

Получена: 29.08.2017 г.

Приета: 01.12.2017 г.

ВЛИЯНИЕ НА АНКЕРНИТЕ БОЛТОВЕ ВЪРХУ НАПРЕЖЕНИЯТА В БАЗОВАТА ПЛОЧА

Л. Здравков¹

Ключови думи: базова плоча, анкерен болт, напрежение, БДС EN 1993-1-8

РЕЗЮМЕ

Базовите плочи на стоманените колони, както подсказва името им, „работят“ на огъване. Тяхната дебелина зависи от стойностите на нормалните напрежения в бетона под тях и/или опънните усилия в анкерните болтове.

За да бъде нивелирана колоната до проектно положение, често под нейната базова плоча се поставят монтажни гайки. В резултат от наличието на гайки отдолу, под базовата плоча, анкерните болтове могат да понасят и да предават към фундамента натискови усилия.

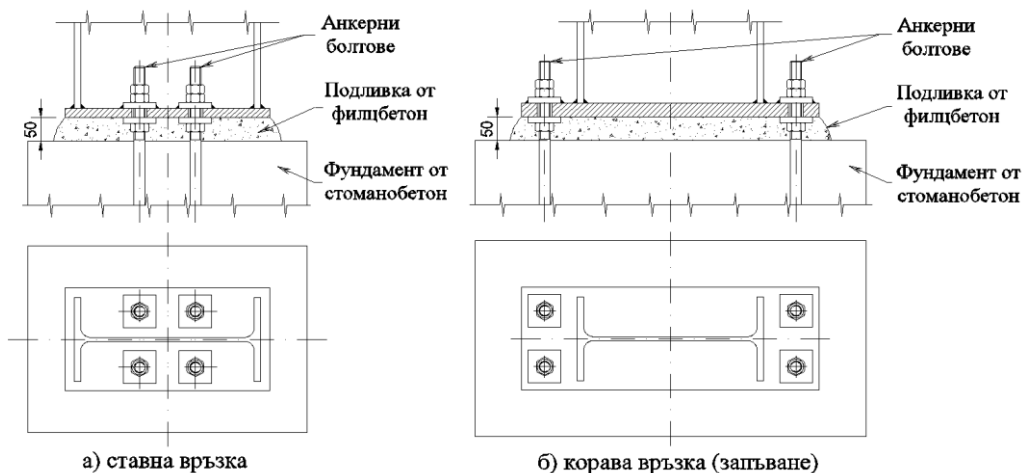
При определяне на опънните усилия в анкерните болтове, стандарт БДС EN 1993-1-8 разглежда различни разпределения на силите между базовата плоча и нейната опора. Но в стандарта не е посочен случай на предаване на натиск чрез анкерния болт. Това кара някои строителни инженери – проектантите да не поставят гайки под базовите плочи, а вместо тях при монтажа да използват нивелиращи дървени трупчета.

С настоящото изследване авторът се е опитал да отчете влиянието на натиснатите анкери върху напреженията в базовите плочи.

1. Въведение

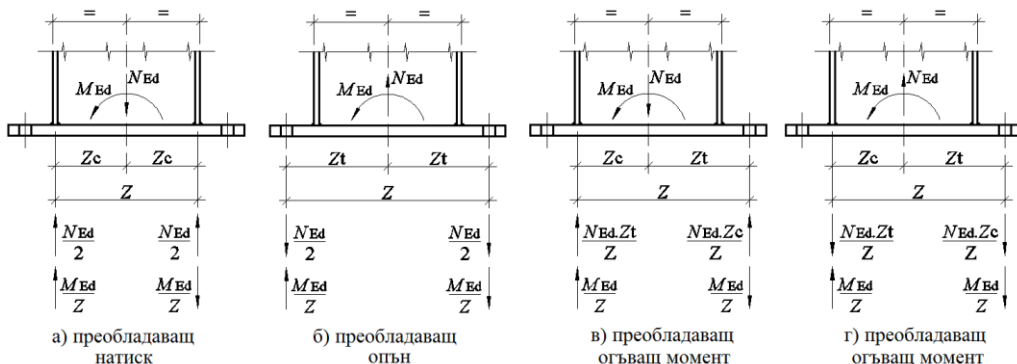
С цел монтаж на стоманената конструкция на проектно ниво, често под базовите плочи се поставят гайки, вж. фиг. 1. Чрез въртенето им, колоната може да се премества осово нагоре-надолу. В резултат от поставянето на гайки отдолу, под базовата плоча, анкерните болтове могат да понасят и да предават към фундамента натискови усилия.

¹ Любомир Здравков, доц. д-р инж., кат. „Метални, дървени и пластмасови конструкции“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: zdravkov_fce@uacg.bg



Фиг. 1. Детайли на свързване на стоманената колона към фундамента

При определяне на опънните усилия в анкерните болтове, стандарт БДС EN 1993-1-8 [2] разглежда различни разпределения на силите между базовата плоча и нейната опора, в зависимост от това дали преобладава осовата сила N_{Ed} или огъващият момент M_{Ed} , вж. фиг. 2.



Фиг. 2. Разпределение на усилията между базовата плоча и фундамента

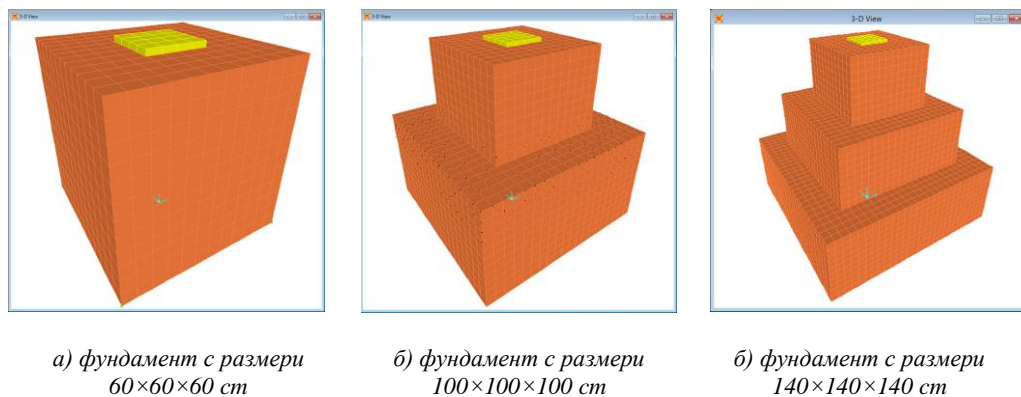
За съжаление в схемите на фиг. 2 не е посочен случай на предаване на натиск чрез анкерния болт. Това кара някои строителни инженери – проектантите да не поставят монтажни гайки под базовите плочи, а вместо тях да използват дървени трупчета за нивелиране на колоните.

За да избегне празното говорене и сляпо следване на чужди авторитети, авторът е провел числено изследване, в което се е опитал да отчете влиянието на натиснатите анкерни болтове върху напреженията в базовите плочи.

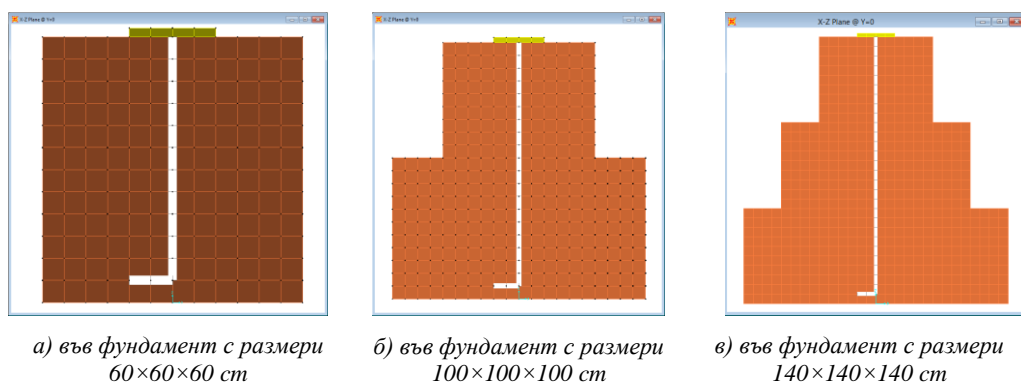
2. Изчислителен модел

Чрез използване на програмния пакет SAP 2000 [5] са създадени изчислителни модели на шест бетонни фундамента с различни размери, вж. фиг. 3. Целта е да се полу-

чат резултати от повече различни конструктивни решения. Върху всеки един от тях е поставена стоманена плоча, подложена на вертикални натискови усилия. В половината от моделите под плочата е симулиран анкерен болт, който достига почти до основната плоскост на фундаментите, както е обичайната строителна практика у нас. Болтът е поставен в средата на базовата плоча, вж. фиг. 4.



Фиг. 3. Модели на бетонни фундаменти



Фиг. 4. Разположение на анкерния болт във фундаментите

Телата на фундаментите са моделирани чрез обемни (solid) елементи с кубична форма, имащи дължина на ръба 50 mm. За материал е използван бетон клас C20/25. Механичните му показатели са определени съгласно стандарт БДС EN 1992-1-1 [1].

Анкерните болтове са моделирани чрез използване на рамкови (frame) елементи, които имат общи възли с обемните елементи. По този начин анкерът ще си взаимодейства с бетона по цялата му дължина. Използваната стомана е клас S235, с механични показатели съгласно стандарт БДС EN 10025-2:2005 [3].

Базовата плоча е с размери в план 200×200 mm. Поставена е в средата на фундаментите. При нея за материал е използвана стомана S235. Натоварена е с вертикална натискова сила $N_c = 1\,600$ kN, приложена към горната ѝ повърхност.

Податливостта на земното легло под фундаментите е симулирана чрез пружини, в които зависимостта „усилие – преместване” е линейна.

3. Резултати

Влиянието на анкерните болтове, ако изобщо има такова, е търсено като разлика в скъсяването на фундамента в средата му. Идеята е, че в случай че се наблюдава съществена разлика в скъсяването на фундаменти с анкерни болтове и такива без, приносът на анкерите при предаване на натисковите усилия следва да се отчита. Ако няма разлика в скъсяването, или тя е пренебрежима, натискът ще се предава чрез подливката от дребнозърнест бетон отдолу и натиснатите анкерни болтове няма да оказват влияние на базовата плоча.

3.1. Фундамент с размери 60×60×60 cm от бетон C20/25

а) базова плоча с дебелина $t = 20$ mm. Анкерен болт M20

Преместване, cm	Коефициент на леглото K_b , MN/m ³							
	20		40		60		80	
	без анкер	анкер M20	без анкер	анкер M20	без анкер	анкер M20	без анкер	анкер M20
под базовата плоча	22,25	22,24	11,14	11,13	7,43	7,43	5,58	5,58
в основната плоскост	22,22	22,22	11,11	11,11	7,41	7,41	5,56	5,56
скъсяване	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02

б) базова плоча с дебелина $t = 28$ mm. Анкерен болт M30

Преместване, cm	Коефициент на леглото K_b , MN/m ³							
	20		40		60		80	
	без анкер	анкер M30	без анкер	анкер M30	без анкер	анкер M30	без анкер	анкер M30
под базовата плоча	22,25	22,24	11,13	11,13	7,43	7,43	5,58	5,58
в основната плоскост	22,22	22,22	11,11	11,11	7,41	7,41	5,56	5,56
скъсяване	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02

3.2. Фундамент с размери 100×100×100 cm от бетон C20/25

а) базова плоча с дебелина $t = 20$ mm. Анкерен болт M20

Преместване, cm	Коефициент на леглото K_b , MN/m ³							
	20		40		60		80	
	без анкер	анкер M20	без анкер	анкер M20	без анкер	анкер M20	без анкер	анкер M20
под базовата плоча	8,03	8,03	4,03	4,03	2,69	2,69	2,03	2,03
в основната плоскост	8	8	4	4	2,67	2,67	2	2
скъсяване	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03

б) базова плоча с дебелина $t = 28$ mm. Анкерен болт М30

Преместване, cm	Коефициент на леглото K_b , MN/m ³							
	20		40		60		80	
	без анкер	анкер М30	без анкер	анкер М30	без анкер	анкер М30	без анкер	анкер М30
под базовата плоча	8,03	8,02	4,03	4,02	2,69	2,69	2,03	2,02
в основната плоскост	8	8	4	4	2,67	2,67	2	2
скъсяване	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02

3.3. Фундамент с размери 140×140×140 cm от бетон С20/25

а) базова плоча с дебелина $t = 20$ mm. Анкерен болт М20

Преместване, cm	Коефициент на леглото K_b , MN/m ³							
	20		40		60		80	
	без анкер	анкер М20	без анкер	анкер М20	без анкер	анкер М20	без анкер	анкер М20
под базовата плоча	4,11	4,11	2,07	2,07	1,39	1,39	1,05	1,05
в основната плоскост	4,08	4,08	2,04	2,04	1,36	1,36	1,02	1,02
скъсяване	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03

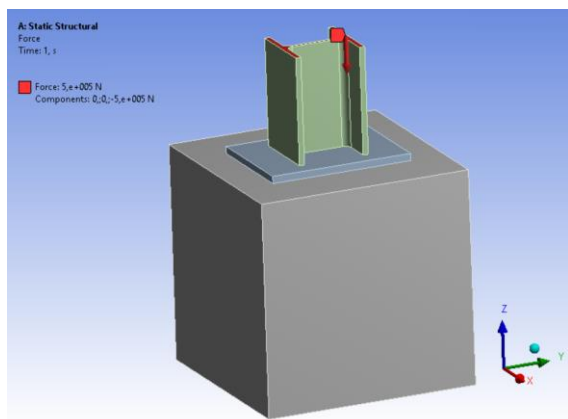
б) базова плоча с дебелина $t = 28$ mm. Анкерен болт М30

Преместване, cm	Коефициент на леглото K_b , MN/m ³							
	20		40		60		80	
	без анкер	анкер М30	без анкер	анкер М30	без анкер	анкер М30	без анкер	анкер М30
под базовата плоча	4,11	4,11	2,07	2,07	1,39	1,38	1,05	1,04
в основната плоскост	4,08	4,08	2,04	2,04	1,36	1,36	1,02	1,02
скъсяване	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02

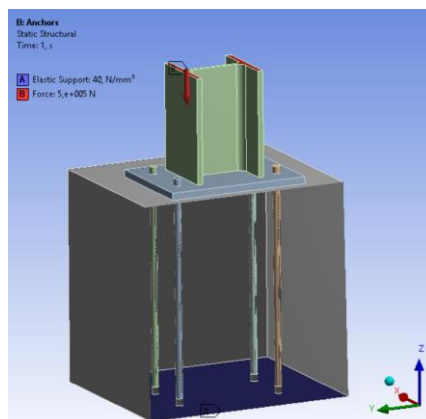
От резултатите по-горе ясно се вижда, че разликите в скъсяването на фундаментите без анкерни болтове и такива със, от натискава сила $N_c = 1\ 600$ kN, е в рамките на 0,1 mm, т.е. доста малка. Очевидно преобладаващата част от натисковото усилие се предава към фундамента чрез подливката под базата, а не чрез свързания по цялата си дължина към бетона анкер.

С цел проверка на получените чрез SAP 2000 резултати и базираните на тях изводи, авторът е създал и два изчислителни модела чрез програмен продукт ANSYS [4]. Те симулират „стъпването” на стоманена колона НЕВ 200, имаща базова плоча с дебелина $t = 20$ mm, върху бетонен фундамент с размери 60×60×60 cm. При единия модел няма анкерни болтове, а при другия има четири стоманени болта с диаметър Ø20 mm, вж. фиг. 5.

Колоната е натоварена с осова натискава сила с интензитет $N_c = 500$ kN.



а) без анкери болтове



б) с анкери болтове Ø20

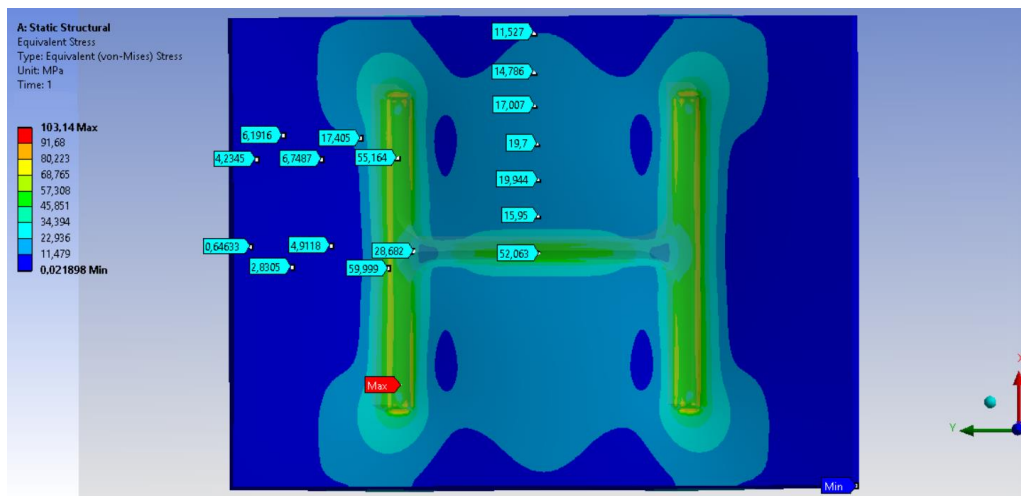
Фиг. 5. Изчислителни модели с ANSYS

За колоната НЕВ 200 базовата плоча с дебелина $t = 20$ mm и анкерните болтове Ø20 mm е използвана стомана S235. Фундаментите са от бетон клас C20/25.

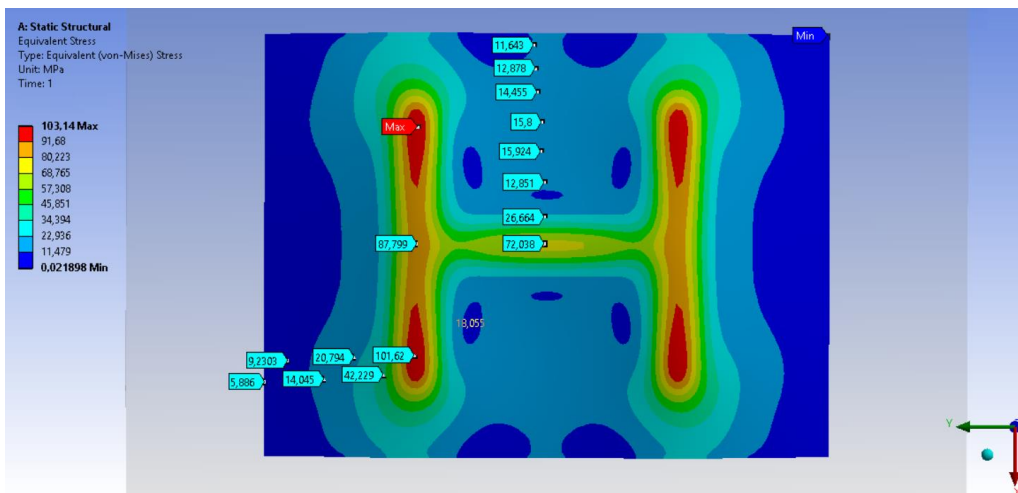
Връзката между базовата плоча и фундамента отдолу е симулирана по такъв начин, че да може да се предава само натиск.

Податливостта на земното легло под фундаментите е симулирана чрез пружини с коравина 40 MN/m^3 , в които зависимостта „усилие – преместване” е линейна.

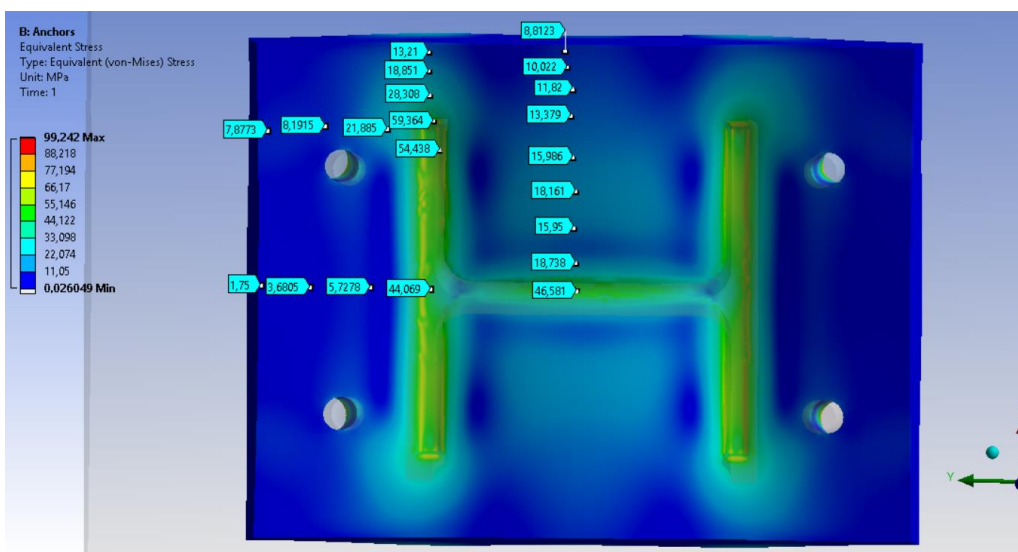
Разпределението на еквивалентните напрежения в базовите плочи, определени по von Mises (четвърта якостна хипотеза) е показано на фиг. 6 ÷ фиг. 9.



Фиг. 6. Еквивалентни нормални напрежения по горната повърхност на базова плоча без анкери болтове

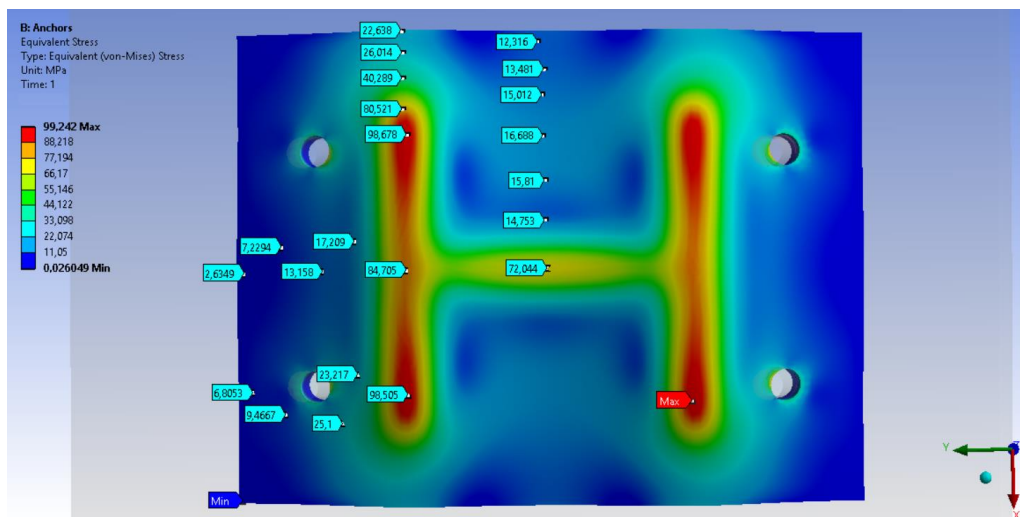


Фиг. 7. Еквивалентни нормални напрежения по долната повърхност на базова плоча без анкери болтове



Фиг. 8. Еквивалентни нормални напрежения по горната повърхност на базова плоча с анкери болтове

И в двата случая максималните стойности на напреженията са отчетени по долната повърхност на базовите плочи, под поясите на колоните. При базова плоча без анкери $\sigma_{eq,max} = 103,14$ MPa, а при база с анкери $\text{Ø}20 - \sigma_{eq,max} = 99,24$ MPa. В този конкретен случай разликата е 3,9%.



Фиг. 9. Еквивалентни нормални напрежения по долната повърхност на базова плоча с анкерни болтове

4. Заключение

От направените по-горе числени експерименти могат да се направят следните изводи:

- а) анкерните болтове, подложени на натиск, оказват влияние върху скъсяването на фундамента, респективно върху разрезните усилия в стоманената базова плоча;



Фиг. 10. Анкерни болтове с гайки под базовата плоча. Реализация

б) разликите в скъсяването на масовите фундаменти с клас на бетона C20/25, без анкерен болт и такива с болт, не надвишава 0,1 mm, което според автора е пренебрежимо малко. Явно съществената част от натисковото усилие се предава към фундамента чрез подливката под базата, а не чрез анкерните болтове.

в) разликата в отчетените еквивалентни нормални напрежения в базови плочи с поставени анкерни болтове и такива без, не е голяма. Дори напреженията са по-големи в базовата плоча без анкери.

От тук следва, че методиката в стандарт БДС EN 1993-1-8 [2] може да се използва за определяне на опънните усилия в анкерните болтове, дори когато има поставени монтажни гайки под базовата плоча. Това се потвърждава от множество построени сгради и съоръжения, които имат фиксиращи гайки под базовите плочи (вж. фиг. 10) и които очевидно не са в аварийно състояние.

ЛИТЕРАТУРА

1. БДС EN 1992-1-1:2005, Проектиране на бетонни и стоманобетонни конструкции. Общи правила и правила за сгради.

2. БДС EN 1993-1-8:2005, Проектиране на стоманени конструкции. Проектиране на възли. Май 2005.

3. БДС EN 10025-2:2005, Горещовалцувани продукти от конструкционни стомани. Част 2: Технически условия на доставка за нелегирани конструкционни стомани.

4. ANSYS, Inc., Canonsburg, Pennsylvania, the U.S.A.

5. SAP 2000. Structural analysis program. Computers and Structures, Inc.

INFLUENCE OF ANCHOR BOLTS ON STRESSES IN BASE PLATES

L. Zdravkov¹

Keywords: base plate, anchor bolt, stress, BDS EN 1993-1-8

ABSTRACT

Base plates of steel columns, as their name implies, "work" on bending. Their thickness depends on the values of the normal stresses in concrete below and/or tensile forces of the anchor bolts.

In order to mount the steel column on design level, nuts are often placed beneath the base plates. As a result of placing the nuts under the base plate, the anchor bolts can bear and transmit compressive forces to the foundation.

¹ Lyubomir Zdravkov, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. "Steel, Timber and Plastic Structures", UACEG, 1 H. Smirnovski Blvd., Sofia 1046, e-mail: zdravkov_fce@uacg.bg

When determining the tensile forces in the anchors, BDS EN 1993-1-8 standard considers different distributions of forces between the base plate and its support. But in the standard the case of transmission of compression through the anchor bolt is not specified. This makes some structural engineers not to put nuts beneath the base plates and instead to use levelling wood pieces during mounting.

With the present study the author attempts to take into account the influence of the compressed anchor bolts on stresses in the base plates.