

Le gauchissement des dalles de fondation en béton

N. Mailvaganam, J. Springfield, W. Repette et D. Taylor

Cet article passe en revue les causes du gauchissement des dalles de fondation en béton et présente les méthodes de réparation pour différentes conditions environnementales.

Les dalles de fondation en béton ont tendance à se soulever aux joints et le long de leur périmètre, ce qui entraîne parfois une perte de contact entre la dalle et le matériau de fondation. Dans les immeubles à vocation industrielle, comme les usines et les entrepôts, les planchers de béton doivent demeurer lisses et plats pour que les chariots élévateurs à fourche, les gerbeurs de grande

portée et les autres équipements spécialisés puissent circuler sans danger et fonctionner avec précision. Le simple fait pour un chariot élévateur de franchir un joint gauchi peut faire que sa fourche va racler le plancher. De plus, les bords de la dalle peuvent s'écailler ou se fracturer si le soutien apporté par la fondation s'est érodé. Dans ces conditions, les planchers peuvent se détériorer rapidement, occasionnant des problèmes de sécurité qui nécessiteront une réparation.

Le gauchissement s'observe surtout aux joints de construction, mais il peut également se produire aux fissures ou aux joints de contrôle (figure 1). Aux coins de la dalle, le soulèvement peut atteindre jusqu'à 25 mm, même si dans la plupart des cas nécessitant une réparation, les bords se sont soulevés de 5 à 10 mm par rapport au plan original¹. Dans le cas des joints de construction qui n'ont pas de mécanisme de transfert de charge, le gauchissement occasionne généralement une perte de contact avec la fondation sur plus de 20 % environ de la longueur de la dalle entre les joints (figure 2), soit le double de la perte aux joints de contrôle ou aux joints goujonnés.

Cause

La principale cause du gauchissement d'une dalle est le retrait différentiel qui se produit lorsque la surface exposée se rétracte par rapport au noyau qui ne bouge pas. Ce retrait est généralement attribuable au séchage, mais il peut également être

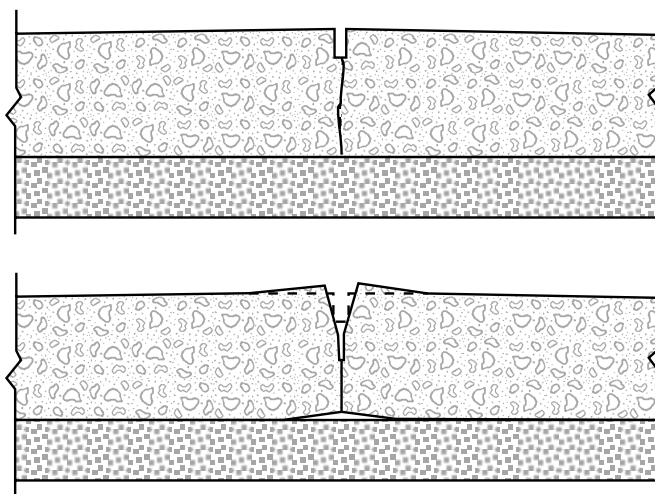


Figure 1. Gauchissement au joint de contrôle

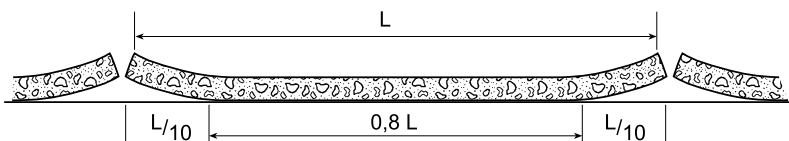


Figure 2. Gauchissement du bord d'une dalle occasionnant une perte de 20 % du contact avec la fondation

causé par la carbonatation de la surface du béton ou, dans le cas d'un mélange de béton riche en ciment à haute résistance, par un assèchement interne (retrait autogène) se produisant pendant l'hydratation de la pâte de ciment.

À l'instar de nombreux matériaux de construction, les dimensions du béton varient en fonction de sa teneur en eau. À mesure qu'une dalle neuve sèche, depuis la surface vers le bas, le gradient d'humidité va entraîner un retrait différentiel. La carbonatation augmente le retrait en surface, mais on peut réduire ce phénomène en appliquant un revêtement de surface, un enduit protecteur ou une cire². Si les techniques de finition utilisées favorisent la concentration de la pâte de ciment et du granulat fin à la surface, le retrait différentiel peut en être aggravé. Dans le cas d'un mélange riche en ciment, la chaleur dégagée pendant le durcissement du béton peut également accroître le retrait différentiel. Les chapes de béton liaisonnées ou monolithiques, installées sur une nouvelle construction ou pour une réparation, favorisent le gauchissement car elles se rétractent pendant la prise par rapport à la dalle de fondation.

Facteurs

Les facteurs influençant l'ampleur du gauchissement d'une dalle sont ceux qui déterminent le gradient d'humidité relative à l'intérieur de la dalle. Il s'agit des caractéristiques du matériau de fondation et du mélange de béton, de la manutention du béton et des conditions d'utilisation après la construction.

Fondation

En règle générale, la fondation sous une dalle est constituée de l'un des trois matériaux suivants : de la pierre concassée lavée de 20 mm, de la pierre concassée calibrée combinée à une quantité limitée de fines ou du gravier tout-venant. Ces trois types de matériaux permettent le drainage de l'excédent d'eau s'écoulant du mélange de béton. La pierre concassée lavée forme une barrière capillaire, alors que la pierre concassée calibrée et le gravier tout-venant permettent la remontée par capillarité de l'eau souterraine jusqu'à la face inférieure de la dalle. En raison de ce mouvement d'eau souterraine, il est devenu pratique courante de déposer une feuille de polyéthylène imperméable sur le matériau de fondation

avant de mettre en place la dalle de béton. Par contre, si la feuille de polyéthylène empêche l'eau de remonter jusqu'à la dalle, elle empêche également l'eau de gâchage excédentaire de s'échapper du béton frais, ce qui favorise le gauchissement de l'ouvrage. Même lorsque l'on perfore la feuille pour faciliter le drainage, celle-ci réduit la friction entre la fondation et la dalle, de sorte que le retrait global de cette dernière tend à augmenter.

Mélange de béton

Les caractéristiques du mélange de béton, telles que le rapport eau-ciment (E/C), le type de ciment, le type de granulat, les types d'adjuvants, la teneur en ciment et la température, vont influencer l'ampleur du retrait du béton.

Rapport E/C. Un mélange de béton contenant une grande quantité de ciment et un rapport eau-ciment (E/C) très faible (moins de 0,3), sera plus enclin à un retrait autogène³ important. Si le rapport E/C est trop élevé, il en résulte une quantité excessive d'eau libre dans le béton, qui augmente la porosité et entraîne un important retrait global.

Type de ciment. L'utilisation d'un ciment comportant des caractéristiques de retrait élevé (comme celui de type 30) peut accroître le retrait global de 25 %².

Granulat. La contamination du granulat ou l'utilisation d'un granulat vulnérable à l'expansion et au retrait peut occasionner de graves problèmes de retrait dans tous les mélanges de béton. Il est important d'incorporer le plus de gros granulats possible afin de réduire au minimum la proportion de pâte de ciment dans le mélange, tout en conservant une maniabilité acceptable pour faciliter la mise en place.

Autres caractéristiques du mélange. Les mélanges de béton riches en ciment présentent un fort taux de retrait, et l'utilisation d'un mélange à affaissement élevé peut accroître le retrait de 10 %. Dans le cas des mélanges riches en ciment, la chaleur dégagée pendant l'hydratation du ciment va également favoriser le gauchissement en raison de l'écart de température existant entre la surface et le noyau de la dalle. La surface de la dalle va se rétracter à mesure qu'elle refroidit et durcit, tandis que l'intérieur demeure chaud et dilaté. La température élevée d'un mélange pendant des travaux par temps froid peut également

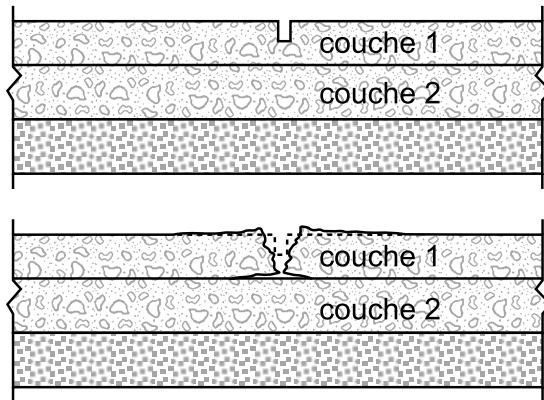


Figure 3. Fissuration et perte d'adhérence ultérieure aux joints de contrôle pratiqués tardivement

accroître ce phénomène. En outre, certains adjuvants fluidifiants vont en fait accroître le retrait.

Manutention

L'évaporation rapide à la surface de mélanges à affaissement élevé encourage le retrait différentiel. Un travail excessif de la surface par truellage répété afin de produire une surface dense et résistante à l'abrasion peut faire remonter la pâte de ciment et s'enfoncer les grosses particules de granulat, ce qui occasionnera un gauchissement de la dalle en raison du taux de retrait plus élevé à la surface. Une cure de mauvaise qualité augmente le retrait différentiel si on laisse la surface sécher trop rapidement. Si l'on attend trop avant de rainurer les joints à la scie, il peut se produire une fissuration au fond de la rainure, suivie d'une perte d'adhérence (figure 3)⁴.

Conditions d'utilisation

Au cours des hivers canadiens rigoureux, l'environnement intérieur très sec des immeubles a pour effet d'accroître le gradient d'humidité des dalles nouvellement construites et de favoriser leur gauchissement. Les appareils de chauffage par rayonnement installés au-dessus des portes des plateformes de chargement assèchent rapidement la surface de la dalle, surtout au cours du premier hiver, ce qui va aggraver toute tendance au gauchissement.

Prévention du gauchissement

Bien que, dans la plupart des cas, il soit possible de réparer une dalle présentant un gauchissement, la prévention est préférable⁴.

En réduisant et en contrôlant le retrait de la dalle, on peut en diminuer la déformation. Un bon dosage du mélange, une mise en place et une manutention soignée, en particulier pendant la cure, et l'utilisation d'adjuvants réduisant le retrait ou d'adjuvants à retrait compensé peuvent également être utiles.

Mélange de béton

Le contrôle du retrait et du gauchissement sera influencé par la teneur en eau, la température, le type et la teneur en ciment ainsi que la proportion de granulat dans le mélange de béton. Il faut réduire au minimum la teneur en eau dans le béton frais, tout en conservant sa maniabilité. Un faible rapport E/C, l'ajout d'adjuvants à fortes propriétés fluidifiantes, un granulat du calibre le plus gros possible et une quantité maximale de gros granulats calibrés par unité de volume de béton vont permettre de conserver une faible teneur en eau. Il faut également contrôler la température maximale du mélange du béton au cours de sa mise en place, de préférence à moins de 10 °C. Si les exigences d'utilisation le permettent, la formulation devrait être basée sur une résistance de 60 ou de 90 jours, afin de pouvoir diminuer la quantité de pâte de ciment dans le mélange. On peut remplacer une partie de ciment Portland par un laitier de haut fourneau ou des cendres volantes, ce qui permettra de limiter la chaleur produite par l'hydratation du ciment. On a couramment recours à un taux de remplacement de 25 %, chiffre qui peut même atteindre 50 % par temps chauds ou dans les régions tropicales. Il faut éviter d'utiliser un granulat possédant des caractéristiques inhérentes de retrait élevé.

Manutention

Une manutention de qualité est essentielle si l'on veut réduire le gauchissement des dalles de béton. Omettre d'utiliser une feuille de polyéthylène sur la fondation peut contribuer à réduire le retrait et le gauchissement. Il faut éviter par tous les moyens de mettre en place une dalle de fondation de grande qualité avant que le toit de l'immeuble ne soit installé. Il est également préférable que les murs soient érigés afin de protéger la dalle de l'effet asséchant du vent. Il faut se garder d'un façonnage excessif ou de toute pratique ayant pour résultat de faire s'enfoncer le gros granulat et de concentrer la pâte de

ciment et les particules fines à la surface. Avant de le laisser sécher, le béton doit avoir fait l'objet d'une cure de qualité.

Limiter le gauchissement

Comme un certain gauchissement de la dalle est inévitable, on peut diminuer les besoins de réparation en pratiquant des joints de contrôle adéquats. Ces joints doivent être espacés conformément aux directives de l'Association Canadienne du Ciment (antérieurement Association canadienne du ciment Portland) et avoir une profondeur d'au moins le quart de l'épaisseur de la dalle⁵. On utilise une scie à faible révolution dès que les ouvriers peuvent accéder à la dalle, les joints ainsi pratiqués semblent permettre un contact et un transfert de l'effort de cisaillement de part et d'autre des fissures formées au bas de la dalle.

Beaucoup d'ingénieurs pensent qu'armer la couche supérieure de la dalle peut contrer le gauchissement, mais l'importance de l'armature nécessaire rend cette option peu économique. En outre, la mise en place du béton au moyen d'une finisseuse à lisoir au laser a rendu non souhaitable l'installation préalable d'un treillis d'armature.

Prévention des dommages sur les dalles gauchies

Lorsqu'une dalle a subi un gauchissement, il est possible d'éviter de réparer même si l'écart d'élévation à un joint donné atteint 7 mm, à condition d'adopter de bonnes pratiques pour la conduite des chariots élévateurs. En transportant les palettes avec soin, en maintenant la fourche en position assez élevée au-dessus du plancher et en limitant la vitesse du chariot et les charges transportées, on pourra garder la dalle dans un état satisfaisant. Si l'on fait glisser les palettes sur une dalle gauchie, cela risque de faire éclater les bords des joints, même si la différence d'élévation est minime, et de créer des enfoncements inesthétiques aux joints là où des têtes de clou font saillie.

S'il y a perte du soutien assuré par la fondation, la dalle bougera au passage du chariot sur le joint, ce qui entraînera l'effritement et la détérioration des bords, suivis par l'apparition de fissures parallèles au joint. Ce type de détérioration doit généralement être réparé.

Réparations

On décidera s'il faut réparer une dalle de plancher en fonction des performances attendues du plancher et du rapport coût-efficacité de la réparation. L'âge de la dalle et le mouvement mesuré du joint au passage du chariot indiqueront s'il convient d'effectuer la réparation. Un mouvement inférieur à 2,5 mm sera jugé acceptable; s'il dépasse 5 mm, une réparation est nécessaire. Entre 2,5 et 5 mm, il s'agit d'une « zone grise »¹. Dans ces circonstances, la réparation pourra améliorer la tenue du plancher, mais le rapport coût-efficacité sera faible. Si l'on ne répare pas, le plancher continuera vraisemblablement de se détériorer mais dans une mesure acceptable.

Si l'on répare la dalle alors que le gauchissement se poursuit, cela peut compliquer le problème. Le degré d'humidité de la dalle passe d'un état saturé quand le béton est frais à un assèchement contrôlé en cours d'utilisation. Une fois que le cycle d'humidité de la dalle s'est stabilisé (généralement après 2 saisons de chauffage), on peut en mesurer le mouvement et choisir une méthode de réparation. Une variété d'options s'offrent à celui qui doit décider du sort d'une dalle gauchie : attendre, arroser la surface, pratiquer des joints supplémentaires, rectifier la dalle à la meule, injecter du coulis et rectifier à la meule, faire une réparation locale ou installer des goujons.

Attendre. Souvent le gauchissement va diminuer sans intervention à mesure que la dalle va sécher et que sa teneur en eau deviendra plus uniforme. Le fluage de la dalle sous son propre poids va également réduire le gauchissement. En mesurant et en suivant les mouvements de la dalle, on pourra déterminer si des réparations sont nécessaires.

Arroser. Humidifier le dessus de la dalle va réduire ou inverser temporairement le gauchissement. Une fois que la dalle est à niveau après l'arrosage, on en profite parfois pour rainurer des joints supplémentaires.

Pratiquer des joints supplémentaires. On peut réduire jusqu'à 50 % du gauchissement en pratiquant des joints additionnels aux coins ou le long des lignes centrales de

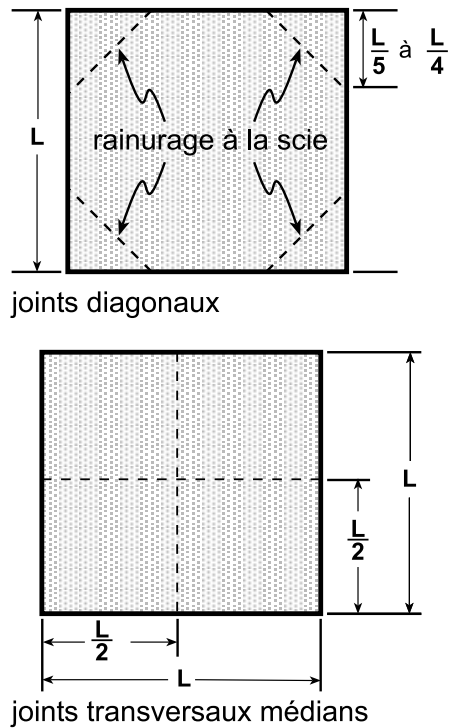


Figure 4. Rainurage de joints additionnels diagonaux et transversaux¹

la dalle (figure 4) après la première saison de chauffage. Cette réparation ne convient pas s'il y a circulation de chariots élévateurs sur la dalle.

Rectifier à la meule. Après la deuxième saison de chauffage, on peut meuler les bords et les coins jusqu'à une distance de 60 à 180 cm des côtés gauchis. Comme cette méthode amincit la dalle, elle peut ne pas convenir s'il y a circulation de chariots élévateurs.

Injecter du coulis et rectifier à la meule. On procède à une injection de coulis suivie d'une rectification à la meule dans le cas de planchers supportant une circulation fréquente ou lourde de chariots élévateurs. On perce des trous dans les coins et les bords surélevés pour remplir de coulis les vides sous la dalle. Après la prise du coulis, on rectifie à la meule les bords gauchis.

Faire une réparation locale. Comme ci-dessus, on remplit de coulis les vides sous la dalle, puis on répare les sections surélevées en sciant le pourtour, en retirant le béton jusque sous le profil désiré et en remplissant ensuite cette cavité à la hauteur souhaitée (figure 5). Cette réparation locale avec injection de coulis convient aux dalles supportant le passage de chariots élévateurs.

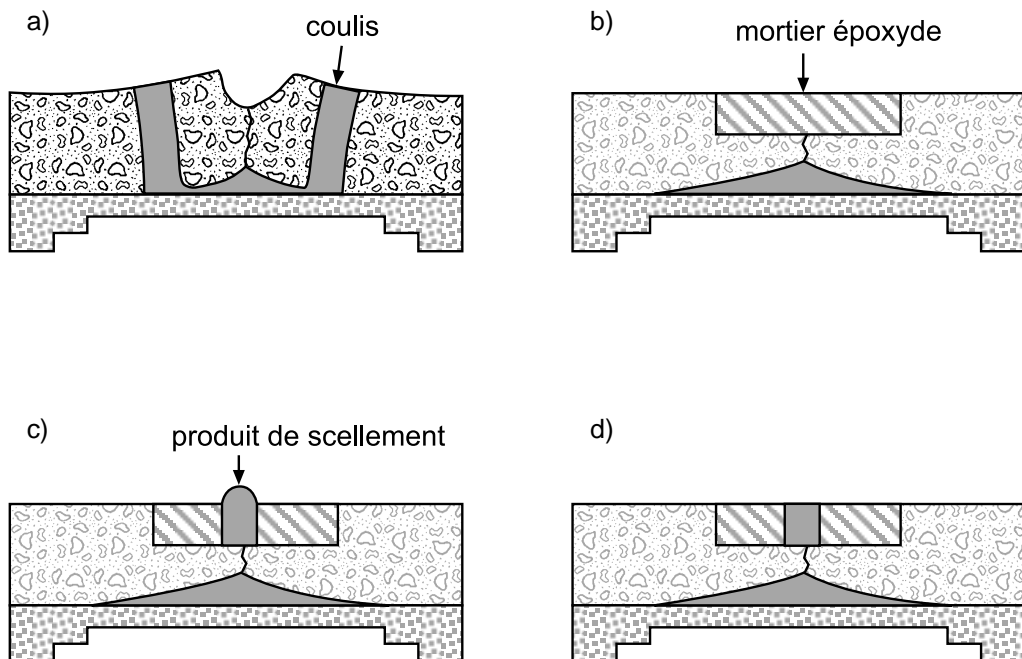


Figure 5. Étapes de la réparation d'un joint gauchi¹
a) injection de coulis dans les vides
c) nouvelle coupe et remplissage du joint

b) coupe à la scie et remplissage au mortier
d) état final : joint lisse et nivelé

Installation de goujons. On peut utiliser des goujons seuls ou en combinaison avec d'autres méthodes afin d'améliorer le transfert des charges et de réduire les mouvements différentiels. En raison de son coût, cette méthode convient mieux aux dalles d'au moins 150 cm d'épaisseur supportant une forte circulation et dont le sol de fondation est trop mou pour permettre l'injection de coulis.

Résumé

Les dalles de fondation en béton ont tendance à gauchir aux joints et au périmètre, ce qui crée des problèmes dans les immeubles industriels et commerciaux. Les planchers peuvent alors connaître une détérioration rapide, qui est une source de danger et qu'il faut réparer. Bien qu'il soit possible de réparer la plupart des dalles, on peut limiter le gauchissement en contrôlant soigneusement le dosage et la manutention du mélange de béton. Les options de réparation qui s'offrent dépendent des conditions d'utilisation et de la gravité du problème.

Bibliographie

1. Suprenant, B. A. et Malisch, R.W. « Repairing curled slabs », *Concrete Construction*, mai 1999, vol. 9, p. 58-65.
2. ACI 302.R-89. *Guide for concrete floor and slab construction*. American Concrete Institute.
3. Tazawa, E. et Miyazawa, S. « Autogenous shrinkage of concrete and its importance in concrete technology, creep and shrinkage of concrete », comptes rendus de la conférence de la RILEM sur le béton à hautes performances, Sapporo, Japon, 1993, p. 159-68.
4. Springfield, J., Mailvaganam, N.P. et Taylor, D.A. « Curling in new and repaired industrial floors: aspects of Canadian practice », comptes rendus de la conférence de la Société Canadienne de génie civil, vol. 2b, 1996, p. 727-38.
5. Association canadienne du ciment Portland (maintenant Association Canadienne du Ciment). *Concrete slab surface defects: Causes, prevention, repair* (EB096.01D), 1997, p. 4-5.

M. N.P. Mailvaganam est agent de recherche principal au sein du programme Enveloppe et structure du bâtiment de l'Institut de recherche en construction du Conseil national de recherches du Canada.

M. J. Springfield est ingénieur de structure à Toronto.

M. W. Repette, Ph.D., est chercheur au sein du programme Enveloppe et structure du bâtiment de l'Institut de recherche en construction du Conseil national de recherches du Canada.

M. D. Taylor, Ph. D., est directeur du programme Réhabilitation des infrastructures urbaines à l'Institut de recherche en construction du Conseil national de recherches du Canada.

© 2000
Conseil national de recherches du Canada
Décembre 2000
ISSN 1206-1239

« Solutions constructives » est une collection d'articles techniques renfermant de l'information pratique issue de récents travaux de recherche en construction.

Canada

Pour obtenir de plus amples renseignements, communiquer avec l'Institut de recherche en construction, Conseil national de recherches du Canada, Ottawa K1A 0R6.
Téléphone : (613) 993-2607 Télécopieur : (613) 952-7673 Internet : <http://irc.nrc-cnrc.gc.ca>