

# Terminal 2 des Flughafens Mactan

Mactan Airport Terminal 2

#### Architekten/Architects:

IDA Integrated Design Associates, Hong Kong, HK SAR

Tragwerksplaner, Bauingenieur, Flughafenplaner / Structural engineer, Building and Civil Engineering, Airport Planning:

Arup, Hong Kong, HK SAR / Manila, PHL

#### Bauherr / Client:

GMR Megawide Cebu Airport Corporation, Concessionaire, Manila, PHL

#### Bauunternehmen/Main contractor:

Megawide-GISPL Construction Joint Venture, Cebu, PHL

#### Holzbau / Timber subcontractor:

Rubner Holzbau, Ober-Grafendorf, AU

#### Dachdeckung / Roofing:

ISCOM SPA, Pescantina, Italy

#### Fassade / Facade:

EFT-Craft, Hong Kong, HK SAR

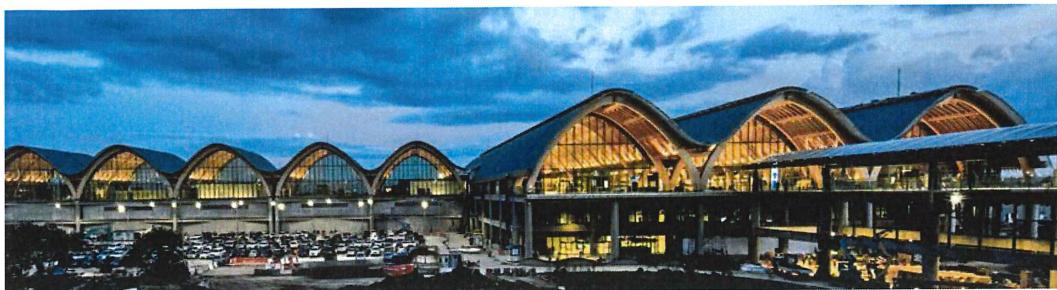
Der zweitgrößte Flughafen auf den Philippinen mit seiner charakteristischen Konstruktion aus tragenden Holzbögen liegt auf Mactan, einer dem größeren Cebu vorgelagerten Insel. Das neue Terminal 2 fungiert als Gateway zu den wirtschaftlich aufblühenden Touristenzielen im Süden. Es fertigt bis zu 4 Millionen Passagiere pro Jahr ab und kann durch sein modulares Layout in den nächsten 10 Jahren bis auf die doppelte Kapazität erweitert werden. Das Gebäude gliedert sich in drei Geschosse: Rollfeldebene und Ankunftsgebiet bilden den unauffälligen Sockel des Gebäudes, während sich über der Abflugebene gereihte Tonnendächer wölben. Ihre steile Geometrie erinnert an traditionelle Dachformen der Region. Drei lange Tonnen über den zentralen Flächen für Check-In, Sicherheit und Einkauf bilden den weitgehend stützenfreien Kern des Gebäudes, kürzere Dachfelder setzen die

The second-largest airport on the Philippines with its characteristic design of structural timber arches is located on Mactan, one of the larger islands off Cebu. The new Terminal 2 is the gateway to the flourishing tourist destinations in the south of the region. It handles up to 4 million passengers per year and the modular layout allows for successive extensions over the next 10 years to provide up to twice the capacity.

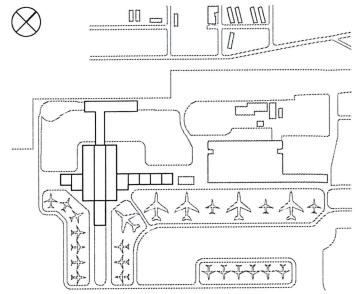
The building is a three-storey structure: the apron level and Arrivals area form the unassuming plinth to the building, while a series of barrel roofs arch over the Departures area. Their steeply sloping geometry makes reference to the traditional roof styles of the region. Three long barrels over the main areas for check-in, security and shopping create the largely column-free core of the building, shorter-spanned roofs continue the structure



Rubner Holzbau



Christopher Collinares



Konstruktion zu den Gates hin fort. Ein flacheres Dachelement verlängert das mittlere Modul in Richtung des Rollfeldes, auf der anderen Seite bindet ein Steg mit Foliendach das Gebäude an den Vorfahrtsbereich an.

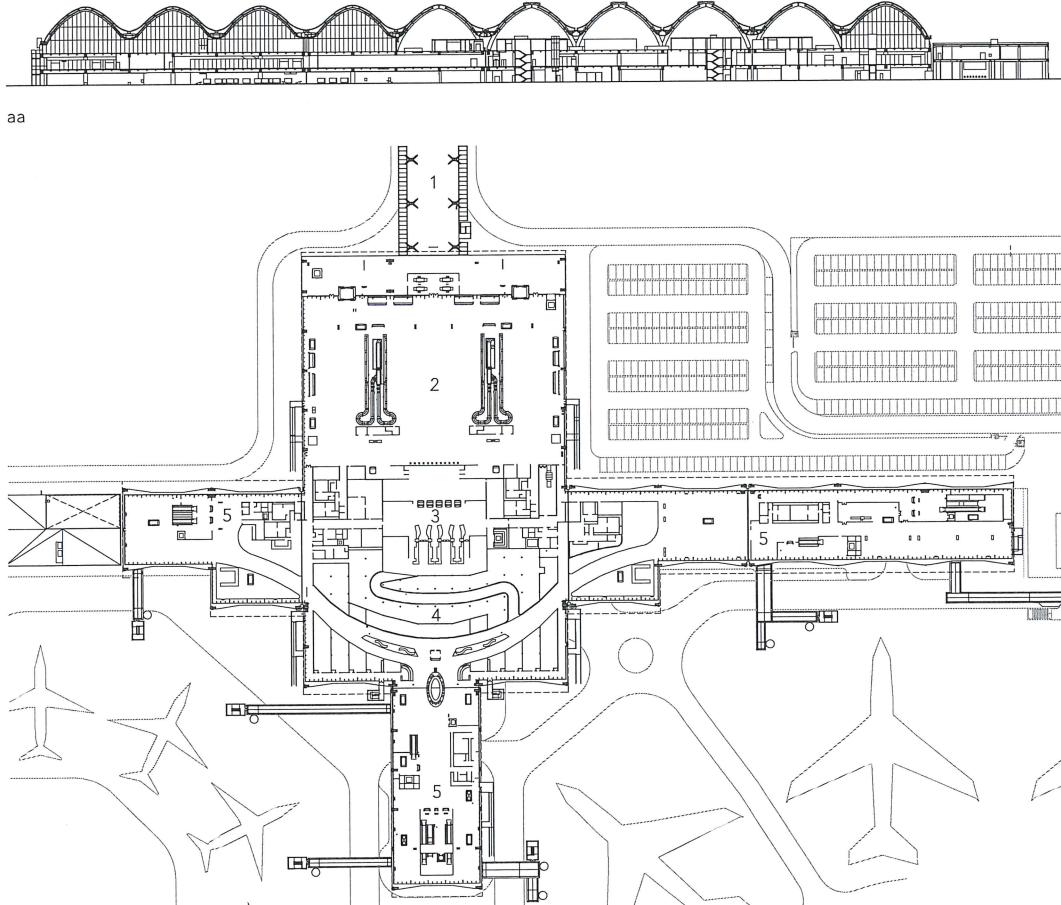
Die Entscheidung, das Dach in Holz auszuführen fiel erst im Planungsverlauf und soll den Passagieren eine resortähnliche, freundliche Atmosphäre bieten. Die Leimbinder erzeugen zusammen mit den natürlichen Oberflächen der Einbauten aus Holz und Rattan eine für einen modernen Flughafen ungewöhnlich warme, fast wohnliche Stimmung. Dazu trägt auch das milde, gleichmäßige Licht aus zentralen Oberlichtern bei. Verschattungselemente aus Aluminiumrohren schützen vor der fast vertikal einfallenden Sonne. Die Stirnseiten der Tonnen sind vollständig verglast und aus Gründen des Sonnenschutzes hinter die Vorderkante des Daches eingerückt.

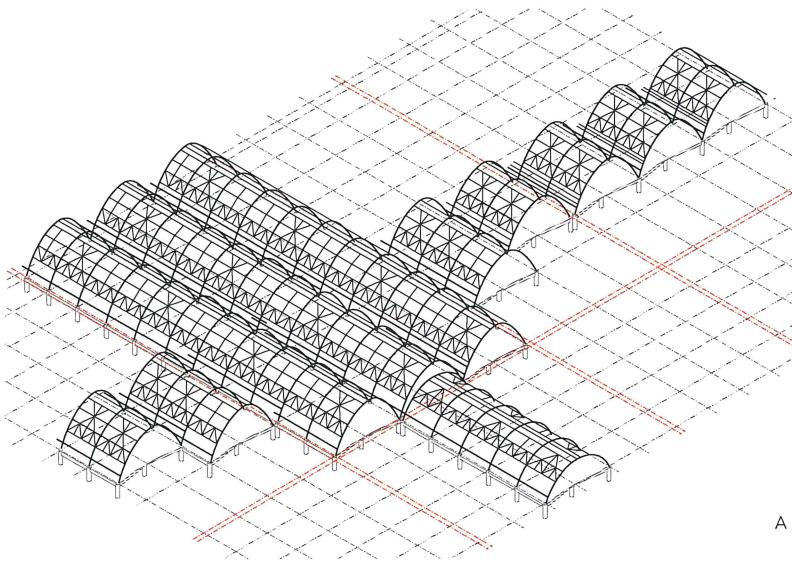
BF

up to the gates. A flatter roof element extends the middle module in the direction of the apron; on the other side, an elevated walkway with a foil roof connects the building to the pick-up and drop-off areas.

The decision to construct the roof in timber was made in the course of the planning process and is intended to offer passengers a resort-like, friendly atmosphere. The glued laminated members together with the natural wood and rattan of the interior fittings set an almost homely accent, an unusual look for such a modern airport. The soft, evenly distributed light from central skylights also contributes to this effect. The aluminium tube shading elements protect from the sun almost vertically above. The back faces of the barrels are completely glazed and set back behind the edge of the roof to protect from solar radiation.

BF





## Structural elements

Steep timber arches on the underside of an undulating roof define the appearance of the new terminal at Mactan airport. A two-storey reinforced concrete frame with a column grid of  $15 \times 13.5$  m forms the base to the building. Upon this rests the Departures floor with barrel roofs consisting of a series of 15 m rise, 30 m span arches.

Two design options were explored in parallel during the planning process: a purely timber and a timber-clad steel structure. Only after the technical and economic feasibility of the timber concept had been confirmed was it decided to adopt this option, which would be simpler and quicker to build. The timber half-arches were prefabricated in Austria, then shipped to site and erected in only three months.

The two 23 m long halves of the three-pin arches consist of glued laminated timber (GLT) with a cross section of  $127 \times 28$  cm. The arches are connected to one another by four  $64 \times 28$  cm purlins (Fig. E). On top of these, a system of rafters carries the roof skin. Steel pin joints form the base and crown bearings.

## Tragwerkselemente

Steile Holzbögen unter einem wellenförmigen Dach prägen beim Flughafen Mactan das Erscheinungsbild des neuen Terminals. Seine Basis bildet eine zweigeschossige Stahlbetonskelettkonstruktion mit einem Stützenraster von  $15 \times 13.5$  m. Darüber liegt die Abflugebene mit Tonnendächern aus gereihten Bögen von 30 m Spannweite und 15 m Stichhöhe. Während des Planungsprozesses wurden eine holzverkleidete Stahlkonstruktion und ein Holztragwerk parallel verfolgt. Erst als die Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit der Holzkonstruktion gesichert war, fiel die Entscheidung für diese Variante, die eine einfachere Bauweise und eine schnellere Montage erlaubte. So wurden die Bogenhälften in Österreich vorgefertigt, verschifft und vor Ort in nur drei Monaten aufgerichtet.

Die beiden 23 m langen Binder der Dreigelenkbögen bestehen aus Brettschichtholz mit einem Querschnitt von  $127/28$  cm. Verbunden werden sie jeweils durch vier Pfetten von  $64/28$  cm (Abb. E). Darüber trägt eine Sparrenlage die Dachhaut. Die Fuß- und Firstpunkte sind als Gelenkkörper aus Stahl ausgebildet.

## Aussteifung

Die beiden unteren Pfetten sind mit Diagonalen und Pfosten verbunden und bilden über die gesamte Länge der Tonne verlaufende Fachwerkverbände. Sie dienen der Ausstei-

## Stiffening

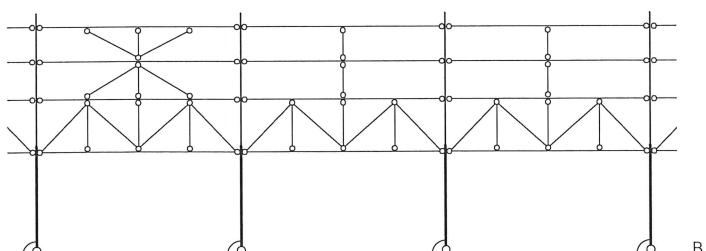
The two lower rows of purlins are connected by diagonals and together form a continuous bracing "truss" over the whole length of the barrel. They stiffen the building in the longitudinal direction. The diagonals in each third bay of the barrel continue up to the top purlin and thus transfer the horizontal forces in the roof skin construction into the base supports to provide in-plane stability (Fig. B and C). So that the use of the whole space is not limited by structural elements, the stiffening trusses do not extend down to the floor, but are terminated at a height of 6.50 m. Bending moments are therefore generated in the arches below this level. For this reason, the glued laminated timber arches are reinforced with an 18 cm thick layer of timber on both sides. Two further layers each 10 cm thick would not normally have been required for structural reasons: in this case, they increase the residual cross section of the members in the event of a fire to achieve a fire resistance period of 120 minutes.

The arch members, now increased to 80 cm thick in this region, rest on two parallel pin bearings. The pin bearings are aligned with

**Text:**  
Jessica Pawlowski

Die Autorin ist Bauingenieurin bei Arup. Sie leitete das multidisziplinäre MCIA Projektteam und war mitverantwortlich für den Entwurf der Tragkonstruktion.

The author is a structural engineer with Arup. She was head of the MCIA multidisciplinary project team and coded the structural engineering design.

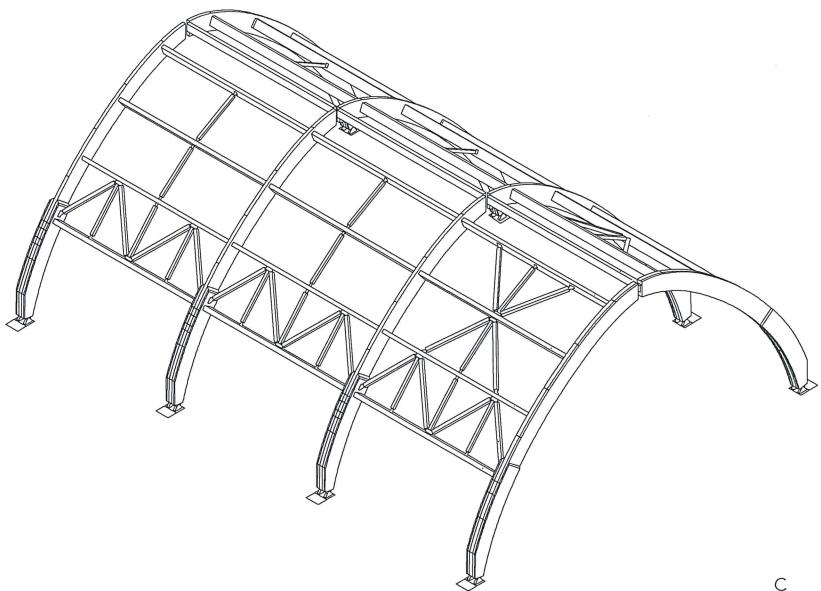


- A Axonometrie der gesamten Dachkonstruktion. Die rot hervorgehobenen Achsen markieren die Bewegungsfugen.
- B statisches System in Längsrichtung
- C Axonometrie von drei Achsen der Bogenkonstruktion mit den Aussteifungselementen

fung der Halle in Längsrichtung. Die Diagonalen werden in jedem dritten Feld der Tonne bis zur obersten Pfette fortgeführt und leiten so die Horizontalkräfte aus der Dachfläche ein (Abb. B und C). Um die Halle ohne Einschränkung durch Tragelemente nutzen zu können, reichen die Aussteifungsverbände nicht bis zum Boden, sondern enden in einer Höhe von 6,50 m. Unterhalb davon entstehen Biegemomente in den Bogenbindern. Aus diesem Grund sind die Brettschichtholzträger beidseitig um eine Lage von je 18 cm Dicke verstärkt. Die zwei weiteren Lagen von je 10 cm wären unter regulären Bedingungen statisch nicht notwendig: Sie vergrößern im Brandfall den Restquerschnitt des Trägers, der auf diese Weise eine Brandwiderstandsdauer von 120 min erreicht. Der auf 80 cm Dicke angewachsene Bogenbinder ruht auf zwei parallelen Gelenkkägeln. Sie liegen in der Flucht der auf die inneren Verstärkungen aufgesetzten Schraubleche, und übertragen die Lasten ohne Umwege in den Fußpunkt (Abb. F).

#### Wind- und Erdbebenlasten

Besondere Anforderungen an das Tragwerk resultieren aus den erheblichen Naturgewalten der Region: Regelmäßig wiederkehrende Taifunstürme können Geschwindigkeiten bis zu 200 km/h erreichen und erzeugen einen Winddruck von bis zu  $-3,2 \text{ kN/m}^2$  und einen Sog von bis zu  $+2,0 \text{ kN/m}^2$ . Noch gravierender



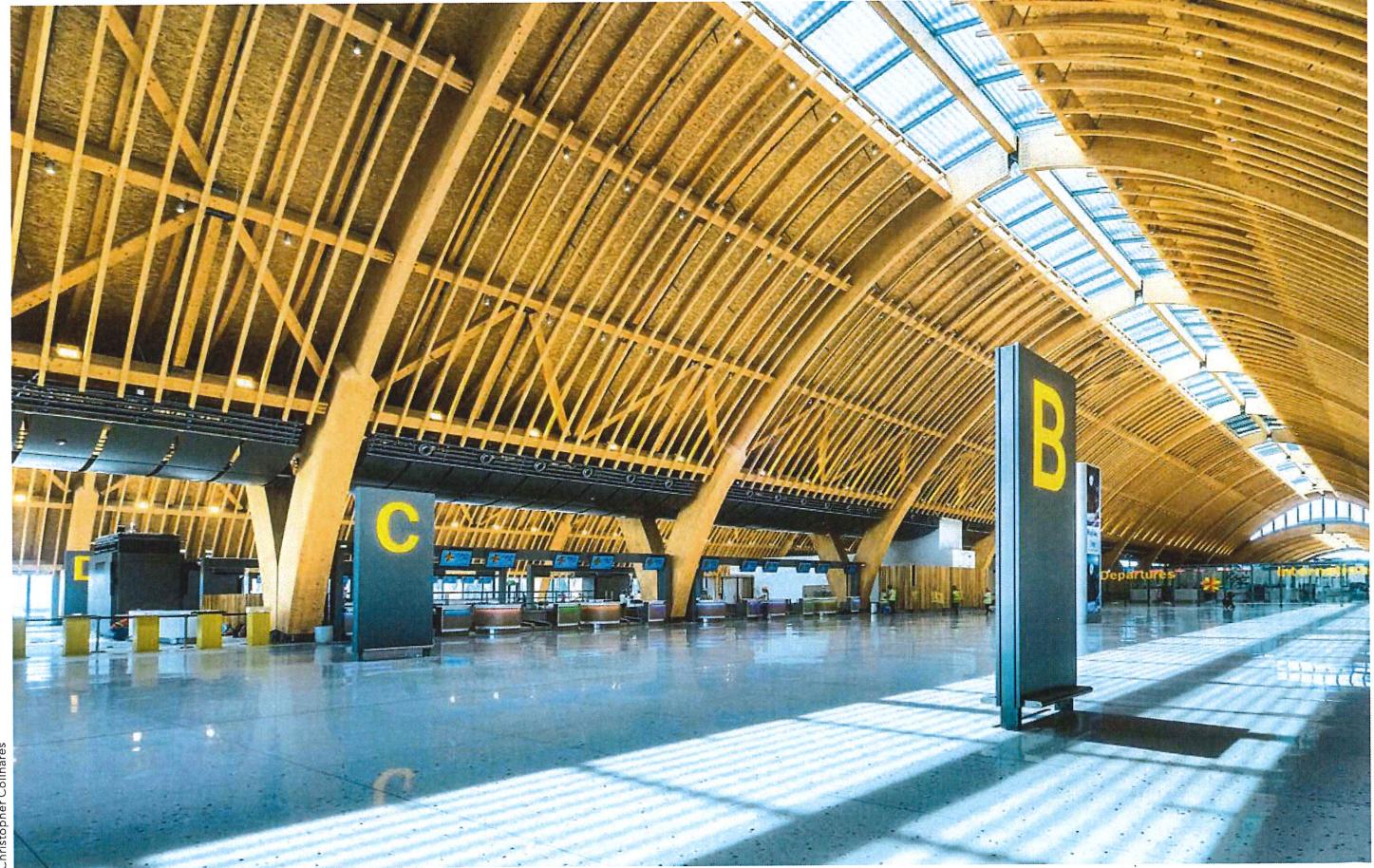
C

the inner reinforcement plate bolted onto the timber, so that the forces can be transferred directly straight into the base support of the arch (Fig. F).

#### Wind and earthquake loads

The considerable forces of nature at times in the region place special demands on the load-bearing structure: during the typhoon season, wind speeds up to 200 km/h can

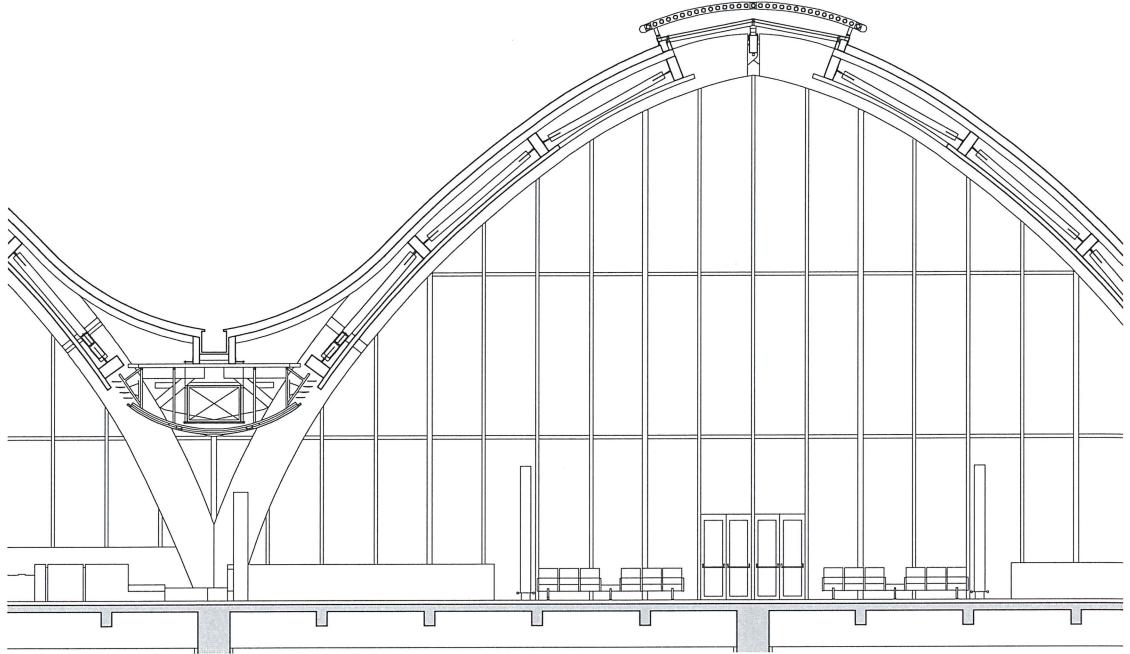
- A axonometric of the whole roof construction. The red axes mark the seismic joints.
- B structural idealisation of the longitudinal stiffening
- C axonometric of the three axes of the arch structure with the stiffening elements



Christopher Colinares

D Gesamtschnitt Bogen-element  
Maßstab 1:200  
E Tragwerksschnitt Bogen-element  
Maßstab 1:200  
F Schnitte Gelenkklager  
Bogenfußpunkt  
M 1:25

D full cross section of  
an arch element  
scale 1:200  
E structural cross section  
of an arch element  
scale 1:200  
F section through a pin  
bearing  
arch base support  
M 1:25



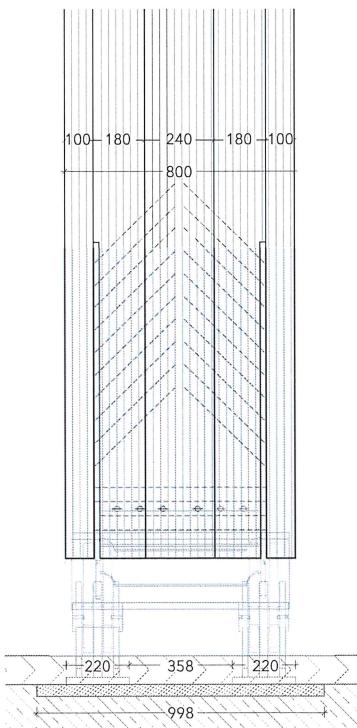
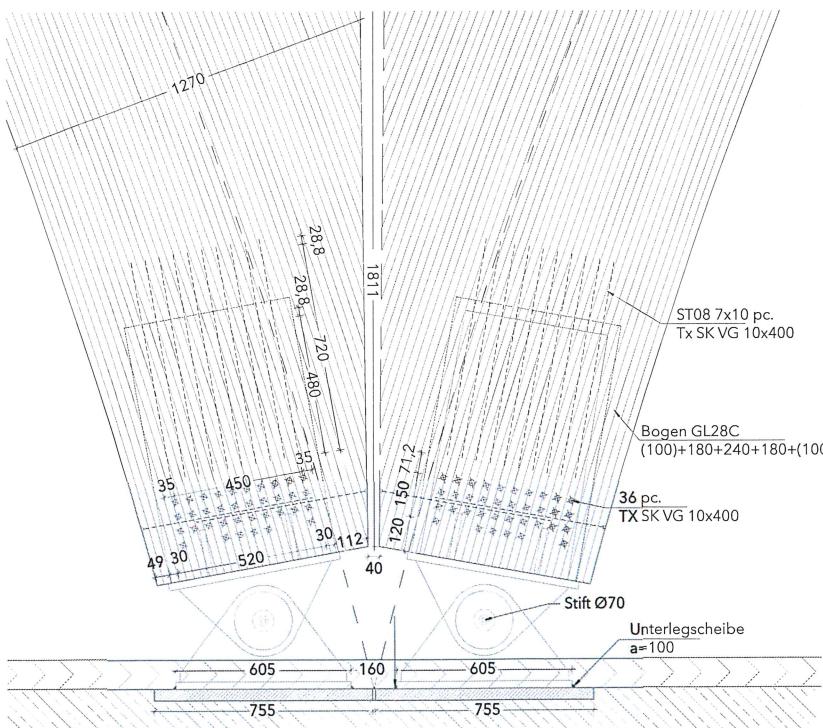
D

ist die Lage des Flughafen in einer der seismisch aktivsten Regionen der Erde. Unterschiedliche Maßnahmen stellen eine erdbebensichere Konstruktion sicher: Das Gebäude ist in fünf statisch unabhängige Abschnitte unterteilt (Abb. A). Breite Bewegungsfugen von 250 mm auf der Ankunftsebene bis zu 550 mm auf Höhe der Dachentwässerung gewährleisten das unabhängige Schwingen der einzelnen Bauteile im Erdbebenfall. Das Stahlbetonskelett der beiden unteren Geschosse ist in beiden Richtungen als Rahmenkonstruktion mit hoher Widerstandsfähigkeit gegenüber Momenten aus Horizontalkräften ausgelegt. Die Ausführung der Decken als leichte

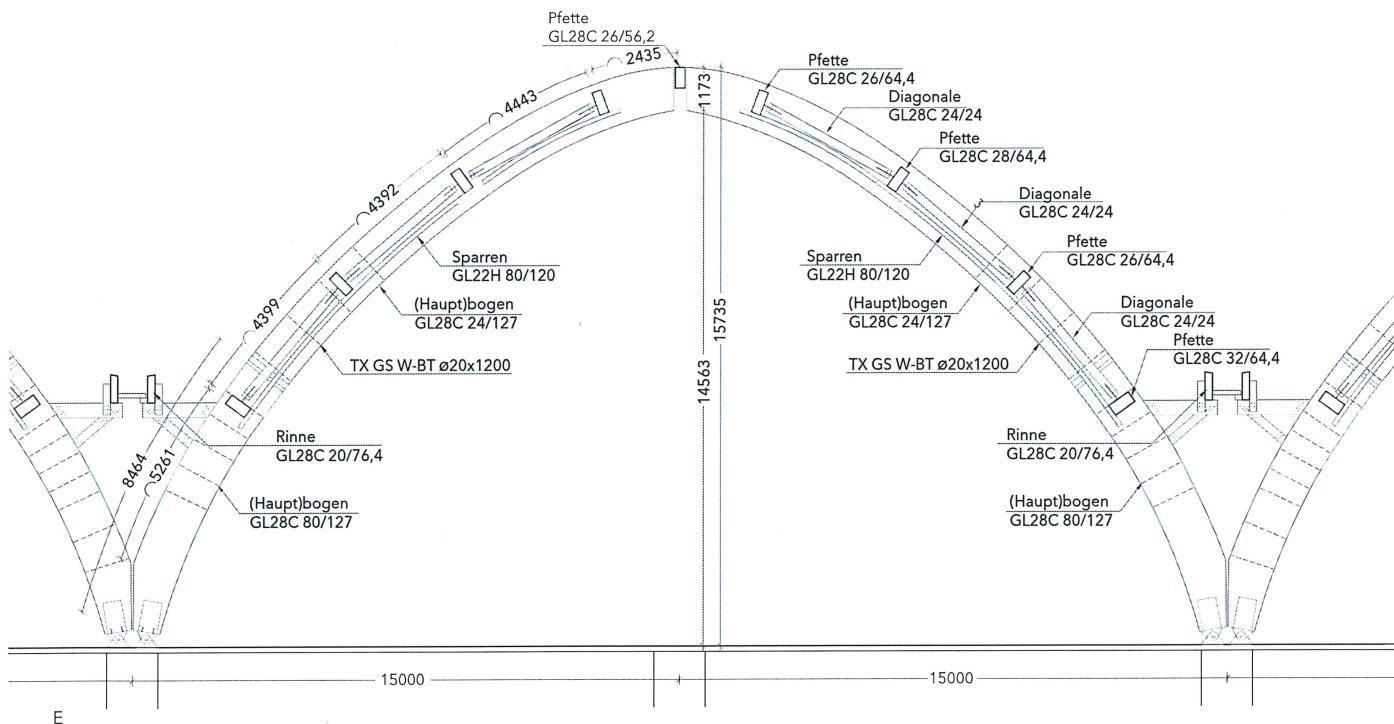
occur, exerting positive pressures of up to 3.2 kPa and suction effects of 2.0 kPa. Even more serious is the location of the airport in one of the most seismically active regions on the planet. Various measures ensure the building's earthquake resistance: the building is divided into five structurally independent sections (Fig. A). Seismic gaps ranging from 250 mm at the Arrivals level up to 550 mm at roof gutter level ensure that the sections cannot impact one another during a seismic event. The reinforced concrete frame of the two lower storeys acts in both principal directions and is designed to have a high resistance to bending moments arising from hori-



Christopher Collares



F

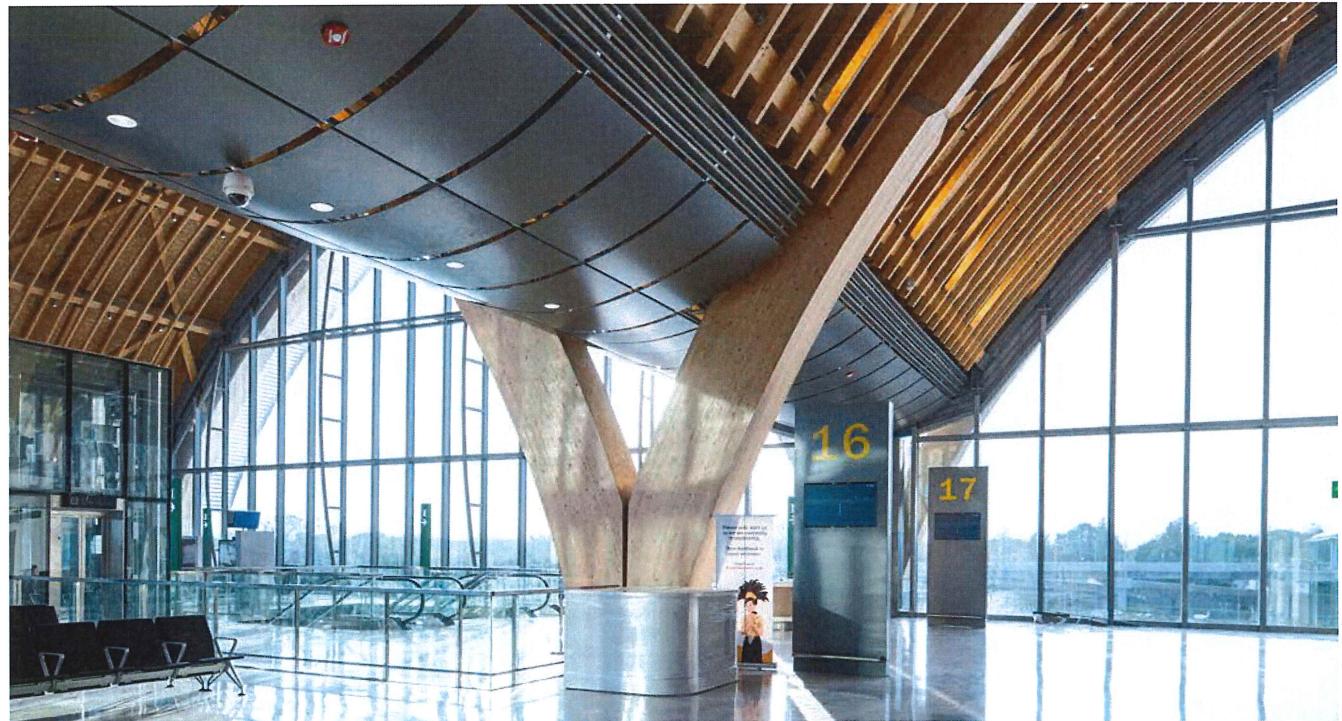


E

Hohlkammergelelemente reduziert die seismischen Lasten auf die Stützen. Für die Berechnung des Gesamtsystems war maßgebend, in welcher Reihenfolge die einzelnen Tragwerkselemente und Verbindungen aus Stahlbeton, Stahl oder Holz ihre material-spezifische Belastungsgrenze erreichen würden. Da die Stahlbetonkonstruktion eine deutlich höhere Duktilität als das vergleichsweise spröde Holz besitzt, musste ein schlagartiges Versagen der Holzbauteile ausgeschlossen werden. Die Berücksichtigung seismischer Lasten macht relativ „weiche“ Verbindungen erforderlich, die damit zum besonderen Kennzeichen dieses Holztragwerks werden.

horizontal forces. Designing the decks as light-weight voided slabs reduced the seismic loads on the columns.

In the design of the overall structural system, the order in which the individual structural elements and connections in reinforced concrete, steel or timber would reach their capacity and their mode of failure (brittle/ductile) were crucial. Because reinforced concrete possesses much higher ductility than relatively brittle timber, the design had to avoid sudden failure of the timber members. Seismic design requires specific connections within the timber structure to provide the ductility and yield before any failure of the timber itself can take place.



Christopher Collares