

Validation of a model for assessing the stability of a wall subjected to flooding

Auteur : Hardy, Nathan

Promoteur(s) : Erpicum, Sébastien; Dewals, Benjamin

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/2268.2/23316>

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.

Abstract

Title: Validation of a model for assessing the stability of a wall subjected to flooding

Author: Nathan Hardy

Thesis Supervisor: Sébastien Erpicum

Thesis Co-Supervisor: Benjamin Dewals

Section: Civil Engineering - specialization in Civil Engineering

Academic Year: 2024 - 2025

Keywords: Flooding, Walls, Stability

The objective of this thesis is to develop and validate a simple model for assessing the stability of walls subjected to out-of-plane loads during a flood, across a large number of buildings.

The model proposed by Milanesi et al.¹ is based on three sets of parameters: the geometric characteristics of the wall, the stabilizing load and the destabilizing load. It allows to determine a critical water depth beyond which the wall becomes unstable. Originally, the model was validated by numerical simulation due to a lack of a sample of real-life cases, a sample now available.

To apply this model, it was necessary to have data on the stability of walls during floods. These data were partially extracted from measurements collected in the Vesdre Valley following the July 2021 flood. Furthermore, since there were no in situ water level measurements during the event, water depths were obtained either from post-flood surveys carried out by the Walloon Public Service (SPW) with interpolation to produce a complete map, or by simulation. For this second approach, the WOLF software, developed by the HECE department of the University of Liège, was used to estimate the highest water depths reached by the walls during the flood. These simulated depths were retained for the analysis for several reasons detailed in this thesis.

This study shows that the water depths yielding the best results are those corresponding to the 25th percentile of the water depths from the simulation, i.e., the lowest values among those simulated.

The model is then tested using a sample constructed in two ways:

1. at the individual wall level – to assess the intrinsic validity of the model;
2. at the building level – by grouping walls by building, to test the model's usefulness as a high-level predictor of building damage, in the sense developed by A. Paterka².

The initial results show that 40% of individual walls are correctly interpreted and 44% of buildings are also correctly interpreted, which is relatively low. Based on the results, the model tends to underestimate the strength of the majority of walls, suggesting that the properties attributed to the walls were initially too weak compared to reality.

Based on these findings, improvements are made by refining the geometric characterization of the walls, which makes it possible to achieve 75% of individual walls correctly interpreted, and 72% of buildings correctly interpreted, thus validating the proposed overall approach.

¹MILANESI, Luca et al. "Vulnerability to Flash Floods: A Simplified Structural Model for Masonry Buildings". In: *Water Resources Research* 54 [10 Oct. 2018], pp. 7177–7197. ISSN: 19447973. DOI: 10.1029/2018WR022577. URL: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2018WR022577>.

²PATERKA, Amélie. "Structural Damages to Residential Buildings Induced by the July 2021 Flood in Belgium." Unpublished Master Thesis. Université de Liège, 2023. URL: <https://matheo.uliege.be/handle/2268.2/17746>.

Résumé

Titre: Validation d'un modèle d'évaluation de la stabilité d'un mur soumis à une inondation

Auteur: Nathan Hardy

Promoteur: Sébastien Erpicum

Co-Promoteur: Benjamin Dewals

Section: Ingénieur civil des constructions, à finalité spécialisée en génie civil

Année Académique: 2024 - 2025

Mots Clés: Inondation, Mur, Stabilité

L'objectif de ce travail de fin d'études est de développer et de valider un modèle simple permettant d'évaluer la stabilité des murs soumis à des charges hors plan lors d'une crue, et ce, à l'échelle d'un grand nombre de bâtiments.

Le modèle proposé par Milanesi et al.¹ se base sur trois ensembles de paramètres : les caractéristiques géométriques du mur, la charge stabilisatrice et la charge déstabilisatrice. Il permet de déterminer une profondeur d'eau critique au-delà de laquelle le mur devient instable. À l'origine, le modèle avait été validé par simulation numérique, faute d'un échantillon de cas réels, échantillon désormais disponible.

Pour appliquer ce modèle, il est nécessaire de disposer de données sur la stabilité des murs lors d'inondations. Ces données ont pu être extraites en partie des mesures recueillies dans la vallée de la Vesdre suite à la crue de juillet 2021. Par ailleurs, n'ayant pas de mesures in situ du niveau d'eau durant l'événement, les profondeurs d'eau ont en partie pu être extraites soit par des relevés post-crue réalisés par le Service public de Wallonie (SPW) avec interpolation pour produire une cartographie complète, soit par simulation. Pour cette seconde approche, le logiciel WOLF, développé par le département HECE de l'Université de Liège, a permis d'estimer les profondeurs d'eau maximales atteintes au niveau des murs lors de l'inondation. Ces profondeurs simulées ont été retenues pour l'analyse, pour plusieurs raisons détaillées dans cette thèse.

Ce travail montre que les profondeurs d'eau donnant les meilleurs résultats sont celles correspondant au 25ème percentile des profondeurs issues de la simulation, c'est-à-dire les valeurs les plus faibles parmi celles simulées.

Par la suite, le modèle est testé à l'aide d'un échantillon constitué de deux manières :

1. au niveau des murs individuels – pour évaluer la validité intrinsèque du modèle;
2. au niveau des bâtiments – en regroupant les murs par bâtiments, pour tester l'utilité du modèle comme prédicteur de haut niveau des dommages aux bâtiments, selon le sens développé par A. Paterka².

Les premiers résultats montrent 40 % de murs individuels correctement interprétés et 44 % de bâtiments également correctement interprétés, ce qui est relativement faible. Au regard des résultats, le modèle tend à sous-estimer la résistance de la majorité des murs, ce qui suggère que les propriétés attribuées aux murs étaient initialement trop fragiles par rapport à la réalité.

Sur base de ces constats, des améliorations sont apportées en affinant la caractérisation géométrique des murs, qui ont permis d'atteindre 75 % de murs individuels correctement interprétés, et 72 % de bâtiments correctement interprétés, validant ainsi l'approche globale proposée.

¹MILANESI, Luca et al. "Vulnerability to Flash Floods: A Simplified Structural Model for Masonry Buildings". In: *Water Resources Research* 54 [10 Oct. 2018], pp. 7177–7197. ISSN: 19447973. DOI: 10.1029/2018WR022577. URL: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2018WR022577>.

²PATERKA, Amélie. "Structural Damages to Residential Buildings Induced by the July 2021 Flood in Belgium." Unpublished Master Thesis. Université de Liège, 2023. URL: <https://matheo.uliege.be/handle/2268.2/17746>.