

ИЗУЧЕНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

В. С. ПАВЛЫК

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ В КАМНЕ-НА-ОБИ

Объем исследований в области сейсмостойкости конструкций бурно нарастает. Происходит это, в основном, за счет теоретических работ. Рассматриваются новые вопросы и аспекты проблемы, известные же задачи решаются в более углубленной постановке, более совершенными средствами исследования. Это приводит к тенденции внедрения в проектирование точных методов расчета взамен рекомендаций, имеющих эмпирическое происхождение.

Достигнутые успехи, однако, в большинстве своем остаются условными по отношению к практике строительства и не могут быть использованы, так как все еще очень несовершенной остается методика прогноза сейсмического воздействия на будущее сооружение.

Чтобы прийти к такому мнению, не обязательно касаться актуального сейчас вопроса о количественных параметрах процесса колебаний грунта при землетрясении. Достаточно вспомнить случаи, когда интенсивность землетрясения оказывалась выше прогнозируемой—Ашхабад (1948 г.), Хаит (1949 г.), Ташкент (1966 г.), Буйнакск (1975 г.) и др. Одному из примеров в этом ряду посвящена и настоящая статья.

Землетрясение, последствия которого изложены ниже, случилось в феврале 1965 г. в 120 км от Новосибирска, в городе Камень-на-Оби. Максимальная сила возможных сейсмических воздействий здесь оценивалась 5 баллами и, следовательно, никаких мероприятий по сейсмозащите зданий и сооружений не предусматривалось. Это было небольшое землетрясение, но оставлять его без внимания нельзя, так как: 1) оно вызвало разрушения в населенном пункте, в котором ведется значительное строительство; 2) оно свидетельствует о степени достоверности существующего сейсмического прогноза, наконец, 3) необходимо зафиксировать самый факт землетрясения, имевший место в определенном пункте региона*.

* * *

Камень—районный центр на севере Алтайского края, расположен в степи, на левом берегу реки Оби. К моменту землетрясения численность населения была здесь порядка 50 тыс., имелся ряд производств местного значения и крупное элеваторное хозяйство.

Преимущественная застройка города—одноэтажные рубленые дома. Около трех десятков одно- и двухэтажных кирпичных строений осталось с дореволюционного времени. Несколько зданий—поликлиника,

* Автор статьи был в числе членов комиссии (И. М. Юсфин, В. Т. Расказовский, В. Ф. Шенелов, Б. А. Фарсиян, М. А. Эйдис) Госстроя РСФСР по обследованию разрушений, вызванных этим землетрясением.

клуб, школа пожарная вышка и др., построено в тридцатые годы. Это добротные сооружения из кирпича, отдельные конструкции в которых выполнены в монолитном железобетоне.

Для современного строительства в Камне характерны кирпичные здания высотой до пяти этажей. Таких зданий—жилых, общественно-бытовых и промышленных, возведено в последнее время много. Основные строительные материалы кирпич красный и силикатный, сборный железобетон, дерево. Необходимо подчеркнуть, что кирпич и раствор для кладки стен, как это пришлось отмечать на многих стройках и в поврежденных зданиях, были недопустимо низкой прочности.

Среди производственных сооружений на территории, охваченной землетрясением, кроме зданий с несущими стенами, имелись обычные одноэтажные цехи каркасной конструкции, отдельные постройки высотой 5—10 этажей из кирпича и монолитного железобетона, транспортные эстакады, кирпичная водонапорная башня. Большой комплекс разнообразных деревянных сооружений, рубленых и каркасных (башни, силосы, амбары), представляет собой элеватор. В черте города проходит высокая железнодорожная насыпь, создающая подход к расположенному здесь же мосту через р. Обь. Мост построен недавно и является уникальным сооружением.

Геологическая обстановка района характеризуется большими толщами аллювиальных отложений (суглинки), которые прикрыты слоем чернозема. И только в самом городе, откуда и название его, на сравнительно небольшой площади выходят на поверхность скальные коренные породы. Они имеют сравнительно крутое падение пластов, так что на расстоянии 2—3 км от места обнажения опускаются на глубину более 80 м. Грунтовые воды находятся на разных уровнях, местами очень близко к поверхности.

Согласно существовавшим картам районирования, Камень-на-Оби расположен в глубине зоны 5-балльной сейсмичности. Поэтому происшедшее здесь и вызвавшее разрушения землетрясение явилось для всех большой неожиданностью. По утверждению геофизиков (ближайшая сейсмостанция находилась в Новосибирске), интенсивность землетрясения в городе была несколько больше 7 баллов, а эпицентр его располагался в 30 км от Камня.

Повышенная сейсмическая активность наблюдалась после основного толчка в течение нескольких недель. Сейсмографы, установленные в этот период на скальном обнажении в центре города, ежедневно регистрировали толчки силой до 3—4 баллов. Один из таких толчков достигал 6 баллов, в результате чего возникшие ранее повреждения на некоторых зданиях увеличились.

Восприимчивость людей стала необычно обострена: ночью некоторые ощущали колебания силой 2—3 балла. Небольшие сотрясения оставляли сильные впечатления, как правило, преувеличиваемые в рассказах. Была нарушена ритмичная работа предприятий, учреждений, школ. Администрацией города на случай, если бы бедствие приняло угрожающие размеры, был принят ряд мер по оказанию помощи населению. Ситуация осложнялась суровостью зимы.

Землетрясение обошлось без жертв, хотя принесло значительные убытки.

Если судить по повреждениям, с точки зрения сейсмостойкого строительства, описываемое землетрясение не было сильным. Оно проявилось в разных районах города с различной интенсивностью и в общем достигало 6—7 баллов. Везде его чувствовали, почти везде потрескалась штукатурка, однако уже обрушение печных труб произошло

далеко не на всех домах, а в некоторых районах поврежденную трубу трудно даже было найти.

В большинстве зданий с каменными стенами наблюдались отдельные большие или меньшие трещины, преимущественно выходящие из углов проемов и более значительные в верхних этажах. В старых зданиях трещины, как правило, обуславливались повреждением распорных (арочных и лучковых) перемычек (рис. 1). Попадались кирпичные здания и без видимых повреждений, однако некоторые пострадали очень сильно. Прежде всего — это школа (рис. 2,3) и жилые дома

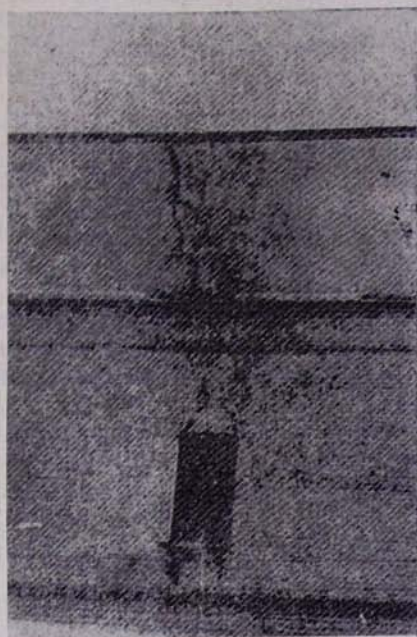


Рис. 1. Характерное повреждение распорной перемычки и глухой стены в здании дореволюционной постройки



Рис. 2. Характерные повреждения современного кирпичного здания: отрыв наружной продольной стены от поперечной, смещение настилов перекрытий, трещина в углу проема



Рис. 3. Повреждения перемычек и смещение настилов незамоноличенного перекрытия в здании школы

(рис. 4.5) в районе вокзала, школа-интернат (рис. 6) и некоторые другие.

Деревянные постройки при поверхностном осмотре, как правило, повреждений не имели. Лишь одно здание типа барака оказалось в

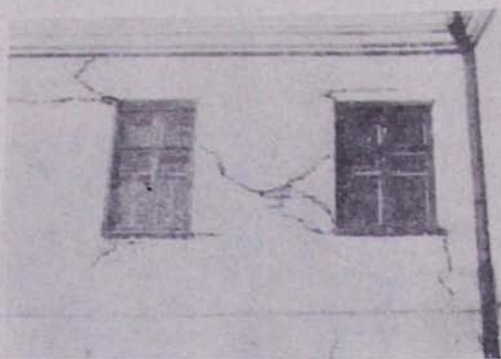


Рис. 4. Повреждения наружной стены кирпичного 2-этажного жилого дома

аварийном состоянии: под действием распора стропил его наружные стены разошлись и балки перекрытия выдвинулись из своих гнезд. По-видимому, несколько увеличился существовавший и ранее крен сорокаметровой элеваторной башни каркасно-обшивной конструкции.

В некоторых производственных цехах и зданиях наблюдались смещения ферм и балок на опорах, сдвиг сборных плит покрытия, трещины в стенах, отрыв самонесущих стен от каркаса.

Землетрясение ощущалось и в близлежащих совхозах, тем не менее, существенных повреждений построек там оно не вызвало.

Таким образом, как и обычно, при этом землетрясении в наибольшей степени пострадали здания с кирпичными

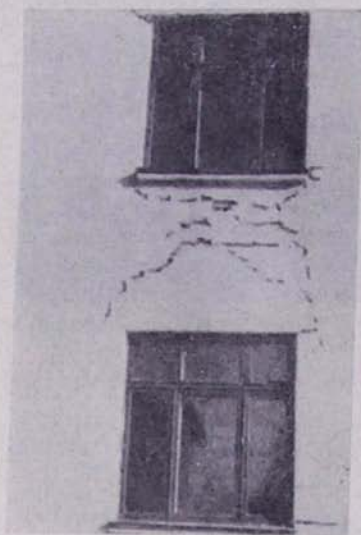


Рис. 5. Расслоение кирпичной кладки над перемычкой

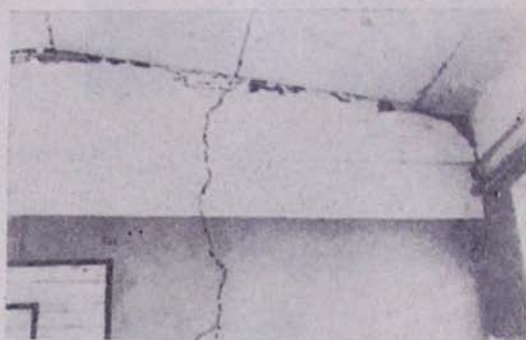


Рис. 6. Повреждения покрытия и торцевой стены спортзала

несущими стенами. Среди них здания, получившие наиболее значительные разрушения, отличались рядом особенностей, а именно: они были построены в последние годы, стены их в значительной мере ослаблены проемами, нишами, каналами, перекрытия из сборных железобетонных настилов не монолитизированы, территориально в городе они расположены вдали от скальных обнажений. Характер повреждений конструкций в таких зданиях следующий:

1) в результате взаимных смещений между настилами перекрытий и в местах опирания их на стены образовались трещины и щели, местами отвалилась штукатурка и галтели (рис. 3,6);

2) плохая перевязка в кладке и низкая марка кирпича привели к тому, что продольные стены отделились от поперечных и в углах на всю высоту помещений появились вертикальные трещины (рис. 2), в верхних этажах раскрытые больше, чем в нижних;

3) на глухих участках стен возникли трещины преимущественно вертикального направления (рис. 6), часто они начинались от проема или отверстия в стене, а также проходили вдоль борозд и каналов (в некоторых зданиях, как оказалось, имелись стены с вертикальными пустотами, заполненными сыпучим материалом); горизонтальные же трещины в глухих стенах и расслоение кладки почти не наблюдались;

4) многие несущие простенки пересекались или наклонной трещиной — результат, по-видимому, действия главных растягивающих напряжений, или горизонтальной — следствие изгиба или сдвига простенка (рис. 4);

5) в стенах с проемами были распространены небольшие трещины, выходящие из углов оконных и дверных проемов (рис. 2, 3, 4), а в случаях недостаточной глубины опирания несущих перемычек имело место складывание кладки на опорах; перекрестные трещины в кладке над перемычкой (рис. 5) наблюдались редко.

Возникшие повреждения кирпичных зданий, как об этом можно было сделать заключение после их детального осмотра и анализа конструкций, вызваны не действием чрезмерно большой горизонтальной нагрузки: в этих случаях, как известно, стены пересекаются характерными косыми, крестообразными трещинами и расслаивается кладка. Наблюдавшиеся повреждения свидетельствовали скорее о том, что возникли они преимущественно вследствие низкого качества стенового материала и неудачной конструкции стен, являются результатом нарушений технических условий производства работ (не замонтированы настилы в перекрытиях, плохая перевязка в кладке, плохим было и заполнение швов, марка раствора и сцепление его с камнем — низкие, недостаточно опирание перемычек и пр.), наконец, следствием того, что в целом по своим проектным решениям эти здания мало пригодны для строительства в сейсмических районах и их конструкции легко повреждаются даже при небольших горизонтальных воздействиях.

Некоторые здания (школы, жилые, производственные) пострадали настолько, что люди из них были эвакуированы немедленно. В менее пострадавших — прежде всего были временно укреплены или разобраны конструкции, непосредственно угрожавшие обрушением (в частности, печные трубы). Уже через несколько дней после землетрясения начались проектные работы по восстановлению разрушений и усилению поврежденных конструкций.

С целью обнаружить повреждения, которые или в первый период после землетрясения, или в дальнейшем могли создать опасность для людей, предусматривалось, что специалистами-строителями будут обследованы, по крайней мере тщательно визуальное, все сооружения и здания города и окрестных селений, включая частный сектор. При этом в деревянных постройках рекомендовалось обратить особое внимание на надежность опирания балок перекрытий и устойчивость печных труб. В каменных — следовало, кроме того, проверить устойчивость фронтонов, парапетов, карнизов и перегородок, надежность опирания сборных настилов, связь наружных стен с внутренними и т. п. Для исключения возможных случайностей важно было устранить опасные повреждения и дефекты в ближайшее же время, до весеннего оттаивания грунта и (на строящихся объектах) кладки. Специальным ведомственным комиссиям надлежало обследовать состояние конструкций

элеваторного хозяйства и железнодорожного моста и дать заключение о способности этих сооружений выдерживать землетрясения силой по крайней мере 7 баллов.

По степени повреждений несущих конструкций и серьезности восстановительных работ объекты в районе землетрясения были разделены на три категории:

I. Сооружения, неповрежденные или имеющие незначительные повреждения, не отражающиеся на несущей способности их отдельных конструкций и устойчивости сооружений в целом. Такие объекты считались достаточно надежными, не требующими проведения восстановительных работ. К ним, в частности, были отнесены кирпичные здания с единичными небольшими трещинами, обычно выходящими из углов проемов.

II. Сооружения, получившие повреждения, существенно снизившие надежность их конструкций, но в обычных эксплуатационных условиях пока не вызывающие опасений за их прочность и устойчивость. Поврежденные конструкции этих построек предлагалось восстановить до их первоначальной прочности. К этой категории относились, в частности, здания с отдельными поврежденными перемычками или простенками, с отдельными крупными трещинами, прошедшими в стене на значительную высоту, здания, в которых некоторые балки или настилы вышли из своих гнезд и опирание их стало ненадежным, и т. п.

Были рекомендованы следующие основные способы восстановления прочности таких конструкций: подведение перемычек из профилированного металла, замена участков стен между перемычкой и подоконником новой кладкой на прочном растворе, усиление простенков металлической или железобетонной обоймой, выборка вдоль трещин штрабы в полкирпича с последующей закладкой ее на прочном цементном растворе (выполнять поочередно с обеих сторон поврежденной стены); в случаях системы трещин в стене или расслоения кладки с обеих сторон наложить стягиваемые сквозь стену арматурные сетки и нанести торкрет или цементную штукатурку по металлической сетке; особенно сильно поврежденные несущие стены следует усиливать пристенной рамой или железобетонной рубашкой; оторвавшиеся наружные стены притянуть металлическими тяжами; надежность опирания пролетной конструкции восстановить путем ее удлинения и заанкеривания на опоре или устройством на опоре конструкции типа крошштейна.

III. Сооружения, поврежденные настолько, что их состояние непосредственно угрожает безопасности людей. Продолжать эксплуатировать такие сооружения запрещалось. В эту категорию включались здания, получившие серьезные повреждения большинства несущих конструкций. Во многих случаях восстановление их оказалось невозможным или экономически нецелесообразным (например, старые постройки пивзавода, жилой 2-этажный дом с колодезной кладкой стен и др.), вследствие чего они подлежали разборке. Однако многие сильно поврежденные здания целесообразно было отстроить.

Учитывая, что для этого требовались значительные затраты, ремонтные работы рекомендовалось производить по специальным проектам, в которых предусматривалось бы не только восстановление начальной прочности конструкций, но и придание зданиям сейсмостойкости, соответствующей воздействиям порядка 7 баллов. К зданиям, которые имели смысл отстроить, относились железнодорожная школа и интернат, некоторые жилые дома и др. Важно еще раз подчеркнуть массовость повреждений конструкций в этих зданиях. Основные принципы, которыми следовало руководствоваться при разработке проектов их восстановления, следующие.

1. Перекрытия превратить в жесткие диски. Для этого необходимо снять полы, расчистить и промыть швы между настилами, заполнить их цементным раствором на крупном песке, вдоль стен, поперек настилов, устроить монолитную толщиной 3—4 см бетонную полосу шириной ~1,5 м, армированную сеткой ~30×30 см из проволоки $\varnothing$ 3 мм, анкерящуюся в швах между настилами.

2. Создать условия для совместной работы стен в плане и обеспечить их взаимную связь. С этой целью в уровнях перекрытий через 3—6 м по длине здания устанавливают металлические тяжи $\varnothing$ 30 мм, обжимающие наружные стены. Оторвавшиеся и лопнувшие стены в одном-двух уровнях на этаж должны быть притянуты, кроме того, анкерами. Если расстояние между поперечными стенами существенно превышает 12 м, полезно запроектировать дополнительную стену, несущую перегородку или раму, работающую на горизонтальную нагрузку. Необходимо обратить внимание на надежность стен лестничных клеток.

3. Усиление каждой поврежденной конструкции выполнять, в основном, согласно мероприятиям, рекомендованным выше для восстановления зданий, отнесенных ко II категории. В дополнение к ним предлагалось сильно поврежденные внутренние продольные стены в школах усилить путем заполнения многочисленных ниш-шкафов кладкой на прочном растворе, связав ее штрабой со стеной; для усиления простенков и перемычек применить в некоторых случаях монолитное железобетонное обрамление проемов, тяжелые бетонные навесы у входов заменить легкими деревянными.

4. Проект восстановления каждого объекта должен разрабатываться инженерами, непосредственно обследовавшими его повреждения. Важнейшее требование к проектируемым мероприятиям — удобство производства работ в натуре. Только в этом случае можно надеяться придать необходимую прочность конструкциям и сейсмостойкость сооружению.

И в заключении о восстановительных работах. Было указано, что непременным условием их эффективности является тщательность и высокое качество выполнения. Для производства этих работ целесообразно создать специализированные бригады. Рабочие должны быть ознакомлены с особенностями строительства в сейсмических районах, при этом следует обратить внимание на важность достичь монолитности конструкций и хорошего сцепления раствора с камнем. Технический персонал строительных организаций, ведомственная и городская администрация обязаны постоянно контролировать качество восстановительных работ.

Несомненно, как это подчеркивалось выше, разрушения зданий, вызванные рассматриваемым землетрясением, связаны во многом с низким качеством строительных работ. Тем не менее, общие повреждения конструкций, согласно сейсмической шкале MSK, свидетельствуют, что интенсивность воздействия достигала 7 баллов. По оценке сейсмологов, основанной на инструментальных данных, воздействие даже превышало 7 баллов.

Поэтому рекомендовалось, не ожидая официального оформления документации, выполнять на строящихся объектах элементарные конструктивные мероприятия по приданию зданиям сейсмостойкости, а именно: повысить марку раствора для кладки и добиваться хорошего сцепления его с кирпичом, армировать кладку в пересечениях стен, устраивать антисейсмические пояса и тщательно заполнять раствором швы между настилами перекрытий, увеличить глубину опирания несущих

ших перемычек и т. п. Строителям следовало повысить качество работ при возведении конструкций и ознакомиться с правилами строительства в сейсмических районах.

Законченные проекты зданий, которые по объемно-планировочному и конструктивному решению в целом соответствовали требованиям сейсмостойкого строительства, рекомендовалось доработать в деталях и дополнить чертежами элементов конструкций, необходимых для придания им сейсмостойкости. Проекты, по общему решению не удовлетворяющие этим условиям, следовало переработать принципиально. К таким относился, например, проект многоэтажного здания гостиницы, в котором несущими были рамы только поперечного направления.

Было предложено до проведения специалистами работы по уточнению общей сейсмичности района г. Камня-на-Оби и сейсмомикрорайонированию считать этот район 7-балльным и полагать благоприятными в сейсмическом отношении грунты скальные и плотные гравелистые, неблагоприятными — суглинистые, насыщенные водой. Такое предложение, как известно, соответствует традиционным принципам сейсмомикрозонирования (сейсмичность территории должна быть не ниже интенсивности землетрясения когда-либо на ней наблюдавшегося) и существующим общим рекомендациям по сейсмомикрорайонированию.

Необходимость принять меры по сейсмозащите зданий и сооружений в районе Камня-на-Оби представлялась очевидной, чтобы предупредить последствия более серьезные, чем описанные выше, так как в отличие от прежней застройки деревянными домами теперь здесь возводятся многоэтажные, преимущественно кирпичные здания. Но еще более важно будущее: этот город расположен на пересечении двух магистралей — крупной судоходной реки и новой железной дороги, поэтому перспективы его развития большие.

Впоследствии с удивлением пришлось узнать, что при пересмотре норм по строительству в сейсмических районах (СНиП II-A. 12—62) сейсмичность района Камня-на-Оби была повышена только до 6 баллов (СНиП II-A. 12—69), и, следовательно, никаких мероприятий по сейсмозащите зданий и сооружений здесь по-прежнему производить не требуется.

Ордена Трудового Красного Знамени
Центральный научно-исследовательский
институт строительных конструкций
Госстроя СССР