

유한요소 분석을 통한 심미적 교정 브라켓의 응력 및 구조분석에 관한 연구

이원유¹⁾ · 안주삼²⁾ · 박영철³⁾ · 박명균⁴⁾ · 손홍범⁵⁾ · 정시동⁶⁾

본연구는 유한요소 분석법의 사용으로 세가지 형태의 브라켓에 tipping과 torquing force를 부여하여 응력분포를 알아보고 또한 스테인레스 스틸과 세라믹의 재질을 임의 설정하여 응력분포를 알아보고 생역학적으로 우수한 브라켓을 디자인 하는 데 기초가 되기위해 수행되었다. 선정된 세가지 브라켓은 A:Transcend(Unitek) B:Signature(RMO) C:PAW(Plane Arch Wire appliance) 이었다. 철선은 0.0175x0.025 스테인레스 스틸 과 C형은 새롭게 고안된 마름모꼴 철선이 이용되었다. tipping force는 4.27N을 브라켓의 wire slot의 gingival wall의 mesial surface와 대각선으로 대칭되는 면에 각각의 node에 분력의 형태로 작용시켰다. torquing force는 couple force의 형태로 32.858N을 19.7도 회전하였고 bracket C형은 동량의 힘을 11.3도 회전하여 X와 Y의 방향으로 분력의 형태로 나누어 해석하였고 von Mises stress(최대상당응력)가 각 브라켓에서 기록되었다. 이에 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 유한요소 해석을 통해 브라켓과 wire slot을 실제로 제작하지 않고도 각각의 재료에 따른 응력분포를 예측할 수 있었다.

둘째, 응력의 집중부위는 Tipping시 브라켓 A, B, C 모두 유사하게 나타났는데 브라켓 wire slot의 gingival wall과 mesial surface가 만나는 부위와 wire slot의 incisal wall과 distal surface가 만나는 부위였다. Torquing시 wire slot의 길이방향을 따라 넓게 분포되었고 gingival wall과 협면으로 이행되는 모서리 그리고 incisal wall내면에 집중되었다.

셋째, 브라켓에 작용하는 응력은 Tipping에 의한 것보다는 Torquing에 의한 영향이 더 큼을 알수 있었으며 Torquing force를 기준으로 브라켓을 설계하는 것이 바람직한 것으로 판단되었다.

넷째, 브라켓의 형상과 함께 재료의 변화가 응력감소에 영향을 미치는 것으로 사료되므로 브라켓 제작시 한가지 재료보다 응력이 많이 받는 부위는 다른 재료를 사용하여 응력의 분포를 줄일수도 있음을 알수있었다.

다섯째, 사용하기에 용이하고 운용이 효율적인 것으로 판단되는 브라켓C형(PAW 브라켓)은 응력집중현상이 다른 두 브라켓보다 크게 나타났으므로 이의 제작시 기계적 성질이 우수한 재료를 사용해야 할 것으로 사료되었다.

(주요단어 : bracket, fine element, Tipping, Torquing force, 응력분포)

I. 서 론

치열 교정은 치료의 장기성으로 인하여 환자들로

하여금 심미성을 요구받고 있다. 교정장치중 특히 브라켓은 가장 확연하게 외부에 드러나기 때문에 심미성을 충족시키기 위한 노력들이 부단히 진행되어 왔다. 1960년대 초 polyacrylate 재료의 plastic bracket이 개발되었으나 재료의 강도가 약하고 변색의 문제점이 나타나는 등 임상적 적용에 어려운 점들이 노출되었다.¹ 80년대 중반부터 심미적인 요구를 충족시키기 위하여 세라믹 브라켓이 개발되었으며 뛰어난 심미성으로 인하여 현재까지 널리 사용되고 있다. 그러나 물성이 brittle하여 파절이 잘되는 가장 큰 취약점을

*본연구는 학술진흥재단의 도움을 받아 진행하였다.

- 1) 연세대학교 치과대학 교정학교실 부교수
- 2) 국립품질기술원 요업기술원 공업연구사
- 3) 연세대학교 치과대학 교정학교실 교수
- 4) 명지대학교 공과대학 기계공학과 부교수
- 5) 한림대학교 치과학교실 외래교수
- 6) 연세대학교 치과대학 교정학교실 전공의

가지고 있으며, 강한 접착력으로 인하여 debonding시 법랑질에 손상을 일으키는 임상적인 문제점을 지니고 있다.^{2,3}

세라믹 브라켓은 스테인레스 스틸 브라켓과는 달리 plastic deformation이 없으며 tensile strength가 강하다. 하지만 미세한 결합이나 불순물에 의한 균열이 있을 경우 쉽게 파절되는 성질을 가지고 있다.¹¹ 또한 형태적 특성에 따라 파절되기 쉬운 취약부위가 나타나기도 한다. 이는 각진 교정용 철선에 tipping 과 torquing force를 주었을 때 잘 나타난다.

각 제조회사마다 생역학적으로 우수한 브라켓을 개발하기 위한 연구들이 활발하여 신제품들이 출시되고 있다. 이에 각 제품별 비교 분석의 필요성이 요구되고 있다. 1920년대 Griffith는 세라믹 파절 현상을 표면상태, 하중위치, 기하학적 디자인과 관련성이 있다고 발표하였다.⁴ 따라서 브라켓의 디자인은 파절강도를 조절하는데 주요한 요소를 차지한다고 볼수있다.

최근에 연구되고 있는 것으로 세라믹 브라켓의 단점을 극복하기 위한 심미적인 스틸 브라켓의 개발인데 이는 스틸 브라켓에 영구적으로 표현될수 있는 치아와 유사한 색상을 부가하는 것이다. 이에 스틸 브라켓이 완성된 형태로 모습을 보이려면 금속 고유의 색을 전환할수 있는 금속 및 장치, 외부 힘에 견딜수 있는 강도높은 재질, 생역학적으로 우수한 브라켓 디자인의 개발이다

본대학에서는 브라켓 슬롯이 마름모꼴 형태의 브라켓(Plain arch wire bracket: PAW bracket)을 특허출원한 바있는데 그 장점으로 내세우는 것은 호선의 삽입철거의 용이성, 슬롯과 호선의 정확한 형태적 조합에 의한 정확한 치아이동의 조절, auto moment의 증가 등이다. 이에 PAW 브라켓을 다른 형태의 브라켓과 비교 분석하는 것도 심미적 브라켓의 개발이라는 측면에서 의의가 있다고 하겠다.

유한요소 분석법은 컴퓨터를 통하여 직접적인 실험을 통하지 않고도 간접적인 방법을 통하여 대상의 구조해석을 할 수있는데 그 예를 들면 구조물에 어떤 하중이 작용했을 때 각 절점에서 변위와 응력을 찾기 위해서 대상 물체를 세분화하는데 사용되는 적당한 요소를 선정한다.^{5,6} 요소의 선정시 필요 조건은 하중을 받는 물체의 실제 거동(behavior)과 가장 유사한 요소를 선정하여 원하고자 하는 결과치를 도출해내는 것이다. 그리고 변형율과 응력과의 관계를 결정하여 수학적으로 계산하면 절점의 변위를 계산할 수 있는데, 이 계산된 변위를 이용하여 변형율과 응력을 계

산하고 최종적인 결과치를 해석 검토할수 있다. 그래서 유한요소 분석법은 복잡한 디자인, 이미 알려진 물성에 응력분포를 결정하는데 효과적인 방법이라 할수 있다. 본 논문에서는 이 방법을 채택하여 tipping 과 torquing force대한 브라켓 응력분포를 알아보고자 한다.

이번 연구의 목적은 첫째, 유한 요소 분석법의 사용하여 세가지 형태의 브라켓에 각각 tipping 과 torquing force를 부여함으로써 응력 분포를 알아보고 스테인레스 스틸과 세라믹의 재질을 임의 설정하여 응력분포를 알아본다. 둘째, 응력수준(stress level)를 비교, 분석하여 생역학적으로 우수한 브라켓을 디자인 한다.

II. 연구방법 및 재료

(1) 연구재료

본 연구를 위해서 3가지 형태의 브라켓을 선정하였는데 2개는 상업적으로 사용되고 있는 세라믹 브라켓을, 나머지 하나는 본 연구진에서 특별히 제작한 브라켓을 선정하였다.

A: Transcend(Unitek. corp)

B: Signature(RMO)

C: PAW(Plane Arch Wire appliance)

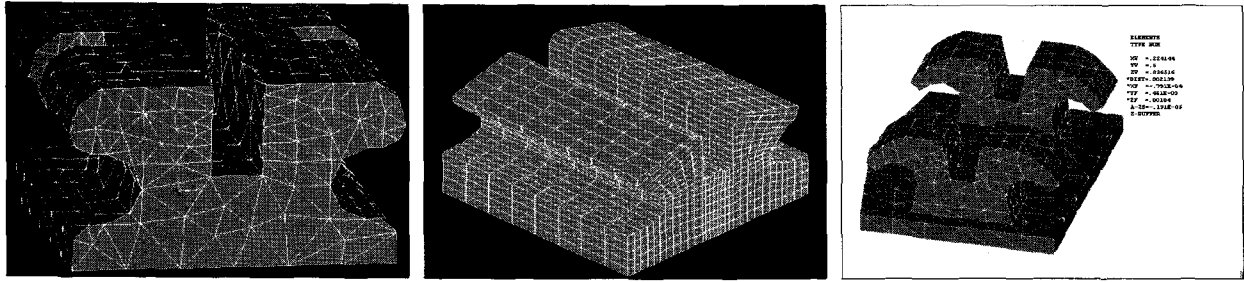
선정된 브라켓은 상악 중절치 브라켓이었으며 슬롯 폭의 치수는 0.022 inch였다.

A, B, C 모두 브라켓의 슬롯은 경사져 있지 않고 중심선에서 서로 대칭이었다.

브라켓 슬롯에 토오크를 가할 각형 선재는 임의로 선정하여 A, B type은 .0175x .025 선재를, 그리고 C type은 새롭게 고안한 마름모꼴 각형 선재를 이용하였다.

(2) 연구방법

브라켓과 철선의 치수측정은 steinbichler 회사의 comet-500 opitcal 3D-digitizing system을 사용하였다. 3차원으로 측정된 자료는 3차원 CAD program을 이용, 형상화 하였다. 유한요소의 해석을 하기위해 첫 단계로 유한요소 모델링을 하였다.(그림1) 브라켓 A와 C의 경우는 3-D Isoparametric Solid Element (Tetrahedral)를 사용하였으며, 브라켓 B의 경우는 3



Three-dimensional Bracket
Modeling(bracket A)

Three-dimensional Bracket
Modeling(braket B)

Three-dimensional bracket
modeling (bracket C)

〈그림 1〉 각 브라켓의 유한요소 모델링

-D Isoparametric Solid Element(Brick)를 사용하였다. 브라켓 A, B, C의 Element수와 Node수는 각각 Nodes: 562, Element: 1763, Nodes:3051, Element: 2272, Nodes: 662, Element: 1966 로 하였다. 각 재료의 물성치는 ceramic에서 Elastic modulus가 379.2Mpa , 포아송의 비율은 0.29였고 stainless steel은 Elastic modulus가 190Mpa, 포아송의 비율은 0.3이었다. 각 브라켓의 응력분석을 위하여 tipping 과 torquing force를 부여하였고 Tipping force는 4.27N을 브라켓의 wire slot의 gingival wall과 mesial surface와 만나는 면과 대각선으로 대칭되는 면에 각각의 node에 분력의형태로 작용시켰다. Torque는 wire의 형태에 따라 wire slot과 만나는 접촉각이 다르므로 접촉각을 계산하여 일차적으로 0.0175x0.025wire에 대하여 bracket A,B형에 Torque 를 작용한 것을 해석하였다. Bracket A,B형의 Torque는 couple force의 형태로 32.858N을 19.7도 회전하였고 bracket C형은 동량의 힘을 11.3도 회전하여 X와 Y의 방향으로 분력의 형태로 나누어 wire slot의 edge에 존재하는 Node에 나누어서 동시에 작용하여 해석하였고 von Mises stress (최대상당응력)가 각 브라켓에서 기록되었다.

III. 결 과

〈Tipping〉

브라켓 A형에서 tipping force를 주었을 때 세라믹의 최대상당응력은 70Mpa이며 스테인레스 스틸인 경우 68.5Mpa이었다. 최대값은 세라믹이 크지만 응력의 분포 영역은 스테인레스스틸이 조금 컸다. X방향의 응력의 최대값은 세라믹이 64.3Mpa, 스테인레스

스틸은 63.7Mpa, Y방향의 응력의 최대값은 세라믹이 17.5Mpa, 스테인레스 스틸이 18.4Mpa로 Y방향의 값이 상대적으로 작은 값을 나타내었다.

브라켓 B형에서는 세라믹의 최대상당응력이 59.6 Mpa, 스테인레스스틸이 59.5Mpa이었다. X방향의 응력의 최대값은 세라믹이 37.5Mpa, 스테인레스스틸이 37.6Mpa 이었고 Y방향의 값은 X방향보다 낮게 나타났었다.

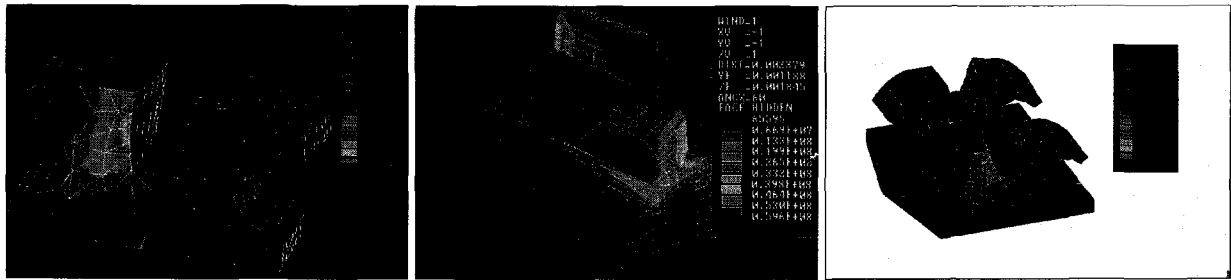
브라켓 C형의 경우 최대상당응력은 세라믹에서는 158Mpa, 스테인레스 스틸에서의 경우 157Mpa로 나타났다. X방향의 응력의 최대값은 세라믹에서 44 Mpa, 스테인레스스틸이 45Mpa이었다. Y방향의 응력의 최대값은 세라믹과 스테인레스스틸모두 51.3Mpa 이었다.

응력이 집중되는 부위는 브라켓 A, B, C 모두 유사하게 나타났는데, 브라켓 wire slot의 gingival wall과 mesial surface가 만나는 부위와 wire slot의 incisal wall과 distal surface가 만나는 부위 였다.〈그림2〉

〈Torquing〉

브라켓 A형에서 torquing force를 주었을 때 최대상당응력은 세라믹에서 257Mpa, 스테인레스스틸에서 251Mpa를 나타내었다. X방향의 응력최대값은 세라믹에서 87.7Mpa ,스테인레스스틸이 88.5Mpa이었다. Y방향의 응력의 최대값은 세라믹, 스테인레스스틸모두 59.4Mpa이었다. X와 Y방향에서의 응력의 분포는 비슷하나 X방향의 값이 더 큰 값을 나타내었다. 또한 tipping force와 비교해볼 때 더욱 큰 값을 나타내었다.

브라켓 B형에서 세라믹의 최대상당응력은 151Mpa

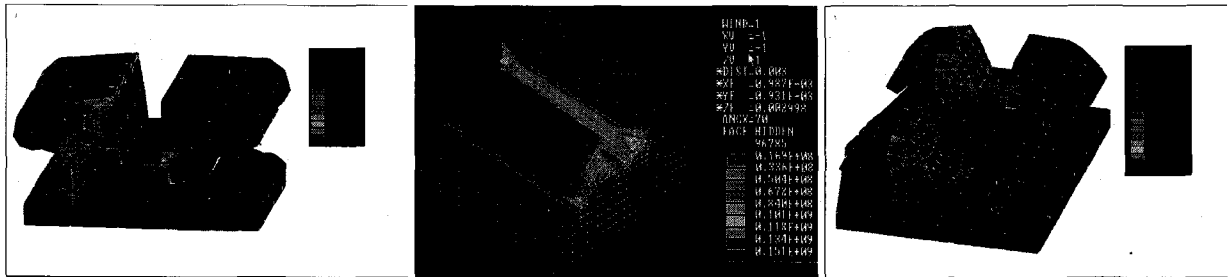


Stress distribution with tipping force (bracket A)

Stress distribution with tipping force(braket B)

Stress distribution with tipping force (steel bracket C)

<그림2> 각 브라켓에 tipping force를 부여할 때 응력분포



Stress distribution with torquing force (bracket A)

Stress distribution with torquing force(braket B)

Stress distribution with torquing force (bracket C)

<그림3> 각 브라켓에 torquing force를 부여하였을 때 응력분포

이며 스테인레스 스틸에서는 150Mpa이었다. X방향에서의 응력최대값은 세라믹에서 71.6Mpa, 스테인레스스틸에서 71.5Mpa이었다. Y방향에서는 X방향보다는 낮게 나타났다.

브라켓 C형에서 최대상당응력은 세라믹이 487 Mpa, 스테인레스 스틸이 480Mpa로 다른 형태보다 크게 나타났다. X방향에서 세라믹의 응력최대값은 150Mpa, 스테인레스스틸이 151Mpa이었다. Y방향에서 세라믹의 응력최대값은 세라믹이 147Mpa 이었고 스테인레스스틸이 148Mpa이었다. torque에 의한 X와 Y 방향의 응력분포는 비슷하지만 X방향의 값이 약간 큰 값을 나타내었다.

응력이 집중되는 부위는 브라켓 A, B, C형 모두 유사하게 나타났는데 wire slot의 길이방향을 따라 넓게 분포되고 gingival wall과 협면으로 이행되는 모서리, 그리고 Incisor wall 내면에 집중되었다. <그림3>

IV. 총괄 및 고찰

심미적 브라켓으로 현재까지 호응을 얻어왔던 세라믹 브라켓은 80년대 중반에 개발되어 단점을 보완하기 위해 재료적 측면에서 많은 개발이 있어왔다. 하지만 임상에서 사용하다보면 재료의 brittle한 성질과 부적절한 디자인으로 인하여 파절이 많이 발생하였고 브라켓을 제거하고 새롭게 부착해야하는 번거로움이 있었고 이로인하여 경제적, 시간적 손실로 나타나는 문제점을 지니게 되었다.^{7,8}

이번 연구에서는 적절한 브라켓 디자인을 위해 브라켓에 발생할수 있는 여러형태의 힘적용과 그 분포 및 응력이 집중되는 부위를 알아보고 이에 상응하는 보완책을 모색해보기 위한 단초로서 유한요소 분석법을 이용해 기존의 여러형상의 브라켓의 응력분포를 알아보았다. 또한 스테인레스 스틸의 상황을 설정하여서 응력분석을 하였는데 이는 세라믹과 대비하여 힘의 분산과 집중이 어떻게 전개되는지 알아보고

적절한 디자인을 위해 적용해보고자 한다.

이에 덧붙여 본 연구에서는 연세대학교 치과대학에서 특허출원한 PAW(Plane Arch Wire) 브라켓도 분석하였다. PAW브라켓은 슬롯형태가 사다리꼴 모양으로 슬롯 입구가 넓고 base쪽으로 갈수록 좁아지는 형상을 가졌다. 이에 따라 archwire의 형태도 슬롯의 모양에 따라 제작되었고 archwire의 삽입시 action이 가해질수록 wire의 적합성이 점점 높아져 정확한 치아이동을 이룰수 있고 치료기간을 줄일수 있는 장점을 지니고 있다. 또한 삽입철거가 용이하여 술자에게나 환자에게 편리함과 편안함을 가져다 줄수 있으리라 하고 사료되었다.

본 연구에서 이용한 유한요소 분석법은 골조 구조물을 해석하기 위하여 처음으로 이용되어왔으나 현재는 구조해석, 유체역학, 전자기학 및 의공학 분야등 다양하게 이용되고 있다. 예전에는 미분방정식을 이용해 아주 복잡하게 전개되었으나 요즘에는 컴퓨터의 개발로 인하여 복잡한 수학적 계산은 컴퓨터가 처리하여 용이하게 분석을 할수 있게 되었다. 유한요소 해석을 수행하기 위해서는 해석하고자 하는 물체를 우선 여러개의 절점으로 구성되어있는 여러개의 유한요소로 세분화 한후 주어진 하중조건과 재료의 특성 및 경계조건들을 입력하여 원하고자 하는 해를 구한다. 이때 일반적인 과정은 우선 각각의 유한요소의 방정식을 구한후 이를 전체 유한요소식으로 결합한 행렬식으로 만든다음 컴퓨터를 이용하여 이들 행렬식의 해를 구하는 것이다.

1) Tipping force

세가지 형상이 모두 세라믹이라고 가정했을 경우 가장 높은 응력최대값을 나타내었던 것은 C형(PAW) 브라켓 이었고 가장 낮은 수치를 나타내었던 것은 B형(Signature, RMO)브라켓이었다. A형과 B형 최대상당응력의 차이는 크게 나타나지 않았지만 B형의 브라켓이 약간 작은 값을 가진 것은 기하학적 형상으로 인한 것이라고 생각된다. C형 브라켓은 상당응력의 값이 다른 두 브라켓보다 훨씬 큰 값을 가졌는데 이는 wing과 body, base사이의 공백이 다른 브라켓보다 컸고 브라켓이 이루고 있는 체적이 작았기 때문에 응력의 값이 높게 나타났으리라 사료된다.

각 분력의 최대값을 살펴보면 X방향의 값이 Y방향의 값보다 상대적으로 크게 나타났다. 따라서 브라켓의 파괴나 항복 및 설계의 근거는 X방향의 stress가

중요함을 알수있었다.

스테인레스 스틸의 경우가 브라켓에서 세라믹보다 약간 작은 값을 가졌고 응력의 분포는 비슷하게 나타났다.

Rhodes등의 실험에서 응력의 집중부위는 브라켓의 mesiogingival 과 distoincival wing에서 나타났다고 보고되었고⁹ Joydeep 등은 wireslot의 gingival wall 과 mesial surface가 만나는 부위, wire slot의 incisal wall과 distal surface가 만나는 부위로 보고되고 있다.¹⁰

2) Torquing force

브라켓에 작용하는 응력은 Tipping에서 보다 Torquing force를 주었을 때 더 크게 나타났는데 이는 세라믹의 파절현상이 wire 에 Torque를 가했을때 더 잘 일어난다는 것을 알수있었고 디자인시 이에 대한 대응책을 마련해야할것으로 사료된다.

최대상당응력은 Tipping과 마찬가지로 B형에서 가장 낮게 나타났고 C형에서 가장 크게 나타났었다. B형의 경우는 슬롯 모서리의 곡률반경의 차이에 따른 것으로 여겨지는데 A형에 비해서 두배나 큰 곡률반경을 가지고 있다. C형의 경우는 역시 중간부위가 비어있는 형상으로 인하여 응력의 값이 크게 나타났으리라 생각된다.

슬롯 바닥형태가 다른 A, B 형에서 중간부분이 솟아오른 B형에서 슬롯 모서리에 응력이 더 집중되는 현상을 나타내었다.

응력의 분포는 세라믹과 스테인레스 스틸 두 재료 모두 비슷한 응력분포를 보였고 이러한 경우 A, B, C 형 모두 동일한 경향을 보이고 있음을 알수있었다. X와 Y방향의 응력의 최대값은 거의 비슷한 수치를 보여주었다.

응력의 집중부위는 Joydeep등에 의하면 wire slot의 gingival wall과 브라켓 협측표면과 만나는 부위, slot의 incisal wall과 slot base가 만나는 부위라고 보고하고 있다.¹⁰

이번 연구가 브라켓의 디자인을 고안하는데 있어서 기초적인 면으로 작용할것으로 기대되지만 실험에서 여러 보완점이 있어야 하리라 생각된다. 첫째, 이번연구에서 선택된 브라켓은 standard형이었다. 현재 주로 사용하고 있는 브라켓은 SWA브라켓으로 각 부위별 브라켓마다 슬롯의 형태가 다르다는 것이다. 둘째, 철선의 선택에 있어서도 한가지만 이용했는데

.022 슬롯에서 torque를 부여할 때 가장 많이 사용되는 .019x.025 철선을 이용한 분석도 필요하리라 본다. 셋째, 브라켓의 실제 적용시에는 Tipping과 Torquing의 모든 힘이 동시에 작용하므로 두 힘을 동시에 작용하는 유한요소 해석을 검토할 필요가 있다고 판단된다.

V. 결 론

본 연구는 심미적 브라켓을 디자인하기 위한 하나의 방법으로, 기존의 브라켓과 본 연구진이 개발한 PAW 브라켓을 model로 선정하여 유한요소 분석법을 통해 각 브라켓에 tipping과 torquing force를 가함으로써 응력분포를 알아보았다. 또한 스테인레스와 세라믹의 재질을 임의 선정하여 이에 대한 응력분포도 알아보았다. 본 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 유한요소 해석을 통해 브라켓과 wire slot을 실제로 제작하지 않고도 각각의 재료에 따른 응력분포를 예측할 수 있었다.

둘째, 응력의 집중부위는 Tipping시 브라켓 A, B, C 모두 유사하게 나타났는데 브라켓 wire slot의 gingival wall과 mesial surface가 만나는 부위와 wire slot의 incisal wall과 distal surface가 만나는 부위였다. Torquing시 wire slot의 길이방향을 따라 넓게 분포되었고 gingival wall과 협면으로 이행되는 모서리 그리고 incisal wall내면에 집중되었다.

셋째, 브라켓에 작용하는 응력은 Tipping에 의한 것보다는 Torquing에 의한 영향이 더 큼을 알수 있었으며 Torquing force를 기준으로 브라켓을 설계하는 것이 바람직한 것으로 판단되었다.

넷째, 브라켓의 형상과 함께 재료의 변화가 응력감소에 영향을 미치는 것으로 사료되므로 브라켓 제작

시 한가지 재료보다 응력이 많이 받는 부위는 다른 재료를 사용하여 응력의 분포를 줄일수도 있음을 알 수 있었다.

다섯째, 사용하기에 용이하고 운용이 효율적일 것으로 판단되는 브라켓C형(PAW 브라켓)은 응력집중 현상이 다른 두 브라켓보다 크게 나타났으므로 이의 제작시 기계적 성질이 우수한 재료를 사용해야 할 것으로 사료되었다.

참고문헌

1. Dobrin RJ, Kamel IC. Load-deformation characteristics of polycarbonate orthodontic brackets. *Am J Orthod.* 67:24-33
2. Constantine Amditis. Ceramic bracket debonding: The evaluation of two debonding techniques and their effect on enamel. *Aust Orthod J* 1994;13(2):80-5
3. Samir E. Bishara, Juanita M. Ronseca. The use of debonding pliers in the removal of ceramic bracket: Force levels and enamel cracks. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1995; 108:242-8
4. Michalske TA, Bunker, Bruce C. The fracturing of glass. *Scien. Amer* 1987;234(116):122-129
5. 정철원역 : 깰러거 유한요소해석의 기초 : 원창출판사, 1992
6. 임문우 ; 유한요소 분석과 광탄성을 이용한 세라믹 브라켓 디자인의 토오크의 효과에 대한 연구. 연세대학교 치과대학원 박사학위 논문 1992
7. Scott GE. Fracture toughness and surface cracks—the key to understanding ceramic brackets. *Angle Orthod* 190:58-5-8
8. Swartz ML. Ceramic brackets. *J Clin Orthod* 1988;22:82-8
9. Rhodes RK, Duncanson MG Jr, Nanda RS, Currier GF. Fracture strengths of ceramic brackets subjected to mesial distal archwire tipping forces. *Angle Orthod* 1992;62:67-76
10. Joydeep Ghosh, Nanda RS, Duncanson MG Jr. Ceramic bracket design: An analysis using the finite element method. *AM J Orthod Dentofac Orthop* 1995;108:575-82
11. Flores DA, Scott GE. The fracturing strength of ceramic brackets: a comparative study. *Angle Orthod* 1990;60:269-276

- ABSTRACT -

STRESS DISTRIBUTION IN ESTHETIC ORTHODONTIC BRACKETS : AN ANALYSIS USING THE FINITE ELEMENT METHOD

Lee Won You D.D.S, Ph.D Ju Sam An Ph.D. Young Cheol Park D.D.S, Ph.D.
Myeong Kyun Park Ph.D. Sohn Hong Bum, D.D.S, Ph D. Si Dong Jeong D.D.S.

Dept. of orthodontics College of Dentistry Yonsei University

The aim of this study were to measure and compare the stress level on three type brackets and each other material (stainless steel, ceramic) with tipping and torquing forces by using the finite element analysis and to design biomechanically favorable brackets.

For this study, three kinds of brackets were selected(A:Transcend-RMO, B:Signature-Unitek, C:PAW: plain archwire appliance-applied for a patent in Yonsei University). The slot size of bracket was 0.022inch and the size of archwire was 0.0175x0.025inch and taper shaped archwire was used in PAW. Loading force in tipping was 4.27N and torquing force was 32.858N applied by archwire torsion with 19.7degree and 11.3 degree in C type bracket.

The conclusions were that

- (1) The finite element method proved to be a useful tool in the stress analysis of orthodontic bracket subjected to various forces.
- (2) With tipping, the stresses were concentrated at the gingival wall of the wire slot where it meets the mesial bracket surface and the incisal wall of the wire slot where it meets the distal bracket surface and with torquing, the stresses were concentrated at the junction of the gingival or incisal wall and base of the slot.
- (3) The maximum stress value was higher in torquing force than tipping force and therefore it is desirable to design on the basis of torquing force.
- (4) It was considered that the change in material might be affect on the diminish of stress value in the place of stress concentration.
- (5) The maximum stress value was highest on PAW bracket when the tipping and torquing force was applied and therefore it would be desirable to use mechanically favorable material on PAW bracket.

KOREA. J. ORTHOD. 1998 ; 28 : 43-49

※ Key words : Finite element method, Tipping, Torquing force, Stress distribution