

高速列車走行時 道床자갈 飛散防止 對策

李 鍾 得
건설안전기술사
공학박사
철도전문대학 교수

목 차

1. 序 說
2. 車輛으로부터 떨어지는 雪氷에 의한 道床자갈 飛散防止對策
 - 2.1 車輛으로 부터 떨어지는 雪氷에 의한 道床자갈 飛散現像檢討
 - 2.2 道床자갈 net工法の 開發
 - 2.3 道床자갈 網의 材料特性 및 施工 要領
 - 2.4 其他 對策工法の 檢討
3. 列車風에 의한 道床자갈 飛散防止 對策
 - 3.1 列車風에 의한 道床자갈 飛散現像檢討
 - 3.2 對策工法の 檢討
 - 3.3 合成樹脂 散布工法 開發
 - 3.4 其他 對策工法の 檢討
4. 結 論

1. 序說

鐵道線路에서 高速列車走行時 有道上軌道에서는 安全上 큰 問題의 하나로 道床자갈의 飛散現像을 들 수 있다. 그 原因으로서는 冬節期 積雪時에 車輛으로부터 떨어진 雪氷과 列車가 200km/h 以上の 高速走行時 車體下部에서 생기는 列車風의 두가지를 들 수 있다.

이에 의해 비산된 道床자갈은 線路상을 따라 驛홈이나 線路沿線까지 도달할 가능성이 있다. 또한, 飛散된 도상자갈은 레일위에 얹쳐, 轉輪이 밟게 됨으로써 레일에 傷處를 일으켜 상처가 成長하여 列車安全에 위협을 주게 된다.

이제 우리도 머지않아 300km/h의 高速列車時代를 눈앞에 두고, 高速用 軌道를 設計, 施工에 앞서 檢討해야 할 사항으로 생각되어 外國의 例를 主眼으로 道床자갈의 飛散現像 機構와 軌道에서 防止對策을 소개한다.

2. 車輛으로 부터 떨어지는 雪氷에 의한 道床자갈 飛散防止對策

2.1 車輛으로부터 떨어지는 雪氷에 의한 道床자갈 飛散現像檢討

列車가 冬節期에 積雪地域을 走行할 때 列車風에 의해 눈이 춤추듯 하늘로 날아 오르거나, 車輛上下部등에 附着·成長하여 雪氷덩어리가 된다. 이 雪氷덩어리가 다음에 설명하는 것과 같은 原因에 의해 車體로 부터 포물선狀으로 떨어져서 道床자갈을 飛散시키는 機構를 만든다. 車輛에 부착된 雪氷덩어리가 走行中에 落下하는 條件으로는, 附着한 雪氷덩어리가 成長課程에서 自重에 의해 破斷하는 경우와 發熱機器表面의 溫度나 氣溫이 높은 場所에서 附着表面이 融解되는 경우라고 생각된다.

따라서 附着된 雪氷 덩어리가 落下하는 臨界狀態附近에 있을때, 分岐器通過時 衝擊으로 인한

振動이나, 터널에 進入時 風壓變動 및 터널 內를 通過時 機器의 溫度上昇등의 外的인 原因에 의해서도 落下가 促進된다고 생각된다.

다음, 過去에 다니던 펜터그래프 舟체를 想定한 打撃板과 눈덩어리의 충격시험결과로부터 얻어낸 實驗式으로 부터 雪氷덩어리가 道床자갈에 衝突할 때의 衝擊力을 測定한다. 實驗式을 SI 單位界로 變更하여 아래와 같이 나타낸다

$$p = \frac{1}{2\sqrt{2}} \cdot \frac{\rho}{1-\rho} \cdot V^2$$

여기서 p : 衝擊力(KN/m²)
 ρ : 눈의 密度(t/m³)
 V : 速度(m/s)

實際로 道床에 落下하는 雪氷덩어리의 크기 및 密度는 各양각색으로 特定지을 수 없으며, 速度別·눈 密度別로 冲击力을 計算하면 그림 1과 같이 된다.

가정해서 눈의 密度 0.8t/m³의 것이 直徑 0.05 m程度의 道床자갈에 61.1m/s(220km/h)로 走行하는 車輛으로부터 떨어지는 경우, 이 道床자갈에 미치는 衝擊力은 10.4KN 程度가 된다.

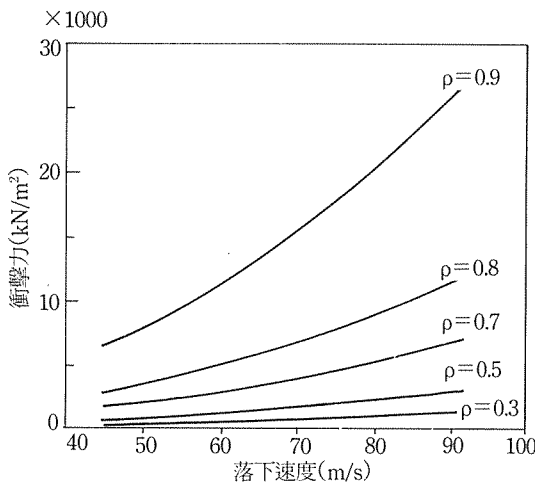


그림 1 落雪에 의한 單位面積當의 衝擊力

그러나 上述한 式은 눈의 밀도가 0.1~0.6t/m³ 程度의 範圍에 있는 것으로 落下하는 雪氷덩어리는 이것보다 高密度의 것이 많고, 實際로 落下하는 雪氷덩어리는 衝突直後에 넓게 부서져 분산하는 등, 實驗時와 다르다. 그러나 衝擊力은 상당한 威力을 가지고 있는 것으로 추정된다.

前述한 것과 같이, 威力을 가진 雪氷덩어리의 落下에 의해 飛散(一次 飛散)된 道床자갈이 車輛下部에 衝突하고 다시 運動 energy를 증가시켜, 再次 道床表面에 충돌해서 飛散(二次飛散)하는 것도 생각해서 單獨으로 落下하는 現象·이상의 破壞性이 커지는 것도 생각된다. 아래에서 開發된 道床자갈 net工法을 中心으로 地上側 對策을 기술한다.

2.2 道床자갈 net工法の 開發

列車走行時 車輛으로부터 떨어지는 雪氷에 의한 道床자갈 飛散防止對策은 표 1과 같이 생각할 수 있으나, 實際施工된 防止工法의 大部分은 道床자갈 表面을 被覆하는 ballast screen이 있으며, 이것을 시행한 防止工中에서는 比較的 적은 비용의 부류에 든다. 그러나, 道床作業중에 따라 撤去·復旧作業을 하는 경우에는, 締結個所가 많기 때문에 施工性의 問題가 있다.

표 1 車輛으로부터 떨어지는 雪氷덩어리에 의한 道床자갈 飛散防止對策

對策의 方針	具體的 對策의 例
① 車體의 着雪防止	○ 散水·徐行에 의한 눈의 날림·着雪防止 ○ 히타, 特殊塗料에 의한 着雪防止
② 強制落雪	○ 停車中에 눈제거 作業
③ 칸막이에 의한 차폐·완충	○ 침목 높임 ○ 배면 높은 침목
④ 道床자갈 面을 被覆·固着	○ ballast net ○ ballast screen ○ 合成樹脂散布

道床表面을 被覆하는 防止工으로서의 實績을 근거로, 施工性의 不充分함을 改善하는 것을 主目的으로 ballast net工法을 開發했다. 製造비용面에서는 ballast screen과 같다.

바라스트 넷(그림 2)는 道床자갈 表面을 덮는 것으로, 本來설치돼 있는 網 材料의 強度와 落雪의 衝擊時 net의 網目の 크기에 의해, 충격energy를 吸收해서 分散시키기도 한다.

施工法에서는 1組의 ballast net의 長이가 10m로, 軌間內가 1枚, 軌間外가 2枚로 되어 있다.

1組의 延長을 ballast screen(約 0.6m)보다

길게 하여 締結個所의 低減을 도모한다. 또한, 輕量(約 2kg/m²)으로 운반이나 附設이 容易하고, 纖維의 屈曲強度가 우수하므로 작게 접어서 마는 것도 可能하다. 따라서 保管에도 場所를 차지하지 않는 등의 利點이 있다. 그러나 net材는 高分子材料이기 때문에 不燃性이 없고, 施工個所 및 保管場所에 있어서 火氣等의 注意가 必要하다.

더욱 耐熱性 및 耐炎性이 우수한 耐熱 ballast net도 開發中에 있다.

現在 JR東日本, JR東海, JR西日本에 敷設되어

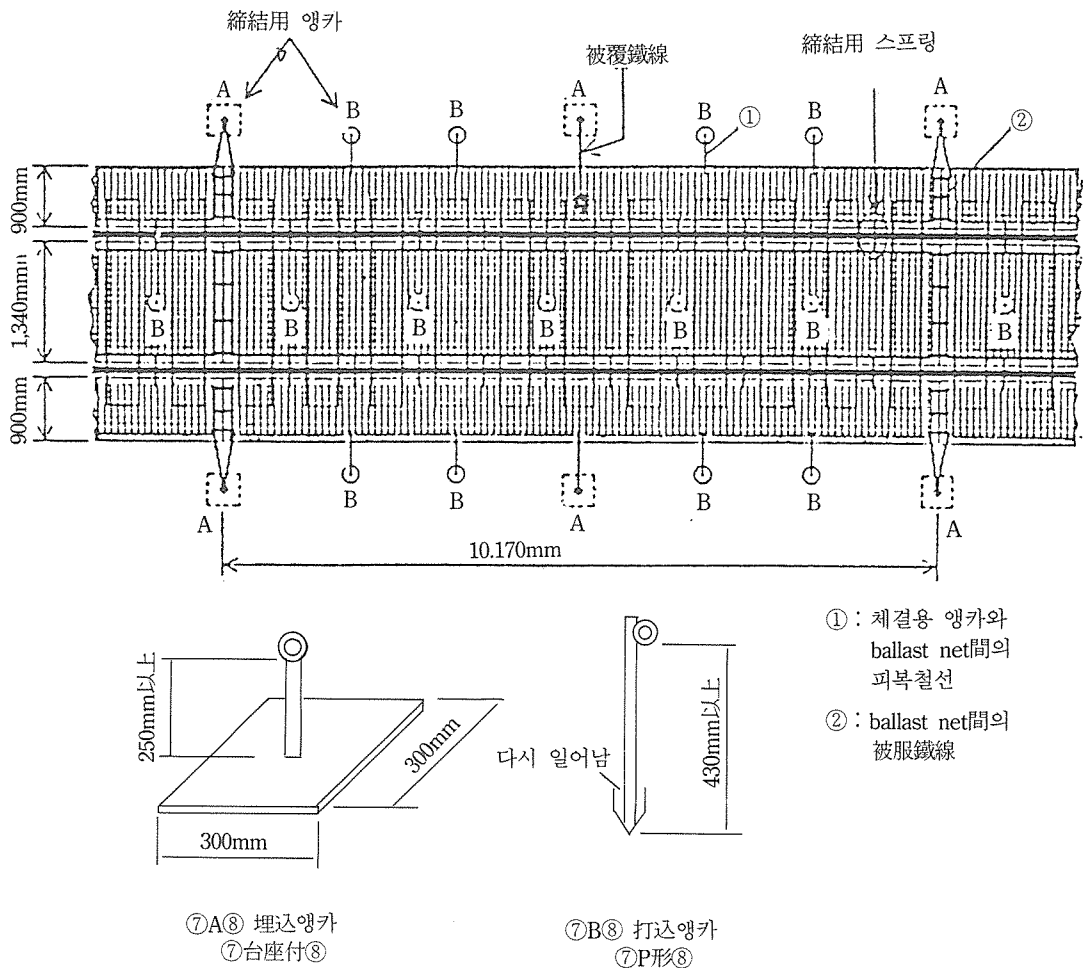


그림 2 道床자갈 網의 形狀 및 固定方法

있으며, 新幹線을 中心으로 敷設延長이 擴大되어가고 있다.

2.3 道床자갈網의 材料特性 및 施工要領

(1) 材料特性

道床자갈 網은 24,000데니어(denier)(1데니어 : 길이 9000m로 1g의 纖維의 굵기)의 폴리에스텔 製纖維(PET)의 鹽化 비닐 樹脂를 被服한 材料가 있고 1net의 網눈의 크기는 20mm×20mm가 있다. 이 素材는 表 2에 보여준 材料特性을 갖고 있다.

材料의 基礎物性으로는 引張強度에 관해서는 纖維 1本當 165kg·f의 세기와 敷設後에 예상되는 各各의 環境下에서의 強度에 관해서는 다음과 같은 特性을 갖고 있다. 耐熱老化性에 관

표 2 道床자갈網의 基礎物性

新 品	引張強度 (kg)	縱纖維 165 橫纖維 147
	伸 率 (%)	縱纖維 18 橫纖維 20
熱老化 (70℃, 96時間)	引張強度의 保持率(kg)	縱纖維 99 橫纖維 98
	伸率의 保持率(%)	縱纖維 108 橫纖維 100
耐 候 性 (3年間の 紫外線照射)	引張強度의 保持率(%)	縱纖維 90 橫纖維 93
	伸率의 保持率(%)	縱纖維 84 橫纖維 90
耐알칼리성 (40℃, 約 13pH (30日間浸漬))	引張強度의 保持率(%)	縱纖維 83 橫纖維 80
	伸率의 保持率(%)	縱纖維 94 橫纖維 80
屈曲波形(MIT 20萬回)		異常없음
磨 耗 量(g) (테파 試驗500回)		0.05異常없음
吸 收 率 (%)		1.3

注) 熱老化, 耐候性, 耐알칼리성은 新品을 100으로 했을 때의 保持率.

해서는 70℃에서 96時間후의 強度 保持率은 99%를 나타내고, 強度의 影響은 알 수 없었다. 材料設計上 重要한 耐候性에 관해서는 카본아크(Carbon ark)등에 의해 促進耐候性試驗(紫外線에 의한 促進劣化試驗)으로 600時間 照射後(200時間으로 約 1年間屋外 暴露에 相當)의 保持率은 約 90%를 갖게 된다. 이 정도로 부터, 道床자갈 飛散防止對策을 1年中 4個月동안만 使用하는 경우 約 10년에 걸쳐 初期의 強度를 保持할 수 있을 것으로 推定된다.

또한, 降雨時 고인물이 콘크리트 枕木이나 道床자갈에 함유한 水酸化칼슘 등의 影響에 의해 알칼리성을 나타낸다고 생각된다. 그러나 Ph置는 新設되는 콘크리트 枕木등에 있어서도 Ph13을 초과한다고 생각할 수 없다. 따라서 표 2에 보여주는 水酸化칼슘 飽和水溶液中(40℃ 約 Ph 13)에 30日間 浸漬하는 試驗條件은 實際로 使用되는 環境條件보다 엄격한 條件이다. 試驗結果는 強度 유리率이 約 80%로 良好하며, 이 정도로는 耐알칼리성에 대해서도 充分한 強度를 유지할 수 있는 것이 確認되었다.

(2) 道床자갈網의 性能確認試驗

敷設時 道床자갈 飛散防止效果의 確認을 하기 위해, 實驗室內에 敷設한 ballast net 空氣砲에 의해 衝擊確認試驗을 했다. 2.1에서 기술한 車輛으로 부터 落下하는 雪氷 덩어리의 衝擊力은 特定지을 수 없었으나, 空氣砲의 性能上 約 1.5kg의 얼음덩어리 및 車輛落下物을 예상한 鐵棒과 너트(M25)를 260~270km/h 정도의 速度로 衝突시켰다(그림 3).

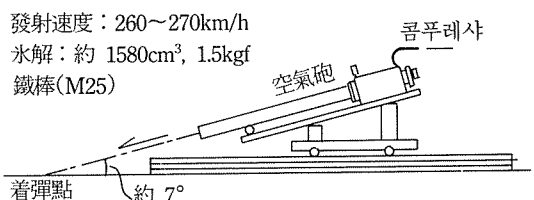


그림 3 道床자갈 網衝擊試驗狀況 및 너트

氷解는 네트部 固定部各部位에 3회씩 衝突시켜 네트의 切斷이나 網目 및 네트 自體의 大幅인 捲어짐이나 벗어남이 없었다. 固定部 缺損의 有無 및 道상자갈의 飛散의 有無 등을 確認했다. 氷解에 의한 試驗에서는 網部 및 固定部の 各 部位에 있어 異常은 確認되지 않았다. 또한 鐵棒 및 너트(nut)에 관해서는 網部에 찢어짐이 發生했다. 車輛落下物에 대해서 抵抗할 수 있는 것은 없었다. 그러나, 찢어진 網을 網材와 같은 強度를 갖는 로푸등으로 補修한 後 氷解를 衝突시켜도 異常은 確認되지 않았다.

締結用 말뚝에 대해서는, 過去 앵카(A)의 性能 確認試驗을 하여 良好한 結果를 얻었으므로 앵카(B)에 대해서 引張試驗을 하여 性能 試驗을 하였다. 試驗은 軌道振動 試驗機(비부토지 試驗機)를 使用하여 앵카를 打設한 直後와 累積通過 ton에 相當하는 加振을 시행하여, 一定時間마다 試驗機를 停止시키고 앵카의 引張力을 測定했다. 試驗結果는, 換算通過 ton 0~1100通過 ton까지 에서는 10KN以上의 引張強度가 있고 2200~4600 通過 ton에서는 30KN以上이었다.

이 程度로는 車輛으로부터 떨어지는 雪氷에 의해 뺨혀지지 않으리라고 생각된다. 또한, 同時에 말뚝의 뺨혀짐을 調査했으나, 約 4600 通過 ton 時에 있어서도 異常은 確認되지 않았다.

軌道絶緣에 대해서도 試驗을 하여 良好한 結果를 얻었다.

(3) 施工要領

그림 2에서 보여준 것과 같이 各部 施工時의 要領을 다음과 같이 記述한다.

(a) 締結用 앵카

固定 앵카(A)의 平板의 크기는 300mm×300mm 以上の 크기로서, 250mm以上の 깊이로 埋設한다.

打込 앵카(B)는 머리 아래 길이를 430mm 이상으로 하고, 앵카 表面은 異形鐵筋등과 같이 凹凸이 있는 것을 使用한다. 또한, 앵카부설후에

는 周圍의 道床을 다져줄 必要가 있다.

(b) 被覆鐵網

網사이 또는 網과 앵카사이의 締結에는 強度, 耐候性 및 作業성과 費用을 고려해서 被覆鐵線 또는 이것과 同等以上の 것을 使用한다.

그림 2-① 締結 앵카와 道床자갈網 사이의 被覆鐵線은 道床자갈網과 같은 強度로 하기 위해서는 #10線을 두가닥콘線, 또는 #16線을 3가닥콘線으로 한다. 또 그림 2-② 道床網間의 被覆鐵線의 兩端을 잘 엮매야 한다.

이때 被覆鐵線端部를 必要以上 強하게 누르면, 被覆鐵線의 破斷의 原因이 되므로 注意해야 한다.

(c) 締結스프링

軌間内外의 net를 一體化시키기 위한 스프링을 使用한다. 그림 4에 표시한 것과 같은 스프링

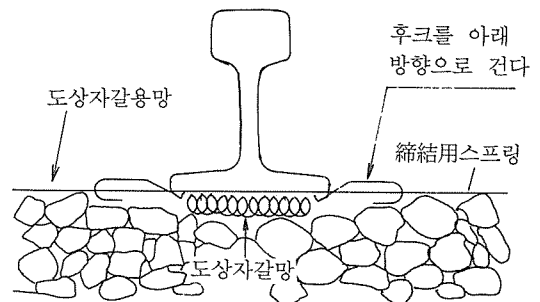


그림 4 締結用 스프링의 締結方法

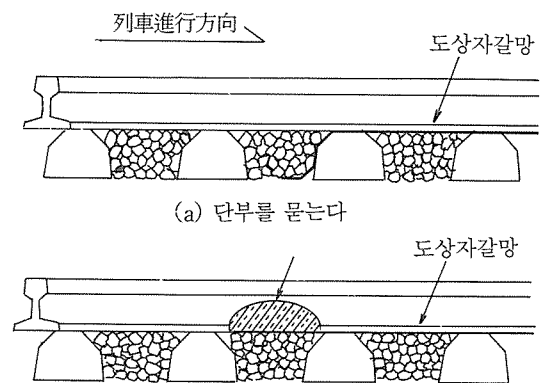


그림 5 列車進入方向의 도상자갈망 端部處理

후크를 아래 方向으로 걸어준다.

(d) 도상자갈망 全般

망부설시에는 처짐이나 늘어짐이 없게 부설한다.

敷設直後에 네트를 손으로 들어올렸을 때 建築限界에 支障을 주지 않은지 確認해야 한다. 또한 그림 5에서 보듯이 列車進入方向의 망端部가 列車風에 의해 떠오르는 것을 防止하기 위해 枕木사이에 묻던가 도사중 무거운 것을 올려 놓는다. 最後敷設後 最初列車 通過時 이상 이 발생하지 않는지를 確認해야 한다.

이상이 확인되면 즉시 손을 봐야 하다.

2.4 其他 對策工法の 檢討

ballast net工法以外的 軌道側의 對策으로서, 주요한 것을 檢討한 結果는 아래와 같다.

(1) ballast screen

道床을 被覆해서 飛散을 防止하는 方法으로, ballast net工法이 開發되기까지는, 車輛落雪防止

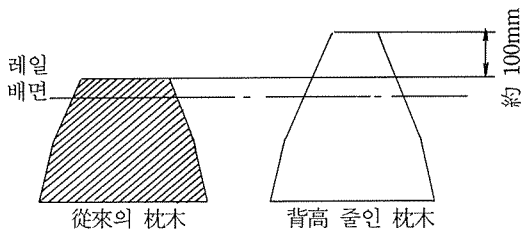


그림 6 背面 높인 枕木

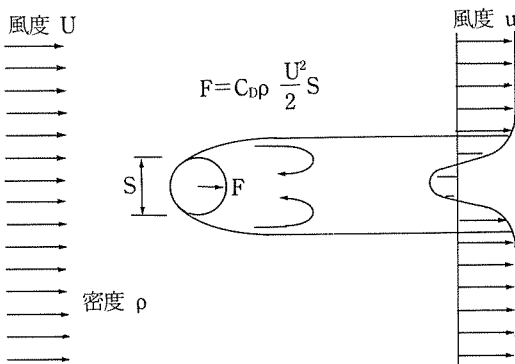


그림 7 바람中的 物體의 모델

工法을 中心으로 했다. 現在도 相當延長에 걸쳐서 附設되어 있다. 材料는 再生合成고무(두께 20 mm)로 비교적 값은 저렴하다. 무거워서 時工性이 좋지 않다.

(2) 枕木높임

車輛으로부터 떨어지는 눈을 直接 道床에 부딪히지 않게 하기 위한 칸막이 役割을 하도록 하는 것으로, 各 枕木에 取付한다. 材料는 고무製(높이 約 100mm)로 비교적 고가이다. 軌道保守에 支障을 주어 每作業마다 떼어낼 必要는 없다.

既設線을 對象으로 하나, 道床어깨部에는 다른 對策 工法을 併用할 必要가 있다. 또한 分岐器 point部들의 道床자갈을 被覆하는 方法이 適當하지 않은 個所에는 有效하다.

(3) 背面 높인 枕木

落雪을 直接 道床에 부딪히지 않도록 道床表面보다 約 100mm까지 露出시킨 枕木이다. 콘크리트 枕木이 主體가 될 때는 비교적 값이 싸게 되며, 軌道保守作業에 支障이 없다. 新設線을 對象으로 하면, 道床어깨部에는 다른 對策工法을 併用할 必要가 있다.

(4) 合成樹脂散布

道床表面을 合成樹脂에 의해 固着시켜 道床자갈飛散을 防止하는 方法이다. 過去開發段階에 있어서는 落雪의 衝擊에 의한 道床자갈을 完全히 防止할 수가 없었으므로 過度한 固着力을 強化하여 道床本來의 機能에 支障을 주어 實用性이 없었다.

3. 列車風에 의한 道床자갈 飛散防止對策

3.1 列車風에 의한 道床자갈 飛散現象의 檢討

(1) 高速列車走行時의 道床表面附近의 列車風

一般으로 流體中的 物體面에 作用하는 힘으

로서는 大別해서 壓力(面に 垂直으로 作用하는 힘)과 摩擦力(面に 接해서 作用하는 힘)의 두 가지를 생각할 수 있으나, 列車風으로부터 道床이 받는 힘을 생각하는 경우, 壓力相當分이 支配的이라고 생각되어진다.

完全流體中の 流體에 흐름의 薄利가 생기는 경우(그림7), 一般的으로 物體가 받는 힘은 아래식에 나타낸다.

$$F = C_D \rho \frac{U^2}{2} S$$

여기서 F: 空氣力

ρ : 空氣密度

s: 投影面積

C_D : 空氣抵抗係數

U: 風速

위의 式으로부터 列車風에 의한 道床이 받는 힘은 風速과 道床의 投影面積이 크게 影響을 준다고 생각된다.

高速走行時에 생기는 列車風에 의한 道床자갈의 移動·飛散하는 現象을 생각하는 경우 列車風速의 實態를 把握할 需要가 있다고 생각한다.

도상표면부근의 열차풍속은, 指向性熱線風速計를 使用하여 測定한다. 道床表面의 列車風은 渦卷으로 되므로, 線路方向과 線路橫方向으로 두 方向의 風速을 測定해서, 軌間中心으로 부터 道床어깨 附近에 걸친 測定을 配置한다. 測定時

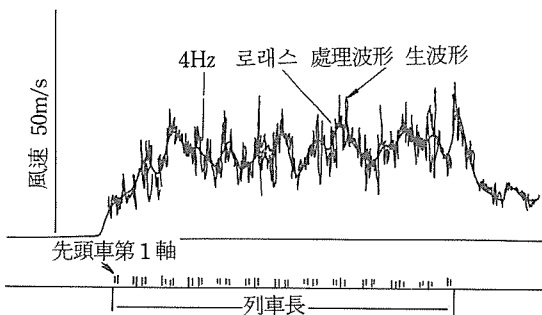


그림 8 道床表面附近의 列車風의 測定波形

風速이 생기는 데이터는 그림 8에서 오는 것과 같은 高周波成分을 포함한 波形이 되지만 測定系의 最短感應時間이 0.1sec를 근거로 4Hz의 토래스힐타 處理를 했다.

處理波形의 位相差를 考慮해서 各 風速波形을 읽어, 線路方向 및 線路橫斷方向 風俗值를 合成시켜 檢討했다.

(a) 列車編成中の 風速分布

列車編成中の 風速分布는 一般으로 그림 9에 보여준 것과 같이 항상 先頭車의 接近에 따라 急速하게 風速이 커진다. 그 後 各號車間의 台車間격이 짧은 部分에서 피크值를 이루고 따라서 最後尾에서 특히 커진다. 그림 中에서 가장 後部 通過直後의 風速에 관해서는 이 風俗에 의한 道床의 轉動 飛散에 의해 레일위에 올라타 置石과 같은 影響을 주며, 車體下部에 衝突해서 二次飛散을 가져올 可能性을 가져올 지도 모르므로, 아래에서는 二次飛散의 可能性이 있는 最後尾보다 前方의 風速을 對象으로 해서, 最大風速이 線路斷面에 分布하는 實態를 把握한다.

(b) 列車速度와 最大風速

軌間中心에서 列車編成中の 最大風速과 列車速度의 關係의 一例를 그림 9에서 볼 수 있다. 最大風速은 대개 列車速度의 1~2乘에 比例해서

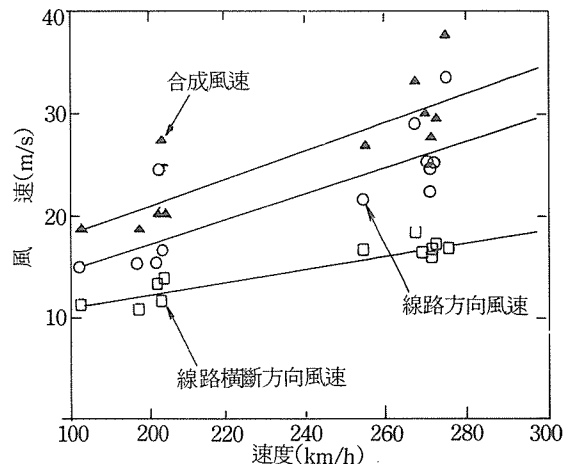


그림 9 列車速度와 最大風速의 關係(軌間中心)

增加하는 경향을 볼 수 있다. 列車速度 270~300 km/h에서 風速 30~50m/s 程度가 되나, 車輛形式(車體下部構造 등)에 의해 크기가 다른 것도 파악되었다. 특히 보디마운드 構造나 先頭車形狀의 影響이 크다고 推定된다.

(c) 線路斷面內的 風速分布

線路斷面內的 風速의 分布는 그림 10에서 보여주는 것과 같이 道床어깨부근(車體幅相當)까지 어느 程度 큰 값을 갖기 위해, 飛散防止對策은 이 지점까지 必要하다고 생각된다.

(2) 道床자갈 飛散 機構

高速走行試驗時에 列車風에 의한 運動·飛散한 道床자갈의 收集은 그 重量과 最大投影面積을 파라메타로 整理하고 그림 11로부터 얻어진다.

이 그림에 의하면 小粒經의 道床자갈이나 投影面積에 넓게 흩어지는 重量이 가볍고 扁平한 道床자갈이 運動하기 쉬운 것이 確認되었다.

列車風에 의한 道床자갈 舉動을 共試道床을 써서 비디오 촬영한 結果와 3.1 (1)에서 기술한 高速走行時의 列車風速의 發生狀況을 근거로, 列車風速에 의한 道床자갈 飛散現像을 정리하면 다음과 같다.

列車速度 270~300km/h로 走行하는 車輛의 道床表面附近에서는 風速 30~50m/s程度의 列車風이 생기며, 이 列車風에 의한 表層이 特히

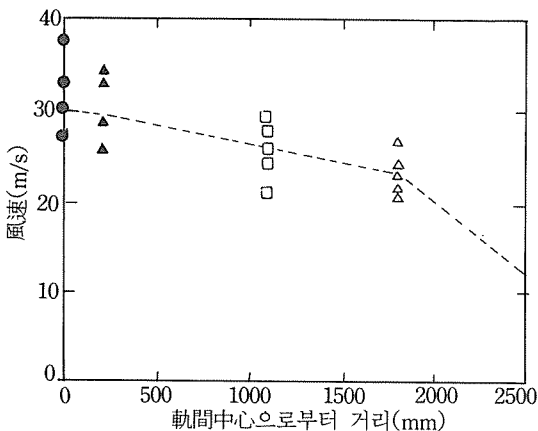


그림 10 線路斷面內的 風速分布

가볍고 편평한 道床자갈은 구르거나, 道床자갈이 枕木에 부딪쳐 튀어 오른다. 따라서 튀어오른 道상자갈은 車體下部에 衝突하여 큰 運動energy를 얻어 高速으로 線路周邊에 飛散하거나 또는 다시 道床자갈에 충돌하여 큰 道床자갈을 高速으로 飛散시키는 機構를 만든다(그림 12).

3.2 對策工法の 檢討

列車風에 대한 道床자갈 飛散防止對策을 분

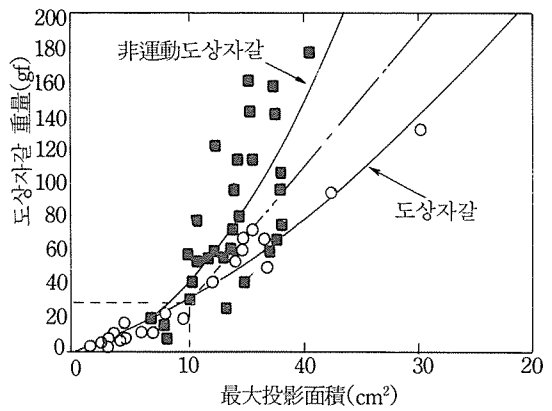


그림 11 移動 道床자갈의 重量과 最大投影面積의 關係

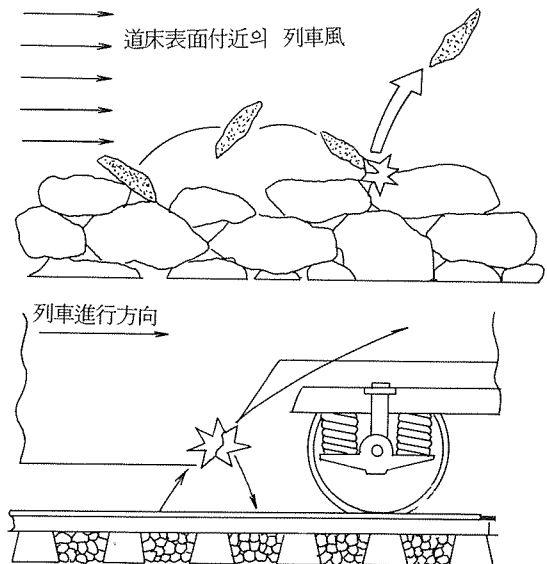


그림 12 列車風에 의한 道床자갈 飛散現像

流하면

- 가볍고 扁平한 道床자갈을 道床表面附近으로부터 排除한다.
- 道床表面附近의 風速을 적게 한다.
- 道床자갈이 運動하기 쉬운 것을 運動할 수 없는 상태로 하는 3가지가 주로 생각되며, 各各의 具體的 對策을 밝히면, 표3과 같다.

그 結果, 合成樹脂散布등에 의한 道床자갈表面을 固着시켜 「道床자갈 轉動抑制」하는 方法과 道床자갈 吸引機등으로 「가볍고 扁平한 道床자갈 排除」하는 方法은, 効果·作業性·단가 등의 面에서 有利하다고 생각된다.

合成樹脂散布法과 道床자갈 吸引機 등에 의한 兩者의 組合使用 對策이 有利하다고 생각된다.

3.3 合成樹脂散布工法の 開發

(1) 合成樹脂材料의 選擇

合成樹脂의 選定條件으로서는 다음과 같은 點을 考慮하였다.

- (a) 樹脂를 散布時 散布部位의 狀態(乾燥時,

표 3 列車風에 의한 道床자갈網 飛散防止對策의 概略評價

對 策 方 法		價 格
비산하기 쉬운 가볍고 편평한 도상자갈의 제거	새로운 道床자갈 投入時 選 別	○
	도상자갈 吸引裝置로 排除	◎
道床表面의 風速을 작게 함	道床中에 틈 등으로 道床表面높이를 낮게 함	△
	背面 늘인 枕木 등으로 도상 표면의 풍속을 저감	△
	열차풍속이 적은 車體下部 構造包含	?
道床자갈의 轉動을 억제 함	合成樹脂등의 散布로 表面道床자갈을 固着	◎
	道床자갈 表面을 흙·網 등으로 덮는다	○

濕潤時)에 影響을 주지 않는 硬化特性이 低下되지 않는 것

(b) 耐候性 등(紫外線劣化, 凍結, 融解 등)이 우수하고 劣化등에 의한 粉狀化가 되지 않는 것.

(c) 材料費·施工費가 싸고 施工性이 優秀하여, 周圍 環境에 影響을 주지 않는 것.

(d) 道床作業에 支障을 주거나, 또는 道床本來의 機能에 支障을 주는 정도가 강한 固着狀態는 피해야 한다.

이러한 條件을 충족시키는 各種 樹脂材料에 대해서 檢討를 했다.

特徵的인 기능을 갖는 樹脂材料를 選定·比較한 것이 표 4와 같다.

「에틸렌초산 비닐 共重合成 樹脂 에멀전」(以下「초산 비닐 수지」라 한다)가 적합한 材料로 생각되며, 材料特性·試驗施工등 하여 對策工法으로서 妥當性確認을 했다.

(2) 초산 비닐 樹脂에 의한 道床자갈 飛散防止工法

초산비닐 樹脂는 有機溶濟를 使用하여 溶接시키고 물을 蒸發시키는 것에 의해 硬化시켜 接着力 및 強度를 發揮하는 材料이다. 또한 散布時·散布後에도 냄새가 적고 人體 및 動植物에 蓄積하여 惡影響을 주는 重金屬(鉛, 주석 등)은 含有되어 있지 않으므로 安全하다.

耐候性에 관해서는 營業線에서는 적어도 道床작업이 2년에 一回 이루어지는 것으로 假定해서 2年程度를 目標로 하면, 카본블랙등을 混入하는 것에 의해 壽命 延長을 도모하는 것이 可能하다.

표 4 散布材料 比較

記號	硬 化 性		粉狀化	臭氣	施工性	價 格	總 合
	建路時	濕潤時					
A	○	×	△	×	○	×	×
B	○	△	×	○	○	○	△
C	○	○	○	△	○	○	○

施工性に 關해서는 적당한 粘度를 調整함으로 良好한 施工性을 얻을 수 있다.

에어레스 타입의 스프레이機에 의해 容易하게 散布를 할 수가 있다. 초산 비닐수지를 散布한 現象을 그림 13에서 볼 수 있다. 散布한 樹脂는 道床자갈에 깊이 침투되어, 가뽏고 扁平한 道床자갈은 큰 移動을 하지 않고 道床자갈의 接點에 固着하는 程度의 粘度·散布量으로 좋다. 이 경우 큰 道床자갈과 같게 固着시킬 必要는 없다. 施工性으로 樹脂의 粘度 및 散布量에 關해서는 試驗室 및 營業線에서 試驗施工의 結果로부터, 施工粘度를 8포아스(約 23°C 의 물=1Poise)로서 1m²당 2kg의 散布量이 적당한 것으로 確認되었 다.

(3) 초산비닐 樹脂에 의한 軌道에 대한 影響 長期間 使用을 考慮해서, 道床橫抵抗力이나 長기간 道床細粒分의 영향에 關해서 確認試驗을 했다.

樹脂散布에 의한 道床橫抵抗力의 低下를 생각하기 위해, 초산 비닐 樹脂 散布와 타이템퍼에

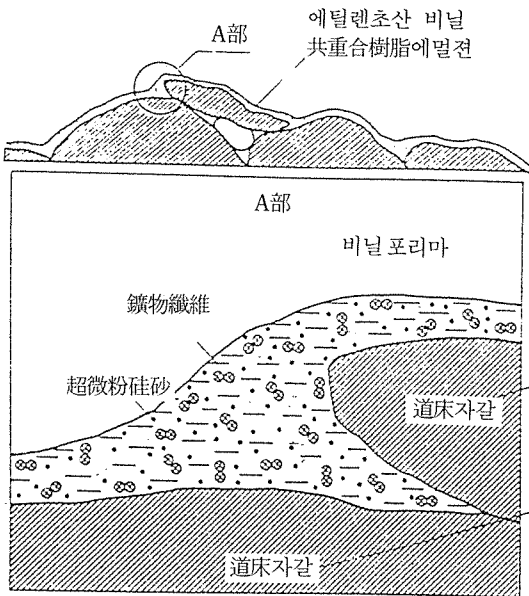


그림 13 에틸렌 초산 비닐 共중합樹脂에멀전 散布 市의 現象

의한 道床다지기 作業을 交替로 시행하여 散布 後樹脂가 硬化한 時點에서 枕木 2本の 橫引張에 의한 道床橫抵抗力을 測定했다. 一回의 樹脂 散布量은 위에서 記述한 2kg/m²이다.

이 測定値와 같은 條件下에서 초산비닐 樹脂를 散布하지 않은 通常의 경우와 比較했다. 試驗結果를 그림 14에서 볼 수 있다.

또한, 樹脂散布에 의한 道床細粒量의 增加에 關해서는 비쓰로지試驗機의 道床部表面에 換算 通過 ton수가 2千萬通過 ton마다, 초산비닐수지를 散布했다.

이 경우에 關해서도 一回의 樹脂散布量은 2 kg/m²이다.

1億通過 ton을 載荷한 後에 道床자갈치기를 했다. 9.5mm이하의 것에 關해서 sample을 採取 해서, 샘플중에 道床자갈 細粒分과 樹脂量과의 重量比를 求했다. 試驗結果를 표 5에서 보여준다.

표 5 에틸렌 초산 비닐 共중합樹脂 에멀전 散布에 의한 道床細粒量中的 樹脂量

道床細粒量中的 樹脂量5(5會 散布, 1億通過ton 載荷 時의 重量比)	
9.5mm을 通過한 5.0mm까지의 크기	0.03
5.0mm을 通過한 2.0mm까지의 크기	0.05
2.0mm을 通過한 크기	0.04

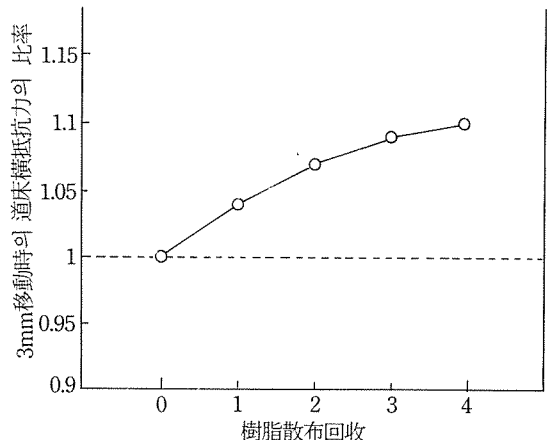


그림 14 에틸렌 초산 비닐 共중합樹脂 에멀전 砂布에 의한 道床橫抵抗力의 推移

그림 14 및 표 5로부터 초산비닐 樹脂를 軌道에 散布해도 거의 影響이 없다고 생각된다.

3.4 其他 對策工法の 檢討

合成樹脂散布工法 以外에 軌道側의 對策으로 생각되는 主要한 것을 아래와 같이 記述한다.

(1) 道床자갈 吸引機

吸引力을 적절하게 설정한 裝置에 의해 轉動·飛散하기 쉬운 道床자갈을 道床表面에서 排除하는 方法이다.

枕木作業이나 道床자갈 交換 등의 道床作業後에 吸引作業을 하면 效果的이다. 實用機構는 未開發되었다.

(2) 網·흙자루

轉動·飛散하기 쉬운 道床자갈을 網이나 흙자루에 의해 被覆하여 防止하는 方法이다. 道床作業의 週期가 合成樹脂의 壽命을 초과하는 個所에 있어서 有效하다.

(3) 성긴 道床

道床表面과 車體下部의 間隔을 넓게 道床자갈에 부딪치는 風速을 작게 하여 飛散을 防止하는 方法이다. 보통 道床높이를 一定以下로 유지하기 어려운 곳이나 軌間外의 對策이 別途必要한 곳 등에 의해, 道床中에 틈을 만드는 것으로서 對策으로서는 不充分하다고 생각된다.

(4) 새로운 道床자갈 投入時의 選別·排除

새로운 道床자갈 投入時에 轉動·飛散하기 쉬운 扁平한 道床자갈을 選別·排除하여 防止하는 方法이다. 扁平한 道床자갈은 道床作業時에도 發生하므로 列車風에 접촉되는 道床表面에

있는 것만 排除하는 것이 좋기 때문에, 長期間을 考慮하는 경우에는 非效果的인 對策이라고 생각된다.

4. 結 論

앞으로 京釜高速電鐵의 列車速度 300km/h 領域에 있어서 軌道保守管理의 對象으로 乘車減確保를 위한 長波長軌道틀림管理나 轉動音·衝擊荷重抑制를 위한 레일의 短波長凹凸管理에 目標를 두어야 하므로 有道床軌道에서는 安全上の 問題로서 道床자갈 飛散防止도 回避할 수 없는 하나의 課題이다. 地上側에 있어서 道床자갈 飛散防止對策으로는, 위에서 記述한 것과 같이 상당한 設備·運營경비가 必要하나 效率的인 對策은 계속 연구되지 않으면 안된다. 着雪防止나 列車風低減에 연계하여 車輛側의 對策 檢討도 並行하여 추진하는 것이 바람직하다.

參考文獻

- 1) 稿本涉：バウスト 飛散防止, RRR 第46卷 第9號, 1989. p. 22
- 2) 佐藤吉彦外 3人：軌道における飛石防止工法 檢討, 鐵送線路 第29卷 第9號 1981. p. 4
- 3) 吉田 眞：車輛落雪によるバウスト 飛散防止工法, 新線路 第43卷 第12號 1989. p. 12
- 4) 矢口 直幸：車輛落雪によるバウスト 飛散對策用高分子材料, JREA 1991. Vol. 34, No. 12, p. 39

