

Instabile Balkongeländer kurz vor Bezug

Ein Beispiel aus der Tätigkeit als Schadenexperte für AM Suisse: Der Fall zeigt den Nutzen einer neutralen, lösungsorientierten Expertise auf. Der Inhalt beschreibt den zur Verbesserung eingeleiteten Weg; Prozess von Situationsanalyse, Lösungsfindung und Einigung unter den beteiligten Parteien bis zur Umsetzung. Text und Bilder: Daniel Leuenberger FMTEC GmbH

Während der Fertigstellung des ersten von drei grossen Mehrfamilienhäusern stellte die Bauherrschaft die Stabilität der bereits fertig montierten Balkon- und Attikageländer in Frage. Angesichts der von ihr als instabil empfundenen Konstruktion beauftragte die Bauherrschaft trotz schriftlicher Bestätigung der Normenkonformität seitens Hersteller die AM Suisse mit der Beurteilung der Stabilität sowie der Einhaltung der geltenden Normen durch einen ihrer Schadenexperten. Anlässlich eines ersten Augenscheins in Anwesenheit aller beteiligten Parteien schienen dem Experten die Vorbehalte der Bauherrschaft nachvollziehbar und eine eingehende statische Überprüfung der Geländer sinnvoll.

Brüstung als Leichtbaukonstruktion mit verschraubtem Geländeroberteil

Die Balkon- und Attikageländer setzen sich aus den beiden folgenden Elementen, die zusammen von zwei verschiedenen Unternehmen erstellt wurden: 1. Eine vom Fassadenbauer ausgeführte geschlossene Brüstung. Diese besteht aus einer mit Edelstahlkonsolen auf den Rohbau befestigten Tragstruktur aus Aluminiumprofilen. Die Tragstruktur ist auf der Aussenseite mit verdeckt eingehängten Faserbetonelementen und auf der Innenseite

mit Aluminiumblech und einer Holzschalung verkleidet.

2. Ein vom Metallbauer ausgeführter, an die erwähnte Brüstung verschraubter Geländeroberteil. Die Pfosten sind aus mehreren Elementen zusammengeschrubt: der Unterteil aus Aluminium-Flachprofilen 40 × 30 mm, zwei gabelförmig gebogene Bügel aus Flachstahl 30 × 10 mm und ein Handlaufträger aus Rechteckstahlrohr 30 × 20 × 2 mm. Der auf die Handlaufträger aufgeschweisste Handlauf besteht aus einem Rechteckstahlrohr 50 × 30 × 2 mm.

Die innerhalb von wenigen Tagen gemeinsam mit einem zweiten Schadenexperten durchgeführte rechnerische Überprüfung der Konstruktion gemäss den geltenden Normen, unter anderem SIA 260 und 261, deckte tatsächlich einige vorhandene Schwachstellen auf. An der Brüstungskonstruktion und am verschraubten Geländeroberteil wurden sowohl eine ungenügende Tragsicherheit als auch unzulässig grosse Durchbiegungen im Gebrauch ermittelt. Der Fassadenbauer liess seine Brüstungskonstruktion vor Ausführung wohl von einem Ingenieur überprüfen. Die nachfolgend beschriebenen Schwachstellen wurden bei der dabei durchgeführten zweidimensionalen Berechnung

jedoch nicht bemerkt oder nicht näher überprüft. Die von beiden Unternehmen nach Vorgabe der Experten durchgeführten Bauteilversuche unter den um die normenkonformen Faktoren erhöhten Lasten bestätigten die mittels 3D-Statik aufgedeckten Schwachstellen. Angesichts des anstehenden Bezugs der Wohnungen war allen Beteiligten klar, dass die Geländer innerhalb von drei Wochen in Ordnung gebracht werden mussten. Der bestehende Zustand hätte eine Sperrung der Balkone und Dachterrassen erfordert, was bei diesem grösseren Projekt unweigerlich den Weg in die Presse gefunden hätte. Also galt es, schnellstmöglich umsetzbare Lösungen zu erarbeiten, die alle Anforderungen bezüglich Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit, Korrosionsschutz, Architektur etc. erfüllen. Vor der Ausführung mussten die gemeinsam erarbeiteten Massnahmen von den Experten beurteilt und von der Bauherrschaft freigegeben werden.

Verstärkung der Brüstungskonstruktion

Zur Verstärkung der Tragstruktur der geschlossenen Brüstungen wurden unter anderem die folgenden Massnahmen getroffen:

1. Verstärkung der paarweise angeordneten Konsolen aus 3 mm starken Edelstahlblechen mittels >

Balustrades de balcon instables sur un immeuble plurifamilial peu avant la remise de l'objet

Un exemple de l'activité d'expertise en sinistres d'AM Suisse : le cas montre l'intérêt d'une expertise neutre orientée solution. Le contenu décrit le processus d'amélioration, de l'analyse de la situation à l'élaboration d'une solution et sa mise en œuvre en passant par la conciliation des parties impliquées.

Lors de l'achèvement du premier de trois grands immeubles plurifamiliaux, le maître d'ouvrage a remis en question la stabilité des balustrades déjà entièrement montées sur les balcons et l'attique. Compte tenu de ses doutes, le maître d'ouvrage a chargé AM Suisse de faire évaluer par un de ses experts en sinistres la stabilité de la construction et le respect des normes en vigueur malgré l'attestation écrite de conformité aux normes émise par le fabricant. Lors d'une première visite en présence de

toutes les parties impliquées, l'expert a estimé que les réserves du maître d'ouvrage étaient compréhensibles et qu'un examen statique approfondi des balustrades était utile.

Garde-corps en construction légère avec partie supérieure vissée

Les balustrades des balcons et de l'attique se composent des deux éléments suivants, qui ont été fabriqués par deux entreprises différentes :

1. Un garde-corps fermé réalisé par le constructeur de la façade. Celui-ci se

compose d'une structure porteuse en profilés d'aluminium fixée au gros œuvre à l'aide de consoles en inox. La structure porteuse est habillée d'éléments en béton fibré à fixations cachées côté extérieur, et de tôle d'aluminium ainsi que d'un bardage en bois côté intérieur.

2. Une partie supérieure en balustrade réalisée par le constructeur métallique et vissée au garde-corps susmentionné. Les montants sont composés de plusieurs éléments assemblés par vissage. La partie inférieure comporte des profilés

plats d'aluminium de 40 × 30 mm, avec deux étriers en acier plat de 30 × 10 mm pliés en forme de fourche et un support de main courante en tube d'acier rectangulaire de 30 × 20 × 2 mm. La main courante soudée sur le support de main courante est constituée d'un tube d'acier rectangulaire de 50 × 30 × 2 mm.

Les calculs de contrôle de la construction établis en quelques jours avec le concours d'un second expert en sinistres sur la base des normes en vigueur, notamment des normes SIA 260 et 261,



Bild 6: Verformungen (gegen links) des Geländeroberteils bei der Bauteilprüfung. Figure 6 : Déformations (vers la gauche) de la partie supérieure de la balustrade lors du test des éléments de construction



Bild 1: Ansicht Innenseite Attikageländer.
Figure 1 : Vue de la balustrade de l'attique côté intérieur

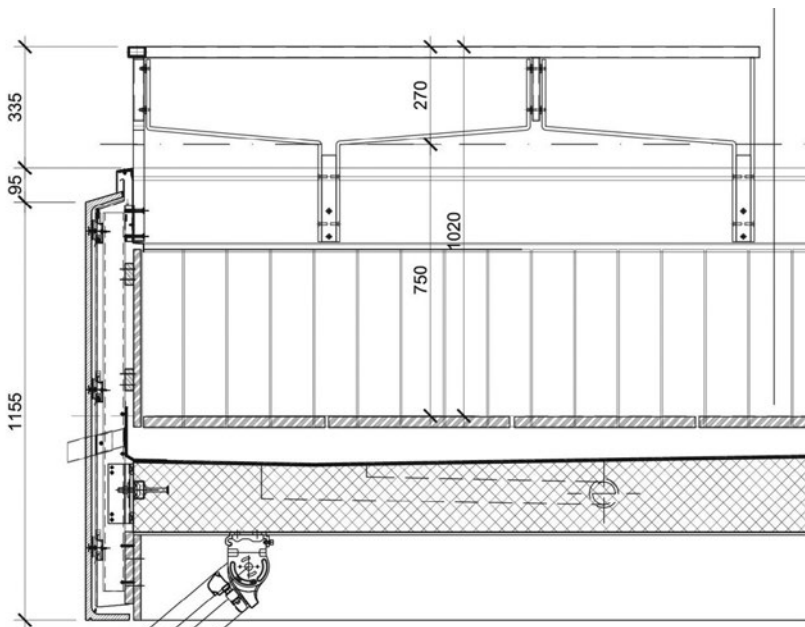


Bild 2: Vertikalschnitt mit Ansicht Seitenabschluss Balkon.
Figure 2 : Coupe verticale avec vue de la finition latérale d'un balcon

ont montré quelques points faibles. Une sécurité structurale insuffisante et des flambages en utilisation supérieurs aux valeurs autorisées ont été diagnostiqués au niveau du garde-corps et de la balustrade supérieure vissée. Le constructeur de façade a fait contrôler son garde-corps par un ingénieur avant de le réaliser. Les points faibles décrits ci-après n'ont cependant pas été détectés ou examinés plus en détail lors du calcul bidimensionnel effectué dans ce cadre. Les essais des éléments de construction effectués par les deux entreprises selon les spécifications des experts en augmentant les contraintes conformément aux normes ont confirmé les points faibles révélés par la statique 3D. Vu le caractère imminent de la réception des logements, il était clair pour toutes les parties que les balustrades devaient être mises en conformité sous trois semaines. En l'état, elles auraient nécessité la condamnation

des balcons et terrasses de toit, ce qui n'aurait pas manqué d'alerter la presse compte tenu de l'ampleur du projet. Il a donc fallu élaborer au plus vite des solutions réalisables répondant à toutes les exigences en termes de sécurité structurale, d'aptitude à l'usage, de protection contre la corrosion, d'architecture, etc. Avant leur exécution, les mesures définies conjointement ont dû être évaluées par les experts et validées par le maître d'ouvrage.

Consolidation du garde-corps

Pour renforcer la structure porteuse des garde-corps fermés, les mesures suivantes ont notamment été prises :
1. Renforcement des consoles appariées en tôles d'inox de 3 mm d'épaisseur en calant une tôle d'inox de 6mm d'épaisseur sous chaque vis de fixation M12. La figure 4 montre les zones (en rouge) où la limite d'élasticité est dépassée sur les

consoles non renforcées. Sur la figure 5, on peut voir la plaque de renforcement ajoutée sous la vis de fixation des consoles. Cette mesure a permis d'établir la sécurité structurale des consoles et d'augmenter significativement la rigidité du garde-corps.

2. Étayage de la section ouverte supérieure des montants en aluminium, car la paroi simple des tubes ne supporte pas le moment fléchissant de la partie haute en balustrade fixée dessus. L'installation des renforts simples décrits ci-dessus a engendré une charge de travail considérable pour le constructeur de façade. Il a en effet fallu déposer et remonter le revêtement constitué d'éléments minces en béton fibré, d'une longueur pouvant atteindre 4 m. Cela a nécessité l'utilisation de grues et de plates-formes élévatoires mobiles, car l'échafaudage de façade et la grue de chantier avaient été démontés depuis

longtemps. Le constructeur de façade a donc d'autant plus impressionné l'expert en sinistres et le maître d'ouvrage par l'extrême rapidité de mise en œuvre des mesures décrites ci-dessus, faisant ainsi de nécessité vertu.

Contrôle et consolidation de la partie supérieure de la balustrade

La configuration géométrique de la balustrade en partie haute n'est pas idéale du point de vue statique. Les forces exercées sur la main courante ne sont pas transmises aux montants de façon axiale mais sont déviées latéralement jusqu'à 570 mm vers les montants via des étriers en acier plat formant une fourche. Ces étriers sont ainsi contraints à la torsion et les vissages subissent de ce fait d'importantes forces de traction. Avant que l'appel d'offres pour les balustrades ne fut lancé, un spécimen avait été fabriqué et sa structure, ainsi que >



Bild 3: Offengelegte Aluminium-Tragstruktur der Brüstung. Figure 3 : Structure porteuse visible du garde-corps, en aluminium

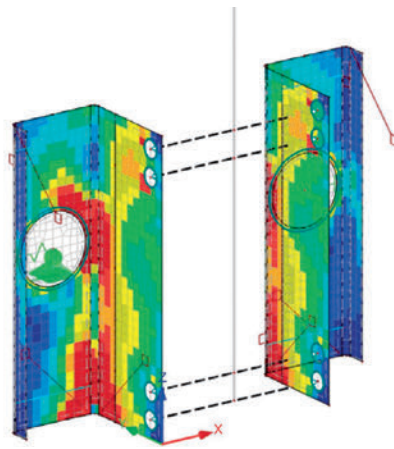


Bild 4: Spannungsverteilung bei den Konsolen in Edelstahlblech 3 mm. Figure 4 : Répartition des contraintes sur les consoles en tôle d'inox de 3 mm



Bild 5: Eingelegte Verstärkungsplatte in Edelstahlblech 6 mm. Figure 5 : Plaque de renfort en tôle d'inox de 6 mm

> unterlegen von je einem 6 mm starken Edelstahlblech unter die Befestigungsschraube M12. Bild 4 zeigt die Zonen (rot), wo die Streckgrenze an der unverstärkten Konsole überschritten wird. Auf Bild 5 ist das zusätzlich unter die Befestigungsschraube der Konsole eingebaute Verstärkungsblech sichtbar. Mit dieser Massnahme konnte die Tragsicherheit der Konsolen nachgewiesen und die Steifigkeit der Brüstungskonstruktion deutlich erhöht werden.

2. Aussteifung des oben offenen Rohrquerschnitts der Aluminiumpfosten, da die blosse Rohrwandung dem Biegemoment aus dem daran befestigten Geländeroberteil nicht standhält.

Der Einbau der oben beschriebenen, an sich einfachen Verstärkungen war für den Fassadenbauer mit einem erheblichen Aufwand verbunden. Dies weil die fertig montierten, bis 4 m langen Bekleidungen aus dünnwandigen, faserverstärkten Betonelementen entfernt und wieder montiert werden mussten. Dies, war nicht ohne den Einsatz von Mobilkranen und mobilen Arbeitsbühnen möglich, da Fassadengerüst und Baukran längst abgebaut waren. Umso mehr hat der Fassadenbauer den Schadenexperten und die Bauherrschaft mit einer äusserst speditiven Umsetzung der oben

beschriebenen Massnahmen beeindruckt und so sprichwörtlich aus der Not eine Tugend gemacht.

Prüfung und Verstärkung des Geländeroberteils

Die geometrische Ausbildung des Geländeroberteils ist aus statischer Sicht nicht ideal. Die vom Handlauf anfallenden Kräfte werden nicht axial auf die Pfosten übertragen, sondern bis zu 570 mm seitlich versetzt über einzelne gabelförmig gebogene Flachstahlbügel in die Pfosten eingeleitet.

Die erwähnten Bügel werden dadurch auf Torsion belastet und die Verschraubungen entsprechend grossen Zugkräften ausgesetzt. Noch vor der Ausschreibung der Geländer wurde ein Geländermuster hergestellt und dessen Konstruktion und Proportionen von den Architekten und der zuständigen Behörde zur Ausführung freigegeben. Da es sich beim Muster jedoch nur um ein etwa 1,2 x 1 m grosses Eckelement handelte, wurde das Nachgeben des Geländers bei einem linearen Verlauf - über mehrere Pfostenfelder - zu diesem Zeitpunkt nicht bemerkt. Weder von der ausschreibenden Stelle noch vom ausführenden Unternehmer wurde die Statik dieses Bauteils vor Ausführung gemäss den geltenden Normen überprüft. Die in Anwesenheit des Schadenexperten

vom Metallbauer durchgeführten Bauteilversuche zeigten klar die begrenzte Belastbarkeit dieser Konstruktion auf.

Die Tragsicherheit konnte zwar unter der gemäss den geltenden Normen geforderten Lastbeiwerten von 0,80 kN/m auf 1,26 kN/m erhöhten Horizontallast auf Handlauhöhe gemäss Norm SIA 261 für Geländer der Kategorie A nachgewiesen werden. Die dabei jedoch eingetretenen grossen plastischen Deformationen zeugten von den im Vorfeld mittels 3D-Statik ermittelten lokalen Überschreitungen der Streckgrenze. Zudem wurden bei der Gebrauchslast von 0,8 kN/m auf Handlauhöhe bis 50 mm horizontale Auslenkung (nur Geländer-Oberteil ohne Durchbiegung Brüstung) gemessen. Dies war teilweise auf die beiden elastischen Verschraubungen am Handlaufträger zurückzuführen, bei denen zur Aufnahme der Längenausdehnungen als Distanzhalter 6 mm dicke Gummischeiben eingebaut wurden. Durch den Austausch der Gummischeiben gegen 6 mm dicke Edelstahlscheiben wird eine Teileinspannung der oberen Bügelenden erreicht, was die Tragsicherheit der Konstruktion erhöht. In dieser Konfiguration wurde in weiteren Bauteilversuchen unter Gebrauchslast eine um rund 10 mm reduzierte horizontale Auslenkung er-

EXPERTISE / BALUSTRADES

> ses proportions, avaient été validées par les architectes et l'autorité compétente. Toutefois, comme ce spécimen consistait simplement en un élément d'angle d'environ 1,2 x 1 m, la défaillance de la balustrade en cas de contrainte linéaire sur plusieurs montants n'avait pas été détectée. Ni la partie adjudicatrice ni l'entreprise exécutante n'a contrôlé la statique de cet élément de construction selon les normes en vigueur avant sa réalisation. Les tests de composants effectués par le constructeur métallique en présence de l'expert en sinistres ont clairement montré la résistance limitée de cette construction.

La sécurité structurale a certes pu être établie selon la norme SIA 261 pour les balustrades de catégorie A en augmentant de 0,80 kN/m à 1,26 kN/m

la charge horizontale à hauteur de la main courante. Les importantes déformations plastiques constatées ont toutefois prouvé les dépassements locaux de la limite d'élasticité calculés en amont via la statique 3D. De plus, avec une charge d'exploitation de 0,8 kN/m à hauteur de la main courante, une déflexion horizontale jusqu'à 50 mm (uniquement la partie haute de la balustrade, sans flambement du garde-corps) a été mesurée. Cela tenait en partie aux deux vissages élastiques sur le support de main courante, au niveau desquels des rondelles en caoutchouc de 6 mm d'épaisseur avaient été montées comme entretoise pour absorber les dilatations en longueur. Le remplacement des rondelles en caoutchouc par des rondelles en inox de 6 mm d'épaisseur permet un

serrage partiel de l'extrémité supérieure des étriers, ce qui renforce la sécurité structurale de la construction. Dans cette configuration, une réduction de près de 10 mm de la déflexion horizontale a été calculée lors de tests supplémentaires des éléments en situation d'utilisation. Une réduction plus importante des déformations aurait nécessité des étriers en acier plat plus épais ou une modification de la géométrie des balustrades en partie haute, ce que n'ont souhaité ni l'architecte ni le maître d'ouvrage.

Recommandation de l'expert

Dans son rapport sur les contrôles des éléments de construction et les mesures théoriques effectués, l'expert a dressé le constat suivant :

1. Après la mise en œuvre des mesures

décrites, l'ensemble de la balustrade (garde-corps et partie supérieure) satisfait aux exigences de sécurité structurale.

2. Les déformations calculées ont certes été réduites sensiblement grâce aux renforts sur la structure du garde-corps et à l'utilisation d'entretoises en inox au lieu de celles en caoutchouc sur la partie supérieure, mais elles demeurent supérieures à toute norme avec au total 44 à 50 mm pour le garde-corps et la partie haute.

3. Étant donné que la sécurité structurale est prouvée et qu'il n'y a donc aucun risque de chute, le maître d'ouvrage peut approuver les balustrades renforcées avec les déformations calculées par l'expert dans le cadre d'une convention d'utilisation conformément à la norme SIA 260.



Bild 7: Die zwischenzeitlich durch Edelstahl ersetzten Gummi-Distanzscheiben als Verschraubung der Handlaufträger. Figure 7 : Les entretoises en caoutchouc depuis lors remplacées par des pièces en inox pour le boulonnage des supports de main courante.

mittelt. Eine weitere Reduktion der Verformungen hätte stärkere Flachstahlbügel oder eine veränderte Geometrie des Geländeroberteils erfordert, was jedoch weder seitens der Architekten noch der Bauherrschaft erwünscht war.

Empfehlung des Experten

In seinem Bericht zu den durchgeführten Bauteilprüfungen und rechnerischen Bemessungen hielt der Experte Folgendes fest:

1. Der Tragsicherheitsnachweis der gesamten Geländerkonstruktion (Brüstung und Oberteil) ist nach Umsetzung der beschriebenen Massnahmen erfüllt.
2. Die ermittelten Verformungen werden mit den Verstärkungen an der Brüstungsstruktur und dem Einsatz von Distanzscheiben aus Edelstahl statt Gummi am Geländeroberteil wohl spürbar reduziert, liegen jedoch mit 44 bis 50 mm insgesamt für Brüstung und Geländeroberteil nach wie vor über jeder Norm.
3. Da die Tragsicherheit nachgewiesen ist und damit kein Absturzrisiko besteht, kann die Bauherrschaft die verstärkten Geländer mit den vom Experten ermittelten Verformungen, entsprechend der Norm SIA 260 in einer Nutzungsvereinbarung genehmigen.

Nutzungsvereinbarung unterzeichnet

Gemäss der Norm SIA 260:2003 Anhang A, Tabelle 4 können von der Norm abweichende Grenzwerte der Durchbiegungen in einer Nutzungsvereinbarung vereinbart und in der Projektbasis festgelegt werden. Auf der Grundlage des Expertenberichts und nach der Überprüfung der ersten verstärkten Geländer vor Ort hat sich die Bauherrschaft dann mit den vorgeschlagenen Massnahmen einverstanden erklärt und die vom Experten ausgearbeitete Nutzungsvereinbarung mit den beteiligten Unternehmern unterzeichnet. In der Nutzungsvereinbarung wurde die zulässige horizontale Auslenkung der Geländer in Abhängigkeit der Einbausituation auf 44 bis 50 mm festgelegt.

Nur das allseitig kooperative, lösungsorientierte Verhalten sowie die sofortige Umsetzung der Massnahmen machten es überhaupt möglich, die Geländer am ersten Mehrfamilienhaus noch vor Bezug in Stand zu stellen. Bei den weiteren Mehrfamilienhäusern konnten die Verstärkungen im laufenden Bauprozess berücksichtigt werden.

Fazit

- Eine statische Überprüfung vor Ausführung ist auch bei Geländern unabdingbar. Als Grundlage dazu dient die Technische Richtlinie TR 001 der AM Suisse.
- Für komplexere Bauteile, insbesondere bei Blechkonstruktionen, empfiehlt sich eine Analyse mittels 3D-Statikprogramm.
- Generell und insbesondere bei einer Überschreitung der in der erwähnten Richtlinie genannten Verformungen ist der Abschluss einer Nutzungsvereinbarung zu empfehlen.
- Der Beizug des AM-Suisse-Schadenexperten hat in diesem Fall massgeblich zur schnellen Problemlösung und damit zur Schadensminimierung beigetragen. ■

Informieren Sie sich im Fachregelwerk. Das Fachregelwerk Metallbauerhandwerk - Konstruktionstechnik enthält im Kap. 2.38.1 wichtige Informationen zum Thema «Geländer».



Convention d'utilisation signée
Conformément à la norme SIA 260:2003 Annexe A Tableau 4, il est possible de convenir de valeurs limites de flexion s'écartant de la norme dans une convention d'utilisation, lesquelles sont spécifiées dans la base du projet. À partir du rapport de l'expert et après contrôle sur place des premières balustrades renforcées, le maître d'ouvrage a accepté les mesures proposées et a signé avec les entreprises impliquées la convention d'utilisation élaborée par l'expert. Dans la convention d'utilisation, la déflexion horizontale admissible pour les balustrades a été fixée entre 44 et 50 mm en fonction de la situa-

tion de montage. La mise en état des balustrades du premier immeuble plurifamilial avant l'emménagement n'a été possible que grâce à l'attitude coopérative et constructive de toutes les parties, ainsi qu'à la mise en œuvre immédiate des mesures définies. Pour les autres immeubles plurifamiliaux, les renforts ont pu être intégrés au cours du processus de construction.

Conclusion

- Même pour les balustrades, une étude statique avant la réalisation est indispensable. Celle-ci pourra s'appuyer sur la directive technique TR 001 d'AM Suisse.

- Pour les éléments de construction complexes, notamment pour les structures en tôle, il est recommandé de procéder à une analyse à l'aide d'un programme de statique en 3D.
- De manière générale et plus particulièrement en cas de dépassement des déformations indiquées dans la directive susmentionnée, la conclusion d'une convention d'utilisation est recommandée.
- Le recours à l'expert en sinistres d'AM Suisse a dans ce cas contribué dans une mesure déterminante à la résolution rapide du problème et donc à la réduction des dommages. ■