

BETON PRO NEJVYŠŠÍ PRŮMYSLOVÉ BUDOVY V ČESKÉ REPUBLICE

CONCRETE FOR THE TALLEST INDUSTRIAL BUILDINGS IN THE CZECH REPUBLIC

BOHUMIL JEŽEK

Článek popisuje návrh optimální betonové směsi pro výstavbu schodištvých věží v elektrárně Ledvice a její dopravu a ukládání do bednění.

This paper describes the design of optimal concrete mix for the construction of stair towers in the Ledvice power plant, as well as its transport and placing into the formwork.

Výstavba schodištvých věží pro nový energetický zdroj v elektrárně Ledvice – ČEZ vyžadovala úzkou spolupráci několika vysoce odborných týmů sestavených pro řešení jednotlivých kroků realizace. Jedním z nejnáročnějších a specifických pro tuto stavbu, byl návrh složení betonové směsi a organizace její přepravy do posuvného bednění.

NÁVRH A VÝROBA BETONU

Úkol pro tým byl jasný – navrhnout složení betonové směsi pro třídu betonu C30/37 tak, aby počáteční pevnost po 5 h byla cca 0,1 MPa. Bylo třeba připravit i variantní receptury pro použití při případných změnách rychlosti posunu bednění, nebo při změnách počasí. Pro realizaci bylo potřeba vyrobit cca 8 500 m³ betonu během 50 dnů s tím, že požadavek na plynulou betonáž předpokládal spotřebu jednoho až dvou mixů každou hodinu po 24 h denně včetně sobot, nedělí a případně dalších

dnů pracovního volna. Čerstvý beton současně musel splňovat předepsanou zpracovatelnost, konzistenci a plasticitu pro dopravu čerpadlem na beton do posuvného bednění.

Celého úkolu se pod vedením hlavního dodavatele stavby účastnili zástupci dodavatele betonu odpovědného za návrh a výrobu betonové směsi, realizátora stavby, smluvní poradenské firmy v oblasti betonu a řada dalších odborníků, kteří svými zkušenostmi a radami v praxi přispěli k úspěšné realizaci.

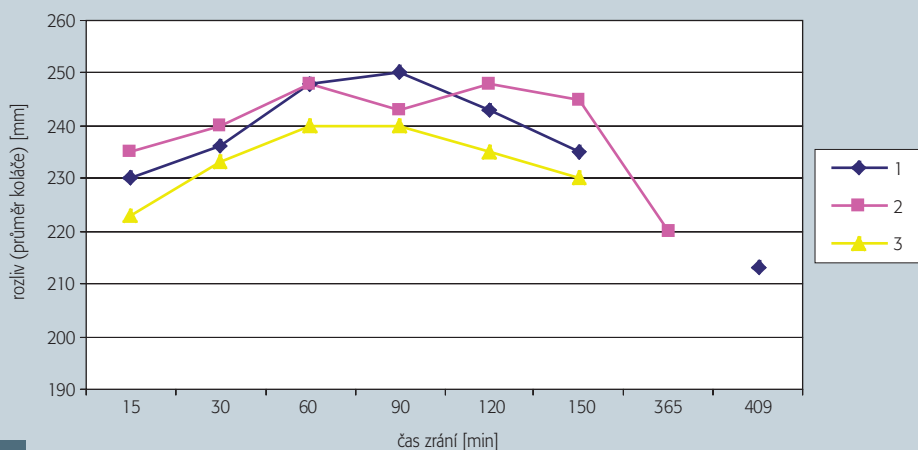
Pro co nejvyšší možné omezení nečekaných situací při betonáži, kdy by nevhodující beton mohl způsobit buď špatnou kvalitu díla, zpomalení betonáže, nebo naopak při rychlém tvrdnutí by mohlo dojít k přilepení bednicích plechů, byl dohodnut následující postup.

Návrh betonové směsi vyjde z receptur, které byly použity na stavbách obdobného charakteru v zahraničí (Rakousko), a jejich případných modifikací dle specifických podmínek této stavby. Základní návrhy receptur (šest základních receptur a tři doplňkové) budou odzkoušeny v laboratoři poradenské společnosti. Cílem zkoušek bylo vzájemně porovnat rychlost tuhnutí jednotlivých směsí. Pro zjednodušení manipulace byly zkoušky prováděny pouze na směsích bez plniva. Aby bylo možné jednotlivé receptury porovnat, nebyly zkoušky prováděny při tzv. normální hustotě, ale byly zachovány dávky jednotlivých složek směsi,

včetně vody, dle receptur betonu. Rozsah zkoušek cementových tmelů byl následující – zkoušky konzistence sednutím kužele, resp. rozlívem pro srovnání časového vývoje zpracovatelnosti, a zkoušky počátku tuhnutí Vicatovým přístrojem. Na základě výsledků zkoušek připraví hlavní technolog výroby betonu návrh upravených receptur, které budou ověřeny modelovou zkouškou přímo na stavbě.

Základní zkoušky v laboratoři ukázaly, že počátek tuhnutí všech směsí cementových tmelů nastává velmi pozdě ve srovnání s počátkem tuhnutí samotného cementu. Zpracovatelnost u všech šesti receptur zůstává po dobu 6 h prakticky beze změny. Výrazné oddálení počátku tuhnutí nastává zejména po přidání přísady Glenium 110. Zpomalovací přísada Lentan lze využít pro oddálení počátku tuhnutí směsi, ale vzhledem k velmi pozdnímu počátku tuhnutí základní směsi je její efekt významný až při dvojnásobné dávce. Upravené receptury testované ve druhé etapě zkoušek, které neobsahovaly plastifikátor ISOLA BV, vykazovaly významně rychlejší počátek tuhnutí základní betonové směsi, zejména směsi s popílčkem. Z celkových výsledků bylo možno shrnout, že na zpomalení počátku tuhnutí směsi mají dominantní vliv plastifikační přísady Glenium 110 a ISOLA BV. Ostatní faktory jako vodní součinitel a použití příměsí mají vliv menší.

Po této teoretické a laboratorní přípravě před vlastním zahájením stavby bylo nutné přejít k ověřovacím zkouškám. Přímou na stavbě bylo vybudováno pět modelových bednění, velikosti 1 × 0,5 × 1 m, která byla zaplněna betonem dle pěti vybraných receptur vyrobeným v betonárně, která byla vybrána pro výrobu betonu pro realizaci stavby (obr. 2). Při tuhnutí betonu ve vzorcích byla průběžně kontrolována narůstající pevnost betonu. Sledován byl také pokles zpracovatelnosti betonu v čase (obr. 3 a 4). Z výsledků bylo zřejmé, že je nutné dvě receptury vyloučit a připravit další modelovou zkoušku. Celkem bylo provedeno jedenáct modelových zkoušek, deset před vlastním zahájením betonáže a jedna v průběhu výstavby věží.



Obr. 1 Sledování vývoje tekutostí směsí cementového tmelu 1, 2 a 3 v čase; 1 – směs se zpomalovačem, 2 – základní směs, 3 – směs s upravenými dávkami jemných příměsí (rozlív cementového tmelu z kužele výšky 90 mm) (složení směsí viz tab. 1)

Fig. 1 Monitoring of development of consistency of mixes of cement paste 1, 2 and 3 in time; 1 – mix with a retarder, 2 – basic mix, 3 – mix with modified batches of fine admixtures



Obr. 2 Zkušební vzorek pro tuhnutí betonu

Fig. 2 Test samples for hardening of concrete

Obr. 3 Výstavba schodiškových věží, a), b)

Fig. 3 Construction of stair towers, a), b)



Obr. 4 Sledování vývoje zpracovatelnosti betonu v čase, sednutí Abramsova kužele po 1 h od uložení směsi do formy, a), b)
 Fig. 4 Test of fresh concrete consistency

Tab. 1 Stanovení počátku a konce tuhnutí zkušebních směsí cementového tmelu, automatický Vicatův přístroj, teplota vzduchu 21,4 °C, měřeno 19. až 21. 5. 2009

Tab. 1 Determination of the start and end of hardening of test cement paste mixes, automatic Vicat apparatus, air temperature 21.4 °C, measured 19–21 May 2009

Receptura		1 se zpomalovačem	2 základní	3 s upravenými dávkami jemných příměsí
cement [g]		964	964	1 098
popílek [g]		250	250	250
struska [g]		285	285	146
Glemium [g]		7,8	7,8	9,1
Isola [g]		7,8	7,8	8
Lentan [g]		1,4	–	–
voda (50 °C) [g]		625	625	640
Počátek tuhnutí [min]	vz. 1	969	910	990
	vz. 2	978	940	980
Konec tuhnutí [min]	vz. 1	1 109	1 010	1 100
	vz. 2	1 118	1 080	1 110
Průměr	poč.	973,5	925	985
	kon.	1 114	1 045	1 105

Tab. 2 Beton C30/37-XC2, XC1 S3, D_{max} 16 mm

Tab. 2 Concrete C30/37-XC2, XC1 S3, D_{max} 16 mm

Složka		Druh	Množství [kg]	Obj. hmotnost mater. [kg/m ³]
Cement		CEM II/A–M 42,5 R Rudersdorf	350	3 100
Kamenivo	0–4	Hostín	980	2 590
	8–16	Všchlapy	915	3 070
Voda		vodovod	165	1 000
Přísada		Glemium 110	3,3	1 090
		Isola BV	–	1 160
Příměs		popílek Ledvice	40	2 200
		struska Dětmarovice	–	2 500

Tab. 3 Beton C30/37-XC2, XC1 S3, D_{max} 16 mm, náběh pevnosti 9 až 10 h

Tab. 3 Concrete C30/37-XC2, XC1 S3, D_{max} 16 mm, start of increase of strength – 9 to 10 hours

Složka		Druh	Množství [kg]	Obj. hmotnost mater. [kg/m ³]
Cement		CEM II/A–M 42,5 R Rudersdorf	255	3 100
Kamenivo	0–4	Hostín	940	2 590
	8–16	Všchlapy	875	3 070
Voda		vodovod	170	1 000
Přísada		Glemium 110	1	1 090
		Isola BV	3,6	1 160
Příměs		popílek Ledvice	80	2 200
		struska Dětmarovice	80	2 500



Zdalo se, že po stránce receptur je vše dostatečně vyřešeno, ale vlastní realizace ukázala, že použití plastifikátorů na bázi polykarboxylátů způsobuje vysokou lepivost betonové směsi, a tím i velké znečištění povrchů bednicích plechů posuvného bednění a armovací výztuže. Po několika dnech realizace jsme zjistili, že receptura je velmi choulostivá na venkovní teploty, a tak bylo potřeba receptury průběžně upravovat v návaznosti na venkovní teplotu, která při nepřetržité betonáži 24 h denně často výrazně kolísala. Po sedmi dnech betonáže, kdy realizátor se zpracovatelností betonové směsi stále nebyl spokojen, upravil hlavní technolog dodavatele betonu za souhlasu projektanta věží konzistenci používaných betonů z S3 na S4. Konzistence byla vždy laděna na sednutí Abramsova kužele 190 až 210 mm. S upravenými recepturami byla až na několik výjimek provedena betonáž celých věží.

I když dodavatel jednotlivých vstupních materiálů pro betonovou směs zaručoval vždy stejné parametry, stalo se několikrát, že přivezená betonová směs měla dobu tuhnutí dosti odlišnou – velice rychlou, a tím byla ohrožena kvalita povrchu železobetonové stavby. Po okamžitém zásahu hlavního technologa dodavatele betonu, který byl dosažitelný na telefonu 24 h denně celou dobu betonáže, došlo opět ke stabilizaci vlastností a chování čerstvého betonu a k uklidnění situace.

Důležitým prvkem, který také pozitivně ovlivňoval průběh realizace, byly bohaté praktické zkušenosti vedoucích pracovníků realizační firmy, kteří se prakticky vyjadřovali k objednávání každé dávky betonu v závislosti na složitosti konstrukce a předpokládané rychlosti posunu a doporučovali množství přísad.

Tab. 4 Sledování vývoje tekutosti tří směrů v čase (rozlív cementového tmelu z kužele výšky 90 mm)

Tab 4 Monitoring of development of consistency of 3 mixes in time

Označení receptury		Doba zrání [min]							
		15	30	60	90	120	150	365	409
1 – se zpomalovačem	teplota směsi [°C]	236	222	220	220	212	209	–	207
	rozlív (průměr koláče) [mm]	230	236	248	250	243	235	–	213
2 – základní	teplota směsi [°C]	233	229	227	219	213	209	207	–
	rozlív (průměr koláče) [mm]	235	240	248	243	248	245	220	–
3 – s upravenými dávkami jemných příměsí	teplota směsi [°C]	268	250	239	232	227	222	–	–
	rozlív (průměr koláče) [mm]	223	233	240	240	235	230	–	–

DOPRAVA ČERSTVÉHO BETONU NA MÍSTO ULOŽENÍ

Jedna věc je beton navrhnut a vyrobit, ale neméně důležité je zajištění dopravy betonu od betonárky do bednicích plechů posuvného bednění.

Původně navržený systém objednávání mixu běžným způsobem s tím, že betonář schodišťových věží měla prioritu pro dodávky, se ukázal vzhledem k obtížně odhadnutelným zpožděním u jiných zpracovatelů jako nedostačující, a teprve zavedením systému dvou stálých mixů určených pouze pro realizaci věží se dostala tato část dopravy do optimálního stavu. Zkušební krychle byly plněny přímo na betonárně a po příjezdu mixů na stavbu byla zkontrolována konzistence a beton mohl být dopraven pomocí betonového čerpadla a dvou distributorů betonu přímo do bednění. Po vyladění souběhu hlavního čerpadla na beton (Putzmeister BSA 2109 HD) s rezervním (Putzmeister BSA 1407 D-EH) byla činnost celé obsluhy bezchybná.

ZÁVĚR

Sledoval-li nezáúčastný pozorovatel realizaci s pohledem na dodávku betonu, mohlo se mu to vše zdát velice jednoduché. Beton se plynule vyrábí a dováží, na stavbě je po kontrole dopravován přes čerpadlo a svislá potrubí do distributorů a odtud jde přímo do bednicích plechů, kde je uložen a zvlivován. Zkušený odborník ale ví, že právě tato zdánlivá plynulost a jednoduchost je projevem a důsledkem pravé profesionality, kterou do této fáze výstavby vložili všichni realizátoři pod vedením hlavního dodavatele stavby.

Je třeba připomenout, že během celé doby betonáže byli všichni odpovědní pracovníci neustále dosažitelní na telefonu nebo přímo na stavbě. Bez ohledu na své funkce byli k dispozici 24 h denně a operativně řešili všechny vzniklé problémy tak, aby se za několik hodin staly jen běžnými pracovními záležitostmi. Ví, že tento způsob nemůže být běžný u realizace všech staveb a jsem rád, že u této akce se toto podařilo uskutečnit.

Velice cenné praktické konzultace poskytli realizátorům odborníci pro beton Ing. Milada Mazurová, TBG Metrostav, Ing. Jiří Jelínek, Skanska Transbeton, a Ing. Vladimír Veselý, Betotech.

Investor	Elektrárna Ledvice – ČEZ
Projekt	Recoc Praha, s. r. o.
Hlavní dodavatel stavby	Metrostav, a. s., divize 8 – Ing. Zeman, Ing. Špryňar, Ing. Vrbka
Subdodavatel	Omega-Teplotechna Praha, a. s. – p. Flíbor, Ing. Šefčík, Ing. Ježek
Dodavatel betonu	Sdružení CEMEX – ILLBAU – p. Fenyk, Ing. Dlouhý
Čerpání betonu	fa Aleš Caska
Smluvní konzultant	Betonconsult, s. r. o. – Doc. Ing. Dohnálek, CSc, Ing. Tůma, Ph.D.

Ing. Bohumil Ježek
Omega-Teplotechna Praha, a. s.
Velehradská 26, 130 00 Praha
tel.: 222 728 683
e-mail: Jezek@ot.cz, www.ot.cz



Kvalifikační kurzy

Pořádá Sdružení pro sanace betonových konstrukcí a BETONCONSULT, s.r.o.



PROVÁDĚNÍ A KONTROLA SANACÍ BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ I

Termín: 25. – 28. 1. 2010, nebo 15. – 18. 2. 2010 Cena 4 370,- Kč + 19% DPH

PROVÁDĚNÍ A KONTROLA SANACÍ BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ II

Termín: 1.– 4. 2. 2010 Cena 4 370,- Kč + 19% DPH

VADY A PORUCHY STAVEB – POUČENÍ Z CHYB

Termín: 18. – 20. 1. 2010, nebo 8. – 10. 2. 2010 Cena 2 900,- Kč + 19% DPH

Přednášejí: Prof. Ing. J. Bilčík, CSc.; Ing. M. Birnbaumová; Ing. L. Bukovský; Doc. Ing. J. Bydžovský, CSc.; Doc. Ing. J. Dohnálek, CSc., Ing. P. Dohnálek, MSCE; Prof. Ing. R. Drochytka, CSc.; Ing. K. Dvořák, Ph.D.; Ing. H. Geiplová; Ing. J. Hromádka; Ing. P. Hruža; Bc. D. Jedinák; Ing. L. Káně; Ing. B. Kučera; Ing. J. Labuda; Doc. Ing. D. Makovička, DrSc.; Doc. Ing. Z. Matějka, DrSc.; Prof. Ing. P. Novák, CSc.; Ing. V. Pumpř, CSc.; Ing. J. Staněk; Ing. T. Tayerle; Ing. P. Tůma, Ph.D.; JUDr. D. Uhlíř; Doc. Ing. M. Vašek, CSc.; Ing. K. Zetková; Ing. J. Zmek

Akreditace: Všechny kurzy jsou akreditovány komorami ČKAIT a ČKA – 3 body.

Osvědčení: O absolvování každého kurzu se vydává osvědčení.

**pro pracovníky
stavebních firem,
investory, pracovníky
státní správy,
projektanty**

Místo konání: Praha

Garant kurzů:

Doc. Ing. J. Dohnálek, CSc.
dohnalek@sanacebetonu.cz
Tel.: 602 324 116

Sekretariát:

Tel./fax: 244 401 879, 602 508 571
kurzy@dohnalek.org
www.betonconsult.cz

On-line přihláška a podrobné informace na www.dohnalek.org