Сеизмичност и уязвимост на сградния фонд в района на Провадия

Е. Ботев, К. Хаджийски, С. Симеонов , С. Димитрова

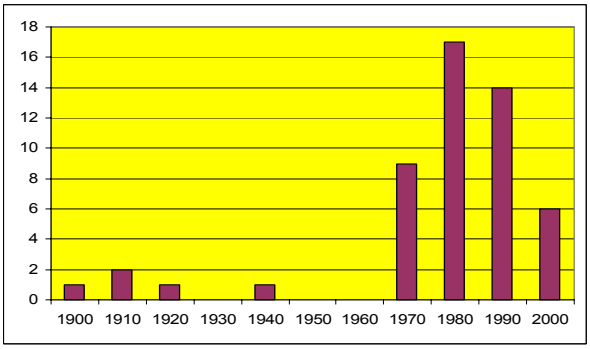
НИГГГ - БАН

Seismicity and vulnerability of the region of Provadia

E.Botev, K.Hadzhijski, S.Simeonov, S.Dimitrova

Abstract: The analisis of seismiccity of Provadia region shows an abrupt increasing of the amount of the stronger events (as a rule with magnitude M>3.0) for the last 30-40 years. The level of the present moderate seismic activity of the Provadia region is comparable to the same one for the most active seismic zones in Bulgaria well known with catastrophic earthquakes in the past. Some effects of seismic excitations on different type of building structure are presented - they are illustrated with exemplifying original photographs of destruction and damages provoked from the earthquakes. Taking into account the level of the seismicity and vulnerability of the territory of Provadia region some conclusions and recommendations about the seismic risk mitigation of building structures are made.

Сеизмичната обстановка в района на град Провадия в по-ново време привлича вниманието на обществеността след 1974 г., когато серия от земетресения разтърсват земите във и около едноименната котловина. Тези относително слаби трусове, чийто максимален магнитуд M е обикновено по-малък от 4, предизвикаха значителни въздействия - с интензивност до VI степен по скалата на Медведев-Шпонхоер-Карник (МШК) - поради силната разчлененост и лабилност на земната кора. Зачестилите масово усетени по-късно земетресения (през 1978, 1981, 1983, 1985, 1993, 2003 и 2010) с максимална интензивност до VII степен по МШК, доведоха до значимо нарастване на безпокойството и тревогата сред населението. Основната геоморфоложка структура в Провадийския регион е едноименната котловина, в която е разположен и град Провадия. Сеизмичната активност в региона се определя преди всичко от от изключително сложната геотектонска обстановка в котловината и съседните земи, където са разположени редица тектонско активни разломмни структури - Храбровски, Провадийски, Падински и Султански разломи. По такъв начин съвсем естествено е тази активност да намира най-силен отзвук сред населението на град Провадия и близките околности. Още повече, че в последните десетилетия съществува мнение за индуцирания характер на сеизмичността под въздействие на експлоатацията на Мировското солно находище, разположено в центъра на котловината (непосредствено до град Провадия). Независимо от създалата се публична атмосфера, трябва да отбележим, че в Провадийския регион са протичали сеизмични процеси и преди началото на експлоатацията на солното тяло.



Фиг.1. Брй на земетресенията с M>3 в Провадийския регион по декади

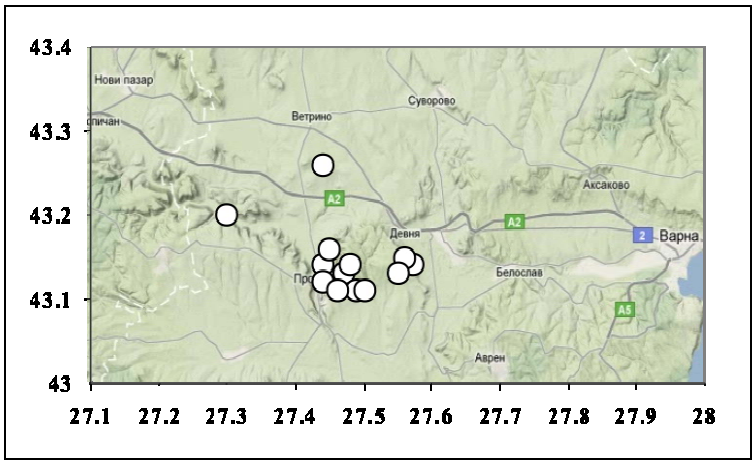
Съществуват сведения за 10-ина усетени земетресения от началото на 20-ти век до 1956 г.(началната година на експлоатация). Тези земетресения не са от най-силните в България (магнитудите само на 5 от тях са по големи от M=3), но както може да се очаква вследствие лабилния строеж на земната кора, са предизвикали сериозни осезаеми въздействия, до VII-VIII степен по МШК. Параметрите на тези земетресения са определяни предимно неинструментално. След 1974 г. до 2005 г. са регистрирани над 40 земетресения с магнитуд M>3.0. Някои от тях, като тези през 1978, 1981, 1983, 1985, 1993, 2003, 2010 г. са с максимална интензивност от V до VII степен по МШК (табл.1). При анализа на разпределението на данните от Фиг.5 прави впечатление огромната разлика в честотата на земетресенията с M>3 - за началния период от повече от 80 години са установени само 5 земни труса, а в последващите по-малко

от 40 години техният брой надхвърля 45. Впредвид натрупаното с годините изменение в геодинамичното равновесие на средата вследствие експлоатацията на солното тяло би могло да се допусне, че не малка част от земетресенията в последните години са инициирани от него.

Табл.1. Списък на земетресенията с интензивност на въздействие в района на Провадия най-малко V ст по МШК

год	м	д	ч	мин	сек	Геогр. ширина	Геогр. дължина	Дълб.	Md	Интензивност в района на Провадия(МШК)
1974	1	17	16	00	37	43.20	27.30	0	3.5	V
1976	2	7	5	26	37	43.13	27.47	10	3.7	VI
1977	3	4	21	30	10	45.5	26.5	90	7.2	VI-VII
1981	7	23	6	15	50	43.12	27.44	8	4.1	VI-VII
1981	9	4	0	22	1	43.14	27.57	7	3.6	V-VI
1983	11	10	17	28	22	43.11	27.46	10	4.2	VI-VII
1985	6	12	14	5	19	43.11	27.50	12	4.0	VI
1986	8	30	3	2	11	45.5	26.5	90	7.1	V-VI
1987	5	2	14	2	33	43.11	27.49	10	3.7	V-VI
1990	5	30	1	14	00	45.5	26.5	90	6.9	V-VI
1993	4	21	16	53	59	43.15	27.56	8	4.0	V-VI
1997	08	08	10	36	16	43.14	27.44	8	3.7	V
2003	12	17	23	15	13	43.16	27.45	9	4.4	VII
2008	11	5	7	36	54	43.14	27.48	4	3.8	VI
2009	10	6	4	3	16	43.26	27.44	13	3.6	V
2010	10	7	19	51	22	43.13	27.55	2	4.2	VI-VII

Интересно е и епицентралното разпределение на земетресенията предизвикали максимална интензивност на въздействието в Провадийско (Фиг.2.) - в сравнение със сеизмоактивните райони в страната. Анализът на наличните данни в това отношение свидетелствува, че разглеждания регион е съпоставим по интензивност на въздействието с известните с катастрофални земетресения в Кресненска, Пловдивска и др. сеизмични зони. Повишената честота на земетресенията с интензивност поголяма от I=V, както и концентрацията на епицентрите около Мировското солно находище (Провадийската котловина) през последните десетилетия е основание редица учени да свързват натрупаните с годините напрежения в земните недра с експлоатацията на солното находище (Паскалева, 1992; Рангелов, 2000; Botev, 2005; Botev, 2007).



Фиг.2. Епицентри на земетресенията в Провадийския регион с интензивност I>V

Земетресението от 18 Декември 2003 е най-силно за периода след началото на експлоатацията на Мировското солно находище. То е с магнитуд M=4.4 е с максимално въздействие в района на града от VI-VII (или VI+), а най-голями са ефектите на поражения във и около с.Манастир -VII степен по МШК. Епицентралната зона на максимално въздействие се очертава от гр.Девня, гр.Провдия и селата

Добрина, Падина и Петровдол, където степента на въздействие е VI+ по МШК. Последното по-силно земетресение отново събуди интереса на обществеността към проблема за евентуалния индуциран характер на сеизмичността в Провадийската котловина под въздействие на експлоатацията на Мировското солно находище, разположено в центъра на котловината. Теоритично такава възможност съществува. Отнемането на солните маси създава каверни, които сами по себе си обуславят условия за срутване. Каверните от деситилетия се запълват с луга и отпадъчни продукти, разтворени във вода. С годините отпадъчните течности проникват в земните недра и променят якостните характеристики на земната среда. Смята се , че една от основните причини за прояви на индуцирана сеизмичност е тъкмо пренасищането на земната среда с разтвори, което води до снижаване прага на разкъсване на земните пластове. По принцип така индуцираните земетресения са слаби и приповърхностни по дълбочина. Доколкото значителната дълбочина на земетресението от 18 Декември 2003 г. не отговаря на тези условия, можем да допуснем , че това земетресение е по-скоро резултат на обичайните за района геодинамични условия.

Високата **сеизмична уязвимост** на сградния фонд в района на Провадия се илюстрира от направения оглед на последствията от земетресението от 18 Декември в селата Добрина и Манастир. Сградният фонд, претърпял съществени повреди, основно се състои от еднофамилни къщи, строени преди повече от 60-70 г. Основна причина за настъпилите разрушения е характерният за двете села способ на строителство, който не осигурява необходимата сеизмична устойчивост на конструкциите. В повечето конструкции зидарията е изключително некачествена, без ясно изразени редове и превръзки



Фиг.3. Частично разрушаване на двупластова каменна зидария

Каменните стени са изградени от двупластова каменна зидария. Като свързващо вещество обикновено е използвана кал. Външната стена е изпълнена от каменни блокове със средна големина. Втората (вътрешната) каменна стена е изпълнена от по-дребни необработени каменни блокове. В някои сгради е използван хоросан с изключително ниска якост. Двете каменни стени не са свързани с хоризонтални връзки и практически работят самостоятелно. Поради това са най-уязвимата част на сградите при въздействие, насочено перпендикулярно на равнината на стената Разстоянието между тях е запълнено с трошен камък, вероятно за топлоизолация. Фасадните стени от южната част и напречните стени са изпълнени предимно от единични плътни тухли. В голяма част от конструкциите е видимо некачественото изпълнение на тухлената зидария – липсват превръзки между тухлените зидове. Във вертикална посока често липсва разминаване между тухлите. Образуват се фуги, които значително намаляват носещата способност при хоризонтални сили.

В конструкциите като правило липсват каквито и да е стоманобетонни елементи – вертикални и хоризонтални пояси, които да създават поне минимално съвместно действие на тухлените и каменните стени. Поради това всяка стена работи самостоятелно при поемането на хоризонталните сеизмични сили, което е една от причините за изключително ниската земетръсна устойчивост. Покривните греди, даже и при сравнително по-новото строителство, лягат директно върху стените. В резултат се наблюдава масово напълно или частично разрушаване на двупластовата зидария и/или покривните конструкции (Фиг.3, Фиг.4). Извеждането на носещите стени от вертикално положение или тяхното депланиране в много от случаите е довело до разместване на елементите от корнизите в подпокривната част на сградите. Този тип повреди сами по себе си не водят до нарушаване сигурността на стените, но създават опасност от аварии – падане на камъни или повреди в покривните конструкции. Срязването на фасадните стени е изразено в появата на наклонени пукнатини, преминаващи през фугите на зидариите, което е довело и до разместване на елементите. Повредите са концентрирани около ъглите на сградите, в

цокълните части и около отворите в стените – прозорци и врати. В по-тежко пострадалите конструкции тухлените стени са не само разделени една от друга , но в тях се появяват и големи



Фиг.4. Напълно разрушаване на двупластова каменна зидария и покривна конструкция

наклонени пукнатини в резултат на срязване. Пукнатините се наблюдават по цялата височина на стената и са преминаващи (появяват се от двете страни на елемента).

Сградите в района, засегнат от земетресението, могат примерно да се разделят на няколко категории според степента на увреденост. В първата категория са незасегнатите конструкции, при които няма видими последствия от земетресението. Във втората категория са сградите с архитектурни повреди, където няма повреди във вертикалните носещи елементи на конструкциите. Повредите в конструкциите не са опасни за тяхната носеща способност, но е необходимо да бъдат ремонтирани за да се избегнат инциденти и нещастни случаи. В сградите с леки конструктивни повреди сеизмичният капацитет на вертикалните носещи елементи е намален, но не е изчерпан напълно. Със сравнително ограничени ремонтни дейности конструкцията може да бъде възстановено до състоянието й преди земетресението. В сградите със средни конструктивни повреди сеизмичният капацитет на вертикалните носещи елементи е намален драстично и те незабавно се нуждаят от сериозни възстановителни дейности за да станат обитаеми и да не носят непосредствен риск за живеещите в тях. В сградите със тежки конструктивни повреди или части от тях (например втори етаж) сеизмичният капацитет на вертикалните носещи елементи е изчерпан напълно. Представлявт непосредствена опасност. Възможно е да аварират при минимално допълнително въздействие – слягане на основите, сеизмичен микротрус или даже по-силен вятър. Напълно разрушените сгради са икономически неизгодни за възстановяване.

За всички категории сгради са направени подробни описания на ремонтните и възстановителни дейности. Като цяло можем да заключим, че възстановяването на авариралите постройки до ниво да отговарят на съвременните изисквания на антисеизмичното строителство е невъзможно и икономически неизгодно. Предложените мерки за възстановяване и укрепване на по-тежко авариралите конструкции имат за задача частичното подобряване на сеизмичния капацитет или поне възстановяването му до нивото от преди земетресението, но в никакъв случай не може да бъде достигнато ниво на сеизмична сигурност, адекватно на сега действуващите нормативни документи

Литература

Botev E., R.Glavcheva, M.Matova, S.Dimitrova, I.Tzoncheva, 2005. Monitoring of Natural and Induced Seismicity of Provadia region (NEBulgaria). Report on the General Assemley 2005 of European Geosciences Union, Geophysical Researc Abstract, Vol.7, EGU05-A-06857, 2005

Botev E., S.Dimitrova, I.Tzoncheva, 2007. Seismicity patterns in the Provadia region recorded by NOTSSI before and after the Provadia Local Seismic Network construction. Bulg.Geoph.Journal, Sofia ,v.XXXII, N1-4/2006

Паскалева И., Г.Манев, В. Кутева, 1992. Предварителен анализ на индуцираната сеизмичност в района на Провадийското солно находище от гледна точка на скалната и сеизмичната механика. – Сп. Минно дело и геология, кн. 1-2, 13-30.

Рангелов Б., 2000. Земетресенията край Провадийския солен щок – техногенни или тектогенни. – Сп. минно дело и геология, кн. 8, 27-40.