

LABORATORNÍ ZKOUŠKY

Jednou z hlavních součástí grantového projektu jsou laboratorní zkoušky elastomerových ložisek. Cílem zkoušek je získání pracovního diagramu elastomerových ložisek v tlaku a porovnání jejich deformačních charakteristik v tlaku s charakteristikami poskytnutými výrobcem.

Laboratorní zkoušky byly provedeny v experimentálním centru fakulty stavební ČVUT v Praze.

VZORKY

Elastomerová ložiska pro laboratorní zkoušky byla získána od firmy SOK Třebestovice s.r.o. v počtu 3 kusů. Byla zvolena běžná elastomerová ložiska typu 1 s půdorysnými rozměry 100x100mm, výškou 42mm a 6-ti výztužnými ocelovými plechy. Důvodem pro použití ložisek těchto rozměrů byl rozsah zkušebního lisu v experimentálním centru stavební fakulty ČVUT. Tloušťka ložiska byla volena maximální pro analýzu chování elastomeru při zatížení.

LABORATORNÍ ZKOUŠKY

Postup laboratorních zkoušek

Postup laboratorních zkoušek elastomerových ložisek je navržen s ohledem na přílohu H návrhu normy ČSN EN 1337-3 Stavební ložiska – část 3 : Elastomerová ložiska. Tato příloha stanoví podmínky a postup zkoušek ložisek v tlaku a určení jejich přetvárných charakteristik. Při návrhu zkoušky byly dále brány v úvahu současně platné předpisy pro navrhování elastomerových ložisek a doporučení výrobců ložisek pro jejich návrh.

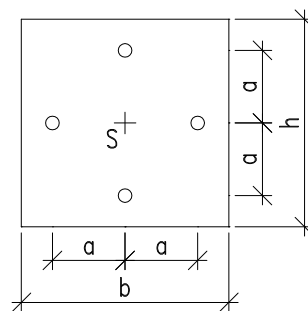
Elastomerová ložiska se před zkouškou ponechají v laboratoři při pokojové teplotě po dobu nejméně 24 hod. Před započítáním zkoušky se určí rozměry vzorku. Tloušťka vzorku se určí na čtyřech místech měřidly umístěnými vždy ve stejné vzdálenosti od středu ložiska, který leží vždy na spojnici dvou protilehlých bodů (viz. Obr.1). Dále se určí půdorysné rozměry b, h (účinná plocha ložiska je navzdory tomu dána rozměry výztužných plechů ložiska, které dodá výrobce, popř. jsou zjištěny po provedení zkoušky).

Ložisko se osadí do středu lisu s přesností vyšší než 1/50 půdorysného rozměru ložiska. Desky lisu musí být natolik silné, aby vyloučily při maximálním zatížení deformaci větší než 1% naměřeného průhybu ložiska. Desky lisu musejí mít půdorysný rozměr větší než je rozměr ložiska.

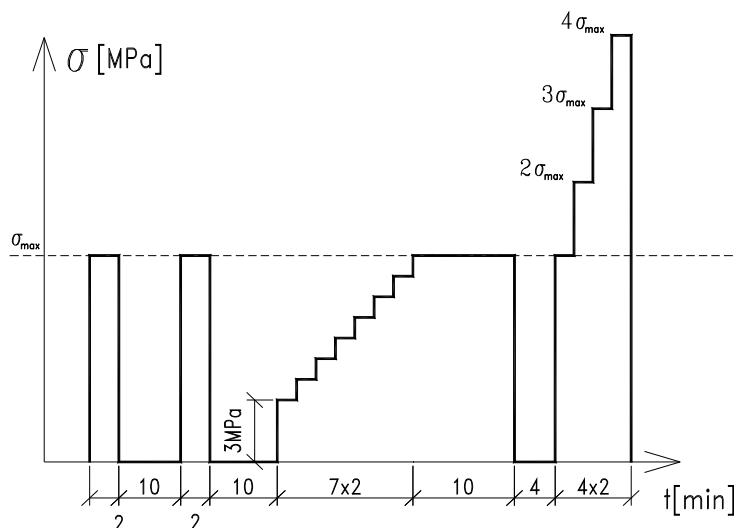
Před započítáním jakýchkoliv měření se elastomerové ložisko vystaví působení maximálního zatížení (udáno výrobcem – 100kN) po dobu 1 minuty a pak se odlehčí. Tento postup se opakuje pro dva úplné zatěžovací cykly. V důsledku „usazování“ mohou být totiž počáteční deformace elastomeru neúměrně vysoké.

Za dalších 10 minut bez působení zatížení se ložisko zatíží tak, aby bylo dosaženo napětí 3 MPa. Poté se průhyboměry vynulují a zatížení se zvyšuje minimálně šesti přírůstky do dosažení maximálního zatížení (viz. Obr.2). Při každém zatěžovacím kroku se působí konstantní silou po dobu 2 minut, aby se minimalizovalo vazkopružné chování ložiska.

Když je ložisko plně zatíženo, podrobí se jeho povrch prohlídce. Maximální zatížení se pak nechá působit po dobu 10-ti minut pro pozorování dotvarování ložiska. Na závěr se ložisko odtíží a následně se podrobí zkoušce maximální únosnosti (ta byla pro rozsah přístroje ukončena na hodnotě zatížení 400kN). Zatížení pro určení maximální únosnosti bylo aplikováno po 100kN a bylo ponecháno konstantní po dobu 2 minut.



Obr.1 – Měření tloušťky elastomerových ložisek



Obr.2 – Průběh napětí v elastomerovém ložisku při laboratorní zkoušce

Vizuální kontrola povrchu a rozměry ložisek

Před začátkem experimentálního měření byla ložiska podrobena detailní kontrole povrchu a měření vnějších rozměrů. Povrch byl vzhledově shledán bez významných povrchových poruch. Po obvodech stěn vystupovaly přetoky elastomeru (ostřiny hran).

Na styčných plochách byla ložiska označena štítkem s výrobním číslem (24735, 24737, 24739), znakem akreditované zkušebny s názvem (Institut für Massivbau und Baustofftechnologie, MPA KARLSRUHE), názvem výrobce (ELA-PRODUCT) a číslem předpisu, kterým se řídí výroba těchto ložisek (DIN 4141-14, DIN 4141-140) - viz. Obr.3.



Obr.3 – Odzkoušené elastomerové ložisko – pohled
(na ložisku je patrná plocha přenosu zatížení)

Při měření rozměrů ložisek (viz. kap.4.2.1.) byly zjištěny hodnoty (viz. Tab.1.) tloušťek ložisek odlišné od hodnot udaných výrobcem na průvodním listu ložiska (viz. Příloha 1). S největší pravděpodobností vznikla chyba při měření tloušťky ve výrobě, kdy byly hodnoty měřeny na okrajích ložisek, v místě přetoků elastomeru. Nutno poznamenat, že všechny hodnoty tloušťek jsou ve stanoveném intervalu přesnosti výroby ($\pm 2\text{mm}$). Naměřené půdorysné rozměry jsou téměř shodné s průvodním listem.

Výrobní číslo	a [mm]	b [mm]	t_1 [mm]	t_2 [mm]	t_3 [mm]	t_4 [mm]	t [mm]	m [kg]
24735	100	99,9	41,1	41,2	41	41,1	41,1	1,215
24737	100	99,9	41,4	41,1	41,05	41,15	41,175	1,213
24739	99,9	99,8	41,4	41,1	41,05	41,15	41,175	1,209

Tab.1 – Naměřené rozměry jednotlivých vzorků elastomerových ložisek

Měření deformací v závislosti na zatížení

Po určení geometrie ložisek byla tato osazena do zkušebního lisu (viz. 4.2.2.). K osazení a následnému měření deformací průhyboměry byl použit speciální přípravek (viz. Obr.4). Tento přípravek sestával z ocelové desky tloušťky 25mm, na kterou byly osazeny přípravky pro uchycení průhyboměrů. Pro přesnost měření bylo důležité osadit průhyboměry tak, aby jejich osa byla kolmá k dosedací ploše ložisek.

Použity byly čtyři průhyboměry značky MITUTOYO Absolute s přesností 0,01mm (2ks) a 0,001mm (2ks). Pro zvětšení rozsahu a pro rezervu při osazení byly použity plastové podložky tloušťky 6mm.



Obr.4 – Osazení elastomerového ložiska ve zkušebním lisu

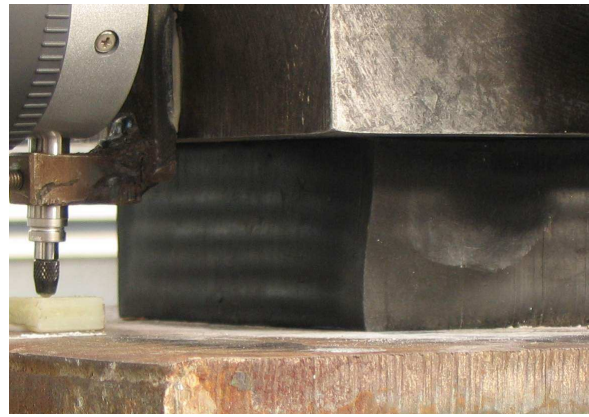
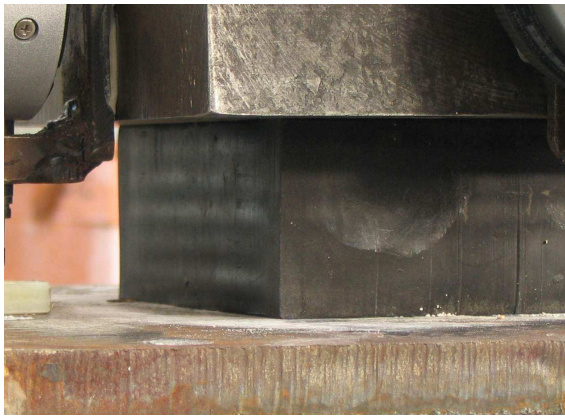
Deformace elastomerových ložisek byly odečítány v každém zatěžovacím kroku, resp. po každé změně napětí, která v ložisku nastala. Při postupném zatěžování ložisek v hlavním zatěžovacím sledu (přírůstek napětí po 1MPa/10kN – viz. Obr.2) byly hodnoty deformací na vzestupné „větvi“ odečítány vždy na začátku a na konci zatěžovacího kroku (mimo ložiska 24735, kdy byly odečítány jen hodnoty na konci zatěžovacího kroku), tj. těsně po dosažení daného napětí a podruhé po dvou minutách. Po dosažení maximálního provozního napětí pak byly hodnoty deformací odečítány v intervalu dvou minut po dobu 10-ti minut. Při závěrečném sledu zatížení (na maximální hodnotu síly omezenou rozsahem zkušebního lisu) byly hodnoty deformací odečteny při hodnotách napětí 10, 20, 30 a 40 MPa. Napětí hodnoty 40 MPa (odpovídající síla je 400kN) pak bylo podrženo po dobu 2 minut a následně byla odečtena deformace. Hodnoty svislých deformací ložisek získaných během experimentálního měření jsou v Tab.2.

Kromě měření deformací byla pozornost věnována i prohlídce povrchu ložisek při maximálním provozním zatížení a také při 4-násobném přetížení provedeném na závěr zkoušky každého ložiska. Na ložiscích byly zkoumány jednotlivé plochy, zda se na nich nevyskytují lokální poruchy (např. praskliny v elastomeru, nerovnoměrné vyboulení boční plochy, atd.). Při zkouškách se ani na jednom ložisku nevyskytly při maximálním provozním zatížení žádné poruchy.

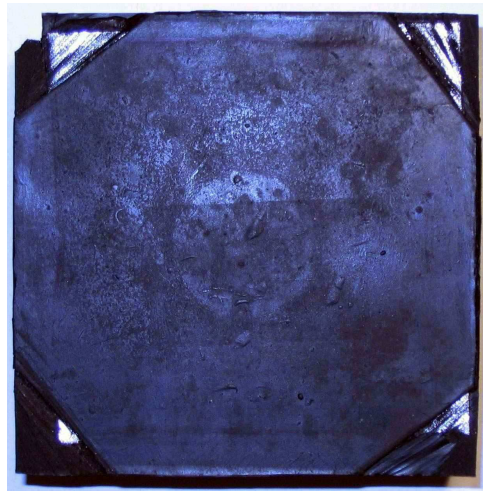
Dále byla zkoumána celková geometrie ložiska při 4-násobném přetížení. Při tomto zatížení již došlo u všech ložisek k mírnému vybočení, resp. zešikmení po výšce a ke značnému nárůstu bočních (vodorovných) deformací elastomeru mezi výztužnými plechy (viz.Obr.5). Zešikmení bylo největší na vzorku 24739, kde, jak bylo následně zjištěno, bylo způsobeno nepřesným osazením výztužných plechů v elastomerovém ložisku (viz. Obr.6).

Vzorek	24739				24737				24735			
[kN]	Průhyboměr				Průhyboměr				Průhyboměr			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
0	0	0	0	0	0	0,002	0,001	0	0	0	0	0
100	2,03	1,8	2,46	1,7	1,89	2,57	2,22	2,57	2,04	2,11	2,062	2,34
0	0,13	0,072	0,043	0,1	0,28	0,542	0,332	0,4	0,17	0,264	0,16	0,28
100	2,12	1,87	2,52	1,76	1,97	2,665	2,307	2,62	2,05	2,192	2,119	2,38
0	0,15	0,05	0,125	0,04	0,31	0,505	0,308	0,42	0,2	0,289	0,282	0,28
0 (2')	0,02	0,006	0,038	0,1	0,14	0,403	0,277	0,26	0,17	0,252	0,166	0,26
30	0,73	0,63	1,05	0,45	0,76	1,301	1,3	0,93	-	-	-	-
30 (2')	0,8	0,681	1,109	0,5	0,83	1,368	1,358	0,99	0,84	1,018	0,935	1
40	1,01	0,89	1,34	0,73	1,01	1,556	1,565	1,2	-	-	-	-
40 (2')	1,06	0,95	1,393	0,78	1,07	1,606	1,613	1,24	1,06	1,243	1,17	1,29
50	1,26	1,15	1,61	1	1,25	1,795	1,83	1,46	-	-	-	-
50 (2')	1,33	1,206	1,666	1,05	1,35	1,867	1,897	1,55	1,29	1,479	1,417	1,54
60	1,49	1,37	1,84	1,24	1,48	1,998	2,045	1,68	-	-	-	-
60 (2')	1,56	1,422	1,897	1,29	1,54	2,044	2,09	1,72	1,51	1,387	1,634	1,76
70	1,7	1,567	2,06	1,45	1,67	2,17	2,236	1,88	-	-	-	-
70 (2')	1,78	1,63	2,121	1,51	1,72	2,219	2,283	1,92	1,68	1,865	1,818	1,95
80	1,87	1,72	2,23	1,62	1,84	2,328	2,406	2,04	-	-	-	-
80 (2')	1,91	1,76	2,265	1,65	1,89	2,366	2,444	2,08	1,82	2,007	1,964	2,09
90	2	1,84	2,36	1,75	1,98	2,451	2,54	2,18	-	-	-	-
90 (2')	2,05	1,88	2,405	1,79	2,02	2,481	2,57	2,21	1,95	2,134	2,096	2,22
100	2,13	1,96	2,49	1,88	2,09	2,549	2,652	2,3	-	-	-	-
100 (2')	2,17	2	2,53	1,91	2,13	2,583	2,685	2,33	2,05	2,234	2,198	2,33
100 (4')	2,2	2,02	2,55	1,93	2,14	2,594	2,695	2,34	2,06	2,246	2,21	2,34
100 (6')	2,2	2,02	2,56	1,94	2,16	2,608	2,71	2,35	2,07	2,258	2,223	2,35
100 (8')	2,21	2,03	2,56	1,95	2,18	2,623	2,723	2,37	2,08	2,264	2,228	2,36
100 (10')	2,22	2,04	2,57	1,96	2,18	2,63	2,735	2,37	2,08	2,268	2,233	2,36
0	0,27	0,14	0,25	0,1	0,37	0,565	0,308	0,63	0,34	0,51	0,25	0,57
0 (2')	0,07	0,05	0,11	0,01	0,28	0,451	0,317	0,41	0,23	0,387	0,222	0,41
100	2,12	1,96	2,49	1,89	2,16	2,53	2,67	2,38	2,04	2,253	2,21	2,34
200	3,19	2,95	3,58	2,96	3,23	3,47	3,68	3,44	3,11	3,352	3,33	3,46
300	3,96	3,6	4,3	3,67	3,99	4,06	4,36	4,15	3,76	4,036	4,009	4,14
400	4,55	4,07	4,85	4,23	4,63	4,51	4,89	4,74	4,14	4,48	4,44	4,57
400 (2')	4,68	4,18	4,97	4,34	4,75	4,596	4,995	4,83	4,25	4,592	4,544	4,67
0	0,31	0,22	0,37	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
0 (2')	0,13	0,09	0,18	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-

Tab.2 – Hodnoty deformací ložisek v mm naměřených při experimentu

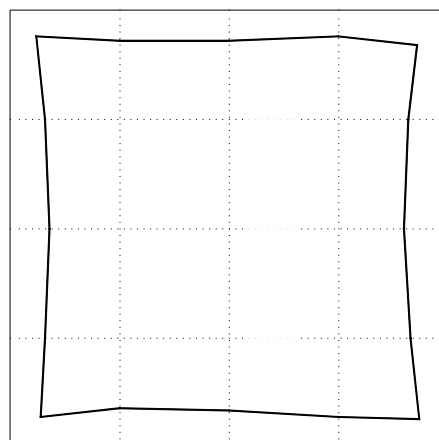


Obr.5 – Deformace elastomerového ložiska při 4-násobném přetížení



Obr.6 – Ložisko s obnaženým výztužným plechem

Po skončení zkoušky elastomerového ložiska bylo zjištěno, že přenos sil mezi ocelovými plechy zkušebního zařízení a ložnými plochami ložiska nebyl zcela rovnoměrný. Na Obr.7 je patrné, že plocha přenosu napětí velmi hrubě kopíruje okraje výztužných plechů. Účinná plocha ložiska je tedy menší než jeho půdorysná plocha a je maximálně rovná ploše výztužných plechů elastomerového ložiska (jak udává ČSN EN 1337-3). Při experimentálních měřeních byla přenosová plocha napětí průběžně určována a její podíl na celkové lícní ploše ložiska se pohyboval v rozmezí 70÷75%. Plocha výztužných plechů je 90x90 mm, tj. 81% půdorysné plochy ložiska.



Obr.7 – Působící plocha elastomerového ložiska