

„ОТПОРНИ КОНСТРУКЦИИ“ “RESILIENT STRUCTURES”

ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ PROCEEDINGS

ДГКМ

ДРУШТВО НА
ГРАДЕЖНИ
КОНСТРУКТОРИ НА
МАКЕДОНИЈА

MASE

MACEDONIAN
ASSOCIATION OF
STRUCTURAL
ENGINEERS

20 МЕЃУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ
INTERNATIONAL SYMPOSIUM

СКОПЈЕ, С. МАКЕДОНИЈА
SKOPJE, N. MACEDONIA
28 - 29 септември 2023
September , 28th - 29th , 2023

MASE ДГКМ
Macedonian Association of Structural Engineers
Друштво на градежните конструктори на Македонија

Proceedings
Зборник на трудови

20th International
Symposium
ти Меѓународен
симпозиум

Skopje, North Macedonia, 28 – 29 September 2023
Скопје, Северна Македонија, 28 – 29 септември 2023

**PROCEEDINGS
OF THE 20th INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF MASE**

**ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ
20^{ТИ} МЕЃУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ НА ДГКМ**

Publisher:

**MASE - Macedonian Association of Structural Engineers
Faculty of Civil Engineering, Blvd. Partizanski odredi No. 24 P.Box. 560,
1000 Skopje, Republic of North Macedonia
e-mail: mase@gf.ukim.edu.mk; website: www.mase.gf.ukim.edu.mk**

Издавач:

**ДГКМ - Друштво на Градежни Конструктори на Македонија
Градежен Факултет, бул. Партизански одреди бр. 24 П.Ф. 560,
1000 Скопје, Република Северна Македонија
e-mail: mase@gf.ukim.edu.mk; website: www.mase.gf.ukim.edu.mk**

Editor: **Darko Nakov, President of MASE**

За издавачот: **Дарко Наков, Претседател на ДГКМ**

Executive Committee of MASE and
Organizing Committee of the 20th International Symposium of MASE:

**Darko Nakov, Marta Stojmanovska, Ana Trombeva Gavriloska, Simona Bogoevska,
Andrea Serafimovski, Daniel Cekov, Gjorgji Goshev, Goce Lazareski, Koce Todorov,
Denis Popovski, Vladimir Vitanov, Riste Volchev, Nikola Postolov, Dejan Janev,
Kristina Milkova, Milica Jovanoska Mitrevska, Evgenija Stojkoska**

Претседателство на ДГКМ и

Организационен одбор на 19^{ТИОТ} Меѓународен симпозиум на ДГКМ:

**Дарко Наков, Марта Стојмановска, Ана Тромбева Гаврилоска, Симона Богоевска,
Андреа Серафимовски, Даниел Цеков, Ѓорѓи Гошев, Гоце Лазарески, Коце
Тодоров, Денис Поповски, Владимир Витанов, Ристе Волчев, Никола Постолов,
Дејан Јанев, Кристина Милкова, Милица Јованоска Митревска, Евгенија
Стојкоска**

Technical staff of the Symposium:

**Ditar Memedi, Nikola Nisev, Mihail Petrov, Marko Gjorgjioski, Petar Janev, Antonio
Tomeski, Irina Postolova, Natalija Bogdanovska, Borjana Koneska, Jovana Kuzevska,
Andrej Stefanoski, Hristijan Baloski, Emilija Stojanova, Andrijana Arsovska**

Техничка служба на Симпозиумот:

**Дитар Мемеди, Михаил Петров, Марко Ѓорѓиоски, Петар Јанев, Антонио Томески,
Ирина Постолова, Наталија Богдановска, Борјана Конеска, Јована Кузевска, Андреј
Стефаноски, Христијан Балоски, Емилија Стојанова, Андријана Арсовска**

Grafical design of cover page and Symposium poster:

**Mitko Hadzi Pulja, Darko Draganovski
Faculty of Architecture, UKIM, Skopje**

Графички дизајн на корицата и плакатот на Симпозиумот:

**Митко Хаџи Пуља, Дарко Драгановски
Архитектонски факултет, УКИМ, Скопје**

e-book:

електронско издание: **ISBN 978-608-66946-3-0**

RESILIENT STRUCTURES ОТПОРНИ КОНСТРУКЦИИ

Resilience refers to the ability of a system or structure to withstand and recover from adversity. In the face of natural disasters, climate change and other unforeseen challenges, resilient structures play a vital role in ensuring the safety and well-being of communities. It is crucial that we prioritize resilience in our design and construction practices to create a more sustainable and secure future.

One of the primary reasons why resilient structures are essential is their ability to withstand natural disasters. Earthquakes, hurricanes, floods, and wildfires pose significant threats to our built environment. Resilient structures are designed to resist the forces generated by these disasters, reducing the risk of collapse and minimizing damage. By integrating advanced engineering techniques, we can design and construct structures that can better withstand the forces of nature.

The collapse of buildings and infrastructure is a leading cause of casualties during earthquakes and extreme weather conditions. By investing in resilient structures, we can significantly reduce the loss of life and injuries. Through proper urban planning, evacuation routes, and the incorporation of safety features like reinforced concrete shelters, we can ensure that our buildings are not only strong but also provide a safe haven during times of crisis.

Resilient structures are not limited to saving human lives. They also protect the economy and the environment. When a disaster strikes, the impact extends beyond the immediate loss of life and property damage. Critical infrastructure failures can disrupt supply chains, interrupt essential services, and hamper economic recovery. Failure of one bridge caused by earthquake, fire or flood can leave hundreds of thousands of people trapped and with no connection to the rest of the country. By investing in resilient structures, we can minimize the economic losses associated with disasters and speed up the recovery process.

If we go back in time, 60 years ago, on 26th of July 1963, Skopje was struck by a devastating earthquake with a magnitude of 6.1. More than 1070 were killed, more than 3000 injured and countless displaced. Most of the city was ruined. Obviously, the structures were not so resilient. However, the people of Skopje were much more resilient. The whole world and the international community responded with compassion and solidarity, offering assistance and support in the monumental task of reconstruction coordinated by the United Nations. The reconstruction of Skopje was a colossal undertaking, but it was also an opportunity for transformation. The city was redesigned and rebuilt, embracing modern architectural styles. Skopje's rise from the ashes today serves as a symbol of hope and resilience.

Skopje 1963 earthquake is a chronological landmark, evolutionary turning point of the Macedonian, as well as European structural and earthquake engineering. In 1964 at a conference in Skopje, the European association for earthquake engineering was founded. The first structure in the world with modern base isolation with rubber bearings was the Pestalozzi primary public school in Skopje, designed and constructed in the period 1965-1969. At which stage of implementing base isolation are we now? How many hospitals, fire stations, schools, bridges and other crucial structures are designed and constructed with base isolation, with appropriate fire resistance and appropriate measures for flood protection?

Investing in resilient structures requires national strategy and collaboration among various stakeholders. Architects, engineers, policymakers and community members must work together to ensure that resilience is prioritized in our building codes, regulations and infrastructure planning. Resilient structures are the backbone of a resilient society. By fostering a culture of resilience, we can create a more prepared and adaptive society. We can create more resilient world, which we can proudly leave to the next generations.

Assoc. Prof. Darko Nakov,



President of MASE

**20th INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF MASE
SKOPJE, 28 – 29 SEPTEMBER 2023**

**20^{mu} MEĀUHAPODEH CИMΠOЗИУM HА ДГKM
CKOΠJE, 28 – 29 CEΠTEMBPИ 2023**

20th International Symposium of MASE was organized by:

20^{mu}om Cимпозитум е организиран од:

**MACEDONIAN ASSOCIATION OF STRUCTURAL ENGINEERS
ДРУШТВО HА ГPАДЕЖHИ KОНСТPУKТОPИ HА MАКЕДOНИЈА**

under the auspices of:

под покровителство на:

**MINISTRY OF TRANSPORT AND COMMUNICATIONS OF REPUBLIC
OF NORTH MACEDONIA
МИHИСТEPCTBO ЗА ТPАHСПOРТ И BPCКИ HА PEPУБЛИKА
CEBEPHА MАКЕДOНИЈА**

**20th International Symposium of MASE was co-organized and supported by (in alphabetic
order):**

20^{mu}om Cимпозитум е коорганизиран и поддржан од (по азбучен редослед):

**CHAMBER OF CERTIFIED ARCHITECTS AND CERTIFIED ENGINEERS
OF R.N.M. - Skopje
KOMOPА HА OBLACTEHИ APXИTEKТИ И OBLACTEHИ ИHЖEHEPИ
HА P.C.M. - Ckoпje**

**ENGINEERING INSTITUTION OF MACEDONIA
ИHЖEHEPCKА ИHCTИTУЦИЈА HА MАКЕДOНИЈА**

**FACULTY OF ARCHITECTURE, UKIM - Skopje
APXИTEKTOHCKИ ФAKУЛTET, UKИM - Ckoпje**

**FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, UKIM - Skopje
ГPАДЕЖEH ФAKУЛTET, UKИM - Ckoпje**

**INSTITUTE FOR EARTHQUAKE ENGINEERING AND ENGINEERING
SEISMOLOGY, UKIM - Skopje
ИHCTИTУT ЗА ЗEMЈOTPECHO ИHЖEHEPCTBO И ИHЖEHEPCKА
CEИЗMОЛОГИЈА, UKИM - Ckoпje**

**INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR BRIDGE AND STRUCTURAL
ENGINEERING - Macedonian national group
MEĀUHAPODHА ACOЦИЈАЦИЈА ЗА MOCTOBI И KОНCTPУKTEPCKO
ИHЖEHEPCTBO - Mакедонска национална група**

**MACEDONIAN ASSOCIATION FOR EARTHQUAKE ENGINEERING
MАКЕДOHCKА ACOЦИЈАЦИЈА ЗА ЗEMЈOTPECHO ИHЖEHEPCTBO**

**PUBLIC ENTERPRISE FOR STATE ROADS
ЈABHO ПPETПPИЈАТИE ЗА ДPЖABHИ ПАТИШТА**

**PUBLIC ENTERPRISE FOR THE MAINTENANCE AND PROTECTION OF HIGHWAY
AND REGIONAL ROADS
ЈABHO ПPETПPИЈАТИE ЗА OДPЖУBАЊE И ЗАШТИТА HА MАГИCTPАЛHИ**

И РЕГИОНАЛНИ ПАТИШТА

*STANDARDIZATION INSTITUTE OF THE REPUBLIC OF NORTH MACEDONIA
ИНСТИТУТ ЗА СТАНДАРДИЗАЦИЈА НА РЕПУБЛИКА СЕВЕРНА МАКЕДОНИЈА*

*UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME
ПРОГРАМА ЗА РАЗВОЈ НА ОБЕДИНЕТИТЕ НАЦИИ*

*UNIVERSITY "SS. CYRIL AND METHODIUS" - Skopje
УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КИРИЛ И МЕТОДИЈ“ - Скопје*

20th International Symposium of MASE was sponsored by (each category in alphabetic order):
20th Симпозиум е спонзориран од (по азбучен редослед):

Platinum sponsors:

Платинести партнери:

ADING - Skopje, North Macedonia

АДИНГ - Скопје, Северна Македонија

BECHEL & ENKA JV - USA & Turkiye

КОНЗОРЦИУМ БЕХТЕЛ & ЕНКА - САД & Турција

GOLDEN ART - Skopje, North Macedonia

ГОЛДЕН АРТ - Скопје, Северна Македонија

GRANIT - Skopje, North Macedonia

ГРАНИТ - Скопје, Северна Македонија

PENETRON & IZOTEHNA - Greece & North Macedonia

ПЕНЕТРОН & ИЗОТЕХНА - Грција и Северна Македонија

Gold sponsor:

Златни спонзори:

DOJРАН STEEL - North Macedonia

ДОЈРАН СТИЛ - Северна Македонија

FREYSSINET - France, subsidiary North Macedonia

ФРЕСИНЕ - Франција, подружница Северна Македонија

Silver sponsors:

Сребрени спонзори:

CIVIL ENGINEERING INSTITUTE MACEDONIA - Skopje, North Macedonia

ГРАДЕЖЕН ИНСТИТУТ МАКЕДОНИЈА - Скопје, Северна Македонија

IRD Engineering - Italy, subsidiary North Macedonia

ИРД Инженеринг - Италија, подружница Северна Македонија

KNAUF - Skopje, North Macedonia

КНАУФ - Скопје, Северна Македонија

MASON Engineering - Skopje, North Macedonia

МАСОН Инженеринг - Скопје, Северна Македонија

SINOHYDRO Corporation Limited Peking - China, subsidiary North Macedonia

СИНОХИДРО Корпорейшн Лимитед Пекинг – Кина, подружница Северна Македонија

STOKUSA - Skopje, North Macedonia

СТОКУЌА - Скопје, Северна Македонија

STRABAG - Germany, subsidiary North Macedonia

СТРАБАГ - Германија, подружница Северна Македонија

TITAN Cementarnica Usje - Skopje, North Macedonia

ТИТАН Цементарница Усје - Скопје, Северна Македонија

WIENERBERGER - Austria

ВИНЕРБЕРГЕР - Австрија

WB&E FACADE ENGINEERING DOO - Belgium, subsidiary North Macedonia

WB&E ФАЦАДЕ ЕНГИНЕЕРИНГ ДОО - Белгија, подружница Северна Македонија

ZIKOL - Strumica, North Macedonia

ЖИКОЛ - Струмица, Северна Македонија

Bronze sponsors:

Бронзени спонзори:

AK INVEST- Tetovo, North Macedonia

АК ИНВЕСТ - Тетово, Северна Македонија

AKTIVA - Shtip, North Macedonia

АКТИВА - Штип, Северна Македонија

ARCELORMITTAL - Luxembourg

АРЦЕЛОРМИТАЛ - Луксембург

BIM - Sveti Nikole, North Macedonia

БИМ - Свети Николе, Северна Македонија

BV Engineering - Bitola, North Macedonia

БВ Инженеринг - Битола, Северна Македонија

EPTISA - Spain, Regional office for SEE

ЕПТИСА - Шпанија, Регионална канцеларија за Југоисточна Европа

ESKAVATORI MK - Skopje, North Macedonia

ЕСКАВАТОРИ МК - Скопје, Северна Македонија

EURO CONSULTING - Skopje, North Macedonia

ЕВРО КОНСАЛТИНГ - Скопје, Северна Македонија

INSTITUTE FOR EARTHQUAKE ENGINEERING AND CLIMATE CHANGES &

ZIM - Skopje, North Macedonia

ИНСТИТУТ ЗА ЗЕМЈОТРЕСНО ИНЖЕНЕРСТВО И КЛИМАТСКИ ПРОМЕНИ &

ЗИМ - Скопје, Северна Македонија

ILINDEN - Struga, North Macedonia

ИЛИНДЕН - Струга, Северна Македонија

KARPOSH A.D. - Skopje, North Macedonia

КАРПОШ А.Д. - Скопје, Северна Македонија

KEDING - Skopje, North Macedonia

КЕДИНГ - Скопје, Северна Македонија

MONTING Engineering - Bitola, North Macedonia
МОНТИНГ Инженеринг - Битола, Северна Македонија

PEIKKO - Finland, subsidiary Slovakia
ПЕИКО - Финска, подружница Словачка

PELAGONIJA - Gostivar, North Macedonia
ПЕЛАГОНИЈА - Гостивар, Северна Македонија

PERI Oplate - Simanovci, Serbia
ПЕРИ Оплати - Шимановци, Србија

PROSTOR - Kumanovo, North Macedonia
ПРОСТОР - Куманово, Северна Македонија

RAPID BILD DOO - Kumanovo, North Macedonia
РАПИД БИЛД ДОО - Куманово, Северна Македонија

SASA Mine - Makedonska Kamenica, North Macedonia
Рудник САСА - Македонска Каменица, Северна Македонија

SINTEK Inzenering - Skopje, North Macedonia
СИНТЕК Инженеринг - Скопје, Северна Македонија

STENTON Construction - Bitola, North Macedonia
СТЕНТОН Градба - Битола, Северна Македонија

USJEPOR - Skopje, North Macedonia
УСЈЕПОР - Скопје, Северна Македонија

ZSF KOM - Skopje, North Macedonia
ЗСФ КОМ - Скопје, Северна Македонија

Media support

Медиумски покровител

PRESING
ПРЕСИНГ

PORTA 3
ПОРТА 3

SCIENTIFIC JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING - SJCE
НАУЧНО СПИСАНИЕ ЗА ГРАДЕЖНИШТВО

**20th INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF MASE
SKOPJE, 28 – 29 SEPTEMBER 2023**

**20^{mu} MEĐUNARODEN SIMPOZIUM NA DГKM
SKOPIJE, 28 – 29 SEPTEMBRI 2023**

**SCIENTIFIC COMMITTEE
HAУЧEH OДBOP**

(in alphabetic order)

(no азбучен редослед)

1. **Grozde ALEKSOVSKI**, Faculty of Civil Engineering,
University "Ss. Cyril and Methodius", Skopje, North Macedonia
Грозде АЛЕКСОВСКИ, Градежен факултет,
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Северна Македонија
2. **Sande ATANASOVSKI**, Faculty of Civil Engineering,
University "Ss. Cyril and Methodius", Skopje, North Macedonia
Санде АТАНАСОВСКИ, Градежен факултет,
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Северна Македонија
3. **Ana BARICEVIC**, Faculty of Civil Engineering,
University of Zagreb, Croatia
Ана Баричевиќ, Градежен факултет,
Универзитет во Загреб, Хрватска
4. **Golubka N. CVETANOVSKA**, Institute of Earthquake Engineering and Engineering
Seismology-IZIIS, University "Ss. Cyril and Methodius", Skopje, North Macedonia
Голубка Н. ЦВЕТАНОВСКА, Институт за земјотресно инженерство и инженерска
сеизмологија-ИЗИИС, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Северна Македонија
5. **Petar CVETANOVSKI**, Faculty of Civil Engineering,
University "Ss. Cyril and Methodius", Skopje, North Macedonia
Петар ЦВЕТАНОВСКИ, Градежен факултет,
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Северна Македонија
6. **Liljana DENKOVSKA**, Faculty of Civil Engineering,
University "Ss. Cyril and Methodius", Skopje, North Macedonia
Лилјана ДЕНКОВСКА, Градежен факултет,
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Северна Македонија
7. **Igor DJOLEV**, Faculty of Technical Sciences,
University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia
Игор Џолев, Факултет за технички науки,
Универзитет во Нови Сад, Србија
8. **Michael FABER**, Department of Civil Engineering, Aalborg University, Denmark
Мајкл ФАБЕР, Оддел за градежништво, Универзитет во Аалборг, Данска
9. **Vladimir GOCEVSKI**, Hydro-Quebec Equipment, Montreal, PQ, Canada
Владимир ГОЦЕВСКИ, Хидро-Квебек, Монтреал, Канада

10. **Rade HAJDIN**, Infrastructure Management Consultants GmbH, Zurich, Switzerland,
Faculty of Civil Engineering, University of Belgrade, Serbia
Раде ХАЈДИН, Инфраструктура Менаџмент Консалтинг GmbH, Цирих, Швајцарија,
Градежен факултет, Универзитет во Белград, Србија
11. **Rüdiger HÖFFER**, Ruhr-University, Bochum, Germany
Рудигер ХОФЕР, Рур Универзитет во Бохум, Германија
12. **Elena DUMOVA JOVANOSKA**, Faculty of Civil Engineering,
University "Ss. Cyril and Methodius", Skopje, North Macedonia
Елена ДУМОВА ЈОВАНОСКА, Градежен факултет,
Универзитет „Св. Кирил и Методиј”, Скопје, Северна Македонија
13. **Mirjana LABAN**, Faculty of Technical Sciences,
University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia
Мирјана ЛАБАН, Факултет за технички науки,
Универзитет во Нови Сад, Србија
14. **Djordje LADJINOVIC**, Faculty of Technical Sciences,
University Novi Sad, Novi Sad, Serbia
Ђорђе ЛАЃИНОВИЌ, Факултет за технички науки,
Универзитет во Нови Сад, Србија
15. **Ljupco LAZAROV**, Faculty of Civil Engineering,
University "Ss. Cyril and Methodius", Skopje, North Macedonia
Љупчо ЛАЗАРОВ, Градежен факултет,
Универзитет „Св. Кирил и Методиј”, Скопје, Северна Македонија
16. **Dusko LUCIC**, Faculty of Civil Engineering,
University of Montenegro, Podgorica, Montenegro
Душко ЛУЧИЌ, Градежен факултет,
Универзитет во Црна Гора, Подгорица, Црна Гора
17. **Mirjana MALESEV**, Faculty of Technical Sciences, University Novi Sad, Novi Sad, Serbia
Мирјана МАЛЕШЕВ, Факултет за технички науки, University of Novi Sad, Serbia
18. **Peter MARK**, Ruhr-University, Bochum, Germany
Питер МАРК, Рур Универзитет во Бохум, Германија
19. **Viktor MARKELJ**, PONTING d.o.o., Maribor, Slovenia
Виктор МАРКЕЉ, ПОНТИНГ д.о.о., Марибор, Словенија
20. **Zlatko MARKOVIC**, Faculty of Civil Engineering, University of Belgrade, Serbia
Златко МАРКОВИЌ, Градежен факултет, Универзитет во Белград, Србија
21. **Goran MARKOVSKI**, Faculty of Civil Engineering,
University "Ss. Cyril and Methodius", Skopje, North Macedonia
Горан МАРКОВСКИ, Градежен факултет,
Универзитет „Св. Кирил и Методиј”, Скопје, Северна Македонија
22. **Miroslav NASTEV**, Natural Resources Canada – Geological Survey of Canada,
Quebec City, Canada
Мирослав НАСТЕВ, Национални ресурси на Канада - Центар за геолошки
истражувања на Канада, Квебек, Канада

23. **Tihomir NIKOLOVSKI**, Faculty of Civil Engineering,
University "Ss. Cyril and Methodius", Skopje, North Macedonia
Тихомир НИКОЛОВСКИ, Градежен факултет,
Универзитет „Св. Кирил и Методиј”, Скопје, Северна Македонија
24. **Svetlana PETKOVSKA ONCEVSKA**, Faculty of Civil Engineering,
University "Ss. Cyril and Methodius", Skopje, North Macedonia
Светлана ПЕТКОВСКА ОНЧЕВСКА, Градежен факултет,
Универзитет „Св. Кирил и Методиј”, Скопје, Северна Македонија
25. **Doncho PARTOV**, University of Structural Engineering and Architecture,
VSU “L. Karavelov”, Sofia, Bulgaria
Дончо ПАРТОВ, Универзитет за градежништво и архитектура,
ВСУ “Љубен Каравелов”, Софија, Бугарија
26. **Ivana BANJAD PEČUR**, Faculty of Civil Engineering, University of Zagreb, Croatia
Ивана БАЊАД ПЕЧУР, Градежен факултет, Универзитет во Загреб, Хрватска
27. **Predrag POPOVIC**, Vice President & Senior Principal,
Wiss Janney, Elstner Associates, Chicago, USA
Предраг ПОПОВИЌ, Потпретседател и Директор,
Елстнер соработници, Чикаго, САД
28. **Vlastimir RADONJANIN**, Faculty of Technical Sciences,
Универзитет во Нови Сад, Србија
Властомир РАДОЊАНИН, Факултет за технички науки,
Универзитет во Нови Сад, Србија
29. **Bosko STEVANOVIC**, Faculty of Civil Engineering,
University of Belgrade, Serbia
Бошко СТЕВАНОВИЌ, Градежен факултет,
Универзитет во Белград, Србија
30. **Veronika SHENDOVA**, Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology-
IZIIS, University "Ss. Cyril and Methodius", Skopje, North Macedonia
Вероника ШЕНДОВА, Институт за земјотресно инженерство и инженерска
сеизмологија-ИЗИИС, Универзитет „Св. Кирил и Методиј”, Скопје, Северна Македонија
31. **Vlatko SHESHOV**, Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology-IZIIS,
University "Ss. Cyril and Methodius", Skopje, North Macedonia
Влатко ШЕШОВ, Институт за земјотресно инженерство и инженерска сеизмологија-
ИЗИИС, Универзитет „Св. Кирил и Методиј”, Скопје, Северна Македонија
32. **Prof. Mladen ULICEVIC**, Faculty of Civil Engineering,
University of Montenegro, Podgorica, Montenegro
Проф. Младен УЛИЧЕВИЌ, Градежен факултет,
Универзитет во Црна Гора, Подгорица, Црна Гора
33. **Ales ZNIDARIC**, Slovenian National Building and Civil Engineering Institute,
Ljubljana, Slovenia
Алеш ЗНИДАРИЌ, Институт за градежништво на Словенија,
Љубљана, Словенија

PROCEEDINGS
20th INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF MASE
ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ
20th МЕЃУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ НА ДГКМ

CONTENT
СОДРЖИНА

MA MASE AWARDS

- MA-1** Ivana DIMITROVA, Kristina MILADINOSKI **1**
**CONSTRUCTION OF BRIDGE AT RIVER VARDAR, BOULEVARD
ASNOM, BRIDGE MIHAJLO APOSTOLSKI**
(MASE AWARD IN THE FIELD OF CONSTRUCTION FOR 2022)
Ивана ДИМИТРОВА, Кристина МИЛАДИНОСКИ
**ИЗВЕДБА НА МОСТ НА РЕКА ВАРДАР НА БУЛЕВАР АСНОМ,
МОСТ МИХАЈЛО АПОСТОЛСКИ**
(ПРИЗНАНИЕ НА ДГКМ ЗА ИЗВЕДБА НА ОБЈЕКТ ЗА 2022)
- MA-2** Cvetanka CHIFLIGANEC **8**
**EXPERIMENTAL RESEARCH AND NUMERICAL ANALYSIS OF
TIMBER-CONCRETE COMPOSITE SLABS AT AMBIENT
TEMPERATURE AND IN FIRE**
(MASE AWARD IN THE FIELD OF SCIENTIFIC RESEARCH FOR 2021)
Цветанка ЧИФЛИГАНЕЦ
**ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИСТРАЖУВАЊЕ И НУМЕРИЧКА
АНАЛИЗА НА СПРЕГНАТИ ПЛОЧИ ОД ДРВО И БЕТОН НА
АМБИЕНТАЛНА ТЕМПЕРАТУРА И ВО ПОЖАР**
(ПРИЗНАНИЕ НА ДГКМ ЗА НАУЧНО ИСТРАЖУВАЊЕ ЗА 2021)
- MA-3** Kristina MILKOVA **22**
**METHODOLOGY FOR DEVELOPMENT OF SEISMIC FRAGILITY
CURVES FOR EXISTING UNREINFORCED MASONRY BUILDINGS**
(MASE AWARD IN THE FIELD OF SCIENTIFIC RESEARCH FOR 2021)
Кристина МИЛКОВА
**МЕТОДОЛОГИЈА ЗА ОПРЕДЕЛУВАЊЕ НА КРИВИ НА
СЕИЗМИЧКА ПОВРЕДЛИВОСТ НА ПОСТОЕЧКИ
СИДАНИ КОНСТРУКЦИИ**
(ПРИЗНАНИЕ НА ДГКМ ЗА НАУЧНО ИСТРАЖУВАЊЕ ЗА 2021)

<u>MA-4</u>	<p>Nikola NAUMOVSKI</p> <p>INTEGRATED METHODOLOGICAL APPROACH TO ANALYSIS OF RAILWAY TRAFFIC VIBRATION IMPACT ON PEOPLE AND FACILITIES (MASE AWARD IN THE FIELD OF SCIENTIFIC RESEARCH FOR 2021)</p> <p>Никола НАУМОВСКИ</p> <p>ИНТЕГРИРАН МЕТОДОЛОШКИ ПРИСТАП ЗА АНАЛИЗА НА ВЛИЈАНИЕТО НА ВИБРАЦИИ ОД ЖЕЛЕЗНИЧКИ СООБРАЌАЈ ВРЗ ЛУЃЕТО И ОБЈЕКТИТЕ (ПРИЗНАНИЕ НА ДГКМ ЗА НАУЧНО ИСТРАЖУВАЊЕ ЗА 2021)</p>	34
<u>MA-5</u>	<p>Sergey CHURILOV, Elena DUMOVA-JOVANOSKA, Maja GOSHEVA, Veronika SHENDOVA, Lidija KRSTEVSKA, Bojan DAMCHEVSKI, Dime JANCHEV</p> <p>EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF REPOINTING ON THE SEISMIC PERFORMANCE OF UNREINFORCED MASONRY STRUCTURES (MASE AWARD IN THE FIELD OF SCIENTIFIC RESEARCH FOR 2022)</p> <p>Сергеј ЧУРИЛОВ, Елена ДУМОВА-ЈОВАНОСКА, Маја ГОШЕВА, Вероника ШЕНДОВА, Лидија КРСТЕВСКА, Бојан ДАМЧЕВСКИ, Диме ЈАНЧЕВ</p> <p>ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИСТРАЖУВАЊЕ НА СЕИЗМИЧКИОТ КАПАЦИТЕТ НА КОНСТРУКЦИИ ОД НЕАРМИРАНА СИДАРИЈА СО ПРЕФУГИРАЊЕ (ПРИЗНАНИЕ НА ДГКМ ЗА НАУЧНО ИСТРАЖУВАЊЕ ЗА 2022)</p>	50
<u>MA-6</u>	<p>Milos STOKUCA</p> <p>IMPROVEMENT OF STRENGTH AND DEFORMABILITY OF STEEL STRUCTURES WITH ROOF AND SANDWICH PANELS (MASE AWARD IN THE FIELD OF SCIENTIFIC RESEARCH FOR 2022)</p> <p>Милош СТОКУЌА</p> <p>СЕНДВИЧ-ПАНЕЛИ ВО ФУНКЦИЈА НА ПОДОБРУВАЊЕ НА ЈАКОСТА И ДЕФОРМАБИЛНОСТА КАЈ ЧЕЛИЧНИ КОНСТРУКЦИИ (ПРИЗНАНИЕ НА ДГКМ ЗА НАУЧНО ИСТРАЖУВАЊЕ ЗА 2022)</p>	64
<u>IP*</u>	<i>INVITED PAPERS</i>	
<u>IP-1</u>	<p>Josip ATALIĆ, Mario UROŠ, Marta ŠAVOR NOVAK, Marija DEMŠIĆ, Maja BANIČEK, Alen KADIĆ, Nika RAKAS, Ivan KOSALEC, Maja MRKONJIĆ</p> <p>2020 EARTHQUAKES IN CROATIA: FROM DAMAGE ASSESSMENT PROCESS TO THE NATIONAL STRATEGIES</p>	78
<u>IP-2</u>	<p>Svetlana BRZEV</p> <p>SEISMIC RESILIENCE OF CONFINED MASONRY BUILDINGS</p>	79

* in alphabetic order of the first author's surname

<u>IP-3</u>	Eleni CHATZI AUGMENTED TWINS: PHYSICS AND DATA IN SUPPORT OF VIRTUALIZING STRUCTURAL SYSTEMS	93
<u>IP-4</u>	Rüdiger HÖFFER FUTURE EUROPEAN STANDARDS FOR THE DETERMINATION OF GENERAL ACTIONS FOR THE DESIGN OF STRUCTURES	94
<u>IP-5</u>	Alper ILKI, Caglar GOKSU, Bilal SARI, Hasan Huseyin AYDOGDU, Cem DEMIR 2023 KAHRAMANMARAŞ EARTHQUAKES AND LESSONS LEARNT TOWARDS BUILDING RESILIENT CITIES WITH A FOCUS ON ISTANBUL	106
<u>IP-6</u>	Peter MARK, Patrick FORMAN, Jannik HOPPE SUSTAINABLE CONCRETE ENGINEERING – STRATEGIES FOR EXISTING AND NEW STRUCTURES	121
<u>IP-7</u>	Marco NOVARIN RESILIENT BRIDGES IN SEISMIC AREAS	122
<u>IP-8</u>	Gerard J. O'REILLY EUROPEAN RESEARCH SYNERGIES TOWARDS LOSS AND RISK-DRIVEN MITIGATION APPROACHES	132
<u>IP-9</u>	Vlatko SHESHOV, and IZIIS team 60 YEARS OF SKOPJE EARTHQUAKE – IZIIS FOR SKOPJE Влатко ШЕШОВ, целиот колектив на ИЗИИС 60 ГОДИНИ ОД СКОПСКИОТ ЗЕМЈОТРЕС - ИЗИИС ЗА СКОПЈЕ	141
<u>IP-10</u>	Tina VEJRUM RECORD LONG-SPAN BRIDGES – FROM GREAT BELT FIXED LINK TO STONECUTTERS AND 1915 ÇANAKKALE	142

RSC* *RESILIENT STRUCTURES AND CITIES*

<u>RSC-1</u>	Maја ANACHKOVA, Simona DOMAZETOVSKA, Viktor GAVRILOSKI, Zlatko PETRESKI ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF SOUND BARRIERS FOR TRAFFIC NOISE CONTROL IN THE CITY OF SKOPJE Маја АНАЧКОВА, Симона ДОМАЗЕТОВСКА, Виктор ГАВРИЛОСКИ, Златко ПЕТРЕСКИ АНАЛИЗА НА ЕФИКАСНОСТА НА ЗВУЧНИТЕ БАРИЕРИ ЗА КОНТРОЛА НА СООБРАЌАЈНАТА БУЧАВА ВО ГРАД СКОПЈЕ	156
---------------------	---	------------

* in alphabetic order of the first author's surname

<u>RSC-2</u>	Roberta APOSTOLSKA, Veronika SHENDOVA, Goran JEKIĆ, Golubka NECEVSKA-CVETANOVSKA, Zivko BOZINOVSKI IZIIS FOR SEISMIC RESILIENT SKOPJE Роберта АПОСТОЛСКА, Вероника ШЕНДОВА, Горан ЈЕКИЋ, Голубка НЕЧЕВСКА- ЦВЕТАНОВСКА, Живко БОЖИНОВСКИ ИЗИИС ЗА СКОПЈЕ ОТПОРНО НА ЗЕМЈОТРЕСИ	164
<u>RSC-3</u>	Sanja AVRAMOSKA DESIGNING RESILIENT URBAN RIVER CORRIDORS: TRENDS IN RIVER REDEVELOPMENT PROJECTS IN THE LAST TWO DECADES	172
<u>RSC-4</u>	Željka BELJKAŠ, Nikola KNEŽEVIĆ, Jasmina ČETKOVIĆ, Bojan ADŽIĆ FACILITY FOR THE STRAY DOGS POPULATION IN VARDAR PLANNING REGION	182
<u>RSC-5</u>	Suzana DRAGANIĆ, Mirjana LABAN, Igor DŽOLEV, Meri CVETKOVSKA FIRE RESILIENCE AND BUILDINGS’ SUSTAINABILITY IN RENOVATION WAVE	192
<u>RSC-6</u>	Kefajet EDIP, Roberta APOSTOLSKA SUSTAINABLE URBAN PLANNING THROUGH SEISMIC RISK ASSESSMENT - CASE STUDY KARPOSH Кефажет ЕДИП, Роберта АПОСТОЛСКА ОДРЖЛИВО УРБАНИСТИЧКО ПЛАНИРАЊЕ ПРЕКУ ПРОЦЕНА НА СЕИЗМИЧКИОТ РИЗИК - ПИЛОТ СТУДИЈА КАРПОШ	200
<u>RSC-7</u>	Dejan JANEV, Darko NAKOV, Toni ARANGJELOVSKI CONCRETE FOR RESILIENT INFRASTRUCTURE: REVIEW OF BENEFITS, CHALLENGES AND SOLUTIONS	208
<u>RSC-8</u>	Milorad JOVANOVSКИ, Igor PESHEVSKI, Jovan Br. PAPIĆ, Andrijana ANDREEVA, Lidija TRPENOVSKA, Julijana STAVREVSKI GEOTECHNICAL ZONNING MAPS – PREREQUISITE FOR DESIGN OF RESILIENT STRUCTURES	220
<u>RSC-9</u>	Goran MICKOVSKI, Ana IVANOVSKA DESKOVA, Jovan IVANOVSKI OLD BUILDINGS NEW POSIBILITIES, CASE STUDY OF INDUSTRIAL BUILDINGS IN SKOPJE	230
<u>RSC-10</u>	Goran MICKOVSKI, Slobodan VELEVSKI, Aleksandar RADEVSKI, Dimitar KRSTESKI PERSPECTIVES FOR INDUSTRY DEVELOPMENT IN SKOPJE	238
<u>RSC-11</u>	Zoran MILUTINOVIC, Radmila SALIC MAKRESKA UN ASSISTANCE AND CONTRIBUTION TO DEVELOPMENT OF EARTHQUAKE ENGINEERING – EUROPEAN AND WORLDWIDE	248
<u>RSC-12</u>	Sandra NEDELJKOVIĆ, Zeljko ZUGIĆ, Mirjana LABAN, Zdravko MAKSIMOVIC RISK REGISTER AS A BASIS FOR SUSTAINABLE PUBLIC INVESTMENTS STRATEGY IN REPUBLIC OF SERBIA	262

<u>RSC-13</u>	Zabedin NEZIRI, Radmila SALIC MAKRESKA COMPARATIVE ANALYSIS OF AVAILABLE EARTHQUAKE CATALOGS FOR THE TERRITORY OF NORTH MACEDONIA AND THE BORDER REGION Забедин НЕЗИРИ, Радмила ШАЛИЌ МАКРЕСКА КОМПАРАТИВНА АНАЛИЗА НА ДОСТАПНИ КАТАЛОЗИ НА ЗЕМЈОТРЕСИ ЗА ТЕРИТОРИЈАТА НА С. МАКЕДОНИЈА И ПОГРАНИЧНИОТ РЕГИОН	268
<u>RSC-14</u>	Vasil PENCHEV, Doncho PARTOV BRIEF CRITICAL ANALYSIS OF THE NORMATIVE SEISMIC INSURANCE OF BUILDINGS IN THE REPUBLIC OF BULGARIA	278
<u>RSC-15</u>	Borjan PETRESKI, Igor GJORGJIEV, Aleksandar ZHUROVSKI THE INFLUENCE OF THE RATIO OF SECTION SIDES OF A RECTANGULAR COLUMN ON SEISMIC RESPONSE OF A RC BUILDING Борјан ПЕТРЕСКИ, Игор ЃОРЃИЈЕВ, Александар ЖУРОВСКИ ВЛИЈАНИЕ НА ДИМЕНЗИИТЕ НА СТРАНИТЕ НА ПРАВОАГОЛНИ СТОЛБОВИ ВРЗ СЕИЗМИЧКИОТ ОДГОВОР НА АБ ЗГРАДА	287
<u>RSC-16</u>	Irina POSTOLOVA, Zlatko ZAFIROVSKI, Meri CVETKOVSKA, Milos KNEZEVIKJ FIRE PROTECTION MEASURES IN TUNNELS Ирина ПОСТОЛОВА, Златко ЗАФИРОВСКИ, Мери ЦВЕТКОВСКА, Милош КНЕЖЕВИЌ МЕРКИ ЗА ЗАШТИТА ОД ПОЖАР ВО ТУНЕЛИ	295
<u>RSC-17</u>	Arthur ROSHI, Golubka NECHEVSKA-CVETANOVSKA, Jordan BOJADJIEV ENHANCING SEISMIC RESILIENCE OF RC BUILDING COLUMNS USING CFRP	305
<u>RSC-18</u>	Zlatko SRBINOSKI, Zlatko BOGDANOVSKI, Filip KASAPOVSKI, Tome GEGOVSKI, Filip PETROVSKI DEFINING REGIONAL GEODYNAMIC PHENOMENA BASED ON MEASUREMENTS IN ACTIVE REFERENCE NETWORKS Златко СРБИНОСКИ, Златко БОГДАНОВСКИ, Филип КАСАПОВСКИ, Томе ГЕГОВСКИ, Филип ПЕТРОВСКИ ДЕФИНИРАЊЕ НА РЕГИОНАЛНИ ГЕОДИНАМИЧКИ ФЕНОМЕНИ ВРЗ ОСНОВА НА МЕРЕЊА ВО АКТИВНИТЕ РЕФЕРЕНТНИ МРЕЖИ	314
<u>RSC-19</u>	Goce TASESKI, Nikola KRSTOVSKI INCREASING CITIES RESILIENCE THROUGH IMPROVED STORM WATER MANAGEMENT Гоце ТАСЕСКИ, Никола КРСТОВСКИ ЗГОЛЕМУВАЊЕ НА ОТПОРНОСТА НА ГРАДОВИТЕ ПРИ ПОДОБРО УПРАВУВАЊЕ СО АТМОСФЕРСКИТЕ ВОДИ	324

NES * *NUMERICAL AND EXPERIMENTAL ANALYSIS OF STRUCTURES*

- NES-1** Aleksandra CHUBRINOVSKA, Denis POPOVSKI, Mile PARTIKOV **332**
ANALYSIS OF FRAMING SYSTEMS FOR BOX SECTIONS WITH DISTORTION EFFECTS
Александра ЧУБРИНОВСКА, Денис ПОПОВСКИ, Миле ПАРТИКОВ
АНАЛИЗА НА СИСТЕМИ НА ВРКУТУВАЊА НА САНДАЧЕСТИ ПРЕСЕЦИ СО ЕФЕКТИ НА ДИСТОРЗИЈА
- NES-2** Anita GJUKAJ, Petar CVETANOVSKI, Ana TROMBEVA GAVRILOSKA **346**
NUMERICAL ANALYSIS OF EXTENDED END-PLATE BOLTED CONNECTION
- NES-3** Vladimir GOCEVSKI **358**
EVALUATION OF HYDROELECTRIC POWERHOUSES FOUNDED ON ALKALI-AGGREGATE REACTION (AAR) AFFECTED CONCRETE
- NES-4** Isidora JAKOVLJEVIĆ, Milan SPREMIĆ, Zlatko MARKOVIĆ **372**
CONCRETE MODELING IN FINITE ELEMENT PUSH-OUT TEST SIMULATIONS
- NES-5** Dejan JANEV, Toni ARANGJELOVSKI, Darko NAKOV, Goran MARKOVSKI, Peter MARK **382**
DYNAMIC BEHAVIOUR OF RC BRIDGES UNDER MOVING LOADS: A SIMPLIFIED NUMERICAL AND ANALYTICAL APPROACH
Дејан ЈАНЕВ, Тони АРАНЃЕЛОВСКИ, Дарко НАКОВ, Горан МАРКОВСКИ, Питер МАРК
ДИНАМИЧКО ОДНЕСУВАЊЕ НА АБ МОСТОВИ ПОД ДЕЈСТВО НА ПОДВИЖНИ НАТОВАРУВАЊА: ПОЕДНОСТАВЕН НУМЕРИЧКИ И АНАЛИТИЧКИ ПРИСТАП
- NES-6** Lisa JUSUFI, Lert TARAVARI, Borjan PETRESKI **395**
INVESTIGATING THE PROBABILISTIC SEISMIC RISK ASSESSMENT PRINCIPLES THROUGH A TYPICAL CASE STUDY
- NES-7** Konstantin KAZAKOV, Lena MIHOVA, Doncho PARTOV **405**
INTERPRETATION OF BURIED ARCH BRIDGE RESPONSE TO SEISMIC IMPACT
- NES-8** Toni KITANOVSKI, Vlatko SHESOV, Julijana BOJADJIEVA, Kemal EDIP, Dejan IVANOVSKI **413**
EFFECTS OF PRE-EXISTING CYCLIC LOADING ON TRIAXIAL MONOTONIC BEHAVIOR
- NES-9** Ivan LUKAČEVIĆ, Ivan ĆURKOVIĆ, Andrea RAJIĆ, Vlaho ŽUVELEK **421**
BENDING RESISTANCE OF COMPOSITE STEEL-CONCRETE FLOOR SYSTEM MADE OF BUILT-UP COLD-FORMED STEEL ELEMENTS

<u>NES-10</u>	Filip MANOJLOVSKI, Zoran RAKICEVIC, Aleksandra BOGDANOVIC, Antonio SHOKLAROVSKI, Angela POPOSKA REPAIR OF REINFORCED CONCRETE COLUMN HINGES BY POLYURETHANE JACKETING Филип МАНОЈЛОВСКИ, Зоран РАКИЌЕВИЌ, Александра БОГДАНОВИЌ, Антонио ШОКЛАРОВСКИ, Ангела ПОПОСКА САНАЦИЈА НА АРМИРАНОБЕТОНСКИ ЈАЗЛИ КАЈ СТОЛБОВИ ПРЕКУ ОПШИВКА СО ПОЛИУРЕТАНСКА СМЕСА	431
<u>NES-11</u>	Marko MARINKOVIĆ, Christoph BUTENWEG, Aleksa MILIJAŠ, Matija GAMS ISOLATION OF INFILL WALLS AS A SOLUTION FOR BOTH MASONRY INFILLS AND RC STRUCTURES: EXPERIMENTAL INVESTIGATION	438
<u>NES-12</u>	Goran MARKOVSKI, Meri CVETKOVSKA, Vukan NJAGULJ, Leonardo MANTA, Marija DOCEVSKA JOVANOVA ANALYSIS OF THE FIRE EXPOSED BRIDGE “BELASICA” IN SKOPJE	448
<u>NES-13</u>	Primož MOŽE LOAD-DEFORMATION BEHAVIOR OF BOLTED BEARING-TYPE CONNECTIONS	449
<u>NES-14</u>	Mladen MUHADINOVIĆ, Duško LUČIĆ PREVIOUS AND FURTHER RESEARCH OF BEAM COLUMN JOINT IN ALUMINIUM STRUCTURES – COLUMN WEB RESISTANCE IN TRANSVERSE COMPRESSION	460
<u>NES-15</u>	Luka NAUMOVSKI, Boris AZINOVIĆ, Tomaž PAZLAR, Matija GAMS PUSHOVER-BASED FRAGILITY ANALYSIS OF MULTI-STOREY CROSS-LAMINATED TIMBER PLATFORM-TYPE BUILDINGS	468
<u>NES-16</u>	Nikola PETROV, Nurzhan SATUOV, Radmila SALIC MAKRESKA UTILIZING AMBIENT NOISE TO EVALUATE POTENTIAL RESONANT CONDITIONS IN SEISMIC EVENTS: A CASE STUDY OF NOVO LISICHE, SKOPJE	476
<u>NES-17</u>	Angela POPOSKA, Zoran RAKICEVIC, Aleksandra BOGDANOVIC, Antonio SHOKLAROVSKI, Filip MANOJLOVSKI NUMERICAL MODELLING OF SELF-CENTERING CONCENTRICALLY BRACED STEEL FRAMES Ангела ПОПОСКА, Зоран РАКИЌЕВИЌ, Александра БОГДАНОВИЌ, Антонио ШОКЛАРОВСКИ, Филип МАНОЈЛОВСКИ НУМЕРИЧКО МОДЕЛИРАЊЕ НА САМОЦЕНТРИРАЧКА ЧЕЛИЧНА РАМКА СО КЛАСИЧНИ ДИЈАГОНАЛИ	486
<u>NES-18</u>	Denis POPOVSKI, Mile PARTIKOV, Ditar MEMEDI EVALUATION OF THE BEHAVIOUR FACTOR FOR COMPOSITE STEEL-CONCRETE MOMENT FRAMES USING NONLINEAR STATIC ANALYSIS Денис ПОПОВСКИ, Миле ПАРТИКОВ, Дитар МЕМЕДИ ЕВАЛУАЦИЈА НА ФАКТОРОТ НА ОДНЕСУВАЊЕ ЗА СПРЕГНАТИ МОМЕНТНИ РАМКИ СО НЕЛИНЕАРНА СТАТИЧКА АНАЛИЗА	494

<u>NES-19</u>	Denis POPOVSKI, Mile PARTIKOV, Ditar MEMEDI ANALYSIS OF STEEL MOMENT FRAME USING NONLINEAR STATIC ANALYSIS Денис ПОПОВСКИ, Миле ПАРТИКОВ, Дитар МЕМЕДИ АНАЛИЗА НА ЧЕЛИЧНА МОМЕНТНА РАМКА СО НЕЛИНЕАРНА СТАТИЧКА АНАЛИЗА	504
<u>NES-20</u>	Nikola POSTOLOV, Riste VOLCHEV, Kristina MILKOVA, Koce TODOROV, Elena DUMOVA-JOVANOSKA SEISMIC VULNERABILITY OF OPEN GROUND FLOOR RC FRAMES WITH MASONRY INFILL Никола ПОСТОЛОВ, Ристе ВОЛЧЕВ, Кристина МИЛКОВА, Коце ТОДОРОВ, Елена ДУМОВА-ЈОВАНОСКА СЕИЗМИЧКА ПОВРЕДЛИВОСТ НА АРМИРАНОБЕТОНСКИ РАМКИ СО ОТВОРЕН ПРВ КАТ И ИСПОЛНА ОД СИДАРИЈА	514
<u>NES-21</u>	Pavle RISTESKI, Denis POPOVSKI, Nikola NISEV, Antonio TOMESKI EXPERIMENTAL AND ANALYTICAL RESEARCH OF THE BEHAVIOUR OF CHEMICAL ANCHORS AS SHEAR CONNECTORS Павле РИСТЕСКИ, Денис ПОПОВСКИ, Никола НИСЕВ, Антонио ТОМЕСКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО И АНАЛИТИЧКО ИСТРАЖУВАЊЕ НА ОДНЕСУВАЊЕ НА ХЕМИСКИ АНКЕРИ КАКО МОЖДАНИЦИ	524
<u>NES-22</u>	Jelena RISTIC, Zijadin GURI, Danilo RISTIC TESTING AND MODELING OF GFRP AND STEEL REINFORCED COLUMNS UNDER CYCLIC BENDING AND VARYING AXIAL LOADS	534
<u>NES-23</u>	Antonio SHOKLAROVSKI, Aleksandra BOGDANOVIC, Zoran RAKICEVIC, Angela POPOSKA, Filip MANOJLOVSKI EXPERIMENTAL TESTS OF BRIDGE STRUCTURES Антонио ШОКЛАРОВСКИ, Александра БОГДАНОВИЌ, Зоран РАКИЌЕВИЌ, Ангела ПОПОСКА, Филип МАНОЈЛОВСКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ИСПИТУВАЊА НА МОСТОВСКИ КОНСТРУКЦИИ	544
<u>NES-24</u>	Nikola SIMOV, Denis POPOVSKI, Nikola NISEV, Antonio TOMESKI EXPERIMENTAL AND ANALITICAL RESEARCH OF THE BEHAVIOR OF MECHANICAL ANCHORS AS SHEAR CONNECTORS	555
<u>NES-25</u>	Angelko STOJANOVSKI, Dragan DUGANOV, Cvetan ZAFIROV, Filip NANEVSKI, Nikola MITOVSKI, Maja BUNDEVSKA, Iva LAZAREVSKA, Tamara GEORGIEVSKA DYNAMIC LOADING OF REINFORCED CONCRETE PILES ON VIADUCT OF JABUCHKI DOL AND BRIDGE ON THE RIVER BLIDESH Ангелко СТОЈАНОВСКИ, Драган ДУГАНОВ, Цветан ЗАФИРОВ, Филип НАНЕВСКИ, Никола МИТОВСКИ, Маја БУНДЕВСКА, Ива ЛАЗАРЕВСКА, Тамара ГЕОРГИЕВСКА ДИНАМИЧКО ТОВАРЕЊЕ НА АРМИРАНОБЕТОНСКИ КОЛОВИ НА ВИЈАДУКТ НА ЈАБУЧКИ ДОЛ И МОСТ НА РЕКА БЛИДЕШ	566

<u>NES-26</u>	Petar SUBOTIĆ, Duško LUČIĆ THE PATH TO AN ANALYTICAL SOLUTION FOR ELASTIC CRITICAL LATERAL TORSIONAL BUCKLING MOMENT FOR I BEAMS WITH BATTEN PLATES	575
<u>NES-27</u>	Leart TARAВARI, Lisa JUSUFI, Borjan PETRESKI, Koce TODOROV PERFORMANCE-BASED ANALYSIS OF A MULTI-STORY AND MULTI-BAY REINFORCED CONCRETE FRAME Леарт ТАРАВАРИ, Лиса ЈУСУФИ, Борјан ПЕТРЕСКИ, Коце ТОДОРОВ АНАЛИЗА БАЗИРАНА НА ПЕРФОРМАНСИ НА ПОВЕЌЕКАТНА И ПОВЕЌЕБРОДНА АРМИРАНОБЕТОНСКА РАМКА	582
<u>NES-28</u>	Leart TARAВARI, Denis POPOVSKI, Mile PARTIKOV COMPARATIVE ANALYSES OF THE DESIGN SEISMIC BEHAVIOR OF CHARACTERISTIC STEEL FRAMES Леарт ТАРАВАРИ, Денис ПОПОВСКИ, Миле ПАРТИКОВ СПОРЕДБЕНИ АНАЛИЗИ НА ПРОЕКТНОТО СЕИЗМИЧКО ОДНЕСУВАЊЕ НА КАРАКТЕРИСТИЧНИ ЧЕЛИЧНИ РАМКИ	592
<u>NES-29</u>	Leart TARAВARI, Koce TODOROV COMPARATIVE ANALYSES OF VARIOUS NONLINEAR MODELLING APPROACHES OF REINFORCED CONCRETE FRAMES Леарт ТАРАВАРИ, Коце ТОДОРОВ СПОРЕДБЕНИ АНАЛИЗИ НА РАЗЛИЧНИ ПРИСТАПИ ЗА НЕЛИНЕАРНО МОДЕЛИРАЊЕ НА АРМИРАНОБЕТОНСКИ РАМКИ	602
<u>NES-30</u>	Marija TODOROVIĆ, Nađa SIMOVIĆ, Ivan GLIŠOVIĆ BENDING BEHAVIOUR OF CROSS LAMINATED TIMBER PANELS MADE FROM LOCALLY SOURCED SPRUCE WOOD	612
<u>NES-31</u>	Antonio TOMESKI, Marko GJORGJIOSKI, Petar JANEV, Sead ABAZI STATIC AND DYNAMIC ANALYSIS OF A SPREAD FOUNDATION ACCORDING TO EUROCODE Антонио ТОМЕСКИ, Марко ЃОРЃИОСКИ, Петар ЈАНЕВ, Сеад АБАЗИ СТАТИЧКА И ДИНАМИЧКА АНАЛИЗА НА ТЕМЕЛ САМЕЦ СПОРЕД ЕВРОКОД	622
<u>NES-32</u>	Zlatko ZAFIROVSKI, Vasko GACEVSKI, Ivona NEDEVSKA, Riste RISTOV, Slobodan OGNJENOVIC, Bojan SUSINOV, Sead ABAZI NUMERICAL ANALYSIS OF A HYDROTECHNICAL TUNNEL IN THE TORANICA MINE ASSEMBLY Златко ЗАФИРОВСКИ, Васко ГАЦЕВСКИ, Ивона НЕДЕВСКА, Ристе РИСТОВ, Слободан ОГЊЕНОВИЌ, Бојан СУСИНОВ, Сеад АБАЗИ НУМЕРИЧКА АНАЛИЗА НА ХИДРОТЕХНИЧКИ ТУНЕЛ ВО СКЛОП НА РУДНИКОТ ТОРАНИЦА	631

CM*

CONTEMPORARY METHODS FOR STRUCTURAL DESIGN AND CONSTRUCTION

- CM-1** Petar JANEV, Marko GJORGJIOSKI, Darko NAKOV, Toni ARANGJELOVSKI **639**
COMPARISON OF DESIGN OF RECTANGULAR CROSS SECTIONS REINFORCED ONLY IN THE TENSION ZONE ACCORDING TO PBAВ/87 AND EUROCODE 2
Петар ЈАНЕВ, Марко ЃОРЃИОСКИ, Дарко НАКОВ, Тони АРАНЃЕЛОВСКИ
СПОРЕДБА НА ДИМЕНЗИОНИРАЊЕ НА ПРАВОАГОЛНИ ПРЕСЕЦИ АРМИРАНИ САМО ВО ЗАТЕГНАТА ЗОНА СПОРЕД ПБАВ/87 И ЕВРОКОД 2
- CM-2** Emil KOCHOVSKI **649**
SKI HUT "TRIFKOVA KOLIBA" MAVROVO – DESIGN OF STEEL FOR THE THIN MOUNTAIN AIR
- CM-3** Marijana LAZAREVSKA, Vasko GACEVSKI **655**
DETERMINATION OF CRITICAL PATH IN FUZZY NETWORK DIAGRAMS
- CM-4** Teodora MIHAJLOVSKA, Elena DUMOVA-JOVANOSKA, Ana TROMBEVA-GAVRILOSKA **661**
FORM-FINDING OF AN ENVELOPE OF A DOUBLE-LAYER SHELL SUBJECTED TO SEISMIC LOADING
Теодора МИХАЈЛОВСКА, Елена ДУМОВА-ЈОВАНОСКА, Ана ТРОМБЕВА-ГАВРИЛОСКА
ПРОНАОЃАЊЕ НА ФОРМА НА ЛУШПИ СО ГОЛЕМИ РАСПОНИ ПОД ДЕЈСТВО НА СЕИЗМИЧКА СИЛА
- CM-5** Ivan MILIĆEVIĆ, Milica VIDOVIĆ, Jelena DRAGAŠ, Branko MILOSAVLJEVIĆ **671**
BEHAVIOUR AND DESIGN OF BOLTED CONNECTORS WITH MECHANICAL COUPLER: AN OVERVIEW
- CM-6** Goran MILUTINOVIĆ, Duško BOBERA **681**
COMPARATIVE ANALYSES OF BRIDGE PIER CAP USING STRUT-AND-TIE AND BEAM MODEL
- CM-7** Jelena MIRJANIĆ, Vladimir ŽIVALJEVIĆ, Igor DŽOLEV, Andrija RAŠETA **691**
INFLUENCE OF NON-LINEAR MATERIAL MODELS ON SEISMIC RESPONSE OF RC BUILDING
- CM-8** Nikola NISEV, Ana TROMBEVA-GAVRILOSKA, Denis POPOVSKI **697**
LIFE CYCLE ASSESSMENT FOR CONSTRUCTION OF AN ENCLOSED SWIMMING POOL
Никола НИСЕВ, Ана ТРОМБЕВА ГАВРИЛОСКА, Денис ПОПОВСКИ
ПРОЦЕНКА НА ЖИВОТЕН ЦИКЛУС ЗА КОНСТРУКЦИЈА НА ЗАТВОРЕН БАЗЕН

* in alphabetic order of the first author's surname

<u>CM-9</u>	Nenad PEČIĆ, Saša STOŠIĆ, Snežana MAŠOVIĆ, Dragan MAŠOVIĆ SHEAR DESIGN OF CIRCULAR CONCRETE SECTIONS ACCORDING TO THE EC2 TRUSS MODEL	707
<u>CM-10</u>	Marija PETKOVSKA, Zlatko ZAFIROVSKI PERFORMANCE EXPERIENCES FOR DIVERSION TUNNELS AT DAMS WITH ACCUMULATION Марија ПЕТКОВСКА, Златко ЗАФИРОВСКИ ИСКУСТВА ПРИ ИЗВЕДБА НА ОПТОЧНИ ТУНЕЛИ КАЈ БРАНИ СО АКУМУЛАЦИЈА	717
<u>CM-11</u>	Emilija RISTOVA, Darko NAKOV INFLUENCE OF SEISMIC HAZARD AND IMPORTANCE CLASS ON THE BEHAVIOR OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURAL ELEMENTS	726
<u>CM-12</u>	Angelko STOJANOVSKI, Toni ARANGJELOVSKI, Denis POPOVSKI, Darko NAKOV COMPARISON OF COMPLETELY AND PARTIALLY CONCRETED COMPOSITE COLUMNS ACCORDING TO EUROCODE 4 Ангелко СТОЈАНОВСКИ, Тони АРАНЃЕЛОВСКИ, Денис ПОПОВСКИ, Дарко НАКОВ СПОРЕДБА НА ЦЕЛОСНО И ДЕЛУМНО БЕТОНИРАНИ СПРЕГНАТИ СТОЛБОВИ ПО ЕВРОКОД 4	736
<u>CM-13</u>	Angelko STOJANOVSKI, Toni ARANGJELOVSKI, Denis POPOVSKI, Darko NAKOV COMPARISON OF CODE FOR DESIGN AND ANALYSIS OF COMPOSITE COLUMNS Ангелко СТОЈАНОВСКИ, Тони АРАНЃЕЛОВСКИ, Денис ПОПОВСКИ, Дарко НАКОВ COMPARISON OF CODE FOR DESIGN AND ANALYSIS OF COMPOSITE COLUMNS	745
<u>CM-14</u>	Nenad STOJCHEVSKI, Jovana VELICHKOVA PROJECT FOR NEW BRIDGES OVER THE ELBE RIVER IN MAGDEBURG Ненад СТОЈЧЕВСКИ, Јована ВЕЛИЧКОВА ПРОЕКТ ЗА НОВИ МОСТОВИ НАД РЕКАТА ЕЛБА ВО МАГДЕБУРГ	755
<u>CM-15</u>	Elena STOKUCA, Marija STOKUCA TERZIEVSKA INSTALLATION OF STEEL TRANSVERSE BEAMS UNDER THE PYLON OF THE RHINE BRIDGE IN LEVERKUSEN Елена СТОКУЌА, Марија СТОКУЌА ТЕРЗИЕВСКА МОНТАЖА НА ЧЕЛИЧНИ ПОПРЕЧНИ НОСАЧИ ПОД ПИЛОН НА МОСТОТ РАЈНА ВО ЛЕВЕРКУЗЕН	761

<u>CM-16</u>	Bojan SUSINOV, Josif JOSIFOVSKI, Sead ABAZI PILE BEARING CAPACITY CALCULATION USING RESULTS FROM STATIC AND DYNAMIC LOAD TESTS ACCORDING TO EUROCODE 7 Бојан СУСИНОВ, Јосиф ЈОСИФОВСКИ, Сеад АБАЗИ НОСИВОСТ НА КОЛОВИ ПРЕСМЕТАНА ОД РЕЗУЛТАТИ ДОБИЕНИ ОД СТАТИЧКО И ДИНАМИЧКО ПРОБНО ИСПИТУВАЊЕ СПОРЕД ЕВРОКОД 7	769
<u>CM-17</u>	Mladen ULIĆEVIĆ, Jovan FURTULA, Ana PETRANOVIĆ EXTRADOSED BRIDGE OVER MORAČA RIVER IN PODGORICA - DESIGN AND CONSTRUCTION	777
<u>CM-18</u>	Todor VACEV, Danijela ĐURIĆ MIJOVIĆ, Miloš MILIĆ, Andrija ZORIĆ ANALYSIS OF WIND ACTION ON CONTAINER STACKS ACCORDING TO EC STANDARDS	785
<u>MRS</u> *	<i>MAINTENANCE, REPAIR AND STRENGTHENING OF STRUCTURES</i>	
<u>MRS-1</u>	Festim ADEMI, Elena DUMOVA-JOVANOSKA, Sergey CHURILOV, Enis JAKUPI SEISMIC RETROFIT OF MASONRY WALLS USING REPOINTING	795
<u>MRS-2</u>	Ana BARIČEVIĆ, Antonija OCELIĆ, Zvezdana MATUZIĆ, Miljenko VUČIĆ SULPHATE RESISTANCE OF WOOD-BIOMASS-ASH INJECTION GROUT	802
<u>MRS-3</u>	Shpresim IBRAIMI, Boris TANESKI, Miroslav NASTEV, Stanislav MILOVANOVIC 1963 SKOPJE EARTHQUAKE: OBSERVED DAMAGE TO BUILDINGS Шпресим ИБРАИМИ, Борис ТАНЕСКИ, Мирослав НАСТЕВ, Станислав МИЛОВАНОВИЌ ЗЕМЈОТРЕСОТ ВО СКОПЈЕ ОД 1963: АНАЛИЗА НА ОШТЕТУВАЊА НА ОБЈЕКТИТЕ	812
<u>MRS-4</u>	Emil KOCHOVSKI ALL ALONG THE WATCHTOWER	822
<u>MRS-5</u>	Nenad KRSTIVOJEVIĆ DESIGN AND SUPERVISION ON THE CONSERVATION WORKS ON THE REHABILITATION OF THE RESIDENCE GEORGIJEVIC	828
<u>MRS-6</u>	Vladan PANTIĆ, Vlastimir RADONJANIN, Mirjana MALEŠEV, Slobodan ŠUPIĆ, Ivan LUKIĆ, Zoran BRUJIĆ THE ASSESSMENT OF THE LOAD-BEARING STRUCTURE OF STADIUM “RFC NOVI SAD”	838

* in alphabetic order of the first author's surname

<u>MRS-7</u>	Predrag POPOVIC ASSESSMENT AND REHABILITATION OF COLLAPSED FIRE DAMAGED CONCRETE STRUCTURES	846
<u>MRS-8</u>	Boško STEVANOVIĆ, Ivan GLIŠOVIĆ, Dragoljub TODOROVIĆ PALACE OF GOLUBAC FORTRESS	855
<u>MRS-9</u>	Borče VELJANOVSKI, Jovan Br. PAPIĆ, Andrea TANEVSKI REGENERATING THE SKOPJE AQUEDUCT Борче ВЕЉАНОВСКИ, Јован Бр. ПАПИЌ, Андреа ТАНЕВСКИ РЕГЕНЕРИРАЊЕ НА АКВАДУКТОТ ВО СКОПЈЕ	863
<u>RDS</u> *	<i>RELIABILITY AND DURABILITY OF STRUCTURES</i>	
<u>RDS-1</u>	Kenneth C. CRAWFORD RC BRIDGE FAILURES IN EARTHQUAKES	873
<u>RDS-2</u>	Sofija DUSHANOVSKA, Aleksandar BOGOEVSKI, Dragan DIMITRIEVSKI, Katerina VELESKA INFLUENCE OF THE ENVIRONMENT ON THE CONCRETE COVER Софија ДУШАНОВСКА, Александар БОГОЕВСКИ, Драган ДИМИТРИЕВСКИ, Катерина ВЕЛЕСКА ВЛИЈАНИЕ НА СРЕДИНАТА ВРЗ ЗАШТИТНИОТ СЛОЈ	883
<u>RDS-3</u>	Elena DUMOVA-JOVANOSKA, Grozde ALEKSOVSKI, Liljana DENKOVSKA, Sergey CHURILOV, Kristina MILKOVA, Simona BOGOEVSKA SEISMIC VULNERABILITY OF PRE-CODE MASONRY BUILDINGS, PROJECT SEISMOWALL Елена ДУМОВА-ЈОВАНОСКА , Грозде АЛЕКСОВСКИ, Лилјана ДЕНКОВСКА, Сергеј ЧУРИЛОВ, Кристина МИЛКОВА, Симона БОГОЕВСКА СЕЙЗМИЧКА ПОВРЕДЛИВОСТ НА СИДАНИ КОНСТРУКЦИИ ПРЕД ПОСТОЕЊЕ ПРОПИСИ ЗА АСЕЙЗМИЧКО ПРОЕКТИРАЊЕ, ПРОЕКТ СЕЙЗМОСИД	890
<u>RDS-4</u>	Radimir FOLIĆ, Zoran BRUJIĆ NEW TENDENCIES IN DESIGNING DURABILITY OF CONCRETE STRUCTURES	896
<u>RDS-5</u>	Visar KRELANI, Muhamet AHMETI, Driton KRYEZIU, Liberato FERRARA, Theodor MENTZIKOFAKIS INCREASED DURABILITY FOR CONCRETE STRUCTURES UNDER SEVERE CONDITIONS BY USING CRYSTALLINE ADMIXTURES	906
<u>RDS-6</u>	Goran MILUTINOVIC, Rade HAJDIN, Ivana ANDRIJANIC, Milos MILOSAVLJEVIC, Marko BAJIC OVERVIEW OF BRIDGE TRAFFIC LOADS IN SERBIA USING B-WIM	917

* in alphabetic order of the first author's surname

RDS-7 Kaltrina SPAHIU 927
CLAY IN BUILDING FACADES

SHM* ***STRUCTURAL HEALTH MONITORING,
PERFORMANCE AND DAMAGE
ASSESSMENT***

SHM-1 Hassan AWADAT SALEM 932
**A COMPARATIVE STUDY ON THE METHODS OF MIXING
THE MODIFIED ASPHALT**

SHM-2 Shpresim IBRAIMI, Stanislav MILOVANOVIC, Grozde ALEKSOVSKI, 941
Boris TANESKI, Zoran ALTIPARMAKOV
**RECONSTRUCTION OF THE XI CENTURY CATHEDRAL CHURCH
AT KALE FORTRESS BITOLA**
Шпресим ИБРАИМИ, Станислав МИЛОВАНОВИЌ, Грозде
АЛЕКСОВСКИ, Борис ТАНЕСКИ, Зоран АЛТИПАРМАКОВ
**РЕКОНСТРУКЦИЈА НА КАТЕДРАЛНА ЦРКВА ОД XI ВЕК НА
ЛОКАЛИТЕТ КАЛЕ БИТОЛА**

SHM-3 Novak JOKSIMOVIĆ, Ljiljana BRAJOVIĆ 951
**CHALLENGES AND POTENTIAL OF FIBER OPTIC SENSORS FOR
STRUCTURAL HEALTH MONITORING OF BRIDGES: A REVIEW**

SHM-4 Mirjana LABAN, Sandra NEDELJKOVIĆ, Željko ŽUGIĆ, Miloš KNEŽEVIĆ 962
POST DISASTER NEEDS ASSESSEMENT METHODOLOGY

SHM-5 Riste VOLCHEV, Nikola POSTOLOV, Koce TODOROV, Ljupcho LAZAROV 973
OVERVIEW OF THE DAMAGES TO THE AQUEDUCT IN SKOPJE

MMT* ***MODERN MATERIALS AND
TECHNOLOGIES FOR SUSTAINABLE
DEVELOPMENT***

MMT-1 Hassan AWADAT SALEM 982
**DEVELOPMENT OF PAVEMENT TEMPERATURE REGRESSION
MODELS AT BRAK, LIBYA**

MMT-2 Olivera BUKVIĆ, Mirjana MALEŠEV, Marijana SERDAR, 990
Suzana DRAGANIĆ, Vlastimir RADONJANIN
**FEASIBILITY OF USING SUNFLOWER HUSK ASH AS AN
ALTERNATIVE ACTIVATOR FOR ALKALI-ACTIVATED SLAG**

MMT-3 Vesna BULATOVIĆ, Tiana MILOVIĆ, Anka STARČEV-ĆURČIN 998
**EVALUATION OF SULFATE RESISTANCE OF CONCRETE WITH
RCA THROUGH LENGTH CHANGE AND THERMAL ANALYSIS**

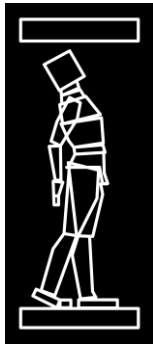
* in alphabetic order of the first author's surname

<u>MMT-4</u>	Radovan CVETKOVIĆ, Stefan CONIĆ, Dragoslav STOJIĆ, Nemanja MARKOVIĆ COMPOSITE STRUCTURES TYPE OF CROSS LAMINATED TIMBER AND CONCRETE	1006
<u>MMT-5</u>	Ksenija JANKOVIĆ, Dragan BOJOVIĆ, Marko STOJANOVIĆ, Anja TERZIĆ, Srboljub STANKOVIĆ THE PROPERTIES OF HEAVYWEIGHT SELF-COMPACTING CONCRETE ON WATER PENETRATION UNDER PRESSURE	1014
<u>MMT-6</u>	Milica JOVANOSKA-MITREVSKA, Todorka SAMARDZIOSKA, Aleksandar MILENKOVIC, Danica BOLJEVIC METAMATERIAL-BASED LIGHTWEIGHT DOUBLE WALL FOR LOW FREQUENCY NOISE REDUCTION Милица ЈОВАНОСКА-МИТРЕВСКА, Тодорка САМАРЏИОСКА, Александар МИЛЕНКОВИЌ, Даница БОЉЕВИЌ ЛЕСЕН ДВОСЛОЕН СИД СО ЗГОЛЕМЕНА ЗВУЧНА ИЗОЛАЦИЈА ВО НИСКОТО ФРЕКВЕНТНО ПОДРАЧЈЕ ПРОЕКТИРАН ВРЗ ОСНОВА НА КОНЦЕПТОТ НА МЕТАМАТЕРИЈАЛИ	1021
<u>MMT-7</u>	Marija MIHAJLOVIĆ, Ljiljana STOŠIĆ MIHAJLOVIĆ GREEN CONSTRUCTION AND GREEN CIRCULAR ECONOMY	1031
<u>MMT-8</u>	Tiana MILOVIĆ, Mirjana MALEŠEV, Ivan LUKIĆ, Vesna BULATOVIĆ, Vlastimir RADONJANIN MECHANICAL, PHYSICAL AND DEFORMATION PROPERTIES OF REPAIR CEMENT-BASED MORTARS CONTAINING ZEOLITE	1042
<u>MMT-9</u>	Stefan Ž. MITROVIĆ, Ivan IGNJATOVIĆ HARDENED PROPERTIES OF 3D PRINTED CONCRETE – EXPERIMENTAL INVESTIGATION	1052
<u>MMT-10</u>	Mihail NAUMOVSKI, Marijana LAZAREVSKA ENVIRONMENT AS AN ASPECT OF LIFE CYCLE ASSESSMENT ANALYSIS TOWARDS SUSTAINABLE BUILDINGS	1065
<u>MMT-11</u>	Marija PETROVA REVIVING VERTICAL LIVING: DEVELOPMENT OF RESIDENTIAL TOWERS IN MACEDONIAN CITIES Марија ПЕТРОВА ЗАЖИВУВАЊЕ НА ДОМУВАЊЕТО ВО ВЕРТИКАЛА: РАЗВОЈОТ НА СТАНБЕНИТЕ КУЛИ ВО МАКЕДОНСКИТЕ ГРАДОВИ	1075
<u>MMT-12</u>	Goce PRANGOVSKI, Suzana ARANGJELOVSKA, Nikola TRPESKI, Marija MENCHEVSKA, Gjorgji GOSHEV INFLUENCE OF WASTE ASH FROM COMBUSTED WOOD BIOMASS ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF CONCRETE Гоце ПРАНГОВСКИ, Сузана АРАНЃЕЛОВСКА, Никола ТРПЕСКИ, Марија МЕНЧЕВСКА, Ѓорѓи ГОШЕВ ВЛИЈАНИЕ НА ПЕПЕЛ ОД СОГОРЕНА ДРВЕНА БИОМАСА ВРЗ ФИЗИЧКО-МЕХАНИЧКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА БЕТОН	1087

- MMT-13** Adriana SALLES, Rand ASKAR, Camila CERVANTES, Luis BRAGANÇA, Meri CVETKOVSKA
CREATING A ROADMAP TOWARDS CIRCULARITY IN THE BUILT ENVIRONMENT 1096
- MMT-14** Todorka SAMARDZIOSKA, Andrea VELKOVA, Ivan NAUMOVSKI
THERMAL PROPERTIES OF SUSTAINABLE CEMENTITIOUS COMPOSITES WITH STRAW 1109
Тодорка САМАРЦИОСКА, Андреа ВЕЛКОВА, Иван НАУМОВСКИ
ТОПЛИНСКИ СВОЈСТВА НА ОДРЖЛИВИ ЦЕМЕНТНИ КОМПОЗИТИ СО СЛАМА
- MMT-15** Dragana STANOJEVIĆ, Vladimir MUČENSKI, Milena SENJAK PEJIĆ, Mirjana TERZIĆ, Panta KRSTIĆ
ANALYSIS OF CARBON FOOTPRINT IN CERTAIN PHASES OF THE CONSTRUCTION PROJECT 1119
- MMT-16** Irina STEFANOVSKA
STIMULATED AUTOGENOUS SELF-HEALING OF CEMENT MATERIALS USING FLY ASH AND CRYSTAL FORMING ADDITIVES 1127
Ирина СТЕФАНОВСКА
СТИМУЛИРАНО АВТОГЕНО САМО-ЗАЛЕКУВАЊЕ НА ЦЕМЕНТНИ МАТЕРИЈАЛИ СО ПРИМЕНА НА ЛЕТЕЧКА ПЕПЕЛ И КРИСТАЛО-ОБРАЗУВАЧКИ АДТИВИ
- MMT-17** Stojanche STOJANOV, Ljubomir TRAJCHEV
WATERPROOFING OF CONCRETE BRIDGES WITH POLYMER-MODIFIED BITUMINOUS MEMBRANES 1137
Стојанче СТОЈАНОВ, Љубомир ТРАЈЧЕВ
ХИДРОИЗОЛАЦИЈА НА БЕТОНСКИ МОСТОВИ СО ПОЛИМЕР-МОДИФИЦИРАНИ БИТУМЕНСКИ ЛЕНТИ
- MMT-18** Marko STOJANOVIĆ, Lana ANTIĆ ARANĐELOVIĆ, Dragan BOJOVIĆ, Ksenija JANKOVIĆ
THE INFLUENCE OF STEEL FIBERS OBTAINED BY RECYCLING WASTE TIRES ON THE PROPERTIES OF CONCRETE 1145
- MMT-19** Milica STOJKOVIĆ, Marina AŠKRABIĆ, Aleksandar RADEVIĆ, Aleksandar SAVIĆ, Dimitrije ZAKIĆ
SOLIDIFIED WASTE WATER TREATED SLUDGE AS PARTIAL REPLACEMENT OF CEMENT IN CONCETE COMPOSITES 1151
- MMT-20** Slobodan ŠUPIĆ, Gordana BROĆETA, Mirjana MALEŠEV, Anđelko CUMBO, Vladan PANTIĆ, Ivan LUKIĆ, Marina LATINOVIĆ
DEVELOPMENT OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY CORN COB ASH BLENDED CEMENT MORTAR 1161
- MMT-21** Arta SYLEJMANI, Ivana BANJAD PEČUR, Bojan MILOVANOVIĆ
PROPERTIES AND CHARACTERISTICS OF EXPANDED POLYSTYRENE INSULATION AND ITS USE IN BUILDINGS 1170

<u>MMT-22</u>	Anja TERZIĆ, Ksenija JANKOVIĆ THE DESIGN OF CEMENTITIOUS COMPOSITES WITH ADVANCED THERMAL PROPERTIES	1183
<u>BIM</u> *	<i>BIM TECHNOLOGIES IN STRUCTURAL ENGINEERING</i>	
<u>BIM-1</u>	Roberta APOSTOLSKA, Lars ABRAHAMCZYK, Ruediger HÖFFER, Davorin PENAVA, Nuno LOPES, Uwe KAHLER, Mahsa MIRBOLAND, Peshawa. L. HASAN, Filip MANOJLOVSKI EDUCATIONAL NETWORK FOR VIRTUAL LABORATORY EXPERIMENTS IN STRUCTURAL ENGINEERING	1189
<u>BIM-2</u>	Sonja CHEREPNALKOVSKA, Dijana LIKAR DIGITALIZATION IN CONSTRUCTION -BIM TECHNOLOGY Соња ЧЕРЕПНАЛКОВСКА, Дијана ЛИКАР ДИГИТАЛИЗАЦИЈА ВО ГРАДЕЖНИШТВОТО- БИМ ТЕХНОЛОГИЈА	1197
<u>BIM-3</u>	Liljana DIMEVSKA SOFRONIEVSKA, Ana TROMBEVA-GAVRILOSKA, Meri CVETKOVSKA, Bojan KARANAKOV, Dobre NIKOLOVSKI THE IMPORTANCE OF COMPUTER SOFTWARE IN BUILDINGS' ENERGY PERFORMANCE ANALYSIS Лилјана ДИМЕВСКА СОФРОНИЕВСКА, Ана ТРОМБЕВА ГАВРИЛОСКА, Мери ЦВЕТКОВСКА, Бојан КАРАНАКОВ, Добре НИКОЛОВСКИ ЗНАЧЕЊЕТО НА КОМПЈУТЕРСКИТЕ СОФТВЕРИ ВО АНАЛИЗАТА НА ЕНЕРГЕТСКИ ПЕРФОРМАНСИ НА ЗГРАДИ	1205
<u>BIM-4</u>	Angel MAČEVSKI, Dušan ROŽIČ, Milan KUHTA PARAMETRIC BIM WORKFLOW FOR BRIDGE DESIGN Ангел МАЧЕВСКИ, Душан РОЖИЧ, Милан КУХТА ПАРАМЕТРИЧЕН БИМ РАБОТЕН ТОК ЗА ПРОЕКТИРАЊЕ МОСТОВИ	1215
<u>BIM-5</u>	Teodora PANAJOTOVIKJ, Silviya PETRESKA, Boban BOJCHEVSKI, Boris TASEVSKI IMPLEMENTATION OF 3D MODELING (BIM) FROM DESIGN TO EXECUTION Теодора ПАНАЈОТОВИЌ, Силвија ПЕТРЕСКА, Бобан БОЈЧЕВСКИ, Борис ТАСЕВСКИ ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА НА 3D МОДЕЛИРАЊЕ (BIM) ОД ФАЗА НА ПРОЕКТИРАЊЕ ДО ИЗВЕДБА	1225
<u>BIM-6</u>	Aleksandar PETROVSKI, Aleksandar ANDJELKOVIC, Roman RABENSEFIER, Norbert HARMATHY COMPARISON OF TOOLS FOR SUSTAINABLE BUILDINGS' DESIGN OPTIMIZATION	1231

* in alphabetic order of the first author's surname



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

NES-28



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

СПОРЕДБЕНИ АНАЛИЗИ НА ПРОЕКТНОТО СЕИЗМИЧКО ОДНЕСУВАЊЕ НА КАРАКТЕРИСТИЧНИ ЧЕЛИЧНИ РАМКИ

Леарт ТАРАВАРИ¹, Денис ПОПОВСКИ¹, Миле ПАРТИКОВ¹

АПСТРАКТ

Во овој труд се презентирани сознанија и истражувања поврзани со процената на сеизмичкото однесување на челичните конструкции со ослабени пресеци на риглите. Првично, со претпоставен фактор на однесување на челичната конструкција, е спроведена линеарна сеизмичка анализа на една карактеристична тробродна, челична рамка. Оваа сеизмичка анализа е спроведена според критериумите на Еврокодот 8. Потоа, во согласност со критериумите на Еврокодот 3 и Еврокодот 8, се извршени димензионирање на рамката, како и ослабување на напречните пресеци на челичните греди. По ослабувањето на пресеците на челичните греди е извршена споредбена анализа на потребните проектни носивости на свиткување и смолкнување на врските греда – столб. Анализите се спроведени во софтверските пакети SAP2000 и ETABS. Со цел да се согледаат разликите во нелинеарното однесување на челичните рамки при дејство на сеизмички влијанија, во последниот, истражувачки дел на трудот се презентирани извршените нелинеарни статички анализи на тробродната челична рамка и на аналогната рамка, со ослабени пресеци на гредите.

Клучни зборови: Челични рамки; Ослабување на напречните пресеци на гредите; Проектно сеизмичко однесување; Нелинеарни статички анализи

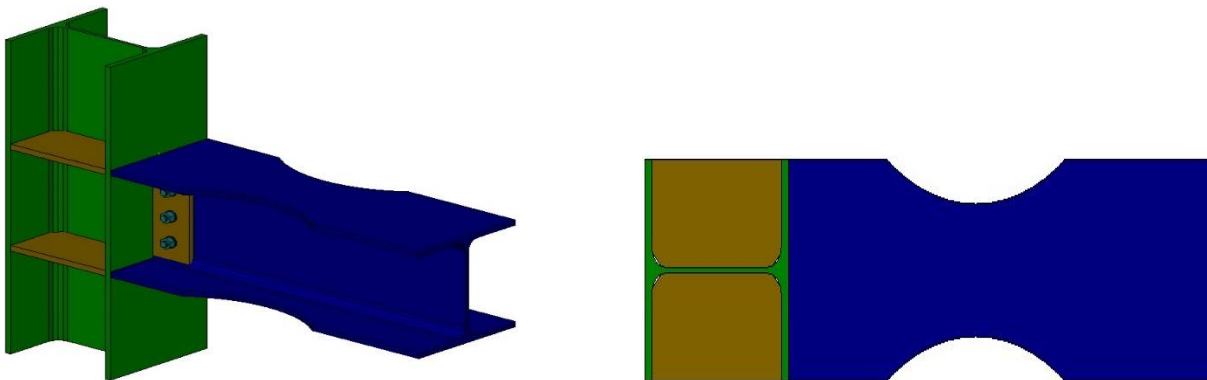
¹ Градежен факултет, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Република Северна Македонија

Автор за контакт: Леарт ТАРАВАРИ, e-mail: leart1taravari@gmail.com

1. ВОВЕД

Еден од фундаменталните принципи на капацитативното проектирање е принципот „јаки столбови – слаби греди“, односно со други зборови, главниот концепт на овој метод се состои во тоа однапред да се изберат дуктилните елементи (најчесто гредите), односно местата каде што би се формирале пластичните зглобови при дејство на силен земјотрес. Овие потенцијални пластични зглобови би претставувале механизми за апсорпција и дисипација на сеизмичката енергија, односно конструкцијата би се спротивставувала на ефектите на земјотресот преку нееластичното однесување на овие дисипативни зони. Се претпоставува дека другите делови на конструкцијата би останале во еластичниот домен на работа за цело време додека трае земјотресот, односно дисипацијата на сеизмичката енергија би требало да се врши во гредите на конструкциите додека столбовите на конструкциите би требало да останат во еластичното подрачје на однесување.

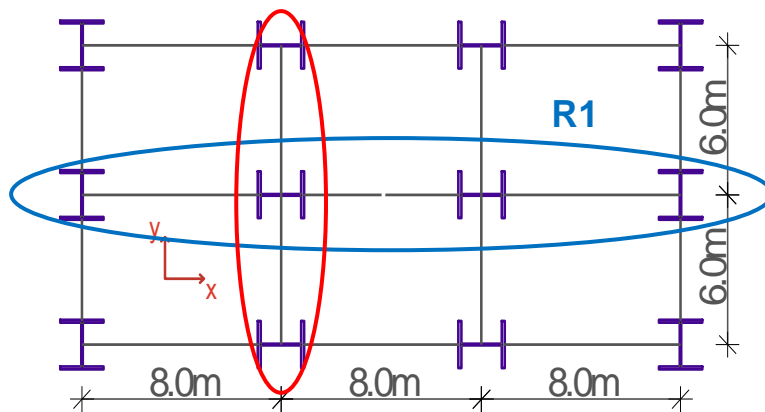
Врските греда – столб се значајни конструктивни елементи што го карактеризираат сеизмичкото однесување на рамовските конструкции. Доколку челичните греди се проектирани како дисипативни елементи, врските греда – столб треба да имаат доволна резервна носивост. Првиот пристап за да имаме дисипација на сеизмичката енергија во челичните греди претставува традиционалниот пристап на зајакнување на врските греда – столб. Главната намена на зајакнувањата на врските е формирањето врска што има поголема носивост од гредата. Вториот пристап овозможува примена на поедноставни врски греда – столб, кои истовремено го задоволуваат критериумот за резервна носивост на недисипативната врска, односно се избегнува појавата на пластични деформации во недисипативната врска, преку ослабување на напречниот пресек на гредата (англ. *Reduced Beam Section* – RBS). Може да се каже дека вториот пристап претставува обратен пристап од претходно спомнатиот пристап (зајакнувањето на врските греда – столб). На овој начин, при дејство на силен земјотрес, се очекува високо ниво на пластични ротации, односно формирање пластични зглобови на краевите на гредата, на местоположбите каде што се ослабени пресеците на челичните греди. Преку дислоцирање на пластичните деформации во ослабениот пресек на челичната греда, се избегнува можноста за појава на крти ломови кај заварените врски помеѓу гредите и столбовите. На сл. 1 е прикажана една карактеристична врска помеѓу челичен столб и челична греда со криволиниско ослабување на пресекот.



Сл. 1. Просторен изглед (лево) и поглед од горе (десно) на карактеристична врска помеѓу челичен столб и челична греда со криволиниско ослабување на пресекот

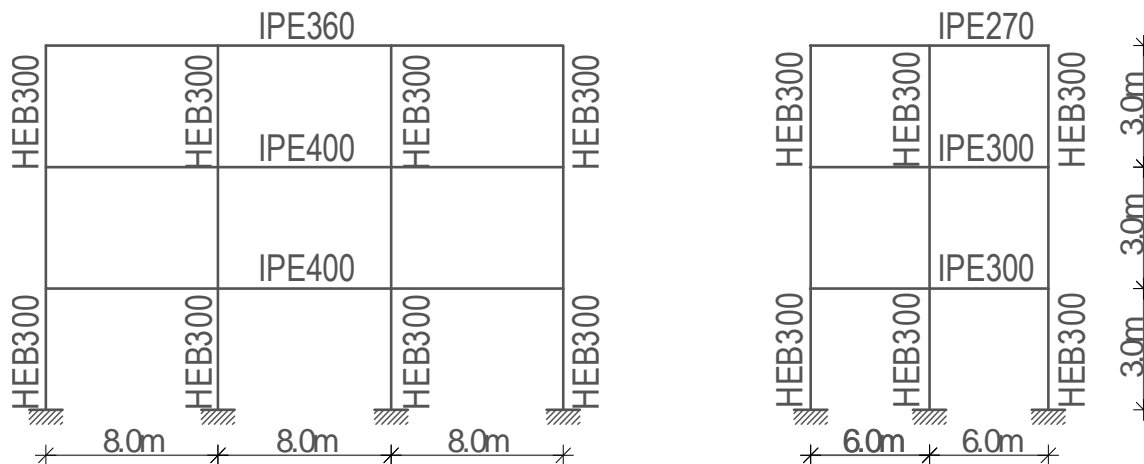
2. АНАЛИЗА И ДИМЕНЗИОНИРАЊЕ НА РАМНИНСКИ МОДЕЛ

Анализираната трикатна рамка е проектирана како тробродна со еднакви распони на гредите од $L=8.0$ m во едно поле и константни катни висини од $h=3.0$ m. Рамката е проектирана да претставува централна рамка од една челична просторна рамовска конструкција (сл. 2). Во понатамошниот текст, оваа рамка е означена како R1. Ориентацијата на челичните столбови е извршена на таков начин што имаме слична вредност на попречната крутост на конструкцијата во попречен и подолжен правец, како и полесно задоволување на барањето за формирање евентуални пластични зглобови во гредите, со цел да се спречи формирањето на катен механизам на лом, согласно Еврокодот 8(1), во внатрешните јазли на конструкцијата поради изложување на појаката оска на столбот на поголема вредност на моментот на свиткување во X-правец.



Сл. 2. Приказ на анализираната челична рамка: R1

Основниот материјал на дисипативните и недисипативните челични елементи на анализираната рамка е S355, со номинална граница на развлекување на челикот $f_y=355 \text{ N/mm}^2$ и номинална граница на кинење од $f_u=510 \text{ N/mm}^2$. Проектната вредност на модулот на еластичност на челикот е земена $E=210000 \text{ N/mm}^2$. Според препораките на Еврокодот 8(1), квантитативната вредност на факторот на резервната носивост е земена $\gamma_{ov}=1.25$. Математичкиот модел на анализираната рамка R1 е направен во софтверскиот пакет SAP2000 (v. 24.1.0). Поради поголемата попречна флексибилност на рамовските челични конструкции, се претпоставува дека челичните греди и челичните столбови се меѓусебно круто поврзани и дека челичните столбови се вклетени во темелната конструкција. При спроведување на анализите, ефектот на спрегање на челичните греди со армиранобетонски меѓукатни конструкции не е земен предвид. Исто така, вреди да се спомне дека е занемарен и ефектот на потенцијалната неармирана и недилатирана исполна врз попречната крутост на анализираната рамка R1. Прелиминарното усвојување на напречните пресеци на челичните греди во попречен правец (X-правец) и подолжен правец (Y-правец) е извршено од задоволување на условите на деформабилност и носивост при дејство на гравитациони товари. На сл. 3, лево, се прикажани усвоените прелиминарни профили на носивите линиски елементи на попречната рамка, R1, додека на сл. 3, десно, се прикажани усвоените прелиминарни профили на подолжните рамки што се означени со црвена боја на сл. 2.



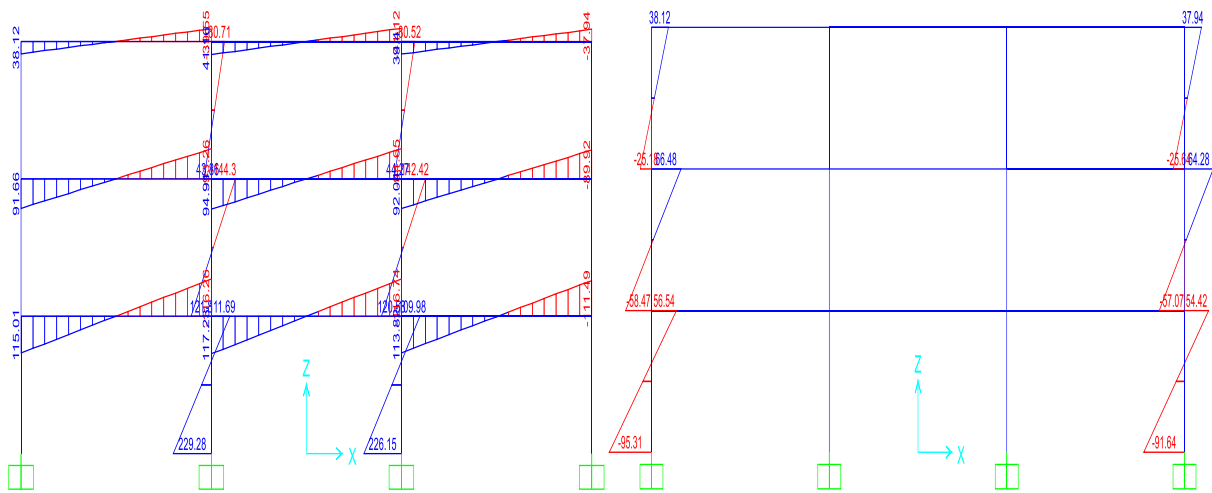
Сл. 3. Усвоените топовалани профили на линиските носиви елементи на попречната рамка, R1 (лево), и подолжните рамки (десно)

2.1. Сеизмичка анализа на рамнинскиот модел

Сеизмичката анализа на рамката R1 е спроведена со еквивалентна статичка анализа која претпоставува дека имаме константна врска меѓу силите и поместувањата и дека имаме непроменливост на граничните услови во текот на сеизмичкото дејство. Се претпоставува дека анализираната рамка припаѓа во класата на средна дуктилност (англ. DCM – *Ductility Class Medium*). Во нашиот случај, за рамовски конструкции што се отпорни на моментите на свиткување, што се регуларни по висината и што припаѓаат во класата на средна дуктилност,

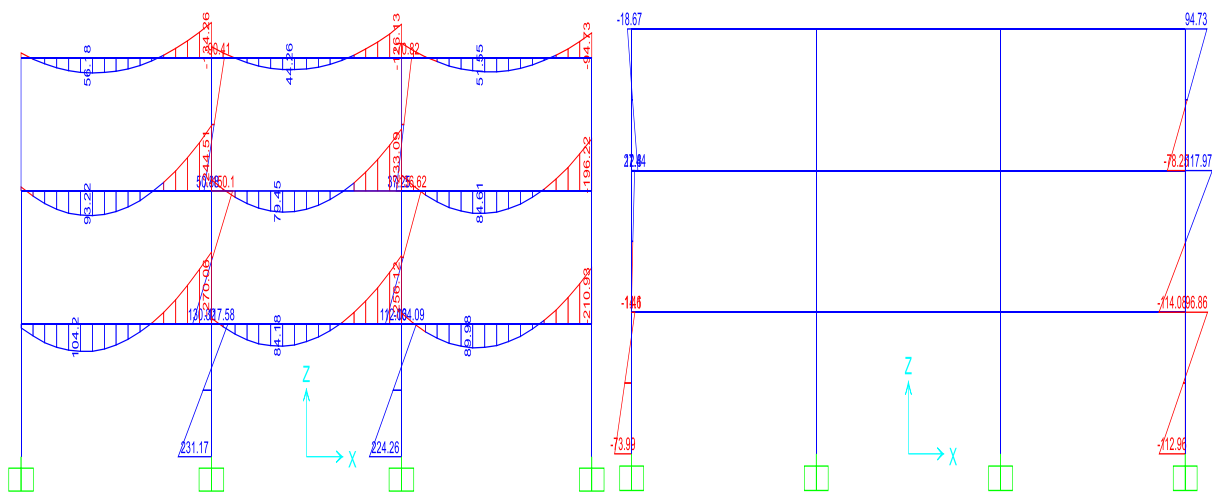
препорачаната максимална вредност на факторот на однесување според табелата 6.2, приложена во Еврокодот 8(1), изнесува $q=4$. За потребите на сеизмичката анализа, користен е еластичниот спектар на одговор од тип 1. Анализираниот конструкција припаѓа во втората класа на важност, која ги содржи вообичаените згради што не припаѓаат во другите категории, и има фактор на важност $\gamma_I=1.00$. При спроведување на сеизмичката анализа на разгледуваната конструкција, максималното проектно забрзување на тлото е земено со вредност од $a_g=\gamma_I a_{gR}=0.25g$. Исто така, се претпоставува дека почвата на која е фундирана анализираниот конструкција припаѓа во категорија на почва B, што одговара за депозити од многу густ песок, чакал или тврди глини.

На сл. 4 се прикажани добиените дијаграми на моментите на свиткување на попречната рамка R1, за проектно сеизмичко дејство (лево кон десно). Да се забележи дека поради различната ориентација на внатрешните и надворешните (периферните) столбови на рамката R1, на сл. 4 се прикажани две слики. Максималните попречни поместувања на челичната рамка R1, од проектните хоризонтални сеизмички сили изнесуваат 3.43 cm. Поради тоа што добиените вредности на коефициентите на осетливост на првиот и вториот кат на рамката R1 се поголеми од 0.1, при глобалната сеизмичка анализа на рамката се земени предвид влијанијата од II ред.



Сл. 4. Добиените дијаграми на моментите на свиткување на рамката R1, за дејство на еквивалентни статички сили (лево кон десно). Мерната единица на квантитативните вредности на моментите на свиткување е: kNm

На сл. 5 се прикажани добиените дијаграми на моментите на свиткување на попречната рамка R1, за товарна комбинација на сеизмичкото дејство со други несеизмички дејства.



Сл. 5. Добиените дијаграми на моментите на свиткување на рамката R1, за товарна комбинација на сеизмичкото дејство со другите несеизмички дејства. Мерната единица на квантитативните вредности на моментите на свиткување е: kNm

За товарна комбинација на сеизмичкото дејство со други несеизмички дејства, е добиено дека максималната вредност на моментот на свиткување изнесува 270.06 kNm и е лоцирана во пресекот непосредно пред втората потпора на хоризонталната челична греда (лево кон десно), во првото ниво (+3.00 m). За истата товарна комбинација е добиено дека максималната вредност на моментот на свиткување на столбовите на рамката R1 изнесува 231.17 kNm и е лоцирана во пресекот непосредно над вклетувањето на вториот столб (лево кон десно), во темелната конструкција. Според Еврокодот 8(1), ефектите од II ред може да се земаат предвид со примена на приближна постапка што се заснова на зголемување на влијанијата од I ред што се добиени преку линеарна еластична анализа од проектните сеизмички дејства. Преку зголемување на добиените статички големини на рамката R1 со факторот $1/(1-\theta)$, е добиено дека претпоставените профили на линиските носиви елементи на попречната рамка R1 (сл. 3) ги задоволуваат потребните контроли. Согласно критериумот на Еврокодот 8(1), дел 6.5.5, дел 3, за случајот на недисипативни врски остварени со помош на аголни завари или завртки, е добиено дека потребната проектна носивост на свиткување на врската греда IPE400 – столб HEV300 изнесува 638.3 kNm. Исто така, е добиено дека потребната проектна носивост на смолкнување на врската греда IPE400 – столб HEV300 изнесува 263.1 kN.

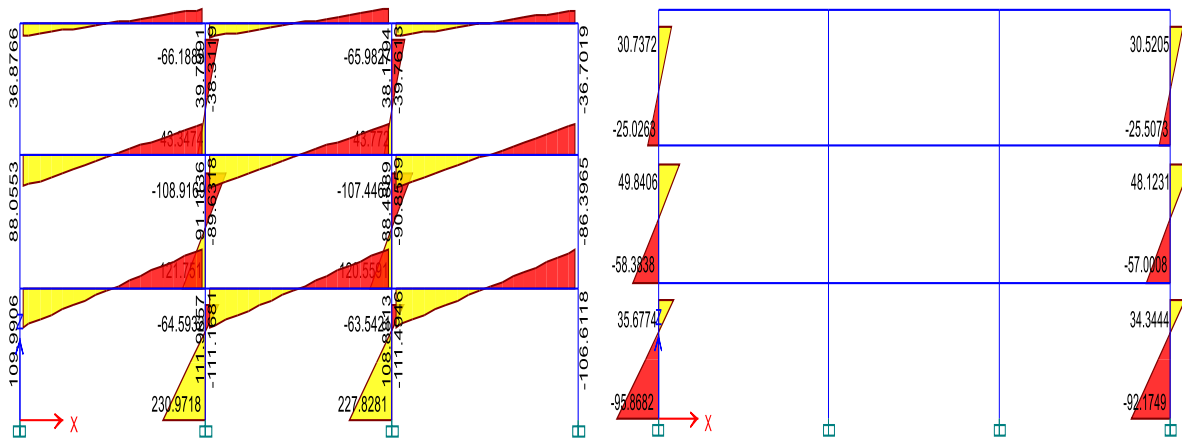
2.2. Споредбена анализа со аналогниот рамнински модел (рамка R1) со ослабени пресеци на риглите

За да имаме споредба на анализите, извршено е ослабување на пресеците на челичните греди (IPE400 и IPE360) на попречната рамка R1. Во согласност со препораките на Еврокодот 8(3), пресметани се димензиите на ослабувањето на пресеците на челичните греди на рамката R1. Од спроведените анализи е добиено дека поради ослабувањето на пресекот на челичната греда, потребната проектна носивост на свиткување на врската греда IPE400 – столб HEV300 се намалува од 638.3 kNm во 511.21 kNm, односно е добиено дека имаме редуција од 24.86%. Аналогно е добиено дека потребната проектна носивост на смолкнување на врската греда IPE400 – столб HEV300 се намалува од 263.1 kN во 218.42 kN, односно е добиено дека имаме редуција од 20.45%. За врската во најгорното ниво на рамката R1, греда IPE360 – столб HEV300, доколку се врши ослабување на пресекот на гредата, редуциите на потребните проектни носивости на свиткување и смолкнување изнесуваат 27.45% и 21.42%, соодветно.

Следно се прикажани добиените резултати од линеарната (еквивалентната) статичка анализа на рамката R1, со ослабени напречни пресеци на гредите. Линеарните статички анализи на челичната рамка R1, со ослабени пресеци на гредите, се спроведени во софтверскиот пакет ETABS (v. 20.3.0). За потребите на линеарните статички анализи, распределбата и интензитетите на хоризонталните проектни сеизмички сили на рамката R1, со ослабени напречни пресеци на гредите, се исти како распределбата и интензитетите на проектните сеизмички сили на рамката R1, со неослабени напречни пресеци на гредите. Вреди да се спомне дека за линеарните статички анализи на рамката R1 со ослабени напречни пресеци на гредите е претпоставен ист фактор на однесување како за линеарните статички анализи на рамката R1 со неослабени пресеци на гредите ($q=4$), иако за рамките со ослабени пресеци на гредите се очекува поголема квантитативна вредност на факторот на однесување, односно поголемо редуцирање на еластичниот спектар на одговор, што значи поголемо редуцирање на проектните сеизмички сили.

На сл. 6 се прикажани добиените дијаграми на моментите на свиткување на попречната рамка R1, со ослабени напречни пресеци на гредите, за проектно сеизмичко дејство (лево кон десно). Од сл. 6 може да се забележи дека поради ослабувањето на напречните пресеци на гредите на рамката R1, при дејство на проектните хоризонтални сеизмички сили се добиваат нешто помали проектни вредности на моментите на свиткување во пресеците на гредите над потпорите, од добиените вредности на моментите на свиткување во аналогните пресеци на гредите на неослабената рамка R1, при ист товарен случај (сл. 4). На пример, максималната добиена вредност на моментот на свиткување на гредата (IPE400) на неослабената рамка R1, која е лоцирана во пресекот непосредно после втората потпора на хоризонталната челична греда (лево кон десно), во првото ниво (+3.00 m), е редуцирана од 117.22 kNm на 111.98 kNm, односно имаме редуцирање на проектната вредност на моментот на свиткување на гредата од 4.47%. Освен во

пресеците непосредно над вклетувањето во темелната конструкција, во сите други критични пресеци на столбовите при дејство на еквивалентните статички сили, имаме редуција на проектните вредности на моментите на свиткување во случајот на челичната рамка R1 со ослабени напречни пресеци на гредите.



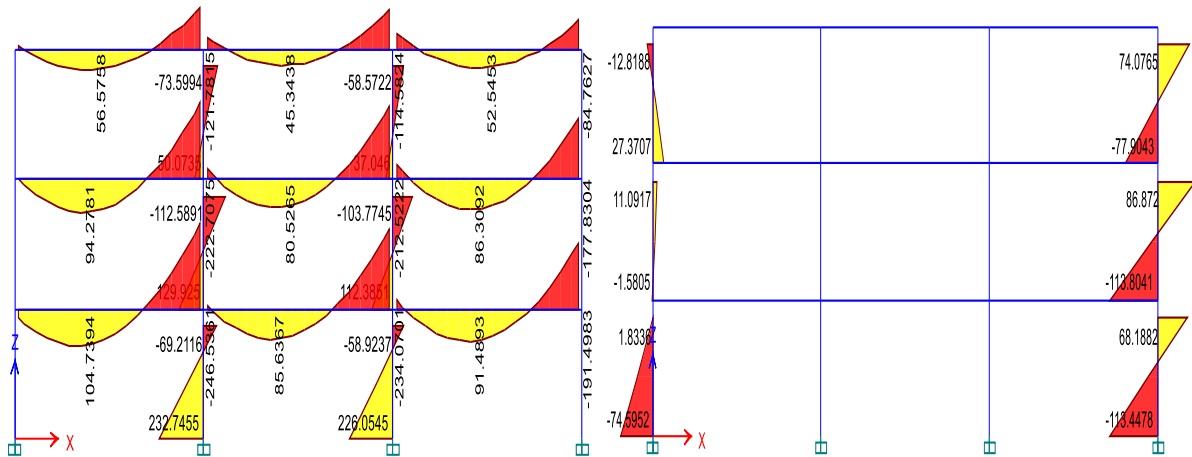
Сл. 6. Добиените дијаграми на моментите на свиткување на рамката R1, со ослабени напречни пресеци на гредите, за дејство на еквивалентни статички сили (лево кон десно). Мерната единица на квантитативните вредности на моментите на свиткување е: kNm

Максималните попречни поместувања на рамката R1 со ослабени напречни пресеци на гредите, од дејство на проектни хоризонтални сеизмички сили изнесуваат 3.49 cm. Може да се забележи дека кај рамката R1 со ослабени напречни пресеци на гредите, имаме пораст на интензитетот на попречни поместувања од дејството на проектни хоризонтални сеизмички сили од 1.75%, што укажува дека поради ослабувањето на напречните пресеци на гредите, еластичната попречна крутост на рамката R1 не е значително редуцирана, а како последица и коефициентите на осетливост по висината на рамката R1 со ослабени напречни пресеци на гредите, се зголемуваат за приближно 1.75%, што е занемарително малку.

На сл. 7 се прикажани добиените дијаграми на моментите на свиткување на попречната рамка R1, со ослабени напречни пресеци на гредите, за товарна комбинација на сеизмичкото дејство со други несеизмички дејства. Од сл. 7 може да се забележи дека поради ослабувањето на напречните пресеци на гредите на рамката R1, за товарна комбинација на сеизмичкото дејство со други несеизмички дејства се добиваат нешто помали проектни вредности на моментите на свиткување во пресеците на гредите над потпорите, од добиените вредности на моментите на свиткување во аналогните пресеци на гредите на неослабената рамка R1, при ист товарен случај (сл. 5). На пример, максималната добиена вредност на моментот на свиткување на гредата (IPE400) на неослабената рамка R1, која е лоцирана во пресекот непосредно пред втората потпора на хоризонталната челична греда (лево кон десно), во првото ниво (+3.00 m), е редуцирана од 270.06 kNm на 246.54 kNm, односно имаме редуцирање на проектната вредност на моментот на свиткување на гредата од 8.70%. При оваа товарна комбинација, добиените проектни вредности на максималните моменти на свиткување на гредите на ослабената рамка во поле имаат мал раст од добиените проектни вредности на моментите на свиткување во аналогните пресеци на гредите на неослабената челична рамка R1.

Од сл. 5 и 7, може да се забележи дека имаме мало зголемување на добиените вредности на моментите на свиткување во столбовите, во пресеците непосредно над вклетувањето во темелната конструкција. На пример, максималната добиена вредност на моментот на свиткување на внатрешните столбови на неослабената рамка R1, која е лоцирана во пресекот непосредно над вклетувањето на вториот столб (лево кон десно), во темелната конструкција, е зголемена од 231.17 kNm на 232.74 kNm. Другите критични пресеци на столбовите на ослабената рамка R1, при товарна комбинација на сеизмичкото дејство со други несеизмички дејства, имаат помали проектни вредности на моментите на свиткување од добиените проектни вредности на

моментите на свиткување во аналогните пресеци на столбовите на неослабената челична рамка R1.

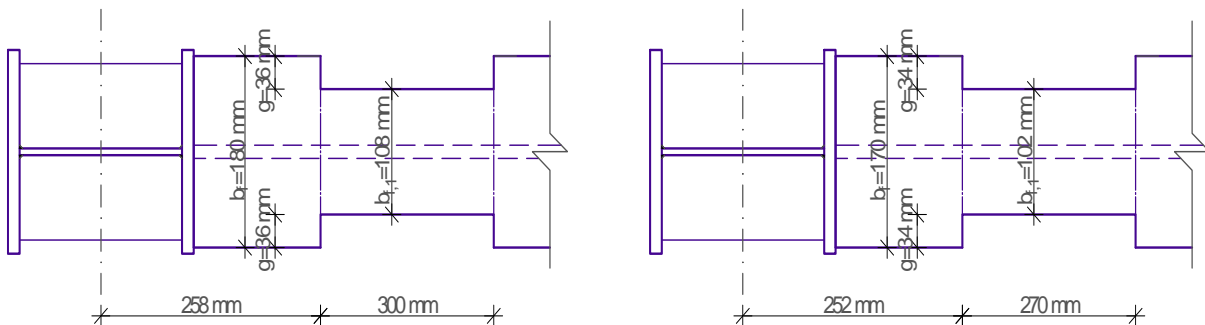


Сл. 7. Добиените дијаграми на моментите на свиткување на рамката R1, со ослабени напречни пресеци на гредите, за товарна комбинација на сеизмичкото дејство со другите несеизмички дејства. Мерната единица на квантитативните вредности на моментите на свиткување е: kNm

3. НЕЛИНЕАРНИ СТАТИЧКИ АНАЛИЗИ НА ЧЕЛИЧНИТЕ ТРОБРОДНИ РАМКИ

Во овој дел на на трудот е извршена споредбена анализа на проектното сеизмичко однесување на рамката R1 и проектното сеизмичко однесување на аналогната рамка, но со ослабени пресеци на гредите. За да се проценат проектните сеизмички однесувања на двете рамки, се спроведени нелинеарни статички анализи. Распределбата на попречните товари (P_i) по висината на рамката R1 и по висината на рамката R1, со ослабени напречни пресеци на гредите, е извршена според доминантната тонова форма, и тоа според триаголна промена на поместувањата и според рамномерна промена на поместувањата по висината. Овие карактеристични распределби на попречните товари се предложени и во Еврокодот 8(1). Заради геометриска и материјална симетрија на рамките, попречните сили се нанесени во едниот правец на рамките (од лево кон десно). За потребите на нелинеарните статички анализи на рамката R1 и на аналогната рамка со ослабени напречни пресеци на гредите, се изработени нелинеарни математички модели во софтверскиот пакет SAP2000 (v. 24.1.0).

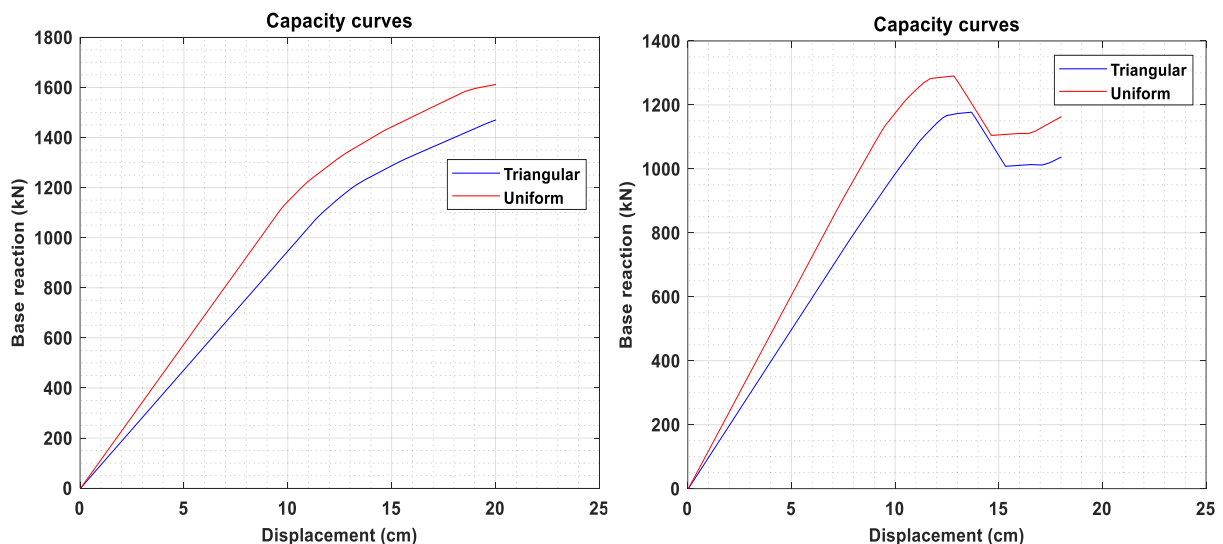
Линиските конечни елементи, преку кои се моделирани челичните греди на ослабената рамка R1, се дискретизирани на пет сегменти (сл. 8). Со цел да се моделира пореалното нелинеарно однесување на челичната рамка со ослабени напречни пресеци на гредите, сегментот кој го претставува редуцираниот дел на гредата има константна ширина што е еднаква на минималната ширина на гредата при криволиниско ослабување на гредата ($b_f \cdot 2 \cdot g = b_f \cdot 2 \cdot 0.20 \cdot b_f$). Должината на сегментот кој го претставува редуцираниот дел на гредата е дефинирана според препораките што се предложени во Еврокодот 8(3) ($b = 0.75 \cdot d_b$) [1]. Сегментите на гредите од челото на столбовите до почетокот на ослабувањето на гредите се моделирани како апсолутно крути.



Сл. 8. Дискретизацијата на пет сегменти на линиските конечни елементи на гредите IPE400 (лево) и на гредите IPE360 (десно), на рамката R1 со ослабени напречни пресеци на гредите

Местоположбите на генерирање на пластичните зглобови во ослабените челични греди се дефинирани во средините на должините на сегментите кои ги претставуваат редуцираните делови на гредите. За спроведување на „pushover“ анализите, потребно е дефинирање на карактеристиките на пластичните зглобови што би се генерирале на краевите на конструктивните елементи на конструкцијата (каде што би се очекувале максимални моменти на свиткување при дејство на сеизмички сили), односно дефинирањето на зависностите момент – кривина на критичните пресеци на конструктивните елементи. Карактеристиките на пластичните зглобови се автоматски пресметани според критериумите предложени во табела 9-7.1, во правилникот ASCE 41-17 (англ. ASCE – *American Society of Civil Engineers*), за моделирање на нелинеарното однесување на челични елементи. За спроведување на нелинеарните статички анализи на рамката R1 со ослабени напречни пресеци на гредите, целното попречно поместување е земено со иста вредност како за нелинеарните статички анализи на рамката R1 со неослабени пресеци на гредите ($2\% \cdot H = 2\% \cdot 900 = 18.0 \text{ cm}$).

На сл. 9 се прикажани добиените криви на капацитет (P- δ криви) при монотонно попречно товарирање лево кон десно, на рамката R1 (лево) и добиените аналогни криви на капацитет на рамката R1, со ослабени пресеци на гредите (десно). Кривата на капацитет, како основен излезен податок на „pushover“ анализата, ги прикажува линеарната и нелинеарната зависност (по првото течење) меѓу силата на смолкнување во основата и попречното поместување на врвот на конструкцијата, иако во принцип може да се одберат која било сила и кое било поместување на конструкцијата.

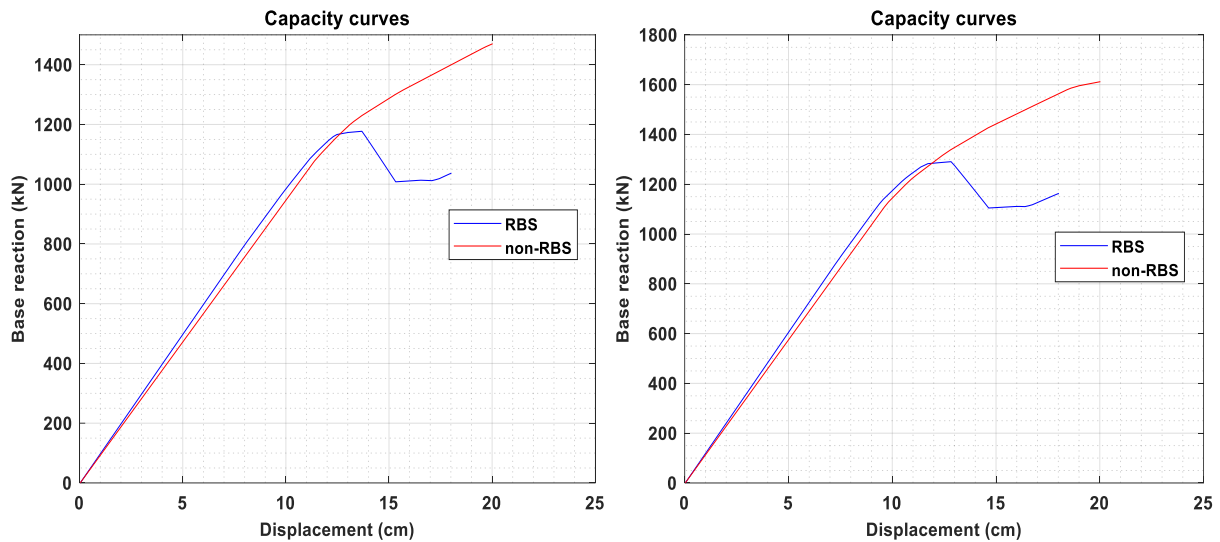


Сл. 9. Добиените криви на капацитет (P- δ криви) на попречната рамка R1 при триаголна (сино) и рамномерна (црвено) шема на попречно товарирање (лево) и добиените криви на капацитет на попречната рамка R1 со ослабени напречни пресеци на гредите, при триаголна (сино) и рамномерна (црвено) шема на попречно товарирање (десно)

Од сл. 9, може да се забележи дека при рамномерна шема на попречно товарирање, рамката R1 со неослабени и ослабени напречни пресеци на гредите покажува поголема еластична попречна крутост од случајот при триаголна шема на попречно товарирање. Од добиените криви на капацитет за случајот на рамка со ослабени напречни пресеци на гредите (сл. 9, десно), може да се види дека и во двата случаи на попречно товарирање не се достигнати целните попречни поместувања. Во случајот на распределба на попречниот товар според рамномерна форма на поместувањата, рамката R1 со ослабени напречни пресеци на гредите покажува поголема ултимативна попречна носивост во споредба со случајот на распределба на попречниот товар според триаголна форма на поместувањата. Во случајот на распределба на попречниот товар според рамномерна форма на поместувањата, рамката R1 со ослабени напречни пресеци на гредите започнува да тече при попречна сила од 875.5 kN, која предизвикува попречни поместувања на рамката од приближно 7.23 cm. Во случајот на распределба на попречниот товар според триаголна форма на поместувањата рамката R1 со ослабени напречни пресеци на гредите

започнува да тече при попречна сила од 773.7 kN, која предизвикува попречни поместувања на рамката од приближно 7.76 cm.

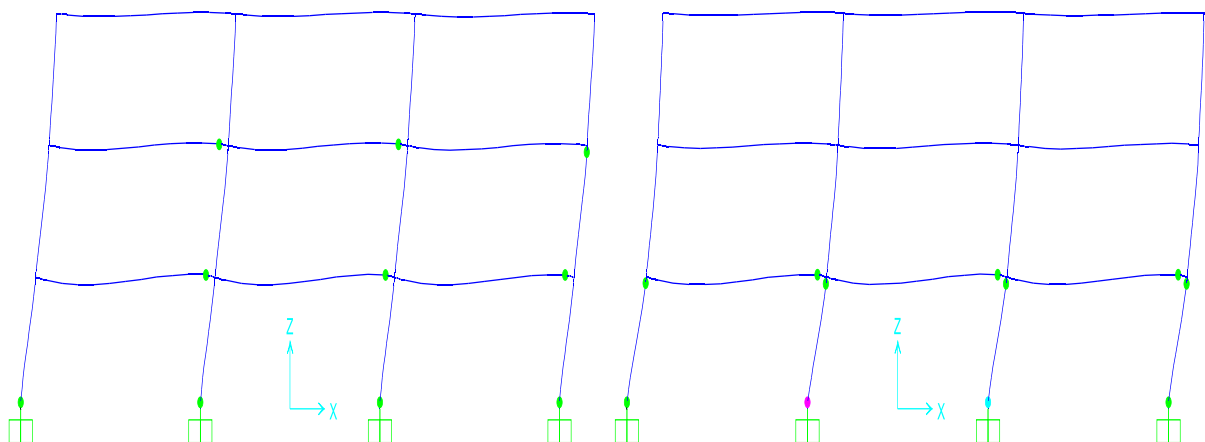
На сл. 10 се дадени споредбени прикази на добиените криви на капацитет (P- δ криви) при монотонно попречно товариње лево кон десно, при триаголна шема на попречно товариње на рамката R1 и на аналогната рамка, со ослабени пресеци на гредите (лево) и на добиените криви на капацитет при монотонно попречно товариње лево кон десно, при рамномерна шема на попречно товариње на рамката R1 и на аналогната рамка, со ослабени пресеци на гредите (десно).



Сл. 10. Добиените криви на капацитет (P- δ криви) на попречната рамка R1 (црвено) и на попречната рамка R1 со ослабени напречни пресеци на гредите (сино), при триаголна шема на попречно товариње (лево) и добиените криви на капацитет на попречната рамка R1 (црвено) и на попречната рамка R1 со ослабени напречни пресеци на гредите (сино), при рамномерна шема на попречно товариње (десно)

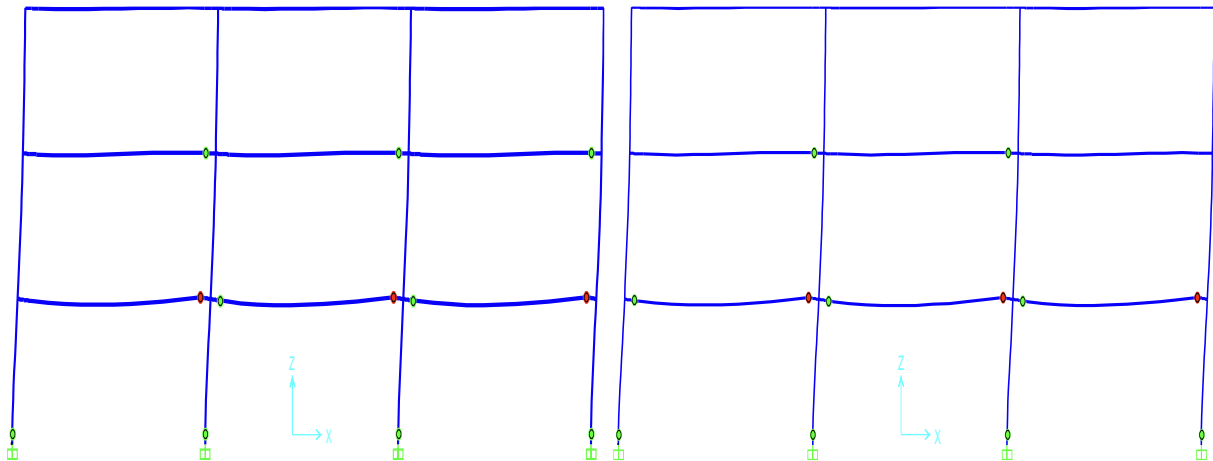
Од сл. 10 може да се забележи дека еластичните попречни крутости на неослабената и ослабената тробродна рамка R1, се приближно еднакви при двете шеми на попречно товариње. Може да се забележи дека и во двата случаи на попречно товариње, рамката R1 со ослабени напречни пресеци на гредите започнува да тече при помали износи на попречните товари и на попречните поместувања. Исто така, и во двата случаи на попречно товариње, рамката R1 покажува помала ултимативна попречна носивост во случајот на ослабување на напречните пресеци на гредите, во споредба со случајот при неослабени греди.

На сл. 11 се прикажани добиените дистрибуции на пластични зглобови при достигнување на целните попречни поместувања на рамката R1, со неослабени напречни пресеци на гредите.



Сл. 11. Распределбата на пластичните зглобови на рамката R1 со неослабени напречни пресеци на гредите при достигнување на целните попречни поместувања, при монотонно попречно товариње (лево кон десно) според триаголна (лево) и според рамномерна (десно) промена на поместувањата

На сл. 12 се прикажани добиените дистрибуции на пластични зглобови при формирање на механизми на лом во рамката R1, со ослабени напречни пресеци на гредите.



Сл. 12. Распределбата на пластичните зглобови на рамката R1 со ослабени напречни пресеци на гредите при формирање на механизам на лом и при монотонно попречно товарање (лево кон десно) според триаголна (лево) и според рамномерна (десно) промена на поместувањата

4. ЗАКЛУЧОЦИ

Во овој труд се презентирани сознанија и истражувања поврзани со процената на сеизмичкото однесување на челичните конструкции со ослабени пресеци на риглите. Од анализите и од обработката на резултатите се донесени одредени заклучоци.

По редуцирањето на напречните пресеци на гредите (IPE400 и IPE360), во согласност со критериумите на Еврокодот 8(3), имаме значителни редуцирања на потребната проектна носивост на свиткување на врската греда – столб како и на потребната проектна носивост на смолкнување на аналогната врска.

Од спроведените линеарни (еквивалентни) статички анализи на тробродната рамка R1 со ослабени напречни пресеци на гредите, за товарна комбинација на сеизмичкото дејство со други несеизмички дејства, се добиени помали проектни вредности на моментите на свиткување во пресеците на гредите над потпорите, од добиените проектни вредности на моментите на свиткување во аналогните пресеци на гредите на неослабената рамка R1. Исто така, при товарна комбинација на сеизмичкото дејство со другите несеизмички дејства, е добиено дека освен во пресеците непосредно над вклетувањето во темелната конструкција, во сите други критични пресеци на столбовите на рамката R1 со ослабени напречни пресеци на гредите, имаме редуција на проектните вредности на моментите на свиткување.

И во случајот на ослабување на напречните пресеци на гредите, при рамномерна шема на попречно товарање, рамката R1 покажува поголема еластична попречна крутост. Од добиените криви на капацитет на ослабената и неослабената тробродна рамка R1, и во двете шеми на монотонно попречно товарање, еластичните попречни крутости на рамката се приближно еднакви. Исто така, и во двата случаи на попречно товарање, рамката R1 покажува помала ултимативна попречна носивост во случајот на ослабување на напречните пресеци на гредите, во споредба со случајот при неослабени греди.

Од добиените распределби на пластичните зглобови при двете шеми на монотонно попречно товарање на ослабената и неослабената тробродна рамка R1, е добиено дека во случајот на ослабување на напречните пресеци на гредите имаме поголем развој на пластични деформации во гредите, во споредба со случајот при неослабена рамка R1.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ashilah Chindika. et al. (2020). Comparative study of reduced beam section modelling on SMRF steel structure. Faculty of Engineering. Universitas Indonesia. Jakarta, Indonesia.

