

КАРСТОВЫЕ ПРОВАЛЫ

Екатеринбург 1994

4. Провалы вертикальных дислокаций. Формируются во время вертикальных подвижек блоков или спустя некоторое время. Наиболее эффектны над пещерными массивами. Обычны над лабиринтовыми полями гипсовых пещер Западной Украины. В Армении подобный провал-воронка приурочен к мощному разлому южной периферии пещеры Магела.

Особого внимания заслуживают факты тектопровокации техногенных провалов. В г. Черновцы 05.01.1993 г. на ул. И. Вильде образовался провал глубиной до 30 м и объемом свыше 1500 м³ в месте подключения сточных вод к тоннельному коллектору глубокого заложения. Этот тоннель на своем 7-километровом протяжении пересекает несколько крупных тектоарааломов. Авария произошла именно в полосе одного из таких разломов, хотя не последнюю роль в совокупности вызвавших его причин играет качество строительных работ. Регулярная ревизия трассы позволит выявить возможные деформации, соответствующие тектоактивным зонам.

В качестве вывода можно признать несомненно важную индикационную роль провалов в диагностировании и прогнозировании неотектонического развития территории и ее инженерно-геологических характеристик.

О. Б. Нещеткин

ВОПРОСЫ ЛАБОРАТОРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ КАРСТОВЫХ ПРОВАЛОВ

Лабораторное физическое моделирование - распространенный метод исследования особенностей разрушения пород, залегающих над карстовой полостью и развития провала на земной поверхности.

При моделировании массива песчано-глинистых пород традиционным является использование эквивалентных материалов с соблюдением критериев подобия по удельному сцеплению, углу внутреннего трения, объемному весу и мощности пород. Моделирование водонасыщенной толщи песков базируется в основном на решениях задач подобия для гидростатических и гидродинамических условий с использованием в модели водонасыщенного песка.

С целью расширения функциональных возможностей лабораторного

моделирования разработан способ моделирования механизма образования карстового провала в сложных геологических разрезах, в основе которого лежит принцип качественного воспроизводства на модели основных закономерностей разрушения песчано-глинистых пород, залегающих над карстовой полостью. К основным закономерностям относятся быстрое разрушение водонасыщенных песков при обрушении кровли карстовой полости, истечение песка в полость при образовании в ее кровле сквозного нарушения, формирование свода промежуточной полости и его разрушение в необводненных песках и глинистых отложениях при обрушении кровли полости и (или) образовании ослабленного пространства в основании необводненной толщи, развитие провала на земной поверхности в виде последовательного разрушения свода промежуточной полости.

Стенд для моделирования представлял собой вертикальный плоский целевой лоток. В качестве материала для моделирования водонасыщенной толщи был выбран хорошо зарекомендовавший себя в предыдущих исследованиях песок в воздушно-сухом состоянии. Для моделирования необводненных песков и глинистых отложений был разработан специальный материал, представляющий собой сухую смесь песка и высокодисперсных материалов типа алебаstra, бентонитовой глины и т.п. в разнообразных соотношениях и степени уплотнения.

Суммируя результаты многочисленных экспериментов с воспроизводством разнообразных инженерно-геологических условий, можно сделать несколько основных выводов по особенностям деформаций песчано-глинистых отложений при образовании карстовых провалов.

Деформации водонасыщенных песков при обрушении кровли карстовой полости происходят одновременно с обрушением кровли. Ширина зоны деформации обратно пропорциональна степени уплотнения; при медленных скоростях обрушения кровли полости наибольшие скорости и амплитуды сдвига характерны для центральной части зоны деформации, а при больших скоростях - для краевых частей, где регистрируется поблочное сдвигание массива в виде обрушения свода, по границе которого отмечается "вторичное" последовательное сводообразование.

Деформации водонасыщенных песков при образовании сквозного нарушения в кровле полости. В начальный момент над сквозным нарушением образуется промежуточная полость, быстро развивающаяся вверх; зона деформации имеет вид параболы, постоянно расширяется

при истечении песка в полость. Выделены две стадии развития деформаций: первая - заканчивается с выходом полости на поверхность массива и характеризуется резким падением скоростей расширения зоны деформации, вторая - заканчивается с окончанием истечения песка и характеризуется медленным уменьшением скоростей расширения зоны деформации.

Деформации необводненных песчано-глинистых пород. Особенности развития свода. Обрушение свода карстовой полости приводит к образованию промежуточной полости, конфигурация свода которой в основном определяется сцеплением. Разрушение свода начинается с деформаций в замковой части, выраженных тонкими горизонтальными трещинами; затем происходит обрушение замковой части как блоками пород, так и виде осыпания. Далее в боковых частях свода зарождаются деформации, заканчивающиеся обрушением пород и формированием нового свода. Последовательное повторение обрушений обуславливает продвижение промежуточной полости к поверхности. При этом ширина общей зоны деформаций уменьшается. Деформации на поверхности массива начинаются с малоамплитудного оседания и развития трещин по его периферии. Общая зона деформации расширяется, происходит вывал замковой части свода, обрушение нависающих бортов, оползание и отседание блоков массива.

Деформации песчано-глинистых пород в условиях частичного обводнения при обрушении кровли полости. В водонасыщенных песках и необводненных отложениях зона деформации шире пролета карстовой полости. Увеличение мощности необводненной толщи и (или) связанности слагающих ее пород при прочих постоянных параметрах приводит к последовательному изменению формы провала. Ряд форм выглядит следующим образом: блюдце-чаша-воронка-цилиндр-свод. В водоупорах отмечается сводообразование, водонасыщенные пески обрушиваются сразу или в сочетании с истечением через замковую часть свода в водоупоре, выполняющую роль сквозного нарушения.

Деформации песчано-глинистых пород в условиях частичного обводнения при образовании сквозного нарушения. Ширина зоны деформации в нижней части необводненной толщи пропорциональна ее мощности и обратно пропорциональна ширине сквозного нарушения при прочих равных условиях.

Кинематические особенности провалообразования. Кривые скорости движения свода отражают его скачкообразное развитие в массиве.

Скорость провалообразования пропорциональна ширине и высоте полости. Установлено уменьшение скоростей развития свода при добавлении внешних нагрузок.

Результаты экспериментов, во многом согласуясь с природными данными о провалообразовании, свидетельствуют, что предлагаемый способ моделирования является эффективным при исследовании особенностей образования карстовых провалов. Технически осуществимо управление давлением воздуха в рабочих камерах, что позволяет моделировать и более сложные гидродинамические условия.

А. В. Аникеев

ИЗУЧЕНИЕ КИНЕМАТИКИ И МОРФОЛОГИИ ПРОВАЛООБРАЗОВАНИЯ В ПЕСЧАНОЙ ПОКРОВНОЙ ТОЛЩЕ НА ФИЗИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ

Для исследования процессов деформирования несвязанных грунтов над закарстованными породами и образования провальных воронок на земной поверхности сконструированы и изготовлены две экспериментальные установки, предназначенные для осесимметричного (6×17 см) и двухмерного (7×20×2 см) моделирования. Модели укладывались из воздушно-сухих кварцевых песков с эффективным диаметром частиц $d_1 = 0,3$ мм и углом откоса $\varphi_1 = 31^\circ$ (1 серия опытов) и из мелкой чугушной дроби - $d_2 = 0,53$ мм, $\varphi_2 = 26^\circ$ (2 серия). Их плотность варьировалась в пределах $\rho_p < \rho < \rho_n$ (ρ_p, ρ_n - плотность в предельно рыхлом и плотном состояниях), а безразмерная мощность - $24,9 < h/d < 63,3$ (d - диаметр или ширина отверстия в съемных пластинах дна установок). Выпуск сыпучих материалов осуществлялся ступенями: отверстие открывалось на 1 - 30 с в зависимости от вида или стадии опыта и снова закрывалось. Высыпавшийся материал взвешивался и рассчитывался весовой расход, деформации центральной и периферийной частей поверхностей моделей измерялись с точностью до 0,01 мм и строился разрез, а при двухмерном моделировании результат фотографировался и переносился на кальку.

Легко заметить, что граничные условия на нижней (донной) поверхности установок отвечали неограниченной массовой суффозии песков в трещинно-карстовые коллекторы, протекающей стадийно.