

Towards Optimization of Tuned Mass Dampers in Suspended Bridges by Accounting for Non-Linear Behaviour

Auteur : Zeoli, Juliette

Promoteur(s) : Denoël, Vincent

Faculté : Faculté des Sciences appliquées

Diplôme : Master en ingénieur civil des constructions, à finalité spécialisée en "civil engineering"

Année académique : 2024-2025

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/23197>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

Towards Optimization of Tuned-Mass Dampers in Suspended Bridges by Accounting for Non-Linear Behaviour

by Juliette Zeoli

University of Liège, Faculty of Applied Sciences, Civil Engineering
Academic year 2024-2025

Academic supervisor: Vincent Denoël

Jury members: Nenad Bijelić, Vincent de Ville de Goyet & François Rigo

Abstract

This master thesis investigates the dynamic behaviour of suspended pedestrian bridges, with a focus on the non-linearities resulting from the quadratic dependency of cables stiffness to displacement, using the Victor-Neels bridge as a case study. A detailed numerical model was developed in the software **Finelg**, and was validated by an experimental campaign involving pedestrian induced vibrations. The results from the modal identification using COV-SSI method and the tension measurement in hangers provided meaningful information to refine the numerical model to replicate the real-life behaviour of the bridge as closely as possible.

Non-linear dynamic analyses, performed with sine sweep of varying amplitude, revealed a significant increase in structural stiffness beyond a certain excitation threshold, resulting in reduced displacement amplitude compared to the linear predictions as well as a frequency shift in the resonant frequency peak. Even though a linear analysis is conservative, it can lead to excessive displacement estimations, potentially resulting in unnecessary tuned-mass damper (TMD) installations or structural oversizing.

This work investigates the effectiveness of linear TMDs in linear and non-linear analyses. While TMDs tuned to the frequency resulting from the modal analysis were effective, their efficiency was increased by taking into account the frequency shift from the non-linear dynamic analyses. The results also showed that a comparable damping efficiency could be achieved with a lower-mass TMD, offering interesting perspective in terms of possible optimization. Other perspectives include the implementation of a non-linear TMD with an exponential damping force depending on the speed, to enhance performance to reduce the amplitudes of the peak response.

Keywords. Suspended footbridge, Non-linearity, Tuned-Mass Damper, Finelg.

Résumé

Ce travail de fin d'études examine le comportement dynamique des passerelles piétonnes suspendues, et analyse en particulier les non-linéarités résultant de la dépendance quadratique de la rigidité des câbles au déplacement. Une étude de cas a été réalisée sur la passerelle Victor-Neels. Un modèle numérique détaillé a été élaboré avec le logiciel **Finelg** et a été validé lors d'une campagne d'essais expérimentaux réalisés au moyen de vibrations induites par des piétons. L'identification des modes vibratoires de la passerelle au moyen de la méthode COV-SSI et la mesure de la tension dans les câbles ont permis de collecter des informations utiles pour affiner le modèle numérique et reproduire au mieux le comportement réel du pont.

Les analyses dynamiques, réalisées avec des balayages sinusoïdaux d'amplitude variable, ont révélé une augmentation significative de la rigidité de la structure au-delà d'un certain seuil d'excitation. Par rapport aux prédictions linéaires, on observe donc un déplacement plus faible ainsi qu'un glissement de la fréquence de résonance. Bien que l'analyse linéaire offre une approche conservatrice, elle surestime les déplacements de la passerelle, ce qui peut entraîner l'installation d'amortisseurs à masse accordée (AMA) inutiles ainsi qu'à un surdimensionnement de la structure de la passerelle.

Ce travail évalue l'efficacité des AMA linéaires dans le cadre d'analyses linéaires et non linéaires. Bien que les AMA accordés sur la fréquence résultant de l'analyse modale fonctionnent correctement, il est possible d'augmenter leur efficacité en prenant en compte la variation de la fréquence de résonance obtenue via les analyses non linéaires. Les résultats montrent également qu'un amortissement similaire peut être atteint avec un AMA de masse inférieure, ce qui offre des perspectives intéressantes en termes d'optimisation. On pourrait également envisager de mettre en place des AMA non linéaires caractérisés par une force d'amortissement exponentielle dépendant de la vitesse, afin d'améliorer la capacité à réduire l'amplitude de la réponse résonante.

Mots clés. Passerelle suspendue, Non-linéarité, Amortisseur à masse amortie, Finelg.