

## 道路建設과 土木纖維新技術

Road Construction and New Technique Geosynthetics

具 本 忠\*  
Ku, Bon Chung

### 1. 緒 論

土木工事의 高度化·複雜化·大型化로 新素材·新技術의 導入이 필수적이며 앞으로의 발전과제로 대두되고 있다. 특히 新素材·新技術의 한 분야인 「土木纖維(Geosynthetics)」의 使用이 점차 증가하고 있어 이 분야에 대한 합리적인 효율성 제고와 내구성향상이 요구되어 각 분야에 걸쳐 첨단기술 및 신소재의 개발이 활발히 이루어지고 있다.

道路建設에서도 많은 新工法이 도입되고 있으며 그 중에서도 新素材를 利用한 工法의 적용이 많이 이루어지고 있다. 우리나라에서는 1972年 농어촌진흥공사에서 시행한 아산만방조제공사에 補強用織布를 최초로 사용한 이래 補強·필터(Filter), 분리, 배수, 차수 및 침식방지 등에 광범위하게 사용되고 있다.

토목섬유는 폴리프로필렌(Polypropylene), 폴리에스터(Polyester), 폴리에틸렌(Polyethylene), 나일론(Nylon) 등의 고분자 화학섬유를 제조하여 만든 건설재료로서 多孔製品인 지오텍스타일(Geotextile), 차수용인 지오멤브레인(Geomembranes), 고강도제품인 지오그리드(Geogrids) 및 지오텍스타일(Geotextile) 관련제품을 포함한 것으로 광범위한 섬유재료를 대변할 수 있는 用語인 「Geosynthetics」를 사용하고 있다.

「Geosynthetics」라는 用語는 「Geomecha-

tics」와 「Synthetics」를 合成하여 만들어진 用語로서 1986年 國際土木纖維學述會議에서 國際公用語로 제안된 것이다.

「新素材」란 「새로운 素材」에 국한된 것이 아니고 그것을 이용한 新技術, 新工法을 망라하여 광범위하게 사용되는 용어이다.

현재까지 개발된 土木纖維(Geosynthetics)의 種類와 主要機能을 정리해보면 表 1과 같다.

道路分野에서도 路盤·路床·盛土斜面安定對策, 地盤改良·基礎 등 여러분야에 적용되고 있는데 이에 대한 道路新工法을 記述하고자 한다.

### 2. 路盤·路床 및 盛土斜면에 적용한 新工法

#### 가. Geotextile을 이용한 성토보강공법

盛土補強工法에는 토목섬유(Geosynthetics) 중에서 織布(Woven Geotextile), 不織布(Unwoven Geotextile), 지오네트(Geonets) 및 지오그리드(Geogrids)를 利用하여 성토층내에 수평으로 부설하여 보강하는 공법과 성토된 흙을 감아올리면서 사면을 형성하는 공법이 있다.

前者는 주로 완구배성토에 이용되며 後者는 60°~80°의 급구배 성토에 이용되는데 이때 Geotextile은 흙속에서 일종의 補強材役割을 한다. 이 工法의 특징을 들면 다음과 같다.

- (1) 흙속에서 보강재의 인장저항 또는 흙과 보강재의 마찰저항에 의거 盛土의 強度를 증가시킨다.

\* 농어업토목기술사, 농어촌진흥공사 정주권개발처 도로부장

표 1. 土木纖維의 種類와 主要機能

종 류	형 태	주요소재	주요기능	
지오텍스타일 (geotextile)	직 포 (woven geotextile)	· 장섬유사, 모노 장섬유사, 평사 등을 사용하여 날줄과 씨줄을 직각으로 교차하며 엮어서 만든 형태(기본형태: 평직, 능직, 주자직)	P.E.T, PP.	분리, 보강, 필터
	부 직 포 (nonwoven geotextile)	· 장섬유와 단섬유들을 일정한 방향없이 배열시켜 놓고 평면적으로 함께 결합시킨 형태 (결합방식: 니들펀칭, 열융합, 스판본딩, 화학적결합)	P.E.T, PP.	분리, 필터, 배수, 보강
지오그리드 (geogrids)	· 폴리머를 판상으로 압축시키면서 격자모양의 그리드 형태로 구멍을 내어 특수하게 만든 후 여러 모양으로 연신한 형태	P.E.T, P.P, P.E. PVC 코팅	보강, 분리	
지오네트 (geonets)	· 일정한 각도(보통 60°~90°)로 교차하는 2 세트의 평행한 거친 가닥들로 구성되며, 교차점의 가닥들은 용해, 접착된 형태	P.E, H.D.P.E	배수, 보강	
지오매트 (geomats)	· 꼬불꼬불한 모양의 다소 거칠고 단단한 장섬유들이 각 교차점에서 접착된 형태	P.P, Vinyl	배수, 필터	
웨빙 (webbings)	· 넓은 폭(보통 3~6cm)의 대상으로 된 매우 거친 직포의 형태	H.D.P.E	침식방지, 보강	
지오멤브레인 (geomembranes)	· 용융된 폴리머를 밀어내어 정형시키거나, 폴리머 합성물로 fabric을 코팅하거나, 폴리머 합성물을 압착시켜 성형된 판상의 형태	HDPE, PVC, VLDPE, CSPE, urethane, CPE	차수	
복 합 포 (geocomposites)	· 2종류 이상의 토목섬유가 중첩되어 사용된 형태		복합기능	
지오텍스타일 관련제품	· 오타막 방지막(Silt protector) · 섬유대 거푸집(Fabric form) · 드레인 보드(Drain board) · 팩 드레인 포대(Pack drain) · 텍솔(Texol) · 지오웹(Geo web) · Polymeric anchor			

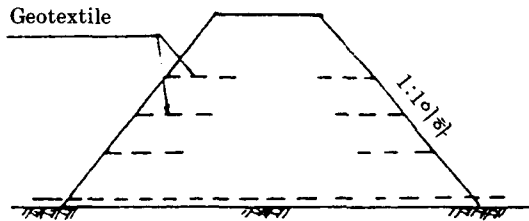
〈資料〉 韓國地盤工學會

- (2) 粘土 등 성토재료로 부적합한 흙을 성토재료로 사용할 수 있다.
- (3) 排水效果가 있는 Geotextile 을 使用함으로써 盛土內의 과잉수분을 쉽게 배제할 수 있다.
- (4) 적용공법에 따라서는 盛土斜面的 綠化를 꾀할 수 있다.

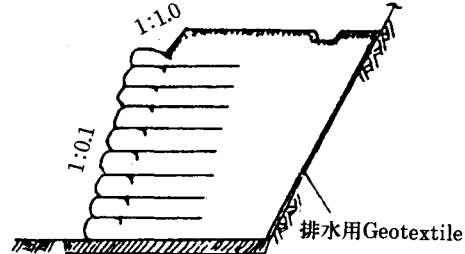
이 工法의 設計에는 「內的安定」과 「外的安定」의 檢討가 필요하며 내적안정의 검토로는 여러가지가 있으나 보통 원호활동면법에 의한 안전도검토를 한다.

$$\therefore F_s = \frac{M_R + \Delta M_R}{M_D}$$

式에서  $F_s =$  Geotextile로 補強된 斜面的



완구배성토(수평부설방법)



급구배성토(감아올림방법)

그림1. Geotextile에 의한 盛土補強例

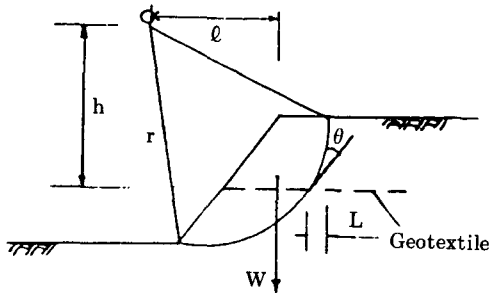


그림2. Geotextile 補強盛土의 安全度檢討法 (원호활동법)

安全率

$M_R$  = 흙의 滑動抵抗모멘트

$M_D$  = 흙의 滑動모멘트

$\Delta M_R$  = Geotextile에 의한 보강저항모멘트  
 $= T \cdot r \cos\theta = T \cdot h$

$T$  = Geotextile에 發生하는 引張抵抗力

$\theta$  = Geotextile과 활동원호의 접선이 이루는 角

$h$  = 滑動円弧의 中心点에서 Geotextile까지의 鉛直距離

$r$  = 滑動円弧의 半徑

外的安定은 盛土의 補強部를 一體로한 옹벽(Retainwalls)으로 취급하고 「활동」, 「전도」, 「지지력=침하」에 대하여 검토한다.

(1) 滑動에 관한 安全率 =  $\frac{\text{마찰저항력}(\sum V)}{\text{활동하는 힘}(\sum H)}$

(2) 轉倒에 관한 安全率 =  $\frac{\text{저항모멘트}(M_R)}{\text{전도모멘트}(M_O)}$

(3) 地盤支持力에 대한 安全率은 盛土補強部 底面에 대한 상재하중, 흙의 重量, 背後土 壓에 의한 전도모멘트를 斷面係數(Z)로 나눈 값을 地盤反力으로 한 값의 合力과 地반강도와의 比를 검토한다.

그리고 連續長纖維補強土工法은 連續長纖維와 모래를 혼합한 補強土로서 콘크리트옹벽과 같이 急勾配擁壁을 만들 수가 있으며 이때 表面에 植生할 수 있는 利点이 있다. 本工法의 設計는 거의 옹벽설계와 같은 方法으로 할 수 있다.

나. Tailarmor 工法

本工法은 그림 3과 같이 粘着力이 없는 砂質土의 盛土側面에 Skin이라는 壁體材(콘크리트 또는 鋼材)에 볼트(bolt)로 연결시켜 벽체의 안정을 위해 盛土內에 스트립(Stirrup)이라고 하는 鋼板 또는 Geogrids 등의 高強性帶狀補強材를 層狀으로 埋設한 것이다.

本工法의 利点은 ① 적은 用地에 높은 盛土를 할 수 있다. ② 施工期間이 짧다. ③ 흙과 構造物이 一體가 되기때문에 휨성이 있어 強固한 基礎가 아닌 곳에도 盛土가 可能하다는 點 등을 들 수 있다.

設計時 考慮事項은 그림 4와 같이 벽체에 관 계되는 主動領域을 背面의 補強材가 들어가 있

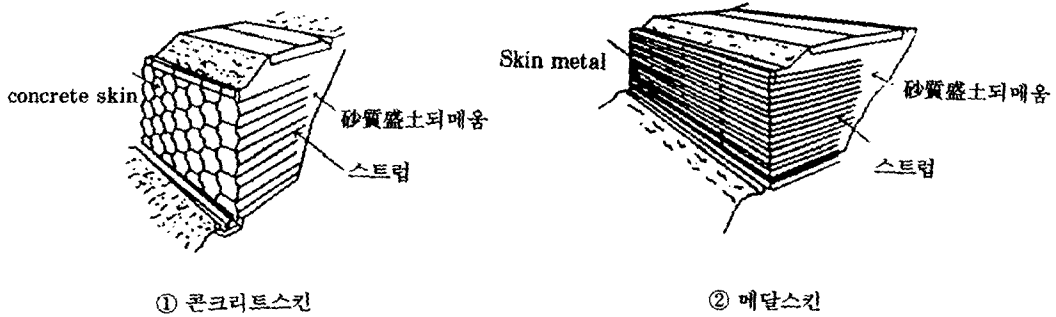


그림3. Tailarmor工法例

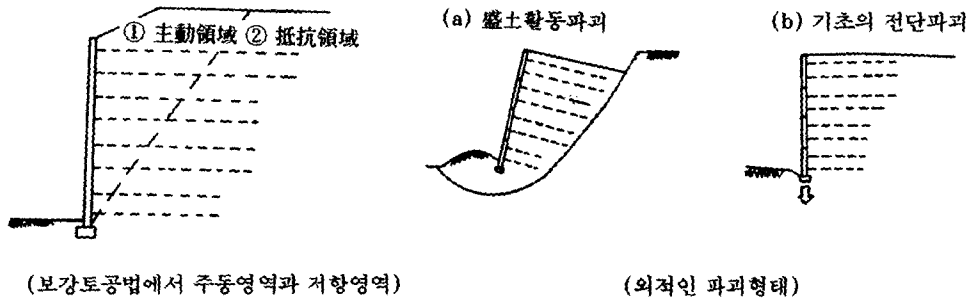


그림4. 補強土工法の 영역과 외적파괴형태

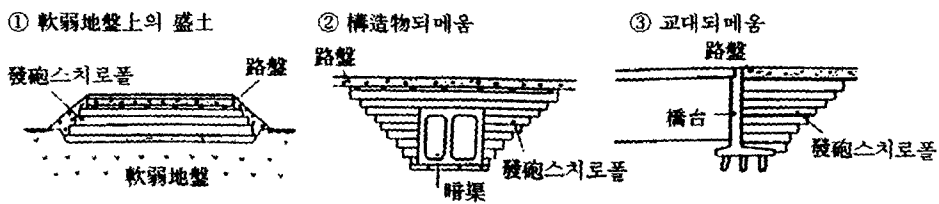


그림5. 發砲스치로폴 輕量盛土工法例

는 抵抗領域으로 平衡되게 하는 것이다. 外的 安定은 성토전체의 활동파괴와 기초지반의 전단파괴에 대하여 검토해야 한다.

다. 輕量盛土工法

연약지반상에 盛土를 할 경우 盛土重量에 의

한 침하가 發生하므로 성토의 輕量化가 고려된다. 盛土輕量化를 위하여 發布 스티로폴(EPSI法)과 發布시멘트 모르타르를 盛土材料로 利用되는 工法이 開發되어 日本에서 農道에 적용한 事例가 있다. 一般的인 施工例는 그림 5와 같으며 短點은 工事費가 高價이고 材料가 油類 등에 弱하며 材料 全體를 覆土해야 한다는 것

등이 있다.

置換盛土의 두께算定式은 다음과 같다.

$$\therefore D = (W_L + R_{t1} \cdot h_1 + P_{t2} \cdot h_2) / (P_t - P_{t2}) \dots (2)$$

式에서  $P_{t1}$  = 鋪裝·路盤의 密度

$h_1$  = 鋪裝·路盤의 두께

$P_{t2}$  = 發布스치로폴의 밀도

$h_2$  = 發布스치로폴의 盛土두께

$P_t$  = 地盤의 밀도,  $W_L$  = 交通荷重

材料가 상당히 輕量이므로 地下水와 洪水 등으로 因하여 高水位로 될 때는 부력에 대한 검토가 필요하므로 설계 및 施工時에 排水用暗渠를 設置할 需要가 있다.

#### 라. 鋪裝 오버레이 工法

Ashalt 鋪裝에 Geotextile을 使用할 경우 Geotextile은 텍코트(tack coat)濟의 貯留源으로 活動하여 균열(crack)을 방지하는 效果를 갖는 延性物質을 形成하게 된다. 이것이 Crack의 先端部에 集中되는 應力을 分散시켜 균열의 진행을 지연시키게 된다.

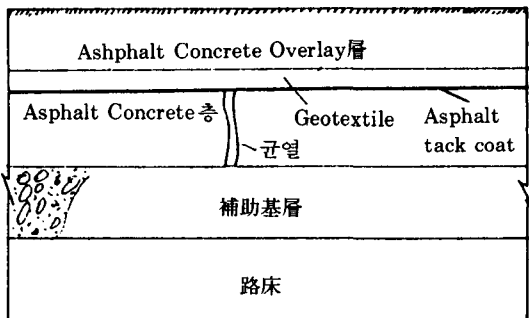


그림6. Geotextile을 利用한 Overlay 工法 ;

本 工法에 利用되는 Geotextile 工法에는 ① Polypropylane의 엔트레스섬유를 基材로 하여 改良아스팔트를 완전히 침투시킨 Sheet ② 同一基材의 兩面에 Asphalt compound를 도포시킨 것 ③ 합성섬유로 된 두꺼운 織布에 Asphalt를 침투시켜 알루미늄박을 쌓은 것 등이

있다.

### 3. 地盤改良에 關한 新工法

道路의 地盤改良對策이 되는 地盤은 軟弱地盤인데 그 改良方法에는 淺層改良과 深層改良이 있다.

#### 가. 淺層改良工法

##### 1) Sheet 敷網工法

軟弱地盤 위에서 直接 土砂를 굴착할 경우 土砂의 重量 또는 굴착기계의 중량으로 地반이 파괴되거나 粘性土와 混合되어 土砂가 많이 損失되는 경우가 있는데 이를 防止하기 위하여 그림 7과 같은 方法을 使用하는 데 여기에는 ① Sheet 工法, ② 合成 Net에 의한 敷網工法, ③ Sheet에 補強 Rope를 使用하는 工法 등이 있다. 不織布와 같은 것은 排水能力은 크나 強度가 약한 Sheet에 여러가지로 補強을 하고 있다. 合成 net로는 ① 여러개의 纖維를 格子狀으로 한 것, ② 合成高分子를 押出하여 整形시킨 伸張되지 않은 것, ③ 이것을 伸張시킨 것 등이 있다.

設計時에 基本的으로 고려할 點은 그림 8과 같이 極限支持力(q)은 다음 方程式(4)으로 表示한다.

이외에도 Cable理論, 版理論 등이 있다.

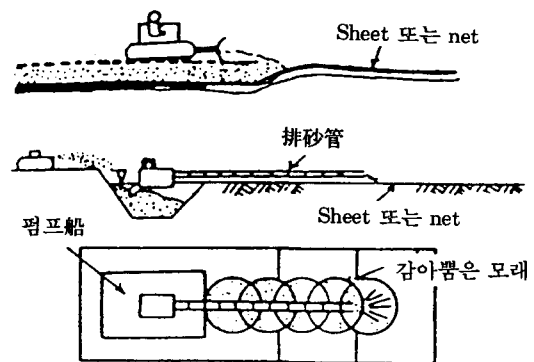


그림7. Sheet 敷網工法 例

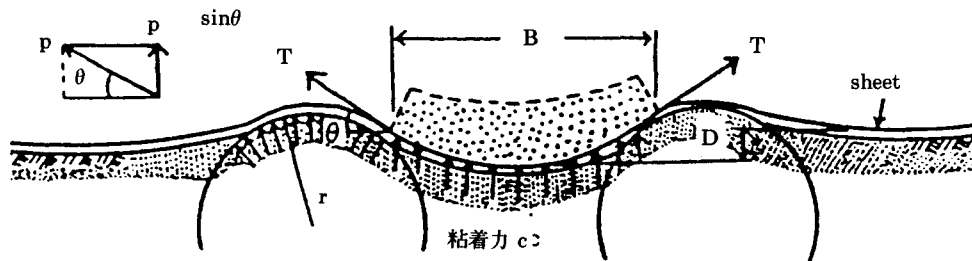


그림8. 支持機構 模式圖

$$\therefore q = C \cdot N_c + (2T \cdot \sin\theta / B) + (T/r) + \phi_t \cdot D_f \quad \dots(4)$$

式에서 C=地盤의 粘着力, T=Sheet의 引張力  
 $N_c$ =Terzagi의 支持力係數  
 $\phi_t$ =地盤의 濕潤密度  
 $\theta, B, r, D_f$  = <그림 8>의 數值參考

計算한다.

## 2) Pile nets, Pile slab, Pile Cap 工法

연약지반에 抗(pile)을 타설하고 그 頭部에 Net를 부설하거나 Slab 및 Cap을 설치하여 그들끼리 서로 Pile을 結合시키는 工法을 말한다.

### 나. 深層改良工法

抗基礎, drain 工法, 地中連續式 工法, Caisson 工法 등이 있으며 최근에도 많은 新工法이 開發되고 있는데 여기서는 drain 工法에 대하여 記述하고자 한다.

#### 1) 플라스틱 보더 드레인 工法

軟弱地盤의 密度促進을 위하여 垂直드레인 工法의 일종인 plastic board drain 工法이 있다. 이것은 高分子樹脂材料를 整形하여 通水部分을 만들고 거기에 不織布를 깔거나 층積하여 편 帶狀(幅 約 10cm)의 排水良好한 材料를 特殊機械로 地盤에 수직으로 約 10~15cm 깊이 까지 打入한다. 地表面에는 모래를 부설하여 地盤에서 排水된 물을 유도하여 集水시킨다.

그리고 水平 drain과 共用하는 수도 있으며 設計는 sand drain과 같이 Barron 公式으로

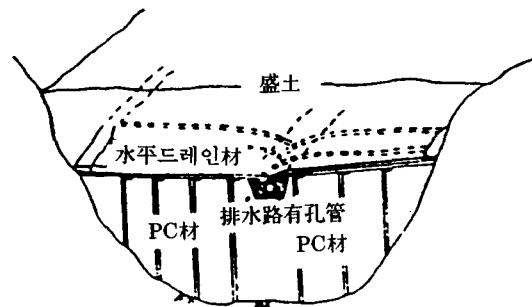


그림9. 플라스틱 드레인材(PC材)와 水平드레인材 共用 例

#### 2) 포대식 샌드드레인 工法

本 工法은 Sand drain이 단절되어 기능상실로 인한 排水불능을 피하기 위하여 直徑 12cm 程度의 強度가 높은 透水性 布袋를 地盤에 押入시키고 거기에 모래를 채워 排水柱를 만드는 工法으로 보통 1.2m 간격으로 打設한다.

## 4. 斜面安定化工法

여기서는 切土斜面의 安定化에 關하여 記述코자 한다. 斜面安定化工法에는 ① 植生工法 ② 構造物工法 ③ 複合工法이 있다.

### 가. 植生工法

최근에는 自然環境과의 調化 및 景觀의 重要性이 強調됨에 따라 이 工法은 본래목적인 사

면보호뿐만 아니라 景觀을 아름답게 하기 위하여 植生의 선택에 많은 정성을 기울이고 있다. 또한 最近에 吸水性 高分子材料가 開發되어 앞으로 岩盤斜面 등 植生이 不適合한 場所에도 植生을 위한 研究가 進行되고 있다.

#### 1) 綠化 Sheet 工法

種子和 肥料를 살포한 Net 를 斜面에 敷設하여 綠化가 되도록 하는 工法으로 斜面에서 植物이 生育할 수 있는 흙이 必要하다.

#### 2) 綠化 mat 工法

種子和 肥料가 들어 있는 mat 를 斜面에 못, 막대기 등으로 부착시키는 工法으로 흙이 없는 곳에는 mat 속에 흙을 넣어 使用한다.

#### 3) 連續纖維 綠化基盤工法

種子, 肥料, 養生材, 客土에 連續長纖維를 泥狀으로 혼합하여 斜面에 뿌어붙이는 工法이다. 그림 10 은 연속섬유보강 토공법과 매트工法을 結合시킨 例를 圖示한 것이다.

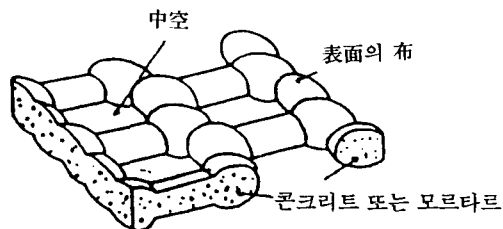


그림 10. 布型틀工法의 例

### 나. 構造物工法

옹벽, 블록쌓기 등 土壓에 對抗시키는 역지 공법과 콘크리트 뿌어붙임, 블록설치 등과 같은 사면피복에 의한 보호공법이 있다.

#### 1) 型틀中積工法

法面型틀안에 여러 材料를 채워서 사면을 보호하는 工法으로 型틀은 현장타설콘크리트, 프리캐스트型틀, 井字자型틀, 플라스틱型틀 등이 있다. 填充材는 「토사+중자살포」, 植生土, 자갈, 콘크리트 등이 있다.

#### 2) 布型틀工法

二重布袋 Sheet 를 斜面에 敷設하고 流動性 콘크리트 또는 모르타르를 包袋에 넣어 콘크리트盤을 만들어 斜面을 보호한다. 두께는 5~10cm이며 形態는 여러가지가 있다. 중간이 비어 있는 것이 植生이 가능하며 이것은 農業 土木分野에서 많이 利用되고 있다. 同一方法으로 植生材料를 注入시켜 斜面에 植生이 되도록 하는 것도 있다. 植物의 生育基盤이 없는 곳에서도 施工이 가능하다.

#### 3) 앙카工法

일반적으로 앙카(Anchor)의 引張材로는 PC 鋼材를 使用하는데 간이식으로는 高強度의 合成樹脂를 Wire가 使用되기도 한다.

## 5. 結 論

道路는 鋪裝, 路床, 路體뿐만 아니라 盛土, 切土, 地盤改良, 斜面安定 등 여러 工法을 綜合하여 建設되고 있다. 그러므로 經濟的이고 技術的으로 타당한 道路를 建設하는데 土木纖維를 利用한 新工法을 導入하여 지방도·군도·농어촌도로 등의 道路 整備事業發展에 기여토록 해야 할 것으로 사료된다. 앞으로 이 分野의 效率的 應用과 새로운 工法, 新素材의 開發을 위한 많은 研究가 기대되며, 計劃技術者들의 積極적인 관심과 실무적용 의지가 요망되고 있다.

## 참 고 문 헌

1. 水と土 第91號(1992) 農道施工의 新技術導入: 산하향응
2. 土木纖維의 필터 및 排水特性(1992) 韓國地盤工學會
3. 木久保護夫外2, 水と土 第85號(1991) EPS 工法에 의한 間接지연약지반침하대책. p.47~56.
4. 落合英後, 1989. 第34回 土質工學심포지움 「地盤工學에 대한 新素材利用의 現狀」 p.35~38.

〈Page 112에 계속〉