

Projektová dokumentace pro provádění stavby

D.1.2 Stavebně konstrukční řešení

D.1.2 a) Technická zpráva

Stavba:

Revitalizace Sankturinovského domu v Kutné Hoře

Palackého náměstí čp. 377/5, Kutná Hora – Vnitřní Město

Investor:

Město Kutná Hora

Havlíčkovo náměstí 552/1

284 01 Kutná Hora – Vnitřní Město

Objednatel:

Masák & Partner, s.r.o.

Rooseveltova 39/575

160 00 Praha 6 - Bubeneč

Zpracovatel:

RECOC, spol. s.r.o.

Seydlerova 2451/8

Praha 13, 158 00

Projektant:

Ing. Miloslav Smutek, Ph.D.

Projekční tým:

Ing. Zbyněk Pechan

1 Obsah

1	Obsah	2
2	Soubor použitých norem a literatury	3
2.1	Řada norem ČSN	3
2.2	Zákony a vyhlášky	4
3	Použité podklady a literatura	4
4	Použité programy	4
5	Charakteristika objektu	5
5.1	SO 04	5
5.1.1	Základová deska schodišťové věže	5
5.1.2	Schodišťová věž	5
6	Výsledky průzkumů	6
6.1	Geologické poměry	6
6.1.1	Geologické poměry	6
6.1.2	Hydrologické poměry	6
6.1.3	Zhodnocení základových podmínek	6
7	Použité materiály	6
7.1	Ocelové konstrukce:	6
7.2	Betonové konstrukce:	6
8	Požadavky na vypracování dokumentace zajišťované zhotovitelem stavby	6
9	Požadavky na bezpečnost při provádění nosných konstrukcí	6
10	Provádění, tolerance a kontroly	7
11	Ochrana ocelové konstrukce	7
11.1	Povrchové úpravy ocelové konstrukce	7
11.2	Protikorozní ochrana ocelové konstrukce nátěry	7
11.3	Protipožární ochrana ocelové konstrukce nátěry	7
12	Klasifikace ocelových konstrukcí a kritérií	7
12.1	Zatřídění konstrukce	7
12.2	Kritéria pro výrobu konstrukce	8
13	Ošetřování betonu	8
13.1	Teoretický úvod	8
13.2	Způsob a časový průběh ošetřování	8
14	Betonáž v zimním období	10
14.1	Podmínky s nízkými teplotami	10
14.2	Podmínky se zápornými teplotami	10
15	Betonáž v letním období	11
16	Trhliny v betonu	12
16.1.1	ČSN EN 1992-1-1:2011	13
17	Závěr	13

2 Soubor použitých norem a literatury

2.1 Řada norem ČSN

ČSN 73 0038:2014	Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí – Doplnující ustanovení
ČSN 73 1105	Navrhování a provádění hurdiskových stropů
ČSN 73 1201:2010	Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb
ČSN EN 206+A1:2018	Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
ČSN EN 338:2016	Konstrukční dřevo. Třídy pevnosti
ČSN EN 1536+A1	Provádění speciálních geotechnických prací – Vrtané piloty
ČSN EN 13271	Spojovací prostředky pro dřevo - Charakteristické únosnosti a moduly posunutí spojů se speciálními hmoždíky, oprava 1
ČSN EN 13670	Provádění betonových konstrukcí – oprava 1
ČSN EN 14080:2013	Dřevěné konstrukce – Lepené lamelové dřevo a lepené rostlé dřevo - Požadavky
ČSN EN 1990	Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí – oprava 1, 2, 3, 4; změny A1, Z1, Z2, Z3; NA ed. A; ed. 2
ČSN EN 1991-1-1	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb – oprava 1; změny Z1, Z2; NA ed. A
ČSN EN 1991-1-2	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. Část 1-2: Obecná zatížení - Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru - oprava 1, 2, 3; NA ed. A
ČSN EN 1991-1-3	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem – oprava 1; změny A1, Z1, Z2, Z3, Z4, Z5; NA ed. A; ed.2 - změna A1
ČSN EN 1991-1-4	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem – oprava 1, 2, 3; změny Z1, Z2, Z3; NA ed. A, - změna A1; ed.2
ČSN EN 1991-1-5	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou – oprava 1, 2; změny Z1, Z2; NA ed. A
ČSN EN 1992-1-1	Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby – oprava 1, 2; změny A1, Z1, Z2, Z3; NA ed. A; ed.2 - změna A1, Z1
ČSN EN 1992-1-2	Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-2: Obecná pravidla - Navrhování konstrukcí na účinky požáru – oprava 1; změna NA ed. A
ČSN EN 1993-1-1	Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby – oprava 1, 2; změna A1, Z1, Z2, Z3; NA ed. A; ed.2 - oprava 1, změna A1
ČSN EN 1993-1-2	Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí. Část 1-2: Obecná pravidla: Navrhování konstrukcí na účinky požáru – oprava 1; změna Z1; NA ed. A
ČSN EN 1993-1-8	Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků – oprava 1, 2; změna Z1, Z2, Z3; NA ed. A; ed. 2
ČSN EN 1995-1-1	Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby – změna A1, A2; NA ed. A
ČSN EN 1995-1-2	Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí. Část 1-2: Obecná pravidla – Navrhování konstrukcí na účinky požáru – oprava 1; NA ed. A
ČSN EN 1996-1-1+A1:2013	Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce – NA ed.A

ČSN EN 1996-1-2	Navrhování zděných konstrukcí. Část 1-2: Obecná pravidla - Navrhování konstrukcí na účinky požáru – oprava 1; změna Z1; NA ed. A; ed.2
ČSN EN 1996-2	Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí. Část 2: Volba materiálů, konstruování a provádění zdiva – oprava 1; změna Z1; NA ed. A
ČSN EN 1996-3	Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí. Část 3: Zjednodušené metody výpočtu nevyztužených zděných konstrukcí – oprava 1; NA ed. A
ČSN EN 1997-1	Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí. Část 1: Obecná pravidla – oprava 1; změna NA ed. A
ČSN ISO 2394:2016	Obecné zásady spolehlivosti konstrukcí.
ČSN ISO 13822:2014	Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí.
ČSN EN ISO 6892-1:2009	Kovové materiály – Zkoušení tahem
ČSN EN ISO 12696	Katodická ochrana oceli v betonu
ČSN EN ISO 12944-05	Nátěrové hmoty – Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy - Část 5 – Ochranné nátěrové systémy
ČSN EN ISO 14713-1	Zinkové povlaky – Směrnice a doporučení pro ochranu ocelových a litinových konstrukcí proti korozi – Část 1: Obecné zásady pro navrhování a odolnost proti korozi
ČSN EN ISO 14713-2	Zinkové povlaky – Směrnice a doporučení pro ochranu ocelových a litinových konstrukcí proti korozi – Část 2: Žárové zinkování ponorem

2.2 Zákony a vyhlášky

Zákon č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu v platném znění –

Vyhláška č. 499/2006 Sb., Vyhláška o dokumentaci staveb, v platném znění (Vyhláška č. 405/2017 Sb., částka 144 ze 7.12.2017 o dokumentaci staveb ve znění Vyhlášky č. 62/2013 Sb. a vyhláška č. 169/2016 Sb.)

3 Použité podklady a literatura

- [1] Architektonicko-stavební řešení, Masák & Partner, s.r.o., 12/219
- [2] FEM, principy a praxe metody konečných prvků, Kolář, V., Němec, I., Kanický, V. a navazující manuály k programům NEXX.
- [3] Programy FINE – uživatelské manuály
- [4] Manuál k programu RENEX3D, RECOC, spol. s r.o.,
- [5] Manuál k programu SCIA ENGINEER, Nemetschek Scia s.r.o., 2013
- [6] Uživatelský a teoretický manuál programu RENEX3D, verze 7.01, RECOC, spol. s r.o., 02.2019
- [7] Fotografie dokumentace Kutní Hora č.p.377 Etapa I: zabezpečení věže a budovy do přízemí, SURPMO, 12/1966
- [8] Fotografie dokumentace Kutní Hora č.p.377 Statika, SURPMO, Ing. Trmač, 09/1969

4 Použité programy

Programy RENEX - © FEM consulting Brno s.r.o., RECOC, spol. s r.o.,

Preprocesory a postprocesory RECOC-BETON - © RECOC, spol. s r.o.,

FIN - © FINE s.r.o.

Tabulkové procesory Excel, © RECOC, spol. s r.o.

SCIA ENGINEER, Nemetschek Scia s.r.o., 2019

SJ Mepla – Software for Structural Glass Design, v3.5.9 (2013)

5 Charakteristika objektu

Projekt řeší adaptaci historicky hodnotného Sankturinovského domu, dvorního domku, nádvoří a přilehlé zahrady pro účely galerie a Informačního centra Města Kutná Hora. Využívá polohy domu na hlavním kutnohorském náměstí, která je ideální pro využití objektu veřejností a vzniku místa, kam budou pravidelně přicházet nejen turisté do informačního centra, ale i obyvatelé města na pravidelné výstavy a letní kulturní akce.

$\pm 0,000 = 249,40 \text{ m n.m. (Bpv)}$

5.1 SO 04

V prostoru nádvoří vznikne nová exteriérová schodišťová věž. Součástí věže je propojovací lávka, která zajišťuje spojení mezi Sankturinovským domem (SO 01) a Dvorním domkem (SO 02). Součástí věže je také točité vřetenové schodiště, které zajišťuje přístup na propojovací lávku z úrovně nádvoří (SO 03). Při návrhu byla zohledněna i možnost budoucího doplnění zdvižné plošiny. Opláštění schodišťové šachty bude provedeno z tenkých nerezových profilů.

Schodišťová věž bude spojovat 2.NP SO 01 a 2.NP SO 02 s plochou nádvoří (SO 03).

5.1.1 Základová deska schodišťové věže

Na základě dostupných podkladů byl proveden návrh základové desky ocelové konstrukce schodišťové věže. Základ je tvořen železobetonovou deskou tloušťky 400 mm s horní hranou 150 mm pod úrovní dlažby nádvoří. Deska je vzhledem k základovým podmínkám, které jsou stručně popsány v [7], navržena na čtveřici mikropilot. Mikropiloty jsou tvořeny ocelovou výtuhou z trubky 89/10 do vrtu $\varnothing 180 \text{ mm}$. Kořen mikropilot je navržen v délce 2,0 m v podkladních slínovcích. Předpokládaná horní úroveň vrstvy slínovců je cca 6,5 m pod úrovní terénu. Vzhledem k tomu, že investorem nebyl předložen inženýrsko-geologický průzkum, je nezbytné hloubku nosné vrstvy slínovců ověřit při samotném provádění mikropilot a v návaznosti na to upravit jejich délku tak, aby byly splněny výše uvedené podmínky.

5.1.2 Schodišťová věž

Schodišťová věž je vytvořena z ocelových stojek z uzavřeného obdélníkového průřezu. Štíhle sloupky jsou kladeny po obvodě eliptické obálky věže a ve svých zhlavích jsou vždy rámově spojeny s protějším sloupkem. Tyto příčné rámy jsou mezi sebou stabilizovány příčlemi, které zajišťují měkkou osu jáklu proti vybočení ve vzpěru a pomáhají přerozdělení sil na věži. Horizontální tuhost je dále doplněna v horní části věže, kde je vytvořen tuhý příhradový obvodový prstenec, který celou konstrukci stabilizuje. Vlastní střešní rovina je dále doplněna o podélná a diagonální ztužidla ve vodorovném směru.

Středem věže prochází pěší lávka, která je tvořena dvojicí zalomených nosníků z uzavřeného obdélníkového průřezu. Zalomené nosníky jsou opřeny o stávající objekty a střední část lávky vynáší schodišťová věž. Lávka je horizontálně dilatovaná na své jedné straně, aby se nepřenášely síly mezi objekty.

Na lávku jdoucí mezi nadzemními patry vede jedno venkovní vřetenové schodiště a výhledově je umožněna i montáž zvedací plošiny. Vřetenové schodiště je řešeno střední kruhovou trubkou, kolem které jsou vinuty schodišťové stupně, které jsou na své druhé straně podepřeny schodnicí z plechu. Vnější ocelová schodnice je dále kotvena do ocelových obvodových sloupků u fasády z důvodu snížení deformací a zajištění potřebné tuhosti pro komfort využívání.

Pochozí plochy schodišťových stupňů a lávky jsou tvořeny pororošty.

Kotvení ocelové konstrukce do základové desky je navrženo pomocí chemického kotvení. Podlití patních plechů konstrukce musí vykazovat minimální pevnost v tlaku 15 MPa a mrazuvzdornost minimálně v třídě XF3 (například SikaGrout-314).

6 Výsledky průzkumů

Investor nenechal vypracovat žádný aktuální průzkum geologických poměrů, nebo konstrukcí objektu. Veškeré použité informace se zakládají na fragmentech historických projektových dokumentací a osobních pozorováních při návštěvách objektu.

6.1 Geologické poměry

Geologický průzkum není v této fázi projektu k dispozici. Níže uvedené informace jsou získány z technické zprávy projektu zajištění věže [7].

6.1.1 Geologické poměry

Základové zeminy jsou tvořeny jemnými sprašovými hlínami v hloubce 2,5-6,5 m. Od úrovně 6,5 m se nacházejí slíny a slínovce. Povrchové vrstvy jsou tvořeny navážkami vzniklými při výstavbě objektů a přetváření města. Jedná se o haldové materiály a zbytky městských deponií.

6.1.2 Hydrologické poměry

Podzemní voda byla nalezena přibližně 5 m pod úrovní terénu ve dvorní části mezi SO 01 a SO 02.

6.1.3 Zhodnocení základových podmínek

Základová spára SO 04 se bude nacházet ve vrstvách sprašů nebo navážek. Vzhledem k tomu, že se z hlediska zakládání jedná o nevhodné zeminy. Navážky jsou nesourodé a mohou obsahovat organické součásti a sprašové hlíny jsou nebezpečné z důvodu prosedavosti, která může, jednak může ohrozit stabilitu schodišťové věže a jednak nadměrné sedání není přijatelné z důvodu napojení na stávající již vysedané objekty.

Z tohoto důvodu bude proveden návrh základu na mikropilotách opřených do slínovců.

7 Použité materiály

7.1 Ocelové konstrukce:

S 235JR, S355J0, nátěrový systém (barevná specifikace viz architektonicko-stavební řešení)

7.2 Betonové konstrukce:

Základová deska
Podkladní beton

C25/30-XC4, XF3, XA1(CZ, F.1)-CI 0,4-Dmax 22-S4
C12/15-X0

8 Požadavky na vypracování dokumentace zajišťované zhotovitelem stavby

Pro ocelové konstrukce zajistí zhotovitel vypracování dílenské dokumentace. Před zahájením výroby musí být tato dokumentace odsouhlasená statikem.

9 Požadavky na bezpečnost při provádění nosných konstrukcí

Při provádění bezpečnostních konstrukcí budou dodržovány všechny odpovídající předpisy platné legislativy. Pracovníci na stavbě musí být s těmito předpisy seznámeni a poučeni o BOZ.

10 Provádění, tolerance a kontroly

Tolerance se obecně řídí ustanoveními ČSN EN 13670 Provádění betonových konstrukcí konkrétně kapitola 10 a Příloha G. Tolerance prefabrikovaných konstrukcí dále řeší norma ČSN 73 0210 - Geometrická přesnost ve výstavbě - Podmínky provádění - Část 1: Přesnost osazení.

Kontroly a kritéria shody jsou uvedeny v ČSN EN 206 Beton. Vlastnosti, výroba, ukládání a kritéria hodnocení [změna Z3](#), kapitole 8.

Ocelová nosná konstrukce bude prováděna v souladu s ustanoveními norem ČSN EN 1090-1+A1 Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí – Část 1: Požadavky na posouzení shody konstrukčních dílců a ČSN EN 1090-2+A1 Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí – Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce. Povrch spojovaných dílů třecími spoji je uvažován jako třída B.

Kontrola a údržba ocelových konstrukcí se řídí ustanoveními normy ČSN 73 2604 Ocelové konstrukce – Kontrola a údržba ocelových konstrukcí a inženýrských staveb.

Tolerance ocelových konstrukcí se obecně řídí ustanovením ČSN EN 1090-2+A1. Konkrétně se jedná o kapitolu 11 a Přílohu D.

11 Ochrana ocelové konstrukce

11.1 Povrchové úpravy ocelové konstrukce

Všechny povrchy ocelové konstrukce budou tryskány podle ČSN EN ISO 8501 ve stupni Sa 2 ½ (Velmi důkladné tryskání). Před vlastním provedením nátěrů musí být všechny povrchy zbaveny nečistot a mastnot (Další doporučení v EN ISO 12944-4 Příloha C).

Finální nátěr a jeho barevnost se řídí návrhem architekta.

11.2 Protikorozní ochrana ocelové konstrukce nátěry

Ocelové konstrukce musí být ochráněny proti korozi. Ochrana bude vytvořena z protikorozních nátěrů konstrukce (barvy na bázi akrylátů). Nátěry musí být provedeny minimálně ve dvou vrstvách. Finální tloušťku nátěru určí dodavatel na základě předpisů výrobce tak, aby splňovala předpisy EN ISO 12944 a odpovídala prostředí a klimatickým vlivům okolí.

Prostředí (stupeň korozní agresivity) okolo konstrukce je klasifikováno kategorií C2.

Dílenská montáž jednotlivých kusů musí být provedena v suchém prostředí. Důvodem je ochrana ocelové konstrukce před korozí. Konstrukce nebude ochráněna galvanizací, ale nátěry z vnější části. Z tohoto důvodu se v trubkách při přivařování nesmí vyskytovat voda a nadměrná vlhkost, která by byla v konstrukci uzavřena. Trubky spodních nosníků nutno zavičkovat, aby se zabránilo vniknutí vody do vnitřního prostoru trubek, která by způsobila korozi konstrukce zevnitř.

11.3 Protipožární ochrana ocelové konstrukce nátěry

Ocelová konstrukce navržena tak, aby bez aplikace ochranných nátěrů splnila požadavek **R 15 minut**. Jedná se o zaručení únosnosti i stability „R“ po dobu 15-ti minut.

12 Klasifikace ocelových konstrukcí a kritérií

12.1 Zatřídění konstrukce

- Konstrukce je zařazena do třídy provedení konstrukce EXC2.
- Kategorie použitelnosti je SC1 dle tabulky B. 1 přílohy B ČSN EN 1090-2+A1.

- Třídy následků CC2 dle ČSN EN 1090 (střední následky).
- Výrobní kategorie PC2.
- Třída spolehlivosti RC2 - dle ČSN EN 1990 ($K_{FI}=1,0 [-]$)

12.2 Kritéria pro výrobu konstrukce

- Svařování – Standardní požadavky na jakost – EN ISO 3834-3 (EXC2)
- Přípustnost pro vady svarů – EN ISO 5817 – C (EXC2)
- Dozor nad svařováním se řídí podle EN ISO 14 731
- Při provádění dodržovat ČSN EN 1090

13 Ošetřování betonu

13.1 Teoretický úvod

V průběhu tuhnutí a tvrdnutí betonu dochází k řadě chemických procesů dostatečně popsanych v odborné literatuře. Řada těchto procesů má vliv na mechanické vlastnosti betonu a jeho celistvost. Nedílnou součástí hydratace cementu je chemické smrštění způsobené tím, že objem produktů hydratace je menší než objem cementu a vody. Kromě toho dochází k jevu zvanému samovysychání. Po zatvrdnutí beton hydratuje dále a pro tento proces odebírá vodu z kapilárních pórů. Vlivem kapilárních sil takto vyvolaných dochází ke smršťování vysycháním zevnitř betonu. Souhrnně se používá termínu autogenní smrštění. Tyto jevy jsou umocněny používáním betonů se superplastifikátory a tím nízkým vodním součinitelem a velmi hutnou strukturou. Ošetřovací voda proniká do betonu obtížně a zvolna.

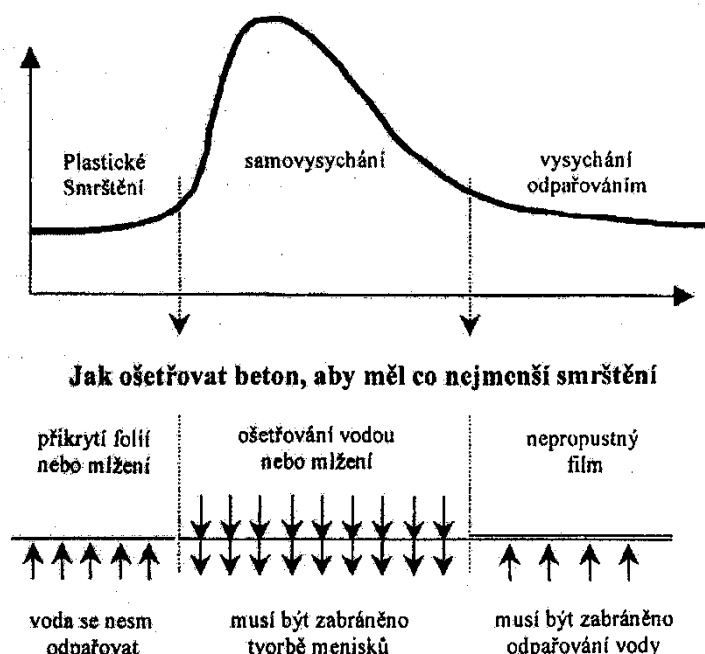
Souběžným jevem při hydrataci je vývoj hydratačního tepla. V první fázi tvrdnutí dochází k tzv. teplotní expanzi. Ta jde proti hydratačnímu smrštění, objemové změny jsou tudíž nepatrné. Po dosažení maximální teploty dochází k ochlazování – teplotní kontrakci. Sčítá se zde smršťování vlivem hydratace s ochlazováním. Toto období je pro vznik mikrotrhlin patrně nejkritičtější. Proto je ošetřování v této fázi neobyčejně důležité.

V neposlední řadě je nutno zmínit tzv. alkalicko-křemičitou reakci. Ta probíhá výrazněji v popraskaném betonu. Voda zde může migrovat ke vznikajícím gelům, díky mikrotrhlinám je beton křehčí a rozpínavé gely jej mohou snadněji poškodit.

13.2 Způsob a časový průběh ošetřování

Ošetřování betonu je nutno zahájit bezprostředně po zhutnění, nejprve zabráněním odpaření záměsové vody. Poté je nutno kropením doplnit vodu spotřebovanou hydratací. Po intenzivní hydrataci je možné beton pouze zakrýt. Geotextilie nebo podobné materiály nesmí být položeny na beton suché, protože způsobí okamžité odsátí vody z povrchu betonu a tím následné sprášení jeho povrchu. Savé vrstvy je tedy nutno pokládat navlhčené. Pokud se používá rosení nebo mlžení, nesmí být voda příliš studená, aby nevyvolala v povrchových vrstvách betonu teplený šok. (zdroj www.transportbeton.cz).

Časový průběh ukazuje přiložený graf.



Obrázek 1 Graf smrštění a ošetřování betonu

V první fázi dochází k plastickému smrštění. V této fázi je nutno beton zakrýt neprodyšnou folií nebo povrch mlžit tak, aby nedocházelo k odpaření vody z betonu. Ve fázi samovysychání je nutno beton kropit nebo mlžit. Důvodem je náhrada vody spotřebované zevnitř betonu pro hydratační proces. Je-li do betonu přiváděno dostatečné množství vody zvenku, nedochází k odsávání vody v kapilárách, tím tvorbě menisků a silovým účinkům v kapilárních pórech, způsobujícím další smrštění betonu. Teprve ve fázi třetí stačí zabránit vysychání odpařováním překrytím povrchu nepropustnou folií.

Časově se tyto fáze určují poměrně obtížně. Záleží na typu cementu a jeho výrobci (na Moravě jsou třeba Hranice podstatně rychlejší než Mokrý), na vodním součiniteli, na přísadách, teplotě atd. Obecně lze říci, že beton by se měl kropit nebo mlžit ihned poté, co zatuhne. Tento okamžik se pozná podle toho, že beton začíná "topit". Nastává většinou nejpozději po 12 hodinách, ale může to být i dříve. Cement začíná uvolňovat výrazněji teplo už asi po třech hodinách. Jemně nanášená voda mu tedy neuškodí již třeba po zmíněných třech hodinách. Kropit by se mělo vodou přibližně stejné teploty, jako má beton, aby v důsledku rozdílu teplot nedošlo ke vzniku trhlinek na jeho povrchu. Následně platí, že čím déle se bude s kropením pokračovat, tím lépe. Alespoň jeden nebo dva dny, spíše déle. U betonů s vysokými nároky na pohledovou vrstvu až týden. Zkrátka po dobu, kdy cement výrazně hydratuje. Dokud pevnost prudce roste, mělo by se kropit, ať se může voda spotřebovaná hydratací doplňovat. Po skončení kropení je nutno beton přikrýt. Překrytí ponechat opět čím déle, tím lépe.

Ošetřování betonu a jeho ochranu specifikuje odstavec 8.5 normy ČSN EN 13670 a příloha F 8.5.. Dobu ošetřování specifikuje Tabulka 4 – Třídy ošetřování:

Tabulka 4 – Třídy ošetřování

	Třída ošetřování 1	Třída ošetřování 2	Třída ošetřování 3	Třída ošetřování 4
Doba ošetřování (hodin)	12 ^a	nepoužívá se	nepoužívá se	nepoužívá se
Procentní hodnota předepsané charakteristické 28denní pevnosti	nepoužívá se	35 %	50 %	70 %

^a Za předpokladu, že tuhnutí nepřekročí 5 hodin, a teplota povrchu betonu je 5 °C nebo vyšší.

Tabulka F.3 – Nejkratší doba ošetřování pro třídu ošetřování 4 (odpovídající povrchové pevnosti betonu rovnající se 70 % stanovené charakteristické pevnosti)

Teplota povrchu betonu (t), °C	Nejkratší doba ošetřování, dny ^{a)}		
	Vývoj pevnosti betonu ^{c, d)} (f_{cm2}/f_{cm28}) = r		
	rychlý $r \geq 0,50$	střední $0,50 > r \geq 0,30$	pomalý $0,30 > r \geq 0,15$
$t \geq 25$	3	5	6
$25 > t \geq 15$	5	9	12
$15 > t \geq 10$	7	13	21
$10 > t \geq 5$ ^{b)}	9	18	30

^{a)} Plus doba tuhnutí přesahující 5 hodin.
^{b)} Pro teploty nižší než 5 °C se může doba ošetřování prodloužit o dobu rovnou trvání teploty nižší než 5 °C.
^{c)} Vývoj pevnosti betonu je poměr průměrné pevnosti v tlaku po 2 dnech k průměrné pevnosti v tlaku po 28 dnech stanovených z průkazných zkoušek nebo založených na známém chování betonu s porovnatelným složením (viz EN 206-1).
^{d)} Pro velmi pomalý vývoj pevnosti betonu mohou být uvedeny speciální požadavky v prováděcí specifikaci.

Tabulka 2 Nejkratší doba ošetřování betonu podle ČSN EN 13670

14 Betonáž v zimním období

Podmínky pro betonáž za nízkých teplot jsou podrobně popsány v neplatné normě ČSN 73 2400.

14.1 Podmínky s nízkými teplotami

Prostředí, jehož průměrná denní teplota v průběhu alespoň 3 dnů po sobě je nižší než +5°C pro betony s cementy portlandskými a nižší než +8°C pro betony s cementy směsnými, přičemž nejnižší denní nebo noční teplota neklesne pod 0°C.

Je potřeba zajistit, aby teplota betonu v době jeho zrání neklesla pod +5 °C.

14.2 Podmínky se zápornými teplotami

Prostředí, jehož teplota klesne pod 0°C.

Při výrobě betonové směsi cement nesmí přijít do styku s vodou ani s kamenivem, které mají teplotu vyšší než 60°C (směsné cementy) a 50°C (portlandské cementy). Teplota betonové směsi při vysypání z míchačky nesmí převyšovat hodnotu 30°C (transportbeton) a 25°C (staveništní betonárny).

Nejdelší doba dopravy betonové směsi při teplotě prostředí menší než +5°C je 45minut.

Teplota betonové směsi při vysypání z míchačky musí být taková, aby působením tepelných ztrát během plnění, dopravy a další manipulace až do místa uložení neklesla pod +10°C.

Bednění a výztuž musí být před betonováním očištěny od sněhu a námrazků, povrch podkladu, na který se betonuje, musí mít teplotu nejméně +5°C. Teplota betonové směsi nesmí klesnout před uložením do bednění pod +10°C a musí být taková, aby na začátku tuhnutí byla teplota čerstvého betonu nejméně +5°C. Konstrukce se musí neprodleně po ukončení betonáže přikrýt a ošetřovat tak, aby teplota povrchu betonu neklesla pod +5°C po dobu

nejméně 72 hodin nebo nebyla vystavena působení mrazu, dokud krychelná pevnost betonu nedosáhne u betonu třídy:

C8/10 a nižší	4,0 MPa
C12/15 – C20/25	6,0 MPa
C20/25 a vyšší	8,0 MPa

Tepelný odpor krytu konstrukce nesmí být nižší než tepelný odpor bednění, je třeba dbát na stejnoměrné vychládání konstrukce.

Při teplotě prostředí pod +5°C se beton nesmí kropit vodou, vlhčit ani zaplavovat a je třeba zabránit působení deště a sněhu na povrch betonu.

Pokud se beton ošetřuje proteplováním (ohřevem) a není stanoven na základě porovnávacích zkoušek technologický postup, nesmí teplota betonu při proteplování přestoupit hodnotu +70°C.

Chladnutí povrchu konstrukce musí být pozvolné a rovnoměrné. Pokles teploty nesmí přesáhnout hodnotu 20°C /hod.

Podle dosavadních zkušeností s dosažitelností a účinností těchto opatření, je reálné provádět betonáže do teploty prostředí cca -5°C až -7°C. Pokud by teplota prostředí klesla pod tyto hodnoty, opatření výše uvedená by nemusela být účinná a proces tuhnutí a náběhu počátečních pevností by mohl být narušen. Pokud by se i v těchto podmínkách mělo betonovat, byla by vhodná masivnější opatření – např. elektroohřev.

15 Betonáž v letním období

Citace z časopisu Beton – Technologie, Konstrukce, Sanace, 2/2003 – Materiály a technologie: Letní betonáž, Doc. Ing. Dohnálek Jiří, CSc.

Za letní teploty se obvykle uvažují teploty nad 25°C ve stínu, kdy osluněný povrch betonové konstrukce může dosahovat teplot až 40-60°C.

Hydratace cementu, která způsobuje zrání betonu je procesem, který je významně urychlován zvýšenými teplotami (zvýšení teploty o 15-20°C vede ke zvýšení rychlosti hydratace o 100%). Dále v letním období dochází k nárůstu teploty výchozích složek, zejména kameniva, které se také nepříznivě projevuje na vlastnostech betonu.

Hlavní změny parametrů betonu v důsledku betonáže za zvýšených teplot:

1. Snížení zpracovatelnosti betonové směsi (zvýšení teploty o 15°C představuje 20% snížení zpracovatelnosti).
2. Pokles pevnosti betonu až do úrovně cca 10%, který je dán poměrně rychlým odpařováním vody z povrchu betonové konstrukce i horšími podmínkami zpracování betonové směsi.
3. Pokud je beton následně zvlhčen, lze počítat s dodatečným nárůstem betonu v delších termínech než jsou normové (28 dní).
4. Z hlediska objemových změn je výrazné rané hydratační smrštění, které se projevuje u vyztužených konstrukcí trhlinami, které kopírují horní výztuž (viz foto). Tyto trhliny jsou pak následně rozšiřovány smrštěním vlivem rychlého vysychání betonu. Tyto trhliny mohou mít důsledky zasahující statiku konstrukce (soudržnost výztuže a betonu, celistvost průřezu), ale zejména jsou ze strany investora nepřijatelné z estetických důvodů, případně z hlediska trvanlivosti konstrukce.

Opatření pro bezrizikové betonáže v období vysokých teplot:

5. Z technologických opatření se doporučuje použití betonové směsi s co nejnižším vývojem hydratačního tepla a zajištění co nejnižší teploty výchozích složek betonové směsi. Obvykle se doporučuje použití směsných cementů místo cementů čistě portlandských a použití zpomalovacích přísad. V betonárně by měla být připravena „letní receptura“ betonové směsi.
6. Z organizačních opatření je nejjednodušší přesunutí betonáží na ranní, večerní či noční hodiny. Velkou výhodou je, pokud v době 6-12h po betonáži není beton přímo ozařován sluncem za vysokých teplot.

7. ***Za efektivní ošetření betonové konstrukce lze považovat její zakrytí provlčenou geotextílií nebo jinou sorbující látkou. Pouhé kropení nebo mlžení nelze považovat za účinné opatření. Nelze také spoléhat na ochranné nástřiky, které odpar vody zbrzdí, ale nejsou schopny jej zablokovat.***
8. ***Vhodným opatřením je zmenšení betonovaných úseků za cenu nárůstu pracovních spár a zvýšení dohledu na technologickou kázní při ošetřování vybetonovaných částí.***

16 Trhliny v betonu

Trhliny v betonových konstrukcích jsou dvojího druhu. Jednak jsou to trhliny smršťovací, jednak ohybové. Příčina jejich vzniku může být samozřejmě i v kombinaci obou příčin.

K trhlinám ohybovým. Ohybová trhлина je nezbytně nutná pro aktivaci nosné funkce tahové výztuže. Moment na vzniku trhliny je výrazně menší, než moment únosnosti ohýbaného průřezu (v terminologii již neplatné ČSN 73 1201). Dovolíme si uvést dva příklady. U fiktivní stropní desky běžné tloušťky a vyztužení je moment na mezi únosnost (při použití metody mezní únosnosti) 48,147 kNm/m'. Moment při vzniku trhlin je 37,085 kNm/m'. Ještě markantnější je rozdíl u trámu. Zde je např. moment na mezi únosnosti 621,040 kNm oproti 349,054 kNm, kdy vznikne první trhлина. Z uvedeného vyplývá, že vznik ohybové trhliny je zcela legitimní a všechny betonářské normy s ní počítají. V některých případech může být poměr ještě výrazně vyšší. Pro výpočet tuhosti betonového průřezu uvažuje literatura (tedy nejen ČSN) s třemi různými stádii. První, kdy ohybový moment nepřesahuje hodnotu momentu při vzniku trhlin - průřez působí jako homogenní. Třetí stadium začíná okamžikem, kdy ohybový moment přesáhne 5ti násobek hodnoty momentu při vzniku trhlin. V tomto případě se uvažuje tuhost se zcela vyloučeným betonem v tahu. Druhé stadium je mezi nimi a tuhost se stanovuje lineární interpolací (opět dle neplatné ČSN 73 1201).

Ohýbané průřezy se navrhují nejen na mezní stav únosnosti, ale i použitelnosti. To znamená, že se posuzuje deformace prvku a šířka trhliny. Přípustná šířka trhliny pro běžná prostředí v uzavřených objektech je podle většiny předpisů 0,3.

K trhlinám smršťovacím. Smršťování je naprosto přirozená vlastnost betonu, kterou není možno eliminovat. Lze jej redukovat např. ošetřením betonu, množstvím záměsové vody atd.. Metodika výpočtu je obsažena v Eurocodech (v ČR ČSN EN 1992-1-1), resp. Model Codu 90, který byl teoretickým zdrojem pro normy EN. Jiný postup zveřejnil Prof. Z. P. Bažant, model B3. Pokud si vyneseme průběh smršťování v čase, jedná se u všech metod přibližně o logaritmickou křivku, která se začíná zplošťovat přibližně v čase několika let. Ani potom však nemá graf vodorovný průběh, k vodorovné se pouze asymptoticky přibližuje. To znamená, že proces smršťování probíhá celou dobu životnosti konstrukce. Rozvoj trhlin se dá omezit výztuží. To však funguje tak, že je trhlin více, ale jsou menší.

Představa, že betonová konstrukce bude zcela bez trhlin, je značně idealistická a v praxi prakticky nedosažitelná (vyjma plně předepnutých průřezů). Trhliny jsou zcela přirozenou vlastností betonu. Jejich nebezpečí se projevuje prakticky výhradně v agresivním prostředí tím, že může dojít ke korozi výztuže. V běžném suchém prostředí se jedná o vadu kosmetickou. Pokud z trhliny vytéká voda, znamená to, že někudy do konstrukce vtekla a šíří se systémem trhlin aby na jiném místě vytekla. Je tedy potřeba zamezit vtoku vody do konstrukce např. nátěry. Je samozřejmě možné použít i různé nátěrové systémy, které způsobují hloubkovou rekrystalizaci betonu. Tyto nátěry jsou poměrně drahé a v tomto případě asi nemají smysl.

Na závěr citace z normy.

16.1.1 ČSN EN 1992-1-1:2011

Stupeň vlivu prostředí	Železobetonové prvky a prvky předpjaté nesoudržnou výztuží	Prvky předpjaté soudržnou výztuží
	Kvazi-stálá kombinace zatížení	Častá kombinace zatížení
X0, XC1	0,4 ¹⁾	0,2
XC2, XC3, XC4	0,3	0,2 ²⁾
XD1, XD2, XS1, XS2, XS3		Dekomprese
¹⁾ Pro stupně vlivu prostředí X0, XC1 nemá šířka trhliny vliv na trvanlivost a uvedená hodnota má zajistit přijatelný vzhled. Pokud nejsou kladeny požadavky na vzhled, lze uvedenou hodnotu zvětšit.		
²⁾ Pro tyto stupně vlivu prostředí má být kromě toho posouzena dekomprese při kvazi-stálé kombinaci zatížení.		

Tabulka 2 ČSN EN 1992-1-1 část 7.3.1, Tabulka 7.1N

17 Závěr

Konstrukce jsou obecně posouzeny a navrženy v intencích souboru platných norem ČSN. Statický výpočet prokázal, že konstrukce, tak jak jsou navrženy, vyhovují ustanovení platných norem jak z hlediska mezních stavů únosnosti, tak z hlediska mezních stavů použitelnosti. Současně jsou nové konstrukce navrženy s ohledem na maximální možnou hospodárnost a z toho vyplývajícího vlivu na životní prostředí.

Konstrukce byla nadimenzována a posouzena dle 1. skupiny mezních stavů - mezní stav únosnosti - porovnáním únosnosti průřezů s vnitřními silami. Dále byla konstrukce posuzována dle 2. skupiny mezních stavů - mezní stav použitelnosti a také z hlediska stability jak celku, tak dílčích konstrukcí.

Nosná konstrukce **VYHOVÍ** všem příslušným ustanovením platných výše uvedených norem.

V Praze dne 28.02.2020

Ing. Miloslav Smutek, Ph.D.
Autorizovaný inženýr
pro statiku a dynamiku
ČKAIT 0003778

Ing. Zbyněk Pechan

Ing. Milan Klášterka