

NRC Publications Archive Archives des publications du CNRC

Essais non destructifs du béton Feidman, R. F.

For the publisher's version, please access the DOI link below./ Pour consulter la version de l'éditeur, utilisez le lien DOI ci-dessous.

Publisher's version / Version de l'éditeur:

<https://doi.org/10.4224/40001033>

Digeste de la construction au Canada, 1977-10

NRC Publications Archive Record / Notice des Archives des publications du CNRC :

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=3d395f4f-dafe-43df-b47d-43b4ca61a151>

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=3d395f4f-dafe-43df-b47d-43b4ca61a151>

Access and use of this website and the material on it are subject to the Terms and Conditions set forth at

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/copyright>

READ THESE TERMS AND CONDITIONS CAREFULLY BEFORE USING THIS WEBSITE.

L'accès à ce site Web et l'utilisation de son contenu sont assujettis aux conditions présentées dans le site

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/droits>

LISEZ CES CONDITIONS ATTENTIVEMENT AVANT D'UTILISER CE SITE WEB.

Questions? Contact the NRC Publications Archive team at

PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca. If you wish to email the authors directly, please see the first page of the publication for their contact information.

Vous avez des questions? Nous pouvons vous aider. Pour communiquer directement avec un auteur, consultez la première page de la revue dans laquelle son article a été publié afin de trouver ses coordonnées. Si vous n'arrivez pas à les repérer, communiquez avec nous à PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca.

Digeste de la Construction au Canada

Division des recherches en construction, Conseil national de recherches Canada

CBD 187F

Essais non destructifs du béton

Publié à l'origine en octobre 1977

R. F. Feidman

Veillez noter

Cette publication fait partie d'une série qui a cessé de paraître et qui est archivée en tant que référence historique. Pour savoir si l'information contenue est toujours applicable aux pratiques de construction actuelles, les lecteurs doivent prendre conseil auprès d'experts techniques et juridiques.

La méthode normalisée utilisée pour évaluer la qualité du béton dans les bâtiments ou les ouvrages comprend les essais de résistance à la compression, à la flexion et à la traction effectués sur des éprouvettes coulées au même moment. Les principaux désavantages de cette méthode sont les suivants: les résultats ne sont pas obtenus immédiatement; le béton des éprouvettes peut être différent de celui de l'ouvrage car le cure ou le compactage peuvent être différents; et les propriétés de résistance d'une éprouvette de béton dépendent de sa grosseur et de sa forme.

Bien qu'il ne soit pas possible d'effectuer une mesure directe des propriétés de résistance du béton d'un ouvrage pour la simple raison que la détermination de la résistance entraîne des contraintes destructives, plusieurs méthodes non destructives d'évaluation ont été mises au point¹. Ces méthodes sont basées sur le fait que certaines propriétés physiques du béton peuvent être reliées à la résistance et peuvent être mesurées par des méthodes non destructives. Ces propriétés physiques du béton comprennent la dureté, la résistance à la pénétration des projectiles, la capacité de rebondissement et la capacité de transmettre les impulsions ultrasoniques et les rayons X et gamma. Les méthodes non destructives peuvent être classées comme suit: essais de résistance à la pénétration, à la compression, essais d'arrachement, auscultation dynamique, essais radioactifs et maturation. Le but de cette notice est de décrire brièvement ces méthodes en soulignant leurs avantages et leurs inconvénients.

Essais de résistance à la pénétration

La sonde de Windsor est généralement reconnue comme le meilleur moyen pour exécuter l'essai de résistance à la pénétration. L'équipement comprend un pistolet à poudre, des sondes en alliage durci, des cartouches chargées, une jauge de profondeur pour mesurer la pénétration des sondes et d'autres accessoires connexes. Une sonde de 0.25 po (6.5 mm) de diamètre et de 3.125 po (8.0 cm) de longueur est enfoncée dans le béton au moyen d'une charge de poudre de précision. La profondeur de la pénétration fournit une indication de la résistance du béton à la compression. Quoique des tableaux d'étalonnage soient fournis par le fabricant,

l'instrument doit être étalonné selon le type de béton et le type et la grosseur des granulats utilisés.

Limites et avantages. Cette méthode donne des résultats variables, et il ne faut pas s'attendre à obtenir des mesures précises de la résistance du béton. Cet essai a toutefois l'avantage de fournir un moyen rapide de contrôler la qualité et la maturation du béton coulé sur place. Il fournit aussi un moyen d'évaluer le développement de la résistance par le cure. Cet essai est essentiellement non destructif puisqu'il peut être effectué sur place sur le béton et les éléments de charpente, et qu'il ne nécessite qu'un rebouchage mineur des trous sur les faces qui ont subi l'essai.

Essais de rebondissement

L'essai au marteau est destiné à mesurer la dureté superficielle du béton et il existe une corrélation empirique entre la résistance et l'indice sclérométrique. Le marteau de Schmidt est le seul instrument connu qui utilise le principe du rebondissement pour les essais sur le béton. Ce marteau a une masse approximative de 4 lb (1.8 kg) et convient aux essais en laboratoire comme aux essais sur le chantier. Une masse commandée par un ressort se déplace sur un plongeur dans un tube de protection. La masse est projetée contre la surface de béton par le ressort, et l'indice sclérométrique est mesuré sur une échelle. La surface sur laquelle l'essai est effectué peut être horizontale, verticale ou à tout autre angle, mais l'appareil doit être étalonné à la position où il sera utilisé.

L'étalonnage peut être effectué avec des éprouvettes cylindriques de 6 x 12 po (15 x 30 cm) constituées du même ciment et des mêmes granulats que ceux utilisés pour l'ouvrage. Les éprouvettes cylindriques doivent être recouvertes d'un chapeau, et être fermement retenues par compression. Il faut effectuer plusieurs lectures bien réparties et reproductibles, la moyenne représentant l'indice sclérométrique de l'éprouvette. Ces opérations doivent être répétées avec plusieurs éprouvettes cylindriques pour donner la résistance à la compression.

Limites et avantages. Le marteau de Schmidt est une méthode peu coûteuse, simple et rapide pour connaître la résistance du béton, mais une précision entre ± 15 et $\pm 20\%$ n'est possible qu'avec des éprouvettes qui ont été coulées et soumises à un traitement de cure et à des essais dans les conditions pour lesquelles les courbes d'étalonnage ont été établies. Les résultats sont influencés par des facteurs tels que l'égalité de la surface, la grosseur et la forme de l'éprouvette, le degré d'humidité du béton, le type de ciment et de gros granulats et le degré de carbonatation de la surface.

Essais d'arrachement

Un essai d'arrachement permet de mesurer, à l'aide d'un instrument spécial, la force nécessaire pour extraire du béton une tige d'acier spécialement profilée et dont l'extrémité élargie a été noyée dans le béton à une profondeur de 3 po (7.6 cm). Le béton est soumis simultanément à un effort de traction et de cisaillement, mais la force nécessaire pour provoquer l'arrachement peut être fonction de sa résistance à la compression. L'essai d'arrachement permet ainsi de mesurer quantitativement la résistance du béton coulé sur place lorsque des corrélations appropriées ont été effectuées. On a constaté que dans un grand nombre de cas, la résistance à l'arrachement a un coefficient de variation comparable à celui de la résistance à la compression².

Limites et avantages. Quoique les essais d'arrachement ne permettent pas de mesurer la résistance intérieure du béton de masse, ils fournissent des indications sur la maturation et le développement de la résistance dans une partie représentative du béton de masse. De tels essais ont l'avantage de donner une mesure quantitative de la résistance du béton coulé sur place. Le principal désavantage de ces essais est qu'ils exigent une préparation, et que l'ensemble nécessaire à l'arrachement doit être mis en place dans le coffrage avant que le béton soit coulé. L'arrachement cause bien sûr quelques dommages mineurs. Cet essai peut toutefois être non destructif si l'application de la force minimale d'arrachement est arrêtée avant la rupture, mais il faut s'assurer qu'une résistance minimale a été atteinte. Ces

renseignements sont d'une grande valeur pour savoir à quel moment les coffrages peuvent être enlevés sans danger.

Auscultation dynamique

La méthode qui consiste à mesurer la vitesse de propagation des impulsions ultrasoniques est actuellement la seule du genre qui permette d'effectuer des essais de résistance sur le béton coulé sur place. Cette méthode permet de mesurer le temps de propagation d'une impulsion ultrasonique traversant le béton. Les principales caractéristiques de tous les appareils disponibles sur le marché sont très semblables. Ces appareils comprennent un générateur d'impulsions et un récepteur d'impulsions. Les impulsions sont produites par des cristaux piézo-électriques à excitation par choc. Des cristaux semblables sont utilisés dans le récepteur³. Le temps de propagation de l'impulsion dans le béton est mesuré par des circuits de mesure électroniques.

Les essais consistant à mesurer la vitesse de propagation des impulsions peuvent être effectués sur des éprouvettes de laboratoire comme sur des ouvrages en béton terminés. Certains facteurs influent toutefois sur la prise de mesures:

1. La surface sur laquelle l'essai est effectué doit épouser parfaitement la forme de l'appareil qui lui est appliqué, et une substance de contact telle une mince couche d'huile est indispensable.
2. Le parcours doit être préférablement d'au moins 12 po (30 cm) de façon à prévenir toute erreur occasionnée par l'hétérogénéité du béton.
3. Une augmentation de la vitesse des impulsions se produit à des températures sous le point de congélation à cause du gel de l'eau; entre 5 et 30°C (41 et 86°F), la vitesse des impulsions n'est pas subordonnée à la température.
4. La présence d'acier d'armature dans le béton a un effet appréciable sur la vitesse des impulsions. Il est par conséquent souhaitable et souvent indispensable de choisir des parcours d'impulsions qui ne sont pas influencés par la présence d'acier d'armature ou d'effectuer des corrections si de l'acier se trouve sur le parcours de l'impulsion.

Applications et limites. La méthode consistant à mesurer la vitesse de propagation des impulsions est une méthode idéale pour déterminer l'homogénéité du béton. Elle peut être utilisée autant sur les ouvrages complétés que sur ceux en construction. Habituellement, lorsque de grands écarts de la vitesse de propagation de l'impulsion sont découverts sans causes apparentes dans l'ouvrage, il y a lieu de soupçonner que le béton est défectueux ou altéré.

Une vitesse élevée de propagation des impulsions indique généralement un béton de bonne qualité. Une relation générale entre la qualité du béton et la vitesse de diffusion des impulsions est décrite au tableau I⁴.

Tableau I. Qualité du béton et vitesse de propagation des impulsions

Qualité	Vitesse de propagation des impulsions, pi/s
Excellente	supérieure à 15 000
Bonne	12 000-15 000
Douteuse	10 000-12 000
Mauvaise	7 000-10 000
Très mauvaise	inférieure à 7 000

Il est possible d'obtenir une assez bonne corrélation entre la résistance d'une éprouvette cubique à la compression et la vitesse de diffusion d'une impulsion. Ces relations permettent

d'évaluer la résistance du béton d'un ouvrage avec une marge d'erreur de $\pm 20\%$ pourvu que la composition du béton et les types de granulats ne varient pas.

La méthode consistant à mesurer la vitesse de propagation des impulsions a été utilisée pour étudier les effets sur le béton du gel et dégel, des attaques par les sulfates et les eaux acidifiées. Généralement, la réduction de la vitesse de propagation des impulsions est subordonnée à l'importance des dommages. Les fissures peuvent aussi être détectées. L'exploitation des résultats de l'essai d'auscultation dynamique, dans le but de déterminer l'importance des dommages, doit être faite avec grand soin puisque ces résultats sont souvent difficiles à interpréter. Il arrive quelquefois que les impulsions ne se propagent pas dans la partie endommagée du béton.

Cette méthode peut aussi être utilisée pour évaluer le degré de durcissement et de développement de la résistance du béton au début de la prise, et permet donc de déterminer le moment où les coffrages peuvent être enlevés. Des ouvertures doivent être pratiquées dans le coffrage pour que le transducteur soit en contact direct avec la surface du béton. Lors du vieillissement du béton, le taux d'accélération des impulsions diminue beaucoup plus rapidement que le taux de croissance de la résistance, de sorte que lorsque le béton possède une résistance supérieure à 2000-3000 lb/po² (13.6-20.4 MPa), il est possible de déterminer la résistance avec un degré de précision inférieur à $\pm 20\%$. La précision des résultats est fonction de la précision de l'étalonnage et de l'uniformité de la composition du béton de l'ouvrage et du béton des éprouvettes utilisées pour l'étalonnage.

En résumé, les essais d'auscultation dynamique sont très efficaces pour contrôler la qualité du béton, et particulièrement pour évaluer l'homogénéité et détecter les fissures ou les imperfections. Ces essais ne sont toutefois pas aussi efficaces pour évaluer la résistance à cause du grand nombre de variables influençant la relation entre la résistance et la vitesse de propagation des impulsions.

Méthodes radioactives

Des méthodes d'essais radioactives sur le béton peuvent être utilisées pour détecter l'emplacement des armatures, pour mesurer la densité du béton et peut-être pour déceler la présence de nids de gravier dans des éléments porteurs. La gammagraphie est de plus en plus acceptée en Angleterre et en Europe. L'équipement est assez simple et les coûts d'utilisation peu élevés quoique le coût de l'équipement de base peut être élevé. Le béton dont l'épaisseur ne dépasse pas 18 po (45 cm) peut être examiné sans difficultés.

Maturation

Le principe de base de la maturation du béton est que l'augmentation de la résistance est fonction du temps et de la température, et que n'importe quelle norme de maturation du béton doit tenir compte de la température et de la période de cure. La maturation du béton peut être calculée à tout moment en effectuant l'intégration de la température en fonction du temps si on conserve des données complètes des changements de la température en fonction du temps. La température expérimentale choisie est habituellement de -10°C (14°F). Cette technique peut être d'une grande utilité en hiver lorsque le contrôle de la résistance du béton aux premiers stades du durcissement est très important. Il faut toutefois souligner que la mesure de la maturation ne fournit aucune mesure des propriétés du béton comme tel. Si le calcul et la mise en oeuvre du béton sont bons, l'essai permettra de savoir à quel moment le traitement de cure du béton a été suffisant, mais il ne permettra pas de connaître la qualité du béton.

Conclusion

Quoique des travaux visant à améliorer les méthodes d'essais non destructifs se poursuivent, et que les essais comme tels ne sont pas difficiles à effectuer, les données fournies par ces essais ne sont pas très faciles à interpréter, le béton étant un matériau très complexe. Par conséquent, les essais ne sauraient remplacer les essais normalisés de résistance à la compression. Ils fournissent des données sur les ouvrages réels que des essais normaux ne sauraient fournir, et sont d'une grande valeur lors du bétonnage en hiver pour garantir la

sécurité et permettre de déterminer à partir de quel moment les coffrages peuvent être enlevés. Ces essais sont aussi excellents pour permettre d'estimer la résistance relative du béton dans les différentes parties d'un même ouvrage. Lorsqu'ils sont correctement effectués, ils constituent un élément très important parmi tous les moyens qui permettent de tester et d'évaluer le béton et les ouvrages en béton.

Références

1. Malhotra, V.M. Testing hardened concrete: nondestructive methods. Amer. Concrete Inst., Monograph No. 9, 1976.
2. Malhotra, V.M. and G. Carrette. Comparison of pullout strength of concrete with compressive strength of cylinders and cores, pulse velocity and rebound hammer. Canmet Report 76-8, Nov. 1975.
3. Jones, R. and I. Facaoaru. Testing of concrete by the ultrasonic pulse method. Materials and Structures, Vol. 2, No. 10, July-August 1969, p. 253-661.
4. Leslie, J.R. and W.J. Cheeseman. An ultrasonic method for studying deterioration and cracking in concrete structures. Amer. Concrete Inst., Proceedings, Vol. 46, Sept. 1949, p. 17-36.