

第十章 支承

10.1 符號

- A : 橡膠支承面積(cm^2)。
- B : 若橫軸為旋轉軸, 取為橡膠墊長度; 若縱軸為旋轉軸, 取為橡膠墊寬度(cm)。
- c : 活塞體與盤壁間設計淨距(cm)。
- D : 支承载重面之水平投影面直徑(cm)。
- D_d : 橡膠碟直徑(cm)。
- D_p : 盤式支承之盤體內徑(cm)。
- D_1 : 搖動或滾動曲面之直徑(cm)。
- D_2 : 墊合材曲面(mating surface)之直徑(若為平板 $D_2 = \infty$)(cm)。
- d_j : 橡膠支承中第 j 個開孔直徑(cm)。
- E : 楊氏彈性模數(kgf/cm^2)。
- E_c : 橡膠體有效壓縮彈性模數(kgf/cm^2)。
- E_s : 鋼材楊氏彈性模數(kgf/cm^2)。
- e : 支承载重之偏心量(cm)。
- F_{sr} : 超過 2,000,000 週次數之容許疲勞應力範圍(kgf/cm^2)。
- F_y : 接觸面位置鋼材最低降伏強度(kgf/cm^2)。
- G : 橡膠剪力彈性模數(kgf/cm^2)。
- H_m : 考量所有應有載重組合條件, 作用於支承或限位裝置最大水平載重。
- h_{ri} : 橡膠支承內第 i 層橡膠層厚度(cm)。
- $h_{r\max}$: 橡膠支承內最厚橡膠層之厚度(cm)。
- h_{rt} : 支承之橡膠部分總厚度(cm)。
- h_s : 加勁鋼材之單層厚度(cm)。
- I : 慣性矩(cm^4)。
- L : 矩形支承之縱向尺寸(平行橋軸方向)(cm)。
- M_m : 最大彎矩。
- n : 橡膠內間層數。
- P_D : 靜載重產生之壓力。

- P_{TL} : 活載重加靜載重產生之壓力。
- P_L : 活載重產生之壓力。
- P_m : 考量所有應有載重組合所得最大壓力載重。
- R : 滑動曲面之半徑(cm)。
- R_o : 至支承中心之半徑距，例如錨碇螺栓，須留有淨距條件者(cm)。
- S : 橡膠支承內一個單層之形狀因數。
- t_w : 盤座壁體厚度(cm)。
- W : 矩形支承之橫向寬度(cm)。
- w : 盤式支承之活塞緣在盤座內之高度(cm)。
- β : PTFE 支承摩擦角之有效角 $=\tan^{-1}(H_m/P_D)$ 。
- Δ_o : 橋梁最大工作水平位移量(cm)。
- Δ_s : 橡膠最大剪力變形量(cm)。
- δ : 支承瞬間壓縮變形量(cm)。
- δ_m : 支承最大壓縮變形量(cm)。
- ϵ : 無加勁橡膠墊之瞬間壓縮應變
- ϵ_i : 積層橡膠支承第 i 層橡膠之瞬間壓縮應變
- θ : 橡膠支承在 10.6.5.C 節載重條件下，最大工作旋轉量在所考慮方向之分量(rad)。
- θ_D : 靜載重產生之最大旋轉量(rad)。
- θ_L : 活載重產生之最大旋轉量(rad)。
- $\theta_{m,X}$: 考量所有應有載重及變形組合條件，對橫軸之最大旋轉量(rad)。
- $\theta_{m,Z}$: 考量所有應有載重及變形組合條件，對縱軸之最大旋轉量(rad)。
- θ_m : 考量所有應有載重及變形組合條件(包括活載重、靜載重、橋梁移動及施工誤差)之最大設計旋轉量(rad)。
- μ : 摩擦係數。
- σ_D : 靜載重產生之平均壓應力。
- σ_L : 活載重產生之平均壓應力。
- σ_{TL} : 全部靜載重加活載重產生之平均壓應力。
- σ_m : 最大平均壓應力。

10.2 範圍

本章包含結構支承之設計及選擇需求條件，支承之設計及配置應符合橋梁需求功能，並且應可容納因溫度及齡期效應(time dependent)條件下所發生之變形。

作用於支承及結構桿件上之力量受個別構材勁度及組裝架設過程產生之誤差影響，其影響應於計算及設計構材載重時納入考量。

10.3 定義

支承：一結構裝置可傳遞載重並提供位移及/或轉動需求。

固定型支承：一防止與鄰接結構物有縱向差異位移之支承，可有或不具提供側向差異位移或轉動之條件。

活動型支承：一容許與鄰接結構物有縱向及/或差異位移之支承，可有或不具提供轉動之條件。

滑動支承：一藉由彼此表面間滑動提供移動量之支承。

盤式支承：一支承藉由圍束於鋼製圓柱內受壓之橡膠碟承受垂直載重，並藉由橡膠碟之變形提供轉動。

PTFE 滑動支承：一支承藉由 PTFE 片或編織纖維與其墊合面間之接觸應力承受垂直載重，並藉由 PTFE 在墊合面上之滑動容許移動需求。

碟式支承：一支承藉由聚醚氨酯 (polyether urethane) 合成物成型之單橡膠碟的變形提供轉動需求，其中可能包含有部分圍束側向膨脹之裝置。

無加勁橡膠墊(PEP)：完全用橡膠製成之支承墊。

鋼板加勁橡膠墊：在橡膠硫化過程中以鋼板及橡膠交互層疊粘結製成之橡膠墊。

金屬搖動或滾動支承：一支承藉由兩金屬面接觸承受垂直載重，藉彼此接面間滾動以提供移動或轉動需求。

青銅支承：一支承藉青銅面與墊合面之滑動提供位移或轉動需求。

棉帆布加勁墊(CDP)：在橡膠硫化過程中以橡膠與棉帆布(cotton duck)緊密層疊粘結製成之橡膠墊。

雙圓柱體支承：一支承以雙圓柱中心軸互相垂直疊放做成，使能提供對任何水平軸之旋轉。

玻璃纖維加勁墊(FGP)：在橡膠硫化過程中以交互層疊之橡膠與編織玻璃纖維粘結製成之橡膠墊。

關節式支承：支承具一金屬凹面置於一金屬凸面上以提供對任何水平軸之轉動需求。

縱向：橋梁主桁架或大梁之軸方向。

橫向：垂直於橋梁縱軸之水平方向。

位移：橋梁在縱向或橫向之水平移動。

對縱軸旋轉：對一平行於橋梁縱軸之軸線旋轉。

對橫軸旋轉：對一平行於橋梁橫軸之軸線旋轉。

RMS：均方根值(Root mean square)。

10.4 支承一般需求

最小溫度位移量應以3.16節所定極端溫度並估計安置時之溫度條件計算，設計應依據第三章載重組合及載重因數條件辦理。

金屬組件間未硬性接觸(hard Contact)之支承，型式為橡膠支承墊或鋼板加勁型橡膠支承者，其設計轉動量 θ_m 應取下列數值之總和：

—靜載重及活載重轉角

—不大於0.005 rad之轉動不確定餘裕量(allowance for uncertainties)

金屬組件間會有硬性接觸者例如盤式支承、碟式支承及曲面滑動支承等，其設計轉動量 θ_m 應取下列數值之總和：

—所有因數載重或使用極限狀態(service limit state)下所產生最大轉角。

—因組合及安裝誤差所產生之最大轉角，取為0.01rad，除非有經核可之品質控制辦法確認可使用較小值。

10.5 支承一般設計規定

橋梁支承有固定型及活動型，活動型支承可含有導向裝置以控制位移方向，固定型支承或導向支承須有足夠的強度以抵抗所有受束制方向之作用力並束制不需要之位移。

除非設計已考量支承及結構不同之變位及旋轉特性影響，不同類型之支承(例如盤式支承與碟式支承)，不論為固定型或活動型支承，不可混合使用於同一處伸縮縫、構架或

單柱橋墩。

10.5.1 載重及位移容量

設計支承所用位移量及載重條件須明確標示於設計圖中。

支承設計應足以承受載重及容納位移量；在應有之載重及位移量組合之條件下不得有損壞。

支承設計對橋梁之移動及轉動量，施工順序與所有載重及位移量之控制組合條件皆應納入設計考量，對兩水平軸及垂直軸之轉動量亦應考量。位移量包含有因載重產生者、因潛變乾縮及溫度效應產生之變形，以及安裝上不精確所發生者，在所有條件中，瞬間及長期效應皆應考量，惟不包括衝擊力之影響。最不利之位移量組合亦應納入設計，所有設計需求應有條理的製表標明。

10.5.2 特性

選為特殊應用之支承須有適當的載重及位移活動容量，表10.1及圖10.1所列內容可作為選用及定義不同支承系統指引參考。

表 10.1 支承適用性

支承型式	位移		轉動參考軸			承受載重		
	縱向	橫向	橫向	縱向	垂直軸	垂直	縱向	橫向
無加勁橡膠墊	S	S	S	S	L	L	L	L
玻璃纖維加勁墊	S	S	S	S	L	L	L	L
棉帆布加勁墊	U	U	U	U	U	S	L	L
鋼板加勁橡膠墊	S	S	S	S	L	S	L	L
平面滑動支承	S	S	U	U	S	S	R	R
球形曲面滑動支承	R	R	S	S	S	S	R	R
圓柱曲面滑動支承	R	R	S	U	U	S	R	R
碟式支承	R	R	S	S	L	S	S	R
雙圓柱體支承	R	R	S	S	U	S	R	R
盤式支承	R	R	S	S	L	S	S	S
搖動支承	S	U	S	U	U	S	R	R
關節式支承	U	U	S	U	U	S	S	R

表 10.1 英文代碼定義如下：

S=合適

U=不合適

L=有條件適用

R=需有特殊考量或加設元件例如滑動材或導向裝置者，或可適用。

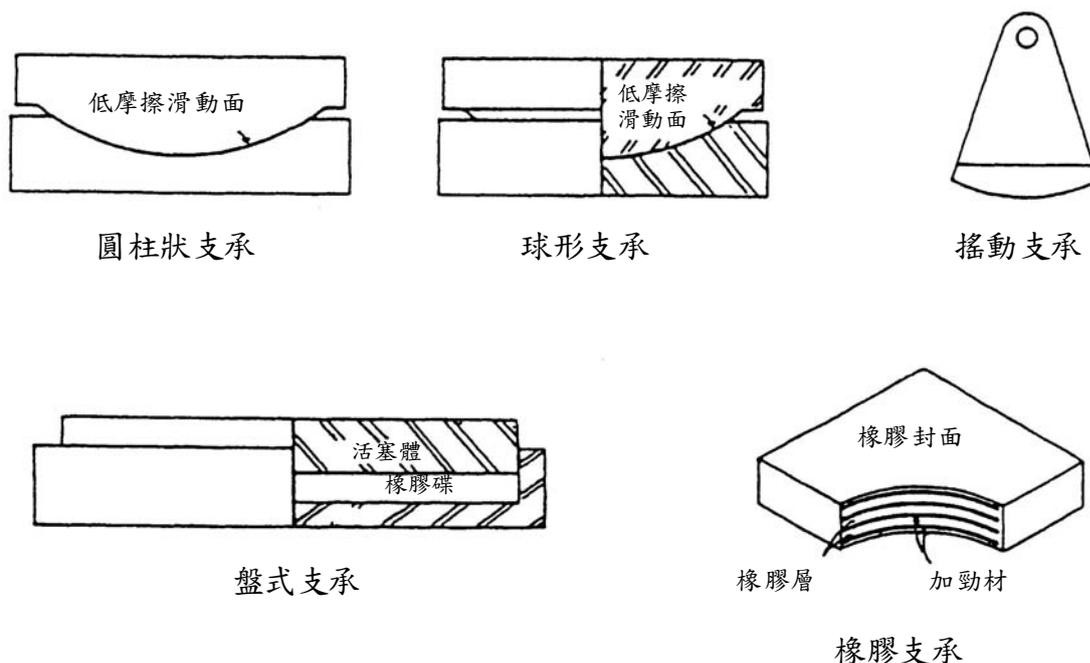


圖 10.1 支承之標準組件

10.5.3 支承處因束制位移引致之結構力

橋梁支承處因束制位移引致之水平力及彎矩應納入橋梁及支承設計考量，其值應以計得位移量與10.6節所定支承特性決定之。

1. 水平力

水平力因滑動摩擦、滾動摩擦或支承內柔性元件之變形而產生，設計應採最大作用力。

(1) 滑動摩擦力以下式計算：

$$H_m = \mu P_m \quad (10-1)$$

式中

H_m =最大水平載重

μ =摩擦係數

P_m =最大壓力載重

(2) 使橡膠元件變形之力量以下式計算：

$$H_m = GA\Delta_s / h_{rt} \quad (10-2)$$

式中

G =橡膠之剪力模數

A =橡膠元件或支承之平面面積

Δ_s =橡膠之最大剪力變形

h_{rt} =橡膠總厚度

(3) 滾動作用力須以試驗測定

2. 彎矩

橋梁下部及上部結構應以支承可傳遞最大彎矩 M_m 設計之。

(1) 未同時具有滑動平面之曲面滑動支承， M_m 應以下式估算：

$$M_m = \mu P_m R \quad (10-3)$$

(2) 同時具有滑動平面之曲面滑動支承， M_m 應以下式估算：

$$M_m = 2 \mu P_m R \quad (10-4)$$

式中

M_m =最大彎矩

R =滑動曲面之半徑

(3) 無圍束之橡膠支承或墊材， M_m 應以下式估算：

$$M_m = (0.5E_c I) \theta_m / h_{rt} \quad (10-5)$$

式中

I =支承平面形狀之慣性矩

θ_m =最大設計轉角(rad)

E_c =受壓橡膠支承之有效彈性模數

橡膠支承之載重變形曲線並非線性，故 E_c 受載重影響，但以下式估算其近似

模數：

$$E_c = 6GS^2$$

式中

G = 橡膠之剪力模數

S = 形狀因數，為橡膠支承內一個單層之形狀因數，為支承總面積除以自由膨脹之側邊面積；對於無開孔矩形支承 $S = LW / (2h_{max}(L+W))$ ；對於無開孔圓形支承 $S = D / (4h_{max})$ 。

10.6 支承設計特別規定

3.23節載重組合容許應力提高部分不適用於支承之設計。

10.6.1 金屬搖動及滾動支承

金屬搖動及滾動支承之構造細節應考慮檢視及維護之便利性。

1. 設計一般考量

支承之轉動軸應與所支撐構材發生最大轉動量之轉軸配合，並能確保支承之排列基準在橋梁壽命期內不致改變。而多滾軸支承則宜應以齒輪式以確保個別滾軸仍互相平行並維持原始間距。

2. 材料

搖動及滾動支承應使用符合ASTM A240之不銹鋼材，或符合AASHTO M169 (ASTM A108)、AASHTO M102 (ASTM A668)或M270 (ASTM A709) 36級,50或50W級之結構鋼材。材料性質見表9.1及9.2。

3. 幾何需求

支承尺寸之選用應考慮接觸應力及因滾動造成的接觸點移動。每一個別接觸曲面須有固定半徑。超過一個曲面之支承必須對稱於其兩曲面中心之連線。

支承設計應使穩定，如支承具兩圓柱曲面，個別在同一平板上滾動，使兩接觸線間之距離不大於兩柱狀面之半徑和將可達成穩定。

4. 接觸應力

最大壓力載重 P_m 須滿足下列條件：

- 具圓柱面者：

$$P_m \leq 8 \left(\frac{WD_1}{1-D_1/D_2} \right) \frac{F_y^2}{E_s} \quad (10-6)$$

• 具球形曲面者：

$$P_m \leq 40 \left(\frac{D_1}{1-D_1/D_2} \right)^2 \frac{F_y^3}{E_s^2} \quad (10-7)$$

式中

D_1 =搖動或滾動面之直徑

D_2 =墊合面(mating surface)之直徑

- 兩者曲率同號， D_2 取為正值
- 墊合板為平面， D_2 取為無窮大

F_y =接觸面位置鋼材強度最低者之降伏強度

E_s =鋼材之彈性模數

W =支承寬度

10.6.2 PTFE滑動面

PTFE係指聚四氟乙烯材 (poly tetra fluoethylene)，可使用於橋梁支承之滑動面以提供移動或旋轉功能。除導向裝置外，所有PTFE面須滿足本節規定。PTFE曲面須滿足10.6.3節規定。

1. PTFE面

PTFE面應以符合ASTM D4894或D4895規定之純原始PTFE樹脂製造，應以非填充型片材、填充型片材或以PTFE與其他纖維編織組合而成。

非填充型片材僅以PTFE樹脂製造；填充型片材應以PTFE樹脂均勻混合玻璃纖維或其他化學非活性填充材製造。填充料最多不可超過15%。

PTFE片含有凹點可容納潤滑油提供潤滑，PTFE面上凹點直徑不得超過8mm，深度應不小於2mm且不大於PTFE厚度之一半。貯油點應均勻分佈並函蓋最少佔20%最多30%之表面積上。潤滑油必須為符合美國軍用規範MIL-S-8660之矽脂類材料 (silicone grease)。

纖維編織型PTFE須以純PTFE纖維製造，加勁纖維編織型PTFE應以高強度纖維 (例如使用玻璃纖維)與PTFE交織，並不得使加勁纖維浮現於完成纖維之滑動面上。

2. 墊合面(Mating Surface)

PTFE須與墊合面連接，平墊合面應為不銹鋼而曲墊合板面應為不銹鋼或電鍍鋁。平墊合面最少須為8號鏡面處理之304型不銹鋼，且應符合ASTM A167/A264規定。曲金屬面不平整度之均方根值不得超過 4×10^{-4} mm(16 micro-in RMS)，其他表面處理經試驗結果驗證其摩擦係數者亦可採用。墊合面應夠大在任何時候皆足以涵蓋PTFE。

3. 最小厚度需求

(1) PTFE

在使用上，PTFE受壓後至少應有1.6mm，無受力狀態下，PTFE最大尺寸小於或等於60cm時，片材厚度至少5mm；最大尺寸超過60cm時，片材厚度至少6mm。與金屬基座以機械性連鎖(interlock)之PTFE編織物最小厚度1.6mm，在基座最高點處最大厚度3mm。

(2) 不銹鋼墊合面

不銹鋼墊合面最大尺寸小於或等於30cm時，片材厚度至少1.6mm；最大尺寸超過30cm時，片材厚度至少3mm。

背墊板需求見10.6.2節6.項(2)節規定。

4. 接觸壓應力

PTFE與墊合面間之最大接觸應力 σ_m ，應取最大壓力載重 P_m 及標稱面積計算。

平均接觸應力應以載重除以接觸面在垂直載重方向之投影面積計算，邊緣之接觸應力應考量由支承傳來最大彎矩 M_m 所產生假設為橫跨PTFE線性分佈之應力。

接觸應力不得超過表10.2數值，中間用量填充料者可取該表內插計得容許應力。

5. 摩擦係數

PTFE滑動面設計摩擦係數應取表10.3數值，中間數值可以內插計算。摩擦係數應取最大壓力載重 P_m 時之應力計算；亦可經試驗驗證採用較小之摩擦係數。

以摩擦力為抵抗外力需求者，在動力載重下之設計摩擦係數可取不大於表10.3支承應力及PTFE 類型所對應值之10%。

表10.3所列摩擦係數係基於8號鏡面處理之墊合面，較粗糙表面處理之摩擦係數須依照AASHTO 2002 Division II, Section 18之試驗方法所得結果確定之。

表 10.2 PTFE 接觸應力限制 kgf/cm² (括弧內數值以 MPa 為單位)

材料		平均接觸壓應力		邊緣接觸壓應力	
		靜載重	所有載重	靜載重	所有載重
無圍束型 PTFE	非填充型片材	105 (10.34)	175 (17.23)	140 (13.79)	210 (20.69)
	填充型片材(表列數值 為填充材含量最多時)	210 (20.69)	315 (31.03)	245 (24.13)	385 (37.92)
圍束型 PTFE 片材		210 (20.69)	315 (31.03)	245 (24.13)	385 (37.92)
在金屬基座上之編織型 PTFE		210 (20.69)	315 (31.03)	245 (24.13)	385 (37.92)
在金屬基座上之加勁編織型 PTFE		280 (27.58)	385 (37.92)	315 (31.03)	490 (48.27)

表 10.3 設計摩擦係數

PTFE 類型	壓應力 kgf/cm ² (Mpa)	35 (3.45)	70 (6.90)	140 (13.80)	>210 (>20.70)
	溫度(°C)	摩擦係數			
含凹點潤滑油者	20	0.04	0.03	0.025	0.02
	-25	0.06	0.045	0.04	0.03
	-45	0.10	0.075	0.06	0.05
非填充型或凹點無 潤滑油者	20	0.08	0.07	0.05	0.03
	-25	0.20	0.18	0.13	0.10
	-45	0.20	0.18	0.13	0.10
填充型	20	0.24	0.17	0.09	0.06
	-25	0.44	0.32	0.25	0.20
	-45	0.65	0.55	0.45	0.35
編織型	20	0.08	0.07	0.06	0.045
	-25	0.20	0.18	0.13	0.10
	-45	0.20	0.18	0.13	0.10

6. 連結方式

(1) PTFE

在一剛性金屬背墊板上有一達板厚一半之凹槽將其圍束的情況下，PTFE

片可為黏結或不黏結。

未圍束之PTFE片須以經驗證之方法黏結於金屬面或一硬度(Shore A durometer)至少90以上之橡膠層上。在金屬基座上之編織型PTFE須以機械性連鎖(mechanical interlock)方式連結於金屬基座上，且可抵抗至少10%作用壓力之剪力。

(2) 墊合面(Mating Surface)

平面滑動之墊合板面須與背墊板銲接連結，銲接方法應使其維持平面且在服務壽命內皆與背墊板完全接觸。銲接應確保使墊合板面全周邊有效密封防止濕氣，不致發生界面腐蝕。連結應足以抵抗在服務載重下支承可能發生之最大摩擦力。連結所使用之銲接應不影響PTFE面之接觸及滑動面積。

10.6.3 具曲滑動面之支承

具曲滑動面之支承應以具契合曲面及低摩擦滑動界面之兩金屬部材組成。曲面可為圓柱面或球形面，滑動界面之材料性質、特徵及摩擦性質需滿足10.6.2或10.6.7節之需求。

1. 幾何需求

曲面半徑須夠大以確保可承受支承最大載重 P_m 作用於水平投影面積上之最大平均承壓應力 σ_m ，且須滿足10.6.2節4.項或10.6.7節3.項平均應力規定。最大承壓應力以下式計算：

• 具圓柱面者：

$$\sigma_m = \frac{P_m}{DW} \quad (10-8)$$

• 具球形面者：

$$\sigma_m = \frac{4P_m}{\pi D^2} \quad (10-9)$$

式中

D =支承载重面之水平投影面直徑

W =圓柱體長度

滑動界面之兩曲面須為相同半徑。

2. 側向載重抵抗力

對於需要抵抗水平載重之支承，應提供外部束制系統，否則對於圓柱滑動面者

其水平載重應限制如下：

$$H_m \leq 2RW\sigma_{PTFE} \sin(\psi - \beta - \theta_m) \sin \beta \quad (10-10)$$

對於球形面者其水平載重應滿足：

$$H_m \leq \pi R^2 \sigma_{PTFE} \sin^2(\psi - \beta - \theta_m) \sin \beta \quad (10-11)$$

式中

$$\beta = \tan^{-1}(H_m / P_D) \quad (10-12)$$

$$\psi = \sin^{-1}(L/2R) \quad (10-13)$$

以及

H_m = 最大水平載重

L = 滑動面垂直於旋轉軸之投影長度

P_D = 永久載重下之壓力載重

R = 曲滑動面之半徑

W = 圓柱面之長度

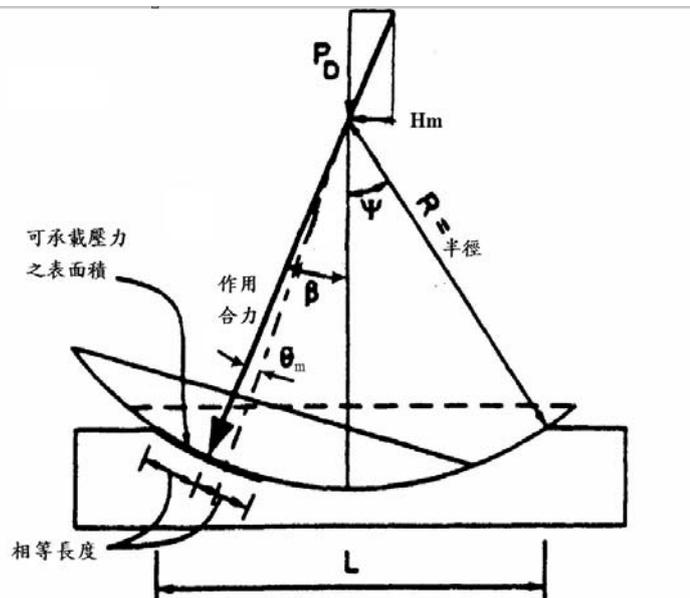
β = 作用合力與垂線夾角

θ_m = 10.4節所訂最大設計轉角，(保守方式將與 β 兩者絕對值相加以修正作用合力之偏角)。

σ_{PTFE} = 表10.2所定PTFE容許最大平均接觸應力

Ψ = 曲面圓心角之一半

$\Psi - \beta - \theta_m = \Psi - (\beta + \theta_m) \leq 0$ 則為不穩定狀態。



10.6.4 盤式支承

1. 通則

盤式支承內有PTFE滑動面以提供旋轉及水平位移，此等滑動面及任何導向系統須依據10.6.2及10.6.9節相關規定設計。

盤式支承之旋轉元件須滿足本節需求，應由至少一盤座、一活塞體、一橡膠碟及封環組合而成。

為確立作用於盤式支承上之力量及變形，旋轉軸應取位於橡膠碟高度中間之水平面上。

作用於盤式支承上之最小垂直力不得小於設計垂直載重之20%。

2. 材料

橡膠碟須以原始自然橡膠或原始人造橡膠為基材之合成物製成，其標稱硬度應介於硬度(Shore A) 50至60之間。

盤座及活塞須以符合AASHTO M270 (ASTM A709) 36級、50或50W級，或符合ASTM A240之不銹鋼製造，與橡膠墊接觸表面處理之平整度均方根值須比 1.6×10^{-3} mm(63 micro-in RMS)還平滑。

滿足10.6.4節5.項(1)節及10.6.4節5.項(2)節需求之封環具矩形斷面者須以符合ASTM B36半硬黃銅製成，具圓形斷面者須以符合美國聯邦規範(Federal Specification)QQB626, Composition 2之黃銅製成。

3. 幾何需求

橡膠碟之厚度 h_r 須滿足

$$h_r \geq 3.33D_p\theta_m \quad (10-14)$$

式中：

D_p =盤體內徑

θ_m =10.4節規定之最大設計轉角(rad)

在最不利之最大位移及旋轉組合條件下，各組件尺寸須滿足下列需求：

- 盤體須夠深以容納封材及活塞環仍維持與盤體垂直壁面完全接觸
- 金屬組件之間的接觸或黏結不會妨礙進一步之移動及旋轉

4. 橡膠碟

作用於橡膠上之最大平均應力不得大於 245 kgf/cm^2 ，為利於旋轉，橡膠之頂面及底面皆應以不傷害橡膠之潤滑油處理，或可於橡膠頂面及底面使用薄型PTFE碟。

5. 封環

盤體及活塞之間須使用封材，封材須足以防止橡膠在受壓力載重及反復轉動同時作用之下不致擠出；封材也須足以防止橡膠在受壓力載重及同時作用之靜力轉動下不致擠出。

本節(1)、(2)條件之黃銅環可使用以滿足以上需求，其他經實驗驗證之封邊系統可經工程師同意後使用。

(1) 矩形斷面封環

須使用三環，每環皆為平面圓形，惟全周僅一切斷點，切斷面與垂直成 45° 並切線於圓周。三環須加安排使每環切斷點間距均分盤體圓周。

每環寬度須不小於 $0.02D_p$ 或 6mm 取大者，亦不得大於 19mm ，每環深度須等於或大於 0.2 倍其寬度。

(2) 圓形斷面封環

須使用一外徑 D_p 之閉合圓環，其斷面直徑須不小於 $0.0175 D_p$ 或 8mm 。

6. 盤體(Pot)

盤體至少由一壁體及底座組成，所有組件應設計表現如同單一結構體。

當支承直接抵觸於混凝土或砂漿墊時，底座最小厚度應大於 $0.06 D_p$ 或 19mm ；當支承直接抵觸於鋼梁或分散作用力之鋼板上，底座最小厚度應大於 $0.04D_p$ 或 13mm 。

盤壁厚度應足以抵抗其中引致之所有作用力，未作更精確之分析場合下，無導向滑動盤式支承最小壁體厚度可依下式計算

$$t_w \geq \frac{D_p}{1.25F_y} \sigma_m \quad (10-15)$$

$$\text{且 } t_w \geq 19\text{mm}$$

式中

t_w =盤壁厚度

σ_m =最大平均壓應力

F_y =鋼材降伏強度

7. 活塞(Piston)

活塞應與盤體內部有相同平面形狀，其厚度應足以抵抗所受作用力，惟不得小於盤體內徑之6.0%，在環緣處除外。

活塞邊緣直徑應為盤體內徑再減一淨距 c ，此一淨距 c 應儘可能小，以避免橡膠擠出，但不得小於0.5mm，如活塞邊緣為圓柱面，其淨距應滿足

$$c \geq \theta_m \left(w - \frac{D_p \theta_m}{2} \right) \quad (10-16)$$

式中

D_p =盤體內徑

w =活塞邊緣高度

θ_m =10.4節規定之設計轉角

8. 側向載重

受側向載重之盤式支承，其盤壁及底座厚度設計須滿足：

$$t > \sqrt{\frac{40H_m \theta_m}{F_y}} \quad (10-17)$$

藉由活塞傳遞側向力之盤式支承

$$w \geq \frac{2.5H_m}{D_p F_y} \quad (10-18)$$

且 $w \geq 3\text{mm}$

式中 w 為活塞邊緣接觸盤壁之厚度

10.6.5 鋼板加勁橡膠支承—方法A

1. 通則

鋼板加勁橡膠支承由鋼板及橡膠層交疊組成，黏結為一體。變厚度之橡膠層不得使用，所有內間層須有相同厚度；頂層及底層厚度不大於內間層厚度之70%。除有內部加勁板外，支承頂面或底面橡膠層也可能有外部載重鋼板連結。

2. 材料性質

橡膠之剪力模數應在5.6至12.3 kgf/cm²之間，標稱硬度(Shore A) 在50至60之間。

氣溫23°C時之橡膠剪力彈性模數為設計基本參數。如材料已有明定之剪力彈性模數，則可應用該值設計，其他材料性質與參數可依表10.4之規定。如材料係規定其硬度，則應取表10.4硬度對應剪力模數範圍之最不利值，任何條件之中間數值應以內插求得。

表 10.4 不同硬度之橡膠特性

硬度(Shore A)	50	60	70
23°C 剪力模數 (kgf/cm ²)	6.65~9.1	9.1~14	14~21
25 年潛變變形量	25%	35%	45%
瞬間變形量			

3. 設計需求

(1) 範圍

依據本節規定設計之支承須依照Article 18.7 of Division II ,AASHTO 2002 有關於鋼板加勁橡膠支承需求作後續試驗並符合條件，鋼板加勁橡膠支承亦可依10.6.6節規定設計。

(2) 壓應力

在任一受壓層，其平均壓應力須滿足下列條件：

- 提供剪力變形之支承

$$\sigma_{TL} \leq 112 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{TL} \leq 1.66 \text{ GS} \quad (10-19)$$

$$\sigma_L \leq 0.66 \text{ GS}$$

- 受束制抵抗剪力變形之支承

$$\sigma_{TL} \leq 122.5 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{TL} \leq 2.00 \text{ GS} \quad (10-20)$$

$$\sigma_L \leq 1.00 \text{ GS}$$

式中

σ_L =活載重產生之平均壓應力

σ_{TL} =所有靜載重加活載重產生之平均壓應力

G =橡膠之剪力模數

S =支承最厚層之形狀因數

(3) 壓力變形

總載重及僅活載重產生之壓力變形須分別考慮，跨越接縫間之最大相對變位差不超過3 mm為宜。

瞬間變形計算如下：

$$\delta = \sum \varepsilon_i h_{ri} \quad (10-21)$$

ε_i =積層橡膠支承第*i*層橡膠之瞬間壓力應變

h_{ri} =橡膠支承第*i*層橡膠之厚度

ε_i 數值須經由試驗結果或合理的分析確定，當考慮長期變形時，潛變效應與瞬間變形應一併考慮。其計算須依據所使用橡膠合成物之相關資料，在缺少材料特性資料條件下，應採用10.6.5節2.項規定數值，當缺少特殊支承之材料特性資料時，可使用圖10.2數值。

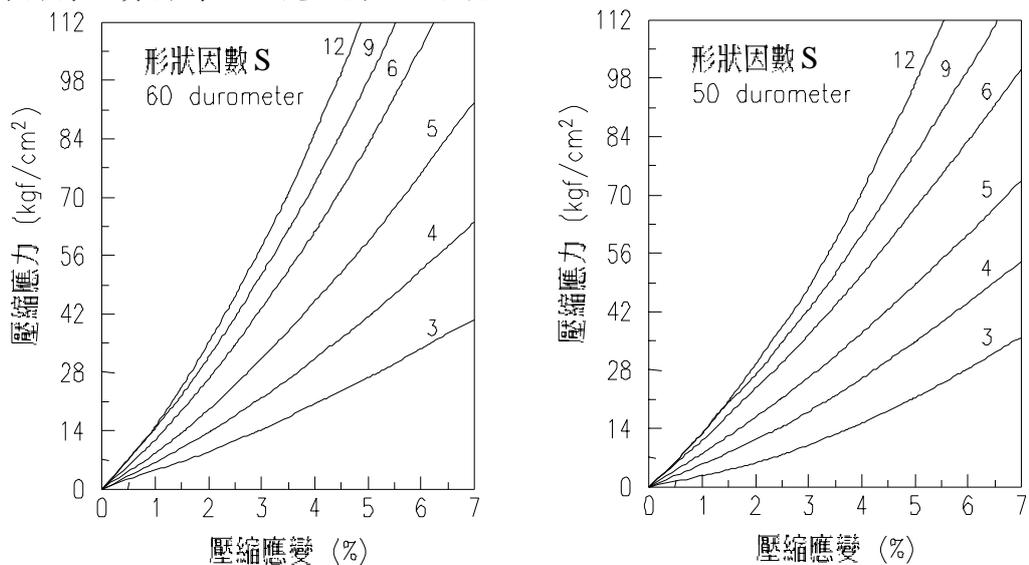


圖 10.2 橡膠支承之載重變形反應

(4) 剪力

橋梁上部結構水平位移量 Δ_0 ，其值應取由潛變、乾縮、後拉預力可能產生之最大位移量及溫度效應。支承之最大剪力變形量 Δ_s ，其值應取 Δ_0 再考慮橋墩柔度及施工程序後之修正值，如裝有一低摩擦滑動面， Δ_s 不必取大於相當於起始滑動量之變形量。

支承須設計使得

$$h_{ri} \geq 2\Delta_s \quad (10-22)$$

式中

h_{ri} =橡膠總厚度

Δ_s =橡膠最大工作剪力變形(service shear deformation)

(5) 壓力與轉動聯合作用

旋轉量應取為支承之頂面與底面之最大可能斜率差，其中包括初始之不平行影響及後續因作用載重及移動造成大梁端之旋轉量。在任何載重組合及對應旋轉量條件下，支承設計不得發生上揚。

所有矩形支承須滿足

$$\sigma_{TL} \geq 1.0GS \left(\frac{\theta_m}{n} \right) \left(\frac{B}{h_{ri}} \right)^2 \quad (10-23)$$

承受剪力變形之矩形支承也須滿足公式(10-24)；抵抗剪力變形者須滿足公式(10-25)。

$$\sigma_{TL} \leq 1.875GS \left(1 - 0.200 \left(\frac{\theta_m}{n} \right) \left(\frac{B}{h_{ri}} \right)^2 \right) \quad (10-24)$$

$$\sigma_{TL} \leq 2.250GS \left(1 - 0.167 \left(\frac{\theta_m}{n} \right) \left(\frac{B}{h_{ri}} \right)^2 \right) \quad (10-25)$$

式中

B =若橡膠墊橫軸為旋轉軸，取為其長度；若橡膠墊縱軸為旋轉軸，取為其寬度(cm)。

G =橡膠剪力模數

h_{ri} =第*i*層橡膠厚度

n =橡膠內間層之層數，內間層定義為這些層每一面皆有粘結者。外層定義為這些層僅一面有粘結者。當外層厚度多於內間層厚度之0.5倍時，此參數*n*對每一此外層可增加0.5倍。

S =支承最厚一層之形狀因數

θ_m =最大工作旋轉量在所考慮方向之分量(rad)

σ_{TL} =總活載重加靜載重產生之平均壓應力

所有圓形支承須滿足

$$\sigma_{TL} > 0.75GS \left(\frac{\theta_m}{n} \right) \left(\frac{D}{h_{ri}} \right)^2 \quad (10-26)$$

承受剪力變形之圓形支承須滿足公式(10-27)；抵抗剪力變形者須滿足公式(10-28)。

$$\sigma_{TL} < 2.5GS \left(1 - 0.15 \left(\frac{\theta_m}{n} \right) \left(\frac{D}{h_{ri}} \right)^2 \right) \quad (10-27)$$

$$\sigma_{TL} < 3.0GS \left(1 - 0.125 \left(\frac{\theta_m}{n} \right) \left(\frac{D}{h_{ri}} \right)^2 \right) \quad (10-28)$$

式中

D =橡膠墊直徑

(6) 穩定性

支承設計須避免不穩定情形。如果滿足

$$\frac{3.84(h_r/L)}{S\sqrt{1+2L/W}} \leq \frac{2.67}{S(S+2)(1+L/4W)} \quad (10-29)$$

則支承在本規範所有容許載重下是為穩定，無需進一步考慮其穩定性。

無法滿足公式(10-29)條件之矩形支承，對於 σ_{TL} 須另依公式(10-30)或公式(10-31)再作檢核，若依公式(10-31)所得數值為負值或無窮大，表示支承為穩定且與 σ_{TL} 無關。

• 橋體可自由橫向位移時

$$\sigma_{TL} \leq \frac{G}{\left(\frac{3.84(h_r/L)}{S\sqrt{1+2L/W}} - \frac{2.67}{S(S+2)(1+L/4W)} \right)} \quad (10-30)$$

• 橋體不可自由橫向位移時

$$\sigma_{TL} \leq \frac{G}{\left(\frac{1.92(h_r/L)}{S\sqrt{1+2L/W}} - \frac{2.67}{S(S+2)(1+L/4W)} \right)} \quad (10-31)$$

如矩形支承之 L 大於 W ，則應將 L 與 W 數值互換後代入公式(10-30)及公式(10-31)檢核。

對於圓形支承，可取 $L=W=0.8D$ 代入公式(10-30)及(10-31)檢核。

(7) 加勁材

加勁材之厚度 h_s 須滿足下式需求：

$$h_s > \frac{3.0h_{rmax}\sigma_{TL}}{F_y} \quad (10-32)$$

及

$$h_s > \frac{2.0h_{rmax}\sigma_L}{F_{sr}} \quad (10-33)$$

式中

h_s =單層鋼板之厚度(cm)

F_{sr} =超過2,000,000週次數之容許疲勞應力範圍(kgf/cm²)

如加勁材有開孔，其最小厚度須乘以2(全寬度)/(淨寬度)。

10.6.6 橡膠墊及鋼板加勁橡膠支承—方法B

1. 通則

包含無加勁之橡膠墊(PEP)、以玻璃纖維分層加勁之橡膠墊(FGP)、以棉質帆布密集分層加勁之橡膠墊(CDP)及鋼板加勁之橡膠支承。FGP內分層厚度可能互不相同。依照本節規定設計之鋼板加勁橡膠支承，其內間層須有相同厚度，其外表層不得大於內間層厚度之70%。

2. 材料性質

材料須滿足10.6.5.B節需求，但剪力模數須在5.6 kgf/cm²至17.5 kgf/cm²之間及硬度(Shore A)須在50至70之間。依照本節規定設計之鋼板加勁橡膠支承則不在此限。

3. 設計需求

(1) 範圍

無加勁之橡膠墊、玻璃纖維加勁橡膠墊及棉質帆布加勁橡膠墊須依照本節規定設計，依照本節規定設計之鋼板加勁橡膠支承其所用之橡膠墊需通過試驗合於需求。

玻璃纖維加勁橡膠墊(FGP)之規定僅適用於橡膠墊中裝有間隔3mm之雙層玻璃纖維者。

使用於支承之人造橡膠及天然橡膠其物理性質須符合下列ASTM需求，並

依如下說明調整：

人造橡膠：D4014

天然橡膠：D4014

調整部分：

- a. 其硬度(Shore A)值應在10.6.6節2.項限定之範圍內
- b. 須以Type2模具形狀切取樣品試體作壓力試驗

(2) 壓應力

在任一層內之平均壓應力 σ_{TL} 須滿足。

- 對於PEP： $\sigma_{TL} \leq 56 \text{ kgf/cm}^2$ ，且 $\sigma_{TL} \leq 0.55GS$
- 對於FGP： $\sigma_{TL} \leq 56 \text{ kgf/cm}^2$ ，且 $\sigma_{TL} \leq 1.00GS$
- 對於CDP： $\sigma_{TL} \leq 105 \text{ kgf/cm}^2$

對於FGP，S值應以頂部雙加勁層中間點至底部雙加勁層中間點間之最大距離計算。

對於依照本節規定設計之鋼板加勁橡膠支承， $\sigma_{TL} \leq 70 \text{ kgf/cm}^2$ ，且 $\sigma_{TL} \leq 1.0GS$ ，其中S值應以支承中之最厚層計算。有限制剪力變形者，上列應力限值可再增加10%。

(3) 壓力變形

須依10.6.5節3.項(3)規定，適用於PEP、FGP及CDP之資料可用於估計其變形量，在缺少資料時，PEP、FGP之壓力變形量可以10.6.5節3.項(3)相同形狀因數之鋼板加勁橡膠支承估計變形量分別乘以3倍及1.5倍估計之。

CDP受壓通常十分硬實，且基於過去經驗應可視為滿足本節規定，若符合10.6.6節3.項(2)之規定，可不需再作計算。

(4) 剪力

橋梁水平位移須依照10.5.1節辦理，橡膠墊最大剪力變形 Δ_s 應取橋梁水平位移，再考量橋墩柔度及施工程序後之予以折減修正，如裝有一低摩擦滑動面， Δ_s 不必取大於相當於起始滑動量之變形量。

橡膠墊應設計如下：

對於PEP，FGP及鋼板加勁橡膠支承： $h_r \geq 2\Delta_s$

對於CDP： $h_{rt} \geq 10\Delta_s$

(5) 旋轉

對各軸之旋轉量應取由於頂部與底部初始不平行及梁端轉角產生之最大可能旋轉量。

(5a) PEP及CDP

用於公式(10-34)及(10-35)中CDP之形狀因數應定為100，PEP及CDP皆須滿足下列條件：

- 矩形橡膠墊

$$\begin{aligned} \sigma_{TL} &\geq 0.5GS \left(\frac{L}{h_{rt}} \right)^2 \theta_{m,X} && \text{或} \\ \sigma_{TL} &\geq 0.5GS \left(\frac{W}{h_{rt}} \right)^2 \theta_{m,Z} \end{aligned} \quad (10-34)$$

- 圓形橡膠墊

$$\sigma_{TL} \geq 0.375GS \left(\frac{D}{h_{rt}} \right)^2 \theta_m \quad (10-35)$$

(5b) FGP及鋼板加勁橡膠支承

兩者皆須滿足下列條件：

- 矩形橡膠墊或支承

$$\begin{aligned} \sigma_{TL} &\geq 0.5GS \left(\frac{L}{h_{ri}} \right)^2 \frac{\theta_{m,X}}{n} && \text{或} \\ \sigma_{TL} &\geq 0.5GS \left(\frac{W}{h_{ri}} \right)^2 \frac{\theta_{m,Z}}{n} \end{aligned} \quad (10-36)$$

- 圓形橡膠墊或支承

$$\sigma_{TL} \geq 0.375GS \left(\frac{D}{h_{ri}} \right)^2 \frac{\theta_m}{n} \quad (10-37)$$

式中

n =橡膠內間層之層數，內間層定義為這些層每一面皆有粘結者。外層定義為這些層僅一面有粘結者。當外層厚度多於內間層厚度之0.5倍時，此參數 n 對每一此外層可增加0.5。

h_{ri} =第 i 層橡膠厚度

(6) 穩定性

為確保穩定性，橡膠墊總厚度不得大於 $L/3$ 、 $W/3$ 之最小值或 $D/4$ 。

(7) 加勁材

用於FGP之加勁材應使用玻璃纖維，其每一方向單位寬度之破壞強度至少 $998 h_{ri}$ kgf/cm。為符本節規定，若橡膠層厚度不一， h_{ri} 應取粘結於加勁材之兩橡膠層之平均厚度。若玻璃纖維加勁材含有開孔，則其強度應超出上述最小強度乘以2倍全寬度除以淨寬度。

依照本節規定設計之鋼板加勁橡膠支承之加勁材也須符合 10.6.5 節 3. 項(7)之需求。

4. 變形抗力

因橡膠變形所引致作用於結構上之剪力須以不小於橡膠 23°C 時之 G 值為依據；不計鬆弛效應。

若因橡膠變形所引致之剪力 H_m 超過最小垂直力之 $1/5$ ，橡膠墊須加固定防止水平移動。

橡膠墊不容許受上揚力

10.6.7 青銅或銅合金滑動面

青銅或銅合金可用於：

- 容納變位移動之平滑動面
- 容納變位及有限轉動量之曲滑動面
- 搖動支承或其他大旋轉量支承轉軸所需之釘栓或圓柱體

1. 材料

除另有規定外，青銅滑動面或其鑄造物須符合AASHTO M107 (ASTM B22)且以C90500，C91100或C96300合金作成。墊合面須使用洛氏硬度值(Rockwell hardness)至少大於青銅硬度100點之結構鋼材。

除另有規定外，應使用銅合金913或911或銅合金板，AASHTO M108 (ASTM B100)。

2. 摩擦係數

設計用摩擦係數應經由合理之試驗程序測量摩擦係數再加適當安全係數後決

定之。在沒有試驗資料場合下，對於自動潤滑之青銅組件設計摩擦係數可取為0.1，其他型式則取為0.4。

3. 載重及幾何限制

由靜載重與活載重組合之標稱支承應力不得大於 140kgf/cm^2 。

4. 間隙與墊合面

墊合面材須為機械精確加工以契合青銅面之幾何形狀，可提供均佈承壓及接觸之鋼材。

10.6.8 碟式支承

1. 通則

為確立作用於碟式支承上之力量及變形，旋轉軸應取位於橡膠碟高度中間之水平面上，聚醚氨酯圓盤(urethane disk)須以一凸起定位裝置(positive location device)固定其位置。

碟式支承設計須滿足10.4節定義 θ_m 轉動量條件。

2. 材料

橡膠碟須以聚醚氨酯 (polyether urethane)合成物為基材製成，僅可使用原始材料，硬度介於45至65(Shore D)之間

支承之金屬組件所用結構鋼材須符合AASHTO M270 (ASTM A709) 36級，50或50W級；或符合ASTM A240之不銹鋼。

3. 總體幾何需求

所有組件尺寸須做到金屬組件之間硬性接觸(hard contact)以確保在最不利之設計位移與旋轉量組合條件下不致發生更多之位移與旋轉。

4. 橡膠碟

橡膠碟須以一凸起之定位器(positive locator device)固定，橡膠碟應設計使滿足：

- 全部載重所產生之瞬間變形量不得大於10%未受力橡膠碟之厚度，因潛變產生之額外變形量不得大於8%未受力橡膠碟之厚度。
- 最大載重 P_m 作用下之橡膠碟平均壓應力不可大於 350kgf/cm^2 ，若橡膠碟外緣面非垂直面，此應力須用橡膠碟最小之平面積計算。
- 若使用PTFE滑動面PTFE滑動面上之壓應力不可大於10.6.2節所定平均及

外緣應力容許值之75%。由urethane disc 所產生之彎矩影響須納入應力分析。

5. 抗剪機制

在固定及導向支承中，須設有抗剪機制以傳遞上下鋼板之間之水平力，其任何方向之抗剪能力應足以抵抗設計剪力與10%設計垂直力之大者。

在上下鋼組件抗剪機制間之設計水平淨距不得大於10.6.9節對導桿所規定數值。

6. 鋼板

若鋼板直接接觸於鋼梁或分佈載重板(distribution plate)，則上板及下板之厚度不得小於 $0.045D_d$ ，或者鋼板直接承壓於水泥砂漿墊或混凝土上，則上板及下板之厚度不得小於 $0.06D_d$ 。

10.6.9 導向與限位裝置

1. 通則

導向裝置可使用於阻止一方向之位移，限位裝置可使用於容許一方向或更多方向有限度之位移。導向與限位裝置在其滑動接觸面上須設有一低摩擦材料。

2. 設計載重

導向與限位裝置應以下列最大載重組合取大者設計之

- 設計水平載重，或者
- 作用於墩柱上所有支承最大垂直載重之10%除以墩柱上導向支承個數。

3. 材料

對於鋼製支承，製造導向與限位裝置所用鋼材須符合AASHTO M270 (ASTM A709) 36級，50或50W級，或符合ASTM A240之不銹鋼，鋁製支承之導向裝置亦可為鋁製造。

低摩擦界面材料須經主辦機關同意核可。

4. 幾何需求

導向裝置須互相平行，長度足以容納支承滑動方向全部設計位移量，且在束制方向應容許至少0.8mm最多1.6mm之自由滑移量。導向裝置設計在所有設計載重及位移條件下，包括轉動時，須避免卡緊。

5. 設計基準

(1) 載重位置

作用於導向或限位裝置之水平力應假設作用於低摩擦界面材料之質心。

導向或限位裝置與支承體系間之連結設計須同時考量剪力及傾覆彎矩。

(2) 接觸應力

低摩擦材料之接觸應力不可超過製造商之建議值。對於PTFE，受最大載重 P_m 及 H_m 所產生最大應力不得大於10.6.2節4.項規定之持續載重應力或1.25倍之短期載重應力

6. 低摩擦材料之連結

低摩擦材料至少應以下三種方法中之兩種方法連結：

- 機械式固定
- 粘結
- 與金屬基座以機械性連鎖(mechanical interlock)

10.6.10 其他支承系統

支承系統非使用10.6.1至10.6.8節所述組件製造者亦可在主辦機關核准下使用，此支承須足以抵抗作用於其上之力量及變形而不發生材料破壞或變形過大以致影響其正常功能。

選用支承尺寸在任何時候皆應具有足夠之移動量，所使用材料須具有充足之強度、勁度及抗潛變與腐蝕能力以確保在橋梁設計壽命期中支承之正常功能。

主辦機關須決定支承必須滿足那些試驗，試驗須設計足以發現個別在受壓力、剪力或轉動載重或各種組合等條件下，任何潛在系統中之弱點。必須有受持續性或週期性載重之試驗。

10.7 載重板及支承之錨碇

10.7.1 分佈載重板

支承連同任何外加鋼板須設計使得：

- 組成系統堅實足以防止支承扭曲變形妨礙其正常功能
- 作用於支撐結構上之應力應滿足主辦機關規定之限制。作用於混凝土及水泥砂漿墊上之容許應力須假定為基於作用於支承上之最大壓力

- 支承在主辦機關規定千斤頂頂高限制、不損壞支承或分佈載重板或支撐結構條件之下應可抽換，若未給定限制，則以10mm為限。

鋼組件之強度及鋼梁加勁板需求之計算須符合第九章之規定。

在無更精確分析情況下，完全由水泥砂漿墊支撐來自支承之載重可假設由承受壓力載重支承最小元件之邊緣以水平與垂直1.5：1方式擴散力量。

10.7.2 楔形板(Tapered Plates)

橋梁於現場年均溫條件承受全部靜載重情況下，如果大梁底面與水平傾斜度超過0.01rad，須使用楔形板以提供支承上一水平之承載面。

10.7.3 錨碇

所有分佈載重板及所有具外部鋼板之支承，皆須以螺栓或鉚接方式確實固定於其支撐物上。

所有大梁須以能抵抗可能承受水平力之連結方式確實定位於其支撐支承上。絕不容許支承組件分離。在必要防止分離處須裝置一足以抵抗最不利載重組合條件之連結設施。

10.8 防蝕

支承所有非不銹鋼製之外露鋼組件須以主辦機關核可之鋅金屬化合(zinc metallization)、熱浸鍍鋅或塗裝系統保護防蝕。鋅金屬化合或熱浸鍍鋅與塗裝系統可組合使用。