

## 論文

### 활주로 방향설정을 위한 풍배도 프로그램의 개발 연구

신동진\*, 김도현\*\*

## A Study on Development of Wind-Rose software for Planning Runway Direction at an Airport

D. J. Sin, D. H. Kim

### Abstract

An Analysis of wind is essential for planning runway direction. As a general rule, the principal traffic runway at an airport should be oriented as closely as practicable in the direction of the prevailing wind. Aircraft are able to maneuver on a runway as long as the wind component at right angles to the direction of landing and taking-off, the cross wind component, is not excessive.

ICAO recommends that runway be oriented so that aircraft may be landed at least 95% of the time with allowable cross wind components not exceeding specified limits based upon the airport reference field length. Based on the recommendation, the direction of the runway or runways at an airport can be determined through graphical vector analysis on wind rose.

This study is to develop the wind-rose software for planning the optimum runway direction at an airport with the raw wind data based on reliable wind distribution statistics that extend over as long as a period as possible, preferably of not less than 5 years.

Key Words : Runway direction, Wind rose, Vector analysis, Wind component, Wind coverage

### 1. 서론

비행장에서 바람성분(풍향과 풍속)의 분석은 비행장의 주 활주로나 우세바람방향과 최대한 유사한 방향이어야 하는 원칙에 따라 활주로설계에 있어 가장 기본적이며 필수적인 과정이다[1]. 이는 항공기 이·착륙시 측풍(Cross wind)성분이 항공기 성능에 비해 과도하지 않도록 하기 위하여 비행장 설계시 수행되는 최초의 위험관리(Risk management)이기도 하다.

활주로방향 설계시 필요한 바람성분 분석에 대

한 규정은 국제민간항공협약 부속서 14-비행장 및 관련 기술지침 Doc. 9157-공항설계매뉴얼 Part 1. 활주로에서 제시하고 있는데, 가장 중요하게 고려하는 요소는 활주로의 이용률(usability)임을 명시하고 있다. 즉, 바람의 측풍성분을 고려하여 활주로 이용률을 최소 95% 이상 수용할 수 있도록 활주로 방향을 정해야 하며, 만약 어느 비행장부지에서 한 개의 활주로로 바람성분의 95%를 수용하지 못하는 경우에는 2개 이상의 활주로를 계획해야 한다.

활주로 방향 분석에 사용되는 데이터는 최소 5년 이상의 신뢰성을 가지는 기상통계자료이어야 하며 적어도 1일 8회 이상 동 시간 간격으로 관측된 데이터이어야 한다[2].

국내에서는 비행장시설 설치기준(항공안전본부 고시 제2008-24호)에서 활주로 방향과 수에 대해 규정하고 있고, 그 내용은 국제민간항공기구

2009년 3월 10일 접수 ~ 2009년 3월 25일 심사완료

\* 한서대학교 항공기계학과 부교수

\*\* 한서대학교 항공교통관리학과 부교수

연락처, dhkim@hanseo.ac.kr

충남 태안군 남면 신온리 한서대학교 태안비행장

(ICAO)와 동일한 기준으로 바람성분을 분석하도록 하고 있으며, 바람성분 분석 프로그램을 가진 미국연방항공청(FAA)의 규정(AC150/5300-13)에서도 동일한 내용을 적용하고 있다. 현재 FAA에서 사용하고 있는 공항설계 프로그램(Airport Design version 4.2D) 중 바람성분분석의 경우, 풍속을 9개의 구간으로 나누어 분석하고 있는데 관측된 바람성분 원 데이터(raw data)를 직접 이용하는 것이 아니라 풍속구간별로 가공된 빈도 데이터를 사용하기 때문에 측풍분력을 정확하게 산출할 수 없는 단점을 가지고 있다.

국내에서는 활주로방향 설계를 위한 독자적인 바람성분 분석프로그램이 아직 개발되지 않았으므로, 바람데이터는 대부분 엑셀 프로그램 등을 이용하여 가공하고 이를 CAD 프로그램을 이용하여 수작업으로 진행하고 있다. 그러나 많은 양의 바람성분 원 데이터(raw data)를 일일이 vector 분석을 통해 정확한 활주로 이용률을 도출하기가 사실상 불가능하고, 만일 FAA의 프로그램을 사용한다 하더라도 앞서 언급한 바와 같은 프로그램 상의 단점을 보완할 수가 없는 실정이다.

또한 최근 연구/개발사업의 중심에 있고, 크거나 무게가 유인항공기에 비해 상대적으로 작으면서도 시장 및 활용성이 크게 증대되고 있는 무인항공기의 경우는 이·착륙시 측풍에 더욱 민감하게 반응하므로 보다 정밀한 바람성분의 분석이 필요할 것이며, 활주로 계획시 위험관리 측면에서 바람성분에 대한 세밀한 분석이 가능한 바람성분분석(풍배도) 프로그램의 개발이 요구된다.

따라서 본 연구는 이와 같은 필요성에 의해 풍배도 프로그램을 개발하고자 진행되었고, 국내 S 비행장의 기상자료를 입력하여 실증분석함으로써 본 프로그램의 유용성을 입증하였다.

## II. 바람성분 분석 개요

항공기의 최대허용측풍치는 일반적으로 항공기 제작사에서 제시하고 있고, 기종별로도 성능에 따라 차이가 있다. 그러나 바람성분을 분석할 때에는 해당 비행장에 취향이 예상되는 모든 항공기의 최대허용측풍치를 고려하여 활주로 방향을 설계할 수는 없다.

따라서 국제민간항공기구에서는 활주로방향 설계시 대상이 되는 활주로길이(Airplane reference field length)에 따라 Table. 1과 같이 구분하여 최대허용측풍치를 20노트(10.3m/s), 13노트(6.7m/s),

10노트(5.1m/s)로 설정하고[3], 이 설정치를 초과하는 경우에는 항공기 이·착륙에 방해를 받는 것으로 간주하여 바람성분을 분석하도록 규정하고 있다.

Table. 1 이용률 산정을 위한 허용측풍성분

허용측풍성분	활주로길이 (Airplane reference field length)
20노트(10.3m/s) 13노트(6.7m/s)*	1,500m 이상
13노트(6.7m/s)	1,200m ~ 1,500m
10노트(5.1m/s)	1,200m 미만

주) \* 종방향 마찰계수가 불충분하여 활주로 제동효과가 빈번히 불량할 경우

비행장의 활주로 방향은 풍배도에서 바람성분 데이터를 vector 분석하여 설정할 수 있다. 풍배도(Wind rose)는 Table. 2와 Fig. 1[4]과 같이, 바람의 세기에 비례하는 여러 개의 동심원을 그리고, 이를 방위별로 16등분하여 풍속을 나타내는 동심원과 바람의 방향을 나타내는 방사선이 만나서 만들어지는 각 칸에 바람성분 데이터를 통해 가공한 빈도 데이터를 전체 바람성분 데이터의 개수에 대한 백분율(%)로 환산하여 적어 넣는다.

Table. 2 바람성분 데이터 양식

Wind direction	Percentage of winds			Total
	7~24 km/h (4~13 kt)	26~37 km/h (14~20 kt)	39~76 km/h (21~41 kt)	
N	4.8	1.3	0.1	6.2
NNE	3.7	0.8	—	4.5
NE	1.5	0.1	—	1.6
ENE	2.3	0.3	—	2.6
E	2.4	0.4	—	2.8
ESE	5.0	1.1	—	6.1
SE	6.4	3.2	0.1	9.7
SSE	7.3	7.7	0.3	15.3
S	4.4	2.2	0.1	6.7
SSW	2.6	0.9	—	3.5
SW	1.6	0.1	—	1.7
WSW	3.1	0.4	—	3.5
W	1.9	0.3	—	2.2
WNW	5.8	2.6	0.2	8.6
NW	4.8	2.4	0.2	7.4
NNW	7.8	4.9	0.3	13.0
Calms — (0~6 km/hr (0~3 kt))				4.6
Total				100.0

다음으로 허용측풍치의 2배 폭으로 하는 직사각형의 자(template)를 만들고 이 template의 중심선이 동심원의 중심을 지나게 풍배도 위에 올려놓고 이를 돌려가면서 template이 덮고 있는 백분율의 합계가 최고가 될 때까지 반복한다. template이 풍향과 풍속에 의해 만들어진 칸을 완전히 덮지 못하는 경우는 그 칸의 백분율을 덮고 있는 면적비율만큼 환산하여 적용한다[5].

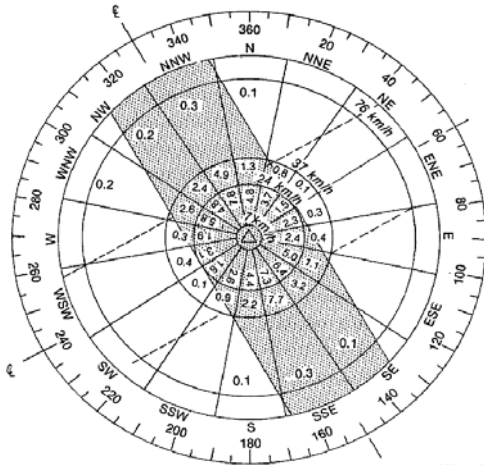


Fig. 1 풍배도(Wind rose) 예

바람은 지형의 영향을 받으므로 분석대상 비행장에서 지리적으로 먼 지역의 기상자료를 사용하는 것은 의미가 없으며, 만약 비행장으로 사용될 지역의 기상자료를 직접적으로 활용하기 어려운 경우에는 보다 정확한 자료를 습득하기 위하여 예정부지에 기상관측장비를 설치하고 바람에 관한 기록을 수집·분석하여 활용하여야 한다. 단, 시간적 여건이 허용하지 않을 경우에는 인근 기상관측소의 과거 기록을 참조할 수 있다[6].

### III. 풍배도 프로그램의 개발

#### 3.1. 설계 배경

활주로의 방향설계를 위해 필요한 풍배도(Wind rose) 프로그램에 입력되는 바람성분 데이터는 풍향과 풍속을 갖는 vector이다. 따라서 Fig. 2와 같은 기준방향을 기초로 하여 풍향과 풍속 그리고 활주로 방향으로 분해할 수 있다.

바람 vector인  $\vec{W}$ 는 기준방향인  $\vec{i}$  방향에 대하여  $\theta$  크기의 각도를 가지면서  $\vec{W}_i$  성분과  $\vec{W}_j$  성분으로 분해할 수 있고, 활주로 방향 vector는  $\phi$ 의 크기를 가지는 각도를 가진다고 정의한다면, 바람 vector는 식(1)과 같이 정의할 수 있다.

$$\begin{aligned} \vec{W} &= \vec{W}_i + \vec{W}_j \\ &= W \cos \theta \vec{i} + W \sin \theta \vec{j} \end{aligned} \quad (1)$$

여기서 활주로 방향결정에 결정적으로 영향을 미치는 측풍의 크기를  $W \sin \theta$ 로 그리고 그 방향은 항상  $\vec{j}$ 라고 가정한다.

만일 활주로의 방향이 Fig. 1과 같이  $i$ -방향 축을 중심으로  $\phi$ 만큼 회전되어 있다면, 이러한 활주로에 대한 바람 vector는 식(2)와 같이 분해하여 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \vec{W}' &= \vec{W}'_i + \vec{W}'_j \\ &= W \cos(\theta - \phi) \vec{i} + W \sin(\theta - \phi) \vec{j} \end{aligned} \quad (2)$$

식(2)에서  $W \sin(\theta - \phi)$  항이  $\phi$  방향을 갖는 활주로에서 측풍의 크기가 되며, 이를 구하여 활주로에서 측풍의 영향을 조사하여 최적의 활주로 방향을 선정할 수 있다.

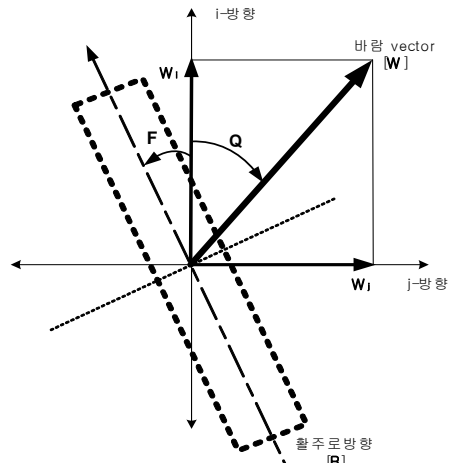


Fig. 2 바람 방향과 활주로 방향에 대한 vector 정의

#### 3.2 풍배도 프로그램의 알고리즘

Fig. 3은 식(1)과 식(2)를 기초로 하여 풍향, 풍속 데이터를 vector 해석한 다음 최적의 활주로 방향을 찾는 풍배도 프로그램의 흐름도이다.

활주로 방향 결정에 사용되는 풍향, 풍속 데이터는 최소 5년 이상 측정된 풍향, 풍속 데이터를 사용해야하므로 처리해야할 데이터의 개수는 적게는 3만개에서 많게는 30만개 이상이 된다.

따라서 많은 바람성분 데이터 중에서 불필요하고 불확실한 데이터는 제외시켜야 하며, 특히 무영향 데이터 처리 루틴은 활주로 방향에 영향을

미치지 않는 데이터로 간주하는 풍속 0~3 노트 크기의 데이터를 처리하고 백분율을 계산하는 알고리즘을 말한다.

무영향 데이터 처리 루틴이 끝나면, 입력 데이터의 해석 루틴을 이용하여 활주로 방향을 결정하게 되는 데이터에 대한 vector 해석이 이루어진다. 이 루틴은 입력된 데이터를 풍향과 풍속별로 구분하고, Fig. 2에서와 같이 i-방향과 j-방향 vector로 분해기록하고, 풍배도를 수작업 함에 있어 필요한 데이터를 생성하게 된다.

위의 두 가지 기본 루틴이 끝나게 되면, 최적 방향의 활주로를 선정하기 위하여 활주로 방향변화에 따른 풍향, 풍속 데이터의 vector 해석이 이루어지고 측풍처리 및 백분율계산 루틴에서 최적의 활주로를 선택하게 된다. 이 루틴에서는 각 활주로 방향에 따라서 설정되는 측풍 한계치 내에 포함되는 측풍의 개수를 계산하고 이를 바탕으로 백분율을 계산하여 최적의 활주로 방향을 선정하게 된다.

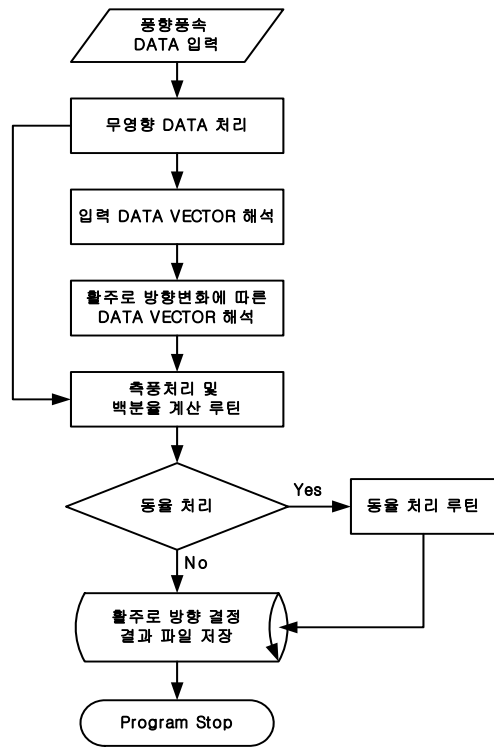


Fig. 3 풍배도 프로그램 흐름도

만일 측풍 한계치에서 동일한 백분율을 가진 활주로 방향이 나타날 경우, 동율 처리 루틴을 통하여 측풍 한계치 이내의 측풍의 크기와 방향

을 비교하여 측풍의 영향이 가장 작게 나타나는 활주로 방향을 최적의 활주로 방향으로 선정하게 된다.

### 3.3. 데이터 입력과 처리과정

풍배도 프로그램의 입력 데이터 파일은 text 파일로 작성하며 WIND\_INPUT.DAT로 고정되어 있다. WIND\_INPUT.DAT는 Table. 3과 같이 크게 헤드부분과 데이터 부분으로 나누어지며, 헤드부분에는 활주로의 방향을 결정하는 주요 조건들을 기록하고, 데이터 부분에는 실제 풍향·풍속 데이터를 기록한다.

Table. 3 입력데이터 파일 작성 예

헤드 부분	'MAX. VELOCITY OF ORIGINAL DATA',32
	'MIN. VELOCITY OF ORIGINAL DATA',4
	'1st CROSS WIND VELOCITY',10.0
	'2nd CROSS WIND VELOCITY',13.0
	'3rd CROSS WIND VELOCITY',20.0
	'LIMITE %',95.0
	'STEP OF RUNWAY DIRECTION ANGLE',10.0
	'STEP OF WIND DIRECTION ANGLE',10.0
	322920
Data 부분	1971,3,1,1,7,16
	1971,3,1,2,5,15
	1971,3,1,3,0,0
	1971,3,1,4,0,0
	1971,3,1,12,6,12
	1971,3,1,13,9,13
.....	

헤드부분에 기록되는 항목은 9가지의 조건이 입력되는데 그 내용은 다음과 같다.

- 설정하는 최대풍속
- 설정하는 최소풍속
- 처리해야할 측풍 한계치 3개
- 활주로 이용률 제한치
- 활주로 방향을 표시할 단위각도
- 데이터부분에 기록될 풍향의 단위각도
- 바람성분(풍향·풍속) 데이터의 전체 line수

또한 바람성분(풍향, 풍속) 데이터 부분에는 년, 월, 일, 풍속, 풍향의 차례로 입력되어야 하며, 반드시 콤마(,)로 분리되어야 한다.

## IV. 개발된 프로그램을 이용한 분석

### 4.1 결과데이터의 처리

본 연구에서 사용된 바람성분(풍향, 풍속) 데이터는 개항한지 30년 이상 된 국내 S비행장의 37년치(1971.3.1~2007.12.31) 공항기상데이터로, 매시 2분 평균 풍향, 풍속 데이터를 누적시켜 놓은 것이며 데이터의 개수는 약 323,000개이다.

Fig. 4는 풍배도 프로그램(가칭 Optima\_Max V.exe)이 WIND\_INPUT.DAT 파일과 함께 실행된 그림이다.

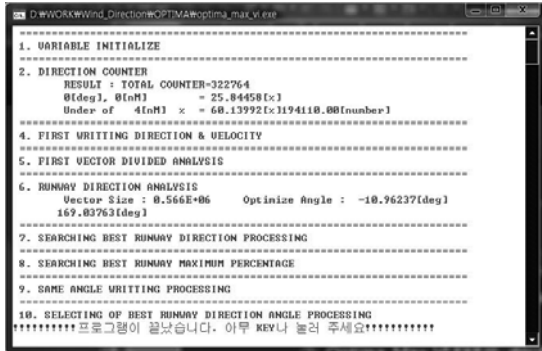


Fig. 4 프로그램 실행 화면

프로그램을 종료하면 동일 폴더에 6개의 파일이 새로 생성되는데 파일의 내용은 다음과 같다.

- AXIS\_ROTATE.OUT : WIND\_INPUT.DAT 파일에서 “STEP OF RUNWAY DIRECTION ANGLE” 항목에 지정한 각도만큼 활주로를 회전시키면서 측풍크기를 계산한 결과 값과 측풍이 차지하는 백분율(%)을 나타냄
- WIND\_PP.OUT : 기본좌표계를 중심으로 각 풍향에 대한 속도가 차지하는 백분율을 나타내며, 풍배도를 이용하여 수작업으로 계산할 경우 각 풍향, 풍속을 쉽게 기록할 수 있게 정리
- RESULT.OUT : 최적 활주로 방향 분석결과를 나타낸 파일
- DATA\_KOR.OUT : 수작업으로 풍배도를 결정하려할 때 풍향, 풍속에 사용하기 위해 배열해 출력한 DATA파일
- DATA\_KOR\_COMM.OUT : DATA\_KOR 파일을 Excel에서 읽을 수 있도록 각 data의 구분을 comma(,)로 구분해 놓은 파일
- fort.3 : 프로그램이 실행되면서 자동 생성되는 파일로 의미는 없음

이러한 데이터를 처리하기 위하여 사용된 컴퓨터 시스템은 Intel Core2 Quad Q6600 2.4Ghz

CPU와 8G Byte DDR2 6400의 메모리를 가진 시스템으로, 프로그램을 통해 활주로 방향은 각각 1°와 10°씩 변화시켰고, 활주로 방향 변화에 따라 CPU time은 7.88초와 1.56초가 소모 되었으며, 메모리 사용량은 약 4M Byte 이었다. 특히 컴퓨터 시스템의 CPU는 4개의 core를 가지고 있지만 multi-processing program 기법을 사용하지 않았기 때문에 single processor만 사용되어 얻어진 CPU time이다.

### 4.2 프로그램 분석결과

Table. 4와 Table. 5는 프로그램을 이용하여 활주로 방향을 선정한 결과표이다. Table에서 보는 바와 같이 항목 0에서는 전체 바람성분 데이터 중 0~3노트가 총 몇 개인지를 분석한 결과를 나타내고, 1~3 항목에서는 vector 분석에 의해 도출된 결과를 나타내며, 4항목은 프로그램에 의해 선정된 최적의 활주로 방향을 보여준다.

Table 4. 활주로 방향을 1°씩 변화시 결과

```

=====
0. 4[NM] UNDER COUNT
   RESULT : TOTAL COUNTER=322764
   0[deg], 0[NM]      = 25.84458[%]
   Under of 4[NM]    % = 60.13992[%]  194110.[number]
=====
1. VECTOR SIZE & Optimize Angle
   Vector Size : 0.566E+06   Optimize Angle : -10.96237[deg]
2. Runway Optimize Direction Angle
   169.03763[deg]
3. Runway Optimize Direction Angle of Min. & Max. Cross Wind Velocity
   1st Cross Wind Velocity(10.0)= 99.11018[%]
   2st Cross Wind Velocity(13.0)= 99.76856[%]
   3st Cross Wind Velocity(20.0)= 99.98823[%]
=====
4. Search of Runway Optimize Direction Angle !!!!
1) Each Angle (Angle step is 1.000000 [deg])
   Runway Degree : 271.00[deg] <-> 91.00[deg]
   1st Cross Wind Velocity(10.0NM)= 99.04543[%]
   2st Cross Wind Velocity(13.0NM)= 99.75771[%]
   3st Cross Wind Velocity(20.0NM)= 99.98544[%]
   ==> 최대,최소 95% 범위 내의 활주로방향!!!!!!
   Runway Degree : 272.00[deg] <-> 92.00[deg]
   1st Cross Wind Velocity(10.0NM)= 99.04171[%]
   2st Cross Wind Velocity(13.0NM)= 99.77507[%]
   3st Cross Wind Velocity(20.0NM)= 99.98544[%]
   ==> 최대,최소 95% 범위 내의 활주로방향!!!!!!
   -----
2) THE BEST OF BEST RUNWAY DIRECTION ANGLE [deg]
   Cross Wind Velocity(10.0NM)
   => ANGLE : 325.00[deg] <-> 145.00[deg]  99.27036[%]
   Cross Wind Velocity(13.0NM)
   => ANGLE : 334.00[deg] <-> 154.00[deg]  99.80512[%]
   Cross Wind Velocity(20.0NM)
   => ANGLE : 48.00[deg] <-> 228.00[deg]  99.99133[%]
=====

```

Table. 5 활주로 방향을 10°씩 변화시 결과

```

=====
0. 4[NM] UNDER COUNT
   RESULT : TOTAL COUNTER=322764
   0[deg]. 0[NM]      = 25.84458[%]
   Under of 4[NM]   % = 60.13992[%]  194110[number]
=====
1. VECTOR SIZE & Optimize Angle
   Vector Size : 0.566E+06   Optimize Angle : -10.96237[deg]
2. Runway Optimize Direction Angle
   169.03763[deg]
3. Runway Optimize Direction Angle of Min. & Max. Cross Wind Velocity
   1st Cross Wind Velocity(10.0)= 99.11018[%]
   2st Cross Wind Velocity(13.0)= 99.76856[%]
   3st Cross Wind Velocity(20.0)= 99.98823[%]
=====
4. Search of Runway Optimize Direction Angle !!!!
1) Each Angle (Angle step is 10.00000 [deg])
   Runway Degree : 280.00[deg] <-> 100.00[deg]
   1st Cross Wind Velocity(10.0NM)= 99.11669[%]
   2st Cross Wind Velocity(13.0NM)= 99.77166[%]
   3st Cross Wind Velocity(20.0NM)= 99.98420[%]
   ==> 최대,최소 95% 범위 내의 활주로방향!!!!!!
-----
   Runway Degree : 290.00[deg] <-> 110.00[deg]
   1st Cross Wind Velocity(10.0NM)= 99.14272[%]
   2st Cross Wind Velocity(13.0NM)= 99.76701[%]
   3st Cross Wind Velocity(20.0NM)= 99.98420[%]
   ==> 최대,최소 95% 범위 내의 활주로방향!!!!!!
-----
2) THE BEST OF BEST RUNWAY DIRECTION ANGLE [deg]]
   Cross Wind Velocity(10.0NM)
   => ANGLE : 330.00[deg] <-> 150.00[deg]   99.21088[%]
   Cross Wind Velocity(13.0NM)
   => ANGLE : 330.00[deg] <-> 150.00[deg]   99.79427[%]
   Cross Wind Velocity(20.0NM)
   => ANGLE : 50.00[deg] <-> 230.00[deg]   99.99133[%]
=====

```

국내 S비행장에서의 활주로 이용률은 풍배도 프로그램 실행결과에서 보는 바와 같이, 활주로 방향을 각각 1°씩과 10°씩 변화시키는 경우 모두 360° 전 방향에 대하여 모든 측풍 한계치(20노트, 13노트, 10노트)에서 이용률 95% 이상 기준을 만족시키고 있음을 알 수 있다.

이러한 결과는 이 비행장에서 부는 바람의 세기가 크지 않으며 특히 10노트 미만인 경우가 전체 바람 데이터 중 97.56%를 차지하여 95% 기준치 이상이 된다고 해석할 수 있다. 그러나 비행장의 주 활주로는 우세바람방향과 최대한 유사한 방향이어야 하는 원칙에 따라 이 비행장에서의 가장 최적의 활주로 방향을 선정하여야 한다.

풍배도 프로그램 실행을 통해 분석된 최적 활주로 방향은 1°씩 회전한 경우, 20노트 측풍에서 145°, 13노트 측풍에서 154° 그리고 10노트 측풍에서 228°로 나타났으며, 10°씩 회전한 경우는 20노트 측풍에서 150°와 13노트 측풍에서 150° 그리고 10노트 측풍에서 230°로 나타났다.

분석결과에서 보면, 활주로 방향을 1°씩 회전하여 처리한 최적 활주로 방향이 더 높은 정밀도를 유지하는 것처럼 보일 수 있다. 그러나 실제 사용된 원 데이터(raw data)의 풍향이 10°간격으로 기록되어 있어 오차범위 내에 위치한 것이기 때문에 큰 의미를 부여할 수는 없다.

실제로 비행장에서 바람성분을 측정하는 관측 장비가 보다 정확한 데이터를 계측하여 기록할 수 있음에도 불구하고 현재 조종사에게 제공하는 바람정보가 10° 단위로 제공되고 있음에 따라 그 기록도 10° 단위로 기록하는 것은 불합리하며 보다 정확한 바람성분분석을 통해 활주로 방향을 얻어내기 위해서는 1°간격으로 풍향 데이터가 측정되고 기록되어야 할 필요가 있다. 또한 이러한 기록의 유지는 향후 무인기 시장 및 활용성 증대에 따른 운용시 안정성을 높인다는 점에도 큰 의미가 있다고 본다.

Table. 6 바람성분 데이터(DATA\_KOR.OUT)

DIR.	0-3	4-10	11-13	14-20	OVER	TOTAL
1	1	0	0	0	0	1
2	29	0	0	0	0	29
3	1	0	0	0	0	1
4	0	1	0	0	0	1
5	0	1	0	0	0	1
6	0	1	0	0	0	1
7	0	1	0	0	0	1
8	0	6	0	0	0	6
9	0	6	0	0	0	6
10	0	0	0	180	0	180
11	0	0	1	0	0	1
12	0	0	1	0	0	1
13	0	0	1	0	0	1
14	0	0	0	1	0	1
15	0	0	0	1	0	1
16	0	0	0	1	0	1
17	0	0	0	1	0	1

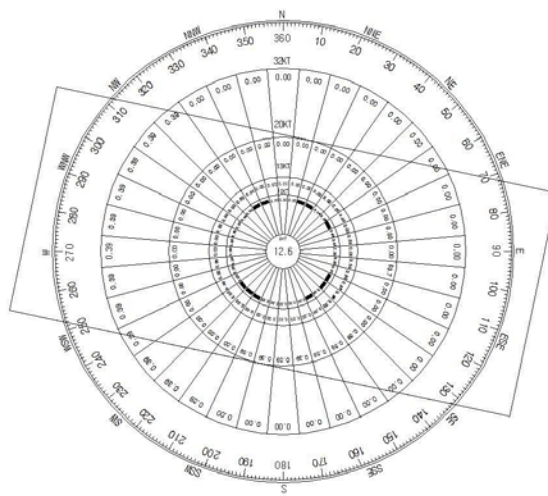


Fig. 5 풍배도 결과

Table. 6은 수작업으로 풍배도를 결정하려 할 때 풍향, 풍속에 사용하기 위해 작성한 바람성분 데이터 결과이고, Fig. 5는 데이터 결과를 바탕으로 수작업으로 바람성분을 분석하여 최적의 활주

로 방향을 작성한 풍배도 결과이다. 이러한 검증 과정은 프로그램의 유효성을 확인하기 위하여 수행되었는데, S공항의 기상데이터의 경우 약 32만여 개의 바람성분 데이터를 수작업으로 vector 분석하는 것은 사실상 불가능하기 때문에 임의로 작성된 254개의 데이터를 샘플링 하여 프로그램에 의한 결과와 수작업에 의한 결과를 비교 분석하였다. 검증을 위한 분석결과, 프로그램으로 분석한 결과와 수작업을 통하여 분석된 결과가 정확하게 일치함을 확인할 수 있었다.

## V. 결론

비행장의 주 활주로 방향은 해당 지역의 우세 바람방향과 최대한 유사한 방향이어야 하며 따라서 바람성분분석은 활주로설계에 있어 가장 기본적인 필수적인 과정이다. 이는 측풍(Cross wind)성분이 항공기 성능에 비해 과도하지 않도록 하기 위하여 비행장 설계시 수행되는 최초의 위험관리(Risk management)이기도 하다.

본 연구는 활주로 계획시 그동안 수작업을 통하여 개략적으로 이루어진 바람성분 분석을 보다 정확하고 신속한 분석이 가능하도록 하기 위하여 바람성분분석(풍배도) 프로그램을 개발하고자 수행되었다.

사례분석으로 국내 S비행장의 약 32만 여개 바람데이터를 프로그램을 통하여 분석한 결과, 기존의 10°단위의 분석에서 1°단위 또는 그 이하로 분석이 가능함을 확인하였다. 또한 비행장에서 현재 조종사에게 제공하는 바람정보가 10° 단위로 제공됨에 따라 그 기록도 10° 단위로 기록하고 있지만 보다 정확한 바람성분분석을 위해서는 1°간격으로 풍향 데이터가 측정되고 기록되어야 할 필요가 있음을 확인하였다.

분석에 걸리는 처리시간도 기존 수일에서 수주 일 걸리던 바람성분 분석을 10초 이내로 처리할 수 있음을 확인하였다. 또한 프로그램의 검증을 위하여, 254개 바람데이터를 샘플링하여 분석한 결과, 프로그램에 의한 분석과 수작업에 의한 분석 결과가 정확하게 일치함을 확인하였다.

본 연구를 통하여 개발된 프로그램은 최적의 활주로 방향 1개를 선정할 수 있도록 프로그래밍되었다. 따라서 활주로 이용률 95%를 유지하기 위하여 활주로는 2개 이상 필요한 기상조건을 가진 비행장의 경우, 추후 이 조건의 분석이 가능하도록 프로그램을 향상시키고 풍배도를 그래픽화 할 수 있는 기능이 포함되도록 개량할 필요가

있다.

## 참고문헌

- [1] R. Horonjeff, F. X. Mckelvey, "Planning & Design of Airport", McGrawHill, 1994, pp.265
- [2] ICAO, "Annex. 14-Aerodrome", Vol. I, 2008, pp.3-1
- [3] ICAO, "Doc. 9157-Airport design manual Part I. Runway", 2008, pp.2-2
- [4] ICAO, "Doc. 9184-Airport planning manual Part I. Master planning", 2008, pp. I -35~ I -37
- [5] FAA, "AC150/5300-13 Airport design", 2008, pp.88
- [6] 항공안전본부, "비행장시설 설치기준(항공안전본부 고시 제2008-24호)", 2008, pp.2-2