

УДК 699.841:728.5

О сейсмоизоляции гостинично-туристического комплекса «Sea Plaza» в Сочи

А. М. КУРЗАНОВ, д-р техн. наук, проф., чл.-кор. Международной инженерной академии, науч. руководитель Центра сейсмобезопасности сооружений Рос. ун-та дружбы народов (РУДН)

С. Ю. СЕМЕНОВ, директор проектно-строительной фирмы «СМУ-5» (Сочи)

Г. А. ШАБАЛИН, зав. лабораторией РУДН

В статье В. И. Смирнова [1] изложена технология и результаты стандартных лабораторных аттестационных и приемочных испытаний итальянских резинометаллических опор (РМО), предназначенных для сейсмоизоляции 25-этажного гостинично-туристического комплекса «Sea Plaza», строящегося в сейсмическом районе Большого Сочи.

Комплекс возводит московская фирма «СТ Групп». Для сейсмоизоляции применены РМО итальянской фирмы «FIP Industriale S.p.A.». Испытания проведены специалистами фирмы-изготовителя РМО при участии автора статьи [1] в лаборатории проб и испытаний в Падуе (Италия). По мнению В. И. Смирнова, технология испытаний соответствует европейским стандартам [2, 3]. Следует отметить, что в соответствии с постановлением правительства РФ от 27.12.1997 г. № 1636 новые, в том числе импортируемые материалы, изделия, конструкции и технологии подлежат проверке пригодности их применения на территории России.

В статье [1] отсутствует информация, что в результате российского участия стандартная процедура итальянских испытаний претерпела какую-либо корректировку с целью учета российских нормативных требований, особенностей природных, в том числе сейсмических условий строительной площадки: расчетной интенсивности сейсмического воздействия в баллах шкалы MSK-64, категории грунта основания по сейсмическим свойствам, величины расчетных максимальных сейсмических перемещений основания сооружения при прогнозируемых землетрясениях с интенсивностью, соответствующей карте «С» ОСР-97 ИФЗ РАН. Содержание статьи [1] подтверждает, что испытания носили стандартный заводской характер, безотносительно к

стране, району строительства и проектным динамическим характеристикам сейсмоизолируемого сооружения. Автор подчеркивает, что «цель испытаний — проверка фактических параметров сейсмоизоляторов на соответствие проектным показателям». Вопрос, в какой мере проектные показатели РМО отвечают требованиям пригодности для применения на территории РФ, в статье [1] не рассматривается.

В статье [4] мы уже писали, что «в техническом свидетельстве на право применения китайских РМО в сейсмостойком строительстве России есть запись о проведении дополнительных испытаний резинометаллических опор в ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко (испытания проводили только на пожарную безопасность)».

В п. 4 раздела «Выводы» [1] читаем: «На основе результатов испытаний и другой необходимой документации получено техническое свидетельство, подтверждающее пригодность высокодемпфирующих резинометаллических опор для применения в строительстве в сейсмических районах РФ, подготовленное ФГУ «Федеральный центр технической оценки продукции в строительстве» (ФГУ «ФЦС»). Этой цитатой автор поясняет, что именно результаты увиденных им в Падуе испытания являются для него достаточным подтверждением пригодности сейсмоизоляторов фирмы «FIP Industriale S.p.A.» для применения в строительстве на территории России.

Рассмотрим основные материалы проведенных в Италии испытаний, изложенные в статье [1], и возникающие при этом вопросы.

1. Аттестационные испытания проводились при температуре $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, отнюдь не типичной для сейсмических территорий Российской Федерации. Узкие температурные рам-

ки итальянских стандартных испытаний вынуждают предположить зависимость результатов испытаний и, следовательно, жесткостных параметров расчетной модели сейсмоизолированного с помощью РМО сооружения от температуры окружающей среды. В статье [1] отсутствует информация об измерении сдвиговой жесткости РМО при температурах ниже $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Стандартной итальянской процедурой испытаний, видимо, не предусмотрены испытания РМО при низких температурах окружающей среды, что, возможно, допустимо для Италии, но вряд ли — для территории России.

2. Определение устойчивости изоляторов при сжатии и сдвиге выполнено путем подтверждения факта сохранения изолятором устойчивости при наличии вертикальной нагрузки $1,5V_{\max}$ при горизонтальном перемещении $1,8t_e$, где $t_e = 168\text{ мм}$ (суммарная толщина слоев резины в РМО). Но в чем именно состояло это подтверждение, если на рисунках 6 и 7 [1] приведены экспериментальные графики сдвиговых деформаций, примененных для «Sea Plaza» сейсмоизоляторов S1—H 1000/168 и S1—H 1100/168 в пределах сдвиговой деформации до $\gamma = 1$ (сдвиг на 168 мм) под действием вертикальной нагрузки не более $0,34V_{\max}$ для изолятора S1—H 1000/168 и не более $0,32V_{\max}$ — для изолятора S1—H 1100/168?

Определение статическими испытаниями модуля сдвига G при постоянном сжатии 6 МПа, условно определяемого как текущий модуль между сдвиговыми деформациями $0,27t_e$ и $0,58t_e$, выполнено циклами «нагрузка—разгрузка» до максимального смещения t_e в третьем цикле. Но $t_e = 168\text{ мм}$ — это не расчетное сейсмическое смещение грунта на площадке строительства «Sea Plaza» (его величина в [1] не приведена), а только суммарная толщина слоев резины в РМО. Кроме того, напряжение 6 МПа при диаметре изолятора 1,1 м эквивалентно вертикальной нагрузке на него $4,7 \cdot 10^3\text{ кН}$, что, например, в 3,8 раза меньше 18 000 кН — приведенной в [1] максимальной расчетной вертикальной нагрузки с учетом сейсмической для сейсмоизолятора S1—H 1100/168.

Аттестационные испытания сейсмоизоляторов включали процедуру подтверждения их способности выдержать не менее 10 циклов колебаний при максимальных перемещениях $1,2d_2$ при $d_2 = 250$ мм. В связи с этим возникает вопрос: на каком основании положительные результаты этих испытаний при постоянных сжимающих напряжениях 6 МПа, эквивалентных вертикальной нагрузке $4,7 \cdot 10^3$ кН, рассматриваются как подтверждение способности тех же сейсмоизоляторов S1—H 1000/168 и S1—H 1100/168 выдержать такие же 10 циклов, но уже под вертикальной нагрузкой 14 000 кН и 18 000 кН соответственно?

Приведенные на рисунках 6 и 7 в [1] экспериментальные графики сдвиговых нагрузок — относительных сдвиговых деформаций сейсмоизоляторов показывают, что при уменьшении сдвиговой нагрузки до нуля сейсмоизоляторы не в состоянии самостоятельно вернуться в положение нулевой сдвиговой деформации, причем величина остаточной относительной сдвиговой деформации γ имеет порядок 0,25 (остаточное перемещение около 4 см) и с большой вероятностью может увеличиться под действием последующих афтершоков. И это при сдвиговой нагрузке не более 1000 кН. Но любая система сейсмоизоляции должна, во-первых, обладать способностью немедленно (до следующего афтершока!) вернуть сооружение в положение до сейсмического воздействия, не оставляя сооружение в состоянии потери формы и положении, непригодном для последующей эксплуатации; во-вторых — обеспечивать устойчивость сейсмоизоляторов при максимальных расчетных перемещениях сооружения относительно основания.

Чтобы эти условия выполнялись, сейсмоизолятор помимо необходимой упругой сдвиговой жесткости должен обладать высокой жесткостью на вертикальное сжатие, особенно в состоянии нарастающего сдвига, достаточной для предотвращения ощутимых осадков сооружения, быстро увеличивающихся под весом сооружения по мере роста сдвиговой деформации сейсмоизоляторов (об этом сказано в статье

[4]). В противном случае сооружение при сейсмическом сдвиге будет «скользить» в гравитационную потенциальную «яму», из которой ему самостоятельно не выбраться с помощью сдвиговой реакции собственных сейсмоизоляторов. В случае афтершоков это «скольжение» сооружения будет продолжаться либо до состояния потери им общей устойчивости, либо до его упора в жесткие ограничители горизонтальных перемещений относительно основания. Во втором случае происходит одностороннее (в сторону упора) полное выключение системы сейсмоизоляции.

3. В п. 3.5 [1] сообщается, что аттестационные испытания включают «определение устойчивости изолятора при сжатии и сдвиге, выполняемое путем подтверждения факта сохранения изолятором устойчивости при горизонтальном перемещении, равном $1,8t_e$, при наличии вертикальной нагрузки не менее $1,5V_{\max}$ и не более $0,5V_{\min}$. Но каких-либо сведений о зависимости величины осадки сейсмоизолятора при постоянной вертикальной нагрузке от величины его сдвига в статье [1] нет. Не исключено, что итальянские сейсмоизоляторы, как и китайские, не смогут вывести сейсмоизолированное сооружение из состояния потери формы и положения при сколько-нибудь существенных сейсмических перемещениях грунта под сооружением. И основание для таких опасений есть. Например, по материалам испытаний фирмы «FIP Industriale S.p.A.» своих резинометаллических изоляторов диаметром 900 мм со свинцовым сердечником (LRB-900), максимальная нагрузка на изолятор составляет 19 250 кН — в состоянии без смещения, 13 490 кН — при смещении на 50 мм, 12 325 кН — при смещении на 100 мм, 9070 кН — при смещении на 200 мм и 6610 кН — при смещении на 300 мм, т. е. уменьшается почти в 3 раза.

На основании линейной экстраполяции графика сдвиговой деформации изолятора S1—H 1000/168, сжатого вертикальной нагрузкой 8000 кН [1, рис. 76], следует ожидать сдвига изолятора на 0,2 м под горизонтальной сейсмической нагрузкой порядка $1,1 \cdot 10^3$ кН, эквива-

лентной ускорению основания $0,14g$, попадающему в диапазон $(0,12...0,24)g$ 8-балльного сейсмического воздействия по российской шкале MSK-64.

Дальнейшая экстраполяция сдвигового перемещения до 0,4 м приводит к 9-балльному сейсмическому воздействию по шкале MSK-64.

4. Полностью обойден вопрос о проектной долговечности и стоимости сооружения на РМО. По материалам ускоренных испытаний, долговечность китайских РМО 40—60 лет. Если долговечность итальянских РМО такая же, то что делать с «Sea Plaza» через 40—60 лет? Менять сейсмоизоляторы? Укреплять или сносить сооружение?

На сегодняшний день, даже без учета затрат на замену РМО под сооружением через 40—60 лет, стоимость сейсмоизоляции с помощью РМО (в одних и тех же условиях строительства) более чем в 4 раза превышает стоимость сейсмоизоляции с помощью российской системы железобетонных (трубобетонных) сборных сейсмоизолирующих опор (ССО), разработанных ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко и имеющих долговечность сейсмоизолированной части сооружения. Российские ССО тоже имеют техническое свидетельство на пригодность для применения на территории РФ, причем подтвержденное 20-летним опытом строительства и натурных испытаний, в том числе сейсмозрывной нагрузкой, проверенное эксплуатацией десятков многоэтажных зданий на ССО в 7—9-балльных сейсмических районах страны — от Дальнего Востока, Сибири до Сочи. Такие натурные испытания позволяют одновременно комплексно проверить сейсмическую надежность сейсмоизолированной части сооружения и выполнить натурную идентификацию его расчетной волновой модели для уточнения расчетной априорной модели, использованной при проектировании [5, 6].

Поверхностно и противоречиво изложенные в статье [1] процедура и результаты испытаний РМО в Падуе не являются убедительным доказательством пригодности этих РМО для применения на территории России, в

том числе в районе Большого Сочи.

Для обсуждения поставленных в этой статье вопросов приглашаем специалистов фирмы «FIP Industriale S.p.A.» и их российских партнеров принять участие в семинаре на тему «Опыт сейсмоизоляции зданий на территории Российской Федерации». Семинар состоится в Сочи 12–16 октября 2010 г. Организаторы семинара: Российский университет дружбы народов, Научно-исследовательский центр надежности сооружений Российской инженерной академии, проектно-строительная фирма «СМУ-5» (Сочи). Заявки на участие и выступления можно направлять по адресу: smu5sochi@mail.ru.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Смирнов В. И. Испытания высокодемпфирующих резинометаллических опор для применения в сейсмоизолированном здании гостинично-туристического комплекса «Sea Plaza» в г. Сочи // Сейсмостойкое стр-во и безопасность сооружений. 2009. № 4. С. 40–48.
2. The Technical Regulators for the Design, Assessment and Seismic Retrofit of Buildings, Chapter 10 «Isolated Buildings» (Norme Tecniche per // Progetto, La Valutazione e L'Adeguamento Sismico Degli Edifice, Ordinanza 3274 DEL PCM, 20.03.03). 20 p.
3. European standart. Draft pren. 15129/ Anti-Seismic Devices. JCS. 91. 120. 25. April. 2007. 152 p.
4. Курзанов А. М., Семенов С. Ю.,

Шабалин Г. А. К вопросу о применении резинометаллических опор китайского производства в сейсмостойком строительстве России // Пром. и гражд. стр-во. 2009. № 7. С. 54–55.

5. Курзанов А. М., Семенов С. Ю. Натурные динамические испытания строящегося многоэтажного сейсмоизолированного монолитного дома в Сочи // Пром. и гражд. стр-во. 2005. № 3. С. 42–43.
6. Курзанов А. М., Семенов С. Ю., Шабалин Г. А. К вопросу о применении сейсмоизолирующих резинометаллических опор иностранного производства в сейсмостойком строительстве Российской Федерации // Тезисы докл. Междунар. науч.-практ. конф. / ГОУ ВПО РУДН. Инжиниринговая компания «Тесис». М., 2010. С. 158. ■