Energie
Programmes nationaux de recherche 70 et 71

Projet

Ciments pauvres en clinker



Moins de ciment dans le béton – une solution écologique et économique

Moins de ciment dans le béton – une solution écologique et économique

Aucun matériau n'est autant fabriqué dans le monde que le béton. Or, sa fabrication est énergivore et génère des émissions de CO_2. Un nouveau type de béton contenant moins de ciment s'avère plus respectueux de l'environnement.



Mixture de mortier de ciment pour béton prêt à l'emploi. *Source :* iStock

En un coup d'œil

- La fabrication du béton est énergivore et génère des émissions de CO_2.
- C’est pourquoi, des scientifiques des EPF de Zurich et de Lausanne ont développé un béton à basse énergie.
- Ce béton à basse énergie se caractérise certes par une carbonatation plus rapide que le béton classique, mais des expériences ont démontré que, dans des conditions ambiantes normales, les éléments en acier incorporés au béton ne sont pas plus touchés par la corrosion pour autant.

Le béton est le matériau le plus produit au monde. Il se compose de sable, de gravier et de ciment. La fabrication de ce dernier est particulièrement énergivore : 2 à 3 % des besoins énergétiques mondiaux sont imputables à la production de ciment. Cette dernière génère en outre des substances toxiques et 5 à 8 % du CO_2 issu de l’activité humaine proviennent de l’industrie du ciment. Cette part pourrait même atteindre 25 % d’ici 2050.

La réduction de la teneur en ciment du béton pourrait par conséquent faire partie des mesures visant à mettre en œuvre la Stratégie énergétique 2050.

Nouvelle recette

En collaboration avec LafargeHolcim, des chercheuses et chercheurs de l'EPF de Zurich ont développé un nouveau mélange de béton contenant moitié moins de ciment que les mélanges traditionnels. Au lieu de cela, des produits de substitution disponibles localement, comme du schiste bitumineux calciné ou du calcaire, sont incorporés au mélange. La production de ce nouveau béton est moins énergivore. Ainsi, le nouveau mélange pourrait permettre d'économiser entre un et deux millions de tonnes de CO_2 par an en Suisse. Cela correspond à 2 % des émissions de carbone annuelles de notre pays.

Le défi de la nouvelle recette résidait dans la moindre résistance mécanique du béton pauvre en ciment, notamment au cours des premières heures et des premiers jours après la coulée. Afin d'en améliorer la résistance, les chercheuses et chercheurs ont ajouté des additifs au béton. Cela a permis d'augmenter sa résistance à la pression jusqu'à 120 % cent au cours des 90 premiers jours.

La nouvelle recette a été testée avec des partenaires industriels dans la ville autrichienne de Bludenz. Les chercheurs ont utilisé le nouveau matériau pour réaliser un mur de garage en béton.

Mesurer la carbonatation

Le nouveau béton est donc respectueux de l'environnement. Cependant, il doit aussi être résistant. Pour analyser cet aspect, l'équipe de l'EPFL a étudié la carbonatation du nouveau béton. Dans le secteur de la construction, ce terme désigne une réaction chimique qui se produit dans le béton en présence de dioxyde de carbone et d'humidité. La valeur de pH du béton s'en trouve modifiée ce qui rend sujets à la rouille les éléments en acier qui y sont incorporés pour des raisons de statique.

Afin de mesurer la carbonatation, les scientifiques ont développé des méthodes qui induisent artificiellement le processus chimique dans le béton sans modifier le processus en lui-même. Cela leur a donc permis de simuler la carbonatation naturelle. La simulation a mis en évidence les facteurs qui influencent le processus. Outre l'humidité, il s'agit de la porosité du béton et de sa composition. Les analyses menées ont révélé que le schiste bitumineux calciné et le calcaire, qui ont partiellement remplacé le ciment traditionnel, avaient un effet positif : ils freinent la carbonatation.

De manière générale, les résultats ont permis de conclure que l'effet de la carbonatation sur la structure du béton était moindre que ce qu'on présumait jusqu'à présent. En effet, sa structure évolue manifestement aussi lorsqu'il sèche.

La corrosion dépend de l’humidité

Si le béton subit une carbonatation, l’acier d’armature qui y est incorporé devient sujet à la corrosion. Mais, dans quelles conditions la rouille se forme-t-elle en réalité ? Et à quelle vitesse la dégradation de l’acier progresse-t-elle ? Pour le découvrir, les chercheuses et chercheurs de l’EPF ont mené une expérience visant à tester les taux de corrosion dans diverses conditions environnementales. Étonnamment, les résultats n’ont pas confirmé les mécanismes de formation de corrosion observés jusqu’à présent. Les chercheuses et chercheurs en ont conclu que les méthodes courantes de contrôle du béton, comme la protection cathodique ou la mesure de la résistance électrique, n’étaient pas suffisamment fiables. Au lieu de cela, ils ont pu établir un lien direct entre l’humidité et la porosité du béton d’une part et le taux de corrosion d’autre part. Sur la base de ces constats, les chercheurs ont développé une nouvelle méthode de calcul de la vitesse de corrosion. Avec cette méthode, la porosité du béton et l’humidité ambiante sont des facteurs décisifs. Les chercheurs sont ainsi parvenus à la conclusion que, dans des conditions ambiantes normales, le nouveau béton appauvri en ciment n’est pas plus sujet à la corrosion, même s’il subit une carbonatation plus rapide que le béton classique.

Une méthode économique et précise

Tant le nouveau béton que les nouvelles méthodes de mesure de la carbonatation et de la corrosion sont économiques et faciles à mettre en œuvre. Selon les chercheuses et chercheurs, la nouvelle méthode de contrôle serait, en outre, plus fiable que l’ancienne et refléterait plus précisément l’état du béton. Il appartient désormais aux leaders du marché de mettre en œuvre une transition progressive dans la production de ciment. Les moindres coûts de production pourraient accélérer ce processus.

Produkte aus diesem Projekt

- Electrochemistry and capillary condensation theory reveal the mechanism of corrosion in dense porous media
  Date de publication: 01.01.18
- The kinetic competition between transport and oxidation of ferrous ions governs precipitation of corrosion products in carbonated concrete
  Date de publication: 01.01.18
- Changes of microstructure and diffusivity in blended cement pastes exposed to natural carbonation
  Date de publication: 01.01.18
- Development of compatible superplasticizers for low clinker cementitious materials
  Date de publication: 01.01.18
- Increased reactivity of burnt oil shale in new activated blended cements
  Date de publication: 01.01.18
- Compatible superplasticizers with low clinker cements
  Date de publication: 01.01.18
- Eco-friendly concrete
  Date de publication: 01.01.18
- Innovative sample design for corrosion rate measurements in carbonated blended cements
  Date de publication: 01.01.18
- Merging electrochemistry and water capillary condensation to understand the corrosion mechanism of steel in carbonated concrete
  Date de publication: 01.01.18
- A new setup for rapid durability screening of new blended cements
  Date de publication: 01.01.18
- Relative importance of corrosion rate and exposure condition on the practical use of new environmentally friendly binders
  Date de publication: 01.01.18
- Corrosion rates in carbonated low clinker cements : Are the new binders really sustainable ?
  Date de publication: 01.01.18
- Evolution of microstructure and phase assemblage in Portland cement and blended cement pastes exposed to natural carbonation
  Date de publication: 01.01.18
- Changes of microstructure and diffusivity in blended cement pastes exposed to natural carbonation
  Date de publication: 01.01.18
- Microstructural and phase assemblage changes in naturally carbonated cement paste with supplementary cementitious materials (SCMs)
  Date de publication: 01.01.18
- Carbonation of low carbon binders
  Date de publication: 01.01.18

Team & Kontakt

Prof. Dr. Robert J. Flatt
Institut für Baustoffe (IfB)
ETH Zürich
HIF E 11
Stefano-Franscini-Platz 3
8093 Zürich

+41 44 633 28 90
flattr@ethz.ch



Karen Scrivener



Bernhard Elsener



Ueli Angst



Robert J. Flatt
Direction de projet

Le contenu de ce site représente l'état des connaissances au 17.12.2018.