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

Band: 4 (1952)

Artikel: Corrosion du béton et des armatures

Autor: Campus, F.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-5063

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: 03.09.2025

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

CI 4

Corrosion du béton et des armatures

The corrosion of concrete and its reinforcement

Die Korrosion des Betons und der Armierungen

PROF. F. CAMPUS
Recteur de l'Université de Liège

La durabilité des premiers ouvrages en béton et en béton armé semble avoir été généralement satisfaisante. Cet effet de la prudence de leurs constructeurs a fait naître l'impression de l'inaltérabilité de ces matériaux. L'évolution de leur technique s'est faite dans le sens d'une importance croissante du calcul statique, d'une augmentation des contraintes admissibles et de l'économie dans la composition des bétons et dans la mise en œuvre. L'appréciation des propriétés physiques de ces matériaux n'a pas retenu l'attention des praticiens dans la même mesure. Le résultat en a été que les problèmes de la corrosion du béton et des armatures se sont imposés à l'attention des constructeurs d'une manière croissante depuis un quart de siècle. La confiance dans leur inaltérabilité a considérablement diminué et fait place progressivement à la notion que la durabilité doit être prise en considération au même titre que les calculs en vue d'assurer l'efficacité, la sécurité, l'économie et l'aspect d'une construction. Durabilité relative d'ailleurs. Aucune pierre naturelle n'est finalement inaltérable. On ne conçoit pas que le conglomérat artificiel du béton pourrait l'être. D'une manière idéale, selon la conception probabiliste de la sécurité, faisant intervenir la durée normale ou probable assignée à l'ouvrage, on pourrait considérer comme possible de déterminer la qualité du béton et des armatures mis en œuvre, assurant une probabilité totale de ruine suffisamment faible pour une durée déterminée. La mise en pratique de cette conception paraît toutefois particulièrement difficile si l'on veut graduer la durabilité avec une certaine sensibilité. L'expérience dont on dispose, relativement courte il est vrai, semble plutôt suggérer une règle de tout ou rien.

Des ouvrages importants ont manifesté à des époques récentes des indices de dégradation inquiétante, après des durées de l'ordre de dix à quinze ans, très inférieures à la durée d'utilisation assignée en toute sécurité et sans nécessité de réparations. Les réparations sont toujours difficiles, coûteuses, précaires ou aléatoires. Comme elles sont en outre imprévues, l'impression qu'elles causent est très défavorable. Cela s'applique à des ouvrages importants isolés, tels que des ponts, des barrages, des

édifices. On en trouve peu qui ne présentent dans l'une ou l'autre de leurs parties des indices caractéristiques de dégradation, notamment s'il s'agit de béton armé. La qualité de l'ouvrage se caractérise grosso-modo par la proportion de l'altération.

La question semble s'être posée dans de nombreux pays d'une manière particulièrement aigüe pour les éléments préfabriqués en béton armé, même les plus importants, tels que les poteaux pour le support des lignes électriques aériennes. Les exploitants de ces lignes s'en inquiètent très vivement, en raison de l'importance financière du problème et de la déception considérable qu'ils éprouvent au sujet de la durée qu'ils escomptaient des poteaux en béton armé, sans frais d'entretien ni de réparations. Cette situation existe en Belgique [1] et aussi dans d'autres pays.[2]

Les causes de dégradation du béton et du béton armé sont très nombreuses. La plupart sont externes. On ne connaît guère en Europe les phénomènes signalés aux Etats-Unis d'Amérique de désagrégation des bétons par suite de l'attaque chimique des agrégats par les ciments.[3] Par contre, on y a connu des cas de dégradation par transformation cristalline de certains composants du ciment alumineux hydraté.[4] Nous ne sommes jamais parvenus au laboratoire à produire des corrosions d'armatures par les constituants normaux du béton, notamment des ciments spéciaux. Seules les cendrées peuvent attaquer les armatures, mais on ne peut les considérer comme des agrégats normaux.

En dehors de ces cas exceptionnels de corrosion d'origine interne, on connaît de nombreuses causes externes de corrosion. Certaines sont particulières (ambiance des usines chimiques, usines à gaz, condensation de vapeurs d'eau dans les papeteries et les buanderies, sucreries, laiteries, huileries, eaux sulfatées des lavoirs et des terrils de charbonnages et des silos à charbon, eaux minérales carbo-gazeuses, etc.). Il n'est pas possible de les énumérer toutes, encore moins de les étudier dans l'espace d'un bref rapport. Leur connaissance est aussi importante pour le constructeur que celle des méthodes de calcul. Pour certains cas, l'emploi de matériaux spéciaux est à recommander, p.ex. les ciments sursulfatés durcissent davantage dans les eaux sulfatées que dans l'eau potable.[5] D'autres sont sans remède: aucun liant hydraulique ne résiste aux eaux carbo-gazeuses telles que les eaux de Spa.

Dans tous les cas où le béton, armé ou non, est susceptible de résister, les qualités qu'il doit posséder à cet effet sont les mêmes que celles qui sont envisagées plus loin pour assurer la résistance aux causes plus générales de corrosion, telles que les eaux très pures ou granitiques pour les barrages, les eaux marines pour les ouvrages maritimes et les actions atmosphériques pour tous les ouvrages extérieurs non immergés. Ces dernières sont les plus communes; elles contribuent puissamment aussi à l'action des eaux marines sur les parties d'ouvrages soumises à l'action de la marée; elles agissent également sur les barrages.

Dans un rapport d'étendue aussi limitée, qui ne peut être ni détaillé ni épisodique, il paraît opportun de se tenir principalement au cas le plus général à tous points de vue des effets des actions atmosphériques, qui se manifestent par les variations simultanées et, dans une certaine mesure, corrélatives de la température et de l'humidité. Ces variations conditionnent d'ailleurs le climat, avec les mouvements de l'air.

L'action destructrice de ces variations sur le béton armé ou non résulte principalement de l'hétérogénéité du béton. Il est composé de trois phases: solide, liquide (eau) et gazeuse (vides remplis d'air). La phase solide est elle-même hétérogène, se composant des agrégats et du sable, qui sont souvent de natures différentes, et du ciment hydraté partiellement. Les variations de la température et de l'humidité atmosphérique modifient les proportions des phases liquide et gazeuse, par évapora-

[1] Voir la bibliographie à la fin du rapport.

tion, condensation ou mouillage direct en cas de pluie, la somme de ces phases restant sensiblement constante. Ceci s'applique au béton dans son stade de durcissement ultime. Pendant les premiers temps qui suivent sa mise en œuvre, les phénomènes d'hydratation progressive qui constituent la prise et le durcissement font intervenir des changements dans les proportions des phases. C'est d'ailleurs pendant ces premiers temps que se manifeste principalement le phénomène du retrait, lié aux variations de la phase liquide. Ce retrait est en majeure partie irréversible.

Après le durcissement complet, les variations hygrométriques peuvent encore engendrer des modifications de volume plus ou moins réversibles, mais atténuées par rapport au retrait initial. Il est bien connu que le retrait peut provoquer des fissures lorsqu'il est entravé. Il s'agit là généralement d'empêchements de retrait d'ensemble affectant des pièces de grandes dimensions. Ces fissures macroscopiques, transversales par rapport à la plus grande dimension des pièces, sont des amorces à corrosion. Il est sans doute généralement bien connu aussi à l'heure actuelle que l'hétérogénéité de la phase solide donne lieu à des tensions de retrait, éventuellement à des fissures microscopiques ou même macroscopiques. L'élément affecté par le retrait est la pâte de ciment hydratée; les variations de volume des agrégats sont négligeables par rapport à celles du ciment ou en tous cas très inférieures (laitier concassé). Les agrégats entravant le retrait du ciment sont comprimés, cependant que les réseaux agglomérants de ciment ou de mortier sont tendus. Des microfissures peuvent naître de ce fait dans le mortier.[6] Les armatures du béton armé constituent une hétérogénéité de plus et très importante. Son invariabilité pratique de volume entrave considérablement le retrait du béton et donne lieu à des tensions de retrait qui engendrent souvent des fissures, principalement parallèles aux armatures très voisines des surfaces libres du béton.[7] Ces fissures longitudinales, parallèles aux armatures principales, ou transversales, parallèles aux étriers, sont en effet l'apparence la plus commune et la plus générale de la dégradation du béton armé.

Abstraction faite de l'influence des variations de température sur les variations hygrométriques, influençant le retrait, les variations thermiques exercent des effets directs de dilatation ou de contraction. Le coefficient de dilatation thermique des bétons est assez variable et généralement mal connu, il varie avec la composition, la nature des constituants et l'âge, aussi avec le degré d'humidité. En outre, il constitue un coefficient moyen, chaque constituant ayant son coefficient de dilatation propre. Pour une même variation de température, il peut se produire des variations de dimensions différentes pour les pierres, les grains de sable et la pâte de ciment, aussi pour l'acier des armatures. Le béton peut notamment, contrairement à une opinion assez répandue, avoir un coefficient de dilatation thermique sensiblement différent de celui de l'acier, généralement inférieur.[8] Ceci s'ajoute aux effets défavorables du retrait en cas d'abaissement de température, mais les atténue en cas d'élévation (abstraction faite des effets sur le retrait de variations hygrométriques corrélatives éventuelles).

A ces variations considérées comme uniformes dans un volume limité s'ajoutent, dans les pièces de dimensions assez considérables, les effets du régime variable de diffusion ou de propagation. Les effets des variations hygrométriques ne sont pas uniformes ni instantanés dans toute la masse, mais diffusent à partir de la surface dans la masse avec une certaine vitesse, dépendant de la porosité. Il en est de même des variations thermiques d'une manière dépendant de la capacité et de la conductibilité thermiques.

Ces phénomènes de régime variable peuvent être étudiés théoriquement, selon certaines hypothèses, par des méthodes connues. Il en résulte des différences de retrait et de dilatation ou de contraction thermique dans la masse, donnant lieu à des

tensions intrinsèques et qui peuvent aussi produire des fissurations ou des écaillages au voisinage des surfaces libres.

Enfin, il faut encore ajouter à cela les effets de la variation de composition des bétons. La composition nominale n'est qu'une moyenne statistique, dont la composition locale des diverses gâchées diffère plus ou moins. Il en résulte des différentiations dans toute la masse des facteurs spécifiques de retrait et de dilatation thermique. Certes, certains de ces effets, considérés en eux-mêmes, sont assez peu importants et guère susceptibles de causer *seuls* des dégradations appréciables. Mais ils sont susceptibles de se cumuler et, s'ils s'additionnent d'une manière défavorable à la principale des causes déjà considérées, le retrait, ils peuvent en accentuer les effets au point de rendre les dégradations inévitables. Celles-ci résultent aussi non seulement de la cumulation des divers effets considérés précédemment, mais aussi de leur répétition incessante et de leurs changements de sens plus ou moins périodiques. C'est ce qui explique l'effet du temps sur l'apparition des dégradations et leur progression.

Une cause de dégradation particulièrement active dans les climats où elle existe est le gel, qui combine l'action des variations hygrométriques et thermiques. L'espace total réservé au rapport n'est pas suffisant pour une analyse ou une discussion quelque peu détaillée du phénomène de la gélivité du béton durci, qui n'est certes pas simple. On s'en tiendra donc aux considérations les plus globales. L'expérience établit que l'eau congelée dans le béton gonfle et fait gonfler le béton. Ce gonflement dépasse localement l'allongement de rupture du béton et n'est de ce fait pas entièrement réversible. Chaque gel désagrège donc tant soit peu le béton. La répétition des gels entraîne une dégradation progressive plus ou moins rapide. Dans un béton gélif, l'altération est assez rapide. Si elle est lente, le béton est réputé ingélif, mais il ne peut y avoir de béton absolument ingélif. C'est ce que montrent les essais de gélivité, lorsqu'on a recours pour en caractériser les effets à un indice très sensible; en l'occurrence le module d'élasticité dynamique mesuré par le son ou l'ultra-son. Chaque gel donne lieu à une diminution appréciable du module d'élasticité. La gélivité dépend essentiellement de la quantité d'eau existant dans le béton, c'est-à-dire du mouillage initial et de l'eau qui a pu pénétrer dans le béton durci. Il s'agit donc de l'eau libre du béton, de telle sorte que finalement la gélivité est dépendante surtout de la porosité réelle du béton durci, représentée par les proportions en volume d'eau libre et d'air (vides totaux). Un béton ingélif sera donc très compact, ce qui implique une excellente composition et une mise en œuvre parfaite. Il est désirable que la *porosité en volume* soit inférieure à 10%, alors que des bétons de médiocre qualité ont jusqu'à 20% et plus de vides totaux. Ceci implique aussi une richesse suffisante en ciment, adéquate à la composition et à la granulométrie. A l'opposé, des bétons entièrement caverneux pourraient être ingélifs, mais il ne s'agit pas ici de bétons de cette nature. La forme des pores, surtout remplis d'eau, peut avoir de l'importance. Des lamelles d'eau libre, comme il peut s'en former par la ségrégation d'un béton vibré trop mouillé, sont particulièrement nocives [6] et tendent à favoriser un écaillage du béton par le gel. Au contraire, des pores très répartis et de forme plutôt sphérique peuvent être inoffensifs, ce qui peut expliquer la résistance plus grande au gel qui semble bien résulter de l'incorporation au béton d'agents entraîneurs d'air. Cet effet est d'autant plus marqué que le béton est plus médiocre, c'est-à-dire risque d'être plus gélif en absence d'air occlus.

Les variations des coefficients de dilatation thermique jouent un rôle important dans la gélivité du béton. Des essais effectués dans nos laboratoires ont montré notamment une bonne tenue au gel de bétons formés de pierres dont le coefficient de dilatation thermique est assez voisin de celui du mortier. Dans ces conditions, le

calibre maximum des agrégats est assez indifférent et il peut advenir que des bétons faits avec de gros agrégats aient une tenue au gel équivalente, sinon meilleure, à celle de bétons plus fins.

Ceci diffère des conclusions qui ont été déduites d'essais qui tendaient à faire dépendre la gélivité dans une large mesure du calibre des agrégats, la susceptibilité au gel croissant avec le calibre. Cela ne semble vrai que dans le cas où le coefficient de dilatation thermique des agrégats est très différent de celui du mortier ou de la pâte de ciment; l'effet du calibre se comprend très bien dans ces conditions. Mais l'effet de la différence des coefficients de dilatation thermique sur la gélivité semble plus grand que celui du calibre des agrégats. C'est là un point très utile à considérer pour la recherche de matériaux convenant pour un béton résistant au gel.

Dans le béton armé, en cas de gel, l'armature refroidie se contracte, cependant que le béton gelé gonfle. Ceci agit dans le même sens que les effets du retrait et d'une manière très accusée. La répétition saisonnière de ces effets doit contribuer beaucoup à faire naître les fissures parallèles aux armatures voisines des surfaces libres. De plus, le gonflement par le gel des réglettes de béton ainsi constituées, couvrant les armatures, les fait flamber et les en détache. L'écaillage par le gel du béton non armé peut aussi se produire par suite de la pénétration progressive du gel dans le béton à partir de la surface. Le béton superficiel congelé ayant gonflé, des tensions de traction et tangentielles naissent à la jonction du béton non congelé et tendent à en séparer la couche extérieure.

En fait, les dégradations les plus fréquentes et les plus caractéristiques sont les écaillages superficiels des bétons (surtout par le gel) et le dénudage des armatures du béton armé. Celui-ci peut provenir des processus précédemment indiqués de formation de fissures parallèles aux armatures et de la tendance à la séparation de l'armature du béton de couverture. L'eau atmosphérique peut alors atteindre facilement les armatures et les couvrir de rouille. Cette corrosion des armatures s'accompagne d'une expansion, qui provoque une aggravation et une progression marquées du phénomène. Dès lors, la dégradation est très prononcée et lorsqu'il s'agit d'une construction très exposée et que le béton est médiocre, il peut se décomposer à grande profondeur sous les armatures dans un espace de temps de dix à quinze ans, comme nous avons pu le constater sur des constructions de grande importance.

La fissuration du béton le long de l'armature préalable à la rouille de celle-ci n'est pas admise par tous. On préfère parfois invoquer la pénétration des eaux pluviales jusqu'aux armatures à la faveur de la porosité et de la capacité d'absorption d'eau du béton. Sauf les cas de porosité béante du béton, dénudant l'armature dès l'origine, on peut objecter que l'eau absorbée par le béton doit être rendue alcaline par la chaux et doit être de ce fait passive à l'égard des armatures. On pourrait envisager que la chaux libre du béton soit progressivement carbonatée et que, à la longue, la passivation disparaîtrait. L'eau atteignant les armatures en provoquerait alors la rouille, l'expansion et par là l'éclatement de l'enveloppe de béton.

Ceci conduit à attacher moins d'importance à la porosité proprement dite qu'à la capacité et à la rapidité d'absorption et d'évaporation d'eau du béton, d'ailleurs en corrélation statistique avec la porosité. On peut concevoir d'après cela [9] une méthode de calcul de l'épaisseur minimum de recouvrement sur les armatures, basée sur la fréquence et l'intensité des pluies et les facteurs d'absorption et d'évaporation d'eau par le béton. Seulement, ces facteurs sont très aléatoires.

Au point de vue des résultats, les deux explications conduisent aux mêmes et il n'est pas essentiel que les fissures soient préalables ou postérieures à la rouille de l'armature. Ainsi qu'il a été dit plus haut, la dégradation du béton armé comme

celle du béton est due probablement à la cumulation et à la répétition de toutes les causes envisagées, diversifiées par l'hétérogénéité des matériaux à divers degrés. L'hypothèse de la fissuration du béton postérieure à la rouille serait abusive si elle prétendait éliminer tous les autres effets, surtout le retrait et le gel. En effet, des expériences de laboratoire reproduisent très facilement la formation de fissures par le retrait et de dégradations du béton par le gel, cependant que nous n'avons guère réussi au laboratoire à provoquer la rouille d'armatures enrobées de béton. Par contre, l'hypothèse des effets cumulés du retrait, des variations thermiques et du gel n'exclut pas que s'y ajoute celui de l'absorption d'eau, d'autant plus qu'il est favorisé par les autres. Mais il n'est généralement pas seul en cause. Même dans les cas de corrosion du béton armé dans lesquels le gel ne peut pas intervenir, p.ex. sous un climat torride.[10] Le retrait et les variations thermiques et hygrométriques y jouent un grand rôle. Les pluies intenses jointes aux températures élevées provoquent une circulation d'eau importante et alternée dans le béton, qui au bout d'un certain temps enlève toute la chaux libre susceptible d'être formée dans le béton par hydrolyse du ciment hydraté. Le béton devient ainsi de plus en plus poreux, et, la carbonatation aidant, l'eau qui parvient abondamment aux armatures finit par les corroder lorsqu'elle n'est plus alcalinisée par la chaux. Au voisinage de la mer, ce processus de rouille des armatures en raison de la porosité croissante du béton peut être accéléré par les embruns salins.[11]

D'autres cas de corrosion, dans lesquels la rouille des armatures a été provoquée par l'eau salée dans des régions torrides ont été décrits.[12] Le processus précité sera naturellement accéléré et aggravé si l'eau contient des produits corrodant les armatures.

Dans le cas de barrages retenant des eaux très pures ou acides, c'est le processus d'enlèvement de chaux par filtration qui produira des effets analogues, par augmentation croissante de la porosité du béton, alors que normalement, il peut y avoir colmatage.

L'espace fait défaut pour analyser ici l'action des eaux marines. On sait que cette action est beaucoup plus accentuée sur les ouvrages découverts par la marée que sur ceux qui sont toujours immergés. Même les embruns sont plus à craindre que l'immersion permanente. Ceci montre que les actions atmosphériques interviennent très activement dans l'attaque des bétons et des bétons armés par la mer, qui se produit par la répétition de ces effets et leur cumulation avec l'action chimique de l'eau de mer, qui n'est souvent pas suffisante pour produire seule des dégradations notables.[5]

Ceci permet de conclure que les principaux moyens propres à différer la corrosion du béton et des armatures et à augmenter leur durabilité sont d'application dans tous les cas. Pour le béton, il s'agit d'assurer sa meilleure compacité compatible avec les conditions de mise en œuvre, par une bonne composition, une bonne qualité des agrégats (non réactifs, ni absorbants, ni gélifs) et une excellente mise en œuvre avec le minimum d'eau. Il est toujours recommandable d'utiliser les coffrages les plus lisses possibles, afin d'avoir des surfaces de béton très pleines et lisses. En bref, on prendra toutes les précautions utiles pour que le béton soit et reste aussi impénétrable que possible aux agents extérieurs (faible porosité, faible perméabilité, faible pouvoir absorbant). On le protègera pendant les premières périodes de durcissement contre le gel et la dessication. Dans certains cas, il sera nécessaire de recouvrir la surface du béton d'un enduit plastique adhérent et étanche, durable ou régulièrement renouvelé.

En ce qui concerne les armatures, elles doivent être recouvertes d'une couche de béton d'excellente qualité, d'épaisseur suffisante et durable. C'est le point le plus

délicat, car de fortes objections sont faites au nom de l'économie. Mais il s'agit d'une économie partielle, celle de construction, qui est souvent fallacieuse selon quelques expériences plutôt coûteuses. L'économie d'ensemble doit tenir compte de la durée. Les points de vue des entrepreneurs et des utilisateurs doivent s'accorder sur ce sujet. Il y a trois limites d'épaisseur à considérer dont il faut dans chaque cas adopter la plus élevée:

1° une limite absolue, destinée à protéger l'armature de l'atteinte par l'eau absorbée et que nous proposons, pour le climat de la Belgique, de prendre égale à 30 mm.;
2° une limite par rapport au diamètre des barres, pour tenir compte de l'effet des variations de volume et que nous proposons de prendre égale à deux fois le diamètre de la barre, comptée à l'extérieur de celle-ci;
3° une limite relative au calibre maximum de l'agrégat, que nous proposons de prendre égale à 1,5 fois la dimension maximum nominale de l'agrégat.

Les trois limites coïncident pour du béton armé dont les agrégats ne dépassent pas 20 mm. d'épaisseur nominale et dont les armatures ont 15 mm. de diamètre. Ces propositions favorisent les barres minces pour le béton armé et les agrégats de petit calibre, ce qui est recommandable pour les pièces élancées.

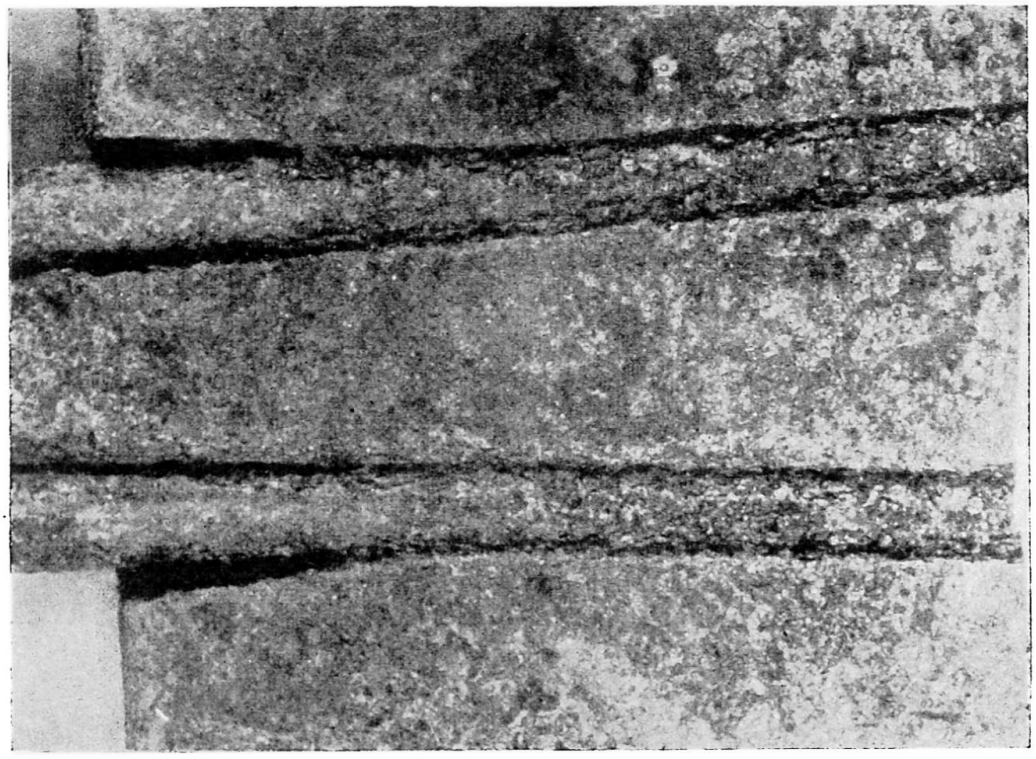

Fig. 1

Pour des milieux particulièrement agressifs, la limite minimum absolue peut être augmentée jusqu'à 50 ou 60 mm. Des précautions effectives seront prises pour garantir l'épaisseur de recouvrement minimum après exécution. Des moyens de contrôle électriques existent à cet effet.

Le béton précontraint est trop récent pour que l'on puisse juger de sa durabilité. Il semble que, par suite de la compression de précontrainte et l'emploi normal de

béton de meilleure qualité, la corrosion doive être moins à craindre. En cas de post-contrainte, que les câbles soient nus ou dans des gaînes, il faudra en assurer une parfaite protection contre les agents de corrosion extérieurs. L'injection des gaînes au moyen de mortier après la mise en tension des câbles devrait notamment être soigneusement contrôlée. Notre collègue M. le Professeur Magnel nous a prié de signaler un cas de corrosion se limitant aux fils de précontrainte aux endroits où ils sont serrés dans les clavettes de fixation (fig. 1). Les cables entièrement nus et les plaques de répartition étaient indemnes après six ans. Il se recommande donc de recouvrir soigneusement les dispositifs de fixation des cables d'un béton de protection, d'adhérence garantie.

En raison de la susceptibilité des fils à la fatigue près des ancrages, cette précaution ne dispense pas d'assurer l'adhérence des fils sur une longueur suffisante aux extrémités par injection des gaînes.

Bibliographie

(1) F. Campus. "La durabilité du béton et du béton armé soumis aux actions atmosphériques. Considération particulière des supports en béton armé des lignes aériennes," Procès-verbal de la séance du 8 novembre 1950 de l'A.B.E.M., Bruxelles, *Bull. sci. de l'A.I.M.*, Nos. 7, 8, 9, Liège, juillet, août, septembre 1950.

(2) R. Jour. "Résistance des poteaux en béton armé des lignes aériennes de contact à l'action de l'eau de pluie," *L'Industrie des voies ferrées et des transports automobiles*, Paris, octobre 1950.

(3) T. M. Kelly, L. Schuman and F. B. Hornibrook. "A study of alkali-aggregate reactivity by means of mortar-bar expansions," *J. Amer. Concrete Inst.*, **20**, (1), Sept. 1948.

(4) R. Cavenel. "Réparation du pont de la Corde sur la Penzé près de Carantec (Finistère)," *Annales des Ponts et Chaussées*, Paris, mars-avril 1944.

(5) 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*, août 1947.

(6) J. Bolomey. "Gélivité des bétons," *Bull. du ciment*, novembre 1946.

(7) F. Campus. "Effets élastiques d'inclusions hétérogènes dans un milieu subissant un retrait," Abstracts of papers, 4th International Congress for Applied Mechanics, Cambride, 1934.

"Tensions produites dans le béton et le béton armé par suite des variations de volume," *Hormigon y Acero*, Madrid, 1935; *Revue Universelle des Mines*, Liège, janvier 1936.

(8) A. Juillard. "Quelques propriétés du ciment et du béton: dilatation, retrait, élasticité," *Schweizerische Bauzeitung*, 1932.

(9) R. Dienne. "La grave maladie des poteaux électriques en béton armé," Publication de l'Association des Ingénieurs de la Faculté Polytechnique de Mons, No. 1, 1950.

(10) C. Wolterbeek. "Emploi du béton et du béton armé aux Colonies," Ier Congrès International du Béton et du Béton armé, Tome II, Liège, 1930.

(11) R. Peltier. "Note sur la rouille des fers dans les bétons aux colonies," *Annales des Ponts et Chaussées*, No. 1, Paris, 1950.

(12) Batta, Rabozée, Baes, Campus *Procès-verbal de la 5me séance tenue le 17 décembre 1930*, Publication No. 5 de 1930 de l'Association Belge pour l'Etude et l'Essai des Matériaux.

Résumé

Les causes de corrosion du béton et des armatures sont exceptionnellement internes, généralement elles sont externes. A côté de nombreuses causes particulières de corrosion, il en existe de très communes, telles les actions des eaux très pures ou marines et celles des agents atmosphériques. Ces dernières sont spécialement envisagées en rapport avec l'hétérogénéité multiple du béton et du béton armé, qui

commande leurs effets. Le mécanisme complexe des dégradations habituelles est analysé succinctement. Les remèdes sont à trouver dans les qualités de compacité effective du béton et un recouvrement suffisant des armatures.

Summary

The causes of corrosion of concrete and its reinforcement are seldom internal; generally they are external. Besides many particular causes of corrosion, there are some which are very common, such as action of very soft water, sea-water or atmospheric agents. The latter are specially taken into consideration in connection with the manifold heterogeneity of concrete and reinforced concrete, which determines their effects. The complicated reactions in the case of ordinary damage are briefly analysed. Remedies are to be found in sufficiently effective compactness of the concrete and a sufficient covering of the reinforcement.

Zusammenfassung

Die Ursachen der Korrosion des Betons und der Eisenstäbe sind selten innerer, sondern im allgemeinen äusserer Natur. Neben manchen besonderen Korrosionserregern bestehen einige ganz gewöhnliche, wie sehr reines Wasser, Meerwasser oder atmosphärische Wirkstoffe. Die letzteren werden besonders berücksichtigt im Zusammenhang mit der mannigfaltigen Heterogeneität des Betons und des Eisenbetons, die ihre Folgen bestimmt. Der komplizierte Vorgang bei der gewöhnlichen Beschädigung wird kurz analysiert. Gegenmittel finden sich in einer genügenden wirklichen Dichtigkeit des Betons und genügender Ueberdeckung der Bewehrungsstäbe.

Leere Seite
Blank page
Page vide