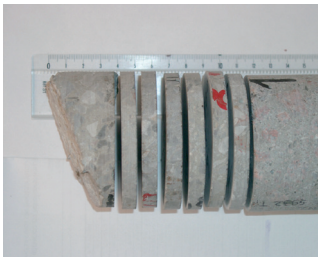
# MESURE DU MODULE D'YOUNG DYNAMIQUE DES BÉTONS

## PRINCIPE ET DESCRIPTION SOMMAIRE

| | |
|---|---|
| OBJECTIF | Estimer l'altération des caractéristiques mécaniques d'échantillons de bétons prélevés dans un carottage cylindrique *in situ*.<br>La dégradation du béton (lors d'un incendie, d'une explosion, d'un choc, sous l'effet du gel-dégel, etc.) affecte diverses propriétés mécaniques, telles que les caractéristiques élastiques et les contraintes à rupture. Le niveau de dégradation peut être appréhendé en première instance par l'appréciation de la dégradation d'une de ces caractéristiques, comme le module d'Young. |
| PRINCIPE | Le principe de la mesure repose sur la détermination du module d'élasticité (module d'Young) à partir de la fréquence propre de vibration de disques extraits par sciage en tranches successives dans une carotte prélevée dans l'ouvrage. Ces mesures, effectuées pour des disques situés à différentes profondeur le long de la carotte, permettent de dresser un profil du module d'Young selon la profondeur, du parement jusqu'au cœur de la structure.<br>Cette méthode comporte donc trois étapes :<br>– le prélèvement des carottes *in situ* ;<br>– le découpage de disques dans les carottes, qui s'accompagne d'un levé précis des caractéristiques pondérales et dimensionnelles des pièces découpées après rinçage, étiquetage et séchage ;<br>– la mesure de la fréquence de résonance des disques.<br>La fréquence propre de résonance est corrélée théoriquement au module d'Young du matériau par la formule :<br>$E_{dyn} = 1{,}3\ 10^{-9}\ m\ d^2\ N^2/e^3$<br>avec :<br>$E_{dyn}$ : module d'Young « dynamique » en GPa<br>m : masse du disque en grammes (à 0,1 g près)<br>d : diamètre du disque en mm (à 0,1 mm près)<br>e : épaisseur du disque en mm (à 0,1 mm près)<br>N : fréquence propre en Hz<br>Les dimensions des disques sciés sont typiquement d × e = 95 mm ×12 mm.<br>Nota : La méthode peut également être appliquée sur des éprouvettes prismatiques ou cylindriques non découpées en adaptant la formule précédente.<br><br>Découpage de la carotte en disques de 12 mm d'épaisseur (CEREMA) |
| CARACTÈRE DESTRUCTIF DE LA MÉTHODE | Essai destructif |
| MATURITÉ | Méthode éprouvée depuis longtemps |

| | |
|---|---|
| MATÉRIEL SPÉCIFIQUE EMPLOYÉ | Une scie à béton de précision pour la confection des disques : il s'agit d'une machine équipée d'une lame diamantée à jante continue d'une capacité de coupe adaptée aux éléments à découper (découpe en une passe). Le porte-échantillon est muni d'un dispositif de bridage qui doit assurer le maintien strict des carottes, ainsi que d'une butée amovible permettant le positionnement toujours identique de la carotte par rapport à la lame pour chaque coupe.<br>Une balance de précision 0,1 g.<br>Un pied à coulisse d'au moins 250 mm de course et précis au 1/20e de mm.<br>Un analyseur de fréquence de type Grindo-sonic, ou un analyseur de spectre adapté.<br>Un support d'échantillon en mousse et un marteau de mise en vibration des disques.<br><br>Mise en vibration d'un disque et mesure de la fréquence (CEREMA) |
| **MODALITÉS D'APPLICATIONS** | |
| DOMAINE D'APPLICATION | La méthode de mise en résonance s'applique à tous les solides élastiques isotropes cohérents mais présente surtout un intérêt pour l'expertise des bétons anciens. |
| SUJÉTIONS PRATIQUES D'INTERVENTION | Les sujétions sont celles du carottage proprement dit. |
| LIMITES D'UTILISATION | Nécessité de purger la partie visuellement dégradée des carottes dans le cas de béton incendié.<br>Problèmes possibles liés aux inclusions éventuelles : on retiendra comme règle que le D des plus gros granulats rencontrés dans l'échantillon ne doit pas excéder le 1/5e du diamètre du disque. |
| PRÉCISION ET/OU SENSIBILITÉ | La méthodologie employée permet d'afficher une précision de l'ordre de 3% sur le module d'Young. Sur des parties apparemment intactes de bétons incendiés, on observe des variations de modules maximales de l'ordre de 10 à 20 % en plus ou en moins. |
| PERSONNEL ET COMPÉTENCES | 1 Chargé d'étude (pour l'interprétation) + 1 technicien de laboratoire (pour scier l'échantillon en fines lamelles) |
| **CARACTÉRISTIQUES OPÉRATOIRES** | |
| ACCÈS À 1 OU 2 FACES | Accès à au moins 1 face pour le carottage |
| COUPURES OU RESTRICTIONS DE CIRCULATION NÉCESSAIRES | Non |
| RENDEMENT ET/OU ÉCHANTILLONNAGE | Il faut environ 1 heure pour découper 8 échantillons en extrémité d'une carotte. La durée des autres opérations (qui peut se faire en temps masqué dans le cas de plusieurs carottes) est négligeable. |
| DÉLAIS DE DISPONIBILITÉ DES RÉSULTATS | Demande quelques jours pour le sciage, et la rédaction du rapport d'interprétation. |
| PERTURBATIONS DU TRAFIC SUR LES MESURES | Non |
| PERTURBATIONS DE L'ENVIRONNEMENT SUR LES MESURES | Néant |
| RISQUES POUR LES UTILISATEURS OU LE PUBLIC | Pas de danger particulier |
| ENCOMBREMENT – POIDS | Matériels de laboratoire (relativement lourd pour le sciage) |

| AVANTAGES – INCONVÉNIENTS | |
|---|---|
| AVANTAGES | Méthode simple quant à l'exploitation des résultats.<br>Information relativement précise sur l'endommagement non visible de la micro-structure d'un béton. |
| INCONVÉNIENTS | Inapplicable sur des éprouvettes présentant des fissures significatives |
| **DISPONIBILITÉ – COÛT** | |
| DISPONIBILITÉ | Faible |
| COÛT | Faible |
| **RÉFÉRENCES** | |
| NORMES – MODES OPÉRATOIRES – ARTICLES | P. Fasseu – Incendie du tunnel sous la Manche : expertise des désordres et contrôle de la réparation. Monographie d'études et recherches 1996-97, LCPC, Paris, 1996.<br>P. Fasseu – Détermination du profil de module d'élasticité dans du béton durci par la méthode de fréquence de résonance, in Techniques et méthodes des LPC, n°62, pp.55-60. LCPC Paris, 2005.<br>M. Mamillan – L'hétérogénéité du béton mise en évidence par la vitesse du son, Annales de l'ITBTP, n° 309-310, pp. 35-38 (1973). |