

스크레퍼의 土工 設計法

育 圭 華

緒 言

8.15 解放과 더불어我國에 導入된 建設機械가 動亂으로 一時에 거의 全部가 破損되었으나 休戰以後 戰災復舊의 時急으로 ICA 援助計劃等에 依하여 政府 各機關에서 數多히 導入하였고 近年에는 民間業者側에서도 相當數量의 建設機械를 所有하게 되었다.

現在 우리나라의 建設工事は 消大規模의 것은 적으나 機械化 施工의 目標인 施工速度와 質의 向上을 위해서 機械化 施工은 漸次 發展될 것이다. 따라서 오늘의 土木技者는 建設機械에 依한 設計 및 施工法 뿐만 아니라 그 運營 및 維持·管理에 이르기 까지 相當한 認識과 理解가 없이는 工事의 計劃 및 施工에 完璧을 期待할 수 없을 것이다. 이러한 現實的 要請에 副應하여 筆者는 여기서 于先 스크레퍼의 土工 設計法에 關하여 平易하고도 簡略하게 紹介하려 한다. 그리고 여기서 取扱한 設計 要領은 他種의 土工重機械의 取扱에도 參考가 될 것이다.

1. 스크레퍼 施工

스크레퍼는 削土, 運搬, 撤土 및 盛土 自重에 依한 轉壓 그리고 簡單한 地均 作業까지 單獨으로 할 수 있는 이른바 土工 萬能機械로서 主로 整地, 道路土工, 河川築堤 및 河床堀削, 그리고 土堰堤工事等에 많이 使用된다. 이것은 그 牽引方式에 따라 被牽引式 스크레퍼와 自走式 스크레퍼로 區別되며 前者는 달리 Carry-all 이라고 呼稱하기도 하며 Tractor 가 牽引하여 作業하게 된다. 土運箱은 普通 四輪이나 六輪으로 된 것도 있으며 底板前部에 削土짚을 가지고 있고 이의 上下作動과 前進後退의 操作은 Tractor 의 Winch cable 또는 油壓力을 利用하며 效果的인

作業距離는 普通 100~500^m程度이다. 後者의 自走式 스크레퍼는 Motor Scraper 또는 Tournapull (會社品名)이라고 呼稱된다. 이 構造는 土運箱에 機關이 一體로 直結되어 있고 諸 操作은 被牽引式 스크레퍼와 同一하며 有效作業距離는 普通 500~1,000^m程度이나 2,000^m까지의 作業에도 經濟的인 作業實績을 갖고 있다.

스크레퍼는 一回 運轉土量이 도-자에 比하면 (普通 Bull-Dozer 라고 불리우나 Tractor 에 排土板 및 이의 操作裝置를 取付한 것을 Dozer 라고 말하며 排土板의 取付狀態에 따라 Bull-dozer, Angle-dozer 및 Tilt-dozer 로 分類한다) 約 3배나 되므로 普通 도-자보다 長距離의 土運搬에 利用하지 마는 削土가 容易한 軟土를 運搬할 때는 近距離에서도 도-자보다 工費가 低廉하게 된다 硬質土의 削土 및 積載에는 Pusher Tractor 로서 뒤에서 스크레퍼를 밀어주던지 不然이면 Dozer 로 硬土를 먼저 削土해 두었다가 積載 해야 한다. Motor Scraper 로 作業할 때는 一般으로 Pusher-tractor 의 助力없이는 作業이 不可能하다.

스크레퍼는 運轉操作等이 複雜하여 우리나라에서는 아직 도-자에 比해 利用範圍가 작으나 今後 漸次 技術의 向上과 더불어 이 機械의 作業威力을 最大限 發揮하므로써 보다 더 廣範圍하게 活用하게 될 것이다. 即 近距離 作業에는 被牽引式 스크레퍼로 5^m 以下까지 그리고 遠距離 作業에는 自走式 스크레퍼로 1,000^m 以上 2,000^m 까지의 土工이 스크레퍼 施工으로 轉換될 수 있으며 스크레퍼는 土工의 主力機械로서 活躍할 수 있을 것이다.

우리나라에서 普通 使用되는 Tractor 및 Scraper 의 作業要目は 下記의 表 1, 2 및 3과 같다.

表 1. Tractor 作業要目 一覽表

| 製作會社 및 型 | 重 量 (Lb) | 出 力 (HP) | 走行速度 (M/hr) | | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | | 前 進 | | | | | | 後 進 | |
| | | | 1 速 | 2 速 | 3 速 | 4 速 | 5 速 | 6 速 | 低 速 | 高 速 |
| Caterpillar D-7 | 26,555 | 112 | 1.5 | 2.2 | 3.2 | 4.6 | 5.9 | - | 1.8 | |
| " D-8 | 39,060 | 155 | 1.5 | 1.9 | 2.8 | 3.8 | 5.2 | - | 前進斗 | 同一 |
| International Harvester TD-18 | 28,400 | 103 | 1.6 | 2.1 | 2.6 | 3.4 | 4.5 | 5.5 | 1.6 | 3.4 |

表 2. 被牽引式 Scraper 作業要目 一覽表

| 製作會社 및 型 | 容 積 (YD³) | | 重 量 (Lb) | Tractor 牽引力馬(HP) | 車輪重量配分(%) | |
|-----------------------------------|-----------|------|----------|---------------------|-----------|--------|
| | 平 積 | 山 積 | | | 空 車 | 積 荷 |
| Caterpillar No. 463 | 22 | 28 | 34,800 | 180~260 | 42; 58 | 41; 59 |
| Le tou nea Westing house DT | 8.3 | 11.5 | 15,750 | 70 | 45; 55 | 46; 54 |
| " CT | 12.2 | 18 | 25,100 | 90 | 47; 53 | 43; 57 |

表 3. 自走式 Scraper 作業要目 一覽表

| 製作會社 및 型 | 容積 (YD³) | | 重 量 (Lb) | 機關 馬力 (Hp) | 走行速度 (M/hr) | | | | | | | 車輪重量配分 (%) | |
|-----------------------------------|----------|----|-------------|------------------|-------------|-----|------|------|------|-----|--------|------------|--|
| | 平積 | 山積 | | | 前 進 | | | | | 後進 | 空車 | 積荷 | |
| | | | | | 1速 | 2速 | 3速 | 4速 | 5速 | | | | |
| Caterpillar No. 470 | 19.5 | 27 | 59,980 | 345 | 2.6 | 5.0 | 8.1 | 13.8 | 22.6 | 3.3 | 67; 33 | 52; 48 | |
| Le tour nea Westing house D | 7.3 | 9 | 22,830 | 143 | 2.9 | 5.4 | 10.5 | 18.3 | 26.1 | 2.8 | 69; 31 | 53; 42 | |
| " C | 12.2 | 18 | 43,860 | 226 | 3.3 | 6.4 | 12.2 | 21.3 | 33.5 | 4.2 | 66; 34 | 53; 47 | |

II. 工事經費

a. 工事經費의 內容

機械化 施工에 있어서 工事經費의 內容은 다음과 같이 分類할 수 있다.

1) 機械償却費

企業經理에서 投資한 原價인 機械는 使用하고 있는 동안에 損耗되어 終局에는 廢品이 된다. 여기에 對應하는 處置로서 原價를 徐徐히 償却

해 간다. 이 償却費를 求하려면 機械의 性能, 種類, 使用狀況 및 機械의 將來 進歩程度等의 여러 條件을 考慮해야 한다. 償却費는 工事に 使用한 作業時間當의 償却額으로 計算되는 것이나 便宜上 日當 또는 月當 償却費로 計算하여 使用한다. 一般으로 機械償却費는 工事經費의 約 30%를 占한다.

2) 運轉費

工事現場에서 機械를 運轉하는데 所要되는 經

費로서 機械運轉員, 運轉助手 및 機械付 人夫等의 勞賃 燃料 및 油脂費等이며 工事經費의 30~40%程度이다.

3) 機械修理費

機械의 修理는 現場에서 하는 小修理와 定期的 整備를 要하는 修理費 및 工場에서 하는 大修理 또는 全分解整備의 經費를 말하는 것이다. 一般으로 現場 修理費는 工事經費의 約 20% 程度이다.

4) 機械輸送 및 組立費

機械의 工事現場까지의 輸送費와 現場에서의 組立에 要하는 經費로서 一般으로 工事經費의 5~10% 程度이다. 그리고 여기에는 年間 一回 또는 二回있는 大修理時의 工場까지 往復輸送費를 加算해야 한다.

5) 管理費

機械管理를 위한 人件費, 事務用品費, 職員의 俸給 및 旅費, 金利 및 稅金 其他를 包含하며 年間 基準 管理率 C는 購入費에 對한 金利 10%와 運轉費 其他로서 購入費의 5%를 合算한 15% 程度이다.

6) 附帶經費

機械化 施工에 附帶하여 일어나는 工事經費로서 段取工事等과 같이 機械化 施工과 分離해서 生覺할 수 없는 經費를 말한다.

以上에서 말한 工事經費中 機械償却費와 修理費의 計算方法은 機械化 施工에 있어서 特有的 것이다. 一般으로 償却費와 修理費 및 管理費를 合하여 機械使用料라고 하며 이것을 미리 計算해 두고 運轉費와 輸送費 其他를 工事條件에 따라 設計에 別途로 計算해서 機械經費를 算出한다. 現在 農林部에서 使用하고 있는 使用料에는 事務費와 事業費로 區別하여 運轉費中의 勞賃까지 包含되고 있어서 設計時에는 燃料 및 油脂費와 輸送費만을 別途로 算出하도록 하고 있으나 後述하는 바와 같이 修理費率 f와 經濟的 耐用時間 X 등에 關한 統計가 樹立되면 前述의 現行 計算方法으로서는 統一을 期할 수 없게 된다.

b. 購入費, 修理費, 殘存價值 및 使用料 등의 關係

모든 機械는 購入해서 作業하는 동안에 不斷히 修理整備를 해야 한다. 그리고 이 修理費는 運轉時間이 經過함에 따라 漸次 增加하게 되

로 購入費와 修理費의 合算值의 運轉時間(延作業時間)에 對한 比는 어느 一定한 時間이 經過하면 最小值를 보이게 된다. 이때의 運轉時間을 經濟的 耐用時間이라고 하며 이에 對應하는 購入費와 修理費의 合算值을 機械使用料라 한다. 時間當 使用料는 經濟的 耐用時間內에서 平均 購入費와 修理費를 算定하기 위해서 作業時間當 어느 程度로 負擔시키느냐를 意味하는 것이다.

經濟的 耐用時間 X와 X까지의 修理費는 使用機械의 種類와 使用條件에 따라 다른 것으로서 實際로 使用해 보아서 비로서 把握되는 것이나 過去の 實績 또는 同種의 機械와 比較해서 有用한 推定值를 얻을 수 있다. 이 推定值에 依하여 算出된 使用料를 假想使用料라고 한다. 實際로 修理費와 作業時間과의 關係는 一律的인 것이 아니지만 便宜上 이것을 어떤 函數關係로 表示하여 假想修理費를 計算할 수도 있다. 어느 作業時間까지의 假想使用料의 累計에서 假想修理費의 累計를 빼면 그 作業時間까지의 購入費가 算出되며 이것은 使用料를 一定하다고 보았을 때 原價償却費의 累計를 表示한다. 그리고 購入費에서 이 값을 뺀 것이 그 作業時間以後의 殘存價值가 된다.

지금 經濟的 耐用時間以後의 殘存價值를 零이라고 할 때

購入費: P. 經濟的 耐用時間: X

經濟耐用時間에서의 修理費 累計: f · p

라고 하면

作業時間 x까지의 假想修理費 累計 R(x)는

$$R(x) = f \cdot \left(\frac{x}{X}\right)^{1+\frac{1}{f}} \cdot p \dots\dots\dots(1)$$

假想使用料 累計 L(x)는

$$L(x) = (1+f) \cdot \frac{x}{X} \cdot p \dots\dots\dots(2)$$

殘存價值 S(x)는

$$S(x) = \left[1 + f \left(\frac{x}{X}\right)^{1+\frac{1}{f}} - (1+f) \frac{x}{X}\right] \cdot P \dots\dots\dots(3)$$

作業時間當 假想使用料 l(x)는

$$l(x) = (1+f) \cdot \frac{p}{X} \dots\dots\dots(4)$$

가 된다. 이때 P/X의 값은 作業時間當 購入가 된다.

다음에 經濟的 耐用時間에서의 殘存價值(S(x))

=Ps)를 考慮할 境遇에는

$$L(x) = \left(1 + f - \frac{P_s}{P}\right) \cdot \left(\frac{x}{X}\right) \cdot P \dots\dots(5)$$

$$l(x) = \left(1 + f - \frac{P_s}{P}\right) \cdot \frac{P}{X} \dots\dots(6)$$

이 된다.

R(x), S(x) 등의 變化關係를 圖示하면 圖 1과 같다.

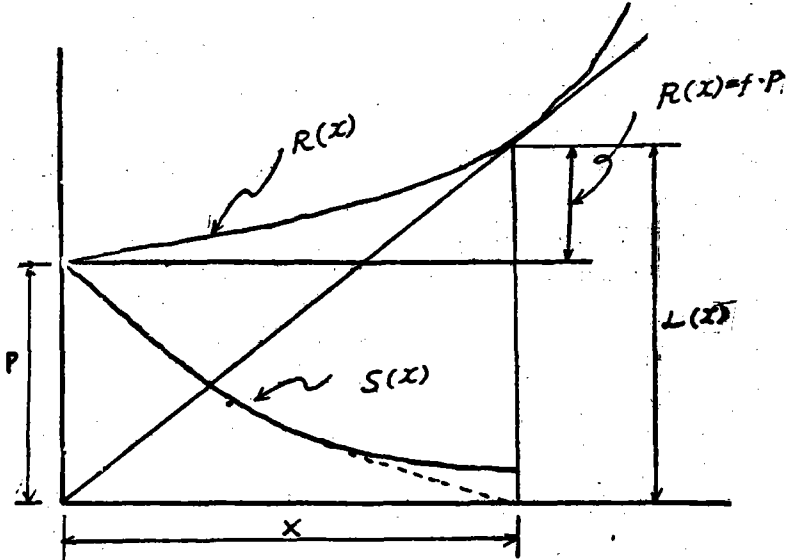


圖 1. 經濟的 耐用時間算定關係

c. 機械使用料의 算定公式

1) 機械가 新品으로서 標準價格으로 購入했을 때

年間 標準 使用料 L(Nx)는

$$L(Nx) = \left\{ \left(1 + f - \frac{P_x}{P}\right) \frac{N_x}{X} + C \right\} \cdot P \quad (7)$$

時間當 使用料 l(x)는

$$l(x) = \left\{ \left(1 + f - \frac{P_s}{P}\right) \cdot \frac{1}{X} + \frac{C}{N_x} \right\} \cdot P \dots\dots(8)$$

여기서,

Ps = 殘存價格

Nx = 年間 標準 運轉時間

C = 年間 基準 管理率(稅金, 利子, 格納費 等)

2) 中古 機械를 購入했을 때

$$L(Nx) = \left\{ \left(\frac{S(x_1)}{S(x_2)} + f - \frac{P_s}{P}\right) \frac{N_x}{X} + C \right\} \cdot P \dots\dots(9)$$

$$l(x) = \left\{ \left(\frac{S(x_1)}{S(x_2)} + f - \frac{P_s}{P}\right) \frac{1}{X} + \frac{C}{N_x} \right\} \cdot P \dots\dots(10)$$

式中 經濟的 耐用時間 X 및 X까지의 修理費累計의 購入費에 對한 比率 f는 實際 使用한 여러 機械에 對하여 平均整備費 一覽表等을 많이 作成하여 實驗的으로 算定할 수 있으나 我國에서는 아직 스크래퍼의 整備費表가 없으므로 先進國에서 使用中인 스크래퍼의 X 및 f의 值를 表 4에 提示한다.

表 4. X 및 f의 值

| 機械名 | 品質 形狀 | X | f | |
|-----------|-------|--------|-----------|-----|
| | | | 範 圍 | 平 均 |
| 被牽引式 스크래퍼 | 小 | 10,000 | 1.37~1.72 | 1.5 |
| | 中 | 12,000 | 1.6~1.92 | 1.8 |
| | 大 | 15,000 | 1.62~2.43 | 2.0 |
| 自走式 스크래퍼 | 小 | 10,000 | 1.46~1.92 | 1.7 |
| | 中 | 10,000 | 1.04~1.27 | 1.2 |
| | 大 | 12,000 | 1.75~2.15 | 2.0 |
| 트랙터 | 小 | 10,000 | 1.72~2.12 | 1.9 |
| | 中 | 10,000 | 1.75~2.13 | 1.9 |
| | 大 | 10,000 | 1.52~1.87 | 1.7 |

f는 作業條件 特히 工事現場의 土質 및 路盤 狀態에 따라 差異가 있으므로 作業條件에 따라 補正係數를 乘하여 使用해야 한다.

即. 輕土作業.....0.9
 水中 砂利 軟弱地盤에서의 作業 ...1.1~1.3
 岩盤 위에서의 作業.....1.3~1.4

d. 運轉經費

時間當 燃料, 油脂等の 消費量, 勞力步掛 및 其他 材料의 消費量을 求해서 그에 對한 單價를 乘하여 算出한다. 5表에서 表示하는 日本의 被乘引式 스크레퍼에 對한 實績步掛는 實際我國의 步掛와는 差異가 있으므로 步掛의 實績을 많이 蒐集하여 正確한 設計를 할 수 있도록 努力해야 하겠다.

建設機械의 運轉步掛는 施工條件에 따라 어떤 關係下에 變化 되므로 다음과 같이 修正하여 設計步掛로 할 수 있다.

作業條件을

- Q: 時間當 作業量 (M³/hr)
- H: 日平均作業時間 (hr)
- B: 日數 稼働率 (%)

의 3項目으로 생각하고 運轉步掛는

第一群: 燃料 油脂費

第二群: 人件費

의 二群으로 區別한다.

第一群은 作業量에 關係없이 作業時間에 比例한다. 即 同一 作業時間에 對한 그 消費量이 同一하다고 看做됨으로 消費量은 稼働時間에 比例한다고 생각할 수 있다. 따라서 全作業土量을 M 라고 하면

$$\text{作業時間} : \frac{M}{Q} \text{는 } \frac{M}{Q} \text{로 修正된다.}$$

또한 變化된 作業條件 即 設計值를 各各 Q', H', B' 라 하면 다음과 같이 된다. 人件費는 現在の 雇傭條件으로는 出勤만 하면 支拂해야 하므로 第二群은 機械의 稼働時間에 關係없이 全作業日數에 比例한다. 따라서

$$\text{全日數} : \frac{100 M}{Q \cdot H \cdot B} \text{는 } \frac{100 M}{Q' \cdot H' \cdot B'} \text{로 修正된다}$$

表 5. 被牽引式 스크레퍼 100M³當 運轉步掛

| 土質 | 運搬距離 (M) | 機種 | 揮發油 (l) | 經油 (l) | 모빌 (l) | 기야 오일 (l) | 구리스 (kg) | 너마 (kg) | 運轉品 (人) | 助手 (人) | 人夫 (人) | H | B | Q |
|--------|----------|------|---------|--------|--------|-----------|----------|---------|---------|--------|--------|------|----|------|
| 粘土濕合土砂 | 400 | D 7 | 0.5 | 52.9 | 2.8 | 1.2 | 0.19 | 0.19 | 2.8 | 1.2 | 1.2 | 8.7 | 43 | 30 |
| | 400 | HD14 | 0.26 | 57.7 | 4.76 | 1.2 | 0.30 | 0.21 | 2.8 | 1.2 | 1.2 | 8.3 | 40 | 29.5 |
| 砂利砂 | 300 | D 7 | 1.14 | 50.2 | 1.60 | 0.73 | 0.34 | 0.09 | 1.45 | 0.46 | 0.49 | 8.2 | 50 | 26.5 |
| | 300 | TD14 | 0.17 | 65.9 | 3.90 | . | 0.61 | 0.13 | 2.00 | 0.13 | 0.78 | 5.9 | 48 | 15.2 |
| 砂 | 500 | HD14 | 0.1 | 58.0 | 1.96 | 0.19 | 0.15 | 0.17 | 2.10 | 1.5 | 1.5 | 5.3 | 70 | 28.3 |
| | 700 | D 7 | 0.5 | 53.0 | 1.02 | 0.42 | 0.14 | 0.06 | 2.10 | 1.5 | 1.5 | 5.95 | 88 | 20.3 |

Ⅲ. 스크레퍼 土工의 力學

a. 作業時 車體가 받는 抵抗

運搬車輛의 抵抗은 轉動抵抗, 勾配抵抗, 慣性抵抗 그리고 空氣抵抗 및 曲線抵抗으로 區分할 수 있으나 土工重機械는 一般으로 低速度이므로 空氣 및 曲線抵抗은 無視할 수 있다.

1) 轉動抵抗

車輪 또는 車軸이 回轉할 때 생기는 배아링內의 摩擦, 路面의 不整凹凸, 路面의 壓縮 또는 移動 및 고무타이어 壁面의 變形應力으로 因한 抵抗으로서 主로 車輛 走行路面의 狀態에 따라 變하므로 스크레퍼는 運搬作業 途中 自力으로 路面의 地均作業을 兼하도록 할 것이며, 大規模工事に 있어서는 良好한 運搬路를 保持하기 爲하여 그레이다 및 로라等を 別途로 準備 해 두는

것이 經濟的이다.

지금 Rr를 轉動抵抗 이라고 하면

$$Rr = K \cdot P \dots \dots \dots (11)$$

Rr: 轉動抵抗 (kg)

P: 運搬車輛의 重量 (ton)

K: 轉動抵抗係數 (kg/t)

K의 値는 表 6에 表示되어 있다.

表 6. K의 値

| 走行路面 | 無限軌道式 | 고무다이어야식 | |
|---------------------|----------------|----------------|----------------|
| | | 高壓 | 低壓 |
| 均一한 콘크리트道 | 27.5 | 17.5 | 22.5 |
| 良好한 아스팔트道 | 30~35 | 20~32.5 | 25~30 |
| 良好한 마가담道塵埃가 많은 乾燥土道 | 30~40 40~55 | 20~35 50~70 | 25~35 35~50 |

| | | | |
|---------------------------|---------|---------|---------|
| 凹凸이 甚한 泥土道 細砂 또는 弛緩된 道 | 70~90 | 90~110 | 75~100 |
| 極히 濕한 泥土道 또는 凹凸이 甚한 土地 | 100~120 | 150~200 | 140~170 |

2) 勾配抵抗

運搬車輛이 傾斜面을 올라 갈 때는 減速되고 내려 갈 때는 增速된다. 即 傾斜面을 走行하는 車輛의 牽引力은 勾配에 比例한다. 스크레퍼가 圖2와 같은 斜面을 登坂할 때의 抵抗 Rp는 다음식으로 表示된다. 即

$$R_p = EP = P \sin \alpha = P \tan \alpha$$

Rp의 單位를 kg로 고치면

$$R_p = P \times 1,000 \tan \alpha \dots\dots\dots(12)$$

Rp: 勾配抵抗 (kg)

P: 運搬車輛의 重量 (t)

α: 道路의 傾斜角

그리고 勾配 P(%) = 100 tan α 이므로 (12)식은

$$R_p = P \times 10 \cdot P \dots\dots\dots(13)$$

이 된다. 또 急勾配 (普通 10%以上) 일 때는

$$R_p = P \times 1,000 \sin \alpha \dots\dots\dots(14)$$

로 計算한다.

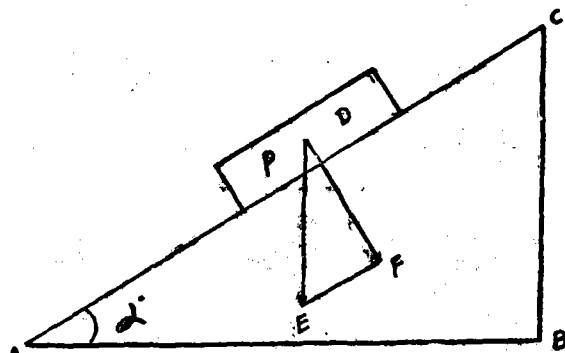


圖 2.

3) 慣性抵抗

車輛이 停止狀態로 부터 速度 V로 加速 된다고 생각할 때의 慣性抵抗 Ri는

$$R_i = \frac{P}{g} \times \frac{V}{t} \dots\dots\dots(15)$$

Ri: 慣性抵抗 (kg)

P: 運搬車輛의 重量 (kg)

v: 運搬車輛의 速度 (m/sec)

t: 運搬車輛의 速度가 V=0에서 V*/sec

까지의 經過時間 (sec)

g: 重力加速度 (9.8m/sec²)

(15)式에서 P의 單位를 kg으로 하고 g를 10m/sec로 보아서 誤差를 2%까지 許容 한다고 하면 다음과 같은 簡易式으로 表示된다.

$$R_i = 100 P \frac{v}{t} \dots\dots\dots(16)$$

그리고 (15)式의 V의 單位를 KM/hr P를 t로 表示하면

$$R_i = \frac{1,000P}{9.8} \times \frac{1,000}{3,600} \times \frac{v}{t} = 28.3P \frac{v}{t} \dots\dots\dots(17)$$

다음에 車輛이 速度 V1부터 V2로 變하는 變速을 생각하면

$$R_i = 28.3P \frac{V_2 - V_1}{t} \dots\dots\dots(18)$$

b. 驅動輪에 作用하는 힘

驅動輪에 作用하는 힘은 엔진으로부터 타이어 또는 트럭의 地表面과의 接觸點에 傳達될 수 있는 힘 即 牽引力을 말하며 다음 式으로 表示된다.

$$\text{牽引力} = \frac{(\text{엔진의回轉力}) \times (\text{最終기어比率}) \times (\text{效率})}{(\text{驅動輪의半徑})}$$

이것을 整理하면

$$E_i = \frac{270 \times N_j}{V} \text{ 또는}$$

$$\frac{270 \times N_o \times (\text{傳動效率}) \times (\text{使用效率})}{V} \dots\dots\dots(19)$$

Ei: 驅動輪에 作用하는 힘 (kg)

No: 原動機 馬力數 (Hp)

Nj: 驅動軸馬力 (Hp)

V: 運搬車輛의 速度 (KM/hr)

Nj = No × (傳動效率) (使用效率)

傳動效率: 0.85

使用效率: 0.85~0.90

c. 運搬車輛의 粘着力

車輛의 動輪과 路面間的 粘着力이 不足하면 엔진의 全 에너지(energy)를 使用할 수 없게 되어 路面上에서 車輪은 空轉하게 된다. 車輪이 路面上에서 空轉하지 않는 條件은 다음 式으로 表示된다.

$$E_j < P_n \times f \dots\dots\dots(20)$$

Ej: 驅動輪에 作用하는 힘 (kg)

P_n : 車輪에 加해지는 重量 (t)

f : 粘着係數

一般으로 使用되는 粘着係數 f 的 值을 7 表에 提示한다.

表 7. f 的 值

| 路面 狀態 | 고무다이어 | 無限軌道 |
|--------------|-----------|---------|
| 表面이 粗雜한 瀝크리트 | 800~1,000 | 450 |
| 粘土 或은 乾燥泥灰土 | 500~700 | 900 |
| 粘土 或은 濕泥灰土 | 400~500 | 700 |
| 濕한 모래와 砂利 | 300~400 | 350 |
| 弛緩되고 乾燥한 모래 | 200~300 | 300 |
| 緻密한 雪 | 200 | 150~350 |

d. 運搬車輛의 接地壓

車輛의 重量을 車輪의 接地面積으로 除하여 얻은 接地壓은 機械가 어느 程度의 軟弱한 地盤까지 沈下하지 않고 作業이 可能한가를 表示하는 것이다. 車輛이 沈下하지 않고 作業할 수 있는 條件은 車輛의 接地壓 基礎地盤의 許容支持力이다. 스크레퍼의 接地壓은 2.5~7.0 kg/cm² 이고 트랙타의 接地壓은 0.4~0.6 kg/cm 程度이며 基礎地盤의 許容支持力은 表 8에 提示한다.

表 8. 基礎地盤의 支持力

| 土 質 | 許容支持力(kg/cm ²) |
|-----------|----------------------------|
| 특센드 狀態의 砂 | 0.5 |
| 濕한 모래 | 2.0 |
| 乾燥한 모래 | 2.0~3.0 |
| 濕한 粘土 | 1.0~2.0 |
| 乾燥한 粘土 | 2.0~4.0 |

II. 스크레퍼의 作業量

스크레퍼의 作業量을 求하는 基本公式은

$$Q = \frac{q \times f \times f \times E \times 60}{cm} \dots \dots \dots (21)$$

Q : 時間當 作業量 (M³/hr)

q : 土運箱의 容量 (M³)

f : 土量換算係數

f : 積載係數

E : 作業效率

C_m : 循環時間 (m n)

a. 土運箱의 積載量

土運箱의 積載量 q는 積載하는 材料에 따라 다르므로 土運箱의 滿載容量에 積載係數 f'를 乘하여 求한다. 스크레퍼의 有效積載量의 決定은 作業量 計算의 基本이 되므로 所定의 條件下에서 實際의 平均容量을 正確히 設定 하도록 해야 한다. 積載係數 f'의 값은 表 9와 같다.

表 9. f' 的 值

| 材料의 種類 | 도 레 | 普通土 | 粘 土 |
|--------|------|------|------|
| 係 數 | 0.90 | 0.80 | 0.70 |

b. 土量換算係數

흙의 容量變化에 對한 係數는 表 10에서 該當 係數를 選定하여 作業量 計算에 使用한다.

表 10. f 的 값

| 土質 | 原土의 狀態 | 換算係數 | | |
|-----|----------|------|-------|------|
| | | 굴착前 | 굴착 된것 | 다진것 |
| 도 레 | 굴착前 (A) | 1.00 | 1.11 | 0.95 |
| | 굴착된것 (B) | 0.90 | 1.00 | 0.86 |
| | 달린것 (C) | 1.05 | 1.17 | 1.00 |
| 普通土 | // (A) | 1.00 | 1.25 | 0.90 |
| | // (B) | 0.80 | 1.00 | 0.72 |
| | // (C) | 1.11 | 1.39 | 1.00 |
| 粘 土 | // (A) | 1.00 | 1.43 | 0.90 |
| | // (B) | 0.70 | 1.00 | 0.63 |
| | // (C) | 1.11 | 1.59 | 1.00 |

c. 스크레퍼의 作業效率

이 係數는 類似한 工事의 實績과 比較 決定하든지 試驗運轉을 하여 決定하도록 해야 하며 一般으로 다음 數值를 標準으로 한다.

- 作業이 順調롭게 進行될 때.....0.9
- 作業이 普通으로 進行될 때.....0.83
- 作業이 困難할 때.....0.75

d. 循環時間

材料를 積載하고 運行하여 一定한 場所에 荷下한後 積載場所로 돌아 오는 運搬機械의 作業行程을 말하며 다음式으로 計算한다.

$$C_m = \frac{D}{V_d} + \frac{H}{V_h} + \frac{S}{V_s} + \frac{R}{V_r} + G \dots (22)$$

C_m = 循環時間 (min)

D : 積荷距離 (m)

H : 運搬距離 (m)

S : 荷下距離 (m)

R : 歸還距離 (m)

Vd : 積荷速度 (m/min)

Vh : 運搬速度 (m/min)

Vs : 荷下速度 (m/min)

Vr : 歸還速度 (m/min)

G : 기야變速 및 方向轉換時間 (min)

循環時間을 計算함에는 固定時間과 可變時間으로 區分하여 算定한다. (22)式의 G는 固定時間이고 $\frac{H}{Vh}$, $\frac{D}{Vd}$, $\frac{S}{Vs}$ 및 $\frac{R}{Vr}$ 는 可變時間이나 一般으로 $\frac{D}{Vd}$ 와 $\frac{S}{Vs}$ 는 運搬距離에 無關係하므로 $\frac{D}{Vd}$, $\frac{S}{Vs}$ 및 G를 固定時間으로 보아 被牽引式 스크레퍼의 固定時間은 2~3分, 그리고 自走式 스크레퍼의 固定時間은 2.5~3分으로 計算한다.

可變時間을 計算할 때의 速度는 車輛의 抵抗과 牽引力을 比較하여 適合한 速度를 算出해야 한다.

應用計算例

D, 트랙타가 牽引하는 Le tou nea Westing house 製 DT 型 스크레퍼의 土工單價를 計算하라.

1. 使用料

新品機械使用 殘存價格을 原價의 10%로 봄.

a. 트랙타의 使用料

導入價格을 15,495 \$로 推定하면

(i) 原價 : $15,495 \times 650 = 10,071,750$ HW (換率을 650:1)

(ii) 輸入稅 : $(i) \times 0.10 = 1,007,175$ HW

(iii) 物品稅 : $\{(i) \times (ii)\} \times 1.1 \times 0.05 = 553,946.25$ HW

(iv) 外資手數料 : $(i) \times 0.12 = 1,208,610$ HW

(v) 用品割掛費 : $\{(i) \times (ii) \times (iii) \times (iv)\} \times 0.1 = 1,284,148.12$ HW

따라서 時價는

$$(i) + (ii) + (iii) + (iv) + (v) = 14,125,629.37 \text{ HW}$$

時間當 使用料

$$l(x) = \left\{ \left(Hf - \frac{Ps}{P} \right) \frac{1}{X} + \frac{C}{Nx} \right\} P$$

$$= \left\{ (1 + 1.7 - 0.1) \frac{1}{1,000} + \frac{0.15}{1,500} \right\}$$

$$14,125,629.37 = 5,085.22 \text{ HW}$$

b. 스크레퍼의 使用料

導入價格을 7,680 \$로 보면

(i) 原價 : $7,680 \times 650 = 4,991,000$ HW

(ii) 輸入稅 : $4,991,000 \times 0.1 = 499,100$ HW

(iii) 物品稅 : $(4,991,000 + 499,100) \times 1.1 \times 0.05 = 301,955$ HW

(iv) 外資手數料 : $4,991,000 \times 0.12 = 598,920$ HW

(v) 用品割掛費 : $6,390,975 \times 0.1 = 639,097.50$ HW

따라서 時價는

$$4,991,000 + 499,100 + 301,955 + 598,920 + 639,097.50 = 7,030,072.50$$

時間當 使用料

$$l(x) = (1 + 1.35 - 0.1) \frac{1}{10,000} + \frac{0.15}{1,500}$$

$$\times 7,030,072.50 = 2,284.77 \text{ HW}$$

時間當 總使用料

$$5,085.22 + 2,284.77 = 7,369.99 \text{ HW}$$

$$\frac{Ps}{P} = 0.1 \quad C = 0.15 \quad X = 10,000$$

f : 트랙타 1.7, 스크레퍼 1.35, f의 補整係數 0.9

II. 運轉費

a. Cm 計算

運搬土質, 普通土(굴착前 單位重量 1.8 t/M³)
運搬路盤 凹凸이 甚한 土砂道이며 勾配 및 距離는 圖 3과 같음.

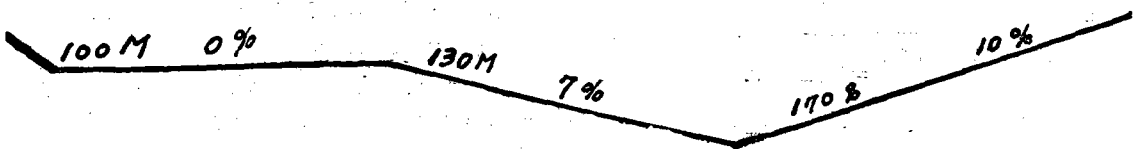


圖 3 運搬路 從斷圖

轉動抵抗係數 : 트렉타 80 kg/t
 스크레퍼 : 100 kg/f
 原動機馬力 : 112 rp
 트렉타의 重量 : 26,655 lb × 0.4536 = 12.1t
 스크레퍼의 重量 : 15,750 lb × 0.4536 = 7.1t
 스크레퍼의 荷重 : q × f × f × 1.8 = 8.8 × 0.8
 × 0.9 × 1.8 = 11.4 ton

1) 트렉타의 牽引力

$$E_j = \frac{270 \times N_o \times \text{效率}}{V} \quad \text{效率} = 0.75 \text{로 봄}$$

一段기야때 $\frac{270 \times 112 \times 0.75}{1.5 \times 1,609} = \frac{22,680}{2.4}$

= 9,450 kg

二段기야때 $\frac{270 \times 112 \times 0.75}{2.2 \times 1,609} = \frac{22,680}{3.54}$

= 6,425 kg

三段기야때 $\frac{270 \times 112 \times 0.75}{3.2 \times 1,609} = \frac{22,680}{5.15}$

= 4,420 kg

四段기야때 $\frac{270 \times 112 \times 0.75}{4.6 \times 1,609} = \frac{22,680}{7.4}$

= 3,070 kg

五段기야때 $\frac{270 \times 112 \times 0.75}{5.9 \times 1,609} = \frac{22,680}{9.5}$

= 2,390 kg

固定時間 : 2.5分(積荷 : 1.0分, 散土 : 0.5分,
 方向轉向 : 0.5分 및 기야變速 0.5分)

可變時間:

滿載荷重時

(i) 距離 100 M 勾配 0%인 區間

트렉타의 全抵抗 = 1,089 kg

轉動抵抗 = P. K = 12.1 × 80 = 968 kg

勾配抵抗 = 0

慣性抵抗 = 10.9 = 12.1 × 10 = 121 kg

스크레퍼의 全抵抗 = 2,035

轉動抵抗 = (7.1 + 11.4) × 100 = 1,850 kg

勾配抵抗 = 0

慣性抵抗 = 18.5 × 10 = 185 kg

總抵抗 = 1,089 + 2,035 = 3,124 kg

三段과 四段기야間의 速度로 作業할 수 있다.

即 $\frac{270 \times 112 \times 0.75}{V} = 3,124 \therefore V = 7.2 \text{ m/hr}$

따라서 所要時間 = $\frac{100}{7.2 \times 16.7} = 0.84 \text{分}$

(ii) 距離 130 M 勾配 7%의 下向인 區間

트렉타의 全抵抗 = 242 kg

轉動抵抗 = 963 kg

勾配抵抗 = 12.1 × 70 = -347 kg

慣性抵抗 = 121 kg

스크레퍼의 全抵抗 = 740 kg

轉動抵抗 = 1,850 kg

勾配抵抗 = 18.5 × 70 = -1,295 kg

慣性抵抗 = 185 kg

總抵抗 = 242 + 740 = 982 kg

五段기야 作業速度 보다 크게할 수 있으나 踏盤狀態 運轉技術 등을 고려하여 V = 9.5 KM/hr 로 본다.

所要時間 = $\frac{130}{9.5 \times 16.7} = 0.82 \text{ Min}$

(iii) 距離 170 M 上向勾配 10% 區間

트렉타의 全抵抗 = 2,057 kg

轉動抵抗 = 968 kg

勾配抵抗 = 12.1 × 100 = 1,210 kg

慣性抵抗 = -121 kg (減速)

스크레퍼의 全抵抗 = 3,515 kg

轉動抵抗 = 1,850 kg

勾配抵抗 = 18.5 × 100 = 1,850 kg

慣性抵抗 = -185 kg

總抵抗 = 2,057 + 3,515 = 5,572 kg

2段과 3段의 中間速度

即 $\frac{270 \times 112 \times 0.75}{V} = 5,572 \therefore V = 4.0 \text{ kg/hr}$

所要時間 = $\frac{170}{4.0 \times 16.7} = 2.54 \text{分}$

空車歸還時

(iv) 距離 170 M 下向勾配 10% 區間

트렉타 全抵抗 = -121 kg

轉動抵抗 = 968 kg

勾配抵抗 = -12.1 × 100 = -1,210 kg

慣性抵抗 = 121 kg

스크레퍼 全抵抗 = 71 kg

轉動抵抗 = 7.1 × 100 = 710 kg

勾配抵抗 = 7.1 × 100 = 710 kg

慣性抵抗 = 7.1 × 10 = 71 kg

總抵抗 71 - 121 = -50 kg

엔진을 停止시켜도 走行할 수 있다. 運轉技術을 고려하여 V = 9.5 KM/hr 로 보면

所要時間 = $\frac{170}{9.5 \times 16.7} = 1.07 \text{分}$

(V) 距離 130 M 上向勾配 7% 區間

| | |
|------------------|--------------|
| 트렉타全抵抗 | 1,694 kg |
| 轉動抵抗 | 964 kg |
| 勾配抵抗=12.1×70= | 847 kg |
| 慣性抵抗= | -121 kg (減速) |
| 스크레퍼 全抵抗 | 1,136 kg |
| 轉動抵抗 | 710 kg |
| 勾配抵抗=7.1×70= | 497 kg |
| 慣性抵抗= | -71 kg |
| 總抵抗=1,694+1,136= | 2,830 kg |

四段과 五段기야의 中間 速度作業

即 $\frac{270 \times 112 \times 0.75}{V} \therefore V = 8.0 \text{ KM/hr}$

所要時間 = $\frac{130}{8.0 \times 16.7} = 0.97 \text{ 分}$

(vi) 距離 100 M 勾配 0%인 區間

| | |
|----------------|----------|
| 트렉타 全抵抗 | 1,089 kg |
| 轉動抵抗 | 968 kg |
| 勾配抵抗 | 0 |
| 慣性抵抗 | 121 kg |
| 스크레퍼 全抵抗 | 781 kg |
| 轉動抵抗 | 710 kg |
| 勾配抵抗 | 0 |
| 慣性抵抗 | 71 kg |
| 總抵抗 1,089+781= | 1,870 kg |

五段기야 作業 V=9.5 KM/hr 로 보면

所要時間 = $\frac{100}{9.5 \times 16.7} = 0.63 \text{ 分}$

可變時間 = (i) + (ii) + (iii) + (iv) + (v) + (vi)
 = 0.83 + 0.82 + 2.54 + 1.07 + 0.97
 + 0.63 = 6.86 分

$C_m = 6.86 + 2.5 = 9.36 \text{ 分}$

여기서 最大勾配인 距離 170 M, 勾配 10% 區
 間의 滿載荷重에 對한 粘着力을 計算해 보면

$P_m = 12.1, f = 700, E_j = 5,572 \text{ kg}$

$5,572 < 12.1 \times 700 = 8,470$

$E_j < P_m \cdot f$ 이므로 스크레퍼는 空轉하지 않

고 作業可能함.

b. 時間當 作業量 計算

$$Q = \frac{60 \times q \times f \times f \times E}{C_m}$$

$$= \frac{8.8 \times 0.9 \times 0.9 \times 0.9 \times 60}{9.36} = 41.1 \text{ M}^3/\text{hr}$$

$q = 11.5 \text{ YD}^3 \times 0.7646 = 8.8 \text{ M}^3$

$f = 0.9, f' = 0.9, E = 0.9, C_m = 9.36$

c. 運轉步掛

日當作業時間 H=6時間

稼働率 B=60%

時間當作業量 $Q = 41.1 \text{ M}^3/\text{hr}$ 로 봄

燃料系統修整値 = $\frac{30}{41.1} = 0.73$

人件費修整値 = $\frac{8.7 \times 43 \times 30}{6 \times 60 \times 41.1} = 0.76$

運轉費內譯

揮發油: $0.51 \times 0.73 \times 0.264 \times 330 = 0.09 \text{ G/A} \times 330 \text{ HW/GA} = 29.70 \text{ HW}$

輕油: $52.9 \times 0.19272 \times 184 = 10.19 \times 184 = 1,874.96 \text{ HW}$

도 밭: $2.8' \times 0.19272 \times 680 = 0.54 \times 680 = 367.20 \text{ HW}$

기야油: $1.2' \times 0.19272 \times 680 = 0.23 \times 680 = 156.40 \text{ HW}$

구리스: $0.19 \text{ kg} \times 0.73 \times 344 = 0.13 \text{ kg} \times 344 = 44.72 \text{ HW}$

너 마: $0.19 \text{ kg} \times 0.73 \times 150 = 0.13 \times 150 = 19.50 \text{ HW}$

運轉員: $2.8 \text{ 人} \times 0.76 \times 1,300 = 2.12 \times 1,300 = 2,756 \text{ HW}$

助手: $1.2 \text{ 人} \times 0.76 \times 970 = 0.91 \times 970 = 882.70 \text{ HW}$

人夫: $1.2 \text{ 人} \times 0.76 \times 650 = 0.91 \times 650 = 591.50 \text{ HW}$

計 $6,722.68 \text{ HW}$

따라서 M^3 當 運轉費는 67.22 HW

M^3 當 使用料 = $\frac{7,369.99}{41.1} = 179.31 \text{ HW}$

M^3 當 輸送費를 25환으로 假定하면

土工單價 = 使用料 + 運轉費 + 輸送費

= $179.31 + 67.22 + 25 = 271.53 \text{ HW}$ 인

參考文獻

土工重機械 : 林大詰著
 建設機械施工法 : 齊藤義治著
 建設機械施工法便覽: 伊丹康夫著
 建設機械 : 建設機械教育研究會
 Bulldozer 土工의 設計 및 施工法: 伊丹著