

Original Article

<https://doi.org/10.12985/ksaa.2025.33.2.051>
ISSN 1225-9705(print) ISSN 2466-1791(online)

우리나라 공항에 영향을 준 태풍 현황과 항공사의 대응 사례 연구: 2019년-2023년 주요 태풍을 중심으로

조진호*

A Case Study of Typhoons affecting Airports in Korea and an Airline's Responses: Focusing on Major Typhoons from 2019 to 2023

Jinho Cho*

ABSTRACT

Typhoons have been occurring at a rate of twenty-five for the past three decades, with three typhoons directly affecting Korea yearly. When typhoons make landfall or are in the proximity of Korea, the strong winds, heavy rains, and thunderstorms that accompany, affect aircraft safety and cause cancellations and delays, and other abnormal aircraft situations. This study examines the characteristics and airline responses to major typhoons that significantly impacted Korean airports in the past five years: Lingling(2019), Bavi, Maysak, and Hais-hen(2020), and Hinnamnor(2022). At Incheon, Gimpo, Jeju, and Gimhae airports, the recorded maximum gusts reached 66kt, 59kt, 60kt, and 75kt, respectively, causing flight cancellations, securing parked aircraft, and even commencing aircraft evacuations. Global warming and the resulting rise in sea surface temperatures are expected to intensify typhoons in the future, posing a greater risk to both the southern and central regions of the country. Based on this study, it is recommended to strengthen safety management measures for aircraft operations, airport facilities, and air navigation facilities in preparation for the increased frequency and intensity of typhoons.

Key Words : Typhoon(태풍), Operations Control Center(통제센터), Mooring(결박), Increasing Weight(무게 증대), Aircraft Evacuation of Typhoon(항공기 소산)

1. 서 론

태풍은 북태평양 서쪽 열대 해상에서 발생하는 열대성 폭풍으로 우리나라에는 주로 7월~9월에 영향을 주

고 있다. 태풍을 포함하는 열대저기압(tropical cyclones)은 최대 풍속에 따라 열대저압부(17m/s 미만), 열대 폭풍(17~24m/s), 강한 열대 폭풍(25~32m/s), 태풍(33m/s 이상)으로 구분하고 있으며(WMO, 2017), 우리나라 기상청에서는 열대 폭풍부터 태풍이라고 부르고 있다.

Fig. 1은 태풍의 일반적 진로를 보여준다(KMA, 2011). 태풍의 진로는 주변 기압계에 의해 영향을 받는데, 특히 북태평양 고기압의 위치와 세력이 크게 작

Received: 09. May. 2025, Revised: 12. May. 2025,
Accepted: 21. May. 2025

* 신라대학교 항공교통물류학부 초빙부교수

연락처 E-mail : jincho1017@naver.com

연락처 주소 : 부산광역시 사상구 백양대로 700번길 140,
미래항공융합관 306호

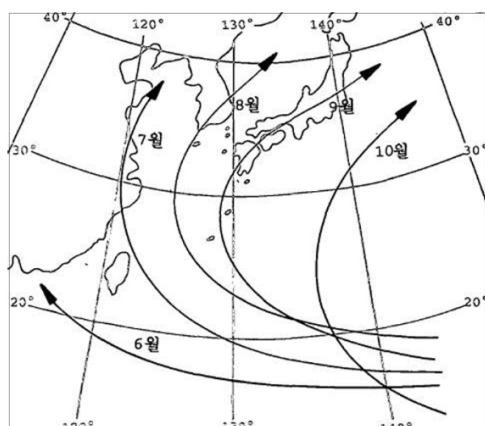


Fig. 1. Monthly typhoon track schema

용한다. 주로 7월~9월은 북태평양 고기압의 확장에 따라 우리나라와 일본으로, 그 외의 시기는 발생 빈도가 낮고 또한 동남아 방면이나 먼 태평양 방면으로 이동하는 경로를 취한다.

태풍은 열대 지방 저위도의 고에너지로 고위도로 수송하는 지구 에너지 순환의 자연스러운 운동이다. 그러나 태풍은 강풍과 폭우, 뇌우 등 위험기상과 높은 파도와 해일 등으로 자연재해를 일으키고 있어 지상과 해상에서 인명과 재산의 피해를 발생시킨다. 과거 대비 슈퍼컴퓨터에 기반한 태풍의 세력과 진로 예측이 보다 정밀해지고, 기상위성, 레이더 등으로 실시간 감시가 가능해졌기 때문에 피해를 최소화할 수 있다.

태풍에 대한 기상학적 및 물리적 특성, 진로, 영향 등에 대해서는 이미 많이 연구되어 잘 알려져 있다. 최근 연구 동향은 태풍은 열대 해상에서 발생하기 때문에 해수와 태풍과의 물리적 메커니즘에 대한 연구가 활발한 편이다. 이 부분은 나아가 지구 온난화와 해수면 온도 상승과 태풍의 발생 변화, 강도 증가 등과의 관계를 규명하거나 예측하는 연구로 이어지고 있다.

Choi et al.(2012)은 우리나라에 태풍 상륙 빈도가 1981년 이후로 급격히 증가하였음을 확인하고, 이는 북태평양 고기압이 동쪽으로 이동에 의한 것으로 설명하였다. Mei et al.(2015)은 저위도 북서태평양의 상층 해수 온도와 중적도 태평양 해수면 온도를 연구하였고, 저위도 북서태평양 상층 해양 온난화가 계속된다면 2100년까지 평균 태풍 강도가 14% 더 증가할 것으로 예상하였다. Chen et al.(2021)은 미래의 온난화 기후 환경 조건은 북태평양 서쪽 유역에서 더 극단적

인 태풍을 형성하는 데 기여할 것이며, 동아시아에서는 태풍 위험이 증가하는 경향이 있다고 하였다.

태풍에 동반된 위험기상인 강풍은 항공기 운항에 직접적으로 영향을 미쳐 결항, 지연, 회항 등 비정상 운항을 일으키고, 지상에 주기가 된 항공기에 피해를 줄 수 있다. 따라서 태풍에 대한 예측과 대응은 항공기의 안전관리를 위한 핵심적 업무에 해당한다. 태풍은 우리나라를 위협하는 대표적 위험기상이며, 그 영향도 증가하는 추세지만 항공기 운항과 관련된 연구는 여전히 부족한 실정이다. 본 연구에서는 최근 5년간 태풍의 통계적 현황과 특히 국내 주요 공항인 인천, 김포, 제주 및 김해공항에 영향을 크게 미쳤던 5개의 태풍과 항공사의 대응 사례를 연구하였다. 사례 연구 결과를 바탕으로 항공사의 예방적 안전조치와 공항운영 당국의 공항시설과 항행안전시설 등에 대한 안전관리를 위한 시사점을 제시하고자 하였다.

II. 본 론

2.1 연구 방법

먼저, 우리나라에 영향을 주는 태풍에 대해 통계로 알아보고, 최근 5년간 우리나라에 접근, 상륙, 통과한 태풍 중 공항 운영에 영향을 크게 주었던 2019년 링링(Lingling), 2020년 바비(Bavi), 마이삭(Maysak) 및 하이선(Haishen), 그리고 2022년 힌남노(Hinnamnor) 등 5개 태풍을 중심으로 연구하였다. 각 태풍의 세력을 나타내는 풍속과 기압 수치에 대해 분석하였다. 나아가 태풍에 따른 항공사의 안전조치 상황에 대해 당시 실제 사례를 중심으로 연구하였다.

연구자료는 기상청의 태풍 통계와 방재기상정보시스템의 공항예보(TAF, aerodrome forecast), 정시기상관측(METAR, aerodrome routine meteorological report) 그리고 실시간 기상자료인 공항기상관측장비(AMOS, aerodrome meteorological observation system) 자료를 활용하였다. 아울러 국적사 A 항공사의 태풍 대응 기록자료를 활용하였다.

2.2 최근 태풍에 대한 사례 연구

2.2.1 태풍 발생과 이동 경로

태풍에 대한 기상청의 통계자료에 의하면, 최근 30년(1991~2020) 평균 기준으로 연간 25개 발생하였

Table 1. Typhoon occurrences from 2019 to 2023 (Typhoons that affected Korea are in parentheses)

연도/월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	계
2019	1	1	0	0	0	1	4(1)	5(3)	6(3)	4	6	1	29(7)
2020	0	0	0	0	1	1	0	7(3)	4(1)	7	2	1	23(4)
2021	0	1	0	1	1	2	3	4(2)	4(1)	4	1	1	22(3)
2022	0	0	0	2	0	1	3(3)	5(1)	7(1)	5	1	1	25(5)
2023	0	0	0	1	1	1	3(1)	6	2	2	0	1	17(1)

고 우리나라에 영향을 준 것은 3개였다. 최근 10년(2011~2020) 기준으로는 연간 26개, 우리나라에 영향은 4개로 증가하였음을 보여주고 있다.

Table 1은 본 연구의 중심이 되는, 2019~2023년, 최근 5년간 발생한 태풍과 우리나라에 영향을 준 태풍에 대한 통계자료이다. 최근 5년간 우리나라에 영향을 준 태풍은 매년 1회~7회로 가변적이며, 평균적으로는 4회를 보였다. 2019년은 평균 대비 많은 태풍이 발생하였고 또한 우리나라에 영향을 미친 태풍도 7개로 가장 많은 숫자를 보였다. 우리나라에 상륙 또는 인근을 통과한 태풍 중에서는 그 세력이 유지되어 큰 피해를 준 사례도 있고 약화된 상태에서 그 영향이 크지 않았던 사례도 있다.

Fig. 2는 최근 5년간 우리나라에 상륙 또는 인근을 통과한 태풍 중에서 인천, 김포, 제주 그리고 김해공항에 영향을 크게 미친 5개 태풍에 대한 이동 경로를 보여준다.

우리나라로 상륙 또는 인근을 통과하는 경우 태풍에

동반된 강풍, 폭우, 해일 등에 의해 인명과 재산피해가 발생한다. 지난 2002년 태풍 루사(Rusa), 2003년 매미(Maemi)에 의한 인명피해는 각각 246명, 131명을 보였다. 그러나 태풍에 대한 사전 예측과 안내, 대피 등이 강화된 최근에 인명피해는 과거 대비 많이 감소하였다. 2019년 서해안으로 북상한 태풍 링링은 인명피해 3명, 재산피해 3백억 원을 보였다. 2020년 마이삭과 하이선은 2명, 2천2백억 원, 그리고 2022년 힌남노 때는 11명, 2천1백억 원의 피해를 보였다(MOIS, 2022). Fig. 2의 5개 태풍은 우리나라 중심 통과가 아닌, 비껴가면서 영향을 주었기 때문에 인명과 재산피해는 적었다고도 할 수 있다.

Fig. 3은 태풍의 중심이 제주도 인근에 있을 때의 레이더 영상을 보여준다. 강한 세력을 유지한 채 제주도 인근을 통과하는 경우 태풍의 소용돌이 폭풍과 태풍에 동반된 강한 폭우에 의해 큰 피해가 발생한다. 태풍의 영향 범위는 그 세력에 따라 다르지만, 태풍 중심이 우리나라로 상륙 또는 인근으로 통과하게 되면 우

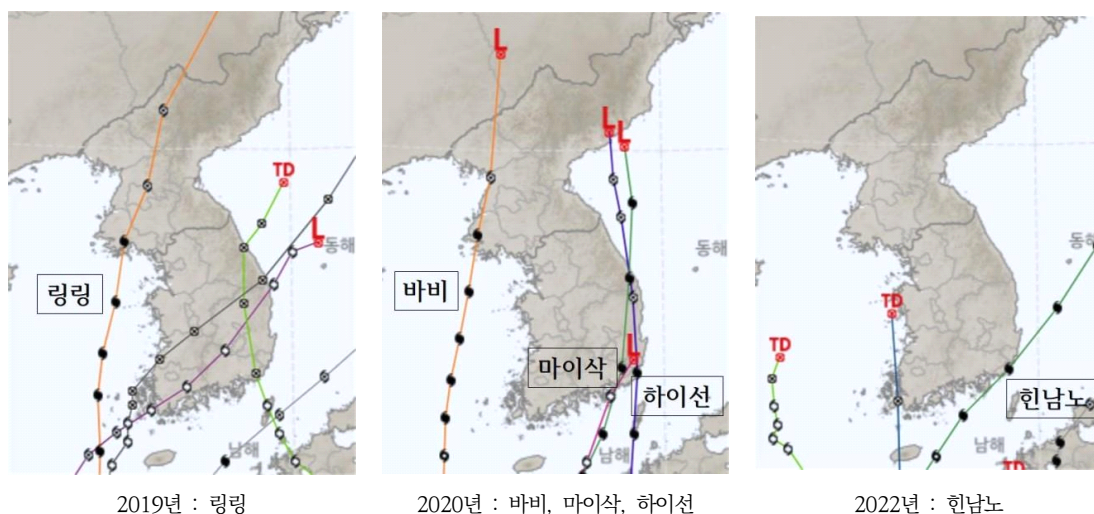


Fig. 2. Typhoons and tracks with strong impact on Korea

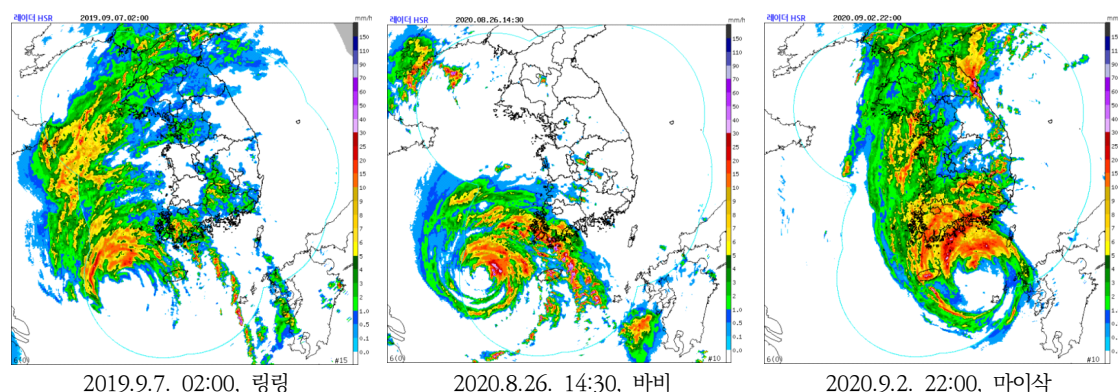


Fig. 3. Radar images of the center of the typhoon near Jeju

리나라 전 공항이 그 영향권에 들어가게 된다.

주요 공항을 중심으로 살펴보면, 제주공항은 우리나라로 북상하는 태풍의 이동 경로에 위치하기 때문에 직접적인 영향을 받게 된다. 김해공항은 태풍 중심이 인근을 통과하거나 김해공항이 태풍 우측의 위험반원에 포함될 피해가 커질 수 있다. 한편, 인천과 김포공항은 강한 세력으로 서해안 또는 중부지방으로 북상하는 경우 큰 피해를 볼 수 있다.

2.2.2 5개 태풍 세력과 영향

Table 2는 최근 5년 우리나라에 직접 영향을 미쳤던 태풍 중에서 강한 태풍의 현황에 대해 요약한 것이다. 우리나라에 상륙 또는 인근 통과 시 중심기압 970hPa 미만, 그리고 METAR 기준으로 순간최대풍속 50kt(25.7m/s) 이상을 보였던 5개 태풍이다. METAR는 활주로 풍향 및 풍속, 시정, 하늘 상태, 운고, 기온 및 기압 등을 관측한 것으로 풍향은 360 방위 기준으

로 3자리로, 풍속은 2자리로 단위와 함께 표현한다. 순간최대풍속은 평균풍속 대비 10knot(kt) 이상일 때 Gust의 약자인 G 뒤에 풍속을 추가하고 있다.

5개 태풍은 우리나라에 상륙 또는 인근 통과 시점에 중심기압 950~965hPa, 그리고 중심최대풍속 36~44m/s(70~86kt)로 매우 강한 세력을 보였다. 이에 따라 제주, 김해, 김포, 인천공항에 기록된 최대 풍속도 50kt 초과를 보였고, 특히 마이삭 때에 김해공항은 평균풍향 160도, 평균풍속 45kt, 순간최대풍속 75kt를 기록하였다.

2019년 태풍 링링, 2020년 바비는 서해안으로 북상하여 특히 인천 및 김포공항에 직접 영향을 주었고 항공기 결박과 연료 탑재를 통한 항공기 무게 증대 등 안전조치를 취하기도 했다. 또한 2020년 태풍 마이삭과 하이선, 2022년 힌남노의 부산 인근 통과로 김해공항 항공기를 인천공항으로 소산시키기도 하였다. 본 논문에서 항공기 소산이란 강풍 또는 기타 사유로 항공기 피해를 방지하기 위해 안전한 다른 공항으로 항공

Table 2. Data on the five most intense typhoons

날짜	태풍명	통과 또는 상륙 위치	중심기압 최대풍속	METAR 평균풍향과 풍속 및 순간최대풍속(kt)			
				제주공항	김해공항	김포공항	인천공항
2019.9.7	링링	목포시 서쪽 140km 통과	965hPa 39m/s(76kt)	22034G54	13031G41	17035G59	15050G66
2020.8.27	바비	서귀포시 서남서 210km 통과	950hPa 44m/s(86kt)	19025G51	11016G29	12028G43	14043G50
2020.9.3	마이삭	김해시 상륙	950hPa 44m/s(86kt)	33043G60	16045G75	27024G40	32030G42
2020.9.7	하이선	울산광역시 남쪽 해안 상륙	955hPa 36m/s(70kt)	33022G39	04055G65	26019G41	27027G40
2022.9.6	힌남노	거제시 상륙	950hPa 43m/s(84kt)	33034G56	11035G64	05016G28	04019G30

기를 이동하는 것을 의미한다.

Table 2는 앞으로 더 강한 태풍이 북상하면서 인천, 김포공항에 더 근접하게 되면 그 세력 여하에 따라 인천, 김포공항 내 항공기도 주기가 불가하여 타 공항으로 소산해야 하는 상황도 발생할 수 있음을 보여준다.

2.2.3 평균풍속 및 순간최대풍속 분석

항공기 운항에 영향을 미치는 바람은 풍향과 풍속을 바탕으로 정풍 또는 배풍 성분으로 분석하여 운항 여부를 결정하게 된다. 일반적으로 항공기는 이착륙 시 측풍 제한치 30kt으로 운영하며, 승객 및 화물 Door는 40kt으로 제한된다. 그러나 태풍이 인접하여 통과하는 경우 그 이상의 풍속을 보이기 때문에 항공기 이착륙은 물론 지상조업 불가로 이어지고 풍속이 더 증가할 경우는 항공기 결박이나 무게 증대 후 주기 또는 주기조차도 불가할 수 있다.

연구 대상인 5개 태풍에 대한 각 공항의 평균, 순간최대풍속 및 기압이 얼마를 보였는지 분석하기 위해 METAR 자료를 활용하였다. Fig. 4는 인천, 김포, 제

주 및 김해공항에 가장 큰 순간최대풍속을 보였던 시각과 그때의 풍속을 기준으로 전후 각각 5개 평균풍속, 순간최대풍속, 그리고 기압을 표출한 것이다.

2019년 링링은 인천공항을 약 114km로 가장 근접하여 통과하였고, 순간최대풍속 66kt을 기록하였다. 앞으로 링링과 유사한 또는 더 강한 태풍이 인천공항을 더 가깝게 근접하여 통과하게 된다면 순간최대풍속 66kt 이상의 강풍이 예상될 수 있다.

인천공항 대비 내륙에 위치한 김포공항도 링링 때 59kt을 보였다. 김포공항이 평야지대에 위치한 관계로 인천공항과 큰 차이 없이 강풍을 보였다는 점이 특징적이다.

우리나라로 북상하는 태풍의 길목에 위치하는 제주 공항은 태풍의 통과 위치에 따라 풍속이 달라지는데, 태풍 마이삭 때 순간최대풍속 60kt을 기록하였다. 제주도와 제주공항은 태풍의 세력이 유지한 상태로 영향을 받는 곳이기 때문에 향후 더욱 강한 태풍의 영향에 유의할 필요가 있다.

김해공항에 근접하여 통과하였던 2020년 마이삭과

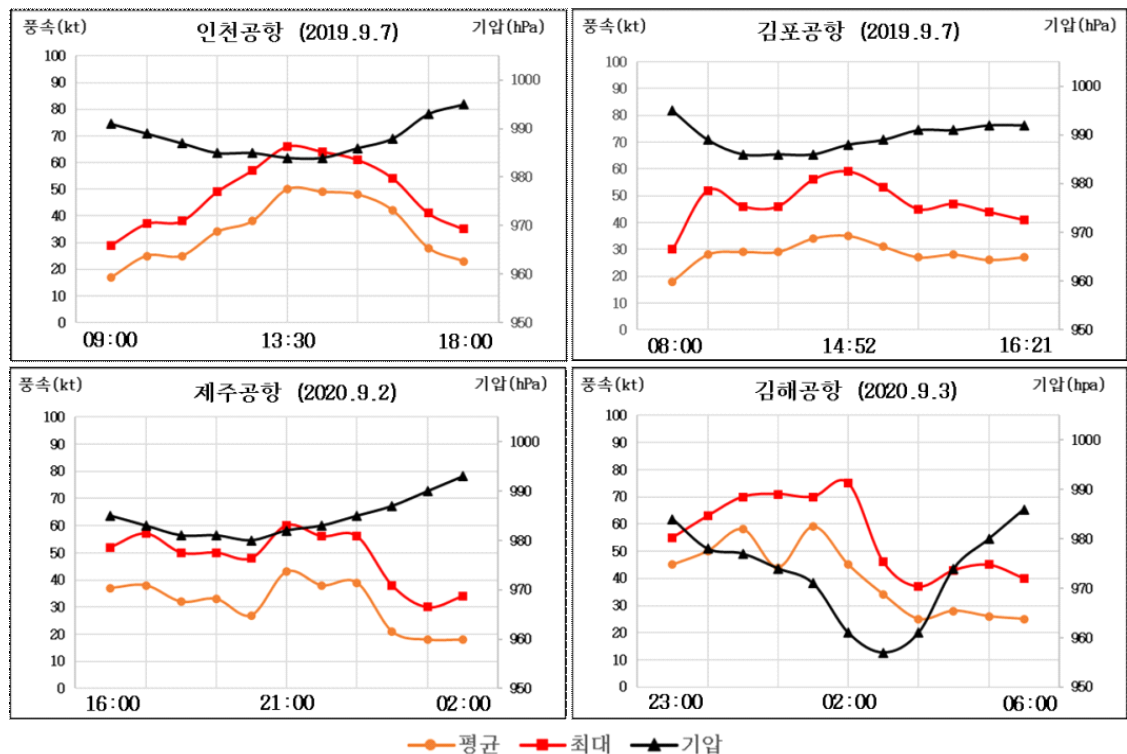


Fig. 4. Average wind speed, maximum instantaneous wind speed and barometric pressure at each airport

하이선, 2022년 힌남노는 김해공항 항공기를 소산하는 상황이 발생하였다. 마이삭 통과 때 순간최대풍속 75kt를 기록하였다. 바다에 연해 있는 김해공항은 남해상에서 세력을 유지한 채 북상하는 태풍이 통과할 경우 75kt 이상의 강풍이 예보되고 실제 발생할 가능성이 높다고 할 수 있다.

한편, Fig. 4에 나타난 기압은 해당 공항의 METAR에 기록된 것으로 태풍 중심에서 떨어져 있기 때문에 낮지는 않았다. 그러나 2020년 마이삭은 김해공항에 근접하여 통과하였기 때문에 공항에서 960hPa이라는 매우 낮은 기압을 보였다.

2.3 항공사의 대응 사례

2.3.1 항공사 통제센터의 대응

2019년 링링, 2020년 바비, 마이삭, 하이선, 그리고 2022년 힌남노에 대한 국내 A 항공사의 대응 내용을 살펴보았다.

Table 3은 항공사의 대응 내용 중 스케줄 통제 부분과 항공기의 지상 안전조치 부분을 요약한 것이다 (Asiana Airlines, 2019~2023). 무엇보다 항공기의 이착륙, 지상 조업 및 주기 등 각 단계에서의 항공기 안전 확보가 최우선이며, 스케줄 조정에 따른 승객 불편 최소화, 그리고 태풍 이후 스케줄 안정화 등에 초점을 둘 필요가 있다.

태풍은 우리나라 인근을 통과하거나 상륙하는 단계

에서도 그 세력과 진로, 각 공항의 예보 변화가 계속되기 때문에 실시간 상황 파악과 대응이 중요하다. 태풍 접근 전부터 대책을 강구하기 위해 회의하고, 대책반 운영과 함께 관련 부서 모두 실시간으로 공유 및 대응할 수 있는 공동 SNS 체계를 갖추는 것도 필요하다.

2.3.2 항공기 결박, 무게 증대, 소산

태풍에 따른 강풍으로 항공기의 안전한 주기를 위해 조치하는 방법은 항공기 기종과 풍속에 따라 달라진다. 대표적인 방안으로는, 1) 항공기 결박이 가능한 주기장에 결박 장비를 이용하여 항공기를 주기장에 고정하는 방안, 2) 연료 또는 화물, 무게 증대용 밸러스트(ballast) 탑재를 통해 항공기 무게를 증대시킨 상태에서 주기하는 방안, 3) 결박과 함께 항공기 무게 증대를 통한 방안, 그리고 4) 예상되는 풍속이 공항 내 주기할 수 없는 기준에 달하게 되는 경우 타 공항으로 항공기를 소산시키는 방안 등이 있다.

아울러 주기하는 항공기는 강풍에 의해 다른 시설 또는 물체 등으로부터 충격이나 충돌 등 피해가 발생하지 않도록 주변 시설과 장비에 대한 안전조치도 수반되어야 한다.

Fig. 5는 항공기 결박이 가능한 주기장에 결박 장비를 이용하여 항공기를 주기장에 고정했던 사례를 보여준다.

결박이 불가하거나 결박하더라도 항공기 무게 증대

Table 3. Airline key measures in preparation of approaching typhoons

스케줄 통제	지상 안전 조치
<ul style="list-style-type: none"> • 안전을 최우선으로 위험기상 회피를 위한 결항, 지연 등 스케줄 사전 조치 • 국내 도착 장거리 운항편은 현지에서 출발시각 조정 • 단거리 운항편의 국내 출발은 가능하더라도 현지 출발은 장시간 지연 가능성 염두 • 스케줄 조정에 따른 승무원 근무시간 증가, 변동 확인과 대처 • 저경력 운항승무원 배정 지양 • 우리나라 비행정보구역, 주요 공항 운항편 집중에 따른 항공교통혼잡 대비 • 동남아 운항편 항로상 태풍 영향 예상 시 우회항로와 필요한 영공통과 허가 취득 • 태풍 통과 후 필요노선 대체 편 편성 • 태풍 영향 이후의 스케줄 안정화에 중점 	<ul style="list-style-type: none"> • 주기장 내 항공기 결박 조치 • 항공기 무게 증대 : 연료탑재 또는 ballast 탑재, 기종별 매뉴얼에 근거하여 조치 • 격납고 내부 최대한 활용하여 항공기 이동, 주기 조치 • 이동지역 내 차량, 장비 등을 안전 지역으로 이동, 초크 작업 및 locking 작업 • 노출된 곳에 있는 화물, 제반 시설물이 강풍에 날아가지 않도록 안전 조치 • 항공기 cargo door, service door, service panels 등 closed • 정비, 지상조업 포함한 제반 시설물에 대한 안전조치 및 창문 locking 등 • 항공기 tow bar 장착 및 tow tractor 접현 시 강풍 주의 • ULD(unit load device) 사용 전 빗물 제거 및 화물터미널 바닥 물기 수시 제거



Fig. 5. Aircraft tie-down case

를 통해 안전성을 더 확보하기 위한 방안이 동원된다. 대표적인 것으로는 항공기 연료 Tank 내 연료를 사전 탑재하여 항공기 무게를 증가시키는 것이다. 연료 탑재량은 예상되는 최대 풍속, 각 기종의 탑재 가능한 정도, 태풍 이후 항공기 운영 계획 등에 따라 달라진다. 예를 들어 최대이륙중량 89톤인 A321 기종에 최대 연료 탑재량의 50%를 탑재하게 되면 약 11톤의 무게 증대 효과를 보게 된다.

한편, 연료 탑재의 방식을 대체할 방안으로 별도의 무게 증대를 위한 화물이나 밸러스트를 사용하는 방안이 있다. 화물 탑재는 사전 준비되어야 하고 이후 화물하기, 운송 등 업무에 어려움이 있을 수 있다. 한편, 무게 증대 목적의 밸러스트는 대응이 용이한 면이 있다. 다만, 별도 보관해야 하는 장소가 요구된다. Fig. 6은



Fig. 6. Water tank ballast

항공기 무게 증가를 위한 밸러스트용 물탱크의 사례를 보여준다.

Table 4는 국내 A 항공사의 주요 기종별 항공기 결박 또는 소산하는 항공기 제작사 기준의 풍속을 나타낸다. 이 자료는 절대적인 것은 아니며 당시의 결박, 무게 증가 상황 등과 복합적인 점을 반영해야 하는 것이다. 특히 공항예보인 TAF는 일반적으로 보수적인 방향, 즉 강한 풍속으로 예보되는 경향이 있고 또한 태풍 이동의 변화로 오히려 예보보다 더 강한 풍속이 발생할 수 있음에 유의해야 한다.

2020년 태풍 마이삭의 예보 풍속은 80kt, 실제 관측된 METAR는 75kt, 1분 단위의 실시간 자료는 77.4kt를 보였다. 2020년 9월 3일 마이삭 접근 시 김해공항을 중심공항으로 운영하는 에어부산은 김해공항 주기 예정이었던 23대, 9월 7일 하이선 접근 때 16대, 그리고 2022년 9월 6일 힌남노 때에 9대를, 인천공항을 중심으로 소산하였다. Fig. 7은 2020년 태풍 마이삭 때의 사진으로 당시 코로나19 영향으로 국제선 운항이 매우 적었던 시기였던 관계로 인천공항 내 주기장 부족으로 유도로 일부를 폐쇄하고 임시 주기장으로 활용했다.

향후 특히 인천과 김포공항에 직접 영향을 주는 경우 국내 타 공항의 주기장은 제한적이기 때문에 해외로 소산해야 할 가능성이 있다. 물론, 소산을 최소화하기 위해 인천공항 도착 예정 항공기를 사전에 해외에 대기토록 하는 것이 우선일 것이다. 해외공항으로 항공기를 소산할 경우 주요 고려 사항은 다음과 같다.

- ① 항공기 소산을 위한 스케줄 편성과 해당 항공기관 의 허가
- ② 조정된 스케줄 운영과 변화 상황을 반영한 후속 스케줄 조정
- ③ 운항승무원, 항공정비사, 운항관리사 등 필수 항공 종사자 업무 지원
- ④ 해외 출입국, 체류, 지상조업 등 운항에 필요한 제반 사항 지원 등

Table 4. Mooring and evacuation criteria by aircraft type (Unit : kt)

구 분	A320F	A330	A350	A380	B767	B777	B747
결박	50	65	59	65	60	65	65
소산	80	85	85	100	80	85	100

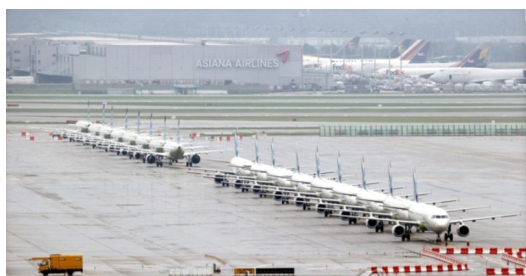


Fig. 7. Aircraft evacuated to Incheon International Airport

2.3.3 연륙교 통제

인천공항으로 이동하는 연륙교인 인천대교 및 영종대교의 통제 기준도 고려해야 한다. 인천대교 및 영종대교는 10분간 평균 풍속 25m/s(48.6kt) 이상인 경우 차량 진입 통제가 되며, 공항철도는 풍속이 20~24m/s인 경우 영종대교 구간은 40km/hr 이하로 주의 운전, 25m/s 이상인 경우 일시 중지한 후 상황에 따라 운행 재개 여부를 결정한다.

Table 5는 인천공항에 영향을 미쳤던 대표 태풍에 대해 인천대교 및 영종대교 통제 상황을 나타낸 것이다. 인천공항에 접근을 위해서는 인천대교, 영종대교 및 공항철도를 이용해야 하며, 태풍에 따른 강풍 기준에 의거 통제될 수 있음에 유의해야 한다.

2.4 해외 공항 피해 사례

태풍의 이동 경로에 있는 우리나라, 일본, 중국, 대만, 필리핀, 홍콩, 베트남, 그리고 괌과 사이판에 피해

가 큰 사례가 발생하기도 한다. Kwon et al. (2024)은 기후변화 대응과 관련한 대구공항 연구에서 태풍에 의한 대구공항 주요 주요 피해사례로 2002년 태풍 루사에 의한 수목 전도 및 조명등 파손, 2003년 태풍 매미에 의한 시설물 파손이 있었다고 하였다. 해상에 건설된 일본 간사이공항, 태풍의 발달기에 통과하는 사이판공항 사례를 요약하였다. 매우 예외적이기는 하나 우리나라에서도 발생할 수 있으니 공항 운영과 항공기 운항 측면에서 참고할 필요가 있다.

2018년 9월 4일 제21호 태풍 제비(Jebi)가 강력한 세력을 유지한 채 13:00 KST 경 오사카 간사이공항에 가장 근접하였으며, 간사이공항에는 사상 초유의 57m/s 이상의 강풍이 관측되었다. 해상에 건설된 공항으로 태풍에 의해 오사카만에 가장 높은 파고 약 3m가 만조 시기와 겹치면서 파도가 공항의 방파제를 넘어 공항 제 1터미널 인근 A 활주로(RWY 06R/24L)와 주기장 전 지역이 수심 4~50cm로 침수(Fig. 8)되면서 15:00 KST 부로 공항이 폐쇄되었다. 아울러 램프 지역이 침수되면서 급유시설 및 지상조업 장비들이 다수 침수되고 급유시설의 사용이 불가하게 되었다.

또한 2,600톤급 선박이 육지와 공항을 연결하는 다리인 연락교에 충돌하면서 다리의 일부가 파손되어 12:00 KST 부터 철도, 차량 통행이 금지되는 등 큰 피해가 발생하였다.

해상에 건설된 간사이공항은 활주로, 유도로, 급유, 지상조업 시설 및 대중교통 수단 등 전반에 걸쳐 큰 피해가 발생하였다. 시설을 점차 복구하면서 7일부터는 침수되지 않은 활주로와 LCC(low cost carrier) 터미널을 이용하여 일본 국적사 일부 국내선이 제한적으로

Table 5. Control of bridges connected to land due to strong winds

날짜	태풍명	통제 상황
2010.9.2	곤파스	인천대교 2시간
2012.8.28	볼라벤	인천대교 8시간 45분 영종대교 상부도로 통제, 하부도로 통행
2018.8.24	솔릭	영종대교 상부도로 통제, 하부도로 통행
2019.9.7	링링	인천대교 3시간 40분 영종대교 상부도로 4시간 40분, 하부도로 통행
2020.8.27	바비	통제 없음



Fig. 8. Flooding at Osaka, Kansai International Airport

운항을 재개하였다. 국제선은 항공등화시설, 계기접근 시설, 급유시설 및 지상조업 장비 등의 침수 피해로 복구가 지체되었고, 공항 폐쇄 10일 후인 14일부터 점차 재개될 수 있었다.

태풍 발달 최성기에 직접 통과 위치에 있는 사이판과 괌공항은 지리적 여건 때문에 태풍에 의해 공항시설이나 항행안전시설 등이 파손될 경우 공항 운영 재개나 정상적 운영에 상당한 시일이 소요되는 특징이 있는 곳이다.

2018년 10월 25일 제26호 태풍 위투(Yutu)가 01:00 KST 경 사이판공항 남서쪽 약 15km 지점을 가장 근접하여 통과하였다. 강풍과 폭우로 사이판공항은 25일(목) 14:35 KST 부로 폐쇄되었는데, 전력, 도로 등 주요 기반 시설은 물론 공항 터미널, 관제탑, 항행안전시설 포함 피해가 다수 발생하여 공항의 정상적인 운영이 불가하였다. 활주로 및 유도로에 이상이 없으나 활주로 항공등화시설이 손상되어 야간 운항이 불가하였고, 관제탑에 피해가 발생하여 인근 괌 공군기지에서 이동식 관제탑(mobile tower)을 사이판으로 이동 설치가 필요하였다(Fig. 9). 또한, 탑승교 손상이 발생하고, 급유시설에 해수 침수로 항공유의 품질보증이 불가하여 급유가 불가하였다.

한편, 항행안전시설의 피해 상황으로는, 활주로 07 계기착륙시스템(ILS)과 무지향표지시설(NDB)이 발생 당일 15:14 KST 부터 2019년 1월 25일 16:00 KST 까지 불가하였다. 또한, 항공등화시설은 06:35 KST 부터 11월 25일 16:00 KST 까지 사용 불가하여 주간 시간대 중심으로 운항하였다. 우선 체격을 긴급 수송하기 위한 구호기 목적에 한해 운항이 재개하였으나, 항법시설 및 항공등화시설 장애로 주간 시간대에만 가능하였

고, 완전 정상화까지는 상당한 기간이 흐르게 되었다.

태풍이 강한 세력으로 북상 시 특히 해안에 위치한 제주, 김해, 인천공항에 더 큰 피해가 발생할 수 있기 때문에 각별한 대비가 필요하다.

III. 결 론

최근 5년간 우리나라에 상륙 또는 인근을 통과하여 항공기 운항에 영향을 주었던 태풍은 평균 연간 4회에 달한다. 본 연구의 대상이었던 5개 태풍 중 2019년 링링과 2020년 바비는 인천과 김포공항에 직접, 2020년 마이삭과 하이선, 2022년의 힌남노는 김해공항에 직접 영향을 주었다. 또한 우리나라로 북상하는 길목에 위치한 제주공항은 5개 태풍의 영향을 모두 받았다.

링링과 마이삭의 인천공항과 김해공항에 가장 근접 시점에 각각 순간최대풍속은 66kt, 75kt를 기록하였다. 항공사에서는 항공편 결항과 지연 등 스케줄 조치, 주기 항공기에 대한 결박, 무게 증대 조치, 그리고 항공기 소산 등 항공기 안전기준에 의한 안전조치가 이루어졌다.

앞으로 제주, 김해공항은 물론 인천, 김포공항에도 더욱 강한 태풍이 접근, 영향을 줄 개연성은 더 커지고 있다. 이에 따라 항공편의 결항, 지연 등 비정상 운항은 물론 항공기 결박, 나아가 소산해야 하는 상황도 예견된다. 또한 해외 오사가 간사이공항과 사이판공항의 태풍 피해 사례를 살펴본 바와 같이 항공기 운항을 위한 제반 시설과 장비, 그리고 항행안전시설의 피해가 발생하면 공항의 정상적 운영에 장기간 소요될 수 있다는 점도 참고할 필요가 있다.

본 연구 결과를 참고하여 항공기에 대한 안전관리는 물론 공항시설과 항행안전시설 등에 대한 안전관리와 대비 상태를 점검하고, 태풍의 접근이 예상될 때 강화된 예방적 안전조치가 필요하다고 판단한다.

References

1. Choi, K. S., Cha, Y. M., and Kim, T. R., "Decadal change of frequency in Korea landfalling tropical cyclone activity", Journal of the Korean Earth Science Society, 33(1), 2012, pp.49-58.
2. Choi, K. S., and Kim, T. R., "Development of

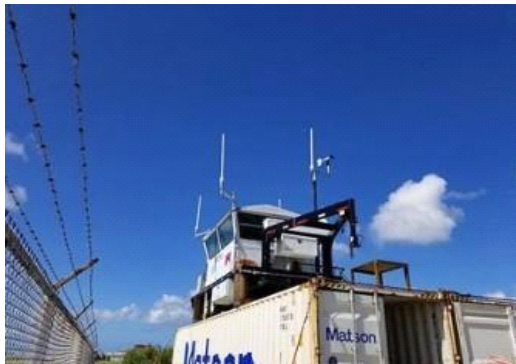


Fig. 9. The mobile control tower at Saipan

- a diagnostic index on the approach of typhoon affecting Korean Peninsula", *Journal of the Korean Earth Science Society*, 32(4), 2011, pp.347-359.
3. Comiso, J. C., Perez, G. J. P., and Stock, L. V., "Enhanced pacific ocean sea surface temperature and its relation to typhoon haiyan", *Journal of Environmental Science and Management*, 18(1), 2015, pp.1-10.
 4. Mei, W., Xie, S. P., Primeau, F., McWilliams, J. C., and Pasquero, C., "Northwestern pacific typhoon intensity controlled by changes in ocean temperatures", *Science Advances*, 1(4), 2015, pp.1-8.
 5. Chen, Y., Duan, Z. D., Yang, J., Deng, Y., Wu, T. T., Ou, J. P., "Typhoons of Western North pacific basin under warming climate and implications for future wind hazard of East Asia", *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 208, 2021, 104415.
 6. Park, J. Y., Cho, W. J., Cha, D. H., Won, S. H., and Lee, J. R., "Sensitivity of typhoon forecast to prescribed sea surface temperature data". *Atmosphere*, 14(72), 2023, pp.1-11.
 7. Kwon, D. W., Kim, K. W., and Ahn, S. Y., "A study on analyzing the vulnerability and risk for airport facilities in Daegu airport", *Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics*, 32(4), 2024, p.34.
 8. WMO, "Global Guide to Tropical Cyclone Forecasting", WMO, 1194, 2017, p.27.
 9. Meteorological Information Portal Service System_Disaster Prevention, <https://afso.kma.go.kr/>
 10. MOIS, "2022 Disaster Chronology(Natural Disaster)", 2022, p.473.
 11. Asiana Airlines, "Report on the progress of the typhoon", Operations Control Center, 2019~2023.
 12. KMA, "Typhoon White Book", 2011, p.10.