



DOI: [10.71167/uaceg.2026.590205](https://doi.org/10.71167/uaceg.2026.590205)

Получена: 26.09.2025 г.

Приета: 09.01.2026 г.

БЕТОНИРАНИ БАЗИ НА СТОМАНЕНИ КОЛОНИ

Ст. Райков¹

Ключови думи: стоманени конструкции, бази на колони

РЕЗЮМЕ

При проектирането и изпълнението на сгради със стоманена носеща конструкция едни от най-отговорните съединения са базите на колоните. В нашата практика се използват различни разновидности на откритите бази на колони, при които за предаване на усилията от колоните се използват анкерни болтове, предварително заложиени във фундаментите. В определени случаи това решение е трудно приложимо и неикономично. Един от възможните примери е прилагането на изискванията на БДС EN 1998-1 за рамки с корави възли, при които се очаква развитието на пластична става в основата на колоните. Подходящо решение за този и други подобни случаи е използването на бетонирани бази на колони, които са с висока носимоспособност и коравина. Това конструктивно решение е слабо познато и много рядко прилагано в българската практика. В настоящото изложение е направен обзор на различни варианти за конструктивно оформяне на бетонирани бази на колони, основните предпоставки и конструктивни изисквания, както и някои от прилаганите оразмерителни процедури.

1. Въведение

Бетонирани бази на стоманени колони са сравнително по-трудоемки и поставят по-високи изисквания към изпълнителя от традиционните решения с анкерни болтове. Това е особено валидно за нашата практика, тъй като този вариант на изпълнение на базите е много рядко използван и нетрадиционен. Въпреки това, в определени случаи това решение може да се окаже по-удачно – при проектиране на конструкции, които ще се изпълняват и/или монтират в чужбина, при много големи усилия. Бетонирани бази на

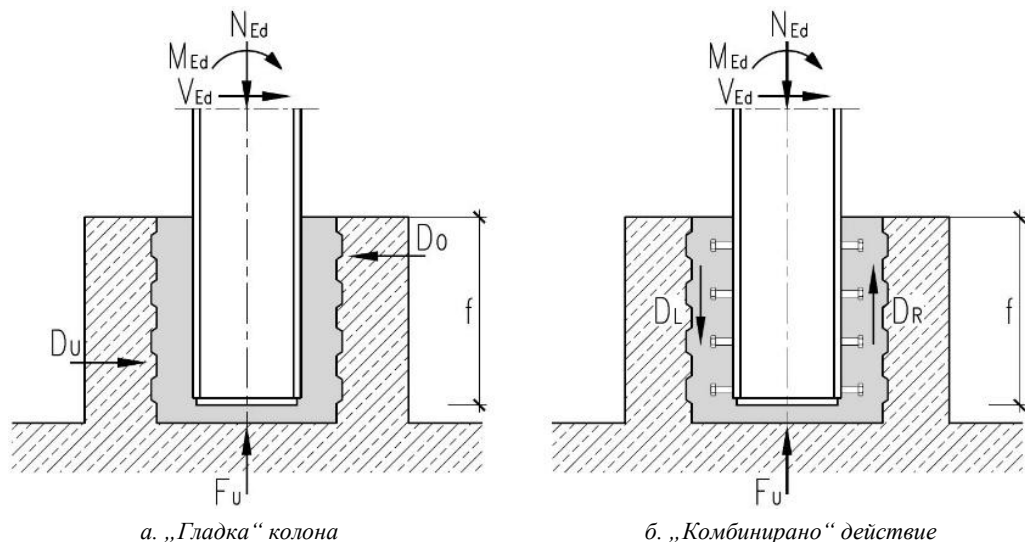
¹ Станислав Райков, гл. ас. д-р инж., кат. „Метални, дървени и пластмасови конструкции“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: raykov_fce@uacg.bg

колони са широко използвани в Германия, където това е традиционно решение. По-голямата част от представените в настоящото изложение решения са заимствани от немски източници [1 – 4], но са взети предвид и други разработки [5].

2. Варианти за конструктивното оформяне на съединението

Решението на възела стоманена колона – фундамент при бетонирани бази предполага изготвянето на чашковиден фундамент, подобно на конструкции от сглобяем стоманобетон. Монтирането на стоманената колона може да се реализира при използване или без наличие на анкерни болтове. Замонолитването на колоната след постигане на проектното ѝ положение се осъществява с подходящи за целта разтвори. При това, стените на чашката на фундамента трябва да бъдат така оформени чрез подходящ кофраж, че да гарантират оптимална връзка между замонолитката и чашката на фундамента, фиг. 1.

По отношение на начина на предаване на усилията от стоманената колона към фундамента се разграничават два основни варианта, в зависимост от конструктивното оформяне на възела. Първият е т.нар. „гладка“ колона, при която се разчита на двоица хоризонтални сили за предаване на огъващите моменти. В този случай сечението на колоната трябва да понесе значителни срязващи сили – фиг. 1а. Вторият вариант е да се осигури предаването на момента чрез поясите на колоната, като за целта се осигури необходимото комбинирано действие чрез болтови дюбели или други елементи, гарантиращи предаването на усилията. При това конструктивно решение двоицата сили вече е вертикална – фиг. 1б.

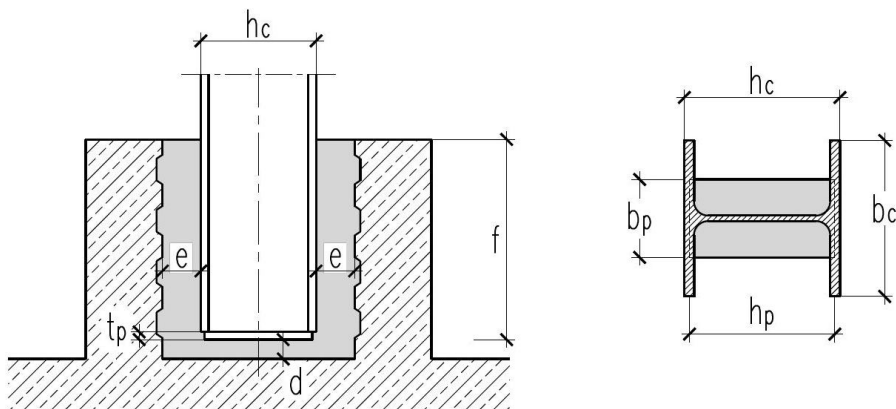


Фиг. 1. Основни варианти на конструктивно оформяне на бетонирани бази на колони и начини за предаване на усилията, [1]

Поради по-добрата технологичност на първия вариант той е много по-често прилаган. Оттук нататък в изложението се разглеждат само постановките, свързани с него.

3. Конструктивни изисквания, основни предпоставки

Основните размери са показани на фиг. 2. При конструктивното оформяне на съединението последователно се дефинират закотвящата дълбочина на колоната, разстоянието от базовата плоча до дъното на фундамента, отстоянията на колоната до стените на чашката, размерите на базовата плоча.



Фиг. 2. Общ вид на съединението, основни размери

3.1. Закотвяне на стоманената колона, отстояния между колоната и чашката на фундамента

За закотвящата дължина на стоманената колона има различни препоръки в редица източници. В [4], Kurth дава следните изисквания (означенията са съгласно фиг. 2):

- $f \geq \max(1,8h_c; 0,1H_c; 600\text{mm})$;
- $50\text{mm} \leq d \leq 120\text{mm}$;
- $75\text{mm} \leq e \leq 210\text{mm}$.

Тези критерии са сравнително консервативни, особено за по-малките напречни сечения, при които минималното закотвяне от 600 mm е твърде голямо. По отношение на разстоянията d и e до дъното, респективно стените на чашката, предложените граници са подходящи и следва да варират заедно с размерите на напречното сечение на стоманената колона.

По-нови препоръки могат да се открият в [1]. Там за закотвящата дължина се препоръчва, като най-общи граници, следното:

- $h_c \leq f \leq 6h_c$.

В същото време е изяснено, че за добро съответствие на предложените оразмерителни процедури и реалното поведение на съединението е необходимо закотвяне най-малко $1,5h_c$, а експериментални изследвания са показали, че повишаване на закотвящата дължина над $3h_c$, не е ефективно [11]. Така, окончателната препоръка за закотвянето на стоманените колони остава:

- $1,5h_c \leq f \leq 3h_c$.

3.2. Размери на базовата плоча, укрепителни ребра в колоната

При този тип бази е особено съществено да се осигури пълно запълване на чашката на фундамента при замонолитването и максимално добро уплътняване на използвания разтвор, за да се гарантира проектната носимоспособност на съединението. В тази връзка, базовите плочи се препоръчва да се проектират с размери, по-малки от тези на сечението на колоната – вж. фиг. 2. В литературата няма конкретни указания по темата. При оразмеряването на съединението се приема, че чрез базовата плоча се предават на фундамента само нормалните усилия от колоната. Препоръката е да не се търси излишен запас на носимоспособност, а да се потърси минималната възможна площ на базовата плоча.

Във връзка с доброто уплътняване на замонолитващия разтвор се изисква и избягване на поставянето на укрепителни ребра в сечението на колоната. Оразмерителните процедури вземат предвид тази препоръка при определянето на ефективната ширина на поясите на колоната при работа под натоварване.

3.3. Изисквания към замонолитващия разтвор

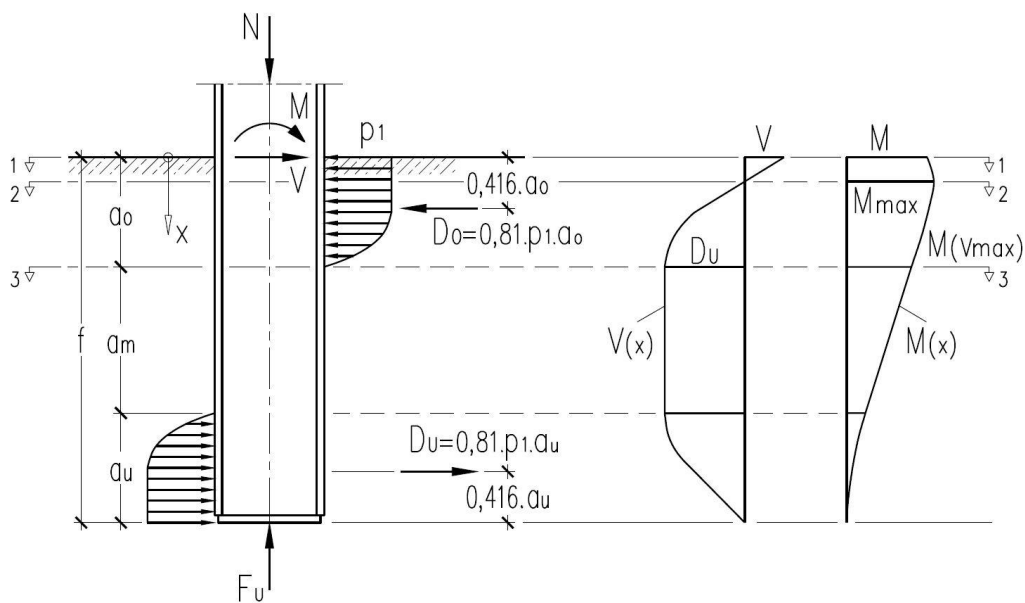
Както и при подливките на открити бази на стоманени колони, характеристиките на замонолитващия разтвор трябва задължително да са не по-ниски от тези на фундамента. Предвид значителната дълбочина на чашките, особено за по-големи напречни сечения на колоните, е добре да се използват специални състави с подходящ вискозитет. При използване на филцбетон да се предвиди вибриране при полагането на подливката. Във всички случаи трябва да се полагат подходящите грижи за бетона, в зависимост от външната температура и т.н.

4. Оразмерителни процедури

В литературата могат да бъдат намерени значителен брой оразмерителни процедури за този тип съединения, които са разработени в последните повече от 50 години. Подробно и изчерпателно описание на голяма част от изчислителните модели могат да бъдат открити в [3]. Дадена е информация за моделите на von Gregor [6], Hofmann [7], von Bar [8], von Petersen [2], von Kindmann и Stracke [9] и други. Основната разлика между представените модели се състои във вида на диаграмите на напреженията в бетона. В някои от тях [6, 2] са приети триъгълни диаграми, други [8, 9] използват параболично-правоъгълни диаграми, а в [7] е възприет вариант, при който от едната страна диаграмата е триъгълна, а от другата – параболична.

Тези оразмерителни процедури са допълнително развити през годините в различни издания на Stahlbau – вж. [1, 2 и 4]. От изброените множество варианти в настоящото изложение е представен един от по-съвременните, разработен първоначално в [9], допълнен в [10] и представен подробно в [1].

Изчислителен модел на съединението, заедно с означение на основните размери, натоварване, резултатни напрежения в бетона и диаграми на разрезните усилия в стоманената колана са показани на фиг. 3.



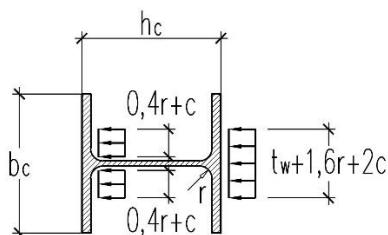
Фиг. 3. Изчислителен модел, диаграми на РУ и характерни сечения, [1]

4.1. Проверка на стоманената колона в сечение 1-1

Оразмерителната процедура започва с определянето на разрезните усилия в сечение 1-1 съгласно фиг. 3 за меродавните комбинации на въздействията. Избраното напречно сечение за стоманената колона се проверява съгласно изискванията на съответните части на БДС EN 1993.

4.2. Определяне на ефективната ширина на поясите и стойността на линейния товар

Повечето оразмерителни процедури приемат, че и двата пояса на стоманената колона участват в предаването на усилията към фундамента. Определя се ефективна ширина на поясите, която е обща и за двата пояса – вж. фиг. 4.



Фиг. 4. Ефективна ширина на поясите

Последователността на решението е следната:

- Приема се изчислително напрежение в контактната зона стоманен пояс – стоманобетонен фундамент:

$$\sigma_c = 0,67 f_{c,d}.$$

- Приема се поява на пластични стави в поясите и се изчислява широчината на частта от пояса, която може да се приеме за задействаната след очакваните места на пластичните стави в него:

$$c = \sqrt{\frac{f_{y,Rd}}{2\sigma_c}} \leq \frac{(b_c - t_w - 1,6r)}{2}.$$

- Изчислява се общата ефективна широчина на поясите:

$$b_{eff} = t_w + 2,4r + 4c \leq b_c.$$

- Определя се стойността на линейния товар – вж. фиг. 3:

$$p_1 = b_{eff} \sigma_c \leq 2t_w f_{y,Rd}.$$

4.3. Определяне на силите D_o и D_u

След определянето на линейния товар могат да бъдат определени и стойностите на хоризонталната двоица D_o и D_u . За целта се използва условието за равновесие на възела, изведено на базата на приетия изчислителен модел. Тук има два подхода – възможно е да се отчете приносът на триенето и кохезията или той да бъде пренебрегнат. Представен е вторият вариант, при който изразите са по-опростени.

$$D_u = -0,07V_{Ed} + 0,6\sqrt{1,93M_{Ed} p_1 + V_{Ed}^2},$$

$$D_o = D_u + V_{Ed}.$$

4.4. Проверка на минималната закотвяща дълбочина f_{min}

Изчислителният модел е валиден само за стойности на закотвящата дълбочина, които са по-големи от минималната.

$$f \geq f_{min} = \frac{M_{Ed}}{D_u} + \frac{1,05}{p_1} \left(D_u + V_{Ed} + \frac{V_{Ed}^2}{2D_u} \right).$$

Ако закотвящата дължина се получи по-малка от f_{min} , е необходимо да се направи следваща итерация на решението, с коригирана закотвяща дължина.

4.5. Оразмерителни проверки за стоманеното сечение в характерни сечения 2-2 и 3-3

След завършване на итерациите и получаване на окончателните стойности на p_1 , D_o и D_u , могат да се извършат и оразмерителните проверки за стоманената колона в чашката на фундамента. Изследват се сеченията с максимален огъващ момент (2-2) и максимална срязваща сила (3-3) – вж. фиг. 3.

- За M_{\max}

$$x_{2-2} = \frac{V_{Ed}}{p_1},$$

$$M_{\max} = M_{Ed} + 0,5V_{Ed} \cdot x_{2-2}.$$

Обикновено стойността на M_{\max} е много близка до тази на M_{Ed} и не се налага допълнителна оразмерителна проверка.

- За V_{\max}

$$V_{\max} = D_u,$$

$$a_o = \frac{D_o}{0,81p_1} = \frac{D_u + V_{Ed}}{0,81p_1},$$

$$M(V_{\max}) = M_{Ed} + V_{Ed} a_o - 0,584 a_o D_o.$$

С така определените стойности на $M(V_{\max})$, V_{\max} и N_{Ed} се извършват оразмерителни проверки за стоманената колона в сечение 3-3.

4.6. Оразмеряване на базовата плоча

За завършване на оразмеряването на съединението е необходимо да се намери дебелината на базовата плоча и напрежението в бетона под нея, което става по познати методи и няма да бъде разглеждано тук.

5. Таблични данни за стандартни сечения

Представената оразмерителна процедура не е сложна и може да бъде автоматизирана. За стандартни горещовалцувани напречни сечения в литературата са дадени и още по-удобни за прилагане, таблични данни. В табл. 1 е дадена необходимата закотвяща дължина за стандартни IPE, HEA, HEB и HEM профили, съгласно [1]. Стойностите са получени при предпоставката, че са изпълнени следните изисквания за големината на оразмерителните усилия в основното сечение на колоната:

$$N_{Ed} \leq \begin{cases} \frac{h_w t_w}{2\gamma_{M0}} f_y, \\ 0,25 N_{pl,Rd} \end{cases},$$

$$M_{y,Ed} \leq M_{y,pl,Rd},$$

$$V_{z,Ed} \leq 0,5V_{z,pl,Rd}.$$

Таблица 1. Закотвяща дължина за стандартни горещо валцувани напречни сечения, cm

Височина на напречното сечение	Тип напречно сечение			
	ІРЕ	НЕА	НЕВ	НЕМ
80	18	–	–	–
100	22	27	29	39
120	26	33	36	44
140	30	40	44	50
160	33	44	47	55
180	37	52	55	62
200	40	55	60	67
220	44	63	68	74
240	48	68	73	84
260	–	74	79	90
270	53	–	–	–
280	–	81	85	97
300	59	86	91	107
320	–	91	95	111
330	63	–	–	–
340	–	95	98	114
360	69	98	101	117
400	74	103	106	122
450	82	112	116	129
500	90	121	125	135
550	96	127	131	141
600	105	132	137	146
650	–	138	143	152
700	–	142	148	157
800	–	151	157	167
900	–	162	169	177
1000	–	172	180	187

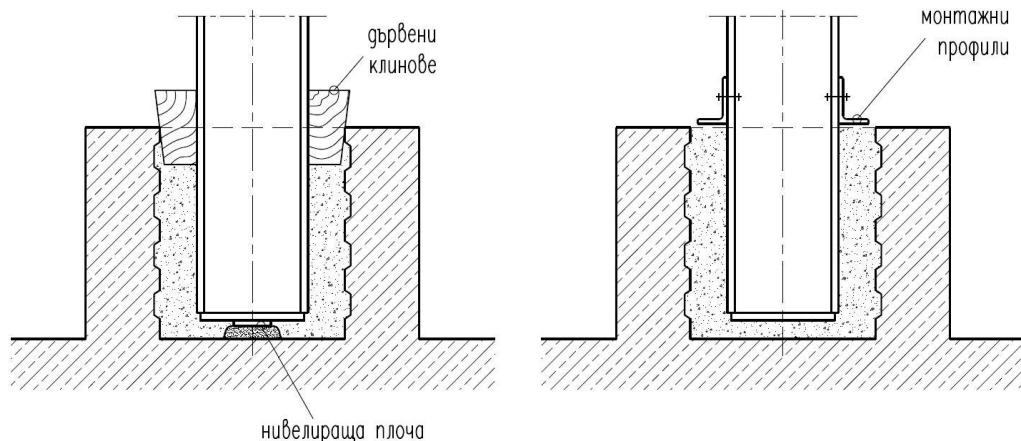
6. Основни варианти за монтаж

Монтажът на стоманените колони, проектирани с бетонирани бази, е сравнително по-сложен от този на стандартните за нашата практика открити бази с анкерни болтове. По тази причина тук са представени два от най-често прилаганите варианти.

Първият от тях е вариантът, при който закотвящата дълбочина е сравнително малка. Препоръчва се използването на нивелиращи стоманени плочи под базата и

инвентарни дървени клинове за постигане на вертикалност на колоната и съвпадение на тежестните ѝ оси с тези на сградата – фиг. 5а.

При по-големи закотвящи дължини препоръката е да се използват инвентарни ъглови профили, чрез които да се постигне проектното положение в план и по височина – фиг. 5б.



а. Нивелираща плоча и дървени клинове

б. Инвентарни ъглови профили

Фиг. 5. Препоръчителни варианти за монтаж на стоманените колони, в зависимост от закотвящата дължина, [1]

Независимо от това кой начин на изпълнение е избран, е важно да се отбележи, че в монтажното състояние, преди изпълнението на замонолитването на стоманената колона в чашката на фундамента, не може да се разчита колоната да има адекватно закотвяне, съответно коравина и носимоспособност. Монтажът на целия стоманен скелет трябва да се съобрази с това и изпълнителят да предвиди подходящ ред и начин на работа или укрепяване чрез допълнителни инвентарни системи.

7. Заключение

Бетонираните бази на стоманени колони имат значително предимство пред традиционните открити бази на колони с анкерни болтове в случаите, в които е необходимо да се предадат по-големи разрезни усилия от стоманената колона към фундамента или когато трябва да се гарантира формирането на пластична става в основата на колоната при РКВ, съгласно изискванията на БДС EN 1998-1. В същото време, това конструктивно решение за възела стоманена колона – фундамент е слабо познато и много рядко използвано в българската практика. С цел популяризиране на този вариант в настоящото изложение е направен кратък литературен обзор на основната информация за бетонираните бази – конструктивно оформяне на съединението, конструктивни изисквания, оразмерителни процедури, насоки за изпълнение.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Lohse, W., Laumann, J., Wolf, C. (2016). Stahlbau 1. Bemessung von Stahlbauten nach Eurocode mit zahlreichen Beispielen. 25. Auflage, Springer, Vieweg.

2. *Petersen, C.* (1993). Stahlbau. Grundlagen der Berechnung und baulichen Ausbildung von Stahlbauten. 3. Auflage, Vieweg.
3. *Wöllhardt, A.* (2010). Tragmodelle für offene und geschlossene Stahlprofile im Einspannbereich von Stahlbetonkonstruktionen. Dissertation, Ruhr-Universität Bochum.
4. *Kurth, F.* (1982). Stahlbau Band 1. Berechnung und Bemessung der Elemente von Stahlkonstruktionen. Veb varlag Technik, Berlin.
5. *Pertold, J., Xiao, R. Y., Wald, F.* (2000). Embedded steel column bases. II. Design model proposal. // Journal of constructional steel research, Issue 56, pp. 271 – 286.
6. *Gregor, A., Gregor, H.-J.* (1972). Der praktische Stahlbau 1, Berechnung der statisch bestimmten Tragwerke. 5. überarbeitete Auflage, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln-Braunsfeld.
7. *Hofmann, P., Hünersen, G., Fritzsche, E., Scheider, L.* (1983). Stahlbau, Berechnungsalgorithmen und Beispiele. VEB Verlag für Bauwesen, Berlin.
8. *Bär, A.* (1980). Die Einspannung von I-Stahlprofilen in Stahlbetonbauteilen. Bautechnik 3 (1980), S. 82 – 88, Ernst & Sohn Verlag, Berlin.
9. *Kindmann, R., Wöllhardt, A.* (2005). Winkelprofil als Träger für eine Spannbetonhohlplatte. Rubstahl-Bericht 1-2005. Lehrstuhl für Stahl- und Verbundbau, Ruhr-Universität Bochum.
10. *Kindmann, R., Stracke, M.* (2003 and 2009). Verbindungen im Stahl- und Verbundbau. 1. und 2. Auflage, Ernst & Sohn Verlag, Berlin.
11. *Mang, F., Koch, E., Stiglat, K., Seiler, J.* (2002). In Betonfundamente eingespannte Stahlstützen aus I-Profilen. Stahlbau 71, S. 653 – 660.

EMBEDDED STEEL COLUMN BASES – AN OVERVIEW

St. Raykov¹

Keywords: steel structures, column bases

ABSTRACT

The column bases are amongst the most important joints in every steel structure. In the Bulgarian building practice, the most common option is some variety of the exposed column base with anchor bolts, precast in the foundations. However, there are several design situations where this solution is not feasible. One example is the necessity to meet the requirements of EN 1998-1 for moment resisting frames, where a plastic hinge must be able to form a section in the column right over the column base. For this and other similar cases the embedded steel column base could be a very adequate option. This type of steel column base is very rarely applied in the Bulgarian construction practice. For this reason, in this paper, a brief review of the embedded steel column base detailing, design equations and assembly considerations is presented.

¹ Stanislav Raykov, Chief Assist. Prof. Dr. Eng., Dept. “Steel, Timber and Plastic Structures”, UACEG, 1 H. Smirnski Blvd., Sofia 1046, e-mail: raykov_fce@uacg.bg