

POHLEDOVÝ BETON - TEORIE A REALITA

DIRECT - FINISH CONCRETE - THEORY AND REALITY



JIŘÍ DOHNÁLEK

Pohledový beton je desítky let více či méně úspěšně používanou finální povrchovou úpravou zejména inženýrských, ale i ostatních typů staveb. Je to beton, u kterého se po odbednění neprovádějí už žádné další povrchové úpravy s výjimkou repase nejdrobnějších odchylek. Definovat ho přesněji je však obtížně řešitelný problém. Pohledovost betonu je ovlivněna jak subjektivními estetickými představami diváka, jeho odstupem od objektu, členěním a celkovým charakterem objektu a často i jeho vztahem k dodavateli pohledového betonu.

Měřítka pro pohledovost jsou u jednotlivých architektů i investorů tak rozdílná, že reklamovat lze subjektivně prakticky pohledový beton jakékoliv kvality.

Měřítka pro pohledovost jsou u jednotlivých architektů i investorů tak rozdílná, že reklamovat lze subjektivně prakticky pohledový beton jakékoliv kvality.

Při případném sporu nenalézají obě strany oporu v normách či technických podmínkách a jsou tedy opět odkázány na subjektivní stanoviska případných třetích osob. Řešením nejsou vždy ani referenční plochy, prováděné v předstihu v menším rozsahu. Podobně i odkaz na referenční pohledové betony, realizované v minulosti, nemusí být zcela přesný. Je zřejmé, že pohledový beton je z mnoha příčin vždy unikátem, který vzniká z relativně proměnlivých surovin, je ukládán do ne zcela identického bednění, zraje v různých klimatických podmínkách a i personál stavby není vždy tentýž. Přesto lze charakterizovat dílčí kritéria, která by měl pohledový beton splňovat.

Barevná vyrovnanost je obvykle nejpodstatnějším požadavkem, který také nejvíce ovlivňuje pocit diváka ze střední nebo větší vzdálenosti. V případě, že pohledový beton je pozorován z menší vzdálenosti, hraje významnou roli **množství a velikost pórů** na jeho povrchu. Jejich přípustný počet, resp. průměr lze do jisté míry kvantitativně definovat a tím omezit případné spory.

Dalším významným kritériem při pozorování pohledového betonu z menší vzdálenosti je **struktura povrchu**, a to v menší ploše (ovlivněna prakticky výhradně typem a kvalitou materiálu bednicích prvků) resp. v celkové ploše, kde roli hraje rozvržení spár bednicích prvků, jejich svislost či vodorovnost, nálitky v netěsných spárách, pravidelnost rozvržení otvorů pro stahovací tyče, kvalita okrajů těchto otvorů apod. Celkový vzhled větších ploch či konstrukčních prvků mohou však ovlivňovat i teplotní či smršťovací trhliny a jejich přítomnost by tedy měla být projekčními nebo technologickými opatřeními pokud možno eliminována.

BAREVNÁ VYROVNANOST

Barevný odstín betonu je prioritně ovlivněn odstínem cementu. Jeho odstín je dán především obsahem tzv. barvicích prvků, jako je zejména Fe, Mn, Cr a Ti. Proto se, např. při výrobě bílého cementu, jako vápenatá složka používá vysokoprocenní vápenec nebo křída s obsahem $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 0,15 \%$, s obsahem $\text{MnO} <$

$0,015 \%$ a jako hlinitá složka bílý jí, kaolín, nebo odpady z jeho zpracování. Ty by neměly obsahovat více než 1% Fe_2O_3 a více než $0,8 \%$ TiO_2 .

Pokud je obsah těchto složek vyšší, přechází odstín cementu do šedé, při vysokém obsahu kysličníku železa může být však i velmi tmavý. Významný vliv na odstín cementu mají i příměsi, které ho buď ztmavují (popílek, vysokopecní struska), nebo naopak zvyšují jeho bělost (mletý vápenec). V případě, že je požadavkem přesněji specifikovaný odstín betonu, je nezbytné se o obsah těchto barvicích prvků v cementu zajímat.

Dalším významným faktorem, který může ovlivňovat odstín betonu, jsou jemné podíly v kamenivu, které mohou působit jako účinný pigment. Jde zejména o různé hlinité a jílovité příměsi s velikostí zrna pod $0,125 \text{ mm}$. V závislosti na ložisku drobného kameniva, jeho rovnoměrnosti, může obsah těchto složek významně kolísat a odstín betonu tak významně ovlivňovat.

Prvním předpokladem pro barevnou vyrovnanost je tedy používání cementů a drobného kameniva stejné šarže, tj. minimálně stejného typu cementu od stejného výrobce. Jakákoliv změna v odstínu cementu nebo obsahu jemných podílů v kamenivu se okamžitě projeví na výsledné barevnosti konstrukce.

Kolísání barevného odstínu může mít však i mnohem prozaičtější příčiny. Na standardní velké centrální betonárně se paralelně vyrábí betony pro různé stavby. Pokud tedy realizujeme pohledový beton přetřžitým odběrem betonové směsi a v mezidobí vyrábí na betonárně další typy betonů, mohou při horším vyprazdňování míchaček zbytky z jednotlivých šarží měnit být nepatrně odstín. Teoreticky by bylo tedy optimální betonovat pohledový beton takovým způsobem, aby použitá betonárna v daném čase vyráběla pouze pohledový beton.

Významný vliv na odstín povrchu mohou mít i použité typy odbedňovacích přípravků, zásadně by tedy měly být používány komerční atestované typy, a to v přiměřeném množství.

Mimořádně významný vliv na rovnoměrnost barevného odstínu má však i rovnoměrnost hutnění betonu ve vazbě na jeho následné vysychání. Je třeba si uvědomit, že beton má komplikovaný pórový systém, zaplněný v počátku záměsovou vodou, v níž jsou rozpuštěny nejrůznější, především však vápenné ionty. Při vysychání jsou tyto vápenné ionty vynášeny k povrchu, kde reagují s oxidem uhličitým ze vzduchu a mohou tak lokálně výrazně zvyšovat světlost povrchu na rozdíl od oblastí, kde k této migraci dochází s menší intenzitou. Pokud tedy u stejného typu betonové směsi budeme mít vedle sebe rozdílně hutněné, a tedy rozdílně hutné oblasti, bude jejich barevný odstín nutně rozdílný.

Podobný mechanismus se pak uplatňuje u již dokončených staveb, které jsou v různém stadiu rozestavěnosti trvale smáčeny dešťovou vodou. Ta je však vodou demineralizovanou, a tedy tzv. „hladovou“, která velmi ochotně rozpouští vazné vápenaté sloučeniny cementového kamene a transportuje je k povrchu, kde opět mohou svou bělostí významně měnit barevnost povrchu. Rozpracované železobetonové konstrukce z pohledového betonu by tedy měly být přiměřeným způsobem chráněny proti vnikání dešťové vody, a to buď provizorním zakrytím nebo účinnou hydrofobizací.

MNOŽSTVÍ PÓRŮ

Vzduchové, kapilární a další typy pórů jsou samozřejmou součástí struktury betonu. Na řezné ploše každého betonu objevíme pouhým okem desítky různě velikých dutinek. Jejich výskyt na povrchu konstrukce je však odvislý především od charakteru použitého bednění. Tradiční dřevěné bednění mělo vysoké absorpční schopnosti jak z hlediska záměsové vody, tak i vzduchu. V současnosti se však používají systémová bednění z větších dílců, prakticky ze zcela nenasákavých materiálů, které neumožňují odvod přebytečné vody ani vzduchu. Proto je také i u pohledového betonu, jistý výskyt vzduchových pórů na povrchu tolerován. V případě, že je při použití systémového bednění vyžadován povrch zcela bez pórů, je třeba použít výstelku bednění ze speciální absorpční tkaniny.

Kromě bednění však množství vzduchových pórů výrazně ovlivňují i použité přísady, a to zejména přísady plastifikační, případně provzdušňující. Proto je výroba mrazuvzdorného (provzdušněného) pohledového betonu z hlediska výskytu pórů mnohdy velmi náročným úkolem.

Množství pórů může významně ovlivňovat i případné hutnění betonové směsi, které způsobuje pohyb vzduchových bublin směrem nahoru, ale i ke všem svislým povrchům. Proto také samozhutnitelné betony, které nevyžadují dodatečné hutnění, mají většinou výrazně přijatelnější vzhled, a to především z hlediska výskytu vzduchových pórů.

STRUKTURA POVRCHU

Zcela samozřejmým požadavkem pro dosažení přijatelné struktury povrchu na mikroúrovni je dostatek maltové fáze v betonové směsi. Tato technologická zásada spolu s ostatními požadavky na pohledové betony je však běžně známá a uváděná v dostupné technické literatuře.

Kromě struktury na mikroúrovni (v rozměru dm^2) je velmi významná i struktura velkých ploch betonové konstrukce, která je již ovlivněna především rozměry, skladbou a polohou bednicích dílců. Je pochopitelné, že styky sebekvalitnějšího či kvalitně provedeného bednění se do povrchu, byť neznatelně, promítají a při jejich nevhodné kompozici může tak na relativně barevně rovnoměrném betonu vznikat z hlediska objektu ne zcela ideální makrostruktura.

Součástí celkového vzhledu objektu jsou u železobetonových svislých konstrukcí i otvory po stahovacích tyčích, případně zaslepené stahovací (rádlovací) dráty. I poloha těchto prvků by měla být pečlivě rozvržena, aby na povrchu konstrukce vytvářela harmonický, k proporcím objektu ladící systém.

Častou vadou u nekvalitního systémového bednění či nekvalitně provedeného bednění jsou pak nálitky ve spárách bednicích dílců, které je třeba mechanicky odstraňovat, a tak vytvářet rušivé detaily na povrchu.

DOPORUČENÍ PRO ZHOTOVENÍ POHLEDOVÉHO BETONU

Pokud zhotovitel v projektové dokumentaci narazí v technické zprávě na jednoduché konstatování, že konstrukce je zhotovena z pohledového betonu, měl by si uvědomit, že se dostává do oblasti s velmi nejistým výsledkem.

Sám je přitom schopen ovlivnit jen část faktorů, které pohledovost betonu ovlivňují. Ani četba podrobných a kvalifikovaných návodů mu pravděpodobně neposkytne dostatek jistoty, protože zejména při výrobě betonové směsi je prakticky zcela odká-



Obr. 1 Betonová stěna bytového domu v Baselu, Švýcarsko
Fig. 1 Concrete wall of the house in Basel, Switzerland

zán na nejbližší centrální výrobu betonové směsi a představa, že provádí chemické rozborů používaných cementů či kameniv, je ve většině případů nereálná.

Pokud se jedná o objemově větší zakázku pohledového betonu, jsou šance na úspěch relativně větší, protože s ohledem na finanční objem zakázky, lze přípravě věnovat přiměřeně větší pozornost. U konstrukcí menších, kdy výměra povrchu nepřesahuje řádově desítky m^2 , lze pak spoléhat prakticky jen na maximální snahu u těch faktorů, které může zhotovitel ovlivnit a šťastnou shodu okolností ve všech ostatních parametrech.

V dalším textu jsou tedy uvedeny jen náměty, kterým by měli jednotliví účastníci výstavby věnovat pozornost, pokud mají zájem, aby výsledkem byl opravdu pohledový beton a nikoliv jenom reklamace a rozpaky.

Projektant-architekt by měl v mezích možností co nejpodrobněji popsat představy o barevném odstínu a struktuře pohledového betonu a uvést případně pro zhotovitele dostupné referenční stavby. Měl by si uvědomit možnosti bednicích systémů, rozměry bednicích prvků a jejich skladebnost i nezbytnost použití stahovacích tyčí a z toho vyplývající nutnosti pohledově eliminovat takto vzniklé otvory. U zvláště pohledově citlivých ploch by měl být před realizací k dispozici projekt bednění se všemi uvedenými detaily.

Výrobce betonové směsi by měl zvláště u větších zakázek garantovat, že bude použit jeden typ cementu (případně jedna šarže cementu) bude zajištěna rovnoměrnost obsahu jemných podílů v drobném kamenivu. Použité ztekucující přísady by měly mít jen minimální provzdušňující účinek, případně by mohly být použity tzv. odvzdušňující (odpěňující) přísady. V případě výroby mrazuvzdorného betonu s pomocí provzdušňujících přísad je třeba řešit minimalizaci vzduchových pórů na povrchu buď jejich akceptací nebo použitím speciálních opatření (drenážní tkanina v bednění).

Betonová směs by měla mít maximální zrno do 16 mm s přebytkem maltové fáze a její konzistence by měla odpovídat způsobu zpracování (hutnění). Z hlediska pohledového betonu je velmi důležitá zejména rovnoměrnost konzistence, proto by v případě pohledového betonu měla být prováděna kontrola konzistence in situ u každého dopravního prostředku a v případě větších odchylek musí být betonová směs odmítnuta. Výrobce betonové směsi by měl především u větších zakázek zajistit, aby výroba pohledového betonu probíhala kontinuálně a by-

lo tím vyloučeno riziko, že v míchačce budou zůstat zbytky jiných typů betonových směsí.

Zhotovitel konstrukce musí zpracovat technologický postup betonáže včetně projektu bednění s rozvržením bednicích dílců a stahovacích tyčí. Tento projekt by měl odsouhlasit projektant i architekt. Technologický postup by měl přesně řešit polohu pracovních spár, tj. přetržitost, resp. nepřetržitost betonáže. Technologický postup by měl přesně specifikovat způsob očištění bednění, kontrolu této operace a specifikovat typ odbedňovacího prostředku. Mělo by být použito bednění splňující veškeré rozměrové tolerance a jeho montáž resp. dotěsnění by měla být věnována maximální pozornost.

Při vlastní betonáži je třeba dbát na maximální rovnoměrnost případného hutnění. Hlavice ponorného vibrátoru musí být umístována v definovaných rozstupech a ponořena může být pouze přesně stanovenou dobu. Jakékoliv převibrování či nedovibrování se okamžitě projeví na vzhledu konstrukce. V případě použití tzv. samozhutnitelného betonu starosti s touto technologickou operací odpadávají. Podobně velmi rovnoměrně musí být konstrukce i ošetřována, tj. rovnoměrně vlhčena či zakryta. Jakékoliv odchylky se opět projeví v barevném odstínu. Vzhledem k tomu, že dešťová voda působí na beton jako voda hladová a má tendenci vymývat jeho vápenaté složky, lze doporučit u nedokončených objektů jejich zakrytí nebo okamžitou hydrofobizaci povrchu.

Vlastník (provozovatel) konstrukce by měl pohledově betonu pravidelně hydrofobizovat tak, aby omezil vstup srážkové vody do jejich povrchu. V několikaletých intervalech je pak třeba počítat s omytím povrchu tlakovou vodou tak, aby se na povrchu neuchytávala mikroflóra, resp. mikrofauna a nezvyšovala se špinivost povrchu (obr. 2).

DODATEČNÉ ZÁSADY – SANACE POHLEDOVÉHO BETONU

Náročnost realizace pohledového betonu spočívá i v praktické nemožnosti jeho sanace. Po dokončení je možné provést pouze nepatrné repase drobných náliktů, případně vyplnění lokálně se vyskytujících velkých vzduchových pórů. I tyto zásahy jsou však na konstrukci většinou ihned patrné. Jakékoliv větší opravy nemohou nikdy zajistit shodné barevné ladění a shodnou strukturu povrchu a jsou na objektu výrazně patrné. Jedinou úspěšnou sanaci pohledového betonu absolvoval autor v případě, kdy celý povrch vysoké a půdorysně zakřivené atiky byl přestěrkován a do čerstvé stěrky bylo postupně otiskováno pečlivě hoblované prkno. Z větší vzdálenosti tak vznikla takřka dokonalá iluze pohledového betonu do klasického bednění.

TRVANLIVOST POHLEDOVÉHO BETONU

Při architektonickém i konstrukčním návrhu pohledového betonu je třeba vzít v úvahu, že jeho pohledovost by měla být dlouhodobě stabilní. Pohledovým by tedy beton měl zůstat několik desítek let. V minulosti nejčastější závadou ve střednědobém horizontu byla koroze těmínků nebo rozdělovací výztuže, vyvolaná malou tloušťkou krycí vrstvy, nebo koroze nedokonale odstraněných rádlovacích drátů. Tyto závady se s nástupem systémového bednění a distančních podložek a dalších pomůcek daří významně eliminovat. Přesto pohledový beton podléhá standardnímu klimatickému, resp. mrazovému namáhání a pokud není proveden jako mrazuvzdorný (zvyšuje se tím však riziko nežádoucích vzduchových pórů na povrchu), dochází postupně



Obr. 2 Budova Lichtenštejnského muzea výtvarného umění ve Vaduzu s fasádou z broušeného a leštěného betonu napuštěného voskem, Lichtenštejnsko, Morger & Degelo, architekt Degelo říká: „fasádu je třeba pravidelně napouštět voskem a leštit jako si pravidelně krémujeme a leštíme boty“, přednáška, Praha 2004

Fig. 2 Liechtenstein Art Museum in Vaduz, Liechtenstein, Morger & Degelo

k degradaci tenkých povrchových vrstev, což nemusí zhoršovat vzhled objektu, ale zvyšuje to vždy rychlost jeho špinění.

Objekty z pohledového betonu musí být proto velmi pečlivě konstruovány, a to jak z hlediska vstupu srážkové vody do povrchu, tak i z hlediska odtoku vody z navazujících konstrukčních prvků. Jakékoliv prostupy z balkonů či skryté svíslé okapní žlaby a podobné prvky vedou po několika letech většinou k závažným problémům. Podobně však veškeré rizality či výstupky, které nejsou oplechovány, způsobují, že se na nich se zvýšenou intenzitou uchytávají prachové nečistoty, které následně špiní spodní svíslé navazující oblasti. Problémem bývá i znečištění fasády korodujícími doplňkovými konstrukcemi, jako jsou okna či jiné fasádní prvky, zábradlí apod. Proto v případě pohledového betonu je třeba dbát i na pečlivou antikorozi ochranu těchto prvků, případně volit tyto prvky v nekorodující variantě.

Z uvedených poznámek je zřejmé, že přes dostatek informací, které máme o skladbě pohledového betonu i se znalostí všech technologických zásad, je zhotovení pohledového betonu mimořádně náročné na pečlivost všech zúčastněných a vždy je přítom výsledkem zatížen značným rizikem. Neúspěch je o to nepřijemnější, že je prakticky jen obtížně napravitelný.

Naopak v případě správného návrhu i provedení pohledového betonu získáme povrch, kterému svou trvanlivostí může konkurovat pouze kvalitní kamenné zdivo. Současně i střidmost a elegance správně použitého pohledového betonu svědčí o tom, že se nejedná jen o člověkem vytvořenou „umělou“ hmotu, ale přírodní materiál, který nás v našem okolí provází již více než 150 let.

Doc. Ing. Jiří Dohnálek, CSc.
Kloknerův ústav ČVUT v Praze
Šolínova 7, 166 08 Praha 6
tel.: 224 353 840
e-mail: dohn@klok.cvut.cz

fotografie: Veronika Šandová