

Б. К. КАРАПЕТЯН

СЕЙСМИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ СПИТАКСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 7 ДЕКАБРЯ 1988 г. И НЕКОТОРЫЕ НЕОТЛОЖНЫЕ ЗАДАЧИ

Установлено специфическое воздействие Спитакского землетрясения, выразившееся в виде двух сильных толчков, превалировании вертикальной составляющей колебаний, сейсмического эффекта грунтов, взаимодействия между зданиями и их основаниями, появлении резонанса. Осуществлен анализ поведения зданий различных конструктивных решений, возведенных на территории г. Ленинакана. Даны предложения в части осуществления строительства в пострадавшей от землетрясения области. Указаны некоторые неотложные задачи, которые подлежат решению в ближайшее время.

Спитакское землетрясение 7 декабря 1988 года является специфическим, с весьма существенными отличительными особенностями в сейсмическом проявлении.

Первая специфическая особенность этого землетрясения заключается в том, что оно произошло с двумя следующими один за другим толчками. Возможно, второй толчок являлся афтершоком, но это, в смысле его воздействия, не играет никакой роли. Интенсивности этих толчков отличались примерно в два раза, то есть на один балл. Это можно усмотреть из записи по составляющей В—З (составляющие С—Ю и вертикальная зашкалены), полученной на сейсмической станции «Ленинакан», а также из записей по трем составляющим, полученных на инженерно-сейсмометрической станции в г. Гукасяне. Интенсивность основного первого толчка Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 года в г. Ленинакане определена в соответствии с MSK—64 [1] по записям приборов балльности—СБМ, установленных на станциях инженерно-сейсмометрической службы: по улице Калинина, где максимальное отклонение составило 10 мм, что является нижним пределом 9 баллов; по улице Спандаряна, дом 24, где максимальное отклонение составило 15 мм, что является верхним пределом для 9 баллов, и по улице Ленинградян, дом № 5 (во дворе ИГИС), где максимальное отклонение составило 18 мм, что является нижним пределом для 10 баллов (записи получены Л. А. Мхитарян).

Таким образом, если учесть, что кроме основного толчка интенсивностью 9—10 баллов в г. Ленинакане, фактически на здания и сооружения, рассчитанные на 7—8 баллов, воздействовал еще один толчок интенсивностью 8—9 баллов через 4 минуты и 20 секунд после начала первого, то можно представить состояние зданий и сооружений, когда они, уже доведенные до предельного состояния, были подвержены новому сильному воздействию, в результате чего полностью разрушались и обваливались. Повторное сейсмическое воздействие большой силы (намного больше расчетной) уже является пагубным для зданий и сооружений. Но это еще более усугубляется, если оно происходит через такое короткое время, какое имело место, когда здания и сооружения не успели прийти в новое, в некотором смысле, стабильное состояние. В Нормативах и правилах по строительству в сейсмических районах как у нас в СССР, так и за рубежом повторное воздействие землетрясения на здания и сооружения не учитывается. О необходимости учета повторности сейсмического воздействия мы указывали давно (примерно 20 лет тому назад). Некоторые исследования нами были проведены. В настоящее время систематические исследования в этом направлении уже второй год под нашим руководством проводятся в Ереванском политехническом институте.

Другой специфической особенностью, на которую следует обратить особое внимание, является то, что разрушения и различной степени повреждения в зданиях и сооружениях почти всех имеющихся

конструктивных решений носили примерно одинаковый характер, с некоторыми отклонениями. Они произошли вследствие потери вертикальной устойчивости зданий и сооружений в результате совместного воздействия больших величин вертикальной и горизонтальной составляющих сейсмической нагрузки. При этом вначале происходило разрушение одних элементов, возможно даже и не несущих, затем они вызвали разрушение других, уже несущих элементов, и в результате имело место полное обрушение на участке схваченном планом здания, в некоторых случаях с погружением в грунт на большую глубину. Такой характер разрушения возможен при существенной величине вертикальной составляющей, что может быть в случае близвертикального падения плоскости разрыва в очаге и большой протяженности очаговой области землетрясения, находящейся вблизи г. Ленинакана. О преобладании вертикальной составляющей также можно судить, исходя из анализа инструментальных данных, полученных с помощью маятниковых сейсмометров, установленных на станциях Инженерно-сейсмометрической службы г. Ленинакана и на сейсмической станции «Ереван». Это подтверждают и зашкаленные записи на сейсмической станции «Ленинакан» по вертикальной и наибольшей горизонтальной (С—Ю) составляющим. По данным американских сейсмологов, работающих в эпицентральной зоне землетрясения, на полученных 1-ми записях сильных афтершоков вертикальная и максимальная горизонтальная составляющие были примерно одинаковой величины, что является еще одним подтверждением нашего утверждения о большой величине вертикальной составляющей колебаний при этом землетрясении. В Нормативах и правилах по строительству в сейсмических районах как у нас в СССР, так и за рубежом в расчетах на сейсмические воздействия вертикальная составляющая в основном не учитывается, в частности в случае высоких железобетонных зданий.

При Спитакском землетрясении 7 декабря 1988 г. сильно сказались влияние грунтовых условий, особенно в г. Ленинакане, в результате чего произошло усиление воздействия землетрясения из-за «тройного сейсмического эффекта». Грунтовые условия в г. Ленинакане за последние годы сильно ухудшились, повысился уровень грунтовых вод. В связи с этим и произошло сильное нарастание колебаний. Свидетельством этому являются данные, приведенные в меморандуме Р. Борхердта [2], где он приводит записи афтершока от 31 декабря 1988 г. с магнитудой около 4,5 и полученное соотношение амплитуд спектров колебаний грунта для Ленинакана и Кета. При этом на периодах 1—2 с возрастание колебаний в Ленинакане доходит до 10—15 раз. Это возрастание и является первым, увеличивающим сейсмический эффект землетрясения грунтовым фактором, зависящим от свойств самого грунта. Вторым грунтовым фактором является совпадение периода колебаний грунта с собственным периодом колебаний возведенных на нем зданий и сооружений. Об этом говорят результаты проведенного японским ученым Г. Кобояши исследования колебаний в различных грунтовых условиях г. Ленинакана. В частности, им получено, что на участке, где были возведены разрушенные при землетрясении 9-этажные каркасно-панельные здания, имеющие период основного тона свободных колебаний 0,5—0,6 с, период колебаний грунта находился в тех же пределах 0,5—0,6 с, а на участке, где были возведены разрушенные при землетрясении 4—5-этажные каменные здания с периодом основного тона свободных колебаний 0,25...0,35 с, период колебаний грунта был в том же диапазоне 0,25...0,35 с, то есть в обоих случаях имело место явление резонанса, которое существенно способствовало разрушению этих зданий. В связи с этим следует отметить, что такие же здания указанных двух конструктивных решений были возведены также и в г. Кировакане, находившемся даже ближе к эпицентру землетрясения, но там они не разрушились. Наконец, третьим фак-

тором, связанным с грунтами, является взаимодействие между зданием или сооружением и его грунтовым основанием. Следует отметить, что в случае слабых грунтов и гибких сооружений сейсмический эффект вследствие взаимодействия усиливается, что и имело место в случае указанных двух видов зданий.

Таким образом, в г. Ленинкане из-за плохих грунтовых условий, вследствие «тройного сейсмического эффекта» имело место весьма существенное усиление колебаний зданий и сооружений, воспринявших и без того колебания, намного превышающие их расчетную сейсмичность.

При этом землетрясении, конечно, определенную роль сыграло и качество строительства, которое является одним из основных принципов строительства вообще и в сейсмических районах в особенности. Оно, как известно, складывается из качества выпускаемой строительной продукции и строительно-монтажных работ при сборном строительстве, качества возведения при монолитном строительстве, а также качества выполнения антисейсмических мероприятий. С качеством строительства у нас в СССР дело обстоит плохо. Это касается всех районов и особенно сейсмических районов, к которым должны предъявляться более жесткие требования. В связи с этим является крайней необходимостью разработка новых подходов в управлении качеством строительства в сейсмических районах.

Таким образом, качество является одним из важных принципов строительства в сейсмических районах. Другими не менее важными принципами сейсмостойкости являются правильный выбор площадки строительства; снижение величин сейсмических нагрузок, путем применения рациональных конструктивных решений зданий и сооружений, а также облегчения их веса; обеспечение равномерности сейсмических нагрузок, путем соблюдения условий симметрии и равномерного распределения жесткостей конструкций и их масс; создание монолитности и однородности конструкций; использование пластических свойств материалов конструкций с обеспечением общей устойчивости зданий и сооружений.

Что касается Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 года, то при этом землетрясении решающую роль, конечно, сыграли непредусмотренная большая его сила в 9—10 баллов, в несколько раз превышающая расчетную для возведенных зданий и сооружений (7—8 баллов), и их повторность в виде двух сильных толчков и большой величины вертикальная составляющая колебаний, которые не отражены в Нормах и правилах по строительству в сейсмических районах и, следовательно, не были учтены при расчете зданий и сооружений, возведенных на пострадавшей от землетрясения территории.

Переходя к анализу поведения зданий и сооружений, имеющих различные конструктивные решения, следует отметить, что каменные здания, особенно малоэтажные, в ряде случаев вели себя лучше. Однако обвалы, разрушения и повреждения были также в каменных зданиях. В зданиях в 4—5 этажей они происходили примерно по указанной нами схеме, несмотря на то, что в них были применены антисейсмические мероприятия, а в расчетах вертикальная составляющая сейсмического воздействия учитывалась более, чем в достаточной мере. Однако при землетрясении сейсмическое воздействие (горизонтальная и вертикальная составляющие колебаний) оказалось выше расчетной на 2 и более балла. В каменных зданиях в 1—3 этажа как с антисейсмическими мероприятиями, так и без них, повреждений и разрушений было относительно меньше из-за их большой жесткости, в результате чего в ряде случаев хотя они и отрывались от основания, однако в них возникали различной степени повреждения и разрушения, но не обвалы. Помимо этого, горизонтальные нагрузки на эти здания, исходя из инструментальных данных, полученных в г. Ленинкане, были существенно меньше, чем на здания в 4—5 этажей. Помимо этого каменные здания, как и каркасные, каркасно-панельные и возведенные ме-

тодом подъема перекрытий здания вели себя лучше в случае их малых размеров в плане, то есть при «точечном» решении, из-за их большей жесткости в вертикальном направлении, и вследствие этого лучшего восприятия вертикальной нагрузки при землетрясении. Что касается крупнопанельных зданий, то они при землетрясении повели себя намного лучше. Это объясняется тем, что они, во-первых, были намного жестче и, во-вторых, имея ячеистую структуру в плане, лучше восприняли большой величины вертикальную нагрузку.

Обобщая изложенное, необходимо отметить, что в наших Норм и правилах по строительству в сейсмических районах, как и за рубежом, не учтены указанные нами весьма важные обстоятельства, которые и привели к таким трагическим последствиям. Их обязательно следует учесть при проектировании и строительстве новых зданий и сооружений в районах, пострадавших от Спитякского землетрясения 7 декабря 1988 года, а также при составлении новых Норм и правил строительства в сейсмических районах в дальнейшем.

Перейдем к некоторым неотложным задачам, которые должны быть решены в самое ближайшее время.

Еще в июне 1980 года А. Г. Назаров обратился к Председателю Совета Министров Армянской ССР с предложением создать Правительственную комиссию по прогнозу землетрясений и защите населения от последствий сильных землетрясений.

На основании полученного согласия Председателя СМ Армянской ССР, по предложению А. Г. Назарова, руководство АН Армянской ССР поручило мне подготовить проект Постановления и программу намечаемых при этом работ. Подготовленные мною материалы в начале 1981 г. были переданы в Отдел науки Совета Министров Армянской ССР.

Предлагалось принять Постановление ЦК КП Армении и СМ Армянской ССР о создании постоянно действующей Правительственной комиссии по прогнозу землетрясений и защите населения от последствий сильных землетрясений под председательством Председателя СМ Армянской ССР, включающей в свой состав представителей около 20 организаций республики, связанных с этой проблемой. Перед Комиссией ставилась задача—регулировать и контролировать текущую работу этих организаций, ответственных за выполнение указанной проблемы. Правительственной комиссии должен был подчиняться Научно-координационный комитет по проблеме «Прогноз землетрясений и защита населения от последствий сильных землетрясений», который периодически, не реже одного раза в квартал, должен был рассматривать научные, научно-организационные и технические вопросы по проблеме и при необходимости выносить на заседание Правительственной комиссии.

В проекте Постановления указывалось, что несмотря на то, что в республике проделана определенная работа по прогнозированию землетрясений и сейсмостойкому строительству, однако имеется существенное отставание в работах по выявлению предвестников землетрясений, сильно затрудняющих решение проблемы прогнозирования землетрясений, пока еще нет полной уверенности в сейсмостойкости возводимых и существующих зданий и сооружений, не разработаны мероприятия по защите населения в случае разрушительного землетрясения.

С целью решения этих и ряда других задач к проекту Постановления была приложена разработанная нами программа работ, включающая следующие пять разделов:

1. Прогнозирование землетрясений.
2. Обеспечение сейсмостойкости зданий и сооружений.
3. Разработка мероприятий по защите населения от сильных землетрясений.
4. Организация спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ.

5. Ликвидация последствий разрушительных землетрясений.

Указанное Постановление не было принято и приведенные в нем задачи, в основном, не были решены.

Необходимо хотя бы сейчас, уже после Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 года, явившегося трагедией для многострадального армянского народа, снова вернуться к этому вопросу, с учетом уроков землетрясения и создать предложенную в свое время постоянно действующую Правительственную комиссию.

С целью создания реальных возможностей для прогнозирования землетрясений и получения достоверных инструментальных данных по инженерной сейсмологии, предлагается иметь общую сеть по регистрации землетрясений на территории Армянской ССР, состоящую из следующих 5-ти сетей: 1) сети сейсмологических наблюдений; 2) сети полигонных наблюдений; 3) сети инженерно-сейсмологических наблюдений на зданиях; 4) сети инженерно-сейсмологических наблюдений на гидротехнических сооружениях; 5) сети сильных движений.

1. Сеть сейсмологических наблюдений включает 16 сейсмологических станций, которые следует довести до уровня международных стандартов как в смысле помещений (зданий станций), так и, в особенности, оснащения современной аппаратурой с телеметрической регистрацией, по примеру имеющейся в Калифорнийском университете в г. Беркли сейсмологической сети, руководимой профессором Брусом Болтом.

2. Сеть полигонных наблюдений осуществляется на трех полигонах на территории Армянской ССР (сеймопрогностических полигонах), на которых должны осуществляться геофизические, сейсмологические, геохимические, инженерно-сейсмологические и другие исследования. Предлагается на каждом полигоне иметь 6 станций наблюдений с радиотелеметрической регистрацией, выпускаемые американской фирмой «Кинеметрикс».

3. Сеть инженерно-сейсмологических наблюдений на территории Армянской ССР должна иметь станции в характерных зданиях и различных грунтовых условиях в количествах: в Ереване—10, в Ленинакане—10, в Кировакане—6, в Степанаване—5, в Дилижане—5 (всего 36 станций). Следует ввести коренные улучшения в работу этой сети, оснастить ее современной аппаратурой и обеспечить ее бесперебойную работу.

4. Сеть инженерно-сейсмометрических наблюдений на 20-и действующих крупных водохранилищах и гидротехнических сооружениях организуется с целью проведения постоянного изучения поведения этих сооружений и сейсмического режима их территорий при землетрясениях.

5. Сеть сильных движений должна дополняться имеющиеся в четырех указанных выше сетях аппаратуру для записи сильных землетрясений, путем организации на территории Армянской ССР 30 пунктов наблюдений, оснащенных маятниковыми сейсмометрами усовершенствованной конструкции. Следует к имеющимся в них 4-м, записывающим вертикальные колебания, маятникам добавить еще два маятника (конструктивно это возможно осуществить путем их установки по краям прибора, рядом с имеющимися). Учитывая существенную роль вертикальных колебаний не только для каменных зданий, но и для других зданий, особенно гибких (каркасных и каркасно-панельных), выявленную при Спитакском землетрясении 7 декабря 1988 г., предлагается иметь маятники для записи вертикальной составляющей колебаний следующих периодов: 0,05; 0,10; 0,25; 0,40; 0,60; 0,80 секунд.

В связи с тем, что, таким образом, на территории Армянской ССР необходимо будет установить 120 маятниковых сейсмометров, организовать в СОКТИ АН Армянской ССР разработку усовершенствованной конструкции сейсмометров и их выпуск.

Кроме указанного, в Институте геофизики и инженерной сейсмо-

логии АН Армянской ССР необходимо иметь группы передвижных комплексных геофизических, геохимических, сейсмологических и инженерно-сейсмологических станций для срочной регистрации сопутствующих сильному землетрясению серий повторных толчков непосредственно в эпицентральной зоне и проведения детальных наблюдений за динамикой сейсмоактивных разломов. Институту строительства и архитектуры Госстроя Армянской ССР необходимо иметь комплексные экспедиции для организации макросейсмических наблюдений на территории, пострадавшей от сильного, разрушительного землетрясения.

Очень большая работа должна проводиться в части разработки мероприятий по подготовке и защите населения при сильных землетрясениях. Недавно, после землетрясения, профессор Калифорнийского университета в г. Беркли (США) Армен Тер-Кюрегян передал АН Армянской ССР обширный материал по подготовке населения, предприятий и учреждений на случай сильного землетрясения в Калифорнии. Необходимо эти материалы использовать с целью разработки соответствующих мероприятий для условий Армянской ССР.

Ереванский политехнический институт

Поступила 12.V.1989.

Ր. Կ. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ

ՍՊԻՏԱԿԻ 1988 թ. ԴԵԿՏԵՄԲԵՐԻ 7-Ի ԵՐԿՐԱՇԱՐԺԻ ՍԵՅՍՄԻԿ ՆԵՐԳՈՐԾՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ ՄԻ ՔԱՆԻ ԱՆՇԵՏԱԶԳԵԼԻ ԽՆԴԻՐՆԵՐ

Ա մ փ ո փ ու մ

Սպիտակի երկրաշարժը շատ կարևոր է իր սեյսմիկ ազդեցությամբ և առանձնահատկություններով: Նախ, երկրաշարժը տևողի է ունեցել իրար հաջորդած երկու հզոր ցնցումներով, որոնց ինտենսիվության տարբերությունը գրեթե մեկ բալ է կազմել: Երկրորդ, Հենինականում գրեթե բոլոր տեսակների կառուցվածքային լուծումներ ունեցող շենքերի ու կառույցների ավերումները և տարբեր աստիճանի վնասվածքները մոտավորապես միատեսակ բնույթ են կրում: Դրանց պատճառը ուղղաձիգ և հորիզոնական սեյսմիկ մեծ բեռնվածությունների հետևանքով կայունության կորուստն է: Ըստ որում, սկզբում վրնասվել են շինարարական որոշ, գուցե և ոչ կրող տարրեր, այնուհետև ավերվել են մյուս՝ արդեն կրող տարրերը, ինչի պատճառով էլ լիովին փլվել են ցնցումների ազդեցությանը ենթարկված շենքերը, մի շարք դեպքերում խրվելով գետնի մեջ:

Այս կարգի ավերումներ կարող են տևողի ունենալ սառսանումների ուղղաձիգ բաղադրիչի գերակշռության, ինչպես նաև երկրաշարժի օջախում խախտման հարթության ուղղաձիգին մոտ անկման և երկրաշարժի օջախի ձգվածության դեպքում:

Որակն ընդհանրապես շինարարության հիմնական սկզբունքներից է, իսկ երկրաշարժերի ենթակա շրջանների համար այն առանձնահատուկ նշանակություն ունի: Շինարարության որակը պայմանավորվում է թողարկվող շինարարական արտադրանքի և հավաքովի շինարարության ժամանակ կատարվող շինմոնտաժային աշխատանքների որակով, ինչպես նաև հակասեյսմիկ միջոցառումների կիրառման մակարդակով: Շինարարության որակը մեր երկրում, հարկավ, բարելավման կարիք է պահում: Սա վերաբերվում է բոլոր շրջաններին և, հարկ է կրկնել, հասկապես երկրաշարժերի ազդեցությանը ենթակա շրջաններին:

Ինչ վերաբերվում է ղեկավարների 7-ի երկրաշարժին, ապա պրանում վճռական դեր են խաղացել, իհարկե, 9—10 բալանոց աննախընթաց ուժի ներգոր-

ծությունը, որը մի քանի անգամ գերազանցում է շենքերի ու կառույցների համար հաշվարկածը, ինչպես նաև ցնցումների կրկնությունը և տատանումների ուղղաձիգ բաղադրիչների գերակշռությունը:

Հարց է ծագում, թե ինչու քարե շենքերը, հատկապես ցածրահարկերը, մի շարք դեպքերում չեն վնասվել: Փլուզումներ, ավերումներ և վնասվածքներ են տեղի ունեցել նաև քարե շենքերում: 4—5 հարկանի շենքերում դրանք տեղի են ունեցել մոտավորապես վերը նշված սիեմայով, շնայած ունեցել են հակասեյսմիկ պաշտպանություն, իսկ տատանումների ուղղաձիգ բաղադրիչը հաշվարկված է եղել հաշվարկային ուժի երկրաշարժի համար, այսինքն՝ հաշվի է առնվել տատանումների հորիզոնական և ուղղաձիգ բաղադրիչների համատեղ ներգործությունը: Բայց տեղի ունեցած երկրաշարժը հաշվարկայինից 2—5 անգամ ավելի ուժեղ էր: 1—3 հարկանի քարե շենքերում (ինչպես հակասեյսմիկ պաշտպանությամբ, այնպես էլ դրա բացակայությամբ) վնասվածքներն ու ավերումները համեմատաբար քիչ են եղել՝ շենքերի կոշտության շնորհիվ: Մի շարք դեպքերում շենքերը պոկվել են իրենց հիմքերից և որոշ չափով վնասվել ու ավերվել: Դրանից բացի, 4—5 հարկանի շենքերի համեմատությամբ, ավելի ցածրահարկերի վրա ընկնող հորիզոնական բեռնվածությունները էապես նվազ են եղել, ինչի մասին են վկայում ստացված գործիքային տվյալները:

Ընդհանրացնելով վերը շարադրվածը հարկ է նշել, որ ինչպես մեր երկրում, այնպես էլ արտասահմանում գործող նորմերը հաշվի չեն առնում նրշված կարևոր հանգամանքները, որոնք էլ հանգեցրել են նման ողբերգական հետևանքների: Աղետյալ շրջաններում նոր շենքեր նախադժեխիս ու կառուցելիս, ինչպես նաև հետադաշում երկրաշարժերի ենթակա շրջաններում շինարարության նոր նորմեր ու կանոններ սահմանելիս, հարկավոր է պարտադիր կարգով հաշվի առնել դրանք:

Առաջարկվում է հանրապետությունում կազմակերպել ժամանակակից գործիքներով և սարքավորումներով համալրված սեյսմիկ կայանների մի ցանց, ստեղծել երկրաֆիզիկական, երկրաբիմիական, երկրաշարժաբանական և ինժեներա-երկրաշարժաբանական համալիր շարժական կայաններ, ինչպես նաև համալիր արշավախմբեր՝ մակրոսեյսմիկ դիտարկումներ կազմակերպելու համար:

B. K. KARAPETIAN

THE SPITAK EARTHQUAKE, DECEMBER 7, 1989. SEISMIC INFLUENCE AND SOME URGENT PROBLEMS

Abstract

The Spitak earthquake specific influence is established, expressed by followings: two strong shocks, the prevalence of the vibrations vertical component, the grounds seismic effect, the interaction between buildings and their bases, the resonance appearance. The behaviour of erected in the Leninakan territory buildings of various structural treatments is analysed. Some proposals are made for building in the region suffered from the earthquake. There are raised some urgent problems, which must be solved in the near future.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шкала сейсмической интенсивности М.: 1965, 11 с.
2. Borchardt R. Request of Summary of Highlights and Activities of Seismological Studies in Armenia. — Memorandum, Menlo Park, 1989, 9 p.