



CANADA

MEMOIRE TECHNIQUE

Ref
Ser
TH1
N21m5
no. 21F
BLDG

ANALYZED

IRC PUB

FONDATEMENTS DES MAISONS D'HABITATION

par

D.C. Tibbetts

DIVISION DES RECHERCHES DU BÂTIMENT • CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES • OTTAWA

avril 1959

FONDATEMENTS DES MAISONS D'HABITATION

par

D.C. Tibbetts

La Division des Recherches en Bâtiment reçoit souvent des demandes de renseignements au sujet des difficultés auxquelles donnent lieu les caves qui fuient et les sous-planchers qui sont humides.

Les constructeurs connaissent fort bien les détails de l'armature des fondations et l'on entend rarement parler de fondations qui ne résistent pas aux charges auxquelles elles sont soumises. Cependant, c'est très souvent qu'on entend parler de fuites dans la cave et de l'humidité des espaces situés sous les planchers des maisons sans cave. Cela est une source constante d'ennuis pour les propriétaires et les constructeurs.

Lorsqu'il s'agit d'une maison neuve, le propriétaire, naturellement, s'en prend tout d'abord au constructeur lequel peut difficilement améliorer les choses une fois que la maison est terminée et que les pelouses sont préparées. En effet l'imperméabilisation d'une fondation se fait du côté extérieur et pour qu'elle soit économique il n'y a pas d'autre solution que de l'exécuter durant la construction.

Les caves et les espaces tenant lieu de caves feront l'objet de chapitres différents mais les problèmes ayant trait au drainage de surface et aux conditions du site, lesquels sont communs à ces deux types de fondations, ne seront passés en revue qu'une seule fois.

CAVES

On se sert de plus en plus des sous-sols pour l'habitation aussi faut-il que le sous-sol soit sain. On dit souvent qu'il est impossible de mettre, par le calcul, les sous-sols à l'abri de l'humidité. Quand ils sont sains c'est tout simplement, dit-on, l'effet du hasard. Quant à nous nous sommes persuadés que l'on peut prévoir des sous-sols secs en ayant recours à des matériaux ordinaires qui resteront secs dans la plupart des cas. On a tout intérêt à soigner la construction du sous-sol quand on songe aux frais élevés qu'entraîne la réparation des sous-sols humides.

Causes de l'humidité

- (1) fuites,
- (2) capillarité ou infiltration,
- (3) condensation

Ces trois phénomènes peuvent se produire en même temps mais souvent on les identifie séparément. Les fuites et la capillarité se produisent généralement au printemps tandis que la condensation se produit plutôt l'été.

On sait qu'il y a des fuites lorsqu'on trouve de l'eau à la surface intérieure des murs ou du plancher des caves. Cette eau a réussi à traverser un béton ou un élément de maçonnerie poreux, à s'infiltrer dans des fissures ou bien encore elle a suivi les tuyaux venant de l'extérieur.

La capillarité est due au contact d'un matériau absorbant comme le béton ou la maçonnerie non protégé avec la terre humide ou l'eau. L'humidité est amenée à passer au travers des murs et des planchers de la même façon que l'eau qui s'imbibe dans une mèche.

On détecte la capillarité au moyen de taches d'humidité. Si l'évaporation est forte à la surface des murs et du plancher, ces surfaces pourront sembler sèches alors qu'en réalité elles diffuseront de l'humidité qui chargera l'atmosphère de la cave. C'est en grande partie le phénomène de capillarité qui provoque la dislocation des matériaux de finition du plancher qu'on pose sur le radier de la cave. Les carreaux que l'on pose et leurs adhésifs empêchent l'évaporation de surface et l'eau qui en résulte désagrège l'adhésif.

Lorsqu'on ne voit pas de taches d'humidité il est cependant possible de déterminer si l'humidité traverse le radier au moyen d'un test facile. Il suffit de placer un tapis de caoutchouc par terre pendant quelques jours puis d'observer comment se présente le dessous du tapis. Si le dessous du tapis est humide c'est que la capillarité existe.

Les principales causes des fuites et de la capillarité sont un drainage insuffisant et une mauvaise construction.

DRAINAGE

Il serait bon de mentionner les deux principaux types de drainage: (1) drainage de surface et (2) drainage souterrain. On peut envisager plusieurs aspects du drainage de surface.

Il faut installer des gouttières et des tuyaux de descente. Les tuyaux de descente doivent être reliés lorsque cela est possible à des conduites souterraines de drainage sinon il faudra les faire se déverser dans des canaux de diversion qui emmèneront l'eau loin de la fondation. Le moins qu'on puisse faire est d'ajouter des rallonges à ces tuyaux pour éloigner l'eau de la maison.

On ne doit jamais relier les tuyaux de descente aux tuiles de drainage.

Les matériaux de remblayage ainsi que le terrain naturel de surface doivent être inclinés vers l'extérieur pour que l'eau puisse s'écouler et ne pas séjourner près de la fondation. En se tassant les matériaux de remblayage situés près des murs peuvent parfois faire incliner dans le mauvais sens le terrain aux abords de la maison et provoquer des ouvertures dans le sol qui amèneront l'eau à s'accumuler près des murs et des semelles de la fondation.

Drainage souterrain

Même si toutes les précautions possibles ont été prises à l'égard du drainage de surface, de l'eau pénétrera dans le sol et il arrive souvent que la nappe aquifère se trouve au dessus des semelles. Pour venir à bout de cette situation on place des tuiles de drainage autour des semelles. Lorsqu'elles sont installées comme il faut ces tuiles peuvent être très efficaces sauf dans le cas de conditions extrêmes comme il en existe dans les zones basses, près des marais, des rivières et des lacs.

Il faut placer les tuiles le long des semelles et les relier à un dégagement approprié. L'inclinaison des tuiles devrait être $1/4$ à $1/2$ pouce pour 12 pieds de longueur. Les jointures entre les tuiles ne doivent pas avoir plus de $3/8^{\circ}$ de pouce et il faut les recouvrir d'un feutre goudronné ou d'un papier d'asphalte pour empêcher les particules de terre d'y pénétrer. Il faut placer au-dessus des tuiles et avant le remblayage au moins 12 pouces de gravier ou de quelque autre matériau granuleux. On ne doit pas se servir de tuiles cassées ou craquelées car elles bloqueraient l'écoulement des eaux. Il existe des tuiles coudées dont on peut se servir autour des coins.

Il est quelquefois difficile de se procurer des dégagements suffisants lorsqu'il n'y a pas de canalisation pour les eaux pluviales. On se sert de puits d'assèchement pour drainer l'eau jusqu'à la nappe aquifère lorsque la terre de surface est

relativement imperméable et que, au-dessous, le terrain naturel est assez absorbant. On ne doit jamais creuser de puits d'assèchement dans un sol argileux car il pourrait en résulter une accumulation d'eau autour des semelles. L'eau des toits ne doit pas être amenée dans les puits d'assèchement prévus pour les tuiles de drainage des semelles. On se trouve parfois avoir l'ennui d'une cave humide six mois ou un an après la construction d'une maison établie sur un sol sec. En examinant les choses d'un peu plus près on découvrirait peut-être que les gouttières aboutissent dans des puits d'assèchement situés à quelques pieds seulement de la maison.

Sur les terrains en pentes on peut souvent faire aboutir les tuiles de drainage à des fossés ouverts. Sur les terrains plats on peut avoir à faire aboutir l'eau de drainage à un puisard d'où on peut la retirer au moyen d'une pompe et l'emmener loin de la fondation.

CONSTRUCTION

Plusieurs facteurs contribuent à faire une mauvaise construction:

(1) Des semelles insuffisantes peuvent provoquer des affaissements. C'est ainsi que des fissures apparaîtront dans les murs et que les raccords entre les murs et les planchers céderont. On a vu des fissures se produire alors que les semelles du périmètre étaient suffisantes mais qu'on n'avait rien prévu pour le support des murs intérieurs soumis à des charges.

Les semelles doivent répondre à des conditions bien déterminées et il faut les armer s'il y a lieu. Un problème particulier se pose lorsque les fondations sont situées en partie sur une roche de fond et en partie sur de la terre. Il se produit souvent un mouvement de tassage dans la terre lorsque les charges de la construction y sont placées. Ce mouvement est généralement uniforme lorsque la fondation est située entièrement sur le sol. Cependant lorsque la fondation s'appuie en partie sur le roc et en partie sur de la terre des fissures peuvent se produire par suite des mouvements différentiels.

On ne doit pas placer des semelles sur une terre de remblayage nouvellement posée. Si des parties basses existent dans l'excavation il faudra augmenter l'épaisseur des semelles ou même utiliser des semelles étagées afin qu'elles entrent en contact avec le sol naturel.

Lorsqu'on doit placer des semelles un calcul approximatif consiste à avoir des semelles dont la profondeur est égale à l'épaisseur des murs et la largeur égale à deux fois l'épaisseur des murs. En tous cas les semelles n'auront jamais moins de six pouces d'épaisseur et elles devront déborder de quatre pouces de chaque côté du mur.

Lorsqu'on coule des semelles il n'est pas question de remplir les coffrages avec des pierres jusqu'à quelques pouces du sommet pour ensuite placer une fine couche de béton. Il est également peu recommandable d'utiliser des bétons trop liquides. Des semelles faites dans ces conditions ne résistent pas aux charges et il en résulte des fissures dans les murs. On peut se servir de pierres propres et solides pour les semelles et les murs si le béton peut couler facilement entre ces pierres et entre les coffrages et les pierres.

(2) Des éléments mal posés se fissureront et fuiront. Tous les joints horizontaux et tous les joints verticaux doivent être remplis de mortier. La première rangée doit être posée sur un banc complet de mortier. Les joints doivent avoir de $3/8$ à un $1/2$ pouce d'épaisseur et il faut les tasser une fois que le mortier a commencé de prendre. On peut se servir de différents mélanges pour le mortier mais on mettra du ciment dans le mélange destiné aux murs placés sous le niveau du sol. De bons mélanges seraient:

- (a) 1 : $1/4$: 3 - ciment:mastic de chaux : sable
- (b) 1 : 1 : 6 - ciment:mastic de chaux : sable

(3) Les murs fabriqués avec du mauvais béton n'ayant pas été coulés et n'ayant pas pris comme il faut peuvent donner lieu à des fissures et à des fuites. De nos jours, nombreux sont les constructeurs qui utilisent un béton tout mélangé mais d'ordinaire c'est l'entrepreneur qui se charge de couler le béton et c'est toujours lui qui est responsable de la façon dont il prend. Pour les murs de cave il est recommandé de se servir d'un béton de 2500 livres par pouce carré (1 : 2 : $3\ 1/2$) ou mieux. En coulant le béton de façon continu on évite de recourir à des joints de construction. Un bon béton, coulé comme il faut et dont la prise a été soignée, résiste bien à l'eau alors qu'il est composé avec les mêmes matériaux que les mauvais bétons qui fuient.

(4) Lorsqu'on ne place pas des joints imperméables entre les murs et le plancher on obtient souvent des fuites en ce point. Nombreuses sont les personnes qui se plaignent de ce type de fuite. Il est recommandé de laisser un espace allant de $1/2$ à $3/4$ de pouce entre l'extrémité de la dalle et le mur. Cette espace sera remplie par de l'étoupe et un matériau bitumineux une fois que la dalle aura pris. De plus il serait

bon de placer une doucine de mortier à l'extérieur sur le raccord entre le mur et la semelle. Peut-être les fuites que l'on signale en ce point sont-elles dues à l'absence ou à la mauvaise installation de tuiles de drainage près des semelles.

(5) Il faut placer à l'extérieur des murs de fondation un matériau de protection contre l'humidité. Lorsqu'on se sert d'éléments il faut plâtrer le mur avant d'appliquer des couches bitumineuses. Le plâtre doit être un mélange 1 : 2 1/2 ou 1 : 3 ciment : mélange de sable et doit avoir une surface sèche pour recevoir le revêtement bitumineux. On recommande une épaisseur de 1/2 pouce et quelques spécialistes suggèrent qu'on applique deux couches de 1/4 de pouce et qu'on gratte la première couche avant d'appliquer la deuxième.

Les matériaux bitumineux les plus couramment employés sont les émulsions et les solutions à base d'asphalte qu'on applique au pinceau. On en dispose deux ou trois couches entrecroisées. On peut obtenir de meilleurs résultats avec de l'asphalte ou du goudron fondus à chaud.

On ne devra pas remblayer avant que les couches soient bien sèches et on devra prendre des précautions pour qu'elles ne soient pas endommagées.

On peut empêcher l'infiltration de l'humidité du sol au travers des dalles au moyen d'une assise de cinq à six pouces de gravier, de pierres concassées ou de mâchefers. Si on a l'intention de placer un revêtement sur la dalle de béton du sous-sol ou si on veut la finir d'une façon ou d'une autre il est préférable d'installer une membrane entre elle et l'assise. Cela empêchera l'infiltration pour le cas où l'eau traverserait l'assise de pierres et risquerait d'atteindre la partie inférieure de la dalle de béton.

Les infiltrations au travers des murs sont généralement moins graves que les infiltrations au travers des dalles de béton. On peut les empêcher ou les réduire en imperméabilisant.

Imperméabilisation

Lorsque les infiltrations sont graves il faut appliquer une membrane d'imperméabilisation aussi bien aux murs qu'aux dalles de béton.

Cette membrane composée de couches alternées de matériau bitumineux chaud et de papier ou de toile doit descendre le long du mur d'une façon aussi ininterrompue que possible depuis une ligne située au dessus du niveau de sol jusqu'au plancher de béton à l'intérieur duquel elle sera prise entre deux coulées de béton.

Les pressions de l'eau peuvent être graves et lorsque des charges d'eau de 3 ou 4 pieds se produisent il faudra songer à renforcer la dalle ou à prévoir un drainage souterrain de façon à empêcher les fissures et les fuites.

De la condensation se produira sur les murs et les planchers de béton lorsqu'il y aura un excédent d'humidité dans les caves. C'est au cours des chaudes journées humides de l'été que ce phénomène est le plus grave. La condensation provient de l'humidité en suspens dans l'air qui entre en contact avec les murs et les dalles de béton relativement plus froides et dont la température est voisine de celle du sol adjacent. L'humidité que l'on attribue parfois à l'infiltration est due en fait à la condensation. On peut vérifier les tendances à la condensation en recouvrant les surfaces soupçonnées, de verre ou de tôle. Si de l'eau se dépose sur le miroir ou sur la plaque de tôle cela veut dire qu'il y a condensation.

On peut éliminer ou réduire la condensation
par les moyens ci-après:

(1) En ventilant, à condition que l'air utilisé soit sec. Lorsque l'air extérieur est très humide il faut fermer les fenêtres des sous-sols car l'humidité en provenance de l'extérieur aggraverait la condensation qui se produit sur les surfaces froides à l'intérieur du sous-sol.

(2) En chauffant le sous-sol; de cette façon on augmente la capacité que l'air a de conserver l'humidité et on accroît la température des surfaces de façon à ce qu'elle dépasse le point de rosée. Lorsqu'il fait chaud ce traitement peut être pire que la maladie elle-même.

(3) En isolant afin de réduire la condensation de l'eau sur les murs et les tuyaux. On doit toujours utiliser des coupe-vapeur pour protéger la matière isolante.

(4) En éliminant l'humidité qui se trouve dans l'air au moyen d'un appareil mécanique ou d'un procédé chimique.

On trouve sur le marché des déshumidificateurs qui fonctionnent sur le principe de la condensation de l'humidité sur des serpentins refroidis.

Les produits chimiques communément employés sont le chlorure de calcium et le gel de silice. Le chlorure de calcium est relativement peu coûteux mais on doit le rejeter lorsqu'il est liquide et le remplacer chaque jour. La solution est néfaste pour le béton, le métal et la végétation.

Le gel de silice est plus coûteux mais on peut le faire sécher et s'en resservir souvent.

CONSTRUCTION SANS SOUS-SOL AVEC ESPACE SANITAIRE

Les espaces sanitaires sont les espaces fermés qui se trouvent sous le premier plancher d'un bâtiment qui n'a pas de sous-sol. Ces espaces peuvent avoir de un pied à plusieurs pieds de hauteur. Pour faciliter leur accès on devra maintenir une hauteur minimum de deux pieds entre la surface du sol et le dessous des solives.

Les murs entourant ces espaces peuvent être faits de béton, de maçonnerie, de bois ou d'autres matériaux. Sans entrer dans les détails on peut dire que ces espaces fermés sont une source constante d'humidité et d'ennuis. Ces ennuis se produisent surtout dans les espaces qui ne sont pas ou presque pas ventilés.

Des études effectuées sur place ont permis de constater que des dégâts importants se produisent dans des maisons ayant une fondation mal faite qui comporte un espace sanitaire. Dans le cas d'un ensemble de 200 maisons bâties sur un petit mur de soutènement n'ayant pratiquement pas d'aération d'un bout de l'année à l'autre 16 planchers avaient pourris suffisamment en 4 ans pour être remplacés. Au bout de 6 ans il devint nécessaire soit de refaire les planchers soit d'y faire des réparations importantes.

Dans d'autres bâtiments l'humidité en provenance des espaces sanitaires a non seulement causé des dégâts importants aux planchers mais également à d'autres parties de la maison. On a signalé un grave problème de condensation dans le grenier d'une maison à trois étages construite sur espace sanitaire. Une observation minutieuse a permis de constater que de 32 à 45 gallons d'eau s'évaporaient dans cette maison toutes les 24 heures et que la plus grande partie de cette eau venait du sol de l'espace sanitaire.

On a pu remédier aux situations décrites au moyen d'une ventilation. On peut faire quelques recommandations au sujet de l'emplacement et du format des bouches de ventilation. L'ouverture totale de la ventilation calculée au moyen de la formule $2 + \frac{1}{3}$ pour un espace sanitaire de 24 x 40 est de $5\frac{3}{4}$ pieds carrés. Si on recouvre l'ouverture au moyen d'un grillage dont l'ouverture de la maille est du No 8 il faudra alors une fois et quart cette ouverture de ventilation (par exemple: 4 ouvertures de 12 pouces par 22 pouces ou huit ouvertures de 12 pouces par 11 pouces).

On devra utiliser au moins quatre ouvertures, une près de chaque coin et ces ouvertures doivent être placées aussi haut que possible dans le mur.

Les ouvertures de ventilation doivent être ouvertes en hiver ce qui entraîne l'isolation des planchers, des tuyaux et des conduites. Il faudra veiller à ce que le coupe-vapeur soit placé du côté supérieur des matières isolantes placées dans le plancher.

On s'est rendu compte depuis quelques années qu'il était possible de réduire la quantité d'humidité qui pénètre par l'espace sanitaire en recouvrant le sol d'une membrane qui résiste à la vapeur. C'est ainsi qu'on se sert fréquemment de rouleaux de 55 livres destinés à la couverture en les faisant se chevaucher de quelques pouces aux joints. Une technique plus coûteuse consiste à utiliser une légère dalle de béton recouverte alternativement d'un badigeonnage bitumineux et de feuilles de papier de construction.

Il n'est pas sans intérêt de signaler que dans des sols à granulation très fine il est possible, même si la nappe aquifère est située à 30 pouces sous la surface du sol dans l'espace sanitaire, que l'évaporation en provenance du sol puisse produire jusqu'à 19 gallons toutes les 24 heures pour une surface de 1,000 pieds carrés. L'évaporation en provenance du même sol recouvert d'un matériau de toiture (roofing) de 55 livres est inférieure à 1/2 gallon pour la même surface.

Il ne semble pas que l'imperméabilisation du sol supprime le besoin de ventilation; cependant il est raisonnable d'assumer que l'on peut réduire la ventilation quand on se sert de membranes.