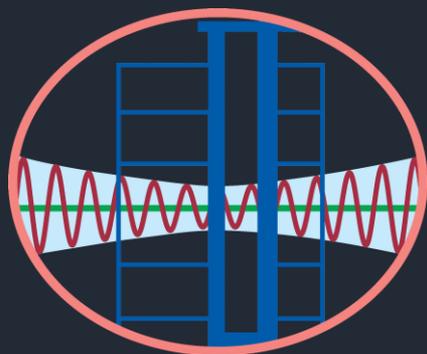


新版耐震設計規範修改內容 技術研討會

挫屈束制支撐性能試驗



國家地震工程研究中心
吳安傑 副研究員

仲夏, 2022

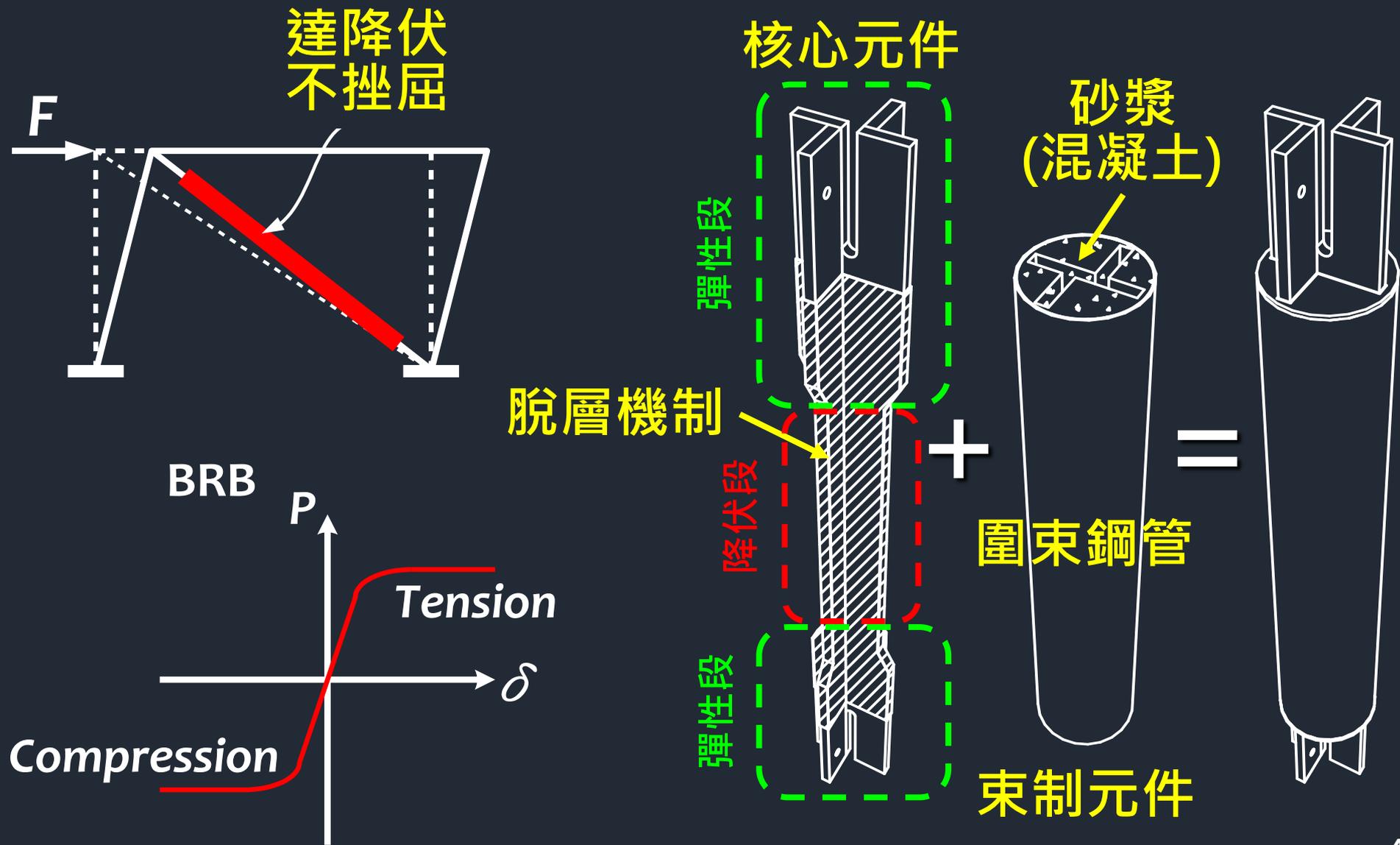
挫屈束制支撐相關規範

- 國內鋼構規範：無挫屈束制支撐構架(BRBF)系統
- 國內耐震規範：僅表1-3結構系統韌性容量R值
- ASCE/SEI 7-16：Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures
 - 12.2 Structural system selection
- AISC 341-16：Seismic Provisions for Structural Steel Buildings
 - F4 Buckling-restrained braced frames
 - K3 Cyclic tests for qualification of buckling-restrained braces

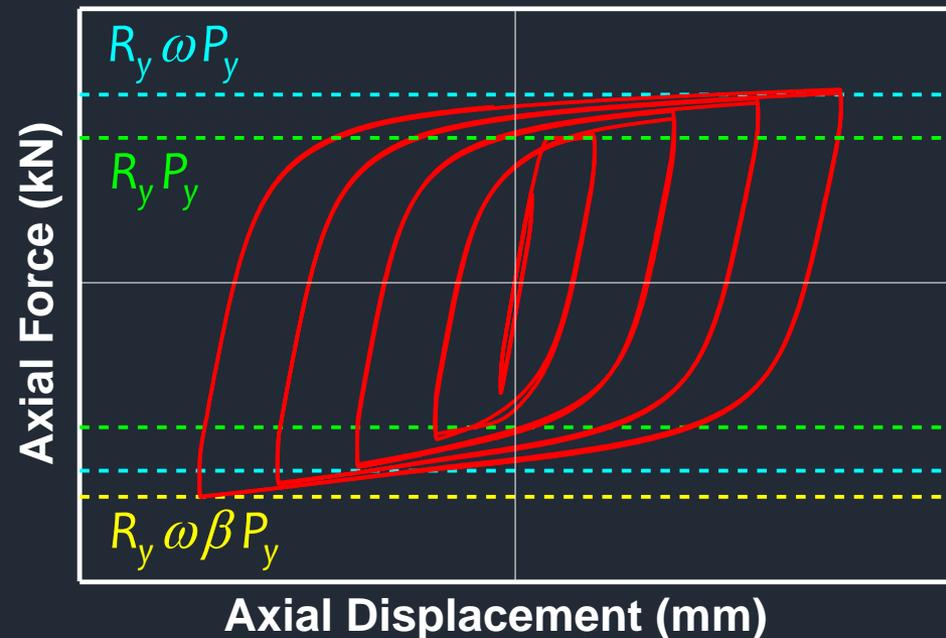
新版耐震設計規範

- 1.7 結構系統：
採用挫屈束制支撐(BRB)時，應依附錄C進行性能試驗，既有建物補強使用亦同。
- 解說：
考量BRB抗挫屈機制、拉壓強度差異、勁度、強度與抗疲勞性能之不確定性，應以試驗驗證其品質與性能符合工程需求。
採表1-3中結構系統R值進行設計與分析時，免適用本規範第十章規定。

挫屈束制支撐組成 (Buckling-Restrained Brace, BRB)



BRB軸力強度



軸力強度由**降伏段**控制

- 標稱降伏強度

$$P_y = F_y A_c$$

- 最大拉力強度

$$T_{\max} = \omega R_y P_y$$

- 最大壓力強度

$$P_{\max} = \beta \omega R_y P_y$$

R_y = 材料超強因子

ω = 應變硬化因子

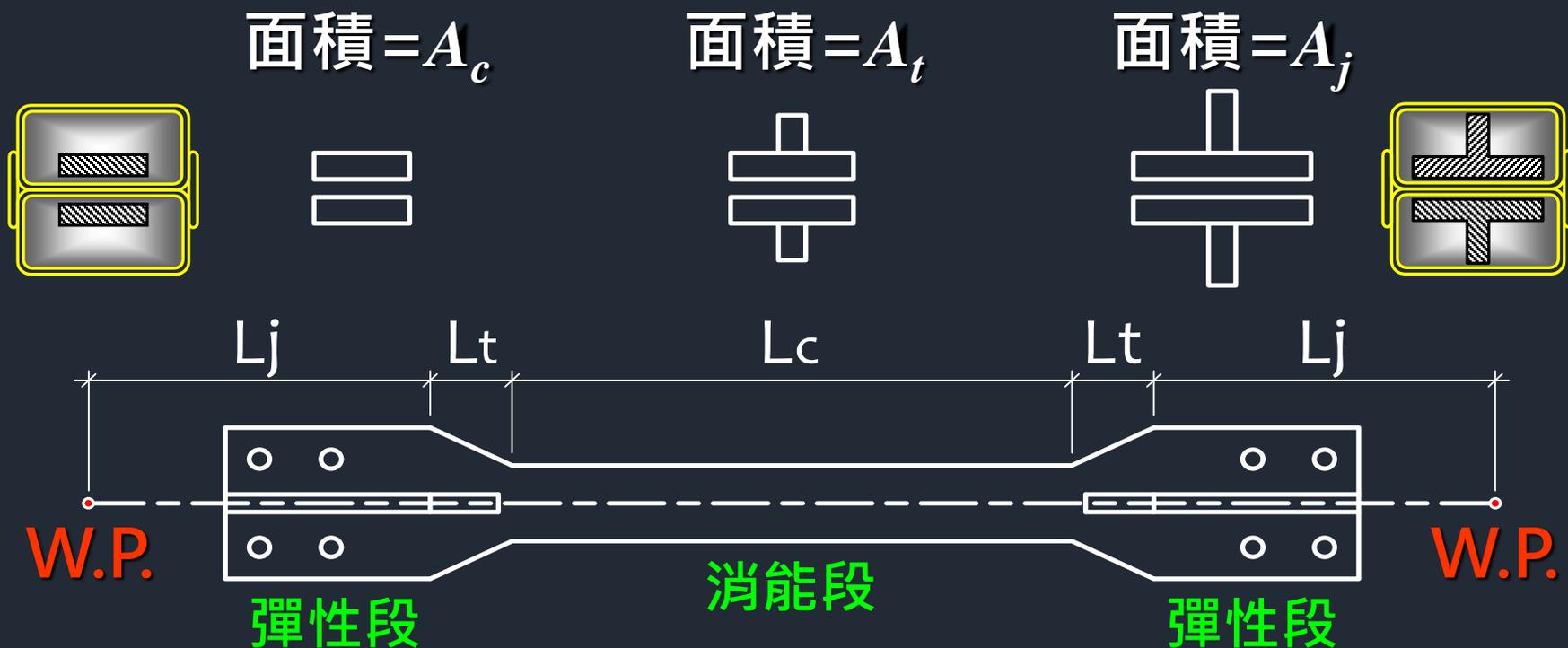
β = 壓力強度調整因子

Material	R_y	ω	β
SM570 A572 GR50	1.1	1.3	1.2
SN490B	1.2	1.3	1.2
SN400B A36	1.3	1.5	1.2

BRB軸向彈性勁度

$$K_{eff} = \frac{1}{1/K_c + 1/K_t + 1/K_j} = \frac{1}{L_c / EA_c + 2L_t / EA_t + 2L_j / EA_j}$$

K_c = 消能段勁度, K_t = 轉接段勁度, K_j = 接合段勁度

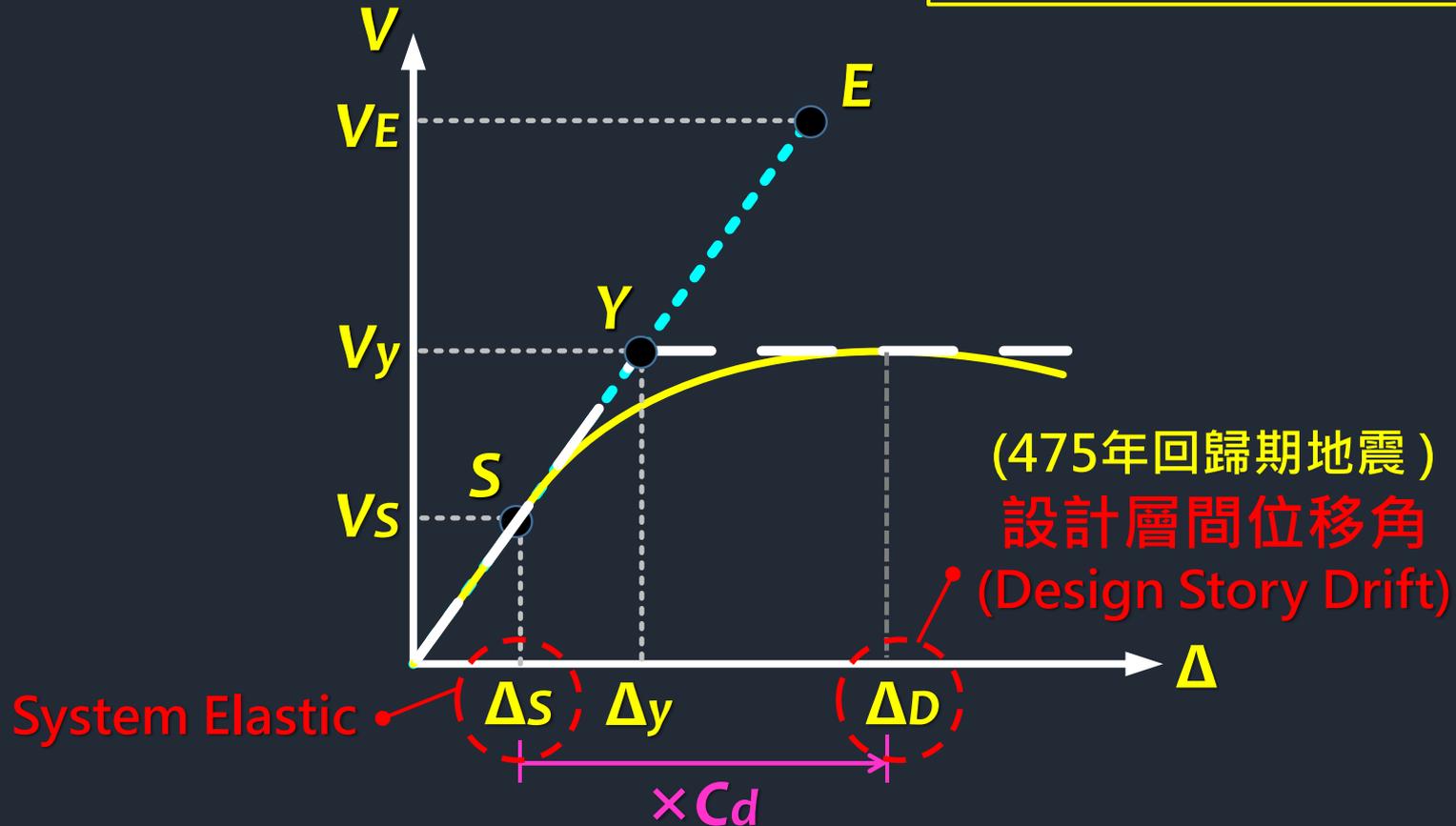


BRB變形需求

BRB應予設計、試驗以符合預期變形需求：

Max. $\begin{cases} 0.02 \text{ 弧度層間位移角} \\ 2 \text{ 倍設計層間位移角} \end{cases}$

最大非線性層間位移
(Max. Inelastic Drift)

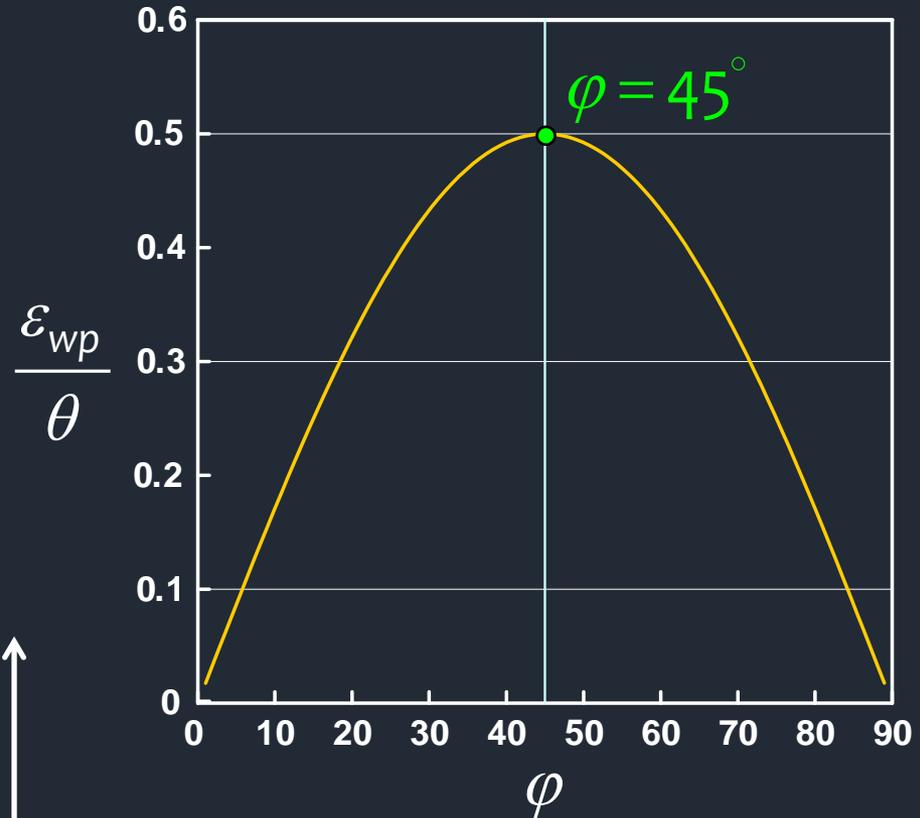
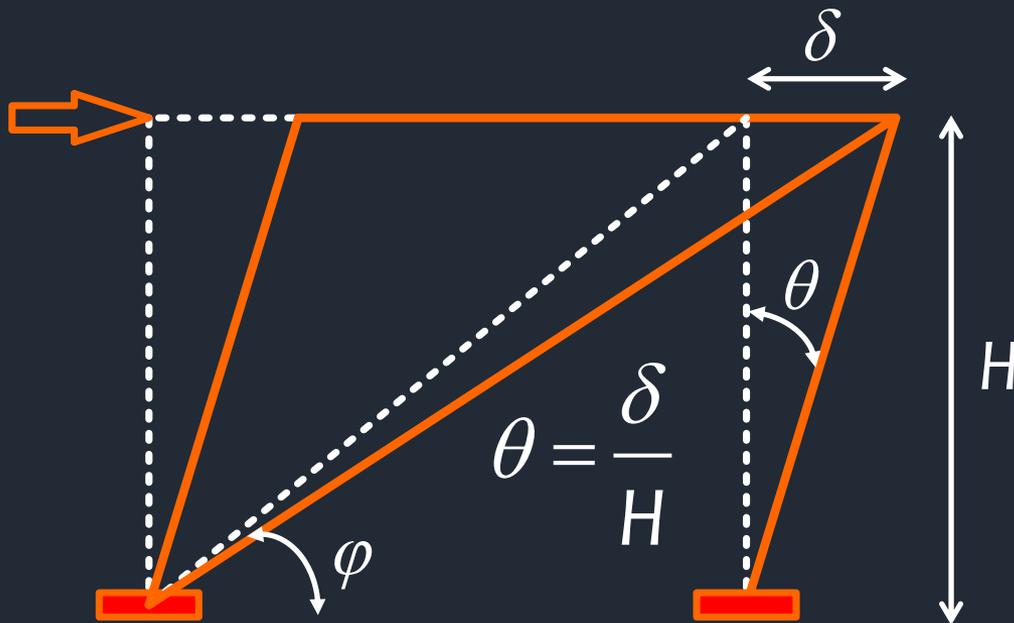


平均應變與層間位移之關係

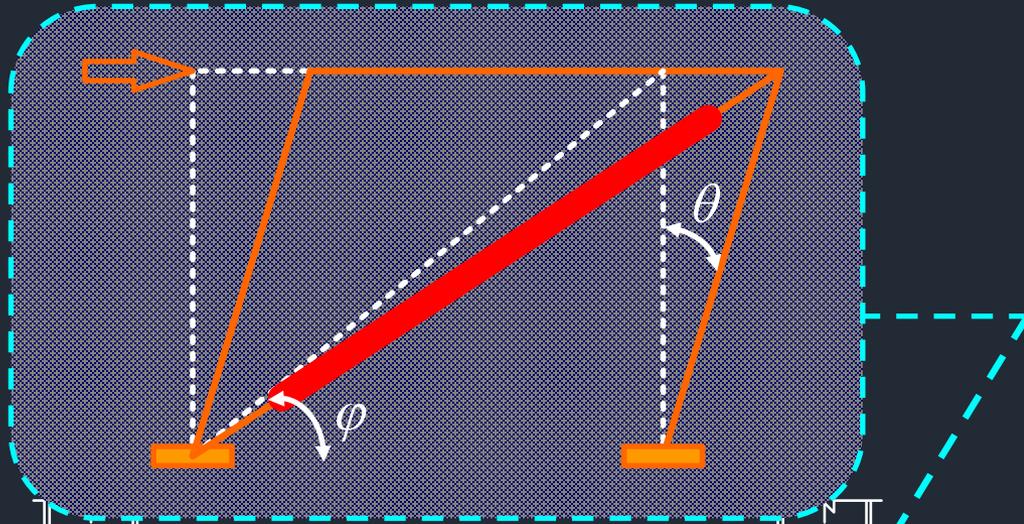
$$\varepsilon_{wp} = \frac{\theta}{2} \sin 2\varphi$$

If $\varphi = 45^\circ$, $\theta = 0.02$ rad.

$$\rightarrow \varepsilon_{wp} = 0.01$$

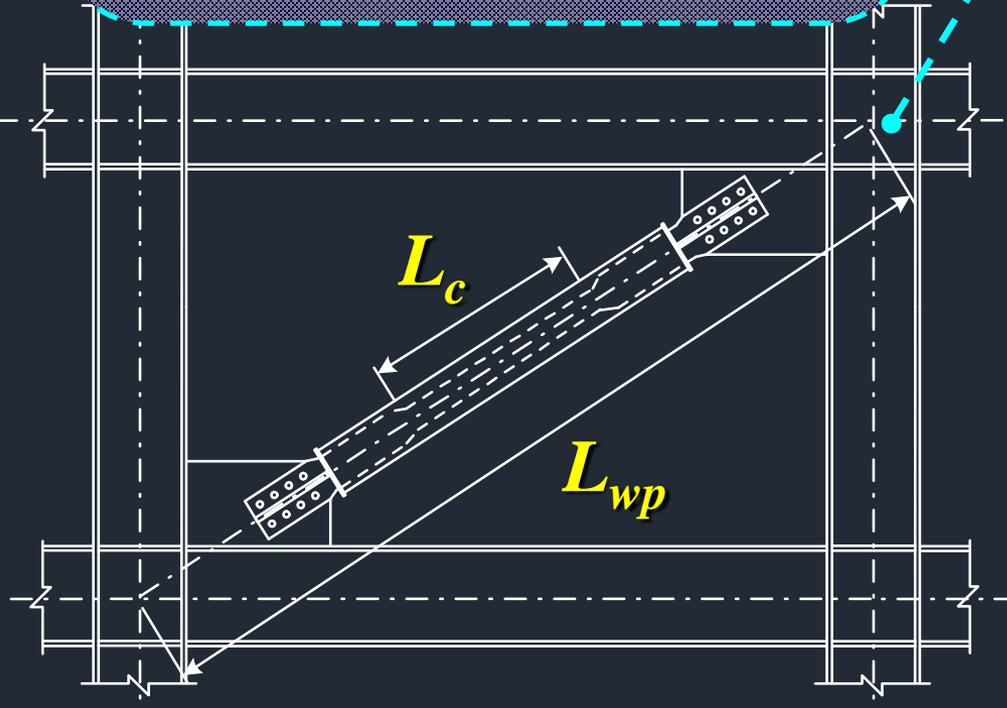


核心應變與層間位移之關係



$$\varepsilon_{wp} = \frac{\theta}{2} \sin 2\varphi$$

$$\alpha_c = \frac{L_c}{L_{wp}}, \varepsilon_c = \frac{\varepsilon_{wp}}{\alpha_c}$$



If $\varphi = 45^\circ$, $\theta = 0.02$ rad.

$$\alpha_c = 0.5$$

$$\rightarrow \varepsilon_c = 0.02$$

BRB試驗要求 (AISC 341-16)

BRBF規範建立在可靠的斜撐性能表現，故品質
管控計畫與驗證試驗是必要的

1. 構件試驗：

單軸載重試驗，驗證斜撐具適當之遲滯行為

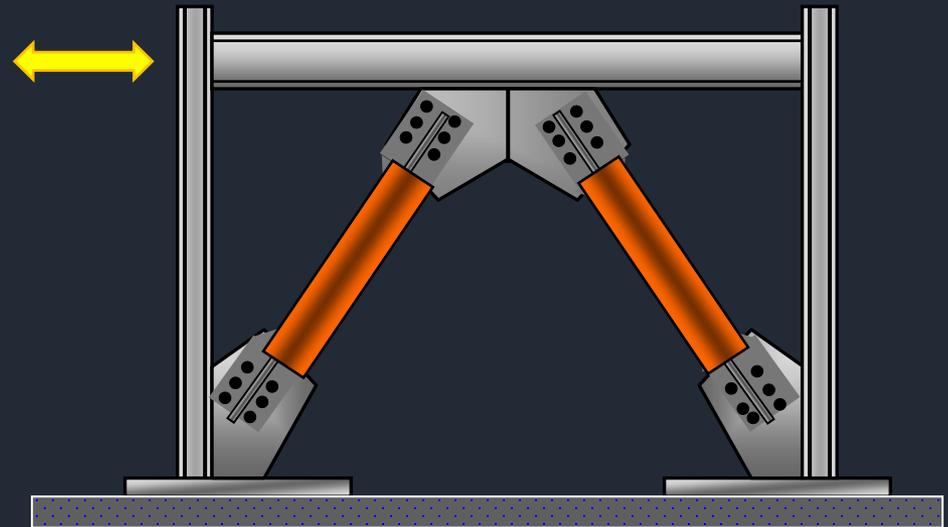
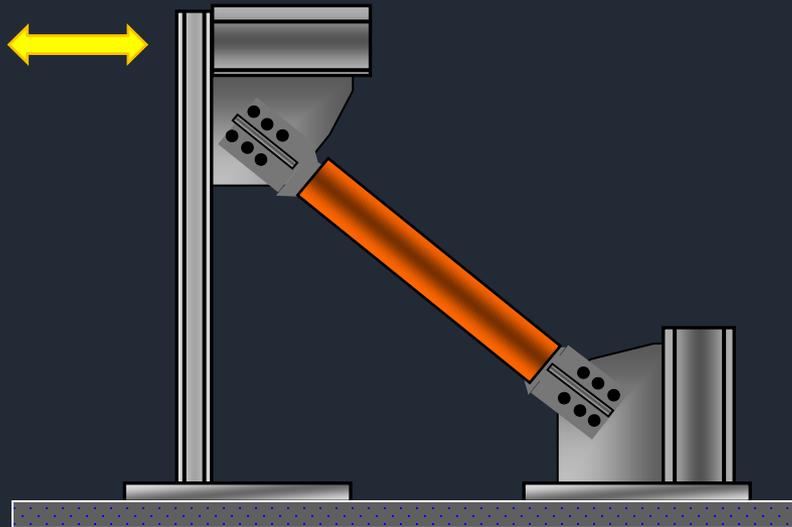
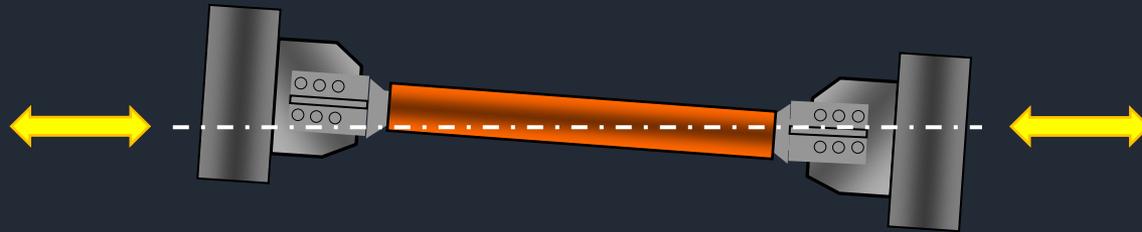
2. 子結構試驗：

含接合轉角變形需求，驗證構架變形不會導致端部接合破壞，或危及斜撐遲滯行為

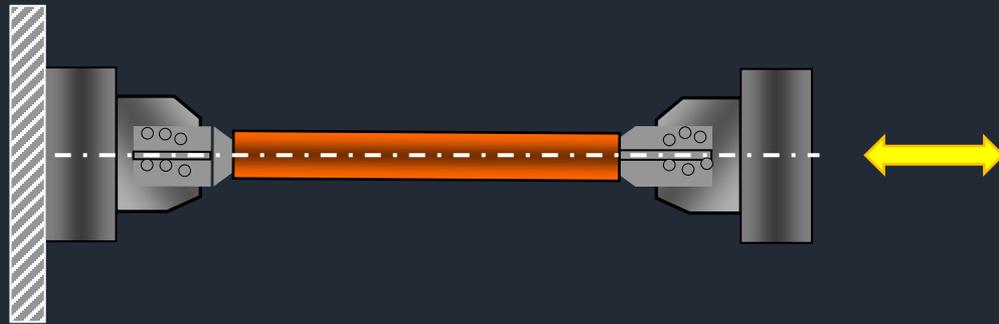
需滿足預期變形需求：

Max. $\begin{cases} 0.02 \text{ 弧度層間位移角} \\ 2 \text{ 倍設計層間位移角} \end{cases}$

子結構試驗 (軸向+轉角變形)



構件試驗 (純軸向變形)



附錄C 挫屈束制支撐構件性能試驗

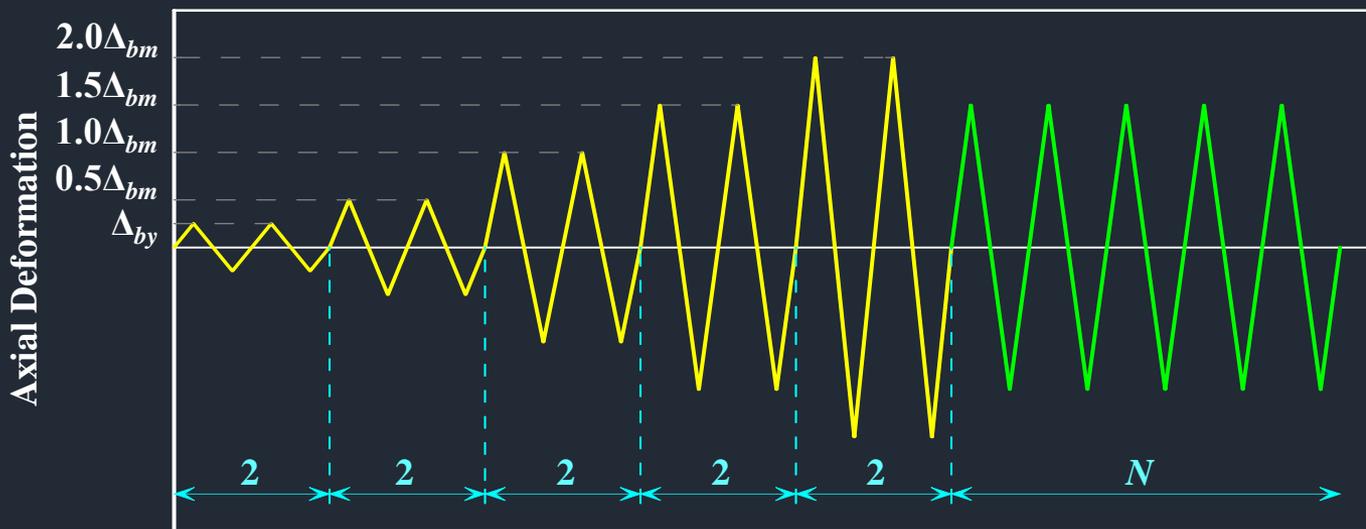
1. 通則

- 應由國內外具有公信力或TAF認證試驗機構辦理。
- 構件型式、接合類型及受力變形關係應在生產前經性能試驗證實。結構設計者應按個案中最大長度、強度、應變、同型式最多組數或其它方式，擇定具代表性構件型式及尺寸進行試驗，至少1組試驗合格後始得量產。若有2年內相同型式、接合類型之有效試驗報告，經審查通過則可免除。
- 符合前項規定後，應以個案實際使用之數量比例進行試驗；試體規格、數量與測試時程由結構設計者訂定或經其同意，且每200組至少試驗1組，所餘數量不足200組者，以200組計。

附錄C 挫屈束制支撐構件性能試驗

2. 構件性能試驗加載程序

- 施加反覆漸增軸向變形量，各加載階段皆兩個完整拉壓迴圈；若累積非線性變形量(CID)未達 $200\Delta_{by}$ ，則應持續進行 $1.5\Delta_{bm}$ 之加載至CID >200 。



Δ_{by} ：BRB軸向降伏變形量；

Δ_{bm} ：設計地震力(475年回歸期)作用下，層間位移對應之BRB軸向變形量，應不小於BRB所在樓層高度之1%。

附錄C 挫屈束制支撐構件性能試驗

3. 構件性能試驗合格標準

- 試驗結束前之 CID 至少為BRB軸向降伏變形量之200倍。
- 受力變形關係圖應具正向增加勁度之穩定與可重複的行為。
- 無BRB構件或端部接合之破裂、不穩定破壞。
- 變形大於 Δ_{by} 之每個迴圈，其最大拉力與壓力不得小於核心鋼材之標稱降伏強度。
- 變形大於 Δ_{by} 之每個迴圈，其最大壓力與最大拉力之比值不可超過1.3。