

軌道整備における軌陸型重機導入のための必要施工量に関する分析

東武鉄道株式会社 施設部建築土木課（前 政策研究大学院大学） 正会員 ○下野 大樹
政策研究大学院大学 フェロー会員 家田 仁

1. はじめに

生産年齢人口の減少に伴い、今後働き手の確保が難しくなることが想定されるため、保線部門においても作業の機械化等による省力化を推進していく必要がある。軌道整備はマルチプルタイタンパーによる機械施工とハンドタイタンパーによる人力施工が一般的であるが、軌道整備のさらなる機械化方策としては、踏切からの搬入出が可能な軌陸型重機を用いる方法があり、JR 各社では使用実績が確認される¹⁾²⁾。作業の機械化には設備投資を伴うことから、実施の可否については事業者の規模や施工量に関係する可能性が高い。そこで本研究では、大手民鉄においても軌道整備のさらなる機械化を促進するため、軌陸型重機を用いた機械施工導入のために必要な施工量（損益分岐点）を明らかにすることを目的とする。

本研究では、はじめに、東武東上線をモデル線区と考え、同線区における軌道整備実績を基に、人力施工から軌陸型重機を用いた機械施工への置き換えをシミュレーションし、その導入効果（必要施工日数、必要人員数、1 晩あたりの平均施工延長）を確認する。次に、シミュレーションによって得られた 1 晩あたりの平均施工延長を、モデル線区と同等の軌道整備発生頻度の線区における 1 晩の施工延長の期待値と考え、人力施工および機械施工における費用等の想定に基づき、機械施工の損益分岐点となる年間施工量を算出する。なお、本研究では分岐器部を除く一般部の軌道整備を対象とする。

2. 機械施工導入シミュレーション

はじめに、2018 年度の東武東上線における人力施工による軌道整備の実績を基に、軌陸型重機を用いた機械施工への置き換えをシミュレーションする。作業はすべて夜間の終列車後から翌初列車までの間に実施することとし、作業可能時間は 180 分と設定する。一般的に機械施工は人力施工よりも施工速度が速いことから、人力施工では別日に施工していた現場も場合によっては 1 晩の内に施工することが可能となる。ここでは、実績上で同じ月に施工していた現場は、時間内に施工可能であれば同日施工するものとし、必要作業日数を算出する。

シミュレーション上の作業編成は 9 名とし、3 名ずつ 3 つの班（準備班、機械班、後作業班）で施工することを想定する。準備班は、事前測定、ジャッキアップ等の準備作業を行った後、次の現場へ作業車等によって移動する。機械班は、搬入する踏切までの重機回送、踏切からの搬入、現場までの線路上の回送、現場の搗き固めを実施し、次の現場まで線路上を移動する。後作業班は、機械班による搗き固めの後に、碎石整理、道床の転圧、必要に応じてハンドタイタンパーによる手直しや機械の施工不能箇所の搗き固め、作業後の軌道測定、片付けを実施し、次の現場へ作業車等によって移動する。なお、機械班の 3 名はそれぞれ作業指揮者 1 名、機械オペレーター 1 名、誘導員 1 名である。ここでは、3 つのタイプの重機についてそれぞれシミュレーションを行うこととし、各重機の施工速度等の条件設定は表-1 に示す。また、その他各作業の所要時間は表-2 とおり設定する。

シミュレーションでは、現場ごとに作業時間を積み上げ、その現場が時間内に施工可能であるかどうかの判定を繰り返し行うことでその晩の施工範囲を決定する。その手順は、図-3 のように年間の施工実績を月別、線別に整理したうえで、はじめに月毎に上り方面から順に未施工の現場を選択し、最寄りの踏切を決定して搬入場所とする。そして、現場までの線路上の移

表-1 各重機の施工速度等に関する条件設定

種別	軌陸トラック型16頭タイタンパー	軌陸バックホウ型16頭タイタンパー	軌陸バックホウ型8頭タイタンパー
施工速度	10 秒/丁	15 秒/丁	20 秒/丁
回送速度	10 km/h	10 km/h	10 km/h

表-2 各作業の所要時間

作業項目	所要時間
準備作業、片付け	各10分/現場
事前、事後測定	各5分/100m
ジャッキアップ	5分/100m
碎石整理	10秒/m
手直し等	5分/m
現場間移動速度	10km/h

キーワード 保線、軌道整備、機械化、大手民鉄、スケールメリット
連絡先 〒131-8522 東京都墨田区押上二丁目 18-12 東武鉄道株式会社施設部建築土木課 TEL03-5962-2461

動、準備、搦き固め、後作業の所要時間の積み上げを行い、さらに、最寄りの他現場を選択し、その現場までの移動、準備、搦き固め、後作業の時間および搬出時間を計算し、その現場が時間内に施工可能であるかどうかの判定を行う。判定の結果、施工が不可能な場合は前の現場を最後に踏切から搬出して作業終了とし、施工可能な場合はさらに次の現場の施工の可否について判定していく。

以上の条件に基づきシミュレーションを実施し、施工日数および必要人員数を算出した結果が表-4 および図-5 である。軌陸トラック型 16 頭タイタンの導入を例にとると、必要施工日数が 68 日であり、年間の総人員数はのべ 612 人となり人力施工の場合の 41%に抑えられることを確認した。

3. 損益分岐点となる年間施工延長の算出

次に、シミュレーションから得られた 1 晩の施工延長の期待値に基づき、人力施工単価と機械施工単価を比較することで損益分岐点となる年間施工延長を算出する。まず、比較の対象となる人力施工の単価は、東武東上線における施工実績と土木工事積算基準等の一般的な積算の考え方から、7,416 円/m(運搬費等含む)と設定した。また、機械施工単価の算出にあたっては同積算基準等の考え方をを用いて労務費および機械経費を設定する。機械経費における各重機の機械損料算出にあたっては、建設機械損料表等の考え方を基に表-6 のとおり設定した。

以上の条件を基に、3 つのタイプの重機について、任意の年間施工延長における施工単価および人力施工に対する損益分岐点を図-7 のとおり算出した。5,000m 程度の年間施工延長があれば 3 つ全てのタイプで機械導入のアドバンテージが得られることがわかり、東上線の年間施工延長(2018 年度実績)が 11,688m であることから、費用面からは機械施工の導入が十分に可能であることがわかった。

4. まとめ

本研究では、軌道整備のさらなる機械化方策として、軌陸型重機による機械施工導入のために必要な施工量をスケールメリットの観点から明らかにした。人力施工の実績を基にした機械施工への置き換えを前提とした概算ではあるが、費用面では大手民鉄においてもその導入が十分に可能であることを示した。なお、バックホウ型の重機については軌道整備以外の用途との併用により、費用面ではさらに有利となる。働き手の減少への対抗策の一助となり、さらに保守費用の削減効果も期待できることから、各社において機械施工導入を積極的に検討していくべきである。

参考文献

- 1) 青井宏貴「地方路線における軌道整備の機械化に関する研究」『新線路』, 2015 年 7 月号, pp.31-35
- 2) 堀雅彦「支線区における BHTT を活用した分岐器軌道整備の推進」『新線路』, 2014 年 1 月号, pp.23-26

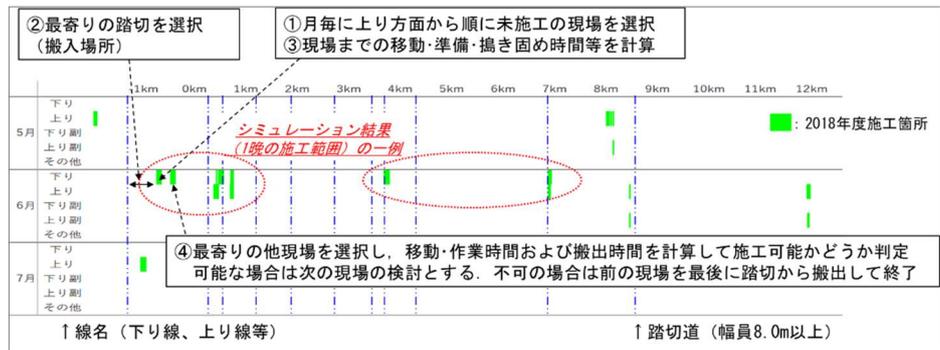


図-3 シミュレーションの手順

表-4 シミュレーション結果

種別	人力施工 (参考)	軌陸トラック型 16頭TT	軌陸BH型 16頭TT	軌陸BH型 8頭TT
必要 施工日数	130日	68日 (52%)	80日 (62%)	90日 (69%)
年間 総作業員数	のべ1,482人	のべ612人 (41%)	のべ720人 (49%)	のべ810人 (55%)
平均 施工延長	90.0m	171.9m	146.1m	129.9m

※()内は対人力施工比

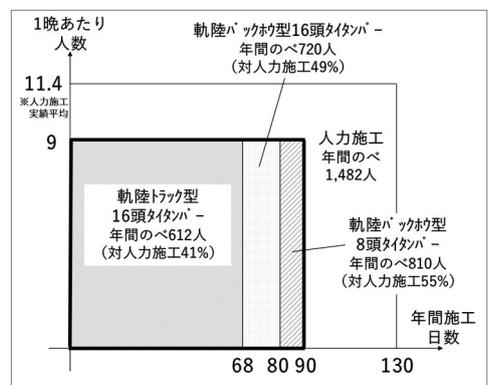


図-5 機械施工導入効果

表-6 各重機の機械損料算出に関する条件設定

機種	機械 基礎価格	標準 使用年数	維持 修繕費率	年間 管理費率
軌陸トラック型16頭TT	8,000万円	9年	35%	13%
軌陸BH型16頭TT	5,000万円	9年	35%	10%
軌陸BH型8頭TT	4,000万円	9年	35%	10%

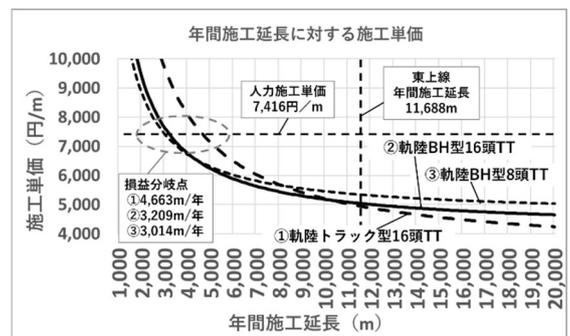


図-7 損益分岐点算出結果