

Nghiên cứu một số đặc trưng của dòng chảy phá hủy cột hạt 2D khi thay đổi tính chất của vật liệu

**Trần Thị Thanh Huyền¹, Nguyễn Tiến Cường^{2,3,*}, Phan Thị Thu Phương⁴
Vũ Văn Trường^{2,3}**

¹Viện Cơ học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

²Khoa Kỹ thuật Ô tô và Năng lượng, Trường Đại học Phenikaa

³Viện Nghiên cứu và Công nghệ Phenikaa (PRATI)

⁴Trường Đại học Xây dựng

* Email: cuong.nguyentien@phenikaa-uni.edu.vn

Tóm tắt: Dòng chảy hạt xuất hiện nhiều trong các quá trình tự nhiên như sạt lở đất, sạt lở tuyết, ... cho đến các lĩnh vực công nghiệp như lưu trữ lương thực dạng hạt, nguyên liệu ngành dược, lĩnh vực xây dựng,.... Tuy nhiên các nghiên cứu về cơ chế phá hủy, các đặc trưng phá hủy của các cột hạt còn chưa được quan tâm nhiều. Phần lớn các nghiên cứu này chỉ dừng lại ở mức ứng với một loại vật liệu nào đó. Chính vì vậy trong nghiên cứu này chúng tôi xem xét ảnh hưởng của tính chất vật liệu đến một số đặc trưng của dòng chảy phá hủy các cột hạt hai chiều. Các kết quả nghiên cứu đã chỉ ra sự ảnh hưởng có tính quy luật của tính chất vật liệu đến phạm vi ảnh hưởng của sự phá hủy cột hạt.

Từ khóa: Cột hạt 2D, Đặc trưng phá hủy, Dòng chảy hạt, Tính chất của hạt.

1. Tổng quan về sự phá hủy của cột hạt

Cơ chế phá hủy của các cột hạt 2D đã được nghiên cứu nhiều trong những năm qua như Balmforth và nnk (2005), Lube và nnk (2004,2005), Lajeusses và nnk (2004,2005) and Trepanier và nnk (2010), Bui H. H. (2007), ... nhưng hầu hết các tác giả đều sử dụng vật liệu không phải 2D như Grit, Fine glass, Coarse glass and Polystyrene, Fine quartz, Coarse quartz sand, Suga and Rice, glass beads, ... Trepanier et al. (2010) thì sử dụng vật liệu là granular rods nhưng việc tiến hành thí nghiệm thì vẫn thực hiện theo ba chiều và trích xuất theo mặt cắt và coi đó là kết quả 2D. Chỉ có Bui H.H. (2007) and Cuong T. Nguyen và nnk (2013, 2015, 2017) là sử dụng vật liệu 2D và tiến hành các thí nghiệm theo chuẩn 2D. Các kết quả nghiên cứu của Cuong T. Nguyen và nnk (2015) với vật liệu chuẩn 2D đã chỉ ra có những sự khác biệt so với kết quả của các tác giả trước đó sử dụng vật liệu 3D hoặc thực hiện thí nghiệm không phải là chuẩn 2D.

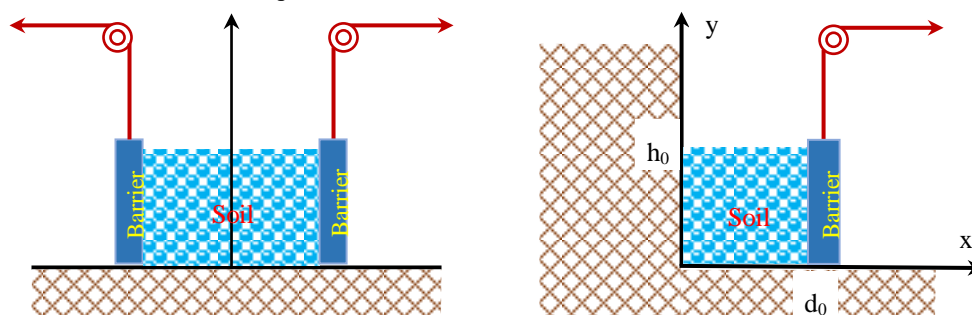
Trong nghiên cứu này chúng tôi sử dụng chương trình tính toán số được Cuong T. Nguyen và nnk (2017) phát triển trên cơ sở giải hệ phương trình Cơ học đất sử dụng Smoothed Particle Hydrodynamics Method (SPH) để thực hiện một chuỗi các thí nghiệm số về sự phá hủy của các cột hạt 2D. Việc thực hiện các thí nghiệm số sẽ giảm chi phí và thời gian thực hiện so với các thí nghiệm bằng mô hình vật lý (trong phòng thí nghiệm). Hơn thế các thí nghiệm số sẽ khắc phục được các hạn chế của một số trường hợp mà thí nghiệm bằng mô hình vật lý sẽ có độ chính xác thấp, khó thực hiện hoặc thậm chí không thể thực hiện được. Các kết quả thí nghiệm số sẽ được sử dụng để xem xét một cách toàn diện hơn các hàm thực nghiệm về đặc trưng phá hủy của các cột hạt 2D đã được Cuong T. Nguyen và nnk (2015) tìm ra dựa trên chuỗi các thí nghiệm bằng mô hình vật lý.

2. Đặc tính của các hạt và mô hình thí nghiệm

Trong nghiên cứu này, các thí nghiệm được thực hiện bằng mô hình số được Cuong T. Nguyen và nnk (2017) phát triển. Mô hình số này đã được kiểm chứng và có độ chính xác cao đối với bài toán này, vì vậy trong bài báo này chúng tôi không giới thiệu lại phần kiểm định mô hình số.

2.1. Thiết lập mô hình thí nghiệm

Để nghiên cứu các đặc trưng phá hủy của cột hạt 2D, mô hình thí nghiệm được thiết kế như Hình 1. Trong đó mô hình bên trái của Hình 1 là mô hình thiết kế của thí nghiệm. Nhưng do tính chất đối xứng nên thực tế của các thí nghiệm trong nghiên cứu này được thiết kế như mô hình bên phải của Hình 1.



Hình 1: Mô hình thí nghiệm

Trong các thí nghiệm bằng mô hình vật lý (trong phòng thí nghiệm), thanh chắn được sử dụng để giữ ổn định cột hạt trong giai đoạn thiết lập thí nghiệm. Thanh chắn sẽ được loại bỏ một cách hợp lý (Cuong T. Nguyen và nnk, 2017) để hạn chế tối đa ảnh hưởng đến quá trình phá hủy của các cột hạt. Trong các thí nghiệm số không có thanh chắn, tại thời điểm ban đầu của quá trình tính toán granular column có kích thước lần lượt là h_0 theo chiều cao và d_0 theo chiều rộng như trên Hình 1.

2.2. Đặc tính của các hạt

Mô hình đất được sử dụng trong các thí nghiệm này là mô hình đất 2D đã được sử dụng trong các thí nghiệm vật lý mà Cuong T. Nguyen và nnk (2015) đã sử dụng. Các tính chất của mô hình đất được thể hiện trong Bảng 1. Tuy nhiên trong nghiên cứu này Góc nội ma sát của vật liệu sẽ được thay đổi để đánh giá ảnh hưởng của tính chất này đến hình thái sau phá hủy của cột hạt.

Bảng 1: Tính chất của các hạt

Name	Value	Unit
Density (ρ)	2074	(Kg/m ³)
Friction angle (ϕ)	(deg)
Young's module (E)	5.84	(Mpa)
Poisson's ratio (ν)	0.3	
Dilatant angle (ψ)	0	(deg)
Cohesion (c)	0	(kPa)

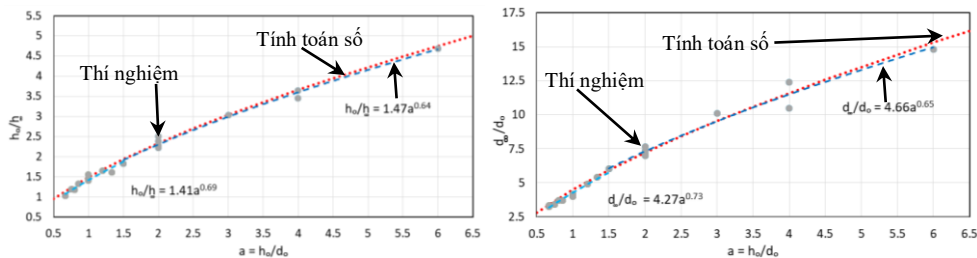
3. Kết quả và thảo luận

Với vật liệu có góc nội ma sát là 21.9, nhóm nghiên cứu đã tiến hành 221 phương án thí nghiệm với các cột hạt có các chiều h_0 cao khác nhau (25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275, 300). Với mỗi giá trị của h_0 lại có nhiều giá trị khác nhau của chiều

rộng cột hạt d_0 để đảm bảo tử số $a = h_0/d_0$ biến thiên đều mỗi mỗi giá trị của chiều cao h_0 .

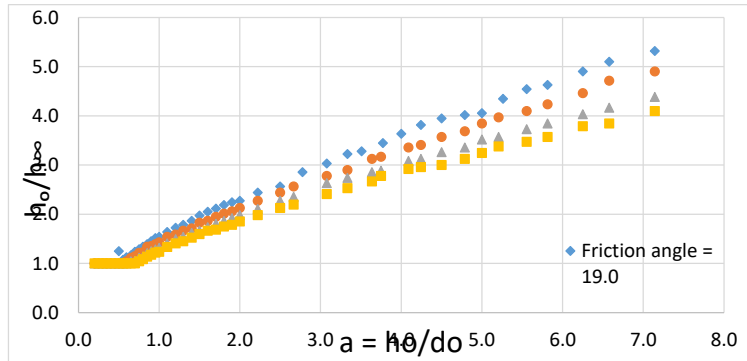
- Độ cao của cột hạt sau phá hủy h_∞
- Khoảng cách dịch chuyển lớn nhất của dòng chảy hạt sau phá hủy d_∞
- Độ rộng của miền không bị phá hủy sau phá hủy d_a

Các kết quả thu nhận được đã được cho thấy các kết quả tính toán phù hợp với các hàm thực nghiệm được Cuong T. Nguyen và nnk (2015) đã chỉ ra. Các kết quả được thể hiện trên Hình 2 dưới đây.



Hình 2: Các kết quả tính toán so với kết quả thí nghiệm vật lý trong trường hợp góc nội ma sát của vật liệu bằng 21.9

Với các giá trị của góc nội ma sát là 19, 25 và 28, nhóm nghiên cứu đã tính 50 phương án ứng với mỗi góc nội ma sát. Các kết quả tính được thể hiện trên Hình 3.



Hình 3: Kết quả tính toán với các góc nội ma sát khác nhau

Hình 3 cho chúng ta thấy các đặc trưng phá hủy của cột hạt biến thiên theo quy luật như trường hợp đã nghiên cứu sâu (góc nội ma sát 21.9). Điều này cho thấy khi góc nội ma sát của vật liệu hạt tăng thì phạm vi ảnh hưởng của sự phá hủy, hay chính là khoảng cách xa nhất các hạt có thể chuyển động tới sẽ hẹp lại.

Điều này cũng phù hợp với sự cân bằng lực ở trạng thái cuối cùng của quá trình chuyển động. Tuy nhiên các kết quả tính toán và thí nghiệm cũng cho thấy góc tạo bởi bề mặt của lớp vật liệu sau phá hủy với phương ngang (nền) luôn tiệm cận với góc nội ma sát. Nhưng với các trường hợp chiều cao ban đầu cầu cột hạt lớn thì góc đo được có xu hướng nhỏ hơn so với góc nội ma sát. Điều này cũng có thể dễ dàng nhận biết được do phản động

năng của các hạt được tạo ra bởi trọng lực trong quá trình phá hủy đã làm cho dòng hạt chuyển động vượt qua ngưỡng cân bằng tĩnh. Chính là một phần động năng được chuyển hóa thành thế năng của các hạt sau phá hủy.

4. Kết luận

Nghiên cứu này đã khẳng định thêm độ tin cậy của các hàm thực nghiệm đã được chúng tôi tìm thấy trước đây (Cuong T. Nguyen và nnk, 2015) về các đặc trưng phá hủy của cột hạt 2D dựa trên cơ sở phân tích kết quả thực hiện các thí nghiệm với số lượng nhiều hơn và trải đều với các khoảng giá trị ban đầu khác nhau của cột hạt. Kết quả của chuỗi thí nghiệm số cho thấy, các hàm đặc trưng của sự phá hủy 2D granular columns được tìm thấy trước đây từ các thí nghiệm bằng mô hình vật lý vẫn đúng đối với các trường hợp không thực hiện được thí nghiệm bằng mô hình vật lý. Như vậy có thể thấy các đặc tính đã được chúng tôi chỉ ra trước đây là phù hợp với mọi thông số khác nhau ban đầu của quá trình phá hủy các cột hạt 2D.

Nghiên cứu này cũng cho thấy sự ảnh hưởng của góc nội ma sát đến phạm vi ảnh hưởng của quá trình phá hủy các cột hạt 2D. Khi góc nội ma sát của các hạt tăng lên thì miền ảnh hưởng được thu hẹp lại.

Nghiên cứu cũng đã cho thấy rõ sự chuyển hóa của động năng thành thế năng của các hạt tạo nên sự khác biệt của bề mặt phá hủy khi chiều cao ban đầu của các cột hạt thay đổi.

Tài liệu tham khảo

- [1] A. J. Hogg - Two-dimensional granular slumps down slopes, *Physic of Fluids*, **19** (2007), p.093301.
- [2] C. T. Nguyen, H. H. Bui and R. Fukagawa - Two-dimensional numerical modelling of modular-block soil retaining walls collapse using meshfree method, *Int. J. of GEOMATE*, **5** (1) (2013), 647-652.
- [3] Cuong T. Nguyen, Ha H. Bui, Ryoichi Fukagawa - Failure mechanism of 2D granular flows: Experiment, *Journal of Chemical Engineering of Japan*, **48** (6) (2015), 395-402.
- [4] Cuong T. Nguyen, Chi T. Nguyen, Ha H. Bui, Giang D. Nguyen, and Ryoichi Fukagawa - A new SPH based approach to simulation of granular flows using viscous damping and stress regularisation, *Landslides*, **14** (1) (2017), 69-81.
- [5] E. Lajeunesse, J. B. Monnier and G. M. Homsy - Granular slumping on a horizontal surface, *Physics of Fluids*, **17** (10) (2005), p.103302.
- [6] E. Lajeunesse, A. Mangeney-Castelnau and J. P. Vilotte - Spreading of a granular mass on a horizontal plane, *Physics of Fluids*, **16** (7) (2004), 2371-2381.
- [7] E. L. Thompson and H. E. Huppert - Granular column collapses: further experimental results, *Journal of Fluid Mechanics*, **575** (2007), 177-186.
- [8] G. Lube, H. E. Huppert, R. S. J. Sparks and A. Freundt - Collapses of two-dimensional granular columns, *Physical Review E*, **72** (4) (2005), 1-10.
- [9] G. Lube, H. E. Huppert, R. S. J. Sparks and M. A. Hallworth - Axisymmetric collapses of granular columns, *Journal of Fluid Mechanics*, **508** (2004), 175-199.
- [10] G. D. R. Midi - On dense granular flows, *The European Physical Journal E*, **14** (2004), p.314.
- [11] H. H. Bui - Lagrangian mesh-free particle method (SPH) for large deformation and post-failure of geomaterials using, Ph.D. Thesis, (2007).