

II LCAワーキング研究成果

目次

1. 研究目的	2-1
2. 研究内容	2-5
3. CO ₂ 量算出の基本的な考え方	2-7
4. モデル橋の選定	2-9
5. 数量計算	2-13
6. 各プロセスにおける原単位及びCO ₂ 発生量予測計算	2-14
7. CO ₂ 発生量の集計	2-57
8. CO ₂ 発生量の要因分析	2-59
9. CO ₂ 発生量抑制のための方策	2-69
10. 今後の課題整理	2-70

1. 研究目的

1.1 地球温暖化問題について

地球温暖化、オゾン層の破壊及び酸性雨等の地球環境問題にみられるように、地球は現在、環境の保全上極めて深刻な状況にある。これらは、人口の増大とともに、人類による利便性と快適性の追求がもたらしたものである。

中でも地球温暖化問題は、人の活動に伴って発生する温室効果ガスが大気中の温室効果ガスの濃度を増加させることにより、地球全体として地表及び大気の温度が上昇し、自然の生態系及び人類に悪影響を及ぼすものであり、その予想される影響の大きさや深刻さから、人類の生存基盤に関わる最も重要な環境問題の一つであるといえる。

「気候変動に関する政府間パネル (IPCC)」の報告によれば、2100年には約2°Cの平均気温の上昇、約50 cmの海面水位の上昇等の影響が予測され、植生、水資源、食糧生産、洪水及び高潮、健康影響の分野で大きな影響がでてくるものとされている。

1.2 地球温暖化に対する世界的取り組み

このような中で、国際社会においては、地球温暖化問題に対処するために、「気候変動に関する国際連合枠組条約」が1992年5月に採択され、我が国も同年6月の環境と開発に関する国連会議において署名、1993年5月に受託し、条約は1994年3月に発効した。その後、1997年12月に京都で開催された条約の第3回締約国会議 (COP3) において、長期的・持続的な排出削減の第1歩として、先進国の温室効果ガス (二酸化炭素、メタン等の6物質) の排出量について法的拘束力のある数値目標を盛り込んだ「京都議定書」が採択され、我が国においては、「温室効果ガスの総排出量を2008年から2012年の第1約束期間に1990年レベルから6%削減する」との目標が定められた。

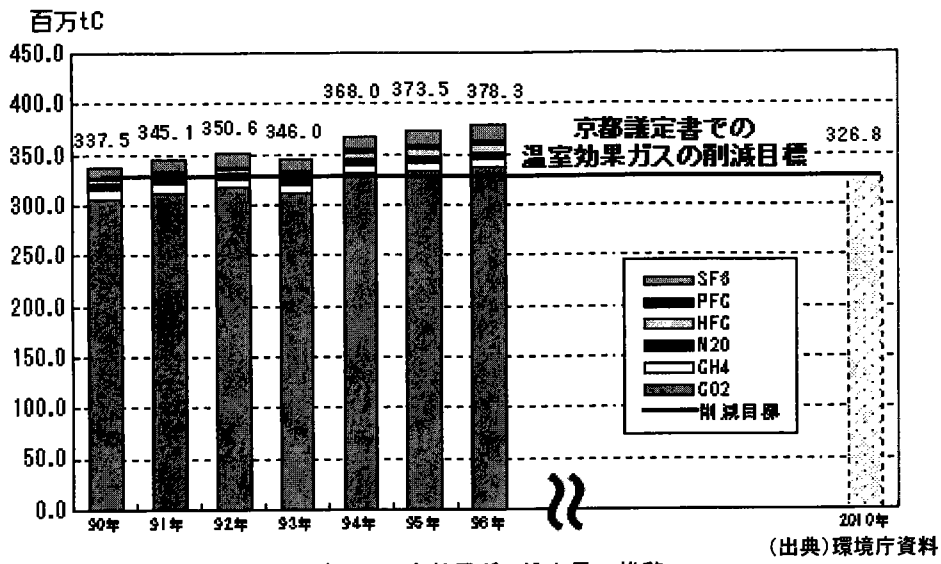
これに対して、1996年における我が国の温室効果ガスの排出量は1990年レベルに対して+8.8%であり、温室効果ガスの大部分を占めるとともに増加傾向の大きい二酸化炭素 (CO₂) の発生量抑制が望まれている。

1.3 本研究の目的

以上を踏まえて、地球環境に与える影響が大きい産業である建設業界においても、地球環境問題に対する方策として、CO₂発生量の削減等の様々な取り組みが行われており、鋼橋技術研究会としても、地球環境に配慮した鋼橋のあり方等について検討を行うことは重要かつ早急に取り組みべきテーマであると考えられる。

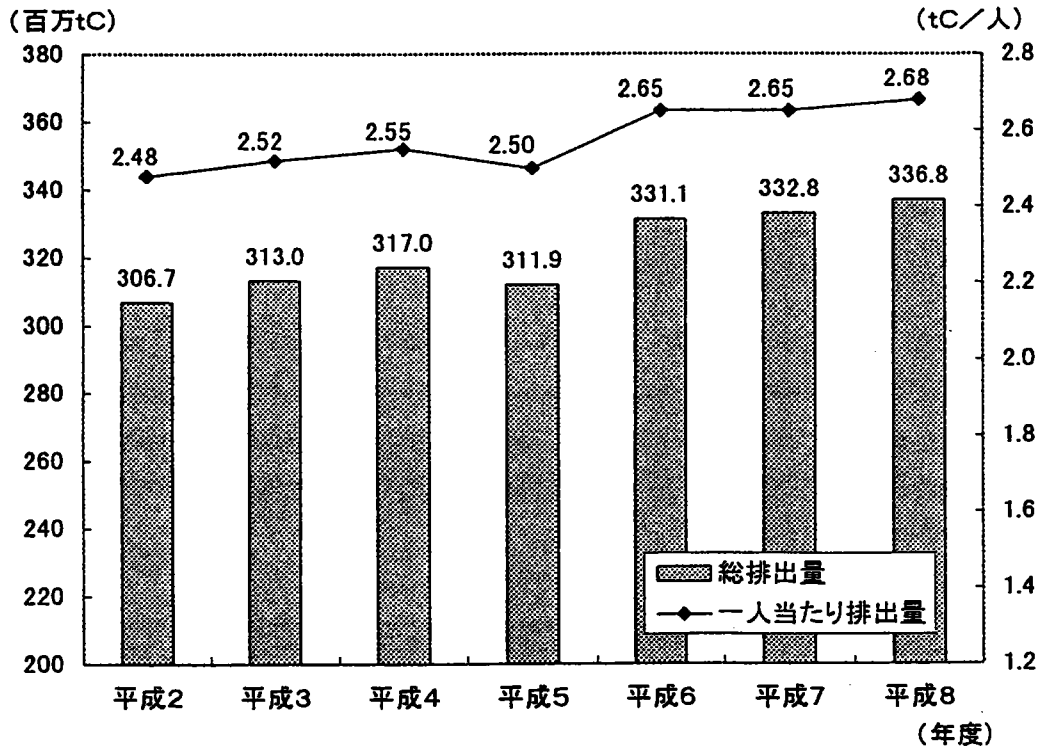
よって、LCA (ライフサイクルアセスメント) の手法を用いて鋼橋の建設が地球環境に与える影響を定量的に把握するとともに地球環境への負荷を軽減する方策を検討するために、以下の項目について基礎資料を得ることを本研究の目的とする。

- ①モデル橋によるCO₂発生量予測システムの構築
- ②モデル橋におけるCO₂発生量の要因分析
- ③地球環境をふまえた鋼橋の今後の方向性

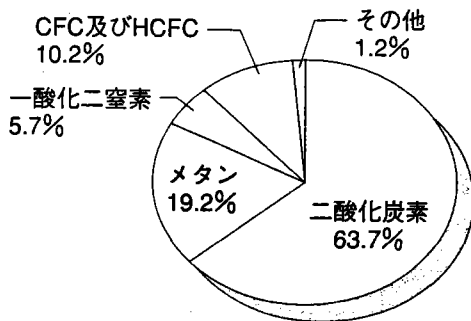


我が国の温室効果ガス排出量の推移

二酸化炭素排出量の推移

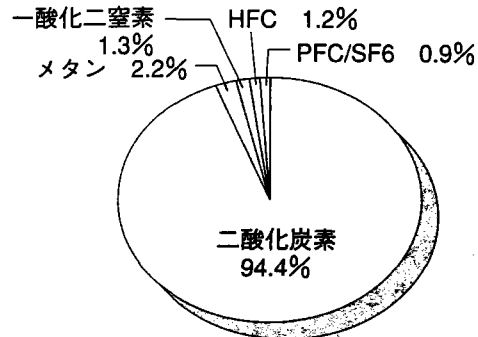


①産業革命以降人為的に排出された温室効果ガスによる地球温暖化への直接的寄与度 (1992年現在)



出典：IPCC (1995)

②わが国が排出する温室効果ガスの地球温暖化への直接的寄与度 (1993年単年度)

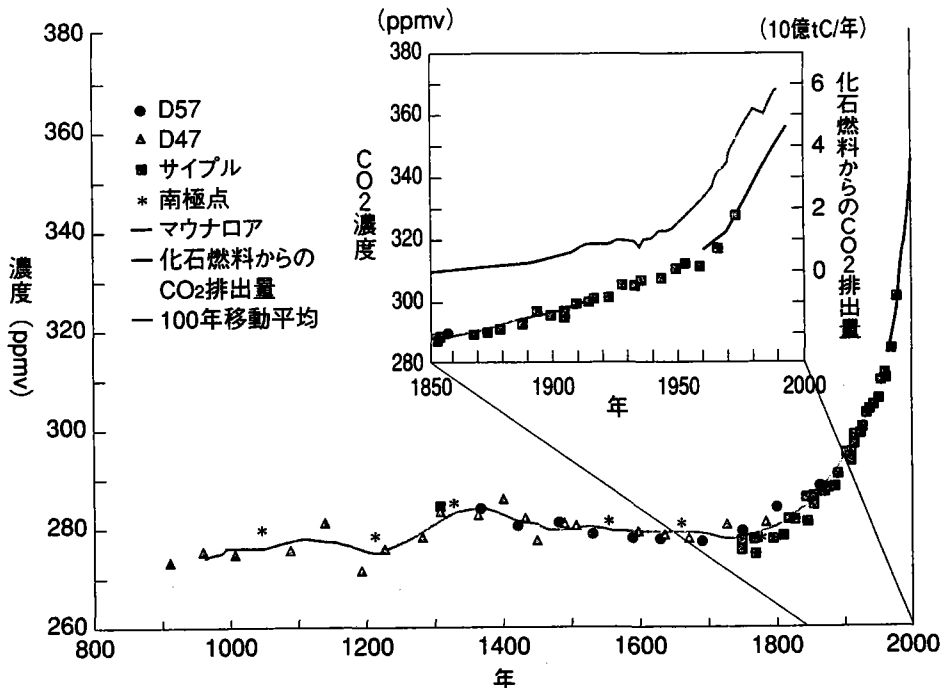


注：このほか、CFC、HCFCが温室効果を有しているが、気候変動枠組条約に基づく排出量の通報を義務づけられておらず、確立された排出量データがないため除外した。

資料：環境庁

二酸化炭素の濃度の推移

(CO₂)



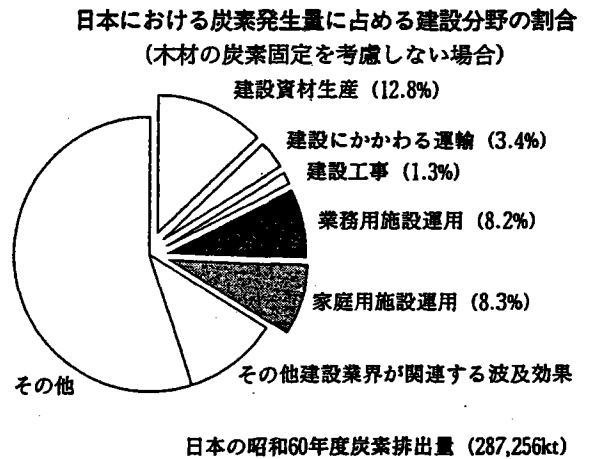
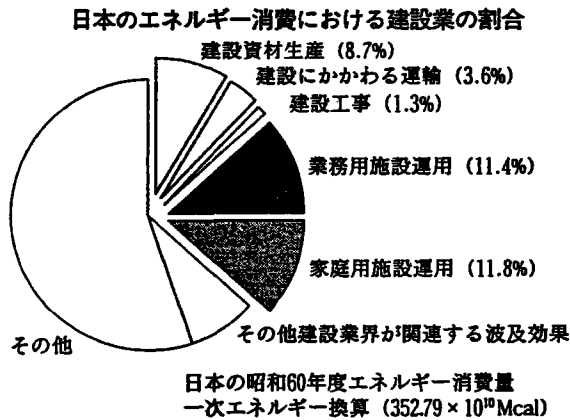
氷床コアの記録 (D47、D57、サイプル (Siple) 基地、南極点) による過去1000年間のCO₂濃度と、ハワイのマウナロア (Mauna Loa) 観測所における1958年以降のCO₂濃度。氷床コアはすべて南極大陸で採取された。滑らかな曲線は100年移動平均。産業革命が始まって以降の急速なCO₂濃度の上昇は明白であり、化石燃料からのCO₂排出量の増加にほぼ追従している (1850年度以降の拡大図参照)。

出典：IPCC (1995)；気象庁訳

データ年次：1985（S60）年度

建設産業の：① エネルギー消費量は、全産業の36.8%
 関係の要点
 （資材生産8.7%，運搬3.6%，施工1.3%，運用23.2%）

② CO₂排出量は、全産業の34%
 （資材生産12.8%，運搬3.4%，施工1.3%，運用16.5%）



出典：「建設業の資源消費量解析と環境負荷の推定」（（社）環境情報科学センター）

○日本全体の総排出量に対する建設分野の占める割合

上記のグラフより

・建設資材生産	12.8%
・建設に関わる運輸	3.4%
・建設工事	1.3%
・業務用施設運用	8.2%
・家庭用施設運用	8.3%
合計	34.0%

○建設工事のうち約4割が公共工事

○特に土木工事にうち約8割が公共工事

2. 研究内容

2.1 既存研究資料の状況

鋼橋が地球環境に与える影響を研究した既存資料として、「土木学会／地球環境委員会／環境負荷評価（LCA）検討小委員会／平成7年度調査研究報告書」において、種々の文献から基本的な二酸化炭素排出量の原単位を設定するとともに、鋼橋の建設に伴う二酸化炭素発生量の算出を行っている。しかしながら、鋼橋の製作等のプロセスにおけるオペレーション等に対する検討はあくまで概略にとどまっている。また、鋼橋の長所であるリサイクルに関する評価を行うことも必要であると考えられる。

2.2 研究内容

よって、本研究における研究内容を以下のように定めるものとする。

①モデル橋によるCO₂発生量予測システムの構築

鋼桁橋従来形式、鋼桁橋少主桁形式、鋼床版桁橋の3つの上部工形式の橋梁をモデル橋として、以下の事項に留意した検討を行い、モデル橋によるCO₂発生量予測システムの構築を行う。

- －製作、架設のプロセスの細分化
- －維持管理、撤去、リサイクル等を考慮したライフサイクルにおける評価

②モデル橋におけるCO₂発生量の要因分析

①におけるCO₂発生量の算出結果を基に、以下の項目に関する検討を行い、CO₂発生量の要因分析を行う。

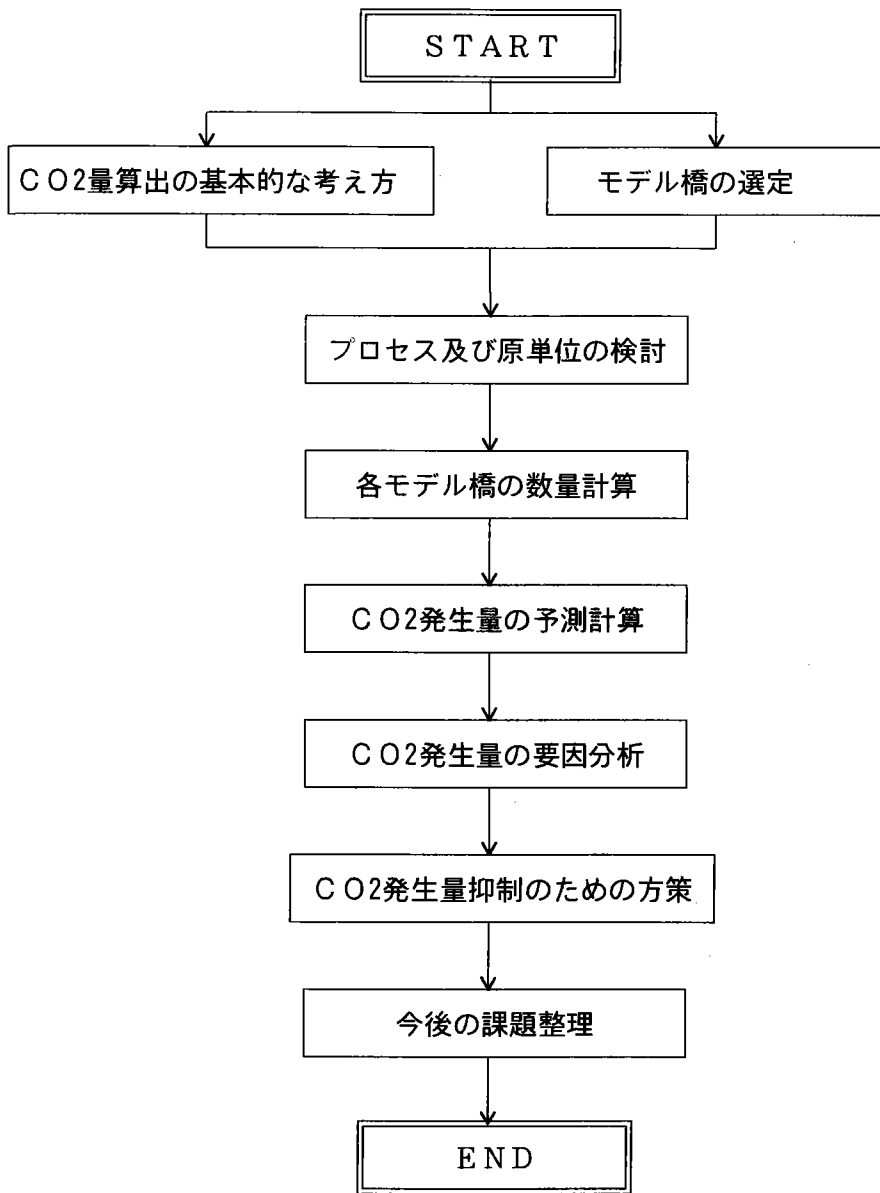
- －プロセス別の比較
- －従来形式と少数桁形式等の比較
- －床版形式（コンクリート床版、鋼床版）による比較

③地球環境をふまえた鋼橋の今後の方向性

②の要因分析の結果に基づき、地球環境をふまえた鋼橋の今後の方向性に関する考察を行う。

2.3 研究手順

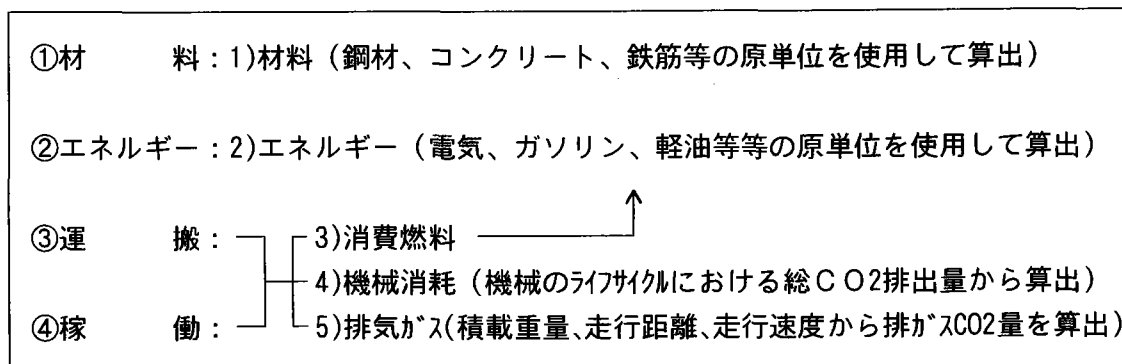
先の研究内容を踏まえて、以下の手順で研究を行う。



3. CO2発生量の基本的な考え方

3.1 CO2量算定における数量算出の考え方

鋼橋の建設における各プロセスについて、以下に示す①～④の4項目について、CO2量に影響を及ぼす要因及び活動項目等を整理し、1)～5)の5項目についてCO2発生量を算出するための数量項目として集計を行う。



3.2 CO2排出量原単位の基本値

(1) 材料、エネルギー、消費燃料、機械消耗に関する原単位

「土木学会/地球環境委員会/環境負荷評価(LCA)検討小委員会/平成7年度調査研究報告書」において提案されている値を基本として用いる。

分類項目	土木学会 LCA 小委員会推奨値	分類項目	土木学会 LCA 小委員会推奨値
(1) 砂利・採石	0.00154	(10) アスファルト	
(2) 碎石	0.00189	(10-1) アスファルト	0.0281
(3) 木材		(10-2) 舗装用アスファルト 混合物	0.0113
(3-1) 製材品	0.0297	(11) ゴム (タイヤ)	1.20
(3-2) 合板	0.0519	(12) 塗料	0.452
(4) セメント		(21) 建設機械類	1.52
(4-1) 粉砕セメント	0.228	(22) 汎用機械類	1.21
(4-2) 高炉スラグ45%混入 高炉セメント	0.135	(23) 仮設機材	10年耐用とする
(4-3) 生コンクリート	84.9	(31) 軽油	0.779
(5) 鉄鋼		(32) 天然ガス (LNG)	0.669
(5-1) 高炉製熱間圧延 鋼材	0.411	(33) 液化石油ガス (LPG)	0.868
(5-2) 電炉製棒鋼・型鋼	0.128	(34) 電力	0.129
(6) アルミニウム (サッシ相当品)	2.03	(41) 運輸	0.0930
(7) 陶磁器 (建設用)	0.188		
(8) ガラス (板ガラス相当品)	0.486		
(9) プラスチック製品	0.492		

単位；特記なき限り [kgC/kg]、油は [kgC/l]、
生コンクリートと天然ガスは [kgC/m³]、電力は [kgC/kWh]、運輸は [kgC/t・km]

※生コンクリート (1m³=2350kg) の単位 kg 当たりのCO₂換算値は以下のとおりである。

$$\text{生コンクリートのCO}_2\text{換算値} = 84.9(\text{kgC/m}^3) \div 2350(\text{kg/m}^3) = 0.0361(\text{kgC/kg})$$

(2) 排気ガスに関する原単位

「地球温暖化対策の推進に関する法律に基づく地方公共団体の事務及び事業に係る温室効果ガス総排出量算定方法ガイドライン」(平成11年7月環境庁地球環境部環境保全対策課地球温暖化対策推進室)における燃料排出係数を用いる。

燃料	単位	排出係数
		(kg-CO ₂ /kg L m ³)
一般炭(輸入されたもの)	kg	2.3515
練炭及び豆炭	kg	2.3887
ガソリン	l	2.3587
灯油	l	2.5284
軽油	l	2.6444
A重油	l	2.6977
B重油	l	2.8325
C重油	l	2.9393
液化石油ガス(LPG)	kg	3.0065
液化天然ガス(LNG)	kg	2.6879
都市ガス	m ³	1.9914

また、燃料消費量は「建設機械等損料算定表/建設省建設経済局建設機械課監修」((社)日本建設機械課協会)に掲載されている各馬力と燃料消費率を乗じて算定する。

車両・機械名	エネルギー種別	馬力		燃料消費率		燃料消費量	
運搬(ダンプ)	軽油	335	PS	0.04	l/PS-h	13.4	l/h
運搬(トラック:2t)	軽油	118	PS	0.04	l/PS-h	4.72	l/h
運搬(トラック:4t)	軽油	186	PS	0.04	l/PS-h	7.44	l/h
運搬(トラック:10t)	軽油	317	PS	0.04	l/PS-h	12.68	l/h
運搬(トレーラ)	軽油	320	PS	0.056	l/PS-h	17.92	l/h
運搬(ミキサー車)	軽油	290	PS	0.044	l/PS-h	12.76	l/h
運搬(生コン車)	軽油	290	PS	0.044	l/PS-h	12.76	l/h
運搬(バキューム車)	軽油	305	PS	0.04	l/PS-h	12.2	l/h
稼働(クラムシェル)	軽油	115	PS	0.138	l/PS-h	15.87	l/h
稼働(クローラクレーン)	軽油	74	PS	0.07	l/PS-h	5.18	l/h
稼働(トラッククレーン:10t)	軽油	230	PS	0.037	l/PS-h	8.51	l/h
稼働(トラッククレーン:25t)	軽油	274	PS	0.037	l/PS-h	10.138	l/h
稼働(トラッククレーン:50t)	軽油	338	PS	0.037	l/PS-h	12.506	l/h
稼働(ホイールクレーン)	軽油	155	PS	0.077	l/PS-h	11.935	l/h
稼働(コンクリートバケット)	軽油	230	PS	0.037	l/PS-h	8.51	l/h
稼働(コンクリートポンプ車)	軽油	270	PS	0.062	l/PS-h	16.74	l/h
稼働(タイヤローラ)	軽油	39	PS	0.075	l/PS-h	2.925	l/h
稼働(バックホウ:0.2m ³)	軽油	51	PS	0.138	l/PS-h	7.038	l/h
稼働(バックホウ:0.4m ³)	軽油	98	PS	0.138	l/PS-h	13.524	l/h
稼働(バックホウ:0.7m ³)	軽油	127	PS	0.138	l/PS-h	17.526	l/h
稼働(ブレーカー)	軽油	127	PS	0.138	l/PS-h	17.526	l/h
稼働(ミキサー車)	軽油	290	PS	0.044	l/PS-h	12.76	l/h
稼働(ランマー)	軽油	4	PS	0.228	l/PS-h	0.912	l/h
稼働(ロードローラ)	軽油	90	PS	0.084	l/PS-h	7.56	l/h
稼働(タイヤローラ)	軽油	96	PS	0.075	l/PS-h	7.2	l/h
稼働(振動ローラ)	軽油	8	PS	0.151	l/PS-h	1.208	l/h
稼働(カッタ)	電力	10	kw	0.17	kwh/kw	1.7	kwh
稼働(ドリル)	電力	0.86	kw	0.54	kwh/kw	0.4644	kwh
稼働(バイブレータ)	電力	1.5	kw	0.54	kwh/kw	0.81	kwh
稼働(バイブロハンマー)	電力	90	kw	0.305	kwh/kw	27.45	kwh
稼働(ホーリングマシン)	電力	15	kw	0.533	kwh/kw	7.995	kwh
稼働(ポンプ)	電力	25	kw	0.533	kwh/kw	13.325	kwh
稼働(電動工具)	電力	0.86	kw	0.305	kwh/kw	0.2623	kwh
稼働(油圧ジャッキ)	電力	2.2	kw	0.584	kwh/kw	1.2848	kwh

4. モデル橋の選定

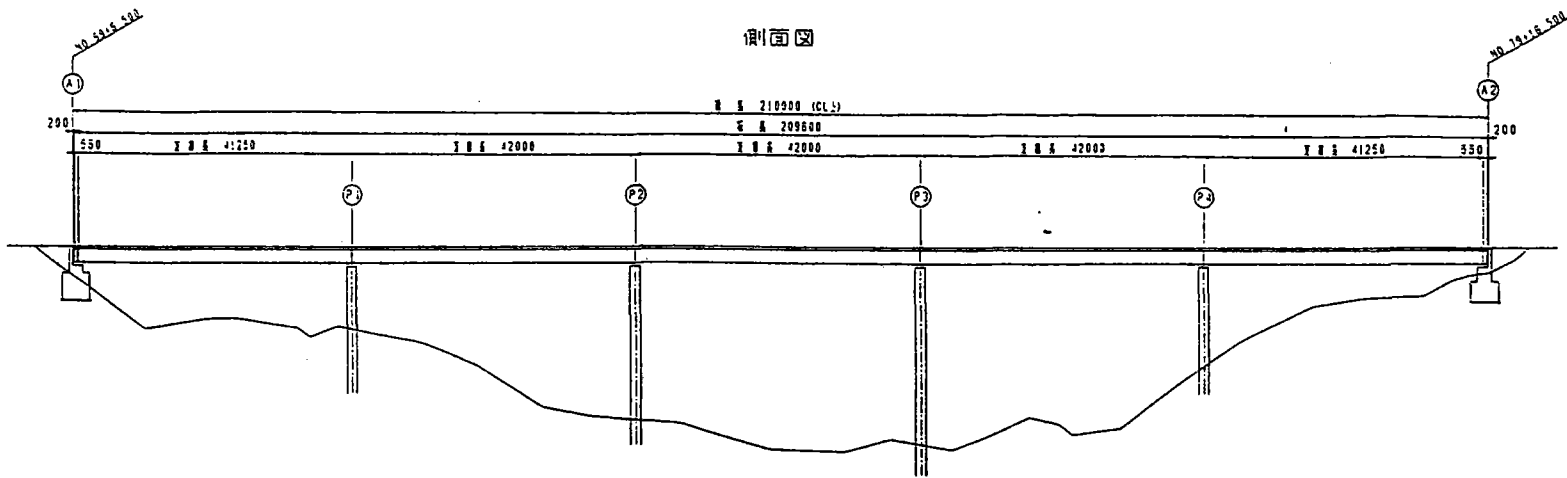
4.1 モデル橋選定の考え方

モデル橋は、鋼鈹桁従来形式、鋼鈹桁少主桁形式、鋼床版箱桁の3つの上部工形式の橋梁を以下の観点から選定した。

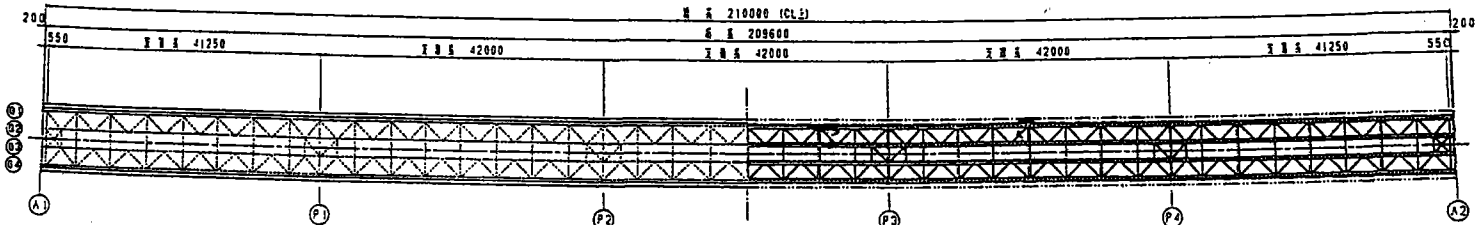
- 一般的な規模である
- 一般的な主桁配置である
- 既に完成しており、製作等における数量が集計されている

4.2 モデル橋の諸元

	橋名	形式	橋長	最大支間長
①	A橋	5径間連続鋼合理化鈹桁橋	210m	42m
②	B橋	5径間連続鋼少主鈹桁橋	270m	56m
③	C橋	3径間連続鋼床版箱桁橋	211m	76.5m



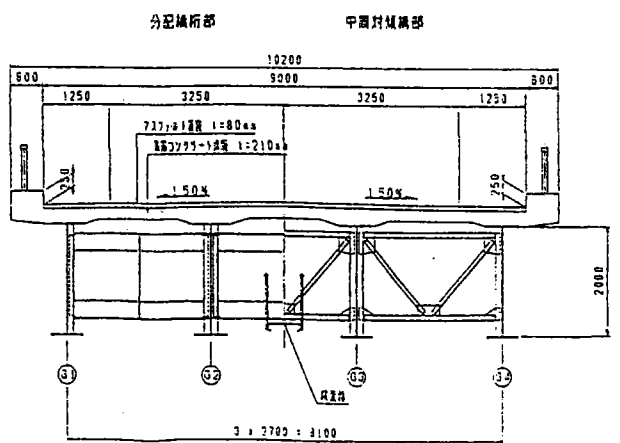
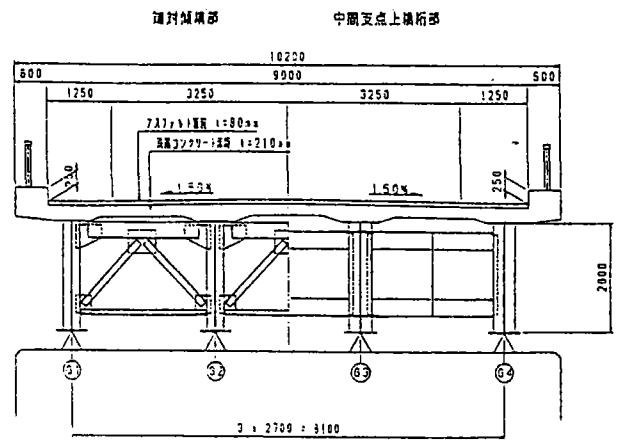
平面図



設計条件

道路区分	第2種第3級
橋路河況	普通河況
橋梁形式	鋼骨連通連続桁合成橋梁
橋長	210,000m
桁長	209,500m
支間長	41,250m+3×42,000m+41,250m
有効幅員	9,300m
全幅員	10,200m
縦断勾配	0.30%
横断勾配	1.50% 直線向
斜角	90°00'00"
設計速度	V=40km/h
設計水平曲率	R=0, 20
鋼	7277-2) 鋼線鉄 80mm
(梁部) 管線径AS	t=40mm
(梁部) 電線径AS	t=40mm
床板	鋼管コンクリート床板厚 210mm
適用鋼材	SMA490BW, SMA490AW, SMA490AY, S101Y
変位	変位許容値
適用示方書	道路橋示方書・鋼線鉄1~V (平成8年12月) 鋼線鉄設計ガイドライン(第1) (平成7年10月) 橋梁設計要綱 埋立橋土部 (平成9年)

断面図 S=1:50



5. 数量計算

モデル橋の主要諸元および数量

	単位	モデル A	モデル B	モデル C
最大スパン	m	42.0	56.0	76.5
橋面積	m ²	2,142	2,768	2,161
鋼重	tf	480	620	892
単位橋面積あたりの鋼重	kgf / m ²	224	224	413
鉄筋	tf	146	88	16
コンクリート	m ³	613	1,062	144
アスファルト	m ²	151	189	147
溶接延長	m	10,070	11,350	30,300
切断長	m	12,898	20,104	33,997
ボルト孔	個	81,756	30,948	160,148
塗装面積	m ²	7,000	5,760	18,590
下部工コンクリート	m ³	1,858	2,042	1,187

6. 各プロセスにおける原単位及びCO₂発生量予測計算

6.1 製作作業における原単位の算出

(1) 製作作業のプロセスを以下のステップに分割する。原単位算出項目・担当者については以下の通りとする。

- (1-1) 鋼材料…三輪
- (1-2) 溶接…田谷
- (1-3) 切断…福原
- (1-4) 孔明け…植田
- (1-5) 運搬・移動…植田
- (1-6) 仮組立…植田
- (1-7) 塗装…三輪

(2) 考慮する項目・検討する項目について

(2-1)溶接

CO₂溶接、手溶接、サブマージアーク溶接の3種類を考慮する。
溶接材料、施工時エネルギー、機械の消耗、施工時排出量の4点を考慮する。
図面より溶接延長の算出が可能であるため、原単位については、
 $\text{kg (C)} / (1 \text{ m溶接})$ とする。

(2-2)切断

ガス切断、レーザー切断、プラズマ切断の3種類を考慮する。
切断時の電気（エネルギー）使用量、酸素、ガスの使用量、機械の消耗の3点を考慮する。
図面より切断延長の算出が可能であるため、原単位については、
 $\text{kg (C)} / (1 \text{ m切断})$ とする。

(2-3)孔明け

施工時のエネルギー消費、機械の消耗を考慮する。
原単位については、 $\text{kg (C)} / (1 \text{ 個孔明け})$ とする。

(2-4)運搬・移動

製作に関する移動量を仮定し、クレーンのエネルギー消費、クレーンそのものの機械としての消耗、運転時の排気ガスを考慮する。橋梁の重量に関する関数とする。

(2-5)仮組立

ボルトの締め付け作業およびクレーンの稼働を考慮する。それぞれ、施工時

のエネルギー消費および機械の消耗を考慮する。

(2-6)材料（鋼および塗料）

材料に関するCO₂排出量を考慮する。材料そのものを製造する場合の排出量とその材料の運搬を考慮するものとする。

6.2 材料に関するCO₂発生量

(1) 従来I桁 (A橋)

(1-1) 鋼材料

本橋梁における全鋼重は、受領した数量計算書より 480 tf
 CO₂排出量の原単位は、土木学会の原単位を使用する。 0.411 kgC/kg

$$480 \times 0.411 \times 1000 = \underline{197,280} \text{ kgC}$$

(1-2) 輸送

鋼材のミルメーカーから橋梁工場までの輸送に対するCO₂排出量を算出する。

① エネルギー消費に関するCO₂排出量の算出

○製鉄工場から加工工場までの運搬 距離 100 km
 ○10トン積みトレーラー使用 10 tf
 ○運搬に関する原単位は、土木学会の原単位を使用する。 0.093 kgC/t・km
 ○トレーラー使用回数 480/10= 48 回

$$48 \times 100 \times 10 \times 0.093 = \underline{4,464} \text{ kgC} \dots \textcircled{1}$$

② 機械(トレーラー)消費に伴うCO₂排出量の算出

○トレーラーの年間走行距離 67,500 km
 ○今回の工事に関する走行距離 100*48= 4,800 km
 ○トレーラーの耐用年数 8,700 年
 ○トレーラーの機械としてみたときの原単位 1,520 kgC/kg
 ○トレーラーの機械重量 15,000 kgf

$$15000 \times 4800 \times 1.52 / (67500 \times 8.7) = \underline{186} \text{ kgC} \dots \textcircled{2}$$

③ 排気ガスによるCO₂排出量の算出

○軽油消費量に対する原単位 2.6444 kgC/l
 ○トレーラーの平均時速 30 km/h
 ○トレーラーの軽油使用量 17.92 l/h
 ○トレーラーの運行時間 4800/30= 160 h

$$160 \times 17.92 \times 2.6444 = \underline{7,582} \text{ kgC} \dots \textcircled{3}$$

$$4464 + 187 + 7583 = \underline{12,232} \text{ kgC}$$

(2) 少数主桁 (B橋)

(2-1) 鋼材料

本橋梁における全鋼重は、受領した数量計算書より
CO2排出量の原単位は、土木学会の原単位を使用する。

$$620 \times 0.411 \times 1000 = 254,820 \text{ kgC}$$

(2-2) 輸送

鋼材のミルメーカーから橋梁工場までの輸送に対するCO2排出量を算出する。

① エネルギー消費に関するCO2排出量の算出

○製鉄工場から加工工場までの運搬 距離 100 km
○10トン積みトレーラー使用 10 tf
○運搬に関する原単位は、土木学会の原単位を使用する。 0.093 kgC/t・km
○トレーラー使用回数 620/10= 62 回

$$62 \times 100 \times 10 \times 0.093 = 5,766 \text{ kgC} \dots \textcircled{1}$$

② 機械(トレーラー)消費に伴うCO2排出量の算出

○トレーラーの年間走行距離 67,500 km
○今回の工事に関する走行距離 100*62= 6,200 km
○トレーラーの耐用年数 8.700 年
○トレーラーの機械としてみたときの原単位 1.520 kgC/kg
○トレーラーの機械重量 15,000 kgf

$$15000 \times 6200 \times 1.52 / (67500 \times 8.7) = 241 \text{ kgC} \dots \textcircled{2}$$

③ 排気ガスによるCO2排出量の算出

○軽油消費量に対する原単位 2.6444 kgC/l
○トレーラーの平均時速 30 km/h
○トレーラーの軽油使用量 17.92 l/h
○トレーラーの運行時間 6200/30= 207 h

$$207 \times 17.92 \times 2.6444 = 9,793 \text{ kgC} \dots \textcircled{3}$$

$$5766 + 241 + 9794 = 15,800 \text{ kgC}$$

(3) 鋼床版桁 (C橋)

(3-1) 鋼材料

本橋梁における全鋼重は、受領した数量計算書より 892 tf
CO2排出量の原単位は、土木学会の原単位を使用する。 0.411 kgC/kg

$$892 \times 0.411 \times 1000 = \underline{366,612} \text{ kgC}$$

(3-2) 輸送

鋼材のミルメーカーから橋梁工場までの輸送に対するCO2排出量を算出する。

① エネルギー消費に関するCO2排出量の算出

○製鉄工場から加工工場までの運搬 距離 100 km
○10トン積みトレーラー使用 10 tf
○運搬に関する原単位は、土木学会の原単位を使用する。 0.093 kgC/t·km
○トレーラー使用回数 892/10= 90 回

$$90 \times 100 \times 10 \times 0.093 = \underline{8,370} \text{ kgC} \dots \textcircled{1}$$

② 機械(トレーラー)消費に伴うCO2排出量の算出

○トレーラーの年間走行距離 67,500 km
○今回の工事に関する走行距離 100*90= 9,000 km
○トレーラーの耐用年数 8.700 年
○トレーラーの機械としてみたときの原単位 1.520 kgC/kg
○トレーラーの機械重量 15,000 kgf

$$15000 \times 9000 \times 1.52 / (67500 \times 8.7) = \underline{349} \text{ kgC} \dots \textcircled{2}$$

③ 排気ガスによるCO2排出量の算出

○軽油消費量に対する原単位 2.6444 kgC/l
○トレーラーの平均時速 30 km/h
○トレーラーの軽油使用量 17.92 l/h
○トレーラーの運行時間 9000/30= 300 h

$$300 \times 17.92 \times 2.6444 = \underline{14,216} \text{ kgC} \dots \textcircled{3}$$

$$8370 + 350 + 14217 = \underline{22,936} \text{ kgC}$$

6.3 塗装におけるCO2発生量

(1) 従来I桁 (A橋)

(1-1) 塗料

本橋梁における塗装面積は、7,000 m²
 塗料を材料としてみたときのCO2排出量の原単位は、0.452 kgC/kg
 本橋梁の塗装仕様は、一般的な橋梁の塗装仕様のうち、
 「鋼道路橋塗装便覧 C-2塗装系」と想定する。(工場にて上塗りまで)
 単位面積あたりの必要塗料の量は
 $700+160+300+300+170+140=$ 1,770 g
 $7000*1770/1000*0.452=$ 5,600 kgC

(1-2) 塗料の運搬

塗料の製造工場から橋梁工場までの輸送に対するCO2排出量を算出する。

① エネルギー消費に関するCO2排出量の算出

○塗料重量	$7000*1770/1000/1000=$	12	tf
○製造工場から加工工場までの運搬 距離		200	km
○10トン積みトレーラー使用		10	tf
○運搬に関する原単位は、土木学会の原単位を使用する。		0.093	kgC/t・km
○トレーラー使用回数	$13/10=$	2	回

$2*200*10*0.093=$ 372 kgC …①

② 機械(トレーラー)消費に伴うCO2排出量の算出

○トレーラーの年間走行距離		67,500	km
○今回の工事に関する走行距離	$200*2=$	400	km
○トレーラーの耐用年数		8.700	年
○トレーラーの機械としてみたときの原単位		1.520	kgC/kg
○トレーラーの機械重量		15,000	kgf

$15000*400*1.52/(67500*8.7)=$ 16 kgC …②

③ 排気ガスによるCO2排出量の算出

○軽油消費量に対する原単位		2.6444	kgC/l
○トレーラーの平均時速		30	km/h
○トレーラーの軽油使用量		17.92	l/h
○トレーラーの運行時間	$400/30=$	14	h

$14*17.92*2.6444=$ 663 kgC …③

$372+16+664=$ 1,051 kgC

塗装合計 $5600+1051=6651$ kgC

(2) 少数主桁 (B橋)

(2-1) 塗料

本橋梁における塗装面積は、 5,760 m²
 塗料を材料としてみたときのCO₂排出量の原単位は、 0.452 kgC/kg
 本橋梁の塗装仕様は、一般的な橋梁の塗装仕様のうち、
 「鋼道路橋塗装便覧 C-2塗装系」と想定する。(工場にて上塗りまで)
 単位面積あたりの必要塗料の量は 1,770 g
 $700+160+300+300+170+140=$
 $5760*1770/1000*0.452=$ 4,608 kgC

(2-2) 塗料の運搬

塗料の製造工場から橋梁工場までの輸送に対するCO₂排出量を算出する。

① エネルギー消費に関するCO₂排出量の算出

○塗料重量 $5760*1770/1000/1000=$ 10 tf
 ○製造工場から加工工場までの運搬 距離 200 km
 ○10トン積みトレーラー使用 10 tf
 ○運搬に関する原単位は、土木学会の原単位を使用する。 0.093 kgC/t・km
 ○トレーラー使用回数 $11/10=$ 2 回
 $2*200*10*0.093=$ 372 kgC …①

② 機械(トレーラー)消費に伴うCO₂排出量の算出

○トレーラーの年間走行距離 67,500 km
 ○今回の工事に関する走行距離 $200*2=$ 400 km
 ○トレーラーの耐用年数 8.700 年
 ○トレーラーの機械としてみたときの原単位 1.520 kgC/kg
 ○トレーラーの機械重量 15,000 kgf
 $15000*400*1.52/(67500*8.7)=$ 16 kgC …②

③ 排気ガスによるCO₂排出量の算出

○軽油消費量に対する原単位 2.6444 kgC/l
 ○トレーラーの平均時速 30 km/h
 ○トレーラーの軽油使用量 17.92 l/h
 ○トレーラーの運行時間 $400/30=$ 14 h
 $14*17.92*2.6444=$ 663 kgC …③

$372+16+664=$ 1,051 kgC

塗装合計 $4608+1051=5659$ kgC

(3) 鋼床版桁 (C橋)

(3-1) 塗料

本橋梁における塗装面積は、18,588 m²
塗料を材料としてみたときのCO₂排出量の原単位は、0.452 kgC/kg
本橋梁の塗装仕様は、一般的な橋梁の塗装仕様のうち、
「鋼道路橋塗装便覧 C-2塗装系」と想定する。(工場にて上塗りまで)
単位面積あたりの必要塗料の量は
 $700+160+300+300+170+140=$ 1,770 g

$$18588 \times 1770 / 1000 \times 0.452 = \underline{14,871} \text{ kgC}$$

(3-2) 塗料の運搬

塗料の製造工場から橋梁工場までの輸送に対するCO₂排出量を算出する。

① エネルギー消費に関するCO₂排出量の算出

○塗料重量 $18588 \times 1770 / 1000 / 1000 =$ 33 tf
○製造工場から加工工場までの運搬 距離 200 km
○10トン積みトレーラー使用 10 tf
○運搬に関する原単位は、土木学会の原単位を使用する。 0.093 kgC/t・km
○トレーラー使用回数 $33 / 10 =$ 4 回

$$4 \times 200 \times 10 \times 0.093 = \underline{744} \text{ kgC} \dots \textcircled{1}$$

② 機械(トレーラー)消費に伴うCO₂排出量の算出

○トレーラーの年間走行距離 67,500 km
○今回の工事に関する走行距離 $200 \times 4 =$ 800 km
○トレーラーの耐用年数 8.700 年
○トレーラーの機械としてみたときの原単位 1.520 kgC/kg
○トレーラーの機械重量 15,000 kgf

$$15000 \times 800 \times 1.52 / (67500 \times 8.7) = \underline{31} \text{ kgC} \dots \textcircled{2}$$

③ 排気ガスによるCO₂排出量の算出

○軽油消費量に対する原単位 2.6444 kgC/l
○トレーラーの平均時速 30 km/h
○トレーラーの軽油使用量 17.92 l/h
○トレーラーの運行時間 $800 / 30 =$ 27 h

$$27 \times 17.92 \times 2.6444 = \underline{1,279} \text{ kgC} \dots \textcircled{3}$$

$$744 + 32 + 1280 = \underline{2,055} \text{ kgC}$$

塗装合計 $14871 + 2055 = 16926 \text{ kgC}$

外面

厳しい腐食環境に適用する。
塗替えが容易でない橋梁に適用する。
鋼床版桁に適用する。

用塗装系C

2-22

塗装系	前 処 理			工 場 塗 装						
	素地調整	プライマー	間 隔	2 次 素地調整	下 塗 り	間 隔	ミス ト コ ー ト	間 隔	下 塗 り	
C	1	ブラスト 処理	無機ジン クリッチ プライ マー 200g/m ² (15μm)	~ 6カ月	ブラスト 処理	無機ジン クリッチ ペイント 700g/m ² 75μm	2日 ~ 10日	ミス ト コ ー ト 160g/m ²	1日 ~ 10日	エポキシ 樹脂塗料 下塗 300g/m ² 60μm
	2	SIS Sa2.5	無機ジン クリッチ プライ マー 200g/m ² (15μm)	~ 6カ月	SIS Sa2.5	無機ジン クリッチ ペイント 700g/m ² 75μm	2日 ~ 10日	ミス ト コ ー ト 160g/m ²	1日 ~ 10日	エポキシ 樹脂塗料 下塗 300g/m ² 60μm
	3	SPSS Sd 2 Sh 2	無機ジン クリッチ プライ マー 200g/m ² (15μm)	~ 6カ月	SPSS Sd 2 Sh 2	無機ジン クリッチ ペイント 700g/m ² 75μm	2日 ~ 10日	ミス ト コ ー ト 160g/m ²	1日 ~ 10日	エポキシ 樹脂塗料 下塗 300g/m ² 60μm
	4		無機ジン クリッチ プライ マー 200g/m ² (15μm)	~ 6カ月		無機ジン クリッチ ペイント 700g/m ² 75μm	2日 ~ 10日	ミス ト コ ー ト 160g/m ²	1日 ~ 10日	エポキシ 樹脂塗料 下塗 300g/m ² 60μm

工 場 塗 装						間 隔	現 場 塗 装		
間 隔	下 塗 り	間 隔	中 塗 り	間 隔	上 塗 り		中 塗 り	間 隔	上 塗 り
1日 ~ 10日	エポキシ 樹脂MIO 塗料 360g/m ² 60μm	~ 12カ月				ポリウレ タン樹脂塗 料用中塗 140g/m ² 30μm	1日 ~ 10日	ポリウレ タン樹脂塗 料上塗 120g/m ² 25μm	
1日 ~ 10日	エポキシ 樹脂塗料 下塗 300g/m ² 60μm	1日 ~ 10日	ポリウレ タン樹脂塗 料用中塗 170g/m ² 30μm	1日 ~ 10日	ポリウレ タン樹脂塗 料上塗 140g/m ² 25μm				
1日 ~ 10日	エポキシ 樹脂MIO 塗料 360g/m ² 60μm	~ 12カ月				ふっ素樹 脂塗料用中 塗 140g/m ² 30μm	1日 ~ 10日	ふっ素樹 脂塗料上 塗 120g/m ² 25μm	
1日 ~ 10日	エポキシ 樹脂塗料 下塗 300g/m ² 60μm	1日 ~ 10日	ふっ素樹 脂塗料用 中塗 170g/m ² 30μm	1日 ~ 10日	ふっ素樹 脂塗料 140g/m ² 25μm				

- 工場塗装と現場塗装の間隔が表に示す間隔を超えた場合は、2-4-3「塗装間隔が長期化した場合の処置」により処置する。
- 塗料使用量 工場塗装：スプレー塗りの場合を示す。
現場塗装：はけ塗りの場合を示す。

- プライマーとミストコートの間隔は総膜厚に加えない。
- 塗装間隔の下限は20℃の場合を示す。気温が低い場合には塗料の乾燥状態を調べ、硬化乾燥していることを確認し塗り重ねを行う。
- ミストコートは、エポキシ樹脂塗料下塗160g/m²を80g/m²のシンナーで希釈したものを用いる。

6.4 切断におけるCO₂排出量の算定について

(1) 原単位の算出

切断には、ガス切断 レーザー切断 プラズマ切断があり、それぞれの切断方法ごとに1 mの切断に伴い排出されるCO₂量を原単位として算出する。排出量原単位は、(1-1)切断施工時に排出されるCO₂量の原単位、(1-2)エネルギー消費に対する原単位、(1-3)機械消耗に対する原単位を考慮して算出する。

(1-1)切断施工時に排出されるCO₂量の原単位

ガス切断施工時に排出されるCO₂量は、使用する酸素量とプロパンガス量により求めることができる。ただし、プロパンガスは完全燃焼するものと仮定する。

	1 m切断時 プロパンガス使用量	1 m切断時 CO ₂ 排出量	1 m切断時 CO ₂ 排出量
ガス切断	0.65 m ³	0.19 m ³	0.374 kgC
レーザー切断	0.00 m ³	0.00 m ³	0.000 kgC
プラズマ切断	0.00 m ³	0.00 m ³	0.000 kgC

(1-2) エネルギー消費に対する原単位

切断機はすべて、電力をエネルギーとして稼働しているため、消費電力に対する原単位を算出する。

「二酸化炭素排出量原単位比較表(土木学会)」より、CO₂排出量=0.129kgC/kWhをもとに算出する。

	1 m切断時 消費電力量	1 m切断時 CO ₂ 排出量
ガス切断	0.445 kWh	0.057 kgC
レーザー切断	2.42 kWh	0.312 kgC
プラズマ切断	1.11 kWh	0.143 kgC

(1-3) 機械消耗に対する原単位

「二酸化炭素排出量原単位比較表(土木学会)」より、汎用機械類CO₂排出量=1.21kgC/kgをもとに算出する。

また、機械重量を30 t、機械は1年に300日稼働すると仮定する。

機械寿命はレーザー切断機は15年、ガス切断機、プラズマ切断機は20年として算出する。

	機械重量	機械 1 台当たり C O 2 排出量	生涯切断長	1 m切断時 C O 2 排出量
ガス切断	30,000 kg	36300 kgC	1008000 m	0.035 kgC
レーザー切断	30,000 kg	36300 kgC	4320000 m	0.010 kgC
プラズマ切断	30,000 kg	36300 kgC	4500000 m	0.009 kgC

よって、切断方法ごとの原単位は次表のようになる。

	切断施工時に排 出される原単位	エネルギー消費 に対する原単位	機械消耗に対す る原単位	1 m切断時 C O 2 排出量
ガス切断	0.374 kgC	0.057 kgC	0.035 kgC	0.466 kgC
レーザー切断	0.000 kgC	0.312 kgC	0.010 kgC	0.322 kgC
プラズマ切断	0.000 kgC	0.143 kgC	0.009 kgC	0.152 kgC

(2) モデル橋梁のCO₂排出量の算出

切断方法は切断する部材の種類、板厚により異なる。実例をもとに、それぞれの切断方法の切断長を算出する。

切断方法と部材の種類、板厚の関係は次の通りである。

主桁 (WEB FLG) DECK	板厚 28mm 以下はプラズマ切断 板厚 28mm 以上のものはプラズママーキンの後ガス切断
横桁 (WEB FLG) 長さ 3000mm 以上の SPL DIA	板厚 25mm 以下のものはレーザー切断 板厚 25mm 以上のものはレーザーマーキンの後ガス切断
横リブ ブラケット	板厚 25mm 以下のものはレーザー切断 板厚 25mm 以上のものはレーザーマーキンの後ガス切断
H-STIFF	ガス切断
V-STIFF	板厚 25mm 以下のものはレーザー切断 板厚 25mm 以上のものはレーザーマーキンの後ガス切断
フィラーPL SPL	板厚 25mm 以下のものはレーザー切断 板厚 25mm 以上のものはレーザーマーキンの後ガス切断
SOLE 等小物 U-RIB	ガス切断

① 従来桁 (A橋)

	1 m切断時 CO ₂ 排出量	切断長	CO ₂ 排出量
ガス切断	0.466 kgC	4213.696 m	1963.582 kgC
レーザー切断	0.322 kgC	5777.954 m	1860.501 kgC
プラズマ切断	0.152 kgC	2905.948 m	441.704 kgC
合計		12897.598 m	4265.787 kgC

② 少数鋸桁 (B橋)

	1 m切断時 CO ₂ 排出量	切断長	CO ₂ 排出量
ガス切断	0.466 kgC	10181.631 m	4744.640 kgC
レーザー切断	0.322 kgC	6697.119 m	2156.472 kgC
プラズマ切断	0.152 kgC	3225.284 m	490.243 kgC
合計		20104.034 m	5351.355 kgC

③ 鋼床版桁 (C橋)

	1 m切断時 CO ₂ 排出量	切断長	CO ₂ 排出量
ガス切断	0.466 kgC	10708.401 m	4990.114 kgC
レーザー切断	0.322 kgC	17010.402 m	5477.349 kgC
プラズマ切断	0.152 kgC	6278.158 m	954.280 kgC
合計		33996.961 m	11421.743 kgC

6.5 溶接によるCO₂排出量

6mmすみ肉1m当たりのCO₂排出量を算出する。

6mmすみ肉1m当たりの溶着金属量 (W₀)

$$W_0 = (6\text{mmすみ肉断面積}) \times (\text{余盛率}) \times (\text{鋼の単位質量}) \times 1.0\text{m}$$

(1) 原材料～製造まで

溶接材料製造までのCO₂量 (W_{c1})

$$W_{c1} = 0.411\text{ kg} \cdot \text{C}/\text{kg} \times (6\text{mmすみ肉1m当たり溶接材料使用量})$$

6mmすみ肉1m当たり溶接材料使用量 (W_g)

$$W_g = W_0 / (\text{溶着率})$$

	W ₀ (g)	溶着率 (%)	W _g (g)	W _{c1} (kg・C)	備考
手溶接	170	50	340	0.140	
CO ₂ 溶接		80	200	0.083	
SAW溶接		100	170	0.070	
同上 (フラックス)		—	170	0.083	注1

注1. フラックスにはガラス材が含まれているため0.486 kg・C/kgを使用。

(2) 溶接施工時

溶接施工時に発生するCO₂量 (W_{c2}) は心線の溶融によるCO₂量は無視し、被覆剤及びフラックスに含まれるCaCO₃が分解した時にCO₂が発生すると推定。

また、CO₂溶接は、シールドガス使用量がCO₂排出量と推定する。

(2-1) 手溶接

溶接棒 1本 31g 被覆剤重量 9g

被覆剤の50%がCaCO₃として推定

$$W_{c2} = 340 \times 9/31 \times 0.50 \times (12/100) = 6\text{g} \cdot \text{C}$$

(2-2) CO₂溶接

シールドガス (CO₂ガス) 20リットル/分排出すると推定

溶着速度 100g/分

$$W_{c2} = 200/100 \times 25 \times 44/22.4 \times 12/44 = 27\text{g} \cdot \text{C}$$

(2-3) SAW溶接

フラックスにはCaCO₃を添加されているものと、されていないものがあるが今回はされていないものを使用するとし、CO₂量の排出量は省略する。

(3) 消費電力によるCO₂排出量

溶接による電力消費量 (W)

$$W = \frac{\text{溶接電流} \times \text{アーク電圧} \times \text{アーク時間}}{60 \times 1000}$$

アーク時間 (T)

$$T = W_g / \text{溶着速度}$$

溶接の電力消費によるCO₂排出量 (Wc3)

$$Wc3 = 0.129 \text{ kg} \cdot \text{C/kwh} \times W$$

	電流 (A)	電圧 (v)	使用量 Wg (g)	溶着 速度 T0 (g/分)	溶接 時間 T (分)	電力 消費量 W (kwh/h)	Wc3 (kg・C)	備考
手溶接	150	20	340	20	17	0.85	0.11	
CO ₂ 溶接	400	35	200	100	2.0	0.47	0.061	
SAW 溶接	600	30	170	150	1.1	0.33	0.043	

(4) 溶接機製造から廃棄までのCO₂排出量

溶接機1台当たりのCO₂排出量 (Wc40)

$$Wc40 = 1.21 \text{ kg} \cdot \text{C/kg} \times \text{溶接機1台当たりの重量 (Wk)}$$

溶接機によるCO₂排出量 (Wc4)

$$Wc4 = \frac{Wc40}{\text{溶接機耐用日数 (D)}} \times \frac{1}{\text{一日可能溶接延長 (L0)}}$$

	溶接機 重量 Wk (kg)	Wc40 (1台当) (kg・C)	耐用日数 D (日)	可能 溶接延長 L0 (m/日)	Wc4 (1m当) (kg・C)	備考
手溶接	200	242	年間 200日稼働 耐用年数 13年間	30	0.003	
CO ₂ 溶接	80	97		50	0.001	
SAW 溶接	210	254		150	0.001	

以上より溶接機製造から廃棄までに排出されるCO₂量は僅かのため省略する。

(5) 溶接によるCO₂排出量原単位

6mmすみ肉1m当たりCO₂排出量 (kg・C/m)

工 程	手溶接	CO ₂ 溶接	サブマージ アーク溶接
原材料～溶接材料製造	0.140	0.083	0.153
溶接施工時	0.006	0.027	0
消費電力	0.110	0.061	0.043
溶接機製造から廃棄	0	0	0
合 計	0.256	0.171	0.196

(6) モデル橋による CO₂ 排出量

溶接は CO₂ 溶接として算出する。

モデル橋	I (A 橋)	II (B 橋)	III (C 橋)
形式	5 径間連続 従来主桁鋼桁	5 径間連続 少数主桁鋼桁	3 径間連続 鋼床版箱桁
橋長 (m)	210	270	211
CO ₂ 原単位 (kg・C /m)	0.171		
溶接延長 (m)	10070	11350	30300
CO ₂ 排出量 (kg・C)	1722	1941	5181

6.6 穿孔、運搬、仮組立におけるCO₂発生量

(1) 二酸化炭素排出量原単位の設定

(1-1) 穿孔

ボルト孔には、普通ボルト孔と高力ボルト孔があり、両者について二酸化炭素排出量を求める。排出原因としては、エネルギー消費と機械消耗によるものを考慮する。

① エネルギー消費に対する原単位

表-6.1に示す電力に対する原単位(0.129 kgC/kWh)に基づき、1孔当たりの原単位(kgC/孔)に変換して以後使用するものとする。その場合、使用する機械により消費電力が異なるため、下表のように原単位を使い分けることとする。穿孔工具の消費電力については、実際に使用されている機械の値を使用している。

表-6.1 エネルギー消費に対する原単位

穿孔工具	部材	1台当たり作業能力			消費電力		原単位	
		(孔/日)	(孔/h)	① (h/孔)	② (kW)	③=①*② (kWh/孔)	④ (kgC/kWh)	③*④ (kgC/孔)
ボール盤	付属物等	1600	213	0.005	0.700	0.003	0.129	0.000423
NC穿孔機	本体	800	107	0.009	30.000	0.281	0.129	0.036281
	添接板	3000	400	0.003	20.000	0.050	0.129	0.006450

② 機械消耗に対する原単位

表-6.4に示す汎用機械類に対する原単位(1.21 kgC/kg)を使用する。

(1-2) 運搬

運搬ではトレーラによる輸送とクレーンによる工場内輸送の2種類を考慮する。二酸化炭素の発生要因としては、エネルギー消費、機械消耗によるものを考慮する。

① エネルギー消費に対する原単位

トレーラによる輸送の場合には、表-6.5に示す運輸に対する原単位(0.0930kgC/t・km)を使用し、クレーン輸送の場合は電力に対する原単位(0.129 kgC/kWh)を使用する。

② 機械消耗に対する原単位

クレーンは表-6.6に示す汎用機械類に対する原単位(1.21 kgC/kg)を使用し、トレーラでは建設機械類に対する原単位(1.52 kgC/kg)を使用する。

(1-3) 仮組立

クレーンによる部材の運搬、孔さらい作業、ボルトの仮締め作業を考慮し、それぞれエネルギー消費および機械の消耗について二酸化炭素の排出量を計算する。

① エネルギー消費に対する原単位

表-6.2に示す電力に対する原単位(0.129 kgC/kWh)を使用する。ただし、孔さらいとボルトの仮締め作業については、電力に対する原単位に基づき、1孔当たりもしくはボルト1本当たりの原単位(kgC/孔または kgC/本)に変換して使用するものとする。

表-6.2 エネルギー消費に対する原単位

工種	1台当たり作業能力			消費電力		原単位	
	(孔/日) (本/日)	(孔/h) (本/h)	① (h/孔) (h/本)	② (kW)	③=①*② (kWh/孔) (kWh/本)	④ (kgC/kWh)	③*④ (kgC/孔) (kgC/本)
孔さらい	1500	200	0.005	1.100	0.006	0.129	0.000710
仮締め	2625	350	0.003	1.300	0.004	0.129	0.000479

② 機械消耗に対する原単位

表-6.8に示す汎用機械類に対する原単位(1.21 kgC/kg)を使用する。

(2) 二酸化炭素排出量の計算における仮定

(2-1) 穿孔

- ① 普通ボルト孔はボール盤による手穿孔、高力ボルト孔はNC穿孔機による自動穿孔とする。
- ② 一般に、普通ボルトによる取り付け部は、取り付け部材とその仕口部材から成る。よって、普通ボルトの孔数は、ボルト本の2倍とする。
- ③ 高力ボルトによる添接部は全て2面摩擦接合と考える。よって、本体についてはボルト本数が孔数となり、添接板についてはボルト本数の2倍を孔数とする。

(2-2) 運搬

① クレーン

- ・ 使用するクレーンの能力は20tとする。
- ・ クレーンの使用回数は製作鋼重をクレーンの定格荷重(20t)で除したものととする。
- ・ クレーンの移動距離は、製作、仮組立、塗装の各ライン400mの合計1200mの往復2400m(2.4km)を仮定する。
- ・ クレーンの移動速度は4km/h(人間の歩行速度にあわせる)とする。

② トレーラ

- ・ 使用するトレーラは20tトレーラとする。
- ・ トレーラの使用台数は全鋼重を積載重量で除したものととする。
- ・ 走行距離は、片道400kmの往復800kmとする。
- ・ 走行速度は、45km/hとする。
- ・ 1日の平均走行時間は、7.5hとする。

(2-3) 仮組立

- ① 孔さらい、ボルトの締め付け作業は全て電動工具を使用する。
- ② 孔さらいの孔数は高力ボルト本数とする。
- ③ 通常、使用する仮締めボルトとドリフトピンの合計は、ボルト本数の1/3程度とし、その内1/3をドリフトピンとするが、ボルト本数の1/3全てを仮締めボルトとして取り扱う。
- ④ インパクトレンチ1台の1日当たりの締め付け能力は、350本/h(2700本/日)とする。(ボルトの差込などを考慮しない純粋な締め付けのみ)

(2-4) 共通

- ① 機械、工具の耐用年数は一律10年とする。
- ② 機械、工具の稼働日数は一律200日/年

(3) 二酸化炭素排出量の計算式

(3-1) 穿孔

① エネルギー消費による二酸化炭素排出量 (Wc1)

$$Wc1 (\text{kgC}) = \text{ボルト孔数 (孔)} \times \text{原単位 (kgC/孔)}$$

② 機械消耗に在る二酸化炭素排出量 (Wc2)

$$Wc2 (\text{kgC}) = \text{機械重量 (kg)} \times \text{原単位 (kgC/kg)} \times \frac{\text{作業量 (孔)}}{\text{生涯作業量 (孔)}}$$

ここに、

$$\begin{aligned} \text{生涯作業量 (孔)} &= \text{作業能力 (孔/日)} \times \text{稼働日数 (日/年)} \times \text{耐用年数 (年)} \\ &= \text{作業能力 (孔/日)} \times 200 \times 10 \end{aligned}$$

(3-2) 運搬

① エネルギー消費による二酸化炭素排出量 (Wc1)

・ クレーン

$$Wc1 (\text{kgC}) = \text{消費電力量 (kwh)} \times \text{原単位 (kgC/孔)}$$

ここに、

$$\begin{aligned} \text{消費電力量 (kwh)} &= \text{稼働時間 (h)} \times \text{消費電力 (kw)} \times \text{原単位 (kgC/kwh)} \\ &= \frac{\text{移動距離 (km)}}{\text{移動速度 (km/h)}} \times \text{消費電力 (kw)} \times \text{原単位 (kgC/kwh)} \end{aligned}$$

・ トレーラ

$$Wc1 (\text{kgC}) = \text{積載重量 (t)} \times \text{走行距離 (km)} \times \text{原単位 (kgC/tkm)}$$

② 機械消耗に在る二酸化炭素排出量 (Wc2)

$$Wc2 (\text{kgC}) = \text{機械重量 (kg)} \times \text{原単位 (kgC/kg)} \times \frac{\text{走行距離 (km)}}{\text{生涯走行距離 (km)}}$$

ここに、

$$\begin{aligned} \text{生涯走行距離 (km)} &= \text{走行距離 (km/日)} \times \text{稼働日数 (日/年)} \times \text{耐用年数 (年)} \\ &= \text{走行速度 (km/h)} \times \text{平均走行時間 (h)} \times 200 \times 10 \end{aligned}$$

(3-3) 仮組立

① エネルギー消費による二酸化炭素排出量 (Wc1)

・ 孔さらい

$$Wc1 (\text{kgC}) = \text{ボルト孔数 (孔)} \times \text{原単位 (kgC/孔)}$$

・ ボルトの仮締め

$$Wc1 (\text{kgC}) = \text{ボルト本数 (本)} \times \text{原単位 (kgC/本)}$$

・ クレーンによる運搬

(3-2) 運搬と同様。

② 機械消耗に在る二酸化炭素排出量 (Wc2)

・ 孔さらい

$$Wc2 (\text{kgC}) = \text{機械重量 (kg)} \times \text{原単位 (kgC/kg)} \times \frac{\text{作業量 (孔)}}{\text{生涯作業量 (孔)}}$$

ここに、

$$\text{生涯作業量 (孔)} = \text{作業能力 (孔/日)} \times \text{稼働日数 (日/年)} \times \text{耐用年数 (年)}$$

$$= \text{作業能力 (孔/日)} \times 200 \times 10$$

・ ボルトの仮締め

$$Wc2 (\text{kgC}) = \text{機械重量 (kg)} \times \text{原単位 (kgC/kg)} \times \frac{\text{作業量 (本)}}{\text{生涯作業量 (本)}}$$

ここに、

$$\text{生涯作業量 (本)} = \text{作業能力 (本/日)} \times \text{稼働日数 (本/年)} \times \text{耐用年数 (年)}$$

$$= \text{作業能力 (本/日)} \times 200 \times 10$$

・ クレーン

(3-2) 運搬と同様。

(4) 二酸化炭素排出量の計算結果

(4-1) ケース1 (ガイドライン板桁橋) A橋

①穿孔

表-6.3 エネルギー消費に関する二酸化炭素排出量

穿孔工具	部材	原単位 ① (kgC/孔)	ボルト本数 (本)	ボルト孔数 ② (孔)	二酸化炭素排出量 ①*② (kgC)
ボール盤	付属物等	0.000423	7416	14832	6.278
NC穿孔機	本体	0.036281	22308	22308	809.362
	添接板	0.006450	22308	44616	287.773
合計					1103.413

表-6.4 機械消耗に関する二酸化炭素排出量

穿孔工具	部材	作業能力 (孔/日)	機械重量 ① (kg)	作業量 ② (孔)	生涯作業量 ③ (孔)	原単位 ④ (kgC/kg)	二酸化炭素排出量 ①*②*④/③ (kgC)
ボール盤	付属物等	1600	200	14832	3200000	1.210	1.122
NC穿孔機	本体	800	32000	22308	1600000	1.210	539.854
	添接板	3000	16000	44616	6000000	1.210	143.961
合計							684.936

穿孔合計 $1103.413 + 684.936 = 1788.3 \text{ kgC}$

②運搬

クレーンの使用回数 = $450.354 / 20 = 22.5 \rightarrow 23$ 回使用する。

トレーラの使用回数 = $483.907 / 20 = 24.2 \rightarrow 25$ 回使用する。

表-6.5 エネルギー消費に関する二酸化炭素排出量

運搬手段	使用回数 ①	走行距離 (km)	走行速度 (km/h)	稼動時間 ② (h)	消費電力 ③ (Kw)	原単位 ④ (kgC/kWh)	二酸化炭素排出量 ①*②*③*④ (kgC)
20tクレーン	23	2.400	4.000	0.600	62.000	0.129	110.372
運搬手段	使用回数 ①			走行距離 ② (km)	積載重量 ③ (t)	原単位 ④ (kgC/tkm)	二酸化炭素排出量 ①*②*③*④ (kgC)
20tトレーラ	25			800.000	20.000	0.0930	37200.000
合計							37310.372

表-6.6 機械消耗に関する二酸化炭素排出量

輸送手段	走行能力 (km/日)	機械重量 ① (kg)	走行距離 ② (km)	生涯走行距離 ③ (km)	原単位 ④ (kgC/kg)	二酸化炭素排出量 ①*②*④/③ (kgC)
20tクレーン	30	15000	55	60000	1.21	16.698
20tトレーラ	338	15000	20000	675000	1.52	675.556
合計						692.254

工場内運搬合計 $110.372 + 16.698 = 127.1 \text{ kgC}$

③ 仮組立

表-6.7 エネルギー消費に関する二酸化炭素排出量

工種	ホト ① (孔) (本)	原単位 ② (kgC/孔) (kgC/本)	二酸化炭素排出量 ①*② (kgC)
孔さらい	22308	0.000710	15.828
仮締め	7436	0.000479	3.563
		合計	19.390

表-6.8 機械消耗に関する二酸化炭素排出量

工種	作業能力 (孔/日) (本/日)	機械重量 ① (kg)	作業量 ② (孔) (本)	生涯作業量 ③ (孔/年) (本/年)	原単位 ④ (kgC/kg)	二酸化炭素排出量 ①*②*④/③ (kgC)
孔さらい	1500	20	22308	3000000	1.210	0.180
仮締め	2625	9	7436	5250000	1.210	0.015
					合計	0.195

仮組合計 $19.390 + 0.195 = 19.6 \text{ kgC}$

(4-2) ケース 2 (小主桁橋) B 橋

① 穿孔

表-6.9 エネルギー消費に関する二酸化炭素排出量

穿孔工具	部材	原単位 ① (kgC/孔)	ボルト本数 (本)	ボルト孔数 ② (孔)	二酸化炭素排出量 ①*② (kgC)
ボール盤	付属物等	0.000423	6066	12132	5.135
NC穿孔機	本体	0.036281	6272	6272	227.556
	添接板	0.006450	6272	12544	80.909
合計					313.600

表-6.10 機械消耗に関する二酸化炭素排出量

穿孔工具	部材	作業能力 (孔/日)	機械重量 ① (kg)	作業量 ② (孔)	生涯作業量 ③ (孔)	原単位 ④ (kgC/kg)	二酸化炭素排出量 ①*②*④/③ (kgC)
ボール盤	付属物等	1600	200	12132	3200000	1.210	0.917
NC穿孔機	本体	800	32000	6272	1600000	1.210	151.782
	添接板	3000	16000	12544	6000000	1.210	40.475
合計							193.175

穿孔合計 $313.6 + 193.175 = 506.8 \text{ kgC}$

② 運搬

クレーンの使用回数 = $600.878 / 20 = 30.04 \rightarrow 31$ 回使用する。

トレーラの使用回数 = $625.861 / 20 = 31.29 \rightarrow 32$ 回使用する。

表-6.11 エネルギー消費に関する二酸化炭素排出量

運搬手段	使用回数 ①	走行距離 (km)	走行速度 (km/h)	稼働時間 ② (h)	消費電力 ③ (Kw)	原単位 ④ (kgC/kWh)	二酸化炭素排出量 ①*②*③*④ (kgC)
20tクレーン	31	2.400	4.000	0.600	62.000	0.129	148.763
運搬手段	使用回数 ①			走行距離 ② (km)	積載重量 ③ (t)	原単位 ④ (kgC/tkm)	二酸化炭素排出量 ①*②*③*④ (kgC)
20tトレーラ	32			800.000	20.000	0.0930	47616.000
合計							47764.763

表-6.12 機械消耗に関する二酸化炭素排出量

輸送手段	走行能力 (km/日)	機械重量 ① (kg)	走行距離 ② (km)	生涯走行距離 ③ (km)	原単位 ④ (kgC/kg)	二酸化炭素排出量 ①*②*④/③ (kgC)
20tクレーン	30	15000	74	60000	1.21	22.506
20tトレーラ	338	15000	25600	675000	1.52	864.711
合計						887.217

工場内運搬合計 $148.763 + 22.506 = 171.3 \text{ kgC}$

③ 仮組立

表-6.13 エネルギー消費に関する二酸化炭素排出量

工種	ホム ① (孔) (本)	原単位 ② (kgC/孔) (kgC/本)	二酸化炭素排出量 ①*② (kgC)
孔さらい	6272	0.000710	4.450
仮締め	2091	0.000479	1.002
		合計	5.452

表-6.14 機械消耗に関する二酸化炭素排出量

工種	作業能力 (孔/日) (本/日)	機械重量 ① (kg)	作業量 ② (孔) (本)	生涯作業量 ③ (孔/年) (本/年)	原単位 ④ (kgC/kg)	二酸化炭素排出量 ①*②*④/③ (kgC)
孔さらい	1500	20	6272	3000000	1.210	0.051
仮締め	2625	9	2091	5250000	1.210	0.004
					合計	0.055

仮組合計 $5.452 + 0.055 = 5.5 \text{ kgC}$

(4-3) ケース 3 (鋼床版箱桁) C橋

①穿孔

表-6.15 エネルギー消費に対する原単位

穿孔工具	部材	1台当たり作業能力			消費電力		原単位	
		(孔/日)	(孔/h)	① (h/孔)	② (kW)	③=①*② (kWh/孔)	④ (kgC/kWh)	③*④ (kgC/孔)
0.680	ボール盤	1600	213	0.005	0.700	0.003	0.129	0.000423
30.175	NC穿孔機	800	107	0.009	30.000	0.281	0.129	0.036281
	添接板	3000	400	0.003	20.000	0.050	0.129	0.006450

表-6.16 エネルギー消費に関する二酸化炭素排出量

穿孔工具	部材	原単位 ① (kgC/孔)	本機本数 (本)	本機孔数 ② (孔)	二酸化炭素排出量 ①*② (kgC)
ボール盤	付属物等	0.000423	2320	4640	1.964
NC穿孔機	本体	0.036281	51836	51836	1880.675
	添接板	0.006450	51836	103672	668.684
合計					2551.323

表-6.17 機械消耗に関する二酸化炭素排出量

穿孔工具	部材	作業能力 (孔/日)	機械重量 ① (kg)	作業量 ② (孔)	生涯作業量 ③ (孔)	原単位 ④ (kgC/kg)	二酸化炭素排出量 ①*②*④/③ (kgC)
ボール盤	付属物等	1600	200	4640	3200000	1.210	0.351
NC穿孔機	本体	800	32000	51836	1600000	1.210	1254.431
	添接板	3000	16000	103672	6000000	1.210	334.515
合計							1589.297

表-6.18 穿孔作業による二酸化炭素排出量

穿孔工具	部材	二酸化炭素排出量 (kgC)		
		エネルギー消費	機械消耗	合計
ボール盤	付属物等	1.964	0.351	2.315
NC穿孔機	本体	1880.675	1254.431	3135.106
	添接板	668.684	334.515	1003.199
総合計		2551.323	1589.297	4140.620

②運搬

表-6.19 エネルギー消費に関する二酸化炭素排出量

運搬手段	使用回数 ①	走行距離 (km)	走行速度 (km/h)	稼動時間 ② (h)	消費電力 ③ (Kw)	原単位 ④ (kgC/kWh)	二酸化炭素排出量 ①*②*③*④ (kgC)
20tクレーン	43	2.400	4.000	0.600	62.000	0.129	206.348
運搬手段	使用回数 ①			走行距離 ② (km)	積載重量 ③ (t)	原単位 ④ (kgC/tkm)	二酸化炭素排出量 ①*②*③*④ (kgC)
20tトレーラ	45			800.000	20.000	0.0930	66960.000
						合計	67166.348

表-6.20 機械消耗に関する二酸化炭素排出量

輸送手段	走行能力 (km/日)	機械重量 ① (kg)	走行距離 ② (km)	生涯走行距離 ③ (km)	原単位 ④ (kgC/kg)	二酸化炭素排出量 ①*②*④/③ (kgC)
20tクレーン	30	15000	103	60000	1.21	31.218
20tトレーラ	338	15000	36000	675000	1.52	1216.000
					合計	1247.218

表-6.21 運搬による二酸化炭素排出量

輸送手段	二酸化炭素排出量 (kgC)			
	エネルギー消費	機械消耗	排気ガス	合計
20tクレーン	206.348	31.218	0.000	237.566
20tトレーラ	66960.000	1216.000	6539.495	74715.495
合計	67166.348	1247.218	6539.495	74953.061

③仮組立

表-6.22 エネルギー消費に対する原単位

工種	1台当たり作業能力			消費電力		原単位	
	(孔/日) (本/日)	(孔/h) (本/h)	① (h/孔) (h/本)	② (kW)	③=①*② (kWh/孔) (kWh/本)	④ (kgC/kWh)	③*④ (kgC/孔) (kgC/本)
孔さらい	1500	200	0.005	1.100	0.006	0.129	0.000710
仮締め	2625	350	0.003	1.300	0.004	0.129	0.000479

表-6.23 エネルギー消費に関する二酸化炭素排出量

工種	ポルト ① (孔) (本)	原単位 ② (kgC/孔) (kgC/本)	二酸化炭素排出量
			①*② (kgC)
孔さらい	51836	0.000710	36.778
仮締め	17279	0.000479	8.279
		合計	45.057

表-6.24 機械消耗に関する二酸化炭素排出量

工種	作業能力 (孔/日) (本/日)	機械重量 ① (kg)	作業量 ② (孔) (本)	生涯作業量 ③ (孔/年) (本/年)	原単位 ④ (kgC/kg)	二酸化炭素排出量
						①*②*④/③ (kgC)
孔さらい	1500	20	51836	3000000	1.210	0.418
仮締め	2625	9	17279	5250000	1.210	0.036
					合計	0.454

表-6.25 仮組立による二酸化炭素排出量

工種	二酸化炭素排出量 (kgC)		
	エネルギー消費	機械消耗	合計
孔さらい	36.778	0.418	37.196
仮締め	8.279	0.036	8.315
合計	45.057	0.454	45.511

6.7 鋼橋架設・維持管理補修・解体におけるLCA

(1) A橋：5径間連続鋼合理化鉄桁橋

鋼橋架設工事(ハント架設を前提とする)

架設工		kg	km*2	ℓ/h	h	台	日	10年	原単位	CO2排出量	
輸送(本体・付属・ホルト・副資材・塗料・工具等)											
トラック	トラック種別(t数)	20tトラック:24台	20,000			24	3	3,650	1.52	kgc/kg	600
	運搬距離(km)	400km	20,000	800		24			0.093	kgc/tkm	35,712
										小計	36,312
架設(本体・付属・ハント・足場)											
クレーン ハント架設用	クレーン種別(t数)	10tクレーン:46日	10,000			1	46	3,650	1.52	kgc/kg	192
	運搬距離(m)	100km	10,000	200		1			0.093	kgc/tkm	186
	クレーン稼働時排出量	46日稼働			8.51	4	46		0.779	kgc/ℓ	1,220
クレーン 本体付属 架設用	クレーン種別(t数)	120tクレーン:27日	120,000			1	27	3,650	1.52	kgc/kg	1,349
	運搬距離(m)	100km	120,000	200		1			0.093	kgc/tkm	2,232
	クレーン稼働時排出量	27日稼働			18.00	4	27		0.779	kgc/ℓ	1,514
ハント設備	ハント材料(t)	330t:193日供用	330,000				193	3,650	0.128	kgc/kg	2,234
	トラック種別(t数)	20tトラック:17台	20,000			17	3	3,650	1.52	kgc/kg	425
	運搬距離(m)	400km	20,000	800		17			0.093	kgc/tkm	25,296
足場	足場材料(t)	15t:202日供用	15,000				202	3,650	0.128	kgc/kg	106
	トラック種別(t数)	10tトラック:2台	10,000			2	3	3,650	1.52	kgc/kg	25
	運搬距離(m)	400km	10,000	800		2			0.093	kgc/tkm	1,488
現場溶接	溶接延長(m)			0(6mm換算)					0.171	kgc/m	0
ボルト本締め	ボルト重量(本)										11
現場塗装	塗布量(kg)	24kg	24						0.452	kgc/kg	
										小計	36,277
										計	72,589
橋面工											
輸送(鉄筋・コンクリート・アスファルト・型枠等)											
トラック	トラック種別(t数)	10tトラック:15台	10,000			15	3	3,650	1.52	kgc/kg	187
	運搬距離(km)	400km	10,000	800		15			0.093	kgc/tkm	11,160
鉄筋PC鋼材 アンテータ車	アンテータ車種別(t数)	4m3車:154台	10,000			154	1	3,650	1.52	kgc/kg	641
	運搬距離(m)	50km	10,000	100		154			0.093	kgc/tkm	14,322
	アンテータ車稼働時排出量	154台稼働			12.76	4	154		0.779	kgc/ℓ	6,123
ポンプ車	ポンプ車種別(t数)	油圧ポンプ:7日	10,000			1	7	3,650	1.52	kgc/kg	29
	運搬距離(m)	50km	10,000	100		1			0.093	kgc/tkm	93
	ポンプ車稼働時排出量	7日稼働			16.74	4	7		0.779	kgc/ℓ	365
アスファルト フィニッシャ	フィニッシャ種別(t数)	フィニッシャ:8日	10,000			1	8	3,650	1.52	kgc/kg	33
	運搬距離(m)	50km	10,000	100		1			0.093	kgc/tkm	93
	フィニッシャ稼働時排出量	8日稼働			12.76	4	8		0.779	kgc/ℓ	318
ロードローラ	ロードローラ種別(t数)	ロードローラ:8日	10,000			1	8	3,650	1.52	kgc/kg	33
	運搬距離(m)	50km	10,000	100		1			0.093	kgc/tkm	93
	ロードローラ稼働時排出量	8日稼働			12.76	4	8		0.779	kgc/ℓ	318
										小計	33,810
床版・地覆	鉄筋重量(t)	146t	146,000						0.411	kgc/kg	60,006
	コンクリート体積(m3)	613m3	613						84.9	kgc/kg	52,044
										小計	112,050
舗装	アスファルト体積(m3)	151m3	347,300						0.011	kgc/kg	3,924
	トラック種別(t数)	10tトラック:35台	10,000			35	1	3,650	1.52	kgc/kg	146
	運搬距離(m)	50km	10,000	100		35			0.093	kgc/tkm	3,255
										小計	7,325
付属物	落橋防止装置										
	伸縮装置										
	高欄										
	排水装置										
	防護柵										
	照明										
										計	153,185
										合計	225,774

* 付属物製造・製作における排出量は含まれていない。
* 塗料・鉄筋・コンクリート・アスファルト製造における排出量は含む。

維持管理補修工事

塗装塗り替え (3回 / 50年)											CO2排出量		
高所作業車	高所作業車種別 (t数)	10t/台:2台	10,000				2	42	3,650	1.52		kgc/kg	350
	運搬距離 (km)	100km	10,000	200			2			0.093		kgc/tkm	372
	作業車稼働時排出量	42日稼働				8.51	4	42		0.779		kgc/日	1,114
足場	足場材料 (t)	15t:82日供用	15,000					82	3,650	0.128		kgc/kg	33
	トラック種別 (t数)	10tトラック:2台	10,000				2	3	3,650	1.52		kgc/kg	25
	運搬距離 (km)	100km	10,000	200			2			0.093		kgc/tkm	372
塗装	トラック種別 (t数)	4tトラック:1台	4,000				1	1	3,650	1.52		kgc/kg	2
	運搬距離 (km)	100km	4,000	200			1			0.093		kgc/tkm	74
	塗布量 (kg)	507kg	507							0.452		kgc/kg	229
小計												2,570	
舗装補修 (2回 / 50年)													
撤去	撤去機械種別 (t数)	10t:2台	10,000				2	8	3,650	1.52		kgc/kg	67
	運搬距離 (km)	50km	10,000	100			2			0.093	kgc/tkm	186	
	建設機械稼働時排出量	8日稼働				8.51	4	8		0.779	kgc/日	212	
	トラック種別 (t数)	10tトラック:35台	10,000				35	1	3,650	1.52	kgc/kg	146	
	撤去物運搬距離 (km)	100km	10,000	200			35			0.093	kgc/tkm	6,510	
舗装	アスファルト体積 (m3)	151m3	347,300							0.011	kgc/kg	3,924	
	舗装機械種別 (t数)	10t:2台	10,000				2	16	3,650	1.52	kgc/kg	133	
	トラック種別 (t数)	10tトラック:35台	10,000				35	1	3,650	1.52	kgc/kg	146	
	運搬距離 (km)	50km	10,000	100			35			0.093	kgc/tkm	3,255	
	建設機械稼働時排出量	16日				12.76	4	16		0.779	kgc/日	636	
小計											15,215		
床版補修補強 (2回 / 50年)													
クレーン	トラッククレーン種別 (t数)												
	運搬距離 (km)												
	クレーン稼働時排出量												
足場	足場材料 (t)												
	トラック種別 (t数)												
	運搬距離 (km)												
(*) 撤去	撤去機械種別 (t数)												
	運搬距離 (km)												
	建設機械稼働時排出量												
(*) トラック種別 (t数)	撤去物運搬距離 (km)												
	鉄筋重量 (t)												
	建設機械等	アシテータ・ホップ車種別 (t数)											
(*) 舗装機械等	舗装機械種別 (t数)												
	運搬距離 (km)												
	床版	鉄筋重量 (t)											
(*) 床版	コンクリート体積 (m3)												
	建設機械稼働時排出量												
	舗装	アスファルト体積 (m3)											
(*) 舗装	建設機械稼働時排出量												
	計											17,786	

(*)は、床版全面撤去補修時に発生

解体工事

床版撤去											CO2排出量		
高所作業車	高所作業車種別 (t数)	10t/台:2台	10,000				2	42	3,650	1.52		kgc/kg	350
	運搬距離 (km)	100km	10,000	200			2			0.093		kgc/tkm	372
	クレーン稼働時排出量	42日稼働				8.51	4	42		0.779		kgc/日	1,114
足場	足場材料 (t)	15t:77日供用	15,000					77	3,650	0.128		kgc/kg	41
	トラック種別 (t数)	10tトラック:2台	10,000				2	3	3,650	1.52		kgc/kg	25
	運搬距離 (km)	100km	10,000	200			2			0.093		kgc/tkm	372
撤去	撤去機械種別 (t数)	80tクレーン:2台	80,000				2	17	3,650	1.52		kgc/kg	1,133
	運搬距離 (km)	100km	80,000	200			2			0.093		kgc/tkm	2,976
	建設機械稼働時排出量	17日稼働				14.5	4	17		0.779		kgc/日	768
	トラック種別 (t数)	30tトラック:51台	30,000				51	3	3,650	1.52		kgc/kg	1,911
	撤去物運搬距離 (km)	100km	30,000	200			51			0.093		kgc/tkm	28,458
小計												37,519	
リサイクル材料	鉄筋重量 (t)	146t	146000							0.283	kgc/kg	-41,318	
桁・付属物撤去													
クレーン	クレーン種別 (t数)	80tクレーン:2台	80,000				2	30	3,650	1.52	kgc/kg	1,999	
	運搬距離 (km)	100km	80,000	200			2			0.093	kgc/tkm	2,976	
	クレーン稼働時排出量	30日稼働				14.5	4	30		0.779	kgc/日	1,355	
ペント設備	ペント材料 (t)	330t:193日供用	330,000					193	3,650	0.128	kgc/kg	2,234	
	トラック種別 (t数)	20tトラック:17台	20,000				17	3	3,650	1.52	kgc/kg	425	
	運搬距離 (m)	400km	20,000	800			17			0.093	kgc/tkm	25,296	
桁切断	切断長 (m)	139m	139 (m)							0.402	kgc/m	56	
	トラック種別 (t数)	20tトラック:24台	20,000				24	1	3,650	1.52	kgc/kg	200	
	撤去物運搬距離 (km)	100km	20,000	200			24			0.093	kgc/tkm	8,928	
小計											43,468		
リサイクル材料	撤去重量 (t)	484t	484000							0.283	kgc/kg	-136,972	
計											-97,302		

(2) B橋：5 径間連続鋼少主鉄桁橋

鋼橋架設工事(ベント架設を前提とする)

架設工		kg	km*2	%/h	h	台	日	10年	原単位	CO2排出量	
輸送(本体・付属・ボルト・副資材・塗料・工具等)											
トラック	トラック種別(t数)	20tトラック:32台	20,000			32	3	3,650	1.52	kgc/kg	800
	運搬距離(km)	400km	20,000	800		32			0.093	kgc/tkm	47,616
										小計	48,416
架設(本体・付属・ベント・足場)											
クレーン ベント架設用	クレーン種別(t数)	10tクレーン:60日	10,000			1	60	3,650	1.52	kgc/kg	250
	運搬距離(m)	100km	10,000	200		1			0.093	kgc/tkm	186
	クレーン稼働時排出量	60日稼働			8.51	4	60		0.779	kgc/%	1,591
クレーン 本体付属 架設用	クレーン種別(t数)	120tクレーン:35日	120,000			1	35	3,650	1.52	kgc/kg	1,749
	運搬距離(m)	100km	120,000	200		1			0.093	kgc/tkm	2,232
	クレーン稼働時排出量	35日稼働			18.00	4	35		0.779	kgc/%	1,963
ベント設備	ベント材料(t)	420t:251日供用	420,000				251	3,650	0.128	kgc/kg	3,697
	トラック種別(t数)	20tトラック:21台	20,000			21	3	3,650	1.52	kgc/kg	525
	運搬距離(m)	400km	20,000	800		21			0.093	kgc/tkm	31,248
足場	足場材料(t)	20t:263日供用	20,000				263	3,650	0.128	kgc/kg	184
	トラック種別(t数)	10tトラック:2台	10,000			2	3	3,650	1.52	kgc/kg	25
	運搬距離(m)	400km	10,000	800		2			0.093	kgc/tkm	1,488
現場溶接	溶接延長(m)	実長:181m	5466.2	(6mm換算)					0.171	kgc/m	935
ボルト本締め	ボルト重量(本)	HTB:4792本									
現場塗装	塗布量(kg)	144kg	144						0.452	kgc/kg	65
										小計	46,138
										計	94,553
橋面工											
輸送(鉄筋・コンクリート・アスファルト・型枠等)											
トラック	トラック種別(t数)	10tトラック:11台	10,000			11	3	3,650	1.52	kgc/kg	137
	運搬距離(km)	400km	10,000	800		11			0.093	kgc/tkm	8,184
鉄筋PC鋼材 アンテナ車	アンテナ車種別(t数)	4m3車:266台	10,000			266	1	3,650	1.52	kgc/kg	1,108
	運搬距離(m)	50km	10,000	100		266			0.093	kgc/tkm	24,738
	アンテナ車稼働時排出量	266台稼働			12.76	4	266		0.779	kgc/%	10,576
ポンプ車	ポンプ車種別(t数)	油圧ポンプ:11日	10,000			1	11	3,650	1.52	kgc/kg	46
	運搬距離(m)	50km	10,000	100		1			0.093	kgc/tkm	93
	ポンプ車稼働時排出量	11日稼働			16.74	4	11		0.779	kgc/%	574
アスファルト フィニッシャ	フィニッシャ種別(t数)	フィニッシャ:14日	10,000			1	14	3,650	1.52	kgc/kg	58
	運搬距離(m)	50km	10,000	100		1			0.093	kgc/tkm	93
	フィニッシャ稼働時排出量	14日稼働			12.76	4	14		0.779	kgc/%	557
ロードローラ	ロードローラ種別(t数)	ロードローラ:14日	10,000			1	14	3,650	1.52	kgc/kg	58
	運搬距離(m)	50km	10,000	100		1			0.093	kgc/tkm	93
	ロードローラ稼働時排出量	14日稼働			12.76	4	14		0.779	kgc/%	557
										小計	46,872
床版・地覆	鉄筋重量(t)	88t	88,000						0.411	kgc/kg	36,168
	コンクリート体積(m3)	1,062m3	1,062						84.9	kgc/kg	90,164
										小計	126,332
舗装	アスファルト体積(m3)	189m3	434,700						0.011	kgc/kg	4,912
	トラック種別(t数)	10tトラック:44台	10,000			44	1	3,650	1.52	kgc/kg	183
	運搬距離(m)	50km	10,000	100		44			0.093	kgc/tkm	4,092
										小計	9,187
付属物											
落橋防止装置											
伸縮装置											
高欄											
排水装置											
防護柵											
照明											
										計	182,391
										合計	276,944

* 付属物製造・製作における排出量は含まれていない。
* 塗料・鉄筋・コンクリート・アスファルト製造における排出量は含む。

維持管理補修工事

塗装塗り替え (3回/50年)													CO2排出量
高所作業車	高所作業車	高所作業車種別(t数)	10tリフト:2台	10,000				2	54	3,650	1.52	kgc/kg	450
		運搬距離(km)	100km	10,000	200			2			0.093	kgc/tkm	372
		作業車稼動時排出量	54日稼動			8.51	4		54		0.779	kgc/日	1,432
	足場	足場材料(t)	20t:80日供用	20,000					80	3,650	0.128	kgc/kg	56
		トラック種別(t数)	10tトラック:2台	10,000				2	3	3,650	1.52	kgc/kg	25
		運搬距離(km)	100km	10,000	200			2			0.093	kgc/tkm	372
	塗装	トラック種別(t数)	4tトラック:1台	4,000				1	1	3,650	1.52	kgc/kg	2
		運搬距離(km)	100km	4,000	200			1			0.093	kgc/tkm	74
		塗布量(kg)	3,200kg	3200							0.452	kgc/kg	1,446
小計													4,229
舗装補修 (2回/50年)													
撤去	撤去	撤去機械種別(t数)	10t:2台	10,000				2	14	3,650	1.52	kgc/kg	117
		運搬距離(km)	50km	10,000	100			2			0.093	kgc/tkm	186
		建設機械稼動時排出量	14日稼動			8.51	4		14		0.779	kgc/日	371
	舗装	トラック種別(t数)	10tトラック:44台	10,000				44	1	3,650	1.52	kgc/kg	183
		撤去物運搬距離(km)	100km	10,000	200			44			0.093	kgc/tkm	8,184
		アスファルト体積(m3)	189m3	434,700							0.011	kgc/kg	4,912
	舗装	舗装機械種別(t数)	10t:2台	10,000				2	28	3,650	1.52	kgc/kg	233
		トラック種別(t数)	10tトラック:44台	10,000				44	1	3,650	1.52	kgc/kg	183
		運搬距離(km)	50km	10,000	100			44			0.093	kgc/tkm	4,092
建設機械稼動時排出量	28日			12.76	4		28		0.779	kgc/日	1,113		
小計													19,575
床版補修補強 (2回/50年)													
床版補修補強	クレーン	トラッククレーン種別(t数)											
		運搬距離(km)											
		クレーン稼動時排出量											
	足場	足場材料(t)											
		トラック種別(t数)											
		運搬距離(km)											
	(*) 撤去	撤去機械種別(t数)											
		運搬距離(km)											
		建設機械稼動時排出量											
	(*) トラック種別(t数)	トラック種別(t数)											
		撤去物運搬距離(km)											
		鉄筋重量(t)											
	(*) 建設機械等	アジテータ・ホップ車種別(t数)											
		舗装機械種別(t数)											
		運搬距離(km)											
	(*) 床版	鉄筋重量(t)											
		コンクリート体積(m3)											
		建設機械稼動時排出量											
(*) 舗装	アスファルト体積(m3)												
	建設機械稼動時排出量												
	建設機械稼動時排出量												
計													23,804

(*)は、床版全面撤去補修時に発生

解体工事

床版撤去													
高所作業車	高所作業車	高所作業車種別(t数)	10tリフト:2台	10,000				2	54	3,650	1.52	kgc/kg	450
		運搬距離(km)	100km	10,000	200			2			0.093	kgc/tkm	372
		クレーン稼動時排出量	54日稼動			8.51	4		54		0.779	kgc/日	1,432
	足場	足場材料(t)	20t:100日供用	20,000					100	3,650	0.128	kgc/kg	70
		トラック種別(t数)	10tトラック:2台	10,000				2	3	3,650	1.52	kgc/kg	25
		運搬距離(km)	100km	10,000	200			2			0.093	kgc/tkm	372
	撤去	撤去機械種別(t数)	80tクレーン:2台	80,000				2	30	3,650	1.52	kgc/kg	1,999
		運搬距離(km)	100km	80,000	200			2			0.093	kgc/tkm	2,976
		建設機械稼動時排出量	30日稼動			14.5	4		30		0.779	kgc/日	1,355
トラック種別(t数)	トラック種別(t数)	30tトラック:90台	30,000				90	3	3,650	1.52	kgc/kg	3,373	
	撤去物運搬距離(km)	100km	30,000	200			90			0.093	kgc/tkm	50,220	
	小計												
リサイクル材料	鉄筋重量(t)	88t	88000							0.283	kgc/kg	-24,904	
桁・付属物撤去													
クレーン	クレーン種別(t数)	80tクレーン:2台	80,000				2	30	3,650	1.52	kgc/kg	1,999	
	運搬距離(km)	100km	80,000	200			2			0.093	kgc/tkm	2,976	
	クレーン稼動時排出量	30日稼動			14.5	4		30		0.779	kgc/日	1,355	
ベント設備	ベント材料(t)	420t:100日供用	420,000					100	3,650	0.128	kgc/kg	1,473	
	トラック種別(t数)	20tトラック:21台	20,000				21	1	3,650	1.52	kgc/kg	175	
	運搬距離(m)	400km	20,000	800			21			0.093	kgc/tkm	31,248	
桁切断	切断長(m)	181m	181(m)							0.402	kgc/m	73	
	トラック種別(t数)	20tトラック:32台	20,000				32	1	3,650	1.52	kgc/kg	267	
	撤去物運搬距離(km)	100km	20,000	200			32			0.093	kgc/tkm	11,904	
小計													51,469
リサイクル材料	撤去重量(t)	630t	630000							0.283	kgc/kg	-178,290	
計													-89,080

(3) C橋：3径間連続鋼床版箱桁橋

鋼橋架設工事(ハント架設を前提とする)

架設工		kg	km*2	ℓ/h	h	台	日	10年	原単位	CO2排出量	
輸送(本体・付属・ホルト・副資材・塗料・工具等)											
トラック	トラック種別(t数)	20tトラック:45台	20,000			45	3	3,650	1.52	kgc/kg	1124
	運搬距離(km)	400km	20,000	800		45			0.093	kgc/tkm	66,960
										小計	68,084
架設(本体・付属・ハント・足場)											
クレーン ハント架設用	クレーン種別(t数)	10tクレーン:85日	10,000			1	85	3,650	1.52	kgc/kg	354
	運搬距離(m)	100km	10,000	200		1			0.093	kgc/tkm	186
	クレーン稼働時排出量	85日稼働			8.51	4	85		0.779	kgc/ℓ	2,254
クレーン 本体付属 架設用	クレーン種別(t数)	120tクレーン:50日	120,000			1	50	3,650	1.52	kgc/kg	2,499
	運搬距離(m)	100km	120,000	200		1			0.093	kgc/tkm	2,232
	クレーン稼働時排出量	50日稼働			18.00	4	50		0.779	kgc/ℓ	2,804
ハント設備	595t:356日供用	595,000					356	3,650	0.128	kgc/kg	7,428
	トラック種別(t数)	20tトラック:30台	20,000			30	3	3,650	1.52	kgc/kg	750
	運搬距離(m)	400km	20,000	800		30			0.093	kgc/tkm	44,640
足場	足場材料(t)	28t:372日供用	28,000				372	3,650	0.128	kgc/kg	365
	トラック種別(t数)	10tトラック:3台	10,000			3	3	3,650	1.52	kgc/kg	37
	運搬距離(m)	400km	10,000	800		3			0.093	kgc/tkm	2,232
現場溶接	溶接延長(m)	実長:528m	4763	(6mm換算)					0.142	kgc/m	676
ボルト本締め	ボルト重量(本)	51,836本									
現場塗装	塗布量(kg)	934kg	934						0.452	kgc/kg	422
										小計	66,880
										計	134,964
橋面工											
輸送(鉄筋・コンクリート・アスファルト・型枠等)											
トラック	トラック種別(t数)	10tトラック:0台	10,000			0	3	3,650	1.52	kgc/kg	0
	運搬距離(km)	400km	10,000	800		0			0.093	kgc/tkm	0
アンテータ車	アンテータ車種別(t数)	4m3車:0台	10,000			0	1	3,650	1.52	kgc/kg	0
	運搬距離(m)	50km	10,000	100		0			0.093	kgc/tkm	0
	アンテータ車稼働時排出量	0台稼働			12.76	4	0		0.779	kgc/ℓ	0
ポンプ車	ポンプ車種別(t数)	油圧ポンプ:0日	10,000			1	0	3,650	1.52	kgc/kg	0
	運搬距離(m)	50km	10,000	100		0			0.093	kgc/tkm	0
	ポンプ車稼働時排出量	0日稼働			16.74	4	0		0.779	kgc/ℓ	0
アスファルト フィニッシャ	フィニッシャ種別(t数)	フィニッシャ:11日	10,000			1	11	3,650	1.52	kgc/kg	46
	運搬距離(m)	50km	10,000	100		1			0.093	kgc/tkm	93
	フィニッシャ稼働時排出量	11日稼働			12.76	4	11		0.779	kgc/ℓ	437
ロードローラ	ロードローラ種別(t数)	ロードローラ:11日	10,000			1	11	3,650	1.52	kgc/kg	46
	運搬距離(m)	50km	10,000	100		1			0.093	kgc/tkm	93
	ロードローラ稼働時排出量	11日稼働			12.76	4	11		0.779	kgc/ℓ	437
										小計	1,152
床版・地覆	鉄筋重量(t)	16t	15,819						0.411	kgc/kg	6,502
	コンクリート体積(m3)	144m3	144						84.9	kgc/kg	12,226
										小計	18,727
舗装	アスファルト体積(m3)	147m3	338,100						0.0113	kgc/kg	3,821
	トラック種別(t数)	10tトラック:34台	10,000			34	1	3,650	1.52	kgc/kg	142
	運搬距離(m)	50km	10,000	100		34			0.093	kgc/tkm	3,162
										小計	7,124
付属物											
落橋防止装置											
伸縮装置											
高欄											
排水装置											
防護欄											
照明											
										計	27,004
										合計	161,968

* 付属物製造・製作における排出量は含まれていない。
* 塗料・鉄筋・コンクリート・アスファルト製造における排出量は含む。

維持管理補修工事

塗装塗り替え (3回 / 50年)													
高所作業車	高所作業車種別 (t数)	10tリフト2台	10,000				2	77	3,650	1.52	kgc/kg	641	
	運搬距離 (km)	100km	10,000	200			2			0.093	kgc/tkm	372	
	作業車稼動時排出量	77日稼動			8.51	4		77			0.779	kgc/日	2,042
	足場	足場材料 (t)	28t:113日供用	28,000				113	3,650	0.128	kgc/kg	111	
	トラック種別 (t数)	10tトラック3台	10,000				3	3	3,650	1.52	kgc/kg	37	
	運搬距離 (km)	100km	10,000	200			3			0.093	kgc/tkm	558	
	塗装	トラック種別 (t数)	4tトラック2台	4,000			2	1	3,650	1.52	kgc/kg	3	
	運搬距離 (km)	100km	4,000	200			2			0.093	kgc/tkm	149	
	塗布量 (kg)	4500kg	4,500							0.452	kgc/kg	2,034	
												小計	5,948
舗装補修 (2回 / 50年)													
撤去	撤去機械種別 (t数)	10t:2台	10,000				2	11	3,650	1.52	kgc/kg	92	
	運搬距離 (km)	50km	10,000	100			2			0.093	kgc/tkm	186	
	建設機械稼動時排出量	11日稼動			8.51	4		11			0.779	kgc/日	292
	トラック種別 (t数)	10tトラック34台	10,000				34	1	3,650	1.52	kgc/kg	142	
	撤去物運搬距離 (km)	100km	10,000	200			34			0.093	kgc/tkm	6,324	
	舗装	アスファルト体積 (m3)	147m3	338,100							0.011	kgc/kg	3,821
舗装	舗装機械種別 (t数)	10t:2台	10,000				2	22	3,650	1.52	kgc/kg	183	
	トラック種別 (t数)	10tトラック34台	10,000				34	1	3,650	1.52	kgc/kg	142	
	運搬距離 (km)	50km	10,000	100			34			0.093	kgc/tkm	3,162	
	建設機械稼動時排出量	22日			12.76	4		22			0.779	kgc/日	875
												小計	15,217
床版補修補強 (2回 / 50年)													
クレーン	トラッククレーン種別 (t数)												
	運搬距離 (km)												
足場	クレーン稼動時排出量												
	足場材料 (t)												
(*) 撤去	トラック種別 (t数)												
	運搬距離 (km)												
	撤去機械種別 (t数)												
	運搬距離 (km)												
(*) リサイクル材料	建設機械稼動時排出量												
	トラック種別 (t数)												
(*) 建設機械等	撤去物運搬距離 (km)												
	鉄筋重量 (t)												
(*) 床版	アンテナ・ホップ車種別 (t数)												
	舗装機械種別 (t数)												
	運搬距離 (km)												
(*) 舗装	鉄筋重量 (t)												
	コンクリート体積 (m3)												
	建設機械稼動時排出量												
	アスファルト体積 (m3)												
	建設機械稼動時排出量												

計 21,165

(*)は、床版全面撤去補修時に発生

解体工事

床版撤去													
高所作業車	高所作業車種別 (t数)	10tリフト0台	10,000				0	42	3,650	1.52	kgc/kg	0	
	運搬距離 (km)	100km	10,000	200			0			0.093	kgc/tkm	0	
	クレーン稼動時排出量	0日稼動				8.51	4		0		0.779	kgc/日	0
足場	足場材料 (t)	0t:0日供用	0					0	3,650	0.128	kgc/kg	0	
	トラック種別 (t数)	10tトラック0台	10,000				0	3	3,650	1.52	kgc/kg	0	
	運搬距離 (km)	100km	10,000	200			0			0.093	kgc/tkm	0	
撤去	撤去機械種別 (t数)	10t:2台	10,000				2	11	3,650	1.52	kgc/kg	92	
	運搬距離 (km)	100km	10,000	200			2			0.093	kgc/tkm	372	
	建設機械稼動時排出量	11日稼動			14.5	4		11			0.779	kgc/日	497
	トラック種別 (t数)	30tトラック12台	30,000				12	3	3,650	1.52	kgc/kg	450	
	撤去物運搬距離 (km)	100km	30,000	200			12			0.093	kgc/tkm	6,696	
											小計	8,106	
	リサイクル材料	鉄筋重量 (t)	146t	0							0.283	kgc/kg	0
桁・付属物撤去													
クレーン	クレーン種別 (t数)	80tクレーン:2台	80,000				2	42	3,650	1.52	kgc/kg	2,798	
	運搬距離 (km)	100km	80,000	200			2			0.093	kgc/tkm	2,976	
	クレーン稼動時排出量	42日稼動				14.5	4		42		0.779	kgc/日	1,898
ペント設備	ペント材料 (t)	595t:356日供用	595,000					356	3,650	0.128	kgc/kg	7,428	
	トラック種別 (t数)	20tトラック:30台	20,000				30	3	3,650	1.52	kgc/kg	750	
	運搬距離 (m)	400km	20,000	800			30			0.093	kgc/tkm	44,640	
桁切断	切断長 (m)	256m	256 (m)							0.402	kgc/m	103	
	トラック種別 (t数)	20tトラック45台	20,000				45	1	3,650	1.52	kgc/kg	375	
	撤去物運搬距離 (km)	100km	20,000	200			45			0.093	kgc/tkm	16,740	
											小計	77,708	
	リサイクル材料	撤去重量 (t)	892t	892000							0.283	kgc/kg	-252,436
												計	-166,622

(4) LCA算出根拠資料

適用橋梁諸条件

形式	5径間連続合成鉄桁(2主桁)	幅員	10.250m
橋長	270.000m	舗装	アスファルト75mm
桁長	269.700m	床版	PC床版300mm
主桁ブロック数	21ブロック*2主桁=42ブロック	鋼重	630t(主桁500t、横桁等130t)

輸送(本体・付属・ホルト・副資材・塗料・工具等)

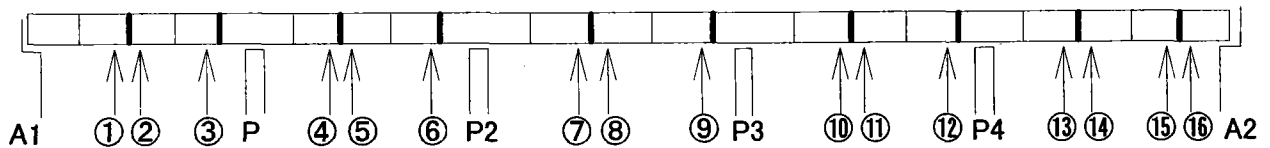
トラック種別(t数)	20tトラック	630t/20t=	32台
運搬距離(m)	(金氏文献参照)		400km

架設(本体・付属・ベント・足場)

ベント設備	ベント台数	(参考1:想定)	16基
	ベント高さ	全て統一(想定)	15m
	ベント重量	(参考2)	420t
	トラック種別(t数)	20tトラック	420t/20t=
	運搬距離(m)	(金氏文献参照)	400km
	供用日数(日)	(参考3)	251日

参考1:ベント配置図(想定)

架設は、1主桁2ブロック地組後行うものとする。(架設時重量約25tと仮定)



参考2:少数主桁橋ベント設備の数量算定(橋梁架設工事の積算H11)

- W: ベントの総質量(水平つなぎ材、筋違材、梁等を含む)
- Wi: 1基当たりのベント質量(t)
- n: 1基当たりのベント柱本数(表1) = 4本
- B: 構造幅 = 5.5m
- h: ベント高さ(基礎天端から主桁下端まで) = 15m

表

主桁本数	ベント柱本数(n)
2	4
3	6
4	8

- (注) 1. Wi、h、Bとも少数1位止(2位四捨五入)とする。
 2. 式は桁のみの荷重による算定式であり、クレーン等を用いる場合は計画書によりベント質量を算出する。

$$\begin{aligned}
 Wi &= 0.365 * n * h + 0.782 * B \quad \text{— (式)} \\
 &= 0.365 * 4 * 15 + 0.782 * 5.5 \\
 &= 26.2 \text{ (t)} \\
 W &= \sum Wi \quad \quad \quad i = 16 \text{ 基} \\
 &= 26.2 * 16 \\
 &= 419 \text{ (t)}
 \end{aligned}$$

参考3: ベント設備供用日数(橋梁架設工事の積算H11)

ベント供用日数: $(A+B+C+E+H) * 1.5$

A: 架設日数、B: 地組日数、C: 杓取付日数、E: ベント設置・撤去日数
H: ボルト締め付け日数及び現場溶接日数

$$A=W/D_w \quad D_w=W/(0.21*a_1*n) \quad 9 \leq D_w \leq 45$$

$$D_w=630/(0.21*1.4*42)=51.02 \quad A=14 \text{日}$$

$$B=G/D_g \quad D_g=G/(0.029*G)$$

$$D_g=500/(0.029*500)=34.48 \quad B=15 \text{日}$$

$$C=N/D_n \quad D_n=N/(0.20*a*(N+8))$$

$$D_n=12/(0.20*1.5*(12+8))=2.00 \quad C=6 \text{日}$$

$$E=T/D_t \quad D_t=T/(0.14*T+1.0)$$

$$D_t=420/(0.14*420+1.0)=7.02 \quad E=60 \text{日}$$

$$Y=Y/y \quad y=4.2*\alpha$$

$$y=4.2*0.6=2.52 \quad Y=72 \text{日}$$

ベント供用日数: $(13+15+6+60+72) * 1.5 = 251 \text{日}$

ベント用クレーン	クレーン種別(t数)	10tクレーン(Eより)	60台(60日)
	運搬距離(m)	(金氏文献参照)	100km
地組用クレーン	クレーン種別(t数)	120tクレーン(Aより)	15台(15日)
	運搬距離(m)	(金氏文献参照)	100km
架設用クレーン	クレーン種別(t数)	120tクレーン(Aより)	14台(14日)
	運搬距離(m)	(金氏文献参照)	100km
支承用クレーン	クレーン種別(t数)	120tクレーン(Aより)	6台(6日)
	運搬距離(m)	(金氏文献参照)	100km

* クレーンは、供用日数現場にて常駐

所要日数算出(橋梁架設工事の積算より)

足場工

所要日数算出条件

パイプ吊足場とする

$$\text{足場面積} \quad A = \frac{10.25}{2} \times 270.0 = 2768 \text{ m}^2$$

作業編成人員 6 人/組

所用日数

1)主体足場 $d1 = A \times 0.052 / \text{作業編成人員} = 24.0$ 日

2)中段足場 $d2 = A \times 0.023 / \text{作業編成人員} = 10.6$ 日

3)安全通路 $d3 = A \times 0.014 / \text{作業編成人員} = 6.5$ 日

4)部分作業床 $d4 = A \times 0.014 / \text{作業編成人員} = 6.5$ 日

所要日数 $D = d1 + d2 + d3 + d4 = \underline{47.6}$ 日

登り棧橋工

所用日数算出条件

登り棧橋の高さ $H = \underline{15.0}$ m

設置個所数 4 個所

作業編成人員 6 人/組

所要日数

$$D = H \times (0.361 + 0.258) / \text{作業編成人員} \times \text{個所数} = \underline{6.2}$$
 日

現場継手溶接工

所用日数算出条件

現場溶接長 181 m

平均板厚 24.2 mm

平均板厚による係数 $\alpha = \underline{0.6}$

1日の溶接施工延長 $y = 4.2 \times \alpha = 2.52$ m/日

所用日数

$$D = 181 / 2.52 = \underline{71.8}$$
 日

高力ボルト本締め工

所要日数算出条件

本締めボルト総本数 $Q = \underline{4792}$ 本

日当り施工量 $Dq = Q / (0.52Q / 1000 + 0.19) = 1787$ 本/日

所要日数

$$D = 4792 / 1787 = \underline{2.7}$$
 日

継手部現場塗装工

所用日数算出条件

橋梁塗装工人数 $n = \underline{5}$ 人

塗装面積 $A = \underline{344}$ m²

所用日数

素地調整日数 $15.2 \times A / (n \times 100) = 10.5$ 日

外面塗装作業日数 $3.1 \times A \times 3 / (n \times 100) = 6.4$ 日

所要日数 $D = \underline{16.9}$ 日

足場工供用日数

- 1) 主体足場
 $(A+B+C+H+J) \times 1.5 = \underline{\underline{263}} \text{ 日}$
- 2) 中段足場
 $(A+B+C+H+J) \times 1.5 = \underline{\underline{263}} \text{ 日}$
- 3) 安全足場
 $(A+B+C+H+J) \times 1.5 = \underline{\underline{263}} \text{ 日}$
- 4) 部分作業床
 $(A+B+C+H+J) \times 1.5 = \underline{\underline{263}} \text{ 日}$
- 5) 登り棧橋
 $(A+B+C+E+H+J+K) \times 1.5 = \underline{\underline{363}} \text{ 日}$

A: 架設日数	14 日
B: 地組日数	15 日
C: 杓取付日数	6 日
E: ペント設置撤去日数	60 日
H: ボルト締付日数	3 日
現場溶接日数	72 日
現場塗装日数	17 日
J: 足場工日数	48 日
K: 登り棧橋工日数	7 日

足場工

面積	<u>2768</u> m ²	
単位面積当り重量	<u>7.2</u> kg/m ²	
重量	<u>20</u> tf	
トラック種別・台数	<u>10</u> tf	<u>2</u> 台
運搬距離	<u>400</u> km	

現場塗装工

鉛系さび止めペイント	<u>3</u> 層	<u>140</u> g/m ²
塗装面積	<u>344</u> m ²	
塗布量	<u>144</u> kg	

橋面工

1 床版

$$\text{断面積} = 10.25(\text{全幅員}) \times 270(\text{全長}) = 2768\text{m}^2$$

$$\text{体積} = 2768 \times 0.3(\text{床版厚}) = 830\text{m}^3$$

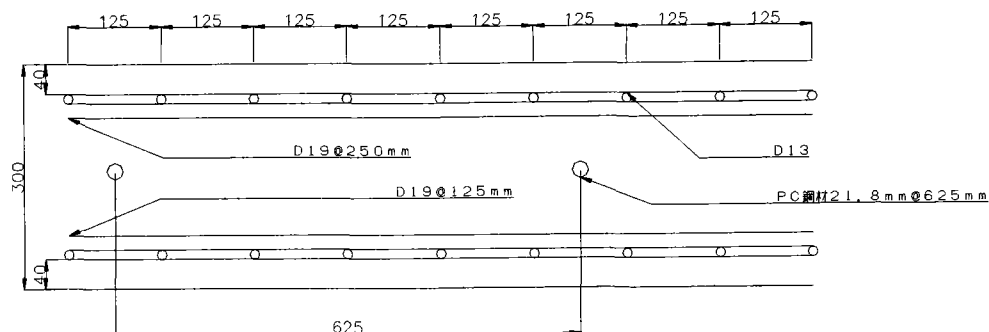


図-床版断面詳細図

PC鋼材（横締め）

PC鋼材は、625mm間隔で配置 1m当たり1.6本

$$270(\text{全長}) \times 1.6 = 432\text{本}$$

$$\text{PC鋼材1本当たりの長さ} = 10.25(\text{全幅員}) - 0.3(\text{水切り幅}) = 9.950\text{m}$$

$$\text{PC全長} = 432 \times 9.950 = 4298.4\text{m}$$

$$\text{PC鋼材の単位重量} = 2.480\text{kgf/m}$$

$$\text{PC鋼材全重量} = 4298.4 \times 2.480 = 11\text{t}$$

主鉄筋（橋軸直角方向）

D13@125mm（上下段） 1m当たり16本

$$270 \times 16 = 4320\text{本}$$

1本当たりの長さ=9.950m（PC鋼材と同様）

$$\text{鉄筋全長} = 4320 \times 9.950 = 42984\text{m}$$

$$\text{鉄筋の単位重量} = 0.995\text{kg/m}$$

$$\text{鉄筋全重量} = 42984 \times 0.995 = 43\text{t}$$

配力筋（橋軸方向）

D19@上段250mm、下段125mm 1m当たり12本

$$10.25(\text{全幅員}) \times 12 = 123\text{本}$$

1本当たりの長さ=270.0m（全長）

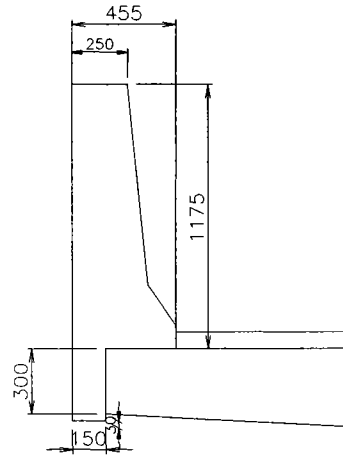
$$\text{鉄筋全長} = 123 \times 270 = 33210\text{m}$$

$$\text{鉄筋の単位重量} = 0.995\text{kg/m}$$

$$\text{鉄筋の全重量} = 33210 \times 0.995 = 34\text{t}$$

鉄筋、PC鋼材重量：11+43+34=88t

2 地覆



図一高欄詳細図

高欄、地覆体積

$$(0.250 + 0.455) \times 1.075 \div 2 = 0.379m^2 \text{ (高欄上部)}$$

$$0.330 \times 0.150 = 0.0495m^2 \text{ (高欄下部)}$$

$$\text{体積} : 0.379 + 0.0495 = 0.4285m^2$$

$$270 \text{ (全長)} \times 0.4285 = 115.695$$

$$115.695 \times 2 \text{ (両側)} = 231.39m^3$$

床版における鉄筋比から

$$77 \text{ (床版内の鉄筋量)} : 830 \text{ (床版体積)} = x : 232$$

$$x = 22 \text{ t}$$

鉄筋：22 t

コンクリート：232 m³

3 アスファルト

$$\text{重量} : 9.34 \text{ (幅員)} \times 0.075 \text{ (舗装厚)} \times 270 \text{ (全長)} = 189m^3$$

$$189 \times 2.3 = 435t$$

4 鉄筋・PC鋼材運搬

主要都市からの運搬を想定した場合の距離400 km (10 tトラック)

台数：11台

重量：110 t (88 t + 22 t)

5 コンクリート運搬：アジテータ車（1台／4m³）

施工現場近傍のプラントからの運搬を想定した場合の距離50 km

台数：266台（1,062m³）

6 ポンプ車（100m³／日）

1,062m³／100＝11日

移動距離50 km

7 アスファルト運搬

施工現場近傍のプラントからの運搬を想定した場合の距離50 km（10 tトラック）

台数：44台（435 t）

8 アスファルト舗装建設機械（2,768m²：200m²／日）

①アスファルトフィニッシャ：14日

②ロードローラ：14日

移動距離50 km

6.8 下部工におけるCO₂排出量の算出

(1) 原単位の設定

①原単位の設定方法

土木学会/LCA研究小委員会報告書より設定する。(次頁参照)

・上記報告書における算出結果

橋脚コンクリート量 699.8 m³

CO₂総排出量 103.5 t

②原単位

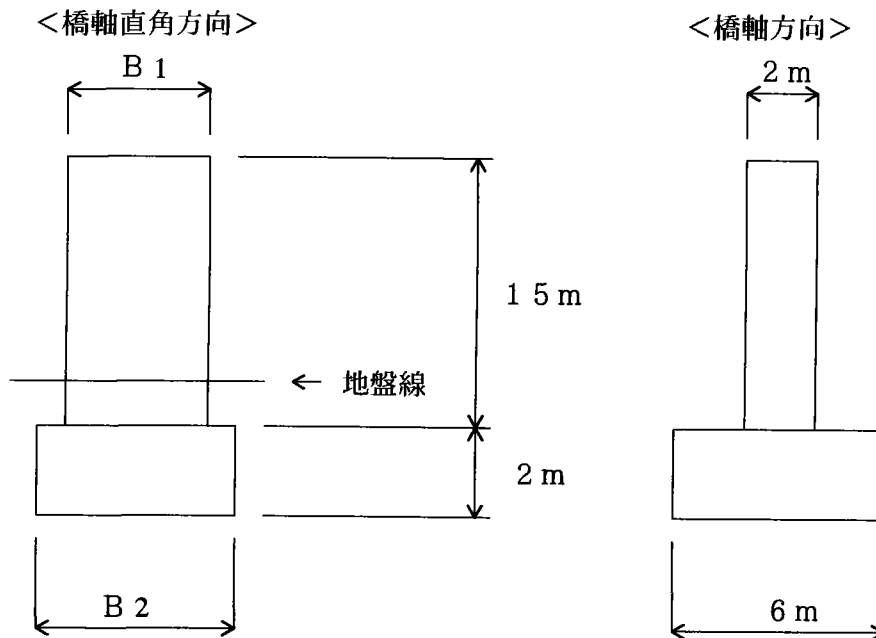
単位 (m³あたり) 橋脚コンクリート量における排出量

$$103.5 \times 10^3 / 699.8 = 148 \text{ kg C} / \text{m}^3$$

(2) 下部工形状の想定

○想定条件

・橋脚高さは以下のように想定する。



$$B_1 = \text{上部工総幅員} - 3 \text{ m}$$

$$B_2 = \text{上部工総幅員} \quad \text{と想定}$$

・橋台は考慮しない。

表 炭素排出量算出例（第1案 下部工）

下部工

名称	規格	金額査定			資材消費				資材運搬							施工						CO ₂ 排出量 Σ(t-c)						
		単位	数量	単価(千円)	金額(千円)	規格	単位	数量	CO ₂ kg-c	CO ₂ l-c	規格	車種	台数	km	台-km	km/h	hr	CO ₂ kg-c	CO ₂ l-c	規格	t		単位	hr/単	hr	CO ₂ kg-c	CO ₂ l-c	
橋脚	P ₁ ~P ₃																											
	コンクリート	m ³	699.8	17,000	11,897		m ³	699.8	84.9	59,413	6m ³ 枕 注真	6	117	50	5,850	30	195	13.9	2,711	コンクリートポンプ		10m ³	0.25	17.5	14.7	0.257		
	型枠	m ²	827.9	7,500	6,209	鋼板10kg/m ² 鋼0.012m ³ /m ²	t	8.3 9.9	128×0.2 26×0.5	0.212 0.129	10t 車注真×2 10t 車注真×2	5 6	2 4	800	3,200	30	107	14.2	1,519	トラック クレーン	15~16	1.0	3.0	24.9 11.3	14.0	0.507		
	鉄筋	t	70.0	140,000	9,800		t	70.0	128.0	8,960	10t 車注真	10	7	400	2,800	30	94	14.2	1,335	"	20~25	1.0	3.0	210.0	19.7	4.137		
	足場工	掛m ²	852.3	2,500	2,131	68.8+3.06 =22.5kg/m ²	t	19.2	128×0.2	0.492	10t 車注真×2	8.4	3	800	2,400	30	80	14.2	1,136	"	"	1.0	2.0	38.4	19.7	0.756		
	支保工	空m ³	399.0	3,500	1,397	3.06×1.2=3.67 68.8×3.67=18.8	t	7.5	128×0.2	0.192	"	8.4	1	800	800	30	27	14.2	0.382	"	"	1.0	2.0	15.0	19.7	0.256		
	土留工	m ²	899.0	26,000	21,034	21.2kg/m ²	t	191.5	128×0.2	4,902	"	10	20	800	16,000	30	200	14.2	2,840	"	"	1.0	2.0	383.0	19.7	7.545		
	掘削~埋戻	m ³	969.6	5,000	4,848		m ³	969.6	-	-	8.3m ³	8.3	117	75	8,775	30	293	14.7	4,307	10t-0.6m ³ 74F-F-211 0-1		30m ³	1.0	32.3	23.9 21.7	1.473		
経費	%	57.316	0.40	22,926																								
小計				80,242					74,300									14,231								14,971	103.50	
橋台	A ₁																											
	コンクリート	m ³	567.4	17,000	9,646		m ³	567.4	84.9	48,172	6m ³ 枕 注真	6	95	50	4,750	30	159	13.9	2,210	コンクリートポンプ		10m ³	0.25	14.2	14.7	0.209		
	型枠	m ²	397.4	7,500	2,981		t	4.0 4.8	128×0.2 26×0.5	0.102 0.062	10t 車注真×2 10t 車注真×2	5 6	2	800	1,600	30	54	14.2	0,767	トラック クレーン	15~16	1.0	3.0	12.0 5.5	14.0	0.245		
	鉄筋	t	56.7	140,000	7,938		t	56.7	128.0	7,258	10t 車注真	10	6.0	400	2,400	30	80	14.2	1,136	"	20~25	1.0	3.0	170.1	19.7	3.351		
	足場工	掛m ²	295.2	2,500	738	22.5kg/m ²	t	6.6	128×0.2	0.169	10t 車注真×2	8.4	1	800	800	30	27	14.2	0.383	"	"	1.0	2.0	13.2	19.7	0.260		
	支保工	空m ³	0	3,500	0			-	-	-										"	"	1.0	2.0	-	19.7			
	土留工	m ²	392.9	26,000	10,215		t	83.3	128×0.2	2,132	10t 車注真×2	10	9	800	7,200	30	240	14.2	3,408	"	"	1.0	2.0	166.8	19.7	3.286		
	掘削~埋戻	m ³	794.5	5,000	3,973		m ³	794.5	-	-	11t 車	8.3	95	75	7,200	30	240	14.7	3,528	10t-0.6m ³ 74F-F-211 0-1		30m ³	1.0	26.5	45.6	1.208		
経費 40%		35.491	0.40	14,196																								
小計				49,687					57,895									11,432								8,559	77.89	
下部工計	式		98.0千円	129,929					132,195									25,663								23,530	181.38	
上・下部計		1.325 m ³	247.4 274.4	327,834 (363,684)					279,028									36,817								46,137	359.32	
					千円/m ⁴ 274.4																						271.2 kg-c/m ⁴	

(3) 下部工コンクリート体積

①A 橋 (5 径間連続鋼鈹桁橋)

上部工総幅員 (m)	B1 (m)	B2 (m)	橋脚体積 (m ³)	フチング体積 (m ³)	1 基コンクリート 体積 (m ³)	基数 (基)	コンクリート体積 合計 (m ³)
10.2	10.2	13.2	306	158.4	464.4	4	1857.6

②B 橋 (5 径間連続鋼少数鈹桁橋)

上部工総幅員 (m)	B1 (m)	B2 (m)	橋脚体積 (m ³)	フチング体積 (m ³)	1 基コンクリート 体積 (m ³)	基数 (基)	コンクリート体積 合計 (m ³)
10.25	10.25	13.25	338.25	172.25	510.5	4	2042

③C 橋 (3 径間連続鋼床版箱桁橋)

上部工総幅員 (m)	B1 (m)	B2 (m)	橋脚体積 (m ³)	フチング体積 (m ³)	1 基コンクリート 体積 (m ³)	基数 (基)	コンクリート体積 合計 (m ³)
10.2	10.2	13.2	382.5	211.2	593.7	2	1187.4

(4) CO₂ 排出量

	コンクリート体積合計 (m ³)	原単位 (kgC/m ³)	CO ₂ 量合計 (kgC)
①A 橋 (5 径間連続鋼鈹桁橋)	1857.6	148	274,925
②B 橋 (5 径間連続鋼少数鈹桁橋)	2042	148	302,216
③C 橋 (3 径間連続鋼床版箱桁橋)	1187.4	148	175,735

7. CO2発生量の集計

(1)合計値

単位:kgc

項目	内容	合理化鈹桁	少数鈹桁	鋼床版箱桁	備考	
		A橋	B橋	C橋		
上部工	工場製作	材料	197,280	254,820	366,612	
		材料輸送	12,232	15,800	22,936	
		塗装	6,651	5,659	16,926	
		切断	4,266	5,351	11,422	
		溶接	1,722	1,941	5,181	
		穿孔	1,788	507	4,141	
		工場内運搬	127	171	238	
		仮組	20	6	46	
	小計	224,086	284,255	427,502	(1)	
	現場施工	輸送	36,312	48,416	68,084	
		架設	36,277	46,138	66,880	
		橋面工輸送	33,810	46,872	1,152	
		床版・地覆	112,050	126,332	18,727	
		舗装	7,325	9,187	7,124	
小計	225,774	276,945	161,967	(2)		
イニシャルCO2合計		449,860	561,200	589,469	(1)+(2)	
比率		1.000	1.247	1.310		
維持管理	塗装塗替え	2,570	4,299	5,948	1回あたり	
	舗装補修	15,215	19,575	15,217	1回あたり	
解体工事	床版撤去	37,519	62,644	8,106		
	桁・付属物撤去	43,468	51,469	77,708		
リサイクル	床版鉄筋	-41,318	-24,904	0		
	桁・付属物	-136,972	-178,290	-252,436		
下部工		274,925	302,216	175,735		
上下部工を含めたイニシャルCO2合計		724,785	863,416	765,204		
比率		1.000	1.191	1.056		

(2)橋面積あたり

単位:kgc

項目	内容	合理化鈹桁	少数鈹桁	鋼床版箱桁	備考	
		A橋	B橋	C橋		
上部工	橋面積	2142.0	2767.5	2161.3		
		工場製作	92.1	92.1	169.6	
	材料輸送	5.7	5.7	10.6		
	塗装	3.1	2.0	7.8		
	切断	2.0	1.9	5.3		
	溶接	0.8	0.7	2.4		
	穿孔	0.8	0.2	1.9		
	工場内運搬	0.1	0.1	0.1		
	仮組	0.0	0.0	0.0		
	小計	104.6	102.7	197.8	(1)	
	現場施工	輸送	17.0	17.5	31.5	
		架設	16.9	16.7	30.9	
		橋面工輸送	15.8	16.9	0.5	
		床版・地覆	52.3	45.6	8.7	
舗装		3.4	3.3	3.3		
小計	105.4	100.1	74.9	(2)		
イニシャルCO2合計		210.0	202.8	272.7	(1)+(2)	
比率		1.036	1.000	1.345		
維持管理	塗装塗替え	1.2	1.6	2.8	1回あたり	
	舗装補修	7.1	7.1	7.0	1回あたり	
解体工事	床版撤去	17.5	22.6	3.8		
	桁・付属物撤去	20.3	18.6	36.0		
リサイクル	床版鉄筋	-19.3	-9.0	0.0		
	桁・付属物	-63.9	-64.4	-116.8		
下部工		128.3	109.2	81.3		
上下部工を含めたイニシャルCO2合計		338.4	312.0	354.0		
比率		1.085	1.000	1.135		

③鋼重あたり

単位:kgc

項目	内容	合理化鈹桁	少数鈹桁	鋼床版箱桁	備考
		A橋	B橋	C橋	
	鋼重	480.0	620.0	892.0	
工場製作	材料	411.0	411.0	411.0	
	材料輸送	25.5	25.5	25.7	
	塗装	13.9	9.1	19.0	
	切断	8.9	8.6	12.8	
	溶接	3.6	3.1	5.8	
	穿孔	3.7	0.8	4.6	
	工場内運搬	0.3	0.3	0.3	
	仮組	0.0	0.0	0.1	
	小計	466.8	458.5	479.3	①
	現場施工	輸送	75.7	78.1	76.3
架設		75.6	74.4	75.0	
橋面工輸送		70.4	75.6	1.3	
床版・地覆		233.4	203.8	21.0	
舗装		15.3	14.8	8.0	
小計		470.4	446.7	181.6	②
イニシャルCO2合計		937.2	905.2	660.8	①+②
比率		1.418	1.370	1.000	
維持管理	塗装塗替え	5.4	6.9	6.7	1回あたり
	舗装補修	31.7	31.6	17.1	1回あたり
解体工事	床版撤去	78.2	101.0	9.1	
	桁・付属物撤去	90.6	83.0	87.1	
リサイクル	床版鉄筋	-86.1	-40.2	0.0	
	桁・付属物	-285.4	-287.6	-283.0	
下部工		572.8	487.4	197.0	
上下部工を含めたイニシャルCO2合計		1510.0	1392.6	857.9	
比率		1.760	1.623	1.000	

8. CO2 発生の要因分析

8.1 CO2 発生要因

7. で集計した CO2 発生量に対して、発生要因別の比率に注目し、整理したグラフを P71 に示す。

CO2 発生要因別比率の観点から述べられる事項を以下に示す。

(1) 全体における上部工の比率

表-8. 1 上下部工を含めた全体 CO2 量に対する上部工 CO2 量の占める割合

モデル橋梁	上部工の割合
合理化鈹桁 (A 橋)	約 62%
少数鈹桁 (B 橋)	約 65%
鋼床版箱桁 (C 橋)	約 77%

- ・いずれも上部工が約 6 割以上占めており、支配的である。
- ・鋼床版箱桁における上部工の比率は約 77% と高い割合となる。

(2) 上部工における要因分析

① 上部工における工場製作の比率

表-8. 2 上部工 CO2 量に対する工場製作 CO2 量の占める割合

モデル橋梁	工場製作の割合
合理化鈹桁 (A 橋)	約 50%
少数鈹桁 (B 橋)	約 51%
鋼床版箱桁 (C 橋)	約 73%

- ・いずれも工場製作が約 5 割以上を占めており、支配的である。
- ・鋼床版箱桁における工場製作の比率は約 73% と高い割合となる。

② 工場製作における材料の比率

表-8. 3 工場製作 CO2 量に対する材料 CO2 量の占める割合

モデル橋梁	材料の割合
合理化鈹桁 (A 橋)	約 88%
少数鈹桁 (B 橋)	約 90%
鋼床版箱桁 (C 橋)	約 86%

- ・いずれも材料が約 9 割を占めており、支配的である。

③現場施工における材料の比率

表-8. 4 現場施工 CO2 量に対する材料 CO2 量の占める割合

モデル橋梁	材料の割合
合理化鈹桁 (A 橋)	約 50%
少数鈹桁 (B 橋)	約 46%
鋼床版箱桁 (C 橋)	約 12%

- ・合理化鈹桁 (A 橋) と少数鈹桁 (B 橋) とともに約 5 割程度の割合を材料 (床版及び地覆のコンクリート及び鉄筋等) が占めている。
- ・鋼床版箱桁 (C 橋) は床版コンクリートが無いこと等から約 1 割程度の低い比率となっている。

④上部工における材料の比率

- ・以上のことから、全体の CO2 発生量に対する材料による要因が占める割合は以下のように算出し、いずれも約 7 割程度となる。

－合理化鈹桁 (A 橋)

$$\text{工場製作} : 49.8\% \times 88.0\% = 43.9\%$$

$$\text{現場施工} : 50.2\% \times 49.6\% = 24.9\%$$

$$\text{合計} : 68.8\%$$

－少数鈹桁 (B 橋)

$$\text{工場製作} : 50.7\% \times 89.6\% = 45.4\%$$

$$\text{現場施工} : 49.3\% \times 45.6\% = 22.5\%$$

$$\text{合計} : 67.9\%$$

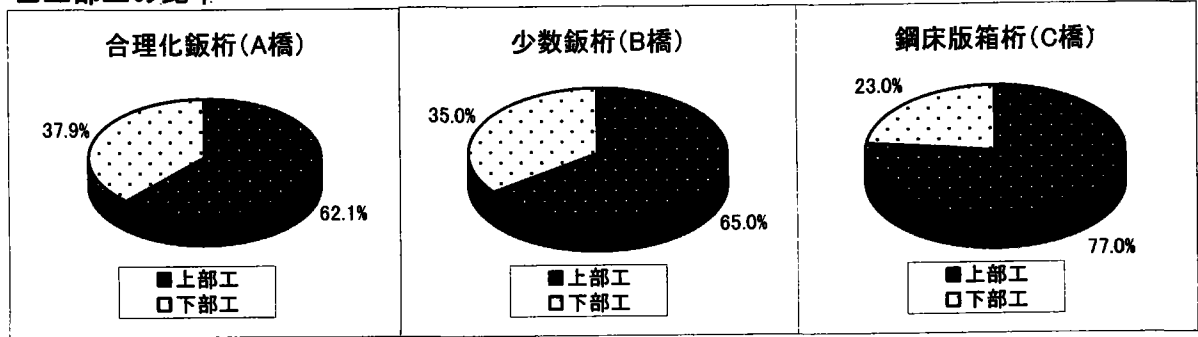
－鋼床版箱桁 (C 橋)

$$\text{工場製作} : 72.5\% \times 85.8\% = 62.2\%$$

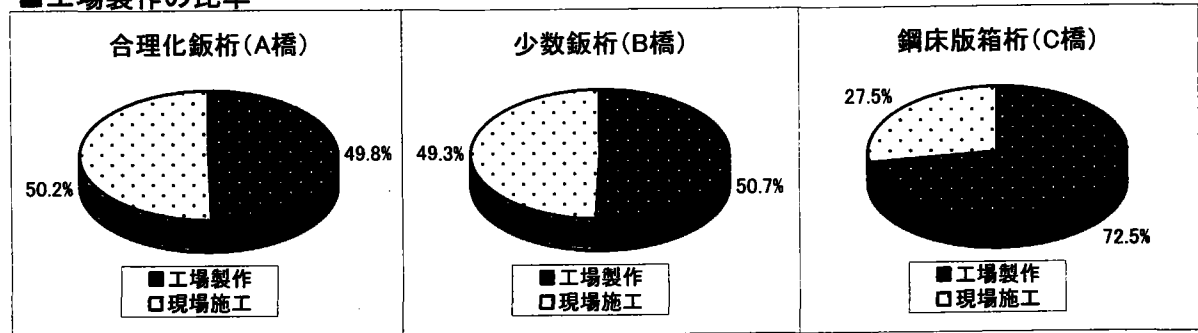
$$\text{現場施工} : 27.5\% \times 11.6\% = 3.2\%$$

$$\text{合計} : 65.4\%$$

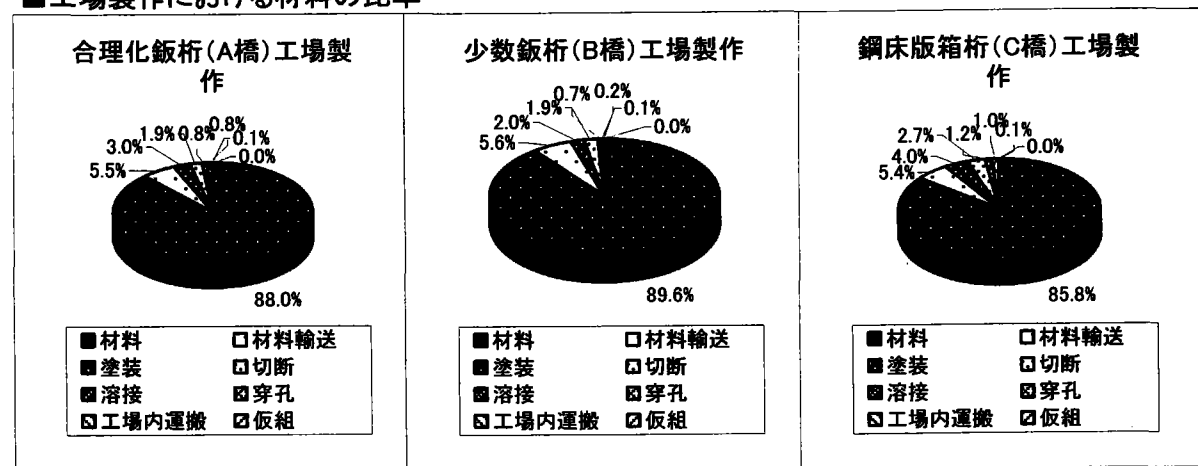
■上部工の比率



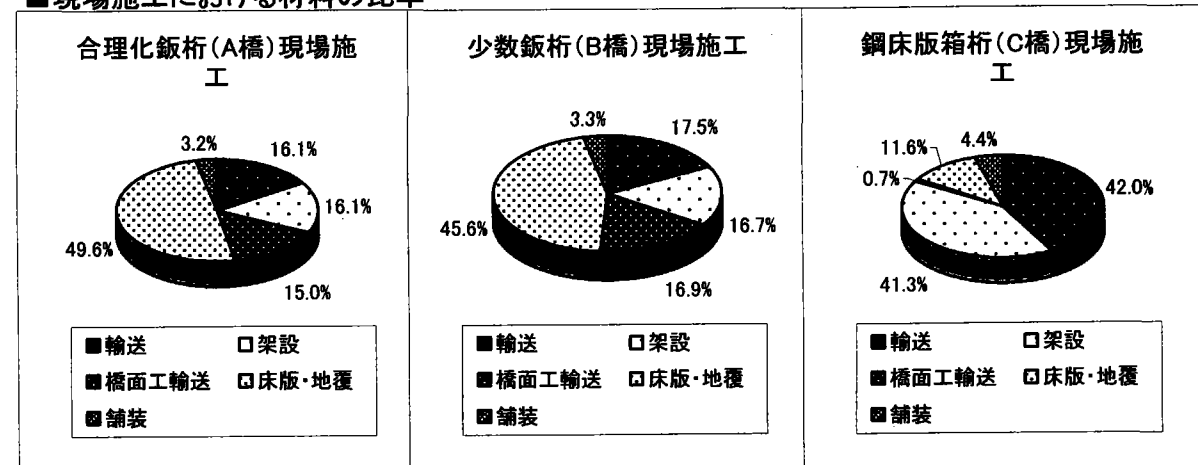
■工場製作の比率



■工場製作における材料の比率



■現場施工における材料の比率



8.2 合理化鈹桁（A橋）、少数鈹桁（B橋）、鋼床版箱桁（C橋）の比較

P74に合理化鈹桁（A橋）、少数鈹桁（B橋）、鋼床版箱桁（C橋）のCO₂量の比較を行ったグラフを示す。

上下部工を含めたCO₂発生量において、形式の違いによる観点から述べられる事項を以下に示す。

①合計値

表－8. 5 各橋のCO₂発生量の比率（合計値）

モデル橋梁	比率
合理化鈹桁（A橋）	1.000
少数鈹桁（B橋）	1.191
鋼床版箱桁（C橋）	1.056

- ・各橋の橋梁規模等が比較的同じであることから最大でも2割程度の差異となっている。

②橋面積あたり

表－8. 6 各橋のCO₂発生量の比率（橋面積あたり）

モデル橋梁	比率
合理化鈹桁（A橋）	1.085
少数鈹桁（B橋）	1.000
鋼床版箱桁（C橋）	1.135

- ・少数鈹桁（B橋）に対して、合理化鈹桁（A橋）、鋼床版箱桁（C橋）は約1割程度多くなっている。

③鋼重あたり

表－8. 7 各橋のCO₂発生量の比率（鋼重あたり）

モデル橋梁	比率
合理化鈹桁（A橋）	1.760
少数鈹桁（B橋）	1.623
鋼床版箱桁（C橋）	1.000

- ・鋼床版箱桁（C橋）が最も少なく、これに対し、合理化鈹桁（A橋）、少数鈹桁（B橋）は約6～7割多くなっている。

④ A橋、B橋、C橋の優位性に関する考察

各橋の諸元を以下に示す。

表-8.8 各橋の構造等の諸元一覧表

	A橋	B橋	C橋
橋面積	2 1 4 2.0 m ²	2 7 6 7.5 m ²	2 1 6 1.3 m ²
最大支間長	4 2 m	5 6 m	7 6.5 m
鋼重	4 8 0 t	6 2 0 t	8 9 2 t
m ² あたり鋼重	2 2 4 kg/m ²	2 2 4 kg/m ²	4 1 3 kg/m ²

先の①～③で整理した評価の指標について以下の事項が述べられる。

- ・ 橋梁規模が違うことから、「①合計値」の比較による評価は相対評価として意味が少ないと考えられる。
- ・ m²あたりの鋼重について、A橋とB橋はほぼ同等であるが、C橋は約1.8倍となっていることから、「③鋼重あたり」の比較においてC橋が最も少ない値となっていると考えられる。
- ・ よって、相対的な評価指標としては「②橋面積あたり」の比較が最も妥当であると考えられる。

⑤「②橋面積あたり」の比較における各橋の差異について

B橋に対してA橋、C橋は多い値となっている。

・ A橋が不利な理由

A橋のm²あたり鋼重はB橋とほぼ等しいことから上部工に関してはほぼ同等であると考えられるが、最大支間長がA橋の方が短い分下部工による影響が大きく、A橋が不利になっていると考えられる。

・ C橋が不利な理由

先の要因分析で最も影響が大きいと考えられた材料（m²あたり鋼重）が3橋のうち最も多いことからC橋が最も不利になっていると考えられる。

8.3 ライフサイクルにおける発生要因分析

以下の条件におけるライフサイクルを想定する。

- ・ 構造物の寿命を50年として、1ライフサイクル50年間の総量を算出する。
- ・ 塗装の塗り替えは2回/50年とする。
- ・ 舗装の打換えは2回/50年とする。

P にイニシャル、維持管理、解体工事別の比率をグラフで示す。

ライフサイクルの観点から述べられる事項を以下に示す。

① ライフサイクルにおけるイニシャルの比率

表-8.9 ライフサイクル(50年)におけるイニシャルCO₂量の占める割合

モデル橋梁	イニシャルの割合
合理化鈹桁(A橋)	約86%
少数鈹桁(B橋)	約84%
鋼床版箱桁(C橋)	約86%

- ・ 合理化鈹桁(A橋)、少数鈹桁(B橋)、鋼床版箱桁(C橋)ともにライフサイクルにおいて、イニシャルCO₂量が約8~9割程度を占めており、イニシャルが支配的である。

② 維持管理における舗装補修の比率

表-8.10 維持管理における舗装補修の占める割合

モデル橋梁	舗装補修の割合
合理化鈹桁(A橋)	約86%
少数鈹桁(B橋)	約82%
鋼床版箱桁(C橋)	約72%

- ・ 維持管理のうち、舗装補修が約7~8割以上を占めており、支配的である。よって、塗装塗り替えの比率は約2~3割以下と低い。

③ 耐候性鋼材に関する考察

②で示したように、塗装塗り替えの比率が比較的低いことから、耐候性鋼材の使用によるライフサイクルにおけるCO₂削減のメリットはあまり大きくないと考えられる。

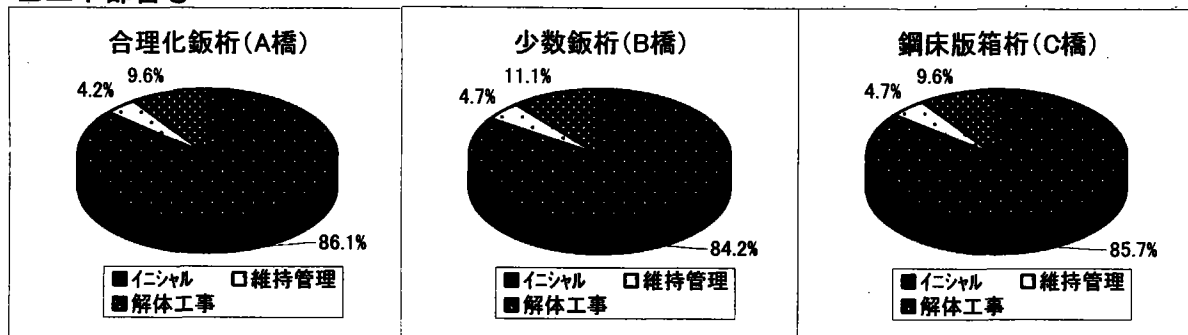
④解体工事における桁・付属物撤去の比率

表-8. 1 1 解体工事における桁・付属物撤去の占める割合

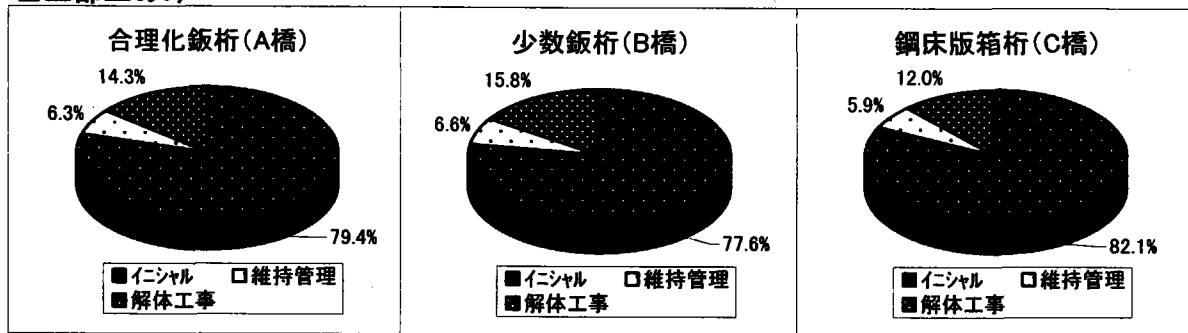
モデル橋梁	桁・付属物撤去の割合
合理化鈹桁（A橋）	約54%
少数鈹桁（B橋）	約45%
鋼床版箱桁（C橋）	約91%

- ・解体工事のうち合理化鈹桁（A橋）、少数鈹桁（B橋）は約4～5割、鋼床版箱桁（C橋）は約9割が桁・付属物撤去となっている。
- ・C橋はコンクリート床版撤去が無いことから、高い割合となっている。

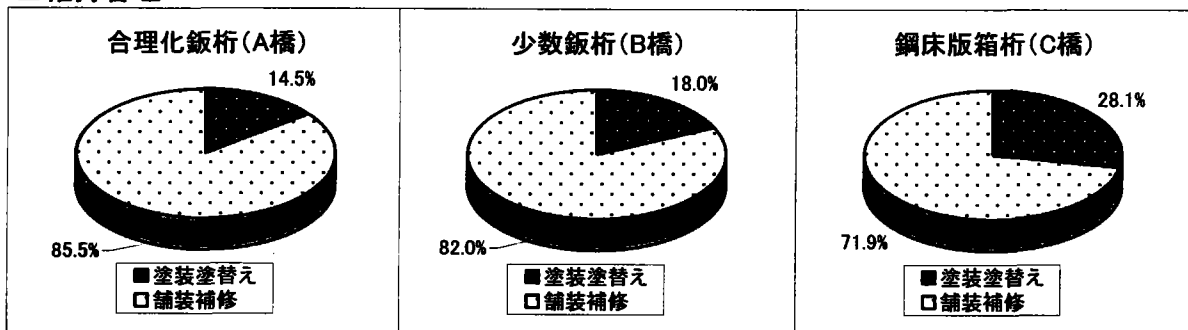
■上下部含む



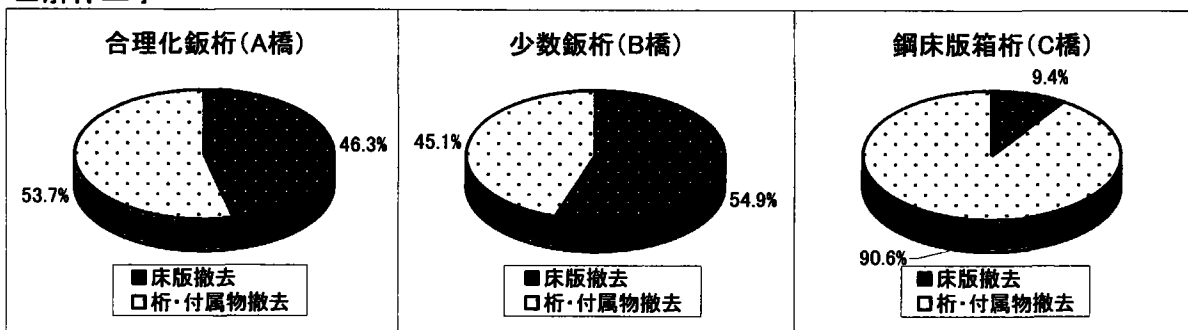
■上部工のみ



■維持管理



■解体工事



8.4 リサイクルによる低減効果

リサイクルによる低減効果として以下の想定で検討を行う。

- ・鋼材すべてが次世代の橋梁等へスクラップとして再利用されるものとする。
- ・その際に電炉材として溶融されることから、以下の考え方にに基づきCO₂量の低減量を負の値として設定する。

$$\text{CO}_2\text{の低減量} = \text{リサイクル重量} \times (\text{高炉材の原単位} - \text{電炉材の原単位})$$

リサイクルの観点から述べられる事項を以下に示す。

① CO₂低減量

- ・合理化鈹桁（A橋）、少数鈹桁（B橋）、鋼床版箱桁（C橋）ともに、解体後の資材をリサイクルすることを考慮すれば、ライフサイクル（50年間）の総CO₂量に対して、約2～3割程度の低減効果がある。

② コンクリート橋との比較

- ・土木学会LCA委員会の報告によれば、鋼橋とコンクリート橋のCO₂発生量は以下に示すとおりであり、やや鋼橋がCO₂発生量が多い結果となっている。

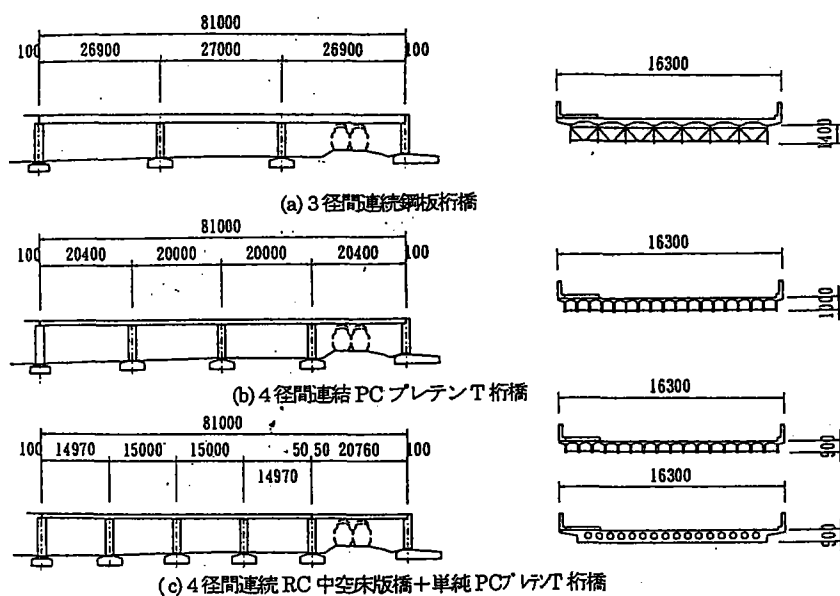


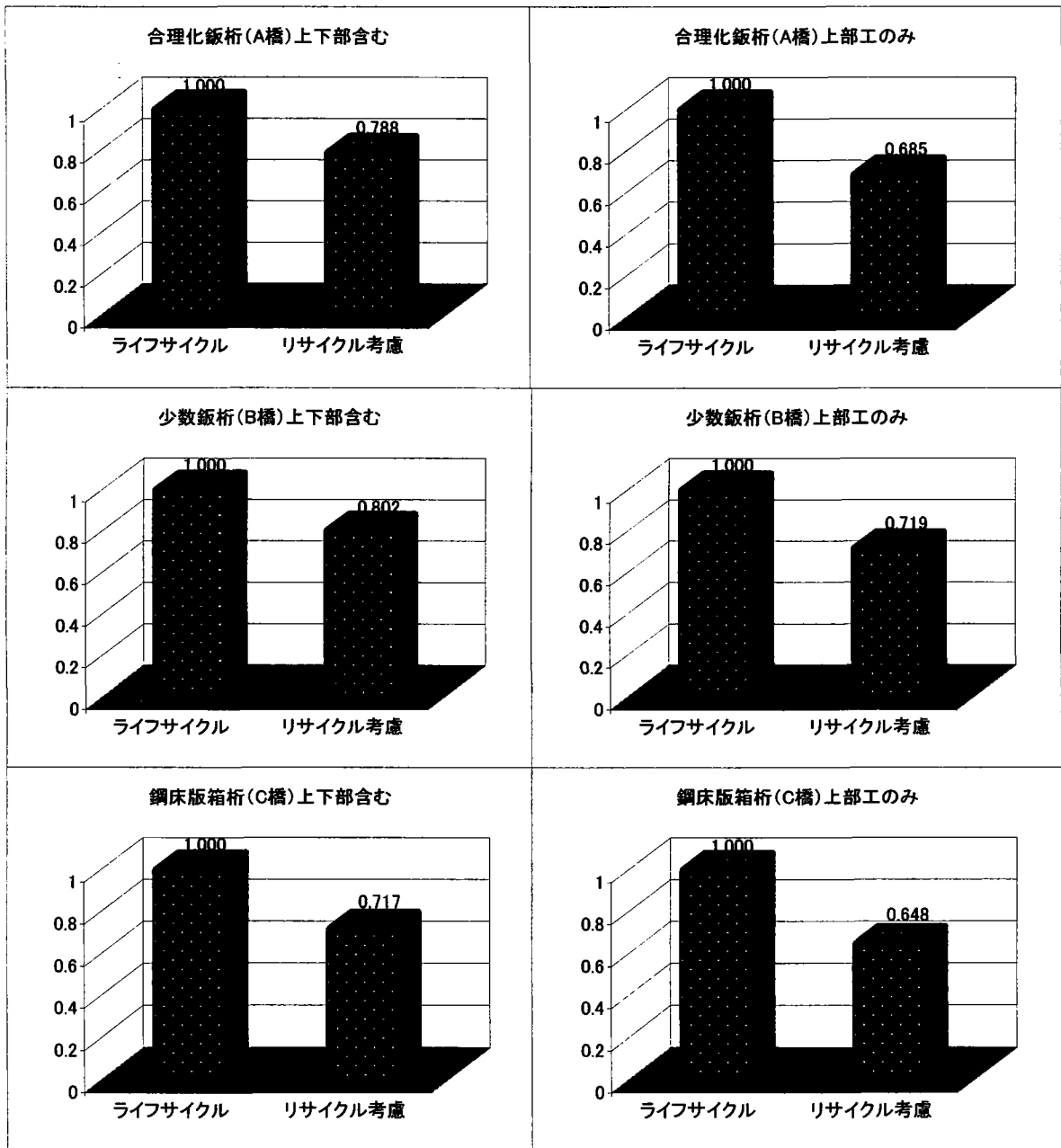
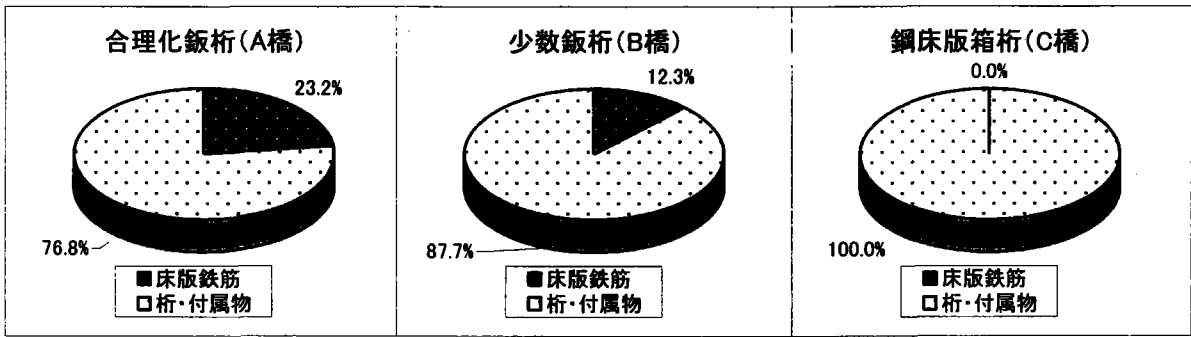
図 検討対象

表 炭素排出量算出結果

		CO ₂ 排出量 (t. c)				直接工費 (百万円)	円当たり CO ₂ 量*1
		資材消費	運搬	施工	合計		
1 案	上部工	143.0	12.3	22.6	177.9	233.8	0.76E-6
	下部工	132.2	25.7	23.5	181.4	129.9	1.40E-6
	合計	279.0	38.0	46.1	359.3	363.7	0.99E-6
2 案	上部工	88.3	26.4	22.4	137.1	171.2	0.80E-6
	下部工	159.0	35.1	27.5	221.6	156.4	1.42E-6
	合計	247.3	61.5	49.9	358.7	327.6	1.09E-6
3 案	上部工	96.6	26.1	21.9	144.6	152.3	0.95E-6
	下部工	176.7	41.4	32.9	250.9	185.2	1.35E-6
	合計	273.3	67.4	54.8	395.5	337.5	1.17E-6

これに対し、上記のリサイクルを考慮した場合は、鋼橋が明らかに有利となる。

■リサイクル



9. CO₂発生量抑制のための方策

CO₂発生量の抑制のための考えられる方策を以下に示す。

①材料の削減

CO₂発生量の中で最も高い割合を占めている材料に対して、使用する鋼材量、コンクリート量等を削減することが望まれる。具体的には以下の方策が考えられる。

- ・少数桁等の採用による単位面積あたりの鋼重の低減
- ・長支間化等による下部工材料の低減
- ・コンクリートの高強度化等による下部工、床版等のコンクリート材料の低減
- ・鋼重、コンクリート量等がミニマムとなるような合理的な設計の実施

②オペレーションにおけるエネルギーの削減

製作、輸送、架設等のオペレーションにおいて、省エネルギー化を推進することが望まれる。具体的には以下の方策が考えられる。

- ・低燃費、低排ガス等の環境に配慮した工場設備、建設機械、輸送車両等の積極的使用
- ・運搬距離を最短とする工場等の選定及び輸送計画等の実施
- ・工事用車両の排ガス等に対するアイドルストップ等の実施
- ・ISO14001等の環境マネジメントシステムの導入による省エネの継続的改善の実施

③長寿命化

解体工事において発生するCO₂量はイニシャルの約10%程度となることから、橋梁の長寿命化を図ることが望まれる。具体的には以下の方策が考えられる。

- ・橋梁の耐用年数を長くした設計を行うことにより、イニシャルのCO₂量はやや増大するが、ライフサイクルが長くなることから、トータルのCO₂量の削減を図ることができる。

④リサイクルの推進

リサイクルを考慮するとライフサイクルにおける約2～3割程度のCO₂量が低減できることから、リサイクルの推進を図ることが望まれる。具体的には以下の方策が考えられる。

- ・橋梁解体後の資材を橋梁以外の土木構造物あるいは建設分野以外の他産業も含めて、再利用を推進し、橋梁解体工事におけるゼロエミッション化を目指す。
- ・橋梁の製作に積極的にリサイクル材（電炉材等）を採用する。

なお、我が国における「温室効果ガスの総排出量を2008年から2012年の第1約束期間に1990年レベルから6%削減する」という目標に対しては、早期に実施できかつ効果的な施策が望まれる。

この観点で上記の方策を評価した場合、最も効果が大きい方策は、「④リサイクルの推進」であると考えられる。

10. 今後の課題

先に述べたCO₂量削減の各方策に対して、現時点で考えられる今後の課題点を以下に示す。

①材料の削減

- ・材料の高強度化等に対する技術開発の推進
- ・鋼重ミニマム＝コストミニマムとなるような合理的な製作設備等の開発
- ・材料ミニマム＝コストミニマムとなるような積算システムの構築

②オペレーションにおけるエネルギーの削減

- ・低燃費、低排ガス等の環境に配慮した工場設備、建設機械、輸送車両等の開発の推進
- ・運搬距離短縮のための現場から最も近い工場設備選定の推進
- ・ISO14001等の環境マネジメントシステムの浸透

③長寿命化

- ・トータルコスト、トータルCO₂量の評価システム構築
- ・トータルコスト、トータルCO₂量の評価の観点から長寿命化のメリットの算定
- ・妥当な設計スペックの設定

④リサイクルの推進

- ・他分野も含めたリサイクルシステムの構築
- ・建設廃材等の分別等の実施
- ・電炉材の使用拡大に対する大型部材の精製可能な電炉設備等の整備