



Excavation en milieu urbain

Un système d'étaisonnement qui contourne les obstacles et s'adapte à tous les types de sols québécois

CHAQUE année, au Québec, au moins un travailleur meurt enseveli au fond d'une tranchée. Bien souvent, les accidents surviennent en l'absence d'étaisonnement, lorsque la paroi de l'excavation est presque verticale, deux facteurs qui mènent à coup sûr, à plus ou moins long terme, à l'effondrement de cette paroi. Les dispositifs d'étaisonnement qui existent ne sont pas adéquats dans toutes les situations. Les travaux menés par l'équipe que dirigeait André Lan, du Programme sécurité-ingénierie de l'IRSST, ont abouti à la conception d'un prototype, le VM2, efficace jusqu'à une

profondeur de 3,7 mètres et apte à contourner les obstacles tels que les divers conduits fréquemment présents sous terre.

Les dispositifs d'étaisonnement habituellement composés de panneaux rigides sont lourds et difficiles à mettre en place dans les tranchées de faible envergure, comme c'est souvent le cas en milieu urbain. Mais surtout, ils sont inutilisables en présence de conduits ou d'obstacles enfouis à moindre profondeur, comme les circuits de gaz ou d'électricité qui sillonnent les sous-sols citadins. Les travailleurs des municipalités se butent régulièrement à cette situation, car ils exécutent fréquemment des travaux d'entretien et de branchement de réseaux d'aqueduc et d'égout. À la Ville de Montréal seulement, on compte 4000 interventions de ce genre annuellement.

DANS CE NUMÉRO

17 **Excavation en milieu urbain**
Un système d'étaisonnement qui contourne les obstacles et s'adapte à tous les types de sols québécois

20 **Gants de protection**
Une recherche permet de créer un modèle plus efficace, d'élaborer une procédure d'évaluation et d'établir des spécifications de conception

24 **Échantillonne et compte !**
Bilan positif du programme de contrôle de la qualité de la numération des fibres, après huit ans d'existence

26 **Maux de dos**
Quelles activités économiques, quelles professions sont les plus touchées ?

28 **Boursière : Josée-Marie Couture, Université du Québec à Montréal**
L'effet de l'informatisation sur les activités d'entreposage

29 **Nouvelles publications**

30 **Nouvelles recherches**

Pour les excavations de deux mètres et moins, la Ville de Montréal disposait déjà d'un système de protection éprouvé, le VM1. Cependant, 10% des tranchées se situent au-delà de cette profondeur. Elle s'était donc inspirée du VM1 pour mettre au point un dispositif d'étaçonnement utilisable jusqu'à 3,7 mètres. Il fallait cependant valider ce prototype car, à cette profondeur, les pressions exercées sur la structure s'accroissent considérablement. Pour ce faire, la Ville a recouru à l'expertise de l'IRSST.



Point de départ

La Ville de Montréal voulait faire valider un système d'étaçonnement destiné aux tranchées de moins de 3,7 mètres de profondeur. Comme il n'existait aucun système de protection valable à cette profondeur, pour les excavations à ciel ouvert de faible envergure et traversées par des obstacles, des tests ont été conduits pour connaître l'efficacité de cet étaçonnement dans les différents types de sols qu'on trouve sur le territoire de l'ensemble des municipalités du Québec.

Responsables

André Lan¹ et Jean Arteau², du Programme sécurité-ingénierie de l'IRSST.



Partenaires

Martin Tremblay et Serge Gamelin de la Ville de Montréal; Denis LeBoeuf et Omar Chaallal, de l'École de technologie supérieure; Jean-Marc Dugré, consultant, et Sylvie Poulin, de l'Association paritaire – Secteur Affaires municipales.



Résultat

Les tests ont démontré l'efficacité, pour les tranchées à ciel ouvert, d'un système d'étaçonnement sécuritaire, qui permet de contourner les obstacles souterrains et qui convient à tous les types de sols du Québec.

Utilisateurs potentiels

Les municipalités du Québec, les entrepreneurs et les entreprises privées qui effectuent des excavations avec entraves, à ciel ouvert.

Dans un premier temps, il fallait donc vérifier la solidité du nouveau système dans l'environnement caractéristique de la région métropolitaine. Cette phase comportait une analyse structurale et des tests en laboratoire.

« Si les tests s'avéraient concluants, nous souhaitions aussi, explique André Lan, vérifier l'efficacité de ce système en fonction des différents types de sols qui constituent le territoire de l'ensemble des municipalités québécoises. » Depuis longtemps, l'Association paritaire Secteur Affaires municipales (APSAM) avait manifesté le besoin d'un tel moyen de protection.

Première étape : Montréal

« La poussée des sols sur les écrans flexibles ou semi-flexibles est complexe; il n'existe pas de mesures effectuées sur des blindages de cette nature lorsque la pression est consécutive à un éboulement ou à un glissement des parois de l'excavation », précise André Lan. Il fallait donc travailler à partir d'hypothèses. Confiée à Jean-Marc Dugré, ingénieur-conseil, l'analyse structurale a servi à évaluer les sollicitations sur les membrures de la structure. Elle a également permis de préciser les dimensions requises pour les

La pression exercée sur le blindage étant transmise directement aux moises, la taille et le niveau de résistance de ces poutres constituaient des contraintes importantes. Il a donc été nécessaire de sacrifier la légèreté en faveur de la résistance, en optant pour l'acier. Ce faisant, le poids des moises oblige le recours à une grue pour déplacer la structure.

composantes du système de même que ses limites. Pour les besoins de l'étude, seuls furent considérés, en premier lieu, les matériaux représentant les conditions les plus défavorables pour la poussée des terres sur le territoire de la Ville de Montréal à la profondeur d'utilisation souhaitée, soit les sols pulvérulents, drainés et de faible compacité.

Sur la base des résultats obtenus, il s'avérait nécessaire de renforcer la structure initiale, une opération qui aurait finalement requis tant de modifications qu'il a été jugé préférable d'en fabriquer une nouvelle. Plusieurs configurations ont alors été étudiées en fonction de propriétés préalablement établies. « Ces critères visent en quelque sorte l'élimination des risques à la source », précise André Lan. Il fallait que le système puisse être mis en place sans que les travailleurs

descendent dans l'excavation. Il devait aussi pouvoir s'ajuster à différentes dimensions et être manœuvré manuellement. Enfin, il devait offrir la possibilité de contourner facilement les obstacles.

Un modèle souple, résistant et facile d'installation

Le prototype qui a résulté de ces travaux est composé de quatre cadres en aluminium dans lesquels des madriers ou des feuilles métalliques sont insérés verticalement pour constituer le blindage. Sur chaque côté, reliées au cadre au moyen d'étriers, deux poutres télescopiques horizontales, situées l'une sur la partie supérieure et l'autre sur la partie inférieure, retiennent le blindage et assurent la solidité de l'ensemble. Dans sa version finale, le VM2 peut atteindre jusqu'à 2,44 mètres de longueur et de largeur et jusqu'à 3,7 mètres de profondeur.

La taille et la résistance des moises représentaient d'importantes contraintes. Ces poutres sont les pièces de résistance de la charpente; la pression exercée sur le blindage leur est transmise directement. Elles doivent donc l'absorber sans se briser et sont par conséquent extrêmement sollicitées. Dans un premier temps, il a fallu sacrifier la légèreté en faveur de la résistance, en optant pour l'acier. Ce faisant, le poids des moises a définitivement compromis la possibilité d'une manipulation manuelle. Dans un second temps, il a été convenu de restreindre la portée de l'étañonnement en largeur et en longueur. Malgré tout, des difficultés attribuables à la pesanteur des poutres ont été observées lors d'un essai effectué avec un prototype. Une nouvelle hypothèse de pression des sols a alors été retenue, laquelle tient uniquement compte de la charge exercée lorsqu'il y a rupture des parois. Lorsque la terre s'affaisse, la poussée diminue puisqu'une moins grande surface entre en contact avec la structure. En se basant sur cette donnée, il a finalement été possible de réduire considérablement le poids des poutres. Testées en laboratoires avec des charges supérieures aux poussées théoriques, les moises ont parfaitement résisté.

Les composantes du VM2 s'assemblent à l'extérieur de l'excavation et s'ajustent en fonction des dimensions requises. Le dispositif est par la suite



Le nouveau système d'étañonnement a été soumis à différents scénarios comportant trois types de sols. Des instruments de mesure permettaient d'évaluer la poussée des terres sur le blindage et le comportement des moises. Pour mobiliser la pression et reproduire une situation d'affaissement, l'espace entre l'excavation et la structure a été remblayé jusqu'à la hauteur maximale.



déposé au fond de la tranchée au moyen d'une grue mécanique. Déposé en bordure de l'excavation, un cadre formé de barres transversales sert d'appui. En présence d'entraves, les moises inférieures sont cependant posées après la mise en place de l'étañonnement. Des madriers sont finalement disposés autour de l'échafaudage pour combler le fossé entre la structure et la paroi de terre.

Deuxième étape : le Québec

L'expérience ayant été concluante, il restait alors à généraliser l'application du VM2 en évaluant son comportement dans des sols de différentes natures. Selon André Lan et ses partenaires, « le meilleur moyen d'y parvenir consistait à procéder à un test sur le terrain; c'est le procédé le plus rapide, le plus réaliste et les résultats sont indiscutables. »

Placées sous la responsabilité de l'École de technologie supérieure, les expérimentations ont toutes eu lieu dans la région de Montréal, en juin 1997. Bardé d'instruments de mesures destinés à évaluer la poussée des terres sur le blindage et le comportement des moises, le nouveau système d'étalement a été soumis à différents scénarios comportant trois types de sols : celui de la carrière Francon, composé de matériaux hétérogènes, incluant des débris de toutes sortes, un sol largement répandu sur l'île de Montréal, puis du sable propre et du limon sablonneux. Pour mobiliser la pression et reproduire une situation d'affaissement, l'espace entre l'excavation et la structure a été remblayé jusqu'à la hauteur maximale.

Les composantes du VM2 s'assemblent à l'extérieur de l'excavation et s'ajustent en fonction des dimensions requises. Déposé en bordure de l'excavation, un cadre formé de barres transversales sert d'appui. Des madriers sont disposés autour de l'échafaudage pour combler le fossé entre la structure et la paroi de la terre.

Des conditions extrêmes : le sable

C'est le second essai, réalisé avec le sable, qui a servi à évaluer les possibilités d'utilisation du VM2 à l'échelle du Québec puisque c'est la matière qui, entre toutes, exerce la plus forte pression. « On a sélectionné le type de sol qui procure le plus de poussée. Si le VM2 la supporte, il va donc supporter toutes les charges de moindre intensité », précise André Lan. Pour simuler l'affaissement du sol, deux rangées de neuf blocs de béton ont été par la suite disposées à proximité de la paroi instrumentée, créant ainsi une surcharge de 25 kilonewtons. « Ce sont des situations extrêmes qui ne se reproduiront jamais lors de travaux municipaux courants », d'ajouter l'ingénieur. Soumis à ces sollicitations exceptionnelles, le VM2 a joué son rôle sans défaillance, ainsi que les résultats le démontrent. Malgré le fait que les conditions d'essais étaient plus exigeantes que les hypothèses retenues pendant sa conception, le VM2 n'a montré aucun signe de rupture, d'abandon de charges ou de déformation structurale excessive. André Lan est formel : « Le VM2 est un système

d'étalement sécuritaire qui répond aux besoins pour lesquels il a été conçu. » Il ne peut toutefois convenir aux sols instables sujets à de nombreux et fréquents glissements de parois, des conditions qui ont prévalu lors du troisième essai.

Des suites tangibles

La Ville de Montréal utilise déjà cinq VM2 et elle a produit, en collaboration avec l'APSAM, des vidéos sur l'utilisation d'équipements sécuritaires dans les tranchées. Présentés l'an dernier à un colloque de l'APSAM et à celui de l'Association québécoise pour l'hygiène, la santé et la sécurité du travail, ces travaux ont retenu non seulement l'attention des municipalités mais aussi celle des entreprises privées.

« Afin d'éviter des accidents graves ou mortels, il est indispensable d'étalement les tranchées, même pour des ouvrages de courte durée, recommande André Lan. Des systèmes éprouvés existent. Il faut s'efforcer de trouver celui qui convient aux travaux à exécuter. » ○

Danielle Massé

Pour en savoir plus

LAN, André, Jean ARTEAU, Martin TREMBLAY, Serge GAMELIN et Jean-Marc DUGRÉ. *Conception d'un étalement adapté au milieu urbain – Phase I*, Rapport R-156, 27 pages, 4,50\$.

LAN, André, Jean ARTEAU, Martin TREMBLAY, Serge GAMELIN, Denis LEBOEUF, Omar CHAALLAL et Jean-Marc DUGRÉ. *Conception d'un étalement adapté au milieu urbain – Phase II*, Rapport R-235, 120 pages, 10,70\$.

Voir bon de commande.

