

EGB2000® Structural Roofing System



Coperture a volta cilindrica realizzate con lamiera EGB2000® Brollo

Circular vault assembled with EGB2000® Brollo sheets

Zylinderrörmige Abdeckung aus Trapezbleche EGB2000® Brollo hergestellt

Couverture en voute cylindrique réealisée avec des tôles EGB2000® Brollo

Cubiertas de arco cilíndrico realizadas con chapas EGB2000® Brollo

Negli ultimi anni la costante innovazione tecnologica delle linee di produzione, abbinata alla disponibilità di acciai con elevate caratteristiche meccaniche, ha permesso alle aziende di profilatura di incrementare notevolmente sul mercato la gamma dei prodotti in acciaio formati a freddo. La qualità e la varietà degli elementi oggi a disposizione dei progettisti e delle imprese che operano nel campo delle strutture sia in ambito civile che industriale, permettono agli operatori del settore di adottare soluzioni tecnologiche innovative di elevata qualità e a costi sempre minori.

Marcegaglia, grazie agli investimenti compiuti nel campo della ricerca e dell'innovazione tecnologica, ha messo a punto un sistema di copertura cilindrica a spinta eliminata realizzata con lamiere calandrate tipo EGB2000 SRS®, per la realizzazione di coperture autoportanti in grado di raggiungere luci fino a ieri «impensabili».

Le calcolazioni strutturali condotte, affiancate ad una serie di prove sperimentali, indicano come sia possibile adottare questa soluzione per luci fino a circa 20 m, con i carichi neve e vento indicati dalle normative vigenti.

La leggerezza degli elementi strutturali, la facilità di montaggio e l'adattabilità del sistema di appoggio alle varie situazioni che si possono presentare (strutture nuove o esistenti, in acciaio, cemento armato ordinario/precompresso, muratura o legno) rappresentano un ulteriore punto di forza del sistema di copertura e permettono al progettista di ampliare ulteriormente la gamma delle possibili soluzioni progettuali ottenendo, con costi contenuti, notevoli effetti di carattere architettonico.

The steady technological evolution of the production lines, together with the availability of steels with higher mechanical properties, has allowed the companies making cold formed elements to increase their range of steel cold drawn products.

Nowadays, the quality and variety of products available for designers and building companies operating in the civil and industrial fields allow to adopt innovative technological solutions with higher quality and lower costs.

Thanks to investments in research and technological innovation, Marcegaglia developed a system of curved roofing with chain made with curved sheets EGB2000 SRS®, to build self supporting roofs covering distances between the supports unimaginable till now.

The stress calculations, together with several physical tests, confirm that the longest possible covering span is up to about 20 m, with snow and wind loads as per current standards.

The lightness of the structural elements, the ease in their assembling and the adaptability of the bearing system to any different situations, that could occur (new or existing structures made of steel, ordinary/prestressed reinforced concrete, masonry or wood) are a further point in favor of this roofing system and allow the designer to expand the range of design solutions, achieving with lower costs remarkable architectural effects.



Die fortwährenden technologischen Fortschritte in den letzten Jahren im Zusammenhang mit der Herstellung von Stahl höchster mechanischer Qualität, hat die Herstellung einer breiter Palette von kaltgewalzten Stahlprodukten für den Markt erlaubt. Dank der Qualität und Verschiedenartigkeit der Bauelemente für industrielle und zivile Projekte, die heutzutage den Architekten und Bauunternehmen zur Verfügung stehen, können die Kosten immer geringer gehalten werden.

Marcegaglia, hat dank grosser Investitionen in die Forschung und bei technologischen Weiterentwicklungen ein System von Trapezblechen mit Belastungsdruckreduktion durch Kalanderbleche vom Typ EGB2000 SRS® entwickelt, mit welchen bis heute undenkbar Spannweiten für freitragende Deckenelemente erreicht werden können.

Die strukturellen Berechnungen im Zusammenhang mit den durchgeführten Experimentalversuchen haben ergeben, dass diese Lösung für lichte Spannweiten bis 20 Meter anwendbar ist, wobei Schneelast und Winddruck den vorgeschriebenen gesetzlichen Werten entsprechen.

Die Leichtigkeit der tragenden Bauteile, die Mühelosigkeit des Einbaus und die Anpassungsfähigkeit des Auflagesystems an verschiedene Bedingungen (schon existierende bzw. neue Konstruktionen aus Stahl, Stahlbeton, Holz oder Mauer) sind weitere Stärken dieses Systems und erlauben die Gestaltung verschiedener architektonischer Lösungen bei reduzierten Kosten.

Au cours des dernières années, la constante innovation technologique des chaîne de production associée à la disponibilité des aciers à hautes caractéristiques mécaniques a permis aux entreprises de profilage de développer sur le marché, une large gamme de produits en acier moulés à froid. La qualité et la variété des éléments actuellement à disposition des maquettistes et des entreprises opérant sur le champ des structures tant dans le domaine civil qu'industriel permettent aux opérateurs du secteur d'adopter de nouvelles solutions technologiques, de haute qualité et à un coût toujours plus faible. Marcegaglia, grâce aux investissements réalisés dans le domaine de la recherche et de l'innovation technologique, a mis au point un système de couverture cylindrique à poussée chassée réalisée à partir de tôles calandrées de type EGB2000 SRS® pour la réalisation de couvertures autoportantes capables d'obtenir une densité de lumière, encore hier «impensable».

Le calibrage des structures qui ont été menées, ajoutées à une série d'expériences expliquent comment il peut être possible d'adopter cette solution pour obtenir de la lumière jusqu'à environ 20 m, en tenant compte des normes en vigueur relatives aux conditions atmosphériques (neige, vent). La légèreté des éléments structuraux, la facilité de montage et l'adaptabilité du système d'appui face aux différentes situations qui peuvent se présenter (nouvelles constructions, ou structures déjà existantes, en acier, béton armé ordinaire/précontraint, maçonnerie ou bois) représentent un ultérieur point de force du système de couverture et permettent au maquettiste d'amplifier ultérieurement la gamme des solutions possibles envisagées, obtenant, à moindre coût, des effets à caractère architectural surprenants.

Durante los últimos años la constante innovación tecnológica de las líneas de producción combinada con la disponibilidad de aceros con elevadas características mecánicas ha permitido a las empresas de perfilado el incrementar notablemente sobre el mercado la gama de productos de acero conformados en frío. La calidad y la variedad de los elementos hoy en disposición de los proyectistas y de las empresas que operan en el campo de las estructuras ya sea en el ámbito civil como en el industrial permiten a los empresarios del sector adoptar soluciones tecnológicas innovadoras de elevada calidad con costes siempre menores.

Marcegaglia, gracias a las inversiones realizadas en el campo de la investigación y el desarrollo tecnológico, ha ideado un sistema de cubierta cilíndrica con tensor realizada con chapas curvadas tipo EGB2000 SRS® para la realización de cubiertas autoportantes capaces de alcanzar luces hasta ayer «impensables».

Los cálculos estructurales realizados junto a una serie de pruebas experimentales indican cómo es posible aplicar esta solución para luces de hasta 20 m, con las cargas de nieve y viento indicadas por la normativa vigente.

La ligereza de los elementos estructurales, la facilidad de montaje y la adaptabilidad del sistema de apoyo a las diversas situaciones que se puedan presentar (estructuras nuevas o ya existentes, de acero, hormigón armado ordinario/pretensado, albañilería o madera) representan un ulterior punto de fuerza del sistema de cubierta y permiten al proyectista ampliar ulteriormente la gama de las posibles soluciones obteniendo, con costes limitados, efectos notables de carácter arquitectónico.

Casa unifamiliare con struttura in acciaio e muratura tradizionale

Private house with steel structure and traditional masonry
Einfamilienhaus mit Bauelementen in Stahl und Mauerwerk
Maison unifamiliale en structure d'acier et maçonnerie traditionnelle
Casa unifamiliar con estructura de acero y albañilería tradicional



Esempi di applicazione

Examples of applications
Verlegungsbeispiel
Essai d'application
Ejemplos de aplicación



Tecnologia: ricerca e innovazione

*Technology: research and innovation - Technologie: Forschung und Erneuerungen
Téchnologie: recherche et innovation - Tecnología: investigación e innovación*

Lo sviluppo del sistema di copertura prende avvio nel 1994 con la messa a punto di una calandra idonea a realizzare elementi di arco circolare con raggi da 15 m a 30 m, partendo da una lamiera di terza generazione denominata EGB2000®.

Il profilato di notevole altezza (175 mm), prodotto da coils certificati di spessore da 0,8 mm fino a 1,35 mm, è caratterizzato da una forma degli irrigidimenti innovativa e ha presentato sin da subito caratteristiche resistenziali ben superiori a quelle prevedibili a tavolino applicando le indicazioni di calcolo contenute nelle normative all'epoca vigenti.

Di qui ha avvio un programma di ricerca pluriennale che vede l'azienda impegnata con propri tecnici e consulenti esterni ad un serrato lavoro, sia teorico che sperimentale, atto a valutare la corrispondenza tra le previsioni teoriche e le risultanze sperimentali.

Da una prima serie di prove condotte su elementi di lamiera EGB2000® sono state ricavate le

resistenze del profilato per azioni di compressione e pressoflessione a piccola e grande eccentricità. Tali dati sono stati la base per una corretta valutazione in termini di diagramma di interazione M-N dell'elemento strutturale.

La messa a punto del sistema arco in "EGB2000 SRS® + catena" è proseguita quindi con una serie di studi tecnologici riguardanti il sistema di attacco e con calcolazioni riguardanti le possibili applicazioni. E si è conclusa con una serie di prove sperimentali in scala al vero atte a verificare il comportamento del complesso strutturale, passo essenziale prima di immettere sul mercato il prodotto.

Le risultanze sperimentali hanno confermato la validità delle scelte effettuate, sia in termini di portata che di comportamento deformativo, e hanno indicato come l'utilizzo di lamiere grecate possa ulteriormente svilupparsi nel campo sia dell'ingegneria civile che dell'architettura.

The development of the roofing system started in 1994, by setting up a bending machine designed to make curved elements with a radius between 15 and 30 m, utilizing a third generation sheet named EGB2000®.

The section of remarkable height (175 mm), produced with certified coils of thickness ranging from 0.8 mm to 1.35 mm, was characterized by the innovative form of the stiffening ribs and showed from the very beginning higher characteristics of strength than those expected from theoretical calculations, which were performed applying the standards of the time.

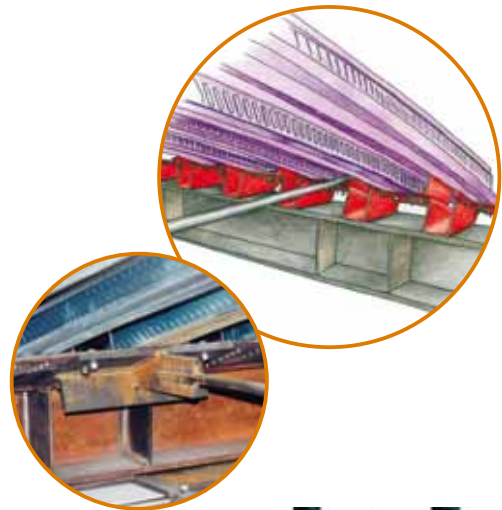
A multiyear R&D program has started since then, with the company fully committed, with its technicians and external consultants, to evaluating the correlation between theoretical estimations and test results.

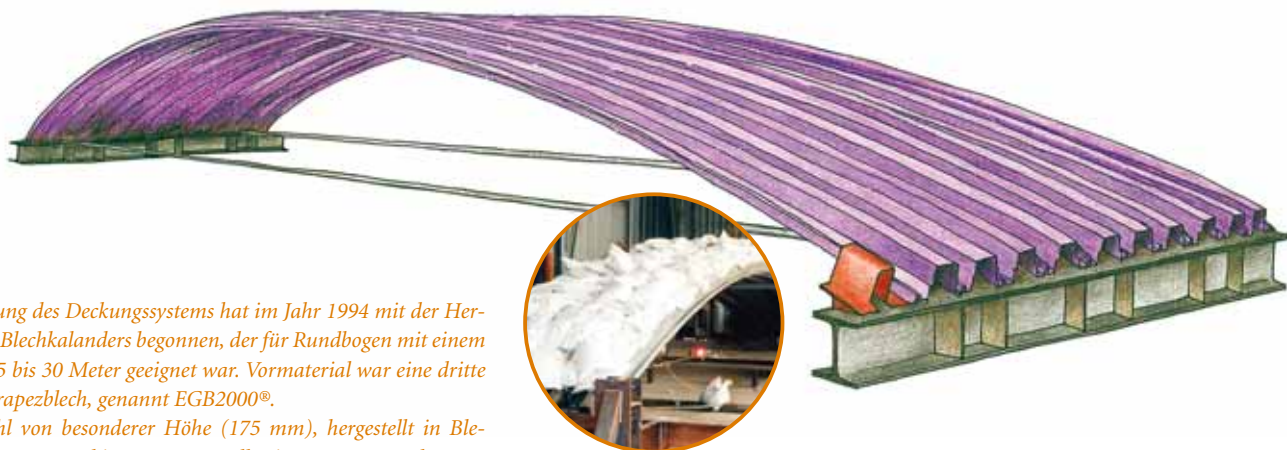
A first set of tests performed on elements from the sheet EGB2000® has provided the values of resistance of the profile to compressive and combined compressing and bending stress at low and high eccentricity. These values were the basis for a correct evaluation in terms of interaction diagram between axial load and bending of the EGB2000® structural element.

The development of the vault system "EGB2000 SRS® + chain" continued then with technological studies regarding the fixing system and with calculations concerning the possi-

ble applications. And it finished with a series of full scale tests, in order to verify the performance of the structural unit, crucial step before launching the product on the market.

The experimental results confirmed the validity of the choices made, both for the capacity load and the deformation performance, and showed that the use of trapezoidal sheets could be further developed both in civil engineering and architecture.





Die Entwicklung des Deckungssystems hat im Jahr 1994 mit der Herstellung eines Blechkalenders begonnen, der für Rundbögen mit einem Radius von 15 bis 30 Meter geeignet war. Vormaterial war eine dritte Generation Trapezblech, genannt EGB2000®.

Der Profilstahl von besonderer Höhe (175 mm), hergestellt in Blechstärken von 0,8 mm bis 1,35 mm, stellt eine neue Form der Verstärkungen dar. Die mechanischen Werte haben theoretisch weitgehend die vorgeschriebenen gesetzlichen Spezifikationen von damals überschritten. Fa. Brollo hat dann in einem mehrjährigen Projekt durch Techniker und Außendienstmitarbeiter die Wechselbeziehungen zwischen den theoretischen Werten und den Versuchsergebnissen überprüft. Durch Versuche mit EGB2000® Trapezblech hat man den Widerstand des Profilstahls gegen Verformung unter Last und die Durchbiegefestigkeit ermittelt. Diese Daten sind die Basis um eine richtige Bewertung der Zusammenhänge der M-N Daten des Diagrammes mit den Bauelementen durchführen zu können.

Das Projekt Rundbogen System in "EGB2000 SRS® + Kette" ist dann mit einer Reihe technologischer Forschungen über das Befestigungssystem fortgesetzt und mit praxisbezogenen Modellversuchen abgeschlossen worden, alles notwendige Schritte um das Material vermarkten zu können.

Die Ergebnisse dieser Versuche haben die Gültigkeit der getroffenen Auswahl im Hinblick auf Tragfähigkeit und Verformungswiderstand bestätigt und bewiesen, dass die Verwendung von Trapezblechen ein großes Verwendungspotential hat und als Tragelement von großer Bedeutung für viele Bereiche des Hochbaus sein kann.

Le développement du système de couverture prend naissance en 1994 avec la mise au point d'une calandre capable de réaliser des éléments d'arc circulaire d'un rayon allant de 15 à 30 m, partant d'une tôle de troisième génération appelée EGB2000®. Le profil à froid d'une hauteur considérable (175 mm), produit de coils certifiés d'une épaisseur allant de 0,8 à 1,35 mm, est caractérisé par une nouvelle forme de raidissement (durcissement, refroidissement) innovatrice et a présenté aussitôt une résistance bien supérieure à celle prévue en théorie, mettant en application les bases de calcul contenues dans les normes en vigueur de l'époque.

C'est alors que démarre un programme de recherche pluriannuel et on voit l'entreprise, avec ses propres techniciens et consultants externes menant de sérieuses études théoriques et expérimentales aptes à évaluer le rapport entre les prévisions théoriques et les résultats expérimentaux. Suite à une première série d'essais effectués sur des éléments en tôle EGB2000®, nous avons pu constater la résistance du profil à froid par action de compression et de pressoflexion à basse et haute excentricité. De tels résultats ont été la base d'une évaluation correcte, en terme de diagramme d'interaction M-N de l'élément structural.

La mise au point du système arc en "EGB2000 SRS® + chaîne" a été donc suivie d'une série d'études technologiques relatives au système d'attaque et avec un calibrage considérant toutes les applications possibles; et s'est conclue avec une série d'essais expérimentaux sur une échelle réelle capable de vérifier le comportement du complexe structural, étape nécessaire avant le lancement du produit sur le mar-

ché. Les résultats expérimentaux ont confirmé la validité des choix effectués aussi bien en termes de portée qu'au niveau du comportement de déformation, et ont prouvé comment l'emploi des tôles grecques peut ultérieurement se développer dans le futur tant dans le domaine de l'ingénierie civile que celui de l'architecture.

El desarrollo del sistema de cubierta arranca en 1994 con la puesta a punto de una curvadora idónea para realizar elementos de arco circular con radios de 15 m a 30 m, partiendo de una chapa de tercera generación denominada EGB2000®.

El perfil de notable altura (175 mm), fabricado a partir de bobinas certificadas con espesor de 0,8 mm hasta 1,35 mm, se caracteriza por la forma innovadora de las embudiciones y presentó de el primer momento características de resistencia bien superiores a las previstas y tabuladas aplicando las indicaciones de cálculo contenidas en las normativas vigentes en aquel momento. Arranca por lo tanto un programa de investigación a varios años que compromete a la empresa con técnicos propios y consultores externos a una intensa actividad tanto teórica como experimental para valorar la correspondencia entre las previsiones teóricas y los resultados experimentales.

De una primera serie de pruebas realizadas sobre elementos de chapa EGB2000® se obtuvieron las resistencias del perfil por acciones de compresión y flexión bajo presión con pequeña y gran excentricidad. Tales datos fueron la base para una correcta valoración en términos de diagrama de interacción M-N del elemento estructural.

La puesta a punto del sistema arco con "EGB2000 SRS® + cadena" prosiguió pues con una serie de estudios tecnológicos relativos al sistema de anclaje y con cálculos relativos a las posibles aplicaciones y concluyó con una serie de pruebas experimentales a escala real con el objetivo de verificar el comportamiento del complejo estructural, paso esencial previo a la introducción del producto en el mercado.

Los resultados experimentales confirmaron la validez de las decisiones adoptadas sea en términos de resistencia como de comportamiento ante la deformación e indicaron cómo el uso de las chapas grecadas puede ser ulteriormente desarrollado en el campo de la ingeniería civil y de la arquitectura.

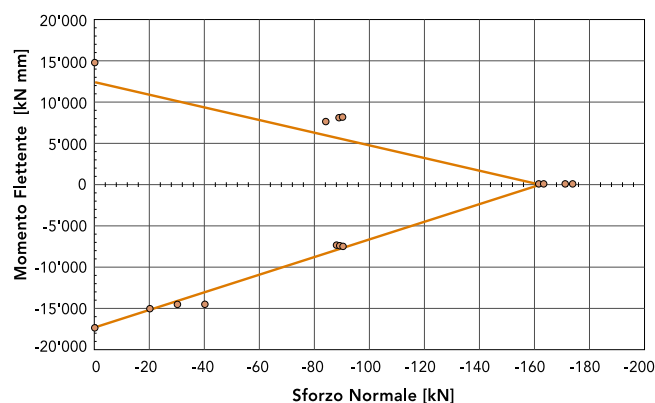
Diagramma di interazione per lamiera spessore 12/10 in Fe280 G

Interaction diagram for trapezoidal sheets thickness 12/10 mm in Fe280 G

Diagramm für Bleche Dicke 12/10 mm in Fe280 G

Diagramme d'interaction M-N pour une tôle d'épaisseur 12/10 en Fe280 G

Diagrama de interacción para chapas con espesor 12/10 en Fe280 G



Progetto

Project - Projekt - Projet - Proyecto

ANALISI DEL COMPORTAMENTO E INDICAZIONI PROGETTUALI

Il sistema di copertura è costituito da una volta circolare a spinta eliminata, posta in semplice appoggio su travi di banchina. La lamiera che costituisce la volta è un elemento molto deformabile se analizzato "isolato" dal sistema, con comportamento comunque facilmente prevedibile utilizzando le usuali tecniche di calcolo.

La elevata deformabilità dell'arco viene altresì sfruttata per controllare agevolmente la pretensione della catena e per compensare eventuali errori di montaggio senza far variare in maniera rilevante lo stato tensionale nella lamiera grecata.

Il regime deformativo del sistema "arco+catena" è invece governato dalla catena stessa e dalla sua rigidità assiale. E assume nelle applicazioni correnti valori molto contenuti ed in linea con le richieste di deformabilità delle strutture ad essa collegate. Per un corretto proporzionamento degli elementi strutturali bisogna quindi garantire il fun-zionamento della catena sia per le azioni verticali di maggior entità che per quelle di minor valore. In linea con i criteri di sicurezza della attuale normativa, ed indipendentemente dal metodo di verifica adottato (stati limite o tensioni ammissibili), le verifiche condotte sulla catena sono le seguenti:

- H_o → il valore di calcolo delle azioni di presollecitazione
- δH_g → la variazione di tiro nella catena indotta dalle azioni permanenti
- δH_w → la variazione di tiro nella catena indotta dal vento (depressione)
- $\pm \delta H_g$ → la variazione di tiro nella catena dovuta a variazioni termiche arco/catena
- δH_q → la variazione di tiro nella catena indotta dai carichi verticali (neve...)

verifica del tiro minimo nella catena:

$$0.9xH_o + \delta H_g + 1.5x\delta H_w - 1.2x |\delta H_T| \geq 0$$

ovvero essendo $\delta H_w < 0$ deve essere:

$$0.9xH_o + \delta H_g + 1.5x |\delta H_w| + 1.2x |\delta H_T| \geq 0$$

calcolo sezione minima della catena (metodo agli stati limite):

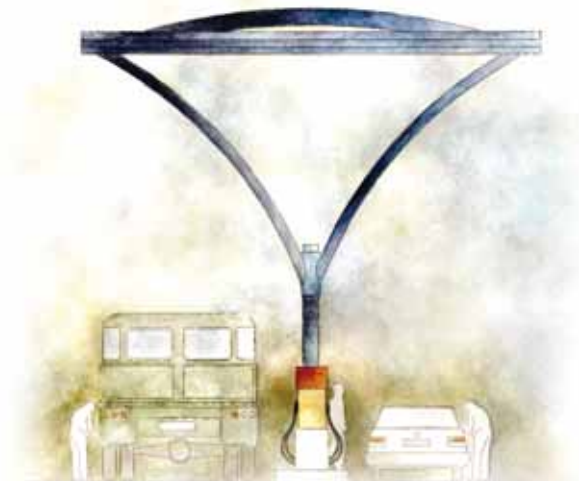
$$1.2xH_o + 1.4x\delta H_g + 1.5x\delta H_q + 1.2x |\delta H_T| \leq A_c x f_y$$

calcolo sezione minima della catena (metodo alle tensioni ammissibili):

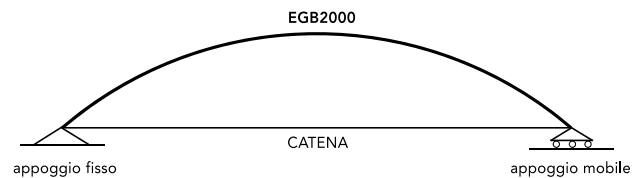
$$H_o + \delta H_g + \delta H_q + |\delta H_T| \leq A_c x \sigma_{adm}$$

Per le verifiche di resistenza del giunto e dell'arco si utilizzano le consuete regole di calcolo con i coefficienti di sicurezza indicati nella normativa vigente e quindi differenziati a seconda che si operi con gli stati limite o con il metodo alle tensioni ammissibili.

La verifica delle due disuguaglianze sopraccitate, grazie all'elevata portanza dell'EGB2000 SRS®, garantisce la corretta funzionalità del sistema e quella "comprovata sicurezza non inferiore a quella qui prescritta" come riportato nel D.M. 09/01/1996 riguardante le "Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche".



Stazione di servizio
Gas station
Tankstelle
Station de service
Estación de servicio



Schema statico
Static scheme
Statistisches Schema
Schéma statique
Esquema estático



PERFORMANCE ANALYSIS AND TECHNICAL INDICATIONS

The roofing construction system consists of a simple supported circular vault with chain. The trapezoidal sheet forming the vault is a highly deformable element if analyzed when "isolated" from the system, although easily predictable applying the usual calculation techniques. The high deformation of the vault is also used to control the pre-stress of the sheet and offset any possible misassembling, without significantly affecting the tensions in the sheet.

The deformation of the system "vault + chain" is driven by the chain itself and its axial stiffness, and shows in the current applications minimal values, thus meeting the deformability requirements of the connected structures.

For a proper proportioning of the structural elements, it is then necessary to guarantee the correct working of the chain, both for the most important vertical actions and the least significant ones. The following verifications on the chain performance, in line with the current safety standards and independently from the test method used (Allowable Stress method or ULS method), have been performed:

- H_o → calculated value of the prestressed chain
- δH_g → variation of tensile stress in the chain due to deadload
- δH_w → variation of tensile stress in the chain due to the wind (depression)
- $\pm \delta H_g$ → variation of tensile stress in the chain due to different temperature between chain and vault
- δH_q → variation of tensile stress in the chain due to live load (snow, ...)

check of the minimal value of the stress in the chain:

$$0.9 \times H_o + \delta H_g + 1.5 \times \delta H_w - 1.2 \times |\delta H_T| \geq 0$$

being $\delta H_w < 0$ it has to be:

$$0.9 \times H_o + \delta H_g + 1.5 \times |\delta H_w| + 1.2 \times |\delta H_T| \geq 0$$

calculation of the minimal section of the chain (ULS method):

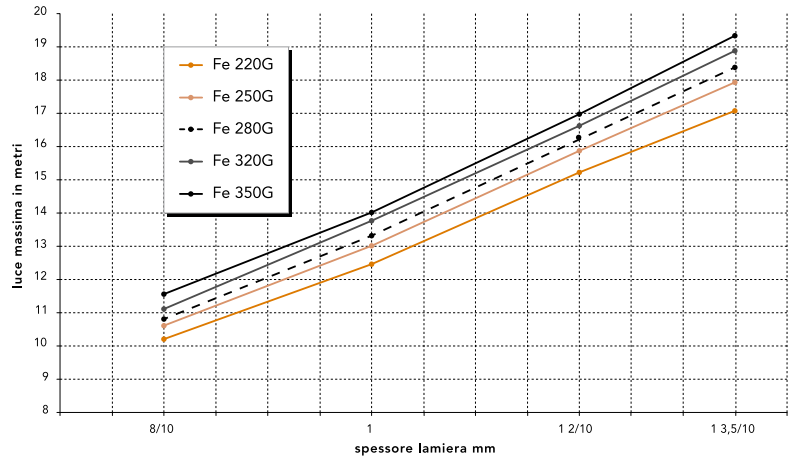
$$1.2 \times H_o + 1.4 \times \delta H_g + 1.5 \times \delta H_q + 1.2 \times |\delta H_T| \leq A_c \times f_y$$

calculation of the minimal section of the chain (AS method):

$$H_o + \delta H_g + \delta H_q + |\delta H_T| \leq A_c \times \sigma_{adm}$$

The resistance test of the joint and the vault are performed following the usual computing rules, with the current standard safety factors, that differ whether you are using the ULS or ASD methods.

The verification of the two above inequalities guarantees, thanks to the high load bearing attitude of EGB2000 SRS, the correct functionality of the system and "the tested safety not lower than the herein prescribed" according to the Italian standard (D.M. 09/01/1996) "Technical Standards for Stress Analysis, Construction and Testing for Reinforced Concrete Structures, Normal and Precompressed, and Metallic Structure".



Luci massime raggiungibili

- neve qsk = 1,6 kN/mq • vento in depressione -0,5 kN/mq

Maximum achievable span

- snow qsk = 1,6 kN/mq • wind in depression -0,5 kN/mq

Max. Spannweite erreichbar

- Schnee qsk = 1,6 kN/mq • Wind -0,5 kN/mq

Maximum de lumière atteint

- neige qsk = 1,6 kN/mq • vent en dépression -0,5 kN/mq

Luces máximas alcanzables

- nieve qsk = 1,6 kN/mq • viento en depresión -0,5 kN/mq



Sezione di una stazione di metropolitana con struttura portante in acciaio

Section of an underground station with steel load bearing structure

Sektion einer U-Bahnstation mit Stahlkonstruktion

Section d'une station de métro avec structures portantes en acier

Sección de una estación de metro con estructura portante de acero



ANALYSE DU COMPORTEMENT ET INDICATIONS

Le système de couverture est constitué d'une voûte circulaire à poussée éliminée placée en simple appui sur une poutre d'accotement.

La tôle qui constitue la voûte est un élément très déformable s'il est analysé séparément du système, avec toutefois une réaction prévisible si l'on s'appuie sur les traditionnelles techniques de calcul. La haute déformabilité de l'arc permet en outre de contrôler aisément la prétension de la chaîne et de compenser les éventuelles erreurs de montage sans faire varier sensiblement la tension de la tôle grècquée.

Le régime de déformation du système "arc + chaîne" est géré en revanche de sa chaîne et de la rigidité de son axe et prend au cours des applications cour-rentes, des valeurs très limitées et tient compte des demandes de déformabilité des structures qui lui sont associées. Pour une correcte proportionnalité des éléments structuraux, il est donc nécessaire de garantir le fonctionnement de la chaîne aussi bien pour les mouvements verticaux de majeure importance que pour ceux de valeur mineure. Tenant compte des normes de sécurité actuelles et indépendamment des méthodes de vérification adoptées (limite d'états ou tensions admissibles), les vérifications menées sur la chaîne sont les suivantes:

H_o → la valeur de calcul de l'action de présollicitation

δH_g → la variation de tire dans la chaîne induite des actions permanentes

δH_w → la variation de tire dans la chaîne induite par le vent (dépression)

$\pm \delta H_g$ → la variation de tire dans la chaîne due à des variations thermiques arc/chaîne

δH_q → la variation de tire dans la chaîne induite des charges verticales (neiges,...)

vérification du tire minimum de la chaîne:

$$0.9xH_o + \delta H_g + 1.5x\delta H_w - 1.2x |\delta H_T| \geq 0$$

ou bien soit $\delta H_w < 0$:

$$0.9xH_o + \delta H_g + 1.5x |\delta H_w| + 1.2x |\delta H_T| \geq 0$$

calcul section minime de la chaîne (méthode des USL):

$$1.2xH_o + 1.4x\delta H_g + 1.5x\delta H_q + 1.2x |\delta H_T| \leq A_c x f_y$$

calcul section minime de la chaîne (méthode des tensions admissibles):

$$H_o + \delta H_g + \delta H_q + |\delta H_T| \leq A_c x \sigma_{adm}$$

Pour vérifier la résistance du joint et de l'arc, nous utilisons les règles de calcul habituelles avec les coefficients de sécurité indiqués par les normes en vigueur et donc différents dans le cas où l'on applique l'une ou l'autre méthode.

La vérification des deux inégalités citées ci-dessus garantie grâce à la grande portance de l'EGB2000 SRS®, la fonctionnalité du système et celle de "la preuve d'une sécurité non inférieure à celle étant ici prescrite" comme nous le souligne le D.M. 09/01/1996 relatif aux "Normes Techniques de calcul, d'exécution et d'essai des structures en béton armé, normal et précontraint et pour les structures métalliques".



Edificio industriale e per uffici realizzato con struttura in cemento armato

Industrial and office building with reinforced concrete structure

Gebäude für Büro und Werkstätte, mit Bauelementen in Stahl

Etablissement industriel avec bureaux réalisés en béton armé

Edificio industrial y para oficinas realizado con estructura de hormigón armado

ZUSTANDSANALYSEN UND INDIKATOREN

Das Deckungssystem von Rundbogen-Trapezblechen mit gleichmäßig verteilter Belastung wird einfach über die Tragkonstruktion gelegt. Für diese Deckung sind starke Verformungen wie im isolierten System analysiert möglich. Diese Verformung ist aber sehr leicht kalkulierbar, wenn die übliche Berechnungstechnik verwendet wird. Die große Verformungsfähigkeit des Rundbogens wird auch benutzt, um die Vorspannung der Kette zu kontrollieren und um ev. Montagefehler auszugleichen, ohne die Vorspannung der Trapezbleche erheblich zu ändern. Die Verformungsart des "Rundbogen + Ketten Systems" ist im Gegenteil von den Ketten selbst und von der axialen Festigkeit gesteuert. Diese Verformungsart entspricht bei regelkonformer Verwendung tabellarischen Werten. Damit das Verhältnis zwischen den verschiedenen Bauelementen aufrecht bleibt, muss man die Funktion der Kette, sowohl für starke vertikale Kräfte, als auch für geringere Werte gewährleisten. Hier folgt ein Verzeichnis der Versuche, die die Fa. Brollo entsprechend heutigen Gesetzen, über die Kette durchgeführt hat (Grenzwerte oder erlaubte Spannungen):

H_o → Kalkulationswerte der Kräfte der Vorspannung

δH_g → Änderung der Kettenzugbelastung durch ständige Belastung

δH_w → Änderung der Kettenzugbelastung durch Windlast

$\pm \delta H_g$ → Änderung der Kettenzugbelastung durch thermische Einflüsse auf Bogen/Kette

δH_q → Änderung der Kette wegen vertikaler Belastung (Schnee,...)

Überprüfung der Mindestzugbelastung der Kette:

$$0.9xH_o + \delta H_g + 1.5x\delta H_w - 1.2x |\delta H_T| \geq 0$$

d.h. wenn $\delta H_w < 0$ ergibt sich:

$$0.9xH_o + \delta H_g + 1.5x |\delta H_w| + 1.2x |\delta H_T| \geq 0$$

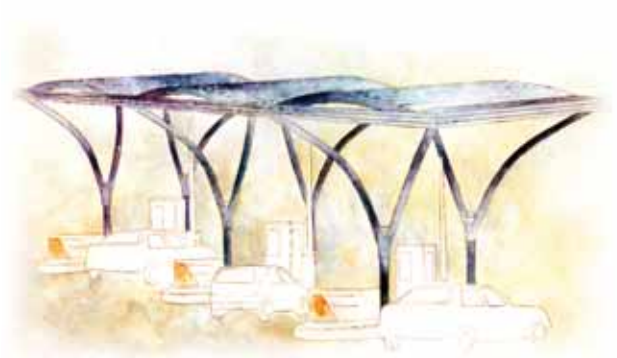
Berechnung der Mindeststärke der Kette (Grenzwertmethode):

$$1.2xH_o + 1.4x\delta H_g + 1.5x\delta H_q + 1.2x |\delta H_T| \leq A_c x f_y$$

Berechnung der Mindeststärke der Kette (Methode Erlaubte Spannungen):

$$H_o + \delta H_g + \delta H_q + |\delta H_T| \leq A_c x \sigma_{adm}$$

Für die Berechnungen der Festigkeit der Verbindungselemente und des Rundbogens werden die üblichen kalkulatorischen Regeln mit den geltenden Sicherheitskoeffizienten nach gültigen gesetzlichen Normen benutzt (Grenzwerte oder erlaubte Spannungen). Bei Einhaltung der obengenannten Formeln kann dank der grossen Tragfähigkeit des EGB2000 SRS®, eine perfekte Funktion des Systems gewährleistet werden. Dieses System entspricht auch den Normen der Italienischen D.M. von 9. Januar 1996, betreffend die technischen Normen für die Kalkulation, die Ausführung und die Kollaudierung bei Konstruktionen aus Stahlbeton (normal u. verdichtet) und aus Metall-Bauelementen.

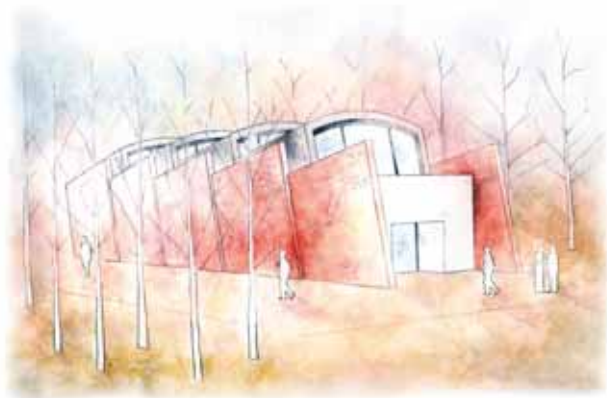
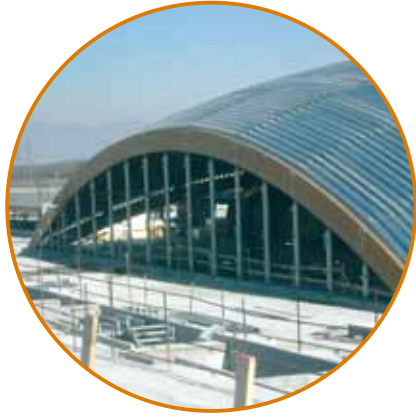


Casello autostradale

Highway toll gate - Autobahn Mautstelle

Payage autoroutier - Instalaciones de peaje en autopistas





Edificio polifunzionale in mattoni con copertura a shed, in cui il sistema di copertura è ruotato al piano orizzontale per fornire una maggiore superficie illuminante attraverso le vetrate superiori.

Multifunctional building made of bricks with shed roof, whose roofing system is rotated in the horizontal plane, increase the illuminating surface through the upper windows.
 Mehrfunktionales Gebäude mit Ziegel und Shed-Dach. Die Deckung ist in die Horizontale gedreht um den Lichteinfall durch die Dachflächenfenster zu verbessern.
 Bâtiment polyfonctionnel en briques avec comble en appentis dont le système de couverture est incliné au niveau horizontale pour permettre une plus grande surface illuminant à travers les baies vitrées supérieures.
 Edificio multifunzionale de ladrillos con cubierta tipo shed, en el cual el sistema de cubierta se inclina sobre el plano horizontal para proporcionar una mayor iluminación a través de los lucernarios superiores.

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO E INDICACIONES DE PROYECTO

El sistema de cubierta está constituido por un arco circular con tensor colocado mediante apoyo simple sobre correas. La chapa que constituye el arco es un elemento muy deformable si se analiza "aislado" del sistema, con comportamiento de todas formas fácilmente previsible utilizando las técnicas habituales de cálculo.

La elevada capacidad de deformación del arco se aprovecha a su vez para controlar ágilmente la pretensión de la cadena y para compensar eventuales errores de montaje sin hacer variar de forma relevante el estado de tensión de la chapa grecada.

El régimen deformativo del sistema "arco + cadena" está en cambio gobernado por la misma cadena y por su rigidez axial y asume en las aplicaciones corrientes valores muy contenidos y en línea con las solicitudes de deformabilidad de las estructuras unidas a la misma.

Para dar la correcta proporción a los elementos estructurales hay que garantizar por lo tanto el funcionamiento de la cadena ya sea por las acciones verticales de mayor entidad como por aquellas de menor valor.

En línea con los criterios de seguridad de la normativa actual, e independientemente del método de verificación adoptado (estados límite o tensiones admisibles), los controles realizados sobre la cadena son los siguientes:

- H_o → el valor de cálculo de las acciones de pre-solicitación
- δH_g → la variación de tensión en la cadena inducida por las acciones permanentes
- δH_w → la variación de tensión en la cadena inducida por el viento (depresión)
- $\pm \delta H_s$ → la variación de tensión en la cadena debida a la variación térmica arco/cadena
- δH_q → la variación de tensión en la cadena inducida por las cargas verticales (nieve,...)

control de tensión mínima en la cadena:

$$0.9 \times H_o + \delta H_g + 1.5 \times \delta H_w - 1.2 \times |\delta H_T| \geq 0$$

o bien siendo $\delta H_w < 0$ debe ser:

$$0.9 \times H_o + \delta H_g + 1.5 \times |\delta H_w| + 1.2 \times |\delta H_T| \geq 0$$

cálculo sección mínima de la cadena (método de los límites):

$$1.2 \times H_o + 1.4 \times \delta H_g + 1.5 \times \delta H_q + 1.2 \times |\delta H_T| \leq A_c \times f_y$$

cálculo sección mínima de la cadena (método de las tensiones admisibles):

$$H_o + \delta H_g + \delta H_q + |\delta H_T| \leq A_c \times \sigma_{adm}$$

Para los controles de resistencia de la junta y del arco se utilizan las consabidas reglas de cálculo con los coeficientes de seguridad indicados por la normativa vigente y por lo tanto diferenciados según se opere con los estados límite o con el método de las tensiones admisibles.

El control de las dos desigualdades arriba indicadas gracias a la elevada resistencia de la EGB2000 SRS®, garantiza la correcta funcionalidad del sistema y esa «comprobada seguridad no inferior a aquella aquí prescrita» como reportado en el D.M. 09/01/1996 relativo a las "Normas Técnicas para el cálculo, la ejecución y la prueba de las estructuras de hormigón armado, normal y pretensado y para las estructuras metálicas".



Il giunto: applicazioni e adattabilità

The joint: application and adaptability

Die Verbindung: Anwendung und Anpassungsfähigkeit

Le joint: application et adaptabilité - La junta: aplicaciones y adaptabilidad

Al fine di garantire il corretto comportamento strutturale della volta e la sua adattabilità ai vari tipi di supporto che si possono presentare, il sistema di appoggio si presenta di facile soluzione per le sottostrutture indipendentemente dalla tipologia del sistema costruttivo.

La volta necessita solo di una semplice trave di banchina (in acciaio, legno, c.a.o., c.a.p.) o di un cordolo di coronamento (muratura ordinaria o armata) dove viene fissato il giunto stesso mediante bulloni o tasselli (meccanici o chimici). La catena trova il suo attacco nel giunto stesso e non interferisce con la trave di banchina. L'inserimento della gronda e la posizione delle lattonerie risulta di facile soluzione. La lunghezza del giunto non condiziona inoltre la lunghezza delle travi di banchina o dei cordoli, visto che la elevata capacità portante della volta permette di distanziare due elementi contigui in modo da realizzare fasce traslucide zenitali. I valori standardizzati del rapporto freccia luce sono indicati in tabella.

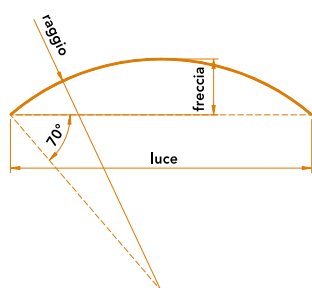
Tabella luce/raggio/freccia

Table span/radius/rise

Tabelle Spannweite/Radius/Stich

Tableau lumière/rayon/flèche

Tabla luz/radio/flecha



luce m span m	raggio m radius m	freccia m rise m
10.0	14.619	0.882
11.0	16.081	0.970
12.0	17.543	1.058
13.0	19.005	1.146
14.0	20.467	1.234
15.0	21.929	1.322
16.0	23.391	1.411
17.0	24.853	1.499
18.0	26.315	1.587
19.0	27.776	1.675
20.0	29.238	1.763

Su richiesta, concordandolo preventivamente con l'azienda, è però possibile produrre su ns. licenza giunti che permettano di variare ulteriormente i rapporti monta-luce.

Gli elementi della volta possono essere facilmente assemblati a piè d'opera o trasportati preassemblati direttamente dallo stabilimento. Il montaggio è semplice e non richiede manodopera specializzata, il manuale a corredo del sistema fornisce al Direttore dei Lavori e al Coordinatore, ai fini della sicurezza in fase di esecuzione, tutte le indicazioni necessarie e le precauzioni minime per garantire una corretta messa in opera del sistema in accordo con la normativa vigente.

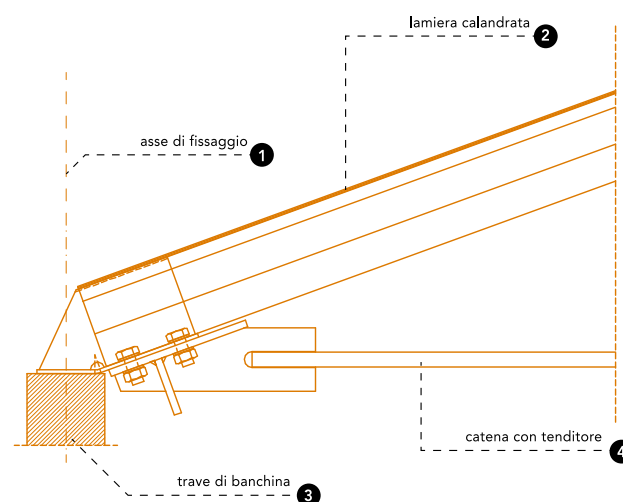
In order to guarantee the correct structural performance of the vault and its adaptability to different kinds of available support, the supporting system represents an easy solution for the infrastructures, regardless of the type of building system. The vault needs only a simple platform beam (in steel, wood, ordinary or prestressed reinforced concrete...) or a crowning curb (ordinary or reinforced masonry), where the joint is fastened with bolts or screw anchors (mechanical or chemical).

The chain finds its fixing point in the joint itself and does not interfere with the platform beam. The insertion of the gutter and the placement of the flashings come quite easy. The length of the joint does not influence the length of the beams or curbs, since the high bearing capability of the vault allows to distance two contiguous elements in order to allow the realization of translucent zenithal areas.

The standardized values of the ratio rise/span are showed in the table (see previous page).

If requested and previously agreed with the company, it is possible to produce under our license joints that allow to further modify the ratio between rise and span between the supports.

The elements of the vault can be easily assembled on site or delivered pre-assembled from the plant. The fixing is easy and does not require any skilled workers, the supplied technical manual provides the Project Manager and the Safety Coordinator with all the necessary information and precautions to ensure a correct installation of the system according to the applying standards.



- 1 fixing axis - Befestigungspunkte - fixation - eje de fijación
- 2 curved sheet - Blech kalandriert - tôle calandree - chapa curvada
- 3 platform beam - Querträger/Mauerbank - poutre d'accotement - correa
- 4 chain with couplings - Kette mit Spannteil - chaîne avec tendeur - cadena con tensor



Um den richtigen Zusammenhalt und die Anpassungsfähigkeit an verschiedene mögliche Auflager des Rundbogens zu gewährleisten, ist das Verbindungssystem sehr einfach, unabhängig von der Bauart.

Der Rundbogen braucht nur eine einfache Querträger (aus Stahl oder Holz, normal und verdichtet Stahlbeton) oder eine Randbefestigung am Mauerkranz (Mauerwerk oder armiert), wo die Verbindung durch Schraubbolzen oder Dübel (mechanische oder chemische) hergestellt wird. Die Kette wird direkt an der Rundbogenverankerung befestigt und hat keine Verbindung mit der Tragkonstruktion. Die Befestigung der Traufe und Positionierung der Verblechungen sind einfach. Die Länge der Verbindung ist von der Länge der Querträger oder der Randbefestigung aus Mauerwerk unabhängig, sodass die Tragfähigkeit des Rundbogens es zulässt, zwischen zwei verschiedenen Bauelementen, einen gewissen Abstand für Lichtelemente einplanen zu können.

Die Standardwerte der Relation zwischen lichter Spannweite und Bogenstich sind in der Tabelle beschrieben (siehe oben).

Nach projektbezogener Vereinbarung mit der Fa. Brollo ist es mit unserer Genehmigung auch möglich Befestigungen, die die Berechnungswerte zwischen Montage und Spannweite ändern, zu produzieren. Die Bauelemente des Rundbogens können sehr leicht auf der Baustelle montiert oder sogar schon vormontiert direkt ab Werk angeliefert werden. Die Montage ist ziemlich einfach und es sind keine Fachkräfte notwendig. Das Handbuch für den Bauleiter und für den Sicherheitsbeauftragten, das zusammen mit dem Material geliefert wird, beinhaltet alle notwendigen Hinweise, um eine richtige Montage des Systems entsprechend den gültigen Normen zu garantieren.

Afin de garantir le comportement correcte de la voûte et son adaptabilité aux différents types de supports qui peuvent se présenter, le système d'appui se présente de manière à trouver une solution facile pour les sous-structures, indépendamment de la typologie du système constructif. La voûte a simplement besoin d'une poutre d'accotement (en acier, bois, béton armé normal et précontraint) ou d'une poutre de bordure de coronement (maçonnerie ordinaire ou béton) sur laquelle est fixée le joint grâce à des boulons ou des chevilles (mécaniques ou chimiques). La chaîne trouve son attache au sein même du joint et n'interfère pas avec la poutre d'accotement. L'insertion de l'avant-toit et la position de la ferblanterie résulte comme solution facile.

La longueur du joint ne conditionne même pas la longueur des poutres d'accotement ou des poutres de bordure, étant donné l'importante capacité portante de la voûte permet de distancier deux éléments contigus de manière à pouvoir réaliser des bandes translucides zénithales. Les valeurs standard du rapport flèche lumière sont indiquées dans le tableau (voir page précédente).

Sur demande préalable, et suite à un accord avec l'entreprise, il est toutefois possible de produire sur notre licence des joints qui permettent de varier ultérieurement les rapports flèche/lumière.

Les éléments de la voûte peuvent être facilement assemblés par une main d'oeuvre ou bien préalablement assemblés par nos soins et transportés. Le montage est simple et ne demande pas de main d'oeuvre spécialisée, un manuel relatif à l'équipement du système fourni à la Direction du travail et au Coordinateur, une majeure sécurité au cours des phases d'exécution, toutes les indications nécessaires et le minimum

de précaution garantissant une installation correcte du système en accord avec les normes en vigueur.

Con el objetivo de garantizar el comportamiento estructural correcto del arco y su adaptabilidad a los varios tipos de soporte que se pueden presentar, el sistema de apoyo se presenta de fácil solución para las subestructuras independientemente de la tipología del sistema constructivo.

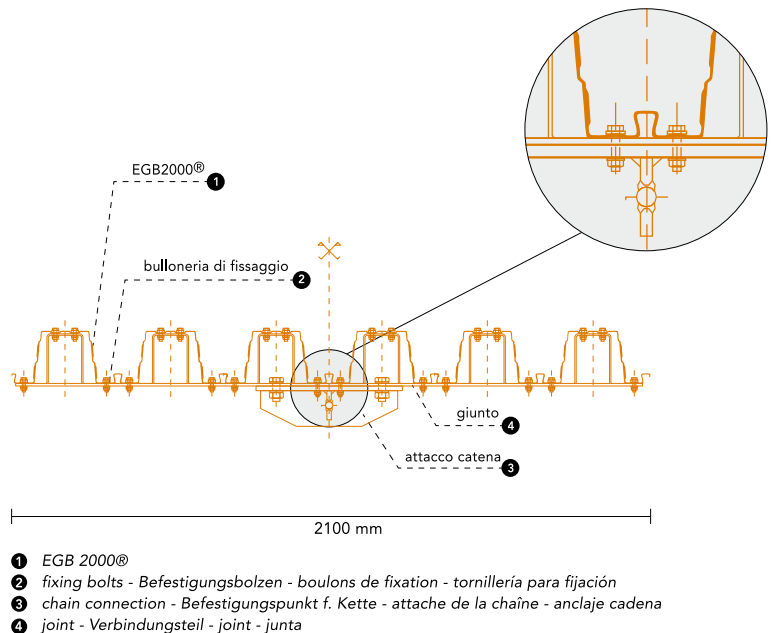
El arco necesita solo una correa simple (de acero, madera, hormigón armado normal y pretensado) o un remate de coronación (albañilería ordinaria o armada) donde se fija la junta mediante bulones o tacos (mecánicos o químicos).

La cadena se ancla en la misma junta y no interfiere con la correa. La introducción del canalón y la colocación de la remateria resulta de fácil solución. La longitud de la junta no condiciona además la longitud de las correas o de los remates, dado que la elevada capacidad portante del arco permite el distanciamiento de los dos elementos contiguos en modo de permitir la iluminación cenital. Los valores estandarizados de la relación flecha luz se indican en la tabla (ver página anterior).

No obstante, bajo consulta y previo acuerdo con el departamento técnico, es posible fabricar bajo nuestra licencia juntas que permitan variar ulteriormente las relaciones flecha/luz.

Los elementos del arco pueden ser fácilmente ensamblados a pie de obra o transportados preensamblados directamente de fábrica.

El montaje es simple y no exige mano de obra especializada, el manual de instrucciones del sistema proporciona al Director de Obra y al Coordinador con el fin de dar seguridad en fase de ejecución todas las indicaciones necesarias y las precauciones mínimas para garantizar una correcta puesta en marcha del sistema de acuerdo con la normativa vigente.



Lamiera EGB2000®: caratteristiche tecniche

Trapezoidal sheet EGB2000®: technical data

Trapezblech EGB2000®: Mechanische Werte

Tôle EGB2000®: caractéristiques techniques

Chapa EGB2000®: características técnicas

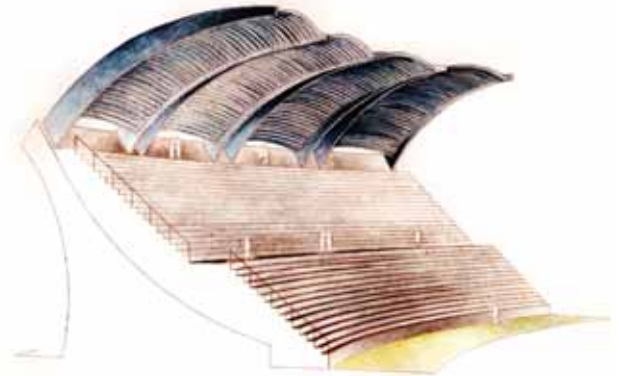
Le caratteristiche geometriche della lamiera sono indicate in tabella.

The geometrical characteristics of the sheet are shown in the table.

Die geometrischen Werte der Blech befinden sich in dieser Tabelle.

Les caractéristiques géométriques de la tôle sont indiquées dans le tableau.

Las características geométricas de la chapa se indican en la tabla.

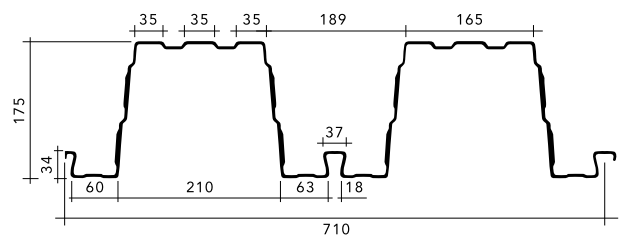


EGB 2000®				
Caratteristiche statiche - Section properties				
Spessore - Thickness mm	0,8	1,0	1,2	1,35
Peso - Weight kg/m ²	13,27	16,58	19,90	22,38
Peso - Weight kg/m	9,42	11,77	14,13	15,80
J cm ⁴ /m	809,08	1011,36	1213,64	1365,30
W cm ³ /m	88,80	111,00	133,32	149,90

Copertura per tribuna con struttura in acciaio

Roofing for a stand with steel structure - Tribürendach mit Stahl-Bauelementen

Couverture pour tribune avec structure en acier - Cubierta para tribuna con estructura de acero



Tolleranze dimensionali:

Spessore UNI EN 10143

Come da prescrizioni e indicazioni AIPPEG.

Dimensional tolerances:

Thickness UNI EN 10143

As per AIPPEG prescriptions and indications.

Toleranzen Abmessungen:

Dicke UNI EN 10143

Wie in AIPPEG vorgeschrieben.

Tollérances dimensionnelles:

Epaisseur UNI EN 10143

Selon prescription et indication AIPPEG.

Tolerancias dimensionales:

Espesor UNI EN 10143

Cuanto prescrito e indicado por AIPPEG.

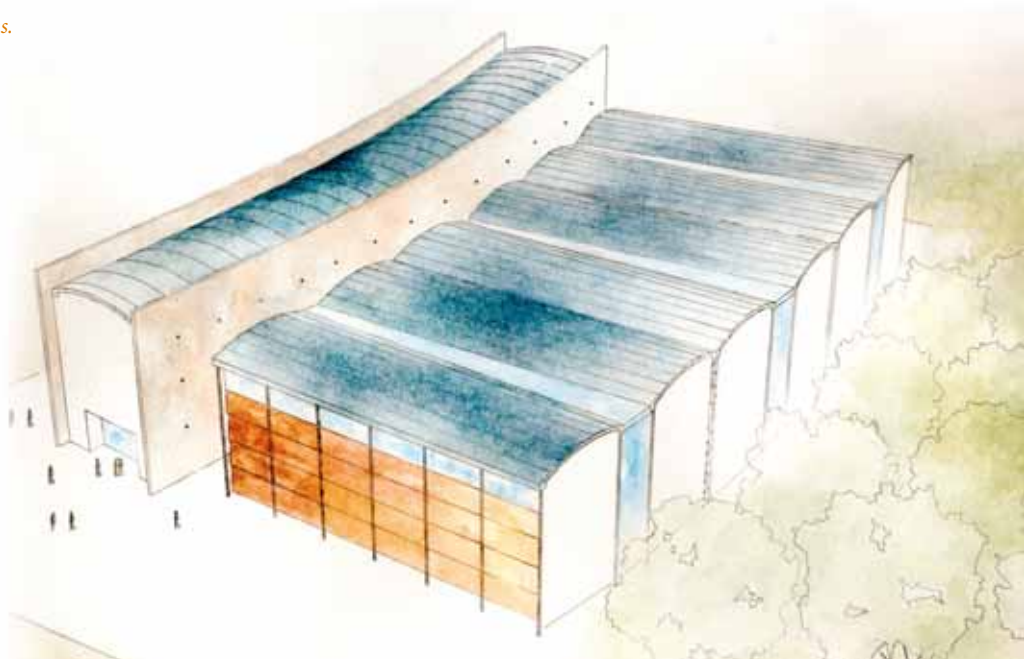
Elementi grecati in acciaio per grandi luci

Trapezoidal corrugated sheets for large spans

Trapezbleche aus Stahl für große Spannweiten

Éléments travaillés en acier pour de grandes portées

Elementos grecados de aceros para grandes luces



Pannelli Coibentati Brollo

Brollo Insulating panels, Brollo-Bauelemente,
Panneaux isolants Brollo, Paneles aislantes Brollo



BROLLO PARETE

pannelli parete - wall panels



PGB PR2



PGB PDD



PGB PSS



PGB PD2 FN



PGB PSD FN



PGB T13

BROLLO DECK

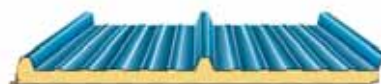
pannelli copertura deck - deck roofing panels



PGB TK5

BROLLO TETTO

pannelli copertura - roofing panels



PGB TD3



PGB TD5



PGB T13

BROLLO FONO

pannelli fonoassorbenti - sound insulating panels



BROLLO AGRIZOO

pannelli copertura in vetroresina per utilizzo agro-zootecnico
fiberglass roofing panels for agriculture and farming applications



PGB TV5

BROLLO COPPO

pannelli copertura - roofing panels



PGB TCS

BROLLO ROCCIA

pannelli copertura in lana di roccia - rock wool roofing panels



PGB TW5

pannelli parete in lana di roccia - rock wool wall panels



PGB PWD

BROLLO FRIGO

pannelli ad alto spessore per celle frigorifere - high-thickness panels for cold rooms



PGB PFD

I pannelli autoportanti Brollo sono composti da due strati metallici, che contengono in maniera solidale uno strato isolante di schiuma poliuretanic. Le caratteristiche di leggerezza, maneggevolezza, isolamento termico e facilità d'uso ne fanno un elemento idoneo atto a soddisfare le più svariate esigenze edili per la realizzazione di pareti e coperture, applicabili alle più diverse strutture portanti.

Brollo self-supporting panels are made of two metal sheets bonded by a polyurethane foam insulation layer. The characteristics of lightness, easy handling, thermal insulation and easy use make this a suitable element to meet the most widely diverse construction demands when creating walls and roofs: it can be fitted to the most diverse load bearing structures.

Die selbsttragenden Brollo-Bauelemente bestehen aus zwei Metallschichten, die fest mit einer inneren Dämmschicht aus PU-Schaum verbunden sind. Eigenschaften wie Leichtigkeit, Handlichkeit, Wärmeisolierung und einfacher Gebrauch machen sie zu einem für die unterschiedlichsten Tragstrukturen verwendbaren Element, das geeignet ist, alle Anforderungen zur Herstellung von Wänden und Abdeckungen zu erfüllen.

Les panneaux autoportants Brollo sont composés de deux parements en tôle d'acier contenant un isolant en mousse polyuréthane. Ce procédé, destiné à la couverture et au bardage de bâtiments de type industriel aux structures portantes les plus diverses, est caractérisé par sa légèreté, son haut degré d'isolation thermique et sa facilité de mise en oeuvre.

Los paneles autoportantes Brollo están compuestos por dos chapas metálicas unidas entre sí por un núcleo aislante de espuma de poliuretano. Las características de ligereza, manejabilidad, aislamiento térmico y facilidad de utilización hacen de estos paneles un elemento idóneo para satisfacer las más variadas exigencias en el sector de la construcción para la realización de paredes y cubiertas, aplicables a las distintas estructuras portantes.



