

Смирнов С.Б., Темикеев К.Т., Ордобаев Б.С., Матмуратов У.У.

РАЗРУШЕНИЕ ЗДАНИЙ ГЛУБИННЫМИ СЕЙСМИЧЕСКИМИ ВОЛНАМИ

S.B. Smirnov, K.T. Temikeev, B.S. Ordobaev, U.U. Matmuradov

DESTRUCTION OF BUILDINGS BY DEPTH SEISMIC WAVES

УДК: 624.031

Доказано, что сейсмические волны не могут напрямую прийти от центра землетрясения к зданиям, проходя через неупругую и пористую грунтовую среду, которая быстро поглощает их энергию. В реальности продольные волны пробегают под зданиями на больших глубинах в плотных квазиупругих грунтах, генерируя вторичные волны сдвига, которые бегут вверх и сдвигают всю приповерхностную толщу грунта.

Периодически распрямляясь, эта толща наносит мягкие удары по фундаментам зданий и тем срезает их колонны и стены.

Ключевые слова: сейсмический, срез, сдвиг, здания, колонны, разрушительный, импульс, удар, отдача, толща, поверхностный, грунт.

It has been proved that earth-waves can not directly reach buildings from the earthquake origin passing through rigid and porous ground which absorbs their energy. In reality longitudinal waves pass under buildings at great depth in solid quasielastic ground generating shear wave which go upward and move near-surface soil column. This formation straightens and strokes the house footing and shears its columns and walls.

Key words: seismic, cut, shear, buildings, destructive, columns, stroke, surface, soil.

Слабые низкочастотные колебания грунта, которые официально считаются причиной всех сейсмических разрушений, не могут, в принципе, вызвать те крайне необычные формы среза железобетонных колонн и стен, которые всегда возникают при землетрясениях /1-4/. Их могут вызвать лишь сейсмические импульсы /5-7/, которые нельзя отобразить теми инерционными сейсмическими приборами, коими до сих пор пользуются сейсмологи /8-9/.

Официальная сейсмическая наука считает бесспорным неизбежность затухания разрушительных сейсмических импульсов по пути от центров землетрясений к удаленным от них зданиям. Однако она почему-то всегда упускает из вида то крайне важное обстоятельство, что ее слабые низкочастотные колебания и подавно должны затухнуть, пробегаая большой путь по пористой и выражено неупругой грунтовой среде.

Дело в том, что каждая очередная волна, несущая импульсное сжатие, обжимает грунт на своем пути (вплоть до ее остановки), съедая неупругие деформации. Этим она прокладывает и удлиняет «упругую» часть пути для следующей волны сжатия, несущей импульс.

Напротив, волны, несущие низкочастотные колебания, создают знакопеременные напряжения, и потому они не способны оставлять за собой уплотненный и упругий след в грунте.

То есть каждая такая последующая волна будет тратить на уплотнения грунта столько же энергии, как и все предыдущие, и так же быстро затухнет.

Кроме того, согласно диаграмме сжатия «ст-е» для грунтов (в виде параболы) [8, 10] доля неупругих деформаций по уплотнению грунта при прохождении слабых сейсмических сигналов даже при однократном нагружении не ниже, чем для импульсных сигналов [8, 10].

Итак, мы утверждаем, что любые сейсмические сигналы не могут прийти к зданиям напрямую от центра землетрясения, если длина их траектории по неплотным поверхностным грунтам превышает 10 км.

В этих пористых фунтах скорости волн весьма малы (часто существенно ниже, чем 200 м/с).

Например, скорость волны сжатия в пылеватом грунте бывает ниже 10 м/с. Поэтому сейсмические сигналы на этом пути либо быстро затухнут, либо придут совсем ослабленными и с большим опозданием. Имеется другой, гораздо менее энергозатратный и гораздо более быстрый и потому реальный путь для сейсмических сигналов от центров землетрясений к подошвам зданий.

Речь идет о том, что продольные волны сжатия с большой скоростью и почти без потерь пробегают под зданиями по нижним упругим слоям фунта на больших глубинах $H > 50$ м.

При этом они порождают вторичные волны сдвига, бегущие вверх к подошвам зданий и действующие на них.

Скорости движения волн в нижних слоях на порядок выше, чем в верхних [11]. В результате они сдвигают свои слои относительно верхних слоев и этим вызывают перекося и сдвиг всей поверхностной толщи фунта глубиной H порядка 100-150 м. Этот сдвиг формируется при пробегании снизу вверх вторичных волн сдвига.

При этом в сдвигаемой толще накапливается офомная потенциальная энергия. Периодически распрямляясь, толща скачком переводит ее в кинетическую энергию и наносит мягкие боковые удары по фундаментам зданий. Именно эти удары срезают колонны и стены зданий при землетрясениях. В фунте по мере роста его глубины H_c ростом вертикального давления $p = \rho H$ и бокового давления $0,2p$ интенсивно растут его модули E и G (пропорционально H^2) и медленно растет плотность фунта ρ .

В результате скорости продольных волн

$$C = \sqrt{E/\rho} \text{ и волн сдвига } \bar{C} = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \text{ растут}$$

почти линейно с ростом H .

Ширина фронта для вторичных волн сдвига почти постоянна при их пробеге к поверхности грунта. Поэтому согласно условиям равновесия мы имеем следующее соотношение для касательных напряжений τ в этих волнах.

$$\tau = \rho_H V_H \bar{C}_H = \rho_B V_B \bar{C}_B = \text{Const}, \quad (1)$$

где V_H и V_B - скорости фунта в нижних и верхних слоях, \bar{C}_H и \bar{C}_B - скорости волн сдвига в тех же слоях.

Учитывая, что скорость V_B , удваивается при отражении волны сдвига от поверхностей фунта, получим из (1) следующую ключевую формулу для скорости фунта возле поверхности:

$$V_B = 2V_H \cdot \frac{\rho_H}{\rho_B} \cdot \frac{C_H}{C_B} \quad (2)$$

В фунтах соотношение C_H/C_B может быть близким к 10, а ρ_H/ρ_B близко к двум [11]. Т.е. скорость фунта на поверхности V_B может быть в 40 раз выше, чем скорость фунта V_H в нижних слоях. Именно с этой большой скоростью V_B фунт наносит фронтальные удары по вертикальным торцам фундаментов и сдвиговые удары по их подошвам.

Волны сдвига, в свою очередь, порождают вторичные волны сжатия, которые догоняют волны сдвига, возникающие впереди, и накладываются на них. Они создают существенное горизонтальное сжатие, которое уплотняет фунт и приближает процесс сдвига к упругому даже в самых верхних слоях. Этому также способствует большая скорость нафужения фунта и его кратковременность.

Чтобы показать реальность сейсмического среза железобетонных колонн сдвиговыми импульсами, нам необходимо задаться конкретными параметрами фунта.

Согласно данным [11], а также данным «Международной ассоциации тоннелесфойтелей» для глины разных плоскостей имеем:

- на глубине $H=1$ м $\rho=1,4$ т/м³; $C_B=260$ м/с;
- на глубине $H=60$ м $\rho=2,8$ т/м³, $C_H=1870$ м/с.

Не имея данных о скоростях волн в более глубоких слоях, мы в нашем расчете существенно ограничиваем размер сдвигаемой толщи величиной $H = 60$ м, но при этом считаем, что сдвиг толщи происходит квазиупруго. Эти два допущения взаимно компенсируют вносимую ими погрешность и потому взаимно не могут принципиально исказить суть описываемого процесса.

Итак, даже без учета неизбежного затухания верхней волны, нижняя волна обгонит ее за одну секунду на 1610 м. Порожденная ею волна сдвига

добегает до поверхности фунта, отразившись от нее, удваивает скорость V_H и бежит обратно, снимая сдвиг с поверхностной толщи. Этим она вызывает отдачу со стороны толщи. Свой двойной пробег волна сдвига, бегущая со средней скоростью C_{cp} , совершает за время $T=2H/\bar{C}_{\bar{H}}$.

При $\bar{C}_{\bar{H}}=700$ м/с имеем $T=0,17$ с. Т.е. удары по фундаментам в нашем примере будут приходиться с периодичностью $T=0,17$ с.

Найдем по формуле (2), во сколько раз возрастает скорость фунта на поверхности V_B , по сравнению с породившей ее скоростью фунта в нижнем слое V_H .

При наших данных $\bar{C}_B=116$ м/с; $\bar{C}_H=836$ м/с; $\rho_B=1,4$ т/м³; $\rho_H=2,8$ т/м³ мы находим согласно (2), что $V_B=28,4 V_H$. Именно с такой большой скоростью фунта волны сдвига и вторичные волны сжатия наносят горизонтальные удары по фундаментам.

Нам надо определить, какая скорость бетона V_6 при этом возникает в фундаментной плите.

В [1] были получены общие формулы для скорости V_6 при переходе из фунтовой среды волн, несущих скорость фунта V_5 , в бетонную среду.

На их основе мы получим следующую приближенную формулу для нашего случая:

$$V_6 = V_5 \cdot 6 \left(\frac{C_6 \rho_6}{C_5 \rho_5 + C_6 \rho_6} + \frac{\bar{N} \hat{\rho}}{C_5 \rho_5 + \bar{N} \hat{\rho}} \right)$$

При реальных параметрах для фунта и железобетона $C_B=260$ м/с; $\bar{C}_B=116$ м/с; $C_6=4920$

м/с; $\bar{C}_6 = 2200$ м/с; $\rho_6=2,5$ т/м³; $\rho_B=1,4$ т/м³

получим, согласно (3), что $V_6 = 0,375 V_B$.

Учтя, что $V_B=28,4 V_H$, получим: $V_6=10,6 V_H$. Задавшись достаточно малой скоростью фунта V_H , в нижних слоях $V_H=0,1$ м/с, получим, что $V_6=1,06$ м/с.

Фундаментная плита, где скачком возникла скорость $V_6=1,06$ м/с, создаст в ж.-б. колоннах 1-го этажа волну сдвига. Она бежит по ним со

скоростью $\bar{C}_6 = \sqrt{G_6/\rho_6} = 2200$ м/с и создает напряжение сдвига τ , а также главные растягивающие напряжения $\sigma_{\text{гл}}^+$, действующие по косым главным площадкам. При этом

$$\tau = G_6 \cdot V_6 \cdot (\bar{C}_6)^{-1} = \sigma_{\text{гл}}^+ = 12 \cdot 10^4 \text{ кг/см}^2 \cdot 1,06 \text{ м/с} \cdot (2200 \text{ м/с})^{-1} = 5,8 \text{ кг/см}^2.$$

Волна сдвига многократно офажается от жестких дисков перекрытия и фундаментной плиты. При этом ее напряжения существенно возрастут. Однако, очевидно, что и первичного напряжения $\sigma_{\text{гл}}^+ = 58$ кг/см², вполне достаточно для разрыва колонны и ее среза по наклонному сечению, так как $\sigma_{\text{гл}}^+$ почти в 6 раз выше

статической прочности бетона на растяжение $R_{st}=10 \text{ кг/см}^2$. Выясним, как быстро произойдет этот срез.

Согласно [12], при $\sigma_{гг}^+ > R_{st}$, а скорость разрушения бетона V_p , которая равна скорости развития трещины вдоль растянутого наклонного сечения, где действует $\sigma_{гг}^+$. Согласно [12], при $\sigma_{гг}^+ > 5R_{st}$ скорость разрушения определяется приближенной формулой

$$V_p=20 \cdot 1,06 \text{ м/с}=21,2 \text{ м/с.}$$

При толщине колонны $h=b=0,4 \text{ м}$ и длине косоуго сечения $0,6 \text{ м}$ колонна будет срезана за $0,03 \text{ с}$.

Сдвиговая деформация колонны неустойчива и стремится перейти в деформацию изгиба. Поэтому вслед за волной сдвига с меньшей скоростью по колонне бежит волна изгиба. Она ограничивает рост сдвига при многократных отражениях волны сдвига от ригелей и плит, защемляющих колонны.

Однако нарастающие деформации изгиба не успевают создать изломы колонн возле их заделок за малое время среза колонн $t=0,03 \text{ с}$.

Описанный выше эффект от сдвига и отдачи верхней толщи по смыслу базовой формулы (2) должен быть максимален для рыхлых фунтов и минимален для скальных оснований зданий.

Практика это полностью подтверждает. Действительно, в зданиях, стоящих на рыхлых и пылеватых фунтах, сейсмические разрушения всегда максимальны, а в зданиях, стоящих на скальных породах, эти разрушения минимальны (на базе официальной сейсмической теории нельзя объяснить этот эффект).

Что же касается среза ж.б. колонн, то его можно исключить, заменив их на стальные, но не имеющие сварных соединений, или взять в стальные обоймы.

Теперь скажем о том, как можно защититься от этих сдвиговых импульсов. Для защиты надо исключить горизонтальные удары фунта по фундаментам. Для этого здание надо поставить на мощную фундаментную плиту, лежащую поверх фунта на сваях, которые препятствуют ее вдавливанию в фунт. При этом здание еще должно быть устойчивым к опрокидыванию за

счет офаниченной высоты и достаточно большой ширины и длины [3, 5, 9, 13].

Литература:

1. Смирнов С.Б. Ударно-волновая концепция сейсмического разрушения и сейсмозащиты сооружений //Бетон и железобетон. - 1992. - № 11.- С. 28-31.
2. Sergey Smirnov. Discordances between real seismic destruction and present calculation. International Civil Defence Journal. 1994, № 1, pp. 6-7,28-29,46-47.
3. Смирнов С.Б. Обоснование причин разрушения «сейсмостойких» зданий и эффективные меры их сейсмозащиты//Энергетическое строительство. – 1994-ж - № 4. - С. 68-71.
4. Sergey Smirnov. The Main Suspect, Science in Russia. 1994, №5 pp. 12-15.
5. Sergey Smirnov. A riddle it's high time to solve. Russia, 1997, №5, pp.34-36.
6. Смирнов С.Б. Исследование аномальных форм в сейсмических разрушениях в зданиях, противоречащих официальной теории сейсмозащиты и опровергающих официальных взгляд на причины разрушений зданий при землетрясениях // Объединенный научный журнал. - 2008. - № 9. - С. 51-63.
7. Смирнов С.Б. О причинах провала официальной стратегии сейсмозащиты //Объединенный научный журнал. - 2008. - № 9. - С. 60-63.
8. Рыков Г.В., Скобеев А.М. Измерений напряжений в фунтах при кратковременных нагрузках. - М.: Наука, 1978. - С. 246.
9. Смирнов С.Б. О принципиальной ошибке в традиционной трактовке записей инерционных сейсмических приборов // Жилищное строительство. - 1995. - № 1. - С. 23-26.
10. Рыков Г.В. Прикладные методы динамики сооружений //Труды МИСИ им. Куйбышева. - М., 1992.- С. 103.
11. Soils and Foundations. Special issue of Geotechnical aspects of the January 17, 1995 Hyogoken Nanbu Earthquake, Japanese Geotechnical Society, January 1996, 359 pp/
12. Смирнов С.Б. О расчете защитных железобетонных оболочек АЭС на непробиваемость при ударе «мягкого протяженного объекта» // Энергетическое строительство. - 1992. - X» 11. - С. 57-59.
13. S.Smirnov., Zimin M.J. Seismic failures - new point of view. The Ontario Technologist. 2009, vol.51, №4, pp 12-13.

Рецензент: д.ф.-м.н. Дуйшеналиев Т.Б.