NRC·CNRC

NRC Publications Archive
Archives des publications du CNRC

Superplastifiants et béton

Ramachandran, V. S.

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/10.4224/40001079
Digeste de la construction au Canada, 1979-05-01

NRC Publications Archive Record / Notice des Archives des publications du CNRC :
https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=c1112144-9cda-4e38-9767-828b48178a1a
https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=c1112144-9cda-4e38-9767-828b48178a1a

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.

National Research Council Canada
Conseil national de recherches Canada

Canada

Digeste de la Construction au Canada
Division des recherches en construction. Conseil national de recherches Canada

CBD-203-F

Superplastifiants et béton

Veuillez 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.

Publié à l'origine en mai 1979.

V. S. Ramachandran

Un superplastifiant fait partie de la catégorie des adjuvants appelés «réducteurs d'eau» qui servent à diminuer la quantité d'eau nécessaire au mélange de béton. Des réducteurs d'eau normaux, à base d'acides lignosulfoniques, d'oxacides carboxyliques ou d'hydrates de carbone traités peuvent réduire d'environ 10 à 15 pour cent les besoins en eau. L'utilisation de plus grandes quantités pour réduire davantage la quantité d'eau entraîne des effets néfastes sur la prise, le contenu d'air, le ressuage, la séparation et le durcissement. Les superplastifiants sont chimiquement différents des réducteurs d'eau normaux et peuvent réduire d'environ 30 pour cent les besoins en eau. Ils possèdent diverses appellations: superplastifiants, superfluidifiants, super réducteurs d'eau. Depuis leur première apparition au Japon il y a environ 15 ans, ils ont servi à produire plusieurs millions de mètres cubes de béton. Pour la seule construction du stade olympique de Montréal, 5000 éléments de béton ont été préfabriqués en y incorporant des superplastifiants.

Les principaux avantages des superplastifiants sont: (1) grande ouvrabilité du béton, d'où coulage facile sans réduction du contenu de ciment ni de la résistance; (2) béton à grande résistance avec ouvrabilité normale mais moins d'eau; et (3) mélange de béton avec moins de ciment mais avec mêmes résistance et ouvrabilité.

En gros, les superplastifiants sont classés en quatre groupes, soit les condensats nitrés de mélamine-formaldéhyde (SMF), les condensats nitrés de naphtaline-formaldéhyde (SNF), les lignosulfonates modifies (MLS) et les autres, y compris les esters des acides sulfoniques, des hydrates de carbone, etc. Chaque catégorie comporte des variations et certaines formules peuvent renfermer un second élément. La plupart des données disponibles concernent cependant les adjuvants à base de SMF ou de SNF. Il s'agit de composés solides ou sous forme de solutions aqueuses. Dans le présent Digest, le dosage (des solides) est exprimé en pourcentage par rapport au poids de ciment.

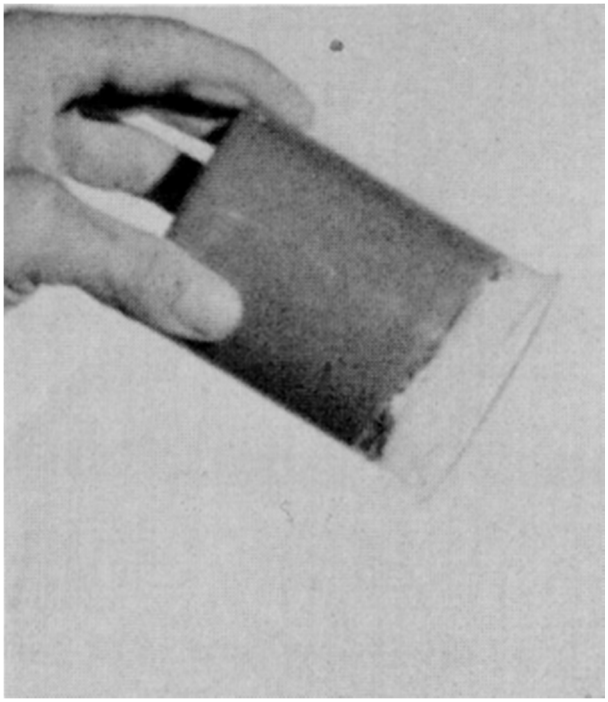
Béton fluide

Les avantages d'un béton de bonne ouvrabilité font qu'il est mis en place rapidement et facilement. Un béton raisonnablement ouvrable peut s'obtenir en utilisant une forte proportion de ciment tout en conservant le rapport normal ciment-eau ou en augmentant la quantité d'eau tout en n'ajoutant que la quantité normale de ciment. Les deux méthodes entraînent cependant la séparation, un retrait excessif, l'apparition d'une chaleur nuisible et des effets néfastes à long terme.

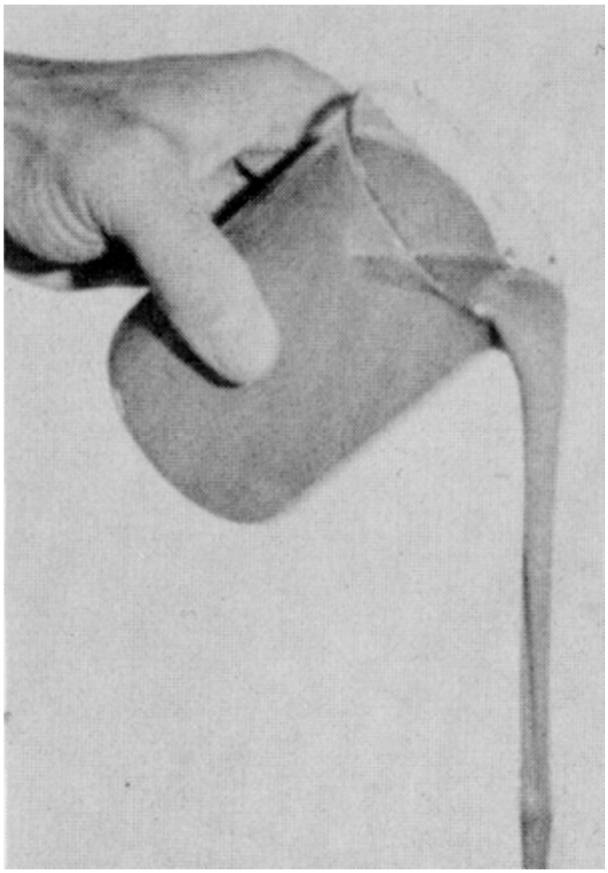
L'avènement des superplastifiants a permis d'obtenir un affaissement de plus de 200 mm par opposition à un affaissement de 50 mm, et ce avec des dosages de 0.3 à 0.6 pour cent.

Quelques minutes après l'incorporation du superplastifiant, le béton commence à couler facilement et se met automatiquement de niveau. Il conserve sa cohésion et ne présente pas de ressuage, de séparation ni de perte de résistance nuisibles. Un béton de ce genre s'appelle béton fluide (flocrete, soupcrete, etc.). Pour obtenir de meilleurs résultats, utiliser des ingrédients très fins.

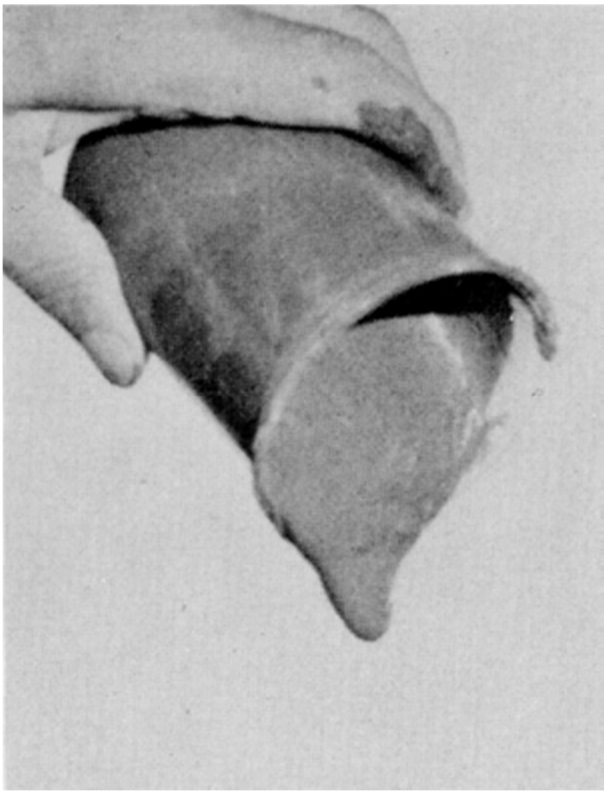
Figure 1. Effet des plastifiants sur la fluidité de la pàte de ciment (rapport eau-ciment:0.3)



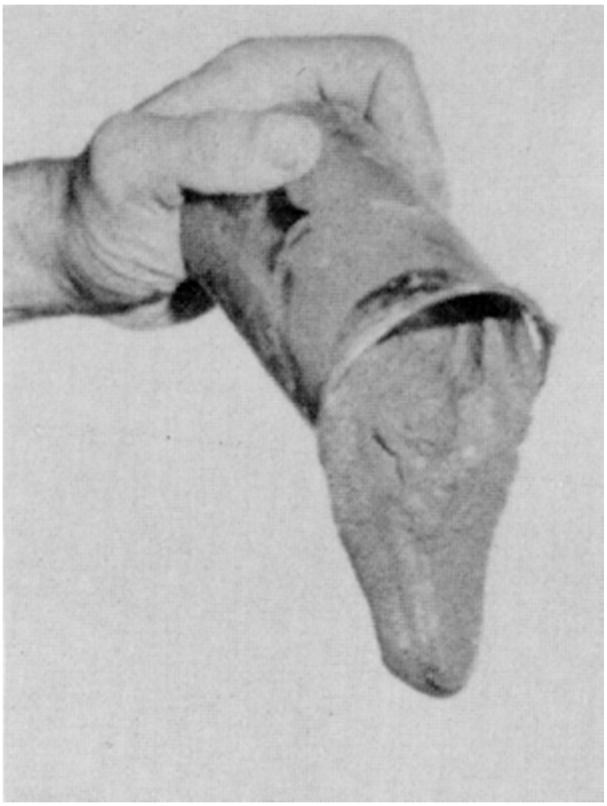
(a) Aucun plastifiant.



(b) Avec superplastifiant (0.3 pour cent).



(c) Avec 0.2 pour cent de lignosulfonate



(d) Avec 0.4 pour cent de lignosulfonate.

La fluidité obtenue en ajoutant 0.3 pour cent de superplastifiant au ciment composé d'un rapport eau-ciment de 0.3 apparaît à la figure 1. Sans adjuvant (figure la), la pâte de ciment ne s'écoule pas; avec, elle coule comme un liquide (figure 1b). L'incorporation d'un réducteur d'eau normal (0.2 ou 0.4 pour cent de lignosulfonate) entraîne, d'un autre côté, la formation d'une pâte de ciment visqueux (figures 1c et 1d).

Le béton fluide permet d'atteindre des armatures compliquées et des endroits inaccessibles autrement. Le problème du découpage et de l'adaptation des coffrages en prévision de la vibration est ainsi éliminé. Sa mise en place facile et rapide et le peu de vibration qu'il exige rendent ce béton tout indiqué pour les baies, les planchers, les dalles de fondation, les ponts, les pavages, les tabliers de toit, etc. L'addition de superplastifiants améliore grandement le pompage du béton et facilite aussi la mise en place du béton par tube à trappe, particulièrement sous l'eau.

L'utilisation de superplastifiants exige la modification de la méthode normale de fabrication et de mise en place du béton. Il faut bien mesurer les proportions de ciment, de sable, d'agrégats et le dosage du superplastifiant pour éviter la séparation. De plus, le béton très fluide exerce sur les coffrages une pression supérieure à la normale; ces derniers doivent donc être conçus pour pouvoir la supporter. Le béton fluide n'est pas facile à mettre en place dans des pentes de plus de 3 degrés par rapport à l'horizontale. Dans de nombreux cas, le dépassement du dosage normalement recommandé présente des avantages supplémentaires, mais ceci ne signifie pas qu'il s'agit d'une pratique tolérée. Au-delà d'une certaine quantité, le superplastifiant peut présenter des effets secondaires néfastes.

Béton à haute résistance

Un béton à haute résistance peut s'obtenir sans adjuvants pourvu qu'il soit mélangé avec peu d'eau et qu'il présente toute l'ouvrabilité voulue. Dans le cas des faibles rapports eau-ciment, il n'est cependant pas facile d'obtenir une bonne ouvrabilité. Étant donné qu'avec les superplastifiants, il est possible de réduire d'environ 25 à 30 pour cent la quantité d'eau sans

perte d'ouvrabilité, on obtient ainsi des résistances initiale et optimum plus élevées. Bien que de fortes proportions de ciment permettent également d'obtenir un béton à haute résistance, la chaleur plus élevée produite par les réactions chimiques provoque des fissures et un retrait peu souhaitables.

Une grande résistance acquise tôt caractérise le béton avec superplastifiants et à faible rapport eau-ciment. Ce béton convient particulièrement aux éléments préfabriqués. Dans le cas des poutres et des éléments précontraints qui doivent durcir à la chaleur, du jour au lendemain, l'utilisation de superplastifiants permet de réduire le temps et la température de durcissement. Cette grande résistance acquise tôt est particulièrement utile pour la mise en place du béton dans des secteurs passants comme les rues et les pistes d'atterrissage. L'utilisation de superplastifiants facilite également le pompage du béton contenant peu d'eau.

Béton frais

Plastification. Dans le cas d'une pâte de ciment normal, de gros agglomérats irréguliers de ciment forment la majeure partie des corps en suspension dans l'eau. L'addition d'un superplastifiant provoque leur dispersion. Les données disponibles semblent indiquer que l'adjuvant est absorbé par les particules de ciment, ce qui provoque leur séparation, d'où meilleure ouvrabilité.

Affaissement - Influence de divers facteurs. Dans le cas du béton fluide, l'augmentation de l'affaissement dépend du type, du dosage et du moment de l'addition d'un superplastifiant. Elle dépend aussi du rapport eau-ciment, de la nature et de la quantité du ciment et de l'agrégat, de la température, etc. Par exemple, pour obtenir un affaissement d'environ 260 mm à partir d'une valeur initiale de 50 mm, il peut être nécessaire d'ajouter 0.6 pour cent d'un superplastifiant à base de SMF ou de MLS, mais ces mêmes résultats peuvent s'obtenir en n'ajoutant que 0.4 pour cent d'un adjuvant à base de SNE L'affaissement augmente en fonction de la quantité de superplastifiant ajouté, mais l'efficacité de ce dernier ne s'améliore plus au-delà d'un certain dosage. Bien que l'affaissement du béton augmente avec l'addition d'un superplastifiant et selon la quantité d'eau, un affaissement beaucoup plus important se produit lorsqu'on ajoute l'adjuvant quelques minutes après avoir incorporé l'eau au béton.

La plupart des types de ciment présentent une meilleure ouvrabilité après addition d'un superplastifiant. La fluidité relative dépend de facteurs comme les caractéristiques chimiques et minéralogiques du ciment et de sa surface. Il est donc essentiel d'effectuer des essais préliminaires, surtout s'il faut utiliser un ciment d'un type autre que le portland de type I pour fabriquer du béton fluide. La quantité de ciment dans le béton influe également sur l'affaissement; plus il y a de ciment, plus l'affaissement augmente.

Perte d'affaissement. L'ouvrabilité supérieure d'un béton fluide contenant un superplastifiant se maintient pendant environ 30 à 60 minutes, de sorte qu'il faut couler le béton le plus tôt possible après l'addition du superplastifiant. Dans le cas du béton pré-malaxé, n'ajouter le superplastifiant qu'une fois sur place. Les facteurs influant sur la perte d'affaissement comprennent le coefficient d'affaissement initial, le type et la quantité de superplastifiant ajouté, le type et la quantité de ciment, le moment de l'addition du superplastifiant, l'humidité, la température, les critères de malaxage et la présence d'autres adjuvants dans le mélange. Il est possible de réduire le taux de perte d'affaissement en ajoutant une quantité supérieure à la normale de superplastifiant, en incorporant le superplastifiant à différents intervalles de temps ou en incluant un certain type de retardateur.

Prise. Les temps de prises initiale et finale du béton fluide peuvent être modifiés ou non en utilisant des superplastifiants dont le type et la quantité déterminent si la prise est retardée, accélérée ou non modifiée. Dans le cas d'un béton à haute résistance contenant peu de superplastifiant, la prise est retardée; une quantité supérieure l'accélère.

Contenu d'air. Durant le malaxage d'un béton fluide qui n'est pas du type à air occlus et qui contient un superplastifiant, l'air peut sortir du fait de la faible viscosité et de la dispersion du béton fluide. Le contenu total d'air d'un béton à air occlus se modifie en présence d'un

superplastifiant. Pour de faibles quantités, la différence de contenu d'air est négligeable, mais une quantité plus importante peut entraîner une diminution du contenu d'air lors de l'addition d'adjuvants à base de SMF et de SNF et une augmentation, dans le cas d'un adjuvant à base de MLS.

Réduction d'eau. Dans le cas du béton à haute résistance, l'importance de la réduction d'eau possible avec un certain superplastifiant dépend du dosage et de l'affaissement initial. Il est évident qu'au-delà d'un dosage précis, plus aucune réduction d'eau n'est possible. Pour un affaissement et un dosage constants, des ciments différents présentent des réductions d'eau différentes, mais leur importance augmente généralement avec la quantité de ciment. Il semble que pour d'égales réductions d'eau, il faut plus d'adjuvant à base de SMF qu'à base de SNF.

Béton durci

Résistance. En général, les bétons fluides renfermant des superplastifiants à base de SMF ou de SNF présentent une résistance supérieure à celle des bétons fabriqués à partir des mêmes mélanges mais ne contenant aucun adjuvant. Les bétons à haute résistance ont une résistance accrue en utilisant l'un des types de superplastifiants et de ciments, et ce après comparaison avec le béton de référence présentant le même affaissement. Si la comparaison porte sur l'égalité des rapports eau-ciment, les résistances deviennent alors identiques après quelques mois. Ces résistances supérieures sont donc principalement le fait d'un rapport eau-ciment plus faible.

Bien que, pour les bétons fluides contenant des superplastifiants à base de SMF, la résistance à la tension (rupture), à la flexion, et le coefficient d'élasticité ne diffèrent aucunement de ceux des bétons sans adjuvant, ces valeurs sont plus grandes dans le cas des bétons à haute résistance, et ce à mesure que le rapport eau-ciment s'abaisse. Les données disponibles sur les bétons avec adjuvant à base de SMF n'indiquent aucune diminution de résistance à long terme.

Retrait et fluage. Les caractéristiques de retrait et de fluage d'un béton fluide contenant des adjuvants à base de SMF et de SNF sont fondamentalement les mêmes que celles d'un béton simple avec même rapport eau-ciment. Dans le cas du béton à haute résistance, ces valeurs sont généralement plus faibles.

Durabilité. Des études sur les bétons à air occlus, fluides ou à haute résistance, contenant des superplastifiants à base de SMF, de SNF et de MLS, révèlent que ces bétons sont aussi durables que le béton de référence. Il existe des preuves considérables que malgré un plus grand espacement des bulles d'air dans le béton contenant des superplastifiants, sa résistance au gel et au dégel n'est aucunement diminuée.

Remarques finales

Il y a longtemps que les techniciens du béton rêvent de découvrir une méthode qui permette de fabriquer du béton avec le plus faible rapport eau-ciment possible tout en conservant une excellente ouvrabilité. L'avènement des superplastifiants a en grande partie satisfait ce rêve. Ils ont en effet ajouté de nouvelles possibilités à l'application des adjuvants et ont rendu possible la production de béton dont la résistance à la compression est de l'ordre de 90 MPa.

Les superplastifiants ont d'autres applications possibles. L'économie de l'énergie et la rareté grandissante des matériaux bruts de haute qualité rendront de plus en plus nécessaire l'utilisation de ciments et d'agrégats de qualité inférieure. Dans ces cas, l'utilisation des superplastifiants peut permettre de produire, avec de faibles rapports eau-ciment, des bétons suffisamment forts pour satisfaire aux exigences normales de qualité. Le nombre des éventuels domaines d'application des superplastifiants est littéralement illimité. Mentionnons par exemple la production de béton avec cendres volantes, de béton de ciment laitier, de mélanges composés de divers types de fibres, et de béton léger. De plus, l'effet dispersant des superplastifiants ne se limite pas au ciment portland et peut s'appliquer à d'autres types de ciment.

Le fait que les superplastifiants présentent de remarquables avantages pour la production de béton ne doit pas signifier que leur utilisation ne suppose aucun problème. Il reste encore à trouver une solution satisfaisante au fort taux de perte d'affaissement dans le cas du béton contenant des superplastifiants. Les effets des matériaux, des méthodes de production et des conditions extérieures, effets qu'influent sur ce phénomène, sont encore mal compris. Il reste nécessaire de mener d'autres études sur la compatibilité d'autres adjuvants comme les retardateurs et les accélérateurs de prise, les agents entraîneurs d'air lorsque combinés à des superplastifiants. Quoique la surface du béton, et les teneurs en aluminate de tricalcium et en sulfate semblent avoir un effet sur l'affaissement, aucune tendance claire n'a encore été établie.

La plupart des données disponibles sur le béton contenant des superplastifiants concernent les superplastifiants à base de SMF et de SNF. Même pour un seul de ces types, des variations de comportement se sont produites, sans doute à cause des différences de poids moléculaire et de types de cations reliés aux superplastifiants. Il est donc difficile de prévoir avec exactitude les propriétés et le comportement du béton contenant un superplastifiant. A mesure que plus de données seront disponibles, surtout en ce qui a trait au comportement à long terme de ces bétons, il deviendra possible de formuler des normes et des codes de mise en oeuvre. L'utilisation future des superplastifiants dépendra cependant de leurs coûts (des adjuvants et de l'exploitation) et de leur acceptation par l'industrie.