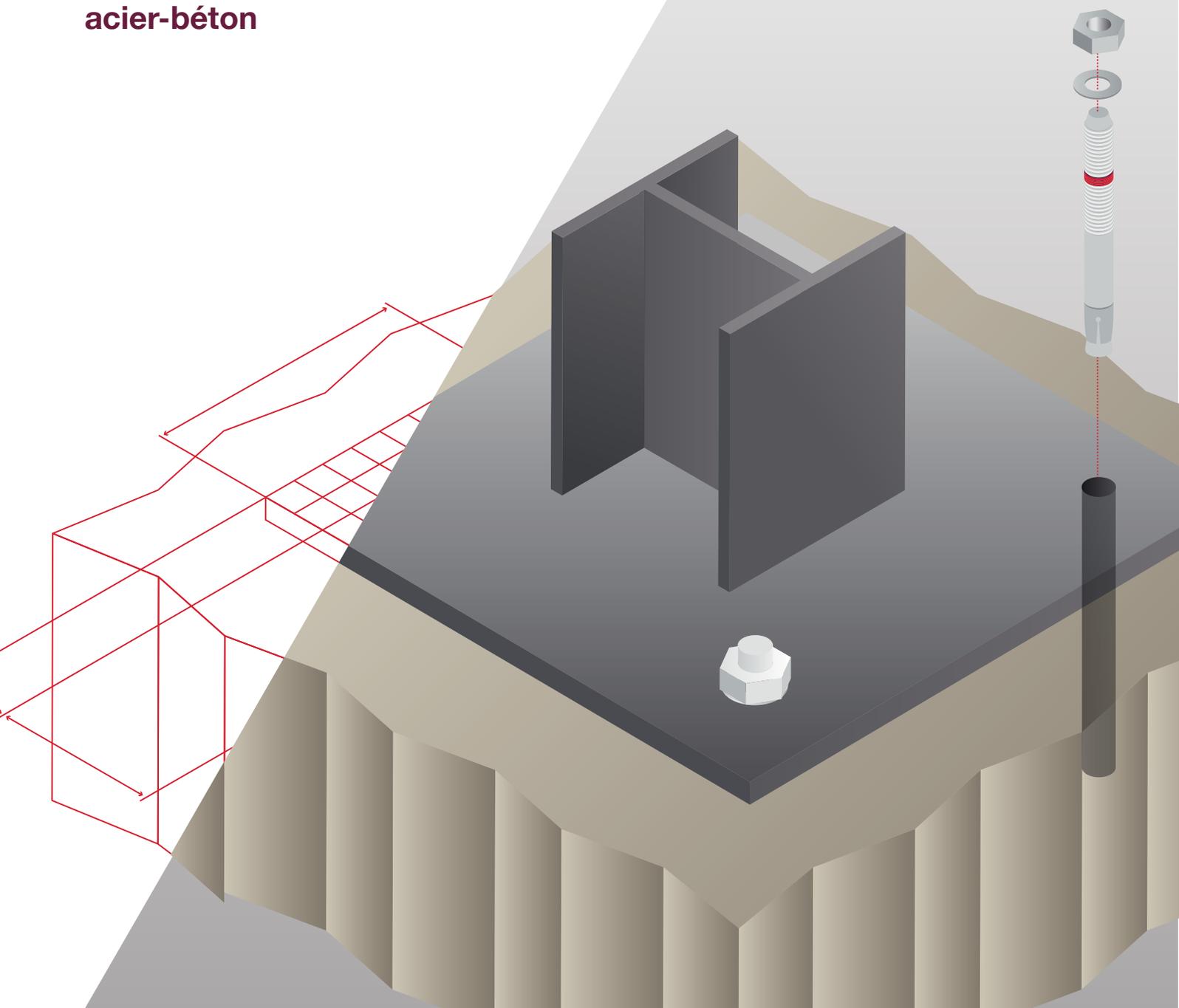




New Civil Engineer

DIMENSIONNEMENT DES RACCORDS ACIER-BÉTON

Résolution du défi des raccords
acier-béton



INTRODUCTION

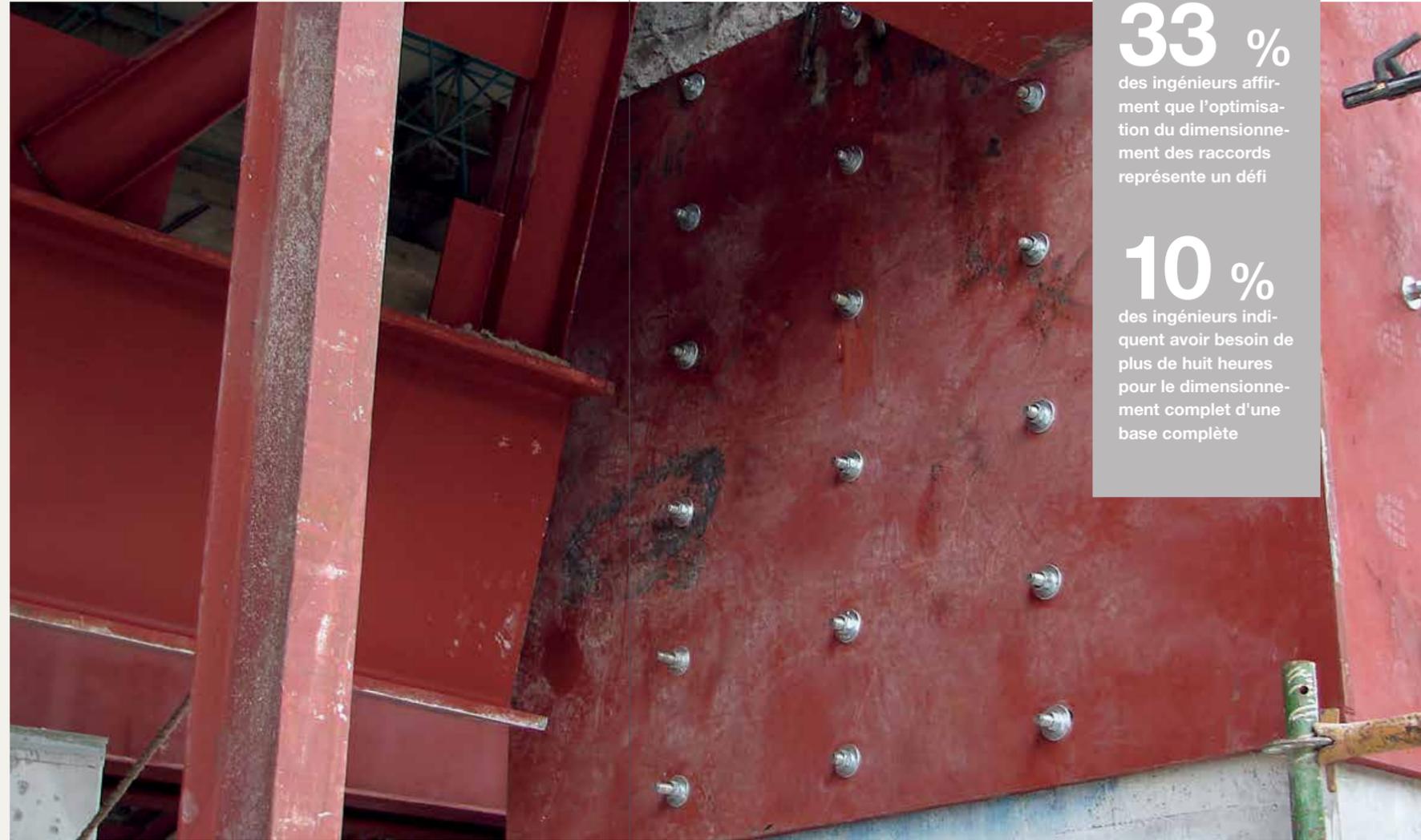
Le dimensionnement des raccords acier-béton est une tâche centrale et critique en matière de sécurité dans de nombreux projets de construction. Correctement réalisés, ces raccords peuvent garantir qu'un ouvrage reste fonctionnel pendant des décennies. Mal réalisés, ils peuvent entraîner une catastrophe, éventuellement de graves accidents et même la perte de vies humaines.

Pourtant, les ingénieurs qui doivent régulièrement dimensionner des raccords acier-béton ont souvent des difficultés parce qu'il n'existait pas, malgré l'importance de cette tâche, de logiciel capable de dimensionner les différents composants d'un raccord acier-béton comme un tout.

Trop souvent, plusieurs approches de calcul étaient indispensables pour analyser les différents composants d'un seul raccord de base, ce qui augmente le temps passé pour le dimensionnement du raccord. L'ensemble du processus est laborieux et chronophage et comme il reste peu de temps pour les itérations, les dimensionnements ne sont souvent pas aussi efficaces qu'ils pourraient l'être.

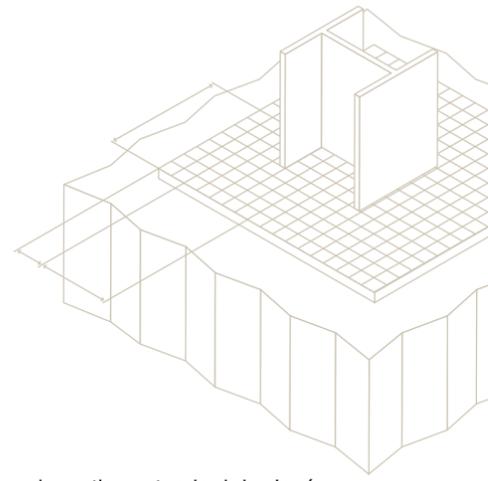
Actuellement, il est courant d'utiliser toute une série de logiciels différents pour le dimensionnement des raccords acier-béton ou même d'effectuer des calculs à la main qui concernent à chaque fois un autre composant du raccord (cheville, platine, cordon de soudure, raidisseur) et l'ingénieur doit respecter pour cela différentes directives et normes techniques.

Cet article parle du logiciel PROFIS Engineering Premium de Hilti qui a été spécialement développé pour cette application. Il présente les défis, étudie la recherche qui a mené à cette solution et montre comment le logiciel garantit que les quatre composants clés d'un raccord peuvent être dimensionnés en conformité avec les normes techniques européennes en une fraction du temps qui est aujourd'hui nécessaire pour cette tâche.



33 %
des ingénieurs affirment que l'optimisation du dimensionnement des raccords représente un défi

10 %
des ingénieurs indiquent avoir besoin de plus de huit heures pour le dimensionnement complet d'une base complète



Bien que la pratique standard des ingénieurs, soutenue par les réglementations de dimensionnement courantes, partait du principe d'une platine rigide, ils ont découvert qu'il y avait en réalité dans de nombreux cas une platine flexible. Cela signifie que pour déterminer la contrainte exacte sur chaque élément de raccord acier-béton, celui-ci devait être défini précisément et analysé comme base globale avec une série de variables.

Avec les méthodes existantes, il n'était pas possible d'arriver aux détails techniques qui sont indispensables pour le dimensionnement sûr et optimal d'une plaque flexible, y compris les cordons de soudure, les raidisseurs et les ancrages ainsi que les différentes forces agissant sur un ouvrage et d'autres variables.

Un nouveau logiciel était nécessaire pour pouvoir optimiser les propositions de dimensionnement par une procédure d'itération sophistiquée et pouvoir les retravailler aussi longtemps que nécessaire en quelques clics, jusqu'à ce qu'elles permettent une efficacité maximale. Si l'essai était concluant, le temps et les tonnes de matériaux qui sont nécessaires pour la fabrication d'un seul raccord entre l'acier et le béton pourraient être réduits.

Après des tests complets et des sondages auprès des clients, le module Platinas de PROFIS Engineering Premium a pu être mis en service au printemps 2019. C'était la dernière étape du chemin de Hilti pour résoudre ce problème spécifique pour les clients – et la première occasion pour les ingénieurs en bâtiment de se familiariser avec un dimensionnement plus efficace des raccords.

SYNTHÈSE

Quand Hilti a constaté au début de cette décennie que les clients se plaignaient de plus en plus souvent de difficultés dans le dimensionnement des raccords acier-béton exigeants, le fournisseur d'équipements mondial s'est attelé à trouver une solution.

La première étape a consisté à comprendre le problème. Lors d'entretiens avec les utilisateurs du logiciel de dimensionnement de chevilles existant Hilti PROFIS Anchor, les ingénieurs ont clairement exprimé leur souhait

d'analyser et de dimensionner l'ensemble de la base en partant des détails d'une cheville.

Cela voulait dire que le comportement des cordons de soudure, des raidisseurs et, ce qui était particulièrement important, le comportement des platines dans les raccords devaient être étudiés sur des bâtiments réels pour donner aux constructeurs la possibilité de maximiser l'efficacité des propositions de dimensionnement pour leurs propres projets futurs. Hilti, une entreprise qui emploie plus de 31 000 personnes dans 120 pays, a formulé pour cela une série de questions pour une enquête à visée scientifique afin de connaître l'étendue du défi dans l'ensemble de la branche.

Plus d'un tiers des ingénieurs en bâtiment interrogés ont indiqué que le développement d'un programme pour modéliser les chevilles, platines, cordons de soudure et raidisseurs serait très utile pour eux.

Le département Recherche et développement de Hilti a étudié la théorie mathématique qui se cachait derrière le dimensionnement des raccords. Le travail a été coordonné par Mario Fitz, Global Product Line Manager, Jörg Appl, Technical Marketing Manager, et Oliver Geibig, Senior Trade Manager pour Engineering. Ils ont analysé une série de données d'essai provenant de différentes sources pour déterminer le point où une augmentation des forces sur une cheville influence le point de défaillance de l'ensemble du raccord.

Carlos Taborda, Responsable produits Logiciel Europe du Nord : le logiciel réduit de moitié les temps de dimensionnement



DÉFI

Pour mieux comprendre le défi platine rigide contre platine flexible, Hilti a mené un projet de recherche mondial qui a été publié en avril 2017. Les résultats recoupaient ceux d'une enquête qui a été réalisée en collaboration avec le « New Civil Engineer », dans laquelle 100 ingénieurs en bâtiment avaient présenté leurs expériences en matière de dimensionnement de raccords acier-béton.

Plus de la moitié des personnes interrogées dans l'enquête New Civil Engineer ont indiqué qu'elles utilisaient une combinaison déconcertante de différents logiciels, de calculs à la main et de directives et homologations techniques pour dimensionner les chevilles, platines, cordons de soudure et raidisseurs. Seules 6 % ont dit qu'elles utilisaient un seul programme pour tout le raccord.

Un ingénieur sur 10 a déclaré que le dimensionnement d'un raccord acier-béton complet et la rédaction d'un rapport correspondant pouvait demander jusqu'à huit heures de travail à l'ingénieur de contrôle. Plus de la moitié des ingénieurs interrogés ont dit qu'ils y passaient au moins deux heures.

Les ingénieurs interrogés ont fait part de leurs doutes concernant le contrôle du dimensionnement des raccords acier-béton. « C'est souvent un sujet que les concepteurs des éléments de construction en acier et ceux des éléments en béton se renvoient », a déclaré un ingénieur. L'optimisation d'un raccord global a été citée comme un problème par près d'un tiers des participants à l'enquête. Une part similaire voyait comme problème qu'il n'y avait pas de logiciel permettant de réaliser cette tâche dans sa totalité.

L'étude menée par Hilti et complétée par l'enquête de New Civil Engineer, a mis le défi en lumière : l'entreprise devait trouver un moyen qui permettrait aux ingénieurs qualifiés d'utiliser leurs compétences pour améliorer l'efficacité des raccords acier-béton définitifs et le processus de dimensionnement.

Hilti a rapidement constaté que les hypothèses habituellement utilisées dans de tels dimensionnements, gênaient la réalisation de la solution optimale.

« La plupart des raccords béton-acier partent du principe d'une plaque rigide, mais en réalité, il y a des déformations. Pour obtenir un dimensionnement aussi précis que

possible, il faut prendre en compte la contrainte de tous les composants d'un raccord, c'est-à-dire des chevilles, des raidisseurs, de la platine et des cordons de soudure », explique Carlos Taborda, Gestionnaire produits chez Hilti pour les logiciels techniques en Europe du Nord. « Cela entraîne une complexité qui exige une analyse détaillée. »

Deux choses sont à prendre en compte pour la conformité avec l'Eurocode : premièrement, les formules de l'Eurocode se basent sur l'hypothèse d'une répartition de la charge linéaire avec une platine rigide. Deuxièmement, il est important que les charges réelles soient appliquées sur les chevilles. Si on n'a pas de platine résistante à la flexion et donc pas de répartition de charge linéaire, les charges des chevilles peuvent varier, à cause par exemple des effets de l'étaillage ou d'un bras de levier intérieur réduit. Mais il faut compter avec les forces réelles sinon la cheville pourrait se casser.

MÉTHODE

Le processus d'essai strict de Hilti a identifié un « sweetspot ». Hilti a révélé qu'aucun effet n'était à attendre sur la charge de rupture totale d'un raccord lorsque la différence de charge est inférieure à 10 % entre les forces d'ancrage d'une platine flexible et d'une platine rigide.

Ceci a été expliqué en détail dans une publication de Fitz, Appl et Geibig de 2018 en allemand intitulée « Dimensionnement complet et proche de la réalité des platines y compris de l'élément de fixation > Nouveau logiciel de dimensionnement sur la base d'hypothèses proches de la réalité ».

Le contexte du problème technique a d'abord été présenté dans cet article.

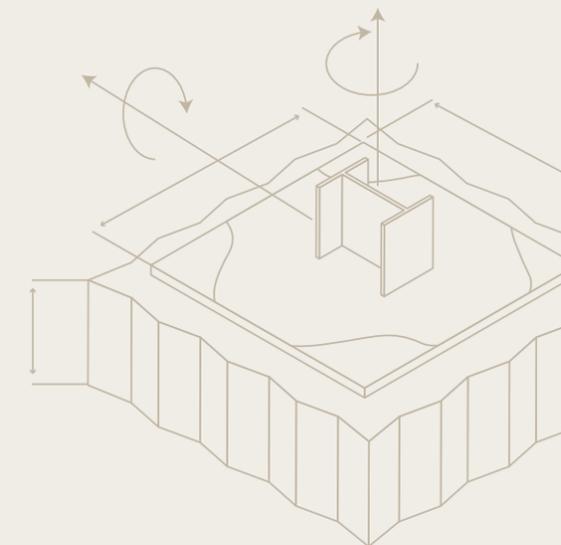
« Le dimensionnement des platines et de leurs éléments de fixation qui sont ancrés dans le béton, est important pour les planificateurs et les utilisateurs » peut-on lire dans le document. « Des charges élevées peuvent être transférées de manière sûre dans les structures en béton avec des éléments de fixation modernes. Tout le monde comprend que ce raccord essentiel pour la sécurité exige un dimensionnement précis. De plus, l'ingénieur planificateur s'engage auprès des maîtres d'ouvrage à concevoir de manière rentable, donc à dimensionner selon un

procédé qui permet une utilisation la plus optimale possible des éléments de fixation. »

Le document explique ensuite qu'il faut partir, selon les réglementations en vigueur, d'une platine rigide si la charge des éléments de connexion a été définie selon la théorie de l'élasticité courante.

Les auteurs ajoutent néanmoins qu'il n'existe pas de règle claire définissant quand une platine doit être considérée comme suffisamment rigide. « L'hypothèse que la platine ne se déforme pas sous les actions déterminées sur la base de la théorie de l'élasticité, n'est pas toujours garantie dans la pratique pour les épaisseurs de platines courantes » peut-on encore lire.

« Avec une platine rigide, on suppose entre autres que la force de compression résultante dans le béton s'applique sur l'extrémité extérieure de la platine et donne ainsi le bras de levier interne z. Si, contrairement à l'hypothèse, on utilise une platine flexible, cela peut entraîner une réduction du bras de levier des forces internes et donc des charges plus grandes sur l'élément de fixation, en fonction de la rigidité. Dans le cas extrême, on peut s'attendre à ce que se forme une articulation plastique dans la platine au bord du profilé soudé.



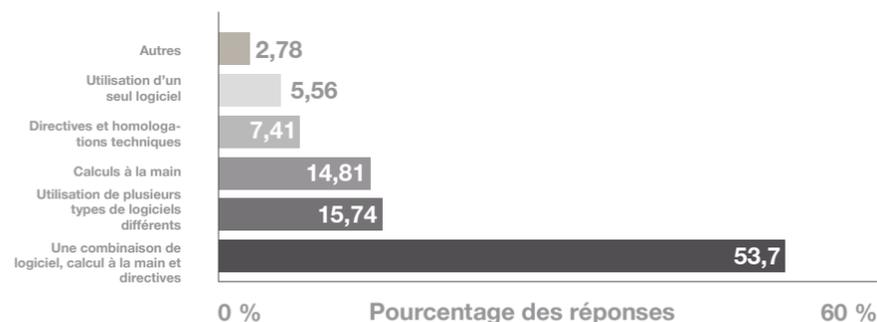
Dans ce cas, la force de compression résultante dans le béton se déplace vers le bord du profilé. »

Les experts de Hilti ont démontré qu'en cas de déformation sensible suite à la formation d'une telle articulation plastique dans la platine du côté traction du raccord, les bords de la platine pourraient être comprimés contre le béton ce qui pourrait entraîner des forces d'appui supplémentaires et donc une augmentation de la force de traction dans les chevilles.

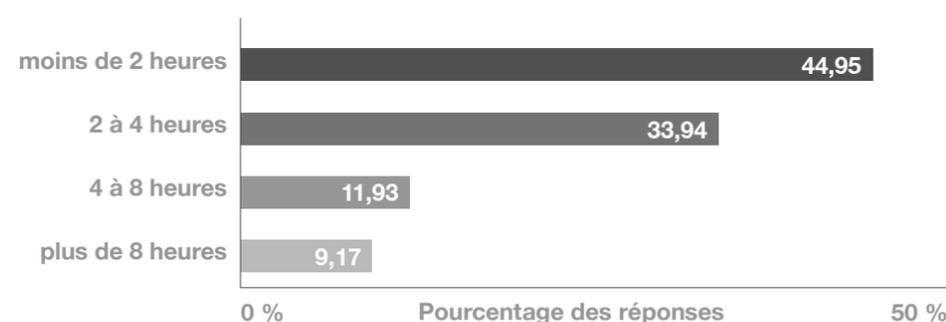
« Ces forces d'appui peuvent aussi se produire en cas de porte-à-faux de platine important, de platine flexible et de charge de traction excessive », précise le document. « Du fait des déformations considérables de la platine sous contrainte, l'effet de répartition de la charge de la platine s'annule. Ceci peut entraîner une surcharge importante et la défaillance prématurée d'un élément de fixation au sein d'un groupe. » ►

Pour obtenir un dimensionnement aussi précis que possible, la charge de tous les composants d'un raccord doit être prise en compte.

Comment configurez-vous les différents éléments du raccord acier-béton (cheville, platine, cordon de soudure, raidisseur) ?



Combien de temps faut-il en moyenne pour dimensionner un raccord acier-béton typique et rédiger un rapport ?



Nous pouvons gagner jusqu'à 50 % de temps en réalisant les contrôles avec un seul logiciel

► Pour évaluer précisément la rigidité d'une platine et de ses pièces à fixer ainsi que des cordons de soudure et de la fixation, les auteurs ont dû mieux comprendre la vraie nature de la déformation de charge des différents composants et ainsi tenir compte des conditions d'équilibre et de compatibilité.

Le document expliquait aussi le rôle des Eurocodes dans la recherche Hilti.

« La platine, le profilé soudé, les raidisseurs autour des cordons de soudure sont décrits en tenant compte des propriétés des matériaux selon EN 1993-1-1 [3] ou EN 1993-1-5 [18], modélisés selon la méthode des éléments finis et pourvus d'un matériau élastico-plastique (cordons de soudure) ou élastico-plastique à renforcement linéaire (profilé, raidisseurs et platine) ».

« La réponse du béton est formulée sur la base des propriétés du béton selon EN 1992-1-1 [2] où la rigidité élastique du béton est définie selon le modèle Winkler-Pasternak. »

Hilti a mené un projet de recherche séparé pour définir le comportement de déformation sous charge des chevilles. En tenant compte du précontrainement, du matériau des chevilles et du coefficient de frottement, l'étude a montré que les rigidités de chevilles établies étaient dans certains cas très différentes des valeurs figurant dans les documents d'homologation correspondants. « Ceci s'explique par le fait que les valeurs de déplacement de l'élément de fixation pu-

Sans le logiciel, cela durerait bien plus longtemps et on devrait recommencer à zéro

bliées dans les documents/évaluations correspondants ont été déterminées selon une philosophie différente (valeurs de déplacement maximales) que celle nécessaire pour la détermination de la rigidité des éléments de fixation pour dimensionner la platine (valeurs de déplacement minimales) », expliquent Mario Fitz, Jörg Appl et Oliver Geibig.

Pour vérifier la rigidité de la platine, des charges d'ancrage qui ont été calculées selon la théorie de l'élasticité, sont comparées aux charges d'ancrage qui tiennent compte des conditions d'équilibre et de compatibilité sur la base d'hypothèses plus réalistes du comportement de déplacement de charge et des courbes de tension-allongement des différents composants de construction et en prenant l'hypothèse d'une platine rigide. En comparant les charges d'ancrage des deux méthodes, on peut définir la différence entre la théorie et la pratique.



Des essais ont été réalisés pour déterminer les charges de rupture moyennes des groupes de chevilles par rapport à la charge de rupture calculée en tenant compte de la théorie de l'élasticité comme fonction de la cheville du groupe soumise aux plus grandes contraintes.

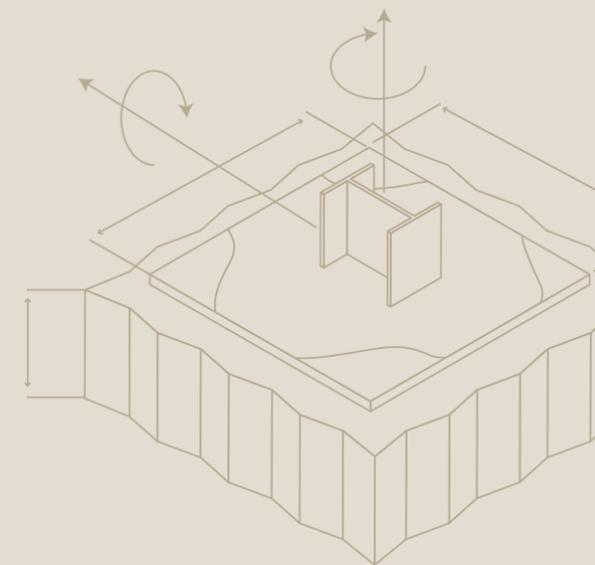
Dans ces essais, des groupes de chevilles ont été étudiés avec quatre et neuf chevilles avec flexion sur un axe et deux axes dans du béton non fissuré. Dans ces essais, on a utilisé des boulons à tête moulée et des chevilles rapportées. L'épaisseur pertinente des platines a été calculée à l'aide de la tension.

Ce travail avait pour objectif d'évaluer dans quelle mesure un écart de la cheville d'un groupe subissant la plus forte contrainte par rapport au calcul selon la théorie de l'élasticité, impacte la capacité de charge totale du groupe.

A l'aide des valeurs d'essai disponibles, il a été montré que pour un écart des charges

50 %
de réduction du temps de dimensionnement avec PROFIS Engineering

10 %
des ingénieurs expliquent qu'il faut plus de huit heures pour la conception des raccords



d'ancrage de la cheville d'un groupe subissant la plus forte contrainte d'environ 10 % – entre les platines rigides et réalistes – la charge de rupture moyenne du groupe de chevilles correspondait à la charge de rupture moyenne du groupe de chevilles calculée selon la théorie de l'élasticité.

En d'autres termes, pour un écart d'environ 10 % des charges d'ancrage entre une platine rigide et flexible, aucune influence négative sur la capacité de charge n'a pu être observée lors des essais.

Après une phase de codage et de développement logiciel par l'équipe interne de Hilti, PROFIS Engineering a vu le jour pour effectuer les très nombreux calculs détaillés qui sont indispensables pour guider les ingénieurs afin qu'ils trouvent les meilleurs dimensionnements des raccords pour leurs projets.

SOLUTION

La caractéristique principale de PROFIS Engineering, qui remplace le logiciel de dimensionnement de chevilles actuel PROFIS Anchor, ce sont les algorithmes sur mesure qu'il utilise pour analyser la répartition et l'effet des tensions sur tous les composants faisant partie des raccords structurels de telle sorte que les ingénieurs puissent utiliser toutes leurs compétences pour maximiser l'efficacité du raccord de deux matériaux de construction essentiels.

La nouvelle approche se base sur une résolution par la méthode éprouvée des éléments finis avec des modèles de matériau précis ainsi qu'une description unique du comportement des chevilles pour permettre un dimensionnement réaliste de l'ensemble du raccord.

Pour le développement de la méthode des éléments finis, Hilti a collaboré avec le développeur de logiciels tchèque Idea StatiCa.

Lubomir Šabatka, directeur de Idea StatiCa, est très satisfait de cette collaboration : « Nous sommes convaincus que la nouvelle méthode des éléments finis basée sur les composants est la bonne approche pour dépasser les li-

mites des topologies d'ancrage/de fondation et placer en même temps la sécurité au premier plan.

Nous avons adopté la CBFEM (méthode des éléments finis basée sur les composants) au cœur de notre produit, Idea StatiCa Connection, et Hilti l'a intégrée dans sa nouvelle suite PROFIS Engineering. » Le logiciel ultra-sophistiqué propose des solutions sur mesure pour les ingénieurs en bâtiment, les planificateurs de détail, les acheteurs et les chefs de chantier. Il simplifie le flux d'informations au sein de l'ensemble de l'équipe construction et réduit le risque d'erreur.

Hilti PROFIS Engineering aide les ingénieurs à améliorer la précision et à gagner du temps

grâce au transfert de charge automatique : « sans le logiciel, cela durerait bien plus longtemps et on devrait recommencer à zéro avec un logiciel de calcul de structures. »

Les applications intègrent le dimensionnement des fixations par cheville dans le béton et la maçonnerie, le dimensionnement des mains courantes pour le montage sur béton et la création de modèles de données de bâtiment et CAO des raccords.

PROFIS Engineering peut être utilisé pour déterminer le nombre de chevilles, calculer les quantités de mortier et créer des nomenclatures ainsi que pour contrôler le nombre de chevilles et les placements des platines et des chevilles sur un chantier.

PROFIS Engineering est compatible avec les produits Android et Apple, est pris en charge par Windows 7, 8 et 10 et est disponible dans un grand nombre de licences pour répondre aux exigences individuelles et professionnelles.

Il s'agit d'un logiciel intuitif avec lequel les ingénieurs expérimentés saisissent les données et les chiffres pertinents pour leur projet, sélectionnent différentes options à leur guise et peuvent voir très rapidement comment leurs décisions se répercutent sur la conception.

En quelques secondes, le logiciel enregistre à l'aide d'algorithmes sur mesure l'image globale et analyse la répartition des tensions

et la déformation. Il affiche sur un écran partagé comment une platine rigide et une platine mobile se comporteraient. Si vous confirmez que vous êtes satisfait de la déformation de la platine, le logiciel vous dit quel est l'écart de rigidité. Si l'écart est supérieur à la limite de 10 %, vous pouvez revenir en arrière et procéder à une nouvelle évaluation en associant les propositions du programme et vos propres connaissances techniques. La méthode s'apparente à celle couramment utilisée pour modifier la date et l'heure d'un vol par exemple ou sélectionner les commodités d'un hôtel pour identifier comment le coût des vacances évolue. ►

DÉMONSTRATION & COMMUNICATION



En plus de la création d'un manuel sur le nouveau logiciel et la tenue de formations, Hilti a pu montrer aux clients les avantages de différentes manières.

Jörg Appl a expliqué dans un webinaire réalisé par Hilti à propos de PROFIS Engineering : « L'hypothèse d'une platine rigide n'est pas une invention de Hilti, mais une philosophie de base de l'Eurocode 2-4. Si je souhaite dimensionner des chevilles en conformité avec la norme EN1992-4, je dois prévoir une platine rigide. »

Mario Fitz a démontré pendant le webinaire à l'aide d'un modèle qu'une platine non rigide peut entraîner des charges d'ancrage plus élevées, même pour les charges de traction, que ce qui avait été calculé d'avance dans l'hypothèse de dimensionnement d'origine.

Une platine rigide entraînerait en cas de force de traction appliquée au centre une répartition de la charge régulière sur toutes les chevilles, mais en réalité on a avec une platine non rigide un système moins rigide et, sur les trois chevilles, la cheville centrale aurait une charge bien plus élevée que les autres et ceci n'aurait pas été pris en compte lors du dimensionnement d'origine.

« Une démonstration montre que les forces de compression entraînent des forces extrêmement élevées sous la platine ce qui peut entraîner une fissure du béton », explique Jörg Appl. « Une platine non rigide peut avoir une influence sur les forces d'ancrage et d'autres paramètres. Il existe toute une série de paramètres qui influent sur la rigidité de la platine: la taille de la platine, les raidisseurs, l'épaisseur de la platine, la taille des chevilles, la taille des profilés, le type de cheville, la position des chevilles et l'écart entre la cheville et le bord de la platine. »

Mario Fitz a parlé des questions des clients qui ont amené Hilti à se lancer sur le long chemin jusqu'à l'introduction du module Platine de PROFIS Engineering (Premium).

« Vous nous avez demandé ce qui fait qu'une platine est rigide – est-ce 12 mm, 16 mm ou 20 mm ? La réponse est simple : ça dépend ! Ça dépend de tous les paramètres cités plus haut. ►

► « Sans le logiciel, cela durerait tellement plus longtemps et il faudrait recommencer à zéro si on a largement dépassé la limite d'écart », déclare Carlos Taborda. « Maintenant, on peut changer rapidement la taille et la position des chevilles, ajouter plus de cordons de soudure et de raidisseurs, utiliser une platine plus épaisse, etc. »

Le logiciel PROFIS Engineering indique immédiatement à l'utilisateur si ses dimensionnements entraîneront un écart de plus de 10 % au niveau des charges. Le pack logiciel permet ensuite à un ingénieur expérimenté

soit d'accepter la différence et de poursuivre avec les charges réelles, soit de revenir en arrière et d'adapter les éléments de ses propositions de dimensionnement (avec des invitations et conseils) pour atteindre des valeurs plus sûres et efficaces inférieures à 10 %. Selon Hilti, la durée de dimensionnement d'un raccord peut passer d'une heure à 30 minutes mais des témoignages issus du marché indiquent que cela pourrait être une estimation très prudente.

C'est en tout cas l'avis de Greg Matejko de WML Consulting. « Un dimensionnement qui durait avant une heure, peut être réalisé avec PROFIS Engineering en 15 à 20 minutes », assure-t-il.

« Avant d'avoir accès à PROFIS Engineering, nous devions déterminer manuellement les charges de fixation puis vérifier avec l'équipe technique de Hilti. L'évaluation de la rigidité de la platine pour s'assurer qu'elle se comporterait comme un élément rigide, était aussi un défi avec PROFIS Anchor. Auparavant, le contrôle de la rigidité de la platine et le calcul des pièces à fixer qui en font partie étaient traités comme deux systèmes séparés et il n'était pas facile d'évaluer l'interaction entre les deux.

La fonction dans PROFIS Engineering qui compare les dimensionnements avec des platines rigides et flexibles, simplifie le processus de dimensionnement. Avant, nous nous en tenions pour les dimensionnements à une platine rigide idéale, mais maintenant nous pouvons avec PROFIS Engineering Premium et le module Platine évaluer le même cas de dimensionnement pour une platine flexible. Cela permet d'avoir une platine moins épaisse et optimise l'utilisation des chevilles ce qui entraîne une réduction des coûts pour

le client. L'avantage est que nous disposons de calculs fiables pour tous les composants d'un raccord acier-béton (cheville, platine, cordons de soudure, raidisseurs, béton et profilé) et que le temps nécessaire pour ces calculs est réduit grâce au logiciel convivial et l'interface utilisateur intuitive. »

Marianne Johannsson, Responsable génie-civil constructif chez BalcoGroup, affirme aussi que PROFIS Engineering fait gagner du temps : « le dimensionnement d'une platine (raccord complet y compris cheville, raidisseurs, platine, etc.) peut prendre jusqu'à quatre heures, plus deux heures pour la rédaction du rapport.

Avec PROFIS Engineering, nous avons pu gagner jusqu'à 50 % de temps. C'est ce que nous espérons ! »

Per Jørstad, planificateur de structures porteuses chez Sweco, est d'accord : « Nous pouvons gagner jusqu'à 50% de temps, passer de deux à six heures à une à deux heures, en effectuant tous les contrôles de dimensionnement avec un seul logiciel. »



Une visualisation 3D du raccord dans PROFIS Engineering

► Vous nous avez dit que vous aviez besoin d'un logiciel qui dimensionne non seulement la cheville mais la base complète, avec platine, raidisseurs, cordons de soudure et compression du béton. Nous proposons maintenant un logiciel avec lequel vous pouvez faire des dimensionnements complets.

Le programme vous permet de différencier entre les méthodes de calcul « rigide » – hypothèse d'une platine rigide ou « proche de la réalité » – étude de la rigidité et vérification complète de la base (dimensionnement du profilé, raidisseurs, cordons de soudure, chevilles et compression du béton).

Dans le logiciel, vous définissez l'application – tous les paramètres », déclare Mario Fitz. « Puis vous cliquez sur Calculer. Le logiciel vous aide à percevoir à quel point vous êtes loin de l'hypothèse théorique d'une platine rigide. Si vous en êtes loin, vous travaillez sûrement beaucoup selon votre propre appréciation. Nous créons un rapport de dimensionnement complet que vous pouvez remettre aux ingénieurs de contrôle ou aux autorités. »

Une étape essentielle du processus est la visualisation en 3D du raccord.

« Dans l'interface 3D, vous pouvez définir la plupart des paramètres géométriques et la charge et sélectionner quel type de cordons de soudure vous souhaitez et si vous voulez avoir des raidisseurs. Vous pouvez consul-

ter les résultats. En arrière-plan, chaque composant de construction est évalué et vous avez les résultats en moyenne en 5 à 10 secondes. A gauche, vous voyez les résultats pour la platine rigide ; et à droite vous voyez le comportement proche de la réalité. »

Pour Hilti, une étape importante dans le développement du logiciel a été de saisir l'importance des différences dans la pratique.

« Il n'existe pas de guide qui explique ce que veut dire une platine rigide dans la réalité. Nous avons donc beaucoup travaillé en recherche et développement » explique Mario Fitz. « Jusqu'à un écart de 10 % avec la platine rigide, nous n'avons constaté aucune différence au niveau de la charge de rupture. Si vous êtes bien au-delà, vous devez être conscient que vous évoluez en dehors de la ligne directrice.

Si les charges de chaque cheville évoluent dans un écart de 10 %, cela n'a aucun effet sur la performance finale du groupe de chevilles. »

« Vous obtenez une synthèse des résultats sur la partie droite de l'écran. Vous y voyez aussi les tensions, l'allongement et la déformation.

Si vous ne voulez autoriser aucun relâchement dans un cordon de soudure, vous pouvez sélectionner ce paramètre et le logiciel travaillera sur cette base. Vous

définissez le problème, le logiciel apporte une solution. » Bien que le logiciel réalise comme par magie des dimensionnements qui seraient bien impossibles manuellement, il est conçu de telle sorte à ce que l'utilisateur puisse toujours le contrôler et le comprendre.

« Les formules, références de normes et résultats intermédiaires sont toujours affichés dans le rapport. Ce n'est pas une boîte noire. Vous pouvez retracer les étapes et vous y voyez clair dans le traitement, explique Mario Fitz.

Il y a beaucoup d'astuces et de conseils que les experts de Hilti peuvent partager avec vous pour que vous puissiez rapidement parcourir vos itérations et obtenir un dimensionnement qui fonctionne pour vous. »

Hilti a réalisé des milliers de tests pour trouver le bon comportement non linéaire de la cheville et peut faire la démonstration de ses résultats dans des formations.

« Le logiciel vous dit si votre application fonctionne ou pas. C'est alors à vous de décider quels paramètres vous devez modifier. »

CONCLUSION

Selon Hilti, le temps passé pour le dimensionnement d'une base complète comprenant le calcul du cordon de soudure, du profilé, des compressions du béton, des raidisseurs, de la platine et des chevilles se réduit en moyenne de 50 %, en fonction de la complexité du calcul.

Ce chiffre se base sur des tests pratiques complets réalisés avec plusieurs grandes sociétés d'ingénierie dans toute l'Europe en amont de la phase de lancement sur le marché.

L'utilisateur a également accès au cloud ce qui lui permet de partager des fichiers, de travailler en commun et d'imprimer des rapports qui fournissent des explications

complètes et détaillées sur les résultats. Et les effets peuvent être considérables.

« Cela permet également de réaliser des économies supplémentaires au niveau des matériaux et du temps de travail ainsi que des avantages en matière de protection au travail : si on doit percer moins de trous, les avantages pour tous les participants dans la chaîne de livraison sont évidents. »

Vous trouverez des informations complémentaires sur PROFIS Engineering ici :

<https://www.hilti.ch/content/hilti/E3/CH/de/engineering/software/profisengineering-suite.html>

