	"	600	1	12
	ボルトナット類	t	6.9	"	行橋	島根県	700	3	42
	伸縮装置	t	9.7	トレーラー	大阪府	"	900	1	30
	排水溝	t	0.7	11tトラック	大阪府	"	900	1	18
	支承	t	15.3	"	神奈川県	"	1900	2	38
	鉄筋	t	98	"	島根県	"	100	10	180
	仮設材	t	60	トレーラー	兵庫県	"	800	5	135
	桁ブロック(大型)	-	-	トレーラー	広島県	島根県	300	23	230
	" (小型)	-	-	トレーラー	"	"	300	12	120
	機材名	規格・寸法	数量	稼働日数	稼働時間	延稼働時間			
	コンクリートポンプ	-	2台	4	-	25			
	トラッククレーン	25t吊	1台	40	-	280			
	発動発電機	20KVA	1台	60	4.0	240			
	機材名	規格・寸法	数量	稼働日数	稼働時間	延稼働時間			
	コンクリートポンプ	-	2台	1	5	10			
	油圧式クレーン	100t吊	1台	19	7.0	133			
	同上	25t吊	1台	22	7.0	154			
	小型移動式クレーン	2.9t吊	1台	11	7.0	77			
	発動発電機	45KVA	1台	36	7.0	252			

表-3 使用重機

機材名	規格・寸法	数量	稼働日数	稼働時間	延稼働時間
P C橋	コンクリートポンプ	-	2台	4	-
	トラッククレーン	25t吊	1台	40	-
	発動発電機	20KVA	1台	60	4.0
	機材名	規格・寸法	数量	稼働日数	稼働時間
鋼橋	コンクリートポンプ	-	2台	1	5
	油圧式クレーン	100t吊	1台	19	7.0
	同上	25t吊	1台	22	7.0
	小型移動式クレーン	2.9t吊	1台	11	7.0
	発動発電機	45KVA	1台	36	7.0

積算基準¹⁾に記載されている各原動機の時間当り燃料消費率に炭素排出量原単位を乗じて算出した(表-4)。機械の消耗によるものは建設機械等損料算定表²⁾

の数値を用いて算出した(表-4)。
③各機材の稼動による炭素排出量は①、②で算出した値を乗じることによって求めた(表-5)。
④資材供給に伴う炭素排出量は

施工数量に原単位を乗じて算出した(表-6)。ここでいう原単位とは、土木学会「土木建設業における環境負荷評価研究小委員会講演要旨集」³⁾の二酸化炭素排出量原単位の推定表の数値である。

今回は、主要部材(コンクリート、鉄筋、P C鋼材、鋼板、型鋼)製造に伴う炭素排出量を考慮している。ただし、鋼橋の鋼部材は製作を行う橋梁工場における炭素排出量を別途考慮する必要がある。炭素排出量は以下に示すトン当りの軽油使用量と使用電力量および溶接用炭酸ガス(CO₂)の和として算出した。

- ・ トン当り軽油使用量(%) × 原単位 = 1.500 × 0.779 = 1.169 kg · C/t
- ・ " 電力使用量(%) × 原単位 = 150 × 0.129 = 19.350 kg · C/t
- ・ " CO₂使用量(%) × 1.000 = 3.500 × 1.000 = 3.500 kg · C/t 合計 Σ = 24.019 kg · C/t

橋梁工場における炭素排出量 = 鋼材重量 × トン当り炭素排出量 = (241.7 + 22.5) × 24.019 = 6,346 kg · C

⑤工事全体における炭素排出量は③、④で算出した炭素排出量の和として算出した(表-7)。

4. まとめ

橋梁工事における炭素排出量は資材の運搬によるものが多くの割合を占めると予想されたが、試算結果では資材の供給によるものが8割を占めた。特にコンクリートの供給によるものが卓越していた。今回の試算の結果では橋面積当りで考えた場合、P C橋の方が優位であるという結果が得られたが、両者で橋長や径間数が異なることから下部工の諸元が異なってくる。したがって、上部工、下部工を合わせた評価が必要となる。今後多くの橋梁で炭素排出量を算出し、橋梁における環境負荷評価の一助となる資料を作成していきたいと考える。なお、この報告はRAMS L C C A分科会で検討を行った上部工モデルの概要をまとめたものである。

参考文献

1)建設省 土木工事積算基準、2)建設機械等損料算定表、3)土木学会「土木建設業における環境負荷評価研究小委員会講演要旨集」

表-4 時間当りの炭素排出量

機種	燃料消費によるもの					機械の消耗によるもの				
	出力	燃料消費率	時間当り軽油使用量	原単位	時間当り排出量	車両重量	損料率	原単位	時間当り排出量	合計
	kW	%kW・時	%/時	kg・C/%	kg・C/時	t	×10 ⁻⁴	kg・C/%	kg・C/時	kg・C/時
P C橋	ポンプ	213	0.060	12.8	0.779	10.0	9.2	282	1.52	3.9
	11tトラック	257	0.054	13.9	0.779	10.8	8.1	352	1.52	4.3
	コンクリートポンプ	199	0.084	16.7	0.779	13.0	16	268	1.52	6.5
	T/C25t	162	0.050	8.1	0.779	6.3	28.5	276	1.52	12.0
	発電機(20KVA)	19	0.173	3.3	0.779	2.6	0.73	88	1.52	0.1
鋼橋	ポンプ	213	0.060	12.8	0.779	10.0	9.2	282	1.52	3.9
	コンクリートポンプ	199	0.084	16.7	0.779	13.0	16	268	1.52	6.5
	11tトラック	257	0.054	13.9	0.779	10.8	8.1	352	1.52	4.3
	トレーラー	235	0.076	17.9	0.779	13.9	15.9	320	1.52	7.7
	T/C100t	147	0.050	7.4	0.779	5.8	80.7	276	1.52	33.9
	T/C25t	162	0.050	8.1	0.779	6.3	28.5	276	1.52	12.0
	移動式クレーン	132	0.076	10.0	0.779	7.8	4.6	294	1.52	2.1
	発電機(45KVA)	42	0.173	7.3	0.779	5.7	1.2	88	1.52	0.2
										5.9

表-5 各機材の稼動による炭素排出量

各種作業機具による炭素排出量				
機種		延時間	時間当り炭素排出量	炭素排出量
		時	kg・C/時	kg・C
P C 橋	ポンプ	206	13.9	2,863
	11tトラック	327	15.1	4,937
	コンクリートポンプ	25	19.5	488
	T/C25t	280	18.3	5,124
	発電機(20KVA)	240	2.7	648
	合計			14,060
鋼 橋	ポンプ	88	13.9	1,223
	コンクリートポンプ	10	19.5	195
	11tトラック	328	15.1	4,953
	トレーラー	755	21.6	16,308
	T/C100t	133	39.7	5,280
	T/C25t	154	18.3	2,818
	移動式クレーン	77	9.9	762
	発電機(45KVA)	252	5.9	1,487
合計			33,026	

表-6 資材供給に伴う炭素排出量

資材名	単位	数量	原単位	炭素排出量	備考
P C橋	コンクリート	m ³	914.1	87.9	80,349
	鉄筋	t	68.2	0.128	8,730 電炉材
	P C鋼材	t	20.4	0.411	8,384 高炉材
	合計				97,463 kg・C
鋼橋	鋼板	t	241.7	0.411	99,339 高炉材
	型鋼	t	22.5	0.128	2,880 電炉材
	ボルトナット類	t	6.9	0.128	883
	コンクリート	m ³	393	87.9	34,545
	鉄筋	t	98	0.128	12,544
	仮設材	t	60	0.013	780 10年償却
	合計				150,971 kg・C

表-7 工事全体における炭素排出量

	P C橋	鋼橋
資材供給 (kg・C)	97,463	150,971
資材運搬		
施工機械運転 (kg・C)	14,060	33,026
鋼部材製作 (kg・C)	-	6,346
炭素排出量 (kg・C)	111,523	190,343
橋面積当り炭素排出量 (kg・C/m ²)	114.1	128.3