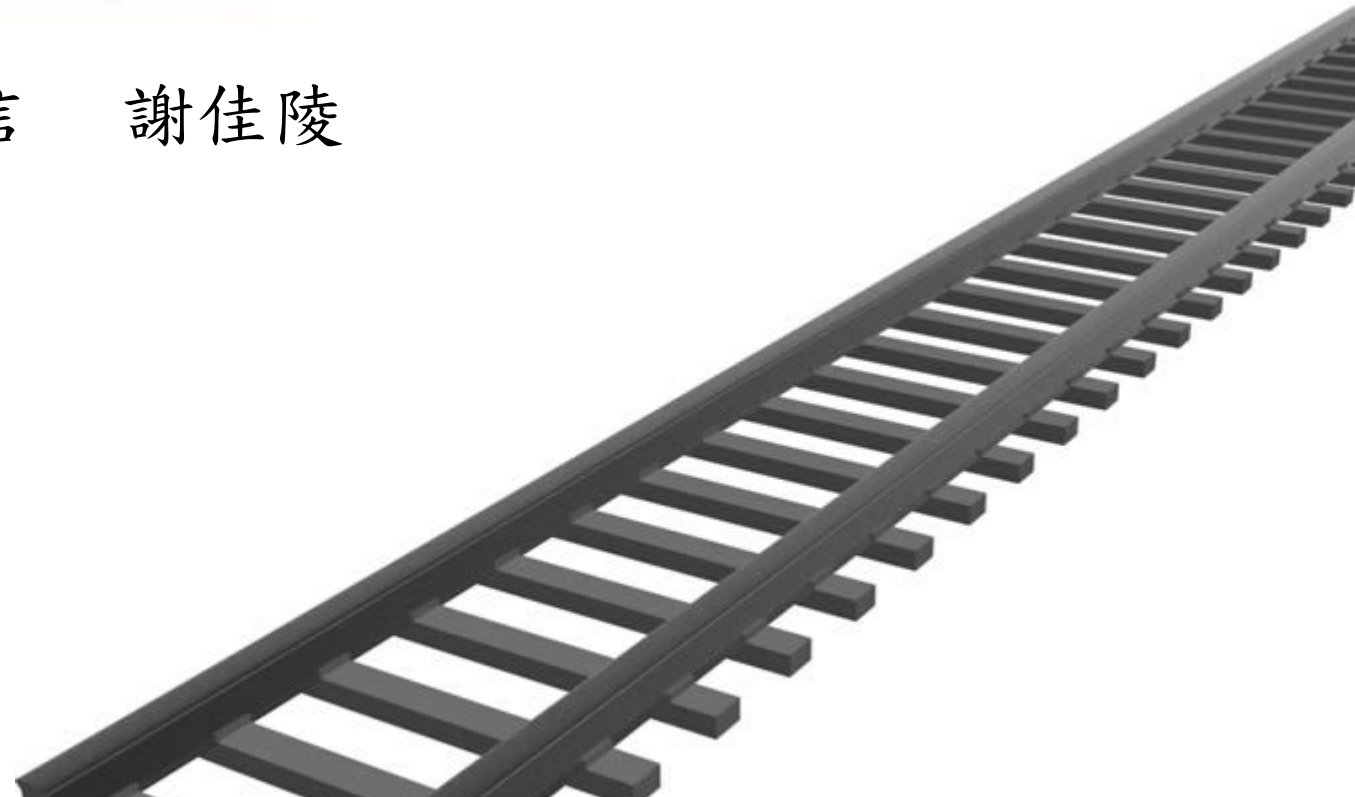


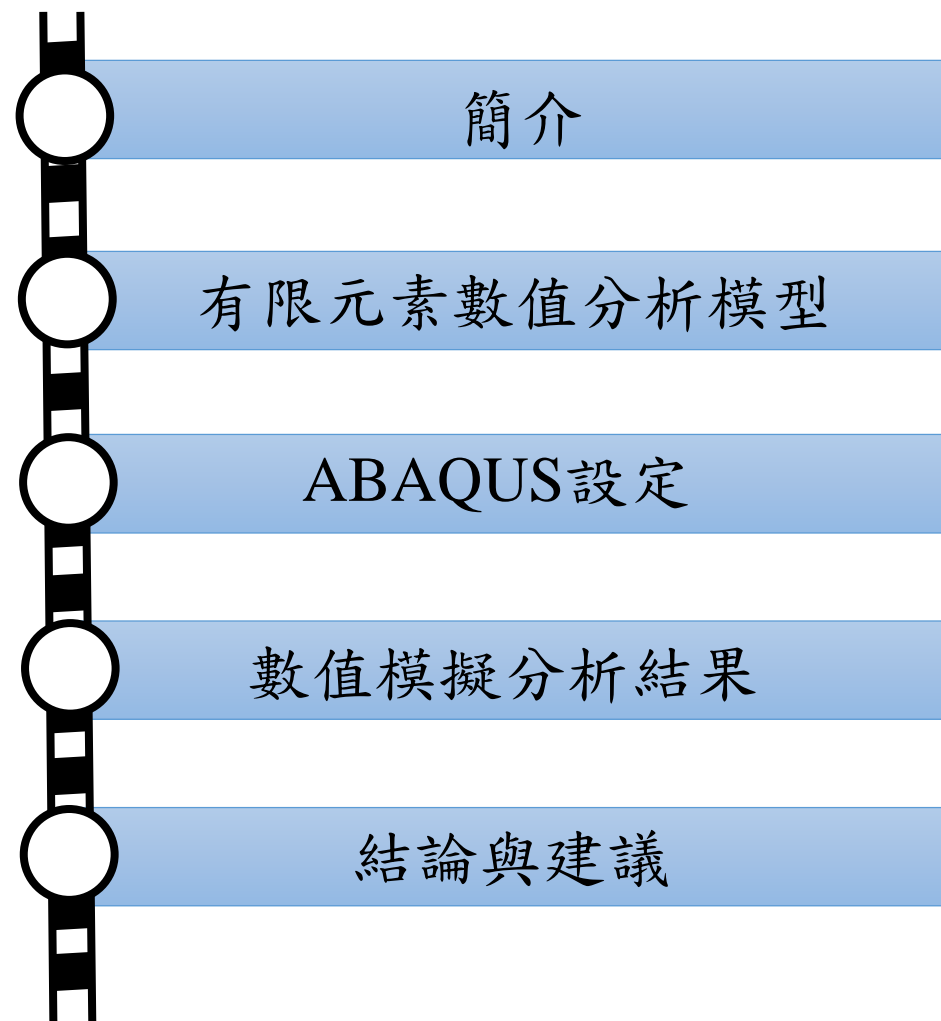
軌道絕緣接頭之應力數值分析

黃忠信 謝佳陵





大綱



- 軌道組成
- 軌道接頭簡介
- 研究動機與目的

簡介

- 鐵路



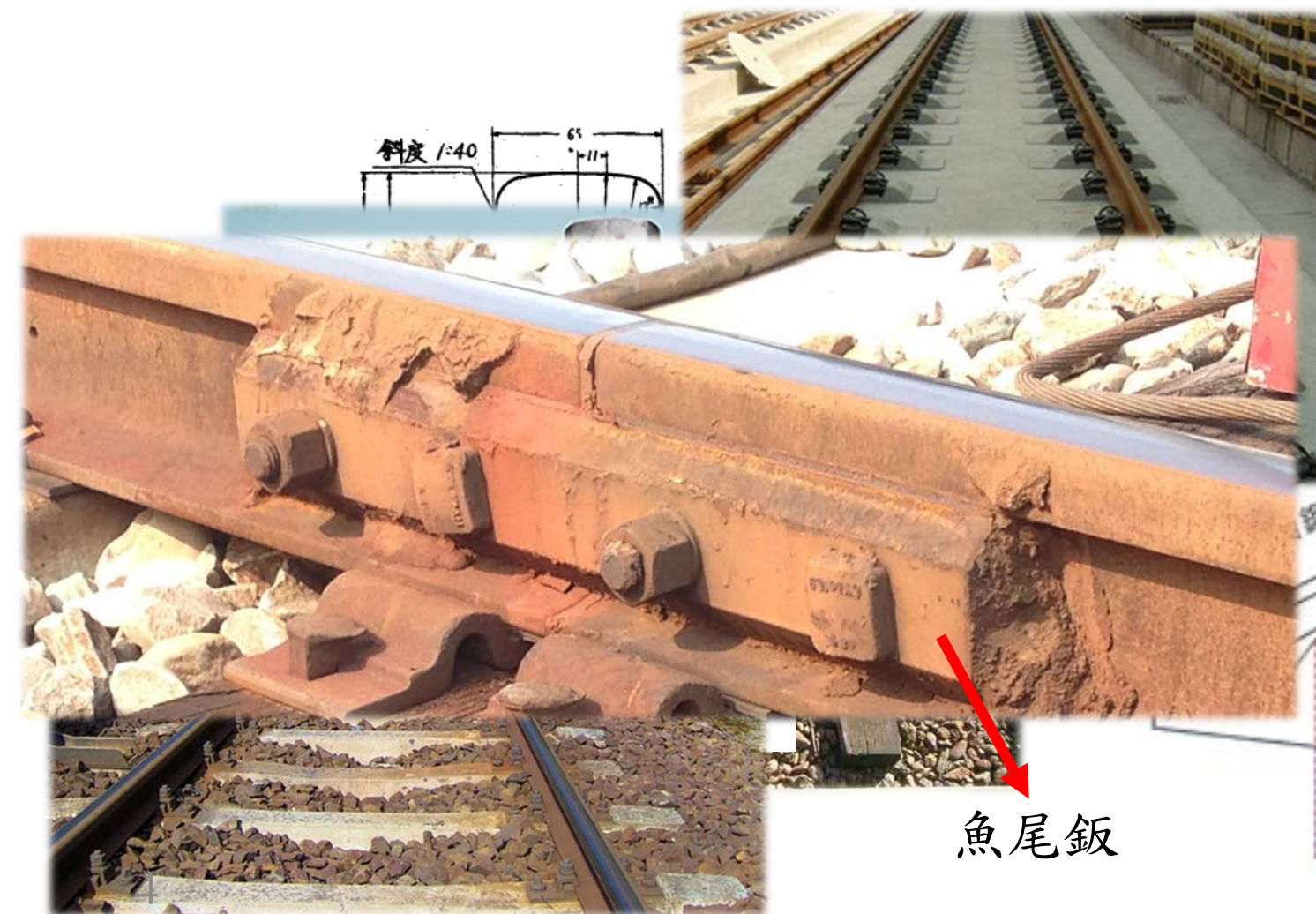
- 公路客運



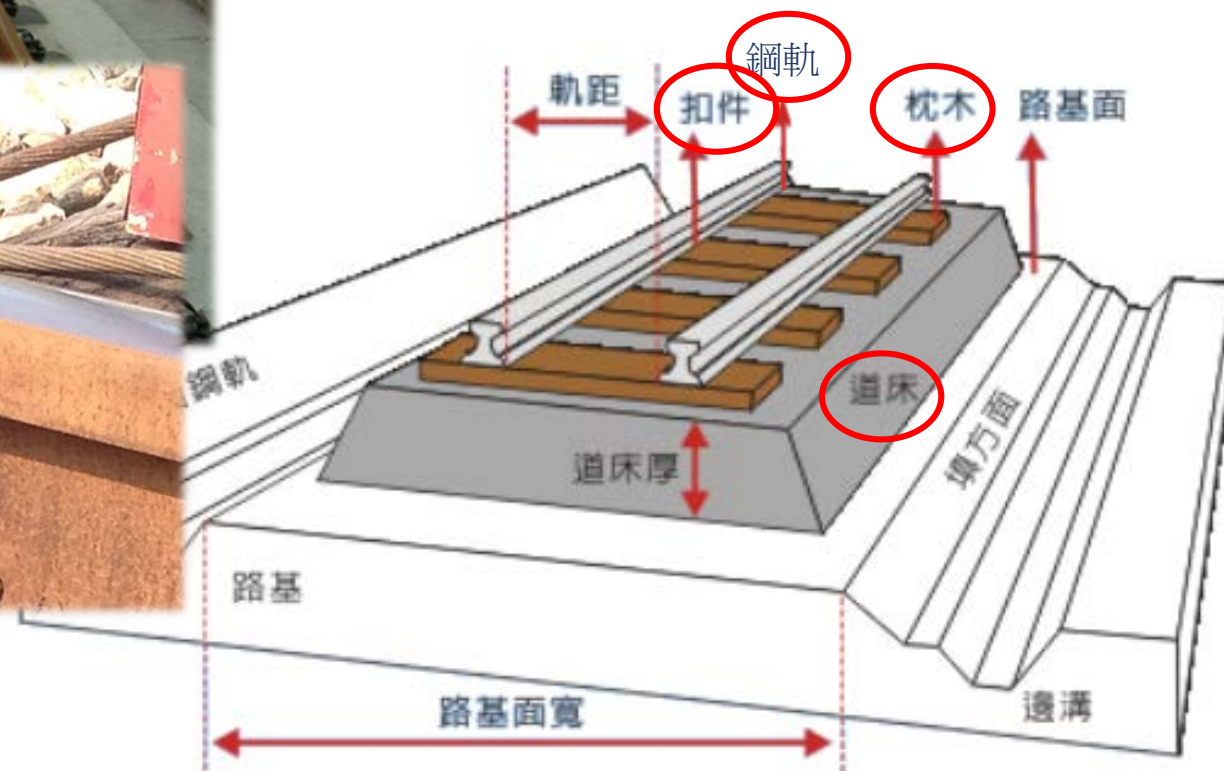
- 高鐵



軌道組成



魚尾板





軌道接頭

- 一般接頭



- 絕緣接頭



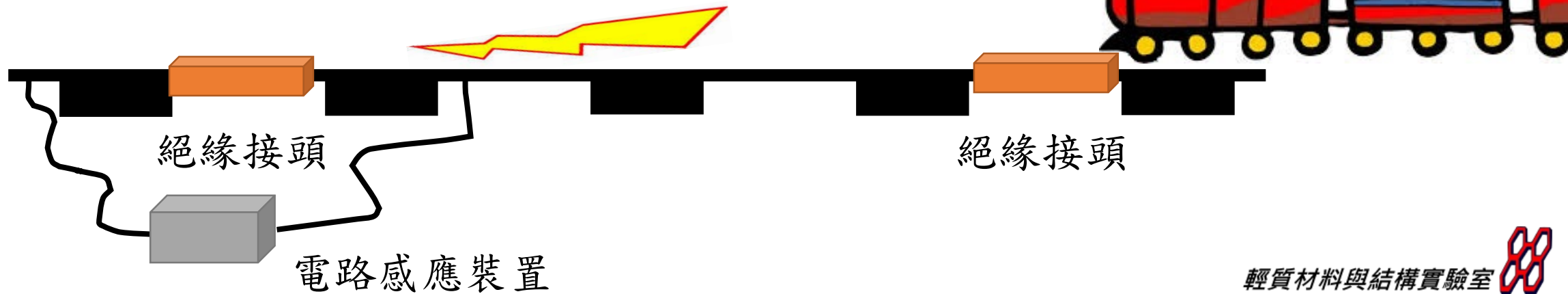
名稱	絕緣接頭
提供者	張段長欽亮先生



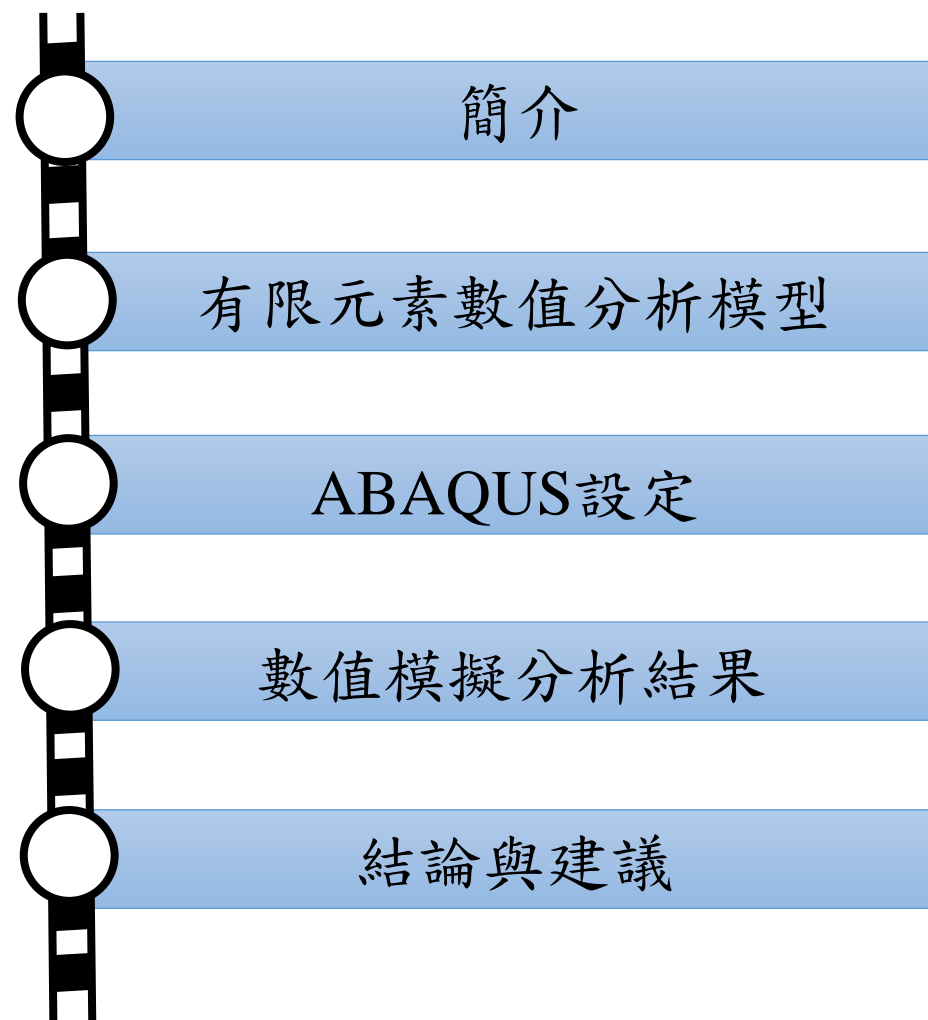


研究動機與目的

- 絕緣之目的



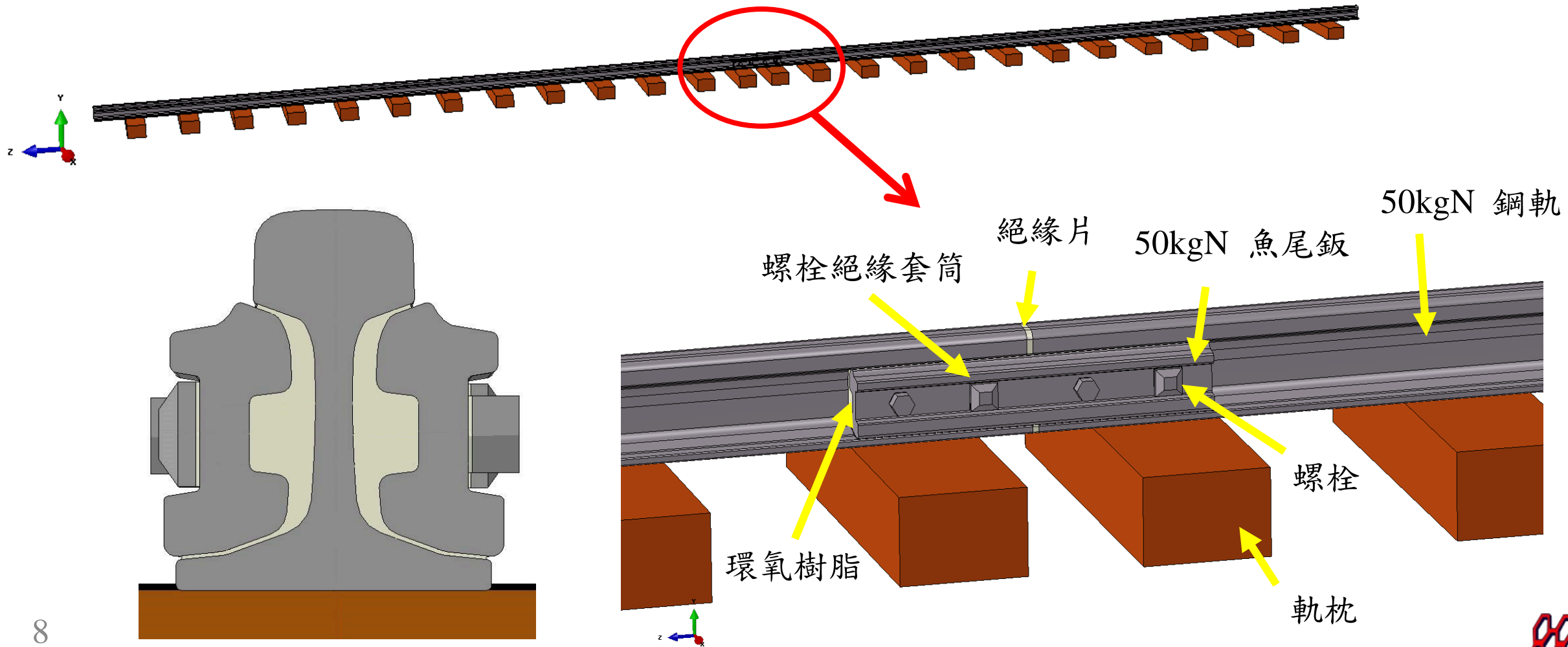
大綱



- 50kgN 鋼軌
- 50kgN 魚尾鈑
- 絕緣片
- 環氧樹脂厚度
- 螺栓
- 螺栓絕緣套筒
- 鋼軌間絕緣片
- 軌枕



整體模型

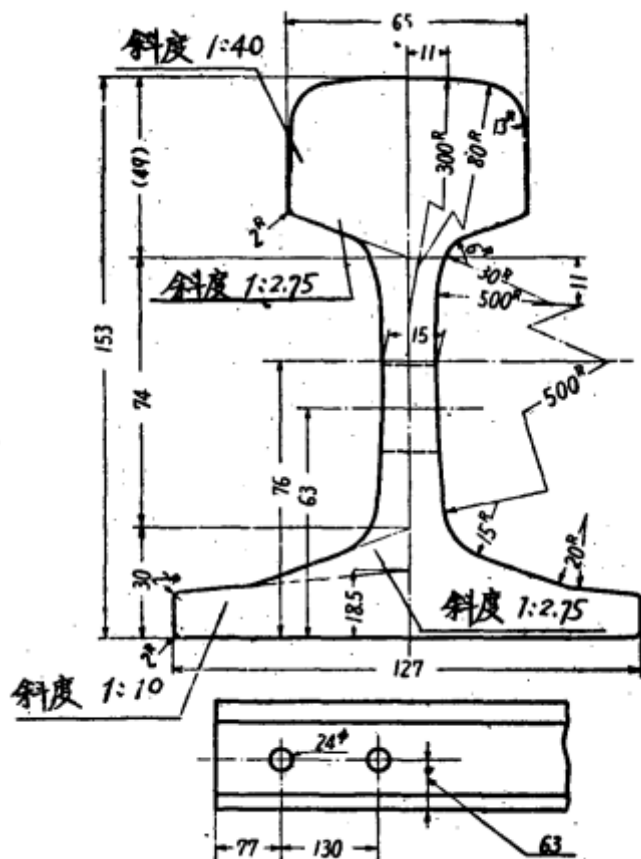




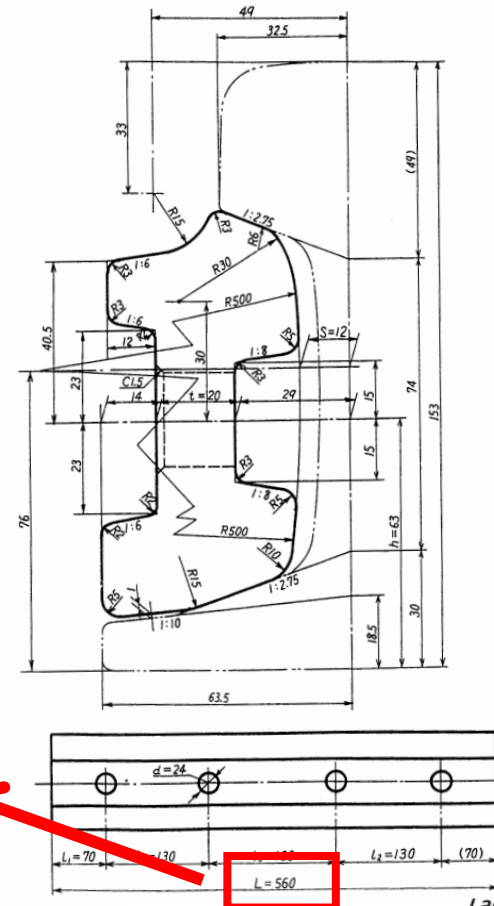
50kgN 鋼軌、50kgN魚尾鉋

● 斷面選擇

➤ CNS3268 – 50kgN鋼軌



➤ CNS2787 – 50kgN 鋼軌用魚尾鉋



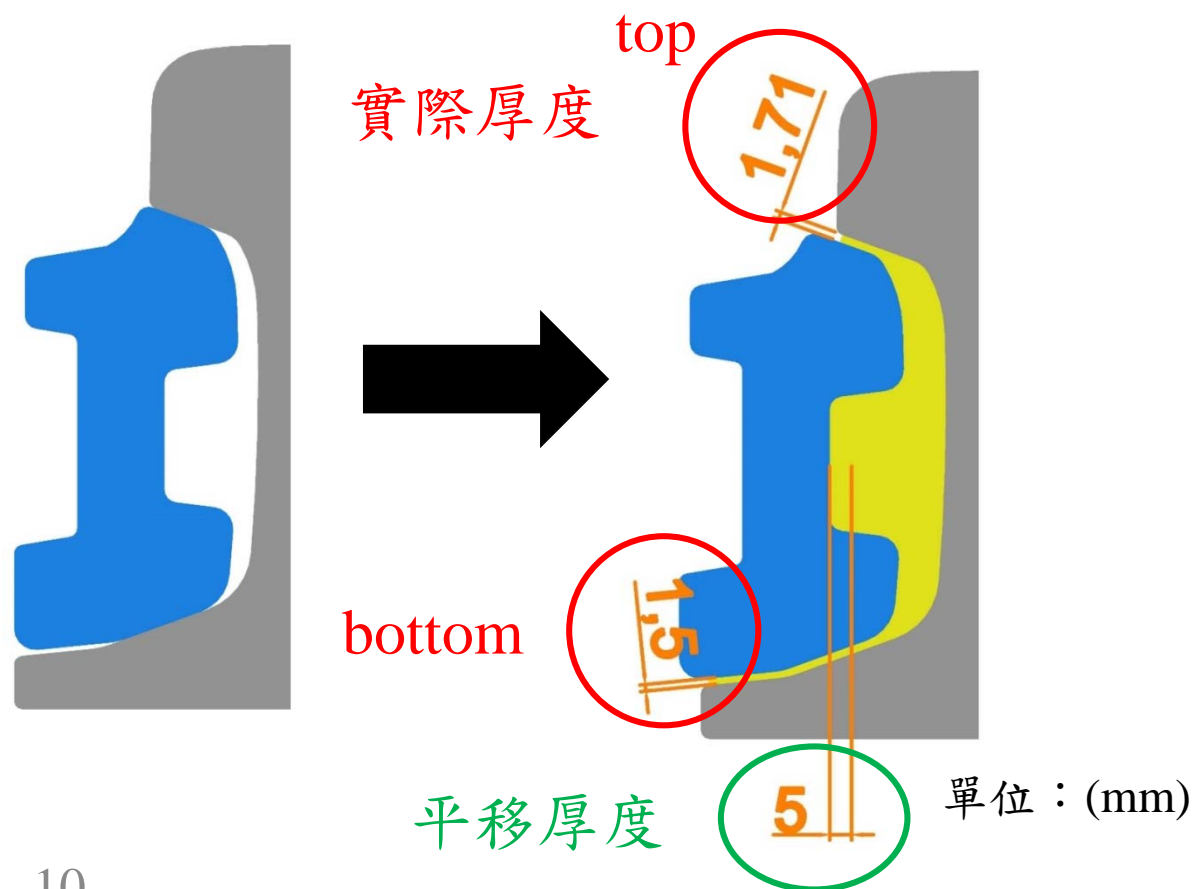
560mm





環氧樹脂厚度

- 平移方式



- 平移厚度下之實際厚度

位置 平移厚度	top	bottom
5mm	1.71	1.5
7.5mm	2.58	1.75
10mm	3.42	2
12.5mm	4.27	2.24

單位：(mm)

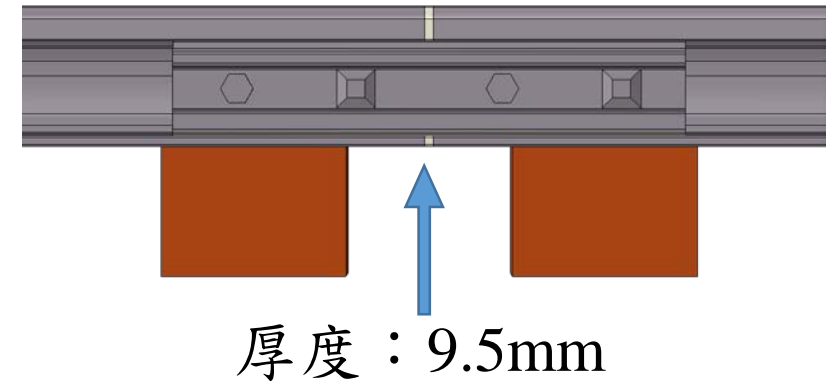


螺栓、鋼軌間絕緣片、螺栓絕緣套筒

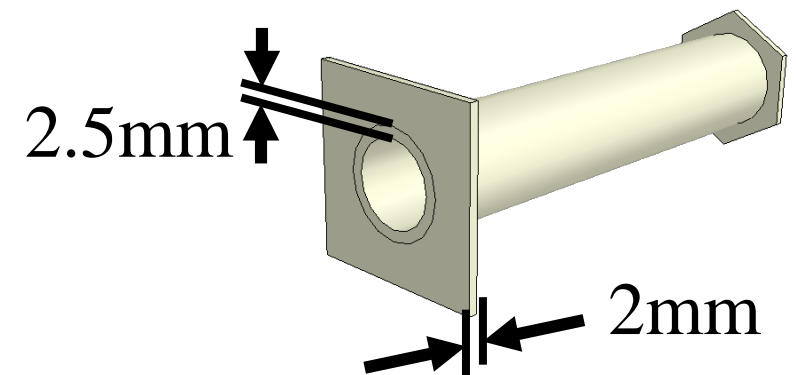
- 螺栓



- 鋼軌間絕緣片



- 螺栓絕緣套筒





軌枕

- 幾何

- CNS2519鐵路木枕（軌距1067mm者）

- 標準尺度：2150 × 140 × 200 (mm)

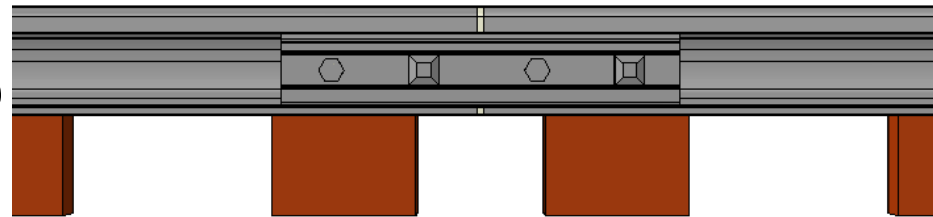
- 有效長度： $\frac{1}{3} \times 2150 = 716.67$ (mm) (Profillidis)(AREMA)

- 配置方式

- 交通部 - 1067公厘軌距軌道橋隧檢查養護規範

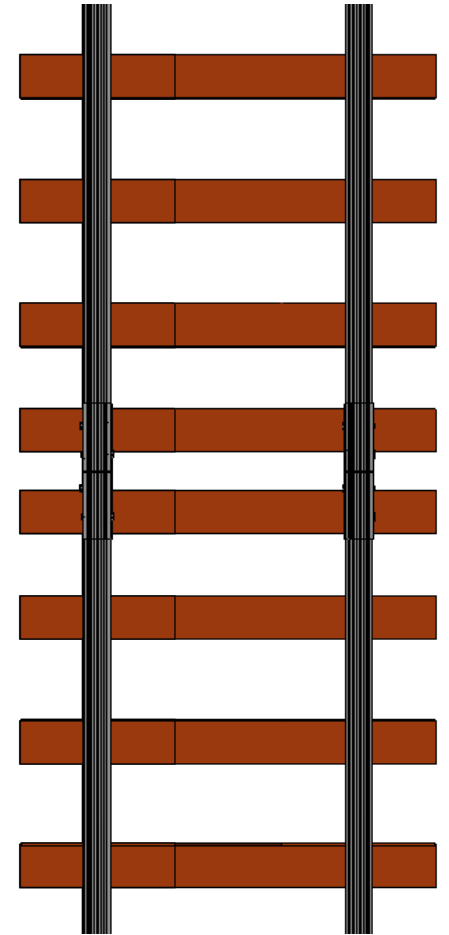
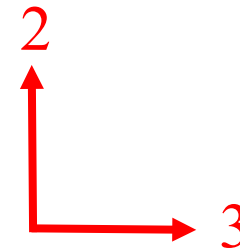
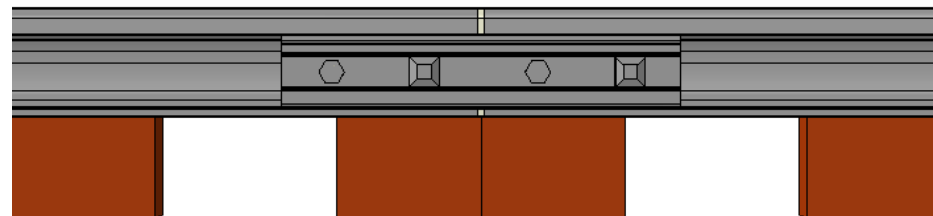
- 懸接法

- (suspended)



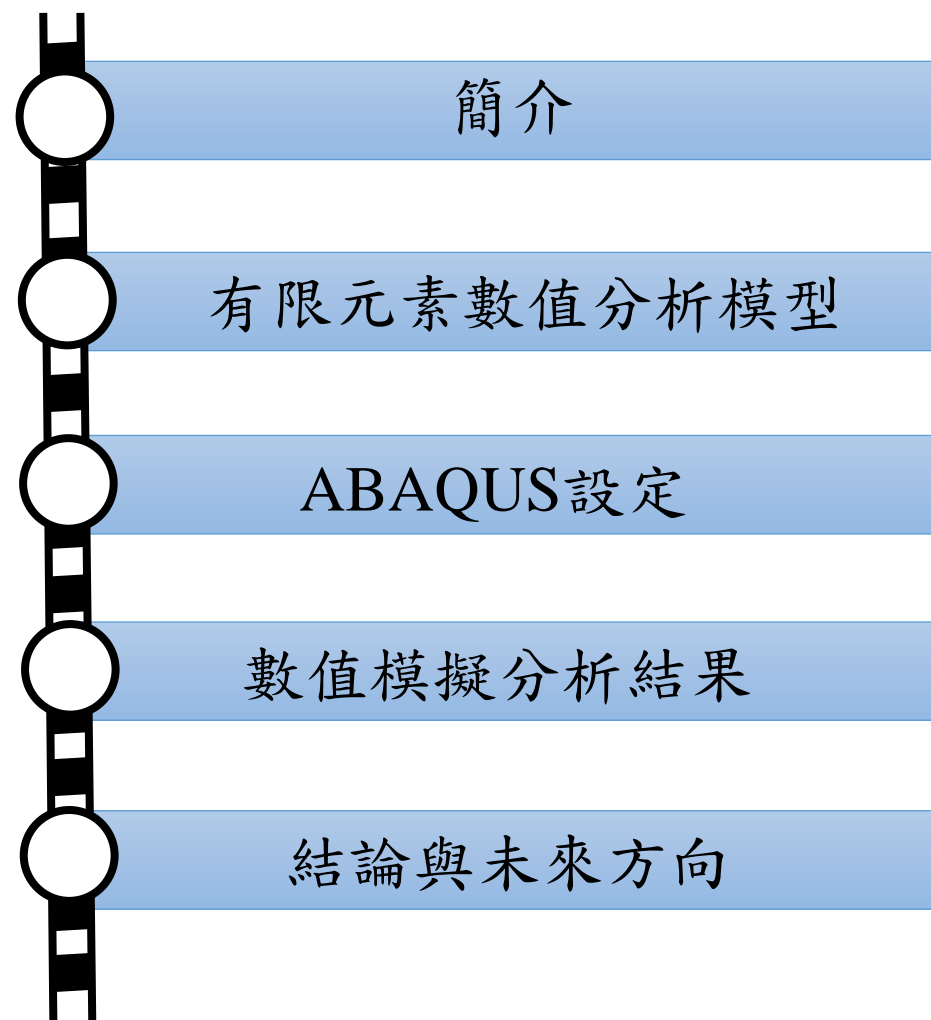
- 托接法

- (supported)





大綱



- 材料參數設定
- 彈性基礎
- 分析方法
- 網格劃分設定
- 載重設置



材料參數設定

材料		Young's modulus (E)	Poisson's ratio (ν)
鋼鐵		207 (GPa)	0.3
環氧樹脂	可壓縮	2.4 (GPa)	0.34
	近似 不可壓縮		0.499
木頭		10.3(GPa)	0.3

鋼鐵：鋼軌、魚尾鈑、螺栓

環氧樹脂：鋼軌與魚尾鈑間絕緣體、
鋼軌間絕緣片、螺栓套筒

木頭：枕木

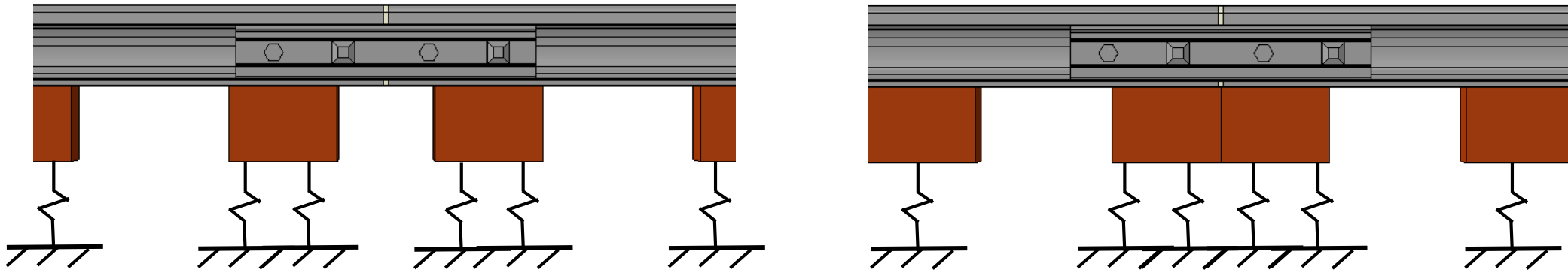
參考文獻：Himebaugh, A.K., Plaut, R.H., Dillard, D.A., “Finite element analysis of bonded insulated rail joints,” International Journal of Adhesion & Adhesives



彈性基礎

- 彈性基礎

$$k = \frac{(20.684\text{N/mm}^2) * \text{Center to Center Tie Spacing}}{\text{Area of Tie}}$$

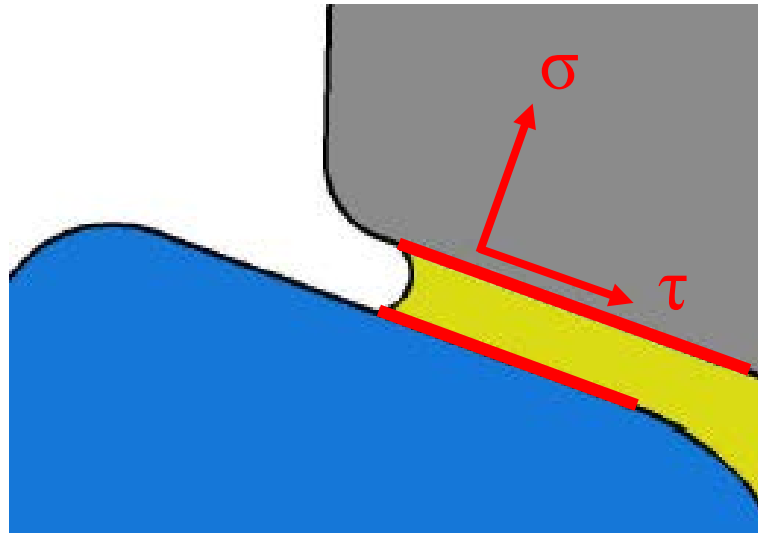


參考文獻：Himebaugh A.K., Plaut R.H., Dillard D.A., “Finite element analysis of bonded insulated rail joints,” International Journal of Adhesion & Adhesives



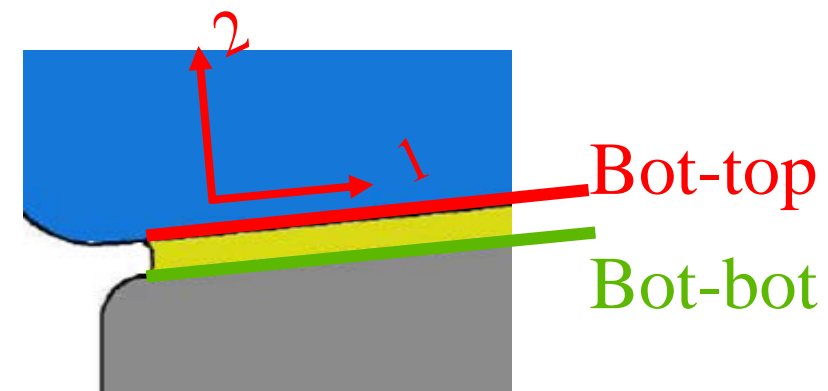
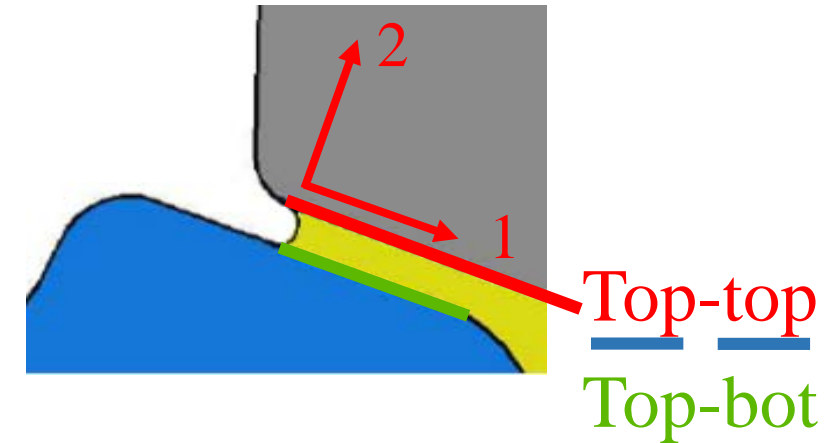
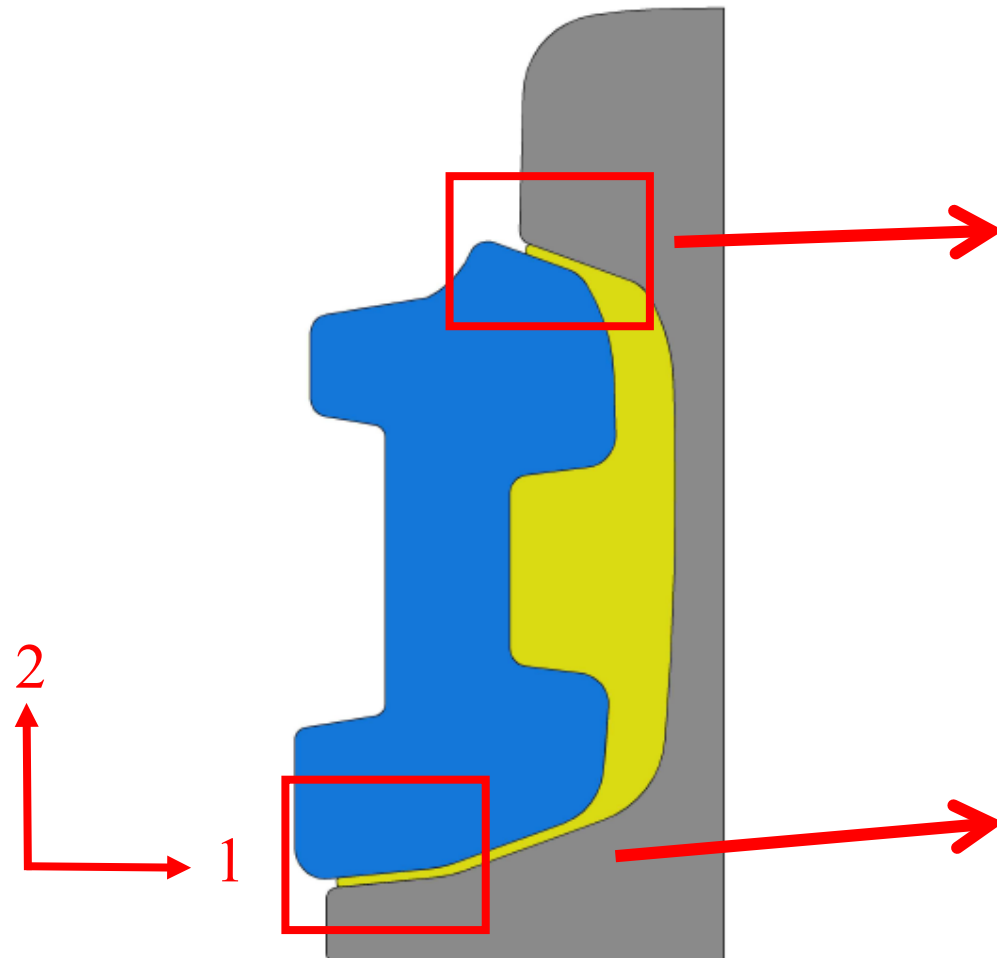


分析方法





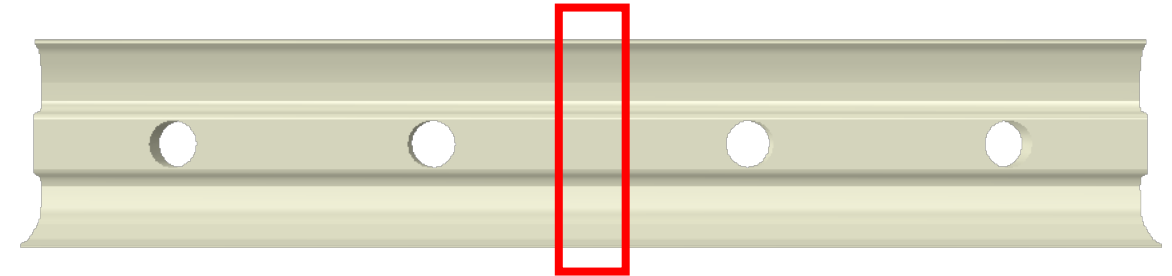
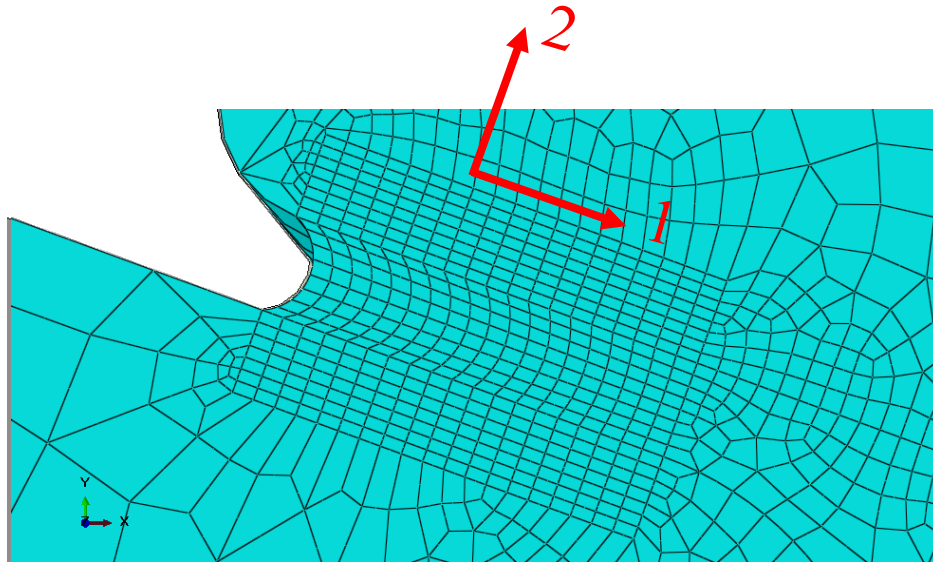
分析方法





網格劃分設定

● Top



	S22(MPa)	S12(MPa)	S23(MPa)
top-top	-97.147	35.213	38.625
top-bot	-106.129	-34.284	34.635



網格劃分設定－凹圓角

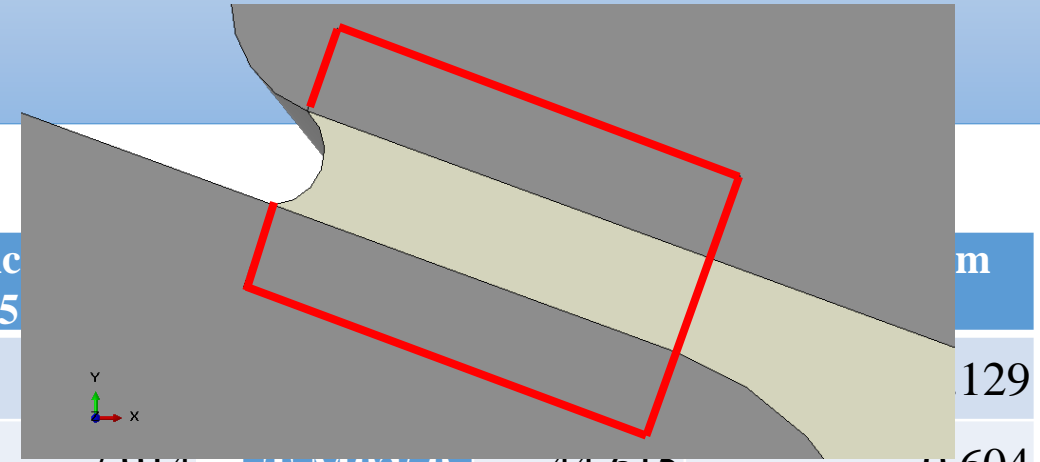
●Top

S22-top-top	Max(MPa)	Difference From T-M0175 (%)
T-M0300	-106.898	-5.469
T-M0250	-108.725	-3.853
T-M0200	-111.868	-1.074
T-M0175	-113.082	--

S22-top-bot	Max(MPa)	Difference From T-M0175 (%)
T-M0300	-102.422	0.499
T-M0250	-102.103	0.186
T-M0200	-102.037	0.122
T-M0175	-101.913	--

S12-top-top	Max(MPa)	Difference From T-M0175 (%)
T-M0300	33.845	
T-M0250	37.537	
T-M0200	40.501	-0.643
T-M0175	40.763	--

S12-top-bot	Max(MPa)	Difference From T-M0175 (%)
T-M0300	-31.035	-10.832
T-M0250	-34.743	-0.179
T-M0200	-36.106	3.736
T-M0175	-34.805	--



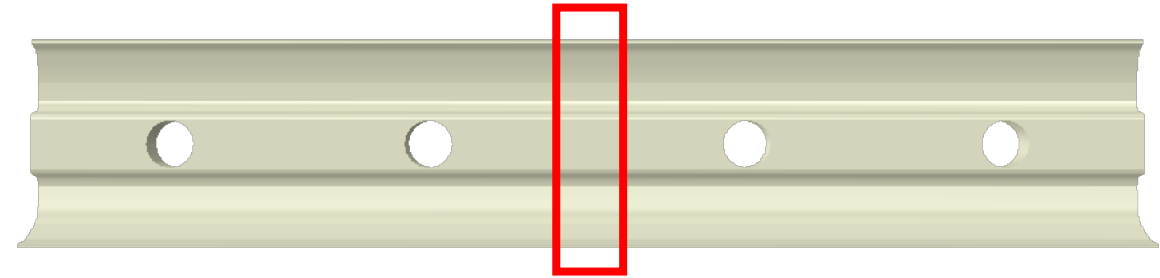
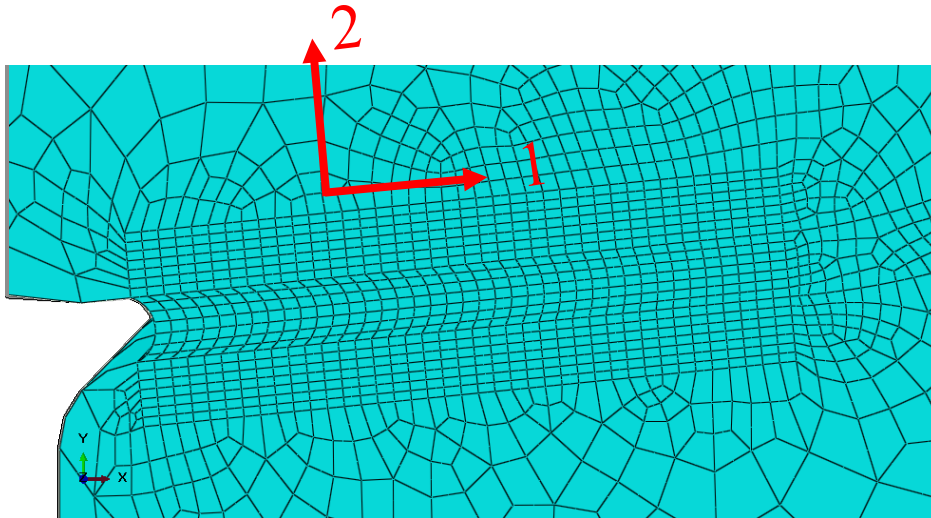
S23-top-top	Max(MPa)	Difference From T-M0175 (%)
T-M0250	44.615	-0.604
T-M0200	44.886	0.000
T-M0175	44.886	--

S23-top-top	Max(MPa)	Difference From T-M0175 (%)
T-M0300	33.552	-0.821
T-M0250	33.668	-0.478
T-M0200	33.829	-0.004
T-M0175	33.830	--



網格劃分設定－凹圓角

● Bot



	S22(MPa)	S12(MPa)	S23(MPa)
bot-top	28.178	-4.834	16.265
bot-bot	27.063	9.260	23.221



網格劃分設定－凹圓角

● Bot

S33-bot-top	Max(MPa)	Difference From B-M0175 (%)
B-M0300	15.863	-0.236
B-M0250	15.876	-0.153
B-M0200	15.883	-0.111
B-M0175	15.901	--

S33-bot-bot	Max(MPa)	Difference From B-M0175 (%)
B-M0300	51.559	-3.693
B-M0250	51.969	-2.927
B-M0200	52.757	-1.454
B-M0175	53.536	--

S23-bot-top	Max(MPa)	Difference From B-M0175 (%)
B-M0300	15.997	-0.045
B-M0250	15.989	-0.036
B-M0200	15.999	-0.030
B-M0175	16.004	--

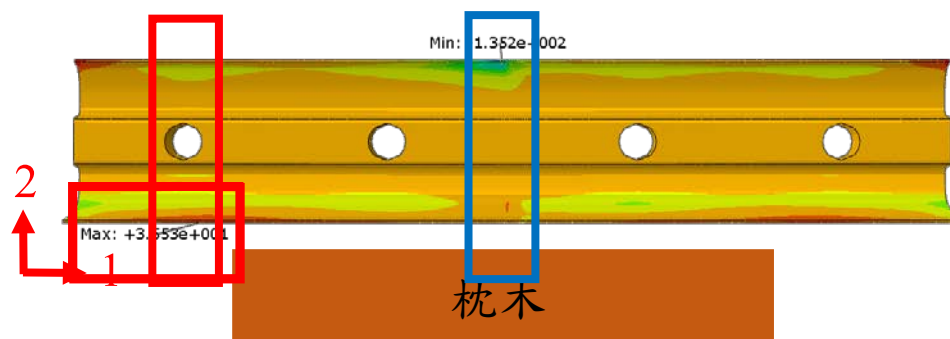
S23-bot-bot	Max(MPa)	Difference From B-M0175 (%)
B-M0300	26.458	-3.054
B-M0250	26.534	-2.777
B-M0200	26.894	-1.458
B-M0175	27.292	--



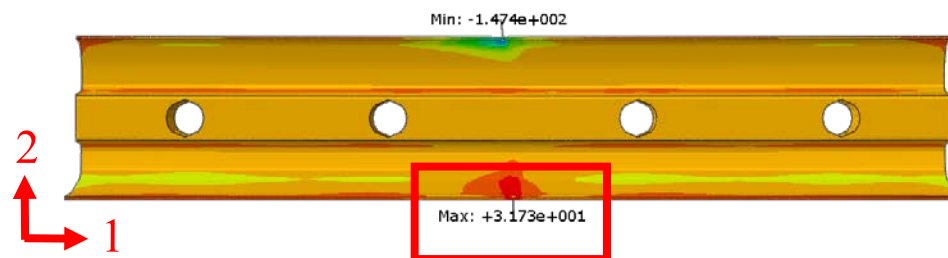
網格劃分設定

●托接法

S22 - supported



S22 - suspended



網格編號 B-M0200

- 鋼軌與鋼軌間絕緣片交界處細緻網格
S22 最大值：31.18MPa
- 枕木邊界細緻網格
S22 最大值：31.34MPa

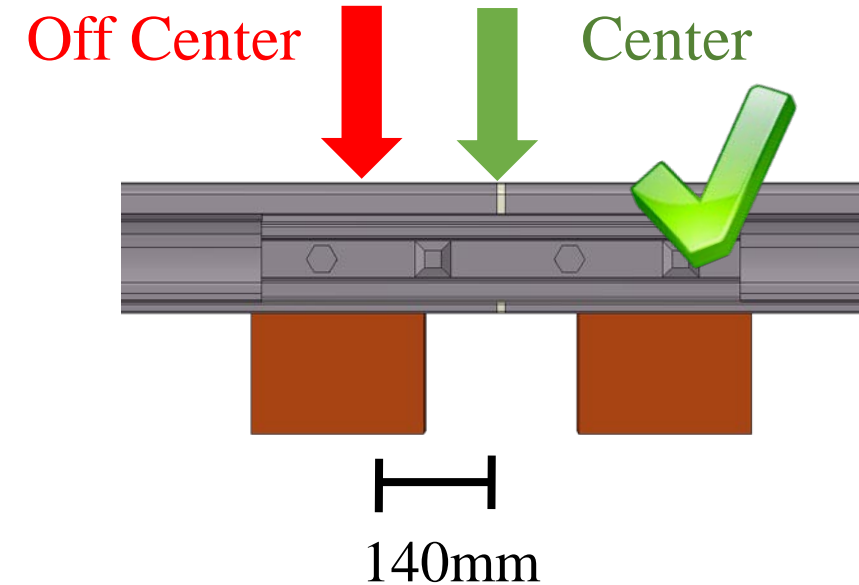


載重設定

- 集中載重：145kN
- 位置：

suspended		S11 (MPa)	S22 (MPa)	S33 (MPa)	S12 (MPa)	S13 (MPa)	S23 (MPa)
center	max	20.99	31.73	42.8	39.61	18.63	32.83
	min	-71.65	-147.4	-74.9	-62.62	-13.00	-27.36
off center	max	18.41	30.47	35.77	15.37	16.17	29.98
	min	-31.38	-49.38	-49.53	-22.98	-11.37	-17.57

supported		S11 (MPa)	S22 (MPa)	S33 (MPa)	S12 (MPa)	S13 (MPa)	S23 (MPa)
center	max	11.26	35.53	17.93	35.51	15.98	33.37
	min	-63.89	-135.2	-60.06	-57.21	-11.93	-15.75
off center	max	10.38	32.59	16.36	13.37	14.02	25.94
	min	-27.88	-38.38	-41.12	-20.37	-9.427	-10.44





載重設定

- 螺栓預緊力

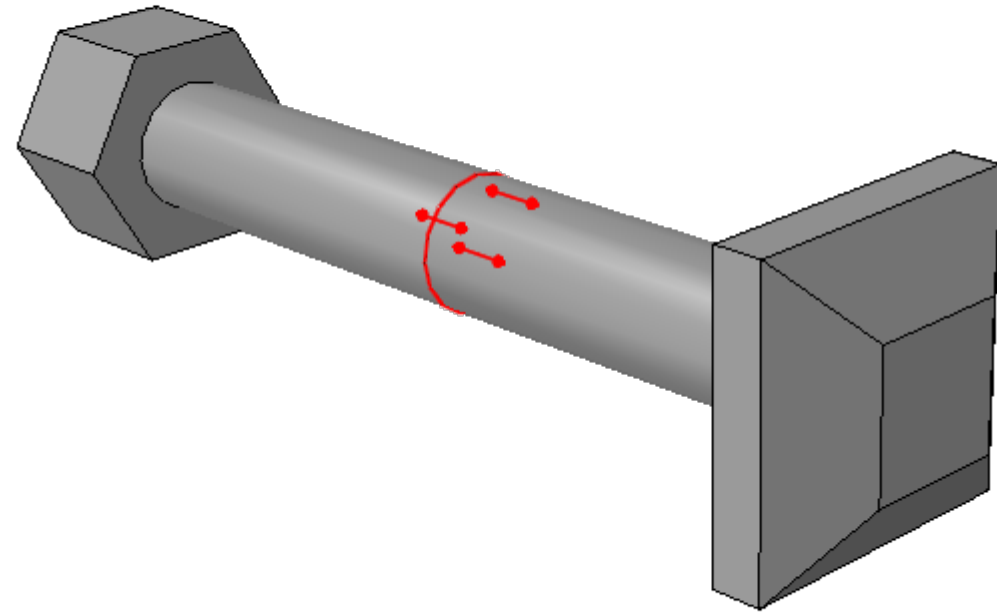
$$P_b = \frac{T}{KD}$$

P_b = 螺栓預緊力

T = 螺栓扭力

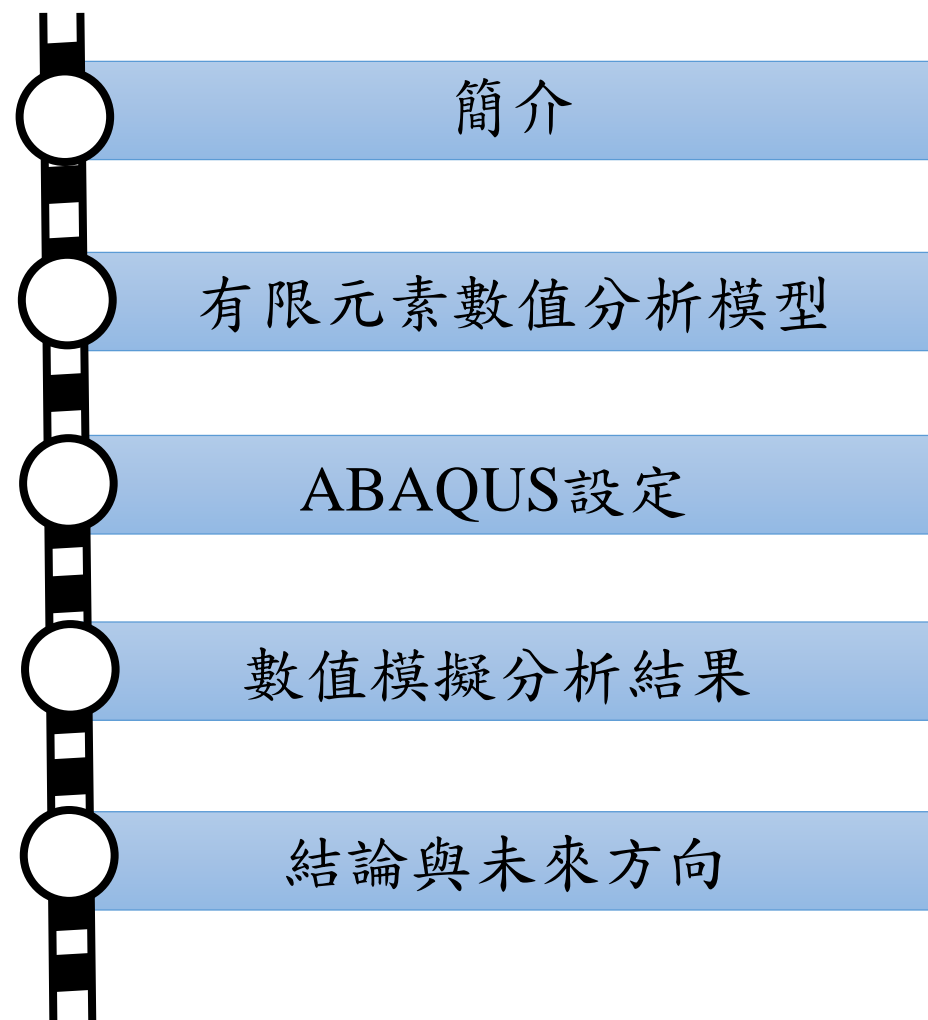
K = 螺栓扭力係數

D = 螺栓直徑





大綱

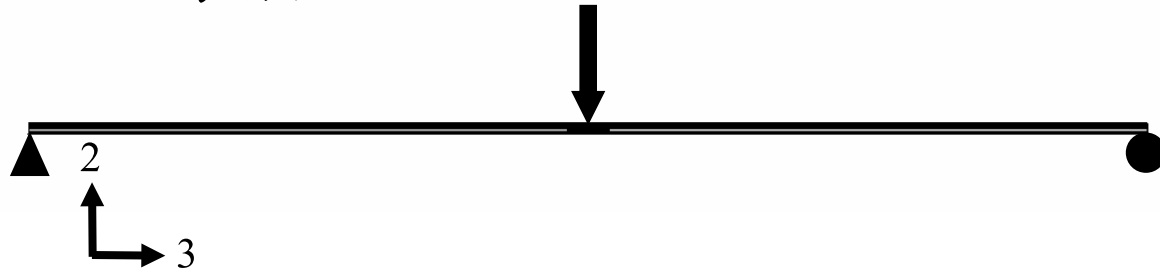


- 模型幾何驗證
- 環氧樹脂厚度
- 魚尾鈹長度
- 環氧樹脂柏松比



模型幾何驗證

- 方法：



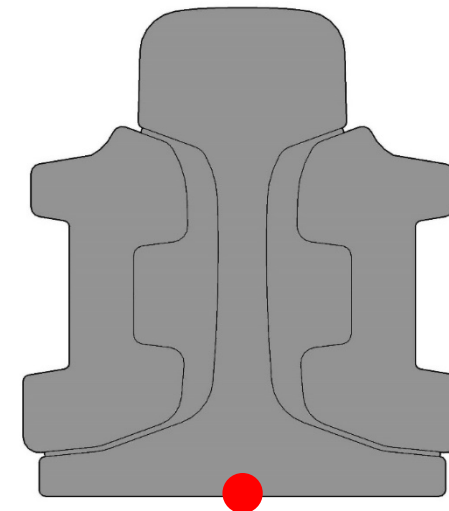
- 結果比較：

	理論解	數值分析結果	誤差(%)
中點垂直變位 (mm)	-17.268	-16.797	-2.728
中點底部應力 (MPa)	9.135	9.116	-0.212

- 理論解計算：

$$\delta = \frac{PL^3}{48EI}$$

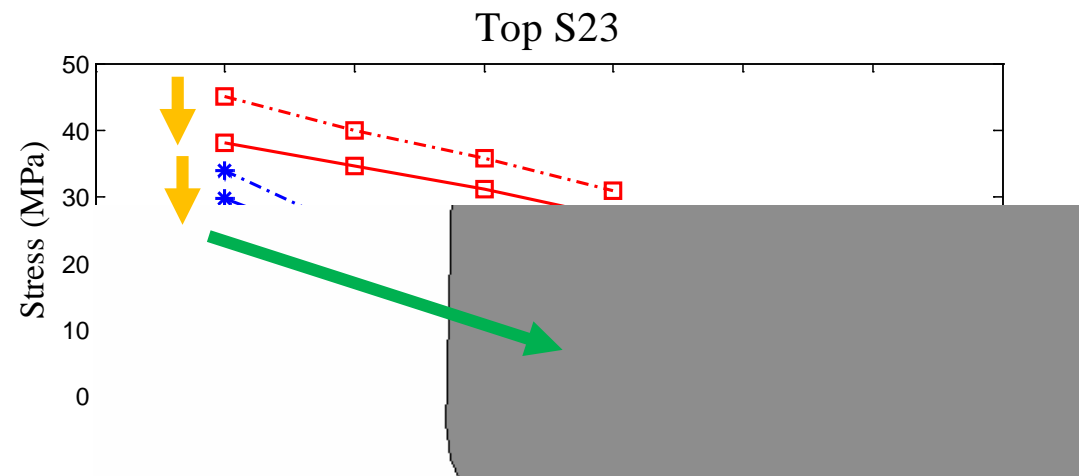
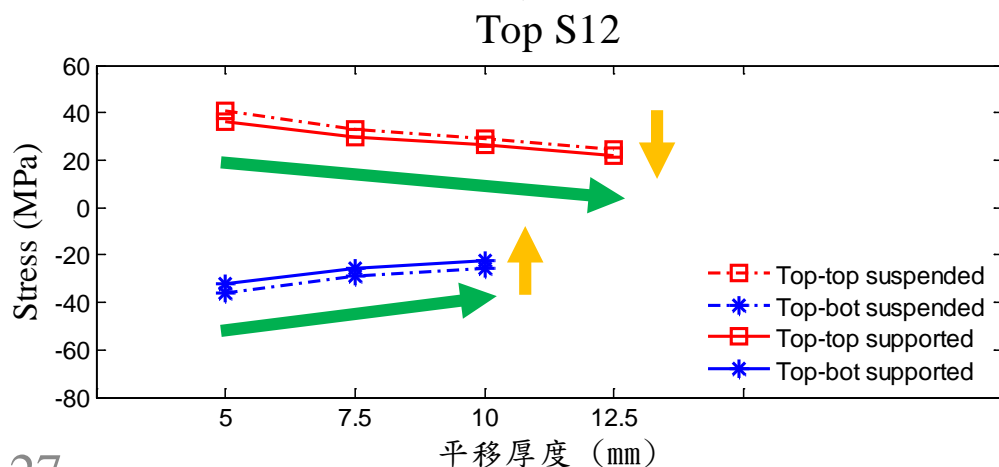
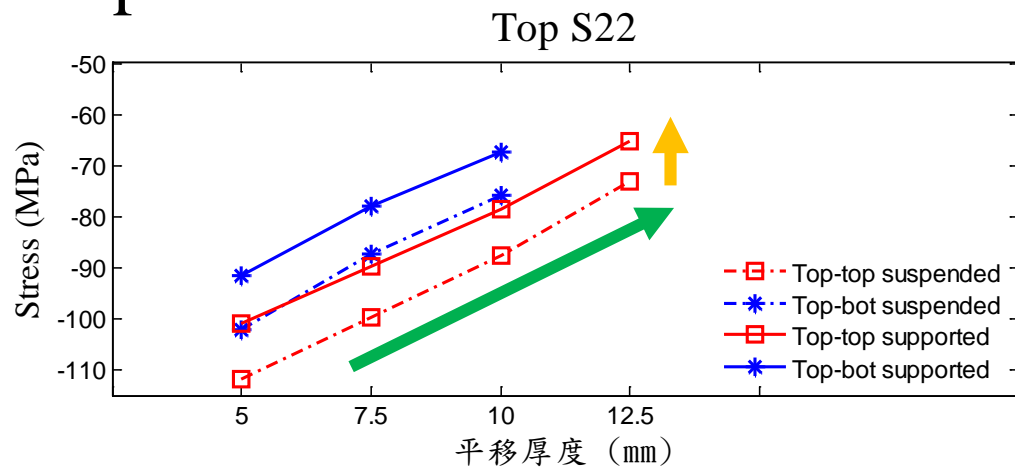
$$\sigma_3 = \frac{My}{I}$$





環氧樹脂厚度

● Top



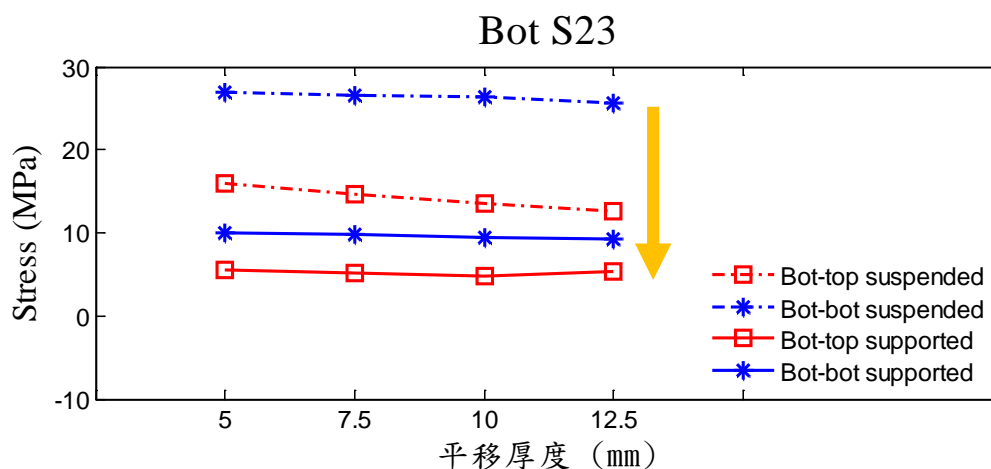
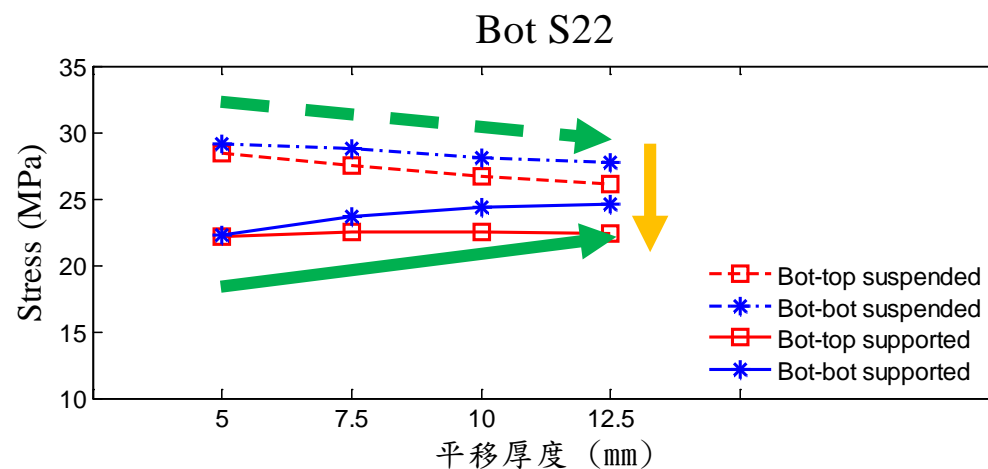
12.5mm Top-bot	S22(MPa)	S12(MPa)	S23(MPa)
Suspended	-12.621	-13.325	1.077
Supported	-10.934	-11.540	0.985





環氧樹脂厚度

● Bot



● S22

– 懸接法



– 托接法



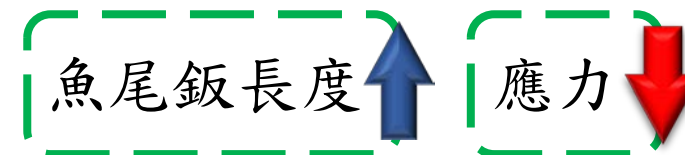
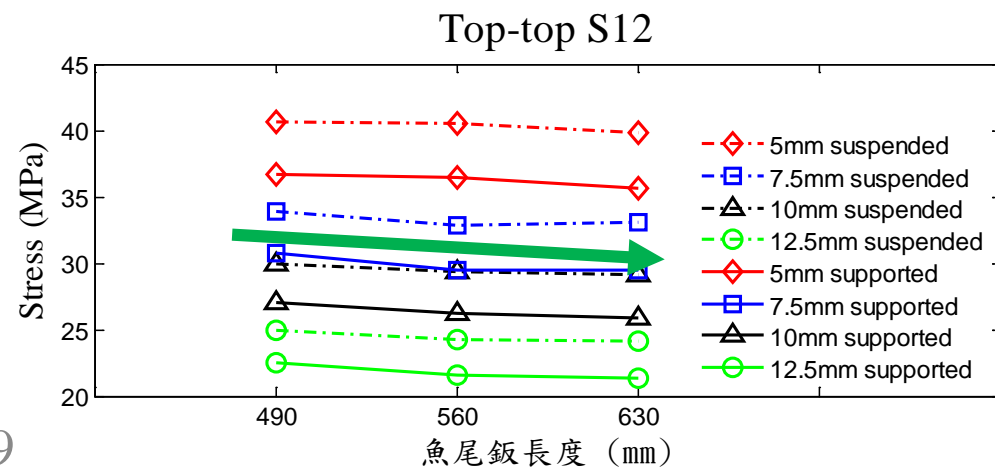
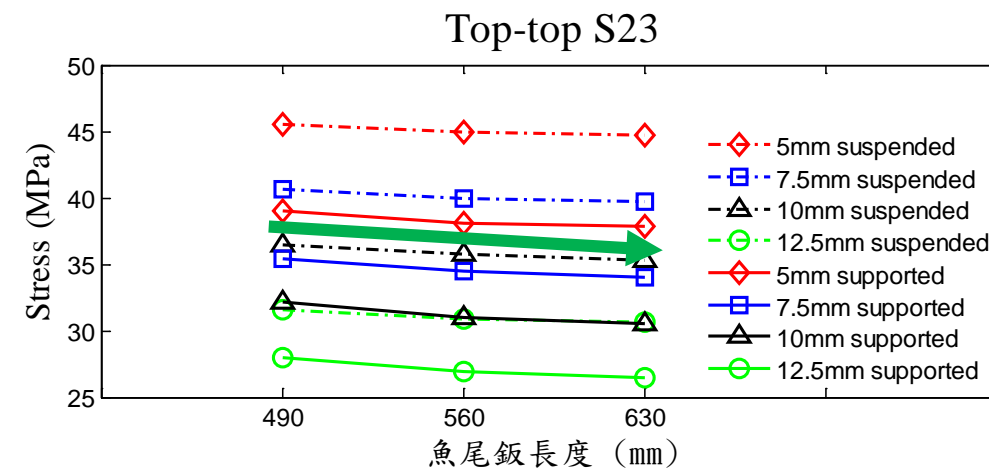
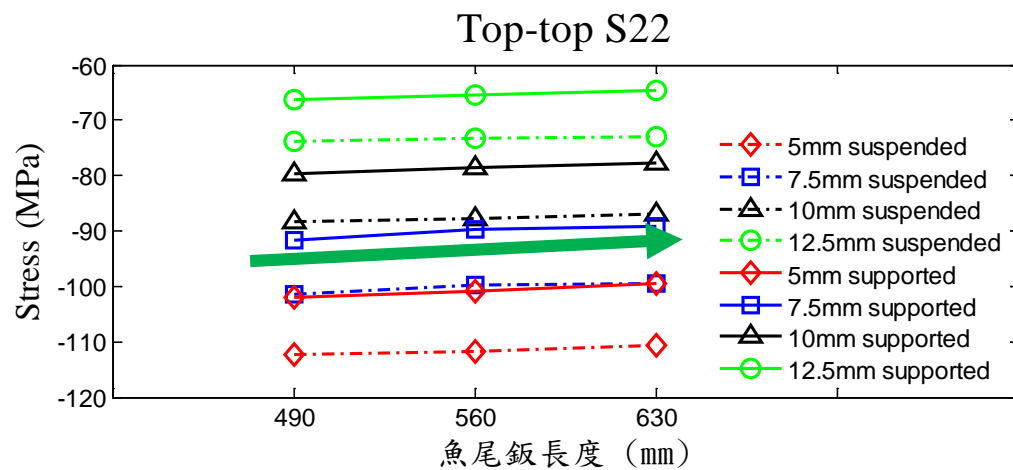
● 整體





魚尾鉸長度

● Top-top

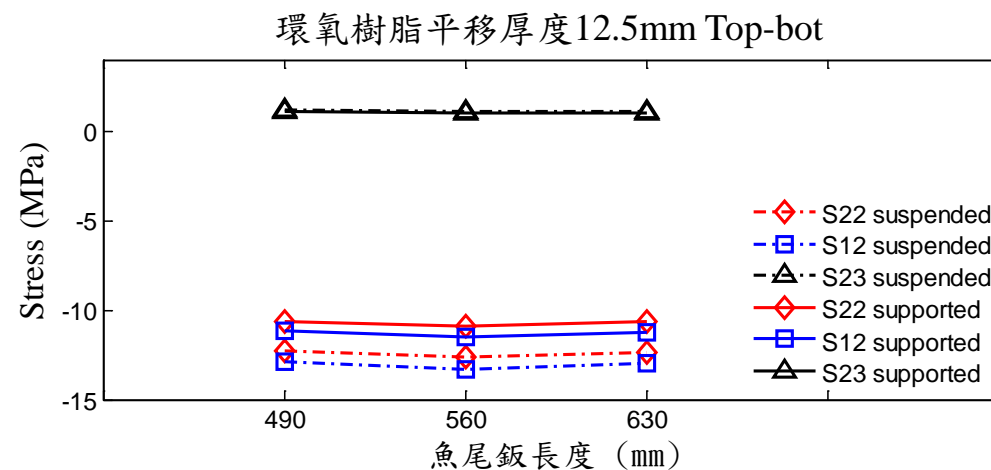
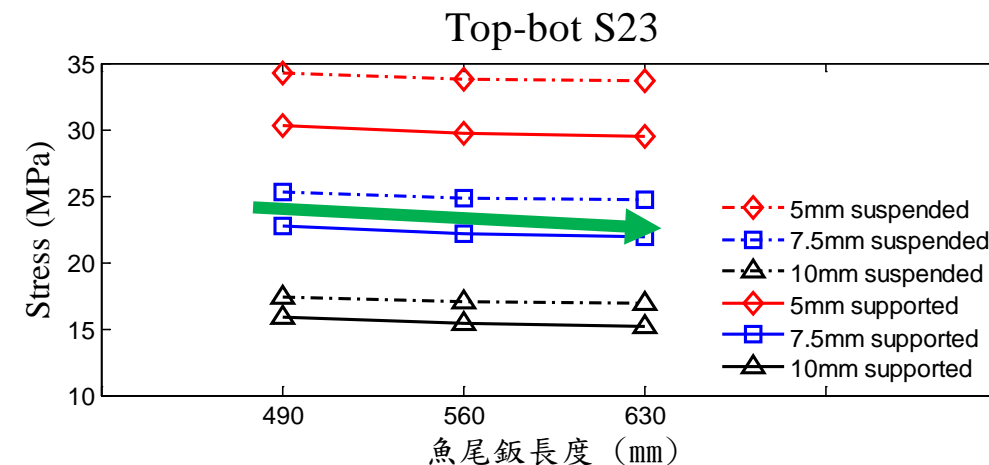
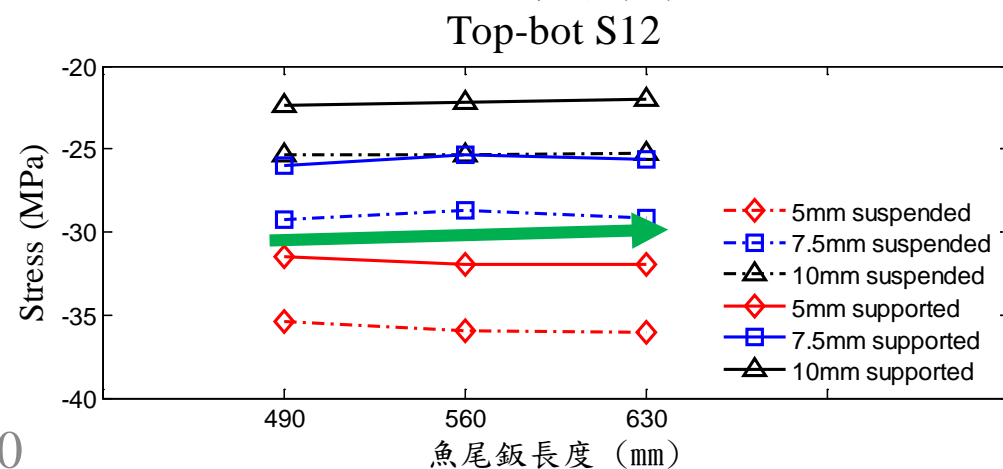
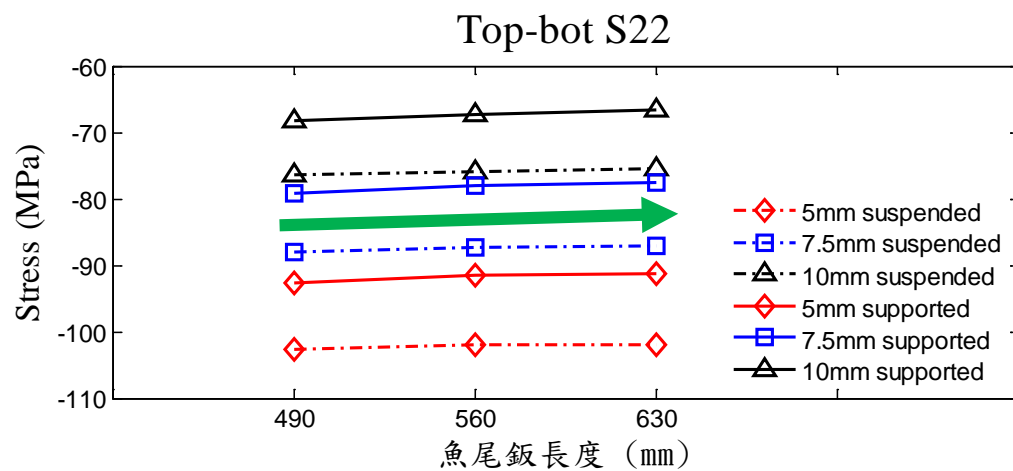


影響並不大



魚尾鉸長度

● Top-bot



魚尾鉸長度



應力



影響並不大

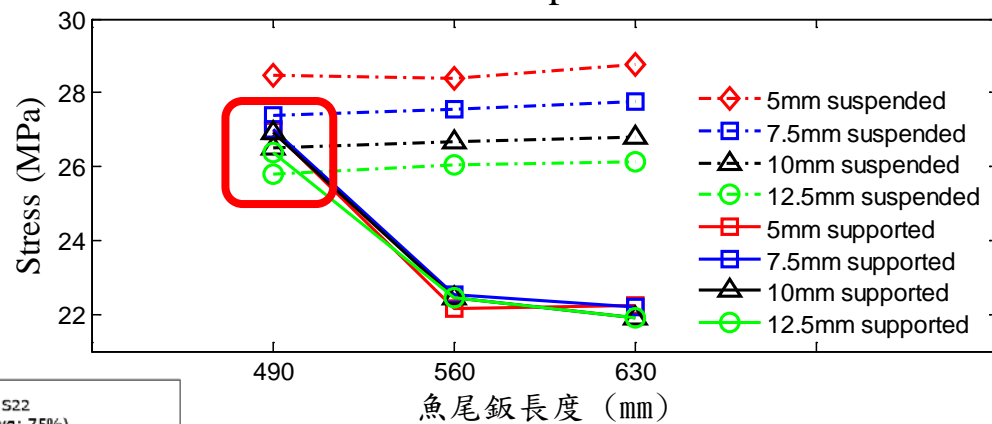




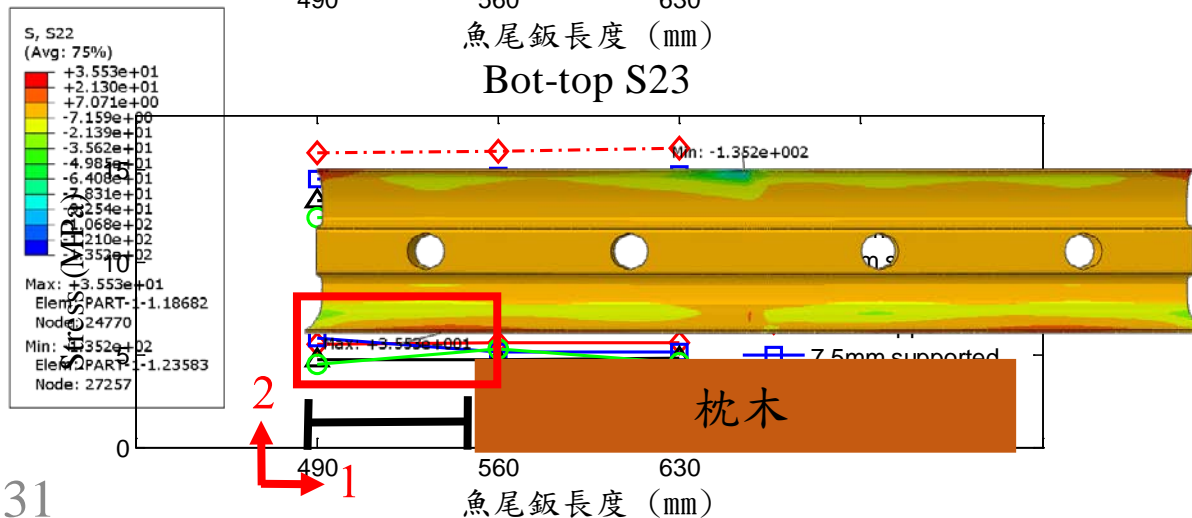
魚尾鉸長度

● Bot

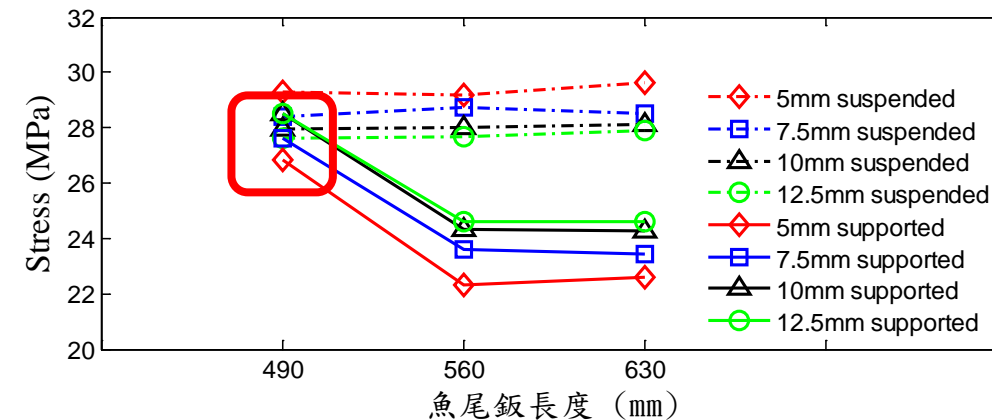
Bot-top S22



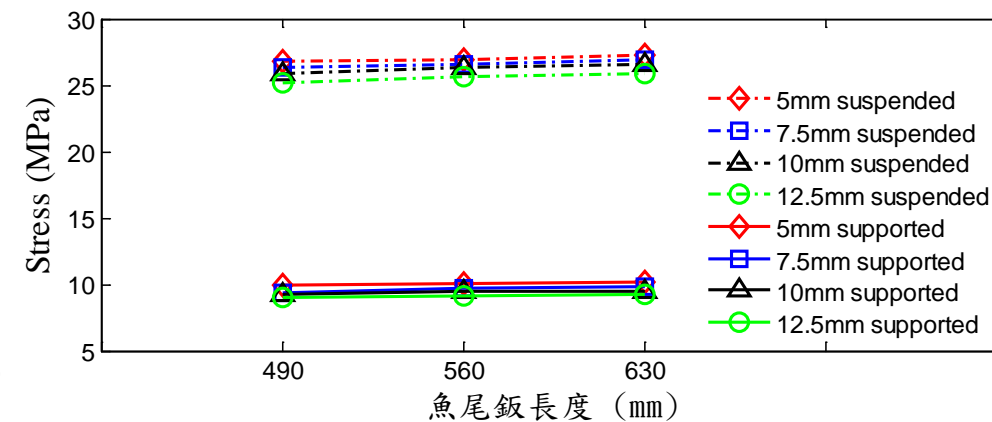
Bot-top S23



Bot-bot S22



Bot-bot S23

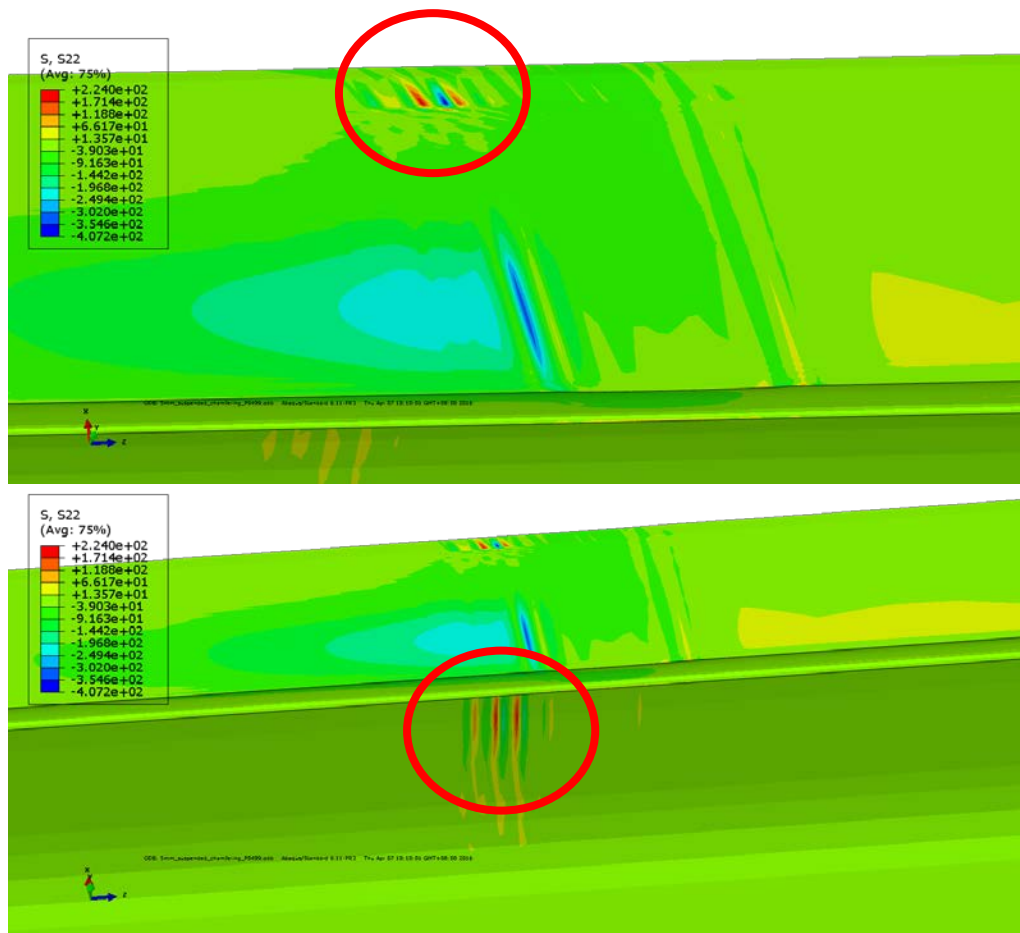
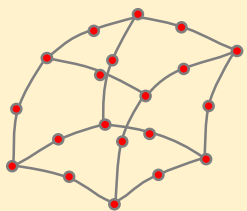
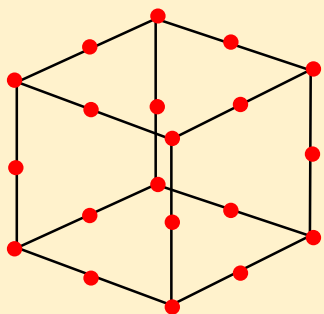




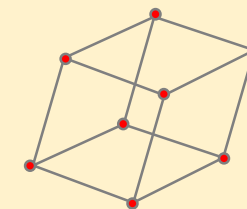
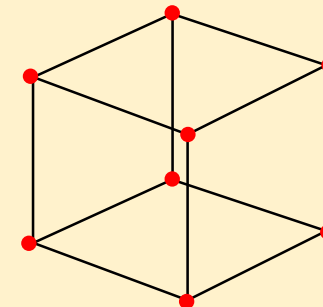
環氧樹脂柏松比

- 模型：托接法凹圓角，環氧樹脂厚度5mm

➤ C3D20R

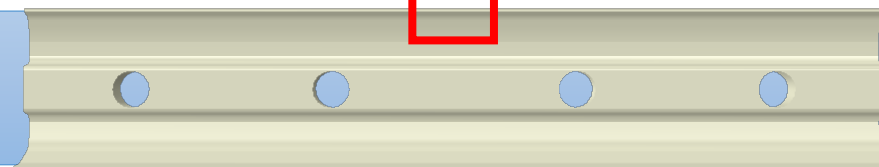


➤ C3D8R

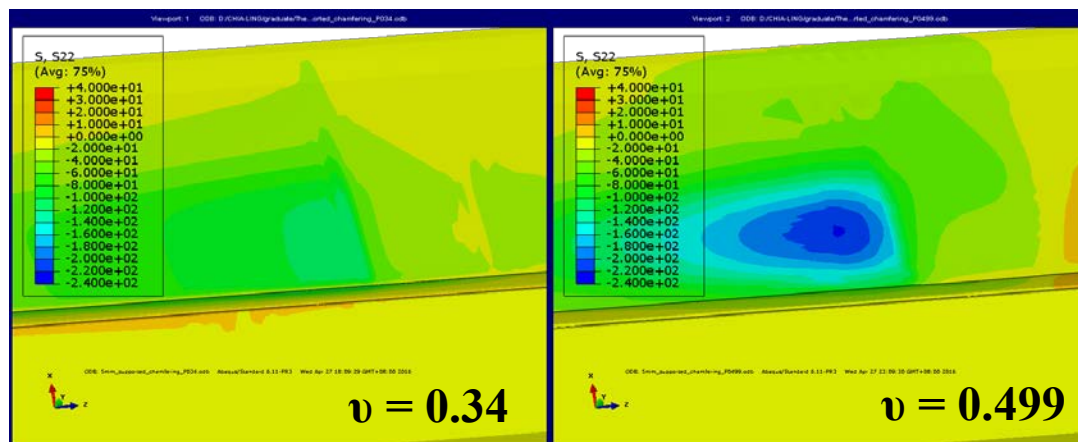




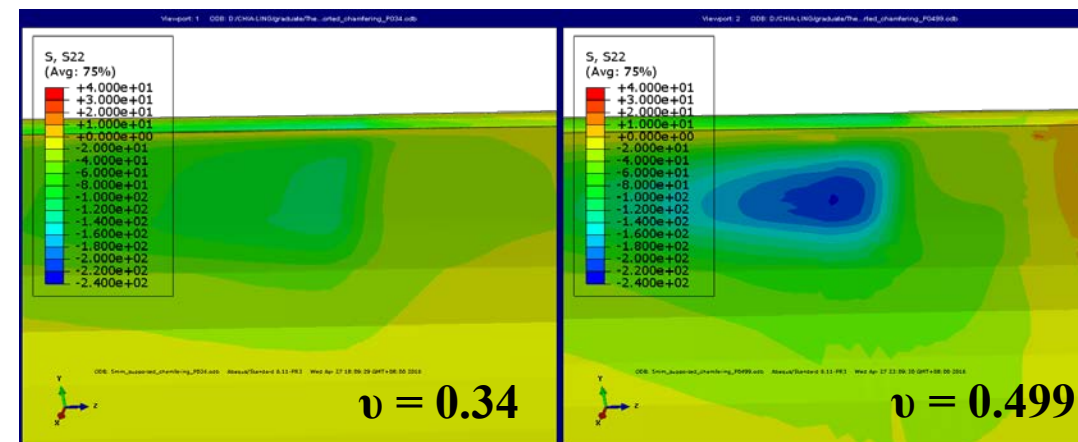
環氧樹脂柏松比 – 正向應力



5mm Top-top S22



5mm Top-bot S22



可壓縮材料應力



不可壓縮材料應力

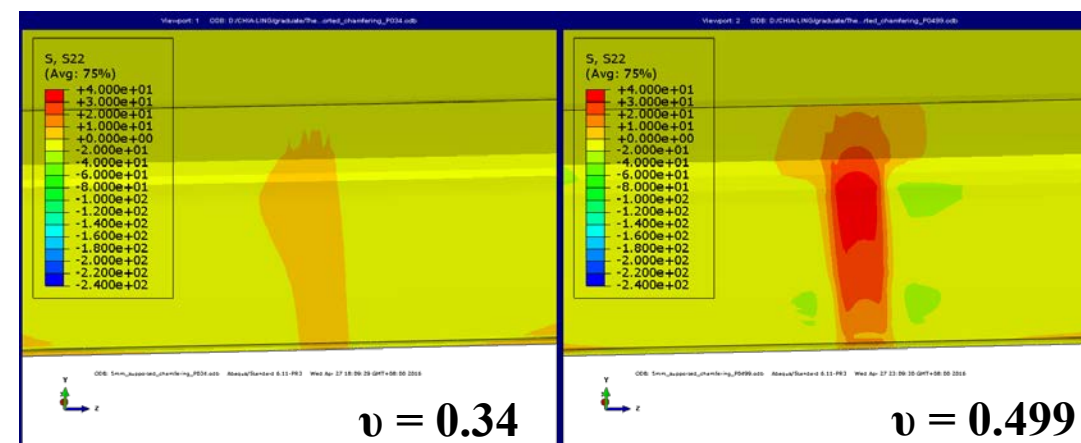
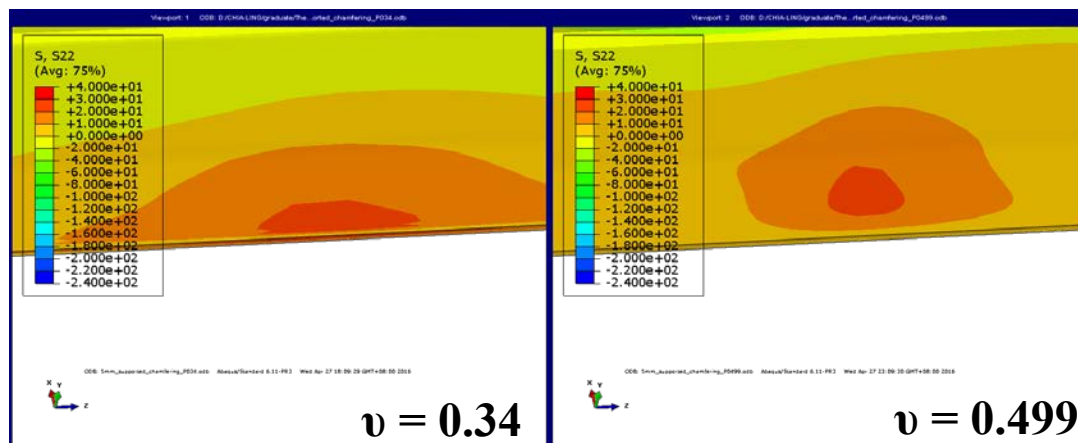


環氧樹脂柏松比 - 正向應力



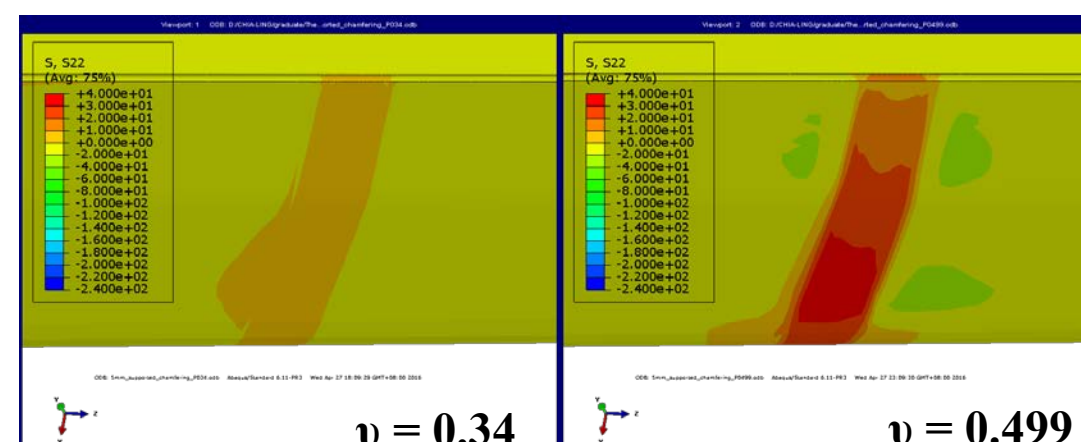
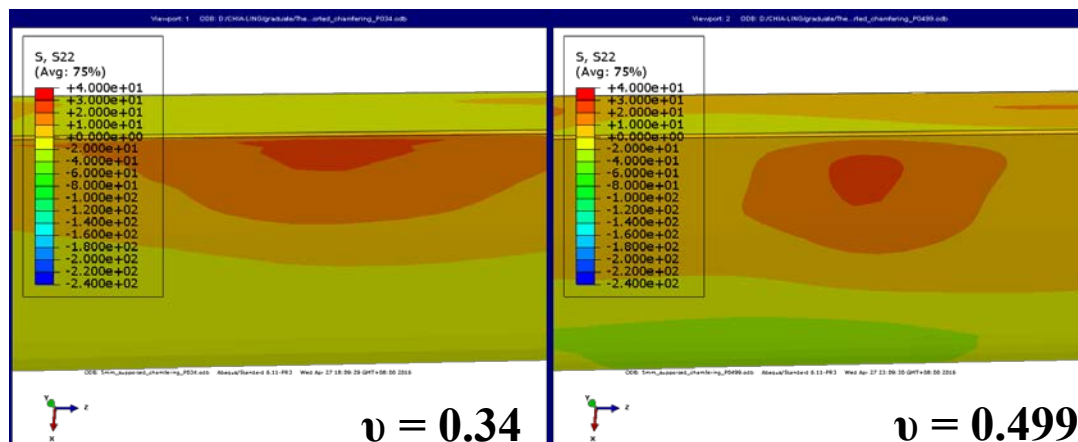
5mm Bot-top S22 - 1

5mm Bot-top S22 - 2



5mm Bot-bot S22 - 1

5mm Bot-bot S22 - 2



34

應力數值變化不大

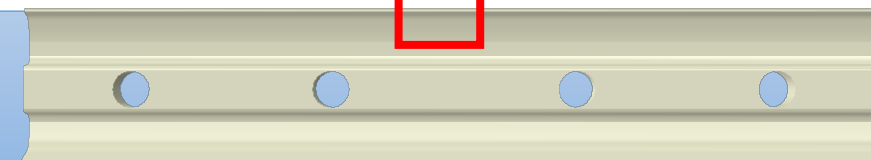
位置改變

可壓縮材料應力

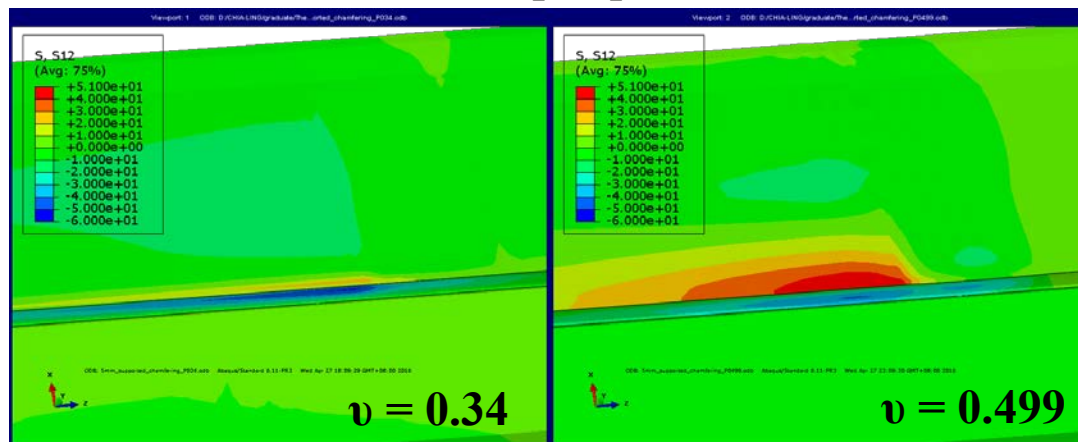
不可壓縮材料應力



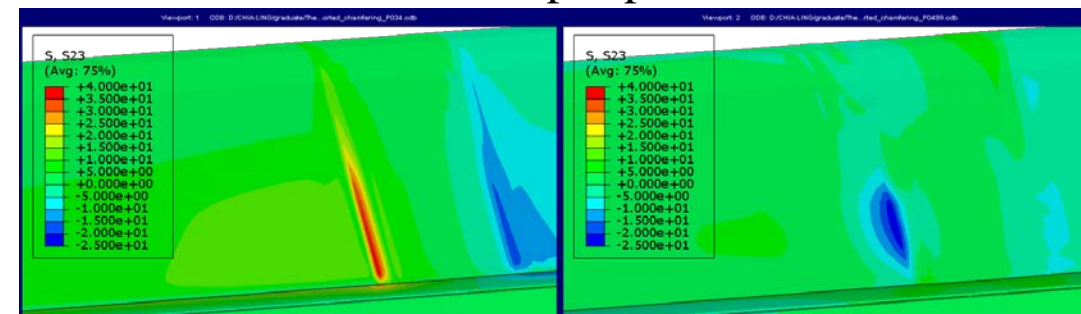
環氧樹脂柏松比 - 剪應力



5mm Top-top S12



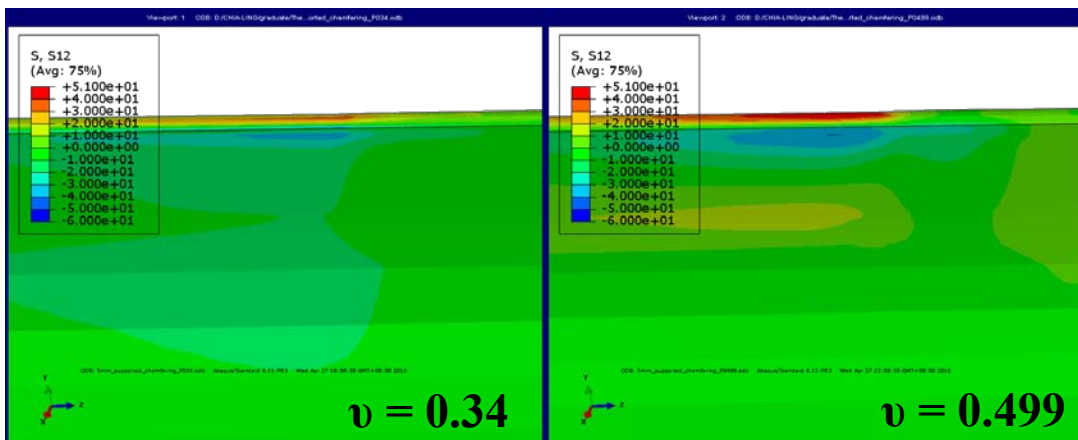
5mm Top-top S23



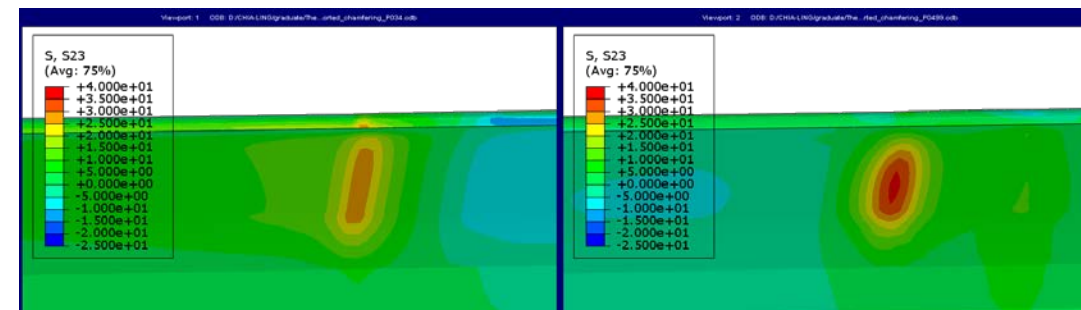
可壓縮材料應力

不可壓縮材料應力

5mm Top-bot S12



5mm Top-bot S23



可壓縮材料應力

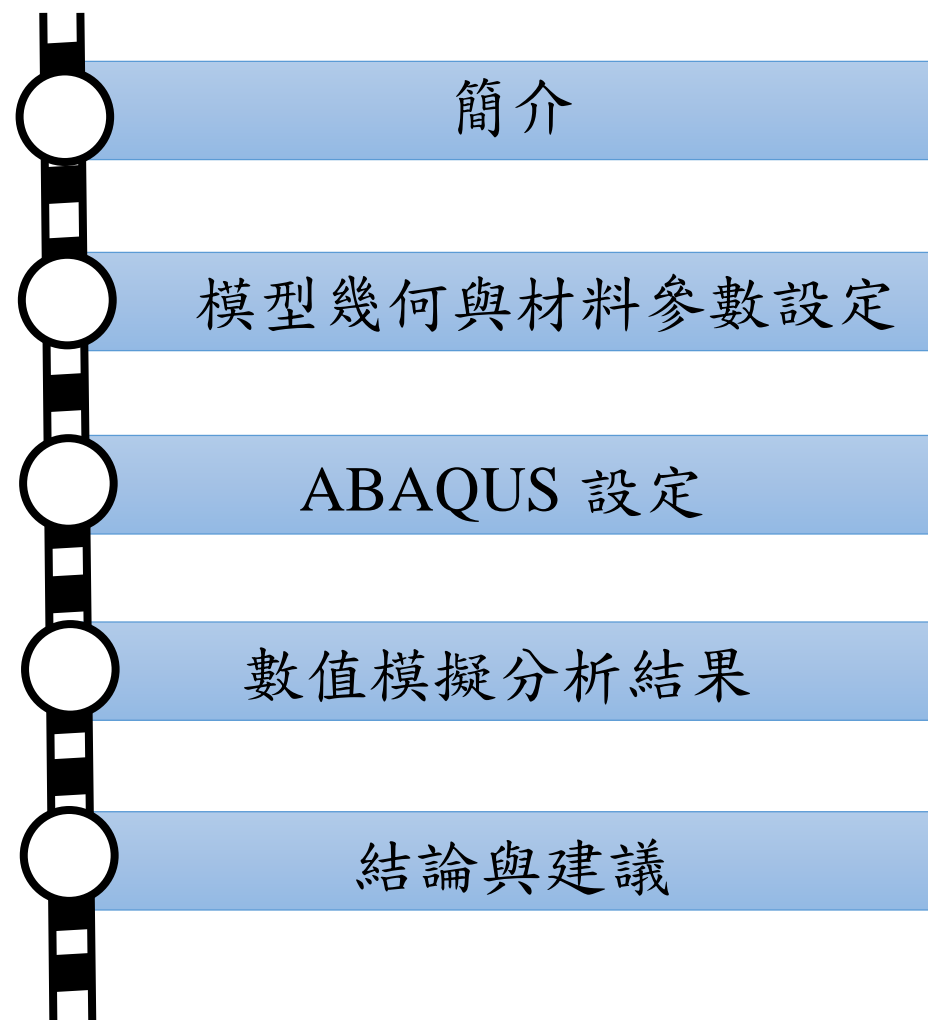
不可壓縮材料應力

可壓縮材料應力

不可壓縮材料應力



大綱





結論

- 環氧樹脂厚，可降低應力。
- 枕木排列為托接法時，能有效降低應力值。
- 魚尾鉸之縱向長度在一定範圍內，模型在較短魚尾鉸時有較大S22，但使用較長之魚尾鉸時與使用規範長度魚尾鉸時的應力差異不大，故目前規範之長度合理。
- 環氧樹脂為可壓縮材料時，應力較低。





建議

- 直接針對托接法模型做研究。
- 未來研究在選擇元素時選擇使用一階元素，再做後續之網格劃分設定。
- 將環氧樹脂設定為超彈性材料，觀察材料性質改變後，軌道絕緣接頭之受力行為有何改變。



Thank you !