

NRC Publications Archive Archives des publications du CNRC

Les adjuvants du béton de ciment Portland Swenson, E. G.

For the publisher's version, please access the DOI link below./ Pour consulter la version de l'éditeur, utilisez le lien DOI ci-dessous.

Publisher's version / Version de l'éditeur:

<https://doi.org/10.4224/40001082>

Digeste de la construction au Canada; no. CBD-103F, 1972-03

NRC Publications Archive Record / Notice des Archives des publications du CNRC :

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=f2770be0-b158-494d-bf33-56296e470425>

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=f2770be0-b158-494d-bf33-56296e470425>

Access and use of this website and the material on it are subject to the Terms and Conditions set forth at

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/copyright>

READ THESE TERMS AND CONDITIONS CAREFULLY BEFORE USING THIS WEBSITE.

L'accès à ce site Web et l'utilisation de son contenu sont assujettis aux conditions présentées dans le site

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/droits>

LISEZ CES CONDITIONS ATTENTIVEMENT AVANT D'UTILISER CE SITE WEB.

Questions? Contact the NRC Publications Archive team at

PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca. If you wish to email the authors directly, please see the first page of the publication for their contact information.

Vous avez des questions? Nous pouvons vous aider. Pour communiquer directement avec un auteur, consultez la première page de la revue dans laquelle son article a été publié afin de trouver ses coordonnées. Si vous n'arrivez pas à les repérer, communiquez avec nous à PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca.

Digeste de la Construction au Canada

Division des recherches en construction, Conseil national de recherches Canada

CBD 103F

Les adjuvants du béton de ciment portland

Publié à l'origine en mars 1972

E.G. Swenson

Veillez noter

Cette publication fait partie d'une série qui a cessé de paraître et qui est archivée en tant que référence historique. Pour savoir si l'information contenue est toujours applicable aux pratiques de construction actuelles, les lecteurs doivent prendre conseil auprès d'experts techniques et juridiques.

La plus grande partie du béton produit au Canada, qu'il serve à la production d'éléments préfabriqués ou qu'il soit coulé en place, contient un adjuvant. Les adjuvants les mieux connus sont peut-être le chlorure de calcium et l'agent entraîneur d'air, tous deux employés dans la construction par temps froid. L'emploi de retardateurs de prise et de réducteurs d'eau est devenu très populaire au cours des dernières années. Aujourd'hui, les méthodes de fabrication et les produits de béton demandés par l'industrie sont de plus en plus compliqués et variés; c'est pourquoi l'on a souvent recours à des adjuvants moins connus comme les inhibiteurs de corrosion, les agents d'expansion et les pigments.

L'architecte n'a pas jusqu'ici jugé nécessaire de s'embarasser des détails de composition du béton, laissant ce domaine au spécialiste et au fabricant de béton. Il s'est contenté de spécifier certaines exigences minimales, comme la résistance à la compression. Aujourd'hui, toutefois, on attend plus du béton que jamais auparavant; on l'utilise dans une variété sans cesse croissante de constructions de formes diverses et pour des fins bien particulières. Il doit souvent résister aux conditions rigoureuses du milieu, et faire face à une forte concurrence, surtout en ce qui concerne la production en série et la programmation des travaux. Cette évolution a nécessité de la part de l'architecte et du constructeur une connaissance approfondie de toutes les possibilités et limites des matériaux qu'ils emploient.

Ces progrès mêmes ont agrandi le champ d'application des adjuvants du béton. L'adjuvant a pour objet de modifier une ou plusieurs propriétés, soit du mélange plastique, soit du béton durci. Il permet ainsi d'adapter le béton à la fabrication de produits et aux méthodes de construction, ce qui n'est pas toujours réalisable par d'autres moyens. C'est le cinquième ingrédient du béton, qui vient s'ajouter aux quatre constituants fondamentaux: le ciment portland, l'eau, le sable et la pierre. Aujourd'hui, les normes sur le béton régissent l'emploi et le rôle de ces agents, qui sont devenus partie intégrante de la technologie et de la pratique du béton.

Bien que l'emploi d'un adjuvant peut résoudre un problème particulier, il peut en même temps en créer d'autres. Il faudra donc les prévoir. Tout comme les médicaments, les adjuvants

produisent des effets secondaires qui peuvent être bénéfiques, inoffensifs ou dommageables, selon le cas. Le producteur de béton peut être conscient de ces effets, mais peut ignorer s'ils seront nuisibles à la structure. Par conséquent, l'architecte et le constructeur doivent être bien informés sur la nature des adjuvants, leur avantages et les problèmes inhérents à leur utilisation. Ceci est particulièrement important dans le bétonnage sur place, où le béton est fabriqué sur le chantier.

Ouvrabilité du béton plastique

Les premiers adjuvants ont selon toute probabilité été utilisés dans le but d'améliorer le malaxage, la mise en place et la finition du mélange plastique. C'est une considération importante pour l'architecte, parce que cela permet de réduire ou d'éliminer le ressuage, la ségrégation, la formation de nids d'abeilles et autres défauts superficiels disgracieux pouvant résulter du manque de plasticité du mélange. La plupart des adjuvants utilisés, qu'ils soient agents entraîneurs d'air, retardateurs de prise, ou réducteurs d'eau, amélioreront l'ouvrabilité. Bien que cette amélioration soient considérée comme un effet secondaire, c'est souvent la principale raison pour laquelle on recourt aux adjuvants.

Entraînement d'air et durabilité

Les cycles de gel et de dégel des hivers canadiens peuvent endommager le béton ordinaire en un temps relativement court, particulièrement s'il est exposé aux sels de déglacage qu'on répand habituellement sur les chaussées et les trottoirs. Le béton qui renferme de petites bulles d'air entraînées par un adjuvant entraîneur d'air résistera à ces conditions rigoureuses. Etant donné qu'il n'y a pas d'autres solutions et que l'amélioration de la durabilité est si marquée, toutes les normes de béton exigent maintenant l'air occlus, lorsque le béton doit être exposé à un mouillage continu ou fréquent.

Les agents entraîneurs d'air qui produisent de bons réseaux de bulles d'air dans la pâte de ciment sont formulés à partir de matières organiques comme les résines de bois, les hydrocarbures sulfonés, et les détergents synthétiques. Les proportions spécifiées des agents pour produire de 5 à 7 p. 100 d'air, qui est normalement requis, sont de l'ordre de 1 p. 100 du poids du ciment. La baisse de résistance qui peut découler, de la présence d'air occlus, est généralement compensée par la réduction du rapport eau-ciment, rendu possible à cause d'une meilleure ouvrabilité.

On a établi que l'espacement des bulles d'air doit être de l'ordre de 0.008 pouce, pour assurer une meilleure durabilité possible. L'air-mètre et d'autres appareils semblables servent à contrôler la qualité, mais ne mesurent que l'air total. La détermination du réseau de bulles d'air dans la pâte nécessite un examen microscopique ce qui n'est pas pratique.

Accélérateurs

Pour le bétonnage par temps froid au Canada, on fait grand usage d'un adjuvant minéral, le chlorure de calcium. Contrairement à certaines opinions bien ancrées, il n'est pas efficace comme antigel, et ne constitue donc pas un substitut au chauffage et à l'isolation nécessaires lorsque la température tombe au-dessous du point de congélation. Il est efficace pour maintenir un gain de résistance satisfaisant à de basses températures au-dessus du point de congélation.

A dose normale de 1 à 2 p. 100 du poids du ciment, le chlorure de calcium accélère la prise, de même que le taux d'accroissement de la résistance du béton plastique. En pratique, une diminution du temps de prise peut être nécessaire ou souhaitable, pour permettre de finir plus tôt les planchers pour la réduction des pressions sur les coffrages, ou pour la prise rapide dans le bétonnage par projection. Comme accélérateur de gain de résistance, il peut permettre une application hâtive des charges et réduire le temps de cure.

Malheureusement, le chlorure de calcium provoque un certain nombre d'effets secondaires qui sont généralement dommageables. Toutefois, ces effets ne sont pas importants, et l'on peut normalement y remédier en prenant les dispositions nécessaires. Ils sont principalement

associés aux problèmes de la corrosion de l'armature, de retrait au séchage, de fluage, de dégagement de chaleur et de résistance à l'action des sulfates. Le triéthanolamine est un accélérateur organique utilisé dans les formules pour atténuer les effets des retardateurs de prise. Sous ce rapport, il est utilisé dans certains adjuvants réducteurs d'eau et entraîneurs d'air.

On peut obtenir des effets similaires à ceux produits par les accélérateurs en utilisant un ciment plus fin et des températures plus élevées; ces moyens sont souvent préférables, tant du point de vue qualité que coût.

Retardateurs de prise

Ces dernières années, on s'est rendu compte que le bétonnage par temps chaud doit se faire selon des méthodes spéciales. Le raffermissment et le durcissement prématurés peuvent créer des difficultés de déchargement, de mise en place et de consolidation du béton frais. On fait maintenant grand usage d'adjuvants retardateurs de prise dans de tels cas, particulièrement dans le béton prêt à l'emploi, lorsqu'on prévoit de le transporter sur une longue distance par temps chaud. Ils permettent au béton de garder une consistance plastique durant une période plus longue sans que l'accroissement de la résistance soit affecté de façon significative. Il existe d'autres solutions qui consistent à protéger les granulats des températures excessives en les couvrant et en refroidissant le béton avec de la glace dans l'eau de gâchage.

Dans d'autres cas, un retardateur de prise peut être utile: il peut éliminer les joints indésirables entre les coulées, en assurant que le béton de la coulée précédente demeure assez longtemps plastique pour que la coulée suivante s'y joigne bien. Il peut contribuer à réduire les températures maximales dans le béton de masse en répartissant le dégagement de chaleur de réaction sur une période plus longue. On s'en sert aussi dans les coulis d'injection, le béton pompé ou placé selon d'autres procédés.

Les retardateurs de prise utilisés au Canada proviennent principalement de deux sources, les sels des acides lignosulfoniques et des oxacides carboxyliques. On utilise aussi les détergents, les sucres, et plus récemment, les silicones. Le dosage varie de 0.2 à 1 p. 100 du poids du ciment, l'excès étant un risque évident. On a rapporté des cas où le béton n'avait pas encore durci après deux semaines apparemment en raison d'un excès de dosage.

Les adjuvants retardateurs de prise, de plus, agissent comme réducteurs d'eau et plastifiants. Le type lignosulfonate a tendance à réduire le ressuage et entraîne de l'air, alors que le type oxacide carboxylique produit l'effet contraire. Les deux peuvent produire des effets désirables ou nuisibles, selon les exigences des travaux et cours; les deux types ont tendance à augmenter la vitesse de durcissement, c'est-à-dire qui se traduit par une diminution d'affaissement, fait indésirable. L'ennui avec ces adjuvants est que leur présence dans le béton, particulièrement leur quantité, n'est pas facile à déterminer.

Réducteurs d'eau

La propriété de la plupart des adjuvants chimiques de réduire l'eau est recherchée pour deux raisons. En abaissant la quantité d'eau de gâchage requise, ils augmentent la résistance à la compression pour une teneur en ciment et un affaissement donnés. Ceci permet également de réduire la teneur en ciment pour une résistance et un affaissement donnés. Cette dernière caractéristique est très intéressante du point de vue économique, étant donné que le ciment est l'ingrédient le plus cher qui entre dans la composition du béton. Il ne faut toutefois pas pousser trop loin l'économie de ciment; cela pourrait nuire à la qualité du béton, par exemple, quant à l'absorption, la perméabilité, la durabilité. Au lieu de se servir d'un réducteur d'eau, on peut recourir à la compaction par vibration du béton à faible affaissement.

Les réducteurs d'eau sont vendus comme tels, bien que leurs constituants soient les mêmes que ceux des retardateurs de prise (lignosulfonates ou hydroxy-carboxylates). Ils sont formulés de façon à réduire ou éliminer les propriétés des retardateurs de prise. Ils possèdent donc les mêmes effets secondaires que ces derniers.

Autres types d'adjuvants

Les adjuvants hydrofuges et imperméabilisants ont pour but de réduire la pénétration d'eau dans les pores les plus grandes du béton. Ils comprennent les savons, les stéarates butyliques, l'huile minérale et les émulsions de bitume. On sait toutefois peu de choses sur leur valeur et les risques que comporte leur utilisation. On croit qu'ils présentent quelques avantages dans la fabrication de briques et de blocs de béton, où l'on se sert de mélanges à très faible affaissement. Généralement, on peut obtenir un béton suffisamment imperméable et de faible absorption en recourant à de bonnes méthodes de fabrication.

On évite normalement les problèmes de corrosion de l'acier d'armature en le couvrant d'une épaisseur suffisante de béton, mais ces problèmes peuvent s'aggraver à cause de la présence de chlorure de calcium ou de la carbonatation. L'usage d'adjuvants inhibiteurs de corrosion est limitée dans l'industrie de produits préfabriqués en béton. Ex: benzoate de sodium, chlorures ferriques et stanneux, et nitrite de sodium.

Lier le béton fraîchement coulé à du vieux béton constitue un problème toujours actuel. Dans ces cas-là, on peut utiliser les mortiers modifiés avec des adjuvants adhésifs, comme les chlorures et les acétates de polyvinyle, les acryliques et les co-polymères de butadiène-styrène.

Les types d'adjuvant étudiés jusqu'à présent sont ce qu'on appelle des adjuvants chimiques, qu'on distingue des adjuvants minéraux en poudre, comme les cendres volantes. Les adjuvants chimiques sont ajoutés en très petites quantités, de l'ordre de 1 p. 100 du poids du ciment, tandis que les adjuvants minéraux en poudre sont ajoutés en quantités variant de 10 à 50 p. 100 du poids du ciment.

Les cendres volantes et les matériaux pouzzolaniques, comme les cendres volcaniques, l'argile et les schistes calcinés, sont utilisés pour remplacer une partie du ciment. Ils ont une certaine valeur agglutinante et peuvent ainsi contribuer à la résistance finale et l'imperméabilité. On les utilise pour réduire le dégagement de la chaleur dans les bétons de masse, réduire le ressuage et la ségrégation, améliorer l'ouvrabilité, réduire l'expansion excessive causée par la réaction alcalis-granulats, et souvent, simplement réduire le coût du ciment. Etant donné qu'on les ajoute en assez grandes proportions, et qu'ils sont de nature minérale, leurs effets sont moins complexes et il y a moins de possibilité d'effets secondaires que dans le cas des adjuvants chimiques organiques. Les pigments du type oxyde métallique, ajoutés et intimement mélangés au béton appartiennent à ce type d'adjuvants. La proportion des oxydes de fer et de chrome, par exemple, peut varier de 2 à 10 p. 100 du poids du ciment.

Les types d'adjuvant considérés ici ne constituent pas une liste complète, mais ils représentent les principaux. Les facteurs étudiés servent à illustrer la complexité croissante des bétons modernes et la nécessité pour le concepteur et le constructeur, de même que pour le fabricant, de connaître les effets bénéfiques et nocifs des adjuvants.

Applications et problèmes généraux

Les exigences et les problèmes rencontrés en cours d'utilisation des adjuvants du béton varient considérablement selon les procédés de fabrication et de mise en place. Dans les usines d'éléments préfabriqués, il y a un contrôle individuel de tous les matériaux et des opérations, à partir du choix des constituants jusqu'au vieillissement final du produit. Les problèmes peuvent ainsi être réduits au minimum. On fait grand usage des accélérateurs pour réduire les périodes de cure, des réducteurs d'eau pour diminuer le coût et des retardateurs pour assurer l'homogénéité des gros éléments. Le bétonnage sur place se fait également sous une seule autorité, et par conséquent le contrôle est bon.

La fabrication du béton prêt à l'emploi pose un problème du fait que le producteur perd le contrôle lorsque l'entrepreneur des travaux prend la relève. Cette division d'autorité peut amener des difficultés, comme celles qui ont trait aux effets des adjuvants. Le concepteur et le constructeur peuvent hériter de conséquences fâcheuses si on ne prend pas les bons moyens de garantir un contrôle adéquat de la qualité. En préfabrication, l'architecte et le constructeur

peuvent trouver qu'il n'est pas nécessaire de se préoccuper des détails concernant la composition du béton, ni leurs propriétés accessoires parce que les produits sont finis quant à leur forme, comme ceux de verre et de bois. Mais pour le bétonnage sur place, le producteur, l'entrepreneur et le constructeur sont impliqués dans la qualité et le rendement du béton fini dépendra de leurs connaissances et de leurs décisions conjuguées. Ne s'appuyer que sur un devis n'est pas une garantie absolue. En fait, un bon devis de béton doit être basé sur des connaissances techniques approfondies des matériaux et des procédés en question.

Le choix d'un adjuvant approprié à un travail donné peut être difficile. Il faut avant tout se demander s'il est, en fait, nécessaire. On doit toujours considérer d'autres possibilités. Quel que soit le type d'adjuvant, il y a généralement plusieurs marques de commerce sur le marché, chacun comptant plus d'un ingrédient de base. Comme c'était vrai pour les retardateurs de prise, ceci signifie divers effets secondaires. Les produits chimiques sont généralement complexes et parfois variables quant à leur composition, et les formules changent souvent sans que l'utilisateur en soit averti.

Le concepteur doit au moins, être conscient de ces considérations d'ordre général. Il doit se rendre compte qu'il faudra prendre des mesures additionnelles nécessaires pour tenir compte de l'emploi d'un adjuvant: la manutention, l'entreposage, les préparations et l'addition. Par exemple, on doit recourir à un mode d'entreposage spécial dans le cas d'un adjuvant sensible à la température; et plusieurs adjuvants chimiques, contrairement à ce que l'on pense généralement, forment des suspensions colloïdales plutôt que de véritables solutions. Le danger de coagulation et de sédimentation qui s'ensuit peut être évité par une légère agitation. L'équipement d'alimentation doit être essentiellement à l'épreuve du dérèglement et fréquemment calibré.

Toutes les formules de mélange de béton nécessitent des modifications lorsqu'on doit y inclure un adjuvant. La plupart des adjuvants organiques sont influencés par le type et la source du ciment, la granularité des granulats, le rapport eau-ciment et la température. Il est donc nécessaire de s'assurer que l'adjuvant à utiliser a été bien éprouvé. Les résultats d'essais fournis par le fabricant de l'adjuvant ou les résultats d'essais fait sur des matériaux similaires ne sont pas suffisants. Les essais doivent être faits à l'usine avec les matériaux qu'on a l'intention d'utiliser.

Aujourd'hui, après des années de progrès, on a mis au point des normes de performance excellentes pour les adjuvants du béton. Au début, le choix était fondé sur un nombre limité d'études de comportement en chantier, et on spécifiait la marque de commerce désirée. A la suite d'abus, on a tenté de spécifier les exigences quant à la composition chimique des matériaux. Les exigences de comportement actuelles sont celles qui sont prescrites et mentionnées dans la norme A23.1-1967 de l'Association Canadienne de Normalisation: "Constituants du béton et méthodes de construction en béton". Cette norme, en plus de prescrire les exigences relatives à l'effet spécifique de l'adjuvant, spécifie que l'adjuvant ne doit pas nuire aux autres propriétés du béton. Grâce à une série d'essais normalisés, il est possible d'évaluer le comportement d'un adjuvant.

Conclusion

Les adjuvants peuvent être mis à profit dans les techniques modernes de fabrication du béton. Ils peuvent être utilisés à des fins "curatives" ou "préventives", par exemple, l'entraînement de l'air; ils accélèrent aussi le durcissement. On les utilise enfin dans le simple but d'économie c'est-à-dire comme réducteurs d'eau. La liste complète des avantages est impressionnante, tant pour le producteur que pour l'utilisateur de béton. Comme on l'a fait aussi remarquer, toutefois, ces avantages sont subordonnés à la bonne utilisation, à la connaissance des effets secondaires et d'autres risques. Un adjuvant ne peut pas compenser pour un matériau de qualité inférieure, ou un travail mal exécuté. Dans la plupart des cas, il existe d'autres moyens de satisfaire à une exigence particulière. Cela vaut donc la peine de les considérer, tant sur le plan économique que sur celui de la qualité.

Les adjuvants, dans la pratique courante de fabrication du béton, continueront à occuper une place importante dans la technologie du béton. Leur efficacité dépend de leur emploi à bon escient et d'un bon contrôle de leur utilisation. Ceci, par ailleurs, demande non seulement une connaissance fondamentale de la technologie du béton, mais aussi l'acceptation du fait que les adjuvants nécessitent une modification des procédés de fabrication. Il faut également comprendre la nature essentiellement chimique des adjuvants et les réactions qu'ils suscitent. L'architecte et le constructeur n'ont pas besoin de devenir des experts dans le domaine des adjuvants, mais il est évident aujourd'hui qu'ils tireront profit de la connaissance de leur type, leur nature et leurs effets en général.