Fußgängerbrücke in Be'er Sheva

Pedestrian Bridge in Be'er Sheva

Am stark frequentierten Nordbahnhof der bedeutenden Wüstenstadt Be'er Sheva im Süden Israels wurde mit der Fertigstellung einer rund 200m langen Fußgängerbrücke eine wichtige infrastrukturelle Stadtverknüpfung geschaffen. Die ausdrucksvolle Stahlbrücke bietet eine schnelle, fußläufige Verbindung von der Ben-Gurion-Universität und dem Bahnhof zum ebenfalls neuen Gav-Yam-Negev-Technologiepark. Darüberhinaus erfüllt der Brückenbau alle Kriterien für neues Stadtwahrzeichen und unterstreicht den Anspruch von Be'er Sheva, als gut gelegener Arbeitsort für Pendler aus dem Zentrum des Landes wahrgenommen zu werden.

Während sich die minimal gedrehte Lage aus den städtebaulichen Vorgaben ergibt, reagiert die asymmetrische Unterteilung der Brücke in zwei unterschiedlich lange Segmente von ca. 70 m und 100 m auf die bereits existierenden, verschieden breiten Gleisanlagen. Beide Brückensegmente sind als statisch gleichartige, linsenförmige Raumfachwerkträger ausgebildet und umschließen den mittig-liegenden Gehweg. Bedingt durch die unterschiedlichen Spannweiten, weisen beide Felder verschiedene Querschnitte auf – ohne dabei den spannungsvollen Gesamteindruck der durchlaufenden, geschwungenen Linien zu mindern. **AB**

On the heavily used northern railway station of the important desert city of Be'er Sheva in southern Israel, the completion of a 200 m long footbridge provided an important urban infrastructure link. The impressive steel bridge completes a quick pedestrian connection between Ben Gurion University, the station and the new Gav-Yam Negev Technology Park. Moreover, the bridge fulfils all the criteria for a new urban landmark and underlines the image of Be'er Sheva as a well-planned centre for commuters journeying to work from the country's central region.

While the slightly skewed alignment arises from the structure's urban situation, the asymmetric division of the bridge into two unequal length segments of 70 m and 100 m is in response to the uneven disposition of the tracks below.

Both bridge segments are structurally similar, lenticular space trusses and a centrally positioned walkway. The segments have different cross sections because of their unequal spans, but care was taken to minimise the effect of this on the striking overall impression created by the bridge's continuously curving contours.

Architekten / Architect:
Bar Orian Architects, Tel Aviv
Nir Ovadya (Projektleiter/ Project management)

Tragwerksplaner / Structural engineer:
Rokach & Ashkenazi Consulting Engineers, Tel Aviv

Mitarbeiter / Team:
Isaak Rokach, Devan Levin (Projektleiter/Project management)

Bauherr / Client:
Gemeinde Be'er Sheva / City of Be'er Sheva

Lichtplanung / Lighting design:
Orly Avron-Alkabes Lighting Design, Tel Aviv

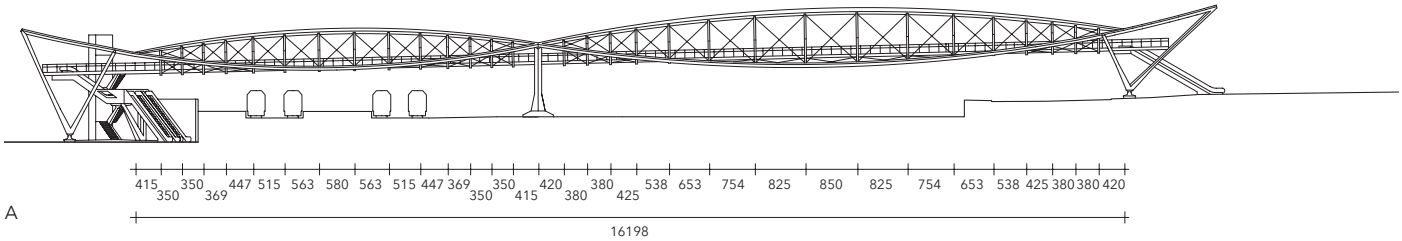
Landschaftsplanung / Landscape design:
Eitan Eden Architects, Tel Aviv

Generalunternehmer / Main contractor:
Shura, Caesarea (Israel)

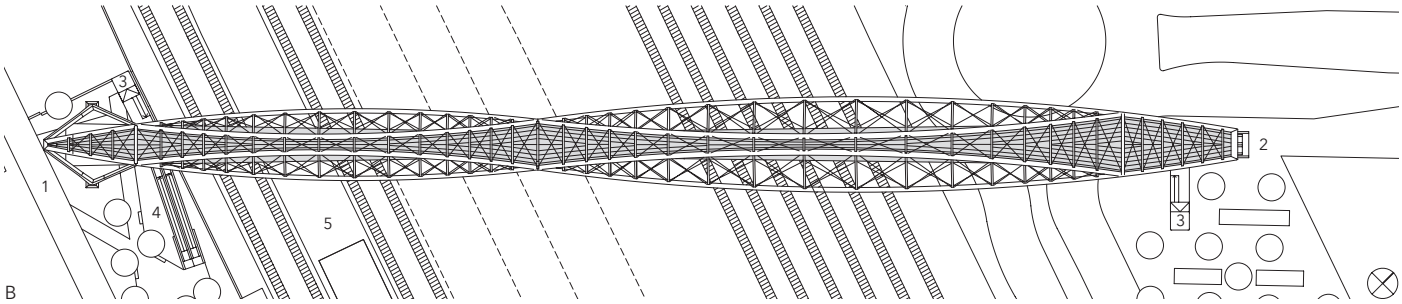
Stahlbau / Steelwork:
Adi 2000, Netanya (Israel)

Zeichenhaftes Stahltragwerk
Ein System aus seitlich geneigten Fachwerkträgern umschließt den Brückensteg der Be'er Sheva Brücke. In beiden unterschiedlich langen Hauptfeldern variieren diese in der Höhe, von ca. 0,6 m an den Enden bis zu 7,5 m bzw. 11 m in Feldmitte. Aufgrund ihres charakteristischen Erscheinungsbildes werden solche Strukturen als „linsenförmige" Fachwerkträger bezeichnet. Sie sind sehr effizient für einfach gelagerte Träger dieser Dimension. Trotz großer statischer Höhe in Feldmitte, wo auch das größte Biegemoment vorherrscht – bewahren sie ein visuell ansprechendes Höhen-Längen-Verhältnis.

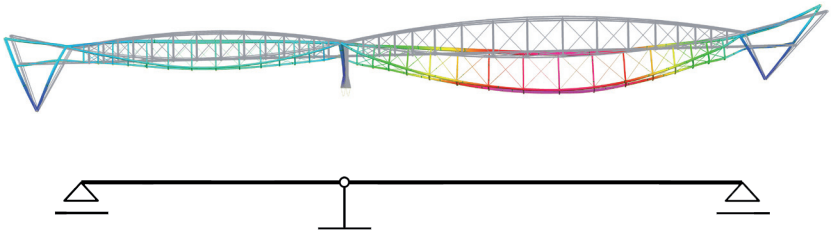
Statisches System
Entsprechend den drei Hauptlastrichtungen wird die Be'er Sheva Brücke durch drei statische Systeme definiert. In Vertikalrichtung, verteilt sich die Gesamtlast aus Eigenlasten und Verkehrslasten in einem System aus zwei unabhängigen Einfeldträgern mit unverschieblichen, gelenkigen Auflagern. Trotz der durchlaufenden Fachwerkgurte am mittleren Auflager kann von einer Feldtrennung ausgegangen werden, angesichts der „biegeweichen" kleinen Querschnitte am zentralen Auflager, und der hohen Steifigkeit infolge der großen statischen Höhe in Feldmitte. Dadurch wird sowohl das Stützmoment als auch das Maß der Drehverformung am zentralen Auflager auf ein vernachlässigbares Minimum reduziert. In Längsrichtung können die größten Lasten aus thermisch bedingten Materialausdehnungen entstehen. Daher wurde ein statisch bestimmtes System gewählt, das solche Verformungen ohne zusätzliche Spannungen zulässt. Die Auflager beider Brückensegmente an den Brückenköpfen sind durch die Ausbildung von Stahlgelenken an den Stützenfüßen in Längsrichtung beweglich. Durch die Einspannung der Mittelstütze im Fundament wird



A



B



C

Emblematic steel structure

A system of laterally inclined planar trusses surrounds the walkway of the Be'er Sheva bridge. The trusses of the two unequal-length main spans are not of constant height, varying from 0.6 m at the ends to 7.5 m and 11 m at mid-span respectively. Because of their characteristic appearance, these types of structures are called lenticular trusses. They are very efficient for simply supported girders of this size. Despite the great structurally effective depth at mid-span, where the maximum bending moment occurs, they nevertheless possess a visually appealing height-length ratio.

Structural system for static effects

The Be'er Sheva bridge is defined by three static systems, corresponding with the three main loading axes. In the vertical direction, the total load is composed of self-weight and live load in a system comprising two independent single-span space trusses resting on hinged bearings. In spite of the continuous truss cords over the middle pier, the spans themselves can be considered as independent because the small cross-section at the pier is flexible in terms of its bending resistance, while the great structural effective depth at mid-span provides much higher bending stiffness. Therefore the support moment and rotational deformation of the middle pier are reduced to a minimum and can be disregarded. The largest loads in the longitudinal direction are caused by thermal expansion of the bridge. Therefore a statically-determinate system was selected so that these deformations do not cause additional imposed stresses. Both spans are supported at the bridge ends on steel pinned bearings at the base of the end supports designed to allow longitudinal movement. The middle pier is built into its foundation to provide the necessary longitudinal stiffness. Transverse forces from the wind, seismic loads and horizontal live loads are carried by the whole bridge acting as a continuous girder on three separate hinged bearings.

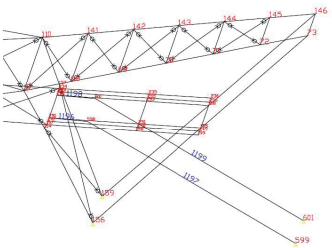
Dynamic effects

Long-span steel bridges tend to have a low natural frequency and can easily resonate in response to the footfall frequency of the crossing pedestrians. During the design process, the dynamic load behaviour was extensively analysed in cooperation with Prof. Izhak Sheinman at Technion, the Israel Institute of Technology in Haifa. To reduce the cost of using vibration dampers, the bridge deck was additionally fixed to the supports of the northern escalator. A friction bearing was designed for this task. This bearing resists the relatively small dynamic forces but behaves as a sliding bearing to allow slow thermal expansion movements.

Devan Levin und Nir Ovadya

Die Autoren: Devan Levin arbeitet als Bauingenieur bei Rokach & Ashkenazi Engineers und war Projektleiter der Tragwerksplanung der Be'er Sheva Brücke. Nir Ovadya war Architekt bei Bar Orian Architects und Projektleiter der Be'er Sheva Brücke.

The authors: Devin Levin is structural engineer at Rokach & Ashkenazi Engineers and project lead of the engineering design team of the Be'er Sheva bridge. Nir Ovadya is architect at Bar Orian architects and project manager of the design team of the Be'er Sheva bridge.



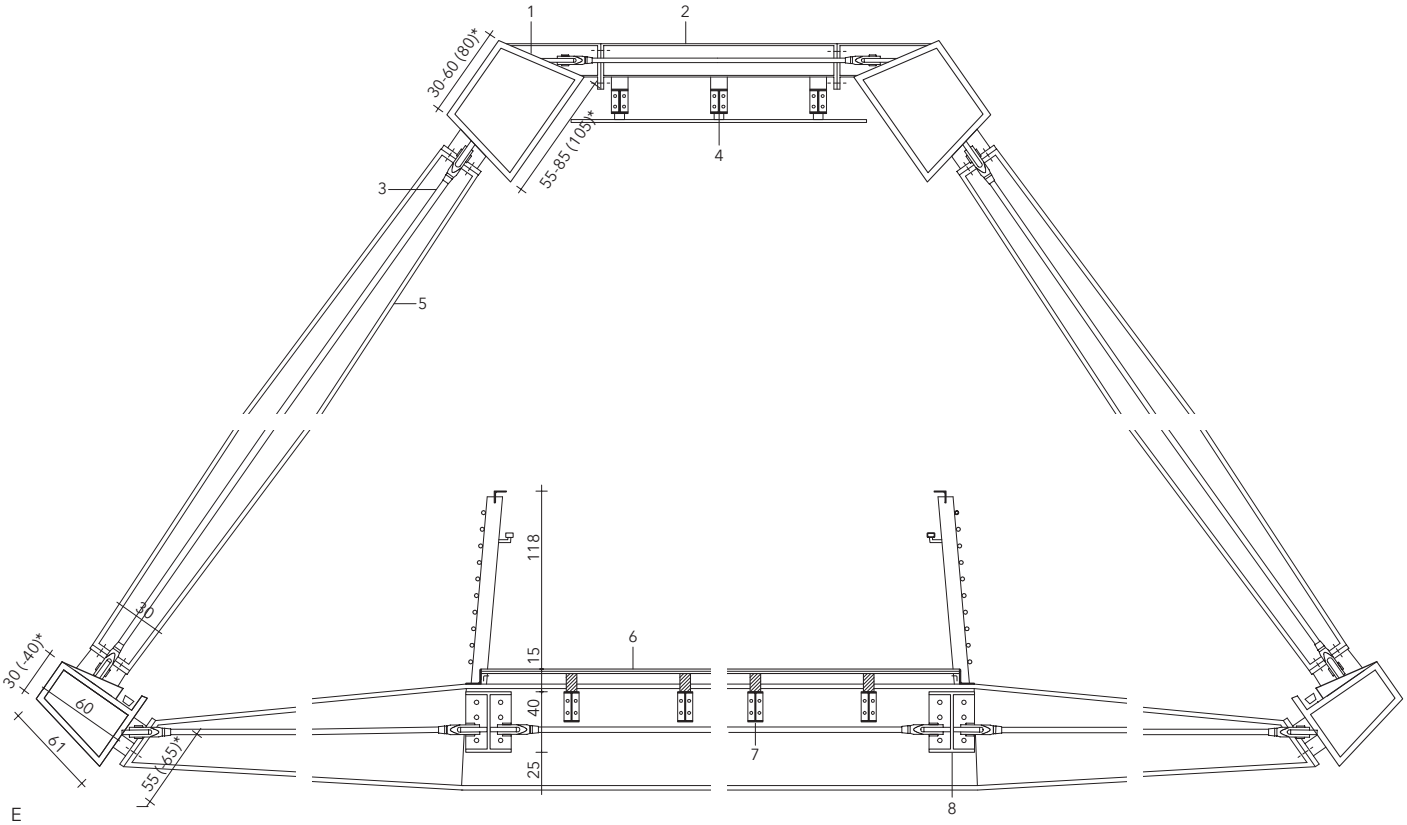
D

A Ansicht, Maßstab 1:1250
B Grundriss, Maßstab 1:1250
C Verformungsbild und Statisches System
D Rückverankerung des Brückenstegs

A Elevation, scale 1:1250
B Plan, scale 1:1250
C Deflection diagram and static scheme
D Tie-back at bridge walkway end

1 Ausgang Universität
2 Ausgang Technologie Park
3 Aufzug
4 Rolltreppe
5 Bahnhof

1 University access
2 Technology Park access
3 Elevator
4 Escalator
5 Station



eine Aussteifung in Längsrichtung erreicht. Quer gerichtete Kräfte aus Wind, seismischen Belastungen und horizontalen Verkehrslasten nimmt die gesamte Brücke als Durchlaufträger mit drei gelenkigen Auflagern auf.

Dynamische Einwirkungen

Stahlbrücken mit großen Spannweiten weisen eine natürliche, niedrige Eigenfrequenz auf und können leicht mit der Trittfrequenz der Fußgänger in Resonanz treten. Bereits während des Entwurfsprozesses wurde der dynamische Lasteintrag in Kooperation mit Prof. Izhak Sheinman am Haifa Technion umfassend analysiert. Um die Kosten für den Einsatz von Schwingungstilgern zu reduzieren, wurde der Brückensteg an den Trägern der nördlichen Rolltreppen zustätzlich fixiert. Hierfür wurde ein reibungsbasiertes Lager entwickelt, das die relativ geringen dynamischen Kräfte überträgt, bei langsamer thermischer Ausdehnung jedoch als Gleitlager dient.

Produktions- und Bauprozess

Die variierende Geometrie des komplexen Raumfachwerks, mit unterschiedlichen Querschnitten und Abständen der Bindergurte, sowie wechselnden Längen und Anschlusswinkeln der Querträger, erlaubte keinerlei standardisierte Elemente. Dank eines früh angelegten 3D-Modells konnte sowohl der Formfindungsprozess anhand statischer Berechnungen optimiert als auch eine papierlose, zügige Zusammenarbeit mit dem Stahlbauer ermöglicht werden.

Die im Werk vorgefertigten Einzelteile wurden in der Nähe des Bauplatzes in fünf Segmenten vormontiert. Nach Platzierung der zentralen Stütze und der beiden Endauflager wurden zunächst das kleinere 230 Tonnen schwere und anschließend das größere 430 Tonnen schwere Feld des Brückenträgers eingehoben und verschweißt. Der Bahnverkehr musste hierfür weniger als 24 Stunden unterbrochen werden.

E Detail Regelquerschnitt
Maßstab 1:50
F Detailschnitt Auflager an Mittelstütze
Maßstab 1:50

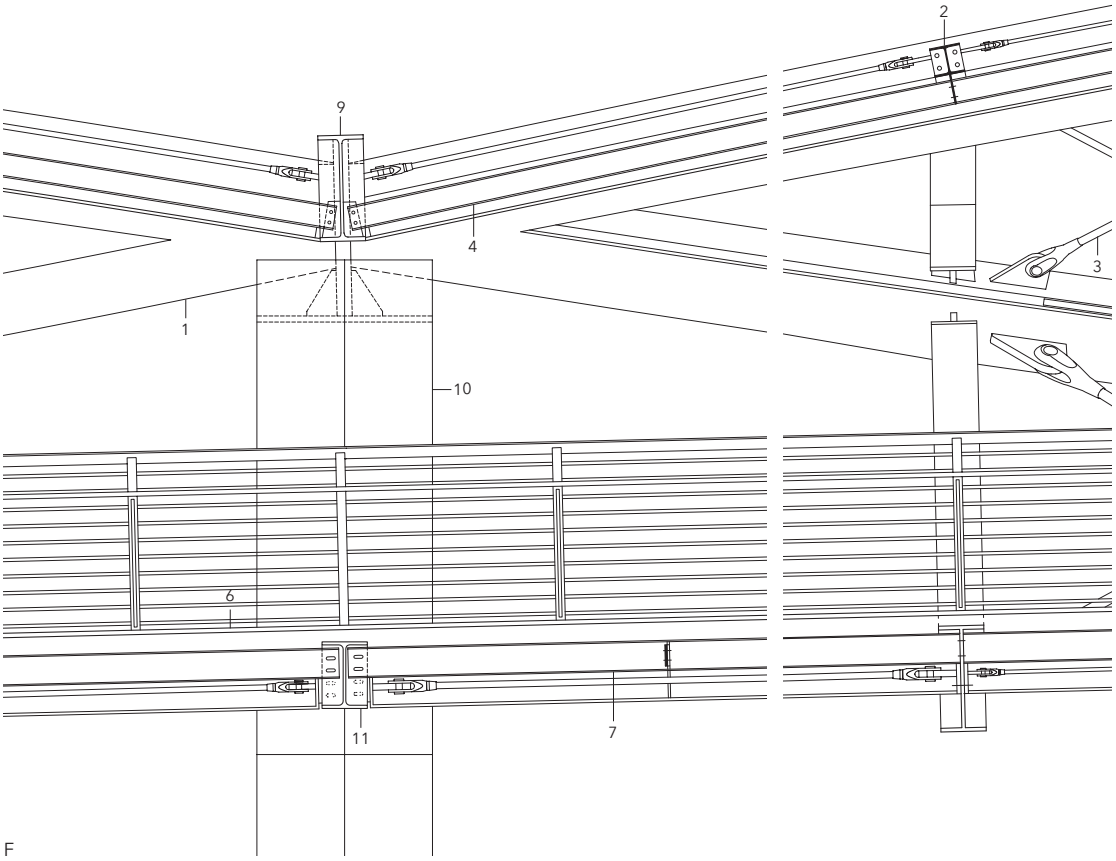
1 Fachwerkgurt, Stahlhohlkastenträger, variierender Querschnitt
2 Stahlprofil HEA 200
3 Stahlseil
4 Stahlprofil IPE 160
5 Stahlträger, variierender Querschnitt
6 Bodenbelag, Bambus
7 Stahlprofil IPE 200
8 Stahlprofil HEA 400
9 Stahlprofil HEA 700
10 Mittelstütze, Stahlhohlkasten, betongefüllt
11 Träger HEA 450

Production and construction

The varying geometry of the complex space truss, with different cross sections and distances between the main chords, the changing lengths and connection angles of the cross beams preclude any kind of standardised element. However, the early design of a 3D model allowed the form-finding process to be optimised based on the structural engineering calculations and later permitted paperless, smooth working with the steelwork contractor. The individual components were prefabricated in the factory and preassembled close to the erection site into five segments. After constructing the middle pier and the two end supports, the smaller 230 tonne then the larger 430 tonne segment of the bridge were lifted into position and welded together. This overnight operation interrupted rail traffic for less than 24 hours. Following the primary structural elements, the bridge finishings were added, elevators, escalators, walkway lighting, landscaping etc. The bridge was officially opened in January 2016.

Mehr Bilder und Videos auf structure-magazin.de/1-2018-beersheva

Further Images and Videos on structure-magazin.de/1-2018-beersheva



F

E Detail typical cross section, scale 1:50
F Detailed section middle pier bearing, scale 1:50

1 Truss chord, welded
2 Truss web HEA 200
3 Tensile rod
4 IPE 160
5 Plated beam
6 Bamboo deck surface
7 IPE 200
8 HEA 440
9 HEA 700
10 Middle pier, steel, concrete-filled
11 HEA 450