

ДГКМ
ДРУШТВО НА
ГРАДЕЖНИТЕ
КОНСТРУКТОРИ НА
МАКЕДОНИЈА

Партизански одреди 24,
П. Фах 560, 1000 Скопје
Северна Македонија

MASE
MACEDONIAN
ASSOCIATION OF
STRUCTURAL
ENGINEERS

Partizanski odredi 24,
P. Box 560, 1000 Skopje
North Macedonia

CM-13



mase@gf.ukim.edu.mk
<http://mase.gf.ukim.edu.mk>

СПОРЕДБА НА ПРОПИСИ ЗА ПРОЕКТИРАЊЕ И АНАЛИЗА НА СПРЕГНАТИ СТОЛБОВИ

Ангелко СТОЈАНОВСКИ¹, Тони АРАНЃЕЛОВСКИ², Денис ПОПОВСКИ², Дарко НАКОВ²

АПСТРАКТ

Во овиј труд се прикажани градежните прописи и регулативи за проектирање и анализа на спрегнати столбови. Спрегнатите столбови се композитни материјали составени од повеќе компоненти како бетон, челик и арматура и притоа се искористени рационално позитивните страни на бетонот како носивост на притисок и има удел во зголемување на противпожарна отпорност на пресекот и челикот како арматура или круто јадро, што прифаќаат носивости на притисок и затегање исто има голема улога во зголемување на противпожарна отпорност на пресекот и исто така со адхезија меѓу бетонот и челикот во пресекот се овозможува едно рационално решение за проектирање на современи конструкции.

Трендот на иновации во градежништво бара и современи решенија едно од нив е спрегнатиот конструктивен систем кој исто така бара поголема анализа. Во однос на праксата на примена и изведба на спрегнати конструкции поради проблемот што не се доволни истражени најголем број проектант претендираат или армиранобетонски или челичени пресеци во соодветни класични армиранобетонски или челични конструктивни системи. Достапна литература и практични примени има многу малку. Најмногу се проучени во Eurocode 4, и нивните изрази и објаснувања се база на другите прописи од Јапонија, Кина, Русија, САД, Индија, Австралија, В. Британија, Германија, Италија, Етиопија, Канада итн. кои имаат речиси сличен концепт на анализа согласно Eurocode 4.

Во трудот се прикажани споредби на прописи и градежни регулативи за проектирање на спрегнати столбови како дел од спрегнатиот конструктивен систем со слики, дијаграми и емпириски изрази и е прикажан најприменуваниот концепт на анализа на спрегнати столбови согласно упростениот метод на анализа по Eurocode 4.

Клучни зборови: Спрегнати столбови; Градежни прописи и регулативи за проектирање на спрегнати столбови; Дијаграми на интеракција; Упростен метод на анализа; Еврокод 4

¹ Страбаг АГ Придружница Страбаг АГ Скопје, Скопје, Република Северна Македонија

² Градежен факултет, Универзитет “Св. Кирил и Методиј”, Скопје, Република Северна Македонија

1. ВОВЕД

Спрегнатите столбови се дел од спрегнатиот конструктивен систем и имаат улога да извршат трансфер на влијанија кои доаѓаат од меѓукатните спрегнати или армиранобетонски или челични конструкции кои товарите ги пренесуваат на гредни носачи кои може да бидат од спрегнат, армиранобетонски или челичен пресек, а гредите товарите ги пренесуваат на столбовите кои ги пренесуваат влијанијата преку темелите во почвата.

Спрегнување, општо претставува конструктивно обединување на два или повеќе материјали со различни физичко-механички карактеристики во единствен спрегнат пресек. Кај спрегнатите пресеци поволно распределените материјали се користат многу рационално особините на бетонот, арматурата и челикот, главно во сите делови на пресекот се постигнуваат поволни состојби од напрегања и се значително намалуваат деформациите на елементот.

Основни материјали за изведба на спрегнати столбови се челик и бетонот. Челикот кој се јавува во вид на профили или кутии и како дополнителна подолжна (вертикалана) и попречна арматура (узенгии) има шест пати поголем модул на еластичност од бетонот при експлоатациони услови и претставува идеален материјал за зголемување на вкупната носивост на спрегнатиот столб, во нови објекти или зајакнати елементи. Карактеристични особини на челикот се висока јакост на затегнување и висока дуктилност, а бетонот поседува висока јакост на притисок и релативно голема крутост. Со комбинација на двата материјал се добива спрегнат пресек со заеднички обединети предности на двата материјали како јакост, дуктилност и крутост.

Основните претпоставки за анализа поаѓаат од ахтезионата врска меѓу челикот и бетонот, правилото на линеарна врска пред и по деформација пресеците да останат линеарни и врската на спрегање меѓу двата материјал. Ахтезиона врска се образува со контактот на челичниот профил или арматура со бетонот преку коефициентот на триење кој треба да биде задоволен и во условите кога се испитуваат трансферзални влијанија. Во однос на материјали се користат профили или лимени носачи, бетон и арматура со свои јакосни карактеристики. Од статички систем се добива степен на поместливост на елемент и се прават контроли на ниво на попречен пресек како проверка на степен на спрегање, процент на армирање, заштитни слоеви од услови на трајност и противпожарна отпорност. Се анализира носивост на попречен пресек и гранични состојби на употребливост – прснатини и деформации. Според упростениот метод на анализа од EN1994-1-1 за анализа се претставени типични попречни пресеци на најприменувани спрегнати столбови, и ги анализира врз основа како се остварува врската на спрегање помеѓу челикот и бетонот.

2. ИСТОРИСКИ РАЗВОЈ НА СПРЕГНАТИ СТОЛБОВИ

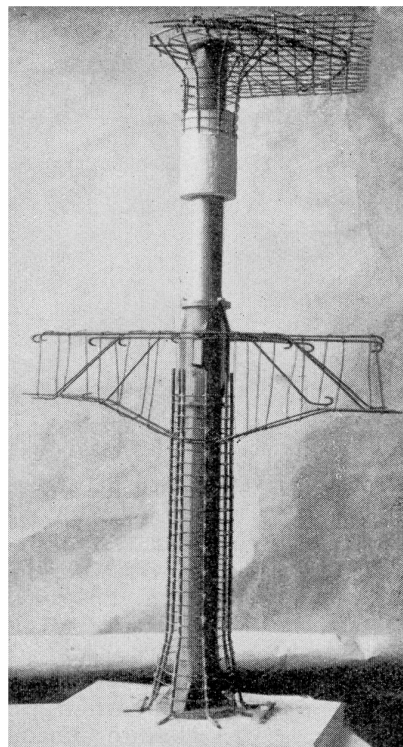
Првите почетоци од конструктивни примери и истражувања на спрегнати столбови датираат од почетокот на XX – тиот век, со плодни први испитувања и тестови во период од 1920 до 1930 г. Периодот на Втората Светска Војна претставува замрзнат период за поголеми истражувања. Помасовна примена и испитувања се правени од 1950 г. па наваму. Градителот Emperger во 1932 г. прави 1500 тестови во Европа и Северна Америка и тие резултати од 138 тест примероци ги претставува на Конгрес во Париз и изнел констатација дека нема прописи за проектирање на ваков тип конструкции која е објавена во првиот Американски “Standard Specifications for Concrete and Reinforced Concrete” во 1924, каде дава формули за целосно спрегнати столбови со челични профили во бетонска обвивка, и тие предности се применети во изведба на високи кули во Чикаго во период од 1920-1930г. Klöppel во 1935г. објавува метод на проектирање на спрегнати столбови од цестасти профили исполнети со бетон, кои ќе бидат основа за German steel regulations DIN 1050 во 1954. Тимот од Roik, Bergmann, Bode and Wagenknecht во 1975 и 1976г. презентираат метод на Roik кој е основа на упростен метод на анализа за Eurocode 4. Во 1977 г. е препорачано спрегнатите столбови да бидат публикувани заедно со резултатите од другите истражувања во нацрт на Eurocode 4 за спрегнати конструкции, каде што се дадени принципите на анализа и проектирање на спрегнатите столбови. Во Eurocode за првпат се дефинирани општите услови за проектирање на спрегнати столбови. Сите геометриски и физички нелинеарности на различните материјали се забележани и се дадени условите за примена на нумеричките методи на анализа согласно упростениот метод на анализа. Подоцна, различни

автори имаат спроведено истражувања и анализи на соодветни нумерички примери и даваат соодветни препораки.

3. УПОТРЕБА НА СПРЕГНАТИ СТОЛБОВИ – ПРВИ ИСТРАЖУВАЊА

Во Америка првите примери од анализа на челични профили и арматура во обвивка од бетон се презентирани од Talbot and Lord (1912) на 30 тест примери и претставиле формули за линија на јакости на материјали и кружни профили исполнети со бетон од Swain and Holmes (1915) и добиле коефициент на армирање од 9.6.

Во 1912 година, William H. Burr истражувале цевasti профили исполнети со бетон и добиваат проектански формули, додека тест столбови се изведени во Mc Graw Building во New York со зголемување на товари врз бетонскиот дел и заклучил дека е можно зголемување на товарите, димензиите на попречните пресеци се помали и се добиваат економични катни површини.



Сл. 1. Emperger – ов столб, презентирани на саем во Leipzig fair во 1912 година

Во Германија прв Emperger во 1913 г. објавува испитувања од бетонски столб познат како “Столбот на Emperger” прикажан на Слика 1, составен од јадро од лиено железо и јака попречна арматура, инспириран од Josef Melan кој анализира лачни мостови со челични пресеци во Америка во 1890 г. Emperger го патентира своето истражување во German Reich во 1911 г. и првпат изведено во пракса во фабричка хала на Ericsson во Виена 1913 г. Важно е што Emperger е прв кој дефинира ултимативен товар кој може да го пренесе спрегнатиот столб како сума од производи на јакости на материјали како бетон, арматура и лиено железо до површини на материјалите.

4. ГРАДЕЖНИ РЕГУЛАТИВИ И ПРОПИСИ ЗА ПРОЕКТИРАЊЕ НА СПРЕГНАТИ СТОЛБОВИ

Во светот постојат повеќе регулативи за проектирање на спрегнати конструкции, во прилог се дадени најмногу применувани прописи во светот.

4.1. Американски Стандарди

4.1.1. ASCE Progress Reports 1910 – 1917

American Society of Civil Engineers во 1903г. за првпат го претставува проблемот за прописи за спрегнати конструкции до American Society for Testing Materials and the American Railway Engineering and Maintenance of Way Association. Во 1904г. е формиран “Special Committee on Concrete and Reinforced Concrete” и се дефинирани формули и изрази за пресметување на спрегнати столбови со вертикална арматура и челични профили во бетонска обвивка, со приказ на напрегања и распоред на армирање објаврен во 1920г. Тие познавања се изложени во American Standard Specifications No. 23.

4.1.2. ACI Standard Specifications No. 23 – 1920

Дефинира два типа на спрегнати столбови и тоа еден тип на цевести челични профили исполнети со бетон и целосно бетониран челични профили и арматура во бетонска обвивка, и двата типа применети во Mc Graw Building во Њујорк. За тип на спрегнати столбови со лиено железно јадро како услови во стандардот е внесен процент на армирање со спирална арматура не помал од половина од 1% од површината на металното јадро и не повеќе од 3 инчи. Како формула за определување на напрегања е дадена како $12.000-60 L/R$, не повеќе од 10.000 ланди од лиеното железно јадро и 25% од јакоста на притисок на бетонот без спирална арматура. Дијаметарот на спиралната арматура да не надминува половина од дијаметарот на спиралната арматура. Emperger во 1930г. во Чикаго во висококатница прв ги употребува овие правила и напишал за проблемот од недоволни правила за проектирање.

4.1.3. Понови амерички стандарди

Имат слични основи како Eurocode 4, единствени разлики има во матријални карактеристики, класи и марки на материјали и ограничувања. Британските прописи се многу слични со Eurocode 4, со различни изрази и материјални карактеристики, но истотака имаат примена и во САД, Канада, Австралија, Јапонија, Чиле, Индија и поразвиените африкански земји.

4.2. Германски Стандарди

4.2.1. German Standard DIN 1045 – 1943

По 1930 г. први испитувања во Германија се направени од Memmler, Bierett and Grüning (1934) на челични цевести профили исполнети со бетон и испитувањата на Gehler and Amos (1936) на бетонски столбови армирани со конструктивен челик. Први германски прописи за спрегнати столбови се DIN 1045-1943 кои се однесуваат на бетонски столбови армирани со челични профили. Носивоста на столбовите се определува преку пресметување на дополнени закони анализи на фактор на свиткување. Во 1972 г. Bonzel, Vub и Funk, проектираат армиранобетонски столбови со целосно бетониран челични профили во бетонска обвивка и докажале дека промена на ултимативни товари генерира промена на конструктивниот челик како дел од целосно спрегнат пресек, без да се анализира јакоста на бетонот.

4.2.2. German Standard VDE 0210 – 1953

Важи за топовалани профили исполнети со бетон откриени после војната при конструирање на столбови за далекуводи, прв пример е изведба на далекуводна линија Nufenen во Швајцарија, 1947 г. Овој систем од “Motor-Columbus” беше патентиран во Швајцарија и неколку европски држави и во 1953 г. е додден во German standard VDE 0210, (Regulations for the construction of high-voltage overhead transmission lines - Стандарди за конструирање на високонапонски далекуводни линии). Идеата е да се спречи извивањето на челичните пресеци и да се намали ефективната витост со додавање исполна на бетон, и пресекот да се анализира преку заемна спрегната витост на двата материјала. Идеален или ефективен радиус се определува со „Рав. (1)“.

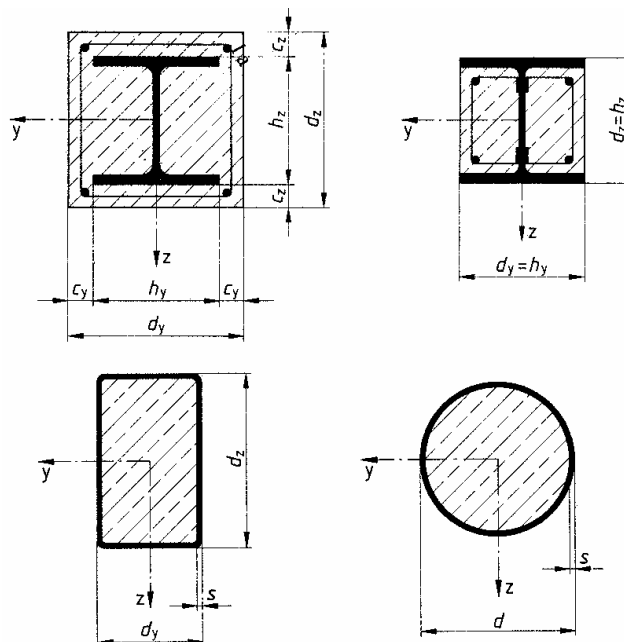
$$i_{id} = \sqrt{\frac{F_{id}}{J_{id}}}, \quad J_{id} = J_e + \frac{J_b}{n}, \quad n = 10 \quad (1)$$

Каде J_e е инерцијален момент на челична цевка и J_b е инерцијален момент на арматура.

Идеалниот радиус на инерција, за определување на бездимензионална витост е слично како упростениот метод на анализа согласно Eurocode 4. Во овие конструкции витоста во столбовите е ограничена да не е поголема од 50, Klöppel and Goder направиле испитувања со цевasti профили исполнети со бетон во 1957 г. да се прикаже анализираниот метод на различни димензии на столбови. Тие тестираат 54 цевasti и 45 полни челични профили и даваат споредби на нивните радиуси на инерција, кој не е вклучен во упростениот метод на анализа.

4.2.3. German Standard DIN 18806 – 1984

German Standard 18806 е прва целосна регулатива за спрегнати столбови во Германија која ги покрива следните 3 типа на спрегнати столбови како на Слика 2, со еден концепт на анализа. Овие правила се разработени по Roik, Bergmann, Bode and Wagenknecht (1975, 1976) и претставуваат основни принципи за Eurocode 4.



Сл. 2. Основни типови на спрегнати столбови по DIN 18806 – основа на Eurocode 4

4.2.4. Универзални европски прописи Eurocode 4 – 1994

Упростениот метод Eurocode 4 е откриен врз основа на методот откриен на Универзитетот во Бохум од страна на Roik и неговиот тим. Ултимативен товар е базиран слично на Дополнителниот закон на Emperger и се определува со „Рав. (2)“.

$$N_{pl,Rd} = A_a f_{yd} + A_c \alpha_c f_{cd} + A_s f_{sd} \quad (2)$$

Носивоста на свиткување може да се мултиципира со фактор k согласно на Европските криви на извивање по Eurocode 3, пресметани како функција од бездимензионалната витост. Roik методот го заснова на употреба на Европските криви на извивање и бездимензионалната витост.

Упростениот и генералниот метод на анализа на спрегнати столбови по Eurocode 4, се опишани подолу и истите се употребуваат во земјите на Европска Унија и пошироко во Африка, Етиопија,

Индија, Русија, Блискиот Исток итн. Генерален и упростен метод на анализа на спрегнати столбови по Еврокод 4.

Принципите и правилата за проектирање на спрегнати столбови се однесуваат за квалитет на конструктивни челици S235 до S460 и за нормални бетони со јакост C20/25 до C50/60. Принципите и правилата се однесуваат на засебни столбови и за притиснати спрегнати елементи кои се составен дел на конструкција составена од спрегнати или челични елементи.

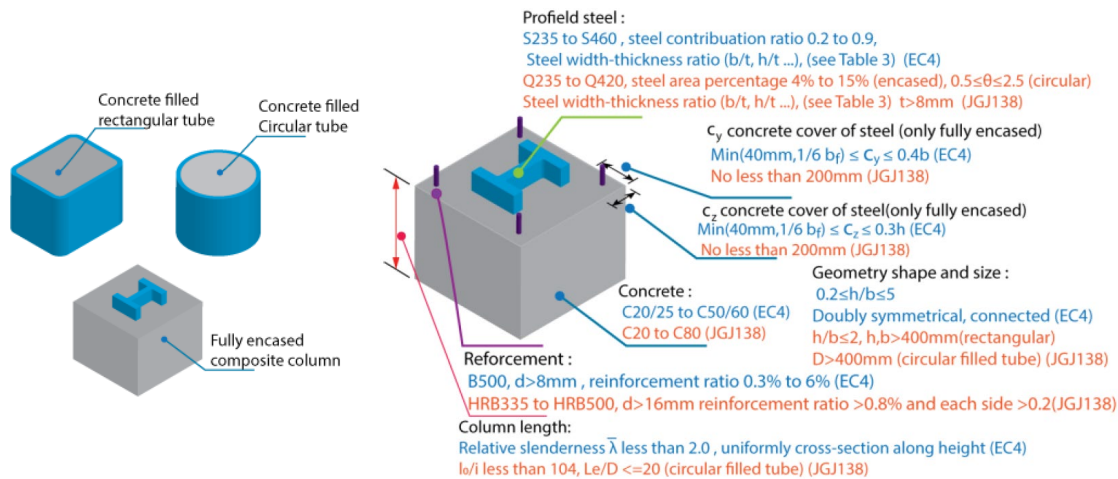
Во анализата, односно пресметката на ефектите од дејствата, можат да се применат две методи:

- Генерален метод кој вклучува елементи со несиметричен попречен пресек или промена на попречниот пресек по должината (висината) на столбот. Се анализира пресекот како нелинеарна анализа на конечни елементи како криви на напрегање-дилатации за материјалите, земајќи ги предвид геометриските имперфекции и заостанатите напрегања, и
- Упростен метод за елементи со две оски на симетрија на попречниот пресек и константен пресек по должината на елементот. Се базира на линеарна анализа на ефекти од втор ред со земање на ефекти од имперфекции и определување на N-M крива на интеракција, за централно и ексцентрично оптоварување.

Начинот на проектирање и анализа на спрегнати столбови се одвива на тој начин што за дадени статички влијанија се поаѓа од почетни претпоставки согласно упростениот метод на анализа по Еврокод 4 и се усвојува тип на попречен пресек и се врши проектирање и анализа со упростениот метод се базира на пресметковна упростена анализа преку исполнување на услови за ограничување на упростениот метод и тоа: коефициент на учество на челичен пресек, релативна виткост, процент на крута арматура и мека арматура во прачки. Се анализира носивост на аксијално притиснати елементи и носивост на елементи изложени на притисок од едноаксијално свиткување или биаксијално свиткување и се определува отпорност од аксијален притисок. Со упростениот метод по Eurocode 4, можно е да се да се пресметаат рачно пет точки од интеракционата крива. Се проверуваат отпорности по соодветни оски на пресекот и се добиваат точки од интеракционата крива по соодветни оски за интеракциони дијаграми по соодветната оска, притоа исполнувајќи со усвоениот пресек отпорност на аксијален притисок и комбинирано биаксијално свиткување и се врши верификација на носивиот капацитет од комбинирани дејства и се добиваат интеракциони дијаграми кои можат да се употребат за идни споредби. Додека начинот на анализа по генералниот метод се базира на тродимензионална анализа со помош на методот на конечни елементи.

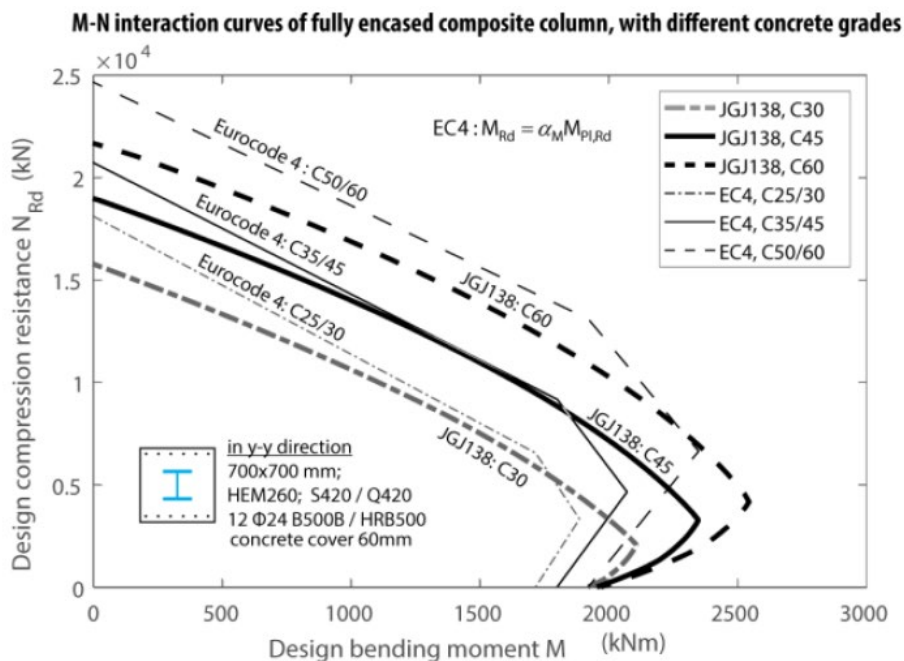
4.3. Кинески Стандард JGJ138-2016

Кинезите имаат свој “Code for design of composite structures” познат како JGJ138-2016. Заедничко на овој кодекс со глобалниот кодекс EN1994-1-1 е што анализираат целосно и делумно спрегнати столбови и цевести столбови исполнети со бетон. Разлика е во материјални карактеристики, јакости, класи, големини и друго. JGJ138 има 3 типа на анализи за 3 типа на столбови. Eurocode 4 дава 3 типа на методи на анализа: еден општ метод за нелинеарна анализа и два упростени методи на анализа засновани врз Европските криви на свиткување или N-M криви на интеракција. Сите параметри како ефекти од долготрајно оптоварување, криви на свиткување и интеракциони криви и во двата метода се анализираат исто, единствена разлика е во делот на пресметка на трансферзално смолкнување, кинескиот стандард го анализира како отпорност, додека европските прописи го анализираат со контрола на средства за прифаќање на смолкнувањето и начин на воведување на товарот.



Сл. 3. JGJ138 со три типа и Сл. 4. Споредба на ограничувања за спрегнати столбови по анализи на столбови европски и кинески прописи

JGJ138 содржи упатства за анализа посебно за спрегнати столбови со целосно бетонирани профили и цевasti профили исполнети со бетон, додека EC4 е поедноставен метод и опфаќа повеќе видови пресеци анализирани по универзални процедури. JGJ138 е погоден за проектирање на големи пресеци, а EC4 за мали димензии на столбови. Генералниот метод базиран на нелинеарна анализа по EC4 е погоден за анализа на несиметрични пресеци. По EC4 максимална марка на бетон е C50/60, а додека по JGJ138 е C80 (кинески кој е сличен со европски по јакост на C50/60). За челик кинескиот стандард дава повисоки фактори на сигурност од препорачаните по EC4. EC4 препорачува појак квалитет на челик за армирање во однос на кинески прописи кои користат послаби квалитети на арматура. Отпорност на свиткување за непоместливи компактни столбови по кинески прописи е помал од EC4, а за витки столбови има поголеми вредности од EC4. Долготрајни ефекти може да влијаат на намалување за 25% на отпорот на свиткување кај EC4, по кинеските прописи се пресметува по кривата на извивање за пресекот, без дополнителни пресметки. Кривите на интеракција N-M по EC4 се повисоки од кинеските прописи, поради јакосните разлики во материјалите.



Сл. 5. Споредба на интеракциони криви за спрегнати столбови по европски и кинески прописи

Факторот на редукција на пластичниот отпорен момент по кинески прописи е помеѓу $\alpha_M = 0.8 - 0.9$ согласно ЕС4. Ако е 0.8 по ЕС4 тој е помал од кинескиот, а за 0.9 по ЕС4 тој е поголем од кинескиот редукционен фактор. За цевasti профили исполнети со бетон и двата прописи го земаат ефектот на затворен бетон, но кривите на интеракција се различни поради различните влезни параметри. Анализа на смолкнување од трансферзални сили во двата прописи се прави различно. Во ЕС4 се анализира преку воведување на товарот и отпорност на смолкнување преку средства за спрегање, додека во кинеските прописи се анализира како отпорност на смолкнување за различни типови на попречни пресеци различно. Споредбата е прикажана на Сликите 3,4 и 5.

4.4. Проектирање и анализа на спрегнати столбови по РВАВ/87 (JUS Стандард)

Анализа на спрегнати столбови спрема домашни југословенски прописи согласно следните два стандарди:

4.4.1. Стандард за спрегнати конструкции од челик и бетон

Стандардот за пресметка на спрегнати конструкции SRPS U Z1.010 1990 ги проучува граничните носивости само на центрично притиснати столбови. Заснован е на концептот на пресметка на гранични состојби со глобални коефициенти, за разлика од Eurocode 4 кој е дефиниран со парцијални коефициенти на сигурност. Поради неговиот пристап на пресметка, обем и наследење на актуелни стандарди е напуштен од употреба. Негова замена е Eurocode 4.

4.4.2. Правилник за бетон и армиран бетон (РВАВ/87)

РВАВ не ги опфаќа директно спрегнатите столбови, но може да се спореди со анализа на спирално армирани столбови со челични цевки исполнети со бетон. Кружниот попречен пресек внатре во челичната цевка има појака носивост на притисок од обичен армиранобетонски столб. Вкупна гранична сила која може да ја прими пресекот се добива преку израз за пресметковна гранична сила со „Рав. (3)“.

$$N_u = A_b * f_b + 2A_s * \sigma_v + A_a * \sigma_v \quad (3)$$

Анализа на носивост на пресек согласно РВАВ е применлива и за спрегнати столбови, иако анализата е препорачана и експериментално потврдена за спирално армирани столбови. Сепак во земјите од поранешна Југославија овој правилник не се употребува за проектирање на спрегнати столбови туку е воведен и имплементиран Еврокод 4.

5. ЗАКЛУЧОК

Согласно претходниот приказ на споредби на прописи може да се воочи дека кај сите столбови типовите на попречни пресеци се слични, на ист начин се воведува товарот, се користат материјали со слични карактеристики, усвоените заштитни слоеви се слични и зависат од националните анекси, пожарното дејство се третира на ист начин, каде е меродавна сеизмика на ист начин се анализира како концентрација на маси по катови и динамичка отпорност на конструкцијата. Начинот на анализа и проектирање е сличен, иако има разлики во парцијални коефициенти и фактори кои зависат од национални стандарди. Посовремените прописи анализираат спрегнати столбови со интеракции и со определување на карактеристични точки се образуваат интеракциони дијаграми, кои би требало да се усоврат на ниво на дијаграми за полесно определување на попречни пресеци на столбови. Но, има и разлики тие пред се зависат од начинот на анализи дали се земаат несовершеностите, дали се пресметуваат коефициенти и парцијални фактори на сигурноат или се усвојуваат емпириски, начинот на анализа на смолкнување и прием на смолкнувањето, разлики во квалитети на матријали итн.

Во поголемиот дел на светот се употребува Еврокод 4 како глобален универзален пропис. Во Америка се употребуваат американските стандарди, во Кина се употребуваат кинеските прописи. Додека во Етиопија целосно го имаат усвоено Еврокод 4 и имаат развиено емпириски коефициенти согласно истражувања за различен пресек за полесно одредување носивост и дијаграми на интеракција и имаат свој концепт на дијаграми на интеракција за побрза пресметка на попречни пресеци. Идејата за приказ на кинески во споредба со европски прописи е тоа што во Кина има голем интерес за истражување и развој на спрегнати и композитни иновативни конструкции, и нивниот пазар на материјали и изведувачи работат низ целиот свет, па поради тоа треба да се познати и разликите меѓу прописите со цел инвеститорите да градат по економични, функционални и стабилни конструкции.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ashagrie A. (2016). Steel and Concrete Composite Structure as an Alternative Building Construction Material and its Application on High Rise Building Construction in Ethiopia. Adis Ababa. pp. 6-57.
- [2] Bergmann R. (1990). Composite columns. Zurich, Swiss.
- [3] Cvetanovski P. (2012). Composite construction, Department of metal constructions at Faculty of Civil Engineering at the University of St. Cyril and Methodius. Skopje. pp. 1-4, pp. 61-62.
- [4] DIN EN 1994-1-1/NA. (2010-12). National Annex - Eurocode 4. EN 1994-1-1. Design of composite steel and concrete structures.
- [5] Eggemann, H. (2006). Simplified Design of Composite Columns. Based on a Comparative Study of Building Regulations in Germany and the United States. Proceedings of the Second International Congress on Construction History. Queens' College, Cambridge University. Short Run Press.
- [6] Eggemann, H. (2003). Development of Composite Columns – Emperger's Effort, Proceedings of the First International Congress on Construction History, Madrid. Instituto Juan de Herrera. ETSA.
- [7] Eurocode 4. (2005). Design of composite steel and concrete structures-Part-1-2: General rules – Structural fire design. Brussels. CEN – European Committee for Standardisation.
- [8] Hanswille G, Schäfer M, Bergmann M. (2018). Kommentar zur EN 1994-1-1. Design Guide to EN 1994-1-1. Stahlbaukalender, pp. 5-8.
- [9] IS 456. (2000). Code of Practice for Plain and Reinforced Concrete. Bureau of Indian Standards. New Delhi.
- [10] IS 11384. (1985). Code of practice for composite construction in structural steel and concrete. Bureau of Indian Standards. New Delhi.
- [11] Johnson R. P. (2004). Composite Structures of Steel and Concrete. Vol. 1, Blackwell Scientific Publications. U.K., pp. 158-185.
- [12] Oh M. H., Kim P. S., Kim M. H, Kim D. J. and Kim S. D. (2004) Experimental study on the compressive capacity of the steel concrete composite column with non-compact steel section, Journal of AIK, Architectural Institute of Korea.
- [13] Schleich J.B., Mathieu J. and Conan Y. (1999). Design Handbook for Braced Composite Steel – concrete Building according to Eurocode 4. European Convention for Construction Steelwork, First Edition. Luxembourg. pp. 181-204
- [14] Stojanovski A. (2020). Analysis of composite columns loaded by biaxial action using diagrams of interactions according to Eurocode 4. Master thesis. Faculty of Civil Engineering at the University St. Cyril and Methodius. Skopje.
- [15] Taye S. (2005) Design aid for composite columns. Adis Ababa University. Adis Ababa. pp. 4-80.
- [16] Zhang Q. & Schafer M. (2018). Comparison of design for composite columns in steel and concrete according to Eurocode 4 and Chinese design codes. 12th International Conference on Advances in

Steel-Concrete Composite Structures (ASCCS 2018). Universitat Politècnica de València.
València, Spain.