

ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG XÓI HẠT MỊN CỦA MỘT SỐ ĐẤT ĐẤP ĐẬP, ĐỀ DƯA VÀO NHỮNG TIÊU CHUẨN CỖ HẠT

Lê Văn Thảo¹, Vũ Huy Công¹

Tóm tắt: Xói ngầm là một trong những nguyên nhân chính gây nên hiện tượng mất ổn định trong các công trình như đập, đề sử dụng vật liệu đất đắp. Tiến trình xói ngầm có thể phân ra thành bốn loại: xói rò rỉ, xói kéo theo, xói tiếp xúc và xói hạt mịn. Bài báo này liên quan đến xói hạt mịn, xói này có thể gây ra sự thay đổi về thành phần cỡ hạt, độ rỗng, và độ dẫn thủy lực trong đập, đề. Việc đánh giá ổn định của đập, đề do xói hạt mịn gây ra rất phức tạp và chưa được nghiên cứu hoàn hảo. Việc lựa chọn phương pháp, tiêu chuẩn phù hợp để đánh giá ổn định cho những công trình rất quan trọng. Một trong những tiêu chuẩn quan trọng được lựa chọn để đánh giá sự an toàn của đập đất là tiêu chuẩn về cỡ hạt và áp dụng cho tất cả các loại đất. Sự đánh giá này dựa vào những đường cong thành phần hạt của một số loại đất đắp đập, đề đã thu thập. Một chương trình Matlab để đánh giá khả năng xói hạt mịn của một số loại đất được lựa chọn từ các đập, đề cụ thể được đưa ra. Bài báo chỉ ra kết quả đánh giá khả năng xói hạt mịn cho một số loại đất đắp đập, đề từ Canada, Pháp và Việt Nam và một số loại đất rời thiết kế.

Từ khoá: Xói ngầm, xói hạt mịn, ổn định, tiêu chuẩn cỡ hạt.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Những kết cấu thủy lực đóng một vai trò quan trọng trong cuộc sống hằng ngày của chúng ta như cung cấp năng lượng, cung cấp nước, kiểm soát lũ lụt... Theo Foster nnk. (2000), xói ngầm là một trong những nguyên nhân chính gây nên sự mất ổn định của những công trình nền đắp như đập, đề... Bốn kiểu của xói ngầm được hai tác giả (Fell and Fry, 2013) phân loại gồm: Xói rò rỉ, xói kéo theo, xói tiếp xúc và xói hạt mịn. Hiện tượng xói hạt mịn tương ứng với tiến trình tách và sau đó vận chuyển những hạt mịn nhất vào không gian lỗ rỗng của những hạt có đường kính lớn hơn. Garner and Fannin (2010) cho thấy xói bị gây ra bởi 3 yếu tố: độ nhạy vật liệu (material susceptibility), tải trọng thủy lực tới hạn (critical hydraulic load) và điều kiện ứng suất tới hạn. Xói của vật liệu liên quan đến sự tách và vận

chuyển hạt đất nhỏ hơn trong lỗ rỗng của đất. Sự tách và vận chuyển này liên quan đến đường cong thành phần hạt, hình dạng của hạt, độ rỗng, tiêu chuẩn ứng suất và tiêu chuẩn thủy lực. Một trong ba tiêu chuẩn được sử dụng nhiều nhất để đánh giá ổn định của công trình là tiêu chuẩn về cỡ hạt và được nghiên cứu bởi rất nhiều tác giả. Vì vậy việc tổng hợp và lựa chọn tiêu chuẩn phù hợp để đánh giá khả năng xói hạt mịn cho những loại đất đắp đập cụ thể là rất quan trọng và cần thiết. Bài báo sẽ phân tích chi tiết kết quả đánh giá của một số đất đã chọn lựa từ các đập, đề và một số loại đất rời và ít dính khác với thành phần hạt mịn từ 15.25% đến 61%.

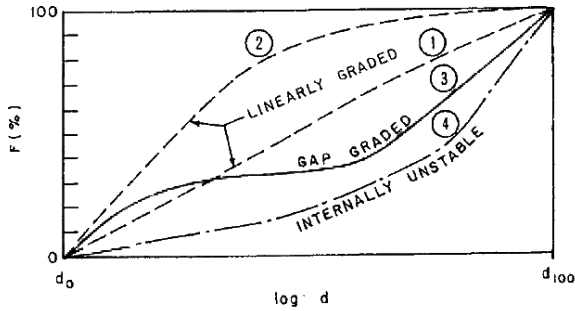
2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Các tiêu chuẩn đánh giá

Lafleur nnk. (1989) đã phân ra 3 dạng đường cong thành phần hạt (Hình 1): cấp phối tuyến tính (đường cong 1 và 2) bao gồm các cấp phối đất với những hạt phân bố đồng đều (đường cong 1) hoặc cho những cấp phối đất có thành phần hạt mịn phân bố đồng đều (đường cong 2), đối với đường cong này phần trăm hạt thô xấp

¹Khoa Xây dựng Thủy lợi – Thủy điện, Trường Đại học Bách Khoa – Đại học Đà Nẵng

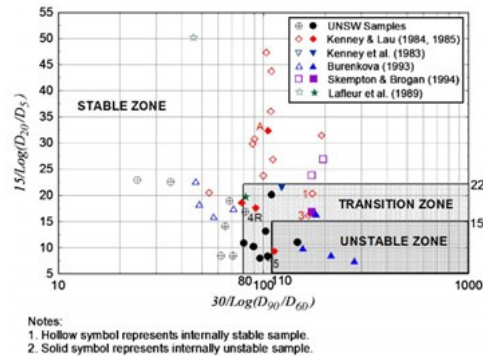
xi 20% theo khối lượng. Đường cong 3 tương ứng với những cấp phối đất có những cỡ hạt bị thiếu, và đường cong 4 tương ứng với những cấp phối đất không tốt.



Hình 1. Các dạng đường cong thành phần hạt (Lafleur nnk. 1989)

Istomina (1957) đã phát triển một phương pháp đơn giản để đánh giá sự ổn định bên trong của cấp phối cát, sỏi dựa trên hệ số đồng đều (C_u) của đường cong thành phần hạt. Cấp phối đất với $C_u < 10$ được phân loại là cấp phối tốt, $C_u > 20$ cấp phối không tốt và $10 \leq C_u \leq 20$ nằm trong khu vực chuyển tiếp. Kezdi (1979) đã đề xuất tiêu chuẩn để đánh giá khả năng xói hạt mịn dựa vào thành phần hạt thô và hạt mịn. Nếu tỉ lệ $d_{15c}/d_{85f} > 4$, đất được đánh giá dễ bị xói, trong đó d_{15c} là đường kính tương ứng với 15% lọt sàng của thành phần hạt thô, d_{85f} là đường kính tương ứng 85% lọt sàng của thành phần hạt mịn. Phương pháp của Kenney và Lau (1985, 1986) dựa trên những cỡ hạt có đường kính nhỏ hơn d (được đặt tên là F) và những cỡ hạt từ d đến $4d$ (ký hiệu là H) để đánh giá khả năng xói hạt mịn. Đất được đánh giá ổn định với xói hạt mịn nếu tỉ lệ $H/F > 1$ và $H/F < 1$ đất dễ bị xói.

Li và Fannin (2008) đã đưa ra sự so sánh giữa tiêu chuẩn của Kezdi (1979) và của Kenney và Lau (1985). Nếu $d_{15c}/d_{85f} > 4$ ($F > 15\%$, $H = 15\%$) và ($H/F < 1$, $F < 15\%$), đất được đánh giá ổn định với xói. Wan và Fell (2008) đã đưa ra một phương pháp đánh giá sự ổn định do xói ngầm của những loại đất có cấp phối tốt. Phương pháp này dựa vào hai tỉ lệ: d_{90}/d_{60} và d_{20}/d_5 và kết quả được phân thành 3 khu vực: khu vực ổn định, không ổn định và khu chuyển tiếp (Hình 2).



Hình 2. Phương pháp đánh giá sự không ổn định bên trong của loại đất “broadly graded silt-sand-gravel soils” (Wan và Fell, 2008)

Tuy nhiên hai tác giả Wan và Fell cho thấy phương pháp này không phù hợp cho những loại đất có thành phần hạt mịn ít hơn 15%.

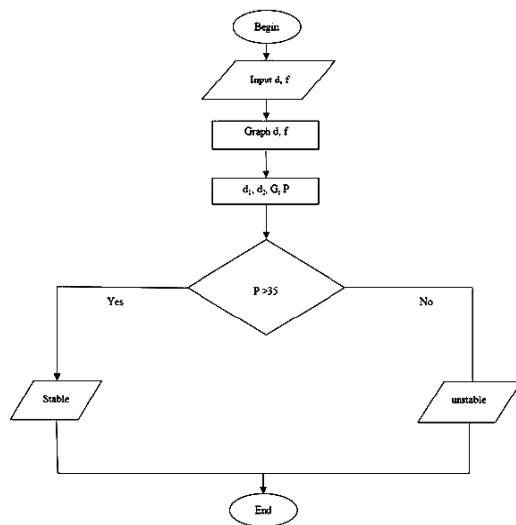
Một tiêu chuẩn khác được đề xuất bởi Chang và Zhang (2013), tiêu chuẩn này áp dụng cho tất cả các loại đất. Đối với loại đất có cấp phối “widely graded soil”: với $P < 5\%$ (P là phần trăm của hạt mịn có đường kính nhỏ hơn 0.063mm), đất ổn định với xói nếu $(H/F)_{min} > 1$. Với $5 \leq P \leq 20$ và $(H/F)_{min} > - (1/15)P + 4/3$ đất ổn định với xói. Đối với những loại đất “gap-graded soil” là những loại đất có một số cỡ hạt bị thiếu: với $P < 10$ một loại đất không bị xói nếu $G_r < 3$ (trong đó $G_r = d_{max}/d_{min}$, d_{max} , d_{min} là đường kính lớn nhất của thành phần hạt mịn và đường kính nhỏ nhất của thành phần hạt thô), với $10 \leq P \leq 35$ đất ổn định với xói nếu $G_r < 0.3P$. Với $P > 35$ đất dường như không bị xói.

Marot nnk. (2016) đã so sánh một vài tiêu chuẩn của Kenney và Lau (1985, 1986), Chang và Zhang (2013) và của Wan và Fell (2008) và họ đã xác định tiêu chuẩn phù hợp nhất để đánh giá khả năng xói hạt mịn của những loại đất: trong trường hợp những loại đất “gap-graded soil”, nếu phần trăm hạt mịn cao hơn 35% đất dường như ổn định với xói. Đối với những loại đất có hàm lượng hạt mịn ít hơn 35%, tiêu chuẩn của Chang và Zhang dường như ít phù hợp. Đối với những loại đất có cấp phối “widely graded soil”, thành phần hạt mịn được xác định bởi giá trị tối thiểu của tỉ lệ $(H/F)_{min}$. Nếu phần trăm hạt

mịn ít hơn 15%, đánh giá khả năng ổn định có thể theo tiêu chuẩn của Kenney và Lau, phần trăm hạt mịn lớn hơn 15% sự đánh giá ổn định đất dựa theo tiêu chuẩn của Wan và Fell.

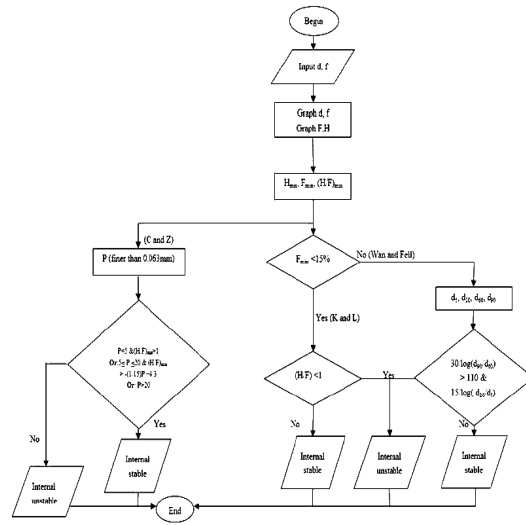
Với những tiêu chuẩn được đưa ra ở trên, chúng ta có thể sử dụng những tiêu chuẩn này để đánh giá ổn định cho các công trình đập, đê. Tuy nhiên bởi vì một vài tiêu chuẩn, phạm vi áp dụng các loại đất bị giới hạn nên cần tập hợp đủ tiêu chuẩn để đánh giá các loại đất trên phạm vi rộng và đặc biệt cần phải quan tâm hơn đến tiêu chuẩn đã so sánh các tiêu chuẩn trước như tiêu chuẩn của Marot nmk. (2016).

2.2 Thuật toán đánh giá xói hạt mịn dựa vào các tiêu chuẩn



(a)

Để đánh giá hai kiểu đường cong thành phần hạt “gap-graded soil” và “widely graded soil”, tiêu chuẩn ít bảo thủ có thể được chọn lựa giữa những tiêu chuẩn từ Chang và Zhang, Kenney và Lau hoặc Wan và Fell (Marot nmk. 2016). Hai thuật toán mới được viết trên ngôn ngữ Matlab để phân biệt “ổn định với xói” hoặc “không ổn định với xói” của những loại đất “gap-graded soil” và “widely graded soil” (Hình (3a) và (3b)). Đầu vào của thuật toán là những giá trị của đường cong thành phần hạt, kết quả đầu ra đánh giá được khả năng xói hạt mịn hoặc không xói của những loại đất.



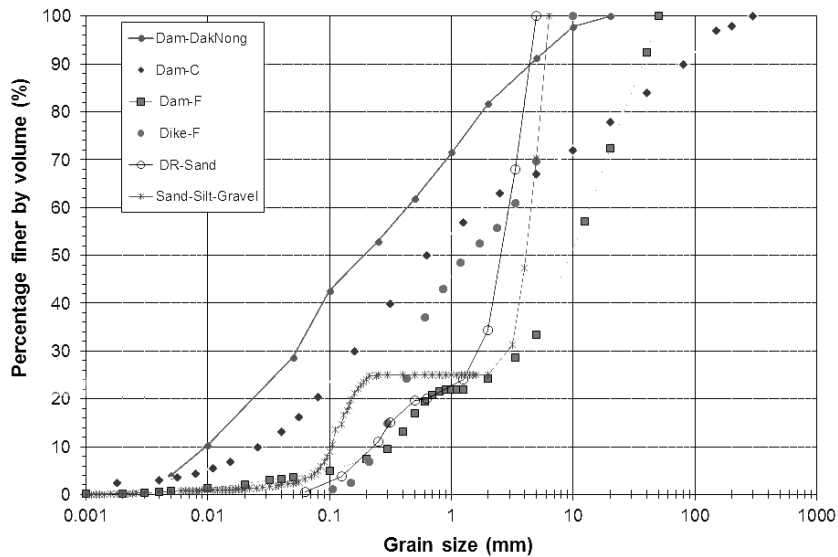
(b)

Hình 3 Hai thuật toán mới đánh giá ổn định xói hạt mịn
a) “gap-graded soils”; b) “widely graded soils”

2.3 Áp dụng cho một số loại đất đắp đập, đê và một số loại đất rời khác

Những loại đất được chọn lựa với những đường cong cấp phối khác nhau và những hình dạng cỡ hạt khác nhau được lấy từ các đập, đê, hoặc mẫu thiết kế. Bốn loại đất từ đập và đê bao gồm: một loại từ đập đất của hồ chứa ở tỉnh Đak nông, ký hiệu là “Dam-DakNong”, một loại đất từ đập của Pháp được ký hiệu “Dam-F”, một loại đất từ đê của Pháp “Dike-F”, một loại đất từ đập ở Canada. Hai

loại đất được thiết kế từ những loại đất thiên nhiên bao gồm: một loại được tạo ra từ cát, bùn và sỏi ký hiệu là “Sand-Silt-Gravel”, một loại đất được trộn từ cát và thành phần hạt thô của 1 đập “DR+Sand”. Đường cong thành phần hạt của những loại đất kể trên được thể hiện trong hình 4. Trong số 6 loại đất kể trên, 4 loại “Dam-Dak-Nong”, “Dike-F”, “Dam-C”, “DR-sand” được xem là những loại đất “widely graded soil” và hai loại đất “Sand-Silt-Gravel”, “Dam-F” là “gap graded soil”.



Hình 4. Đường cong thành phần hạt của những loại đất

Bảng 1 chi tiết những đường kính khác nhau của đất bao gồm: d_5 , d_{10} , d_{15} , d_{20} , d_{30} , d_{50} , d_{60} , d_{90} , C_u , P

Bảng 1. Đặc tính của một số loại đất

Grain size distributions	d_5 (mm)	d_{10} (mm)	d_{15} (mm)	d_{20} (mm)	d_{30} (mm)	d_{50} (mm)	d_{60} (mm)	d_{90} (mm)	C_u (-)	P (%)
Dam-DakNong	0.006	0.01	0.02	0.031	0.055	0.208	0.448	4.600	44.8	32.31
Dam-F	0.101	0.313	0.447	0.568	3.834	10.263	13.938	37.524	44.53	1
Dam-C	0.010	0.026	0.050	0.078	0.160	0.630	1.875	80.000	72.12	1
Dike-F	0.186	0.246	0.301	0.368	0.503	1.381	3.178	8.354	12.92	1
DR-Sand	0.145	0.231	0.315	0.603	2.220	2.627	3.029	4.483	13.11	0.59
Sand-Silt-Gravel	0.08	0.104	0.126	0.150	2.900	4.120	4.550	5.860	27.41	1.6

Trong đó: d_5 , d_{10} , d_{15} , d_{20} , d_{30} , d_{50} , d_{60} , d_{90} : những đường kính cỡ hạt tương ứng với 5, 10, 15, 20, 30, 50, 60 và 90%; C_u : hệ số đồng đều; P : phần trăm hạt mịn ứng với đường kính nhỏ hơn 0.063mm theo tiêu chuẩn Chang và Zhang.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Kết quả đánh giá khả năng xói hạt mịn của một số loại đất kể trên được thể hiện trong Bảng 2. Năm tiêu chuẩn của các tác giả khác nhau được sử dụng để đánh giá bao gồm: Istomina (1957), Kenney và Lau (1985, 1986), Wan và Fell (2008), Chang và Zhang (2013), Marot nnk. (2016). Đối với tiêu chuẩn của Istomina (1957) chỉ áp dụng cho những cấp phối “cát + sỏi”. Vì

vậy đối với tiêu chuẩn này hai loại đất được đánh giá: “DR+Sand” và “Sand-Silt-Gravel” với kết quả đánh giá như sau: cấp phối “DR+Sand” nằm trong vùng chuyển tiếp giữa ổn định và không ổn định, loại đất “Sand-Silt-Gravel” được đánh giá không ổn định với xói. Bốn loại đất còn lại không được đánh giá theo tiêu chuẩn này. Dựa vào tiêu chuẩn của Kenney và Lau (1985, 1986), cả 6 loại đất được đánh giá là

không ổn định với xói ngầm. Đối với tiêu chuẩn này, sự đánh giá khả năng xói hạt mịn có sự thiên về không an toàn. Đánh giá dựa vào tiêu chuẩn Wan và Fell (2008) được áp dụng cho 4 loại đất “Dam-DakNong”, “Dike-F”, “Dam-C” và “DR-sand” với kết quả là cả 4 cấp phối đất được đánh giá là không ổn định với xói. Tiêu chuẩn này chỉ áp dụng cho những loại đất “widely graded soil”, vì vậy hai loại đất “Dam-F” và “Sand-Silt-Gravel” không được đánh giá. Dựa vào tiêu chuẩn của hai tác giả Chang và Zhang (2013), 3 loại đất: “Dam-DakNong”,

“Dam-F”, “Dam-C” được đánh giá ổn định với xói hạt mịn, 3 loại đất: “Dike-F”, “DR-sand”, “Sand-Silt-Gravel” được đánh giá xảy ra xói hạt mịn.

Dựa vào tiêu chuẩn của Kenney và Lau (1985, 1986) thì những loại đất thiên về không an toàn, trong khi đó theo tiêu chuẩn của Wan và Fell (2008) thì các loại đất thiên về an toàn, còn đối với tiêu chuẩn Chang và Zhang (2013), các loại đất có được kết quả đánh giá khá khác so với hai tiêu chuẩn kia.

Bảng 2. Khả năng xói hạt mịn

Soil	Istomina (1957)	Kenney và Lau (1985, 1986)	Wan và Fell (2008)	Chang và Zhang (2013)	Marot nmk. (2016)
Dam-DakNong	-	Unstable	Stable	Stable	Stable
Dam-F	-	Unstable	-	Stable	Unstable
Dam-C	-	Unstable	Stable	Stable	Stable
Dike-F	-	Unstable	Stable	Unstable	Stable
DR-Sand	Transitional	Unstable	Stable	Unstable	Unstable
Sand-Silt-Gravel	Unstable	Unstable	-	Unstable	Unstable

Vì phạm vi đánh giá chỉ dựa vào cỡ hạt nên dựa vào tiêu chuẩn của Marot nmk. (2016), kết quả đánh giá của những loại đất được đưa ra như sau: 3 loại đất “Dam-DakNong”, “Dam-C”, “Dike-F” đánh giá là ổn định với xói hạt mịn, 3 loại còn lại không ổn định.

Với những kết quả đánh giá ở bảng trên một sự đề xuất để thay đổi cấp phối khác cho 3 loại đất của những đập, đê khác nhau: “Dam-F”, “DR-sand”, “Sand-Silt-Gravel” nhằm mục đích tăng cường khả năng kháng xói.

4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này tác giả đã sử dụng các tiêu chuẩn để đánh giá khả năng xói hạt mịn của 6 loại đất cụ thể được thu thập từ các đập, đê,

hoặc là những mẫu đất rời thiết kế. Với 5 tiêu chuẩn kể trên, theo quan điểm của tác giả thì tiêu chuẩn của Marot nmk. (2016) các kết quả đánh giá có tính khả quan hơn và thể hiện chi tiết hơn. Kết quả đánh giá này giúp ích rất lớn trong quá trình quản lý rủi ro.

Với những kết quả nghiên cứu của các tác giả trên thế giới, chúng ta có thể áp dụng những tiêu chuẩn này để đánh giá khả năng xói hạt mịn và tiến tới kiểm định an toàn cho những đập và đê khác ở Việt Nam.

Lời cảm ơn: Bài báo này được tài trợ bởi trường Đại học Bách Khoa, ĐHQĐN với đề tài có mã số T2018-02-26

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Chang, D. S., & Zhang, L. M. (2013). *Extended internal stability criteria for soils under seepage*. Soils and Foundations, 53(4):569-583.
- Fell, R., & Fry, J. J. (2013). *Erosion in geomechanics applied to dams and levees*. Bonelli S. Editor. ISTE-Wiley. pp.1-99.
- Foster, M., Fell, R., & Spanagle, M. (2000). *The statistics of embankment dam failures and accidents*. Canadian Geotechnical Journal, (37): 1000-1024.
- Garner, S.J., and Fannin, R.J. (2010). *Understanding internal erosion: a decade of research following a sinkhole event*. The International J. on Hydropower and Dams 17: 93-98.
- Istomaina, V. S. (1957). *Filtration stability of soils*. Gostroizdat, Moscow, Leningrad.
- Kenney, T. C., & Lau, D. (1985). *Internal stability of granular filters*. Canadian Geotechnical Journal, 22: 215-225.
- Kenney, T. C., & Lau, D. (1986). *Internal stability of granular filters: Reply*. Canadian Geotechnical Journal, 23(4), 420-423.
- Kezdi, A. (1979). *Soil physics-selected topics*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford-New York, pp.160.
- Lafleur, J., Mlynarek, J., & Rollin, A. L. (1989). *Filtration of broadly graded cohesionless soils*. Journal of Geotechnical Engineering, 115(12):1747-1768.
- Li, M., & Fannin, R. J. (2008). *Comparison of two criteria for internal stability of granular soil*. Canadian Geotechnical Journal, 45(9), 1303-1309.
- Marot, D., Rochim, A., Nguyen, H. H., Bendahmane, F., & Sibille, L. (2016). *Assessing the susceptibility of gap graded soils to internal erosion characterization: proposition of a new experimental methodology*. Nat Hazards, 1-24.
- Wan, C. F., & Fell, R. (2008). *Assessing the potential of internal instability and suffusion in embankment dams and their foundations*. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, 134(3): 401-407.

Abstract:

ASSESSING SUFFUSION SUSCEPTIBILITY OF SOILS FROM DAM, DIKE BASED ON GEOMETRIC CRITERIA

Internal erosion is one of the main causes of instabilities within hydraulic earth structures such as: dam, dike using soils. Internal erosion process was distinguished into four types: concentrated leak erosion, backward erosion, contact erosion and suffusion. This paper deals with suffusion, this erosion process can cause the change of grain size, porosity and hydraulic conductivity in dam, dike. Assessing of stability of dam, dike caused by suffusion process, was very complex and had not researched yet perfectly. The choice of property methods, criteria which assesses the stability for hydraulic earth structure, was very important. Geometric criteria were one of the important criteria to assess the safety of earth dam, dike and apply for all soils. This assessing based on grain size distribution of soils from dams, dikes. One MATLAB program to assess suffusion susceptibility of soils was given. The assessing results of suffusion susceptibility of dam, dike soils from Canada, France, Vietnam and cohesionless soils were given.

Keywords: Internal erosion, suffusion, stability, geometric criteria

Ngày nhận bài: 25/12/2017

Ngày chấp nhận đăng: 20/01/2018