

ДГКМ
ДРУШТВО НА
ГРАДЕЖНИТЕ
КОНСТРУКТОРИ НА
МАКЕДОНИЈА

Партизански одреди 24,
П.Фах 560, 1001 Скопје
Македонија

MASE
MACEDONIAN
ASSOCIATION OF
STRUCTURAL
ENGINEERS

Partizanski odredi 24,
P. Box 560, 1001 Skopje
Macedonia

SS - 9

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

Никола НИСЕВ¹, Денис ПОПОВСКИ², Миле ПАРТИКОВ³

СОВРЕМЕНИ ПРИНЦИПИ НА ИЗВЕДБА НА ИНДУСТРИСКИ ОБЈЕКТ

РЕЗИМЕ

Современите принципи на проектирање, преку користење на Building Information Modeling (BIM) можат да овозможат изведба на комплицирани конструктивни системи, без можна колизија во различните фази на објектот, олеснувајќи и убрзајќи го процесот на реализација на објектот. Во трудот е даден пример за употреба на овој современ принцип на изведба, преку комплексен конструктивен систем на челична конструкција со двокатна спрегната меѓукатна конструкција во еден од модулите на објектот. Опишани се сите фази на изведба, споредувајќи ги со реалната поставеност меѓу проектираниот модел и изведената состојба.

Клучни зборови: BIM технологија, челични конструкции, спрегнати конструкции

Nikola NISEV¹, Denis POPOVSKI², Mile PARTIKOV³

CONTEMPORARY PRINCIPLES OF CONSTRUCTION OF INDUSTRIAL OBJECT

SUMMARY

The contemporary principles of designing, through the use of Building Information Modeling (BIM) technology, can provide performance of complete structural systems, without possible collision in the various phases of construction of the object, facilitating and accelerating the process of realization of the object. This paper presents an example of use of this modern construction principle, through a complex structural system, composed of steel and composite structure. All the stages of performance have been described, comparing them to the actual placement between the model and the performed state of the construction.

Keywords: BIM technology, steel structure, composite structure

¹ Associate, BSc, Faculty Civil Engineering, University "Ss. Cyril and Methodius", Skopje, Republic of Macedonia, nikolanisev@yahoo.com

² Assist. Prof. PhD, Faculty of Civil Engineering, University "Ss. Cyril and Methodius", Skopje, Republic of Macedonia, popovski@gf.ukim.edu.mk

³ Assist., MSc, Faculty of Civil Engineering, University "Ss. Cyril and Methodius", Skopje, Republic of Macedonia, partikov@gf.ukim.edu.mk

1. ВОВЕД

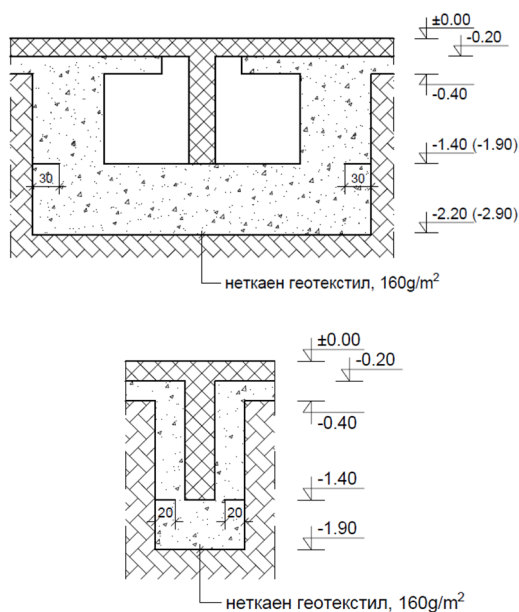
Трудот ги разработува фазите на изведба на челична конструкција со спрегната меѓукатна конструкција, темели и подна плоча на Индустриски објект на ГЕНТЕРМ Македонија ДООЕЛ Прилеп во ТИРЗ Алинци, Прилеп. Основниот проект се состои од три главни конструктивни системи, два објекти, слика во огледало Објект 1 и 2, како главни производни комплекси и еден магацински простор Објект 3. Во трудот е посветено внимание на конструктивен систем на еден од објектите – Објект 1, страна Битола. Во моментот на изработка на трудот, Објект 1 е целосно изведен, се работи на реализација на останатите објекти. Осовинските димензии на објектот во габарит се 60x90m, попречна должина 60m поделена соодветно на распони 30m+27m и 3m конзолан испуст, додека во подолжен правец објектот модуларно е решен во 6x12m + 6m, при што во првиот модул се наоѓа спрегната меѓукатна конструкција на две нивоа со распон од 6m + 1.6m конзолан испуст. Висината на објектот до слемето е 11.5m, што овозможува слободна висина од 9m, падот на покривната рамнина изнесува 1.5%, овозможено поради тоа што кровната покривка е предвидена со покривен слој од заштитна фолија која дозволува пад на покривната рамнина од 1%, и максималните уклони од најнеповолното натоварување го задржува минимално дефинираниот пад.

2. ФАЗИ НА КЛАСИЧНА ИЗВЕДБА

Фазите на изведба се разработени со корситење на најсовремената ВМ технологија, во која дигитално е обработен секој чекор во изведбата на конструкцијата, каде пратењето на целокупниот процес овозможува контрола на сите фази, количини и квалитет на изведбата.

2.1. Земјани работи

Парцелата во која се наоѓа објектот се протега на релативно рамен терен и истата претходно е соодветно тампонирана и нивелирана. Поради тоа што темелењето на целата конструкција се врши со темели самци, вкрупнени со поврзни темелни греди, извршен е машински ископ под темелите и темелните греди и широк машински ископ под темели и темелни греди во модулот каде што се наоѓа меѓукатната конструкција.



Слика 1. Детали на темелен ископ



Слика 2. Изведба на темелниот ископ

При вршење на ископот, во дел од тампонски материјал и локален материјал кој во случајот е песоклива глина има појава на подземна вода. Подземната вода во ископите се регулира со директно црпење на водата од отвори до темелните јами, каде е овозможена депресија на

подземната вода под котата на фундарање во текот на целокупната изведба. Темелите се анализирани за влијанија на подземни води.

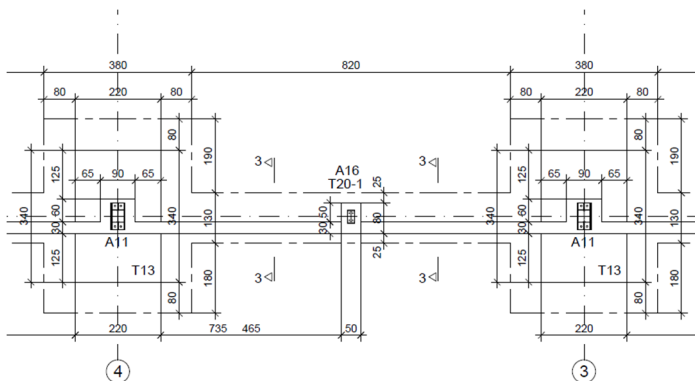
Поради лошиот локален материјал, односно песоклива глина која се протега од кота -0.2 до -2.2m и -2.9m, потребно е зајакнување на носивото тло со подобар тампонски материјал, на однапред поставен геотекстил за да се избегне мешањето на тампонот со локалниот материјал. Тампонскиот материјал кој се аплицира под темелите самци и темелните греди е изработен во слоеви од 30cm збиен до дефинираниот модул на стисливост во согласност на проектната документација.

Процесот на пратење на изведбата, е преку извршените мерења на изведениот ископ, спореден со проектната документација, имајќи ја во предвид одржливоста на изведбата преку количините и одржување на реалната местоположба во дефинираните толеранции. На тој начин се овозможува целосна контрола кон прецизноста и квалитетот на изведба во согласност со проектната документација и пропишаните правила, препораки и прописи за ваков вид на градба.

2.2. Бетонски и армирачки работи со вградување на анкери

Со завршувањето на земјените работи, односно набивање и нивелирање на тампонскиот слој се пристапува кон поставување на слој од слабоносив бетон со дебелина од 3-5cm со цел да се постигне рамна подлога за армирање и бетонирање на темелите самци и темелните греди. Слојот е изведен во отворите на ископот, претходно контролиран и одобрен за продолжување на изведбата.

Поставувањето на анкерите се врши преку употреба на геодетски инструмент, и се определуваат точните позиции во однос на генералната основа на конструкцијата.



Слика 3. Основа на темели и темелни греди со анкери



Слика 4. Означување на местоположба на темели и анкери

Придонесот на современото пратење на изведба, овозможува геодетските податоци дигитално да се пренесат на основата од проектната документација и да се корегираат димензиите во доменот на толеранциите.

Анкерната конструкција се состои од 4 вретена со должина од 1150mm и дијаметар M20, M27, M30 и M42 во зависност од столбовите, вкрупнени со узенгии 12mm и 16mm на висинско меѓусебно растојание од 20cm.

Следната фаза е армирање на темелите и темелните греди, према дефинираните арматурни планови од Основниот проект. Армирањето на темелните греди се врши со ребраста арматура со дијаметар од 12mm и узенгии со дијаметар од 8mm на меѓусебно растојание од 20cm, на темелите самци се врши со ребраста арматура со дијаметар од 12mm, која се поставува на растојание од

10cm во двата правци за централните темели, додека кај крајните темели арматурата во едниот правец се поставува на 10cm, а во нормално на носивиот правец на 20cm.

За бетонирање на темелите самци и темелните греди е предвиден бетон МБ30 и истото се врши со помош на миксери кои се дозираат од локална бетонска база, со цел да се запази времето на транспорт до вградување. По завршување на бетонирањето, односно пред поставувањето на столбовите се сечи арматурата која поминува над анкерната плоча и се додаваат дополнителни арматурни прачки кои поминуваат под анкерната плоча и истите се виткаат на краевите со цел да се поврзат со постоечката арматура во темелните греди. Ова е произлезено од промена на системот на фазите на бетонирање во текот на изведбата, а со цел да се убрза времето на реализација на објектот без да влијаат во наредните фази на изведба.



Слика 5. Армирање на темелни греди



Слика 6. Армирање на темел со анкери

Сите промени во текот на изведбата, кои се во согласност на инженерската практика и регулатива, се вградени во BIM моделот, со што е овозможена компарација со првобитното решение од проектната документација, каде автоматски се добиваат евентуалните разлики во количините.

2.3. Подна плоча

Крајна фаза во изведбата на објектот е лиењето и обработката на подната плоча. Плочата е изведена на тампон од кршен камен со просечна дебелина од 60cm, збиен до модул на стисливост од 80MPa. Дебелината на плочата изнесува 18cm, на дилатациони делници во полиња од 30x30m, овозможено со примена на армирање со челични влкана.



Слика 7. (лево и десно) Изведба на подна плоча

3. МОНТАЖА НА ЧЕЛИЧНА КОНСТРУКЦИЈА

Современата ВМ технологија на изведба е од особено значење при изведбата на челичната конструкција, каде толранциите се доста мали, и бара огромна точност на изведба без можност на промени, која зависи од претходните фази на изведба.

3.1. Изработка на челична конструкција

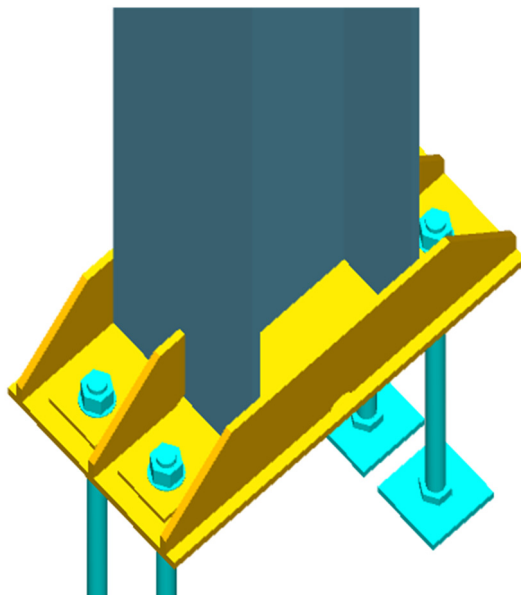
Во текот на изведбата на горенаведените фази, челичната конструкција се изработува во работилнички погон. Тродимензионалната обработка на целокупниот конструктивен систем со деталите, овозможува побрза и поточна изработка на монтажните целини. Со користење на CNC фајлови произлезени од моделот овозможува брзо, економично и прецизно изработување на сите различни плочки во различните дебелини. Исто така овозможена е изработка на конструктивните елементи со обработка на краевите за заварување, или подготвување на деталите со шрафење. За антикорозивна заштита за целокупната челична конструкција, се нанесуваат два основни премази (миниум), врз кои се нанесува два слоја на епоксидна боја до вкупна дебелина од 120µm.

Во оваа фаза овозможена е промена на некои од деталите, со цел да одговораат на можностите на методот на изработка на погонот на изведувачот, а со тоа и побрза изработка на монтажните целини. Со вградување на сите измени во 3D моделот, овозможена е дигитална пробна монтажа на објектот, со што е дефинирана точноста на изведбата.

Изработката на челичната конструкција се одвива сукцесивно према потребите на монтажата на конструктивниот систем, пратејќи ја логиката на изведбата, према пропишаниот процес на монтажа. Во зависност од производството, кое одговара на потребите на изведбата, се врши и транспортот на конструктивните монтажни целини, почнувајќи од столбовите и спреговите.

3.2. Монтажа на столбови

Главните носиви крајни столбови се проектирани од HEA340, средните столбови се проектирани од HEA280, додека фасадните столбови се предвидени од IPE300. Носивите столбови на меѓукатната конструкција се проектирани од HEA240. Врските на сите столбови со главната распонска конструкција и меѓукатна конструкција се поврзани со завртки. Изработката на столбовите е во вид на монтажна целина, вклучувајќи ги пропратните детали за монтажа со останатите монтажни целини на објектот.



Слика 8. 3D модел на стапало



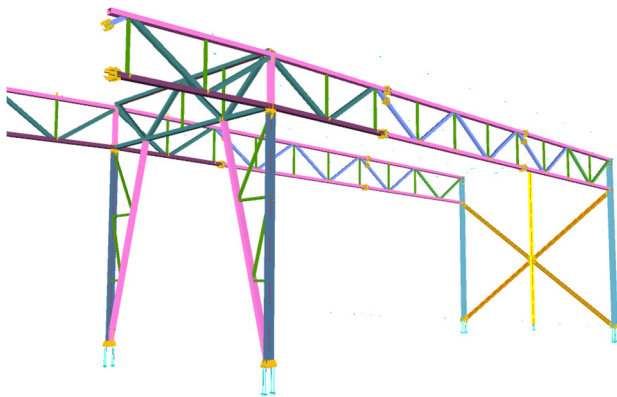
Слика 9. Изведено стапало

Поставувањето на столбовите се врши со помош на дигалка, односно негово прифаќање и внимателно поставување над анкерната конструкција. По поставувањето на столбот се притегаат навртките до одреден степен бидејќи дополнително подесување на столбот во однос на анкерната конструкција ќе биде извршена кога ќе бидат поставени главните носиви решетки, пред да се изврши нивно подливање со ексмал. Во процесот на монтажа најпрво се започнува со монтирање на столбовите меѓу кои се наоѓа главниот вертикален спрег пред да се започне со монтирање на главните носиви решетки. Монтажата на столбовите е изведена за секој столб поединечно, каде се подготвуваат за наредните фази на монтажа на вертикалните спрегови и главните решеткасти носачи.

3.3. Монтажа на главни носачи и вертикални спрегови

Наредна фаза во монтажа на челичната конструкција е поставување на главните носиви решетки, составена од правоаголни кутијаста профили како појаси на меѓусебно висинско растојание од 2m и исполна од дијагонали и вертикали на меѓусебно растојание од 3m. Поради можностите на транспортот, како и можностите за монтажа, решетката е монтирана во 5 сегменти со должина од 8 , 12 и 14 m и 3m конзолен испуст на самиот крај од решетката. Врските од транспортните целинини на решетките се проектирани како челни со употреба на обични необработени завртки, преку употреба на челни плочи и крилни лимови (слика 12 и 13).

Најпрво е монтиран сегментот кој се наоѓа над средниот столб на местоположбата на двата столба кај кои се наоѓа главниот вертикален спрег. Веднаш по монтажа на сегментот од главната решетка се поставува подолжниот вертикален спрег во оската на средниот столб. Со монтажа на првиот сегмент од решетката, пристапено е кон монтажа на останатите сегменти. Изведбата ја прати инженерската логика на прикрепување на системот во изведба, т.е. прикрепување на сите елементи употребувајќи ги носачите кои се дел од носивиот систем на конструкцијата, без употреба на дополнителни потпирала или држачи. По завршување на монтажата на двете главни решетки, исто така во оските на главните носиви крајни столбови, се поставува подолжниот вертикален спрег.



Слика 10. 3D модел на монтажен сегмент

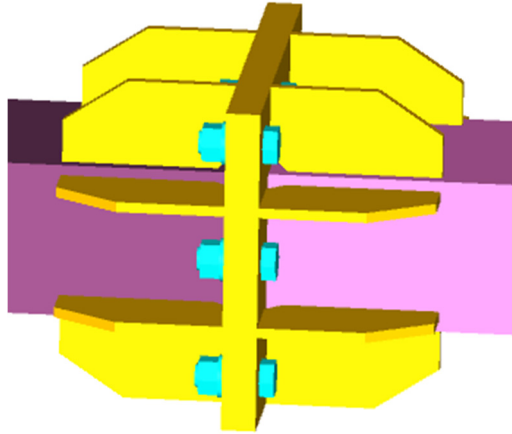


Слика 11. Изведен монтажен сегмент

Освен контролата која ја овозможува тродимензионалниот модел, извршена е предмонтажа на критилните монтажни целини во производството, непосредно пред транспортот. Со тоа е овозможена непречена изведба на конструкцијата, и сведување на евентуалните грешки во толеранциите на изведбата.

Монтирањето на главните решетки напредува од главниот вертикален спрег кон челната фасада паралелно со поставување на подолжни вертикални спрегови по краевите и во средната оска.

Главниот греден носач на челната фасада е изведен од IPE 300 и се монтира веднаш пред поставување на кровните рожници. По завршување со монтажата на сите главни решеткасти носачи и гредните носачи од челната фасада се пристапува кон монтирање на кровните рожници и хоризонталните спрегови во кровната рамнина.



Слика 12. 3D модел на монтажна врска



Слика 13. Изведена монтажна врска

3.4. Монтажа на рожници и хоризонтални сопорегови

Кровните рожници се проектирани како греда потпрена на консици со распон од 12m, односно предвидените косници го разделуваат распонот на рожникот на $3+6+3=12m$.

Во сите модули, предвидени се рожници како кутијасти профили со два косници на распон од 12m, освен во крајниот модул каде се предвидени рожници со кутијаст попречен пресек со еден косник и вкупен распон од 6m, додека во првиот модул кај што се наоѓа и меѓукатната конструкција, предвидени се рожници од IPE профили и еден косник на вкупен распон од 12m.

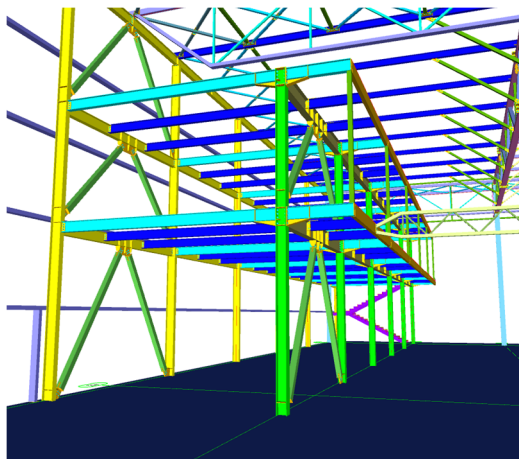
Монтажата на кровните рожници се врши со нивно кревање и поставување врз главните решеткасти носачи, се поставуваат во примарна положба се додека не се фиксираат со помош на косниците за главниот решеткаст носач. Ваквото монтирање на кровните рожници, на начин со одложено монтирање на косниците, не дозволува товарење на кровните рожници со поставување на кровен покривач се додека не бидат монтирани косниците соодветно, при што во ваков случај кровните рожници се товарени на распон од 12m само од сопствена тежина. Откако се монтирани рожниците и косниците, се пристапува кон заварување со два подолжни аголни завари за главниот решеткаст носач со што го доведува рожникот во конечната положба и потоа се врши притегање на завртките од косникот.

Паралелно со поставувањето на кровните рожници се вржи и монтажа на хоризонталните спреготи во кровната рамнина и се поврзуваат за рожниците и горниот појас од подолжните вертикални спреготи на деталите кои се дел од секоја контротивна монтажна целина.

Со монтирање на рожниците и хоризонталниот спрег се пристапува кон поставување на кровната покривка составена од среднопрофилиран ребраст челичен лим, заштитна фолија во улога на парна брана, два слоја термичка изолација од тервол, и завршна мембрана. Целиот овој пакет на кровната покривка дозволува пад на кровната рамнина од 1.5% овозможувајќи непречено одводнување и при најголемите уклони на кровната конструкција.

3.4. Монтажа на спрегната меѓукатна конструкција

Паралелно со монтажата на елементите од кровната покривка се врши монтажа на конструктивните елементи на спрегнатата меѓукатна конструкција. Се наоѓа во првиот модул со распон од 6m чиј пресек е решен како спрегнат и 1.6m конзолен испуст кој работи како чист челичен пресек. Главните носиви греди на меѓукатната конструкција се проектирани од IPE400 додека секундарните носачи се проектирани од IPE240 и се на меѓусебно растојание од 3m. За меѓукатната конструкција се користи лим за спрегање со отворена профилација кој е поставен веднаш по завршување на меѓукатните носачи.



Слика 14. 3D модел на меѓукатна к-ција



Слика 15. Изведба на меѓукатна к-ција

По ободот на меѓукатната конструкција се поставува „L“ профил од свиткант лим кој служи за странична оплата пред да се излеи бетонската маса. Со монтажа на лимот за спрегање се преминува кон заварување на чеп можданиците со глава, кои во случајот се заваруваат преку лим, при што нема потреба од претходно обработување на лимот со отварање на отвори на местата кај што треба да се заваруваат можданиците, што значително влијае на брзината на изведба. Можданиците се предвидени како едноредни на главниот носач и на секундарните носачи со дијаметар од 19mm и висина од 100mm на меѓусебно растојание од 210mm.

Пред да биде извршено заварување на можданиците директно за конструкцијата, извршено е пробно заварување на профили со ист пресек, со цел да се контролира методологијата на т.н. „through deck welding“. Извршени се пробни заварувања за сите можни комбинации на преклоп на лимот. По усвоената методологија на заварување на карактеристичните места, започнато е заварување на чеп можданиците на конструктивните елементи, а подоцна и поставување на мрежаста арматура во горна зона со цел да ги прифати напрегањата на затегање при собирање на бетонот.

4. ЗАКЛУЧОК

Изведбата на конструктивниот систем, овозможен со примена на најновата BIM технологија, е извршена со целсоно дигитално покривање на сите фази на реализација, од проектирање до изведба на електро и машинска инсталација. При што, сите проектни фази се вршени без можност на пречка или колизија на различните фази. Овозможено е пратење и одговор на сите измени во текот на изведбата, со контрола на фазите на изведба и вградените количини.

Современиот дигитален пристап во фазите на проектирање, овозможува целосно покривање во реализација на објектот, соочувајќи се со сите предизвици и овозможувајќи целосен пристап кон најновите концепти на изведба.

РЕФЕРЕНЦИ

- [1] Поповски Д., Партиков М., Дамјановски В., Нисев, Н., Хациев Д., Цветановски П., „Основен проект за индустриски објект на ГЕНТЕРМ во ТИРЗ Алинци, Прилеп“, проектна документација, март 2017.
- [2] Succar B., Sher W., Aranda-Mena G., „A proposed framework to investigate Building Information Modeling through knowledge elicitation and visual models“, AUBEA 2007, Melbourne Australia.
- [3] Succar B., Kassem M., „Macro-BIM adoption: Conceptual structures“, Automation in Construction 57, 2015.
- [4] Quing L., Tao G., Jainping W., „Research on application of BIM technology in construction project“, Computer Science and Service System (CSSS), 27-29 June, 2011.