

Případová studie: Constantinův rodinný dům, Ploesti, Rumunsko

Tato případová studie popisuje pilotní dům s ocelovou konstrukcí postavený v Ploesti, v Rumunsku, v oblasti s vysokou seismicitou. Konstrukce je provedena z tenkostěnných ocelových profilů a využívá dostupné metody návrhu na účinky zemětřesení. Stěnové panely obložené profilovanými plechy nebo deskami OSB mají přenést účinky zemětřesení.



Konstantinův rodinný dům

Obsah

1.	Dosažené cíle	Chyba! Záložka není definována.
2.	Názor klienta	2
3.	Názor architekta	2
4.	Názor inženýra	4
5.	Názor generálního dodavatele a dodavatele ocelové konstrukce	9
6.	Projekční tým	10

1. Dosažené cíle

V blízké minulosti se domy s ocelovou kostrou staly jednou z možných nabídek konstrukce domu v mnoha evropských zemích, včetně Rumunska. Ve srovnání s tradičními řešeními nosné skelety z tenkostěnných profilů mohou využít jak technické, tak ekonomické výhody malé hmotnosti konstrukcí, snadné prefabrikace, rychlosti montáže a vyšší kvality.

Za studena tvarované ocelové konstrukce byly tradičně považovány za nevhodné pro budovy v oblastech s vysokou seismicitou. Ve většině norem pro návrhy na účinky zemětřesení nejsou takové budovy dovoleny. Tato případová studie prokazuje opačný názor – obytné budovy vyrobené ze za studena tvarovaných ocelových profilů jsou velmi efektivní v seizmických oblastech.

2. Názor klienta

Emanuel Constantin, Owner

Když jsem začal uvažovat o svém vlastním rodinném domě, věděl jsem pouze o rozměrech odvozených z uvažované hranice pozemku a o mých osobních názorech. V této situaci byly hlavními kritérii rychlá a jednoduchá konstrukce, dobrý poměr ceny a kvality, suchá montáž, dobré tepelné a akustické izolace a odolnost proti zemětřesení.

Moje specializace nesouvisí s konstruováním, ale díky mému angažování v oblasti bytové výstavby jsem zvolil správné řešení: dům z tenkostěnných ocelových profilů.

Když začala moje diskuze s architektem, byl jsem stále více zaujat návrhem ocelového domu. Při srovnávání s klasickou cihelnou stavbou jsem se utvrzoval v přesvědčení, že moje hlavní kritéria mohou být splněna pomocí řešení se za studena tvarovanými ocelovými prvky.

Definitivně jsem se rozhodl, že budu stavět ocelovou konstrukci. Během tří měsíců byl dům dokončen. Od srpna 2005 jsem bydlel s rodinou v budově s ocelovou kostrou, která z venku vypadá jako tradiční dům. Můžu potvrdit všechny charakteristiky, které jsou zmíněny, včetně dobré funkce v případě zemětřesení, které byly ukázány na laboratorních testech..

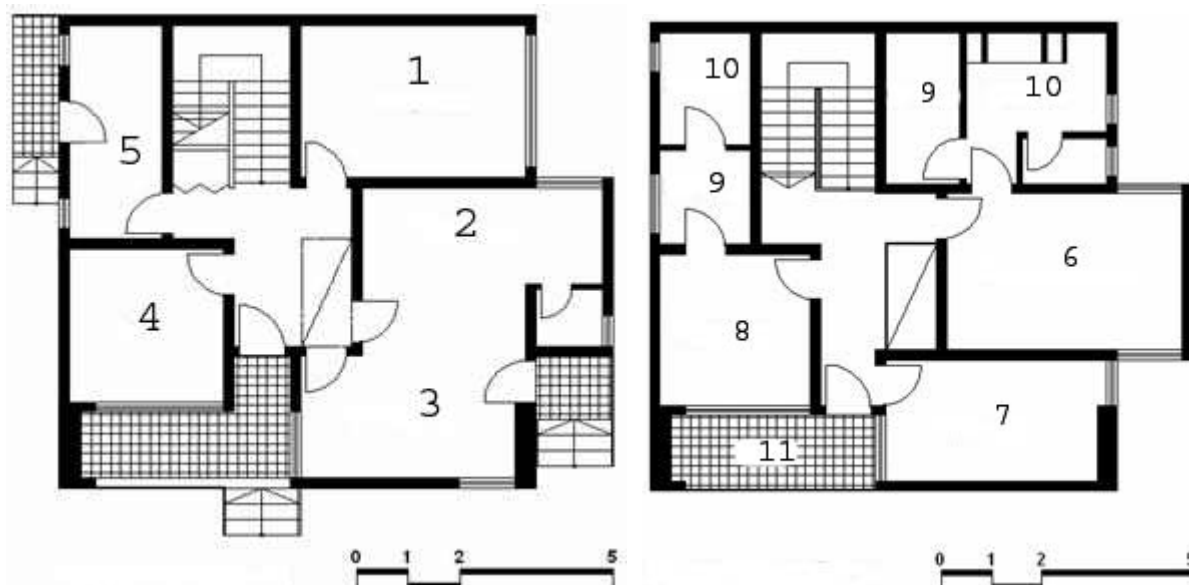
3. Názor architekta

Mihai Mutiu, Project Architect, S.C. Network Management Ltd., Timisoara, Romania

Dvě hlavní charakteristiky této dvoupodlažní budovy jsou jednak užití lehké ocelové konstrukce pro soukromý dům, což představuje v Rumunsku nový přístup a jednak architektonické řešení, které má omezené řešení tvaru.

Z architektonického pohledu je hlavní výzvou umístění rodinného domu do nepravidelného tvaru pozemku, který má rozlohu pouze 168 m². Výsledná budova vyhlížející jako kostka má plochu každého podlaží 84 m² obytné plochy, viz obrázek 3.1, což využilo pravidla předepsaná obcí. Vzhledem k dané blízkosti budov na sousedních pozemcích další obtíží bylo nalézt rovnováhu mezi skutečným množstvím pohledů, přirozeným světlem a soukromím.

Dva obrysy budovy umístěné nad schodištěm a předsíní byly umístěny tak, aby tvořily osvětlovací šachtu, která zdůrazňuje střed budovy. Obrázek 3.2 ukazuje pohled do interieru.



Půdorys přízemí

Půdorys prvního patra

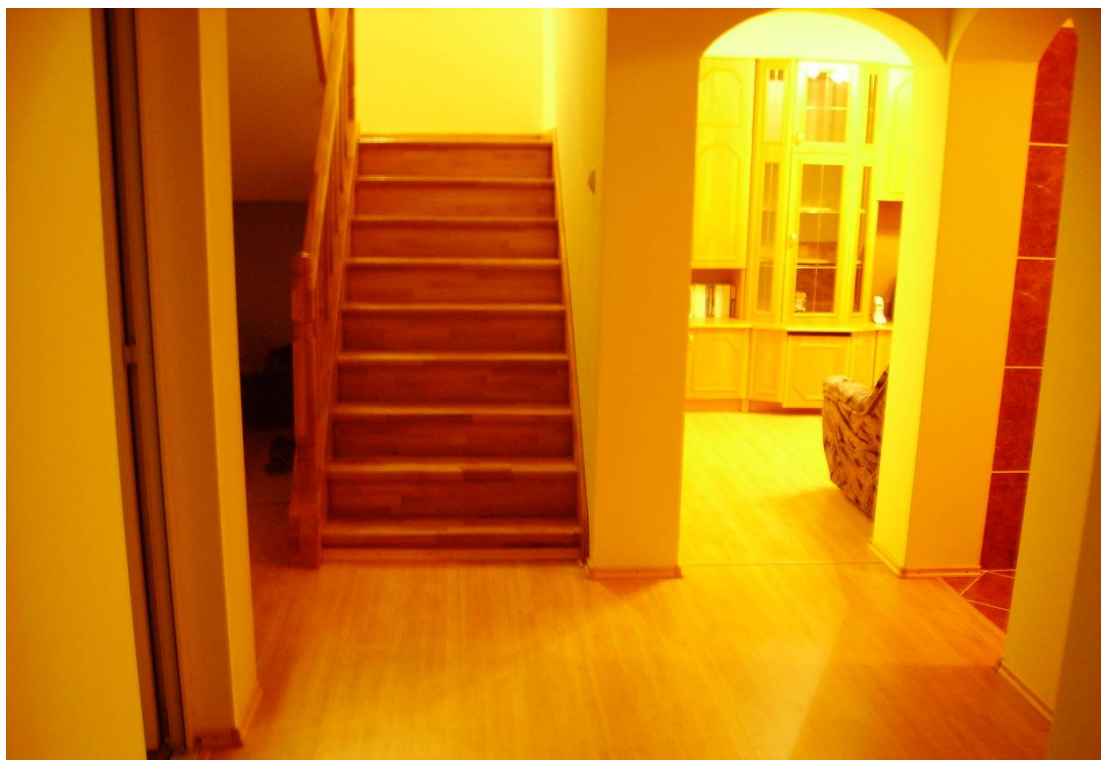
- | | | |
|------------------|-------------------|--------------|
| 1. Jídlna; | 5. Prádelna | 9. Šatna |
| 2. Kuchyň | 6. Ložnice rodičů | 10. Koupelna |
| 3. Obývací pokoj | 7. Knihovna | 11. Lodžie |
| 4. Komora | 8. Ložnice | |

Obrázek 3.1 Půdorys přízemí a prvního patra Konstantinova domu

Rozhodnutí užít lehkou ocelovou konstrukci přišlo proto, že investor chtěl využít tuto příležitost, aby hledal nejefektivnější inženýrské řešení a aby si ověřil náklady na konstrukci.

Přes to, že klient neměl problém s přijmutím nového konstrukčního řešení, řada funkčních priorit si vyžádala zcela rozčleněné řešení půdorysů zejména v přízemí.

Lze říci, že v tomto případě konstrukčního systému, který mohl vést k lehčímu architektonickému řešení, nebyly využity všechny výhody. Pře sto vše byla dosažena dobrá kvalita konstrukce, vysoká úroveň tepelné a akustické izolace a nízké náklady na konstrukci.



Obrázek 3.2 Pohled do interieru - schodiště

4. Názor inženýra

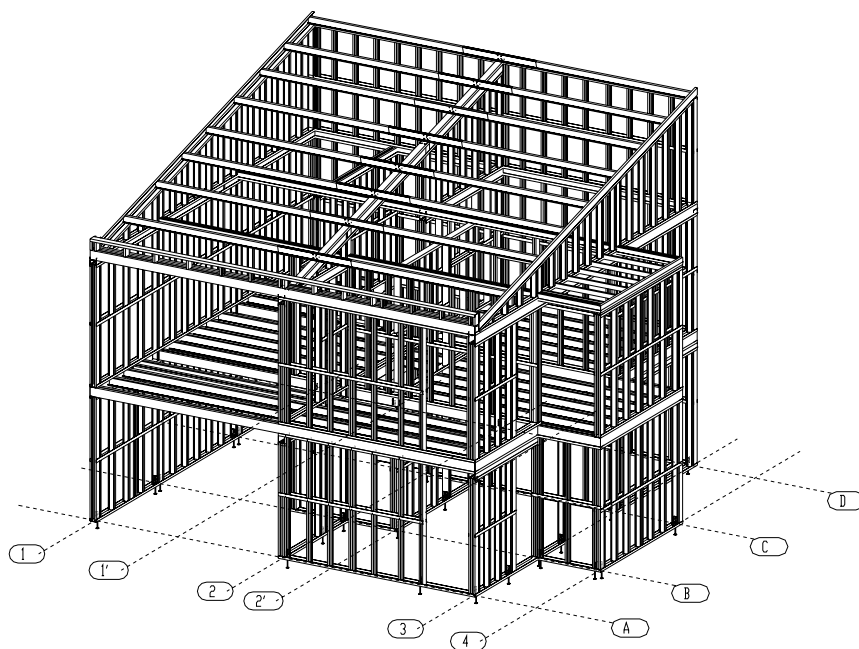
Ludovic Fülöp, PhD, Project Engineer, BRITT Ltd., Timisoara, Romania

Prof. Dan Dubina, PhD, FIStructE, Proof Engineer, "Politehnica" University of Timisoara, Romania

4.1 Návrh konstrukce

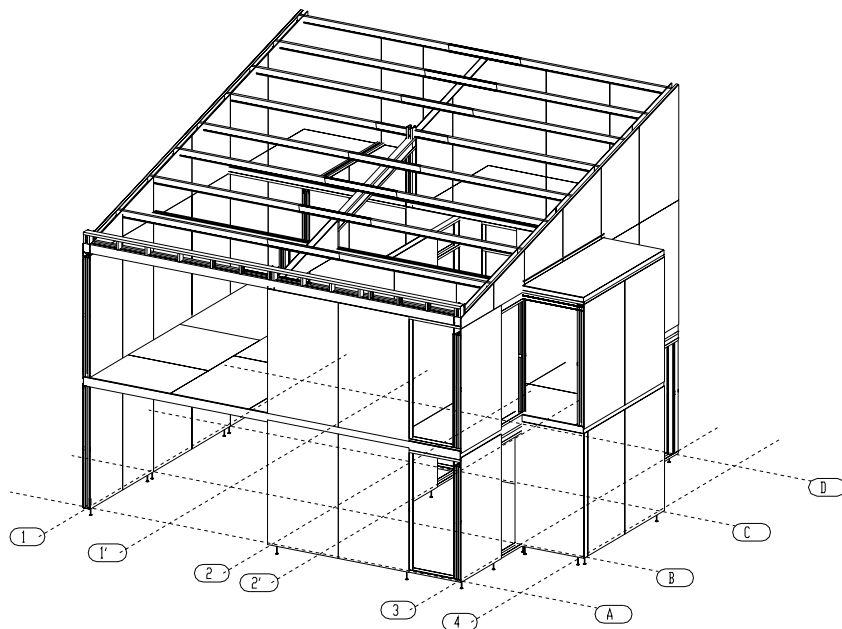
Konstrukce zobrazená na Obrázek 4.1 je dvoupodlažní samostatný rodinný dům. Protože budova zabírá většinu pozemku, nebylo možno navrhnout okna v ose 1 a D, viz obrázek 4.1. To rovněž byl jeden z důvodů pro střechu s jedním spádem. Rozměry budovu jsou 9 m (osy A–D) krát 10,5 m šířka (osy 1–4). Každé podlaží je přibližně 2,75 m vysoké a sklon střechy je 30°.

Konstrukce skeletu je provedena z lehkých tenkostěnných C profilů (C150/1,5), tloušťky 1,5 mm s roztečí 600 mm, připevněných závitořeznými šrouby průměru 4,8 mm. Výška profilů je 150 mm, což je určeno tloušťkou stěn. Nosníky stropních desek jsou z profilů C200/1,5 s roztečemi 600 mm, což je dáno zejména z podmínky kontroly kmitání stropu než s výpočtu únosnosti. Střešní vaznice jsou z profilů Z150/1,5 s roztečemi 1 200 mm.



Obrázek 4.1 *Ocelový skelet budovy*

Stěny byly ztuženy pomocí 10 mm silných OSB desek připevněných k oběma stranám stěn, viz obrázek 4.2. Stropy jako diafragma byly původně navrženy na stejném principu s podlahou z OSB, ale toto řešení bylo změněno na podlahu z trapézových ocelových plechů na obou úrovních stropu I střešy. Na stropních deskách nebyl použit žádný betonový potěr.



Obrázek 4.2 *Skelet s konstrukčními OSB deskami*

Obrázek 4.3 ukazuje konstrukci ve dvou různých etapách: (a) dokončený ocelový skelet, (b) ocelový skelet dohromady s osazenými nosnými OSB panely.

Vlastní tíha konstrukce byla vyhodnocena následovně: 0,45 kN/m² střešní konstrukce, 0,70 kN/m² stropní deska, 0,60 kN/m² obvodové stěny a 0,20 kN/m² vnitřní stěny. Ostatní zatížení byla specifikována podle rumunských norem. Užité zatížení stropu bylo uvažováno 1,50 kN/m², sníh na střeše hodnotou 1,20 kN/m² a zatížení větrem na površích vystavených maximálnímu tlaku 0,40 kN/m².

Návrh budovy na účinky zemětřesení byl proveden pro zrychlení (PGA) 0,25g bez přípuštění redukce $q = 1$. Tato podmínka musela být splněna vzhledem k místním předpisům, které nepovolují žádnou redukci seizmických účinků pro konstrukce z tenkostěnných ocelových profilů, pravidla platí bez ohledu na konstrukční schéma.

Jedním z problémů návrhu takovéto konstrukce je stanovení únosnosti a tuhosti opláštění systému stěn a stropů. Pro případ stropních desek může být řešení uvažováno podle obecných předpisů (např. vzhledem k male hodnotě sil) ale správné vyhodnocení stěn je klíčové. V tomto případě extrapolace z existujících experimentálních výsledků byla východiskem pro vyhodnocení jednak smykové únosnosti a také tuhosti na metr délky stěny.

Pro 3D analýzu byla tuhost vzniklá opláštěním nahrazena ekvivalentním příhradovým ztužením ze zkřížených prutů. Konstrukce je vystavena účinkům kroucení během zemětřesení, protože stěny v osách 1 a D jsou plně opuštěny, zatím co stěny v osách 3, 4 a A jsou oslabeny všemi otvory. Za těchto podmínek vzhledem k zemětřesení je nejkritičtější je jeden stěnový panel v ose A v přízemí.

Vlastní hmotnost konstrukce (kromě opláštění) byla stanovena 4600 kg. Hmoty opláštění a dokončujících prvků byly stanoveny jako $M_1 = 700$ kg, $M_2 = 4650$ kg a $M_3 = 25200$ kg. V návrhové fázi hmota konstrukce byla $M_{design} = 32\,700$ kg. Pokud je uvažován pouze příčinek těchto hmot na celkovou hmotu konstrukce, může být vlastní frekvence a vlastní tvary stanoveny na základě analýzy KP, viz tabulka 4.1. Je třeba si všimnout, že fáze 3 (tj. konstrukce s dokončovacími prvky byla analyzována pouze vzhledem k hmotě dodané dokončovacími prvky. Příčinek druhotných a dokončovacích prvků na tuhost konstrukce nebyl kvantifikován ani uvažován.

Tabulka 4.1 Dynamické vlastnosti získané řešením modelu MK

Phase	T_1 (s)	Tvar	T_2 (s)	Tvar	T_3 (s)	Tvar
1	0,44	Příčný	0,39	Zkroucení	0,35	Podélný
2	0,19	Podélný	0,18	Příčný	0,13	Zkroucení
3*	0,33	Podélný	0,31	Příčný	0,23	Zkroucení

* Poznámka: Ve fázi 2 se mění pouze hmoty, tuhost není ovlivněna.

Tvary kmitání popsané v tabulce 4.1 obsahují jistý stupeň zkroucení, protože střed smyku je posunut směrem k opláštěným stěnám. Vlastní tvary pro druhou fázi jsou na obrázku 4.4.



(a) dokončený ocelový skelet

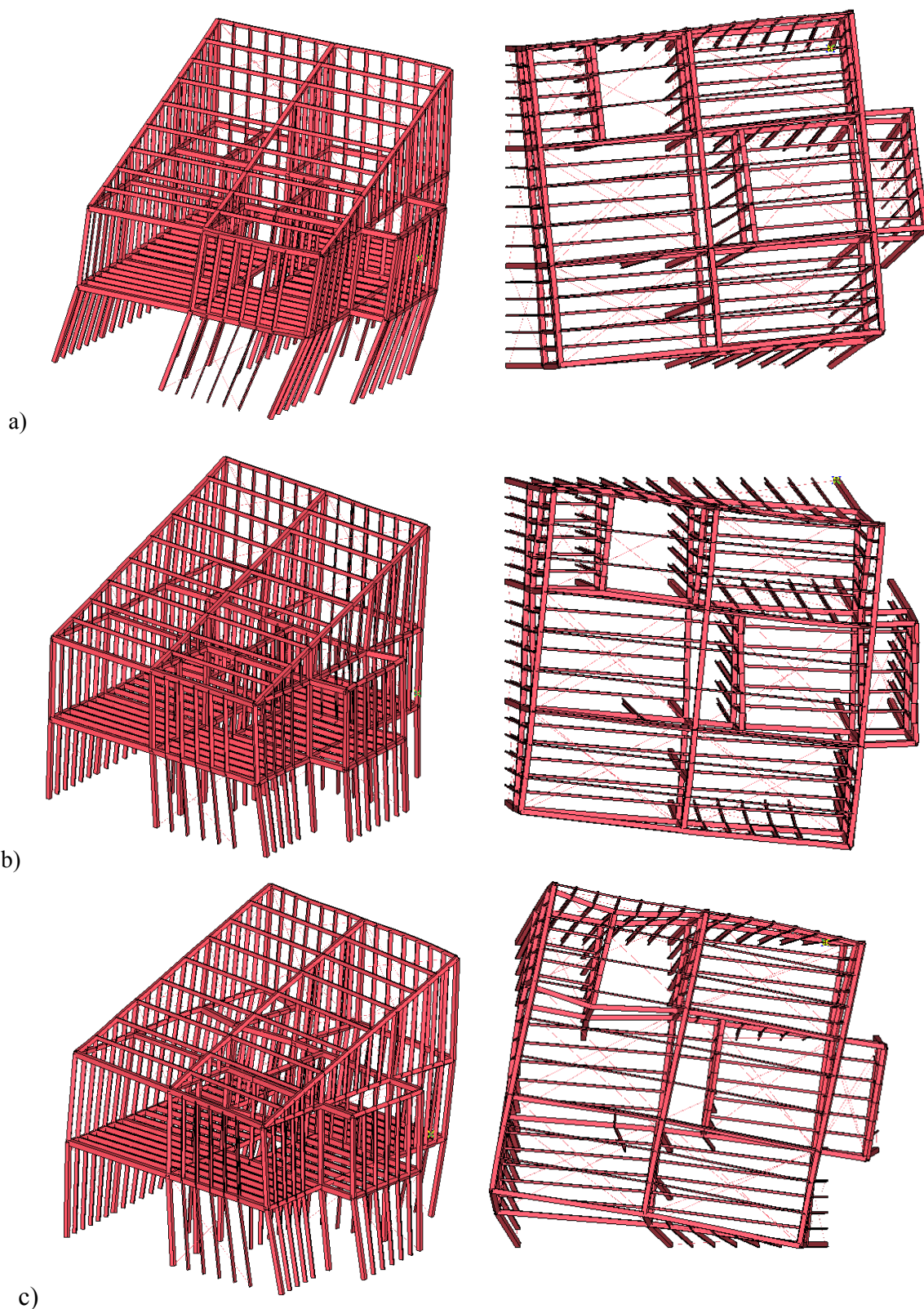


(b) Ocelový skelet s namontovanými nosnými deskami OSB

Obrázek 4.3 *Konstrukce během realizace*

4.2 Měření na stavbě

Vzhledem k použité technologii byl projekt proveden jako pilotní v Rumunsku, kde je umístěn v oblasti s vysokým nebezpečím zemětřesení. Postup návrhu a chování při zemětřesení bylo potvrzeno experimenty na staveništi. Proto byly studovány dynamické vlastnosti budovy od vibrací s malou amplitudou přímým měřením ve třech různých fázích výstavby: (1) dokončený ocelový skelet, (2) ocelový skelet s namontovanými nosnými deskami OSB a (3) dokončená budova se všemi instalacemi před předáním majiteli.



Obrázek 4.4 První vlastní tvary v druhé fázi výstavby (model KP): (a) první tvar, (b) druhý tvar, (c) třetí tvar

V závislosti na výsledcích měření byly stanoveny doba kmitu T_i , součinitel tlumení, ξ_i a tvar kmitání konstrukce. Výsledky jsou uvedeny v Tabulka 4.2.

Tabulka 4.2 Měřené dynamické vlastnosti

Fáze výstavby	Vlastní tvar 1			Vlastní tvar 2			Vlastní tvar 3		
	$T_1(s)$	$\xi_1(\%)$	Tvar	$T_2(s)$	$\xi_2(\%)$	Tvar	$T_3(s)$	$\xi_3(\%)$	Tvar
1	0,546	1,18	Podélný	0,437	1,05	Příčný	0,456	1,30	Zkroucení
2	0,103	3,43	Příčný	0,096	3,72	Podélný	-	-	-
3	0,101	4,11	Příčný	0,096	3,80	Podélný I	0,072	4,12	Zkroucení

Výsledky zkoušek jsou lepší než výsledky numerické analýzy, což znamená, že návrhový postup je dostatečně bezpečný. Je nezbytné zdůraznit, že vyztužení pomocí OSB panelů nejen zvýšilo podstatně tuhost konstrukce, ale rovněž směr nejslabší odezvy se změnil. V první fázi výstavby byl první vlastní tvar podélný, viz tabulka 4.2, s periodou $T_{1,St1} = 0,54$ s, zatím co v druhé fázi se změnila na $T_{1,St2} = 0,10$ s. Zajímavé je zjištění, že v této fázi výstavby součinitel tlumení rovněž podstatně vzrostl. V dokončovací fázi výstavby nebyly pozorovány žádné podstatné změny dynamických vlastností. To znamená, že dodatečná hmota, že dodatečná hmota dodaná při dokončování je vyrovnána vzrůstem tuhosti, který dodávají přidané prvky. Když je dodáno užité zatížení (např. nábytek atd.) vzroste lehce perioda kmitu. Při užívání bude nejpravděpodobněji dosaženo hodnoty $T_1 = 0,15 - 0,2$ s. Další závěr je, že součinitel tlumení $\zeta = 0,05$ je rozumným odhadem (dokonce i když je lehce ne-konzervativní) pro konstrukce z lehkých ocelových profilů.

4.3 Závěr

Dům s konstrukcí z lehkých ocelových profilů má výhody velkého poměru vysoké kvality/cena, dobrou funkci konstrukce a dobré fyzikální vlastnosti budovy. Mimo to je to ideální řešení pro seizmické oblasti.

5. Názor generálního dodavatele a subdodavatele ocelové konstrukce

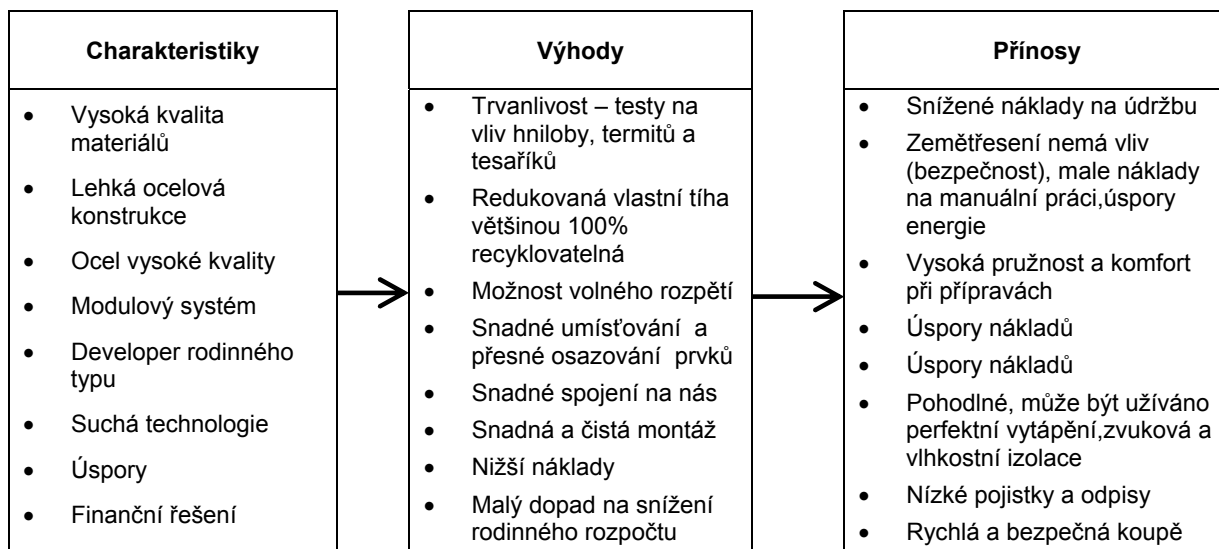
Zsolt Nagy, Technical Manager, Lindab Ltd., Bucharest, Romania

Lehké ocelové domy – téma stále více sledované rumunským trhem

Závěry z informací shromážděných z rumunského trhu říkají, že lidé jsou většinou konzervativní a dávají přednost konvenčním cihelným domům. Když jsme získali souhlas pana Konstantina k dodávce ocelového domu, poznali jsme, že proces změny byl nastartován.

Tento rodinný dům obsahuje naši dlouhotrvající a dobrou zkušenost s architektem a projektantem ocelové konstrukce.

Obecně řečeno je mnoho pochyb, často kladených otázek, které musíme objasnit: hlediska klíčových výhod nejsou jasná zákazníkům. Vložme vše do matice Charakteristiky/Výhody/Přínosy a obdržíme následující schéma:



Jedním z kritických ukazatelů projektu byly podmínky pozemku pro stavbu. Pozemek má velmi malou plochu (pouze 145 m²) a proto jsme předložili návrh suchého systému výstavby tzv. technologii kus po kuse. Všechny prvky bylo možno montovat rukama pouze s užitím jednoduchých nástrojů a technik pro přípoje. Bylo samozřejmé, že nelze užít modulární systém, ale i v těchto podmínkách lze uplatnit všechna normová konstrukční řešení.

Náš klient mohl získat výhody velmi dobře vyvinutého komplexního řešení: úspora nákladů, bezpečný nákup, snížené nároky na údržbu a rychlá montáž.

6. Projekční tým

Klient:	Emanuel Constantin, Ploiesti, Romania
Generální dodavatel a subdodavatel ocelové konstrukce:	Lindab Ltd., Bucharest, Romania
Architekt:	Network Management Ltd., Timisoara, Romania
Konstrukční inženýr:	Britt Ltd., Timisoara, Romania

Quality Record

RESOURCE TITLE	Case Study: Constantin's Family House, Ploiesti, Romania		
Reference(s)			
ORIGINAL DOCUMENT			
	Name	Company	Date
Created by	Viorel UNGUREANU	BRITT Ltd. Timisoara, Romania	
Technical content checked by	Dan DUBINA	BRITT Ltd. Timisoara, Romania	
Editorial content checked by			
Technical content endorsed by the following STEEL Partners:			
1. UK	G W Owens	SCI	10/3/06
2. France	A Bureau	CTICM	10/3/06
3. Sweden	A Olsson	SBI	10/3/06
4. Germany	C Müller	RWTH	10/3/06
5. Spain	J Chica	Labein	10/3/06
Resource approved by Technical Coordinator	G W Owens	SCI	10/6/06
TRANSLATED DOCUMENT			
This Translation made and checked by:	M. Vašek	CTU in Prague	30/9/07
Translated resource approved by:	F. Wald	CTU in Prague	15/10/07
National technical contact:	F. Wald	CTU in Prague	