Zeitschrift: IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH Kongressbericht

Band: 5 (1956)

Artikel: Altérations dans les constructions en béton armé de la S.N.C.F.: exposé d'un procédé d'injection de produits plastiques

Autor: Boutron, N. / Bertrand, M.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-6016

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.10.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Vb1

Altérations dans les constructions en béton armé de la S. N. C. F.; exposé d'un procédé d'injection de produits plastiques

Deterioration of reinforced concrete structures of the French Railways; description of a process of injecting plastic materials

Einwirkungen auf Eisenbetonbauwerke; Beschreibung von Schadenbehebungen durch Injektion von plastichem Material

Alterações sofridas pelas construções de betão armado da S. N. C. F.; descrição de um processo de injecção de produtos plásticos

N. BOUTRON
Ingénieur à la S. N. C. F.

M. BERTRAND
Inspecteur à la S. N. C. F.

Paris

Les Chemins de Fer Français ont fait depuis une cinquantaine d'années un large emploi du béton armé dans leurs installations fixes:

— soit pour les ouvrages d'art: ponts supérieurs et, plus récemment, ponts sous rails,

— soit pour les bâtiments, de types très divers: remises à machines, ateliers, halles à marchandises et à voyageurs, abris de quais, postes d'aiguillage, bâtiments d'habitations, réservoirs, etc..

Si les altérations constatées dans ces constructions peuvent résulter, dans certains cas, d'agents specialement agressifs: vapeurs sulfureuses, eaux séléniteuses, eau de mer, l'expérience montre que l'action des agents atmosphériques et des variations de température est susceptible à elle seule de provoquer aussi des altérations, parfois sérieuses.

La S. N. C. F. a déjà eu l'occasion de relater, notamment dans une Publication Préliminaire du Congrès de Cambridge (Thème CI-4 – corrosions du béton armé dans les Ponts et Charpentes de chemins de fer), des observations d'altération de ses constructions, notamment sous l'action conjuguée des fumées (vapeurs sulfureuses) et des agents atmosphériques.

C'est pourquoi, tout en consacrant la première partie du présent article à caractériser les altérations provoquées par les agents atmos-

phériques, nous essaierons ensuite d'apporter une contribution au problème de la conservation des constructions en béton armé en exposant une méthode d'injection de produits plastiques qui nous a donné des résultats encourageants.

I

Effets des agents atmosphériques et des variations de température

Nous rappelons que ces effets sont essentiellement les suivants:

— sous l'action des eaux de pluie (eaux pures) : appauvrissement des bétons et des mortiers des chapes,

— sous l'action du gel: dégradations et cloquages des chapes, éclatements plus ou moins localisés dans les éléments de béton, avec mise à nu d'armatures,

— sous les variations de température: fissuration des bétons et des chapes (effets généralement aggravés par phénomène de retrait).

L'apparition et le développement de ces altérations dépendent à la fois de la conception de l'ouvrage, de la correction des calculs, et de la qualité de l'exécution.

Les deux premiers de ces facteurs ont une influence importante sur le comportement de l'ouvrage au point de vue fissuration.

C'est ainsi que, dans bien des ouvrages anciens, on ne s'est pas préoccupé de ménager des joints de dilatation et de retrait, ou bien, s'ils existent, ils sont en nombre insuffisant, ou de disposition défectueuse.

Nous pouvons citer comme exemple les Ateliers de Machines de Nevers (construits en 1930), où des chemins de roulement supportés par des consoles, elles-mêmes solidaires des poteaux de support, comportaient des joints de dilatation trop espacés (67^{m}50). Il en résulta, sous les variations de température, outre des fissures dans les poutres, des cassures complètes entre consoles et poteaux, qui obligèrent à construire de nouvelles consoles supportant les poutres par l'intermédiaire de plaques de friction. (Fig. 1).

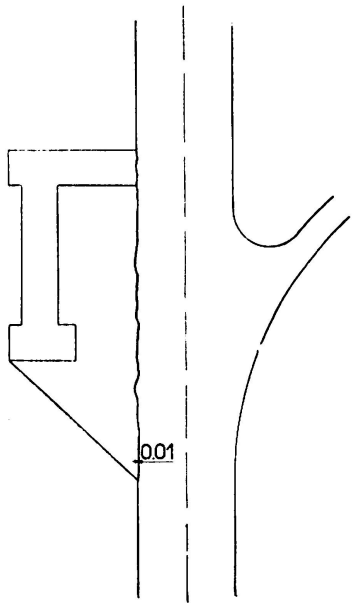

FIG. 1. Cassure de console

Pour une raison analogue, sur les poteaux de joint d'une passerelle à Vichy, des fissures sont apparues à leur base créant ainsi les articulations qui n'avaient pas été prévues à la construction.

Des erreurs de principe dans les calculs peuvent en outre avoir pour conséquence des fissurations qui, non imputables aux variations de température (mais toujours aggravées par celles-ci) ouvrent néanmoins la voie aux altérations provoquées par les eaux de pluie et le gel.

C'est ainsi que, dans des couvertures anciennes en béton armé de halles, d'ateliers, d'abris, comportant des hourdis et des solivages à plusieurs travées continues, ces éléments ont présenté dans bien des cas des fissures ou même des cassures à l'aplomb des appuis intermédiaires,

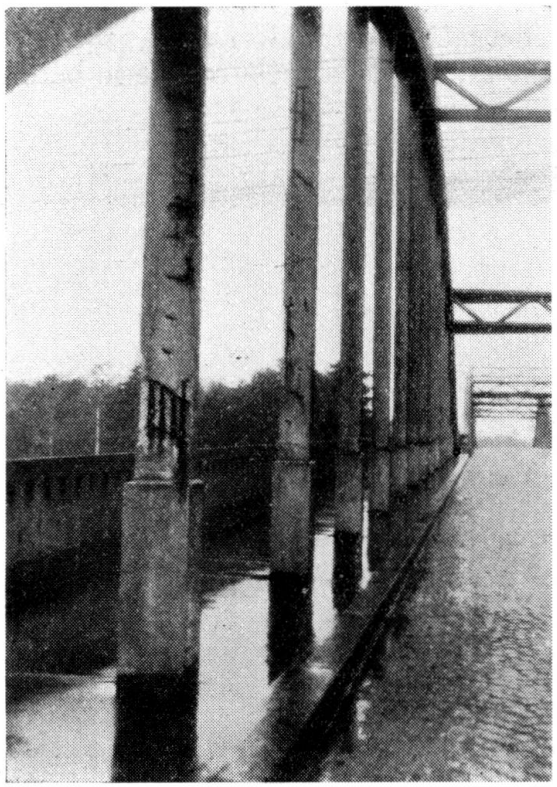

FIG. 2. P. S. d'Achères

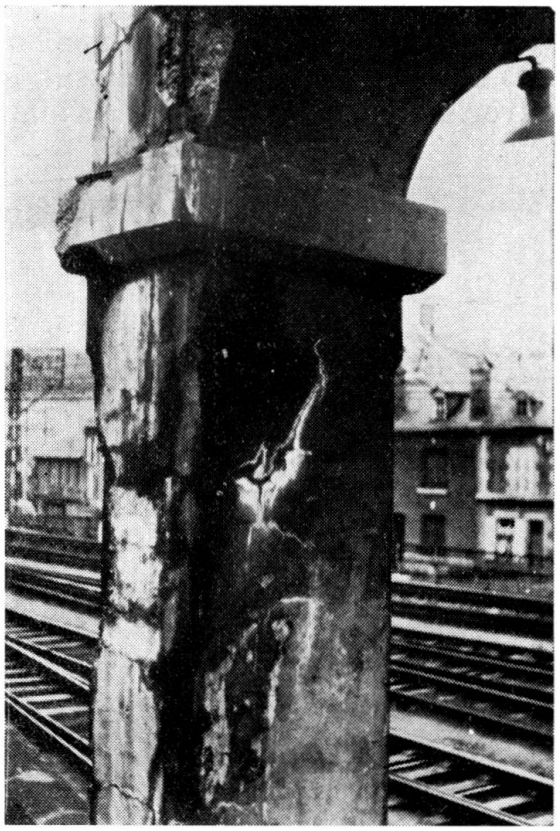

FIG. 3. Passerelle de Neussargues

par suite d'insuffisance d'armatures supérieures, ces éléments ayant été calculés en travée indépendante par simplification.

Quant à la qualité de l'exécution, on sait qu'elle a une importance primordiale vis-à-vis du comportement ultérieur de l'ouvrage sous l'action des agents atmosphériques.

En effet, il n'est pas besoin de rappeler:

— que les mortiers et bétons de ciments Portland artificiels sont vulnérables aux eaux de pluie, lorsque celles-ci peuvent les pénétrer; elles les appauvrissent alors dans leur masse par dissolution de la chaux qu'ils contiennent,

— que, dans les ouvrages en béton (ou à poutrelles enrobées) c'est le béton lui-même qui assure la protection des aciers et que, s'il est poreux ou fissuré, l'action de l'air humide ou des eaux de pluie oxyde les armatures, d'où des réductions de section parfois impor-

tantes et des fissurations ou éclatements du béton lui-même sous le foisonnement de la rouille. Cette oxydation se produira bien entendu également si, par suite d'un ferraillage défectueux, certaines armatures sont insuffisamment enrobées (défauts assez fréquents dans les ouvrages anciens).

S'il s'agit de toitures, ou de hourdis de ponts, soumis à l'action répétée des eaux de pluie, le processus de pénétration et d'altération, souvent favorisé par des fissures, va s'amplifiant au fur et à mesure que le béton

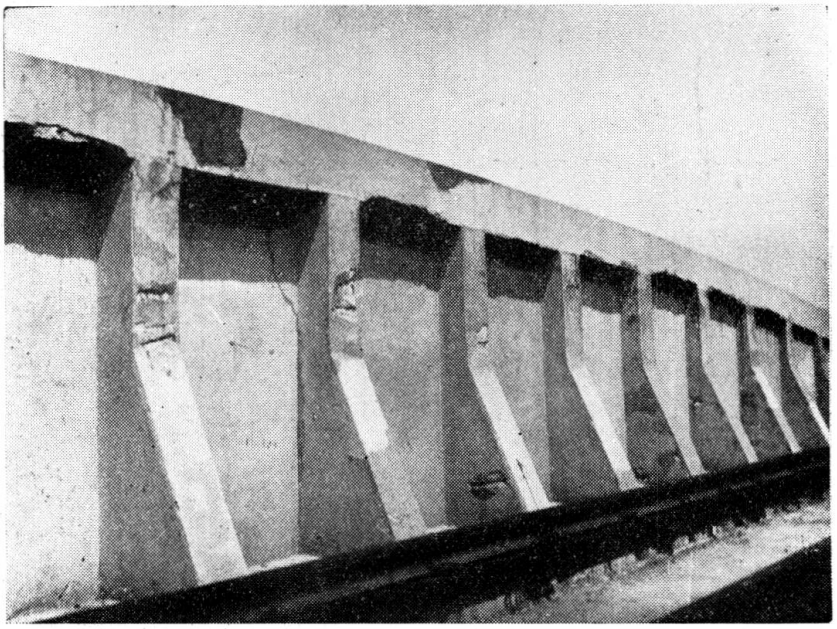

FIG. 4. Pont sous rails à Marseille

s'appauvrit, jusqu'à provoquer dans certains cas la ruine complète de l'ouvrage, si l'on ne rétablit à temps une étanchéité satisfaisante.

Un processus analogue s'observe fréquemment sur les éléments de béton armé exposés directement aux agents atmosphériques (façades de bâtiments, rives ou superstructures de ponts), l'orientation a alors une influence importante tant par l'exposition aux pluies que par la prépondérance des effets du gel.

Nous donnons quelques vues d'éléments ainsi avariés:

— Superstructures du Bow-String d'Achères sur la ligne de Paris au Havre (Fig. 2) : (porosité du béton, insuffisance d'enrobement),

— Passerelle de Neussargues (Fig. 3) poteau support dégradé par suite des effets du gel et des variations de température (altitude: 800 m, climat rigoureux),

— Pont sous rails à poutres latérales à Marseille (Fig. 4) : dégradations favorisées par l'air salin.

II

Mesures classiques destinées à assurer la conservation des constructions

On vient de voir que les altérations du béton armé sous l'action des agents atmosphériques naissent et se développent en fonction du degré de porosité et des fissurations du béton (et des chapes), les 2 facteurs étant d'ailleurs assez souvent conjugués.

Il faut chercher dans tous les cas à stabiliser la situation.

Nous ne traiterons pas ici des procédés de réparation des avaries courantes du béton armé (traitement au cement-gun de surfaces dégradées ou présentant des armatures à nu, reprises d'arêtes, etc.), qui ont déjà été exposés dans la publication préliminaire du Congrès de Cambridge citée plus haut.

Nous nous étendrons essentiellement sur le traitement des défauts d'étanchéité (fissures notamment) qui présente d'ailleurs, outre la question de conservation de l'ouvrage, un intérêt direct pour les usagers de la construction.

Réfections au ciment ou mortier de ciment

Qu'il s'agisse de béton poreux ou de chapes en ciment poreuses, ou de fissures, l'emploi du ciment pour rétablir l'étancheité n'est en général pas recommandable. En effet, la réfection en ciment d'une chape cloquée ou fissurée, l'exécution d'une chape en ciment sur un support ancien, l'injection de ciment dans le béton ou les fissures, donnent rarement des résultats satisfaisants et durables.

L'obturation rigide des fissures, avec du ciment ou du mortier peut d'ailleurs présenter des inconvénients; en effet, beaucoup de fissures ont une ouverture variable dans le temps en fonction de la température et des surcharges momentanées (vent, neige, convois pour les ponts). Un bouchage au ciment n'assure pas alors une obturation permanente et peut en outre, en interdisant le jeu d'une fissure, en provoquer une autre.

Etanchement et obturations par produits plastiques selon les méthodes traditionnelles

— application de bandes de feutre imprégnées ou de métal (cuivre, plomb, aluminium) enrobé de bitume pur,

— calfeutrement par bourrage après élargissement en v des lèvres de la fissure à l'aide d'un mastic plus ou moins épais.

Lorsqu'ils sont appliqués sur un support soumis à des mouvements alternés à grande fréquence, même à faible amplitude (cas des ponts de chemin de fer à poutrelles enrobées) ces produits, dans un délai assez court, s'écrouissent et se coupent en quelques points singuliers. L'armature en métal n'y fait pas exception.

De plus, leur couleur noire les rend inesthétiques. Ils absorbent les rayons solaires et vieillissent assez rapidement. Les surfacés aluminium présentent toutefois à cet égard une amélioration.

III

Procédes d'étanchement par injection de produits autres que le ciment

A – Essais du Laboratoire National des Ponts et Chaussées

En Juillet 1942, dans une Circulaire de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, M. DURIEZ, Ingénieur en Chef, Chef du Laboratoire National des Ponts et Chaussées, exposait le résultat des recherches entreprises par ses Services en vue d'obturer les fissures du béton armé afin de protéger les aciers contre l'attaque des eaux et des fumées.

Ecartant l'obturation rigide, considérée comme généralement nuisible dans les fissures se produisant dans les conditions habituelles de travail des ouvrages, M. DURIEZ orienta les recherches vers l'obturation plastique, assimilant ces fissures à des joints de dilatation accidentels qu'il convenait d'obturer avec des produits permettant un certain jeu.

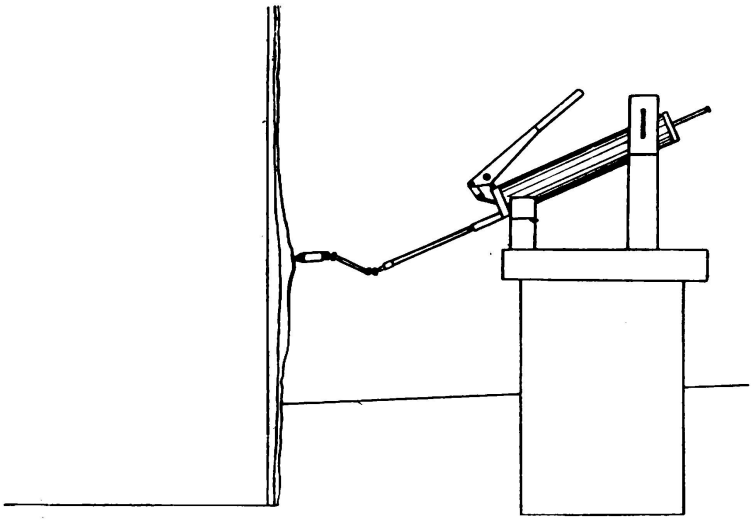

FIG. 5. Appareil d'essai

Les produits essayés étaient des bitumes et des brais de goudron à points de ramollissement différents.

Le matériel employé se composait d'une pompe Técalémit à levier d'une contenance de 1 litre, reliée à une aiguille hypodermique par l'intermédiaire d'un tuyau articulé. L'aiguille était placée entre deux plaques planes de béton dont l'écartement, variable, représentait la fissure à injecter. Un joint en ciment prompt calfeutrait extérieurement la «fissure» ainsi créée en même temps qu'il maintenait l'aiguille en position (Fig. 5).

B – Recherches de la S. N. C. F.

En 1944, de nombreuses destructions de guerre, s'ajoutant à celles de 1940, posèrent, sur la Région de l'Est en particulier, de multiples problèmes de réparations de ponts et autres constructions en béton armé.

Nous cherchâmes alors à utiliser sur le plan pratique les essais de M. DURIEZ, dont l'avis sur l'inopportunité de certaines obturations au ciment confirmait nos propres constatations.

Dès le début de 1945, un premier essai fut fait sur la toiture d'un abri à voyageurs de la gare de Noisy-le-Sec, fortement endommagé par bombardement aérien.

Notre matériel comprenait: 1 marteau, 1 tamponnoir de 4 mm de ø 1 pompe Técalémit d'une capacité de 0,5 l., 1 jeu d'aiguilles. Bien que nous ayons conservé le terme «aiguille» l'aiguille hypodermique trop fragile était remplacée par un tube en laiton de ø = 2 mm. (Fig. 6) brasé sur une embase en acier filetée intérieurement de façon à pouvoir se raccorder sur le tuyau d'injection et recevoir un bouchon fileté.

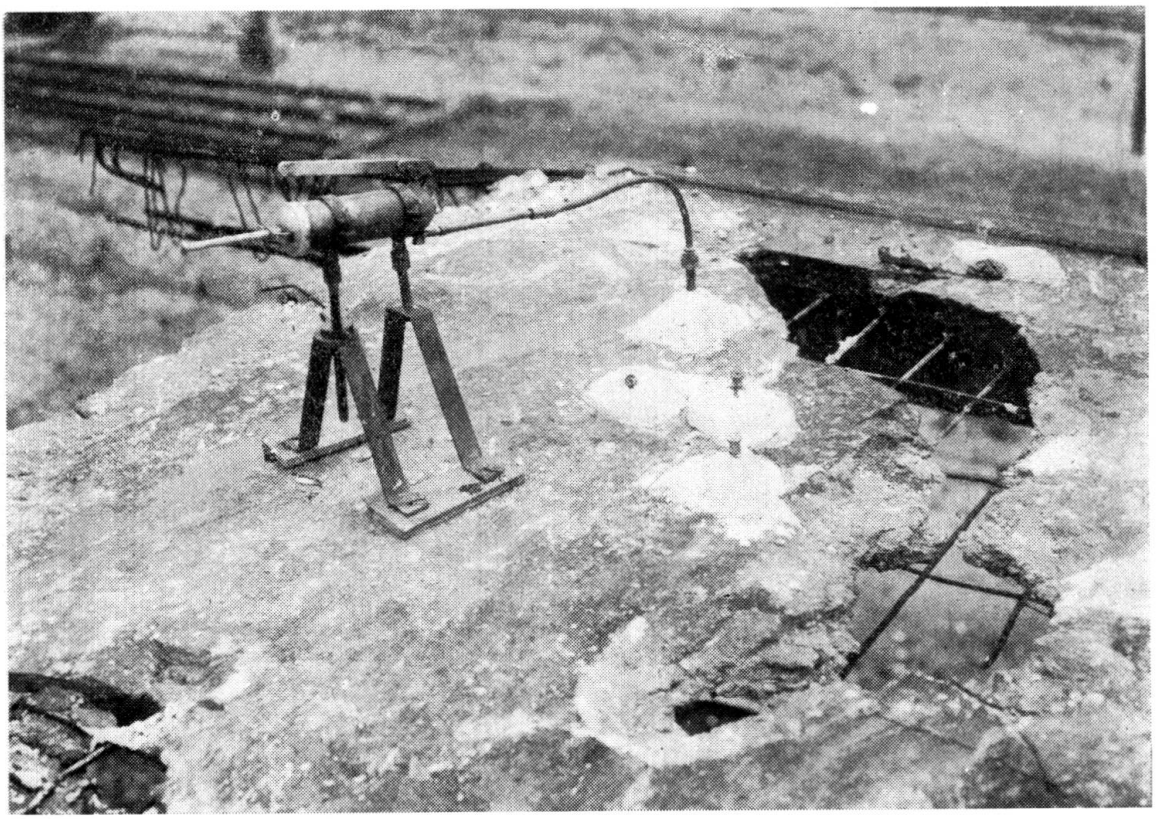

FIG. 6. Noisy-le-Sec – Abri à voyageurs

Sur les fissures, dont l'ouverture variait de 0,5 à 3mm sur la face supérieure la plus ouverte, nous avons percé des trous de 4mm de diamètre et de 2cm de profondeur. Ces trous, espacés de 0,60 à 1,00m recevaient chacun une «aiguille». Ces aiguilles étaient scellées par une sorte de plot confectionné autour de l'embase. La fissure était dans le même temps obturée superficiellement sur les 2 faces, et sur toute sa longueur, à l'aide d'un solin à section triangulaire, exécuté dans un premier essai au mortier de ciment.

Le retrait, l'adhérence insuffisante sur le béton, les trépidations occasionnées par la circulation des convois à proximité de l'ouvrage, occasionnèrent des décollements de solins et d'aiguilles.

A défaut d'accélérateur de prise, nous avons finalement préféré le plâtre qui avait l'avantage de permettre la réparation rapide de ces désordres et d'arrêter les écoulement qui se produisaient alors.

Nous avons injecté deux produits bitumineux commerciaux agréés par la S. N. C. F., à savoir:

— un produit liquide destiné à pénétrer les fissures très fines,
— un produit plus épais pour les fissures plus ouvertes.

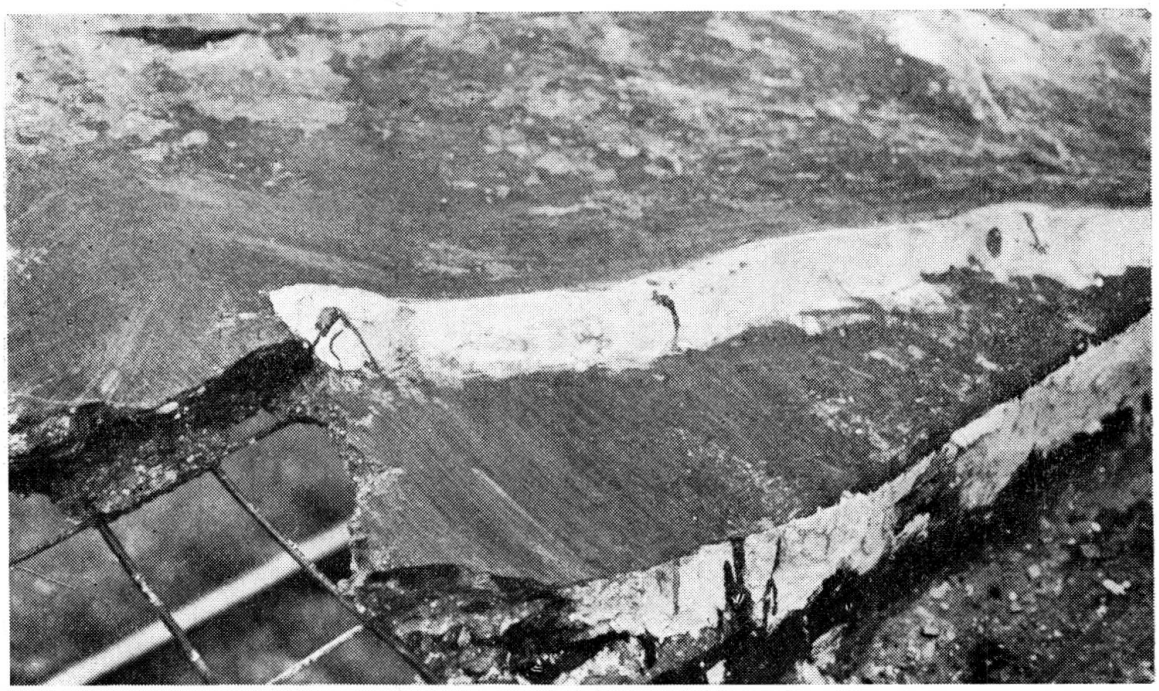

FIG. 7. Noisy-le-Sec – Abri à voyageurs

Commencée par une extrémité de la fissure, l'injection était contrôlée par les aiguilles voisines et poursuivie à partir de ces aiguilles et de proche en proche jusqu'à remplissage complet (Fig. 7).

Après quelques jours d'attente, nous avons enlevé solins et aiguilles et dégagé quelques fissures injectées. Les produits avaient complètement enduit le béton et les armatures. Le résultat cherché était atteint.

Aussitôt après, une application pratique de ce procédé eut lieu sur un pont de la ligne de Troyes à Gray. Il s'agissait d'un pont dalle en béton armé, sous rails, à 1 voie, dit de Fouchères, sur la Seine (5 travées continues de 10,30 m d'ouverture chacune), (Fig. 8).

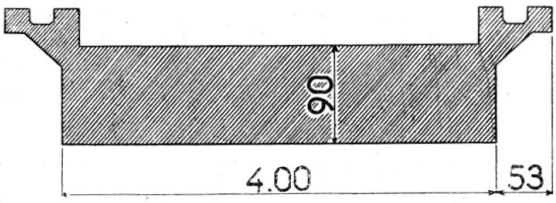

FIG. 8. P. I. de Fouchères coupe transversale

En 1944, les travées 2 et 3 avaient été détruites par faits de guerre, ce qui avait occasionné des fissures transversales ayant, sur le dessus du tablier:

— dans la travée n° 1, 0,25 à 0,75mm d'ouverture,
— dans la travée n° 4, 0,5 à 1,5mm d'ouverture.

Ces fissures intéressaient toute la section, mais s'amenuisaient jusqu'à devenir imperceptibles à la sous-face.

Les injections eurent lieu, en hiver, du 28 Janvier au 23 Février 1946, aussitôt achevée la reconstruction des 2 travées détruites.

Nous avons utilisé le matériel et les produits déjà décrits et appliqué la même technique que précédemment. (Fig. 9).

Les fissures ont été calfeutrées superficiellement sur le dessus et les 2 côtés seulement, puisque invisibles à la sous-face. La tenue des solins

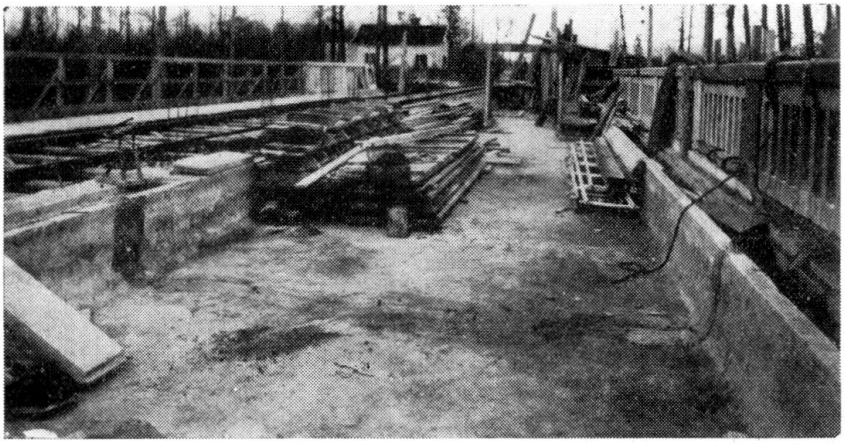

FIG. 9. P. I. de Fouchères

et des scellements a été contrariée par le froid. Nous avons en outre retrouvé là les difficultés d'adhérence précédentes.

Partant du milieu du tablier, nous avons d'abord injecté le produit liquide pour faciliter, en raison de l'épaisseur du béton, le passage du produit épais. Le produit liquide imprègne le béton et réduit les rugosités internes de la fissure. Le produit épais glisse alors entre deux films liquides, ce qui améliore ses possibilités de répartition. Nous avons progressé d'aiguille en aiguille jusqu'à apparition du produit sous le tablier et aux divers points de contrôle.

Malgré l'épaisseur du tablier, la répartition de l'injection a été excellente. Les fissures les plus fines étaient imprégnées. C'est ainsi que sont apparues, dessinées par un fin liseré noir, des fissures de reprise de bétonnage qui étaient invisibles avant l'opération. (Fig. 10).

La même année, nous avons traité de la même façon quelques fissures en voile mince dans la couverture en béton armé d'une halle à marchandises à Château-Thierry, endommagée par des explosions de munitions. L'étanchéité a été rétablie.

La possibilité d'injecter les fissures du béton armé et, par cela même, de protéger le béton et les armatures contre les corrosions étant ainsi

reconnue, nous avons cherché à obtenir, par le même procédé, l'étanchement des ouvrages sous rails, à poutrelles enrobées.

On sait en effet que ces ouvrages, lorsqu'ils sont de types anciens, présentent fréquemment des écoulements d'eau entre les 1ère, 2ème et 3ème poutrelles de rive, dans l'axe longitudinal du tablier (pour les tabliers à 2 voies), sur les appuis intermédiaires (pour les ouvrages à plusieurs travées).

Pour ce nouvel essai, nous avons choisi un ouvrage dont le nombre de voies, leur tracé, la densité de la circulation rendaient très difficile et très onéreuse toute réfection d'étanchéité traditionnelle.

Cet ouvrage construit en 1921, situé à l'entrée de la gare de Reims, est un passage inférieur à 2 travées continues de 7,00m d'ouverture chacune et de 30,00 m de largeur sans coupures intermédiaires. Le tablier est constitué par des IPN de 400mm enrobés, à ailes inférieures appa-

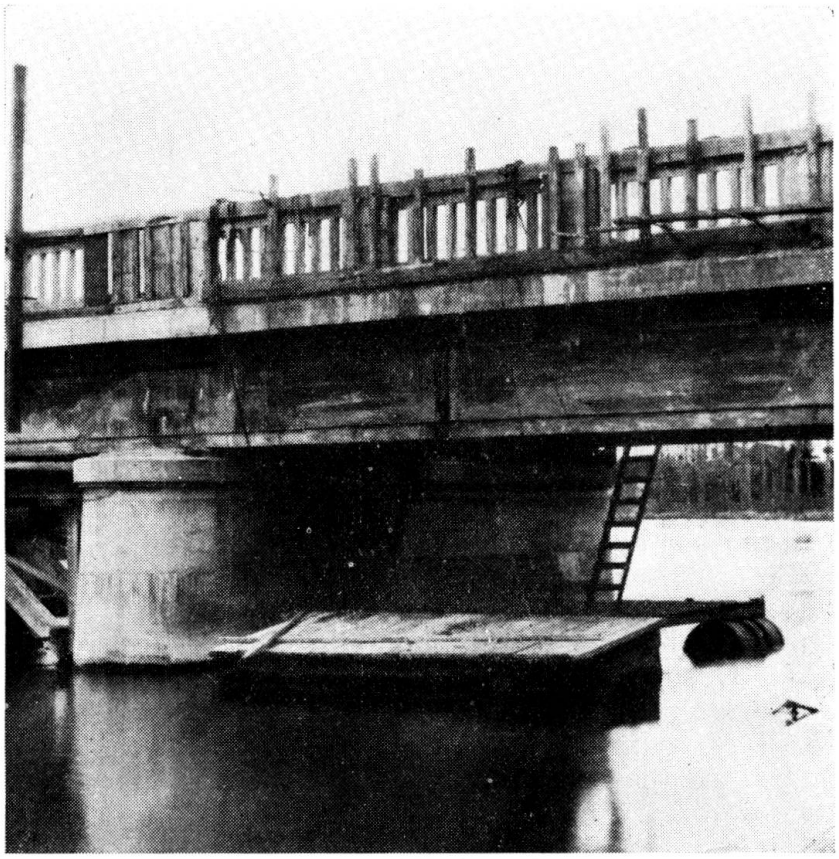

FIG. 10. P. I. de Fouchères

rentes. Les poutrelles reposent en leur milieu sur un poitrail constitué par des IPN de 450mm assemblés par couvre-joints au droit de piliers supports espacés de 2,058 m.

Le tablier a été à l'origine revêtu d'une chape en asphalte de 15mm d'épaisseur recouverte d'une contre-chape en béton maigre de 40mm d'épaisseur. (Fig. 11).

Des infiltrations s'étant produites au droit du poitrail, une chape complémentaire en plomb enrobé de bitume pur avait été posée vers 1938

entre deux couches d'asphalte, sur une largeur de 1,00m à cheval sur l'appui. Une contre-chape en mortier de ciment en assurait la protection.

Aucun résultat n'ayant été obtenu, nous nous sommes proposés d'étancher à titre d'essai un élément du poitrail et les zones avoisinantes du tablier, en opérant dans une entrevoie pour pouvoir enlever le ballast.

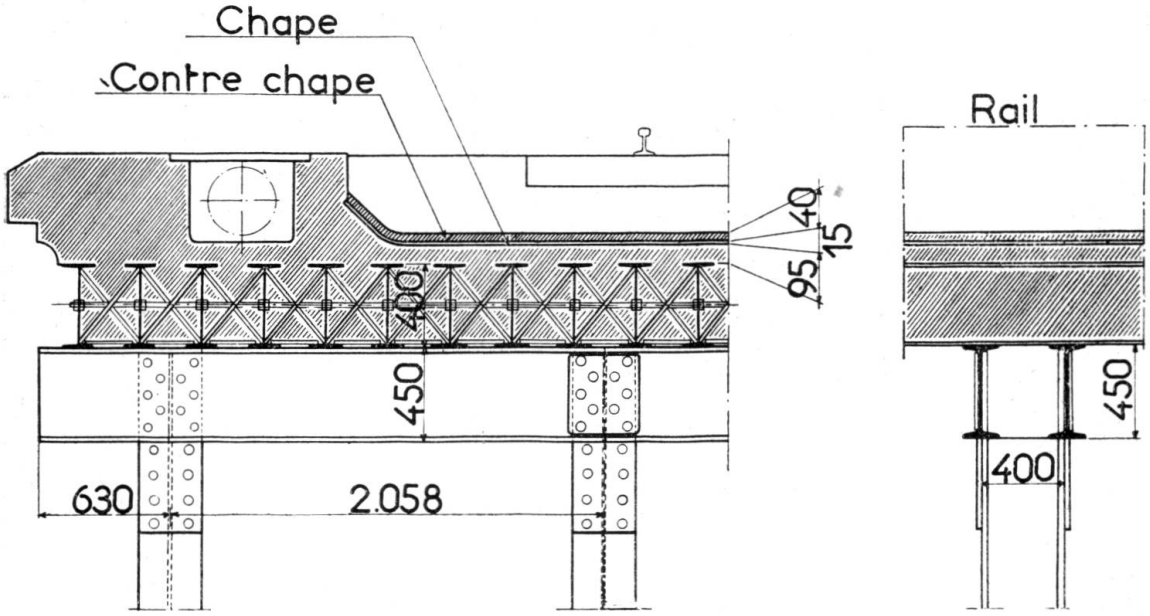

FIG. 11. P. I. de Courcelles

Nous avons trouvé, au droit des appuis, et dans l'ordre: la contre-chape fendue, la 1ère couche d'asphalte fendue, la chape en plomb enrobée, écrouie et déchirée, la 2ème couche d'asphalte fendue ainsi que le béton de la dalle.

Nous avons retroussé la chape en plomb pour atteindre la fissure du béton et y sceller nos aiguilles (Fig. 12).

Nous nous attendions à traiter, au sein d'un béton compact, des fissures caractérisées dont le tracé épouserait le profil des laminés. En fait, nous avons trouvé des vides parfois importants, à communications multiples.

Nous fûmes donc amenés à utiliser une pompe de plus grande capacité, à plus fort débit, à plus grand rayon d'action.

A travers les calfeutrements inférieurs étaient fixées des aiguilles formant exutoires pour les eaux infiltrées dans le tablier et qui devaient servir aussi de points de contrôle de la propagation de l'injection, et, le cas échéant, de points d'injections.

Dans cette zone, nous avons injecté les mêmes produits bitumineux que lors des essais précédents. Nous avons toutefois dû épaissir davantage le produit épais, à l'aide de brai fondu, à cause de l'importance des vides.

Cependant certains vides, de volume unitaire important, se sont parfois emplis de produit liquide que le produit épais n'a pu remplacer. Ce produit liquide, à l'abri de toute évaporation, enfermé en milieu mouillé, ne sèche pas ou très lentement. Toute rupture de calfeutrement, toute communication intempestive avec l'extérieur entraînent un écoule-

ment plus ou moins abondant qui compromet l'efficacité du travail exécuté, en même temps qu'il peut être pour les usagers une source de dommage sous forme de taches indélébiles. Cela s'est produit à plusieurs reprises, mais, par chance, sans dommage autre que la perte du produit écoulé.

C'est alors que, pour pallier cet inconvénient, nous avons pensé qu'une solution de caoutchouc, à solvant plus volatil, et sans huiles, devrait permettre une meilleure tenue du produit en place. L'élimination

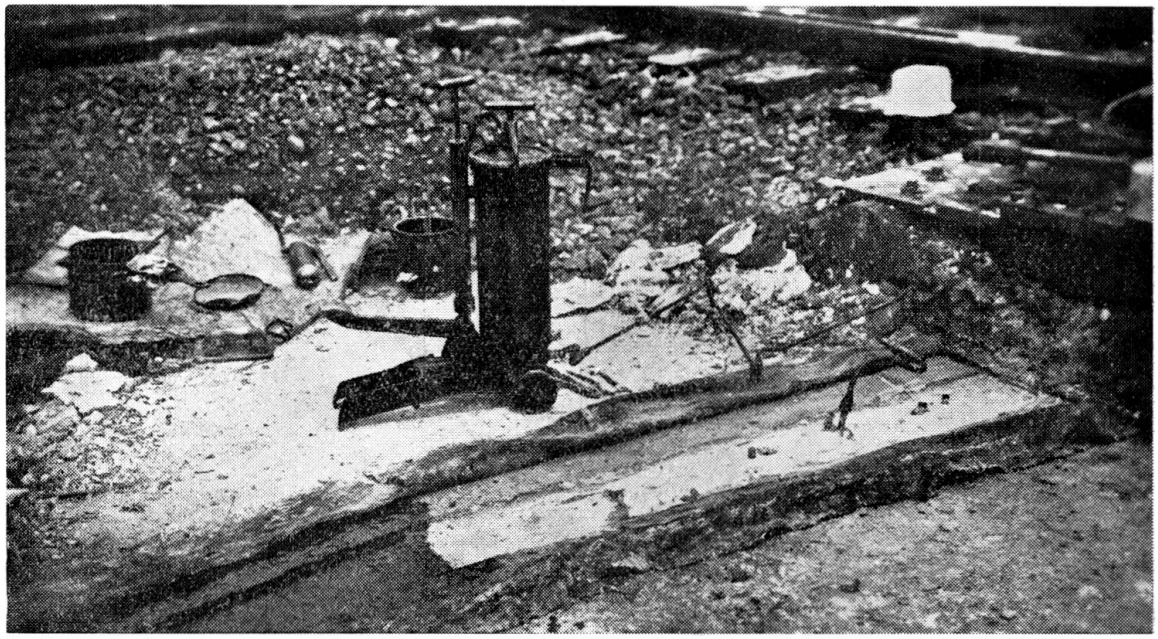

FIG. 12. P. I. de Courcelles

du solvant, à la périphérie des fissures, devait entraîner la formation d'un calfeutrement élastique, capable de résister aux mouvements de flexion et empêcher l'écoulement de la solution.

La Société La Guttaterna prépara 2 produits, appelés F1 (très fluide) et F12 (viscosité moyenne) de couleur noire. Le mélange des deux devait permettre d'obtenir la viscosité convenable aux vides à traiter. Une première application de ces produits a été faite sur une autre zone de l'ouvrage ci-dessus moyennement humide.

Par la suite, nous avons demandé à la Société La Guttaterna de confectionner les mêmes produits, en teinte claire. Nous les avons utilisés à la réfection de l'étanchéité des deux passages souterrains à voyageurs de la gare de Troyes, sous les voies I et II de la ligne de Paris à Bâle.

Ces passages souterrains, du type à poutrelles enrobées, ont 5,00 m d'ouverture chacun. Ils comprennent 3 tabliers de 7,50 m de longueur, et comportent des poutrelles IPN de 320 mm, reliées entre elles par 3 files de tiges filetées alternées de ø 20 mm et entretoisées par des fers plats disposés en croix de St. André.

Le béton, sur les poutrelles, avait 50 mm d'épaisseur. A l'origine, une chape en asphalte de 15 mm d'épaisseur et une contre-chape de 40 mm en béton maigre assuraient l'étanchéité; en outre, un enduit grillagé

de 20 mm couvrait la sous-face du tablier. Par la suite, les infiltrations qui se sont produites à travers le tablier ont occasionné l'oxydation du grillage, qui s'est rompu. L'enduit, fragmenté, menaçait de tomber. Il a été enlevé pour éviter des accidents.

Au moment où nous avons entrepris nos injections, les infiltrations se faisaient le long des murs de quai, intéressant les quatre premières poutrelles de rive. Le béton de remplissage apparaissait parfois compact, parfois très aéré, avec par endroits des vides au droit des tiges filetées et des croix de St André.

Pour retenir l'injection, et à cause des vides du béton, nous avons exécuté un enduit général en ciment artificiel additionné d'un accélerateur, entre les poutrelles considérées. Des aiguilles peu profondes avaient été scellées auparavant, en quinconce, tous les 0,80 m de chaque côté des poutrelles, pour assurer l'écoulement des eaux infiltrées, contrôler la répartition du produit et pour permettre l'injection le cas échéant.

Le ballast fut enlevé entre la murette du quai et les têtes de traverse. Un solin d'angle, exécuté en mortier de ciment sur un bourrage en mastic bitumineux, apparut cassé, sans que l'on puisse déceler une fissure franche, nettement caractérisée. Cependant, le tablier absorbait l'eau que nous versions le long du quai.

Une tentative d'injection par le dessous fut infructueuse; les aiguilles trop courtes, ne débouchaient pas.

Partant du dessus du tablier dégarni, nous avons percé des trous obliques atteignant l'angle supérieur des poutrelles. Ces trous, au nombre de 3 par poutrelle, avaient 15 mm de diamètre. Nous y avons placé un tube de fer, scellé superficiellement, sur lequel se raccordait l'aiguille prolongeant le tuyau d'injection. (Fig. 13).

Pour ce nouveau travail, nous avons créé le matériel figuré sur la Fig. 14. Il comprend essentiellement un cylindre en acier étiré dans lequel se déplace verticalement un piston actionné par une tige filetée munie d'un volant. L'orifice de sortie se raccorde à 1 rampe à 3 départs permettant d'alimenter 3 aiguilles en même temps.

L'injection fut arrêtée lorsqu'elle apparut sur les sommiers, aux aiguilles de contrôle scellées sous le tablier et que la communication fut établie entre les diverses aiguilles d'injection.

Exécuté sans apporter aucune gêne ni aux voyageurs, ni au trafic, ce procédé d'étanchement est évidemment beaucoup plus économique qu'une réfection d'étanchéité traditionnelle (non dépose de voie, absence de frais de ralentissements, de modifications d'enclenchements, de signalisation).

Le matériel, robuste, peu encombrant, utilisable en tous lieux, a donné entière satisfaction. Il a été généralisé depuis pour l'emploi des produits visqueux.

Les produits Guttaterna, noirs puis beige clair, que nous avons utilisés ont donné dans l'ensemble satisfaction en milieu moyennement humide. En présence d'eau, le produit, hydrophobe, s'insinue mais ne s'accroche pas. Cela nous a valu quelques écoulements extérieurs, moins graves qu'avec les solutions bitumineuses, mais gênants. Nous avons alors demandé au fabricant de composer un produit épaississant par réaction chimique de façon à ne plus couler dans un temps très court.

Après quelques mois de recherches, la Société La Guttaterna a mis au point un produit noir dénommé FR 12, produit moyennement visqueux qui se fluidifie par adjonction d'un diluant. Il épaissit par réaction en présence de chaux et ne coule plus au bout de quatre jours.

Ce produit a été utilisé sur plusieurs ouvrages de la Region Sud-Est, en particulier sur un pont à poutrelles enrobées situé à l'entrée de la gare de Vichy sur la ligne de Paris à Clermont-Ferrand.

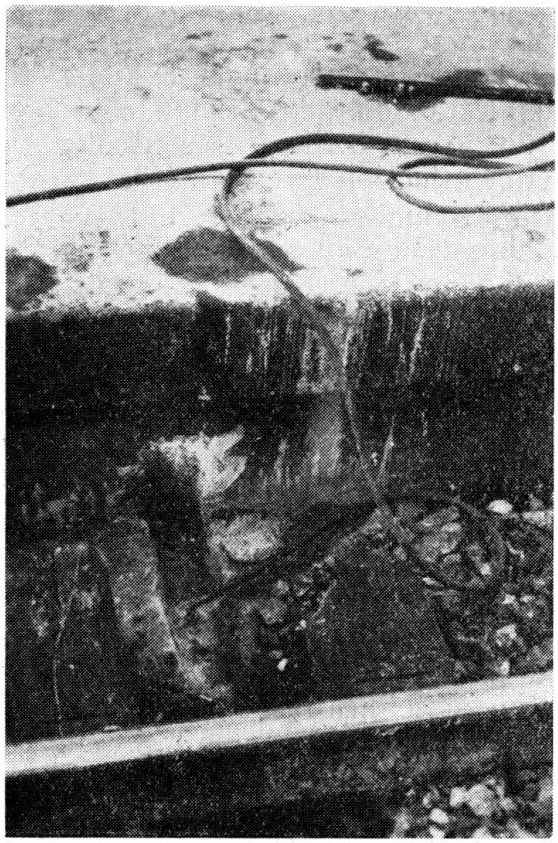

FIG. 13. Troyes. Passages souterrains

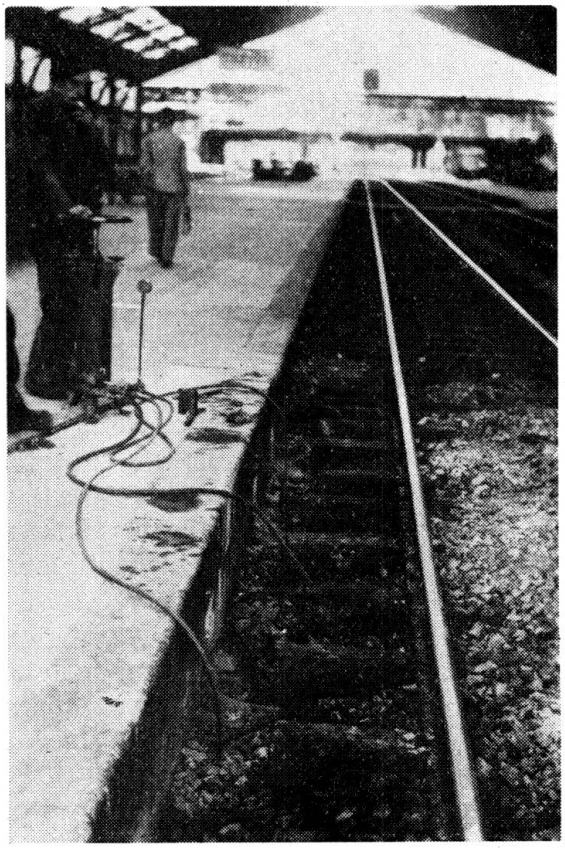

FIG. 14. Troyes. Passages souterrains

Ce pont, construit en 1924, est constitué par des poutrelles Grey de 650 mm entretoisées à l'aide de croix de St. André en fers carrés de 40 mm. Au passage des convois, en plus du meulage du béton le long de l'âme de la poutrelle, les fers carrés sectionnent le remplissage dans les intervalles.

De plus, la chape en asphalte étant usée, l'ouvrage était traversé par les eaux.

En 1951, une injection de ciment, exécutée à l'entreprise en vue de rétablir l'étanchéité n'a donné que des résultats passagers.

Le rétablissement de l'étanchéité par injection de Guttaterna FR 12 a été décidé et éxécuté en 1954. (Fig. 15 et 16).

Ce chantier n'a donné lieu à aucune remarque particulière, si ce n'est l'importance des quantités injectées malgré l'injection de ciment effectuée en 1951. Aucune égoutture importante ne s'est produite.

Avant que la Société Guttaterna ait créé son produit en solution FR 12, et toujours dans le but d'obtenir, dans l'ouvrage, un produit élastique se prêtant à toutes les déformations sans risque de coulures accidentelles, nous avons songé à utiliser des émulsions aqueuses de Latex naturel. Après quelques essais de laboratoire exécutés grâce à des échantillons que nous avaient remis gracieusement l'Institut français du Caoutchouc et la Société Alcan et Cie, nous avons appliqué un produit composé industriellement par les Etablissements Hte Boulenger & Cie.

Il s'agit d'une émulsion aqueuse de Revertex, à 70 % de concentration de latex naturel. Cette émulsion possède une fluidité très voisine de celle de l'eau. En y ajoutant, en proportions variables selon le désir de

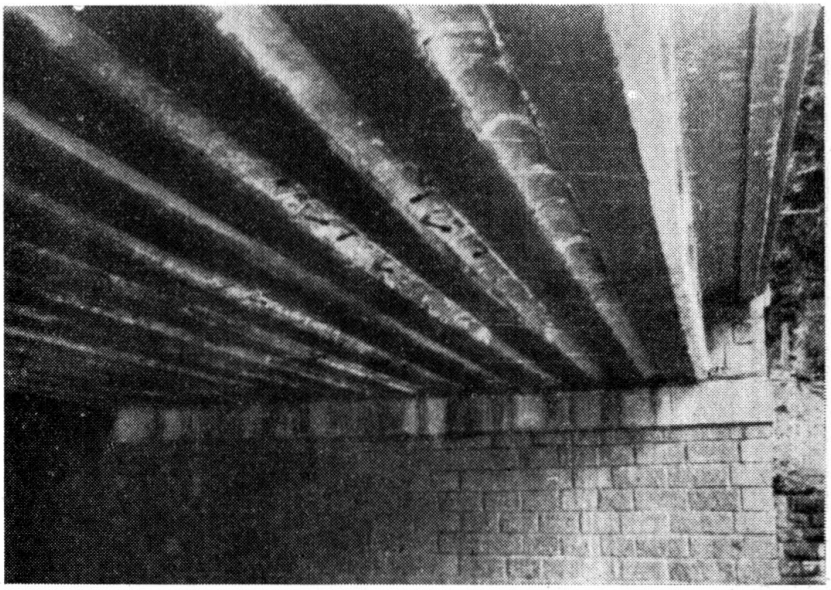

FIG. 15. P. I. de Vichy

l'utilisateur, une poudre dite «déshydratante» on obtient un produit dont la viscosité peut varier entre celle de l'eau et celle d'un mastic, et dont la rapidité de prise varie entre plusieurs heures et quelque dix minutes. La réaction se poursuit et le produit finalement obtenu est un caoutchouc, vulcanisé à froid, et moulé en place.

La poudre d'adjonction contient, entre autres produits, de l'amiante pulvérulente et du ciment. Celui-ci peut être du ciment artificiel, du ciment de fer, du ciment fondu ou même du ciment expansif selon la nature des eaux que l'on peut rencontrer au cours de l'injection.

Après deux essais limités et de peu d'importance, l'un en gare de Dieppe-Maritime, l'autre en gare de Paris-Est, essais destinés à expérimenter ce produit sur le plan pratique (difficultés de mise en oeuvre et tenue), nous avons, en 1954, utilisé l'émulsion de Latex au traitement de deux ouvrages à poutrelles enrobées. Il s'agit:

1° – d'un passage souterrain à voyageurs en gare d'Epinal, sous la ligne de Nancy à St. Dié,

2° – d'un passage inférieur à l'entrée de la gare de Lunéville, sous la ligne de Nancy à Strasbourg.

Dans les deux cas, les résultats ont été probants.

L'émulsion se propage avec une grande facilité. Les égouttures qui peuvent se produire au moment de l'injection tarissent d'elles-mêmes très rapidement. Si besoin est, il est possible de les arrêter immédiatement en appliquant une bande de papier Kraft sur le point d'écoulement: le papier absorbe l'eau, se colle immédiatement et l'écoulement s'arrête.

En présence de matériaux hydrophiles, et en milieu peu humide, l'eau de l'émulsion peut être très rapidement absorbée par le milieu

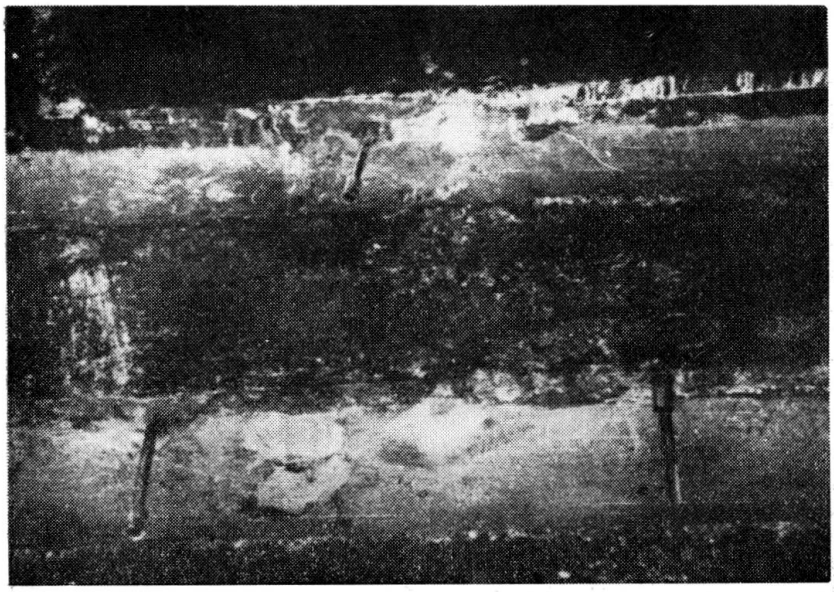

FIG. 16. P. I. de Vichy. Aiguilles d'injection

injecté. Le Latex épaissit alors très rapidement et la propagation du produit peut se trouver retardée ou même arrêtée. Il convient d'en tenir compte le cas échéant.

La réaction de prise, qui se fait en milieu fermé d'autant plus rapidement que la concentration en poudre est plus grande, tansforme le liquide en un solide élastique non réversible. Cela oblige à nettoyer consciencieusement tuyaux et appareils avant que commence cette réaction. Toutefois, un simple lavage à l'eau suffit.

Pour l'emploi de ce nouveau produit, le débit de nos pompes à volant est un peu lent; leur nettoyage, difficile. Excellentes pour les produits visqueux en solution, elles sont inadaptées aux injections d'émulsions aqueuses.

Par ailleurs, ces émulsions de Latex sont assez chères. Il convient donc d'en limiter l'emploi à l'étanchement proprement dit et, par conséquent, de réduire le plus possible les vides du béton en injectant au préalable un coulis de ciment, pur ou additionné de sable fin.

C'est cette nouvelle méthode que nous avons appliquée à l'ouvrage suivant.

Il s'agit d'un passage souterrain à voyageurs, en gare de Langres, construit en 1924 et comprenant 3 tabliers à 2 voies, à poutrelles enrobées, de 2,50 m d'ouverture et de 7,50 m de longueur chacun.

Chaque tablier est constitué par des poutrelles IPN de 200 espacées de 300 mm. Le béton assure, au point haut du tablier, une couverture des poutrelles de 35 mm. Une chape en asphalte de 15 mm d'épaisseur, protégée par une contre-chape en béton maigre de 40 mm, assurait à l'origine l'étanchéité de l'ouvrage.

En 1944, les 3 tabliers ont été pétardés au cours des hostilités et partiellement détruits. Ils ont été reconstruits en identique en 1945 (avec chape d'asphalte et contre-chape comme les tabliers initiaux).

Très rapidement, des infiltrations d'eau sont apparues en différents endroits, le long des poutrelles de rive et au raccord des parties nouvelles et anciennes.

Systématiquement, nous avons percé, dans les zones mouillées 3 trous de 22 mm de ø de chaque côté des poutrelles considérées. Ils ont été exécutés jusqu'à l'angle supérieur de la poutrelle.

Pour l'injection, les trous étaient munis d'une lance tronconique en fer permettant un calfeutrement facile par serrage, avec interposition de papier. Un raccord, du type raccord rapide avec clé de fermeture, permettait de passer le tuyau d'injection d'une lance à l'autre dans un temps très court.

Avant de commencer l'injection de ciment, le débouché, la capacité d'absorption, l'inter-communication de ces trous ont été recherchés et contrôlés par une injection d'eau à faible pression.

Nous nous sommes servis d'une pompe à injection de ciment, à piston, du type Pfyffer avec l'idée de l'employer également pour l'injection du Latex (Fig. 17).

A partir d'un trou proche de la culée, nous avons injecté un coulis de ciment additionné de sable de Clamart (sable très fin). Au fur et à mesure que le coulis apparaissait à un trou de correspondance, celui-ci était obturé par une broche en bois entourée de papier Kraft et l'injection poursuivie ainsi de proche en proche. Nous arrêtions l'injection par le trou en service lorsque le coulis apparaissait sur les sommiers (afin de ne pas injecter derrière les culées et remplir les filtres) ou lorsque le refus était obtenu à ce trou. Quelques heures après, et avant que le coulis injecté soit dur, les trous étaient débouchés à la main, afin d'être réutilisés pour l'injection d'étanchéité proprement dite.

Nous avons ainsi injecté dans les 3 tabliers 1500 Kg de ciment, ce qui confirmait notre opinion sur les vides existants.

Un contrôle exécuté sur la plateforme des voies, par sondage dans l'entrevoie et le long des murs de quai, n'a révélé qu'une faible intrusion de coulis dans le ballast, en un seul point.

L'étanchéité obtenue par cette première injection était déjà appréciable. Là où les infiltrations ont continué à se produire, nous avons passé l'injection de Latex à l'aide de la même pompe. La quantité injectée a été de l'ordre de 30 litres.

C – Application sur la S. N. C. F. des procédés mis au point par la Société Française d'Imperméabilisation

Cette Société utilise un matériel comprenant un pot à pression à grande capacité, permettant, par le jeu d'une rampe de départ sur laquelle sont fixés des raccords à 2 voies, l'alimentation de 8 tuyaux munis à chaque extrémité d'un surpresseur à main du type Técalémit. Ce surpresseur apporte le complément de pression nécessaire à la pénétration du produit lorsque la pression primaire, de l'ordre de 5 Kg/cm², appliquée sur le produit dans le pot à pression, se trouve insuffisante.

Le produit injecté, dénommé Terastic, comprend une gamme de viscosités adaptées à la capacité des fissures. C'est essentiellement un composé de bitume et de caoutchouc en solution qui adhère sur parois mouillées. Il conserve, *in situ*, la viscosité d'origine pendant plusieurs mois Cependant l'adjonction, au moment de l'emploi, d'un vulcanisateur à froid, permet de lui donner une certaine fermeté qui l'empêcherait de couler.

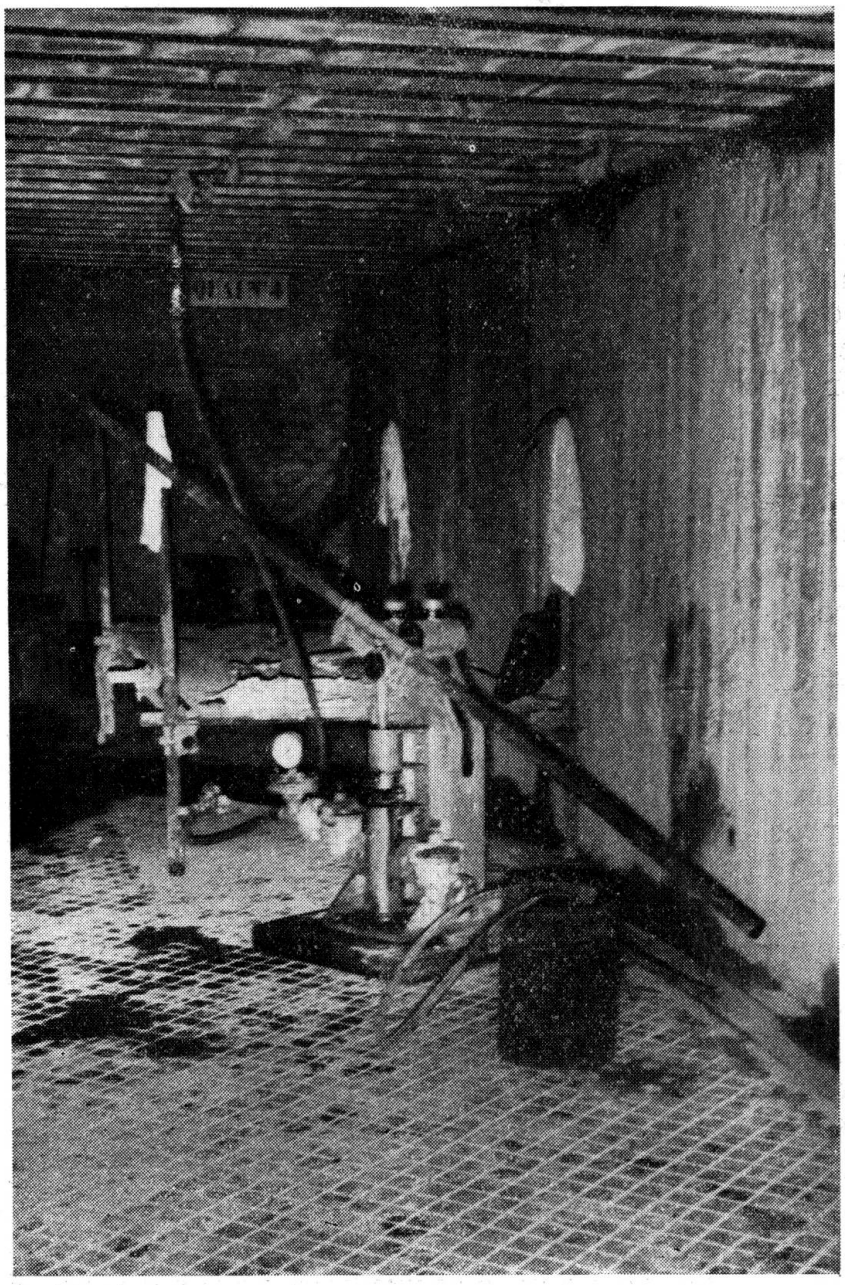

FIG. 17. Passage souterrain de Langres

Cette Société a éxécuté pour la S. N. C. F.:

— le bouchement de fissures dans un encorbellement de chaussée à la sortie de la gare St. Lazare,

— l'achèvement de l'étanchement du pont de Courcelles, à l'entrée de la gare de Reims, sur lequel nous avons effectué antérieurement l'essai décrit précédemment,

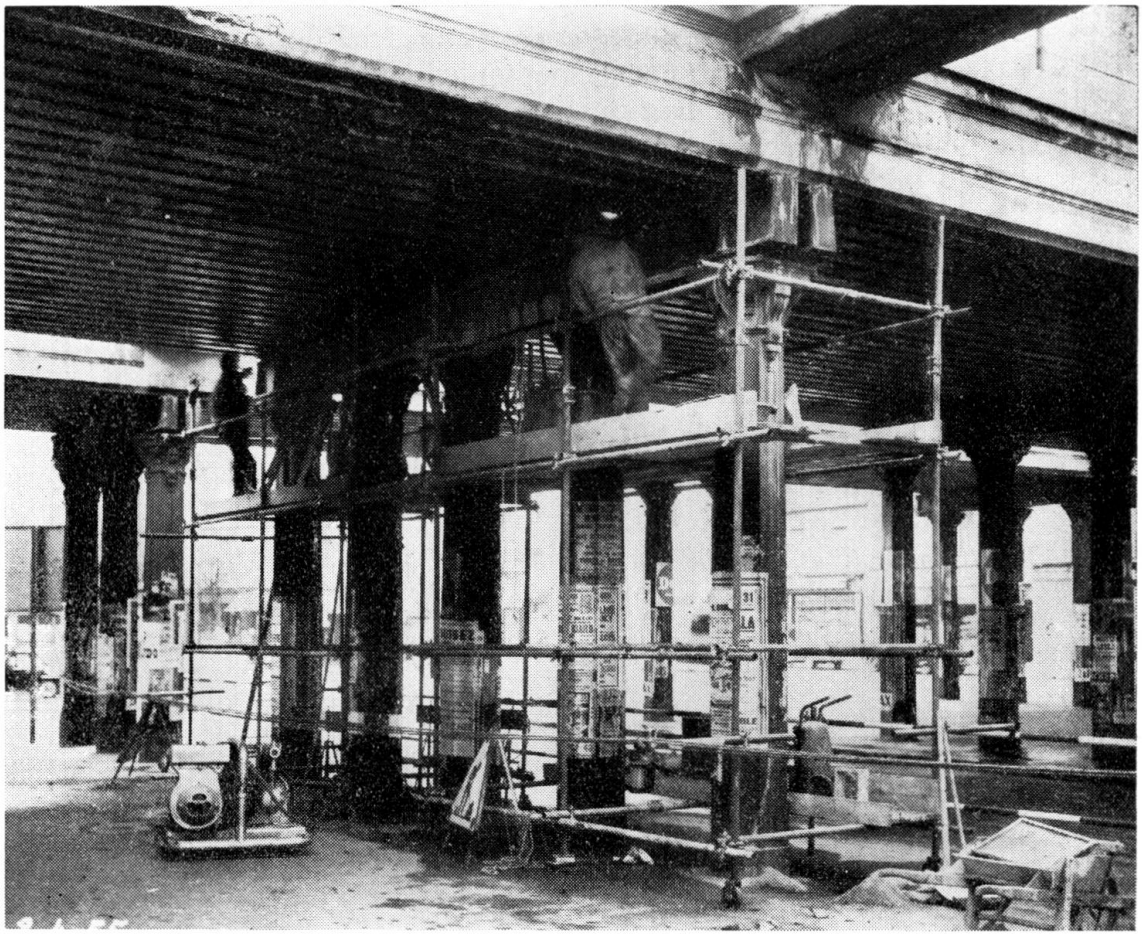

FIG. 18. Viaduc du Raincy. Villemomble

— l'étanchement d'un tablier à poutrelles enrobées au-dessus du passage souterrain à voyageurs de la gare d'Asnières,

— l'étanchement d'une partie du tablier sous voies I et II du viaduc à poutrelles enrobées à l'entrée de la gare de Raincy-Villemomble (Fig. 18).

D – Application des divers procédés exposés ci-avant par la Compagnie du Métropolitain de la Ville de Paris

Nous citerons les essais suivants faits par la Division des Ouvrages d'art de cette Compagnie.

— à la station Gare de Lyon de la ligne Pont de Neuilly — Château de Vincennes:

Etanchement de voutains en briques appuyés sur des pièces de charpente métallique et situés sous le Boulevard Diderot.

Ce travail a été exécuté avec le matériel de la Région Sud-Est (pompes à volant) et par le personnel du Métropolitain, conseillé par les agents de la Région Sud-Est, le produit employé étant ici la Guttaterna FR 12.

— à la station Stalingrad de la ligne de la Porte Dauphine à la Nation:

Etanchement de voutains en briques appuyés sur des pièces de pont métalliques et livrant passage aux voies ci-dessus.

Le travail, entrepris sous notre direction, a été exécuté par la main-d'oeuvre du Métropolitain à l'aide de nos pompes à volant et avec une émulsion de Latex.

— à la station Porte des Lilas: injection de fissures dans une fosse de visite.

— entre les stations Corentin Celton et Porte de Versailles, sur la ligne Porte de la Chapelle — Mairie d'Issy: injection de fissures en voûte d'une galerie de circulation.

Ces travaux ont été exécutés par la Société Française d'Imperméabilisation avec son personnel et son produit Terastic.

IV

Conclusion

En conclusion, l'étanchement des ouvrages par injection de produits autres que le ciment semble avoir un champ d'application assez vaste.

En effet, ce procédé permet:

— d'assurer la conservation des armatures et du béton lui-même en les soustrayant à l'action d'ambiances agressives, par obturation *en profondeur* des fissures ou des vides du béton.

— d'assurer ou de rétablir l'étanchéité des ouvrages, en obturant les points où l'étanchement préétabli s'est trouvé en défaut sans avoir à reprendre le système d'étanchement lui-même.

— d'opérer les injections à partir des points les plus favorables en choisissant ceux-ci de façon à n'apporter aucune gêne, ou du moins le minimum de gêne, à l'utilisateur, tout en facilitant le travail de l'applicateur (cas de ponts sous rails ou sous chaussée, où l'injection peut être réalisée à partir du dessous du tablier).

— d'assurer aux étanchements réalisés une élasticité leur permettant de suivre les fluctuations de l'ouvrage en même temps qu'une plus grande longévité, les produits injectés se trouvant soustraits aux facteurs de vieillissements habituels (variations rapides de température, action des rayons solaires).

La gamme des produits, auxquels on peut ajouter les résines vinyliques, doit permettre d'apporter par cette méthode une solution à bien des problèmes jusqu'alors difficilement solubles.

RÉSUMÉ

Les installations des chemins de Fer Français comportent de nombreuses constructions en béton armé: ouvrages d'art et bâtiments.

L'entretien de ces constructions a montré que, même en l'absence d'agents notoirement agressifs, les agents atmosphériques et les variations de température peuvent à eux seuls provoquer des altérations, parfois sérieuses: appauvrissement des mortiers et bétons sous l'action des eaux de pluie, dégradations diverses sous l'action du gel, fissurations, provoquées ou aggravées par les variations de température.

L'apparition et le développement des altérations sont influencés par la conception et le calcul de l'ouvrage (pour les fissurations notamment) et par la qualité de l'exécution (compacité du béton, enrobement des armatures).

Quelques exemples concrets d'altérations sont donnés.

Pour remédier a ces altérations, et pour empêcher leur développement, les méthodes classiques d'entretien comportent divers procédés.

On a examiné ici plus particulièrement le traitement des défauts d'étanchéité et notamment des fissures.

On peut obturer les fissures par du ciment, mais le résultat est généralement peu efficace au point de vue étanchement et peu durable; au surplus, l'obturation rigide des fissures peut presenter des inconvénients.

On peut aussi traiter les fissures par application de bandes de feutre imprégnées, ou de métal enrobé de bitume, ou par calfeutrement avec un mastic plastique; toutefois, ces produits peuvent s'écrouir rapidement sur un support soumis à des mouvements alternés à grande fréquence (ponts sous rails par exemple) ; en outre, et d'une manière générale, ils vieillissent assez vite.

Pour remédier à ces divers inconvénients, on peut chercher à faire un étanchement en profondeur par injections de produits plastiques.

Dès 1942, M DURIEZ, Ingénieur en Chef, Chef du Laboratoire National des Ponts et Chaussées, avait fait faire divers essais d'injections à l'aide de produits bitumineux.

La S. N. C. F. (Région de l'Est), s'inspirant de ces essais, a mis au point après divers tâtonnements une méthode d'injection.

L'exposé montre l'évolution des recherches qui ont porté:

— sur le perfectionnement du matériel d'injection,

— sur le choix des produits à injecter (solutions bitumineuses, solutions de caoutchouc, émulsions aqueuses de Latex),

— sur le mode opératoire.

Cette méthode, qui nous a donné des résultats encourageants, semble devoir apporter une solution simple et économique à des problèmes d'étanchement qui paraissaient jusqu'ici difficiles à résoudre.

SUMMARY

French Railways installations include many reinforced concrete structures such as bridges and buildings.

Maintenance work carried out in these structures has shown that, even when they are not submitted to notoriously agressive factors, the simple influence of atmospheric actions may sometimes be the cause of serious damage such as mortar or contrete empoverishment under the action of rain-water, deterioration by frost, cracking, caused or increased by temperature changes.

These deteriorations and their spreading depend greatly on the design and calculation of the sttructure (especially where cracking is concerned) as well as on the quality of its construction (compactness of concrete, embedment of reinforcement bars).

Some practical examples of deterioration are given.

Several classical methods are used to repair these deteriorations and prevent their spreading.

Faulty watertightness, and especially that due to cracking is more particularily dealt with.

Cement can be used to seal cracks, but this method is not very efficient as far as watertightness is concerned; moreover, rigid stopping of cracks may not always be advisable.

Cracks can also be repaired by using felt strips dipped in a waterproofing solution, metal strips embedded in bitumen or caukling with plastic putty; all these products, however, are liable to be rapidly destroyed if used in structures submitted to high frequency alternate motions, (i. e. railway bridges) and age rapidly.

Another solution which does away with these drawbacks is the deep-sealing by means of injection of plastic products.

As early as 1942, M. Duriez, Chief Engineer, Director of the «Laboratoire National des Ponts et Chaussées», was experimenting with injections of bituminous products.

The French Railways (Eastern zone) have developped, after a certain amount of research, an injection method based on these experiments.

The authors describe the research process which covered:

— Improvement of the injecting devices,

— Choice of sealing products (bituminous solutions, rubber solutions, aqueous latex emulsions),

— Operating processes.

This method which gave encouraging results seems to bring a simple and economical solution to this difficult problem.

ZUSAMMENFASSUNG

Unter den franz. Bahnanlagen gibt es zahlreiche Eisenbetonbauten — Hochbauten und Tragwerke.

Beim Unterhalt dieser Bauwerke zeigte es sich, dass, selbst beim Fehlen ausgesprochen betongefährlicher Substanzen, durch die atmosphärischen Einflüsse als solche und die Temperaturunterschiede allein schwere Schäden entstehen können. Als solche sind zu nennen: Mörtel- und Beton-Auswaschungen durch das Regenwasser, verschiedenartige Frostschäden und Rissebildungen, welche durch die Temperaturänderungen hervorgerufen oder verstärkt werden.

Das Auftreten und die Verschlimmerungsmöglichkeiten von Bauschäden werden von der statischen Berechnung beeinflusst (vor allem bezüglich Rissebildung), ferner von der Genauigkeit der Bauausführung (Betondichtigkeit, Einbetonieren der Eiseneinlagen).

Es werden einige Beispiele von Bauschäden beschrieben.

Zur Behebung der erwähnten Beschädigungen und zur Verhinderung ihrer Ausbreitung sind verschiedenartige Unterhaltsarbeiten notwendig.

Es seien an dieser Stelle vornehmlich diejenigen Verfahren aufgeführt, mit welchem den Rissebildungen beizukommen ist.

Risse können mit Zement verstopft werden; dieses Verfahren ist aber bezüglich Dichtigkeit und Dauerhaftigkeit nicht besonders wirksam; ausserdem bringt die Bildung harter, spröder Rissfüllungen neue Unannehmlichkeiten. Risse können auch durch Anbringen imprägnierter Filzstreifen oder mit Bitumen umgebener Metallbänder oder durch Verstopfung mit einer plastischen Masse ausgefüllt werden; diese Produkte können aber rasch erhärten, wenn deren Unterlage starken Stössen ausgesetzt ist (z. B. Eisenbahnbrücken). Zudem werden diese Füllmaterialen verhältnismässig rasch unbrauchbar.

Zur Behebung dieser Unzulänglichkeiten wurde eine in die Tiefe gehende Behandlung versucht, indem plastische Materialien injiziert wurden. Seit 1942 hatte M. Duriez, Ingénieur en Chef, Chef du Laboratoire National des Ponts et Chaussées, verschiedene Injektionsversuche mit Bitumenprodukten durchgeführt.

Die S. N. C. F. (Region Ost) hat auf Grund dieser Versuche ein Injektionsverfahren entwickelt, wobei als wesentliche Punkte hervorzuheben sind:

— Verbesserung des Injektionsmaterials,

— Wahl des Injektionsmaterials (Bitumen, Gummilösungen, Latex-Emulsionen),

— Arbeitsvorgang.

Dieses Verfahren hat vielversprechende Ergebnisse gezeitigt und dürfte als einfache und billige Lösung der Rissebehandlung angesprochen werden.

RESUMO

As instalações pertencentes aos Caminhos de Ferro Franceses compreendem um grande número de estruturas de betão armado tais como pontes e edifícios.

A conservação destas estruturas demonstrou que, mesmo quando não estavam submetidas à acção de factores agressivos característicos, a simples influência dos agentes atmosféricos e das variações de temperatura podia causar alterações por vezes importantes: empobrecimento da argamassa ou do betão sob a acção da chuva, estragos diversos devidos ao gelo, fissuração causada ou agravada pelas variações de temperatura.

O aparecimento e o desenvolvimento destas alterações dependem muito da concepção e cálculo da estrutura (em especial no caso da fissuração) e da qualidade da execução (compacidade do betão, envolvimento das armaduras).

Os autores citam alguns exemplos concretos de alterações.

Existem diversos processos clássicos para reparar e evitar o desenvolvimento destas alterações.

Os autores examinam mais pormenorizadamente a reparação dos defeitos de estanqueidade, tratando em especial da fissuração.

As fissuras podem obturar-se com cimento, mas além do resultado ser geralmente pouco eficaz do ponto de vista da estanqueidade e pouco duradouro, a obturação rígida das fissuras pode apresentar certos inconvenientes.

Podem-se também reparar as fissuras pela aplicação de tiras de feltro impregnado, de barras metálicas envolvidas em produtos betuminosos ou ainda por uma calafetagem executada com massa plástica; estes materiais ficam todavia sujeitos a uma rápida destruição quando empregados em estruturas submetidas a movimentos alternados de grande frequência como, por exemplo, em pontes de caminho de ferro; além disso, envelhecem, de um modo geral, bastante ràpidamente.

Para evitar estes inconvenientes pode procurar-se executar a obturação em profundidade por meio de injecções de produtos plásticos.

Já em 1942, o Sr. Duriez, Engenheiro Chefe, Director do «Laboratoire National des Ponts et Chaussées», tinha organizado vários ensaios de injecções de produtos betuminosos.

Os Caminhos de Ferro Franceses (Região Leste), elaboraram, depois de algumas tentativas, um método de injecções inspirado nos referidos ensaios.

Os autores descrevem a evolução das pesquisas que tratavam:

— do aperfeiçoamento dos aparelhos de injecção;

— do estudo dos produtos a empregar (soluções betuminosas, soluções de borracha, emulsões aquosas de latex);

— do modo de execução das injecções.

Este método que tem dado bons resultados parece constituir uma solução simples e económica de problemas de obturação que pareciam até agora difíceis de resolver.

Leere Seite
Blank page
Page vide