

Original Article

https://doi.org/10.12985/ksaa.2020.28.1.007
ISSN 1225-9705(print) ISSN 2466-1791(online)

한·중 항로 복선화 전후 혼잡도 변화 연구

조진호*, 백호중**, 장조원***

A Study on Congestion Change of Dual Airways between Korea-China

Jin Ho Cho*, Ho Jong Baik**, Jo Won Chang***

ABSTRACT

A significant growth in local air traffic volume is leading to airway congestion and flight delays especially for Incheon-China and Incheon-Europe sectors. A key method to increase the airway capacity is to place a supplemental airway parallel to the existing one and in cooperation between the aviation authorities between China and Korea, a dual airway track was implemented on December 6, 2018. Here, we use airline A's flight data to analyze the congestion change effect of the new airway. Results show total delay time to Europe is reduced 51% (13.4 to 6.6 minutes) as the delay distribution for 16-30 minutes, 31 minutes and greater decreased from 23.2% to 8.2% and 8.7% to 1.0% respectively. The delay to China also decreased but the drop is not as significant as flights to Europe. This is caused by the difference in flight distance, traffic volume, and characteristics of flights landing and transiting China. Flights to Europe show a broad distribution in altitude allocation and reduction in aircraft separation demonstrating the effectiveness of a dual airway track.

Key Words : Dual Airways(복선 항로), Parallel Airways(평행 항로), Airway Congestion(항로 혼잡), Aircraft Delay(항공기 지연), On Time Performance(정시성), G597, AGAVO

1. 서 론

1.1 연구 배경 및 목적

인천국제공항의 확장, 국내 저비용항공사(LCC, low cost carrier) 및 외항사 증가 등으로 인천국제공항의 항공교통량은 한국항공공사 통계자료 기준으로 2014년 이후 매년 평균 7.6% 증가한 것으로 나타났다[1]. 그러나 항로(airway), 공역 등 인프라 확충의 제한으로

항공교통혼잡 지연이 일상화되었으며, 특히 항공교통량이 많은 한국과 동남아 구간, 그리고 한국 출발 중국 및 유럽 방면의 항로 혼잡에 따른 지연 현상이 두드러졌다.

공항과 항로에서의 혼잡지연은 항공안전에 위협요인이며, 또한 계획한 대로 운항이 불가하여 승객 불편은 물론 사회적 비용이 증가한다. 각 항공사는 항공교통혼잡에 따른 지연을 줄이거나 회피하고자 운항 스케줄 변경, 블록타임(block time) 증대, 항로 변경 운항과 같은 자체적 방안을 수립하고, 대응하고 있다. 아울러 정부에는 항로와 공역 등 인프라 확충을 적극적으로 요구하고 있다.

항공교통 책임당국에서는 항공기간 분리간격 축소, 관제효율 향상, 주변국과의 관제협력 등을 바탕으로 항공교통량의 증가에 적극적으로 대처하고 있다. 그러나

Received: 17. Feb. 2020, Revised: 11. Mar. 2020,

Accepted: 26. Mar. 2020

* 한국항공대학교 항공교통물류학과 박사과정

** 한국항공대학교 항공교통물류학과 교수

*** 한국항공대학교 항공운항학과 교수

연락처 E-mail : hbaik@kau.ac.kr

연락처 주소 : 경기도 고양시 덕양구 항공대학로 76

특정 시간대, 특정 항로 운항편이 많은 경우, 해당 항로에서 운항 스케줄대로 수용할 수 없어서 부득이 지상에서부터 출발하지 못하고 대기하는 상황이 발생한다. 신규 항로 개설과 기존 항로 옆에 평행 항로 추가를 통한 항로 복선화는 이러한 지연 상황의 해소 또는 완화를 위한 대표적인 수단이 된다.

국토교통부는 항로 복선화를 인근 국가들과 협력하여 이루어내고 있는데, 그 노력의 결실로 제주 남단에서 대만까지 한국-동남아 항로 복선화를 2018년 5월 24일부, 이어서 2018년 12월 6일부 한·중 항로 복선화도 시행하기에 이르렀다.

한·중 항로 혼잡에 의한 지연은 특히 하계기간에 크게 문제로 대두되었으며, 한·중 항로 복선화는 정부, 업계, 그리고 학계에서도 매우 큰 관심 사안이었다. 따라서 항로 복선화 시행 전후 동일 하계기간에 대해 중국 방면과 유럽 방면의 항로 혼잡 지연이 개선되었는지, 개선되었다면 그 효과는 어느 정도인지에 대한 분석, 검증, 평가를 위한 계량적 연구가 필요하다.

본 연구는 A 항공사의 해당 항로 사용 운항편의 실적 자료 가운데 항로 혼잡에 의해 운항예정시간(scheduled time) 대비 1분 이상 지연된 항공편 자료를 수집하고, 통계적 분석과 계량적 비교를 통해 항로 복선화 시행 전후 혼잡도 변화를 비교, 평가하였다.

1.2 문헌 연구

우리나라 항로 구조와 운영상의 문제점과 개선점, 그리고 효과분석에 대한 기존 연구는 다음과 같다.

김시현(2004)은 교통량이 많아 혼잡하고 항공안전에 저해요인을 내포하고 있는 동남아 B576 및 한·중 G597 항로의 운영방식을 양방향 체제에서 일방향 운영체제로 전환을 제시하였다. 이를 위하여 G597의 국내구간인 AGAVO와 안양 VOR(VHF Omni directional Range, 초단파 전방향 무선 표식시설)간 평행 항로 구축 방안과 운영 방안을 연구하고 기술하였다[2].

맹성규, 박선래, 이강현(2011)은 특히 중국 영공을 통과해 유럽으로 가는 항공교통량의 증가로 항공기 지연이 급증하고 있다고 진단하였다. 이에 서해 항로의 교통흐름을 원활하게 하기 위한 복선화 방안을 고찰하였다. 그들은 2011년 9월 1일부터 G597/Y64 항로에 대해 기존 항로에서 일정 간격을 유지하면서 비행하는 방식인 off-set 절차를 시행하고 있는데, 우리나라 구간만 복선화되어 있어 항후 증가하게 될 항공교통량을 처리하기에 미흡하다고 예측했다. 그래서 그들은 복선

항로를 GONAV-AGAVO-DONVO-SANKO 등 중국까지 확장하는 개선 방안을 제시하였다[3].

박장훈, 구성관, 백호중(2013)은 우리나라 주요 남북항로인 B576 항로(서울~제주 간 연결)가 2012년 6월 28일부터 복선 항로로 개편, 운영에 따라 나타난 항공기 운항 효율성 향상에서 비롯되는 경제적 편익을 추정하였다. 분석 결과, 항공기 순항속도는 17knots(약 4.17%) 정도 빨라졌으며, 이로 인하여 항공기 운항 시간은 1.2분(약 3.55%) 단축, 연료소비량은 항공기당 평균 228.4kg(약 5.5%) 감소한 것으로 나타났다[4].

해외논문 중에는 평행한 항로 또는 인접한 항로에서 운항하는 항공기 사이의 안전, 간격 분리, 공역 효율 증대 등의 관점에서 연구한 논문들이 있다.

Han 외 3명(2006)은 공역 수용량 부족은 공역 구조의 수정을 유도하는 결정요인 중 하나이며, 수정된 공역의 안전을 평가하는 것은 가장 중요한 작업 중 하나라고 설명하였다. 그들은 라이히(Reich) 모델 및 관련 문헌을 요약한 것에 근거하여 충돌 위험 모델을 발전시켰는데, 베이징과 상하이 사이에 있는 단일 항로에 평행한 항로를 추가한 것을 고려하였다[5].

Liu 외 2명(2009)은 평행 항로의 안전한 분리를 확인하고, 충돌 위험을 효과적으로 평가하기 위해 평행 항로의 횡 방향 충돌 위험 영향 인자를 분석하였다. 위치 오류 모델은 CNS(communication navigation surveillance) 성능 환경에서 수립되었고, CNS 성능에 기반한 평행 항로의 횡 방향 중첩 확률의 계산식이 도출되었다[6]. 또한, Zhang 외 2명(2009)은 통신, 항법 및 감시(CNS)하에서 위치 오류, 종 방향 충돌 위험 및 그에 대한 영향 인자를 연구하기 위해 CNS 오류를 분석하였다. 특히 라이히 모델을 기반으로 평행 항로의 중적인 중첩 확률을 계산하는 공식도 도출하였다[7].

II. 본 론

2.1 연구절차, 범위 및 방법

항공기 운항은 항공사, 승객, 지상 조업사, 공항 내 관련 기관 및 항공교통업무 책임당국 등 모두가 같은 시각을 기준으로 협업이 필요한 과정이다. 또한 기상, 항공교통 상황 등 외부적 요인들과 복합적으로 작용하기 때문에 항공기 지연은 매우 다양한 원인에 의해 발생되고 있다. 항공교통혼잡 지연은 항공기가 지상에서 이동하는 계류장, 유도로 혼잡에 기인하거나, 해당 편이 운항하는 항로의 혼잡에 의해 출발 탑승구에서 대

기하면서 지체되는 경우가 대표적이다.

항공사의 지연관리는 매우 엄격하며, 운항 스케줄 대비 1분이라도 지연되는 경우는 그 지연 사유와 시간을 시스템 내에 입력하여 원인을 분석하는 자료로 활용한다. 항공기가 지연된 원인은 국제민간항공운송협회(IATA)의 표준에 따라 2자리 알파벳으로 코드화되어 있고, 하나의 운항 편 당 최대 3개까지로 분류하고 있다. 따라서 본 연구에서의 지연은 항로 혼잡에 의해 스케줄 대비 1분 이상 출발이 지연되는 것을 의미하며, A 항공사에서 관리하고 있는 시스템 자료를 사용하였다.

항공사의 운항 스케줄은 크게 동계, 하계 스케줄로 나누어지며, 본 연구는 복선화 전후인 2018년, 2019년 각각 하계기간 3월 25일~10월 25일(7개월)로 동일한 기간을 비교하였다. 이는 동일한 운항 스케줄과 유사 상충풍 영향, 그리고 중국 및 유럽 방향의 항로 혼잡에 따른 지연이 매년 하계기간에 두드러지게 발생하고 있는 현상인 점을 고려하였다.

Fig. 1은 복선화 구간을 나타낸 것으로, 인천국제공항에서 한국과 중국 간 관제 이양점이자 항로상 위치를 표시하는 AGAVO라고 하는 웨이포인트(waypoint)를 지나 중국과 몽골 간 웨이포인트인 POLHO 라는 곳까지로 총 거리는 1,700km에 이른다. 복선화 후에 기존 항로는 인천 도착편 항로로 사용하고, 기존 항로 밑에 신설된 항로는 중국, 유럽행 항로로 사용하고 있다[8].

본 연구는 분석 기간 내 복선화 영향을 받았던 운항편을 선정하고, 각 편 of 지연 원인 중 항로 혼잡에 의한 지연시간을 추출하여 이를 통계분석 실시하였다.

Fig. 2는 인천국제공항을 출발하고 G597 항로의 AGAVO를 통과하여 중국 방면, 유럽 방면의 항로를 사용하는 운항편 노선도를 나타낸 것이다. 노선에 따라 고도배정 특징이 있기 때문에 유럽 방면과 중국 방면

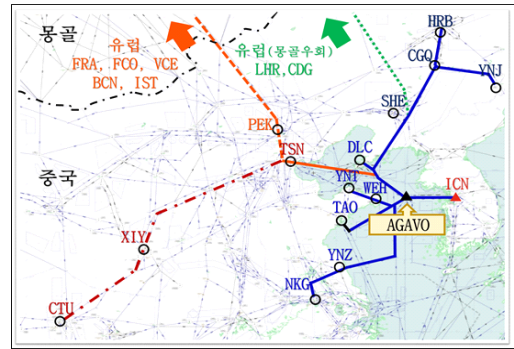


Fig. 2. Route map for AGAVO transit flights

으로 구분한 후 유럽 방면은 베이징(PEK)을 통과하는 방면과 이를 회피하고 몽골을 우회하는 운항편들로, 그리고 중국 방면은 PEK 방면과 그 외 방면으로 구분하였다.

Table 1은 대상 편을 분류, 정리한 것으로 공항 코드는 IATA에서 사용하는 3 Letters를 사용하였다. 설정된 분석 기간에 사용한 총 데이터는 8,684편이다.

2018, 2019년 사용된 데이터는 각각 4,195편, 4,489편으로 전년 대비 증가하였기 때문에 복선화의 효과를 검증하기에 좋은 표본이 된다고 판단한다. 한편, 분석 기간 중 2018년 7월 A 항공사의 케이터링 이슈가 있었던 5일간은 케이터링 지연으로 파생되어 항로 혼잡 지연에 영향이 미친 것으로 판단하여 해당 기간은 통계분석에서 제외하였다. 그러나 2018년 10월 A 항공사의 인천공항 1청사 서편에서 동편으로 이전은 항로 혼잡에 직접적인 영향을 주는 변수는 아닌 것으로 보았다.

Table 1. Classification of data and frequency of flight by region, transit sector and destination airport

| 대분류 | 소분류 | 목적지 공항 | 공항 수 | 2018 | 2019 |
|-------|--------|--|------|-------|-------|
| 유럽 방면 | PEK 통과 | FRA, FCO, VCE, BCN, IST | 5 | 642 | 791 |
| | 몽골 우회 | LHR, CDG | 2 | 360 | 415 |
| 중국 방면 | PEK 방면 | PEK, TSN, XIY, CTU | 4 | 1,078 | 1,104 |
| | 그 외 방면 | YNT, TAO, NKG, SHE, CGQ, HRB, YNJ, WEH | 10 | 2,115 | 2,179 |
| 계 | | | 21 | 4,195 | 4,489 |

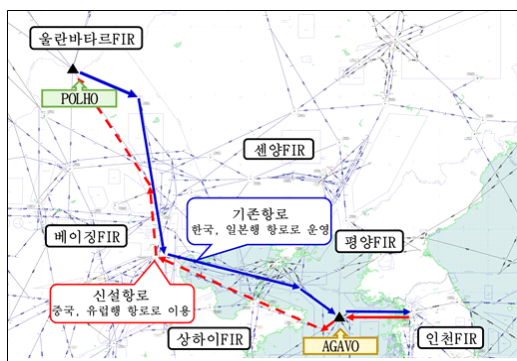


Fig. 1. Route map of dual airways (solid line: current airway, dotted line: new airway)

2.2 통계 검증 및 분석

항로 복선화 효과 분석으로 사용한 A 항공사 자료 (Table 1 참조)는 동일 항로로 운항한 전체 항공편의 약 8%[1]를 차지하며, 이는 전체 운항 항공편 모집단에 대한 표본이라 할 수 있다. 복선화 전후 항공기 지연의 변화를 비교하기 위해서는 복선화 전후 두 집단의 평균 차이에 대한 통계적 검증이 요구된다. 본 연구에서는 복선화 이전과 이후의 변화를 알아보기 위해 *t*-test를 사용하였으며, 연구가설은 “복선화 전후 두 집단의 지연시간은 차이가 있을 것이다”로 귀무가설과 대립가설은 각각 다음과 같이 설정하였다.

귀무가설 : $H_0 : \mu_{2018} = \mu_{2019}$
 대립가설 : $H_1 : \mu_{2018} \neq \mu_{2019}$

Table 2는 통계분석 시스템인 SPSS를 사용한 *t*-test 결과를 나타낸다. Levene의 등분산 검증결과 $p < .05$ 이므로 등분산 가정을 충족하지 않기 때문에 등분산을 가정하지 않은 기준으로 $t=14.572$, $p < .05$ 이므로 귀무가설은 기각되며, 연구가설이 채택된다. 즉, 복선화 전후 두 집단의 지연시간에 차이가 있음을 확인하였다.

또한 두 집단의 분산에 대한 검정을 통해 복선화 전후 지연시간의 평균과의 밀집 분포를 살펴보기 위해 *F* 검정을 하였다. 연구가설은 “복선화 후 지연시간의 분산이 복선화 전보다 작을 것이다”로 귀무가설과 대립가설은 각각 다음과 같이 설정하였다.

귀무가설 : $H_0 : \sigma^2_{2019} = \sigma^2_{2018}$
 대립가설 : $H_1 : \sigma^2_{2019} < \sigma^2_{2018}$

검정통계량 *F* 값이 임계치보다 클 경우에 연구가설을 채택하는 우측검정 방식으로 검정하였다. 임계치 *F* 값은 EXCEL 통계 프로그램을 이용하고 유의수준 0.05, 자유도 각각 4,194, 4,488에서 *F* 기각치(단측 검정)는 1.05를 보였다. 또한 검정통계량 *F* 값은 복선화 전과 후의 분산비인 $S^2_{2018}/S^2_{2019} = 123.25/66.11 = 1.86$ 을 보였다. 따라서 검정통계량 1.86이 *F* 기각치 1.05보다 크므로 귀무가설을 기각하고 연구가설이 채택된다. 즉, 유의수준 0.05에서 검정해 본 결과, 복선화 후의 분산이 복선화 전보다 통계적으로 유의하게 작다고 확인하였다. 이는 복선화 후의 항공기 출발지연 시간의 분포가 평균에 더 밀집되어 지연시간의 불확실성이 감소되었고, 항공교통 흐름이 전보다 더 안정적으로 변화하였다는 것을 의미하며, 복선화 효과의 중요한 측면이라고 평가할 수 있다.

2.3 혼잡도 변화

Fig. 3, Fig. 4는 Table 1에 의거 2018년, 2019년 하계기간의 분석 결과를 그래프로 나타낸 것이다.

Fig. 3은 복선화 전후에 유럽과 중국 방면 항공기의 지연시간 변화를 나타낸 것이다. 2018년 유럽(PEK 통과), 유럽(몽골 우회)의 평균 지상대기 지연은 각각 11.3, 16.9분에서 복선화 이후인 2019년에는 5.6, 8.4분으로 각각 5.7, 8.5분 감소하였다. 유럽 전체인 경우에는 13.4분에서 복선화 이후 6.6분으로 6.8분 감소하였으며, 전년 대비 51% 감소하였다. 한편, 2018년 중국의 PEK 방면, 그 외 방면의 평균 지상대기 지연은 각각 9.1, 8.2분에서 복선화 이후 6.0, 7.0분으로 각각 3.1, 1.2분이 감소하였다. 중국 전체의 평균 지상

Table 2. Independent samples *t*-test result

| | | 집단통계량 | | | | | | | | |
|------|--------------|----------------|-------|--------------------------|-----------|-----------|---------|----------|--------------|---------|
| | | 복선화 | N | 평균 | 표준편차 | 평균의 표준오차 | | | | |
| 지연시간 | | .00 | 4,195 | 9.6756 | 11.10192 | .17141 | | | | |
| | | 1.00 | 4,489 | 6.6153 | 8.13057 | .12135 | | | | |
| | | 독립표본 검증 | | | | | | | | |
| | | Levene의 등분산 검증 | | 평균의 동일성에 대한 <i>t</i> -검정 | | | | | | |
| | | <i>F</i> | 유의확률 | <i>t</i> | 자유도 | 유의확률 (양쪽) | 평균차 | 차이의 표준오차 | 차이의 95% 신뢰구간 | |
| | | | | | | | | | 하한 | 상한 |
| 지연시간 | 등분산이 가정됨 | 303.115 | .000 | 14.721 | 8,682 | .000 | 3.06028 | .20788 | 2.65279 | 3.46778 |
| | 등분산이 가정되지 않음 | | | 14.572 | 7,654.785 | .000 | 3.06028 | .21002 | 2.64859 | 3.47198 |

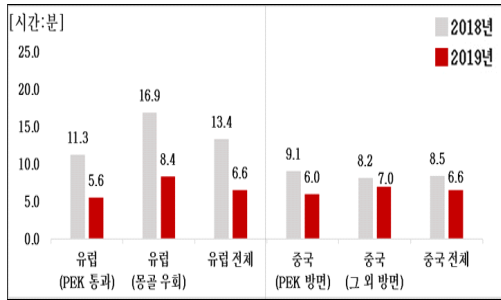


Fig. 3. Airway congestion delay time comparison for 2018 and 2019

대기 지연은 8.5분에서 복선화 이후 6.6분으로 1.9분이 감소하였으며, 전년 대비 22% 감소하여 유럽 방면보다는 효과가 작게 나타났다.

이는 유럽 운항편에 대한 고도배정, 분리간격에서 복선화 효과가 뚜렷이 나타난 것을 보여준다. 또한 몽골우회 유럽 방면의 감소 효과가 더 크게 나타났는데, 이는 몽골우회 유럽 편이 베이징 경우 유럽 편 대비 28%로 적고, 또한 항로상 교통량이 베이징 인근보다 적어 항로 흐름 체계에 있어 더욱 양호한 점이 작용된 것으로 판단된다.

Fig. 4의 지연시간 분포를 보면 2018년 유럽 전체의 16~30분, 31분 이상 지연 편수와 그 비율이 232편 (23.2%), 87편(8.7%)에서 복선화 이후 각각 99편 (8.2%), 12편(1.0%)으로 대폭 감소하였다. 이는 항로 복선화는 특히 31분 이상의 지연에서 더 큰 개선 효과를 보여주고 있음을 나타낸다. 반면, 2018년 중국 전체의 16~30분, 31분 이상 지연된 운항 편수와 그 비율이 449편(14.1%), 129편(4.0%)에서 복선화 이후 329편(10.0%), 50편(1.5%)으로 유럽 방면보다는 감소 폭이 낮았다.

분석 기간 중국과 유럽 방면 운항편이 4,195, 4,489편으로 증가하였음에도 혼잡도 감소라는 의미 있는 효과를 보였음을 나타낸다.

2.4 AGAVO 통과고도 변화

상기 분석 결과와 같이 지상 대기시간의 감소, 특히 31분 이상의 지연에서 현저한 감소를 가져오게 된 것은 항로 복선화에 따른 항공기 고도 배정의 변화에서 찾을 수 있다.

Fig. 5는 대표 노선에 대해 AGAVO 통과 시점의 고도 사용 빈도를 2018년과 2019년을 비교한 것이다.

유럽 방면은 전년과 다르게 AGAVO 통과 시 낮은

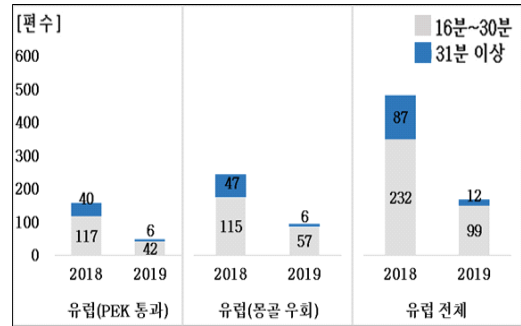


Fig. 4. Flight delay time distribution comparison for 2018 and 2019 to Europe, China

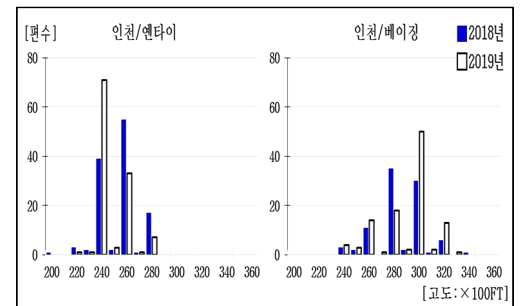
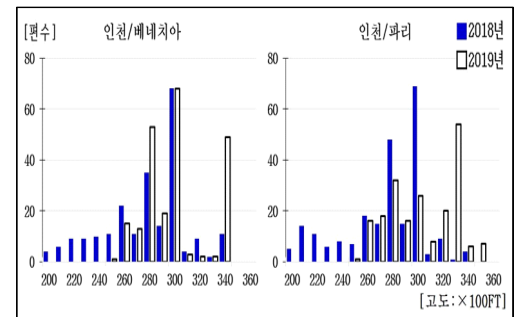
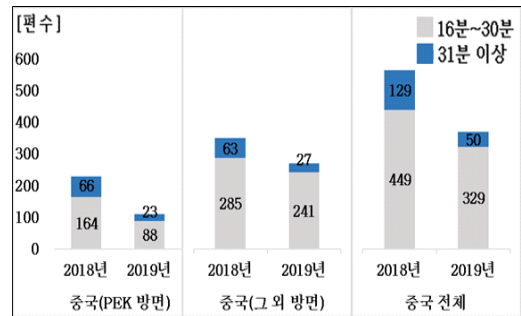


Fig. 5. Flight frequency comparison for various flight levels at AGAVO

고도는 사라지고 보다 높은 고도로 운항하였고, 몽골우회 유럽 방면은 상대적으로 고고도 배정이 뚜렷하게 나타났다. 반면, 중국 방면이며 비교적 단거리인 인천/

엔타이, 인천/베이징은 대체로 낮은 고도를 사용하며, 복선화 전후 고도 사용 빈도에서 큰 변화를 보이지 않았다.

복선화 전에는 단일 항로에 따른 고도 배정 제한으로 특히 장거리 유럽방면의 적정 고도 배정 대기로 지상 대기가 다수 발생하였다. 그러나 복선화 후에는 항로 내 항공기 수용량 증가로 고도 배정이 용이해져 AGAVO 통과 시점 또는 이후에 적정 고도로 배정됨으로써 지상 대기 시간이 감소하는 효과를 보였다. 한편, 중국 방면은 복선화 전후에 무관하게 비행 거리 상 상대적으로 저고도 배정인 관계로 복선화 효과는 제한적으로 나타났다.

2.5 인천국제공항 출발지연 변화

Fig. 6은 아시아·태평양 항공사 협회(AAPA, Association of Asia Pacific Airlines) 자료 중에서 인천국제공항의 출발 15분 기준 지연율을 복선화 전후로 비교한 것이다. 동일 하계기간 기준으로 2018년 평균 지연율은 27.6%를 보였으며, 2019년은 전년대비 8.0%p 감소된 19.6%를 보였다[9].

또한, 국토교통부가 국제선 이착륙 60분 기준으로 발표한 항로별 지연현황 통계자료를 보면, 중국과 유럽 방면 지연편은 2018년 2,026편에서 2019년 607편으로 대폭 감소한 수치를 보였다[10].

인천국제공항의 2018년 대비 2019년 항공교통량은 하계기간과 연간 기준으로 각각 5.1%, 4.3%[1] 증가하였다. 항공교통량 증가에도 불구하고, 지연율 감소와 중국과 유럽방면 운항편의 지연 감소는 한·중 항로 복선화에 따른 항공교통 혼잡 완화가 기여하였다고 할 수 있다.

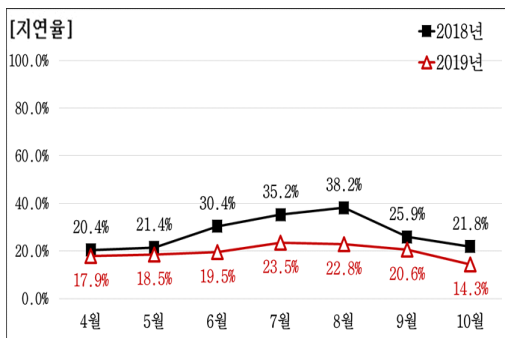


Fig. 6. Proportion of flight delayed by 15 minutes or more comparison for 2018 and 2019 at Incheon Airport

III. 결 론

일상적으로 항로 혼잡 지연이 발생하였던 유럽, 중국 방면 항공기의 실제 운항자료를 바탕으로 복선화 시행 전후 혼잡도 변화를 지연시간, 방면별 차이, 지연 시간별 차이 등으로 구분하여 분석하였다.

복선화 시행 전 대비 항공기의 평균 지상 대기 지연은 유럽 전체 기준으로 13.4분에서 6.6분으로 51%가 감소하였다. 아울러 16~30분, 31분 이상 지연 분포가 23.2, 8.7%에서 복선화 후 각각 8.2, 1.0%로 31분 이상의 지연에서 더 큰 감소 효과를 보였다. 한편, 중국 전체의 지연은 8.5분에서 6.6분으로 감소하였고, 전년 대비 22% 감소하여 유럽 방면보다는 효과가 적게 나타났다. 지연시간 분포 측면에서도, 16~30분, 31분 이상 지연분포가 14.1%, 4.0%에서 10.0%, 1.5%로 유럽 방면보다는 감소 폭이 낮았다.

이와 같이 항로 복선화 효과가 중국방면 항공기보다 유럽방면 항공기가 큰 것은 고도배정 변화로 분석된다. 중국 방면은 단거리 특성, 그리고 중국 내 교통량으로 유럽 방면보다 저고도 배정으로 복선화 전후 고도 배정 변화가 적었다. 그러나 유럽 방면은 복선화 이후 보다 규칙적이고 일정한 고도 배정, 그리고 더 높은 고도로 확장되어 있으며, 항로상 고도 배정과 항공기간 분리 간격 축소라는 복선화의 실질적인 효과를 더 보여 주었다.

AGAVO 통과 운항 편 중에서 A사가 차지하는 비율은 2019년 누적 기준 8.1%를 보였기 때문에 A 항공사의 결과는 해당 항로를 사용하는 전체의 경향을 보여주는데 적절하다고 판단된다. 또한 유럽 및 중국 방면 운항편의 지상 지연 감소는 인천국제공항 전체의 항공교통 흐름 관리가 개선되어 인천국제공항 및 국적 항공사들의 경쟁력을 향상하는 데도 크게 기여하고 있다는 결과를 확인할 수 있었다.

IV. 향후 과제

항공기 정시운항은 항공기 운항과 관련된 다양한 종사자, 조직의 협업에 의해서 가능하다. 항로 혼잡에 의한 지연감소는 항로 복선화는 물론 항공교통업무 책임당국의 관계효율 향상, 각 항공사의 스케줄 변경, 개선 등 다양한 활동을 통해 종합적으로 얻어지는 효과다. 따라서 이러한 다양한 활동들에 대해 보다 정밀한 분석이 된다면 더욱 정교한 개선안 마련에 도움이 될 것

으로 생각한다.

또한, 항로 혼잡 지연의 감소는 궁극적으로 해당 항로 운항편의 항공안전 강화는 물론 승객들의 편의 증대, 공항 운영효율 증대, 항공사의 비용 및 연료절감 등 사회경제적인 기여효과로 나타난다. 이에 항공기 지연감소에 따라 파급되는 사회경제적 비용절감에 대한 것도 의미있는 연구가 될 것이라고 본다.

후 기

본 연구는 한국항공운항학회 2019년 추계학술대회에서 발표한 논문을 수정, 보완하였음을 알려 드립니다.

References

1. Aviation Statistics, Korea Airports Corporation, www.airport.co.kr
2. Kim, S., "The structure and functional improvement plan of airways in Korea", MS Thesis, Department of Transportation and Logistics, Graduate School of International Trade and Logistics, Inha University, Incheon, 2004. 2, pp. 49-52.
3. Maeng, S., Park, S., and Lee, K., "A study on the improvement of west sea airways between Korea and China", *Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics*, 19(4), 2011, pp. 111-116.
4. Park, J., Ku, S., and Baik, H., "Analysis on the efficiency of aircraft operations on dual airways", Korean Society of Transportation, 69th Conference, Gongju, Chungcheongnam-do, Oct. 25-26, 2013, pp. 592-595.
5. Han, S., Pei, C., Sui, D., and Zuo, L., "Security analysis of area navigation parallel airway", *Acta Aeronautica Et Astronautica Sinica*, 27(6), 2006, pp. 1023-1027.
6. Liu, J., Zhang, Z., and Shen, J., "Assessment of lateral collision risk of parallel routes based on CNS performances", *Aeronautical Computing Technique*, 39(5), 2009, pp. 14-18.
7. Zhang, Z., Liu, J., and Wang, L., "Assessment of longitudinal collision risk on parallel routes based on communication, navigation, and surveillance performances", *Journal of Southwest Jiaotong University*, 44(6), 2009, pp. 918-925.
8. Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Republic of Korea, "Korea-China Dual Airway Presentation", 2018.
9. Association of Asia Pacific Airlines, www.aapaairlines.org
10. Flight Delay Improvement Task Force, "2019 Total Delay Status and Improvement Plan", Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2020.