

„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
20TH 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 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} МЕЃУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ НА ДГКМ
СКОПЈЕ, 28 – 29 СЕПТЕМВРИ 2023**

20th International Symposium of MASE was organized by:

20^{mu}от Симпозиум е организиран од:

MACEDONIAN ASSOCIATION OF STRUCTURAL ENGINEERS
ДРУШТВО НА ГРАДЕЖНИ КОНСТРУКТОРИ НА МАКЕДОНИЈА

under the auspices of:

под покровителство на:

MINISTRY OF TRANSPORT AND COMMUNICATIONS OF REPUBLIC
OF NORTH MACEDONIA
МИНИСТЕРСТВО ЗА ТРАНСПОРТ И ВРСКИ НА РЕПУБЛИКА
СЕВЕРНА МАКЕДОНИЈА

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

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

CHAMBER OF CERTIFIED ARCHITECTS AND CERTIFIED ENGINEERS
OF R.N.M. - Skopje
КОМОРА НА ОБЛАСТЕНИ АРХИТЕКТИ И ОБЛАСТЕНИ ИНЖЕНЕРИ
НА Р.С.М. - Скопје

ENGINEERING INSTITUTION OF MACEDONIA
ИНЖЕНЕРСКА ИНСТИТУЦИЈА НА МАКЕДОНИЈА

FACULTY OF ARCHITECTURE, UKIM - Skopje
АРХИТЕКТОНСКИ ФАКУЛТЕТ, УКИМ - Скопје

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, UKIM - Skopje
ГРАДЕЖЕН ФАКУЛТЕТ, УКИМ - Скопје

INSTITUTE FOR EARTHQUAKE ENGINEERING AND ENGINEERING
SEISMOLOGY, UKIM - Skopje
ИНСТИТУТ ЗА ЗЕМЈОТРЕСНО ИНЖЕНЕРСТВО И ИНЖЕНЕРСКА
СЕИЗМОЛОГИЈА, УКИМ - Скопје

INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR BRIDGE AND STRUCTURAL
ENGINEERING - Macedonian national group
МЕЃУНАРОДНА АСОЦИЈАЦИЈА ЗА МОСТОВИ И КОНСТРУКТЕРСКО
ИНЖЕНЕРСТВО - Македонска национална група

MACEDONIAN ASSOCIATION FOR EARTHQUAKE ENGINEERING
МАКЕДОНСКА АСОЦИЈАЦИЈА ЗА ЗЕМЈОТРЕСНО ИНЖЕНЕРСТВО

PUBLIC ENTERPRISE FOR STATE ROADS
ЈАВНО ПРЕТПРИЈАТИЕ ЗА ДРЖАВНИ ПАТИШТА

PUBLIC ENTERPRISE FOR THE MAINTENANCE AND PROTECTION OF HIGHWAY
AND REGIONAL ROADS
ЈАВНО ПРЕТПРИЈАТИЕ ЗА ОДРЖУВАЊЕ И ЗАШТИТА НА МАГИСТРАЛНИ

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):
20^{тиот} 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:

DOJARAN 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

STOKUCA - Skopje, North Macedonia

СТОКУКА - 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^{ma} MEЃУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ НА ДГКМ
СКОПЈЕ, 28 – 29 СЕПТЕМВРИ 2023**

**SCIENTIFIC COMMITTEE
НАУЧЕН ОДБОР**

(in alphabetic order)

(по 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, Монреал, 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 ЈОВАНОВСКА, 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
Ѓорѓе 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

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

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

<u>NES-1</u>	Aleksandra CHUBRINOVSKA, Denis POPOVSKI, Mile PARTIKOV 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	332
<u>NES-2</u>	Anita GJUKAJ, Petar CVETANOVSKI, Ana TROMBEVA GAVRILOSKA NUMERICAL ANALYSIS OF EXTENDED END-PLATE BOLTED CONNECTION	346
<u>NES-3</u>	Vladimir GOCEVSKI EVALUATION OF HYDROELECTRIC POWERHOUSES FOUNDED ON ALKALI-AGGREGATE REACTION (AAR) AFFECTED CONCRETE	358
<u>NES-4</u>	Isidora JAKOVLJEVIĆ, Milan SPREMIĆ, Zlatko MARKOVIĆ CONCRETE MODELING IN FINITE ELEMENT PUSH-OUT TEST SIMULATIONS	372
<u>NES-5</u>	Dejan JANEV, Toni ARANGJELOVSKI, Darko NAKOV, Goran MARKOVSKI, Peter MARK 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	382
<u>NES-6</u>	Lisa JUSUFI, Lert TARAVARI, Borjan PETRESKI INVESTIGATING THE PROBABILISTIC SEISMIC RISK ASSESSMENT PRINCIPLES THROUGH A TYPICAL CASE STUDY	395
<u>NES-7</u>	Konstantin KAZAKOV, Lena MIHOVA, Doncho PARTOV INTERPRETATION OF BURIED ARCH BRIDGE RESPONSE TO SEISMIC IMPACT	405
<u>NES-8</u>	Toni KITANOVSKI, Vlatko SHESOV, Julijana BOJADJIEVA, Kemal EDIP, Dejan IVANOVSKI EFFECTS OF PRE-EXISTING CYCLIC LOADING ON TRIAXIAL MONOTONIC BEHAVIOR	413
<u>NES-9</u>	Ivan LUKAČEVIĆ, Ivan ĆURKOVIĆ, Andrea RAJIĆ, Vlaho ŽUVELEK BENDING RESISTANCE OF COMPOSITE STEEL-CONCRETE FLOOR SYSTEM MADE OF BUILT-UP COLD-FORMED STEEL ELEMENTS	421

<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-ЈОВАНСКА 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>	Learnt TARA VARI, 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>	Learnt TARA VARI, 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>	Learnt TARA VARI, 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

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

* in alphabetic order of the first author's surname

<u>CM-9</u>	Nenad PECIĆ, 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 ULIČEVIĆ, 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-ЈОВАНОВСКА, Грозде АЛЕКСОВСКИ, Лилјана ДЕНКОВСКА, Сергеј ЧУРИЛОВ, Кристина МИЛКОВА, Симона БОГОЕВСКА СЕИЗМИЧКА ПОВРЕДЛИВОСТ НА СИДАНИ КОНСТРУКЦИИ ПРЕД ПОСТОЕЊЕ ПРОПИСИ ЗА АСЕИЗМИЧКО ПРОЕКТИРАЊЕ, ПРОЕКТ СЕИЗМОСИД	890
<u>RDS-4</u>	Radomir 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

<u>RDS-7</u>	Kaltrina SPAHIU CLAY IN BUILDING FACADES	927
---------------------	---	-----

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

<u>SHM-1</u>	Hassan AWADAT SALEM A COMPARATIVE STUDY ON THE METHODS OF MIXING THE MODIFIED ASPHALT	932
<u>SHM-2</u>	Shpresim IBRAIMI, Stanislav MILOVANOVIC, Grozde ALEKSOVSKI, Boris TANESKI, Zoran ALTIPARMAKOV RECONSTRUCTION OF THE XI CENTURY CATHEDRAL CHURCH AT KALE FORTRESS BITOLA Шпресим ИБРАИМИ, Станислав МИЛОВАНОВИЋ, Грозде АЛЕКСОВСКИ, Борис ТАНЕСКИ, Зоран АЛТИПАРМАКОВ РЕКОНСТРУКЦИЈА НА КАТЕДРАЛНА ЦРКВА ОД XI ВЕК НА ЛОКАЛИТЕТ КАЛЕ БИТОЛА	941
<u>SHM-3</u>	Novak JOKSIMOVIĆ, Ljiljana BRAJOVIĆ CHALLENGES AND POTENTIAL OF FIBER OPTIC SENSORS FOR STRUCTURAL HEALTH MONITORING OF BRIDGES: A REVIEW	951
<u>SHM-4</u>	Mirjana LABAN, Sandra NEDELJKOVIĆ, Željko ŽUGIĆ, Miloš KNEŽEVIĆ POST DISASTER NEEDS ASSESSEMENT METHODOLOGY	962
<u>SHM-5</u>	Riste VOLCHEV, Nikola POSTOLOV, Koce TODOROV, Ljupcho LAZAROV OVERVIEW OF THE DAMAGES TO THE AQUEDUCT IN SKOPJE	973

MMT* *MODERN MATERIALS AND TECHNOLOGIES FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT*

<u>MMT-1</u>	Hassan AWADAT SALEM DEVELOPMENT OF PAVEMENT TEMPERATURE REGRESSION MODELS AT BRAK, LIBYA	982
<u>MMT-2</u>	Olivera BUKVIĆ, Mirjana MALEŠEV, Marijana SERDAR, Suzana DRAGANIĆ, Vlastimir RADONJANIN FEASIBILITY OF USING SUNFLOWER HUSK ASH AS AN ALTERNATIVE ACTIVATOR FOR ALKALI-ACTIVATED SLAG	990
<u>MMT-3</u>	Vesna BULATOVIĆ, Tiana MILOVIĆ, Anka STARČEV-ĆURČIN EVALUATION OF SULFATE RESISTANCE OF CONCRETE WITH RCA THROUGH LENGTH CHANGE AND THERMAL ANALYSIS	998

* in alphabetic order of the first author's surname

<u>MMT-4</u>	Radovan CVETKOVIĆ, Stefan CONIĆ, Dragoslav STOJIC, 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

<u>MMT-13</u>	Adriana SALLES, Rand ASKAR, Camila CERVANTES, Luis BRAGANÇA, Meri CVETKOVSKA CREATING A ROADMAP TOWARDS CIRCULARITY IN THE BUILT ENVIRONMENT	1096
<u>MMT-14</u>	Todorka SAMARDZIOSKA, Andrea VELKOVA, Ivan NAUMOVSKI THERMAL PROPERTIES OF SUSTAINABLE CEMENTITIOUS COMPOSITES WITH STRAW Тодорка САМАРЦИОСКА, Андреа ВЕЛКОВА, Иван НАУМОВСКИ ТОПЛИНСКИ СВОЈСТВА НА ОДРЖЛИВИ ЦЕМЕНТНИ КОМПОЗИТИ СО СЛАМА	1109
<u>MMT-15</u>	Dragana STANOJEVIĆ, Vladimir MUČENSKI, Milena SENJAK PEJIĆ, Mirjana TERZIĆ, Panta KRSTIĆ ANALYSIS OF CARBON FOOTPRINT IN CERTAIN PHASES OF THE CONSTRUCTION PROJECT	1119
<u>MMT-16</u>	Irina STEFANOVSKA STIMULATED AUTOGENOUS SELF-HEALING OF CEMENT MATERIALS USING FLY ASH AND CRYSTAL FORMING ADDITIVES Ирина СТЕФАНОВСКА СТИМУЛИРАНО АВТОГЕНО САМО-ЗАЛЕКУВАЊЕ НА ЦЕМЕНТНИ МАТЕРИЈАЛИ СО ПРИМЕНА НА ЛЕТЕЧКА ПЕПЕЛ И КРИСТАЛО-ОБРАЗУВАЧКИ АДИТИВИ	1127
<u>MMT-17</u>	Stojanche STOJANOV, Ljubomir TRAJCHEV WATERPROOFING OF CONCRETE BRIDGES WITH POLYMER-MODIFIED BITUMINOUS MEMBRANES Стојанче СТОЈАНОВ, Љубомир ТРАЈЧЕВ ХИДРОИЗОЛАЦИЈА НА БЕТОНСКИ МОСТОВИ СО ПОЛИМЕР-МОДИФИЦИРАНИ БИТУМЕНСКИ ЛЕНТИ	1137
<u>MMT-18</u>	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
<u>MMT-19</u>	Milica STOJKOVIĆ, Marina AŠKRABIĆ, Aleksandar RADEVIĆ, Aleksandar SAVIĆ, Dimitrije ZAKIĆ SOLIDIFIED WASTE WATER TREATED SLUDGE AS PARTIAL REPLACEMENT OF CEMENT IN CONCETE COMPOSITES	1151
<u>MMT-20</u>	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
<u>MMT-21</u>	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
----------------------	--	-------------

BIM* ***BIM TECHNOLOGIES IN STRUCTURAL ENGINEERING***

<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
---------------------	---	-------------

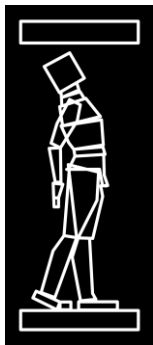
<u>BIM-3</u>	Liljana DIMEVSKA SOFRONIEVSKA, Ana TROMBEVA-GAVRILOSKA, Meri CVETKOVSKA, Bojan KARANAKOV, Dobre NIKOLOVSKI THE IMPORTANCE OF COMPUTER SOFTWARE IN BUILDINGS' ENERGY PERFORMANCE ANALYSIS Лилјана ДИМЕВСКА СОФРОНИЕВСКА, Ана ТРОМБЕВА ГАВРИЛОСКА, Мери ЦВЕТКОВСКА, Бојан КАРАНАКОВ, Добре НИКОЛОВСКИ 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, Silvija 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. Факс 560, 1000 Скопје
Северна Македонија

MASE
MACEDONIAN
ASSOCIATION OF
STRUCTURAL
ENGINEERS

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

NES-1



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

АНАЛИЗА НА СИСТЕМИ НА ВРКУТУВАЊА НА САНДАЧЕСТИ ПРЕСЕЦИ СО ЕФЕКТИ НА ДИСТОРЗИЈА

Александра ЧУБРИНОВСКА¹, Денис ПОПОВСКИ¹, Миле ПАРТИКОВ¹

АПСТРАКТ

„Ние градиме премногу сидови, а нема доволно мостови“ - Исак Њутн. Симболот на мостовите е поврзан со човечките желби и аспирации да се поврзат, да истражуваат, да достигнуваат... сето тоа на крајот го означува внатрешниот татнеж на вечната потрага по смислата на животот, каде сум сега и каде Бог ме води и каде сака да сум...

Некако слеано со горе кажаното мостовските конструкции општо а особено оние со сандачести главни носачи од секогаш биле многу популарни, пред сè поради нивната подобност, подобност која произлегува од високиот степен на торзиона и флексиона крутост. Но, не бивајќи совршени, како што и ништо овоземно не е совршено, несиметричното натоварување кај сандачестите носачи предизвикува појава не само на подолжно свиткување туку и на торзија и дисторзија, двете придружени со појава на витоперење. За тенкосидни носачи, причински последично поврзано со нивната „физиономија“ дисторзијата претставува значајна појава која има влијание врз севкупниот одговор на конструкцијата. Сепак, истражувањата на тема дисторзионен одговор кај сандачестите спрегнати носачи се во лимитиран број поради комплексноста на проблематиката. Воедно, пресекот се отклонува попречно, создавајќи надолжни напрегања кои предизвикуваат намалување на капацитетот на носивоста. Тие напрегања може да се контролираат со помош на вкрстени рамки, но деталите на тие елементи може да станат скапи. Следствено, за спрегнат носач во анализата мора да биде вклучена разликата во крутосните карактеристики помеѓу горниот бетонски појас и долниот челичен појас, преку дефинирање на два различни дисторзиони агли, агли кој логички произлегуваат од деформацијата напречна на пресекот. Па така, преку два пристапи, аналитички детерминиран преку теоријата за тенкосидни носачи и аналогитата-Beam on Elastic Foundation и пристап кој користи метод на конечни елементи со користење на софтверскиот пакет „ABAQUS“, на два различни носачи, чист челичен и спрегнат пресек се воочува начинот на одговор на сандачестите носачи при несиметрично натоварување. Преку што се потврдува важноста од вклучување на крутосните карактеристики на напречната рамка од пресекот.

При тоа, се предлага нов, практичен метод за истражување на дисторзионото одневање на спрегнатите сандачести и воедно се нуди корисна алатка за ефикасно проектирање на вкрстени рамки врз основа на добро познатата теорија BEF со цел да не се намали носивиот капацитет од витоперењето.

Клучни зборови: спрегнати сандачести носачи; агол на дисторзија; витоперење; можданици; носивост на смолкнување; BEF аналогитата.

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

1. ВОВЕД

Од инженерски аспект мостовите секогаш претсатвувале објекти од „посебен“ интерес за самите градитедци. Пред сè поради реалната потреба од нив, потоа поради комплексноста во процесот на совладување на механизмот наречен природниот одговор на конструкцијата на надворешните влијанија, а можеби и поради „велепноста“ која како придавка им е врачена на мостовските конструкции поради самата физиономија. Како и да е, првите две причини со кои се оправдува сериозноста на мостовските конструкции се реални, па така во историјата се правеле напори за да се направи чекор напред во градењето на мостовските конструкции.

Од друга страна мостовските конструкции со сандачести главни носачи од секогаш биле многу популарни, пред сè поради нивната подобност, подобност која произлегува од високиот степен на торзиона и флексиона крутост. Мостовските конструкции со сандачест напречен пресек наоѓаат широка примена, пред сè поради поволниот сооднос помеѓу крутосните карактеристики и сопствената тежина (Schlaich & Scheef, 1982; Chen & Yen, 1980). Но, постојаната тенденција за намалување на димензиите на напречните пресеци, што е од особено значење и за одредени технологии на градење, неизбежно води кон се по вити и по флексибилни конструкции, што како последица има поголем ризик од изразени деформации од дејство на торзија, дисторзија и витоперење.

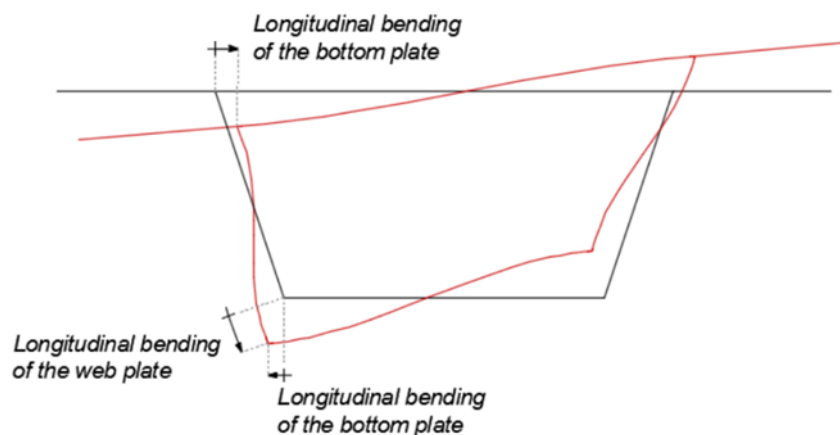
Кај сандачестите носачи со една ќелија, кои се изложени на рамномерен симетричен товар, подолжните напрегања можат да се дефинираат преку влијанијата од подолжното свиткување и евенетуално, при широки појаси, влијанијата од трансверзалните сили. При несиметрично натоварување, рамнинското избочување на напречниот пресек и деформирањето генерираат подолжни деформации, што води кон развој на подолжни напрегања на витоперење. Овие ефекти може да се многу значајни при проектирањето сложени сандачести носачи, особено во случаи на голема витост (ширина – висина) на плочата од напречниот пресек, како и во случаи на дијафрагми кои се флексибилни или се поставени на големо растојание по должината на распонот. Од друга страна, дали станува збор за бетонски предходнонапрегнат пресек, чист челичен или пак спрегнат напречен пресек на сандачестиот носач, има значително влијание во распределбата на напрегања и деформации на ниво на пресек. Сепак, истражувањата на тема дисторзионен одговор кај сандачест спрегнат носач се во лимитиран број поради комплексноста на проблематиката. Дисторзионите нормални напрегања како резултат на витоперење и напречните напрегања на свиткување кои се резултат на дисторзијата може да станат доста значајни без соодветна рестрикција. Тука се согледува важноста да се анализира однесувањето на сандачестите носачи при дејство на несиметрично натоварување бидејќи како резултат на истото се јавуваат неколку појави како, еластично свиткување, торзија и дисторзија која од своја страна носи деформирање на пресекот во неговата сопствена рамнина и подолжно витоперење кое го редуцира носечкиот капацитет на пресекот. Редуцирањето на носивиот капацитет, кое произлегува од деформациите кои настануваат со дисторзијата, може да се регулира преку така наречени напречни рамки чие проектирање повторно се базира на познатата BEF аналогија.

Генерално дисторзионото витоперење е компонента од аксијалното поместување од витоперењето кое се случува кога пресекот може да се деформира. Напречниот пресек се деформира под дејство на несиметричното, дисторзионо натоварување, освен во случај кога одредени потпирања или дијафрагми се поставени соодветно. Магнитудата на дисторзијата во голема мера зависи од напречната флексибилност на напречниот пресек и од напречните моменти на свиткување кои се распределуваат околу самиот сандачест пресек како резултат на неговата реакција како рамковен систем. И двете и аксиалното дисторзионо витоперење и напречното еластично деформирање се индицирани. Најголемата разлика помеѓу чистиот челичен и спрегнатиот пресек секако лежи во тоа што горната фланша кај спрегнатиот е бетонска. Крутоста од аспект на деформабилноста на горната бетонска фланша е значително поразлична од онаа со која би се карактеризирала чистата челична плоча-фланша. Заради различните крутосни карактеристики кои директно влијаат на деформабилноста на напречниот пресек ќе има различна финална распределба на дисторзионите напрегања околу самиот сандачест напречен пресек. Земајќи ги предвид споменатите разлики помеѓу крутостите на горната бетонска и долната челична фланша, соодветно се дефинираат различни агли на ротации

во разгледуваните јазлови точки. Одговорот на сепргнатиот сандачест носач на дисторзија е дефиниран преку низа диференцијални равенки кои се произнесени од таканаречениот „energy methods“ кој се базира на теоријата за тенкосидни носачи. За решавање на диференцијалните равенки се дефинираат соодветните геометриски карактеристики, дисторзиона константа на витоперење I_{Dw} , дисторзиона крутост на рамката K_{Dw} , и сето тоа соодветно за спрегнат пресек. Деформацијата на пресекот и распределбата на напрегања како резултат на дисторзиониот товар се решава со решавање на диференцијални равенки преку BEF аналогијата. Потоа така добиениот одговор на носачот се зема при анализа на подолжната носивост на смолкнување на средствата за врска, можданиците. Сето ова се анализира на еден спрегнат сандачест носач анализиран како проста греда, при што се прави споредба помеѓу листиот челиен и спрегнатиот пресек и се дава аналитички пристап за дефинирање на напречното вкрутување.

2. ДЕФИНИРАЊЕ НА ОСНОВНАТА РАВЕНКА

Доколку еден сандачест носач е субјект на дисторзија како појава, тогаш тој ќе одговори со деформација во сопствената рамнина на напречниот пресек. Компатибилноста во деформациите на јазелот ребро-фланша допринесува сидовите кои го формираат пресекот, да се потчинат и деформираат во правец на нивните mid-lines, што значи дека ако се земе да мембранските дилатации на смолкнување се рамни на нула, се јавува витоперење. Па така секој одговор на рамката е помеѓу одворот на оние „слободно деформабини“ и „крури“ напречни пресеци, каде степеност на крутост расте симултано и во напречен и во надолжен правец. Согласно Schlaich & Scheef (1982) доколку товарот се промени во мала мера и тоа во надолжен правец и доколку деформацијата во напречен правец не е спречена, тогаш, пресекот се однесува поблиску до слободно дисторзионите рамки. Од друга страна при дејство на концентриран товар или за делови во близина на попречни вкрутувања, пристапот на целосно крута рамка е поблиску до реалноста (Schlaich & Scheef, 1982).



Сл. 1. Компатибилност на поместувањата при дисторзија

Рedefинирањето на дисторзиониот товар p_d , кој делува на сандачестиот носач, значи симултано урамнотежување преку два спрегнати механизми:

- Подолжно свиткување на фланшите, во корелација со товарот p_d^L
- Деформирање во напречен правец на самиот напречен пресек, во корелација со товарот p_d^T
- Сумата од двете поделни деформации ја генерира вкупната сила, односно:

$$p_d = p_d^L + p_d^T \quad (1)$$

- Знаејќи дека дисторзиониот систем е во само-рамнотежа, може да се изведе дека:

$$p_{w,d}^L = p_{w,d} - p_{w,d}^T \quad (2)$$

$$p_{t,d}^L = p_{t,d} - p_{t,d}^T = -\left(\frac{b_b}{b_w}\right)(p_{w,d} - p_{w,d}^T) \quad (3)$$

$$p_{b,d}^L = p_{b,d} - p_{d,l}^T = -\left(\frac{b_t}{b_w}\right)(p_{w,d} - p_{w,d}^T)$$

2.1. Равенка на рамнотежа

Како ефектот од дисторзија врз сандачестиот носач може да се пресмета преку поместувањата во реброто Δ_w , по што се користат релациите за дефинирање на поместувањата, напрегањата и внатрешните сили и моменти и тоа за целиот пресек. Од тука, можно е да се спроведе поединечна анализа за свиткувањето во рамнината на носачот под дејство на $p_{w,d} = p_{w,d}^L + p_{w,d}^T$, со тоа што носачот е еластично потпрен по целата должина, односно, се смета за греден носач на еластична потпора. Преку замена на (3.85) и (3.100) во (3.67) се доаѓа до:

$$p_{w,d} = \frac{d^4 \Delta_w}{dx^4} EI_{w,e} + k \Delta_w \quad (4)$$

Оваа равенка на свиткување е еднаква на дериватот во 3.2.1.2 но, сепак со сопствена специфика која се однесува на еластичното потпирање. Така се симулира крутоста на пресекот од аспект на напречна деформација. Еднаш кога ќе се дефинира полето на деформација на реброто и тоа по должина на неговата оска, може да се дојде и до момоентот на свиткување подолжно:

$$m_{w,d}^L - EI_{w,e} \frac{d^2 \Delta_w}{dx^2} \quad (5)$$

Напрегањата кои настануваат како резултат на дисторзионото витоперење, конечно, може да се дефинираат преку (3.83).

Силите и моментите се делат на симетрични и несиметрични компоненти како што е прикажано на слика 3.20.

Претходните потсекции се справија со ефектот на дисторзија на носачот составен од еден материјал. Ова може да се прошири и на композитни пресеци, спрегнати со нивно трансформирање во хомогени пресеци со еквивалентни дебелини, со референца обично за челик. Меѓутоа, како што е прикажано погоре, дисторзијата вклучува истовремен одговор на плочите на надолжно и попречно свиткување. Поради оваа причина, кога се зема предвид дисторзијата, треба да се земат предвид две одделни еквивалентни дебелини (Calgaro, J. A. Virlogeux, 1988):

- Подолжно свиткување

$$\left(\frac{t_t^S}{t_t}\right)_d^L = n = \frac{E_s}{E_c} \quad (6)$$

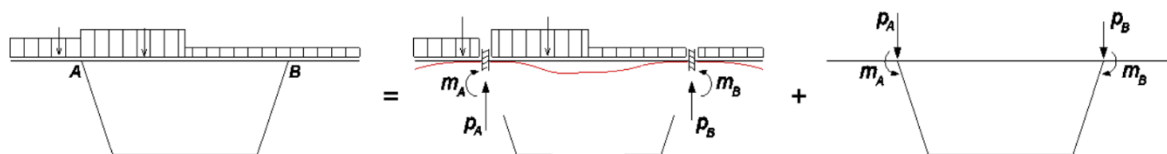
- Подолжно свиткување

$$\left(\frac{t_t^S}{t_t}\right)_d^T = \sqrt[3]{n} \quad (7)$$

Товар кој делува ексцентрично на ребрата од носачот

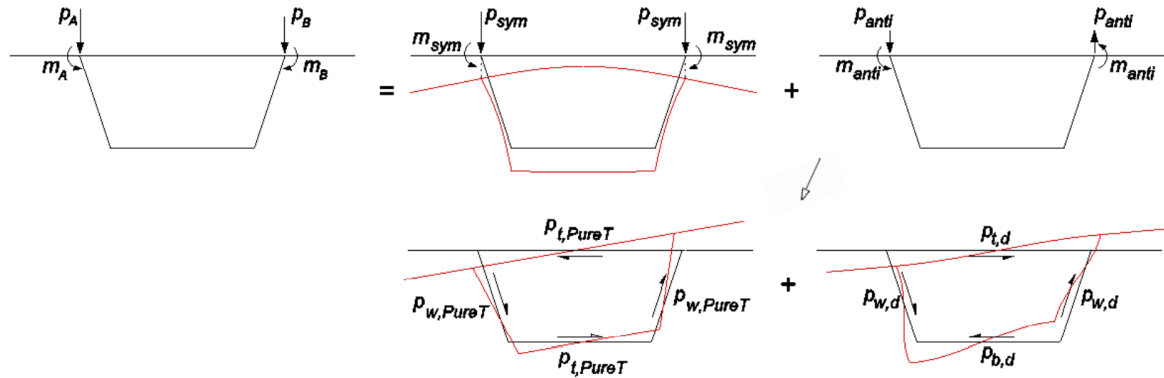
Сè до сега сите релации се базираа на принципот дека сандачестиот носач подлежи на товари кои се еднакви на вертикалните аплицирани во јазлите ребро-фланша. Но за жал ова е редок случај, присуството на ексцентрицитет е почест случај.

Се разгледуваат различни комбинации на вертикално натоварување кое е позиционирано било каде по должина на горната фланша. (слика 3.21). Вредностите на m_A, m_B, p_A, p_B може да се пресметаат преку анализа на статички еквивалентни товари, како што е прикажано на скицата.



Сл. 2. Еквивалентно вертикално натоварување

Силите и моментите се делат на симетрични и несиметрични компоненти како што е прикажано на слика 20.



Сл. 3. Декомпозиција на еквивалентниот товар на чиста торзија и дисторзија

Поделбата на несиметричните компоненти води кон чиста торзија

$$p_{t,pureT} = \left(\frac{b_t}{b_w}\right) p_{w,pureT}, \quad p_{b,pureT} = \left(\frac{b_b}{b_w}\right) p_{w,pureT} \quad (8)$$

каде

$$p_{w,pureT} = \left(\frac{b_w}{(b_t+b_b)d}\right) \left(\frac{(p_A-p_B)b_t}{2} + m_A - m_B\right) \quad (9)$$

и дисторзионен подсистем на товари (Schlaich & Scheef, 1982),

$$p_{t,d} = \left(\frac{b_b}{b_w}\right) p_{w,d}, \quad p_{b,d} = \left(\frac{b_t}{b_w}\right) p_{w,d} \quad (10)$$

каде

$$p_{w,d} = \left(\frac{b_b b_w}{(b_t+b_b)d}\right) \left(\frac{(p_A-p_B)b_t}{2}\right) - \left(\frac{b_w}{b_d d}\right) \left(\frac{\beta}{1+\beta} + \frac{r_t-3\beta-2\beta r_b}{(r_t+2)(r_b+2)-1}\right) (m_A - m_B) \quad (11)$$

Дисторзионниот товар може да се пресмета преку спроведување на анализа на носачот како греда на еластична потпора која подлежи на дисторзионниот товар (презентирано во 3.60a). За торзионата анализа, надворечниот товар се дефинира како:

$$m_T = \left(\frac{(p_A-p_B)b_t}{2} + m_A - m_B\right) \quad (12)$$

2.2. Равенка на рамнотежа-торзија со витоперење

Решението на проблемот на торзија придружена со витоперење во генерална форма е зададено како:

$$\frac{d\chi}{dx} = c_1 \cosh\left(\frac{x}{\zeta}\right) + c_2 \sinh\left(\frac{x}{\zeta}\right) + c_3 \frac{x}{\zeta} + c_4 \quad (13)$$

каде χ е функција која и предходно е дефинирана во (3.38) која ја дозволува варијацијата на витоперењето по должина на x ; c_1 , c_2 , c_3 и c_4 се константи на интеграцијата и ζ е карактеристична должина дефинирана како

$$\zeta = \sqrt{\frac{EI\omega}{\mu GJ}} \quad (14)$$

Треба да се забележи дека решението го содржи и доприносот на деформацијата предеизвикана од смолкнување како резултат на витоперењето, што се зема предвид преку параметарот μ . Доколку овој ефект не е од интерес едноставно се елиминира од релацијата (3.109).

Maisel & Roll (1974) ги сумираат решенијата кои го опфаќаат торзионниот момент генериран од несиметрично натоварување, како што е покажано на слика 3.22, и тоа решенија каде

рамномерно-распределениот товар дејствува по целата должина и потпорите не дозволува ротација на напречниот пресек.

Условите на потпирање за разгледување на торзијата и тоа во рамки на двете сценарија се:

Проста греда чии крајни точки на потпирање не го спречуваат витоперењето

$$B_A = B_B = 0 \quad (15)$$

Греда која е двојно вклетена со што и витопреењето се спрелува

$$B_A = B_B = 0 \quad (16)$$

$$\left(\frac{d\chi}{dx}\right)_A = \left(\frac{d\chi}{dx}\right)_B = 0 \quad (17)$$

Адекватните дијаграми за торзионите моменти може да се дефинираат преку

Концентриран товар

$$T(x) = -\frac{l-a_0}{l} M_T, \quad 0 \leq x \leq a_0 \quad (18)$$

$$T(x) = \frac{a_0}{l} M_T, \quad a_0 \leq x \leq l \quad (19)$$

Рамномерно-распределен товар

$$T(x) = \left(x - \frac{l}{2}\right) m_T, \quad 0 \leq x \leq l \quad (20)$$

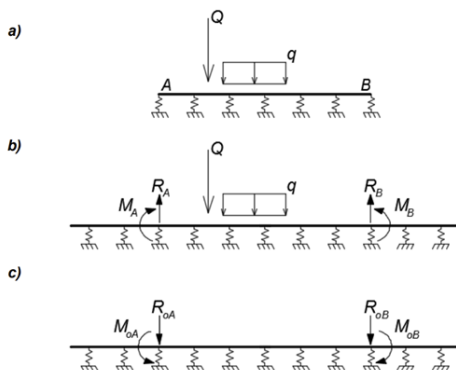
Табела 1: Решение на равенката за рамнотежа за торзија со витоперење (adapted from Maisel & Roll (1974))

Услови на потпирање	Просто попрен носач		Вклетен носач	
Тип на натоварување	Концентриран товар (M_T)			
Бимомент B	$M_T \mu \zeta^2 \frac{\sinh \frac{l-a_0}{\zeta}}{\sinh \frac{l-a_0}{\zeta}} \sinh \frac{x}{\zeta}$	$0 \leq x \leq a_0$	$m_T \mu \zeta^2 \left(C_1 \cosh \frac{x}{\zeta} + C_2 \sinh \frac{x}{\zeta} \right)$	$0 \leq x \leq a_0$
	$M_T \mu \zeta^2 \frac{\sinh \frac{a_0}{\zeta}}{\sinh \frac{l}{\zeta}} \sinh \frac{l-x}{\zeta}$	$a_0 \leq x \leq l$	$m_T \mu \zeta^2 \left(C_1 \cosh \frac{x}{\zeta} + C_2 \sinh \frac{x}{\zeta} - \sinh \frac{x-a_0}{\zeta} \right)$	$a_0 \leq x \leq l$
			$C_1 = \frac{\left(\frac{l-a_0}{\mu \zeta} - \sinh \frac{l-a_0}{\zeta}\right) \left(1 - \cosh \frac{l}{\zeta}\right) - \left(\frac{l}{\mu \zeta} - \sinh \frac{l}{\zeta}\right) \left(1 - \cosh \frac{l-a_0}{\zeta}\right)}{2 - 2 \cosh \frac{l}{\zeta} + \frac{l}{\mu \zeta} \sinh \frac{l}{\zeta}}$	
			$C_2 = \frac{\left(\frac{l-a_0}{\mu \zeta} - \sinh \frac{l-a_0}{\zeta}\right) \sinh \frac{l}{\zeta} + \left(1 - \cosh \frac{l}{\zeta}\right) \left(1 - \cosh \frac{l-a_0}{\zeta}\right)}{2 - 2 \cosh \frac{l}{\zeta} + \frac{l}{\mu \zeta} \sinh \frac{l}{\zeta}}$	
Тип на натоварување	Рамномерно-распределен товар (m_T)			
Бимомент B	$m_T \mu \zeta^2 \left(1 - \frac{\sinh \frac{l-x}{\zeta}}{\sinh \frac{l}{\zeta}} - \frac{\sinh \frac{x}{\zeta}}{\sinh \frac{l}{\zeta}} \right)$		$m_T \mu \zeta^2 \left(1 - \frac{\frac{l}{2\zeta}}{\tanh \frac{l}{2\zeta}} - \frac{\sinh \frac{x}{\zeta} + \sinh \frac{l-x}{\zeta}}{\sinh \frac{l}{\zeta}} \right)$	

2.3. Равенка на рамнотежа-дисторзија

Како што веќе е кажано и предходно, дисторзиониот одговор може да се анализира со помош на аналогијата на греда на еластична потпора. Решението на овој „еквивалентен“ проблем до одредено ниво бил анализиран од страна на Hetenyi (1946), со тоа што неговиот пронајдок служел како основа истражувања кои секако вродиле со плод.

Се разгледува една еластично потпрена греда, која се изложува на дејство на концентриран, односно рамномерно распределен товар (слика 3.23a) и греда која е изложена на дејство на истото натоварување, меѓутоа со таа разлика што е со бесконечна должина (слика 3.23б).



Сл. 4.Аналогија-Греда на еластични потпори

Првиот чекор е анализа на гредата со бесконечна должина. Како резултат на оваа анализа, свиткувањето, силите на свиткување, ротациите и поместувањата се развиени во точката А и Б, точки кои кореспондираат со краевите на гредата која е со дефинирани крајни точки. Со цел да кореспондираат двата система, мора во соодветните точки А и Б од „бесконечната“ греда на еластична потпора да се аплицираат сили и моменти на свиткување како условите на потпирање би биле задоволени. Задоволувањето на условите на потпирање во овој случај значат:

$$\sum F_A = \sum F_B = 0 \quad (21)$$

$$\sum M_A = \sum M_B = 0 \quad (22)$$

Решението за гредата со дефинирана должина значи суперпозиција на решението за гредата со „бесконечна“ должина која подлежи на товарот како што е прикажано на слика (4b) и на соодветните сили и моменти на свиткување со цел задоволување на условите за рамнотежа (4c) и кои се добиваат преку решавањето на системот равенки (3.112). Се генерираат соодветни изрази кои се дадени во (23) и (24).

$$\Delta_{w,A} = \frac{\lambda}{2k} [R_{0A}\bar{A}(x) + R_{0B}\bar{A}(l-x) + Q\bar{A}([x-a_0])] + \frac{\lambda^2}{k} [M_{0A}\bar{B}(x) + M_{0B}\bar{B}(l-x)] + \frac{q}{2k} \{c_1[\bar{D}(a_1-x) - \bar{D}(a_1+a_2-x)] + c_2[2 - \bar{D}(x-a_1) - \bar{D}(a_1+a_2-x)] + c_3[\bar{D}(x-a_1-a_2) - \bar{D}(x-a_1)]\} \quad (23)$$

$$M_{w,A} = \frac{1}{4\lambda} [R_{0A}\bar{C}(x) + R_{0B}\bar{C}(l-x) + Q\bar{C}([x-a_0])] + \frac{1}{2} [M_{0A}\bar{D}(x) + M_{0B}\bar{D}(l-x)] + \frac{q}{4\lambda^2} \{-c_1[\bar{B}(a_1-x) - \bar{B}(a_1+a_2-x)] + c_2[\bar{B}(x-a_1) + \bar{B}(a_1+a_2-x)] - c_3[\bar{B}(x-a_1-a_2) - \bar{B}(x-a_1)]\} \quad (24)$$

каде

$$c_1 = 1 \quad c_2 = c_3 = 0 \quad 0 \leq x \leq a_1 \quad (25)$$

$$c_2 = 1 \quad c_1 = c_3 = 0 \quad a_1 \leq x \leq a_1 + a_2 \quad (36)$$

$$c_3 = 1 \quad c_1 = c_2 = 0 \quad a_1 + a_2 \leq x \leq l \quad (27)$$

Функциите $\bar{A}(x)$, $\bar{B}(x)$, $\bar{C}(x)$ и $\bar{D}(x)$ се дефинирани согласно:

$$\bar{A}(x) = e^{-\lambda x}(\cos \lambda x + \sin \lambda x) \quad (28)$$

$$\bar{B}(x) = e^{-\lambda x} \sin \lambda x \quad (29)$$

$$\bar{C} = e^{-\lambda x}(\cos \lambda x - \sin \lambda x) \quad (30)$$

$$\bar{D}(x) = e^{-\lambda x} \cos \lambda x \quad (31)$$

$$\lambda = \frac{1}{L_d} = \sqrt[4]{\frac{k}{4EI_{w,e}}} \quad (32)$$

Параметарот L_d е карактеристична должина на дисторзија (Schlaich & Scheef, 1982). Ја дефинира подолжната крутост на свиткувањена гредата ($EI_{w,e}$) со крутоста во напречен правец на самиот пресек (k).⁴

Решението на системот равенки дефиниран во (3.112) многу полесно се решаваат со поделба на основниот товар поделен на неговите симетрични и несиметрични компоненти

$$M_A^{sym} = \frac{1}{2}(M_A + M_B) \quad R_A^{sym} = \frac{1}{2}(R_A + R_B) \quad (33)$$

$$M_A^{anti} = \frac{1}{2}(M_A - M_B) \quad R_A^{anti} = \frac{1}{2}(R_A - R_B) \quad (34)$$

Сумирајќи ги симетричниот и несиметричниот сет на моменти и сили се добива:

$$M_{0A} = M_{0A}^{sym} + M_{0A}^{anti} \quad R_{0A} = R_{0A}^{sym} + R_{0A}^{anti} \quad (35)$$

$$M_{0B} = M_{0B}^{sym} + M_{0B}^{anti} \quad R_{0B} = R_{0B}^{sym} + R_{0B}^{anti} \quad (36)$$

Предходните појаснувања се однесуваа на специфичниот случај на греда еластично потпрена по должина на распонот без крајни точки на потпирање. За случај како што е прикажан на сликата 3.22 условите на потпирање можат да бидат дефинирани како:

Слободно потпрена греда

$$\Delta_{w,A} = \Delta_{w,B} = 0 \quad (37)$$

$$\sum M_A = \sum M_B = 0 \quad (38)$$

Двојно вклетена греда

$$\Delta_{w,A} = \Delta_{w,B} = 0 \quad (39)$$

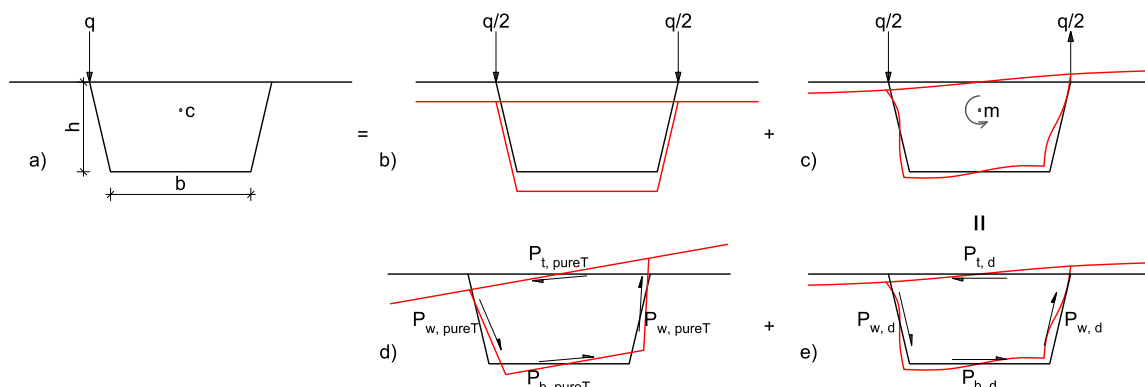
$$\sum M_A = \sum M_B = 0 \quad (40)$$

Табела 1: Решение на равенката за рамнотежа за појавата на дисторзија (adapted from Pedro (1995))

Услови на потпирање	Проста греда		Двојно вклетена греда	
Тип на натоварување	Концентриран товар	Рамномерно распределен товар	Концентриран товар	Рамномерно распределен товар
R_A	$y_A = \frac{Q\lambda}{2k} \bar{A}(a_0)$	$y_A = \frac{q}{2k} [\bar{D}(a_1) - \bar{D}(a_1 + a_2)]$	$y_A = \frac{Q\lambda}{2k} \bar{A}(a_0)$	$y_A = \frac{q}{2k} [\bar{D}(a_1) - \bar{D}(a_1 + a_2)]$
R_B	$y_B = \frac{Q\lambda}{2k} \bar{A}(l - a_0)$	$y_B = \frac{q}{2k} [\bar{D}(a_3) - \bar{D}(a_2 + a_3)]$	$y_B = \frac{Q\lambda}{2k} \bar{A}(l - a_0)$	$y_B = \frac{q}{2k} [\bar{D}(a_3) - \bar{D}(a_2 + a_3)]$
M_A	$M_A = \frac{Q}{4\lambda} \bar{C}(a_0)$	$M_A = -\frac{q}{4\lambda^2} [B(a_1) - \bar{B}(a_1 + a_2)]$	$M_A = \frac{Q\lambda^2}{k} \bar{B}(a_0)$	$\theta_A = \frac{q}{2k} [\bar{A}(a_1) - \bar{A}(a_1 + a_2)]$
M_B	$M_B = \frac{Q}{4\lambda} \bar{C}(l - a_0)$	$M_B = -\frac{q}{4\lambda^2} [B(a_3) - \bar{B}(a_2 + a_3)]$	$\theta_B = \frac{Q\lambda^2}{k} \bar{B}(l - a_0)$	$\theta_B = \frac{q}{2k} [\bar{A}(a_3) - \bar{A}(a_2 + a_3)]$
	$y_A^{sym} = \frac{1}{2}(y_A + y_B)$	$M_A^{sym} = \frac{1}{2}(M_A + M_B)$	$y_A^{sym} = \frac{1}{2}(y_A + y_B)$	$\theta_A^{sym} = \frac{1}{2}(\theta_A + \theta_B)$
	$y_A^{anti} = \frac{1}{2}(y_A - y_B)$	$M_A^{anti} = \frac{1}{2}(M_A - M_B)$	$y_A^{anti} = \frac{1}{2}(y_A - y_B)$	$\theta_A^{anti} = \frac{1}{2}(\theta_A - \theta_B)$
	$R_{0A}^{sym} = 4\lambda \xi_I [M_A^{sym} \bar{B}(l) - 2\lambda^2 EI_{w,e} y_A^{sym} [1 + \bar{D}(l)]]$		$R_{0A}^{sym} = 8\lambda^2 EI_{w,e} \xi_I [\theta_A^{sym} \bar{B}(l) - \lambda^2 y_A^{sym} [1 + \bar{C}(l)]]$	
	$M_{0A}^{sym} = -2\xi_I [M_A^{sym} [1 + \bar{A}(l)] - 2\lambda^2 EI_{w,e} y_A^{sym} [1 + \bar{C}(l)]]$		$M_{0A}^{sym} = -4\lambda EI_{w,e} \xi_I [\theta_A^{sym} [1 + \bar{A}(l)] - 2\lambda y_A^{sym} B(l)]$	
	$R_{0A}^{anti} = -4\lambda \xi_{II} [M_A^{anti} \bar{B}(l) + 2\lambda^2 EI_{w,e} y_A^{anti} [1 - \bar{D}(l)]]$		$R_{0A}^{anti} = -8\lambda^2 EI_{w,e} \xi_I [\theta_A^{anti} \bar{B}(l) + \lambda^2 y_A^{anti} [1 + \bar{C}(l)]]$	
	$M_{0A}^{anti} = -2\xi_{II} [M_A^{anti} [1 - \bar{A}(l)] - 2\lambda^2 EI_{w,e} y_A^{anti} [1 - \bar{C}(l)]]$		$M_{0A}^{anti} = -4\lambda EI_{w,e} \xi_I [\theta_A^{anti} [1 - \bar{A}(l)] + 2\lambda y_A^{anti} B(l)]$	
	$\xi_I = \frac{1}{2} \frac{e^{\lambda l}}{\cosh \lambda l + \cos \lambda l}$	$\xi_{II} = \frac{1}{2} \frac{e^{\lambda l}}{\cosh \lambda l - \cos \lambda l}$	$\xi_I = \frac{1}{2} \frac{e^{\lambda l}}{\sinh \lambda l + \sin \lambda l}$	$\xi_{II} = \frac{1}{2} \frac{e^{\lambda l}}{\sinh \lambda l - \sin \lambda l}$
	$R_{0A} = R_{0A}^{sym} + R_{0A}^{anti}$		$M_{0A} = M_{0A}^{sym} + M_{0A}^{anti}$	
	$R_{0B} = R_{0B}^{sym} + R_{0B}^{anti}$		$M_{0B} = M_{0B}^{sym} + M_{0B}^{anti}$	

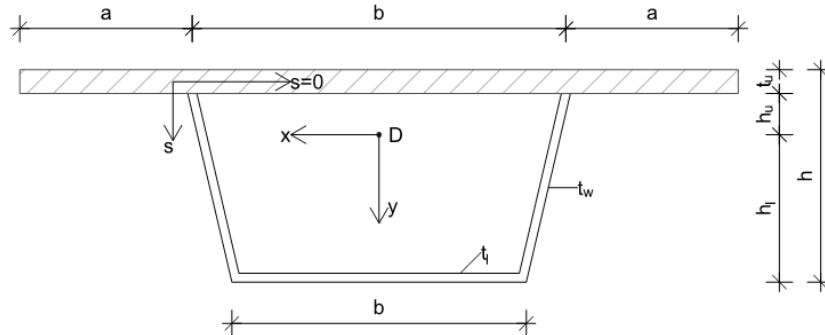
2.4. Равенка на рамнотежа- Дисторзија кај спрегнат сандачест пресек

Како што е веќе напоменато појавата на дисторзија е иницирана од дејство на несиметрично натоварување. Кога сандакот кој е со симетричен напречен пресек е натоварен со вертикален товар кој има одреден ексцентрицитет гледано од осовината на напречниот пресек, тогаш аплицираниот товар може да се подели на на flexural сила p и торзиона сила $m = qe$. Уште повеќе торзионата сила може да ја поделиме на чиста торзија и дисторзија соодветно.



Сл. 5. Декомпозиција на товарот на дел кој предизвикува чиста торзија и дисторзија

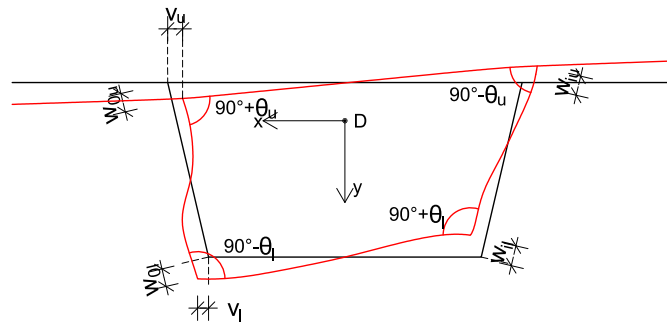
Дисторзионото однесување на сандачестиот носач било проучувано и анализирано од страна на повеќе истражувачи, но само со фокус на чисто челични или чисто бетонски сандачести носачи. Влијанието на разликата во крутосните карактеристики помеѓу горната бетонска фланша и челичните ребра и долна фланша, кои го чинат заедно напречниот пресек на спрегнатиот сандак, врз самиот дисторзионен одговор досега не било разгледувано. Напречниот пресек кој се разгледува и е предмет на разработка е прикажан на слика 2.



Сл. 6. Напречен пресек на сандачестиот спрегнат носач

Како што е и покажано на слика 10, позицијата на координатниот систем е лоциран во центарот на дисторзија.

Напречниот пресек ќе се деформира во однос на оригиналниот облик и ќе пројави витоперење вон сопствената рамнина под дејство на дисторзионитов товар и ќе се формираат таканаречените агли на дисторзија во аглиите, на спојевите помеѓу ребрата и горната односно долната фланша соодветно. Кога станува збор за челични или пак бетонски сандачести носачи тогаш при анализата се зема дека сите четири агли на дисторзија кои се јавуваат во четирите агли се еднакви. Но, кај спрегнатите сандачести носачи горната бетонска фланша се деформира под различен агол во споредба со долната челична фланша како резултат на нивната различна деформабилна крутост. Согласно ова, различниот агол на дисторзија не може да се занемари. Истиот се дефинира преку следниве геометриски карактеристики:



Сл. 7. Дефинирање на дисторзионитов агол

$$\theta_u = \frac{v_l - v_u}{h} + \frac{w_{lu} - w_{ou}}{b}, \theta_l = \frac{v_l - v_u}{h} + \frac{w_{il} - w_{ol}}{b} \quad (137, 138)$$

θ_u е аголот на дисторзија кој се зафаќа при бетонската горна фланша, θ_l е аголот на дисторзија кој се зафаќа при долната челична фланша, v и w се поместувања во правец на x и y координатните оски чии координатен почеток е позициониран во центарот на дисторзија D . Аналогно на дефиницијата од теоријата на дисторзионо витоперење, the derivate на аголната дисторзија $\theta' = d\theta/dz$ ќе ги однесе поместувањата во правец на z координатна оска. Од тука може да се изведе:

$$u_u = w_D \theta'_u; u_l = w_D \theta'_l \quad (41)$$

Каде w_D е дефинирана како функција на витоперење како резултат на самата дисторзија. Кога поместувањето u е ограничено, нормални напрегања и напрегања на смолкнување се предизвикуваат.

2.5. Вкргуувања

Cross-frames

Во аналогијата BEF, попречните рамки делуваат како дискретни пружини чија крутост е K_D а нивната реакција е R_D . Дефиницијата за K_D е еквивалентна до K_d во равенка. (23) и следствено, сите равенки дефинирани кои остануваат валидни. Во случај на реакција, реакцијата на вкрстена рамка е типично какоо иторзионо оптоварување M_t кое може да биде поврзано со R_D врз основа на равенката. (15) како:

$$M_t = \frac{b_t}{2 \cdot V_{ty}} \cdot R_D = \frac{b_t}{2 \cdot V_{ty}} \cdot K_D \cdot \xi \quad (42)$$

3.1. Plate diaphragms

Во правоаголните плочести дијафрагми, изобличувањето дисторзијата предизвикува рамномерно напрегање на смолкнување. Меѓутоа, во трапезоидни дијафрагми, распределбата на стресот станува понеpravилна, особено во аглите каде што има значителни концентрации на напрегања. Со цел да се анализираат тие концентрации на напрегања во фазата на детално проектирање треба да се пристапи кон детална анализа со метод на конечни елементи. Сепак, за прелиминарните пресметки на дијафрагмата, напрегањата во центарот на дијафрагмата може да се приближи на следниов начин:

$$\tau_D(\zeta) = G \cdot \gamma_D(\zeta) = G \cdot \frac{V_{ty} \cdot (2 + 2 \cdot \beta)}{b_b \cdot (1 + \zeta \cdot (\beta - 1))} \quad (43)$$

Каде ζ е соодветното растојание по должина на оската на дијафрагмата, така што кога $\zeta = 0$ е на врвот раб, а кога $\zeta = 1$ тогаш се однесува на долниот раб од дијафрагмата.

Спроведената анализа покажува дека крутосните карактеристики може приближно да бидат земени имајќи предвид дека средната вредност на дилатациите од смолкнување соодвествува со напрегањата на смолкнување во центарот на дијафрагмата. Па така, крутоста на дијафрагмата може да се земе како:

$$\int_D G \cdot t \cdot (\gamma \cdot \xi) \cdot \delta \cdot (\gamma \cdot \xi) \cdot dA = \delta \xi \cdot (G \cdot t \cdot \gamma_c^2 \cdot A_c \cdot \xi) = \delta \xi \cdot (K_D \cdot \xi) \quad (44)$$

Предходно наведените релации може исто така да се изразат и на начин на кој ќе се однесуваат на дијагоналната крутост и тоа како:

$$K_\delta = \left(\frac{\gamma_c}{\delta_d} \right)^2 \cdot G \cdot t \cdot A_c = \frac{G \cdot t \cdot L_d^2}{A_c} \quad (45)$$

Преку замена на вредноста на K_D во равенката (32) може да се воспостави релација помеѓу V_{ty} и M_t . Оваа релација може да се замени во релацијата (33) со што последователно се изразува напрегањето на смолкнување:

$$\tau_D = \frac{M_t \cdot \beta}{2 \cdot b_t \cdot h \cdot t_D} \cdot \frac{1}{1 - \zeta + \zeta \cdot \beta} \quad (46)$$

Проектираните сили N_d и дијагоналните напрегања K_δ за различни типови на дијафрагми се следниве:

- X-рамка

$$N_d = M_t \cdot \frac{L_d}{4 \cdot A_c} \cdot \beta \quad K_\delta = 2 \cdot \frac{E \cdot A_b}{L_d} \cdot \beta \quad (47)$$

- V-рамка

$$N_d = M_t \cdot \frac{L_b \cdot \beta}{2 \cdot A_c} \quad K_\delta = 2 \cdot \frac{E \cdot A_b \cdot L_d^2}{b_t \cdot b_b^2 \cdot A_{db} + 8 \cdot L_b^3 \cdot A_{tb}} \quad (48)$$

- K-рамка

$$N_{td} = M_t \cdot \frac{b_b \cdot \beta}{4 \cdot A_c} \quad N_{dd} = M_t \cdot \frac{L_b \cdot \beta}{2 \cdot A_c} \quad (49)$$

$$K_{\delta} = \frac{2 \cdot E \cdot A_{tb} \cdot A_{db} \cdot L_d^2}{2 \cdot L_b^3} \quad (50)$$

Каде L_d се однесува на должината на решеткастиот елемент и A_b е соодветната негова површина.

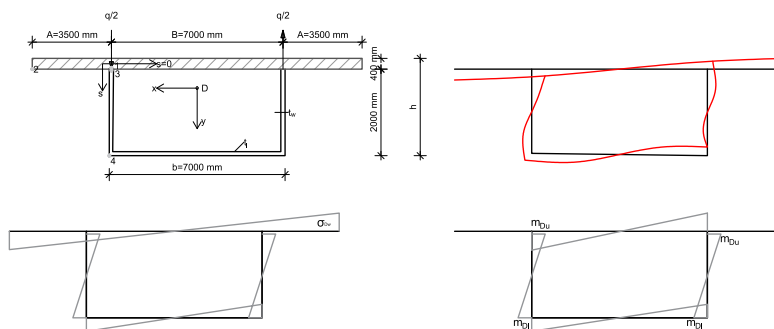
Во случај на К-рамка параметарот t се однесува на горниот а параметарот d се однесува на дијагоналниот елемент. Во случај кога горниот раб на К-рамката е поврзан со плочата, дијагоналната крутост се пресметува исто онака како и за V-рамката.

3. АНАЛИЗА И КОМПАРАЦИЈА НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОД ПРВ РЕД НА НУМЕРИЧКИ ПРИМЕРИ

Со цел да се спроведе анализа дополнителна компаративна анализа од аспект на деформабилноста, дисторзиониот одговор на носачот во рамки на сопствената рамнина се изврши анализа на чист челичен сандачест со што уште еднаш се утврдува влијанието на крутосните карактеристики на пресекот врз севкупниот дисторзионен одговор. Напечниот пресек ќе се деформира во однос на оригиналниот облик и ќе пројави витоперење вон сопствената рамнина под дејство на дисторзиониот товар и ќе се формираат таканаречените агли на дисторзија во аглиите, на споевите помеѓу ребрата и горната односно долната фланша соодветно. Кога станува збор за челични како што е тука случај, или пак бетонски сандачести носачи тогаш при анализата се зема дека сите четири агли на дисторзија кои се јавуваат во четирите агли се еднакви. Но, кај спрегнатите сандачести носачи горната бетонска фланша се деформира под различен агол во споредба со долната челична фланша како резултат на нивната различна деформабилна крутост со што се пресметуваат два различни дисторзиони агли кои не сомнено носат и две различни величини за напрегањата. Обликот кој го означува дисторзиониот одговор исто така говори за влијанието на разликите во крутосните карактеристики кое произлегува од различната композиција на сандакот, или поточно дали носачот е чист челичен или пак работи како спрегнат.

Предложениот пристап е аплициран на еден пример кој се однесува на издвоен сегмент од спрегнат сандачест носач со должина од 30 [m] кој е анализиран на свиткување, торзија и дисторзија. За таа цел се аплицира несиметрично рамномерно натоварување од 27 [kN/m] со цел да се фатат сите одговори на пресекот, односно деформирањето во и вон сопствената рамнина. При што аплицирани си адекватни гранични услови на потпирање, со цел да се добие верен одговор на предметниот сандачест носач.

Најпрво примерот кој е избран се пресметува согласно предложениот метод и преку решавање на диференцијалните равенка со помош на BEF аналогијата, по што анализата се спроведува преку модел на конечни елементи во комерцијалната програма „SIMULIA-ABAQUS“. Резултатите се претставени во поделните табели.



Сл. 8. Распределба на напрегања и деформации кај сандечестиот пресек

A - ширина на конзолен испуст, $A = 3500$ [mm]

B, b – растојание помеѓу двете ребра, $B = 7000$ [mm], $b = 7000$ [mm]

h - висина на челичниот пресек, $h = 3000$ [mm]

h_u, h_l – растојание од дисторзиониот центар до горната односно до долната фланша соодветно

t_u – дебелина на бетонската плоча, $t_u = 400 [mm]$

t_w , t_l – дебелина на ребрата и на долен појас соодветно

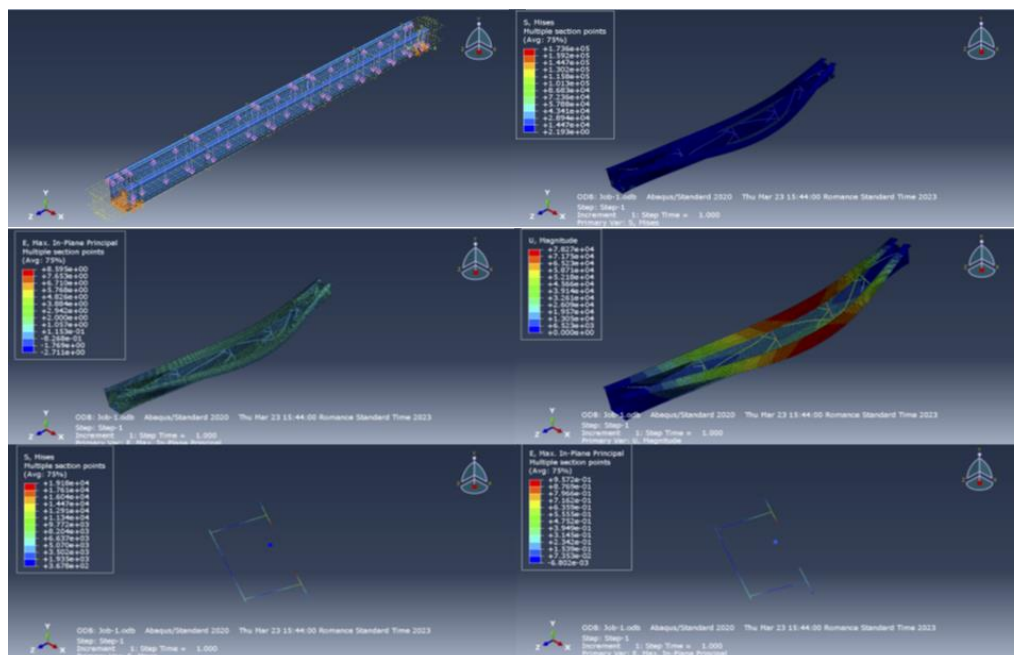
$A_u = t_u(2a + b)$ – површина која ја зафаќа бетонската плоча

$A_w = t_w h$ - површина која ја зафаќа секое од ребрата соодветно

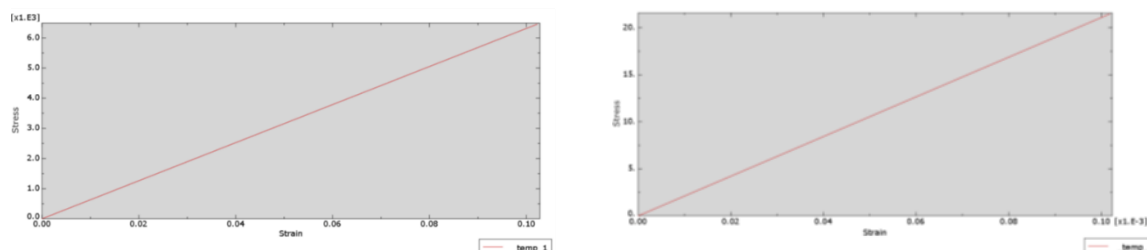
$A_l = t_l b$ – површина на долен челичен појас

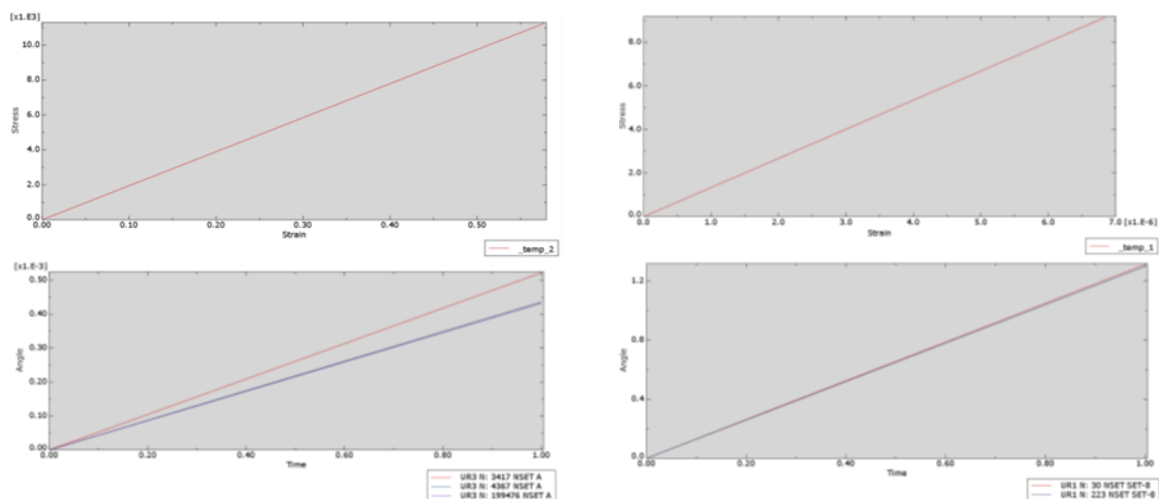
Табела 3: Компарација на релевантните-дисторзионен агол и напрегања на дисторзија кај спрегнат и челичен пресек, на ниво на напречен пресек

		Спрегнат носач	Челичен носач
Дисторзионен агол	θ_u	0.04714	0.00871
	θ_l	0.00951	0.00871
	σ_{dw3}	0.03 MPa	18.95 MPa
	σ_{dw4}	21.89 MPa	11.45 MPa
Напречни моменти на свиткување	m_{dbu}	19.82 MPa	9.03 MPa
	m_{dbl}	0.42 MPa	0.21 MPa
Напречни напрегања	Мах, горен појас	0.52 MPa	3.05 MPa
	Мах, долен појас	8.88 MPa	4.56 MPa



Сл.9. Одговор на разгледуваниот челичен сандачест пресек при несиметрично натоварување





Сл. 10. Дијаграм на напрегања и пројавени ротации во клучите јазли на разгледуваниот спрегнат и челичен сандачест пресек при несиметрично натоварување

4. ЗАКЛУЧОК

Се предлага нов, практичен метод за истражување на дисторзионото однеување на спрегнатите сандачести носачи, и за согледување на распределбата на напрегањата кај носачите земајќи го предвид влијанието на различната крутост која ја дава бетонската плоча. Дава увид во одговорот на прегнатите сандаци при појава на дисторзија и со тоа може да е корити за предвидување на однесувањето на сандациите со една ќелија кои имаат најмлаку една оска на симетрија. За да се добие што поточен дисторзионен агол, кривата на свиткување и за горната бетонска и за долната челична фланша треба да се изврши интеграција на дериватите од основната диференцијална равенка.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] V. Z. Vlasov. "Thin-walled Elastic Beams". National Science Foundation, Washington, DC, 1961.
- [2] Chapman, J.C. Dowlin, P.J. Lim, P.T.K. and Billington, C.J. "The Structural Behaviour of Steel and Concrete Box" Girder Bridges. The Structural Engineer, Vol.49, March, 1971.
- [3] Kollbrunner, C. F. and Basler, K. "Torsion in structures—An engineering approach", Springer, New York, 1969.
- [4] Wright, R. N. Abdel-Samad, S. R. and Robinson, A. R. "BEF analogy for analysis of box girders". Journal of the Structural Division, ASCE, Vol.94, No. ST7, pp. 1719-1743, 1968.
- [5] Nakai, H. and Yoo, C. H. "Analysis and Design of Curved Steel Bridges". McGraw-Hill Book Co., Inc., New York, N.Y., USA, 1988.
- [6] Kristek, V. "Theory of box girders, Wiley, New York, N.Y., USA, 1979
- [7] Mensinger M., Ndogmo J., Guoqing L. "Analysis on the distortional behavior of composite box girders", Germany, 2015.

