

急傾斜地超大型モノレールによる運搬技術

内田 淳也

急傾斜地・不整地での代表的な運搬手段として、工事中仮設道路、ケーブルクレーン、大型モノレールがある。工事中道路やケーブルクレーンを設置する場合、大幅な地形改変、大規模伐採が必要となり、自然環境への影響が大きくなる現場が多々ある。大型モノレールの場合、設置に伴う地形改変が無く伐採も少なく抑えられ、狭小地での活用が可能で借地を抑えられる利点がある。また急傾斜地でも安全に運搬、省力化できるように様々な特別仕様台車を開発している。本稿では、超大型モノレールの特別仕様台車とその活用事例について紹介する。

キーワード：災害復旧, 仮設, 急傾斜地, 大型モノレール, 運搬

1. はじめに

今から約50年前に、みかん農園など急傾斜地での物資運搬用のモノレールが誕生した。当時のモノレールは、最大積載200kg、最大登坂勾配45°の運搬能力で、急傾斜地が多い日本にとって、みかんや梅などの青果物の運搬に大きく貢献してきた。今では、その用途も、林業分野で作業員の通勤、伐採木の運搬から、建設分野での地質調査ボーリングの機材運搬など、人員と資機材運搬へと広がってきている。

本稿では、建設分野での活用事例とその特徴、特に災害復旧での実際の事例について紹介する。



写真—1 清水寺災害復旧工事

2. モノレールの概要

建設分野でのモノレールの活用事例としては、山間部での地質調査用のボーリング機械や人員運搬を始め、近年の異常気象による土砂災害、堤防決壊などの災害に対する復旧工事（写真—1）、送電線鉄塔新設・建替えなどで、工事中の資機材・人員運搬手段として活用されている。運搬する資機材も、型枠材や鉄筋、足場材から4t程度の小型バックホウやボーリングマシン、土砂、生コン運搬など、工事の工種や規模により多種多様である。

またモノレールは、工事中仮設道路、ケーブルクレーンやヘリコプターと比べ、以下のようなメリットがある。

・占有面積が少ないため、レール設置に伴う借地・

伐採面積を抑えられ、また地形改変が不要で自然環境に優しい。

- ・大規模伐採、地形改変が不要なため、架設に伴う斜面崩壊などの二次災害リスクを回避できる。
- ・簡易仮設のため、ルート選定・計画に要する時間が少ない。
- ・レール設置・撤去にかかる日数が少なく、工期短縮やコスト削減に繋がる。
- ・強風や雨、又は霧など、天候に左右されず何時でも安全に安定して使用できる。

ただ、現状の大型モノレールの最大積載が4tのため、運搬数量が多い大～中規模工事（運搬土砂10,000m³以上など）においては全体工期が長くなる傾向があるので中～小規模程度の工事に適している。

このような特長を踏まえ、工事内容や現場条件により、法面对策工、橋梁下部工、砂防堰堤などモノレールを採用する工事が増えてきた。

3. 超大型モノレールと特別仕様台車

モノレールの活用実績が増えるにつれ、工事・運搬のさらなる合理化や荷降し等の作業を安全にしたいニーズが大きくなってきた。それに応えるため、大型モノレールにおいて4つの特別仕様台車を開発し、工事の作業・運搬工程に応じて最適な台車を提案、提供出来るようにした。

従来、傾斜地ではモノレールの荷物台車が傾斜と同じ角度となり、荷物の積み降ろし作業は危険を伴う大変な作業であった。4t積載のフラットデッキダンプ台車は荷台にチルト機能を付けて、作業構台との角度差をなくしスムーズで安全な積み降ろしが可能となる。写真-2のようにグラウンドアンカー工用の削孔機や0.1m³クラスのバックホウなどの重機も傾斜地において安全に効率よく運搬でき、一番良く使用されている台車である。



写真-2 4t積載フラットデッキダンプ台車

橋梁下部工や砂防堰堤工などは数千m³規模の掘削土砂の運搬現場が多い。従来の荷物台車だと大型土のう袋に土砂を詰めて、土のう袋を荷台に積込み運搬するため、詰替え手間が発生していた。

2t積載の三転ダンプ台車は傾斜地でも土砂が積み込めるように荷台をチルトできるようにした(写真-3)。

傾斜地でも直接荷台に土砂を積み込み・運搬でき、また荷下ろしもダンプで一括排出するため掘削土砂の運搬を効率良くできるようになった(写真-4)。

送電線の鉄塔工事では鉄塔基礎として品質の良い生



写真-3 傾斜地でダンプ荷台を角度補正



写真-4 サイドダンプで土砂を排出



写真-5 1m³ミキサー台車

コンが求められる。通常のモノレール荷台とホッパーで運搬した場合、運搬距離が長いと時間がかかってしまい生コン品質に課題があった。

1m³ミキサー台車は傾斜地でも生コンがこぼれないように荷台にチルト機能をつけた。複数台使用することにより数十m³/日の品質の良い生コンを運搬することができる(写真-5)。

小水力発電所など傾斜地での水圧管の設置・撤去工事が近年増えてきた。従来はケーブルクレーンを使用していたが、借地・伐採、費用の面など大型モノレールが優位になる現場が多くなってきた。

2t積載のクレーン台車は傾斜地でもアウトリガーを設置できるようにクレーン本体の角度補正機能を付け、安全に安定したクレーン作業を可能にした（写真一6）。また近年の顧客要望や安全性の観点よりアウトリガーの油圧可動張出、クレーンのラジコン機能追加といった改良をしている。



写真一6 2t積載クレーン台車

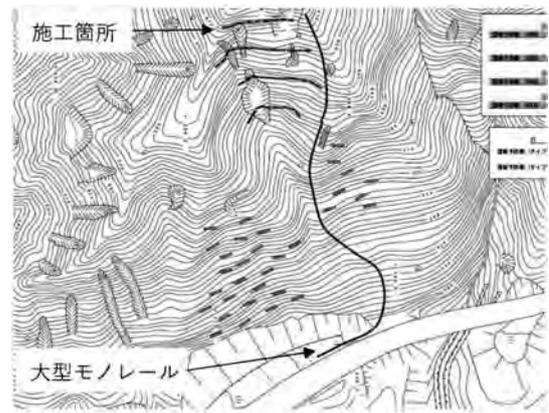
実際の工事においては、1種類の台車だけでなく、運搬物・工程によって2～3種類の台車を組み合わせて使用している。これから、実際の災害復旧現場の施工事例を紹介する。

4. 雪崩防護柵設置工事の事例

土砂災害や雪崩災害の対策工事の場合、施工箇所は急傾斜地が多く、クレーンが届かない箇所においては資機材運搬が課題になる。大型モノレールを活用すれば45度の急傾斜地でも安全に資機材の運搬が出来る。仮設比較としてケーブルクレーンがあったが、国道横断するケーブル線下の保護対策を含めた工期・費用の面で大型モノレールが優位となり採用された。

国道脇の斜面でダウンザホールハンマ工法による雪崩防護柵を設置する工事で、上下4段ある施工箇所の右側端にモノレールを配置した（図一1）。レールの設置延長は約300m、設置期間は約1ヵ月、撤去は約半月であった。

施工手順としては、モノレールを設置後、上部より2段の作業構台（足場）を順次設置。1段分の作業構台設置後、ダウンザホールハンマ工の資機材を順次搬入した（写真一7～9）。



図一1 モノレール仮設図面



写真一7 最上部より作業構台を設置



写真一8 作業構台上に資機材搬入



写真一9 ダウンザホールハンマの機材を搬入

この現場では45度の急傾斜地にある作業構台に資機材を運搬する必要があるため、モノレールの荷台自体を水平にできるチルト機能がついたフラットデッキダンプ台車を使用した(写真-10)。

これにより常に水平の状態での荷物の積み降ろしが可能になり、また各段の作業構台への資機材搬入出が容易に行えるようになり、作業の安全性と作業効率を向上する事ができた。



写真-10 モノレール荷台を水平に角度補正



写真-11 500H鋼2本を運搬



写真-12 雪崩柵設置後、作業構台を撤去中

雪崩柵の支柱として500のH鋼を長さ5m程に分割して運搬し、2本を現場で繋いで1本の支柱とした(写真-11)。

大型モノレールによる資機材搬入出で、レールの設置・撤去1.5ヵ月を含め工期約6ヵ月で4段、計42基の雪崩防護柵を設置することができた(写真-12)。

5. 河川護岸復旧工事の事例

豪雨により護岸が損壊した現場において、損壊部を掘削し、新たに大型ブロックを積み上げ護岸を復旧する工事で大型モノレールを活用した(写真-13)。

通常トラックや重機の進入路もしくは大型クレーンにて資機材搬入が可能だが、事例の温泉街の現場では搬入車両の制限や地形条件により、「作業構台+大型クレーン」と「大型モノレール+重機分解搬入出」で比較検討した。作業構台の場合、支柱を建てる基礎工事による地形改変と工期・費用がかかるため、大型モノレールを採用した。

搬入出ヤードとして、少しの駐車スペースを活用し



写真-13 損壊した護岸(復旧前)

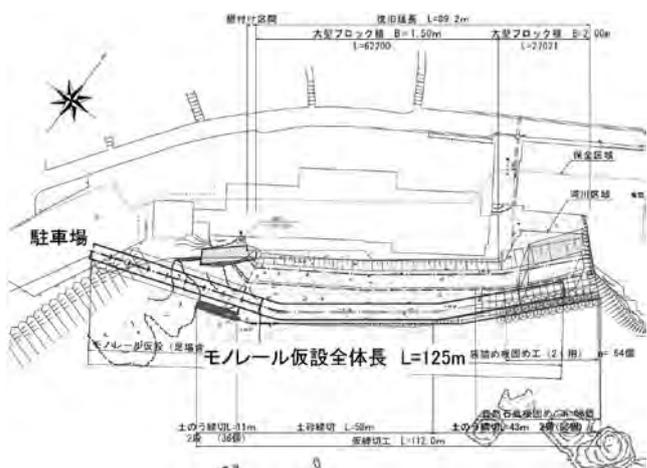


図-2 モノレール仮設図面

てそこから高低差約 30 m 下の河川敷に向かってレールを設置した (図-2)。

高低差が大きいところは、モノレールと地盤の間を簡易的な作業構台 (足場) を設置し、その上にレールを固定した (写真-14)。モノレールは重機等の運搬で 4t 積載台車と大型ブロック、碎石、生コン運搬で 2t ダンプ台車を使用した。

施工手順としては、モノレールを設置後、4t 積載台車で 0.45、0.7 m³ バックホウを分解搬入し (写真-15、16)、ミニクローラークレーンにて現場で組立した。重機搬入後は、土嚢による仮締切、護岸整形等を行い、2t ダンプ台車にて大型ブロックと碎石、生コン運搬を繰り返した。

施工の作業効率を少しでも上げるため、4t 積載台車と 2t ダンプ台車の台車入替回数 (工数) を減らす工夫として、2t ダンプ台車を改造し、大型ブロック、碎石、生コンを 2t ダンプ台車のみで運搬出来るようにした (写真-17~19)。



写真-16 ミニクローラークレーンで重機組立



写真-17 大型ブロックを積込固定できるように改造



写真-14 河川敷に向かってレールを設置



写真-18 大型ブロックの裏込め材 (碎石) を運搬



写真-15 0.45 m³ バックホウを分解運搬



写真-19 特殊ホッパーにて生コンを運搬

重機搬入出以外は改造した2tダンプ台車のみで全ての資機材を運搬出来るようにしたため、運搬サイクルタイムを明確にする事ができた。それにより大型ブロック、碎石、生コンの運搬数量と運搬所要時間を考慮し、最適な運搬サイクルで施工することができた。工期は途中設計変更中断を含め約1.5年で護岸復旧した(写真—20)。



写真—20 護岸復旧後

6. おわりに

急傾斜地で人員や資機材を運搬するモノレールは、単に運搬するサービスだけでなく、より安全に、より省力・効率化に貢献するサービスを提供できるかが問われている。また近年の災害対策工事に関連する活用も多くなり、その役割・重要性について社内でも認識を高めている。

最近、大型モノレールでの人員運搬において専用の椅子等の装備がない台車への乗車による人身事故が増



写真—21 大型モノレール用の乗用物流兼用台車

えて問題になっている。問題の本質は荷台に着脱式椅子の付け外しが面倒なため椅子を付けない状態で乗車していることである。この問題を解決したく大型モノレールの荷台でも容易に椅子を使えるように折り畳み式の乗用物流兼用台車を開発した(写真—21)。

これからも災害復旧、防災対応など社会インフラ整備に貢献できるよう顧客・現場の課題解決に対し常にあらゆるニーズを思考し、適時、新たな製品サービスを開発・提供する事に努力したい。それにより、工事全体の工期短縮や安全性・施工性向上に貢献していく。

尚、本技術はKK-100080-VRとしてNETIS登録されているので興味のある向きは参照願いたい。

JICMA

[筆者紹介]
内田 淳也 (うちだ じゅんや)
内田産業(株) 関東営業所
所長
専務取締役

