

Studium przypadku: Dom jednorodzinny państwa Constantin, Ploeszti, Rumunia

Studium przypadku przedstawia pilotowy stalowy dom szkieletowy wykonany w Ploeszti w Rumunii, w regionie o wysokim zagrożeniu oddziaływaniami sejsmicznymi. Konstrukcję wykonano z profili cienkościennych, zgodnie z metodologią projektowania na terenach sejsmicznie aktywnych, zakładając że obciążenia sejsmiczne zostaną przeniesione przez panele ścienne z okładzinami z blach fałdowych lub panele z płyt drewnopochodnych typu OSB (ang. Oriented Strand Board).



Dom rodziny Constantin

Spis treści

1. UZYSKANE EFEKTY	3
2. PUNKT WIDZENIA KLIENTA	3
3. PUNKT WIDZENIA ARCHITEKTA	3
4. PUNKT WIDZENIA INŻYNIERA	5
5. OGÓLNY PUNKT WIDZENIA I PUNKT WIDZENIA WYKONAWCY KONSTRUKCJI STALOWEJ	10
6. ZESPÓŁ PROJEKTOWY	11

1. Uzyskane efekty

W ostatnich latach stalowe domy szkieletowe stały się jedną z możliwych alternatyw przy budowie domów w wielu krajach europejskich, włączając Rumunię. W porównaniu z tradycyjnymi rozwiązaniami, właściwości szkieletu z cienkościennych elementów stalowych mogą być użyte do uzyskania korzyści technicznych i ekonomicznych wynikających z lekkości konstrukcji, łatwości prefabrykacji, szybkości wznoszenia i polepszonej jakości.

Tradycyjnie zimnogięte konstrukcje stalowe uważano za nieefektywne dla budownictwa w strefach sejsmicznych o wysokim zagrożeniu. Dlatego też, większość norm dotyczących projektowania sejsmicznego taki typ konstrukcji nie jest dopuszczany. Prezentowane studium dostarcza kontrargumentów – szkieletowe budynki mieszkalne wykonane z kształtowników zimnogiętych są w rzeczywistości bardzo efektywnym rozwiązaniem w strefach sejsmicznych.

2. Punkt widzenia klienta

Emanuel Constantin, właściciel

Gdy rozpoczynałem planowanie własnego domu jednorodzinnego, znałem tylko wymiary budynku wynikające z kształtu parceli i osobistych preferencji. W tej sytuacji głównymi kryteriami były szybkość i łatwość budowy, dobry stosunek cena/jakość, sucha technologia wykonania, dobre właściwości termiczne i akustyczne, odporność na obciążenia sejsmiczne.

Mój zawód nie jest związany z budownictwem, ale dzięki zaangażowaniu w działalność przemysłu budowlanego znalazłem właściwe rozwiązanie: dom o stalowym szkielecie z kształtowników zimnogiętych.

Rozpoczynając rozmowy z architektem, przekonywałem się coraz bardziej do rozwiązania opartego o stal. W porównaniu z klasyczną konstrukcją murową, przekonałem się że moje główne kryteria mogą być spełnione dzięki stalowej konstrukcji z elementów zimnogiętych.

Powziąłem ostatecznie decyzję o budowie domu ze stali. Budynek zbudowałem w trzy miesiące. Od sierpnia 2005 mieszkam z rodziną w stalowym domu, który z zewnątrz wygląda jak dom tradycyjny. Mogę potwierdzić, że dom spełnia wszystkie wymogi podane powyżej, łącznie z odpornością na obciążenia sejsmiczne, która to została sprawdzona w czasie prób laboratoryjnych.

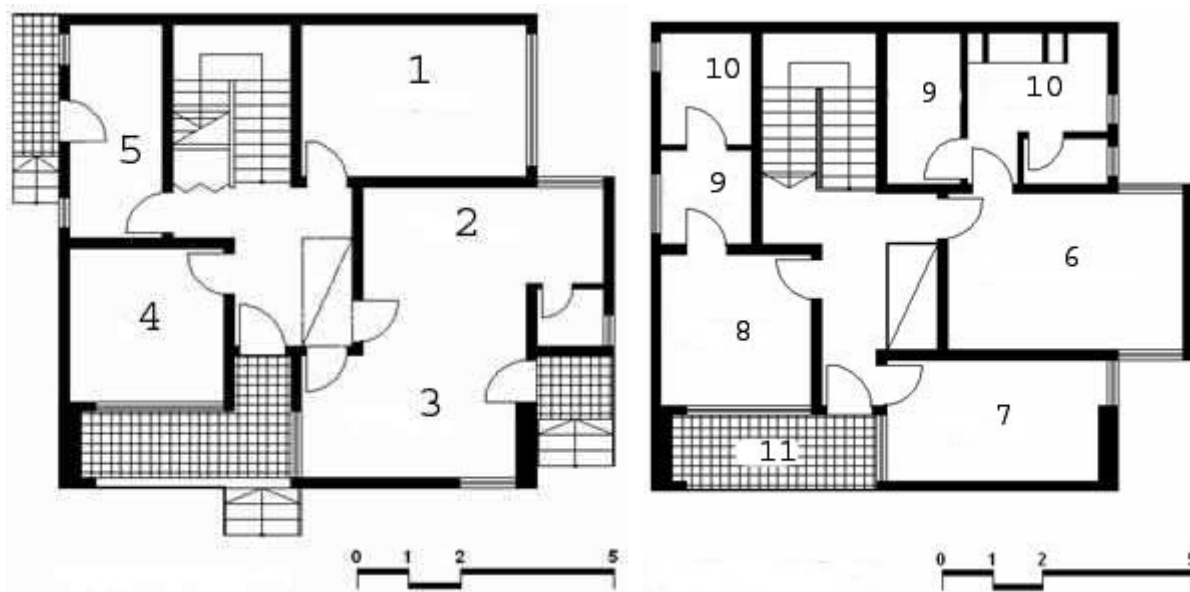
3. Punkt widzenia architekta

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

Dwoma głównymi cechami charakteryzującymi ten dwukondygnacyjny budynek jest użycie lekkiego szkieletu na dom prywatny, co jest nowym podejściem w Rumunii, i rozwiązanie architektoniczne narzucone przez ograniczone miejsce budowy..

Z architektonicznego punktu widzenia, głównym wyzwaniem projektu było wpasowanie prywatnego domu w nieregularną działkę o powierzchni zaledwie 168 m². Wynikowy

budynek o kształcie sześciangu o powierzchni użytkowej każdej z dwóch kondygnacji po 84 m² (patrz Rys. 3.1), osiąga maksymalne wymiary dozwolone przez przepisy miejskie. Narzucona bliskość budynków na przyległych parcelach to następna trudność w znalezieniu równowagi pomiędzy dobrym wyglądem, zapewnieniem naturalnego oświetlenia i prywatności. Dwa świetliki dachowe usytuowane ponad klatką schodową i hallem, zostały zastosowane by dostarczyć snop światła zwiększający poczucie przestronności w centralnej części domu. Rys. 3.2 pokazuje widok wnętrza.



Rzut niższej kondygnacji

Rzut wyższej kondygnacji

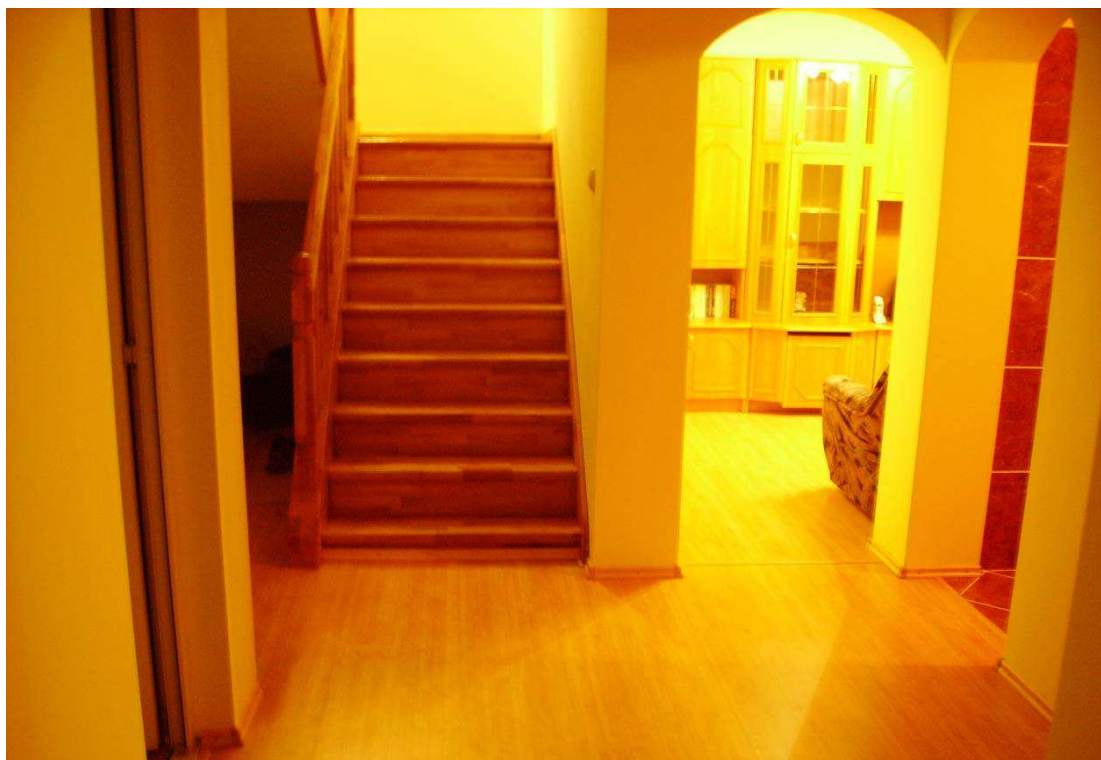
- | | | |
|------------------------|---------------------|--------------|
| 1. Jadalnia | 5. Pralnia | 9. Garderoba |
| 2. Kuchnia | 6. Główna sypialnia | 10. Łazienka |
| 3. Pokój dzienny | 7. Biblioteka | 11. Loggia |
| 4. Magazynek podręczny | 8. Sypialnia | |

Rys. 3.1 Rzut niższej i wyższej kondygnacji domu Constantina

Decyzja o użyciu lekkiego szkieletu stalowego zapadła gdyż budowniczy chciał wykorzystać tę możliwość poszukując efektywnych rozwiązań inżynierskich atrakcyjnych ekonomicznie.

Pomimo faktu że klient nie miał problemu z akceptacją nowego rozwiązania konstrukcyjnego, zespół priorytetów funkcjonalnych wymusił pofragmentowanie rzutów, głównie niższej kondygnacji.

Należy dodać że w tym przypadku możliwości systemu konstrukcyjnego które powinny pozwolić na uzyskanie lżejszego rozwiązania konstrukcyjnego nie zostały w pełni wykorzystane. Pomimo to osiągnięto wysoką jakość konstrukcji, wysoki poziom izolacyjności termicznej i akustycznej i niski koszt konstrukcji.



Rys. 3.2 Widok wnętrza – klatka schodowa

4. Punkt widzenia inżyniera

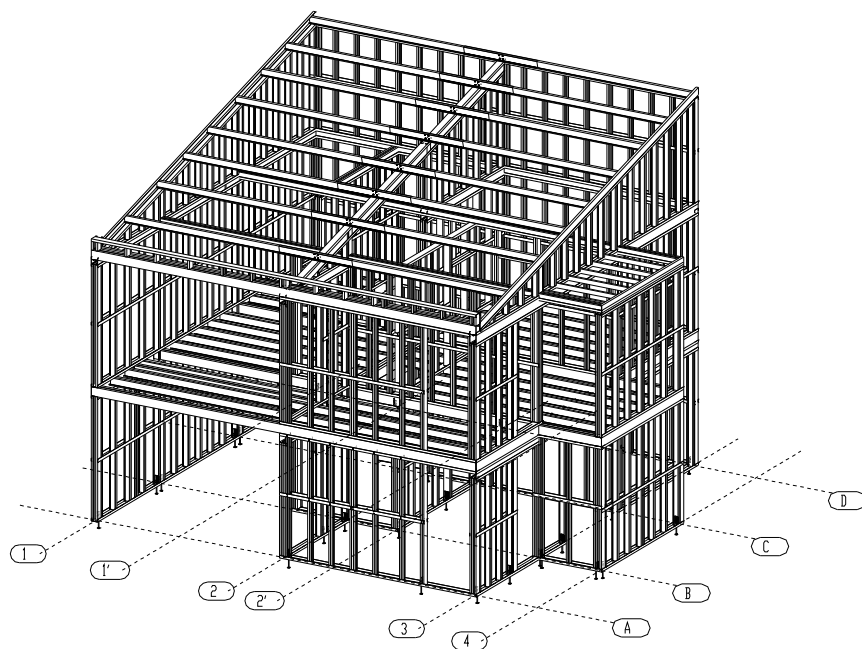
Ludovic Fülöp, doktor, Inżynier Projektu, BRITT Ltd., Timișoara, Rumunia

Prof. Dan Dubina, doktor, Profesor Politechniki w Timișoarze, Rumunia

4.1 Projekt konstrukcyjny

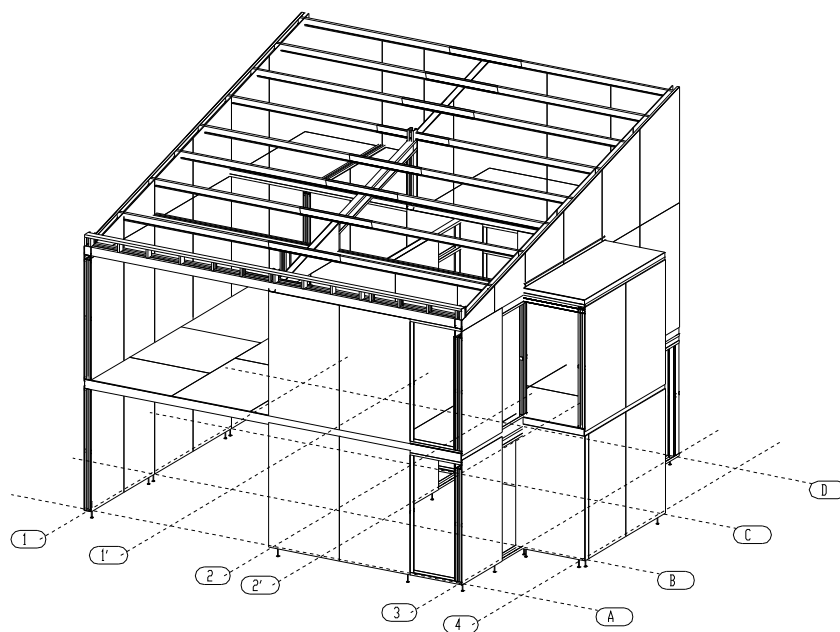
Konstrukcja pokazana na Rys. 4.1 to dwukondygnacyjny dom jednorodzinny. Ponieważ budynek znajduje się na skraju działki nie można było umieścić otworów okiennych w osiach 1 and D (patrz Rys. 4.1). Było to też jedną z przyczyn dla których dach wykonano jako jednospadkowy. Wymiary budynku wynoszą 9 m (osie A–D) na 10,5 m szerokości (osie 1–4). Każda kondygnacja ma wysokość około 2,75 m, a nachylenie dachu wynosi 30°.

Szkielet konstrukcyjny wykonano z cienkościennych kształtowników ceowych (C150/1,5) w rozstawie 600 mm, o grubości 1,5 mm, mocowanych wkrętami samowierzącymi o średnicy 4,8 mm. Wysokość kształtowników wynosi 150 mm, wartość ta decyduje o grubości ścian. Belki nośne stropu wykonano z kształtowników C200/1,5 w rozstawie 600 mm, wynikającym z warunku bardziej z konieczności spełnienia granicznych warunków drgań niż z warunku wytrzymałości. Płatwie dachowe wykonano z kształtowników Z150/1,5 w rozstawie 1 200 mm.



Rys. 4.1 *Stalowy szkielet konstrukcji*

Ściany usztywniono 10-cio milimetrowymi płytami typu OSB zastosowanymi po obu stronach ścian konstrukcyjnych Rys. 4.2. Przepony stropowe zaprojektowano początkowo według tej samej zasady wykorzystując pokrycie z płyt OSB, docelowo rozwiązanie zmieniono na stalowe blachy trapezowe w stropie między kondygnacjami i w stropie dachu. W stropach nie zastosowano wylewek betonowych.



Rys. 4.2 *Szkielet z pokryciem konstrukcyjnym z płyt OSB*

Rys. 4.3 pokazuje konstrukcję w dwóch różnych etapach: (a) skończony szkielet stalowy, (b) szkielet stalowy ze zmontowanymi panelami nośnymi typu OSB.

Obliczony ciężar własny konstrukcji: 0,45 kN/m² dach, 0,70 kN/m² strop, 0,60 kN/m² ściany zewnętrzne i 0,20 kN/m² ściany wewnętrzne. Inne obciążenia ustalono zgodnie z normami rumuńskimi. Obciążenie użytkowe przyjęto równe 1,50 kN/m², obciążenie śniegiem dachu 1,20 kN/m² i obciążenie wiatrem powierzchni narażonej na maksymalne parcie 0,40 kN/m².

Projekt sejsmiczny budynku wykonano przyjmując wartość szczytową przyspieszenia gruntu (peak ground acceleration, PGA) równą 0,25g i nie uwzględniono współczynnika redukcyjnego ($q = 1$). Warunki te musiały być spełnione ze względu na przepisy lokalne, które nie zezwalają na redukcję oddziaływań sejsmicznych w przypadku stalowych konstrukcji cienkościennych; reguły te są niezależne od schematu statycznego.

Jednym z problemów przy projektowaniu tego typu konstrukcji jest ocean nośności i sztywności poszycia ścian i stropów. O ile przypadek stropów może być analizowany w oparciu o założenia ogólne, (na przykład z powodu niskich naprężeń), właściwa ocena w odniesieniu do ścian ma znaczenie kluczowe. W tym przypadku podstawą do oceny nośności na ścinanie i sztywności ścian, liczonej na jednostkę długości ściany, była ekstrapolacja wyników wykonanych wcześniej badań eksperymentalnych.

Do analizy 3D, sztywność powodowaną poszyciem zastąpiono przez równoważne skratowanie. Konstrukcja jest poddana skręcaniu w czasie trzęsienia ziemi ponieważ ściany w osiach 1 i D są całkowicie pokryta płytami, a ściany w osiach 3, 4 i A mieszczą wszystkie otwory. W tych warunkach, z punktu widzenia sejsmiki, najbardziej krytycznym panelem ściennym jest panel parteru w osi A.

Ciężar własny konstrukcji stalowej (z wyłączeniem poszycia) oszacowano na 4600 kg. Masy poszycia i elementów wykończenia określono na $M_1 = 700$ kg, $M_2 = 4650$ kg i $M_3 = 25200$ kg. W sytuacji projektowej masa konstrukcji wynosi $M_{\text{design}} = 32\,700$ kg. Uwzględniając wyłącznie te masy jako masę całej konstrukcji, okres drgań własnych i postacie drgań mogą być przewidziane przy pomocy analizy MES (patrz Tabela 4.1). Należy zauważyć że przypadek 3 (to jest konstrukcja z wykończeniem) został przeanalizowany wyłącznie pod kątem dodatkowej masy jaką stanowi wykończenie. Wpływ elementów drugorzędnych i elementów wykończenia na sztywność nie był uwzględniany ilościowo i uwzględniany.

Tabela 4.1 Charakterystyki dynamiczne uzyskane przy pomocy modelowania MES

Przypadek	T_1 (s)	Postać	T_2 (s)	Postać	T_3 (s)	Postać
1	0,44	Poprzeczne	0,39	Skrętne	0,35	Podłużne
2	0,19	Podłużne	0,18	Poprzeczne	0,13	Skrętne
3*	0,33	Podłużne	0,31	Poprzeczne	0,23	Skrętne

* Uwaga: W przypadku 2 zmieniona została wyłącznie masa, sztywność bez zmian.

Postacie drgań, Tabela 4.1, zawierają pewne składowe drgań skrętnych ponieważ oś sztywności jest przesunięta ku ścianom z okładzinami. Postacie te w przypadku 2 pokazane są na Rys. 4.4.



(a) wykończony szkielet stalowy

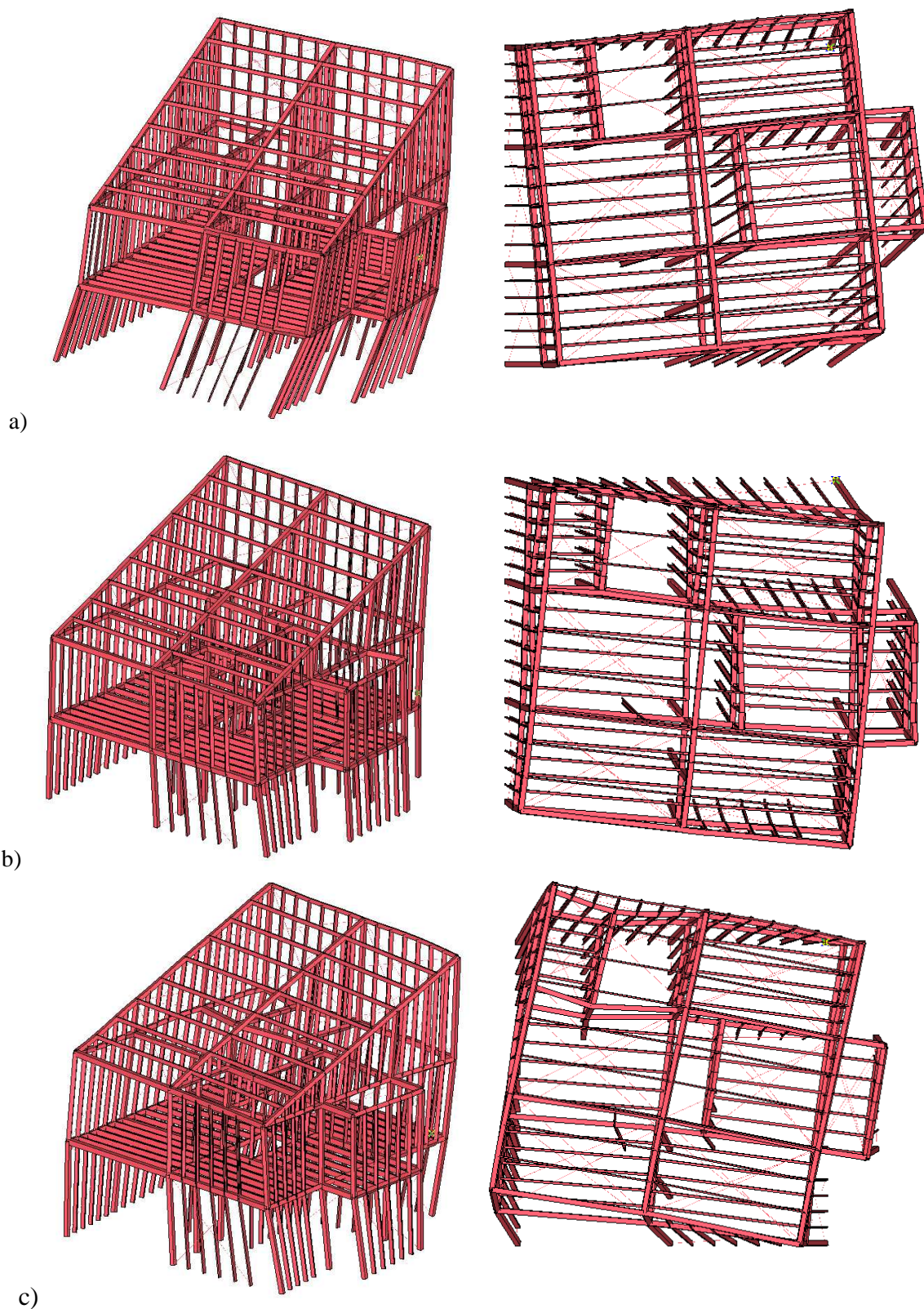


(b) szkielet stalowy z zamontowanymi wszystkimi nośnymi panelami OSB

Rys. 4.3 Konstrukcja w czasie wznoszenia

4.2 Pomiary na placu budowy

Z powodu przyjętej technologii, projekt pilotowy w Rumunii w strefie dużego narażenia na oddziaływania sejsmiczne, procedura projektowania i właściwości sejsmiczne konstrukcji zostały sprawdzone badaniami eksperymentalnymi na placu budowy. Z tego powodu właściwości dynamiczne przy małych amplitudach drgań budynku były badane przez bezpośrednie pomiary w trzech różnych stadiach budowy: (1) wykończony szkielet stalowy, (2) stalowy szkielet ze zmontowanymi wszystkimi nośnymi panelami OSB i (3) skończony budynek z pełnym wyposażeniem, przed przekazaniem właścicielowi.



Rys. 4.4 Pierwsze 3 postacie drgań w drugiej fazie (modelowanie MES): (a) postać pierwsza, (b) postać druga, (c) postać trzecia

Opierając się na tych pomiarach wyznaczono okres drgań własnych T_i , współczynnik tłumienia ξ_i i postacie drgań własnych konstrukcji. Wyniki przedstawiono w Tabeli 4.1.

Tabela 4.2 *Pomiary właściwości dynamicznych*

Etap	Postać 1			Postać 2			Postać 3		
	$T_1(s)$	$\xi_1(\%)$	Postać	$T_2(s)$	$\xi_2(\%)$	Postać	$T_3(s)$	$\xi_3(\%)$	Postać
1	0,546	1,18	Podłużne	0,437	1,05	Poprzeczne	0,456	1,30	Skrajne
2	0,103	3,43	Poprzeczne	0,096	3,72	Podłużne	-	-	-
3	0,101	4,11	Poprzeczne	0,096	3,80	Podłużne	0,072	4,12	Skrajne

Wyniki badań są lepsze niż wyniki obliczeń, co oznacza że procedury projektowe są wystarczająco bezpieczne. Należy podkreślić że zamontowanie usztywniających paneli OSB nie tylko znacząco zwiększyło sztywność konstrukcji, ale zmieniło kierunek najsłabszej odpowiedzi. W pierwszym etapie budowy pierwsza postać drgań była podłużna (patrz Tabela 4.2 o okresie drgań $T_{1,St1} = 0.54s$, podczas gdy w drugim etapie okres wyniósł $T_{1,St2} = 0.10s$. Warto zauważyć jest że na tym etapie wykonania konstrukcji współczynnik tłumienia również wzrósł znacząco. Na etapie wykańczania nie zaobserwowano istotnych zmian charakterystyki drgań. Znaczący to że dodatkowe masy wprowadzone w czasie wykańczania są równoważone przez wzrost sztywności generowany przez elementy wykończenia. Po dodaniu obciążeń użytkowych (na przykład meble etc.) okres drgań własnych nieco zwiększy się. Najbardziej prawdopodobne jest osiągnięcie w czasie użytkowania wartości $T_1 = 0.15 - 0.2s$. Inny wniosek to fakt że racjonalnie określono współczynnik tłumienia $\zeta = 0.05$ (nawet jeżeli nie można traktować tej wartości jako zachowawczej) dla stalowych domów z kształtowników cienkościennych.

4.3 Wniosek

Zaletami stalowych szkieletowych domów z kształtowników cienkościennych są wysoki stosunek jakość/cena, dobre właściwości konstrukcyjne i dobre właściwości fizyczne. Dodatkowo jest to idealne rozwiązanie w strefach aktywności sejsmicznej

5. Ogólny punkt widzenia i punkt widzenia wykonawcy konstrukcji stalowej

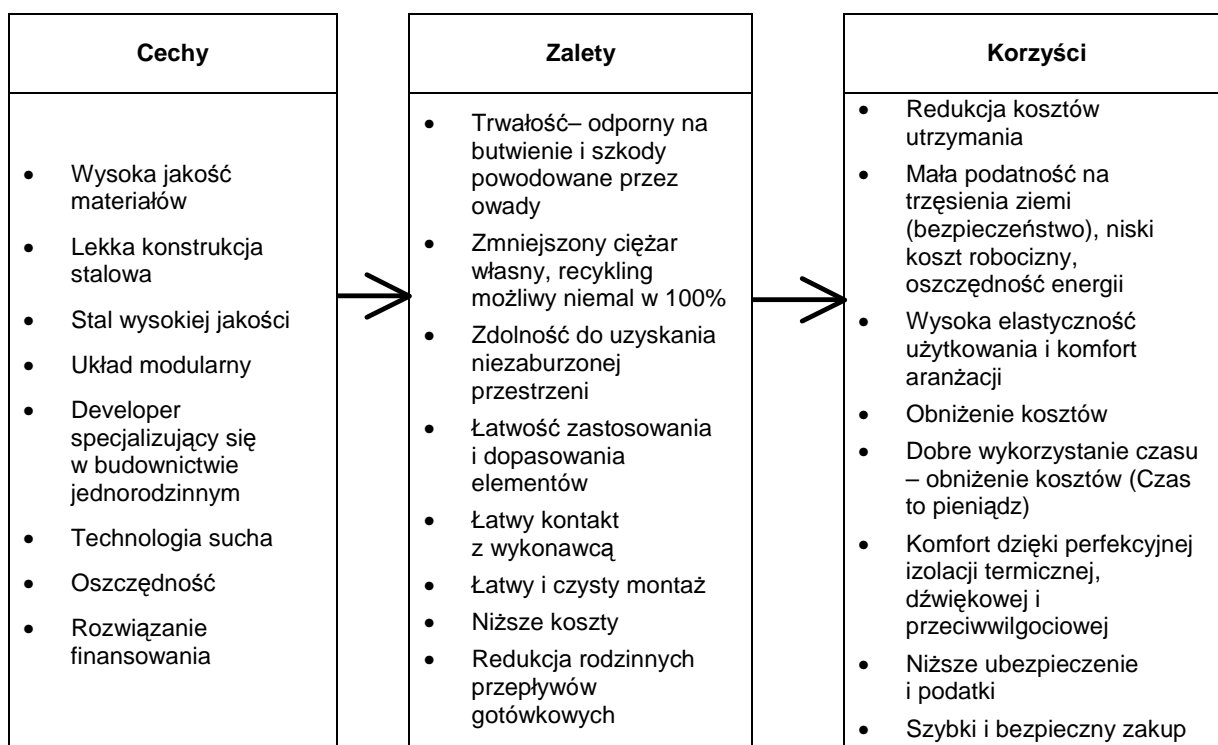
Zsolt Nagy, Kierownik ds. Technicznych, Lindab Ltd., Bukareszt, Rumunia

Lekkie domy stalowe – stale aktualny przedmiot dyskusji w warunkach rynku rumuńskiego

Z informacji zbieranych na rynku rumuńskim płynie wniosek że ludzie w większości mają poglądy konserwatywne: preferowane jest posiadanie tradycyjnych domów murowanych. Po uzyskaniu zgody naszego klienta pana Emanuela Constantine na dom o konstrukcji stalowej wiemy że rozpoczął się proces zmian świadomości..

Projekt tego domu jednorodzinnego był wynikiem długiej i dobrej współpracy z architektem i projektantem konstrukcji stalowej.

Ogólnie pojawiało się wiele wątpliwości, często stawiane były pytania na które trzeba było znaleźć odpowiedź: aspekty takie jak kluczowe korzyści są nie zauważane przez klienta. Po umieszczeniu wszystkich w tablicy Cechy/Zalety/Korzyści uzyskaliśmy obraz jak niżej:



Czynnikiem krytycznym przy projektowaniu były warunki panujące na placu budowy: z powodu bardzo małej powierzchni terenu (zaledwie 145 m²) zdecydowaliśmy się zaproponować suchą technologię wykonania metodą kolejnego montażu elementów. Wszystkie elementy można było zmontować ręcznie, korzystając z bardzo prostych narzędzi i technik mocowania. Oczywiście było nieuchronne że nie będziemy mogli użyć systemu modułarnego, jednak pomimo tego warunku, zastosowaliśmy wszystkie standardowe rozwiązania konstrukcyjne.

Ostatecznie nasz klient mógł osiągnąć korzyść dzięki zaletom dobrze zaprojektowanego i wykonanego rozwiązania: oszczędność kosztów, bezpieczna dostawa, obniżone koszty utrzymania i szybki montaż.

6. Zespół projektowy

Klient:	Emanuel Constantin, Ploeshti, Rumunia
Wykonawca generalny i wykonawca konstrukcji stalowej:	Lindab Ltd., Bukareszt, Rumunia
Architekt:	Network Management Ltd., Timisoara, Rumunia
Inżynier - konstruktor:	Britt Ltd., Timisoara, Rumunia

Protokół jakości

TYTUŁ ZASOBU	Studium przypadku: Dom jednorodzinny państwa Constantin, Ploeshti, Rumunia		
Odniesienie			
DOKUMENT ORYGINALNY			
	Imię i nazwisko	Instytucja	Data
Stworzony przez	Viorel UNGUREANU	BRITT Ltd. Timisoara, Romania	
Zawartość techniczna sprawdzona przez	Dan DUBINA	BRITT Ltd. Timisoara, Romania	
Zawartość redakcyjna sprawdzona przez			
Zawartość techniczna zaaprobowana przez:			
1. WIELKA BRYTANIA	G W Owens	SCI	10/3/06
2. Francja	A Bureau	CTICM	10/3/06
3. Szwecja	A Olsson	SBI	10/3/06
4. Niemcy	C Müller	RWTH	10/3/06
5. Hiszpania	J Chica	Labein	10/3/06
Zasób zatwierdzony przez Koordynatora Technicznego	G W Owens	SCI	10/6/06
TŁUMACZENIE DOKUMENTU			
Tłumaczenie wykonał i sprawdził:		B. Stankiewicz, PRz	
Tłumaczenie zatwierdzone przez:	B. Stankiewicz	PRz	

Informacje ramowe

Tytuł*	Studium przypadku: Dom jednorodzinny państwa Constantin, Ploeszti, Rumunia	
Seria		
Opis*	Studium przypadku przedstawia pilotowy stalowy dom szkieletowy wykonany w Ploeszti w Rumunii, w regionie o wysokim zagrożeniu oddziaływaniami sejsmicznymi. Konstrukcję wykonano z profili cienkościennych, zgodnie z metodologią projektowania na terenach sejsmicznie aktywnych, zakładając że obciążenia sejsmiczne zostaną przeniesione przez panele ściennie z okładzinami z blach fałdowych lub panele z płyt drewnopochodnych typu OSB (ang. Oriented Strand Board).	
Poziom dostępu*	Umiejętności specjalistyczne	Do użytku ogólnego
Identyfikator*	Nazwa pliku	D:\ACCESS_STEEL_PL\SP\3\SP024a-PL-EU.doc
Format		Microsoft Word 9.0; 14 Pages; 1541kb;
Kategoria*	Typ zasobu	Studia przypadków
	Punkt widzenia	Klient, Architekt
Temat*	Obszar stosowania	Budynki mieszkalne
Daty	Data utworzenia	08/12/2005
	Data ostatniej modyfikacji	
	Data sprawdzenia	
	Ważny od	
	Ważny do	
Język(i)*		
Kontakt	Autor	Viorel UNGUREANU, BRITT Ltd. Timisoara, Romania
	Sprawdził	Dan DUBINA, BRITT Ltd. Timisoara, Romania
	Zatwierdził	
	Redaktor	
	Ostatnia modyfikacja	
Słowa kluczowe*	Stalowe produkty zimnogięte, stalowe ściany ścinane, odporność na oddziaływania sejsmiczne, wytrzymałość na ścinanie	
Zobacz też	Odniesienie do Eurokodu	
	Przykład(y) obliczeniowy	
	Komentarz	
	Dyskusja	
	<i>Inne</i>	
Sprawozdanie	Przydatność krajowa	EUrope



Instrukcje szczególne	
----------------------------------	--