

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЯКОСТНИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА БЕТОНИ В ПЕРИОДА НА НАБИРАНЕ НА ЯКОСТ

Станислав БАКЪРДЖИЕВ¹, Офелия ЛАЗОВА-ВЕЛИНОВА²

РЕЗЮМЕ

В настоящият доклад са разгледани две експериментални двуетажни стоманобетонни конструкции включващи по една междуетажна и по една покривна безгредови плочи. Плочите на опитните конструкции са произведени с кофражна система подходяща за ранно декофриране. Принципът на ранното декофриране е приложен при всички плочи в двете експериментални конструкции.

Проследено е набирането на стойностите на модула на еластичност и якостните характеристики до 28-ия ден на бетони с проектни класове С20/25, използвани за изграждането на експерименталните конструкции. Първата опитна конструкция е произведена през месец ноември 2018-та година, а втората през месец април 2019-та година.

В докладът са сравнени резултати от пробни тела набирали якост в лабораторна и реална работна среда, температурните разлики от различните годишни времена на производство на експерименталните конструкции и разликата в резултати от разрушителен и неразрушителен метод при измерване на якостните характеристики на бетона.

Ключови думи: Бетон, Характеристики, Ранно, Декофриране, Плочи

¹ Докторант, ВСУ „Любен Каравелов“, София, България, st.bakardzhiev@mail.bg

² Доцент д-р инж., ВСУ „Любен Каравелов“, София, България, o_lazova@abv.bg

1. ВЪВЕДЕНИЕ

В доклада са разгледани две експериментални двуетажни стоманобетонни конструкции включващи по една междуетажна и по една покривна безгредови плочи (Изображение 1а,б)). Плочите на опитните конструкции са произведени с кофражна система подходяща за ранно декофриране. Принципът на ранното декофриране са основава на технологията за разделяне на основното поле на дадена плоча, на повече по-малки полета, което пък от своя страна изисква покриването на по-малки огъващи моменти и срязващи усилия. За да може правилно да се прилага ранното декофриране е нужно да имаме яснота около якостните характеристики, които предлагат бетоните произведени в страната. За целта е проследено набирането на стойностите на модула на еластичност и якостните характеристики до 28-ия ден на бетони с проектни класове С20/25 произведени в два различни цеха за производство на бетонови смеси.



а)



б)

Изображение 1 Опитни конструкции: а) изградена през месец ноември 2018г. б) изградена през април 2019г.

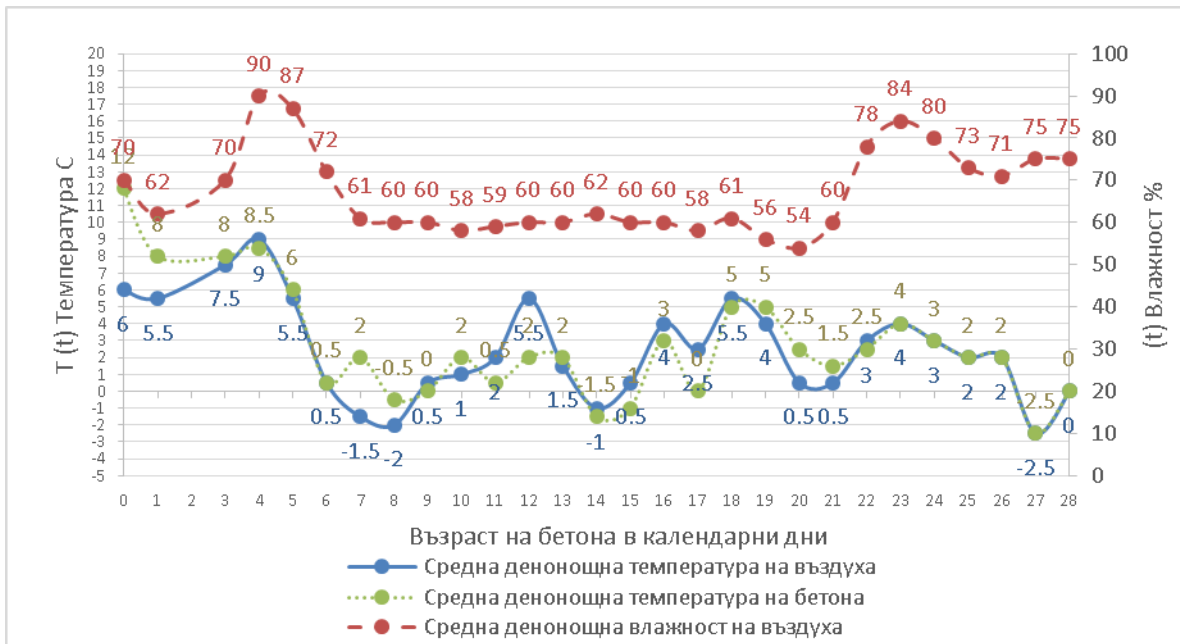
2. ЦЕЛ

В настоящият доклад е проследено набирането на стойностите на модула на еластичност и якостните характеристики до 28-и ден на бетони с проектни класове С20/25, използвани за изграждането на две експерименталните СТБ конструкции. Целта е да се направи анализ на получените стойности и сравнение на резултатите от пробните тела, набирали якост в лабораторна и реална работна среда, температурните разлики и разликата в резултатите от разрушителен и неразрушителен метод на изпитване.

3. ЯКОСТНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА БЕТОН С ПРОЕКТЕН КЛАС С20/25 ИЗПОЛЗВАН ЗА ИЗГРАЖДАНЕТО НА ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА КОНСТРУКЦИЯ ПРЕЗ МЕСЕЦ НОЕМВРИ 2018Г.

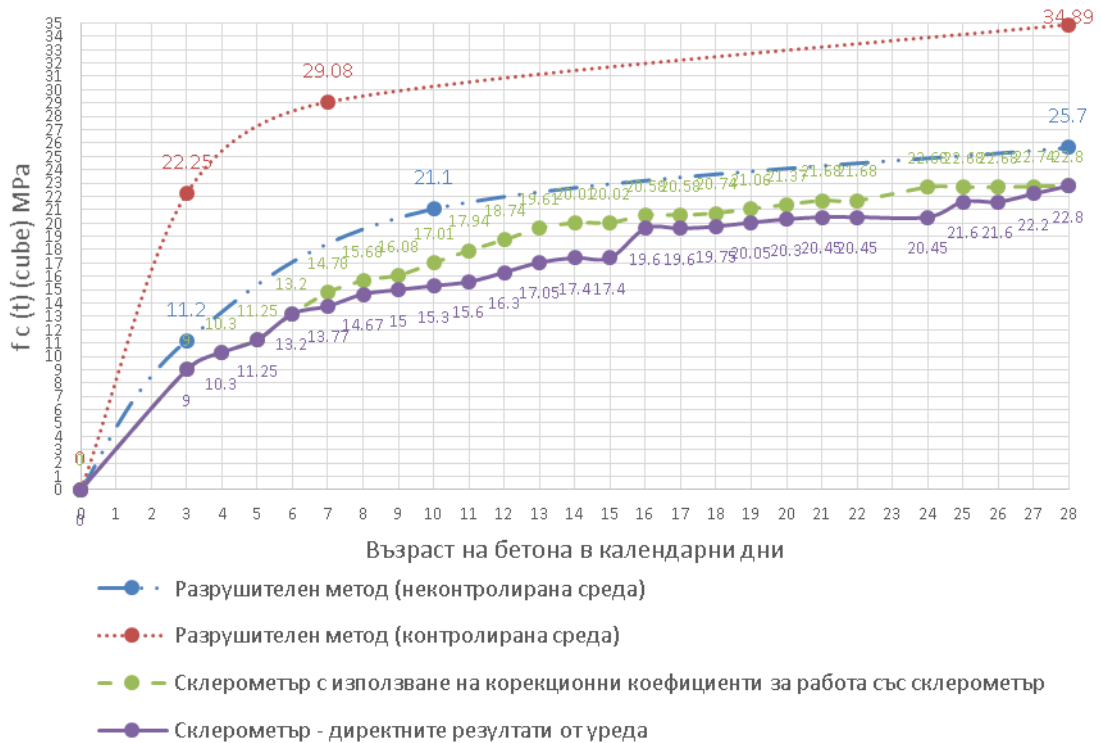
Бетонът е произведен в цех за производство на бетонни смеси в гр. Пловдив. Проектният му клас е С20/25 със зимна рецептура и заготвяне на сместта с цимент R52,5. Бетонът съдържа пластификатор поликарбоксилат РС 130. Клас по консистенция S3. Клас по въздействие на околната среда ХС1. Маскимальният размер на добавъчния материал е $D_{max} = 22\text{mm}$. Бетонът е положен 55 минути след заготвянето на сместта на 23.11.2018г.

Атмосферни условия, при които бетона е набирал якост 28 дни:



Фиг.1 Атмосферни условия, при които бетона е набирал якост

Диаграма на набиране на кубова якост на натиск чрез пробни тела отлежал в контролирана и реална среда, и чрез безразрушителен метод посредством склерометър при производството на безгредова СТБ плоча:



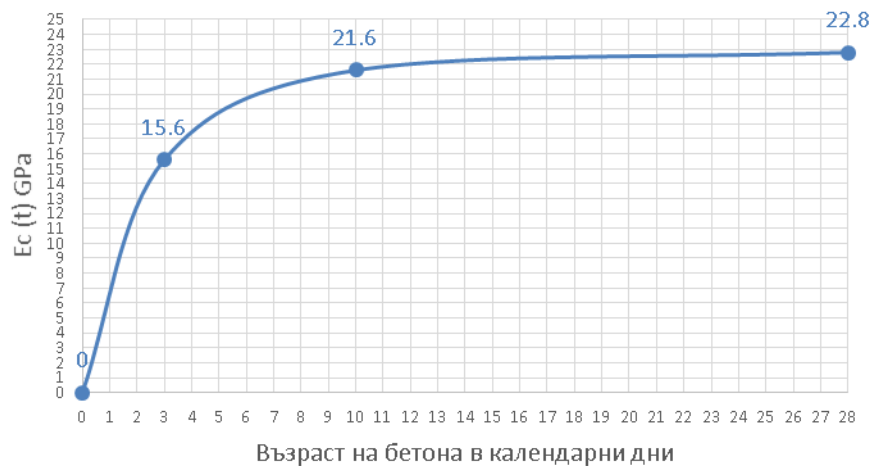
Фиг.2 Кубова якост на натиск на бетона измерена посредством различни методи

Диаграма на набирание призмна якост на натиск чрез пробни тела отлежали в реална среда при производството на безгредова СТБ плоча:



Фиг.3 Призмна якост на натиск на бетона

Диаграма на набирание на секантния модул на еластичност при натиск чрез пробни тела отлежали в реална среда при производството на безгредова СТБ плоча:

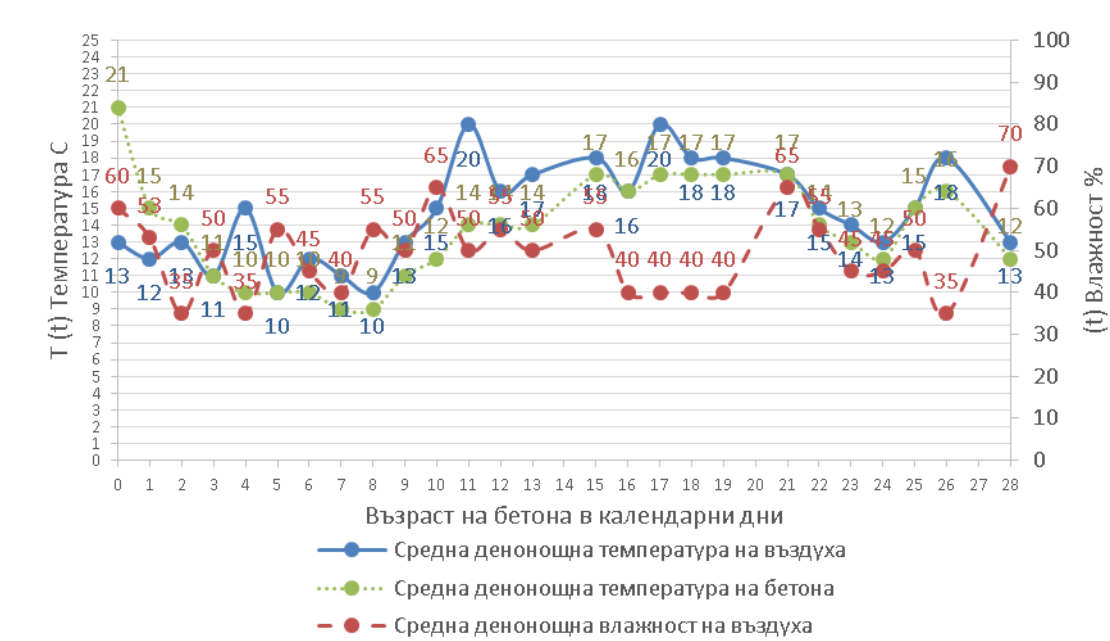


Фиг.4 Секантен модул на еластичност при натиск на бетона

4. ЯКОСТНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА БЕТОН С ПРОЕКТЕН КЛАС C20/25 ИЗПОЛЗВАН ЗА ИЗГРАЖДАНЕТО НА ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА КОНСТРУКЦИЯ ПРЕЗ МЕСЕЦ АПРИЛ 2019Г.

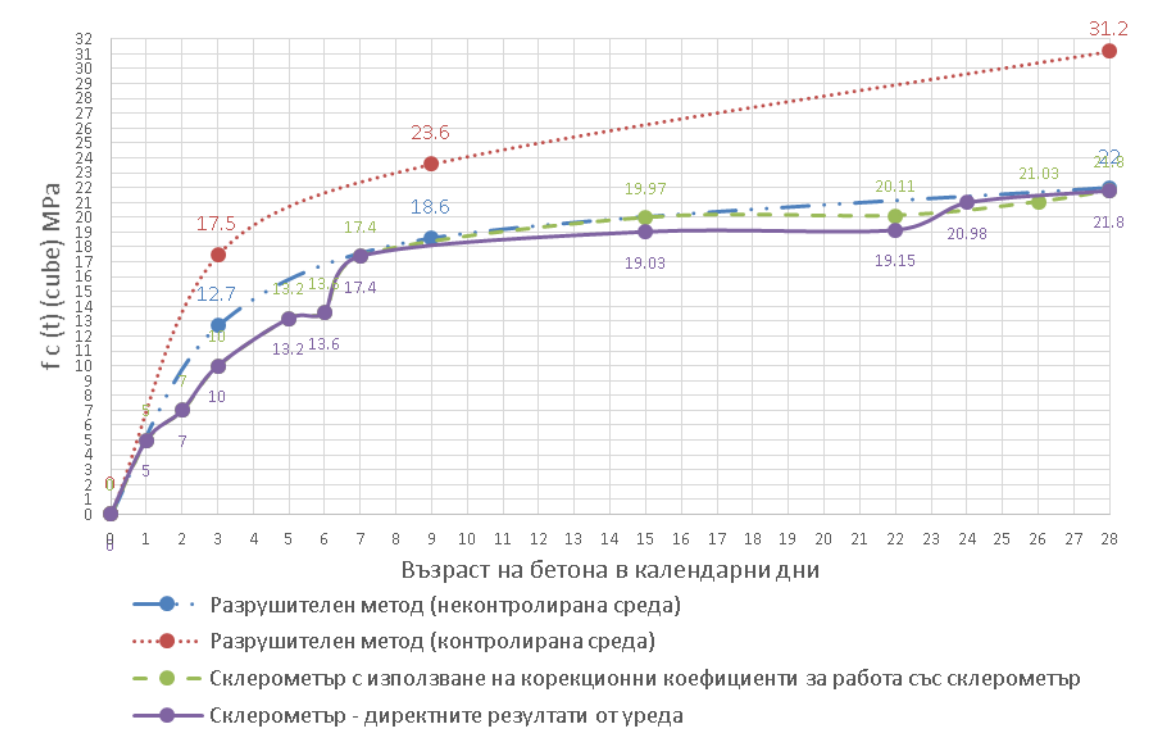
Бетонът е произведен в цех за производство на бетонни смеси в гр. Пловдив. Проектният му клас е C20/25 и заготвяне на сместа с цимент 52,5. Клас по консистенция S3. Клас по въздействие на околната среда XC1. Максималният размер на добавъчния материал е $D_{max} = 22\text{mm}$. Бетонът е положен 60 минути след заготвянето на сместа на 15.04.2019г.

Атмосферни условия, при които бетона е набирал якост 28 дни:



Фиг.5 Атмосферни условия, при които бетона е набирал якост

Диаграма на набиране на кубова якост на натиск чрез пробни тела отлежали в контролирана и реална среда, и чрез безразрушителен метод посредством склерометър при производството на безредова СТБ плоча:



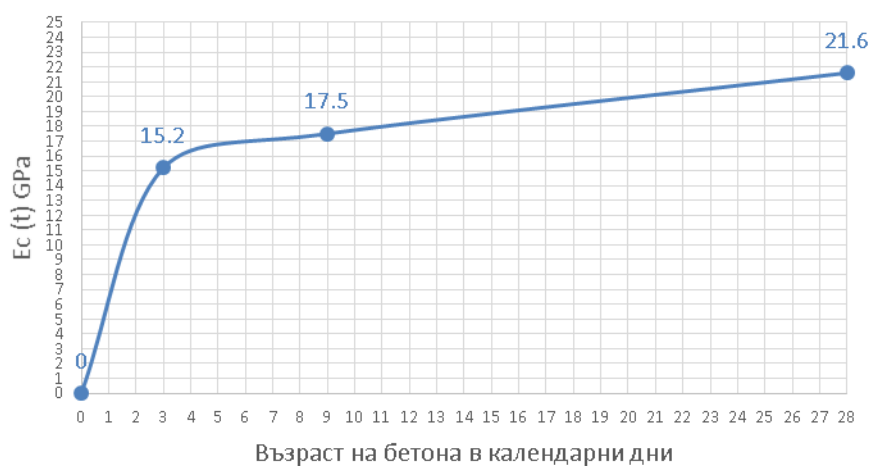
Фиг.6 Кубова якост на натиск на бетона измерена посредством различни методи

Диаграма на набиране на призмена якост на натиск бетон с проектен клас C20/25 отлежал в реална среда, приготвен за производството на безредова СТБ плоча:



Фиг.7 Призмена якост на натиск на бетона

Диаграма на набиране на секантния модул на еластичност при натиск чрез пробни тела отлежали в реална среда при производството на безредова СТБ плоча:



Фиг.8 Секантен модул на еластичност при натиск на бетона

5. АНАЛИЗ НА РЕЗУЛТАТИТЕ

Няколко са нещата върху, които се спираме от горепосочените резултати.

5.1. Зависимостта между температурата на бетона и температурата на въздуха на заобикалящата го среда;

Първото нещо, което трябва да се отбележи е първоначалната интензивна екзотермия, която се проявява през първите 2 дни от полгането на бетоновата смес.

Разликата между въздуха и бетона в при полагането на първия бетон по дни е съответно:

- първи ден $12 > 6C$ в полза на бетона
- втори ден $8 > 5,5C$ в полза на бетона

След третия ден температурите се изравняват до разлика от $2C$ (Фиг. 1)

Разликата между въздуха и бетона в при полагането на втория бетон по дни е съответно:

- първи ден $21 > 13C$ в полза на бетона
- втори ден $15 > 12C$ в полза на бетона

След третия ден температурите се изравняват до разлика от $2C$. По-големи разлики се наблюдават при по-слънчеви дни, когато въздуха и термометрите са били нагрети допълнително от слънцето. (Фиг. 5)

5.2. Голяма разлика в стойностите на кубовите якости на бетона набирал якост в контролирана среда и този в реални полеви атмосферни условия;

Друга особеност, която се наблюдава при направените изпитвания е разликата и при двата бетона в резултатите от изпитванията на кубова якост при пробните тела отлежавали в контролирана и тези в неконтролирана среда. При бетона на първа плоча положен в първа опитна конструкция разликата на **28-ия ден е 9,7MPa** (Фиг.2), а при първа плоча на втора опитна конструкция разликата е **9,2MPa** (Фиг.6).

5.3. Различни резултати в разликите при изпитванията чрез разрушителен и безразрушителен метод при двата използвани бетона;

При използването на разрушителен и неразрушителен метод при двете опитни конструкции не се наблюдава една и съща разлика в стойностите от единия и другия метод.

При първата опитна конструкция разликите по дни са съответно:

- **3-и ден 11,2>9 MPa** в полза на изпитванията посредством разрушителен метод
 - **10-и ден 21,1>17 MPa** в полза на изпитванията посредством разрушителен метод
 - **28-и ден 25,7>22,8 MPa** в полза на изпитванията посредством разрушителен метод
- Наблюдават се разлики **от 2 до 3 Mpa**. (Фиг. 2)

При първата опитна конструкция разликите по дни са съответно:

- **3-и ден 12,7>10 MPa** в полза на изпитванията посредством разрушителен метод
 - **9-и ден 18,6>18 MPa** в полза на изпитванията посредством разрушителен метод
 - **28-и ден 22>21,8 MPa** в полза на изпитванията посредством разрушителен метод
- Наблюдават се разлики **от 2 до 3 Mpa до 3 ден**, а след **6-7 ден** се наблюдават разлики **от 1 до 0,2 MPa** (Фиг. 6)

5.1. Бързото на набиране на стойностите на еластичния модул

Еластичният модул процентно по-бързо набира стойностите си, отколкото кубовата якост.

При първата опитна конструкция съответно по дни в проценти (Фиг. 2,3,4):

- **$f_c(3)=11,2MPa(44\%)$, $f_c(prism)(3)= 8,2Mpa(36\%)$ и $E_c(3)=15,6GPa(68\%)$**
- **$f_c(10)=21,1MPa(82\%)$, $f_c(prism)(10)= 17,8MPa(79\%)$ и $E_c(10)=21,6GPa(95\%)$**
- **$f_c(28)=25,7MPa(100\%)$, $f_c(prism)(28)= 22,4MPa(100\%)$ и $E_c(28)=22,8GPa(100\%)$**

При втората опитна конструкция съответно по дни процентно(Фиг. 6,7,8):

- **$f_c(3)=12,7MPa(58\%)$, $f_c(prism)(3)= 10,7MPa(47\%)$ и $E_c=15,2GPa(70\%)$**
- **$f_c(9)=18,6MPa(85\%)$, $f_c(prism)(9)= 13MPa(58\%)$ и $E_c=17,5GPa(81\%)$**
- **$f_c(28)=22MPa(100\%)$, $f_c(prism)(28)= 17,6MPa(80\%)$ и $E_c=21,6GPa(100\%)$**

5.2. По-ниски стойности от очакваните за еластичен модул за съответния клас бетон

В практиката се наблюдават редица случаи на компрометиране на стоманобетонни плочи, при които се наблюдават, при които е приложено ранно декофриране без да има необходимите условия за това [2], непознаване на същността на технологията и стойностите, които успява да достигне еластичния модул на бетоните произведени в България. При двете конструкции очакваме резултати от порядъка **$f_c,cube=25MPa$, $f_c,prism= 20MPa$ и $E_c=29GPa$** за клас **C20/25**. Какво обаче се получава при използването на бетони приготвени в готови бетонови смеси от два различни бетоновъзела в България:

При първата опитна конструкция съответно(Фиг. 2,3,4):

- **$f_c(28)=25,7MPa$, $f_c(prism)(28)= 22,4MPa$ и $E_c(28)=22,8GPa$**

При втората опитна конструкция съответно(Фиг. 6,7,8):

- **$f_c(28)=22MPa$, $f_c(prism)(28)= 17,6 MPa$ и $E_c(28)=21,6GPa$**

Стойности сочат, че при готовите бетонни смеси в рамките на настоящото изследване, еластичния модул достига стойности по-малки от табличните за съответния клас бетон. Подобен е случаят и с друго изследване, при което са проведени експериментални изследвания за определяне на модула на еластичност и работни диаграми на бетон чрез изпитване на стандартни призматични пробни тела. На възраст 28-ми ден той е 28033MPa при бетон клас

C25/30. Тук отново еластичният модул при произведението е по-малък от табличните му стойности за съответните класове бетон. От същото изследване е установено и, че модула на еластичност на възраст 1126-ти ден е 29208 МРа за бетон клас C25/30. Увеличението на стойността на възраст 1126-ти ден спрямо 28-ми ден е 4,2%, но за бетон клас C25/30 с цимент с клас по якост N, теоретично определената според ЕС2 [3] стойността на модула на еластичност на възраст 1126-ти ден е 33022 МРа, която е с 11,5% по-висока от експериментално определената.[4].

6. ИЗВОДИ

От анализите на резултатите изхождаме, че:

- в първите няколко дни при най-интензивно набиране на якост, температурата на бетона е по-висока от тази на заобикалящата го среда. В случая на цимент R52,5 засилва процеса;
- грижите, които трябва да се полагат за бетона в първите няколко дни не трябва да се пренебрегват, особено в зимни условия. Строго препоръчително е преди пристъпването към Ранно декофриране, е да бъдат определени якостните и деформационните характеристики на бетона в плочата, посредством безразрушителен или разрушителен метод [1], като от своя страна методите трябва да са приложени върху бетон отлежавал в реални атмосферни условия или върху самата плоча при използване на неразрушителен метод за изпитване.
- при използването на безразрушителен метод (в случая склерометър), уредът е препоръчително да бъде тариран правилно спрямо бетонът от цехът в който се заготвя;
- еластичният модул процентно бързо набира стойности в първите дни след полагането на бетона и това е основен фактор позволяващ прилагането на технология за Ранно декофриране.
- не трябва да се допускат разлики в стойностите на еластичния модул на бетона въведени в изчислителните модели на хоризонтални СТБ елементи и тези, които бетоните достигат в действителност. Експериментално определените работни диаграми най-точно отразяват якостните и деформационните свойства на бетона и резултатите могат да се използват за съответните оразмерителни проверки по ЕС2[4].

БЛАГОДАРНОСТИ

Проведените изследвания са направени по проект за научни изследвания, финансиран от ВСУ „Любен Каравелов“, София - „Изследване якостните характеристики на обикновен бетон C20/25 в периода на набиране на якост при производството на безгредови плочи с кофражни системи работещи на принципа на ранното декофриране“, 2019г. Отправят се благодарности и към строителна фирма „Техстрой“ЕООД, гр. Пловдив, за оказаното съдействие при изготвяне на експерименталните образци.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Л.Хрисчев., С.Цветков, Н.Неделчев, ИЗЧИСЛЕНИЯ ПРИ РАННО ДЕКОФРИРАНЕ НА СТОМАНОБЕТОННИ ПЛОЧИ СЪГЛАСНО ИЗИСКВАНИЯТА НА ЕВРОКОД 2, VII-а МЕЖДУНАРОДНА НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ „АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛСТВО – СЪВРЕМЕННОСТ“, ВСУ „Черноризец Храбър“, 2015, Варна
- [2] Т.Георгиев., Ранното декофриране на стоманобетонни плочи и неблагоприятното му влияние върху сигурността на цялата конструкция, XIII-та Международна научна конференция, ВСУ, 2013, София
- [3] БДС EN 1992-1-1 ЕВРОКОД 2: Проектиране на бетонни и стоманобетонни конструкции, Част 1-1: Общи правила и правила за сгради
- [4] И.Иванчев., В.Славчев., И.Добрева, Б.Даалов, ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ОПРЕДЕЛЯНЕ НА МОДУЛА НА ЕЛАСТИЧНОСТ И РАБОТНИТЕ ДИАГРАМИ НА БЕТОНА, XVIII ЮБИЛЕЙНА МЕЖДУНАРОДНА НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ ПО СТРОИТЕЛСТВО И АРХИТЕКТУРА, ВСУ „Любен Каравелов“, 2018, София