

9. 鋼矢板打設をモデルとした建設コストとCO₂排出量と施工条件の統合評価

大野 剛^{1*}・大脇 英司¹・藤原 靖¹

¹大成建設株式会社 技術センター 土木技術研究所（〒245-0051神奈川県横浜市戸塚区名瀬町344-1）

* E-mail: oongu-00@pub.taisei.co.jp

本研究は、土木構造物を対象に建設コストおよびCO₂排出量との関係について施工条件を踏まえて統合評価することを目的に実施した。評価事例は、ボックスカルバート（高さ3.5m、幅6m、延長200m）の構築時における鋼矢板の打設および引抜とし、打設重機の5機種と引抜重機の3機種をそれぞれ採用した時の統合評価を行った。統合評価は、鋼矢板打設に伴う建設コスト、CO₂排出量、重機の使用に伴い発生する振動・騒音の大きさ、打設可能な地盤の固さのそれぞれを重機毎に0～1の範囲に数値化し、レーダーチャートにプロットして可視化した。その結果、打設、引抜ともに、大きな振動・騒音を発生する重機はCO₂排出量が小さいことなどを可視化により容易に把握することができた。

Key Words : driving and drawing of steel sheet pile , construction costs, CO₂ emission , processing condition , unification evaluation

1. はじめに

地球温暖化をはじめ、環境への社会的な関心は高まりつつある。地球温暖化への対応として、2005年に京都議定書が発効され、我が国は2012年までに温暖化ガスの排出量を基準年である1990年比で6%削減することが義務付けられている。しかし、2010年の削減割合は基準年比で-0.3%にとどまっている¹⁾。そのため、今後より一層の削減努力が求められてくる。

二酸化炭素の排出量の内訳を産業別にみると、輸送部門が全体の約20%、民生部門が約30%をしめている。建設部門は民生部門に区分される。建設工事で用いる資機材の調達、資機材の運搬、廃棄物の運搬や処理を含めた場合、排出されるCO₂排出量が全産業のCO₂排出量の約18%を占めている²⁾。そのため、建設部門においてもCO₂排出量を評価する重要性が認識されている。

建設部門のうち、建築分野では、標準的な評価手法が普及しており、CO₂排出量を重視した施工事例が多く存在する³⁾。しかし、土木工事では、CO₂排出量の評価を入札時に反映する仕組みや制度が整っていないこともあり、CO₂排出量よりも建設コストを優先に工事が行われる傾向がある。

本研究は、土木構造物を対象に建設コストおよびCO₂排出量の関係について施工条件を踏まえて統合評価することを目的に実施した。

2. 評価方法

本研究の統合評価の手順を図-1に示す。

まず、評価対象および施工条件を決定する。評価対象は土木構造物を構築、解体する時の工法である。施工条件は、現地地盤の硬さや土質の種類などを示す地盤条件、施工箇所およびその周辺の建物や障害物の有無や現場ヤードの広さなどを示す周辺条件、施工に伴い発生する振動・騒音などの状況を示す環境条件などである。

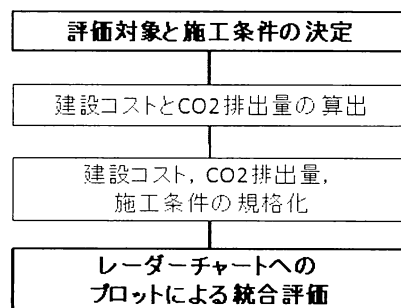


図-1 統合評価の手順

次に、建設コストおよびCO₂排出量を算出する。建設コストは、歩掛に数量と単価を乗じて求める。CO₂排出量は、各工法で使用する燃料消費量に燃料の原単位を乗じて求める。

その次に、建設コスト、CO₂排出量、施工条件の各項目を規格化する。規格化は確率統計論の考え方を参考に、(個別の値－最小値) / (最大値－最小値) により0～1の範囲でランク付けする。

最後に、算出したランクをレーダーチャートにプロットする。

3. 評価結果 ～ボックスカルバート構築時における鋼矢板の打設・引抜～

(1) 評価対象と施工条件の決定

a) 評価対象

本研究では、ボックスカルバート構築時における鋼矢板の打設および引抜を評価事例とした。

ボックスカルバートの標準断面図を図-2に示す。ボックスカルバートは、高さ約3.5m、幅約6.1m、延長約200mであり、ボックスカルバートの底盤は地上から約9mの深さである。地下水位の位置は、地上から約2mの深さとした。

ボックスカルバートの構築手順を図-3に示す。準備工では、施工ヤードの整備を行う。仮設工では、鋼矢板を打設し、腹起しと切梁を合計243 t 架設する。

土工では、約11,000m³の土を掘削する。躯体工では、まず、砕石の敷設と均しコンクリートを打設する。次に、ボックスカルバートの構築に入る。ボックスカルバートは、鉄筋107t、型枠2,900m²、コンクリート1,073m³を用いる。

躯体構築後、土工で埋戻し、仮設工で腹起し・切梁の撤去を行う。最後に、片付工として施工ヤードの復旧を行う。

今回の評価対象は、仮設工の土留材として使用する鋼矢板の打設および引抜である。鋼矢板の長さは14m、V_L型であり、施工数量は840枚である。

b) 施工条件

地盤条件はN値15の砂質土であり、周辺条件は、工事に障害となる架空線、埋設物は無く、施工ヤードは十分広いこととした。また、周辺条件から環境条件の振動・騒音に対する制約条件は無いものとした。

c) 使用重機

地盤条件、周辺条件、および環境条件から、鋼矢板の打設・引抜に用いる重機を表-1、表-2に示す。

打設では、振動・騒音を伴うバイブロハンマ、低振

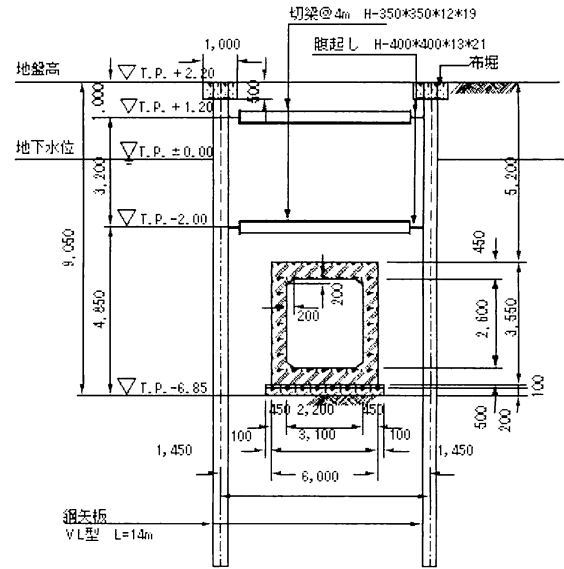


図-2 標準断面図

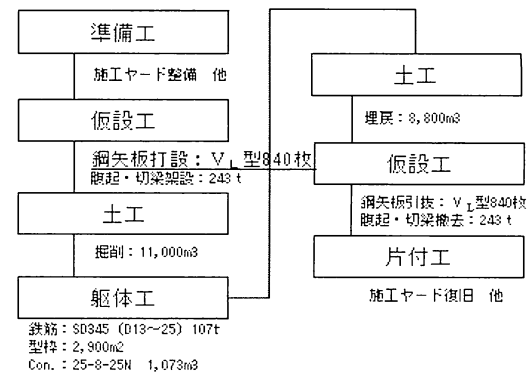


図-3 施工手順

表-1 打設時の使用重機

機種	仕様等	振動・騒音状況 適用可能最大N値
バイブロハンマ	電動式・60kw 排出ガス対策型(1次基準値)	振動大・騒音大 N _{max} =50
WJ併用 バイブロハンマ	【バイブロハンマ】同上 【WJ】エンジン式 14.7Mpa 325L/min.	振動大・騒音大 N _{max} =100
油圧式圧入機	圧入力 980.7～1,471.0kN 排出ガス対策型(1次基準値)	振動小・騒音小 N _{max} =25
WJ併用 油圧式圧入機	【油圧式圧入機】同上 【WJ】エンジン式 14.7Mpa 325L/min.	振動中・騒音中 N _{max} =50
アースオーガ併用 圧入杭打機	油圧式オーガ 34kN-m	振動小・騒音小 N _{max} =50

※WJ:ウォータージェット

表-2 引抜時の使用重機

機種	仕様等	振動・騒音状況 適用可能最大N値
バイブロハンマ	電動式・60kw 排出ガス対策型(1次基準値)	振動大・騒音大 -
油圧式引抜機	引抜力 1,078.7～1,569.1kN 排出ガス対策型(1次基準値)	振動小・騒音小 -
杭抜機	【杭抜機】ワイヤ式 最大引抜力2,940kN 【クローラクレーン】油圧駆動式 ウインチ・ラチスジブ型 30～35t吊	振動小・騒音小 -

動・低騒音の油圧式圧入機およびアースオーガ併用圧入杭打機、N値50以上の硬質地盤に適用するウォータージェット(以下WJ)併用2機種合計5機種を選定した。

引抜では、振動・騒音を伴うパイプロハンマ、低振動・低騒音の油圧式圧入機およびワイヤ式杭抜機の合計3機種を選定した。

いずれも、国土交通省の土木工事標準積算基準書⁴⁾の仮設工に掲載している重機である。重機の仕様と適用可能最大N値は土木工事標準積算基準書より引用した。なお、引抜時の最大N値は記載がなかったので今回は空欄とした。振動・騒音状況は、各重機から発生する振動・騒音の大きさを評価した資料⁵⁾を参考にした。

(2) 建設コストおよびCO₂排出量の算出

a) 算出方法

各重機を用いて鋼矢板を打設した時の建設コストとCO₂排出量を算出した。建設コストは、標準歩掛り⁴⁾に施工数量と施工単価^{6)、7)}を乗じて算出した。CO₂排出量は、各重機の燃料消費量⁴⁾に施工数量と燃料の原単位を乗じて算出した。施工数量は鋼矢板V_L型840枚である。燃料は各重機とも軽油であり、原単位は2.65kg-CO₂/l⁸⁾とした。

b) 算出結果

各重機を用いて鋼矢板の打設時および引抜時の建設コストとCO₂排出量との関係を図-4に示す。

打設時は、パイプロハンマの建設コストとCO₂排出量が最小であり、建設コストはアースオーガ併用圧入杭打機、CO₂排出量はWJ併用油圧式圧入機が最大であった。

引抜時は、パイプロハンマの建設コストとCO₂排出量が最小であり、建設コストはワイヤ式杭抜機、CO₂排出量は油圧式引抜機が最大であった。

打設時および引抜時の、パイプロハンマの建設コストとCO₂排出量に対する各重機の比率を図-5、図-6に示す。打設時は、振動・騒音を伴うパイプロハンマとN値50以上の硬質地盤に適用するWJ併用油圧式圧入機、WJ併用パイプロハンマは単位コスト当りのCO₂排出量が同等であるが、低振動・低騒音の油圧式圧入機は単位コスト当りのCO₂排出量が大きく、同じく低振動・低騒音のアースオーガ併用圧入杭打機は単位コスト当りのCO₂排出量が小さかった。パイプロハンマおよびWJ併用の2機種に対して、油圧式圧入機は低コスト高燃費、アースオーガ併用圧入杭打機は高コスト低燃費の重機であることがわかる。

引抜時は、低振動・低騒音のワイヤ式杭抜機はパイプロハンマの2倍以下であるが、同じく低振動・低騒音の油圧式引抜機は、建設コストが1.5倍でCO₂排出量はパイプロハンマの2倍超であった。

図-4、図-5、図-6から、環境条件や地盤条件等の施工条件により建設コストとCO₂排出量の関係が異なることを確認した。

(3) 建設コスト、CO₂排出量、施工条件の規格化

建設コストとCO₂排出量の他に、施工条件との関係を

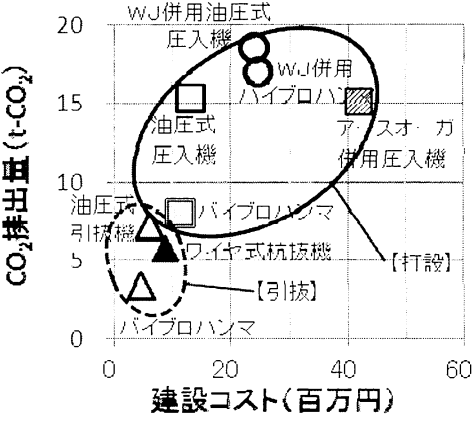


図-4 建設コストとCO₂排出量の関係

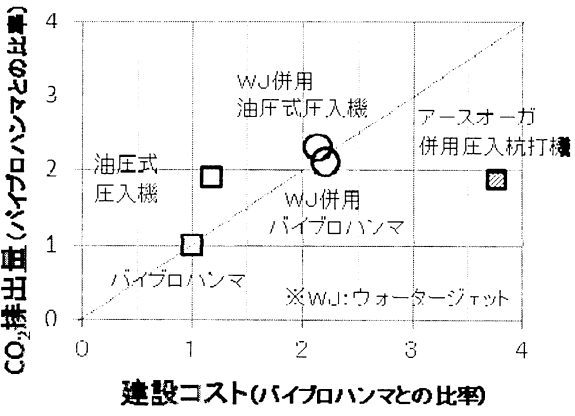


図-5 鋼矢板打設時の建設コストとCO₂排出量の関係 (パイプロハンマとの比率)

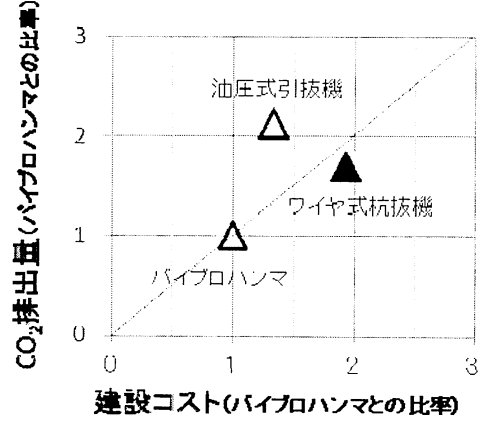


図-6 鋼矢板引抜時の建設コストとCO₂排出量の関係 (パイプロハンマとの比率)

詳しく検討するために、各重機の建設コスト、CO₂排出量、振動・騒音の大きさ、適用可能な最大N値の各項目を0～1に規格化して評価した。なお、引抜時は適用可能なN値については考慮しないこととした。まず、施工条件を数値化した。振動・騒音の大きさは大きい順に3・2・1の3段階で評価し、最大N値は表1の適用可能な最大のN値を用いた。次に、各項目を（個別の値－最小値）／（最大値－最小値）により0～1の範囲でランク付けた。なお、引抜時に用いた施工条件は、振動・騒音とし、最大N値の値は3機種とも0とした。

(4) レーダーチャートへのプロットによる統合評価

算出した0～1のランクをレーダーチャートにプロットした。図-7、図-8に、プロット結果を示す。結果から把握できたことを以下に示す。

a) 打設時

- ①パイプロハンマは振動・騒音が大きい、CO₂排出量、建設コストは小さい
- ②振動・騒音が大きい重機は、CO₂排出量が小さい傾向にある

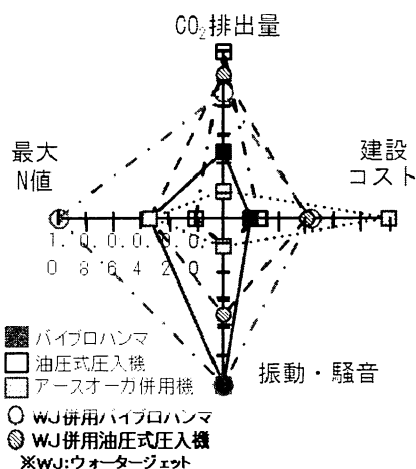


図-7 鋼矢板打設時の建設コスト、CO₂排出量、施工条件の関係

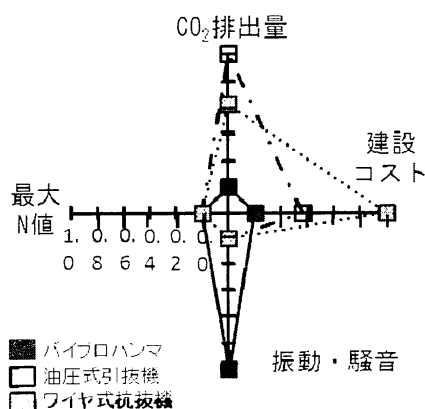


図-8 鋼矢板引抜時の建設コスト、CO₂排出量、施工条件の関係

b) 引抜時

- ①パイプロハンマは振動・騒音が大きい、CO₂排出量、建設コストは小さい
- ②CO₂排出量が多い重機は、建設コストが高く振動・騒音が小さい傾向にある

以上の知見は、本手法の可視化によって容易に把握できたといえる。

4. おわりに

長さ14mの鋼矢板V_L型を840枚打設および引抜するボックスカルバートの構築工事を事例に、鋼矢板の打設時および引抜時における建設コストとCO₂排出量を算出し、施工条件と共に0～1に規格化してレーダーチャートにプロットした。その結果、

- ①打設重機のうち、振動・騒音を伴う重機やN値50以上の硬質地盤に対応する重機は、建設コストに対するCO₂排出量が同等である
 - ②打設重機、引抜重機の両方とも、重機の振動・騒音が大きい重機は、CO₂排出量は小さくなる
- などを容易に把握することができた。

本手法は、建設コスト、CO₂排出量と各施工条件の関係を詳しく検討するために有効であると考えられる。

参考文献

- 1) 国土交通省における地球温暖化対策について【概要】，国土交通省総合政策局環境政策課，
http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000006.html.
- 2) 建設副産物リサイクル広報推進会議：低炭素社会実現に向けたLCAの建設産業への導入，建設リサイクル 2010 秋号，大成出版社。
- 3) 伊香賀俊治：建築物のLCA・LCC 同時評価ツールの国・自治体・企業での活用状況，第1回日本LCA学会研究発表会講演要旨集，pp.6～9，2005年12月。
- 4) 日本建設情報総合センター：平成23年度国土交通省土木工事標準積算基準書（共通編），建設物価調査会，平成23年7月。
- 5) 三橋晃司：疑問に答える土留め工の施工ノウハウ，近代図書，pp.31～53，2001年3月。
- 6) 建設物価 2011年12月，建設物価調査会。
- 7) 日本建設機械化協会：平成23年度版建設機械等損料表，平成23年5月。
- 8) 環境省・経済産業省：算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧，平成22年3月。