

По вопросу обсуждения СП «Здания сейсмостойкие и сейсмоизолированные. Правила проектирования»

В помощь проектировщику и заказчику

Специалисты в области проектирования и строительства сейсмостойких зданий и сооружений (в первую очередь проектировщики) давно ожидают публикацию такого необходимого документа. Насколько это важно, можно судить по непрекращающейся до сих пор полемике по обеспечению сейсмостойкости объектов после катастрофического землетрясения в Армении 7 декабря 1988 года. Что делать? – Мнения разные. Одно можно сказать: сейсмозащита их должна быть надежной, а сейсмоизоляция наиболее простой, доступной при массовом строительстве и универсальной при неблагоприятном сочетании возможных сейсмических воздействий.

1. Введение

Проект СП [1] был подготовлен Центром исследования сейсмостойкости сооружений ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко ОАО «НИЦ «Строительство» в 2013 году и передан в экспертизу НОСТРОЙ, но пока не утвержден, по крайней мере, об этом официальной информации нет.

Согласно Техническому заданию на разработку проекта СП одним из условий являлось публичное обсуждение его первой редакции. По имеющимся данным в журнале «Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений» № 5 и № 6 2014 г. указанный проект свода правил прошел общественное обсуждение и передан на утверждение в Минстрой РФ. Итоги дискуссии, обсуждаемые вопросы неизвестны. Поэтому некоторые замечания и предложения, а также комментарий по выборочно рассматриваемым вопросам изложены ниже на основе ознакомления с проектом СП, а также статьей авторов-разработчиков [2] и, очевидно, откорректированной в опубликованной I-ой редакции СП после обсуждения.

В указанной обзорной статье авторов говорится «о приоритетном направлении разработки новых современных норм по проектированию инновационных сейсмоизолированных систем в виде резинометаллических опор, скользящих опор и других систем сейсмозащиты, уже применяемых при строительстве зданий и сооружений в сейсмических районах России...» при этом отмечается, что «эффективные устройства систем сейсмоизоляции позволяют гарантировать требуемую степень защиты».

2. Анализ предлагаемых в СП систем сейсмоизоляции

2.1. Общие данные

Рассматриваемая статья [2] довольно обширная по объему (содержит 12 страниц текстовой части с 11 рисунками на них – в основном эскизными изображениями фрагментов сейсмоизолирующих систем, но причем только двух типов: шести вариантов с эластомерными и трех с маятниковыми опорами). Что касается «других» применяемых альтернативных систем сейсмозащиты, то по ним никаких указаний в СП нет.

Принцип технических решений предлагаемых опор, их особенности и преимущества в настоящей статье не приводятся.

Важно сказать, что с учетом длительного многолетнего опыта проектирования при внедрении новшеств перед проектными организациями практически всегда возникает извечный вопрос: в чем же, кроме рекламируемых преимуществ, заключаются их недостатки, каковы ограничения области применения с учетом хотя бы этажности объектов, неблагоприятного сочетания сейсмических воздействий и т.д., о чем должны знать и учитывать авторы-разработчики, тесно занимающиеся этими и другими проблемами, но предпочитающие с одной стороны не «замечать» их, а с другой сохранить информацию об этом, возможно, как свои НОУ-ХАУ.

Есть же разница между проектируемыми 1-2-этажными объектами, например, на Камчатке или Алтае (да и другими малоэтажными зданиями и сооружениями), где можно успешно решать вопросы сейсмоизоляции решениями без

резинометаллических, тем более маятниковых, скользящих опор, что является неприемлемым для них в сравнении, например, с уникальными, высотными объектами в Сочи.

Единственное, что важно сразу отметить: эластомерные и маятниковые опоры при проектировании имеют ограниченные возможности для применения из-за их специфики технических решений. Это опоры «точечного» типа (испытывающие значительные сосредоточенные нагрузки).

Они размещены между фундаментами и подземной частью здания, либо между подземной и надземной, называемыми в проекте СП соответственно «субструктура» и «суперструктура», причем расположенными с зазором относительно друг друга – см. рис.1 [1].

2.2. Краткие замечания и комментарий по отдельным конкретным решениям изложены ниже, причем, в отличие от цитируемого местами текста СП, в данной статье они выделены курсивом.

По схеме «а»

1. *Размещение сейсмоизоляции между фундаментами подвальных этажей и каркасом зданий является наиболее целесообразным и оптимальным решением.*

2. *Наличие стен по периметру подвалов конструктивно позволяет выполнить дополнительно упоры с демпферами (не показано) на действие горизонтальных и возможных вертикальных сейсмических нагрузок. Это обеспечивает снижение сейсмических воздействий, повышение несущей способности конструкций объектов, а также их устойчивости и надежности в ходе длительной эксплуатации.*

По схеме «б»

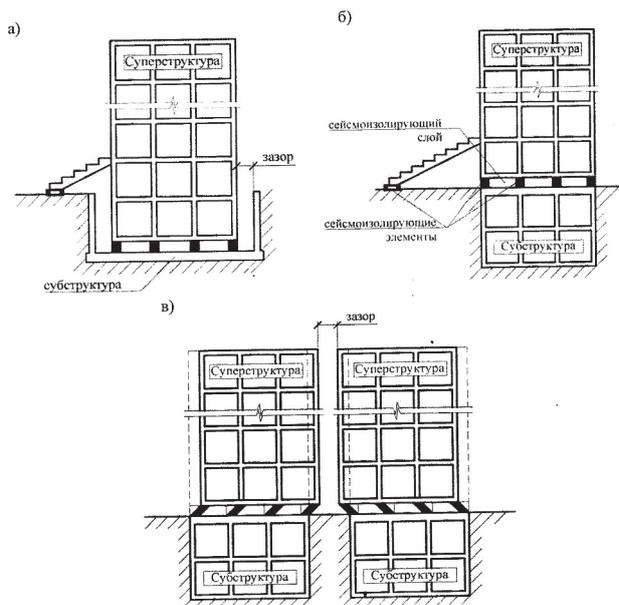


Рис.1. Схемы расположения сейсмоизолированных сооружений

1. *Не вдаваясь в детали, в принципе можно утверждать, что разделение каркасов зданий повышенной этажности горизонтальным швом, подобно сейсмическому, на две самостоятельные структуры по их высоте несовместимо с требованиями повышения надежности согласно ФЗ от 30.12.2009 (Технического регламента о безопасности зданий и сооружений). Если в Сочи или где-либо еще построены такие здания, необходимо произвести соответствующие проверки с учетом обеспечения их длительной нормальной эксплуатации.*

Недопустимость подобного разделения каркасов подтверждается не только НГПИ, но и практикой работы других проектных организаций, а также мнением авторитетных специалистов, в том числе, например, многочисленными публикациями известного ученого в области строительной механики и сейсмобезопасности д.т.н., проф. Абовского Н.П. с участием специалистов СФУ и научных организаций Красноярска [3-5].

В работе [3, стр.67] оно сформулировано так: «Мало оправдано структурное расчленение здания, цельной системы, на верхние и нижние строения, которые функционально должны взаимодействовать, имея в виду прямые и обратные связи между ними, то есть нарушается замкнутость системы». В других публикациях после 2005 года указанное мнение еще более категорично.

2. *Выполнение сверхточных и сложных специфических расчетов согласно требованиям пунктов 6.1.1-6.1.7 [1], обеспечивающих по мнению авторов «абсолютное предельное состояние» (то есть условия сейсмобезопасности), является весьма спорным аргументом. В первую очередь из-за условности всех расчетов и отсутствия в данном случае гарантии достоверности принимаемых исходных данных, тем более касающихся характера учитываемых реальных сейсмических воздействий.*

Они не понятны будут не только тем, для кого предназначены – пользователям (проектировщикам или студентам при обучении), но даже, очевидно, в отдельных случаях самим авторам и экспертам этого СП.

Рассмотрим любой пункт в СП, даже самый простой, например, 6.1.2. Цитируем: «Необходимо выполнить расчет элементов фундамента и грунтового основания на усилия, возникающие в результате реакции надземной части сооружения, с анализом допускаемых остаточных деформаций. При определении реакции необходимо учесть фактическое сопротивление, которое может развить передающий воздействие элемент конструкции». О чем это? Можно предполагать, но смысл до конца не ясен... Далее выборочно, например, более сложный п.6.2.3.1 [1] «...необходимо вычислять на основе упругого де-

формирования конструктивной системы и расчетного спектра отклика ускорений». Что это такое? В пунктах 3.7 и 3.20 [1] даны определения терминов нормированного и упругого откликов, которые совершенно не понятны. Кроме того, точность их определения, как указано, зависящая от заданных акселерограмм воздействий с учетом функций собственных периодов и демпфирования осцилляторов вызывает большие сомнения.

Такие задачи в проектных организациях не решаются. В получаемых ими свидетельствах СРО указанные работы, как правило, не предусмотрены. Разработчик и экспертиза СП должны это учитывать во избежание монополии на проектирование в сейсмических условиях и необходимости согласований, что приведет к резкому удорожанию и срыву сроков строительства объектов, а также, учитывая масштабы страны, является абсурдным. В указанной ситуации это будет самый тупиковый вариант.

3. Можно также отметить, что нельзя, например, представить возможность их использования для фундаментов дымовых труб, что всегда представляет собой проблему в условиях высокой сейсмичности (например, в ходе землетрясения 27 сентября 2003 года силой 9–10 баллов в Кош-Агачском районе Республики Алтай подверглись обрушению или были сильно повреждены все дымовые трубы котельных). При строительстве новых объектов там и восстановлении существующих фундаменты зданий и металлических дымовых труб были выполнены нетрадиционными, но сейсмоизолированными без использования рассматриваемых сейсмоизолирующих опор, при этом значительно эффективнее и надежнее. Причем площадки строительства находились в отдаленном горном районе на высоте более 2000 м [11].

Это относится и ко многим другим объектам, проектируемым прежде всего с учетом их назначения и комплекса необходимых оптимальных объемно-планировочных решений и технологических требований, а также реальных грунтовых условий, оптимальных конструкций фундаментов и каркаса.

4. На схемах «а» и «б» показаны лестничные марши наружного входа в здание, ведущие на 2-й этаж.

Понятно, что схемы даны весьма условно. Но надо иметь в виду, что указанное решение не надежно с точки зрения эвакуации с учетом возможных землетрясений. (Не исключено, что при проектировании так и будут делать, ссылаясь на схему в СП).

Автору этих строк довелось оказаться в подобной ситуации во время землетрясения в Одессе в мае 1990 года. Около 200 участни-

ков конференции, находящихся во время обеденного перерыва в зальном помещении на 2-м этаже 18-этажного здания гостиницы, бросились сразу же по внутренней лестнице к выходу на 1-й этаж. Но непосредственно за период землетрясения вышли из здания буквально единицы из-за большого скопления людей перед выходом в результате паники, несмотря на открытые широкие парадные двери... Понять ситуацию можно. У всех были в памяти события недавней трагедии в Армении.

С учетом изложенных доводов и опыта схемы «а» и «б» неудачны по указанным соображениям, касающимся требований по обеспечению экстренной эвакуации персонала в ходе землетрясений и пожарной безопасности, особенно схемы «б».

5. Размещение на 1-м этаже зданий зоны обслуживания пространства между структурами, причем, в течение срока службы согласно п.5.1 [1], иначе говоря технического этажа, вместо традиционного парадного входа, вестибюля и т.д. является не целесообразным, так как создает проблемы не только по конструктивным решениям (о чем сказано выше), но также объемно-планировочным и архитектурным (что вызовет серьезные возражения и недоумение заказчиков и архитекторов, а также экспертных органов по результатам рассмотрения конкретных проектов).

6. Необходимо особо подчеркнуть, что использование аналогичных решений за рубежом еще не является гарантией надежности. Кроме того, используемые решения могут быть защищены зарубежными патентами, иметь НОУ-ХАУ. Насколько правомочным является их применение, как аналогов в РФ согласно разработанному СП? Разъяснений нет.

2.3. Об опорах фрикционно-подвижного типа

Общий вид и схема поведения двухмятниковой скользящей опоры показаны в качестве примера на рис. [2].

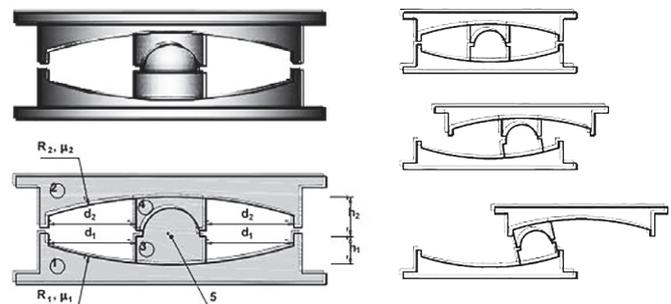


Рис. 2. Общий вид и схема поведения двухмятниковой опоры. 1 – нижняя стальная плита со сферической вогнутой поверхностью; 2 – верхняя стальная плита со сферической вогнутой поверхностью; 3 – верхний ползун со сферической вогнутой поверхностью; 4 – нижний ползун со сферической выпуклой поверхностью; 5 – точка поворота

Для общего представления о характере технических вопросов, решаемых в случае применения маятниковых опор, ниже выборочно приведены некоторые выдержки из указаний СП [1].

А.5.10 Особенности поведения двухмаятниковой скользящей опоры зависят от радиусов кривизны верхних и нижних сферических поверхностей $R1$ и $R2$, а также величин коэффициентов трения скольжения $\mu1$ и $\mu2$ ползунов по сферическим поверхностям.

А.5.11 В двухмаятниковых скользящих опорах радиусы сферических вогнутых поверхностей и коэффициенты трения могут быть одинаковыми или разными.

Важное достоинство двухмаятниковых скользящих опор — это их более компактные размеры, чем у одномаятниковых.

Примечание - В двухмаятниковых скользящих опорах реализован механизм двух маятников, последовательно включающихся в работу в зависимости от спектрального состава и интенсивности сейсмических воздействий.

А.5.12 В двухмаятниковых скользящих опорах движения шарнирных ползунов могут происходить по верхним и по нижним сферическим поверхностям (см. рисунок А.9). Благодаря этому, взаимные смещения двухмаятниковых скользящих опор могут быть в два раза больше, чем у одномаятниковых скользящих опор с теми же габаритными размерами.

А.5.13 Возможность использования в двухмаятниковых скользящих опорах верхних и нижних сферических поверхностей с разными радиусами кривизны и коэффициентами трения, позволяет увеличить сейсмоизолирующие свойства этих опор.

А.5.17 Комбинируя значения радиусов кривизны сферических поверхностей и коэффициентов трения скольжения можно запроектировать трех маятниковые скользящие опоры, способные эффективно снижать сейсмические нагрузки на суперструктуру при землетрясениях с очень высокой интенсивностью и со сложным спектральным составом.

А.5.18 Верификация ожидаемого сейсмического поведения представленных систем с помощью экспериментальных и аналитических исследований приведет к более уверенному обеспечению их сейсмической надежности.

Выводы по разделу 2.3

2.3.1. Подобных указаний в СП достаточно много. По результатам ознакомления с ними специалистам предоставляется возможность составить самим свое собственное мнение о реальности решения задачи по изложенной методике не только теоретически, а практически с учетом опыта конкретного проектирования.

2.3.2. Указание разработчиков СП в п.А.5.18 об ожидаемом сейсмическом поведении с по-

мощью дальнейших экспериментальных и аналитических исследований и что это приведет к более уверенному обеспечению надежности свидетельствует об обратном — наличии сомнений и неуверенности. Особенно уязвима сейсмозащита при наличии зазора между структурами при сильных вертикальных толчках.

Необходимо ввести ограничения в случаях, где сомнения наиболее очевидны, например, исключить использование сейсмоизоляции по схеме «б» на рис.1.

2.3.3. Маятниковые опоры активизируются не сразу [8]. Это их особенность, снижающая надежность от повышения усилий на опрокидывание. То же может произойти при заклинивании ползуна и задержке шарнирного поворота, например, при пожаре или в результате коррозии.

2.3.4. Непонятно, как обеспечивается демпфирование вертикальных сейсмических толчков маятниковыми сейсмоизоляторами (если это не предусматривается в СП, даже чисто теоретически), а нижняя подземная часть (субструктура) не имеет никакой сейсмозащиты?

При неблагоприятном сочетании близких по времени горизонтальных, вертикальных и наклонных сейсмических толчков, а также влияния кручения это решение может привести, как минимум, к аварийному состоянию или даже обрушению надземной части зданий, что и произошло в Ленинакане в 1988 году на одном из объектов строящегося по проекту НГПИ предприятия отрасли. Это четвертое предприятие из построенных только в Армении по проектам НГПИ. Необходимо подчеркнуть, что строительные конструкции и объемно-планировочные решения многоэтажного производственного сборочного корпуса были запроектированы и построены согласно нормативным требованиям с использованием действующих типовых серий. Анализируя ситуацию в настоящее время можно утверждать, что используя принцип сейсмоизоляции по схеме «а» с применением разработок института последующих лет [9-13], удалось бы избежать этой аварии и обеспечить требования надежности объекта с учетом его нормальной эксплуатации.

2.4. Об эластомерных (резинометаллических) опорах

В качестве средств сейсмоизоляции указанные опоры получили наибольшее распространение в современном строительстве. Преимущества и недостатки их изложены в ряде рассмотренных публикаций [6-9].

При конкретном проектировании необходимо учитывать негативные факторы при их использовании: не высокой долговечности резиновых прослоек (по сравнению, например, с железобетоном или природными гравийно-песчаными

грунтами), ограничение срока эксплуатации из-за старения резины, низкий предел ее огнестойкости, а также отсутствие возможности самостоятельного возвращения опор обратно в исходное положение после сейсмического толчка и т.д.

Зная эти особенности, можно принимать дополнительные решения сейсмозащиты, более эффективные и оптимальные, если это необходимо.

Например, вместо резиновых листов целесообразнее использовать более долговечные полимерные листы [9] (не полиэтиленовую пленку, как иногда понимают), что является более оптимальным с учетом необходимости повышения долговечности и пожарной безопасности, так как полимерные листы (сгораемые или трудносгораемые) будут защищены грунтом, а не расположены в помещении между структурами. Для повышения демпфирования сейсмоизоляции фундаментов объектов на Алтае в 2004-2005 годах использовались плоские и анкерные полимерные листы необходимой толщины (с продольными гофрами подобно профнастилу). Пакет из 2-х листов (плоского и анкерного) укладывался между грунтовым основанием и фундаментом.

В составе эластомерных опор перспективным является применение более современных долговечных материалов – полимерных, в том числе гофрированных листов вместо резины (применяемых в дорожном строительстве с гофрами, расположенными в шахматном порядке).

Подобное решение без металлических листов использовалось ООО НГПИ в последние годы по аналогии для виброизоляции уникальных импортных станков согласно жестким требованиям их эксплуатации с учетом защиты от вибрации.

○ чем еще следует сказать?

○ применении резинометаллических опор известно давно. Но до сих пор нет не только инструкции, пособия или рекомендаций по их использованию при проектировании, но даже необходимой информации. Складывается впечатление, что это делается сознательно в условиях конкуренции на рынке услуг. Резко снизилась творческая инициатива специалистов, особенно при разработке новых прогрессивных решений на уровне изобретений, их внедрение на практике и т.п.

Разрабатывая нормативные документы, очевидно, все предвидеть невозможно. Работа творческая, некоторые решения могут быть защищены патентами на изобретения и т.д. Необходимо, учитывая это, не лишать авторов инициативы поиска других альтернативных, наиболее оптимальных решений сейсмозащиты при конкретном проектировании, о чем в СП дать соответствующую оговорку.

Например, только в Японии по данным сборника «Сейсмостойкое строительство» (Реф.сб./ВНИИС, сер.14 вып.1) в 1987 году 20 фирм вели на-

учно-исследовательские работы по разработке и снижению сейсмических нагрузок на конструкции.

Очень важно также использовать возможности применения в конкретных случаях альтернативные решения сейсмоизоляции с учетом отечественного опыта на основе импортозамещения.

3. Некоторые альтернативные решения сейсмоизоляции

3.1. При выборе сейсмоизоляции необходимо особо учитывать, что зарубежные системы достаточно сложные и имеют очень высокую стоимость. Это их существенный недостаток в связи с тенденцией в стране в настоящее время необходимости экономии затрат и снижения стоимости строительства. К тому же зарубежные аналоги не во всех случаях обеспечивают абсолютную надежность и применяются не во всех странах. Поэтому желательно, чтобы решения сейсмоизоляции были доступны для массового, в том числе жилищного строительства, менее сложные, но наиболее эффективные с использованием, в основном, традиционных строительных конструкций и местных природных материалов. При этом они должны обеспечивать комплексную защиту практически от всех возможных сейсмических воздействий в их различных сочетаниях (от продольных и поперечных волн, кручения, а также от наклонных и вертикальных толчков, резонанса и т.д.). Причем, предлагаемые решения должны быть логичны, доступны для понимания не только специалистам, но и широкому кругу проектировщиков, заказчиков и строителей, от которых зависит внедрение их при строительстве конкретных объектов.

3.2. Рассмотренные ниже варианты обладают такими преимуществами.

3.2.1. Принципиальное решение сейсмостойкого фундамента по варианту 1 состоит в следующем. Фундаментная плита, опирающаяся на катковые шаровые опоры, в качестве которых могут быть использованы и природные каменные валуны с окатанной ровной поверхностью, состоит из двух слоев разной прочности (рис. 3). Причем, нижний слой – из бетона пониженной прочности, а верхний – из более прочного бетона с армированием.

Опоры, имеющие максимальный размер по вертикали, установлены на грунтовом основании в шахматном порядке. В промежутках между ними расположены дополнительные опоры, имеющие меньший размер по вертикали. По верху крупных опор в месте контакта с фундаментной плитой выполнены упругие прокладки, например, из полимерных листов (по объекту в Алма-Ате проектом НГПИ в 1990 году предусматривалось от четырех до шести слоев рубероида на битумной мастике). Пространство между опорами заполнено сыпучим материалом (песком или шлаком)

с образованием зазоров между низом фундаментной плиты и верхом засыпки.

По мере увеличения нагрузок при возведении здания крупные опоры вдавливаются в грунтовое основание, создавая в грунте выемки с уплотненными стенками. Эти опоры могут быть частично заглублены в грунтовое основание проходкой по ним тяжелых механизмов, например, катков, тракторов и т.д.

Прослойка из сыпучего материала после осадки здания должна быть неуплотненной или слабоуплотненной. Шаг опор из крупных валунов, их габариты определяются из учета обеспечения минимальной несущей способности бетона на смятие нижнего слоя фундаментной плиты с учетом конкретных нагрузок и несущей способности основания. (При необходимости грунтовое основание может быть упрочнено устройством гравийно-песчаной подушки, укаткой, утрамбовыванием и т.п.).

Снижение сейсмических воздействий на фундамент, а, следовательно, и на все здание, обеспечивается многократным демпфированием. Относительно слабое сейсмическое воздействие на фундамент значительно снижается дополнительной осадкой крупных опор в грунтовое основание и упругостью прокладок, а также проворачиванием или смещением опор, чему способствует прослойка из неуплотненного сыпучего материала. Наличие зазора создает необходимый запас на осадку опор, чтобы эта прослойка оставалась неуплотненной.

При более значительном сейсмическом воздействии (например, силой до 8 баллов) демпфирование фундамента обеспечивается дополнительно местным смятием или разрушением бетона нижнего слоя фундаментной плиты в местах опирания опор, что не представляет существенной опасности, так как в обычном понимании нижний слой плиты – это традиционная бетонная подготовка, возможно усиленная по месту над опорами дополнительным армированием сетками.

Промежуточные опоры включаются в работу при еще более сильном землетрясении (например, силой до 9 баллов). Они выполняют роль мгновенно изменяемых связей, что позволяет из-

менить жесткость основания и избежать явления резонанса, если это произойдет. Кроме того, они элементарно могут стать дополнительными опорами, разгружающими основание, то есть иметь подстраховывающее значение в случае необходимости. В конкретном проекте песчаная прослойка может также включиться в работу, оставаясь слабоуплотненной при давлении, например, равном 0,05 – 0,1 МПа.

При таком техническом решении надежность зданий с каждым новым сейсмическим толчком не снижается, а наоборот, повышается. Это объясняется тем, что в период длительной эксплуатации в районах с повышенной сейсмической активностью имеют место частые сейсмические толчки силой 3-6 баллов и происходит как бы постепенное приспособление конструкций фундамента к восприятию более сильных землетрясений силой 7-9 баллов. На основе сравнительного анализа аналогичных решений был сделан вывод, что предлагаемая конструкция фундамента позволяет снизить сейсмические воздействия на 1–2 балла.

3.3. На рис.4 условно показано принципиальное решение фундамента по варианту 2 в виде фундаментной плиты 1, размещенной на шаровых опорах 2, расположенных в выемках 3, имеющих горизонтальное дно и наклонные стенки, выполненных в скальном или бетонном основании 4. Угол наклона стенок составляет 45-60°, что исключает выкатывание шаровых опор из выемок, обеспечивает возможность их максимального сближения и мгновенное возвращение в исходное положение, а также исключает соударение двух смежных шаровых опор. Размер дна выемки, круглого в плане, назначается в зависимости от диаметра шаровых опор, но не менее горизонтального смещения основания при сейсмических воздействиях. Шаровые опоры размещены в выемках произвольно. Размещение их строго по центру менее предпочтительно. Они могут выполняться из различных материалов, например, металла, железобетона или сталебетона.

Сыпучий материал обеспечивает демпфирование шаровых опор, в передаче нагрузок на основание практически не участвует. Нагрузки на основание передаются в основном через шаровые опоры. Объем сыпучего материала в выемках постоянен, и он не уплотняется.

Наличие горизонтальных и наклонных участков выемок исключает синхронность перемещений шаровых опор при их взаимодействии с фундаментной плитой, что обеспечивает изменение шага между смежными шаровыми опорами.

При одновременном воздействии горизонтальных и вертикальных сил часть шаровых опор смещается на наклонные стенки выемок. За счет ограничения величины зазора между плитой и верхней поверхностью уступов шаровые опоры не могут сместиться в этот зазор, что исключает

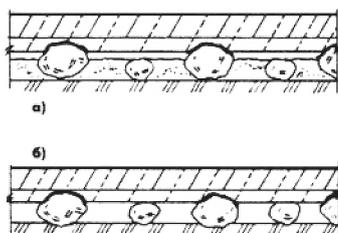


Рис.3. Поперечный разрез фрагмента сейсмостойкого фундамента до осадки здания (а) и после стабилизации осадок (б)

заклинивание шаровых опор и нарушение несущей способности фундамента.

Обратное смещение опор в исходное положение обеспечивается под действием собственной массы фундамента и надземной части, при этом реакции нагрузок, передаваемых опорами на основание, неодинаковы и зависят от положения шаровых опор в выемках. При опирании шаровых опор на наклонные стенки большие нагрузки будут восприниматься наиболее высоко расположенными опорами.

На боковых торцах плиты в качестве варианта возможно устройство демпферов 5, гасящих горизонтальные и вертикальные воздействия, для чего их устанавливают между плитой и консольными уширениями опор с устройством зазора между плитой и опорами (узел А). При необходимости можно выполнить дополнительные опоры 6 с демпферами, гасящими вертикальные колебания (рис. 5). Это конструктивное решение достаточно широко известно в технической литературе и практике строительства.

При недостаточно прочном грунтовом основании его можно усилить бетонной подготовкой с удалением по месту слабого грунта.

Отсутствие выемок в нижней зоне фундаментной плиты в местах опирания ее на шаровые опоры значительно упрощает строительные работы,

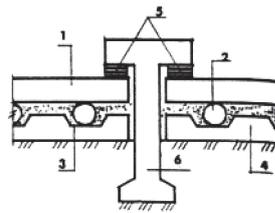


Рис.5. Промежуточная опора с устройством демпферов для снижения воздействий от вертикальных сейсмических толчков

снижает требования к их точности и качеству изготовления шаровых опор. Нижняя поверхность плиты, например, может быть криволинейной в пределах нормируемых допусков, повторяющей контур основания, но сейсмостойкость такого фундамента будет обеспечена.

3.4. Вариант № 3 принципиального решения на слабых грунтах показан на рис. 6 (сваи условно показаны пунктиром). Он практически идентичен изложенному выше. Для снижения горизонтальных нагрузок на сваи принято известное традиционное решение с сейсмоизолирующей подушкой, успешно используемое НГПИ при проектировании многих десятков объектов в сейсмических районах. (Вариант фундаментов с сейсмоизолирующей подушкой использован, например, при строительстве крупного предприятия отрасли – завода «Зенит» в г.Ташкенте).

3.5. Вариант № 4 технических решений сейсмостойкого фундамента уникальных и высотных зданий башенного типа [13] показан на рис.7.

Количество подземных этажей принято условно. Стены подвала заменены наклонными откосами (решение, используемое НГПИ на предприятиях отрасли еще в начале 80-х годов прошлого столетия). Подробное описание конструктивных решений (защищенных авторскими свидетельствами и патентами на изобретения) изложены во многих публикациях, в том числе Рекомендаций Шифр ТР-НГПИ-13 (вып.2), а также в журнале «Проектирование и строительство в Сибири» № 1 в 2014 году.

Пользуясь рекомендациями, изложенными в статье, в принципе можно запроектировать не только

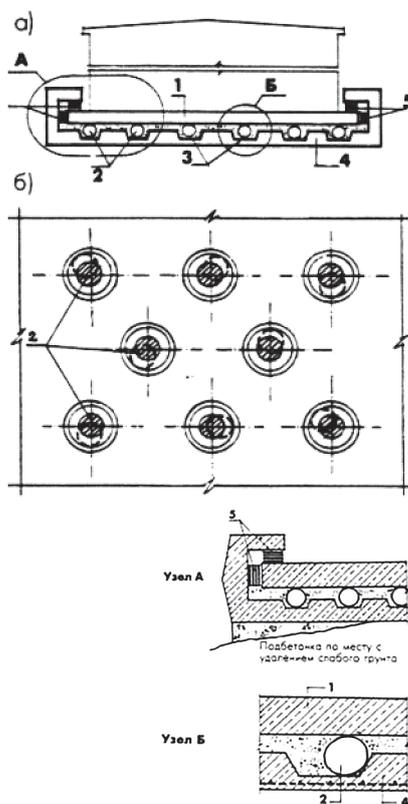


Рис.4. Поперечный разрез фрагмента сейсмостойкого фундамента (а), возможное положение опор при землетрясении (б)

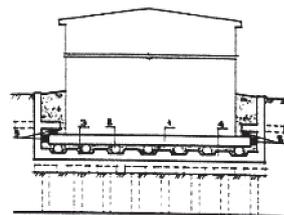


Рис.6. Сейсмостойкий фундамент в слабых грунтах с использованием свайного ростверка и сейсмоизолирующей подушки

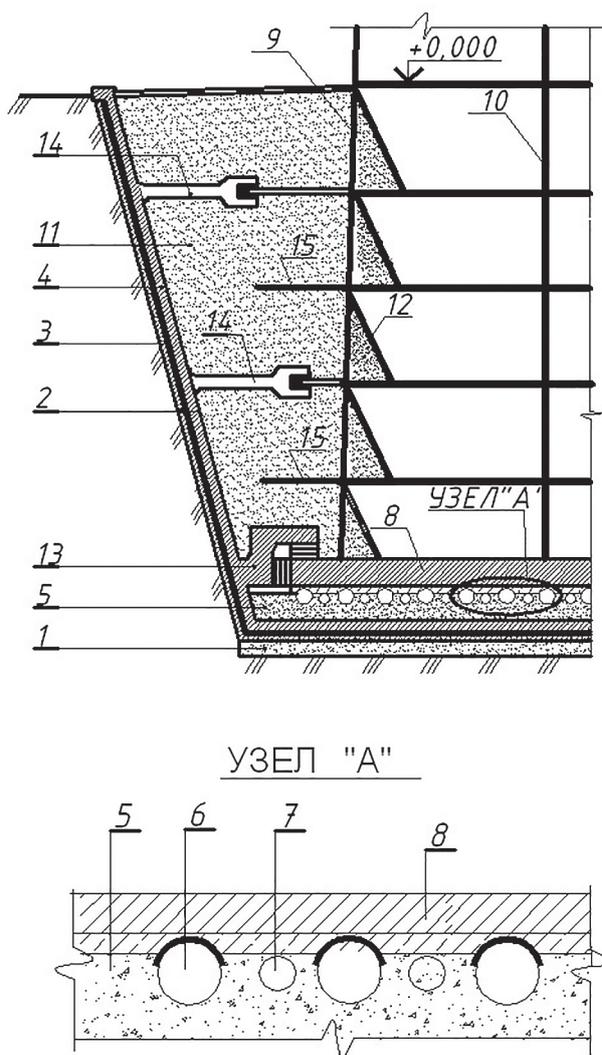


Рис.7 Фрагмент поперечного разреза здания, защитного экрана и котлована [12,13]

1. Гравийно-песчаная подушка; 2. Обетонированные поверхности котлована (стен и днища) монолитным железобетоном; 3. Сейсмоизоляция боковых поверхностей стен и днища; 4. Монолитный железобетонный коробчатый фундамент в виде плиты, жестко соединенной с боковыми наклонными стенами по периметру; 5. Промежуточная подушка из слабосжимаемого грунта; 6. Основные катковые опоры большого диаметра с демпферными прокладками; 7. Промежуточные катковые опоры меньшего диаметра; 8. Фундаментная плита из двух слоев разной прочности; 9. Наружные наклонные колонны каркаса; 10. Внутренние вертикальные колонны каркаса; 11. Засыпка из материала, поглощающего сейсмические колебания; 12. Наклонные откосы в пределах этажей (традиционные стены заменены откосами); 13. Упоры с демпферными устройствами (имеющие доступ для осмотра и замены при необходимости); 14. Распорки (с демпферами) между наклонными стенами коробчатого фундамента и каркасом подвальной части (показаны условно); 15. Выносные горизонтальные пояса-экраны с шарнирным креплением к каркасу

высокие сейсмостойкие здания и сооружения, но и с учетом конкретных исходных данных объекты меньшей этажности, с учетом различных инженерно-геологических условиях и другой объемной компоновкой их надземной и подземной части.

Список литературы

1. Свод правил «Здания сейсмостойкие и сейсмоизолированные. Правила проектирования». ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко. Издание официальное.-М.-2013.-46 с.
2. Смирнов В.И., Бубис А.А. Обсуждение проекта свода правил: «Здания сейсмостойкие и сейсмоизолированные. Правила проектирования» «Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений».-2014.-3.-с.22-33.
3. Абовский Н.П., Темерова А.С. Современное состояние развития сейсмостойкого строительства. Обзор литературы и патентные предложения кафедры СМиУК КрасГАСА. -2005.-87 с.
4. Абовский Н.П., Марчук Н.И., Максимова О.Н., Палагушкин В.И., Сибгатулин В.Г., Худобердин И.Р. Конструктивная сейсмобезопасность зданий и сооружений в сложных грунтовых условиях.-Красноярск.СФУ.-2009
5. Абовский Н.П., Деордиев С.В., Инжутов И.С. Развивать методы конструктивной сейсмоизоляции. Poleмические заметки для дискуссии. «Сейсмостойкое строительство и безопасность сооружений».-2012.-4
6. Мартынов И.В. Аналитический обзор систем и элементов активной сейсмозащиты на базе резино-металлических и резинопластиковых опор сжатия. «Сейсмостойкое строительство и безопасность сооружений».-2008.-6.-с.49-52
7. Курзанов А.М., Семенов С.Ю., Шабалин Г.А. К вопросу о применении резинометаллических опор китайского производства в сейсмостойком строительстве России. «Промышленное и гражданское строительство».-2009.-7.-с.55-56
8. Мкртычев О.В., Арутюнян Л.М. Сравнительный анализ методов сейсмоизоляции зданий и сооружений в виде резинометаллических и маятниковых скользящих опор. «Строительная механика и расчет сооружений».-2014.-6.-с.45-47
9. Шишков Ю.А. Сейсмоизолирующие опоры и устройства с использованием полимерной пленки. (Труды юбилейной конференции «Российская геотехника – шаг в XXI век»). РОМГГиФ.-2007
10. Шишков Ю.А. Ни одного здания в сейсмических районах без сейсмоизоляции. «Проектирование и строительство в Сибири».-2007.-1.-с.16-21
11. «Рекомендации по проектированию фундаментов в отдаленных районах Горного Алтая и других регионах». Шифр ТР-НГПИ-13 (вып.1). ООО НГПИ.-2013.-33 с.
12. Шишков Ю.А. Повышение сейсмостойкости зданий и сооружений с наклонными стенами подвалов. «Жилищное строительство».-2013.-9.-с.22-24
13. «Рекомендации по проектированию сейсмостойких фундаментов объектов повышенной этажности, в том числе для уникальных высотных зданий». Шифр ТР-НГПИ-13 (вып.2).-ООО НГПИ.-2013-37 с.