

# Xác định hệ số tổn thất thủy lực tại hố ga của tuyến cống thoát nước mưa

Nguyễn Thành Mậu<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Khoa KTHT&MT Đô Thị, Đại học Kiến trúc Hà Nội

**TỪ KHOÁ**

Tổn thất năng lượng  
Hệ số tổn thất  
Hố ga  
Mạng lưới thoát nước mưa

**TÓM TẮT**

Mục tiêu của tính toán thủy lực mạng lưới thoát nước mưa là để xác định được các thông số kỹ thuật như đường kính, độ dốc, vận tốc... cho các đoạn cống và các công trình liên quan với yêu cầu đạt hiệu quả cao nhất về kinh tế, kỹ thuật và quản lý vận hành toàn hệ thống. Để đạt được mục tiêu này, người thiết kế, trước hết phải lập và mô phỏng được sát thực nhất những diễn biến thủy lực trên mô hình giống như diễn biến của nó ngoài thực địa, sau đó tiến hành phân tích, đánh giá và điều chỉnh để xác định được một mạng lưới tối ưu nhất, đồng thời xây dựng những kịch bản sẽ xảy ra trong tương lai nhằm kiểm soát, hạn chế rủi ro. Một trong những yếu tố để đảm bảo cho công tác tính toán, mô phỏng thủy lực mạng lưới đạt yêu cầu là phải xác định được đúng, đủ các loại tổn thất năng lượng dòng chảy. Hiện nay trong tính toán thủy lực mạng lưới thoát nước mưa đô thị ở Việt Nam, người thiết kế hoặc cho rằng tổn thất cục bộ tại ga chiếm tỷ lệ nhỏ so với tổn thất ma sát dọc tuyến nên bỏ qua hoặc là lấy hệ số tổn thất gần đúng theo những điều kiện giả định mà chưa có những cơ sở khoa học rõ ràng để xác định thành phần này và tất nhiên là kết quả tính toán, mô phỏng cũng chưa đạt được độ tin cậy cao. Bài báo này đề xuất cơ sở xác định hệ số tổn thất cục bộ tại các hố ga để áp dụng trong tính toán, mô phỏng mạng lưới thoát nước mưa.

**KEYWORDS**

Energy loss  
Loss factor  
Manhole  
Rainwater drainage network

**ABSTRACT**

The objective of hydraulic calculation of rainwater drainage network is to determine technical parameters such as diameter, slope, velocity... for culvert sections and related works with required efficiency. highest level in economics, engineering and operation management of the whole system. To achieve this goal, the designer, first of all, must make and simulate as closely as possible the hydraulic behavior on the model like its happening in the field, then analyze, evaluate and adjust to determine the most optimal network, and at the same time build scenarios that will happen in the future to control and limit risks. One of the factors to ensure satisfactory calculation and simulation of network hydraulics is to correctly and fully identify all types of flow energy losses. Currently, in the hydraulic calculation of urban stormwater drainage network in Vietnam, the designer either thinks that the local loss at the station accounts for a small percentage compared to the friction loss along the route, so either it is ignored or the coefficient is taken. Approximate loss under assumed conditions without clear scientific basis to determine this component and of course the calculation and simulation results have not achieved high reliability. This paper proposes a basis for determining the local loss coefficient at manholes to apply in the calculation and simulation of the rainwater drainage network.

**1. Mở đầu**

Mục tiêu của tính toán thủy lực mạng lưới thoát nước mưa là để xác định được các thông số kỹ thuật như đường kính, độ dốc, vận tốc... cho các đoạn cống và các công trình liên quan với yêu cầu đạt hiệu quả cao nhất về kinh tế, kỹ thuật và quản lý vận hành toàn hệ thống. Để đạt được mục tiêu này, người thiết kế, trước hết phải lập và mô phỏng được sát thực nhất những diễn biến thủy lực trên mô hình giống như diễn biến của nó ngoài thực địa, sau đó tiến hành phân tích, đánh giá và điều chỉnh để xác định được một mạng lưới tối ưu nhất, đồng thời xây dựng những kịch bản sẽ xảy ra trong tương lai nhằm kiểm soát, hạn chế rủi ro.

Một trong những yếu tố để đảm bảo cho công tác tính toán, mô phỏng thủy lực mạng lưới đạt yêu cầu là phải xác định được đúng, đủ các loại tổn thất năng lượng dòng chảy. Hiện nay trong tính toán thủy lực mạng lưới thoát nước mưa đô thị ở Việt Nam, người thiết kế hoặc cho rằng tổn thất cục bộ tại ga chiếm tỷ lệ nhỏ so với tổn thất ma sát dọc tuyến nên bỏ qua hoặc là lấy hệ số tổn thất gần đúng theo những điều kiện giả định mà chưa có những cơ sở khoa học rõ ràng để xác định thành phần này và tất nhiên là kết quả tính toán, mô phỏng cũng chưa đạt được độ tin cậy cao. Bài báo này đề xuất cơ sở xác định hệ số tổn thất cục bộ tại các hố ga để áp dụng trong tính toán, mô phỏng mạng lưới thoát nước mưa.

\*Liên hệ tác giả: tmnguyen2008@gmail.com

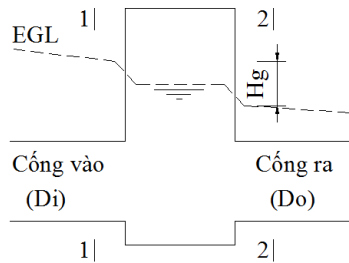
Nhận ngày 15/01/2022, sửa xong ngày 25/01/2022, chấp nhận đăng 26/05/2022

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.04.2022.371>

## 2. Cơ sở nghiên cứu hệ số tổn thất cục bộ tại hố ga của cống thoát nước mưa

Tổn thất năng lượng dòng xảy ra tại hố ga về mặt bản chất là do dòng chảy từ trong cống vào ga bị mở rộng, tiếp theo là do sự co hẹp dòng chảy từ trong ga vào cống ra, ngoài ra còn do sự xung đột tác động lẫn nhau giữa các dòng chảy vào, ra trong nội bộ ga.

Để nghiên cứu, chúng ta xem xét tổn thất năng lượng dòng chảy xảy ra tại một hố ga thoát nước trong trường hợp chảy có áp được thể hiện như Hình 1 sau đây:



Hình 1. Mô tả tổn thất năng lượng dòng chảy xảy ra tại ga cống thoát nước.

Theo Hình 1, EGL là đường năng lượng toàn phần của dòng chảy qua ga, trùng với mực nước trong ga;  $H_g$  là tổng tổn thất thủy lực của dòng chảy qua ga, chủ yếu là xảy ra tại cửa cống thượng lưu (Cống vào) và cửa cống hạ lưu (Cống ra) của ga.

Cơ sở xác định tổn thất cục bộ  $H_g$  là:

$$H_g = \zeta_g \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (1)$$

Trong đó:

- $\zeta_g$ : là hệ số tổn thất cục bộ xảy ra tại ga cống, phụ thuộc rất nhiều yếu tố như: kích thước cống, ga, vận tốc dòng chảy, góc chuyển hướng, mực nước giữa cống thượng lưu và cống hạ lưu...;
- $v$ : là vận tốc dòng chảy trong cống hạ lưu tại mặt cắt ngay sau khi ra tổn thất (Mặt cắt 2-2 theo Hình 1).

Từ công thức (1) chúng ta thấy rằng mấu chốt cần nghiên cứu chính hệ số tổn thất cục bộ  $\zeta_g$  theo các điều kiện biên tương ứng với những trường hợp xảy ra trên mạng lưới.

## 3. Xác định hệ số tổn thất cục bộ tại hố ga của cống thoát nước

Để xác hệ số tổn thất cục bộ tại ga  $\zeta_g$ , tác giả đề xuất sử dụng kết quả nghiên cứu của Cơ quan quản lý đường cao tốc liên bang (FHWA), Mỹ. Phương pháp luận của nghiên cứu này là xây dựng một công thức chung áp dụng được cho tất cả các trường hợp cơ bản xảy ra bằng cách sử dụng một hệ số tổn thất ban đầu  $\zeta_0$  nhân với các hệ số hiệu chỉnh  $C_i$  tương ứng cho các điều kiện biên ảnh hưởng. Tức là:

$$\zeta_g = \zeta_0 \cdot C_D \cdot C_d \cdot C_q \cdot C_p \cdot C_B \quad (2)$$

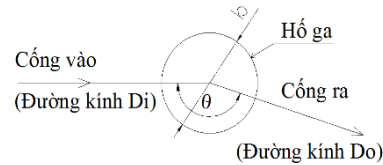
Trong đó:

+  $\zeta_0$ : là hệ số tổn thất ban đầu:

$$\zeta_0 = 0,1 \cdot \frac{b}{D_0} \cdot (1 - \sin \theta) + 1,4 \cdot \left(\frac{b}{D_0}\right)^{0,15} \cdot \sin \theta \quad (3)$$

Với:

- $b$ : là đường kính tiết diện ngang của hố ga (Xem tiết diện hố ga là tròn), (m);
- $D_0$ : là đường kính cống ra, (m);
- $\theta$ : là góc hợp bởi hướng cống vào và cống ra tại ga (Xem sơ đồ 2).



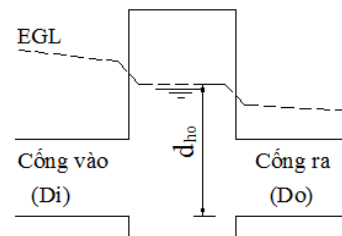
Hình 2. Mô tả quan hệ giữa hướng cống vào và cống ra tại ga.

+  $C_D$ : là hệ số hiệu chỉnh đường kính cống (Chỉ áp dụng cho dòng chảy có áp):

$$C_D = \left(\frac{D_0}{D_i}\right)^3 \quad (4)$$

Với:

- $D_0$ : là đường kính cống ra, (m);
- $D_i$ : là đường kính cống vào, (m).  $C_D$  được tính bằng công thức (4) khi tỷ lệ độ sâu mực nước trong ga với đường kính cống ra, ( $d_{ho}/D_0$ ) lớn hơn 3,2 (Xem Hình 3). Còn không thì  $C_D$  được lấy bằng 1.



Hình 3. Mô tả độ sâu mực nước trong ga ( $d_{ho}$ ).

+  $C_d$ : Hệ số hiệu chỉnh về độ sâu dòng chảy:

$$C_d = 0,5 \cdot \left(\frac{d_{ho}}{D_0}\right)^{0,6} \quad (5)$$

Với:

- $d_{ho}$ : là độ sâu mực nước trong ga, (m);
- $D_0$ : là đường kính cống ra, (m).  $C_d$  chỉ có ý nghĩa trong các trường hợp dòng chảy vào ga dạng tự do hoặc áp suất thấp ở mức  $d_{ho}/D_0$  nhỏ hơn 3,2. Trong trường hợp tỷ lệ này lớn hơn 3,2 thì  $C_d$  được lấy bằng 1.

+  $C_Q$ : Hệ số hiệu chỉnh tương đối giữa dòng chảy trong cống đến đang xét tổn thất và cống ra, được xác định bằng công thức:

$$C_Q = (1 - 2 \sin \theta) \cdot \left(1 - \frac{Q_i}{Q_0}\right)^{0,75} + 1 \quad (6)$$

Với:

- $\theta$ : là góc hợp bởi hướng cống vào đang xét thứ  $i$  và hướng cống ra tại ga;
- $Q_i$ : là lưu lượng của cống vào đang xét thứ  $i$ , ( $m^3/s$ );
- $Q_0$ : là lưu lượng của cống ra, ( $m^3/s$ ).

Qua công thức (6) thấy rằng trường hợp tại ga chỉ có một cống đến và một cống đi thì  $Q_i = Q_0$  thì hệ số  $C_Q = 1$ . Ngoài ra trường hợp

góc  $\theta = 180^\circ$ , tức là cống đang xét thứ  $i$  và cống ra thẳng nhau thì hệ số  $C_Q = 1$ .

+  $C_p$ : là hệ số hiệu chỉnh do tác động của dòng chảy trong cống nhánh đến dòng chảy trong cống chính, được xác định bằng công thức:

$$C_p = 1 + 0,2 \cdot \left(\frac{h}{D_0}\right) \cdot \left(\frac{1-d_{ho}}{D_0}\right) \quad (7)$$

Với:

-  $h$ : khoảng cách theo phương thẳng đứng tính từ cao độ mực nước trong cống nhánh đến tâm của cống ra, (m);

-  $d_{ho}$ : là độ sâu mực nước trong ga, (m);

-  $D_0$ : là đường kính cống ra, (m);

Hệ số hiệu chỉnh chỉ áp dụng khi  $h > d_{ho}$ . Nếu không, giá trị của  $C_p$  bằng 1,0.

+  $C_B$ : Hệ số hiệu chỉnh phụ thuộc vào lòng dẫn trong ga.

**Bảng 1.** Hệ số hiệu chỉnh

Kiểu lòng dẫn	Hệ số hiệu chỉnh	
	Chảy có áp	Chảy không áp
Đáy ga phẳng hoặc có phần lõm chứa cạn	1,00	1,00
Lòng dẫn trong ga bằng $\frac{1}{2}$ đường kính	0,95	0,15
Lòng dẫn trong ga bằng đường kính	0,75	0,07

*Ghi chú: Chảy có áp khi:  $d_{ho}/D_0 \geq 3,2$ ; Chảy không áp khi  $d_{ho}/D_0 \leq 1$*

*Lưu ý:* Để áp dụng được các công thức (4), (5), (7) độ sâu mực nước trong hố ga  $d_{ho}$  ban đầu được lấy gần đúng bằng khoảng cách theo phương thẳng đứng tính từ đường EGL tại mặt cắt 1-1 (Theo sơ đồ 1) của cống vào đến đáy cống ra, sau đó tính lặp theo phương pháp gần đúng dần để xác định được giá trị đúng.

Ngoài ra, ở bước thiết kế sơ bộ có thể lấy hệ số  $\zeta_g$  theo các kết quả thực nghiệm như sau:

**Bảng 2.** Hệ số tổn thất theo thực nghiệm

Cấu trúc tại hố ga	Hệ số tổn thất $\zeta_g$
Cống vào thẳng góc với cống ra	0,50
Cống vào hợp với cống ra 1 góc	
90 <sup>o</sup>	1,50
150 <sup>o</sup>	1,25
135 <sup>o</sup>	1,10
112,5 <sup>o</sup>	0,70

#### 4. Kết quả và thảo luận

Số lượng ga trong một tuyến thoát nước mưa từ đầu tuyến đến cửa xả thường khá nhiều nên tổng tổn thất năng lượng dòng chảy cục bộ tại các hố ga sẽ chiếm một tỷ lệ đáng kể so với tổn thất do ma sát, ảnh hưởng đến khả năng tiêu thoát, nhất là trong điều kiện mực nước tại cửa xả dâng cao. Điều này, nếu bị bỏ qua hoặc thực hiện theo những số liệu sơ bộ sẽ làm sai lệch kết quả tính toán, mô phỏng và cuối cùng là ảnh hưởng đến hiệu quả về kinh tế, kỹ thuật và quản lý vận hành hệ thống nên cần phải được tính toán đầy đủ, có cơ sở khoa học.

Sử dụng các công thức từ (1) đến (7) đề xuất trên đây làm cơ sở tính toán tổn thất thủy lực cục bộ tại ga trong mạng lưới thoát nước mưa, đồng thời tiếp tục nghiên cứu phát triển để có thể hoàn thiện và giải quyết được nhiều điều kiện biên hơn.

#### Tài liệu tham khảo

- [1]. Hoàng Văn Huệ. Thoát nước, Tập 1 Mạng lưới thoát nước. NXB Khoa học và kỹ thuật. Hà Nội, 2002.
- [2]. Dương Thanh Lượng. Giáo trình Mô phỏng mạng lưới thoát nước bằng SWMM.
- [3]. Phạm Ngọc Sáu. Thiết kế mạng lưới thoát nước đô thị. NXB Xây dựng.
- [4]. Nguyễn Tài. Thủy Lực Đại Cương, NXB Xây Dựng, Hà Nội, 1999.
- [5]. TCVN 7957:2008. Thoát nước - Mạng lưới và công trình bên ngoài - Tiêu chuẩn thiết kế.
- [6]. S.A. Brown, S.M. Stein, J.C. Warner. Urban Drainage Design Manual Hydraulic Engineering Circular 22, Second Edition.
- [7]. S.A. Brown, J.D. Schall, J.L. Morris, C.L. Doherty, S.M. Stein, J.C. Warner. Urban Drainage Design Manual Hydraulic Engineering Circular 22, Third Edition.
- [8]. "Theory, Application, and Sizing of Air Valves", 1997. Val-Matic Valve & Mfg. Corp. Zumdahl, Steven S. Chemistry, third edition.
- [9]. H.Reissig: Laboratorium sunterchungen zur unterirdischen Enteisung von Grundwassern Acta hydrochim et hydrobiol. 10 (1982). 5, 487-496.
- [10]. H.Reissig, A. Enteisungsalagen Teil 2: Kinetik der initialen Sauerstoffzhrung im Bodennaterial eines reduzierten Grundwasserleister Acta hydrochim et hydrobiol 13 (1985) 4,461- 468.
- [11]. P. Boochs, G. Barovic: Numerical model describing groundwater treatment by recharge of oxygenated water, water resources research 1981, vol 17. N1.
- [12]. American Water Work Ass.n (1976), Water Distribution operator training Handbook Copyright, pp.25-58.
- [13]. James B. (Burt) Rishel, P.E (2002), Water pumps and pumping Systems, pp.1- 8.
- [14]. Japan water works Association (1969), Design criterion of water works facilities.