

Postup řešení: Konstrukční systémy lehkých ocelových konstrukcí pro bydlení

V příspěvku jsou popsány hlavní konstrukční systémy pro lehké ocelové obytné konstrukce, které jsou rozděleny na prvkové, panelové, modulové nebo objemové, a smíšené konstrukce. Jsou uvedena doporučení pro výběr typu konstrukce a jejich přednosti.

Obsah

1.	Úvod	2
2.	Prvkové systémy	2
3.	Panelové systémy	3
4.	Trojrozměrné systémy	5
5.	Smíšené konstrukce	9
6.	Výběr systému	9
7.	Kontrakty a konzultační služby	13

1. Úvod

Lehké ocelové konstrukce dodávají specializovaní subdodavatelé, kteří dodávají jeden nebo více lehkých ocelových systémů:

- Konstrukce smontovaná z jednotlivých prvků
- Systémy založené na panelech
- Třírozměrné buňky
- Smíšené systémy

Pro různé konstrukční systémy jsou vhodné jiné formy zabezpečení dodávky konstrukce a organizace výstavby.

Tento dokument uvádí základní konstrukční systémy a dává doporučení pro výběr systému a odpovídající organizační vztahy.

2. Prvkové systémy

Úplnou obytnou jednotku lehké ocelové konstrukce lze smontovat z jednotlivých prvků. Tomuto způsobu se také říká tyčová konstrukce, kdy název je odvozen z dřevěných konstrukcí. V praxi jsou nakoupeny ocelové prvky a dodavatelem nařezány na dané délky. Vývoj v malých přemístitelných válcovnách, jako je např. Scottsdale'ská válcovna, ukazuje, že lze nabízet i hospodárné konečné zpracování ocelových prvků na staveništi.

Typický samostatný dům s plochou 80 až 100 m² je vyráběn ze základních lehkých ocelových prvků, jejichž počet je asi 350 až 400 kusů, včetně všech sloupků, paždíků, nosníků, průvlaků a vaznic. Dům, který je takto postaven, může být smontován od tří do čtyř dnů týmem složeným ze dvou až tří pracovníků.

Konstrukce z prvků, která je ukázána na Obrázek 2.1, je nejjednodušší verzí lehké ocelové konstrukce. V Evropě je tento způsob obvykle omezen na malé projekty. V USA jsou takto zajišťovány i velmi rozsáhlé projekty. Důvodem je levná pracovní síla. Velké mnohapatrové projekty užívají prvkové systémy pro výplňovou konstrukci, kde se využije kombinace s konstrukcemi z profilů za tepla válcovaných nebo betonových.

Pro montáž postačuje jednoduchá technologie. Vyžaduje se účinný způsob stykování na staveništi. Obvyklé montážní tolerance konstrukce dostačují, pokud je dodržena přímota a rovinnost prvků.



Obrázek 2.1 Obytná konstrukce složená z jednotlivých prvků

3. Panelové systémy

Druhým způsobem zajištění dodávky je prefabrikace panelů a kazet z lehkých ocelových prvků různých tvarů a rozměrů ve speciálních přípravcích. Panely jsou následně sestaveny do úplné konstrukce pro bydlení. Rozlišují se stěnové prvky a stropní nebo střešní díly.

Existuje několik způsobů sestavení panelů z lehkých ocelových prvků na staveništi nebo mimo něj. Výroba panelů vyžaduje tolerance od +0 mm do -2 mm. Přesnosti se dosahuje montáží panelů na přípravcích. Výrobci dávají přednost svým vlastním jednoúčelovým přípravkům. Typický malý přípravek je zobrazen na Obrázek 3.1 dole.

Ocelové prvky v panelu mohou být spojovány svařováním, nýtováním, šroubováním nebo tvarovými spoji, které jsou obdobou klempířských spojů.

Nejběžnější jsou nýtování a šroubování. Nové válcovací stroje tvorbu otvorů pro nýty do ocelových prvků při válcování. Nosné panely se navrhuje tak, aby přenášely působící síly. Nenosné příčky jsou určeny pouze pro dělení prostorů v konstrukci.



Obrázek 3.1 Typický přípravek pro přípravu panelů

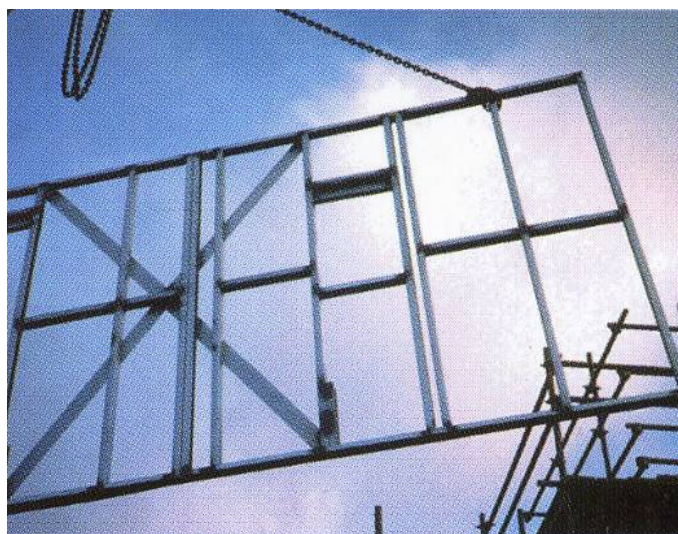
Výrobní rozměr panelů lze volit. Někteří výrobci volí malé panely, kterými může manipulovat jeden pracovník a lze je osazovat bez použití jeřábů. Jiní výrobci volí velké panely, které se osazují s pomocí jeřábů. Menší panely se používají většinou na budovy s jedním nebo dvěma podlažími. Hmotnost panelů se v závislosti na rozměrech a úpravách prvků liší. Malý panel má hmotnost nejméně 50 kg a velké stropní panely až 600 kg.

Podle rozměrů panelů sestává typický dům s plochou 80 – 100 m² z 28 až 60 panelů. Konstrukce domu pro jednu rodinu při použití jeřábu a velkých panelů, 8 až 10 m dlouhých a až 2,8 m širokých, může být zmontována za 6 až 8 hodin. Panely pro rodinný dům mohou být naloženy na jedno běžné nákladní auto.

Panely se na staveništi spojují samořeznými šrouby. Některé panelové systémy využívají šroubové spoje s maticemi.

Pokračující zlepšování technologií CAD-CAM umožňuje snadný inženýrský návrh, zpracování výkresů a výrobu panelů. I když moderní výrobní systémy umožňují rychlé navrhování a výrobu unikátních panelů, opakovatelnost panelů je příležitostí pro úspory v inženýrské činnosti, výrobě a montáži na staveništi, v řízení projektu a v logistice. Požaduje se, aby navržený panel byl opakován nejméně desetkrát.

Panely mohou být vyráběny jako otevřené nebo uzavřené panely. U otevřených panelů, Obrázek 3.2, jsou nosné nebo nenosné příčky vyráběny výhradně z oceli. Uzavřené panely, viz Obrázek 3.3, se ve výrobě doplňují o další prvky, jako jsou izolace, stěnové obklady a/nebo okna připevněné ke konstrukčnímu panelu. Technologická vedení mohou být také vložena do panelů. Motivace pro užívání uzavřených systémů spočívá v jednoduchosti montáže na staveništi a v úsporách montážních časů. Technologií uzavřeného systému lze dodat objekt, kromě zemních prací, v rozpětí od tří do pěti dnů. Užití uzavřených systémů zvyšuje citlivost na počasí během montáže. U uzavřených systémů se stává subdodavatel generálním dodavatelem.



Obrázek 3.2 Otevřený konstrukční panel



Obrázek 3.3 Uzavřený panel doplněný o obklad, izolace a technologická vedení

4. Trojrozměrné systémy

Třetím systémem lehkých ocelových prvků v konstrukcích pro bydlení je tovární výroba třírozměrných částí. Tyto části se obvykle nazývají moduly nebo buňky, pokud mají rozměr několika místností, nebo jádra pokud jsou určeny na koupelny nebo kuchyně. Buňka nebo jádro mohou být dodávány specializovaným subdodavatelem nebo výrobcem pouze jako konstrukční díl, jak je zobrazeno na Obrázek 4.1. Lze je také dopravovat na staveniště jako úplný stavební díl, Obrázek 4.2 a Obrázek 4.3. Modulová konstrukce nejvíce využívá výhody tovární výroby. Mezi nevýhody modulových konstrukcí patří návrhová omezení, náklady na dopravu a omezení daná možnostmi a kapacitou místního trhu.



Obrázek 4.1 *Konstrukce buňky*



Obrázek 4.2 *Na třech obrázcích je prezentován modulový systém OpenHouse, modulové buňky jsou vyráběny v továrně a jsou osazovány spolu se sloupy vysokými jako podlaží na staveništi*



Obrázek 4.3 Koupelnové jádro zdvihané v Beaufort House, Londýn

Rozměry modulů jsou stanoveny architektonickými požadavky a dopravními omezeními. Tato omezení nejsou jen ustanovení místních orgánů ale i skutečná omezení přístupu ke staveništi. Moduly mohou být dopravovány na dlouhé vzdálenosti jak je vidět na obrázku Obrázek 4.4, kde jsou moduly dopravovány z Polska do vnitřního Londýna.

Při užití modulové konstrukce je čas na staveništi redukován na minimum.



Obrázek 4.4 Moduly, které byly vyrobeny v Polsku a smontovány v Londýně

5. Smíšené systémy

Čtvrtý způsob zajištění konstrukce kombinuje dva nebo tři z dříve uvedených systémů, a je možné kombinovat dohromady s prvky za tepla válcovanými nebo betonovými. Tyto konstrukce se obvykle nazývají hybridními konstrukcemi. Smíšené konstrukce užívají výhody každého způsobu a doplněním prvků za tepla válcovaných nebo betonových rozšiřují použití lehkých ocelových konstrukcí na větší a vyšší obytné konstrukce. Projekty o 6 až 9 podlaží nejsou neobvyklé a byly realizovány projekty až do 22 podlaží.

Projekt Lingham Court v Londýně, Obrázek 5.1 ukazuje velký objekt smíšené konstrukce. 80 jednotek je umístěno v nosné konstrukci se samostatnými jádry pro koupelny a kuchyně. Pro schodiště a výtahové šachty byly prefabrikovány třírozměrné díly ze za tepla válcovaných profilů. Osmi podlažní oválná část budovy je provedena jako prvková konstrukce, protože tato část nemohla být hospodárně navržena jiným způsobem.



Obrázek 5.1 Lingham Court, Londýn

6. Výběr systému

Který ze čtyř systémů je nejvhodnější pro daný projekt?

Prvková konstrukce je tradičním způsobem výstavby, kdy jsou cihly, bloky nebo trámy nahrazeny lehkými ocelovými prvky. Výstavba po prvcích se osvědčila pro jednorázovou výstavbu jedno a dvoupodlažního obytného domu. V USA byl tento způsob využíván úspěšně pro nízké obytné konstrukce velkých rozměrů, kdy se celé staveniště stalo továrnou. Ve většině případů ale prvková konstrukce využívá jen omezené výhody kontroly kvality, které vyplývají z prefabrikace.

Pro volbu prvkové konstrukce mluví následující:

- K dispozici jsou vhodné specializované subdodavatele, montážní čety.
- Projekt je vhodný pro lehkou ocelovou konstrukci, ale je příliš obtížné její prefabrikovat
- Projektční návrh znemožňuje opakování
- Není k dispozici kapacita pro prefabrikaci
- Čas pro výstavbu nerozhoduje

Panelový způsob výstavby lehké ocelové konstrukce, otevřené nebo uzavřené panely, představuje střední cestu mezi prvkovou konstrukcí a třírozměrným řešením. Panelová výstavba snižuje čas montáže a snižuje náklady projektu. Protože cena nosné konstrukce obytné budovy představuje pouze asi 15% všech stavebních nákladů, tak úspory opakování a tovární prefabrikace nebudou příliš velké a mohou být převáženy náklady na dopravu.

Užití panelového způsobu výstavby podporuje

- Dosažitelnost kvalifikovaných specializovaných subdodavatelů
- Vhodní specialisté, kteří mají výrobní kapacitu na dodání konstrukce v čase daném projektem
- Čas pro provedení na staveništi je kritický
- Projekt připouští rozumné opakování panelů
- Architektonické předpoklady návrhu neumožňují třírozměrné řešení
- Dopravní náklady jsou v rámci plánovaných nákladů akceptovatelné

Třírozměrná lehká ocelová konstrukce představuje nejrychlejší řešení konstrukce na staveništi a přináší největší úspory nákladů. Úspěšné užití modulové konstrukce je podmíněno vhodným návrhem. Pokud návrh obsahuje podstatný počet opakování, jako je v projektech hotelů, motelů nebo studentských kolejí, lze modulovou konstrukci reálně uvažovat.

Kvalita třírozměrné konstrukce závisí na požadavcích klienta. Pokud se užití stejné nároky projektu na konstrukce vyráběné v továrně, je pravděpodobné, nebo je alespoň možnost, že kvalita bude vyšší než při provádění konstrukce na staveništi.

Třírozměrná konstrukce má dvě omezení návrhu, odvozená z velkých stavebních bloků. Rozměr stavebního bloku může omezovat tvůrčí možnosti návrhatele. Omezení rozměrů dopravou může vážně omezit rozměry místností. Navzdory těmto omezením jsou možná velmi dobrá konstrukční řešení.

Úvahy podporujících užití třírozměrných systémů zahrnují:

- Dostupnost vhodných výrobců
- Dostupná a časově vyhovující výrobní kapacita
- Vhodný architektonický návrh
- Kritická časová omezení na staveništi
- Rozumná dopravní síť

Smíšené konstrukce nás seznamují s projektanty s nejpružnějšími řešitelskými schopnostmi. Tento způsob je vhodný pro mnohapatrové komplexní projekty, ale může být použit pro jedno nebo dvoupatrové projekty. Dva projekty prezentují dále tyto možnosti.

První příklad je Beaufort House v Londýně pro Peabody Trust, který obdržel první cenu viz Obrázek 6.1. Je to příklad hybridní konstrukce užitá pro šestipodlažní budovu se 76 jednotkami. V tomto projektu tvoří hlavní konstrukční systém prefabrikované lehké ocelové panely. Tyto panely jsou vyztuženy za tepla válcovanými profily v místech, kde působí soustředěná zatížení. Profily válcované za tepla jsou použity na prefabrikované výtahové věže, schodiště, na fasády a na balkony. Koupelňová jádra byla vyrobena mimo staveniště.

Druhý projekt, viz Obrázek 6.2, je Advance Housing zpracovaný firmou Barrett a Terrapin. Projekt pro jednotlivé rodinné domy užívá smíšený systém pro jednoduché dvoupodlažní domy. Jeho nízká náročnost je na první pohled v rozporu s použitou konstrukcí. Budova představuje uzavřený stěnový systém pro hlavní část konstrukce a koupelňová a kuchyňská jádra. Výsledkem je dům továrně vyrobený s vysokou kvalitou, vhodný pro časté opakování ve vhodných lokalitách. Tyto dva projekty, přes jejich rozdíly v rozměrech, mají řadu společných koncepčních rysů.



Obrázek 6.1 *Beaufort House, 76 bytových jednotek, 6-ti podlažní smíšená konstrukce pro bydlení, Londýn*



Obrázek 6.2 *Lehké ocelové domy dodávané firmou Advance Housing Ltd pro Barratt Developments Plc*

Úvahy podporujících užití smíšených systémů zahrnují:

- Dostupnost kvalifikovaných specializovaných subdodavatelů.
- Snadná dělitelnost na oblasti s náročným technologickým vybavením, které lze nejlépe vytvořit pomocí jader, a jednodušší oblasti, které je vhodné vytvořit z panelové konstrukce.
- Nároky na prefabrikaci odůvodňuje doba výstavby.
- Vyšší náklady na návrh mohou být kompenzovány úsporami na konstrukci.

Tabulka 6.1 shrnuje způsoby provedení lehkých ocelových konstrukcí pro různé typy domů. Skutečné možnosti se mohou měnit v závislosti na možnostech a požadavcích projektu.

Tabulka 6.1 *Druhy konstrukcí obytných domů a výběr konstrukčního systému*

Druh domu	Konstrukční systém			
	Prvkový	Panelový	Třírozměrný	Smíšený
Postavený svépomocí	✓✓	✓		
Jednoduchý rodinný	✓✓	✓✓		✓
S předzahrádkou/řadový	✓	✓✓		
Bytový (1 – 4 podlaží)		✓✓	✓✓	
Bytový (4+ podlaží)		✓	✓	✓
Hotely, studentské koleje atd.		✓	✓✓	✓
✓✓ Optimální	✓ Možné			

7. Kontrakty a konzultační služby

Jakmile byl vybrán konstrukční systém, je třeba určit organizační vztahy mezi složkami zodpovídajícími za dodávku obytného objektu. Nejlepší je, když jsou tyto vztahy stanoveny souběžně s výběrem systému. Následující poznámky jsou vztaženy k hlavnímu výběru nebo alternativám ve vztazích a ke specifickým formám kontraktu, které se mohou měnit v závislosti na zemi a klientových zkušenostech. Nejdůležitější jsou odpovědi na otázky:

- Kdo je hlavní dodavatel?
- Jaké jsou vztahy mezi hlavním dodavatelem a hlavním specialistou na lehkou ocelovou konstrukci?
- Kdo zabezpečí inženýrské konstrukční vybavení?
- Jaký je vztah mezi investorem a architektem a specialistou na ocelové lehké konstrukce?
- Kdo dodá klíčové architektonické detaily?

Prvkové systémy: Představují nejjednodušší organizační formu. V tomto případě je nevhodnější, aby specialista byl určeným subdodavatelem nebo musí vyhrát kontrakt jako subdodavatel v tendrovém projektu nebo na základě dojednání. Architektonické a inženýrské práce jsou nevhodněji zajištěny běžným způsobem. Subdodavatel lehké ocelové konstrukce musí vstoupit do vazeb.

Panelové systémy: Tento způsob dodávky je složitější než prvkové systémy a bude složitější, jestliže specialista využije účelově navržený systém. V závislosti na systému, specialista může zajistit inženýrskou činnost pro návrh nosné konstrukce a může se zúčastnit na řešení detailů systému. Oblasti zodpovědnosti a rozsah prací dodávek výrobků musí být pečlivě určeny. Investorův architekt zabezpečí základní návrh budovy, ale v plánování a řešení detailů musí akceptovat okrajové podmínky systému. Investorův stavební inženýr zabezpečí staveniště a inženýrské sítě. Kritická je kontrola a definování prací ve styčných oblastech.

Prostorové systémy: Výrobce modulů se při tomto způsobu výstavby stává generálním dodavatelem. Stavební inženýrské činnosti bývají obvykle garantovány výrobcem modulů. Architekt investora musí úzce spolupracovat s výrobcem, což vyústí do zdařilé spolupráce.

Smíšené systémy: Tento způsob vyžaduje neúplnější smluvní vztahy. Není pravděpodobné, že specialista na lehkou ocelovou konstrukci má vybavení pro výrobu všech smíšených prvků a specialista může nebo nemůže převzít zodpovědnost za zabezpečení všech částí. Z toho vyplývá, že konstrukčně inženýrské činnosti jsou smluvní. Rozhoduje definice oblasti spolupráce a koordinace výstavby a generální dodavatel by měl za ně nést zodpovědnost.

Objem činností zajišťovaných subdodavatelem specializovaným na lehké ocelové konstrukce se mění v závislosti na kvalifikaci specialisty a na požadavcích trhu. Činnosti specialisty obvykle obsahují:

- Výroba konstrukce, její návrh a návrh detailů.
- Zajištění oceli, podle potřeb systému
- Montáž lehké ocelové konstrukce

Volitelné činnosti obvykle obsahují:

- Úplný návrh nosné konstrukce
- Zajištění ocelových prvků, jako jsou příčky, balkony, schodiště, výtahové věže
- Zajištění součástí souvisejících se systémem, jako jsou izolace, obklady, fasádní systémy atd.

Ostatní projekční činnosti vztahující se k funkci lehkého ocelového systému, např. akustické a tepelné detaily, protipožární opatření, atd. zpracovávají smluvní partneři specialisté.

Způsob zabezpečení lehkých ocelových konstrukcí se vyvíjí a specializovaní dodavatelé lehkých ocelových konstrukcí reagují na požadavky trhu. Tabulka 7.1 doporučuje způsoby zabezpečení konstrukcí, které nejvíce vyhovují pro různé stavebně-konstrukční soustavy.

Tabulka 7.1 *Uspořádání kontraktu a zabezpečení dodávky lehké ocelové konstrukce*

Uspořádání kontraktu	Odpovědnost subdodavatelů	Druhy konstrukce			
		Prvková	Panelová	Třírozměrná	Smíšená
Investor (Návrh, provedení a financování)	Úplný návrh všech systémů podle návrhu investora architekta	✓	✓✓	✓✓	✓✓
Dodavatel (Návrh a kontrakt na výstavbu)	Koordinace specializovaným subdodavatelem	—	✓	✓✓	✓
	Návrh a instalace specialistových složek subdodavatelem	✓	✓✓	✓✓	✓
	Pouze instalace specialistových komponent subdodavatelem	—	—	—	—
	Dodávka pouze specialistových komponent	✓	✓	—	—
Obvyklý kontrakt	Instalace provedená prováděcí firmou	✓	—	—	—
	Určený subdodavatel (návrh a instalace)	✓✓	✓✓	✓	✓

✓✓ pravděpodobné ✓ možné — nepravděpodobné

Předchozí tabulka je doporučením. Zkušenost ukazuje, že uspořádání kontraktu je dáno spolupracujícími partnery. Přesto z tabulky lze vyjmout tři poznatky:

- Čím je komplexnější zajištění dodávky konstrukce, tím je méně pravděpodobné úspěšné soutěžní řešení, dohoda je lepší.
- Optimálního způsobu zajištění dodávky konstrukce se dosáhne vhodnou volbou specialisty na počátku návrhu.
- Upřímné partnerské uspořádání mezi investorem, hlavním dodavatelem a specialistou umožňuje největší výhody z inovací konstrukce.

Quality Record

RESOURCE TITLE	Scheme development: Structural systems and preferred methods for procurement of light steel residential construction		
Reference(s)			
ORIGINAL DOCUMENT			
	Name	Company	Date
Created by	J Baker	SCI	
Technical content checked by	G W Owens	SCI	
Editorial content checked by			
Technical content endorsed by the following STEEL Partners:			
1. UK	G W Owens	SCI	18/4/06
2. France	A Bureau	CTICM	18/4/06
3. Sweden	B Uppfeldt	SBI	11/4/06
4. Germany	C Müller	RWTH	18/4/06
5. Spain	J Chica	Labein	18/4/06
Resource approved by Technical Coordinator	G W Owens	SCI	20/7/06
TRANSLATED DOCUMENT			
This Translation made and checked by:	M. Vašek	CTU in Prague	31/7/07
Translated resource approved by:	F. Wald	CTU in Prague	30/8/07
National technical contact:	F. Wald	CTU in Prague	