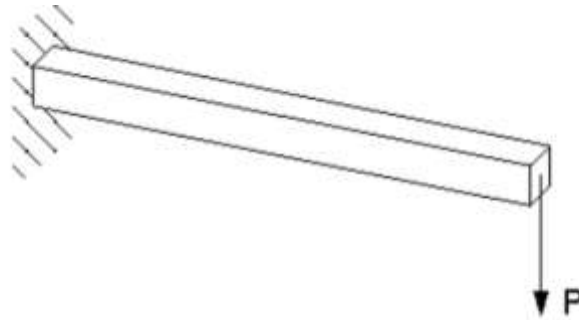


Abaqus Tips：常用元素於不同受力狀態下之表現比較

在建立有限元素模型時，Abaqus 有提供豐富的元素類型以因應多樣的分析類型使用，其中實體元素家族最為廣泛被使用，其中包括不同維度（2 維/3 維）、階數（一階/二階）、積分法（全積分/簡積分）等等數十種元素類型。選擇適合分析模型的元素，有助於提高結果的精確度與可靠性，本文針對幾種最為普遍使用的實體元素類型，包括 C3D8R、C3D8S、C3D8HS、C3D20R、C3D10、C3D10M 與 C3D10HS，比較其在 Bending 及 Contact 兩種受力狀態下，元素的表現。

■ Bending

以一樑長為 150 mm，寬為 2.5 mm，深為 5 mm，楊氏模數為 70 GPa，蒲松比為 0.3 之懸臂樑比較元素在受彎曲的表現，施加 5 N 的負載於自由端（圖一），由樑公式計算距離自由端 140 mm 處剪力與彎矩值分別為 5N 與 700Nmm，中性軸撓度為 0.02012mm，頂面的正向應力為 67.2 MPa。



圖一

由於元素積分點的張量外差至節點的原因，使得表面得應力應變值容易產生較大的誤差，之前我們曾經介紹過如何在結構表面鋪上 membrane 元素（參考 Abaqus Tips：如何更精準地提取結構表面的應力應變值），以更精準地提取表面的應力應變值，並與 Abaqus 2016 中加入的 Improved Surface Stress Visualization (S) 之新元素類型做比較，該元素僅能在 Standard 使用，目標即在於克服過往元素在表面得誤差問題。

綜合比較下，C3D20R、C3D10、C3D10HS 在剪力、彎矩、頂部應力與撓度各項都有相當良好的表現，與解析解的誤差都在 3% 以下，C3D8S 與 C3D8HS 在剪力的表現則相當不理想，也未能完全克服表面應力外差的問題，C3D8R 與 C3D10M 提取到的頂部表面正向應力則有相當大的誤差，C3D8R 甚至高達 11.2%，加鋪薄膜能夠大幅降低該變數誤差，但卻有提高其他變數之誤差的代價。以上選用各元素分析結果統整於表一中。

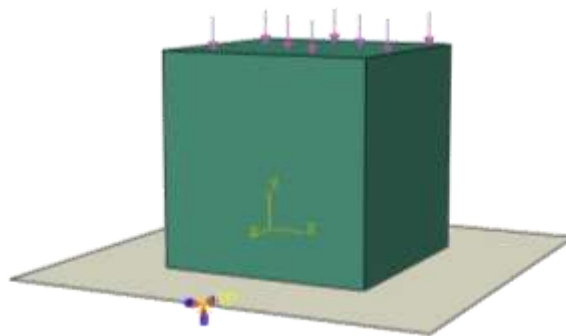
士盟科技 CAE 團隊

	Analytical	V (N)	5.000	M (Nmm)	700	U (mm)	0.02012	S (MPa)	67.2
		Value	Error	Value	Error	Value	Error	Value	Error
Global seed size as 0.6	C3D8R	5.000	0.00%	677.1	3.27%	0.02025	0.6%	59.2	11.2%
	C3D8R w/ membrane	4.959	0.82%	663.7	5.19%	0.01976	1.8%	66.9	0.6%
	C3D8S	5.309	6.18%	684.7	2.19%	0.01987	1.2%	63.7	6.2%
	C3D8HS	5.309	6.18%	684.7	2.19%	0.01987	1.2%	63.7	6.2%
Global seed size as 1.2	C3D20R	5.000	0.00%	698.1	0.00%	0.01985	1.3%	67.2	0.0%
	C3D10	5.013	0.26%	692.8	1.03%	0.01987	1.2%	67.2	0.0%
	C3D10 w/ membrane	4.991	0.18%	679.0	3.00%	0.01940	3.6%	65.9	1.9%
	C3D10M	5.014	0.28%	703.6	0.51%	0.01986	1.3%	69.2	3.0%
	C3D10M w/ membrane	4.967	0.66%	689.3	1.53%	0.01945	3.3%	66.2	1.4%
	C3D10HS	5.013	0.26%	692.8	1.03%	0.01987	1.2%	67.2	0.0%

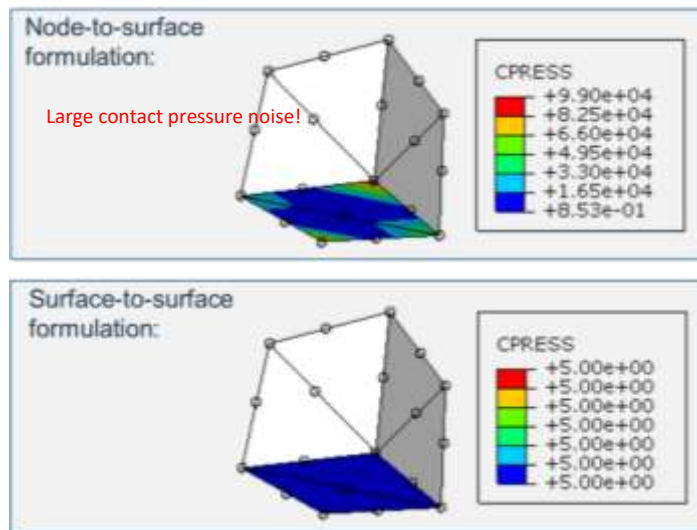
表一

■ Contact

另以一至於鋼板上、頂部受 5MPa 均布力之立方體 (圖二) 探討接觸問題，由於均布力以 Shape Function 轉移至二階元素節點時，節點上的零載重或負載重，使接觸關係難以判斷，因此 Abaqus 不允許使用預設接觸性質 (正向方向 Hard Contact, 切線方向無摩擦) 的二階四面體元素如 C3D10、C3D10HS 搭配 Node to Surface，僅允許搭配 Surface to Surface 離散法使用，藉其 average sense 的判斷方式來消除該問題 (圖三)，或是改以改良元素 (M) 分析，而二階六面體元素如 C3D20R 則可透過搭配 Penalty enforcement method 改善，一階元素則無論使用 Surface to Surface 或 Node to Surface，皆能有良好相當連續且準確的表現。二階元素搭配之離散法與正向接觸性質的可行性整理於表二中。



圖二



圖三

	Direct	Penalty
S2S	C3D20R	C3D20R
	C3D10	C3D10
	C3D10M	C3D10M
	C3D10HS	C3D10HS
N2S	C3D10M	C3D20R
		C3D10M

表二

因此，如考量模擬工況較複雜之受力、求解器轉換等多方狀況，四面體元素則採用 C3D10M，六面體元素則選用 C3D8R 加鋪 membrane 會有較全面可靠的結果。