

건설용 리프트 구동축의 저면 에코 소실에 관한 조사 연구

이광길 · 이동주* · 김용국 · 양원백 · 김세완 · 박대식 · 박재석

한국산업안전공단 · 충남대학교 기계공학과

1. 서론 및 연구배경

건설용 리프트는 아파트 건설 현장에서 없어서는 안될 필수 장비의 하나로 인식되고 있다. 건설경기의 부침에 따라 차이가 있기는 하나 우리나라에는 11,000여대의 리프트가 사용되고 있는 것으로 추정된다. 리프트는 사람이 탑승하거나 하물을 운반하는데 사용되고 있으며 산업안전보건법상의 유해·위험기계기구로 규정되어 법정검사를 받고 있다.

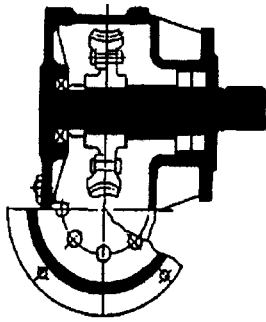
그 동안 리프트 구동축의 노후로 인한 파단으로 몇 건의 중대재해가 발생한 바 있다. 이에 따라 한국산업안전공단에서는 재해예방 대책의 일환으로 리프트 구동축의 비파괴 실험을 실시하여 균열이 있거나 재질상의 열화 또는 변화가 의심되는 축들을 교체토록 하였으며, 이에 대한 개선 대책을 마련하여 관련 사업장에 널리 보급하여 구동축 파단에 의한 사고를 방지하였다.

비파괴실험의 주목적은 피니언이 조립된 축의 단차부에 균열이 있는지 여부를 판단하는 것이었으나 검사도중 반사파가 튀지 않거나 아주 미약한 것이 있었다. 이 현상을 저면에코 소실이라 하는데, 본 논문에서는 저면에코가 소실된 축의 기계적 특성을 비교 분석한 내용을 소개하고자 한다.

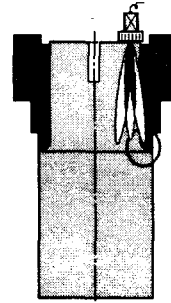
2. 실험방법

리프트는 형태에 따라 여러 종류가 있으나 랙 및 피니언식 리프트가 주류를 이루고 있다. 피니언이 마스트에 설치된 랙을 따라 회전함으로 인하여 운반구가 상승 혹은 하강함으로써 사람이나 하물을 운반하게 된다. 구동축은 [그림 1]과 같이 조립되어 있어 초음파탐상실험 이외의 다른 비파괴실험으로는 축의 적정성 여부를 판단할 수 없었으므로 [그림 2]와 같이 축의 한쪽 끝면에서 초음파를 이용하여 실험하는 방법 및 기준을 개발하였다. 분해된 경우에도 동일한 방법 및 기준으로 실험하였다.

실험방법은 1차적으로 <그림 2>와 같이 초음파탐상 실험을 하여 균열이 있거나 저면 에코 소실이 발생하는 축을 선별하였다. 실험 결과는 <표 1>과 같으며 실험 대상 8,302개의 구동축 중 256개(3.1%)의 축에서 저면 에코 소실이 발견되었다.



<그림 1> 구동축의 조립도



<그림 2> 구동축의 초음파탐상

<표 1> 비파괴검사 결과

(단위 : 개)

계	불량			적정
	소계	균열	소재불량	
8,302 (100%)	796 (9.6%)	540 (6.5%)	256 (3.1%)	7,506 (90.4%)

그리고 2차적으로 <그림 3>과 같이 정상인 축(#11), 저면에코 소실이 심한 축(#23), 저면 에코 소실(#31)이 중간인 축을 각각 1개씩 선정하여 화학성분 분석, 인장실험, 경도실험, 조직 실험 등을 통하여 저면 에코 소실과 이들 실험결과의 연관 관계를 살펴보았다.

3. 실험 결과

가. 초음파탐상 실험

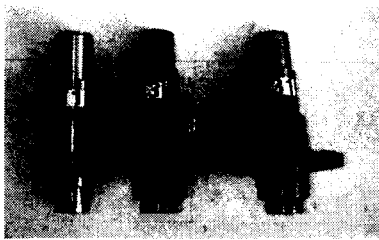
이들 축에 대한 초음파탐상 실험 결과는 <표 2>와 같다. 정상적인 축의 에코를 디스플레이 스크린 높이의 80%에 맞추어 이를 기준감도로 정하고, 23번 축 및 31번 축을 실험하였으나 에코가 전혀 발생되지 않았다. 따라서 스크린상에 에코가 나타날 때까지 평가감도를 높여 가며 실험해 본 결과, 23번 축은 기준감도에서 24dB 높였을 때 에코의 높이가 스크린 높이의 5%이하가 되었으며, 31번 축은 기준감도에서 12dB를 높였을 때 스크린 높이의 5%이하가 되었다. 이는 금속입자의 크기에 따른 재료의 이방성에 의하여 초음파가 산란 또는 흡수되어 에너지가 손실됨으로써 저면 에코가 소실되는 것으로 생각된다.

<표 2> 초음파탐상실험 결과

시 편 구 분	#11	#23	#31
기준감도	52dB	52dB	52dB
평가감도	기준감도	기준감도+24dB	기준감도+12dB
에코 높이	스크린 높이의 80%	스크린 높이의 5%이하	스크린 높이의 5%이하

나. 화학성분 분석실험

<그림 4>와 같이 축 1개당 3개씩 시편을 가공하였으며, <그림 4>의 화학성분 분석 장비(Spark Emission Spectrometer)를 사용하여 분석하였다. 분석결과는 <표 3>과 같 으며 축의 재질은 모두 탄소함유량 0.45% 정도인 탄소강(SM45C)으로 판단된다.



<그림 3> 구동축



<그림 4> 성분분석기 및 시편

<표 3> 화학성분분석 결과

단위(%)

구 분	C	Si	Mn	P	S
KS D 3752 표준성분(SM45C)	0.42~0.48	0.15~0.35	0.60~0.90	0.030이하	0.015이하
#11	0.435	0.258	0.757	0.021	0.015
#23	0.486	0.241	0.690	0.014	0.010
#31	0.421	0.255	0.658	0.013	0.012

다. 기계적 실험

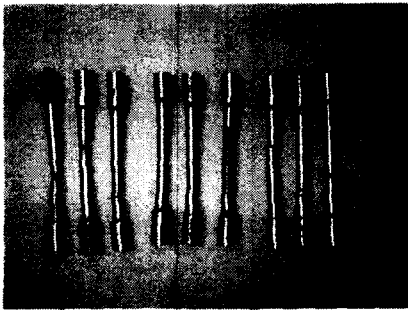
인장실험을 위해 <그림 5>와 같이 시편을 축 1개당 3개씩 준비하였다. 실험은 <그림 6>의 인장실험기를 사용하였으며 실험결과는 <표 4>와 같다.

<표 4> 인장강도 실험결과

(단위 : kgf/mm²)

구 분	SM45C(KS D 3752)	# 11	# 23	#31
불림(N)	58이상(100%)	70.6 (121.7%)	74 (127.5%)	73.7 (127%)
풀림(A)	-			
담금질(H)	70이상			

이를 살펴보면 11번 축의 인장강도는 70.6kgf/mm², 23번 및 31번 축은 각각 74kgf/mm², 73.7kgf/mm²로써 거의 유사하였다.



<그림 5> 인장시편



<그림 6> 인장시험기

항복강도 실험결과는 <표 5>와 같으며 11번 축은 41.7kgf/mm²인데 반해, 23번과 31번 축은 각각 28.9kgf/mm²(69.3%), 34.5kgf/mm²(82.7%)에 지나지 않았다. 따라서 23번과 31번 축은 작은 힘에도 쉽게 변형이 생기고 일단 변형이 생기면 원상태로 회복되지 않고 영구변형이 남을 수 있음이 확인되었다.

<표 5> 항복강도 실험결과

(단위 : kgf/mm²)

구 분	SM45C(KS D 3752)	# 11	# 23	#31
불림(N)	35이상(100%)	41.7 (11.9%)	28.9 (82.6%)	34.5 (98.5%)
풀림(A)	-			
담금질(H)	50이상			

연신율은 <표 6>과 같으며 11번 축은 20.6%로 적정하나 23번 및 31번 축은 각각 13.2%, 14.6%로 기준 미달이었다.

<표 6> 연신율 실험 결과

(단위 : %)

구 분	SM45C(KS D 3752)	# 11	# 23	#31
불림(N)	20이상	20.6	13.2	14.6
풀림(A)	-			
담금질(H)	17이상			

라. 경도

경도는 외부에서 변형을 가할 때 피검체가 대항하는 정도를 나타내는 값으로 경도가 낮으면 잘 굽히거나 자국이 난다. 경도실험결과는 <표 7>과 같이 11번 축의 시편은 HB 119, 23번 축의 시편은 HB133, 31번 축의 시편은 HB 137로써 모두 기준 미달이었다.

<표 7> 경도실험 결과

(단위 : HB)

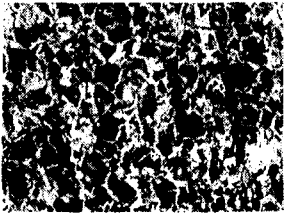
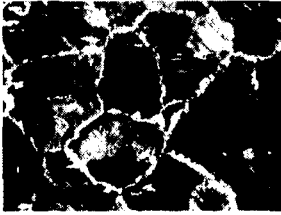

구 분	SM45C(KS D 3752)	# 11	# 23	#31
불림(N)	167~229	119	133	137
풀림(A)	137~170			
담금질(H)	201~269			

마. 입도

한국산업규격(KS D0205)에 의하면 입도는 단면적 1mm²당의 결정립(조직알갱이)의 수로서 입도 -3번부터 10번까지 규정되어 있다. 번호가 클수록 결정립 수가 많아지므로 세립강이라 부르며 조직이 치밀해진다.

실험결과는 <표 8>과 같이 11번 축은 입도 5로써 양호(세립강)하나, 23번 및 31번 축은 각각 입도 -2 및 입도 1로써 조직이 극히 조대하였다. 이는 축의 제조시 열처리가 적정하지 못하였거나 피니언의 분해 또는 조립시 좀더 쉽게 작업할 수 있도록 열을 가했던 것으로 추측된다.

〈표 8〉 입도실험 결과

시편	해당조직사진(× 100)	입도	비 고	시편	해당조직사진(× 100)	입도	비 고
#11		5	적정 (세립강)	#31		1	부적정 (조립강)
#23		-2	부적정 극히조 대 (조립강)				

4. 결 론

이번 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 저면 에코 소실과 입도는 직접적인 관계가 있을 것으로 판단된다.

둘째, 저면 에코 소실의 정도를 판단하여 재질 불량을 선별할 수 있었다.

셋째, 저면 에코 소실과 항복강도, 연신율 등은 직접적인 관계가 있을 것으로 판단되나 이를 검증하기 위해서는 좀더 많은 시편을 확보하여 추가적인 실험 및 연구가 필요할 것으로 생각된다.

감사의 글

본 논문은 한국산업안전공단에서 실시한 건설용 리프트 구동축에 대한 비파괴검사 결과를 바탕으로 작성되었다.

참고문헌

1. 한국산업안전공단, "리프트 비파괴검사 활성화 및 안전확보 대책"(안전분야 기술자료 안전 2000-23-269), pp. 5 ~ 44, 2000
2. 한국산업안전공단 건설용 리프트 구동축에 대한 비파괴검사 자료 및 결과