

Große Moschee von Algier: 500 Jahre gegen Erdbeben geschützt

MAURER entwickelt Hybridlösung aus Gleitpendellagern und Hydraulikdämpfern.

Algier, München. Die Große Moschee von Algier (Djamaâ El Djazir) wird die drittgrößte der Welt sein und soll mindestens 500 Jahre lang Bestand haben. Dafür muss sie gegen Erdbeben geschützt werden, die in der Region zu erwarten sind. Herausforderung war, ein Erdbebenschutzsystem zu entwickeln, das sowohl bei schwächeren bis mittleren Beben Mensch und Inhalt schützt als auch beim größten anzunehmenden Erdbeben das Gebäude vor Einsturz bewahrt. MAURER entwickelte dafür ein Schutzsystem aus 246 Gleitpendellagern und 80 adaptiven Hydraulikdämpfern.

Die Große Moschee mit einer Gesamtfläche von 400.000m² und täglich 120.000 Besuchern soll 2017 fertiggestellt werden. Zentrales Gebäude ist die Gebetshalle mit einem Grundriss von 145 x 145 m und einer Höhe von 65 m. Sie beherbergt bis zu 32.000 Menschen. Die große Herausforderung war, dieses Gebäude so zu errichten, dass eine Lebensdauer von 500 Jahren – zumindest theoretisch – zugesichert werden konnte.

Zwei Lastfälle angenommen

Die Planer gehen für diese Region von zwei Erdbebenfällen aus. Für das DBE-Ereignis (Design Basis Earthquake) wurde eine Wiederkehrperiode von 475 Jahren angenommen, also eine relativ hohe Wahrscheinlichkeit. Für diesen Fall müssen Menschen, Gebäude und Inhalt geschützt werden. „Inhalt“ steht für die sehr kostbare Ausstattung mit Verkleidungen, Bildern, Stelen etc., vergleichbar einem Museum. Ein MCE-Ereignis (Maximum Considered Earthquake) wurde alle 2.475 Jahre angenommen und zumindest Mensch und Gebäudestruktur müssen davor geschützt werden.

Um beide Lastfälle abzudecken wurde eine Hybridlösung aus Lagern und Dämpfern entwickelt:

- 246 Gleitpendellager (SIP – Sliding Isolation Pendulum) entkoppeln das Gebäude horizontal vom Untergrund.
- 80 horizontal wirksame Hydraulikdämpfer sorgen dafür, dass die Bauwerksbewegung auf ± 655 mm begrenzt wird.

Die Isolationsperiode des Systems wurde mit 3,1 sek festgelegt, um sicherzustellen, dass die auftretenden maximalen Bodenbeschleunigungen (PGA = Peak Ground Acceleration) ausreichend gefiltert und reduziert werden.

Kontakt für die Presse

MAURER SE

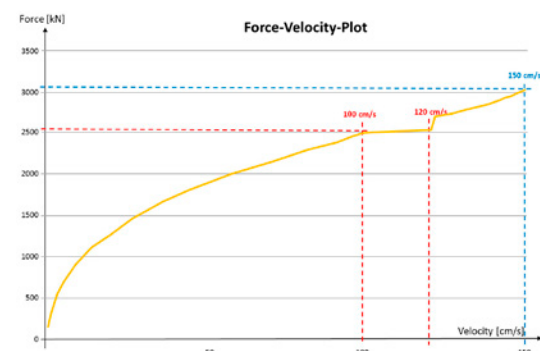
Judith Klein

Leitung Marketing & Kommunikation
Frankfurter Ring 193, 80807 München
Telefon + 49.89.323 94-159
Telefax + 49.89.323 94-306
j.klein@maurer.eu, www.maurer.eu



Ein SIP-Gleitpendellager und zwei horizontale adaptive Hydraulikdämpfer unter der Moschee von Algier. Die Personen verdeutlichen die Größenverhältnisse.

Foto: KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH



Die Kurve zeigt die Antwortkraft der Hydraulikdämpfer bei verschiedenen Geschwindigkeiten. Deutlich zu sehen ist die über ein Ventil gesteuerte gleichbleibende Kraft bei 100 – 120 cm/sek.

Grafik: MAURER

DBE-Ereignis: Gleitpendellager (SIP)

Die Gleitpendellager vom Typ SIP sind hauptsächlich für den Design-Erdbebenlastfall abgestimmt. Sie sind mit einem allseitig beweglichen Kalottengleitlager vergleichbar, wobei beide Gleitflächen und entsprechend auch die „Kalotte“ konkav gekrümmt sind. SIP-Lager haben im Erdbebenfall vier Aufgaben:

- Sie tragen die Vertikallast des aufliegenden Gebäudes ab. Diese beträgt pro Lager bis zu 2.730t. Besonderheit des SIP-Lagers ist, dass es bei der sehr hohen maximalen Belastung in Kombination mit der großen maximalen Auslenkung stabil und somit absolut ausfallsicher ist.
- Die Gleitflächen erlauben horizontale Gleitbewegungen (Sliding) bis zu ± 655 mm und wandeln die Bewegungsenergie aufgrund von 3% Reibung in Wärme um.
- Die Lager entkoppeln (Isolation) die Moschee vom Untergrund, so dass sie „ruhig“ liegen bleibt und sowohl ihre filigrane Baustruktur als auch ihr Inhalt keinerlei Schaden nehmen.
- Nach einem Erdstoß zentriert sich das Lager wegen den konkaven Gleitflächen dank des Gebäudegewichts von selbst in die Ausgangsposition zurück (Pendulum). Dies ist wichtig, um ein Davonschwimmen des Bauwerks zu verhindern, wenn Erdbebenstöße mehrmals in dieselbe Richtung erfolgen.

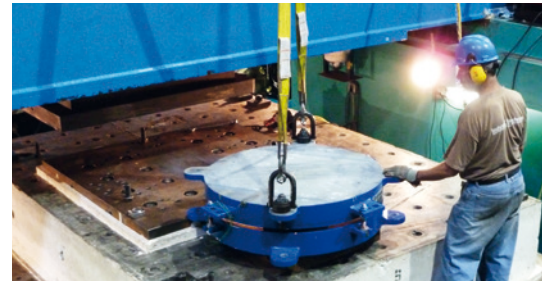
Jedes der 246 SIP-Lager hat einen Grundriss von bis zu 1360x1360 mm. Sie wurden jeweils unter den Säulen platziert, welche die Moscheestruktur tragen. Sie schützen Menschen, Gebäude und Inhalt.

Die geringe Reibung im Lager von nur 3% reicht aus, um bei einem Designbeben die inneren Bauwerksbeschleunigungen auf 0,12 g zu limitieren. Dies bedeutet einen wirksamen Schutz für den wertvollen Inhalt.

Für das MCE Ereignis wäre eine Reibung in den Lagern von ca. 10–12% notwendig, um die Bauwerksbewegung auf ± 655 mm zu reduzieren. Doch dann würden sich die Lager beim schwächeren Design-Erdbeben nicht bewegen, das Gebäude würde sich aufgrund hoher Beschleunigungseinwirkungen aufschwingen und der wertvolle Inhalt würde erheblich beschädigt.

MCE-Ereignis: Aktivierung zusätzlicher Adaptiver Hydraulikdämpfer

Die Begrenzung der horizontalen Bewegung ist die wichtigste Aufgabe für den MCE Lastfall. Daher wurden je 40 Hydraulikdämpfer in Längs- und Querichtung eingebaut. Sie haben eine maximale Kapazität von jeweils 3.065 kN.



Einrichten des Lagertests in San Diego, wo das maximal vorstellbare Erdbeben simuliert werden kann. Die getesteten Lager wurden bei den Tests nicht beschädigt und lediglich instandgesetzt. Aufgrund des hohen Werts wurden sie anschließend eingebaut.

Foto: MAURER

Kontakt für die Presse

MAURER SE

Judith Klein

Leitung Marketing & Kommunikation
Frankfurter Ring 193, 80807 München
Telefon +49.89.323 94-159
Telefax +49.89.323 94-306
j.klein@maurer.eu, www.maurer.eu

Ihre besondere Eigenschaft ist, dass sie nicht nur das Maximalerdbeben mit einer PGA von 0,65g abdecken, sondern geschwindigkeitsabhängig (adaptiv) reagieren. Bei Design-Erdbeben bauen sie nur geringen Widerstand auf, bei starken Erdbeben reagieren sie aggressiv mit hohem Widerstand und wandeln die Bewegung in Energie um (Dissipation).

Bei schwachen bis mittleren Design-Erdbeben werden die Dämpfer also kaum aktiv und die SIP-Lager können sehr geschmeidig bzw. weich reagieren.

Bei einem Maximalbeben sind in Algier real 0,4g anzunehmen. Aufgrund der hohen geforderten Lebensdauer von 500 Jahren, der Wichtigkeit des Gebäudes und des Sicherheitsdenkens der Behörden wurde ein Sicherheitsfaktor von 1,6 aufgeschlagen, so dass die Lager und die Dämpfer für eine Beschleunigung von 0,65g ausgelegt wurden.

Gleichbleibende Dämpferantwort im Grenzbereich

Vorgabe der Planer von KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH war zudem ein Sicherheitsfaktor von 1,2. Er hatte zur Folge, dass die ansteigende Antwortkraft ab einer angenommenen Geschwindigkeit von 100 cm/sek bis zu 120 cm/sek konstant bleiben musste. Dafür wurde ein Ventilsystem eingebaut.

Gleichzeitig war nach EN 15129 für Erdbebenvorrichtungen ein Sicherheitsfaktor von 1,5 zu berücksichtigen, sodass das Verhalten der Dämpfer bis zu einer Bewegungsgeschwindigkeit von 150 cm/sek nachzuweisen war. In der Realität tritt dieser Lastfall höchstwahrscheinlich nicht auf, aber Lager, Dämpfer und ihre Verankerungen im Beton mussten dafür ausgelegt werden.

Tests an den Universitäten von San Diego und Pavia

Für die CE-Kennzeichnung waren Tests entsprechend der EN15129 gefordert. Die Dämpfer und Lager wurden an der University of California in San Diego getestet, da nur dort die Prototypen mit voller Last, Geschwindigkeit und Amplitude getestet werden können. Selbst nach ca. 10 simulierten Maximalerdbeben waren die Lager noch funktionstüchtig. Die getesteten Prototypen wurden anschließend in der Moschee eingebaut, nachdem Öl und Dichtungen ausgetauscht worden waren.

Im EU Center Pavia wurden zusätzliche Produktionstests mit abgespecktem Produktionsprogramm durchgeführt. Diese Bauteile gingen anschließend direkt in den Einbau.

Kontakt für die Presse

MAURER SE

Judith Klein

Leitung Marketing & Kommunikation
Frankfurter Ring 193, 80807 München
Telefon +49.89.323 94-159
Telefax +49.89.323 94-306
j.klein@maurer.eu, www.maurer.eu

Zusätzliche innere Kalotte

Die Gleitpendellager verfügen über eine weitere Besonderheit, die der langen Lebensdauer von 500 Jahren geschuldet ist. Im Lagerinneren gibt es eine Kalotte mit einem sphärischen Gelenk, das 1% Rotation in alle Richtungen aufnehmen kann. Damit können Veränderungen wie Baugrundsenkungen oder Einbaufehler ausgeglichen werden, die ohne dieses Gelenk zu einer ständigen Schrägstellung des Lagers und im Extremfall zu einer Beschädigung des Gleitmaterials führen könnten.

Auswechselbare Lager mit nur 2 mm Anhebung

Sollte dennoch jemals ein Schaden an den Lagern auftreten, z. B. infolge eines Feuers, sind die Lager auswechselbar. Dies wurde dadurch erreicht, dass die Ankerplatten mit vielen Betonankern eingebaut und die Lager mit vielen Schrauben daran befestigt wurden. Das ist aufwendig, aber es erlaubt einen Lagerwechsel, bei dem die umgebende Struktur nur ca. 2 mm angehoben werden muss. Ein höheres Anheben wäre aus statischen Gründen nicht möglich.

Wirtschaftlichkeit

Angesichts dieser vielen aufwendigen Details stellt sich die Frage nach den Kosten der Hybridlösung SIP-Lager plus Hybriddämpfer, denn ursprünglich waren billigere Gummilager mit 1.600 mm Durchmesser und 1.000 mm Höhe geplant gewesen. „Abgesehen davon, dass diese Lager bei einer maximalen Verschiebung umgekippt wären, waren sie mit Blick auf das Gesamtsystem die unwirtschaftlichere Lösung“, erläutert Projektleiter Peter Huber von MAURER. „Die technisch sicherere und verlässlichere Hybridlösung ist in Bezug auf die Gesamtbaukosten das zudem wirtschaftlichere System. Es spart in der Bauwerksstruktur viel Geld ein, da die wirkenden Kräfte wesentlich besser reduziert werden und somit erheblich schlanker gebaut werden konnte.“

Text: 8.356 Anschläge

Kontakt für die Presse

MAURER SE

Judith Klein

Leitung Marketing & Kommunikation
Frankfurter Ring 193, 80807 München
Telefon + 49.89.323 94-159
Telefax + 49.89.323 94-306
j.klein@maurer.eu, www.maurer.eu

Kurzinfo MAURER SE

MAURER SE ist ein führender Spezialist im Maschinen- und Stahlbau mit weltweit über 1.000 Mitarbeitern. Das Unternehmen ist Marktführer im Bereich Bauwerksschutzsysteme (Brückenlager, Fahrbahnübergänge, Erdbebenvorrichtungen, Schwingungsdämpfer und Monitoringsysteme). Es entwickelt und fertigt darüber hinaus Schwingungsisolierung von Gebäuden und Maschinen, Achterbahnen, Riesenräder sowie Sonderkonstruktionen im Stahlbau.

MAURER ist an vielen spektakulären Großprojekten beteiligt, z. B. den weltgrößten Brückenlagern in Wasirabad, erdbebensicheren Dehnfugen an den Bosphorus-Brücken, semiaktiven Schwingungsdämpfern im Donau City Tower oder Druck-Zug-Lagern für das Zenitstadion St. Petersburg. Im Stahlbau zählen die BMW Welt und das Flughafenterminal II in München zu den Vorzeigobjekten. Spektakuläre Fahrgeschäfte sind z. B. das weltgrößte mobile Riesenrad R80 in Mexiko, die Rip-Ride-Rocket-Achterbahn in den Universal Studios Orlando oder der Fiorano GT Challenge in Abu Dhabi.

Kontakt für die Presse**MAURER SE****Judith Klein**

Leitung Marketing & Kommunikation
Frankfurter Ring 193, 80807 München
Telefon + 49.89.323 94-159
Telefax + 49.89.323 94-306
j.klein@maurer.eu, www.maurer.eu