

利用 abaqus 於電子產品防水性能研究

王映翔, 賴俞任

群光電能科技股份有限公司

摘要

近年來電子產品的功能越來越多，使用者也對於產品的防護性要求也日漸提升，各廠紛紛推出了防水防塵功能的電子產品，因此除了利用abaqus模擬結構強度以外，如何使用軟體在防水模擬上也是一個重要的課題。

本文將說明利用abaqus應用在電子產品的防水性能模擬，將分別敘述利用2D模型以及3D模型針對電子產品中的防水膠條的防水性能評估，從模擬分析結果與實際實驗情況做比較。接著，將利用模流軟體與abaqus配合，探討當塑膠成型射出後，產生的變形對於防水性能的影響。

關鍵字：防水、

一、緒論

對於大多數電子產品來說，水一直是頭號敵人，因為現在電子產品內部往往是由一塊或者多塊集成電路板組成的。因此近年來各間大廠都推出了可防水的電子產品，藉此吸引消費者的目光，而要使產品有防水等級，大部分皆使用 silicon rubber，也就是俗稱的防水膠條。因為防水膠條可大變形的壓縮，所以利用上下殼體的緊迫，使得防水膠條可填滿上下殼體的縫隙，而使得產品有防水效果。但因為設計者都是利用 try & error，往往都是要開模之後才會知道產品是否防水，而浪費的不小的成本和時間。

本文將利用 abaqus 模擬防水膠條在安裝時的變形，藉此評估產品是否達到設計者設定的防水效果，提供一些設計上改良的方向。

二、2D 和 3D 模型模擬

2.1 電子產品 2D 模型模擬

由於要使電子產品的箱體有防水效果，必須讓產品的所有周圍都不能有縫隙，使水可以滲漏，因此防水膠條也需要填滿整圈，為了使模型較為簡易，先利用 2D 模型來測試。我們模擬選用的防水膠

條硬度為 Shore A 30 度，切面直徑為 2.5mm。

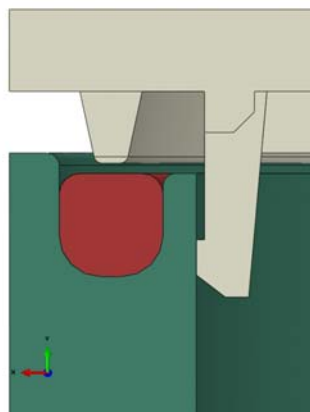


圖 1 2D 模型示意圖

可以看到在電子產品的下殼會設計溝槽放置防水膠條，在上蓋往下的時候，防水膠條會慢慢變形緊迫，使產品達到防水效果，防水測試等級的設定為 IPX7，水深 1m，測試時間 30 分鐘。下圖模擬後的結果。

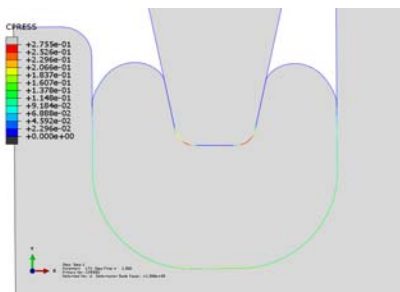


圖 2 2D 模型接觸應力分布圖

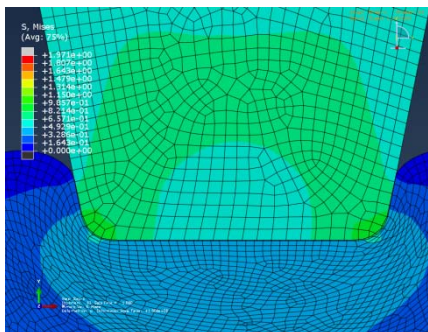


圖 3 2D 模型應力分布圖

在模擬後我們利用產品上殼以及防水膠條之間的接觸應力當作判斷標準，可看到最大的接觸應力為 0.27Mpa，而 1m 的水壓為 0.01Mpa，因此利用 2D 模型可判別防水功能是沒問題的。

2.2 電子產品 3D 模型模擬

利用 2D 模型可快速的判別上殼的干涉量是否足以達到防水效果，但是在整機模擬上，卻不能確保整圈的防水膠條干涉值會是一樣，因此還是必須使用 3D 模型模擬才能分析防水性能。在這邊由於防水膠條的網格數量會很大，在加上電子產品的殼體是對稱的，因此在建模時，我們使用四分之一對稱，如下圖。

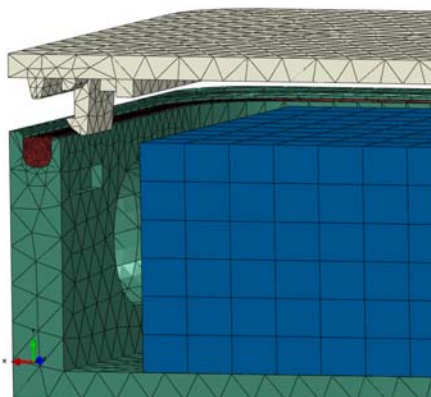


圖 4 3D 模型示意圖

將模型的分析步分為 3 步，第一步未強制下壓位移，使上下蓋緊密，也使得防水膠條變形。第二步將強制下壓位移取消，只利用殼體的卡扣結構使上下蓋固定。第三步為對殼體外部施加 0.01Mpa 水壓(即 1m 水深)，可看到產品殼體在 1m 水深裡的變形情形。另外，我們也利用了 abaqus 裡面的特殊功能 "pressure penetration"，使設定更加符合真實情形。

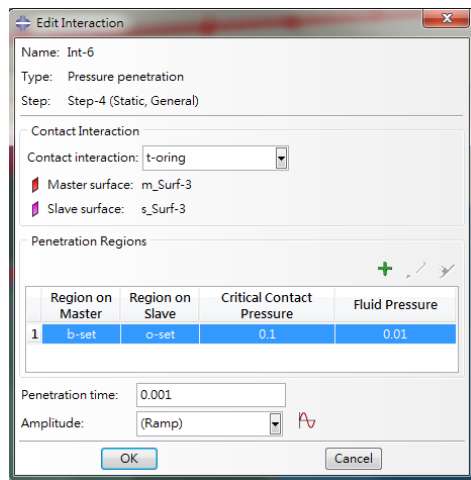


圖 5 pressure penetration 設定

此功能的原理，當接觸對的接觸力小於 Critical Contact Pressure 的數值時，會自動在接觸面加入 Fluid Pressure，因此 Fluid Pressure 就是設成 1m 的水壓 0.01Mpa，而 Critical Contact Pressure 則是設 0.1Mpa。

由於上下蓋是使用卡扣結合，因此在結構上可判斷在殼體的角落會有最大的翹曲量，而使水可由此滲漏，因此會直接關注防水膠條在角落處的接觸應力。如下圖。

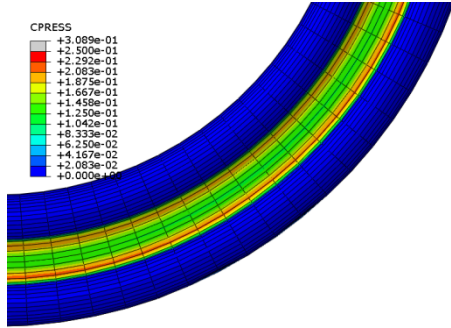


圖 6 防水膠條接觸應力分布圖

由圖 6 可看到防水膠條的接觸應力是連續且都大於 0.01Mpa，表示是可以抵擋 1m 的水深壓力。由於有使用 pressure penetration，因此也可以直接看 PPRESS 來判斷。如下圖。

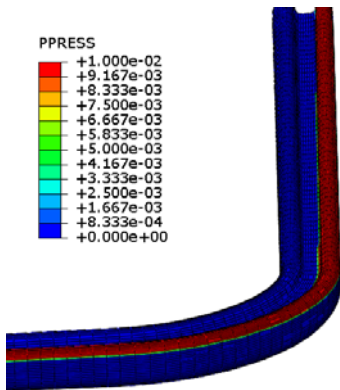


圖 7 防水膠條 PPRESS 分布圖

從圖 7 可看到紅色的部分就是有進水的區域，而藍色的部分則是沒有，也表示水都會被阻擋在防水膠條的外側，而不會進到產品的內部。

接著，我們對產品的殼體做設計變更，希望可以讓上殼變得更薄，但防水等級維持不變。因此我們使用同樣的方式來做模擬比對。

殼體上蓋厚度	2.5mm	2.0mm
翹曲量	0.37mm	0.47mm
O-ring Cpress (安裝後)	0.168Mpa	0.146Mpa
O-ring Cpress (1m 水深時)	0.216Mpa	0.199Mpa

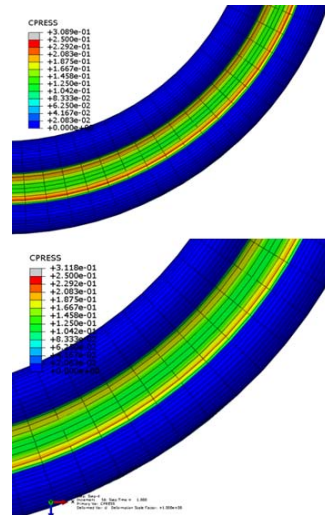


圖 8 防水膠條在上殼不同厚度下的接觸應力分布圖

由上表可知，當上殼的厚度減少，造成殼體的強度降低，使得翹曲量會增加，而造成上殼對防水膠條的接觸應力也跟著降低，但降低的幅度是在可以接受的範圍，且在判定上是通過的。因此上殼減薄的設計變更，並不會造成防水失效。

三、防水實驗和模擬比較

根據模擬結果，此產品設計是沒有問題，因此我們去做產品的 MOCK-UP 來實際實驗。下圖為實驗時的照片。



圖 9 實驗照片



圖 10 實驗後產品照片

實驗條件我們從水深 1m、30 分鐘開始測試，最後增加到 2m、30 分鐘，實驗結果是產品沒有任何的進水，表示模擬結果與實驗結果相符合。

四、靜水模擬

使用 2D 模型可以簡易的判別防水效能、防水膠條的硬度是否適用，但卻無法看到整個產品的防水效能。而使用 3D 整機模擬完整的分析，但防水膠條的網格數過多，使運算時間過長，且防水膠條的大變形會使得計算時不易收斂，使得模擬上會有很大的困難。

因此我們先從 2D 和 3D 來做比較。

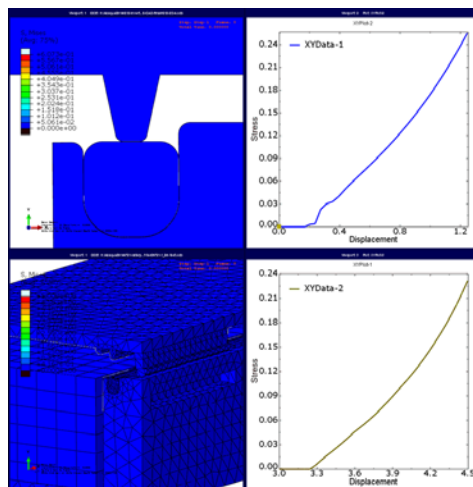


圖 11 2D 和 3D 的接觸應力分布圖比較

由圖 11 可以發現，2D 模擬和 3D 模擬的上蓋接觸應力值會呈現一個線性的狀態，且數值吻合。所以利用 abaqus 內的 hydrostatic 功能來取代防水膠條。

這個概念是認為防水膠條在壓縮時，會隨著壓縮量增加，而給上蓋的反力也同步增加，增加幅度又是線性關係，如同水壓壓力一樣，因此我們利用這個功能。設定方式如下圖。

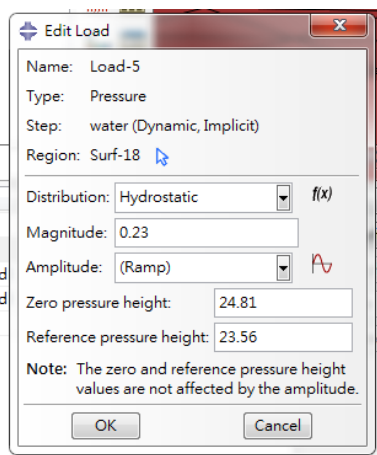


圖 12 hydrostatic 設定

利用此種設定方式，使防水膠條的結構被取代，大大的降低了網格的數量，使計算時間以及收斂性都能提升。

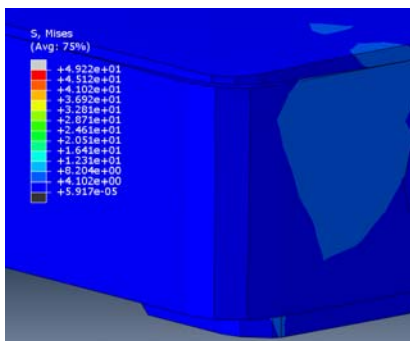


圖 13 利用 hydrostatic 分析後產品翹曲

計算後的結果，利用上蓋的翹曲量，在配合 2D 模型的結果，即可判定防水效能是否有效。

五、結論

我們分別使用 2D 和 3D 模型來模擬比對，可發現兩者的模擬數值相同，2D 模型模擬速度較快，但無法分析整個產品的狀況。3D 模擬可完整的分析，但網格數過多造成分析時間過長且收斂性較差。因此利用了 hydrostatic 來取代防水膠條，使得分析可以更加便利，可以更快速且準確地得到結果。最後我們也做實驗，驗證模擬的準確性，表示在設計電子產品的機構件時，不再是 Try & error，而是利用 abaqus 的設定來分析產品是否防水，且可以提供更佳的機構設計。