

ДГКМ
ДРУШТВО НА
ГРАДЕЖНИТЕ
КОНСТРУКТОРИ НА
МАКЕДОНИЈА

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

MASE
MACEDONIAN
ASSOCIATION OF
STRUCTURAL
ENGINEERS

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

subj.-no.

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

Дарко НАКОВ¹, Тони АРАНЃЕЛОВСКИ², Дејан ЈАНЕВ³

ПОПРАВКА И САНАЦИЈА НА ПРЕФАБРИКУВАНИ АРМИРАНОБЕТОНСКИ ПОРТАЛИ

РЕЗИМЕ

Со цел да се утврди вистинската состојба во која се наоѓаат армиранобетонските портали извршени се визуелни прегледи на конструкцијата. Притоа регистрирани и фотографирани се сите оштетувања на сите конструктивни елементи од двата армиранобетонски портали. По извршените испитувања и анализи на конструкцијата се утврди потребата од поправка и санација, а потоа и потребата од превземање на соодветни мерки за поправка и санација на конструктивните елементи со цел да им се возобноват техничките својства кои ќе ги задоволуваат критериумите на носивост и употребливост.

Клучни зборови: префабрикуван армиран бетон, проценка, испитување, поправка, санација.

Darko NAKOV¹, Toni ARANGJELOVSKI², Dejan JANEV³

REPAIR AND REHABILITATION OF PREFABRICATED REINFORCED CONCRETE PORTAL FRAMES

SUMMARY

In order to determine the accurate condition of the prefabricated reinforced concrete portals, visual overviews of the construction have been performed. At the same time, all structural damages and elements of the two reinforced concrete portals were registered and photographed. After conducting the tests and analyses of the construction, it was necessary to determine the need for repair and rehabilitation, and then to undertake appropriate measures for repair and rehabilitation of the structural elements in order to renew the technical properties that would meet the criteria of bearing capacity and serviceability state.

Keywords: prefabricated reinforced concrete, assessment, testing, repair, rehabilitation.

¹ Ass. Prof. PhD, Faculty of Civil Engineering, University "Ss. Cyril and Methodius", Skopje, Republic of Macedonia, nakov@gf.ukim.edu.mk

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

³ Associate, Faculty of Civil Engineering, University "Ss. Cyril and Methodius", Skopje, Republic of Macedonia, denijanev@gmail.com

1. ВОВЕД

Секоја армиранобетонска конструкција, зависно од нејзината намена, мора да биде проектирана и изградена на начин кој во текот на периодот на експлоатација ги исполнува основните барања на носивост, стабилност и употребливост во одреден временски период. Освен носивоста и употребливоста, важен критериум за една конструкција е и нејзината трајност. Недоволната трајност на армиранобетонските конструкции во светски рамки претставува горлив проблем со кој се соочуваме при користење на градбите. Ваквиот проблем се манифестира со вложување на големи финансиски средства за нивото на носивост, стабилност и употребливост се задржи над минимално пропишаните граници. Ваквата состојба главно е последица на еден или комбинација на следните фактори:

- Недоволно внимание посветено на трајноста при проектирањето на конструкцијата,
- Недоволно внимание посветено на трајноста при изведувањето на конструкцијата,
- Нередовно или никакво одржување на конструкцијата во текот на експлоатација.

При проектирањето и изведбата на конструкциите потребно е да се земат предвид надворешните и внатрешните влијанија врз конструкцијата кои се тесно поврзани со трајноста на градбите. Изведувањето на армиранобетонските конструкции е една од клучните фази за остварување на нивната трајност, а притоа посебен акцент се става на негата на бетонот и контрола на квалитетот при вградување. Покрај проектирањето и изведбата, одржувањето на конструкциите е трет важен аспект за постигнување на предвидениот век на употребливост на конструкцијата (Radic, 2006), (Radic, 2010).

Комбинација на горенаведените три фактори среќаваме кај анализирани префабрикувани армиранобетонски портали прикажани во овој труд.

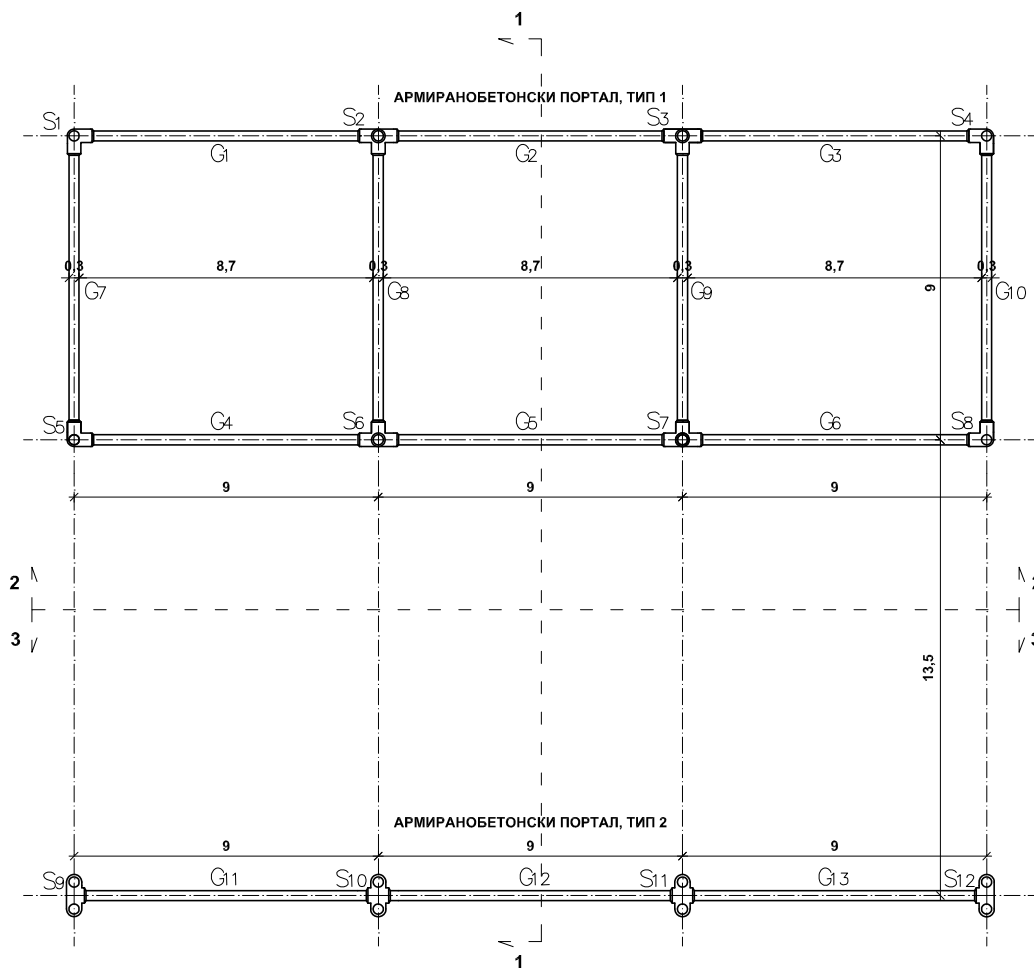
1.1. Податоци за конструктивниот систем на армиранобетонските портали

Конструктивниот систем претставува монтажен, префабрикуван армиранобетонски систем кој се состои од два типа на армиранобетонски портали. Порталите се составени од монтажни греди и столбови, меѓусебно споени со монтажни армиранобетонски елементи. Сите конструктивни елементи, столбови, греди и поврзни монтажни елементи се производ на фабриката Карпош - Скопје и се произведени со постапка на центрифугирање.

Првиот армиранобетонски портал, тип 1, се состои од вкупно осум единечни столба и десет греди, кои оформуваат еднобродна рамка во едниот и тробродна рамка во другиот правец. Меѓусебното растојание на столбовите е 9m во двата правци. Вкупната висина на столбовите е 8m и на нивната највисока точка тие се поврзани со греди. Попречниот пресек на столбовите е кружен прстенаст со дебелина на прстенот од 10cm, со променлив дијаметар по висина на столбот. Во вклетувањето дијаметарот изнесува 46cm а на врвот 34cm. Гредите се со кружен прстенаст, но константен попречен пресек со дебелина на прстенот од 10cm и дијаметар 30cm.

Вториот армиранобетонски портал, тип 2, се состои од вкупно четири двојни меѓусебно поврзани столбови и три греди со кои се формира тробродна рамка во едниот правец со распони од 9m. Вкупната висина на столбовите е 12m, а поврзувањето на столбовите со греди е на висина од 9m. Попречниот пресек на столбовите е прстенаст кружен со дебелина на прстенот од 10cm, со променлив дијаметар по висина на столбот. Во вклетувањето дијаметарот изнесува 49cm а на врвот 25cm. Гредите се со кружен прстенаст, но константен попречен пресек со дебелина на прстенот од 10cm и дијаметар 30cm.

Оддалеченоста на вториот од првиот армиранобетонски портал е 13.5m (Аранѓеловски & Наков, 2016).



Сл. 1. Основа на армиранобетонски портали, тип 1 и тип 2 и позиционирање на сите елементи

2. ПРОЦЕНКА НА СОСТОЈБАТА НА КОНСТРУКЦИЈАТА НА АРМИРАНОБЕТОНСКИТЕ ПОРТАЛИ

Со цел да се утврди вистинската состојба во која се наоѓаат армиранобетонските портали во поголем број на наврати извршени се визуелни прегледи на конструкцијата. Притоа се регистрирани и фотографирани сите оштетувања на сите конструктивни елементи од двата армиранобетонски портали. Од извршените визуелни прегледи може да се констатира дека на поголем број места се регистрирани: пукнатини, шуплини, оштетувања на местото на спојот на оплатата при производство, делумно или целосно отпаднати заштитни слоеви, помалку или повеќе кородирана арматура, карбонизација на бетонот и сл.

Оштетувањето на столбовите и гредите е со различен степен во различни локалитети по висина и должина на елементите изразени преку микро пукнатини под 0.3mm, макро пукнатини со ширина над 0.3mm кои се појавуваат во попречен и во подолжен правец оформени по цела дебелина на заштитниот слој на арматурата, корозија на арматурата со различен интензитет и тоа површинска, врзана до лушпеста итн.

Армиранобетонските елементи во изминатите 37 години на експлоатација биле и сеуште се изложени на атмосферско агресивно влијание од гасови и течности, пропратени со дејство на ниски температури и мраз во зимски и високи температури во летен период. Наведените оштетувања се појавиле како резултат на начинот и квалитетот на изведба на порталите, нивната изложеност на атмосферски агресивно влијанија и како последица на продорот и

цедењето на површинската вода по површината на поедините елементи. Исто така треба да се спомене и отсуството на перманентни прегледи и навремена заштита и поправка на поедините елементи. Од првиот преглед на конструкцијата можеше да се заклучи дека армиранобетонските портали неминовно мора да се санираат и поправат како не би дошло до несакани последици уште во блиска иднина (Аранѓеловски & Наков, 2016).

2.1. Регистрирани оштетувања на конструкцијата

По извршениот визуелен преглед на конструкцијата изработено е досие за затекнатата состојба. Досието ги содржи сите елементи со општи податоци, фотографија и скица со обележани и нумерирани видливи оштетувања. Од армиранобетонскиот портал, тип 1, се прикажани оштетувањата на армиранобетонскиот столб S1, додека пак, од армиранобетонскиот портал, тип 2, се прикажани оштетувањата на конструктивните елементи: армиранобетонски столб S10 и армиранобетонски греди од G11 до G13.



а) Затекнатата состојба на столб S1



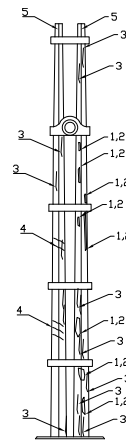
б) Скица со обележани и нумерирани оштетувања

Регистрирани оштетувања:
Отпаднат заштитен слој (1), кородирана арматура (2), подолжни пукнатини (3), пукнатини на спој на оплата (5).

Сл. 2. Армирано бетонски портал, тип 1 – столб S1



а) Затекнатата состојба на столб S10



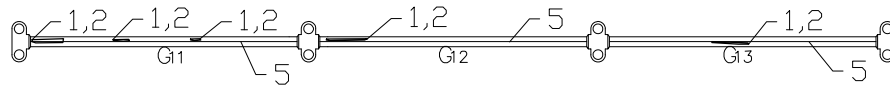
б) Скица со обележани и нумерирани оштетувања

Регистрирани оштетувања:
Отпаднат заштитен слој (1), кородирана арматура (2), подолжни (3) и попречни пукнатини (4), пукнатини на спој на оплата (5).

Сл. 3. Армиранобетонски портал, тип 2 – столб S10



а) Затекната состојба на греди G11-G13.



б) Скица со обележани и нумерирани видливи оштетувања

Регистрирани оштетувања: Отпаднат заштитен слој (1), кородирана арматура (2), пукнатини на спој на оплата (5).

Сл. 4. Армиранобетонски портал, тип 2 – греди G11- G13

2.2. Категоризација на оштетувањата

За сите конструктивни елементи воочените оштетувања во зависност од степенот на оштетување се сместени во три категории, дадени во продолжение. Категорија I означува најмал, а категорија III најголем степен на оштетување.

Во категорија I се опфатени сите површински оштетувања со длабочина до 3mm кои настанале преку испирање на површинско цементно млеко и површински микро пукнатини со ширини под 0.3mm.

Во категорија II се опфатени сите површински длабински оштетувања лоцирани во заштитен слој на арматурата, намалување на РН вредноста на бетонот (почеток на карбонизација), појава на пукнатини над 0.3mm регистрирани во заштитен слој од арматурата, појава на почетна корозија на арматура регистрирана преку површински флеку итн.

Во категорија III спаѓаат најсериозните оштетувања кои се изразени преку длабински оштетувања од околу 3cm, појава на подолжни и попречни пукнатини со ширина поголема од 0.3mm пропратени со одделување и отпаѓање на заштитниот слој од арматурата, шуплини, оштетувања на местото на спојот на оплатата при производство, појава на лушпеста корозија со намалување на пресекот на арматурата преку 10%, длабоко пенетрирана карбонизација на бетонот, итн (Аранѓеловски & Наков, 2016).

2.3. Извршени испитувања и резултати од испитувањата

За да се утврди геометриската правилност на елементите, квалитетот на вградените материјали како и степенот на оштетување спроведени се серија на мерења и испитувања кои се состојат од: геодетско снимање, испитување на јакост на притисок на бетонот, испитување на квалитет на арматурата, испитување на степен на оштетување на арматурата, испитување на карбонизација на бетонот, мерење на широчина на пукнатини.

Геодетското снимање е извршено со цел одредување на геометриската правилност на елементите од порталите. Снимањето е извршено од микротригонометриска мрежа, наменски поставена за таа цел, која се состои од 6 (шест) точки, меѓусебно поврзани со агли и должини.

На порталите се поставени специјални маркици, како дискретни точки, за одредување на геометријата на порталите. Врз основа на податоците од мерењата на сите столбови, во табела 1 се прикажани регистрираните отстапувања од вертикала само на столбовите S1 и S10 на висина од 8.0m.

Столб	Δx [m]	Δy [m]
S1	0.057	0.126
S10	0.027	0.035

Табела 1. Измерени отстапувања (деформации) од вертикалата по X и Y оска

Од прикажаните резултати може да се забележи дека кај армиранобетонскиот портал, тип 1, кај столб S1 е надмината максимално дозволената деформација која за конзолен столб изнесува $L/150=7.5/150=0.050m$. Кај армирано бетонскиот портал, тип 2, за столб S10 кој се состои од двојни столбови, деформациите се во рамки на дозволените.

Испитувањето на јакоста на притисок на бетонот е извршено со вадење и испитување на кернови.



Сл. 5. Вадење на кернови од столб



Сл. 6. Испитување на јакост на притисок

Примерок	Димензии	Волумен	Тежина	Волуменска тежина	Јакост на притисок
Бр.	a/b/c [mm]	V [m ³]	G [g]	γ [kN/m ³]	f_c [mPa]
1	50.1/50.2/40.3	0.00010135	253.69	25.03	44.74
2	49.1/50.2/41.0	0.00010208	254.91	24.97	38.90
3	48.6/49.5/41.5	0.00009983	247.19	24.76	39.30

Табела 2. Определување на јакост на притисок на извадени кернови од конструкцијата

Од прикажаните резултати може да се воочи дека волуменската тежина е во очекувани рамки, а средната вредност на јакоста на притисок изнесува 40.98MPa, што соодветствува на бетон МБ40.

Испитувањето на квалитетот на арматурата и степенот на оштетување на истата се прикажани табеларно.

Примерок	Дијаметар	Граница на развлекување		Јакост на затегнување	
Бр.	Ø [mm]	F _p [kN]	R _p [mPa]	F _m [kN]	R _m [mPa]
1	19	121.00	423	167.00	584
2	19	114.00	402	160.00	565
3	19	114.00	402	158.50	559

Табела 3. Определување на граница на развлекување и јакост на затегнување на арматурата

Од прикажаните резултати може да се воочи дека квалитетот на арматурата е задоволителен и истата може да се третира како ребреста арматура RA 400/500-2.

Примерок	Должина	Тежина	Тежина на м'
Бр.	L [mm]	G [g]	g [kg/m']
1	132	260	1.97
2	168	327	1.95
3	179	363	2.03

Табела 4. Тежинска контрола на оштетените арматурни прачки

Средната вредност на тежината на оштетените арматурни прачка изнесува 1.98kg/m'. Со оглед на тоа дека каталожката вредност на тежината на арматурната прачка со дијаметар Ø19 изнесува 2.288kg/m', може да се воочи дека како резултат на настанатата корозија на арматурата се јавува тежинско намалување од 16%.

Примерок	Дијаметар										Среден дијаметар
	Ø [mm]										Ø _{cp} [mm]
1	16.0	16.0	15.5	16.0	16.0	15.5	17.0	16.0	17.2	17.0	16.22
2	16.0	15.0	15.5	15.5	16.5	16.5	16.5	17.0	16.0	17.5	16.20
3	17.0	16.5	16.0	16.5	16.5	17.5	17.5	17.5	17.5	18.0	17.05

Табела 5. Контрола на дијаметар на оштетени прачки

Доколку се спореди измерената средна вредност на дијаметарот на оштетените арматурни прачки Ø_{cp}16.49 со дијаметарот на арматурната прачка Ø19, произлегува заклучокот дека како резултат на настанатата корозија на арматурата се јавува намалување во дијаметарот од 15%, што е речиси еквивалентно на тежинското намалување.

Испитувањето на карбонизација на бетонот е спроведено со 1% раствор на фенолфталеин и 70% етил алкохол. Фенолфталеинот има способност за боење на површината на бетонот во розево – виолетова доколку бетонот не претрпел карбонизација, а обоеност не се појавува во карбонизираните дел од пресекот. Резултатите од испитувањето на лице место покажуваат дека поголем дел од вкупната дебелина на прстенастиот кружен пресек која изнесува 10cm е карбонизиран. Средната вредност на длабочината на карбонизација измерена на 10 места изнесува 6cm.

При мерењето на широчина на пукнатините е утврдено дека поголемиот број на пукнатини кои се појавени на површината на столбовите се со широчина поголема од 0.3mm. Истите се во

поодмината фаза на нивен развој со што дозволиле инфилтрација на гасовити и течни агресивни материи кои влијаеле на кородирање на арматурата, понатамошното разорување на заштитниот слој и карбонизација на бетонскиот пресек (Аранѓеловски & Наков, 2016).

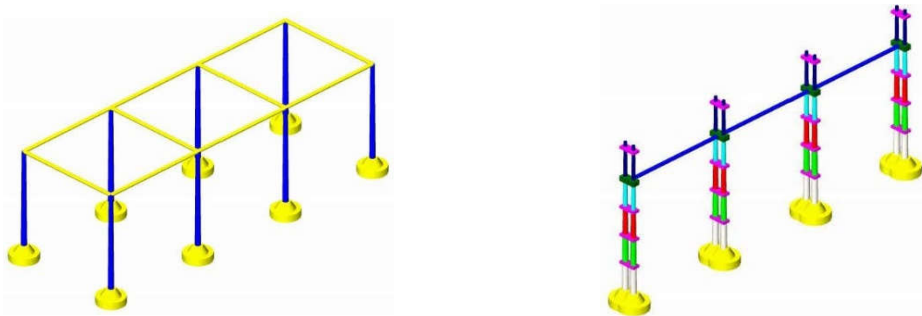


Сл. 7. Контрола на карбонизација на пресекот

3. МАТЕМАТИЧКИ МОДЕЛ ЗА СТАТИЧКА И СЕИЗМИЧКА АНАЛИЗА НА КОНСТРУКЦИЈАТА

Со оглед на конструктивната независност на двата армиранобетонски портали, беа изработени и анализирани два математички модели. Математичките модели се анализирани со помош на компјутерскиот програм Radimpex TOWER6. Моделирањето на конструкцијата на армиранобетонскиот портал, тип 1, е извршено со вкупно 300 гредни елементи и 48 гранични елементи. Ослоувањето на столбовите е симулирано како вкleshтување, а гредите се анализирани како систем проста греда. Моделирањето на конструкцијата на армиранобетонскиот портал, тип 2, е извршено со вкупно 310 гредни елементи и 48 гранични елементи. Ослоувањето на столбовите е симулирано како вкleshтување, а гредите се исто така анализирани како систем проста греда.

Конструктивната анализа е спроведена за сите основни случаи на оптоварување, чиј број изнесува 11, а потоа истите се искombинирани во сите можни комбинации на товарење кои се вкупно 104 (Аранѓеловски & Наков, 2016).



а) Армиранобетонски портал, тип 1

б) Армиранобетонски портал, тип 2

Сл. 8. Математички модел на конструкцијата

3.1. Резултати од извршената анализа за армиранобетонски портал, тип 1 и тип 2

Во понатамошниот дел од текстот ќе бидат прикажани само резултатите од извршената анализа за армиранобетонскиот портал, тип 1.

По геометриското моделирање и нанесување на товари, определени се динамичките карактеристики на конструктивниот систем на армиранобетонскиот портал, тип 1 и при тоа добиени се следните параметри:

Периодата на основниот тон на слободните непригушени осцилации во правец x изнесува $T_{1x} = 0.679\text{sec}$, а во правец y изнесува $T_{1y} = 0.655\text{sec}$.

Максималните хоризонтални поместувања од земјотрес во x правец изнесуваат $x_{\max} = 2.183\text{cm}$ и се помали од дозволените $H/150=800/150=5.33\text{cm}$, додека пак во y правец изнесуваат $y_{\max} = 1.923\text{cm}$ и се помали од дозволените $H/150=800/150=5.33\text{cm}$.

Максималните поместувања од ветер во двата правци изнесуваат 0.145cm , а од температурни влијанија 0.067cm .

При статичката анализа на конструкцијата максималната вредност на напрегањето на притисок во столбовите е 0.48MPa и е помало од дозволеното 8.93MPa , односно S факторот е помал од дозволењето за марка на бетон МБ40 (Аранѓеловски & Наков, 2016).

4. МЕРКИ ЗА ПОПРАВКА И САНАЦИЈА НА КОНСТРУКТИВНИТЕ ЕЛЕМЕНТИ

По извршените испитувања и анализи на конструкцијата потребно беше да се утврди потребата од поправка и санација, а потоа да се превземат соодветни мерки за поправка и санација на конструктивните елементи со цел да им се возобноват техничките својства кои ќе ги задоволуваат критериумите на носивост и употребливост.

Потребно е да се преземат следните мерки за поправка и санација на конструктивните елементи: враќање на столбовите во вертикална положба, отстранување на деградиран бетон, инјектирање на пукнатини со ширина поголема од 0.3mm , пескарење, обработка и санација на површини зависно од категоријата на оштетување и заштита на целокупната површина.

Како прва мерка потребно е да се овозможи враќање во првобитната вертикална положба на закривените столбови. Оваа мерка е предвидена како начин на осигурување на глобалната стабилност на конструктивните системи на порталите и е предвидено да се одвива во неколку чекори. Првиот чекор е утврдување на местоположбата од која ќе се врши исправањето на закривените столбови. Овде мора да се нагласи дека некои од столбовите се деформирани само во еден, но некои се деформирани во два правци, па постапката за некои од столбовите ќе треба да се повтори два пати. Вториот чекор се состои од стабилизација на столбовите со челични косници. Третиот чекор опфаќа рачен ископ и отстранување на опширниот слој (темелот од насипан материјал) во површина од $1\text{m}/1\text{m}$ за единечните и $1\text{m}/1.65\text{m}$ за двојните столбови, на длабочина од околу 2m . Четвртиот чекор се состои во навлекување на столбовите и исправање на закривеноста преку тирфори. Овој чекор се одвива во задолжително присуство на геодет и вршење на геодетско снимање со кое се контролира вертикалноста. Откако столбовите ќе бидат доведени во вертикална положба, во петтиот чекор се врши армирање и бетонирање на темелот со МБ30, со што се овозможува далеку подобро конзолно вкештување на столбовите. По постигнување на потребната јакост на бетонот, може да се отстранат челичните косници и да се продолжи со мерките за санација на елементите.

Отстранувањето на деградираниот бетон се однесува за оштетувањата кои припаѓаат во категорија II и III и се врши по механички пат рачно или машински, со претходно регистрирање на која местоположба ќе се изврши. Истото се евидентира со записник или градежен дневник преку скици и количини.

За целата површина на бетонот која нема да биде отстранета како деградиран бетон, а кај која се видливи пукнатини со ширина поголема од 0.3mm , потребно е да се превземат мерки за нивно пополнување. Пукнатините се отвараат по машински пат, со формирање на шлиц со ширина од $3-5\text{mm}$ и длабочина од 1cm , во кој се поставуваат инјекциони цевчиња $\varnothing 10\text{mm}$, во претходно формирани бушотини на меѓусебно растојание од $25-30\text{cm}$ зависно од ширината на бушотината. Исполната на шлицот меѓу поставените инјекциони цевчиња се врши со рачен алат, со кит на база на епоксидна смола.

Целата површина на столбовите и гредите заедно со монтажните елементи и металните елементи за поврзување на електричните кабли поставени на армирано бетонските гради се пескарат по сува постапка со кварцен песок под притисок од $5-7$ бари.

Под влијание на гасовита и течна агресивна средина во текот на 37 годишна експлоатација на објектот се создале услови за површинска деградација на армиранобетонските елементи. Истата е изразена преку создавањето на микропукнатини со ширина до 0.3mm и површинска

деградација на цементното врзно средство со создавање на орапавена површина со длабочина до 3.0mm. Надминувањето на ново создадената состојба по изминатиот експлоатационен период, со цел за создавање на услови за квалитетна заштита е со нанесување на израмнителен тенкослоен полимер цементен малтер, во слој од 3-5mm, зависно од оштетеноста на површината.

Санацијата се врши на припремените површини, со полимер цементен малтер, нанесен во една или две работни операции со максимална дебелина на слој до 2.5cm, односно до порамнување со околната површина.

Преку целокупната површина од извршената обработка на површините од категорија I, II и III се нанесува заштитен премаз на база акрилат.

5. ЗАКЛУЧОК

По извршените прегледи, испитувања и анализи, може да се заклучи дека појавените оштетувања на конструкцијата настанале како последица на несоодветно одржување и дејство на агресивни влијанија на која истата е изложена. Одржувањето на конструкцијата во текот на експлоатацијата претставува клучен фактор за обезбедување на потребниот век на употребливост на една конструкција. Со таа цел неопходно е да се воспостави систем на одржување и управување на конструкциите во текот на експлоатација. Тоа подразбира збир од повеќе активности кои вклучуваат:

- собирање, обработка и чување на податоците за конструкциите,
- изработка и практично спроведување на програмата за користење и одржување на конструкциите,
- извршување на прегледите по посебна програма,
- индиректни работи на редовното одржување,
- периодични работи на обнова и замена на уредите и деловите за да не се појави потреба од поголеми работи на поправка, санација и реконструкција.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Аранѓеловски Т., Наков Д., (2016), Проект за санација на армиранобетонски портал, Универзитет Св. „Кирил и Методиј“, Градежен факултет - Скопје
- [2] Durability of concrete structures, Investigation, repair, protection, (2003), Edited by Geoff Mays, E&FN SPON,
- [3] Long term durability of structural materials, (2001), Edited by P.J.M. Monteiro, K.P. Chong, J. Larssen-Basse and K. Komvopoulos, Elsevier
- [4] Radic J., (2006), Betonske konstrukcije prirucnik, Zagreb, Hrvatska sveucilisna naklada, Sveuciliste u Zagreb, Gradjevinski fakultet
- [5] Radic J., (2010), Betonske konstrukcije 4 Sanacije, Zagreb, Hrvatska sveucilisna naklada, Sveuciliste u Zagreb, Gradjevinski fakultet