

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

Band: 5 (1956)

Rubrik: Vb. Influence of atmospheric actions and of temperature changes on
the behaviour of structures

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>

V b 1

Processus divers d'altération des ouvrages en béton armé

Various processes of alteration of reinforced concrete structures

Beschädigung der Bauwerke in Eisenbeton

Diversos processos de alteração das obras de betão armado

PROF. F. CAMPUS

Liège

Dans un rapport présenté au Congrès de Cambridge en 1952, nous avons examiné particulièrement un processus d'altération des ouvrages en béton armé résultant d'actions mécaniques engendrées par les agents atmosphériques et les variations de température. D'après cette explication, la formation des fissures parallèles aux armatures précéderait la corrosion de l'armature; elle serait la cause et non la conséquence de la rouille. Nous l'appellerons processus M. Nous avons indiqué que certains envisageaient une voie inverse, suivant laquelle de l'eau atmosphérique parviendrait aux armatures par percolation, provoquerait la rouille, dont l'expansion engendrerait la séparation de la couverture de béton. Nous l'appellerons processus P.

Récemment, nous avons trouvé un exemple qui s'écarte des deux explications précédentes et qui comporte une dénudation de l'armature par une altération en ordre principal chimique du béton de recouvrement. Nous appellerons ce processus C.

Nous avons immergé en 1934 dans l'avant-port d'Ostende de nombreuses éprouvettes de mortiers, de béton et de béton armé [1]. Un nouveau prélèvement d'éprouvettes a été affectué en septembre 1954.

Il a été procédé lors du prélèvement à l'inspection des éprouvettes de béton armé. Ce sont des cylindres standard américains armés de quatre barres longitudinales de 10 mm de diamètre, distantes de la surface externe du cylindre respectivement de 1, 2, 3 et 5 cm. Ces cylindres ont été confectionnée au moyen de bétons contenant 350 kg par m³ de ciments différents. Un jeu de cylindres a été exposé à l'atmosphère marine, au-dessus des plus hautes marées. Un autre a été exposé à mi-marée; les cylindres sont immergés et émergés deux fois par jour. Enfin un dernier jeu avait été disposé sous les marées les plus basses; il n'a

malheureusement pas été retrouvé en 1954. On présume qu'il aura été emporté par la marée tempête calamiteuse du 1er février 1953.

En septembre 1945, après onze ans d'exposition, aucune fissuration n'avait été constatée. Seuls les cylindres immergés à mi-marée présentaient quelques altérations superficielles pour les ciments les plus riches en chaux, certains sur une profondeur de 5 à 8 mm, mais aucune barre n'était dénudée. Nous avons déjà fait remarquer que ce résultat était surprenant et en contradiction avec ceux d'essais britanniques effectués à Sheerness [2].

Lors de l'inspection de septembre 1954, les cylindres exposés au-dessus des plus hautes marées étaient toujours indemnes. Pour ceux immergés à mi-marée, les dégradations superficielles étaient légèrement augmentées par rapport à celles constatées en 1945. Il n'y avait pas de fissuration mais dans le cylindre le plus altéré, correspondant au ciment portland le plus riche en chaux, la barre la plus proche de la surface (1 cm) était mise à nu sur 5 cm de longueur environ (figure 1).

Il est à remarquer que l'immersion à mi-marée soumet les éprouvettes aux effets de l'eau marine, des lames, de l'air, du vent, de la pluie, de l'insolation et du gel. Ce sont donc des actions atmosphériques renforcées. Cependant, après vingt années, on n'a pas constaté de traces des processus M et P, qui se manifestent généralement plus tôt sur des constructions aériennes. L'altération d'ordre principalement chimique était déjà manifeste après onze ans; elle aura localement réduit à quelques mm seulement l'épaisseur du béton couvrant l'armature la plus proche de la surface. Dès lors, l'armature presque mise à nu aura été localement attaquée et aura fait sauter la mince pellicule de béton qui la recouvrait encore. Cette dégradation doit naturellement progresser avec le temps, mais dans les conditions où elle a été observée, sur cinq centimètres de longueur seulement, la progression ne semble pas être très active.

Le cas est certes assez particulier, mais il existe et il relève certes du processus C. L'humidité constamment entretenue éliminait le retrait, un agent principal du processus M, que les variations de température et le gel n'ont pas été suffisants à déclencher. Les alternances d'immersion et d'émersion jointes à la nature de l'eau semblaient devoir favoriser le processus P; il ne s'est pas manifesté. Les faibles recouvrements du béton (1 cm = 1 fois le diamètre) n'ont pas été préjudiciables, alors que les spécialistes jugent nécessaire un recouvrement de 4 à 8 cm. (3, b). Le dosage à 350 Kg de ciment par m³ est inférieur à ce que les spécialistes jugent recommandable [3], [4]. Faut-il admettre comme explication la qualité élevée du béton d'éprouvettes confectionnées au laboratoire? Il faut remarquer qu'il en a été confectionné 54, exposées de manières diverses, et qu'une seule a été dégradée, de la manière indiquée ci-dessus.

Nous avons eu l'occasion d'observer des dégradations survenues à des réfrigérants hyperboliques situés sur un plateau découvert et exposé aux intempéries du nord-est de la Belgique. Moins de huit ans après leur construction, sur toute la surface intérieure se détachent de nombreuses écailles elliptiques, le plus souvent au droit des armatures, mais également là où il n'y a pas d'armatures.

Il n'y a pas de fissures parallèles aux armatures et les écailles de béton portent des traces de rouille très marquées, établissant que l'armature était corrodée avant le détachement de l'écaille. (figure 2). L'épaisseur des parois est de l'ordre de 10 cm, le recouvrement des armatures de 1 cm environ. L'analyse à posteriori d'un fragment du béton a donné les résultats suivants :

Jours des tamis (mm)	18,85; 9,40; 4,70; 2,36; 1,17; 0,589; 0,295; 0,147
Refus cumulés %	21,5; 48,3; 63,7; 74,8; 83,0; 91,7; 97,9; 99,3
Module de finesse	5,80.

La quantité de ciment est, d'après l'analyse, voisine de 250 Kg/m³. La résistance à la compression, mesurée sur une éprouvette cylindrique

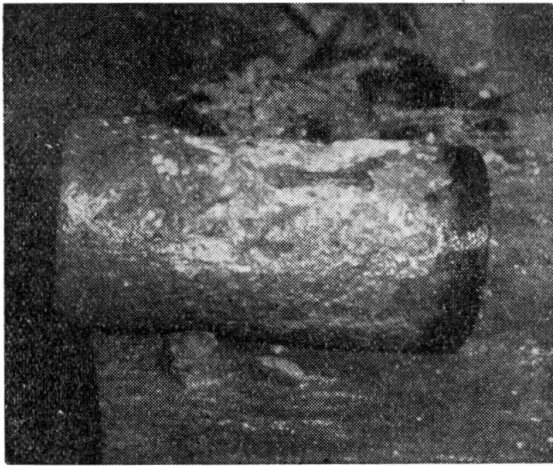


FIG. 1

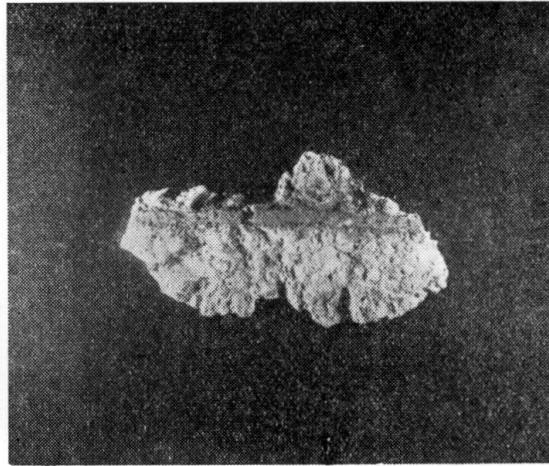


FIG. 2

de 50 mm de diamètre et 50 mm de hauteur a été trouvée égale à 289 Kg/cm².

Selon toutes apparences, on a affaire à un béton assez médiocre, poreux et gélif. La granulométrie n'est pas mauvaise, mais le gravier est plutôt gros (20 % de plus de 20 mm, 50 % de plus de 10 mm). Il en résulte que près des parois internes et externes, le béton est formé des éléments les plus fins. Il est de ce fait plus poreux que la composition moyenne. Les plaques d'écaillage ont l'apparence de mortier, contenant parfois quelques fins graviers de moins de 10 mm. Ainsi qu'il a été indiqué, les dégradations se marquent surtout à la paroi intérieure, mais nous avons constaté qu'elles commencent à apparaître sous la même forme à la paroi extérieure.

Près des barres, le processus de destruction semble bien être du type P. Mais ce processus ne peut pas expliquer la chute d'écailles là où il n'y a pas de barres (figure 3); en ces endroits, les causes ne peuvent être que mécaniques. Le ruissellement de l'eau de condensation à l'intérieur du réfrigérant y maintient une assez grande humidité et une température suffisante pour protéger du gel. L'hétérogénéité du béton en

surface est-elle suffisante pour produire une différence de retrait et des différences de dilatation thermique susceptibles, par effet de répétition et de durée, de produire l'écaillage? Il semble bien que toute réaction des granulats avec le ciment soit exclue. On remarquera que les dégradations ont été assez précoces. Nous avons l'impression que la couche superficielle interne du béton aurait pu être le siège d'une expansion plutôt que d'un retrait.

Enfin, nous avons été informé récemment de dégradations relevées sur des tuyaux circulaires en béton armé d'un vaste réseau de canalisations.

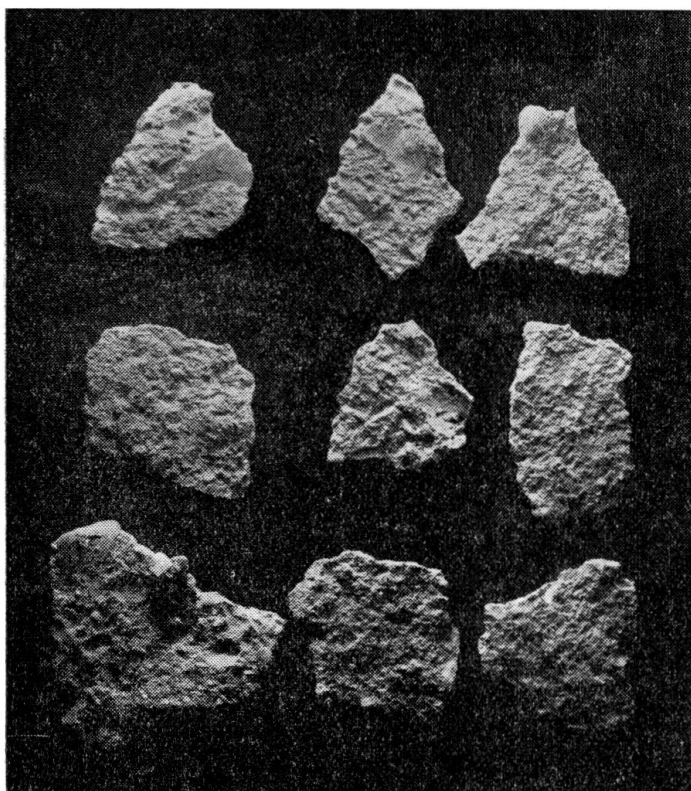


FIG. 3

Les diamètres varient de 1,10 à 2,40 mètres. Les dégâts, relativement peu importants, concernent surtout des tuyaux fabriqués vers 1931 et mis en oeuvre en 1932. Les plus récents étaient fabriqués en 1938 et mis en oeuvre en 1941-1942. Les dégradations se rencontrent uniquement dans des conduites qui écoulent des eaux assez propres, principalement météoriques. Les canalisations du même réseau qui écoulent des eaux généralement très souillées sont recouvertes d'un enduit organique qui empêche apparemment toute dégradation du béton sous-jacent. Cette pellicule n'existe pas dans les tuyaux dégradés, qui écoulent surtout des eaux météoriques.

Les dégradations sont principalement localisées aux hanches, moins à la partie inférieure, presque pas à la partie supérieure.

Dans la canalisation la plus abîmée, une cause spéciale de corrosion a été reconnue; une usine y déverse des eaux très chargées d'acides.

Le béton est attaqué superficiellement (comme l'éprouvette du port d'Ostende). Les tuyaux, fabriqués en 1937 et mis en oeuvre en 1938, ont été confectionnés au moyen d'un ciment spécial réputé résistant aux eaux sulfatées, mais la teneur excessive en acide en a eu raison. (figure 4).

Les fragments superficiels que l'on peut en détacher sont inconsistants et tombent en poussière. Là où la couverture des armatures est inférieure à 1 cm (elle descend parfois à 4 ou 5 mm), l'armature a fina-

lement été attaquée et a fait sauter la pellicule restante de béton de couverture. Il s'agit donc du processus C.

Les autres conduites évacuent des eaux qui ne sont pas agressives et de débit très variable avec les pluies. Il s'agit dans la plupart des cas de tuyaux posés depuis plus de 20 ans, pour d'autres depuis environ 15 ans. Les dégradations se manifestent d'une manière assez analogue à celle des réfrigérants dont il a été question plus haut, mais d'une manière plus continue. (figure 5).

Des écailles de béton se détachent au droit des armatures qui semblent avoir rouillé auparavant; ces écailles sont résistantes, comme celles des réfrigérants (fig. 6).

Ces écaillages se produisent aux endroits où les cerces d'armature sont recouvertes de moins de 1 cm de béton (souvent 4 à 5 mm seulement). Il semble donc s'agir du processus P, comme dans le cas des réfrigérants. D'ailleurs ces tuyaux sont enfouis et leur atmosphère intérieure est toujours humide. Ils sont donc soustraits aux variations thermiques et hygrométriques; la seule variation provient du degré de remplissage variable selon le débit des pluies.

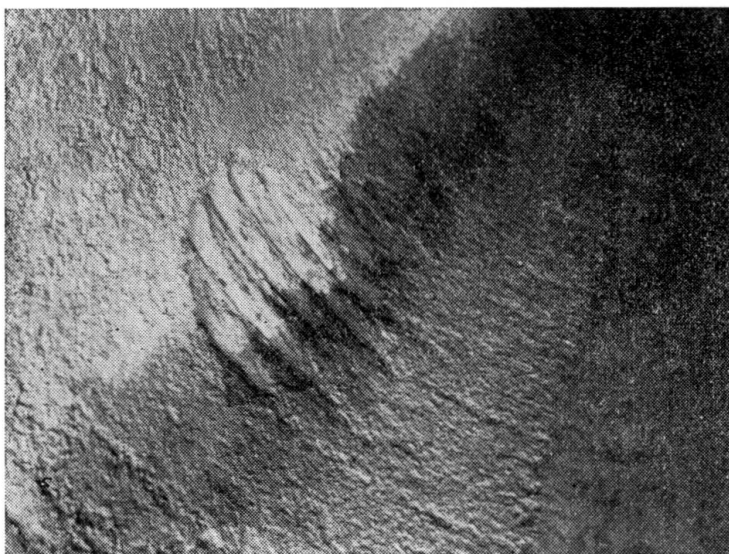


FIG. 4

Tous ces tuyaux sont de fabrication antérieure à 1947. Avant cette date, les dispositions adoptées pour assurer un centrage convenable des armatures dans les moules et une distance suffisante de ces armatures aux parois n'étaient pas efficaces. Le recouvrement théorique était de 20 mm, mais par décentrement de l'armature, il a pu être réduit à 4 ou 5 mm. Il existe encore en dépôt sur un chantier extérieur des tuyaux de cette ancienne fabrication, qui ont été soumis aux intempéries et qui présentent des dégradations surtout aux endroits où l'épaisseur du béton couvrant les armatures est insuffisante. Les principales sont à la paroi extérieure; les dégradations à la paroi intérieure sont moindres et moins fréquentes. On observe des écaillages très étendus au droit des barres, mais aussi des fissures au droit des barres, sans écaillage. Nous avons observé, parmi un groupe d'écailles de béton retirées de conduites en service, une écaille fissurée au droit de l'armature (épaisseur du béton 6 mm environ). Ceci nous fait croire que les processus M et P auraient pu intervenir chacun, éventuellement en combinaison. Depuis

1947, des dispositifs plus efficaces ont été utilisés pour assurer une épaisseur de couverture de 19 à 22 mm selon les cas, près de toutes les parois. Des dégradations n'ont été constatées sur aucun tuyau de cette nouvelle fabrication, plus récente il est vrai. En tous cas il n'est apparu de dégradations qu'aux endroits où les armatures étaient recouvertes de moins d'un centimètre de béton ⁽¹⁾. Les nouvelles dispositions adoptées réalisent exactement les épaisseurs de recouvrement de 19 à 22 mm. Le béton des tuyaux est dosé avec précision, mis en oeuvre sec par une vibration bien appliquée en usine. Il n'a pas été constaté de dégradations



FIG. 5. Les lignes continues du haut de la photographie sont des joints, non des fissures

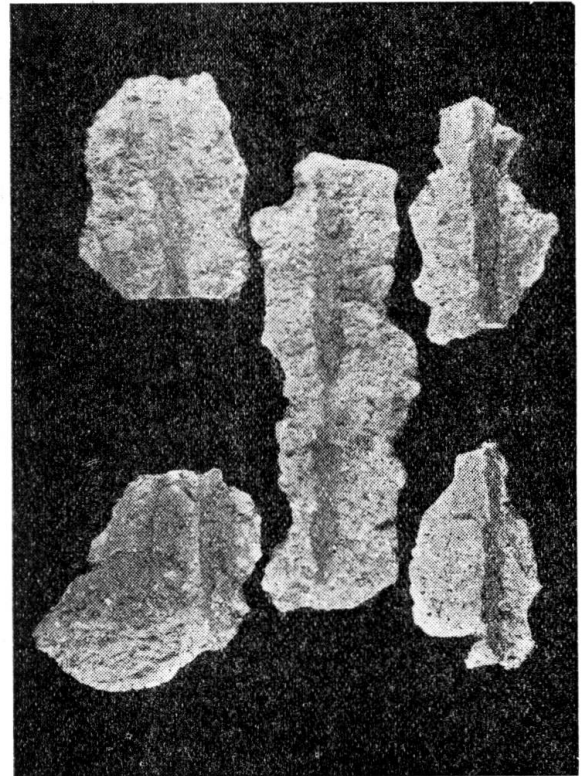


FIG. 6

là où il n'y avait pas d'armatures, sauf le cas exceptionnel des eaux très acides relaté ci-dessus.

En conclusion, il semble donc qu'il n'y ait pas un processus unique de dégradation du béton armé; nous en avons relevé trois ci-dessus:

- a) le processus M, caractérisé par l'action d'influences mécaniques entraînant la formation de fissures parallèles aux armatures, par où peut prendre ensuite naissance la corrosion des armatures. Le processus peut résulter d'actions mécaniques proprement dites, indépendantes au milieu [5].

⁽¹⁾ Nous avons cependant observé à la face interne d'un tuyau stocké en plein air au dépôt une fissure, qu'un sondage a révélé située au droit d'une armature, recouverte de 22 mm de béton et assez peu rouillée (figure 7).

- b) le processus P, caractérisé par la pénétration de l'eau agressive à travers le béton jusqu'aux armatures. La rouille qui se développe sur celles-ci fait éclater ensuite le béton de couverture sous forme d'écaillés ou d'esquilles plus ou moins continues ⁽²⁾.
- c) le processus C, caractérisé par une attaque progressive du béton à partir de la surface, qui finit par atteindre l'armature et la fait rouiller, ce qui entraîne sa dénudation mais sans détachement d'éclats ou d'esquilles solides. L'apparence de la dégradation est celle d'un chancre.

Peut-être existe-t-il des variantes de ces processus. De plus, il nous semble que ces divers processus puissent se combiner d'une manière variable.

Mais dans tous les cas, les dégradations semblent favorisées par une épaisseur insuffisante de béton couvrant les armatures et une qualité insuffisante du béton près de la surface. Il est à remarquer que si le gravier est un peu gros, par effet de paroi la granulométrie du béton à la surface comportera un excès de fin, si même elle ne présente pas de nids de gravier. Il faut qu'il existe une relation entre le recouvrement minimum des barres et l'épaisseur des éléments les plus gros du béton. La surface sera aussi lisse et étanche que possible; depuis longtemps on préconise à cet effet les coffrages métalliques, notamment pour les ouvrages maritimes [3]. La vibration de coffrages paraît favorable aussi, pour autant qu'elle ne puisse favoriser la ségrégation par effet de paroi comme il a été envisagé ci-dessus.



FIG. 7

BIBLIOGRAPHIE

1. F. CAMPUS — *Essais sur la résistance des mortiers et bétons à l'eau de mer. Synthèse des résultats de 1934 à 1945.* (Annales des Travaux Publics de Belgique, Bruxelles, n.° 4, août 1947).

⁽²⁾ Il n'est pas exclu que ce processus caractéristique par son apparence puisse être favorisé par un caractère légèrement expansif du béton de couverture.

2. F. CAMPUS — *Détérioration des constructions en bois, métal ou béton exposées à l'action de l'eau de mer*. Résumé et commentaire du 15^e Rapport du Comité Spécial de l'Institution of Civil Engineers de Londres: *Deterioration of structures of timber, metal and concrete exposed to the action of sea-water*, publié sous les auspices du Département de la Recherche scientifique et industrielle à Londres. (Annales des Travaux Publics de Belgique, Bruxelles, n.° 3, juin 1936).
3. F. CAMPUS — XVII^e Congrès international de Navigation, Lisbonne 1949. Section II. Navigation maritime. Communication 2: *Constatations récentes, précautions nouvelles à l'égard de la décomposition des mortiers et bétons dans l'eau de mer*.
 - a) Rapports et Rapport Général (Publications du Congrès).
 - b) Recommandations et vœux (Compte-rendu des travaux du XVII^e Congrès, Lisbonne, 1949, pp. 261-262).
4. A. COYNE — *Le Pont en béton armé Albert Louppe sur l'Elorn entre Brest et Plougastel* (Le Génie Civil, Paris, n.° 14, 4 octobre 1930, p. 325).
5. F. CAMPUS — *Dégradation des pieux en béton armé par le battage*. (Annales des Travaux Publics de Belgique, Bruxelles, n.° 1, février 1936).

R É S U M É

Les altérations des ouvrages en béton armé peuvent se produire suivant des processus divers. Sur la base de constatations faites sur des éprouvettes et des ouvrages, trois processus distincts sont définis, l'un de caractère mécanique (M), un autre provenant de la porosité ou de la percolation (P), enfin un troisième résultant d'une altération chimique superficielle du béton (C). Ces processus peuvent se combiner.

S U M M A R Y

Alterations of reinforced concrete structures may follow different processes. Based on conclusions drawn from observations on test pieces and structures, three different processes are defined, one of mechanical character (M), another resulting from the porosity or percolation (P), and a third one resulting from a superficial chemical alteration of concrete (C). These three processes may be combined.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Beschädigung der Bauwerke in Eisenbeton kann aus verschiedenen Vorgängen resultieren.

Auf Grund der Feststellungen an Probekörpern und Bauwerken sind 3 deutlich voneinander verschiedene Vorgänge zu unterscheiden, nämlich einer von mechanischer Art (M), einer der von der Porosität oder der Durchlässigkeit (P) herrührt und endlich ein Dritter, der von einer chemischen Korrosion der Betonoberfläche (C) stammt.

Diese drei Vorgänge können kombiniert auftreten.

R E S U M O

As alterações das obras de betão armado podem produzir-se segundo diversos processos. Na base de constatações feitas sobre provetes e obras, definem-se três processos distintos, um de carácter mecânico (M), outro proveniente da porosidade ou da percolação (P), enfim um terceiro resultando duma alteração química superficial do betão (C). Estes três processos podem combinar-se.

Leere Seite
Blank page
Page vide

V b 2

Untersuchungen über die Frostempfindlichkeit der Einpressmörtel bei vorgespanntem Beton

Sensibilidade ao gelo da argamassa comprimida no betão preesforçado

Frost sensitivity of compressed mortar in prestressed concrete

Sensibilité au gel du mortier comprimé dans le béton précontraint

DR. ING. A. RÖHNISCH

Technische Hochschule
Stuttgart

Die im Vorbericht dargelegten «Untersuchungen über die Frostempfindlichkeit der Einpressmörtel bei vorgespanntem Beton» konnten wegen des festgesetzten Einsendetermins naturgemäss nur diejenigen Ergebnisse und Erfahrungen berücksichtigen, die bis zu diesem Zeitpunkt vorlagen. Inzwischen sind aufgrund der vorliegenden Erkenntnisse in Deutschland «Vorläufige Richtlinien für das Auspressen von Spanngliedern mit Zementmörtel» ⁽¹⁾ herausgegeben worden, die auf den Spannbeton-Baustellen seitdem angewendet und erprobt werden.

Neben der Festlegung der Anforderungen an einen einwandfreien Einpressmörtel (Wasserabsetzen, Fliessvermögen, Druckfestigkeit, Frostbeständigkeit), ferner der Zusammensetzung, Aufbereitung und Verarbeitung der Einpressmörtel enthalten die Richtlinien vor allem Angaben über die durchzuführenden Eignungsprüfungen, so dass nunmehr einheitliche Arbeitsmethoden und allgemeingültige Prüfverfahren zur Anwendung kommen. Von besonderer Bedeutung ist die Tatsache, dass nach Ziff. 3.2 der Richtlinien bei Verwendung von Zusatzmitteln diese u. a. *möglichst treibende* Eigenschaften besitzen sollen.

Die Abb. 1–3 zeigen die für die Wasserabsetzprobe (6.1), zur Feststellung des Fliessvermögens (6.3) und der Frostbeständigkeit (6.4) durch die Richtlinien eingeführten Prüfgeräte. Die Wasserabsetzprobe wird in handelsüblichen 1 kg Konservendosen (ϕ 99 mm, h = 123 mm) festgestellt. Die Wasserabsonderung ist nach 3 Stunden zu messen, sie

⁽¹⁾ «Vorläufige Richtlinien für das Auspressen von Spanngliedern mit Zementmörtel»
Beton- und Stahlbetonbau 1956 - Heft 9 - S. 215/16.

darf nicht mehr als 2 Volumenprozent betragen. Bei Verwendung von Treibmitteln soll sich mindestens eine 2 %-ige Volumenzunahme, bezogen auf die ursprüngliche Gesamtmenge (einschl. Wasser) einstellen.

Die Druckfestigkeit wird an den Zylinderproben geprüft, die sich nach 7 bzw. 28 Tagen aus den Konservendosen ergeben.

Das Fließvermögen des Einpressmörtels wird mit Hilfe des Durchflussgeräts nach Prof. Walz (Abb. 2) festgestellt, in dem ein zylindrischer

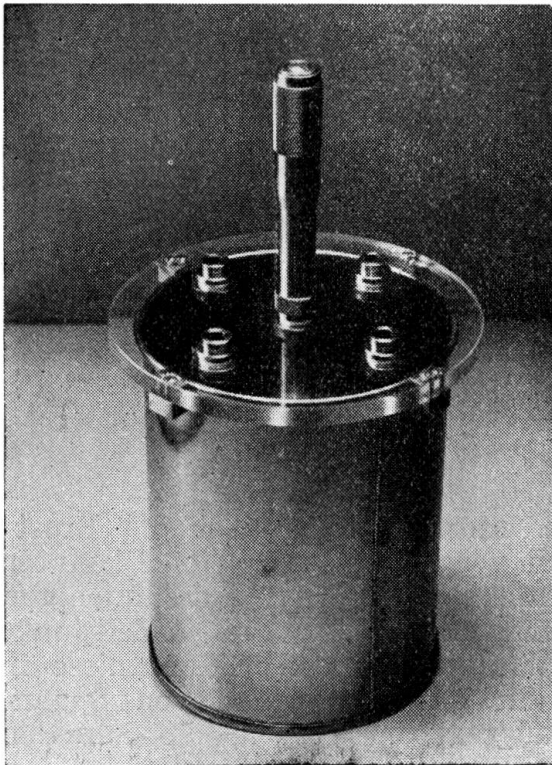


ABB. 1. Gerät zur Messung des Absetzens (Mikrometer)

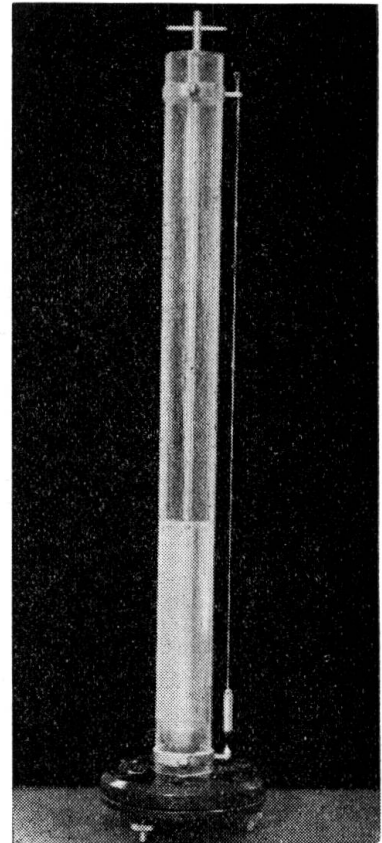


ABB. 2. Durchflussgerät (Viscosimeter)

Tauchkörper eine bestimmte Messstrecke im Einpressmörtel zurücklegt. Die hierbei festgestellte Zeit ist kennzeichnend für das jeweilige Fließvermögen des Einpressmörtels.

Die Frostbeständigkeit wird mit Dilatometern festgestellt. Das in Abb. 3 dargestellte Gerät ist eine Weiterentwicklung des im Vorbericht beschriebenen Geräts.

Die Anwendung der «Vorläufigen Richtlinien» hat eine Reihe von Problemen aufgeworfen, die hier kurz zusammengefasst werden sollen.

1. Auswahl der Zemente

Für die Herstellung von Einpressmörtel ist nur eine recht kleine Auswahl von Zementen *besonders* geeignet. Tonerdeschmelzzemente sollten

nur in Sonderfällen, z. B. bei tiefen Temperaturen (nach Ziff. 5 der vorl. Richtlinien) zur Anwendung gelangen. In der Hauptsache sind Portland- und Hochofenzemente Z 225 und 325 verwendet worden. Nach den bisherigen Feststellungen haben sich Schachtofenzemente besser bewährt als Drehofenzemente.

2. Zuschlagstoffe

Die Zugabe von Steinmehlen ist geeignet, das Schwinden und die Festigkeit des Einpressmörtels günstig zu beeinflussen. Bewährt hat sich die Zugabe von Quarzmehl, Mahlung G 2 mit einem Rückstand von etwa 50 v.H. auf dem 4900-Maschensieb (0,09 mm) in einem Mischungsverhältnis Zement: Quarzmehl = 5:1 oder 20 v.H. des Zementgewichts.

3. Zusatzmittel

Zur Verbesserung des Fließvermögens von Einpressmörtel sowie zur Sicherung der Frostbeständigkeit wird die Verwendung geeigneter Zusatzmittel empfohlen. Nach Ziff. 3.2 der «Vorläufigen Richtlinien» zusammengesetzte Einpressmörtel konnten

ohne Quarzmehl mit $W/Z = 0,36 - 0,38$	} je nach Länge der Spannglieder
bei Zugabe von 20 v.H.	
Quarzmehl mit $W/Z = 0,39 - 0,41$	

einwandfrei aufbereitet und verpresst werden. Die so hergestellten Einpressmörtel zeichnen sich durch frühe Frostbeständigkeit aus und ergeben hohe Festigkeiten. Die Wirkung der Zusatzmittel ist recht anschaulich in den Abb. 4–7 zu erkennen.

a) Da die Vergrößerung des Volumens von Einpressmörtel bei Verwendung von Treibmitteln im Spannkanal im allgemeinen behindert ist, wurden Versuche bei behinderter Ausdehnung durchgeführt. Tafel I zeigt die Versuchsergebnisse. Hieraus kann gefolgert werden, dass die Festigkeit von Einpressmörtel bei behinderter Ausdehnung z. T. erheblich gesteigert wird, weiterhin aber auch, dass die Absetzmasse ebenfalls zunehmen. Aufgrund dieser Erfahrungen ist allgemein, insbesondere aber bei konzentrierten Spanngliedern, zu empfehlen, an geeigneten

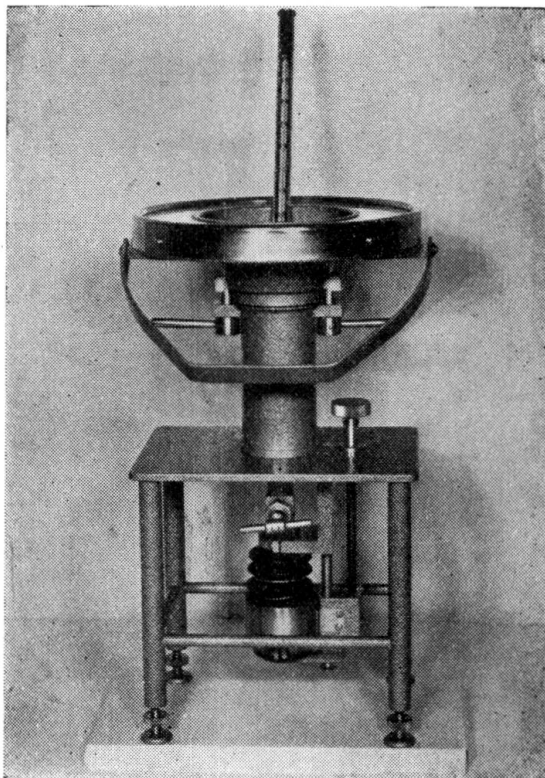


ABB. 3. Dilatometer

TAFEL I

Vergleich von Festigkeitsprüfungen bei behinderter und unbehinderter

1	2	3	4	5	6	7
Probe Nr.	Gemisch PZ 325, ohne Zuschläge + 1 % Tri- cosal-H 181 W/Z = 0,40	Menge des abge- sonderten Wassers in % des eingefüll- ten Mörtels	ΔV der ursprünglichen Probemenge bezogen auf den Spiegel des abgesonderten Wassers in %	die feste Mörtelmasse in %	Roh- gewichte r g/cm ³	Druckfestigkeit W _r kg/cm ²
1.1	Proben in dichten Stahlformen ø 50 mm, h = 120 mm F = 19,63 cm ² Ausdehnung behindert	a) —	a) —	a) + 3,53	1,87 1,90	oben: 162 183 unten: 448 326
1.2	Proben mit unbehinder- ter Ausdehnung ø 50 mm, h = 120 mm F = 19,63 cm ²	a) —	a) —	a) + 3,53	1,84 1,88	oben: 186 181 unten: 205 227
W ₂₈						
1.3	in dichten Stahlformen ø 100 mm, h = 100 mm F = 78,5 cm ² Ausdehnung behindert	b) 3,56	b) — 3,14	b) — 6,70	2,04	560

a) = gemessen in der Konservendose 4 Stunden nach Einbringen.

b) = gemessen nach 7 Tagen bei Öffnen der gasdichten Form.

Stellen der Spannkanäle Entlüftungsrohre anzuordnen, die etwa 1 – 2 Stunden nach erfolgter Verpressung geöffnet werden müssen, damit der treibende Effekt derartiger Zusatzmittel alle Hohlräume im Spannkanal

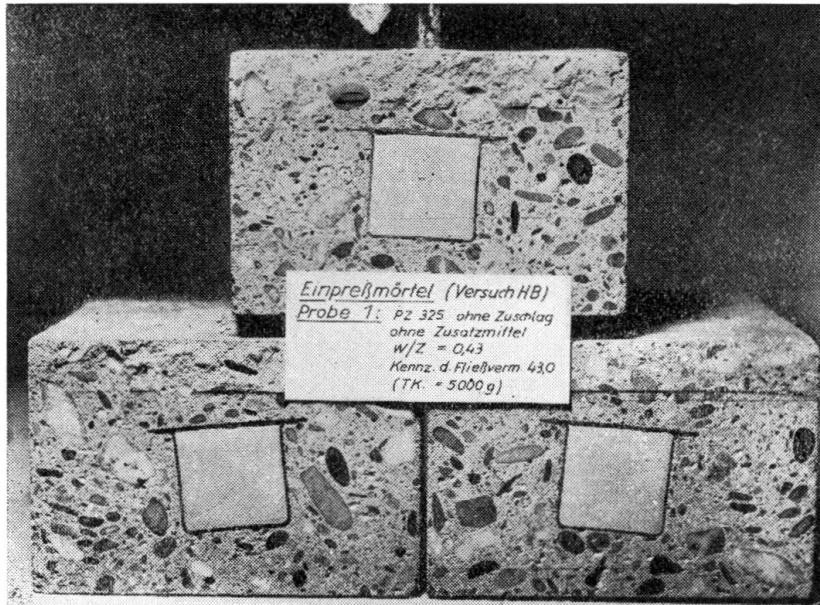


ABB. 4. Einfluss der Zusatzmittel auf den Einpressmörtel

ausfüllen und das abgesetzte Wasser durch die Entlüftungsrohre abführen kann. Andernfalls erzeugt die Treibwirkung einen Innendruck auf den Einpressmörtel, wodurch zusätzlich Hohlräume zwischen dem Einpressmörtel und Spannkanal entstehen können.

b) Die von den treibenden Zusatzmitteln ausgehenden Drücke im Einpressmörtel wurden mit Manometer und Quecksilbersäule gemessen. Die Drücke sind in erster Linie abhängig von der Menge des von den Treibmitteln entwickelten Gases und dem im Frischmörtel vorhandenen Luft- oder Gasvolumen. Aufgrund dieser Feststellungen sind bei völlig geschlossenen Spannkanälen Innendrucke bis 10 atü möglich.

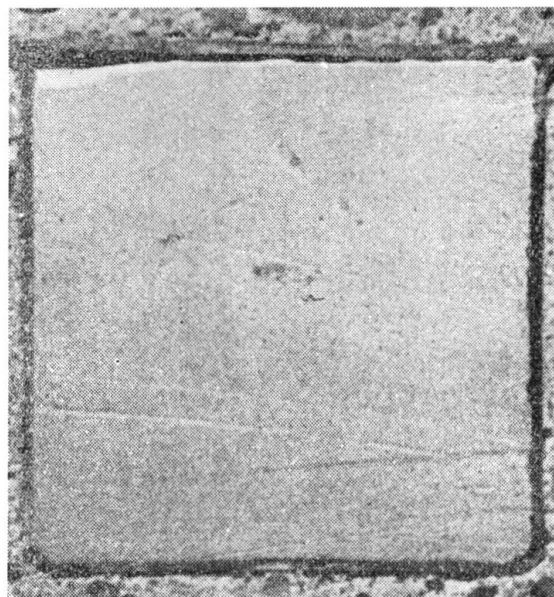


ABB. 5. Einfluss der Zusatzmittel auf den Einpressmörtel

4. Mischen des Einpressmörtels

a) Bei Prüfung des Fließvermögens verschiedener Einpressmörtel wurde festgestellt, dass das Fließvermögen weitgehend von der Mischdauer und Intensität des Mischens abhängig ist. Es wurden daher mit

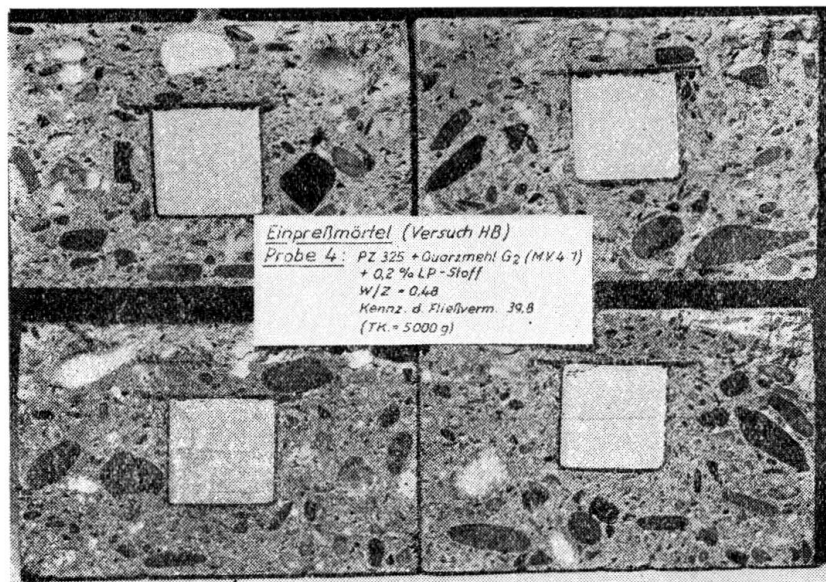


ABB. 6. Einfluss der Zusatzmittel auf den Einpressmörtel

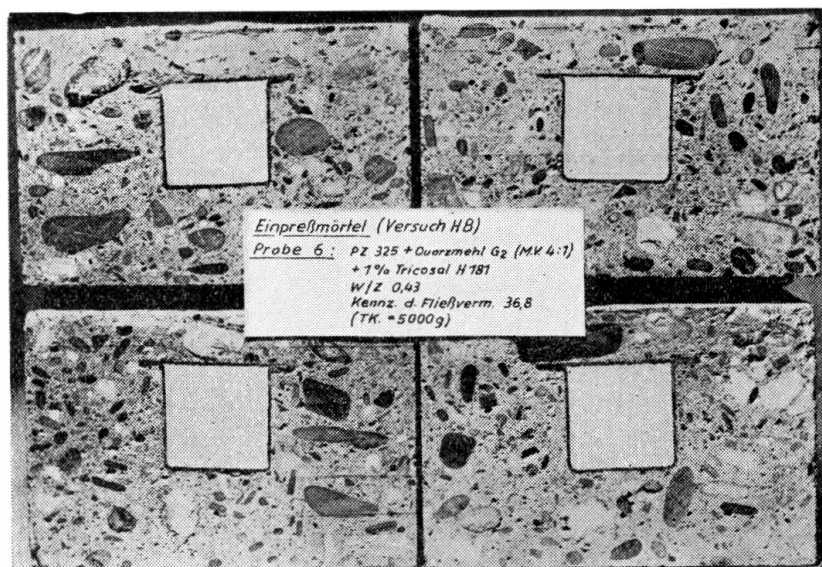
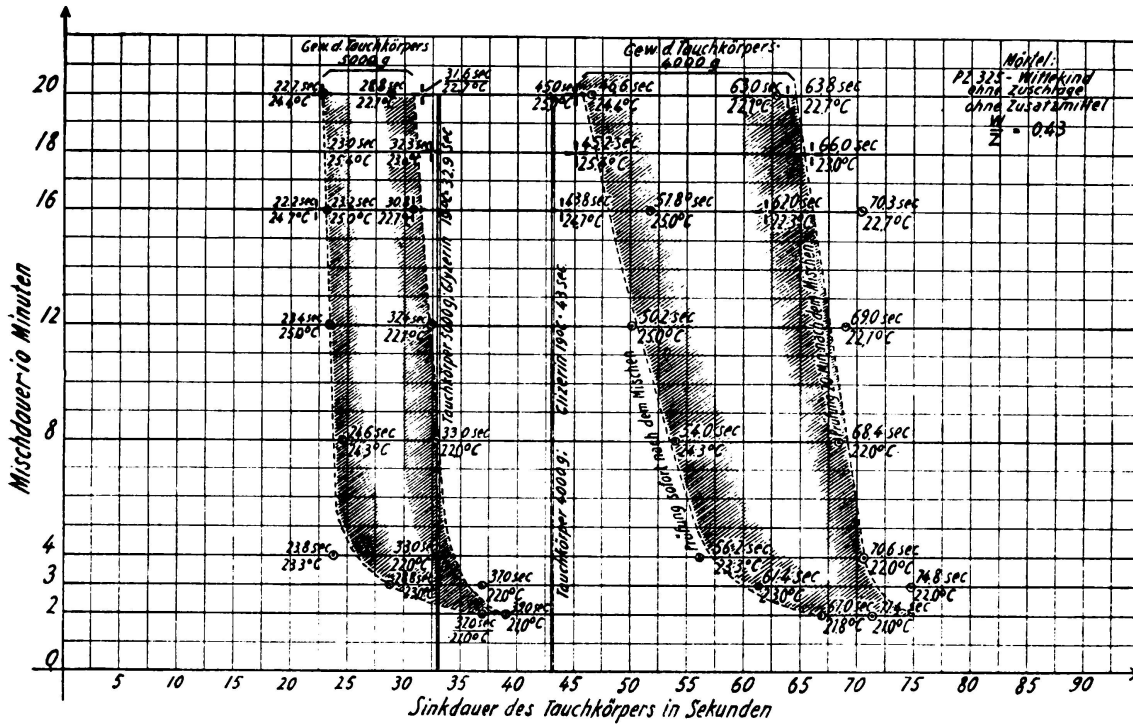


ABB. 7. Einfluss der Zusatzmittel auf den Einpressmörtel

dem Laboratoriumsmischer der Baustoffprüfanstalt der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Münster und der Mörtelzusammensetzung PZ 325 Wittekind, ohne Zuschläge, ohne Zusatzmittel, W/Z = 0,43 Mischversuche 20 Minuten nach Beendigung des Mischens eine weitere Messung des durchgeführt, bei denen der Einfluss verschiedener Mischzeiten (3, 4, 12 und 20 Minuten) festgestellt werden sollte. Ausserdem wurde jeweils

Fließvermögens vorgenommen. Während dieser Zeit (identisch mit der Verarbeitungszeit auf den Baustellen) wurde das Gemisch durch langsames Rühren von Hand in Bewegung gehalten. Abb. 8 zeigt die Ergebnisse dieser Versuche. Hieraus folgt, dass durch Verlängerung der Mischzeit die an den Feinstteilen des Gemisches haftende Luft verdrängt wird und

EINFLUSS DER MISCHDAUER AUF DAS FLIESSVERMÖGEN VON EINPRESSMÖRTEL



Bemerkung: Für jede Mischdauer wurde neuer Mörtel angemacht. Die Tauchgeräte wurden gleichzeitig mit Mörtel gleicher Aufbereitung beschickt.

Temperaturen: Zement + 21° C, Wasser + 19° C, Luft + 19,5° C

ABB. 8. Prüfung des Fließvermögens

das Fließvermögen z. T. beträchtlich verbessert werden kann. Bei der Feststellung des Fließvermögens wurden 2 verschieden schwere Tauchkolben verwendet (4000 und 5000 gr). Das jetzt eingeführte Durchflussgerät ist mit einem Tauchkolben von 4500 gr. ausgestattet.

b) Seitens einiger namhafter Spannbetonfirmen wurden Einwendungen gegen die grundsätzliche Anordnung von Maschinenmischung bei der Aufbereitung von Einpressmörtel erhoben. Die für diesen Zweck durchgeführten Versuchsmischungen hatten die in Abb. 9 aufgezeichneten Ergebnisse. Hieraus kann fast durchweg eine Überlegenheit der Maschinenmischung abgeleitet werden. Mit Rücksicht auf eine möglichst gleichmässige Aufbereitung des Einpressmörtels ist die Anordnung in den «Vorläufigen Richtlinien» daher durchaus berechtigt.

5. Weitere Versuche

Um das Verhalten von Einpressmörtel in Spannkanälen mit nachträglichem Verbund bei Dauerbeanspruchung zu klären, wurden in der Baustoffprüfanstalt der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Münster Versuche

Festigkeitsprüfung - Einpreßmörtel

Bezeich. der Proben	Mörtel- Mischung	w Z	Art der Aufbereit.	Temperatur der Mischung	Festigkeiten			
					Biegezug		Druck	
					7 Tage kg/cm ²	28 Tage kg/cm ²	7 Tage kg/cm ²	28 Tage kg/cm ²
111	PZ 425 -ohne-	0,50	Hand.	18°-21°	81,2	86,5	449	585
			Masch.	18°-21°	71,2	104,2	476	641
211	PZ-325 -ohne-	0,41	Hand.	18°-21°	67,1	81,4	346	484
			Masch.	18°-21°	90,3	102,1	389	517
232a	PZ 325 + Quarzmehl 4:1 + 0,5 % LP-A	0,48	Hand.	18°-21°	53,2	60,5	222	332
			Masch.	18°-21°	58,9	69,5	245	326
511	HOZ 325 -ohne-	0,45	Hand.	18°-21°	68,5	95,0	415	613
			Masch.	18°-21°	84,2	111,3	424	647
532a	HOZ 325 + Quarzmehl 4:1 + 0,5 % LP-A	0,48	Hand.	18°-21°	60,2	63,5	317	474
			Masch.	18°-21°	73,2	81,8	387	565
6001	HOZ 325 + Flugasche 3:1 + 0,6% Intrusion-Aid	0,63	Hand.	18°-21°	52,2	70,3	251	409
			Masch.	18°-21°	65,3	83,0	262	424
7001	HOZ 325 + 3 % Intraplast	0,40	Hand.	18°-21°	92,0	114,7	497	729
			Masch.	18°-21°	100,8	106,7	562	746
600	PZ 325 + Flugasche 3:1 + 0,6% Intrusion-Aid	0,63	Masch.	18°-21°	43,2	66,2	186	324
700	PZ 325 + 3% Intraplast	0,40	Masch.	18°-21°	69,0	87,1	401	529

ABB. 9. Vergleich von Hand- und Maschinenmischung

eingeleitet, die bis zum Beginn des V. Kongresses der Internationalen Vereinigung für Brückenbau und Hochbau in Lissabon leider erst teilweise abgewickelt werden konnten. Hierüber wie auch über die Weiterentwicklung des Einpressmörtels soll im nächsten Band der «Abhandlungen» berichtet werden.

ZUSAMMENFASSUNG

Um aus dem Vorbericht zu dem vorstehenden Thema trotz der technischen Weiterentwicklung der Einpressmörtel in jedem Fall auch für die Gegenwart die jeweils richtigen Erkenntnisse zu vermitteln, wird eine kurze zusammenfassende Ergänzung für notwendig und zweckmässig gehalten. In dieser Ergänzung wird zunächst ein allgemeiner Überblick

über die im Juli 1955 in Deutschland herausgegebenen «Vorläufigen Richtlinien für das Auspressen von Spanngliedern mit Zementmörtel», dann aber auch über die vorliegenden theoretischen und praktischen Erfahrungen des letzten Jahres gegeben. Zum Abschluss wird die wichtige Frage der Dauerbeanspruchung von Einpressmörtel behandelt und auf die in der Baustoffprüfanstalt der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Münster eingeleiteten Versuche hingewiesen.

RESUMO

Apresenta-se um curto resumo de aditamento à contribuição apresentada pelo autor sob este título na «Publicação Preliminar», tornado necessário pelos progressos realizados no domínio do comportamento da argamassa comprimida e pelos conhecimentos rigorosos adquiridos ultimamente. Analisa-se primeiro rapidamente a publicação «Regulamentos prévios para a injeção dos cabos em tensão com argamassa de cimento», editada na Alemanha em Julho de 1955, apresentando-se a seguir os trabalhos práticos e teóricos efectuados o ano passado. Em conclusão apresenta-se o importante problema das solicitações de longa duração da argamassa comprimida e indicam-se os ensaios realizados pelo Instituto de Ensaios de Materiais de Construção da Direcção dos Transportes Terrestres e Marítimos de Münster.

SUMMARY

A short summary is presented, supplementing the author's contribution presented in the «Preliminary Publication» and rendered necessary by the progress made in the field of the behaviour of the compressed cement mortar and by the accurate knowledge acquired recently. The publication «Preliminary Standards for the injection of stressed cables with cement mortar», edited in Germany in July 1955, is rapidly dealt with, and the practical and theoretical work carried out last year is presented. Concluding, the important problem of long time loading of compressed mortar is studied and the tests carried out by the Institute of Testing of Building Materials of the Land and Sea Transport Authority in Munster are described.

RÉSUMÉ

L'auteur présente une courte communication, qui est un supplément à sa contribution figurant dans la «Publication Préliminaire», et qui est rendue nécessaire par les progrès réalisés dans le domaine du comportement du mortier comprimé et par les connaissances rigoureuses acquises dernièrement. Il étudie d'abord rapidement la publication «Règlements préliminaires pour l'injection des câbles en tension avec du mortier de ciment», éditée en Allemagne en Juillet 1955, et présente ensuite les travaux pratiques et théoriques effectués l'année dernière. En conclusion, l'auteur présente l'important problème des sollicitations de longue durée du mortier comprimé et décrit les essais réalisés par l'Institut d'Essais de Matériaux de Construction de la Direction des Transports Terrestres et Maritimes de Munster.

Leere Seite
Blank page
Page vide