

山中における大山ケーブルカー大規模設備更新

飯 田 修 一・江 原 季 映

大山ケーブルカーは、神奈川県伊勢原市の大山の麓と中腹を結ぶ、標高差 278 m、路線延長約 800 m の鋼索鉄道である。1931 年に開業し、1944 年に戦争のため不要不急線として廃止されたが、1965 年に大山観光電鉄(株)が再整備し、50 年間運行している。今回、80 年以上前に築造されたコンクリート構造物の健全化を実施して、安全性を向上させるとともに、約 4 ヶ月半の運転休止期間を設け、老朽化した車体および軌道設備を 50 年ぶりにリニューアルした。本報では、工事用道路の設置が困難な山中における、大山ケーブルカーの大規模設備更新工事について紹介する。

キーワード：ケーブルカー、運搬計画、仮設モノレール、ヘリコプター、仮設構台

1. はじめに

大山ケーブルカーは、丹沢山地の南東、神奈川県伊勢原市にそびえる大山の麓に位置し、標高 400 m にある大山ケーブル駅と、標高 678 m にある阿夫利神社駅とを結ぶ、最大勾配 47.7%、路線延長約 800 m の鋼索鉄道である。阿夫利神社への参拝客や大山への登山客が、年間およそ 50 万人利用している。

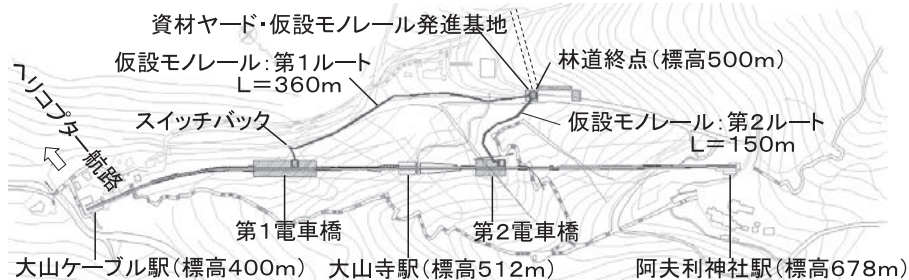
大山ケーブルカーは、山中の狭隘かつ急勾配な区間を運行している。そのため、沿線には工事用車両が横付けできる道路が無く、工事場所への資機材の運搬が極めて困難であった。また、今回の設備更新工事では、土木構造物の健全化の他に、運休期間約 4 ヶ月半という限られた工期のなかで、車体の交換および軌道設備の更新を一挙に行う必要があった。本報は、これらの課題に対処すべく採用した、資機材の運搬方法や施工方法について報告する。

2. 工事概要

全体平面図を図—1 に、工事概要を表—1 に示す。

表—1 工事概要

発注者	大山観光電鉄(株)
施工者	土木・建築工事：(株)フジタ 車両・軌道・電気工事：(株)小田急エンジニアリング
施工場所	神奈川県伊勢原市大山
工期	平成 26 年 5 月～平成 27 年 11 月 (運休期間：平成 27 年 5 月 18 日～平成 27 年 9 月 30 日)
工事内容	車両：車体新造・搬入・組立 2 両 旧車体搬出 2 両 軌道：レール交換 1720 m マクラギ交換 969 丁 電気：電車線撤去 1929 m 剛体架線新設 3 駅 誘導無線新設 (地上局・車上局・ケーブル敷設) 土木：橋梁下部補強工 2 橋梁 橋梁上部補修工 3 橋梁 工事用モノレール工 2 ルート 計 510 m 建築：ホーム上屋新設工 (大山ケーブル駅) 作業構台設置工 (大山ケーブル駅)



図—1 全体平面図

3. 運搬計画

本工事を進めるにあたり、大山ケーブルカー沿線には工事用車両が入ることのできる道路がなく、工事に必要な資機材の運搬方法が最大の懸案事項となった。そのため、工事用大型モノレールや既存の大山ケーブルカー（以下、既存ケーブルカーという）の活用、さらにヘリコプターを駆使する運搬計画とした。

(1) 工事用大型モノレール

工事用大型モノレール（以下、仮設モノレールという）は、土木工事や軌道工事における資機材の運搬を主目的に設置した。施工場所は国定公園内にあり、また林道終点部から沿線までの間は、保安林にも指定されている私有地であった。土地所有者や行政との協議が円滑に進むよう、極力伐採が少なく済む運搬経路を検討した。

採用した仮設モノレールは、最大積載重量が2t、最大45°の急勾配に設置可能である。木々のわずかな隙間を抜けていくことで、前述の条件にあった経路設定が可能となった。

資機材は、林道の終点部に設けた資材ヤードまで、4tユニックなどで運搬した。仮設モノレールの発進基地（写真—1）は、資材ヤードの脇に設置し、ここから既存ケーブルカー沿線2箇所に通じるルートを設定した。到達部には、第1電車橋と第2電車橋を選定した。これは、土木工事を行うにあたり、資機材を頻繁に運搬する必要があるためである。



写真—1 仮設モノレール発進基地

第1ルートは、全長360mで、途中砂防堰堤を横断し、沢筋を下り、スイッチバックした後、45°の急勾配を上って第1電車橋に到達する（写真—2）。設置に際しては、砂防堰堤の水流を妨げないよう工夫した（写真—3）。



写真—2 スイッチバックと45°の急勾配



写真—3 砂防堰堤部



写真—4 小型バックホウ運搬状況

第2ルートは、全長150mで、崖を這うように上り第2電車橋に達する。第2ルートは、小型重機の運搬（写真—4）や、運休2ヶ月前からは、軌道工事用のレールや枕木の運搬に使用した。

仮設モノレールは、毎分40mの速度で走行し、第1ルートにおけるスイッチバックの時間を含めても、15分程度で最大2tの資機材を運搬することが可能となった。

(2) 既存ケーブルカーの活用

軌道工事で使用するレールや枕木の運搬では、沿線

全域に間配る必要があった。ヘリコプターの使用も検討したが、沿線には木々が生い茂り、電線や架線が張りめぐらされているため開けた空間がなく、空からのアプローチは困難であった。そこで、仮設モノレールによって運搬した資材を既存ケーブルカーに積み替え、沿線全域に間配る方法を採用した。

まず、レールや枕木を仮設モノレールで第2電車橋まで運搬する。その後、山越し機を使用して、既存ケーブルカーの先端に連結した運搬用台車2台に積み替え、沿線全域に間配りした（写真—5）。この運搬用台車は、大山寺駅の分岐器を通過できるよう、既存ケーブルカーの台車と同等な車輪を特注して使用した。なお、この運搬作業は、運休の2ヶ月前から終列車後に日々4時間程度実施し、運休後は既存ケーブルカーが使用可能な2ヶ月間に集中的に行われた。



写真—5 既存ケーブルカーを活用した資機材運搬状況

(3) ヘリコプター

嵩と重量が大きい車体の運搬と工期短縮が課題となる大山ケーブル駅と阿夫利神社駅への資機材の運搬には、2種類のヘリコプターを使用した。ヘリポートは、丹沢山地内ヤビツ峠近くの菩提にあり、普段は地元の森林組合が管理している場所で、大型トラックでの搬入も可能である。大山ケーブル駅からは直線距離にして約3.6kmで、仮設材であれば荷の上げ下ろし時間を含めても6分程度で往復できる。

(a) 仮設材の運搬

仮設材の運搬には、主として最大吊上げ能力2tのヘリコプターを使用した。両駅とも、電線や木々などの制約が多々あったが、5m×5m程度の空間を確保すれば空輸が可能である。天候のリスクはあったが、積極的にヘリコプター空輸を採用したことで、仮設構台用資材の運搬では、総重量が40t近い仮設材を2日で搬入することができた。人力による運搬が計画されていた当初工程と比較して、12日という大幅な工



写真—6 仮設材空輸状況（大山ケーブル駅付近）



写真—7 仮設材空輸状況（阿夫利神社駅付近）

期短縮となった（写真—6、7）。

(b) 車体の運搬

車体の運搬には、民間機としては国内最大級となる最大吊上げ能力5tのヘリコプターを使用した。国内に1台しかないため故障時のリスクは大きかったが、今回の全体計画では車体の組み立て工程がクリティカルとなっていたため、少しでも工場製作の割合を増しクリティカルパスを短縮するために、最大吊上げ能力の大きいヘリコプターを選定した。

大阪の工場で作成した新型の車体を10t低床トラックで2日間かけ夜間陸送した。その後、ヘリポートにて夜明けまでに吊り金具を取り付け、早朝8時から空輸作業を開始した。ヘリコプターの最大吊上げ重量5tは、気象条件を満たした場合の最大能力であり、気温が低く空気密度の高い冬季ならば揚力を得やすいが、夏季は吊上げ能力が落ちる。搬入は6月～7月に



写真—8 新型車体搬入状況



写真—10 吊足場



写真—9 搬入時の新型車体内部



写真—11 橋面上での防水施工状況

なるため、少しでも気温が低い早朝に行う計画としたが、1回目の6月下旬の搬入時は3.8t以下、2回目の7月下旬の搬入時は3.5t以下に車体重量を制限する必要があった。完成時の車体総重量は5.6tとなるため、一部は搬入後に現地にて組み立てることとし、車体重量を抑えた（写真—8、9）。

4. 施工概要

(1) 土木工事

土木工事は、3箇所の電車橋に関して実施された健全度調査をもとに実施した。中性化が進行している桁については補修工事を、設計基準強度が満足されていない橋脚については補強工事を実施し、構造物を建設当時の性能まで回復するとともに、レベル1地震動に対して耐えられる設計とした。

(a) 橋桁補修

仮設モノレールにて資材を運搬し最初に行ったのが、桁の健全度調査用の吊足場（写真—10）の架設であった。コアの採取による圧縮強度試験や中性化深さ試験、打音調査、目視調査などを行った。その結果、中性化の進行により鉄筋には錆が生じ、コンクリート

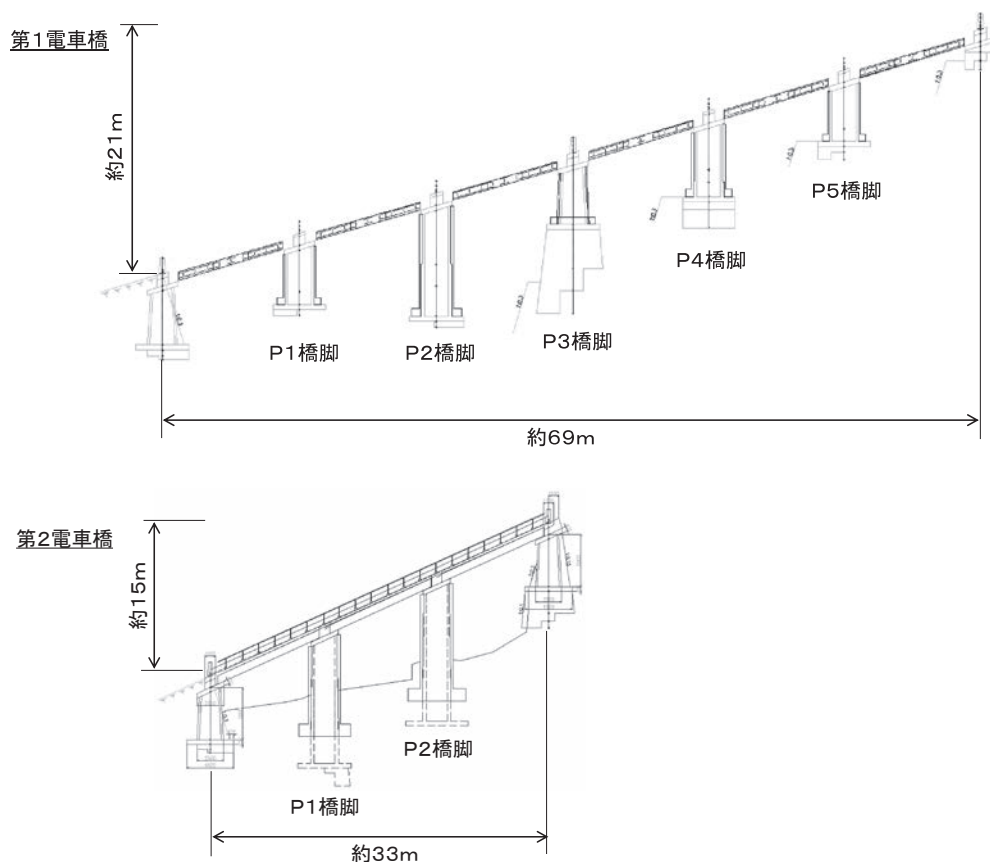
には浮きや、ひび割れからの漏水が確認された。調査結果を踏まえ、コンクリートの性能回復のため補修を施した。最初を実施したのは、橋面を流れる雨水が、豆板やひび割れを通して漏水するのを防ぐための、橋面上のウレタン塗膜防水（写真—11）である。防水を施したことにより、水の浸入を遮断し鉄筋の腐食を防止するとともに、橋下面での豆板やひび割れ補修を確実に行うことができた。コンクリートに浮きがみられた箇所は、浮きを除去後、鉄筋の防錆処理を行い、断面修復材にて修復を行った。その後、全面に中性化防止剤を塗布し、水切りを設置した。

(b) 橋脚補強

第1電車橋および第2電車橋に合計7基ある中空RC橋脚（図—2）について、コンクリートの圧縮強度試験を行った結果、既存躯体の強度が不足していたため、コンクリート巻き立て補強を施工した。工期短縮には、掘削した土砂とコンクリート打設に伴う運搬作業の効率化が課題となった。当初は、掘削した土砂は場外に搬出して仮置きを行い、コンクリートは現地製造が計画されていた。

そこで、土砂については、場外搬出せず現地の沢地形を利用して仮置場（写真—12）をつくることで1日の施工量を増やすこととした。

コンクリートの打設方法については、第2電車橋ま



図ー2 第1電車橋・第2電車橋縦断面図

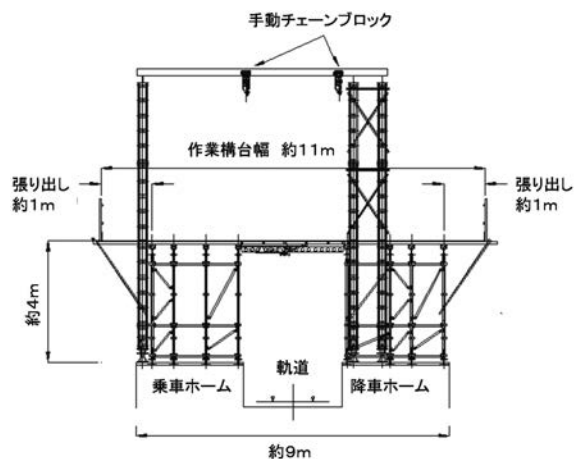


写真ー12 第2電車橋での土砂仮置き状況

では、仮設モノレールに沿って約190m配管し、コンクリートを圧送することとした。林道には、14tの重量規制があるために小型ミキサー車でコンクリート運搬となった。また、ミキサー車は林道終点部に1台しか待機できなかった。そこで、運搬によるスランプロスが少なく、圧送もしやすい冬季での施工を選択した。第1電車橋までは、延長が360mあり高低差約50mの下り勾配のため、コンクリートの圧送は困難であった。そこで、コストは増すが現地製造とした。均一な品質を確保するために、無収縮モルタルを採用した。

(2) 車体組み立て工事

車体組み立て工事で課題となったのは、ヘリコプターで空輸された車体の荷下ろし場所と、既存の台車との接続方法であった。大山ケーブル駅には道路がないため、大型のクレーン車は使用できない。そこで考えたのが、駅の既存屋根を撤去し、軌道の直上に仮設構台と門型クレーンを設置することであった。作業構台の構造は、くさび式支保工とし、門型クレーンは四角柱に横桁を流し2tの手動チェンブロックを4基配置することとした。作業構台の当初計画寸法は、車体の寸法、ヘリコプターパイロットの要望、空輸した後の組み立てヤード等を考慮し、延長14m×幅11mであった。しかし、支保工の設置できるホーム幅員は約9mで、両端部1mは車体の荷重を受けることのできない張り出し構造としなければならなかった(図ー3)。そこで、空輸時の吊金具台座を車両中心から2mの範囲に設置すること、仮設構台に中心位置を明示し、車体の中心と合うよう慎重に降下させることで、荷下ろし精度の向上を図った。その結果、無事に新型の車体を空輸することができた(写真ー13)。その後、門型クレーンを使用して車体と台車を結合(写真ー14)し、総重量2.1tのパーツが現地にて組み立てられた。



図一3 作業構台断面図



写真一13 搬入直後の新型車体



写真一14 新型車体と台車の結合状況

(3) 軌道工事

軌道工事は、運休2ヶ月前から資機材の運搬を開始した。レールは、運搬上の制約から6.25mの長さで間配りしたものを、現場溶接を行った上で37.5mレールとして使用した。既存ケーブルカーの軌道構造は、枕木受けコンクリートの上に、直接アンカーボルトで枕木を固定している。固定用のアンカーボルトは、腐食したものを除き再利用した。そのため、交換用の合成枕木のアンカーボルト穴は事前加工できず、現地計

測結果をもとに加工した。

軌道工事の施工順序は、まず麓の大山ケーブル駅から中間の大山寺駅を施工し、その後、山頂の阿夫利神社駅から大山寺駅を施工した。そうすることで、既存ケーブルカーの活用を可能とし、資機材運搬の効率化を図った。

約半年間かけて路線延長約800mの枕木およびレールの交換を完了した。

5. おわりに

今回の山中での設備更新工事は、様々な運搬方法を駆使して進めることができた。しかし、大型機械が入れない山中では、人の力に頼るところも非常に大きかった。建設現場に就労する年齢の高齢化が進み、将来の労働力不足が危惧されているなか、人への技術の伝承、育成が重要であることを改めて考えさせられた。また、土木・建築・車両・軌道・電気と多種多様な工事が狭隘な箇所で競合したが、お互いが問題意識を共有し、発注者と一体で解決を図ったことにより、限られた工期のなかでの更新工事を無事完了（写真一15）することができた。



写真一15 完了全景

J C M A

[筆者紹介]

飯田 修一 (いいた しゅういち)
 (株)フジタ
 交通事業部 土木工事部



江原 季映 (えはら としあき)
 (株)フジタ
 交通事業部 土木工事部

