

論文

민수용 헬리콥터의 사고 비교분석

이정훈* 안이기**

The Relative Analysis of the Civil Helicopter Accident

Jung Hoon Lee* Iee Ki Ahn**

ABSTRACT

The safety should be primarily considered for air vehicle, such as helicopter, which is not easy to cope with when out of order or loss of control that followed catastrophe. The U.S National Transportation Safety Board (NTSB) investigated and analyzed for 34 years rotorcraft accidents that occurred from 1963 through 1997. This paper handles intensively the relative investigation and analysis of recent 10 years domestic civil helicopter accidents to those of the United States in order to increase the safety of helicopter transportation and to consider the main design parameter before we develop Korean Civil Helicopter. To understand the overview of civil turbine helicopter accident, it uses the NTSB's accident investigation results and the overall accident trend for U.S civil single and twin turbine engine helicopter according to category, cause, activity, and phase of operation.

Key Words : Helicopter(헬리콥터), Accident(사고), Investigation(조사), NTSB(국가교통안전 위원회), Single Engine(단발엔진), Twin Engine(쌍발엔진)

I. 서 론

우리나라의 헬리콥터는 2006년 초반을 기준으로 일반업체 72대, 공공기관 및 지방자치단체 94대로 총 166대가 등록되어 있다. 국내 회전익기 분야에 있어서는 1996년부터 2005년까지 최근 10년간 국내 민간헬리콥터 사고가 27건에 달한다. 그 중에서 아직 사고 조사가 완료되지 않은 2건을 제외한 25건의 사고는 헬리콥터 사고에 대한 심층적 분석을 하기에 표본의 그 수량이 다소 부족하다. 아울러 사고의 경향, 유형, 원인, 활동별, 운용 단계별로 집계되어 발표되지 않은 상태이기 때문에 민수헬기 사고를 심층적으로 분석하기에 다소 부족하다.

이에 비하여 미국 국가교통안전위원회(NTSB, National Transportation Safety Board)에서는

1963년부터 1997년까지 34년간 민수 헬리콥터 사고를 조사한 바 있다.[1] 이에 대한 자료는 장착 엔진 형태에 대하여 사고 경향, 유형, 원인, 활동별, 운용 단계별 사고로 구분하여 집계되어 있다.

본 논문에서는 민수용 터빈엔진 헬리콥터의 사고 경향을 파악하여 헬리콥터 안전 운항에 기여하고, 또한 한국형 중형 민수헬기를 개발하기 전에 주요 설계요소를 고려하기 위하여, 최근 10년간 국내 및 미국에서의 민수 헬리콥터사고 현황을 조사하여 비교, 분석하였다. 또한 국내에서의 민수 헬리콥터 사고에 대한 집계가 불충분하여 NTSB에서 34년간 미국의 민수용 단발 및 쌍발 터빈 헬리콥터 사고에 대하여 유형별로 집계, 조사한 결과를 인용하여[2] 전반적인 사고 경향, 유형, 원인, 활동별, 운용 단계별 사고로 구분하여 심층적으로 비교, 분석하였다.

II. 최근 민수 헬리콥터 사고 비교

1996년부터 2005년까지 10년간 우리나라에서 발생한 민수 헬리콥터와 1988년부터 1997년까지

† 2006년 9월 19일 접수~2007년1월 10일 심사완료

* 정회원, 한국항공우주연구원 정책협력부

** 정회원, 한국항공우주연구원 회전익기개발실

E-mail : kariere@kari.re.kr

대전시 유성구 어은동 45번지

10년간 미국에서 발생한 민수헬리콥터의 장착 엔진별 사고 건수는 Table. 1, 2와 같다.[3] 우리나라의 헬기 등록대수는 2006년 기준으로 166대이므로 1997년을 기준으로 한 미국의 12,911대에 비하여 1.29%에 불과하다.

Table. 1. 최근 10년간 한국의 민수 헬리콥터 장착엔진별 사고

년도	피스톤	단발터빈	쌍발터빈	계
1996	-	2	-	2
1997	-	1	2	3
1998	-	2	2	4
1999	-	-	-	-
2000	1	1	1	3
2001	-	3	1	4
2002	-	3	-	3
2003	-	4	-	4
2004	-	1	-	1
2005	-	2	1	3
계	1	19	7	27

Table. 2. 최근 10년간 미국의 민수 헬리콥터 장착엔진별 사고

년도	피스톤	단발터빈	쌍발터빈	기타	계
1988	108	68	14	17	207
1989	106	72	18	17	213
1990	123	77	7	19	226
1991	120	51	10	11	192
1992	106	61	10	22	199
1993	94	65	7	15	181
1994	97	83	12	19	211
1995	83	61	13	8	165
1996	70	87	12	16	185
1997	73	73	10	19	175
계	980	698	113	163	1,954

등록대수의 증감을 고려하지 않는다는 가정 하에 우리나라의 사고 건수는 10년간 27회를 보여 166대의 등록대수에 대하여 연간 2.7회가 발생하여 등록헬리콥터 대비 연간 1.63%의 사고율을 보이고 있다. 이에 비하여 미국의 사고 건수는 1988년부터 1997년까지 1,954건이 발생하여 등록헬리콥터 대비 연간 1.28%를 보여 우리나라보다 낮은 사고율을 보이고 있다. 특히 쌍발터빈엔진

장착 헬리콥터에 비하여 피스톤엔진 장착 헬리콥터와 단발 터빈엔진 장착 헬리콥터의 사고율이 높은 것을 알 수 있는데, 이는 다음과 같은 세 가지가 원인으로 생각된다. 첫째, 쌍발엔진의 사용으로 엔진 동력상실에 의한 사고가 급감했는데, 이에 대한 것은 III장에 언급될 것이다. 둘째, 쌍발엔진 도입으로 헬리콥터가 고급화되면서 Autopilot 등의 장착률이 증가하여 조종사의 workload를 감소시켰다. 셋째, 대체로 쌍발 터빈 헬리콥터 조종사들은 피스톤 헬리콥터나 단발터빈 헬리콥터 조종사에 비하여 조종 경력이 많아 사고 발생 확률을 감소시켰다.

최근 10년간의 우리나라와 미국의 민수용 헬리콥터 사고 건수와 이에 따른 사상자 및 기체파손에 대한 비교는 Table. 3에 나타내었다.

우리나라에서의 최근 10년간 민수헬기의 사고 27건 중, 전파는 14대(51.9%), 부분파손 또는 경미한 정도는 13대로 비율이 비슷하다. 이는 미국에서의 10년간 파손된 헬리콥터 1,908대 중에서 전파 564대(29.6%), 부분파손 또는 경미한 정도는 1,344대에 비하여 전파의 비율이 높은 편이다. 우리나라나 미국이나 단발헬리콥터에 비하여 쌍발 헬리콥터의 전파 비율이 높는데, 쌍발 헬리콥터는 단발헬리콥터에 비하여 엔진 동력상실에 의한 사고보다 비행 중 물체 충돌이나 조종성 상실, 기체결합에 의한 사고의 비율이 상대적으로 높다. 그런데 전자의 사고에 비하여 후자의 사고가 훨씬 더 치명적인 것으로 밝혀졌는데, 우리나라는 미국에 비하여 단발 피스톤이나 단발터빈 헬리콥터에 비하여 쌍발 헬리콥터 등록대수가 매우 높다. 또한, 국내 사고에 대하여 사고유형을 사고조사위원회가 분류한 데이터를 보유하고 있지는 않지만, 국내 사고를 NTSB 사고 유형으로 잠정 집계한 결과 비행 중 물체 충돌과 조종성 상실에 의한 사고가 상대적으로 많은 편인데 이는 대부분 전파로 이어졌다.

사상자 면에서 보면, 우리나라는 27회의 사고에서 37명의 사상자를 내어 사고 당 1.37명의 사상자가 발생된 반면, 미국은 1,954회의 사고에서 3,393명의 사상자가 발생하여 사고 당 2.04명의 사상자가 발생하였다. 미국의 사고에서 많은 사상자가 발생한 것은 우리나라는 산불진화 등의 공공기관에서의 활용, 또는 항공방제 등의 소수 인원이 탑승한 부정기적 운송이 많은 데 비하여 미국은 여객운송 또는 정기운송/위치이동 등 다수의 탑승자의 비행이 빈번한 것이 원인이라 생

각된다. 또한 국내 사고에서 사망자는 총 사상자 37명 중 12명으로 32.4%를 차지하고 있는데 미국의 16.3%에 비하여 높은 편이다.

Table 3. 최근 10년간 한국과 미국의 민수 헬리콥터 사고에 대한 사상자 및 기체파손 비교표

구 분	대한민국	미국
기 간 (년)	1996~2005 (10년)	1988~1997 (10년)
등록대수 (대)	166 (2006기준)	12,911 (1997기준)
사 고 (건)	27	1,954
기체파손(대)	전 파	14
	부분파손	13
	소 계	27
사상자(명)	사 망	12
	중 상	18
	경 상	7
	소 계	37

즉, 최근 10년간 우리나라에서 발생된 민수 헬리콥터의 사고를 미국과 사고의 발생을, 파손이나 사상자 등을 종합하여 비교하면, 사고의 발생율은 상대적으로 높지만 탑승자가 많지 않은 것으로 추측되어 사상자는 많지 않다. 그러나 사망자의 비율과 기체 전파의 비율이 높아 헬리콥터 사고가 큰 참사로 이어진다고 할 수 있다.

III. 미국의 터빈엔진헬기 사고분석

미국의 민수용 헬리콥터는 1989년 기준으로 10,469대가 등록되어 있으며, 그중에서 약 7,488대가 활동 중인 것으로 추정된다. NTSB에서 발표한 자료에 근거하여 1963년부터 1997년까지 34년간 8,436건에 달하는 미국의 민수 헬리콥터 사고에 대한 엔진형태별 사고분포는 Table. 4에 나타내었는데, 발생 사고의 70%가 다음의 네 범주에 속한다.

- ▶ 엔진 동력 상실 : 2,408 (28.5%)
- ▶ 비행 중 물체 충돌 : 1,322 (15.7%)
- ▶ 조종성 상실 : 1,114 (13.2%)
- ▶ 기체/부품/계통 결함 : 1,083 (12.8%)

1. 엔진의 동력상실

쌍발 터빈 헬리콥터는 1961년 민수분야에서 처음으로 도입되어 사용된 이유 중 하나는 두개의 엔진이 안전성을 증진시킬 것이라는 인식이 널리

Table 4. 미국의 민수헬기의 장착엔진별 사고유형 분포

NTSB 분류 사고유형	상용 제작			아마 유어 형식	계
	단발	단발	쌍발		
	피스톤	터빈	터빈		
	건(%)	건(%)	건(%)	건(%)	건(%)
엔진 동력 상실	1,554 (28.9)	704 (31.3)	39 (12.9)	111 (21.5)	2,408 (28.5)
비행 중 물체 충돌	953 (17.7)	298 (13.3)	43 (14.2)	28 (5.4)	1,322 (15.7)
조종성 상실	625 (11.6)	284 (12.6)	40 (13.2)	165 (32.0)	1,114 (13.2)
기체/부품/계통 결함/기능장애	639 (11.9)	282 (12.6)	89 (29.5)	73 (14.1)	1,083 (12.8)
경착륙	483 (9.0)	140 (6.2)	8 (2.6)	25 (4.8)	656 (7.8)
비행 중 지형 /수면 충돌	443 (8.2)	143 (6.4)	16 (5.3)	40 (7.8)	642 (7.6)
전 복	290 (5.4)	119 (5.3)	4 (1.3)	20 (3.9)	433 (5.1)
기 상	57 (1.1)	85 (3.8)	12 (4.0)	5 (1.0)	159 (1.9)
기 타	327 (6.1)	192 (8.5)	51 (16.9)	49 (9.5)	619 (7.3)
계	5,371	2,247	302	516	8,436
등록대수	3,994	3,616	1,069	1,790	10,469

Table 5. 엔진 동력상실에 의한 사고유형 비교 - 터빈엔진 (단발 대 쌍발)

사 고 유 형	단발	쌍발
엔진 구조	189	15
사고와 관련된 공기/연료 혼합	연료 고갈	82
	연료 계통	92
	연료 오염	43
	연료 부족	26
	연료 제어	27
	흡기 계통	26
	연료 부적합	3
기타 엔진 계통	17	1
로터 구동 계통	7	0
기타 하부 유형	11	0
미확인/기타	181	6
총 계	704	39

퍼져 있었다. 실제로, 쌍발엔진 헬리콥터는 한쪽 엔진 불가동 시, 안전성을 향상시킨다. 쌍발 터빈

헬리콥터의 도입으로 엔진 동력 상실에 의한 사고가 단발 터빈 헬리콥터의 31%에서 13%로 비약적으로 감소되었다. 이는 쌍발 헬리콥터가 동력상실 시, 단발 헬리콥터에 비하여 상대적으로 높은 안전성을 발휘하는, 당연한 결과로 판단된다.[4] 그러나 헬리콥터가 클수록 많은 승객을 수송할 능력을 갖게 되므로 대형 사고를 일으켜 많은 사상자가 발생할 가능성이 높다. 장착 엔진수에 무관하게 터빈 헬리콥터는 동력상실에 의한 사고 중 40% 이상이 연료고갈 등을 포함한 공기/연료 혼합계통에 의해 발생되었다는 것을 알 수 있다.(Table. 5)

2. 비행중 물체 충돌

비행 중 물체 충돌 사고를 백분율로 비교할 때 단발 터빈 헬리콥터와 쌍발 터빈 헬리콥터는 각각 13.3%와 14.2%를 차지하고 있다. 비행 중 물체 충돌 사고에 있어서 단발 터빈 헬리콥터는 전선, 철탑, 나무를 비롯하여 충돌한 물체가 고르게 분포되어 있다.(Table. 6) 이에 비하여 쌍발 터빈 헬리콥터는 전선, 비행장/헬기장 시설과의 충돌이 압도적으로 많다.

Table. 6. 비행중 물체 충돌에 의한 사고유형 비교 - 터빈엔진 (단발 대 쌍발)

사 고 유 형	단발터빈	쌍발터빈
전 선	310	13
전선/철탑	197	0
나 무	148	7
기둥/파이프	47	2
비행장/헬기장 시설	32	12
담/담의 기둥	26	2
바위/수풀/지형	30	1
운반체	35	0
농작물	35	0
FOD	19	1
건 물	29	1
비행기	14	2
철 탑	8	2
조류충돌	7	0
미확인 물체	10	0
기 타	8	0
총 계	298	43

Table. 7은 물체와 충돌에 의한 사고에 대한 사고 원인을 나타내고 있다. 터빈 헬리콥터의 비행 중 물체 충돌에 의한 사고는 다른 원인이 동반되었다고 해도 조종사의 부적절한 결정이 가장 많은 사고의 원인이었음을 보이고 있다.

Table. 7. 비행중 물체 충돌에 의한 사고원인 비교 - 터빈엔진 (단발 대 쌍발)

사 고 원 인	단발터빈	쌍발터빈
부적절한 결정	77	8
미결정	37	2
시야수준 감소	34	5
파악 및 회피 실패	32	2
바람에 의한 유동	21	3.5
회피 주의	18	1
잠복 지형	16	0.5
피로수명 한계	15	1
물체 근접	14	2.5
장 비	13	1
부적절한 회전수/성능	12	0.5
부적절한 선회 간격	11	2.5
부적절한 정보	0	3.5
총 계	298	33

3. 조종성 상실

비행 중 조종성 상실에 의한 사고에 있어서, 단발 터빈 헬리콥터는 2,247의 사고 중 284건이며, 쌍발 헬리콥터는 사고 전체 302건 중에서 40건으로 각각 13%정도 차지하고 있다. 터빈 엔진 헬리콥터의 조종성 상실 사고의 원인을 Table. 8과 같이 분류할 수 있다.

Table. 8. 비행중 조종성 상실에 의한 사고원인 비교 - 터빈엔진 (단발 대 쌍발)

사 고 원 인	단발터빈	쌍발터빈
조종장치의 부적절한 운용	82	8
로터 저회전수	8	1
바 람	28	5
미결정	32	4
지상장비에 접촉/걸림	30	3
비행 조종장치 파손/결합	14	6
중량/CG	14	0
시각적 기준점 상실/공간적 혼란	36	7
부적격 운용	6	0
기체/계통 고장 또는 기능장애	7	1
부적절한 사전 비행 계획	5	0
기 타	22	5
총 계	284	40

터빈 엔진 헬리콥터는 조종장치의 부적절한 운용과 시각적 기준점 상실/공간적 혼란 등이 조종성 상실 사고의 가장 큰 원인으로 지목되고 있

다. 단발 터빈 헬리콥터에서는 모든 사고유형에 고르게 분포되어 있는 반면, 쌍발 터빈 헬리콥터에서는 일부에 집중되어 있는 것으로 집계되었다.

4. 기체/부품/계통 결함 또는 기능장애

단발 및 쌍발 터빈 헬리콥터에 있어서 기체/부품/계통 결함 또는 기능장애에 의한 사고는 각각 282건과 89건이 발생하였다. 쌍발 터빈 헬리콥터의 기체결함사고는 29%로 단발 터빈 헬리콥터 사고에 비하여 거의 2배(2,247건의 12.8%) 이상이 된다. 이것은 쌍발 엔진 헬리콥터의 기계적 구조가 단발 엔진 헬리콥터에 비하여 복잡한 것이 원인인 것으로 추측된다. 백분율을 근거로 비교할 때, 단발 터빈 헬리콥터와 쌍발 터빈 헬리콥터는 사실상 유사한 비율로 기체결함 문제가 발생되었다. 쌍발 터빈 헬리콥터 기체결함의 대부분은 주로터와 꼬리로터 모두에 대한 구동 계통과 로터 계통의 고장이었다. 기체결함에 의한 사고에 대하여 동력전달장치, 구동축, 로터 블레이드, 그리고 허브 문제로 발생된 것이 68%를 초과하였다. 백분율을 기준으로 쌍발 터빈 헬리콥터 기체결함에 의한 사고는 단발 터빈 헬리콥터와 비슷한 결과를 보였다. 단발 터빈 헬리콥터와 쌍발 터빈 헬리콥터의 주요 계통의 고장에 대한 사고 건수는 Table. 9에 나타내었다.

Table. 9. 시스템 별 기체결함 사고 - 터빈엔진 (단발 대 쌍발)

기체 주요 계통	단발 터빈		쌍발 터빈	
	수	%	수	%
구동트레인-주	49	17.3	13	14.6
구동트레인-꼬리	54	19.1	19	21.3
주 로터	36	12.8	19	21.3
꼬리 로터	52	18.4	10	11.2
조종계통-주	29	10.3	11	12.3
조종계통-꼬리	11	3.9	7	7.9
기체 (동체, 부계통)	41	14.5	8	9.0
착륙장치	2	0.7	2	2.2
엔진	3	1.1	0	0
미결정/기타	5	1.8	0	0
총 계	282	100	89	100

이 자료에 의하면 단발엔진에서 쌍발엔진으로 변화했음에도 불구하고 여전히 기체 주요 계통이 완벽하게 개량되지 않은 것으로 추정된다. 단발 터빈 헬리콥터와 마찬가지로 쌍발 터빈 헬리콥터에 있어서도 구동계통 및 로터계통 모두 피로에 의한 결함이 주된 원인이었다. 단발 터빈 헬리콥

터와 쌍발 터빈 헬리콥터의 결함 모드/시스템 매트릭스를 Table. 10과 11에 각각 나타내었다.

Table. 10. 결함 모드/시스템 매트릭스 - 단발 터빈엔진

고 장 모 드	구동 계통	로터 계통	조종 계통	기체 착륙 장치	기 타	계
피 로	26	21	5	17	1	70
부적합 조립/장착정비	15	5	14	4	1	39
재질 결함	0	30	0	0	0	30
미확인/미보고	6	6	5	7	2	26
고 장	15	3	1	5	0	24
분 리	13	3	4	1	1	22
외부물체에 의한 손상	8	11	0	2	0	21
과하중	9	0	2	0	0	11
조종사행위/운용 원인	2	0	1	5	3	11
윤활 부족	0	6	0	0	0	6
미끄러짐	1	0	5	0	0	6
미연결	4	0	0	1	0	5
블레이드-기체 충돌	1	0	2	1	0	4
적층박리/접착이탈	1	3	0	0	0	4
베어링 결함	2	0	0	0	0	2
Bent/binding/jam	0	0	1	0	0	1
블레이드-기체 충돌	0	0	0	0	0	0
총 계	103	88	40	43	8	282

Table. 11. 결함 모드/시스템 매트릭스 - 쌍발 터빈엔진

고 장 모 드	구동 계통	로터 계통	조종 계통	기체 착륙 장치	계
피 로	13	13	4	3	33
부적합 조립/장착 정비	3	1	7	3	14
재질 결함	3	2	2	0	7
미확인/미보고	1	4	1	1	7
고 장	1	3	2	0	6
분 리	5	0	0	0	5
외부물체에 의한 손상	1	4	0	0	5
과하중	2	0	0	2	4
조종사행위/운용 원인	1	1	0	1	3
윤활 부족	1	0	1	0	2
미끄러짐	0	1	0	0	1
미연결	0	0	1	0	1
블레이드-기체 충돌	1	0	0	0	1
총 계	32	29	18	10	89

단발과 쌍발 터빈 헬리콥터는 모두 주로터 및 꼬리로터, 그리고 꼬리로터 구동 트레인 및 꼬리로터 조종장치의 결함 또는 기능장애 때문에 반토크와 방향 조종성을 상실한 경우가 사고의 가장 큰 원인으로 분석되었다. 쌍발 터빈 헬리콥터의 경우에는 엔진의 결함에 의한 사고는 전혀 없

었다. 기체/부품/계통 결함 또는 기능장애가 원인인 터빈 헬리콥터의 사고를 살펴보면, 단발 헬리콥터(24.8%)보다 쌍발 헬리콥터(37.1%)에서 피로에 의한 결함이 기체결함 사고의 주된 원인인 것으로 결론내릴 수 있다. 이는 대부분의 쌍발 터빈 헬리콥터가 단발 터빈 헬리콥터를 기본으로 하여 발전시킨 것이 원인으로 추측된다.

5. 터빈엔진 헬기 사고종합

1963년부터 1997년까지 단발 및 쌍발 터빈 헬리콥터의 사고에 의한 인명 손실 및 기체 파손 정도를 Table. 12와 13에 각각 나타내었다.

대체로 쌍발 터빈 헬리콥터는 단발 터빈 헬리콥터에 비하여 파손 정도가 크고 사망률도 더 높게 집계되었다. 이는 쌍발 헬리콥터가 대형이 많으므로 파손률이나 사망률 면에서 대형 사고를 일으킬 가능성이 높기 때문으로 판단된다. 또한 엔진 동력상실에 의한 사고에 비하여, 비행 중 물체충돌에 의한 사고, 또는 기체결함에 의한 사고는 사망률과 파손율도 높은 것으로 분석되었는데, 이는 물체충돌 또는 기체결함에 의한 사고가 엔진 동력상실에 의한 사고보다 더 치명적이라는 것을 의미한다.

Table. 12. 단발 터빈 헬리콥터 사고의 인명/기체 손실 비교

항 목		동력 상실	물체 충돌	조종 상실	기체 결함
인명 사상	사 망	129	140	155	157
	중 상	237	106	123	110
	경 상	1480	442	476	438
	계	1,846	688	754	705
기체 손실	전 과	139	114	125	111
	부분적 손상	546	182	159	163
	경미/무손상	19	2	0	8
	계	704	298	284	282

Table. 13. 쌍발 터빈 헬리콥터 사고의 인명/기체 손실 비교

항 목		동력 상실	물체 충돌	조종 상실	기체 결함
인명 사상	사 망	16	35	38	148
	중 상	26	29	14	37
	경 상	98	111	83	267
	계	140	175	135	452
기체 손실	전 과	13	16	17	34
	부분적 손상	21	25	22	40
	경미/무손상	5	2	1	15
	계	39	43	40	89

운용단계별에 대하여 단발 및 쌍발 터빈 헬리콥터 사고의 통계치를 각각 Table.14와 15에 나타내었다. 터빈 헬리콥터는 운용단계별 사고에 있어서도 순항 시의 사고가 압도적으로 많은 수를 차지하고 있으며, 이륙, 착륙, 정지비행 시에 비슷한 사고 건수를 보이고 있다. 터빈 헬리콥터는 동력상실에 의한 사고가 거의 모든 비행운동에서 발생되었다.

Table. 14. 단발 터빈 헬리콥터의 운용단계별 사고

사 고 유 형	동력 상실	물체 충돌	조종 상실	기체 결함
순 항	314	50	34	107
기 동	84	65	39	28
이 륙	104	57	74	36
접 근	64	16	20	47
정지비행	58	41	61	14
착 륙	33	30	30	14
강 하	24	9	4	16
상 승	15	2	2	6
저속할주	0	15	4	1
정 지	2	1	5	7
기 타	5	10	2	6
미확인	1	2	9	0
총 계	704	298	284	282

Table. 15. 쌍발 터빈 헬리콥터의 운용단계별 사고

사 고 유 형	동력 상실	물체 충돌	조종 상실	기체 결함
순 항	13	4	6	46
기 동	2	6	8	3
이 륙	8	11	6	9
접 근	2	1	8	5
정지비행	8	6	5	6
착 륙	2	10	2	4
강 하	2	0	0	2
상 승	2	0	0	9
저속할주	0	5	1	1
정 지	0	0	3	3
미확인	0	0	1	1
총 계	39	43	40	89

순항시 및 고출력 운용시(이륙, 상승, 정지비행), 단발 터빈 헬리콥터는 62.2%, 쌍발 터빈 헬리콥터는 65.9%의 사고가 발생하였다. 물체 충돌에 의한 사고에 대해서, 단발 터빈 헬리콥터는 298건의 사고가 기동, 순항, 이륙 시에 가장 많고 모든 운용단계에 고르게 분포되어 있다. 이에 반

하여 쌍발 터빈 헬리콥터는 43건 중에서 21건이 이착륙 중에 발생되었다는 것을 나타내고 있다. 지상 활주 및 정지비행과 같은 이륙 전 준비단계에서도 11건의 사고가 있었다. 즉, 이착륙 단계에서 헬기장시설이나 전선과의 충돌이 다수를 차지하고 있는 반면, 실제적인 순항비행에서는 비교적 사고가 많이 발생되지 않은 것으로 밝혀졌다. 단발 및 쌍발 터빈 헬리콥터 사고의 유형에 대하여 활동별 사고를 분석한 통계를 각각 Table. 16 과 17에 나타내었다.

엔진 동력 상실 사고에 있어서 단발 터빈 헬리콥터는 항공응용, 일반용도, 개인사용, 지도/훈련, 여객운송 등 모든 부분에서 발생한 반면, 쌍발 터빈 헬리콥터는 여객운송과 일반용도, 그리고 정기운송/위치이동으로 운용할 때 사고의 대부분이 발생되었다. 세부적으로 살펴보면, 단발 터빈 헬리콥터는 항공응용 및 일반용도로 활동 시에 51.7%가 발생되었으며, 쌍발 터빈 헬리콥터는 여객운송, 일반용도, 그리고 정기운송/위치이동으로 활동 시에 63.6%가 발생하였다. 이는 쌍발 터빈 헬리콥터가 단발 터빈 헬리콥터에 비하여 대체로 이륙중량이 높기 때문에 단발 터빈 헬리콥터는 항공응용 및 일반용도로 많이 활용하고 쌍발 터빈 헬리콥터는 여객운송, 일반용도, 정기운송/위치이동 등에 많이 활용하기 사용되는 것이 원인으로 추측된다. 엔진 동력 상실 사고의 경우, 활동별 사고에 대한 사고율은 단발 터빈 헬리콥터와 쌍발 터빈 헬리콥터가 유사성을 갖고 있지만 다른 사고 유형에 대해서는 활동별 사고에 대한 공통점이나 유사성을 찾기는 용이하지 않았다.

Table. 16. 단발 터빈 헬리콥터의 활동별 사고

사 고 유 형	동력 상실	물체 충돌	조종 상실	기체 결함	기타	계
항공응용	52	71	74	73	209	642
일반용도	162	83	79	90	106	520
개인사용	58	12	11	17	42	135
여객운송	215	17	9	10	28	97
지도/훈련	15	33	30	25	50	209
업무사용	71	1	8	6	26	67
정기운송/위치이동	53	4	11	8	89	127
비행/정비 시험	26	13	19	10	35	93
행정/법인	33	26	30	16	70	200
공공/군수 사용	16	1	0	2	1	7
미확인/미보고	3	37	13	25	23	150
총 계	704	298	284	282	679	2,247

Table. 17. 쌍발 터빈 헬리콥터의 활동별 사고

사 고 유 형	동력 상실	물체 충돌	조종 상실	기체 결함	기타	계
항공응용	1	1	2	0	0	4
일반용도	11	5	9	13	11	49
개인사용	1	0	2	0	3	6
여객운송	11	19	9	34	24	97
지도/훈련	0	1	2	1	9	13
업무사용	4	2	3	6	8	23
정기운송/위치이동	5	7	7	13	14	46
비행/정비 시험	3	0	3	7	3	16
행정/법인	3	3	1	13	11	31
공공/군수 사용	0	4	2	1	5	12
미확인/미보고	0	1	0	1	3	5
총 계	39	43	40	89	91	302

IV. 결 론

1996년부터 2005년까지 최근 10년간의 우리나라와 미국의 민수용 헬리콥터 사고를 비교하여 분석하고, 또한 1963년부터 1997년까지 미국의 민수용 헬리콥터 사고를 조사하여 종합한 자료를 인용하여 분석한 결과, 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

1. 최근 10년간 우리나라에서 발생한 민수 헬리콥터의 사고는 미국에 비하여 사고의 발생율은 상대적으로 높았지만 사상자는 많지 않았다. 그러나 사망자의 비율과 기체 전파의 비율이 높아 헬리콥터 사고가 큰 참사로 이어진다고 할 수 있다.

2. 민수 터빈 헬리콥터 사고에 있어서, 인명 손실 및 기체 파손 정도에 있어서는 쌍발 헬리콥터는 단발 헬리콥터에 비하여 크기도 크고 탑승인원도 더 많아 파손 정도 및 사망률도 더 높게 집계되었다. 또한 엔진 동력 상실에 의한 사고에 비하여, 비행 중 물체 충돌에 의한 사고, 또는 기체결함에 의한 사고가 보다 치명적이어서 인적, 물적 손실이 큰 것으로 분석되었다.

3. 미국의 민수 헬리콥터 사고에 있어서, 엔진 형태에 상관없이 헬리콥터에 있어서 사고의 주요 원인은 엔진 동력상실, 비행 중 물체 충돌, 조종성 상실, 기체/부품/계통결함 또는 기능장애에 의한 것이 70% 정도를 차지하고 있다.

4. 미국의 민수 헬리콥터 사고에 대해서, 단발

터빈 헬리콥터는 엔진의 동력상실에 의한 사고가 가장 많은 반면 쌍발 터빈 헬리콥터는 기체결합에 의한 사고가 압도적으로 다수를 차지하고 있다. 비행 중 물체 충돌, 조종성 상실 등에 의한 사고는 엔진 수에 관계없이 비슷한 사고율을 보였다.

5. 미국의 민수 헬리콥터 사고에 대해서, 사고를 운용단계별로 구분할 때, 순항 시에 엔진 수에 무관하게 가장 많이 발생하여 거의 비행시간과 비례하여 사고가 많이 발생한 것으로 집계되었다. 사고를 활동별로 구분할 때, 단발 터빈 헬리콥터는 항공응용 및 일반용도 분야에서 51.7%가 발생되었으며, 쌍발 터빈 헬리콥터는 여객운송, 일반용도, 그리고 정기운송/위치이동 시에 63.6%가 발생하였다.

6. 미국의 민수 터빈 헬리콥터에 있어서 물체 충돌 사고 중, 전선, 전선/철탑, 비행장/헬기시설과의 충돌이 많은 부분을 차지하고 있다. 쌍발 터빈 헬리콥터의 경우, 순항 시보다 저고도에서 운용되는 이착륙 시에 많은 물체충돌 사고가 발생되었다. 충돌사고는 부적절한 결정이 주된 사고원인이며, 꼬리로터 충돌이 주로터 충돌보다 2배 이상이 된다.

7. 미국의 민수 터빈 헬리콥터 기체결합의 대부분은 주로터와 꼬리로터 모두에 대한 구동계통과 로터계통에 있어서 고장이었다. 그 중에서도 꼬리로터 구동계통의 구동 샤프트가 가장 많은 사고의 원인이 되는 부품이었다. 단발 터빈

헬리콥터와 쌍발 터빈 헬리콥터에 있어서도 구동계통 및 로터계통 모두 피로에 의한 결함이 주된 원인이었다.

8. 미국의 민수 일부 기종만 제외하고 제작사들은 단발엔진 헬리콥터를 바탕으로 단순히 엔진을 추가하고 관련된 부품/계통을 재설계하여 개량된 생산품을 통합하여 쌍발 헬리콥터를 개발했다. 많은 경우에 보다 최신의 재료로 대체되었지만, 동력전달 또는 로터계통에서의 주된 형상의 변화는 없었다. 그러나 로터 블레이드와 허브에 대해서는 새로운 형식의 채택에 의한 부품수 감소로 인하여 부품/계통의 결함에 의한 사고가 감소될 것으로 예상된다.

참고문헌

- [1] Harris, F. D., Kasper, E. F., and Iseler, L. E., "U.S. Civil Rotorcraft Accidents, 1963 Through 1997," NASA TM-2000-209597, Dec. 2000.
- [2] 이정훈, 송병흠, "민수용 단발-쌍발 터빈 엔진 헬리콥터 사고에 대한 비교 분석," 한국항공학회 2005 추계학술발표대회, 2005.
- [3] 이정훈 외, "한국형 헬기 개발방안 수립," 산업자원부, 2005.
- [4] 이정훈, 김승호, "민수용 회전익기 사고조사 분석," 2004 항공우주무기체계발전세미나, 2004.
- [5] 이정훈, 임창호, "미국의 민수용 헬리콥터 사고 조사 분석," 항공우주산업기술동향 3권 제2호, pp. 9-15, 2005.