

Original Article

항공정비결함에 기여하는 인적요인에 관한 연구

김천용*, 박희관**

A Study on Contributing Factors to Aircraft Maintenance Failure

Chun-Yong Kim*, Heui-Kwan Park**

ABSTRACT

Aircraft maintenance failure doesn't only threaten flight safety but also causes significant economic losses such as flight delays, flight cancellations, air turn backs and diversion and so on. Therefore, the efforts should be made to detect the contributing factors that cause such maintenance failure and eliminate them. In this study, by analyzing factors contributing to system failure using the Maintenance Error Decision Aid (MEDA) model based on stochastic relations between the contribution factors, system failure and events, we will draw a improvement plan to aircraft maintenance defects.

Key Words : Aircraft Maintenance Failure(항공정비결함), Aircraft Maintenance Error(항공정비에러), Contributing Factors, MEDA, Maintenance Error Decision Aid(정비오류판별기법)

I. 서 론

2016년 국감자료에 따르면, 2015년 1월부터 2016년 8월까지 항공사가 국토교통부에 신고한 고장·결함 발생현황 375건을 분석한 결과 항공기 고장에 회항이 50건이나 발생했으며, 항공기가 이륙 전 탑승게이트로 돌아오는 램프리턴은 9건, 비행취소는 10건으로 조사됐다[1]. 또한, 국토교통부 2017년 항공교통서비스 보고서(1/4분기)에 따르면 국적항공사의 정비로 인한 지연결항이 국내선의 경우 결항이 45건, 국제선의 경우에는 지연이 133건, 결항이 5건이 발생하였다.[2]

이러한 항공기 정비결함은 비행안전을 위협할

뿐만 아니라 운항지연, 결항, 회항 및 운항일정변경 등을 발생시켜 상당한 경제적 손실을 초래하게 된다. 그러므로 이러한 정비결함을 유발하는 기여요인들을 발취하여 제거하는 노력이 필요하다. 이에 따라 기여요인, 에러(시스템 결함), 이벤트 간 확률적 관계를 가진다는 것에 기초한 MEDA(Maintenance Error Decision Aid) 모델을 활용하여 항공기 정비결함에 기여하는 인적요인을 분석하여 항공기 정비결함에 대한 개선방안을 도출하고자 한다.

II. 본 론

2.1 정비 오류 판별 기법(Maintenance Error Decision Aid)

정비오류판별기법(MEDA) 개발은 항공기 제작사인 보잉(Boeing)사와 항공사·미연방 항공청(FAA)의 대표자들 간의 공동으로 이뤄졌다. 이러

Received : 11. Aug. 2017. Revised : 10. Sep. 2017.

Accepted : 26. Sep. 2017

* 세한대학교 항공정비학과

** 초당대학교 항공정비학과

연락처자 E-mail : cykim@sehan.ac.kr

연락처자 주소 : 충남 당진시 신평면 남산길 71-200

한 공동개발은 MEDA 결과양식(result form), 사용자 안내서(user guide)라는 2가지 결과물을 산출했다.[3]

MEDA 사용자 안내서(user guide)는 기초적인 사용방법(how to) 매뉴얼이다. 반면 결과양식(result form)은 이벤트를 유발한 정비사/검사원과의 인터뷰 등의 조사에 사용하는 용도로 만들어졌으며, 실수 조사과정(error investigation process)으로 시작되었으나, 2000년대 초반 사내 규율, 절차위반 등이 추가되었다. 따라서 MEDA는 사건조사 과정(event investigation process)으로서 더욱 특화되었다.[4]

2.2 MEDA의 철학

MEDA는 인적요인에 관련된 정비 이벤트의 원인을 조사하는데 사용되는 프로세스로서 조사를 수행하기 전에 직원에 대한 신뢰를 기반으로 한 다음과 같은 MEDA의 철학을 이해할 필요가 있다. MEDA의 철학은 사건모형(event model)과 상황에 근거한다.

- 정비관련 사건은 실수(error)나 규정위반 또는 둘 다에 의해 발생할 수 있다.
- 정비 실수는 고의로 발생하지 않는다.
- 실수는 작업장에서의 기여요인(contributing factor)에 기인한다.
- 규정위반도 또한 작업장 내 기여요인(contributing factor)에 기인한다.
- 대부분의 기여요인은 관리가 가능하므로 이러한 기여요인을 개선함으로써 향후 사건/사고를 방지할 수 있다.

2.3 기여요인(Contributing Factors)

기여요인은 인간행동(human performance)에 영향을 미치는 것들로서 가장 훌륭한 이해는 정비시스템 모델을 사용하는 것이다.

Fig 1.과 같이 개별 정비사는 당면한 환경(immediate environment)에서 작업을 한다. 각각의 주요요소는 그 위 단계요소들의 영향을 받는다. 따라서 정비사의 당면한 환경은 감독(supervision), 조직적(organization) 요소들로부터 영향을 받는다.

정비사 수준(Mechanic Level)에서는 지식, 기술(숙련), 능력 및 다른 특성(키·몸무게 등)들이 성과에 영향을 미치며 시스템 결함(system failure)에 기여요인이 될 수 있다. 당면한 작업환경에서는 날씨, 팀워크, 정비교범, 시간적 압박 등이 이벤트(event)에 영향을 줄 수 있다. 감독요

인(supervisory)과 조직적 요인(organizational)은 기여요인이 다양하다. 감독요인은 우선순위 선정, 대표자 선정 및 계획 등이 있으며, 조직적 요인은 규칙, 프로세스, 절차 등이 시스템 결함에 영향을 준다.[5]



Fig 1. Contributing factors to maintenance performance[5]

초기 MEDA 테스트에서 평균 4개의 기여요인이 이벤트를 초래하는 각 에러와 연관된다는 것이 증명되었다. 이러한 사실은 정비사가 전체 시스템의 단지한 부분만을 차지함을 뒷받침한다. 따라서 개별 정비사에게만 모든 초점(focus)을 맞추는 것은 시스템 안전 향상에 효과가 없을 것이다. 분석은 모든 기여요인(contributing factor)을 고려해야 한다[5].

2.4 MEDA 에러모델

Fig 1이 인적성능(human performance)의 일반 모델을 보여준다면 Fig 2는 본래의 MEDA 에러 모델을 보여준다. 이 모델에서 기여요인은 에러를 유발하고 에러는 이벤트를 초래한다. 현재 MEDA 모델에서는 에러와 규정위반은 인과관계이기 때문에 에러라는 단어는 시스템 결함(system failure)으로 변경되었다[6].

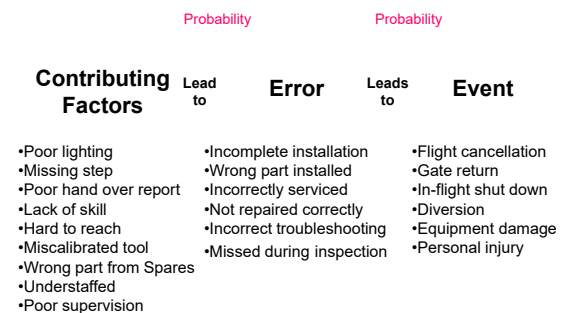


Fig 2. MEDA Error Model[7]

MEDA 모델은 기여요인, 에러(시스템 결함), 이벤트 간 확률적 관계를 가진다는 것에 기초함을 명심해야 한다. 즉, 두 명의 정비사가 각자 다른 항공기에 동일한 공구(Tool), 정비문서를 가지고 같은 작업을 하더라도 한쪽에서는 에러가 발

생하고 다른 쪽에서는 발생하지 않을 수 있다. 쉽게 말해서, 에러·규정위반은 기여요인간의 다양한 조합에 의해 발생한다.

2.5 MEDA Result Form 작성방법

MEDA 조사결과 양식은 6개의 Section으로 구성되어 있으며, 각 섹션별 작성방법은 Fig.3과 같다[8].

- 사건 발생 일자, 항공기 형식 및 등록 기호 등 일반 사항을 기록
- 결함, 회항, 항공기 손상 또는 재 작업(Rework)등과 같은 발생한 사건을 Check하고, 결함 원인을 서술
- 항공기에 문제를 유발한 정비 결함을 선택하여 check하고, 관련 결함의 정비 오류 사항을 기록
- 정비 오류를 발생시킨 근본적인 기여 요인 10가지로 구성되어 있으며, 각 요인 중 해당되는 항목은 모두 Check
- 정책, 절차 및 과정에 대한 개선 및 각종 문서(manual, 교재 등)에 대한 개선 대책을 기록하고, 앞에서 조사된 근본적인 기여 요인에 대한 개별적 개선방안을 기술
- 기여요인, 시스템 결함 및 이벤트에 대하여 요약 정리

Fig 3. How to create a MEDA Result Form

III. 실증분석

3.1 조사 실시 및 자료처리

3.1.1 조사대상 및 조사기간

한국항공대학교 부설 항공안전교육원에서 2010년부터 2016년까지 항공정비인적요인과정에 입과한 정비사를 대상으로 차수별로 MEDA Result Form을 배포하여 접수된 124건을 대상으로 분석을 실시하였다.

Table 1. Implementation status of Aviation Maintenance Human Factors Training by year

교육년도	차수	인원
2010	1	8
	2	11
2011	1	15
	2	9
2012	1	9
	2	8
2013	1	16
	2	6
2014	1	4
	2	9
2015	1	17
	2	12
2016	1	12
계		124

MEDA Result Form을 활용하여 자기 자신이 경험하였거나 또는 주변동료가 경험했던 항공기 결함사례를 가지고 분석하도록 하였다.

분석과정에서 발생할 수 있는 편향을 최소화하기 위하여 연구자가 직접 교육에 참여하여 MEDA에 대한 개념, 철학 및 작성방법에 대하여 교육 실시 후 실시된 것이 특징이다.

3.1.2 자료의 수집

총 124부의 MEDA Result Form이 배부되었고, 124부 모두 회수되었다. 유효 회수율이 100%인 것은 연구자가 교육과정 중에 배포하여 작성방법 교육을 실시하고 그 자리에서 회수하였기 때문인 것으로 판단된다.

3.1.3 자료의 처리 및 분석방법

컴퓨터를 이용한 통계분석을 위해서 자료들은 코딩 작업을 거쳤으며, 자료의 분석은 SPSS를 이용하여 응답자들의 인구사회학적 특성을 알아보기 위한 빈도분석(Frequency Analysis)과 해당되는 것을 모두 고르는 기여요인 항목들은 다중응답 빈도분석과 교차분석을 실시하였다.

3.2 MEDA 분석결과

3.2.1 응답자 특성

본 연구의 표본은 항공운송사업, 항공기사용사업 및 정부기관 등의 정비조직에 종사하는 항공

정비사들이다.

정비조직별 분포를 살펴보면, 전체 응답자 124명 중 항공운송사업 45명, 항공사용사업 13명, 정부기관 등의 정비사 66명이었으며, 직무별로는 고정익(비행기)과 회전익(헬리콥터) 정비사가 각각 62명으로 동일하였다.

정비결함을 유발한 에러를 발생시킨 정비유형(Type of Maintenance)은 운항정비(Line Maintenance)가 88건, 공장정비(Base Maintenance)가 36건으로 대부분 운항정비 중에 발생되는 것으로 조사되었다.

Table 2. Respondent's AMO, Aircraft Type and Maintenance Type Distribution

정비조직	응답 빈도	항공기 종류	응답 빈도	정비 유형	응답 빈도
	항공운송사업	45	비행기	62	LINE
항공사용사업	13	헬리콥터	62	BASE	36
정부기관 등	66				
계			124		

3.2.2 항공기 이벤트 발생현황

결항, 회항, 항공기 손상 또는 재 작업등과 같은 항공기 이벤트에 대하여 다중응답 분석결과 148건이 보고되었으며, 항공기 운영 중 발생한 이벤트가 85건으로서 전체 이벤트의 58%로 가장 많았으며, 항공기 손상 27건(18%), 재작업 23건(16%) 순이었다.

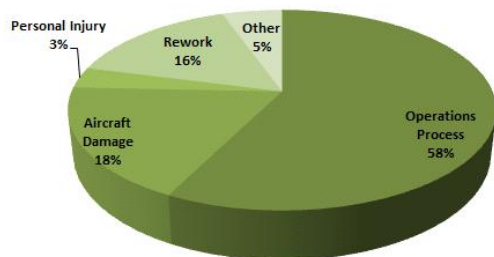


Fig 4. Aircraft Event Status

항공기 종류와 정비유형에 따라 항공기 이벤트 발생에 차이가 있는지 독립표본 T 검정을 실시한 결과, 항공기 손상 및 재작업 등은 두 집단들 간의 표준 편차가 0으로 t값을 계산할 수 없었으나, 항공기 운영 중 발생한 이벤트에 대해서는 Table 3과 같이 항공기 종류(비행기, 헬리콥터)와 정비유형(LINE, BASE)에 따라 차이가 있음을 확인할 수 있었다.

즉, 비행기의 경우 헬리콥터에 비해 항공기 운영 중 발생하는 이벤트가 높았으며, 정비유형에서는 주로 항공기를 운영하는 일선정비(Line Maintenance)에서 높은 것으로 나타났다.

Table 3. Result of independent sample T-test

N	기술통계량		T-검정	
	평균	표준편차	t	(양쪽) 유의확률
항공기 종류	비행기 62	.95	.493	4.862 .000
	헬기 62	.52	.504	
정비유형	LINE 88	.89	.490	5.430 .000
	BASE 36	.36	.487	

3.2.3 정비에러(시스템 결함) 현황

항공기 이벤트를 유발한 정비에러(시스템 결함)에 대한 다중응답 분석결과 163건으로 나타났으며, 항공기 부품 및 장비 등의 부적절한 장착 결함이 49건(30%)으로 가장 많았으며, 연료, 오일 및 유압유 등의 보급결함이 37건(23%), 고장탐구 또는 시험 및 검사결함이 35건(21%) 등으로 나타났다.

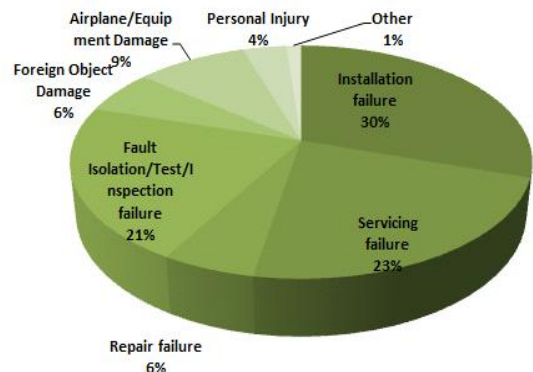


Fig 5. Maintenance System Failure

3.2.4 기여요인 현황

정비결함을 유발시킨 근본적인 기여요인 10가지에 대하여 다중응답 분석결과 1,534건으로 나타났다.

작업자가 정비업무와 관련된 정확한 정보를 적시에 수집하는 것을 방해하는 의사소통의 단절(서면 또는 구두)등에 대한 의사소통 요인이 233건으로 가장 높게 나타났다. 또한, 사람에 따라 다양한 개인 업무수행능력에 영향을 미치는 개인적 요인이 228건으로 나타났으며, 작업에 필요한 작업카드, 정비절차, 매뉴얼, 정비회보, 기술지식, 부품 도해 목록(IPC), 기타 발간물 또는 컴퓨터 정보 등의 정보요인이 161건, 할당된 업무 또는 하위 업무를 오류 없이 수행하기 위한 기술적인 기량은 물론, 항공사 업무절차 지식, 항공기 시스템 지식 및 정비업무 지식 등을 포함하는 기술지식 및 숙련요인 156건, 지원조직과의 내부대화, 관리자와 작업자 사이에 확립된 신뢰수준, 관리자의 목표에 대한 인식, 수용 및 노동조합의 행동 등의 요인 등을 포함하는 조직적 요인이 151건, 항공정비사의 편안함에 영향을 줄 수 있는 요인뿐만 아니라 작업자의 주의를 산만하게 만드는 건강이나 안전과 관련하여 걱정을 하게 하는 환경/시설요인이 147건, 업무를 구성하는 여러 가지 과제의 결합 및 순서를 포함하여 완료되어야 할 업무의 본질이 모두 포함된 직무요인이 139건, 항공정비사의 업무수행능력을 저하시킬 수 있는 장비 또는 공구 등의 요인은 117건, 조직적인 요인들의 범주와 밀접한 관련이 있는 리더십 및 관리감독 요인 111건 등으로 나타났다.

작업자의 접근을 제한하는 항공기 설계 또는 형상 측면들이 포함된 항공기 설계, 형상 및 부품에 관련된 요인이 91건으로 인적요인과 관련된 다른 기여요인들에 비해 상대적으로 낮게 나타났다.

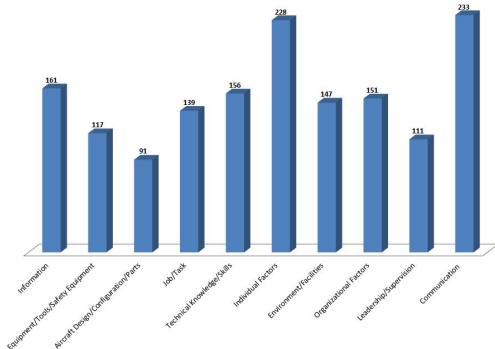


Fig 6. Contributing Factors

3.2.5 정비결함별 기여요인 분석결과

기여요인은 에러를 유발하고 에러는 이벤트를 초래한다는 MEDA이론에 입각하여 이벤트를 유발한 에러 유형별 기여요인에 대한 다중응답 교차분석결과, 부적절한 부품 등의 장착결함에 기여하는 가장 큰 요인은 개인적인 요인과 의사소통 요인이 가장 큰 비중을 차지하고 있으며, 보급결함은 의사소통요인, 수리결함은 기술지식/숙련요인과 의사소통 요인으로 나타났으며, 고장탐구 및 검사 등의 결함과 항공기 및 장비손상, 신체손상 등의 결함은 개인적 요인으로 나타났다 (Table 4 참조).

즉, 10가지 기여요인 중 개인적인 요인의 경우에는 부품 등의 장착실수, 고장탐구 및 검사실수, FOD 유발, 항공기/장비 손상 및 신체손상 등의 정비결함에 주로 기여하는 요인으로 나타났다.

항공기 정비결함에 가장 큰 기여요인으로 나타난 개인적인 요인을 구성하고 있는 세부적인 내용을 분석한 결과, 항공기 운항시간을 맞추기 위한 압력 등으로 인한 시간 제약이 56건(35%)으로 가장 많았으며, 기록된 정보에 관계없이 그룹의 불안정한 절차를 따르도록 하는 동료의 압박이 23건(15%), 기억의 실패(망각)가 21건(13%), 피로가 19건(12%) 등의 순으로 나타났다.

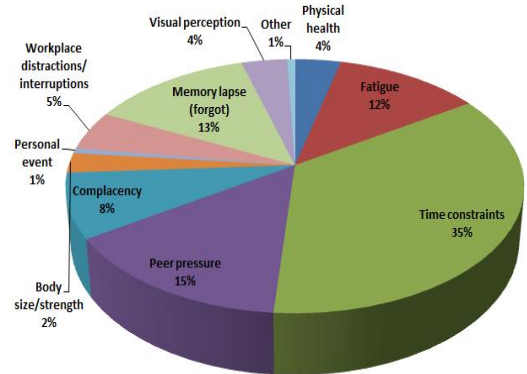


Fig 7. Contributing Factors-Individual Factors

또한, 장착실수, 보급실수 및 수리실수에 주요 기여요인으로 나타난 의사소통요인의 경우에는 정비시간에 의사소통요류가 45건(44%)으로 가장 높았으며, 부서와 부서간은 17건(17%), 운항승무원과 정비시간 15건(15%)등의 순으로 나타났다.

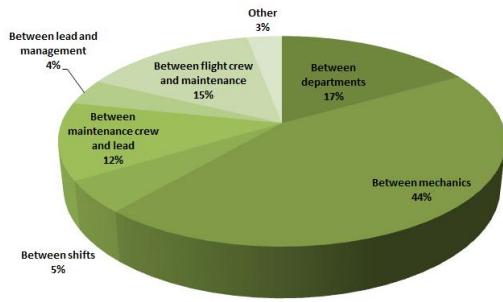


Fig 8. Contributing Factors-Communication

Fig 9. Contributing Factors-Technical Knowledge/Skill

특정 정비결함에는 크게 작용하지 않았지만 전체적인 결함에 골고루 분포된 기여요인 중 인적요인관련 요인들의 내용을 분석한 결과, 정보요인의 경우에는 정보를 사용하지 않는 것이 45건(38%)으로 가장 높았으며, 주어진 정보를 제대로 이해하지 못한 것이 32건(27%), 정보가 부정확한 요인 17건(14%) 등이 주요요인으로 나타났다.

Table 4. Multiple Response Crosstabs-Maintenance Error*Contributing Factors

Contributing Factors	Maintenance Error(System Failure)								Total
	Install	Servicing	Repair	Fault Isolation	FOD	A/C Damage	Personal Injury	Other	
Information	42	37	10	38	11	17	5	1	161
Equipment/Tools/Safety Equipment	26	31	5	20	10	17	6	2	117
Aircraft Design/Configuration/Parts	30	15	5	18	9	11	3	0	91
Job/Task Technical	37	37	7	29	8	12	6	3	139
Knowledge/Skills	48	29	12	32	8	20	6	1	156
Individual Factors	62	56	10	46	20	23	10	1	228
Environment/Facilities	44	40	4	27	11	16	4	1	147
Organizational Factors	43	31	9	28	16	18	4	2	151
Leadership/Supervision	29	30	4	19	11	11	5	2	111
Communication	61	71	12	44	14	18	8	5	233
Total	-	-	-	-	-	-	-	-	1,534

수리실수에 가장 큰 기여요인으로 나타난 기술 지식/숙련요인을 분석한 결과, 훈련을 받았음에도 부적절한 기술, 메모리 아이টে이션으로 인한 문제 또는 부적절한 의사 결정을 하게하는 숙련요인이 31건(26%)과 불충분한 훈련 또는 절차로 인한 부적절한 업무지식요인이 30건(25%)으로 주요요인으로 나타났다.

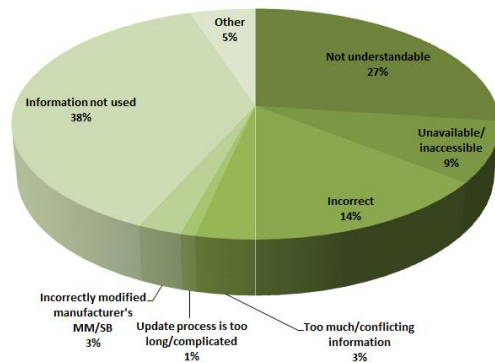
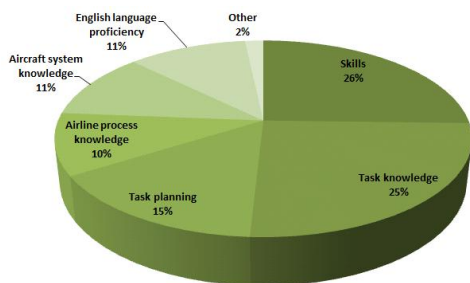


Fig 10. Contributing Factors-Information

업무의 본질을 모두 포함한 작업/직무요인을 분석한 결과 반복적이거나 단순로운 작업으로 인한 요인이 53건(55%)으로 과반수 이상이었으며, 복잡하거나 혼동을 일으키는 작업요인 20건

(21%), 새롭거나 변경된 작업요인이 15건(15%)등이었다.

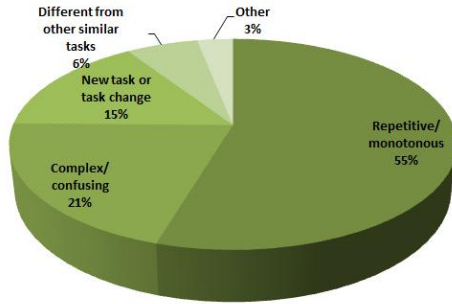


Fig 11. Contributing Factors-Job/Task

리더십과 감독의 취약성으로 인해 정비 오류로 이어지는 작업환경이 조성될 수 있는 리더십/감독요인은 부적절한 위임 또는 부적절한 업무 할당과 작업자에 영향을 주는 결정에서 작업자를 참여 시키지 않는 등의 부적절한 감독방법이 각각 21건(26%)로 높게 나타났으며, 작업을 적절하게 완료할 수 있는 시간 또는 자원의 이용 가능성에 영향을 미치는 부적절한 업무계획 또는 관련 조직이 17건(21%), 업무를 완료하는 데 시간이 부적절하게 되는 비현실적인 태도 또는 기대가 9건(11%)등의 순으로 나타났다.

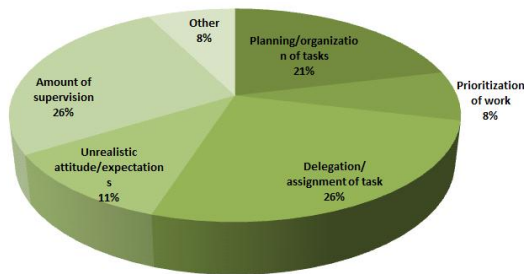


Fig 12. Contributing Factors-Leadership/ Supervision

IV. 결 론

수집된 MEDA Result Form을 분석한 결과, 148건의 항공기 정비관련 이벤트가 발생하였으며, 이러한 이벤트에 기여한 요인들은 1,534건으로 분석되었다. 이는 하나의 이벤트 당 약 10.36건의 기여요인들이 존재하는 것으로서 항공기 사고는 단 하나의 요인에 의해서 발생한 경우는 극

히 드물며, 거의 대부분은 여러 가지 요인이 복합된 것이라는 결론이 나온다.

항공기 정비에러(시스템 결함)에 기여하는 주요 근본적인 원인으로는 항공기 운항시간에 맞추기 위한 시간적인 압박, 정비사간의 의사소통 오류, 훈련을 받았음에도 부적절한 의사소통을 하게하는 숙련부족, 작업에 필요한 정보를 사용하지 않음, 반복적이거나 단조로운 작업, 부적절한 감독방법 등으로 나타났다.

이러한 요인 하나하나를 놓고 보면, 별로 중요한 것이 아님에도 불구하고 그것이 하나씩 허물어져 감에 따라 결국은 사건·사고에 도달하게 되는 것이다. 그러므로 사건·사고의 예방을 위해서는 이러한 실수나 결함으로 연결된 고리가 완성되기 전에 본 연구에서 활용된 MEDA Form등을 적극 활용하여 기여요인들이 어떠한 것들인지를 파악하여 제거하거나 회피하는 활동을 하는 노력이 필요하다.

후 기

본 논문은 2017년도 세한대학교 교내연구비 지원에 의하여 씌어진 것이며, 한국항공운항학회 2017 춘계학술대회 발표내용을 수정 보완하였음.

Reference

- [1] Seoul Finance News, 2016, Inspect of the Government Offices, <http://www.seoulfn.com/news/articleView.html?idxno=262200>
- [2] MOLIT, Air Transportation Service Report(First Quarter), 2017, http://www.molit.go.kr/USR/WPGE0201/m_36347/DTL.jsp
- [3] "Boeing introduces MEDA: Maintenance Error Decision Aid." Airliner April-June
- [4] Boeing, 2001, Maintenance error decision aid (MEDA) user's guide
- [5] William L. Rankin, Scott Shappell, Douglas Wiegmann, 2012, Human Factors Guide for Aviation Maintenance and Inspection : Chapter 7: Error and Error Reporting Systems, FAA, pp. 137~170.
- [6] William L. Rankin, Steven P. Kimball, Mike

- Moodi, Steven L. Sogg, 2005, Event Analysis Using Maintenance Error Decision Aid (MEDA) and Procedural Event Analysis Tool (PEAT), Safety Management Systems- Information Session, October 13-14, 2005, The Fairmont Palliser Calgary, Alberta, Canada.
- [7] William Rankin, 2005, Contributing Factors to Maintenance and Inspection Related Accidents, Maintenance Human Factors Training Seminar, Co-Sponsored by COSCAP-NA, KCASA, and Boeing, Seoul, Korea.
- [8] C.Y Kim, 2016, Aviation Human Factors and Maintenance Safety, Node Media, Seoul, Korea, pp.362~375.