

ČESKOSLOVENSKÁ VEDECKOTECHNICKÁ SPOLOČNOSŤ

ZBORNÍK

z celoštátnej konferencie

PODLAHY '86

Racionalizácia konštrukcií a technológií stavieb

10.—12. novembra 1986

Hotel PATRIA, Štrbské Pleso — Vysoké Tatry

Ing. Richard A. BAREŠ, DrSc., ČTAM - ČSAV, Praha

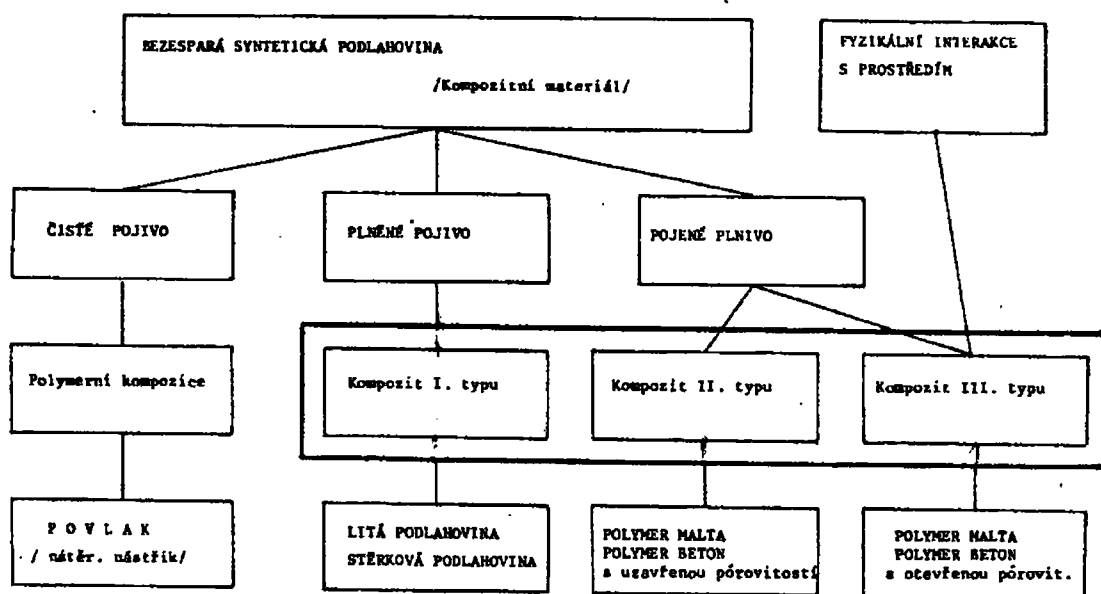
NĚKTERÉ POZNÁMKY K BEZESPARÝM SYNTETICKÝM PODLAHOVINÁM

V literatuře i v praxi se můžeme setkat s nejrůznějšími klasifikacemi bezesparých syntetických podlahovin /např. podle tloušťky, způsobu provádění, účelu nebo místa použití, druhu provozu, podkladní vrstvy nebo některé specifické vlastností/.

Všechny tyto klasifikace plní jistě svůj účel při výběru a hodnocení podle zvoleného kritéria. Protože však vesměs nemají fyzikální podstatu, nemohou poskytnout objektivní obraz o souhrnu krátkodobých i dlouhodobých vlastností, užitkovosti a životnosti podlahoviny i celé podlahy, ani je vysvětlit, a optimalizace systému pro daný účel leží spíše v empirické rovině a závisí na zkušenosti a technické erudici navrhovatele /pomíne-li čistě obchodní hlediska, která bohužel jsou často dominující/.

Podívejme se na věc z druhého, poněkud zásadnějšího, mechanicko-fyzikálního pohledu. Jde o složitou strukturní soustavu, v níž podlahovinu i podkladní vrstvy tvoří kompozitní materiály, jejichž chování se řídí určitými zákony, a celá podlaha vytváří kompozitní systém, v němž jednotlivé vrstvy interagují a navzájem se ovlivňují.

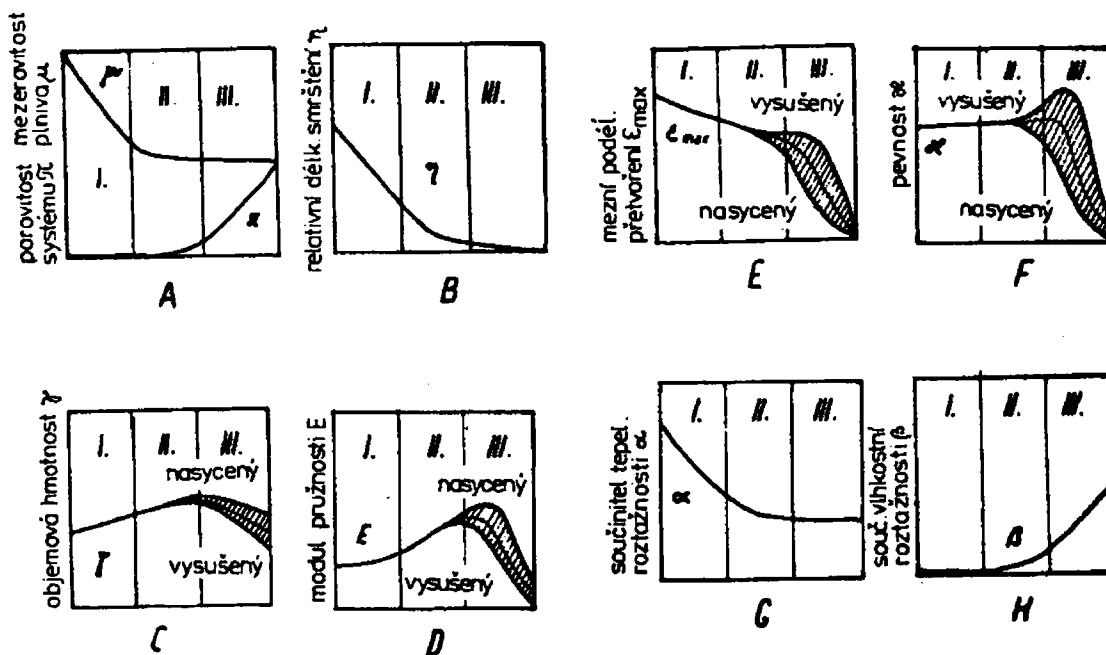
Objektivizace užitkovosti, zahrnující vedle vlastností i složité stavy napětí a přetvoření v podlahovině i v celém podlahovém systému, může poskytnout teprve zavedení strukturních charakteristik, které obsahují jak geometrické, tak fyzikální parametry. Podíváme-li se na bezesparé syntetické podlahoviny z tohoto hlediska, můžeme je klasifikovat podle schématu na obr. 1 do tří, resp. čtyř samostatných, svým fyzikálním chováním a odezvou na vnější impulsy výrazně odlišných skupin. Vedle čistého /neplněného/ polymeru, aplikovaného pouze ve formě nátěrů nebo nástříků /vyhovující pouze jako dočasná úprava pro lehký provoz/ jsou ostatní podlahoviny ze strukturně geometrického hlediska dvojího typu: plněná pojiva /litá podlahoviny, stěrky/ a pojená plniva /polymermalty, polymerbetony/. První jmenovaný systém, charakteristický tím, že partikulární částice jsou v polymeru segregovány, tj. nejsou v tzv. silovém kontaktu a tedy přenos napětí se děje výhradně smykovými toky v matici, je kompozit prvního typu /1, 2, 3/. Druhý jmenovaný systém, charakteristický



Obr. 1 Strukturní klasifikace bezesparých syntetických podlahovin

tím, že k přenosu napětí dochází převážně normalnými silami mezi částicemi agregované struktury, může v závislosti na druhu vždy přítomné tekuté fáze vytvářet kompozit druhého nebo třetího typu. Pokud tekutá fáze je uzavřena v disjungovaných pórech, jde o kompozit druhého typu /polymermalta nebo polymerbeton s uzavřenou pórovitostí/, může-li tekutá fáze komunikovat s vnějším prostředím, jde o kompozit třetího typu /polymermalta nebo polymerbeton s otevřenou pórovitostí/.

Oprávněná otázka je, proč právě tímto způsobem jsou kompozity strukturně rozděleny, jaké jsou důvody a co takové rozdělení přináší. Podívejme se nejdříve na to, jak se mění různé vlastnosti se změnou strukturního uspořádání, vyjádřeného pro jednoduchost podle poměru tuhých fází - pojiva k plnivu. Z obr. 2 je bez jakékoliv pochybnosti vidět, že veškeré vlastnosti se mění plynule a monotónně v první a třetí části grafů odpovídající kompozitům prvního a třetího typu. K náhlé změně průběhu dochází vždy v prostřední části grafů, v oblasti odpovídající kompozitu druhého typu. Rozdělení do těchto strukturně odlišných typů umožní předvídat pro každý typ změnu vlastností s daleko větší jistotou, umožní dokonce do značné míry vlastnosti kompozitu řídit, a to bez náročných, nákladných a dlouhodobých experimentů a bez empirie. V některých pracích jsem již ukázal / 4 / způsoby výpočtu elastických a fyzikálních vlastností strukturních materiálů včetně fyzikální interakce s okolním prostředím, pro jiné vlastnosti obdobné odvození lze očekávat. Zbude potom jediný problém, na který je třeba upřít pozornost: jaké vlastnosti podle složení celé podlahy a způsobu jejího užívání máme od podlahoviny vyžadovat.

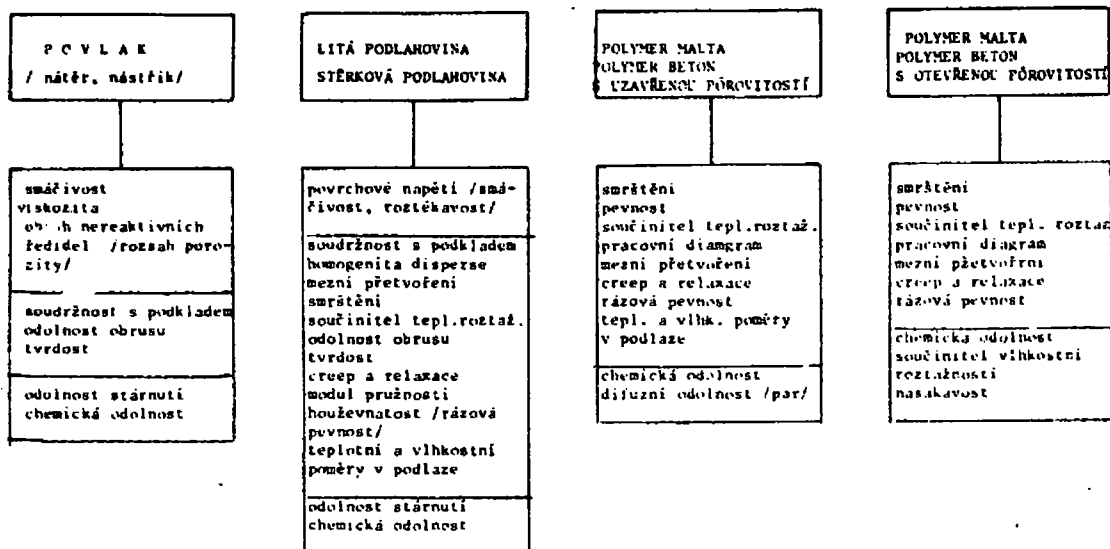


Obr. 2 Změna různých vlastností partikulárního kompozitního materiálu podle změny strukt.uspořádání, vyjádřeného hm.poměrem fázi/poj.k pln/

Jednotlivé typy je ovšem možno v jedné podlahovině kombinovat /vícevrstvé podlahoviny/ a kromě toho je třeba pamatovat na to, že podlahovina je pouze jedna součást celého podlahového systému, který teprve jako celek rozhoduje o jeho užitkovosti.

O užitkovosti podlahy rozhoduje velký soubor fyzikálních, chemických, fyzikálně chemických vlastností složek, systému i okolí /vč. podkladu/. V každé skupině však mají rozhodující váhu jiné vlastnosti, jak je velice

zjednodušeně naznačeno na obr. 3.



Obr. 3 Soubor rozhodující vlastností složek, systému a okolí pro různé strukturní systémy

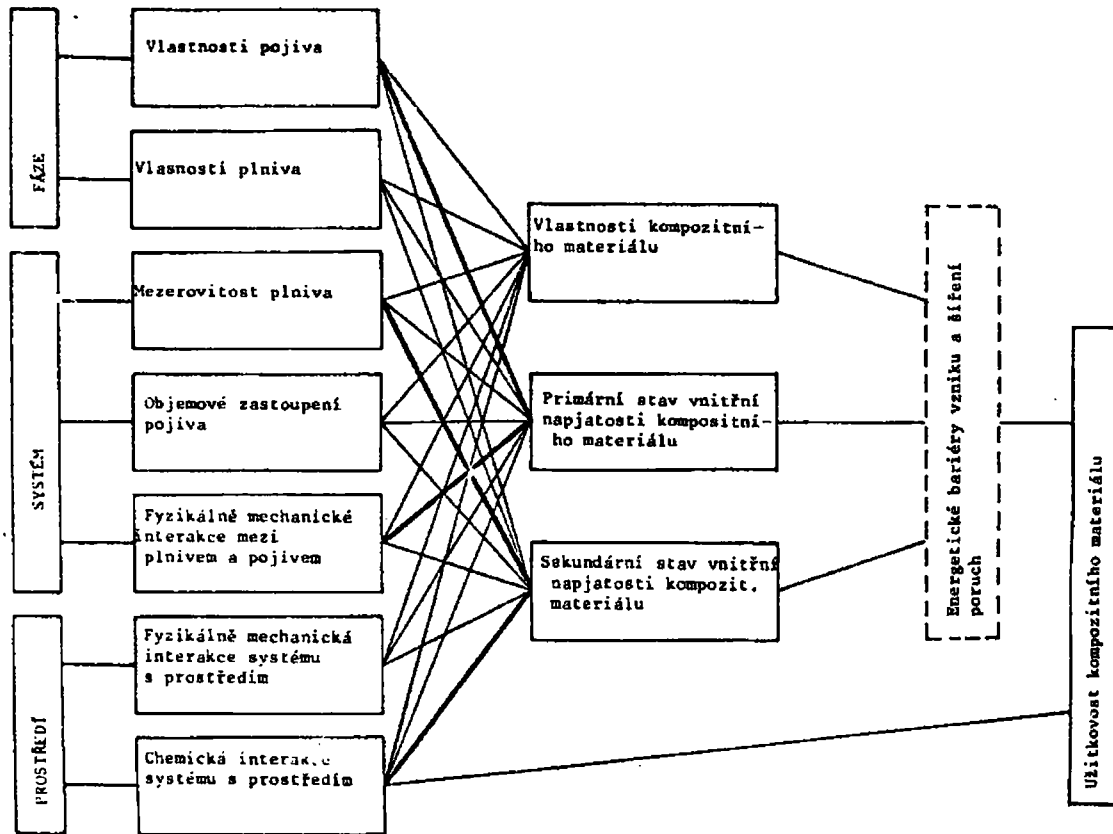
Nejvyšší nároky, pokud jde o množství vlastností, které je třeba zvlášť sledovat, mají lité podlahoviny a stěrky, tedy zrovna podlahoviny co do aplikačního rozsahu nejrozšířenější.

Na volbě složek závisí kromě žádaných vstupních vlastností kompozitu i primární stav napjatosti /od vlivů souvisejících se zdroem materiálu, jako polymerační smrštění, vliv extermie a solidifikační ochlazení/ a rovněž sekundární stav napjatosti od působení vnějších vlivů po solidifikaci. Primární napjatosti by měla být co nejnižší při rodové teplotě blízké převážné teplotě užívání a sekundární napjatost by měla být co nejhomogennější. Kromě toho systém musí obsahovat dostatek energetických bariér k bránění vzniku nebo brzdění šíření poruch. Jaké jsou vztahy mezi fázemi systému, systémem, vnějším prostředím a vlastnostmi, primární a sekundární napjatostí a konečně užítkovostí kompozitu ukazuje na příkladu polymermalty /polymerbetonu/ obr. 4.

Podívejme se nyní podrobněji na některé aspekty napjatosti podlahy, vycházíme-li z jejího hodnocení jako strukturního systému /kompozitního systému složeného z podlahoviny a její podkladní vrstvy částečně impregnované, izolační vrstvy a konstrukce/ a z hodnocení každé vrstvy jako dalšího substrukturního systému.

Smrštění pojiva

Polymerace pryskyřice, jež probíhá po smísení s ostatními složkami, je proces silně exotermní, provázený vždy objemovými změnami plynoucími jednak s polymeračního smrštění, jednak z ochlazení po solidifikaci. Polymerační smrštění lze různými úpravami /chemickými nebo genetickými/ omezit, u extermie lze upravit pouze její časový průběh.



Obr. 4 Příklad schématu vazeb mezi fázemi, systémem, prostředím a užítkovostí kompozitu pro polymerbeton

Plnivo segregované v pojivu snižuje hodnotu smrštění systému až do vytvoření agregátu plniva. Při dalším ubývání pojiva se již snižuje celkové smrštění nepatrně, naproti tomu se dále zmenšuje vnitřní primární napjatost. U agregovaných systémů klesá smrštění s rostoucí mírou zhutnění.

Smrštění vyvolá napětí jednak v substruktuře tvrdnoucí vrstvy /tahová v pryskyřici, tlaková v plnivu a smyková na styku/, jednak v kompozitním systému jako celku /tahová v podlahovině, tlaková v podkladové vrstvě a smyková na styku vrstev/.

Napětí ve struktuře pojeného plniva /polymerbetonu/ od smrštění matrice se odhladují podle experimentálních vyšetřování /5, 6/ pro pojivo s velkou dynamikou polymerace, s tahovou pevností větší než 30 MPa a s mezím přetvořením $\sim 1\%$ na hodnoty min. 2,5 a 3,0 MPa; u nevhodných pryskyřičných systémů mohou dosáhnout až meze pevnosti. Smyková napětí při poměru modulu pružnosti pojiva a plniva $\sim 1/10$ dosahují po vytvrzení podle vyšetřování /7, 8/ 27 - 15 % normálních tahových namáhání. Přitom časový nárůst smrštění pojiva / nebo části kompozitního systému/ smí být jen tak rychlý, aby byla umožněna relaxace části vznikajících napětí díky creepu jednotlivých fází nebo částí systému, příp. styku fází, a samozřejmě aby nebyly překročeny momentální hodnoty pevnosti. Jinými slovy čím pomalejší je postup polymerace, tím je napjatost systému vlivem napětí od objemových polymeračních změn výhodnější /nižší, homogennější/.

Modifikace pojiva má tedy směřovat k ovlivnění dynamiky růstu makro-

Daleko vážnější je vliv změn teploty v kompozitním systému jako celku. Součinitel teplotní roztažnosti segregované struktury podlahoviny se podobně jako smrštění rychle snižuje s rostoucím množstvím plniva, zatímco po agregaci plniva je již další změna s úbytkem pojiva malá. Velký rozdíl součinitelů teplotní roztažnosti může být i mezi jednotlivými vrstvami samotné podlahoviny /povrchová, litá vrstva - nosná, polymerbetonová vrstva/. Čím tenší je vrstva podlahoviny a čím menší je její teplotní kapacita, tím rychleji bude reagovat na změny teploty a tím se stává pro menší možnost využít relaxačních mechanismů nevýhodnější /v protikladu k účinkům smrštění/

Snížení teploty pod rodovou teplotu je vždy nepříznivější než její zvýšení, neboť se účinky od změny teploty sčítají s účinky od smrštění a současně se zhoršují creep i houževnatost pojiva.

Na styku rozdílných vrstev vznikají při změnách teploty značná smyková, někdy i kolmá tahová napětí, jejichž hodnota závisí též na modulech pružnosti a přetvárnosti. Při snížení teploty je podlahovina osově tažena, podklad tlačěn. při zvýšení teploty naopak. Čím jsou moduly podkladu a podlahoviny bližší, tím menší je smykové kontaktní napětí / i napjatost systému/. Čím jsou teplotní změny rychlejší, tím je napjatost podlahoviny i kontaktní zóny větší.

Průběh smykového napětí po výšce podlahoviny /i podkladu/ je nelineární, maximální hodnoty dosahuje v okolí kontaktní zóny. Normální napětí v podlahovině se mění po výšce /i v případě oddělení podlahoviny od podkladu/ jen nepatrně. Na okrajích plošné trhliny v kontaktní zóně, stejně jako u každého ukončení podlahoviny /např. u dilatace/, vznikají vysoké koncentrace vodorovných smykových napětí, jejichž špička dosahuje až trojnásobku průměrné hodnoty smyku. Okamžik porušení závisí na celé řadě okolností, zejména na trvalé pevnosti, pracovních diagramech, mezních přetvořeních, creepu aj.

Uvedené poznatky o vlivu teplotních změn na napjatost systému vedou k požadavku na minimalizaci modulu pružnosti podkladu /při zachování jeho pevnosti/, na minimalizaci obsahu pojiva v podlahovině a na minimalizaci jakýchkoli přerušení nebo ukončení podlahoviny.

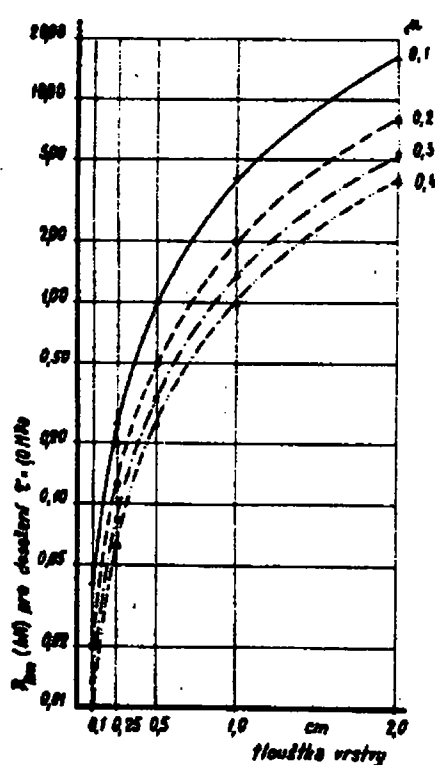
Kompozitní působení

Každá syntetická bezespará podlahovina je buď složena z více vrstev nebo má po výšce nehomogenně rozdělenou hustotu a tedy strukturní uspořádání. Při jakýchkoliv změnách zmíněných dříve /polymerační smrštění, změny teploty/ dochází vzhledem k různým fyzikálním vlastnostem vrstev k tzv. kompozitnímu působení, tj. k vzájemnému mechanickému namáhání vrstev jednostranným smykovým tokem, následovanému ohýbáním systému podobně, jako se děje např. u bimetalického článku. Při zvyšování teploty dochází k vydouvání za vzniku značných tahových namáhání ve styčných sparách vrstev, při ochlazování naopak ke zdvihání okrajů, vytvořených ať již při výrobě /dilatace, ukončení, prostupy, pracovní spáry/, nebo vytvořených důsledkem vnitřního napětí spontánně /plošné trhliny/. Při velkých změnách teploty je jedinou cestou k zamezení vzniku poruch vlivem těchto napětí maximální omezení rozdílnosti fyzikálních vlastností jednotlivých vrstev, zejména podlahoviny a podkladu na jedné straně a vysoká pevnost v tahu spojovací vrstvy a podkladu na straně druhé. Nejlepší cestou je použití agregovaných soustav /polymerbetonů/ s nejmenším dosažitelným množstvím pojiva. Čím je vrstva méně plněná, tím by měla být tenší, aby se omezil její vliv na celkové namáhání kompozitního systému. Navíc je vhodné vždy uspořádat podlahovinu tak, aby ke střednicové rovině byla symetrická. To znamená například, že je-li aplikována na polymerbeton povrchová /málo plněná/ vrstva, je třeba uložit podobnou vrstvu /co do složení/ na opačnou stranu podlahoviny jako vrstvu spojovací s podkladem.

Mechanické namáhání

Zatížení podlahoviny statickým osamělým břemenem vyvolá vznik příčných horizontálních napětí /v podlahovině i podkladu tahových/, které

mohou rozhodujícím způsobem ovlivnit využitelnost podlahoviny. Rozhodující jsou moduly pružnosti /nebo přetvárnosti při delším působení/ a Poissonovy součinitele, resp. rozdíly těchto veličin mezi sousedními vrstvami. Při dynamickém namáhání vzniká v důsledku rozdílného tlumení tím větší napjatost kontaktní zóny, čím jsou moduly pružnosti rozdílnější. Při statickém namáhání osamělými břemeny vzniká tím větší napjatost kontaktní zóny, čím jsou rozdílnější Poissonovy součinitele. Čím je tloušťka podlahoviny menší /až na tenkou vrstvu charakteru nátěru do tl. 1 mm/, tím více se uplatní vliv rozdílnosti shora uvedených veličin a tím více též rozhoduje pevnost podkladu a vzájemná soudržnost vrstev. Jaké statické osamělé břemeno je přípustné za předpokladu smykové pevnosti stykové spáry podlahovina - podklad /z betonu/ 1 MPa a za předpokladu roznášení břemene pod úhlem 45° pro různé hodnoty Poissonova součinitele podlahoviny u ukazuje obr. 5.



Obr. 5 Nejvýše přípustné osamělé břemeno působící na podlahu v závislosti na tloušťce podlahové vrstvy

že nedojde k řádnému zakotvení penetrace do pórové struktury podkladu a špička smykových napětí na styku se nemá možnost otupit.

Plné využití mechanických vlastností podkladu je zabezpečeno pouze tehdy, je-li smyková /tahová/ pevnost kontaktní spáry větší /nebo alespoň rovná/ než jeho vlastní pevnost. Tím se řídí soulad požadavků na mechanické vlastnosti podkladu a mechanické vlastnosti spoje podkladu s podlahovinou.

Vlhkost podkladu

Často diskutovanou otázkou je přípustná vlhkost podkladu. Předpisy obyčejně vyžadují vlhkost /jako statickou vlastnost/ blízkou rovnovážné hodnotě /3 % hm./, ale zřídka věnují pozornost kinetice vlhkosti v systému.

Je zřejmé, že čím tenší podlahovina, tím vyšší pevnost podkladu je žádoucí: u vrstev několikamilimetrových v tlaku 20 - 25 MPa, v tahu /pull-out test/ min. 1,5 - 2 MPa, u vrstev centimetrových 15 - 20 MPa, v tahu 1,0 - 1,3 MPa. S tím bezprostředně souvisí úprava podkladu před pokládáním podlahoviny.

Úprava podkladu

Nelze dostatečně zdůraznit důležitost úpravy podkladu pod syntetickými bezsparymi podlahovinami. Z betonového podkladu je třeba odstranit vždy povrchovou vrstvičku složenou z lehkých podílů cementu a plniva. Je nezbytné umožnit, aby k penetraci /která je rovněž nezbytná/ došlo do dostatečné hloubky a tím byla smyková napětí rozložena z jedné roviny do celé zóny.

Aby penetrace byla účinná, musí penetrační roztok vniknout do určité hloubky pod povrchem. Alespoň na tuto hloubku musí být podkladu suchý, tj. póry prázdné. Ředidlo penetračního roztoku musí být voleno tak, aby umožnilo průnik roztoku do této hloubky před jeho vyprcháním /v závislosti na viskozitě a povrchovém napětí/. Nedodržení těchto zásad /např. použití rychle se odpařujících ředidel, jako je aceton/ způsobí,