

Vocabulaire Technique International de l'Ingénieur

The Engineer's Technical and International Vocabulary

AVEC LE CONCOURS DE M. G. RANSFORD ET DU PROFESSEUR GIROUD

TERMES RELATIFS AU GEL, A LA NEIGE ET A LA GLACE (*)

LA GLACE ET LA TECHNIQUE

(Suite)

SOULÈVEMENTS DUS AU GEL

On appelle **soulèvement dû au gel** (*frost heaving*) la dilatation de certains types de sols, les terrains sédimentaires en particulier, lors d'une période de gel continue : il se forme des **lentilles de glace** (*ice-lenses*) à la partie supérieure du terrain, alors que le sol alentour est épargné par le gel; ceci provenant des variations du point de congélation de l'eau interstitielle, suivant la dimension des pores qui la contiennent. Ces lentilles se forment de préférence dans des fissures existant déjà dans la masse du sol. Leur croissance continue est liée au phénomène de capillarité qui fait monter l'eau de la nappe; la hauteur de ces soulèvements atteint couramment 20 à 30 % de l'épaisseur du sol touché par le gel. Cette épaisseur, qui dépend des circonstances locales, atteint fréquemment 1 m dans des régions froides, mais habitables.

Les sols de texture grossière, et certains types de sols imperméables à grain fin, ne se soulèvent pas. Ces derniers gèlent de façon uniforme, et,

THE VOCABULARY OF FROST, SNOW AND ICE

ICE ENGINEERING

(Continued)

FROST-HEAVING

The expansion of certain types of soil, silts in particular, under a continued frost is called **frost-heaving** (or **frost heaving**). It is due to the formation of **ice-lenses** in the upper part of the soil, though the soil which surrounds these ice-lenses remains in an unfrozen condition; this is a consequence of the variation in the freezing point of soil moisture according to the size of the pores containing it. Ice-lenses form preferentially in already existing cracks in the soil mass. Their continued growth is due to capillary action which draws up water from the underlying ground-water table. The resulting heave is commonly 20 % to 30 % of the thickness of soil affected by frost; the latter depends on the locality, 3' being a common figure in cold but habitable regions.

Coarse-grained soils and certain types of fine-grained impervious soils do not **heave**; the former freeze uniformly throughout and, when thawed, permit the ready escape of water, while,

(*) *La Houille Blanche*, n°s 4, 5, 6, 1950; n°s 1, 3, 4, 5, 6, 1951; n° 1, 1952; n° 3, 1954.

lors du dégel, laissent l'eau s'échapper librement, tandis que, par exemple, les sols à « **gombo** » et les sols contenant de la « **bentonite** » ne sont pas assez perméables pour se soulever. La hauteur du soulèvement, toutes choses égales d'ailleurs, varie en raison inverse de la profondeur de la nappe. Il faut s'attendre à des soulèvements considérables dans les zones où la nappe est, par endroit, si près de la surface que sa frange capillaire atteint la zone de gel. On a une situation analogue si le gel se produit à la suite de fortes pluies ayant imbibé le sol jusqu'à la nappe, ou si le gel d'une couche profonde crée une nappe surélevée au-dessus de laquelle les terrains superficiels se trouvent en état de saturation. Ceci peut provoquer des soulèvements énormes si une autre gelée survient. C'est à peu près ce qui se passe dans les régions de tjàle où, nous l'avons vu, la solifluction devient l'agent principal qui modèle le relief.

Sur les sols subissant des soulèvements apparaissent des **boursouffures** (*frost-boils*), c'est-à-dire des plaques tendres qui ont une faible résistance au cisaillement après le dégel, surtout si ce dernier est soudain, parce que l'excès de l'eau qu'elles contiennent ne peut s'échapper. Ceci rend impossible l'usage de certaines routes au printemps. Il y a en France des panneaux de signalisation spéciaux appelés **barrières de dégel** que l'on place pour dévier la circulation dans ce cas. Une épaisse couche de neige, venant même alors que le gel a atteint une profondeur considérable, protège le sol contre l'échauffement atmosphérique et, en aidant la chaleur interne à le dégeler par en dessous, tend à éviter de tels incidents. La même chose se produit si la température de l'air reste un peu en dessous de zéro pendant une assez longue période avant la venue du dégel.

On remédie au soulèvement sur les grandes routes en enlevant la couche supérieure de matériau suspect, et en la remplaçant par un remblai facile à drainer, et descendant au-dessous de la couche soumise au gel. Il faut prévoir un drainage suffisant sur les côtés, surtout si la nappe est haute. C'est pourquoi il est toujours nécessaire, le long d'une route, d'établir un système de drainage profond sur le talus amont lorsque ce dernier coupe des couches de terrain aquifère. Les inégalités de soulèvement sont particulièrement gênantes sur les routes, elles se produisent souvent là où la chaussée passe d'un remblai de gravier à une tranchée dans du matériau argileux, par-dessus un ponceau, et là où le matériau formant l'assiette change de nature. Il faut adopter, dans ce cas-là, comme principe général, d'aménager l'assiette pour que l'inégalité du soulèvement soit répartie sur une certaine longueur de la route, plutôt que concentrée en un point. Il est bien entendu qu'il n'est pas toujours possible d'encourir les frais nécessaires pour pro-

for example, gumbo soils and soils containing bentonite are not sufficiently permeable to heave. The amount of frost heave varies inversely as the depth to the ground-water table, other things being equal; excessive heaving is to be expected where the water table is locally so close to the surface that the capillary fringe extends into the zone of freezing. A similar situation occurs if freezing follows heavy rain which has saturated the soil down to the ground-water table, or if freezing of the deeper part of the soil establishes a perched water table, above which the surface soil is in a saturated condition. This would lead to excessive heaving if another frost followed; a similar situation prevails in permafrost regions where, as has already been mentioned, solifluction becomes the chief agency at work in moulding the physiography.

Soils which have heaved develop **frost-boils**, i.e., soft patches having low shear resistance after being thawed out, particularly if the thaw is abrupt, because the excess moisture they contain cannot escape. This makes roads unserviceable in the spring; road signs, erected to divert traffic on this account, are called "barrières de dégel" in France. A thick snow cover, even if it only comes after the ground has been frozen to a considerable depth, protects the soil from thawing out from above, and, by aiding the heat of the earth to thaw it out from below, helps to prevent this trouble from occurring. The same is true if the air temperature remains just below freezing point for a lengthy period before a thaw sets in.

Frost-heaving under highways is remedied by removal of the upper layer of susceptible material and its replacement by a free-draining base course taken down to below the frost line; adequate side drainage should be provided, particularly if the water table is high. Thus it is always necessary to build deep drains along a highway on the upper side of a cut in water-bearing strata.

Differential frost-heaving is particularly troublesome along highways; it often occurs where a road runs from a gravel fill into a cut in clayey material, over culverts, and where the road foundation material alters in character. The general principle to be followed in such cases is to grade the foundation so that the differential heave will be distributed over some length of road rather than concentrated at a point; it is, of course, not always feasible to go to the expense of properly protecting a road against frost heave by the means described above.

téger convenablement une route, contre les soulèvements par les moyens décrits ci-dessus.

Les murs de soutènement (*retaining walls*) remblayés de matériau suspect peuvent être détruits par le soulèvement : il se forme en effet des lentilles de glace verticales qui tendent à pousser le mur au vide. Le remède consiste à un drainage efficace par une couche de gravier s'étendant assez loin au-dessous du remblai. Les fondations d'édifices sont aussi sujettes à ces forces de dilatation. Ici, la protection consiste à faire descendre les fondations au-dessous de la couche gelée.

EFFET DU GEL SUR LE BÉTON ET LES BÉTONNAGES

Faute de précautions lors d'un bétonnage en période de gel, la congélation de l'eau d'appoint empêche le ciment de prendre. Le moyen le plus répandu d'empêcher cela est d'ajouter au mélange certains produits chimiques. On peut y ajouter du chlorure de calcium pour accélérer la prise, ou bien du sel ordinaire ou du carbonate de soude pour abaisser le point de congélation de l'eau. Ces méthodes sont efficaces, tant qu'on ne descend pas en dessous de -5° centigrades, mais elles ont des inconvénients : la première augmente le retrait et la seconde diminue la résistance finale.

Une autre méthode employée avec succès consiste à chauffer les éléments entrant dans la composition du béton avant de les mélanger. Il ne suffit pas de chauffer l'eau, l'agrégat doit aussi être échauffé, car il représente de loin la plus grande masse dans le mélange définitif. Grâce à l'appoint de chaleur fourni pendant le transport et à la chaleur dégagée pendant la prise, on peut couler du béton dans des conditions de température bien plus rigoureuses que les conditions normales, car il prend avant que l'eau qu'il contient ait pu geler. Il faut, bien entendu, utiliser un ciment prompt. On a aussi employé le chauffage électrique : on fait passer le courant dans des électrodes noyées dans le béton, ou placées à sa surface.

L'action destructrice d'une succession de gels et de dégels sur le béton est bien connue; elle augmente à mesure qu'augmente la proportion d'eau par rapport au ciment. Un moyen possible de réduire au minimum ces dégâts est l'utilisation du béton poreux qui s'est révélé très résistant à l'action du gel. Le **béton à glace** (*Ice concrete*) est un « béton poreux coulé à partir de béton mêlé de glace et de neige » (Webster). On a aussi utilisé la glace dans de gros mélanges de béton pour opérer un refroidissement préalable, dans le but de réduire les dégâts causés par le retrait qui suit la dilatation occasionnée par l'accroissement de température.

Retaining walls backfilled with susceptible material may be destroyed by frost-heaving, vertical ice-lenses being formed which tend to push the wall out. The remedy is effective drainage by a layer of gravel extending back some considerable distance under the fill. Foundations for buildings are also subject to frost-heaving; the protection in this case is to have the foundation carried down to beneath the frost line.

THE EFFECT OF FROST ON CONCRETE AND CONCRETING

Unless precautions are taken when concreting under frost conditions, the setting of concrete will be prevented by freezing of the mixing water. The most common means of preventing this is by the addition of chemicals to the mix; calcium chloride may be added to accelerate the setting, or otherwise, either common salt or carbonate of soda may be added to lower the freezing point of the mixing water. These methods are effective within a limited range of freezing temperatures, down to about -5° C., but they have disadvantages: the former, by increasing the shrinkage, and the latter, by reducing the final strength.

An alternative method which has been used successfully is to heat the components of the concrete before mixing them; it is not sufficient to heat the water alone, but the aggregate must also be heated, as it comprises by far the greater mass of material in the final concrete. Additional heat supplied during transport, and the heat evolved during setting, help to make it possible to place concrete under more severe conditions than otherwise permit, setting taking place before the water is able to freeze in the concrete; a quick-setting cement must of course be used. Use has also been made of electrical heating; a current is passed between electrodes embedded in, or placed on the concrete.

The destructive action of repeated freezings and thawings on concrete is well known; it increases with increasing water-cement ratio. A possible means of minimizing deterioration from this cause is the use of porous concrete, which has proved to resist frost action very well.

Ice concrete is a "porous concrete cast from concrete mixed with ice and snow" (Webster); also, ice has been used in mass concrete mixes for pre-cooling to minimize shrinkage troubles following the expansion due to heat rise.