

臼齒部 修復用 Composite Resin의 破壞學動에 關한 研究

慶熙大學校 齒科大學 保存學教室

朴榮浩 · 閔丙淳 · 朴尙進 · 崔浩永

— 目 次 —

- I. 緒 論
- II. 實驗材料 및 方法
- III. 實驗結果
- IV. 總括 및 考察
- V. 結 論
- 參考文獻
- 英文抄錄
- 寫眞附圖說明
- 寫眞附圖

Composite resin을 臼齒부에 使用하는 目的은 amalgam 修復物의 水銀에 依한 環境汚染의 問題를 解決하고 審美性을 改善시키려는데 있다.

臨床에서는 臼齒部用 composite resin이 登場하기 前, 前齒部 修復用 composite resin을 使用하였으며, 口腔內에서 composite resin의 實質消失 即, 磨耗, 溶解 및 破折等의 形態로 종종 失敗像이 나타난다.

現在 臼齒部 修復用 composite resin에 對한 理想的인 要求事項은 amalgam과 同一한 磨耗抵抗, 完璧한 形態再生, 取扱容易性, 辺緣部의 完璧한 封鎖能力, 放射線不透過性 및 審美性等이며, 그 以外에도 齒牙의 主된 機能인 咀嚼運動이기 때문에 一定限度의 強度가 必要하다. 臼齒部用 composite resin은 適切한 評價에 依해서 製造되었으나 實際 臨床 適用은 口腔內의 物理的, 化學的 및 生物學的 特性

때문에 그 使用이 制限받고있다.

composite resin의 壓縮強度는 齒牙의 enamel 및 dentin과 類似하나 引張強度는 壓縮強度의 20%에 不過하며, fracture toughness(破壞韌性)는 amalgam과 類似한 것으로 알려져있다.^{15, 16, 17, 34)} 그러나 Zidan外 2人³⁹⁾, Draughn과 Harrison⁵⁾은 Composite resin이 filler의 體積비가 높을 경우는 낮을 경우에 비해 内部 氣泡의 發生率이 增加되어 應力과 外部 環境에 依해 強韌性和 壓縮波勞度가 낮아지기 때문에 引張強度가 composite resin이 unfilled resin 보다 優秀하지 못하다고 報告한 바 있다.

resin基質內 inorganic filler를 分散시킨다는 것은 重合收縮을 減少시키며 韌性を 強化하고 機械的 性質을 改善시킬 目的에 있으나 이에 對한 理論的 根據는 確實히 究明되지 않고있다.

Hannah와 Combe¹⁰⁾는 composite resin이 齒質과 類似한 強度를 지니기 爲해서는 높은 強度의 filler 粒子를 包含시켜야 한다고 報告하였으며 Asmussen¹¹⁾도 ceramic filler를 多量添加시킬 경우, composite resin의 重合時 나타나는 體積收縮을 減少시킬 수 있다고 主張하였다.

Schmitz外 5人³²⁾, Raadal²⁷⁾, Draughn과 Harrison⁵⁾도 filler 強度가 높을 경우 composite resin의 全體 強度와 더불어 耐磨耗性이 增加함을 觀察한 바 있다. 그러나 composite resin의 機械的 性質은 filler 粒子의 分布와 크기에 따른 構成比와도 密接한 關係가 있다. 實際 石英과 같은 硬度가 아주 높은 材料들은 微細化하기 힘들어 粒子크기가 커지나 유리 成分은 超微細化가 可能하여 研磨된 表面이 光의

波長보다 작아 肉眼으로 識別하기 不可能하기 때문에 全表面의 表面光澤이 나타날 정도의 研磨性이優秀하지만 強度의 增加는 確實치 않다. 그러나 filler의 配列距觀가 0.1 μm 以下에서는 비록 軟한 filler粒子일지라도 緻密한 構造때문에 耐磨耗性과 強度가 增加될 수 있다.

한편 最近에 登場한 巨大粒子和 超微細粒자를 混合시킨 混合型 composite resin (hybrid-type)은 粒子 크기와 形態의 均一한 構成으로 機械的 性質이 크게 向上되었다.

Lutz와 Phillips¹⁹⁾은 filler의 含量에 따른 composite resin을 分類하였으며 臼齒部 修復에 適切한 filler量은 體積比 (volume fraction)로 80% 以上을 分散시켜야함을 報告한 바 있다.

filler 以外에 composite resin強度에 影響을 미치는 要因은 resin 基質과 filler 粒자를 強力히 結合시켜주는 結合劑(coupling agent)와 filler自體의 表面處理方法에도 關係가 깊다. vinyl silane等과 같은 結合劑는 重合을 堅固하게하며, filler의 表面은 球狀型으로 製造하거나 表面多孔化 및 酸處理로 基質內에서 filler의 結合력을 增強시키고 反應表面積을 넓혀 反應력을 向上시켜 窮極的으로 強度를 改善시킬 수 있다.

臨床的으로 最適의 材料를 選擇한다는 것이 매우 힘든 過程임은 틀림없으나 口腔內에 長期間 装着시키기 위해서는 무엇보다도 材料自體의 實質消失이 없어야한다. 지금까지 臼齒部用 composite resin의 第一의 短點은 強力한 咬合壓을 받는 部位에서는 磨耗 抵抗과 破折抵抗이 脆弱한 것이다.

Locy 3人¹⁸⁾과 Wildes外 2人²⁰⁾은 새로운 處方으로 amalgam과 類似한 硬度를 지니게된 臼齒部 修復用 composite resin을 紹介하였으나 이에 對한 評價는 아직까지 不確實한 實情으로 二級窩洞의 適合한지는 關心의 對象이 되고있다. 그 理由는 二級窩洞의 境遇 壓縮應力 보다 引張應力이 더욱 問題가 되기때문이다. 臨床에서 修復物의 形態를 咬合壓이 slip되도록하여 破折을 豫防할 수도 있다. composite resin 自體의 缺點인 引張強度를 增加시킨다는 것은 매우 어려운 問題로서 composite resin이 修復中 水分汚染等の 原因으로 filler의 結合이 脱落되면 龜裂이 發生되며 이것이 成長傳播하여 應力の 分散이 變化되어 적은 應力下에서도 쉽게 破折이

나타나게된다. 더우기 臼齒는 主로 咀嚼壓이 反復하여 加해지므로 臼齒部用 composite resin은 疲勞에 따른 破壞特性的 研究도 必要하다.

著者는 現在 臼齒部에 主로 使用되는 數種 臼齒部 修復用 composite resin을 使用하여 試片이 破壞될 때까지 壓縮應力을 加하여 破斷面을 電子顯微鏡으로 觀察하여 試片形態에 따른 破壞樣狀과 破壞過程에 對한 多少의 知見을 얻었기에 이에 報告하는 바이다.

II. 實驗材料 및 方法

1. 實驗材料

本 實驗은 現在 市販되고 있는 8種의 臼齒部 修復用 composite resin을 使用하였으며 이를 重合方式에 따라 分類하여 化學重合型인 P-10, Clearfil Posterior, Adaptic Anterior & Posterior의 3種과 光重合型인 P-30, Lite-Fil P, Estilux Posterior, Helio-molar 및 Ful-fil Compules (以下 P10, CF, A, P30, LF, EL, HM 및 FF로 略)의 5種으로 모두 8種을 使用하였다. (Table 1).

2. 實驗方法

1). 試片製作

破壞相을 觀察하기爲하여 上記의 8種의 composite resin을 그림 1, 2와 같이 stainless steel 金型內에 製造會社의 指示대로 充填하여 試片形態別로 I-type, T-type 및 Y-type의 試片을 各實驗材料別과 type別로 各各 8個의 試片을 製作하였다 (Fig. 1, 2). 製作된 試片을 37°C 蒸溜水內에서 24時間 保管한後 破壞試驗을 實施하였다.

2). 破壞試驗

製作된 試片을 Instron 社製 萬能材料 試驗機 (Model No. 1322)를 使用하여 各試片이 破斷될 때까지 垂直壓縮應力을 加하고 變位速度 (crosshead speed)는 0.2mm/min이 있으며 試片이 破斷될 때까지의 強度直를 이 試片의 破壞強度 (fracture strength)로 定하였다.

3). 破斷面の SEM 觀察

破壞된 試料를 金 ion sputter (JFC-1100)에서 金

Table 1. Code, manufacturer, type, and composition of eight posterior composites tested in this study.

Code	Brand	Manufacturer	Composition		Mode of Polymerization
			Matrix – Resin	Filler (wt%)	
P10	P-10	3M	BIS-GMA	α -Quartz (83.3)	Chemical
CF	Clearfil Posterior	Kuraray	BIS-GMA	α -Quartz (78)	Chemical
A	Adaptic Ant.& Post.	Johnson & Johnson	BIS-GMA	Quartz (77.1)	Chemical
P30	P-30	3M	BIS-GMA	Zn-glass(87)	VLC*
LF	Lite-Fil P	Shofu	UDMA**	Ceramic (85)	VLC
EL	Estilux posterior	Kulzer	UDMA	LiAl-Silicate(77)	VLC
HM	Helio-Molar	Vivadent	UEDMA***	Fumed-Silica (67-70)	VLC
FF	Ful-fil compules	L.D. Caulk	TEGDMA****	Barium-oxide Glass (77)	VLC

- *VLC : Visible Light Cure
- **UDMA : Urethane dimethacrylate
- ***UEDMA : Diurethane dimethacrylate
- ****TEGDMA : Triethylene glycol dimethacrylate

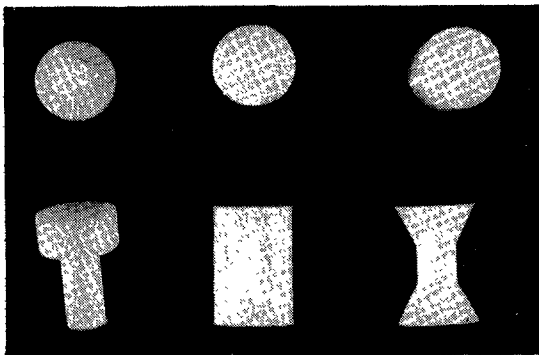


Fig. 1. Specimen for fracture test (T,I, and Y type)

蒸着後 走査型 電子顯微鏡 (JSM-T20 : JEOL, 以下 SEM으로 略함)으로 加速電壓 20KV로 하여 破壞相을 觀察 評價하였다.

III. 實驗結果

SEM에 依하여 觀察된 破壞相 (Fig. 3-34) 으로서 P10의 I-type에서의 破斷面으로 氣孔周圍에서 龜裂 (crack)이 發生된 것이 보인다 (Fig. 3). 即, 破壞는 filler와 resin 基質間 界面을 따라 進行, 進展

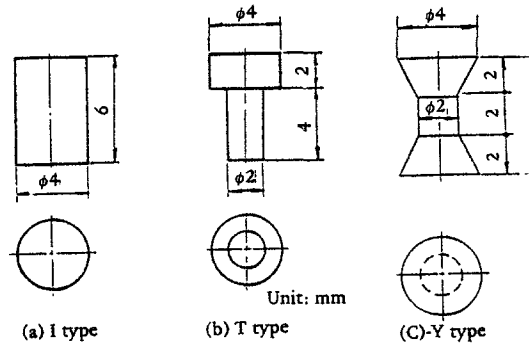


Fig. 2. Composite resin specimen features

되며 filler의 破折은 나타나지 않고 있다 (Fig. 4). CF의 T-type에서 破壞가 resin基質과 filler間에 나타나는 代表的인 例이다 (Fig. 5). A의 I-type에서 龜裂이 氣孔周圍에서 發生되어 最大剪斷應力의 方向, 即, 荷重軸과 45°傾斜져서 나타나며 extrusion이 함께 보이는 像이다 (Fig. 6). A의 I-type에서 나타난 龜裂像이며 龜裂이 合體되기 前, 모습으로 表面部에 많은 extrusion을 볼 수 있다 (Fig. 7). P30의 I-type에서의 龜裂이 試片表面에서 發生되어 破壞되는 樣狀을 나타내고 있다 (Fig. 8). P30의 T-type에 있어서 龜裂이 filler粒子 周圍에서 發生 進行되어

resin基質에 striation type의 破面을 나타내고 있다 (Fig. 9). P30의 T-type에서 3000倍로 擴大된 像으로서 filler 粒子가 壓縮荷重에 依하여 内部에 flaw 樣으로 나타나는 tire-track의 破面으로서 龜裂이 進展하는데 이때 filler粒子가 障碍物 (obstacle)의 役割을 하여 龜裂進展速度를 遲延시키므로써 破壞抵抗을 向上시킨다 (Fig. 10). P30의 T-type에서 龜裂發生過程中 垂直 龜裂 (vertical crack)이 發生되고 있음을 보여준다 (Fig. 11). P30의 Y-type에서 試片表面 가까이 存在하는 filler粒子로부터 龜裂이 發生하는 樣狀이다 (Fig. 12). 龜裂이 應力集中部에서 發生하여 第2의 龜裂을 形成하고 있다 (Fig. 13). P-30 Y-type 境遇로 龜裂이 filler粒子 周圍에서 分離 發生되어 第2의 龜裂로 進行되는 것을 보여주고 있다 (Fig. 14). LF의 I-type의 龜裂이 内部에 存在하는 氣孔周圍에 나타난 破壞舉動 (fracture behavior)으로 氣孔에 가까워짐에 따라 龜裂進行速度가 빨라지며 龜裂周圍의 速度의 不連續性이 보이고 있다 (Fig. 15).

LF의 T-type의 破壞相으로 破面이 相互 磨耗로 發生된 tire-track狀이 나타나나 filler粒子가 작아 龜裂進行에 影響을 미치지 못하고 있다 (Fig. 16). LF의 T-type의 破壞像으로서 龜裂이 應力集中部에서 發生되어 進展하고 있음을 보여주며 이때 龜裂은 여러 層으로 發生하여 그중 가장 긴 龜裂이 進行되어 破壞를 일으킴을 보여주고 있다 (Fig. 17). EL의 I-type에 있어서는 試片表面의 氣孔으로부터 發生한 龜裂이 平坦하지 않고 甚하게 꾸부러져 있는 狀態이다 (Fig. 18). 역시 EL의 I-type에 있어서는 表面 龜裂이 合해져 extrusion을 惹起시키고 있음을 나타내고 있다 (Fig. 19). EL의 I-type에 있어서 많은 龜裂中 主 龜裂이 成長 進行하여 結局 破壞에 이르름을 보여주고 있다 (Fig. 20). EL의 T-type의 龜裂像이며 龜裂이 처음 應力集中部에서 發生하여 試片이 荷重을 더 以上 抵抗하지 못할 때 나타나는 荷重軸과 45度를 이루는 最大剪斷應力 方向으로 破壞樣狀을 보여주고 있다 (Fig. 21). EL의 Y-type의 破壞相으로서 龜裂이 應力集中部에서 試片内部로 向해 進行되고 있는 모습이다 (Fig. 22).

EL의 Y-type에서 filler粒子 周圍에 나타난 粒子破壞와 波勞破壞로 인한 striation狀의 破面을 보여주고 있다 (Fig. 23).

HM의 I-type에서의 表面 龜裂로 인한 extrusion이 荷重軸과 垂直으로 나타난 像이다 (Fig. 24). HM의 I-type의 龜裂像으로서 extrusion이 進行되어 表面의 龜裂과 破壞를 나타냄을 보여주고 있다 (Fig. 25).

HM의 T-type의 破壞舉動으로서 發生된 龜裂이 相互 合해져 破壞로 進行되는 모습을 나타내고 있다 (Fig. 26). HM의 Y-type에 있어서 extrusion으로 發生된 龜裂이 進展하여 試片表面이 破壞되어 破斷直前の 모습을 보이고 있다 (Fig. 27).

Fig. 27과 同一試片으로서 龜裂發生된 部分의 擴大像으로서 龜裂이 荷重軸과 平行으로 發生하여 試片이 膨脹함을 나타내고 있다 (Fig. 28).

HM의 Y-type에 있어서 破壞가 應力集中部에서 始作되어 表面의 大部分이 破壞된 像을 나타내고 있다 (Fig. 29).

HM의 Y-type의 龜裂直前の 23倍 寫眞으로서 應力集中部에서 試片의 直徑이 가늘어지고 平行部는 膨脹하고 있는 모습이다 (Fig. 30).

HM의 Y-type에서 filler粒子가 작아 破面이 平坦하게 나타나고 있다 (Fig. 31). FF의 I-type에서 龜裂이 氣孔에서 始作되며 荷重軸과는 關係없이 發生되고 있다 (Fig. 32).

FF의 I-type에선 甚한 extrusion이 나타나며 表面의 破壞로 龜裂이 發生되기 直前の 모습이다 (Fig. 33). FF의 T-type에선 filler粒子 크기가 작아 破斷面은 比較的 平坦하나 filler-resin基質間 界面을 따라 破壞가 進行되고 있다 (Fig. 34).

IV. 總括 및 考察

臼齒部用 修復材料는 咬合壓에 對한 耐久性이 必要하기 때문에 Composite resin을 臼齒部에 使用時 強度가 要求되는 것은 重要한 事項이다. 材料의 強度는 破壞에 對한 抵抗을 뜻하며, 어떤 構造物을 構成하고 있는 各部分의 材料成分이 거기에 作用하는 여러가지 外部環境 即, 外力下에서 過度한 變形을 일으키거나 破壞되지 않고 機能을 發揮할 수 있어야 한다. 따라서 本研究은 이와 같은 性能을 지닌 臼齒部用 composite resin을 選擇함과 同時에 最少限의 基準을 定하기 爲하여 重合方式 및 filler의 resin基質 構成에 따라 8種의 臼齒部 composite

resin을擇하여 I.T 및 Y-type의 試片을 製作後, 壓縮應力下에 試片의 龜裂 破壞 및 破斷面을 SEM으로 觀察 評價하였다.

近來 高分子科學의 發達로 齒科保存領域에도 天然齒와 類似한 色調, 透明度 및 齒質과의 接着性이 優秀한 多様な 臼齒部 修復用 composite resin이 開發되어 그 臨床的 有用性이 높이 評價되고 있다.

Mc Kinney와 Wu²¹⁾, Jörgensen과 Hisamitsu¹¹⁾, Lutz外 3人²⁰⁾, Pillar外 2人²⁵⁾, Söderholm外 4人³⁵⁾, Ferracane外 2人⁶⁾ 등은 composite resin의 材料學的 特性을, Cannon과 Harshell⁹⁾은 臨床的 評價에 依해서 短點을 研究한 바 있다. 特別히 修復直後 頻發되는 辺緣部의 微小破折과 長期間 裝着後 나타나는 解剖學的 形態의 消失은 強力한 咬合壓에 견딜 수 있는 充分한 修復材料의 物性이 要求되는 臼齒部에서는 더욱 問題가 되고 있다. Dogon外 2人⁴⁾, Cross外 2人³⁾, Powers外 3人²⁶⁾, Goldberg 外 3人⁷⁾, Goldberg外 3人⁸⁾, Moffa外 2人²²⁾ 등도 composite resin의 機械的 性質과 表面磨耗性에 對한 試驗結果로 口腔內에서 適合與否를 觀察하였다.

勿論 filler가 含有된 composite resin은 처음에는 3級, 4級 및 5級 窩洞에 制限되어 使用되었으나 ceramic crown의 修理나 缺損部位가 작고 咬合壓이 加해지지 않는 部位에까지 擴大 使用되어 왔다. 그러나 composite resin 材料間 相異한 基質相, 無機質 filler의 含有量과 形態 및 크기에 따라 基質과 filler間 結合狀態 即, 結合 強度가 다르게 된다. 더욱이 口腔內에서 材料評價時 咬合壓의 反復 되어 나타날 수 있는 應力分布 및 材料自體의 波勞現象으로 修復物의 破壞 및 磨耗가 나타나 그 過程을 肉眼的 및 顯微鏡의 으로 檢査하여 그 材料의 物性을 總合的으로 判定하여 臨床에서 便利하게 應用할 수 있어야 한다.

本 研究에서 龜裂이 氣孔周圍에서 나타난 것은 重合되는 resin構成成分 中 未反應 monomer, 起始劑, 觸媒劑 및 反應抑制劑 등이 不均衡하게 混合되었던지 光重合型에서는 光의 照射時間, 光의 強度 및 spectrum의 分散 등이 否適切했을 境遇 나타나는 重合缺陷으로 因한 氣孔이 原因으로 생각된다(Fig. 3. 6. 7. 15. 18. 19. 20. 24. 26. 32).

Ruyter와 Svendsen³¹⁾, Vankerckhoven外 4人³⁷⁾, Stupp와 Weentmen³⁶⁾, Ruyter와 Öysaed³⁰⁾도 comp-

osite resin의 重合度는 内部氣泡 存在與否에 크게 影響을 받는다고 報告하였으며 Ruyter와 Öysaed²⁹⁾는 光重合型 composite resin이 光原과 被照射 表面間의 距離에 따른 重合度를 報告하였으며 Robert와 Shaw²⁸⁾는 fumed silica filler의 重量比가 減少함으로서 composite resin의 重合度가 低下된다고 報告하여 未重合된 composite resin의 物理的 性質이 脆弱함을 알 수 있다.

勿論 混合等의 材料取扱時 不注意로 因하여 氣泡가 混入될 수 있으며 光重合型의 境遇 氣泡混入을 最少限으로 減少시킬 수 있다.

한편 本研究에서 破壞는 表面의 resin基質에서 始作되어 filler가 突出되고 서서히 周圍로 龜裂이 成長 進行되고 있으며 대체로 龜裂이 氣孔에서 發生되며 荷重軸에 重直方向에 主龜裂이 나타나는 것은 氣孔이 應力集中部의 役割을 하기 때문이라고 생각 된다(Fig. 3. 4).

化學重合型인 CF의 T-type에서 破壞舉動으로서 resin 基質과 filler粒子間의 臨界를 따라 破壞가 進展되고 있다. filler는 硬度和 強度가 높아 filler의 破折은 나타나지 않고 應力이 이 部位에서 剪斷應力으로 作用됨을 알 수 있다 (Fig. 5).

龜裂이 荷重軸과 45度 傾斜된 方向으로 進展되는 것은 龜裂의 變形이 面外剪斷(out-of-plane shear)에 依하여 龜裂이 氣孔周圍에서 tearing mode로 나타나기 때문이며 extrusion은 龜裂의 進展, 轉位가 試片表面部로 移動하기 때문에 表面 突出現象(extrusion)이 나타나며 이는 表面破壞가 곧 發生될 것을 豫告하고 있다 (Fig. 6. 7).

Konishi와 Turner¹²⁾도 Bis-GMA系 bonding-agent의 剪斷應力下에 破斷面을 觀察한 結果, 初期破折이 局所的인 塑性變形(plastic deformation) 없이 形成되며 最大剪斷應力下에 試片의 荷重軸을 따라 龜裂의 開口가 擴大된다고 報告하였다.

光重合型인 P-30의 龜裂像은 試片表面 가까이 filler周圍에서 龜裂의 發生은 filler에 依한 転位集積(dislocation pile up)이 일어나며 數個의 龜裂中 第1의 龜裂이 進展되어 破壞가 일어나며 主龜裂과 重直方向의 작은 重直龜裂이 일어남을 알 수 있으며 이러한 第2의 龜裂(secondary crack)은 表面 energy를 增加시켜 破壞抵抗을 增加시키고 있음을 알 수 있다 (Fig. 8-14). 即, filler의 含量을 增加時 破

壞抵抗이 增加됨을 알 수 있으나 Goldman⁹⁾은 周期的인 壓縮應力이 加해졌을 때 composite resin의 疲勞度는 filler의 構成에 影響을 받지 않는다고 報告한 바 있다. Fig. 15-17에서도 氣孔에서부터 龜裂이 發生되며 平坦하게 나타나는 理由는 filler의 粒子가 微細하기 때문이라고 思料된다. 또 LF는 微細한 ceramic filler를 含有하고 있어 filler粒子가 過度하게 含有되고 있어 resin과의 結合이 약하여 어느 部分에서 脫落됨으로서 龜裂이 進展되었다고 생각된다. 또 tire-track은 龜裂이 形成된 後 相對하는 破面이 反復하여 壓縮을 받아 相對破面에 形成된 突起에 依하여 늘린 자국이다. 따라서 tire-track은 그 材料의 反復應力이 作用한다는 證據이고 이때 加해진 剪斷應力의 方向을 알 수 있다 (Fig. 16).

EL의 龜裂 發生像으로서 試片形態에 따라 破壞應力의 變動幅은 差異가 없으나 最大破壞強度는 60kg-397kg의 커다란 差異를 나타내고 있다.(Fig. 18-23). 이러한 最大 破壞強度는 8種의 composite resin에서 試片形態에 따라 差異가 크며 I-type이 제일 크고 Y-type, T-type의 順序로 弱해지고 있음을 알 수 있다. 따라서 臨床에서 composite resin의 臼齒部 窩洞形態는 I-type이 가장 바람직하며 可能限 T-type의 窩洞形態는 避해야 될 줄로 思料된다.

勿論 臨床에서는 窩洞의 크기가 多樣하기 때문에 齒牙自體의 健全齒質이 되도록 많이 殘存되고 窩洞이 적은 境遇에 齒牙의 破折抵抗이 優秀한 것은 確實하다.

그러나 Simonsen外 2人³³⁾은 composite resin으로 修復된 齒牙가 健全齒牙와 比較하여 咬頭部 破折抵抗력이 훨씬 낮았으며 composite resin으로 齒質을 強化시키지 못함을 報告하였다.

또 Fig. 21에서 荷重軸과 45度를 이루며 破壞가 進行되는 것은 破壞의 第2段階 過程으로서 破壞龜裂의 傳播過程이 slip을 따라 方向이 45度를 이루게 되는 것을 意味한다 (Fig. 21).

破壞舉動은 應力集中部에서는 試片의 斷面이 縮少되고 龜裂發生이 荷重軸과 平行된 部位에 나타나 試片直徑의 膨脹을 意味한다. 勿論 破壞前 破面이 周期荷重을 받아 줄무늬(striation type)의 突出을 이루고 있다. 完全 破壞는 最初 龜裂成長으로 進行

되어 2次 龜裂이 되며 結局 表面破壞 및 完全破壞에 이르게 된다 (Fig. 24-31). HM은 超微細粒子의 filler를 含有하고 球形이어서 破面이 平坦하게 나타나고 있다.

또 filler粒子를 酸處理시켜 表面積을 增加시켜 resin基質과의 結合력은 增加되어 強度는 強化되지만 口腔內에서 脫水로 因하여 龜裂이 나타나며 strontium 등의 持久性分(durable component)가 除去되는 境遇가 있어 filler 成分과 強度에 對한 研究가 重要하다고 생각된다.

Li外 4人¹⁴⁾도 filler含量과 크기變化에 따른 composite resin의 物性を 觀察하여 filler의 크기보다는 體積比가 增加할수록 composite resin強度가 增加함을 報告한 바 있다.

또 本 研究에서 HM은 球狀形의 微細한 filler를 使用하여 過去에 不規則하고 巨大한 粒子와 比較하여 filler의 體積比가 增加되고 應力分散에 效果의 이라고 생각되나 filler의 幾何學의 特性때문에 resin基質內에서 維持力이 減少되어 破壞抵抗이 높지 않음을 알 수 있다.

다른 composite resin과 달리 荷重軸과 거의 無關하게 龜裂이 發生되고 있으나 進行은 filler粒子和 resin基質向 界面을 따라 進展되고 있다(Fig. 31-34). 이와 같은 所見은 Lambrechts와 Vanherle¹³⁾은 微細粒子型 composite resin의 破面은 filler와 resin基質間 結合力的 弱화로 나타난다고 報告하여 filler가 龜裂進展의 境界를 이루고 특히 氣孔이 龜裂發生의 原因임을 알 수 있다.

Paffenbarger와 Rupp³³⁾도 composite resin의 物理的 性質이 filler粒子的 形態, 크기, 型 및 分散에 따라 左右된다고 報告하였다.

以外에도 filler의 量, filler間 距離와 filler와 resin基質間 結合 狀態 等도 composite resin의 여러 가지 性質에 影響을 줄 수 있다. 또 composite resin이 口腔內 높은 應力을 받는 部位에서는 物理的 性質의 維持뿐만 아니라 化學的, 機械的 破壞에 對한 抵抗力은 반드시 必要하다.

Pillar外 2人²⁴⁾은 composite resin의 破壞 韌性이 減少되면 不安定한 龜裂이 成長되고 龜裂의 先端部에 微少한 龜裂이 進行되어 다시 破壞韌性이 낮아져 結局 完全 破壞 내지 破折에 이르게 된다고 報告한 바 있다.

以上の 研究報告에서 臼齒部用 composite resin의 安定破壞領域은 filler粒子 크기에 따르는 變化로 생각되며 龜裂의 進展速度 및 龜裂의 成長位置 應力集中部에 따른 破壞 및 破面에 대하여 各種 composite resin間 差異와 filler의 表面處理 및 重合方式에 따른 基礎的 및 臨床的 研究가 繼續 必要하다고 생각된다.

V. 結 論

臼齒部 composite resin의 臨床 適用에 따른 窩洞形態 및 composite resin 種類에 따른 破壞抵抗性을 評價하기 위하여 8種의 臼齒部用 composite resin(Table. 1)을 使用하여 I, T, 및 Y型의 試片形態에 따른 壓縮應力下의 破壞相 即, 破斷面 및 破壞舉動을 SEM으로 觀察하여 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 破斷面은 모든 composite resin에서 類似한 像으로 나타났다.
2. 龜裂은 氣孔部位에서 始作되었다.
3. 龜裂은 filler와 resin基質間 界面을 따라 進展되었다.
4. 龜裂의 크기가 增加하여 第2次 龜裂을 形成하였다.
5. 破壞舉動은 filler粒子의 量, 크기, 形狀 및 基質과의 結合狀態에 影響을 받았다.

REFERENCES

1. Asmussen, E.: Composite restorative resins-composition versus wall-to-wall polymerization contraction. *Acta. Odont. Scand.*, 33: 337-344, 1976.
2. Cannon, M.L., and Harshell, G.W.: In vivo margin and abrasion resistance study of posterior composites. *I.A.D.R. Progr. & Abst.* 63, No. 549, 1984.
3. Cross, M., Douglas, W.H., and Fields, R.P.: The relationship between filler loading and particle size distribution in composition resin technology. *J. Dent. Res.*, 62: 850-852, 1983.
4. Dogon, I.L., Cross, M., and Douglas, W.: Clinical and laboratory studies on a fine grind composite. *I.A.D.R. Progr. & Abst.* 61, No. 320, 1982.
5. Draughn, R.A., and Harrison, A.: Relationship between abrasive wear and microstructure of composite resins. *J. Prosthet. Dent.*, 40: 220-224, 1978.
6. Ferracane, J.L., Matsumoto, H., and Okabe, T.: Time-dependent deformation of composite resins-compositional considerations. *J. Dent. Res.*, 64: 1332-1336, 1985.
7. Goldberg, A.J., Rydinge, E., Sautucci, E., and Racz, W.B.: Clinical evaluation methods for posterior composite restorations. *J. Dent. Res.*, 63: 1387-1391, 1984.
8. Goldberg, A.J., Rydinge, E., Sautucci, E., and Racz, W.B.: Correlation between mechanical properties and clinical performance of experimental posterior composites. *I.A.D.R. Progr. & Abst.* 62, No. 1042, 1983.
9. Goldman, M.: Fracture properties of composite and glass ionomer restorative materials. *I. Dent. Res.*, 62: Abstract No. 190. 670, 1983.
10. Hannah, C. McD., and Combe, E.C.: Mechanical properties of composite restorative materials. *Brit. Dent. J.*, 140: 167-173, 1976.
11. Jorgensen, K.D., and Hisamitsu, H.: Class II composite restorations: Prevention in vivo of contraction gaps. *J. Dent. Res.*, 63: 141-145, 1984.
12. Konishi, R.N., and Turner, D.T.: Deformation and fracture of dentinal adhesive resin. *Dent. Mater.*, 1: 43-47, 1985.
13. Lambrechts, P., and Vanherle, G.: Structural evidences of the microfilled com-

- posites. *J. of Biomedical Material Research*, 17: 249-260, 1983.
14. Li, Y., Swartz, M.L., Phillips, R.W., Moore, B.K., and Roberts, T.A.: Effect of filler content and size on properties of composites. *J. Dent. Res.*, 64(12): 1396-1401, 1985.
 15. Lloyd, C.H.: Resistance to fracture in posterior composites. *Br. Dent. J.*, 155: 411-414, 1983.
 16. Lloyd, C.H.: The fracture toughness of dental composites. *J. Oral Rehabil.*, 11: 393-398, 1984.
 17. Lloyd, C.H., and Mitchell, L.: The fracture toughness of tooth coloured restorative materials. *J. Oral Rehabil.*, 11: 257-272, 1984.
 18. Locys, K., Lambrechts, P., Van herle, G., and Davidson, C.L.: Material development and clinical performance of composite resins. *J. Prosthet. Dent.*, 48: 664-672, 1982.
 19. Lutz, F., and Phillips, R.W.: A classification and evaluation of composite resin systems. *J. Prosthet. Dent.*, 50: 480-488, 1983.
 20. Lutz, F., Phillips, R.W., Roulet, J.F., and Setcos, J.C.: In vivo and in vitro wear of potential posterior composites. *J. Dent. Res.*, 63: 914-920, 1984.
 21. Mc Kinney, J.E., and Wu, W.: Relationship between subsurface damage and wear of dental restorative composites. *J. Dent. Res.*, 61: 1083-1088, 1982.
 22. Moffa, J.P., Jenkins, W.A., and Hamilton, J.C.: The longevity of composite resins for the restoration of posterior teeth. *I.A.D.R. Progr. & Abst.* 63, No. 253, 1984.
 23. Paffenbarger, G.C., and Rupp, N.W.: Composite restorative materials in dental practice. *Int. Dent. J.*, 24: 1-29, 1974.
 24. Pillar, R.M., Smith, D.C., and Maric, B.: Fracture toughness of composite determined using the short-rod fracture toughness test. *J. Dent. Res.*, 65(11): 1308-1314, 1986.
 25. Pillar, R.M., Smith, D.C., and Maric, B.: Oscillatory wear tests of dental composites. *J. Dent. Res.*, 63: 1166-1172, 1984.
 26. Powers, J.M., Ryan, M.D., Hosking, D.J., and Goldberg, A.J.: Comparison of in vitro and in vivo wear of composites. *J. Dent. Res.*, 62: 1089-1091, 1983.
 27. Raadal, M.: Abrasive wear of filled and unfilled resin. *Scand. J. Dent. Res.*, 86: 399-403, 1978.
 28. Roberts, T.A., and Shaw, D.J.: Cure profiles of photoinitiated microfilled composites by laser-Raman spectroscopy. *J. Dent. Res.*, I.A.D.R. Progr. & Abst., 63. No. 1098.
 29. Ruyter, I.E., and Oysaed, H.: Compressive creep of light cured resin based restorative materials. *Acta. Odontol. Scand.*, 40(5): 319-324, 1982.
 30. Ruyter, I.E., and Oysaed, H.: Conversion in different depths of ultraviolet and visible light activated composite materials. *Acta. odontol. Scand.*, 40(2): 179-192, 1982.
 31. Ruyter, I.E., and Svendsen, S.A.: Remaining methacrylate groups in composite restorative materials. *Acta. Odontol. Scand.*, 36(2): 75-82, 1978.
 32. Schmitz, K.H., Dougherty, E.W., Catts, R., Muller, G., Komma, O., and Schulmeyer, H.: The effects of inorganic fillers on the abrasion resistance of dental acrylics. *Quintessence Int.*, 99-105, 1975.
 33. Simonsen, R.J., Barouch, E., and Gelb, B.: Cusp fracture resistance from composite resin in class II restoration. *J Dent. Res.*,

62. 254, 1983.
34. Smith, D.C., Pilliar, R.M., and Haric, B.: Fracture toughness and in vitro wear characteristics of dental composite resins. *J. Dent. Res.*, 62: 646. Abst. No. 516, 1983.
35. Soderholm, K.J., Zigan, M., Ragan, M., Fishlschweiger, W., and Bergman, M.: Hydrolytic degradation of dental composites. *J. Dent. Res.*, 63: 1248-1254, 1984.
36. Stupp, S.I., and Weentman, J.: Characterization of monomer to polymer conversion in dental composites. *J. Dent. Res.*, 58: I.A.D.R. Progr. and Abst. No. 949, 1979.
37. Vankerckhoven, H., Lambrechts, P., Van Beylen, M., Davidson, C.L., and Vanherle, G.: Unreacted methacrylate groups on the surfaces of composite resins. *J. Dent. Res.*, 61(6): 791-795, 1982.
38. Wildes, A.D., May, K.N., and Leinfelder, K.F.: Three year clinical study of U.V.-cured composite resins in posterior teeth. *J. Prosthet. Dent.*, 50: 26-30, 1983.
39. Zidan, O., Asmussen, E., and Jorgensen, K.D.: Tensile strength of restorative resins. *Scan. J. Dent. Res.*, 88: 285-289, 1980.

FRACTURE BEHAVIOUR OF POSTERIOR COMPOSITE RESINS

Young Ho Park, Byung Soon Min, Sang Jin Park, Ho Young Choi

*Dept. of Operative Dentistry, Division of Dentistry,
Kyung Hee University*

The use of composite resin for the posterior teeth gives rise to clinical problem due to the lack of mechanical properties.

The purpose of this study was to observe the fractured surfaces of light posterior composite resins which are P-10, Clearfil posterior, Adaptic anterior & posterior, P-30, Lite-fil posterior, Estilux posterior, Helio-molar, and Ful-fil compules (Table 1).

The failure of composite resin specimens of I,T and Y-Type (Fig. 1,2) occurred under compression. Fractographical observations by SEM (JSM-T20, JEOL) were carried out in order to examine the fracture behaviour of eight composite resins in different types of specimens.

The results obtained from this study were as follows:

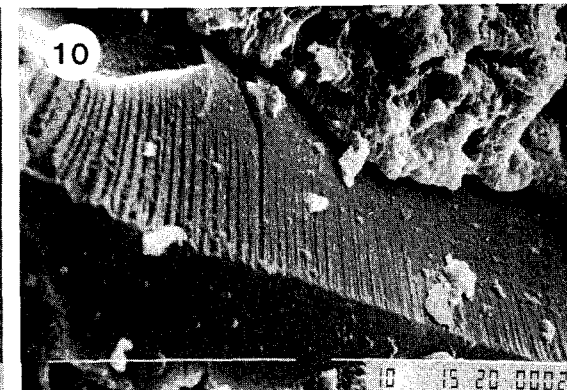
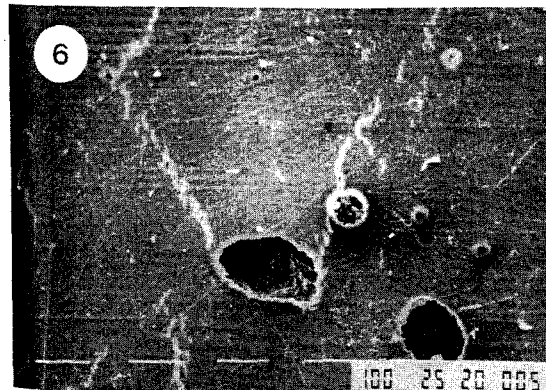
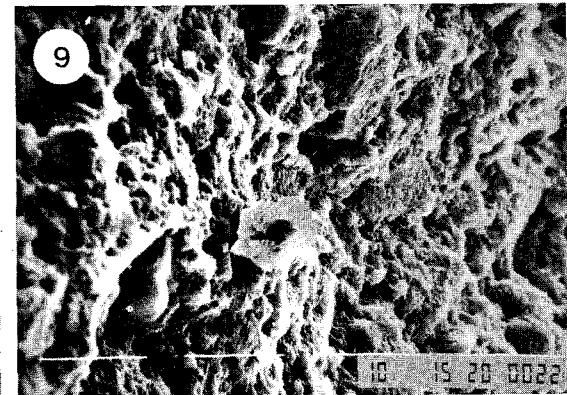
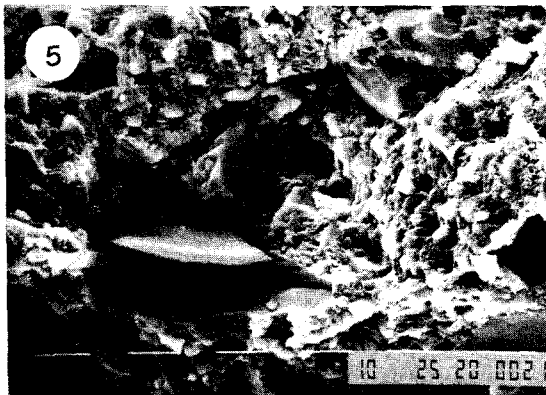
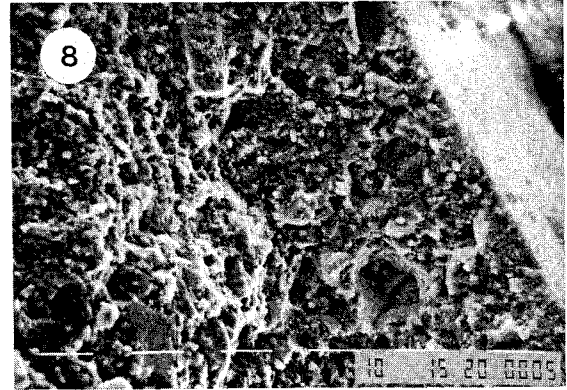
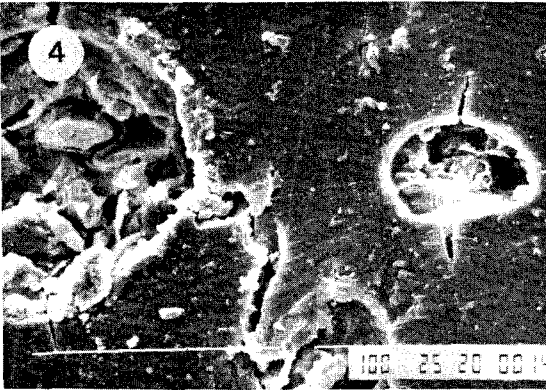
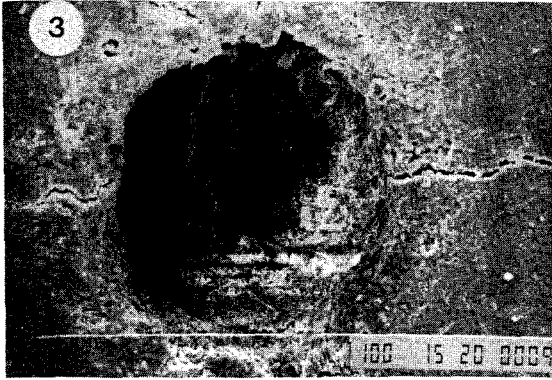
1. Similar features were found in fractured surfaces of eight composite resins.
2. The crack growth was initiated at the regions of porosities.
3. The crack propagated on the filler-matrix interface.
4. As the crack increased in size, it accelerated to form secondary crack.
5. The fracture behaviour was dependent on the content, size, shape, and distribution of fillers.

EXPLANATION OF FIGURES

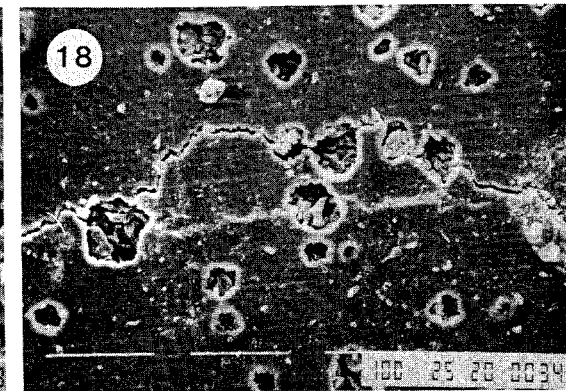
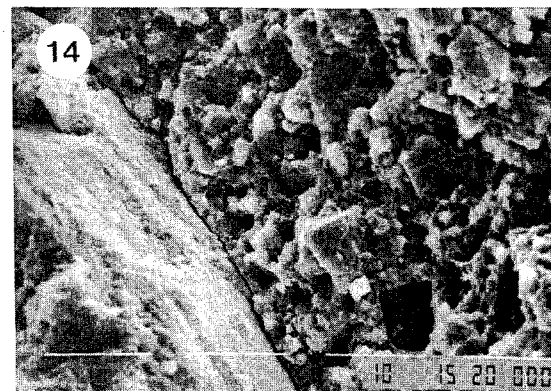
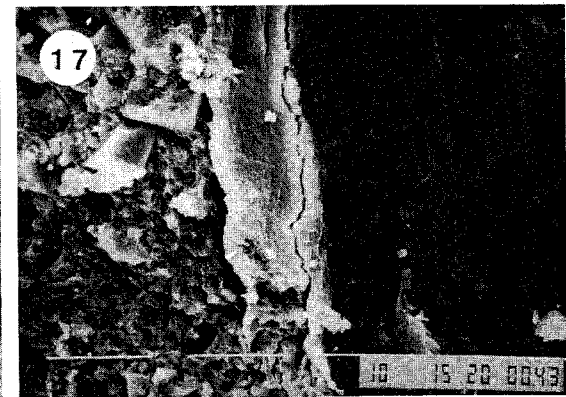
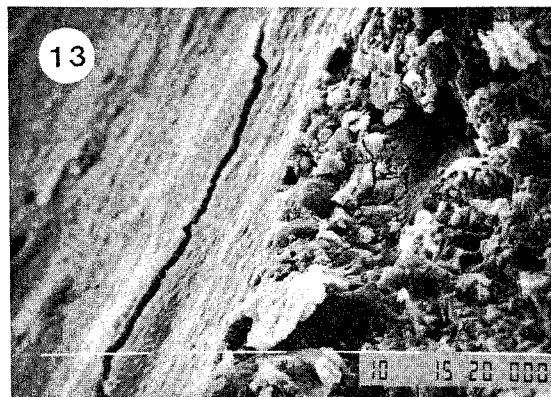
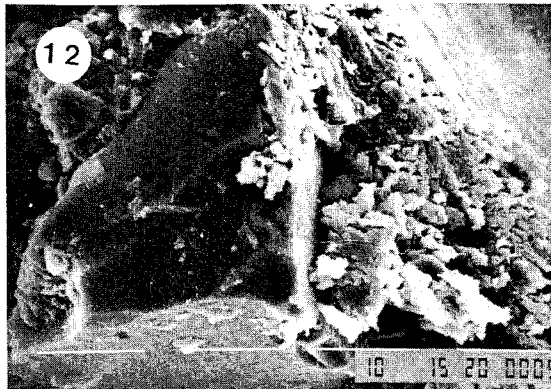
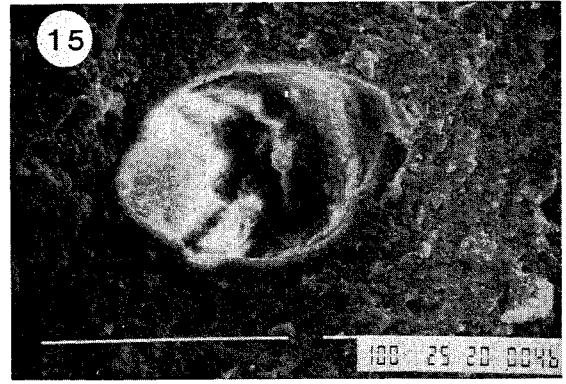
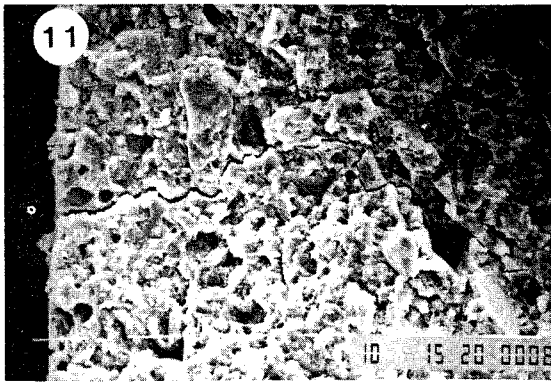
- Fig. 1.** I-Type (P-10) $P_{max}=370\text{kg}$, $28.0\text{kg}/\text{mm}^2$
- Fig. 2.** Microcracks are formed in adjacent to the porosities.
- Fig. 2.** T-Type (P-10) $P_{max}=90\text{kg}$, $27.2\text{kg}/\text{mm}^2$
- Fig. 4.** The crack propagate along the boundary between fillers and resin-matrix.
- Fig. 5.** T-Type (CF) $P_{max}=82\text{kg}$, $24.8\text{kg}/\text{mm}^2$
- Fig. 6.** Fracture surface is formed along resin matrixfiller interface.
- Fig. 7.** I-Type (A) $P_{max}=243\text{kg}$, $18.4\text{kg}/\text{mm}^2$
A lot of extrusions are formed on the surface of specimen before the cracks are joined together.
- Fig. 8.** I-Type (P30) $P_{max}=380\text{kg}$, $28.7\text{kg}/\text{mm}^2$
Fracture is initiated at a flaw at a surface of the specimen.
- Fig. 9.** T-Type (P30) $P_{max}=84\text{kg}$, $25.4\text{kg}/\text{mm}^2$
Fracture surface of striation type is formed along the filler particles.
- Fig. 10.** T-Type (P30) $P_{max}=84\text{kg}$, $25.4\text{kg}/\text{mm}^2$
Fracture surface with tire track is formed by compression. The crack velocity is retarded by filler particles.
- Fig. 11.** T-Type (P30) $P_{max}=94\text{kg}$, $28.4\text{kg}/\text{mm}^2$
Vertical crack appear to be perpendicular to main crack.
- Fig. 12.** Y-Type (P30) $P_{max}=102\text{kg}$, $30.8\text{kg}/\text{mm}^2$
The crack is propagated by dislocation pile-up of filler particles.
- Fig. 13.** Y-Type (P30) $P_{max}=102\text{kg}$, $30.8\text{kg}/\text{mm}^2$
As crack increase in size, it accelerates to form secondary cracks.
- Fig. 14.** Y-Type (P30) $P_{max}=394\text{kg}$, $29.8\text{kg}/\text{mm}^2$
The crack propagation accelerates intermittently in the proximity of porosities.
- Fig. 15.** I type (LF), $P_{max}=394\text{kg}$, $29.8\text{kg}/\text{mm}^2$
Fracture behavior around the porosity in the specimen.
The crack propagation accelerated near the porosity is to be seen.
- Fig. 16.** T-Type (LF), $P_{max}=100\text{kg}$, $30.2\text{kg}/\text{mm}^2$
Fracture appearance like tire track is not related to the filler particles because the size of filler is too small.
- Fig. 17.** T-Type (LF) $P_{max}=111\text{kg}$, $33.6\text{kg}/\text{mm}^2$
The primary crack increase to form a secondary crack, and then is sufficient to form a large fracture.
- Fig. 18.** I-Type (EL) $P_{max}=397\text{kg}$, $30.0\text{kg}/\text{mm}^2$
The crack growth proceeds with its work irregularly.
- Fig. 19.** I-Type (EL) $P_{max}=397\text{kg}$, $30.0\text{kg}/\text{mm}^2$
The crack increase in size to form extrusions.

- Fig. 20.** I-Type (EL) $P_{max}=280\text{kg}$, $21.2\text{kg}/\text{mm}^2$
The crack is initiated at the porosities at surface of specimen, and then fracture is seemed to be caused by main crack.
- Fig. 21.** T-Type (EL) $P_{max}=60\text{kg}$, $181.\text{kg}/\text{mm}^2$
Fracture surface is formed by shear failure.
- Fig. 22.** Y-Type (EL) $P_{max}=86\text{kg}$, $26.0\text{kg}/\text{mm}^2$
The crack propagation is directed to the inner part of specimen from the region of stress concentration.
- Fig. 23.** Y-Type (EL) $P_{max}=86\text{kg}$, $26.0\text{kg}/\text{mm}^2$
Fracture pattern with striation type is appeared in surroundings of filler particles.
- Fig. 24.** I-Type (HM) $P_{max}=238\text{kg}$, $21.4\text{kg}/\text{mm}^2$
The Extrusions are formed perpendicular to the axis of load and fracture is formed parallel to the axis of load.
- Fig. 25.** I-Type (HM) $P_{max}=350\text{kg}$, $26.5\text{kg}/\text{mm}^2$
The crack are formed at the region of surface-failure as a result of formation of excess extrusions.
- Fig. 26.** T-Type (HM) $P_{max}=67\text{kg}$, $20.3\text{kg}/\text{mm}^2$
The fracture makes progress after the cracks are joined together.
- Fig. 27.** Y-Type (HM) $P_{max}=94\text{kg}$, $24.8\text{kg}/\text{mm}^2$
The cracks caused by extrusions make surface failure of the specimen.
- Fig. 28.** Y-Type (HM) $P_{max}=94\text{kg}$, $24.8\text{kg}/\text{mm}^2$
The same photography as Fig. 27
The cracks are formed parallel to the axis of load, and the increase in diameter of specimen is to be seen.
- Fig. 29.** Y-Type (HM) $P_{max}=80\text{kg}$, $24.2\text{kg}/\text{mm}^2$
Severe surface failure is seemed to be influenced by the fracture at the region of stress concentration.
- Fig. 30.** Y-Type (HM) $P_{max}=80\text{kg}$, $24.2\text{kg}/\text{mm}^2$
The region of stress concentration tends to be thin and parallel part of specimen tends to be swell in diameter.
- Fig. 31.** Y-Type (HM) $P_{max}=80\text{kg}$, $24.2\text{kg}/\text{mm}^2$
Fracture surface may not be influenced by the presence of the filler. The shape of the filler is found to be spherical one.
- Fig. 32.** I-Type (FF) $P_{max}=285\text{kg}$, $21.5\text{kg}/\text{mm}^2$
The crack in the adjacent to the porosities is to be seen. The crack growth is not seem to be regated to the axis of load.
- Fig. 33.** I-Type (FF) $P_{max}=305\text{kg}$, $23.1\text{kg}/\text{mm}^2$
Extrusions are shown on the surface failure of specimen just before crack formation.
- Fig. 34.** T-Type (FF) $P_{max}=80\text{kg}$, $24.2\text{kg}/\text{mm}^2$
Fracture surface is flat at the filler-matrix interface.

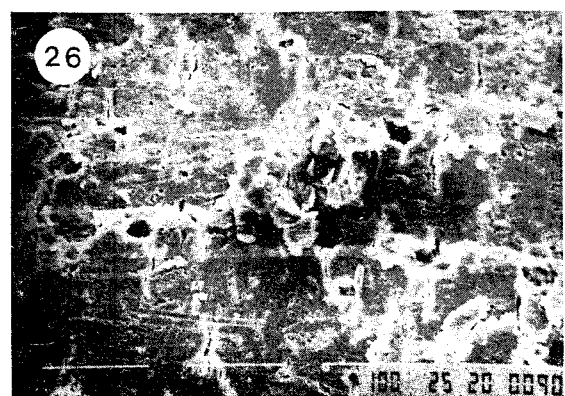
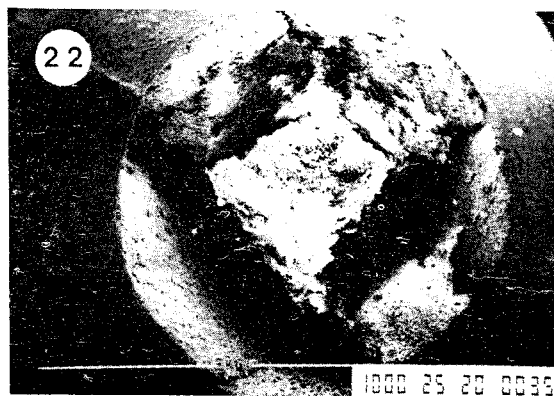
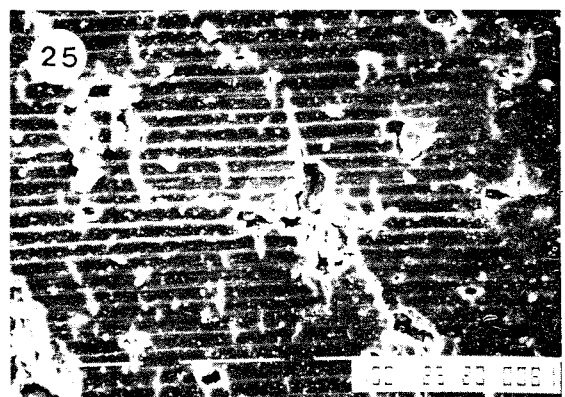
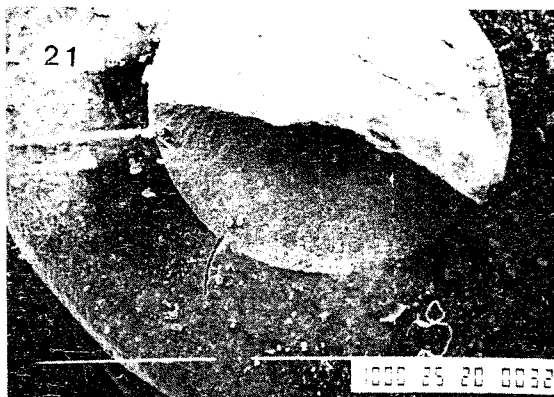
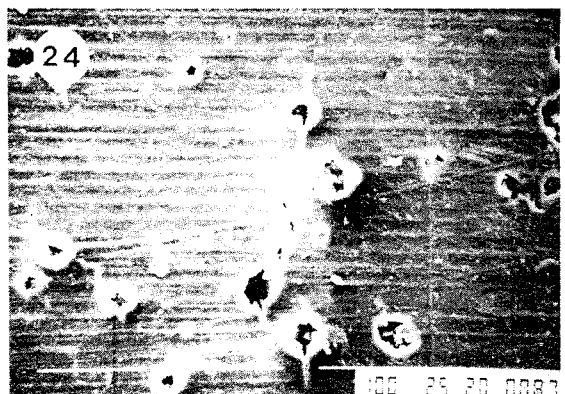
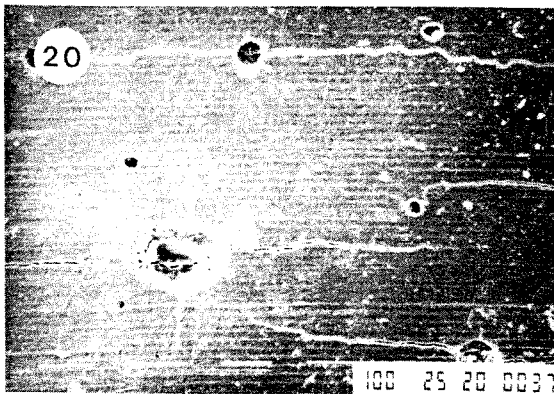
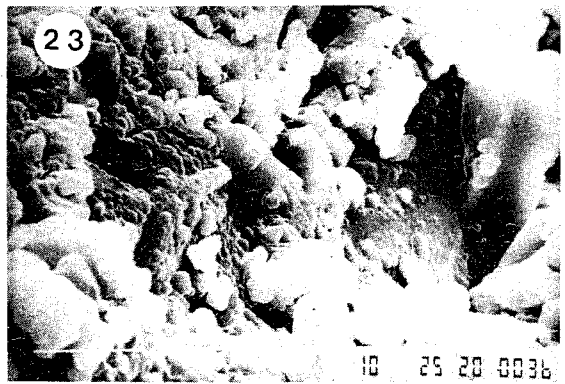
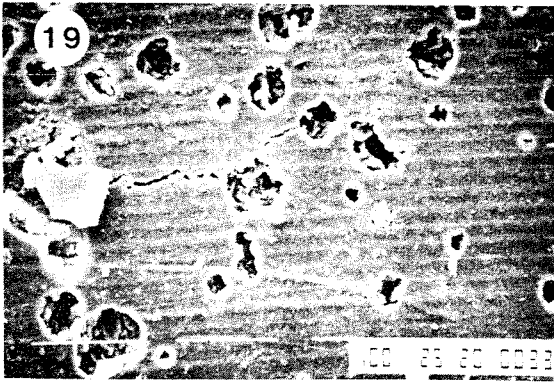
논문 사진부도 ①



논문 사진부도 ②



논문 사진부도 ③



논문 사진부도 ④

