

NRC Publications Archive Archives des publications du CNRC

Détermination thermographique des défauts de l'enveloppe des bâtiments

Chown, G. A.; Burn, K. N.

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/10.4224/40000923>

Digeste de la construction au Canada, 1984-11-01

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

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=9740e6e1-7367-4e1b-ad14-aae18ef2be40>

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=9740e6e1-7367-4e1b-ad14-aae18ef2be40>

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-229-F

Détermination thermographique des défauts de l'enveloppe des bâtiments

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.

Publié à l'origine en novembre 1984.

G.A. Chown et K.N. Burn

Introduction

La thermographie infrarouge est une technique qui permet de transformer le rayonnement infrarouge en images visibles. Dans le cas de l'entretien des bâtiments, elle sert principalement à identifier les zones de pertes de chaleur par suite de défauts de conception ou de construction. Dans les bâtiments à valeur historique, elle sert également à évaluer l'intégrité de la maçonnerie.

Le présent digest constitue une introduction sommaire à la théorie de l'infrarouge et à son application à l'examen des bâtiments; il décrit certains des défauts susceptibles d'être révélés par une étude thermographique.

Détection infrarouge et mesure des températures

Tous les objets émettent un rayonnement électromagnétique correspondant à des longueurs d'onde comprises entre 0,1 micron (μm) et 100 μm . Cette bande de fréquences est désignée sous le nom de spectre infrarouge ou IR.

Les systèmes de détection IR sont sensibles à la puissance de rayonnement, dont l'intensité dépend de la température et des caractéristiques de surface d'un objet. Plus l'objet est chaud, plus le flux de chaleur provenant de sa surface est important. Les caractéristiques de surface sont décrites en termes de l'émissivité, ou de l'aptitude à émettre un rayonnement IR. Plus l'émissivité d'une surface est élevée, plus l'écoulement de chaleur est important. La réflectivité est égale à un (1) moins l'émissivité. Ainsi, une surface très réfléchissante comme l'aluminium constitue un moins bon émetteur qu'une surface moins réfléchissante comme la brique.

Ces rapports constituent le fondement de la détection et de la mesure des infrarouges.

Facteurs influant sur la saisie et l'interprétation des données

Bien que les rapports de base entre la puissance de rayonnement, la température et l'émissivité soient très simples, un certain nombre de facteurs viennent compliquer la saisie et l'interprétation des données thermographiques. L'émissivité d'une surface, par exemple, n'est pas stable. La présence de poussières, d'eau de pluie ou de toute autre matière étrangère altère la surface et son émissivité.

Les détecteurs thermographiques utilisés pour l'inspection des bâtiments sont sensibles dans la gamme allant de 2,0 à 5,6 μm ou de 5,6 à 8,0 μm , et les valeurs de l'émissivité utilisées dans

l'équation pour calculer la température ou la puissance doivent correspondre aux émissivités moyennes pour l'ensemble de ces gammes. En outre, l'émissivité d'une surface pour une certaine gamme de longueurs d'onde peut varier en fonction de la température de la surface.

D'autres facteurs qui influent sur la saisie et l'interprétation des données seront abordés plus loin. Certains sont caractéristiques de toutes les inspections thermographiques tandis que d'autres sont propres à celles des bâtiments.

Angle de vue - Comme pour une photographie, le thermogramme d'un bâtiment réalisé à angle aigu contient moins d'informations que celui réalisé à angle droit. Cependant, dans un thermogramme, l'information peut subir une déformation plus importante selon la nature du matériau de surface et selon que ce dernier rayonne dans des directions différentes.

Distance - La résolution d'une image thermographique diminue avec la distance. Étant donné que chaque point d'une image thermographique correspond à une région précise de la surface du sujet, une augmentation de la distance signifie que chaque point de l'image doit représenter une plus grande surface. En conséquence, le rayonnement émis par cette région atteint une moyenne et le détail est perdu.

Atmosphère - Le mélange complexe de gaz, de liquides et de solides que constitue l'air, influe sur la quantité de rayonnement provenant du sujet et reçue par le détecteur IR. Lors de l'examen des bâtiments, la réflexion et le rayonnement IR émis par les polluants atmosphériques et les précipitations sont à l'origine de la plus grande partie de l'interférence.

Température ambiante - La température ambiante peut influencer sur le rendement du matériel de thermographie et sur la quantité de rayonnement IR provenant de la surface du sujet. À des températures très élevées ou très basses, les systèmes de détection IR perdent de leur stabilité. Des températures ambiantes élevées peuvent masquer l'information thermique, surtout lorsque la surface du sujet est réfléchissante.

Sources de chaleur secondaires - La réflexion ou l'absorption et la ré-émission du rayonnement provenant de sources de chaleur secondaires peuvent également déformer l'image thermique. La chaleur du soleil, par exemple, sur les surfaces extérieures d'un immeuble masque complètement les processus thermiques subtils qui résultent du transfert de chaleur au travers de l'enveloppe du bâtiment. Les données fournies par une étude de l'intérieur peuvent également être trompeuses étant donné que le réchauffement de la surface extérieure modifie l'écoulement normal de la chaleur de l'intérieur vers l'extérieur. Le rayonnement solaire diffus exerce une influence sur la configuration thermique de l'extérieur du bâtiment. Pour ces raisons, les études à l'extérieur sont en général effectuées la nuit, et celles à l'intérieur, la nuit ou lorsque la couverture nuageuse est importante.

Les objets exposés au rayonnement solaire emmagasinent de la chaleur pendant une certaine période après le retrait de la source thermique. Par conséquent, une étude thermographique ne doit pas être entreprise immédiatement après le coucher du soleil. Le temps accordé pour la dissipation de la chaleur emmagasinée dépend de la capacité calorifique des matériaux constituant l'enveloppe ainsi que de la différence de température entre la surface et le milieu ambiant. Un mur léger à ossature de bois avec bardage de bois ou d'aluminium peut n'avoir besoin que de deux heures pour libérer la chaleur emmagasinée. Une structure plus lourde, avec revêtement extérieur en briques ou en béton précontraint, peut nécessiter plus de six heures. Une structure massive en maçonnerie peut exiger vingt-quatre heures et dans ce cas, l'étude ne fournira des données valables que si le ciel est couvert pendant la journée.

Une chaleur secondaire peut également être produite par les radiateurs, les lampes, les véhicules et les personnes. L'importance de l'interférence causée par ces sources dépend de leur puissance de rayonnement et de la réflectivité de la surface du sujet. Le rayonnement des personnes ne constitue pas en général un problème, sauf lorsque le sujet est très réfléchissant. Les radiateurs devraient être fermés et les lampes éteintes bien avant le début de l'étude, ou pris en considération lors de l'analyse des données thermographiques.

Écart de température - La configuration thermique à la surface d'un objet dépend du flux de chaleur en provenance et à destination de la surface. En supposant qu'il n'y ait pas de source de chaleur étrangère, la température de surface de l'enveloppe d'un bâtiment dépend dans une grande mesure des écarts de température de part et d'autre de l'enveloppe et de la résistance thermique des composants de celle-ci. Plus l'écart de température est grand, plus le flux thermique est élevé et plus les régions à résistance inférieure deviennent évidentes. Il faut donc tenir compte de l'écart des températures pour l'interprétation des données thermographiques.

Convection - La circulation d'air par convection à l'intérieur, au travers et autour des bâtiments est causée principalement par un réchauffement ou un refroidissement ponctuel, l'effet de cheminée et le vent. L'air chaud s'élevant des radiateurs ou des registres d'air chaud, ou l'air froid descendant des fenêtres, peuvent entraîner une distorsion importante des températures de surface. L'effet de cheminée facilite l'infiltration aux étages inférieurs d'un bâtiment et l'exfiltration aux étages supérieurs. Ce phénomène provoque un refroidissement des murs aux niveaux inférieurs et un réchauffement des murs aux niveaux supérieurs. Le vent peut avoir le même effet sur les températures de surface que la pression due à l'effet de cheminée. Une pression positive exercée sur la façade contre le vent d'un bâtiment facilite l'infiltration; une pression négative du côté sous le vent facilite l'exfiltration. Il n'est pas nécessaire que l'air traverse complètement l'enveloppe du bâtiment pour entraîner une distorsion de la température superficielle, la circulation d'air au-dessus de la surface extérieure de l'enveloppe diminue la résistance thermique de la pellicule d'air superficielle et refroidit les surfaces de l'enveloppe.

Mise en pression - La mise en pression ou la dépressurisation mécanique d'un immeuble déforme la configuration thermique de la même manière que l'action du vent et l'effet de cheminée. En effet, la mise en pression exagère les défauts vus de l'extérieur et les rend moins apparents vus de l'intérieur. Le contraire se produit lorsqu'un bâtiment est dépressurisé. Il est par conséquent important de mesurer l'écart de pression entre l'air extérieur et intérieur. Dans certains cas, les bâtiments peuvent être mis en pression ou dépressurisés intentionnellement pour exagérer les défauts et en faciliter la détection.

Mécanismes entraînant des variations de la température superficielle

Les trois mécanismes à l'origine de la manifestation des défauts et lacunes de l'enveloppe d'un immeuble sous forme de variations de la température superficielle, sont les variations de la conduction thermique, l'écoulement de l'air et un renversement de température.

Conduction

Le flux de chaleur par conduction au travers de l'enveloppe d'un bâtiment dépend de l'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur et de la résistance thermique de l'ensemble. Lorsque l'écart des températures en un point de la surface de l'enveloppe est le même que pour l'ensemble de cette partie, des variations du flux de chaleur et les variations de la température superficielle qui en résultent, indiquent une variation de la résistance thermique. Cette constatation peut indiquer un défaut de conception ou de construction de l'enveloppe. Vues de l'extérieur, les zones dont la résistance thermique est inférieure à la normale seront plus chaudes que les surfaces voisines. Vues de l'intérieur, ces zones seront plus froides.

Écoulement d'air

Les défauts qui permettent à l'air de passer au travers de la totalité ou de la plupart des composants de l'enveloppe peuvent facilement entraîner des variations de température dix fois supérieures à celles qui résultent d'un flux élevé de chaleur par conduction. Tel que mentionné auparavant, ces défauts se manifestent lorsqu'ils sont exposés à l'action du vent, à l'effet de cheminée ou à une mise en pression.

Renversement de température

Un renversement de température se produit lorsque de la chaleur est ajoutée ou enlevée au voisinage d'un objet. Ainsi pour des caractéristiques superficielles identiques, les variations du taux de perte ou de gain de chaleur dépendent de la masse ou de la capacité calorifique de l'objet; c'est-à-dire que la température d'un composant de masse élevée augmente et diminue plus lentement que celle d'un composant de masse plus faible. Lors du réchauffement, la surface d'un composant de masse élevée reste plus froide que les surfaces voisines; lors du refroidissement, elle est plus chaude. Lorsqu'il y a discontinuité d'un composant de masse élevée, en raison par exemple de l'absence de matériau ou d'un début d'épaufrure, le taux de variation de la température à cet endroit diffère de celui des régions voisines. De cette manière, lorsqu'un élément de bâtiment théoriquement uniforme et homogène subit un réchauffement ou un refroidissement, les variations de la température superficielle peuvent révéler la présence de défauts.

Identification des anomalies de l'enveloppe des bâtiments

Murs

La plupart des défauts des murs sont révélés par l'observation de différences dans les taux de transmission de la chaleur par conduction au travers des murs, de réchauffement ou de refroidissement dû à la convection de l'air ou les deux. Quelques défauts types sont décrits.

Manque d'isolant - La région d'un mur où il manque de l'isolant conduit la chaleur plus rapidement qu'une région très isolée. Le vide dans l'enveloppe du bâtiment créé par le manque d'isolant permet en outre un écoulement d'air par convection. Le transfert de chaleur d'un côté de la cavité à l'autre est par conséquent plus élevé que s'il était uniquement dû à la conduction. Lorsqu'il y a convection, la cavité est plus froide dans sa partie inférieure que dans sa partie supérieure.

Si l'isolant est sous forme de nattes ou de panneaux, les régions non isolées se manifestent normalement par des taches rectangulaires qui, selon la direction de l'écoulement de chaleur, sont plus chaudes ou plus froides que les régions voisines du mur, Si l'isolant a été soufflé, les vides peuvent être dus à un remplissage incomplet de la cavité, au tassement de l'isolant ou au blocage de la cavité par des coupe-feu ou des traverses. Dans tous les cas, la région où l'écoulement de chaleur est plus élevé prendra la forme du secteur non isolé. Si une mousse isolante a été utilisée, les régions non isolées ont tendance à prendre une forme beaucoup moins régulière. Les trous peuvent être de n'importe quelle forme et être situés n'importe où dans la cavité. Le rétrécissement de l'isolant peut augmenter le flux de chaleur sur toute la surface et permettre à la convection de l'air de transmettre la chaleur en contournant l'isolant.

Isolant déplacé - Dans les murs à ossature de bois dont les cavités sont remplies d'isolant, un isolant déplacé ou mal installé peut provoquer une circulation d'air autour de l'isolant ou entre l'isolant et le revêtement intermédiaire intérieur. Même un espace très réduit entre l'isolant et le revêtement intermédiaire peut avoir un effet important sur la température de surface à l'intérieur.

Lorsqu'un panneau d'isolant rigide s'est séparé d'un mur de blocs pleins pour tomber au fond de la cavité et qu'il repose contre l'arrière du revêtement extérieur, l'air froid qui circule dans la cavité se déplace entre l'isolant et la partie exposée du mur de blocs de béton. Vue de l'intérieur, cette région apparaît comme n'étant pas isolée. Vue de l'extérieur, cependant, la région est plus froide que la surface voisine et paraît par conséquent mieux isolée.

Isolant humide - Étant donné que l'eau possède une conductivité thermique relativement élevée, un isolant humide transfère la chaleur plus rapidement qu'un isolant sec, ce qui par conséquent influera sur la configuration infrarouge.

Ponts thermiques - Un pont thermique est un composant d'enveloppe dont la conductivité thermique est nettement plus élevée que celle des composants adjacents. À l'exemple des zones non isolées, les ponts thermiques peuvent être reconnus par des surfaces plus chaudes ou plus froides prenant la forme de l'élément dont la résistance est plus faible.

Fuites d'air - Comme nous l'avons mentionné auparavant, le passage direct d'air chaud ou froid au travers de l'enveloppe produit la configuration thermique la plus perceptible. L'infiltration est évidente lorsqu'elle est vue de l'intérieur de l'immeuble et l'exfiltration, lorsqu'elle est vue de l'extérieur. La configuration thermique à la surface des murs forme un cône depuis le point de fuite. L'exfiltration d'air est accompagnée d'une migration de l'humidité de l'intérieur du bâtiment vers les surfaces plus froides situées à l'intérieur de l'enveloppe. Par conséquent, l'exfiltration provoque souvent de la condensation. Ce mécanisme peut influencer ou non sur les températures de surface selon le taux de condensation et la nature des matériaux à l'intérieur de l'enveloppe. Dans le pire cas, la condensation peut saturer l'isolant, entraînant une réduction importante de la résistance thermique.

Toitures

La méthode utilisée pour reconnaître les défauts et lacunes des toitures est fonction en premier lieu, du type de toiture à l'étude. Dans la plupart des habitations, la toiture est composée d'un plafond scellé isolé, d'un vide sous toit ventilé et du toit proprement dit. Dans ces cas, le vide sous toit ventilé sert de tampon thermique entre le plafond et le toit. Le rayonnement transmis par le toit ne peut fournir qu'une image réduite et déformée des défauts des composants du plafond qui résistent au passage de l'air, à la migration d'humidité et au transfert de chaleur. Une étude détaillée de ces toits doit donc être effectuée de l'intérieur. Les défauts et la configuration thermique qui en résulte sont les mêmes que pour les murs.

À l'exception des plafonds suspendus ou d'autres éléments tampons, les toitures plates peuvent être étudiées de l'intérieur ou de l'extérieur de la même manière que les murs, bien que, au cours de la saison de chauffe, les études de l'extérieur puissent être limitées par la couverture de neige. Étant donné que de nombreux défauts des toitures entraînent l'humidification de l'isolant, lui donnant une capacité calorifique supérieure à celle d'un isolant sec, ils peuvent être identifiés par le mécanisme du renversement de température, permettant ainsi de prolonger jusqu'à l'été la saison propice à l'examen des toitures.

Maçonnerie et béton

Le mécanisme du renversement de température permet également la détection du délitage de la maçonnerie et du béton ou d'un début d'épaufrure. Lorsqu'une épaufrure est imminente, le matériau de surface est séparé de la masse par de petites fissures. Ces fissures résistent à l'écoulement de chaleur et diminuent de façon sensible la capacité calorifique du matériau à cet endroit. Un début d'épaufrure peut par conséquent être détecté par la présence de zones de capacité calorifique inférieure.

Conclusion

La thermographie infrarouge s'est avérée très utile pour la détection et la détermination des défauts de l'enveloppe des bâtiments, mais en raison de la complexité de la structure et de la performance des bâtiments, de la détection et de la mesure infrarouge, de nombreuses précautions doivent être prises lors de la saisie et de l'interprétation des données thermographiques.