

ИЗБОР ДИСПОЗИЦИЈЕ МОНТАЖНЕ БЕТОНСКЕ ХАЛЕ

Даница Голеш¹,
Радован Зарић²

УДК: 624.012.3

DOI: 10.14415/zbornikGFS26.10

Резиме: Пројектовање монтажне бетонске хале је сложен итеративни поступак којим се из скупа познатих могућих решења бира оно које на оптималан начин испуњава постављене захтеве и ограничења. Правилним избором диспозиције објекта број могућих решења се смањује већ у раној фази пројектовања. У овом раду се приказују основни захтеви и ограничења који се постављају пред конструкцију монтажне бетонске хале, као и параметри који могу бити дефинисани диспозиционим решењем: габарит, орјентација и положај објекта, материјали, статички систем, геометријске карактеристике, начин фундирања, начин декомпозиције конструкције на префабриковане елементе, типови елемената конструкције, њихови ослонци и везе, и др. Посебан нагласак је дат на правилан избор параметара диспозиције у функцији постављених захтева и ограничења. Рад је намењен дипломцима и младим инжењерима, како би им помогао да знање стечено током школовања правилно систематизују и примене, те да на егзактан начин одаберу оптимално диспозиционо решење.

Кључне речи: Диспозиција, армирани бетон, монтажна хала

1. УВОД

Сваки грађевински објекат мора бити способан да током захтеваног временског периода испуњава своју функцију, уз довољну сигурност од губитка носивости и/или стабилности и уз минималне трошкове експлоатације. Савремени начин и темпо живота овим базичним захтевима (сигурност, употребљивост и трајност), обједињеним у појму *поузданост*, као подједнако битан придружује и захтев брзог повраћаја инвестиције. Најефикаснији начин да се ово постигне је скраћење времена изградње објекта. Применом монтажног начина градње, заснованог на укрупњавању елемената конструкције и њиховој производњи у фабричким, строго контролисаним условима, независним од атмосферских прилика, која се може одвијати паралелно са припремом градилишта, а често и паралелно са самим пројектовањем, грађевинска сезона се проширује на готово целу календарску годину, а време изградње објекта значајно смањује у односу на изградњу која се у

¹ Доц. др Даница Голеш, дипл. инж. грађ., Грађевински факултет Суботица, Козарачка 2а, тел: 024/554-300, е-маил: dgoles@gf.uns.ac.rs

² Радован Зарић, дипл. инж. грађ., студент мастер студија, Грађевински факултет Суботица, Козарачка 2а, тел: 024/554-300, е-маил: radovan.zaric987@gmail.com

потпуности одвија на градилишту. Уштеда у времену је нарочито изражена код бетонских конструкција. Предности монтажних бетонских конструкција (МБК) у односу на класичне, бетонирание на лицу места, детаљно су описане у литератури [1], [2], [3]. Најважније међу њима су бољи квалитет, нижи трошкови и краће време изградње. Напредак у примени преднапрегнутог бетона, средином прошлог века, омогућио је значајно смањење тежине префабрикованих бетонских елемената (ПБЕ) уз могућност савладавања већих распона. МБК се данас успешно користе за стамбене, пословне, спортске, индустријске и др. објекте, у мостоградњи, за инжењерске објекте итд., како у свету тако и код нас.

Посебно место међу МБК заузимају индустријске хале. Од педесетих година прошлог века, у Европи је као основ пројектовања МБК усвајана модуларна мрежа са основним модулом 30cm у хоризонталном и 10cm у вертикалном правцу. За стамбене зграде је спратна висина фиксирана на 280cm, док су димензије у основи вариране између 270cm и 540cm, са кораком од 30cm [4]. Последица "модуларног" пројектовања је велики број врло сличних префабрикованих зграда. Данашња индустрија МБК избегава модуларну координацију јер ограничава флексибилност у архитектонском обликовању објеката. Међутим, за монтажне индустријске хале и складишта, усвајањем неколико фамилија модуларних ПБЕ постижу се оптимална решења, са ограничењима у архитектонском обликовању која су за ову врсту објеката прихватљива.

Пројектовање грађевинских објеката је итеративни поступак, у којем се из скупа могућих решења бира оно које на оптималан начин испуњава постављене захтеве и ограничења. На почетку анализе се поставља *критеријум оптималности*, који се у случају МБК најчешће дефинише као *минимум цене коштања, израде и експлоатације* [5]. Поступак избора оптималног решења може бити временски веома захтеван, па је пожељно да се скуп могућих решења сведе на најмању меру. Ово се постиже у фази избора диспозиције објекта, најчешће на основу искуства. Млађим инжењерима и дипломцима стоје на располагању препоруке из стручне литературе и каталози произвођача ПБЕ и МБК. На жалост, избор новије домаће стручне литературе посвећене овој проблематици веома је скроман и односи се претежно на аспекте извођења [6]. Због сличног приступа решавању диспозиције, многе препоруке за пројектовање металних хала и складишта [7] су применљиве и на МБК. Домаћа регулатива у овој области још заостаје за светским трендовима. У Правилнику о техничким нормативима за бетон и армирани бетон - БАБ'87 [8] само четири члана (227-230) се односе на монтажне армиранобетонске елементе. Нешто већу пажњу МБК и ПБЕ добијају у европском стандарду ЕН 1992-1-1 [9]. Два посебно значајна поглавља МБК - конструктивне везе и пројектовање сеизмички отпорних МБК детаљно су обрађена у публикацијама *fib*-а [10], [11]. Концептуална разматрања, избор и димензионисање ПБЕ и њихових веза и примери димензионисања МБК разрађени су у приручнику [12], који садржи и велики број дијаграма за избор ПБЕ у функцији њиховог распона.

Циљ овог рада је да се на сажет и прегледан начин укаже на најважније аспекте избора диспозиције једне МБК, као и на спрегу између захтева и ограничења који се постављају пред ове објекте с једне, и могућности и својстава самог објекта и његових саставних елемената с друге стране. Рад треба да послужи као својеврстан "подсетник" младим инжењерима и дипломцима грађевинских факултета, који ће им омогућити да при избору диспозиције једне МБК сагледају све битне

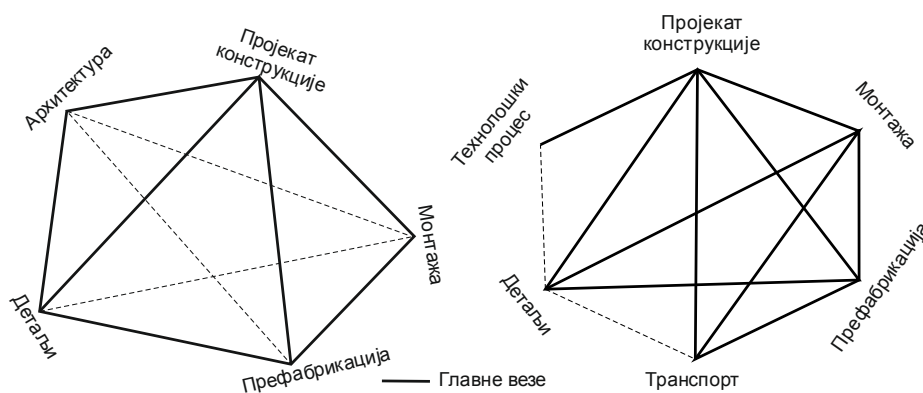
параметре, те да на основу њих и знања стеченог током студија изабери најрационалнија решења.

2. ЗАХТЕВИ, ОГРАНИЧЕЊА И СВОЈСТВА МБХ

При избору могуће диспозиције објекта пројектант је дужан да се информише о свим постављеним *захтевима*, који су обично садржани у пројектном задатку и техничкој регулативи, а могу обухватити:

- намену објекта
- век трајања
- архитектонске и естетске захтеве
- *носивост и стабилност у свим фазама производње и експлоатације*
- отпорност на пожар
- решење унутрашњег транспорта
- начин изведбе и евентуалну етапну градњу
- рок изградње
- примену стандарда и прописа, правила струке, и др.,

али и да сагледа сва *ограничења* која утичу на избор решења (табела 1). Због тога је од виталног значаја сарадња наручиоца, архитекте и пројектанта конструкције. Пожељно је да су већ у фази пројектовања познате могућности производње, транспорта и монтаже елемената (удаљеност, опремљеност и асортиман погона за префабрикацију, расположива транспортна средства, њихови габарити и носивост, ограничења и препреке на траси, механизација за монтажу, расположива радна снага и сл.), како би се облик, димензије и тежине ПБЕ, њихови ослонци, спојеви и везе, као и темпо и организација изградње ускладили са могућностима извођача (слика 1а). При пројектовању МБХ незаобилазна је и сарадња са технологом, чији захтеви могу бити меродавни за избор конструкције, док улогу архитекте често преузима сам пројектант конструкције (слика 1б).



Слика 1. Повезаност различитих аспеката пројектовања МБК уопште, према [13] (лево), и на примеру МБХ (десно)

У табели 1 набројана су својства МБХ која се, кроз довољан број цртежа, дефинишу диспозицијом објекта (прва колона), као и најчешћа ограничења (друга колона). Стрелицама су означене њихове најбитније међусобне везе.

Табела 1. Утицај постојећих ограничења на избор појединих својстава МБХ

Својства МБХ	Ограничења
Просторна оријентација објекта	<ul style="list-style-type: none"> ○ Геодетске, геолошке, геомеханичке, хидролошке, метеоролошке, сеизмолошке и друге подлоге ○ Суседни објекти ○ Веза са спољним саобраћајницама ○ Величина и облик парцеле ○ Урбанистички и други услови ○ Постојећи и планирани инфраструктурни прикључци, и др. ○ Удаљеност, капацитет и асортиман погона за префабрикацију ПБЕ ○ Својства трасе којом би се допремали префабриковани елементи ○ Габарити и носивост расположивих транспортних средстава и дизалица ○ Величина градилишта и приступачност за механизацију.
Габарит - димензије конструкције у основи и њена висина	
Статички систем носеће конструкције	
Материјал, тип, распони, начин ослањања и оријентационе димензије главних носећих елемената	
Елементи за обезбеђење просторне стабилности конструкције	
Носећи елементи потребни за унутрашњи транспорт (кранске стазе, носачи једношинских дизалица...)	
Начин фундирања	
Тип, распон и начин ослањања кровног покривача	
Тип, распон, дебљина и начин ослањања међусупратне плоче (ако постоји)	
Тип, распон и начин ослањања фасадне облоге	
Калканска конструкција и конструкција подужних рамова	
Подна конструкција и облога	
Природно осветљење и вентилација	
Отвори у фасади за везу спољашњег и унутрашњег транспорта	
Расчлањивање носеће конструкције на монтажне елементе	
Положај и врста спојница, ослонаца и веза	

Најважнији принципи пројектовања економичних МБХ су: **једноставност** израде, **унификација** и **типизација** елемената и њихових спојева и веза, **укрупњавање** и **уједначавање** различитих елемената по димензијама и тежини, обезбеђење производње великих серија, те погодност одржавања и поправки [1].

Током пројектовања МБХ посебна пажња се мора посветити обезбеђењу стабилности конструкције у свим фазама њене изградње и употребе, њеном интегритету и робустности. Под појмом "стабилност" подразумева се одговарајућа отпорност на бочна померања, док се "интегритет и робустност" постижу правилним пројектовањем веза, пажљивим обликовањем детаља и спречавањем

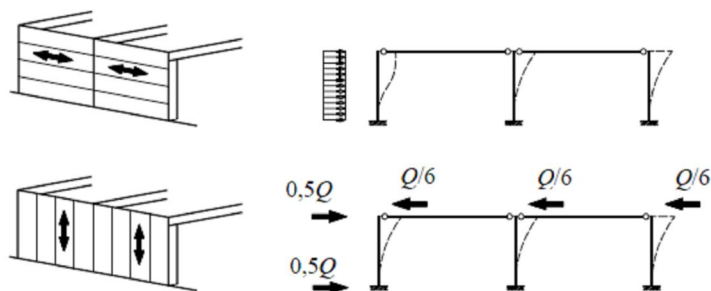
прогресивног лома услед изузетних (неуобичајених) и инцидентних оптерећења [13], као што су локално преоптерећење, експлозија гаса, експлозија бомбе, удар возила или падајућег предмета, интензиван локализовани пожар, слегање ослонаца, сеизмичка дејства и др.

3. КОНЦЕПТУАЛНА РАЗМАТРАЊА

Архитектонски, функционални и други захтеви наручиоца и ограничења као што су облик и димензије грађевинске парцеле, урбанистички услови, постојеће трајне препреке (нпр. водотоци), постојећа и планирана инфраструктура и др., условљавају избор облика, просторне орјентације и димензија објекта у основи. На бази изучавања изведених конструкција димензије МБХ су доведене у везу са њиховом наменом, односно индустријском граном за коју ће се употребити [6]. Уобичајени распони МБХ за грађевинску, лаку металну, аутомобилску, хемијску индустрију и складишта су 12 до 24m, ређе до 36m, за текстилну и металопрерађивачку индустрију 18 до 30m, док се за бродоградилшта и авио индустрију користе МБХ распона 18 до 48m, ретко до 60m. Висина објекта се одређује као минимална потребна, на основу технолошких захтева, начина решавања унутрашњег транспорта (минималне висине за уградњу и употребу мостне дизалице [7] или максимална висина дохвата виљушкарa и сл.), захтева наручиоца за постављањем међуспрата, нпр. за канцеларијски простор и др.

Избор подне конструкције и њене облоге зависи од оптерећења и потребног степена отпорности на хабање, удар, агресивност средине у којој ће се наћи током употребе, једноставности чишћења и одржавања, века трајања и сл. На избор подне облоге може утицати и њена доступност на локалном тржишту и могућност ангажовања овлашћеног извођача.

Организација простора унутар објекта врши се у сарадњи са технологом будуће производње, у складу са наменом објекта, архитектонским, естетским и захтевима противпожарне заштите. Она обухвата и организацију унутрашњег транспорта.



Слика 2. Начин преноса хоризонталног оптерећења на носећу конструкцију у функцији орјентације фасадних панела

Избор облоге објекта (кровног покривача и фасадне облоге) је сложен задатак који увелико надилази ниво архитектонских и естетских захтева, нарочито у случају МБК. Осим функције "омотача" који штити унутрашњост објекта од атмосферских, термичких и других утицаја, облога може играти важну улогу у

обезбеђењу стабилности конструкције. Њена носивост, крутост, максимални допуштени распони, као и минимални нагиби потребни за обезбеђење водонепропусности, у великој мери утичу на избор типа, распона и распореда носећих елемената конструкције. На тржишту постоји широк дијапазон производа за облагање МБХ: од често примењиваних трапезастих лимова, челичних и алуминијумских сендвич панела, који захтевају подконструкцију од кровних гредица - рожњача постављених на међусобном размаку 1.5 до 5m, односно фасадних греда и стубова, преко нешто крућих дурисол (дебљине 8 до 20cm) и сипорекс плоча (10 до 25cm дебљине), које могу савладати хоризонталне и вертикалне распоне до 6m [7], па све до крутих бетонских зидних панела (носивих и неносивих) и кровних ошупљених и ТТ плоча, за распоне до 16m, па и више. Фасадни панели могу бити постављени хоризонтално или вертикално, што утиче на начин њиховог ослањања и преноса реакције на носећу конструкцију (слика 2).

Величина, положај и распоред отвора диктирани су начином повезивања унутрашњег и спољњег транспорта, положајем суседних објеката, оријентацијом у односу на стране света... Да би се обезбедило нормално одвијање производње у условима природног осветљења потребно је обезбедити површину провидних елемената већу од 1/3 укупне површине под објектом [7]. Распоред и величина отвора, заједно са изабраним типом облоге, утичу на избор, положај и распоред секундарних носећих елемената - фасадних греда и стубова.

Избор конструктивног система, којим се дефинише:

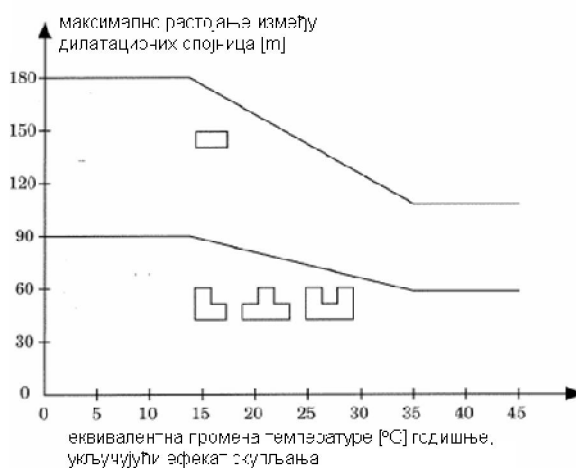
- тип главне носеће конструкције и њени распони у оба правца,
- типови, распони и димензије конструктивних елемената,
- везе конструктивних елемената (круте или зглобне) и њихови ослонци,
- начин фундарања,
- начин обезбеђења стабилности конструкције и елементи за укрућење,
- потреба и начин израде дилатационих разделница,
- калканска конструкција и њена веза са главним конструктивним системом,

заснива се на разматрању:

- Намене објекта. Четрнаест типова конструкције и области њихове примене у појединим индустријским гранама приказани су у [6]. Може се уочити да се куполе, шатори и ланчанице претежно примењују за хале великих распона (до 48m, па и више). Конструкције индустријских хала најчешће су типа порталних рамова, распона до 40m, једнобродних или вишебродних, углавном једносратних [4], састављених од стубова и греда који су међусобно зглобно спојени. Даља разматрања у раду ће се односити на овај тип конструкције;
- Технолошког процеса производње у будућем објекту и решења унутрашњег транспорта, који могу диктирати минималне димензије светлих отвора, што се одражава и на избор елемената способних да премосте тражене распоне;
- Својстава тла на којем се МБХ фунда и нивоа подземне воде, а нарочито опасности од неједнаких слегања. На тлу слабих карактеристика повољније је градити МБХ, чије везе омогућавају одређени степен ротације и транслаторних померања спојених елемената, него круту, монолитну бетонску конструкцију хале изведену на лицу места;
- Дужине објекта и очекиваних температурних промена. Препоручена растојања дилатационих разделница скелетних система са зглобним везама стуб-темељ, у

функцији очекиваних температурних промена укључујући ефекат скупљања бетона, приказана су на слици 3. За круту везу стуб-темељ, што је случај код порталних рамова, ове вредности треба смањити за 15%;

- Накнадног проширења објекта. Калканска конструкција може бити саставни део носеће конструкције уколико објекат одмах добија свој коначни облик, при чему се калкански рамови најчешће разликују од рамова унутар објекта. У случају да се планира накнадно проширење (продужење) МБХ, калканска конструкција се изводи као самостална и самоносива, са привременим везама за главну носећу конструкцију. Сви попречни рамови су истих карактеристика јер након доградње крајњи рамови постају унутрашњи;
- Могућности погона за префабрикацију, носивости и габарита транспортних средстава, карактеристика трасе дуж које ће се ПБЕ транспортовати, носивости дизалица и других средстава за монтажу, расположиве радне снаге, те величине и облика парцеле који могу ограничити проходност градилишта. Ови параметри могу бити од пресудног значаја при избору димензија, облика и тежине ПБЕ, типова њихових веза и начина ослањања.



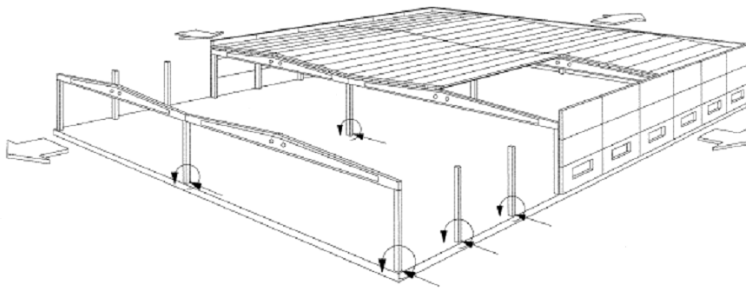
Слика 3. Препоручена растојања дилатационих спојница скелетних система за различите попречне пресеке стубова, према [10]

Посебна пажња при избору конструктивног система мора се посветити обезбеђењу стабилности конструкције у свим фазама извођења и експлоатације. Стабилност готове МБК се најчешће обезбеђује на два начина:

- Код "неукрућених" или "померљивих" конструкција, какве су најчешће *једносратне рамовске конструкције МБХ*, стабилност се обезбеђује крутом везом између стубова и темеља (слика 4);
- Код "укрућених" или "непомерљивих" конструкција отпорност на хоризонтална дејства се обезбеђује посебним елементима за укрућење (зидови, спрегови, круте кровне и/или међусратне плоче)

Стабилност МБХ са лаком облогом (трапезасти лимови или метални сендвич-панели) ослоњеном на секундарне линијске носаче (рожњаче и фасадне греде и стубове) може се постићи уметањем кровних и фасадних спрегова, на сличан

начин као код металних хала [7]. Дурисол и сипорекс плоче имају извесну крутост у својој равни, па се допунске мере за обезбеђење стабилности најчешће могу изоставити. Примена ових омотача је ограничена на подужни растер стубова до 6m. За велике растере, преко 6-10m, међусpratна, али и кровна конструкција морају бити изведене као плоче круте у својој равни - тзв. "дијафрагме" [4]. Применом крутих кровних и фасадних облога (ошупљене и ТТ плоче, префабриковани бетонски фасадни панели и сл.), омогућава се повећање растера стубова до 16m, па и више. Непомерљивост конструкције је обезбеђена деловањем круте кровне и/или међусpratне конструкције као "дијафрагме", која хоризонтална дејства равномерно распоређује на елементе за укрућење (стубове и зидове). Предуслов за овакво понашање конструкције је правилно обликовање смичућих веза између елемената.



Слика 4. МБХ са стубовима уклештеним у темеље. Стубови прихватају хоризонтална дејства као конзолни носачи [10]

4. ПРЕФАБРИКОВАНИ БЕТОНСКИ ЕЛЕМЕНТИ

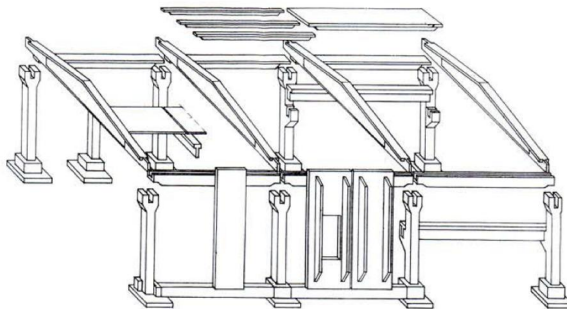
Правилан избор и примена ПБЕ једне МБХ подразумева добро познавање асортимана и могућности које нуди погон за префабрикацију, као и својстава самих елемената. Будући да се производња врши у строго контролисаним условима, са угодним системом контроле квалитета, пројектант је у могућности да примени бетоне високе чврстоће, лаке и самоуграђујуће бетоне, али и новије материјале, као што су бетони ултра високе чврстоће, бетони армирани текстилним, стакленим и другим влакнима, непропусни бетони, бетони отпорни на мраз, обојени бетон и др. ПБЕ се изводе као армиранобетонски или претходно напрегнути. При избору димензија елемената тежи се постизању максималних распона, како би се број стубова свео на најмању меру. Димензије и облик елемената могу бити ограничени габаритом и носивошћу средстава за транспорт и монтажу. Једно од решења је рашчлањивање елемената на мање делове који ће се спојити на самом градилишту. Монолитна веза ових делова се предвиђа у најслабије напрегнутим зонама готовог елемента. Елементи се обликују тако да се омогући њихово лако повезивање, по могућности без употребе скеле и оплате. Због ограниченог обима рада у даљем тексту ће се дати само кратак приказ најчешће примењених ПБЕ МБХ, са освртом на област њихове примене и начин избора. За детаљније информације читалац се упућује на наведену литературу и каталоге произвођача ПБЕ.

Префабриковане кровне и међуспратне плоче. На овом месту ће бити приказане само префабриковане плоче које су се показале као најекономичније и/или најфлексибилније [3]. Овде наведене карактеристике су оријентационе и могу варирати у зависности од произвођача.

Ошупљене плоче се сврставају међу најекономичније префабриковане међуспратне плоче. Захваљујући шупљинама, најчешће кружног попречног пресека, постиже се уштеда у материјалу и смањење сопствене тежине до 40% у односу на пуне бетонске плоче. Производе се као класично армиране, дебљине 14-20cm, распона 6-7m и носивости до 5kN/m^2 , или као преднапрегнуте, дебљине до 40cm, за распоне до 16m. Ширина међуспратних плоча је 1.2m, док се као кровне плоче производе ширине до 3m. Подужне ивице се изводе са жлебовима за пријем смичућих сила, па се могу користити за укрућење конструкције дејством хоризонталне "дијафрагме", под условом да су посебним детаљима решене везе плоче са зидовима [3], [14].

Оребрене или ТТ плоче користе се за веће распоне и оптерећења. Најчешће су ширине 2.4m (до 3m), са плочом дебљине 6cm и максималне висине 80-100cm. Уобичајени размак ребара је 1.2m. По потреби се на лицу места лије додатни слој бетона у који се уграђује арматура за пријем смичућих сила услед дејства дијафрагме. Ово је једини тип међуспратних плоча који може савладати распоне и преко 16m, али по цену повећања спратне висине [14]. Преднапрегнуте ТТ кровне плоче могу се користити за распоне и до 32m [15].

Пуне бетонске плоче дебљине 5-7cm изводе се као адхезионо преднапрегнуте. Ослањају се преко кратких елемената на греде или зидове и служе као оплата за слој бетона који се изводи на лицу места, дебљине 5 до 20cm. У овој фази могу без подупирања савладати распоне око 4m (плоче дебљине 7.5cm), односно 6m (дебљине 10cm) [12].



Слика 5. Конструкција МБХ раишчлањена на елементе - Вибробетон, Винковци

Секундарне греде се производе као обично армиране или преднапрегнуте, најчешће распона до 12m, али и преко 16m. Попречни пресек се формира у складу са функцијом: обрнуто Т за ослањање међуспратне плоче, L (подужне ивичне греде), Т (рожњаче), U (увале) и сл. Најчешће су система просте греде, зглобно везане за стубове. Висина попречног пресека се усваја у границама 1/12 до 1/20 распона у циљу контроле угиба. Преднапрегнуте греде могу бити и веће виткости.

Кровни носачи (ригле попречних рамова) се изводе као пуну гредни носачи константне или променљиве висине, најчешће Т или I попречног пресека, са

отворима за олакшање или без њих, класично армирани за распоне до 18m, или претходно напрегнути до 40m. За распоне преко 30m могу се применити *решеткасти носачи* [1]. *Двопојасним носачима* могу се савладати распони већи од 45m, а уз спољашње преднапрезање и преко 100m [16]. Могућа је примена *лучних носача* са или без затеге. При избору кровног носача треба размотрити питање стабилности на избочавање и превртање у свим фазама. Ови елементи су често мале ширине, па се морају осигурати од избочавања, нарочито у фази монтаже. Према [3], сигурност на избочавање је одговарајућа ако су испуњени услови $l_o \leq 35b$ и $d \leq 2.5b$, где је l_o размак бочних ослонаца, b ширина притиснуте фланше и d висина носача. Пожељно је да се тежиште кровног носача налази испод нивоа ослонаца, чиме је обезбеђена аутостабилност на превртање. У супротном се у врху стуба може формирати "виљушка" у коју се "упасује" ребро кровног носача.

Облик и димензије *стубова* се бирају према величини и природи оптерећења, начину повезивања са гредама, положају у конструкцији, естетским захтевима и др. Стубови МБХ су најчешће квадратног или правоугаоног попречног пресека, чије се димензије могу одредити из услова $b/H \geq 1/25$, уз додатни услов $d/H_k \geq 1/14$ за стубове на које се ослањају кранске стазе, где су b и d димензије попречног пресека, H укупна висина стуба и H_k висина стуба до кратког елемента [1]. У сеизмичким подручјима стубови се обликују у складу са посебним захтевима, тако да се обезбеди дуктилно понашање конструкције. Префабриковани стубови у Европи достижу висину 12 до 18m, а у САД чак 25 до 30m. Минималне димензије попречног пресека (25-30cm) су условљене величином споја греда-стуб.

Зидови. У конструкцијама МБХ ретко се примењују унутрашњи носећи зидови. Избор фасадних зидова се врши на основу захтеване носивости, крутости, максималних распона, али и захтева грађевинске физике, изгледа, трајности, једноставности одржавања и др. Димензије су често ограничене носивошћу и габаритима транспортних средстава. Најчешће се производе као трослојни сендвич панели, састављени од спољњег слоја са завршном обрадом, унутрашњег носећег слоја и језгра за термичку изолацију.

Темељи МБХ се, због велике тежине, најчешће изводе као појединачни - самци, ливени на лицу места, на које се уграђују префабриковане бетонске чашице за круту везу са стубовима. Темељи мањих димензија (до 3x3m) могу се произвести као ПБЕ заједно са чашицом. Данас се, уместо чашице, све више примењују економичнији "цепови", изведени у самој темељној стопи.

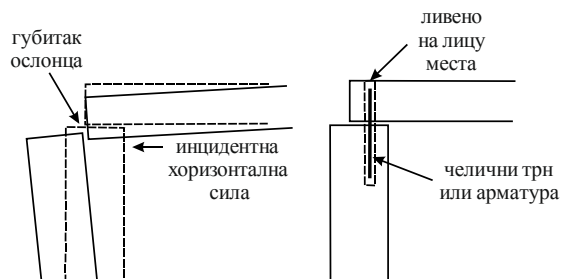
5. КОНСТРУКТИВНЕ ВЕЗЕ

Избор типова веза ПБЕ и њихов положај у конструкцији детерминишу њено понашање у експлоатацији, али могу значајно утицати и на цену објекта. Значај правилног решавања веза у МБХ описан је сликом 6.

На избор конструктивних веза утичу следећи фактори [11]:

- Стабилност рама. Неукрућени портални рамови и скелетни системи захтевају круту везу стуба и темеља, док се код непомерљивих конструкција ова веза може формирати као зглобна. У другом случају, централно притиснуте стопе темеља самаца могу бити знатно мањих димензија него код круте везе, када темељи морају на тло пренети велике моменте савијања;

- Распоред елемената конструкције;
- Пренос момента савијања на крајевима греда и стубова. Конзолни елементи захтевају круте везе (уклештење), док су просте греде зглобно ослоњене на крајевима. Померљиви рамови мање висине могу се изводити са крутим или делимично крутим везама;
- Заштита спојева од пожара;
- Изглед везе. "Скривене везе" се изводе унутар димензија спојених елемената, из естетских разлога или да би се смањила конструктивна висина објекта, за разлику од "видљивих" веза, које се налазе изван габарита елемената;
- Једноставност и цена;
- Захтеви за обезбеђење привремене стабилности. Поједине везе захтевају привремено подупирање елемената који се спајају;
- Приступ градилишту, могућности транспортних средстава и дизалица.



Слика 6. Губитак ослоња услед инцидентног хоризонталног дејства и правилно обликовање везе

Важни аспекти пројектовања конструктивних веза су: *стандардизација* - предност имају већ разрађене, стандардизоване везе; *једноставност и приступачност* за израду и контролу; *носиовост на затезање* - затегнути делови морају бити правилно усидрени; *дуктилност* - способност развоја великих пластичних деформација пре лома; *померања* - везе не смеју ограничити потребна померања конструкције; *отпорност на пожар*; *трајност*; *изглед* и друго.

6. ЗАКЉУЧАК

Пажљивим избором диспозиције МБХ убрзава се поступак налажења оптималног решења објекта. Сем разматрања заједничких за све конструкције, пројектант МБХ се мора благовремено информисати и о могућностима погона за префабрикацију, транспортних средстава и дизалица и својствима трасе и градилишта, као могућим пресудним факторима за избор типа, материјала и димензија ПБЕ и њихових веза. Конструкције индустријских МБХ се најчешће изводе као портални рамови, распона 12-40m. Економични растер стубова померљивога рама, са крутом везом стуб-темељ, креће се у границама 6-10m. За веће растере (до 16m, па и више) конструкција се пројектује као "непомерљива" са крутим кровним, фасадним и међуспратним плочама, повезаним адекватним смичућим везама.

Економичне МБХ остварују се на основу принципа *једноставности* израде, унификације и типизације елемената, спојева и веза, укрупњавања и уједначавања елемената, обезбеђења производње великих серија, те погодности одржавања.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Група аутора: *Бетон и армирани бетон према ПБАБ'87*, Књига 1 и 2, Грађевинска књига, Београд, **1989**.
- [2] Томичић, И.: *Бетонске конструкције*, Друштво хрватских грађевинских конструктора, Загреб, **1996**.
- [3] Vachmann, H., Steinle, A.: *Precast concrete structures*, Ernst&Sohn, Berlin, **2011**.
- [4] Elliot, K. S.: *Precast Concrete Structures*, Butterworth-Heinemann, Oxford, **2002**.
- [5] Бешевић, М., Тешановић, А.: Оптимално пројектовање челичних конструкција складишта са аспекта утрошка челика, *Зборник радова ГФ Суботица*, **2012**, стр. 97-107.
- [6] Тривунић, Р. М., Дражић, Ј. Ј.: *Монтажа бетонских конструкција зграда*, АГМ књига, Београд, **2009**.
- [7] Бешевић, М., Тешановић, А.: *Металне конструкције 2 - хале и складишта*, Грађевински факултет Суботица, Суботица, **2011**.
- [8] *Правилник о техничким нормативима за бетон и армирани бетон*, Службени лист СФРЈ 11/87.
- [9] *EN 1992-1-1 Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1: General rules and rules for buildings*, CEN European Committee for Standardization, **2004**.
- [10] *Structural connections for precast concrete buildings*, fib Bulletin No. 43, **2008**.
- [11] *Seismic design of precast concrete building structures*, fib Bulletin No. 27, **2003**.
- [12] *Structural Precast Concrete Handbook*, Building and Construction Authority, Singapore, **2001**.
- [13] Elliot, K. S., Jolly, C. K.: *Multi-storey Precast Concrete Framed Structures*, Wiley-Blackwell, **2014**.
- [14] *Precast concrete - Frames guide*, Irish Precast Concrete Association (IPCA).
- [15] *Precast Concrete Applications & general overview*, Elematic group, Finland.
- [16] Радосављевић, Ж., Бајић, Д.: *Армирани бетон 3*, Грађевинска књига, Београд, **2008**.

THE SELECTION OF DISPOSITION OF PRECAST CONCRETE INDUSTRIAL BUILDING

Summary: *Design of precast concrete industrial building is a complex iterative procedure by which, from a set of known possible solutions, is found the one, that in optimal way meets the set requirements and limitations. By proper selection of the disposition of the building, number of possible solutions is reduced at an early stage of design. This paper presents the main requirements and limitations faced by the structure of precast concrete industrial building, as well as parameters that can be defined in*

dispositional solution: dimensions, orientation and position of the object, materials, structural system, geometric characteristics, foundation system, the way of decomposition of the structure to prefabricated elements, their bearings and connections, and others. Special emphasis is given to the proper selection of the parameters of disposition in function of set requirements and constraints. The work is intended for graduates and young engineers, to help them to properly systematize and apply the knowledge gained during education, and select the optimal dispositional solution the exact way.

Key words: *Disposition, reinforced concrete, precast industrial building*