Zeitschrift: Bulletin du ciment

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

Band: 62 (1994)

Heft: 2

Artikel: Stabilisation au ciment

Autor: Hermann, Kurt / Egmond, Bram van

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-146341

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: 15.07.2025

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

Stabilisation au ciment

En les stabilisant au ciment, on peut augmenter durablement la résistance des sols aux sollicitations dues au trafic, au climat et aux conditions hydrologiques.

Les sols sont instables lorsque leur teneur en fines (jusqu'à 0,02 mm de diamètre de grain) dépasse trois pour cent de la masse. Concrètement, cela signifie que sous l'influence de l'eau, du gel ou de contraintes mécaniques, leur volume et leur portance se modifient. Il n'est donc pas étonnant que l'on ait entrepris aux USA, depuis plus de 60 ans déjà, des essais pour stabiliser les sols, en leur ajoutant du ciment. En Suisse, on a commencé dans les années 50, en stabilisant des graviers légèrement limoneux lors de la réalisation de chemins agricoles.
Aujourd'hui, la stabilisation au ciment est un procédé reconnu, qui, à de nombreux endroits, évite d'avoir à remplacer le sol en place par de la précieuse grave. D'autant plus qu'en principe, tous les sols peuvent être stabilisés au ciment, à l'exception toutefois de ceux composés de sable limoneux, ou purement de limon, qu'il vaut mieux stabiliser avec une combinaison de ciment et de chaux aérienne («Stabilit»). Lorsqu'un sol contient plus de 10 % d'argile, il faut préférer une stabilisation à la chaux aérienne à une stabilisation au ciment.
La stabilisation au ciment s'utilise aussi bien pour la superstructure que pour l'infrastructure et autres travaux de terrassement, particulièrement lorsqu'il est prévisible que les couches mises en place seront soumises à de fortes sollicitations.
Exemples d'utilisation:

- couches de fondation et couches de support dans la construction de routes nationales et la construction routière en général
- couches intermédiaires non gélives, qui empêchent le matériau du sous-sol de remonter dans la couche de fondation et permettent de mieux compacter cette couche
- couches répartissant les charges sur les sols sujets au tassement
- protection des surfaces sensibles aux intempéries
- amélioration du sol de fondation pour les grands entrepôts (entrepôts à stockage vertical)
- pistes
- chemins agricoles et forestiers
- centres d'entretien (places de transbordement pour containers)
- amélioration de la stabilité de remblais
- recyclage à froid (dont il sera traité dans le prochain «Bulletin du ciment»)

Cette liste non exhaustive donne une idée des multiples possibilités d'utilisation de la stabilisation au ciment.

Petit lexique du béton (2)

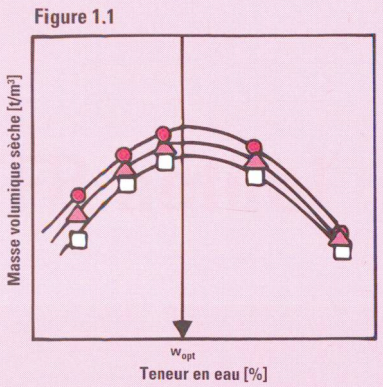
La *stabilisation au ciment* est l'opération qui consiste à traiter des sols, des granulats minéraux et d'autres matériaux appropriés avec du ciment, de manière à atteindre et à maintenir les résistances et les stabilités de volume prescrites. D'autres caractéristiques mécaniques sont en outre améliorées, afin que les sols puissent résister durablement aux sollicitations prévisibles dues au trafic, au climat et aux influences hydrologiques.
En dehors des stabilisations au ciment, on connaît également des stabilisations à d'autres liants hydrauliques, à la chaux aérienne, ainsi qu'aux liants bitumineux.

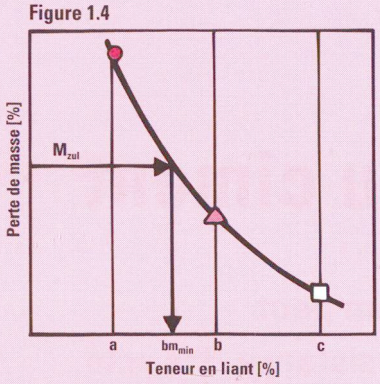
Normes concernant la stabilisation

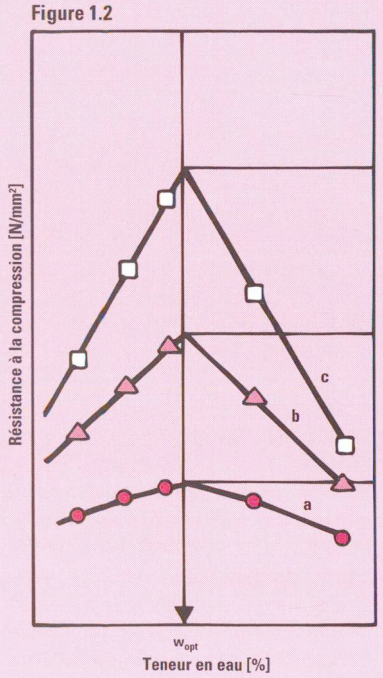
La norme SN 640 509 a [1] est valable pour tous les travaux de stabilisation aux liants hydrauliques (ciments Portland, chaux hydrauliques et autres liants hydrauliques) en construction routière. Tout comme la norme SN 640 503 a [2], qui traite de la stabilisation à la chaux aérienne, elle dérive de la norme SN 640 500 a [3], qui s'applique à la stabilisation en général.

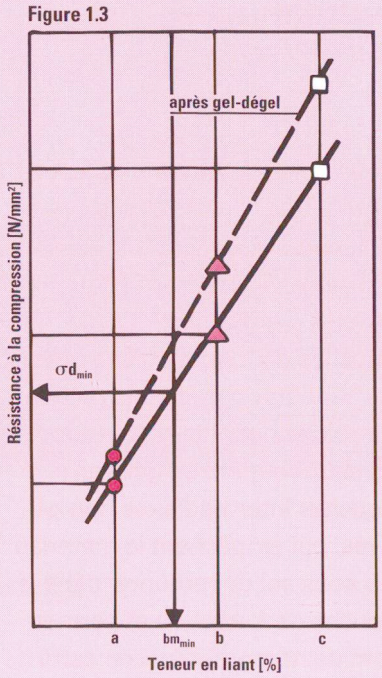
Essais préalables

Les stabilisations au ciment exigent des essais préalables, une mise en place et des contrôles exécutés avec soin. La norme s'y rap-









Graphique: TFB/ZSD S. Einfalt

Relations entre la masse volumique sèche et la teneur en eau (*figure 1.1*), la résistance à la compression simple et la teneur en eau (*figure 1.2*), la résistance à la compression simple et la teneur en ciment (*figure 1.3*), ainsi qu'entre la perte de masse après douze cycles de gel-dégel et la teneur en liant (*figure 1.4*), selon [1].

portant [1] contient des prescriptions détaillées. Sans la collaboration d'un homme de métier expérimenté, observer ces prescriptions ne garantit toutefois le succès que jusqu'à un certain point.

Alors que pour le béton, c'est la résistance qui est primordiale, pour les stabilisations au ciment, c'est la stabilité à l'eau et au gel. L'expérience prouve qu'il est déjà possible de satisfaire à ces exigences avec des résistances à la compression simple d'environ 2 N/mm² (à sept jours).

Selon des études faites par l'Américain *R. R. Proctor*, la masse volumique sèche et la résistance à la compression simple d'un mélange donné de sol et de liants, pour une énergie de compactage constante, dépendent de la teneur en eau, masse volumique sèche et résistance à la compression simple passant par un maximum (voir *figures 1.1* et *1.2*). On se sert de ces caractéristiques pour déterminer la «formule» d'une stabilisation au ciment.

Les essais préalables commencent par le prélèvement d'un total d'environ 20 kg de matériau à différents endroits du sol en place. Ces échantillons sont séchés à 60 °C au maximum, puis tamisés. Pour les essais mentionnés ci-après, seule la fraction avec diamètre maximum des grains de <16 mm est utilisée.

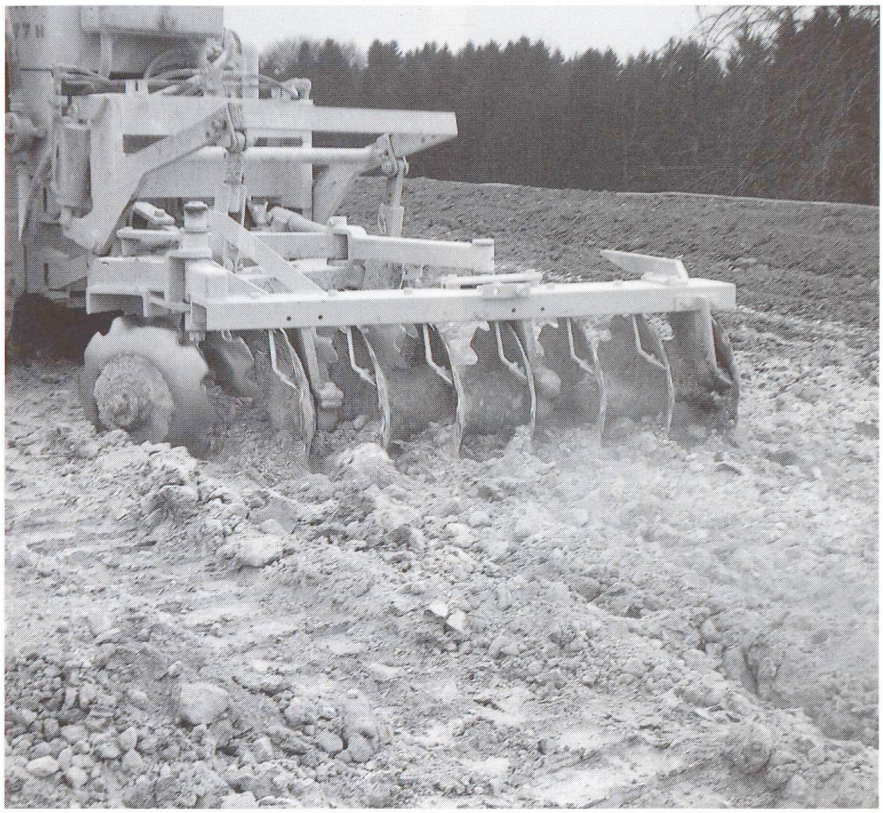
Une fois les courbes granulométriques déterminées, tous les échantillons peuvent être mélangés de façon homogène. En se basant sur la composition de ce matériau (fractions de gravier, de sable, de limon et d'argile), on fixe au moins trois dosages en ciment pour les essais suivants, selon tableau 2 dans [1], ainsi qu'en se fondant sur des expériences.

Essai de compactage. Dans des conditions définies avec précision, on prépare pour chaque dosage en ciment (a, b, c) au moins quatre éprouvettes de différentes teneurs en eau. Les masses volumiques sèches définies à partir de ces éprouvettes permettent de déterminer graphiquement la teneur en eau optimale w_{opt}, selon *figure 1.1*.

Essai à la compression simple. Après sept jours d'entreposage à température ambiante, suivis de quatre heures d'entreposage dans l'eau, les éprouvettes utilisées pour l'essai de compactage servent à déterminer la résistance à la compression simple (voir *figures 1.2* et *1.3*).

Essai au gel-dégel. Pour chacun des dosages en ciment, on prépare deux éprouvettes (P_1, P_2) d'une teneur en eau optimale w_{opt} calculée selon *figure 1.1*, et on les soumet à douze cycles de gel-dégel (entreposage à –23 °C/réchauffement à +20 °C). Après chaque dégel, on enlève avec une brosse le matériau

Photos: Bram van Egmond



Incorporation du ciment au moyen d'une herse à disques.

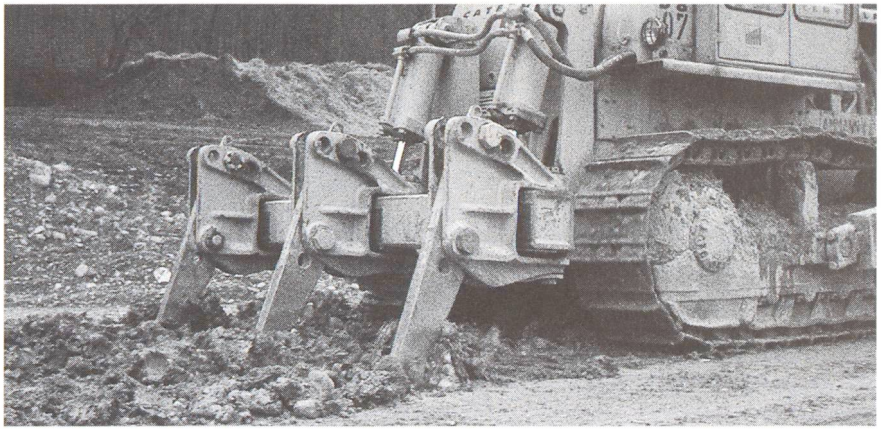
ramolli des éprouvettes P_1. La perte de masse ΔM_{zul} qui en résulte est reportée selon *figure 1.4*. Les résistances à la compression simple déterminées sur les éprouvettes P_2 sont reportées selon *figure 1.3*. Elles ne doivent pas être inférieures aux résistances à sept jours.

Détermination de la teneur en ciment. Les pertes de masse admissibles ΔM_{zul} lors des essais au gel-dégel – par exemple 10 % pour du gravier argileux – sont données dans le tableau 3 de [1]. Cette valeur permet de déterminer, à partir de la courbe de la *figure 1.4*, la teneur en ciment minimale bm_{min} nécessaire pour obtenir la stabilité exigée. Cette teneur en ciment doit assurer une résistance à la compression simple σd_{min} de 2 N/mm^2, selon *figure 1.3*.

Détermination du dosage en ciment. Les essais en laboratoire sont exécutés avec du matériau dont les plus gros grains sont de <16 mm. Mais sur le chantier, le grain maximum est beaucoup plus gros, plus précisément de quelque 60 mm généralement. Le dosage en ciment pour l'exécution peut être calculé à partir des valeurs déterminées en laboratoire, sur la base d'une formule figurant dans [1]. Si les courbes granulométriques des échantillons prélevés initialement diffèrent beaucoup, il faut le cas échéant prévoir deux dosages en ciment, ou davantage. On sait par expérience que les quantités de ciment par mètre carré de matériau (sol) se situent entre 30 et 120 kg. Elles dépendent beaucoup de l'utilisation prévue.

Stabilisation des sols avec mélange en place

Avec le mélange en place, le sol est stabilisé sur place, comme l'indique le nom du procédé. Il faut d'abord éliminer la matière organique (herbe, arbrisseaux, etc.), car elle peut nuire à la stabilisation. On ameublit ensuite le sol au moyen d'un engin approprié, et on enlève en même temps les grosses pierres. La quantité de ciment calculée est répartie sur le sol au moyen d'un épandeur; il faut éventuellement aussi amener de l'eau au moyen d'un appareil à dispersion. Le malaxage doit être poursuivi



Défoncement du sol en place.

Nivellement au bulldozer.

Compactage avec un rouleau vibrant.

jusqu'à ce que le ciment et l'eau soient répartis d'une manière homogène dans le sol. Pour ce malaxage, on utilise généralement une herse à disques ou un simple scarificateur rotatif. Il faut en même temps, par le séchage d'échantillons et par la méthode dite manuelle, s'assurer qu'il y a bien la teneur en eau fixée.
Si le mélange n'est pas utilisé sur place, il est transporté au lieu de mise en place, où il est réparti sur le sol. Il est ensuite réglé et compacté au moyen d'engins appropriés. Le compactage doit être exécuté de manière à ce que les valeurs de compactage déterminées par les essais préalables soient atteintes.
On peut le contrôler régulièrement par la détermination de la masse volumique sèche, généralement au moyen d'un appareil à isotopes. Le compactage doit être terminé dans un délai de quatre heures après le malaxage.
Les couches mises en place doivent être protégées contre la dessication (chaleur, vent) et le détrempage (pluies). Si elles sont ensuite dotées d'un revêtement hydrocarboné, on peut les asperger d'une émulsion de bitume. Autrement, l'arrosage avec de l'eau ou le recouvrement avec des feuilles de plastique ont fait leurs preuves.

Stabilisation avec mélange en centrale

Le mélange en place dans la forme décrite plus haut ne s'est pas vraiment imposé, car le mélange obtenu était fréquemment trop peu homogène. C'est pourquoi, au cours des ans, on l'a de plus en plus remplacé par le mélange en centrale, avec lequel, comme le dit le nom du procédé, le sol à stabiliser est traité en centrale. La fraction grossière, éliminée par tamisage, peut être concassée et réintroduite.
Dans des installations fixes, le sol, le liant et l'eau sont amenés par des installations de dosage séparées à un malaxeur à mélange forcé (continu ou à gâchées), qui les mélange de manière homogène.
Les différentes opérations qui suivent le transport du mélange au lieu de mise en place, ainsi que son épandage, sont les mêmes que pour le mélange en place.

Fissures dans le matériau stabilisé au ciment

Jadis, les dosages en ciment étaient souvent choisis trop élevés, afin d'obtenir une grande résistance initiale des couches stabilisées, et de les rendre ainsi plus rapidement carrossables. De nouvelles recherches [4] démontrent que la résistance des couches stabilisées au ciment augmente avec le temps. Des résistances trop élevées (>10 N/mm^2) ne sont toutefois pas souhaitables. C'est pourquoi il faut choisir le dosage en ciment de

Bibliographie

[1] Norme suisse SN 640 509 a, «Stabilisation aux liants hydrauliques», de février 1985.
[2] Norme suisse SN 640 503 a, «Stabilisation à la chaux aérienne», de novembre 1987.
[3] Norme suisse SN 640 500 a, «Stabilisation – Généralités», de février 1985.
[4] *Fetz, L. B.*, «Bodenstabilisierung mit Zement, Vergleichsuntersuchungen Labor-Feld», rapport de recherche DFI/OFR no 146 (1988).
[5] *Balduzzi, F.*, «Zementstabilisierter Oberbau – Witterungsbeständigkeit, Rissebildung, Verkehrsbelastung», rapport de recherche DFI/OFR no 190 (1990).

Installation pour mélange en centrale.

façon à ce que la résistance à sept jours soit inférieure à 3 N/mm^2. La tendance à la fissuration parfois reprochée aux matériaux stabilisés au ciment est due dans une large mesure à des dosages trop élevés en eau, mais aussi en ciment [4, 5]. Il faut donc appliquer la règle suivante: utiliser aussi peu d'eau et de ciment que possible. Concrètement, cela signifie que l'ingénieur-conseil expérimenté ordonnera généralement une teneur en eau se situant à gauche du maximum Proctor (voir *figure 1.1*).

Indépendamment de ces mesures destinées à réduire la fissuration, il faut prendre en considération que des fissures dans des couches stabilisées au ciment ne sont pas graves, aussi longtemps qu'elles ne traversent pas le bitume. Pour l'empêcher, on met fréquemment en place entre la couche stabilisée et le revêtement bitumé, une couche de grave ou de granulats bitumineux de quelque 5 cm d'épaisseur, ou une mince membrane absorbant les tensions (SAMI, Stress Absorbing Membrane Interlayer).

Bram van Egmond/Kurt Hermann

Mise en place à la finisseuse, suivie du compactage avec un rouleau vibrant.