

MasterRoc MSL 345

Guide d'application



Sommaire

Introduction	4
Exigences en matière de support	5
Généralités	5
Traitement de l'état du support	6
Gestion des infiltrations d'eau	9
Solution de drainage	9
Demi-coque et membranes de drainage	10
Solutions de drainage temporaires	11
Injection pour infiltration d'eau importante	13
Équipement de projection	14
Application	15
Préparation du support	15
Application manuelle	15
Application mécanisée (robotique entièrement informatisée)	16
Conditions pour une application réussie	19
Liste de contrôle avant de commencer la projection	19
Procédure de mise en marche et d'arrêt de la projection	20
Contrôle qualité Maîtrise d'Œuvre	21
Contrôle qualité Opérateurs	23
Revêtement secondaire ou béton de structure	25
Système d'interface feuille de PVC / MasterRoc MSL 345	25
Formation et accréditation	26
Sécurité avec MasterRoc MSL 345	26
Nettoyage	27
Procédure de réparation ultérieure	27
Stockage	28
Conditionnement	28

Introduction

Les tunnels creusés de manière traditionnelle sont généralement étanchés au moyen d'une géomembrane d'étanchéité en PVC, mise en place entre le béton projeté et le béton de structure. La géomembrane est désolidarisée de ces derniers afin de faciliter le drainage. La mise en place de géomembranes en PVC dans les structures souterraines à géométries complexes reste difficile. La qualité de ces dernières, soumises à des tests de qualité en usine, reste très performante, cependant leur mise en place peut engendrer des fuites dues aux soudures, aux raccordements.

La pose d'armatures et de coffrages des bétons de structure peuvent provoquer des déchirures accidentelles qui ne sont pas visibles durant la mise en place du coffrage du béton de structure. Ces déchirures sont facilitées par la désolidarisation de la géomembrane du support, entraînant la migration d'eau le long du tunnel entre cette dernière et le revêtement. L'eau parvient à traverser le béton de structure, souvent loin de son point de fuite d'origine. Les maîtres d'ouvrage et les ingénieurs doivent prendre en considération les mesures et les coûts additionnels pour le traitement de ces fuites, qui consiste à la post-injection de la totalité d'un compartimentage d'étanchéité.

La géomembrane en PVC entraîne des répercussions sur la conception et le diamètre d'excavation du revêtement des tunnels. En effet, étant désolidarisée, aucune contribution structurelle du béton de soutènement, ne peut être prise en compte dans la conception. D'autre part, l'emprise des systèmes de géomembrane en PVC désolidarisés nécessitent une excavation supérieure à 7 centimètres lors de la mise en place, induisant un surcoût important.

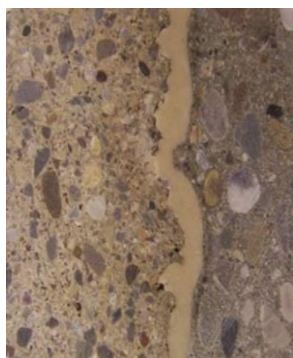


Photo 1 :
MasterRoc MSL 345 adhérent
au béton sur ses deux faces

Le concept MasterRoc MSL 345 de Master Builders Solutions repose sur un Système d'Etanchéité Projetable Confiné extradossé ou intradossé (SEPC classification AFTES). Le MasterRoc MSL 345 est utilisé dans des structures de type sandwich entre le béton de soutènement et le béton de structure.

Le MasterRoc MSL 345 est un produit projetable qui permet d'envisager un nouveau concept pour l'étanchéité, du fait qu'il soit adhérent sur ses deux faces. Le MasterRoc MSL 345 est utilisé pour le revêtement de coque composite, répondant aux problèmes techniques qui se sont avérés difficiles à résoudre avec des géomembranes en PVC classiques, empêchant ainsi la migration de l'eau de part et d'autre de la membrane. Il peut être projeté pour la construction de tunnels ou la rénovation dans les tunnels existants, et est particulièrement adapté à des projets où l'encombrement est limité en raison du plan de dégagement.

Le MasterRoc MSL 345 apporte également de grands avantages pour les ouvrages neufs complexes, tels que les intersections, les rameaux, les niches, auxquels il offre un système d'étanchéité flexible et continu, sans joint ou cloisonnement.

Le MasterRoc MSL 345 est compatible avec la plupart des autres systèmes d'étanchéité.

Le MasterRoc MSL 345 est simple d'application, avec un matériel de projection standard par voie sèche, et des rendements d'application atteignant 80 m² / heure manuellement, voire 150 m² / heure au moyen d'un bras de projection robotisé.

Les deux faces de MasterRoc MSL 345 sont adhérentes : elles améliorent l'étanchéité du système en empêchant l'eau de circuler sur l'interface béton / MasterRoc MSL 345. Le résultat : une double protection contre les infiltrations d'eau. Les fuites accidentelles sont facilement localisables.

Le MasterRoc MSL 345 peut être intégré à un revêtement composite, permettant d'optimiser l'épaisseur de revêtement.

La membrane fait partie de l'épaisseur du revêtement permettant le transfert de charge du revêtement primaire vers le revêtement secondaire. Cela nécessite que le revêtement primaire puisse faire office de revêtement permanent en utilisant les dernières technologies de béton projeté.

Ce guide d'application a été réalisé par Master Builders Solutions pour l'application de MasterRoc MSL 345, système d'étanchéité projetable pour structures souterraines.

Cette méthodologie est générique et doit être adaptée aux conditions particulières des sites afin de répondre aux exigences spécifiques et aux conditions réelles.

Exigences en matière de support

Généralités

Une préparation adéquate de la surface avant la projection est nécessaire pour 3 raisons principales :

- Obtenir une étanchéité continue ;
- Limiter la consommation de produit et l'utilisation de matériel ;
- Éviter que l'eau traverse le MasterRoc MSL 345 ou entrave son durcissement.

Cette préparation consiste principalement à obtenir un support lisse et à éliminer les points d'infiltration d'eau excessifs. Ces problématiques sont abordées en détail dans les chapitres suivants.



La réception du support avant projection par un spécialiste Master Builders Solutions est un prérequis indispensable. Cette étape est formalisée par la remise d'un document signé conjointement par Master Builders Solutions et l'Applicateur, dans lequel la recevabilité du support est évoquée avec la liste des éventuels travaux préparatoires.

Traitement de l'état du support

MasterRoc MSL 345 peut être appliqué sur toute surface qui offre une bonne adhérence et permet un film continu.

Afin d'obtenir ce film continu, il est nécessaire que la surface du support soit relativement lisse. Les trous, aspérités et angles saillants doivent être éliminés par l'application d'une couche fine de mortier ou de béton projeté à faible granulométrie.

Il n'est pas nécessaire que la surface du béton soit traitée.

Il est recommandé de respecter la méthodologie suivante lors de la planification et la projection de béton avant l'application de MasterRoc MSL 345 :

- Déterminer une granulométrie optimale des agrégats de béton projeté. Si possible, choisir une taille d'agrégats comprise entre 4 et 8 mm, comme indiqué en schéma 2 (fuseau bleu) ;
- S'assurer du bon dosage de l'activateur qui offre des caractéristiques de prise raisonnables au moment de la projection. Comme le montre le schéma 2, un mauvais dosage peut entraîner la détérioration ou l'apparition de creux à la surface du béton projeté. Cette situation n'est pas idéale pour l'application du MasterRoc MSL 345 ;
- Appliquer une fine couche de béton projeté de régularisation, en utilisant un mortier (0 à 4 mm), comme le montre les 3 photos page 7 si la première couche de béton projetée n'est pas appropriée ;
- Les exigences en matière de durabilité du mortier de régularisation doivent être similaires à celles du béton projeté permanent ;
- Le MasterRoc MSL 345 peut être projeté directement sur le béton projeté renforcé en fibres métalliques ou synthétiques.

Il est conseillé d'utiliser un mortier de régularisation qui permettra de réduire la quantité de MasterRoc MSL 345 nécessaire, de faciliter le contrôle de la qualité et de rendre l'application du produit plus rapide et plus économique.



La surface doit être lisse. Il existe trois niveaux de rugosité :

- Béton projeté (avec ou sans fibre) ;
- Mortier projeté ;
- Finition lisse ou aplanie.

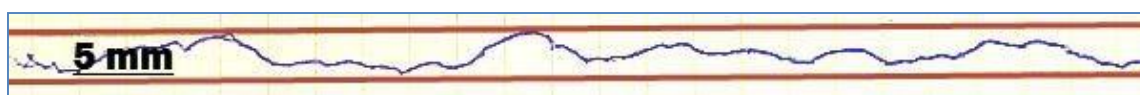
	<p>Béton projeté : Le MasterRoc MSL 345 peut être appliqué directement sur cette surface, mais la présence de trous et d'irrégularités, influenceront sur l'épaisseur et la consommation du MasterRoc MSL 345 qui seront difficiles à contrôler.</p> <p>Consommation standard : 4 à 8 kg/m²</p>
	<p>Couche fine de reprofilage : Appliquée avant la projection du MasterRoc MSL 345 permettant une application plus rapide et réduisant sa consommation.</p> <p>Consommation standard : 3 à 4 kg/m²</p>
	<p>Une finition complètement lisse demande davantage de travail mais offre également un plus haut niveau de contrôle de qualité de l'application de la membrane.</p> <p>Consommation standard : 3 kg/m²</p>

Photos 3 : Mesure de la rugosité

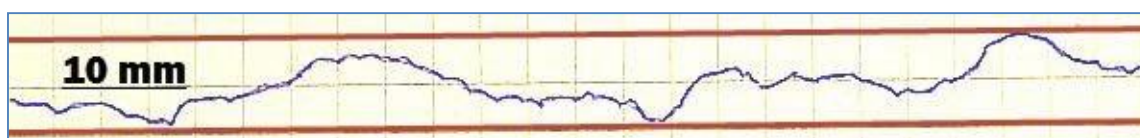
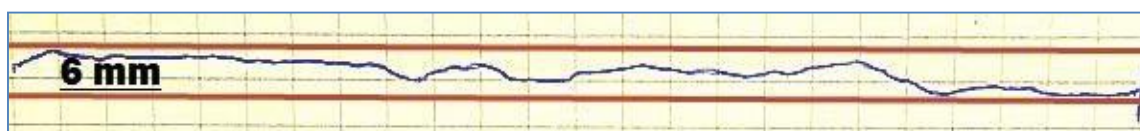
La rugosité d'une surface peut être mesurée et quantifiée en utilisant un peigne en métal ou en plastique. Elle peut être reflétée et transférée sur du papier en plaçant le peigne contre la surface. Celle-ci est alors quantifiée en mesurant la distance maximale entre les crêtes et les creux.

Exemples de rugosités jusqu'à :

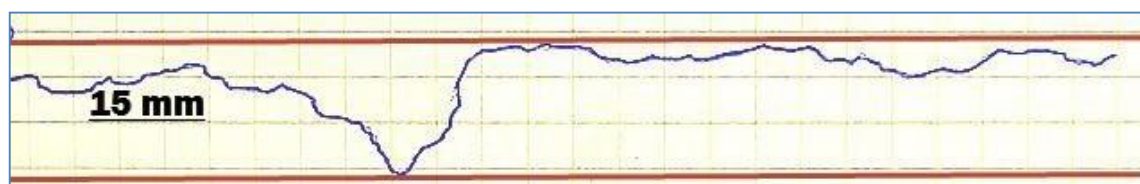
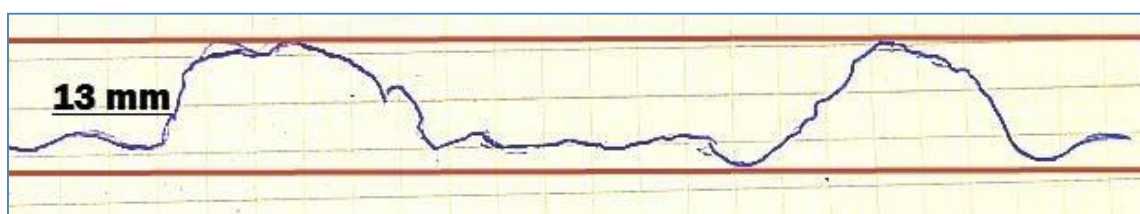
- 5 mm



- 10 mm



- > à 10 mm



Les rugosités de plus de 10 mm doivent être évitées. La profondeur maximale doit être de 5 mm. De même, les trous profonds illustrés dans l'exemple ci-dessous doivent être limités :



Schéma 4 : Rugosités et cratères inacceptables

Voir recommandation AFTES sur la rugosité du support (TES n° 150).

Gestion des infiltrations d'eau

Comme pour tous les produits à projeter, il n'est pas possible d'étancher les infiltrations d'eau actives à travers le support. Les surfaces humides du support qui ne présentent pas d'infiltration d'eau visible peuvent être recouvertes de MasterRoc MSL 345. Différentes méthodes sont utilisées pour faciliter l'application et le durcissement de la membrane en cas d'infiltrations d'eau. Tout ruissellement d'eau doit être traité avant application du MasterRoc MSL 345. Cependant, la surface peut être Mat/humide.

Voir les recommandations AFTES 194 et 195 sur le traitement des arrivées d'eau.

Ces méthodes sont les suivantes :

- Solution de drainage ;
- Captage et injection de résine ;
- Étanchéification rapide de la surface.

Solution de drainage

Les solutions de drainage pour le MasterRoc MSL 345 peuvent être permanentes ou temporaires. Les mesures de drainage permanentes sont généralement avantageuses lors de la conception du système car elles limitent la pression d'eau dans les zones étanchées avec le MasterRoc MSL 345. Ce système doit être connecté au système de drainage permanent du tunnel. Dans le cas d'un tunnel non drainé, les fuites doivent être arrêtées par injection ou au moyen de points d'évacuation temporaires.

Demi-coque et membranes de drainage

Généralement, les systèmes de drainage doivent être aussi étroits et limités que possible afin de couvrir la plus grande surface avec le système à double adhérence.

Cette solution est rapide, facile et pratique à installer. Le système de fixation sur le support doit être suffisamment solide pour éviter tout mouvement ou vibration pendant la projection de la membrane.

Les solutions de drainage permanent doivent être recouvertes de mortier.



Photos 5 : Géomembrane fixée au moyen de clous Hilti et d'une bande de plastique ou de métal

Les systèmes préfabriqués en demi-coque ou les systèmes de drainage conviennent à cet usage. La conception et le fonctionnement de cette méthode sont illustrés ci-dessus.

Une solution simple, pratique et rentable consiste à utiliser des tuyaux en PVC transparent coupés longitudinalement et « dépliés », de tel sorte qu'il se forme un canal ou une demi-coque flexible qui s'appuie contre le support de manière favorable lorsqu'il est fixé à l'aide de clous Hilti (voir photo 6).

Les canaux de drainage installés de manière systématique à des points définis le long du tunnel alimentant un système de drainage géré, peuvent être considérés comme fournissant un système de revêtement de tunnel « drainé ».

Les solutions de drainage doivent toujours être recouvertes d'un mortier.



Photo 6 : Installation de demi-coques

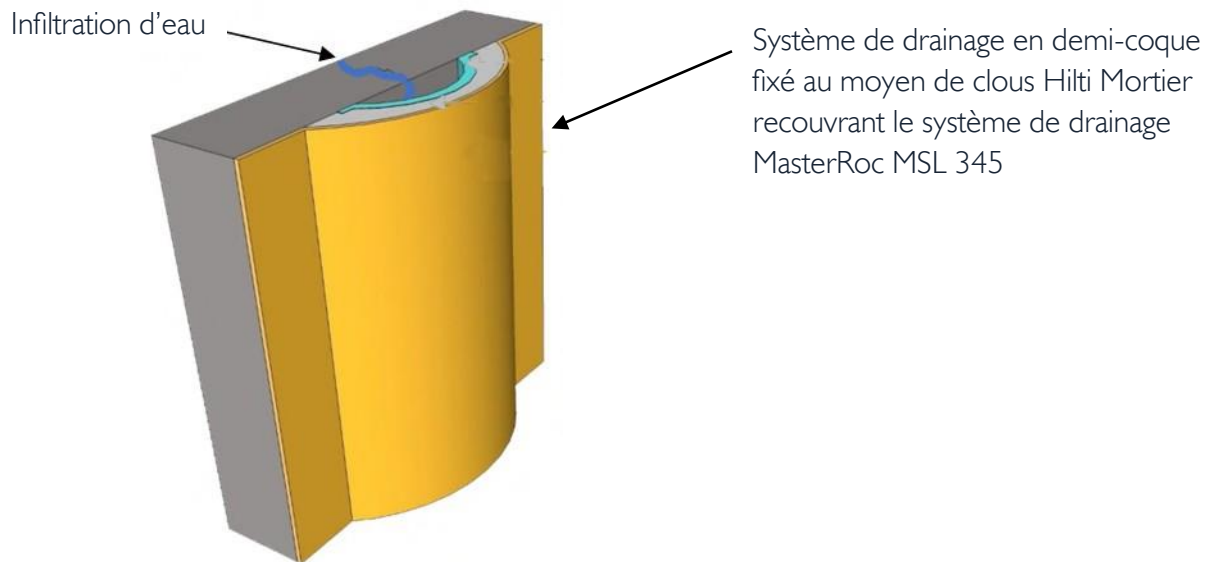


Schéma 7 : Système de drainage en demi-coque terminé

Solutions de drainage temporaires

La combinaison d'un drainage temporaire et d'injection peut être envisagée dans le cas d'un tunnel non- drainé. Avant de projeter la membrane, de petits trous de forage (env. 10 mm de diamètre et 20 à 40 cm de long) sont percés dans le point d'infiltration afin de recueillir l'eau d'infiltration dans le trou. Il peut parfois être nécessaire de percer plusieurs trous dans une même zone pour parvenir à ce résultat.



Photos 8 : Exemples de garnitures d'étanchéité

Une fois que les trous sont percés, des injecteurs sont posés et équipés d'une gaine de protection en caoutchouc de 10 cm. Les injecteurs sont laissés ouverts afin que l'eau puisse s'écouler. Le MasterRoc MSL 345 peut ensuite être projeté sur la zone humide. Les trous munis d'injecteur font office de solution de drainage temporaire à travers le MasterRoc MSL 345, offrant des conditions de durcissement favorable. Le durcissement à l'interface MasterRoc MSL 345 / support est assuré.

Enlever la vanne et installer une gaine :

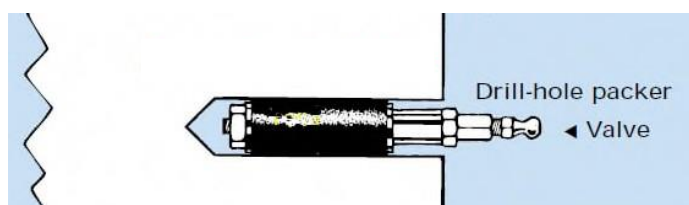
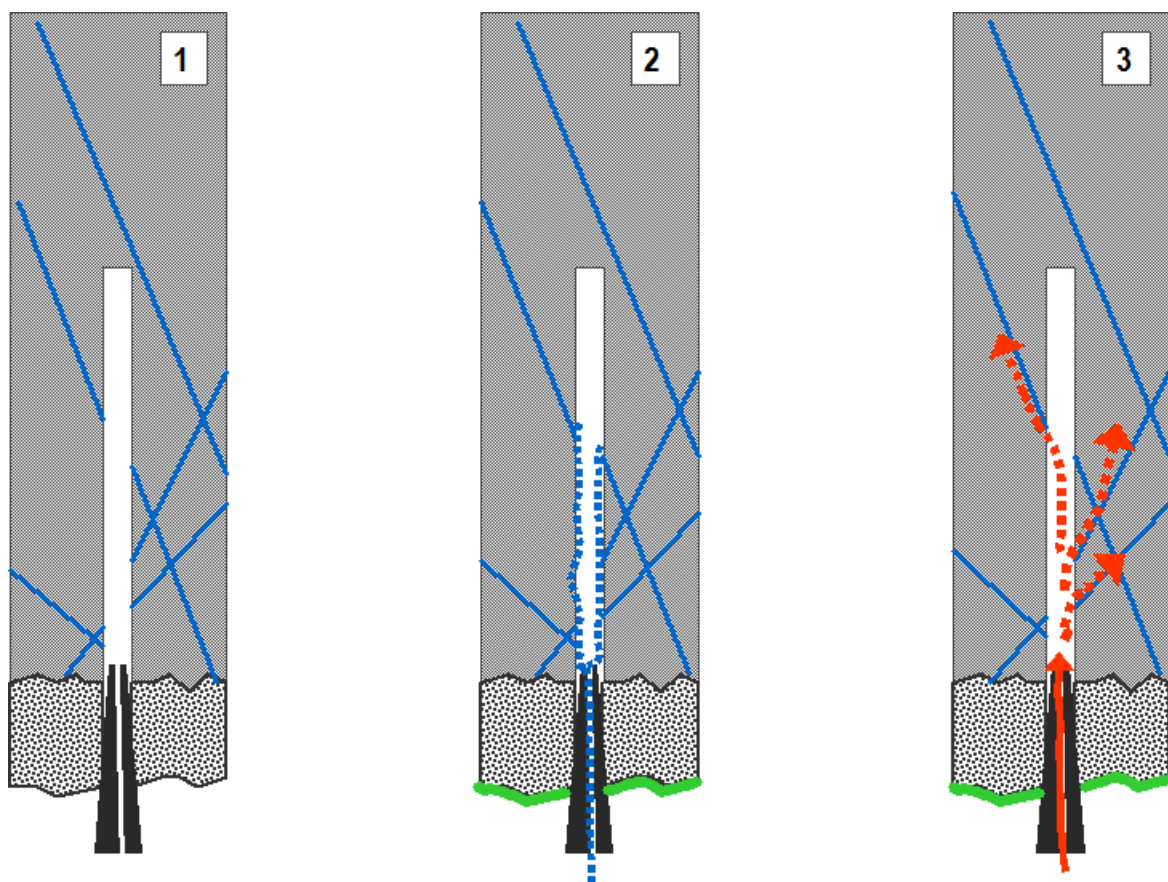


Schéma 9 : Injecteur mis en place

Une fois que le MasterRoc MSL 345 a durci (dureté Shore d'au moins 60), les injecteurs peuvent être injectés. Si la pression de l'eau est importante, il convient d'envisager l'application d'une couche de béton projeté avant l'injection.



Schémas 10 : Drainage temporaire de petites infiltrations au moyen de trous et d'injecteurs de 10 mm. Ces points sont injectés soit après durcissement de la membrane, soit après application du béton projeté

Étape 1 : Forage d'un trou de 10 mm de diamètre et de 20 à 30 cm de profondeur. Mise en place d'injecteurs avec tuyaux en PVC.

Étape 2 : Application du MasterRoc MSL 345 permettant à l'eau de s'écouler à travers l'injecteur et le tuyau en PVC.

Étape 3 : Après le durcissement complet du MasterRoc MSL 345 : Injection de résine acrylique (MasterRoc MP 307 CE).



Photo 11 : Système de drainage - trous de 10 mm de diamètre contenant des injecteurs avec tuyaux en PVC, avant application du MasterRoc MSL 345 & Photos d'un injecteur utilisé comme un drain.

Injection pour infiltration d'eau importante

Avant d'appliquer le MasterRoc MSL 345, les points d'infiltration d'eau doivent, si possible, être traités par injection. Différents produits d'injection peuvent être utilisés selon le type d'infiltration. L'injection de résine polyuréthane monocomposante MasterRoc MP 355 IK ou de résine acrylique MasterRoc MP 307 CE sont deux systèmes qui conviennent le mieux à ce type d'ouvrage.

La résine est ensuite injectée dans les tuyaux d'évacuation ou directement par les injecteurs une fois que la dernière couche de béton a été appliquée. Tout résidu de mousse de polyuréthane doit être éliminé du support.



Photos 12 : Fissures injectées avec de la mousse polyuréthane et points ponctuels injectés avec un gel acrylique

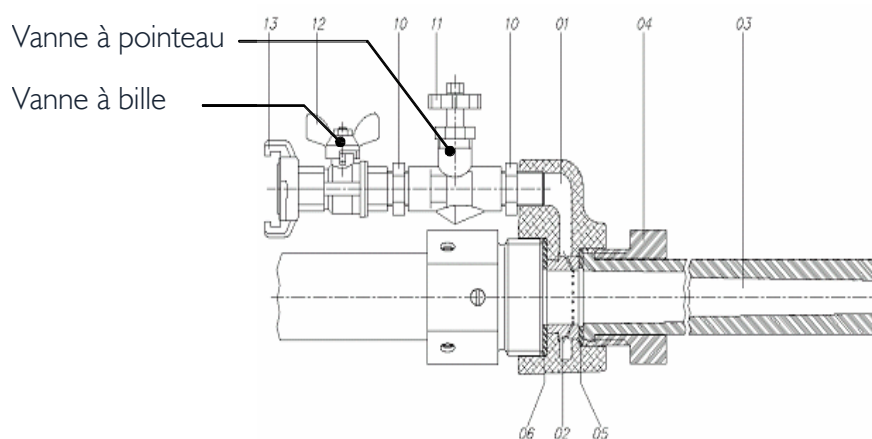
Équipement de projection

Le MasterRoc MSL 345 doit être appliqué à l'aide d'une machine de projection par voie sèche Reed SOVE ou similaire (Photo 13). En vue d'assurer un débit faible et contrôlable, l'équipement doit répondre aux spécifications suivantes :

- Rotor 18 trous avec trémie d'alimentation ;
- Filtre décanteur sur la ligne d'alimentation en air ;
- Alimentation en air (5 m³ pour les équipements avec alimentation électrique, 12 m³ pour les équipements avec alimentation en air) ;
- Collecteur de poussières du rotor ;
- Buse de projection de 32 mm de diamètre (embout en plastique avec collier/cône) à anneau de mouillage 18 trous ;
- Tuyau de projection de 32 mm de diamètre ;
- Il est nécessaire d'utiliser deux vannes sur la ligne d'eau. La première vanne est à pointeau, permettant un contrôle précis du débit d'eau, la seconde est une vanne à bille servant à arrêter ou enclencher la pompe (schéma 14) ;
- Il est recommandé d'utiliser un surpresseur pour l'eau afin de s'assurer que la pression et le débit de l'eau soient appropriés durant la projection (6 bars) ;
- La pompe REED SOVE ou l'équipement de projection choisi, doit être équipé d'un filtre de collecte ou d'un système de collecte de poussière similaire, comme le montre la photo 13. Veiller à ne pas générer trop de poussière en remplissant la trémie des pompes.



Photos 13 : Pompe SOVE à alimentation électrique avec collecteur de poussière



Système de vanne double sur buse standard

Schéma I4 : Système de vanne double sur buse, nécessaire pour une application réussie

Application

Préparation du support

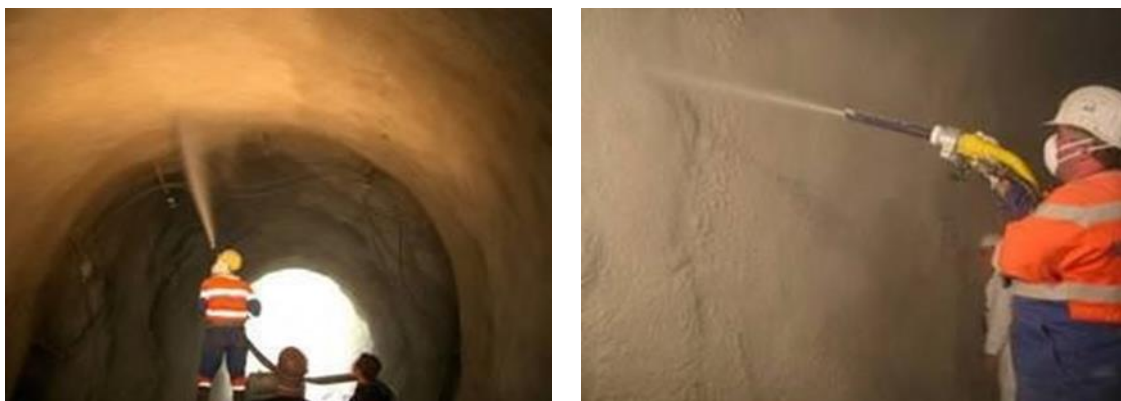
Avant d'appliquer le MasterRoc MSL 345, la surface de béton projeté doit être soigneusement nettoyée et humidifiée à l'aide d'air comprimé et d'eau. Si le support présente de la suie, de la poussière durcie, du béton avec des taches d'huile de décoffrage ou produit de cure, il faut le nettoyer à l'eau à très haute pression (1 400 bars).

Lors de l'application du MasterRoc MSL 345, aucune eau stagnante ne doit être présente sur la surface à projeter. La surface doit être humide. Pendant l'application, la température ambiante et du support doivent être comprise entre + 5° C et + 40° C.

Application manuelle

La pompe doit être complètement sèche avant de commencer à projeter. Effectuer un essai de fonctionnement de la pompe à vide puis remplir la trémie de MasterRoc MSL 345. Les alimentations en eau, air et produit sont mises en route consécutivement. Lorsque le MasterRoc MSL 345 commence à sortir de la buse, appliquer-le sur un mur test afin d'ajuster le débit de la pompe et le dosage en eau. Au début, le débit de la pompe doit être lent. Le débit d'air à la buse doit fournir une pression suffisante pour créer un jet fin et direct à une distance de 2 m entre la buse et le mur. Après un certain temps, le débit de la pompe peut être augmenté. À titre indicatif, il devrait être possible de manipuler la buse manuellement, sans éprouver de difficulté qui pourrait être due à une pression trop élevée de l'air. Les distances de projection pour les applications manuelles et robotiques doivent être comprises entre 1,5 et 2,5 m (photos I5). La projection doit se faire en

petits mouvements circulaires selon des traits parallèles. La zone à projeter doit être recouverte de manière progressive et systématique. L'épaisseur requise de 3 mm est obtenue en une seule passe. Pour raccorder des couches de MasterRoc MSL 345 projetées et durcies, il suffit de projeter une largeur de raccordement de 20 à 30 cm. La membrane sous-jacente durcie doit être nettoyée.



Photos 15 : Application manuelle

L'application manuelle est la manière la plus commune et la plus adaptée pour les tunnels, elle permet de conserver la distance buse-support recommandée, il peut être nécessaire de procéder à l'application à partir d'une plateforme d'élévation. Les nacelles sont à éviter car elles offrent moins d'espace à l'opérateur.

Généralement, une équipe de 3 personnes est requise pour l'application du MasterRoc MSL 345. Une pour la projection, une s'occupant des tuyaux d'alimentation et le contrôle de l'épaisseur, et une s'occupant de l'alimentation et bon fonctionnement de la pompe.



Photo 16 : Plateforme de projection appropriée

Application mécanisée (robotique entièrement informatisée)

Pour les applications à grande échelle, l'application mécanisée du MasterRoc MSL 345 offre plusieurs avantages. Les systèmes robotiques tels que MEYCO LOGICA d'Atlas Copco (photo 17) projettent

de façon homogène et constante le MasterRoc MSL 345, assurant ainsi l'épaisseur requise et offrant un contrôle précis de la consommation. Il est très important que les irrégularités du support soient réduites au minimum afin d'obtenir une membrane continue.

Deux personnes suffisent à appliquer le MasterRoc MSL 345 à l'aide du système MEYCO LOGICA : un opérateur et une personne en charge de l'alimentation et de la pompe.



Photo 17 : Application robotique avec le Meyco Logica d'Atlas Copco

Lorsque le MasterRoc MSL 345 est appliqué par projection au moyen du MEYCO LOGICA, la procédure d'application est la suivante :

- La lance de projection est montée sur un bras robotique commandé à distance ;
- La surface à recouvrir est balayée (enregistrée numériquement) en longueur de segment de 3 m le long du tunnel ;
- L'application du MasterRoc MSL 345 se fait de manière totalement automatisée grâce au bras de projection. Ce dernier projette le produit de manière précise et constante sur la surface en maîtrisant la quantité homogène de produit à projeter au m² ;
- L'application de la couche de revêtement en béton projeté (peut être également obtenue avec une haute précision et un débit important grâce au MEYCO LOGICA).

Cette technique offre les avantages suivants :

- Débit élevé, capacité moyenne plus importante et application plus rapide ;
- Épaisseur homogène du MasterRoc MSL 345 ;
- Contrôle précis de l'épaisseur du produit mis en place ;

- Consommation réduite du MasterRoc MSL 345 grâce à la faible variation de l'épaisseur ;
- Meilleur environnement de travail ;
- Besoin en main-d'œuvre réduit.

Pour plus d'informations quant au fonctionnement de cette machine, consultez le « Manuel d'utilisation du MEYCO LOGICA ». Le fonctionnement de cette machine nécessite une formation spéciale dispensée uniquement par des opérateurs MASTER BUILDERS SOLUTIONS autorisés.

Pour l'application par projection mécanisée du MasterRoc MSL 345, veuillez suivre la séquence d'opérations suivante :

- Scanner la surface à projeter ;
- Projeter en pulvérisant de l'eau par la buse pour humidifier la surface ;
- Débuter la projection selon les paramètres prédéfinis pour la distance de la buse, la vitesse et le débit de la pompe ;
- Couper l'alimentation du produit, de l'eau, puis de l'air dans cet ordre lorsque la projection de la zone est terminée ;
- Déplacer la machine pour la section à scanner suivante.

En vue d'obtenir une consommation optimum du MasterRoc MSL 345, une épaisseur constante et homogène ainsi qu'une distance constante entre la paroi et la lance, les vitesses de lance et le débit de la pompe doivent être définies. Ces paramètres sont ajustés lors d'un exercice de projection initiale au cours duquel une personne doit surveiller attentivement l'application sur le support.

Cet exercice peut être effectué de la manière suivante (schéma I 8) :

- Garder la distance de la lance à 2 m ;
- Sélectionner la vitesse de lance à 0,15 m/s ;
- Commencer à projeter le MasterRoc MSL 345 et ajuster la vitesse de la pompe jusqu'à ce que la surface soit entièrement recouverte (par contrôle visuel) ;
- Vérifier l'épaisseur de la couche projetée ;
- Augmenter ou diminuer le débit de la pompe en conséquence ;



- Enregistrer ces paramètres en tant que valeurs fixes.

Afin d'obtenir une quantité constante de produit/m², ces trois paramètres doivent rester fixes : distance de la lance / vitesse de la lance / débit de la pompe.

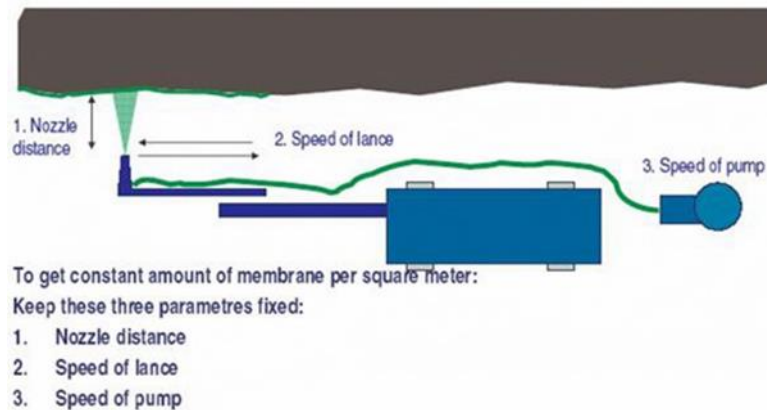


Schéma 18 : Application mécanisée du MasterRoc MSL 345 avec MEYCO LOGICA, schéma principal des paramètres à définir. Vue plane du dessus

1. Distance de la buse
2. Vitesse de la lance
3. Débit de la pompe

Conditions pour une application réussie

Pour une application réussie du MasterRoc MSL 345, les conditions suivantes sont importantes :

- La température de l'air doit être supérieure à + 5°C. Une fois appliqué, le MasterRoc MSL 345 ne doit pas geler pendant les premiers jours de cure (environ 5) ;
- Taux d'humidité de l'air optimal inférieur à 90 % d'humidité relative ;
- Ventilation optimale d'environ 1 m/s de débit d'air.

Liste de contrôle avant de commencer la projection

Les paramètres suivants sont nécessaires avant de commencer l'application :

- Volume d'air d'au moins 13 m³/minute, (équipement avec alimentation en air), pression d'air de 6 bars mini ;

- Volume d'eau d'au moins 5 m³/minute, (équipement avec alimentation électrique), pression d'eau de 6 bars mini ;
- Lignes d'arrivée d'air de mini. 3,8 cm ou 5 cm de diamètre de préférence ;
- Eau : pression standard (6 bars, 2,5 cm), se munir d'un surpresseur si nécessaire ;
- Éclairage approprié sur la zone de projection (au moyen de projecteurs et non de lampes sur casque) ;
- Des plateformes d'élévation ou des échafaudages appropriés doivent être mis à disposition afin d'assurer une application sécurisée ;
- Dispositif de déshumidification sur la ligne d'alimentation en air de la pompe.

Important :

Le compresseur doit être équipé d'un dispositif de filtre décanteur ou de déshumidification en sortie. L'alimentation en air des compresseurs contient souvent une quantité importante d'eau liée à la condensation.

Cette eau peut causer des problèmes avec l'accumulation de MasterRoc MSL 345 durci dans la pompe ou dans la lance. Ces accumulations peuvent s'avérer difficiles à éliminer et causer des problèmes récurrents et des retards inutiles. Si l'approvisionnement en air se fait par le tunnel principal, il est important d'assurer un approvisionnement constant et sans fluctuation. Si ce n'est pas le cas, un compresseur séparé est nécessaire.

Procédure de mise en marche et d'arrêt de la projection

La procédure suivante doit être suivie pour toutes les applications :

- Ouvrir l'eau et ajuster le débit ;
- Ouvrir l'air et ajuster le débit ;
- Pomper le MasterRoc MSL 345 et ajuster le dosage de l'eau en observant le produit mélangé ;
- Projeter le produit sur le support ;
- Couper l'alimentation en MasterRoc MSL 345 ;
- Couper l'alimentation en eau une fois que la projection ne contient plus de produit ;



- Couper l'alimentation en air une fois que la projection ne contient plus d'eau.

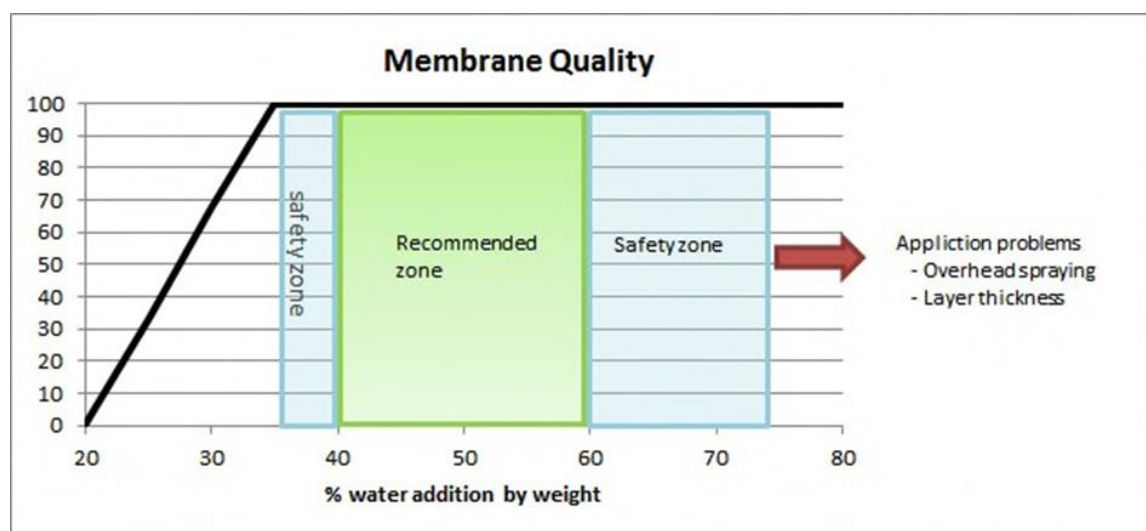


Schéma 19 : Addition d'eau recommandée

Remarque : le MasterRoc MSL 345 ne doit en aucun cas être projeté sans ajout d'eau à la buse.

Le dosage en eau doit être compris entre 40 et 60 % du poids du produit. Cette proportion assure une bonne performance du MasterRoc MSL 345 (schéma 19). Des tests préliminaires sur site doivent être effectués avec l'équipement qui sera utilisé pour le chantier, ainsi, la proportion exacte de poudre et d'eau peut être déterminée.

Vitesse de consommation standard : 8 à 10 kg/minute de poudre avec addition de 3 à 4 litres d'eau/minute.

Contrôle qualité Maîtrise d'Œuvre

I. Contrôle des ressources, des méthodes et du matériel pour la mise en œuvre du produit :

- Vérification de la certification et de la formation des applicateurs
- Vérification du matériel de mise en oeuvre et de sécurité
- Vérification et validation des méthodes d'applications et de leurs chronologies (Calepinage, nombre de couche)
- Validations des points singuliers à traiter

2. Réception & préparation du support suivant les instructions de Master Builders Solutions :

- a. Réception du support avant application du MasterRoc MSL 345 (rugosités, état de surface, arrivées d'eau...)
- b. Réception du support après traitement si nécessaire (Reprofilage, injection, drainage, réparation ...)
- c. Tests d'adhérences support

3. Contrôle de la mise en œuvre :

- a. Contrôle et présence physique d'un contrôleur lors de toutes les phases de projections.
- b. Contrôles des épaisseurs du produit mis en place durant l'application
- c. Contrôles des consommations mises en œuvre
- d. Contrôles des manques après projection
- e. Contrôle du traitement des points singuliers

4. Contrôle de la mise en œuvre avant application du béton de revêtement :

- a. Dureté short A de la membrane avant application du béton
- b. Contrôles visuels d'éventuelles fuites
- c. Tests d'adhérences de la membrane sur le support si nécessaires

5. Rapports de contrôle OBLIGATOIRE :

Rapports de mise en œuvre avec photo de chaque d'application :

- a. Repérage des zones
- b. Contrôle et photo du support
- c. Épaisseur mise en place
- d. Dureté Short A



- e. Valeurs d'adhérence
- f. Photo de mise en œuvre SEPC
- g. Non-conformité
- h. Détails des points singuliers

Contrôle qualité Opérateurs

Il existe différentes manières de procéder à un contrôle qualité de l'épaisseur du MasterRoc MSL 345 appliquée. Ces méthodes doivent toutes être reprises dans les Feuilles de contrôle qualité préparées sur site, et ce, pour chaque section projetée du tunnel. Les méthodes suivantes sont proposées :



Photo 20 : Le contrôle de l'épaisseur peut se faire au moyen d'une simple jauge de profondeur, illustrée ci-dessus

- Le contrôle de l'épaisseur du MasterRoc MSL 345 appliquée s'effectue par des contrôles ponctuels continus réalisés par la deuxième personne sur la plateforme de travail ;
- Ces contrôles sont essentiels pour s'assurer d'atteindre l'épaisseur minimale souhaitée ;
- La consommation de matériau pour une zone donnée est utilisée pour déterminer l'épaisseur moyenne globale du MasterRoc MSL 345 appliqué ;
- Des tests d'épaisseur du film humide peuvent être effectués et enregistrés de manière systématique pendant la projection, à l'aide d'une petite jauge de profondeur (photo 20) ;
- Il est également possible de découper de petites zones d'inspection (ex : 5 cm x 5 cm) une fois que le MasterRoc MSL 345 a durci pour contrôler son épaisseur. Ces zones d'inspection peuvent être facilement réparées en appliquant du MasterRoc MSL 345 à la main ou par projection.

Pour contrôler le durcissement et la possibilité d'application d'une autre couche sur le chantier, il est recommandé de mesurer la dureté Shore A du MasterRoc MSL 345 appliqué conformément aux normes DIN 53505 ou ASTM D 676. Afin d'éviter des erreurs de mesure, la mise en place de

points de mesure fréquents est également possible. Ces points de mesure doivent avoir une surface plane et être hydrofugés pour parer à toute éventualité. Une simple plaque de métal de 10 x 10 cm suffit à cet effet. La dureté est évaluée avec l'équipement Shore A standard (schéma 21). Le tableau I donne un aperçu de l'état de durcissement obtenu.

Shore A	Degré de durcissement du MasterRoc MSL 345	Obtenu à + 20° C par 65 % HR après :
Pas mesurable	Première peau, très tendre	1 h
5 à 10	Peau légèrement collante, encore pâteuse	2 h
15 à 25	Le produit est suffisamment adhérent, mais pas encore correctement durci	6 h
25	Valeur minimum pour appliquer une seconde couche de béton	
30 à 40	Membrane homogène et complètement durcie. Une quantité élevée d'eau résiduelle attendrit le matériau	20 h
40	Le MasterRoc MSL 345 peut être recouvert avec du béton projeté	~ 24 heures à 2 jours
75 à 85	Membrane complètement durcie et sèche	

Tableau I : Degré de durcissement du MasterRoc MSL 345 selon Shore A



Photo 21 : Mesure de la dureté Shore A

Revêtement secondaire ou béton de structure

Du béton projeté ou coulé sur place peut être directement appliqué sur le MasterRoc MSL 345 une fois que ce dernier a totalement durci. La dureté Shore A minimum recommandée pour pouvoir recouvrir le MasterRoc MSL 345 de béton projeté est de 40. Une fois cette valeur atteinte, le risque d'endommager le MasterRoc MSL 345, pendant la mise en place du ferrailage et du béton de recouvrement est réduit. Dans la majorité des cas, à condition d'avoir une ventilation suffisante, ce niveau de durcissement est obtenu après 1 à 2 jours.

La température, l'humidité et la ventilation sont des facteurs qui influencent le temps du durcissement. Dans des conditions de durcissement défavorables, la dureté Shore A nécessaire pour pouvoir projeter du béton sur le MasterRoc MSL 345 peut prendre plus de temps, de 10 à 12 jours dans certains cas. Inversement, dans d'excellentes conditions de durcissement, il peut être possible de projeter une nouvelle couche 6 heures après la pose. Le contrôle de la dureté Shore A in situ permet de le vérifier.

Le recours à du béton projeté renforcé de fibres en acier pour le revêtement primaire et la couche finale ne risque pas d'endommager la membrane.

Il est également possible de recouvrir le MasterRoc MSL 345 d'une couche de béton coulé.

En toutes circonstances, le MasterRoc MSL 345 doit être recouvert de béton coulé ou projeté dès que possible afin d'éviter tout dommage de ce dernier. Le MasterRoc MSL 345 exposé doit être protégé du gel. La mise en place du béton de revêtement n'est pas limitée dans le temps : même après quelques mois, la couche de béton peut être appliquée sur le MasterRoc MSL 345 à condition qu'il soit nettoyé et humidifié. L'adhérence à la seconde couche est toujours garantie.

Système d'interface feuille de PVC / MasterRoc MSL 345

Il est toujours possible de créer une interface entre une géomembrane PVC et le MasterRoc MSL 345 à projeter. Il permet au maître d'ouvrage de combiner les deux systèmes et de choisir le meilleur système de manière locale en fonction de la géométrie du tunnel et de la présence d'eaux souterraines.

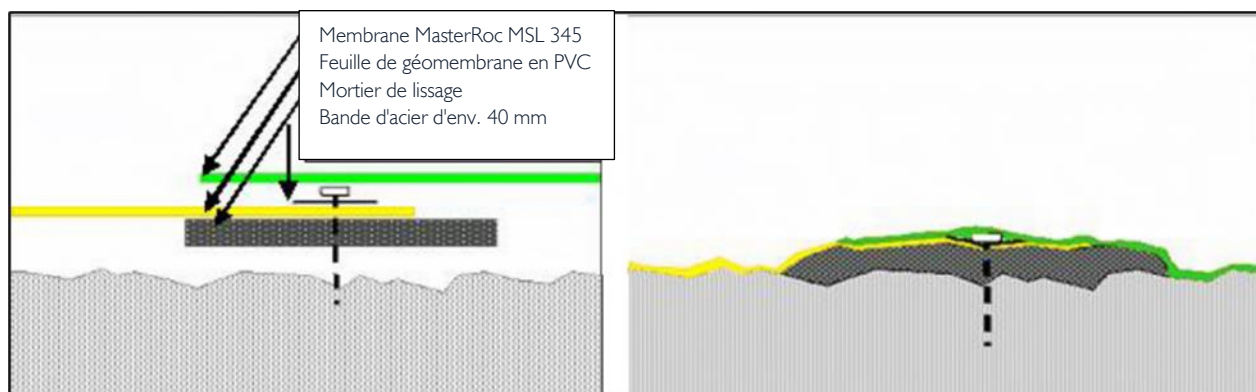


Schéma 22 : Section illustrant la disposition de l'interface entre la géomembrane PVC et le MasterRoc MSL 345 projetée.

Gauche : détail des éléments individuels

Droite : Les différents éléments de l'interface et la manière dont ils sont appliqués afin de créer un joint étanche

Comme détaillé ci-dessus, dans la zone de raccordement des deux systèmes d'étanchéité, appliquer un mortier (taille d'agrégats de 4 mm max) sur la surface (30 à 40 cm de largeur) afin de créer une surface homogène et régulière. Fixer la géomembrane PVC en clouant une bande en acier flexible (env. 30 mm de large) sur la zone où le mortier est appliqué.

NB : La géomembrane en PVC doit être étirée correctement et ne pas présenter de vagues ou de plis le long des joints. Projetez le MasterRoc MSL 345 sur la géomembrane PVC et la bande en acier. Tout doit être recouvert sur une largeur comprise entre 40 et 50 cm au minimum. La géomembrane PVC doit être propre et la zone de chevauchement doit se trouver dans une zone sèche.

Les méthodes spécifiques de manipulation et de nettoyage des géomembranes en PVC se trouvent dans la Méthodologie de soudure du fournisseur de cette dernière.

Formation et accréditation

Tous les opérateurs qui participent à l'application du MasterRoc MSL 345 doivent suivre une formation spécifique dispensée sur place par le personnel de Master Builders Solutions UGC avant de commencer toute application dans le tunnel. Le programme de formation doit inclure des séances théoriques afin de mettre en évidence les détails spécifiques et les opérations critiques, suivies d'une formation pratique dans une section d'essai, jusqu'à ce que le fonctionnement et la performance du produit soient satisfaisants.

A l'issue de cette formation, des accréditations nominatives sont délivrées. Renouvelables, elles sont valables 24 mois à compter de la date de la formation.

Sécurité avec MasterRoc MSL 345

Durant la projection de MasterRoc MSL 345, outre les équipements de protection individuelle standard (EPI) requis pour les interventions en travaux souterrains, une protection oculaire, des masques anti-poussière et des gants sont indispensables.

Se référer aux règles locales ou nationales pour l'exploitation des plateformes de travail et des équipements de pompage.

Comme pour tous chantiers de construction de tunnels, il revient à l'entrepreneur / au sous-traitant en charge de l'application du MasterRoc MSL 345 d'évaluer les risques et de mettre en œuvre les mesures de précautions nécessaires avant de commencer le chantier.

Nettoyage

Tout équipement doit être soigneusement nettoyé après chaque session de travail, sous peine de réduire les performances du matériau et de générer une production excessive de poussière pendant la pulvérisation. L'équipement de projection par voie sèche doit être nettoyé à l'air comprimé après chaque session de travail afin d'éliminer tout reste de poudre et de garder la machine au sec.

Du sable sec (0 à 4 mm) pompé dans tout l'équipement peut permettre d'éliminer les résidus de MasterRoc MSL 345. Toutefois, une inspection doit être effectuée afin de s'assurer que toutes les pièces soient propres.

Si l'air et le sable ne suffisent pas à nettoyer complètement la machine, celle-ci doit être complètement démontée et nettoyée avec un nettoyeur à haute pression (à l'eau). Il est essentiel que la machine soit démontée afin de permettre aux pièces de sécher avant d'être remontées.

Le système de buses doit toujours être complètement démonté et nettoyé à l'eau après chaque session. Il faut accorder une attention toute particulière à la section d'injection de la buse.

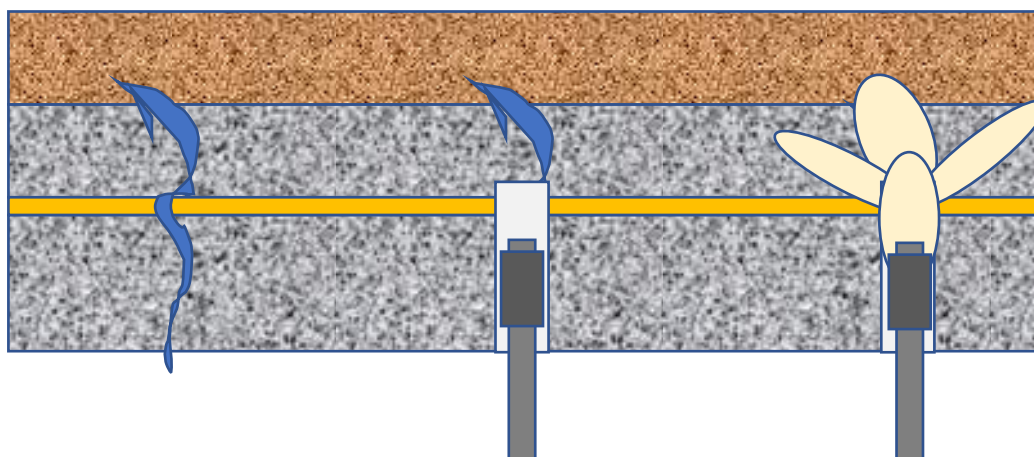
À la fin du chantier, nous recommandons un nettoyage approfondi avec un nettoyeur à haute pression suivi d'un séchage complet de la machine avant de la réassembler.

Procédure de réparation ultérieure

En cas de détérioration de la membrane une fois les travaux terminés (perçement accidentel, fissuration importante du support, infiltration ...), le système d'étanchéité MasterRoc MSL 345 peut être réparé par injection d'une résine type MasterRoc MP 307 CE. Tout produit de réparation,



acrylique ou polyuréthane ainsi que la procédure d'injection doit faire l'objet d'une validation par un expert Master Builders Solutions.



Fuite au travers de la membrane // Percement et positionnement Injecteur // Injection derrière la membrane

Les injecteurs doivent être positionnés de manière à injecter derrière la membrane pour assurer la parfaite étanchéité du système dans le temps (CF schéma ci-dessus). Répétez l'opération autant de fois que nécessaire jusqu'à l'arrêt complet des venues d'eau.

Stockage

Le MasterRoc MSL 345 doit être stocké à une température comprise entre + 5° C et + 35° C maximum, dans son emballage d'origine.

Le MasterRoc MSL 345 a une durée de vie de 12 mois à compter de sa date de fabrication.

Conditionnement

Le MasterRoc MSL 345 est conditionné en sac plastique de 15 et 20 kg et en big bag sur demande.

Master Builders Solutions

Inspiring people to build better

MasterAir®

Solutions pour bétons avec air entraîné

MasterCast®

Solutions pour l'industrie de la préfabrication légère

MasterCO₂re™

Solutions pour la production de béton à faible teneur en clinker

MasterEase®

Solutions pour l'optimisation de la viscosité et de la rhéologie des bétons

MasterFinish®

Solutions pour le démoulage du béton et les bétons décoratifs

MasterFiber®

Solutions pour les bétons renforcés de fibres

MasterGlenium®

Solutions pour les bétons fluides et hyperfluides

MasterKure®

Solutions pour la cure des bétons

MasterLife®

Solutions pour une durabilité accrue

MasterPel®

Solutions pour des bétons étanches

MasterPolyheed®

Solutions pour la fabrication de bétons de consistance très plastique à fluide

MasterPozzolith®

Solutions pour les bétons plastiques à très plastiques

MasterRheobuild®

Solutions pour les bétons avec superplastifiants

MasterRoc®

Solutions pour les travaux souterrains

MasterSet®

Solutions pour le contrôle de la prise de béton

MasterSphere®

Solutions pour la résistance aux cycles gel/dégel

MasterSuna®

Solutions pour bétons intégrant des sables concassés

MasterSure®

Solutions pour le contrôle de la maniabilité

MasterX-Seed®

Solutions innovates d'accélération du durcissement des bétons

Libérez le pouvoir de **MasterCO₂re™** :
Technologie Intelligent Cluster System pour
la production de béton à faible teneur en clinker

info.master-builders-solutions.com/fr-fr/masterco2re

Master Builders Solutions France S.A.S.

10 Rue des Cévennes

91090 Lisses, France

Tél : +33 (0)1 69 47 50 00 - Fax : +33 (0)1 60 86 06 32

www.master-builders-solutions.com/fr-fr

Les informations contenues dans cette publication sont basées sur nos connaissances et expériences les plus récentes. Elles ne doivent pas être considérées comme une source d'information contractuelle sur la qualité de nos produits, car de nombreux facteurs peuvent influencer leurs utilisations ou leurs applications, et de ce fait, ne dispensent pas l'utilisateur final de réaliser ses propres essais de convenance. Les caractéristiques contractuelles des produits sont contenues dans la dernière version de la fiche technique. Le contenu de la brochure, tels que dessins, photographies, caractéristiques, proportions, poids, etc. peut changer sans préavis. Il convient aux utilisateurs de nos produits, de s'assurer et de respecter tout droit de propriété intellectuelle et la législation en vigueur (06/2023).

® Marque commerciale déposée de Master Builders Solutions dans de nombreux pays

