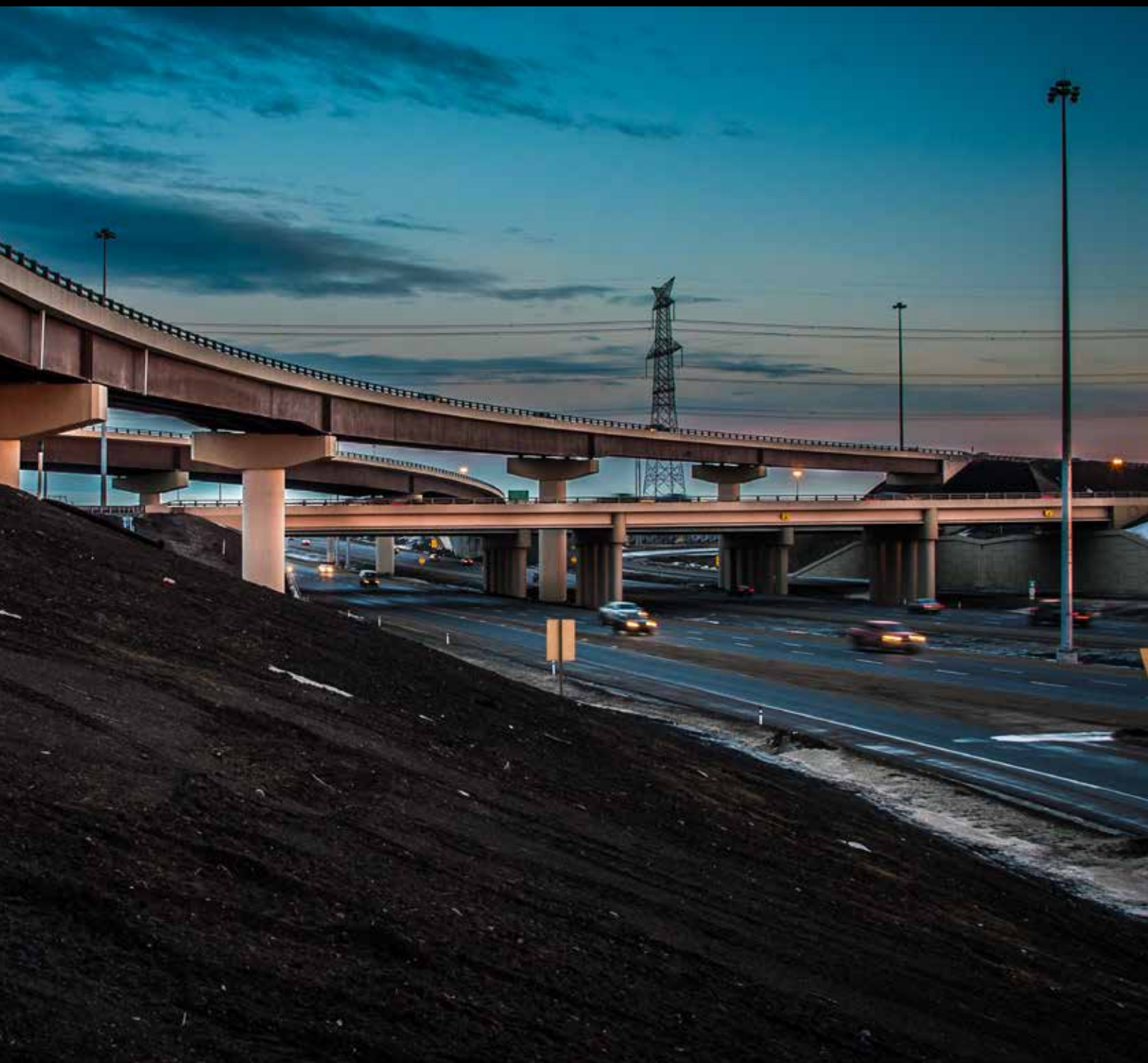
VIADUCS

Portion nord-est de l'autoroute Anthony Henday Drive et échangeur

Myles Eugene Henry Lewis, ing., ingénieur en structures



Yellowhead Trail

L'INAUGURATION de la portion nord-est de l'autoroute Anthony Henday Drive (NEAHD) a eu lieu le 1er octobre 2016, concluant ainsi un projet représentant un investissement de 4 milliards de dollars dans la route périphérique d'Edmonton, la première en Alberta. La portion NEAHD comprend neuf échangeurs, de 47 structures de pont et de 27 kilomètres d'autoroute à chaussée séparée de six à huit voies.

L'autoroute périphérique d'Edmonton, le plus important projet de construction d'autoroute entrepris en Alberta, est une route de 80 km permettant une circulation fluide autour de la ville et reliant 24 municipalités dans la région de la capitale.

Le projet comprenait un échangeur à trois niveaux reliant la portion nord-est de l'autoroute Anthony Henday Drive à l'autoroute Yellowhead Trail. La combinaison de volumes de circulation élevés, le concept de circulation fluide, une très faible empreinte environnementale et des échéanciers de projet serrés selon un modèle de PPP ont rendu la conception de cet échangeur très complexe. La construction de l'échangeur a nécessité la modification de cinq ponts et la construction de 17 nouveaux ponts, y compris deux rampes d'accès surélevées. Un tel défi a exigé une excellente collaboration au sein de l'équipe du projet en ce qui concerne la conception des ponts, leur fabrication, la logistique de transport et le montage sur le site.

Les deux structures de pont sont les viaducs d'échangeur 23.3 et 23.5. Ces ponts sont formés de segments de poutre en I assemblée droits qui sont disposés avec une série de faux plis formant des lignes de poutre courbées segmentaires continues. Des appuis sur les culées conventionnelles et les infrastructures intermédiaires supportent les poutres en acier. La figure 1 montre les deux viaducs dans l'échangeur de systèmes. La structure 23.3 compte six travées d'une longueur totale de 415 mètres (travées approximatives de 48, de 67, de 92, de 79, de 67 et de 64 mètres) avec un rayon de 347 mètres. Le pont forme une rampe sud-est qui relie l'autoroute Anthony Henday Drive en direction sud à l'autoroute Yellowhead Trail en direction est avec deux voies de circulation sur un tablier de 14,85 mètres de largeur. La structure 23.5 compte cinq travées d'une longueur totale de 315 mètres (travées approximatives de 48, de 62, de 86, de 57 et de 62 mètres) avec un rayon de 340 mètres. Un tablier de 11,75 mètres de largeur supporte une voie de circulation reliant l'autoroute Anthony Henday Drive en direction nord à l'autoroute Yellowhead Trail en direction ouest, formant une rampe nord-ouest.

FIGURE 1 : Échangeur entre les autoroutes Anthony Henday Drive et Yellowhead Trail, presque achevé

Avec la permission de FDAL JV

Très tôt dans le processus, il était évident que l'aménagement du pilier des viaducs courbés serait un défi.

CONCEPTION

Géométrie des travées :

Très tôt dans le processus, il était évident que l'aménagement du pilier des viaducs courbés serait un défi. Le croisement d'artères perpendicu-

FIGURE 2 : Fabrication des poutres du pont 23.5

L'équipe a conclu que les ponts courbes devraient être construits avec des poutres en I faites de plaques d'acier droites et une série de faux plis formant des lignes de poutre courbes segmentaires continues.

laires, les mesures des voies futures de l'autoroute Anthony Henday Drive, les zones d'espace libre horizontales de 9 à 11 mètres et de petits terre-pleins limitaient grandement l'espace physique disponible pour l'emplacement du pilier. Les contraintes du site ont donc dicté les grandes longueurs de travée intérieure.

La polyvalence des poutres en acier a permis une conception économique avec l'utilisation de poutres continues dont la profondeur variait, soient des poutres plus profondes pour les travées plus longues et des poutres moins profondes pour les travées plus courtes. Les variations de profondeur des poutres ont permis d'optimiser les poutres et réduit le terrassement nécessaire aux approches de pont.

Géométrie des poutres :

Avant le début des travaux de conception du projet, les consultants, les entrepreneurs et les fabricants d'acier se sont rencontrés afin d'évaluer l'approche de fabrication pour chacun des ponts. L'équipe a conclu que la construction de ponts courbes devrait se faire avec des poutres en I faites de plaques d'acier droites et une série de faux plis formant des lignes de poutre courbées segmentaires continues. La fabrication de poutres en segments droits a facilité la fabrication et le transport des segments de poutres. L'utilisation de segments de poutres droits a également eu l'avantage de réduire le nombre de traverses de pièces tendues principales aux traverses adjacentes aux emplacements des faux plis. La coentreprise de fabrication Rapid-Span/Structal a évalué conjointement l'utilisation la plus efficace de ses installations de fabrication dans ce projet. Ce dernier exigeait une logistique complexe comprenant la livraison par train et camion avec transbordement à partir de trois usines.

La largeur d'aile a été limitée aux multiples de 300 millimètres afin d'assurer une utilisation efficace des matériaux, obtenant ainsi de nombreuses ailes à partir d'une seule plaque laminée. Les augmentations de l'épaisseur des ailes ont généralement été limitées à 5 millimètres afin de normaliser la plaque utilisée pour toutes les poutres à âme pleine pour ce projet. Les formats d'aile ainsi obtenus variaient de 600 mm x 30 mm à 99 mm x 75 mm pour les régions à forte demande près des piliers.

La capacité du fabricant a limité la profondeur d'âme maximale faisable à 3,7 mètres. Les âmes plus profondes auraient nécessité un joint d'âme longitudinal à un coût très élevé. En raison de leur simplicité et de leur facilité de fabrication, les variations de profondeur des poutres s'accompagnaient de transitions linéaires. La profondeur d'âme obtenue pour le pont 23.3 varie de 2,22 à 3,52 mètres, ce qui a permis à la cambrure d'être coupée dans la plaque de séparation de 3,7 mètres. Afin de réduire le nombre de raidisseurs transversaux requis sur le pont 23.3, l'épaisseur de l'âme variait entre 20, 22 ou 25 millimètres. La variation de la profondeur d'âme du pont 23.5 est moins prononcée, soit de 2,4 à 3,0 millimètres. Étant donné le nombre réduit d'incitatifs à varier l'épaisseur des âmes, nous avons opté pour une épaisseur de 18 millimètres sur l'ensemble du pont 23.5.

Le tonnage de poutre total, y compris les traverses et les contreventements latéraux, est d'environ 1 900 et 1 200 tonnes métriques respectivement pour les ponts 23.3 et 23.5.

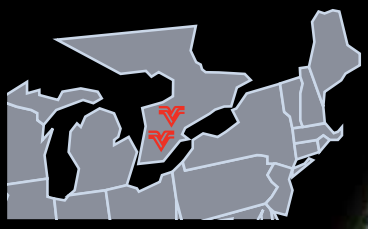
« Ce n'est un secret pour personne dans le domaine, les poutres en acier offrent de nombreux avantages en matière de polyvalence, de constructibilité et d'économie, expliquent Paul King, de Rapid-Span, et Albert Chiza, de Structal, au sujet du choix de l'acier pour ces ponts. Bien que seulement 15 des 47 ponts de ce projet soient en acier, ceux-ci constituaient les structures les plus longues et les plus complexes. La polyvalence de l'acier a répondu aisément aux besoins des nombreux alignements horizontaux courbés et des croisements en biais prononcé. Si l'on considère la longueur totale, l'acier a donc été utilisé dans la construction de plus de la moitié des ponts dans le cadre de ce projet exigeant. »

Géométrie des segments de chantier :

Les emplacements des faux plis ont été choisis de façon à produire des joints de chantier pliés, comme illustré à la figure 2, ce qui élimine les contradictions dans l'efficacité de l'emplacement dans les zones à faible demande. Le détaillage de deux faux plis dans chaque travée intermédiaire et d'un faux pli à la fin de chaque travée a donné un segment de chantier maximal de 41 mètres pour les deux structures. Le segment de poutre le plus lourd pèse plus de 62 tonnes métriques. La longueur moyenne des segments de chantier est de 37 et de 35 mètres pour les ponts 23.3 et 23.5 respectivement.

valmont COATINGS

Services de galvanisation mondiaux



Canada
Pure Metal Galvanizing

Siège social
416-675-3352
Sans frais 1-800-263-8737

Brantford, ON
45 pi x 6 pi 6 po x 9 pi 9 po
30 pi x 4 pi 4 po x 6 pi
16 pi x 4 pi x 5 pi
519-758-5505
Sans frais 1-866-758-5505

Mississauga, ON
52 pi x 4 pi 4 po x 6 pi
20 pi x 5 pi x 7 pi
905-677-7491
Sans frais 1-866-677-7491

Ouest
Tualatin, OR
Long Beach, CA
Lindon, UT

Midwest
Sioux City, IA
Valley, NE
West Point, NE
Salina, KS
Claremore, OK
Jeffersonville, IN
Birmingham, AL
Brenham, TX

Est
Rexdale, ON
Brantford, ON
Mississauga, ON
Petersburg, VA
Columbia, SC
Tampa, FL
Miami, FL

Valmont Coatings pour une protection à vie de l'acier

www.valmont.com

FIGURE 3 : Traverses du pont 23.3

Traverses :

La capacité à renforcer localement les ailes constitue l'un des avantages distincts de la non-colinéarité des ailes concentrée dans les faux plis. Pour accroître la capacité des ailes tout en réduisant simultanément la demande de flexion latérale des ailes, les traverses sont situées de chaque côté du pli de la poutre. Cet agencement a réduit grandement la longueur non soutenue de l'aile aux emplacements des faux plis. D'autre part, la poussée latérale résultante des forces de l'aile désalignée a réduit l'excentricité des traverses de support.

ARTICULATIONS :

Les deux structures sont tangentiellement retenues au support du pilier le plus central avec des appuis à pot fixes aux poutres intérieures et des appuis à pot radialement guidés aux poutres extérieures. Les appuis restants des poutres extérieures sont libres dans les deux directions, ce qui élimine les forces radiales des contraintes thermiques. Des appuis à pot guidés aux poutres intérieures forment des articulations, ce qui permet une translation parallèle aux ailes.

CONSTRUCTION :

Afin de réduire au minimum la flexion latérale d'un composant d'une poutre ayant un défaut de rectitude, les traverses ont été détaillées de façon à convenir aux conditions de la charge permanente totale. Cela a été facilité par l'utilisation de segments de poutres droits élastiques, ce qui permet de tordre facilement les poutres selon les ajustements nécessaires.

Les segments de poutres ont été montés à l'aide de grues sur chenilles et supportées temporairement par des portiques d'acier durant la construction. Le montage des poutres a commencé au support du pilier le plus central avec les premiers segments de ligne de poutre supportés par les appuis calés et une tour

International®

Le coût de revêtement intumescent vous préoccupe?

Voici des solutions de prévention contre le feu et des solutions d'ingénieries qui vous proviennent de la part du leader mondial en technologie du revêtement intumescent.

- Solutions robustes, sécuritaires et économiques
- Conçus par des ingénieurs professionnels certifiés en conception de structures et en protection contre les incendies
- Solutions d'analyse structurale et d'échange thermique
- Analyse des coûts-avantages intégrée au processus d'ingénierie de la valeur initiale
- Service complémentaire
- Protection optimale contre l'incendie des structures en acier et des charges structurelles
- Estimation rapide de l'épaisseur du produit et du volume globale
- Recommandations de l'épaisseur du produit conjointement à l'évaluation des procédures d'essais indépendantes certifiées contre l'incendie
- AkzoNobel assume la responsabilité de la conception structurale contre l'incendie

pcmarketing.americas@akzonobel.com
www.international-pc.com

AkzoNobel

FIGURE 4 : Montage des poutres du pont 23.3 (pilier 5 à culée 1)

FIGURE 5 : Montage des poutres du pont 23.5 (pilier 1 à pilier 2)

FIGURE 6 : Montage des poutres du pont 23.5 terminé (pilier 4 à culée 1)

FIGURE 7 : Pont 23.5 terminé

d'étaiement temporaire. Des dispositifs de retenue temporaires ont empêché le mouvement des appuis avant la fixation des appuis calés. Les segments de poutres ont été placés individuellement selon une progression radiale. Les traverses ont été installées progressivement entre les lignes de poutre au fil de la progression du montage des poutres. Une fois les quatre segments de ligne de poutre terminés avec les traverses et les contreventements latéraux, le montage des poutres a progressé tangentiellement en descendant le chaînage avec le positionnement des quatre prochains segments de ligne de poutre. Ce modèle de montage a été répété jusqu'à ce que toutes les poutres aient été montées jusqu'au bas du chaînage du pont. Ensuite, le montage de poutres a progressé de la même façon en remontant le chaînage du pilier le plus central vers l'autre extrémité du pont. Les tours d'étaiement temporaires ont supporté les segments de poutre au besoin et ont été retirées avant l'installation des panneaux de tablier préfabriqués. Comme illustré à la figure 6, les tours d'étaiement sous la travée la plus longue sont restées en place durant l'achèvement du montage des poutres afin de contrôler la déflexion des poutres. Les tours d'étaiement temporaires sous les travées les plus courtes ont été retirées une fois les joints de chantier pliés, les traverses et les contreventements latéraux achevés à l'intérieur de la travée. L'achèvement du montage des ponts 23.3 et 23.5 a nécessité approximativement dix et six semaines respectivement.

CONCLUSION :

Les deux viaducs de l'échangeur entre la portion nord-est de l'autoroute Anthony Henday Drive et l'autoroute Yellowhead Trail, remarquables et élégants, voient défiler toutes sortes de véhicules sur leurs longues travées courbées. Ils incarnent parfaitement les forces de la conception de ponts en acier pour répondre aux demandes de projets complexes. Toute l'équipe du PPP a collaboré afin de relever les défis de conception et d'élaborer des solutions novatrices tenant compte des contraintes d'espace et de hauteur et des échéances du projet, ce qui a rendu possible la bonne progression du projet et l'ouverture de la dernière portion de la route périphérique en avance sur le programme. L'équipe du projet, la province de l'Alberta et le secteur de la construction en acier peuvent être fiers de ces superbes viaducs. AA

ÉQUIPE DE PROJET POUR LES PONTS 23.3 ET 23.5 :

PROPRIÉTAIRE : MINISTÈRE DES TRANSPORTS DE L'ALBERTA **ENTREPRENEUR :** COENTREPRISE FLATIRON-DRAGADOS-AECON-LAFARGE (FDAL) **CONSULTANT PRINCIPAL DU PROJET :** AECOM **INGÉNIEUR CONCEPTEUR :** STANTEC CONSULTING LTD. **FABRICANT :** COENTREPRISE RAPID-SPAN/STRUCTAL (CANAM-PONTS, AUPARAVANT STRUCTAL-PONTS, FABRICATION DU PONT 23.3; RAPID-SPAN STRUCTURES LTD., FABRICATION DU PONT 23.5)