

# 無人載具掛繩回收架設計分析

陳柏維, 陳文傑, 李進發, 梁文凡

中山科學研究院 航空研究所 結構與材料系統組

## 摘要

掛繩式回收的回收方式多應用在艦載型的小型偵察無人機，上下懸臂為了伸出船艦外會設計得很長，因此需加裝彈簧來降低懸臂的應力集中，本研究即探討掛繩回收架的擺壁強度分析與彈簧選用。

本研究使用 Abaqus Explicit 模組執行動態數值分析，分析無人載具在掛繩回收時，上下懸臂的應力值大小；並將彈簧的虎克常數 K 值設定為設計變數，選出適當的彈簧，用以後續回收架製造之用。

**關鍵字：** 動態數值分析、艦載無人飛行載具、回收系統

## ABSTRACT

Cable recover system usually be used for carrier-based UAV, the upper cantilever beam and the lower cantilever beam are long enough for reaching out the ship so that cable recover system add springs to reduce the stress.

This study used Abaqus Explicit to investigate the strength of the cantilever beam, and find the appropriate springs.

**Keywords:** Abaqus Explicit, carrier-based UAV, recover system

## 一、緒論

台灣四面環海，因此海域偵巡多以船艦執行偵查方式為主，任務執行容易受海象及潮流影響，而無法發揮成效，增加任務危險性與預警時間等。為有效降低人員操作成本並降低任務危險性、提高機動性及應變機制，研發可艦載且高機動性、遠距離、低成本、易操作之彈射型無人飛行載具系統為必要之目標，可有效率解決國家海域偵巡任務及不明船艦目標辨識，對台灣的海防作業深具價值。

可艦載的小型無人機執行完任務後大多以攔截網回收與掛繩回收為主要回收方式，本文即探討掛繩回收之方式，以回收時之無人機飛行速度為負載，執行 Explicit 動態分析，來設計掛繩回收架之上下懸臂。

## 二、幾何結構與設計變數

### 2.1 幾何模型與材料選用

本文之幾何模型使用 CATIA 繪圖軟體

來繪製無人飛行載具與掛繩回收架之上下懸臂，無人飛行載具選用 Scan-eagle 之外型，並於機翼兩端加上掛勾，總重量為 20Kg，如圖 1 所示；上下懸臂皆為口型樑，長度為 6 公尺，截面尺寸為 10cmx10cm，厚度為 1.2cm，如圖 2 所示；將繪製完成之幾何模型匯入 Hypermesh 前處理軟體，於 Hypermesh 中繪製繩索，繩索長度為 11.6 公尺，並執行幾何網格劃分，幾何網格模型如圖 3 所示。

本文之上下懸臂之材料設定為鋁 7075-T6，繩子材料設定為低碳鋼 4340，無人飛行載具與掛勾設定為剛體，材料參數如表 1。

### 2.2 設計變數

由於懸臂為 6m 長之懸臂樑，當無人載具掛繩時，懸臂根部承受的應力會非常的大，因此需要加入彈簧來分散應力；使用 Abaqus 中 connector 中 Axial 功能來加入彈簧，設定彈簧為彈性並設定虎克常數 K 值，

上懸臂上方加入一條彈簧避免其自重就產生過大的變形量與應力，這一條彈簧之 K 值不做改變；另四條彈簧由上下橫桿拉至上下懸臂的中間，彈簧 K 值改變會影響懸臂的變形量與應力值，但在實際製作回收架時，彈簧 K 值的選用一直是憑經驗或猜測，因此本文將彈簧的 K 值當做設計變數，由 10000N/m 增加到 30000N/m，探討彈簧 K 值的影響。彈簧設定示意圖如圖 4 所示

### 三、分析設定與分析結果

#### 3.1 分析步設定

本文使用 Abaqus Explicit 模組執行動態分析，由於無人飛行載具設定為剛體，僅繩索與上下懸臂為彈性體，因此不必使用 mass scaling 來加快分析速度；分析時間設定為 0.25 秒，僅分析到繩索掛進掛勾後拉緊，無人飛行載具開始繞著掛點旋轉為止。

#### 3.2 接觸設定

於分析中接觸設定為 All with self，並設定摩擦力為 0.2，包含了繩子與飛機的接觸，軸承間的摩擦力，其餘的部分設定為 Tie。

軸承設定 Hinge 使其可以自由旋轉，Hinge 設定示意圖如圖 5 所示。

繩索與懸臂連接使用 MPC contact，Type 選用為 Tie，如圖 6 所示。

#### 3.3 負載與邊界條件設定

無人飛行載具在回收瞬間之飛行速度為 40m/s，如圖 7 所示；於上下懸臂尾端設定 X、Y、Z 三個方向拘束，如圖 8 所示。

#### 3.4 分析結果

根據應力分析結果，彈簧設定為 10000N/m 時，懸臂應力的最大值會發生在繩子拉伸到最緊時，此時機體大致上已經旋轉了 100 度，應力值會集中於下懸臂與繩索的接觸處應力值高達 3.172Gpa；彈簧 K 值與應力極大值的趨勢如圖 11，以目前的結構設計來看，彈簧 K 值為 30000 時上下懸臂的應力值為最小，為 2.861GPa。

### 四、結論與未來展望

根據無人載具掛繩回收分析結果，彈簧的 K 值選用 30000N/m 時，懸臂承受的應力值為 2.861Gpa，其應力值非常的大且彈簧改變並無法有效的降低應力值，原因在於載具於掛繩時之飛行速度過快，產生的動能太大，且本文之繩子材料設定為鋼，雖有繩索的特性，但吸收能量的效果有限，無法有效的減緩衝擊。

彈射型無人載具是一種成本低，操作簡易且機動性極高的偵查載具，許多國家皆已研發製作並使用於偵查或運送輕便物資到偏遠地區，而台灣近年氣候變遷詭譎迅速，對於國家農、林、漁業皆造成重大的災情，為防患於未然，平時國土測繪及監控將是防災、預警之重要工作。此外，彈射型無人飛行載具亦具備高附加軍事價值的特性，台灣研發彈射型無人飛行載具已是箭在弦上，本研究為未來實際研發時提供一個可行的回收方式。

### 五、參考文獻

- [1] 曾智偉,無人飛行載具回收系統機構分析. 2014.
- [2] 鄭詠丞,無人機掛繩回收系統最佳化. 2015.
- [3] 張光斌,國際航空,無人機回收技術總述

### 六、表格

表 1 材料參數表

材料	密度(Kg/m <sup>3</sup> )	楊氏係數(N/m <sup>2</sup> )	泊松比	降伏強度(Mpa)
鋁 7075-T6	2700	7×10 <sup>10</sup>	0.33	337
鋼 4340	7850	2×10 <sup>11</sup>	0.3	792

### 七、圖片

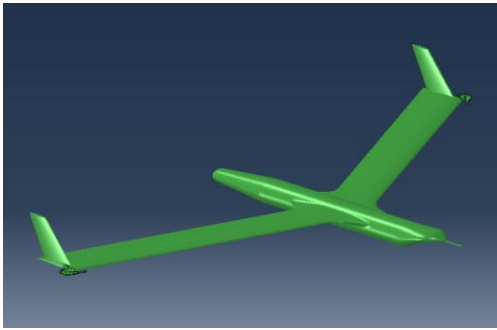


圖 1 艦載型無人載具示意圖

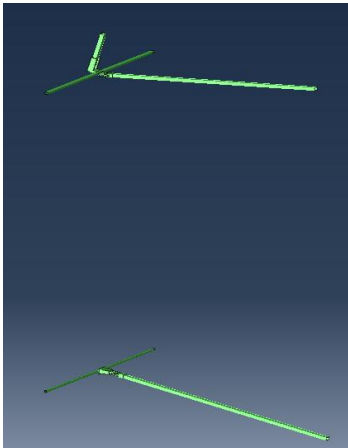


圖 2 掛繩式回收架上下懸臂示意圖

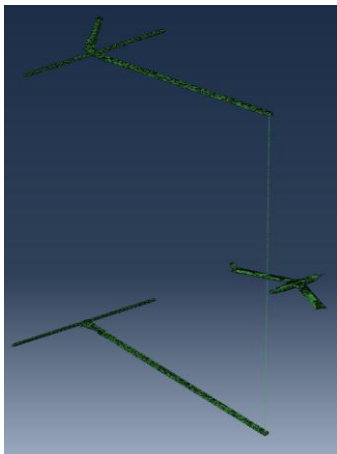


圖 3 幾何網格模型示意圖

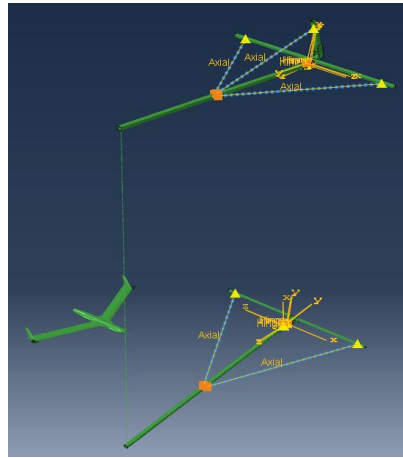


圖 4 於回收系統中加入彈簧

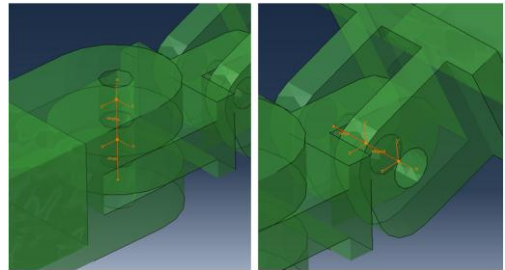


圖 5 Hinge 設定示意圖

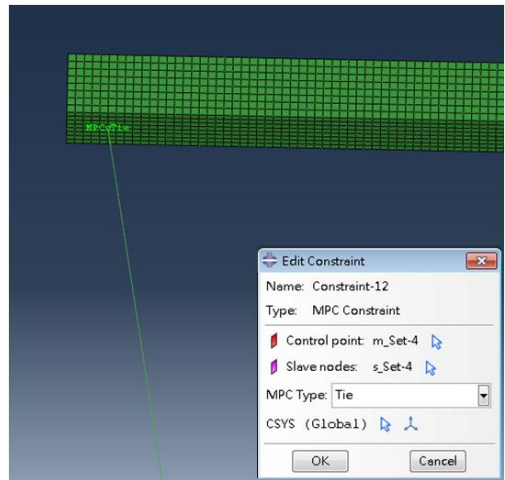


圖 6 使用 MPC contact 連接懸臂與繩索

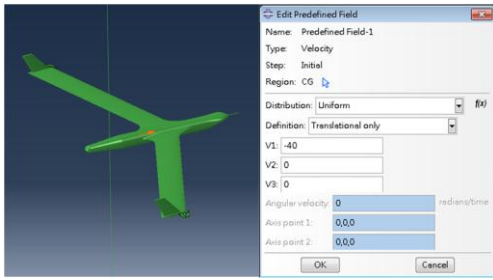


圖 7 載具速度 40m/s

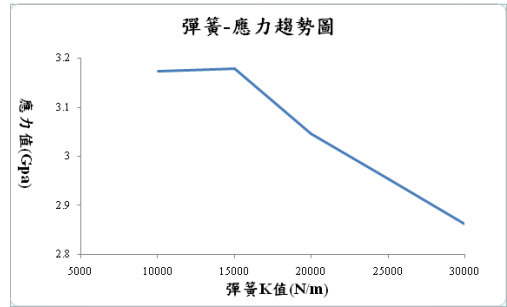


圖 11 彈簧-應力趨勢圖

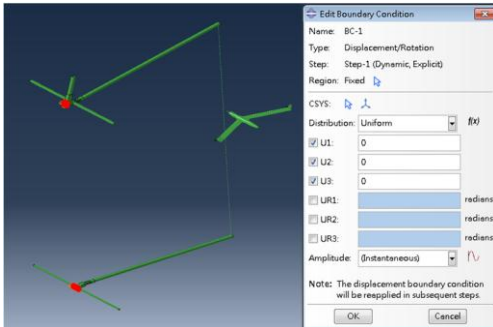


圖 8 懸臂尾端設定拘束條件

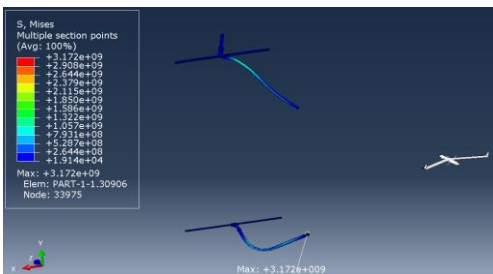


圖 9 應力分析結果

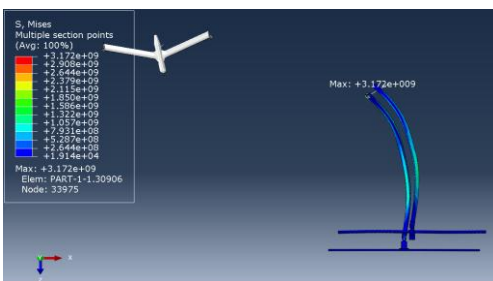


圖 10 應力分析結果上視圖