

Ա.Վ. ԷԼՈՅԱՆ, Ջ.Կ. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ

**ԾՈՄԱՆ ԽՆԴՐՈՒՄ ԱՌԱՋԳԱԿԱՆ ՀԵԾԱՆԻ՝ ԸՍՏ ԿՈՇՏՈՒԹՅԱՆ  
ՕՊՏԻՄԱԼ ՆԱԽԱԳԾՈՒՄԸ ԱՆՀԱՎԱՍԱՐԱԶԱՓ ԲԵՌՆՎԱԾՔԻ ԴԵՊՔՈՒՄ**

Դիտարկվում է առաձգական հեծանի երկայնքով հենարանների օպտիմալ դիրքի որոշման խնդիրը փոփոխվող բեռի ազդեցության տակ՝ ապահովելով հեծանի ամենամեծ ճկվածքի ամենափոքր արժեքը:

**Առանցքային բառեր.** առաձգական հեծան, ճկվածք, օպտիմալ նախագծում:

A.V. ELOYAN, J.K. KARAPETYAN

**OPTIMAL DESIGN OF ELASTIC BEAM STIFFNESS IN THE PROBLEM  
OF BEAM BENDING UNDER VARIABLE LOAD**

The problem of determining the optimal location of supports along an elastic beam during bending under the action of a variable load, ensuring the lowest value of the greatest deflection of the beam, is considered.

**Keywords:** elastic beam, bending, optimal design.

УДК 699.841

Ր.Ա. ԱՏԱԲԵԿՅԱՆ, Լ.Ր. ԱՏԱԲԵԿՅԱՆ, Մ.Ր. ՏԱԱԿՅԱՆ

**ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ ПОД ПОДОШВОЙ ФУНДАМЕНТОВ НА  
СТЕПЕНЬ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ**

*(Վանաձոր)*

Известно, что на некоторой глубине от поверхности земли интенсивность сейсмических колебаний меньше, чем на свободной поверхности грунта, что обусловлено скользящим влиянием давления грунта. Данные инженерно-сейсмометрических станций, полученные при землетрясениях, также свидетельствуют о значительном расхождении ускорений фундаментов и на свободной поверхности грунта. Существуют также многочисленные результаты одновременной регистрации перемещений и ускорений грунтов на разных глубинах при землетрясении. Несмотря на очевидное влияние давления на проявление интенсивности сейсмических колебаний, этот фактор не учитывается в расчетах зданий и сооружений на сейсмическое воздействие. С целью количественной оценки влияния внешнего давления на степень сейсмических воздействий нами проведены экспериментальные исследования на упрощенной модели многоэтажного каркасного здания, изготовленного при условии равенства ускорений.

**Ключевые слова:** давление на грунт, смещение, ускорение, сейсмическая нагрузка.

**Введение.** Ранее нами было рассмотрено влияние природного давления грунта на интенсивность проявления сейсмических воздействий [1,2]. Для оценки смещений использовано следующее выражение:

$$U = \pm \frac{K_C g T^2}{2\pi^2} \cos 2\pi\left(\frac{h}{L}\right) - \frac{gh^2}{2V^2}.$$

Здесь  $K_C$  - коэффициент сейсмичности;  $h$  – глубина;  $L$ - длина волны;  $V$  – скорость распространения волны.

На рис.1 показана зависимость максимальных смещений частиц грунта от глубины  $h$ .

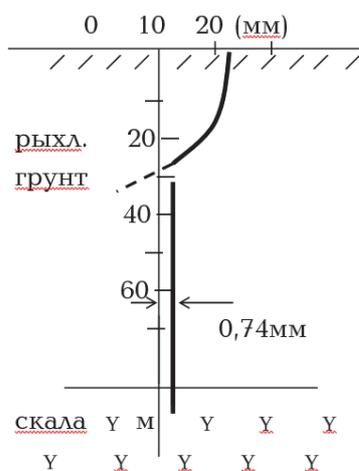


Рис. 1. График изменения максимальных смещений по глубине

Рассмотрим некоторые литературные данные об интенсивности колебания рыхлых, нескальных грунтов на разных глубинах. На рис. 2а и 2б приведены ускорения грунтов на разных глубинах и на свободной поверхности, полученные путем непосредственных измерений при землетрясениях в Юнион-Бее (США) [3] и в Ураясии (Япония) [4].

На рис. 2а максимальное ускорение на свободной поверхности пылеватых грунтов превосходит ускорения на глубине 37 м в 2,4 раза. Аналогичную картину имеем на рис.2б. Здесь максимальное ускорение глинистых грунтов на глубине 18,0 м превосходит ускорения грунтов на глубине 31,3 м более чем в 3,5 раза. В этом случае поверхностный слой представлен торфом, который отличается большой пластичностью и малым импедансом по сравнению с глинистым грунтом. Вследствие этого ускорения торфяного грунта незначительные.

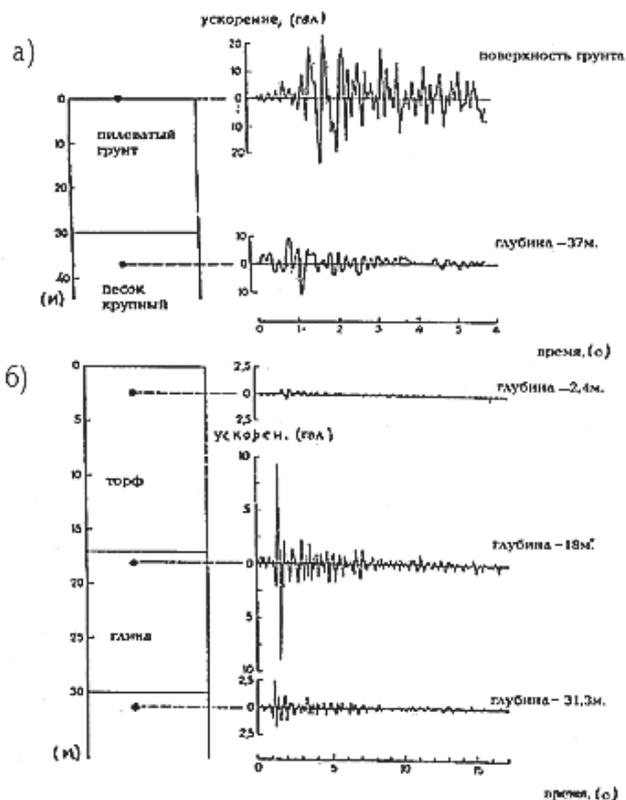


Рис. 2. Изменения ускорений по глубине

Приведем некоторые экспериментальные данные инженерно-сейсмометрических станций о степени сейсмических воздействий на здания. Одновременная регистрация ускорений грунта и фундаментов при IV балльном землетрясении 04.08.1971 в г. Душанбе показала, что ускорения грунтов превышают ускорения фундаментов в 1,5 раза. Аналогичные, но более резко выраженные результаты получены Ю.А. Гамбургом и др. [5] при землетрясении 28.10.1971г. в г. Ташкенте интенсивностью до V баллов. Ускорения записывались на поверхности грунта и под четырехэтажным зданием. Ускорения на свободной поверхности грунта оказались в три раза больше ускорений подвального этажа.

Несмотря на приведенные и другие данные об уменьшении степени сейсмических воздействий под влиянием дополнительного давления на грунт, специальные исследования влияния давления на степень сейсмических воздействий отсутствуют.

**Материалы и методы.** В данной работе приведены результаты экспериментальных исследований на модели 9 -этажного каркасного здания в масштабе 1:20, изготовленного из условия равных ускорений с оригиналом.

Сейсмометры для измерения горизонтальных и вертикальных составляющих ускорений были установлены как на разных уровнях модели, так и на грунте у фундаментов. Имелась возможность замены башмаков и регулировки веса модели путем установки пригрузки на разных уровнях.

Для возбуждения искусственных сейсмических волн использована энергия свободного падения металлического грушевидного груза весом  $3,5\text{ т}$  и со сферической поверхностью подошвы. Высота свободного падения груза принята в пределах от одного до семи метров, что позволяло возбуждать искусственные сейсмические волны требуемой интенсивности. Свободное падение груза обеспечивалось с помощью специально разработанного и изготовленного нами механического устройства, подвешенного на крючке подъемного крана (рис.3).

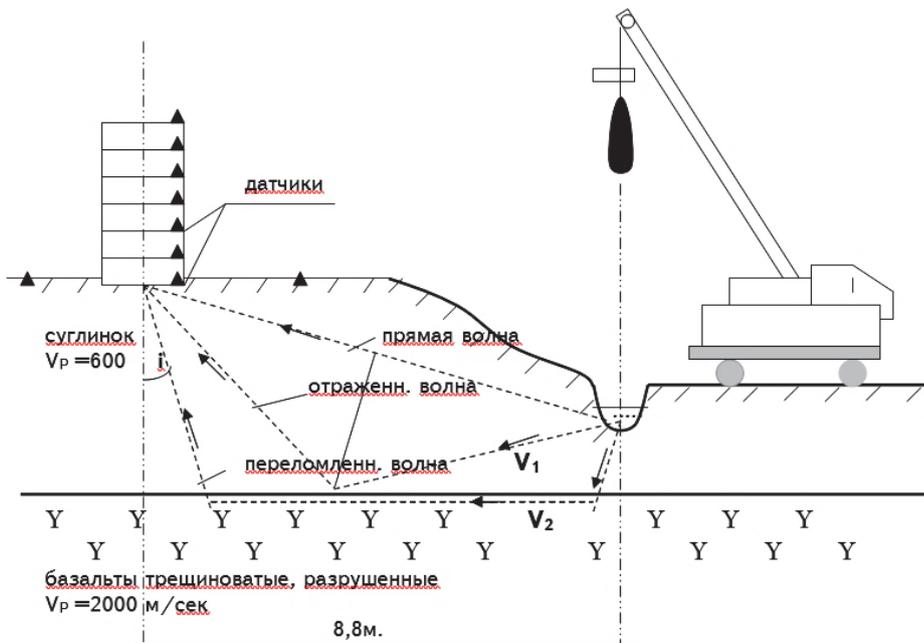


Рис. 3. Схема грунтовых условий и местоположение испытываемых конструкций

С целью исключения влияния изменения механических свойств грунтов при многократных испытаниях и других факторов на полученные результаты, при обработке данных использованы не абсолютные значения ускорений испытываемых конструкций, а относительные ускорения. Относительные ускорения представлены как соотношение ускорений конструкций к ускорениям грунтов. Динамические удары грузом по грунту осуществлены на расстоянии от 8-и до 12-и метров от испытываемых конструкций. Отметка точки удара грузом по

грунту на 2,5 м ниже отметки подошвы фундаментов испытуемой модели. Общая схема грунтовых условий и местоположение испытуемых конструкций показаны на рис.3. Скорости распространения искусственно возбужденных сейсмических волн в суглинистом грунте колебались в следующих пределах:

$$V_P = 560 \div 600 \text{ м/с}, V_S = 350 \div 370 \text{ м/с}.$$

Вступление продольных и поперечных волн происходит практически одновременно (соответственно 0,0152 и 0,0241 с), и на акселерограммах продольные волны не выделяются. Фактически были зарегистрированы ускорения от их суммарного воздействия. Расчет времени вступления прямых, отраженных и преломленных волн показывает, что они также вступают практически одновременно. Максимальная разница времени вступления этих волн составляет 0,0026 с, что более чем в десять раз меньше преобладающих периодов колебания грунта ( $T_0 = 0,03 \text{ с}$ ).

Таким образом, на полученных акселерограммах мы имели суммарные ускорения без искажающего влияния упомянутых выше волн. Применялись сейсмометры типа ОСП-2М и ОСП-3М в комплекте с осциллографом. Параллельно велись измерения смещений и периодов колебания сейсмометрами С5С с гальванометром, а также имеющейся в распоряжении телеметрической системой сейсмических наблюдений с датчиками СМ-3 и компьютерным обеспечением. Преобладающие периоды колебания грунтов - 0,015...0,045. Периоды собственных колебаний испытуемой модели, в зависимости от размеров установленных башмаков и веса модели, составили  $T_I = 0,054 \dots 0,060 \text{ с}$ .

Для определения степени влияния статического давления под фундаментами на интенсивность сейсмических воздействий полученные данные испытаний при разных величинах давления на грунт представлены на рис. 4.

Здесь показаны области распространения зарегистрированных ускорений, построенные в осях: относительное ускорение модели ( $A_{\text{мод}} / A_{\text{грунт}}$ ) – внешнее давление. Выделены две области: область распространения средних относительных ускорений и область максимальных относительных ускорений модели (заштрихованная часть), имеющих место на некотором уровне (этаже).

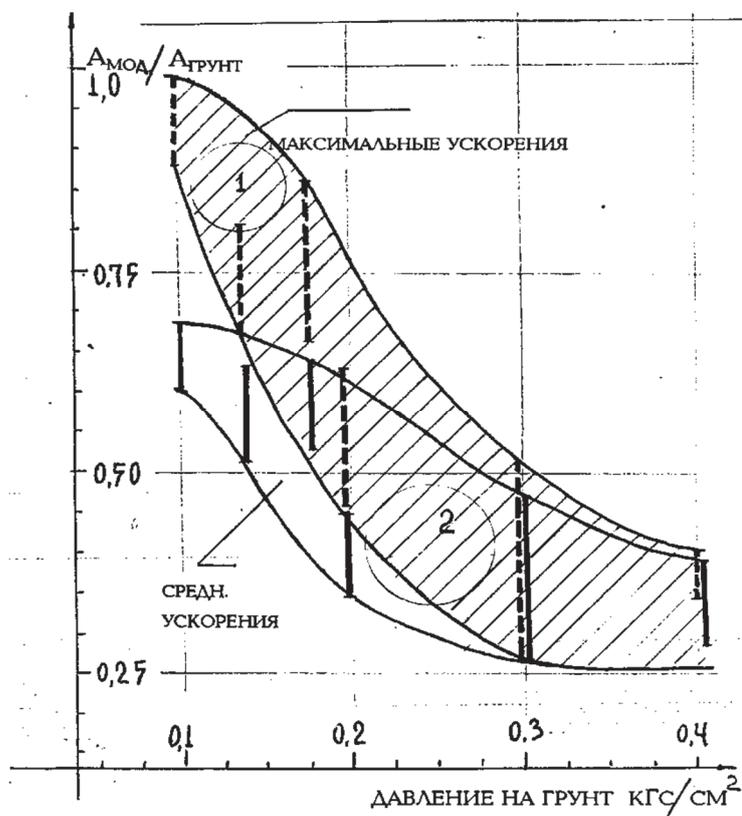


Рис. 4. Области распространения зарегистрированных ускорений

Испытания проведены для шести вариантов давления под фундаментами:

- собственный вес модели при размерах подошвы фундаментов 32x32 см;
- с пригрузкой в 160 кг на уровне первого яруса при размерах подошвы фундаментов 32x32 см;
- с пригрузкой в 320 кг на уровне первого яруса при размерах подошвы фундаментов 32x32 см;
- собственный вес модели при размерах подошвы фундаментов 20x20 см;
- с пригрузкой в 160 кг на уровне первого яруса при размерах подошвы фундаментов 20x20 см;
- с пригрузкой в 320 кг на уровне первого яруса при размерах подошвы фундаментов 20x20 см.

Давление на суглинистый грунт основания соответственно составляло: 0,098; 0,134; 0,176; 0,197; 0,297 и 0,397  $\text{кГ/см}^2$ , что с учетом множителя подобия для напряжений  $\beta = 0,05$  для оригинала соответствует значениям: 1,96; 2,68; 3,52; 3,94; 5,94 и 7,94  $\text{кГ/см}^2$ .

Ускорения грунта задавались в пределах от 0,14 до 0,50g при периодах колебания 0,015...0,040 с посредством изменения высоты падения груза весом 3,5 т на расстоянии 8,8 м от испытуемой модели.

Как видно из рис.4, при малых давлениях на грунт максимальные ускорения модели практически не отличаются от максимальных ускорений грунта  $A_{\text{МАКС}}/A_{\text{ГР}} = 0,9...1,0$ . При этом усредненные значения ускорений составили 60...70% от ускорений грунта. С увеличением внешнего давления на грунт ускорения модели уменьшаются и при давлении 0,4 кГ/см<sup>2</sup> (для оригинала 8,0 кГ/см<sup>2</sup>) составляют 25...40% от ускорений грунтов.

**Выводы.** Таким образом, увеличение внешнего давления на рыхлые, нескальные грунты приводит к значительному уменьшению передаваемых модели ускорений. В проведенных испытаниях удалось уменьшить передаваемые модели максимальные горизонтальные ускорения в 2,5 раза, по сравнению с ускорениями грунтов, при максимальных значениях внешнего давления на грунт. Экспериментальные исследования степени передачи ускорений от грунтов к модели многоэтажного каркасного здания при  $T_1/T_{ГР} > 1,6$  позволяют сделать следующие выводы.

1. При давлениях под фундаментами до 0,1 кГ/см<sup>2</sup> (для оригинала 2,0 кГ/см<sup>2</sup>) максимальные ускорения модели практически не отличаются от соответствующих ускорений грунтов основания.
2. Средние, "нераспределенные" ускорения модели всегда меньше ускорений грунтов основания.
3. Значительное увеличение внешнего давления на грунты основания приводит к уменьшению степени сейсмического воздействия на сооружения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Атабекян Р.А.** Об учете природного давления грунта на интенсивность сейсмического воздействия // Вестник Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности. –СПб.,1999. -№7 (19), вып.2. -С.23–25.
2. **Атабекян Р.А., Тамразян А.Г.** О влиянии внешнего давления сооружений на степень передачи сейсмических воздействий //Жилищное строительство. -М., 2003. -№4.- С.19–20.
3. Сейсмический риск и инженерные решения. - М.: Недра, 1981. -376с.
4. **Окомото М.** Сейсмостойкость инженерных сооружений. -М., 1980. -342с.
5. Инструментальные данные, полученные на станции ИСС №1 г. Ташкента **ЛЮ.А. Гамбург и др.** /В кн.: Инструментальные данные станций инженерно-сейсмометрической службы. -М.: Стройиздат, 1976.-Вып.1.- С. 7-13.

**Ռ.Ա. ԱԹԱԲԵԿՅԱՆ, Լ.Ռ. ԱԹԱԲԵԿՅԱՆ, Մ.Ռ. ՍԱՀԱԿՅԱՆ**

**ՍԵՅՍՄԻԿ ԱՂԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԿԱԽՎԱԾՈՒԹՅՈՒՆԸ ՀԻՄՔԻ ՆԵՐՔԱՆԻ  
ՏԱԿ ՃՆՇՄԱՆ ՄԵԾՈՒԹՅՈՒՆԻՑ**

Երկրաշարժերի ժամանակ ինժեներա-սեյսմաչափական կայաններից ստացված տվյալները վկայում են հիմքերի և գետնի ազատ մակերեսի արագացումների զգալի անհամապատասխանության մասին: Գոյություն ունեն նաև երկրաշարժի ժամանակ տարբեր խորություններում գետնի տեղաշարժերի և արագացումների միաժամանակյա գրանցման բազմաթիվ արդյունքներ: Չնայած սեյսմիկ տատանումների ինտենսիվության դրսևորման վրա ճնշման ակնհայտ ազդեցությանը, շենքերի և շինությունների հաշվարկներում այս գործոնը հաշվի չի առնվում: Սեյսմիկ բեռների աստիճանի վրա քանակական գնահատման նպատակով արտաքին ճնշման ազդեցությունը պարզելու համար փորձարարական ուսումնասիրություններ են իրականացվել բազմահարկ շրջանակային շենքի պարզեցված մոդելի վրա, ինչը կառուցվել է՝ հավասար արագացումների պայմաններն ապահովելով:

Փորձնականորեն հաստատվել է, որ հիմնատակերի վրա արտաքին ճնշման զգալի աճը հանգեցնում է կառույցների վրա սեյսմիկ ազդեցության աստիճանի նվազմանը:

***Առանցքային բառեր.*** ճնշում հիմքի տակ, տեղաշարժ, արագացում, սեյսմիկ բեռ:

**R.A. ATABEKYAN, L.R. ATABEKYAN, M.R. SAHAKYAN**

**DEPENDENCE OF SEISMIC IMPACTS ON THE PRESSURE VALUE  
UNDER THE FOUNDATION**

Data obtained on the engineering seismometric stations during earthquakes indicate a significant discrepancy between the accelerations of the foundations and the free surface of the ground. There are also numerous results of simultaneous registration of ground displacements and accelerations at different depths during an earthquake. Despite the obvious influence of pressure on the manifestation of the intensity of seismic oscillations, this factor is not taken into account in the calculations of buildings and structures. In order to quantitatively assess the influence of external pressure on the magnitude of seismic loads, experimental studies were carried out on a simplified model of a multi-story frame building, constructed from the condition of equal accelerations.

It has been experimentally established that a significant increase in external pressure on the ground leads to a decrease in the degree of seismic impact on structures.

***Keywords:*** pressure under the foundation, displacement, acceleration, seismic load.