Zeitschrift: Bulletin du ciment

Herausgeber: Service de Recherches et Conseils Techniques de l'Industrie Suisse du Ciment (TFB AG)

Band: 63 (1995)

Heft: 8

Artikel: Les ajouts : les fillers

Autor: Hermann, Kurt

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-146374

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: 16.07.2025

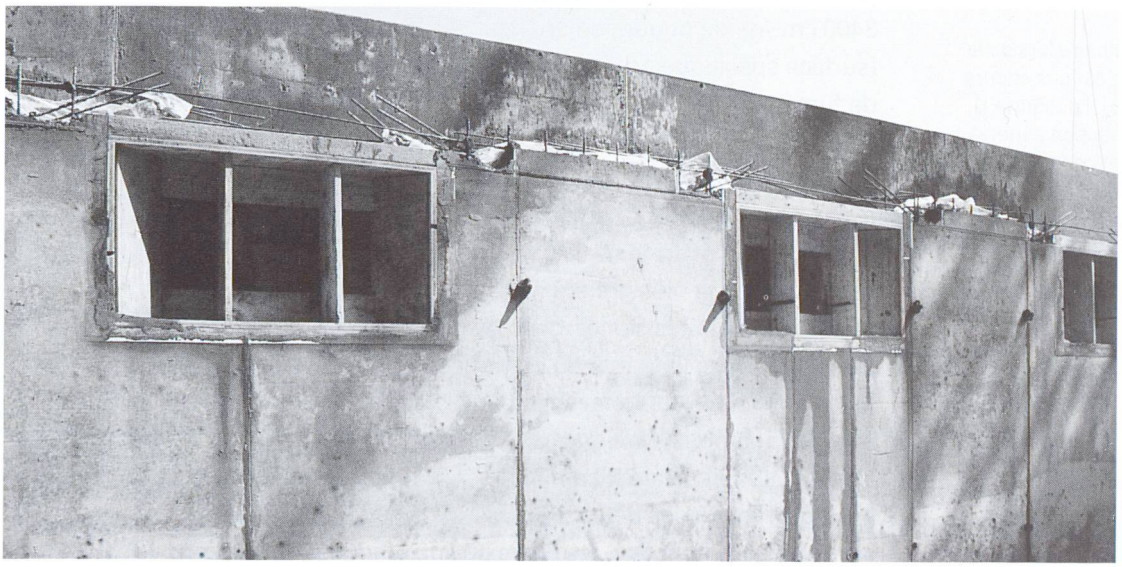
ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Les ajouts: les fillers

5e partie

Le calcaire est le filler le plus fréquemment utilisé en Suisse; il sert aussi bien d'ajout du béton que de constituant du CEM II/A-L (ciment Portland au calcaire).

On désigne souvent par fillers des matières inertes qui, en milieu neutre ou alcalin, sont dans une large mesure insolubles; elles n'ont pas de réactions chimiques et ne contribuent pas directement au développement de la résistance des bétons et mortiers. Il y a peu de matières qui, comme les poudres de quartz par exemple, répondent à cette définition très restrictive. La définition des fillers, qui, selon la norme SIA 215.002 [1] (correspond à ENV 197–1), peuvent être utilisés dans les ciments CEM, est beaucoup plus étendue (chiffre 4.8): «Les fillers sont des matières inorganiques minérales, naturelles ou artificielles spécialement sélectionnées, qui après une préparation appropriée, en fonction de leur granulométrie, améliorent les propriétés physiques des ciments (telles que l'ouvrabilité ou le pouvoir de rétention d'eau). Ils peuvent être inertes ou présenter des propriétés faiblement hydrauliques, hydrauliques latentes ou pouzzolaniques; aucune exigence n'est toutefois requise à cet égard. (...) Ils ne doivent pas accroître sensiblement la demande en eau du ciment ni diminuer en aucune manière la résistance du béton ou du mortier à la détérioration, et la protection des armatures contre la corrosion.»
Sur la base de cette définition, les pouzzolanes naturelles ou artificielles peuvent également être comptées parmi les fillers, si elles sont suffisamment fines. Rappelons que les cendres volantes et les fumées de silice témoignent non seulement de propriétés pouzzolaniques accentuées, mais également de propriétés de fillers. Nous allons traiter brièvement des fillers en



Mur en béton contenant du CEM II/A-L, fraîchement décoffré.
Photo: Heinz Zuber, PCO, Olten

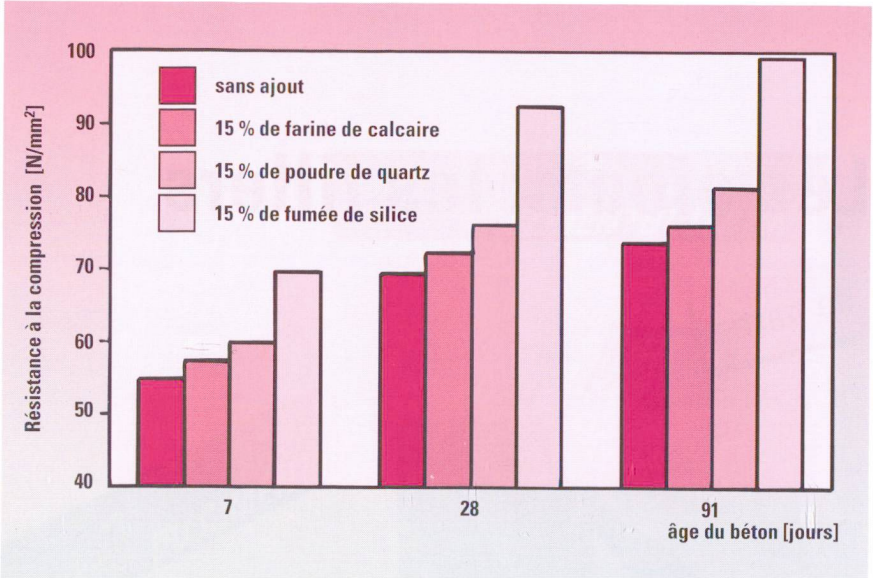


Fig. 1 Développement de la résistance à la compression de bétons contenant des ajouts, selon [6] (voir texte). Grafique: TFB/ZSD, S. Einfalt

général, mais la majeure partie de cet article sera consacrée au calcaire en tant que filler des ciments Portland au calcaire. D'une part parce que cette combinaison a été souvent analysée, et d'autre part parce que les ciments Portland au calcaire sont depuis quelques mois produits en Suisse.

Le présent article fait partie d'une série sur les ajouts, qui a commencé par un tour d'horizon [2], et s'est poursuivie par des articles sur la chaux hydraulique [3], sur les cendres volantes [4], et sur les fumées de silice [5]. Elle se terminera dans le prochain «Bulletin du ciment», par un article sur les pigments.

Les réactions chimiques du calcaire?

Le rôle joué par le calcaire lors de la prise de CEM II/A-L n'est pas encore définitivement éclairci. La théorie initialement admise était en général qu'il se comporte comme un filler et que son influence est de ce fait purement physique. Quelques publications sont toutefois parues ces temps derniers, dans lesquelles il est prouvé qu'une réaction entre le calcaire (c'est-à-dire le carbonate de calcium, $CaCO_3$) et le C_3A du clinker donne naissance à du monocarboaluminate de calcium ($3\,CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaCO_3 \cdot 11\,H_2O$) [18–20]. Ces réactions ne semblant toutefois se produire que dans une mesure restreinte, elles ne devraient pas ou peu influer sur le comportement de CEM II/A-L.

Effets des fillers en général

Les fillers finement moulus constituent un complément du ciment dans le domaine des fines: ils ont un effet stabilisant dans la pâte de ciment, grâce au meilleur remplissage des vides. L'augmentation de la résistance est généralement parallèle à celle de la densité de tassement. C'est ce que démontre la *figure 1*, qui représente l'influence sur la résistance à la compression exercée par l'adjonction de 15 % en masse (par rapport à la teneur en ciment), respectivement de farine de calcaire (surface spécifique 3400 cm^2/g), de poudre de quartz (surface spécifique 14 500 cm^2/g) et de fumée de silice (béton de référence: 360 kg de ciment Portland, facteur e/c = 0,45). Des deux fillers inertes, c'est la poudre de quartz – plus fine que la farine de calcaire – qui provoque la plus grande augmentation de la résistance; avec la fumée de silice, l'augmentation de la résistance est due principalement à la réaction pouzzolanique [6].

L'adjonction de fillers n'améliore pas l'étanchéité des bétons [7]. S'ils sont suffisamment fins, les fillers ne nuisent pas à la résistance au gel du béton [8].

Plusieurs paramètres doivent être pris en considération pour déterminer la quantité de fillers à ajouter. Les matières premières (fractions fines!), la composition du mélange et les performances requises du béton sont les paramètres déterminants. On dose généralement les fillers à raison de 5 à 15 % de la teneur en ciment, en veillant à ce que la teneur en fines admissible de 3 à 8 % des granulats, prescrite au chiffre 5 14 24 de la norme SIA 162 [9], ne soit pas dépassée. La fraction des fines comprend le ciment et la part des granulats et ajouts dont le diamètre des grains est inférieur à 0,125 mm.

Ciments Portland au calcaire: CEM II/A-L

La plupart des données sur la farine de calcaire, le filler le plus utilisé en Suisse, proviennent d'analyses de ciments auxquels le calcaire a été ajouté déjà au cours de la mouture. Ces ciments sont fréquemment utilisés à l'étranger, particulièrement en France, mais également en Allemagne.
Le ciment Portland au calcaire CEM II/A-L (souvent appelé aussi PKZ) est depuis quelques mois également en vente en Suisse. Parmi les nombreux ciments composés possibles, le ciment Portland au calcaire est le seul à être fabriqué avec des matières premières indigènes.

Normalisation

La désignation correcte des ciments Portland au calcaire est CEM II/A-L, complétée par la classe de résistance, donc par exemple CEM II/A-L 32,5. C'est cette sorte de ciment qui est actuellement produite en Suisse. Mais il serait également possible de fabriquer des ciments Portland au calcaire des classes de résistance 32,5 R, 42,5 et 42,5 R. (Pour la nomenclature des ciments CEM, voir [10].)
Un CEM II/A-L contient 80–94 % en masse de clinker Portland et 6–20 % de calcaire. Les calcaires ne conviennent pas tous pour la fabrication de CEM II/A-L. Le calcaire utilisé doit contenir au moins 75 % en masse de carbonate de calcium, et au plus 1,20 % en masse d'argile et 0,20 % en masse de matières organiques (TOC). Toutefois, avec un TOC de 0,20 à 0,50 % en masse, le calcaire «peut être également utilisable pour produire un ciment donnant satisfaction, avec des performances acceptables» [1].

Photo: Bram van Egmond, TFB

Le CEM II/A-L convient bien pour la stabilisation des sols.

Photo: Archives TFB

Une des utilisations possibles de CEM II/A-L: le béton filtrant.

Propriétés du béton frais

Le besoin en eau de CEM II/A-L est moindre que celui du ciment Portland (CEM I) de même résistance. Il est ainsi possible de réduire le facteur e/c, ce qui équivaut à une amélioration de la qualité du béton [11]. Les bétons avec CEM II/A-L 32,5 ont en général une consistance initiale un peu plus plastique que les bétons comparables avec CEM I [12]. Selon un schéma simplifié, les fines particules de calcaire du CEM II/A-L chassent une partie des molécules d'eau hors des vides se trouvant entre les grains de ciment et sont à disposition en tant que «lubrifiant» supplémentaire, ce qui rend la consistance du béton plus plastique. Le pouvoir de rétention d'eau s'en trouve en outre également amélioré, et la structure du béton devient plus dense [11].

Les bétons avec CEM II/A-L sont de façon générale plus faciles à mettre en œuvre que les bétons avec le CEM I correspondant. Ils se laissent bien compacter, ne témoignent que d'une faible tendance à la ségrégation et, comme déjà mentionné, n'éliminent que peu d'eau [11].

Avec CEM II/A-L, les plastifiants et fluidifiants peuvent être dosés plus faiblement qu'avec CEM I pour obtenir le même effet. Pour les retardateurs et les entraîneurs d'air, les dosages restent à peu près les mêmes [13].

Propriétés du béton durci

Le développement de la résistance à la compression des bétons avec CEM II/A-L ou CEM I comparables est semblable (voir *tableau 1*). La perte de résistance prévisible des bétons avec CEM II/A-L, due à la plus faible teneur en ciment Portland, est compensée principalement par la mouture plus fine de CEM II/A-L, laquelle rend le clinker Portland plus actif. CEM II/A-L peut s'utiliser pour les éléments de construction armés. Diverses analyses démontrent notamment que l'effet négatif du calcaire sur la profondeur de carbonatation n'est que minime [11, 13, 14]. Il ne semble pas que le facteur déterminant pour la progression de la carbonatation soit la sorte de ciment, mais, entre autres, la résistance et l'étanchéité du béton [15]. Il en est de même pour la profondeur de pénétration des chlorures, bien qu'ici aussi la perméabilité du béton et sa capacité de fixer les ions de chlorure puissent jouer un rôle [15, 16]. Pour la résistance aux sulfates, ce sont la teneur en C_3A du clinker et l'étanchéité du béton qui sont déterminantes [15]. Des recherches approfondies ont été effectuées sur la résistance au gel et aux fondants chimiques des bétons avec CEM II/A-L [11, 13, 14, etc.]. Sans entrer dans le détail des procédés et ciments utilisés, on peut établir ce qui suit:

- Si le CEM II/A-L utilisé contient le calcaire approprié, la résistance au gel du béton fabriqué avec ce ciment est bonne et semblable à celle du béton avec un CEM I comparable.
- Ce n'est pas la sorte de ciment qui est déterminante pour la résistance au gel et aux fondants chimiques, mais la teneur en pores ainsi que leur répartition.

Propriété	Unité	PZ 35 F[1)]	PKZ 35 F[2)]
Densité	kg/m³	3080–3120	3040–3080
Besoin en eau	%	23,0–27,6	23,0–27,0
Temps de prise			
début	min	149–192	160–199
fin	min	191–234	180–237
Teneur en calcaire	%		13–17
Résistance à la compression			
2 jours	N/mm²	20–24	19–22
7 jours	N/mm²	33–39	32–41
28 jours	N/mm²	46–49	45–52
90 jours	N/mm²	56–57	49–56
180 jours	N/mm²	60–62	52–57
Résistance à la traction par flexion			
2 jours	N/mm²	4,3–5,3	3,8–5,0
7 jours	N/mm²	6,2–7,3	5,8–6,8
28 jours	N/mm²	8,4–9,2	7,5–8,6
90 jours	N/mm²	8,7–9,6	8,3–9,0
180 jours	N/mm²	9,5–9,8	8,7–9,3

1) correspond approximativement à un CEM I 32,5
2) correspond approximativement à un CEM II/A-L 32,5

Tab. 1 Propriétés physiques sélectionnées d'un ciment Portland (PZ 35 F) et d'un ciment Portland au calcaire(PKZ 35 F) ou des mortiers fabriqués avec ces ciments, déterminées selon ENV 196 [11].

Utilisations de CEM II/A-L

Il est possible de fabriquer un béton à faible résistance à la compression avec un ciment à résistance normale élevée, par exemple en diminuant la teneur en ciment. Une autre possibilité est d'utiliser un ciment à faible résistance normale (CEM I 32,5 ou CEM II/A-L 32,5), ce qui est préférable, car une faible teneur en ciment nuit à la fluidité du béton frais et conduit à un béton durci poreux, dont la durabilité est insuffisante [17]. Si l'on doit utiliser des granulats pauvres en fines, il est plus facile d'obtenir de bonnes propriétés du béton frais et du béton durci avec CEM II/A-L qu'avec CEM I et un substitut des fines (cendres volantes de houilles, farine de calcaire) [13].

La farine de calcaire que contient CEM II/A-L exerce une influence positive sur la nature et l'apparence de la surface du béton. Les praticiens apprécient le fait que les bétons avec CEM II/A-L soient faciles à mettre en œuvre. Ces bétons conviennent particulièrement pour les éléments en béton que l'on fabrique en utilisant des coffrages lisses. Bâtiment et génie civil, béton de masse, béton pompé et béton à la grue, béton filtrant, béton maigre, revêtements, chapes et stabilisation des sols font partie des domaines dans lesquels CEM II/A-L convient bien [10].

Kurt Hermann

Bibliographie

[1] Norme SIA 215.002, «Ciment – Composition, spécifications et critères de conformité – Partie 1: Ciments courants» (édition 1993).

[2] *Hermann, K.*, «Les ajouts», Bulletin du ciment **63** [4], 3–7 (1995).

[3] *Hermann, K.*, «Les ajouts: la chaux hydraulique», Bulletin du ciment **63** [5], 3–7 (1995).

[4] *Hermann, K.*, «Les ajouts: les cendres volantes», Bulletin du ciment **63** [6], 3–7 (1995).

[5] *Hermann, K.*, «Les ajouts: les fumées de silice», Bulletin du ciment **63** [7], 3–7 (1995).

[6] «Betonzusätze», rapport d'activité 1990–1993, édité par le Verein Deutscher Zementwerke e. V., Forschungsinstitut der Zementindustrie (1993), pages 118–122.

[7] *Paschmann, H.*, und *Grube, H.*, «Einfluss mineralischer und organischer Zusatzstoffe auf die Dichtigkeit gegenüber organischen Flüssigkeiten und auf weitere Eigenschaften des Betons», Beton **44** [1], 24–29 et [2], 86–91 (1994).

[8] *Krell, J.*, und *Wischers, G.*, «Einfluss der Feinstoffe im Beton auf Konsistenz, Festigkeit und Dauerhaftigkeit», Beton **38** [9], 356–359 et [10], 401–404 (1988).

[9] Norme SIA 162, «Ouvrages en béton» (édition 1989).

[10] *Hermann, K.*, «Ciments: des nouvelles normes et sortes», Bulletin du ciment **62** [6/7], 3–11 (1994).

[11] *Schmidt, M.*, *Harr, K.*, and *Boeing, R.*, «Blended cement according to ENV 197 and experiences in Germany», Cement, Concrete and Aggregates **15** [2], 156–164 (1993).

[12] *Siebel, E.*, und *Sprung, S.*, «Einfluss des Kalksteins im Portlandkalksteinzement auf die Dauerhaftigkeit von Beton», Teil 1, Beton **41** [3], 113–117 (1991).

[13] *Albeck, J.*, und *Sutej, B.*, «Eigenschaften von Betonen aus Portlandkalksteinzement», Beton **41** [5], 240–244 et [6], 288–291 (1991).

[14] *Siebel, E.*, und *Sprung, S.*, «Einfluss des Kalksteins im Portlandkalksteinzement auf die Dauerhaftigkeit von Beton», Teil 2, Beton **41** [4], 185–188 (1991).

[15] *Livesey, P.*, «Performance of limestone-filled cements» dans *Swamy, R.N.* (éd.), «Blended cements in construction», Elsevier Applied Science, London (1991), pages 1–15.

[16] *Cochet, G.*, and *Jésus, B.*, «Diffusion of chloride ions in Portland cement-filler mortars» dans *Swamy, R.N.* (éd.), «Blended cements in construction», Elsevier Applied Science, London (1991), pages 365–376.

[17] *Faveau, P.*, «Filler-composite cement: An energy-saving product», Third NCB International Seminar on Cement and Building Materials, New Delhi 1991, Proceedings Vol. 3, VII, 125–140 (1991).

[18] *Sprung, S.*, und *Siebel, E.*, «Beurteilung der Eignung von Kalkstein zur Herstellung von Portlandkalksteinzement (PKZ)», Zement-Kalk-Gips **44** [1], 1–11 (1991).

[19] *Barker, A.B.*, and *Cory, H.P.*, «The early hydration of limestone-filled cements» dans *Swamy, R.N.* (éd.), «Blended cements in construction», Elsevier Applied Science, London (1991), pages 107–124.

[20] *Ingram, K.*, *Polusny, M.*, *Daugherty, K.*, and *Rowe, W.*, «Carboaluminate reactions as influenced by limestone additions», dans *Klieger, P.*, and *Hooton, R.D.* (éd.), «Carbonate additions to cements», ASTM Publication STP 1064 (1990), pages 14–23.