

Résistance des revêtements extérieurs en béton au gel et aux sels de déverglaçage

Table des matières

1. Problème	1
2. Images de dégâts	2
3. Mesures.....	4
3.1 Mesures sur la technologie du béton.....	4
3.2 Revêtement en béton.....	6
3.3 Revêtement de sol à base de ciment	6
3.4 Mortier.....	7
3.5 Mesures constructives	7
3.6 Mesures de protection.....	7

1. Problème

Les revêtements en béton à l'extérieur sont exposés à des contraintes importantes dues aux conditions météorologiques :

- Forte pénétration d'humidité due à la pluie, à la fonte des neiges et aux eaux de ruissellement.
- Des cycles de température quotidiens et saisonniers intenses.
- Effets du gel et des sels de déglçage.

En outre, les revêtements en béton sont souvent exposés à des charges mécaniques dues à la circulation des véhicules et des piétons. Cela augmente les dommages mineurs dus à une résistance insuffisante aux intempéries.

Pour être suffisamment durables, les revêtements en béton doivent donc, non seulement avoir une résistance suffisante, mais aussi être durables (denses et résistants au gel et aux sels de déverglaçage, à l'usure, etc.). En fonction de l'application, les exigences relatives aux revêtements en béton sont régies par les normes suivantes:

- **Revêtements dans les zones de circulation** : VSS 640 461 "Couches de surfaces en béton pour zones circulables" : routes, chemins, voies d'accès, parkings, etc.
- **Revêtements adhérents dans les zones extérieures des bâtiments**: SIA 252:2012 "Revêtements de sols à base de ciment, de magnésie, de résine synthétique et de bitume": places, voies d'accès, escaliers, rampes de chargement, garages, parkings, etc.
- **Revêtements au-dessus d'une couche d'étanchéité** (avec ou sans isolation): SIA 271:2007 "L'étanchéité des bâtiments" : terrasses, balcons, escaliers, etc.

Une haute résistance au gel et aux sels de déverglaçage est exigée dans ces normes :

Les couches de mortier telles que les chapes ou les revêtements à base de ciment ne peuvent pas répondre aux exigences fixées, principalement parce que leur degré de compactage est trop faible avec une pose conventionnelle. Les résistances obtenues sont trop faibles et la structure des pores du mortier n'est pas adaptée à une résistance suffisante au gel (sel de déverglaçage).

2. Images de dégâts

Les dommages causés par le gel et le sel de déverglaçage se produisent normalement au cours des premières périodes hivernales suivant la pose du revêtement.

Ils se présentent sous la forme:

- D'épaufrures sur les gros grains des granulats.
- D'écaillages de la peau du ciment, sablage de la pierre de ciment et des grains de sable.
- D'effritements.
- De décolorations.



Revêtement en béton avec une résistance insuffisante au sel de déverglaçage:

L'écaillage et l'épluchage grossiers ont entraîné des dégâts considérables en peu de temps.

Décolorations

À chaque précipitation, les revêtements qui ne résistent pas aux sels de déverglaçage absorbent plus ou moins d'eau, selon le compactage, et "prennent" souvent une coloration foncée. De telles décolorations sombres se produisent lorsque le revêtement à base de ciment est humidifié. L'eau pénétrée dissout les sels contenus dans le mortier de ciment, en particulier les sels facilement solubles comme l'hydroxyde de calcium et les sulfates, mais aussi les sels difficiles à dissoudre comme le carbonate de calcium. Lorsque le revêtement s'assèche, ces sels sont transportés à la surface et se déposent dans l'espace poreux sous la surface ou sur la surface. Les sels à la surface forment de légères efflorescences qui peuvent être partiellement lavées ou enlevées à l'acide. Les sels présents dans les pores sous la surface ont en revanche un effet hygroscopique, c'est-à-dire qu'ils attirent l'humidité de sorte que la surface - même sèche - paraît sombre. La poussière et les particules de saleté qui ont pénétré dans les pores de la surface avec l'humidité peuvent également avoir un effet hygroscopique. Dans l'ensemble, les décolorations sont souvent associées à une pénétration d'humidité antérieure ou récurrente dans le revêtement.





Qualité insuffisante du mortier



Erosion de la surface

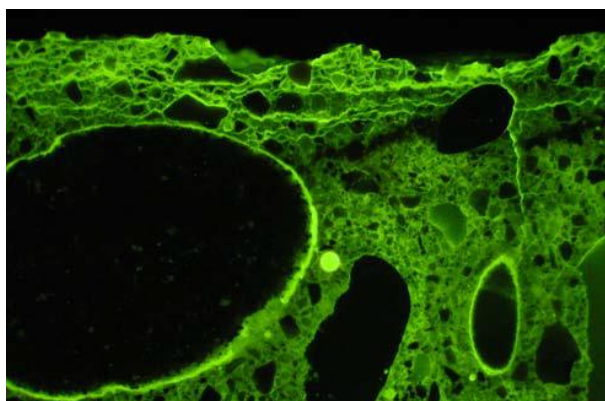


Image microscopique en lumière UV d'un béton avec une résistance insuffisante aux sels de déverglaçage.

La surface du béton (en haut) est érodée et s'écaille. Les fissures et les décollements autour des agrégats en noir se voient en jaune (à gauche).

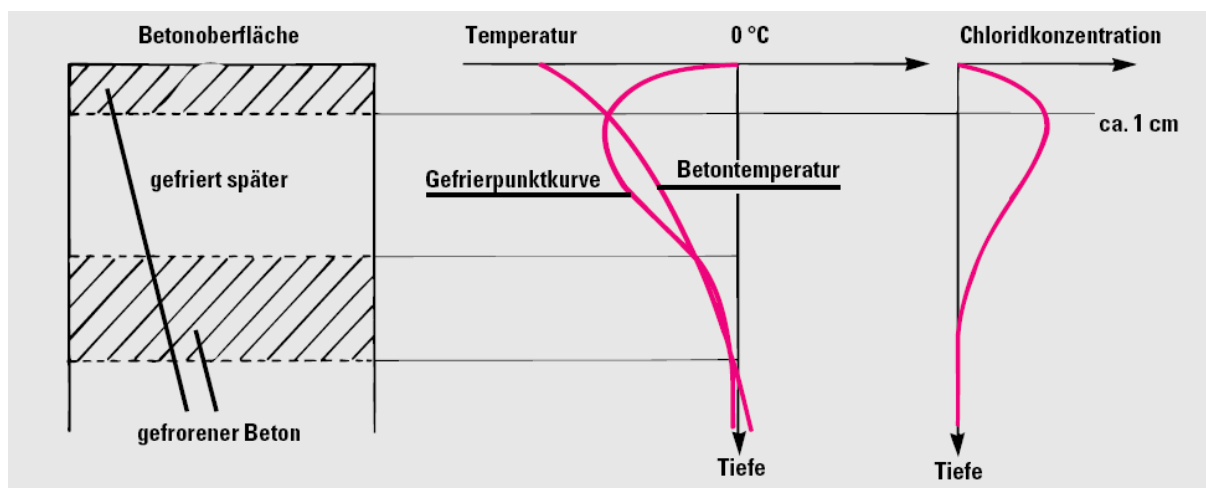
Agrandissement: env. 4x, la largeur de l'image correspond à 2 cm.

Les fissures causées par le gel (sel de déverglaçage) sont généralement parallèles à la surface et entraînent l'écaillage du revêtement. Les fissures perpendiculaires à la surface ont généralement une origine différente (par exemple le retrait).

Les dommages causés par le gel (sel de déverglaçage) peuvent entraîner des dommages indirects, tels que la corrosion des armatures ou une abrasion et une usure accrues de la surface. Dans les zones piétonnes, le risque de trébucher est accru en cas de profonds écaillages.

Mécanisme des dommages

Les dommages causés par le gel (sel de déverglaçage) dans le béton sont dus à l'effet expansif de l'eau dans les pores, qui se dilate lors du gel (augmentation du volume de 9%). Si le béton ne présente pas assez d'espaces de dilatation vides, la glace appuie sur la structure en béton et entraîne des dommages au béton après plusieurs cycles de gel-dégel.



*Le gel par couches de l'eau contenue dans les pores du béton entraîne des décollements
(Source CB Nr.2, 1997)*

Le mécanisme des dommages s'intensifie lorsqu'on utilise du sel de déglçage (chlorures). Les chlorures pénètrent dans le béton, s'accumulent sous la surface du béton et abaissent le point de congélation de l'eau avec une concentration croissante. L'eau des pores gèle en couches dont la température diminue en fonction de la teneur en sel (voir figure). La pression de congélation de l'eau hautement saline, qui gèle en dernier, ne peut plus être absorbée dans l'espace adjacent et finit par provoquer des fissures dans la structure en béton. Les cycles fréquents de gel-dégel augmentent la contrainte sur le béton.

3. Mesures

3.1 Mesures sur la technologie du béton

Les mesures visant à prévenir les dommages causés par le gel (sel de déneigement) ont pour but de maintenir la teneur en eau dans l'espace poreux aussi basse que possible et de réduire la pression de gel.

La saturation en eau du béton dépend de sa capacité d'absorption capillaire. Plus la porosité capillaire du béton est faible, moins il peut absorber d'eau. Les pores capillaires sont créés par l'évaporation de l'excès d'eau de gâchage. Pour une hydratation complète, le ciment nécessite une quantité d'eau de gâchage inférieure à 40 % de sa masse. (rapport eau : ciment < 0,40). Plus la teneur en eau de gâchage est élevée, plus la quantité d'eau excédentaire et la porosité capillaire qui en résulte sont importantes. Par conséquent, la densité du béton augmente avec la diminution du rapport eau/ciment. Pour les bétons résistants au gel (sel de dévergçage), des valeurs E/C comprises entre 0,40 et 0,50 sont courantes. Des additifs chimiques, appelés superplastifiants, sont utilisés pour garantir la maniabilité de ces bétons.

À l'aide d'autres adjuvants, appelés entraîneurs d'air, des bulles d'air artificielles peuvent être créées dans la pâte de ciment durcie pendant la production du béton. Ces dernières forment idéalement de petits vides d'air sphériques d'un diamètre de préférence < 0,3 mm, qui servent d'espace collecteur pour la glace en expansion et l'eau infiltrée.

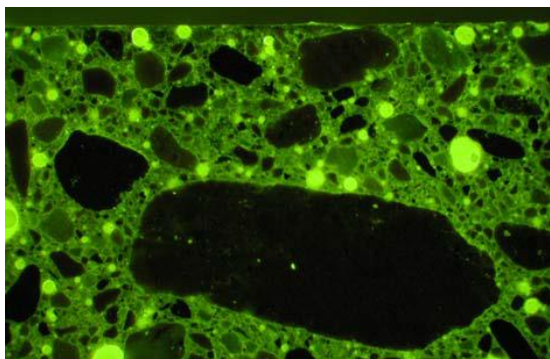


Image microscopique en lumière UV d'un béton avec des pores d'air artificiellement introduits (jaune). La distribution uniforme, le contenu, l'espacement et la taille des vides d'air déterminent l'effet en tant qu'espace d'expansion pour l'eau interstitielle gelée. Agrandissement: env. 4x, la largeur de l'image correspond à 2 cm

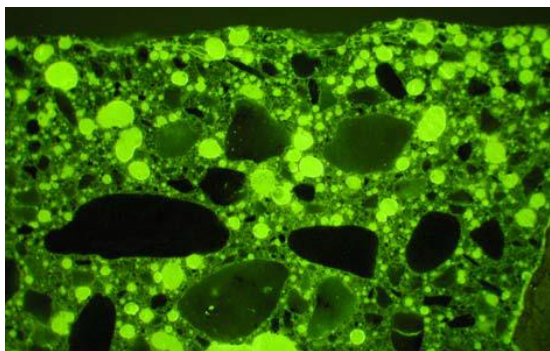


Image microscopique en lumière UV d'un béton avec des vides d'air artificiellement introduits (jaune). Trop de vides d'air, qui forment également des agglomérats, affaiblissent la structure. De fins écaillages se sont formés à la surface sous l'action des sels de déverglaçage. Agrandissement: env. 4x, la largeur de l'image correspond à 2 cm

La formation de vides d'air artificiels est influencée par le type d'entraîneur d'air, les autres matières premières du béton, les conditions ambiantes et le temps de mélange. Dans certains cas, il est encore difficile d'obtenir des teneurs en vide d'air constantes dans la mesure souhaitée. Pour que les vides d'air soient efficaces, ils doivent être répartis aussi uniformément que possible dans le béton. Habituellement, la teneur en vide d'air requise se situe entre environ 3 à 5 % du volume.

Si le compactage est mauvais, les vides d'air sont répartis irrégulièrement dans la gâchée de ciment durci ou forment des accumulations. Une teneur en air trop élevée a toujours un effet négatif sur la résistance du béton (une teneur en air supplémentaire de 1 % en volume correspond à 1 à 2 N/mm² de diminution de la résistance à la compression). Si la teneur en vides d'air est trop élevée, la durabilité, en particulier la résistance au sel de déverglaçage, ne peut être garantie, car la structure "mousseuse" du béton est trop affaiblie. D'autre part, les vides d'air dans des quantités normales peuvent avoir un effet positif sur la maniabilité du béton frais, qui a tendance à devenir plus lisse.

Les normes applicables aux revêtements extérieurs en béton exigent une grande résistance au sel de déverglaçage. Cela doit être vérifié par des essais selon la norme SIA 262/1:2019, annexe C.

Les exigences générales pour la production de béton résistant au gel (sel de déverglaçage) sont les suivantes:

- Utilisation d'agrégats résistants au gel
- Formulation appropriée du béton (faible rapport E/C, teneur en ciment Portland suffisamment élevée, utilisation d'un entraîneur d'air)
- Utilisation d'additifs (superfluidifiants) pour une bonne maniabilité
- Temps de mélange suffisamment longs

- Compactage soigné
- Traitement de cure (commence immédiatement après la mise en œuvre, durée environ 10 jours).
- Temps de durcissement suffisant avant le premier effet du gel.

3.2 Revêtement en béton

Spécifications selon SN EN 206-1 (Béton - Partie 1 : Spécification, propriétés, production et conformité), Annexe nationale, tableaux NA.3 et NA.4 pour les classes d'exposition et le béton avec une granulométrie maximale de 16 mm:

- **sans sel de déverglaçage XC4 (CH), XF3 (CH):** E/C max. 0.50, min. 330kg ciment /m³ de béton, détermination de la résistance au gel et aux sels de déverglaçage selon la norme SIA 262/1:2019
- **avec sel de déverglaçage XC4 (CH), XD3 (CH), XF4 (CH):** E/C max. 0.45, min. 374kg ciment/m³ de béton, détermination de la résistance au gel et aux sels de déverglaçage selon la norme SIA 262/1:2019

Le niveau de la teneur en vides d'air nécessaire est à l'appréciation de la centrale à béton, qui doit surveiller la résistance au gel (sel de déverglaçage) du béton dans le cadre de son contrôle de production continu pour la certification avec des tests réguliers.

Le béton doit être commandé conformément à la norme SIA 262:2013 "Construction en béton" selon les spécifications de la norme SN EN 206-1 et doit contenir au moins les informations suivantes:

Béton selon la norme SN EN 206-1.

Classes d'exposition XC4 (CH), XF3 (CH) (s'il est certain qu'aucun sel de déverglaçage n'est utilisé) ou XC4 (CH), XD3 (CH), XF4 (CH) (si du sel de déverglaçage est utilisé).

Grain le plus gros : par exemple 16 mm.

Classe de résistance : min. C30/37.

Classe de consistance : par exemple C1.

Teneur en chlorure : Cl 0,20.

Les contrôles du béton frais sur le chantier avant la mise en œuvre servent à contrôler la teneur en vide d'air, le rapport E/C et l'ouvrabilité. Ils doivent être prévus lors de l'exécution de revêtements en béton.

3.3 Revêtement de sol à base de ciment

Exigences selon la norme SIA 252:2012. La preuve de la résistance au gel (sel de déverglaçage) conformément à la norme SIA 262/1:2019 doit être disponible, mais n'est représentative que sur des éprouvettes qui ont la même structure et une qualité comparable à celle du revêtement fini (l'essai sur une surface annexe coffrée d'un cube compacté avec un vibreur n'est guère représentatif d'un revêtement de 3 cm d'épaisseur lissé à la main; solution judicieuse pour l'essai: application du revêtement avec l'épaisseur de couche et la structure prévues, le type de compactage et la finition de surface sur des dalles de béton rugueuses et résistantes au sel de déverglaçage conformément à la norme SIA 262/1:2019).

Pour les revêtements en béton dur ayant une valeur E/C très faible (< 0,45), l'utilisation d'entraîneur d'air n'est pas nécessaire. Cependant, cela exige un compactage parfait, une bonne adhérence sur le fond et une finition sans fissures. Il en résulte une composition qui correspond véritablement à un revêtement en béton dur de la sollicitation mécanique forte (SIA 252:2012, tableau 1).

La structure en couche mince (quelques cm) des revêtements en béton dur (contrairement aux revêtements réalisés selon les règles de la construction en béton) est très délicate et les erreurs de mise en œuvre ont de graves conséquences: lors de la réalisation de revêtements en béton dur pour l'extérieur, il convient de ne pas utiliser de lisseuses à ailettes. Le compactage est effectué à l'aide de règles vibrantes et la surface est immédiatement après lissée manuellement et structurée selon les besoins. Une protection immédiate du revêtement contre la dessiccation est absolument nécessaire pour garantir une réalisation sans fissures.

3.4 Mortier

La commande de mortiers pour revêtements en béton dur selon la norme SIA 252:2012 est basée sur les spécifications de la norme SN EN 13813 (Matériaux de chapes, Propriétés et Exigences):

par exemple mortier selon SN EN 13813 CT-C60-F8-A1.5, résistant aux sels de déverglaçage selon la norme SIA 262/1:2019. Les exigences exactes pour les classes de résistance et d'abrasion sont déterminées pour l'utilisation prévue. Au lieu de mortiers prêts à l'emploi, on peut aussi utiliser des mortiers frais de centrale. Dans ce cas, il est recommandé de commander selon la norme SIA 262:2013 ou SN EN 206-1.

3.5 Mesures constructives

Les mesures constructives visent principalement à réduire la pénétration de l'humidité dans le revêtement au moyen d'une pente suffisante (au moins 2 %) et de systèmes de drainage. En outre, il est également très important de disposer correctement les joints pour éviter les fissures. Ces spécifications doivent être comprises comme des mesures supplémentaires et ne remplacent pas la résistance requise aux sels de déverglaçage.

3.6 Mesures de protection

Dans la construction routière, les produits de scellement (par exemple à base de résines méta-acryliques) ont fait leurs preuves dans la protection des chaussées en béton qui ont une résistance insuffisante au gel (sels de déverglaçage) (Bulletin du ciment, n° 11, 1997). L'objectif est de remplir les pores afin d'empêcher l'eau de pénétrer dans la surface. Cependant, cela ne rend pas le béton complètement imperméable à l'eau, mais seulement dans la zone qui est complètement imprégnée par le produit.

Clause de non-responsabilité

PAVIDENSA s'efforce de veiller à ce que les informations sur les recommandations soient correctes. Elles se réfèrent à des cas normaux et sont basées sur les connaissances et l'expérience des membres des groupes spécialisés de PAVIDENSA. Toutefois, PAVIDENSA ne peut donner aucune garantie quant à leur actualité, leur exactitude, leur exhaustivité ou leur pertinence. PAVIDENSA exclut sa propre responsabilité civile et toute autre responsabilité pour toute erreur ou omission ainsi que pour les conséquences de l'utilisation des recommandations