

# 建設分野에서의 合成纖維의 利用

〈漢陽工大教授〉  
秦 柄 益 ※

## 1. 序 言

近來에 와서 合成化學工業의 발달은 産業資材 部門에 있어서 驚異的인 革命을 가져왔다. 이 가운데 plastic材料와 그의 應用에 관해서는 벌써 體系化되어 널리 利用되고 있는데 比해서 原料面에서는 전혀 유사한 關係에 있는 合成纖維 특히 合成纖維織布는 衣料用의 觀念에 밀려 産業用으로의 利用이 뒤떨어져 있다. 그러나 이것도 品質의 改善이 進진됨에 따라 앞으로 合成纖維도 利用可能性이 增大될 전망에 있다. 따라서 本文에서는 合成纖維의 建設分野에 있어서의 利用과 앞으로의 活用法등을 考察하고자 한다.

## 2. 産業資材로서의 合成纖維

纖維製品의 原料가 되는 纖維는 天然纖維와 人造纖維로 나뉘었는데, 天然纖維는 綿, 麻, 絹 半毛등과 같이 衣料用으로 오래전부터 쓰여져왔고, 産業用資材로서도 麻등은 Rope등으로 쓰여져 왔다.

人造纖維에는 두가지가 있는데, 그 하나는 天然의인 糸狀分子를 분리하여 再配列한 再生纖維 (말하자면 레이온등)와 또 하나는 化學的으로 糸狀高分子를 合成하여 이것을 纖維로해서 組立한 合成纖維가 있다.

天然纖維나 再生纖維의 利用分野는 衣料用을 중심으로써 多方面에 걸쳐 현재도 널리 쓰여

※ 土木技術士(土質 및 基礎) 工學博士

지고 있으나, 이것은 天然의인 纖維素를 原料로 하는 以上 製造技術이 보다 발달된다 하더라도 그 性能에는 限界가 있어 이것에 대신해서 出現한 것이 合成纖維로서 그의 발달이 된 것이 Nylon이다. Nylon은 현재 實用化된 合成纖維中 대표적인 것이고 여기에 계속해서 Vinylon이 개발되었고, 그 후 poly-akril系의 合成纖維가 출현하여 Exran, Pommel, cashimiron 등이 개발되었다. 현재에는 上記以外的 것도 포함해서 合成纖維 全盛時代를 맞이하고 있으나, 공통적으로 合成纖維는 天然이나 再生의 諸纖維에 比해서 強度가 2~5倍라는 것이 産業用資材로서 가장 두드러진 특징이라 하겠다.

더욱 合成纖維는 耐久性, 耐腐蝕性 및 耐藥品性 등이 우수해서 産業用資材로서 의 適用性이 보다 확장되리라 期待하는 바이다.

## 3. 合纖維布에 의한 軟弱地盤處理

臨海工業團地造成을 위하여 埋立地나 干拓地 등의 軟弱地盤을 처리하게 될 때, 軟弱土層上에 직접 良質의 土砂를 깔면 그 下部의 地盤은 流動現象을 이르게 隆起가 일어나는 경우가 많다.

이와같은 경우 合纖維布를 軟弱地盤表層에 깔고 地盤을 安定시키는 工法이 活用되고 있다.

여기에 쓰이는 合纖維布는 주로 強力Vinylon sheet가 많이 利用되는데, 軟弱土上에 平面的으로 布設한 Vinylon sheet의 高度의 引張力을 이용해서 荷重을 버티게 하여 載荷를 容易하게 하는 것이다.

이와같은 사실에 대하여 그 原理와 安定效果에 관해서 적어 보면 다음과 같다.

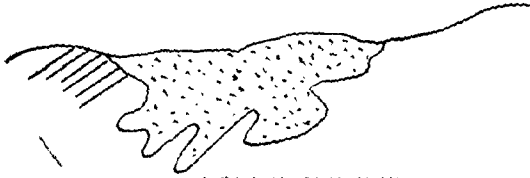


그림-1 良質土의 陷沒狀態

### 3-1. 原 理

軟弱地盤上에 盛土를 직접하면 盛土材料는 軟弱土보다 單位體積重量이 크기 때문에 支持力이 부족되어 盛土材料인 良質土는 軟弱土層속으로 陷沒하게 된다.

이때 盛土量은 그의 必要 무게를 훨씬 상회하는 깊이까지 埋入을 계속해서 흐트러진 軟弱土層內에 그림-1과 같이 不均一한 地盤을 形成하게 된다.

이 때 引張強度가 높은 sheet를 軟弱粘土上에 布設해 놓으면 上記와 같은 軟弱土層內의 變化를 다음의 原理에 의하여 低減 및 解消시킬 수가 있게 된다.

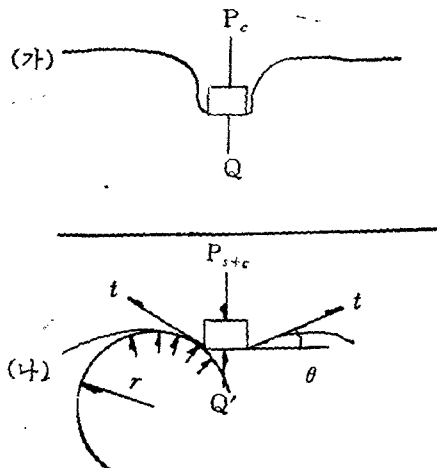


그림-2 sheet의 載荷機構

그림-2(가)에 보여주는 바와 같이 直接荷重  $P_c$ 가 載荷했을 때 限界支持力  $Q$ 는 (1)식과 같이 될 것이다.

$$P_c = Q = \alpha_c N_c b \dots\dots\dots(1)$$

여기서,  $\alpha$ : 斷面形狀係數

$c$ : 粘着力

$N_c$ : 支持力係數

$b$ : 載荷幅

$Q$ 는 대단히 작기 때문에 破壞를 일으키지 않기 위한 載荷重  $P_c$ 의 限界도 작다. 이것에 대해서 軟弱粘土上에 Sheet를 布設하면 地盤의 沈下에 따라 sheet는 그림-2(나)와 같이 變形하여 荷重  $P_{s+c}$ 에 의해서 上向의 引張力  $t$ 가 발생한다. 즉,

$$P_{s+c} = Q' + 2t \cdot \sin\theta \dots\dots\dots(2)$$

한편, sheet의 引張力은 側方浮上에 대한 押盛土의 역할을 다하기 때문에, 그림과 같이 근사적으로 半徑  $r$ 의 圓을 생각하면  $t = q \cdot r$ 에 의해서 軟弱土側邊의 押上力  $q$ 는 다음과 같이 된다.

$$q = \frac{t}{r} \dots\dots\dots(3)$$

$$\begin{aligned} \text{따라서, } Q' &= (\alpha_c N_c + r \cdot D_f \cdot N_q) b \\ &= (\alpha_c N_c + \frac{t}{r} N_q) b \dots\dots\dots(4) \end{aligned}$$

(4)식을 (2)식에 代入하여

$$P_{s+c} = \alpha_c N_c b + 2t \cdot \sin\theta + \frac{t}{r} N_q \cdot b \dots\dots(5)$$

를 얻는다. 여기서 (5)식을 (1)식과 비교하면, 第2項의 荷重輕減效果和 第3項의 抑壓效果에 의해서 sheet上에는 상당히 큰 荷重을 질수가 있다는 것을 알 수 있다.

### 3-2. 盛土構造體의 安定效果

다음, 良質의 土砂를 깔고 軟弱地盤上에 盛土構造物이 形成된 時點에 있어서의 sheet介在에 따른 盛土構造體의 安定效果를 생각해 본다.

먼저, 平面的인 敷地造成的의 경우, 均等한 撤布를 완료한 상태에서는 그다지 sheet에는 큰 힘이 걸리지 않으므로 문제는 없다. 그러나 載荷幅이 限定되는 構造物의 경우에는 載荷가 끝난 후에도 sheet에는 引張力이 계속 作用해서 그의 安定性을 높이는 效果를 持續하게 된다.

일반적으로 載荷重의 支持條件으로서의 盛土直接載荷의 경우[그림-3(가)]와 sheet를 사용한 경우 [그림-3(나)]를 생각할 수 있는데, (가)의 경우에는 引張強度를 갖지 않는 盛土材料는 地盤의 側方流動에 따라 떨어져 沈下를 일으키고, 荷重強度가 어느 限界를 넘으면 陷沒되면서 沈

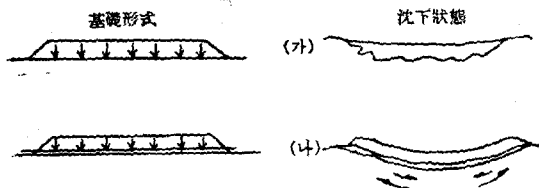


그림-3 基礎形式과 沈下의 樣相

下가 진행하게 된다.

이에 대해서 그림-3의 (나)의 경우에는 盛土材料과 sheet와의 摩擦力에 의해서 盛土의 擴散沈下는 阻止되며 地盤과 sheet面의 摩擦力은 地盤의 塑性流動자체를 量的으로 低減시키는 效果를 발휘하게 된다.

### 3-3. 利用例

合成纖維를 基礎工事に 利用하고 있는 方法은 최근 盛行되고 있는데, 그 一例로서 그림-4와 같이 caisson 등의 mat로서 使用되는 경우가 있다. 이와같은 경우의 效果는 caisson의 安定性 增大를 도모하기 위해서 捨石과 모래와의 境界를 차단하므로써 모래의 吸出을 막아 沈下를 防止할 수가 있기 때문이다.

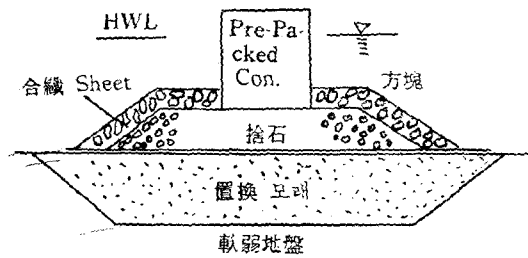


그림-4 mat로서 사용된 合纖 Sheet

또한 軟弱地盤을 改良하기 위해서 基礎掘鑿을 하게되는 경우 一部の 軟弱土層이 殘存해 있을 때 合纖 sheet를 깔아 그 위에 良質의 흙을 積載해서 沈下를 防止하는 경우등에도 有效하게 쓰여지고 있다.

또한 Dam의 水門下流側에 洗掘防止를 위해 nylon纖維를 깔아 sand mat와 捨石과의 境界에

挿入해서 모래의 流失이나 捨石의 陷沒을 防止하는데 쓰여지고도 있다. 이러한 例로서 Netherland의 Grevelingen Dam에서는 海底砂地盤上에 nylon纖維를 깔고, 그 위에 Caisson 基礎材를 놓아 Caisson周邊의 地盤의 安定化를 期하였다. 이 때의 作業은 台船을 使用해서 sheet를 海底에 整設하였는데, sheet에는 규칙적인 間격으로 pocket을 달아 海底와 密着되게 모래를 넣어 갈아 앉혔다.

그리고 日本의 赤羽根港에서는 波浪에 의해서 海底浮遊砂의 移動을 防止할 목적으로 突堤周邊의 海中砂盤上에 Vinylon製 漁網을 깔아 周邊部를 테트라포트에 의해서 늘린 實例도 있다.

## 4. 建設分野에서의 일반적인 合纖의 利用例

建設分野에서 現今 가장 많이 利用되고 있는 代表的인 合成纖維는 Vinylon으로 알려져 있는데 그 利用例를 보면 多種多樣하다. 前章에서는 軟弱地盤處理에서의 例를 들었지만 本章에서는 그 외의 것을 추려 살펴 보겠다.

表-1. Vinylon纖維의 建設分野에서의 利用例

用 途	利 用 例
1 建築材	大型tent類, Dome類, Rope, sheet類
2 內裝材	lining基布, tile基布, 斷熱吸音基布類
3 運搬用材	conveyer belt container類
4 防護材	Roofing, 防止材, 防風柵, 養生sheet
5 filter用材	洗掘, 漂砂, 暗渠排水材, 噴砂防止材
6 止水材	漏水防止材, 浸透水防止材
7 地盤處理材	表層處理材, 構造物基礎
8 斜面安定材	斜面安定材, sand bag
9 築堤用材	soil bag, frame工用材

表-1은 合成纖維中 代表的으로 쓰여지고 있는 Vinylon纖維가 建設分野에서 쓰여지는 例를 들은 것이다.

### 4-1. Filter用材로서의 利用

河川의 護岸, 用水路 등에서 뒤채움用的 흙이 吸出되는 것을 防止하기 위해서 또는 堤防斜面

끝에 있어서 漏砂를 防止하기 위해서 그리고 浚渫埋立時의 흙의 流失을 防止하기 위해서 合纖을 bag으로 만들어 그 속에 土砂를 넣어 filter 用材로 利用하고 있다.

그런데 최근에는 Cement工場등에 있어서 集塵裝置나 Cement slurry로 부터의 水分分離, 下水處理場의 硫化水素發生防止나 食品工業, 窯業등에 있어서 濾過布로 合成纖維가 쓰여지기 시작하였다.

이들이 土質用 filter材로 쓰여질때의 經濟的 利點은 매우 크며, 그 効果도 뛰어나 土粒子의 10%徑( $D_{10}$ )의 2~3倍의 布目の 것을 쓰면 충분한 效果를 발휘한다고 한다.

#### 4-2. 湧水, 漏水防止材로서의 利用

合成纖維 자체가 布目이 가늘어지면 止水效果가 있지만, 여기에 樹脂塗裝을 하게되면 強度가 높은 止水性膜이 형성되어 鹽化 Vinyl sheet 등과 같이 利用될 수 있다. 이와같은 目的으로 쓰여지는 Case로서는 基礎工事に 있어서의 止水, 堤體內의 浸潤防止, 貯水池底面의 全面止水 및 tunnel 등 土木工事中의 止水用材料로 쓰여질 전망이 점점 밝아지고 있다.

또한 合纖織布는 半透膜의 基布로서도 軟弱粘土의 空隙水의 脫水工法에 적용개발되고 있는 실정이다.

#### 4-3. 大型 Soil bag, Frame工用材로서의 利用

Earth dam, 假締切用 및 防潮堤工事中에 合纖製의 大型 soil bag(2m<sup>3</sup>들이 정도의 것)이 使用되는 例가 있다.

이와같은 大重量의 것은 運搬作業과도 관련해서 強度가 耐衝擊性에도 문제가 있지만, 實例에 의하면 높이 5m정도로 부터의 落下에 의해서도 破斷하지 않았다고 보고 되어 있다. 이와같은 예는 그 크기를 大型의 것과 小型의 것을 알맞게 併行해서 使用하면 좋을 것으로 생각된다.

또한 frame工에서는 締切時에 鐵製의 frame을 먼저 설치하고, 여기에 soil bag을 投入하는 施工方法으로 이것은 종종 쓰여지고 있으나, 경제적인 문제가 따른다.

#### 4-4. 其他에서의 利用

合纖sheet를 建物 자체의 資材로 使用하기 위한 試圖로서 새로운 텐트構造는 2次曲面으로 구성되며, 어느 部分에도 均等한 張力이 加해지도록 되어 있다.

또한 Air dome은 內外의 空氣壓差에 의해서 그 형태를 保持시킨다는 것으로, 耐候性이 있는 高張力合成纖維에 있어서는 앞으로 기대해볼만한 것이다.

그리고 合成纖維製의 호스는 이미 여러면으로 쓰여지고 있지만, 이것은 粗密度 tube狀 基布의 內外面을 合成gum 또는 PVC로서 被覆한 것으로 高強力織布를 使用해서 壓力의 損失을 막고 있는 것이다.

이와같은 材料를 탱크모양으로 加工해서 粉體나 液體의 輸送을 위해서 Container로서 쓰여지는 例도 있다. 그리고 이와 類似한 利用法으로는 排水路構造物에도 볼 수 있다.

### 5. 結 言

建設分野에서 利用되는 合成纖維의 品質의 向上과 더불어 今後 建設分野中 특히 土質 및 基礎分野에서의 새로운 利用法이 開發되리라 생각된다. 그런데, 纖維織布의 利用法을 研究開發하는데 있어 중요한 것은 材料自體가 flexible하다는 特性에 주목하여야 한다.

纖維製品을 그대로의 형태로 使用하는 경우에는, 말하자면 hose, belt 등과 같이 使用目的에 따라 자유롭게 變形될 수 있다는 것이 利點이고, 이것을 他材料와 合成하는 경우에는 剛性材料에 密着해서 添加시킬 수 있다는 것이 特徵이다.

이와는 반대로 纖維製品이 flexible하다는 것이 오히려 弱點이 되는 경우도 있으며, 이와같은 경우에는 纖維에 引張強度를 크게 해서 剛性을 대신하도록 해야 한다. sheet, tent등이 좋은 代表的인 例가 될 것이다.

다음, sheet의 效果는 sheet의 引張力과 地盤表面과의 摩擦力에 起因하니까 載荷重의 크기에 對應한 引張強度를 지니는 sheet를 使用하는 것이 필요하며, 또 荷重周邊部에 sheet와 粘土地盤이 접촉하는 어느 限界의 넓이가 필요하게 된다

이상에서 記述한 바와 같이 合成纖維는 建設分野에서의 利用途가 날로 增加되고 있는데, 우리나라에서도 이러한 여러 方面, 특히 臨海工業團地造成工事나 港灣基礎工事와 같은 軟弱地盤을 處理하게 되는 現場에서 많이 使用될 것을 期待하며 말을 맺는다.