

Список литературы

- 1 **Шамаева, Т. В.** Основы устойчивого развития в архитектуре / Т. В. Шамаева, И. М. Беленя // Электронная библиотека НИУ МГСУ. – URL: <http://lib.mgsu.ru> (дата обращения: 27.11.2024).
- 2 **Лазаренко, О. В.** Вертикальное озеленение сложившейся застройки городов Беларуси / О. В. Лазаренко, А. П. Шведов // КиберЛенинка. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vertikalnoe-ozelenenie-slozhivsheysya-zastroyki-gorodov-belarusi> (дата обращения: 27.11.2024).
- 3 Вдохновляющие примеры устойчивого дизайна в архитектуре и продуктах // Sigma Earth. – URL: <https://sigmaearth.com/ru/вдохновляющие-примеры-устойчивого-дизайна-в-архитектуре-и-продуктах/> (дата обращения: 27.11.2024).
- 4 **Гаврильчик, Н. К.** Строительство энергоэффективного жилья в Республике Беларусь / Н. К. Гаврильчик // КиберЛенинка. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/stroitelstvo-energoeffektivnogo-zhilya-v-respublike-belarus> (дата обращения: 27.11.2024).

УДК 699.841

ПОСЛЕДСТВИЯ РАЗРУШИТЕЛЬНОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 6 ФЕВРАЛЯ 2023 ГОДА В ТУРЦИИ

С. Н. СКЛЯРОВ

*Научный руководитель – И. И. Овчинников (д-р техн. наук, профессор)
Саратовский государственный технический университет
им. Гагарина Ю. А., Российская Федерация*

6 февраля 2023 года в 4.17 утра на глубине 8,6 км в Турции произошло сильное землетрясение магнитудой 7.8 [1]. Спустя 9 часов случилось второе землетрясение магнитудой 7,5. Оба события связаны с системой разломов Восточной Анатолии. Два землетрясения ощущались даже в Сирии, на Кипре, в Греции, Иордании, Ливане, Ираке, Грузии, Армении, Египте и Израиле. На рисунке 1 показаны эпицентры этих двух землетрясений. Контур (толстая желтая линия) указывает приблизительную границу регионов, значительно пострадавших от землетрясений.

Это землетрясение затронуло более 14 миллионов человек и нанесло серьезный ущерб гражданской инфраструктуре, включая здания, плотины, мосты, аэропорты и дороги.

Турция расположена в Средиземноморском регионе с высоко сейсмически активным Альпийско-Гималайским поясом. Аравийская и Африканская плиты движутся на север к Евразийской плите, в то время как Анатолийская микроплита смещается на запад. Такая ситуация приводит к активному образованию разломов вдоль правосторонней зоны Северо-Анатолийского разлома и левосторонней зоны Восточно-Анатолийского разлома.



В пострадавшем от землетрясения регионе насчитывается около 1000 железнодорожных и автомобильных мостов. Одним из пострадавших мостов во время землетрясения в Кахраманмараше в 2023 году является мост Адьяман Аксу, расположенный в городе Адьяман. Он был построен в 2012 году с использованием железобетонных предварительно напряженных балок. Землетрясение способствовало продольному и поперечному перемещению балок (рисунок 2).



Рисунок 2 – Повреждение моста Адьяман Аксу

Мост Адьяман Чендере, расположенный в городе Адьяман, был построен с использованием предварительно напряженных простых железобетонных балок в 2001 году. На мосту наблюдались внутренние и внешние повреждения конструкций, а также раскрытие деформационного шва, вызванные землетрясением (рисунок 3).



Рисунок 3 – Повреждение моста Адьяман Чендере

Мост в Тюркоглу представляет собой однопролетную стальную ферменную конструкцию, предназначенную для использования железнодорожными составами [2]. Расположен в районе Тюркоглу провинции Кахраманмараш. Распространенный тип повреждений стальных ферменных мостов во время сейсмических событий возникает в том случае, если мост не приспособлен к горизонтальным перемещениям, вызванным сейсмическими силами (рисунок 4).



Рисунок 4 – Вид на поврежденную опору железнодорожного моста

Оползень, вызванный землетрясением, привел к образованию оползневой дамбы в бассейне ручья Дегирменджи в Ислахие (рисунок 5). Максимальное горизонтальное ускорение, измеренное в отложениях намывного конуса вблизи оползня, составило $6,5 \text{ м/с}^2$. Склон на левом берегу ущелья значительно провалился и образовал оползневую дамбу. Высота 220 м, длина 480 м и максимальная глубина обрушения 45 м.



Рисунок 5 – Оползневая плотина в бассейне ручья Дегирменджи в Ислахие

Разжижение представляет собой значительный риск для стабильности инфраструктуры, особенно в регионах с рыхлыми, водонасыщенными грунтами. Разжижение происходит, когда сейсмическая активность вызывает снижение прочности грунта, в результате чего твердый грунт переходит в жидкое состояние (рисунок 6).

Серьезные повреждения произошли на подъездной насыпи эстакадного моста. Максимальное ускорение, измеренное в Газиантепе, примерно в 40 км от поврежденной насыпи, составило $1,7 \text{ м/с}^2$. Насыпь, ведущая к эстакадному мосту, была повреждена как с северной, так и с южной стороны шоссе.

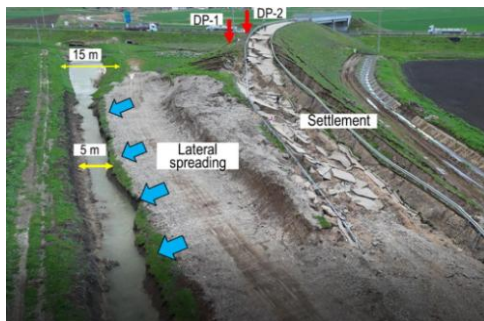


Рисунок 6 – Вызванное разжижением боковое распространение и повреждение насыпи

Наибольшие повреждения произошли в нижней части насыпи. До землетрясения водный канал шириной около 15 м располагался примерно в 5 м от склона насыпи. Однако после землетрясения ширина водного канала сузи-

лась примерно до 5 м. Считается, что насыпь значительно сдвинулась из-за возможного разжижения основания грунта.

Десять провинций сильно пострадали от повреждений зданий, в том числе провинции Хатай, Кахраманмараш, Газиантеп и Адьяман. В этих провинциях насчитывается около 3,9 миллиона единиц жилья, причем 40 % из них были построены до изменения норм сейсмостойкого проектирования в 2000 году.

Преобладающая конструктивная система, используемая для зданий в городских районах региона, состоит из железобетонных каркасов с симметричной планировкой этажа и неармированных каменных стен. Согласно исследованиям, в зданиях, которые были либо сильно повреждены, либо обрушились, эти несущие конструктивные элементы имели низкое качество бетона и недостаточно арматуры. Здания, соответствующие нормам и правилам, вероятно, получили повреждения, но не обрушились и не привели к смертельным исходам.

Таким образом, плохие сейсмические характеристики большинства зданий в этих двух землетрясениях связаны с несоблюдением норм сейсмостойкого проектирования Турции. Контрастные характеристики между аналогичными зданиями, которые уцелели (в основном с некоторыми повреждениями), и теми, которые разрушились, свидетельствуют о том, что соответствие проектным нормам и хорошей практике строительства может ограничить ущерб во время сильных землетрясений.

Список литературы

1 **Thippa P. K.** A case study on performance of structures during Turkey-Syria multiple earthquakes occurred on February 6, 2023 / P. K. Thippa, R. K. Tripathi, G. Bhat. – DOI:10.1088/1755-1315/1280/1/012023.

2 **Nima, M.** Observed structural bridge damage report for the 2023 Turkey-Syria earthquake / M. Nima, K. Yasuko, A. Erdal. – Doi: 10.24546/0100490313.

УДК 624.154

МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ СВАЙНО-ПЛИТНОГО ФУНДАМЕНТА В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ SCAD

К. Д. СУШКО

*Научный руководитель – С. А. Тумаков (канд. техн. наук, доцент)
Ярославский государственный технический университет,
Российская Федерация*

Исследование посвящено расчету комбинированных свайно-плитных фундаментов. Изучены подходы к аналитическому расчету комбинированных свайно-плитных фундаментов. Указаны методы моделирования комби-