

Problém okrajových podmínek návrhu průmyslových podlah

Okrajové podmínky návrhu podlah se stávají od roku 2009 velmi aktuálním tématem. Ekonomická situace i objednatelé nutí dodavatele navrhovat a dodávat konstrukce co nejlevněji. To vede k tomu, že konstrukce podlah jsou navrhovány a dodávány velice často na hranici technické proveditelnosti. Nedodržení nebo podcenění okrajových podmínek pro návrh betonových podlah může mít velmi významný vliv na výslednou kvalitu díla, spokojenost uživatele a v důsledku i na finanční výsledky a stabilitu dodavatele i projektanta.

Hospodářská krize silně poznamenala světový obchodní trh a ani stavební průmysl v České republice neúspěšně nebyl ušetřen. Mělo to za následek razantní redukci výkonů stavebních firem a s tím také výrazné snížení nových ploch průmyslových podlah. V rámci „soutěže o klienta“ se dodavatelé snaží své nabídky optimalizovat a to vede ke snaze využít vlastností konstrukcí až na samou hranici jejich funkčnosti. Je nutno tedy lépe znát tzv. **OKRAJOVÉ PODMÍNKY**.

Okrajové podmínky návrhu jsou podmínky nebo zásady, které mají **významný vliv na kvalitu betonové podlahy** a v případě jejich špatného zvolení je výsledná kvalita dodané podlahy silně ohrožena včetně její životnosti. V případě, že jsou zvoleny všechny okrajové podmínky nevhodně, může se snížit kvalita podlahy řádově až o desítky procent. Jde tedy o její úplné znehodnocení a nemožnost použití pro daný účel.

Okrajové podmínky lze rozdělit do několika kategorií a podle jejich významu a vlivu a podle časové osy do několika fází:

Projektová příprava

- správná a reálná volba jednotlivých parametrů podlahy, vyplývajících z požadavku zákazníka,
- stanovení přesných zadávacích podmínek pro tendrovou dokumentaci,
- stanovení parametrů návrhu podlahy, podkladních zeminových vrstev a založení objektu,
- zpracování přesné a technicky proveditelné projektové dokumentace průmyslové podlahy.

U projektové přípravy je nutné zajistit veškerou dokumentaci a projednat vše se zákazníkem i za cenu, že navštívíme jeho stávající objekty a prohlédneme si postupy výroby a užívání. Takto se vyvarujeme například překvapení týkajících se technologických požadavků na výrobní stroje. Je

optimální zhotovit dokumentaci rozmístění a návazností jednotlivých technologických celků.

Tendrová dokumentace

Zjištění výše uvedených informací by mělo být slušným základem pro ocenění podlahy, ale rozhodně by jediným parametrem výběru neměl být systém „kolik to bude stát“. Správné parametry podlahy zaručí jednodušší návrh podkladních vrstev ve vztahu k souvrství pod stavbou a vstoupí potom do dokumentace podlahy jako parametr ovlivňující tloušťku podlahy a její deformační hodnoty, tedy i její cenu, způsob i rychlost provádění a způsob užívání a její trvanlivost.

Správně zpracovaná dokumentace podlahy bude mít za výsledek zcela vyhovující provedení podlahy v souladu s očekávanými parametry včetně jejího shodného ocenění dodavatelem.

Podloží

Je třeba znát a respektovat zeminovou desku, tedy souhrn následujících vlastností:

- základní typy zemin vyskytujících se na území investičních celků,
- jednotlivá souvrství zemin pod podlahou,
- způsoby a technologie zlepšení základových zemin,
- druh provedené pilotáže.

Zatížení podlah

Je třeba znát a respektovat zatížení jednotlivé i v kombinaci na betonovou desku v interakci s deskou zeminovou, tedy souhrn následujících zatížení, vlastností a akcí:

- zatížení dočasná = vzniklá po dobu výstavby a instalace technologie,
- zatížení „trvalá“, tedy:
 - zatížení plošná,
 - zatížení bodová od ocelových konstrukcí nebo logistického mobiliáře,
 - zatížení dynamická od strojů a zařízení či technologických celků,
 - zatížení dynamická od transportních prostředků,
 - speciální zatížení (například trvalé zatížení kapaliny či nějakými unikajícími plyny),
 - teplotní zatížení,
 - smrštění.

Materiálové charakteristiky

Je třeba pracovat citlivě a s aplikovanými zkušenostmi pro následující charakteristiky:

- třída betonu,
- typ a druh vláken,
- kluzná vrstva pod podlahovou deskou nebo izolace,
- povrchová úprava,
- způsob ukládání betonové směsi;



a s vlivy vyplývajícími z použitého materiálu:

- vliv smršťení,
- vliv dotvarování po zatížení,
- vliv teplotní,
- vliv změn vyplývajících z rozdílu podmínek při betonáži a užívání podlahy.

Výše uvedené parametrické podmínky tvoří jednu rovnici, kdy změna jediného parametru má za následek změnu celého systému fungování podlahy, přičemž jsou to změny někdy ani nepostřehnutelné, ale bohužel dost často s fatálními následky.

U podlahy se všeobecně prosazuje názor, že nemůže spadnout ani nikoho zabít. To je v přímé linii uvažování pravdou, ale v širších souvislostech nakonec podlahy „zabít“ může nejen uživatele, a to hlavně finančně, kdy nebude mít možnost podlahovou desku užívat dle svých představ a tato změna bude zásadně ovlivňovat chod jeho firmy s následnými ekonomickými dopady, ale i dodavatele podlahy, který v případě, že narazí na důsledného odběratele, který bude trvat na opravách a náhradách všech způsobených škod, může v důsledku vyhovění požadavkům zkrachovat.

Stejně tak může mít a má významný vliv na dodavatele materiálů nevhodná aplikace materiálů do předem daného prostředí, zejména pak materiálů nových, vyžadujících při aplikaci určitou „odvahu“ klienta.

Co se stane, pokud porušíme jednu podmínku?

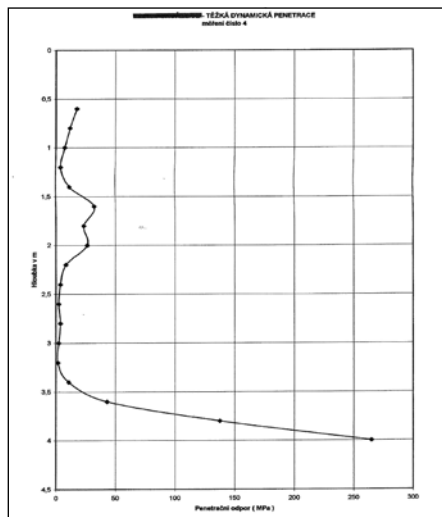
Příklad

Požadovaná zatížení jsou vyjádřena hodnotou plošného zatížení v tunách na m², ale hala má celkem výšku 10 m. Výsledkem je podlahová deska, která dokáže přenést sice plošné zatížení, bohužel však ne regálový systém zády k sobě nebo technologický most, natož pak například zatížení od lisu. Pokud ano, tak s neřízeným šířením vibrací do celé podlahy a ovlivňováním jemnějších technologií = ovlivnění kvality výrobků, ovlivnění kvality podlahy a její trvanlivosti.

Změníme hodnoty parametrů podloží a výsledkem je celkový vliv na celou konstrukci podlahy. Stačí i jen, aby se změnil pouze poměr E_{def1} a E_{def2} !

Podmínka kvalitního a stabilního podloží je na každé stavbě to nejdiskutovanější téma a je naprosto nezbytně nutné mít vždy relevantní a kvalitní podklady nejenom o jednotlivých souvrstvích, ale také o jednotlivých výsledcích odborně provedených zkoušek.

Jako optimální se jeví provádění dynamické penetrace. Tato zkouška zobrazí průběh souvrství pod stavbou (viz graf).



Graf dynamické penetrace s nevyhovující skladbou zemín

Způsob založení objektu je samozřejmě odlišný od založení podlahy, ale oba systémy musí společně přenést veškerá uvažovaná zatížení. Otázkou je i doba provádění podkladních vrstev podlahy. Podkladní vrstvy podlahy by se měly provádět současně se založením objektu, aby bylo možné použít tu nejtěžší techniku pro zhutnění jednotlivých vrstev. V okamžiku, kdy je již dokončen objekt, je obtížné provádět podkladní vrstvy podlahy s ohledem na již provedené konstrukce budovy, a proto doporučujeme provádět pouze závěrečnou vrstvu přímo pod podlahovou desku.

Je samozřejmostí, že zkoušky kvality se provádějí na jednotlivých vrstvách podkladu, aby bylo zřejmé, jakou měrou dochází ke zlepšení únosnosti desky. **Prvním zásadním omylem** je, že na neúnosné podloží lze zhotovit kvalitní podkladní vrstvy. Tato chyba se ale bohužel projeví až za provozu, kdy dochází k většímu sedání desky a k jejím „nevysvětlitelným“ poruchám, jako například k vyšším deformacím, nadměrně širokým dilatačním spárám nebo trhlinám apod. Dojde-li pak k takovým poruchám v provozu, kde je podlahy zásadní konstrukcí ovlivňující provoz, například u systémového skladového systému, mají takové poruchy za následek snížení výkonu systému zavážení zboží, nebo dokonce vyřazení systému z provozu.

Druhým zásadním omylem je, že s malým množstvím výztuže lze dosáhnout konstrukce s předpokládanou odolností proti ohybovým si-

TYP vláken	kg/m ³	l	l/d	ks/m ³	plocha m ² /m ³
60/0,8 long wires	10	60	75	42260	6,7
60/0,8 long wires	15	60	75	63390	10
60/1,0 long wires	20	60	60	54093	10
50/1,0 standard	20	50	50	64911	10

lám a silám od zatížení teplotou nebo smršťováním, byť na kvalitním podloží (viz tabulka).

Dokumentace

Nezpracovaná nebo jenom částečně zpracovaná zadávací dokumentace bude mít za následek naprosto nekontrolovatelné nabídky ve stylu „co dodavatel, to vlastní návrh podlahové desky“. Kvalita i cena jednotlivých návrhů je pak ovlivněna zkušenostmi dodavatelů, samozřejmě s přihlednutím k použitým materiálům a přiměřenému riziku, které na sebe dodavatel chce převzít.

Zatížení podlah

Jedním z dalších významných bodů, a to nejenom projektové přípravy, ale i samotného návrhu podlahové desky, je **zatížení**. To lze definovat dle zadání uživatele nebo vycházet z některé oborové normy, kdy jsou stanoveny jednotlivé hodnoty pro různá zatížení.

Dalším bodem je stanovení správných **součinitelů zatížení**, a to jak statických, tak i dynamických. Často je tento součinitel příčinou různých návrhů tloušťky desky a při nevhodně zvolených hodnotách může dojít k ohrožení konečné kvality.

Významnou roli také hraje **dynamické zatížení** od kmitavých strojů, případně dynamicky působících technologií. Pokud to lze, mělo by toto zatížení být zásadně řešeno samostatným základem, tedy eliminací. U špičkových dodavatelů technologie s dynamickými účinky je v současné době samozřejmostí, že s dokumentací stroje dodávají i způsob uložení stroje včetně způsobů eliminace dynamických účinků.

Oblast **speciálních zatížení** je nutno přizpůsobit způsobu montáže technologie a ostatních investičních celků objektu, jako jsou např. jeřáby, speciální podvozky pro vysoká zatížení apod.

Opomíjenou a bohužel velmi nebezpečnou, vlivnou částí zatížení jsou **zatížení od teploty a smršťení** betonové desky.

Smršťení betonu je nutno počítat v prvotních fázích doby po betonáži a při zavedení plného zatížení by již nemělo mít podstatný vliv, ale praxe ukazuje, že je tomu asi jinak. **Teplotní zatížení je bez výjimky a beze vsí pochybnosti zatížením po celou dobu životnosti desky** a je nutné zohlednit tento faktor např. vzhledem k oslunění podlahy okny či světlíky, ke způsobu vytápění, k velikosti dveří a způsobu jejich otvírání, ke změně teploty v hale vyvolané jiným způsobem apod.

Materiálové charakteristiky

V této oblasti je nutno kontrolovat třídu betonu (min dle ČSN EN 206-1 C 30/37). Při použití vláken pak třídu betonu, složení betonové směsi a typ výztuže. Zásadně není vhodné používat klasickou recepturu betonu a snažit se z něj přidáním vláken vytvořit vláknobeton. **Na stejnou výkonovou třídu vláken je**

Stejný průměr a délka drátku neznamená, že směs z nich vytvořena bude mít stejnou únosnost.

Při okrajovém návrhu je tato skutečnost velmi důležitá. V praxi to znamená, že nelze nahrazovat vlákna jinými bez znalosti podmínek návrhu jenom proto, že ta druhá jsou třeba levnější nebo zbyla z minulé stavby.

Povinné označení ocelových vláken na paletě

CE

Typ / Type DE 50/1,0 N

O8

xxxx - CPD - xxxx

EN 14889-1

Ocelová vlákna pro použití se statickou funkcí pro maltu a beton

Stahfasern für tragende Zwecke in Beton, Mörtel und Einpressmörtel
Steel fibres for structural use in concrete, mortar and grout

Skupina / Gruppe / group	1
Délka / Länge / length:	50 mm
Průměr / Durchmesser / diameter:	1,00 mm
Tvar / Form / form:	tvárovaný / verformt / deformed
Pevnost v tahu / Zugfestigkeit / tensile strength	1100 N/mm ²
Konzistence s vlákny 20 kg/m ³ Konzistenz mit 20 kg/m ³ Fasern Consistence with 20 kg/m ³ fibres	Vebe / Vebe-Zeit / Vebe-time: 10 s
Vliv na pevnost betonu s 20 kg/m ³ Einfluss auf die Festigkeit von Beton mit 20 kg/m ³ Effect on strength with 20 kg/m ³	1,5 N/mm ² → CMOD 0,5 mm 1,0 N/mm ² → CMOD 3,5 mm

Povinné označení ocelových vláken na paletě

CE

Typ / Type DE 50/1,0 N

O8

xxxx - CPD - xxxx

EN 14889-1

Ocelová vlákna pro použití se statickou funkcí pro maltu a beton

Stahfasern für tragende Zwecke in Beton, Mörtel und Einpressmörtel
Steel fibres for structural use in concrete, mortar and grout

Skupina / Gruppe / group	1
Délka / Länge / length:	50 mm
Průměr / Durchmesser / diameter:	1,00 mm
Tvar / Form / form:	tvárovaný / verformt / deformed
Pevnost v tahu / Zugfestigkeit / tensile strength	1100 N/mm ²
Konzistence s vlákny 25 kg/m ³ Konzistenz mit 25 kg/m ³ Fasern Consistence with 25 kg/m ³ fibres	Vebe / Vebe-Zeit / Vebe-time: 27 s
Vliv na pevnost betonu s 25 kg/m ³ Einfluss auf die Festigkeit von Beton mit 25 kg/m ³ Effect on strength with 25 kg/m ³	1,5 N/mm ² → CMOD 0,5 mm 1,0 N/mm ² → CMOD 3,5 mm

Příklad z praxe 1

Zadání:

- plošné zatížení 5 t/m², liniové zatížení 3 t/bm;
- zatížení vysokozdvizným vozíkem 5,6 t/přední nápravu při celkové hmotnosti 12,5 t;
- bodové zatížení 2,5 t/bod s možností aplikace bodového zatížení pohyblivého 2,5 t/bod.



Řešení:

Tlak na dodavatele dodat co nejlevnější desku donutil statika zpracovat tzv. Ekonomický návrh desky, jehož parametry jsou:

- zatížení viz výše respektováno,
- tl. desky 190 mm,
- beton C25/30, 20 kg drátkové výztuže 50/1,0 mm,
- řešení rozhraní je zmíněno jen jako koeficient 0,5;
- podloží má $E_{def2} = 80$ MPa a předpokládaný poměr $E_{def2}/E_{def1} = 2,5$;
- rozdíl teplot mezi horním a dolním povrchem desky 5 °C,
- dilatační pole 6x6 m.

Výsledek posouzení ve statickém výpočtu je na první pohled uspokojivý.

DESKA: 190 mm; C25/30; součinitel tření 0,5 ; ΔT=5 °C; Edef2 = 80 MPa, Edef2 / Edef1 = 2,5			
Pd	4,88	<	4,89
Pu	VYHOVÍ		

Nicméně rozeberme si, proč je tento výsledek prakticky NEVYHOVUJÍCÍ.

Podmínky nespílitelné:

1. V projektu a v zadání dodavateli bylo **rozhraní** řešeno jen jednou separační PE fólií, jejíž součinitel tření je 0,7. Po opravě této jedné chyby – jedné okrajové podmínky návrhu podlahy – se výsledek změní.

DESKA: 190 mm; C25/30; součinitel tření 0,7 ; ΔT=5 °C; Edef2 = 80 MPa, Edef2 / Edef1 = 2,5			
Pd	4,98	>	4,89
Pu	NEVYHOVÍ		

Další okrajové podmínky, které jsou z fyzikálního hlediska nespílitelné, vstoupí do výpočtu jako faktory snižující předpokládanou únosnost desky.

2. Rozdíl teplot mezi horním a dolním povrchem $\Delta T = 5$ °C. Proces tuhnutí a tvrdnutí je provázen vývinem hydratačního tepla, které způsobí rozdíl teplot povrchů nejméně $\Delta T = 25$ °C za předpokladu teploty podkladu desky cca 15 °C. Někdo může namítnout, že povrch podkladu byl slunečním zářením rozehrát na 40 °C. Ano, ale v okamžiku, kdy na něj aplikujeme čerstvou betonovou směs, povrch se šokově zchladí, protože teplota aplikované směsi je kolem 12–15 °C, a je nutno opět uvažovat do výpočtu s teplotou nižší. **Vliv rozdílu teplot je vlivem trvajícím celou dobu životnosti desky.**

Podmínky s omezeními splnitelné:

1. Třída betonu je změnou ČSN EN 206-1 (73 2403) Z3 předepsána pro průmyslovou podlahu minimálně C30/37, a to od dubna roku 2008.
2. Dilatační pole je těsně na hranici spolehlivosti, bylo by lépe, kdyby bylo menší vzhledem k využití únosnosti desky a již zmíněným nespílitelným okrajovým podmínkám.
3. Podloží v závislosti na typu může měnit své vlastnosti únosnosti i poměru únosnosti a tím únosnost desky.

Příklad z praxe 2

Zadání: Je stejné jako pro příklad 1.

Řešení: podobné jako pro příklad 1 s následujícími rozdíly:

1. Typ drátků 50/1,0 je v pořádku, ale daný konkrétní výrobce má dle CE certifikátu deklarovaných drátků požadovanou výkonnost až při 25 kg/m³, protože je k uvažování spolehlivost návrhu!
2. Alternativní návrh dané nabídky obsahoval možnost užití drátků 60/0,75 v množství 10 kg/m³ směsi C20/25, což je naprosto nepřijatelné řešení!

POZOR:

Návrh dodavatele může obsahovat různé dovětky

a doporučení. Jedním z nich je například: „*Tento návrh je zpracovaný za předpokladu, že betonová deska bude realizovaná v souladu s realizačními doporučeními uvedenými v tomto dokumentu.*“ To znamená, že jakékoliv nedodržení jakékoliv okrajové podmínky zbavuje dodavatele návrhu zodpovědnosti za vady podlahy.

Doporučení

K eliminaci chyb návrhu by únosnost podlahy měla být o 15–20 % vyšší než zatížení.

KAREL HEGENBART, PETR HERKA

Ing. Karel Hegenbart (*1964)

je absolventem SvF ČVUT, obor statika betonových konstrukcí. Má dlouholetou praxi jako projektant, projektový manažer či stavební dozor. Od roku 1998 do současnosti pracuje jako manažer pro japonskou společnost Takenaka Europe.

Ing. Petr Herka (*1964)

absolvoval Fakultu stavební VUT v Brně. Od roku 1992 se věnuje výrobě a technologii vláknobetonů. Je ředitelem firmy KrampHarex CZ.