

MODUL PRUŽNOSTI ZÁKLADNEJ VRSTVY ETICS

Ing. Peter Briatka, prof. Ing. Zuzana Sternová, PhD., Technický a skúšobný ústav stavebný, n. o., v Bratislave

Abstrakt: Modul pružnosti je jedna z mála mechanických vlastností, ktorá nám dáva reálny obraz o správaní sa materiálu počas zaťaženia. Nesporne súvisí s pevnosťou a rovnako ako pevnosť, aj modul pružnosti je reologický parameter. Na rozdiel od pevnosti, ktorá sa s oblubou uvádza ako číslo laicky charakterizujúce odolnosť materiálu (prvku) proti zaťaženiu, modul pružnosti popisuje virtuálne napätie potrebné na dosiahnutie stopercentného pretvorenia. Charakterizuje teda odolnosť materiálu proti účinkom zaťaženia, resp. odolnosť proti deformáciám.

Modul pružnosti má význam najmä pri materiáloch, ktoré sa správajú elasticky. Jedným z najčastejších príkladov elasticity v stavebníctve je vystužovanie betónových prierezov betonárskou ocelou valcovanou za tepla s veľkou ťažnosťou, ktorá prenáša ťahové napätia aj po prekročení pevnosti betónu v ťahu. Podobne sa správa aj základná vrstva ETICS, ktorej základný cementový, krehký materiál je vystužený zväčša sklotextilnou mriežkou.

Dôvod zisťovania modulu pružnosti základnej vrstvy

Modulu pružnosti základnej vrstvy ETICS sa v TSÚS (Technický a skúšobný ústav stavebný) venovala pozornosť pri riešení výskumnej úlohy zaoberajúcej sa vznikom a rozvojom trhlín v povrchových úpravách ETICS [2]. Keďže povrchové úpravy (tenkovrstvové omietky) majú takmer dokonalú súdržnosť so základnou vrstvou, vznik trhlín v povrchových úpravách je zväčša len vonkajším prejavom deformácií základnej vrstvy. Ak teda skúšame eliminovať alebo obmedziť vznik trhlín v povrchových úpravách, a tým aj dosiahnuť vyššiu celistvosť obvodového plášťa, riešenie musíme hľadať v materiáli, ktorý poruchy generuje – v základnej vrstve. Predpokladané riešenie



Omietkové pásiky s nalepenými roznášacími platničkami

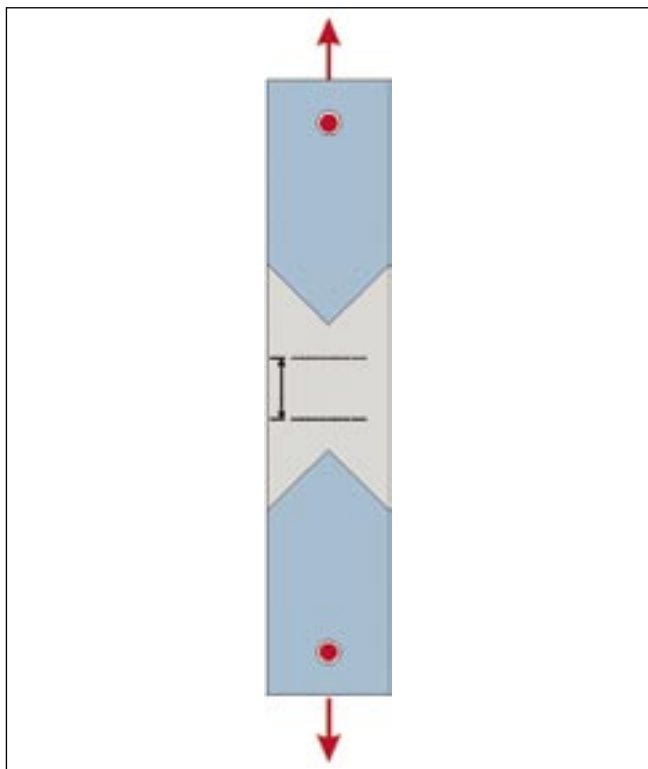


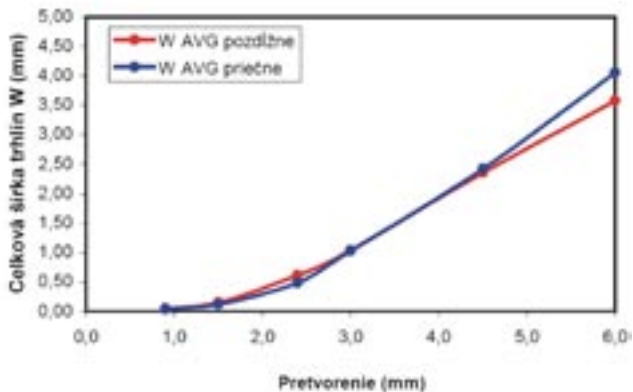
Schéma omietkového pásika



Zaťažovanie omietkového pásika

Prehľad meraní a výsledkov modulov pružnosti ometkových pásov

Materiál	Mriežka	Vzorka	Výsledky po 10 dňoch					Výsledky po 30 dňoch					Zmena E		
			σ Dolné	σ Horné	$\Delta \sigma$	E (MPa)	E avg (MPa)	σ Dolné	σ Horné	$\Delta \sigma$	E (MPa)	E avg (MPa)	MPa	%	
			ε Dolné	ε Horné	$\Delta \varepsilon$			ε Dolné	ε Horné	$\Delta \varepsilon$					
A-MW	1	A-MW 1-1	0,49	1,20	0,70	279,26	504,86	0,50	1,19	0,69	305,69	274,31	-230,55	-45,67	
			0,05	0,30	0,25			0,079	0,306	0,227					
	1	A-MW 1-2	0,50	1,27	0,78	312,59		0,51	1,07	0,57	242,93				
			0,05	0,30	0,25			0,069	0,302	0,233					
	1	A-MW 1-3	0,49	2,18	1,69	590,83		-	-	-	-				
			0,01	0,30	0,29			-	-	-					
	1	A-MW 1-4	0,51	2,94	2,43	836,76		-	-	-	-				
			0,01	0,30	0,29			-	-	-					
	2	A-MW 2-1	0,50	2,40	1,90	711,61		0,50	1,89	1,39	549,84				
			0,04	0,30	0,27			0,052	0,305	0,253					
		2	A-MW 2-2	0,51	2,80	2,29		829,01	0,51	1,93	1,42				539,60
				0,02	0,30	0,28			0,037	0,301	0,264				
		2	A-MW 2-3	0,50	2,33	1,83		654,50	-	-	-				-
				0,02	0,30	0,28			-	-	-				
2	A-MW 2-4	0,49	2,27	1,78	631,88	-	-	-	-						
		0,02	0,30	0,28		-	-	-							
Relatívna zmena (%):						39,989	-			98,576	-				
B-EPS	1	B-EPS 1-1	0,51	1,72	1,34	450,61	543,41	0,51	1,11	0,60	235,86	300,43	-242,97	-44,71	
			0,00	0,21	0,30			0,049	0,303	0,254					
	1	B-EPS 1-2	0,25	2,11	1,85	636,21		0,50	1,43	0,93	365,01				
			0,01	0,30	0,29			0,04	0,294	0,254					
	1	B-EPS 1-3	-	-	-	-		-	-	-	-				
			-	-	-			-	-	-					
	1	B-EPS 1-4	-	-	-	-		-	-	-	-				
			-	-	-			-	-	-					
	2	B-EPS 2-1	0,50	1,72	1,22	634,84		0,50	2,04	1,53	553,50				
			0,02	0,21	0,19			0,026	0,303	0,277					
	2	B-EPS 2-2	0,49	2,11	1,61	563,54		0,49	1,66	1,17	418,60				
			0,01	0,30	0,29			0,02	0,3	0,28					
	2	B-EPS 2-3	0,49	2,91	2,43	792,78		-	-	-	-				
			0,00	0,30	0,31			-	-	-					
2	B-EPS 2-4	0,49	1,96	1,47	507,40	-	-	-	-						
		0,01	0,30	0,29		-	-	-							
Relatívna zmena (%):						14,949	-			61,782	-				



Pomer šírky trhlín a relatívneho pretvorenia [4]

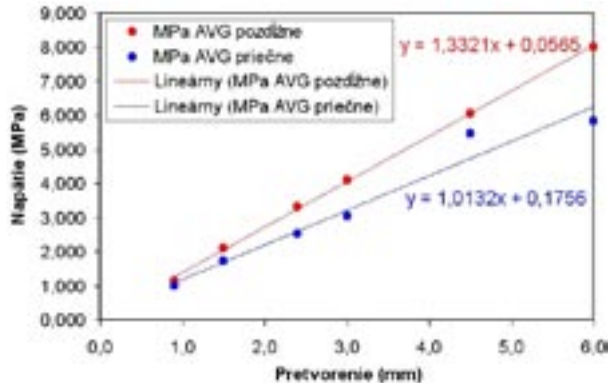
problému malo byť ukryté v spôsobe vystužovania základnej vrstvy. Účinnosť navrhovanej metódy sa mala overiť na veľkoformátových vzorkách stien počas hygrotermálnej skúšky [1]. Nakoľko pri skúškach treba zohľadniť aj rôznu materiálovú bázu izolačnej vrstvy ETICS a finančne nákladné skúšky vykonať na aspoň dvoch najpoužívanejších materiálových variantoch izolantov (EPS a MW), bolo nevyhnutné overiť účinnosť riešenia ešte pred samotnými skúškami, a to na vzorkách príslušných základných vrstiev.

Najvhodnejším parametrom overenia účinnosti navrhovaného riešenia sa javilo stanovenie tzv. modulu pružnosti kompozitu základnej vrstvy. Z pracovného diagramu možno jednoducho zistiť elasticitu skúšaného kompozitu.

Skúšobná metóda a výroba vzoriek

Na zistenie elastických vlastností základnej vrstvy neexistuje skúšobná metóda, preto sa zvolila istá modifikácia skúšky omietkového pásu ťahom podľa [1], v kombinácii s princípmi zisťovania statického modulu pružnosti betónu [3] skúškou v tlaku.

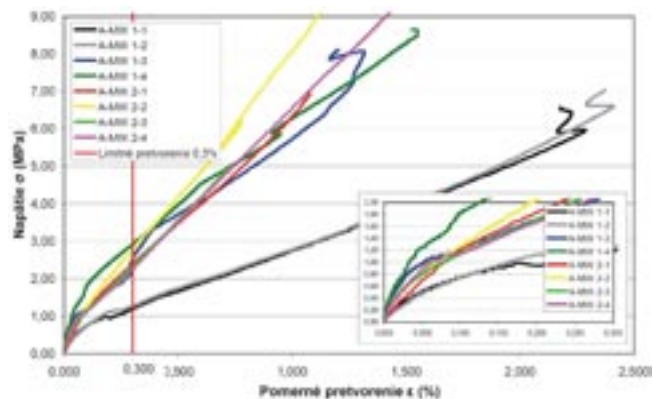
Počas skúšok sa použili materiály, ktoré sú súčasťou zaťažovacích systémov s platným technickým osvedčením a sú preukázateľne navzájom kompatibilné. Ako výstužná vrstva bola použitá sklotextilná mriežka charakteristická modulom pružnosti v pozdĺžnom smere o približne 31,5% vyšším ako v priečnom smere (obr. 6). Na účely stanovenia modulu pružnosti základnej vrstvy tento fakt nezohráva úlohu, pretože tieto vlastnosti sa prejavujú až po vzniku spojitých trhlín v maltovej zložke kompozitu.



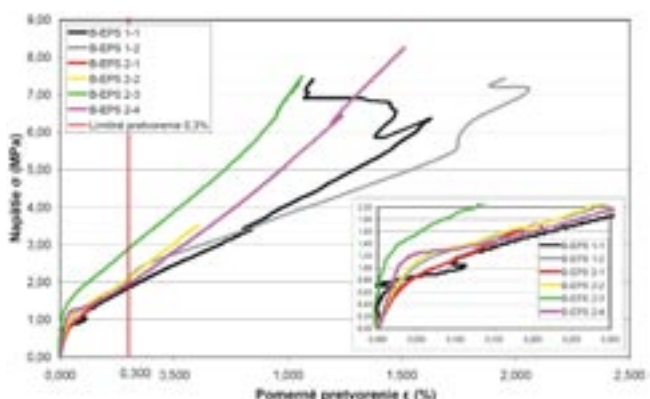
Pracovný diagram skúšky omietkových pásov [4]

Modul pružnosti základnej vrstvy (EZV) sa zistil pomocou skúšok na omietkových pásičkách (rozmery asi 100 × 500 mm) s vloženou jednou, resp. dvoma výstužnými mriežkami. Bola navrhnutá hrúbka omietkových pásov 3 mm pre jedenkrát vystužené a 4,5 mm pre dvakrát vystužené sklotextilnou mriežkou. Osobitne sa zisťoval modul pružnosti omietkových pásov zo základnej vrstvy (označovanej ako A-MW) používanej na tepelné izolanty z minerálnej vlny (MW) a osobitne zo základnej vrstvy (B-EPS) používanej na izolanty z polystyrénu (PS). Hrúbka omietkových pásov sa regulovala počas ich výroby na EPS doskách prostredníctvom empiricky stanovenej spotreby materiálu základnej vrstvy na dosiahnutie hrúbky 3 mm, ktorá predstavuje 4 kg/m². Pred zaťažovacou skúškou boli omietkové pásiky (ešte vo forme súvislej základnej vrstvy) celý čas kondicionované pri teplote 23 ± 2 °C a relatívnej vlhkosti 50 ± 5 %. Skúške predchádzalo odrezanie pásov z podkladnej EPS dosky, ich dôkladné očistenie a nalepenie roznášacích kovových zaťažovacích platničiek pomocou epoxidového lepidla (obr. 1 a 4).

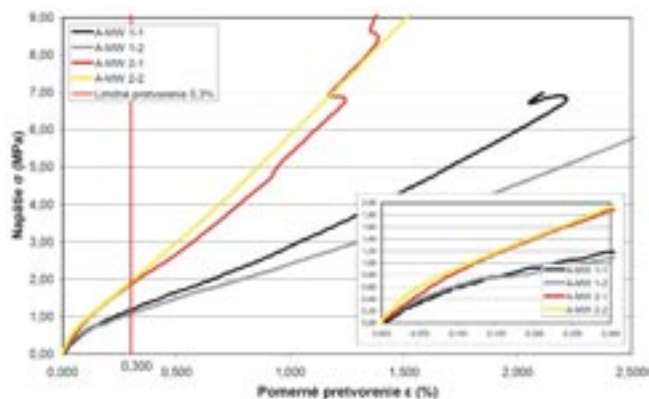
Po uvedenej úprave skúšobných telies sa tieto jednotlivito umiestňovali do skúšobného lisu (obr. 2), kde sa zaťažovali čistým ťahom. Dosiahnutie centrického ťahového napätia bolo umožnené vďaka uchyteniu cez dvojicu kĺbov v dolnej i hornej čelusti. Skúšobné telesá boli zaťažované rýchlosťou 0,4 kN/min a na meracej základni 50 mm zaznamenávali 2 extenzometre (obr. 3) deformáciu vzorky z oboch strán, a to s frekvenciou 50 Hz. Dostávame sa k rozdielu oproti skúške ťahom omietkového pásu podľa [1], kedy sa meria počet a šírka vzniknutých



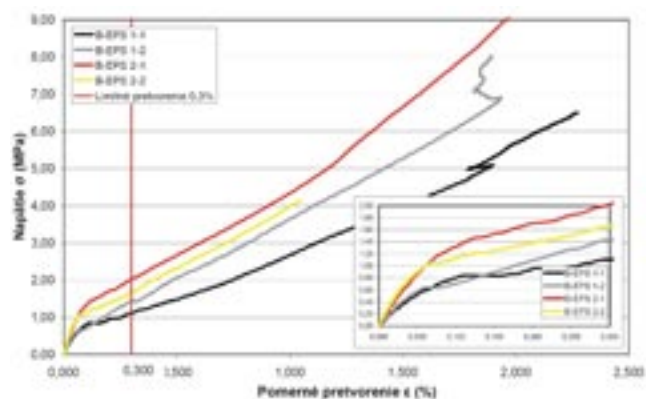
Pracovný diagram omietkových pásov základnej vrstvy A-MW vystuženej 1 a 2 sklotextilnými mriežkami ukladanými v priečnom smere (skúšky po 10 dňoch)



Pracovný diagram omietkových pásov základnej vrstvy B-EPS vystuženej 1 a 2 sklotextilnými ukladanými v priečnom smere (skúšky po 10 dňoch)



Pracovný diagram omietkových pásov základnej vrstvy A-MW vystuženej I a 2 sklotextilnými mriežkami ukladnými v priečnom smere (skúšky po 30 dňoch)



Pracovný diagram omietkových pásov základnej vrstvy B-EPS vystuženej I a 2 sklotextilnými mriežkami ukladnými v priečnom smere (skúšky po 30 dňoch)

trhlín. Modifikoval sa aj postup podľa [3;5], lebo namiesto namáhania tlakom sa zvolilo namáhanie ťahom. Ďalšou zmenou bolo vynechanie cyklického zaťažovania, pretože pri zaťažovaní ťahom sa už pri malých napätiach vytvárajú mikrotrhliny v krehkej cementovej zložke kompozitu, ktoré rýchlo prerastajú do priebežných makrotrhlín, čím by sa v opakovaných cykloch skúšala len výstužná mriežka. V rámci metódy určenia modulu pružnosti sa opäť zvolil kompromis. Ako model sa použil sečnicový prístup. Dolnou hranicou bolo napätie asi 0,5 MPa. Horná hranica sa určila ako hodnota zodpovedajúca relatívnemu pretvoreniu 0,3 % (obr. 5). Modifikácia hornej hranice bola vynútená tým, že sa ani jedno teleso nepodarilo úplne roztrhnúť (vždy došlo k poškodeniu v lepenej oblasti) a ako zachytáva obr. 4, aj tým, že do relatívneho pretvorenia 0,3 % sa v predchádzajúcich skúškach nespozorovali nijaké trhliny.

Interpretácia výsledkov

Ak si uvedomíme, že konštrukcia ETICS sa realizuje vo vonkajšom prostredí a možnosť jej vyhotovenia je obmedzená podmienkami vonkajšieho prostredia len na obdobie s teplotou neklesajúcou pod všeobecne zaužívaných 5 °C, je jasné, že veľké množstvo ETICS sa realizuje v letnom období. Vtedy je počas prvých dní veku vystavený kontaktný zateplovací systém extrémnym teplotám a krátkodobým zmenám teplôt. Z tohto dôvodu sa skúšal modul pružnosti omietkového pásika už po 10 dňoch kondicionovania. Rovnaká skúška sa vykonala aj na omietkových pásičkoch vo veku 30 dní. Priebeh a výsledky skúšok zachytávajú obr. 7 až 10 a tab. 1. Vidno tu dokumentáciu nárastu modulu pružnosti (v 10. dni veku) základnej vrstvy s pridaním druhej výstužnej mriežky, čo indikuje vhodnosť zamýšľaného riešenia eliminácie vzniku trhlín povrchových úpravách ETICS. Nárast modulu pružnosti spôsobený pridaním druhej výstužnej mriežky je markantný najmä po 30 dňoch, kedy sa dosahuje nárast 98,57 % v základnej vrstve A-MW a 61,78 % v základnej vrstve B-EPS. Rozdiel v „účinnosti“ druhej výstužnej mriežky medzi základnou vrstvou A-MW a B-EPS

je v zhode s vyššou jemnosťou malty A-MW. S jemnosťou totiž súvisí priľnavosť malty k výstužnej vrstve, teda súdržnosť.

Porovnaním priemerných modulov pružnosti po 10 a 30 dňoch sa zistilo jeho zníženie o asi 45 % pri jedenkrát vystuženej základnej vrstve a o asi 22 % pri dvakrát vystuženej základnej vrstve. Pokles modulu pružnosti pravdepodobne súvisí so stratou vody zo systému kapilárnych pórov materiálu dlhším kondicionovaním vzoriek. Vlhkosť vzoriek (množstvo pórového roztoku) pôsobí kapilárnymi ťahovými silami proti účinkom vonkajšieho ťahového zaťaženia počas skúšky a znižuje tak deformáciu. Z uvedeného vyplýva, že s nižšou vlhkosťou vzorky sa znižuje ťahové napätie v kapilárnych póroch a vzorka sa deformuje už pri nižších napätiach, resp. dosahuje vyššie deformácie.

Záver

Z nameraných a hodnôt a trendov modulov pružnosti základnej vrstvy je zrejmé, že ak chceme fasádu celistvú a bez neželaných trhlín v povrchových úpravách, zaoberať sa základnou vrstvou a jej pružnosťou je prakticky nevyhnutné. V tejto práci sa podarilo preukázať predpokladanú účinnosť dvojitého vystuženia základnej vrstvy pri obmedzovaní vzniku trhlín (deformácií) tým, že sa úspešne zvýšil modul pružnosti základnej vrstvy. Neočakávaným výsledkom je pokles modulu pružnosti medzi 10. a 30. dňom veku základnej vrstvy.

Literatúra

- [1] ETAG 004 External Thermal Insulation Composite Systems with Rendering, EOTA, Brusel, 2000.
- [2] Briatka, P., Sternová, Z.: Výber povrchovej úpravy ETICS, Stavba, 6/2009, MF media, Bratislava, 2009.
- [3] Unčák, S., Ševčík, P.: Modul pružnosti betónu, Edícia Betón Racio, Trnava, 2008.
- [4] TSÚS – Tatranská Štrba: Protokol o skúške č. 178/2005, Ťahová skúška omietkového pásika.
- [5] STN ISO 6784:1993 Betón. Stanovenie statického modulu pružnosti v tlaku.