

RODINNÝ DŮM POSTAVENÝ Z LEHKÉHO MONOLITICKÉHO TEPELNĚ-IZOLAČNÍHO BETONU ■ FAMILY HOUSE BUILT FROM LIGHTWEIGHT INSULATING CONCRETE



Luděk Rýzner, Jiří Vincenc,
Pavel Hladík, Michala Hubertová

Článek popisuje návrh a realizaci rodinného domu postaveného s využitím lehkého tepelně izolačního betonu. Jedná se o teprve druhou významnou aplikaci tohoto typu betonu v České republice. Technologie monolitického lehkého betonu je náročná jak na přípravu všech částí projektu a návrh betonové směsi, tak i na vlastní realizaci, která vyžaduje důsledné dodržování pokynů projektu ve všech technologických fázích. ■ This article describes design and realization of a family house built from lightweight insulating concrete. It is only a second significant application of this type of concrete in the Czech Republic. The lightweight concrete technology is demanding not only concerning preparation of all project parts and the concrete mixture recipe, but also concerning the realization of its own – keeping the project directions consistently in all technologic phases.

KONCEPT DOMU

Stavba vychází ze základního obdélníkového půdorysu. Hmotově je pojednána jako těžký, betonový kvádr (2. NP) na odlehčené, prosklené pod-

noží (1. NP). Systém vnitřních atrií zaručuje maximální intimitu ve všech prostorách a řeší tak těsný kontakt domu s veřejnou plochou.

Dům má jedno podzemní podlaží, dvě nadzemní a malou pracovnu na horní střeše. 1. NP má obytný charakter, směrem do ulice je uzavřeno, do zahrady se masivním prosklením otevírá. 2. NP je klidovou zónou objektu s ložnicemi všech členů rodiny, jeho půdorysná plocha přesahuje přízemí a vytváří tak kryté prostory a stínění. Pracovna na střeše je odsazená od hran objektu, z lehké konstrukce a pohledově maximálně potlačena.

Konstrukčně je budova navržena jako čtyřpodlažní, železobetonová stavba v kombinaci s ocelovými sloupy. Na domě bylo použito několik typů betonu – dle konkrétního umístění.

Hlavní inovace vychází z použití izolačního pohledového Liaporbetonu, takže mohly být vyloučeny složité detaily kolem sendvičových konstrukcí a isonosníků. Použité stěny o tloušťce 700 mm nevyžadují žádnou dodateč-

nou tepelnou izolaci. Také stropy jsou vybetonovány včetně konzol v jednom monolitickém celku tloušťky 530 mm.

Konstrukční výška je proměnlivá, světlá výška místností je ve všech hlavních prostorách 2,8 m.

Střechy jsou ploché, pochozí s terasami nebo ozeleněné extenzivní vegetací.

KONSTRUKCE DOMU

Dům byl navržen nad poměrně strmým erozně denudačním údolním svahem potoka. Řešené území je v 2. ochranném pásmu vodárny.

Založení a konstrukce suterénu

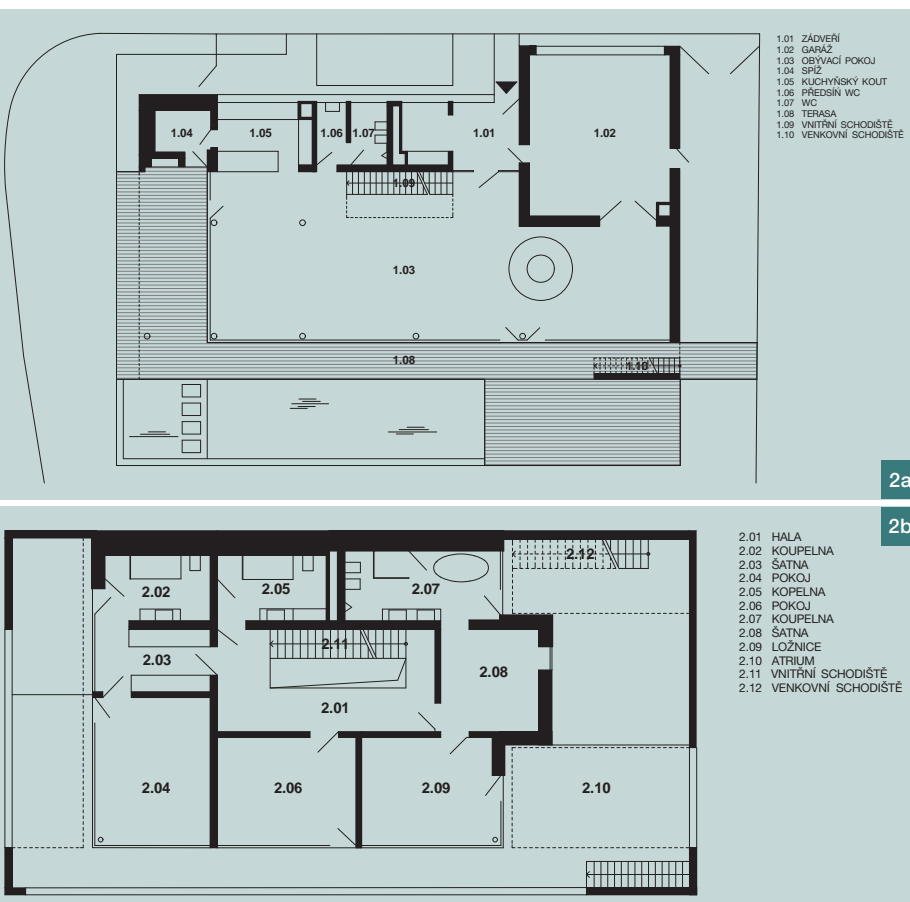
Založení konstrukce domu je navrženo plošné pomocí základové desky v podsklepené části a na základovém roštu nepodsklepená část.

Pod základovou desku byl proveden podkladní beton tloušťky 100 mm z betonu C8/10. Základová deska a suterénní stěny jsou navrženy z „vodostavebního“ betonu v systému „bílá vana“. Základová deska horní stavby má dvě hlavní výškové úrovně. Po vnějším obvodu základové desky 1. PP

Obr. 1 Pohled na rodinný dům ze zahrady ■ Fig. 1 View from the garden

 Obr. 2 Půdorys, a) 1. NP, b) 2. NP ■ Fig. 2 Ground plan, a) ground floor, b) 1st above-ground floor

Obr. 3 Řezy konstrukcí, a) podélný, b) příčný ■ Fig. 3 Construction sections, a) longitudinal, b) cross section



a v místech změn výškových úrovní jsou základové prahy (náběhy), které mají zešikmená čela.

Výztuž základové desky je vázaná, distanční výztuže z vláknobetonu. Střední distanční výztuž u tloušťky více jak 450 mm byla provedena z vázané výztuže, jinak dle zvyklosti dodavatele. V místech kotvení ocelových sloupů byly osazeny kotevní plechy před betonáží základové desky. V extrémně namáhaných místech byly použity pro přenos smykového napětí v desce smykové lišty (Schöck Bole). Krytí výztuže bylo navrženo 35 mm.

Svislé konstrukce 1. PP byly navrženy spolu se základovou deskou v systému „bílé vany“ s těsněním pracovních spár a se systémem řízených smršťovacích spár. Tloušťky železobetonových stěn jsou 200 a 300 mm. Vnitřní stěny jsou napojeny pomocí vylamováků (Dumbo-Stahl) na obvodové stěny. Armokoše byly navrženy z vázané výztuže s krytím 35 mm u vnějších stěn a 20 mm u vnitřních stěn. Distanční prvky z vláknobetonu. U vnitřních stěn, které nejsou v pohledové úpravě betonu, bylo možno použít distanční prvky dle zvyklosti dodavatele. Do obvodové stěny byly osazeny

prvky pro přerušení tepelného mostu (Schöck Isokorb) mezi zázemím bazény a konstrukcí domu. Do stěn střední stěny jsou zakotveny schodišťové stupně pomocí navrtané a nalepené výztuže stupňů (na HILTI HIT-RE500).

Stropní konstrukce nad 1. PP byly navrženy v jedné výškové úrovni o tloušťce 200 mm. Do této stropní desky byly před betonáží osazeny kotevní plechy ocelových sloupů 1. NP. Výztuž byla navržena vázaná, v horní vrstvě z KARI sítí s krytím 20 mm, distanční podložky dolní výztuže z vláknobetonu, horní výztuže dle zvyklosti dodavatele. Ve stropní desce je smyková výztuž řešena pomocí vázané výztuže a trmínkovými lištami (Schöck BOLE).

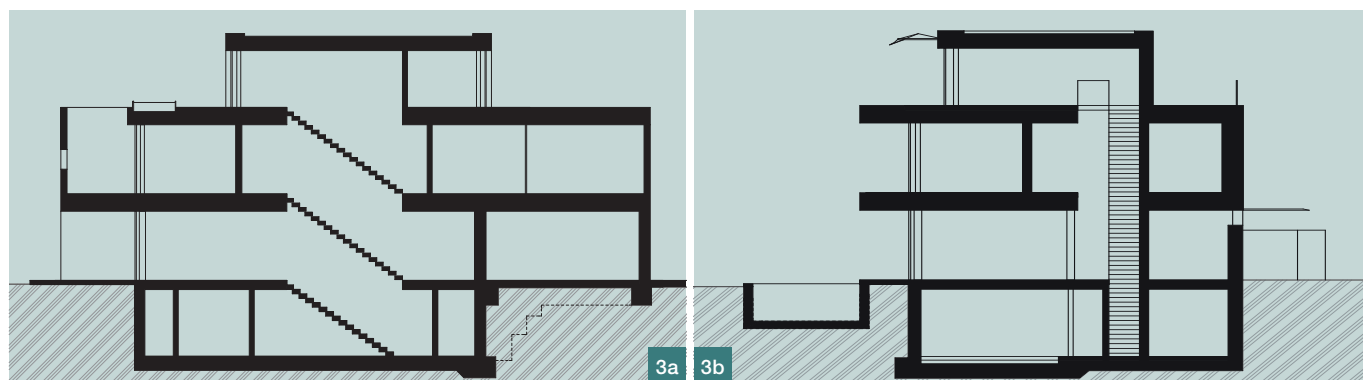
Sloupy v 1. PP jsou ocelové o průměru 300 mm přivařené ke kotevním plechům zabetonovaným v základové desce. V hlavě jsou sloupy opatřeny hlavicí, ke které byla přivařena dolní výztuž stropní desky nad 1. PP.

Nosné konstrukce horní stavby

Horní stavba v 1. až 3. NP kombinuje materiály: ocelové sloupy, výztuhy železobetonových konstrukcí, konstrukce z běžných tříd betonu a konstrukce z Liaporbetonu.

Stěny v 1. NP jsou navrženy jak z obyčejného betonu tloušťky 200, 250 a 300 mm, tak z Liaporbetonu v tloušťce 700 mm. Část vnitřních stěn je napojena pomocí vylamováků (Dumbo-Stahl) na obvodové stěny. Armokoše jsou navrženy z vázané výztuže s krytím v tloušťce 40 mm u stěn z Liaporbetonu, 20 mm u vnitřních stěn z obyčejného betonu a 35 mm u vnějších stěn z obyčejného betonu. Distanční prvky jsou z vláknobetonu, jen u vnitřních stěn, které nejsou v pohledové úpravě betonu, byly použity distanční prvky dle zvyklosti dodavatele.

V 1. NP jsou ocelové sloupy o průměru 245 mm přivařené ke kotevním plechům zabetonovaným ve stropní desce nad 1. PP. V hlavě jsou sloupy opatřeny





4a

Obr. 4 a) Kuchyně, b) obytný prostor se schodištěm do 2. NP, c) jídelna
 Fig. 4 a) Kitchen, b) living room and staircase to the 1st above-ground floor, c) dining room

Obr. 5 a) Schodišťový prostor, b) detail vykonzolovaných schodišťových stupňů
 Fig. 5 a) Staircase, b) detail of the cantilevers of the stairs



4b



4c

hlavicí, ke které byla přivařena dolní výztuž stropní desky nad 2. NP.

Stropní konstrukce byla navržena tloušťky 530 mm, v částech 700 mm z Liaporbetonu, část stropní desky nad garáží je z obyčejného betonu tloušťky 200 mm. Do této stropní desky byly před betonáží osazeny kotevní plechy ocelových sloupů 2. NP. Výztuž byla navržena vázaná ve třech úrovních, dolní, střední a horní, distanční podložky dolní výztuže z vláknobetonu, střední a horní výztuže dle zvyklostí dodavatele. Ve stropní desce je smyková výztuž řešena pomocí třínkových lišt. Ve stropní desce je osazen ocelový průvlak uložený na ocelové sloupy a spřažený se stropní deskou pomocí spřahovacích trnů.



5a



5b

Stěny v 2. NP jsou opět navrženy z obyčejného betonu i z Liaporbetonu, ve stejných tloušťkách jako v 1. NP. Téměř všechny vnitřní stěny jsou v tomto podlaží navrženy jako stěnové nosníky a spřažením se stropními deskami tvoří prostorovou nosnou konstrukci. Armokoše jsou opět navrženy z vázané výztuže s krycími vrstvami a distančními podložkami navrženy dle stejných pravidel jako v 1. NP.

Ocelové sloupy mají v 2. NP průměr 160 mm, jsou opět přivařeny ke kotevním plechům zabetonovaným ve stropní desce nad 1. NP a v hlavě jsou opatřeny hlavicí, ke které byla přivařena dolní výztuž stropní desky nad 2. NP.

Stropní konstrukce nad 2. NP je navržena tloušťky 530 mm, v částech 700 mm z Liaporbetonu. Do této stropní desky byly před betonáží osazeny kotevní plechy ocelových sloupů 3. NP. Výztuž je navržena stejná jako u stropů v nižších podlažích.

Svislé konstrukce jsou železobetonové o tloušťce 250 a 200 mm, které vyběhají nad stropní desku ve formě železobetonových atik. Stropní konstrukce nad 3. NP byla navržena v jedné výškové úrovni o tloušťce 200 mm z běžného betonu.

Schodiště v celém objektu byla navržena jako konzoly vetknuté do železobetonových stěn v podlažích. Vetknutí bylo provedeno dodatečně vrtanou a vlepenou výztuží. Výztuž stupňů je z vázané výztuže a distanční podložky z vláknobetonu.

Doporučení a požadavky pro realizaci konstrukce

Před realizací konstrukce byl vypracován plán betonáže v návaznosti na pohledové plochy a požadavky na spáry mezi bedněním stropních konstrukcí a stěn. U konstrukcí z pohledového betonu byly zešikmeny hrany lištami 10/10 mm a bylo nutno dodržet kladečské plány bednicích dílců dle stavební části projektové dokumentace, včetně rozmístění „schwubtyč“ apod.

Vibrování betonové směsi muselo být prováděno zvlášť pečlivě, hlavně v místech, kde jsou stropní desky silně vyztuženy.

Úpravě pracovních spár mezi jednotlivými betony byla věnována zvláštní pozornost.

Zpracovatel statické části projektové dokumentace upozornil účastníky projektu na možný výskyt trhlinek v místě svodů kanalizace, kde jsou tloušťky železobetonových stěn oslabeny.

Před betonáží konstrukcí bylo nutno zkontrolovat, zda jsou všechny prostupy provedeny v souladu se statickou i stavební částí projektové dokumentace.

Před betonáží byly do konstrukcí vloženy veškeré rozvody elektro (chráničky, krabice, svítidla, zemnicí prvky apod.) dle příslušné části projektové dokumentace.

V projektu bylo předepsáno, aby po betonáží obvodových stěn, které jsou součástí „bílé vany“, byly tyto ponechány minimálně pět dnů v bednění pro minimalizaci negativních vlivů při rychlém poklesu gradientu teploty na rozvoj smršťovacích trhlinek. Stejně doporučení platilo i pro všechny stěny z pohledového betonu.

POHLEDOVÝ MONOLITICKÝ TEPELNĚ IZOLAČNÍ BETON

Pohledový monolitický tepelně izolační beton není sice běžným stavebním materiálem, ale je v posledních letech využíván evropskými architekty pro ztvárnění velmi zajímavých staveb [1]. Výhodou tohoto betonu je zejména možnost využití pohledového betonu současně v exteriéru i interiéru bez při-



6

Obr. 6 Terasa a atrium v 1. NP ■

Fig. 6 Terrace and atrium in the ground floor

Obr. 7 Terasa ve 2. NP ■ Fig. 7 Terrace on the 1st above-ground floor

Obr. 8 Betonová fasáda domu z ulice a ze zahrady ■ Fig. 8 Concrete façade a) from the street, b) from the garden

Obr. 9 Grafické znázornění pevnostních charakteristik lehkého betonu ■

Fig. 9 Graph of the lightweight concrete strength



7

dání tepelných izolací. Na druhou stranu je vhodné si uvědomit, že tento druh betonu patří z hlediska technologie výroby, ukládání a ošetřování mezi náročnější aplikace a je proto nutné na tento fakt brát zřetel již při přípravě stavby.

Vylehčení betonu se provádí dvěma způsoby.

- Přidáním lehkého kameniva Liapor a napěněním cementové matrice. Liaporbeton dosahuje nízké objemové hmotnosti pod 1 000 kg/m³. Pórovitost charakteristická i pro kamenivo Liapor zabezpečuje výbornou tepelnou izolaci.
- Napěnění cementové matrice se docílí použitím napěňujících přísad. Existuje několik variant receptur tohoto typu betonu a místně se jeho vlastnos-

ti mohou lišit, což je dáno právě použitými surovinami v dané lokalitě. Před návrhem konstrukce z tohoto betonu je doporučeno na určené betonárně provést průkazní zkoušku betonu. Objemová hmotnost ztvrdlého betonu ve vysušeném stavu se pohybuje mezi 900 a 950 kg/m³, s přirozenou vlhkostí do 1 000 kg/m³. Pevnostní charakteristiky jsou znázorněny na obr. 9.

Napěněním struktury betonu dochází ke zvýšení jeho objemu o 17 až 20 %. Stanovením charakteristik vzduchových pórů (Spacing factor) se tyto hodnoty víceméně potvrzují. Uvedené výsledky ale do určité míry ovlivňuje fakt, že při míchání betonu se vždy částečně podrtí lehké kamenivo a do výsledků tedy mohou vstupovat póry rozdrčených

částiček lehkého kameniva. Obsah mikroskopického vzduchu (do 300 μm) se ale pohybuje kolem 6 %.

Metodou horkého drátu byl u receptury stanoven koeficient tepelné vodivosti $\lambda = 0,24 \text{ W/m.K}$.

Specifika výstavby s použitím lehkého izolačního betonu

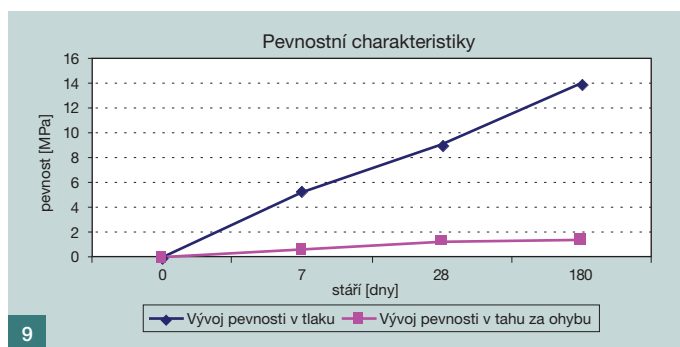
Monolitický izolační beton s využitím kameniva na bázi expandovaného jílu zajišťuje žádoucí statické a požadované tepelně izolační hodnoty pro monolitické nosné tepelně izolační konstrukce, u kterých se nemusí používat dodatečná izolace ani jakékoliv jiné úpravy povrchů. Od parotěsných zábran, izolace nebo omítky se naprosto upouští. Stavební fáze se tak zkracuje na od-



8a



8b



9

Literatura:

- [1] Hubertová M.: Monolitický izolační beton. Beton TKS, 2008/ samostatná příloha časopisu Povrchy betonu, pp. 102–107, ISSN 1213 – 3116
- [2] Hubertová M.: Lehké betony. Beton TKS, 2012/samostatná příloha Betonové konstrukce 21. století – betony s přidávanou hodnotou, pp. 106–119, ISSN 1213 – 3116
- [3] Liapornews 2/2005; 1/2008 Liapor GmbH Pautzfeld; www.liapor.com
- [4] Liapornews 3/2007 Lias Vintřov, Lehký stavební materiál, k. s.; www.liapor.cz

stranění bednění a vysušení stavebního prvku.

Monolitickou konstrukci je třeba navrhnout tak, aby se v ní nevytvářely tepelné mosty. Docílené betonové povrchy jsou homogenní a jemně strukturované, není nutné je dále upravovat nebo dodatečně zušlechťovat. Estetický dojem, jež vyvolávají, odpovídá dnešnímu duchu doby. Doporučuje se však opatřit povrch hydrofobním nátěrem na beton, a to nejen kvůli vytvoření povrchu odpuzujícímu vodu, ale také z důvodu snížení špinivosti povrchu pohledového betonu.

Při technologii výroby, ukládání a ošetřování existují určité odlišnosti, které je třeba akceptovat.

Např., tak jako u jiných typů lehkých betonů s využitím lehkého pórovitého kameniva, se jedná o vyřešení nasákavosti lehkého kameniva. Použitím předmáčeného lehkého kameniva se dosáhne stabilnějšího reologického chování čerstvého betonu a lépe se reguluje napětí cementové matrice.

Tento monolitický izolační beton lze ukládat bádími. Nelze ho čerpat, čímž se zpomaluje samotná rychlost betonáže a musí se s tím tedy počítat již při návrhu samotné konstrukce.

Doba zpracovatelnosti se dle okolních podmínek (zejména počasí) pohy-

buje od 60 do 90 min. Zejména vysoké letní teploty nejsou pro betonáž vhodné. Aby byly splněny tepelně technické požadavky, stěna z tohoto typu betonu musí být cca 700 mm silná. Lehké kamenivo Liapor má výraznou tepelně akumulaci vlastnost, a proto může při vyšších teplotách prostředí docházet po uložení čerstvého betonu do bednění k velkému nárůstu teploty samotného betonu.

Velmi důležité je dodržovat technologickou kázeň při hutnění betonu ponornými vibrátory. Pokud se během vibrace vibrátor dotýká stěn bednění, dochází k vadám povrchu. Také kontakt s výztuží není vhodný.

ZÁVĚR

Rodinný dům v Praze Kunraticích je druhou významnou aplikací pohledového tepelně izolačního betonu v České republice a poprvé zde byl tento typ betonu použit nejen na stěny, ale také na stropní konstrukci. Před výstavbou byly provedeny zkušební stěny, které napomohly k nalezení optimální technologie na dané stavbě.

Závěrem lze konstatovat, že se tento inovační ultralehký beton výborně osvědčuje v praxi i přes některá technologická úskalí, která je třeba během míchání, dopravy a ukládání překonat.

Investor	soukromá osoba
Zpracovatel	OK Plan architects, s. r. o., Humpolec, Ing. arch. Luděk Rýzner, Ing. arch. Jiří Vincenc
Projekt nosné konstrukce	Ing. Pavel Hladík, Hladík a Chalivopulos, s. r. o.
Generální dodavatel	ROSS Holding
Dodavatel betonu	Skanska, a. s.
Návrh LWC	Liaporbeton Ing. Michala Hubertová, Ph.D., MBA
Realizace	2010 až 2013

Fotografie: Iveta Kopicová

Ing. arch. Luděk Rýzner



Ing. arch. Jiří Vincenc



oba: OK plan architects, s. r. o.
Na Závodí 631, 396 01 Humpolec

Ing. Pavel Hladík
Hladík a Chalivopulos, s. r. o.
Pekařská 398/4, 602 00 Brno
e-mail: hladik@hch.cz
tel.: 539 085 600-2
www.hch.cz



Ing. Michala Hubertová, Ph.D., MBA
e-mail: michala.hubertova@gmail.com