

PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

307 586

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:

E04C 5/01 (2006.01)
G06F 17/50 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2017-373**
(22) Přihlášeno: **27.06.2017**
(40) Zveřejněno: **27.12.2018**
(Věstník č. 52/2018)
(47) Uděleno: **14.11.2018**
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: **27.12.2018**
(Věstník č. 52/2018)

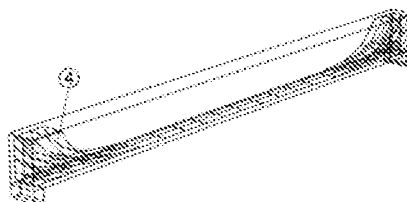
(56) Relevantní dokumenty:

JP 2003278306; EP 2648119; WO 2007014866; CN 106815424; EP 376765.

(73) Majitel patentu:
České vysoké učení technické v Praze - Kloknerův
ústav, Praha 6, CZ

(72) Původce:
Ing. Petr Tej, Ph.D., Lužec nad Vltavou, CZ
doc. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D., Praha 6 - Břevnov, CZ

(74) Zástupce:
Ing. Hana Dušková, Na Kočově 180, 281 03
Chotutice



(54) Název vynálezu:
**Způsob optimalizace rozmístění a orientace
betonářské výztuže v betonu**

(57) Anotace:
Při způsobu optimalizace rozmístění a orientace betonářské výztuže v betonu se vypočítá zatížení na vyráběný stavební prvek s danými rozměry a na základě takto určeného zatížení se zjistí rozložení tahového napětí v tomto stavebním prvku. Rozložení tahového napětí v daném stavebním prvku se určí na základě vytvoření počítačového geometrického modelu tohoto stavebního prvku. Objem geometrického modelu stavebního prvku se rozdělí pomocí prostorové sítě na malé diskrétní objemy tvaru ze skupiny krychle, kvádr, jehlan. Tvar diskrétního objemu se volí v závislosti na tvaru stavebního prvku a velikost je volena v závislosti na požadované jemnosti výsledné prostorové výztužné sítě. Poté se určí velikosti tahových napětí a prostorové vektory jejich směrů v jednotlivých diskrétních uzlech sítě. Z takto získaných údajů se navrhnou jednak směry výztuží v jednotlivých diskrétních uzlech dané výsledným směrem tahového napětí, a jednak průměry jednotlivých prutů výztuže odpovídající velikostem těchto tahových napětí. Takto vzniklá prostorová výztužná síť se vymodeluje pomocí CAD programu.

CZ 307586 B6

Způsob optimalizace rozmístění a orientace betonářské výztuže v betonu

Oblast techniky

5

Vynález se týká nového způsobu vyztužování betonových stavebních prvků, například prutových jako jsou nosníky či sloupy, plošných, což jsou různé stěny a desky, i objemových, například základových bloků. Nový způsob vyztužování je založen na optimalizaci směrů a rozměrů betonářské výztuže vkládané do bednění při výrobě betonovaného stavebního prvku.

10

Dosavadní stav techniky

Beton je materiál velmi odolný na namáhání tlakem. Betonový prvek, ve kterém vzniká při zatížení tahové napětí je potřeba vyztužit betonářskou výztuží tak, aby toto tahové napětí přenesla.

Doposud se pro vyztužování betonových konstrukcí využívá výztuže složené z ohýbaných ocelových tyčí betonářské výztuže, která je následně svazována nebo svařována do prostorového armokoše. Armokoš je následně vložen do bednění a prvek je zalit betonovou směsí. Armokoš je složen z ohýbaných prutů s konstantním průřezem. Tvarová rozmanitost tohoto vyztužení je omezena technologickými postupy při jejím zpracování to znamená, že vykrytí tahových napětí je vždy v tomto případě pouze přibližné. Pro spojování prutů se nejčastěji využívá svařování či mechanických závitových spojek.

25

Podstata vynálezu

Výše uvedené nevýhody odstraňuje způsob optimalizace rozmístění a orientace betonářské výztuže v betonu, při kterém se nejprve vypočítá zatížení na vyráběný stavební prvek s danými rozměry a na základě známého zatížení se zjistí rozložení tahového napětí v tomto stavebním prvku. Podstatou nového způsobu je, že rozložení tahového napětí v daném stavebním prvku se určí na základě vytvoření počítačového geometrického modelu tohoto stavebního prvku programem používajícím matematickou metodu konečných prvků označovanou MKP. Objem geometrického modelu stavebního prvku se pak rozdělí pomocí prostorové sítě na diskrétní objemy tvaru ze skupiny krychle, kvádr, jehlan. Tvar diskrétního objemu se volí v závislosti na tvaru stavebního prvku. Pro pravidelné objemy se volí krychle a kvádry, pro nepravidelné jehlany. Velikost těchto diskrétních objemů je volena v závislosti na požadované jemnosti výsledné prostorové výztužné sítě. V dalším kroku se numerickou metodou určí velikosti tahových napětí a prostorové vektory jejich směrů v jednotlivých diskrétních uzlech sítě, tedy ve vrcholech diskrétních objemů. Z takto získaných údajů se navrhne jednak směry výztuží v jednotlivých diskrétních uzlech dané výsledným směrem tahového napětí, a jednak průměry jednotlivých prutů výztuže odpovídající velikostem těchto tahových napětí. Vzniklá prostorová výztužná síť se vymodeluje pomocí CAD programu a vytiskne se metodou Direct Metal Laser Sintering 3D tisku do kovu. Následuje vložení získané prostorové výztužné sítě do bednění, zalití betonem a po jeho zatuhnutí se výsledný stavební prvek odbední.

Velikosti tahových napětí a prostorové vektory směrů tahových napětí v jednotlivých diskrétních uzlech se většinou určí metodou konečných prvků, metodou hraničních prvků nebo metodou konečných diferencí.

Výhodou tohoto optimalizovaného způsobu vyztužování betonových stavebních prvků je, že výztuž přesně kopíruje směr hlavního tahového napětí v betonovém prvku a je optimalizována na jeho přenášení. Prostorová struktura výztuže může být vyrobena v libovolném tvarovém uspořádání. Takto vytvořená prostorová výztuž může být navržena v ekonomičtějším tvarovém

55

- pojetí, které je vyžadováno pro pokrytí tahových napětí vzniklých působením zatížení. Lze navrhnout a vyrobit libovolně větvenou strukturu prostorové výztužné sítě, která eliminuje nedostatky současného vyztužení. Díky technologii 3D tisku odpadne nutnost svařování či využívání mechanických spojek pro napojení prutů, mimoúrovňové křížení prutů bude řešeno v jedné rovině bez ohledu na průměr křížících se prutů.

Objasnění výkresů

- Pro porovnání starého a nového způsobu realizace betonářské výztuže je na Obr. 1 uveden v bokoryse pohled na současnou betonářskou výztuž a na Obr. 2 je axonometrický pohled na tuto výztuž. Analogicky je na Obr. 3 uvedeno nové provedení výztuže v pohledu z boku a na Obr. 4 v pohledu axonometrickém.

Příklady uskutečnění vynálezu

Příkladem provedení vynálezu je vyztužení ohýbaného nosníku zatíženého spojitým zatížením.

- Pro porovnání je nejprve uveden standardní způsob vyztužení spočívající v několika prutech podélné hlavní nosné výztuže 1 u spodního okraje nosníku, které slouží k zachycení hlavního tahového napětí od zatížení. Tato hlavní nosná výztuž 1 je doplněna o systém třmínků 2 s osovou vzdáleností v závislosti na jejich poloze v prvku, kdy nejkratší je u podpor a největší ve středu rozpětí. Z konstrukčních důvodů je doplněna konstrukční výztuž 3 k hornímu okraji nosníku v minimálním počtu dvou kusů. Standardně vyztužený nosník je na Obr. 1 a Obr. 2. V případě, že je nosník vyšší než dovoluje norma, tak je další podélná konstrukční výztuž v polovině či třetině výšky, což není na výkresech uvedeno.

- Při standardním postupu, který je v současné době využíván, se nejprve u stavebního prvku, například nosníku, kde jsou dány jeho rozměry, stanoví známým způsobem zatížení na tento stavební prvek. Podle zatížení se určí rozložení tahového napětí v prvku. Poté se navrhne klasická betonářská výztuž, která není tvarově složitá a lze ji snadno vyrobit. Při výrobě se zohlední pouze nejvíce namáhaný průřez a na ten se navrhne plocha oceli. V ostatních průřezích je pak plocha oceli stejná jako v nejvíce namáhaném průřezu, tedy větší, než je potřeba. Navíc je přidáno množství konstrukční výztuže z důvodu, aby vše drželo pohromadě. Jednotlivé části prutů se k sobě svařují nebo svazují, čímž se vytvoří tak zvaný armokoš složený z hlavní nosné výztuže 1, třmínků 2 a konstrukční výztuže 3. Pak se tento armokoš vloží do bednění, zalije se betonovou směsí, po jejím zatuhnutí se odbední a prvek se instaluje do konstrukce. Při vyztužení nosníku optimalizovanou výztuží, navrženou podle vynálezu, se využije možnost libovolného větvení a tvaru výztužné sítě. Pro přenesení tahového namáhání od zatížení zůstanou podélné pruty u spodního okraje, nicméně budou spojeny do prostorové sítě, která zajistí jejich navržené rozteče a zabrání "plavání" prutů v příčném řezu nosníkem. Pro přenos smykových napětí se budou podélné výztuže u podpory větvit a kopírovat průběh hlavního tahového napětí. Příklad takto vyztuženého prvku je na Obr. 3 a 4.

- Příklad optimalizované výztuže je uveden na Obr. 3 a Obr. 4, kde je vyznačen tvar optimalizované prostorové výztužné sítě 4 vyrobené technologií 3D tisku.

- Opět se vycházelo z rozměrů stavebního prvku, například nosníku, a z vypočteného zatížení na tento stavební prvek. Podle zatížení se zjistí rozložení tahového napětí ve stavebním prvku, a to vytvořením počítačového geometrického modelu daného stavebního prvku za použití matematické metody konečných prvků MKP. Objem geometrického modelu se rozdělí pomocí prostorové sítě na menší diskretní objemy, jako jsou jehly, krychle, kvádry. Vytvoření této sítě umožňuje program při tak zvaném síťování, kdy se volí tvar tělesa sítě a jeho rozměry. Z této volby pak plyne jemnost výsledného vyztužení. Dále se určí velikosti tahových napětí a

prostorové vektory směrů těchto tahových napětí v prvku v jednotlivých diskrétních uzlech sítě, například matematickou metodou konečných prvků nebo variantně pomocí jiných matematických metod jako je metoda hraničních prvků, metoda konečných diferencí a podobně. Po tomto kroku následuje návrh průměrů a směrů výztuží v jednotlivých diskrétních uzlech prvku. Směry jsou
 5 dány výsledným směrem tahového napětí, návrh průměru prutů výztuže, respektive obecně plochy výztuže se určí ve vztahu k tahovým napětím podle platných norem, v současné době například podle norem EC 1992–1. Nyní následuje vymodelování takto vzniklé prostorové výztužné sítě pomocí počítačových CAD programů, v tak zvaných 3D modelářích. 3D tisk
 10 prostorové výztužné sítě 4 do kovu se provede metodou DMLS – Direct Metal Laser Sintering. Tato prostorová výztužná síť 4 se vloží do bednění, zalije se betonovou směsí, po jejím zatuhnutí se prvek odbední a instaluje se do dané konstrukce.

Současné výpočetní postupy a výrobní technologie umožňují navrhnout a vytvořit přesnou
 15 prostorovou síť výztuže v zatíženém betonovém prvku optimalizovanou na pokrytí tahových napětí. Nový způsob vyztužování je podpořen výpočetní metodou konečných prvků MKP, která umožňuje v počítačovém modelu namáhaného prvku zobrazit přesný průběh tahových napětí. Na takto tahové napětí je navržena výztuž, která přesně kopíruje směr hlavního tahového napětí. Jednotlivé směry výztuže jsou následně spojeny do prostorové výztužné sítě. 3D tisk je
 20 potenciální technologií tohoto způsobu vyztužování. Prostorová struktura kovové výztuže vytištěné na 3D tiskárnách může být vyrobena v libovolném tvarovém uspořádání. Takto vytvořená prostorová výztuž může být vyrobena v optimalizovaném tvaru z hlediska hmotnosti výztuže, která je vyžadována pro pokrytí tahových napětí vzniklých působením zatížení. Lze tisknout libovolně větvenou strukturu a prostorové sítě, které eliminují nedostatky současného
 25 způsobu vyztužení. Odpadne dále nutnost svařování či využívání mechanických spojek pro napojení prutů, mimoúrovňové křížení prutů bude řešeno v jedné rovině bez ohledu na průměr křížících se prutů.

Průmyslová využitelnost

30 Vynález lze s výhodou využít při průmyslové výrobě všech prefabrikovaných prvků v prefa provozech. 3D tisk výztuže a následné zmonolitnění pomocí libovolné betonové směsi umožní vyrábět všechny typy prefabrikovaných stavebních prvků, jako jsou panely, nosníky, překlady, sloupy, atp.
 35

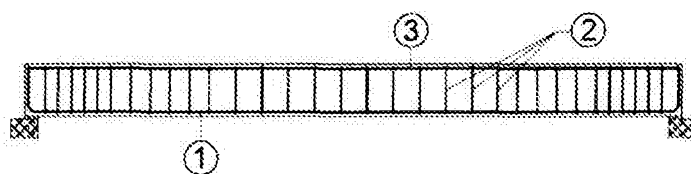
PATENTOVÉ NÁROKY

40 1. Způsob optimalizace rozmístění a orientace betonářské výztuže v betonu, kdy se nejprve vypočítá zatížení na vyráběný stavební prvek s danými rozměry a na základě známého zatížení se zjistí rozložení tahového napětí v tomto stavebním prvku, **vyznačující se tím**, že podle rozložení tahového napětí v daném stavebním prvku se na základě vytvoření počítačového geometrického modelu tohoto stavebního prvku, kdy se objem geometrického modelu stavebního prvku rozdělí
 45 pomocí prostorové sítě na diskrétní objemy tvaru ze skupiny krychle, kvádr, jehlan, kde tvar diskrétního objemu se volí v závislosti na tvaru stavebního prvku a velikost je volena v závislosti na požadované jemnosti výsledné prostorové výztužné sítě (4), určí numerickou metodou jednak velikosti tahových napětí a jednak prostorové vektory směrů tahových napětí v jednotlivých diskrétních uzlech sítě a z takto získaných údajů se navrhnou jednak směry výztuží v
 50 jednotlivých diskrétních uzlech sítě dané výsledným směrem tahového napětí, a jednak průměry jednotlivých prutů výztuže odpovídající velikostem těchto tahových napětí a takto vzniklá prostorová výztužná síť (4) se vymodeluje pomocí CAD programu.

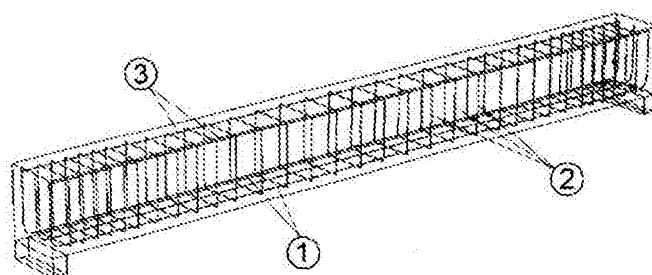
2. Způsob optimalizace rozmístění a orientace betonářské výztuže v betonu podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že velikosti tahových napětí a prostorové vektory jejich směrů v jednotlivých diskrétních uzlech sítě se určí metodou konečných prvků.
- 5 3. Způsob optimalizace rozmístění a orientace betonářské výztuže v betonu podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že velikosti tahových napětí a prostorové vektory jejich směrů v jednotlivých diskrétních uzlech sítě se určí metodou hraničních prvků.
- 10 4. Způsob optimalizace rozmístění a orientace betonářské výztuže v betonu podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že velikosti tahových napětí a prostorové vektory jejich směrů v jednotlivých diskrétních uzlech sítě se určí metodou konečných diferencí.

15

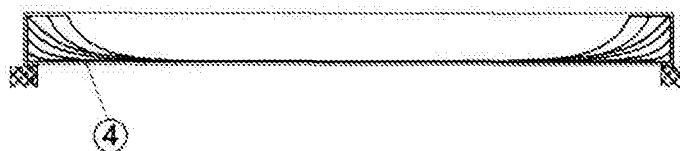
1 výkres



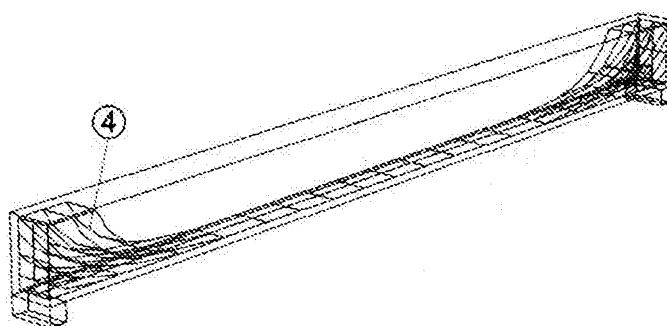
Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4