

자동차 중고재생 등속조인트의 성능특성에 관한 연구

A Study on the Performance Characteristics for Recycled Parts of C. V. Joint in the Vehicles

박인송*, 조휘창**
Park In Song , Jo Hui Chang

ABSTRACT

There are genuine parts, non-genuine parts and recycled parts which can be replaced for the repair of damaged parts of crashed cars. It is the recent trend in Korea that recycled C. V. joints are more popular than the genuine parts for repairing crashed cars due to the cost. Performance of recycled C. V. joints as replacement parts was tested and analysed in this study. To examine the durability of the recycled parts, the replaced C. V. joints after repair were tested and analysed periodically. The results were showed that basic performance of the recycled parts was normal. However ball cage was more frequently damaged than genuine parts. We concluded that a standard test for recycled parts is required to get a safe and durable parts.

주요기술용어 : C. V. joints(등속조인트), Recycled parts(재생부품), Genuine parts(순정 부품), Damaged parts(손상부품), Crashed cars(충돌사고차량)

1. 서 론

우리나라 자동차 산업의 발달과 함께 자동차 부품 시장 규모도 날로 성장하여 약 17조원에 육박하였고 이중 보수용 부품 시장 규모도 약 1조원에 이르며, 특히 주목할 만한 것은 보수용 부품 중 40~50%가 자동차보험 업계에서 수리비로 지급하고 있다는 것이다. 이러한 보수용 부품은 순정부품, 비순정부품, 중고 재생 부품으로 대별되며 충돌사고시 손상된 부품 복원 수리용으로 사용된다.^{3,9)}

아울러 캐나다의 건당 부품비용 구성비율은

순정부품 65.52%, 비순정부품 16.0%, 재활용 부품 15.72%, 기타 2.76%로 나타났다.

그리고 충돌사고시 발생하는 손상된 부품은 교환되거나 수리 대상으로 판명되어 복원 수리 과정을 거치게 되는데 각각의 손상부품은 대체적으로 올바른 판단기준에 의해 수리되어 지지만 일정부품의 경우 명확한 교환기준이 미비하여 손해사정업무에 어려움이 있다.

본 연구에서는 충돌 사고 차량에 복원 수리용으로 사용되어지는 등속 조인트가 최근에 순정부품 보다는 중고 재생 부품이 대부분을 차지하고 있는 실정을 감안하여 실제로 사용되고 있는 중고 재생 등속 조인트의 실태와 성능을 분석하여 실제 장착 차량의 사고 위험성을 알아보기 위

* 회원, 보험개발원 자동차기술연구소

** 회원, 서울대학 자동차과

해 충돌사고로 인해 교환되어지는 대표적인 등속 조인트의 손상 유형을 집적하여 분석하였다.

일반적으로 폐차등을 통해 수거된 중고 부품을 다시 공급하는 중고부품과 분리한 부품의 일부분을 수리 또는 부품으로 교환하여 공급하는 중고 재생으로 나누어진다.

따라서 본 연구에서는 성능이 확인되지 않는 후자의 중고 재생에 대해 재생 사례별 수리공정과 성능에 대해 평가시험을 통해 분석하였고 또한 중고 재생 등속 조인트의 활용성을 알아보았다.

2. 등속조인트의 구조와 손상형태

2.1 기본원리 및 설계

엔진의 구동력은 변속기로부터 종감속 장치를 통해 최종적으로 타이어에 의해 노면에 전달되지만 구동축은 그 중간 과정에 있어서 거리가 떨어진 2점 사이에 동력을 전달하는 기능을 갖고 있으며 등속 조인트는 굴곡각이 생겨도 입력축과 출력축 사이에 회전 변동이 발생하지 않아야 한다. 등속 전달의 일반적인 조건은 “입력축 사이의 동력 전달점이 입력축의 2등분면에 유지될 것”이며 아래 Fig. 1은 등속 조인트의 원리를 나타낸 것이다.

입력축 회전속도를 ω_i , 출력축 회전속도를 ω_o 로 하면 동력 전달점의 순간적인 속도는 하나이기 때문에 $\gamma_i \omega_i = \gamma_o \omega_o$ 이다. 등속 전달 $\omega_i = \omega_o$ 위해서는 $\gamma_i = \gamma_o$, 즉 $\alpha_i = \alpha_o$ 가 필요충분 조건이다.

등속 조인트는 구동축과 피동축 사이에 회전 속도와 토크의 변동 없이 동력전달이 일정하게 일어나므로 승용차의 서스펜션이 독립현가식인 액셀샤프트등과 같이 큰 각도로 동력을 전달하

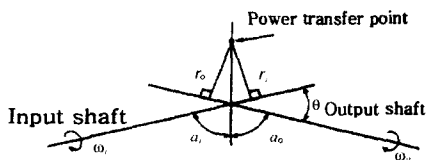


Fig. 1 Principle of the C. V. joint

는 부분에 사용되고 이러한 등속 조인트에는 버필드 조인트, 트리포드형 조인트, 더블오프셋형 조인트등 여러 종류가 있다.⁸⁾

드라이브 샤프트의 설계에 있어서는 차량 설계에 맞추어 다음과 같은 검토가 필요하다.

- 액셀, 종감속 장치와의 결합 방법
- 주변 부품과의 간극
- 센터 지지 베어링 필요 여부
센터 베어링 지지 방법
- 조인트 각도 및 그의 변화량

드라이브 샤프트의 강도는 비틀림 토크만을 받게 되고, 그 밖의 하중은 가해지지 않는다. 드라이브 샤프트로의 입력토크는 엔진의 최대토크와 변속기, 종감속 장치의 기어비로부터 계산하고 그 식은 아래와 같다.

$$T = T_e \times T_i \times F_i \times \eta \times 0.5 \text{ (N}\cdot\text{m)}$$

T_e : 엔진의 토크, T_i : 변속기의 변속비

F_i : 종감속장치의 감속비, η : 효율

0.5: 좌우 배분비

등속 조인트의 강도는 굴곡각이 작은 경우는 축강도에 지배되지만 각도가 크게 되면 조인트 본체가 파손되어 강도가 저하되는 경우가 있기 때문에 특히 전륜구동방식 차량의 검토에 있어서는 주의가 필요하며 Fig. 2와 같다.

또한 Fig. 3에서와 같이 등속 조인트에 굴곡각이 있는 상태에서 토크가 걸리면 우력에 의한 모멘트가 발생한다. 프런트 드라이브 샤프트에 엔진, 변속기의 배치상 좌우 축 길이 차이가 난 상태에서 급가속이 발생하면 모멘트가 발생하게 되는데 이것은 양축의 각이 동일하도록 지지 베

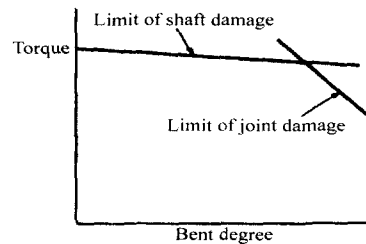


Fig. 2 Strength of the C. V. joint

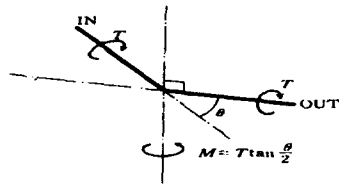


Fig. 3 Second torsional moment of the C. V. joint

어령을 설치해서 축의 길이와 조인트 각을 같게 하여 해결할 수 있다.⁸⁾

2.2 충돌사고유형과 손상형태

등속 조인트의 충돌사고로 인해 교환되는 사례는 차량의 손상정도가 엔진 마운팅의 장착된 위치가 차체변형과 함께 변형되는 경우와 차체 하부로부터 상부로 등속조인트부가 집중적으로 충격을 입어 형상이 변형하는 경우가 있다.

그러나 이렇게 손상되어진 등속 조인트의 교환은 직접적인 성능확인보다는 차체의 손상정도가 교환의 기준이 되는 경향이 많으며 그 원인은 등속 조인트 손상 진단방법과 교환기준이 명확하게 연구를 통해 제시되어 있지 않은 점이 이유가 되는 것으로 판단된다.^{2,7)}

등속 조인트가 손상을 입는 충돌사고형태는 정면 오프셋 충돌사고와 측면직각 충돌사고 그리고 측면경사 충돌사고이며 특히 빈도가 높은 것은 측면경사 충돌사고이다. 그러나 국내 실태를 조사한 결과 교환기준의 부재로 일반적인 정면충돌 사고와 동일하게 교환되고 있는 것으로 나타났다.

특히 국내의 도로상에서 등속 조인트가 빈번히 교환되어지는 일반적인 충돌사고 유형의 대표적인 사례는 Figs. 4, 5, 6, 7과 같고, 이때 차체 프론트 바디의 손상 형태는 Figs. 8, 9와 같다.^{1,4)}

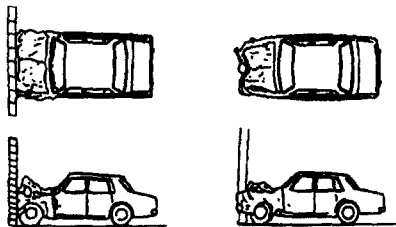


Fig. 4 Crash to a fixed object

이처럼 충돌사고에 의해 손상된 등속 조인트 손상유형은 크게 샤프트 휨, 부츠 찢어짐, 볼케이지 깨짐등으로 구분할 수 있다.

또한 등속 조인트의 수리교환빈도는 Fig. 10과 같이 총 보험사고 차량 760,965건중 5,813건으로

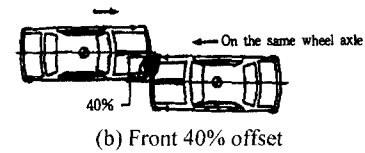
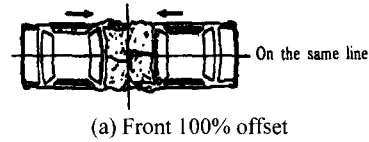


Fig. 5 Frontal collision by car to car

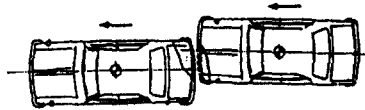


Fig. 6 Rear-end collision by car to car



Fig. 7 Side collision by car to car

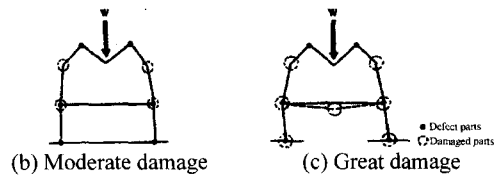
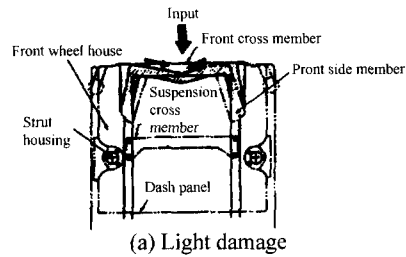


Fig. 8 Crash to a fixed object

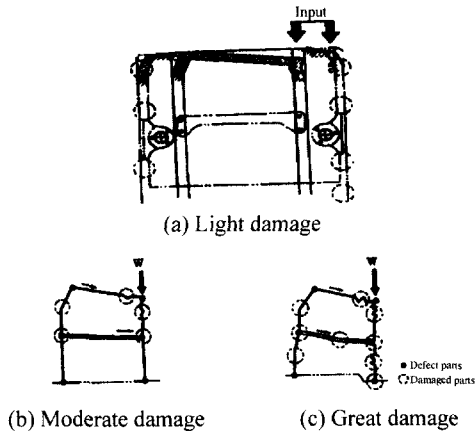


Fig. 9 Collision to offset

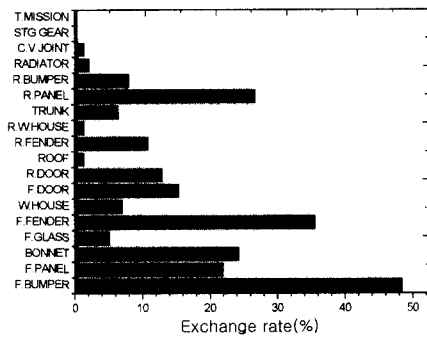


Fig. 10 Exchange rate of the C. V. joint

약 2.2%이고 수리 건수로는 16,741건이며, 이와 관련하여 지급된 수리비용은 연간 약 20억 정도로 추산됐다.³⁾

3. 실험 및 고찰

3.1 시험편

위에서 언급한 각각의 손상유형에 대해 재사용이 가능하도록 재생하는 일반적인 공정은 Fig. 11과 같으며, 또한 중고 재생 등속 조인트의 성능 특성실험을 위해 위와 같은 재생공정 작업으로 제작된 시편의 종류는 아래 Table 1과 같다.^{5,6)}

3.2 실험방법 및 고찰

재생공정 작업으로 제작된 시편의 성능특성

을 확인하여 신제품과의 성능비교 및 이의 재활용을 위한 조건들을 검토하기 위해 아래와 같이 실험을 실시했다.

실험에 사용된 장치는 Table 2와 같고 실험방법은 Table 3의 시험조건 및 평가기준에 의거 준중형차인 K사의 S차량을 사용하여 각 항목별 평가과정을 Fig. 12와 같이 실시했다.

아울러 각 재생 방법별 평가결과는 Table 4와 같이 일부항목을 예외하고 양호한 결과를 보였다.

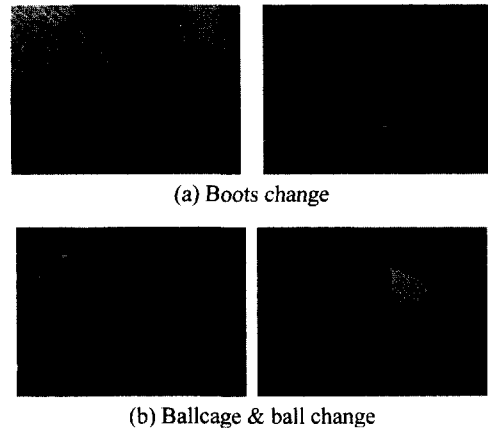


Fig. 11 Recycling works of damaged part

Table 1 The C. V. joint specimen

시편명	손상부위	손상유형	재생 방법
등속 조인트 (중고 재생)	샙프트	샙프트 휨	샙프트수리
	부츠	부츠찢어짐	부츠교환
	볼케이지	볼케이지 깨짐및마모	볼케이지 교환및용접

Table 2 Specification of the experimental equipment

설비명	사 양	Flange거리
비틀림내구 시험기	비틀림 토크 : 1000 kg · m 가진 주파수 : 10Hz	1200 mm
비틀림파단 시험기	비틀림 토크 : 2000 kg · m	1200 mm
회전 방향 틸새시험기	비틀림 토크 : 5 kg · m	1200 mm
회전내구 시험기	부하 : 200 kg · m 회전수 : 50 ~ 2000rpm	1000 mm

Table 3 Test standard of the C. V. joint

시험명	시험 조건	평가 기준
비틀림 내구	<ul style="list-style-type: none"> • 토크: 96.7 kg · m • 조인트 각: 0° • BJ, TJ: 고정 	편진 25만회 이상일 것
비틀림 파단	<ul style="list-style-type: none"> • 조인트 각: 0° • BJ: 고정, TJ: 요동 	300 kg·m 이상일 것
저부하 고속 회전 내구	<ul style="list-style-type: none"> • 토크: 27.5 kg · m • 요동각: 0~10° × 60 cpm • RPM: 1,000 	100시간 이상 일 것
회전 방향 틀새 측정	<ul style="list-style-type: none"> • 토크: 2 kg · m • 조인트 각: 0° • BJ: 고정, TJ: 부하 	1° 10' 이내

참고) BJ : Ball joint, TJ : Tripod joint
cpm : cycle per minute

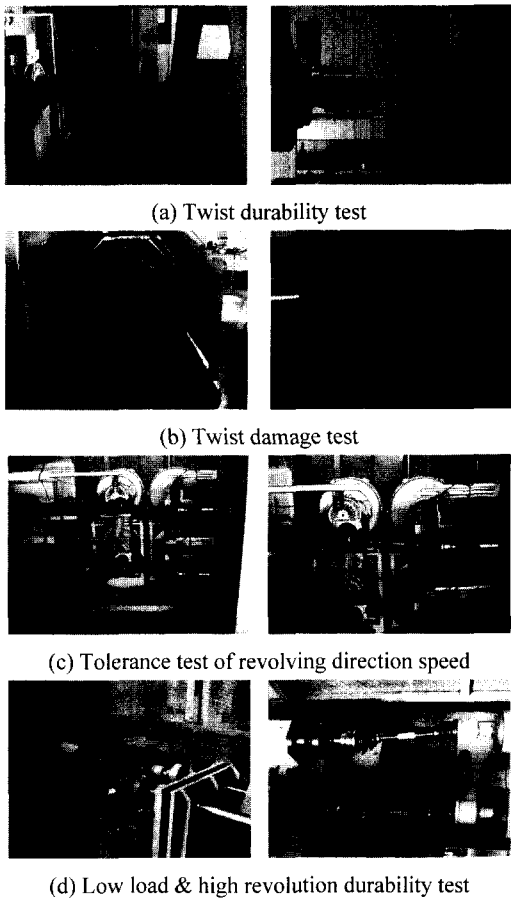


Fig. 12 Test course of recycled C. V. joint

Table 4 Test result of recycled C. V. joint

시험항목	실험 결과		
	샤프트 휨수리	부츠 교환	볼케이지 용접 수리
비틀림 내구	OK	OK	OK
비틀림 파단	OK	OK	OK
저부하 고속 회전	OK	OK	2~5% 미달
회전 방향 틀새 측정	OK	OK	2~5% 미달

특히 볼케이지 마모 부위 용접 수리 시험편의 저부하 고속회전 시험을 한 후 분해를 실시한 결과, 글루브(Groove)면에 박리현상과 볼(Ball) 6개 모두가 원주방향으로 버연(Burn)현상 그리고 케이지(Cage)창 6곳에 볼(Ball)에 의해 압흔된 면에서 용접 매움 자국이 내구성 약화로 파손위험이 높은 것으로 나타나 기준치에 미치지 못하는 것으로 분석됐다.

Fig. 13은 Table 1과 같이 재생공정 작업으로 제작된 시편 NO. 1, NO. 2 등속 조인트의 비틀림 파단 시험결과로서 평가기준 300 kg · m 이상인 약 330~337kg · m까지 나타내 정상임을 알 수 있었다.

그리고 Fig. 14는 회전 방향의 틀새 측정결과를 나타낸 그래프로써 평가기준이 1° 10' 에 비해 시험결과는 1° 51' ~ 2° 6' 까지 나타내 기준에 미치지 못하였으며 Fig. 15는 비틀림파단 결과를 보여준 그림이다.

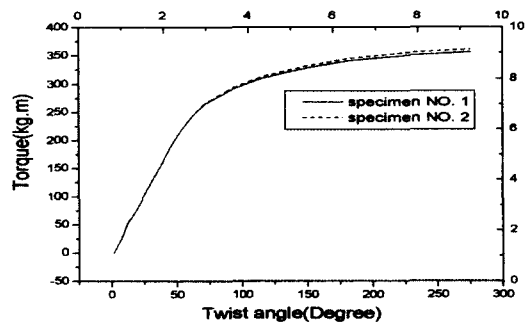


Fig. 13 Twist torque curve of the C. V. joint

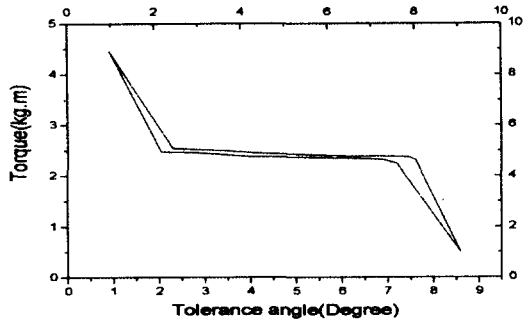


Fig. 14 Rotation direction tolerance of the C. V. joint



Fig. 15 Destruction of the C. V. joint shaft

아울러 시험편은 Table 5와 같이 등속 조인트에 대한 충돌사고후 손상으로 교환수리 처리된 샘플 부품을 수집하여 손상 형태를 분석한 결과 샤프트 휨, 부츠 찢어짐, 볼케이지 깨짐, 그리고 성능 양호 등으로 나타났다.

각 항목별 분포는 부츠 찢어짐 약 41%, 샤프트 휨 12%, 볼케이지 깨짐 6%, 성능 양호 41%로 전체의 약 95% 이상은 복원수리시 대부분 교환 처리되는 것으로 판단되며, 이러한 손상부품은 대부분 재생 수리되어 유통되고 있는 것이 현실이다.

Table 5 Collection of the test specimens

차종	건수	연식	주행거리	파손 상태	건수	%
경차	3	1992~2000	13,000~132,760 (km)	부츠 찢어짐	7	41
소형차	9			볼케이지 깨짐	1	6
중형차	2			샤프트휨	2	12
대형차	2			양호	7	41
RV	1			합계	17	100
합계	17					

따라서, 본 연구에서는 교환 처리된 등속 조인트를 부츠교환, 샤프트교정, 볼케이지 용접 수리로 나누어 성능평가 시험을 실시하였다.

그 결과 시험편 모두 사용이 가능한 것으로 분석되지만, 볼케이지 손상의 경우 파단토크는 기준치에 만족하나 특수 용접 수리시 열변형등 물성치 변화가 발생하므로 재생후 사용시 양산품에 비해 성능이 미흡하게 나타났다.

그러나 본 성능기준은 양산품 기준이므로 중고품에 대해서는 새로운 중고 재생품 사용 가능 기준을 설정하여 중고 재생의 활용을 통한 자원 절약과 소비자의 권익보호가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

4. 결론

자동차 충돌사고 차량의 복원 수리용으로 사용되는 중고 재생 등속 조인트의 성능특성에 대해 조사 분석 및 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 손상 형태 집계 결과 빈번히 발생하는 손상 형태는 부츠 찢어짐 41%, 샤프트 휨 12%, 볼케이지 깨짐 6%, 무손상 41% 순으로 나타났다.

2) 시험 결과로서 재생 방법별 기본 성능에는 이상이 없으나 볼케이지 마모시 용접 중고 재생은 양산부품 기준보다 약 2~5% 정도 미흡하게 나타나, 자원절약 및 비용절감을 위해 현재 별도의 기준이 없는 재생부품에 대한 성능기준을 검토하여 이의 재활용이 가능토록 기준설정이 필요한 것으로 판단됐다.

3) 따라서 올바른 수리 교환 기준 정립이 필요하고 또한 중고 재생의 활용을 통한 자원의 절약과 소비자의 권익보호가 이루어져야 하며 이를 위한 관련 법령의 개정과 소비자의 중고 재생에 대한 인식 변화가 요구된다.

참고 문헌

- 1) 박인송, "자동차의 고속충돌 안전성과 저속 충돌 손상성 및 수리성에 관한 연구," 국민

- 대학교 대학원, 박사학위논문, pp.30-70, 1999.
- 2) 손해사정강좌, 보험개발원 자동차 기술연구소, pp.5-39, 1995.
 - 3) 자동차보험 수리비 지급현황, 보험 개발원 자동차 기술연구소, pp.21-59, 2001.
 - 4) IIHS와 자동차 안전기술, 보험개발원 자동차 기술연구소, pp.5-32, 1996.
 - 5) 자동차 부품 식별방법서, 보험개발원 자동차 기술연구소, pp.1-123, 1998.
 - 6) 강성모, 자동차 사고 감정기법, 법률 신문사, pp.1-16, 1992.
 - 7) 세계 각국의 수리기술 연구 연례보고 자료집, 보험개발원 자동차 기술연구소, pp.240-241, 2000.
 - 8) 자동차기술 핸드북, 한국자동차공학회, pp.531-559, 1996.
 - 9) 자동차 리사이클링 현황과 전망, 한국자동차 공업협회, 1992.
 - 10) Student Manual of Collision Repair 2000, I-CAR(Inter-industry Conference Auto Collision Repair), pp.64-115. 1997.
 - 11) S. H. Backaitis, Biomechanics of Impact Injury, Testing & Regulation, pp.57-72, 1997.
 - 12) Recommended Practice on Optimizing damageability, Realizability and Serviceability and Theft Deterence, RCAR, 1995.