ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, Šolínova 7, Praha 6

Optovláknové extenzometry

Návody na cvičení

Doc. Ing. Petr Bouška, CSc. Ing. Miroslav Vokáč, Ph.D. Ing. Dita Jiroutová

Praha 2009

Anotace

Návody na cvičení obsahují úlohy pro praktická cvičení studentů s optovláknovým systémem SOFO a vyhodnocování měření. Tyto praktika sledují seznámit studenty jednak s moderním systémem optovláknových měření a jednak s postupy statických zatěžovacích zkoušek stavebních konstrukcí, statických zatěžovacích zkoušek mostů a dlouhodobého monitorování betonových konstrukcí.

Klíčová slova

Optická vlákna, optovláknové extenzometry, železobeton, betonové mosty, smršťování betonu, zatěžovací zkouška.

(Optical fibre, fibre optic strain gauges, reinforced concrete, concrete bridges, shrinkage of concrete, loading test).

<u>NÁVODY NA CVIČENÍ</u>

OPTOVLÁKNOVÉ EXTENZOMETRY PRO BETONOVÉ KONSTRUKCE

OBSAH

A	notace		2
K	líčová slo	ova	2
	1. Static	ká zatěžovací zkouška železobetonového trámu podle ČSN 73 2030	4
	1.1	Zadání	4
	1.2	Podklady	4
	1.3	Zkušební těleso	4
	1.3	Doprovodné zkoušky	5
	1.4	Postup při statické zatěžovací zkoušce	6
	1.5	Obsah protokolu o statické zatěžovací zkoušce	7
	2. Static	ká zatěžovací zkouška mostu z předpjatého betonu dle ČSN 73 9209	
	2.1	Zadání	
	2.2	Podklady	
	2.3	Hlavní nosná konstrukce	
	2.4	Zkušební zatížení a zatěžovací stavy	
	2.5	Postup při statické zatěžovací zkoušce	9
	2.6	Obsah protokolu o zkoušce	11
	3. Dlouh	odobé monitorování betonové konstrukce	12
	3.1	Zadání	12
	3.2	Podklady	12
	3.3	Monitorovaná konstrukce	12
	3.4	Výsledky předchozího měření	13
	3.5	Postup při monitorování konstrukce	13
	Příloha /	A – Výsledky materiálových zkoušek betonu zkušebního tělesa	14
	Příloha I	B – Hodnoty naměřené při statické zatěžovací zkoušce mostu	15
	Příloha (C – Doprovodná zkouška šmršťování betonu	16
	Příloha I	D – Software pro měření systémem SOFO	17
	Příloha I	E – Příklad formuláře záznamu o zkoušce	

1. Statická zatěžovací zkouška železobetonového trámu podle ČSN 73 2030

1.1 Zadání

Proveďte statickou zatěžovací zkoušku železobetonového trámu podle postupu dle ČSN 73 2030 Zatěžovací zkoušky stavebních konstrukcí. Naměřené údaje porovnejte s teoretickými hodnotami spočtenými dle klasické teorie železobetonu (předpokládáme lineární oblast chování materiálu). Výsledky zpracujte do protokolu o zkoušce.

1.2 Podklady

ČSN 73 2030 Zatěžovací zkoušky stavebních konstrukcí, ČSNI, Praha, 1994.

Král, J., Vokáč, M., Bouška, P.: Optovláknové extenzometry a měřicí jednotka SOFO. (Příručka), KÚ ČVUT, 2009.

1.3 Zkušební těleso

Zkušební betonové těleso (obr. 1) je vyztužené 4 \bigotimes R 14 (10 505), příčnou výztuž tvoří třmínky \bigotimes R6. Krytí výztuže je 12 mm. Ve střední části zkušebního tělesa byl u dolních vláken zabetonován optovláknový extenzometr SOFO SMARTEC (SN 7062) s délkou odměrné báze - 500 mm. Je umístěn v osové vzdálenosti 16 mm od spodního líce tělesa. V bezprostřední blízkosti extenzometru je uloženo teplotní čidlo Ni1000. Na obr. 2 je celkový pohled na uspořádání výztuže, detail stření části na obr. 3.



(1) 4ØR14 - dl. 1900 mm

Obr. 1: Schéma výztuže a umístění snímačů (krytí výztuže 12 mm)



Obr. 2: Výztuž zkušebního tělesa



Obr. 3: Detail střední části zkušebního tělesa

1.3 Doprovodné zkoušky

Současně s betonáží (obr. 4) byla zhotovena tělesa pro doprovodné zkoušky (obr. 5) za účelem určení základních charakteristik betonu:

- o pevnost betonu 2 x krychle 100.100 mm,
- o modul pružnosti 3 x hranol 100.100.400 mm.

Výsledky zkoušek jsou podkladem pro teoretický výpočet deformace zkušebního tělesa při zatížení ohybovým momentem podle klasické teorie železobetonu (předpokládáme pružný stav). Výsledky zkoušek jsou uvedeny v Příloze 1.



Obr. 4: Hutnění ponorným vibrátorem



Obr. 5: Tělesa pro doprovodné zkoušky

1.4 Postup při statické zatěžovací zkoušce



Obr. 6: Uspořádání zkoušky pro měření poměrných přetvoření betonu při zatížení ohybovým momentem

- A) Zkušební postup podle ČSN 73 2030 (v pružném stavu). Schéma uspořádání statické zatěžovací zkoušky je na obr. 6.
- B) Podepření tělesa prosté uložení s rozpětím 1,8 m. Ložiska tvoří dvě ocelové tyče (HPC Ø 40mm) délky 300 mm uložené na ocelové desce.
- C) Na střední část tělesa se umístí ocelové pásky 10/25 300 mm v osové vzdálenosti 600 mm. Pásky se uloží do tenké vrstvy sádry.
- D) Přípojí se konektory a přístrojem Commet se změří teplota prostředí a teplota zkušebního tělesa.
- E) Přípojí se dataloger SOFO SMARTEC a změří se 2x poměrná přetvoření betonu v nezatíženém stavu zkušebního tělesa, které je prostě podepřeno.
- F) Na ocelové pásky se ukládá zkušební zatížení ocelové tyče 50/60 1000 mm s nominální hmotností 25 kg.
- G) Měřené údaje s popisem měřicích zařízení a měřidel se zapisují do formulářů viz Příloha E.
- H) Zkušební zatížení (ocelové tyče) se manuálně ukládají centricky na ocelové podložky. Z důvodu urychlení průběhu zkoušky se uloží na těleso 6 ks zkušebních tyčí, tj. celkem hmotnost 150 kg.
- Deformace se nechá ustálit po dobu nejméně 30 min s odečítáním po 10 min. Ustálení deformací je stanoveno podle odst. A.6 ČSN 73 2030.
- J) Po ustálení deformcí se dvakrát změří poměrná deformace.
- K) Po odstranění zkušebního zatížení se měří poměrné deformace po dobu nejméně 30 min. do ustálení deformací v 10min. intervalech.
- L) Teoretická hodnota průhybu se stanoví výpočtem podle klasické teorie železobetonu (předpokládáme pružný stav). Z této hodnoty se odvodí poměrné přetvoření ε_{cal} na úrovni 16 mm od spodního líce betonového tělesa.

- M) Z měřených deformací se určí celková složka deformace $\boldsymbol{\epsilon}_{tot}$, pružná složka $\boldsymbol{\epsilon}_{e}$ a trvalá složka $\boldsymbol{\epsilon}_{r}$.
- N) Pro hodnocení spolehlivosti se využije odst. 6.4 ČSN 73 2030. Předpokádá se, že přetvárný účinek od zkušebního zatížení odpovídá provoznímu zatížení. Potom měřená hodnota přetvárného účinku se nemá lišit o více než $\pm\mu$ násobek teoretické hodnoty přetvárného účínku. Pro železobetonové konstrukce uvažujte $\mu = 0.4$.
- O) Do Protokolu o zkoušce budou uvedeny všechny měřené hodnoty a hodnocení podle kritéria odst. 6.4 ČSN 73 2030. Případně diskutujte příčiny rozdílu naměřené a teoretické hodnoty.

1.5 Obsah protokolu o statické zatěžovací zkoušce

- 1. Titulní list protokolu označení laboratoře, číslo protokolu, počet stran, objednatel zkoušky, předmět zkoušky, odpovědný pracovník, pracovník provádějící zkoušku, vedení laboratoře, datum vydání protokolu
- 2. Použité podklady
- 3. Popis zkušebního tělesa
- 4. Použitá měřidla a měřicí zařízení
- 5. Schéma uspořádání zkoušky
- 6. Postup zatěžování zkušebního tělesa při zkoušce
- 7. Klimatické podmínky
- 8. Výsledky měření
- 9. Hodnocení zkoušky a závěry
- 10. Příloha se záznamem o zkoušce

2. Statická zatěžovací zkouška mostu z předpjatého betonu dle ČSN 73 9209

2.1 Zadání

Dle poskytnutých podkladů určete teoretické hodnoty poměrných deformací v měřených bodech a směrech při statické zatěžovací zkoušce. Na základě popsané statické zatěžovací zkoušky a zde uvedených výsledků vypracujte protokol o zatěžovací zkoušce mostu pozemní komunikace z předpjatého betonu.

2.2 Podklady

ČSN 73 2030 Zatěžovací zkoušky stavebních konstrukcí, ČNI, Praha, 1994.

ČSN 73 9209 Zatěžovací zkoušky mostů, ČNI, Praha, 1996.

Král, J., Vokáč, M., Bouška, P.: Optovláknové extenzometry a měřicí jednotka SOFO. (Příručka), KÚ ČVUT, 2009.

2.3 Hlavní nosná konstrukce

Spojitá konstrukce mostu, samostatná pro každý směr komunikace, je řešena jako předpjatý spojitý nosník o pěti polích rozpětí 18,2 + 3x26,6 + 18,2 m. Most je kolmý. Nosnou konstrukci tvoří deskový trám výšky 1,25 m. Nosná konstrukce je monolitická z betonu C 35/45-XF1, betonovaná na pevné skruži. Vzorový příčný řez je na obr. 7.



Obr. 7: Vzorový příčný řez mostní konstrukce

2.4 Zkušební zatížení a zatěžovací stavy

Zkušební zatížení tvoří 6 nákladních automobilů TATRA 815, každé o celkové hmotnosti 25 t. Schéma rozdělení hmotnosti na nápravy je zobrazeno na obr. 8.

Předpokládejme 1 zatěžovací stav v 2. poli mostní konstrukce tak, že vozidla budou umístěna symetricky jednak k podélné ose mostu a jednak k ose 2. pole. Schéma rozmístění vozidel při statické zatěžovací zkoušce je na obr. 9.



Obr. 8: Nápravové tlaky nákladního vozidla TATRA 815



Obr. 9: Schéma zkušebního zatížení na mostě

2.5 Postup při statické zatěžovací zkoušce

- A) Projektant mostní konstrukce zpracuje podklady pro měření.
- B) V podkladech je stanoven počet zatěžovacích stavů, druh zkušebního zatížení, jeho umístění, harmonogram, měřicí místa, teoretické hodnoty měřených veličin, obvykle

průhybů. V našem případě se omezíme jen na poměrné deformace měřené systémem SOFO.

- C) Spočtěte teoretické hodnoty poměrných deformací u dolního povrchu konstrukce uprostřed rozpětí druhého pole mostu. Předpokládejme lineární chování. Modul pružnosti stanovte na základě norem pro navrhování betonových mostů ČSN 73 6201. Konstrukci idealizujte jako prut, tj. spojitý nosník.
- **D**) Extenzometry SOFO SMARTEC jsou umístěny na požadovaná místa a jsou připojeny optickými kabely k datalogeru, viz obr. 10 až 13.
- E) Dataloger je spuštěn v automatizovaném režimu měření v odpovídajícím intervalu (požadavek je 10 min u betonových mostů a 5 min u mostů ocelových). Ustálení deformací charkterizuje odst. A.5 ČSN 73 6209 u betonoch mostních konstrukcí, resp. odst. B.4 u ocelových konstrukcí.
- F) Teplota povrchu betonu se měří konkaktním, příp. bezkontaktním teploměrem a zapisuje se do formulářů.
- G) Zapisuje skutečný průběh zatěžovací zkoušky, tj. doba začátku působení zkušebního zatížení, skutečná doba ustálení deformací, doba odtížení. Naměřené hodnoty z datalogeru jednotky SOFO jsou uvedeny v Příloze 2.
- H) Vyhodnocení zatěžovací zkoušky se provede podle požadavků ČSN 73 6209. Určí se celková složka deformace ε_{tot} , pružná složka ε_e a trvalá složka ε_r . Teoretickou hodnotu ε_{cal} stanoví projektant.
- P) Poměr pružné složky deformace a teoretické $\varepsilon_e / \varepsilon_{cal}$ a poměr trvalé složky k celkové složce deformace $\varepsilon_r / \varepsilon_{tot}$ se porovná s hodnotami požadovanými normou ČSN 73 6209.
- Q) Do Protokolu o zkoušce budou uvedeny všechny měřené hodnoty a hodnocení podle kritérií ČSN 73 6209.



Obr. 10: Instalace optovláknových extenzomerů na beton



Obr. 11: Optovláknové extenzomery na nosné konstrukci uprostřed rozpětí mostního pole



Obr. 12: Zkušební zatížení na mostní konstrukci



Obr. 13: Měřicí ústředna SOFO SMARTEC

2.6 Obsah protokolu o zkoušce

- 1. Titulní list protokolu označení zkušební laboratoře, číslo protokolu, počet stran, objednatel zkoušky, předmět zkoušky, odpovědný pracovník, pracovník provádějící zkoušku, vedení laboratoře, datum vydání protokolu
- 2. Použité podklady
- 3. Hlavní údaje o mostní konstrukci
- 4. Harmonogram statické zatěžovací zkoušky
- 5. Popis zkušebního zatížení
- 6. Popis zatěžovacích stavů
- 7. Měřidla a měřené veličiny
- 8. Výsledky měření
- 9. Údaje o klimatických podmínkách
- 10. Hodnocení statické zatěžovací zkoušky
- 11. Závěr
- 12. Záznam o zkoušce v příloze protokolu

3. Dlouhodobé monitorování betonové konstrukce

3.1 Zadání

Železobetonová konstrukce (zkušební těleso popsané v kap. 1) bylo od okamžiku betonáže monitorováno několik dní. Proveďte další kontrolní měření a stanovte dlouhodobou změnu poměrné deformace měřené optovláknovým snímačem od počátku měření. Porovnejte s výsledkem měřením smrštění betonu. Zhodnoďte vliv betonářské výztuže na smrštění konstrukce.

3.2 Podklady

Král, J., Vokáč, M., Bouška, P.: Optovláknové extenzometry a měřicí jednotka SOFO. (Příručka), KÚ ČVUT, 2009.

3.3 Monitorovaná konstrukce

Jako modelová konstrukce je použito demonstrační zkušební těleso z kap. 1, viz obr. 1. Do bednění byl před betonáží vložen optovláknový extenzometr s aktivní délkou optického vlákna 0,5 m. V bezprostřední blízkosti extenzometru bylo umístěno teplotní čidlo Ni1000. Při betonáži byly odebrány zkušební vzorky pro doprovodné zkoušky betonu (pevnost v prostém tlaku, modul pružnosti) a vzorky pro měření smršťování betonu, viz Příloha A a Příloha C.



Obr. 14: Průběh měřených hodnot optovláknověho snímače jednotkou SOFO, teplota uvnitř tělesa T_{int} a teplota prostředí T_{ext} v počátečním stádiu zrání betonu

3.4 Výsledky předchozího měření

Bezprostředně po betonáži bylo zahájeno dlouhodobé monitorování konstrukce pro sledování délkových změn vlivem smršťování betonu. Graficky je měření extenzometru SOFO a teploty znázorněno na obr. 14. Výstup z jednotky SOFO je v rozměru délky, protože je měřen rozdíl délek dvou ramen optického vlákna v samotném snímači. Poměrná deformace se získá dělením změny délky aktivní délkou snímače.

3.5 Postup při monitorování konstrukce

- A) Připojte optovláknový tenzometr k jednotce SOFO a odporový teploměr Ni1000 k datalogeru Comet s dispejem.
- B) Ujistěte se, že železobetonové těleso je prostě podepřeno dle obr. 6 a zatíženo jen vlastní tíhou.
- C) Spustťte manuální měření jednotky SOFO v intervalu 30 s. Měření zastavte po přečtení přibližně 10 hodnot a určete průměrnou hodnotu deformace.
- **D**) Pomocí grafu na obr. 14 určete rozdíl deformace od prvního měření. Převeďte tuto hodnotu na poměrnou deformaci (aktivní délka extenzometru je 0,5 m).
- E) Podobně stanovte z údajů na obr. 14 změnu poměrné deformace pro stáří betonu 28 dní. Tuto hodnotu porovnáme s teoretickou.
- F) Předpokládejme pružné chování materiálu a průřez 150 x 150 mm vyztužený betonářskou výztuží 4ØR14 podle obr. 1. S využitím Hookova zákona stanovte normálové napětí ve výztuži i v betonu a poměrnou deformaci betonu i betonářské výztuže pro stáří 28 dní, jestliže je známá hodnota volného smrštění betonu -537.10⁻⁶, viz Příloha C. Modul pružnosti betonu uvažujte podle materiálových zkoušek v Příloze A.
- **G**) Porovnejte teoretickou hodnotu s naměřeným údajem. Případně diskutujte příčiny rozdílu teoretické a naměřené hodnoty.

Příloha A – Výsledky materiálových zkoušek betonu zkušebního tělesa

<u>Pevnost betonu v tlaku - ČSN EN 12390 – 3</u>

Stáří betonu:	28 dnů
Zkoušku provedl:	Borodáč, Huňka
Ošetřování :	Vzduch – laboratorní prostředí
Zatěžovací stroj:	Instron 3000kN
Zkušební těleso:	100.1000.100 mm

		Rozměi	y	TT	Objem.	Tlaková	Napětí
Ozn. vzorku				Hmotnost [g]	hmotnost	síla ILNI	v tlaku [MPa]
	b [mm]	h [mm]	L [mm]		[Kg.III-5]	[KI]	
T1	100,0	100,9	99,8	2301	2285	400	39,6
Τ2	100,2	101,8	99,9	2336	2292	410	40,2
Průměrná hodnota:					2290		40,0
nodnota:							

<u>Statický modulu pružnosti betonu dle ČSN ISO 6784</u>

Stáří betonu:	28 dnů
Zkoušku provedl:	Borodáč, Huňka
Ošetřování :	Vzduch – laboratorní prostředí
Zatěžovací stroj:	Instron 3000kN
Zkušební těleso:	100 . 1000 . 400 mm

Ozn vzorku	Průřezová	Napětí	v průřezu [Mł	Pa]	Měřo přetvo	ení poměr pření	ného ε*10 ⁻³	Modul
Ozii. vzor ku	[mm2]	Dolní úroveň σ _b	Horní úroveň σ _a	Δσ	$\Delta \varepsilon_1 \qquad \Delta \varepsilon_2$		φ Δε	[GPa]
Stáří 28 dní								
M1	9970	0,5	15,0	14,5	0,364	0,409	0,387	37,6
M2	9990	0,5	15,0	14,5	0,363	0,328	0,346	42,0
Průměrná hodnota:							39,8	

Příloha B – Hodnoty naměřené při statické zatěžovací zkoušce mostu

	Extenzometry				
Datum a čas	1 podélný	2 podélný	3 příčný		
	[mm]	[mm]	[mm]		
4.12.2008 8:15	33,086	35,320	35,434		
4.12.2008 8:23	33,087	35,323	35,437		
4.12.2008 8:28	33,091	35,323	35,436		
4.12.2008 8:33	33,090	35,325	35,437		
4.12.2008 8:38	33,091	35,325	35,439		
4.12.2008 8:43	33,091	35,325	35,437		
4.12.2008 8:48	33,094	35,324	35,441		
4.12.2008 8:53	33,108	35,338	35,441		
4.12.2008 8:58	33,118	35,354	35,436		
4.12.2008 9:03	33,135	35,369	35,437		
4.12.2008 9:08	33,136	35,373	35,436		
4.12.2008 9:13	33,135	35,373	35,433		
4.12.2008 9:18	33,135	35,371	35,433		
4.12.2008 9:23	33,135	35,374	35,437		
4.12.2008 9:28	33,138	35,377	35,436		
4.12.2008 9:33	33,142	35,378	35,438		
4.12.2008 9:38	33,145	35,379	35,436		
4.12.2008 9:43	33,150	35,382	35,440		
4.12.2008 9:48	33,141	35,366	35,441		
4.12.2008 9:53	33,112	35,336	35,447		
4.12.2008 9:58	33,117	35,341	35,448		
4.12.2008 10:03	33,119	35,338	35,446		
4.12.2008 10:08	33,117	35,340	35,447		
4.12.2008 10:13	33,117	35,342	35,448		
4.12.2008 10:18	33,119	35,342	35,449		
4.12.2008 10:23	33,116	35,342	35,447		
4.12.2008 10:28	33,120	35,344	35,449		
4.12.2008 10:33	33,121	35,344	35,449		

Příloha C – Doprovodná zkouška šmršťování betonu

Smršťování betonu	<u>i zjišťované na hranolech 100.100.500 mm</u>
Stáří betonu:	28 dnů
Zkoušku provedl:	Huňka
Ošetřování :	Vzduch – laboratorní prostředí
Dilatometr:	KÚ ČVUT
Zkušební těleso:	100 . 100 . 500 mm

Vzorek	1		2		3		průměr
šířka [mm]	10	2,2	102,9		102,8		102,6
výška [mm]	100,3		101,7		103,2		101,7
délka [mm]	503		502		503		502,7
Stáří [dny]	d [mm]	Δε [μm/m]	d [mm]	Δε [μm/m]	d [mm]	Δε [μm/m]	Δε [μm/m]
2	2,43	0	1,55	0	3,78	0	0
3	2,33	199	1,44	219	3,64	278	232
7	2,44	-20	1,67	-239	3,90	-239	-166
8	2,51	-159	1,67	-239	3,90	-239	-212
10	2,61	-358	1,67	-239	3,93	-288	-295
14	2,63	-398	1,73	-359	3,94	-318	-358
21	2,70	-537	1,77	-438	3,97	-378	-451
28	2,74	-616	1,82	-538	4,01	-457	-537



Příloha D – Software pro měření systémem SOFO

Měřicí systém SOFO pro statická měření využívá software nazývaný SOFO SBD (ver. 6.3.53). Software umožňuje vlastní sběr dat, správu databáze měřených údajů a jejich převod do standardních programů, jako je např. MS Office.

Měřicí software SOFO SBD může také obsahovat několik nadstavbových funkcí. Licence softwaru SOFO VIEW rozšiřuje základní měřicí funkce o přehlednější monitorovací prostředí s funkcemi automatického generování zpráv, jejich zasílání na e-mail, monitorování uživatelem definovaných stavů pro varování atd. Rozšiřující licence SOFO PRO umožňuje použití většího spektra předdefinovaných snímačů a použití analytických nástrojů pro vyhodnocení deformací betonu se zohledněním jeho smršťování a dotvarování (creepu). Tyto nadstavbové moduly softwaru nejsou zahrnuty v licenci KÚ, a proto tyto prvky nejsou v měřicím softwaru aktivní.

D.1. Obecný popis systému SOFO SDB

Měřicí software SOFO SBD má několik funkcí:

- databáze konfigurací snímačů, které lze připojit k systému,
- správa databáze o používaných konfigurací měření v daném projektu,
- vlastní ovládání měřicího systému SOFO pro statické měření (spuštění jednotlivého měření, spuštění periodického odečtu, nastavení datalogeru jednotky, stahování dat z jednotky),
- správa dat měření v daném projektu.

Software SOFO SBD je určitou formou databázového softwaru, která má v sobě integrované funkce pro komunikaci s měřicí jednotkou SOFO. Každé měření je ukládáno do databázového souboru s příponou *.sbd. Struktura entit této databáze je zobrazena na obr. D.1. Názvy jednotlivých entit jsou použity v prvcích pro ovládání softwaru, proto je třeba uvést blíže jejich význam.

Object Properties	Session A Properties	Session B Properties	SessionX Properties
Sensor 1 Properties	Measurement	Measurem ent	Measur em ent
Sensor 2 Properties	Meas. Meas.		Measur em ent
Sensor 3 Properties		Meas. Meas.	Measurement
Sensor X			
Properties	Measurement		ivieasur einent

Obr. D.1: Schéma struktury databáze systému SOFO SBD (převzato z materiálů firmy SMARTEC S.A)

Object – entita přestavující obvykle celý stavební objekt (most, přehrada, ...), který obsahuje všechny ostatní entity databáze. V jednom projektu (souboru SBD) může být definováno více entit typu **Object**.

Sensor – tato entita obsahuje informace o daném typu snímače. Snímač může obsahovat několik dalších entit typu **Channel**. Optovláknové extenzometry obsahují pouze jeden kanál, tj. jednu entitu **Channel**.

Agenda – je entita, která obsahuje konkrétní informace o nastavení měření, tj. které snímače obsažené v entitě **Object** se budou měřit, perioda odečítání dat, režim napájení při měření atd.

Session – je množina jednoho nebo většího počtu měření, které jsou uskutečněny při určitém konstrukčním stavu konstrukce nebo při určité stavební činnosti na konstrukci. Může to být např. měření před změnou statického systému, kontinuální měření při předpínání konstrukce nebo větší počet naměřených hodnot během 1 dne po určité době provozu konstrukce. Entita Object obvykle obsahuje větší množství enetit Session. Jedna entita Session může obsahovat jednu nebo více entit Measurement.

Measurement – je jedna konkrétní naměřená hodnota v daném čase.

D.2. Hlavní okno softwaru SOFO SBD

Hlavní okno softwaru SOFO SBD je zobrazeno na obr. D.2. Hlavní okno obsahuje podobně jako další aplikace operačního systému Windows v horní části *hlavní panel (menu bar)*, pod kterým je *tlačítková lišta (tool bar)* pro nejdůležitější funkce z *hlavního panelu*.



Obr. D.2: Hlavní okno softwaru SOFO SBD

Aplikace SOFO SBD dále pod *tlačítkovou lištou* obsahuje *navigační panel (navigation bar)*, který je členěný do sekcí odpovídajících jednotlivým entitám databáze SDB, tj. *Sensors*,

Agendas, Sessions, Meas., View, viz obr. D.2. Sekce View není aktivní, protože SOFO VIEW není zahrnuto v licenci KÚ.

V pracovní ploše aplikace SOFO SBD mohou být dále spuštěna 4 okna (viz obr. D.2), která se vztahují vždy k aktivní entitě **Sensor**, **Agenda**, **Session** případně **Measurement**, která je vybrána ze seznamu v rozbalovacím okně v dané sekci navigačního panelu.

D.2.1 Hlavní panel programu SOFO SBD

Hlavní panel nabídek obsahuje několik tlačítek:

File – funkce, pro správu databázových souborů, jako je otevření, uzavření, uložení nebo export/import dat.

Edit – obsahuje jedinou funkci *Copy (Ctrl+C)* pro uložení aktivního obsahu do schránky.

Sensors – funkce pro ovládání entit Sensor.

Agendas – funkce pro ovládání entit Agenda.

Sessions – funkce pro ovládání entit Session.

Measurements – funkce pro ovládání entit Measurement.

View – obsahuje funkce pro okna pracovní plochy aplikace. Neaktivní prvky patří nadstavbě SOFO VIEW, která není aktivována.

Tool – je skupina funkcí pro komunikaci s vlastní měřicí jednotkou SOFO, které slouží pro vlastní konfiguraci systému, kalibraci akumulátoru, resetování systému, nastavení licenčních čísel, programování datalogeru, stahování dat z datalogeru.

Help – nápověda systému SOFO SBD.

D.2.2 Navigační panel programu SOFO SBD

Navigační panel je členěný do sekcí odpovídající jednotlivým entitám databáze SDB, viz obr. D.2. Aktivní entita v dané sekci je vybírána pomocí rozbalovacího okna. U entity **Sensor** je druhé rozbalovací okno určeno entitě **Channel**. Optovláknové extenzometry mají pouze jednu entitu **Channel**. Nejdůležitější ovládací tlačítka jsou:



otevře okno vlastnosti dané entity, např. vlastnosti snímače (pro nastavení typu snímače, konstanty, aktivní délky, ...) nebo vlastnosti agendy (perioda odečítání dat, počátek měření, konec měření, volba napájení z elektrické sítě nebo z akumulátoru, volba chybových hlášení atd.)



otevře okno pro nastavení nové entity, např. novou entitu Sensor nebo Session.

- vypíná a zapíná zobrazení seznamu snímačů v *navigačním panelu* v sekci *Sensor*s a *Agendas*, viz dva levé sloupce na obr. D.2.
- tlačítko v sekci *Sensors* otevře okno *History Sensor* do pracovní plochy, kde je tabulka všech měření daného snímače nebo tlačítko v sekci *Sessions* otevře do

pracovní plochy okno *Sessions Overview* kde jsou údaje naměřené ze všech snímačů dané entity **Agenda** a **Session**. Viz dolní dvě okna na obr. D.2.

24

tlačítko otevře okno *History – Sensors* s grafem pro aktivní entitu Sensor. Viz okno vpravo nahoře na obr. D.2.

tlačítko v pracovní ploše aplikace otevře okno *Measurement* se zakreslenými vrcholy výstupního signálu fotodiody interferometru pro zvolené měření optovláknového snímače SOFO. Viz okno vlevo nahoře na obr. D.2.



tlačítka pro uspořádání pořadí snímačů v entitě Agenda, tlačítko pro jejich mazání z entity Agenda a tlačítka pro kopírování entit Sensor do dané entity Agenada.

tlačítko spouštění měření, tlačítko spouštění měření od následujícího snímače, tlačítko zastavení měření a tlačítko resetování příznaku snímače.

D.3. Základní popis spuštění manuálního měření

U nainstalovaného softwaru SOFO SDB, kde je nastavena odpovídající konfigurace měřicí jednotky SOFO lze v několika krocích zprovoznit měření podle následujícího postupu:

- 1. Měřicí jednotka se zapíná tlačítkem pod kontrolní diodou u madla kufříku měřicí jednotky SOFO. Tlačítko je třeba podržet několik sekund.
- 2. Měřicí jednotka se připojuje pomocí seriového kabelu k PC. Na jednotce SOFO je konektor označen RS232. Software v PC je nastaven pro komunikaci na sériovém portu COM1.
- 3. Konektory E2000/PC optických kabelů se připojí na požadovaný kanál 0 až 12. Pojistka konektoru E2000/PC má být při zapojení do panelu měřicí jednotky SOFO nahoře. Kabel lze prodloužit prodlužovacím kabelem (patchcord) a spojkou (adaptor). V konektoru je optiké vlákno ukončeno ve feruli, která je přesně zabroušena tak, aby na sebe ferule dokonale přiléhaly. Ztráta v optickém konektoru závisí na jeho typu a je také úměrná znečištění ferule. Nedotýkejte se ferule konektoru!
- 4. Spusťte program SOFO SBD na počítači.
- Nový projekt, resp. databázový soubor, programu SOFO SDB se založí z hlavní nabídky tlačítky File – New SDB database. Zadejte jméno a umístění nového souboru. Potom se otevře okno pro definování entit Object. Obvykle stačí jen jedna entita tohoto typu, proto stlačíme tlačítko OK.
- 6. V navigačním panelu je v sekci Sensors již připraven první entita Sensor s názvem Default. Tlačítkem nebo z hlavniho panelu tlačítky Sensors – Sensor Properties

Default. Tlačítkem nebo z *hlavniho panelu* tlačítky *Sensors – Sensor Properties* (*Ctrl+F6*) lze otevřít okno nastavení vlastností snímače.

- 7. V záložce *General* lze editovat název snímače a přidat stručný popis.
- 8. V záložce *Propeties* nastavte pasivní délku optického vlákna LP a případně zaškrtněte možnost *Use high sensitivity*.
- 9. V záložce *Connections* lze navolit kanál měřicí jednotky SOFO. Pro kanál "0" nesmí být zaškrnuto *Multiplexer level 1 is in Use*. Kanály "1" až "12" používají interní multiplexer, proto v tomto případě zaškrtněte volbu *Multiplexer level 1 is in Use*, do editačního pole *Multiplexer level 1 Address* napište číslo 1 a do editačního pole *Multiplexer level 1 Channel* napište číslo kanálu.

- 10. Přidat další snímač do databáze lze tlačítkem 🖳 Jeho vlastnosti lze upravit opakováním bodů 6 až 9.
- 11. V *navigačním panelu* je již v sekci *Agendas* implicitně připravena entita **Agenda** s názvem *Default*. Do ní tlačítkem *skopírujeme* všechny nastavené snímače ze

sekce Sensors. Tlačítkem nebo z hlavního panelu tlačítky Agendas – Agenda Properties (Ctrl+F5) otevřeme okno vlastností dané agendy. V záložce Schedule nastavte režim měření. Zaškrtnutím volby Active a editováním pole Measure every: lze nastavit periodu odečítání v minutách. V záložce Option zaskrtněte volbu Don't ask for manual connection.

- 12. Tlačítkem **b** spusťte měření.
- 13. Průběh měření a jeho výsledky lze sledovat v oknech softwaru SOFO SDB, které se zobrazí automaticky nebo po stisknutí tlačítek 🔝, 🏛 v *navigačním panelu*.
- 14. Měření se vypne tlačítkem
- 15. Data lze z okna *History Sensors* na pracovní ploše pomocí kláves *Ctrl+C* uložit do schránky a vložit do standardních programů, jako je např. MS Office.

D.4. Ovládání datalogeru měřicí jednotky SOFO

Pro spuštění datalogeru v měřicí jednotce SOFO se předpokládá, že je již vytvořen databázový soubor SDB s entitou **Agenda**, v které je připravena konfigurace měření v režimu datalogeru. Vlastní nastavení datalogeru se provede z *hlavního panelu* tlačítky *Tools – Program SOFO V Data Logger*. Otevře se okno pro programování datalogeru, které je zobrazeno na obr. D.3. Ve sloupci *New* lze nastavit režim měření volbou agendy ze seznamu rozbalovacího okna. Dále je třeba nastavit počátkem měření, konec měření a periodou odečítání dat. Nastavení se odešle do měřicí jednotky SOFO po stisknutí tlačítka *Send Settings to SOFO*. Program se automaticky zeptá, jestli se má jednotka přepnout do režimu datalogeru.

V levém sloupečku *Current* v okně pro programování datalogeru *SOFO V Data Logging Setup*, viz obr. D.3, do rubriky *Agenda* není zkopírován název agendy použité pro programování datalogeru, ale je zde vždy uveden jen počet snímačů používaných jednotkou SOFO při měření.

Režim datalogeru lze zapínat nebo vypínat z *hlavního panelu* tlačítky *Tools – Data Logger Mode (Ctrl+L)* nebo *Tools – Manual Mode (Ctrl+M)*.

Data z paměti měřicí jednotky SOFO se ztahují z *hlavního panelu* volbou *Tools – Download SOFO V Data*. Otevře se okno, kde lze nastavit podrobnosti pro stahování dat. Pro běžné aplikace lze ponechat implicitní nastavení.

Paměť v jednotce SOFO lze vymazat z *hlavního panelu* volbou *Tools – Empty SOFO memory*.

 Manual Mode Data Logger 	, interactive measuremen Mode, automatic measure	ts ments <u>SOFO V Status</u>
Status	Current	New
Agenda:	1 Sensors	Default
Start Date / Time:	18.11.1999	18.11.1999 06:00:00
End Date / Time: Interval [min]:	18.12.1999	18.12.1999 19:00:00
Date / Time	07.12.1999 17:17:16	,
# Campaigns:	J19	
	SOFO Date and Time	Send Settings to SOFO

Obr. D.3: Okno pro programování datalogeru

Příloha E – Příklad formuláře záznamu o zkoušce

Zkušební laboratoř ZÁZNAM O ZKOUŠCE

Odborný pracovník zakázky:	Číslo zakázky:
Předmět zkoušky	
Zkušební předpis (norma):	
Zkušební vzorky	
Typ vzorku	Počet
Uložení vzorků:	
Doplňující pokyny (rychlost zatěžování, podpory atd.)):

Vyplní odborný pracovnik (OP) provádějící zkoušku:

Zkoušku provedl	(i):		т.		
Datum a čas zkouš	ky:				
Zkouška provedena v KÚ		KÚ	Mimo KÚ - místo		
Prostředí zkoušky	Teplota vzduchu [°C] Relativní vlhkost vzduchu [%]				
Použitá zařízení a	měřidla		Metrologické číslo měřidla		

Zkušební laboratoř

Tabulka	Záznamu	o zkoušce
A SELVERITESS		o mionore

Poznámka (popisy porušení, neobvyklých skutečností, schéma zkoušky):

str. 2