

Становище

от проф. д-р инж. Тотю Бориславов Даалов,
член на научното жури съгласно заповед на Ректора на ВСУ „Любен
Каравелов” №1085 от 14.10.2016 г,

относно дисертацията на тема
**„Изследвания върху широчината на пукнатините при
стоманобетонни елементи”,**
представена от **инж. Иван Йорданов Иванчев**
за получаване на научно-образователна степен „доктор” по
професионално направление 5.7. „Архитектура, строителство и геодезия”,
научна специалност 02.15.04 „Строителни конструкции”

Становището е изготвено съгласно член 26(1) от Правилник за
развитие на академичния състав във ВСУ „Любен Каравелов”.

1. Общо за дисертацията

Материалът е изложен върху 164 страници със 156 фигури и 44
таблици. Обособени са увод, 4 глави и претенции за приноси.

**Глава 1 Образуване на пукнатини в стоманобетона. Преглед на
основните теории и нормативни документи за определяне на
широчината и разстоянието между пукнатините при стоманобетонни
елементи. Експериментални резултати от литературни източници.
Състояние на проблема**

Представлява обзорна част, обхващаща 40 страници с цитиране на
126 източника. Извършен е много подробен анализ на постиженията в
разглежданата област. Разгледани са различните теории за образуване на
пукнатини в стоманобетонните елементи и нормативни документи,
третиращи проблема: Еврокод 2, НПБСК -1988, Model Code 2010, DIN
1045-1, ACI 318-11, BS 8110-1997, СНиП 52-01-2012. Показани са значими
експериментални изследвания, някои от тях използвани като основа за
приемане на формулите, свързани с определяне широчината на
пукнатините и разстоянията между тях: Rehm и Rusch, Hartl, Eligehausen,
Borosnyoi и Snobli, L. Vandewalle, Makhoul и Malhas, J. Cairns, Perez
Caldentey, Peiretti, Iribarren и Soto.

В края на главата са поставени целите на изследванията в
дисертацията, основните от които са:

Да бъдат изготвени експериментални стоманобетонни елементи, от
обикновен бетон без предварително налягане на арматурата, с
геометрични и конструктивни параметри, близки до натурните;

Да бъдат оценени факторите, влияещи върху широчината напукнатините;

Да се изследва и определи експериментално разстоянието между пукнатините, средната деформация на опънната армировка и бетона, влиянието на отношението ϕ / ρ_{eff} и на бетонното покритие c върху широчината на пукнатините ;

Да бъде извършен комплексен анализ на получените резултати за влиянието на пукнатините.

В глава 2 **Методика и основни етапи на експерименталното изследване за определяне параметрите на пукнатините при стоманобетонни елементи, подложени на огъване** са приети опитните образци :

3 бр. греди (A1, A2, A3) с напречно сечение 27/15cm, отвор 3m, надлъжна долна армировка от 2N12, стремена $\phi 8/10(15)$ cm ;

3 бр. греди (B1, B2, B3) с напречно сечение 27/15cm, отвор 3m, надлъжна долна армировка от 2N18, стремена $N 8/10(15)$ cm ;

3 бр. греди (C1, C2, C3) с напречно сечение 30/15cm, отвор 3m, надлъжна долна армировка от 2N12, стремена $\phi 8/10(15)$ cm ;

3 бр. греди (D1, D2, D3) с напречно сечение 30/15cm, отвор 3m, надлъжна долна армировка от 2N18, стремена $N 8/10(15)$ cm .

Целта е да бъдат изследвани елементи с малък и голям коефициент на армиране при нормално и по-голямо покритие на армировката. По този начин се изяснява влиянието на фактора ϕ / ρ_{eff} и на бетонното покритие c .

Много подробно са описани и определени характеристиките на материалите (бетон и стомана) и са показани параметрите на елементите. Приета е методика за извършване на експерименталното изследване.

В глава 3 **Систематизиране, обработка и анализ на получените резултати от експерименталното изследване върху пукнатините при стоманобетонни елементи, подложени на огъване** са описани определените якостни, деформационни характеристики и работни диаграми на бетона и армировъчната стомана, получени опитно. Построени са графики на деформираното състояние на напречното сечение, определени са средната деформация на опънната армировка, максималните, средните и минималните разстояния между пукнатините, средната и максималната широчина на пукнатините в участъка с постоянен огъващ момент при различните степени на натоварване на гредите, средната деформация на бетона между две пукнатини на ниво център на тежестта на опънната армировка, средното напрежение на бетона между две пукнатини за опънатия ръб на сечението. Експериментално е установено влиянието на бетонното покритие и отношението ϕ / ρ_{eff} при различни стойности на напрежението в опънната армировка в сечение c

пукнатина върху максималната и средната широчина на пукнатините и максималното и средното разстояние между тях.

В глава 4 **Сравнителен анализ на експериментално получените резултати с изчисленията по различни нормативни документи** са показани и коментирани разликите между експериментално получените в трета глава параметри на пукнатините и характеристики на използваните материали с определените по различни нормативни документи: EC2, НПБСК, Model Code 2010, DIN 1045-1, ACI 318-11, BS 8110 и СНиП 52-01. Якостните и деформационни характеристики на бетона и армировъчната стомана, получени от експеримента, са сравнени с определените по EC2. Направено е сравнение между експериментално получените и определените по различни нормативни документи максимални и средни разстояния между пукнатините, максимална и средна широчина на пукнатините при различни стойности на огъващия момент, влиянието на бетонното покритие и отношението ϕ / ρ_{eff} при различни стойности на напрежението в опънатата армировка в сечение с пукнатина върху максималната и средната широчина на пукнатините и максималното и средното разстояние между тях в участъка с постоянен огъващ момент.

Получените съществени разлики между резултатите, установени по формулите от EC 2, и по експерименталните данни е предпоставка за преоценка на нормативния документ.

2. Оценка на резултатите

Формулата, използвана в EC 2, е в голяма степен подобна на тази от Model Code 90 и Model Code 2010 както и в други нормативни документи. По същество тя е аналитично - емпирична.

Аналитичната част се отнася до основния постулат, че широчината на пукнатината е произведение от разстоянието между пукнатините и разликата между средните деформации на армировката и бетона – формула (7.8) от EC 2. За разстоянието между пукнатините обикновено се приема (не и в EC 2), че не може да превишава два пъти „прехвърлящата” дължина, която е необходима за предаване на сила от стоманените пръти на бетона, работещ на опън. Факторите, оказващи влияние, са много и някои от тях са трудно определими даже при експериментално изследване. Това е причината да съществуват различни теории за определяне широчината на пукнатините. Във всяка от тях аналитичната част е придружена от коефициенти, определени от различни опитни постановки. Това всъщност е емпиричната част.

Формулата от EC 2 не е изключение. Тя е изградена въз основа на конкретни експериментални данни от няколко автора: Rehm и Rusch [1963 г], Krips [1985 г], Falkner [1969 г], Elighausen [1976 г], Hartl [1977 г], Beeby [1985 г] и Jaccoud [1986 г]. Според сравненията, показани от авторите на формулата от EC 2, тя показва добро съвпадение с данните от

посочените експериментални постановки. Но при сравнение със съвременни изследвания са отбелязани драстични разлики – например :

Rizk, Marzouk и Hussein [2011 г], грешката при половината от образците достига 50% ;

Gilbert и Nejadi [2004 г]- несъвпадения от 30 до 55 % ;

Frosch, Blackman и Radabaugh [2003 г] с грешки от 30 до 80 % ;

Hossin и Marzouk [2009 г], където несъвпаденията с ЕС 2 са от 50 до 100%;

Alam, Lenormand, Loukili и Regoin [2010 г] с разлики от 50 до 100 %.

Авторите на формулата от ЕС 2 признават, че тя не оценява съвсем точно широчината на пукнатината спрямо опитно получените стойности като грешката нараства значително с увеличаване на широчината. Определено смятат също, че е наложителна корекция след натрупване на нови данни. Именно в тази насока е полезна извършената експериментална работа в дисертацията.

Във формулата от ЕС 2, има два нови съществени фактора по отношение на по-старите формулировки. Единият от тях е площ на ефективната опънна зона в бетона $A_{c,eff}$, участващ при определяне на ефективния коефициент на армиране ρ_{eff} , присъстващ от своя страна в отношението ϕ / ρ_{eff} . В някои нормативни документи, например на Канада, Норвегия, донякъде Model Code 2010, ефективната опънна зона в бетона $A_{c,eff}$ е определяна по доста по-различни формули в сравнение с ЕС 2. Това показва, че $A_{c,eff}$ е параметър, подлежащ все още на уточняване.

Другият фактор е бетонното покритие s на опънната армировка, който също е оценяван различно в отделните нормативни документи. Изследванията в дисертацията са насочени основно върху влиянието на тези параметри. Наред с това е засегнат и един друг фактор, неприсъстващ във формулировката от ЕС 2. Това е снижаването на опънната якост на бетона с нарастването на деформациите над стойността f_{ctm} / E_{cm} , наблюдавано при бетона между пукнатините. Ефектът е понижаване степента на опънното закоравяване и образуване на допълнителни пукнатини между вече проявените, имащо като следствие намаляване на средното разстояние между пукнатините с пряко и съществено влияние върху широчината на пукнатините.

Опитните образци са приети правилно като геометрични параметри, коефициенти на армиране, конструиране на армировката, големина на въздействията с оглед на максималното подобие на действителни стоманобетонни елементи. Отделните серии, всяка съдържаща по 3 броя, са подбрани така, че да бъдат комбинирани ниски и високи коефициенти на армиране с нормални и по-големи бетонни покрития. По този начин, сравнително пестеливо като средства, могат да бъдат изявени влиянията на отделните фактори.

Опитните изследвания са подготвени много грижливо и детайлно. Натоварването и наблюденията при всеки образец са извършени с голямо внимание, без пестене на време, на което съм бил свидетел при изпълнение на изследванията. Отразяването на резултатите е възможно най-подробно и точно. Пукнатините са регистрирани по реда на появата им с широчина и дълбочина при определена големина на товара. По същия начин са отразени и разстоянията между пукнатините. Получените достоверни данни позволяват извършването на сравнителни изчисления за правилността на използваните формули за широчината на пукнатините и за влиянието на споменатите фактори. Окончателните резултати от изчисленията и особено разликите между теоретичните и опитните стойности са показателни и някои от тях свидетелстват за нереалистичната оценка на влиянието на основните фактори, използвани във формулите. Такива са например:

максималното разстояние между пукнатините при серия D с разлики от 42-49 %;

средно разстояние между пукнатините при серия A 32-37 %, при серия D 36-45 %;

максимална широчина на пукнатините при серия D с разлики от 39-41 %, а при големи стойности на огъващия момент – до 100%, изненадващо нашият документ НПБСК - 88 , както и DIN 1045-1, дават много по-точни стойности като при DIN 1045-1 е въведено ограничение за разстоянието между пукнатините, споменато по-напред;

средна широчина на пукнатините при серия A с разлики 27 %, при серия D с разлики от 40 %;

влияние на бетонното покритие с при отделните серии с разлики от 36, 67, 89 %;

значително надценяване на влиянието на фактора ϕ / ρ_{eff} , видно от фигура IV.29 с разлики от 35 до 80 %.

Изведените значителни разлики не са изненадващи като се имат предвид опитните изследвания от други автори, посочени в началото на раздела.

Резултатите от изследванията в дисертацията, заедно с подобни изследвания и на други автори, ще послужат като сигурна основа и ще бъдат полезни при предстоящата корекция на формулата за широчината на пукнатините.

У нас има много малко опитни изследвания, както и въобще трудове, посветени на проблема за определяне на широчината на пукнатините. Това може да бъде обяснено със сложната зависимост между параметрите, някои от които, като сцеплението, спадащата опънна якост на бетона, възникването на радиални микропукнатини, намаляващи дължината на зоната със сцепление на прътите, не могат да бъдат измерени и регистрирани директно в процеса на натоварване на елемента.

Извършеното от докторанта опитно изследване по отношение на два основни и решаващи фактора за широчината на пукнатините и разстоянието между тях дава тласък на изследванията в тази област.

Като цяло трудът отговаря на поставената цел. Авторът е показал солидни познания в областта на стоманобетонните конструкции и е добил опит в експерименталните изследвания

Заявените приноси са действително постигнати. Те представляват обогатяване на съществуващите познания или потвърждаването им.

По темата от дисертацията са направени 5 научни публикации .

3. Критични бележки и препоръки

Имал съм различни коментари и множество критични бележки по време на работата върху дисертацията. Те са били свързани с избора на основните фактори, които да бъдат изследвани, приемане на образците, начина за натоварване и разполагане на измервателните уреди, отразяването на резултатите и тяхното интерпретиране, общата редакция на труда. Смятал съм това като мое задължение в качеството ми на научен ръководител. Всички те са намерили отражение в изготвения материал. Затова по отношение на представената дисертация нямам критични бележки.

Ще отправя няколко препоръки, които смятам за важни относно бъдещото развитие на изследванията и на докторанта като научен работник. Те са следните :

3.1 Независимо че вниманието в труда е съсредоточено върху двата параметъра ϕ / ρ_{eff} и бетонното покритие c , бе проведена оценка и на спадащата якост на опън на бетона между пукнатините – глава III, таблица III.33 и изводът в глава IV. Показаният анализ, обаче, е сравнително малък. Изследванията в последните 10-15 години (P.Ng, J.Lam, A.Kwan, A.Sokolov, G.Kaklauskas, V.Gribniak, J.Ghaboussi, D.Salis и др.) показват съществено влияние на този фактор. Той поставя и един друг въпрос, свързан с валидността на хипотезата на Бернули при изчисляване на напреженията, незасегнат в ЕС 2. Ако хипотезата бъде приложена за сечение между пукнатините при момент, превишаващ пукнатинообразуващия, ще бъде получено напрежение на опън, превишаващо значително якостта на бетона, което е невъзможно и показва слабост в теорията. На базата на получените деформации от експеримента може да бъде проведено подробно изследване с препоръки за определяне на напреженията между пукнатините. То е необходимо при използване на формула (7.18) от ЕС 2 за усреднена стойност на някакъв параметър (кривина, коравина, преместване) за участък от елемента с пукнатини. В тази формула се изисква стойност на параметъра за ненапукано сечение. Без познаване на действителното напрегнато състояние той ще бъде определян неправилно.

3.2 Във връзка с първата препоръка, като бъдат използвани опитните данни, предстои оценка на кривината (или коравината) на сечението и отражението им върху провисванията. Тази процедура пак е свързана с прилагането на формула (7.18) от ЕС 2.

4. Заключение

Дисертационният труд представлява широко и детайлно изследване относно влиянието на някои основни фактори върху широчината на пукнатините при стоманобетонни елементи без предварително налягане. Използвани са съвременните постижения в теорията на стоманобетонните конструкции. Опитните изследвания са проведени правилно и получените резултати са достоверни. Те ще бъдат важни за оценка на факторите при по-нататъчни редакции на формулата за широчината на пукнатините. Докторантът е показал ерудиция в областта на стоманобетонните конструкции.

Гореизложеното ми дава основание да смятам, че **инж. Иван Йорданов Иванчев** е изпълнил условията и може да получи научно-образователна степен „доктор“ по научна специалност **02.15.04 „Строителни конструкции“**.

20 .11. 2016 г

Съставил : 
(проф. д-р инж. Т. Даалов)