

1. はじめに

現在,軌道における保守作業の多くは機械化が進んでいます.その中で,バラスト軌道で軌道の歪み(軌道変位)を整正する中心的な役割を果たしているのが,マルチプルタイタンパー(MTT)という大型保守用車です.このMTTを用いて,効果的かつ効率的に軌道を保守することが鉄道の安全安定輸送には欠かすことができません.そこで,定期的に測定した軌道の検査結果を用いて,軌道状態の将来推移を予測し,MTTの運用計画を策定するMTT運用計画支援システム(MTS)をこれまでに開発しました.このMTSを用いた運用計画の策定フローを図1に示します.このシステムは現在,一部の鉄道事業者において活用されています.



図1 MTT 運用計画作成フロー

一方,近年では,鉄道総研で開発した慣性正矢法を用いた軌道検測装置が営業車両に搭載され,従来 よりも高頻度の軌道検測データが日々蓄積されています.そこで,高頻度検測データ(高頻度データ) を活用できるようにMTSを改良しましたので紹介します.

2. 高頻度データ対応版MTSの開発

今回,従来版のMTSを高頻度データに対応できるように、以下の機能等を新たに追加しました.
■ 高頻度データへの対応:1日に複数回取得されたデータを読み込み、各日の代表データを作成する
機能や異常値を排除する機能を追加しました.これにより、従来頻度で取得されたデータと高頻度データの両方のデータを活用できます.

■ 軌道変位進みの予測パラメータのロット別最適化:従来版では、軌道変位の予測に用いるパラメー タ(軌道変位進み、保守効果)を全ロットで共通にしていましたが、履歴データを活用してロット別に 予測誤差が最小になるようにパラメータを算出して用いるようにしました.これにより、予測値の精度 が向上し、計画の品質が高まると考えられます.

■ 軌道変位推移の確率的予測:ロットごとに軌道変位の予測誤差を算出し,予測値と共に出力できる ようにしました.これにより,各ロットにおける予測値の信頼性を評価,比較できます.

図2は開発したMTSの主操作画面であり、本画面上で必要なデータの読み込みや処理を行います.

3. システムによるMTT運用計画の作成と評価

高頻度データを用いた場合と従来頻度データを用いた場合にシステムで策定したMTT運用計画に どのような違いが生じるのかを分析しました.データは約1年半の間に取得された10m弦高低変位の標 準偏差を用いました.ロット延長は約100mとし,これらのデータを基に6か月先のMTTの運用計画 を策定しました.

使用したデータ別の施工計画対象箇所を比較した結果を図3に示します.両データで共通する施工計





画箇所は,施工計画対象となった48 ロット中43 ロットである 一方,施工計画対象の約10%にあたる5 ロットで施工箇所が異 なりました.

MTSは軌道変位の予測値に基づいて計画を策定するため、 計画が異なったロットについて、計画期以前の軌道変位の推移 を分析しました. ここでは例として, 施工計画箇所に高頻度デ ータを使用した場合にのみ選択されたAと従来頻度データを使 用した場合にのみ選択されたBの軌道変位推移を図4に示しま す.Aでは軌道変位進みは高頻度データを使用した方が大きく 算出されるため、施工計画箇所に選択されたと考えられます. 一方, Bでは,MTT保守後, 高頻度データでは軌道変位進 みが徐々に鈍化する傾向を把握できるのに対して、従来頻 度データでは保守後のデータ数が2点しかないため、この ような傾向の変化を把握できません. このため, 従来頻度 データを用いた方が軌道変位は大きく予測され、施工計画 箇所に選択されたと考えられます. このように、従来頻度 データでは把握できない軌道変位進みの変化を高頻度デー タでは捉えることができ、精度の高い予測ができるため、 高頻度データを用いた方が質の高い運用計画を策定できる と考えられます.



4. まとめ

これまでに開発したMTSによるMTT運用計画の作成フローと高頻度データ対応版に追加された 機能について紹介しました.また,高頻度データと従来頻度データを使用した場合の軌道変位の推移を 比較することで,従来頻度データでは捉えることができない軌道変位進みの変化を高頻度データでは捉 えられることを確認しました.今後は策定された計画による軌道状態の改善効果について検討する予定 です.

執筆者:軌道技術研究部 軌道管理研究室 山口剛志担当者:軌道技術研究部 軌道管理研究室 吉田尚史

防音壁の簡易地震応答評価法

1. はじめに

高速鉄道における環境性能確保や寒冷地における積雪対策のため に、背の高い防音壁の採用や既存防音壁の扛上の事例が増加してい ます (通常 1.5~2.5m 程度のものを 3.5m に杠上). 鉄道の防音壁の設 計は,従来,強風時 (風速 50m)の静的簡易照査 (設計風荷重 3.0kN/m², 震度 k_b=2.0 相当)を基本としてきましたが,背の高い防音壁におい ては、剛性低下に伴う地震時の共振の発生等、未解明の現象の発現 が懸念されました.このため、設計地震動の大規模化に則した応答 メカニズムの解明や実用的な設計法の整備を行いました^{1),2)}.

2. 防音壁の共振メカニズムの解明

(1) 現地測定

防音壁高さH

モデル化

対象とした半雪覆型防音壁は H 鋼支柱に PC 板 を落とし込んだ形式で, H 鋼支柱基部は RC 地覆 に埋め込まれ固定されます(図1).高さの異なる 複数の防音壁のインパルスハンマ試験および列車 走行試験により、当該構造形式の固有振動モード特 性を明らかにしました(図2).

(2) 防音壁の詳細な有限要素解析

対象とした半雪覆型防音壁の破壊形態および耐 震性能を把握するために,鉄筋までを詳細にモデ ル化した有限要素解析を行いました(図3). 当該 防音壁は水平震度 2.2 程度で構造部材である H 鋼 が降伏し、水平震度 3.2 程度で変形が大きく進行し 終局状態となることが明らかとなりました.

(3) 防音壁/構造物との動的相互作用シミュレ ーション解析

実在する鉄道構造物と防音壁の組み合わせは 膨大です. このため,防音壁の共振現象の支配 要因を考慮した構造物/防音壁の動的相互作用 解析モデルにより、防音壁の地震時水平振動評

非連成モデル

₩**4** 非線形ばね

構造物(1DOF



3/6

(2DOF)

₩₩²

非線形ばね

w

図4

施設研究ニュース No.299 2015.7.1

価モデルを新たに構築するこ ととしました(図4).これら の数値モデルを用いて,大規模 パラメータ解析を行った結果, 背の高い防音壁の地震時の応 答は,下部構造物との連成によ り,等価固有周期 *T*_{eq}(=1/*f*_{eq}), 弾性固有周期,降伏震度 *k*_{hy},

防音壁との重量比 anbr等のパラメータに依存して大きく変化すること,構造物の天端の回転入力により,10~35%程度増加すること等が明らかとなりました(図5).

3. 防音壁の共振現象の一般化

上記の解析結果を概ね包絡するように、 相関の高い防音壁の固有振動数 f_{nbr} と構造物 の降伏振動数 f_{eq} の比 f_{nbr}/f_{eq} を基本パラメー タとして、地震動毎に防音壁の最大応答震 度の一般化を図りました(図6).図中の Y_a 、 Y_b は構造物の降伏震度、構造物と防音壁の 重量比をパラメータとした関数です。

更に、実務における簡便化を図るため、構造物重心からの防 音壁の高さ H'、回転振動による補正係数 k_{θ}^{0} および $k_{hr0,nbr}$ に基 づいた防音壁の設計応答震度 $k_{hrd,nbr}$ として式(1)を提案しました.

20 15 10

ŏ

-10 -15 -20

2

図 5

度

答

壁の最大応

防音

$$k_{hrd,nbr} = \left(1 + \frac{2H'}{3}k_{\theta}\right)k_{hrd0,nbr}$$
(1)

図7は、H'=5m、 $k_{\theta}=0.10$ 、 $\alpha_{nbr}=20$ という一般的な条件を基に算 出した防音壁の設計応答震度です.本図を用いて防音壁の耐震設 計で用いる設計震度を簡易に設定することができます.例えば、 構造物が降伏振動数 1Hz、降伏震度 0.7 で、防音壁が固有振動数

4Hzの場合,設計震度がL1地震動時には0.93,L2地震時には1.59となります.壁式高架橋のように降伏震度,降伏振動数が共に高い構造物の場合,防音壁の地震時応答が大きくなりますので注意が必要です.

4. おわりに

本研究では背の高い防音壁の地震時の応答メカニズムの解明や実用的な設計法の整備を行いました. 本研究の成果が一助となれば幸いです.

参考文献

- 1) 徳永宗正,曽我部正道,後藤恵一,山東徹生,玉井真一,小野潔:列車通過時の鉄道構造物上防音 壁の動的設計法,土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol. 69, No. 2, pp. 392-409, 2013.
- 2) 徳永宗正,曽我部正道,渡辺勉,山東徹生:鉄道高架橋との連成を考慮した防音壁の地震時応答評 価,第20回鉄道技術連合シンポジウム(J-RAIL2013),講演論文集,pp.165-168, 2013.

執筆者:鉄道力学研究部 構造力学研究室 徳永宗正

担当者:鉄道力学研究部 構造力学研究室 渡辺勉,上半文昭



防音壁の基本固有振動数f_r 構造物の等価固有振動数f_{eq}(=1/T_{eq}) 図7 防音壁の設計応答震度

굣

地形を考慮した土石流の発生危険性評価

1. はじめに

自然斜面や切土・盛土のり面の崩壊、あるいは土石流など降雨による様々な斜面崩壊から列車の安全 を確保するためには、斜面崩壊の危険性を適切に評価し、崩壊危険性の高い箇所をあらかじめ把握して おくことが重要です。そこで、自然・切土斜面表層の崩壊を対象として、斜面表層の地下水位を求めた 上で安定性を計算する解析モデルについて検討してきました¹⁾²⁾.ここでは、この解析モデルを利用して 土石流の発生危険性を評価する方法³⁾について紹介します.

2. 解析モデルの概要

解析モデルにおける斜面表層の雨水流動に関する概念図を図1に示します.解析モデルでは地形図等 をもとに対象斜面の地形を格子状に分割(図 1(a))した要素ごとに、斜面表層(厚さ、土質条件など) を設定(図 1(b))します.また,地形的に凹地となる箇所に沢(渓流,以下渓流と表します)を設定し ます. そして, 地形に支配される要素間の雨水流動を考慮して要素ごとの地下水位や渓流の流量を計算 します.

解析モデルの計算フローを図2に示します.解析では初期条件を入力した上で、①地形条件から各要 素の勾配を求めて水が流れる向きと渓流を設定します.次に、②設定した降雨を入力することで、要素 ごとの水の流入量, 流出量から要素の平均化した飽和度 (要素内の空隙に対する水の量の割合)を求め, ③これから地下水位を計算します.そして,④求めた地下水位から要素ごとの崩壊に対する安定性を, 簡便法として斜面表層の安定解析によく利用されている無限長斜面の安定解析手法を用いて安全率(安 定性の指標:値が小さいほど安定性が低い)として算出します.上記②~④をある時間間隔 At で設定計 算時間まで繰り返し行うことで、対象斜面全域における自然斜面と切土斜面表層の崩壊危険性を経時的 に計算します. なお、計算方法の詳細は参考文献 1).2)を参照して下さい.

土石流の発生危険性には、図3に示すとおり、1)渓流の流域における斜面の崩壊危険性と、2)渓流の 水量が大きな影響を及ぼします。そこで、図2に示したとおり、解析モデルによる水の流れ計算から求 められる渓流の水量と、安全率計算から求められる渓流の流域斜面表層の崩壊危険性から、土石流発生 の危険性を評価します. START



3. 事例解析

実際に土石流が発生した箇所を対象とした事例解析の結果として, 渓流流域斜面の安定性の空間分布 に関する計算結果例を図4に示します.降雨量の増加に伴って流域斜面において安定性が低下する要素 数(面積)が増加しています.そこで, 渓流の流域斜面の全要素に対して流域斜面の安定性が一定値以 下となる要素の割合を崩壊面積率と定義し, この値を渓流の流域斜面の崩壊危険性の指標としました. 崩壊面積率と渓流水量の経時変化の計算結果例を図5に示します.降雨量の増加に伴って, 崩壊面積

率, 渓流の水量とも増加しています. したがって, 土石流の発生時に想定される渓流の流域斜面の不安 定化と渓流水量の増大という2つの現象が解析モデルによる計算で再現できることがわかります.





4. おわりに

本稿では、土石流の発生危険性を評価する解析モデ ルの概要と事例解析の結果について紹介しました。 今後、土石流発生箇所を対象とした事例解析を数多く実 施することで、解析モデルの妥当性や適用性について 検討する予定です.

【参考文献】1)布川修,杉山友康,太田直之:地形を考慮した 斜面表層部の地下水変動予測モデル,鉄道総研報告, Vol.22, No.1, pp.23-28, 2008 2)布川修,杉山友康,太田直之:地形を 考慮した斜面表層部の地下水変動と安定性評価,鉄道総研報告, Vol.24, No.5, pp.17-22, 2010 3)布川修,太田直之,石川智史: 地形を考慮した土石流の発生危険性評価,鉄道総研報告, Vol.27, No.11, pp.35-40, 2013



執筆者:防災技術研究部 地盤防災研究室 布川修

「編集委員会からのお知らせ:2014 年度より施設研究ニュースの pdf データを鉄道総研HPに掲載いた します。詳しくは、鉄道総研HPのトップページから【研究開発】⇒【研究ニュース】⇒【施設研究ニュース】 (<u>http://www.rtri.or.jp/rd/rd_news.html</u>)にアクセスしてください。

発行者:布川 修 【(公財)鉄道総合技術研究所 施設研究ニュース編集委員会 委員長】 編集者:辻村 壮平 【(公財)鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 建築】