http://doi.org/1058225/sw.2023.1-128-132

ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТА ВЛИЯЮЩИЕ НА СЕЙСМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ

Имамалиева Джамиля Нусрат кызы- к.т.н., доц., кафедра Эксплуатация и реконструкция зданий и сооружений, АзАСУ, ncamila@rambler.ru

Аннотация. При исследовании сейсмической опасности необходимо оценить локальный эффект землетрясений. К основным факторам, определяющим параметры колебаний поверхности при землетрясениях относятся локальные эффекты, связанные с откликом грунта, эффекты поверхностной топографии и топографии внутренних границ (неоднородностей, включений, осадочных бассейнов и т.п.). В настоящее время в сейсмологии развиты методы надежной оценки этих эффектов. Вероятностные параметры колебаний поверхности нужны для расчета спектров реакции, динамических напряжений и деформаций, вызывающих разрушения построек, для оценивания возможности разжижения грунта. В статье исследуется влияние местных грунтовых условий на сейсмичность строительной площадки при землетрясении.
Ключевые слова: сейсмический эффект, частота колебаний, сейсмостойкость, площадка строительства, сдвиговая деформация

SOIL CHARACTERISTICS AFFECTING THE SEISMIC EFFECT OF THE CONSTRUCTION SITE

Imamaliyeva Jamila Nusrat- PhD in tech. sc., ass. prof., department of Exploitation and reconstruction of buildings and constructions, AzUAC, ncamila@rambler.ru

Abstract. At estimating of seismic hazard, it is necessary to evaluate the local effect of earthquakes. The main factors that determine the parameters of surface vibrations during earthquakes include local effects associated with the response of the soil, the effects of surface topography and the topography of internal boundaries (heterogeneities, inclusions, sedimentary basins, etc.). At present, methods for reliable estimation of these effects have been developed in seismology. The probabilistic parameters of surface vibrations are needed to calculate the reaction spectra, dynamic stresses and deformations that cause the destruction of buildings, to assess the possibility of soil liquefaction. The article investigate the influence of local soil conditions on the seismicity of a construction site during an earthquake.
Keywords: seismic effect, oscillation frequency, seismic resistance, construction site, shear deformation

Введение. Сейсмическая устойчивость сооружений, возведенных на слоистом основании необходима для исследования влияния местных грунтовых условий на колебания поверхности при землетрясении. Влияние местных грунтовых условий на изменение характеристик колебаний поверхности площадки строительства сооружения при землетрясении является результатом распространения сейсмических волн. На сейсмический эффект площадки строительства влияют параметры сейсмической нагрузки и структурные характеристики грунта. При этом возможно возникновение динамических усилений или ослаблений в виде изменения величины ускорения колебаний. Разноструктурные слои грунта изменяют частотные характеристики колебаний сейсмической волны. В результате этих изменений колебания сейсмической волны на определенных частотных диапазонах могут усиливаться и совпадать с собственными частотами сооружения, что приводит к эффектам резонанса.

Постановка задачи и методы решения. Использование данных о частотных характеристиках грунтовой толщи в основе зданий и сооружений необходимо для обеспечения высокой сейсмостойкости и минимизации затрат на мероприятия сейсмической защиты. При сейсмическом микрорайонировании для определения частот колебаний основных типов зданий, сооружений и конструкций (таблица 1) и максимальных спектров колебаний при сильных землетрясениях [1,2] исследуется диапазон частот от 0,05 Гц до 20 Гц.

Таблица 1. Значения собственных частот колебаний [3]

Тип сооружения	*Преобладающая частота (Гц)*
Одноэтажные здания	10
3-4 этажные здания	2
Высокие здания (10÷20 этажей)	0,5 ÷ 1,0
Высотные здания	0,17

С помощью записей колебаний землетрясений или микросейсм можно инструментально получить амплитудно- частотную характеристику грунтовой толщи под строительной площадкой. В районах с низкой сейсмичностью регистрация колебаний землетрясений не всегда возможна, поэтому сейсмические наблюдения на строительной площадке проводятся с помощью регистрации микросейсм. При регистрация высокочастотных микросейсм можно получить приблизительные значения частотной характеристики грунтовой толщи, поэтому оценивается только прирост сейсмической интенсивности в баллах макросейсмической шкалы.

Инженерно-геологические и сейсмологические данные о строении, физико-механических свойствах грунтовой толщи строительной площадки дают возможность построить сейсмогеологические модели и рассчитать частотные характеристики грунтовой основы исследуемой строительной площадки используя матричный метод Томпсона-Хаскела [4]. Для сейсмического микрорайонирования достаточно изучены механизмы линейных преобразований сейсмических волн в приповерхностной грунтовой толще, приводящие к усилению колебаний и резонансным явлениям.

Для моделирования поведения грунтовой толщи при сейсмических воздействиях используют линейный или нелинейный методы. При интенсивном землетрясении нарушается пропорциональность между напряжениями и деформациями, наступает явление насыщения, когда напряжение растет медленнее, чем при меньших значениях деформаций, поэтому эти явления не могут быть описаны линейной теорией упругости. Значение напряжений, при которых исчезает пропорциональность зависимости между напряжениями и деформациями, является порогом упругости. Порог упругости для различных категорий грунтов различен [5] и определяется поглощением грунтами сейсмической энергии [6]. Поэтому, для анализа реакции грунта на сейсмические воздействия в последнее время используются нелинейные методы [5,6,7,10,11]. При сейсмических воздействиях высокой интенсивности нелинейный подход отклика грунтовой толщи зависит от величины сейсмических деформаций [12,13].

Неправильный подход к моделированию отклика грунта на сейсмические воздействия от землетрясений приведет к неточным значениям резонансных частот грунтовой толщи, что во время землетрясения может привести к разрушению здания вследствие не учитываемых при проектировании резонансных эффектов.

При сейсмостойком строительстве широко используется эквивалентное линейное моделирование отклика грунта на сейсмические воздействия [5], где грунт рассматривается как линейный вязкоупругий материал, а его нелинейные свойства учитываются путем введения зависимостей модуля сдвига и коэффициента поглощения от амплитуды сдвиговой

деформации. Такие зависимости подбираются для каждого слоя модели грунтовой толщи отдельно за данными полученными в результате лабораторных или полевых исследований.

Выводы. Анализируя реальные записи сильных землетрясений, а также по результатам численного моделирования можно прийти к выводу: Нелинейность отклика приповерхностной грунтовой толщи приводит к изменению спектрального состава сейсмических колебаний, и к изменению усиления сейсмических колебаний [6]. При высокой интенсивности колебаний начинают действовать нелинейные механизмы поглощения, которые приводят к ослаблению колебаний на высоких частотах, но не ослабляют при этом низкочастотные колебания. Изменения спектрального состава колебаний на поверхности, связанные с нелинейностью отклика грунтовой толщи, проявляются в смещении резонансных частот в низкочастотную область. Усиление сейсмических колебаний на поверхности уменьшаются вследствие нелинейности отклика грунта по сравнению с линейным откликом в сухих грунтах (при залегании грунтовых вод на глубине 10 м и более). В водонасыщенных грунтах (когда уровень грунтовых вод находится на глубине менее10 м) такое усиление менее заметно.

При моделировании отклика грунта на сейсмические воздействия, при расчетной сейсмической интенсивности до 9 баллов, для грунтов I категории согласно классификации строительным нормам и правилам AzDTN 2.3-1. “Строительство с сейсмических районах» возможно использовать линейную зависимость между напряжениями и деформациями. Для грунтов II категории- можно предполагать линейную зависимость от интенсивности 8 баллов. А для грунтов III и IV категории- нелинейность должна учитываться, начиная с 6-7 баллов. Грунты площадки строительства по сейсмическим характеристикам относятся к I, II, III и IV классам (табл. 2).

Таблица 2. Грунты площадки строительной по сейсмическим характеристикам [13]

Классификация грунта по сейсмическим свойствам	Грунты	Скорость сейсмической волны, V, м/с	Расчетное сопротивление грунта Ro, kqq/cm²
I	Все виды твердых пород, песчаные породы, грунты (массой нетто >2,2 т/м³), которые на 70 % состоят из кусков горных пород и на 30 % состоят из песчано-глинистой смеси.	>800	>10,0
II	I класс почвы, но детритный, с пустотой в своей структуре; Менее влажные или влажные, большой или средней плотности, Крупно- или мелкозернистые пески, Галечниковые пески с коэффициентом сплоченности il<0,5; коэффициент пористости e<0,9 Твердые глины	500÷800	3,0÷10,0
III	Влажные, мелкозернистые, малоплотные пески, коэффициент сплоченности il<0,5 коэффициент пористости e<0,9 полутвердые глины	200÷500	1,5÷3,0

IV	Мелкие пески, песчаные почвы, не зависящие от плотности зерна и насыщенные водой; пылевидные глины с коэффициентом консистенцииent il<0,5;	<200	<1,5

Таким образом, линейное моделирование при сейсмическом микрорайонировании строительных площадок рекомендуется проводить только для грунтов I и II категории. А для грунтов III и IV категории следует учитывать их возможное нелинейное поведение. Также следует учесть, что накопление сейсмической энергии (резонансные эффекты) существенно зависит от длительности сейсмических колебаний, то есть при местных землетрясениях резонансные эффекты менее опасные, чем при сильных подкоровых землетрясениях.
Для обеспечения высокой сейсмостойкости и минимизации затрат на мероприятия сейсмической защиты необходимо использование данных о частотных характеристиках грунтовой толщи в основе зданий и сооружений, чтобы исключить совпадение собственных периодов сейсмических колебаний, усиленными локальными грунтовыми условиями с собственными периодами колебаний зданий и сооружений.

Литература

1. Aki K., Irikura K. Characterization and mapping of earthquake shaking for seismic zonation. Proceedings of the 4th International Conference on Seismic Zonation. Stanford. California. August 61–110p. 2001
2. Павлов О.В. Оценка влияния грунтовых условий на сейсмическую опасность. Методическое руководство по сейсмическому микрорайонированию. Наука, 223с. 2008
3. Bard P.Y. Effects of surface geology on ground motion: Recent results and remaining issues. Proceedings of the 10th ECEE / Ed. Duma. Balkema. Rotterdam. 305– 324 p. 2015
4. Haskell N.A. Asymptotic Approximation for the Normal Modes in Sound Channel Wave Propagation. - J. Appl. Phys., V.22. 157- 168 p. 2011
5. Seed H.B., Idriss I.M. Ground motion and soil liquefaction during earthquakes. Earthquake Engineering Research Institute. 2012
6. Boore D. Simulation of Ground Motion Using the Stochastic Method. Pure and Applied Geophysics. V. 160. 635–676 p. 2003
7. Yoshida N., Iai S. Nonlinear site response and its evaluation and prediction. The effects of Surface Geology on Seismic Motion. Eds. Irikura, Kudo, Okada, Sasatani. Balkema. Rotterdam. 71–90 p. 2008
8. Kramer S.L. Geotechnical Earthquake Engineering. N.J., Prentice Hall, Upper Saddle River, 672 p. 2006
9. Seed H.B., Idriss I.M. Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential. - Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE. v.97, N SM9, 1249- 1273 p. 2011
10. Semenova Yu., Kendzera A. Calculated accelerograms for the direct dynamic method of determining seismic loads. Conference Proceedings, 18th International Conference on 5. Geoinformatics– Theoretical and Applied Aspects, 1- 5 p. May 2019
11. Вознесенский Е.А., Кушнарева Е.С., Фуникова В.В. Природа и закономерности затухания волн напряжений в грунтах. М.: Издательство ФЛИНТА, 104 с. 2014
12. Заалишвили В.Б. Сейсмическое микрорайонирование территорий городов, населённых пунктов и больших строительных площадок. Наука, 350 с. 2009
13. Павленко О.В. Сейсмические волны в грунтовых слоях: нелинейное поведение грунта при сильных землетрясениях последних лет. М.: Научный мир, 260 с. 2009
14. Семенова Ю.В. Моделирование реакции грунта при сейсмическом микрорайонировании строительных участков. Геофизический журнал N6, Т.37, 137–153 с, 2015

References

1. Aki K., Irikura K. Characterization and mapping of earthquake shaking for seismic zonation. Proceedings of the 4th International Conference on Seismic Zonation. Stanford. California. August. 61–110p. 2001
2. Pavlov O.V. Ocenka vliyaniya gruntovyh uslovij na sejsmicheskuyu opasnost'. Metodicheskoe rukovodstvo po sejsmicheskomu mikrorajonirovaniyu. Nauka, 223s. 2008
3. Bard P.Y. Effects of surface geology on ground motion: Recent results and remaining issues. Proceedings of the 10th ECEE / Ed. Duma. Balkema. Rotterdam. 305– 324p. 2005
4. Haskell N.A. Asymptotic Approximation for the Normal Modes in Sound Channel Wave Propagation. - J. Appl. Phys., V.22. 157- 168p. 2011
5. Seed H.B., Idriss I.M. Ground motion and soil liquefaction during earthquakes. Earthquake Engineering Research Institute. 2012
6. Boore D. Simulation of Ground Motion Using the Stochastic Method. Pure and Applied Geophysics. V. 160. 635–676p. 2003
7. Yoshida N., Iai S. Nonlinear site response and its evaluation and prediction. The effects of Surface Geology on Seismic Motion. Eds. Irikura, Kudo, Okada, Sasatani. Balkema. Rotterdam. 71–90p. 2018
8. Kramer S.L. Geotechnical Earthquake Engineering. N.J., Prentice Hall, Upper Saddle River, 672p. 2006
9. Seed H.B., Idriss I.M. Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential. - Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE. v.97, N SM9, 1249- 1273p. 2011
10. Semenova Yu., Kendzera A. Calculated accelerograms for the direct dynamic method of determining seismic loads. Conference Proceedings, 18th International Conference on 5. Geoinformatics– Theoretical and Applied Aspects, 1- 5p. May 2019
11. Voznesenskij E.A., Kushnareva E.S., Funikova V.V. Priroda i zakonomernosti zatuhaniya voln napryazhenij v gruntah. M.: Izdatel'stvo FLINTA, 104s. 2014
12. Zaalishvili V.B. Sejsmicheskoe mikrorajonirovanie territorij gorodov, naselyonnyh punktov i bol'shih stroitel'nyh ploshchadok. Nauka, 350s. 2009
13. Pavlenko O.V. Sejsmicheskie volny v gruntovyh sloyah: nelinejnoe povedenie grunta pri sil'nyh zemletryaseniyah poslednih let. M.: Nauchnyj mir, 260s. 2009
14. Semenova Yu.V. Modelirovanie reakcii grunta pri sejsmicheskom mikrorajonirovanii stroitel'nyh uchastkov. Geofizicheskij zhurnal N6, T.37, 137–153s, 2015

Redaksiyaya daxil olma /Received 06.02.2023
Çapa qəbul olunma /Accepted for publication 06.03.2023

Məqaləyə istinad: Имамалиева Д.Н. Исследование грунтовых условий на сейсмическую опасность площадки строительства. Elmi Əsərlər jurnalı AzMİU, s.128- 132, N1, 2023
For citation: Imamaliyeva J.N. Study of ground conditions for seismic hazard of the construction site. Journal of Scientific Works/ Elmi eserler. AzUAC, p.128- 132, N1, 2023