

CMI 報告

富士山資材運搬機械 高度化技術の確立に向けて

～ハイブリッド富士 HEART システム(FHS-02)の開発～

石川裕一・山本三千昭・太田正志

1. はじめに

富士山の西側斜面には、「富士山大沢崩れ」と呼ばれる急峻で崩落を続ける深く巨大な谷（写真－1）がある。そこでは、毎年 15 万 m³ にも及ぶ岩盤や土砂が崩れ、一度は沢にとどまるが、数年ごとに台風や豪雨で土砂流となって一気に谷を流れ下り、これまで度々の土砂災害を発生させてきた。このまま崩落が続くと、やがて美しい富士山の形さえ変わってしまうことも懸念されてきた。

国土交通省富士砂防事務所では、昭和 57 年度よりこの大量の土砂発生源である大沢崩れ対策のための調査や研究（富士山源頭域調査工事）に着手し、高標高、急傾斜地での砂防技術確立に向けて検討している。ここで紹介するハイブリッド富士 HEART システム(FHS-02)は、サーボモータ駆動や浮きレールなどを採用することで、高標高、急傾斜地における資材運搬を安全、確実に環境影響にも配慮した運搬手段となるよう開発を進めているものである。



写真－1 西側から見た富士山

2. 資材運搬機械の開発理念

(1) 富士山における資材運搬の課題

現在、富士山源頭域調査工事現場への資材運搬は、民間の大型ヘリコプターで行っている。しかし、高標高で気象の影響を受けやすい富士山でのヘリコプター運搬は、飛行できない日も多く、資材の安定供給、大量供給といった点では課題もある。また、工事費に占める運搬費も大きく、これらの課題を解決するため、環境に優しく、低コストで安定供給、大量供給が可能な資材運搬機械の導入が望まれた。

(2) 自然環境への配慮

富士山は、富士箱根伊豆国立公園にあり、特別名勝に指定されるなど、日本を象徴する美しい景観として親しまれている。また、これまで実施した富士山大沢崩れを起点とする大沢川周辺の自然環境調査からは、保全すべき多種類の植物や動物の生息も確認されている。

こうした背景から、資材運搬機械の開発導入にあたっては自然環境への配慮が重要である。その実現のため「富士山大沢川峡谷部資材運搬手段計画検討委員会（H2～H11 年度）」を開催し、学識経験者の指導のもと資材運搬手段の検討を進めてきた。自然環境への具体的な指導内容として次の事項があげられた。

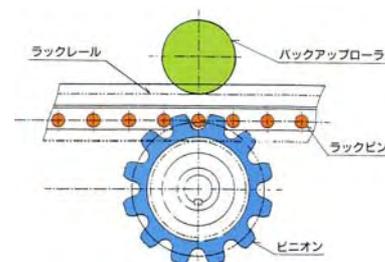
- ・運搬施設に伴う地形改変を極力少なくすること。
- ・植生への影響を極力少なくすること。
- ・運搬施設が動物の行動範囲を妨げないこと。
- ・設置する運搬施設が景観に影響を与えないこと。
- ・排気ガス、騒音等が動植物に悪影響を与えないこと。

3. 資材運搬機械の開発

(1) 資材運搬手段の選定

運搬機械は、開発理念を踏まえながらも厳しい地形条件や気象条件に対応できる機能を確保する必要がある。先にも述べたとおり富士山大沢崩れは、高標高、急傾斜地であるため、運搬機械はこれら条件をクリアできる高いスペックが求められる。そこで、既存技術（道路運搬、ロープウェイ、飛行船、トンネル等）も含め、資材運搬方式の検討及び選定を行った結果、鋼構造の走行レールをラックとピニオンの噛み合わせにより走行する新しい運搬機械の開発を行うこととした。

開発にあたっては、まずラック・ピニオン方式（図－1）の試作機による動力伝達機構の確認試験、軌条構造の設計と施工試験等を実施し、富士山源頭域調査工事現場までを



図－1 ラック・ピニオン構造

想定して、運搬機械や走行レールの仕様の決定を行った。

(2) 資材運搬ルートの選定

富士山大沢崩れまでの運搬ルートの選定は、最も自然環境への配慮を必要とするため、環境影響、機械仕様の両面から尾根に沿って植生調査、現場踏査及び路線測量等を繰り返し実施した。

選定した運搬ルートは、学識経験者の指導を仰いで候補となるルートを絞り込んでいったが、今後の富士山大沢崩れの対策方法によっては、基地、すれ違い線、分岐装置等を考慮した運搬ルートの詳細な検討も必要である。

(3) 富士HEARTシステム (FHS-01) の開発

平成9年1月、第1号試作機（写真-2）を完成させ、弓沢第三えん堤工事におけるコンクリート運搬、機能性や耐久性試験を実施した。第1号試作機は、富士山における自然環境に配慮し調和のとれた資材運搬手段であることを、多くの方に理解していただき、また親しんでもらう目的から、調和(harmony)、環境(environment)、急傾斜地(ascent)、軌道(railway)、輸送(transportation)の頭文字 H・E・A・R・T を採り「富士HEARTシステム」と名付けた。



写真-2 第1号試作機（富士HEARTシステム）

主な特徴は次のとおりである。

- ・ H鋼材による軌条構造のため、道路建設に比べ地形変化が少ない（図-2）。

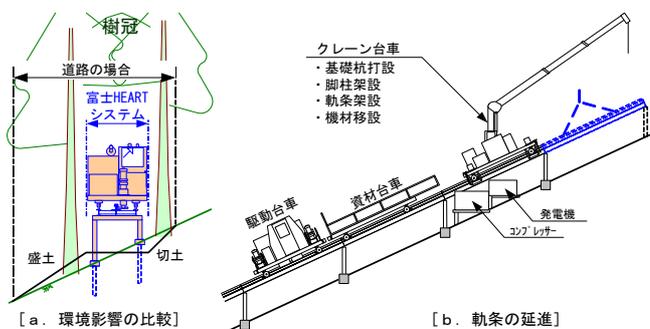


図-2 第1号試作機の軌条架設イメージ

- ・ 浮きレールのため動物の往来を妨げない。また、植生への影響も小さい。

- ・ 道路（切土、盛土）に比べ占有空間が少ない。
- ・ ラック・ピニオン方式により、勾配 30° に対応した登坂能力がある。
- ・ 走行レール設置において、地表面への影響が小さい。
- ・ 本設備自身で軌条の延伸が可能である。

4. 資材運搬機械の高度化

(1) 第1号試作機（富士HEARTシステム）の課題

第1号試作機では運用上、構造上あるいは安全面を含め、多くの機能調整、部品交換、改良等が必要であった。第1号試作機建設時の施工実態調査やその後実施した各種確認試験結果より、次のような課題を抽出した。

- ・ 軌条架設に時間が掛かり、実際に富士山大沢崩れまで軌条を敷設しようとするに相当の年数が必要となる。
- ・ 縦断と横断の傾斜が重なる区間では、車輪が走行レールから浮き上がり、不安定な走行となることがある。
- ・ 積載重量や傾斜角による負荷変動に対して、一定速度での走行ができない。
- ・ 非常ブレーキの機能が不十分である。
- ・ 長期的な耐久性を確保するには、現行の塗装仕様の見直し、分岐装置の機構変更、台車保管施設の設置が必要である。
- ・ 本格運用時には、分岐装置の電動化が必要である。
- ・ 環境影響に配慮し、より排出ガスの少ない駆動方式を採用する必要がある。

一方、資材運搬手段全体を考えると、第1号試作機の仕様では、急斜面を呈する尾根から峡谷内へ直接資材を運搬することが困難であることも課題としてあげられる。

(2) ハイブリッド富士HEARTシステムの開発

前記の課題を解決するため、第1号試作機で蓄積した研究成果を踏まえ、環境影響の低減、台車速度や軌条架設速度の高速化及びコスト縮減を目指して、大幅な見直しを行い、平成16年3月、第2号試作機となるハイブリッド富士HEARTシステムを設計・製作した（写真-3）。



写真-3 第2号試作機の各台車

主な改善点は、次のとおりである。

① 駆動台車（ハイブリッド方式の採用）

- ・ 第1号試作機が油圧駆動であったのに対し、より環境影響（排出ガス、騒音等）を低減するため、駆動装置にサーボモータを採用した。また、下り坂では、駆動モータを発電モータとし回生充電を可能とした。
- ・ 給電はリチウムイオンバッテリーであるが、充電を補完する発電用マイクロガスタービンを用いたハイブリッド方式である。
- ・ 非常ブレーキは中央のラックレール部を両側から直接挟み込む方式とし、制動力の向上を図った。

なお、発電用マイクロガスタービンは、従来のディーゼルエンジンに比べ、排出ガスの含有成分が浄化・減少しており、冷却水や潤滑油を必要としない利点もある。

② 台車全般

- ・ 周辺樹木への影響を改善するため、台車幅、走行レール幅を縮小し、走行時の占有面積を低減した（図-3）。
- ・ 複雑な線形区間で生じる車輪の浮き上がり防止に、可動式の車輪フレーム構造（図-4）を採用した。

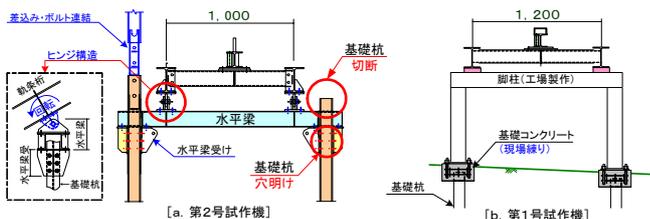


図-3 第1号と第2号試作機の軌条構造比較

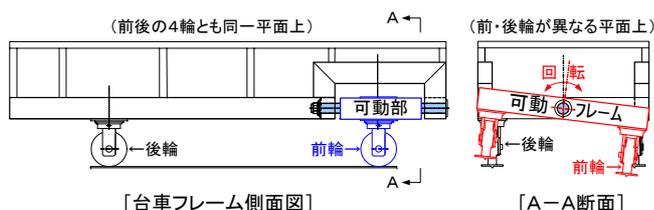


図-4 可動式車輪フレーム構造

③ 走行軌条（走行レール）

軌条架設の時間短縮を図るため、軌条架設目標をこれまでの2スパン/3日（1スパンは標準レールで長さ5m）から2スパン/1日とするため、基礎工を含めた軌条構造を全面的に見直した。主な高速化の手法は、時間と手間の掛かるコンクリート基礎や脚柱の排除、水平梁とヒンジ構造の採用である。これにより、水平梁付き軌条桁を計画勾配で既設ヒンジに連結でき、基礎杭打設、施工誤差の吸収が容易になることから架設時間の短縮が可能となる（図-5）。

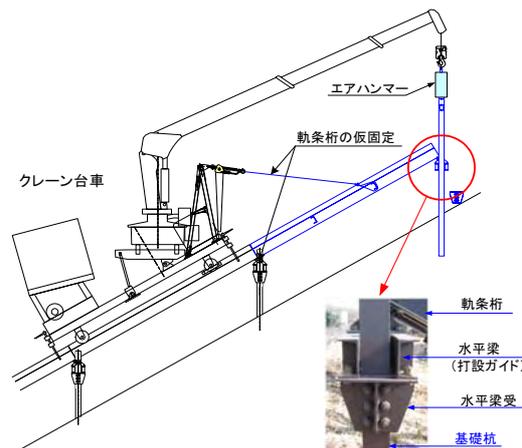


図-5 第2号試作機軌条架設イメージ

(3) 運搬技術高度化に向けた今後の計画

第2号試作機は、高標高、急傾斜地での重量物運搬の目的で開発したハイブリッド方式の運搬機械としては日本初である。今後現地に試験走行軌条を設置し各種調査試験を実施する。また、高標高、急傾斜地での設計性能の確認、問題点や課題の把握、改善を行い、新方式による資材運搬機械の高度化に向け取り組む予定である。

また、走行レールの高速架設方式についても、要素試験の結果、新たな課題（基礎杭打ち込み機械、基礎構造等）のあることも既に判明しているため、現地試験によりこれから課題解決に向けた検討を実施していく。

さらに、今後大量輸送に不可欠なすれ違い線とその分岐装置、尾根から峡谷内へ資材を運搬するための二次運搬技術の研究開発も必要と考える。

5. おわりに

「頭を雲の上に出し、四方の山を見下ろして…♪」と歌われる日本一の富士山。その自然の偉大さ、素晴らしさ、厳しさ、全てを受け入れながら、富士山に与える影響を最小化した資材運搬手段を模索している。

今後、これまで蓄積した運搬技術と異分野からの多様な高度化技術を駆使し、「ハイブリッド富士HEARTシステム」の名にふさわしい運搬手段を引き続き検討していきたい。

【筆者紹介】

石川 裕一（いしかわ ひろかず）
国土交通省中部地方整備局
富士砂防事務所
建設監督官

山本三千昭（やまもと みちあき）
社団法人日本建設機械化協会
施工技術総合研究所
研究第三部 専門課長

太田 正志（おおた まさし）
同 研究第一部 主任研究員