

NCCI: Zjednodušené přístupy ke stanovení ekvivalentních vodorovných sil pro globální analýzu vyztužených a nevyztužených ráků

Tento NCCI předkládá zjednodušený bezpečný přístup k použití ekvivalentních vodorovných sil jako náhradu počátečních imperfekcí soustavy ve tvaru naklonění sloupů mezi přilehlými podlažími a silami ve stycích sloupů u vyztužených ráků.

Obsah

1.	Úvod	2
2.	Počáteční imperfekce ve tvaru naklonění vícepatrových ráků	2
3.	Naklonění sloupů mezi přilehlými podlažími	3
4.	Místní síly ve stycích sloupů ztužených ráků	3
5.	Návrhová doporučení	4
6.	Lokální imperfekce v globální analýze	5
7.	Interakce mezi únosností s vlivem imperfekcí a poměry pružného kritického zatížení vyztužených konstrukcí	5
Příloha A	Určení rozhodujících ekvivalentních vodorovných sil	7

1. Úvod

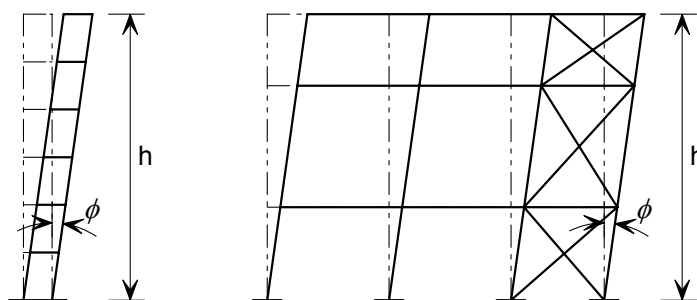
Všechny konstrukce vykazují imperfekce a pro analýzu ocelové konstrukce norma [EN 1993-1-1 § 5.3](#) explicitně definuje přípustné meze, které pokrývají jejich vlivy.

Zacházení s imperfekcemi podle EN1993-1-1 je příliš obecné, aby se dalo použít na všechny tvary ocelových konstrukcí.

Tento NCCI poskytuje zjednodušený přístup k těmto vlivům, zaměřený na vhodné zacházení s imperfekcemi u nízkých a středně vysokých vícepodlažních budov. Navrhuje součinitele vodorovných sil, které jsou jednoduché pro použití a které budou známé zkušeným uživatelům dřívějších národních návrhových norem.

2. Počáteční imperfekce ve tvaru naklonění vícepatrových ráků

[EN 1993-1-1 § 5.3.2](#)(3)a a obr. 5.2 (uvedený níže jako obr. 2.1) definuje globální imperfekce ve tvaru počátečního naklonění. Ty by měly být použity na všechny ráky, vyztužené nebo nevyztužené, které by mohly selhat vybočením,



Obr. 2.1 Ekvivalentní imperfekce ve tvaru počátečního naklonění (převzaté z EN1993-1-1 obr.5.2)

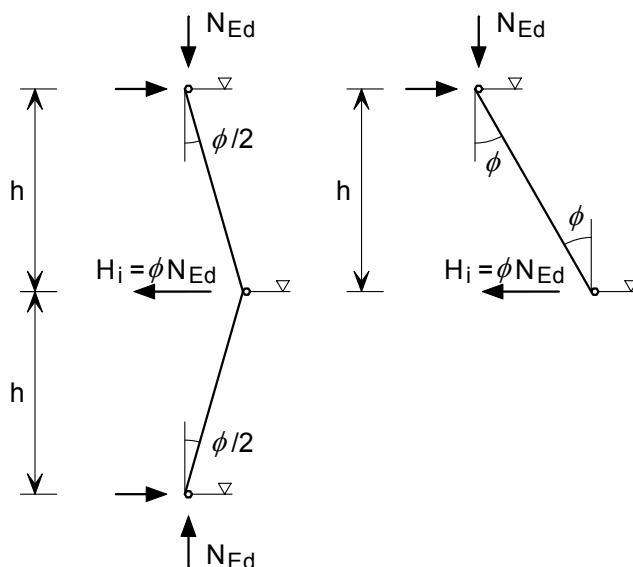
[EN1993-1-1 §5.3.2](#)(7) stanoví, že svislé imperfekce mohou být přerozděleny systémem vodorovných sil zavedených pro každý sloup jako ϕN_{Ed} .

Tento NCCI doporučuje, aby bylo použito ekvivalentních vodorovných sil, místo geometrické imperfekce v modelu. To je proto, že:

- Imperfekce musí být vyzkoušena v každém směru, aby se vyšetřil největší vliv, a je snazší použít zatížení než modifikovat geometrii
- Aplikace zatížení nepůsobí problémy s proměnou po délce, jež by nastala, když by byly nakloněny sloupy budov, jejichž patky sloupů jsou v různých úrovních.

3. Naklonění sloupů mezi přilehlými podlažími

[EN 1993-1-1 §5.3.2\(5\)](#) a obr. 5.3 (uvedený níže jako obr. 3.1) definuje imperfekce ve tvaru naklonění a přidružené vodorovné síly, které je třeba vzít v úvahu v důsledku naklonění sloupů mezi přilehlými podlažími.



Obr. 3.1 Uspořádání imperfekcí ve tvaru naklonění pro určení vodorovných sil v příčlích stropů (převzato z EN1993-1-1 obr. 5.3)

Obrázek ukazuje dva případy. V obou případech vzniká vodorovný smyk od ϕN_{Ed} .

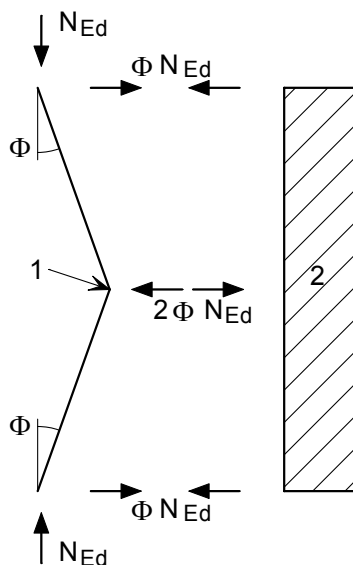
4. Místní síly ve stycích sloupů ztužených rámců

[EN 1993-1-1 § 5.3.3\(4\)](#) a obr. 5.7 (uvedený níže jako obr. 4.1) vyžaduje, aby ztužení bylo schopno odolat lokální síle jakéhokoli styku $\alpha_m N_{Ed}/100$

kde

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \left(1 + \frac{1}{m} \right)}$$

kde m je počet prvků, které mají být zajištěny, ve smyslu [§ 5.3.3\(1\)](#). Není to totéž jako definice m , která má být použita při výpočtu imperfekce ve tvaru příčného naklonění.



$$\Phi = \alpha_m \Phi_0 \quad ; \quad \Phi_0 = 1/200$$

$$2\Phi N_{Ed} = \alpha_m N_{Ed} / 100$$

Označení:

- 1 Styk
- 2 Ztužidlo

Obr. 4.1 Místní síly ve styčných tlačených prvků (převzato z EN1993-1-1 obr. 5.7)

5. Návrhová doporučení

Na základě podkladových studií uvedených v Příloze A, je možno učinit tato jednoduchá bezpečná doporučení pro návrh. (Detailnější použití Eurokódu 3 by mohlo za některých okolností snížit návrhové imperfekce o 50%, ale tyto síly jsou stejně malé.)

5.1 Ztužené a nevyztužené rámy

1. Použij ekvivalentní vodorovné síly o velikosti 0,5% svislých sil, kdykoliv se tyto objeví. Tak patrové posouvající síly v každé úrovni budovy budou 0,5% celkových sil shora. To bude nahrazovat všechny imperfekce, které způsobují patrové posouvající síly.

Tyto síly by měly být vzaty v úvahu ve všech možných vodorovných směrech, avšak použít dle úvahy pouze v jednom směru.

(Podle [EN 1993-1-1 § 5.3.2](#)(10) by měly být uvažovány možné kroucí vlivy na konstrukci, způsobené antimetrickými příčnými salami na dvou protilehlých plochách. Tento vliv je u budovy o velmi malé torzní tuhosti významný pouze v projektu, avšak není pravděpodobné, že by se taková situace vyskytla v praxi.)

2. Překontroluj, zda jsou všechny sloupy připojeny ke všem přípojným nosníkům s minimální únosností 1,0% síly ve sloupu, tj. že únosnost spoje nosníku a sloupu je při nejmenším $0,01 N_{Ed,sloupu}$.

5.2 Další požadavky na ztužené ráky

Překontroluj, že všechny ekvivalentní vodorovné síly ve sloupu mohou být převedeny do příslušného ztužujícího systému. Aby tato podmínka mohla být dodržena, musí být využita tuhost stropní desky.

Ve shodě s [EN 1993-1-1 § 5.3.3\(1\)](#) může být použit redukční součinitel $\alpha_m = \sqrt{0,5 \left(1 + \frac{1}{m}\right)}$,

kde m je počet držených sloupů.

5.3 Kritéria použitelnosti

Jak je vysvětleno v odst. 7 dole, použití těchto minimálních ekvivalentních vodorovných sil povede pravděpodobně ke konstrukcím, které jsou příčně pružné. V počátečním stádiu vývoje určitého návrhu se proto doporučuje zajistit, že to vyhoví kritériím vodorovných průhybů.

6. Lokální imperfekce v globální analýze

Pro ztužené ráky “jednoduché konstrukce” (viz [SN020](#)) v konstrukcích s “pravidelnou” geometrií, není nutné používat zakřivené imperfekce v globální analýze, jako [EN 1993-1-1 § 5.3.2\(6\)](#), protože

- tam není patrová posouvající síla, jestliže tuhost nosníku a styčnicku je stejná na každém konci sloupového segmentu
- tam jsou jmenovitě spojeny styčnicku nosník-sloup, tuhost nosníku a styčnicku bude podobná v úrovni každého podlaží
- každá patrová síla vzniklá z rozdílů tuhosti nosníku a styčnicku bude malá a nepřesáhne návrhové síly ani (i) z globálních příčných imperfekcí, ani (ii) ze sil sloupu do tuhých pater.

Vzporná únosnost sloupů by měla být posouzena podle [EN 1993-1-1 § 6.3](#).

7. Interakce mezi únosnostmi s vlivem imperfekcí a poměry pružného kritického zatížení pro vyztužené konstrukce

Zjednodušená doporučení v odst. 5 zajišťují, aby imperfekcím byla věnována příslušná pozornost.

[EN 1993-1-1 § 5.2.1](#) bere v úvahu vlivy od deformovaného tvaru na strukturální odezvu. Objasňuje dopad příčné pružné nestability na chování a definuje podmínky, za kterých může být použita jednoduchá analýza prvního řádu, tj. $\alpha_{cr} \geq 10$ pro pružnou analýzu. [SN028](#) ukazuje, že α_{cr} přesáhne 10 jestliže ztužení je navrženo pro součinitele vodorovné síly o velikosti 2,5% svislých zatížení, za předpokladu, že napětí ve ztužujícím systému je omezeno.

Následuje, že:

- každá ztužená konstrukce navržená tak, aby dosáhla $\alpha_{cr} \geq 10$, automaticky uspokojí všechny požadavky na příčné imperfekce, imperfekce svislého ztužujícího systému a imperfekce styků sloupů.
- ztužení konstrukce navržené na minimální ekvivalentní vodorovné síly, definované v odst. 5 výše, budou pravděpodobně mít nízké poměry kritického zatížení, možná méně než 3,0, což je nižší mez pro použití metody s posunem styčníků v [EN 1993-1-1 § 5.2.2\(5\)B](#).

Příloha A Určení rozhodujících ekvivalentních vodorovných sil

A.1 Mezní hodnoty ekvivalentních vodorovných sil pro globální analýzu

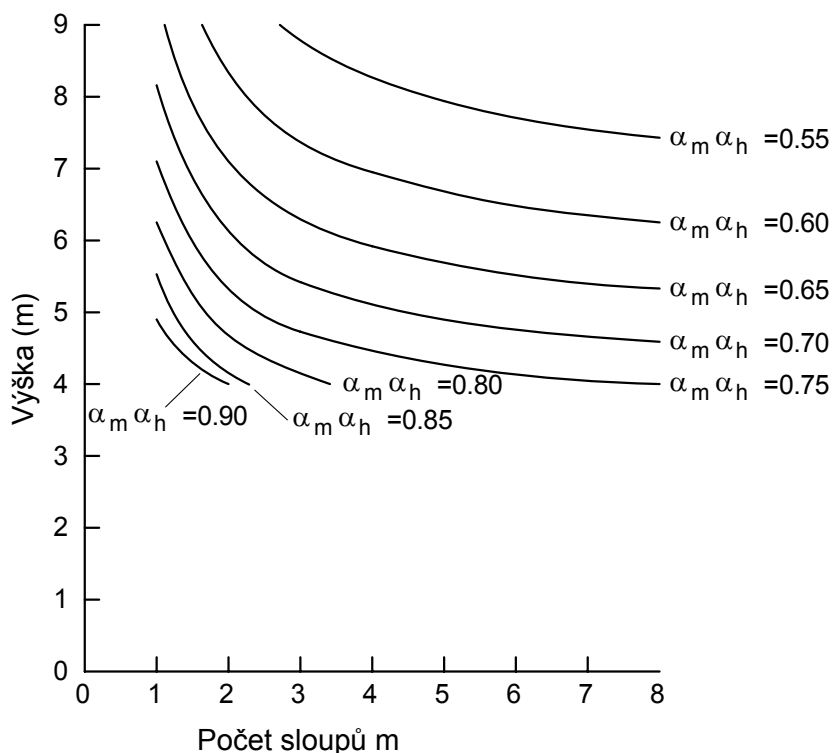
[EN 1993-1-1 § 5.3.2](#) definuje základní hodnotu imperfekce ve tvaru počátečního naklonění ϕ_0 jako $\frac{1}{200}$. Zároveň nabízí redukční součinitel α_h pro výšku konstrukce h a redukční součinitel pro počet sloupů v řadě α_m .

Tyto jsou dány:

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}}; \text{ but } 2/3 \leq \alpha_h \leq 1,0$$

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \left(1 + \frac{1}{m} \right)}$$

Obr. A.1 graficky ukazuje vliv těchto dvou parametrů na celkovou imperfekci ve tvaru počátečního naklonění $\phi = \alpha_h \cdot \alpha_m \phi_0$.



Obr. A.1 Grafické vyjádření hodnot α_m a α_h pro různé výšky h a počet sloupů m

Lze pozorovat, že pro mnoho praktických staveb jsou dosahované hodnoty ϕ tak nízké jako $\frac{1}{400} = 0,0025$. Avšak tak nízké součinitele vodorovných sil jsou pravděpodobně nepraktické:

- Pro všechny konstrukce nejspíše povedou k hodnotám α_{cr} , poměr pružného kritického zatížení menší než 3, vyžadující úplnou analýzu druhým řádem a vedoucí ke konstrukcím, které pravděpodobně nevyhoví kritériu vodorovného průhybu
- Pro vyztužené konstrukce úvaha o silách do příčlích stropů od styků sloupů v každém případě vyžaduje součinitele blížíící se 0,5%, jak je ukázáno v dalším článku

A.2 Síly do příčlích od styků sloupů u vyztužených ráků

Jak je probíráno v [EN 1993-1-1 § 5.3.3\(4\)](#) a uvedeno na obr. 4.1, místní síly $\alpha_m N_{Ed}/100$ vyvolávají síly do příčlích ztužujícího systému. Pro běžné výšky podlaží jsou síly do příčlích nad a pod stykem stejné a rovnají se to $\alpha_m N_{Ed}/200$.

Pro všechny síly do příčlích v globální analýze probírané výše, může být základní imperfekce redukována součinitelem

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \left(1 + \frac{1}{m} \right)}$$

Kde m je počet zajišťovaných sloupů.

Jestliže ztužený rám má, řekněme 20 sloupů v rovině, pak $\alpha_m = 0,725$ udává místní omezující sílu sloupu $0,725\% N_{Ed}$. Pro pouze 4 sloupy, $\alpha_m = 0,79$.

Jestliže ztužený rám má 20 sloupů v rovině, síla do příčle by se rovnala následujícímu procentu svislého zatížení v rovině styku sloupu.

Poměr horní:dolní výšky patra	Návrhová síla rámu s 20 sloupy
1:1	$\frac{1}{2} 0,725 \frac{\sum N_{Ed}}{100} = 0,36\% \sum N_{Ed}$
1:1,5	$\frac{1,5}{2,5} 0,725 \frac{\sum N_{Ed}}{100} = 0,43\% \sum N_{Ed}$
1:2	$\frac{2}{3} 0,725 \frac{\sum N_{Ed}}{100} = 0,48\% \sum N_{Ed}$

Jestliže ztužený rám má 4 sloupy v rovině, síla do příčle by se rovnala následujícímu procentu svislého zatížení v rovině styku sloupu.

Poměr horní:dolní výšky patra	Návrhová síla rámu se 4 sloupy
1:1	$\frac{1}{2} 0,79 \frac{\sum N_{Ed}}{100} = 0,40\% \sum N_{Ed}$
1:1,5	$\frac{1,5}{2,5} 0,79 \frac{\sum N_{Ed}}{100} = 0,47\% \sum N_{Ed}$
1:2	$\frac{2}{3} 0,79 \frac{\sum N_{Ed}}{100} = 0,53\% \sum N_{Ed}$

Tato síla do příčle se vyskytuje v jisté úrovni, odpovídající úrovni styku. Je třeba poznamenat, že poloha styku sloupu se možná změní, jak se bude vyvíjet konečný návrh rámu. Proto by bylo moudré navrhnout ztužení všude na minimální posouvající sílu 0,5% N_{Ed} .

Quality Record

RESOURCE TITLE	NCCI: Simplified approaches to the selection of equivalent horizontal forces for the global analysis of braced and unbraced frames		
Reference(s)			
ORIGINAL DOCUMENT			
	Name	Company	Date
Created by	G W Owens	SCI	
Technical content checked by	C M King	SCI	
Editorial content checked by			
Technical content endorsed by the following STEEL Partners:			
1. UK	G W Owens	SCI	23/5/06
2. France	A Bureau	CTICM	23/5/06
3. Sweden	B Uppfeldt	SBI	23/5/06
4. Germany	C Müller	RWTH	23/5/06
5. Spain	J Chica	Labein	23/5/06
Resource approved by Technical Coordinator	G W Owens	SCI	10/7/06
TRANSLATED DOCUMENT			
This Translation made and checked by:	T Rotter	ČVUT in Prague	30/09/07
Translated resource approved by:	T Vraný	ČVUT in Prague	06/10/07
National technical contact	F. Wald	ČVUT in Prague	06/10/07