



The research and application
of accelerated bridge
construction

Resin for soil stabilization

40 years of engineering
innovation

CSCE 2019 Annual Conference issue

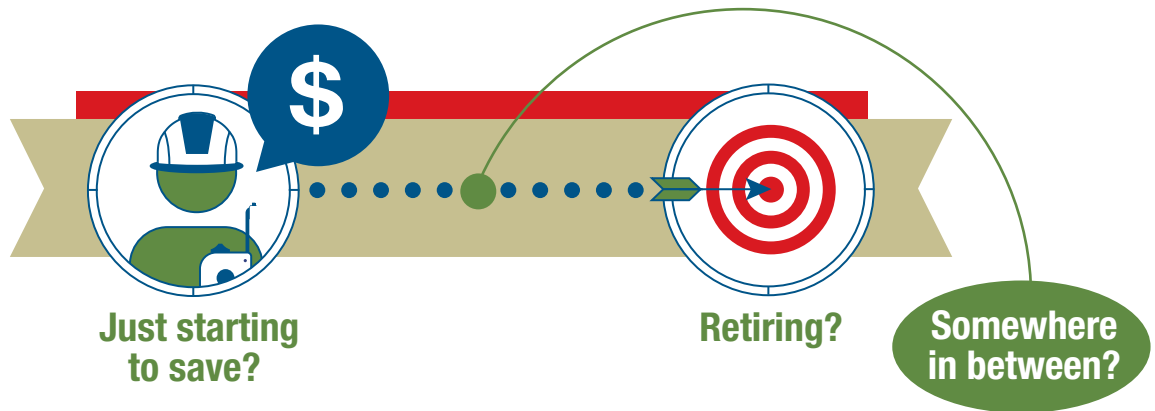
www.csce.ca

EXCLUSIVE

FINANCIAL SECURITY PROGRAM

For engineers, geoscientists, students and their families

Participants get **FREE INVESTMENT GUIDANCE**



■ Angela Harvey can help you:



Create a plan for your savings goals

Invest wisely

Retire with confidence

■ Contact Angela

1-866-788-1293 ext. 5786 or angela.harvey@gwl.ca,
or visit www.infosite.grs.grsaccess.com/engineers-canada



Sponsored by:

engineerscanada
ingénieurscanada

THE
Great-West Life
ASSURANCE COMPANY



1978 - 2018

Ponts
**JACQUES CARTIER +
CHAMPLAIN**
Bridges
Canada

40 ans d'innovations ingénieuses

Gestionnaire chevronné d'ouvrages majeurs, PJCCI est responsable d'assurer l'intégrité d'infrastructures clés de la région de Montréal en plus du passage sécuritaire de 110 millions d'utilisateurs par an.

40 years of engineering innovation

As a leading manager of major infrastructure, JCCBI is responsible for maintaining the integrity of key Montreal structures in addition to keeping the 110 million annual users who cross them safe.

Découvrez nos grandes réalisations
JacquesCartierChamplain.ca



contents

Spring 2019/printemps 2019 Volume 35.6

CSCE ANNUAL CONFERENCE

GONGRÈS ANNUEL DE LA SCGC

- 11 Growing with Youth: Conference details
- 14 CSCE Technical Conference Preview

News, Views & Departments/

Nouvelles, points de vue & Rubriques

- 6 President's Perspective / Perspective du président
- 8 Young Professionals Corner
- 9 Student voice
- 31 CSCE Partners & Sponsors / Associés & commanditaires SCGC

IN-VIEW PROJECT/PROJET VEDETTE

32 The Jacques Cartier and Champlain Bridges Incorporated
40 years of engineering innovation
 Les Ponts Jacques Cartier et Champlain Incorporée :
40 ans d'innovations ingénieuses

Technical:Materials Technique : Matériaux

- 16 Message from the Technical Editor
- 17 The research and application of accelerated bridge construction
- 23 Effectiveness of Hydro-Insensitive Reinforced Resin for Soil Stabilization



Published by:
 DEL Communications Inc.
 Suite 300, 6 Roslyn Road
 Winnipeg, Manitoba
 Canada R3L 0G5

President & CEO
 David Langstaff

Managing Editor
 Shayna Wiewierski
 shayna@delcommunications.com

Sales Manager
 Dayna Oulion
 Toll Free: 1.866.424.6398

Advertising Account Executives
 Corey Frazer
 Ross James
 Mic Paterson
 Kari Philippot
 Dan Roberts
 Gary Seamans

Contributing Writers
 M. Shahría Alam
 Saif Aldabagh
 Charles-Darwin Annan
 Muntasir Billah
 Dr. Urmil Dave
 Yulin Gao
 Dr. Rishi Gupta
 Adrian J. Hou
 Nicholas C. Kaminski
 Saqib Khan
 Lav Prajapati
 Murat Saatchioglu
 Boyu Wang
 Qi Zhang

Production services provided by:
 S.G. Bennett Marketing Services
 www.sgbennett.com

Cover photo credit to JCCBI/PJCCI.

© Copyright 2019
 DEL Communications Inc.
 All rights reserved. The contents of this publication may not be reproduced by any means, in whole or in part, without prior written consent of the publisher.

While every effort has been made to ensure the accuracy of the information contained in and the reliability of the source, the publisher in no way guarantees nor warrants the information and is not responsible for errors, omissions or statements made by advertisers. Opinions and recommendations made by contributors or advertisers are not necessarily those of the publisher, its directors, officers or employees.



PRINTED IN CANADA | 02/2019

HOBAS in Canada

HOBAS' geographic acceptance is growing, with expansion into Canada. With projects from Vancouver to Newfoundland and many places in between, the HOBAS standard brings corrosion and abrasion resistance, leak-free systems and a long-maintenance free life.



HOBAS PIPE USA
281-821-2200
www.hobaspipe.com

Growing in strength

They say spring is the time for a fresh start and here at the CSCE, we find it most opportune to have several news items to share with you. This year we are geared up to grow the strength, recognition, and influence of our Society by ensuring that our members are better informed and more involved than ever before. We fully appreciate the expertise that our members bring to us, and the platform that we have for them to share their goals for the future of society. We also know that together, we can do more.

Before jumping into our new communication strategies for 2019, I would like to share with you that in late November I attended the GeoMEast 2018 International Congress and Exhibition in Cairo, Egypt. The CSCE delivered a keynote presentation on Canadian infrastructure and its sustainability, as well as discussing the use of the Envision framework to address the challenges of sustainable development. I also took the opportunity to meet students at both the American and German universities in Cairo, many of whom inquired about our annual conference and CSCE membership. We are encouraged by their enthusiasm to get involved as it will help provide them access to the advantages of being CSCE members, but will also help CSCE reach new lengths.

The President's Task Force on Accessibility, spearheaded by CSCE past president, Alan Perks, was also busy this past fall and has been involved in a Via Rail consultation workshop regarding the retrofit of existing railcars and the design of the new railcar fleet, recently announced by Via Rail. They have also been involved with advising ACCOR Fairmont Hotels on fully accessible hotel rooms across Canada.

Furthermore, Alan Perks, now representing the History Committee, presented a CSCE Certificate to the Town of Perth Council, commemorating the

Perth Dry Stone Bridge under the new National Civil Engineering Demonstration Site category.

Finally, over the last few months at CSCE we have been taking a very close look at the mission of our committees and roles within them to ensure that the efforts we put into our society are reflective of the needs of our members. We are a learned society whose purpose is to uphold the standards of work in our practice and to help those who wish to pursue this profession to succeed in delivering on their goals. The strength of CSCE is due in large part from the expertise and desire from our members to make changes happen in an industry that society's infrastructure is so heavily reliant. Coupled with the fact that helping others is part of human nature, is why CSCE continues to grow in size, in strength, and in purpose.

Going forward, we will be unveiling new means of communication for our members to make it easier for each discipline within civil engineering to better share industry updates, changing needs, project developments, and more. Look for updates on our website, member site, as well as surveys coming your way – all with the intention of strengthening our communications.

In other news, the Materials Division at CSCE has shared some noteworthy updates in this issue about accelerated bridge construction (ABC), a trend that's growing more slowly in Canada than the U.S., but we are confident that the reduction it brings to traffic impact will soon catch on and influence most future builds across the country. They also share news about testing that was done on rebar samples, typically used to reinforce concrete. Reports are positive as the variations showed comparable results – which means fewer grades required can allow for high-volume product.



*Glenn W. Hewus P.Eng., MBA, FCSCE, GSC
President, CSCE/Président de la SCGC
President@csce.ca*

*Glenn W. Hewus, ing., MBA, FSCGC, GSC
Président de la SCGC
President@csce.ca*

Alternatively, other testing done on resin-based injection methods used to stabilize soil is showing that more testing is required to ensure that residual chemical impacts are not harmful. Full articles are enclosed.

With only a few months to go before the next CSCE Annual Conference, we are eager to share with you more information about the theme, Growing with Youth. It is very encouraging to see the number of speakers and sponsors who have responded to this theme, not to mention that this is the conference with the runner-up number for total abstracts submitted – nearly 800. There is no question that at CSCE, we understand our role in providing young professional engineers with the right tools and opportunities to succeed. Read more about the technical subjects and exciting excursions planned further along in this issue.

As always, "be seen, be heard, be relevant and be proud" of our society.

Best regards. ♦

En pleine croissance

On dit qu'au printemps, c'est le temps de prendre un nouveau départ! Il se trouve que la Société canadienne de génie civil y voit une très belle occasion de faire plusieurs annonces. Cette année, la Société s'apprête à consolider ses acquis, sa renommée et son influence en s'assurant de bien informer ses membres et d'obtenir leur participation plus que jamais auparavant. Nous apprécions pleinement l'expertise qu'y apportent nos membres, ainsi que la plateforme dont nous disposons pour leur permettre d'échanger sur leurs objectifs d'avenir pour la société. Nous savons aussi qu'ensemble, nous pouvons faire plus.

Avant d'amorcer mon propos sur nos nouvelles stratégies de communication pour 2019, j'aimerais vous faire part qu'à la fin novembre, j'ai assisté au GeoMEast© 2018 International Congress and Exhibition qui se tenait au Caire, en Égypte. La SCGC y a prononcé une allocution d'ouverture sur l'infrastructure canadienne et sa durabilité, ainsi que sur l'utilisation du cadre de référence Envision pour relever les défis du développement durable. J'en ai également profité pour m'entretenir avec les étudiantes et étudiants des universités américaine et allemande du Caire, dont un bon nombre se sont informés de notre conférence annuelle et de l'adhésion à la SCGC. Leur enthousiasme à cet égard est encourageant, car leur participation leur permettra d'accéder aux avantages d'être membre de la SCGC, en plus d'aider cette dernière à atteindre de nouveaux sommets.

Le groupe de travail du président sur l'accessibilité, dirigé par l'ancien président de la SCGC, M. Alan Perks, a également été très occupé l'automne dernier. Ce groupe a participé à un atelier de consultation de Via Rail concernant la modernisation des wagons existants, de même que la conception du nouveau parc de wagons

annoncé récemment par Via Rail. Il a également conseillé le club ACCOR Hotels Fairmont sur l'aménagement de chambres d'hôtel entièrement accessibles partout au Canada.

De plus, M. Perks, qui représente maintenant le comité d'histoire, a présenté un certificat de la SCGC au conseil municipal de Perth pour commémorer le pont en pierres sèches de Perth dans la nouvelle catégorie des Sites de démonstration nationaux de génie civil.

Enfin, au cours des derniers mois, nous avons examiné de très près la mission de nos comités et les rôles respectifs de leurs membres, afin de nous assurer que les efforts que les efforts déployés par la SCGC répondent bien aux besoins de nos membres. Nous sommes une société savante dont le but est de veiller à ce que les normes de travail de notre profession soient respectées et d'aider ceux qui souhaitent exercer cette profession à atteindre leurs objectifs. La force de la SCGC tient en grande partie à l'expertise et au désir de nos membres d'apporter des changements dans une industrie dont l'infrastructure de la société est si fortement tributaire. En plus du fait qu'aider les autres fait partie de la nature humaine, c'est pour cela que la SCGC continue à croître, à se renforcer et à accroître sa raison d'être.

Nous dévoilerons plus tard de nouveaux moyens de communication permettant à nos membres dans chaque discipline du génie civil de publier plus facilement des mises à jour sur l'industrie, les besoins changeants, l'élaboration de projets, etc. Surveillez les mises à jour sur notre site Web et sur le site des membres, ainsi que les sondages à venir, qui visent tous à améliorer nos communications.

Par ailleurs, la division des matériaux de la SCGC nous informe dans le présent numéro de quelques mises à jour dignes

de mention sur la construction de pont en régime accéléré, une tendance qui progresse plus lentement au Canada qu'aux États-Unis. Nous sommes toutefois convaincus que la réduction de l'impact sur la circulation que cette approche favorise sera de plus en plus reconnue et influencera bientôt la plupart des constructions futures au pays. La division nous a également informés des essais effectués sur des échantillons de barres d'armature en acier, qui servent en général à renforcer le béton. Les rapports sont favorables, car les variations ont donné des résultats comparables, ce qui signifie que moins de nuances permet une production à grand volume. En outre, d'autres essais effectués sur l'utilisation de méthodes d'injection de résine pour stabiliser le sol révèlent qu'il faut poursuivre la recherche dans ce domaine, afin de s'assurer que les répercussions chimiques résiduelles ne sont nocives. Vous trouverez ci-après les articles complets à ce sujet.

À quelques mois seulement de la prochaine conférence annuelle de la SCGC, nous avons hâte de partager avec vous davantage de renseignements sur le thème Grandir avec les jeunes. Il est très encourageant de voir le nombre d'intervenants et de commanditaires qui ont répondu à ce thème, sans oublier qu'il s'agit de la conférence qui se situe au deuxième rang pour ce qui est du nombre total de résumés soumis – près de 800. Il ne fait aucun doute qu'à la SCGC, nous sommes conscients de l'importance de notre rôle, lequel consiste à fournir aux jeunes ingénieurs professionnels les bons outils et les occasions de réussir. Pour en savoir davantage sur les sujets techniques et les excursions passionnantes prévues, veuillez lire la suite de ce numéro.

Enfin, comme toujours, soyez vus, soyez entendus, soyez pertinents et soyez fiers de notre société de génie civil. ♦

Setting yourself apart from the crowd



Nicholas C. Kaminski, P. Eng., PMP, MCSCE

As part of Stephen Duber's podcast, *The Secret Life of a C.E.O.* with Freakonomics Radio, Jack Welch, the former chairman and CEO of General Electric Corporation was interviewed. During the interview, Welch, whom started his career as a chemical engineer, stated that one must differentiate. He indicated that separating yourself from the crowd is one of the most important goals you must achieve to succeed long term in your career. Welch also recognized that you must heavily invest in yourself, which, is summarized in his quote, "Before you are a leader, success is all about growing yourself. When you become a leader, success is all about growing others."

A few of my previous articles have touched upon the importance of professional development and networking, which can be considered forms of differentiation. It is not enough to simply undertake professional development activities, as continuing professional development is mandated by your respective provincial and territorial regulatory body, and therefore, all engineers. One must take deliberate means to engage in advanced education, obtain new designations, present at conferences, and partake in new networking opportunities. My approach to differentiation was to create a strategic career plan where my progress was

measurable and I could hold myself accountable. Examples of steps that I took to create networking opportunities included volunteering with the CSCE, ACEC-SK, and my provincial regulator APEGS. Similarly, I took several certificates in contract administration prior to enrolling in the Master of Engineering program at the University of Saskatchewan. These actions were all in an attempt to grow myself, become a better engineer, and be invaluable to my firm.

Taking deliberate actions like those discussed show your immediate employer your dedication to professional development and the engineering profession. These types of activities may also be placed on resumes or curriculum vitae, which may help set you apart from other candidates in job competitions. I encourage all young professionals to create a strategic career plan in order to provide you with the best opportunity for achieving success.¹

Nicholas C. Kaminski, P. Eng., PMP, MCSCE is the CSCE Young Professionals Committee chair. He can be reached at kaminski.nick@icloud.com. ♦

¹ Portions of this article were presented in APEiC NewsLink 2018, <http://www.polisheng.ca/newlink.html>.

R.V. Anderson Associates Limited Appoints New Vice President and Principal



Nick Palomba, P. Eng.
Vice President

Nick Palomba was appointed as the Vice President of R.V. Anderson Associates Limited by the firm's Board of Directors in January 2019.

Nick is based out of RVA's Niagara office and manages the firm's Transportation Planning Group with over 29 years of experience in transportation and municipal projects.

In his new role, Nick will provide leadership in the development of transportation programs and services, ensuring the delivery of sustainable, effective, safe and affordable transportation.



Trevor Kealey, P. Eng.
Principal, Regional Manager

RVA has appointed Trevor M. Kealey to the position of Principal.

Trevor is the Regional Manager of our Ottawa office and specializes in the design of road, sewer, and watermain projects, wastewater treatment projects, site servicing and stormwater management projects, and trenchless technology solutions. He also leads Business Development for the Ottawa office.



R.V. Anderson Associates Limited
engineering • environment • infrastructure

“ Before you are a leader, success is all about growing yourself. When you become a leader, success is all about growing others. ”

416 497 8600

rvanderson.com

Making good civil engineers through student competitions



Charles-Darwin Annan, Ph.D., P.Eng., Chair, CSCE Student Affairs Committee

Every year, civil engineering students across Canada are engaged in various student competitions to suit different interests and ambitions. These competitions are a great way for our future civil engineers to challenge themselves and apply their knowledge to projects outside of the classroom. The CSCE Student Affairs Committee is leading a number of interesting competitions in collaboration with industry partners. Through these events, participating students are exposed to real-world engineering problems, and they acquire very important skills that lend themselves to a successful civil engineering career.

The CSCE National Student CAPSTONE Design Project competition is in its seventh year. The CAPSTONE Design course is an industry-based project for senior undergraduate students in nearly all Canadian civil engineering programs that allows the profession to make a significant input to civil engineering education. The CSCE national CAPSTONE competition is open to all accredited civil engineering programs. Each civil engineering department is invited to submit a nomination for a single entry into the competition in any specialty area of the field, including structural, geotechnical, hydraulic, water resources, transportation and environmental engineering. The selected teams attend the annual CSCE conference where they present their projects in a poster session before a jury of experienced practitioners.

“The CSCE national CAPSTONE competition is open to all accredited civil engineering programs.”

The CSCE National Concrete Canoe competition and the CSCE-CISC National Steel Bridge competition are two distinct competitions where civil engineering student teams from across the country come together each year to share their passion for the use of the two major construction materials. These events are often supported by the industry. The Concrete Canoe Competition is judged based on the governing engineering design and construction principles, technical design report, oral presentation, and the performance of the built concrete canoe in different racing events. The steel bridge

competition is judged based on display, structural efficiency, stiffness, lightness, construction speed, and economy. This year, the CSCE-CISC steel bridge competition will welcome teams from Mexico, China, and Puerto Rico.

At the end of each of the above-mentioned student competitions, trophies are presented but the most important achievement is that good civil engineers are made. If you have any questions related to any of these competitions, please contact me. Don't miss out!

Dr. Charles-Darwin Annan is an associate professor of civil engineering at Université Laval and can be reached at Charles-darwin.annan@gci.ulaval.ca.

Le Dr Charles-Darwin Annan est professeur agrégé en génie civil à l'Université Laval et on peut le joindre au Charles-darwin.annan@gci.ulaval.ca. ♦

GENEQ inc. SCIENTIFIC INSTRUMENTS
4 departments to serve you better !

MATERIALS TESTING

ENVIRONMENT

BIOTECHNOLOGY

LAND SURVEYING & GEOMATICS

Tel: (514) 354-2511 1-800-463-4363
info@geneq.com www.geneq.com

GENEQ inc., 10 700 Secant St., Montréal, QC., Canada, H1J 1S5

Canadian Society for
Civil Engineering



Société canadienne
de génie civil

CSCE is proud to announce the following new Corporate Sponsors:
La SCGC est fière d'annoncer les nouveaux commanditaires suivants :

MAJOR SPONSOR / COMMANDITAIRE MAJEUR



wsp.com

AFFILIATE SPONSORS / COMMANDITAIRES AFFILIÉS



canarysystems.com



mammoet.com

csce.ca



Growing with Youth / Croître avec les jeunes



JEAN-LUC MARTEL



FRANCOIS LEPRINCE

CO-CHAIRS / COPRÉSIDENTS

It is with pleasure that the organizing committee and Mr. Glen Carlin, Honorary Chair of the conference, invite you to attend the CSCE 2019 Annual Conference in the Greater Montreal area. A total of 777 abstracts were received this year with the following breakdown:

- 255: CSCE General Conference.
- 275: 7th International Construction Specialty Conference jointly with the Construction Research Congress
- 53: 17th International Environmental Specialty Conference
- 48: 24th Canadian Hydrotechnical Conference
- 146: 7th International Engineering Mechanics and Materials Specialty Conference

The technical committee is working hard to review and accept the articles. Following the acceptance of the articles, professionals will be asked to submit other extended abstracts to present their recent projects at the conference. The number of additional case studies added next spring will be limited according to the slots available in the technical program schedule.



C'est avec plaisir que le comité organisateur et M. Glen Carlin, président honorifique du Congrès, vous invitent à participer au Congrès annuel 2019 de la SCGC dans la grande région de Montréal. Au total, 777 résumés ont été reçus cette année selon la répartition suivante :

- 255 : Conférence générale de la SCGC.
- 275 : 7e Conférence internationale de spécialité de la construction conjointement avec le Congrès de la recherche sur la construction (CRC 2019)
- 53 : 17e Conférence internationale de spécialité sur l'environnement
- 48 : 24e Conférence de spécialité hydrotechnique canadienne
- 146 : 7e Conférence internationale de spécialité sur la mécanique technique et les matériaux

Le comité technique travaille ardemment à la révision et à l'acceptation des articles. Suite à l'acceptation des articles, les professionnels seront sollicités afin de soumettre d'autres articles courts pour présenter leurs projets récents au congrès. Le nombre de cas pratiques supplémentaires ajoutés au printemps sera limité selon les plages libres dans l'horaire des présentations techniques.

REGISTRATION IS NOW OPEN!

Visit csce2019.ca/registration/ for rates. Become a CSCE member (free for students) and save up to \$250 on conference fees!

CONFERENCE THEME: GROWING WITH YOUTH

This year, we have a goal to highlight young professionals and students, and to include them throughout the conference activities. This year, they will be invited to all the conference activities. The social program will be progressively unveiled on the website and on social media. To this end, you are invited to follow our website (csce2019.ca) and our Facebook (facebook.com/csce2019/) and LinkedIn (linkedin.com/company/csce-2019/) pages to get the latest news on the conference.

LES INSCRIPTIONS SONT MAINTENANT OUVERTES!

Visitez le csce2019.ca/registration/ pour les tarifs. Devenez membre de la SCGC (gratuit pour les étudiants) et économisez jusqu'à 250 \$ sur les frais d'inscription!

THÈME DU CONGRÈS : CROÎTRE AVEC LES JEUNES

Cette année, nous avons un objectif de mettre de l'avant les jeunes professionnels et les étudiants et de les inclure tout au long des activités du congrès. Afin de démontrer cette volonté, ceux-ci seront automatiquement invités à toutes les activités du congrès. Le programme social sera progressivement dévoilé sur le site web et sur les médias sociaux. À cet effet, vous êtes invités à suivre notre site web (csce2019.ca) et nos pages Facebook (facebook.com/csce2019/) et LinkedIn (linkedin.com/company/csce-2019/) pour obtenir les dernières nouvelles sur le congrès!

Main activities of the conference:

- Welcome reception: To cordially welcome you and begin the conference, you will be invited to the Cosmodôme for an aperitif in a unique, stimulating, and immersive environment at the centre of virtual models of the planets and the solar system.
- Social evening: An evening cruise on the Saint Lawrence River to enjoy a unique view of the city of Montreal, the new Champlain Bridge, and the illumination of the Jacques Cartier Bridge. We assure you it will be a festive atmosphere with artistic performances by world-class circus performers.
- Awards banquet: The awards ceremony for student competitions, professionals, and fellowships will take place jointly on the Friday evening.

Activités principales du Congrès :

- Réception de bienvenue : afin de vous accueillir et de bien entamer le congrès, vous serez attendus au Cosmodôme pour prendre l'apéro dans un environnement unique, stimulant et immersif au centre de modèles virtuels des planètes et du système solaire.
- Soirée sociale : une croisière de soir sur le fleuve Saint-Laurent afin de profiter d'un point de vue unique sur la Ville de Montréal, le nouveau pont Champlain et l'illumination du pont Jacques-Cartier. Nous vous réservons une atmosphère propice à la fête et à la danse ainsi que des prestations artistiques par des artistes de cirque de calibre international!
- Banquet des prix : la remise des prix pour les compétitions étudiantes, les professionnels et pour les Fellowships se déroulera conjointement le vendredi soir.



HISTORICAL SITE TOURS:

Two historical sites have been selected and will be visited:

- The William Collector: The first sewer collector erected in North America with an impressive service life of more than 150 years;
- The Montreal Metro: The world's first metro exclusively with wheeled cars and with more than 10-billion admissions since its opening.



VISITE DES SITES HISTORIQUES :

Deux sites historiques ont été sélectionnés et pourront être visités :

- Le Collecteur William : le premier égout collecteur construit en Amérique du Nord avec une durée en service impressionnant de plus de 150 ans;
- Le Métro de Montréal : le premier métro au monde doté exclusivement de voitures sur pneus avec plus de 10 milliards d'entrées depuis son ouverture.



TECHNICAL TOURS:

It is currently the perfect moment for a civil engineer to visit this city! The Greater Montreal area is undergoing a transformation and is full of large-scale projects, including the new Champlain Bridge and the Turcot Interchange. You will be invited to visit two of these projects taking part in the technical tours that will be offered.

VISITE DES SITES TECHNIQUES :

C'est présentement le moment idéal pour tout ingénieur civil de visiter la ville! La grande région de Montréal est en pleine transformation et regorge de projets de grande envergure, notamment le nouveau pont Champlain et l'échangeur Turcot. Vous serez invité à visiter deux de ces projets en prenant part aux visites techniques qui seront offertes.

PARTNERSHIP OPPORTUNITIES:

There is still time to register your business as a conference partner or to book an exhibition booth. Several opportunities are still available for all budgets.

Visit csce2019.ca/partnerships/ for more details.

OPPORTUNITÉS DE PARTENARIAT :

Il est encore temps d'inscrire votre entreprise comme partenaire du congrès ou encore de réserver un kiosque. Plusieurs opportunités sont encore disponibles, et ce, pour tous les budgets.

Visitez le csce2019.ca/fr/partenariats/ pour plus de détails.





CSCE Technical Conference Preview

By Dr Gord Lovegrove P.Eng., M.B.A., Ph.D., FITE, MCSCE, MASCE, CSCE Vice-President, Technical Programs

The Canadian Society for Civil Engineering (CSCE) 2019 Annual Conference will take place in Laval (Greater Montreal), Quebec, from June 12-15, 2019. The event provides the opportunity for young professionals, esteemed professors, and veterans of the industry to have a meeting place to discuss and share ideas.

This year's conference theme is Growing with Youth, which will give attendees the opportunity to expand technical knowledge, network with professional colleagues, and enjoy special events.

"[The conference] is about networking; it's about professional development and finding out the latest and emerging needs and opportunities to be plugged into to help grow your career in civil engineering," says Gordon Lovegrove, vice-president of technical programs for the CSCE and associate professor with the UBC School of Engineering at UBC Okanagan in Kelowna. "Besides that, there are several specific short presentations/roundtable discussions that will be presented in 90-minute segments."

The four segments will talk about the next generation of civil engineering leaders. These segments are also challenges that universities and civil engineers have identified, and each talk will focus on how they are impacting

the Canadian economy and our ability to thrive.

The segments are as follows:

SESSION 1: ASSET MANAGEMENT

The original Infrastructure Renewal Committee has been revitalized and rebranded as the AM Committee by a small group of CSCE members. The committee is looking to serve as a leader and steward of asset management for the CSCE. Asset management is a growing field of study in Canada filled with professionals who began their careers in civil engineering. The AM Committee will support the CSCE's three strategic initiatives, particularly Growing with Youth and Leadership in Sustainable Infrastructure, by ensuring the CSCE keeps pace with a rapidly changing industry. Recently released federal infrastructure gas tax funding reporting requirements for all Canadian municipalities has fueled the need for AM expertise and practitioners, and the CSCE is well positioned to assist the industry in achieving its requirements.

While the framework is being developed in the municipal context, the AM Committee recognizes the value of this program in the delivery of asset management training and education standards for Canadian universities. A nationwide standard of required

knowledge competencies will guide educators in establishing asset management programs at Canadian civil engineering universities.

Session Objectives:

1. Inform and partner with the CSCE's member at large representing council of heads and chairs of Canadian civil engineering departments.
2. Moderator to establish a working group of civil engineering professors interested in delivering asset management courses at their universities to review the draft deliverables.
3. Canvas what is currently being done at universities, what, by whom, how.

SESSION 2: FIRST NATIONS RECRUITMENT

The SDC wishes to promote the concepts of sustainable development of civil infrastructure and services among all 623 First Nations communities across Canada. Given current federal (FN Truth & Reconciliation/UN SDG), CSCE (AM/infrastructure report cards), and university (Aboriginal recruitment) initiatives to address poverty, waste, equity, and First Nations justice, this would be a good fit with CSCE strategic directions (1. Raise awareness; 2. Growth with Youth; 3. Leadership in Sustainable

Infrastructure), whereby we are seen as training our future civil engineering leaders that are both Indigenous peoples and qualified civil engineers toward more effectively and sustainably meeting the needs of Canadian First Nations communities.

Session Objectives:

1. Inform and document engineering resources directed at First Nations education among Canadian universities.
2. Discuss whether/how to push for it to be included as a CEAB item.
3. Identify a clear CSCE role regarding First Nations communities and members.
4. Preparation and publish summary paper(s) for publishing in the CCE.

SESSION 3: SUSTAINABILITY/UN SDGS/ENVISION REVISIONS PRIOR TO ADOPTION BY THE CSCE

The Institute for Sustainable Infrastructure, out of Harvard University in Boston, USA has created an evidence-based civil engineering infrastructure assessment tool, called Envision. It has now been widely used across North America, and adopted by ASCE as its official tool to promote more sustainable civil engineering practises.

CSCE had a national initiative out of headquarters to similarly adopt Envision for CSCE in support of its strategic direction on leadership in sustainable infrastructure. That process needs to be revitalized. The SDC has taken leadership and identified needed refinements to Envision before it can be recommended

as best practice for CSCE members that reflect Canadian geographic and cultural realities, including but not limited to: Northern climes, First Nations, Vision Zero/Safe Systems, Do Nothing as default base case alternative. Consultation across CSCE, practitioners, and academics is needed prior to finalizing the needed refinements.

Session Objectives:

1. Inform and confirm what revisions are needed to Envision as a tool for adoption by CSCE.
2. Confirm the process of validation, consultation, training, dissemination – the role(s) of CSCE.

SESSION 4: CSCE PRESIDENT'S TASK FORCE ON ACCESSIBILITY

Trip and falls are the number-one cause of serious injury and death among seniors in Canada. Civil engineers are the primary professionals responsible by law for the planning, design, construction, inspection, maintenance, operation, and monitoring of infrastructure that seniors and those with disabilities use on a regular basis. Yet, no accessibility standards exist for public infrastructure apart from the National Building Code covering buildings, and disparate municipal engineering department practises.

A consistent, national accessibility strategy is needed to address a greying population, ballooning health budgets, and to promote universal accessibility for all population health demographics, in accordance with UN SDGs. This initiative supports CSCE strategic direction in 3. Leadership in Sustainable Infrastructure.

CSCE members are actively already dealing with this as a need relevant across all Canadian communities. The U.S. has a universal accessibility standard, the Americans with Disabilities Act (ADA), that is legally mandated for all U.S. civil engineers for all American infrastructure projects. There is no similar legal requirement in Canada other than for buildings (NBC). Many Canadian communities are using the ADA, and it is a very good start.

Session Objectives:

1. Inform and identify what and how CSCE members do to address trip and falls and accessibility.
2. Continue to support development of Canadian accessibility guidelines (standards?), including programs aimed at best practises.
3. Develop a process for NLT to disseminate and address this very important need across our Canadian communities.

These four sessions are topics that the CSCE executive have heard from members and in their own spheres of influence as practicing professionals. Lovegrove mentions that the sessions will be interactive where they will be taking notes to give back to universities assisting with curriculum development.

“What do practicing industry professionals see? What do university professors need? What do students feel?” says Lovegrove. “That has to come together in the room so we can then encapsulate that into good notes that are up to the executive of CSCE so it becomes policy and then down to the university so it becomes curriculum.”

FOR MORE INFORMATION ON THE CSCE 2019 ANNUAL CONFERENCE AND TO REGISTER, PLEASE VISIT CSCE2019.CA.

New materials and construction techniques for sustainable civil infrastructure

The use of new materials and construction techniques profiled in this issue provide new opportunities to meet global challenges

M. Shahria Alam, Associate professor, School of Engineering, University of British Columbia, Kelowna, BC, CSCE Chair, Engineering Mechanics and Materials Division



The use of new materials in conjunction with innovative construction methods can substantially improve the efficiency and performance of civil infrastructure. This edition of *Canadian Civil Engineer* features new materials and construction techniques for sustainable civil infrastructure, three short articles, which will explore the potential use of high-strength steel reinforcement in concrete structures, accelerated bridge construction (ABC) techniques with some examples, and the use of hydro insensitive expansive polyurethane resin to stabilize and strengthen clayey soil.

There are several key challenges that Canada is currently facing related to sustainable development. First, recent studies show that urbanization is expected to intensify in the near future in major cities. In fact, even a 50 per cent population growth is expected for B.C. by 2040 (CBC, 2014). Some cities have experienced staggering

population growth (three per cent between 2015 and 2016) compared to the national average of one per cent. This growing population requires civil infrastructure to support socio-economic activities. Second, many parts of Canada are experiencing the effects of climate change in an adverse manner where critical infrastructure needs to be built to protect lives and the built environment. Current development plans around floodplains place communities at high risk of flooding due to changing weather patterns. Third, more than 40 per cent of civil infrastructure has passed its service life and needs immediate attention. The 2016 Canadian Infrastructure Report Card (2016) emphasized that if immediate measures are not taken to revamp the infrastructure, the cost of replacement may increase drastically. Deficient infrastructure can also pose a serious threat to public safety during natural disasters. In order to

overcome those challenges, we must take immediate measures to develop and implement high-strength durable materials and construction techniques that can help build rapidly, sustainably, and durably.

Canada has a mandate to reduce 30 per cent GHG emission by 2030 compared to what was in 2005 (as per Canada's intended contribution to the UNFCCC). Hence, sustainability in construction is critical to help Canada achieve this goal. Since any new construction project is associated with large emission, enhancing the service life of structures using new materials like high-strength steel and accelerated construction using precast elements can reduce on-site construction time and help reduce pollution and other environmental loads. Structures can experience long-term settlement issues in clayey soil. If not designed properly, differential settlement may cause significant damages to a structure. Stabilizing such soil by injecting polyurethane resin can help structures avoid such settlement problems. The articles presented here directly address a current need in Canada to help meet the identified infrastructure deficit. Significant research works and strong ties with academia and industry can further help towards sustainable infrastructure in Canada. ♦

“The 2016 Canadian Infrastructure Report Card (2016) emphasized that if immediate measures are not taken to revamp the infrastructure, the cost of replacement may increase drastically.”

The research and application of accelerated bridge construction

By Qi Zhang¹, Muntasir Billah² and Yulin Gao³, CSCE Student Members

¹ Bridge engineer, WSP, Vancouver, BC, Canada

² Assistant professor, Department of Civil Engineering, Lakehead University, Thunder Bay, ON, Canada

³ Senior project manager & principle engineer, Parsons Corporation, Burnaby, BC, Canada

Accelerated bridge construction (ABC) is playing increasingly important roles in modern transportation networks. ABC has been used in the U.S., Canada, New Zealand, and many other countries. The philosophy of accelerated construction is “get in, get out and stay out”. ABC reduces on-site construction time and minimizes the impact on transportation networks. The benefits of ABC also include improvements in safety, quality, durability, social costs, and environmental impacts. Although current construction costs on small ABC projects may be higher than conventional construction, this is expected to be changed as more projects are built with ABC.

Precast element is frequently used as a way to accelerate bridge constructions. Precast concrete girders have been extensively used in bridges for many decades. Precast concrete has also been used for deck construction in the form of partial precast deck panels and full-depth panels. In recent years, applications of precast elements have been extended to substructures such as abutments, columns, pier caps, and footings. Some of the connection details of precast columns are shown in Figure 1 to Figure 3.

However, the use of precast columns is still relatively rare in high seismic regions. Among the 100 ABC projects recorded on ABC-

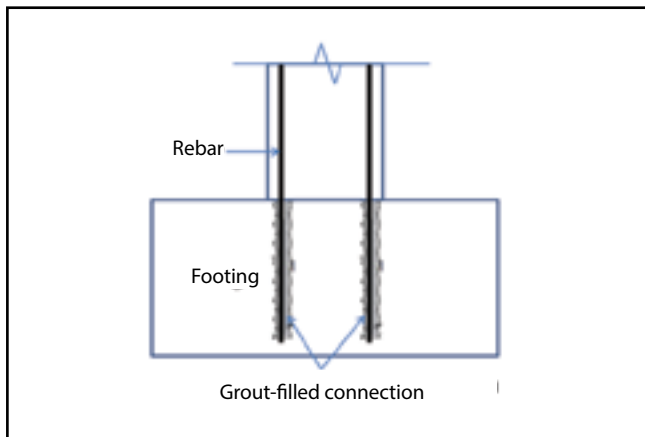


Figure 1. Grout-filled connection

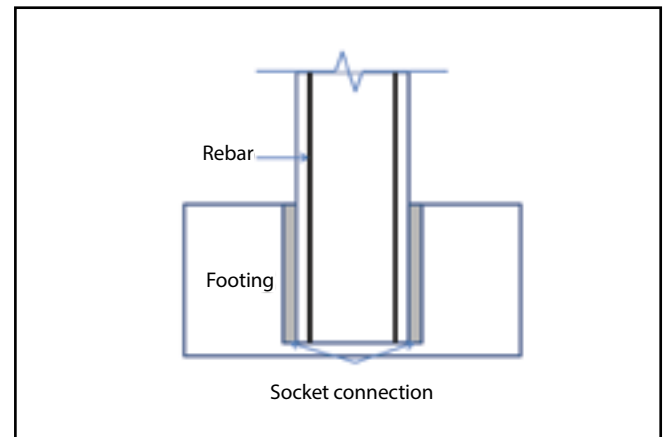


Figure 2. Socket connection

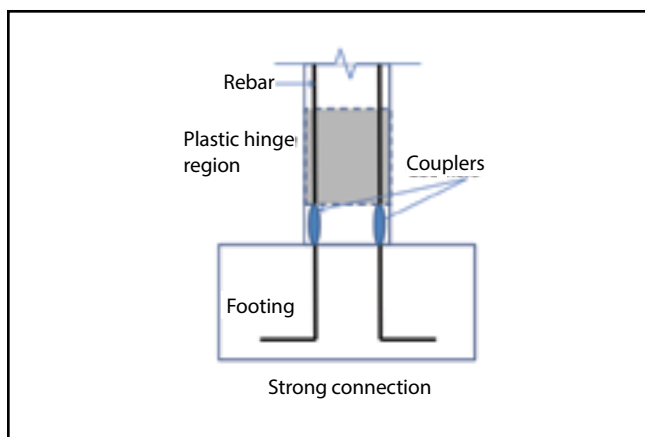


Figure 3. Strong coupler connection

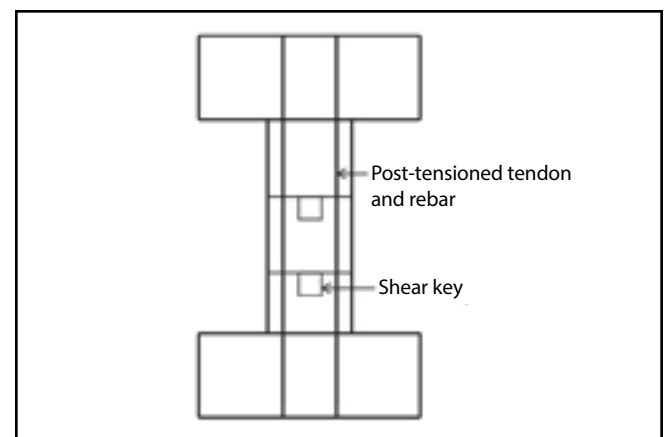


Figure 4. Segmental column construction

UTC Project Database, 28 projects used precast pier components (e.g. columns and caps), 73 projects used precast abutments or walls, and 74 projects used precast girders or deck panels. This is mainly due to the fact that seismic behaviour is highly sensitive to the characteristics of the connections of the earthquake-resisting systems. In seismic design, superstructures are normally designed elastically, however, substructures are typically designed to undertake plastic deformations, which require special seismic detailing. Significant efforts have been invested by researchers, and its application in seismic regions are expected to be prominent in the near future. Researchers have explored new materials in the application of precast columns to improve their seismic performance such as using shape memory alloys, ultra-high performance concrete, and engineered cementitious composites. In addition, due to the fact that the elements are precast and assembled on-site, it is possible to construct the substructure segmentally (Figure 4).

Although not very common, precast pier elements have been used by several DOTs in the U.S. Precast pier elements offer the benefit of overcoming the difficulties associated with forming and pouring concrete at higher elevations, as well as providing the opportunity for repetitions. Precast pier elements can also reduce the construction time over water bodies, environmental pollution from CIP construction near water bodies, as well as

workplace hazards near high-voltage power lines or active gas lines.

Despite some concerns regarding the seismic performance of precast pier components, ABC provides improved quality of structural elements as they are produced in a controlled environment, offers potential for faster construction, and advantage with repeatable elements. One such example is the replacement bridge for the existing US 12 bridge over Interstate 5, a major north-south freeway in Washington State, at Grand Mound. This project implemented precast segmental columns, joined by bars grouted in ducts. This project also used precast bent caps. The precast column was constructed using three segmental column sections stacked one over the other and connected using grouts. However, the feedback from the contractor reported that if the columns were built using a single column segment, it would reduce the construction time required for the grouts to achieve certain strength.

Research conducted on Precast Bent System for High Seismic Regions supported by FHWA showed that precast column-bent systems can provide comparable seismic performance in terms of damage levels, energy dissipation, and overall behaviour which is emulative of convention CIP bent construction. However, since the Canadian Highway Bridge Design Code has moved towards a performance-based design approach, it is required to conduct experimental investigations to better understand and describe the performance requirements of precast substructure elements before widespread application of ABC for substructure construction in seismic zones. More research is required to investigate the performance of multi-segment or single-segment precast column behaviour, development of performance criteria for segmental column construction, and performance requirements for precast column-bent connections.

ABC of bridge superstructure has gained wider acceptance in Canadian bridge design and construction projects due to its accelerated construction schedule and minimum disruption to the existing traffic.

There have been considerable researches and wider applications of ABC in the United States. Many transportation projects using ABCs have been successfully completed in various states across the country. In Canada, ABC has been gaining steam in recent years, and more and more application of ABCs in the new bridge construction and/or existing bridge rehabilitation projects have been realized. For the new bridge construction, the application of ABCs includes the use of precast girders, half-depth precast deck panel with cast-in-place concrete topping, and full-depth precast deck panel. The precast deck panel can be designed with either pre-stressed strand or reinforcing steel. It is normally fabricated in the precast plant and is lifted by small crane to be erected onto



We Mitigate Utility Risks

At T2 Utility Engineers, we help to minimize project risk, lower construction costs and avoid costly utility related damage.

Our years of experience, state of the art equipment, and processes mitigate and manage risk related to existing utilities, reducing project cost and giving you peace of mind.

- > Subsurface Utility Engineering
- > Utility Coordination
- > Multi-Channel GPR
- > CCTV Inspections
- > Utility Design / Inspection

Reach us across Canada at:
1-855-222-T2UE
info@t2ue.com
www.T2ue.com



your source for utility engineering services

girders. The crane can be placed in the ground where it is feasible; where there is obstacle in the ground, the crane can drive along the girders to get the deck panels installed. The 500-metre-long Coast Meridian Overpass in Port Coquitlam, B.C. used a rail-mounted equipment (Figure 5) to install the precast deck panels to clear the railway track under the bridge. The Southeast Stoney Trail Project in Calgary, Alta. adopted precast deck panel to speed up the construction and achieve a better bridge deck quality (see Figure 6). It is the first time that precast deck panel has been allowed in the bridge construction by the Ministry of Transportation of Alberta. Since then, more bridges in the Southwest Calgary Ring Road Project and Northeast Anthony Henday Project in Edmonton have utilized precast deck panels.

The Canal Lachine Bridge for the Turcot Interchange in Montreal has considered ABC in the design concept development. Its superstructure utilized three-metre-wide steel box girders and a full-depth precast deck panel for a very wide bridge (Figure 7). The application of ABC has shortened the construction time and made the construction work on site more efficient.

Another major application of ABC is in the bridge rehabilitation, where the owner requires the traffic on the existing bridge not to be disrupted or the traffic disruptions to be kept to a minimum. There are more and more bridge projects requiring that the existing traffic is still running while the old bridge is being rehabilitated. ABC provides an innovative solution to these bridges. It involves the utilization of pre-fabricated elements, replacing the girder in segments and slide-in bridge construction. The latter technology has been successfully used in several high-profile bridge projects in North America. The Hasting Bridge in Minnesota is a 160-metre-long free-standing steel tied-arch bridge (Figure 8).

The main span was constructed on land on an adjacent staging area, moved onto barges with self-propelled modular transporters (SPMTs), and then guided downstream on a flotilla of barges. It was then positioned into its pre-lift location using a skid system and connected to hydraulic strand jacks that lifted the span vertically approximately 15 metres before making the final connection between the piers. The application of ABC makes it possible for the traffic on the existing bridge to be not affected while the new bridge is being built.

ABC provides a more efficient and effective workflow to eliminate bottlenecks during construction and keep traffic flowing. As owners nowadays put more emphasis on uninterrupted traffic flow during construction, every major transportation project in the near future will need to consider ABC as a potential option. ♦



Figure 5. Coast Meridian Overpass



Figure 6. Southeast Stoney Trail Project



Figure 7. Canal Lachine Bridge (PHOTO CREDIT: KIEWIT, PARSONS AND CRH CANADA JOINT VENTURE)



Figure 8. Hasting Bridge in Minnesota (PHOTO CREDIT: PARSONS CORPORATION)

La recherche et l'application de la construction accélérée de ponts

Qi Zhang¹, Muntasir Billah² et Yulin Gao³, membres étudiant de la SCGC

¹ Ingénieur de ponts, WSP, Vancouver, C-B, Canada

² Professeur adjoint, Département de génie civil, Université Lakehead, Thunder Bay, ON, Canada

³ Ingénieur et chef de projet principal, Parsons Corporation, Burnaby, C-B, Canada

La construction accélérée de ponts (ABC) joue un rôle de plus en plus important dans les réseaux de transport modernes. L'ABC a été utilisée aux États-Unis, au Canada, en Nouvelle-Zélande et dans de nombreux autres pays. Elle écourte le calendrier des travaux sur le chantier et minimise leur impact sur les réseaux de transport. Parmi les avantages de l'ABC figurent également des améliorations en termes de sécurité, de qualité, de durabilité, de coûts sociaux et d'impacts environnementaux. Bien que la construction de petits projets en régime accéléré exige un investissement plus important que d'autres méthodes plus conventionnelles, cela devrait changer à mesure que davantage de projets auront recours à cette approche.

Pour accélérer la construction de ponts, on se sert fréquemment d'éléments préfabriqués. Depuis plusieurs décennies déjà, les poutres en béton préfabriqué sont largement utilisées dans les ponts. Le béton préfabriqué a également été utilisé pour la construction de panneaux de tablier de pont partiellement préfabriqués et de panneaux prémoulés sur toute la profondeur. Ces dernières années, l'application d'éléments préfabriqués s'est étendue à l'infrastructure, telles que les culées, les colonnes, les chapiteaux de piliers et les piles. Certains détails de raccordement de colonnes préfabriquées sont illustrés aux figures 1 à 3.

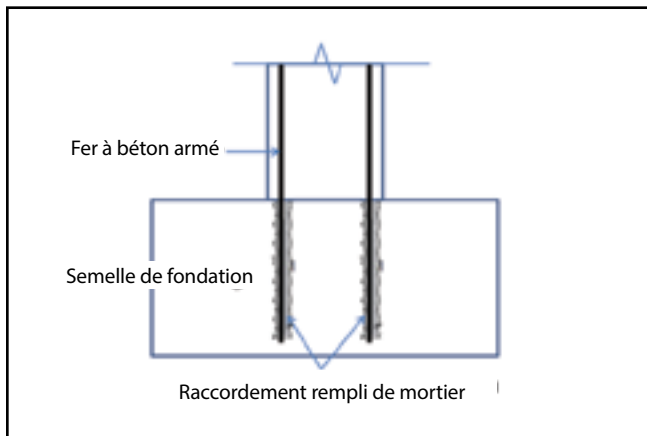


Figure 1. Raccordement rempli de mortier

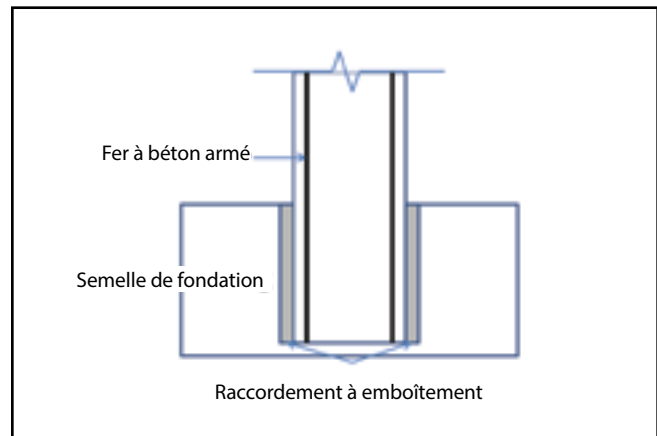


Figure 2. Raccordement à emboîtement

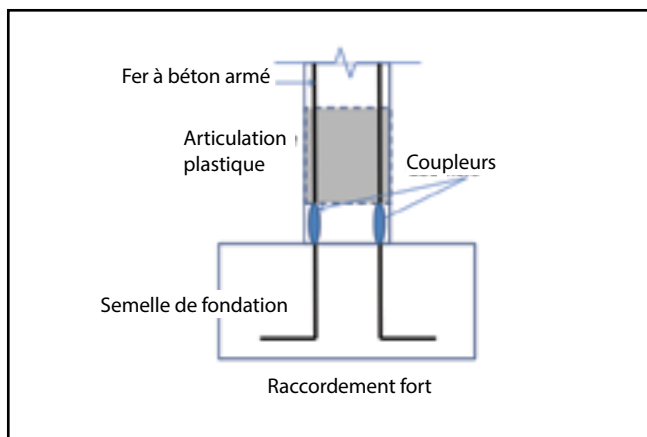


Figure 3. Raccordement de coupleurs fort

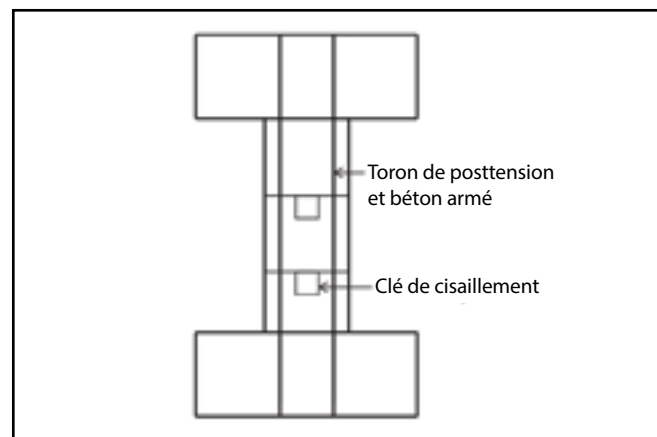


Figure 4. Construction de colonne en segments

Cependant, l'utilisation de colonnes préfabriquées est encore relativement rare dans les régions à forte activité sismique. Parmi les 100 projets ayant recours à l'ABC enregistrés dans la base de données ABC-UTC Project Database, 28 projets utilisaient des composants de piliers préfabriqués (colonnes et chapiteaux, par exemple), 73 projets utilisaient des culées ou des murs préfabriqués et 74 projets utilisaient des poutres ou des panneaux de tablier préfabriqués. Cela tient principalement au fait que le comportement sismique est très sensible aux caractéristiques des connexions des systèmes parasismiques. Dans la conception parasismique, la superstructure est normalement conçue de manière à se comporter élastiquement. Cependant, de façon générale, l'infrastructure est conçue de manière à se déformer plastiquement, ce qui nécessite des détails sismiques particuliers. Les chercheurs ont déployé des efforts considérables et son application dans les régions sismiques est susceptible d'occuper une place importante dans un avenir rapproché. Afin d'améliorer les performances sismiques des colonnes préfabriquées, des chercheurs ont exploré l'emploi de nouveaux matériaux dans leur fabrication, tels que les alliages à mémoire de forme, le béton à ultra-haute performance et les composites cimentaires. De plus, étant donné que les éléments sont préfabriqués et assemblés sur place, il est possible de construire l'infrastructure en segments (figure 4).

Bien que l'utilisation d'éléments de pile préfabriqués soit peu fréquente, plusieurs ministères des Transports aux États-Unis en ont fait usage. De tels éléments présentent l'avantage de parer aux difficultés liées à la mise en forme et au coulage du béton à des altitudes plus élevées, ainsi que d'y intégrer des éléments de construction répétitifs. Ils peuvent également raccourcir le temps de construction sur les étendues d'eau, réduire la pollution de l'environnement causée par les travaux de construction à proximité d'étendues d'eau, ainsi qu'atténuer les risques en milieu de travail près des lignes à haute tension ou des lignes de gaz en activité.

Malgré certaines préoccupations concernant les performances sismiques des éléments de pile préfabriqués, l'ABC fournit des éléments de structure de qualité supérieure, car ils sont fabriqués dans un environnement contrôlé. Elle permet d'accélérer le rythme des travaux et offre l'avantage d'employer des éléments répétitifs. À Grand Mound, le nouveau pont qui a remplacé le pont existant de l'autoroute US 12 au-dessus de l'Interstate 5, une des principales autoroutes nord-sud de l'État de Washington, en est un exemple. Pour ce projet, on a utilisé des colonnes segmentaires préfabriquées, reliées par des barres scellées dans des gaines avec du mortier, ainsi que des portiques préfabriqués. La colonne préfabriquée a été produite en utilisant trois segments de colonne empilés les uns sur les autres et reliés par du mortier. Cependant, les commentaires de l'entrepreneur ont indiqué que, si les colonnes avaient été

construites en utilisant un seul segment, cela aurait réduit le temps de construction nécessaire pour que le mortier atteigne une certaine résistance.

Les recherches menées sur les portiques préfabriqués pour les régions à forte activité sismique appuyées par la FHWA ont montré que les portiques de colonnes préfabriqués peuvent donner des performances sismiques comparables à celles de structures conventionnelles en termes d'ampleur des dommages, de dissipation d'énergie et de comportement général. Cependant, depuis que le Code canadien sur le calcul des ponts routiers a adopté une approche de conception fondée sur la performance, il est nécessaire de mener des études expérimentales pour bien comprendre et décrire les exigences de performance des éléments préfabriqués de l'infrastructure, avant de généraliser l'application de l'ABC dans la construction de l'infrastructure en régions à forte activité sismique. Davantage de recherches sont nécessaires pour étudier les performances de comportement des colonnes préfabriquées en plusieurs segments ou en un seul segment, l'élaboration de critères de performance pour la construction de colonnes segmentées, ainsi que les exigences de performance pour les raccordements de colonnes et les portiques préfabriqués.

La construction accélérée de la superstructure d'un pont est de plus en plus acceptée dans les projets de conception et de construction de ponts au Canada, en raison du rythme accéléré des travaux et de la perturbation minimale de la circulation.

Aux États-Unis, de nombreuses recherches et applications de l'ABC à plus grande échelle ont été effectuées. De nombreux projets de transport qui ont fait appel à cette méthode de construction ont été complétés dans divers États du pays. Au Canada, l'utilisation de l'ABC a pris de l'expansion ces dernières années et de plus en plus d'applications de l'ABC ont été intégrées aux projets de construction de nouveaux ponts et de projets de réhabilitation de ponts existants. Pour la construction de nouveaux ponts, l'application de l'ABC comprend l'utilisation de poutres préfabriquées, d'un panneau de tablier prémoulé à mi-profondeur avec chape de béton coulée sur place et d'un panneau de tablier prémoulé sur toute la profondeur. Ce panneau peut être conçu avec un toron précontraint ou renforcé avec de l'acier. Il est habituellement fabriqué à l'usine de préfabrication et soulevé avec une petite grue pour être ensuite monté sur des poutres. La grue peut être installée dans le sol, lorsque cela est possible. Lorsqu'il y a encombrement dans le sol, la grue peut se déplacer le long des poutres pour installer les panneaux du tablier. Afin de dégager les voies ferrées sous le pont, pour la construction du viaduc ferroviaire de la route Coast Meridian, d'une longueur de 500 mètres, à Port Coquitlam, en C.-B., on a eu recours à un équipement monté sur rail (figure 5) pour installer les



Figure 5. Viaduc du chemin Coast Meridian



Figure 6. Projet Southeast Stoney Trail



Figure 7. Pont du canal de Lachine (SOURCE DE LA PHOTO : KIEWIT, PARSONS AND CRH CANADA JOINT VENTURE)



Figure 8. Pont Hasting au Minnesota (SOURCE DE LA PHOTO : PARSONS CORPORATION)

panneaux préfabriqués. Pour la mise en œuvre du projet de construction de la section sud-est de l'autoroute Stoney Trail à Calgary, en Alberta, on a utilisé un panneau de tablier préfabriqué pour en accélérer la construction et obtenir un tablier de qualité supérieure (voir figure 6). C'est la première fois que le ministère des Transports de l'Alberta autorisait l'utilisation de panneaux de tablier préfabriqués dans la construction d'un viaduc. Depuis, de plus en plus de viaducs dans le projet de la voie de contournement sud-ouest de Calgary et le projet de la section nord-est de l'autoroute Anthony Henday à Edmonton ont été construits avec des panneaux de tablier préfabriqués.

On a pris en compte l'ABC dans la conception du pont du canal de Lachine de l'échangeur Turcot à Montréal. Sa superstructure comprenait des poutres-caissons en acier d'une largeur de trois mètres et un panneau de tablier prémoulé sur toute la profondeur pour l'édification d'un pont très large (figure 7). L'application de l'ABC a permis de raccourcir les délais de construction et d'accroître l'efficacité des travaux de construction sur place.

Une autre application majeure de l'ABC, c'est dans la réhabilitation de ponts, où le propriétaire exige que la circulation sur le pont existant ne soit pas perturbée ou que les perturbations soient réduites au minimum. Il y a de plus en plus de projets où on demande que la circulation ne soit pas interrompue pendant la réhabilitation d'un pont. L'ABC constitue une solution novatrice pour de tels projets. Elle comprend, entre autres, l'utilisation d'éléments préfabriqués, le remplacement de la poutre en segments et la construction de ponts par glissement sur rails. Cette dernière technologie a été utilisée avec succès dans plusieurs projets de ponts de grande envergure en Amérique du Nord. Le pont Hasting au Minnesota, d'une longueur de 160 mètres, est un pont autoportant à arc suspendu (figure 8).

Construite sur un terrain adjacent, la travée principale a été transbordée sur des barges avec des transporteurs modulaires autopropulsés et acheminée en aval sur plusieurs barges. Puis elle a été positionnée à côté du pont au moyen de patins de glissement. Rattachée à des vérins hydrauliques à torons, elle a été élevée d'environ 15 mètres, puis mise en place entre les piliers. L'ABC a permis de ne pas perturber la circulation sur le pont existant pendant la construction du nouveau pont.

L'ABC accroît à la fois l'efficacité et l'efficacité du déroulement des travaux, dans le but d'éliminer les embouteillages pendant la construction et de maintenir la fluidité de la circulation. Comme les propriétaires accordent de plus en plus d'importance à la perturbation minimale de la circulation, tout projet de transport majeur dans un avenir rapproché devra envisager l'utilisation de l'ABC comme option. ♦

Effectiveness of Hydro-Insensitive Reinforced Resin for Soil Stabilization

By Lav Prajapati¹, Dr. Rishi Gupta², Dr. Urmil Dave³, Adrian J. Hou⁴, Boyu Wang⁵

¹ M.Tech, Department of Structural Engineering, Nirma University, India

² Associate professor, Department of Civil Engineering, University of Victoria, Canada, CSCE International Affairs Committee

³ Professor, Department of Civil Engineering, Nirma University, India

⁴ Research assistant, Department of Civil Engineering, University of Victoria, Canada

⁵ PhD student, Department of Civil Engineering, University of Victoria, Canada

Abstract

Soil stability is a major concern for various applications in the construction industry and can affect a slope's stability, bearing capacity, and resistance to weathering. Today, there are various methods to stabilize the soil, including stabilization with cement, lime, bitumen, and chemical processes. This study covers the effectiveness of using chemical stabilization to strengthen clayey soils. Chemical stabilization of soil is a process of soil stabilization that is relatively fast, inexpensive, and has the potential to increase the strength of the soils it has bonded with. By combining a polyol and isocyanate, chemical stabilization utilizes a hydro insensitive expansive polyurethane resin to stabilize and strengthen the soil around it. The strength can vary depending on the soil type, so it is important to understand the material properties of the soil to create a safe, long-lasting infrastructure. This study analyses the results of using three different resin types in five different conditions for the stabilization of clayey soil. Results from compression tests indicate strengthening of all soil samples and indicate patterns that were expected given the lack of a better testing technique. Chemical testing results indicated a small amount of leachate released during the expansion process in water below limits set by the Canadian Ministry of Environment for potable water. The leachate released prior to full curing of resin may be hazardous to marine habitats in certain situations, and underwater injection should be analysed further to fully determine the risks. Considerations also need to be made before using these resins as the stability can change depending on the resin type and processing method.

Introduction

The lithosphere is the critical upper soil stratum – or crust – and offers a high resistance to loads. The properties of this soil stratum set the foundation for any structure resting above it and understanding these properties is imperative for creating a safe, long-lasting structure (Patra, 2015). In some situations, the soil may not have sufficient bearing capacity to carry loads. In such cases, soil remediation to increase load-bearing capacity becomes essential.

However, limited research has even conducted to determine the efficiency of chemical stabilization on clayey soils. R. Velentino et. al. performed a study to investigate the properties and characteristics of using polyurethane resins bonded with sandy soils to increase the stability of soil. Results indicated that injecting resin increased the stability of soil (Valentino, Romeo, and Stevanoni, 2014). Additionally, Anagnostopoulos and Papaliangas also focused on investigating the effect of a two-component epoxy resin on properties of medium sand (Anagnostopoulos and Papaliangas, 2012). Another study (Anagnostopoulos, 2015) studied the effect of epoxy resin on the compressive strength of silty clay. The research presented in this paper investigates if the injection into clayey soils follows similar patterns. Clayey soils are typically not very receptive to resin injection, so soil stabilization values presented in this paper are expected to be conservative.

Materials

In this study, CL soil, as classified by ASTM D2487-11, was used for casting all five specimens. Three different types of polyurethane resin have been used in this experiment for injection into clayey soils. Table 1 illustrates the different



(a)



(b)



(c)

Figure 1 Earthen dam model (a) Specimen dimension (b) dam before injection (c) dam after injection

injection temperatures and reaction times required for the resin to fully expand. The expansion rate of the resin can vary depending on temperature and the resin type itself, so Resin type C was injected at two different temperatures as it expands significantly slower than the other two.

In order to simulate natural conditions, five wooden forms were created and filled with CL soil. The specimens were designed to represent a small-scale “earthen dam”, as shown in Figure 1 (a). The soil was compacted into wooden moulds using a bobcat and manual compactors until a compaction density approximately similar to natural conditions was achieved.

Experimental procedure

Injection process: Four of the five “earthen dam” specimens were injected with three different types of polyurethane resins (A, B, and C). Both resins A and B were injected at 110° F. Resin C was used in two different moulds, and injection was performed at 110° F and 80° F respectively. The polyurethane was injected in a grid-like pattern where holes were spaced 12 inches from each other and at least six inches away from the edge. The last soil model was used as a control model containing no resin. Figure 1 (b) and 1 (c) show the soil models before and after injection of the three polyurethane resins into the CL soil.

Sample extraction process: After 24 hours, cylindrical samples were cored from the forms containing soil and resin in accordance with ASTM C39M-15a. Various samples were taken from each of the five specimens from the surface 100 mm in diameter, and 200 mm in height using a cylindrical mould and hammer. The cylinders were kept at room temperature for 24 hours after extraction. The samples were used for compression testing and deterioration monitoring through wet-dry cycles. The results of these tests can be found in the results section.

SEM analysis of resin

Scanning Electron Microscope (SEM) and energy-dispersive X-ray spectroscopy were used to reveal the microstructure of resins bonded with soil. A copper plate was placed in between the samples to maintain conductivity. In Figure 2 (a), we can see how the resin expands under both confined and unconfined conditions. Figure 2 (b) shows similar results with Resin 3. In both Figures 2 (a) and 2 (b), we can see that the confined condition allows both types of resin to expand resulting in a denser configuration than the unconfined condition.

EDX spectrum revealed that the clay used in the study contained 22.24 per cent silica, 10.31 per cent aluminium, and small traces of iron, sodium, magnesium, and potassium. It is also found that carbon and nitrogen are main elements forming the resin and soil samples.

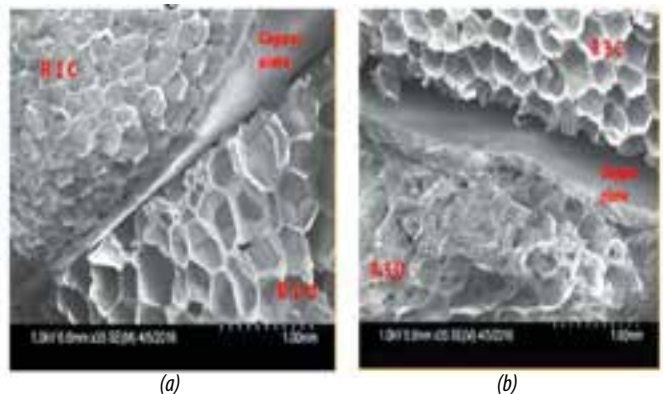


Figure 2 SEM images (a) resin R1C (confined) and R1U (unconfined) (b) SEM of R3C (confined) and R3U (unconfined).

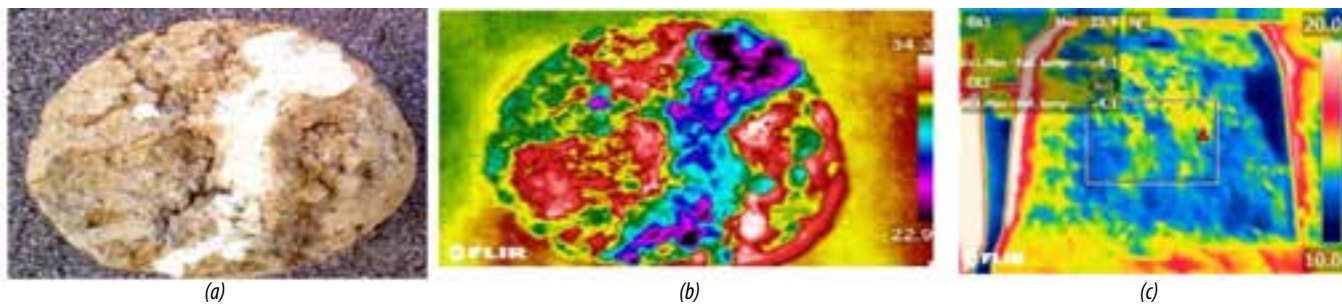


Figure 3 Images of samples (a) normal image (b) thermal image of the resin-filled sample (c) thermal image the sample with no resin.

Thermal image analysis

Clay has a very low permeability, so evenly distribution of resin in the soil samples can be difficult. Thermography was used to analyze heat differentials to determine the goodness of resin distribution within the sample. The polyurethane resins contain different infrared emitting properties than the soil, and in Figure 3 (b), a large temperature variation between the two can be seen. The thermal images in Figures 3 (b) and 3 (c) were taken on different days, so the resin contains a new colour scale for each. In Figure 3 (b), the resin can be seen as the blue-purple area, the red-yellow portions represent areas where resin has mixed with soil, and the green sections represent areas where no resin is present. Figure 3 (c) displays a control cylinder, where no resin is present and contains an area that is mostly green-blue. Further analysis was done on other specimens and it was observed that Resin 3 contained the largest area of propagation. This can be attributed to the fact that Resin 3 contained the longest expansion time that allowed the resin to permeate through the soil before expanding. Resin 1 contained the smallest area of resin infiltration, and also had the fastest expansion time.

Results, observations, and discussion

The results of the compression tests in Table 1 show that Resin 1 and 3 give comparatively good results, with an increase to the compressive strength of the soil when injected with these resins. We can see the compressive load for the control sample without resin is 1.12 kN. For Resin 1, the increased soil-bearing capacity improved the compressive strength by about 77 per cent. Resin 2 increased in strength by 22 per cent. Lastly, Resin C was injected at two temperatures of 80°F and 110°F that yielded in compressive strength increase of about 61 per cent and three per cent respectively.

The large variation of results found in this test can be attributed to the resin dispersion and expansion time for the various resins. Resins that contained faster expansion times had difficulties permeating through the cohesive soil even after injecting in a

grid-like pattern. The resin propagated through cracks in the soil and greatly increased the strength of the soil nearby, as can be seen in the results of Resin 1, but offered minimal assistance for areas that resin did not permeate, as seen in the results of Resin 4.

Wet-dry tests simulating fluctuating water levels in a marine environment have also been performed to understand the effects of weathering on resin and soil. This test was set up by alternating water into two bins using pumps and automatic timers to simulate the tides. Throughout the week, observations were made to monitor the weight and size changes due to weathering of the sample in the water. In Table 1, we can see that Resin 2 and Resin 4 fully disintegrated during this test, whereas Resin 1 and Resin 3 lost 59 per cent and 72 per cent of their size, respectively.

The deterioration of all samples in this experiment can be explained by the resin propagation; instead of permeating through the soil, resin tended to accumulate in cracks and void spaces. It should be noted that this disintegration took place on samples that were unconfined and contained a very large exposure area. Further research on larger sample sizes is required to confirm the deterioration mechanisms. In order to determine the effect of the injection process on the environment, chemical leachate tests have been performed on the resins. The polyurethane resin is unreactive with water once it has cured, so these tests were performed on resin when it was not fully cured. This was done by spraying resin samples into small containers that were filled with water. The results of the chemical testing showed that the maximum amount of nitrogen (NO_3 and NO_2), phosphorous, and carbon present in the three resin types were 7700 ppb, 37 ppb, and 10,000 ppb, respectively. The Canadian Ministry of Environment limit the total nitrogen to less than 11 mg/L (11,000 ppb) for drinking water and 200 ppm (20,000 ppb) for aquatic life. The results of the test show that the total nitrogen in the samples does not exceed the limit set by the Canadian Ministry of Environment. The total quantity of phosphorous and carbon are also below the maximum level for this test.

TABLE 1: SUMMARY OF RESULTS

	Test Number	Resin type	Reaction time	Reaction temp.	Compressive Strength (KN)	Average Compressive Strength (KN)	Size reduction after wet-dry (%)
Resin 1 Sample	1	A-24-010	5-10 sec	110 °F	2.10	1.98	59
	2				1.95		
	3				1.90		
Resin 2 Sample	1	B-24-030	30 sec – 1min	110 °F	1.45	1.37	100 (Disintegrated)
	2				1.30		
	3				1.35		
Resin 3 Sample	1	C-24-003	5 min	80 °F	1.70	1.80	72
	2				1.95		
	3				1.75		
Resin 4 Sample	1	C-24-003	5 min	110 °F	1.20	1.15	100 (Disintegrated)
	2				1.10		
	3				1.15		
Control Sample	1	None	N/A	N/A	1.20	1.12	100 (Disintegrated)
	2				1.30		
	3				0.80		

Concluding remarks

The soil used in this study tended to receive the polyurethane resin unevenly, which can be explained by the high amount of clay found in the sample, so the results presented here are conservative. This process was found to be non-hazardous to the environment and the polyurethane resin does not react with water after curing has completed. Any leachate produced from resin not fully cured in a marine environment for this test was below limits for the total nitrogen, phosphorous, and carbon set by the Canadian Ministry of Environment for potable water. Erosion testing indicates higher stability for samples that contained resin and soil, however bonding the cohesive soil with the resin was problematic, and deterioration monitoring often lead to samples fully deteriorating over time. Results from compression testing coincide with the results found from deterioration monitoring, and although some samples indicated an increase in compressive strength, there was a large fluctuation in values based on how the resin spread through the soil.

Acknowledgements

The authors thank the Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada (NSERC) for financial support. The support of Nirma University in India is also greatly acknowledged. This project would not be possible without the technical support and kind contributions from Casey and Mike Moroschan from Polymor Inc.

REFERENCES

Agagnostopoulos, C. A., "Strength properties of an epoxy resin and cement-stabilized silty clay soil," *Applied Clay Science*, Vol 114, September 2015, pp. 517–529,

Agagnostopoulos, C. A., and Papaliangas, T. T., "Experimental Investigation of Epoxy Resin and Sand Mixes," *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, Vol 138, No. 7, July 2012, pp. 841–849,

Buzzi O., Fityus S., and Sloan, S. W., "Use of expanding polyurethane resin to remediate expansive soil foundations," *Canadian Geotechnical Journal*, Vol 47, No 6, pp. 623–634,

Huang H., and Liu L., "Application of Water-Soluble Polymers in the Soil Quality Improvement," *Civil Engineering and Urban Planning*, 2012, pp. 123-129,

Polyurethane [<https://en.wikipedia.org/wiki/Polyurethane>]. (n.d.) Retrieved from <https://en.wikipedia.org/wiki/Polyurethane>

Patra, N. R., 2016, Ground Improvement Techniques, Retrieved from <http://nptel.ac.in/courses/105104034/>

Valentino, R., Romeo, E. and Stevanoni, D., "An experimental study on the mechanical behaviour of two polyurethane resins used for geotechnical applications," *Mechanics of Materials*, Vol 71, April 2014, pp.101–113. ♦

Effacité de la résine renforcée insensible à l'eau pour la stabilisation des sols

Lav Prajapati¹, Dr Rishi Gupta², Dr Urmil Dave³, Adrian J. Hour⁴, Boyu Wang⁵

¹ M. Tech, Département de génie des structures, Université Nirma, Inde

² Professeur associé, Département de génie civil, Université de Victoria, Canada, Comité des affaires internationales de la SCGC

³ Professeur, Département de génie civil, Université Nirma, Inde

⁴ Assistant de recherche, Département de génie civil, Université de Victoria, Canada

⁵ Étudiant au doctorat, Département de génie civil, Université de Victoria, Canada

Résumé

La stabilité des sols est une préoccupation majeure pour diverses applications dans l'industrie de la construction et peut affecter la stabilité, la capacité portante et la résistance d'une pente aux conditions climatiques. Aujourd'hui, il existe différentes méthodes pour stabiliser le sol, y compris la stabilisation avec du ciment, de la chaux, du bitume et au moyen de processus chimiques. Cette étude porte sur l'efficacité d'avoir recours à la stabilisation chimique pour renforcer les sols argileux. La stabilisation chimique du sol est un processus relativement rapide, peu coûteux et susceptible d'accroître la résistance des sols auxquels il s'est aggloméré. En combinant un polyol et un isocyanate, la stabilisation chimique utilise une résine de polyuréthane expansible insensible à l'eau, afin de stabiliser et de renforcer le sol qui l'entoure. Étant donné que le renforcement peut varier en fonction du type de sol, il est important d'avoir une bonne connaissance des propriétés matérielles du sol pour créer une infrastructure sûre et durable. Cette étude analyse les résultats de l'utilisation de trois types de résines dans cinq conditions différentes pour la stabilisation d'un sol argileux. Les résultats des tests de compression indiquent un renforcement de tous les échantillons de sol et confirment ce à quoi on s'attendait, compte tenu de l'absence d'une meilleure technique de test. Les résultats des tests chimiques ont révélé une petite quantité de lixiviat libérée dans l'eau pendant le processus d'expansion et inférieure aux limites établies par le ministère de l'Environnement du Canada pour l'eau potable. Les lixiviats libérés avant le durcissement complet de la résine peuvent être dangereux pour les habitats marins dans certaines situations et l'injection de cette résine sous l'eau devra être étudiée davantage, afin d'en bien cerner les risques. Il faut également tenir compte de certaines autres considérations avant d'utiliser ces résines, étant donné que la stabilité peut varier en fonction du type de résine et du processus de traitement.

Introduction

La lithosphère est la strate critique supérieure du sol - ou la croûte terrestre - et offre une grande résistance aux charges. Les propriétés de cette strate servent de fondement à l'érection de toute structure reposant sur elle. La compréhension de ces propriétés est essentielle pour créer une structure sûre et durable (Patra, 2015). Dans certaines situations, le sol peut ne pas avoir une capacité portante suffisante pour supporter des charges. Dans de tels cas, la modification des sols pour en augmenter la capacité portante devient essentielle.

Peu de recherches ont été menées pour déterminer l'efficacité de la stabilisation chimique de sols argileux. Roberto Valentino et coll. ont mené une étude pour étudier les propriétés et les caractéristiques de l'utilisation de résines de polyuréthane liées à des sols sablonneux afin d'en accroître la stabilité. Les résultats ont indiqué que l'injection de résine augmentait la stabilité du sol (Valentino et Stevanoni, 2014). Pour leur part, Anagnostopoulos et Papaliangas (2012) ont centré leur attention sur l'effet d'une résine époxy à deux composants sur les propriétés de sable à grains moyens. Une autre étude d'Anagnostopoulos (2015) a examiné l'effet de la résine époxy sur la résistance à la compression de l'argile silteuse. La recherche présentée dans cet article examine si l'injection dans des sols argileux entraîne des réactions semblables. En général, les sols argileux ne répondent pas bien à l'injection de résine. Par conséquent, les valeurs de stabilisation présentées dans cet article se veulent conservatrices.

Matériaux

Dans cette étude, du sol CL, conforme à la norme ASTM D2487-11, a été utilisé pour constituer les cinq échantillons d'essais. Trois différents types de résine de polyuréthane ont été injectés dans des sols argileux. Le tableau 1 présente les différentes températures d'injection et les différents temps de réaction requis pour que la résine prenne complètement



Figure 1 : Plan de digue en terre (a) dimensions du spécimen (b) avant injection (c) après injection.

de l'expansion. Le taux d'expansion de la résine peut varier en fonction de la température et du type de résine. La résine de type C a été injectée à deux températures différentes, car elle prend de l'expansion beaucoup plus lentement que les deux autres.

Afin de simuler les conditions naturelles, cinq coffrages en bois ont été construits et remplis de sol CL. Les spécimens ont été conçus pour représenter une « digue en terre » à petite échelle, comme celle illustrée à la figure 1(a). Le sol a été compacté dans des moules en bois à l'aide d'un Bobcat et de compacteurs manuels, jusqu'à l'obtention d'une densité de compaction à peu près semblable à celle qui existe dans des conditions naturelles.

Procédure expérimentale

Processus d'injection : Quatre des cinq échantillons de « digue en terre » ont été injectés avec trois types de résines de polyuréthane (A, B et C). Les résines A et B ont été injectées à 110 °F. La résine C a été utilisée dans deux moules différents et l'injection a été faite à 110 °F et 80 °F respectivement. Le polyuréthane a été injecté selon une configuration en forme de grille, où les trous étaient espacés de 12 pouces les uns des autres et à au moins six pouces du bord. Le dernier échantillon ne contenait pas de résine et a servi d'échantillon de contrôle. Les figures 1(b) et 1(c) montrent les échantillons de sol CL avant et après injection des trois résines de polyuréthane.

Procédé d'extraction des échantillons : Au bout de 24 heures, des échantillons cylindriques ont été extraits des moules contenant de la terre et de la résine conformément à la norme ASTM C39M-15a. Divers échantillons d'un diamètre de 100 mm et d'une hauteur de 200 mm ont été prélevés à la surface des cinq spécimens à l'aide d'un moule cylindrique et d'un marteau. Les échantillons ont été conservés à la température ambiante pendant 24 heures après extraction. Ils ont été utilisés pour les tests de compression et le contrôle de la dégradation au moyen de cycles sec-humide. Les résultats de ces tests figurent à la section des résultats.

Analyse des résines avec un microscope électronique à balayage

Un microscope électronique à balayage (MEB) et une spectroscopie de rayons X à dispersion d'énergie (EDX) ont été utilisés pour déterminer la microstructure de résines agglomérées au

sol. Une plaque de cuivre a été placée entre les échantillons pour en maintenir la conductivité. À la figure 2(a), on peut constater comment la résine prend de l'expansion dans un milieu à la fois confiné et non confiné. La figure 2(b) montre des résultats semblables à ceux de la résine 3. Les figures 2(a) et 2(b) montrent que, dans un milieu confiné, les deux types de résine prennent de l'expansion, ce qui donne une configuration plus dense que dans un milieu non confiné.

Les résultats des tests effectués par EDX indiquent que l'argile utilisée dans cet essai contenait 22,24 % de silice, 10,31 % d'aluminium et de petites traces de fer, de sodium, de magnésium et de potassium. On constate également que le carbone et l'azote sont les principaux éléments constitutifs des échantillons de résine agglomérée au sol.

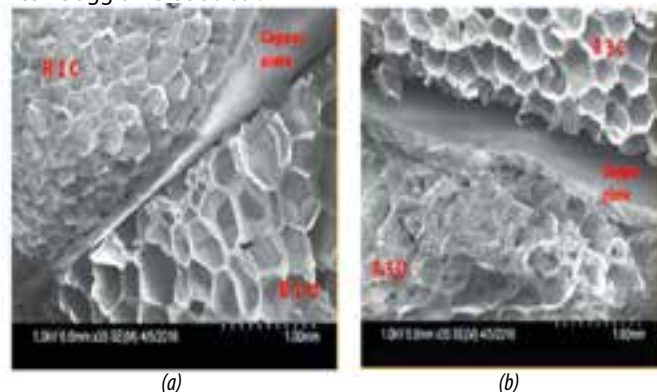


Figure 2 : Images MEB (a) résines R1C (confiné) et R1U (non confiné) (b) MEB de R3C (confiné) et R3U (non confiné).

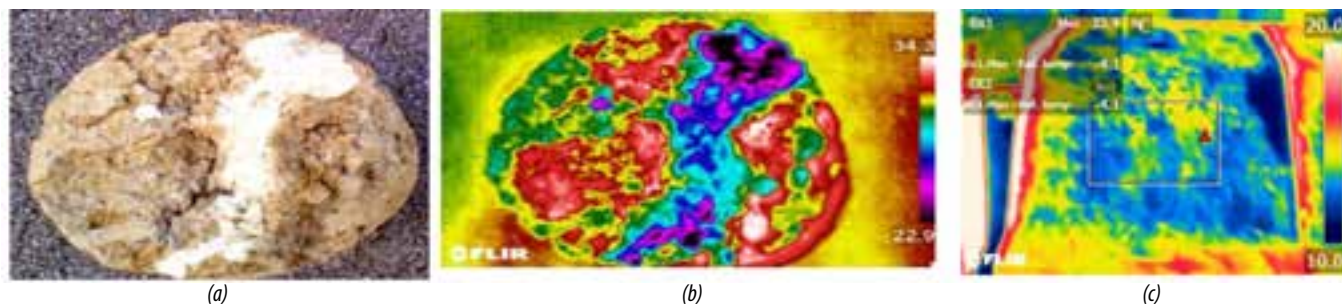


Figure 3 : Images thermiques des échantillons (a) image normale (b) échantillon avec résine (c) échantillon sans résine

Analyse des images thermiques

L'argile est très peu perméable, ce qui rend parfois difficile la répartition uniforme de la résine dans les échantillons de sol. La thermographie a servi à l'analyse des variations de température, afin de déterminer la qualité de la répartition de la résine dans chaque échantillon. Les résines de polyuréthane ont des propriétés d'émission infrarouge différentes de celles du sol et la figure 3(b), montre une grande variation de température entre les deux. Les images thermiques des figures 3(b) et 3(c) ont été prises à des jours différents, ce qui explique que la résine contient une différente échelle de couleurs pour chaque image. Sur la figure 3(b), la zone bleu-violet représente la résine, les zones rouge-jaune représentent les endroits où la résine s'est agglomérée au sol et les zones vertes représentent les endroits où il n'y a aucune résine. La figure 3(c) représente l'échantillon cylindrique de contrôle, dans lequel il n'y avait aucune résine et présente essentiellement une zone verte et bleue. Une analyse plus poussée a été effectuée sur d'autres spécimens et on a constaté que la résine 3 s'étendait sur la plus grande surface de propagation. Cela peut s'expliquer par le fait que la résine 3 avait le temps d'expansion le plus long, lui permettant de s'infiltrer dans le sol avant son expansion. La résine 1 s'étendait sur la plus petite surface d'infiltration et avait également le temps d'expansion le plus rapide.

Résultats, observations et discussion

Les résultats des tests de compression du tableau 1 montrent que les résines 1 et 3 donnent des résultats relativement satisfaisants, avec une augmentation de la résistance à la compression du sol. On peut constater que la charge de compression pour l'échantillon de contrôle sans résine est de 1,12 kN. Dans le cas de la résine 1, l'augmentation de la capacité portante du sol a amélioré la résistance à la compression d'environ 77 %. La résistance de la résine 2 a augmenté de 22 %. Enfin, la résine C, injectée aux températures de 80 °F et 110 °F, a entraîné une augmentation de la résistance à la compression d'environ 61 % et de 3 % respectivement.

La grande variation des résultats obtenus dans cette expérience peut s'expliquer par la dispersion de la résine et le temps d'expansion des différentes résines. Les résines ayant des temps d'expansion plus courts s'infiltraient difficilement dans un sol

cohésif, même après une injection selon une configuration en forme de grille. La résine s'infiltrait par les fissures dans le sol et augmentait considérablement la résistance du sol à proximité, comme le montrent les résultats de la résine 1, mais contribuait peu à la résistance du sol là où elle ne pénétrait pas, comme le montrent les résultats de la résine 4.

Des essais sec-humide qui simulaient les fluctuations des niveaux d'eau dans un environnement marin ont également été effectués, afin de comprendre les effets des conditions climatiques sur la résine et le sol. Dans ces essais, de l'eau était pompée alternativement dans deux bacs pendant une période de temps chronométré, de manière à simuler les marées. Tout au long de la semaine, on a effectué des observations pour évaluer les changements de poids et de taille de chaque échantillon, attribuables à leur altération par l'eau. Le tableau 1 indique que les résines 2 et 4 se sont complètement dégradées au cours de cette expérience, alors que les échantillons 1 et 3 ont perdu respectivement 59 % et 72 % de leur taille.

La dégradation de tous les échantillons peut s'expliquer par la propagation de la résine. Au lieu de pénétrer dans le sol, elle avait tendance à s'accumuler dans les fissures et les vides. Il convient de noter que cette dégradation s'est produite dans des échantillons non confinés et contenant une très grande zone d'exposition à la résine. D'autres recherches sur de plus grands échantillons seront nécessaires pour confirmer les mécanismes de dégradation. Afin de déterminer l'effet du processus d'injection sur l'environnement, on a effectué des essais de lixiviation chimique sur les résines. La résine de polyuréthane ne réagissant pas avec l'eau une fois durcie, ces essais ont donc été effectués sur la résine alors qu'elle n'était pas encore complètement durcie, et ce, en pulvérisant des échantillons de résine dans de petits contenants remplis d'eau. Les résultats des tests chimiques montrent que les quantités maximales d'azote (NO_3 et NO_2), de phosphore et de carbone présentes dans les trois types de résine étaient respectivement de 7 700 ppb, 37 ppb et 10 000 ppb. Le ministère de l'Environnement du Canada limite la quantité totale d'azote à moins de 11 mg/L (11 000 ppb) pour l'eau potable et à 200 ppm (20 000 ppb) pour la vie aquatique. Les résultats montrent que la quantité totale d'azote dans les échantillons ne dépasse pas la limite fixée par le ministère. La quantité totale de phosphore et de carbone est également inférieure au niveau maximal pour ce test.

TABLEAU 1 : RÉSUMÉ DES RÉSULTATS

	Numéro du test	Type de résine	Reaction time	Temps de réaction	Résistance à la compression (kN)	Moyenne de la résistance à la compression (kN)	Réduction de la taille après les cycles sec/humide (%)
Échantillon de résine 1	1	A-24-010	5-10 sec	110 °F	2,10	1,98	59
	2				1,95		
	3				1,90		
Échantillon de résine 2	1	B-24-030	30 sec – 1min	110 °F	1,45	1,37	100 (Dégradation)
	2				1,30		
	3				1,35		
Échantillon de résine 3	1	C-24-003	5 min	80 °F	1,70	1,80	72
	2				1,95		
	3				1,75		
Échantillon de résine 4	1	C-24-003	5 min	110 °F	1,20	1,15	100 (Dégradation)
	2				1,10		
	3				1,15		
Échantillon de contrôle	1	Aucun	s.o.	s.o.	1,20	1,12	100 (Dégradation)
	2				1,30		
	3				0,80		

Conclusion

Le sol utilisé dans cette expérience avait tendance à absorber la résine de polyuréthane de manière inégale, ce qui peut s'expliquer par la grande quantité d'argile dans les échantillons. Les résultats présentés ici se veulent donc conservateurs. Ce procédé s'est avéré non dangereux pour l'environnement et la résine de polyuréthane ne réagit pas avec l'eau une fois qu'elle a durci. Dans cette expérience, tout lixiviat produit à partir de résine qui n'avait pas complètement durcie dans un milieu marin était en deçà des limites de quantité totale d'azote, de phosphore et de carbone fixées par le ministère de l'Environnement pour l'eau potable. Les tests d'érosion indiquent une plus grande stabilité des échantillons contenant de la résine et du sol. Cependant, la liaison du sol cohésif avec la résine posait problème. En effet, on a pu observer une dégradation complète des échantillons dans plusieurs cas avec le temps. Les résultats des essais de compression coïncident avec ceux des observations de la dégradation. Même si certains échantillons indiquaient une augmentation de la résistance à la compression, les valeurs variaient fortement en fonction de la façon dont la résine se propageait dans le sol.

Remerciements

Les auteurs remercient le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada pour son soutien financier. Le soutien de l'Université Nirma en Inde est également grandement apprécié. Ce projet n'aurait pas été possible sans le support

technique et la participation inestimable de Casey et Mike Moroschan de l'entreprise Polymor Inc.

Références bibliographiques

Anagnostopoulos, Costas, « Strength properties of an epoxy resin and cement-stabilized silty clay soil », *Applied Clay Science*, vol. 114, septembre 2015, p. 517-529.

Anagnostopoulos, Costas et Theodosios Papaliangas, « Experimental Investigation of Epoxy Resin and Sand Mixes », *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, vol. 138, no 7, juillet 2012, p. 841-849.

Buzzi, Olivier, Stephen Fityus et Scott William Sloan, « Use of expanding polyurethane resin to remediate expansive soil foundations », *Canadian Geotechnical Journal*, vol. 47, no 6, 2010, p. 623-634.

Huang, He et Lihong Liu, « Application of Water-Soluble Polymers in the Soil Quality Improvement », *Civil Engineering and Urban Planning*, 2012, p. 123-129.

« Polyurethane » (s.d.), Tiré de : <https://en.wikipedia.org/wiki/Polyurethane>

Patra, Nihar Ranjan, 2016, *Ground Improvement Techniques*, Vikas Publishing House, Noida.

Valentino, Roberto, Elena Romeo et Davide Stevanoni, « An experimental study on the mechanical behaviour of two polyurethane resins used for geotechnical applications », *Mechanics of Materials*, vol. 71, avril 2014, p. 101-113. ♦

CSCE PARTNERS & SPONSORS | ASSOCIÉS ET COMMANDITAIRES DE LA SCGC

We invite you to consult our web page (<https://csce.ca/members/corporate-membership>) to discover all the benefits associated with our Corporate Member Package.

Veuillez consulter la liste complète des privilèges de membre d'entreprise à la page <https://csce.ca/members/corporate-membership>.

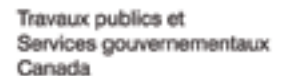
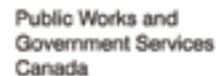
MAJOR PARTNERS | PRINCIPAUX PARTENAIRES



PARTNERS | PARTENAIRES



AFFILIATES | AFFILIÉS



COLLABORATING | COLLABORATION





40 years of engineering innovation

The Jacques Cartier and Champlain Bridges Incorporated

In 2018/19, The Jacques Cartier and Champlain Bridges Inc. (JCCBI) is celebrating its 40th anniversary and 40 years of innovation. Incorporated on November 3, 1978, to manage, maintain and monitor the Jacques Cartier Bridge, the Champlain Bridge, and the Bonaventure Expressway, this Crown corporation has made innovation part of its DNA.

Over these past four decades, JCCBI's portfolio has expanded to include the federal section of the Honoré Mercier Bridge, the Champlain Bridge Ice Control Structure, and the Melocheville Tunnel. However, ensuring that this critical infrastructure remains safe, fully functional and aesthetically pleasing—while ensuring user safety—is a daily challenge for the JCCBI team, which has to constantly innovate to maintain these critical components of Montreal's road network.

“We are responsible for maintaining major infrastructure, which includes civil engineering structures between 50 and 89 years old, to ensure people can use them safely. Since our mission is truly unique, we’ve had to develop expertise that is just as unique and devise innovative solutions to tackle exceptional problems,” says Sandra Martel, interim chief executive officer, JCCBI.

Time and again, JCCBI has shown its innovative prowess through several major projects that have earned various awards. These projects include the replacement of the Champlain Bridge's concrete deck with a prefabricated and field-welded orthotropic steel deck in 1991-1992. A first in Canada, this large-scale endeavour received the Prix Méritas from the Ordre des ingénieurs du Québec for its exceptional quality. In 2001-2002, the ambitious replacement

of the entire Jacques Cartier Bridge deck was the first design-build project in Canada done on existing infrastructure, and it went on to win the Design Award from the Precast/Prestressed Concrete Institute in the Best Rehabilitated Bridge in North America category.

A few years later, between 2008 and 2016, the deck replacement in the federal section of the Honoré Mercier Bridge was one of the largest contracts ever carried out by Indigenous people in Canada. This project won an award of excellence from the Société québécoise des professionnels en relations publiques. In 2013, JCCBI had to deploy a large-scale emergency operation to install a 75-tonne “super beam” on the Champlain Bridge while keeping the bridge open to traffic. For its performance, JCCBI received the Communication grand public award from the Association québécoise des Transports.

In addition to its incredible technical

achievements, JCCBI also innovates by devising out-of-the-box solutions. For example, the rush-hour lane for buses that go against traffic has been in operation on the Champlain Bridge since 1982 and is used by over 30,000 commuters twice a day.

Other innovative JCCBI initiatives include the closure of the Jacques Cartier Bridge to vehicle traffic to let the public enjoy the fireworks. Since 1987, nearly 18,000 people have come to the bridge on foot to see the summer spectacle light up the sky! In 1998, the ice storm forced the corporation to close both the Jacques Cartier Bridge and Champlain Bridge for three days. The JCCBI team installed a vibrating plate against the chords of these two bridges to break up the ice safely and efficiently.

In 2016, the corporation also innovated in the sector of the Bonaventure Expressway. Formerly used as a landfill, the area next

to the federal section of the expressway posed a hazard to the St. Lawrence River due to runoff from contaminants in the groundwater. "The goal of the Solution Bonaventure is to eliminate the threat of these contaminants by preventing them from flowing into the river," adds Martel.

Another highlight from JCCBI's history is the exceptional illumination project on the Jacques Cartier Bridge to mark Canada's 150th anniversary and Montreal's 375th. JCCBI is the manager of this bold project developed by Moment Factory and its partners. The world's only people-connected bridge lights up the city every night with a dynamic 365-colour calendar that reflects the changes of the seasons along with activity on social media.

After 40 years of history, JCCBI continues to innovate and, this year, the team will turn its focus to the deconstruction of the original Champlain Bridge.



"For a team dedicated to preserving major infrastructure, this extraordinary project will impel us to develop new skills and innovative practices based on key sustainable development principles. Protecting aquatic environments, recovering materials, and redeveloping the shores of the St. Lawrence River are essential components of this important project," concludes Martel.

With 40 years of engineering innovation and experience, JCCBI has made a mark on Quebec's civil engineering sector with its major projects in the Greater Montreal area, and we hope it will do so for many years to come. ♦

40 ans d'innovations ingénieuses

Les Ponts Jacques Cartier et Champlain Incorporée

C'est sous le signe de l'innovation que Les Ponts Jacques Cartier et Champlain Inc. (PJCCI) souligne son 40e anniversaire en 2018-2019. Incorporée le 3 novembre 1978, pour gérer, entretenir et contrôler les ponts Jacques-Cartier et Champlain, en plus de l'autoroute Bonaventure, cette société d'État a su également développer son ADN d'organisation innovante.

Au fil de ces quatre décennies, elle a vu accroître son portfolio de responsabilités pour inclure aussi la section fédérale du pont Honoré-Mercier, l'Estacade du pont Champlain et le tunnel de Melocheville. Or, veiller à ce que ces infrastructures critiques demeurent sécuritaires, fonctionnelles et attrayantes, tout en assurant la mobilité des usagers, c'est le défi que relève quotidiennement cette équipe. Mais pour

entretenir ces grands ouvrages, l'innovation doit occuper une place importante. « Nous avons la responsabilité d'entretenir des infrastructures majeures, incluant des ouvrages d'art, qui ont entre 50 et 89 ans, afin d'assurer le passage sécuritaire des usagers... Notre mandat est vraiment unique et pour l'accomplir, nous avons développé une expertise tout aussi unique et avons dû imaginer des solutions innovantes pour régler des problématiques exceptionnelles, » a souligné Sandra Martel, première dirigeante par intérim de PJCCI.

Dans les faits, PJCCI a su se démarquer dans plusieurs projets majeurs qu'elle a menés et qui ont mérité divers prix. Soulignons notamment le remplacement du tablier de béton du pont Champlain par un tablier orthotrope en acier préfabriqué et soudé

en place en 1991-92. Ce projet fut une première au Canada récompensé par le Prix Méritas de l'Ordre des ingénieurs du Québec pour la qualité exceptionnelle de la réalisation d'un projet d'envergure. Puis en 2001-02, l'ambitieux projet de remplacement complet du tablier du pont Jacques-Cartier fut le premier projet de conception-construction réalisé au pays sur une infrastructure existante. Il a mérité le Precast Design Award de la Precast/Prestressed Concrete Institute dans la catégorie Meilleure réfection d'un pont en Amérique du Nord.

Quelques années plus tard, soit entre 2008 et 2016, le remplacement du tablier de la section fédérale du pont Honoré-Mercier est l'un des plus importants contrats réalisés par des Autochtones

au Canada. Ce projet a décroché le Prix d'excellence de la Société québécoise des professionnels en relations publiques. Enfin, en 2013, l'installation d'une super-poutre de 75 tonnes au pont Champlain a nécessité une intervention d'urgence majeure tout en assurant le maintien de la circulation. PJCCI s'est vu décerner le Prix Communication Grand Public de l'AQTr.

En plus de ses grandes réalisations techniques, l'innovation chez PJCCI s'incarne aussi dans l'adoption de solutions inhabituelles. Il suffit de penser à la mise en place d'une voie réservée aux autobus circulant à contresens aux heures de pointe sur le pont Champlain, dès 1982, et qui permet aujourd'hui le déplacement de plus de 60 000 personnes chaque heure de pointe.

Soulignons aussi la fermeture du pont Jacques-Cartier les soirs de feux d'artifice afin que le public y ait accès à pied pour voir le spectacle : depuis 1987, jusqu'à 18 000 personnes s'y rassemblent chaque soir de feux! En

1998, la crise du verglas a forcé la fermeture des ponts Jacques-Cartier et Champlain pendant trois jours. C'est en installant une plaque vibrante contre les membrures des ponts que le déglacage sécuritaire et efficace de ces deux ouvrages a été réalisé!

En 2016, la Société a aussi innové dans le secteur de l'autoroute Bonaventure. Anciens sites d'enfouissement de déchets, ces terrains constituaient une menace pour le fleuve Saint-Laurent, en raison des contaminants présents dans les eaux souterraines. « Solution Bonaventure vise à éliminer cette menace en empêchant l'écoulement de ces contaminants vers le fleuve, » a ajouté Madame Martel.

Soulignons enfin l'exceptionnel projet d'illumination du pont Jacques-Cartier, qui a marqué les festivités du 150e anniversaire du Canada et du 375e de Montréal. PJCCI est gestionnaire de ce projet audacieux développé par Moment Factory et ses collaborateurs. Le seul pont connecté au monde est doté

d'une illumination dynamique qui fait vibrer la ville de ses 365 couleurs, au gré des saisons et de l'activité sur les réseaux sociaux, notamment.

Après quarante ans d'histoire, PJCCI continue d'innover et son avenir se tourne dès cette année vers la déconstruction du pont Champlain d'origine. « Pour une équipe vouée à la sauvegarde d'infrastructures majeures, ce projet hors du commun fera appel à des nouvelles compétences et à la mise en place de façons de faire novatrices s'appuyant sur les grands principes de développement durable. Assurer la protection des milieux aquatiques, la récupération des matériaux et l'aménagement des berges du Saint-Laurent font partie intégrante de ce grand projet, » conclut Madame Martel.

Forte de ses quarante ans d'expérience et d'innovations ingénieuses, PJCCI a su marquer le milieu du génie civil québécois par les projets majeurs qu'elle a menés dans la région métropolitaine, et elle continuera de le faire, souhaitons-le. ♦

CSCC SECTIONS SCGC

Newfoundland

Contact: Bing Chen, MCSCE
T: 709-864-8958
Email: bchen@mun.ca

Nova Scotia

Contact: Haibo Niu, MCSCE
Email: haibo.niu@dal.ca

East New Brunswick and P.E.I. (Moncton)

Contact: Jérémie Aubé, MCSCE
T: 506-777-0619
Email: jeremie.aube@wsp.com

West New Brunswick

Contact: Brandon Searle, SMCSCE
T: 506-26-3947
Email: Brandon.searle@opusinternational.ca

Montreal

Contact: Jennifer C. Tran, MCSCE
T: 514-878-3021
Email: Jennifer.tran.chau@gmail.com

Sherbrooke

Contact: Jean-Gabriel Lebel, MESCGC
T: 514-502-7368
Courriel: jg.lebel@usherbrooke.ca

Quebec

Contact: Kim Lajoie, MSCGC
T: 418-650-7193
Courriel: scgc-sectionquebec@outlook.com

Capital Section (Ottawa-Gatineau)

Contact: Nima Aghniaey, MCSCE
T: 613-580-2424 x 17691
Email: nima.aghniaey@ottawa.ca

Toronto

Contact: Alexander Andrenkov, MCSCE
T: 905-320-8912
Email: TorontoCSCC@gmail.com

Hamilton/Niagara

Contact: Ben Hunter, MCSCE
T: 905-335-2353 x 269
Email: ben.hunter@amec.com

Northwestern Ontario

Contact: Gerry Buckrell, MCSCE
T: 807-625-8705/807-623-3449
Email: Gerald.buckrell@hatchmott.com

Durham/Northumberland

Contact: Robbie Larocque
T: 905-576-8500
Email: Robbie.larocque@dgbiddle.com

London & District

Contact: Julian N. Novick, MCSCE
T: 519-850-0020 x 104
Email: julian@wastell.ca

Manitoba

Contact: Mike Hnatiuk, RVP CSCC
T: 306.954.1880
Email: MHnatiuk@islengineering.com

South Saskatchewan

Contact: Harold Retzlaff, MCSCE
T: 306-787-4758
Email: Harold.retzlaff@gov.sk.ca

Saskatoon

Contact: Roanne Kelln, AMCSCE
T: 306-665-0252
Email: rkelln@bbk-eng.ca

Calgary

Contact: Hadi Aghahassani, MCSCE
T: 587-475-4872
Email: cscecalgarychapter@gmail.com

Edmonton

Contact: Courtney Beamish, MSCSE
T: 780-264-1832
Email: chair@csceedmonton.ca

Vancouver

Contact: Stephanie Dalo, MCSCE
T: 604-444-6430
Email: stephanie.dalo@aecom.com

Vancouver Island

Contact: Jonathan Reiter, MCSCE
T: 250-590-4133
Email: jreiter@seng.ca

CSCC Hong Kong Branch

Contact: Kelvin Cheung, MCSCE
T: 011-852-9225-0304
Email: kelvin_cheung@wanchung.com

An exciting benefit for you as a member of the Canadian Society for Civil Engineering.

Get preferred rates and coverage that fits your needs.



You **save** with preferred insurance rates.

Take advantage of your member benefits.

You have access to the TD Insurance Meloche Monnex program. This means you can get preferred insurance rates on a wide range of home, condo, renter's and car coverage that can be customized for your needs.

For over 65 years, TD Insurance has been helping Canadians find quality insurance solutions.

Feel confident your coverage fits your needs. Get a quote now.

Endorsed by



HOME | CONDO | CAR | TRAVEL

► Get a quote and see how much you could save!
Call **1-866-269-1371**
or go to **tdinsurance.com/csce**



**Denso Anti-Corrosion & Sealing Systems
Unmatched Quality and Performance**



**Denso North America Inc. • www.densona.com
sales@densona-ca.com**

If it doesn't say



on the outside, then it's not



on the inside.



THE QUEEN'S AWARD
FOR ENTERPRISE
INTERNATIONAL TRADE
- 2013
TD WARR & COLES INTERNATIONAL



CSA Z245.30 compliant