

자동차 외판 특징선 곡면의 단면 형상 측정과 분석

최원창¹ · 정연찬[#]

Measurement and Analysis of the Section Profile for Feature Line Surface on an Automotive Outer Panel

W. C. Choe, Y. C. Chung

(Received December 24, 2014 / Revised January 19, 2015 / Accepted January 27, 2015)

Abstract

The current study presents a geometric measurement and analysis of the section profile for a feature line surface on an automotive outer panel. A feature line surface is the geometry which is a visually noticeable creased line on a smooth panel. In the current study the section profile of a feature line surface is analyzed geometrically. The section profile on the real press panel was measured using a coordinate measuring machine. The section profiles from the CAD model and the real panel are aligned using the same coordinate system defined by two holes near the feature line. In the aligned section profiles the chord length and height of the curved part were measured and analyzed. The results show that the feature line surface on the real panel is doubled in width size.

Key Words : Feature Line Surface, Automotive Outer Panel, Geometric Analysis, Measurement

1. 서론

자동차 외부 부품에는 시각적으로 선처럼 보이는 다양한 주름이 있다. 캐릭터라인(character line), 허리선(waistline), 특징선(feature line), 주름선(crease line), 어깨선(shoulder line), 닫힘선(shut line) 등이 그 예다 [1]. 각 선들의 명칭은 그 선의 위치와 중요도, 기능 등에 따라 정해지지만 각각의 기하학적인 정의는 명확하지 않아서 회사 혹은 작업자에 따라 서로 다른 명칭으로 불리는 경우가 많다. 본 연구에서는 패널의 외곽선이나 서로 다른 부품이 만나는 경계선과는 달리 한 부품의 넓고 평탄한 곡면 내부에 존재하며, 주변에 비해 현저히 작은 곡률반경 때문에 시각적으로 선처럼 보이는 형상을 ‘특징선’이라 정의하고자 한다[2]. 그런데 특징선 형상이 시각적으로

선처럼 보여 일반적으로 특징 ‘선’이라고 지칭하지만 기하학적으로 엄밀히 곡면이므로 그 의미를 명확히 전달하고자 할 때는 ‘특징선 곡면’이라 하자.

차체 외판 부품에서 특징선 곡면의 위치와 특징선 곡면의 시각적 굽기는 중요한 품질 요소다[3]. 사물의 형태 인식은 물체의 형상을 정의하는 곡면의 세세한 모양보다 보다 특징적인 요소가 더 중요한 역할을 하기 때문이다. 특징선 곡면은 여러 개의 차체 부품으로 이어져 있어서 상대적으로 눈에 띄기 쉬운 큰 형상 요소다. 앞뒤 문짝 패널에 걸쳐 연결되거나 범퍼에서 펜더 혹은 사이드 패널로 이어지기도 한다. 서로 인접한 두 부품의 특징선 곡면 위치가 어긋나거나 맞닿는 특징선 곡면의 시각적 굽기가 다르다면 차체 외판 품질에 치명적이다[2].

프레스로 성형되는 차체 패널의 특징선 곡면은

1. 서울과학기술대학교 대학원 제품설계금형공학과
Corresponding Author : Department of Mechanical System Design Engineering, SeoulTech, E-mail:y chung@seoultech.ac.kr

사출 성형되는 경우와 달리 제조 품질을 맞추기 어렵다. 특징선 곡면이 주변 곡면에 비해 현저히 곡률 반경이 작고, 형상의 크기가 작기 때문이다. 사출 성형으로 제조되는 경우는 곡률반경의 크기 혹은 형상의 크기가 제조 품질에 큰 영향을 미치지 않는다. 그러나 프레스 성형으로 제조되는 경우는 패널의 스프링백 때문에 특징선 곡면의 제조 품질을 만족하기 어렵다. 금형 제조 과정에서 스프링백 등을 고려하지만 성형된 패널의 특징선 곡면은 설계 형상과 많은 차이가 있다[4].

성형된 특징선 곡면의 측정과 평가가 제조 품질 만족의 또 다른 어려움이다. 특징선 곡면의 전체적인 크기는 수 m이고, 곡면의 폭은 대개 수 mm에 불과하다. 특히 특징선 곡면의 시각적 굽기를 결정하는 단면의 높이는 수십 μm 혹은 수 μm 에 불과하다. 최근에는 나노미터(nm) 수준의 정밀도로 측정할 수 있는 측정기도 있지만 측정기의 정밀도가 높을수록 측정 가능한 물체의 크기 혹은 영역이 작아서 특징선 곡면의 형상 측정이 쉽지 않다. 또 측정된 특징선 곡면과 설계 형상을 정밀하게 정렬하고 비교 분석하기는 더욱 어렵다. 프레스 패널 제조 업체에서도 전체적인 패널의 측정과 검사는 일반적이지만 미세한 형상인 특징선 곡면 자체의 측정과 검사는 마땅한 방법을 찾지 못하고 있다. 자동차 패널 전체 형상의 측정 및 검사와 관련한 연구는 매우 다양하지만[5, 6] 특징선 곡면과 관련된 연구는 거의 없다.

이 연구에서는 측정을 통해 특징선 곡면의 단면 형상을 설계 형상의 단면과 비교 분석해 보았다. 설계 형상과 측정 형상의 비교를 위해 특징선 곡면의 설계 단면을 분석하여 그 크기와 모양 등을 확인하였다. 설계 형상과 측정 형상의 단면을 정렬하기 위한 측정 방법을 제안하였으며 제안된 방법으로 측정된 결과를 분석하였다. 최종적으로 설계 단면과 측정 단면을 비교하여 모양과 크기의 차이를 제시하였다.

2. 특징선 곡면의 단면 형상 분석

2.1 분석 대상

특징선 곡면의 단면 분석을 위해 이 연구에서 선정한 부품은 국내 모 자동차 업체에서 생산되는 SUV 차종의 측면 외부 패널이다. 설계 형상의 분석

에는 해당 부품의 CAD 모델을 사용하였고 실제 성형품의 분석에는 해당 부품의 도색하지 않은 프레스 패널을 사용했다. 측면 패널에는 여러 개의 특징선 곡면이 있는데 Fig. 1의 사각 영역에서 보이듯이 뒤쪽 바퀴의 휠 하우스 부근의 특징선 곡면을 분석 대상으로 선정하였다.

분석 대상으로 선정된 특징선 곡면은 넓고 평탄한 프레스 패널 곡면에 위치하기 때문에 시각적으로 잘 드러나는 부분이다. 외부 패널의 다른 특징선에 비해 곡면의 폭이 좁고 단면의 곡률 반경이 작다. 그래서 프레스 성형이 어렵고, 형상의 측정과 분석도 어려운 특징선이다. 그리고 사출 성형으로 제작되는 뒤쪽 범퍼와 연결되기 때문에 프레스 성형품과 사출 성형품의 성형 품질의 차이가 쉽게 드러나는 부분이다.

2.2 특징선 곡면의 설계 단면 형상 분석

제조 형상과 비교 분석을 위해서 먼저 설계 형상에서 특징선 곡면의 단면 곡선을 생성하고 분석하였다. Fig. 2에서 점 P가 놓인 진하게 표시된 곡선 부분이 ‘특징선 곡면(feature line surface)’이며 양쪽으로 ‘평탄 곡면(smooth surface)’이 있다. Fig. 3은 점 P에 해당하는 특징선의 단면 곡선이다. 특징선 곡면의 단면은 ‘곡선부(curved part)’로 나타나며, 주변 평탄 곡면의 단면은 ‘평탄부(smooth part)’로 나타난다. 실제 특징선 곡면의 단면 곡선은 두 평탄부가 이루는 각도가 거의 180도에 가깝고 곡선부의 높이가 매우 작아서 거의 직선처럼 보이지만 Fig. 3에서는 형상의 이해를 돕기 위해 과장해서 표시하였다.

특징선 형상의 일관된 분석을 위해 특징선과 수직인 평면으로 단면을 생성할 필요가 있다. Fig. 3에 표시된 특징선 곡면의 양쪽 ‘안내 곡선(guide curve)’을 이용해서 특징선 곡면의 수직 단면을 생성할 수 있다. Fig. 2의 점 P는 특징선 곡면 위의 임의의 한 점이며, 점 P를 포함하는 평면으로 특징선 곡면의 단면 곡선을 생성한다.

Fig. 3에서 점 P와 특징선 곡면의 양쪽 안내 곡선의 최단점인 q_1 , q_2 를 얻은 후, q_1 과 q_2 에서 안내 곡선의 단위 접선 벡터 T_1 과 T_2 를 계산한다. 특징선과 수직인 평면의 단위 법선 벡터 N 은 식(1)과 같이 T_1 과 T_2 의 합 벡터로 표시할 수 있다.

$$N = (T_1 + T_2)/|T_1 + T_2| \quad (1)$$

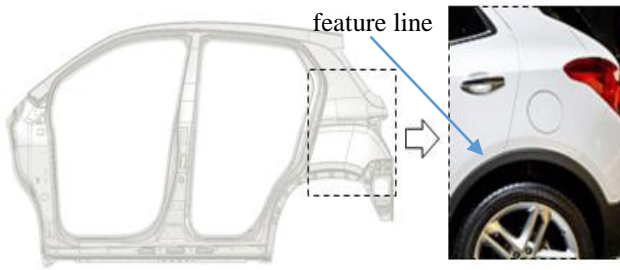


Fig. 1 The feature line for the measurement and analysis

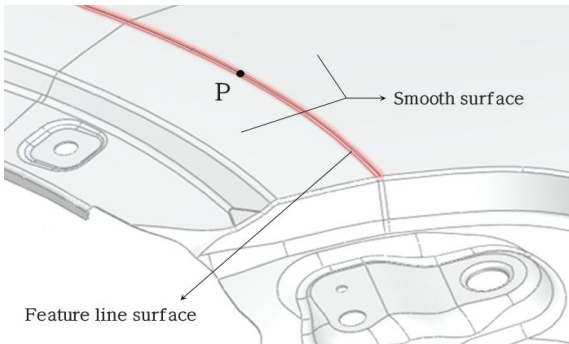


Fig. 2 Magnified view of the feature line surface

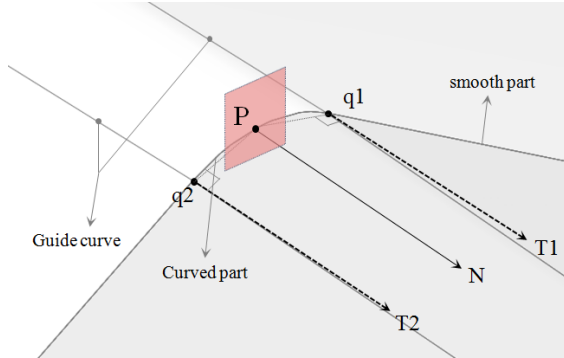


Fig. 3 Section plane and the section profile of the feature line surface

점 P에서 평면 N으로 자른 설계 곡면의 단면 곡선은 Fig. 4와 같다. 그림에서 보듯이 시각적으로는 곡선부와 평탄부를 구분하기 어렵다. Fig. 5는 단면 곡선의 곡률 반경을 빗살 모양의 선으로 표시하였다. 곡률 반경 표시를 통해 특징선 곡면의 단면인 곡선부가 좌우 평탄부와 명확히 구분됨을 알 수 있다. 단면 곡선의 평탄부는 곡률 변화가 거의 없으며 곡선부는 완만한 곡률 변화가 있음을 알 수 있다. 결과적으로 곡선부와 평탄부의 곡률 연속성(G2)[7]은 없으며 접선 연속(G1)[7]을 만족하도록 설계 되

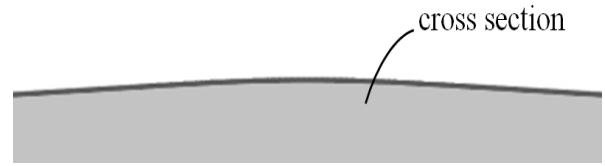


Fig. 4 Section profile of the design surface at P



Fig. 5 Comb plot for the radius of curvature

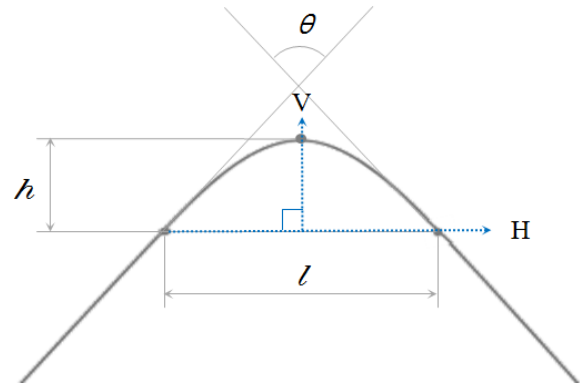


Fig. 6 Geometric measures for the analysis

었음을 알 수 있다. 또 곡선부는 원호가 아님을 알 수 있다. 그리고 좌측 평탄부는 곡률 반경이 455mm 이상이며, 우측은 1,500mm 이상이다. 그림에서 좌측의 평탄부가 휠 하우스에 가까운 부분이다.

특징선 곡면의 단면 곡선인 곡선부의 형상 분석을 위해 Fig. 6와 같이 몇 가지 형상 척도와 기준 벡터를 정의하자. Fig. 6은 곡선부가 확실히 드러나도록 가로축의 스케일을 좁게 표기하였다. 곡선부의 시작과 끝을 잇는 단위 방향 벡터를 H라 하고, H와 수직인 단위 벡터를 V라 하자. 결과적으로 H와 V, 단면 평면의 법선 N은 서로 수직이다. 곡선부의 시작과 끝점까지의 거리 l을 ‘현길이(chord length)’라 하고, 현의 높이 h는 V방향으로 측정하자. 현길이는 특징선 곡면의 폭을 의미한다. 사이각 θ 는 곡선부와 평탄부가 접선 연속이기 때문에 곡선부 양 끝점의 접선으로 계산할 수 있다.

점 P에서 얻은 단면 곡선에서 형상 척도를 분석한 결과가 Table 1이다. 분석에 사용된 특징선 곡면의 폭은 대략 2mm이며, 높이는 0.029mm, 최고점 근처에서 최소 곡률 반경은 12.190mm이다. 차체 혹은 전체 패널의 크기에 비하면 특징선 곡면은 매우 작은 폭을 가지는 작은 형상임을 알 수 있다.

2.3 단면의 위치 변화에 따른 형상 변화 분석

CAD 모델로 표현되는 설계 형상과 달리 실물 형상의 측정과 분석은 항상 측정 오차를 포함한다. 측정의 위치와 방향의 정밀도가 측정 결과에 미치는 영향을 설계 형상에서 분석하였다. 측정 단면이 특징선과 수직하지 않는 경우와 측정 단면의 위치가 비교할 설계 단면과 다른 경우를 고려하였다.

측정 단면의 위치 오차에 따른 특징선 형상 단면의 변화를 분석하기 위해 기준 위치인 점 P에서 특징선을 따라 앞뒤로 각각 5mm, 10mm 이동한 위치에서 설계 단면의 형상을 분석하였다. 해당 위치에서 2.2절에서 설명한 방법대로 특징선과 수직한 평면으로 단면을 생성하였다. 분석 결과 현의 높이와 길이 모두 기준 단면 곡선과 0.0001mm 이하의 차이가 발생하였으며, 최소 곡률 반경도 0.02mm 이내의 차이를 보였다. 결과적으로 10mm 이내의 위치 오차는 계산 오차 이내에서 거의 같은 단면 형상이며, 예제의 경우 특징선 곡면이 일정한 단면 곡선을 단순 스위핑[8]하여 생성한 곡면임을 알 수 있었다.

측정 단면의 방향이 특징선과 수직하지 않고 오차가 있는 경우는 두 가지로 나누어서 분석하였다. 먼저 Fig. 3에서 수직축인 V를 회전축으로 측정 단면이 틀어진 경우를 고려하자. 단면이 5°틀어진 경우는 곡선부의 현 길이가 기준 단면과 비교하여 0.0075mm 증가하였으며, 10°일 때 0.0030mm 증가하여 각도가 커질수록 현의 길이가 증가함을 알 수 있었다. 그러나 현의 높이는 10°인 경우에도 0.0002mm로 매우 작은 값의 변화가 있었다.

Fig. 3의 수평축인 H를 회전축으로 측정 단면이 틀어진 경우는 곡선부의 현 길이는 거의 변화가 없었으며 현의 높이가 조금 증가하였다. 5°틀어진 경우는 곡선부의 현 높이가 기준 단면과 비교하여 0.0002mm 증가하였다. 10°일 때는 0.0006mm 증가하여 각도가 커질 수록 현의 길이가 증가하지만 그 변화량은 매우 작음을 알 수 있다.

Table 1 Geometric data at the curved part

	value
h (mm)	0.0294
l (mm)	1.9976
θ (°)	174.57
min. radius (mm)	12.19

Table 2 Variations of the geometric measures according to the angular errors of the section plane

	standard	V(5°)	variation	V(10°)	variation
h (mm)	0.0294	0.0294	0	0.0296	+0.0002
l (mm)	1.9976	2.0051	+0.0075	2.0283	+0.0307

	standard	H(5°)	variation	H(10°)	variation
h (mm)	0.0294	0.0296	+0.0002	0.0300	+0.0006
l (mm)	1.9976	1.9976	0	1.9976	0

회전축 V와 H를 기준으로 발생하는 오차에 따른 현의 높이와 길이의 변화를 Table 2에 정리하였다. 결과적으로 측정 단면의 위치 오차와 수평축을 기준으로 발생하는 단면의 회전 오차는 단면 형상의 비교 분석에 큰 영향이 없음을 알 수 있다. 그리고 수직축을 기준으로 발생하는 단면의 회전 오차도 곡선부의 현 높이에는 큰 영향이 없음을 알 수 있다. 그러나 수직축 기준의 회전 오차는 곡선부의 현 길이에 영향이 있다. 측정 단면의 현 길이는 수직축 기준의 회전 오차가 적어야 그 결과를 신뢰할 수 있을 것이다.

3. 제조 형상 측정

3.1 측정 좌표계 생성

측정된 제조 형상을 설계 형상과 비교, 분석하기 위해서 측정 단면의 위치와 방향을 2.2절에서 분석한 설계 단면과 일치시켜야 한다. 특히 2.3절에서 분석한 측정 단면의 위치와 회전 오차에 의한 형상 측정 오류를 최소화하기 위해 설계 모델의 지역 좌표계와 측정 좌표계를 일치하는 방법을 사용했다.

측정에서 설계 모델의 좌표계와 동일한 측정 좌표계를 생성하기 위해 측정이 용이하고 설계 모델

과 쉽게 정렬할 수 있는 특징 형상을 이용했다[9]. 자동차 프레스 패널에는 Fig. 1, 2, 7에서 보듯이 검사 혹은 조립 등을 위해 다양한 구멍이 존재한다. 특히 대부분의 구멍은 평면에 있다[10]. 이 연구에서는 Fig. 7에서 보듯이 분석 대상 주변에 있는 2개의 구멍을 이용해 좌표계를 생성하였다. 그림에서 중심점이 A인 구멍이 놓인 평면의 단위 법선 벡터를 지역 좌표계의 Z축으로 사용한다. 그리고 두 구멍의 중심점을 각각 점 A, B라 하면 좌표계의 다른 두 축은 다음과 같이 정의된다

$$Y = Z \times (B - A) / |Z \times (B - A)| \quad (2)$$

$$X = Y \times Z \quad (3)$$

이때 좌표계의 원점은 구멍의 중심점 A를 사용한다. 설계 모델에서는 이와 같은 방법으로 쉽게 지역 좌표계를 생성할 수 있다. 측정에서도 평면의 측정과 구멍 중심점 측정은 가장 기본적인 측정이므로 쉽게 측정 좌표계를 구성할 수 있다.

설계 형상 분석에 사용한 세 개의 서로 수직인 벡터 N, H, V와 기준점 P를 생성된 지역 좌표계의 상대 좌표로 표시할 수 있다. 측정에서는 상대 좌표로 표시된 점 P와 벡터 N을 이용해 측정 평면을 정의할 수 있다. 그리고 수평축 H는 측정의 스캔 방향이며, 수직축 V는 측정 프로브의 탐침 방향이다.

3.2 측정기 및 측정 방법

이 연구에서 측정을 위해 사용한 장비는 Hexagon Metrology사의 접촉식 3차원 측정기이며 모델명은 Sheffield EXPLORER이다. 측정 영역은 1,500mm×3,000mm×1,000mm 이고, 정밀도는 $MPE_E = 3.5 + L/275 \mu m$, $MPE_P = 3.6 \mu m$ 이다. 측정 프로브는 지름 3.0mm의 구형 스타일러스를 사용하였다.

자동차 프레스 패널의 경우 패널을 체킹 픽스처(checking fixture)로 고정하고 측정, 검사하는 것이 일반적이다. 그러나 이 연구에서는 실험 조건과 공간의 한계로 패널을 체킹 픽스처에 고정해서 측정할 수 없었다. 실험 공간에서 측정할 수 있도록 큰 패널을 절단했으며 몇 개의 받침대로 패널을 지지하여 움직이지 않게 했다. 결과적으로 체킹 픽스처에 고정한 패널과 형상 차이가 있을 것으로 예상된다.

3.1절에서 설명한 방법대로 구멍이 놓인 평면과 두 개의 구멍 중심점을 이용해 설계 모델의 좌표계

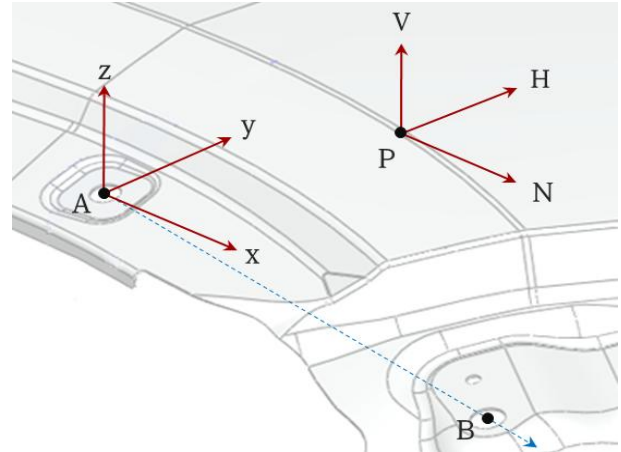


Fig. 7 Local coordinate systems for the measurement

와 일치하는 기준 좌표계를 생성하였다. 생성된 좌표계를 기준으로 분석 위치 P와 세 개의 수직 벡터 N, H, V를 이용해 새로운 측정 좌표계를 생성하고 측정을 진행하였다. 결과적으로 측정 좌표계는 원점이 P에 있고 세 개의 수직 벡터 N, H, V로 표현된다.

측정은 분석 위치 P를 기준으로 특징선 양쪽의 주변 평탄부 곡면이 약 10mm씩 포함되도록 했으며, 측정 방향 H를 따라 20mm를 0.5mm 간격으로 진행하였다.

4. 측정 결과 분석

4.1 설계 단면 형상과 측정 결과의 비교

측정한 결과를 설계 모델의 단면 형상에 겹쳐서 표시한 결과가 Fig. 8이다. Fig. 6과 같이 곡선부가 확실하게 드러나도록 보이기 위해 가로 스케일을 좁게 표시하였다. 설계 모델과 측정 데이터의 좌표계를 일치시켰기 때문에 단순한 좌표 변환만으로 정렬된 결과를 얻을 수 있었다. 그러나 그림에서 보듯이 세로 축을 확대해서 살펴보면 평탄부의 경우 측정 결과가 설계 단면에 비해 다소 위쪽에 놓이며, 곡선부의 최고점은 측정 결과가 설계 단면에 비해 아래쪽에 있다.

추가적인 형상 분석을 통해 평탄부는 측정점이 설계 모델의 평탄부와 거의 평행하며, 곡선부는 측정 결과가 설계 모델에 비해 곡률 반경이 더 크음을 알 수 있었다. 측정 형상의 평탄부가 설계 형상에 비해 곡면의 법선 방향으로 약 0.010mm 떨어져 있었다. 곡선부 최고점은 수직 방향으로 약 0.022mm의 차이가 있었다.

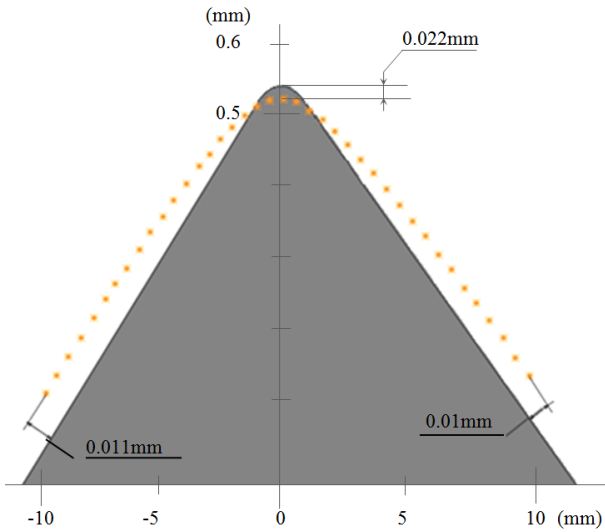


Fig. 8 Comparison between the measurement data and the designed section profile

4.2 설계 단면 형상과 측정 결과의 미세 정렬

좌표계 정렬에 의한 방법으로 측정 결과를 설계 단면에 정렬한 결과는 4.1절에 설명하였듯이 특징선 곡면의 단면을 정밀하게 비교 분석하기에는 부족하였다. 그래서 단면 형상의 미세 정렬을 시도하였다. 4.1절에서 분석된 약 0.010mm의 오차는 평탄부 패널의 성형성 검토에는 크게 문제가 없겠지만 특징선의 단면을 분석하기에는 부족함이 있다. 정렬 오차가 분석하려는 특징선 단면의 현 높이 0.030mm의 1/3에 불과하기 때문이다.

측정점에서 설계 곡면까지의 거리의 제곱합을 최소화하는 기준을 적용하여 시행착오적인 방법으로 측정 결과를 설계 단면 형상에 정렬하였다. 평탄부가 거의 직선에 가깝기 때문에 설계 단면 형상에서 좌측의 평탄부를 대표하는 직선을 쉽게 얻을 수 있다. 측정점의 좌측 평탄부(Fig. 9의 S1)를 대표하는 두 점을 선택한 후 평탄부를 대표하는 직선에 정렬하면 쉽게 좌측 평탄부를 정렬할 수 있다. 더 좋은 정렬 결과를 위해서 평탄부를 대표하는 두 점을 바꾸면서 시행착오적으로 최적 평탄부 정렬을 찾을 수 있다.

좌측 평탄부가 정렬되면 Fig. 9에서 보듯이 평탄부를 대표하는 직선을 따라 측정점 전체를 움직이면서 우측 평탄부(Fig. 9의 S3)를 정렬한다. 이때도 측정점과 설계 단면 형상의 거리를 확인하면서 시행

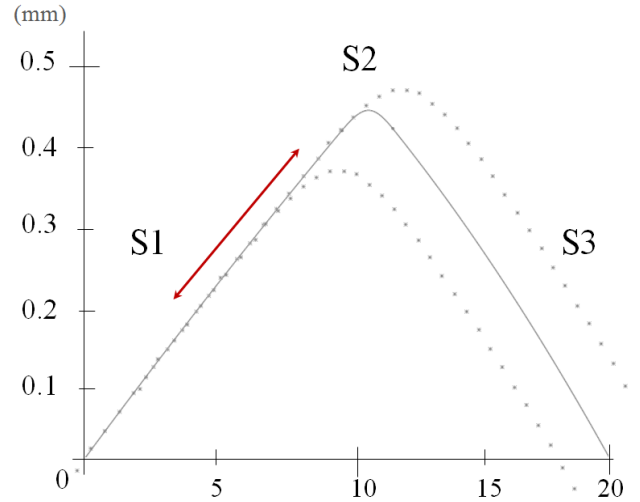


Fig. 9 Translation along the tangent of the left smooth curve

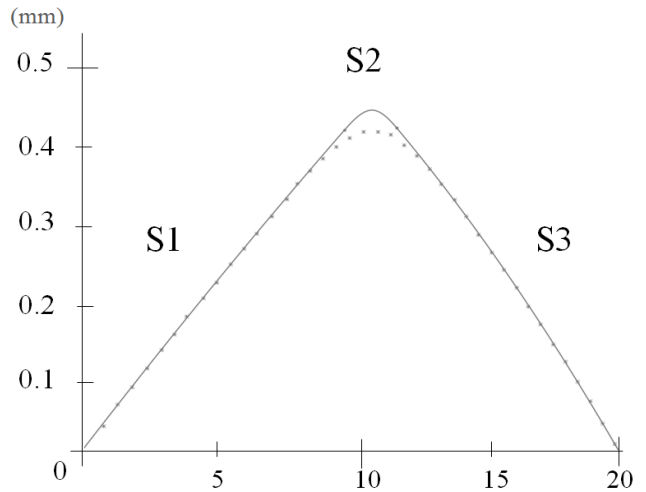


Fig.10 Fine alignment of the measurement data and the designed section profile

착오적인 방법으로 정렬을 수행하였다. 이러한 미세 정렬을 통해 얻어진 최종 정렬 결과가 Fig. 10에 있다. 미세 정렬한 후 평탄부(S1, S2) 측정점과 설계 단면 형상의 거리는 최대 0.0013mm이며, 평균 거리는 0.00096mm 이다.

4.3 제조 형상의 수치적 분석

설계 단면 형상에 미세 정렬된 측정 데이터의 형상을 분석하였다. Fig. 11는 곡선부를 확대한 결과다. 그림에서 측정 데이터의 곡선부는 설계 단면 형상에 비해 크며 최고점이 더 낮음을 알 수 있다. 그러나

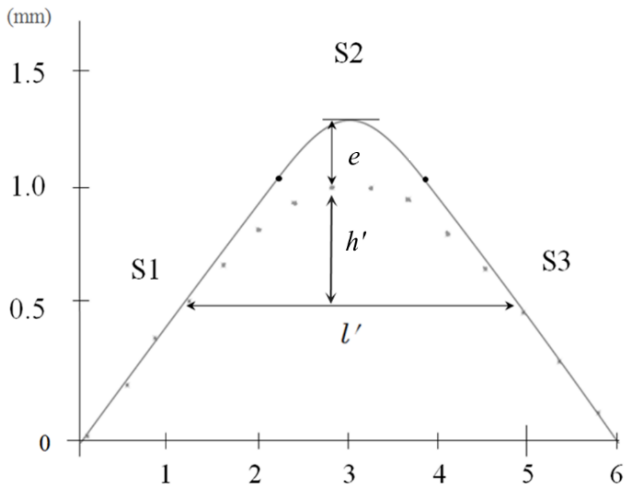


Fig.11 Magnified view of the curved part

Table 3 Comparisons of the geometric measures

	design (A)	measurement (B)	B-A
e (mm)		0.04	
h (mm)	0.029	0.08	0.05
l (mm)	1.998	5.50	3.50
r (mm)	12.190	20.70	8.51

측정 데이터의 이산적인 특징과 오차를 고려한다면 곡선부의 시작점을 해석적인 방법으로 확인하기는 어렵다. 이 연구에서는 시각적인 판단으로 그림에서 S1, S3로 표시된 부분을 측정 형상의 곡선부 시작점과 끝점으로 구분하였다.

특징선 곡면의 폭을 나타내는 곡선부 현의 길이는 측정 데이터에서 약 5.5mm로 분석되었다. 특징선 곡면의 높이를 나타내는 곡선부 현의 높이는 약 0.08mm로 분석되었으며, 곡선부 최고점의 차이는 0.04mm다. 또 3점 근사를 이용한 최소 곡률반경은 최고점에서 약 20.70mm로 계산되었다. 설계 단면의 경우 현의 길이가 1.998mm, 현의 높이가 0.029mm, 최고점에서 최소 곡률반경이 약 12mm 인 것에 비하면 제조 형상이 설계 형상과 상당히 다를 수 있다. Table 3에 설계 단면 형상과 측정 형상을 비교한 자료를 제시하였다. Table에서 e 는 Fig. 11에서 보듯이 측정 형상과 설계 형상이 정렬된 상태에서 두 정점간의 거리다.

5. 결론

분석된 결과값은 측정 오차를 고려하더라도 의미 있는 결과값이다. 2.3절에서 분석되었듯이 측정 평면이 수직축을 회전축으로 10도 가량의 측정 오류가 있다고 고려하더라도 곡선부의 현길이 오차 한계는 0.030mm이며, 현높이는 어떤 경우에도 오차 한계가 0.001~0.002mm 이기 때문이다.

이 연구에서는 자동차 프레스 패널의 특징선 곡면의 단면을 측정 하고 설계 단면 형상과 비교 분석해 보았다. 좌표계 정렬과 시각적인 미세 정렬을 통해 설계 형상에 측정 형상을 정렬하였다.

이 연구에서 비교 분석한 특징선 곡면의 경우 설계 특징선의 폭은 약 2mm인데 실제 제조 형상은 약 5.5mm로 3.5mm 가량 넓게 제작되었다. 그리고 최소 곡률 반경은 약 12mm로 설계되었지만 제작 결과는 약 21mm 정도임을 확인하였다. 결과적으로 특징선 곡면이 설계에 비해 대략 2배의 크기로 제작되었음을 알 수 있었다.

이 연구에서 확인된 결과로 자동차 외관 품질을 평가할 수는 없다. 확인된 특징선 곡면의 성형 오차가 관능적으로 파악할 수 있는 크기인지 알 수 없기 때문이다. 다양한 크기로 제작된 특징선의 관능 평가를 통해 품질 판정 기준을 확인할 수 있을 것이다.

이 연구에서 사용한 정렬 방법은 주변 구멍을 이용한 좌표계 정렬과 시행착오적인 미세 정렬 방법이다. 최소자승법 등의 계산 기하학적인 방법을 이용한다면 보다 쉽게 정렬할 수 있을 것으로 예상된다.

후 기

이 연구는 서울과학기술대학교 교내연구비 지원으로 수행되었습니다.

REFERENCES

- [1] S. Nam, A. K. Patil, S. Patil, H. R. Chintalapalli, K. Park, Y. Chai, 2013, Hybrid Interface of a Two-Dimensional Cubic Hermite Curve Oversketch and a Three-dimensional Spatial Oversketch for the Conceptual Body Design of a Car, Proc. IMechE Part D: J Automobile Engineering, Vol. 227, No. 12, 1687~1697.

- [2] A. Y. Oh, E. G. Yi, C. Y. Lee, S. O. Kwon, W. Park, Y. C. Chung, 2013, Proc. 10th Trans. Mater. Process Mold Process Symposium, Kor. Soc. Tech. Plast., Seoul, Korea, pp. 84~89.
- [3] W. Lan, 2011, The Application of Car's Parting Lines in Optimizing Car Styling and Assembly Process, Adv. Mater. Res., Vol. 421, pp. 670~673.
- [4] A. P. Karafillis, 1996, Tooling and Binder Design for Sheet Metal Forming Processes Compensating Springback Error, Int. J. Machine Tools and Manuf., Vol. 36, No. 4, pp. 503~526.
- [5] L. Kovacs, G. Brockmann, A. Zimmermann, H. Baurecht, K. Udovic, M. Gühring, K. Schwenzer, N. A. Papadopoulos, E. Biemer, R. Sader, H. F. Zeilhofer, 2005, Precision and Accuracy by Scanning of the Facial Region with the Minolta-Vivid 910® 3D Scanner, Int. Congress Series, Vol. 1281, p. 1288.
- [6] X. Ju, T. Boyling, J. P. Siebert, N. McFarlane, J. Wu, R. Tillett, 2004, Proc. 17th Int. Conf. on Pattern Recognition, IEEE, New York, pp. 280~283.
- [7] B. K. Choi, 1991, Surface Modeling for CAD/CAM, Elsevier, pp. 72~73.
- [8] K. W. Lee, 1999, Principles of CAD/CAM/CAE Systems, pp. 113~166.
- [9] H. J. Park, W.J. Ahn, 1996, Precision Alignment Technique for Parts Having Thin Features using Measurement Feedback Iterative Method in CAD/CAI Environment, Int. J. Mach. Tools Manuf., Vol. 36, No. 2, pp. 217~227.
- [10] W. Q. Kang, D. Li, P. W. Guo, 2010, Study on the Algorithms of Holes Feature Recognition in Auto Body Panels Based on UG, Adv. Mater. Res., Vol. 156, pp. 6~9.