

ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

PONT D'ÉTAGEMENT DE LA ROUTE 236 AU-DESSUS DE LA **VOIE FERRÉE DE CSX TRANSPORTATION** **BEAUHARNOIS, QUÉBEC**

PRÉLIMINAIRE

MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC
DIRECTION DE L'OUEST-DE-LA-MONTÉRÉGIE
180, BOULEVARD D'ANJOU
CHÂTEAUGUAY (QUÉBEC) J6K 1C4

Notre dossier n° : B16488L-07
Référence n° : G06268-3A-let-001

Novembre 2008

DISTRIBUTION : M. Daniel Robert, ing. (MTQ) (courriel)
M. François Routhier, ing. (Coentreprise Tecsub-Séguin) (courriel)
M. Tien Dat Nguyen, ing. (Coentreprise Tecsub-Séguin) (courriel)



GRUPE QUALITAS INC.
9605, rue Ignace, bureau F
Brossard (Québec)
Canada J4Y 2P3
www.qualitas.qc.ca

Tél. : 450-619-9090
Télec. : 450-619-9191

Le 4 novembre 2008

Monsieur Daniel Robert, ing.
Ministère des Transports du Québec
Direction de l'Ouest-de-la-Montérégie
180, boulevard d'Anjou
Châteauguay (Québec) J6K 1C4

Notre dossier n° : B16488L-07
Référence n° : G06268-3A-let-001

**Objet : Étude géotechnique
Pont d'étagement de la route 236 au-dessus de la voie ferrée
de CSX Transportation
Beauharnois, Québec
Recommandations pour la conception des fondations de type caisson**

Monsieur,

Vous trouverez ci-après nos recommandations pour la conception des fondations de type caisson prévues pour le pont d'étagement de la route 236, au-dessus de la voie ferrée de CSX Transportation.

Le pont d'étagement projeté sera composé de 3 travées et comportera 4 appuis. Il s'agit de 2 culées aux extrémités et de 2 piliers centraux. En raison de conditions géotechniques défavorables, le système de fondations retenu pour le pont est composé de caissons en béton avec emboîture dans le roc. Le diamètre des caissons devrait être d'environ 1,5 m à l'emplacement des culées et 3 m aux piliers centraux.

Monsieur Daniel Robert, ing.
Ministère des Transports du Québec

Dossier n° : B16488L-07
Référence n° : G06268-3A-let-001

Les caissons forés dans le roc développeront leur résistance principalement au niveau de l'emboîture dans le roc, qui devra être égale à au moins 2 fois le diamètre du caisson.

1. QUELQUES CARACTÉRISTIQUES DES MATÉRIAUX EN PLACE

La conception des caissons forés dans le roc nécessite la connaissance des caractéristiques des matériaux en place, plus particulièrement des caractéristiques du roc.

Aussi, 4 nouveaux forages ont été exécutés pour compléter l'information contenue dans le rapport de l'étude géotechnique antérieure, soit le rapport référencé G06268-2A-rap-001, du 4 juillet 2008. Les nouveaux forages, identifiés F-32 à F-35, ont été effectués à l'endroit des 4 appuis. Ces forages ont été avancés sans échantillonnage dans les sols et le roc a été prélevé au moyen d'un carottier diamanté de calibre NQ-3. Le but spécifique de ces forages était de déterminer les caractéristiques physiques et mécaniques du roc.

Les rapports individuels des forages F-32 à F-35 sont joints à l'annexe de la présente lettre et sont accompagnés de la description structurale effectuée sur les carottes de roc récupérées. Les forages F-32 à F-35 correspondent aux emplacements respectifs des « culée sud », « pilier sud », « pilier nord » et « culée nord ». Les 2 premiers appuis sont situés au sud de la voie ferrée alors que les 2 derniers sont situés du côté nord de celle-ci.

Par ailleurs, des carottes de roc sélectionnées ont été soumises à des essais spécifiques dans un laboratoire spécialisé. Il s'agit de la détermination de la résistance en compression simple avec mesure de la déformation, du coefficient de poisson, du module de déformation de la roche à l'état intact et du poids volumique.

Monsieur Daniel Robert, ing.
Ministère des Transports du Québec

Dossier n° : B16488L-07
Référence n° : G06268-3A-let-001

Les tableaux A, B et C joints à cette lettre présentent les niveaux du roc aux forages, les résultats des essais sur les carottes de roc sélectionnées ainsi que la répartition des valeurs RQD (indice de qualité de la roche) en pourcentage de la longueur forée.

Les valeurs des paramètres appropriés pour la conception ont été déduites des résultats des forages, de la description structurale du roc et des résultats des essais en laboratoire. Un résumé des valeurs obtenues est présenté ci-après.

- Le poids volumique du roc « PV » moyen mesuré est d'environ 25,5 kN/m³.
- La résistance en compression simple « σ_c » de la roche intacte à utiliser dans le présent projet est de 270 MPa. Cette valeur est déduite des résultats des essais en laboratoire et de la répartition des valeurs de « σ_c » mesurées en fonction de la profondeur.
- Le module de déformation moyen de la roche à l'état intact, ou module de Young (E_L), mesuré en laboratoire est de 60,9 GPa.
- Le coefficient de poisson « ν » à utiliser dans le présent projet est de 0,28. Cette valeur constitue la moyenne des résultats obtenus en laboratoire et qui varient de 0,24 à 0,32, en excluant la valeur de 0,14.
- La valeur moyenne de l'indice « RQD » utilisée dans le projet est de 84 %, à partir de la profondeur de 1,5 m sous la surface du roc.
- La valeur « RMR » du massif de roc (Rock Mass Rating) est estimée à environ 56. Cette valeur « RMR » est obtenue au moyen d'une classification géomécanique du massif rocheux, en tenant compte de plusieurs paramètres dont la résistance en compression simple, la valeur RQD, la qualité et l'espacement des joints et contacts lithologiques, la profondeur de la nappe ainsi que le pendage des joints et contacts lithologiques. Selon cette valeur « RMR », le massif de roc est de classe III et est de qualité moyenne (Bieniawski, 1984).
- La valeur du module de déformation du massif rocheux « E_r » est estimée à environ 7,5 GPa. Plusieurs formulations ont été utilisées dont celles de « Serafim et Pereira, 1983 », « Bieniawski, 1984 » et « Liang et Yang, 2006 ».

Monsieur Daniel Robert, ing.
Ministère des Transports du Québec

Dossier n° : B16488L-07
Référence n° : G06268-3A-let-001

- Le coefficient de réaction horizontale dans le dépôt d'argile (k_h) est déterminé selon les recommandations de la section 4.6.7 du rapport d'étude géotechnique du 4 juillet 2008. C'est ainsi que $K_h = F_A \cdot (67c_u) / B_s$, où « B_s » est le diamètre du caisson, « c_u » la résistance au cisaillement non drainé de l'argile et « F_A » le facteur d'ajustement. Les différentes étapes de la méthode proposée par « B.B. Broms, 1984 » et la « FHWA, 1998 » sont présentées en annexe de cette lettre. La valeur de la résistance au cisaillement non drainé de l'argile « c_u » à considérer est de 35 kPa alors que le facteur d'ajustement est de 0,38. Par exemple, la valeur de « K_h » devrait être d'environ 450 kN/m³ pour un diamètre de caisson de 2 m.
- Le coefficient de réaction horizontale dans un sol pulvérulent (K_h) dans un état compact, comme par exemple un remblai compacté selon les recommandations du rapport d'étude géotechnique du 4 juillet 2008, est déterminé par la relation empirique $K_h = F_A \cdot (n_h \cdot z) / B_s$. La valeur du coefficient « n_h » est déterminée selon les différentes étapes de la méthode proposée en annexe de cette lettre et provenant des mêmes auteurs que pour les sols cohérents. Comme le remblai devrait être situé au-dessus de la nappe d'eau souterraine, la valeur de « n_h » devrait être d'environ 3 300 kN/m³. La valeur du facteur d'ajustement (F_A) pour un sol compact est égale à 0,45.
- Le coefficient de réaction latéral du roc « K_r », ou coefficient de raideur, est fourni par la relation de « Johnston et Lam, 1989 », laquelle s'écrit comme suit :

$$K_r = 2 E_r / (B_s (1 + \nu))$$

où :

- « E_r » est le module de déformation du massif rocheux;
- « ν » est le coefficient de poisson;
- « B_s » est le diamètre du caisson.

Rappelons que les valeurs de « E_r » et « ν » sont respectivement de 7,5 GPa et 0,28. C'est ainsi que pour un caisson d'un diamètre de 2 m, la valeur du coefficient de réaction latéral du roc (K_r) est de 5,86 GN/m³, soit 5 860 000 kN/m³.

Monsieur Daniel Robert, ing.
Ministère des Transports du Québec

Dossier n° : B16488L-07
Référence n° : G06268-3A-let-001

2. CAPACITÉ PORTANTE AXIALE DES CAISSONS FORÉS

La capacité portante axiale des caissons forés dans le roc peut être déterminée sur la base de plusieurs hypothèses. À cet effet, le « *Canadian Foundation Engineering Manual, 4th edition, 2006* » (CFEM) indique à la section 18.6.2. ce qui suit :

- 1) la capacité portante provient uniquement de la résistance à la base du caisson foré;
- 2) la capacité portante provient de l'adhérence béton-roc à la surface latérale de l'emboîture;
- 3) la capacité portante provient en partie de la résistance à la base du caisson et en partie de l'adhérence autour de l'emboîture.

En raison de l'état de fracturation du roc dans la partie supérieure, il est recommandé que la base du caisson foré soit installée à une profondeur d'au moins 3 m dans le roc du côté sud de la voie ferrée et d'au moins 2 m du côté nord de celle-ci. De plus, l'emboîture dans le roc doit avoir une longueur minimum de 2 fois le diamètre du caisson. Il est également suggéré de ne pas tenir compte de l'apport éventuel de la partie supérieure du roc à la capacité portante du caisson, sur une épaisseur de roc de 1,5 m et ce, à l'emplacement de tous les appuis.

Enfin, pour le présent projet et compte tenu des conditions rencontrées, il est recommandé de procéder à l'estimation de la capacité portante axiale des caissons en utilisant la 3^e hypothèse. Il s'agit donc de considérer que la capacité portante provient en partie de la résistance à la base du caisson et en partie de l'adhérence autour de l'emboîture. Soulignons que le fond de l'emboîture doit obligatoirement être nettoyé convenablement de tout sédiment, boue ou autre débris afin de mobiliser de la résistance à la base du caisson et prévenir des tassements préjudiciables au bon comportement des ouvrages.

Monsieur Daniel Robert, ing.
Ministère des Transports du Québec

Dossier n° : B16488L-07
Référence n° : G06268-3A-let-001

2.1 CAPACITÉ AUX ÉTATS LIMITES ULTIMES (ELUL)

Dans la troisième hypothèse, la capacité à l'état limite ultime (ELUL) du caisson consiste en une combinaison de fractions des résistances développées à la base du caisson et sur la paroi du fût encastrée dans le roc et peut être obtenue à l'aide de la relation suivante :

$$Q_{ult.} = n \cdot q_{ult.b} \cdot (\pi \cdot B_s^2) / 4 + (1-n) \cdot q_{ult.s} \cdot \pi \cdot B_s \cdot L_s$$

où :

$Q_{ult.}$: capacité du caisson à l'état limite ultime combinée (kN);

n : coefficient réducteur de répartition des résistances variant de 0 à 1, déterminé en fonction des modules de déformation du roc (E_r) et du béton (E_c) utilisé pour la construction du caisson. La figure 1 ci-après permet de déterminer le coefficient « n » (CFEM, section 18.6.5). Dans cette figure, la valeur « L » est la longueur de l'emboîture du caisson dans le roc et « r » le rayon du caisson;

$q_{ult.b}$: résistance géotechnique à l'état limite ultime (ELUL) développée à la base du caisson (kN/m²);

$q_{ult.s}$: résistance géotechnique à l'état limite ultime (ELUL) développée le long de la paroi du caisson au contact du roc (kN/m²);

B_s : diamètre du caisson (m);

L_s : profondeur de l'emboîture (m). Dans le présent projet, il est suggéré de ne pas tenir compte de la partie supérieure du roc sur une épaisseur de 1,5 m. Par exemple, pour un caisson dont la longueur de l'emboîture dans le roc (L) est de 4 m, la valeur de « L_s » à considérer est de 2,5 m.

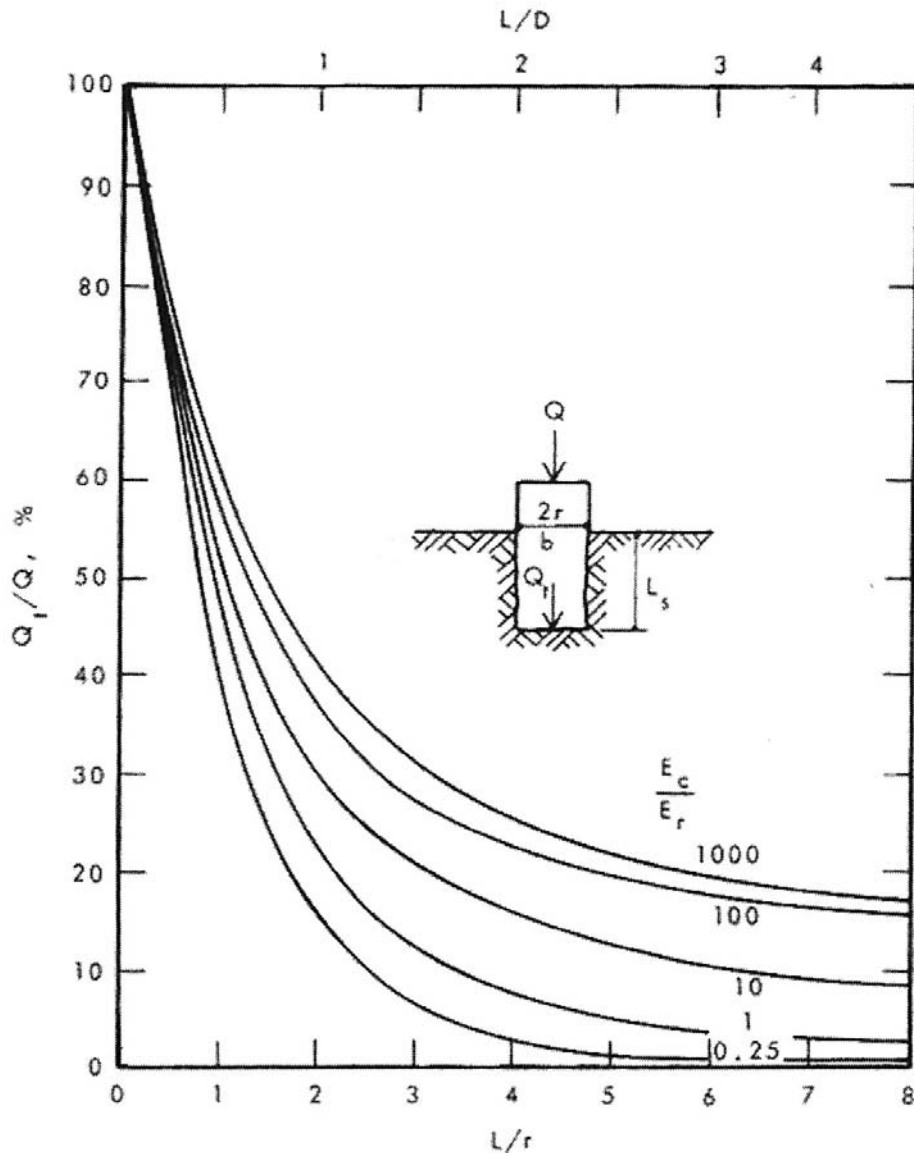
La valeur du module de déformation du roc « E_r » a déjà été fournie pour ce projet, soit 7,5 GPa environ. Pour un béton de résistance en compression de 30 MPa, le module de déformation « E_c » est d'environ 27 GPa.

Monsieur Daniel Robert, ing.
Ministère des Transports du Québec

Dossier n° : B16488L-07
Référence n° : G06268-3A-let-001

Soulignons que les exigences du *Code canadien pour le calcul des ponts routiers, édition 2006*, indiquent qu'un coefficient de tenue de 0,4 doit être appliqué à la valeur de la capacité géotechnique à l'état limite ultime du caisson en compression axiale (ELUL) pour obtenir la capacité géotechnique à l'état limite ultime pondérée du caisson.

FIGURE 1
COEFFICIENT « n » DE RÉPARTITION DES RÉSISTANCES



Monsieur Daniel Robert, ing.
Ministère des Transports du Québec

Dossier n° : B16488L-07
Référence n° : G06268-3A-let-001

2.1.1 Résistance géotechnique à l'ELUL développée à la base du caisson ($q_{ult.b}$)

La valeur de « $q_{ult.b}$ » est obtenue en considérant la valeur minimum déterminée à l'aide des 2 formulations a) et b) présentée ci-dessous.

La formulation a) proposée par « Ladanyi et Roy, 1971 » et le « CFEM, section 18.6.3.3 » s'écrit à l'état limite ultime comme suit :

$$q_{ult.b} = 2,5 \cdot \sigma_c \cdot K_{sp} \cdot d$$

où :

Σ_c : résistance en compression simple du spécimen de roc selon la norme ASTM D2938. Une valeur de l'ordre de 270 000 kPa pourra être utilisée dans le présent projet;

K_{sp} : facteur empirique qui dépend de l'état de fracturation du roc, lequel est égal à environ 0,1 dans le présent projet;

D : facteur de profondeur, $d = 1 + 0,4 \cdot (L_s / B_s)$, « d » doit être ≤ 3 .

La formulation b) proposée par « Carter et Kulhaway, 1988 » s'écrit à l'état limite ultime comme suit :

$$q_{ult.b} = [(s)^{0,5} + \{m \cdot (s)^{0,5} + s\}^{0,5}] \cdot \sigma_c$$

où :

« m » et « s » : paramètres qui dépendent de la nature et des caractéristiques du roc ainsi que de la valeur « RMR ». Dans le présent projet, les valeurs respectives de « m » et de « s » à considérer sont de 0,82 et 0,00171;

σ_c : résistance en compression simple mentionnée précédemment

Monsieur Daniel Robert, ing.
Ministère des Transports du Québec

Dossier n° : B16488L-07
Référence n° : G06268-3A-let-001

2.1.2 Résistance géotechnique à l'ELUL développée le long de la paroi du caisson au contact du roc ($q_{ult.s}$)

La valeur de « $q_{ult.s}$ » peut être déterminée selon la formulation proposée par le « CFEM, section 18.6.4.2 » et s'écrit comme suit :

$$q_{ult.s} = \text{minimum} (q_{sr} ; 2,5 \cdot 0,05 \cdot f'_c)$$

avec :

- $q_{sr} = P_a \cdot b \cdot (\sigma_c / P_a)^{0,5}$.
où :
 P_a : pression atmosphérique = 100 kPa;
 σ_c : résistance en compression simple (kPa) (270 000 kPa dans le présent projet);
 b : 0,63.
- f'_c : résistance en compression simple du béton composant le caisson (kPa).

Par exemple, pour un roc de résistance en compression simple de 270 MPa et un caisson constitué d'un béton de 30 MPa de résistance à la compression, la valeur de « $q_{ult.s}$ » est d'environ 3 300 kPa.

2.2 CAPACITÉ AUX ÉTATS LIMITES D'UTILISATION (ELUT)

Afin d'assurer la performance de l'ouvrage, la résistance géotechnique des caissons à l'état limite d'utilisation (ELUT) doit être déterminée. La résistance à l'ELUT est reliée aux déformations engendrées par l'ouvrage. Le tassement engendré par les charges sur un caisson peut être estimé par la méthode résumée à la section 18.7.4.4 du « *Canadian Foundation Engineering Manual, 4th edition, 2006* », (CFEM).

Monsieur Daniel Robert, ing.
Ministère des Transports du Québec

Dossier n° : B16488L-07
Référence n° : G06268-3A-let-001

Au moment d'écrire le présent document, les données nécessaires à la détermination de la résistance géotechnique à l'ELUT ne sont pas disponibles. Il s'agit, entre autres, du diamètre du caisson, de la longueur de l'emboîture, de la méthode de mise en place, des caractéristiques des matériaux composant le caisson, etc.

De façon générale, le tassement devrait être négligeable si la base du caisson est installée dans le roc sain à une profondeur au moins égale 2 ou 3 m sous la surface du massif rocheux tel que recommandé précédemment. La résistance géotechnique à l'ELUT est alors du même ordre de grandeur que celle à l'ELUL. Soulignons que la résistance géotechnique à l'ELUT pourrait être limitée par la capacité structurale du caisson.

Enfin, il est important de mentionner que le tassement du caisson dépend de l'état de fracturation du roc sous la base de celui-ci mais également de l'état du fond du trou foré pour l'installation du caisson. À cet effet, la présence de débris de sol, de boue et de fragments de roc dans le fond du trou peut conduire à des tassements importants sous la charge du caisson.

3. CAPACITÉ ET DÉFORMATION LATÉRALE DES CAISSONS FORÉS

Les charges latérales sur un caisson foré peuvent être engendrées par diverses sollicitations tels la pression du vent, les efforts sismiques, etc. Dans le présent projet, les informations fournies sont à l'effet que les forces latérales proviendraient principalement des forces de freinage des véhicules.

La capacité du caisson à résister aux charges latérales dépend de plusieurs paramètres dont la rigidité du caisson, ainsi que l'épaisseur et les caractéristiques de déformation du sol et du roc entourant le caisson.

L'expérience a montré que la déflexion latérale pour un caisson foré muni d'une emboîture dans le roc est beaucoup plus faible que celle d'un pieu prenant appui sur le

Monsieur Daniel Robert, ing.
Ministère des Transports du Québec

Dossier n° : B16488L-07
Référence n° : G06268-3A-let-001

roc. La méthode d'analyse la plus largement utilisée pour la conception des caissons chargés latéralement consiste en la détermination de la courbe de résistance « P-Y » établie par « L.C. Reese, 1984 » et qui a recours à des logiciels spécialisés pour effectuer les analyses. On y détermine en fonction de la profondeur le déplacement latéral, le moment fléchissant ainsi que l'effort de cisaillement.

Les caractéristiques des matériaux sont fournies à la section 3.0 du rapport géotechnique du 4 juillet 2008 et à la section 1 de ce document.

4. RÉSISTANCE À L'ARRACHEMENT DES CAISSONS FORÉS

La résistance à l'arrachement est composée de la résistance le long du fût du caisson et du poids de celui-ci. Dans le présent projet, il est tenu compte de la résistance le long de l'emboîture dans le roc et du dépôt d'argile ainsi que du poids du caisson. La résistance le long du remblai, s'il y a lieu, devrait être négligée. La formulation permettant de déterminer la résistance à l'arrachement est comme suit :

$$Q_{ult-s} = \pi \cdot B_s \cdot L_s \cdot q_{ult-s} + C \cdot L \cdot \beta \cdot \sigma'_{vo} + P/2$$

où :

Q_{ult-s} : capacité du caisson à l'état limite ultime à l'arrachement (kN);

σ'_{vo} : pression effective verticale moyenne à proximité du caisson (kN/m²) ;

C : circonférence du caisson (m);

L : longueur du caisson dans le dépôt d'argile (m);

P : poids du caisson (kN);

β : coefficient combiné de résistance le long du fût, lequel est de 0,3 pour des caissons dans l'argile;

B_s : diamètre du caisson (m);

L_s : profondeur de l'emboîture (m).

Monsieur Daniel Robert, ing.
Ministère des Transports du Québec

Dossier n° : B16488L-07
Référence n° : G06268-3A-let-001

Le poids volumique total de l'argile est de 16 kN/m^3 alors que celui déjaugé est de $6,2 \text{ kN/m}^3$. On doit tenir compte d'une nappe en surface du terrain naturel.

Il est recommandé de ne pas tenir compte dans le calcul de la longueur (L) du caisson de la partie supérieure du dépôt d'argile excavée ou remaniée mais uniquement de la partie du dépôt où l'argile est à l'état intact.

Il faut comprendre par poids effectif, le poids total du sol diminué de la poussée hydrostatique de l'eau (poids déjaugé).

Par ailleurs, les exigences du *Code canadien pour le calcul des ponts routiers, édition 2006*, indiquent qu'un coefficient de tenue de 0,3 doit être appliqué à la valeur de la résistance géotechnique ultime à l'arrachement pour obtenir la résistance géotechnique à l'état limite ultime pondérée à l'arrachement du caisson.

Enfin, pour des efforts d'arrachement importants, la résistance peut être augmentée en procédant à un élargissement de la base du caisson mais cette augmentation pourra également être obtenue par l'augmentation de la longueur de l'emboiture, ce qui est pratiquement plus simple d'exécution.

5. FROTTEMENT NÉGATIF SUR LES CAISSONS

Selon les informations obtenues des représentants du MTQ et de la Coentreprise Tecsuit – Séguin, l'installation des caissons avant la consolidation du dépôt d'argile pourrait être envisagée. Dans ce cas, les tassements dans le dépôt d'argile provoqueront l'apparition du phénomène de frottement négatif. Il est donc important de tenir compte de ce phénomène si le dépôt d'argile n'est pas consolidé préalablement à l'installation des caissons.

Monsieur Daniel Robert, ing.
Ministère des Transports du Québec

Dossier n° : B16488L-07
Référence n° : G06268-3A-let-001

La contrainte de frottement négatif le long des fondations profondes peut être estimée par la formulation suggérée à la section 18.2.5 du *Canadian Foundation Engineering Manual, 4th edition, 2006* (CFEM) et présentée ci-après.

$$Q_n = C D_n \beta \sigma'_{vo}$$

où :

Q_n : charge axiale négative autour du caisson ou pieu (kN), se développant au-dessus de l'axe neutre.

σ'_{vo} : pression effective verticale moyenne à proximité du caisson (kN/m²) (par exemple, au milieu du dépôt d'argile)

C : circonférence du caisson (m)

D_n : profondeur de l'axe neutre par rapport à la surface du terrain (m)

β : coefficient combiné de résistance le long du fût, lequel est égal à 0,3 pour le dépôt d'argile

La profondeur de l'axe neutre devrait correspondre à la base du dépôt d'argile. Il faut mentionner que, dans ce cas, la valeur de la profondeur « D_n » doit être prise égale à la différence en la surface du terrain et la base du dépôt d'argile, soit la somme des épaisseurs de remblai et du dépôt d'argile.

Tel que mentionné à la section 4, le poids volumique total de l'argile est de 16 kN/m³ alors que celui déjaugé est de 6,2 kN/m³. Contrairement aux indications fournies à la section 4 pour le calcul de la résistance à l'arrachement, on doit dans le présent calcul tenir compte d'une nappe située à environ 2,5 m de profondeur à partir de la surface du dépôt d'argile. De plus, le poids volumique du remblai doit être de 21 kN/m³.

Monsieur Daniel Robert, ing.
Ministère des Transports du Québec

Dossier n° : B16488L-07
Référence n° : G06268-3A-let-001

6. RECOMMANDATIONS POUR LA CONSTRUCTION DES CAISSONS FORÉS

Compte tenu des propriétés défavorables des sols du dépôt d'argile et du remblai entreposé du côté nord de la voie ferrée, l'entrepreneur devra prendre toutes les précautions nécessaires afin de prévenir un glissement des sols autour du trou. Le recours à un tubage pourrait ainsi s'avérer nécessaire pour permettre la construction des caissons dans des conditions adéquates et sécuritaires.

Par ailleurs, en raison du niveau de l'eau souterraine, le roc autour et à la base des caissons pourrait au besoin être injecté de coulis de ciment sur une épaisseur suffisante préalablement à la construction des caissons. Ceci présente l'avantage d'avoir des parois de roc imperméabilisées aux endroits où les trous seront creusés pour la construction des caissons. Il s'agit également d'avoir une assise de roc plus saine. Les venues d'eau à partir du mort-terrain doivent être contrôlées.

Le nettoyage de l'emboîture doit être exécuté avec un équipement approprié de façon à obtenir un fond de trou propre et exempt de boue, de sol et de fragments de roc.

Enfin, une inspection minutieuse des trous à creuser pour la construction des caissons doit être effectuée afin de s'assurer de l'état adéquat du fond et de la paroi du trou avant l'installation du caisson.

Le présent document est préliminaire et des ajustements à son contenu pourraient être apportés dans le rapport d'étude géotechnique.

GROUPE QUALITAS INC.

Ahmed Ouarzidini, ing., M. Sc.
N° de membre OIQ : 108509