

충돌형태에 따른 자동차 프레임 변형시 변형분석 및 차체수리에 관한 실험적 연구

김태훈[†] · 권영신^{*}

마산대학 기계자동차계열 · 가톨릭상지대학 자동차과
(2002. 4. 18. 접수 / 2002. 6. 12. 채택)

An Experimental Study on the Deformation Analysis and Automotive Body Repair in Automobile Frame Deformation according to Collision Types

Tae-Hun Kim[†] · Yung-Shin Kwon^{*}

[†]Department of Mechanical and Automotive Engineering, Masan College

^{*}Department of Automotive Engineering, Catholic Sangji College

(Received April 18, 2002 / Accepted June 12, 2002)

Abstract : In present study, the deformation analysis and automotive body repair were analyzed with respect to collision types by case studies. As a result, lots of data for the automobile frame deformation caused by collision were collected and analyzed according to collision types. It was shown from the result that the frame deformation patterns were able to be roughly grouped by collision positions of vehicles. Repair plans of deformed frames could be carried on the measured data. It was shown that the deformed vehicle frames were sufficiently repaired to be normal in driving characteristics from the performance test of repaired vehicles.

Key Words : Automotive Body Repair, Automobile Frame Deformation, Side Sway, Short Rail

1. 서 론

최근 국내 자동차 산업의 발달과 차량보유 대수의 증가로 인한 사고의 급격한 증가로 소비자들의 자동차안전에 관한 요구가 계속 증가하고 있다. 따라서 소비자를 뿐만 아니라 자동차 제작회사에서도 차량의 안전도에 관한 관심이 날로 증가하는 추세이다. 특히 충돌, 전복, 화재, 침수등 외적요인에 의하여 대부분 자동차의 손상과 차체변형이 발생하며 이로인해 인명 피해는 물론 재산의 손실을 가져온다. 차체중 자동차프레임은 구동계, 현가계, 조향계등의 새시부품과 전·후 차축에서의 반력등을 지지한다. 자동차프레임의 변형은 자동차가 주행중에 받는 노면에서의 충격이나 하중등에 의해 발생되는 굽힘, 비틀림 및 진동등에 의해 발생되지만 충돌사

고에 의한 경우가 대부분을 차지한다.¹⁾ 따라서 자동차프레임 충돌사고에 의한 변형은 충돌대상물, 충돌시속도, 충돌형태, 충돌시 관성등 제요소에 의해서 각각 그 결과가 다르고 다양하다^{2,3)}. 이렇게 다양한 제요소에 의해 변형된 프레임의 형태를 설명하기란 어려운점이 많다. 그러나 너비, 길이, 높이라는 3차원논리로 차체의 변형을 분석하면 좌측 또는 우측으로 휘어진 변형은 사이드스웨이(Side Sway), 높이의 변형은 세그(Sag), 길이가 짧은 변형은 쇼트레일(Short Rail), 높이의 변형으로 앞뒤의 레벨이 서로 비틀린 변형은 트위스트(Twist), 길이의 변형으로 대각선 길이가 틀린 변형은 다이아몬드(Diamond)로 크게 분류 할 수 있다. 이러한 프레임의 변형은 주행중의 차량에 진동유발과 안전성, 휠얼라이먼트에 이상이 발생되어 자동차 본래의 성능저하를 초래하는 원인이 된다. 이런 문제점을 방지하기 위해서는 충돌사고에 의한 프레임변형을 정확하게 측정하여

[†]To whom correspondence should be addressed.
thkim@masan-c.ac.kr

분석한 다음 복원수리 계획에 의해 차체수리가 선행되어야 자동차 고유의 성능을 발휘 할 수 있다. 그러나 그동안 안전한 차체설계를 위해 컴퓨터를 이용한 자동차프레임 충돌해석에 대한 연구²⁻⁴⁾는 있으나 여러 가지 충돌형태에 따른 자동차프레임 변형 분석과 복원수리에 관한 연구는 거의 없는 실정이다. 따라서 국내 차체 기술자는 눈대중으로 프레임변형을 판단해 수리하는 실정이므로 차체복원 수리시 차체치수도의 치수에 이상이 생겨 주행중 진동이 유발하므로 사고차량의 안전도 및 성능저하는 물론 중고차가격의 저하를 초래하는 원인중에 하나이다.

따라서 본 연구는 충돌사고 형태에 의한 프레임변형을 분석하고 또한 차체치수도에 의한 복원수리를 통해 얻어진 복원자료를 제공함으로써 차체 수리자들이 계측기를 사용하여 자동차 프레임변형의 정확한 측정과 분석 및 정확한 복원 수리를 하는데 일조하고자 한다.

2. 자동차 충돌사고

자동차의 충돌은 구조요소의 기하학적인 변형을 유발하며, 또한 충돌은 그 변형에 있어 좌굴이나 항복같은 복잡한 현상을 포함하고 있다. 자동차충돌은 크게 전면, 측면, 후면충돌로 나눌수 있으며 실제로로 상황에서 충돌사고는 일반적으로 Car to Car 충돌과 Car to Object 충돌로 구분할 수 있다⁵⁾. Fig.1은 사고 유형의 분포이며 발생 위치이다.

2.1. 정면충돌

정면충돌은 사고차량의 중량, 속도, 충돌면적, 충돌의 대상물등에 따라 달라진다. 또한 변형은 충격력의 방향과 구조상의 차이, 충격흡수 부위와 힘의 전달등의 차이에 따른 여러 가지 변형을 유발한다^{2,3)}. Fig. 2는 앞기관 뒤바퀴 구동차인 FR(Front engine Rear wheel drive)차의 충격흡수와 변형형태를 나타내고 있다. 사이드멤버 선단부A에 수평입력 F를 받는 경우 B점의 크러시 포인트에서 큰 변형이 발생하며 힘 F를 대부분 감소시키면서 크로스멤버 부착부 C점에 과급변형을 미치고 F₂의 힘으로 D점으로 과급되어 방향을 바꾼 F₃의 힘으로 E점에 도달 소멸한다.⁶⁾

Fig. 3은 앞기관 앞바퀴 구동차인 FF(Front engine Front wheel drive)차의 충격흡수와 변형형태를 나타내고 있다. FF차의 경우, 수평입력 F는 엔진서포트 브라켓 전방 A점 및 B점에서 크게 변형되고 충격력

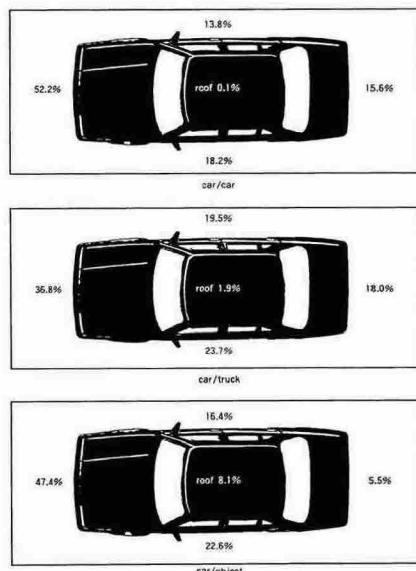


Fig. 1. Distribution of collision accident

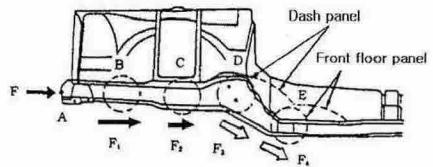


Fig. 2. Flow of collision force in front side member of FR car

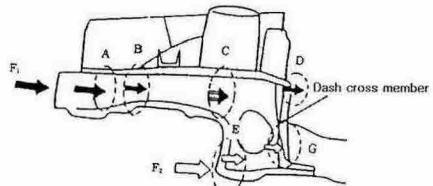


Fig. 3. Flow of collision force in front side member of FF car

의 대부분을 흡수하며, 잔여충격력은 C, D, G점까지 과급되어 소멸된다. 또한 수평입력 F₂가 작용하면 멤버후면부인 E점까지 변형을 발생시키고 잔류 충격력에 의해 대쉬로워크로스멤버 및 대쉬페널과 플로우페널에도 가압되어 변형이 발생된다⁶⁾.

2.2. 후면충돌

후면충돌은 Fig. 4에서와 같이 리어바디에서 외력에 의한 충격의 과급경로와 흡수부위로 후면부에 받는 충격이 리어사이드멤버, 리어플로워 크로스멤버 및 리어 패널등에 각각 나누어 받고 그 상부의

리어휠하우스, 리어필라, 리어시트 크로스패널로 충격이 과급, 소멸되면서 변형이 발생한다.⁶⁾

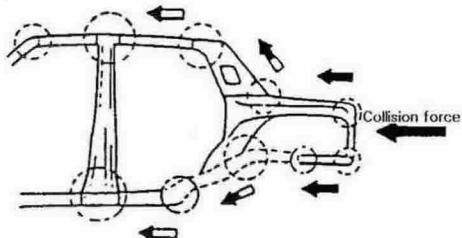


Fig. 4. Route of collision forces and stresses absorbing area in rear body

2.3. 측면충돌

측면에서 횡방향의 충격을 받는 경우의 변형형태는 외력이 작용한 부위의 차이에 따라 변형이 다르다. Fig. 5에서와 같이 횡방향의 충격력이 작용되면 스텝패널 외판에 압축변형이 발생되며 입력이 크게됨에 따라서 플로워패널 A, B부분으로 충격이 과급되어 소멸되며 변형이 발생한다.⁶⁾

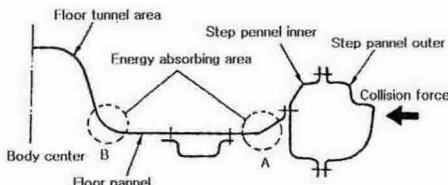


Fig. 5. Energy absorbing in rocker panel and floor panel

3. 실험장치 및 측정방법

3.1. 실험장치의 구성

본 연구에서 사용 된 실험장치의 전체구성은 인장타워, 스텝클램프, 업다운리프트, 유압펌프, 맥퍼슨게이지, 트램게이지, 센터라인게이지등으로 구성되었으며 Fig. 6과 같다. 충돌사고차량을 고정 인장하는 보디프레임수정기와 프레임변형을 측정할 수 있는 계측기로 구분되어 있다. 또한 프레임변형을 측정하기 위해 각 차체치수도에 의해 계측기를 설치하여 편리하도록 본체가 5단계로 높이 조절이 가능하고 안전장치가 설치되어 있다.

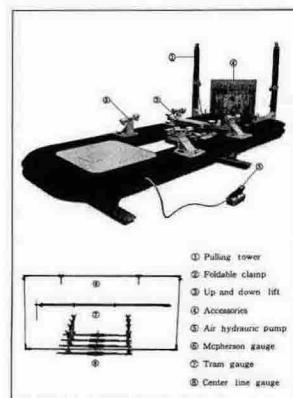


Fig. 6. The configuration of experimental apparatus

3.2. 충돌조건 및 측정방법

차량 충돌시 충돌속도에 의한 변형 발생위치는 Fig. 7과 같다. 그림과 같이 차량일부에 가해진 하중이나 충격은 바디전체로 분산되며 충돌속도에 따라 변형 발생위치가 다르다.

충돌로 인한 변형된 차체를 Fig. 6과 같은 측정장치의 프레임수정기 위로 이동하여 고정시킨 다음 계측기를 각 차종의 차체치수도에 맞게 사고차량에 설치하였으며 계측기에 의해 사고차량의 프레임변형을 측정하고 복원수리에 필요한 수리계획을 수립한 후 복원수리 계획에 의해 타워 및 각종 클램프를 필요지점에 설치하여 프레임을 복원하였다. 본 연구에서는 변형이 집중된 곳에 해머링을 해서 응력을 해소시키며 복원계획에 의해 인장하여 Fig. 6의 트램게이지, 센터라인 게이지, 맥퍼슨게이지로 측정한 결과와 차체치수도와의 오차가 $\pm 2\text{mm}$ 이내이고 또한 계측기의 센터핀과 수평바를 관찰한 후 센터핀이 일정한 상태이면서 수평바의 수평이 일정하다면 프레임변형이 복원된 것으로 판정한다. 따라서 본 연구에서는 Table 1처럼 사고유형별 연구사례로 프레임변형 측정을 통한 파손분석에 대해 집중적으로 연구했으며 변형을 복원하였다.

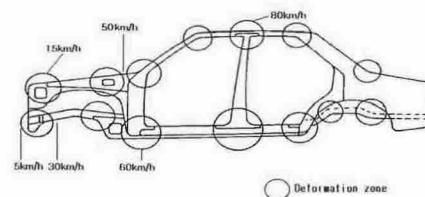


Fig. 7. Diagram of deformation zone

Table 1. Cases of collision accident

Case study	Collision type	Accident vehicle
1	Front right area	Excell
2	Front left area	Accent
3	Side B filla	Elantra
4	Side A filla	Lemans
5	Rear left area	Lemans

4. 결과 및 분석

4.1. 정면충돌 사례

Fig. 8은 Table 1의 사례1인 전면우측 충돌이며 원으로 표시된 부분은 사고차량의 정면충돌지점을 나타내고 있다. 대상차량은 엑셀이며 Fig. 9의 차체 치수도에 의해 동그라미로 표시된곳에 계측기를 설치하여 측정하였다. Fig. 10은 프레임측정 결과이며 그림에서 Low는 Fig. 9의 차체치수도의 기준치보다 낮아 센터라인케이지의 세로자가 아래로 쳐져 기준치보다 길이가 길어진 경우이고, High는 차체치수도의 기준치보다 높아 센터라인 케이지의 세로자가 위로 올라가 기준치보다 길이가 짧아진 경우이며,

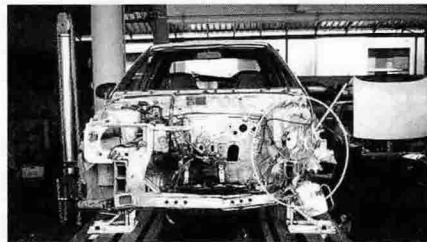


Fig. 8. Impact point of damaged vehicle

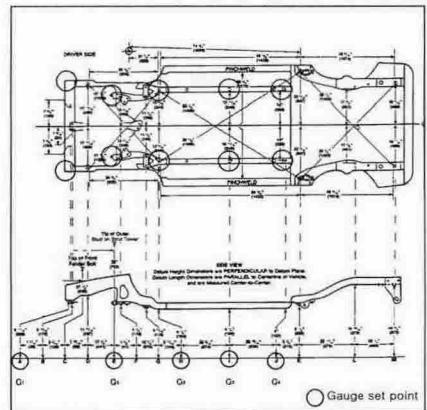


Fig. 9. Dimension chart of EXCELL made by HYUNDAI

OK는 차체치수도의 기준치와 일치한 경우이다. 프레임의 변형을 분석하면 Fig. 9의 차체치수도 G₁지점에 트램게이지를 설치하여 사고차량을 측정한 결과 프론트크로스멤버의 차체치수도는 900mm인데 반하여 사고차량은 810mm이므로 Fig. 10의 센터라인(CL)을 중심으로 우측으로 너비가 변형된 사이드스웨이(SS : Side Sway) 현상이 발생하였음을 알 수 있다. 이는 차량충돌시 전면프레임의 우측면쪽으로 충돌하여 우측옆으로 밀려 센터라인이 이격된 것으로 생각된다. 한편 Fig. 10의 프레임측정 결과를 보면, Fig. 9의 차체치수도의 G₁지점에 센터라인 계측기를 설치하여 충돌후 사고차량을 계측한 결과 테이텀라인으로 부터 전면우측 지점까지의 기준치인 220mm 보다 65mm 낮은(Low) 285mm이였고 전면좌측부는 기준치인 220mm 보다 20mm 높은(High) 200mm이였으며, Fig. 9의 차체치수도의 G₅지점에 계측기를 설치하여 계측한 결과 테이텀라인으로부터 전면우측 지점까지의 기준치인 762mm 보다 32mm 높은(High) 730mm 이였고 전면좌측부는 기준치인 762mm 보다 42mm 낮은(Low) 804mm이였다. 그리고 Fig. 9의 차체치수도의 G₂지점에 계측기를 설치하여 계측한 결과 테이텀라인으로 부터 전면우측지점까지의 기준치인 104mm 보다 5mm 낮은(Low) 109mm이었으며 전면좌측부는 기준치인 104mm 보다 10mm 높은(High) 94mm이었다. 따라서 계측기를 설치한 G₁, G₅, G₂지점으로 전면부 좌측과 우측이 높이가 서로 교대로 높고 낮아 비틀린 형태인 트위스트(TW : Twist)가 발생함을 알 수 있다. 트위스트는 충돌시 차량손상이 큰 경우(대파) 발생하며 사례1경우는 충돌로 인해 전면우측부 또는 전면좌측부가 올라가 있거나 내려가 있으면 반대는 내려가 있거나 올라가 있어 트위스트가 발생

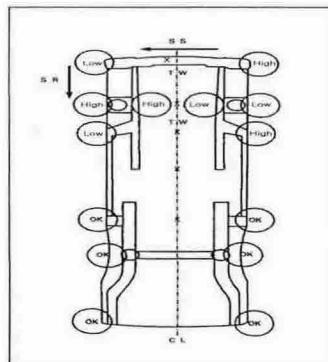


Fig. 10. Measured results on misaligned EXCELL structure

함을 알 수 있다. 또한 Fig. 9의 차체치수도의 G₁지점에 G₂지점까지 계측기를 설치하여 사고차량을 트램게이지로 계측한 결과 Fig. 10과 같이 전면 우측 충돌로 인해 프론트사이드멤버의 기준치인 1111mm 보다 90mm 짧아진 1021mm로 쇼트레일이(SR : Short Rail)이 발생함을 알 수 있다. 쇼트레일은 프레임 파손시 가장 일반적인 형태중 하나이다. 사례1의 경우는 전면우측 충돌시 우측레일이 아코디온 형태처럼 밀려나서 짧아진 형태이며 차체치수도와 비교한 결과 우측레일이 90mm가 짧아졌음을 알 수 있다.

Fig. 11는 프레임 복원계획이며 그림과 같이 차체를 인장작업할 때 힘을 받아내기 위해 설치한 기본 고정(Step clamp)위치를 기준으로 인장(P : Pulling)과 상향인장(PU : Pulling Up)의 복원계획에 의해 Fig. 12에서와 같이 좌,우측 레일에 클램프를 사용하여 필요지점으로 타워를 이동하면서 인장을 실시하였다. 그리고 쇼트레일, 사이드스웨이를 교정하며 또한 다중인장을 실시하여 프레임 교정시간을 단축시켰다. Fig. 13은 프레임 변형 복원된 결과이며 계측기로 측정결과 프론트크로스멤버 길이가 901mm, G₁, G₅, G₂로부터 차체높이가 각각 222mm, 763mm, 104mm, 프론트사이드멤버 길이가 1110mm이므로 차체치수도와 비교할 때 오차한계가 $\pm 2\text{mm}$ 인 기준치

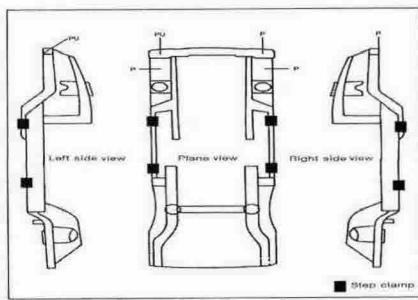


Fig. 11. Planning the restoring process of damaged structure

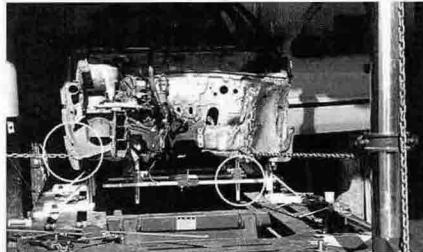


Fig. 12. Pulling process of damaged structure by pulling device

안에 있으며, 또한 그림의 원으로 표시된 부분과 같이 센터핀과 수평바의 수평이 일치함으로 원상 복원되었음을 알 수 있다.

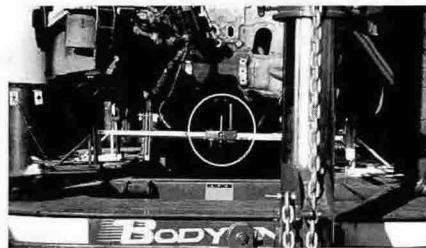


Fig. 13. Restored structure for case 1

Fig. 14는 Table 1의 사례2인 전면좌측 충돌유형이며 그림과 같이 사고차량의 전면부 좌측충돌지점을 나타내었다. 대상차량은 엑센트이며 Fig. 15의 차체치수도에 의해 동그라미로 표시된 부분에 계측기를 설치하여 변형을 측정하였다. 충돌된 사고차량의 프레임변형을 분석하면 뒷면, 중앙부분은 이상이 없으나 트램게이지로 측정한 결과 Fig. 15의 차체치수

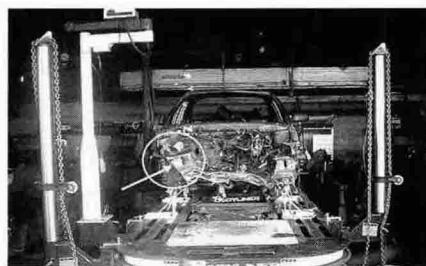


Fig. 14. Impact point of damaged vehicle

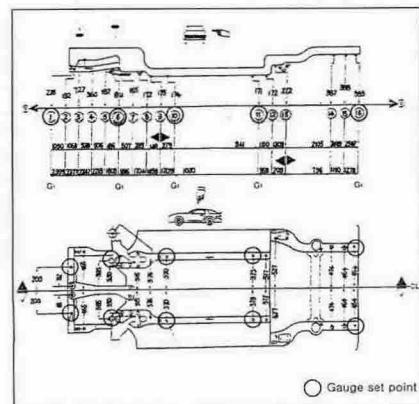


Fig. 15. Dimension chart of ACCENT made by HYUNDAI

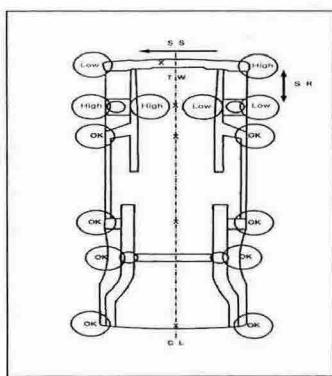


Fig. 16. Measured results on misaligned ACCENT structure

도의 프론트크로스멤버 기준치인 400mm보다 120mm가 짧은 280mm가 계측되어 좌측으로 너비가 변형되어 있어 사이드스웨이(SS) 현상이 발생했음을 알 수 있다. 이는 차량충돌시 전면프레임의 좌측면쪽으로 충돌하여 좌측옆으로 밀려 Fig. 16처럼 센터라인(CL)이 이격된 것으로 생각된다. Fig. 15의 차체치수도에서와 같이 트랩케이지 계측기를 ①과 ⑥에 설치하여 프론트사이드멤버 길이를 측정한 결과 기준치인 583mm보다 152mm 짧아진 431mm가 측정되어 Fig. 16처럼 전면 좌측부에 쇼트레일(SR)이 발생함을 알 수 있다. 이는 전면좌측 충돌시 좌측사이드멤버가 아코디온 형태처럼 밀려나서 짧아진 형태이며 Fig. 15의 차체치수도와 비교한 결과 좌측사이드멤버가 152mm가 짧아졌음을 알 수 있다. 또한 Fig. 15의 차체치수도처럼 ①지점에 센터라인계측기를 설치하여 충돌된 사고차량을 계측한 결과 데이텀라인으로부터 전면우측 지점까지의 기준치인 235mm보다 12mm 낮은(Low) 247mm이었으며 전면좌측부는 기준치인 235mm보다 16mm 높은(High) 219mm이었다. 또한 Fig. 15의 차체치수도의 ⑥지점에 맥퍼슨계측기를 설치하여 계측한 결과 Fig. 18에서처럼 데이텀라인으로부터 전면우측지점까지의 기준치인 811mm보다 10mm 높은(High) 801mm이었으며 전면좌측부는 기준치인 811mm보다 5mm 낮은(Low) 816mm이므로 계측기를 설치한 ①과 ⑥지점을 기준으로 전면부 좌측과 우측이 높이가 서로 교대로 높고 낮아 비틀린 형태인 트위스트(TW)가 발생함을 알 수 있다. 이는 전면좌측 충돌로 인해 전면좌측부 또는 전면우측부가 올라가 있거나 내려가 있으면 반대는 내려가거나 올라가 있어 트위스트가 발생함을 알 수 있다.

Fig. 17의 프레임 복원계획에 의해 Fig. 18에서와 같이 타워를 전면, 측면으로 이동 인장하여 Fig. 19와 같이 프레임을 복원시켰다. 따라서 Fig. 19의 원으로 표시된 부분과 같이 센터핀과 수평바의 수평이 일치하였으며 또한 프론트크로스멤버의 길이와 프론트사이드멤버의 길이를 각각 계측한 결과 399mm와 582mm이므로 오차의 한계 안에서 기준치와 근사하여 사이드스웨이와 쇼트레일이 동시에 교정되었음을 알 수 있다. 또한 롤러를 사용하여 하향 인장하

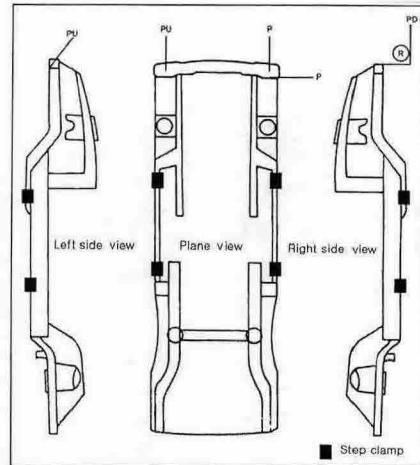


Fig. 17. Planning the restoring process of damaged structure

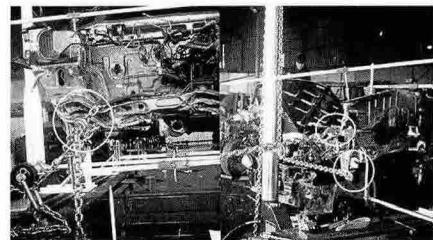


Fig. 18. Pulling process of damaged structure by pulling device

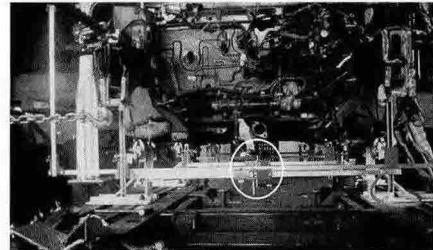


Fig. 19. Restored structure for case 2

여 Fig. 15의 차체치수도 ①의 전면우측과 전면좌측의 데이터라인의 높이가 각각 234mm, 233mm로 교정되었고 ⑥의 전면우측과 전면좌측의 데이터라인의 높이가 각각 810mm, 809mm로 수평과 데이터라인의 높이가 동시에 교정되어 트위스트가 교정되었음을 알 수 있다.

4.2. 측면충돌 사례

Fig. 20는 Table 1의 사례3인 측면 B필라 충돌이며 그림에서와 같이 차량의 측면 B필라 충돌지점을 나타내고 있다. 대상차량은 엘란트라이며 프레임변형을 분석하면 전후면 게이지의 수평에 맞는 반면에 Fig. 21의 차체치수도에 의해 동그라미로 표시된 G₁지점에 트램게이지 계측기를 설치하여 계측한 결과 프론트크로스멤버 폭이 기준치인 480mm보다 8mm짧아진 472mm이었으며 역시 차체치수도에 의해 G₂지점에 트램게이지 계측기를 설치하여 계측한 결과 좌측사이드멤버와 우측사이드멤버사이의 폭이 기준치인 448mm보다 12mm 짧아진 436mm이었다. 따라서 Fig. 22에서의 분석결과처럼 중앙부 게이지는 킥다운과 센터핀이 왼쪽으로 밀려들어가 사이드스웨이가 형성되어 있으나 전면은 반대로 오른쪽 사이드스웨이가 형성되었음을 알 수 있다. 이처럼 전면프레임이 우측옆으로 밀려 센터라인이 이격되었고 중앙부에는 좌측옆으로 밀려 센터라인이 이격되어 바나나 형태로 사이드스웨이 변형이 일어났는데 이는 차량 측면충돌시 사이드 멤버에 충격이 집중되어 일어난 결과로 생각된다. 또한 측면 B필라 충돌로 중앙부가 휘어져 G₂지점에서 G₃지점까지 계측기를 설치하여 계측한 결과 중앙부의 사이드멤버의 기준치인 1334mm보다 62mm줄어든 1272mm가 계측되어 쇼트레일이 발생됨을 알 수 있다. 한편 측면 B필라 충돌로 높이의 G₂지점에 센터라인게이지를 설치하여 계측한 결과 데이터라인에서 사이드멤버까지 기준



Fig. 20. Impact point of damaged vehicle

높이인 150mm보다 42mm낮은 108mm가 계측되어 데이터라인으로부터 변형인 새그(Sag)가 발생하였다. 새그는 사이드멤버의 두면이 똑같이 위로 휘어진 킥업(Kick up)과 반대로 아래로 휘어진 킥다운(Kick down)이 발생하는데 사례3의 경우는 위로 휘어진 킥업이 발생함을 알 수 있다. 이는 Fig. 20처럼 충돌시 충돌지점이 높아 훈더와 도어가 뒤로 밀려서 킥업이 일어났으며 G₂지점에서 G₃지점까지 계측한 결과 킥업으로 인해 데이터라인보다 42mm 처져 있음을 알 수 있다. 따라서 Fig. 23처럼 인장한 결과 데이터라인으로부터 사이드멤버의 높이가 151mm로 복원되어 새그가 수정됨을 알 수 있고 또한 좌, 우측 레일에 클램프를 사용하여 필요지점으로 타워를 이동하면서 인장을 실시한 결과 프론트크로스멤버의 길이, 좌우사이드멤버의 폭 및 중앙부사이드멤버길

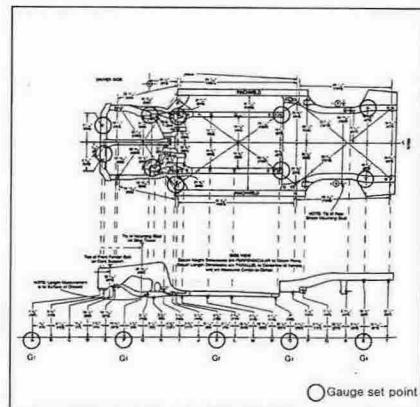


Fig. 21. Dimension chart of ELANTRA made by HYUNDAI

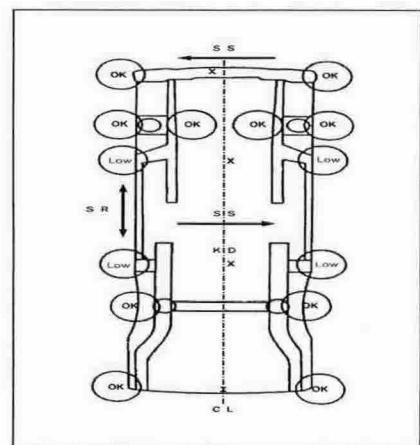


Fig. 22. Measured results on misaligned ELANTRA structure

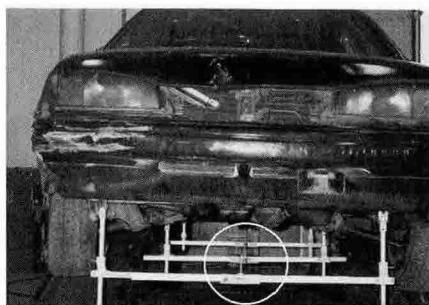


Fig. 23. Restored structure for case 3

이가 각각 479mm, 447mm, 1333mm로 교정되어 프레임이 복원되었음을 알 수 있다.

Fig. 24는 Table 1의 사례4인 측면 A필라 충돌이며 그림에서와 같이 차량의 측면 A필라 충돌지점을 나타내고 있다. 대상차량은 르망이며 육안으로보면 운전석 플로워 패널이 심하게 파손되었다. Fig. 25의 차체치수도에 의해 ①번지점에 계측기를 설치하여 Fig. 26과 같이 사고차량의 변형을 측정한 결과 프론트크로스멤버의 길이가 기준치인 550mm보다 13mm 짧아진 537mm이었으므로 전면부에 사이드스웨이가 발생함을 알 수 있다. 이는 사례3의 경우와 달리 사례3의 B필라 충돌 경우보다 앞부분인 측면 A필라 충돌시 사이드멤버에 충격이 집중되지 않아 바나나



Fig. 24. Impact point of damaged vehicle

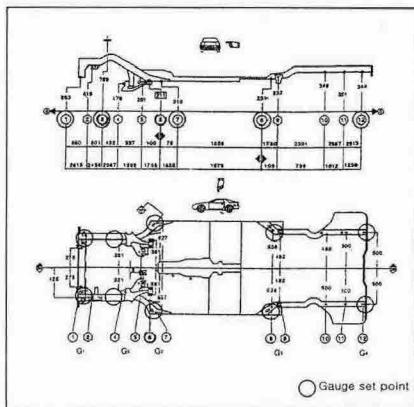


Fig. 25. Dimension chart of LEMANS made by DAEWOO

형태의 변형이 발생되지 않았으며 따라서 전면프레임의 우측옆으로만 밀려 센터라인이 이격되어 우측으로 사이드스웨이 현상이 발생된 것으로 생각된다. 또한 차체치수도의 ①지점과 ⑥지점 사이에 게이지를 설치하여 계측한 프론트사이드멤버의 기준치인 960mm보다 38mm 짧아진 922mm가 측정되어 Fig. 27과 같이 전면 우측부에서 쇼트레일이 발생함을 알 수 있다. Fig. 28처럼 인장을 실시하여 복원한 결과 프론트크로스멤버의 폭과 프론트사이드멤버의 폭이 각각 549mm와 959mm로 교정되어 프레임이 복원되었음을 알 수 있다.

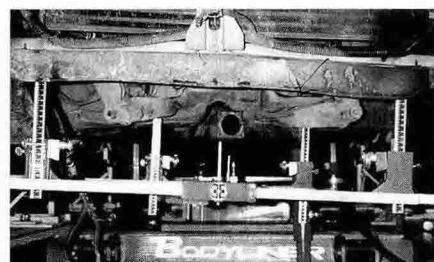


Fig. 26. Measuring process by measuring system

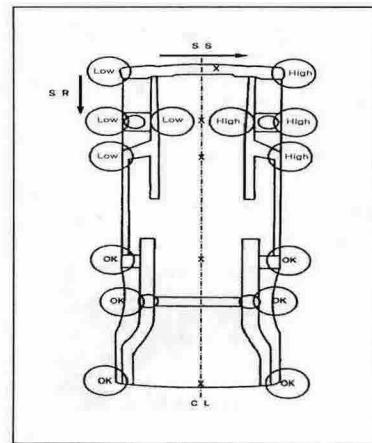


Fig. 27. Measured results on misaligned LEMANS structure

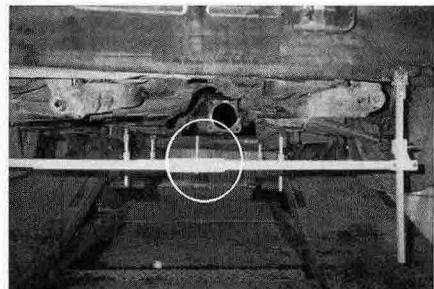


Fig. 28. Restored structure for case 4

4.3. 후면충돌 사례

Fig. 29는 Table 1의 사례5인 후면충돌이다. 대상 차량은 르망이며 Fig. 30의 차체치수도에 의해 계측기를 설치하여 변형을 측정하였다. 차체치수도에 의해 계측기를 ⑫에 설치하여 Fig. 29와 같이 트램케이지로 리어크로스멤버를 측정한 결과 기준치인 1000mm보다 35mm 짧아진 965mm가 측정되었고 또한 그림과 같이 수평바가 좌측이 낮아 센터핀을 확인한 결과 좌측으로 사이드스웨이된 것을 알 수 있다. 이는 차량 후면충돌시 후면프레임의 좌측면쪽으로 충돌하여 좌측옆으로 밀려 센터라인이 이격 되었음을 알 수 있다. 또한 차체치수도에 의해 계측기를 ⑧과 ⑫에 설치하여 리어사이드멤버를 계측한 결과 기준치인 1258mm보다 19mm 짧아진 1239mm가 측정되어 후면 우측부에 쇼트레일이 발생됨을 알 수 있다. Fig. 32처럼 타워를 후면과 측면으로 이동시켜 인장하여 센터핀을 맞추어 트램케이지로 측정한 결과 리어크로스멤버와 리어사이드멤버의 길이가 각각 999mm와 1256mm로 차체치수도의 오차 한계 안에 있

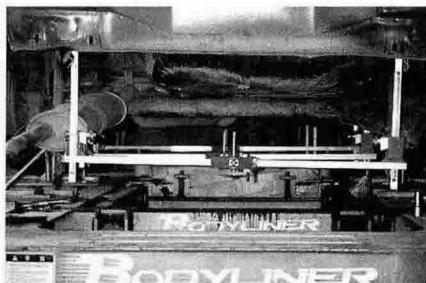


Fig. 29. Impact point of damaged vehicle

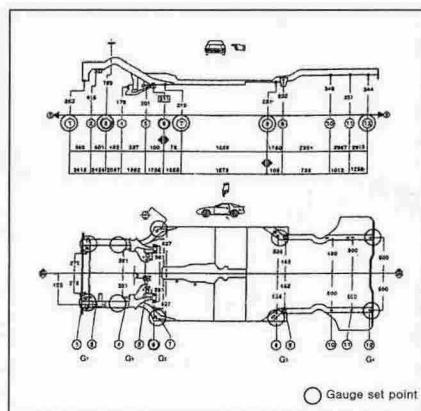


Fig. 30. Dimension chart of LEMANS made by DAEWOO

고 또한 센터핀과 수평바가 일치함으로 프레임변형 복원이 완료되었음을 알 수 있다.

이상의 결과를 통해 차체변형을 분석해보면 프레임변형은 항상 사이드스웨이와 쇼트레일이 동반하며 또한 트위스트, 새그 순서로 변형이 일어남을 알 수 있으나 다이아몬드변형은 일어나지 않음을 알 수 있다. Table 2는 충돌사고 형태에 따른 프레임변형을 나타낸 것이다.

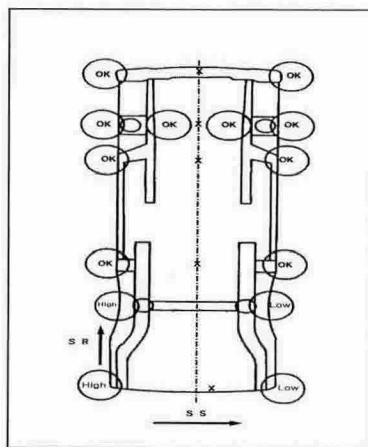


Fig. 31. Measured results on misaligned LEMANS structure

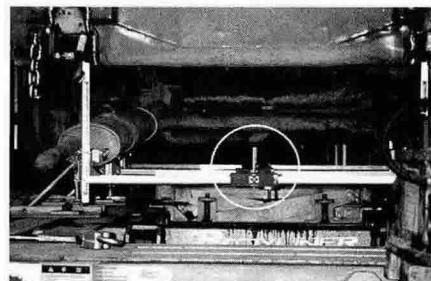


Fig. 32. Restored structure for case 5

Table 2. Patterns of damage

Collision type	Frame deformation type				
	Side Sway	Shot Rail	Twist	Sag	Diamond
Frontal collision	Case1	○	○	○	
	Case2	○	○	○	
Side collision	Case3	○	○		○
	Case4	○	○		
Rear collision	Case5	○	○		
	Deformation rate	100%	100%	40%	25%
					0%

5. 결 론

본 연구는 여러가지 충돌형태에 따른 자동차 프레임 변형시 계측기를 통한 정확한 프레임변형 분석으로 신속한 프레임복원수리를 할 수 있는 기초 방안을 마련하였다. 변형분석 결과 각 충돌사고에 따라 프레임 변형은 어느 일정한 충격의 일정한 부위에서 발생되는 것이 아니라 프레임전체로 힘이 과급되어 변형이 유발되는 것을 알 수 있었고 또한 본 연구의 충돌형태에 따른 프레임 변형은 항상 사이드스웨이, 쇼트레일이 동반하는 것을 알 수 있었으며 반면에 다이아몬드변형은 발생되지 않는 것을 알 수 있었다. 그리고 정확한 프레임 복원수리는 정확한 계측에 의한 파손분석만이 가능하게 함을 알 수 있었고, 프레임수정기를 사용할 경우 프레임의 교정시간이 약 30%정도 감소될 수 있으며 또한 정확한 차체수리가 가능하였다.

참고문헌

- 1) 김정원, 이인혁, “고안전 차량 개발을 위한 충돌 특성 연구,” 제4회 G7차세대자동차기술 Workshop, pp. 422~429, 1996.
- 2) 김현영, 강신유, “자동차프레임의 충돌해석과 Hourglass제어에 관한 연구,” 강원대학교논문집, Vol. 33, pp. 187~195, 1994.
- 3) 민동균, 강신유, 김현영, “충돌전용프로그램을 이용한 사각단면 프레임의 충돌해석,” 한국자동차공학회, 추계학술대회, pp. 438~443, 1994.
- 4) A. Toyama, K. Hatano, E. Murakami, “Numerical Analysis of Vehicle Frontal Crash Phenomena,” SAE Paper No. 920357, 1992.
- 5) Y. Haland, Airbags to reduce injuries in car to car side impact,Bag& Belt, Chart VIII,1990.
- 6) W. H. Crouse, Automotive chassis and body, McGraw-Hill, Inc., pp. 530~540, 1986.
- 7) A. Miyajima, N. Takahashi, G. Hataya, “An Experiment Study of Crashworthiness of Vehicle Frontal Structure Crash Phenomena,” 12th International ESV Conference, 1989.