

ОРАЗМЕРЯВАНЕ НА СТРОИТЕЛНИ КОНСТРУКЦИИ С SAP 2000

д-р инж. Любомир А. Здравков, инж. Зорница А. Минчева
сп. „Строителство”, кн. 5, 2007 г

Abstract: *New tendency of design of building structures is to use appropriate software. It facilitates design and changes in project, shorts terms and provides additional security.*

One of these programs for analysis of building structures is SAP2000. It is most popular design software in Bulgaria. It has built in module for check of design resistance of any element by many standards. The program checks the elements by equations and use coefficients for them that could be changed, according to real conditions of work of the structure.

It is recommended to check used by default in SAP 2000 coefficients to reduce design mistakes and improve necessary quantity of used materials.

Key words: *computer design, SAP 2000, Eurocode 3, design resistance, unbalanced length*

За добро или за лошо, компютрите и програмното осигуряване към тях масово навлизат в проектантската практика. Използват се както програми за изчертаване (AutoCAD, Advance Steel, BoCAD, Nemetschek), така и програми за анализ и/или оразмеряване на елементите на строителни конструкции (SAP 2000, ETABS, ROBOT, RISA). От тях особено популярна сред строителните инженери в България е SAP 2000. Това се дължи на ред причини, не на последно място от които богатите възможности и удобството за работа с програмата.

1. Въведение

При използване на специализирания софтуер за проектиране на строителни конструкции SAP 2000 често се използва неговата възможност за автоматизирано оразмеряване на конструктивните елементи. Програмата дава възможност бързо и лесно да се определят необходимите сечения на елементите съгласно изискванията на AASHTO, AISC, ACI, EUROCODE 2 и 3, UNI. Така безпроблемно могат да бъдат задоволени изискванията на различни инвеститори за проектиране по някои от водещите в света нормативни документи.

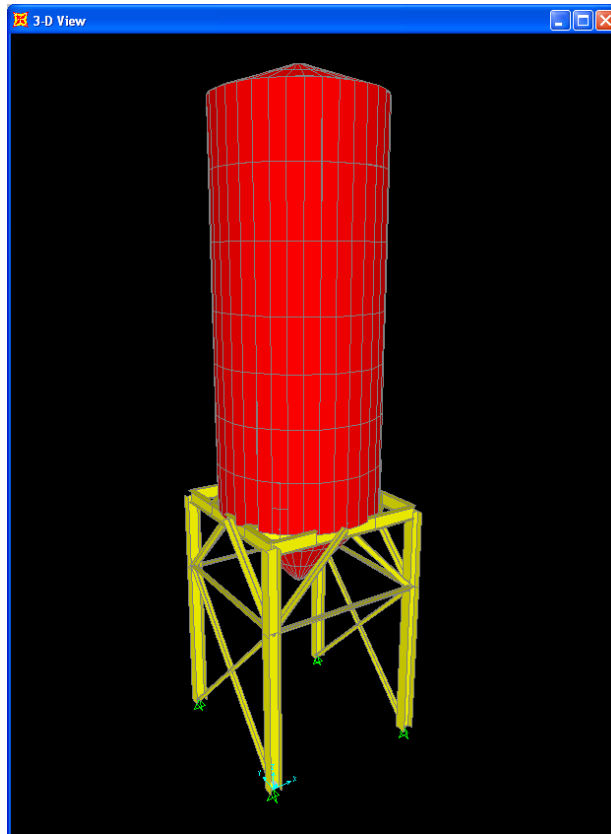
Оразмеряване на строителните конструкции, при които се използват настройките по подразбиране в SAP 2000 безспорно е удобно, но не винаги е коректно. Отчитайки този факт, самите създатели на програмата са дали възможност за индивидуални промени в коефициентите.

2. Анализирана строителна конструкция

За целта на настоящото изследване е проектиран стоманен цилиндричен силос за съхранение на пясък (фиг. 1). Той има диаметър $D = 3,0$ m и дължина на цилиндричната част $H = 7,0$ m. Дебелината на листовите в цилиндричната и коничната част, с изключение на преходната зона, е $t_s = 5$ mm. В преходната зона дебелината на листовите $t_s = 8$ mm. Опорният пръстен на силоза, където той стъпва върху хоризонталните греди, е разположен на кота $+ 4^{500}$ m. Стоманените колони са 4-и на брой, като между тях са развити укрепващи вертикални X - и K - връзки. В едната посока за улеснение на разтоварването на пясъка не са поставени X - връзки.

Стоманата за носещата конструкция е ВСтЗпс.

Гредите и вертикалните връзки са изработени от горещовалцувани профили, а 4-те колони са със съставено заварено сечение.



фиг. 1 Стоманен цилиндричен силос

Извършен е тримерен анализ на съоръжението при въздействие от следните товари:

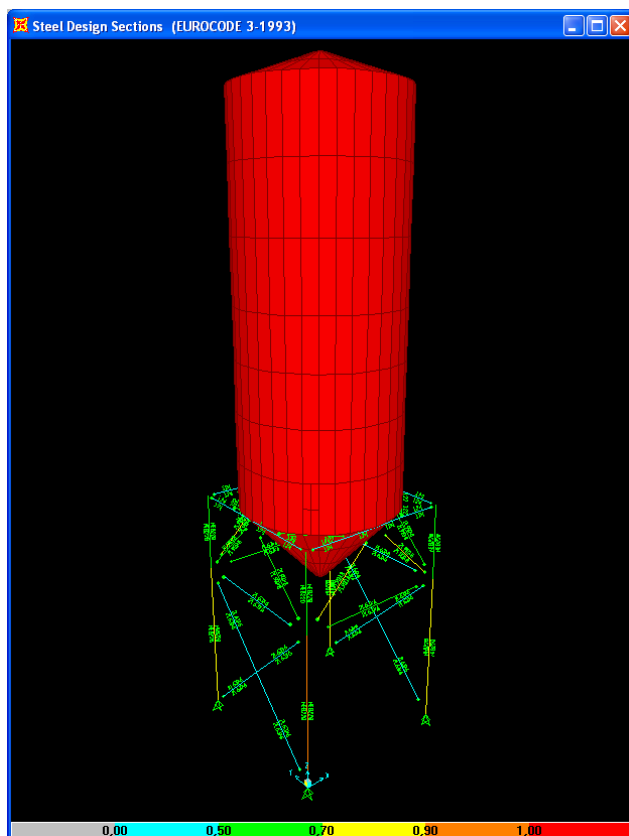
- собствено тегло на съоръжението – g ;
- съхраняван сух пясък с плътност $\rho = 1,5 \text{ t/m}^3$ – Sa ;
- сняг по покрива на силоса с интензитет $s_n = 1,0 \text{ kN/m}^2$ – Sn ;
- вятър с интензитет $w_m = 0,43 \text{ kN/m}^2$ по ос „x-x” – w_x ;
- вятър с интензитет $w_m = 0,43 \text{ kN/m}^2$ по ос ‘y-y’ – w_y ;
- въздействие от земетръс при сеизмичен коефициент $k_c = 0,27$ – E [2] .

Комбинациите от товарите са 8 на брой, съгласно [1].

3. Оразмеряване на строителни конструкции с SAP 2000

При проектиране на съоръжението, за проверка на достатъчността на сеченията на носещата прътова конструкция под стоманения силос, са използвани възможностите на SAP 2000. Авторите са създали тримерен компютърен модел, който е бил решен и оразмерен съгласно настройките по подразбиране в програмата (фиг.2). След това носещата конструкция под силоса е била оразмерена ръчно.

Оразмеряването и в 2-та случая е извършено съгласно изискванията на Eurocode 3 [3].



фиг. 2 Оразмеряване по Eurocode 3 чрез SAP 2000

В таблиците по-долу са сравнени използваните коефициенти и получените резултати при 2-та метода на оразмеряване.

ТАБЛИЦА 1 Оразмеряване на натиснатите диагонали

Елемент	Усилие kN	Дължина m	Коефициент / Резултат	Метод на оразмеряване		Разлика %
				ръчно	чрез SAP 2000	
2L90x8	-328,92	2,121	A, cm^2	27,8	27,52	1,017
			I_y	1	1	0
			I_z	1	1	0
			μ_y	1	1	0
			μ_z	1	1	0
			χ_y	0,6509	0,6501	0,123
			χ_z	0,8067	0,8073	0,074
			$N_{cy,Rd}$	386,57	382,22	1,138
			$N_{cz,Rd}$	479,1	474,61	0,946
2L63x6	-28,698	2,121	A, cm^2	14,56	15,082	3,585
			I_y	1	1	0
			I_z	2	2	0
			μ_y	1	1	0
			μ_z	1	1	0
			χ_y	0,44892	0,4453	0,813
			χ_z	0,2987	0,2981	0,201
			$N_{cy,Rd}$	139,63	143,488	2,763
			$N_{cz,Rd}$	92,91	96,05	3,38

ТАБЛИЦА 2 Оразмеряване на колоните и главните греди

Елемент	Дължина m	Коефициент / Резултат	Метод на оразмеряване		Разлика %
			ръчно	чрез SAP 2000	
колона съставено 2Т сечение	3	A, cm^2	106	106	0
		l_y	1	1	0
		l_z	1	1	0
		μ_y	2	1	100
		μ_z	1	1	0
		χ_y	0,9365	1	6,781
		χ_z	0,8184	0,8165	0,233
		$N_{cy,Rd}$	2120,75	2264,54	6,78
		$N_{cz,Rd}$	1853,3	1848,89	0,239
		C_1	1,879	1,88	0,053
		k_{LT}	0,8895	1	12,423
главна греда I24	0,88	A, cm^2	34,8	34,226	1,677
		l_y	1,705	1,705	0
		l_z	1	1	0
		μ_y	1	1	0
		μ_z	1	1	0
		C_1	1,879	1,88	0,053
		k_{LT}	0,987	0,996	0,912

В ТАБЛИЦИ 1 и 2 са използвани следните означения:

A е напречното сечение на профила;

l_y, l_z – коефициенти, отчитащи неукрепената по съответната ос дължина на елемента;

μ_y, μ_z – коефициенти, отчитащи вида на закрепването и вида на натоварването по елемента по съответната ос “y-y” или “z-z”;

χ_y – коефициент за загуба на устойчивост по ос “y-y” за центрично натиснат елемент;

χ_z – коефициент за загуба на устойчивост по ос “z-z” за центрично натиснат елемент;

$N_{cy,Rd} = \chi_y \cdot A \cdot f_y / \gamma_{MI}$ – носеща способност по ос “y-y” на центрично натиснат елемент;

$N_{cz,Rd} = \chi_z \cdot A \cdot f_y / \gamma_{MI}$ – носеща способност по ос “z-z” на центрично натиснат елемент;

$f_y = 235 \text{ MPa}$ – границата на провлачане на използваната стомана ;

$\gamma_{MI} = 1,1$ – коефициент на сигурност по материал.

C_1 – коефициент, отчитащ вида на диаграмата на огъващия момент по дължина на елемента;

k_{LT} – коефициент на измятане.

4. Изводи

Разлика в получените резултати от оразмеряване на конструкцията по Eurocode 3 ръчно и чрез SAP 2000, безспорно има. Това се дължи на следните причини:

- често въведените в SAP 2000 сечения на елементите имат геометрични характеристики, които са много близки, но не съвпадат напълно с характеристиките на реалните профили;

- програмата не всеки път отчита вярно изключвателните дължини на елементите. При пространствени модели, по подразбиране в нея е заложено $\mu_y = \mu_z = 1,0$;

- при определяне на коефициента k_{LT} от съществено значение е дали стоманеният елемент е съставен или горещовалцуван.

За съжаление, оразмеряване на конструкциите с настройките по подразбиране в SAP 2000 не винаги е в посока на сигурността. Максималната разлика в носеща способност на елемент при този конкретен пример е **6,78 %**, но в други случаи може драстично да нарасне. Поради тази причина е желателно при анализ и оразмеряване на дадена строителна конструкция да се проверяват възприетите от програмата коефициенти.

Литература

1. НАРЕДБА №3 за основните положения за проектиране на конструкциите на строежите и за въздействията върху тях, ДВ, бр. 92 от 2004 г.
2. Норми за проектиране на сгради и съоръжения в земетръсни райони, КТСУ-БАН, 1987.
3. EUROCODE 3: Design of Steel Structures. General rules and rules for building.