논 문 한국정밀공학회지 제15권 제8호 (1998년 8월)
Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 15, No. 8, August 1998.

평판보를 이용한 6분력 로드셀 개발에 관한 연구

김 갑 순*, 이 세 헌**, 엄 기 원**

Development of 6-component Load Cell Using Plate Beams

G.S. Kim*, S. Rhee**, K.W. Um**

ABSTRACT

This paper describes the development of a 6-component load cell with plate beams which may be used to measure forces Fx, Fy, Fz and moments Mx, My, Mz simultaneously in industry. We have analyzed the bending strains on the surface of the beams under forces or moments by using Finite Element Method and designed the sensing elements of 6-component load cell. We have also determined the attachment location of strain gages of each load cell and fabricated 6-component load cell. To evaluate the rated strain and interference error of each load cell, we have carried out characteristic test of 6-component load cell.

Key Words : 6-component load cell(6분력 로드셀), Sensing element(감지부), Force(힘), Moment(모멘트), Beam(보), Strain(변형률), Rated strain(정격변형률), Finite Eelemet Method(유한요소법), Interference error(상호간섭오차), Interference strain(상호간섭 변형률)

1. 서 론

로봇암 및 공작기계의 고급화를 위한 힘제어, 자동차산업, 조선산업, 전자산업 등에서의 힘 및 모멘트의 측정은 여러방향의 힘 및 모멘트를 동시에 측정할 수 있는 다분력 로드셀(multi-component load cell)을 이용한다. 다분력 로드셀은 한 몸체에 각 방향의 힘 과 모멘트를 감지할 수 있는 각각의 로드셀을 조합하여 제작한다. 이것의 정밀 정확도는 비직선성오차(nonlinerity), 재현도오차(repeatability), 상호간섭오차(interference error)로 평가할 수 있으나 상호간섭오차가 다른 오차들보다 수십배 혹은 수백배 크기 때문에 일반적으로 다분력 로드셀의 정밀 정확도를 상호간섭오차만으로 평가한다. 정밀 정확도가 높은 다분력 로드셀을 제작하기 위해서는 상호간섭오차가 최소가 되도록 각 로드셀 감지부의 구조설계 및 변형률해석을 실시해야 한다[1~5].

다분력 로드셀의 감지부로는 병렬평행판(parallel plate)[1~5] 혹은 방사평판(radial plate)[2,3]이 많이 사용된다. Yabuki[1]는 8개의 병렬평판을 십자형으로 구성하여 로봇용 6분력 로드셀을 개발하였으며, Hatamula[2]는 사각기둥에 2개의 병렬평판과 2개의 방사평판이 구성되도록 설계하여 6분력 로드셀을 개발하였다. Ono[3]는 원

* 한국표준과학연구원 역학연구부
** 한양대학교 정밀기계공학과

형기등에 6개의 병렬평판이 구성되도록 설계하여 역시 6분력 로드셀을 개발하였으며, 주[5]는 VCR(video cassette recorder) 주행장치의 반력측정을 위하여 1개의 병렬평판을 이용하여 2분력 로드셀을 개발하였다. 상술한 다분력 로드셀의 상호간섭오차는 3%~10%정도이다. 병렬평판과 방사평판을 이용한 구조의 다분력 로드셀은 특히 힘 Fx가 가해질 경우 모멘트 My, 그리고 힘 Fy가 가해질 경우 모멘트 Mx가 발생할 때 상호간섭오차가 크게 발생한다. 이와 같은 상호간섭오차는 다분력 로드셀의 감지부 설계변경으로 줄일 수 있다.

각 로드셀 감지부의 변형률해석은 각 로드셀의 정격출력과 상호간섭오차를 고려하여 각 로드셀 감지부의 크기를 설계하기 위하여 실시한다.

본 논문에서는 힘 Fx, Fy, Fz 및 모멘트 Mx, My, Mz를 동시에 감지할 수 있는 6분력 로드셀을 고안하였다. 힘 Fx, Fy와 모멘트 Mz를 감지하는 감지부는 6분력 로드셀의 상부에 위치하며, 4개의 평판보를 z 방향과 수직으로 눕혀서 하중전달블럭을 중심으로 십자형으로 구성하였다. 힘 Fz과 모멘트 Mx, My를 감지하는 감지부는 6분력 로드셀의 하부에 위치하며, 힘 Fx와 Fy를 감지하는 감지부는 8개의 평판보를 z 방향으로 세워서 사각형 모양을 가지도록 구성하였다. 그리고 모멘트 Mz를 감지하는 감지부는 힘 Fx와 Fy의 감지부를 구성한 사각형안에 4개의 평판보를 z 방향으로 세워서 하중전달블럭을 중심으로 십자형으로 구성하였다. 로드셀의 감지부를 설계하기 위하여 유한요소법을 이용하여 각 로드셀의 감지부들의 변형률해석을 하였으며, 해석된 변형률들을 분석하여 스트레인 게이지의 부착위치를 선정하고 게이지를 부착하여 6분력 로드셀을 제작하였다. 그리고 각 로드셀의 정격변형률과 상호간섭오차를 평가하기 위하여 특성실험을 실시하였다.

2. 감지부의 변형률해석

2.1. 감지부 모델링

본 논문에서는 힘 Fz 및 모멘트 Mx와 My를 동시에 감지할 수 있도록 평판보 1, 2, 3, 4를 수평으로 눕혀서 구성하고, 힘 Fx와 Fy 및 모멘트 Mz를 동시에 감지할 수 있도록 평판보 5~16을 수직으로 세워서 구성하여 6분력 로드셀의 감지부를 Fig. 1과 같이 모델링하였다. Fig. 1에서 B1~B4는 보 1~4를 몸체(body)에 고정하는 블록이며, B5~B8은 보 5~16을 몸체에 고정하는 블록이다.

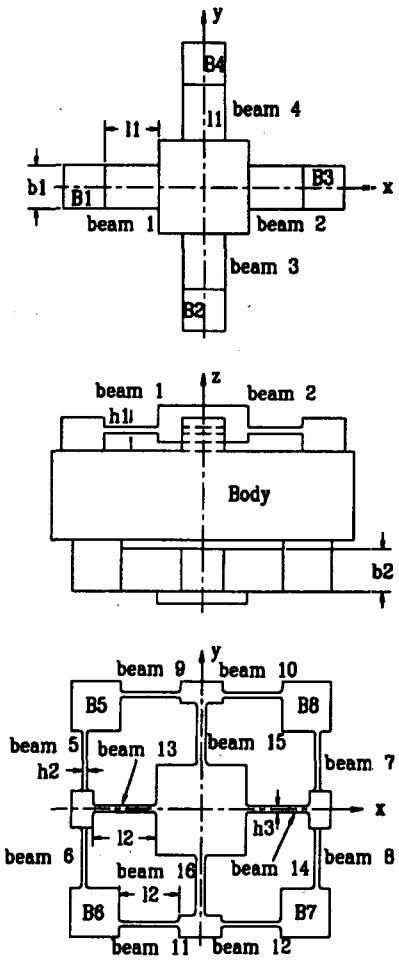

Fig. 1 Structure of sensing element for a 6-component load cell

힘 Fz 및 모멘트 Mx와 My를 감지하는 로드셀의 감지부는 같은 크기의 평판보, 즉 보의 길이 l_1, 보의 폭 b_1, 보의 높이 h_1가 서로 같은 평판보 1~4를 하중전달 블록을 중심으로 십자형을 이루도록 구성하였다. 힘 Fx와 Fy를 감지하는 로드셀의 감지부는 같은 크기의 평판보, 즉 보의 길이 l_2, 보의 폭 b_2, 보의 높이 h_2가 서로 같은 보 5~12를 사각형을 이루도록 구성하였다. 그리고 모멘트 Mz를 감지하는 로드셀의 감지부는 같은 크기의 평판보, 즉 보의 길이 l_2, 보의 폭 b_2, 보의 높이 h_3가 서로 같은 보 13~16을 또 다른 하중전달 블록을 중심으로 십자형을 이루도록 구성하였다. 보 1(beam 1)과 2는 힘 Fz과 모멘트 My를 감지하는 감지부로 사용되고 보 3과 4는 모멘트 Mx를 감지하는 감지부로 사용된다. 보 5~8은 힘

Fx, 보 9~12는 힘 Fy, 보 13~16은 모멘트 Mz를 감지하는 감지부이다. 각 로드셀을 정확하게 설계하기 위해서는 감지부의 변형률을 해석해야 한다.

2.2. 감지부설계 및 변형률해석

각 방향의 힘 혹은 모멘트 감지용 로드셀의 감지부는 완전결선회로로부터 출력되는 정격변형률이 비슷하게 설계되어야 하며, 이와 같이 설계하기 위해서는 설계변수가 선정되어야 한다. 설계변수는 정격용량, 정격변형률, 보의 폭, 보의 길이, 보의 높이, 그리고 스트레인 게이지의 부착위치이다. 6분력 로드셀의 설계를 위하여 힘 Fx, Fy, Fz 감지용 로드셀의 정격용량은 100 N, Mx와 My인 경우에는 1 Nm, Mz인 경우에는 5 Nm로 하였다. 각 로드셀의 완전결선회로를 구성하기 위한 스트레인 게이지는 Fig. 2에서 보는 것과 같이 Fx 감지용 로드셀인 경우에는 S13~S16, Fy인 경우에는 S17~S20, Fz인 경우에는 S1~S4, Mx인 경우에는 S9~S12, My인 경우에는 S5~S8, Mz인 경우에는 S21~S24로 결정하였다. 스트레인 게이지의 부착위치는 게이지의 크기와 작업을 고려하여 힘 Fx, Fy 감지용 로드셀인 경우에는 보의 길이방향으로는 보의 끝단으로부터 3.5 mm인 지점이고 보의 폭방향으로는 길이방향의 중심선상이다. 힘 Fz인 경우에는 보의 길이방향으로는 보의 끝단으로부터 3.5 mm인 지점이고 보의 폭방향으로는 보의 길이방향의 중심선으로부터 3.5 mm 떨어진 지점이다. 모멘트 Mx, My인 경우에는 보의 길이방향으로는 보의 양끝으로부터 3 mm인 지점이고 보의 폭방향으로는 길이방향의 중심선상이다. 모멘트 Mz인 경우에는 중앙에 위치한 블록에서 시작되는 보의 끝단으로부터 보의 길이방향으로 7 mm인 지점이고 보의 폭방향으로는 길이방향의 중심선상이다. 그리고 각 로드셀의 감지부를 구성하는 보의 크기중 보의 폭은 모두 14 mm로 결정하였고, 보의 길이와 보의 높이는 유한요소해석을 수행하여 결정하였다.

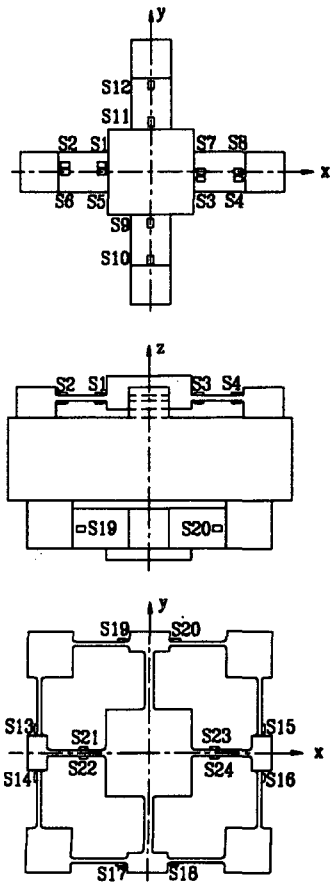

Fig. 2 Location of strain gages for strain measurement

유한요소해석은 상용화된 프로그램인 ANSYS를 사용하여 변형률을 2차원해석 하였다. 해석은 평면응력상태로 가정하였고 유한요소는 4절점 4각형선형요소이다. 재료상수는 사용한 재료 알루미늄의 상수값인 종탄성계수, 70 GPa로, 프와송의 비는 0.3으로 하였다. 격자크기는 보의 길이방향으로는 0.5 mm 간격, 높이방향으로는 3등분하였다. 유한요소해석시 힘 Fx, Fy, Fz 감지용 감지부에는 정격용량이 100 N이므로 보의 단위 폭당 힘인 7.143 N/mm, 모멘트 Mx에는 정격용량이 1 Nm이므로 단위 폭당 모멘트인 71.429 Nm/mm, 모멘트 Mz에는 정격용량이 5 Nm이므로 단위 폭당 모멘트인 357.143 Nm/mm를 가했다. 각 감지부는 유한요소법을 이용하여 정격출력 및 보의 크기를 조절하여 설계하였다.[5,6] 설계결과는 힘 Fx, Fy 및 모멘트 Mz 감지용 로드셀의 감지부 보의 길이는 모두 17 mm이었고, 보의 높이는 힘 Fx, Fy인 경우 1.5 mm, 모멘트 Mz인 경우 2 mm 이었다. 그리고 힘 Fz 및 모멘트 Mx, My 감지용 로드셀의 감지부 보의 길이는 모두 18 mm이었고, 보의 높이는 모두 1.8 mm이었다. 정격출력은 힘 Fx, Fy감지용 로드셀인 경우에는 752 μm/m, 힘 Fz인 경우에는 1110 μm/m, 모멘트 Mx, My인 경우에는 1088 μm/m, 모멘트 Mz인 경우에는 1020 μm/m이었다.

Fig. 3은 힘 Fx 혹은 Fy, Fig. 4는 모멘트 Mz, Fig. 5는 힘 Fz, Fig. 6은 모멘트 Mx 혹은 My가 가해졌을

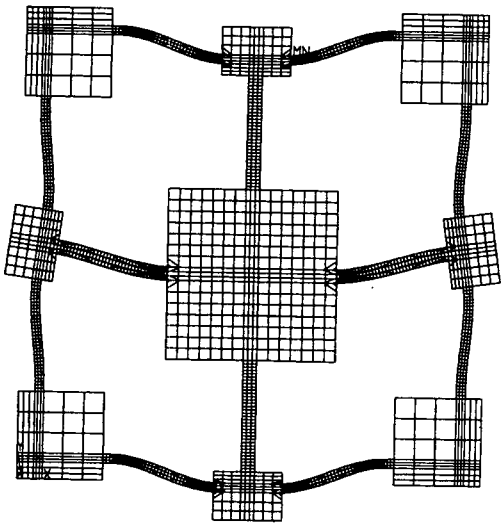

Fig. 3 Finite element mesh and deformed shape of beams for Fx, Fy, Mz load cell under the force, Fx or Fy

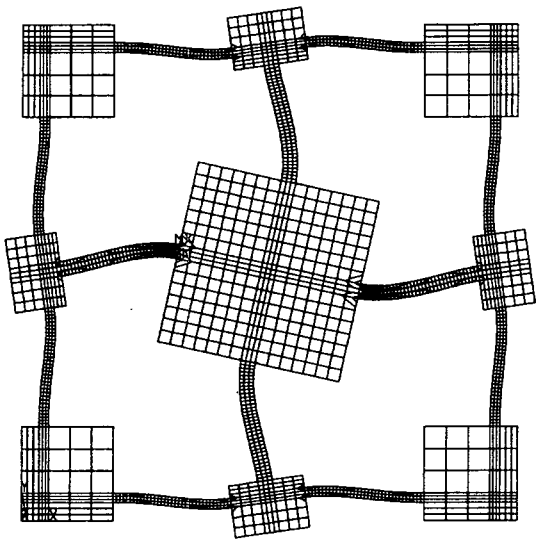

Fig. 4 Finite element mesh and deformed shape of beams for Fx, Fy, Mz load cell under the moment, Mz

때 변형된 모습을 나타낸 것이다. 힘이 가해졌을 때 로드셀 감지부의 변형형태는 좌우 대칭 형상을 보이고 있으며, 모멘트가 가해졌을 때는 중앙에 위치한 블록에 가까운 지점에서는 고정단보다 큰 변형거동을 보였다.

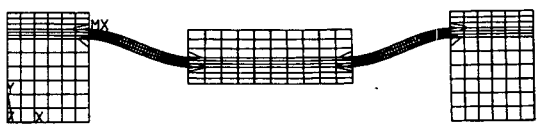

Fig. 5 Finite element mesh and deformed shape of beams for Fz, Mx, My load cell under the force, Fz

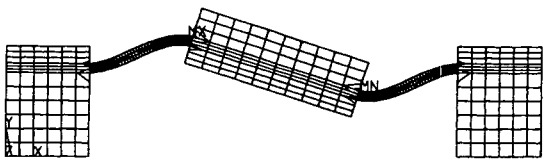

Fig. 6 Finite element mesh and deformed shape of beams for Fx, Fy, Mz load cell under the moment, Mx or My

2.3 변형률해석 결과 및 고찰

로드셀을 제작할 때에는 스트레인 게이지 부착위치에서의 변형률만 필요하므로 6분력 로드셀의 스트레인 게이지 부착위치 즉, 힘 Fx, Fy, Fz인 경우에는 보의 끝단으로부터 3.5 mm인 지점, 모멘트 Mz인 경우에는 중앙에 위치한 블록에서 시작되는 보의 끝단으로부터 7 mm인 지점, 모멘트 Mx, My인 경우에는 보의 양끝으로부터 3 mm인 지점에서 유한요소해석으로 얻은 변형률들만 나타내기로 한다.

Table 1은 스트레인 게이지의 부착위치에서 각 로드셀의 감지부를 유한요소해석한 결과를 나타내고 있다. 변형률들은 각 로드셀의 정격하중(정격힘 혹은 정격 모멘트)을 가하고 각 로드셀의 감지부를 유한요소해석한 결과이고, 상호간섭변형률은 가해진 힘 혹은 모멘트를 감지하는 로드셀의 감지부 이외의 감지부를 유한요소해석한 결과이다. 변형률 및 상호간섭변형률은 각각 로드셀의 정격변형률과 상호간섭오차를 계산하는데 사용된다. Table 2는 Table 1에서 나타낸 변형률과 상호간섭변형률을 이용하여 각 로드셀의 정격변형률과 상호간섭오차를 나타낸 것이다. 각 로드셀은 Fig. 7과 같이 이미 선정된 스트레인 게이지를 이용하여 완전결선회로를 구성하였으며, 정격변형률과 상호간섭오차를 식 (1)을 이용하여 계산하였다.

$$\varepsilon = \varepsilon_{T1} - \varepsilon_{C1} + \varepsilon_{T2} - \varepsilon_{C2} \tag{1}$$

여기서 ε은 완전결선회로로 부터 계산된 변형률, ε_{T1}은 인장 스트레인 게이지 T_1의 변형률, ε_{T2}는 인장 스트

Table 1 Strains and interference strains of each component

Force(N) or Moment(Nm)	Strain gage/ Strain(μ m/m)				Strain gage/ Interference strain(μ m/m)							
Fx=100	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S1,S5	S2,S6	S3,S7	S4,S8
	-188	-188	188	188	86	-86	86	-86	-328	-215	328	215
Fy=100	S17	S18	S19	S20	S13	S14	S15	S16	S9	S10	S11	S12
	-188	-188	188	188	-86	86	-86	86	328	-215	-328	215
Fz=100	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
	280	-275	280	-275	280	-275	280	-275	280	-275	280	-275
Mx=1	S9	S10	S11	S12	-	-	-	-	-	-	-	-
	-326	218	326	-218	-	-	-	-	-	-	-	-
My=1	S5	S6	S7	S8	S1	S2	S3	S4	-	-	-	-
	326	-218	-326	218	280	-184	-280	184	-	-	-	-
Mz=5	S21	S22	S23	S24	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20
	255	-255	-255	255	-147	147	147	-147	-147	147	147	-147

Table 2 Rated strain and interference error of each component

Load cell	Rated strain(μ m/m)	Interference error(%)
Fx	752	0
Fy	752	0
Fz	1110	0
Mx	1088	0
My	1088	0
Mz	1020	0

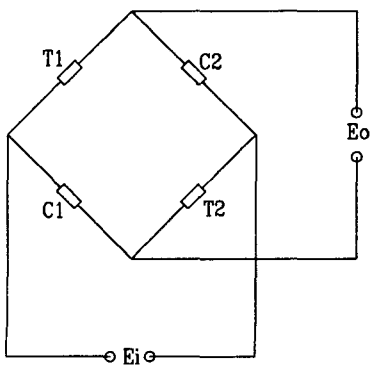

Fig. 7 Full bridge circuit

레인 게이지 T_2의 변형률, ε_{C1}은 압축 스트레인 게이지 C_1의 변형률, ε_{C2}은 압축 스트레인 게이지 C_2의 변형률이다.

계산한 정격변형률은 힘 Fx와 Fy 로드셀인 경우에는 모두 752 μm/m, 힘 Fz 로드셀인 경우에는 1110 μ m/m, 모멘트 Mx와 My 로드셀인 경우에는 모두 928 μ m/m, Mz 로드셀인 경우에는 1020 μm/m 이었다. 다분력 로드셀의 정밀 정확도에 큰 영향을 미치는 상호간섭오차를 계산한 결과는 모두 0%이었다. 따라서 본 논문에서 설계한 6분력 로드셀의 정밀 정확도는 유한요소 해석결과 상호간섭오차가 모두 0%이었으므로 기존의 다분력 로드셀과 비교할 때 우수하리라 생각된다.

3. 로드셀 제작

감지부의 설계에서 선정한 스트레인 게이지의 부착위치, 즉 보의 길이방향으로는 힘 Fx, Fy Fz 감지용 로드셀인 경우에는 보의 끝단으로부터 3.5 mm인 지점, 모멘트 Mz인 경우에는 중앙에 위치한 블록에서 시작되는 보의 끝단으로부터 7 mm인 지점, 모멘트 Mx, My인 경우에는 보의 양끝으로부터 3 mm인 지점이며, 보의 폭방향으로는 힘 Fz인 경우에는 보의 길이방향 중심선으로부터 3.5 mm 떨어진 지점이고 힘 Fx, Fy와 모멘트 Mx, My, Mz인 경우에는 보의 길이방향 중심선상에 스트레인 게이지들를 순간경화제, M-bond 200(Micro-Mea-

surement사에서 제작)을 이용하여 부착하였다. 그리고 각각의 로드셀을 구성하는 스트레인 게이지, Fx 감지용 로드셀인 경우 S13~S16, Fy인 경우 S17~S20, Fz인 경우 S1~S4, Mx인 경우 S9~S12, My인 경우 S5~S8, Mz인 경우 S21~S24를 이용하여 Fig. 7과 같이 완전결선회로를 구성하여 각각의 로드셀을 제작하였다. 사용된 스트레인 게이지는 Micro-Measurement사의 센서용 게이지인 N2A-13-T001N-350이며, 이 게이지의 게이지 상수는 2.08, 게이지 길이는 1.52 mm, 게이지 폭은 2.54 mm이다.

4. 로드셀 특성실험 및 고찰

제작한 6분력 로드셀의 정격변형률과 상호간섭오차를 평가하기 위하여 특성실험을 실시하였다. 특성실험은 한국표준과학연구원에서 보유하고 있는 6분력 힘/모멘트 교정기[7]를 이용하여 실시하였다. 정격변형률실험 및 상호간섭오차 실험은 각 로드셀의 정격하중 힘 Fx=Fy=Fz=100 N, 모멘트 Mx=1 Nm, My=1 Nm, Mz=5 Nm를 가하여 사전부하실험을 3회 실시한 후 각 로드셀의 정격하중을 가하여 각각 3회씩 실시하였다.[8] Table 3은 각 로드셀의 유한요소해석과 실험으로 얻은 변형률들을 나타내었다. Fx 감지용 로드셀인 경우, 실험으로 얻은 정격변형률은 590 μm/m이었고, 유한요소해석으로 얻은 정격변형률을 기준으로 실험으로 얻은 정격변형률을 비교한 정격변형률오차는 21.6%이었다. Fy 감지용 로드셀인 경우, 실험으로 얻은 정격변형률은 605 μm/m이었고, 정격변형률오차는 19.6%이었다. Fz 감지용 로드셀인 경우, 실험으로 얻은 정격변형률은 1270 μm/m이었고, 정격변형률오차는 14.4%이었다. Mx 감지용 로드셀인 경우, 실험으로 얻은 정격변형률은 962 μ/m이었고, 정격변형률오차는 11.6%이었다. My 감지용 로드셀인 경우, 실험으로 얻은 정격변형률은 981 μm/m이었고, 정격변형률오차는 9.8 %이었다. Mz 감지용 로드셀인 경우, 실험으로 얻은 정격변형률은 1412 μm/m이었고, 정격변형률오차는 38.4%이었다. 상술한 것과 같이 6분력 로드셀의 상부에 위치한 힘 Fz와 모멘트 Mx, My 감지용 로드셀의 정격출력오차는 15% 이내로 나타났으며, 이것은 일반적인 유한요소해석오차가 10%내외인 것과 스트레인 게이지 부착오차를 고려하면 유한요소해석값과 실험값은 잘 일치한 것으로 생각된다. 6분력 로드셀의 하부에 위치한 힘 Fx, Fy와 모멘트 Mz 감지용 로드셀의 정격출력오차는 실험값이 유한요소해석값보다 힘 Fx와 Fy인 경우에는 각각 21.6%와 19.6% 적게 나타났으며, 모멘트 Mz인 경우에는 38.2% 크게 나타났다. 이와 같이 정격출력오차가 발생한 것은 개발한 로드셀의 힘 Fx, Fy와 모멘트 Mz 감지용 감지부구조는 각각의 감지부에 가해지는 힘 혹은 모멘트를 모멘트 Mz 감지용 감지부와 힘 Fx, Fy 감지용 감지부가 나누어 지지하기 때문에 미소한 감지부의 가공오차에 의해 각각의 감지부에 발생하는 변형률에 큰 영향을 미쳤기 때문으로 생각된다. 또한 스트레인 게이지 부착위치의 오차와 유한요소해석오차 때문인 것으로 생각된다. 이와 같은 정격출력오차를 줄이기 위해서는 로드셀 감지부의 가공오차와 스트레인 게이지 부착위치 오차를 줄이기 위한 노력이 필요하다.

Table 4는 상호간섭오차를 백분율로 나타낸 것을 보이고 있다. 상호간섭오차는 모멘트 Mz가 가해졌을 때 힘 Fz 감지용 로드셀에서 5.9%가 나타났으며, 그외에서는 2.0%이하로 나타났다. 특히 병렬평행판과 방사평판에서 상호간섭오차가 크게 나타나는 경우, 즉 힘 Fx가 가해졌을 때 모멘트 My 감지용 로드셀과 힘 Fy가 가해졌을 때 모멘트 Mx 감지용 로드셀의 경우 각각 1.5%와 2.0%로 나타났다. 상호간섭오차가 모멘트 Mz가 가해졌을 때 힘 Fz 감지용 로드셀에서 5.9%로 나타난 것은 힘 Fz 감지용 로드셀의 스트레인 게이지의 부착위치를 Fig. 2에서 보는 것과 같이 보폭의 중심선으로부터 3.5 mm 떨어진

Table 3 The rated strains of 6-component load cell

Load cell		Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
Rated strain (μm/m)	FEM	752	752	1110	1088	1088	1020
	Experiment	590	605	1270	962	981	1412
Error(%)		21.6	19.6	14.4	11.6	9.8	38.4

Table 4 Interference error in experiment

Load / Load cell	Interference error(%)					
	Fx(N)	Fy(N)	Fz(N)	Mx(Nm)	My(Nm)	Mz(Nm)
Fx	-	1.0	0.01	0.02	0.01	0.1
Fy	0.5	-	0.05	0.09	0.1	1.5
Fz	1.4	1.8	-	0.8	0.3	5.9
Mx	0.6	2.0	1.0	-	0.6	0.2
My	1.5	0.02	1.7	0.4	-	0.2
Mz	1.7	1.7	0.04	0.2	0.3	-

위치에 부착하였기 때문이다. 이와 같은 상호간섭오차를 줄이기 위해서는 모멘트 Mz가 작용할 때 힘 Fz 감지용 로드셀과 같은 형태의 보로 제작된 모멘트 Mx와 My 감지용 로드셀에서 발생한 상호간섭오차인 0.2%를 고려해 볼 때 힘 Fz 감지용 로드셀의 스트레인 게이지를 Fig. 2의 ㅁ로 표시된 위치에 부착해야 할 것으로 생각된다. 이를 위해서는 몸체와 스트레인 게이지 부착위치의 공간을 확보해야 한다. 개발한 6분력 로드셀의 상호간섭오차는 현재 선진국에서 개발되어 산업에서 사용되고 있는 6분력 로드셀과 비슷한 수준이며, 모멘트 Mz가 가해졌을 때 힘 Fz 감지용 로드셀의 상호간섭오차만 개선하면 매우 우수한 로드셀로 평가되리라 생각된다.

5. 결 론

본 논문에서는 정격용량이 힘 Fx=Fy=Fz=100 N, 모멘트 Mx=My=1 Nm, Mz=5 Nm인 6분력 로드셀을 개발하였다. 여러 개의 보들을 조합하여 힘 Fx, Fy, Fz 및 모멘트 Mx, My, Mz를 동시에 감지할 수 있는 6분력 로드셀을 고안하였으며, 유한요소해석을 통하여 각각의 로드셀의 감지부를 설계하였다. 그리고 해석결과를 이용하여 스트레인 게이지의 부착위치를 선정하여 로드셀을 제작하였으며, 제작한 6분력 로드셀을 평가하기 위하여 특성시험을 실시하였다. 여기서 얻은 결론은 다음과 같다.

(1) 유한요소해석으로 얻은 정격변형률은 실험으로 얻은 정격변형률과의 오차가 6분력 로드셀의 상부에 위치한 힘 Fz과 모멘트 Mx, My 감지용 로드셀인 경우에는 잘 일치하였고 힘 Fx, Fy와 모멘트 Mz 감지용 로드셀인 경우 크게 나타났다. 이것은 감지부의 가공오차와 스트레인 게이지의 작업오차 때문이므로 이것들에 대한 주의가 필요함을 알았다.

(2) 개발한 6분력 로드셀의 상호간섭오차는 모멘트 Mz가 가해졌을 때 힘 Fz 감지용 로드셀에서 5.9%로 나타났으며 그외에서는 2.0%이하로 나타났다. 특히 병렬평행판과 방사평판에서 상호간섭오차가 크게 나타나는 경우, 즉 힘 Fx가 가해졌을 때 모멘트 My 감지용 로드셀과 힘 Fy가 가해졌을 때 모멘트 Mx 감지용 로드셀의 경우 각각 1.5%와 2.0%로 나타났다. 상호간섭오차는 현재 산업에서 사용되고 있는 6분력 로드셀과 비슷한 수준이며, 모멘트 Mz가 가해졌을 때 힘 Fz 감지용 로드셀의 상호간섭오차만 개선하면 매우 우수한 로드셀로 평가되리라 생각된다.

본 논문에서 개발한 6분력 로드셀은 조선산업 및 자동차산업에서 여러방향의 힘 혹은 모멘트를 감지하는데 사용될 수 있으며, 특히 로봇 및 공작기계의 힘제어 응용에 유용하게 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Yabuki, A., "Six-Axis Force/Torque Sensor for Assembly Robots," FUJTSU Sci. Tech. J., Vol. 26, No. 1, pp. 41~47, 1990.
2. Hatamura, Y., et al., "A Miniture 6-axis Force Sensor of Multilayer Parallel Plate Structure," IMEKO, pp. 567~582, 1989.
3. Ono, K., et. al., "A New Design for 6-component Force/Torque Sensors," Mechanical Problems in Measuring Force and Mass, pp. 39~48, 1993.
4. Ferrero, C., "The measurement of parasitic components in national force standard machines," Measurement Vol. 8 No. 2, pp. 66~76, 1990.
5. 주진원, 김승환, 김갑순, 이경원, "VCR 주행장치의 2축 플랜지 반력 측정장치 개발," 대한기계학회 논문집(A), 제20권, 제7호, pp. 2213~2222, 1996.
6. 김갑순, 강대임, 정수연, 주진원, "병렬판구조를 이용한 3분력 로드셀 감지부의 설계," 대한기계학회 논문집(A), 제21권, 제11호, pp. 1871~1884, 1995.
7. 김갑순, 강대임, 송후근, "6분력 힘/모멘트 교정기의 설계 및 불확도 평가," 한국정밀공학회 97춘계학술대회논문집, pp. 68~72, 1997.
8. 김갑순외 4명, "전기식 힘측정기의 표준교정절차(KASTO 97-07-104-104)," 한국측정기기 교정협회, pp. 3~15, 1997.