DEEP-CV-8-02-4V

KOICA Korea International Cooperation Agency

Khóa đào tạo chuyên ngành tại Việt Nam

CÁC PHÉP TÍNH

Ngày 13-17 tháng 8 năm 2018

Tiến sĩ. Kwon Sam Young

Korea Railroad Research Institute KORAIL THE KOREA TRANSPORT INSTITUTE

GIẢNG VIÊN

Họ và tên: Kwon Sam-Young

Đơn vị công tác: KRRI

Phương thức liên lạc:

- **TEL:** +82-31-460-5425
- **Mobile:** +82-10-5608-0785

E-mail: sykwon@krri.re.kr

Chuyên ngành: Điện khí hóa đường sắt

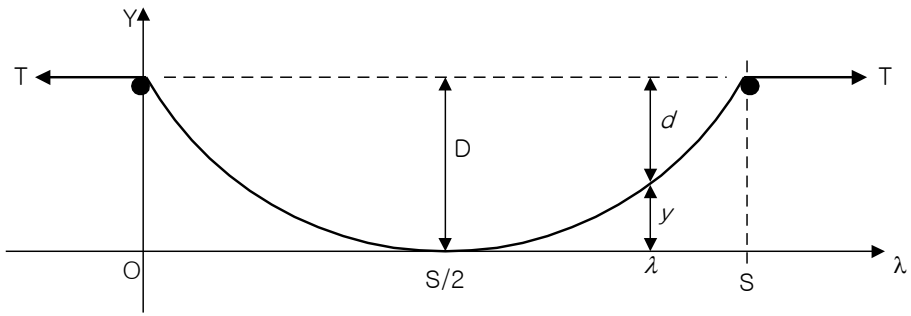
MỤC LỤC

Chương 6. Các phép tính

- ✓ Tính chiều dài bộ treo thả
- ✓ Tính toán cột trụ
- ✓ Móng
- ✓ Xác định độ dài khẩu độ tối đa
- ✓ Độ căng dây cáp không điều chỉnh

Các công thức đường cong của cần tiếp điện đơn

- **Khi cả hai điểm đỡ có cùng độ cao**

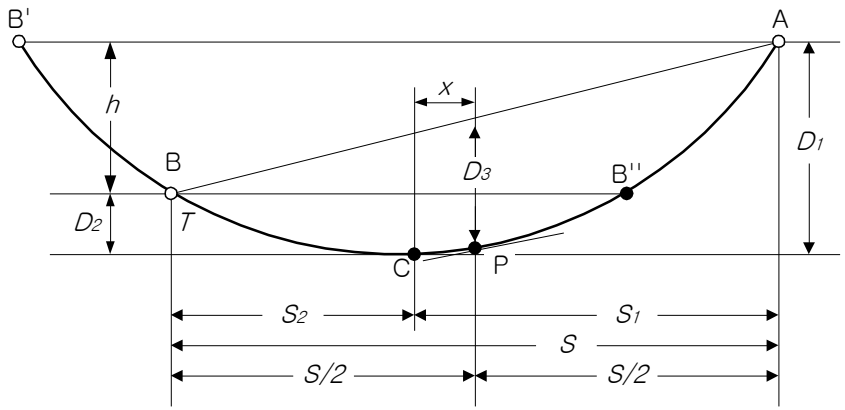


$$D = \frac{wS^2}{8T}$$

$$d = \frac{w}{2T}\lambda(S-\lambda)$$

$$d = \frac{4D}{S^2}\lambda(S-\lambda)$$

- **Khi hai điểm đỡ có độ cao khác nhau**



$$D_1 = D_2 + h = \frac{wS^2}{8T}\left(1+\frac{h}{4D_0}\right)^2 = D_0\left(1+\frac{h}{4D_0}\right)^2$$

$$D_2 = \frac{wS^2}{8T}\left(1-\frac{h}{4D_0}\right)^2 = D_0\left(1-\frac{h}{4D_0}\right)^2$$

$$T_B = T + wD_2$$

$$T_A = T + wD_1 = T + w(D_2 + h)$$

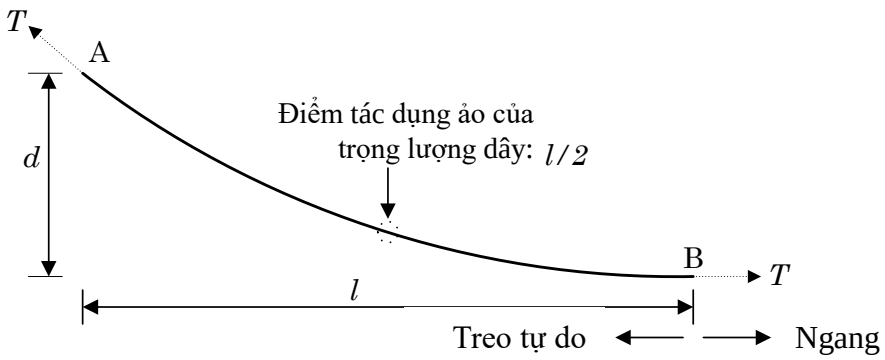
Tính độ dài bộ treo thả của hệ dây tiếp điện không có độ võng trước

➢ Cáp treo tự do

- Với tải được phân bố đồng đều

◆ Lấy Mô men tại điểm A
(phương trình cân bằng mô men tại A)

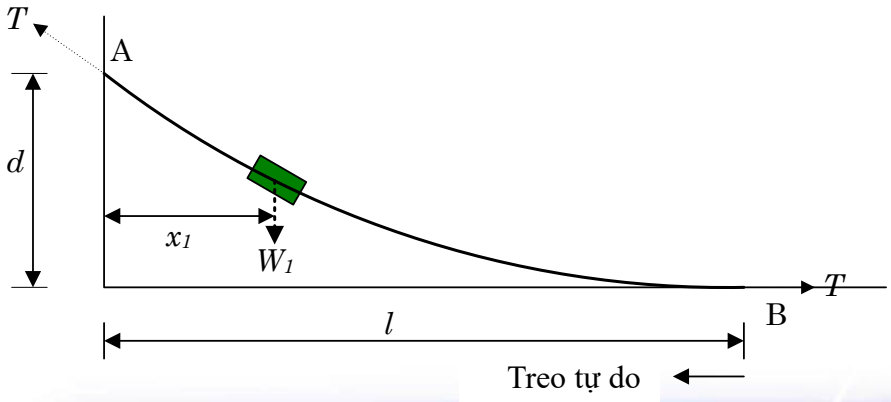
$$lw \times \frac{l}{2} = Th$$



- Với tải nội bộ (ví dụ: vật cách điện)

◆ phương trình cân bằng mô men tại A

$$lw \times \frac{l}{2} + W_1 \times x_1 = Th$$

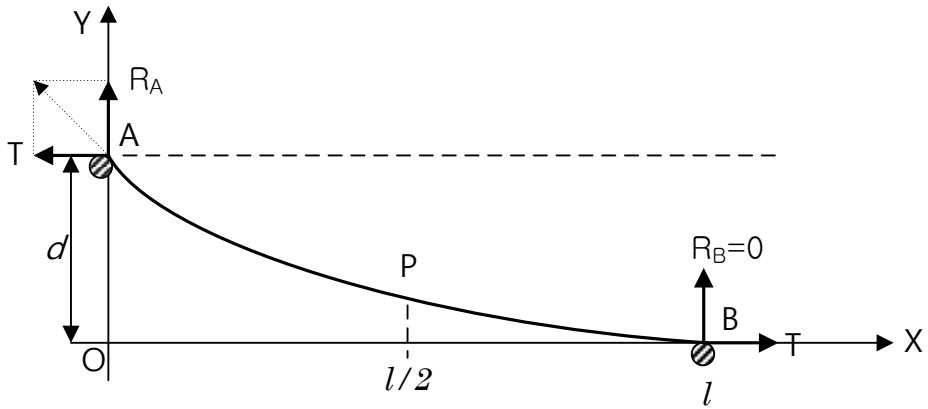


Tính độ dài bộ treo thả của hệ dây tiếp điện không có độ võng trước

- **Sự cân bằng của mô men gồm phản lực tại các điểm đỡ**

$$R_A + R_B = wl, \quad R_B = 0, \quad R_A = wl$$

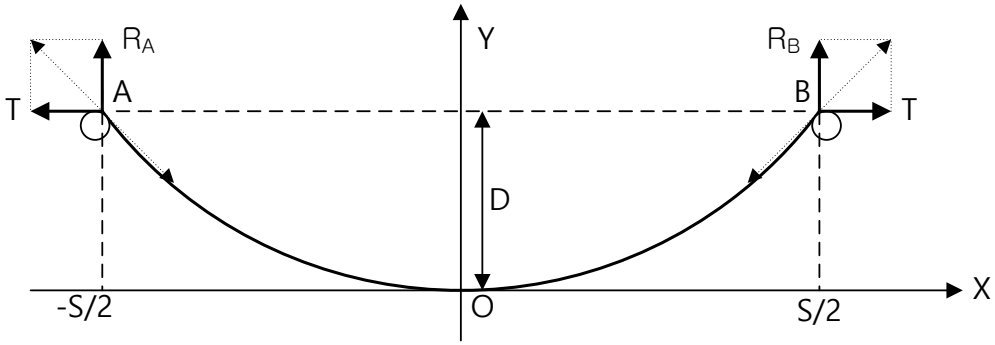
$$R_A l = Th + wl\frac{l}{2}$$



- **Lấy điểm thấp nhất của hệ dây tiếp điện làm gốc trục**

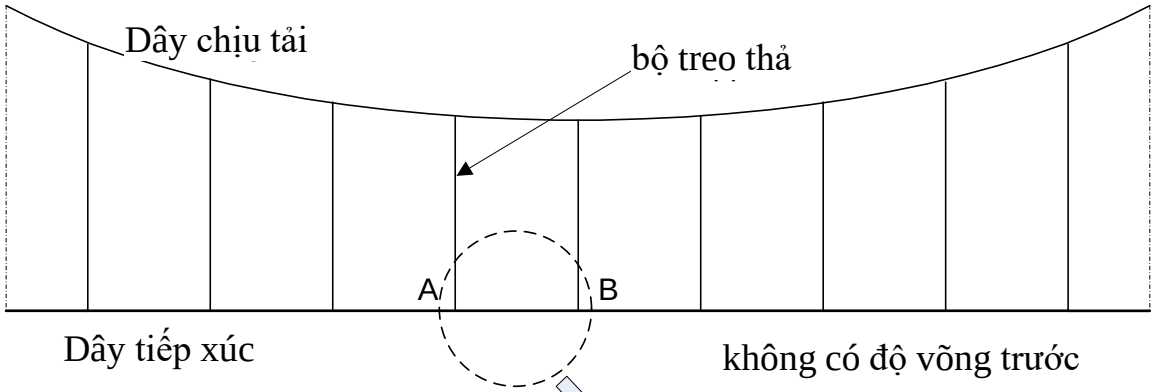
$$R_A = R_B = \frac{wS}{2}$$

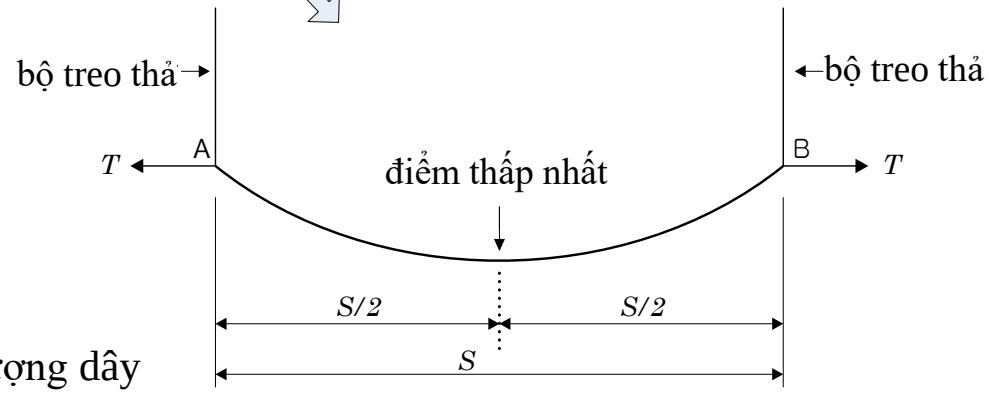
$$R_A\frac{S}{2} = TD + \frac{wS}{2}\frac{S}{4}$$



Tính độ dài bộ treo thả của hệ dây tiếp điện không có độ võng trước

- **Không có độ võng trước**





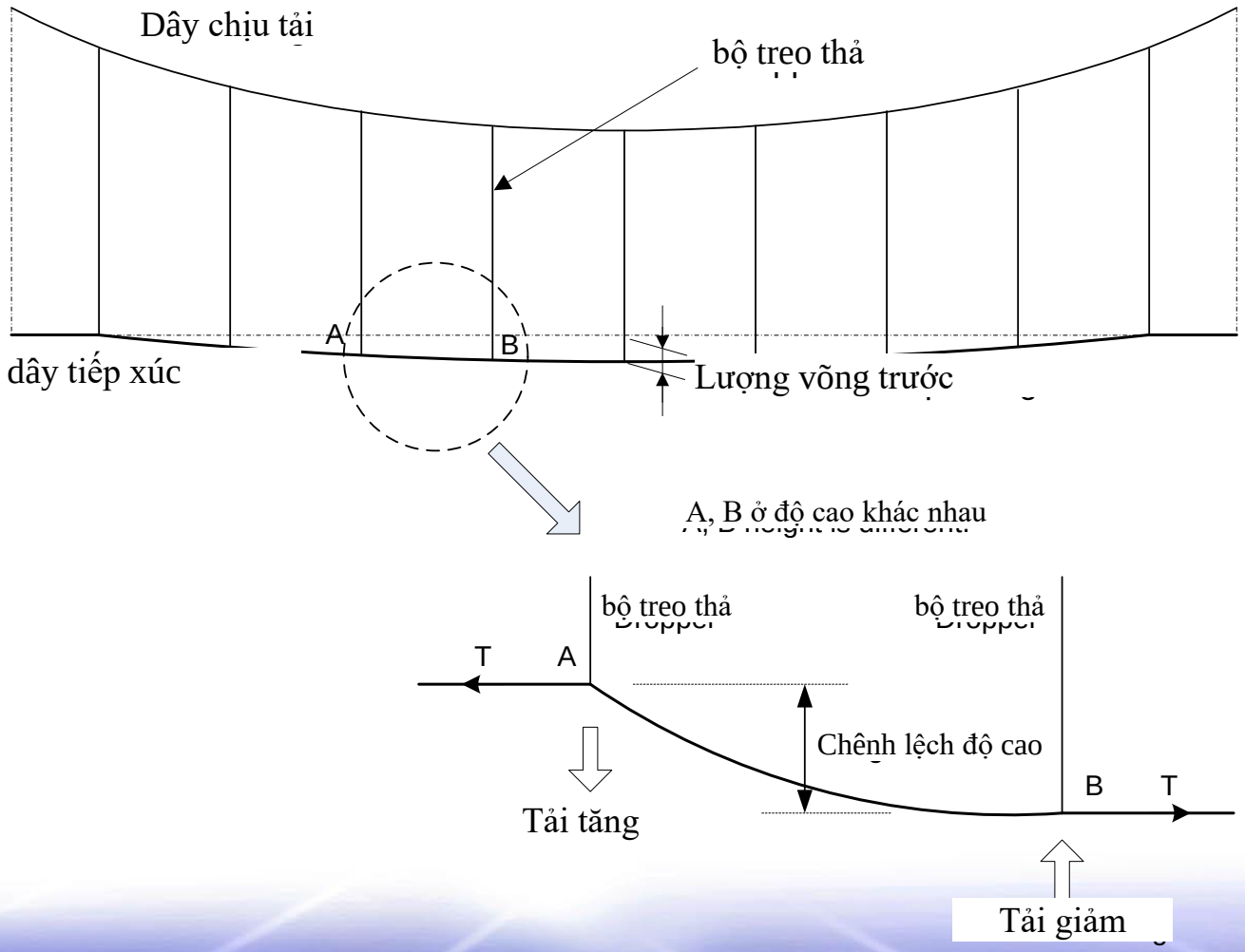
A, B có cùng độ cao

- **Tải trên bộ treo thả**

Tải tại A = Tải tại B = S/2 * Wc (trọng lượng dây tiếp xúc)

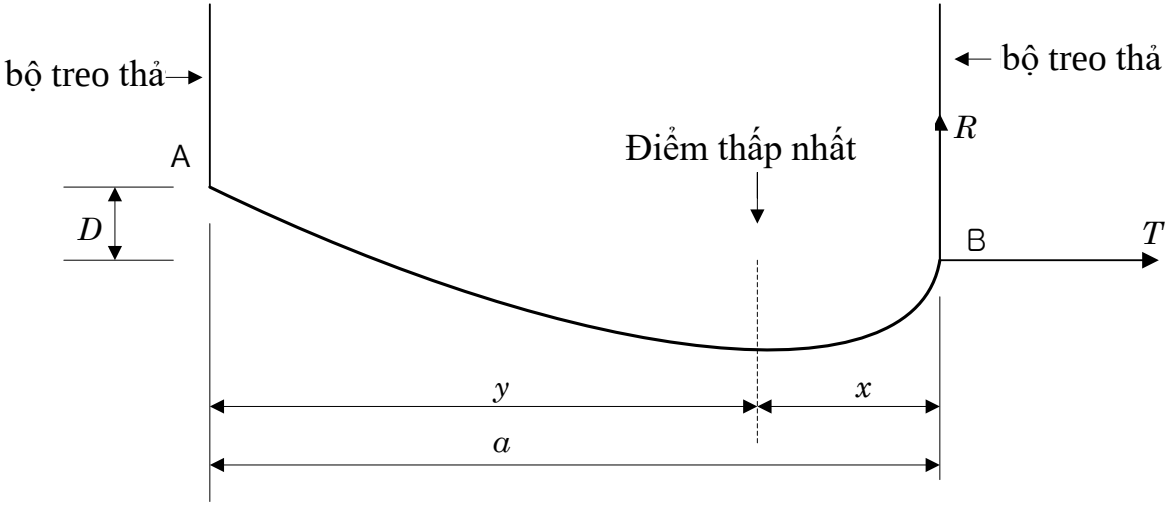
Tính độ dài bộ treo thả của hệ dây tiếp điện có độ võng trước

- **Có độ võng trước**



Tính độ dài bộ treo thả của hệ dây tiếp điện có độ võng trước

- **Tìm điểm thấp nhất**



$$R_B a + Th - w_c a \times \frac{a}{2} = 0$$

$$R_B = \frac{w_c a}{2} - \frac{Th}{a}$$

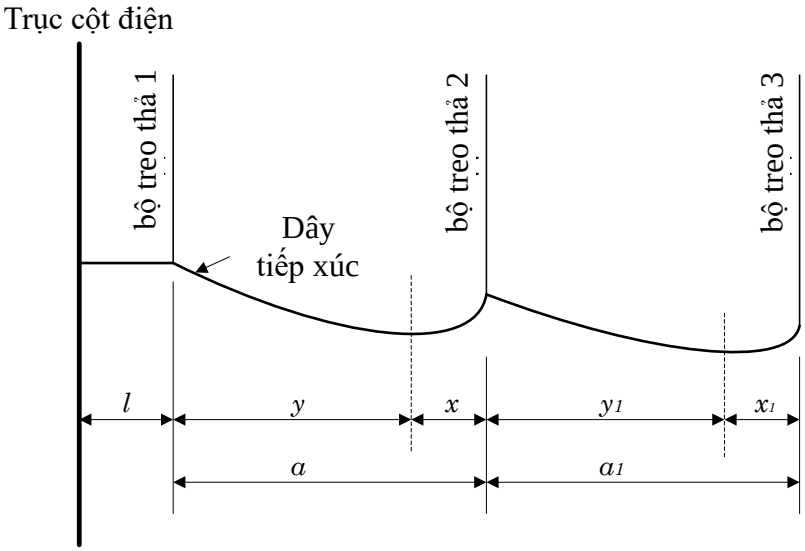
$R_B = w_c \times x$ 이므로

$$\frac{w_c a}{2} - \frac{Th}{a} = w_c x$$

$$\therefore\ x = \frac{a}{2} - \frac{Th}{a w_c} \qquad y = \frac{a}{2} + \frac{Th}{a w_c}$$

Tính độ dài bộ treo thả của hệ dây tiếp điện có độ võng trước

➢ **Biểu thức thực về tải của bộ treo thả**



- bộ treo thả 1

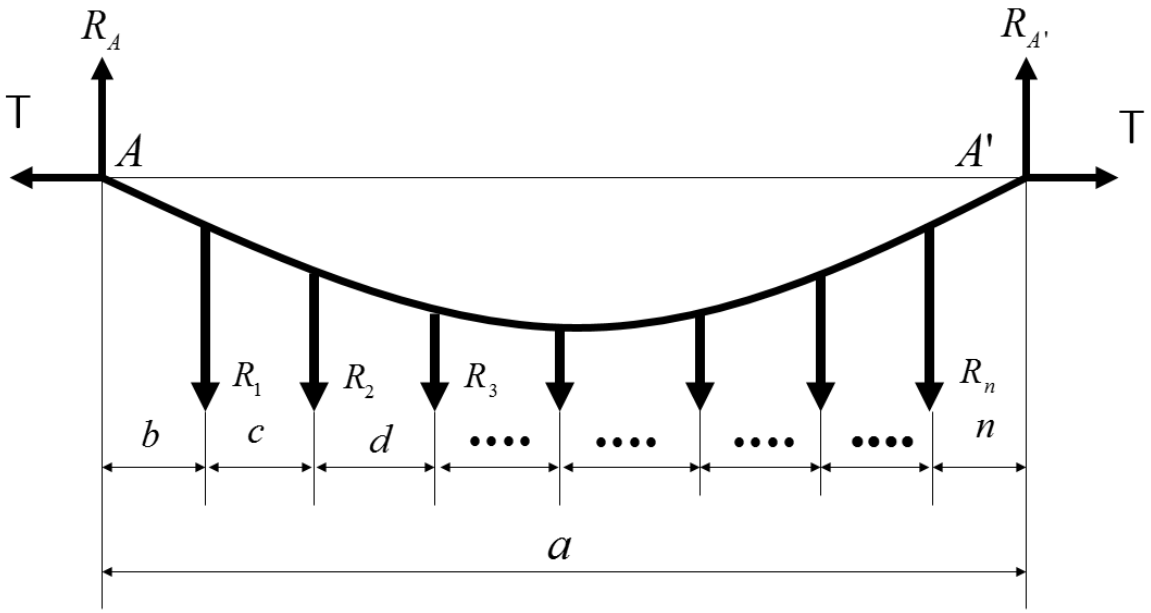
$$(l+y_1)\times w_c = \left(l+\frac{a_1}{2}+\frac{Th_1}{a_1 w_c}\right)\times w_c$$

- bộ treo thả 2

$$(x_1+y_2)\times w_c = \left(\frac{a_1}{2}-\frac{Th_1}{a_1 w_c}+\frac{a_2}{2}+\frac{Th_2}{a_2 w_c}\right)\times w_c$$

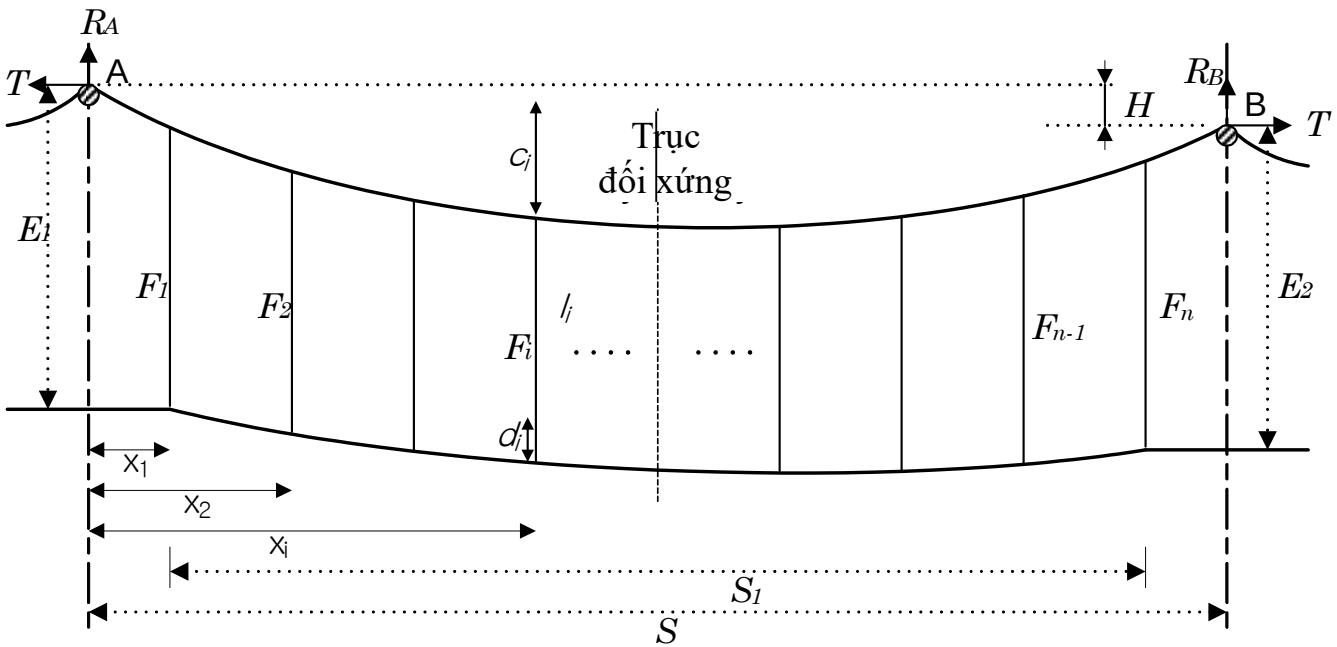
Tính độ dài bộ treo thả của hệ dây tiếp điện có độ võng trước

- **Lập phương trình cân bằng mô men cho các bộ treo thả với các phản lực đỡ dây chịu tải**



Tính độ dài bộ treo thả của hệ dây tiếp điện có độ võng trước

➢ Biểu thức chung để tính độ dài bộ treo thả



❖ độ dài bộ treo thả = Sự cản trở – độ võng của dây chịu tải + độ võng trước của dây tiếp xúc

$$l_i = E_1 - \frac{1}{T_m}\left(R_A x_i - \frac{w_m x_i^2}{2} - \sum_{k=1}^{i-1} F_k (x_i - x_k)\right) + \frac{4 d_c (x_i - x_1)(S_1 - x_i + x_1)}{S_1^{\,2}}$$

Lập trình tính độ dài bộ treo thả (trong MS-Excel)

Dropper 길이 계산 프로그램

[※ 본 프로그램은 한국철도기술연구원(권삼영)에서 S/W 등록하였고, 저작권을 가지고 있음을 알려드립니다.]

아래 데이타를 입력해 주세요

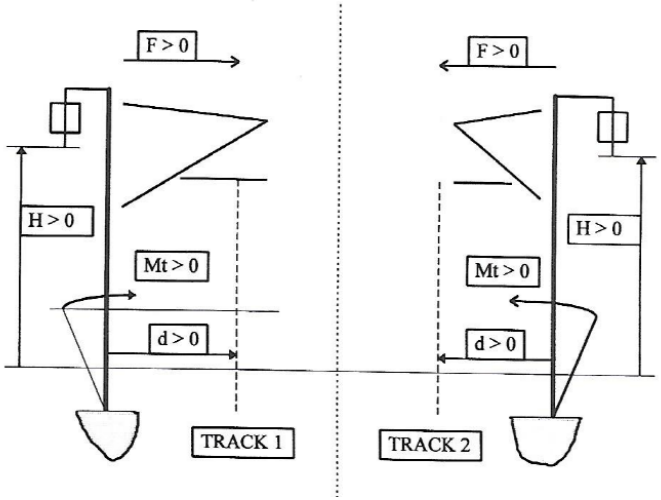
	항 목	기호	단위	입력란	설명
1	경간길이	S	m	60.00	
2	드로퍼 수	n	개	12	
3	조가선 장력	Tm	N	12000	
4	조가선 단중 (하중 단위)	wm	N/m	6.070	
5	전차선 장력	Tc	N	12000	
6	전차선 단중 (하중 단위)	wc	N/m	9.877	120mm2
7	평균 드로퍼 중량 (하중 단위)	wd	N/개	3.600	
8	가고	E	m	0.96	
9	조가선 현수 높이(왼쪽)	H1	m	6.16	
10	조가선 현수 높이(오른쪽)	H2	m	6.16	
11	전차선 Pre-sag	S/dc	역배율	1000	dc(m)=S/입력값
12	드로퍼 사이 간격				
	①		m	2.50	x1
	②		m	5.00	x2-x1
	③		m	5.00	x3-x2
	④		m	5.00	x4-x3
	⑤		m	5.00	x5-x4
	⑥		m	5.00	x6-x5
	⑦		m	5.00	x7-x6
	⑧		m	5.00	x8-x7
	⑨		m	5.00	x9-x8
	⑩		m	5.00	x10-x9
	⑪		m	5.00	x11-x10
	⑫		m	5.00	x12-x11
	⑬		m	2.50	S-x12

계산 결과 A점 반력 : 500.010 (N)

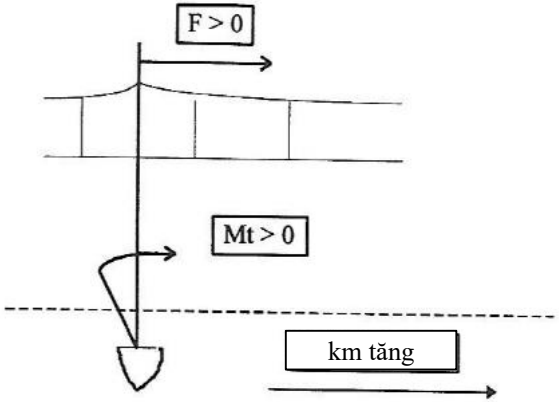
Dropper	위치(xi)	전차선 Sag	전차선 높이차	드로퍼하중	조가선 Dip	드로퍼 길이(L)	선의 길이(l)
①	2.50	0.000	0.000	100.588	0.103	0.857	0.79
②	7.50	0.020	0.020	43.464	0.256	0.723	0.66
③	12.50	0.036	0.016	43.464	0.379	0.616	0.55
④	17.50	0.048	0.012	43.464	0.472	0.536	0.47
⑤	22.50	0.056	0.008	43.464	0.533	0.482	0.42
⑥	27.50	0.060	0.004	43.464	0.564	0.456	0.39
⑦	32.50	0.060	0.000	43.464	0.564	0.456	0.39
⑧	37.50	0.056	-0.004	43.464	0.533	0.482	0.42
⑨	42.50	0.048	-0.008	43.464	0.472	0.536	0.47
⑩	47.50	0.036	-0.012	43.464	0.379	0.616	0.55
⑪	52.50	0.020	-0.016	43.464	0.256	0.723	0.66
⑫	57.50	0.000	-0.020	100.588	0.103	0.857	0.79

Tính toán cột – cột độc lập

QUY ƯỚC KÝ HIỆU



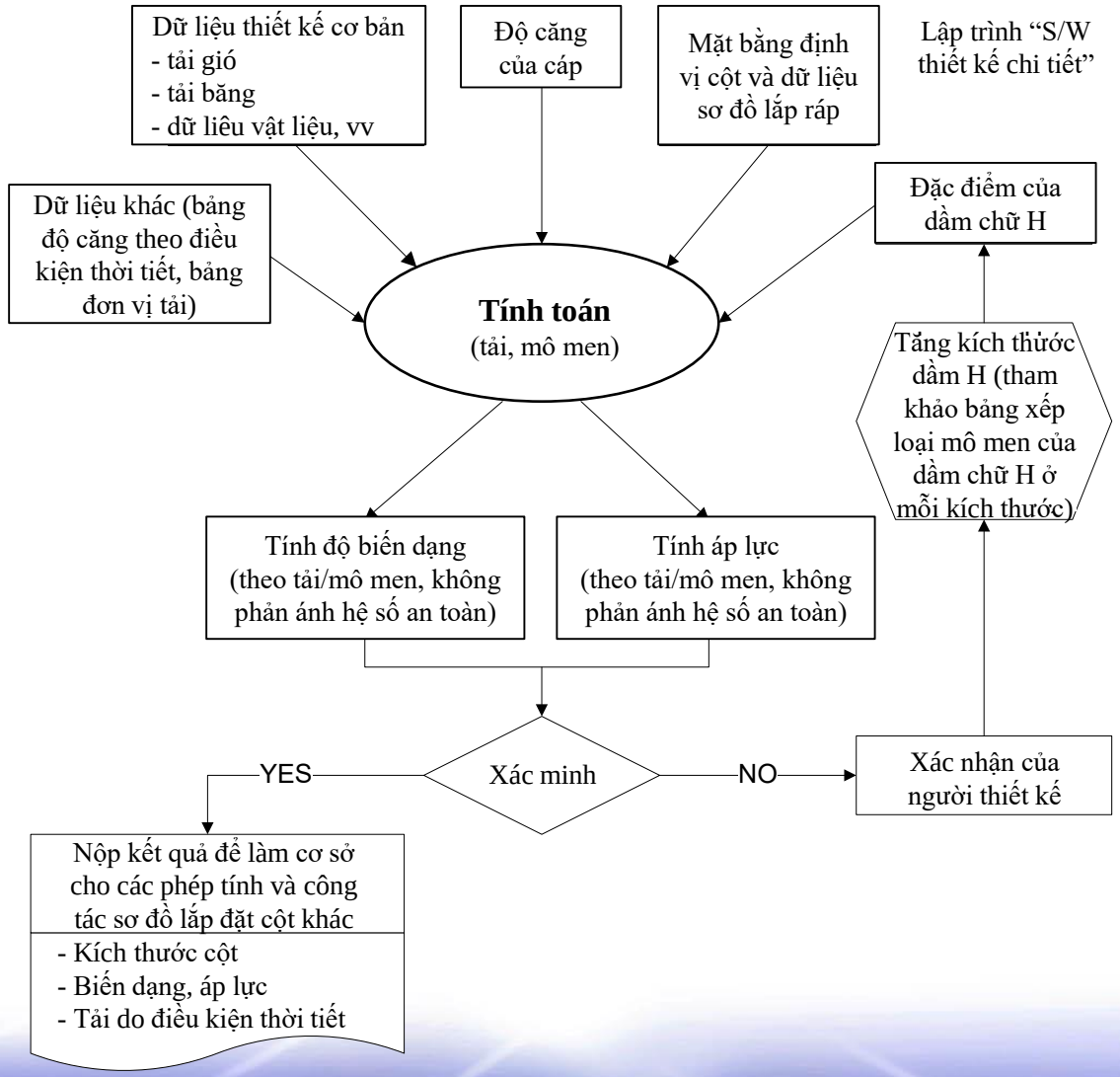
- Sơ đồ mặt bằng ngang,
  - hướng bên trong ray là +
  - hướng bên ngoài ray là -



- Sơ đồ trắc dọc,
  - hướng tăng kp (cọc mốc kilomet) là +
  - hướng ngược lại là -

Tính toán cột - cột độc lập

Sơ đồ tính toán cột độc lập



Tính toán cột

➢ Ví dụ về bảng lực và mô men

THIẾT BỊ CỦA HỆ DÂY TIẾP ĐIỆN ĐƠN
Các lực và mô men tại các điểm hàn kín

VÙNG 2 GIÓ CỰC ĐOAN

		GIẢ THUYẾT CỦA PHÉP TÍNH Gió cực mạnh không có băng đến -25°C Gió thổi vuông góc với đường sắt					
		FX(daN)	FY(daN)	FZ(daN)	MX(m.daN)	MY(m.daN)	MZ(m.daN)
Hướng gió: từ cột trái sang cột phải	Tải tĩnh	/	-231	/	/	/	515
	Độ lệch của cáp	94	/	/	/	/	638
	Gió	369	/	/	/	/	2416
	TỔNG	463	-231	0	0	0	3569
Hướng gió: từ cột phải sang cột trái	Tải tĩnh	/	-231	/	/	/	515
	Độ lệch của cáp	94	/	/	/	/	638
	Gió	-369	/	/	/	/	-2416
	TỔNG	-275	-231	0	0	0	-1263

Chú ý: Các tải không được bù

		GIẢ THUYẾT CỦA PHÉP TÍNH Gió cực mạnh không có băng đến -25°C Gió thổi vuông góc với đường sắt					
		FX(daN)	FY(daN)	FZ(daN)	MX(m.daN)	MY(m.daN)	MZ(m.daN)
Hướng gió: từ cột trái sang cột phải	Tải chết	/	-335	/	/	/	846
	Độ lệch của cáp	94	/	/	/	/	638
	Gió	369	/	/	/	/	2416
	TỔNG	463	-335	0	0	0	3900
Hướng gió: từ cột phải sang cột trái	Tải chết	/	-335	/	/	/	846
	Độ lệch của cáp	94	/	/	/	/	638
	Gió	-369	/	/	/	/	-2416
	TỔNG	-275	-335	0	0	0	-932

Chú ý: Các tải không được bù

VỊ TRÍ: E

		GIẢ THUYẾT CỦA PHÉP TÍNH Gió cực mạnh không có băng đến -25°C Gió thổi song song với đường sắt					
		FX(daN)	FY(daN)	FZ(daN)	MX(m.daN)	MY(m.daN)	MZ(m.daN)
Hướng gió: số kilomet tăng	Tải chết	/	-231	/	/	/	515
	Độ lệch của cáp	94	/	/	/	/	638
	Gió	/	/	118	759	/	/
	TỔNG	94	-231	118	759	0	1153
Hướng gió: số kilomet giảm	Tải chết	/	-231	0	/	/	515
	Độ lệch của cáp	94	/	/	/	/	638
	Gió	/	/	-118	-759	/	/
	TỔNG	94	-231	-118	-759	0	1153

Chú ý: Các tải không được bù

		GIẢ THUYẾT CỦA PHÉP TÍNH Gió cực mạnh không có băng đến -25°C Gió thổi song song với đường sắt					
		FX(daN)	FY(daN)	FZ(daN)	MX(m.daN)	MY(m.daN)	MZ(m.daN)
Hướng gió: số kilomet tăng	Tải chết	/	-335	/	/	/	846
	Độ lệch của cáp	94	/	/	/	/	638
	Gió	/	/	118	759	/	/
	TỔNG	94	-335	118	759	0	1484
Hướng gió: số kilomet giảm	Tải chết	/	-335	/	/	/	846
	Độ lệch của cáp	94	/	/	/	/	638
	Gió	/	/	-118	-768	/	/
	TỔNG	94	-335	-118	-768	0	1484

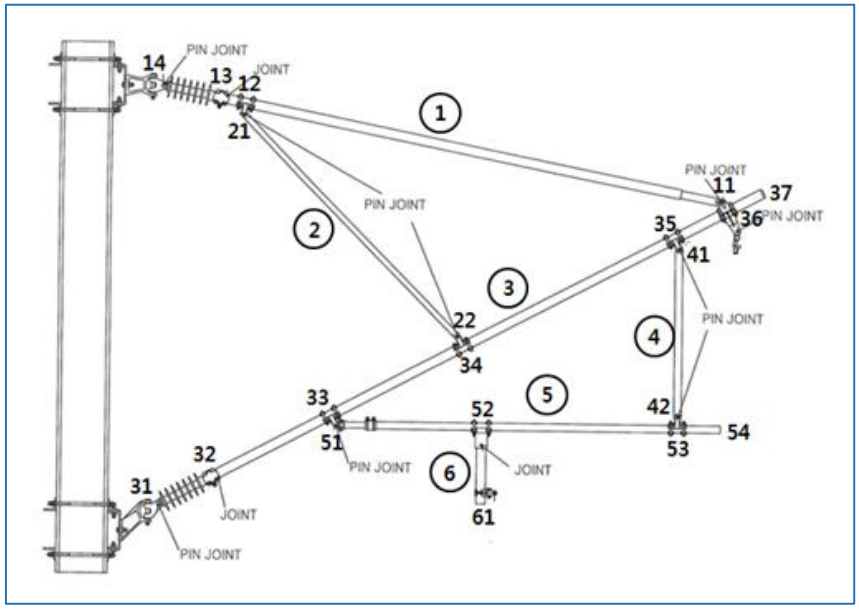
Chú ý: Các tải không được bù

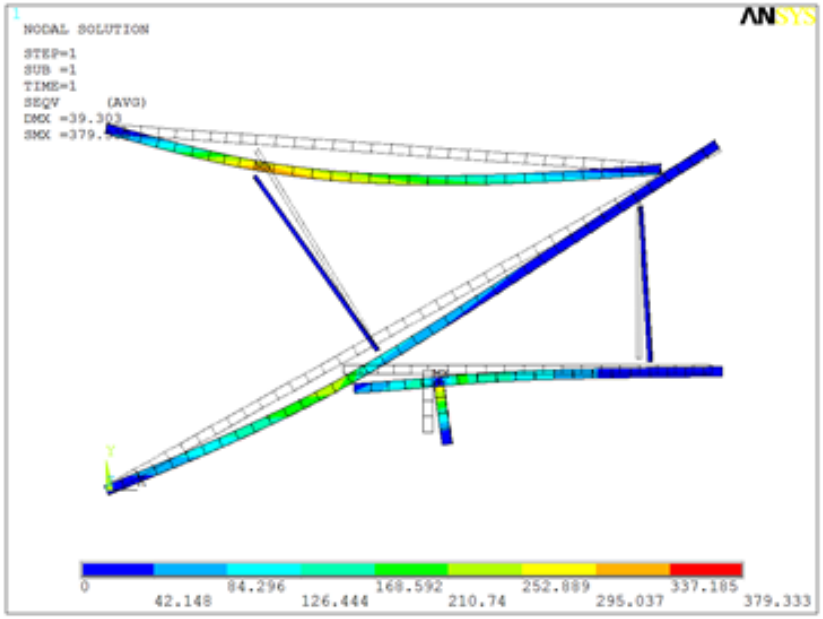
Vị trí: ***Khu thông thường (ks = 1) : N***
Khu lộ thiên (Ks = 1,3) : E
Khu lộ thiên quá mức (Ks = 1,6) : O

Vùng: ***Seoul - Tori S.P : 1***
Tori S.P - Pusan : 2

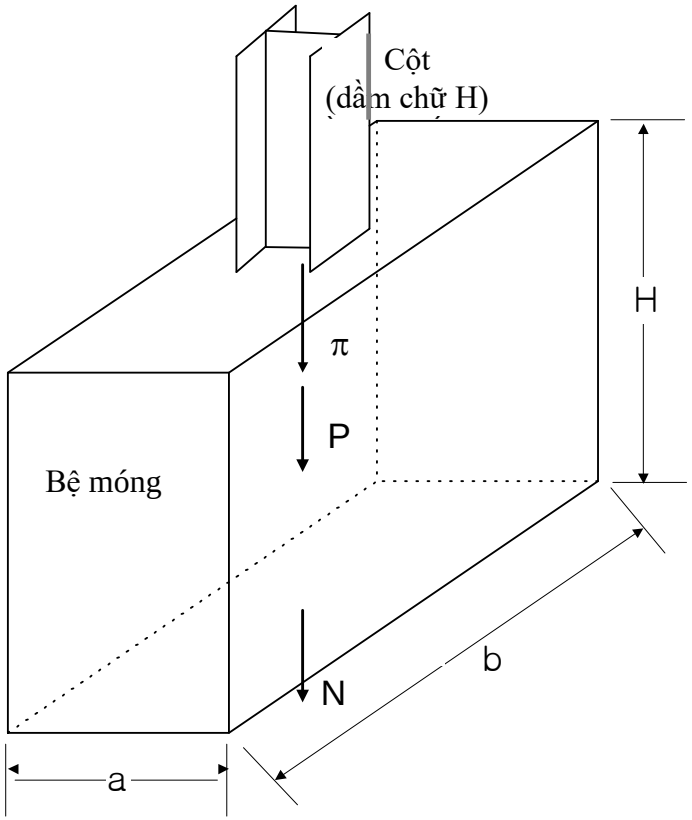
Tính toán cột

- **Cách tính này được thực hiện bằng trình phân tích kết cấu chuyên nghiệp**

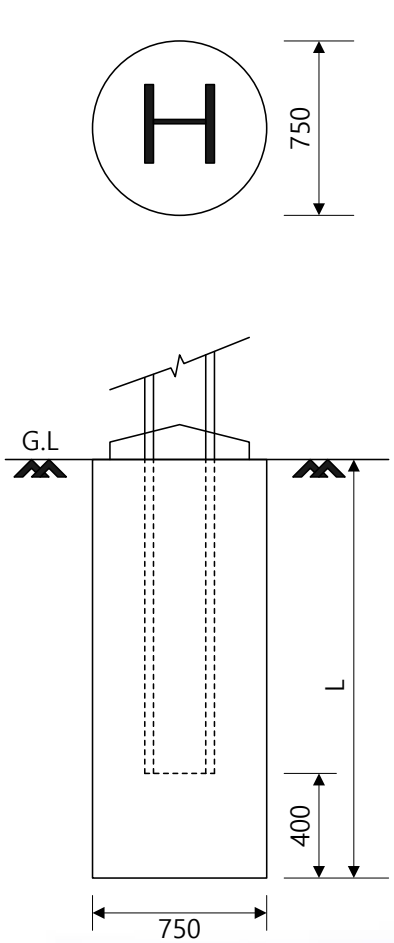




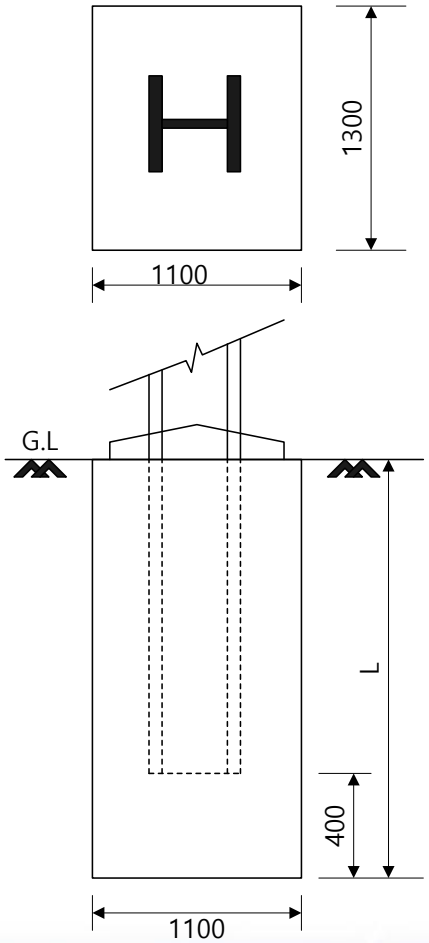
Tính toán bệ móng



Bệ móng hình trụ



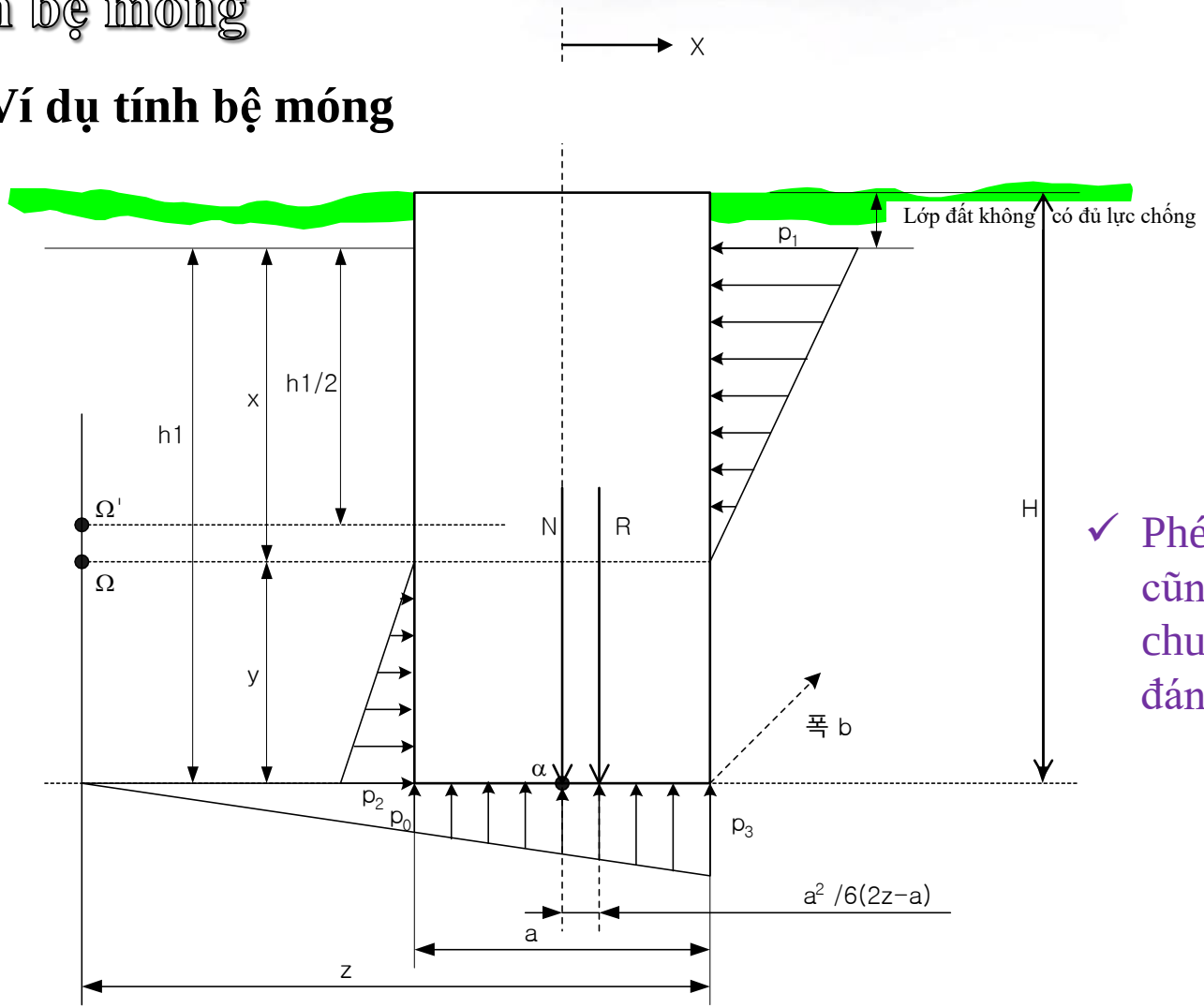
Bệ móng chữ nhật



< Các ví dụ về bệ móng>

Tính bệ móng

- **Ví dụ tính bệ móng**

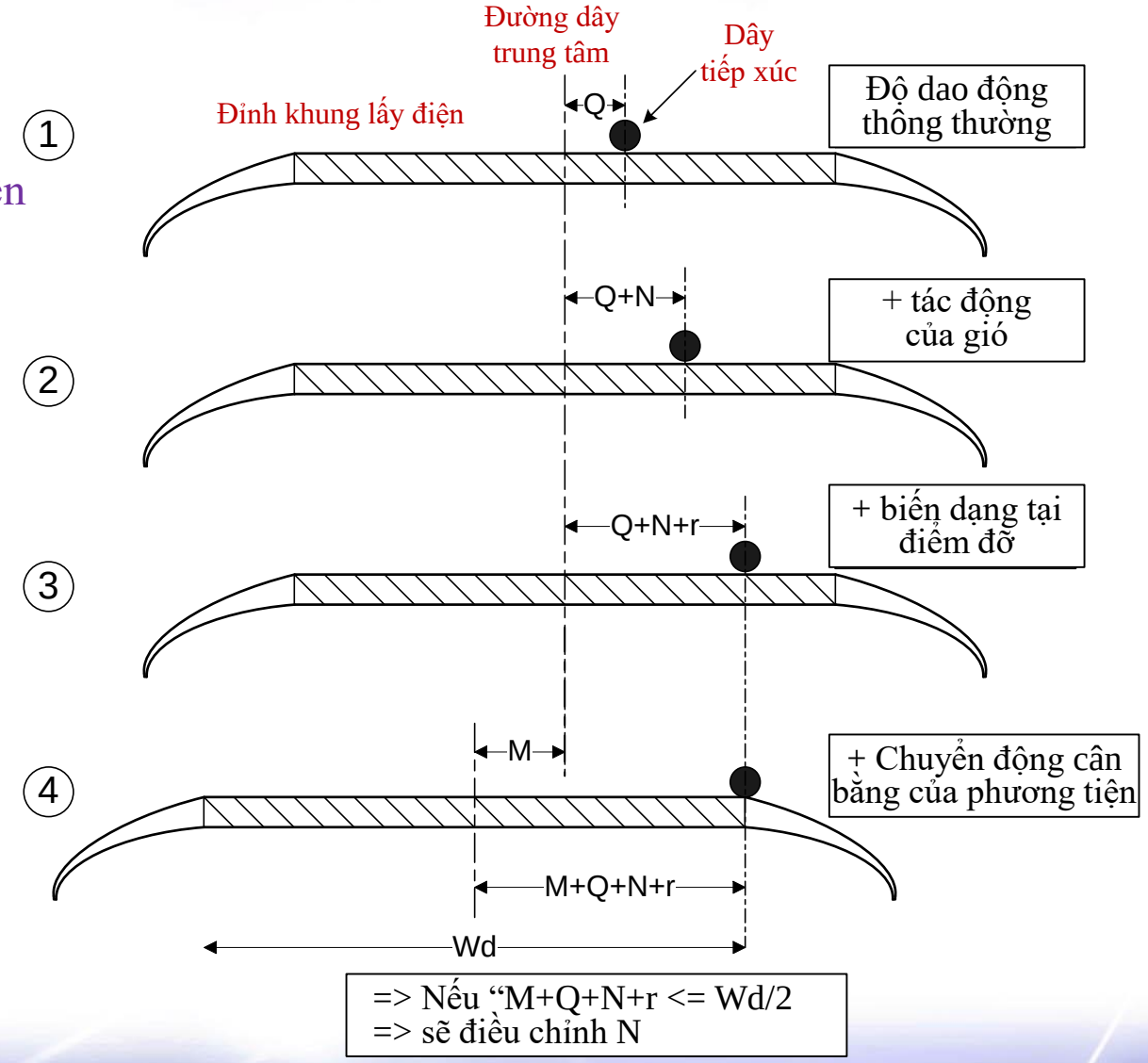


- ✓ Phép tính bệ móng cũng cần được kỹ sư chuyên ngành thẩm tra đánh giá

Tính độ dài khẩu độ cột tối đa

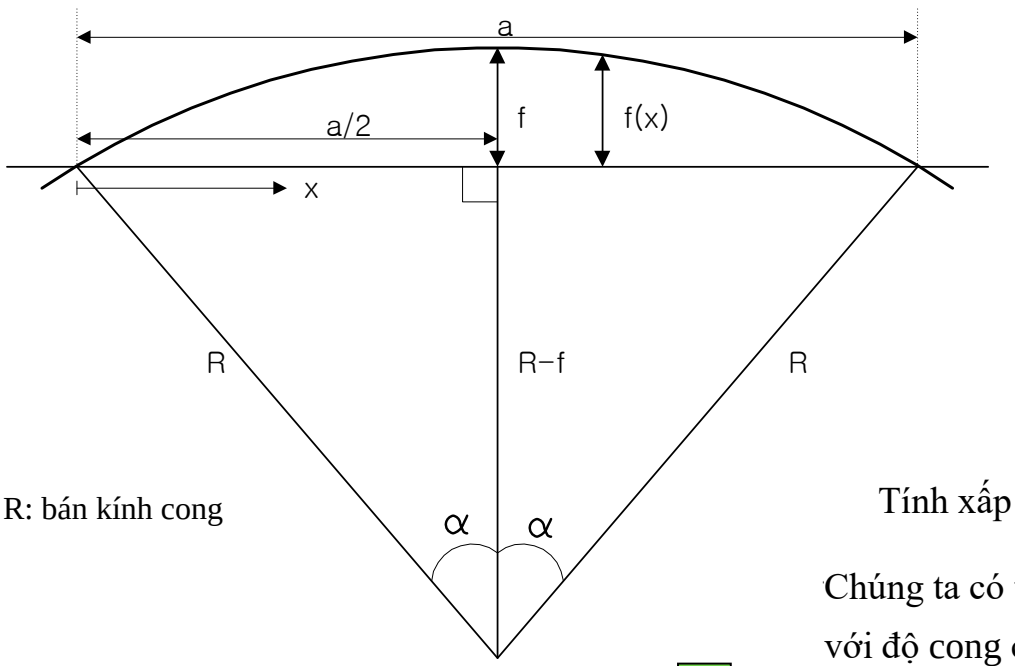
➢ **Khái niệm**

- Một trong các giao diện giữa hệ dây tiếp điện - khung tiếp điện
- Dây tiếp xúc không nên lệch với đầu đỉnh của khung tiếp điện trong bất cứ trường hợp nào.
- Rà soát vị trí ngang tương đối giữa dây tiếp xúc và khung tiếp điện



Tính độ dài khẩu độ cột tối đa

➢ Các phương trình của mối quan hệ hình học trên đường cong



R: bán kính cong

$$\sin\alpha = \frac{a/2}{R}, \quad \cos\alpha = \frac{R-f}{R}$$

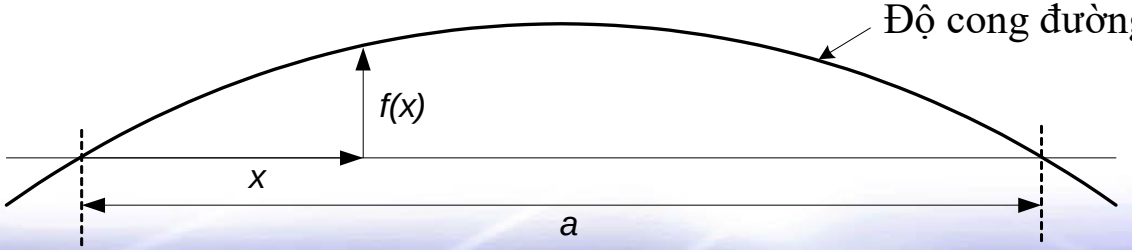
sử dụng phương trình định lý lượng giác cơ bản, $\cos^2\alpha + \sin^2\alpha = 1$

$$\left(\frac{R-f}{R}\right)^2 + \left(\frac{a/2}{R}\right)^2 = 1$$

$$\frac{2}{R}f = \frac{f^2}{R^2} + \frac{a^2}{4R^2}$$

Tính xấp xỉ, $\frac{f^2}{R^2} \approx 0$ vì $f \ll R$, suy ra $f = \frac{a^2}{8R}$

Chúng ta có thể bỏ qua lỗi vì độ dài khẩu độ tương đối nhỏ so với độ cong của đường sắt



Độ cong đường sắt, R

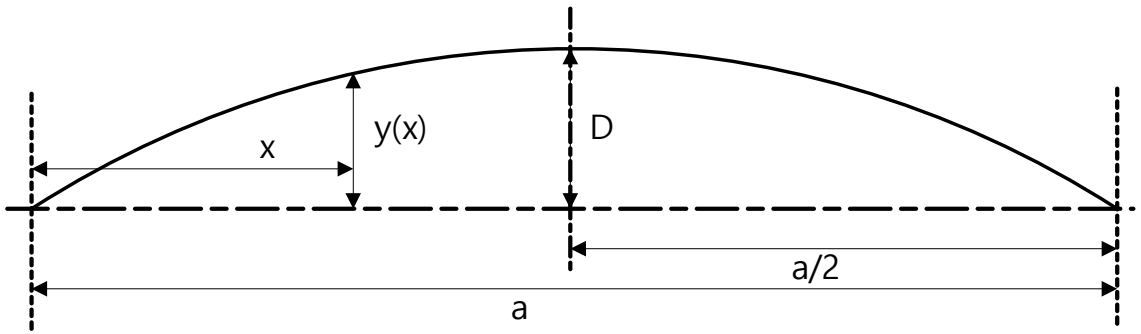
$$f(x) = \frac{1}{2R}x(a-x)$$

$$f\left(\frac{a}{2}\right) = \frac{1}{2R}\frac{a}{2}\left(a-\frac{a}{2}\right) = \frac{a^2}{8R}$$

Tính độ dài khẩu độ cột tối đa

➢ Các phương trình chuyển dịch ngang của dây tiếp xúc do gió

❖ Đường dây tiếp xúc bị gió thổi – đường cong của hệ dây tiếp điện



- W : Áp lực gió trên dây tiếp xúc [N/m]
- T : Độ căng của dây tiếp xúc [N]

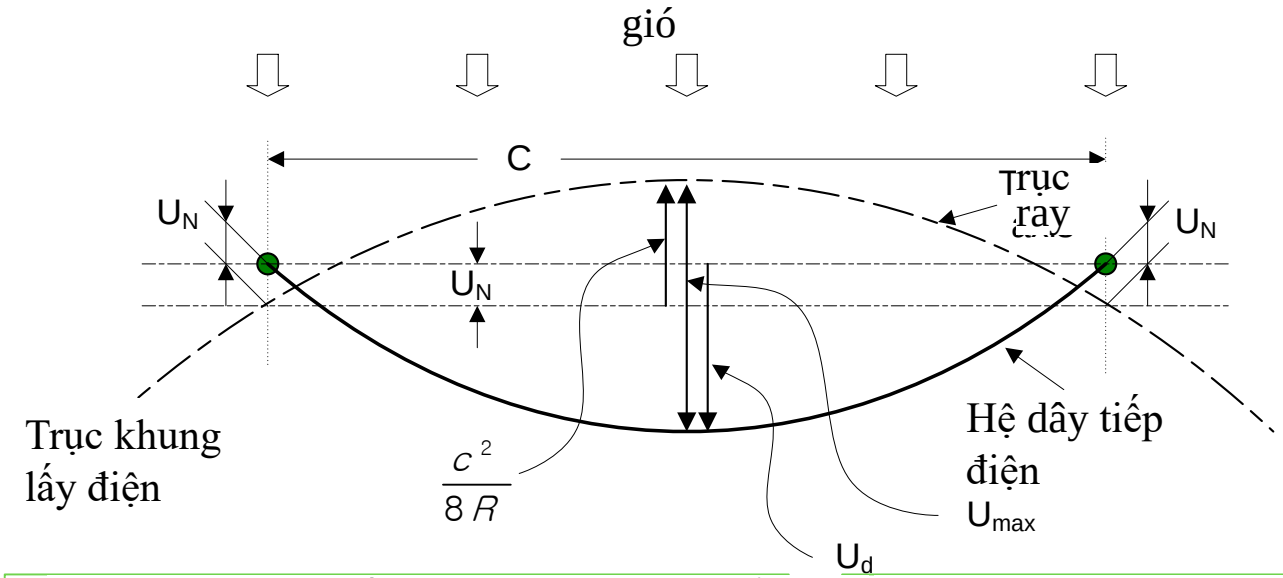
$$y(x) = \frac{W}{2T} x(a - x)$$

$$D = y\left(\frac{a}{2}\right) = \frac{W}{2T} \frac{a}{2}\left(a - \frac{a}{2}\right) = \frac{Wa^2}{8T}$$

✓ **Đây là đường cong cơ bản, đường cong của hệ dây tiếp điện và các phương trình liên quan**

Tính độ dài khẩu độ cột tối đa

- **Mối quan hệ giữa chuyển dịch ngang của dây tiếp xúc do gió và đường cong**
  - Sự dao động ở hai đầu là giống nhau.
  - Khi gió thổi theo hướng đi vào đường cong



$$u_d = \frac{F_f C^2}{8 Z_f}$$

$$u_{max} = \frac{C^2}{8R} + u_d - u_N$$

$$C = \sqrt{\frac{8 R Z_f (u_N + u_{max})}{F_\omega R + Z_f}}$$

✓ UIC 606-1

- u_N: Độ dao động của dây tiếp xúc tại cột (lệch không đáng kể) [m]
- u_{max}: Chuyển dịch tối đa của dây tiếp điện trong một khẩu độ tí nh từ trung tâm của trục đường [m]
- Z_f: độ căng cơ học của hệ dây tiếp điện (C.W. + M.W.) [N]
- C: độ dài khẩu độ [m]

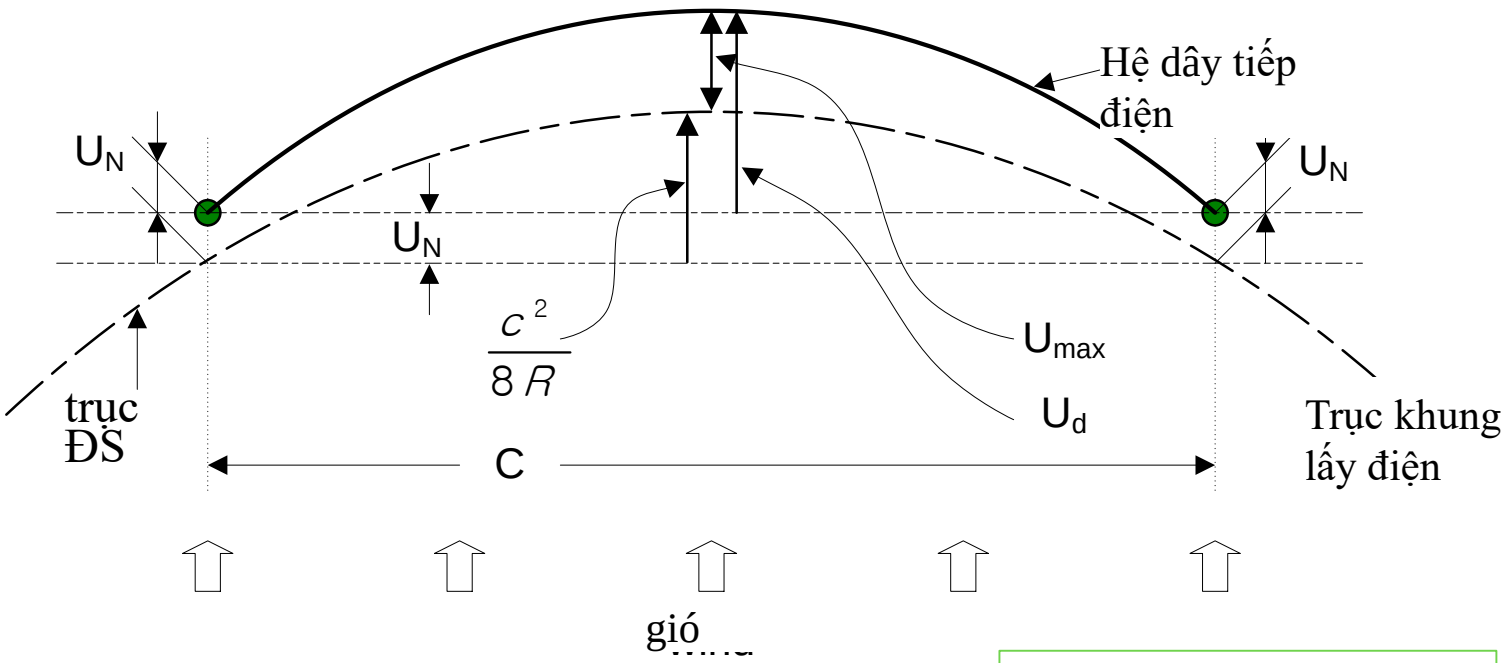
F_ω: lực gió tác động lên dây tiếp điện [N]

Cụ thể, F_ω = Áp lực gió (q_W) x hệ số kéo (e) x đường kính hữu dụng của dây (C.W. + M.W.)(A)

- ud: độ chuyển dịch tối đa do gió của dây tiếp điện [m]
- u_R: độ chuyển dịch tối đa trong 1 khẩu độ tại đường cong, $u_R = \frac{c^2}{8R}$)

Tính độ dài khẩu độ cột tối đa

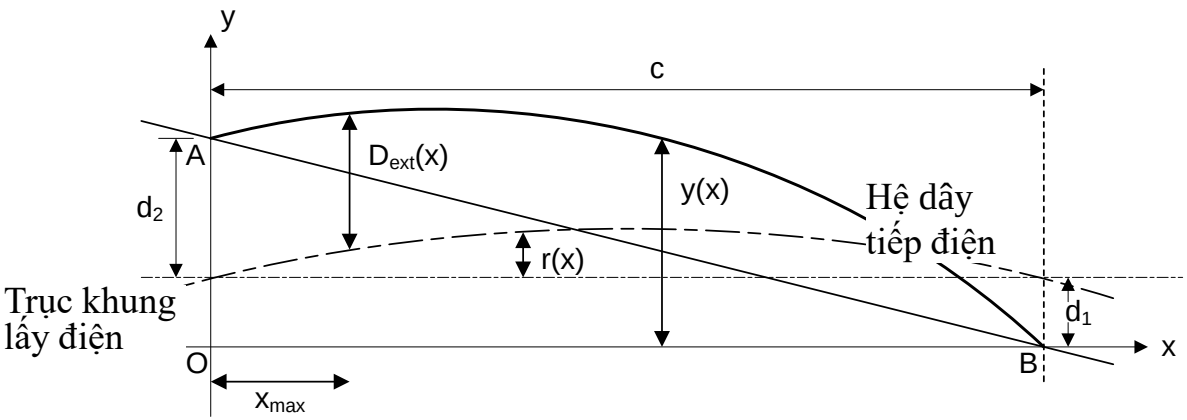
- **Mối quan hệ giữa chuyển dịch ngang của dây tiếp xúc do gió và đường cong**
  - Sự dao động ở hai đầu là giống nhau.
  - Khi gió thổi theo hướng ra ngoài đường cong



$$u_{max} = u_d - \frac{C^2}{8R} + u_N$$

Tính độ dài khẩu độ cột tối đa

- **Mối quan hệ giữa chuyển dịch ngang của dây tiếp xúc do gió và đường cong**
  - Sự dao động ở hai đầu là khác nhau.
  - Khi gió thổi theo hướng ra ngoài đường cong



$$x_{max} = \frac{c}{2} - \frac{c\,d}{8(u_d - u_R)}$$

$$D_{ext}(x_{max}) = \frac{4u_d}{c^2}\left[c\left\{\frac{c}{2} - \frac{cd}{8(u_d-u_R)}\right\} - \left\{\frac{c}{2} - \frac{cd}{8(u_d-u_R)}\right\}^2\right] + \frac{d}{c}\left[c - \left\{\frac{c}{2} - \frac{cd}{8(u_d-u_R)}\right\}\right] - \frac{4u_R}{c^2}\left[c\left\{\frac{c}{2} - \frac{cd}{8(u_d-u_R)}\right\} - \left\{\frac{c}{2} - \frac{cd}{8(u_d-u_R)}\right\}^2\right] - d_1$$

$$\boxed{D_{ext}(x_{max}) = u_d + \frac{d_2 + d_1}{16(u_d - u_R)} + \frac{d_2 - d_1}{2} - u_R}$$

✓ Độ lệch của dây tiếp điện

$$y(x) = \frac{F_w}{2T}x(c-x) + \frac{d_1+d_2}{c}(c-x)$$

$$r(x) = \frac{1}{2R}x(c-x)$$

$$D_{ext}(x) = y(x) - r(x) - d_1$$

$$= \frac{F_w}{2T}x(c-x) + \frac{d_1+d_2}{c}(c-x) - \frac{x(c-x)}{2R} - d_1$$

$$u_d = \frac{F_w c^2}{8T} \quad \Rightarrow \quad \frac{F_w}{2T} = \frac{4u_d}{c^2}$$

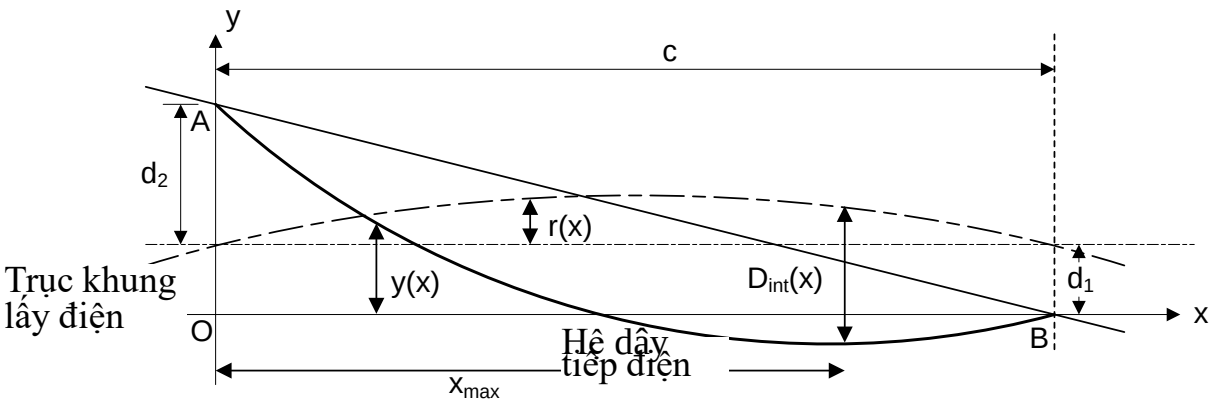
$$u_R = \frac{c^2}{8R} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{2R} = \frac{4u_R}{c^2}$$

$$D_{ext}(x) = \frac{4u_d}{c^2}x(c-x) + \frac{d}{c}(c-x) - \frac{4u_R}{c^2}x(c-x) - d_1$$

$$D_{ext}'(x) = \frac{4u_d}{c^2}(c-2x) - \frac{d}{c} - \frac{4u_R}{c^2}(c-2x) = 0$$

Tính độ dài khẩu độ cột tối đa

- **Mối quan hệ giữa chuyển dịch ngang của dây tiếp xúc do gió và đường cong**
  - Sự dao động ở hai đầu là khác nhau.
  - Khi gió thổi theo hướng đi vào đường cong.



Thay u_d, u_R bằng các hệ số,

$d_1+d_2=d$

Đặt $D_{int}'(x) = 0$

tìm điểm x có độ chuyển dịch lớn nhất

$$x_{max} = \frac{c}{2} + \frac{c\,d}{8(u_d + u_R)}$$

$$y(x) = -\frac{F_w}{2T}x(c-x) + \frac{d_1+d_2}{c}(c-x)$$

$$D_{int}(x) = r(x) + d_1 - y(x)$$

$$= \frac{1}{2R}x(c-x) + d_1 + \frac{F_w}{2T}x(c-x) - \frac{d_1+d_2}{c}(c-x)$$

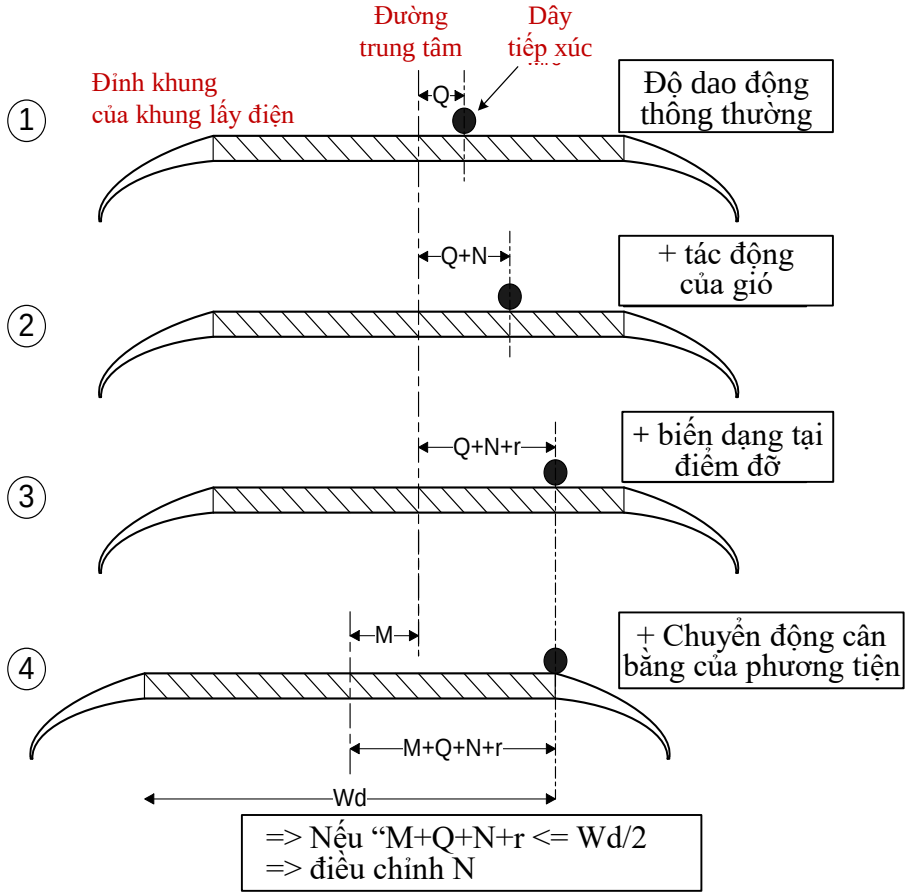
✓ Độ lệch của dây tiếp điện

$$D_{int}(x_{max}) = u_d + \frac{d_2+d_1}{16(u_d+u_R)} - \frac{d_2-d_1}{2} + u_R$$

Xác định độ dài khẩu độ cột tối đa

➢ Khái niệm (1)

- Xác định độ dài khẩu độ cột tối đa có nghĩa là hạn chế sự chuyển dịch ngang của dây tiếp xúc đối với khung lấy điện
- Trong các tham số độ dài khẩu độ cột, độ dao động, độ căng, biện dạng cột của hệ dây tiếp điện, với các đặc điểm của ray và sự chuyển động của phương tiện, thì chỉ có độ dài khẩu độ cột là có thể điều chỉnh.
- Để tìm **chiều rộng dư (Mw)** của ½ đỉnh khung liên quan đến độ dịch chuyển của dây tiếp xúc

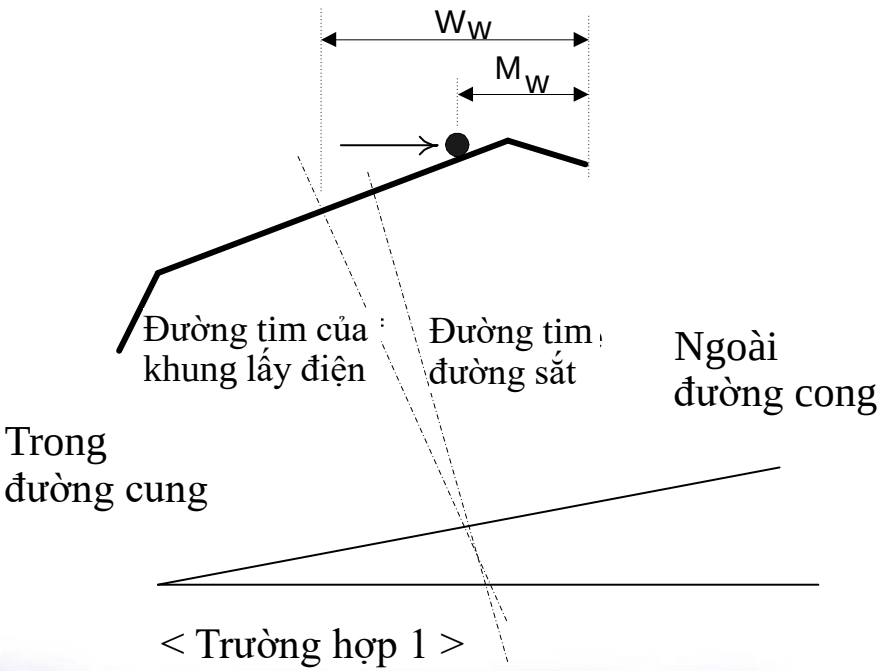


Xác định độ dài khẩu độ cột tối đa

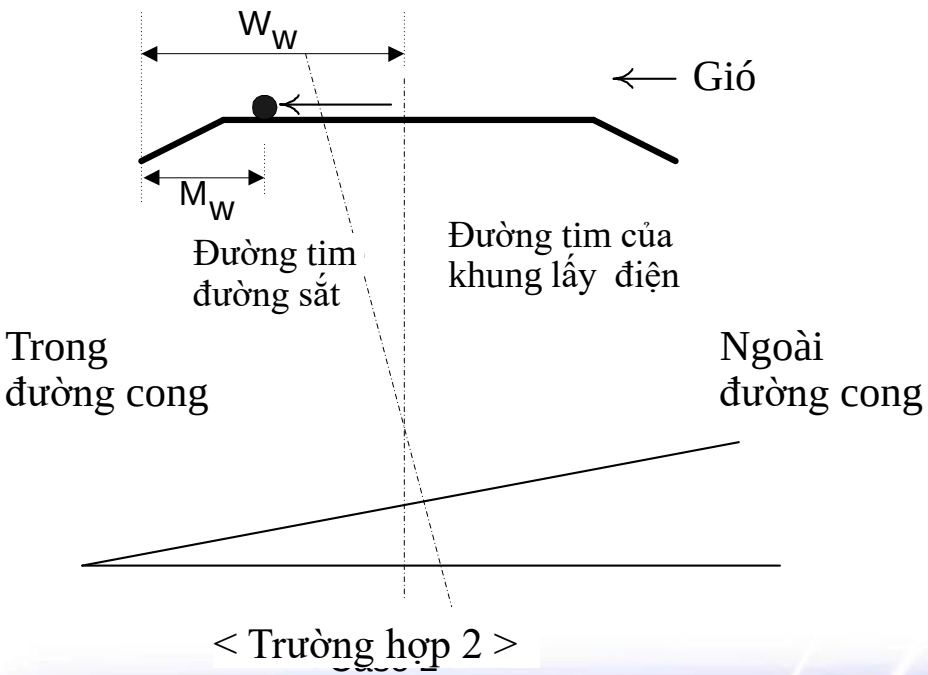
➢ Khái niệm (2)

- Mw luôn > 0 trong cả 3 trường hợp vận hành dưới đây (Các trường hợp xấu nhất)

① Trường hợp 1 : Tàu đứng yên trên đường ray có dốc, Mw?
② Trường hợp 2 : Áp lực gió tối đa đạt được ở hướng ra ngoài đường cong khi tàu chạy ở tốc độ tối đa, Mw?



< Trường hợp 1 >



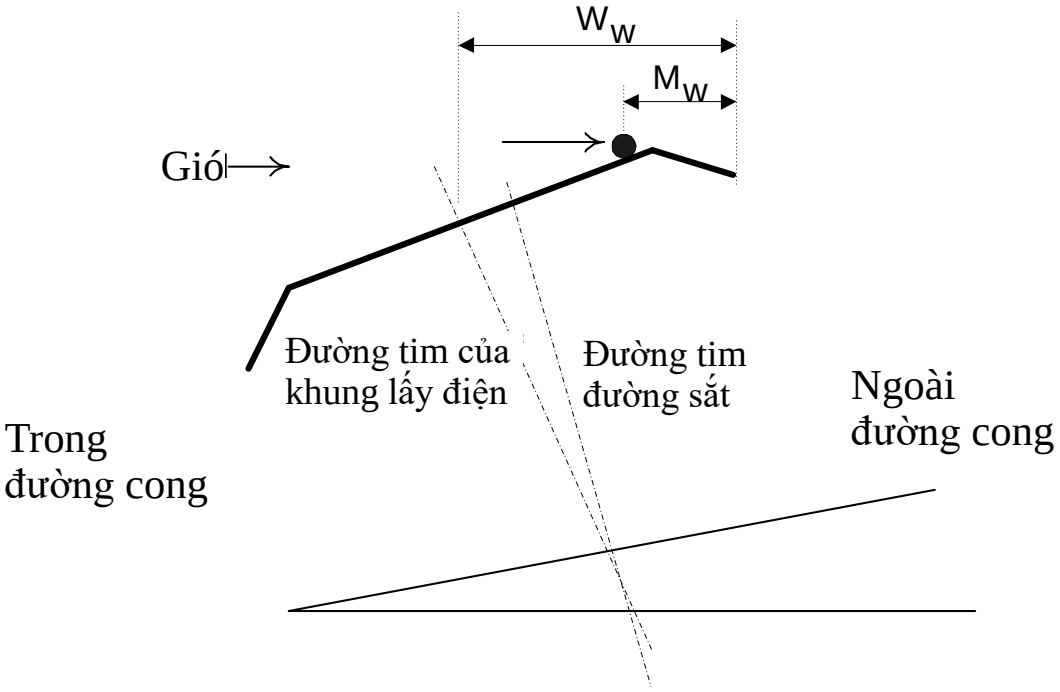
< Trường hợp 2 >

Xác định độ dài khẩu độ cột tối đa

➢ Khái niệm (2)

- Mw luôn > 0 trong cả 3 trường hợp vận hành dưới đây (Các trường hợp xấu nhất)

③ Trường hợp 3 : Áp lực gió tối đa đạt được ở hướng đi vào đường cong khi tàu đứng yên, Mw?



< Trường hợp 3 >

Xác định độ dài khẩu độ cột tối đa

- **Các phương trình đánh giá chiều rộng dư, Mw**

① Trường hợp 1 : Tàu đứng yên trên đường ray có dốc, Mw?

$$M_w = w_w - e_p - u_{N1} - \frac{l - l_n}{2} - \frac{2.5}{R} - u_{umbE} - \sqrt{T_1^2 + u_c^2 + u_0^2 + u_m^2 + u_t^2 + u_a^2}$$

② Trường hợp 2 : Áp lực gió tối đa đạt được ở hướng ra ngoài đường cong khi tàu chạy ở tốc độ tối đa, Mw?

$$M_w = w_w - e_p - u_N - \frac{C^2}{8R} - \frac{l - l_n}{2} - \frac{2.5}{R} - u_{umbI} - u_p - \sqrt{T_1^2 + u_c^2 + u_0^2 + u_m^2 + u_t^2 + u_a^2 + u_d'^2}$$

③ Trường hợp 3 : Áp lực gió tối đa đạt được ở hướng đi vào đường cong khi tàu đứng yên, Mw?

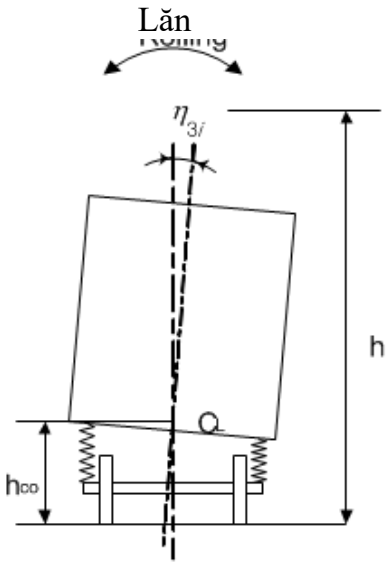
$$M_w = w_w - e_p - u_N + \frac{C^2}{8R} - \frac{l - l_n}{2} - \frac{2.5}{R} - u_{umbE} - u_p - \sqrt{T_1^2 + u_c^2 + u_0^2 + u_m^2 + u_t^2 + u_a^2 + u_d'^2}$$

Xác định độ dài khẩu độ cột tối đa

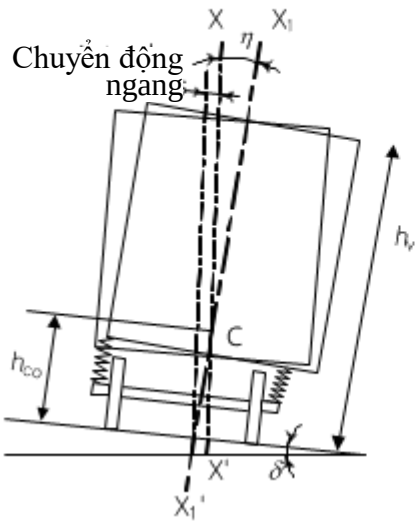
➢ Phân tích tham số trong các phương trình chiều rộng dư

- Bán kính đường sắt, R
- Khổ đường danh định, ln = 1,435 m
- Khổ đường, l = ln + dung sai
- Hữu dụng tại độ cao của dây tiếp xúc vì Siêu cao/Không cân bằng, UunbE/UunbI

<Sự rung lắc của phương tiện khi chạy>

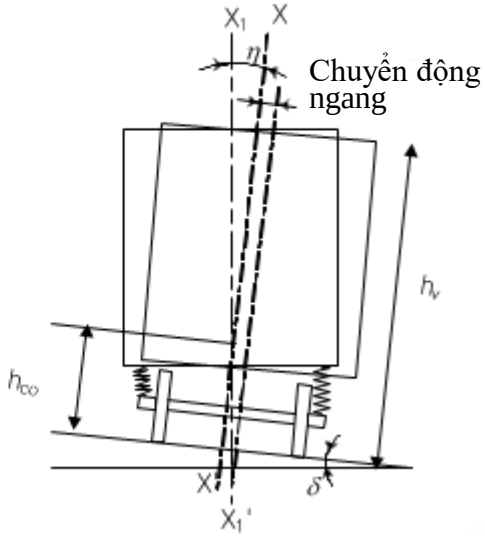


<Trạng thái đứng yên của tàu trên đường ray dốc>



$$u_{unbE} = \frac{S_0'(h - h_{co})}{d_e}(E - E_0')$$

<Phương tiện chạy trên đường sắt không đủ độ nghiêng>

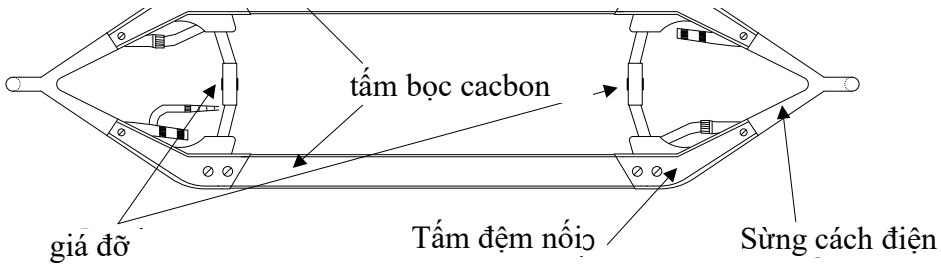


$$u_{unbI} = \frac{S_0'(h - h_{co})}{d_e}(I - I_0')$$

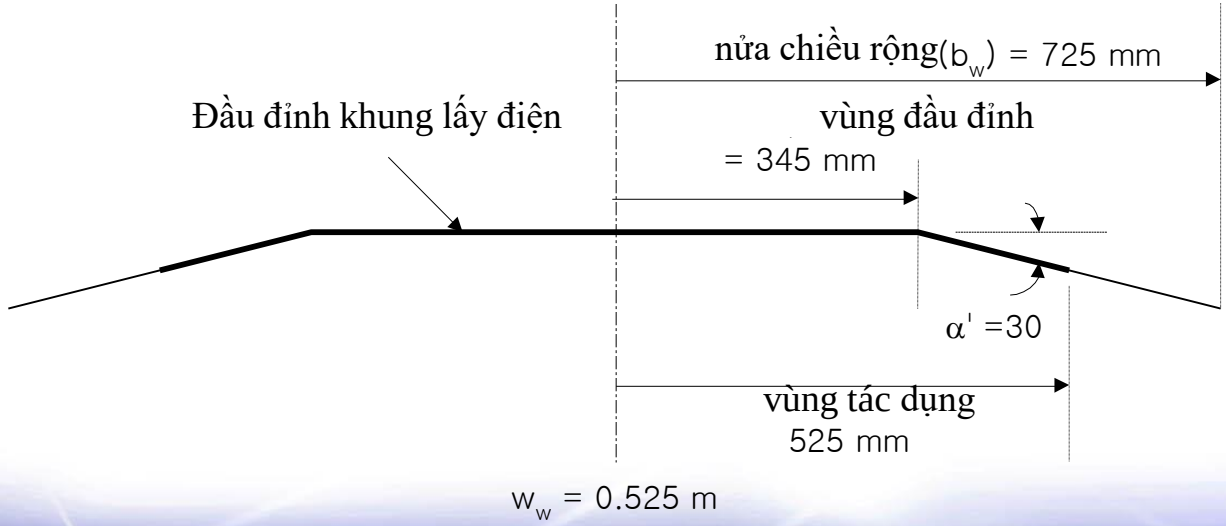
Xác định độ dài khẩu độ cột tối đa

➢ Phân tích tham số trong các phương trình chiều rộng dư

- Nửa chiều rộng của vùng tác dụng của khung lấy điện, Ww



✓ Đỉnh khung lấy điện - Nhìn từ trên xuống

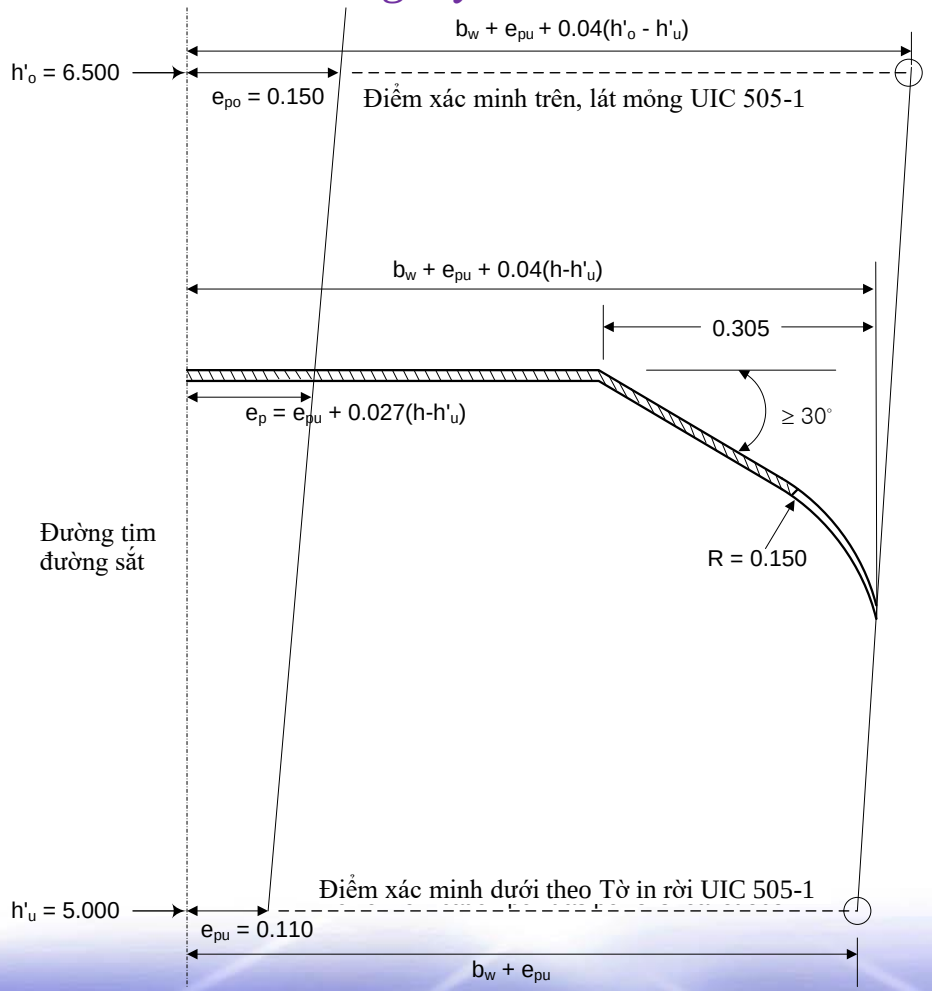


✓ Vùng khung tiếp điện hoạt động (ví dụ của KTX (tàu tốc độ cao Hàn Quốc)

Xác định độ dài khẩu độ cột tối đa

➢ Phân tích tham số trong các phương trình chiều rộng dư

◆ Sự lệch tâm của đỉnh khung lấy điện do các đặc tính của phương tiện, ep



$$e_p = e_{pu} + \frac{(h - h_u')}{(h_o' - h_u')}(e_{po} - e_{pu})$$

Xác định độ dài khẩu độ cột tối đa

- **Một lập trình chuyên biệt (trong MS-Excel)**

최대 경간길이 계산 프로그램

SHEET 1 - 입력데이블

1 아래 데이타을 입력해 주세요

	분류	항목	기호	입력란	입력값	비고/설명
1	지역	Zone	*Zone*	1	1, 2 or 3	1 : 서울-경주, 2 : 경주-부산, 3 : 터널
2	지형	Site	*Site*	1	1 or 2	1 : 일반지형, 2 : 노출지형 (과노출지형은 제외)
3	선로	선로번호	*Line*	1	1 or 2	Line 1 : 하선, Line 2 : 상선
4		곡선반경	*R*	7000	(m)	직선구간은 100000이상을 넣어주세요
5	전차선로	경간길이	*C*		(m)	
6		암 편위	*Um1*	200	(mm)	

2 상수 데이타(Constant Variables)

	분류	항목	기호	입력값	단위	비고/설명
7	전차선로	전차선 동적 높이	*H*	5.28	(m)	고속에서 전차선 높이(압상량 0.2m 가정)
8		전차선 정적 높이	*H*	5.08	(m)	정적 전차선 높이
9		전차선과 조가선의 직경의 합	*A*	0.0241	(m)	
10		전차선과 조가선의 장력의 합	*Zf*	34000	N	
11		전차선 장력	*Zfd*	20000	N	
12		Distance from Fixed Point	*Nf*	550	(m)	Zone1 & 2해당, One Span Length(50m) Deducted
13		*Nf* for Tunnel Area	*Nf*	700	(m)	in Tunnel
14		가동브라켓트 길이	*As*	2.35	(m)	from Mast Face to Contact Wire Axis
15		*As* for Tunnel	*As*	1.7	(m)	
16		C.W. Side Movement	*Um*	0.055	(m)	전주 움직임에 의한 전차선 횡 이동량
17		전차선 시공 허용오차	*Ut*	0.02	(m)	전차선 시공 허용오차
18		전선의 풍력계수	*e*	1.25		

	분류	항목	기호	입력값	단위	비고/설명
19	팬터그래프	Working Zone_Half	*Ww*	0.525	(m)	팬터그래프 유효 폭의 반
20		Lower Verification Point	*H'u*	5	(m)	
21		Upper Verification Point	*H'o*	6.5	(m)	
22		*Ep* at Upper Verif. Point	*Epu*	0.11	(m)	
23		*Ep* at Lower Verif. Point	*Epo*	0.15	(m)	
24		Bow Sloping Angle	*a'*	30	(degree)	

	분류	항목	기호	입력값	단위	비고/설명
24	궤도	공칭 궤간	*Ln*	1.435	(m)	
25		최대 궤간	*Lmax*	1.445	(m)	
26		횡운동 변위	*T1*	0.025	(m)	정기보수전까지 궤도 수평변화 허용량(UIC 601-1 OR)
27		Pre-defined Superelevation	*E'o*	0.066	(m)	
28		Pre-defined Unbalance	*I'o*	0.066	(m)	

	분류	항목	기호	입력값	단위	비고/설명
29	차량	운동중심점 높이	*Hco*	0.6	(m)	기관차의 운동중심점 높이
30		Angle of Oscillation	*Eta_3)*	0.6	(degree)	
31		Wheel Supports Distance	*De*	1.5	(m)	정기보수전까지 궤도 수평변화 허용량(UIC 601-1 OR)
32		Track Cross Level Tolerance	*T2*	0.009	(m)	
33		Coefficient of Slope/Tilt	*S'o*	0.225		팬터그래프가 달린 기관차에 대한 일반적인 값

	분류	항목	기호	입력값	단위	비고/설명
34	환경조건	온도 변동범위(설계상)	*ΔT*	95	(℃)	
35		터널내 온도변동 범위	*ΔT*	60	(℃)	
36		공기 비중	*r*	11.6	(N/㎥)	
37		중력가속도	*g*	9.81	(㎧)	

SHEET 2 - 계산데이블

1. 데이블로 부터 해당 데이타(상수) 추출

변수	기호	단위	해당 테이블	추출값
Superelevation of the Track	*E*	(mm)	계산보조자료1 Data Table 3	152
Unbalance of the Track	*I*	(mm)	계산보조자료1 Data Table 3	55
Wind Speed	*v*	(m/s)	Zone과 Location 입력에 따른 조건식	31
최대속도(설계속도)	*V*	(km/h)	계산보조자료1 Data Table1	350
휘 편위	*Un2*	(mm)	계산보조자료1 Data Table2	-100
팬터그래프 압상력	*K*	(N)	N/A	190

2. 변수 계산

변수	기호	단위	계산식	계산값1(정지)	계산값2(최고속도)
곡선반경 이탈율	*Q_ct*	(m)	2.5/R	0.000357	0.000357
Track Gauge Offset평균	*L_ct*	(m)	(Lmax-Ln)/2	0.005	0.005
전후 편위평균	*Un*	(m)	(Un1+Un2)/2	0.05	자동
팬터그래프 중심점 이탈거리	*Ep*	(m)	Epu+(H-H'u)(Epo-Epu)/(H'o-H'u)	0.1121	0.1175
궤도 Superelevation/Unbalance	*UunbE_I*	(m)	S'o(H-Hco)(E(I)-E'o(I'o))/De	0.0591	0.0000
Bow 경사면과 Level사이 각	*a''*	(degree)	a' + (-/+)arcsin(Actual cant/Ln)	23.9196	56.0804
팬터그래프 압상력에 의한 전차선 수평이동량	*Up*	(m)	C+K+tan(a'')/(4+Zfd)	계산보조자료2	계산보조자료2
차량요동으로 인한 영향	*Uo*	(m)	(H-Hco)tan(Eta_3))	0.0480	0.0501
Cross Level 오차로 인한 영향	*Uc*	(m)	T2[H(1+S'o)-S'o+Hco]/De	0.0367	0.0381
온도에 의한 전차선 이동량	*Ua*	(m)	{[17+10exp(-6)+Nf+DT/2]^2}/2As	0.0420	0.0420
Curve영향 - 전차선 이동량	*M_ct*	(m)	C^2/8R	계산보조자료2	자동
바람에 의한 전차선 이동량	*Ud*	(m)	r*V^2*e*A*C^2/(2g)/(8Zf)	계산보조자료2	N/A
바람, Curve에 의한 전차선 이동량	*U'd*	(m)	Ud+(Un1-Un2)^2/{16[Ud-sign(M_ct)]	계산보조자료2	N/A

3. 최악조건(3가지 조건)에서 판토그래프 유효잔여넓이(Mw) 계산

Condition 설명	기호	필요조건	Mw >= 0 을 만족하는 최대 경간	해당 표준경간
Stationary Vehicle, Opposite to the Support	Mw1	Mw >=0		
Train Max. Speed, Max. Wind toward Inside	Mw2	Mw >= 0		
Train Stop, Max. Wind toward Outside	Mw3	Mw >= 0		

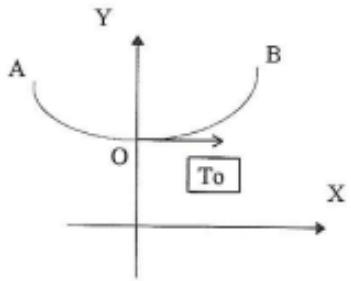
위에 대한 계산결과 값 Zone 1 Site 1 R = 7000

M_ct	Up (Sta.)	Up (Oper.)	Ud	(-)U'd	(+)U'd	Mw2	Mw3	Mw1	Ud - C^2/8R
0.0709	0.0245	0.1090	0.2476	0.2794	0.2653	-0.0241	0.06232	0.05119	0.1767
0.0698	0.0243	0.1082	0.2437	0.2760	0.2616	-0.0189	0.06480		0.1739
0.0686	0.0241	0.1073	0.2398	0.2727	0.2580	-0.0138	0.06725		0.1712
0.0675	0.0239	0.1064	0.2360	0.2694	0.2545	-0.0087	0.06966		0.1684
0.0664	0.0237	0.1056	0.2321	0.2661	0.2510	-0.0037	0.07205		0.1657
0.0654	0.0235	0.1047	0.2283	0.2629	0.2475	0.0013	0.07439		0.1630
0.0643	0.0233	0.1038	0.2246	0.2597	0.2441	0.0062	0.07671		0.1603
0.0632	0.0231	0.1030	0.2209	0.2565	0.2407	0.0111	0.07899		0.1576
0.0622	0.0229	0.1021	0.2172	0.2535	0.2373	0.0159	0.08124		0.1550
0.0611	0.0227	0.1012	0.2135	0.2504	0.2340	0.0206	0.08345		0.1524
0.0601	0.0225	0.1004	0.2099	0.2474	0.2307	0.0253	0.08563		0.1498
0.0590	0.0223	0.0995	0.2063	0.2445	0.2275	0.0299	0.08777		0.1472
0.0580	0.0221	0.0986	0.2027	0.2416	0.2243	0.0345	0.08988		0.1447
0.0570	0.0219	0.0978	0.1991	0.2387	0.2211	0.0390	0.09196		0.1421
0.0560	0.0217	0.0969	0.1956	0.2359	0.2180	0.0435	0.0940		0.1396
0.0550	0.0215	0.0961	0.1922	0.2332	0.2149	0.0479	0.0960		0.1372
0.0540	0.0213	0.0952	0.1887	0.2305	0.2119	0.0522	0.0980		0.1347
0.0530	0.0212	0.0943	0.1853	0.2278	0.2089	0.0565	0.0999		0.1323
0.0521	0.0210	0.0935	0.1819	0.2252	0.2060	0.0607	0.1018		0.1298
0.0511	0.0208	0.0926	0.1786	0.2227	0.2031	0.0648	0.1036		0.1274
0.0502	0.0206	0.0917	0.1752	0.2202	0.2002	0.0689	0.1055		0.1251
0.0492	0.0204	0.0909	0.1719	0.2178	0.1974	0.0729	0.1072		0.1227
0.0483	0.0202	0.0900	0.1687	0.2154	0.1946	0.0769	0.1090		0.1204
0.0474	0.0200	0.0891	0.1655	0.2131	0.1919	0.0808	0.1107		0.1181
0.0464	0.0198	0.0883	0.1623	0.2108	0.1892	0.0846	0.1123		0.1158
0.0455	0.0196	0.0874	0.1591	0.2086	0.1866	0.0884	0.1140		0.1136
0.0446	0.0194	0.0865	0.1560	0.2065	0.1840	0.0921	0.1155		0.1113
0.0438	0.0192	0.0857	0.1529	0.2044	0.1815	0.0957	0.1171		0.1091
0.0429	0.0190	0.0848	0.1498	0.2024	0.1790	0.0993	0.1186		0.1069
0.0420	0.0188	0.0839	0.1467	0.2004	0.1765	0.1027	0.1201		0.1047
0.0411	0.0186	0.0831	0.1437	0.1986	0.1742	0.1062	0.1215		0.1026
0.0403	0.0184	0.0822	0.1408	0.1967	0.1718	0.1095	0.1228		0.1005
0.0394	0.0182	0.0813	0.1378	0.1950	0.1695	0.1128	0.1242		0.0984
0.0386	0.0180	0.0805	0.1349	0.1933	0.1673	0.1160	0.1255		0.0963
0.0378	0.0179	0.0796	0.1320	0.1917	0.1651	0.1191	0.1267		0.0942
0.0370	0.0177	0.0787	0.1292	0.1902	0.1630	0.1221	0.1279		0.0922
0.0362	0.0175	0.0779	0.1263	0.1887	0.1609	0.1251	0.1291		0.0902
0.0354	0.0173	0.0770	0.1235	0.1873	0.1589	0.1280	0.1302		0.0882
0.0346	0.0171	0.0761	0.1208	0.1860	0.1570	0.1308	0.1313		0.0862

Tính độ căng dây cáp không điều chỉnh

Phương trình đối với một dây cáp treo giữa hai điểm là:

$$\sinh\left[\frac{aP_2}{2T_2}\right] - \lambda\,\frac{T_1P_2}{S\,P_1}\sinh\left[\frac{aP_1}{2T_1}\right] - \frac{T_1}{T_2}\,\frac{P_2}{P_1}\left[1 - \lambda\,\frac{T_1}{S} + \alpha\Delta\theta\right]\sinh\left(\frac{aP_1}{2T_1}\right) = 0$$



trong đó:

a :	Khẩu độ cột (m)
P_1, P_2 =	trọng lượng tuyến tính của cáp (daN.m)
T_1, T_2 =	độ căng của cáp (daN)
S =	Tiết diện của cáp (mm^2)
λ =	Tác động qua lại của suất đàn hồi (mm^2 /daN)
α =	hệ số giãn nở (/°C)
$\Delta\theta$ =	$\theta_2 - \theta_1$ (°C)

trong trường hợp một khẩu độ cột có các đầu không cùng độ cao, phương trình trên có thể đơn giản hóa thành:

$$\frac{a^2 P_2^{\,2} S}{24\lambda} = T_2^{\,3} + T_2^{\,2}\left[\frac{a^2 P_1^2 S}{24 T_1^2 \lambda} - T_1 + \frac{\alpha S}{\lambda}\left(\theta_2 - \theta_1\right)\right]$$

HỎI & ĐÁP

Trân trọng cảm ơn!