

# Ruredil X MESH GOLD

Système de renforcement structurel FRCM avec maille de fibres bidirectionnelle de PBO et matrice inorganique stabilisée pour les constructions en béton.



Ruredil  
Fiche technique

## Le matériau

RUREDIL X MESH GOLD est un nouveau système FRCM (Fiber Reinforced Cementitious Matrix) breveté qui introduit une innovation mondiale dans le domaine des systèmes de renforcement structurel à base de fibres à hautes performances, dénommés FRP.

RUREDIL X MESH GOLD est un système constitué d'une maille de fibres de PBO (polyparaphénylène-2,6-benzobisoxazole) et d'une matrice inorganique stabilisée conçue pour rendre solidaire la maille au support de béton.

Par ses très hautes performances mécaniques, ce composite peut offrir les mêmes performances des FRP traditionnels avec fibres de carbone et liant époxy.

## Les propriétés

### Avantages par rapport aux FRP traditionnels

RUREDIL X MESH GOLD, comparé avec un système FRP avec matrice époxy ou polyester, offre les avantages suivants.

### Résistance aux hautes températures identique à celle du support

Les propriétés structurelles des systèmes FRP dépendent de la température d'utilisation. En effet, il faut considérer que c'est la température de transition vitreuse ( $T_v$ ) des résines époxy généralement comprise entre 40 °C et 80 °C - la grandeur physicochimique qui influe sur les performances d'un système FRP indépendamment de la fibre utilisée (carbone, aramide, etc.).

Quand la température extérieure dépasse la température de transition vitreuse, la résine époxy n'est plus en mesure d'accomplir la fonction de transfert des contraintes de la structure à la fibre à haut module noyée dans celle-ci, ce qui nuit à son efficacité comme renforcement structurel. Ce comportement est dû à la perte totale de la liaison d'adhérence entre la résine et la fibre et/ou entre la résine et le support.

Une fois durci, RUREDIL X MESH GOLD n'est plus influencé par la température extérieure et il résiste au feu, puisqu'il est de nature inorganique, comme le support de béton. Les systèmes FRP, en revanche, non seulement ne résistent pas au feu, mais encore ils contribuent à l'incendie et émettent des fumées toxiques.

### Résistance à l'humidité

À la différence des FRP, l'adhérence au béton du RUREDIL X MESH GOLD n'est pas influencée par l'humidité relative de l'environnement.

En effet, la résine époxy se dégrade lors d'une exposition prolongée à l'humidité de l'environnement, perdant ainsi sa propriété adhésive et donc la capacité de transférer les contraintes à la fibre structurelle.

### Possibilité d'application sur des supports humides, étant un produit à base inorganique

Les systèmes FRP, par contre, ne peuvent être appliqués que sur un support sec, car les résines (polyester et époxy) ne catalysent pas en présence d'eau.



### Certification de produit délivrée par ICC-ES, USA

Ruredil a obtenu en 2013 la certification de produit du composite FRCM Ruredil X Mesh Gold, à base de fibres PBO (selon AC 434: "Acceptance Criteria For Masonry and Concrete Strengthening Using Fiber-Reinforced Cementitious Matrix (FRCM) Composite Systems". La certification a été réalisée au laboratoire officiel de l'Université de Miami et délivrée par ICC-ES, USA.

L'International Code Council Evaluation Service (ICC-ES) est aux Etats-Unis l'organisation habilitée à délivrer les agréments techniques de produit et les certifications relatives ([www.icc-es.org](http://www.icc-es.org)).

S'agissant d'une certification de produit faite dans un laboratoire officiel, le document a sa propre valeur technique, dans ce sens que les performances décrites sont utilisables en tous lieux de conception de renforts structurels avec les FRCM Ruredil.

Ruredil X Mesh Gold est conforme à Lignes Directrices ACI 549: Ligne directrice pour la conception et la mise en œuvre des systèmes de renfort à base de ciment (FRCM) pour la réparation et le renfort des structures en béton et en maçonnerie.

## Facilité d'emploi

Mélanger le pré-mélangé avec la quantité d'eau prévue sur la fiche technique et l'appliquer comme un mortier de ciment traditionnel, dans lequel la maille structurelle de PBO est noyée.

## Maniabilité

Entre 5 °C et 40 °C, il n'existe pas de différences substantielles dans le temps de maniabilité. Par contre, la durée de vie en pot des résines dépend de la température, ce qui limite donc l'application des FRP quand les conditions thermohygro-métriques sont défavorables.

## C'est un produit atoxique, au contraire des résines qui constituent les FRP

RUREDIL X MESH GOLD doit être appliqué dans les conditions habituelles de travail des mortiers de ciment ordinaires.

## Les outils employés pour l'application du produit peuvent être nettoyés avec de l'eau.

En revanche, avec les FRP, il faut employer des solvants spéciaux pour nettoyer les outils qui, dans la plupart des cas, ne pourront pas être réutilisés.

## Les champs d'application

RUREDIL X MESH GOLD est employé pour le renforcement des structures en béton armé et en béton armé précontraint, y compris celles soumises à l'action du feu ou aux hautes températures.

En particulier, RUREDIL X MESH GOLD doit être appliqué sur des structures en béton armé et en béton armé précontraint aux fins suivantes:

- renforcement au fléchissement;
- renforcement aux efforts tranchants;
- renforcement à la torsion;
- confinement de piliers précontraints avec petite excentricité;
- confinement et renforcement longitudinal de piliers précontraints avec grande excentricité

En ce qui concerne les interventions en zone sismique, RUREDIL X MESH GOLD est recommandé pour:

- augmenter la résistance au fléchissement simple ou au flambage de piliers et de poutres;
- augmenter la résistance à l'effort tranchant de poutres et de piliers;
- augmenter la ductilité des abouts de poutres et de piliers par bandage;
- augmenter la résistance à la traction des panneaux des noyaux poutre pilier avec les fibres disposées selon le sens des efforts isostatiques.

## Mode d'application

### Préparation de la sous-couche

Éliminer les poussières et les parties

irrégulières : réaliser ensuite un sablage mécanique ou un lavage avec un nettoyeur à jet d'eau à haute pression jusqu'à éliminer totalement la couche millimétrique de coulis de ciment. Porter une attention particulière aux résidus laissés par les traitements superficiels, tels que peintures, huiles de décoffrage, isolants, etc. Après cette opération, s'assurer que la surface est plane.

La surface apte à l'application d'un système de renforcement composite doit être plane et sans irrégularités. En cas de défauts macroscopiques, les réparer avec Rasocem RA (jusqu'à 5 mm d'épaisseur) ou Exocem FP (plus de 0,5 cm d'épaisseur), selon les indications contenues dans les fiches techniques respectives. En outre, il faut arrondir les angles éventuellement présents (rayon de courbure +/- 3 cm), si ceux-ci sont recouverts par le composite.

## Préparation de la matrice RUREDIL X MORTAR 750

Verser dans le malaxeur environ 90 % du volume d'eau prescrit, puis actionner le malaxeur et ajouter RUREDIL X MORTAR 750 sans interruptions pour éviter la formation de grumeaux. Mélanger le gâchage pendant 2 à 3 minutes, puis ajouter le reste de l'eau prescrite et malaxer encore pendant 1 à 2 minutes. Avant d'être appliqué, le gâchage devra reposer pendant environ 2 à 3 minutes, puis remuer et appliquer.

## Application du système RUREDIL X MESH GOLD

Mouiller la sous-couche jusqu'à saturation en eau, puis éliminer l'eau en excès. Appliquer ensuite RUREDIL X MORTAR 750 avec une taloche métallique lisse d'environ 3-4 mm d'épaisseur, attendre quelques minutes, puis noyer le RUREDIL X MESH GOLD dans cette base. Appliquer une deuxième couche d'environ 3-4 mm de RUREDIL X MORTAR 750, de manière à couvrir complètement le maillage. Si le mortier commence à perdre sa maniabilité, ne pas rajouter de l'eau, mais malaxer encore le gâchage pendant environ 1-2 minutes avant de poursuivre l'application. Il est recommandé de ne pas appliquer le système RUREDIL X MESH GOLD en plein soleil, pendant les heures chaudes des mois d'été, par vent modéré ou fort. En cas de pluie, protéger la structure avec des moyens appropriés.

## Influence de la température

Il est recommandé d'appliquer le produit à une température comprise entre +5 °C et +35 °C. Les basses températures (4-10 °C) ralentissent considérablement le temps de prise, tandis que les températures élevées (30-35 °C) provoquent rapidement la perte de maniabilité du mortier.

## Cure

Comme pour tout autre mortier de ciment, dans de mauvaises conditions ambiantes (vent fort ou exposition au soleil), il faut prévoir l'emploi d'un agent anti-évaporation (CURING S) ou d'un tissu non-tissé humide. En cas de pluie imminente, protéger le renforcement appliqué avec des moyens appropriés.

## Technical properties

CARACTÉRISTIQUES DES FIBRES DE PBO	
Densité de la fibre	1.56 g/cm <sup>3</sup>
Résistance à la traction	5.8 GPa
Module d'élasticité	270 GPa
Allongement à la rupture	2.15 %
Température de décomposition	650 °C
Coeff. de dilatation thermique (10 <sup>-6</sup> °C <sup>-1</sup> )	- 6

CARACTÉRISTIQUES DE LA MAILLE	
Poids de la fibre de PBO dans la maille	88 g/m <sup>2</sup>
Épaisseur équiv. de tissu sec dans le sens longitudinal	0,0455 mm
Épaisseur équiv. de tissu sec dans le sens transversal	0,0115 mm
Résistance à la rupture dans le sens longitudinal par mètre	264,0 kN/m
Ultimate tensile stress of the weft per unit of width	66,5 kN/m
Poids de la maille (Support + fibres PBO)	110 g/m <sup>2</sup> ± 3%

CARACTÉRISTIQUES DE LA MATRICE INORGANIQUE	
Consistance (UNI EN 13395-1)	175 mm
Poids spécifique du mortier frais	1,80 ± 0,05 g/cc
Eau de gâchage pour 100 kg de Ruredil X Mortar 750	26 - 28 liters
Rendement (produit sec)	≈ 1,400 - 1,450 kg/m <sup>2</sup> /mm
Résistance à la compression (UNI EN 196-1)	40,0 MPa (en 28 jours)
Résistance à la flexion (UNI EN 196-1)	> 4,0 MPa (en 28 jours)
Module d'élasticité sécant (UNI EN 13412)	> 7.000 MPa (en 28 jours)

## CARACTÉRISTIQUES DU SYSTÈME RUREDIL X MESH GOLD

Classe de réaction au feu (UNI EN 13501-1)

A2 - aucun apport à l'incendie  
s1 - faible émission de fumée  
d0 - absence de gouttes/particules ardentes

### Conformité des systèmes de renforcement structurel avec la norme européenne UNI EN 13501-1 (feu)

**FRCM : Fiber Reinforced Cementitious Matrix (matrice cimentaire renforcée de fibres)**

Les renforcements structurels FRCM, du type RUREDIL X MESH GOLD, sont classés comme des matériaux qui ne font aucun apport pour augmenter le feu même dans des conditions d'un incendie complètement développé. En outre, ils ne provoquent pas de fumées toxiques et ils ne forment pas de gouttes incandescentes, potentiellement très dangereuses pour les personnes pendant un incendie.

Classe de réaction au feu : A2 - s1, d0

**FRP : Fiber Reinforced Polymer (polymère renforcé de fibres)**

Par contre, les renforcements structurels FRP, du type polymère renforcé de fibres de carbone, sont classés comme matériaux combustibles, susceptibles d'embrassement généralisé éclair.

Classe de réaction au feu : E

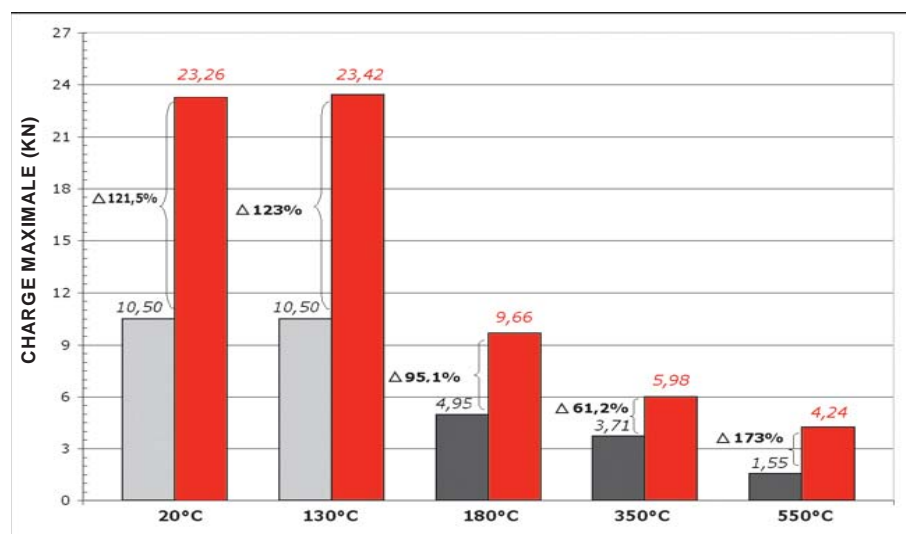
Les systèmes FRP, contribuant à la génération et/ou à la propagation du feu, exigent une protection appropriée avec des produits intumescents (comme prévu par DT 200/2013).

### Durabilité du système RUREDIL X MESH GOLD

Comme pour tous les systèmes FRCM, les propriétés mécaniques du renforcement RUREDIL X MESH GOLD ne sont pas influencées par les hautes températures ni par le feu, étant donné que la matrice de liaison est inorganique.

Le graphique de la figure 1 illustre l'augmentation de la charge, en fonction de la température, de l'échantillon renforcé avec du RUREDIL X MESH GOLD par rapport à celui non renforcé. Il faut préciser que la résistance au fléchissement du béton décroît de façon significative à des températures supérieures à +130 °C.

### RUREDIL X MESH GOLD : augmentation de la charge en fonction de la température



■ CLS SANS RENFORCEMENT ■ CLS X MESH GOLD ■ CLS SANS RENFORCEMENT

Figure 1

### Stockage

- RUREDIL X MESH GOLD: Conserver l'emballage au sec et loin des sources de chaleur.
- Étant un produit à base inorganique, RUREDIL X MORTAR 750 est sensible à l'humidité et il doit donc être conservé en milieu couvert et sec. Une fois l'emballage ouvert, utiliser la totalité du contenu. Stocker à une température comprise entre +5 °C et +35 °C.

Par contre, les systèmes FRP traditionnels perdent complètement leurs performances mécaniques après une heure à +80 °C, à cause de la résine qui passe de l'état rigide à l'état caoutchouteux. De plus, elle perd ses propriétés de transférer les efforts du béton à la fibre de carbone à partir de +45 °C (figure 2).

## C-FRP : charge maximale en fonction de la température avec le même temps d'exposition (1 h)

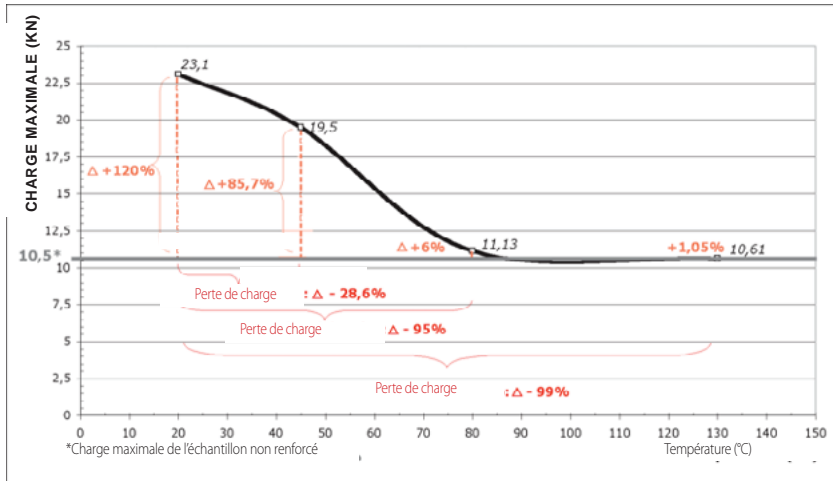


Figure 2

Des essais accélérés dans des conditions thermohygrométriques de +80 °C et 100 % d'humidité relative (H.R.) démontrent que le renforcement PBO-FRCM ne subit aucune altération (chimique ou mécanique), alors que le C-FRP perd 100 % de son efficacité (figure 3).

## RUREDIL X MESH GOLD vs C-FRP : charge maximale à +80 °C et 100 % H.R.

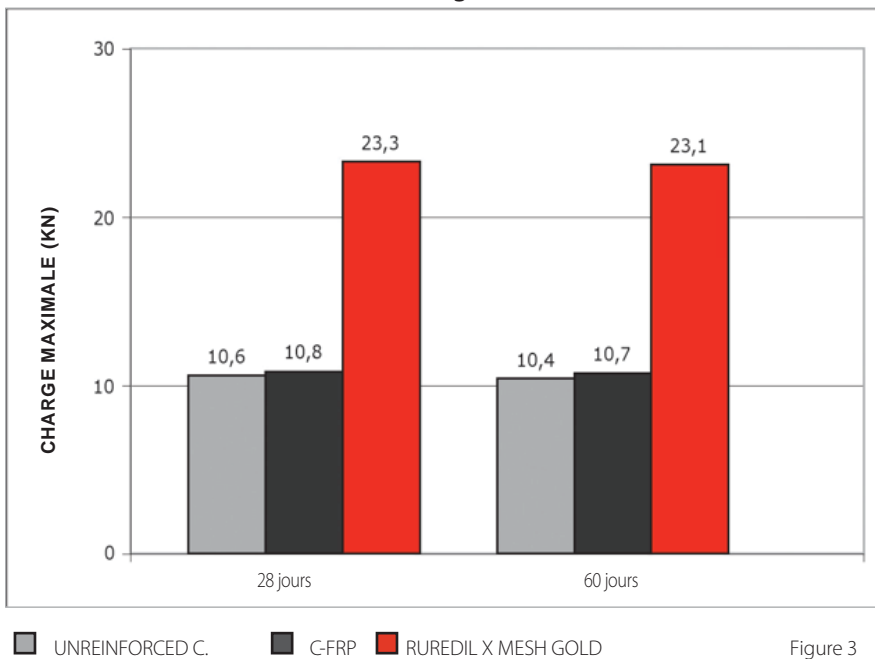


Figure 3



## Renforcement au fléchissement des poutres en béton armé

L'efficacité du renforcement au fléchissement avec du RUREDIL X MESH GOLD des poutres en béton armé a été évaluée expérimentalement par des essais de fléchissement sur trois ou quatre points de poutres de 40 cm x 25 cm de section, testées sur des lumières de 1,6 m et 2,2 m. Différents types de renforcement ont été considérés, similaires à ceux des figures 4, 5, 6 et 7 de la page suivante.

Certains résultats expérimentaux, en termes de schémas de charge-déplacement sur la ligne moyenne, sont illustrés par ces figures. Dans tous les cas, il est possible d'observer le bénéfice du renforcement fibreux qui, par rapport à un cas non renforcé, augmente la charge de rupture de l'échantillon.

- Le renforcement au fléchissement des poutres en béton armé peut être obtenu avec l'application de RUREDIL X MESH GOLD en zone tendue, apportant un accroissement de la résistance de l'ordre de 10-50 % et plus par rapport à la valeur initiale.
- Le cas typique de renforcement est celui réalisé avec des bandes en intrados de différentes longueurs, éventuellement pliées sur les surfaces latérales, et en utilisant, dans la mesure du possible, au moins une bande en forme d'étrier (en U) aux extrémités du bandage longitudinal. Les figures 4, 5, 6 et 7 représentent trois configurations possibles de renforcement, pour lesquelles le nombre de couches en intrados doit être déterminé par le calcul de la poutre en fléchissement. Ces figures illustrent aussi quelques schémas expérimentaux de charge flèche, obtenus au moyen d'essais de fléchissement sur des poutres en béton armé renforcées, en adoptant des configurations identiques à celles représentées.

La première configuration (figure 4) prévoit une couche de renforcement en intrados et des bandes en U aux extrémités; la deuxième configuration (figures 5 et 6) prévoit deux couches de bandes en intrados et des bandes en U aux extrémités; la troisième et dernière configuration (figure 7) prévoit des bandes en intrados étendues aussi sur les surfaces latérales et des bandes en U pour le renforcement de la résistance à l'effort tranchant. Dans la mesure du possible, il est conseillé d'utiliser la configuration de la figure 7.

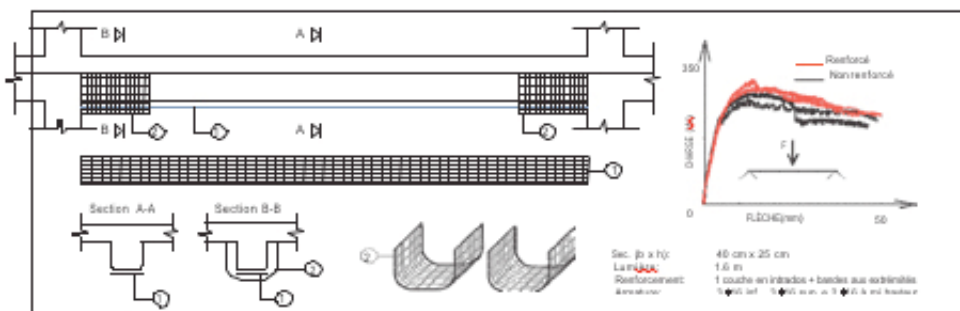


Figure 4

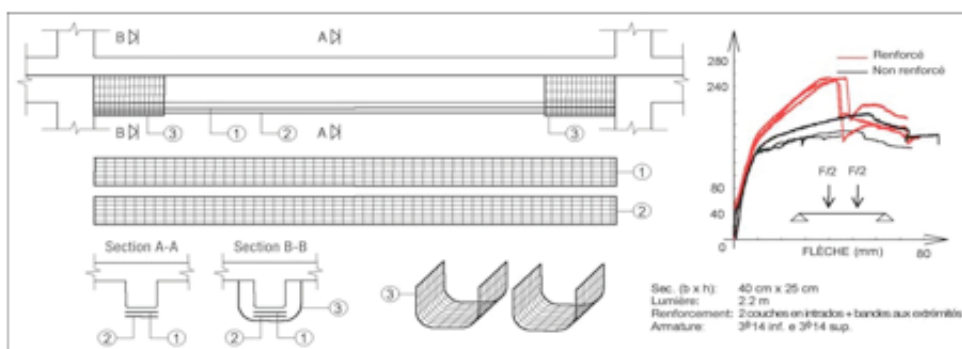


Figure 5

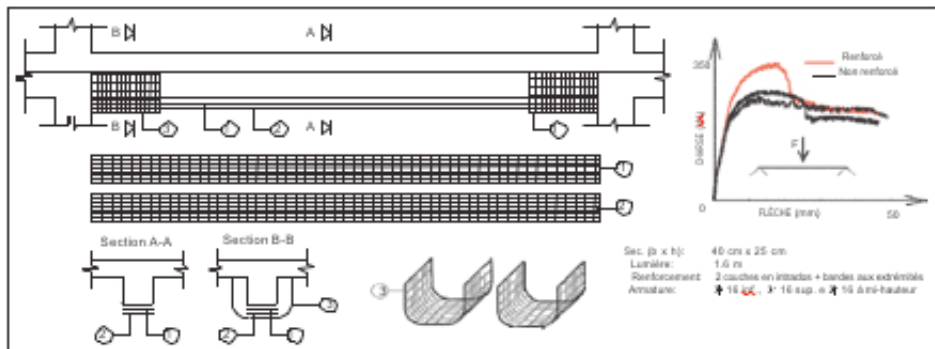


Figure 6

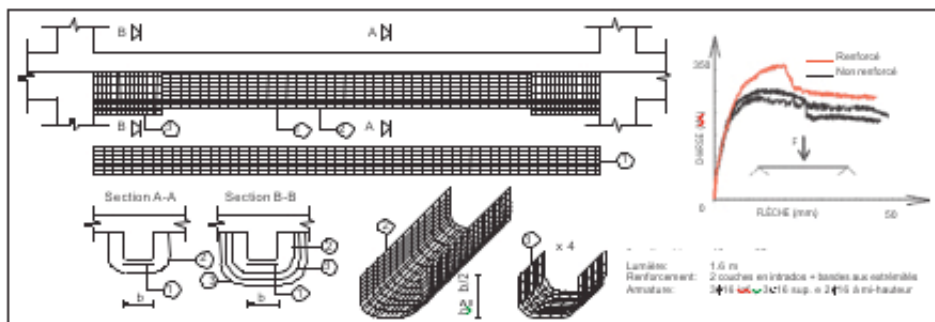


Figure 7

## Critères de conception des renforcements avec du RUREDIL X MESH GOLD pour des poutres de béton armé cintrées

Selon le document technique CNR- DT 200/2013, le dimensionnement du renforcement au fléchissement peut être mené à l'état limite ultime, tout en considérant une résistance de calcul du renforcement qui prendrait en compte la modalité de crise pour «délaminage intermédiaire», ce qui dans le cas du renforcement RUREDIL X MESH GOLD se produit habituellement par glissement entre les fibres et la matrice cimentaire.

Sur la base des premières expérimentations réalisées, il peut être suggéré de prendre comme résistance à la traction de calcul du renforcement (en prenant en compte aussi la crise pour délaminage intermédiaire) les valeurs suivantes :

- avec une couche de renforcement et bandes en U aux extrémités (type de la figure 4):  $F_{fd} = 158.5 \text{ kN/m}$  (force par unité de largeur de renforcement), correspondant à la tension de rupture (sens longitudinal) de calcul  $f_{Fd} = 3483 \text{ N/mm}^2$  et à la dilatation ultime de calcul  $\epsilon_{Fd} = 12,9\%$ .
- avec deux couches de renforcement et bandes en U aux extrémités (type des figures 5, 6 et 7):  $F_{fd} = 294.8 \text{ kN/m}$  (force par unité de largeur de renforcement), correspondant à la tension de rupture (sens longitudinal) de calcul  $f_{Fd} = 3240 \text{ N/mm}^2$  et à la dilatation ultime de calcul  $\epsilon_{Fd} = 12,0\%$ .

Ces valeurs sont à utiliser exclusivement pour l'évaluation du moment ultime des sections renforcées.

La vérification à l'état limite ultime de délaminage des extrémités peut aussi être menée selon le document CNR-DT 200/2013, tout en considérant, pour les différentes configurations, des tensions de décollement aux extrémités du renforcement d'environ 20 % des résistances de calcul indiquées précédemment.

Première édition 01\_2014. La présente édition annule et remplace toute édition précédente. La fiche de sécurité et la rubrique du cahier des charges sont téléchargeables sur le site [www.ruredil.it](http://www.ruredil.it)

Pour supporter le délaminage des extrémités du renforcement, les bandes en étrier 3) de la figure 5 ( agissant en plus comme un renforcement de la résistance à l'effort tranchant) et la conformation 2) sur la figure 7 de la couche superficielle de renforcement sont toutefois utiles.

Il faut remarquer que les résistances de calcul indiquées cidessus ne peuvent être atteintes que si le béton de couverture possède des caractéristiques mécaniques appropriées. Dans le cas contraire, il pourrait se produire des ruptures prématurées du béton de couverture, ce qui empêcherait donc d'atteindre la crise avec glissement des fibres dans la matrice cimentaire.

Il est donc recommandé d'effectuer une évaluation attentive des caractéristiques mécaniques de la couche superficielle du béton et de reconstruire entièrement la couverture si celles ci sont inadéquates, ainsi qu'au cas où les armatures métalliques présenteraient un état avancé de corrosion.

Une fois déterminée la section de renforcement satisfaisant l'état limite ultime, les vérifications aux états limites de service peuvent être exécutées et, en particulier, celles relatives aux tensions.

En général, il faut considérer l'état de contrainte préexistante (dû aux charges présentes au moment de l'application du renforcement), lequel est suivi d'une dilatation différentielle entre le support et le renforcement.

## Remarque

*Le **projet** d'une intervention de renforcement doit toujours se baser, comme pour tout autre type de matériau composite, sur une évaluation attentive des caractéristiques de la structure à renforcer. Il faut notamment examiner la qualité des matériaux en place (béton et acier), la quantité d'armature métallique présente, l'état de la couverture et la corrosion des armatures. Il faut ensuite évaluer la modalité de crise de la structure avant et après l'intervention de renforcement. Le **responsable du projet** doit connaître les propriétés mécaniques et la durabilité du renforcement structurel dans les différentes conditions thermohygrométriques dans lesquelles il sera appliqué.*

*Avant la livraison du projet d'exécution, le **responsable du projet** devra estimer, sur la base d'essais sur place obligatoires, la caractérisation mécanique du béton et les dommages locaux (fissures et détachements) à réparer. Un essai global de charge avant et après l'intervention est fortement conseillé pour certifier le fonctionnement de l'assemblage composite-béton. Le directeur des travaux devra réaliser, en plus des activités de contrôle habituelles de la pose, y compris l'application du composite, une vérification soigneuse de l'acceptation du matériau composite du point de vue mécanique et de son stabilité dans les différentes conditions ambiantes d'application de celui-ci, par rapport aux conditions prévues par le responsable du projet en ce qui concerne les surfaces d'encollage et l'exécution d'un essai préalable.*



## FICHE DU CATALOGUE RUREDIL X MESH GOLD

### Caractéristiques physico-chimiques :

Poids de la maille (Support + fibres PBO): 110 g/m<sup>2</sup> ± 3%

### Composition générale :

Maille de fibre de PBO.

### Définition of performance:

Maille bidirectionnelle de PBO non équilibrée pour renforcements structuraux à base de ciment de constructions en béton.

### Emballage

Bobines de 15 m<sup>2</sup> (15 m linéaires, 100 cm de hauteur)

### Consommation

À considérer un chevauchement des toiles d'environ 10 cm au niveau des jonctions.

### Code

0109133020

Mise à jour 07.2013

Notre société est certifiée selon la norme UNI EN ISO 9001:2008 par ICMQ et Certiquality pour la : « Conception, production et commercialisation de produits chimiques et spéciaux pour la construction ». Notre système de qualité est basé sur la vente par catalogue, instrument contractuel entre notre société et le client. Par le biais de cet instrument, Ruredil garantit à ses clients que le produit fourni est conforme aux caractéristiques physicochimiques de cette fiche du catalogue. Ce type de vente dispense notre société de l'émission du certificat d'analyse qui, de par sa nature, garantit seulement les performances de la fourniture spécifique.

## FICHE DU CATALOGUE RUREDIL X MORTAR 750

### Caractéristiques physico-chimiques :

Densité (mortier frais) :

1,80 ± 0,05 g/cm<sup>3</sup>

Consistance : 175 mm ± 10

Conforme à la norme UNI EN 1504-3.

### Composition générale :

Matrice inorganique stabilisée.

### Définition des performances :

Matrice inorganique stabilisée pour renforcements structuraux FRCCM d'éléments et de structures en béton

### Emballage

sacs de 25 kg

### Consommation

Environ 5 sacs pour 1 rouleau de maille.

### Code

0105032020

Mise à jour 07.2013

Notre société est certifiée selon la norme UNI EN ISO 9001:2008 par ICMQ et Certiquality pour la : « Conception, production et commercialisation de produits chimiques et spéciaux pour la construction ». Notre système de qualité est basé sur la vente par catalogue, instrument contractuel entre notre société et le client. Par le biais de cet instrument, Ruredil garantit à ses clients que le produit fourni est conforme aux caractéristiques physicochimiques de cette fiche du catalogue. Ce type de vente dispense notre société de l'émission du certificat d'analyse qui, de par sa nature, garantit seulement les performances de la fourniture spécifique.