

Tính toán nội lực trong bê tông do dự ứng lực

Như đã giới thiệu trong chương 1, dự ứng lực tạo ra một trạng thái ứng suất tự cân bằng trong kết cấu với ứng suất nén trong bê tông và ứng suất kéo trong cốt dự ứng lực. Do đó, trong các kết cấu tĩnh định, dự ứng lực không gây ra nội lực. Tuy vậy, để phục vụ cho việc kiểm soát ứng suất trong bê tông trong quá trình thiết kế, người ta vẫn phải tính toán tác động của dự ứng lực lên bê tông ở dạng nội lực hoặc ứng suất. Việc tính toán các đại lượng này có thể được thực hiện theo nhiều phương pháp khác nhau, như phương pháp coi “dự ứng lực là ngoại lực”, phương pháp “tương thích biến dạng”, v.v.

Trong phương pháp coi “dự ứng lực là ngoại lực”, tác động của dự ứng lực lên bê tông được mô tả ở dạng ngoại lực và ứng xử của bê tông dưới tác động của ngoại lực này thường được tính toán trên cơ sở của giả thiết về sự làm việc đàn hồi của vật liệu. Bằng việc làm cân bằng hiệu ứng của dự ứng lực với toàn bộ hay một phần hiệu ứng các tác động bên ngoài, người ta sẽ có được cách bố trí dự ứng lực mong muốn. Vì lý do đó, phương pháp này còn được gọi là phương pháp “cân bằng lực” (“load balancing”).

Phương pháp “tương thích biến dạng” xem xét vai trò của dự ứng lực thông qua biến dạng dự trữ ban đầu trong bê tông và, do đó, phù hợp với các phương pháp tính toán và thiết kế hiện nay là dựa trên biến dạng của vật liệu và không cần phải chấp nhận giả thiết về sự làm việc đàn hồi của vật liệu. Hơn nữa, cũng do dựa trên biến dạng của vật liệu, phương pháp này cho phép áp dụng các nguyên tắc tính toán như nhau cho cả kết cấu bê tông cốt thép thường cũng như bê tông dự ứng lực.

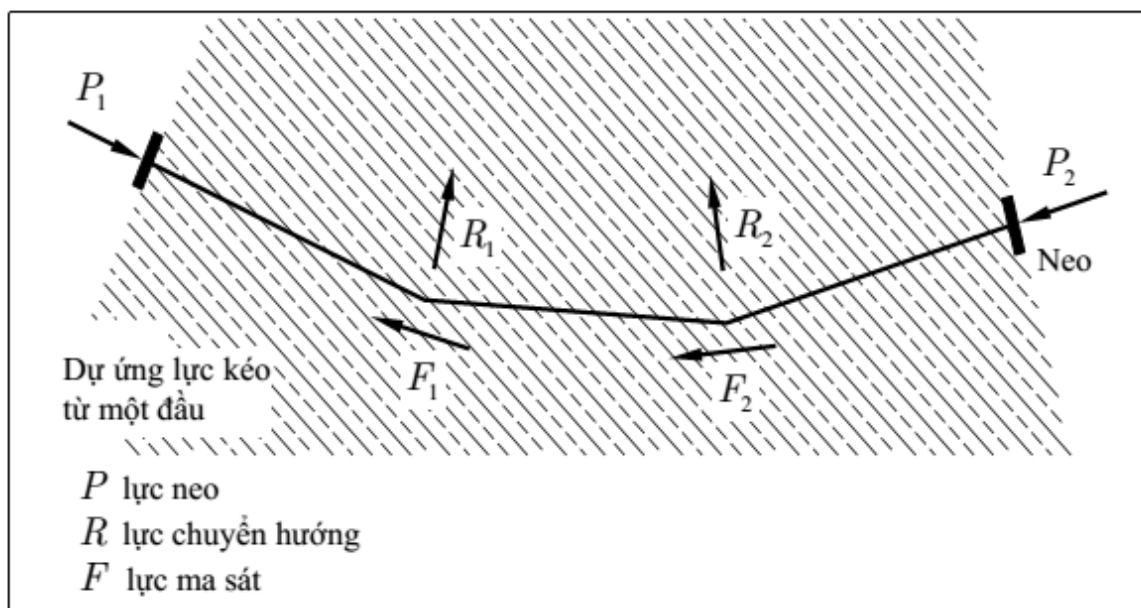
Chương này giới thiệu cách áp dụng phương pháp coi “dự ứng lực là ngoại lực” để tính toán nội lực trong bê tông của các cấu kiện bê tông dự ứng lực. Chương 6 trình bày cách áp dụng phương pháp “tương thích biến dạng” để tính toán ứng xử chịu lực và chương 7 sẽ giới thiệu cách áp dụng các phương pháp này để thiết kế các cấu kiện bê tông dự ứng lực.

Tác động của dự ứng lực lên bê tông

Sau khi được kéo căng và neo vào bê tông cốt dự ứng lực sẽ tác động lực nén lên bê tông tại các vị trí neo, chúng được gọi là lực neo. Ngoài ra, tại các điểm chuyển hướng (điểm uốn), cốt dự ứng lực cũng sinh ra các lực ép lên bê tông theo phương vuông góc với cốt dự ứng lực tại các điểm đó. Các lực này được gọi là lực chuyển hướng. Nếu cốt dự ứng lực và bê tông có chuyển vị tương đối với nhau thì tại các điểm chuyển hướng này còn phát sinh lực ma sát (Hình 5.1). Như vậy, dự ứng lực tác động lên bê tông thông qua các lực neo, lực chuyển hướng và lực ma sát. Đối với các kết cấu bê tông dự ứng lực căng trước, thay cho lực neo là lực

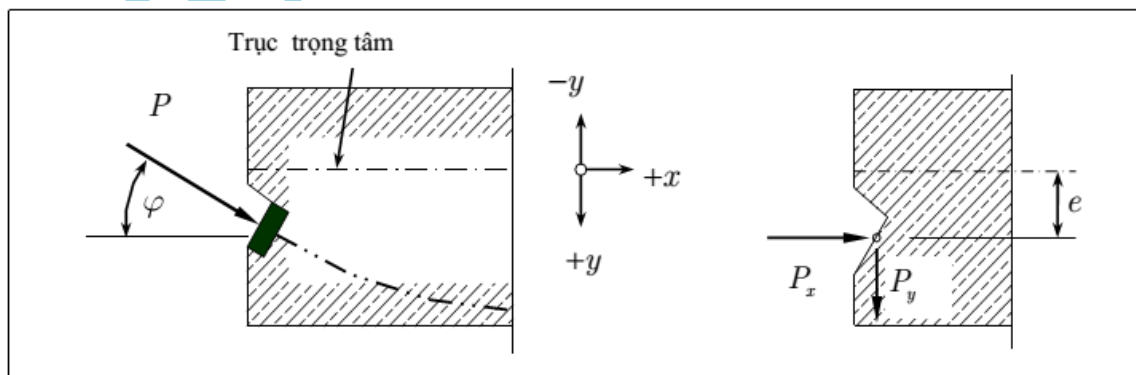
dính bám giữa bê tông và cốt dự ứng lực.

Lực ma sát tác động lên cốt dự ứng lực ngược với chiều kéo của nó và tác động lên bê tông theo chiều ngược lại. Người ta thường chỉ quan tâm đến lực ma sát khi tính toán lực căng trong cốt dự ứng lực trong quá trình tạo dự ứng lực mà bỏ qua chúng khi tính toán lực



Hình 5.1 Dự ứng lực, lực chuyển hướng và lực ma sát cũng như tác động của chúng lên bê tông

Lực neo P có phương trùng với phương của cốt dự ứng lực tại neo. Đối với bê tông, lực này là lực nén còn với cốt dự ứng lực, nó là lực kéo. Để tính toán nội lực trong dầm, tại mặt cắt neo cũng như ở các mặt cắt bất kỳ, người ta thường phân tích lực P thành các thành phần ứng với lực cắt, lực dọc và mô men uốn (Hình 5.2):



Hình 5.2 Các thành phần lực tại vị trí neo

$P_x = P \cos \varphi$ là thành phần tác dụng theo phương lực dọc N ,
 $P_y = P \sin \varphi$ là thành phần tác dụng theo phương lực cắt Q ,
 $M = P \cos \varphi x e$ là mô men uốn đối với trục trọng tâm của mặt cắt đi qua neo.

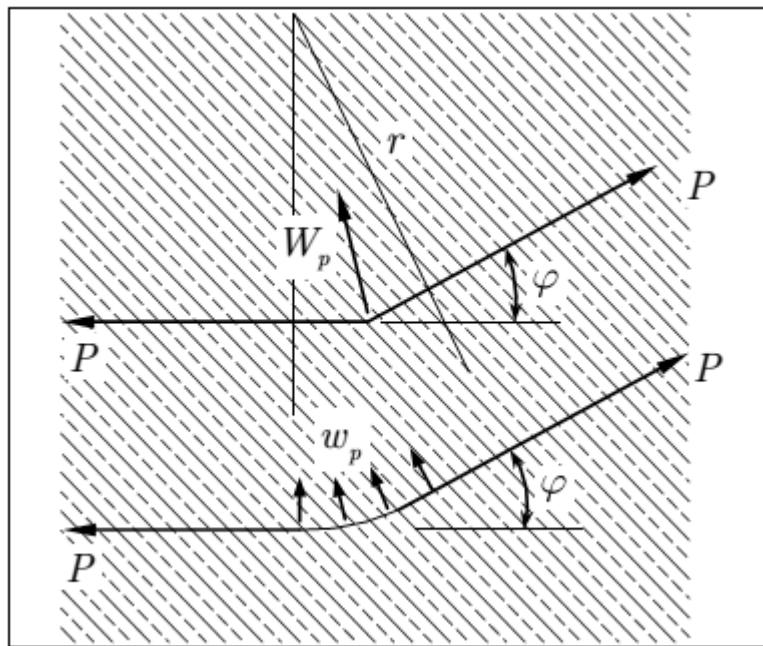
Ở các kết cấu mảnh, góc nghiêng của cốt dự ứng lực thường là rất nhỏ nên, một cách gần đúng, $\cos \varphi = 1$. Do đó, $P_x = P$, $P_y = P \sin \varphi$ và $M = P x e$.

Lực chuyển hướng có phương tác dụng trùng với phân giác góc bù của góc chuyển hướng hay vuông góc tiếp tuyến của cốt dự ứng lực nếu cốt có quỹ đạo cong đều. Độ lớn của lực chuyển hướng tại vị trí gấp khúc là

$$W_p = 2P \sin(\varphi/2) \quad (5.1)$$

Do góc chuyển hướng thường là nhỏ nên

$$W_p = 2P \times \varphi/2 = P \times \varphi \quad (5.2)$$



Hình 5.3 Lực chuyển hướng và các thành phần tại điểm uốn

Nếu cốt dự ứng lực có quỹ đạo cong đều tại điểm chuyển hướng với bán kính cong là r thì độ lớn của lực chuyển hướng trên một đơn vị chiều dài là

$$w_p = \frac{P}{r} \quad (5.3)$$

Đối với các cấu kiện có chiều cao nhỏ, lực chuyển hướng gần như có phương vuông góc với trục cấu kiện và thành phần dọc trục có thể được bỏ qua. Do đó, thành phần vuông góc với trục của cấu kiện là

$$w_p = \frac{P}{r} \quad \text{hay} \quad W_p = \frac{P}{r} l \quad (5.4)$$

Với l là chiều dài cốt dự ứng lực trên đoạn chuyển hướng và $1/r$ là độ cong của đoạn chuyển hướng.

Cách tính toán gần đúng này cũng áp dụng cho quỹ đạo cốt dự ứng lực dạng pa-ra-bôn. Giả sử phương trình pa-ra-bôn có dạng

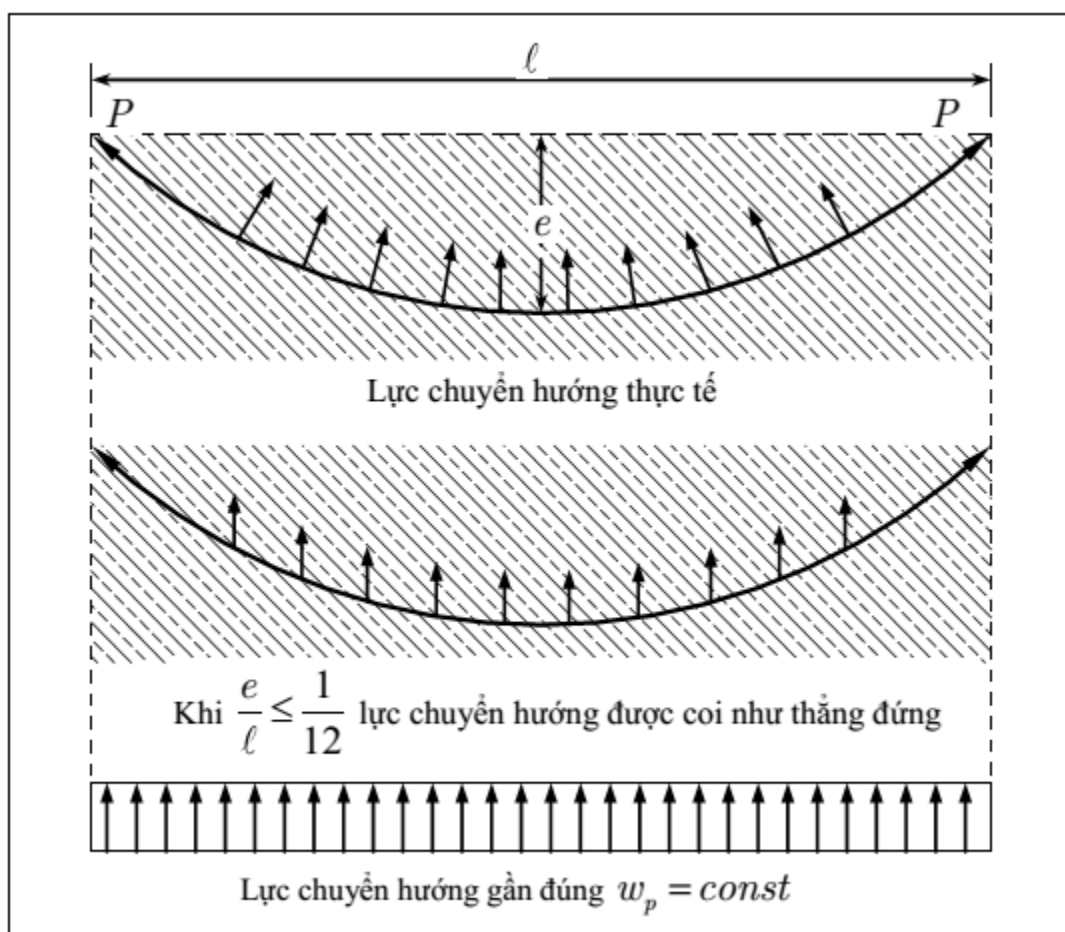
$$y = 4e \left[\left(\frac{x}{l} \right) - \left(\frac{x}{l} \right)^2 \right] \quad (5.5)$$

thì độ dốc của đường này là

$$\frac{dy}{dx} = \frac{4e}{l} \left(1 - \frac{2x}{l} \right) \quad (5.6)$$

và độ cong của nó là

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -\frac{8e}{l^2} = \varphi_p \quad (5.7)$$



Hình

5.4 Lực chuyển hướng thực tế và gần đúng Phương trình (5.7) cho thấy rằng, độ cong của cốt dự ứng lực là hằng số dọc theo chiều dài của đoạn pa-ra-bôn. Độ cong φ_p là sự thay đổi của góc tiếp tuyến trên một đơn vị chiều dài.

Theo công thức (5.4), lực chuyển hướng do dự ứng lực sinh ra trong trường

hợp này là lực phân bố đều và có giá trị là $w_p = P\varphi_p$. Như vậy, đối với quỹ đạo cáp có dạng pa-ra-bôn bậc hai, lực chuyển hướng trên một đơn vị chiều dài là

$$w_p = P\varphi_p = \frac{8pe}{l^2} \quad (5.8)$$

Nếu P là hằng số, hoặc thay đổi không quá 10% trên chiều dài l thì w_p được coi là lực phân bố đều.

Vietnam12h.com