

Zatížitelnost v.1.0

Program pro výpočet zatížitelnosti mostních konstrukcí

Uživatelská příručka

1 O programu

Program Zatížitelnost je koncipován jako učební pomůcka pro studenty bakalářského předmětu 133BEM1 – Betonové mosty 1, vyučovaném ve 3.semestru katedrou Betonových a zděných konstrukcí Fakulty stavební ČVUT v Praze. Program slouží k usnadnění práce při určování vnitřních sil na konstrukcích (s použitím příčinkových čar vnitřních sil) a při výpočtech zatížitelnosti mostů. Ke kvalifikované práci s programem jsou zapotřebí základní znalosti mechaniky a navrhování betonových mostů.

Autorská práva jsou v majetku Fakulty stavební, ČVUT v Praze. Program je určen pro volné nekomerční využití.

2 Algoritmus řešení, předpoklady výpočtu

Řešení vnitřních sil je založeno na principu zatížení zadané příčinkové čáry příslušné veličiny seskupením zatížení (viz. kap.4). Tvar příčinkové čáry se zadá jak v podélném tak v příčném směru (řez konstrukcí), což umožňuje řešit i příčný roznos zatížení na jednotlivé podélné prvky konstrukce v příčném řezu. Vyhodnocení účinků zadaného zatížení se provede včetně dynamických účinků a případného odlehčení konstrukce, které lze zadat různě pro různé druhy zatížení (stálé, nahodilé).

Tvar konstrukce je plně určen příčinkovou čarou příslušné veličiny. Ve výpočtu se předpokládá konstantní roznos zatížení v příčném směru po celé délce konstrukce. Tvar příčinkové čáry je po částech lineární a z důvodu velikosti použité paměti jsou omezeny maximální počty bodů příčinkových čar (100 hodnot podélně a 25 příčně). Zatížení lze uvažovat jako bodové, liniové nebo plošné, s případnými hranami vždy rovnoběžnými s hlavními osami souřadnic konstrukce (viz. kap.3.3). Základní výpočet zatížitelnosti je proveden podle ČSN 73 6220, alternativně je v manuálu popsán způsob určení zatížitelnosti v návaznosti na evropské normy podle návrhu ČSN 73 6222.

3 Zadání vstupních hodnot

3.1 PŘÍČINKOVÁ ČÁRA V PODÉLNÉM A PŘÍČNÉM SMĚRU

Program sám o sobě negeneruje tvar ani hodnoty příčinkových čar statických veličin. Příčinkové čáry je nutno zadat do programu ručně, a to lze provést zadat dvěma způsoby. Prvním je zadání příčinkové čáry pomocí tabulky bodů příčinkové čáry a druhým potom načtení příčinkové čáry ze souboru. Velikost příčinkové čáry je omezena v podélném směru na 100 hodnot (řádků tabulky) a ve směru příčném potom na 25 hodnot (řádků tabulky).

Podélný směr konstrukce se předpokládá rovnoběžný s osou x souřadného systému, směr příčný potom rovnoběžný s osou y souřadného systému.

Zadání pomocí tabulky bodů

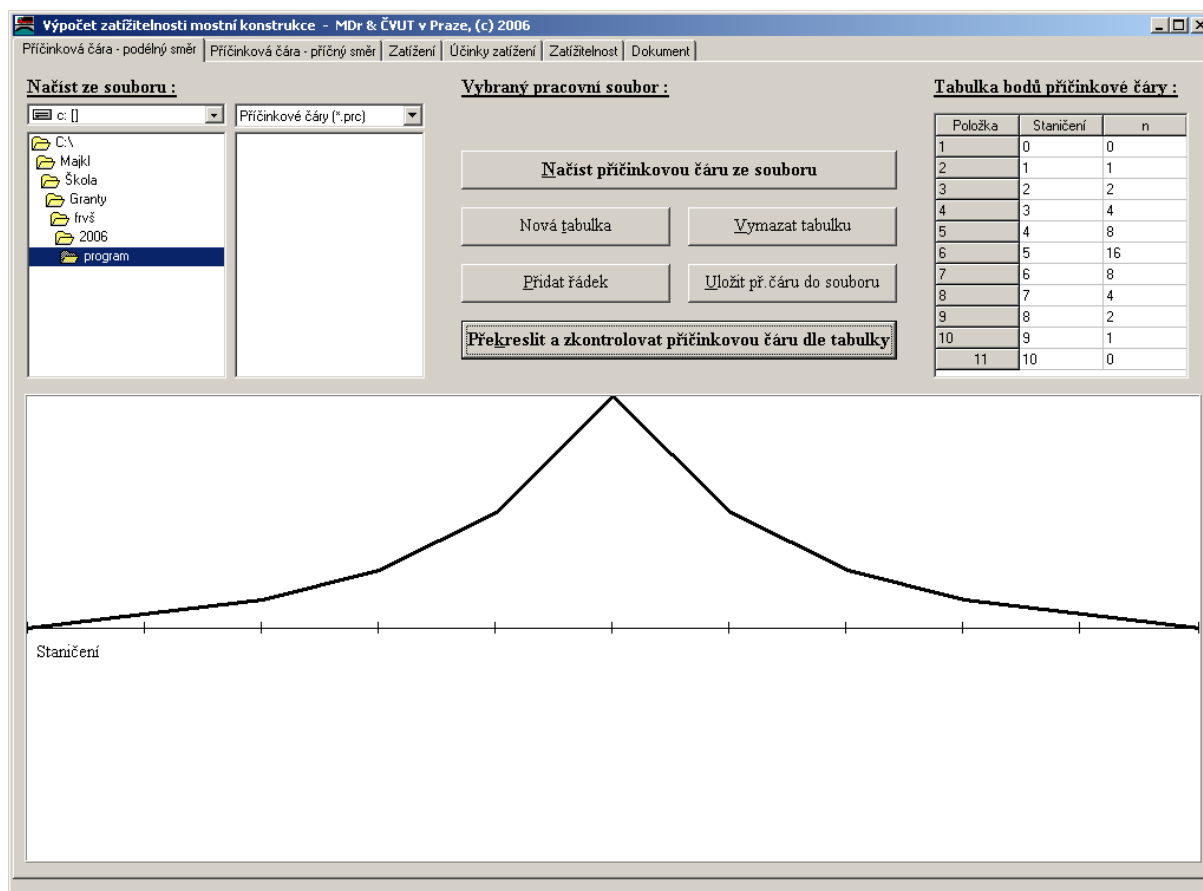
Na kartách Příčinková čára je umístěna interaktivní tabulka pro zadání pořadnic příčinkových čar v definovaném staničení konstrukce. Klepnutím na tabulku se aktivuje editační mód a je možné políčka tabulky editovat. Oddělovač desetinných míst se použije podle místního nastavení Windows.

Nová tabulka – Vytvoří novou tabulku s definovaným počtem řádků a nulovými hodnotami ve sloupcích

Vymazat tabulku – Vynuluje všechny hodnoty v tabulce

Přidat řádek – Přidá řádek na konec tabulky a jako výchozí hodnotu nastaví hodnoty z předchozího řádku

Uložit př.čáru do souboru – Uloží př. čáru do zvoleného souboru



Obr.1 – Zadání příčinkové čáry v podélném směru

Načtení příčinkové čáry ze souboru

Pro načtení př.čáry ze souboru je třeba nejprve tento soubor zvolit pomocí oken **Načíst ze souboru** – jeho jméno se potom vypíše v kolonce **Vybraný pracovní soubor**. Vlastní načtení se provede tlačítkem **Načíst příčinkovou čáru ze souboru**. Koncovka jména souboru příčinkové čáry je implicitně nastavena na .prc, nicméně je možné vybrat i textový soubor .txt.

Formát souboru je volný, zapisuje se hodnota staničení a pořadnice př.čáry. Oddělovač jednotlivých sloupců je jakýkoliv počet mezer nebo tabelátor. Oddělovač řádků je <enter>. Důležité je, že vstupní soubor musí obsahovat jako oddělovač desetinných míst **tečku**.

0	0
1	1
2	2
3	4
4	8
5	16
6	8
7	4
8	2
9	1
10	0

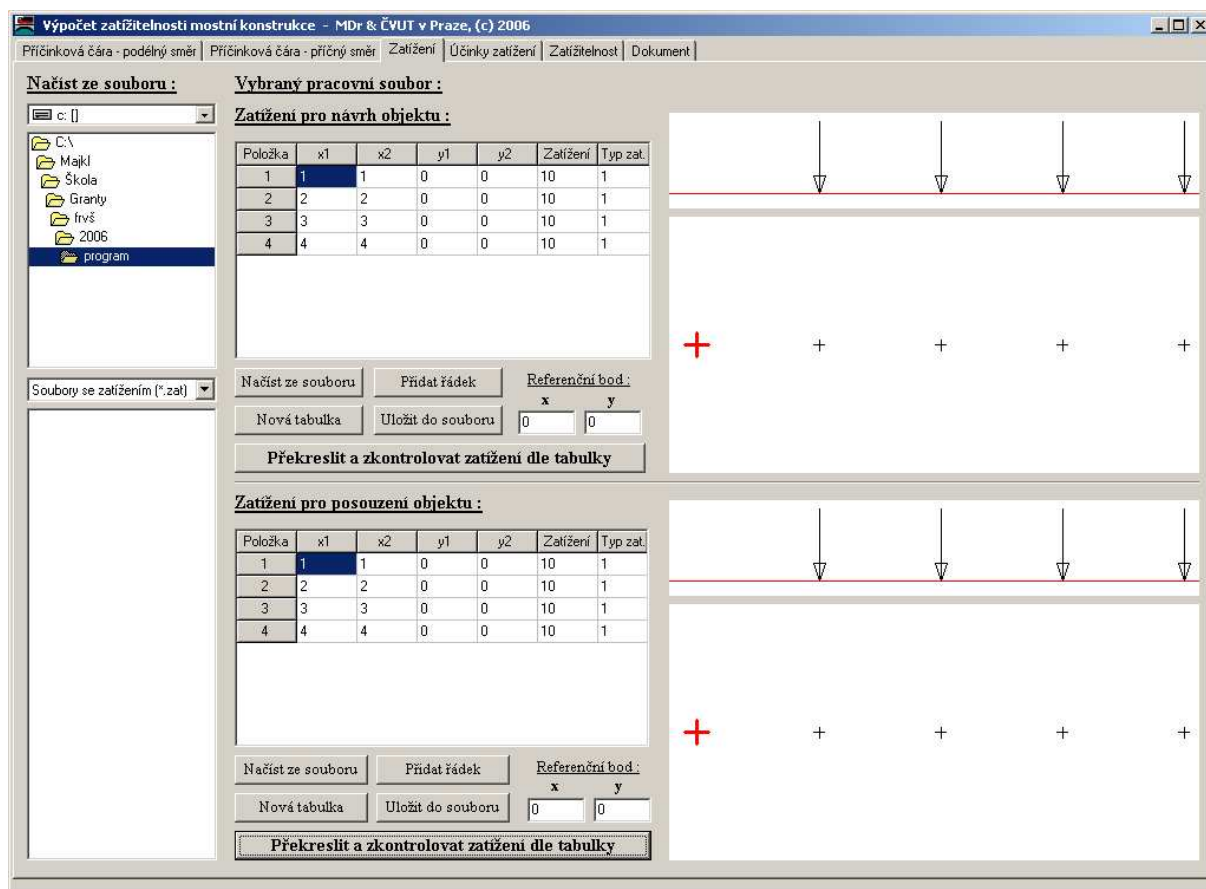
Obr.2 - Příklad vstupního souboru příčinkové čáry podle Obr.1

Pro možnost další práce (výpočty účinků zatížení, export do dokumentu) je nutné příčinkovou čáru zkontrolovat a graficky vykreslit tlačítkem **Překreslit a zkontrolovat příčinkovou čáru dle tabulky**.

3.2 ZADÁNÍ ZATÍŽENÍ

Zatížení lze zadat dvojí, podle původní návrhové normy použité pro návrh konstrukce a podle stávající platné normy pro posouzení zatížitelnosti konstrukce. Metodika zadání je stejná pro oba případy. Opět lze s výhodou použít načtení zatížení ze souboru. Předdefinovaná schémata zatížení podle jednotlivých dosud používaných normových předpisů jsou ke stažení na webových stránkách programu. Funkce tlačítek příslušejících k jednotlivým tabulkám jsou stejné jako v případě definice příčinkových čar.

Kladné zatížení je definováno jako zatížení se směrem svisle dolů, souhlasně se směrem gravitačního zrychlení.



Obr.3 – Zadání zatížení na konstrukci

Formát souboru se zatížením je volný s oddělovači ve formě mezer nebo tabelátorů. V souboru se musí objevit stejné množství sloupců jako v tabulce. Význam jednotlivých sloupců a jejich pořadí jsou stejné jako v tabulce.

0	0	0	0	30	2
0	0	1.6	1.6	30	2
3.8	3.8	0	0	30	2
3.8	3.8	1.6	1.6	30	2
7.6	7.6	0	0	7.5	2
7.6	7.6	1.6	1.6	7.5	2
11.2	11.2	0	0	7.5	2
11.2	11.2	1.6	1.6	7.5	2

Obr.4 - Příklad vstupního souboru zatížení

Při zadání souřadnic x_1 , x_2 , y_1 , y_2 je důležité dodržet podmínku, že souřadnice s indexem 1 mají stejnou nebo menší hodnotu než souřadnice s indexem 2.

Význam jednotlivých sloupců v tabulce zatížení :

x_1	Počátek zatížení v ose x
x_2	Konec zatížení v ose x
y_1	Počátek zatížení v ose y
y_2	Konec zatížení v ose y
Zatížení	Velikost zatížení, jednotky podle následujících pravidel : $x_1 = x_2$ a zároveň $y_1 = y_2$ – velikost osamělé síly [kN] $x_1 = x_2$ nebo $y_1 = y_2$ – velikost liniového zatížení [kN/m] $x_1 > x_2$ a $y_1 > y_2$ – velikost plošného zatížení [kN/m ²]
Typ zat.	1 - Zatížení stálé 2 - Zatížení nahodilé - počítané do zatížitelnosti 3 - Zatížení ostatní nahodilé - nepočítané do zatížitelnosti 4 - Zatížení stálé s uvažováním odlehčujících účinků

Pozn. : U zatížení nahodilého (2 a 3) se vždy uvažují odlehčující účinky a dynamický součinitel, a to hodnotou stanovenou na kartě **Účinky zatížení**. Pro zatížení stálé (1) se odlehčení a dynamický součinitel neuvažuje.

Zadání polohy zatížení je možné provést pomocí zadání referenčního bodu zatížení, který specifikuje polohu počátku soustavy souřadnic použité pro zadání zatížení vzhledem k počátku souřadného systému pro zadání příčinkových čar. Jako počátek souřadného systému pro zadání příčinkových čar se uvažuje bod o staničení 0 na podélné i příčné příčinkové čáře.

Pro možnost další práce (výpočty účinků zatížení, export do dokumentu) je nutné každé zatížení zkontrolovat a graficky vykreslit tlačítkem **Překreslit a zkontrolovat příčinkovou zatížení dle tabulky**.

4 Výpočet účinků zatížení

Účinky zatížení se vyčísľují zvlášť pro obě zadané soustavy zatížení. Při vyhodnocení se nejprve provede určení pořadnic, příp.ploch, příčinkových čar v místě působení zatížení a tyto se potom násobí s hodnotou zatížení. Výsledná hodnota vnitřní síly je tedy :

$$E = \eta_{pod} \cdot \eta_{pr} \cdot f,$$

kde E – výsledná hodnota vnitřní síly

η_{pod} – pořadnice (plocha) příčinkové čáry v podélném směru v místě působení zatížení

η_{pr} – pořadnice (plocha) příčinkové čáry v příčném směru v místě působení zatížení

f – velikost působícího zatížení v závislosti na typu zatížení

$x_1 = x_2$ a zároveň $y_1 = y_2$ – velikost osamělé síly [kN]

$x_1 = x_2$ nebo $y_1 = y_2$ – velikost liniového zatížení [kN/m]

$x_1 > x_2$ a $y_1 > y_2$ – velikost plošného zatížení [kN/m²]

4.1 DOPLŇUJÍCÍ DATA VÝPOČTU

V této části jsou soustředěny dynamické koeficienty zatížení definovaného na záložce **Zatížení** a koeficienty odlehčujících účinků zatížení, tj. vyjadřující jaká část nahodilého zatížení s odlehčujícími účinky se má do výpočtu vnitřních sil zahrnout. Standardně se odlehčující účinky zanedbávají.

Dynamický součinitel se určí v závislosti na rozpětí nosné konstrukce a druhu zatížení podle příslušných předpisů (viz. „Přehled nahodilého zatížení mostních konstrukcí 1887 – 2006“ na webových stránkách programu).

Doplňující data výpočtu

Dynamický součinitel :

Dynamický součinitel zatížení pro návrh objektu : $\delta_p =$

Dynamický součinitel zatížení pro posouzení objektu : $\delta_n =$

Odlehčující účinky zatížení (záporné části př.čáry) :

Zatížení pro návrh objektu : %

Zatížení pro posouzení objektu : %

Kontrola zadání :

Příčinková čára - podélný směr : ☒ X

Roznos zatížení v příčném směru : ☒ X

Zatížení podle původní normy : ☒ X

Zatížení podle nové normy : ☒ X

Účinky zatížení

Zatížení pro návrh objektu

Výpočet účinků zatížení

Účinky dílčích částí zatížení :

Pol.	Síla	NyX+	NyX-	NyY+	NyY-	Účinnost	Zatížení	d	Celkem

Účinek zatížení stálého : ??? Jednotek dle zadání

Účinek ost.nahod.zatížení : ??? Jednotek dle zadání

Účinek zatížení vozidly : ??? Jednotek dle zadání

Účinek st.zat. s odlehčením : ??? Jednotek dle zadání

Celkový účinek zatížení : ??? Jednotek dle zadání

Zatížení pro posouzení objektu

Výpočet účinků zatížení

Účinky dílčích částí zatížení :

Pol.	Síla	NyX+	NyX-	NyY+	NyY-	Účinnost	Zatížení	d	Celkem

Účinek zatížení stálého : ??? Jednotek dle zadání

Účinek ost.nahod.zatížení : ??? Jednotek dle zadání

Účinek zatížení vozidly : ??? Jednotek dle zadání

Účinek st.zat. s odlehčením : ??? Jednotek dle zadání

Celkový účinek zatížení : ??? Jednotek dle zadání

Obr.5 – Výpočet účinků zatížení

4.2 KONTROLA ZADÁNÍ

Tato část slouží k zobrazení stavu zadaných vstupních údajů. Pokud je u položky zobrazeno X nejsou příslušné vstupní údaje zadány nebo zkontrolovány, resp. překresleny. Tento postup je volen z důvodu korektnosti vstupních údajů výpočtu.

4.3 ÚČINKY ZATÍŽENÍ

Výpočet zatížení je možné provést jen pokud je kontrola zadání v pořádku. Pro výpočet účinků zatížení pro návrh konstrukce stačí mít v pořádku zadání př.čar a zadání zatížení podle pův.normy. Pro výpočet účinků zatížení pro posouzení konstrukce je požadavek analogický.

Při výpočtu se pro každou sílu (zatížení) určí jednotlivé pořadnice (plochy) příčinkových čar pod jednotlivými zatíženími, účinnost zatížení (% odlehčujících účinků), dynamický součinitel a provede se vyčíslení hodnoty vnitřní síly.

Nakonec se sečtou jednotlivé druhy zatížení a vyhodnotí se celkový účinek zatížení.

5 Výpočet zatížitelnosti

Výpočet zatížitelnosti je implementován podle ČSN 73 6220, přičemž drobnými úpravami lze získat i zatížitelnost podle návrhu ČSN 73 6222 (v návaznosti na EN).

5.1 VSTUPNÍ DATA PRO VÝPOČET ZATÍŽITELNOSTI

Součinitel stavu konstrukce α - Vyjadřuje stavební stav konstrukce, který je definovaný v ČSN 73 6220 v závislosti na výsledku hlavní nebo mimořádné mostní prohlídky. Hodnoty viz. soubor „Klasifikace konstrukce podle stavebního stavu - součinitel α “, který je umístěn na webových stránkách programu.

Součinitel materiálu konstrukce β - Součinitel vyjadřuje možné zvýšení dovolených namáhání materiálu v důsledku upřesnění jejich velikosti provedenými zkouškami. Hodnoty viz. soubor „Součinitele materiálu v závislosti na návrhovém předpisu - β “, který je umístěn na webových stránkách programu.

Zmíněné koeficienty se použijí při stanovení zatížitelnosti při porovnávacím výpočtu a porovnávacím statickém výpočtu. Při podrobném statickém výpočtu se použijí charakteristiky materiálu stanovené diagnostickým průzkumem a stavební stav konstrukce se zahrne uvažováním skutečných rozměrů konstrukce (uvažování jen nezkorodované výztuže, uvažování skutečných rozměrů betonových průřezů bez degradovaného betonu, atd.), tj. $\alpha = 1$ a $\beta = 1$.

Vstupní hodnoty veličin pro výpočet zatížitelnosti se zapíší do příslušných kolonek, příp. lze kolonky vyplnit spočtenými hodnotami pomocí příslušných tlačítek.

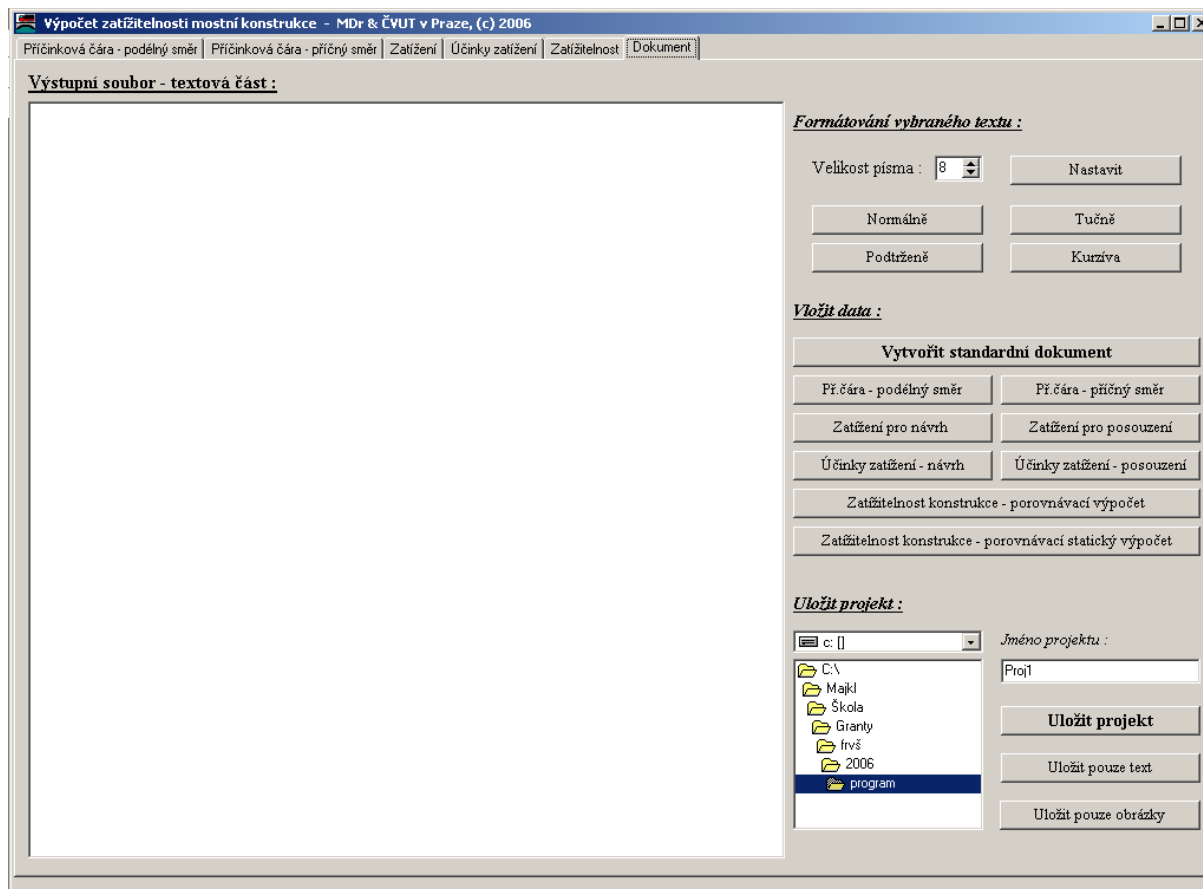
Hmotnost vozidla v zatížení pro posouzení – hmotnost normového vozidla pro které se počítá zatížitelnost. V případě, že není předem hmotnost normového vozidla známa (např. Seskupení II v ČSN 73 6220), pro které se počítá zatížitelnost, uvažuje se jeho hmotnost 1t a tato hmotnost se zavede i do zatížení konstrukce! V případě, že je hmotnost normového vozidla předem známa (např. vozidla Seskupení I v ČSN 73 6220) je možné uvažovat zatížení konstrukce přímo normovým vozidlem a potom tuto hmotnost uvažovat i ve výpočtu zatížitelnosti.

Obr.6 – Výpočet zatížitelnosti

Únosnost průřezu... – únosnost průřezu stanovená z návrhu průřezu podle původní normy pro porovnávací statický výpočet. Tento návrh se provede podle původního předpisu pro návrh konstrukce s použitím příslušných materiálů. Při podrobném statickém výpočtu se uvažuje únosnost průřezu stanovená ze závěrů diagnostického průzkumu. Součinitele α a β se uvažují podle výše zmíněných pravidel.

6 Vytvoření dokumentu o výpočtu

Po provedení výpočtů se provede vytvoření dokumentu o vypracování příkladu. Dokument je možné vytvářet i postupně, po zadání jednotlivých částí zadání, příp. po provedení části výpočtu.



Obr.7 – Vytvoření dokumentu o výpočtu

Vytvořit standardní dokument – vytvoří standardní dokument pro kontrolu cvičícími. Tato funkce je plně funkční pouze po provedení veškerých výpočtů. Stejného efektu je možné dosáhnout postupným vkládáním dat ostatními tlačítky.

Oddíl **Formátování vybraného textu** obsahuje jednoduché příkazy pro práci s textem. S jeho pomocí je možné doplnit automaticky generovaný text o přehledné nadpisy a poznámky.

Oddíl **Uložit projekt** obsahuje procedury pro uložení projektu na disk. Po zadání Jména projektu se celý projekt uloží do zadaného adresáře pod příslušným jménem. Ukládání je řešeno odděleně pro text a pro jednotlivé obrázky. Jména souborů jsou generována podle zadaného jména s příslušnou koncovkou vyjadřující jejich obsah (.rtf pro textové soubory, .jpg pro soubory s obrázky).

Tisk souboru se provede např. přes textový editor Word, v němž se otevře soubor s textovými výstupy. Zároveň je možné v tomto editoru doplnit do oddílu zadání obrázky příčinkových čar a zatížení generované při uložení projektu.

7 Vytvoření dokumentu o výpočtu

V případě jakýchkoliv problémů, nestabilit programu, dotazů a žádostí o pomoc kontaktujte, prosím, autora. V případě dalších požadavků na systém je možné doplnit stávající program o nové funkce, případně poskytnout k dispozici zdrojový kód programu.

Kontakt :

Ing. Michal Drahorád
<http://concrete.fsv.cvut.cz/~drahorad/>
Michal.Drahorad@fsv.cvut.cz

Katedra betonových a zděných konstrukcí
ČVUT v Praze, Fakulta stavební
Thákurova 7
166 29 Praha 6