

Нормальное распространение волн Релея и Стоули через щель

Гегечкори Т. Ш., Гоциридзе В. Л., Гогоуадзе Н. Т., Дзоециндзе Г. Г., Джебирашвили Т. В.

Институт геофизики им. М. Нодиа,

Алексидзе 1,0193 Тбилиси, Грузия

Исследования проводились на двумерной модели из листов алюминия и оргстекла. В листах этих материалов толщиной 2 мм и размерами 2,5 м×1,7 м от ребра прорезалась щель с последовательно меняемой в экспериментах глубиной – 8, 10, 15, 20 см. В таблице 1 приведены параметры модельных материалов.

Таблица 1

Материал	V_p км/с	V_R км/с	λ_R мм	T мкс
Алюминий	5,6	2,84	100	18
Оргстекло	2,3	1,25	30	24

Как следует из отношения толщины модели к используемым длинам волн соблюдались условия двумерного моделирования [1]. При фиксированном источнике, приемник ультразвука первоначально располагался за щелью глубиной 8 см. На рис. 1 приведен пример с фиксируемыми в этом эксперименте проходящими волнами Релея. На осциллограммах (рис. 1) видна обменная волна RP в первых вступлениях, возбуждаемая на вершине щели. Вслед за проходящей волной Релея наблюдается следующее за ней вступление, которое можно назвать “фазой задержки” Rx.

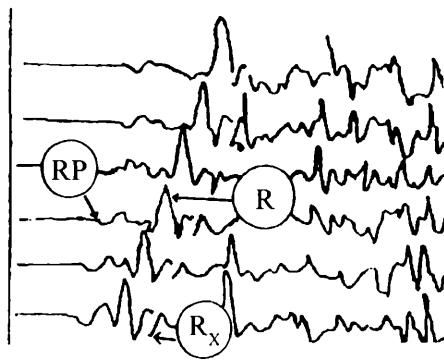


Рис. 1. Осциллограммы с проходящими волнами Релея

На рис. 2 приведены соответствующие осциллограммы проходящей волны Релея и последующей “фазы задержки”. Голографы этих волн оказались параллельны друг другу.

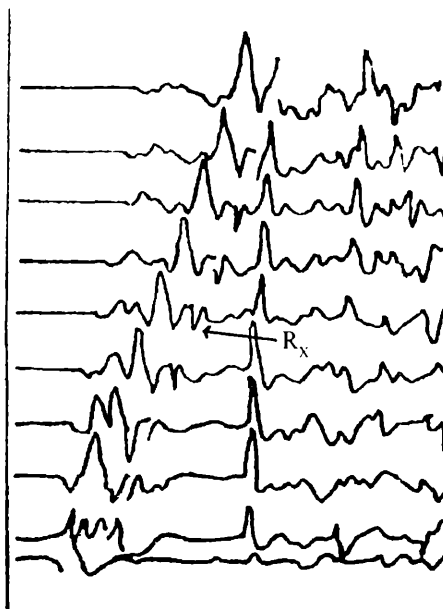


Рис. 2. Осциллограммы с проходящими волнами Релея и “фазы задержки R_x ” на модели из алюминия

Для идентификации “фазы задержки” были проведены дополнительные эксперименты. В одном из них источник и приемник синхронно, с одинаковым шагом удалялись от щели. Оказалось, что при этом разность во времени прихода между проходящей волной Релея и последующим вступлением R_x оставалась неизменной (рис.2). На рис. 3 и рис. 4 показаны формы импульсов проходящей волны Релея и фазы R_x . При рассмотрении осциллограмм видно, что видимый период волны R_x меньше, чем у проходящей волны.

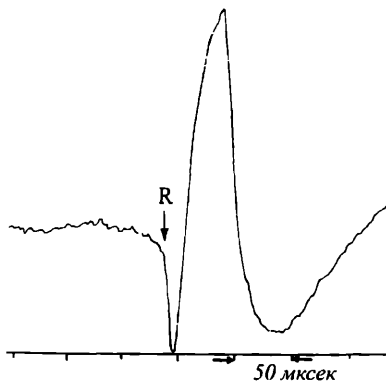


Рис. 3. Импульс прямой волны Релея на модели из алюминия

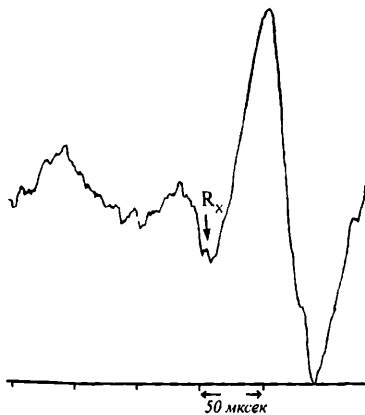


Рис. 4. Форма импульса волны R_x

Из свойств волны Релея [2], как волны, смещение в которой закономерно меняется с удалением вглубь от свободной поверхности полупространства и волны, распространяющейся вдоль свободной поверхности, а также из физических соображений можно заключить, что щель в полупространстве должна производить фильтрацию-отрезать определенные частоты в проходящей волне. Следовательно, можно предположить, что фиксируемое вслед за проходящей волной Релея вступление R_x должно быть поверхностной волной бегающей щель вдоль ее берегов.

На рис. 5 приводятся нормированные к одному амплитудному уровню спектры прямой и проходящей волны Релея, зафиксированной за щелью. Видно, что в спектре проходящей волны имеется дополнительный, высокочастотный максимум, который должен соответствовать “фазе задержки” R_x . Для окончательного выявления природы этого вступления щель постепенно заглублялась на 10, 15 и 20 см. Оказалось, что разность во времени прихода проходящей волны и “фазе задержки” увеличивается в соответствии с увеличением пути пробега вдоль берегов щели. Одновременно с заглублением щели изменялся спектр проходящей волны. Наилучшим образом обе волны прослеживались начиная с глубины щели $0,5\lambda_R$. Таким образом наблюдающееся за проходящей волной Релея вступление R_x является отсекаемой из импульса проходящей волны высокочастотной волной Релея, распространяющейся по берегам щели, и по времени ее прихода можно определить глубину щели.

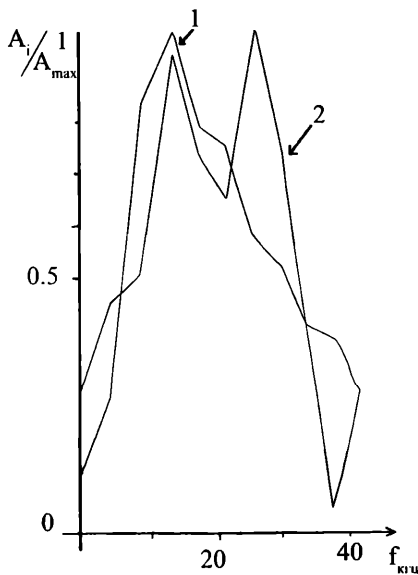


Рис. 5. Спектры прямой и проходящей волн Релея

Мы не смогли качественно оценить зависимость амплитуды вторичной релеевской волны R_x от глубины выреза щели. Эту трудность, по-видимому можно объяснить тем

обстоятельством, что на амплитуду вторичной релеевской волны действует несколько конкурирующих факторов /3/. Как показано в работе /3/, чем больше глубина щели, тем большая часть энергии падающей волны концентрируется у оконечности щели, т. е. тем мощнее вторичный источник. Однако, чем глубже щель, тем на более дальнем расстоянии от поверхности оказывается источник колебаний. К тому же амплитуда вторичной релеевской волны R_x экспоненциально уменьшается с увеличением глубины источника.

Аналогичный эксперимент был проведен для волн Стонли /4/. С этой целью вышеуказанные модели погружались в бак с водой. Источник и приемник как и прежде располагались на поверхности алюминия или оргстекла. Как известно в этом случае, вдоль контакта воды и материала модели будет распространяться волна Стонли, если длины волн меньше мощности слоя воды. Идентификация волн Стонли проводилась по скорости ее распространения, которая рассчитывается по известной формуле:

$$\left(\frac{2\beta^2}{c^2} - 1\right)' = 4 \left(\frac{\beta^2}{c^2}\right) \sqrt{\left(\frac{\beta^2}{c^2} - \frac{\beta^2}{a_0^2}\right)} \sqrt{\left(\frac{\beta^2}{c^2} - 1\right)} + \left(\frac{\rho_0}{\rho_1}\right) \sqrt{\left(\frac{\beta^2}{c^2} - \frac{\beta^2}{a_0^2}\right)} \sqrt{\left(\frac{\beta^2}{c^2} - \frac{\beta^2}{a^2}\right)} = 0,$$

где c - скорости волны Стонли; a, β – скорости продольных и поперечных волн в материале модели, соответственно; ρ_0/ρ – отношение плотностей материалов модели и воды; a_0 – скорость продольных волн в воде.

При прохождении волной Стонли трещины, глубина которой сравнима или больше длины волны, также наблюдалось явление расщепления импульса падающей волны на две составляющие – низкочастотную и высокочастотную. Последняя вступает с задержкой, равной времени распространения ее вдоль берегов трещин. Для подтверждения природы задержанного импульса были повторены те же эксперименты, что и с волнами Релея. Таким образом, можно сделать вывод о целесообразности и практической пользе применения поверхностных волн для определения глубины залегания трещин.

Литერატურა

1. Ивакин Б. Н. - Методы моделирования сейсмических волновых явлений, Москва. "Наука", 1969, 284 с.
2. Саваренский Е. Ф. – Сейсмические волны, Москва.: Недра, 1972, 292 с.
3. Гузь Н. С. – Влияние ориентации краевой трещины на прохождение поверхностных волн, ПМТФ, 1973, №5, с. 155-158.
4. Stoneley R. Theeffect of the ocean on Rayleigh waves. Mon. Not. Roy. Astron. Soc. Geophys., 1, 1926, pp. 13-21.

ხერეულში რელეისა და სტენლის ტალღების ნორმალური გავრცელება

გეგეჭკორი თ., გოცირიძე ვ., გოგუაძე ნ., ძოწინიძე გ., ჯგებირაშვილი თ.

რეზიუმე

ორგანზომილებიანი ულტრაბგერითი სეისმური მოდელირების საშუალებით შესწავლილია რელეის ტალღების გავრცელება პორიზონტალურ არაერთგვაროვან გარემოში. არაერთგვაროვნება წარმოადგენდა ვერტიკალურ, სასრული ზომების ნაპარსს, რომელიც გაჭრილი იყო ნახევარსიცივის თავისუფალი ზედაპირიდან.

რელეის ტალღა ეცემა ნაპრალს, მიყვება ნაპრალის ნაპირებს და ფიქსირდება ნაპრალის მეორე მხარეს განლაგებულ პიესომიმდების საშუალებით, პიესომიმდების მიერ რეგისტრირებულია ოსცილოგრამებს. პირდაპირ ტალღის გარდა, დაიკვირვება მოგვიანებით შემოსული, ე.წ. “დაყოვნების ფაზა” - Rx. სპეციალური ექსპერიმენტების საშუალებით დამტკიცებულია, რომ ტალღა Rx, წარმოიქმნება ნაპრალის დაბოლოებაზე. ამ ტალღის გარბენის დრო იძლევა საშუალებას, რათა გამოთვლილი იქნეს ნაპრალის სიგრძე. ექსპერიმენტი გამოცხადებულია სტონლის ტალღების შემთხვევაში. მისანშეწონილად მიმანია ეს ნაშრომი გამოქვეყნდეს საქართველოს გეოფიზიკური სასოკადოების ჟურნალში.

Нормальное распространение волн Релея и Стоули через щель

Гегечкори Т.Ш., Гоциридзе В.Л., Гогუაძე Н.Т., Дзოценидзе Г.Г., Джебирашвили Т.В.

Реферат

На двумерной модели со щелью, прорезанной от свободной поверхности модели, методом ультразвукового сейсмо моделирования, исследовано прохождение волн Релея через эту латеральную неоднородность при расположении приемника за щелью. Зарегистрирована волна, вступающая после проходящей волны Релея, т. н. “фаза задержки” - Rx. Исследованы спектры и волновая картина в обеих проходящих волнах, проведены эксперименты с заглублением щели. Доказано, что “фаза задержки” Rx – это волна, изучаемая окончечностью щели и по ее времени задержки можно определить глубину щели. Впервые в сейсмологической практике эти же эксперименты проведены для волн Стоули. Для получения волн Стоули модели со щелью погрузились в воду.

In the golt of Reyleigh and Stoneley waves normal sprlading

Gegechkory T., Gotsiridze V., Goguadze N., Dzotcenidze G., Djebirashvili T.

Abstract

On two-dimensional model with slit, cut trough free model surface by method of supersonic seismomodeling passing of Rayleigh waves through this lateral heterogeneity was investigated when receiver was located behind the slit. Appeared after passing Rayleigh waves, so called “phase delay” - Rx wave was registered. Spectrums and wave pattern in two passing waves were investigated, experiments of slit penetration were carried out. It was established, that “phase delay” Rx – is the wave, studied by slit boundary, and depth of slit can be defined by time delay. For the first time in seismological practice these experiments were carried out for the Stoneley waves. The models were plunged into water to get Stoneley type waves with slit.