

Ⅶ-58

トンネル(シールド工法) 施工による L C A

鉄建建設(株) 正 前川 昭禮

1. はじめに

地球環境問題の内、地球温暖化要因の一つに二酸化炭素の排出が言われている。この二酸化炭素の排出量が大气中の濃度を上昇させ、同時に地球の温度上昇にも影響している。もちろん二酸化炭素以外の要因も多数言われているが、現状ではこれらの要因を少しでも削減することが急務であり、そのための検討を進めることは有意義なことである。

特に建設産業では、大量の資源・エネルギーを消費して各種構造物の建設に係わっている。しかし目的物を建設するに当たり、それらの機能を損なうことなく途中過程の建設手法は多数存在している。これまでは大多数の場合が経済性と施工の安全性等を重要視して選択されていたが、これからは環境影響も選択条件の重要なファクターとして考慮されることが必要である。

この様な観点から、都市トンネルの代表的な建設方法であるシールド工法を例として、土圧式工法と泥水式工法による二酸化炭素排出量を比較検討した。

2. 検討条件

検討対象としてシールドトンネルの施工条件を表-1に示す。この施工条件は実際の工事実績を参考としたもので、土圧式工法でも泥水式工法でも可能と言える条件である。実際の施工地盤条件では、多くの変化に遭遇しているが、二酸化炭素排出量の計算を簡略化する目的で全て一様とした。

2.1 積算条件

トンネル施工に伴う二酸化炭素の排出量計算では、土木学会 L C A 小委員会推奨の原単位適用を原則としている。

この他の主要な積算条件を記すと、

- ・ シールド機は埋め殺し償却とし、ジャッキ類等の転用可能部材を半損。
- ・ 鋼材スクラップ等のリサイクルによる原単位への影響は無視している。
- ・ 資材の運搬は往復(帰りの空車)を見込む。(片道50Kmは東京郊外を考慮)
- ・ 縦坑の構築施工、地盤補強、構造物防護等の補助工法は計算から除外。
- ・ 計算結果の値が 0.01t-C 以下の工事・施工項目については四捨五入している。

2.2 土圧工法と泥水工法の相違条件

二工法のどちらでも施工可能とした場合、出来上がり構造物が同一であれば多くの共通部分がある。特に二酸化炭素の排出量が多い覆工関係と裏込注入は共通の施工条件となる。仮設備にも多くの共通部分があり、軌道設備は使用状態が異なるための保守管理に違いがあるものの、二酸化炭素排出量に差はない。

大きく相違するものとして以下の様なものがある。

- ・ 掘削(シールド機構造・設備、土砂搬出方法→軌道・トロ輸送、ポンプ泥水輸送)
- ・ 泥水工法の仮設備(泥水処理・リサイクル設備)

キーワード ; 地球環境 L C A 二酸化炭素 トンネル シールド工法

連絡先 ; 千葉県成田市新泉9-1 TEL 0476 (36) 2371 FAX 0476 (36) 2380

表-1 シールドトンネルの施工条件

用 途		鉄道単線トンネル
トンネル施工延長		1, 0 0 0 m
シールド機	外径	φ 7, 250mm
	内径	φ 7, 100mm
	型式	φ 6, 500mm
セグメント		R C 平板型 (L=1m)
施 工 地 盤		有楽町層下部沖積粘性土 (N 値=0~1)
トンネル施工位置 条件		土被り ; 1 0 m 地下水位 ; GL-5 m

3. 建設段階の排出量

トンネル構造物のライフサイクルのうち、ここでは建設段階の二酸化炭素排出に伴う炭素量を算出した。

排出量の中でも特に多い覆工（セグメント）の重量当たりの原単位は、コンクリート、鉄筋・鋼材、鋼製型枠の損耗等の合計から算出した値である。

3.1 計算結果の概要

今回シールドトンネルの建設段階におけるCO₂排出量計算結果を表ー2に示す。

表ー2 トンネル建設段階におけるCO₂排出量

種 別 工法	製 造		運 搬		施工・稼働		合 計	
	排出量 (C-t)	全体比率 (%)	排出量 (C-t)	全体比率 (%)	排出量 (C-t)	全体比率 (%)	排出量 (C-t)	全体比率 (%)
土圧シールド	1,467.7	79.1	265.9	14.3	122.5	6.6	1,856.1	100.0
泥水シールド	1,455.4	79.2	266.2	14.5	115.7	6.3	1,837.3	100.0

この結果から、シールド施工の工法による二酸化炭素の排出量に大きな差はなく、詳細な設計と施工の良否が最終結果に大きく影響すると言える。

例えば、表ー2には二次覆工の排出量が考慮されていない。覆工厚 30 cm の鉄筋コンクリートで全延長施工すると 627.1C-t 増加する。これは土圧シールド全排出量の 33.9 % に相当する。また覆工厚を 30 cm から 25 cm にすることで 543.2 C-t (29.3 %) となり、86.9 C-t (4.6 %) の削減が可能となる。この値は工法の違いによる差 18.8 C-t の 4.6 倍にもなる。

3.2 個別工種の検討

この条件設定による計算結果では、工法の違いからくる総排出量の差は少ない。しかし個別の項目を比較した場合には大きな差も見られていることから、シールド工法の違いによって大きく影響する部分を以下に検討する。

a) シールド機

泥水シールド機と構造的に異なる土圧シールド機では、排土機構の重装備を備えている相違等から一般的に重量差が見られている。この試算でも通常の平均的な重量²⁾を適用しているが、その差は 20 t になる。

この9割を償却と見なした結果の二酸化炭素排出量は、499.4 t-C (土圧工法全体の 26.9 %) と 456.3 t-C (泥水工法全体の 24.8 %) になり、全体の4分の1前後を占めている。この差は 43.1 t-C となり、これだけでも工事全体の 2 % 以上に相当する。

b) 土砂搬出と泥水輸送+泥水処理

土圧シールド工法で掘削土砂の坑内搬出に係わる二酸化炭素排出量は 27.2 t-C で、全体の 1.5 % 弱である。

これに対して泥水工法では、泥水輸送 19.5 t-C と泥水処理 32.0 t-C の合計 51.5 t-C が対比できる。これは土圧工法全体の 2.7 % 以上となり、この工種での比較は 24.3 t-C の差で泥水工法の排出量が多くなる。

4. 考察

シールド工事は、地盤条件に最も適合した工法を選択することが、施工性と同時に環境負荷の二酸化炭素排出量にも言えそうである。今回対象とした計算事例は工法に適合した地盤条件を適切工程で、スムーズに施工した場合を計算している。その結果が同じ程度の負荷量となった。しかし実際の施工では条件変化が大きく、トラブルと同時に負荷も増加することが考えられる。この増加した負荷量が、それぞれの工法特質に連動して現れると思われるからである。

例えば、崩壊の起こり易い軟弱な滞水砂層地盤や砂礫層に土圧工法を適用すれば、補助工法（注入・地盤補強）等によるバックアップが必要となり負荷量は大きく増加する。同様に緻密な粘土・シルト地盤に泥水工法を適用すれば、泥水処理に伴う負荷量が大きく増加し、逆の結果になる可能性も十分ある。

参考文献 1) 第3回地球環境シンポジウム 講演集 1995.7 : 土木学会 2) トンネル標準示方書（シールド工法編）・同解説
3) 土木建設業における環境負荷評価（LCA）検討部会 平成8年度調査研究報告書 1997.4 土木学会地球環境委員会環境負荷評価（LCA）検討小委員会