

Phân tích sự ảnh hưởng của tính chất đất đến ổn định bờ sông Cầu, tỉnh Bắc Kạn trong mùa mưa

Dương Thị Toan*

Khoa Địa chất, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN, 334 Nguyễn Trãi, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 6 tháng 5 năm 2016

Chỉnh sửa ngày 26 tháng 5 năm 2016; Chấp nhận đăng ngày 12 tháng 9 năm 2016

Tóm tắt: Bài báo tập trung nghiên cứu sự ảnh hưởng của tính chất đất và dao động mực nước sông trong mùa mưa đối với bờ sông Cầu, khu vực Chợ Mới, tỉnh Bắc Kạn. Mô hình SEEP/W và SLOPE/W của phần mềm Geoslope được sử dụng để phân tích, mô phỏng sự tác động dao động mực nước. Các thông số bờ sông được xác định và sử dụng phân tích bao gồm sức hút dính, sức chống cắt và tính thấm. Nghiên cứu cũng sử dụng phương pháp Hickin và Nanson (1984) và Briaud JL (2008) để tính tốc độ xói lở dựa vào địa hình bờ và thành phần hạt. Kết quả cho thấy khi tốc độ dòng chảy không vượt qua ngưỡng gây xói thì bờ sông chủ yếu bị mất ổn định khi mực nước hạ xuống, mực nước hạ càng nhanh càng nguy hiểm cho bờ sông. Đối với đất bờ sông có hệ số thấm nhỏ, hiện tượng thấm ít tác động đến ổn định bờ, bờ sông mất ổn định khi mực nước hạ. Đối với bờ sông có hệ số thấm cao, hiện tượng thấm tác động mạnh mẽ đến bờ sông và gây mất ổn định khi mực nước dâng cao. Khi dòng chảy đủ lớn để gây xói, áp dụng phương pháp Hickin và Nanson (1984), Tốc độ xói lở tính cho ba mặt cắt MC1, MC2, MC3 tại sông Cầu, khu vực Chợ Mới lần lượt là 6,2; 9,6 và 5,5m.

Từ khóa: Sạt lở bờ sông, tính chất đất, dao động mực nước, phần mềm Geoslope.

1. Mở đầu

Các tỉnh miền núi phía bắc có chiến lược quan trọng trong phát triển kinh tế, là nơi tập trung chủ yếu các dân tộc thiểu số, phân bố chủ yếu dọc các hệ thống suối. Tuy nhiên đây là khu vực gặp nhiều khó khăn về điều kiện kinh tế và phát triển. Đặc biệt phải hứng chịu nhiều thiên tai và tai biến. Sạt lở bờ sông ở các lưu vực sông miền núi phía bắc thường xuyên xảy ra làm mất diện tích canh tác và sinh sống vốn đã hạn hẹp. Tại một số lưu vực sông, sạt lở bờ sông mất diện tích đất và cuốn theo nhà cửa,

hàng trăm hộ dân phải di dời, lâm vào hoàn cảnh khó khăn. Vì thế các nghiên cứu đánh giá nguyên nhân, cơ chế tìm gia giải pháp giảm thiểu hiện tượng sạt lở rất cấp thiết cho khu vực, đặc biệt trong mùa mưa lũ. Nghiên cứu này tập trung phân tích cơ chế, quá trình sạt lở bờ sông và các yếu tố tác động đối với ổn định bờ, và khu vực lựa chọn nghiên cứu là đoạn bờ sông Cầu, thị trấn Chợ Mới, tỉnh Bắc Kạn.

Sông Cầu bắt nguồn từ dãy Phia Bioóc do hai nhánh sông chính là sông Nặm Ún (sông nóng) bắt nguồn từ Phương Viên (huyện Chợ Đồn) và sông Nặm Cắt (sông lạnh) bắt nguồn từ Đôn Phong (huyện Bạch Thông) hợp lưu tại thị xã Bắc Kạn. Trên địa phận tỉnh Bắc Kạn, sông

* ĐT.: 84-4-38585097

E-mail: duongtoan109@gmail.com

Cầu có chiều dài 103 km, chảy qua 44 xã, phường, thị trấn. Sông Cầu có ý nghĩa quan trọng đối với sản xuất và đời sống của nhân dân tỉnh Bắc Kạn. Đó là nguồn cung cấp nước chủ yếu cho tưới tiêu nông nghiệp, sản xuất công nghiệp, sinh hoạt, sản xuất thủy điện, là nơi cung cấp nước sạch cho các tỉnh hạ lưu. Tuy nhiên bờ sông Cầu chưa được đầu tư bảo vệ, còn chịu tác động nhiều bởi tác động dòng chảy, điều kiện địa chất thủy văn, nhiều đoạn bờ sông bị sạt lở vào mùa mưa (từ tháng 6- tháng 9). Vào mùa mưa, lũ dâng cao dòng chảy đạt tốc độ lớn, có khả năng cuốn trôi cả những tảng đá góc cạnh kích thước 20-30 cm làm kè bờ. Sạt lở bờ sông chủ yếu do sự đổi dòng của sông, tạo ra các khúc cong uốn khúc. Các đoạn bờ sạt lở mạnh chủ yếu cấu tạo bởi các trầm tích sông, chỉ có 2 đoạn sông cấu tạo bởi đất tàn tích. Sông Cầu có rất nhiều đoạn bờ bị sạt lở mạnh mẽ như bờ phải đoạn cầu Khuổi Cườm, cầu Sáu Hai, xã Cao Kỳ, bờ trái ở Khau Chủ, Cẩm Lặng, cuối xã Cao Kỳ, thôn Nà Bén, ... Bờ ở các đoạn này cấu tạo từ aluvi, thường bị sạt lở cực mạnh. Do dòng chảy rất mạnh, nhiều đoạn bờ cấu tạo bởi đất phong hóa bền vững hơn, nhưng vẫn bị sạt lở nghiêm trọng, phá hủy vách âm của đường giao thông. Trong mùa lũ, mực nước sông Cầu trong lũ có thể dâng cao hơn 6-8 m; dòng chảy đạt tốc độ lớn, có khả năng cuốn trôi cả những tảng đá góc cạnh kích thước 20-30 cm làm kè bờ. Bờ sạt lở mạnh thường được cấu tạo bởi các aluvi của sông Cầu, như cát mịn, cát pha, sét pha bờ rời, rất dễ bị sạt lở. Bờ sạt lở có dạng vách gần như dốc đứng, phần lớn cao 2-3 m, cá biệt có nơi cao tới 5-6 m, như ở Chợ Mới, Cao Kỳ. Sạt lở bờ sông chủ yếu do sự đổi dòng của sông, tạo ra các khúc cong uốn khúc.

Theo nghiên cứu của (D M Duc, 2010) [1] Trong tổng số 170 đoạn bờ cong đã tiến hành nghiên cứu, sông Cầu có 102 đoạn lộ đá góc, mức độ sạt lở không đáng kể, chỉ còn lại 59 đoạn có mức độ sạt lở mạnh thuộc sông Cầu, 9 đoạn còn lại thuộc sông Chu - một nhánh sông đổ vào sông Cầu. Các đoạn bờ sạt lở mạnh chủ yếu cấu tạo bởi các trầm tích sông, chỉ có 2 đoạn sông cấu tạo bởi đất tàn tích. Rất nhiều

đoạn sạt lở làm mất quỹ đất nông nghiệp, như ở Chợ Mới, Cao Kỳ, Sáu Hai, Khau Chủ, ... Sạt lở cũng đe dọa ổn định của cầu qua sông Cầu, đặc biệt là các cầu Sáu Hai và Khau Chủ. Nghiên cứu này cũng chỉ ra rằng vùng bị sạt lở mạnh có tốc độ sạt lở nhỏ hơn, từ 1 đến khoảng hơn 10 m/năm. Sạt lở bờ sông tác động nghiêm trọng đến đời sống nhân dân của dân cư, phát triển nông nghiệp và kinh tế. Đặc biệt đối với khu vực các miền núi, với diện tích canh tác hạn chế, mất đất đối với khu vực này kéo theo nhiều hệ lụy trong đời sống. Cho đến nay các đoạn bờ sông Cầu, Khu vực Bắc Kạn mới chỉ được đầu tư một số điểm thuộc thị xã Bắc Kạn, tình trạng sạt lở bờ sông và ảnh hưởng của sạt lở bờ sông đến canh tác và đời sống nhân dân vẫn tiếp tục tiếp diễn.

Sạt lở bờ sông Cầu khu vực Bắc Kạn và các lưu vực sông miền núi phía bắc hầu như chưa được nghiên cứu đáng kể, khu vực này mới chỉ thấy trong một số nghiên cứu sơ bộ về đặc điểm sạt lở bờ (P T Xuân, 2005 [2]; Đ M Đức, 2011[1]) và đặc điểm tính chất bờ sông (D.T. Toan & Đ M Đức, 2011)[3]. Các nghiên cứu này đều nhận định tính chất bờ sông chủ yếu được cấu tạo bởi các trầm tích sông gồm cát, cát pha và sét pha. Đây là các loại đất có kết cấu rất bờ rời, độ bền nhỏ, sức chịu tải quy ước (R_0) trung bình = 1,0 kg/cm², rất dễ bị sạt lở. Trong một số ít trường hợp, bờ sạt lở được cấu thành từ đất sườn-tàn tích là sét pha lẫn nhiều dăm sạn trạng thái cứng. Đây là loại đất ít ẩm, có độ rỗng trung bình đến tương đối cao (0,654 - 1,024, trung bình 0,860). Độ bền từ trung bình đến rất cao: $R_0 = 1,5-3,1$ kg/cm², Đất có tính nén lún trung bình. Hệ số nén lún biến đổi trong khoảng hẹp, từ 0,015 đến 0,031 cm²/kg. Đây là một số thông số của đất bờ sông Cầu khu vực thường xuyên bị sạt lở, các tính chất này cho thấy bờ sông được cấu tạo bởi trầm tích bờ rời độ gắn kết yếu, dễ mất tính liên kết và bị phá hủy khi nước lũ dâng cao và tác động của dòng chảy. Các tính chất bờ sông này đã tác động rất lớn đến hiện tượng sạt lở và phá hủy bờ sông. Tuy nhiên việc xem xét đánh giá tác động của tính chất bờ sông mới chỉ dừng lại ở việc xác định các đặc trưng của tính chất đất đá (D.T.

Toan & Đ M Đức, 2011), mà chưa có đánh giá cụ thể mức độ ảnh hưởng đến độ định bờ sông.

Mục đích của bài báo này nhằm nghiên cứu các tác động của tính chất đới bờ đến sự ổn định trong mùa mưa lũ với các tốc độ và mực nước dao động khác nhau. Phần mềm Geoslope được sử dụng để mô phỏng quá trình tác động của dòng thấm khi mực nước dao động, và tính ổn định bờ sông thông qua hệ số an toàn. Các thông số đầu vào được sử dụng trong bài toán này bao gồm (1) đặc điểm địa hình bờ sông khu vực nghiên cứu; (2) đặc điểm tính chất thủy văn như dao động mực nước; (3) tính chất địa kỹ thuật của các lớp đất đá đới bờ. Khu vực lựa chọn nghiên cứu là bờ sông Cầu, khu vực thị trấn Chợ Mới, xã Dương Quang và Yên Định.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Thí nghiệm tính chất cơ lý của đất

Tính chất đất bờ sông sử dụng trong bài toán đánh giá ổn định bờ sông bao gồm các tính chất vật lý như thành phần độ hạt, độ ẩm, dung trọng, các tính chất cơ học đất gồm tính thấm, sức chống cắt, và sức hút dính (tính chất không bão hòa) của đất. Các tính chất này được lần lượt được xác định trong phòng thí nghiệm theo các tiêu chuẩn ASTM D 422 (thành phần hạt) ASTM D 2216 (dung trọng), D 2937-00 (độ ẩm); JIS A: 1218 (sức chống cắt); JGS 0524: 2000 (tính thấm).

Sức hút dính của đất được xác định bằng phương pháp Tensionmeter tại phòng thí nghiệm Trường ĐH Kumamoto, Nhật Bản. (Phương pháp thí nghiệm đã được trình bày trong tài liệu [3])

2.2. Phân tích ổn định bờ sông khi mực nước sông dao động

Để phân tích tính ổn định bờ sông, chương trình phần mềm Geo-Slope (Geostudio 2007) được sử dụng. Trong điều kiện dao động mực nước lên xuống, quá trình phân tích bao gồm quá trình thấm từ sông vào phía trong bờ được mô phỏng bằng mô hình SEEP/W trong chương trình Geoslope, để phân tích sự thay đổi áp lực

nước lỗ rỗng và tính thấm của đất tương ứng với mực nước sông. Đối với bước tính thấm, có 2 dạng mô hình đó là mô hình bão hòa và không bão hòa, bài báo này sẽ lựa chọn mô hình đất không bão hòa để phản ánh thực tế quá trình thấm. Kết quả được đưa vào bài toán tính ổn định bờ sông thông qua hệ số an toàn trong mô hình SLOPE/W. Các tính chất của đất là đầu vào chương trình này bao gồm dung trọng và sức chống cắt của các lớp đất bờ sông [4-6]. Hình 1 thể hiện quy trình phân tích ổn định bờ trong bằng phần mềm Geo-slope.

2.3. Tính tốc độ xói lở

Để đánh giá hiện tượng xói lở bờ sông do dòng chảy trong mùa mưa lũ được thực hiện bằng phương pháp của Hickin và Nanson (1984)[7]. Phương pháp này được xây dựng trên cơ sở của phương trình cân bằng năng lượng, thể hiện bằng các công thức:

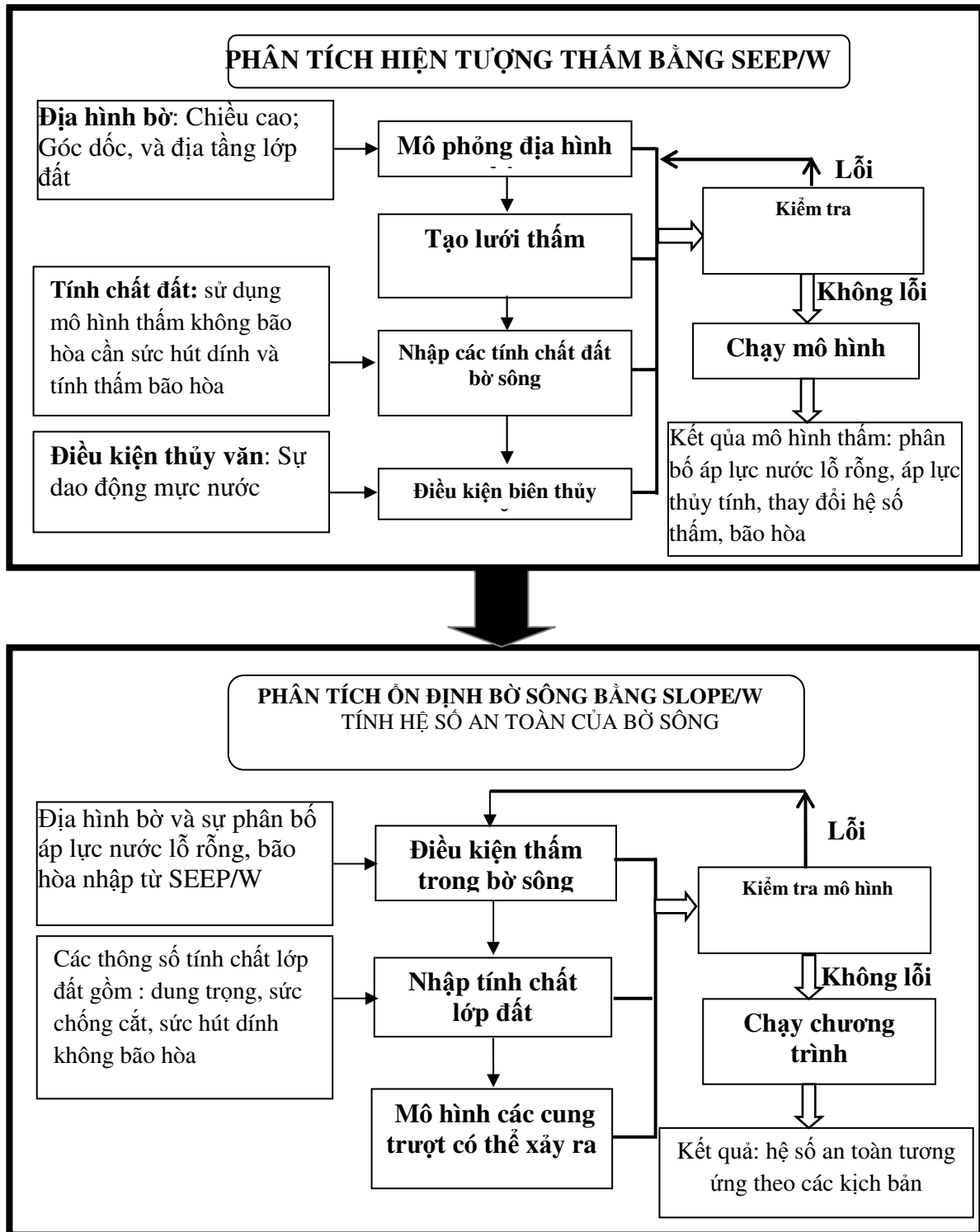
$$M\left(\frac{R}{B}\right) = \frac{2}{3}M\left(\frac{R}{B} - 1\right) \text{ trường hợp } R/B < 1$$

hoặc $R/B > 2.5$

$$M\left(\frac{R}{B}\right) = 2.5M\left(\frac{R}{B}\right)^{-1} \text{ trường hợp } 1 < R/B < 2.5.$$

$$M = \frac{\Omega}{hGB} \text{ và } \Omega = \rho g I Q$$

trong đó: $M(R/B)$ - tốc độ sạt lở bờ trong một năm, tính bằng m/năm; R - bán kính cong của đoạn sông bị sạt lở (m); B - chiều rộng trắc diện ngang của đoạn sông sạt lở ứng với lưu lượng tạo lòng (m); ρ - trọng lượng riêng của nước (kg/m^3); g - gia tốc trọng trường, bằng 9.82 m/s^2 ; I - độ dốc mặt nước theo chiều dọc; Q - lưu lượng dòng chảy tương ứng với lưu lượng tạo lòng (m^3/s); h - độ sâu trung bình tương ứng của mặt cắt (m); GB - thông số phản ánh mức độ kiên cố của bờ sông, GB phụ thuộc vào đường kính của hạt tạo bờ. Từ đường kính trung bình (d_{50}) và các tính chất cơ lý của đất cấu tạo bờ xác định được giá trị của GB theo bảng đã lập sẵn của Hickin và Nanson (1984), phục vụ việc tính toán dự báo sạt lở.



Hình 1. Các bước phân tích ổn định bờ sông sử dụng phần mềm Geoslope.

2.4. Tính tốc độ dòng chảy giới hạn gây xói

Hiện nay, xác định tốc độ xói lở của đất một cách trực tiếp bằng các thí nghiệm là rất khó ở điều kiện Việt Nam. Nghiên cứu này đề xuất sử dụng phương pháp gián tiếp để xác định tốc độ xói lở của đất, Briau JL. (2008) [8]. Đây là phương pháp dùng công thức kinh nghiệm, được nhóm nghiên cứu Briau JL. xây dựng dựa trên kết quả 15 năm thí nghiệm về tốc độ xói lở của đất tại phòng thí nghiệm của Trường Đại học Texas A & M, Mỹ. Trong đó, công thức đề xuất tính cho từng loại đất như sau

- Đất hạt rời, kết dính kém (cát, bụi)

$$V_c = 0.1 (D_{50})^{-0.2}$$

- Đất dính

$$V_c = 0.03/D_{50}$$

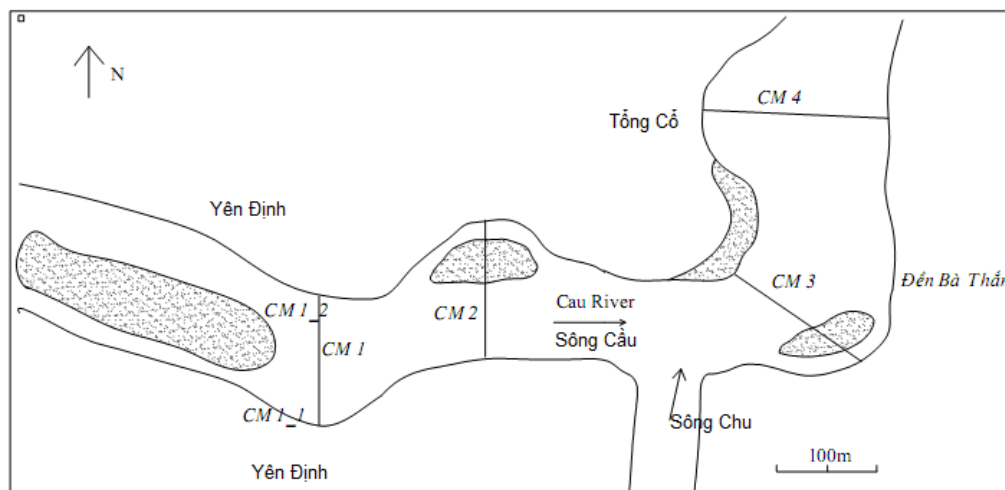
Với V_c là tốc độ giới hạn của dòng chảy có thể gây ra hiện tượng xói lở. Khi dòng chảy nhỏ hơn V_c thì hiện tượng xói không xảy ra. D_{50} là đường kính tại đó 50% hạt mịn lọt qua.

3. Khu vực nghiên cứu

Khu vực lựa chọn nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của tính chất đến ổn định bờ sông là bờ sông Cầu khu vực thị trấn Chợ Mới. Hiện nay trên địa bàn thị trấn có nhiều điểm sạt lở và

ngập úng gây ảnh hưởng đến cuộc sống của người dân.

Tại tổ 2, nhiều hộ dân nằm sát bờ sông Cầu mỗi khi nước lên cao xoáy sâu vào gần nhà gây sạt lở, có điểm nước xoáy sâu vào gần 7 m gây sạt lở đoạn dài hơn 40 m rất nguy hiểm. Ngoài ra còn đoạn cống chảy ra sông Chu hiện nay cũng bị sạt lở nhiều, vào gần sát nhà dân. Chính quyền cũng đã thống kê những điểm sạt lở và trình lên UBND huyện để xin kinh phí xây bờ kè chống sạt lở, nhưng đến nay vẫn chưa có kinh phí và những điểm sạt lở vẫn chưa được khắc phục, người dân vẫn phải đối mặt với hiện tượng sạt lở vào mùa mưa. Qua khảo sát thấy khu vực bờ sông đoạn xã Yên Định, Tổng Cổ là khúc sông quanh co, và là ngã ba hợp lưu với nhánh sông Chu, tại một đoạn sông ngắn xác định 4 đoạn cong bị xói lở mạnh như CM1-1, CM2, CM3, CM4 (Hình 2). Vào mùa khô (từ tháng 10 đến tháng 4 năm sau), mực nước cả hai sông đều thấp, dòng sông chảy hiền hòa. Nhưng đến mùa mưa (bắt đầu tháng 6 đến tháng 9), do được nhận thêm dòng của chi lưu sông Chu, mực nước dâng cao, lòng sông hẹp tạo động lực tác động xói mạnh bờ sông. Khảo sát khu vực sông tại đây, cả vị trí trước và sau khi gặp sông Chu, bờ sông Cầu đều đang bị xói.



Hình 2. Mặt cắt bờ sông khu vực nghiên cứu đoạn Chợ Mới, tỉnh Bắc Kạn.



Hình 3. Bờ sông khu vực thị xã Bắc Kạn.



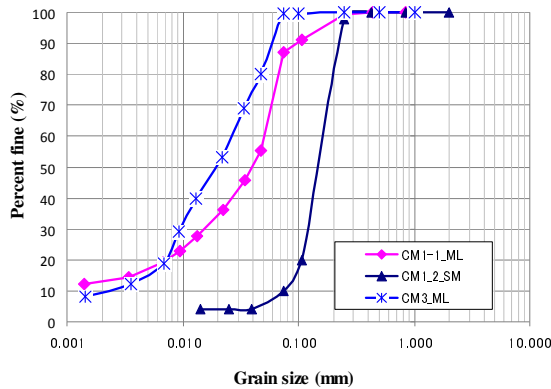
Hình 4. Bờ sông khu vực Yên Định, Chợ Mới.

Thành phần đất đá cấu tạo bờ khu vực này khá đồng nhất giống với bờ sông một số vị trí khác dọc lưu vực (Hình 3-bờ sông tại thị xã Bắc Kạn, và Hình 4 bờ sông tại thị trấn Chợ Mới). CM 3 (Hình 5), trong đó trên 70% đất lọt qua rây 0,074mm, chứa cát hạt mịn (khoảng 20% hạt cỡ rây 0.25-0.1mm). Loại đất thứ hai thường gặp có thành phần độ hạt tương đương CM1-2, là cát hạt mịn. Thành phần hạt là thông số quan trọng ảnh hưởng đến các tính chất khác của đất cũng như ảnh hưởng tới sự ổn định bờ sông. Hình 6 là biểu đồ sức hút dính của đất, đây là thông số đặc trưng cho sự thay đổi môi trường không bão hòa của đất.

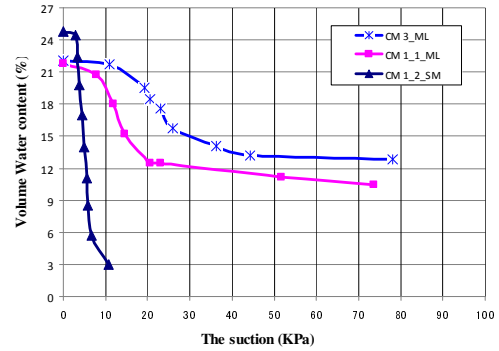
Sức hút dính liên quan chặt chẽ với độ bão hòa trong đất, đất có độ bão hòa và độ ẩm càng thấp, thì sức hút dính càng cao. Qua đó thấy bằng đất dễ bị mất liên kết khi bị ngập nước do mất sức hút dính. Đối với mẫu đất CM1-1 và CM3, có sức hút dính cao hơn hẳn mẫu đất CM1-2 là do ảnh hưởng của tỷ lệ các hàm lượng độ hạt trong đất. Cả hai loại đất khu vực nghiên cứu đều có tính dẻo rất thấp, rất khó xác định giới hạn dẻo của đất. Đất khu vực này có thể xếp loại đất ML - bụi sét pha chứa cát, tính dẻo thấp. Đây là các loại đất có kết cấu rất kém chặt, dễ bị trương nở và chảy nhão khi ngấm nước, Bảng 1 thông kê một số tính chất vật lý và cơ học của đất, các thông số này sẽ được đưa vào mô hình phân tích ổn định bờ sông khi mực nước dao động trong mùa mưa lũ.

Bảng 1. Một số tính chất của bờ sông khu vực Chợ Mới, Bắc Kạn

Tính chất	Giá trị trung bình				
	CM1-1	CM1-2	CM3		
Thành phần hạt	5 – 0.25	< 1	3	< 1	
	0.25 – 0.1	< 10	80	< 10	
	0.1 – 0.074	< 10	10	< 10	
	< 0.074	> 70	5-7	> 70	
Độ ẩm	W %	22.3	13.5	19.2	
Khối lượng riêng	ρ_s g/cm ³	2.65	2.7	2.65	
Dung trọng tự nhiên	γ_{tn} g/cm ³	1.60	1.65	1.62	
Dung trọng khô	γ_k g/cm ³	1.31	1.45	1.36	
Hệ số rỗng	e	1.026	0.857	0.950	
Giới hạn chảy	W _{LL} %	31.4	-	29.1	
Giới hạn dẻo	W _{PL} %	15.7	-	12.8	
Hệ số thấm	K _s cm/s	5.9E-05	5.9E-04	9.1E-05	
Sức chống cắt	tg Φ'	-	0.720	0.930	0.603
	c KPa	7.85	0.56	2.23	



Hình 5. Đường cong phân bố thành phần hạt.



Hình 6. Tính chất không bão hòa.

Bảng 2. Các thông số mặt cắt khảo sát tại khu vực nghiên cứu

Tính chất	Tại CM1-1; CM1-2; CM3
Chiều cao bờ sông, h (m)	5 m
Độ dốc (độ)	80 (m)
Các lớp đất	5-0m: đất bờ sông (CM1-1; CM1-2; CM3) Từ 0 m xuống dưới là cát
Lưu lượng dòng, Q (m ³ /s)	60.50
Độ dốc dòng chảy, I (m/s)	0.23
Tốc độ dao động mực nước dâng lên và hạ xuống	Tại 0.3m/ngđ; 0.5 m/ngđ; và 1m/ngđ
Mực nước thấp nhất (m)	0 m (tại chân bờ)
Mực nước cao nhất (m)	5 m (khi nước dâng lên)

Vị trí nghiên cứu và đưa vào phân tích dựa vào mô hình Geoslope là các vị trí bờ sông tương ứng với mẫu có các kết quả tính chất cơ lý trên tại CM1-1; CM1-2 và CM3. Đặc điểm điều kiện địa hình bờ sông và đặc điểm thủy văn được thể hiện trong bảng 2, các điều kiện này dùng chung để thấy sự ảnh hưởng các tính chất đất đến ổn định bờ sông. Bài toán đánh giá ổn định bờ sông được thực hiện với điều kiện dao động mực nước sông trong mùa mưa. Theo kết quả quan trắc tại trạm thủy văn Chợ Mới từ năm 2010-2015 [9][10], biên độ dao động mực nước cao nhất là 5m (từ mực nước thấp mùa khô tới mực nước cao nhất vào mùa mưa), và tốc độ dao động 0.1-1.3m/ngđ. Do đó bài

toán đánh giá ổn định trong bài báo này được sử dụng với điều kiện biên về thủy văn như trong bảng 2, với mực nước cao nhất là 5m, tại 3 tốc độ dao động tại 0.3m/ngđ; 0.5 m/ngđ; và 1m/ngđ.

Bảng 3. Tính chống cắt và hệ số an toàn của bờ sông tại các điểm nghiên cứu

Vị trí mẫu	ϕ' (độ) (góc ma sát trong)	c' (KPa) (lực dính)	Hệ số an toàn
CM 1-1	36	7.85	1.12
CM 1-2	43	0.56	1.24
CM 3	31	2.23	1.05

4. Kết quả phân tích ổn định bờ sông

4.1. Độ ổn định bờ sông vào mùa khô

Mô hình phân tích ổn định bờ sông được mô phỏng ở cùng một điều kiện địa hình, địa chất thủy văn với tính chất cơ lý của đất tại 3 vị trí khác nhau là CM 1-1, CM 1-2 và CM 3. Tại cả ba điểm ở điều kiện mực nước sông vào mùa cạn đều có hệ số an toàn lớn hơn 1, tuy nhiên lớn không đáng kể, cho thấy các vị trí này an toàn về mùa khô nhưng là những vị trí được cảnh báo có khả năng mất ổn định cao vì hệ số an toàn lớn hơn ngưỡng an toàn không đáng kể. Kết quả cũng cho thấy sự ảnh hưởng của sức chống cắt tới hệ số an toàn. Tại vị trí CM 3, có góc ma sát trong nhỏ nhất, có lực dính cao hơn tại CM1-2 nhưng không đáng kể do đó hệ số an toàn của CM 3 là thấp nhất, và có thể sạt lở bất cứ lúc nào khi có sự thay đổi nhỏ về cân bằng trong lực (Bảng 3).

4.2. Độ ổn định bờ sông vào mùa mưa

Hình 7 thể hiện sự thay đổi của hệ số an toàn khi mực nước sông dao động. Trong mô hình này bỏ qua sự tác động của dòng chảy làm vận chuyển và xói mòn vật liệu bờ sông. Kết quả cho thấy hệ số an toàn và sự dao động mực nước có sự tương quan thuận. Khi mực nước sông dâng lên thì hệ số an toàn của bờ sông tăng lên (Hình 7, trái), khi mực nước giảm hệ số an toàn của bờ sông giảm (Hình 7, phải). Nguyên nhân xảy ra hiện tượng này là do khi mực nước sông dâng lên, áp lực thủy tĩnh do cột nước sông lên làm việc như một tường chắn chống đỡ cho bờ sông không bị trượt lở, do đó hệ số an toàn tăng lên. Ngược lại khi mực nước sông hạ xuống, áp lực thủy tĩnh mất đi, bờ sông không được bảo vệ sẽ xảy ra hiện tượng mất cân bằng trọng lượng. Trong quá trình nước dâng lên, nước đã thấm vào trong bờ sông làm tăng khối lượng thể tích của khối đất bờ sông nên xảy ra hiện tượng mất cân bằng trọng lượng. Ngoài ra, hiện tượng thấm vào trong bờ sông làm độ bão hòa của đất tăng lên, sức hút dính của đất giảm đi, sức chống cắt giảm ảnh hưởng xấu đến ổn định bờ sông. Kết quả cho

thấy cả ba vị trí bị mất ổn định khi mực nước sông giảm xuống (Hình 7, phải) khi đó hệ số an toàn giảm xuống nhỏ hơn 1. Như vậy, bờ sông khu vực này sẽ xảy hiện tượng trượt lở trong quá trình nước hạ xuống.

Trên hình 7 cũng thể hiện sự biến đổi hệ số an toàn khi mực nước dao động với tốc độ khác nhau tại 0.3 m/ng; 0.5 m/ng; và 1m/ng, Bờ sông sẽ bị mất ổn định ở khi mực nước hạ xuống các mực nước tương ứng là 1.5m; 0.5m và 0m. Sự ảnh hưởng của tốc độ dao động của mực nước tới ổn định bờ sông có thể thấy trong Hình 8. Với tốc độ mực nước dao động nhanh hơn thì bờ sông sẽ bị mất ổn định sớm hơn. Nguyên nhân mất ổn định sớm khi mực nước hạ nhanh là do khi nước sông hạ nhanh, mực nước ngầm trong bờ sông chưa thoát ra kịp, trọng lượng thể tích cao, áp lực nước lỗ rỗng cao do đó sự mất cân bằng xảy ra sớm hơn. Còn đối với trường hợp mực nước sông hạ chậm hơn, có đủ thời gian có nước trong bờ sông thoát ra nên bờ sông xảy ra mất ổn định từ từ. Qua đó thấy rằng đối với các trận lũ có cường độ và tốc độ xảy ra nhanh, bờ sông sẽ nhanh chóng bị nguy hiểm và mất ổn định.

Kết quả phân tích trong bài báo này nên được kết hợp với việc tính toán sự xói lở của bờ sông theo phương pháp Hickins và Nanson như đã nêu trong bài báo (Đ M Đức, 2011), để hiểu rõ về quá trình, cơ chế sạt lở bờ sông. Các phương pháp này có thể được áp dụng đối với các lưu vực sông.

4.3. Đánh giá xói lở bờ sông

Phương pháp Hickin và Nanson (1984) được sử dụng để tính xói lở bờ sông do dòng chảy. Thông số đã đo đạc các thông số của 3 mặt cắt trắc diện sông (hình 2), thể hiện dưới bảng 4.

Dựa vào các dữ liệu địa hình, mặt cắt đoạn sông cong, tính chất cơ lý của đất bờ sông và sử dụng các mô hình thực nghiệm tính xói lở bờ sông để tính tốc độ xói lở bờ sông cho sông Cầu, tại Thị trấn Chợ Mới, Tỉnh Bắc Kạn, kết quả trình bày trong Bảng 5. Tốc độ dự báo xói hàng năm từ 5-10m. Trong đó vị trí MC2 bị xói mạnh nhất, 9.6m/ năm. Kết quả tính tốc độ xói

thay đổi tương ứng sự thay đổi thành phần hạt của đất bờ sông. MC2 có đường kính lọt rây 50% lớn hơn, bị xói mạnh hơn

Bảng 4. Các thông số mặt cắt khảo sát tại khu vực nghiên cứu

Mặt cắt	MC1	MC2	MC3
Địa điểm	Yên Đĩnh	Yên Đĩnh	Đền Bà Thấm
Bờ xói lở	Phải	Trái	Phải
Diện tích mặt cắt, S (m ²)	159.25	108.00	106.25
Chiều cao bờ sông, h (m)	4.55	3.00	2.50
Chiều rộng lòng sông, B (m)	70.00	72.00	85.00
Bán kính khúc cong, R (m)	94.32	87.50	215.69
Biên độ uốn khúc, A(m)	30.00	70.00	75.00
Lưu lượng dòng, Q (m ³ /s)	60.50	60.50	60.50
Độ dốc dòng chảy, I	0.0023	0.0023	0.0023
Đường kính độ hạt trung bình, D ₅₀	0.04	0.15	0.02

(Q và I theo [1]; các thông số còn lại đo trực tiếp ngoài hiện trường hoặc tính toán)

Bảng 5. Kết quả tính xói lở bờ sông của các đoạn sông đang bị xói

Mặt cắt	MC1	MC2	MC3
Địa điểm	Yên Đĩnh	Yên Đĩnh	Đền Bà Thấm
Bờ xói lở	Phải	Trái	Phải
Chiều cao bờ sông, h (m)	4.55	3.00	2.50
Chiều rộng lòng sông, B (m)	70.00	72.00	85.00
Bán kính khúc cong, R (m)	94.32	87.50	215.69
Đường kính độ hạt trung bình, D ₅₀	0.04	0.15	0.02
Tốc độ xói theo Hickin và Nanson (1984) (m/năm)	6.2	9.6	5.5

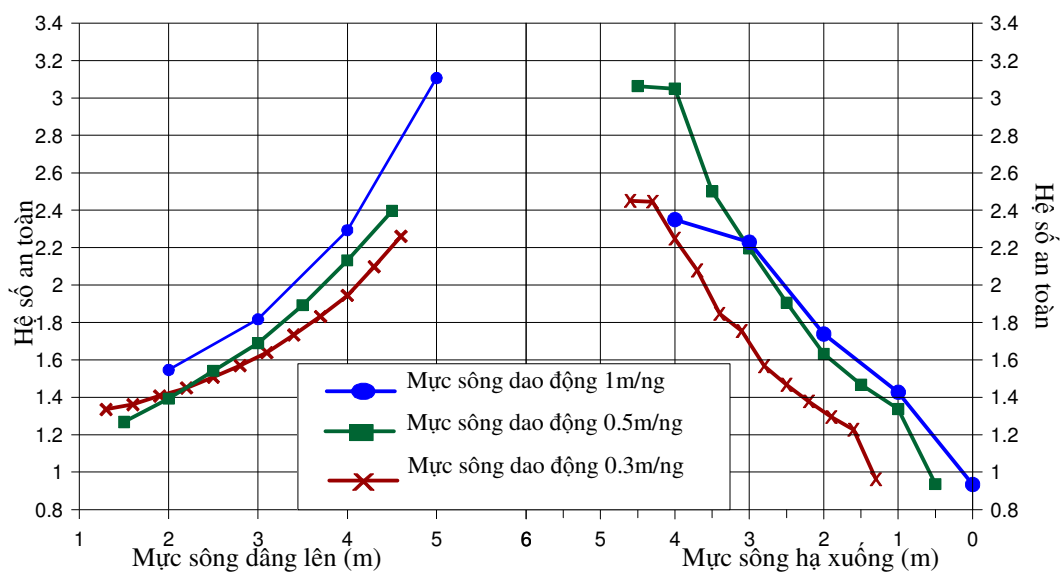
Bằng phương pháp Hickin và Nanson (1984) và dựa vào các đặc điểm bờ cong các khúc sông, thành phần độ hạt có thể xác định tốc độ xói lở bờ sông. Việc tính toán tốc độ xói lở nên gắn với các đặc điểm tính chất xói lở của đất, tuy nhiên chưa được tính đến trong phương pháp của Hickin và Nanson (1984). Hiện tượng xói lở và vận chuyển đất bờ sông do dòng chảy xảy ra khi dòng chảy có tốc độ lớn hơn vận tốc giới hạn gây xói lở của đất. Khi đó việc áp dụng phương pháp Hickin và Nanson (1984) mới hiệu quả.

Dựa vào công thức trên và đường cong độ hạt ta có thể xác định được tốc độ giới hạn cho các loại đất tương ứng ở các mặt cắt tại khu vực nghiên cứu như sau (Bảng 6):

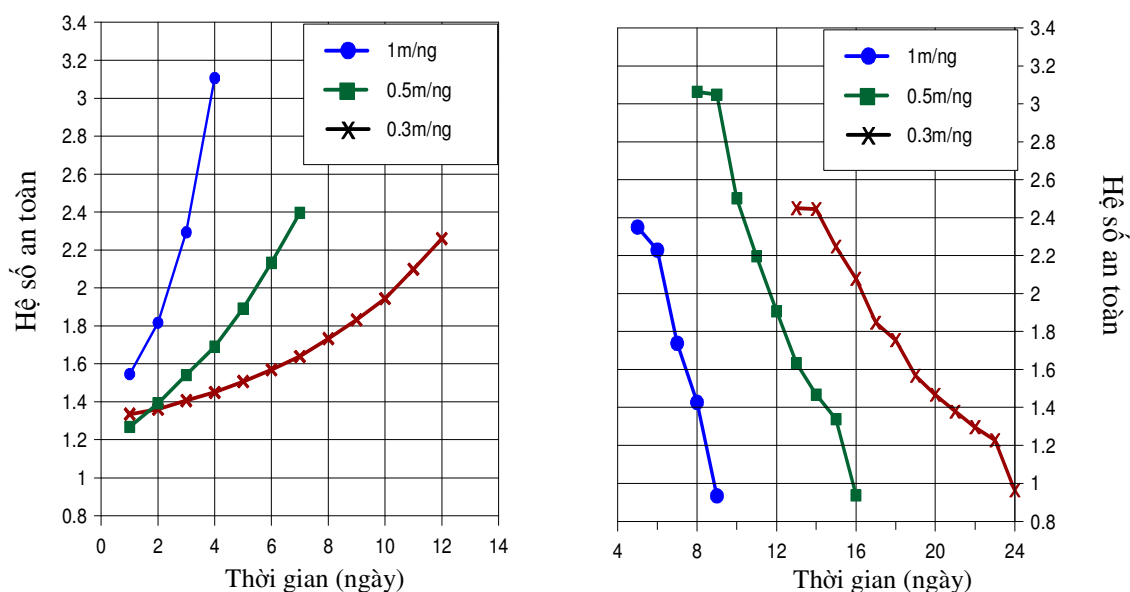
Bảng 6. Tốc độ dòng chảy giới hạn gây xói

Mặt cắt	MC1	MC2	MC3
Địa điểm	Yên Đĩnh	Yên Đĩnh	Đền Bà Thấm
Bờ xói lở	Phải	Trái	Phải
Đường kính độ hạt trung bình, D ₅₀	0.04	0.15	0.02
Tốc độ giới hạn của dòng chảy gây xói (m/s)	0.75	0.15	1.50

Như vậy, bờ sông tại các vị trí nghiên cứu sẽ bị xói khi tốc độ dòng chảy lớn hơn 0.75; 0.15; 1.5 m/s lần lượt đối với MC1, MC2 và MC3, khi đó ta có thể áp dụng Hickin và Nanson (1984) cho việc tính toán tốc độ xói lở của bờ sông. Theo kết quả quan trắc thủy văn dòng chảy nước sông Cầu có tốc độ 1-1.35m/s vào mùa lũ [9][10], thì khả năng MC 1 và MC 2 sẽ bị xói. MC2 là vị trí có đất hạt mịn hơn nên chưa bị xói mà sẽ mất ổn định theo kiểu trình bày trong mục 4.2. Ổn định của bờ sông biến thiên theo dao động mực nước.



Hình 7. Mối tương quan giữa hệ số an toàn với sự thay đổi mực nước.



Hình 8. Hệ số an toàn thay đổi theo thời gian khi mực dâng lên (trái), mực nước giảm (phải).

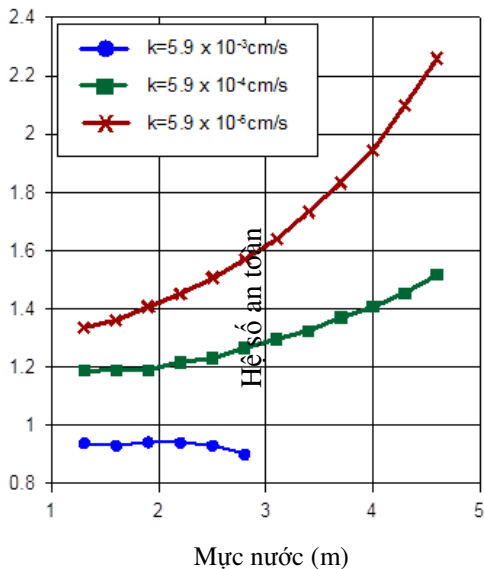
4.3. Sự ảnh hưởng của quá trình thấm và hệ số thấm đến ổn định bờ sông

Hình 9 thể hiện sự thay đổi của hệ số an toàn khi mực nước dâng lên với tính thấm của đất thay đổi $k = 5.9 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$; $5.9 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$; $5.9 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$. Đối với đất có hệ số thấm

$5.9 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$; và $5.9 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$, hệ số an toàn tỷ lệ thuận với mực nước sông lúc dâng lên, bờ sông được bảo vệ bởi áp lực cột nước như đã phân tích phía trên. Hiện tượng thấm từ sông vào trong bờ không tác động xấu đến ổn định bờ sông do hệ số thấm nhỏ, mực nước ngầm dâng lên không đáng kể khi nước sông dâng

lên. Đối với trường hợp đất có hệ số thấm hơn, $k = 5.9 \times 10^{-3}$ cm/s; hệ số thấm ảnh hưởng lớn đến ổn định bờ sông, xu hướng biến đổi của hệ số an toàn thay đổi. Khi đó hệ số an toàn giảm khi mực nước sông dâng lên. Trong trường hợp này, nước sông dâng lên, hệ số thấm của đất đủ lớn cho dòng thấm hoạt động, mực nước ngầm dâng lên. Hậu quả mực nước ngầm dâng lên làm tăng áp lực nước lỗ rỗng, đất bị bão hòa mất sức hút dính và giảm sức chống cắt, do đó hệ số an toàn không thể tăng và làm cho bờ sông bị mất ổn định (Hình 9).

Qua sự phân tích trên có thể cho thấy các cơ chế mất ổn định bờ sông và những tác động của tính chất đất đến sự ổn định bờ sông. Để bảo vệ bờ sông, có thể tham khảo một số giải pháp đã nêu trong các nghiên cứu trước đây, đó là giải pháp công trình và phi công trình. Trong điều kiện chi phí chưa cho phép đối với nước ta, các biện pháp bảo vệ an toàn, chi phí thấp như tăng sự mối liên kết giữa các thành phần bờ sông bằng các biện pháp trồng cây phòng hộ ven sông như trồng cỏ, tre... để giảm thiểu tai biến mà người dân địa phương có thể áp dụng ngay, chi phí thấp.



Hình 9. Hệ số an toàn thay đổi với hệ số thấm khác nhau.

5. Kết luận và kiến nghị

Tốc độ dòng chảy giới hạn gây xói đối với các mặt cắt nghiên cứu MC 1, MC 2, MC3 tại sông Cầu khu vực Chợ Mới, Bắc Kạn lần lượt là 0.75m/s; 0.15m/s và 1.5m/s. Tốc độ xói lớn tính cho ba mặt cắt này dựa vào đặc điểm khúc cong và thành phần hạt lần lượt là 6,2; 9,6 và 5,5m/năm.

Khi tốc độ dòng chảy không đủ lớn, bờ sông chủ yếu bị mất ổn định khi mực nước hạ xuống, mực nước hạ càng nhanh càng gây nguy hiểm cho bờ sông.

Tính ổn định bờ sông ảnh hưởng bởi các tính chất cơ học của đất, dao động mực nước và hiện tượng thấm trong đất. Đối với đất bờ sông có hệ số thấm nhỏ, hiện tượng thấm ít tác động đến ổn định bờ, bờ sông mất ổn định khi mực nước hạ. Đối với bờ sông có hệ số thấm cao, hiện tượng thấm tác động mạnh mẽ đến bờ sông và gây mất ổn định khi mực nước dâng cao.

Bài toán phân tích ổn định bờ sông nên kết hợp với bài toán tính xói lở bờ. Các kết quả của xói lở bờ nên được đưa vào mô hình tính toán ổn định bờ sông để có kết quả chính xác nhất.

Lời cảm ơn

Bài báo được hoàn thành với sự hỗ trợ của đề tài “Nghiên cứu xây dựng hệ thống cơ sở dữ liệu liên ngành phục vụ phát triển bền vững vùng Tây Bắc”, mã số KHCN-TB.01C/13- 18.

Tài liệu tham khảo

- [1] Do Minh Duc, 2010. Characteristics of the Cau river bank erosion in Bac Kan province. Vietnam Geotechnical Journal, 2010 (in Vietnamese).
- [2] Phạm Tích Xuân và nnk, 2005. Nghiên cứu đánh giá tai biến sạt lở bờ sông các tỉnh miền núi phía Bắc. Đề tài nhánh thuộc Đề tài độc lập cấp nhà nước “Nghiên cứu đánh giá tổng hợp các loại hình tai biến địa chất trên lãnh thổ Việt Nam và các giải pháp phòng chống”. Trung tâm Khoa học Tự nhiên và Công nghệ Quốc gia, Viện Địa chất.
- [3] D. T. Toan and D. M. Duc, 2011. Characteristics of unsaturated soils in the Cau river bank, Bac

- Kan province. VNU Journal of Science, Earth Sciences 27, No. 1S (2011)
- [4] M. Rinaldi, N. Casagli, S. Dapporto, and A. Gargini, 2004. Monitoring and Modelling of Pore Water Pressure Changes and Riverbank Stability During Flow Events. Earth Surf. Process. Landforms 29, 237–254 (2004). Published online in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com). DOI: 10.1002/esp.1042
- [5] GEO-SLOPE International Ltd., Seepage modeling with SEEP/W 2007. Web: <http://www.geo-slope.com>
- [6] GEO-SLOPE International Ltd., Stability modeling with SLOPE/W 2007 Version. Web: <http://www.geo-slope.com>
- [7] Hickin, E. J., and Nanson, G. C., 1984, Lateral migration rates of river bends: Journal of Hydraulic Engineering, American Society of Civil Engineers, 110 (11) 1557-1567.
- [8] Briaud JL. Case histories in soil and rock erosion: Woodrow Wilson Bridge, Brazos River Meander, Normandy Cliffs, and New Orleans Levees. J. Geotech. Geoinviron. Eng., ASCE 2008;134(10):1424 - 1447.
- [9] Tổng cục trưởng Tổng cục Môi trường. Chương trình quan trắc tổng thể môi trường nước lưu vực sông cầu giai đoạn 2010 – 2015
- [10] Nguyễn Phương Nhung. Tính toán cân bằng nước hệ thống lưu vực sông cầu bằng mô hình mike basin. Luận văn Thạc sĩ 2011, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên.

Analysis the Effects of Soil Properties on Cau River Bank Stability, Bac Kan Province in Rainy Season

Duong Thi Toan

VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Hanoi, Vietnam

Abstract: This paper focuses on analyzing the effects of soil properties and the river water river fluctuation in rainy season to the Cau river bank, in Cho Moi district, Bac Kan province. The models of SEEP/W and SLOPE/W (belong GEOSLOPE program) were used to analyz and, simulate the effects of river water changes. The soil properties used in analyses include soil suction, shear strength, and hydraulic conductivity. The method named Hickin & Nanson (1984), and Briaud JL (2008) were also applied to estimate soil erosion velocity based on grain size distribution and riverbank geometry. The results show that if the river water flow is less than soil critical erosion velocity, the riverbank will be broken as river water level drawdown, and the higher rate of water level drawdown the quickly riverbank failure. With riverbank soil has small hydraulic conductivity, the riverbank is less affected by seepage failure, and riverbank is failed as river water level drawdown. With riverbank soil has high hydraulic conductivity, the riverbank is greatly affected by seepage failure, and riverbank is failed by high river water level. When the river water flow is higher than soil critical erosion velocity, riverbank is failed by water erosion in toe of bank. By applying Hickin & Nanson (1984), the rate of riverbank erosion at sections of MC1, MC2, MC3 in the Cau river, Cho Moi district are 6,2; 9,6 và 5,5m, respectively.

Keywords: Riverbank erosion and failure, soil properties, river water level change, Geoslope program.