

Těžký beton pro onkologickou kliniku Fakultní nemocnice Královské Vinohrady

V rámci výměny technologie ve stávajících prostorách ozařovny onkologické kliniky Fakultní nemocnice Královské Vinohrady došlo i k rekonstrukci okolních železobetonových stěn a stropů, jejichž stínící parametry již nevyhovovaly novým požadavkům na umístění systému TomoTherapy H series. Veškeré stávající stínící konstrukce byly demontovány a nahrazeny novou vestavěnou železobetonovou monolitickou konstrukcí. Vzhledem k prostorovým možnostem bylo dostatečné odstínění ionizujícího záření zajištěno dimenzemi stěn a stropů za použití těžkého betonu o objemové hmotnosti 3800 kg/m³ a lokálně byla konstrukce ještě doplněna olovenými obklady.

Jádrem systému TomoTherapy je ozařovač určený pro léčbu nádorů. Tento přístroj kombinuje spirální fotonový lineární urychlovač a spirální počítačový tomograf CT. Při větších dávkách má ionizující záření produkované lineárním urychlovačem negativní biologické účinky, a proto je nutné jej stínit. Princip stínění spočívá v zachycení proudu fotonů vhodným absorbujícím materiálem o dostatečné tloušťce a vyšší měrné hustotě. K takovým účelům se ve stavebnictví běžně používají především olovo a těžký beton.

Podle projektové dokumentace byla navržena tloušťka stropní konstrukce 1100 mm a dle lokálních možností stávajícího prostoru byly navrženy dimenze vestavěných stěn v tloušťkách od 450 do 850 mm. Dále byl předepsán beton C30/37 XC1 o minimální objemové hmotnosti

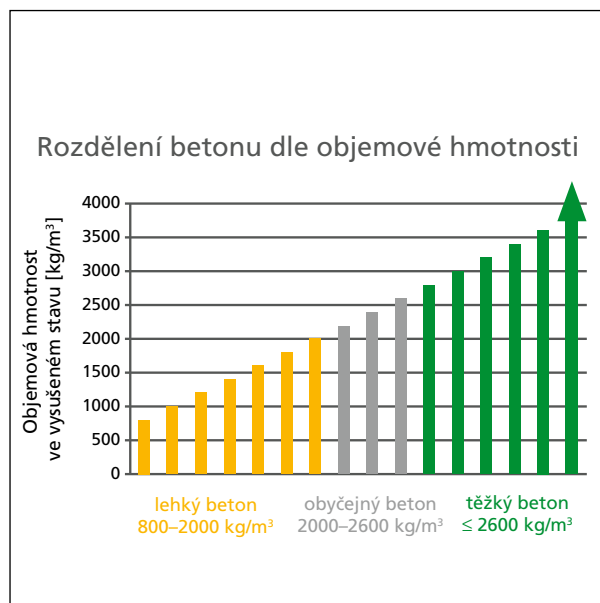
3800 kg/m³ s nízkým vývinem hydratačního tepla. Současně bylo uvažováno s betonáží stropní desky ve dvou krocích po 550 mm s maximální teplotou čerstvé směsi 25 °C, aby byl minimalizován vývin hydratačního tepla v jádře stropu i stěn.

Objemová hmotnost běžného konstrukčního betonu se pohybuje okolo 2200–2300 kg/m³ ve vysušeném stavu. Za těžký beton se považuje materiál s objemovou hmotností od 2600 kg/m³. Projektem požadovaná objemová hmotnost 3800 kg/m³ byla tedy neobvykle vysoká a v ČR s takovými betony není mnoho zkušeností. Nicméně společnost TBG Metrostav již dříve těžké betony testovala a vyvíjela, a proto se podařilo vhodné složení betonu nadefinovat rychle a stejně tak se podařilo bez prodlev připravit betonárnu na výrobu a navést potřebné materiály.

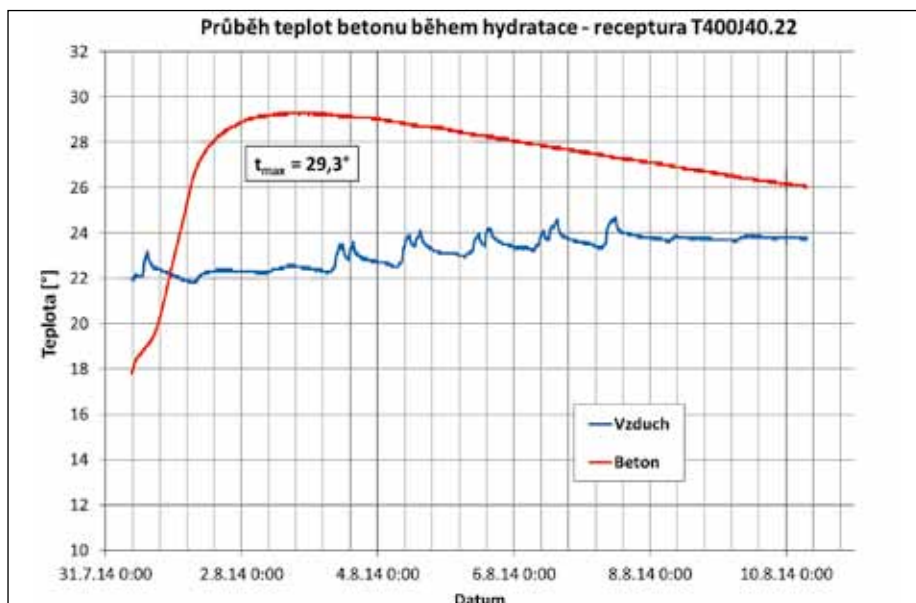
K dosažení vyšší objemové hmotnosti betonu je zapotřebí použití kameniva s vysokým obsahem železa; při požadované objemové hmotnosti se používá přímo železná ruda. Při výběru vhodného typu tohoto materiálu je vedle objemové hmotnosti důležitá otázka dostupnosti. V ČR v současné době nelze tento materiál pořídit, a proto bylo nutné železnou rudu dovážet. Kvůli dosažení optimální křivky zrnitosti bylo nutné kombinovat dvě frakce. Pro železnou rudu byla na betonárně vyčleněna dvě sila, zejména z důvodu omezení rizika kontaminace těžkého plniva kamenivem běžným, dále aby byla zajištěna nízká vlhkost a aby byl minimalizován ohřev rudy vlivem slunečního záření.

S ohledem na vysokou objemovou hmotnost směsi, a tím i vyšší zatížení na míchací jádro a autodomíchávače, bylo upraveno maximální množství míchaného i transportovaného materiálu. Pro samotnou výrobu těžkých směsí byla zvolena betonárna Libeň, která je vybavena nejmodernějším a největším míchacím jádrem. Maximální obsah míchacího jádra je pro běžné betony 3 m³, v případě této směsi byl beton míchán po 1 m³.

Celkem bylo na betonárně vyrobeno přes 100 m³ této směsi. Před výrobou pro samotnou realizaci stínících konstrukcí bylo na betonárně provedeno několik zkušebních míchání, aby byly ověřeny výsledky z laboratorního testování a aby byla směs přizpůsobena reálným podmínkám výroby. Původním předpokladem byla realizace vestavěné stínící konstrukce v letních měsících, z toho důvodu bylo zkušební míchání a výroba těles pro měření vývinu hydratačního tepla na betonárně naplánována ve dnech, kdy denní maxima přesahovala 20 °C, aby se co nejlépe simulovaly případné podmínky výroby. Při zkoušce byla teplo-



Obr. 1: Graf rozdělení betonu dle objemové hmotnosti



Obr. 2: Graf vývinu hydratačního tepla těžkého betonu



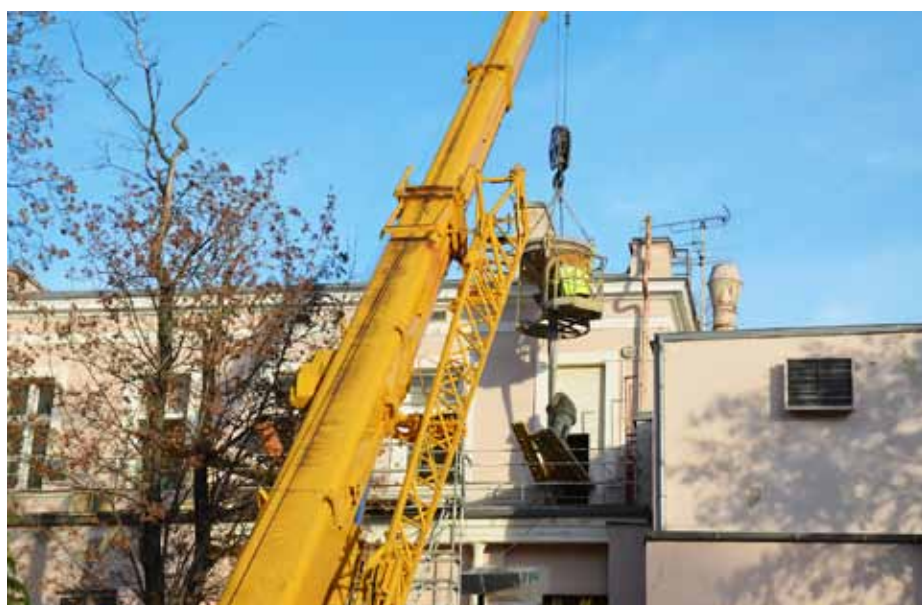
Obr. 3: Prostor rekonstrukce vestavěné konstrukce

ta vzduchu okolo 22 °C a teplota čerstvého betonu 18 °C. Zkoušením vývinu hydratačního tepla na zkušebních tělesech simulujících desku 1 m tlustou bylo prokázáno, že teplota v jádře nepřesáhne 30 °C. Bylo to dáno jednak použitím cementu s nízkým vývinem hydratačního tepla a dále faktem, že těžká kameniva se chovají jako tepelná jímka.

Nakonec se realizace konstrukcí z těžkého betonu pro Vinohradskou nemocnici posunula a s výrobou se začalo až koncem října. Jednotlivé kroky betonáže byly naplánovány tak, aby nenarušily provoz onkologického centra. Betonáže probíhaly o víkendech, případně v noci, kdy byl v prostoru nemocnice menší provoz. Beton byl do konstrukce ukládán pomocí bádie. Objemová hmotnost každého autodomíchávače byla kontrolována na betonárně technologem



Obr. 4, 5: Plnění bádie z autodomíchávače



Obr. 6, 7: Ukládání těžkého betonu na stavbě





Obr. 8: Detail na plnění stropní desky betonem



Obr. 9: Betonáž 2. etapy stropní konstrukce

a dále i na stavbě před počátkem ukládky do konstrukce. Bylo smlouveno, že z každé dodávky budou na betonárně dodavatelem TBG Metrostav a na stavbě zkušební laboratoří odebrána zkušební tělesa pro kontrolu objemové hmotnosti. Průměrná objemová hmotnost betonu uloženého do konstrukce byla 3832 kg/m^3 ve vysušeném stavu a ve všech případech byl splněn požadavek na objemovou hmotnost předepsanou projektem. Těžký beton dosahoval průměrných pevností v tlaku na krychli okolo 50 MPa. Beton byl běžné konzistence S4 a byl standardně vibrován.

Realizace byla velmi složitá a náročná, ale získali jsme díky ní cenné zkušenosti a opět se potvrdilo, že v laboratorních podmínkách nelze simulovat problémy, které mohou vzniknout v reálné výrobě.

Tomoterapeutický ozařovač TomoTherapy na Radioterapeutické a onkologické klinice 3. lékařské fakulty a Fakultní nemocnice Královské Vinohrady byl úspěšně uveden do provozu dne 22. 11. 2016 a významným způsobem zvýšil kvalitu péče o onkologické pacienty ve Vinohradské nemocnici.

KRISTÝNA VINKLEROVÁ

foto archiv autorky

*Ing. Kristýna Vinklerová (*1988)
pracuje jako technoložka ve společnosti
TBG Metrostav.*



Obr. 10: Odběr vzorku na stavbě pro kontrolu objemové hmotnosti



Obr. 11: Detail odbedněné konstrukce z těžkého betonu