

基礎構造物建設に伴う環境負荷の評価と地盤条件の影響

京都大学 学生会員 ○宮崎 匠
 ケンブリッジ大学 Chris Chau
 ケンブリッジ大学 曾我健一

1. はじめに

近年の地球環境問題に対する関心の高まりから、建設工事においても環境負荷を適切に評価し抑制することが不可欠となっており、既に建築構造物についてはライフサイクルでの環境負荷を評価する枠組みが整備されている¹⁾。その一方、土留め工などの基礎構造物は建築構造物と比較しても相当量の環境負荷が発生するにも関わらず²⁾、基礎構造物建設に伴う環境負荷についての研究例は少なく、建設機械の運転時間等を大きく左右すると考えられる地盤の硬さ(N値)などの地盤条件が環境負荷に与える影響も明らかになっていない。本研究では、複数の実サイトを対象として、圧入工による鋼矢板基礎建築による環境負荷を投入エネルギー、温暖化ガス、酸性ガスの発生量の観点から評価するとともに、地盤の換算N値と単位長さあたりの矢板打設に伴う環境負荷の関係を調査することにより、地盤条件と環境負荷の発生量の関係性について検討をおこなった。

2. 検討方法

本研究で検討対象としたのは、国内の5サイトにおける圧入工による鋼矢板基礎工である。表-1に各サイトにおける鋼矢板の打設本数、打設深さ、1日辺りの平均施工本数、および施工部分のN値の平均値を示す。なお、N値が50を超える部分に関しては、換算N値を用いた。いずれのサイトも換算N値100以上の硬質地盤を含んで

おり、通常の圧入工法による施工が困難であるため、杭直下の地盤をオーガによって削孔しながら施工がおこなわれた。いずれのサイトにおいてもⅢ型と呼ばれるU字型の鋼矢板が用いられた。

土木構造物における一般的なライフサイクルは図-1に示されたようになるが、本研究では①建設資材の生産(原材料の産出を含む)、②機械および建設資材の輸送、③施工の段階における環境負荷のみを算出し、維持管理、解体・廃棄段階については考慮しなかった。②および③においては、建設・輸送機械の種類及び各機械の運転時間を表-1に示した1本辺りの打設時間、および国土交通省から公表されている積算基準³⁾等より詳細に検討し、燃料消費量を算出した。さらに、建設・輸送機械の運転時間から機械の製造に関わる環境負荷を減価償却分として考慮した。環境負荷指標として検討対象としたのは、対象物質が現在の状態になるまでに必要なエネルギーの和として定義される投入エネルギー

(Embodied Energy, 以下EE)、温室効果ガスとしてCO₂、CH₄、N₂Oそして酸性ガスとしてSO_x、NO_xである。物質の単位量あたりのEEであるEmbodied Energy Intensity(以下、EEI)および各ガス排出量である排出係数は様々な機関から公表されている。本研究では、Kiani(2006)⁴⁾がレビューしたEEI、土木学会(1997)⁵⁾、日本建築学会(2003)¹⁾により公表されている排出係数を参照し、平均的な値、最大値、最小値を用いて、環境負

表-1 各施工サイトの概要

Site	Number of piles	Depth of piles (m)	Constructing Speed (Piles/Day)	Average N-Value
A	214	10	13.4	36.5
B	94	7.5	7.8	468.1
C	286	12	14.1	36.0
D	146	11.5	11.7	58.6
E	450	9.5	7.5	270.3

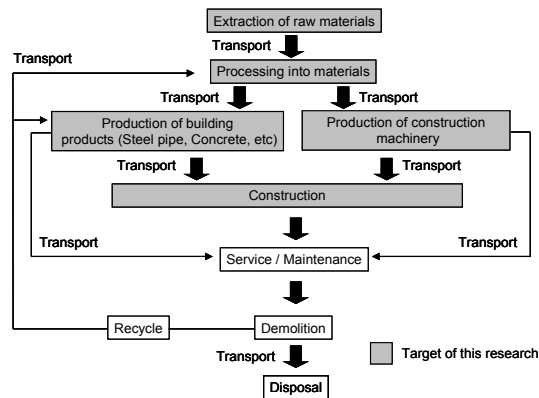


図-1 土木構造物のライフサイクル

表-2 本研究で用いた EEI

	Ave.	Min.	Max.
Virgin steel (MJ/kg)	24	9	35
Fuel (MJ/L)	37.2	35.4	41.2

キーワード：基礎工，N値，環境負荷，投入エネルギー，温暖化ガス

連絡先：〒606-8501 京都市左京区吉田本町 京都大学大学院地球環境学舎 TEL: 075-753-5752, FAX: 075-753-5116

荷の変動も考慮した。

本研究で用いたそれぞれの値を表-2, 3に示す。機械の減価償却分に関しては、排

出ガスのみ検討を行い、EE に関しては、有力なデータが得られなかったため検討対象としなかった。

3. 結果とその考察

対象 5 サイトの材料製造、輸送、施工の各段階の EE の算出結果を図-2 に示す。EEI の相違により生じた誤差はエラーバーで示している。いずれのサイトにおいても建設資材の製造に関連する EE が 80 % 以上を占めており、施工、輸送に伴う EE は比較的小さい。なお、温暖化ガス、酸性ガスの排出量に関してもほぼ同様の傾向がみられた。各サイトにおける排出ガス量および EE を値の最も小さいサイト B の値で除することで正規化し、比較したものを図-3 に示す。ただし、EE に関しては EEI の中間値を、排出ガス量に関しては排出係数の最小値を用いて算出したものを使用している。EE 量と各種ガスの排出量の相関性はかなり強く、EEI は環境負荷の評価にあたっては有用な指標であると判断できる。

各サイトにおける鋼矢板の単位長さ当たりの建設に必要な各段階の EE を図-4 に示す。各サイトの EE の相違は施工プロセスに起因していることから、施工プロセスにおける EE と各サイトの平均換算 N 値の相関関係を図-5 に示す。プロット数が少ないものの、EE と平均換算 N 値とはほぼ比例関係にある。これは、地盤の N 値が施工に必要な時間に影響を与えているからである。しかしながら、全体の EE に占める割合は最大でも 15% 程度であることから、換算 N 値が環境負荷に与える影響は、ライフサイクル全体に対しては比較的小さいといえる。

4. おわりに

本研究では、圧入工法による鋼矢板建設サイトにおける施工データを用いて、基礎構造物建設における各プロセスの環境負荷を算出し、換算 N 値が環境負荷量に与える影響について検討した。今後は、廃棄、リサイクル等も考慮したライフサイクル全体での評価をおこなうとともに、より多くのサイトに関して検討をおこない、地盤条件と環境負荷の関連に関する知見を深める必要があると考える。

【参考文献】

- 1) 日本建築学会(2003): 建物の LCA 指針 (第 2 版)、日本建築学会
- 2) 乾 徹・Chris Chau・曾我健一(2007): 土留め壁建設に伴う環境負荷の評価と構造形式の影響、第 7 回環境地盤工学シンポジウム発表論文集、地盤工学会, pp.91-96.
- 3) 国土交通省大臣官房技術調査課監修 (2006): 国土交通省土木工事積算基準 (平成 18 年度版) .
- 4) Kiani, M. (2006): The Whole Life Environmental Impact of Glass within Glazed Commercial Envelopes, Ph.D Thesis, University of Brighton
- 5) 土木学会 (1997): 土木建設業における環境負荷評価 (LCA) 研究小委員会調査研究報告書

表-3 各ガスの排出係数

Material	Unit	CO ₂ (t-CO ₂ /unit)	CH ₄ (kg-CH ₄ /unit)	N ₂ O (kg-N ₂ O/unit)	SO _x (kg-SO ₂ /unit)	NO _x (kg-NO ₂ /unit)
Steel sheet pile (Virgin)	t	1.450 - 1.507	3.560	0.026	2.302	5.119
Fuel	L	2.594 - 3.004 x 10 ⁻³	0.193 x 10 ⁻³	0.122 x 10 ⁻³	4.390 x 10 ⁻³	1.991 x 10 ⁻²
Construction machinery	t	3.613 - 5.581	5.858	0.136	0.130	0.774

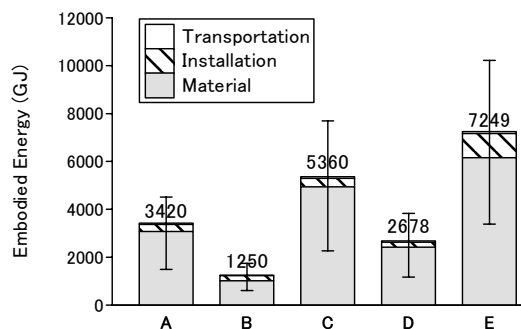


図-2 各サイトにおける EE 量

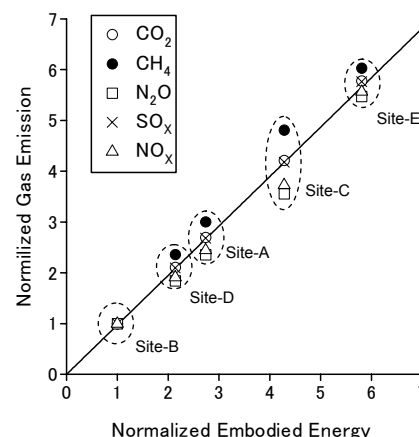


図-3 各サイトにおける EE と各種ガス発生量の関係

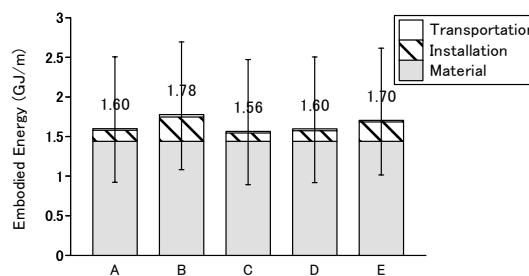


図-4 鋼矢板 1 本の単位長さあたりの施工時の EE と平均 N 値の関係

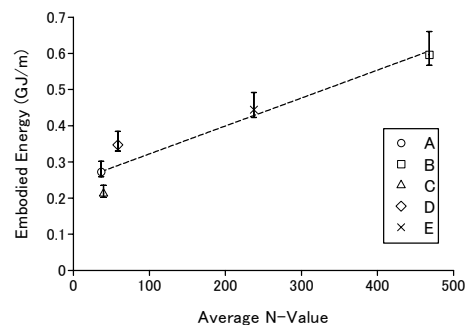


図-5 平均換算 N 値と施工プロセスにおける EE の関係