



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

ŽELEZOBETONOVÁ KONSTRUKCE PREFABRIKOVANÉ HALY

PRECAST CONCRETE STRUCTURE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Martin Kubáček

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PAVEL ŠULÁK, Ph.D.

BRNO 2017



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Martin Kubáček
Název	Železobetonová konstrukce prefabrikované haly
Vedoucí práce	Ing. Pavel Šulák, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2016
Datum odevzdání	26. 5. 2017

V Brně dne 30. 11. 2016

prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Stavební podklady – situace, půdorysy, řezy, geologie

Platné předpisy a normy (včetně změn a oprav):

ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-1 až 7: Zatížení stavebních konstrukcí

ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN 73 1201: Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb

Literatura doporučená vedoucím diplomové práce.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Pro montovanou železobetonovou halu navrhnete nosné prvky.

Provedte statické řešení konstrukce a nadimenzujte její vybrané části: vazník, sloupy, prahové nosníky, základové patky nebo piloty a v rozsahu určeném vedoucím práce. Statickou analýzu proveďte

v některém programovém systému pro výpočet konstrukcí (včetně „ručního“ ověření).

Vypracujte výkresy tvaru dimenzovaných částí konstrukce a podrobné výkresy výztuže posuzovaných prvků.

Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího diplomové práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje zprávu a ostatní náležitosti podle níže uvedených směrnic)

Přílohy textové části:

P1. Výkresy tvaru a výztuže (v rozsahu určeném vedoucím práce).

P2. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím práce)

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1x)

Popisný soubor závěrečné práce (1x)

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě a pro ÚBZK 1x na CD.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Pavel Šulák, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce obsahuje statickou analýzu a návrh konstrukce prefabrikované skladovací haly. Zadáním práce je navrhnout a posoudit prvky v běžném rámu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Železobeton, železobetonový vazník, železobetonový sloup, ztužující nosník, základová patka, prefabrikát

ABSTRACT

bachelor thesis The Master's thesis describes static analysis and design of reinforced concrete prefabricated of the production hall. Entering the work is to design and assess elements of structure ordinary frame

KEYWORDS

Reinforced concrete, reinforced concrete truss, reinforced concrete column, reinforcing beam, foundation block, prefabricated

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Martin Kubáček *Železobetonová konstrukce prefabrikované haly*. Brno, 2017; 17 s., 6. příl.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a
zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Pavel Šulák, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 22. 5. 2017

Martin Kubáček
autor práce

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 22. 5. 2017

Martin Kubáček
autor práce

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat rodičům za podporu a zázemí při vypracování práce, panu ing. Šulákovi za trpělivost a odborné vedení práce a v neposlední řadě panu Zdeňkovi Ondruškovi za odborné rady z praxe.

Obsah

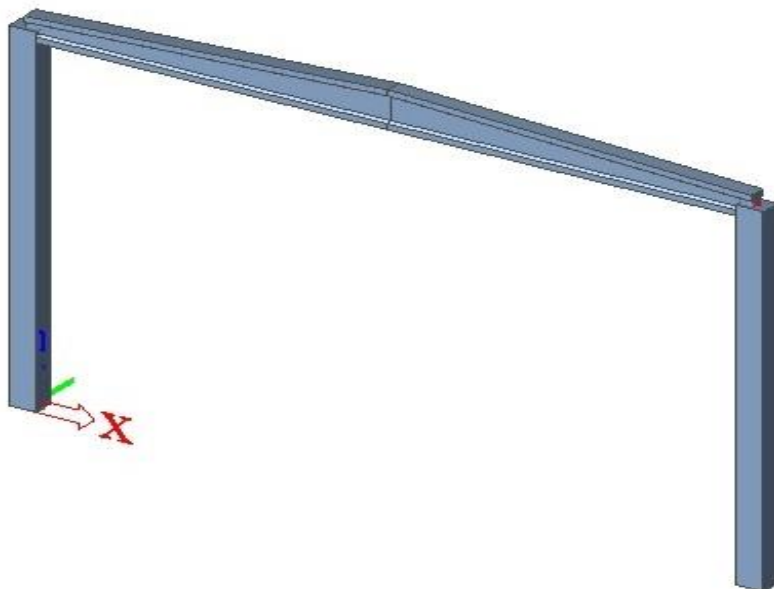
1	Úvod.....	10
2	Technická zpráva	11
2.1	Popis konstrukce.....	11
2.2	Statické působení konstrukce	11
2.3	Popis zatížení a kombinací	12
2.4	Návrh a posouzení	12
2.5	Manipulace s prvky	16
3	Použité zkratky.....	17
4	Seznam použité literatury.....	18

1 Úvod

Práce se zabývá návrhem železobetonové prefabrikované konstrukce – o návrh a posouzení typického ránu. Jedná se o jednopodlažní halu o jednom poli. Stavba bude sloužit jako skladovací hala v průmyslové zóně. Celkové uspořádání haly bylo voleno pro středně velkou firmu.

Celková konstrukce byla navržena tak, aby vyhověla funkčním, ale především i bezpečnostním požadavkům dle platných norem. Statické návrhy a posudky byly prováděny jak ručně, tak za pomoci softwaru.

Konstrukce se skládá z jednotlivých rámu, které jsou tvořeny prutovými prvky (vazník, sloup). Jednotlivé rámy jsou spojeny v příčném směru ztužidly a v úrovni základu prahy.



2 Technická zpráva

Stavba: Skladovací hala

Místo stavby:

Stupeň PD: ZD – Zhotovitelská dokumentace
VD -výrobní dokumentace

Datum: květen 2017

Projekt řeší skladbu, návrhy a posudky prefabrikovaných dílců v typickém rámu.

2.1 Popis konstrukce

Jedná se o jednopodlažní skladovací halu o půdorysných rozměrech 30, 400 a 15, 350m. Výška hřebene je 11, 500m. Konstrukce je navrhnutá jako rámová železobetonová konstrukce, která je v příčném směru spojena ztužidly (v úrovni vazníku) a základovými prahy (v úrovni základů spáry). Osová vzdálenost vazníků a sloupů je 5, 990 m. Zakládání stavby je voleno z kalichových ŽB patek. Opláštění je tvořeno betonovými sendvičovými panely s tepelnou izolací. Střecha je provedena z dutinových ŽB panelů z katalogové výroby. Objekt je celkově navrhnut tak, aby splňoval všechny funkční, a především, bezpečnostní požadavky.

2.2 Statické působení konstrukce

Celková konstrukce je tvořena z rámu, které jsou v příčném směru ztuženy (*viz výše*).

Rámová konstrukce – skládá se z vazníku a sloupů. Sloupy uvažujeme jako vetknuté do základu, základová spára je na úrovni horní hrany kalichu. Na sloupy je uložen vazník na vyčnívající výztuž a to tak, že v uložení působí jako kloub. Jelikož je vazník uložen excentricky vůči ose sloupu (= osa statického schématu), vyvolává přidavné momenty v uložení. Zatížení větrem působí na typický (řešený) rám pouze ve směru *rovnoběžně s rámem*. Ve směru kolmém na rám zachytí zatížení od větru štítová stěna a štítové sloupy.

Konstrukce kolmo na rám - rámy v příčném směru jsou kloubově spojeny ztužidly (není předmětem práce) a základovými prahy, které jsou kloubově uloženy na trn základové kalichové patky.

Opláštění – panely opláštění jsou navrhnuty jako sendvičové. Celková tloušťka panelu je 0,480m. Skládá se z nosného části tl. 0,20m (železobeton), tepelná izolace tl. ,0150m a pohledové části 0,80 m (pohledový beton). Staticky působí panely tak, že plnou tíhu panelů přenáší do základové patky a ke sloupu jsou přivařeny pouze konstrukčně. Na základový práh působí tak, že uvažujeme trojúhelníkové roznášení zatížení od panelů. Tento model lze nahradit rovnoměrným obdelníkovým zatížením o poloviční výšce.

2.3 Popis zatížení a kombinací

Zatížení je navrženo dle normy „*ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí*“. Výpočet je primárně prováděn softwarem SCIA Engineer s následným ručním ověřením výpočtu. Objemové hmotnosti a tíhy jednotlivých materiálů jsou čerpány z této normy. Pokud výrobce udává své hodnoty, tak jsou přednostně použity.

Zatížení bylo rozděleno celkem do devíti zatěžovacích stavů:

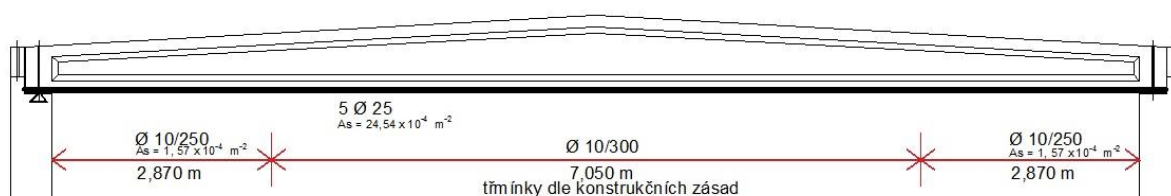
- ZS 1 – Vlastní tíha
- ZS 2 – Momenty od vazníku
- ZS 3 – Střešní plášť
- ZS 4 – Ztužidlo
- ZS 5 – Zatížení sněhem
- ZS 6 - Vítr zleva + pouze sání
- ZS 7 – Vítr zleva + sání a tlak
- ZS 8 - Vítr zprava + pouze sání
- ZS 9 - Vítr zprava + sání a tlak

Kombinace jsou použity dle normy a příslušných příloh. Každá kombinace byla ověřena ručním výpočtem. Vycházelo se kombinace 6.10 pro MSÚ a 6.14 pro MSP. Pro kombinace na vazník a sloup se v kombinaci použili součinitele zatížení ξ a $\gamma_{Q,i}$. Pro kombinaci na GEO/STR nebyly tyto součinitele uvažovány.

2.4 Návrh a posouzení

Vazník působí samostatně jako prostý nosník o rozpětí 14,610m, s proměnlivou výškou od 0,6m do 1,0 m. Proměnná výška byla při výpočtu zohledněna. Konstrukčně je uložen na ozub v hlavě sloupu na dva trny. Průřez je navržen jako ve tvaru „I“. Beton je použit C30/37, výztuž je z oceli B500B. Vazník je v konstrukční třídě XC1 – celkové krytí třmínků je 20mm. Pro výpočet mezního zatížení byly uvažovány kombinace 6.10a a 6.10b, včetně součinitelů zatížení. Mezní hodnoty:

- | | | | | |
|------------------------------------|--------|-----------------------------------|---------------|-----------------|
| • $V_{Ed,max} = 250,02 \text{ kN}$ | \leq | $V_{Rd,max} = 257,02 \text{ kN}$ | | VYHOVUJE |
| • $V_{Ed,l} = 244,90 \text{ kN}$ | \leq | $V_{Rd,s} = 217,90 \text{ kN}$ | $\phi 10/250$ | VYHOVUJE |
| • $M_{Ed} = 857,25 \text{ kN.m}$ | \leq | $M_{Rd} = 1\,001,92 \text{ kN.m}$ | $5\phi 25$ | VYHOVUJE |

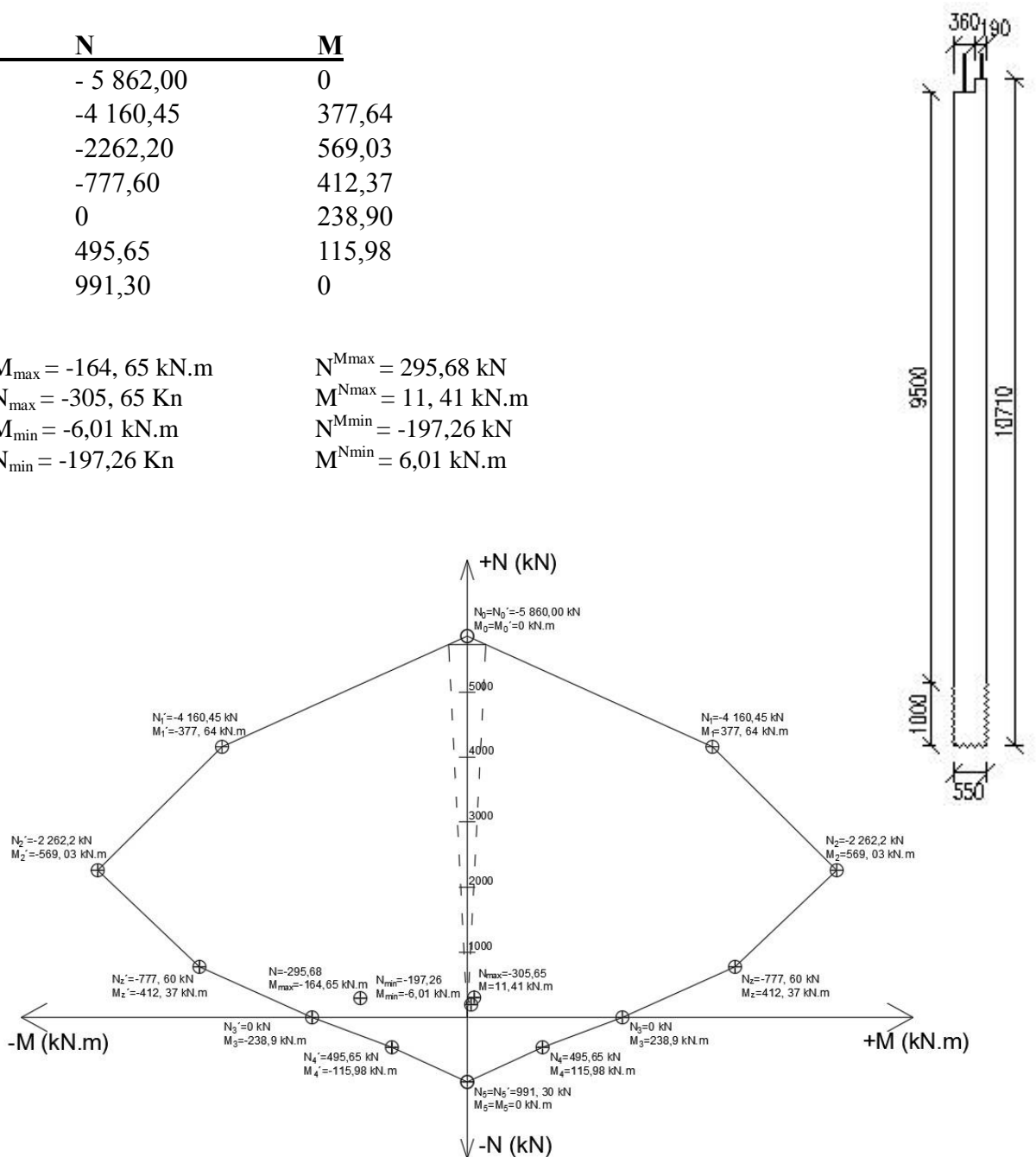


Sloup působí samostatně jako vetknutá konzola s výškou 9,5m, a průřezu 0,55/0,45m. Uvažované vetknutí je na úrovni horní hrany kalichu. V patě je sloup zdrsněn, z důvodů lepšího spolupůsobení s betonem v kalichu. V hlavě sloupu je ozub na osazení vazníku. Část hlavní podélné výztuže sloupu vyčnívá nad sloup – slouží jako kotevní trny pro vazník. Podél sloupu jsou zabetonovány kotevní destičky 100/100, ke kterým se přivaří panely opláštění. Tyto svary na sloup staticky nepůsobí. Jsou uvažovány pouze jako konstrukční svary. Beton je použit C30/37, výztuž je z oceli B500B. Vazník je v konstrukční třídě XC1 – celkové krytí třmínek je 20mm. Pro výpočet mezního zatížení byly uvažovány kombinace 6.10a a 6.10b, včetně součinitelů zatížení. Výpočet podélné výztuže byl proveden dle interačního diagramu, návrh třmínek dle konstrukčních zásad.

- $V_{Ed,max} = 250,02 \text{ kN} \leq V_{Rd,max} = 257,02 \text{ kN}$ **VYHOVUJE**
- $V_{Ed,max} = 244,90 \text{ kN} \leq V_{Rd,max} = 217,90 \text{ kN}$ $\phi 10/250$ **VYHOVUJE**
- $M_{Ed} = 857,25 \text{ kN.m} \leq M_{Rd} = 1\,001,92 \text{ kN.m}$ $5\phi 25$ **VYHOVUJE**

Bod	N	M
0	- 5 862,00	0
1	-4 160,45	377,64
2	-2262,20	569,03
Z	-777,60	412,37
3	0	238,90
4	495,65	115,98
5	991,30	0

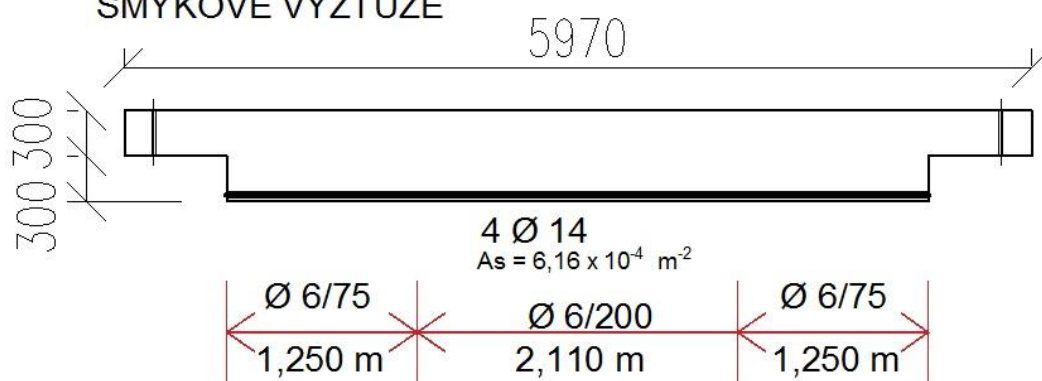
- $M_{max} = -164,65 \text{ kN.m}$ $N^{Mmax} = 295,68 \text{ kN}$
- $N_{max} = -305,65 \text{ Kn}$ $M^{Nmax} = 11,41 \text{ kN.m}$
- $M_{min} = -6,01 \text{ kN.m}$ $N^{Mmin} = -197,26 \text{ kN}$
- $N_{min} = -197,26 \text{ Kn}$ $M^{Nmin} = 6,01 \text{ kN.m}$



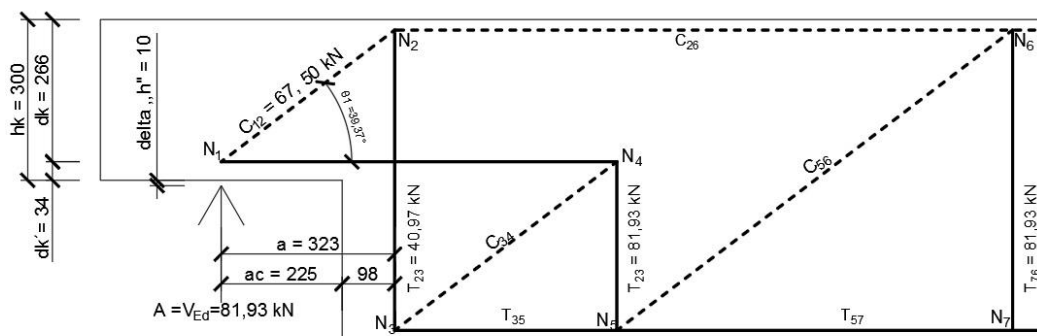
Základový práh působí samostatně jako prostý nosník opřený ozubem o kalich základové patky. Délka idealizovaných podpor je 5, 590m, průřez 0,25x0,6. Výpočet ozubů je prováděn dle normy s použitím náhradních příhradových soustav a to v Modelu 1 a v Modelu 2. Nosník přenáší pouze část zatížení od opláštění – volen princip roznášejiho trojúhelníku. O osové vzdálenosti rozhoduje smykový únosnost třmínků, ale v oblasti ozubu, ji určuje systém příhradové soustavy (u ozubu jsou třmínky v osové vzdálenosti 75mm). Beton je použit C30/37, výztuž je z oceli B500B. Vazník je v konstrukční třídě XC1 – celkové krytí třmínků je 20mm. Pro výpočet mezního zatížení byly uvažovány kombinace 6.10a a 6.10b, včetně součinitelů zatížení. Mezní hodnoty:

- $V_{Ed,1} = 81,93 \text{ kN} \leq V_{Rd,s} = 81,93 \text{ kN}$ $\phi 6/200$ **VYHOVUJE**
- $M_{Ed} = 114,06 \text{ kN.m} \leq M_{Rd} = 142,88 \text{ kN.m}$ $4\phi 14$ **VYHOVUJE**

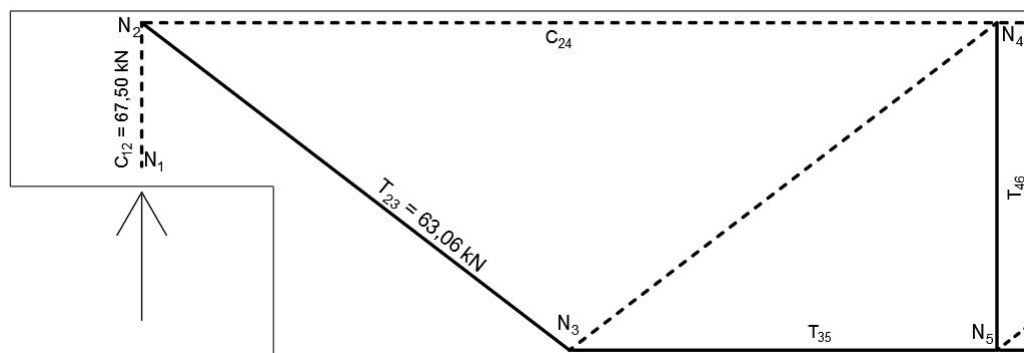
SCHÉMA OHYBOVÉ A SMYKOVÉ VÝZTUŽE



Model 1



Model 2



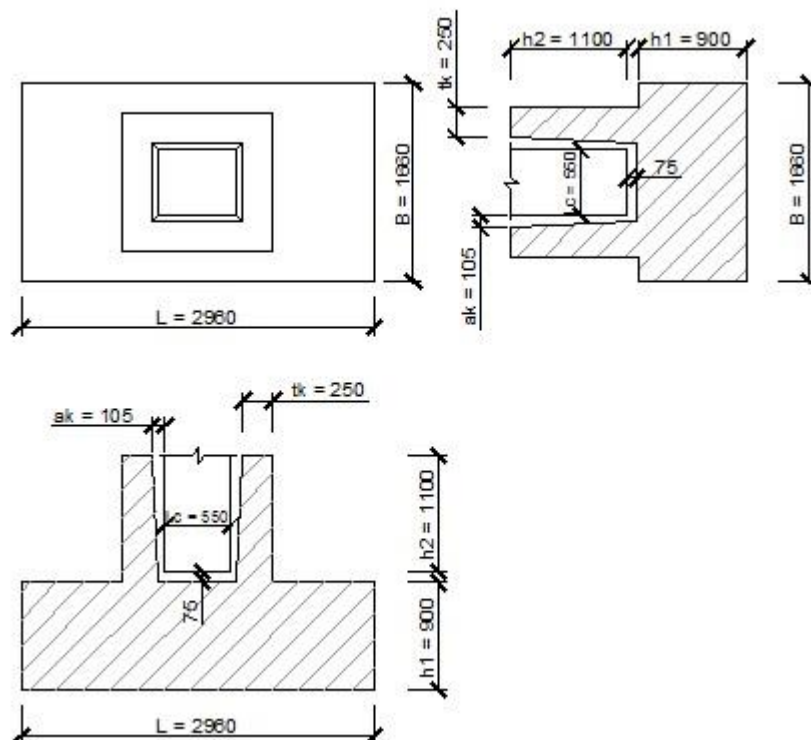
Kalichová patka - řešená patka byla navrhována jako jednostupňová, obdélníková ŽB patka o rozměrech 2,960 a 1,660m kde delší strana patky je ve směru ránu a to proto, že přenáší do zeminy zatížení od větru. Celková výška patky je 2,025, z toho je 0,9m výška deskové části a 1,175 je výška kalichu. Zapuštění sloupu dle konstruktivních zásad bylo navrženo 1,100m. Beton je použit C30/37, výztuž je z oceli B500B. Jako kombinací soubory pro patku byly použity STR/GEO soubor B. Od kombinací 6.10 se liší tím, že neuvažují součinitele zatížení. Krytí patky – ve styku se zeminou je krytí 70mm, z ostatních stran je krytí 40mm (krytí třmínků). Celkově by se se posudky základové patky daly rozdělit do dvou skupin:

A) Posouzení deskové části

- | | | | |
|---------------|---------------|---------------------------------------------|-----------------|
| • Ohyb | ϕ 18/150 | $M_{Rd} = 587,74 \geq M_{Ed} = 128,58$ kN.m | <u>VYHOVUJE</u> |
| • Propíchnutí | - | $v_{Rd,max} 7,92 \geq v_{Ed} = 6,341$ Mpa | <u>VYHOVUJE</u> |
| • Protlačení | - | $v_{Rd,c} = 0,662 \geq v_{Ed} = 0,053$ MPa | <u>VYHOVUJE</u> |

B) Posouzení kalichu

- | | | | |
|----------------------|--|-------------------------------------------------|-----------------|
| • Rozštěpení kalichu | | $N_{SE} = 5\,081,16 \geq N_{ED} = 1\,092,50$ kN | <u>VYHOVUJE</u> |
| • Odtržení kalichu | | $M_{Rd} = 183,01 \geq M_{Ed} = 177,09$ kN.m | <u>VYHOVUJE</u> |
| • Odtržení objímky | | výztuž dle výpočtu | <u>VYHOVUJE</u> |

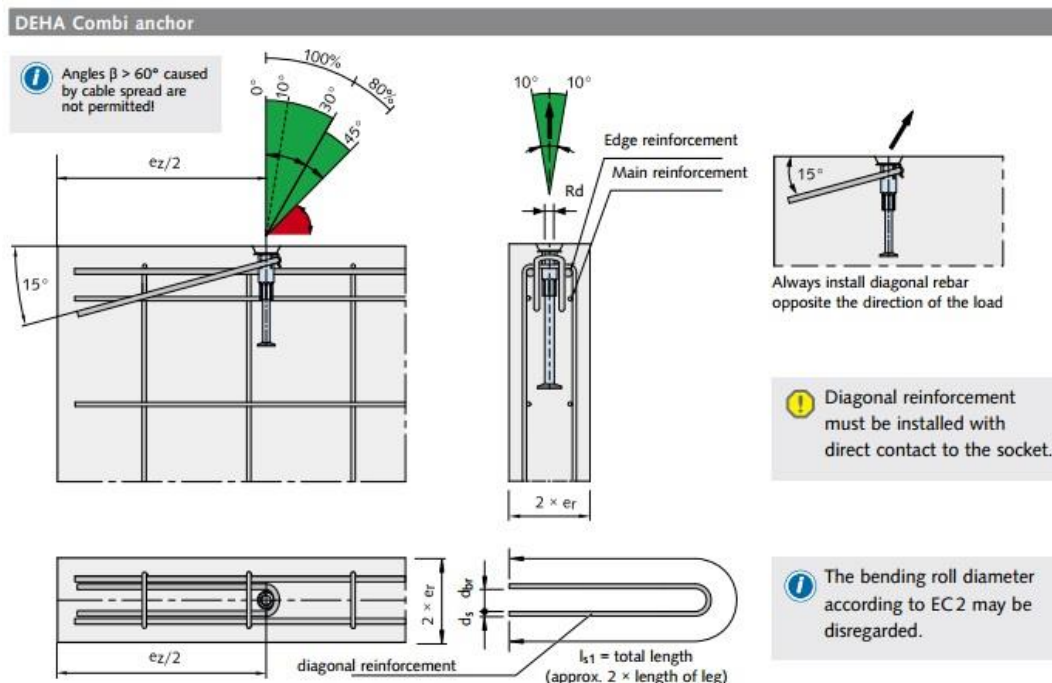


2.5 Manipulace s prvky

Pro manipulaci s prvky byl zvolen systém HALFEN s výrobkem Deha, konkrétně typ 6351. Jedná se o rozšířený manipulační systém, který má své statické tabulky, podle kterých se navrhuje výztuž při manioulaci. Při použití tohoto systému je nutné dbát pokynů výrobce.

Základní pravidla pro navrhování:

- Kotevní body se navrhují v 1/5 rozpětí
- Pokud je prvek asymetrický, kotevní bod ne posune dle těžiště
- Minimální úhel mezi lanem a prvkem je 60°
- Jeden kotevní bod se navrhuje na celou váhu prvku a to proto, kdyby se při manipulaci jedno lano utrhlo, tak aby jedna kotva udržela celý prvek
- Při manipulaci se musí dbát pokynů výrobce



Load class	Article-name	Thread R_d	Minimum element thickness $2 \times e_r$	Main reinforcement mesh	Edge reinforcement	diagonal load up to 45°			Load capacity [kN] for concrete strength f_{ci}		Anchor spacings e_z
						Additional reinforcement			15 N/mm ²	25 N/mm ²	
						d_s	d_{br}	l_{k1} elongated length ① ②			
0,5	6351-0,5-100	12	60	1 × 188	Ø8	6	30	320	4.0	5.0	
0,8	6351-0,8-105	14	60	1 × 188	Ø8	8	30	430	5.7	8.0	300
			70	1 × 188	Ø8	8	30	430	6.4	8.0	
1,2	6351-1,2-130	16	70	1 × 257	Ø8	8	30	640	8.7	11.2	400
			80	2 × 131	2 × Ø8	8	30	640	9.6	12.0	
1,6	6351-1,6-150	18	80	2 × 188	2 × Ø10	10	40	640	12.8	16.0	450
			100	2 × 188	2 × Ø10	10	40	840	15.5	20.0	
2,0	6351-2,0-183	20	100	2 × 188	2 × Ø10	10	40	840	16.0	20.0	500
2,5	6351-2,5-200	24	100	2 × 188	2 × Ø12	10	40	1050	20.0	25.0	600
4,0	6351-4,0-275	30	120	2 × 188	2 × Ø12	12	50	1260	32.0	40.0	700
6,3	6351-6,3-334	36	140	2 × 188	2 × Ø12	16	60	1600	44.6	63.0	800
			160	2 × 188	2 × Ø12	16	60	1600	50.4	63.0	
8,0	6351-8,0-385	42	160	2 × 188	2 × Ø12	20	80	2000	56.4	72.8	900
			180	2 × 188	2 × Ø12	20	80	2000	61.6	80.0	
			200	2 × 188	2 × Ø12	20	80	2000	64.0	80.0	
12,5	6351-12,5-550	52	200	2 × 188	2 × Ø14	20	80	2000	100.0	116.3	1100
			220	2 × 188	2 × Ø14	20	80	2000	100.0	125.0	

① According to EC2, reducing the length of the rebar by bending is permitted.
 ② With diagonal loads = $10^\circ < \beta \leq 30^\circ$ the lengths can be reduced by around 25%. f_{ci} = cube concrete strength at time of lifting

3 Použité zkratky

N_{Ed}	Maximální normálová síla od zatížení
V_{Ed}	Maximální posouvající síla od zatížení
M_{Ed}	Maximální ohybový moment od zatížení
N_{Rd}	Normálová síla na mezi únosnosti
V_{Rd}	Posouvající síla na mezi únosnosti
M_{Rd}	Ohybový moment na mezi únosnosti
F_k	síla od vlastní tíhy nosníku v místě kotevního bodu
$F_{adh,k}$	charakteristická hodnota přilnavosti k podložce
f_{ck}	Charakteristická pevnost betonu v tlaku
f_{cd}	Návrhová pevnost betonu v tlaku
f_{ctm}	Charakteristická pevnost betonu v tahu
f_{ctd}	Návrhová pevnost betonu v tahu
α_{cc}	Součinitel dlouhodobých účinků
f_{yk}	Charakteristická pevnost oceli v tahu
f_{yd}	Návrhová pevnost oceli v tahu
E_{cm}	Model pružnosti betonu
E_s	Model pružnosti oceli
ϵ_{cu3}	Poměrné přetvoření betonu
s	vzdálenost třmíneků
s_t	vzdálenost větví třmíneků
c	krytí výztuže – výsledné
$c_{nom,sl}$	krytí výztuže – podélný prut
$c_{nom,st}$	krytí výztuže – třmínek
F_s	Síla ve výztuži
A_{cc}	Plocha tlačené části betonu
A_s	Plocha výztuže
z	rameno vnitřních sil
d	staticky účinná výška

4 Seznam použité literatury

1. ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí
2. ČSN EN 1991-1 až 7: Zatížení stavebních konstrukcí
3. ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
4. ČSN 73 1201: Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb
5. *Příklady posouzení betonových prvků dle Eurokódů*, Verlag Dashofer, září 2010
6. *Betonové konstrukce I, modul CS2-Základové konstrukce*, doc. Ladislav Čírtek, CSc a kol. Brno 2005
7. *Betonové konstrukce II, modul M07-Speciální problémy betonových montovaných konstrukcí*, doc. Zdeněk Bažant, CSc; doc. Ladislav Čírtek, CSc, prof. Petr Štěpánek, CSc, Brno 2005
8. *Zakládání průmyslových a občanských staveb*, Státní a typizační ústav Praha, Praha 1978
9. *Prvky betonových konstrukcí, základní principy navrhování*, ing. Josef Panáček, Brno 2005
10. ČSN EN 1992-1-1 *Navrhování betonových konstrukcí*
11. *Transportní systém Halfen*