

터널工事의 建設人力難 解消를 爲한 機械化施工

Activation of mechanized operation to the great man
power difficulty in connection with TUNNEL WORK

禹 光 國*
Woo, Kwang Kook

1. 序 論

最近 産業文化의 飛躍的인 發展은 劃期的인 道路, 鐵道, 地下鐵等 交通網의 整備가 必要하게 되고 더욱이 給排水, 發電水力, 電力通信溝等の 建設이 增大될 것으로 豫想된다.

또한 世界的인 傾向으로서, 人口의 都市集中은 地下鐵, 上下水道의 整備와, 사람이 어느 目的을 가지고 他地點으로 움직일때 本能的으로 가까운 길을 選擇하여 빠르고 安樂하게 行動하려는 本能的 欲望에 따라 더욱 더 많은 터널을 必要로 하게 되어 全世界 各國은 터널建設에 拍車를 加하고 있다.

그러나 터널은 建設費用이 많이 들고 또한 危險한 一面도 있지만 社會産業文化의 發展은 不可避하게 多數의 터널을 必要로 하고 있는 現實情이기도 하다.

建設工事 中에서 터널工事는 人力에 依存하는 比率이 他 建設工事보다 높아 建設人力難이 深化될 때에는 政府 計劃事業의 蹉跌과 建設投資의 增大에 따라 人件費上昇에 따른 터널 工事費의 上昇이 豫想되므로 지금부터 適切한 對策樹立이

時急하다고 하겠다.

2. 建設勞動力 不足現況

우리나라 國民經濟의 高度成長에 따른 國民所得水準 向上으로 國民生活이 潤澤하여, 레-저 (Leisure)를 즐기는 風潮와 各界各層의 사람들이 自己欲求의 噴出을 하는 課程에서 일어나는 勞使紛糾 또는 勤勞者들이 거칠고 힘든 일과 危險作業을 忌避함으로써, 建設現場에 新規入力流入이 크게 줄어들고 있는데다 人力의 高齡化, 女性化로 能率低下까지 招來되고 있으며, 이웃 日本의 建設業界에서도 機能勤勞者 不足現象이 갈수록 深化되어 1988年度에는 1975年 以來 가장 높은 不足率을 보인 것으로 전해지고 있다.

大韓建設協會가 調査한 日本의 技能勤勞者 不足狀況에 따르면 88年の 技能勤勞者 不足率은 全産業에 걸쳐 上昇趨勢를 보이고 있으며 不足率이 높은 産業은 建設業, 서비스業 都小賣業 食料業等 順이며, 日本 勞務省이 民間企業을 對象으로 調査한 結果 建設業의 境遇에 技能人力의 不足으로 因한 問題點으로 “計劃事業이 不可能하다”가 45.6% “時間外勤務時間增加”가 31.6% “人件費上昇”이 22.8% “施設, 設備의 遊休化,

* 建設安全, 土木施工 技術士, 有元建設(株) 常務理事

賣上の減少”가 15%로 各各 指適되었다.

우리나라의 境遇 國土開發研究院이 現在의 勞動力 供給構造가 持續된다는 前題下에 建設勞動力 需給展望을 豫測한 資料에 따르면 '90년에 建設人力은 108萬 7千名이 所要되는데 反해 供給은 107萬 7千名線에 머물러 全體的으로 1萬名 程度의 人力이 不足할 것으로 보이며 職種別로는 熟練技能工이 9千餘名 事務職은 3千名이 各各 不足할 것으로 보이는 反面 技術職이나 其他 職種은 若干 남아돌 것으로 分析되었다.

이같은 不足現象은 오는 92년에 가면 더욱 深化돼 技能職의 境遇 10萬 3千名이 모자라는 것을 비롯, 事務職 1萬 5千名, 技術職 5千名, 單純 勞務職 4千名等 모두 12萬 7千名 程度가 不足할 展望이다. 또 오는 96년에는 43萬 4千名의 建設 勞動力이 不足할 것으로 보이는데 職種別로는 技能職이 34萬 9千名, 事務職 4萬 6千名 等이 各各 모자랄 것으로 豫測되었다. 따라서 建設人力의 不足現象이 技能工을 中心으로 갈수록 深化될 展望이다.

또한 建設盛需期와 農繁期가 겹칠때는 工事現場마다 人力需要가 暴徒하는데도 不拘하고 일이 많이 빠져나가 求人難이 深化되고 市中勞賃이 急騰勢를 나타내어 工事現場마다 人件費負擔이 크게 늘어나고 있다. 더욱이 人力不足을 틈타 일손빼내기까지 盛行, 一部 工事現場에서는 人力을 지키기 위해 매달 勞賃을 올려주고 있는 것으로 알려졌다. 이같이 勞賃의 上昇이 持續되자 一部 建設業體에서는 거푸집設置, 解體等 一部 工程을 아예 下都給型式으로 맡기고 있는 實情이다.

또한 海外旅行 自由化를 틈타 相當數의 勤勞者들이 賃金水準이 높은 日本等地的 建設現場으로 不法就業하여 國內 日손不足과 勞賃上昇을 부추

기고 있어, 日손節減型 工法開發等 根本的인 解決策이 마련되어야 할 것이다.

3. 터널工事의 新技術 工法 導入의 必要性

터널工事を 보다 쉽게, 보다 安全하게, 보다 빠르고 값싸게 施工하는 것이 最近 터널工事의 最大關心事가 되는 것은 當然하다고 하겠다.

터널工事時의 勞動環境 및 安全性 側面에서 보면 터널掘鑿은 機械化에 依한 施工以上の 다른 代案이 없겠지만 施工의 安全은 모든 것에 優先하므로 暫時 安全을 除外하고 工事費 面에서만 檢討하여 보면, 터널의 工事費는 터널 掘進速度에 反比例하므로 掘進速度의 增大에 따라 工事費는 大幅的으로 低廉化된다. 從來, 一般的으로 施行되고 있는 鑿岩, 爆破, 버럭搬出의 狀態는 作業이 不連續으로 되어져 掘進速度를 抑制하는 現在의 施工法에 代身하여 作業이 連續的으로 되어지고 掘進速度가 높은 터널掘鑿機械와 施工法의 開發이 時急하다고 하겠다. 그러나 現在의 機械는 岩의 硬軟, 山의 變化, 물等에 對하여 반드시 萬能이라고 하기는 어려워 經濟性과 生産性의 面에서 널리 쓰이기도 不充分한 느낌은 어쩔 수 없다고 하겠다.

今後 都市의 再開發, 高速道路 및 高速鐵道網의 整備에 따라 더욱 더 많은 터널이 必要할 것을 生覺하면 터널 掘鑿技術은 보다 더 進歩發展이 要求되고, 보다 빠르게, 보다 싸게; 보다 安全하게 施工할 수 있는 機械와 工法의 開發에 拍車를 加해야 될 것이다.

現在 터널掘進機는 世界的인 關心事가 되어 歐美各國이 高性能인 新機種의 開發에 競爭을 하고 있다.

우리나라에서도 數年前부터 外國에서 터널掘進機를 導入하여 國內 몇個 터널建設現場에 投入 사용하고 있으며 앞으로 數個의 建設會社에서 터널掘進機 導入을 檢討하고 있다.

터널工事費의 構成要素를 大別하면 人件費, 材料費, 機械償却費로 나누어지며, 이 中에서 世界的 傾向으로 勞賃의 上昇은 두드러지게 높다. 우리나라에서도 앞에서 言及한 바와 같이 賃金上昇의 傾向은 相當히 높으며, 이에 對하여 材料費, 機械償却費의 上昇은 比較的 緩慢하다.

따라서 人件費가 차지하는 比率이 比較的 높은 터널工事에서는 勞賃의 上昇이 그대로 터널工事費의 上昇을 가져온다. 그러나 이러한 推定에는 勞動力은 現在와 같은 程度로 確保되는 것으로 假定한 것이지만, 今後 建設投資의 增大를 考慮하면 앞에서 言及한 바와 같이 勞動力 不足이 豫想되고 따라서 勞賃上昇은 豫想以上으로 되어 터널工事費의 上昇은 보다 深刻할 것으로 생각된다.

西歐諸國의 現實情을 보면 어느나라에서도 터널과 같이 甚한 勞動條件에서는 勞務者가 不足하여 그 相當數를 外國勞務者에 依存하고 있다. 이러한 外國勞務者는 熟練技能工으로서 作業의 中心의 存在로 育成될 可能性이 稀薄하므로 터널 勞務者 不足은 큰 問題로 되어 있다.

우리나라의 境遇에도 앞에서 言及한 바와 같이 벌써 建設現場 勤勞者의 不足現象이 나타나고 있으며, 이러한 現象은 今後 勞動生産性을 大幅으로 向上시킨다고 하더라도 向後의 建設投資額의 上昇에 미루어 보면 勞動力의 確保는 相當한 困難이 豫想된다.

이러한 相當히 深刻化하는 勞動力不足에 對處하기 爲해서는 勤勞者 1人當 生産性을 向上시키는 것 以外에는 다른 方法이 없다.

勞動生産性을 向上시키기 爲해서는 市場經營等에 關한 綜合的인 建設業 對策도 必要하며, 또한 勞動對策으로서 建設技能工의 養成, 勞動環境의 改善에 依한 勤勞者의 確保等의 施策도 必要하다.

또한 建設業은 人力, 裝備, 施工方法, 機資材 資金等の 生産手段을 效率的으로 運用하여 工事に 必要한 諸條件을 充足할 수 있도록 計劃하고 管理하는 綜合的인 機能이 遂行되어야 한다.

그러나 基本的으로는 施工의 機械化, 工事規模의 擴大化에 依한 勞動力節減을 推進하는 方法以外의 對策은 없다고 말할 수 있다.

따라서 우리나라에서도 터널工事に 터널掘進機와 같은 裝備導入과 普及을 시키는 등의 新技術 導入이 時急하다고 하겠다.

4. 全斷面 터널掘進機의 長短點과 問題點

機械掘鑿에 適合한 條件을 考慮함에 있어 우선 터널掘進機의 長點과 短點을 알 必要가 있다.

4.1 全斷面 터널掘進機의 長點

1) 安全性

터널掘進機에 依하여 掘鑿되는 形은 構造的으로 安定한 圓形斷面이며 在來의 爆破公法에 依한 原地盤을 損傷시키지 않아 落石, 落磐, 崩落의 危險性이 적고 또한 爆藥取扱에 依하여 發生하는 危險도 없다.

버럭上車는 機械裝置의 一部로 되어있는 콘베이어(Conveyor)에 依하기 때문에 막장의 버럭 더미로부터 別途의 上車機械를 사람이 操作하여 積載하는 在來方式에 比하여 操作이 安全하다.

나 앞으로 冶金學的 研究와 새로운 Type의 Cutter設計를 開發하여 Cutter壽命을 더 연장하여야 할 것이다.

3) 버럭搬出

버럭搬出의 가장 一般的인 方法은 Rail에 依한 것이나, 터널이 짧은 境遇에는 Conveyor가 經濟的으로 使用되고 있다.

萬若 將來의 터널 掘進機가 現在보다 相當히 빠른 速度로 掘鑿할 수 있다면 現在方式의 버럭搬出 方法으로는 重大한 隘路가 될 것이 豫想되므로 보다 高能率의 버럭搬出 方法의 開發을 터널掘進機의 開發과 並行하여야 할 것이다.

4) 湧水處理

大湧水의 問題는 터널技術者가 對處하지 않으면 안될 가장 困難한 問題의 하나이다. 在來의 爆破工法에서는 물빼기 보-링을 한後 그라우트를 注入하는 方法이 있다. 萬若 이러한 方法을 터널掘進機에서도 適用하기 爲해서는 機械의 前面에 grout裝置의 附着을 可能하게 하거나, 또는 다른 方法도 考慮할 수 있다.

湧水處理의 方法은 機械의 廣範圍한 使用을 爲해 于先 考慮하여야 할 課題이다.

5) 岩質의 變化對策

最近에 開發된 터널掘進機에는 廣範圍한 岩質에 適應토록 Cutter가 設計되어 있고 破碎帶中에서 Cutter Head後方に 可能한限 近接하여 支保工을 세우거나, Rock Bolt를 設置할 수 있는 構造로 되어 있어 어느程度 岩質變化에 對處할 수 있게 되어 있다.

6) 推進力

硬岩이나 大斷面의 掘進에 對한 Cutter의 效

率을 올리기 爲해서는 相當히 큰 推進力을 必要로 한다. 이 推進力의 反力은 (1) 터널壁面과의 摩擦 (2) 機械後方 Lining에의 直接 작기壓 (3) 막장 前面에 穿孔된 小口徑孔에 Anchor시켜 Pilot部分의 引張力等에 依한 것이 있다.

最近 機械의 設計는 推進力을 보다 크게하는 傾向이므로 이 推進力을 增加시킴에 따른 여러가지 問題가 發生되며 또한 터널 斷面이 크게 됨에 따라 充分한 推進力을 確保하는 것도 큰 問題로 되기 때문에 機械掘鑿 可能한 터널斷面의 크기도 上限이 있는 것도 考慮되어야 한다.

7) 베어링의 消耗

硬岩이나 大斷面의 掘鑿에서 Roller Type의 Cutter는 粉塵과 使에 依하여 Cutter Bearing에 많은 損傷을 주므로, Bearing을 改良하여 維持費 및 交替費用을 節減할 必要가 있다.

8) 터널掘進機의 方向抑制

一定線상에 掘進機를 維持시키기 爲해서는 여러가지의 問題가 있다. 特히 硬岩과 軟岩이 混在되어 있는 境遇 機械의 直進性을 維持하기 爲해서는 새로운 制御裝置가 必要하다.

以上과 같은 長短點을 把握하고 機械의 特性에 對한 諸問題點을 研究, 開發하여 解決한다면 全斷面 터널掘進機(Tunnel Boring Machine)의 適應性은 相當히 廣範圍하게 될 것이다.

방향으로 침투압이 작용되는 경우가 있기 때문이다. 따라서, 본 고에서는 이제까지도 계속적으로 문제되어 왔고, 앞으로도 도심지에 터널을 뚫는 한 계속 문제가 발생할 것으로 생각되어지는 터널설계시 지하수의 고려방안에 대하여 서술하고자 한다.

2. 지하수를 고려한 터널 설계기본

2.1 배수조건에 따른 터널의 종류

라이닝 배면 부에 지하수가 체류하면 라이닝 배면에 과대한 수압이 작용하게 되어 터널의 안정성을 저하시킬 뿐만 아니라 누수에 의하여 내부설비의 기능저하, 라이닝의 재질약화 및 유지관리상의 문제 등을 초래할 수 있으므로, 터널설계시 지하수의 합리적인 고려방안이 요구된다.

<표 1>

배수조건에 따른 터널의 비교

	배 수 공 법	비배수 공법(완전한 방수 공법)
형 식	방수포를 터널의 천정부와 측벽부에 설치하고 유입수를 배수층을 통하여 터널내부로 유도하여 배수처리	터널 전단면에 방수포에 의한 차수층을 설치하여 지하수의 유입을 완전차단
장 점	<ul style="list-style-type: none"> 라이닝의 수압을 고려하지 않으므로 구조적으로 얇은 무근 콘크리트 라이닝도 가능하다. 특수 대단면의 시공이 가능하다. 누수시 보수가 용이하다. 시공비 적게 된다. 	<ul style="list-style-type: none"> 유지비가 적게 든다. 터널 내부가 청결하며 관리가 용이하다. 지하수위의 변화가 없으므로 주변환경에 영향을 미치지 않는다.
단 점	<ul style="list-style-type: none"> 자연배수가 불가능한 경우에 유지비가 많이 든다. 지하수위의 저하로 주변지반 침하와 지하수 이용에 문제가 생길 수 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> 시공비가 많이 든다. 특수 대단면에서는 단면이 커서 비경제적이다. 누수가 발생하면 보수비가 많이 들고 완전보수가 어렵다. 라이닝의 두께가 커지고 때에 따라 철근이 요구된다.
적 용	<ul style="list-style-type: none"> 지질조건이 양호 주변에 구조물이 없을 때 지하수가 낮을 때 	<ul style="list-style-type: none"> 지질조건이 불량 지하수가 높거나, 지하수의 공급이 많은 때 도심 등 주변에 중요 구조물이 존재할 때