

DOCUMENTS D'APPEL D'OFFRES

SOUS-SECTION 6.38

RENFORCEMENT D'ÉLÉMENTS STRUCTURAUX PAR AJOUT DE POLYMÈRE RENFORCÉ À LA FIBRE DE CARBONE

TABLE DES MATIÈRES

	PAGE
SOUS-SECTION 6.38 RENFORCEMENT D'ÉLÉMENTS STRUCTURAUX PAR AJOUT DE POLYMÈRE RENFORCÉ À LA FIBRE DE CARBONE (PRFC)	1
6.38.1 GÉNÉRALITÉS	1
6.38.2 UNITÉS DE MESURE	1
6.38.3 NORMES DE RÉFÉRENCE.....	1
6.38.4 MATÉRIAUX.....	2
6.38.5 INSPECTION AVANT TRAVAUX DE RENFORCEMENT	3
6.38.6 LIVRAISON, ENTREPOSAGE ET MANUTENTION	4
6.38.7 ÉQUIPEMENT ET OUTILLAGE	4
6.38.8 EXÉCUTION DES TRAVAUX.....	4
6.38.9 CONTRÔLE DE LA QUALITÉ	12

SOUS-SECTION 6.38 RENFORCEMENT D'ÉLÉMENTS STRUCTURAUX PAR AJOUT DE POLYMÈRE RENFORCÉ À LA FIBRE DE CARBONE (PRFC)

6.38.1 GÉNÉRALITÉS

- 6.38.1.1 La présente sous-section décrit les exigences relatives aux travaux de renforcement d'éléments structuraux par ajout de polymère renforcé à la fibre de carbone (PRFC) prévus au présent Contrat.
- 6.38.1.2 Les exigences particulières, le cas échéant, concernant les travaux de renforcement par ajout de PRFC prévus au présent Contrat sont indiquées aux plans et à la Section 4 *Conditions techniques particulières*.
- 6.38.1.3 Les exigences relatives aux travaux de démolition sont décrites à la sous-section 6.21 *Démolition et enlèvement*.
- 6.38.1.4 Les exigences relatives aux travaux de bétonnage sont décrites à la sous-section 6.33 *Béton coulé en place*.
- 6.38.1.5 Les exigences relatives aux travaux d'imperméabilisation sont décrites à la sous-section 6.37 *Produits divers pour travaux de béton*.

6.38.2 UNITÉS DE MESURE

- 6.38.2.1 Les unités de mesure et leurs symboles respectifs utilisés à la présente sous-section se décrivent comme suit :

Unité de mesure	Désignation	Symbole
aire	mètre carré	m ²
aire	millimètre carré	mm ²
longueur	mètre	m
longueur	millimètre	mm
pression, contrainte	mégapascal	MPa
température	degré Celsius	°C

6.38.3 NORMES DE RÉFÉRENCE

- 6.38.3.1 L'Entrepreneur doit exécuter tous les travaux de renforcement par ajout de PRFC conformément aux exigences des normes et documents suivants, auxquels s'ajoutent les prescriptions du présent Contrat :

- 6.38.3.1.1 (ACI) American Concrete Institute :

- ACI 440.2R *Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures*.

6.38.3.1.2 (ACNOR(CSA)) Association canadienne de normalisation :

- CAN/CSA S6 *Code canadien sur le calcul des ponts routiers.*

6.38.3.1.3 (ASTM) ASTM International :

- ASTM D4541 *Standard Test Method for Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers.*

6.38.3.1.4 (ISO) Organisation internationale de normalisation :

- ISO 9001 *Systèmes de management de la qualité - Exigences.*

6.38.3.1.5 (MTQ) Ministère des Transports du Québec :

- MTQ – *Cahier des charges et devis généraux (CCDG) – Construction et réparation.*

6.38.4 MATÉRIAUX

6.38.4.1 L'Entrepreneur doit choisir les produits qu'il utilise dans le cadre des travaux de renforcement par ajout de PRFC parmi les produits suivants ou équivalent autorisé par l'Ingénieur :

Fabricant Type de produit	BASF Canada Inc.	Mapei Inc	Sika Canada Inc.	FYFE Co. LLC. (Tyfo Fibrwrap System)
Tissu de fibres de carbone	Tissu MasterBrace FIB 600/50 CFS	Tissu MapeWrap C Uni-Ax 600 unidirectionnel ⁽²⁾	Tissu SIKAWRAP 900C unidirectionnel	Tissu Tyfo SCH-41-2X unidirectionnel, ou Tissu Tyfo SCH-41 unidirectionnel
Résine époxyde pour la préparation, la correction et le remplissage de cavités de surface	MasterBrace F2000	MapeWrap 11 ou MapeWrap 12	Sikadur 300 ou Sikadur 330	Tyfo WS
Résine époxyde pour apprêt	MasterBrace P3500 ⁽¹⁾	MapeWrap Primer 1	Sikadur 300 ou Sikadur 330	Tyfo S ⁽¹⁾
Résine époxyde pour imprégnation	MasterBrace SAT4500 ⁽¹⁾	MapeWrap 21 ⁽¹⁾	Sikadur 300 ⁽¹⁾	Tyfo S ⁽¹⁾

(1) Seule la technique d'enrobement à l'état liquide est permise

(2) Seulement si la fiche technique détaillée certifiée est fournie à l'Ingénieur

- 6.38.4.2 Toutes les composantes du système de renforcement par ajout de PRFC doivent provenir du même fabricant.
- 6.38.4.3 Suite à une inspection conjointe des éléments structuraux à renforcer par l'ingénieur spécialisé en PRFC de l'Entrepreneur et l'Ingénieur, l'Entrepreneur peut apporter les modifications aux matériaux ou aux détails de construction qu'il estime nécessaires, avec l'autorisation écrite préalable de l'Ingénieur.
- 6.38.4.4 Tous les matériaux doivent être neufs, exempts de toute saleté, rouille, huile, graisse ou autre matière nuisible, et ce, à toutes les étapes des travaux de renforcement par ajout de PRFC.
- 6.38.4.5 L'Entrepreneur doit manipuler, proportionner et mélanger soigneusement les matériaux utilisés pour l'installation du système de renforcement par ajout de PRFC conformément aux recommandations du fabricant.
- 6.38.4.6 L'Entrepreneur est responsable de la conception et de la mise en œuvre des travaux de renforcement par ajout de PRFC.
- 6.38.4.7 L'Entrepreneur doit fournir la main-d'œuvre, les matériaux, l'entreposage des matériaux, l'outillage et l'équipement requis pour la préparation de la surface et l'installation complète des matériaux mentionnés dans la présente sous-section.
- 6.38.4.8 Le fabricant des composantes du système de renforcement par ajout de PRFC doit être détenteur d'un certificat d'enregistrement émis par une organisation accréditée par le Conseil canadien des normes attestant que le fabricant du produit utilisé possède un programme de gestion de la qualité conformément à la norme ISO 9001.
- 6.38.4.9 Le fabricant doit, depuis au moins dix (10) ans, avoir un programme d'entraînement, de certification et de support technique en place à l'intention d'un réseau organisé d'applicateurs autorisés à l'échelle nationale avec une certification périodique de ses applicateurs.

6.38.5 INSPECTION AVANT TRAVAUX DE RENFORCEMENT

- 6.38.5.1 Avant de débiter les travaux de renforcement, l'applicateur du système de renforcement par ajout de PRFC doit inspecter les surfaces de béton et aviser immédiatement l'Ingénieur par écrit de toute condition non satisfaisante incluant, sans toutefois s'y limiter, toute non-conformité aux exigences du paragraphe 6.38.6 *Livraison, entreposage et manutention* et du paragraphe 6.38.8.7 *Préparation de la surface* de la présente sous-section. Toute condition non satisfaisante doit être consignée dans un relevé d'état des lieux qui doit être remis à l'Ingénieur.
- 6.38.5.2 Les travaux de renforcement par ajout de PRFC ne peuvent commencer que lorsque la surface de béton est à la satisfaction de l'ingénieur spécialisé en PRFC de l'Entrepreneur et de l'Ingénieur pour recevoir le système de renforcement par ajout de PRFC.

6.38.5.3 Il ne doit pas y avoir d'obstacle présent (grappin de passerelle ou autre) à l'endroit de pose du système de renforcement de PRFC.

6.38.6 LIVRAISON, ENTREPOSAGE ET MANUTENTION

6.38.6.1 L'ingénieur spécialisé en PRFC de l'Entrepreneur doit s'assurer que tous les matériaux constituant le système de renforcement par ajout de PRFC sont déchargés et entreposés avec le plus grand soin et protégés contre toute agression incluant, sans toutefois s'y limiter, le contact direct avec le sol, les intempéries et la condensation.

6.38.6.2 Les matériaux doivent être livrés dans leurs contenants originaux, scellés et non endommagés, et être identifiés avec le nom du fabricant, le nom des produits et les numéros de lot.

6.38.6.3 Les matériaux doivent être entreposés dans un endroit sec, fermé et protégé contre l'humidité. La température d'entreposage doit être maintenue entre 20°C et 32°C.

6.38.6.4 L'ingénieur pourra refuser l'utilisation de tout matériau qu'il juge endommagé ou inadéquat pour l'utilisation auquel il est destiné.

6.38.7 ÉQUIPEMENT ET OUTILLAGE

6.38.7.1 Tous les équipements utilisés pour les travaux de renforcement par ajout de PRFC doivent être conformes aux fiches techniques des produits utilisés.

6.38.8 EXÉCUTION DES TRAVAUX

6.38.8.1 L'Entrepreneur ne peut commencer l'installation du système de renforcement par ajout de PRFC, qu'avec l'autorisation écrite préalable de l'ingénieur.

6.38.8.2 L'ingénieur spécialisé en PRFC de l'Entrepreneur doit assister à tous les travaux de pose du système de renforcement par ajout de PRFC.

6.38.8.3 L'installation du système de renforcement par ajout de PRFC doit être réalisée sans interruption de la circulation routière.

6.38.8.4 Les éléments d'instrumentation présents sur les poutres doivent être retirés par l'Entrepreneur et réinstallés après les travaux de renforcement par ajout de PRFC à l'endroit le plus approprié conformément aux directives de l'ingénieur. L'Entrepreneur ne peut percer aucun trou dans le système de renforcement par ajout de PRFC, sauf indication contraire de l'ingénieur spécialisé en PRFC de l'Entrepreneur et de l'ingénieur.

6.38.8.5 PLANIFICATION DES TRAVAUX

6.38.8.5.1 Au moins quatorze (14) jours avant de débiter les travaux de PRFC, l'Entrepreneur doit soumettre à l'Ingénieur pour examen les détails de la méthode de travail qu'il prévoit utiliser pour la réalisation des travaux. Ces détails doivent inclure, sans toutefois s'y limiter :

6.38.8.5.1.1 la description générale de la méthode incluant la préparation des surfaces et autres travaux préparatoires ou connexes, tel que le contrôle de la température et de l'humidité ambiante et les essais;

6.38.8.5.1.2 les équipements et matériaux qui seront utilisés;

6.38.8.5.1.3 le nombre et la composition des équipes de travail;

6.38.8.5.1.4 la procédure détaillée et l'ordonnancement des travaux de façon à respecter les délais d'application et de recouvrement des couches successives recommandés par le fabricant du système de renforcement par ajout de PRFC.

6.38.8.5.2 Au moins quatorze (14) jours avant de débiter les travaux de PRFC, l'Entrepreneur doit également soumettre ce qui suit à l'Ingénieur pour examen :

6.38.8.5.2.1 le curriculum vitae du candidat proposé pour le poste d'ingénieur spécialisé en PRFC de l'Entrepreneur. Le candidat proposé doit être membre de l'Ordre des ingénieurs du Québec (OIQ), avoir au moins cinq (5) années d'expérience pertinente en surveillance de travaux de PRFC dans le domaine des structures et ouvrages d'art dont les surfaces traitées correspondent à un minimum de 500 m², réalisés au cours des cinq (5) dernières années et être recommandé par le fabricant;

6.38.8.5.2.2 deux (2) échantillons représentatifs du système de renforcement par ajout de PRFC, confectionnés sur un substrat rigide et adéquat. Cette démarche doit être complétée avant de commander les matériaux requis pour les travaux de renforcement par ajout de PRFC;

6.38.8.5.2.3 lorsque requis par l'Ingénieur, l'installation d'un (1) échantillon sur les lieux à un endroit déterminé par l'Ingénieur. Une fois autorisé par l'Ingénieur, cet échantillon peut faire partie des travaux complétés et les travaux de renforcement par ajout de PRFC restants du présent Contrat doivent correspondre ou être de qualité supérieure à l'échantillon accepté;

6.38.8.5.2.4 un exemple d'attestation de conformité indiquant que les matériaux fournis sont conformes à l'article 6.38.4 *Matériaux* et que toutes les composantes du système de renforcement par ajout de PRFC proviennent du même fabricant. Une attestation doit être signée par l'ingénieur spécialisé en PRFC de l'Entrepreneur;

- 6.38.8.5.2.5 deux (2) copies des fiches techniques du fabricant pour toutes les composantes proposées pour le système de renforcement par ajout de PRFC et conforme à l'article 6.38.4 *Matériaux* de la présente sous-section;
- 6.38.8.5.2.6 un certificat d'applicateur autorisé émis par le fabricant des composantes utilisées pour les travaux de renforcement par ajout de PRFC attestant de son statut depuis au moins cinq (5) ans. L'applicateur doit avoir complété un programme d'enseignement sur l'installation d'un système de renforcement composé d'un tissu de renfort en PRFC et d'un apprêt ou d'une résine d'imprégnation à l'époxy à deux (2) composants. L'Entrepreneur doit soumettre une liste de projets démontrant l'expérience acquise au cours des cinq (5) dernières années de son applicateur dans l'installation d'un système de renforcement par ajout de PRFC et d'un apprêt ou d'une résine d'imprégnation à l'époxy à deux (2) composants sur des structures et ouvrages d'art dont les surfaces traitées correspondent à un minimum de 500 m²;
- 6.38.8.5.2.7 le curriculum vitae du candidat proposé pour le poste d'ingénieur concepteur des renforcements par ajout de PRFC. Le candidat proposé doit être membre de l'OIQ, avoir au moins cinq (5) années d'expérience pertinente en conception de PRFC dans le domaine des structures et ouvrages d'art dont les surfaces traitées correspondent à un minimum de 500 m². Le candidat doit également avoir au moins dix (10) ans d'expérience pertinente en conception de structures et ouvrages d'art.
- 6.38.8.5.3 Au moins quatorze (14) jours avant de débiter les travaux de PRFC, l'Entrepreneur doit soumettre à l'Ingénieur pour examen une note de calcul de l'ingénieur concepteur des renforcements par ajout de PRFC, des systèmes de renforcement par ajout de PRFC devant être installés conformément aux plans et devis. Cette note de calcul doit répondre aux critères de conception suivants :
- 6.38.8.5.3.1 le système de renforcement en cisaillement en PRFC doit être conçu conformément au chapitre 16 de la norme CAN/CSA S6, sous réserve de ce qui suit :
- 6.38.8.5.3.1.1 conformément à l'article 16.11.3.2 de la norme CAN/CSA S6, pour des sections qui ne sont ni rectangulaires ni en T, tel que les poutres, une analyse détaillée accompagnée d'une revue littéraire d'essais rigoureux déjà effectués doit guider le calcul des résistances du système de renforcement en cisaillement de PRFC;
- 6.38.8.5.3.1.2 les exigences de l'article 8.9.3 en référence à l'article 16.11.3.2 de la norme CAN/CSA S6 ne sont pas applicables aux calculs de résistance additionnelle en cisaillement du PRFC par le fabricant du PRFC. Les valeurs de renforcement en cisaillement en PRFC $\Delta V_{r_{\min}}$ et $\Delta V_{r_{\max}}$ indiquées aux tableaux des plans tiennent compte de ces effets;

- 6.38.8.5.3.1.3 le coefficient de tenue à utiliser ϕ_{frp} doit être obtenu conformément à l'article 16.5.3 de la norme CAN/CSA S6. Le facteur applicable doit être celui pour PRFC dans des applications à liaisons externes. De plus, ce facteur doit être multiplié par 0.75 pour du PRFC fabriqué par enrobage à l'état liquide. Le coefficient de tenue à utiliser est donc de 0,6, soit $0,75 \times 0,8$;
- 6.38.8.5.3.1.4 la formule à utiliser pour le calcul de k_2 dans le cas de bandes de PRFC en U doit être conforme à l'article 16.11.3.2 de la norme CAN/CSA S6. Toutefois, dans le cas de bandes de PRFC individuelles, la formule à utiliser doit être conforme à la formule 11.10 *Two Sides Bonded* de la norme ACI 440.2R.
- 6.38.8.5.4 Le taux d'allongement de toutes les bandes verticales du système de renforcement en PRFC doit être limité à un maximum de 0,0015.
- 6.38.8.5.5 Aucun ancrage mécanique ou mèche en PRFC n'est permis. Seules des bandes d'ancrages longitudinales peuvent être utilisées aux endroits et dimensions indiqués aux plans. Il est de la responsabilité de l'Entrepreneur de garantir l'efficacité des bandes d'ancrage longitudinales par essai et/ou par calculs en variant le nombre de plis, d'espacements et le nombre de bandes afin d'assurer les résistances additionnelles provenant des PRFC verticaux.
- 6.38.8.5.6 Tout chevauchement de bandes d'ancrages longitudinales doit être d'au moins 300 mm et se situer majoritairement sur une surface de béton. Toute dérogation aux plans relativement au niveau du chevauchement des PRFC doit être autorisée par l'ingénieur spécialisé en PRFC de l'Entrepreneur et l'Ingénieur.
- 6.38.8.5.7 Il est interdit de percer des trous dans le PRFC après sa cure, sauf avec l'autorisation de l'ingénieur spécialisé en PRFC de l'Entrepreneur, de l'ingénieur concepteur des renforcements en PRFC de l'Entrepreneur et de l'Ingénieur, le cas échéant. Tout perçage de trous dans les bandes de PRFC doit être planifié par l'Entrepreneur, autorisé par l'Ingénieur et fait avant d'imprégner la résine au tissu en PRFC conformément aux indications aux plans.
- 6.38.8.5.8 Il est de la responsabilité de l'Entrepreneur de voir à ce que l'applicateur autorisé et le fabricant de PRFC remplissent les trous par l'ajout de plis supplémentaires en PRFC si requis. Aucun trou ne peut être percé à moins de trois (3) fois le diamètre du trou percé de tout bord libre d'une bande de PRFC, sauf indication contraire de l'ingénieur spécialisé en PRFC de l'Entrepreneur, et avec les renforcements supplémentaires requis.
- 6.38.8.5.9 Tout système de renforcement par ajout de PRFC doit permettre de recevoir des plis ultérieurs en cas de renforcement additionnel par une préparation de surface.

6.38.8.6 CONDITIONS DE MISE EN ŒUVRE

- 6.38.8.6.1 L'Entrepreneur doit s'assurer que la température du substrat est d'au moins 10°C et d'au plus 32°C pendant une période minimale de douze (12) heures avant la pose du système de renforcement par ajout de PRFC. Cette condition de température du substrat doit être maintenue pour toute la durée des travaux ainsi que pour une période minimale de douze (12) heures suivant la pose et jusqu'au mûrissement complet du système de renforcement par ajout de PRFC de façon à permettre à la résine d'imprégnation d'atteindre les propriétés mécaniques minimales requises conformément aux plans et devis.
- 6.38.8.6.2 L'Entrepreneur doit assurer la protection thermique appropriée pour la mise en œuvre des travaux de renforcement par ajout de PRFC. Cette protection doit être assurée au moyen d'abris chauffés, de couvertures isolantes, ou par une combinaison de ces mesures.
- 6.38.8.6.3 L'Entrepreneur doit s'assurer que la température du substrat au point de rosée réel est supérieure d'au moins 3°C conformément à l'article A16.1.3.5b de l'annexe A16.1 de la norme CAN/CSA S6.
- 6.38.8.6.4 Le mortier cimentaire de réparation doit avoir un mûrissement d'au moins deux (2) semaines ou avoir atteint une résistance en compression minimale de 40 MPa avant que l'Entrepreneur entreprenne l'installation du système de renforcement par ajout de PRFC. Le taux d'humidité acceptable maximal du substrat de béton et du mortier cimentaire doit être de 4% lorsque vérifié conformément aux procédures recommandées par le fabricant du système de renforcement par ajout de PRFC. De plus, l'humidité relative de l'air doit être inférieure à 85% conformément à l'article A16.1.3.5c de l'annexe A16.1 de la norme CAN/CSA S6.
- 6.38.8.6.5 L'Entrepreneur doit vérifier la résistance d'adhérence du système de renforcement par ajout de PRFC au béton et au mortier cimentaire par un essai d'adhésion par tension directe conformément à la norme ASTM D4541. La résistance minimale à la traction doit être supérieure à 1,5 MPa. Le laboratoire du fabricant de PRFC et le personnel responsable d'effectuer les essais doivent être préalablement autorisés par l'Ingénieur.
- 6.38.8.6.5.1 Le nombre d'essais d'adhésion par tension directe à réaliser pour vérifier la résistance d'adhésion du système de renforcement doit être selon ce qui suit :
- 6.38.8.6.5.1.1 deux (2) essais pour l'âme d'une poutre;
- 6.38.8.6.5.1.2 deux (2) essais pour la semelle inférieure d'une poutre;
- 6.38.8.6.5.1.3 un (1) essai pour un diaphragme.
- 6.38.8.6.5.2 La localisation des essais doit être déterminée conjointement par l'ingénieur spécialisé en PRFC de l'Entrepreneur et l'Ingénieur.

- 6.38.8.6.5.3 Un rapport d'essais doit être remis à l'Ingénieur à la fin des travaux de renforcement.
- 6.38.8.6.5.4 Les zones testées doivent être remplies de résine époxyde à la satisfaction de l'ingénieur spécialisé en PRFC de l'Entrepreneur et de l'Ingénieur.
- 6.38.8.6.6 L'Entrepreneur doit fournir les moyens appropriés afin d'assurer la ventilation nécessaire durant l'installation et le mûrissement du système de renforcement par ajout de PRFC.
- 6.38.8.6.7 Les aires d'installation doivent être libérées des autres corps de métier pendant l'installation et le mûrissement du système de renforcement par ajout de PRFC.
- 6.38.8.6.8 Toutes les surfaces de béton et de mortier cimentaire destinées à recevoir le système de renforcement par ajout de PRFC doivent être réparées et/ou reprofilées conformément aux recommandations du fabricant de PRFC, autorisées par l'ingénieur spécialisé en PRFC de l'Entrepreneur et par l'Ingénieur et être conformes aux plans et devis.

6.38.8.7 PRÉPARATION DE LA SURFACE

- 6.38.8.7.1 La surface de béton doit être sèche, propre, saine et exempte d'eau stagnante. L'Entrepreneur doit enlever toute poussière, laitance, graisse, huile, saleté, agents de mûrissement, imprégnation, cire, matière étrangère, enduit et matériau désintégré de la surface.
- 6.38.8.7.2 La totalité de la poussière ou des particules libres en surface du substrat doit être éliminée à l'aide d'un aspirateur industriel ou d'un jet d'eau à basse pression préalablement à la mise en place du système de renforcement par ajout de PRFC.
- 6.38.8.7.3 La surface de béton ou de mortier cimentaire préparée doit correspondre à un profil minimal *Concrete Surface Profile* conformément au International Concrete Repair Institute indiqué à la fiche technique du PRFC à installer. Toute membrane de surface doit être enlevée avant l'installation du système de renforcement par ajout de PRFC.
- 6.38.8.7.4 La surface du substrat recevant le système de renforcement par ajout de PRFC doit être de niveau et ne doit pas avoir de saillie ou d'arête de coffrage supérieure à 0,5 mm.
 - 6.38.8.7.4.1 Le béton d'anciennes réparations réalisées en surépaisseur de la surface doit être démolit et refait de niveau avec la surface conformément aux sous-sections 6.21 *Démolition et enlèvement* et 6.33 *Béton coulé en place*.
- 6.38.8.7.5 Les inégalités supérieures à 0,5 mm doivent être obturées ou reprofilées avec la résine époxyde pour la préparation, la correction ou le remplissage de cavités de surface conformément aux recommandations du fabricant du système de renforcement par ajout de PRFC.

- 6.38.8.7.6 Les dépressions à la surface du substrat sur une longueur de liaison doivent être conformes aux valeurs indiquées au tableau A16.1.1 de la norme CAN/CSA S6.
- 6.38.8.7.7 Les travaux de correction du substrat de béton doivent être exécutés au moins vingt-quatre (24) heures avant le début de la mise en place du système de renforcement par ajout de PRFC.
- 6.38.8.7.8 Les coins des éléments de la structure recevant le système de renforcement par ajout de PRFC doivent être arrondis à un rayon de courbure d'au moins 35 mm aux endroits indiqués aux plans.

6.38.8.8 PRÉPARATION DU TISSU DE FIBRE DE CARBONE

- 6.38.8.8.1 L'Entrepreneur doit découper soigneusement le tissu aux dimensions requises afin d'obtenir les capacités indiquées aux plans tout en respectant les dimensions et espacements minimaux et/ou maximaux indiqués aux plans.
 - 6.38.8.8.1.1 Une fois coupé, le tissu doit rester à plat ou enroulé.
 - 6.38.8.8.1.2 Le tissu ne doit en aucun cas être plié, afin de ne pas endommager les fibres.
 - 6.38.8.8.1.3 L'Entrepreneur doit veiller à tenir le tissu hors de la poussière et à l'abri de l'humidité.

6.38.8.9 PRÉPARATION DE LA RÉSINE ÉPOXYDE

- 6.38.8.9.1 La préparation de la résine époxyde doit se faire conformément aux indications des fiches techniques du système de renforcement par ajout de PRFC.

6.38.8.10 APPLICATION DE LA RÉSINE SUR LA SURFACE DE BÉTON ET DE MORTIER CIMENTAIRE

- 6.38.8.10.1 Une fois les surfaces propres, les coins arrondis et la poussière enlevée, l'Entrepreneur doit installer une couche d'apprêt conformément aux recommandations du fabricant des produits du système de renforcement par ajout de PRFC.
- 6.38.8.10.2 Toutes cavités, tous vides ou toutes surfaces non-uniformes doivent être remplis avec la résine recommandée par le fabricant de PRFC conformément à l'article 6.38.4 *Matériaux*.

6.38.8.11 IMPRÉGNATION DE LA RÉSINE ÉPOXYDE DANS LE TISSU DE FIBRE DE CARBONE

- 6.38.8.11.1 Le tissu en PRFC doit être imprégné un pli à la fois avec la résine époxyde et à l'aide d'un rouleau ou à la main.

6.38.8.11.2 Le tissu en PRFC imprégné doit être enroulé autour d'un tuyau de plastique ou une fourrure de bois de 25,4 mm x 76,2 mm et l'Entrepreneur doit ensuite le laisser reposer de trente (30) à soixante (60) minutes à une température de 10°C à 32°C ou selon toute autre technique d'imprégnation équivalente autorisée par l'ingénieur spécialisé en PRFC de l'Entrepreneur.

6.38.8.12 APPLICATION DU TISSU DE FIBRE DE CARBONE IMPRÉGNÉ DE LA RÉSINE ÉPOXYDE

6.38.8.12.1 L'Entrepreneur doit se conformer aux exigences suivantes, sans toutefois s'y limiter :

6.38.8.12.1.1 débiter par l'installation des bandes verticales de renforcement sur les âmes des poutres, un pli à la fois. Si plusieurs plis sont requis, l'Entrepreneur doit attendre d'avoir installé un pli de bandes verticales et longitudinales avant de procéder à l'installation du pli subséquent. Dans le cas où il y a des bandes verticales droites et inclinées, l'Entrepreneur doit débiter avec l'installation de toutes les bandes verticales inclinées suivie des bandes verticales droites, un pli à la fois;

6.38.8.12.1.2 tendre légèrement et soigneusement le tissu en PRFC pour le dérouler sur la surface de béton à renforcer. L'Entrepreneur doit assurer un contact intime entre le béton et le tissu pour éviter la formation de plis et l'emprisonnement de poches d'air et utiliser des gants de caoutchouc, des spatules et des rouleaux appropriés pour lisser la surface du tissu en PRFC imprégné;

6.38.8.12.1.3 se conformer au mode d'emploi, à toutes les restrictions et à tous les avertissements relatifs aux matériaux utilisés pour former le système de renforcement par ajout de PRFC conformément aux recommandations du fabricant;

6.38.8.12.1.4 après l'installation d'un pli additionnel de bandes verticales en PRFC, installer un pli de bandes d'ancrage longitudinales en PRFC conformément aux dimensions et notes aux plans d'installation, en respectant les délais maximaux entre les applications conformément aux recommandations du fabricant;

6.38.8.12.1.5 par la suite, si requis par le fabricant, installer les autres plis un à la fois en suivant les étapes prescrites aux paragraphes 6.38.8.12.1.1 à 6.38.8.12.1.4 précédents, en prenant soin d'installer un pli supplémentaire de bandes verticales suivi d'un pli supplémentaire d'une bande longitudinale afin de créer un effet entrelacé des bandes longitudinales et verticales;

6.38.8.12.1.6 installer une couche finale de résine sur toutes les zones de renforts en portant une attention particulière aux arêtes, coins et bouts de renforts;

6.38.8.12.1.7 sauf indication contraire de l'Ingénieur et de l'ingénieur spécialisé en PRFC de l'Entrepreneur, le système de renforcement par ajout de PRFC ne doit pas être perturbé pendant au moins vingt-quatre (24) heures et doit être à une température de 23°C et à une humidité relative de 50%, une fois tous les plis installés;

6.38.8.12.1.8 une protection temporaire adéquate doit être installée pendant le mûrissement initial du système de renforcement par ajout de PRFC;

6.38.8.12.1.9 à l'exception des blocs d'ancrage pour la post-tension extérieure ajoutée ultérieurement par-dessus des PRFC existants, il est interdit d'appuyer tout objet sur le système de renforcement par ajout de PRFC. Aucune plate-forme, équipement ou grappin ne doit être appuyé sur les poutres ou les diaphragmes aux endroits où un système de renforcement par ajout de PRFC est installé.

6.38.8.13 APPLICATION D'UN PROTECTEUR UV

6.38.8.13.1 Suite à son installation, le système de renforcement par ajout de PRFC doit être protégé des rayons UV par une couche protectrice à l'aide d'un produit protecteur UV autorisé par l'ingénieur spécialisé en PRFC de l'Entrepreneur et par l'Ingénieur, à moins que la résine des PRFC en place n'inclut déjà une telle protection considérée comme adéquate par l'ingénieur spécialisé en PRFC de l'Entrepreneur et l'Ingénieur.

6.38.8.14 NETTOYAGE

6.38.8.14.1 L'Entrepreneur doit enlever tous les matériaux et résidus restant sur le chantier et en disposer conformément à la sous-section 6.13 *Protection environnementale*.

6.38.8.14.2 La résine époxyde non durcie doit être nettoyée avec un solvant autorisé par l'ingénieur spécialisé en PRFC de l'Entrepreneur et l'Ingénieur. Pour la résine époxyde durcie non affectée par les solvants ou les nettoyants chimiques, l'Entrepreneur doit l'enlever par un moyen mécanique, tel que le meulage, l'écaillage ou le grattage.

6.38.9 CONTRÔLE DE LA QUALITÉ

6.38.9.1 L'ingénieur spécialisé en PRFC de l'Entrepreneur doit être présent pendant toute la durée de la pose pour surveiller l'installation du système de renforcement par ajout de PRFC, afin de s'assurer que l'applicateur autorisé suit les recommandations du fabricant en matière d'installation. Si des anomalies relatives à l'installation sont constatées, l'ingénieur spécialisé en PRFC de l'Entrepreneur doit immédiatement en aviser l'Ingénieur.

6.38.9.2 REMISE DU REGISTRE

6.38.9.2.1 Pour chaque poutre et diaphragme, dès l'achèvement des travaux de renforcement par ajout de PRFC, l'Entrepreneur doit remettre à l'Ingénieur un registre contenant tous les résultats finaux des inspections et des essais relatifs aux matériaux du système de renforcement par ajout de PRFC, incluant les essais d'arrachement conformément à la norme ASTM D4541. Ce registre doit également comprendre toutes les réparations faites en lien avec le système de renforcement par ajout de PRFC. Un rapport de toutes anomalies identifiées ainsi que les mesures correctives mises en place doivent aussi être remis à l'Ingénieur au plus tard cinq (5) jours après la fin des travaux de renforcement.

6.38.9.3 INSPECTION FINALE

- 6.38.9.3.1 Une inspection finale du système de renforcement par ajout de PRFC doit être menée par l'ingénieur spécialisé en PRFC de l'Entrepreneur en présence de l'Ingénieur après l'achèvement complet de la cure de la résine époxyde. Les délaminages et toutes autres anomalies décelées doivent être évalués en fonction de leur importance et de leur nombre par rapport à la superficie globale d'application ainsi qu'à leur emplacement par rapport au transfert des charges d'un point de vue structural. L'Entrepreneur doit préparer un rapport d'inspection finale lequel doit être soumis à l'Ingénieur pour examen.
- 6.38.9.3.2 Les inspections suivantes doivent être effectuées par l'ingénieur spécialisé en PRFC de l'Entrepreneur après l'achèvement des travaux de renforcement par ajout de PRFC pour chaque poutre et diaphragme renforcé :
- 6.38.9.3.2.1 échosondage et sondage au marteau de toutes les surfaces du système de renforcement par ajout de PRFC;
- 6.38.9.3.2.2 ultrason de toutes les surfaces du système de renforcement par ajout de PRFC;
- 6.38.9.3.2.3 l'ingénieur spécialisé en PRFC de l'Entrepreneur peut choisir l'inspection par thermographie en substitution aux deux (2) méthodes d'inspection précédentes, avec l'autorisation préalable de l'Ingénieur.
- 6.38.9.3.3 Toute méthode d'inspection utilisée doit permettre de déceler des délaminages d'une superficie égale ou supérieure à 1500 mm².
- 6.38.9.3.4 L'Entrepreneur doit procéder à l'enlèvement d'une bande délaminée lorsque les délaminages dépassent 1500 mm² ou 5% de la superficie laminée totale. L'enlèvement de cette bande doit être suivi par l'ajout d'une bande chevauchant le rapiéçage de 150 mm avec un nombre de plis équivalent à la bande enlevée. La bande doit alors être inspectée de nouveau et les résultats de cette inspection doivent être comparés avec ceux de l'inspection initiale pour vérifier si les réparations ont été faites conformément aux plans et devis.

FIN DE LA SOUS-SECTION