

영상장비를 이용한 소형항공기 속도 보정치 계산

Calculation of Speed Correction Values for the Small Aircraft by using Multimedia System

장재원*, 박일경, 성기정, 안석민(한국항공우주연구원)

1. 서 론

항공기의 안전한 운항과, 정확한 성능 분석을 위하여, 항공기 속도를 정확히 측정하는 것이 무엇보다 중요하다. 항공기의 속도는 항공기에 부착된 피토판과 정압공에 의해 측정되는 전압과 정압을 이용하여 환산하는 방식을 사용하고 있다. 항공기의 정확한 속도를 산출하기 위해서는 정확한 전압과 정압의 측정이 필수적이다. 그러나, 정압공의 위치에 따라, 항공기의 자세나 속도에 대한 측정 정압이 실제 정압과 오차가 생기므로, 항공기 제작 후나, 특히 비행시험 시에는 측정 정압 오차를 보정하기 위한 정확한 속도보정 시험이 필수적으로 수행되어야 한다.[1] 이러한 오차를 위치오차(Position Error)라 부르며 위치오차를 보정하는 것을 위치오차보정(Position Error Corrections: PEC)이라고 부른다.

시험중에 있는 복합재 소형 선미익 항공기인 반디호 수출형 모델의 속도보정 시험에 대하여 기술하였다. 그림 1의 위치오차보정 비행시험과 속도관계를 참조하여 반디호 수출형 모델의 속도보정을 위해 Speed Course Method를 이용하였다. 그림 2는 제작 완료된 반디호 수출형 시제기이다.



그림 2. 반디호 수출형 시제기

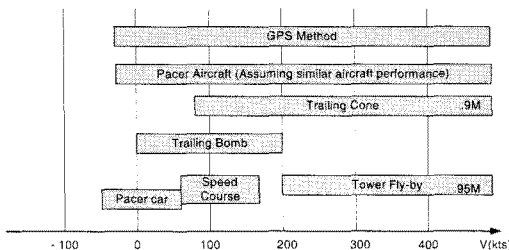


그림 1. 위치오차보정 비행시험과 속도 관계

위치오차보정을 위한 비행 시험 방법에는 Trailing Bomb Method, Trailing Cone Method, Speed Course Method, GPS(Global Positioning System) Method, Pacer Aircraft Technique, 그리고 Tower Fly-by Method가 이용되고 있다. 그림 1은 여러 가지 위치오차보정 비행시험과 속도와의 관계를 보여준다.

본 논문에서는 한국항공우주연구원에서 비행

2. 항공기 속도보정을 위한 위치오차보정 비행 시험 방법

가. Trailing Bomb Method(TBM)/Trailing Cone Method(TCM)

TBM/TCM은 항공기 정압원(Static Source)에 대한 보정에만 사용된다. TBM은 최대 200knots이하의 속도를 가지는 항공기에 적합하며, 특히 헬리콥터의 정압원 보정에 효과적이다. 또한, TCM은 TBM보다 빠른속도를 가지는 대형 항공기의 정압원 보정에 이용된다.

나. Speed Course Method(SCM)

SCM은 항공기 속도계(Airspeed Indicator)의 보정에 이용되며 정압과 전압의 위치 오차보정을 할 수 있다. SCM의 주 오차 원인은 시간을

기록할 때 발생하는 시간 오차이다. 따라서, SCM은 주로 낮은 속도로 비행하는 항공기에 적합하다. 그림 3은 SCM에 대한 설명이다.

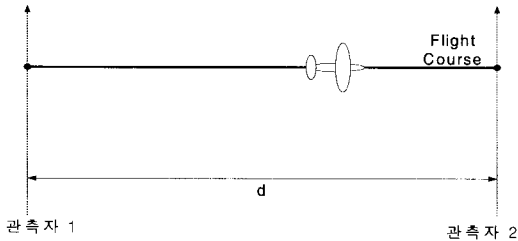


그림 3. Speed Course Method

관측자 1과 2는 항공기가 정해진 위치를 지나가는 순간의 시간을 기록한다. 관측자 1과 2 사이의 거리를 관측자 1과 2가 측정된 시간의 차이로 나누어 속도를 계산한다. 이러한 SCM은 바람의 영향에 대한 오차가 크다. 따라서, 비행 코스를 정방향과 역방향으로 짧은 시간내에 동일한 계기속도를 유지한 상태에서 왕복한 후 식 1에 의해 평균속도를 구한다.

$$V_{avg} = \frac{1}{2} \left(\frac{d}{t_1} + \frac{d}{t_2} \right) \quad (1)$$

d : 코스 길이

t_1, t_2 : 각 방향별 비행시간

다. GPS(Global Position System) Method

GPS Method는 스톱와치를 GPS가 대신한다는 점을 제외하고는 Speed Course Method와 유사하다. 스톱와치를 사용하지 않기 때문에 GPS Method는 시간 오차를 고려할 필요가 없다. GPS Method를 이용할 시 주의 할 사항은 바람에 대한 정보를 고려하여야 한다. GPS는 항공기의 바람에 대한 상대속도가 아닌 절대속도를 제공한다. GPS Method의 장점은 높은 고도에서도 시험이 가능하고 항공기 Stall 속도가 가까이에서도 시험이 가능하다는 점이다.

라. Pace Aircraft Technique(PAT)

전압 보정을 위한 PAT는 주로 새로운 항공기나 개조된 항공기의 초도 비행 시 초기 보정 방법으로 이용된다. PAT의 단점은 Pace 항공기와 시험 항공기가 동시에 속도와 고도를 확인하기 어렵다는 점이다. 또한, Pace 항공기의 위치오차가 시험 항공기에도 그대로 전달되는

것이다.

마. Tower Fly-By Method(TFM)

TFM은 정압 오차를 직접 확인할 수 있는 방법 중 하나이다. 고도와 속도 장치가 동일한 정압원을 사용하기 때문에 고도계의 위치오차를 이용하여 직접적으로 속도계의 오차를 보정할 수 있다. 그림 4는 TFM에 대한 설명이다.

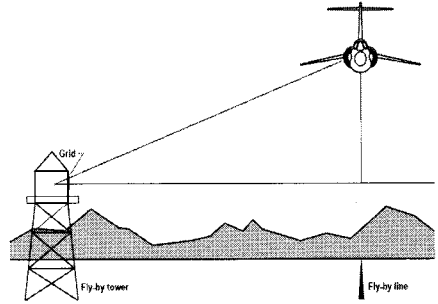


그림 4. Tower Fly-By Method

3. 영상장비를 이용한 속도보정

초기의 Speed Course Method는 경로의 양끝단에서 관측자가 초시계를 이용하여 항공기가 정해진 위치를 지나갈 때의 시간을 기록하였다. 그 결과 시간에 대한 관측 오차(0.2 ~ 0.8 초)가 발생하였다. 최근 영상장비의 발전으로 수밀리 세컨드 단위로 촬영이 가능하여 Speed Course Method에서 발생할 수 있는 관측자 오차를 줄일 수 있다. 본 논문에서는 반디호 수출형 모델의 속도보정을 위해 두 대의 카메라를 이용하여 경로 양 끝단에서 촬영하는 방법과 항공기에 장착한 카메라를 이용하여 경로 양 끝단에 표시된 표식을 촬영하는 방식에 대해 비교 분석하였다.

가. 두 대의 카메라를 이용한 SCM

반디호 수출형 모델의 속도보정 시험을 위해 그림 5와 같이 두 대의 카메라를 한서대 태안 비행장의 활주로 양 끝단에 설치하였다. 그림 5에서 알 수 있듯이 두 대의 카메라를 이용한 SCM을 위한 시험 구성은 두 대의 카메라 외에도 FM 변조기, 동축 케이블, FM 복조기, 그리고 영상저장장치/모니터링 시스템으로 되어있다.

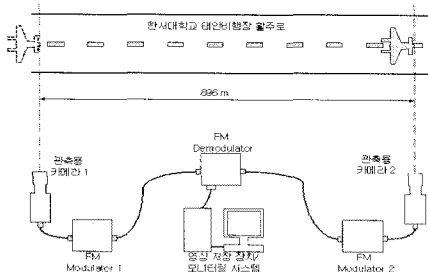


그림 5. 카메라 두대를 이용한 SCM

두 대의 카메라를 이용한 SCM에서는 양 끝단에서 일정한 위치를 기준으로 반디호 수출형 모델의 기수가 통과하는 시점의 시간을 기록하여 그 차이를 계산하였다. 관측 카메라로부터 영상저장장치/모니터링 시스템까지의 거리는 약 400m로 관측용 카메라에서 제공하는 일반 영상신호로는 영상저장장치에서 인식할 수가 없다. 이를 해결하기 위하여 FM 변조장치를 이용하여 영상신호를 FM 신호로 변조하여 영상저장장치 앞단에 있는 FM 복조기로 보내 다시 영상신호로 복원하였다. 영상저장장치에서는 두 대의 관측용 카메라에서 전달된 영상신호를 동시에 시간 정보와 함께 저장하였다. 그림 6은 모니터링 시스템에 보여지는 반디호 수출형 모델의 영상이다.

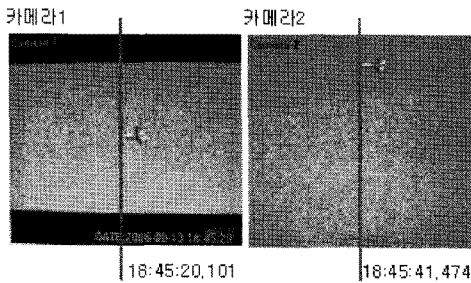


그림 6. 모니터링 시스템 화면

그림 6은 반디호의 계기 속도를 80 knots 유지한 상태에서 카메라 1 방향에서 카메라 2 방향으로 비행한 것이다. 영상저장장치는 두 대의 카메라에서 전달되는 신호를 하나의 클럭 신호를 이용하여 저장하기 때문에 모니터링 시스템에 나타나는 카메라 1과 카메라 2영상은 동기되어 있다. 바람의 영향을 고려하여 각 계기 속도별로 카메라1에서 카메라2 방향으로 그리고 다시 카메라2 방향에서 카메라1 방향으로 비행하였다. 두 속도의 평균 값을 이용하여 속도 보정을 위한 표 1과 같은 테이블을 작성하였다.

이와 같이 두 대의 카메라를 이용할 경우 두 FM 변조기에서 발생할 수 있는 변조 시간 차이와 케이블 길이 차이에서 발생할 수 있는 지연시간을 고려하여야 하는 문제가 있다. 하나의 LED를 이용하여 두 대의 카메라로 동시에 촬영하여 모니터링 한 결과 약 0.11초의 차이가 발생함을 확인하였다.

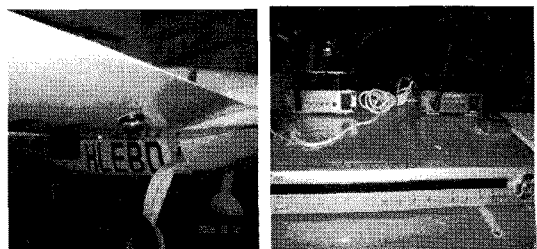
표 1. 카메라 두대를 이용한 속도 보정치

계기 속도	방향	촬영시간						속도	평균속도
		카메라1			카메라2				
		시	분	초	시	분	초		
80	1->2	18	45	20.101	18	45	41.474	81,44597	86,43582
80	2->1	18	49	14.071	18	48	55.031	81,42567	
90	1->2	18	50	49.824	18	51	9.064	90,4753	96,12769
90	2->1	18	53	26.164	18	53	9.061	101,7801	
100	1->2	18	55	22.414	18	55	40.261	97,53711	102,0349
100	2->1	18	58	5.224	18	57	48.884	106,5327	
110	1->2	19	0	0.441	19	0	18.591	107,7861	114,1556
110	2->1	19	2	18.844	19	2	4.401	120,5251	
120	1->2	19	4	11.654	19	4	26.591	118,5391	125,6358
120	2->1	19	6	30.821	10	6	17.901	134,7326	

나. 항공기에 장착된 하나의 카메라를 이용한 SCM

두 대의 카메라를 이용한 SCM은 초시계를 사용할 때 발생하는 오차에 대해서 영상저장장치를 이용하여 제거할 수 있었으나 FM 변조기와 케이블 길이에 따른 시간 지연에 대해서는 별도로 보정해주어야 한다. 이와 같은 시간 지연을 제거하기 위하여 항공기에 하나의 카메라를 장착하여 이를 이용하여 SCM을 적용하였다.

그림 7. 반디호에 장착한 카메라와 영상저장장치



반디호 주의 아래에 그림 7과 같이 무선카메라를 장착하였다. 반디호 내부에는 무선카메라로부터 전송되는 신호를 수신하기 위한 무선수신기와 수신된 신호를 저장하기 위한 영상저장장치를 장착하였다. 이와 같이 하나의 카메라를 이용할 경우 발생하는 시간 지연 오차의 경우

촬영 시 동일하게 발생함으로 무시할 수 있다. 하나의 카메라를 이용하여 SCM을 구현하기 위해 활주로에 미리 표시되어 있는 표식을 이용하였다. 그림 8은 반디호에 장착된 카메라를 이용하여 활주로 양 끝단에 표시 되어 있는 표식을 80knots의 속도로 비행하면서 촬영한 것이다.

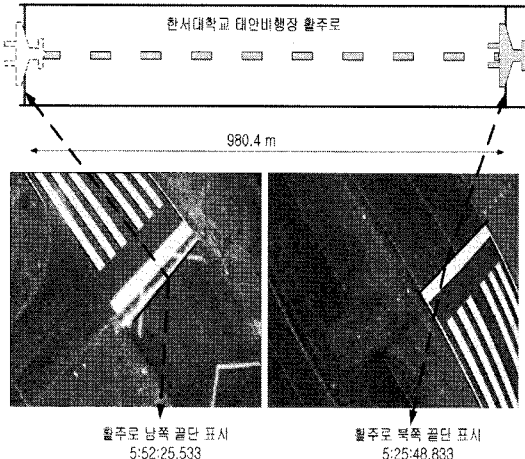


그림 8. 반디호에서 촬영한 활주로 표식

이와 같이 하나의 카메라를 이용하여 각 계기 속도별로 남쪽에서 북쪽 방향으로 그리고 다시 북쪽에서 남쪽 방향으로 비행하였다. 두 속도의 평균 값을 이용하여 속도 보정을 위한 표 2와 같은 테이블을 작성하였다.

표 2. 하나의 카메라를 이용한 속도 보정치

계기 속도	방향	남쪽		북쪽		속도	평균속도
		시	분 초	시	분 초		
80	1->2	5	52 25.533	5	52 48.833	81.7475	88.25476
80	2->1	5	56 22.100	5	56 2.000	94.76202	
90	1->2	5	57 54.833	5	58 16.233	89.00545	96.16774
90	2->1	6	0 33.967	6	0 15.533	103.33	
100	1->2	6	2 27.500	6	2 46.900	98.18127	104.7841
100	2->1	6	5 12.900	6	4 55.800	111.3869	
110	1->2	6	7 6.067	6	7 23.633	108.4279	114.6172
110	2->1	6	9 26.500	6	9 10.733	120.8066	
120	1->2	6	11 17.200	6	11 33.433	117.3337	123.8969
120	2->1	6	13 38.900	6	13 24.300	130.46	

표1과 표2를 비교해 보면 표 2의 평균속도가 표1의 평균 속도보다 빠름을 알 수 있다. 표 1의 값에 0.11초의 시간 지연이 있음을 감안하면 하나의 카메라를 이용한 결과치가 더 정확함을 알 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 속도보정을 위한 Speed Course Method에 대한 방법으로 관측자가 초시계를 사용하는 방법의 관측자 시간 오차를 줄이기 위해 영상장비를 사용하였다. 기존의 두대의 카메라를 이용하여 관측하는 경우 양 끝단의 장비에서 발생하는 시간 오차가 상이하고 양 끝단에서 영상저장장치까지 연결하는 케이블의 길이에 따른 시간 지연 오차가 발생하였다. 이와 같은 시간 지연 오차를 최소화하기 위하여 항공기에 장착한 카메라를 이용하여 두대의 카메라를 이용할 경우 발생하는 시간 지연오차 성분을 제거할 수 있었다. 차 후 비행시험장치에 기록된 속도 성분과 DGPS를 이용한 속도 비교를 통해 정압 위치오차보정을 수행할 예정이다.

참 고 문 헌

[1] Donald T. Ward, "Introduction to Flight Test Engineering", Elsevier, 1993.
 [2] "U.S. Standard Atmosphere", U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 1976
 [3] William G. Schweikhard and David L. Kohlman, "Flight Test Principles and Practices", The university of Kansas Continuing Education, 2002.