前歯部架橋義歯に応用される架工歯の力学的研究

第1報 ロングピン陶歯の三次元光弾性実験

工 藤 忠 男

A Dynamic Study of Pontic Applied for Anterior Fixed Partial Prosthesis

Part 1 Three-Dimensional Photoelastic Study of Long Pin Porcelain Artificial Tooth

Tadao Kudo

第1章 緒 言

前歯部欠損の補綴処置として架橋義歯が広く応用され、その架工歯として各種の前装陶歯が数多く使用されている。

ロングピン陶歯に関する研究業績をあげれば、井上¹⁾らは市販されている上顎中切歯ロングピン陶歯を用いて、基底部の削除量とピンの位置とから陶歯の適合性について検討し、関根²⁾はロングピン前装陶歯の「形態条件、歯肉縁の状態および咬合関係の諸条件」を検討している。力学的な面については、饗庭³⁾は抵抗線歪計を使用し、荷重量による脱落、破折を検討している。

ピン陶歯の架工歯は、ピンと陶歯と裏装金属とからなり、金属部が基体または維持補強部となっている。ピン陶歯の破折または離脱は、金属裏装部の弾性率と陶歯の弾性率とが異なるために、咬合力やその他の外力によって生ずる裏装金属の曲げが、ピンを通して陶歯に応力集中を起こさせることによると思われる。そしてピンの植立位置、ピンの太さ、ピンの陶歯中に埋没している深さおよびピンの長さが、ロングピン陶歯の維持に関して重要な役割を演ずる。そこで著者は、金属裏装部に荷重が加わることに、その応力がピンと陶歯とにどのような影響を及ぼすかを、三次元光弾性実験を行なつて検討

した。

1936年 Oppel⁴⁾が応力凍結法を提唱して以来、この方法による三次元光弾性実験が一般に広く使用されている。歯科領域においても光弾性実験に関する数多くの研究業績があるが、そのほとんどが二次元光弾性実験で、三次元光弾性実験では宮内⁵⁾、伊藤⁶⁾および水川⁷⁾らの業績があるのみである。すなわち宮内らはエポキシレジンブロックを用い、接着法により歯の模型を作製し、歯に外力が加わったときの応力の分布状態を明らかにし、伊藤は歯列矯正に際しての歯の移動の機序を明らかにした。また水川は注入法により三次元光弾性実験用模型を作製し、「鉤歯、その歯槽窩骨および床支持歯槽堤骨にあらわれる咬合荷重の三次元的弾性研究」を行なっている。しかし架工歯についての解析はまだ行なわれていない。

そこで著者は水川の注入法によつて三次元光弾性実験用模型を作製し、両隣在支台歯間の裏装金属に曲げ荷重を加え、ピンを介しての、陶歯への応力集中がピンの位置を水平方向に変えることによつてどのように変化するかを検討し、さらに歯軸の方向で切縁側にピンの位置を変え、そのピンの位置移動が、陶歯の応力分布にどんな影響を及ぼすかも検討したのでここに報告する。

第2章 材料および方法

第1節 実験用模型の作製

実験用模型の作製に当たつては、本学において臨床的に使用頻度の最も高いS社製の516番ロングピン陶歯(上顎右側中切歯)を選定した。このロングピン陶歯の

Graduate Course (Major in Prosthodontics), Nihon University School of Dentistry (Director: Prof. Yasushi Nakazawa)

日本大学大学院歯学研究科補綴学専攻(指導: 中沢靖教授)

昭和46年10月15日受付

図 1

図 2

図 3

図 4 完成した光弾性実験模型

ピンの太さは 0.7 mm, 切縁から舌面基部までの長さは 10.7 mm, 唇面最大膨隆部の厚さは 4.4 mm, 切縁からピンの中心部までの長さは 6.8 mm であり, 2本のピンを通る歯冠幅径は 9.0 mm, 陶歯辺縁からピンの中軸までは 3.0 mm である. この大きさでは実験用模型として使用するには小さすぎるため, これの約 3 倍大 (三次元的には約 27 倍大) の陶歯を作製し (図 1), これを原型として光弾性実験用模型を作製した.

模型を作製する際に, 1) 原型と同じ形態の模型を作製すること, 2) ピンと陶歯との接着を一定の条件と方法とで行なうこと, 3) 模型内に気泡を作らないことなど諸条件を満足させる方法として, 水川の注入法を応用した. すなわち, 陶歯の原型に図 2 に示すような裏装部をレジンで作製し, 陶歯と裏装部とを合わせ, 陶歯と石こうとの間に, シリコン印象材が入る間隙が残るようにして, 石こうに埋設する (図 3). 石こうが硬化した後, 陶歯と裏装部とははずす. その陰型に所定の方法で練和した G.C. 社製シリコン印象材を注入し, 陶歯と裏装部とを合わせたまま印象材の中へ圧接適合する.

印象材が硬化した後, 陶歯と裏装部とを変形しないように注意がなくてはならない. あらかじめ陶歯の原型と同型の

ものをワックスで作っておき, 所定の位置に直径 2 mm のピンを植立して陶歯の陰型にその蠟型を入れ, 全体にワセリンを塗布し, その上にシリコン印象材を流して上蓋とした. 上蓋の印象材が硬化した後, それを分離して中の蠟型をはずし, 上蓋にできたピンの陰型にピンを挿入した (長さ 15 mm, 深さ 4 mm). ついで上蓋を元にもどしてビンディングワイヤーで結紮し, 実験用模型を作製する鋳型とした.

注入は水川の方法で行ない, シバ社 (スイス) 製の注用樹脂アラライト B およびハードナー 901 を重量比 10 : 3 の割合で乾熱 130°C で混和し, これと同温度に保った鋳型に気泡ができないように勾配をつけて流し込んだ.

1 時間経過後, 20 時間にわたって温度 100°C に保ち, ついで室温まで冷却した後, 模型を取り出して仕上げを行なった (図 4).

陶歯の基部を除いた舌面に, 厚さ 0.5 mm, ゲージナンバー 28 番の G.C. 社製シートワックスで金属裏装部の蠟原型 (図 5) を作製し, ピンの周囲はパラフィンワックスのチューブで囲み, G.C. 社製 K メタル (弾性率 12,300 kg/mm²) で鋳造してこれを金属裏装部とした.

図 5

なお裏装部の両側にある翼状部は隣在歯との緻着部に当たるものである (図 6)。

第 2 節 実験用模型の種類

植立するピンを 2 本とし、そのピンの植立位置によって 4 種類の実験用模型を作製した。すなわち、実験用模型の基底部より切縁側における歯冠の長軸を 3 等分し、基底部側 1/3 の切縁側端を通り、歯冠長軸に垂直な直線を設定した。この直線と実験用模型の辺縁との交点の間にはさまれる線分を 8 等分し、1 側の辺縁からこの線分の 1/8 の部位 (1)、1/4 の部位 (2) および 3/8 の部位 (3) にそれぞれ歯冠の長軸に対称的にピンを舌面に垂直に植立した。さらに歯冠の長軸の中央 1/3 の切縁側端を通り、歯冠の長軸に垂直な直線上で、陶歯の 1 側の辺縁より 1/4 の部位に、(1)~(3) の場合と同様にしてピンを植立した (4)。(1)~(4) の実験用模型を 2 個ずつ計 8 個作製し、(1) を模型 A、(2) を模型 B、(3) を模型 C、(4) を模型 D とそれぞれ称することとした (図 7)。

第 3 節 実験の方法

実験は上顎右側中切歯欠損を想定し、この部位において以下の方法で行なった。

第 1 項 実験装置

実験装置としては、架工歯の両端が支台装置に連結した位置にあるので、独特の荷重装置で、かつ応力凍結装置内の荷重装置に連結し、荷重下でその装置自体が変位しないものを著者が考案試作した (図 8)。この荷重装置は鋼鉄製で、大別すると本体、荷重支持部、模型把持部および荷重部に分けられる。本体 (D、I) は荷重支持部と模型把持部とを支持するもので、縦 88 mm、横 184 mm、厚さ 8 mm の横板 (I) 2 枚と、縦 143 mm、横 60 mm、厚さ 20 mm の縦板 (D) 1 枚とをそれぞれ 6 本のボルトで固定し、横板の側面には模型把持部の K を中心とする等距離の弧状のくりぬきがある。模型把持部 (E、

図 6

図 7 ピンの植立位置を示す模型図

F、G) は模型を把持する部分で、模型の翼状部を E、F 間にはさみ、F をスライドさせてボルト G で固定する。そして K を回転中心として垂直荷重に対して角度を調整し、ボルト M で固定する。荷重角度は指針 O により明示される。荷重支持部 (A、B、L) は荷重部 J を支持し、本体 D に連結されて H を中心に水平方向に、N を中心に垂直方向に回転でき、模型把持部が傾斜角度を変えて模型が前方に変位しても、B の板に沿って 20 mm の溝があり、一定の傾斜角度を保てるようになっている。移動後は H のネジで固定する。荷重部 J は円筒になっており、その上端が応力凍結装置内の荷重部に連結される。

第 2 項 応力凍結法

光弾性実験用模型と金属裏装部とを所定の方法に従ってリン酸亜鉛セメントで合着し、荷重装置の模型把持部

(A)

(B)

図 8 荷電装置 (A) およびその見取り図 (B) (単位 mm)

図 9

に連結した。荷重は金属裏装部の 2 本のピンの中央相当部で切縁より 13 mm の位置に固定し、荷重角度を約 120° に調節し⁸⁾、理研計器社製の応力凍結装置内に荷重装置を固定した (図 9)。応力凍結は図 10 に示すような応力凍結サイクルに従って行なった。応力凍結サイクルは使用樹脂の転移域 ($120^\circ \pm 10^\circ \text{C}$) を考慮に入れて温度と時間との関係を定めた。ことに装置付属の温度計の指示と実験中の模型の温度とは、概してずれるおそれがあるため、別の温度計を模型の付近におき、温度の変化に注意を払った。なお荷重量は 2.7 kg とし、1 fringe order の圧力は検定の結果 0.2 kg であった。

第 3 項 試験片

応力の凍結が完了した模型を、刃幅 0.3 mm の糸鋸を使用し、幅約 3 mm に切削した。この際摩擦熱による歪応力を防ぐため、静かに注水を行なった。切削したスライス片の面を 280#, 180#, および 000# のサンド

図 10 凍結サイクル

ペーパーで平らにし、さらに仕上げ砥石で滑沢にして幅 2.5 mm とした。スライス方向は前頭面および水平面のそれぞれに平行とした (図 11)。

ピンの応力の分布状態はほとんど近遠心的に対称性を示しているので応力の等色写真の解析は遠心側のみで行なった。なお応力の分布は、歯の前頭断面では主として (ピンの) 孔の周囲に認められ、同じく水平断面では主としてピンの周囲に認められるので、これらの部位で解析を行なった。

孔およびピンの周囲における位置の表示に当たっては、次の方法を用いた。すなわち前頭断面の孔では、孔の中心点を通る直線と、近遠心軸との間にあつて、遠心方向に開く角 (θ) の大きさで、その直線の位置と方向とを示すこととした。なおこの際、角が近遠心軸を基準線とし、時計の針の運動の方向に開いているときには (-), その反対の場合には (+) の符号をつけることに

図 11 スライス方向を示す模型図
左：水平断，右：前頭断

a. 前頭断面における孔 b. 水平断面におけるピン

図 12 孔およびピンの周囲の位置の表示法

した (図 12 a). 水平断面のピンでは、ピンの周囲を次の 5 部に区分した (図 12 b).

1. 遠心部——ピンの遠心側に当たる部分
2. 先端部——ピンの唇側に当たる部分
3. 近心部——ピンの近心側に当たる部分
4. 遠心隅角部——遠心部と先端部との間に当たる部分
5. 近心隅角部——近心部と先端部との間に当たる部分

第 4 項 写真フリンジ法

スライスが完了した後、その試験片を試験用スタンドに固定し、光弾性実験装置の平行偏光板の間にある浸浴槽の中に入れて等色線撮影を行なった。この浸浴槽の中には浸漬液（屈折率 1.59 の流動パラフィンと α -モノブロムナフタリンと容積比 0.585 : 1 に混合したもの）を満した。写真撮影には 200 mm レンズを使用し、等色線の fringe 数の決定は辻⁹⁾の方法によつて行なった。

第 3 章 成 績

著者は三次元光弾性実験の結果を解析し、次のような成績を得た。

第 1 節 模型 A

図 13 は模型 A の前頭断面の等色写真であり、図 14 は前頭断面における応力分布図である。孔の周囲では $\theta=0^\circ$ で最も大きい応力集中縞 fringe order (以下 FO と略す) 8 を示し、 θ が大となるに従つて FO は小となり、 $\theta=\pm 140^\circ$ 付近で FO=1 となる。また FO=2 の縞が模型の辺縁にまで至り、 $\theta=0^\circ$ で模型の辺縁外部に

図 13 模型 A の前頭断面におまる等色写真

図 14 応力分布図

注：図中の数字はその直線の位置と方向における FO を示す。

図 15 模型 A の水平断面における等色写真

図 16 応力分布図

注：図 14 の注参照

まで $FO=2.5$ の応力集中を示している。近心側の孔でも遠心側と同様の傾向を示し、ピンとの明確な応力集中は認められないが、 $\theta=0^\circ$ （または 180° ）では両孔間に $FO=0.5$ の応力がみられ、ピンとピンとの間の引張り応力がみられる。

図 15 は模型 A の水平断面の写真であり、図 16 は水平断面における応力分布図である。ピンの遠心部における応力集中はピンの舌側端からその先端（唇側端）に向つてしだいに増加し、ピンの遠心隅角部で最も大（ $FO=8$ ）である。ピンの先端部では応力集中は近心に向うに従つて減少して、近心隅角部では FO は 3~4 となり、さらにピンの近心部では FO は減少して 2~3 となる。また前頭断面写真と同様に模型の辺縁外部にまで $FO=3$ の応力集中が認められる。近心側のピンではピンの近心隅角部付近に亀裂を生じ、遠心側と対称になっていない。近遠心 2 本のピン間には特別の FO は見られないが、 $FO=0.5$ の応力が模型全体にわたって認められる。

第 2 節 模型 B

図 17 は模型 B の前頭断面の写真であり、図 18 は前頭

図 17 模型 B の前頭断面における等色写真

図 18 応力分布図

注：図 14 の注参照

断面における応力分布図である。孔の周囲の応力集中の傾向は模型 A の場合と同様で $\theta=0^\circ$ で最も強く（ $FO=4$ ）、 θ が大となるに伴つて FO は小となり、 $\theta=150^\circ$ 付近で $FO=1$ となる。近遠心の 2 本のピンの間に $FO=0.5$ の応力がみられる。

図 19 は模型 B の水平断面の写真であり、図 20 は水平断面における応力分布図である。ピンの遠心部では、ピンのほぼ中央から応力集中が生じ、ピンの先端に向うにつれて FO は大となる。ピンの遠心隅角部は最も大きな応力集中（ $FO=5$ ）が認められるが、ピンの先端部では FO は近心に向つて漸減し、近心隅角部および近心部では FO は 3 となつている。近心側のピンでも遠心側のピンの場合とほぼ同様な所見が認められるが、ピンの遠心部での FO は 1 である。両者のピンの間には特記するほどの応力集中は見られないが、両者のピンの間

図 19 模型Bの水平断面における等色写真

図 20 応力分布図

注：図 14 の注参照

図 21 模型Cの前頭断面における等色写真

には $FO=0.5$ の応力が認められる。

第3節 模型C

図 21 は模型Cの前頭断面の写真であり、図 22 は前頭

図 22 応力分布図

注：図 14 の注参照

図 23 模型Cの水平断面における等色写真

図 24 応力分布図

注：図 14 の注参照

断面における応力分布図である。孔の周囲の応力集中は、 $0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ のあらゆる角度の方向でもほぼ同大 ($FO=4$) である。近心側の孔の周囲における応力集中も遠心側のものとほとんど同じである。

図 25 模型 D の前頭断面における等色写真

図 26 応力分布図

注：図 14 の注参照

図 23 は模型 C の水平断面の写真であり，図 24 は水平断面における応力分布図である。ピンの遠心部舌側端から FO が現われ，ピンの先端に向って増大して FO=8 に達し，ピンの遠心隅角部に移行する。ピンの遠心隅角部および先端部では FO=8 であるが，ピンの近心隅角部から近心部にかけては FO は漸次減少する。模型の

図 27 模型 D の水平断面における等色線写真

図 28 応力分布図

注：図 14 の注参照

中央部付近では，ピンの先端を結んだ直線上で最も強い応力集中 (FO=3) が見られ，それより唇側および舌側に向うに従い FO は漸減する。

第 4 節 模型 D

図 25 は模型 D の前頭断面の写真であり，図 26 は前頭断面における応力分布図である。孔の周囲の応力集中は， $\theta=0^\circ$ で最大 (FO=8) で， θ が大となるにつれて FO は減少し， $\theta=160^\circ$ 付近で FO=1 となる。近心側の孔の周囲でもほぼ同様の所見が認められる。両孔間の明確な応力集中はみられないが，模型 A および B と同様に， $\theta=0^\circ$ の直線上で FO=0.5 の応力集中がみられる。

図 27 は模型 D の水平断面の写真であり，図 28 は水平断面における応力分布図である。応力集中はピンの遠心の舌側端で FO=1 であるが，同部の唇側端に向って急激に増大し，遠心隅角部との間で最も大きな応力集中 (FO=12) を示す。FO は遠心隅角部でピンの先端部に向って急激に減少し，先端部および近心隅角部においても漸減を続け，ピンの近心部では著しく小 (FO=1) となる。ピンとピンとの間では FO=1 の応力集中が認められる。

第4章 総括および検討

金属裏装部の曲げ応力は、両方の支台装置を支点とする曲げ応力であり、架工歯の破折および脱落は、金属裏装部のこの曲げ応力がピンを通じて、陶歯に影響を及ぼすためと考えられる。そこで著者は上顎右側中切歯欠損の架橋義歯の架工歯に、ロングピン陶歯を使用し、両隣在支台歯を支点とする裏装金属の曲げが、その陶歯にどのような影響を及ぼすかを検討した。この場合ピンの形状、その幾何学的位置および陶歯の形状なども考慮しなければならぬであろうが、本研究では特にピンの位置の水平的な変化と切縁方向への移動とによって、陶歯（模型）にどのような力学的な影響が及ぼされるかを、実験的に追求した。

1) 荷重部に対しては、模型に特別な応力集中がみられなかった。これは金属裏装部が一樣の曲げを受けているためであると思われる。

2) 模型の曲げ応力は一般に少なく、応力線はピン付近に集中して現われる。これは金属裏装部と模型陶歯との合着が完全でないために金属裏装部の曲げの大部分は、ピンを介して陶歯に伝わるためであると考えられる。このことは饗庭ら⁹⁾が鑄造裏装鋳にセメント合着された陶歯は、もつぱらピンによつて維持され、陶歯の舌面におけるセメントの接着はほとんどないといっていることを裏づけている。

3) 荷重位置付近にピンを植立した模型Dの場合には、模型Bの場合に比べて、ピンにより大きな曲げを起し、応力集中が大きい。このことは荷重点に近いほど、裏装金属の曲げが大きくなることを示している。

4) 上述の3)の考察によつて、荷重点と翼幅中央線との間隔が小さくなれば、曲げモーメント面がピンの位置より離れ、ピンの曲げは少なくなると推論できる。

5) ピンの位置を水平に移動した模型A、BおよびCの実験結果から2本のピンの間隔が大となれば、ピンの回転が大きく、したがつてそれによる模型陶歯の応力集中が増大することが判明した。また2本のピンの間隔を極端に小さくすると、ピンの回転は少ないけれども、2本のピンの間の模型陶歯の部分の引張り応力が大きくなることがわかる。

6) 模型陶歯がピンからの力を受けて全体に引張られる。引張り応力は、模型Aの場合に大きく、同Cの場合に小さい。

7) 市販されているS社製ロングピン陶歯のピンの位

置は、辺縁より1/3、基底部より1/3の位置に植立されているが、この位置は何ら力学的根拠に基づいて定められたものではない。以上の実験結果はピンの水平的な位置については、さらに改良する余地のあることを示唆するものと思われる。

第5章 結 論

著者は、金属裏装部が曲げられたときの陶歯の応力分布状態が、ピンの位置の移動によつてどのように変化するかを三次元光弾性実験によつて検索し、以下のような結論を得た。

1) ピンの位置が、切縁部に近い場合よりも基底部に近い場合のほうが力学的に有利である。

2) 模型A、B、CおよびDのうちでは、模型Bが力学的に最もすぐれている。

3) 荷重による曲げがピンに影響を与えないためには、臨床的に許される範囲で、鑲着部を切縁に近くおくほうが力学的に有利である。

本研究の要旨は、日本大学歯学会昭和43年度大会(1968, 12, 8)、第23回日本大学歯学会総会(1971, 5, 16)において逐次発表し、それぞれの会誌に抄録を掲載した。

稿を終るにあたり、本研究に際して終始ご懇篤なご指導およびご校閲の労をおとり下さつた中沢靖教授、ご校閲をいただいた加藤信一教授、また実験の解析にご指導ご校閲をいただいた日本大学理工学部長尾弘教授に深く感謝の意を表します。

併せて本実験にご援助いただいた本教室の水川講師ならびに補綴学専攻大学院生各位に謝意を表します。

文 献

- 1) 井上恵司、藍稔：前装陶歯に関する調査、第2報歯冠長とピンの位置からみた上顎中切歯有釘前装陶歯の適応性、日補誌、5：88-93, 1961。
- 2) 関根 弘、海洲肇一、遠藤義弘、武藤 功：ロングピン前装陶歯の適応性に関する研究(1)、歯科学報、66：35, 1966〔抄録〕
- 3) 饗庭格太郎、関根 弘、遠藤義弘、武藤 功：鑄造裏装鋳にセメント合着したロングピン前装陶歯の安定度について、歯科学報、61：20-25, 1961。
- 4) Oppel, G：辻 二郎、河田幸三：光弾性実験法、

東京, 1957. 理研計器株式会社, 125-163頁から引用.

- 5) 宮内孝雄, 久保田英雄: 歯牙の三次元光弾性実験 (第1報), 前歯の静力学的考察, 歯科学報, 57, 55-59, 1957.
- 6) 伊藤 広: 歯槽骨の三次元光弾性実験 (歯牙移動に関する光弾力学的検索, 米子医誌, 10, 80-90, 1959.

- 7) 水川一広: 鈎歯, その歯槽窩骨および床支持歯槽骨にあらわれる咬合荷重の三次元的弾性研究 (その1), 日補誌, 9, 33-52, 1962.
- 8) 粥川 浩: レントゲンセファログラムによる日本人の顎態研究, (1. ダウンス分析法による検討) 日矯正歯会誌, 13, 6-17, 1954.
- 9) 辻 二郎, 西田正孝, 河田幸三: 光弾性実験法, 東京, 1965, 日刊工業新聞社(初版), 337-392.

A DYNAMIC STUDY OF PONTIC APPLIED FOR ANTERIOR FIXED PARTIAL PROSTHESIS

PART 1 THREE-DIMENSIONAL PHOTOELASTIC STUDY OF LONG PIN PORCELAIN ARTIFICIAL TOOTH

By

Tadao Kudo

Graduate Course (Major in Prosthodontics), Nihon University School of Dentistry
(Director : Prof. Yasushi Nakazawa)

Generally, the fixed partial prosthesis has been applied by the way of prosthodontic treatment in case of anterior teeth missing, and the porcelain teeth for facing in various ways has frequently been used as the pontic. The pontic of long pin porcelain artificial tooth consists of long pin, porcelain tooth and metal backing. As the bend of metal backing is delivered to pin and make the stress concentration in its tooth, it is expected that its tooth is fractured or came off. Then the long pin porcelain artificial tooth #516, product of S Company, Japan, being enlarge three times of actual size is used for the pontic in this study. As it is expected for the metal backing to be bent by the biting forces and others, the bending load investigations are carried out. What kinds of influence the movement of pin position, i.e., horizontal or long axial movement in incisal side, effect on the stress distribution of its tooth are examined.

As regards the photoelastic specimens in this study, the Mizukawa's injection method is applied. The my own load apparatus is designed and made, because the both sides of pontic are connected by the retainer.

The two pins are inserted into the specimens, and the four specimens are made in accordance with the movement of pin position. The long axis of crown is divided trisection between base and incisal part on the specimen, than the line perpendicular to the long axis at the one-third from base part is drawn. The segment of line being caught in the intersecting points between this perpendicular line and crown margin of specimen, is divided equally eight parts. The pin position are symmetrically set at the each three positions of crown long axis, i.e.; the one-eighth position (1) from the one side of this line, the one-fourth (2) and the three-eighth (3). And the each pin is vertically inserted into the lingual face of specimen. By the same method as mentioned above, the each pin is done at one-fourth position (4) from crown margin on the line perpendicular to the crown long axis at the one-third from the incisal part. Therefore, the eight specimens are made consisting of two specimens each of four different specimens, i.e., (1) to (4). Then the specimen of position (1) is described as sample A, it of position (2) sample B, it of position (3) sample C and it of position (4) sample D.

The load is set up at the central suitable position between two pins and 13 mm from incisal part, and the load direction is arranged at angles of about 120 degree. The load apparatus is arranged in the stress freezing apparatus, product of Riken-keiki Company, Japan; the stress freeze of specimen is carried out.

The slicing directions are parallel to frontal and horizontal plane of specimen. These slices being

2.5 mm thick are kept in the immersed solution between the parallel polarizer in photoelastic apparatus; the monochromatic fringe method is conducted.

As regards the analysis taking account of fringe, the method of Tsuji and others is used.

As the results of these efforts, the following conclusion are obtained.

1. As regards the load portion, the stress concentration in specimen are not expressly observed.
2. Generally the bending stress in this specimen is few. However, the concentration of stress fringe are located around the pin.

3. As regards the sample D that the pins are inserted into around the load position, it is caused to be bent greatly by pin, therefore ; its stress concentration is higher as compared with the sample B.

4. As the results of investigation for sample A, sample B and C, i.e., the horizontal difference of pin position, the wider th- space between both pins is, the higher the rotation of pin is, therefore ; the stress concentration is increased. But, when the space between both pins is tried to be extremely narrow, the rotation of pin is little, however ; the tensile stress between two pins is higher.

5. Under the influence of force passed through the pin, the specimens are pulled in entirely. The tensile stress in case of sample A is highest, however ; it in case of sample C least.