

Diagnostic du béton après un incendie

1 Introduction

Le béton présente une résistance au feu élevée en comparaison à d'autres matériaux de construction. Toutefois, en cas d'incendie de longue durée et de températures élevées, des dommages peuvent survenir. Dans les cas les plus avancés, le matériau peut même devenir irréparable.

Dans la majeure partie des cas, les conséquences visibles d'un incendie sont des éclatements étendus du béton d'enrobage et la mise à nu des armatures. Pour qu'un ingénieur en structures puisse calculer la capacité portante restante de l'élément de construction et planifier les réparations et les éventuels renforcements nécessaires, il est indispensable de déterminer différentes propriétés mécaniques du béton et de l'acier d'armature.

Ce bulletin présente les effets d'un incendie sur le béton et l'acier ainsi que les paramètres qui peuvent être déterminés, comme les températures atteintes par le béton par analyses microscopiques.

2 Effet d'un incendie sur le béton armé

Après une exposition à un incendie d'un élément en béton armé, l'armature est souvent mise à nu et présente un certain fléchissement (figure 1). En raison des coefficients de dilatation thermique légèrement différents de l'acier d'armature, de la pâte de ciment et des granulats, ainsi que des pressions internes exercées par la vapeur d'eau, l'intégrité du béton est atteinte au-delà d'une certaine température. Il en résulte une décohésion de la matrice et des éclatements du béton d'enrobage.

A haute température, l'acier perd en résistance et peut subir une déformation plastique irréversible, ce qui peut entraîner une augmentation des contraintes et des déformations de l'élément concerné.

D'autres effets de l'incendie, souvent invisibles, sont énumérés dans le tableau 1. La montée en température modifie de façon irréversible la microstructure du béton par une transformation des phases de la pâte de ciment, un séchage et la formation de (micro)fissures. Ces modifications entraînent une réduction des propriétés mécaniques. Au-delà de 500°C, l'acier d'armature est soumis à une diminution significative de sa résistance à la traction et de sa limite d'élasticité, même après refroidissement.

Outre les effets susmentionnés d'une chaleur élevée sur la capacité portante du béton, les propriétés de durabilité peuvent également être affectées par un incendie.

En cas d'incendie extrême, il est possible que des incorporés (p. ex. conduites d'eau ou d'électricité, distanceurs dans le béton) ou des matériaux isolants et des feuilles d'étanchéité en contact avec l'élément de construction soient endommagés.

En cas de combustion de matériaux polymères comme les polychlorures de vinyle (PVC), du chlore peut être libéré et pénétrer dans le béton sous forme de chlorures par les gaz de fumée ou l'eau d'extinction. Cette concentration en ions chlorures



Fig. 1: Eclatement du béton et armature mise à nu et fléchie sur un mur et en intrados d'une dalle dans un atelier (en haut) et éclatement du béton au plafond après un incendie de voiture dans un garage (en bas).

dans le béton peut alors initier une corrosion par piqûre de l'armatures à moyen ou long terme en présence de suffisamment d'humidité.

3 Méthodes d'investigation

Le choix des méthodes d'investigation comprend généralement un relevé visuel des dommages causés par le feu par un ingénieur spécialisé, le sondage des armatures et le prélèvement de carottes, permettant de réaliser les essais de résistance à la compression et à la traction du béton, les analyses de teneur en chlorure et les analyses microscopiques.

Microscopie

Un élément essentiel nécessaire au diagnostic d'état d'un béton incendié est l'analyse microscopique, permettant une analyse de la microstructure des bétons et la détermination du profil des températures atteintes dans le béton, c'est-à-dire

Tab. 1: Effets possibles d'un incendie sur le béton armé et méthodes d'investigation recommandées.

Phénomènes	Impact sur la fonction	Méthodes d'investigation
Diminution de la résistance à la compression	Résistance	Résistance à la compression sur carottes, indice de rebondissement
Diminution de la résistance ultime et de la limite d'élasticité de l'armature	Résistance	Essai de traction sur acier ; profil de température (microscopie) ; enrobage d'armature
Déformation (flèche) d'une dalle et de l'armature	Résistance	Relevé visuel et/ou géodésique
Eclatements du béton d'enrobage, décollement de l'armature, réduction de l'épaisseur de l'élément	Résistance	Relevé visuel, sondage acoustique
Eclatements de crépis ou autres revêtements	Protection contre l'incendie	Relevé visuel, essais d'arrachement
Coloration du béton, de crépis ou revêtements, taches de suie, transformations minéralogiques dans la pâte de ciment	Aspect	Relevé visuel et carottages, microscopie
Pénétration de gaz de fumée ou d'eau d'extinction chargés en chlorures et fonte d'incorporés en PVC (distanceurs)	Durabilité	Détermination teneur en chlorures et mesure d'enrobage de l'armature
Dépassivation de l'acier d'armature due aux transformations minéralogiques dans la pâte de ciment et à la carbonatation	Durabilité	Microscopie, profondeur de carbonatation
Effets du séchage dû à l'incendie et de l'humidification par l'eau d'extinction	Durabilité	Méthodes diverses
Détériorations des incorporés CVSE et matériaux d'isolation/étanchéité dans toute la section d'éléments dues aux températures élevées	Fonctions diverses	Modélisation du profil de température ; localisation au radar avec sondages

l'estimation des températures maximales atteintes dans l'épaisseur du béton depuis la surface. Les examens microscopiques sont effectués sur des lames minces. La montée en température du béton entraîne des transformations minéralogiques dans la pâte de ciment et dans les granulats d'une certaine composition, ainsi que la formation de microfissures. Les indicateurs de température les plus évidents que l'on peut observer au microscope dans un échantillon de béton endommagé par un incendie sont la coloration rouge des granulats due à l'oxydation des composants ferreux, la déshydratation de la portlandite (un composant de la pâte de ciment), l'inversion du quartz à 573 °C (une modification de la structure cristalline du quartz dans les granulats) au travers de la formation de microfissures dans les granulats due à une augmentation soudaine du volume, et la décarbonatation de la pâte de ciment carbonatée ou des granulats calcaires (figure 2).

Autres contrôles

Si l'armature est exposée à cause d'un éclatement du béton d'enrobage, ou si l'enrobage de l'armature est très faible, il convient d'effectuer des essais mécaniques sur celle-ci.

En cas de suspicion, par exemple en cas d'incendie de matières plastiques contenant du PVC ou de fonte de distanceurs d'armature dans le béton, il est recommandé de procéder à des analyses de teneur en chlorures. L'analyse de différents paliers de profondeur permet d'établir un profil de profondeur et d'estimer le risque de corrosion de l'armature.

Modélisation

Dans certaines circonstances, il peut être utile de modéliser le profil thermique du béton incendié à l'aide d'un modèle (par ex., fib-MC2010-model). Les paramètres d'entrée sont le profil de température déterminé au niveau microscopique, la durée de l'incendie et les propriétés thermiques du béton. Il est ainsi possible de déterminer la répartition de la température dans toute la section de l'élément de construction et la durée de l'échauffement de l'acier. Il est ainsi possible d'estimer l'état des incorporés (p. ex. câbles électriques, câbles de précontrainte) à des profondeurs plus importantes.

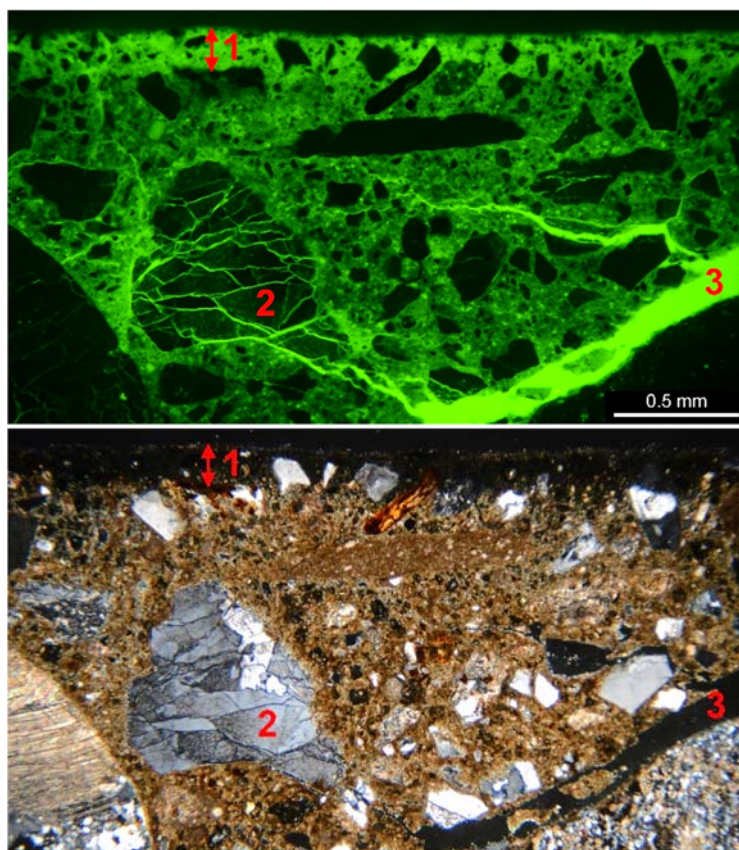


Fig. 2: Indicateurs de température microscopiques sur une lame mince en lumière UV (en haut) et en lumière transmise polarisée (en bas) d'un échantillon de béton prélevé dans un foyer d'incendie : 1 = décarbonatation de la pâte de ciment ; 2 = grain de quartz avec microfissures dues à l'inversion du quartz ; 3 = début de fissure d'éclatement

Dr. Théodore Chappex, Dr. Pascal Kronenberg

Impressum

Le bulletin TFB paraît plusieurs fois par année en version digitale. Éditeur : TFB AG, Lindenstrasse 10, 5103 Wildegg, pour la Suisse romande : TFB Romandie SA, 1070 Puidoux, T 021 635 14 44 ; e-mail bulletin@tfb.ch. Rédaction : Dr Veronika Klemm