



STAATLICHE TECHNISCHE UNIVERSITÄT ATHEN
FAKULTÄT FÜR INGENIEURWESEN
LABOR FÜR ANTISEISMISCHE TECHNOLOGIEN
DIREKTOR: PROF. KONSTANTINOS SPIRAKOS

TECHNISCHER BERICHT NTUA.LEE 3/2009

SEISMISCHER TEST

MIT PRÜFKÖRPER DAS WANDBAUSYSTEM DER GESELLSCHAFT **KOFINAS**
„KOFINAS NIK. KOFINAS-MICH. KOFINAS – FERTIGBAUHÄUSER“

Seiten: Text 23; Gesamt 161

Athen, im November 2009

TÜV AUSTRIA HELLAS



No: 20 100 7200 2016

ΚΟΦΙΝΑΣ
ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΑ ΣΠΙΤΙΑ

EMP EAT	ERDBEBENTEST Erdbebetest eines Mauerbausystems des Unternehmens NIK. KOFINAS-MICH. KOFINAS Fertigbauhäuser		S. 3
------------	---	--	------


INHALT

1. ZUSAMMENFASSUNG.....	4
2. EINFÜHRUNG.....	5
3. EXPERIMENTELLE STIMULATIONEN.....	6
3.1. Semitonale Reizung konstanter Beschleunigung.....	6
3.2. Erdbebenstimulationen.....	7
4. EXPERIMENTANORDNUNG.....	8
5. MESSANORDNUNG.....	8
6. ANGABEN ZU DEN SEISMISCHEN TESTS.....	9
6.1. Qualitätsplanung.....	10
7. INSTALLATION.....	11
7.1. Standort.....	11
7.2. Beschreibung des Erdbebensimulators und der Kalibrierung.....	11
8. TESTMETHODEN.....	12
9. BIBLIOGRAFIE.....	12
10. TESTERGEBNISSE.....	12
10.1. Berechnung der Eckverformung.....	16
11. SCHLUSSFOLGERUNGEN.....	18

Datum: November 2009	Der Direktor des Labors für antiseismische Technologie (E.A.T.) Prof. S. Spirakos	
-------------------------	---	--

EMP EAT	ERDBEBENTEST Erdbebentest eines Mauerbausystems des Unternehmens NIK. KOFINAS-MICH. KOFINAS Fertigbauhäuser	 S. 4
------------	---	---

1. ZUSAMMENFASSUNG

Ein eingeschossiger Testkörper in natürlichem Maßstab, errichtet von der Gesellschaft  „NIK. KOFINAS-MICH. KOFINAS Fertigbauhäuser“, wurde experimentell unter Verwendung eines Erdbebensimulators geprüft. Der Testkörper besteht aus Wänden, die aus einem Holztragwerk, einer Isolierung mit expandiertem Polysterin und einer hölzernen Aussteifung aus OSB zusammengesetzt sind. Eine der Gebäudeansichten ist mit einem Thermofassadensystem verputzt. Zweck der Tests ist die Prüfung der Reaktion dieses Bausystems auf seismische Kräfte.

Zunächst wurde der Testkörper durch einen konstanten zeitlichen Beschleunigungsverlauf semitonaler Art mit logarithmischer Frequenzabtastrung zur Bestimmung seiner dynamischen Eigenschaften stimuliert (Eigenperiode und Dämpfungsverhältnis). Anschließend erfolgten seismische Tests, bei denen der Testkörper von zeitlichen Beschleunigungsverläufen in Richtung X, Y und Z stimuliert wurde. Diese zeitlichen Verläufe stellten die Komponenten eines künstlichen Erdbebens dar, dessen Spektrum das elastische Spektrum der Griechischen Antiseismischen Verordnung (EAK2000) [1] für Böden der A-Kategorie und maximale Bodenbeschleunigung von 0,16 g (Fall a) umfasst. Der Testkörper wurde aufeinander folgenden gestaffelten künstlichen Erdbebenvibrationen ausgesetzt. Anschließend wurde am Testkörper eine zusätzliche Masse von 8 Mg angebracht, wonach dreiaxiale Stimulationen folgten. Das Spektrum dieser Stimulationen entsprach dem elastischen Spektrum der Griechischen Antiseismischen Verordnung (EAK2000) [1] für Böden der B-Kategorie und maximale Bodenbeschleunigung 0,16 g (Fall b). Der Testkörper wurde aufeinander folgenden gestaffelten künstlichen Erdbebenvibrationen ausgesetzt.

In Fall a wurden 11 Erdbebentests mit gestaffelt steigender Stimulation bis zu einer Beschleunigung von 1,50 g in Richtung X, 1,17 g in Richtung Y und 0,89 g in Richtung Z durchgeführt. In Fall b wurden 5 Erdbebentests mit gestaffelt steigender Stimulation bis zu einer Beschleunigung von 0,58 g in Richtung X, von 0,54 g in Richtung Y und von 0,68 g in Richtung Z durchgeführt.

Während der gesamten Testdauer wurde kein sichtbarer Schaden oder Riss am Bausystem festgestellt (Holztragwerk, OSB-Holz aussteifung verputzte Oberfläche mit Thermofassade).


Die maximale Eckverformung, die am Testkörper in Richtung X auftrat, betrug 4,60‰ und entsprach Test 14 mit einer maximalen Beschleunigung von 0,58 g in Richtung X, 0,54 g in Richtung Y und 0,68 g in Richtung Z. Die maximale Eckverformung, die am Testkörper in Richtung Y auftrat, betrug 4,28‰ und

Datum: November 2009	Der Direktor des Labors für antiseismische Technologie (E.A.T.) Prof. S. Spirakos	
-------------------------	---	--

EMP EAT	ERDBEBENTEST Erdbebetest eines Mauerbausystems des Unternehmens NIK. KOFINAS-MICH. KOFINAS Fertigbauhäuser		S. 5
------------	---	--	------

entsprechend einem Test mit maximaler Beschleunigung von 1,50 g in Richtung X, 1,17 g in Richtung Y und 0,87 g in Richtung Z.

2. EINFÜHRUNG


Die vorliegenden Erdbebetests wurden nach einer Vereinbarung mit der Gesellschaft  „NIK. KOFINAS-MICH. KOFINAS Fertigbauhäuser“ und dem Labor für Antiseismische Technologie (EAT) der Staatlichen Technischen Universität Athen (NTUA) durchgeführt.

Ziel des Experiments war die experimentelle Erforschung der Reaktion des Wandbausystems mit OSB-Holzaussteifung auf seismische Kräfte.

Die Erdbebetests betrafen folgenden Testkörper: Eingeschossiges Gebäude in natürlichem Maßstab mit Grundrissmaßen 3,77 x 3,77 m² und Endhöhe 3,12 m. In Abb. 1 wird die allgemeine Ansicht des Testkörpers im Erdbebensimulator dargestellt. Der Testkörper besteht aus vier Ansichten, die vor Ort am Erdbebensimulator zusammenmontiert wurden. Jede Ansicht ist aus Wänden errichtet, die aus Holztragwerk, dessen Elemente alle mit einer verstärkten Schwellenschraube untereinander verschraubt sind, expandiertem Polysterin, OSB-Holzaussteifung und Gipsplatte an der Innenseite bestehen. Die Ost-, Nord- und Westansicht haben Öffnungen, während die Südansicht blind ist (Abb. 1-2 abc). Die Höhe einer jeden Wand beträgt 2,80 m und die Dicke 0,172 m (die Ostansicht, die ein Thermofassadensystem hat, ist 0,250 m dick). Die Ansichten werden mit gestärkten Schwellenschrauben, wie in Abb. 3 ersichtlich, und mit Metallverbindungsstücken miteinander verschraubt. Die Decke des Testkörpers ist aus Holzbalken in Richtung A-D mit den Maßen 0,10 x 0,30 m² gestaltet und mit 22m-dicker OSB-Holzaussteifung (Abb. 2c) abgedeckt. Der Testkörper wurde im Erdbebensimulator mit Hilfe eines Holzsockels fixiert (Abb. 4). Die Gesamtmasse des Testkörpers betrug 1,38 Mg.


In den Abb. 5 bis 7 sind die Baupläne des Testkörpers dargestellt.

Für die Ausführung der Experimente wurde zunächst eine zusätzliche Masse von 2 Mg angebracht, und während der Testabläufe wurde eine zusätzliche Masse von 6 Mg angebracht (Gesamtzusatzmasse 8 Mg).

Die Verantwortung für die Konzeption und den Bau des Testkörpers hatte die Gesellschaft  „NIK. KOFINAS-MICH. KOFINAS Fertigbauhäuser“. Die Montage des Testkörpers erfolgte im Labor.

Der Erdbebensimulator ist im Labor Antiseismischer Technologie (EAT) für sechs Freiheitsgrade installiert, voll elektronisch gesteuert und mit einem Datensammelsystem mit 64 Kanälen ausgestattet. Die technischen Hauptmerkmale des Erdbebensimulators sind in Abs. 7, Seite 5 dieses technischen Berichts aufgeführt.

Datum: November 2009	Der Direktor des Labors für antiseismische Technologie (E.A.T.) Prof. S. Spirakos	
-------------------------	---	--

Die Tests wurden am Freitag, den 20. November 2009 durchgeführt. Die Tests wurden vom Doktor der Seismologie und Hauptforscher der Staatlichen Sternwarte Athen, Gerasimos Houliaras, und den nachfolgenden Ingenieuren der Gesellschaft  „NIK. KOFINAS – MICH. KOFINAS Fertigbauhäuser“ beobachtet: Bougiotopoulou Maria: Bauingenieurin NTUA, Exarchou Vasiliki: Bauingenieurin, Tsantilas Panagiotis: Bauingenieur, Patis Loukas: Architekt/Ingenieur NTUA, Kofina Evgenia: Architekturstudentin NTUA, Kofinas Konstantinos: Bauleiter, Nikolaos Andreas: Bauleiter.

Die Tests wurden durchgeführt, und anschließend erfolgte die Ergebnisanalyse unter der Aufsicht von Dr. Ing. Ch. P. Mouzakis, NTUA-Assistenzprofessor. Die Experimentergebnisse wurden vom Bauingenieur. L. Karapittas analysiert. Der Elektroingenieur A. Asimakopoulos, der Maschinenbauer G. Mikelis und die Techniker K. Chioktouris, M. Koliarakis und D. Chatziroupis halfen bei der erfolgreichen Durchführung der Tests.

3. EXPERIMENTELLE STIMULATIONEN

3.1. Semitonale Reizung konstanter Beschleunigung

Der Testkörper wurde durch einen konstanten zeitlichen Beschleunigungsverlauf semitonaler Art 0,055g mit logarithmischer Frequenzabtastung von 1-16Hz stimuliert. Die Abtastungsgeschwindigkeit betrug eine Oktave/min. Die Tests fanden jeweils gesondert in Richtung X und Y statt. Dieser Test dient der Bestimmung der dynamischen Merkmale des Testkörpers, Eigenperiode T und Dämpfungsverhältnis ζ . Die Eigenfrequenz f für die konkrete Stimulation im Zeitfeld ist gegeben durch die Beziehung:

$$f = 2^{\frac{\text{TIME}(\text{sec})}{60}}$$

wobei TIME(sec) der Zeitpunkt der maximalen Reaktion des Testkörpers ist. Das Dämpfungsverhältnis ζ wird im Frequenzfeld mit der Methode der halben Leistung der Bandbreite errechnet. In Tabelle 1 werden die dynamischen Merkmale der vorherrschenden Eigenform in Richtung X und Y des Testkörpers dargestellt.

Tabelle 1: Eigenperiode und Dämpfungsverhältnis:

Richtung	Eigenfrequenz* (Hz)	Eigenperiode* (sec)	Dämpfungsverhältnis (%)
X	9,85	0,10	2,07
Y	12,27	0,08	3,29

* zusätzliche Masse im Testkörper 2 Mg

Datum: November 2009	Der Direktor des Labors für antiseismische Technologie (E.A.T.) Prof. S. Spirakos	
-------------------------	---	--

EMP EAT	ERDBEBENTEST Erdbebentest eines Mauerbausystems des Unternehmens NIK. KOFINAS-MICH. KOFINAS Fertigbauhäuser		S. 7
------------	--	--	------

3.2. Erdbebenstimulationen

Der Testkörper wurde zwei Serien von dreiachsigen Erdbebenstimulationen an den drei Transportachsen X, Y und Z ausgesetzt. In Fall a hatte der Testkörper eine zusätzliche Masse von 2 Mg, und die Zeitverläufe der dreiachsigen Stimulation stellten die Komponenten eines künstlichen Erdbebens dar, das 2048 sec andauerte, im Zeittakt von 0,01 sec, dessen Spektrum das elastische Spektrum der Griechischen Antiseismischen Verordnung (EAK2000) [1] mit folgenden Merkmalen umfasst:

Erdbebenrisikozone: II ($A=0,16g$)
 Bedeutungskategorie: II ($\gamma_I=1,00$)
 Bodenkategorie: A ($T_1=0,10$ sec, $T_2=0,40$ sec)
 Fundamentkoeffizient θ : 1,00
 Dämpfung ζ : 5%

In Fall b hatte der Testkörper eine zusätzliche Masse 8 Mg, und die Zeitverläufe der dreiachsigen Stimulierung stellten die Komponenten eines künstlichen Erdbebens dar, das 2048 sec andauerte, im Zeittakt von 0,01 sec, dessen Spektrum das elastische Spektrum der Griechischen Antiseismischen Verordnung (EAK2000) mit folgenden Merkmalen umfasst:

Erdbebenrisikozone: II ($A=0,16g$)
 Bedeutungskategorie: II ($\gamma_I=1,00$)
 Bodenkategorie: B ($T_1=0,15$ sec, $T_2=0,60$ sec)
 Fundamentkoeffizient θ : 1,00
 Dämpfung ζ : 5%

In Fall a wurden 11 Erdbebentests mit gestaffelt steigender Stimulation bis zu einer Beschleunigung von 1,31g in Richtung X, 1,36g in Richtung Y und 0,29 g in Richtung Z durchgeführt. In Fall b wurden 5 Erdbebentests mit gestaffelt steigender Stimulation bis zu einer Beschleunigung von 0,58 g in Richtung X, 0,54 g in Richtung Y und 0,68 g in Richtung Z durchgeführt.

In Tabelle 2 werden die maximalen Beschleunigungen des Erdbebensimulators während der dreiachsigen Stimulationen des Testkörpers dargestellt: In den Abb. 8-9 und 10-11 werden die Beschleunigungsspektren der Tests 8 und 18 in den drei Richtungen XYZ dargestellt, die mit dem Elastischen Spektrum von EAK2000 [1] für die Bodenkategorie A bzw. B und maximale Beschleunigung 0,36g (maximale Bodenbeschleunigung gemäß EAK2000 [1]) verglichen werden. Die Beschleunigungsspektren der Tests wurden für eine Dämpfung von 5% berechnet.

Tabelle 2: Maximale absolute Beschleunigungswerte des Erdbebensimulators.


Datum: November 2009	Der Direktor des Labors für antiseismische Technologie (E.A.T.) Prof. S. Spirakos	
-------------------------	---	--

Test- Nr.	Maximaler Beschleunigungswert (m/sec ²)		
	X	Y	Z
3'	0,79	0,69	0,63
4	1,54	1,28	1,12
5	2,39	2,30	1,66
6	3,18	3,10	2,10
7	3,24	3,18	2,09
8	7,58	6,29	4,52
9	10,61	8,38	6,16
10	13,59	10,83	7,88
11	14,94	11,36	8,42
12	14,72	11,51	8,51
13	12,87	13,30	1,86
14**	1,61	1,62	1,55
15	2,36	2,71	2,63
16	3,33	3,81	3,83
17	3,73	4,09	4,41
18	5,66	5,32	6,71

* Zusätzliche Masse 2 Mg

* Zusätzliche Masse 8 Mg

4. EXPERIMENTANORDNUNG

Der Testkörper wurde auf den Erdbebensimulator mit Hilfe eines angemessen damit verbundenen Holzsockels gestellt, der in den Erdbebensimulator fixiert wurde. Die Fixierung des Holzsockels erfolgte mit M30-Schrauben. Das Drehmoment für das Festziehen der Schrauben betrug 300Nm. Die Montage und Aufstellung des Testkörpers im Erdbebensimulator erfolgte vom Personal der Firma  „NIK. KOFINAS – MICH. KOFINAS Fertigbauhäuser“ in Zusammenarbeit mit dem Werkstattpersonal. Die Experimentanordnung des Testkörpers im Erdbebensimulator wird in Abb. 1 dargestellt, während in Abb. 12 die Ausrichtung des Testkörpers und die positive Richtung der Achsen des Erdbebensimulators zu sehen sind. Allgemeine Anleitungen über die Experiment- und Messanordnung sind in Bezugspunkt [2] enthalten.

5. MESSANORDNUNG

In Abb. 13 werden die Messpositionen der Beschleunigungen des Testkörpers dargestellt. Die verwendeten Beschleunigungsmesser waren von der Firma ENDEVCO/USA. In Tabelle 3 werden die Merkmale der Beschleunigungsmesser dargestellt, die an der Decke des Testkörpers am Messpunkt A1X und A2X in Richtung X und an den Messpunkten A3Y und A4Y in Richtung Y angebracht worden waren. In der Mitte der Testkörperdecke wurde an der Stelle A5XYZ ein dreiachsiger Beschleunigungsmesser angebracht. Die Kalibrierung sowohl der Beschleunigungsmesser der Erdbebenbank als auch der

Datum: November 2009	Der Direktor des Labors für antiseismische Technologie (E.A.T.) Prof. S. Spirakos	
-------------------------	---	--

Beschleunigungsmesser auf den Testkörpern wurden mit Hilfe des Kalibriergeräts für Beschleunigungsmesser ENDEVCO 28959 DV vorgenommen.

In den Abb. 13 und 14 werden die Messpositionen der Verschiebungen des Testkörpers dargestellt. Die verwendeten Durchbiegungsmesser waren von der Firma CELESCO Typ PT8101-0050-111-1110. In Tabelle 4 werden die Merkmale dieser Durchbiegungsmesser an den Messpunkten D1 bis D8 dargestellt.

Tabelle 3: Merkmale der Beschleunigungsmesser.

Messpunkt	Richtung	Kalibrierwert für 1V (m/sec ²)	Typ	Kennziffer
A1	X	39,24	Endevco 2262-25	EG993002
A2	X	39,24	Endevco 2262-25	FA5460010
A3	Y	39,24	Endevco 2262-25	EG8100020
A4	Y	39,24	Endevco 2262-25	EG810005
A5	X	39,24	Endevco 2262-25	FA5460010
	Y			
	Z			

Tabelle 4: Merkmale der Durchbiegungsmesser.

Messpunkt	Kalibrierwert für 1V (mm)	Typ	Kennziffer
D1X	68,03	Celesco	3593A
D2X	68,79	Celesco	1796B
D3Y	68,00	Celesco	1797B
D4Y	68,83	Celesco	3594A
D5	67,97	Celesco	A86686
D6	68,18	Celesco	A86683
D7	68,04	Celesco	A86694
D8	68,03	Celesco	A86684

In Abb. 15-18 werden die beim Test verwendeten Beschleunigungs- und Durchbiegungsmesser dargestellt.

6. ANGABEN ZU DEN SEISMISCHEN TESTS

Die Tests wurden im Labor für Antiseismische Technologie der NTUA durchgeführt. Die Aufstellung des Testkörpers auf dem Erdbebensimulator fand am Mittwoch, den 18. November 2009 statt. Die Instrumente wurden am

Datum: November 2009	Der Direktor des Labors für antiseismische Technologie (E.A.T.) Prof. S. Spirakos	
-------------------------	---	--

Donnerstag, den 19. November 2009 kalibriert und auf den Testkörper angebracht. Der zeitliche Ablauf der Tests ist in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5: Zeitlicher Ablauf der Tests.

Test-Nr.	Testbeschreibung	Beschleunigung (m/sec ²)			Tag	Uhrzeit
		X	Y	Z		
1*	Frequenzabtastung X	0,55	-	-	20/11	
2	Frequenzabtastung X	-	0,55	-	20/11	
3	XYZ Seismische Stimulation	0,79	0,69	0,63	20/11	11:22
4	XYZ Seismische Stimulation	1,54	1,28	1,12	20/11	11:24
5	XYZ Seismische Stimulation	2,39	2,30	1,66	20/11	11:26
6	XYZ Seismische Stimulation	3,18	3,10	2,10	20/11	11:29
7	XYZ Seismische Stimulation	3,24	3,18	2,09	20/11	11:32
8	XYZ Seismische Stimulation	7,58	6,29	4,52	20/11	11:34
9	XYZ Seismische Stimulation	10,61	8,38	6,16	20/11	11:36
10	XYZ Seismische Stimulation	13,59	10,83	7,88	20/11	11:38
11	XYZ Seismische Stimulation	14,94	11,36	8,42	20/11	11:40
12	XYZ Seismische Stimulation	14,72	11,51	8,51	20/11	11:43
13	XYZ Seismische Stimulation	12,87	13,30	1,86	20/11	12:04
14**	XYZ Seismische Stimulation	1,61	1,62	1,55	20/11	13:34
15	XYZ Seismische Stimulation	2,36	2,71	2,63	20/11	13:35
16	XYZ Seismische Stimulation	3,33	3,81	3,83	20/11	13:37
17	XYZ Seismische Stimulation	3,73	4,09	4,41	20/11	13:40
18	XYZ Seismische Stimulation	5,66	5,32	6,71	20/11	13:41

* Zusätzliche Masse 2 Mg

* Zusätzliche Masse 8 Mg

6.1. Qualitätsplanung

Dieser Absatz enthält die entsprechenden Teile der Qualitätsplanung für das konkrete Abkommen, die nicht an anderer Stelle behandelt werden. Die Qualitätsplanung wurde in griechischer Sprache verfasst und ist als geprüftes Dokument für das Labor zwecks Überprüfung verfügbar.

Datum: November 2009	Der Direktor des Labors für antiseismische Technologie (E.A.T.) Prof. S. Spirakos	
-------------------------	---	--

EMP EAT	ERDBEBENTEST Erdbebentest eines Mauerbausystems des Unternehmens NIK. KOFINAS-MICH. KOFINAS Fertigbauhäuser		S. 11
------------	--	--	-------

TEIL 1: TECHNISCHE ANFORDERUNGEN

TEIL 2: RICHTLINIEN UND STANDARDS

Griechische Antiseismische Verordnung (EAK2000), 2000, Organisation Antiseismischer Planung und Antiseismischen Schutz (OASP).

TEIL 3: ARBEITS- UND VERFAHRENSANLEITUNGEN

1. Bericht über die Testergebnisse
2. Kalibrierung der Beschleunigungsmesser
3. Kalibrierung der Durchbiegungsmesser
4. Transport – Aufstellung der Testkörper
5. Vorbereitung und Durchführung der Tests

TEIL 4: Sonderanleitungen

1. Transport – Aufstellung der Testkörper
2. Kalibrierung der Instrumente
3. Foto- und Videoaufnahmen

TEIL 5: ZERTIFIKATE

TEIL 6: SONDERAUSRÜSTUNG

1. Instrument zur Kalibrierung der Beschleunigungsmesser (Endevco 28969 DV)
2. Drehmomentschlüssel

7. INSTALLATION

7.1. Standort

Die Anschrift ist:
 Labor für Antiseismische Technologie EAT
 Staatliche Technische Universität Athen
 Polytechniupolis
 Zografou 15700 Athen, Griechenland
 Tel.: 0030-10-7721180, Fax: 0030-10-7721182

Die Anfahrt zum Labor ist für lange und große Fahrzeuge einfach, da die Anlage neben der Autobahn liegt und über einen großen Parkplatz direkt vor dem Labor verfügt.

7.2. Beschreibung des Erdbebensimulators und der Kalibrierung


Plattform – Mechanische Merkmale

Maße: 4m x 4m x 6m

Gewicht: 100 kN Material : Stahl

Anzahl der unabhängigen Freiheitsgrade: sechs (6)

Datum: November 2009	Der Direktor des Labors für antiseismische Technologie (E.A.T.) Prof. S. Spirakos	
-------------------------	---	--

EMP EAT	ERDBEBENTEST Erdbebentest eines Mauerbausystems des Unternehmens NIK. KOFINAS-MICH. KOFINAS Fertigbauhäuser	 S. 12
------------	--	--

Maximales Testkörpergewicht 100 kN, auf einer Höhe von 2m vom Erdbebensimulator. Testkörper mit größerem Gewicht müssen entsprechend den Kalibrierungskurven verändert werden.

Maximale Horizontale Kraft (Richtung X, Y): 320 (kN) maximale vertikale Kraft (Richtung Z): 640 (kN) maximale Verschiebung des Erdbebensimulators in jede Richtung: ±10 (cm)

Maximale Drehung je Achse: 7×10^{-2} (rad)

Maximale horizontale Beschleunigung je Achse: (X, Y): 2,0 g maximale vertikale Beschleunigung (Z): 4,0 g


Maximale Geschwindigkeit je Achse: 100 cm/sec

Betriebsfrequenzen je Freiheitsgrad: 0,1 - 50 Hz


Installierte elektrische Leistung: 1200 kVA

8. TESTMETHODEN

Die Tests folgten folgenden Richtlinien und Anleitungen des Kunden:

- Griechische Antiseismische Verordnung (EAK2000), 2000, Organisation Antiseismischer Planung und Antiseismischen Schutz (OASP).
- Anleitungen der Firma  „NIK. KOFINAS – MICH. KOFINAS Fertigbauhäuser“ für die Anordnung der Instrumente und der seismischen Stimulationen.

9. BIBLIOGRAFIE

- [1] Griechische Antiseismische Verordnung (EAK2000), 2000, Organisation Antiseismischer Planung und Antiseismischen Schutz (OASP).
- [2]  „NIK. KOFINAS – MICH. KOFINAS Fertigbauhäuser“, Anleitungen über die Anordnung der Instrumente.

10. TESTERGEBNISSE

In Anhang A werden alle Zeitverläufe der Signale dargestellt, wie sie an den verschiedenen Messpunkten für alle Tests analysiert wurden. Konkret werden folgende Zeitverläufe dargestellt:

1. Beschleunigungszeitverläufe des Erdbebensimulators in die Richtungen X, Y und Z.
2. Beschleunigungszeitverläufe in die Richtung X am Messpunkt A1X und A2X.
3. Beschleunigungszeitverläufe in die Richtung Y am Messpunkt A3Y und A4Y.
4. Verschiebungszeitverläufe an den Messpunkten D1X, D2X.

Datum: November 2009	Der Direktor des Labors für antiseismische Technologie (E.A.T.) Prof. S. Spirakos	
-------------------------	---	--

EMP EAT	<p style="text-align: center;">ERDBEBENTEST</p> Erdbebentest eines Mauerbausystems des Unternehmens NIK. KOFINAS-MICH. KOFINAS Fertigbauhäuser	 <p style="text-align: right;">S. 13</p>
------------	--	--

5. Verschiebungszeitverläufe an den Messpunkten D3Y, D4Y.
6. Verschiebungszeitverläufe an den Messpunkten D5, D6, D7 und D8.



Datum: November 2009	Der Direktor des Labors für antiseismische Technologie (E.A.T.) Prof. S. Spirakos	
-------------------------	---	--

Tabelle 6: Maximale absolute Werte der Messparameter:

Parameter		Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Test 8	Test 9
Ac-T-X (m/sec ²)	Ma x	0,76	1,54	2,30	3,18	3,24	7,58	9,76	12,88	13,54
	Min	-0,71	-1,36	-2,39	-2,99	-3,08	-7,27	-10,61	-13,59	-14,94
Ac-T-Y (m/sec ²)	Ma x	0,69	1,28	2,30	3,10	3,18	6,29	8,38	10,83	11,36
	Min	-0,56	-1,20	-1,93	-2,60	-2,64	-6,04	-7,88	-10,22	-10,99
Ac-T-Z (m/sec ²)	Ma x	0,54	1,04	1,56	1,92	1,99	4,52	6,16	7,88	8,42
	Min	-0,63	-1,12	-1,66	-2,10	-2,09	-4,43	-6,02	-7,37	-7,53
D-T-X (mm)	Ma x	3,62	7,13	13,67	13,16	13,68	26,65	44,73	50,05	51,90
	Min	-3,41	-6,68	-8,84	-14,33	-19,14	-32,68	-42,82	-66,46	-57,71
D-T-Y (mm)	Ma x	3,26	6,19	9,35	11,37	15,16	24,55	36,62	46,19	46,34
	Min	-2,89	-5,97	-9,54	-12,66	-14,09	-37,22	-41,75	-56,30	-48,54
D-T-Z (mm)	Ma x	3,30	6,25	8,75	10,66	10,23	21,69	29,41	39,42	37,54
	Min	-1,34	-3,07	-6,63	-8,14	-8,77	-19,57	-26,26	-34,12	-34,68
A1X (m/sec ²)	Ma x	2,39	2,75	3,89	4,91	4,16	9,38	12,99	14,48	14,28
	Min	-2,04	-3,38	-4,55	-6,00	-5,96	-9,77	-12,09	-13,85	-14,24
A2X (m/sec ²)	Ma x	1,26	2,59	3,38	4,55	4,24	6,32	8,44	7,69	8,20
	Min	-1,41	-2,20	-2,55	-3,10	-3,02	-5,73	-7,85	-8,95	-9,22
A3Y (m/sec ²)	Ma x	9,99	3,10	4,83	5,65	5,22	7,65	10,20	13,50	14,44
	Min	-17,59	-3,02	-4,00	-5,06	-4,94	-8,83	-11,46	-14,09	-15,62
A4Y (m/sec ²)	Ma x	1,96	3,34	4,98	6,71	6,59	10,95	12,01	14,56	14,75
	Min	-2,04	-3,57	-4,98	-6,32	-6,04	-11,26	-14,05	-16,68	-17,23
A5X (m/sec ²)	Ma x	2,43	4,04	5,38	7,30	7,93	11,46	13,34	14,56	15,30
	Min	-2,55	-4,20	-4,79	-5,14	-5,10	-10,79	-14,44	-17,82	-19,19
A5Y (m/sec ²)	Ma x	1,88	3,38	4,87	6,04	5,89	10,05	12,16	15,66	16,99
	Min	-2,12	-3,53	-4,91	-6,04	-6,20	-10,63	-12,16	-14,99	-16,32
A5Z (m/sec ²)	Ma x	2,04	2,67	3,96	4,43	4,79	9,30	11,54	14,44	14,28
	Min	-1,61	-2,32	-3,53	-3,81	-4,20	-8,71	-12,20	-14,09	-14,09
D1X (mm)	Ma x	3,28	7,57	9,76	16,94	21,36	38,37	50,68	77,08	69,46
	Min	-5,36	-8,35	-14,12	-13,27	-13,88	-27,76	-43,95	-49,46	-53,13
D2X (mm)	Ma x	3,81	7,46	10,29	16,85	21,53	38,32	50,91	77,11	68,03
	Min	-4,24	-7,67	-14,27	-13,07	-13,69	-28,48	-45,13	-50,56	-54,55
D3Y (mm)	Ma x	5,15	6,48	14,76	14,21	15,61	41,28	45,90	61,40	54,67
	Min	-4,51	-6,51	-10,81	-12,65	-17,58	-28,49	-38,76	-52,16	-50,59

D4Y (mm)	Ma x	3,87	6,71	10,83	15,42	15,42	40,33	45,84	60,02	56,72
	Min	-4,18	-7,05	-10,30	-12,46	-15,49	-27,19	-37,51	-52,52	-52,86
D5 (mm)	Ma x	1,84	1,97	1,56	2,04	1,70	1,70	1,56	1,97	1,43
	Min	-1,84	-1,70	-1,43	-1,29	-1,29	-1,63	-1,43	-1,70	-1,56
D6 (mm)	Ma x	1,57	1,36	1,70	1,77	1,84	1,50	1,71	1,23	1,43
	Min	-1,43	-1,30	-1,98	-1,91	-1,84	-2,45	-1,91	-2,05	-1,57
D7 (mm)	Ma x	1,63	1,50	1,77	1,57	1,91	1,29	1,63	1,50	1,57
	Min	-1,63	-1,77	-2,18	-1,36	-1,36	-2,04	-2,04	-2,18	-1,43
D8 (mm)	Ma x	1,84	1,63	1,97	1,70	1,77	1,50	1,63	1,63	1,43
	Min	-1,84	-1,70	-1,97	-1,91	-1,57	-2,11	-2,31	-1,70	-1,91

In Anhang A ist außerdem der zeitliche Verlauf der diesbezüglichen Verschiebung an den Messpunkten D1X, D2X, D3Y und D4Y angegeben.

In Tabelle 6 werden die maximalen Reaktionen des Testkörpers auf die starken seismischen Tests dargestellt.

Tabelle 6 (Fortsetzung): Maximale absolute Werte der Messparameter:

Parameter		Test 10	Test 11	Test 12	Test 13	Test 14	Test 15	Test 16
Ac-T-X (m/sec ²)	Ma x	13,72	11,14	1,15	1,73	2,65	3,02	4,61
	Min	-14,72	-12,87	-1,61	-2,36	-3,33	-3,73	-5,66
Ac-T-Y (m/sec ²)	Ma x	11,51	13,30	1,62	2,71	3,81	4,09	5,32
	Min	-10,92	-12,59	-1,40	-2,04	-2,76	-3,12	-4,87
Ac-T-Z (m/sec ²)	Ma x	8,51	1,34	1,55	2,63	3,83	4,41	6,71
	Min	-7,42	-1,86	-1,32	-2,00	-3,12	-3,61	-5,78
D-T-X (mm)	Ma x	63,48	47,27	7,77	11,54	17,24	19,60	30,18
	Min	-68,55	-50,59	-6,73	-10,34	-15,47	-17,94	-27,53
D-T-Y (mm)	Ma x	59,33	50,29	7,23	10,45	15,82	18,21	28,12
	Min	-66,80	-61,62	-8,59	-12,06	-18,16	-21,53	-33,06
D-T-Z (mm)	Ma x	45,35	1,78	8,26	11,35	16,81	19,38	29,22
	Min	-38,30	-0,27	-8,83	-13,21	-20,01	-23,54	-36,55
A1X (m/sec ²)	Ma x	13,81	15,93	2,12	2,98	4,91	5,81	8,32
	Min	-14,36	-16,25	-1,69	-2,39	-3,34	-4,16	-6,24
A2X (m/sec ²)	Ma x	8,20	8,01	1,33	1,65	1,99	1,59	3,49
	Min	-9,22	-10,95	-1,33	-1,81	-2,21	-3,79	-4,36

A3Y (m/sec ²)	Ma x	13,89	17,34	40,54	66,71	73,33	42,91	90,68
	Min	-15,81	-17,50	-54,11	-46,14	-58,28	-98,71	-74,87
A4Y (m/sec ²)	Ma x	14,72	18,60	2,19	3,53	5,49	5,69	8,01
	Min	-16,91	-18,95	-2,01	-2,98	-3,69	-4,47	-6,59
A5X (m/sec ²)	Ma x	14,95	18,05	1,92	2,51	3,30	3,92	6,83
	Min	-18,56	-19,50	-2,32	-2,63	-4,16	-5,06	-8,12
A5Y (m/sec ²)	Ma x	17,03	18,80	1,87	2,51	3,85	4,71	6,63
	Min	-16,48	-18,36	-2,17	-3,45	-5,18	-5,26	-7,53
A5Z (m/sec ²)	Ma x	15,11	5,26	3,30	4,98	5,77	7,10	12,48
	Min	-14,21	-4,71	-2,87	-4,40	-5,73	-6,12	-8,04
D1X (mm)	Ma x	79,53	60,28	7,17	12,25	18,30	22,25	35,51
	Min	-68,91	-48,64	-10,11	-13,67	-20,89	-22,31	-36,60
D2X (mm)	Ma x	79,66	60,12	7,46	12,45	18,35	22,77	36,18
	Min	-69,13	-49,05	-9,66	-13,76	-20,24	-22,22	-37,35
D3Y (mm)	Ma x	75,96	68,48	9,72	14,48	21,49	25,09	39,03
	Min	-62,56	-55,69	-8,23	-12,44	-18,70	-21,01	-32,98
D4Y (mm)	Ma x	72,96	69,52	10,07	15,07	23,40	25,40	38,89
	Min	-64,49	-56,17	-8,79	-13,49	-20,31	-22,65	-35,10
D5 (mm)	Ma x	1,77	1,70	1,43	1,84	1,43	1,43	1,77
	Min	-1,90	-1,63	-1,56	-1,84	-1,56	-1,56	-1,90
D6 (mm)	Ma x	1,43	1,43	1,57	1,64	1,64	1,98	1,64
	Min	-1,57	-1,23	-1,43	-2,05	-1,71	-1,36	-1,36
D7 (mm)	Ma x	1,77	1,16	1,36	2,11	1,77	1,43	1,43
	Min	-1,57	-1,50	-1,63	-1,23	-1,91	-1,91	-1,23
D8 (mm)	Ma x	1,91	1,57	1,77	2,18	1,43	1,77	1,43
	Min	-1,43	-1,09	-1,84	-1,77	-1,84	-1,50	-1,84

10.1. Berechnung der Eckverformung

Die Eckverformung wird als das Verhältnis der diesbezüglichen Verschiebung der Gebäudedecke zu seiner Höhe definiert. Die Eckverformung wird in Richtung X vom Durchbiegungsmesser an den Messpunkten D1X, D2X und in Richtung Y vom Durchbiegungsmesser an den Messpunkten D3Y, D4Y berechnet. Die Höhe wird als gleich der Aufstellungshöhe der Durchbiegungsmesser vorausgesetzt (in der Mitte der Höhe des Deckenholzbalkens 2,95 m). In Tabelle 7 werden der maximale absolute Wert der diesbezüglichen Verschiebung an den Positionen D1X, D2X und die

Datum: November 2009	Der Direktor des Labors für antiseismische Technologie (E.A.T.) Prof. S. Spirakos	
-------------------------	---	--

entsprechenden Werte der Eckverformung für die Tests 6-16 angegeben. In Tabelle 8 werden die entsprechenden Werte für die Richtung Y angegeben.

Tabelle 7: Richtung X: Diesbezügliche Verschiebung - Eckverformung

Test	RD1X (mm)	RD2X (mm)	Eckverformung D1X/h (=2,95m) (‰)	Eckverformung RD2X/h (=2,95m) (‰)
6*	2,51	2,68	0,85	0,91
7	2,51	2,64	0,85	0,89
8	5,09	5,33	1,73	1,81
9	7,08	7,47	2,40	2,53
10	10,23	10,12	3,47	3,43
11	11,06	10,65	3,75	3,61
12	13,40	11,39	4,50	3,86
13	9,05	10,28	3,07	3,49
14**	2,79	2,53	0,95	0,86
15	4,26	4,20	1,44	1,42
16	6,94	5,76	2,35	1,95
17	6,72	6,76	2,28	2,29
18	13,17	13,57	4,46	4,60

* Zusätzliche Masse 2 Mg

* Zusätzliche Masse 8 Mg

Tabelle 8: Richtung Y: Diesbezügliche Verschiebung - Eckverformung


Test	RD3Y (mm)	RD4Y (mm)	Eckverformung D3Y/h (=2,95m) (‰)	Eckverformung RD4Y/h (=2,95m) (‰)
6*	2,71	2,59	0,92	0,88
7	2,65	2,63	0,90	0,89
8	4,27	4,85	1,45	1,64
9	6,12	6,66	2,07	2,26
10	12,00	9,77	4,07	3,31
11	10,07	9,85	3,41	3,34
12	12,62	10,73	4,28	3,64
13	8,76	10,31	2,97	3,49
14**	2,65	2,59	0,90	0,88
15	3,96	4,50	1,34	1,53
16	4,98	8,99	1,69	3,05
17	5,86	8,43	1,99	2,86
18	10,59	12,50	3,59	4,24

* Zusätzliche Masse 2 Mg

* Zusätzliche Masse 8 Mg

Die maximale Eckverformung, die am Testkörper in Richtung X auftrat, betrug 4,60‰ und entsprach Test 18 mit einer maximalen Beschleunigung von 0,58 g in Richtung X, 0,54 g in Richtung Y und 0,68 g in Richtung Z. Die maximale Eckverformung, die am Testkörper in Richtung Y auftrat, betrug 4,28‰ und entsprach Test 12 mit einer maximaler Beschleunigung von 1,50 g in Richtung X, 1,17 g in Richtung Y und 0,87 g in Richtung Z.

Datum: November 2009	Der Direktor des Labors für antiseismische Technologie (E.A.T.) Prof. S. Spirakos	
-------------------------	---	--

EMP EAT	ERDBEBENTEST Erdbebentest eines Mauerbausystems des Unternehmens NIK. KOFINAS-MICH. KOFINAS Fertigbauhäuser		S. 18
------------	--	--	-------

11. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Der Testkörper wurde zwei Testreihen unterzogen. In Fall a betrug die zusätzliche Masse des Testkörpers 2Mg, und das Spektrum des Zeitverlaufs der seismischen Stimulation entsprach dem elastischen Spektrum gemäß EAK2000 [1] für Bodenkategorie A und Bodenbeschleunigung 0,16. In Fall b betrug die zusätzliche Masse des Testkörpers 8Mg, und das Spektrum des Zeitverlaufs der seismischen Stimulation entsprach dem elastischen Spektrum gemäß EAK2000 [1] für Bodenkategorie A und Bodenbeschleunigung 0,16.

In Fall a wurden 11 Erdbebentests mit gestaffelt steigender Stimulation bis zu einer Beschleunigung von 1,50g in Richtung X, 1,17g in Richtung Y und 0,87g in Richtung Z durchgeführt. In Fall b wurden 5 Erdbebentests mit gestaffelt steigendem Reiz bis zu einer Beschleunigung von 0,58 g in Richtung X, von 0,54 g in Richtung Y und von 0,68 g in Richtung Z durchgeführt.

Während der gesamten Testdauer wurde kein sichtbarer Schaden oder Riss am Bausystem festgestellt (Holztragwerk, OSB-Holzaussteifung, verputzte Oberfläche mit Thermofassade).

Die maximale Eckverformung, die am Testkörper in Richtung X auftrat, betrug 4,60‰ und entsprach einem Test mit einer maximalen Beschleunigung von 0,58 g in Richtung X, 0,54 g in Richtung Y und 0,68 g in Richtung Z. Die maximale Eckverformung, die am Testkörper in Richtung Y auftrat, betrug 4,28‰ und entsprach einem Test mit einer maximalen Beschleunigung von 1,50 g in Richtung X, 1,17 g in Richtung Y und 0,87 g in Richtung Z.

Athen, im November 2009

Der Ingenieur, der
die Tests durchführte und den Bericht verfasste

Charis P. Muzakis
Dr. Ing. Gastprof. NTUA

Der Direktor des Labors
K. Spirakos
Dr. Ing. Prof. NTUA

Datum: November 2009	Der Direktor des Labors für antiseismische Technologie (E.A.T.) Prof. S. Spirakos	
-------------------------	---	--



Abb. 1: Experimentelle Anordnung im Erdbebensimulator.



(a)



(b)



(c)

Abb. 2: Testkörpermontage: (a): West-Süd-Ansicht, (b): Nordansicht und (c): Ost-Nord-Ansicht, Dach.



Abb. 3: Verschraubung der Wände.



Abb. 4: Holzsockel zur Fixierung des Testkörpers im Erdbebensimulator.

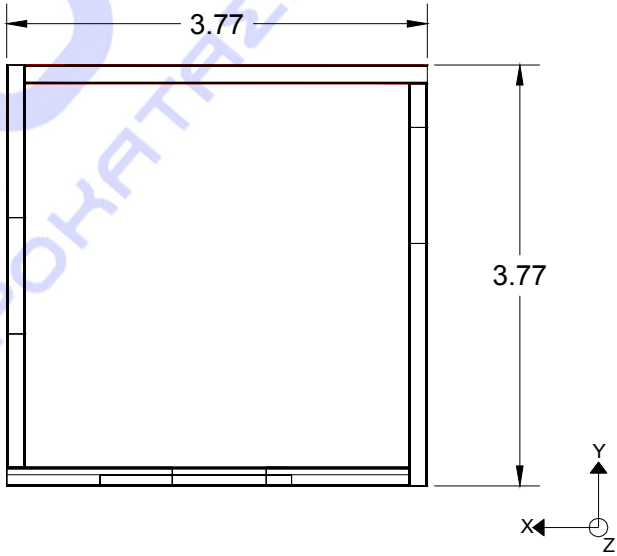


Abb. 5: Testkörperdraufsicht.

Datum: November 2009	Der Direktor des Labors für antiseismische Technologie (E.A.T.) Prof. S. Spirakos	
-------------------------	---	--

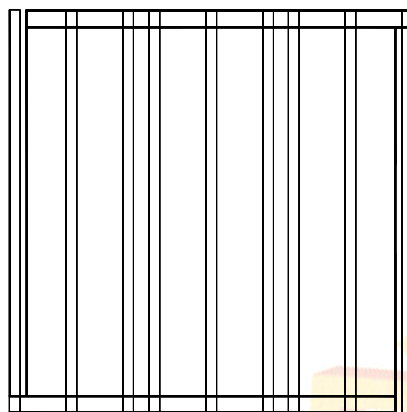


Abb. 6: Verbalkung der Decke des Testkörpers.

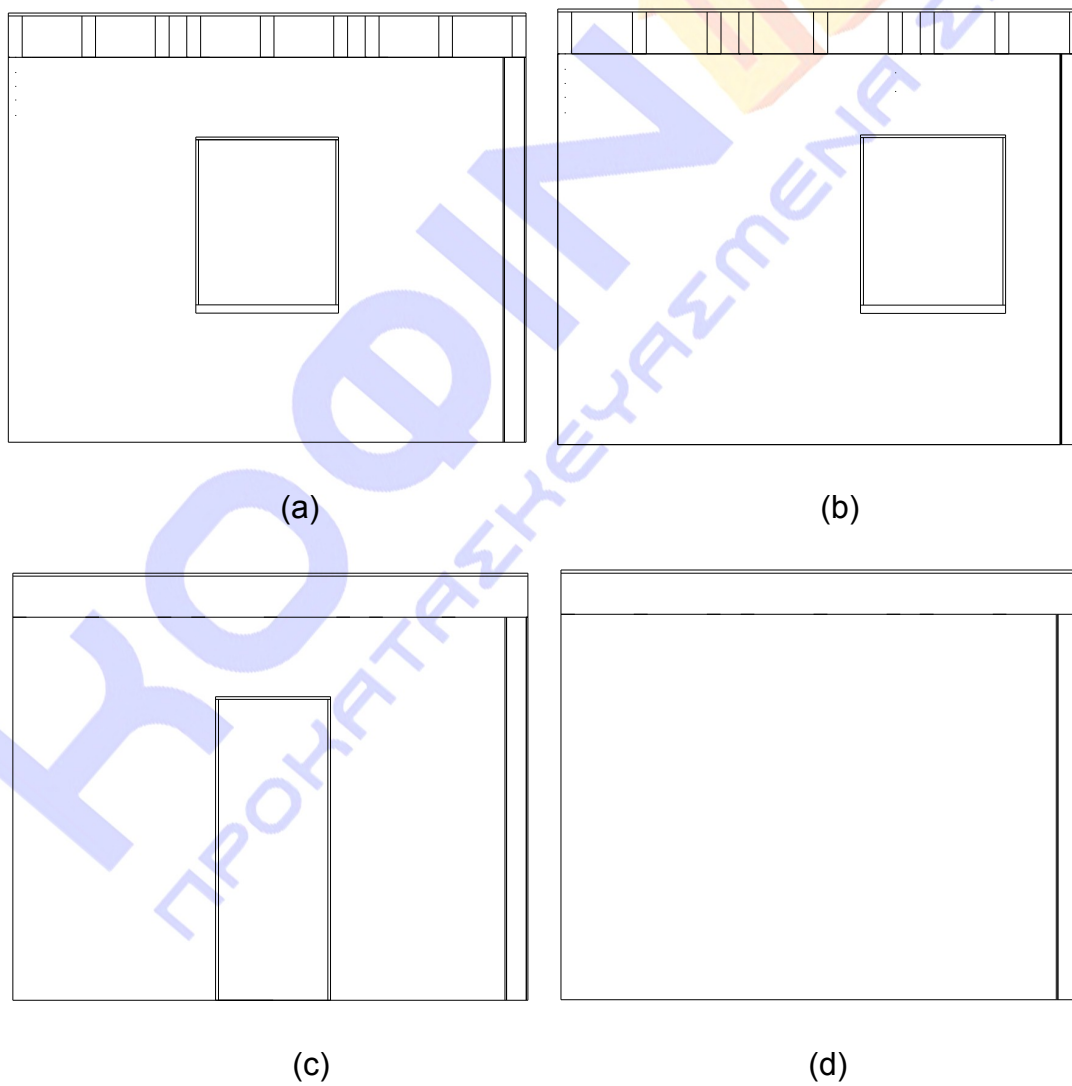
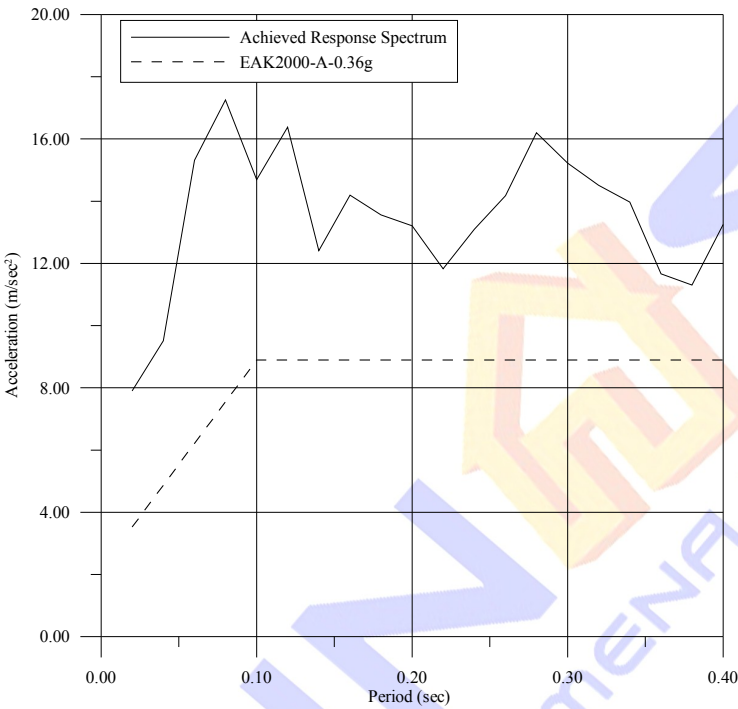
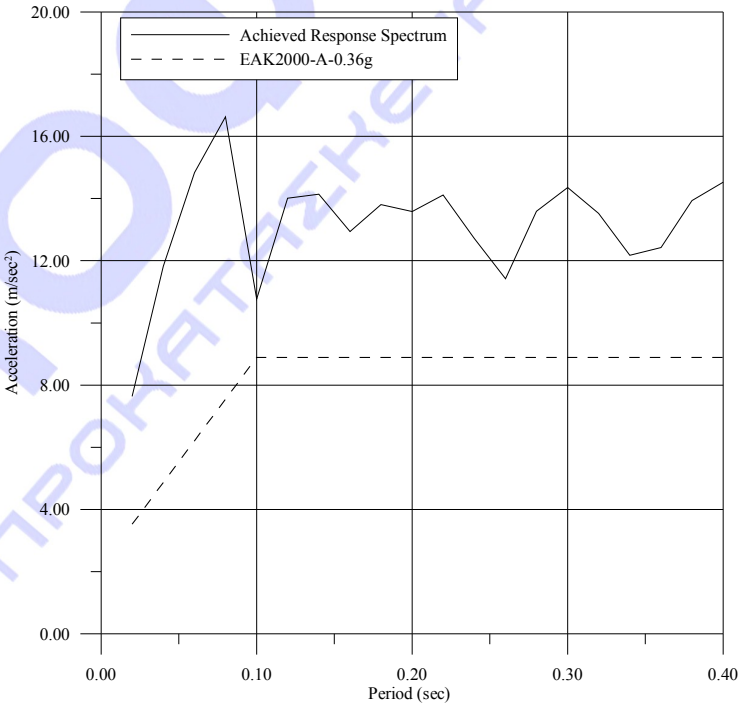


Abb. 7: Testkörperansichten: (a): Ostansicht, (b): Westansicht, (c): Nordansicht und (d): Südansicht.



(a)



(b)

Abb. 8: Test 8: Vergleich des Beschleunigungsspektrums mit dem Elastischen Spektrum nach EAK2000 für Bodenkategorie A und maximale Bodenbeschleunigung 0,36g, (a): Richtung X und (b): Richtung Y.

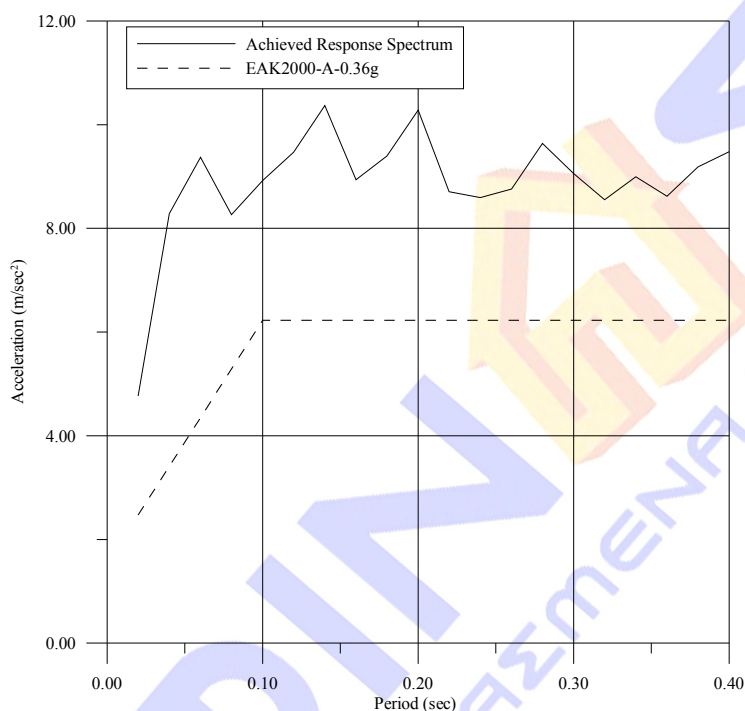
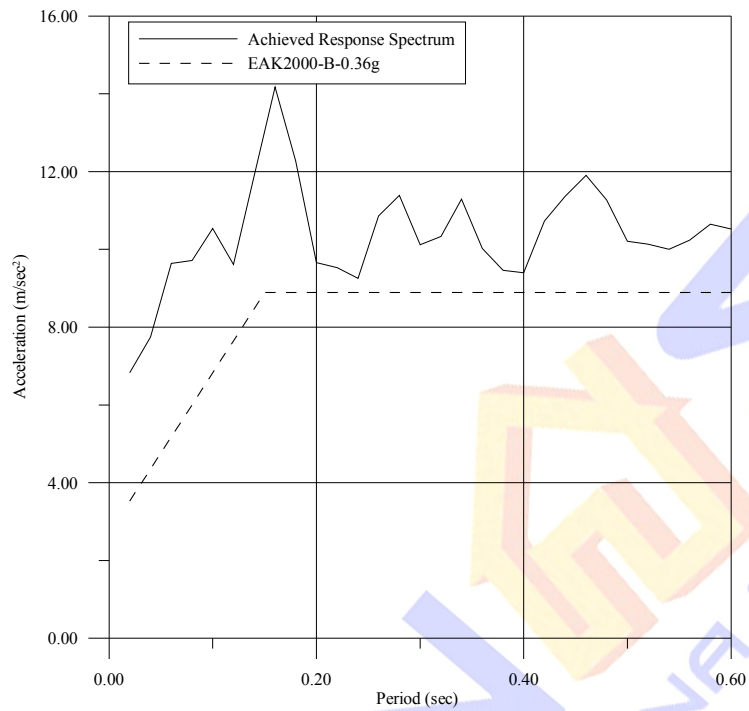
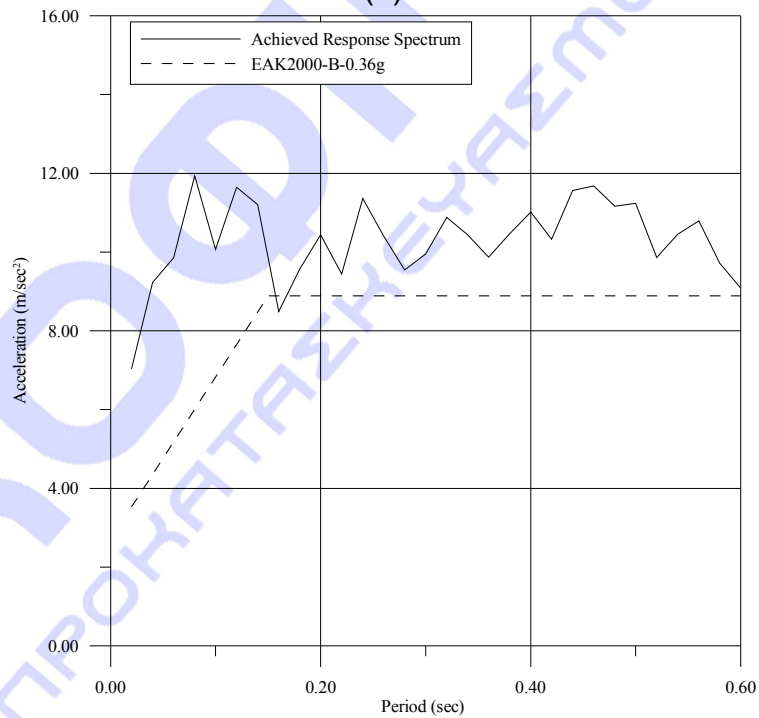


Abb. 9: Test 8: Vergleich des Beschleunigungsspektrums mit dem Elastischen Spektrum nach EAK2000 für Bodenkategorie A und maximale Bodenbeschleunigung 0,36g, Richtung Z.



(a)



(b)

Abb. 10: Test 18: Vergleich des Beschleunigungsspektrums mit dem Elastischen Spektrum nach EAK2000 für Bodenkategorie B

Datum: November 2009	Der Direktor des Labors für antiseismische Technologie (E.A.T.) Prof. S. Spirakos	
-------------------------	---	--

und maximale Bodenbeschleunigung 0,36g, (a): Richtung X und (b): Richtung Y.

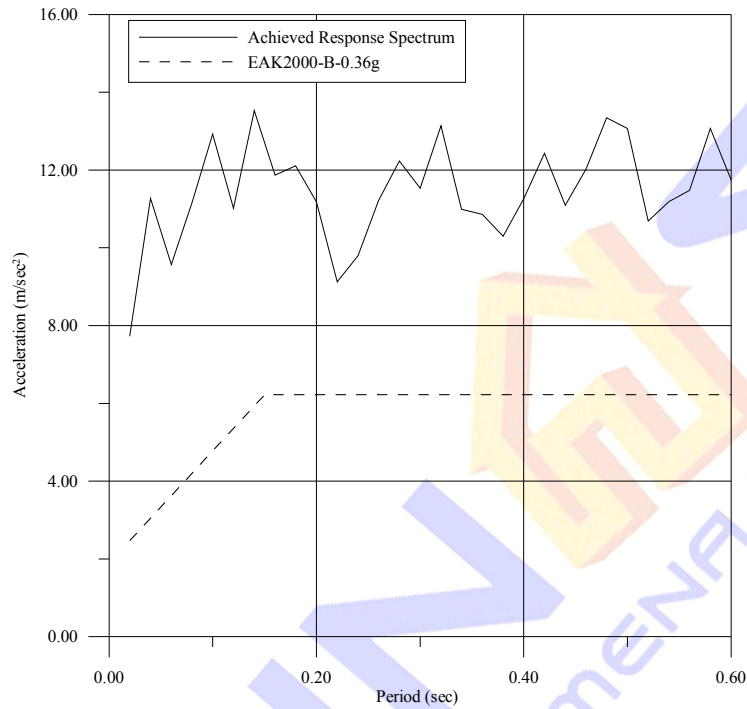


Abb. 11: Test 18: Vergleich des Beschleunigungsspektrums mit dem Elastischen Spektrum nach EAK2000 für Bodenkategorie B und maximale Bodenbeschleunigung 0,36g, Richtung Z.

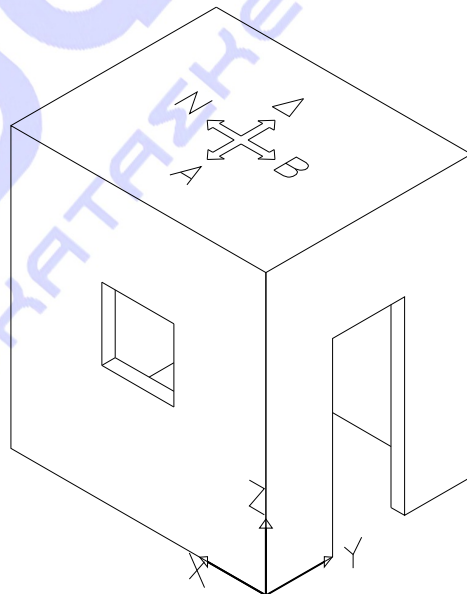


Abb. 12: Ausrichtung des Testkörpers im Erdbebensimulator – Positive Richtung der Achsen.

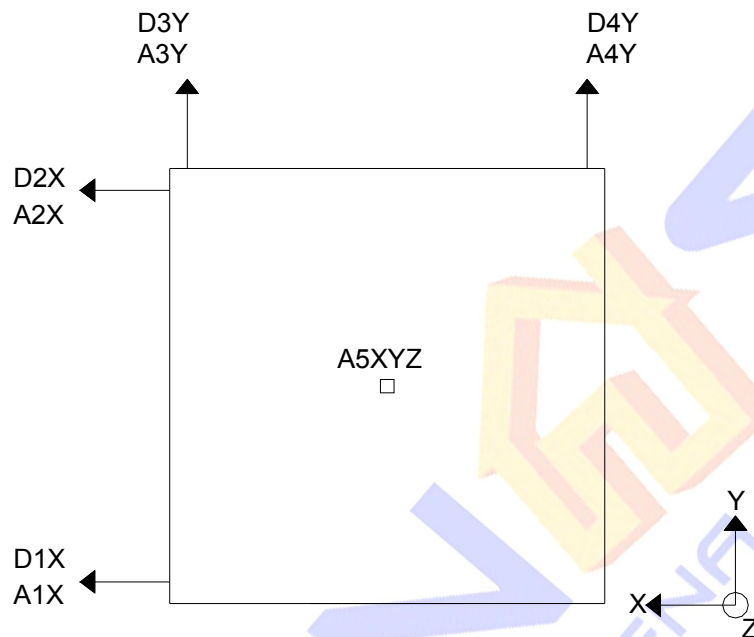


Abb. 13: Beschleunigungsmesser und Durchbiegungsmesser an den Messpunkten A1X/D1X, A2X/D2X, A3Y/D3Y und A4Y/D4Y, dreiachsiger Beschleunigungsmesser an der Stelle A5XYZ.

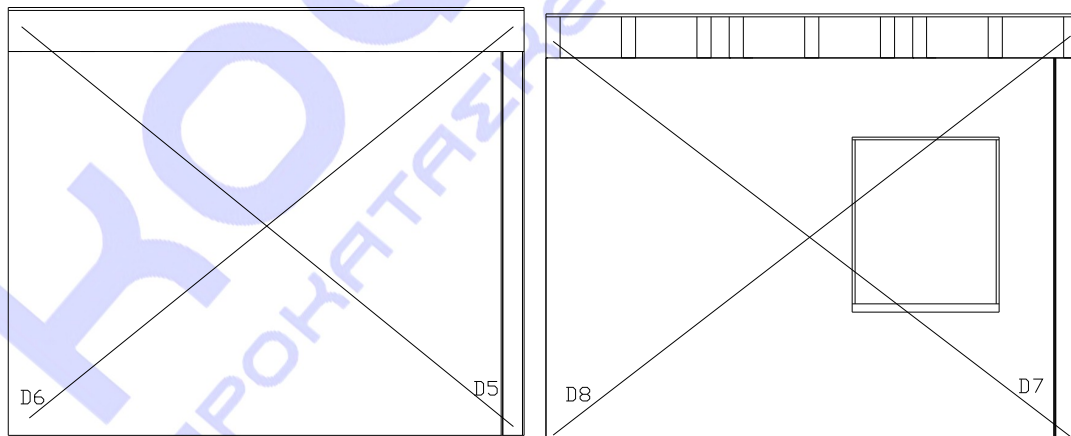


Abb. 14: Durchbiegungsmesser zur Messung der Verschiebung an den Messpunkten D5 – D8.



(a)

(b)

Abb. 15: Beschleunigungsmesser und Durchbiegungsmesser am Messpunkt (a): A1X/D1X und (b): A2X/D2X.



(a)

(b)

Abb. 16: Beschleunigungsmesser und Durchbiegungsmesser am Messpunkt (a): A1X/D1X und (b): A2X/D2X.



Abb. 17: Dreiachsiger Beschleunigungsmesser an Position A5XYZ.

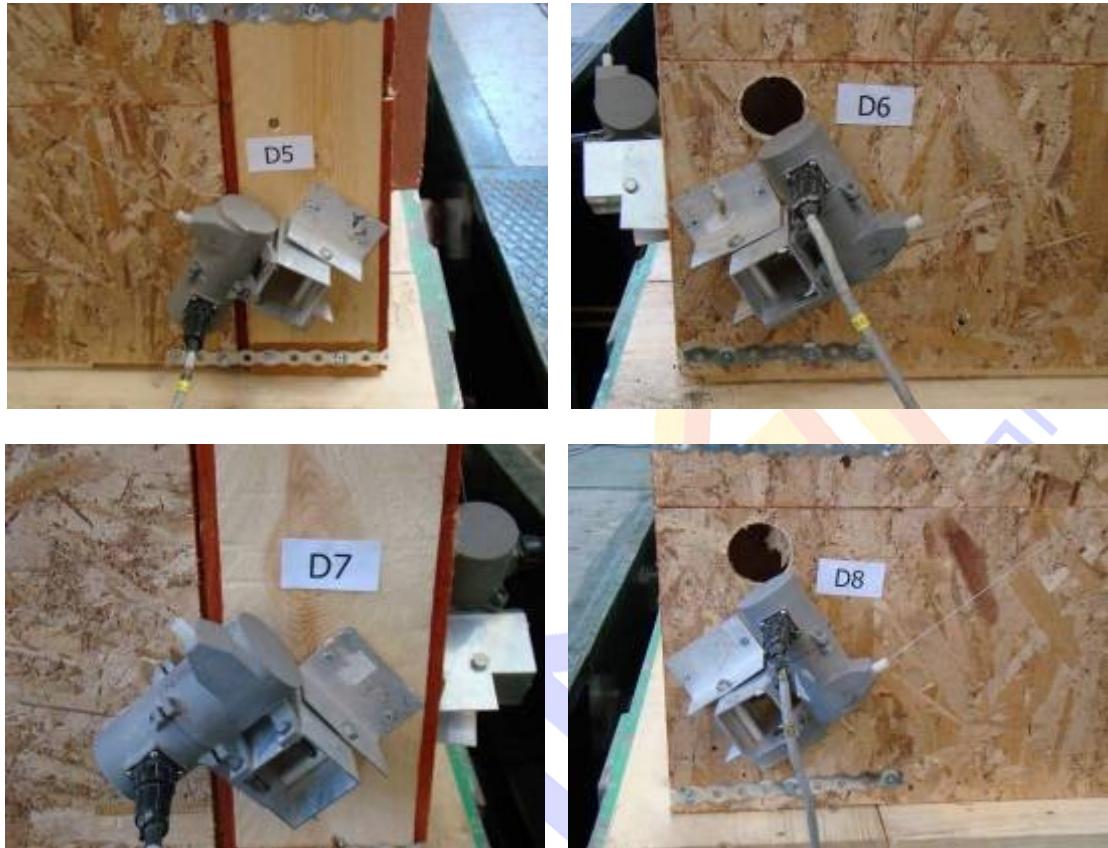


Abb. 18: Durchbiegungsmesser zur Messung der Verschiebungen an den Punkten D5 – D8.