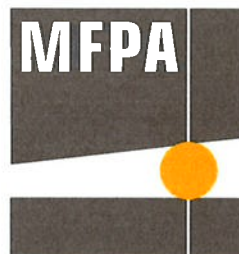


MFPA Leipzig GmbH

PÜZ Stelle (*organisme allemand d'essai, de surveillance et de certification*) selon

le Landesbauordnung (*règlementation allemande relative à la construction*) (SAC 02)

Bauproduktengesetz (*loi allemande sur les produits de construction*) (NB 0800)



Domaine : Ingénierie des structures

Chef de la division : Univ.-Prof. Dr.-Ing. Olaf Selle

Groupe de travail : Étanchéité des ouvrages

Rapport d'essai

N° U 2.2 / 05 - 180

du 22/02/2006, 1^{er} de 3 exemplaires

Objet : Essai du tuyau d'injection à canal unique
MASTERTUBE-YELLOW pour l'obtention d'un certificat
général d'agrément technique selon la Bauregelliste A (*liste de réglementations de construction*), partie 2

Donneur d'ordre : Mastertec GmbH & Co. KG
Articles spéciaux pour la construction en béton armé
Industriestraße 12

96120 Bischberg- Trosdorf

Dossier suivi par : Dipl.-Ing. Jüling

Mandat : Caractères entrée
25/08/2005 29/08/2005

Le présent rapport d'essai est composé de 9 pages et de 1 annexe.

Le présent rapport d'essai ne doit être utilisé que dans sa version intégrale. Toute reproduction, même par extraits, nécessite l'autorisation écrite préalable de la société MFPA Leipzig GmbH.

Gesellschaft für Materialforschung und Prüfungsanstalt
für das Bauwesen Leipzig mbH (*Société de recherche sur
les matériaux et établissement de contrôle pour le
bâtiment de Leipzig mbH*)
Siège : Hans-Weigel-Straße 2 b · 04319 Leipzig

Directeur
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter, Dr.-Ing. Frank Dehn,

Adresse postale : PF 74 11 06
Leipzig
Téléphone : +49 (0) 341 / 65 82-143
Fax : +49 (0) 341 / 65 82-199
Courrier électronique : abdichtung@mfpa-leipzig.de

Registre du commerce Tribunal d'instance de Leipzig 04323
HRB 17719
Coordonnées bancaires
Sparkasse Leipzig
Code de banque : 860 555 92 n° de compte : 1100 560 781

Table des matières

1	Cahier des charges	3
2	Objet des examens	3
2.1	Tuyau d'injection MASTERTUBE-YELLOW	3
2.2	Substance d'injection	3
3	Échantillons et déroulement de l'essai	4
3.1	Essais d'identification	4
3.2	Identification des propriétés déterminantes pour la fonction	4
3.2.1	Injection d'une découpe de tuyau de 10 m	4
3.2.2	Pénétration de la laitance	4
3.2.	Analyse du comportement de la courbure à basses températures	5
3.3	Test fonctionnel - essai d'étanchéité	5
4	Résultats des analyses réalisées	6
4.1	Identification	6
4.2	Injection d'une découpe de tuyau de 10 m	7
4.3	Analyse de l'intrusion de laitance	7
4.4	Analyse du comportement de la courbure à basses températures	7
4.5	Test fonctionnel - essai d'étanchéité	7
5	Évaluation et résumé	8

Annexe

Annexe 1 documentation photographique

1 Cahier des charges

Il faut démontrer, à travers un examen portant sur les techniques d'utilisation, l'aptitude du tuyau d'injection à canal unique MASTERTUBE-YELLOW de l'entreprise MASTERTEC GmbH & Co. KG en tant que corps de joint pour l'étanchéité des joints de construction. Les essais représentent la base pour qu'un certificat national d'agrément technique général soit délivré selon la Bauregelliste A (*liste de réglementations de construction*) partie 2, paragraphe 14 « les joints d'étanchéité normalement inflammables pour les composants en béton présentant une grande résistance à la pénétration de l'eau contre les eaux hors et sous pression et contre l'humidité du sol ». La nature et le volume des expériences s'appuient sur les principes d'essais pour les joints d'étanchéité, mis à jour en juin 2005.

2 Objet des examens

2.1 Tuyau d'injection MASTERTUBE-YELLOW

Le tuyau d'injection jaune possède une section transversale circulaire avec un diamètre extérieur de 12 mm et un diamètre intérieur de 6 mm, annexe 1, figure 1. Selon les indications du fabricant, l'enveloppe du tuyau est composée de PVC. La paroi du profilé en matière plastique est perforée par des fentes de 6 mm de long, qui sont disposées trois par trois avec une distance de 30 à 33 mm, réparties de manière presque uniforme sur la circonférence du tuyau et alignées dans son axe longitudinal.

Dans le cas des extrémités de remplissage et de désaération de 0,5 m de long à raccorder aux extrémités du tuyau, il s'agit de tuyaux renforcés en PVC, bleu transparent, qui ne sont pas perforés. Les extrémités de remplissage et de désaération sont raccordées au tuyau d'injection grâce à un raccord pour tuyau. Pour les essais, 50 m du tuyau d'injection MASTERTUBE-YELLOW, des moyens de fixation nécessaires afin de bloquer le matériau sur le support en béton ainsi que les extrémités de remplissage et de désaération correspondantes ont été livrés. Des colliers de serrage, fixés sur le support au moyen de chevilles à une distance maximale de 15 cm, servent à bloquer le tuyau d'injection.

2.2 Substance d'injection

Pour l'opération de pressage du tuyau MASTERTUBE-YELLOW, le donneur d'ordre a mis à disposition une paire de bidon de 10 l de résine polyuréthane MC-Injekt MP (n° des lots : 1200503211401 (A) et 120503211301 (B)) de la Sté MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG.

Dans le cas du MC-Injekt NP, il s'agit de résine polyuréthane à réaction lente, à faible viscosité et à deux composants afin de colmater les fissures et les cavités et de réaliser l'opération de pressage des tuyaux d'injection. Les composants A et B (plus durs) sont mélangés ensemble de façon homogène dans un rapport de mélange 3,15 : 1 parties par million en volume ou 100 : 40 parties par million en masse à l'aide d'un agitateur à faible vitesse.

Le justificatif de l'aptitude des substances d'injection pour colmater les fissures et les cavités est disponible sous la forme d'un certificat d'agrément technique général.

3 Échantillons et déroulement de l'essai

3.1 Essais d'identification

Pour la substance d'injection utilisée, les résultats de l'examen¹, qui ne font pas partie intégrante en particulier de ce rapport d'essai, sont disponibles en laboratoire. Les caractéristiques principales du matériau sont résumées dans la partie 4.1. A partir de la réaction du matériau, un spectre IR a été réalisé pour l'identification. Il ne fait pas partie intégrante du rapport d'essai.

3.2 Identification des propriétés déterminantes pour la fonction

3.2.1 Injection d'une découpe de tuyau de 10 m

Afin d'analyser l'injectivité, une découpe de tuyau de 10 m de long, en forme de spirale, est enroulée autour d'un tube en PE dont le diamètre extérieur mesure 29 cm. Au-dessus de ce tube, un tube dont le diamètre intérieur mesure 39 cm est installé et la cavité créée est bétonnée, de telle sorte à ce que le tuyau soit complètement noyé. Les extrémités du tuyau sont à l'intérieur du béton, raccordées aux extrémités de remplissage et de désaération. Après l'ajustement d'une fissure de retrait entre le tube en matière plastique et le béton, le tuyau d'injection est rempli avec la résine d'injection.

3.2.2 Pénétration de la laitance

Afin d'analyser le comportement du tuyau d'injection sous l'action extérieure de la laitance pendant le bétonnage, une découpe de tuyau de 30 cm de long est accrochée dans un

¹ MPA (*Institut de contrôle des matériaux*) Braunschweig : P--5008/4393 MPA-BS : MC-Injekt 2033 (SPUR) et MC-Injekt NP (PUR) – MC-DV 500/NP - procédé d'injection - matériau de remplissage en résine de polyuréthane (PUR) et rapidement mousseux PUR (SPUR) et les procédés d'injection correspondants conformément à TL/TP FG-PUR, version 1993 du 14/01/2003

cylindre hermétiquement scellable. Tandis qu'une extrémité du tuyau est enfermée de manière étanche à l'intérieur du récipient, l'autre extrémité du tuyau est raccordée à un tuyau de désaération, qui est conduit à l'extérieur du récipient et dont l'extrémité ouverte pendant l'essai est disponible à des fins d'observation, annexe 1, figure 2.

Comme milieu d'essai, un mélange de colle en ciment est utilisé. Pour ce faire, 4 kg de CEM III/A 42,5 N sont mélangés de façon intense avec 2,4 l d'eau et versés par le biais d'une arrivée dans le cylindre. Ensuite, la sollicitation de compression à 1 bar a lieu pendant une période de deux heures, annexe 1, figure 3. Après la fin de la sollicitation, le tuyau est séparé et le canal d'injection est étudié sur l'entrée du matériau.

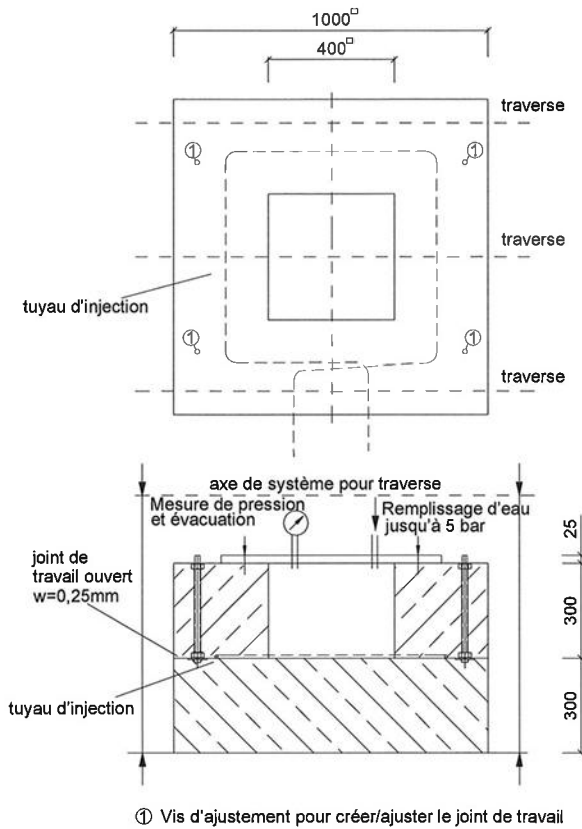
3.2. Analyse du comportement de la courbure à basses températures

Pendant une période de 24 h, trois découpes de 30 cm de long du tuyau d'injection sont stockées à - 10 °C. A cette température, un essai de flexion à 90° avec un rayon de courbure de 20 mm a lieu. Les découpes sont ensuite évaluées de façon visuelle afin de trouver des plis, des fissures ou toutes autres anomalies. De manière analogique, le tuyau est contrôlé au niveau de l'installation à cette température et le rayon de pose minimal possible afin de ne pas porter atteinte aux sections transversales est spécifié.

3.3 Test fonctionnel - essai d'étanchéité

La vérification du fonctionnement du système de tuyau d'injection a lieu par le biais de l'essai d'étanchéité au niveau d'un(e) paroi, base ou joint de construction ajusté(e), graphique 1. Sur la dalle de base de dimensions 1,0 m x 1,0 m x 0,3 m (partie inférieure de l'échantillon), le tuyau est fixé avec un rayon de courbure de 8 cm en forme de rectangle conformément aux instructions de manipulation, annexe 1, figure 4. Aux deux extrémités du tuyau, deux extrémités de remplissage et de désaération sont fixées et sont guidées à travers le coffrage cadre. Le cadre supérieur est ensuite bétonné.

Avec la cage de l'armature déposée sur la dalle, le cadre en béton armé supérieur correspondant à une paroi peut être soulevé en cas de fracturation. La cavité disponible à l'intérieur de l'échantillon, mesurant 0,4 x 0,4 x 0,3 [mm] sert au remplissage d'eau et à la sollicitation par de l'eau pressurisée de la/du paroi - base - joint de construction injecté(e). L'ajustement de la largeur du joint de construction de 0 à 0,25 mm se fait à l'aide des vis de réglage intégrées et est contrôlé grâce à quatre comparateurs qui sont fixées sur la surface au-dessus du joint. Pour la fixation du joint, des traverses en acier sont serrées autour de l'échantillon.



Graphique 1 :
Représentation schématique de
l'échantillon pour l'essai d'étanchéité

Après l'ouverture du joint de construction sur une largeur de 0,25 mm, le tuyau est injecté avec de l'eau pour le contrôle de la perméabilité et ensuite vidé avec de l'air comprimé. Après cela, le remplissage du joint de construction a lieu par le biais de l'injection du tuyau avec la résine PUR MC-Injekt NP. Après 5 jours, l'essai d'étanchéité se déroule sous l'action d'une pression d'eau sur le joint injecté avec une pression d'essai maximale de 5 bars. Après la fin de l'analyse, l'échantillon est ouvert pour l'évaluation du degré de remplissage du joint.

4 Résultats des analyses réalisées

4.1 Identification

La résine de polyuréthane MC-Injekt NP utilisée possède conformément à ¹⁾ les propriétés suivantes :

- Durée de traitement pour l'injection
en cas de fissure :

8 °C :	Env. 20 min
15 °C :	Env. 35 min
23 °C :	Env. 40 min

- Viscosité :
 - 8 °C : 628 mPas
 - 15 °C : 377 mPas
 - 23 °C : 225 mPas
- Couleur :
 - jaune ambré

4.2 Injection d'une découpe de tuyau de 10 m

L'injection du tube avec de la résine de polyuréthane montre que le tube d'injection MASTERTUBE-YELLOW, noyé dans le béton, est injectable sur une longueur de 10 m.

4.3 Analyse de l'intrusion de laitance

L'action extérieure de la pâte de ciment à une pression de 1 bar sur une période de 2 heures montre que la pâte de ciment n'a pas pénétré dans le tuyau d'injection pendant le bétonnage et la phase de sollicitation simulée, annexe 1, figure 5. La hauteur de pression choisie correspond à une colonne d'eau de 10 m ou à une charge consécutive à une colonne de béton frais haute de 4 mètres environ.

Pendant la sollicitation, une part insignifiante de l'eau disponible dans la laitance est entrée dans le tuyau. La découpe du tuyau dans le sens de la longueur et transversale selon l'axe du tuyau montre exclusivement des traces d'eau dans le canal d'injection. La coupe transversale du canal reste par conséquent à disposition sans restriction également après le bétonnage pour la distribution du produit de remplissage. Afin que l'eau ne soit pas absorbée par le béton frais dans la zone des joints, les deux extrémités de remplissage sont bouchées de façon étanche pendant le bétonnage.

4.4 Analyse du comportement de la courbure à basses températures

Le pliage à 90° du tuyau stocké à -10 °C s'est laissé guider dans toutes les directions sans porter atteinte à la coupe transversale du canal et dans la gaine du tuyau. Le rayon de courbure ne doit pas être inférieur à 20 mm pendant la pose à basses températures.

4.5 Test fonctionnel - essai d'étanchéité

Par le biais du test fonctionnel effectué, il faut démontrer l'injectivité du tuyau d'injection avec la résine de polyuréthane MC-Injekt NP ainsi que l'aptitude à étancher, de façon ultérieure, des joints de construction. Les résultats des essais d'étanchéité effectués sont rassemblés dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Résultats de l'essai d'étanchéité

Durée de l'essai [d]	Pression de l'eau [bar]	Largeur moyenne des fissures [mm]	Écoulement	Remarques
-	-	0,25	-	- Pré-injection avec de l'eau - entrée de l'eau de tous les côtés du joint de construction
-	-	0,25	-	- Injection avec du polyuréthane - entrée du matériau de tous les côtés du joint de construction
4	0,2 – 0,8	0,25	0	- Début de l'exposition à l'eau pressurisée - Joint de construction tout de suite étanche
3	1,0	0,25	0	Joint de construction étanche
3	2,0 – 4,0	0,25	0	- Augmentation quotidienne de la pression de l'eau d'environ 1 bar jusqu'à 4 bars - joint de construction étanche
28	5,0	0,25	0	- Joint de construction étanche sans entrée de l'eau - Démontage de l'échantillon après l'exposition à l'eau pressurisée

Le joint de construction ouvert sur 0,25 mm a été rempli et étanché uniformément avec la résine de polyuréthane. L'étanchéité du joint de construction rempli avec MC-Injekt NP a pu être démontrée par le biais de la sollicitation par de l'eau pressurisée jusqu'à une pression de 5 bars. L'ouverture de l'échantillon après la fin de l'essai d'étanchéité a montré une distribution régulière de la résine de polyuréthane dans le joint de construction, annexe 1, figure 6.

5 Évaluation et résumé

Le tuyau d'injection MASTERTUBE-YELLOW de MASTERTEC GmbH & Co. KG a été examiné en association à la substance d'injection à base de polyuréthane (MC-Injekt NP) pour savoir s'il était apte à étancher les joints de construction. Par le biais des essais réalisés, les propriétés suivantes ont été démontrées :


- L'essai d'injectivité d'une découpe de tuyau de 10 m avec le MC-Injekt NP a montré que le tuyau d'injection peut être injecté de résine de polyuréthane dans cette longueur.

- Dans la pratique, la pénétration de laitance dans le tuyau d'injection pendant le bétonnage n'est pas possible dans le cas d'un raccord réglementaire entre les extrémités de remplissage et le tuyau. Pour éviter une dessiccation possible du béton frais dans la zone des joints, les extrémités de remplissage doivent être fermées au cours du bétonnage.
- Le joint de construction rendu étanche avec la résine de PUR MC-Injekt NP est imperméable à l'eau jusqu'à une pression de 5 bars.

La condition préalable pour le fonctionnement de l'étanchéité testée des joints de construction réside dans l'utilisation de béton imperméable, d'une géométrie exempte de défauts pour le joint de construction et dans le montage approprié de MASTERTUBE-YELLOW conformément aux instructions de mise en œuvre et à la fiche technique DBV (Deutscher Beton- und Bautechnikverein e.V, association allemande du béton et de la technique de construction).



Prof. Dr.-Ing. Selle
Chef de la division



Dipl.-Ing. Jüling
Responsable du dossier

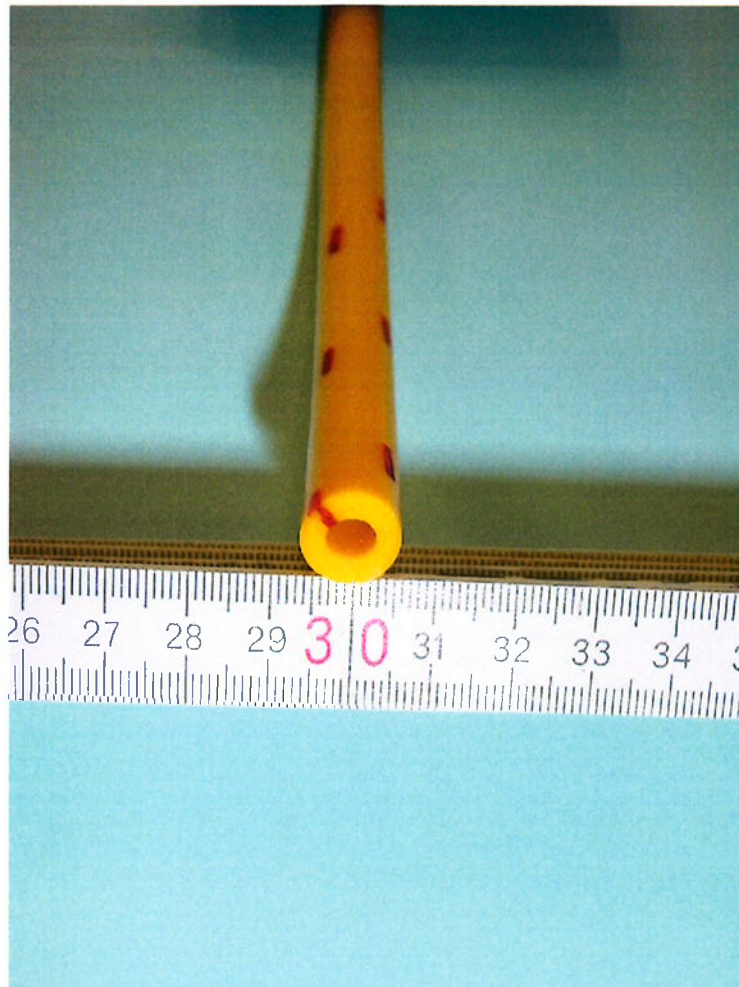


Figure 1:
MASTERTUBE YELLOW -
Ouvertures de sortie marquées
en rouge



Figure 2:
Installation d'essai pour l'examen
du comportement sous l'action
extérieure de la laitance sur le
tuyau d'injection



Figure 3:
Tuyau d'injection sollicité à l'extérieur par de la laitance à une pression d'essai de 1 bar

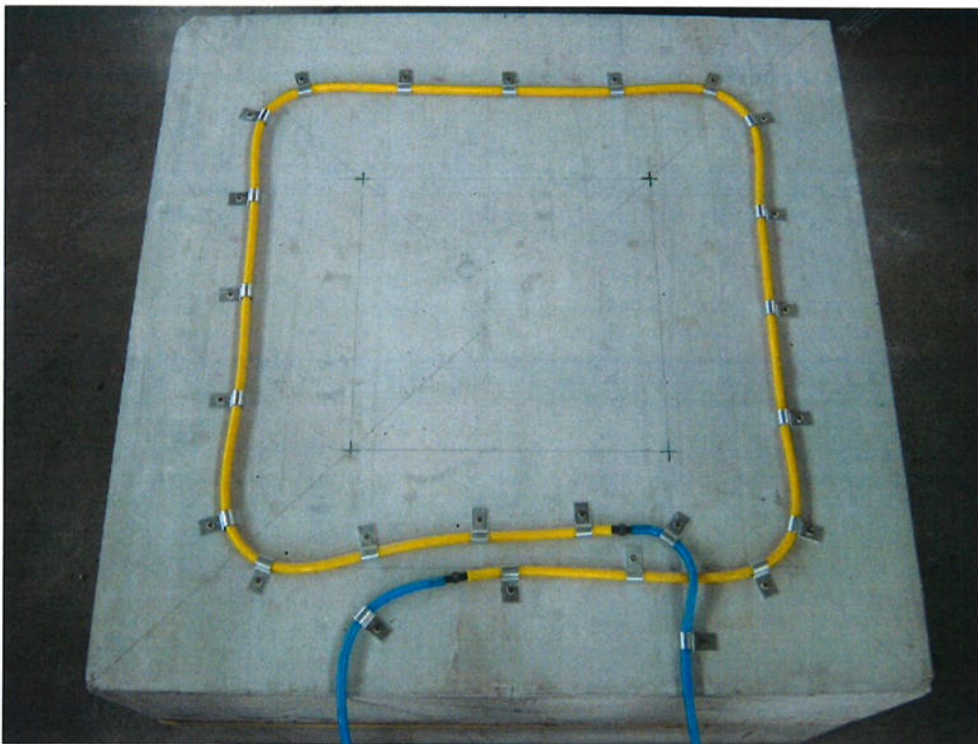


Figure 4: Tuyau d'injection MASTERTUBE YELLOW monté sur la dalle de base au centre du futur joint de construction

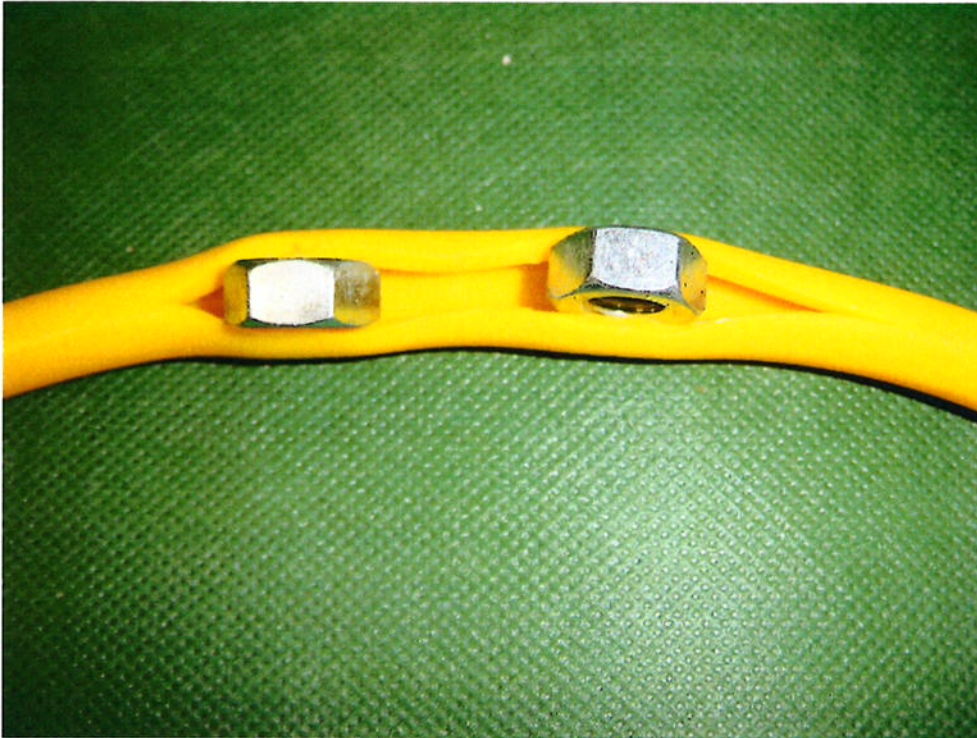


Figure 5 : Tuyau d'injection ouvert sans pâte de ciment ayant pénétré après une sollicitation extérieure de 2 heures avec de la laitance à une pression de 1 bar

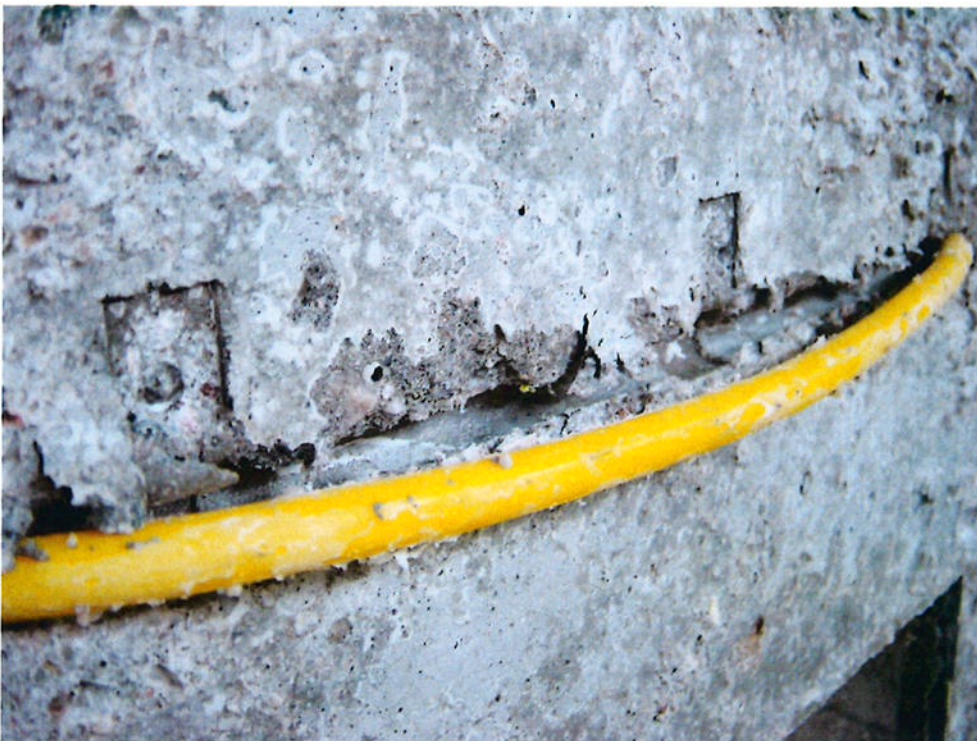


Figure 6 : Distribution uniforme de résine polyuréthane dans le joint de construction de l'échantillon soumis à l'essai d'étanchéité démonté