

КОНСТРУКТИВНИ И ЕКСПЛОАТАЦИОННИ ПРОБЛЕМИ НА СЪЩЕСТВУВАЩИ РЕЗЕРВОАРИ ЗА ВОДА

Богомил Петров¹, Иван Дойков², Огнян Тодоров³

Ключови думи: стоманобетон, резервоар за вода, корозия, армировка

Научна област: строителни материали

РЕЗЮМЕ

В статията са представени резултати от проведени обследвания през 2011 г. на съществуващ резервоар за питейна вода в София. Диференцирани са основните експлоатационни въздействия и тяхното влияние върху изменение на якостните и деформационни свойства на вложените в конструкцията материали. Анализирани са основните конструктивни проблеми, свързани с изменение на нормативната база и актуалното състояние на използваните материали. Синтезирани са основни мерки за възстановяване на проектната носимоспособност на подобни съоръжения. Основните изводи и препоръки са обобщени на база резултати от обектови изследвания на резервоар за питейна вода „Лозенец“.

STRUCTURAL AND OPERATIONAL PROBLEMS OF EXISTING WATER TANKS

Bogomil Petrov¹, Ivan Doykov², Ognyan Todorov³

Key words: reinforced concrete, water tank, corrosion, reinforcement

Research area: construction materials

ABSTRACT

The article presents the results of surveys conducted of existing potable water tank in Sofia. The main operational factors and their influence on strength and deformation properties of structural materials are differentiated. Main constructional problems related to the existing regulations and the actual properties of the structure materials are analyzed. Essential measures for reparation of the structure load capacity of similar facilities are synthesized. The main conclusions

¹ Богомил Веселинов Петров, доц. д-р инж., УАСГ, b_petrov@abv.bg
Bogomil Veselinov Petrov, PhD Assoc. Prof., Dipl. Eng., UACEG, b_petrov@abv.bg

² Иван Димитров Дойков, доц. д-р инж., УАСГ, doykoff@abv.bg
Ivan Dimitrov Doykov, PhD Assoc. Prof., Dipl. Eng., UACEG, doykoff@abv.bg

³ Огнян Кирилов Тодоров, гл.ас. инж., УАСГ, ogyto_fhe@uacg.bg
Ognyan Kirilov Todorov, Assoc. Assistant, Dipl. Eng., UACEG, ogyto_fhe@uacg.bg

and recommendations are summarized on the basis of results from site testing of potable water tank "Lozenets".

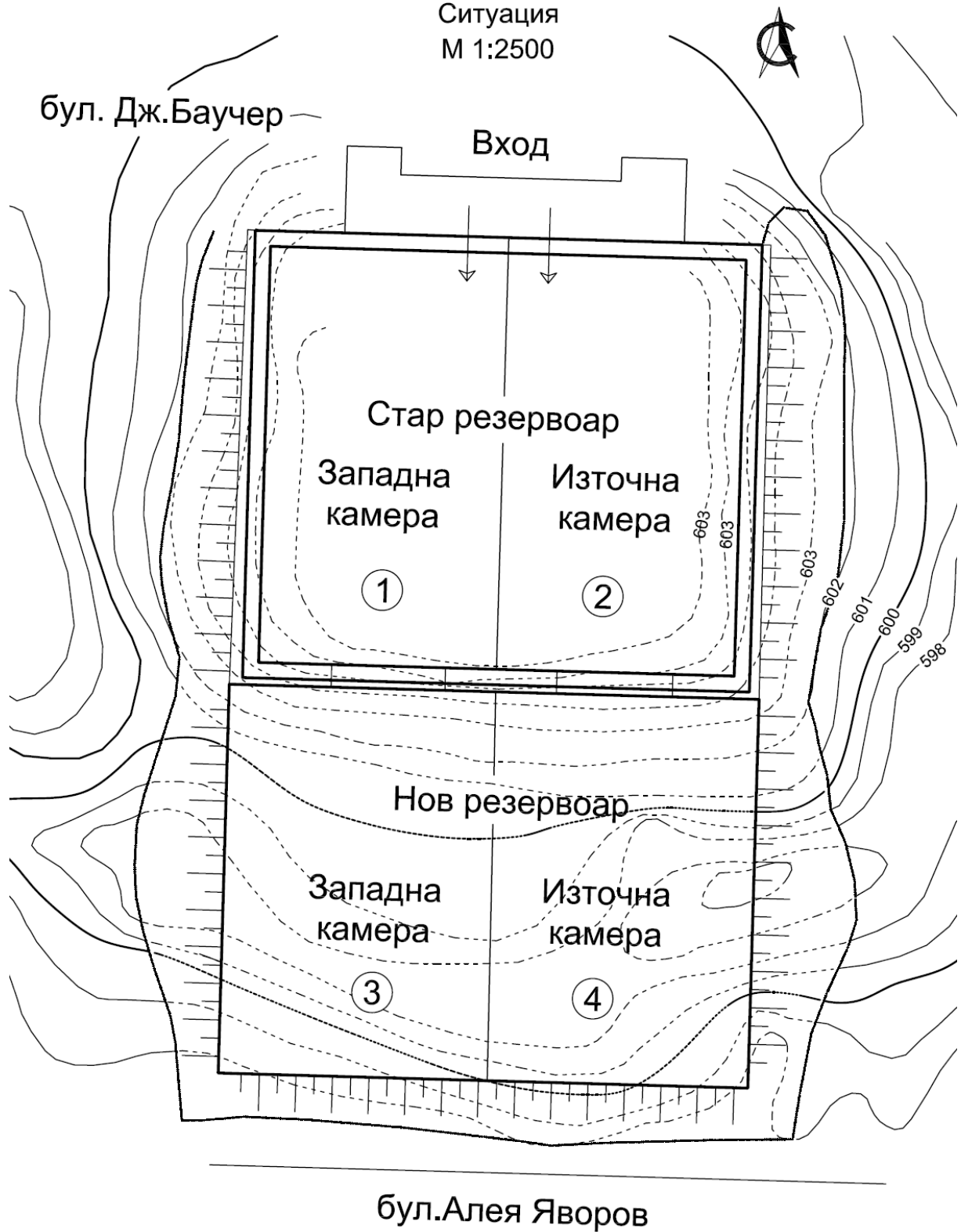
1 Конструктивно решение на резервоар за питейна вода „Лозенец”

Съоръжението е реализирано на два етапа (фиг.1). Първоначално през 10-те години на XX век е проектирана и реализирана старата част. Тя е разделена на два независими резервоара, посредством бетонна стена с променливо сечение – в зоната на покривната плоча ширината на стената е 75cm, докато в зоната на стъпване върху фундамента е 280cm. През 30-те години на XX век, е взето решение за разширение на съоръжението, като е изпълнена и нова част, която се явява като продължение на старата и отново е разделена на две, но със стоманобетонна стена с ширина 45cm. Съоръжението е частично разрушено, в следствие на бомбардировки през Втората световна война и след това е реконструирано. Конструктивната система на старата част е скелетно гредова, като са изпълнени греди по основните оси в направление север – юг. Покривната конструкция между гредите представлява цилиндрична повърхнина, като надвишението в средната зона, спрямо точките на подпиране е 40 cm. Дебелината на черупката е 25cm. Колоните, поемащи натоварването от покривната конструкция са с напречни размери 50 /50 cm. За всяка от двете клетки, в направление север – юг са изпълнени по три оси от по седем колони, с осово разстояние между тях 5,20m. Конструкцията на новата част е безгредова стоманобетонна, изпълнена по монолитен способ. Връзката със старата част се осъществява през отвори в северната стена. Колоните, поемащи натоварването от покривната конструкция са с напречни размери 35/35cm. В зоната на стъпване на покривната плоча върху колоните, за осигуряване достатъчно сечение срещу продънващите сили, са предвидени вути. За всеки от двата резервоара, в направление север – юг са изпълнени шест оси, докато в направление изток – запад са изпълнени девет оси с осово разстояние между колоните 3,90m. Фундирането на стените е върху ивични основи, докато под колоните са изпълнени единични фундаменти.

Резервоар "Лозенец"

Чертеж 1

Ситуация
М 1:2500



Фиг. 1 Схема на резервоар за титейна вода „Лозенец“

2 Техническо състояние на конструкцията

В разделителната бетонна стена на старата част е установено наличие на няколко пукнатини, две от които са проходни през цялата и дебелина. Въпреки, че при предишни ремонти те са били обработвани с полимерни състави, към момента на обследването отново са се отворили, като ширината им достига до 2 – 3 mm (сн.1, сн.2).

В разделителната стоманобетонна стена на новата част, в зоната на връзката „дъно – стена”, вероятно поради реализирана работна граница, се е явила хоризонтална пукнатина, през която е установено преминаване на вода между двата резервоара (сн.3, сн.4).

По външните стени в стария резервоар са се явили множество пукнатини. Установено е, че по западната стена са извършени репарационни дейности, като към настоящия момент пукнатините са затворени и не работят. Значителен брой проблемни участъци има по северната и източната външна стена (сн.5, сн.6, сн.7), като въпреки извършените в миналото ремонтни дейности, в момента съществуващите вертикални и хоризонтални пукнатини са пукнатинообразували и в полимерния репаратурен състав (сн.8, сн.9).



Сн.1



Сн.2



Сн.3



Сн.4



Сн.5



Сн.6

По черупковата покривна конструкция на старата част са установени редица дефекти, включващи големи зони, в които бетоновото покритие е недостатъчно. При развилите се корозионни процеси в армировъчната стомана същото се е разрушило и на много места долната армировка от черупките е видима и значително кородирала, поради продължителното излагане на неблагоприятните въздействия, причинени от високата влажност в съоръжението. Също така са видими и множество проходни пукнатини, със следи от извлеци на калциевия хидроксид от циментовия камък (сн.10, сн.11).

Покривната конструкция в новата част се намира в значително по-добро състояние, като само в отделни, изолирани зони има пукнатини с извлеци, както и места с частично открита армировка (сн.12).

Установено е, че репарационните дейности, в основната си част, са извършвани без премахване на защитното покритие и достигане до бетонната повърхност на конструктивните елементи, което е ограничило възможността за визуален контрол за степента на запълване на пукнатините в основната стоманобетонна конструкция.



Сн.7



Сн.8



Сн.9



Сн.10



Сн.11



Сн.12

3 Инструментално обследване на конструкцията

Якостта на натиск на бетона е определена чрез комбиниране на разрушително и безразрушително изпитване. От разделителната стена в новата част на съоръжението са изрязани 3 сондажни ядки и са оформени 7 броя цилиндрични пробни тела с размери 100/100 mm. Единичните резултати за якостта на натиск варират в широки граници – от 14,09 МРа до 29,99 МРа. Посредством безразрушително изпитване е определено, че вероятната якост на натиск на колоните, междинните и околоръстните стени, както в старата, така и в новата част от съоръжението, отговаря на вероятен клас по якост на натиск В15.

Вложената армировка е клас АІ. Дебелината на измереното бетонно покритие на надлъжната армировка от колоните варира в границите от 12mm до 27mm, докато при околоръстните и междинната стена на новата част варира в границите от 28mm до 59mm.

По вертикалните елементи, както и по долната повърхност на покривната черупкова конструкция в новата част е положено защитно антикорозионно покритие на базе циментопясъчен разтвор с дебелина около 50 mm. В резултат на това е установено, че дълбочината на неутрализация на бетона в подводната зона на съоръжението е в границите от 2 mm до 7 mm и не превишава дебелината на бетонното покритие, което показва че на тези места носещата армировка е защитена от развитие на значителни корозионни процеси. Тези резултати се потвърждават и от безразрушителните методи за определяне на степента на корозия на армировката и съпротивляемостта на бетона. В зоната на и над променливото водно ниво

корозията на армировката обхваща около 50% от околната повърхнина на армировъчните пръти, което е предпоставка за редуциране сцеплението между армировката и бетона и възпрепятстване на съвместната им работа в стоманобетонните конструктивни сечения.

Чрез ултразвукова диагностика е установено, че в основната си част пукнатините, както в междинните, така и в околоръстните стени са преходни през цялата им дебелина.

4 Хидротехническа част

4.1 Изчислителни процедури

Определянето на изчислителните усилия и изчисляването на необходимата армировка за елементите на стоманобетонната конструкция е осъществено посредством програмен продукт SAP 2000 v.11.3.

Основните предпоставки за изграждане на числения модел са:

- Основно допускане при разглеждане на почвеното натоварване от хоризонтален земен натиск е, че се попада в частния случай на Ранкин. За приетите почвени характеристики коефициентът на страничен земен натиск е $K_a=0,225$.
- Хидродинамичното налягане на водата върху оградните стени е прието съгласно нормативната методика и модела на Вастерград, като е увеличена масата на оградните стени тази на присъединената водна маса.
- Конвективната компонента на хидродинамичното въздействие е пренебрегната.
- Теглото на засипката при сеизмично въздействие е добавено като е увеличена масата на покривната плоча.

4.2 Числен модел

Прието е запъване на всички конструктивни елементи в дъното на резервоара. По същество това допускане води до завишаване на стойностите на оразмерителните усилия в най застрашените сечения. Дъно на резервоара не е моделирано поради това, че дънната плоча не е конструктивен елемент, източник на сериозна опасност при евентуалното ѝ компроментиране в следствие на динамични въздействия и на второ място липсата на данни за основата в крайна сметка би довело до резултати в модела със съмнителна реалистичност.

Пространството между нова и стара част на резервоара е запълнена с демпфериращ глинен материал. Двата резервоара са разгледани като отделни конструкции, които не си взаимодействат. Моделите са натоварени с изчислителни натоварвания, а резултатите са представени за оразмерителните товарни комбинации.

4.3 Резултати от числения модел

Сравнението на наличната с необходимата армировка показва следното:

- Липсва достатъчна сигурност за устойчивостта на разделителната стена в новия резервоар. Дори ако се отчете наличната натискова армировка в поемането на огъващите моменти, то наличната армировка е достатъчна (при предпоставка, че в нея не е налична корозия), но предполага напукване на стената.

- Аналогични са случаите и за южна, източна и западна крайна стена на новия резервоар.
- Недостатъчна е армировката в колоните на двата резервоар. В колоните на стария резервоар не е удовлетворен минималният коефициент на армиране 0,5%.
- На северната стена на стария резервоар също е наличен риск от напукване при експлоатационен случай, в съчетание със земетръс.

5 Препоръки за възстановяване на носещата конструкция

Предложена е технологична последователност за изпълнение на репарационните дейности за различните видове дефекти:

5.1 Обработка на дефектирали пукнатини в стените

- Подготовка на основата – премахване на защитното антикорозионно покритие на разстояние 5cm от двете страни на дефекта и обезпрашаване посредством продухване с въздух под налягане.
- Възстановяване на водоплътността – в зоните на пукнатините, е препоръчано инжектиране с високо еластична двукомпонентна полиуретанова смола. Инжектирането се извършва чрез използване на пробивни пакери, които се разполагат от двете страни на пукнатината. За вертикалните пукнатини инжектирането се извършва отдолу нагоре.
- Повърхностна обработка – при наличие на очаквани бъдещи ограничени деформации на конструктивните елементи е препоръчано в устието на всяка от обработваните пукнатини да се изпълни V – образен или U – образен жлеб с дълбочина и ширина в основата 0,5 – 1,0cm. След почистване на бетонната повърхност на жлеба, той се запълва с вискоелестичен шпакловъчен полиуретанов състав. Поради факта, че съоръжението се използва за съхранение на води за питейни нужди е определено задължителното влагане на материал, който притежава сертификат от МЗ, доказващ неговата безвредност при пряк досег с питейна вода.

5.2 Възстановяване на сечението в дефектиралите зони в покрива на резервоара

- Отстраняване на дефектиралото бетоново покритие и отпадъчните продукти по повърхността на бетона.
- Почистване на разкритите бетонни повърхности и при установена необходимост или редуциране на напречното сечение на армировката с повече от 20 %, същата се заменя равномерно с нова.
 - Почистване на армировката от продуктите на корозия.
 - Полагане на антикорозионно покритие по армировката – предложени са варианти за изпълнение на полимерно или полимерциментно антикорозионно покритие.
 - Изпълнение на адхезионен слой за връзка.
 - Възстановяване на бетонното сечение – предложен е рецептурен състав и технологична схема за полагането му при изпълнение на възстановителните работи.

5.3 Препоръки за повишаване на носещата способност на конструктивните елементи

На база на определените в изчислителните проверки, най – застрашени конструктивни елементи е препоръчано изготвяне на работен проект, който да включва следните мерки и мероприятия:

- Усилване на колоните, както в стария, така и в новия резервоар, където вертикалната армировка е недостатъчна.
- Недостатъчната носимоспособност на разделителната (междинна) стена в новата част на резервоара налага при необходимост от изпразване на една от камерите, едновременно да се изтака и другата.

6 Нормативна база

- [1] Норми за проектиране на хидротехнически съоръжения. Основни положения, БСА, кн.11/85 г.
- [2] Норми за проектиране на подпорни стени - 1986г.
- [3] Норми за проектиране на бетонни и стоманобетонни конструкции за хидротехнически съоръжения, БСА, бр.4 /1989г.
- [4] Норми за проектиране на плоско фундиране" – БСА бр. 10 от 1996г.
- [5] Норми за проектиране на бетонни и стоманобетонни конструкции - актуализирана редакция, БСА, бр. 6-8 от 1999 г.
- [6] Наредба №3 за основните положения за проектиране на конструкциите на строежите и за въздействията върху тях – МРРБ-ДВ, бр. 92 от 2004г.; попр., ДВ, бр. 98 от 2004г.; изм. и доп., ДВ, бр. 33/2005г.
- [7] Наредба № 07/2 от 23.07.2007г за проектиране на сгради и съоръжения в земетръсни райони.