

## ВЛИЯНИЕ НА ДЕБЕЛИНАТА НА АНКЕРНАТА ПЛОЧА ВЪРХУ УСИЛИЯТА В АНКЕРНИТЕ БОЛТОВЕ

Владислав Милков<sup>1</sup>

## EFFECT OF ANCHOR PLATE THICKNESS ON THE RESULTING AXIAL FORCES IN ANCHOR BOLTS

Vladislav Milkov<sup>1</sup>

### Abstract:

Suspended facades are increasingly entering modern construction. A more in-depth analysis of the anchor attachments to the reinforced concrete structure is made and in particular, the influence of the thickness of the anchor plate on the forces in the anchor bolts is studied.

The results of this study show that a thinner anchor plate results in enhancing the support reactions of the tension anchors. Due to the bigger deformation of the anchor plate, the arm of the forces between the center of the pressure zone and the tension anchors decrease. The lever forces that occur at the angles next to the tension anchors also play a significant role.

The thicker the anchor plate, the smaller the differences between the support reactions of an ideally rigid anchor plate and a plate with normal stiffness. At a certain thickness of the slab, in the case  $t = 25$  mm the forces are almost the same and the slab can be considered infinitely rigid.

**Key words:** anchor plates, anchors, support reactions, lever forces

### 1. ВЪВЕДЕНИЕ

Окачените фасади навлизат все повече в съвременното строителство. Налага се използването на по-големи и тежки фасадни елементи, което се отразява и в търсене на нови и по-носимоспособни закрепващи устройства, както и използването на пълния им капацитет.

За целта е направен по-задълбочен анализ на анкерните закрепвания към носещата стоманобетонна конструкция.

Търсят се фактори, които оказват влияние върху големината на силите в отделните анкери на анкерното съединение.

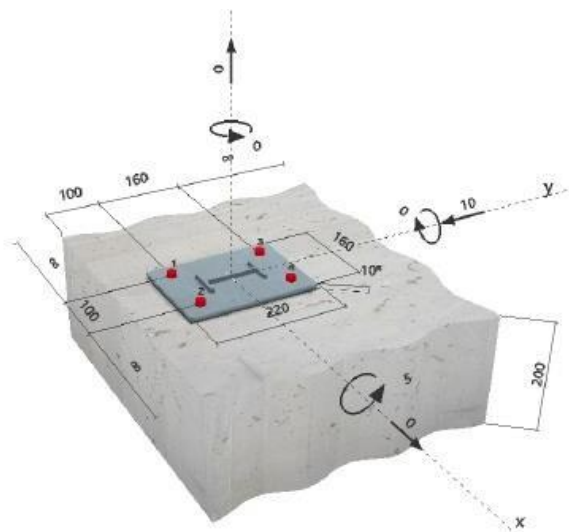
Безспорно едно от тях е дебелината на анкерната плоча.

<sup>1</sup>Владислав Милков, докторант в катедра МДПК, УАСГ София

Адрес: Младост 2, бл. 235, вх.3, ап.102, E-mail: vlado\_milkov@yahoo.com

## 2. МЕТОДОЛОГИЯ

Избрано е фасадно закрепване - конзола I100 свързан посредством заваръчен шев към анкерна плоча 160мм/220мм , и съответно 2x2 анкера към носеща стоманобетонна стена. Приложено е натоварване на елемента:  $V_{y,ed} = 10 \text{ kN}$ ,  $M_{x,ed} = 5 \text{ kNm}$



Input data and results must be checked for agreement with the existing conditions and for plausibility!  
PROFIS Anchor (c) 2003-2009 Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti is a registered Trademark of Hilti AG, Schaan

Фигура 1. Изчисление на съединението по софтуер на фирма Hilti

Използван е софтуер на фирма Hilti – „Hilti Profis Anchor“ с който е построен работен модел с 2x2 химически анкера , първия ред на анкерите съединението се намират на разстояние 10 см до ръб на стената. Бетон с якост C20/25, напукан, стандартна надлъжна армировка (отстояние между прътите > 15см). Анкерната плоча се приема за безкрайно твърда. Оразмеряването на анкерите е направено по EN 1992-4:2018.

### 1 Input data

Anchor type and diameter:	HIT-HY 200-A + HAS-U 5.8 M16
Return period (service life in years):	50
Effective embedment depth:	$h_{ef,opt} = 163 \text{ mm}$ ( $h_{ef,limit} = 164 \text{ mm}$ )
Material:	5.8
Evaluation Service Report:	ETA 11/0493
Issued   Valid:	8/30/2019   -
Proof:	Design method EN 1992-4, Chemical
Stand-off installation:	$e_p = 0 \text{ mm}$ (no stand-off); $t = 10 \text{ mm}$
Anchor plate:	$l_x \times l_y \times t = 160 \text{ mm} \times 220 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ ; (Recommended plate thickness: not calculated)
Profile:	IPE, IPE 100; (L x W x T x FT) = 100 mm x 55 mm x 4 mm x 6 mm
Base material:	cracked concrete, C20/25, $f_{c,oy} = 20,00 \text{ N/mm}^2$ ; $h = 200 \text{ mm}$ , Temp. short/long: 40/24 °C
Installation:	hammer drilled hole, Installation condition: Dry
Reinforcement:	no reinforcement or reinforcement spacing $\geq 150 \text{ mm}$ (any $\emptyset$ ) or $\geq 100 \text{ mm}$ ( $\emptyset \leq 10 \text{ mm}$ ) no longitudinal edge reinforcement Reinforcement to control splitting acc. to EN 1992-4, 7.2.1.7 (2) b) 2) present



Фигура 2. Входни данни

В случая анкери M16 изпълняват проверките и са подходящи. Установено е обаче, че дебелината на анкерната плоча влияе върху големината на опорните реакции. Взето е същото анкерно съединение като по нагоре. Анкерите остават изчислените в горните изчисления - M16, а се променя само дебелината на анкерната плоча. За целта е използван новият софтуер на фирма Hilti - „Hilti Profis Engineering“, където анкерните плочи са моделирани по МКЕ

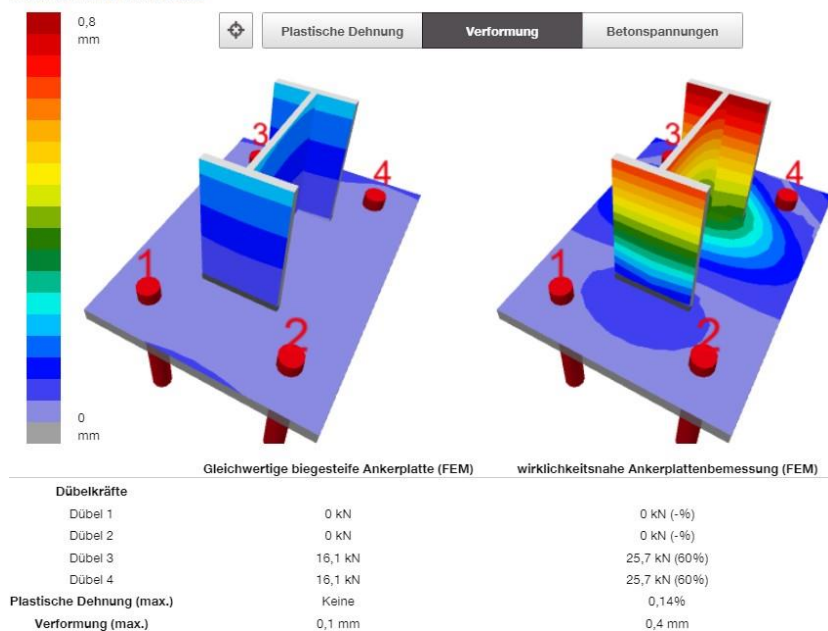
Анкерите остават константни, в случая изчислените - M16, а се променя само дебелината на анкерната плоча 10мм, 12мм, 16мм, 20мм, 25мм, 30мм . Направена е съпоставка между премествания / напрежения в бетона / опорни реакции при идеално твърда анкерна плоча и плоча с нормална коравина по МКЕ.

### 3. РЕЗУЛТАТИ

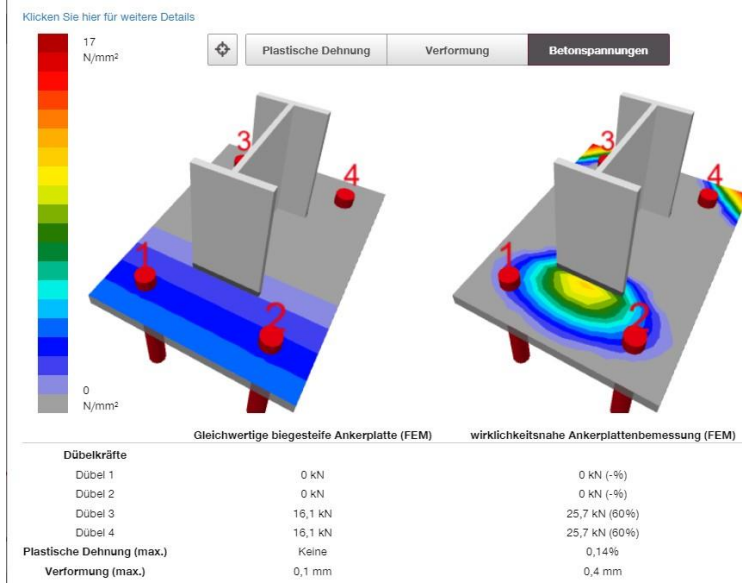
На следващите графики е направена е съпоставка между премествания / напрежения в бетона / опорни реакции при идеално твърда анкерна плоча и плоча с нормална коравина по МКЕ.

Für die Berechnung des Dübelgruppenwiderstandes unter der Annahme einer biegesteifen Ankerplatte gelten ausschließlich die Bemessungsregeln für Dübel. Die Funktion "wirklichkeitsnahe Berechnung" in PROFIS Engineering bildet die Grundlage für die Beurteilung, ob die von Ihnen vorgegebene Ankerplatte gemäß Eurocode/AISC-Bemessung als annähernd biegesteif betrachtet werden kann.

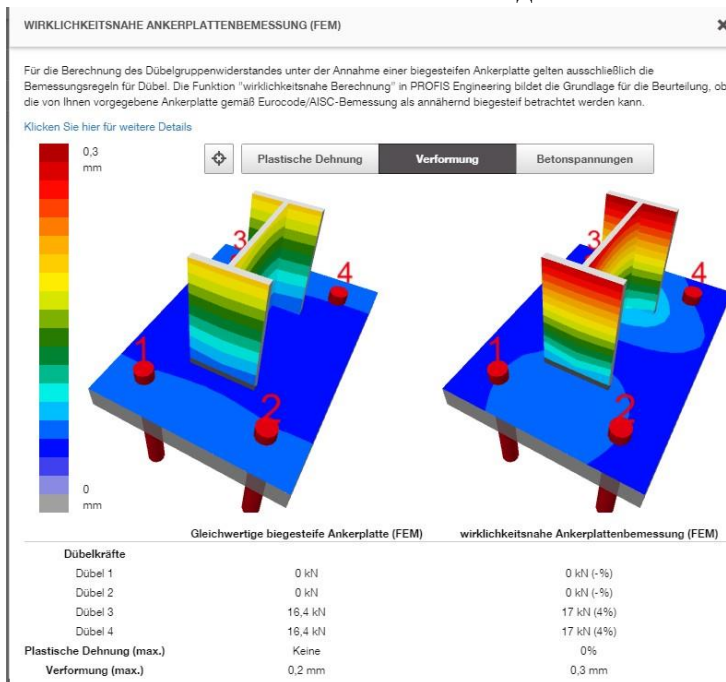
Klicken Sie hier für weitere Details



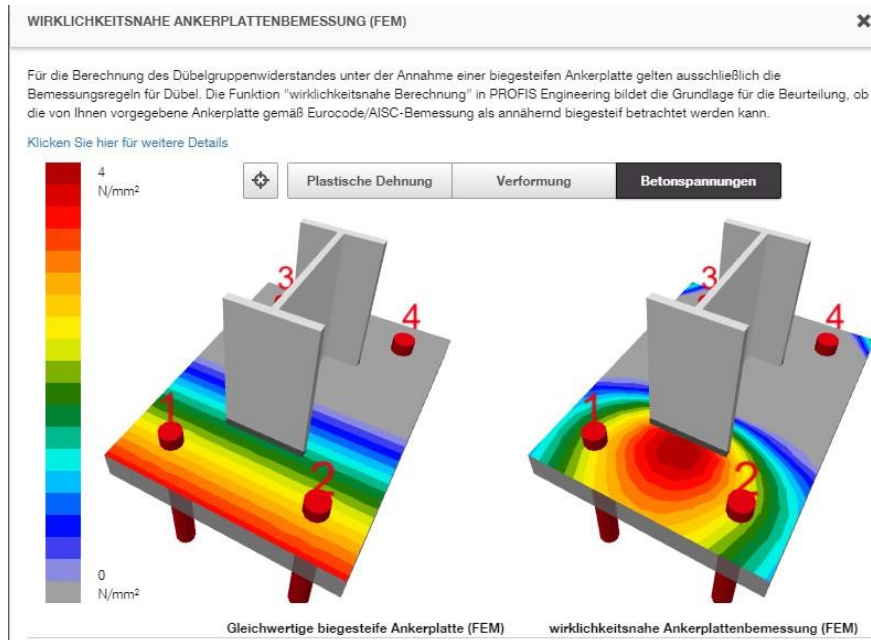
Фигура 3. Деформация и опорни реакции при идеално твърда анкерна плоча и плоча с нормална коравина по МКЕ: Резултати по софтуер „Profis Engineering“ на Hilti за дебелина на плочата t=10 mm



Фигура 4. Напрежения в бетона при идеално твърда анкерна плоча и плоча с нормална коравина по МКЕ: Резултати по софтуер „Profis Engineering“ на Hilti за дебелина на плочата  $t=10\text{ mm}$



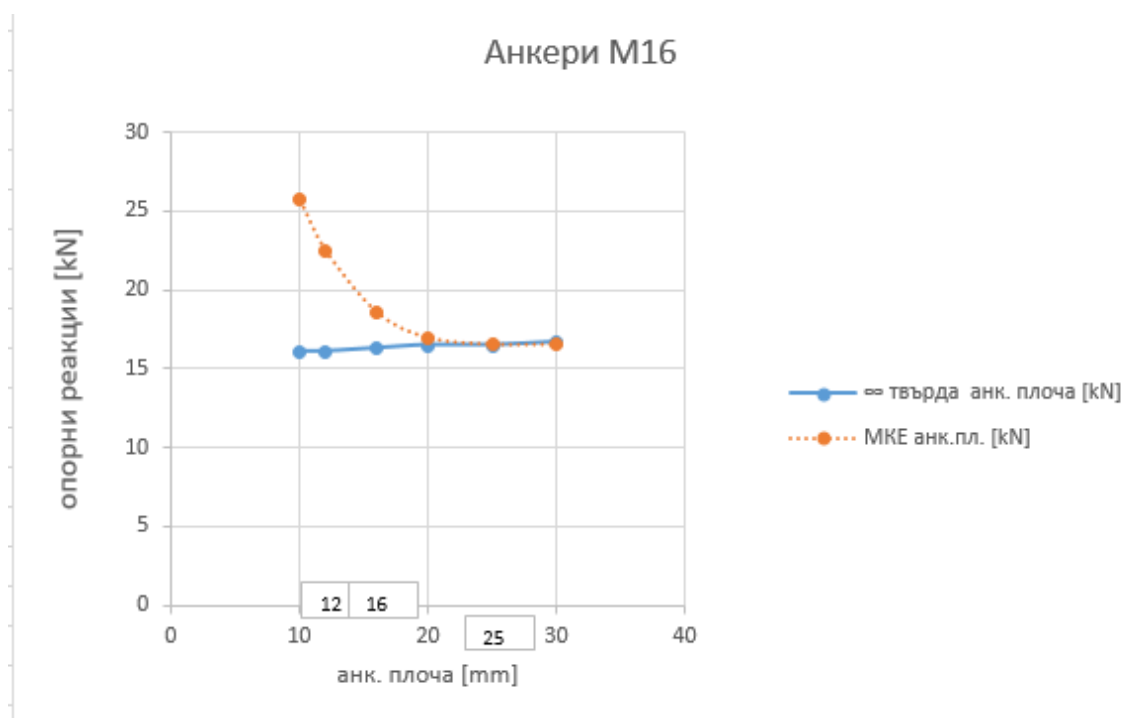
Фигура 5. Деформация и опорни реакции при идеално твърда анкерна плоча и плоча с нормална коравина по МКЕ: Резултати по софтуер „Profis Engineering“ на Hilti [8] за дебелина на плочата  $t=20\text{ mm}$



Фигура 6. Напрежения в бетона при идеално твърда анкерна плоча и плоча с нормална коравина по МКЕ: Резултати по софтуер „Profis Engineering“ на Hilti [8] за дебелина на плочата  $t=20\text{ mm}$

Резултатите от различните модели (опорните реакции в един от опънните анкери в зависимост от дебелина на анкерната плоча) са представени таблично и графично.

Анкери M16		
Дебелина	$\infty$ твърда	МКЕ
анк. плоча [mm]	анк. плоча [kN]	анк.пл. [kN]
10	16,1	25,7
12	16,1	22,5
16	16,3	18,6
20	16,5	17,0
25	16,5	16,6
30	16,7	16,6



Фигура 7. Зависимост на усилия в анкерите и дебелина на анкерната плоча при анкери M16

От графиката се вижда при по тънка анкерна плоча опорните реакции на опън са по-големи. В следствие на по-голямата деформация на анкерната плоча, рамото на силите между центъра на натисковата зона и на опънните анкери се намалява.

Роля имат и лостовите сили които възникват при ъглите на опънните анкери.

Както се вижда на графиката по долу за 10мм анкерна плоча, центъра на натисковата зона почти съвпада с геометричния център на плочата.

#### 1.2 Load case/Resulting anchor forces

##### Anchor reactions [kN]

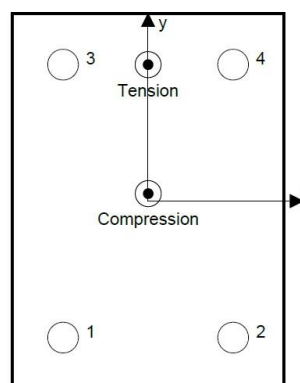
Tension force: (+Tension, -Compression)

Anchor	Tension force	Shear force	Shear force x	Shear force y
1	-0.002	2.471	-0.075	-2.470
2	-0.002	2.470	0.075	-2.469
3	25.893	2.536	0.155	-2.531
4	25.906	2.535	-0.154	-2.530

resulting tension force in (x/y)=(0.0/80.0): 51.795 [kN]

resulting compression force in (x/y)=(0.1/4.4): 54.604 [kN]

Anchor forces are calculated based on a component-based Finite Element Method (CBFEM)



Фигура 8. Рамо на вътрешните сили на плоча с нормална коравина по МКЕ: Резултати по софтуер „Profis Engineering“ на Hilti за дебелина на плочата t=10 mm

#### **4. ИЗВОДИ (ЗАКЛЮЧЕНИЯ)**

Колкото повече се удебелява анкерната плоча разликите между опорните реакции при идеално твърда анкерна плоча и плоча с нормална коравина стават все по малки. В случая при дебелина на плочата  $t=25$  mm усилията са почти еднакви и плочата може да се приеме за безкрайно корава.

В конкретния случай при Анкери M16 , при дебелина на анкерната плоча  $< 25$  mm следва да се отчита коравината по МКЕ за коректни стойности на опорните реакции.

#### **БЛАГОДАРНОСТИ**

Авторът изказва своята благодарност към своя ръководител на докторантурата проф. Даков, както и инж. Дияна Димитрова от фирма Hilti Bulgaria за предоставените материали и обучения.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

- [1] DD CEN 1992-4-2:2009: Design of fastenings for use in concrete (Draft) Headed Fasteners
- [2] Thomas Telford, Design of fastenings in concrete
- [3] ETAG 001 Annex C: DESIGN METHODS FOR ANCHORAGES
- [4] Hilti Corporation, 9494 Schaan, Liechtenstein: ANCHOR FASTENING Technology manual