

Znalecký posudek
o příčinách vad tmelu v dilatačních spárách keramického obkladu XXXXXXXXXX

31 stran

5. 5. 1986

Současně jsem odebral některé vzorky vadného i neporušeného tmelu a určil místa odběru dalších vzorků tmelu i ostatních vrstev konstrukce a specifikoval způsob jejich odběru.

Rovněž jsem požádal přítomné zástupce o poskytnutí dalších podkladů.

Ze Stavoprojektu Trutnov mně byly dne 5.2.86 zaslány tyto podklady:

- 1/ dopis Stavoprojektu zn. St/914 z 2.5.83 na VCHZ Synthesia Kolín
- 2/ dopis VCHZ Synthesia Kolín zn. 7350/234/Va z 10.5.83 na Stavoprojekt
- 3/ strojem psaný prospekt na akrylátový disperzní tmel S81 s dopisem zn. 7350/243/Va z 17.5.83
- 4/ dopis Stavoprojektu zn. St/1965 z 3.10.84 na Lučební závody Kolín
- 5/ dopis Lučebních závodů Kolín bez značky z 15.10.84 na Stavoprojekt
- 6/ znalecký posudek č. 97/83-3/83 znalců F. Voldřicha a Z. Pábala
- 7/ počítačový tepelně technický výpočet č. 2918/10/0 "Možnost změny obkladu"/pyrostat do malty/ z 29.11.82

Na mou žádost mi byl ze Stavoprojektu Trutnov zaslán dne 10.2.86 též kompletní projekt fasádních obkladů /TZ - 1 + 12 stran, 15 výkresů/.

Od PS Trutnov jsem obdržel "Technickou zprávu - fasádní obklady", 2. změna z března 1983. Dále mi byly Dzemními stavbami Trutnov zaslány některé žádané údaje o časovém postupu prací tak, jak vyplývají ze stavebních deníků, zápisů z kont-

rolních dnů a interních kontrolních dnů. Z vyjádření, zpracovaného stavbyvedoucím J. Havrdou, uvádím tato fakta:

- Práce na obkladech byly zahájeny na parapetech 3 až 4 NP po celém obvodu stavby v roce 1983 /bez udání přesnějšího data/. Tyto obklady včetně spárování tmelem S81 byly dokončeny 28.10.83.
- Pokles teplot pod 0 °C je zaznamenán od 14.11.83.
- Práce na podkladních vrstvách fasády štítu, velkého a malého sálu započly 13.3.84.
- Práce na obkladech 3 a 4 NP a sálů započly 28.3.84, spárování s tmelem bylo prováděno od 25.4.84 do 26.5.84 včetně odstranění zjištěných závad.
- Práce na fasádách 1 NP a 1 PP byly dokončovány v září a říjnu 1984, přičemž část spár byla vyplněna tmelem Lukopren, dodaným 14.9.84.
- Zbytek dodávky tmele z r. 1983, nezpracovaný v tomto roce, byl skladován v teplém skladu výměníkové stanice.

Dne 6.2.86 mi byly předány v devíti polyetylenových lahvích vzorky různých vrstev obvodového pláště, odebrané 5.2.86 komisionálně za přítomnosti zástupce projektanta a dodavatele stavby ze dvou různých míst, a další dva vzorky tmele, poškozeného i nepoškozeného. Kopie zápisu o odběru je v příloze č. 1.

Dne 30.1.86 jsem požádal Lučební závody Kolín o zaslání prospektu, technických podmínek a provozní směrnice pro výrobu akrylátového disperzního tmelu S81. Žádané podklady jsem obdržel 21.2.86.

N á l o g

Projekt

Podle původního projektu byl navržen předsazený keramický obklad do podkladního roštu FEAL /systém STROS/, tedy se vzduchovou mezerou mezi zdivem a obkladem.

V důsledku potíží při výrobě keramických tvarovek technologií lisování přešel výrobce na technologii lití. Tím byla vyvolána i změna uložení tvarovek, namísto na roštu FEAL do malty. S tím ovšem vznikla řada nových problémů, které byly řešeny změnou projektu. Změna projektu byla podle požadavku GD posouzena prof. Ing. F. Voldřichem, DrSc., a prof. Ing. Z. Půbalem, DrSc., ze Stavební fakulty ČVUT Praha. V tomto posudku se hodnotí jednotlivé typy uspořádání obkladu, aniž by byl proveden podrobnější výpočet napjatosti složené konstrukce. V případě parapetních panelů se doporučuje zavedení ověřovacích zkoušek spolupůsobení jednotlivých částí. Pro případ plynosilikátového zdiva s vložkou z Petexu nebo bez ní a pro případ cihelného zdiva rozbor napjatosti není proveden. Alternativu plynosilikátového zdiva bez Petexu se doporučuje experimentálně ověřit na prototypu.

Závěr posudku hodnotí prvou alternativu uspořádání /parapety, atiky/ z mechanického hlediska jako koncepčně vhodnou. Druhou alternativu považuje za nejvýhodnější, pokud nelze použít předvěšený plášť s odvětrávanou vzduchovou mezerou. Třetí a čtvrtou alternativu, i když "méně vhodné než alt. 2 s ohledem na kondenzaci vodních par uvnitř konstrukce", připouští použít. Doporučuje však přesto "všechny uváděné technologie předem ověřit, konzultovat a sledovat".

V posudku se nehodnotí zvláště teplotní a vlhkostní parametry jednotlivých alternativ a přejímají se bez korektury závěry o celoroční bilanci kondenzace vodních par z počítačových výpočtů provedených projektantem.

Obklad z pyrostatových obkládaček vel. 195/202/20 mm, vyráběných n.p. Elektroporcelán Louny, závod Žacléř, se provádí do nastavované malty na podkladní betonovou monierku, k jejíž výztuži jsou jednotlivé tvárnice mechanicky kotveny. Výztuž monierky je přivařena k páskovému železu \varnothing 30/5 mm, vkládanému do ložných spár zdiva ve čtvercích 750x750 mm. V jednom případě je vložena mezi zdivo a monierku tzv. kluzná vrstva z Petexu s Rabiztovým pletivem na vnější straně, přibitá rákosníky do zdiva. Výztuž monierky /a tím i celé konstrukce obkladu/ je na okrajích spojena s ocelovými elementy přivařenými ke konstrukci. Ve druhém případě kluzná vrstva chybí a obklad je naopak oddělen od konstrukčních prvků. V případě obkladu sendvičových parapetních a atikových panelů není monierka spojena s vnější monierkou panelu jinak než soudržností.

V obou prvních případech, s ohledem na kotvení výztuže monierky ke kotvám ve zdivu, budou deformační a napěťové stavy podobné.

- Celková tloušťka obkladové vrstvy je 45 mm a skládá se z
- vrstvy Petexu s Rabiztovým pletivem /pouze v některých částech/ 4 mm tl.
 - vrstvy cementové malty /betonové ^{monierky} malty/ 14 mm tl.
 - podkladní nastavované malty 24 mm tl. /20 mm, je-li Petex/
 - glazovaných keramických dlaždic 7 mm s lemováním 13 mm tl., příp. u drážkovaných dlaždic s vystouplými žebry 9 mm tl.

Tloušťka výplňového zdiva z plynosilikátových tvárnice 500 /Bořičí/, příp. cihelných kvádrů CDK je 40 cm; na vnitřním líci je zdivo opatřeno omítkou, v některých částech zatmeleno a opatřeno dvojitým nátěrem Latexu.

Obklady jsou vyspárovány cementem a dilatační spáry utěsněny akrylátovým disperzním zmelem S81 ve shodě s 2. změnou projektu. Původní projekt počítal s utěsněním tmelem S41, který mezitím Lučební závody Kolín přestaly vyrábět. Po skončení výroby tmelu S81 byl zbytek spár utěsněn lukoprenovým tmelem S9780 resp. S9410. Zadní část dilatační spáry /zejména ve svislých spárách/ byla těsněna vložkou z asfaretanu.

Akrylátový tmel se vtlačoval zprvu do spár ručně; velké množství závad vedlo k částečnému odstranění původního tmelu a nahrazení novým, vtlačovaným mechanizačním prostředkem.

Tmel dilatační spár

Projektant se dotázal výrobce, zda lze užít pro danou stavbu tmel S41. Výrobce sdělil, že výroba tmelu S41 byla zastavena a nahradí jej plně nový tmel S81 z domácích surovin. Podle tohoto sdělení prováděla jeho hodnocení SZ 217 a 30.4.83 vydala rozhodnutí o zařazení výrobku do 2. stupně jakosti.

Přiložený /strojem psaný/ prospekt uváděl tyto vlastnosti ve shodě s normou jakosti PND 39-1068-81:

- povětrnostní odolnost
- stálost v teplotním rozmezí -25 až 80 °C, krátkodobě 100 °C
- odolnost vůči působení alkalií přítomných v silikátových hmotách
- velmi dobrou adhezi k porézním silikátovým podkladům, která je vyšší než koheze tmelu

- odolný vůči plísni
- praktická tažnost min. 10 %

Jeho užití se doporučuje zejména jako vnitřní a vnější spárový tmel k tmelení poréznych silikátových materiálů, jako betonu, plynosilikátu, omítek, osinkocementu, keramických materiálů. Pro dynamicky namáhané spáry se doporučuje opatřit stykové plochy před aplikací tmelu spojovacím nátěrem ze syntetického venkovního laku S 1002.

Po vytlačení tmelu z obalu se na jeho povrchu má vytvořit během 10 min. nelepivá blanka a během 2 hod. dojde k povrchovému zaschnutí. Konečná doba vyschnutí není uvedena.

Životnost tmelu je odhadována v exteriéru na 15 - 20 let.

Později vydaný tištěný prospekt /bez data, který údajně projektant neměl k dispozici/ podle normy jakostí PDN 39-1068-83 se poněkud liší od původního prospektu.

Hodnocení prováděla podle tohoto prospektu SZ 204. Použitelnost tmelu se rozšiřuje i na tmelení dřeva a dřevotřísky, ale i kovů. Minimální šířka dilatační spáry je stanovena na 10 mm, maximální 30 mm. Vyžaduje se i porézni silikátové materiály /v interiéru i exteriéru/ před tmelením opatřit spojovacím prostředkem. Tento prospekt zdůrazňuje, že akrylátový disperzní tmel S81 nesmí být použit k těsnění spár trvale vystavených působení vody.

Podniková norma VCH-Z Synthesia Kolín 39-1058-83 /781/ byla navržena 23. června 1983, schválena 8.2.1984 /tedy později než první dodávky tmelu na stavbu/. Pro výrobu akrylátového tmelu S81 platí nyní Provozní směrnice č. 116 Lučebních závodů Kolín z 23.2.1985. Provozní směrnice č. 82 ze dne 20.8.82, platná v době výroby tmelu a jeho dodávek na stavbu, mi nebyla poskytnuta. Tmel se skládá z Diaopolu CA 19 /převažující složka/,

Sokratu 1025, dibutylftalátu a dalších minoritních chemických přísad jako pojiva /matrice/ a karbonátového plniva /mletý vápenec/ v hmotnostním poměru přibližně 1 : 1. Jednou z podmínek správné výroby tmelu je dokonalá homogenizace plniva s pojivem.

Po ukončení výroby tmelu S81 v průběhu roku 1984 požádal projektant Lučební závody Kolín o posouzení vhodnosti použití kaučukového tmelu 9410 k vyplnění dilatačních spár venkovních obkladů. Podle výsledku zkoušek adheze na vzorcích glazovaných tvarovek Zaclér /výborná adheze/ Lučební závody Kolín použití tohoto tmelu k danému účelu doporučily.

Výpočet tepelně technických vlastností konstrukcí

Výpočet byl proveden počítačem pro těchto 10 různých uspořádání svislých konstrukcí:

1/	váp.cem.malta	1,5 cm
	plynosilikát /550/	39,7 cm
	cem. postřík	0,5 cm
	váp.cem.malta	1,5 cm
	ker.dlaždice glaz.	3,0 cm
2/	nástřík PVAc latexu	0,2 cm
	ostatní stejně jako ad 1/	
3/	nástřík PVAc latexu	0,2 cm
	stěrka	0,3 cm
	váp.cem.malta	1,0 cm
	cem. postřík	0,5 cm
	plynosilikát	39,7 cm
	cem. postřík	0,5 cm
	váp.cem.malta	1,5 cm
	ker.dlažd.glaz.	3,0 cm
4/	nástřík PVAc latexu	0,1 cm
	stěrková omítka	0,3 cm

váp.cem.malta	1,0 cm
železobeton	40,0 cm
plynosilikát	20,0 cm
cem. postřík	0,5 cm
váp.cem.malta	1,5 cm
ker.dlaž.glaz.	3,0 cm
5/ jako ad 1/	
váp.cem.malta	3,5 cm
ker.dlaž.glaz.	1,0 cm
6/ malta váp.	0,3 cm
malta cem.	1,5 cm
cihly CDM	49,0 cm
váp.cem.malta	2,0 cm
ker.dlaž.glaz.	3,0 cm
7/ nástřík PVAc latex	0,1 cm
stěrka	0,3 cm
železobeton	2,5 cm
ker.tvarovka CD-AKA	17,5 cm
pěnový polystyren	5,0 cm
železobeton	5,0 cm
cem. malta	2,5 cm
ker.dlaž.glaz.	1,0 cm
8/ jako ad 7/ bez nástříku PVAc latexem	
9/ jako ad 7/, namísto nástříku PVAc latexu je nátěr epoxidem	0,05 cm
10/ jako ad 7/	

Ve všech případech byl uvažován součinitel difúze vodní páry keramické glazované obkládačky /tmelená cementem/ $0,4 \cdot 10^{-11}$, což nebylo zkouškami prokázáno. Z různých analogických zkoušek je tato hodnota použitelná nanejvýš pro neglazovanou keramiku. Ve skutečnosti je nejméně o 2 - 3 řády nižší.

Žádné z těchto uspořádání mimo to neodpovídá ani projektové skladbě, ani skutečnému stavu. Tím i výsledky, zejména kondenzační zóny a celoroční bilance zkondenzované vodní páry, budou pro provedený stav značně odlišné.

Provedení

Namátkovou prohlídkou, výpovědí zástupců prováděcího závodu i projektanta, namátkovou kontrolou zápisů o kontrolních dnech a ve stavebních denících bylo shledáno, že provádění stavby se neodlišovalo významným způsobem od projektu.

Současný stav

Během zimy 1985/86 se začaly objevovat nejdříve ojediněle, později ve velkém rozsahu poruchy těsnícího tmelu v dilatačních spárách. Tmel výrazně zvětšoval objem, z hutné konsistence přecházel do silně porézního stavu, vytlačoval se, až posléze "vytékal" ze spár. Podrobnějším ohledáváním bylo zjištěno, že v zárodečné fázi poruchy se tmel oddělí od stykových ploch /nejméně na jedné straně/ a výplň dilatace tím ztratí svou vodoizolační funkci.

Podrobná prohlídka ukázala, že dochází rovněž na některých, zatím ojedinělých místech k praskání obkládaček způsobem charakteristickým pro "odmrznutí" /přetlakem na rubovou stranu/ při velmi dobrém kotvení.

Obě posledně jmenované skutečnosti nasvědčují tomu, že v konstrukci je přítomno značné množství vlhkosti. K objektivnímu zjištění obsahu vlhkosti v jednotlivých vrstvách svislé konstrukce byly provedeny dvě sondy na severní straně velkého sálu v úrovni 2 NP /staniční 32-48/ a odebrány vzorky. Jedna ze sond byla u nároží, v těsné blízkosti dilatace,

v níž již došlo ke zřejmému porušení tělu /vzorky 1 - 5/.
Druhá sonda byla uprostřed dilatačního pole, u něhož obě
dilatace byly rovněž již poškozeny /vzorky 6 - 9/. Odběr
vzorků byl prováděn za teploty -10°C .

Výsledky udávající obsah vlhkosti v jednotlivých
odebraných vzorcích a z toho odvozený přibližný obsah vlh-
kosti v jednotlivých vrstvách udává tab. č. 1.

Obsah vlhkosti v odebraných vzorcích svislých konstrukcí ve Z.N.P.

Tab. č. 1

Vzorek č.	Popis vzorku /hmotnost vysuš. vzorku/	Vlhkost v hm. % /rovnováž.vlhk./	Objemová hmotnost kg/cm ³	Tloušťka vrstvy cm	Množství vody ve vrstvě /mož.vody při- tomné při rov- nováží.vlhkosti/ v l/m ²	Poznámka
1	keramická obkládačka /627,365 g/	7,88 /2,0/	1800	0,7	1,00 /0,25/	Snadno oddělena od malty, po celé stykové ploše námrza
2	váp. cem. malta /759,895 g/	11,37 /4,0	1600	2,0	3,64 /1,28/	Lze oddělit od cement.postřiku /monierky/
3	cem.malta /monierka/ /782,710 g/	12,19 /3,0/	2000	1,4	3,41 /0,84	
4	Petex s Rabitz.pletivem a zbytky cem.malty (903,485g)	16,08 /2,0/	1000	0,4	0,64 /0,08/	na styk.ploše s plynosilikátem námrza
5	plynosilikát do hloubky cca 8 cm (289,520g)	35,83 /10,0/	550	40	78,82 /22/	
6	keran. obkládačka s při- lnutou váp.cem.maltou /773,65 g/	10,68 /3,0/	1700	2,7	4,00 /1,38/	na částech malty oddělitelných od obkládačky námrza
7	cem.malta-monierka /627,37 g/	13,52 /3,0/	2000	1,4	3,78 /0,84/	
8	Petex s Rabitz.pletivem /77,36 g/	17,13 /2,0/	1000	0,4	0,68 /0,08/	
9	plynosilikát do hloubky cca 8 cm	14,68 /10,0/	550	40	32,28 /22/	

Ve svislé konstrukci ^{vyjádřením} /výškových zdivu bez omítky, podkladních vrstvách fasády a obkladu/ je tedy v blízkosti dilatační spáry s porušeným tmelem 87 l vody/m², uprostřed dilatačního pole 42 l vody/m². Jestliže z rovnovážné vlhkosti vyplývající množství vody nezbytně přítomné činí cca 24 l/m², zbývá nadbytečná vlhkost v konstrukci v prvním případě 63 l/m², ve druhém případě 18 l/m², v průměru /i když průměrovat lze jen s velkým přiblížením/ cca 40 l/m².

Vzorky tmelu byly odebrány na pěti různých místech, značně porušený, mírně porušený a zdánlivě neporušený.

V tab. 2 jsou uvedeny obsahy vody přítomné v jednotlivých vzorcích tmelu /póry byly zaplněny při odebrání vzorků ledem/.

Tab. 2

Obsah vody v tmele

Vzorek č.	Popis umístění	Popis vzorku	Obsah vody v % suché hmotnosti
1	strojovna výtahu SU-S /z několika míst	měkký až rozpadavý	26,1
2	vzorky z různých míst fasády /porušený tmel/	různý stupeň měkkosti	19,2
3	strojovna výtahu J /na slunci/	měkký až rozpadavý	22,7
4	schodiště /vodorovná dilatace mezi II-IIIp	na vnitřním povrchu změkklý	3,17
5	Parapet JV /I.p./	bez viditelné poruchy	1,58

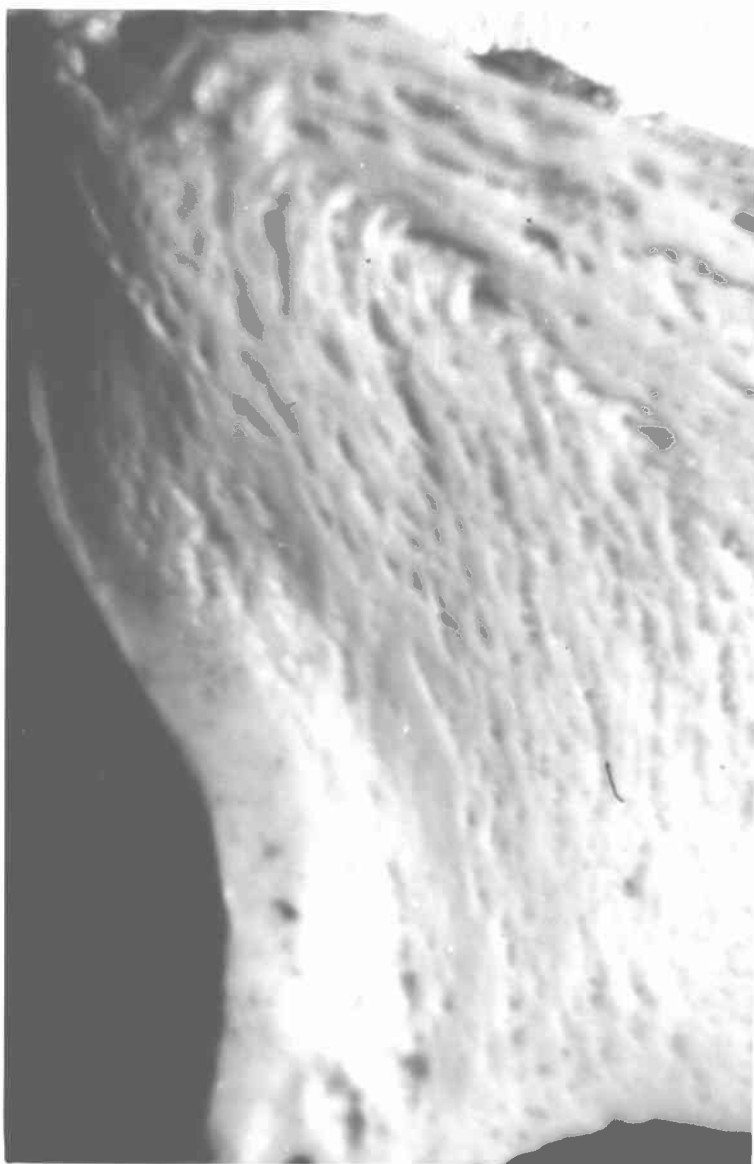
Dva z odebraných vzorků byly podrobeny zkoušce nasákavosti. Vzorek A byl značně porušený, porézní, vzorek B byl makroskopicky homogenní, porušen jen mírně na vnitřní straně. Výsledky zkoušek jsou uvedeny v tab. 3.

Tab. 3

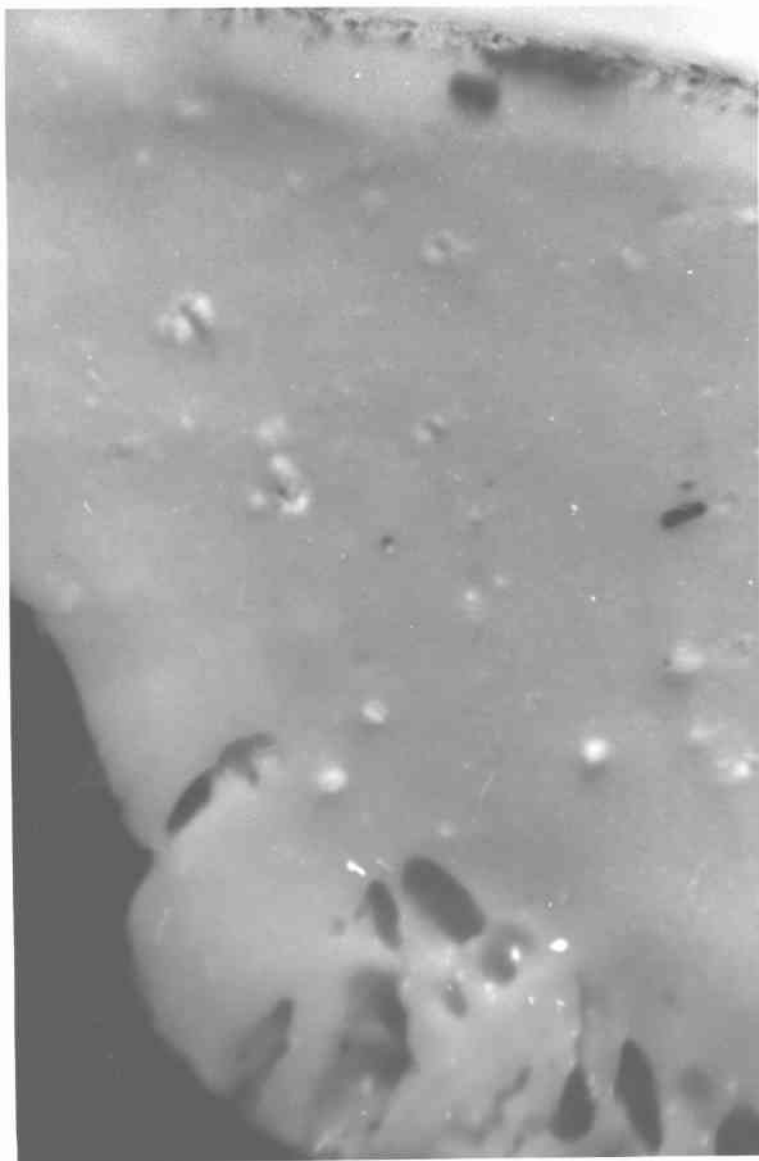
Nasákavost tmelu v různých prostředích

Vzorek	Nasákavost %		
	H ₂ O 240 h	nasycený roztok Ca(OH) ₂ tlak 0,7 MPa 70-80°C, 150 h	nasycený roztok Ca(OH) ₂ var 6 h
A	28 %	28 %	32 %
B	21 %	26 %	28 %

Jednotlivé vzorky tmelu v různých fázích porušení byly podrobeny mikroskopickému studiu. Obrázek 1 ukazuje řez porušeným tmelem odebraným ze spáry. Na levé straně snímku je vnější povrch; je vidět značně porézní struktura, s póry usměrněnými rovnoběžně se stykovými plochami, svědčící o výrazném zvětšení objemu. Obr. 2 ukazuje ve větším zvětšení jasně patrné koaguláty nedostatečně rozmíseného vápencového plniva v disperzi. Je zřejmé, že poruchy vznikají právě v těchto místech, jak je dobře vidět na dalším obrázku 3 /prohlubně na místě bývalých koagulátů, kulové póry/. Spojováním jednotlivých poruch dochází k vytváření velkých otvorů, usměrněných kolmo na směr možného pohybu. Další fáze poruchy ukazují obrázky 4 a 5. Obr. 6 ukazuje v detailu strukturu zcela porušeného tmelu.



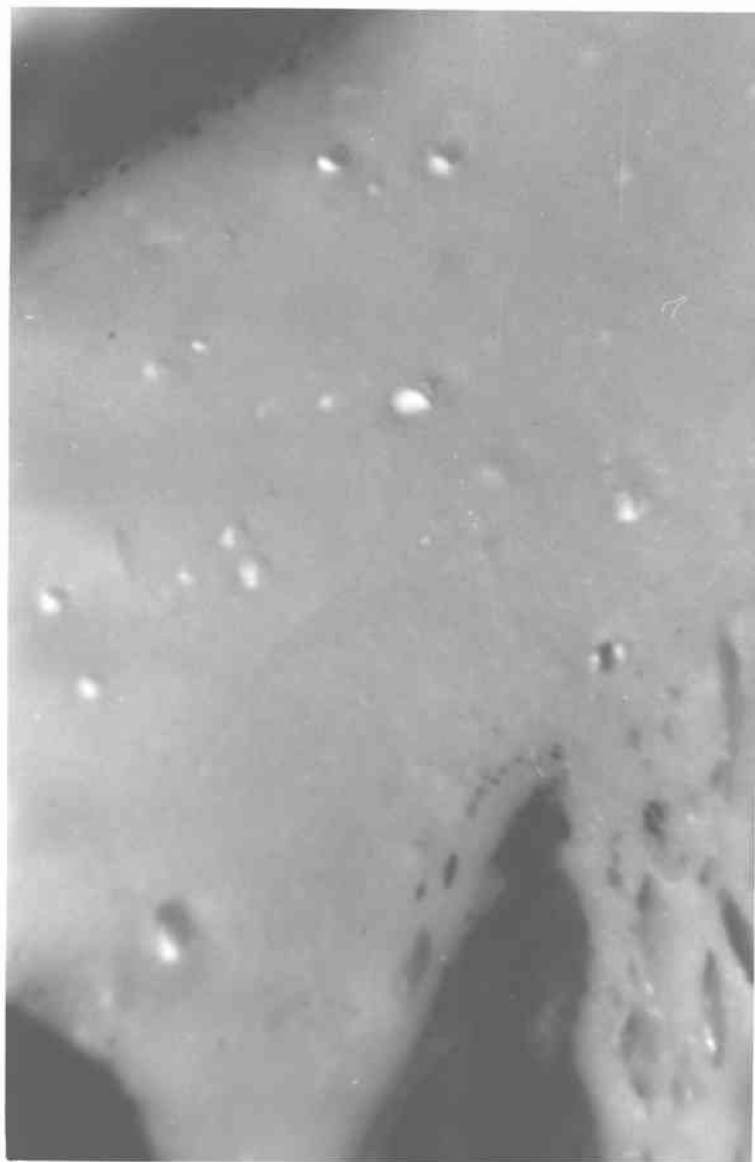
Obr. 1 Řez porušeným tmelem s pórézní
strukturou



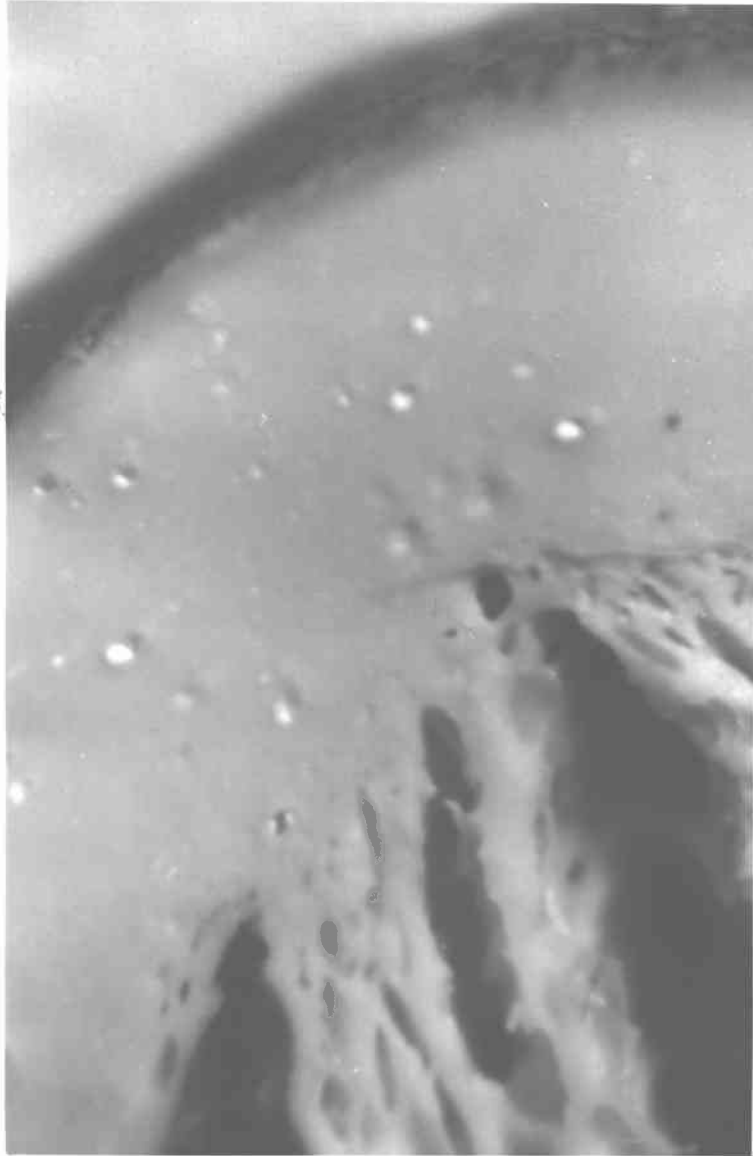
Obr. 2 Koaguláty nedostatečně rozmíseného vápencového plniva



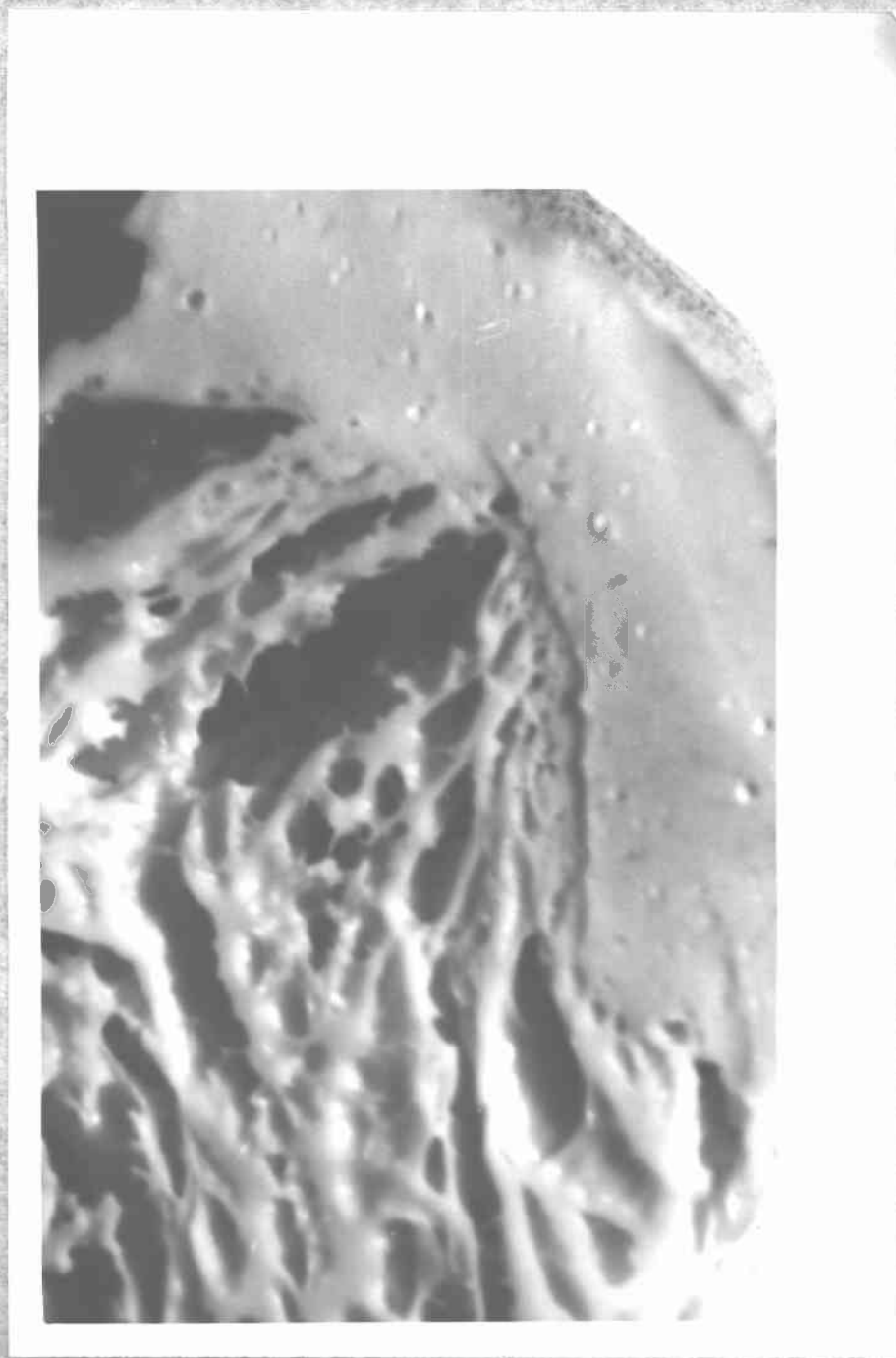
Obr. 3 Vznik kulových pórů na místě koagulátu
plniva



Obr. 4 Propojováním jednotlivých pórů se vytvářejí velké otvory



Obr. 5 Propojením jednotlivých pórů vytvářejí se velké otvory



Obr. 6 Detail struktury zoeia porušeného tmelu

Laboratorně byl ověřen případný vliv pojiva rohože Petex a těsnicí vložky Asfaretan na disperzní tmel S 81. Po čtrnáctidenním ^{trvalém} konstantním působení obou těchto materiálů v prostředí 90% RV a 50 °C nebyly nalezeny žádné změny /hmotnostní, objemové, mikrostrukturní/ disperzního tmelu.

P o s u d e k

Výsledky šetření uvedené v nálezů jednoznačně ukázaly, že při hledání příčin poruch akrylátového disperzního tmelu se nelze omezit jen na tmel samotný, ale je třeba komplexního posouzení celého objektu a možných interakcí jeho jednotlivých částí.

Z lokalizace poruch na stavbě spolu s časovým průběhem prací vyplývá, že lze jednoznačně vyloučit jako příčinu poruchy zcela vadnou některou dodávku tmelu. Ze stejné dodávky a ve stejných klimatických podmínkách bylo prováděno tmelení na místech, kde poruchy vznikly i kde nevznikly. Poruchy musí tedy nějakým způsobem souviset s podkladními vrstvami obkladu nebo výplňovým zdivem a jeho úpravou.

Prohlídka na místě ukázala, že výskyt poruch není v příčinné souvislosti ani s užitím rohoží Petex, ani těsnicí vložky Asfaretan. Poruchy se vyskytovaly jak v místech, kde uvedené materiály byly použity, tak v místech, kde použity nebyly. To potvrdily i výsledky laboratorního vyšetřování.

Poruchy se nevyskytují prakticky vůbec v částech objektu, kde byly jako obvodový plášť použity sendvičové

prefabrikované panely. Naopak vyskytují se všude, kde byly použity pěnasilikátové tvárnice, ať v úpravě s Petexem nebo bez něho, a převážně i tam, kde byly užity keramické tvárnice /cihelné zdivo/. To svědčí o tom, že příčinu nebo souvislost s poruchou tmelu je třeba hledat v koncepci celého obvodového pláště.

Hodnocení tepelně technických vlastností obvodového pláště bylo provedeno v projektu na základě srovnání s různými, více méně náhodně zvolenými příklady, propočtenými podle ČSN 730540. V těchto příkladech bylo předpokládáno v případě s vnitřní parotěsnou zábranou, že

- vnitřní parotěsná zábrana je bezdefektní po celém vnitřním povrchu,
- vlhkost všech vrstev je rovnovážná,
- difúzní odpor obkládaček je relativně malý.

Žádný z těchto předpokladů nebyl jako nezbytná podmínka úspěšnosti navržené koncepce nikde uveden. Je prakticky nemožné zajistit, aby parotěsná zábrana na vnitřním povrchu byla dokonalá, bez poruch a na kompletním vnitřním povrchu. Každé její porušení mění podstatně vlhkostní podmínky v celém systému. Zajistit rovnovážnou vlhkost všech vrstev před uzavřením prakticky nepropustným pláštěm z glazovaných obkládaček je prakticky nemožné. Především nelze zabránit, aby během výstavby nebyly atmosférickými srážkami smáčeny již vybudované části /vrstvy/, dále mokré procesy s použitím hydraulických pojiv přímo vyžadují k zajištění soudržnosti /spojení/ jednotlivých vrstev smáčení podkladu, příp. mokré ošetřování, a konečně poslední vrstva kotevní malty se ukládá se značným

přebytkem vlhkosti proti rovnovážné hodnotě. Jinými slovy, je nezbytné počítat s tím, že v konstrukci obvodového pláště bude vždy velké množství zabudované vlhkosti. To platí zejména tehdy, použijí-li se vysoce nasákové hmoty, jako je např. plynosilikát, který je schopen do nasycení vázat až 35 - 40 % hmotnosti vody. Poněkud menší množství vody může do nasycení vázat keramika /cihly nebo cihelné tvárnice/ v závislosti na kvalitě a stupni vypálení. Keramické obkládačky samy mohou vázat až 10 % hm. vody. Použité lité obkládačky s relativně silnou glazurou jsou prakticky paronepropustné. Difúzi par obkladem zmožňují prakticky pouze spáry, které však mají vzhledem k velikosti obkládaček jen nepatrnou plochu /méně než 1/20 /. U dilatací je pak difúzi par zabráněno zcela. Projektant omezil odvětrání konstrukcí obvodového pláště prostřednictvím tzv. odvětrávacích obkládaček pouze na atikové panely /do míst nad otvory v panelech/. Jejich množství je pod 0,5 % celkové počtu obkládaček.

S ponecháním dvou prvních předpokladů a s uvážením reálnější hodnoty součinitele difúze vodní páry keramickým obkladem $\delta = 0,1 \cdot 10^{-13}$, resp. $\delta = 0,5 \cdot 10^{-14}$ /namísto $\delta = 0,4 \cdot 10^{-11}$ / bylo provedeno znalcem s pomocí programu KoNS na VVÚSZ Praha nové hodnocení jednosměrného toku konstrukcí. Přitom byl předpokládán dvojnásobný nátěr latexem $\delta = 0,912 \cdot 10^{-15}$ /.

Ukázalo se, že kondenzační zóna je v oblasti od vnějšího povrchu tvárnice do podkladní malty při vnějších teplotách od -20 °C do $+6$ °C, a že pro 2. teplotní oblast za rok zkondenzuje v konstrukci pláště $0,369 \text{ kg/m}^2$ vlhkosti a může se odpařit $0,664 \text{ kg/m}^2$, tedy bilance slabě aktivní.

Ve třetím teplotním pásmu /s teplotou vzduchu $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$ / je již rozdíl nepatrný, $0,408 - 0,434\text{ kg/m}^2$. Z výpočtu plyne, že za rok by se mohlo v ideálních podmínkách z konstrukce pláště odpařit $0,295\text{ kg/m}^2$ vnesené vody.

Jakmile se však neuvažuje vnitřní parotěsná zábrana, je roční bilance pasivní pro obě použité hodnoty součinitele difúze vodní páry. Pro $\delta = 0,1 \cdot 10^{-13}$ pro druhou teplotní oblast $/T_e = -18,0\text{ }^{\circ}\text{C}/$, zkondenzuje za rok $1,423\text{ kg/m}^2$, může se odpařit $1,390\text{ kg/m}^2$, pro $\delta = 0,5 \cdot 10^{-14}$ zkondenzuje $1,598\text{ kg/m}^2$, může se odpařit $1,054\text{ kg/m}^2$. Přitom rovnovážná hodnota teploty vnějšího vzduchu je $8,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ v prvním a $9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve druhém případě. Ročně tedy přibývá v plášti $0,133$ resp. $0,544\text{ kg/m}^2$ vody.

Příslušné výpočty jsou uloženy u znalce.

Výsledky zkoušek skutečné vlhkosti v plášti, uvedené v nálezů, potvrzují plně předchozí úvahy. Průměrné množství vody nad rovnovážnou vlhkostí činí cca 40 l/m^2 . Tato voda musela být buď vnesena do pláště během výstavby a před vyschnutím zabudována nepropustným obkladem, nebo vnesena do pláště po jeho dokončení netěsnostmi v dilatacích příp. v oplechování nebo před oplechováním /např. atik/.

Rozdíl množství přítomné vody u dilatace a uprostřed dilatačního pole $/45\text{ l/m}^2/$ ukazuje na to, že část přítomné vody v plášti byla zabudována a část do pláště vnikla porušením těsnosti dilatačních spár. Přitom ovšem nemusí být celý tento rozdíl přisuzován této příčině. Difúzní poměry v dilatačním celku mohou nerovnoměrné rozdělení volné vody též značně ovlivnit. Nejdříve tmel s vysokým difúzním odporem

neumožní v blízkosti spáry vysychání, později, po porušení těsnosti spáry, je naopak vlhkost k volnému okraji /bez difúzních zábran/ prouděním transportována. V každém případě je faktem, že v konstrukci pláště je vysoký objem volné, komunikovatelné vody, která je v důsledku teplotního spádu zejména v zimním období vytlačována k vnějšímu okraji pláště. To ostatně přímo potvrzují nálezy námrazy pod obkládačkami i dalšími podkladními vrstvami v odkrytých sondách. Takové množství volné vody musí nezbytně dříve či později způsobit nějaké poruchy pláště. To, že došlo nejdříve a nejvýrazněji k poruše těsnícího tmelu, je způsobeno tím, že náhodně tmel je z tohoto hlediska nejslabším článkem celého systému.

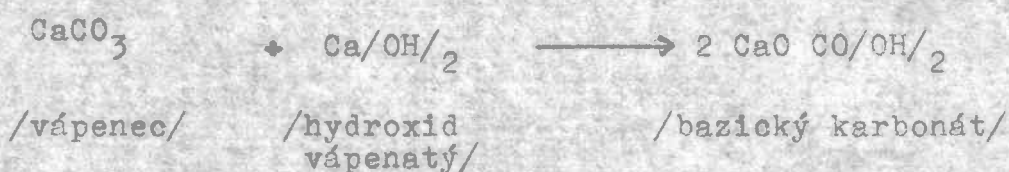
Otázkou je, co je prvotní a co sekundární příčina poruchy. Je zřejmé, že i kdyby bylo zabudováno v plášti "pouze" 18 l/m^2 vody /jako bylo nalezeno ve středu dilatačního pole/, došlo by - nejspíše po delší době - k obdobným nebo jiným poruchám pláště. Tato voda se nemůže postupně vysušovat, výpočty ukazují spíše na to, že její množství se bude s časem o kondenzovanou a neodpařenou vlhkost zvyšovat.

Skutečnost, že adheze tmelu S 81 na glazovaný povrch obkládaček je nedostatečná a že dochází k jejímu porušení ještě dříve než k dalším poruchám tmelu, podporuje domněnku o vniku další, atmosférické vody do systému. Zvýšené množství vody přirozeně výrazně urychlí /nikoli však způsobí/ další rozkladné procesy, ať již jde o tmel či jiné části systému.

Na druhé straně je třeba uvážit, že značná zabudovaná vlhkost a její dlouhodobý transport v chladném období k vnějšímu povrchu mohl zabránit /nebo výrazně zpomalit/

vyschnutí disperze, které je předpokladem získání konečných plastoelastických vlastností. Působení mrazu na dosud nevy-
schlou disperzi mohlo způsobit její destrukci, vytvoření
puklin a pórů /zaplněných ledovými krystaly/ a zabránit vy-
tvoření homogenní těsnicí hmoty.

Kromě toho podle posledního prospektu výrobce nesmí být
tmel použit k těsnění spár trvale vystavených působení vody.
Při daném množství zabudované vody v systému a v důsledku
teplotního spádu lze očekávat, že tmel naopak bude ze zadní
strany trvalému působení vody vystaven. Navíc bude vystaven
působení nejen čisté vody, ale i vody obohacené alkalickými
ionty, vyplavenými jak z podkladní vápenocementové malty,
tak plynosilikátových tvárníc. Uváží-li se nedostatečná homo-
genizace mletého vápence ve tmelu, jak bylo prokázáno mikro-
skopickým rozborem v nálezu, a případně i vpředu zmíněné
počáteční rozvolnění struktury tmele zmrzlou neodpařenou vo-
dou, lze očekávat následující chemickou reakci:



Bazický karbonát má schopnost poutat na sebe další vodu
/ $\approx 6 \text{ H}_2\text{O}$ /, přičemž výrazně zvětšuje objem. Solvatací další
vodou vzniká koloid s velkou rozpustností a schopný migrace.
Celý systém bude mít tendenci se zvodňovat a tak společné
působení zvětšování objemu při vzniku koloidu a zmrznutí
přítomné vody může vést k dalším poruchám, ke vzniku pórů

a zvětšování celkového objemu /kynutí/. Že tato reakce, která má dlouhodobý charakter, v daném systému skutečně probíhá, prokázaly urychlené laboratorní zkoušky, jak byly popsány v nálezu. U málo narušeného tmelu se po 150 h působení zvýšil objem nasáklé kapaliny o 24 %, šestihodinový var způsobil další zvětšení o 10 % a úměrně se zvětšil i objem zkoušeného tělesa.

Z uvedeného je vidět, že současně působí několik mechanismů poškozování, z nichž některé mohou mít i synergický účinek. Pravdou je, že kdyby rozmísení vápence v disperzi bylo dokonalé, bez koagulátů, uvedený chemický proces by buď nenastal vůbec nebo by k němu došlo podstatně později a patrně s méně škodlivými důsledky. Zejména by byly potlačeny synergické jevy. Na druhé straně podmínkou jakýchkoli rozkladných procesů je přítomnost značeného množství vody. Bez ní k žádnému poškození tmelu, i když nedokonale zhomogenizovaného, by nemohlo dojít. Nedokonalá homogenizace v suchých podmínkách by mohla mít vliv jen na jeho trvanlivost a na jeho plastoelastické vlastnosti /modul přetvárnosti, mezní přetvoření, tahová pevnost/.

Z horního výkladu vyplývá, že - tak jak to bývá v praxi ve většině případů - i zde došlo ke kumulaci několika závad, jejichž důsledkem byl vznik poruchy nejslabšího článku systému.

Z á v ě r

Základní závadou je chybná koncepce obvodového pláště, která prakticky neumožňuje provedení bez zabudování značného množství vlhkosti a ve které se vlhkost může dále hromadit kondenzací vzdušné vlhkosti. "Odvětrávací" obkládačky byly navrženy a osazeny jen na atikových panelech. Přítomná voda může zpomalit nebo zabrzdit vysušení disperzního tmelu a tím způsobit, že nevysušená vlhkost v zimním období může zmrznout a znehodnotit tmel. Dále může způsobit vznik rozkladných chemických reakcí. Kromě toho může mít za následek vznik dalších poruch obvodového pláště, jako např. praskání obkládaček, korozi úchytů obkládaček, korozi výztuže a pleťiva a porušování podkladních vrstev korozními tlaky atd.

Další závadou je nevhodná aplikace tmelu S81 k těsnění spár s glazovanými povrchy. Nedostatečná adhezní soudržnost tmelu ke glazovaným povrchům obkládaček vede po porušení adheze k zatékání dešťové vody do obvodového pláště a zvyšování vnitřní vlhkosti.

Další závadou je nedostatečné rozptýlení plniva v disperzi v rozporu s technickými podmínkami pro tmel S81; to umožní za přístupu alkalické vlhkosti průběh chemické reakce, vedoucí ke zvětšování objemu tmelu za vzniku mikro- i makroporuch.

Po jakémkoliv narušení tmelu vede další přísun vlhkosti v zimním období k zamrznutí vody v pórech, zvětšování objemu tmelu a dalším poruchám. Celý proces se exponenciálně urychluje.

Možné způsoby nápravy

Nejdůležitějším sanačním prvkem je odstranění základní příčiny poruchy. To v daném případě znamená odstranit nadměrné množství volné vody, přítomné v obvodovém plášti. To lze zajistit prakticky pouze postupným vysoušením systému odvětrávacími otvory v dostatečné hustotě a přirozeně ^{průvětráním} ~~založením~~ hromaděné kondenzační vody.

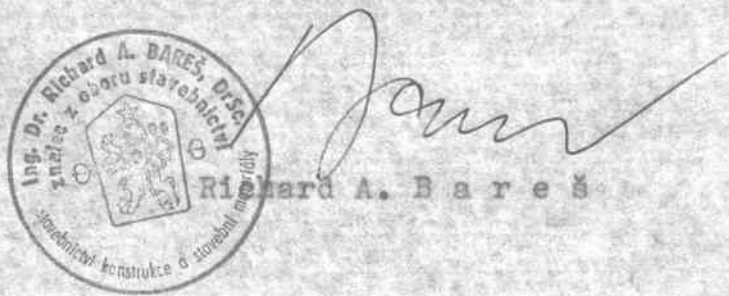
Tohoto cíle lze dosáhnout v podstatě dvěma cestami:

- 1/ vyvrtáním odvětrávacích otvorů v obkládačkách a podkladních vrstvách až k obvodovému zdivu a jejich propustným zaplntováním /např. kovovou nebo lépe plastickou ozdobnou mřížkou/. Účinnost odvětrávání by měla být taková, aby volná vlhkost byla schopna odejít z pláště přibližně do dvou let. Velikost /průměr/, vzdálenost a umístění by měly být stanoveny alespoň přibližným výpočtem;
- 2/ nahrazením plných obkládaček odvětrávacími v takové hustotě, aby bylo dosaženo vysušení pláště ve stejném období jako v bodě 1. Přitom je vhodné v místě osazení odvětrávacích obkládaček provrtat podkladní vrstvy obkladu až ke zdivu;
- 3/ nahrazením první a poslední řady obkládaček v každém podlaží kovovou nebo plastovou ozdobnou mříží, vhodně řešenou tak, aby nedocházelo k zatékání za obklad.

Pokud jde o dilatační spáry, je třeba zabezpečit jejich dokonalou funkci, tj. nejen trvale elastoplastické vlastnosti tmelu, ale i trvalou soudržnost ke glazovaným povrchům a tím i vodotěsnost. Byl uveden dostatek důvodů, které opravňují vyžadovat úplné odstranění tmelu S81 ze

všech spár /bez ohledu na stupeň současného narušení/. Spáry /stykové plechy/ musí být dokonale očištěny /mechanicky, chemicky/ před aplikací jakéhokoliv jiného tmelu. Zkoušky soudržnosti, provedené výrobcem tmelu Lukopren S9410, prokázaly dobrou soudržnost s glazovanými plochami a spolu s vyjádřením výrobce o trvanlivosti tmelu /tj. jak z hlediska jeho elastoplastických vlastností a soudržnosti ke glazovaným povrchům, tak i z hlediska chemické odolnosti v alkalickém prostředí/ mohou být podkladem pro rozhodnutí použít tento tmel k novému vyplnění spár. V případě, že výrobce /Lučební závody Kolín/ nemůže poskytnout bezprostředně údaje o trvalých vlastnostech tmelu, bylo by vhodnější v daném případě zabezpečit tmel dovozem od některého renomovaného výrobce /s vyžádáním plných záruk pro dané konkrétní podmínky/.

V každém případě by měly být navržené úpravy, tj. jak odvětrání pláště, tak zatmelení spár, provedeny do zimy tohoto roku.



Ing. Dr. Richard A. BAREŠ, DISCIPUL
znalec z oboru stavebnictví
Richard A. B a r e š

Znalecká doložka:

Znalecký posudek jsem podal jako znalec jmenovaný rozhodnutím ministra spravedlnosti ze dne 11. 10. 1967 č. j. ZT 108/67 p. základní obor stavebnictví, pro odvětví staveb obytných, průmyslových a zemědělských a stavebního materiálu.

Znalecký úkon je zapsán pod poř. čís. 126/86 znalce
deníku.

Znalečné a náhradu nákladů (náhradu mzdy) účtuji podle připojené
likvidace na základě dokladů čís.



Ing. Dr. Richard A. BAREŠ, DISCIPUL
znalec z oboru stavebnictví

Z á p i s

sepsaný na stavbě [REDAKCE] dne 5. 2. 1986 ve věci odebrání vzorků z reklamované fasády dle požadavku soudního znalce

Přítomni: STP Trutnov	ing. Domorád
PS HK OKŘJ	ing. Škaloud, Luňáček
STM	ing. Voleský, Vaníček
HSV	s. Havrda

Ze přítomnosti uvedených zástupců byly odebrány vzorky keramického obkladu a podkladních vrstev fasády ze severní stěny velkého sálu v úrovni 2.N.P. /staničení 32-48/.

Vzorky byly po odsekání ihned odbírány a uzavírány do polyetylenových lahví, uzavřeny a popsány.

Počasí - slunečné, mrazivé; teplota -10°C vzorky odbírány ze stíněné strany; doba odběru mezi 10 až 11 hod.

Vnitřní strana konstrukce z plynosilikátu tl. 40 cm je opatřena vápennou omítkou a nachází se v technickém prostoru nad velkým sálem, od něhož je oddělen podhledem z dřevotřískových desek.

Vzorek A - odebrán z nároží, kde došlo k poškození tmelu

- láhev č. 1 - vzorek sam. kachle /ve styku kachle s maltou byla patrna námraza po celé ploše/
 2 - spojovací malta
 3 - monierka z nastavované malty
 4 - petex s rab. pletivem /za petexem na plynosilikátu námraza/
 5 - plynosilikát odebrán do hloubky cca 8 cm

Vzorek B - odebrán uprostřed dilatačního pole, ve stejné úrovni v obou dilatacích vykazoval tmel poškození

- láhev č. 6 - obkládačka + spojovací malta /po odstranění obkládačky byla ve styku s maltou rovněž zjištěna námraza/
 7 - monierka
 8 - petex s rab. pletivem /bez viditelných stop námrazy/
 9 - plynosilikát do hloubky cca 8 cm.

Dále byl odebrán vzorek tmelu z místa vzorku A, uložen do igelitového sáčku. Druhý vzorek tmelu odebrán z místa, kde není patrna poškození, ze spáry mezi parapety 3.N.P. včetně asfaretou.

Z průběhu odběru vzorků byla pořízena fotodokumentace.