

引擎機構的運轉動態模擬分析

2009 Nanya ME Student Project Competition

指導老師：陳德楨 專題學生：邱士宇 張格赫 江國慶 潘科全 羅至偉 徐常勛 黃啓豪

專題內容摘要

在二十一世紀，石油的消耗量大增，石化能源不足的危機逐漸浮上檯面，成為現今世界即將面對的問題。加以內燃機與石化燃料的大量使用，也造成嚴重的環境污染。雖然，不同的替代能源技術近年來逐漸受到重視，但如何去提升現有能源的效能，仍是十分重要的課題。往複式引擎是當今被使用最廣泛的能源轉換機器，舉凡交通工具、機械加工、娛樂設施等領域都脫不了其角色，特別是在小型的發電系統的需求上。可是此機構也存在了噪音、污染及效率的問題。本專題即針對其運動的模擬與結構強度的分析進行深入的探討，進而做為效率提升上的設計參考，同時應用於其他複雜的機構分析上。

一、設計條件

引擎型式：往復式

尺寸：活塞直徑40 mm、

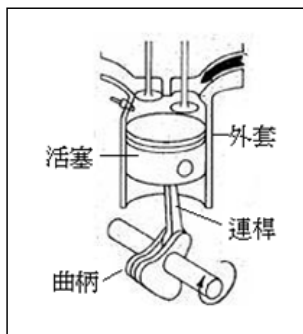
連桿長度：100 mm、

曲柄半徑：40 mm。

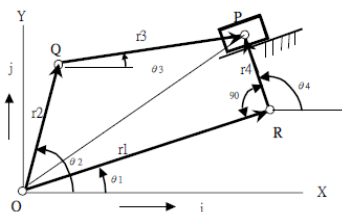
材質：SS 400 碳鋼

降伏應力：240 N/mm²

安全係數：1/0.6 = 1.67

容許正向應力：240×0.6 = 144 N/mm²容許剪應力：240×0.4 = 96 N/mm²

理論解（位置、速度、加速度）



點P、Q、R等之位置向量：

$$\begin{aligned} R_q &= r_2 e^{j\theta_2} = r_2 (\cos \theta_2 + j \sin \theta_2) \\ R_p &= r_2 e^{j\theta_2} + r_3 e^{j\theta_3} = \\ &= r_2 (\cos \theta_2 + j \sin \theta_2) + r_3 (\cos \theta_3 + j \sin \theta_3) \end{aligned}$$

點Q與P之速度則可由下式獲得：

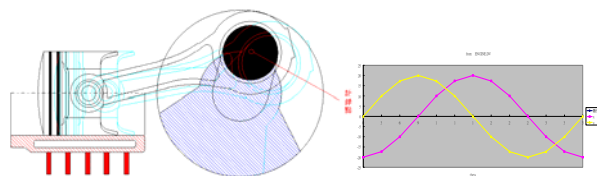
$$V_p = [r_1' + j r_1' \theta_1'] e^{j\theta_1} + [r_4' + j r_4' \theta_4'] e^{j\theta_4} = r_1' (\cos \theta_4 + j \sin \theta_4)$$

點P、Q、R等之加速度向量，即：

$$\begin{aligned} A_q &= [j r_2 \alpha_2 - r_2 \omega_2^2] e^{j\theta_2} = [j r_2 \alpha_2 - r_2 \omega_2^2] (\cos \theta_2 + j \sin \theta_2) \\ A_p &= [j r_2 \alpha_2 - r_2 \omega_2^2] e^{j\theta_2} + [j r_3 \alpha_3 - r_3 \omega_3^2] e^{j\theta_3} \\ &= [j r_2 \alpha_2 - r_2 \omega_2^2] (\cos \theta_2 + j \sin \theta_2) + \\ &\quad [j r_3 \alpha_3 - r_3 \omega_3^2] (\cos \theta_3 + j \sin \theta_3) \end{aligned}$$

三、電腦輔助分析

本專題依據設計資料進行2D實體模型的構建，本項研究將採用 Design View 軟體進行運動之位置、速度、加速度分析，如下圖所示。



$$\begin{aligned} c &= \sqrt{[\sin(a) + r \sin(2a/L)]^2 + [r^2/L^2 - \sin(a)]^2} \\ c_approx &= \sqrt{[\sin(a) + r \sin(2a/L)]^2 + [r^2/L^2 - \sin(a)]^2} \\ p_approx &= \sqrt{2} \cdot [\cos(a) + r \cos(2a/L)] / r \\ p_off_approx &= [\sqrt{2}/r] \cdot [\cos(a) + (r/L) \cos(2a) + (h/L) \sin(a)] \end{aligned}$$

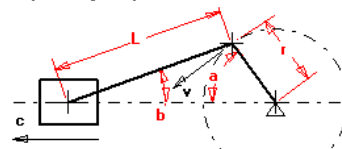
h: distance offset if not colinear (currently h=0)

v: crank pin angular velocity

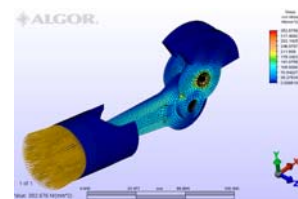
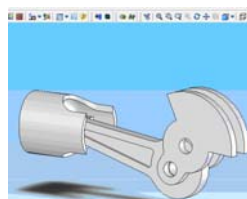
p: crank acceleration

c: piston velocity

a: crank angle



本專題另依據設計資料進行3D實體模型的構建，本項研究將以 Solid Works 建立實體模型，再以有限元素法進行受力分析，針對活塞承受靜壓負載的作用而產生的應力值與變形量，故其反應的變形量與應力值是實際值。下圖所示為活塞承壓 5 N/mm² 等效應力分布。



四、結果與討論

本專題利用理論（複數法）、2-D、3-D 電腦輔助工程分析均能有效解決四連桿引擎機構之運動模擬分析，此法可以被應用於其他相關複雜的機構包含強度分析應用上。