

令和 4 年 6 月 7 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K19083

研究課題名（和文）疲労時の変形挙動に着目したCAD/CAM冠の至適材料学的特性の探究

研究課題名（英文）Research on optimal material properties of CAD/CAM crowns focusing on deformation behavior during fatigue.

研究代表者

原田 章生（Harada, Akio）

東北大学・歯学研究科・助教

研究者番号：40757267

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：CAD/CAM製レジンジャケットクラウンの破折強度が支台歯やセメントの種類に影響されるのかどうかについて評価した。最終破折強度に加えて、弾性波であるアコースティック・エミッションを検出することで初期破折強度も評価した。金属製支台とコンポジット系レジンセメントの組み合わせのみ有意に低い最終破折強度を示した。一方、初期破折強度は傾向が異なり、コンポジットレジン支台とコンポジット系レジンセメントの組み合わせでクラウンの初期破折強度が高く、金属製支台では低い初期破折強度を示した。試料の荷重に対する変形挙動も考慮すると、弾性係数が近似した材料の組み合わせが初期破折強度に影響した可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本ではCAD/CAM製レジンジャケットクラウン（以下CAD/CAM冠）が大白歯に一部保険収載され、広く国民に適用されつつある。CAD/CAM冠は歯冠色を有しており、金属アレルギーのリスクがないとされる一方で、破折や脱離に関する懸念があり、臨床的にもトラブルが報告されている。特に大白歯部においては破折に対する抵抗が重要と考えられ、クラウンが装着される支台歯やセメントなどの弾性係数が強度に影響すると考えられており、これらの環境について評価することが重要である。本研究結果より支台歯やセメントの弾性係数が強度に影響することが示唆されたが、リミテーションも多く、さらなる研究が必要である。

研究成果の概要（英文）：The fracture strength of CAD/CAM generated composite resin crowns was evaluated to determine whether it is affected by the abutment tooth and type of luting cement. In addition to final fracture strength, initial fracture strength was evaluated by detecting acoustic emissions. Only the combination of metal abutment and composite resin cement showed significantly lower final fracture strength. On the other hand, initial fracture strength showed a different trend, with the combination of composite resin abutment and composite resin cement showing higher initial fracture strength for crowns and lower initial fracture strength for metal abutments. Considering the deformation behavior of the specimens under load, it is suggested that the combination of materials with similar modulus of elasticity might affect the initial fracture strength.

研究分野：CAD/CAMコンポジットレジン

キーワード：CAD/CAM コンポジットレジン 接着性レジンセメント 弾性係数 アコースティックエミッション

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

歯科用 CAD/CAM 技術の発展および CAD/CAM 用ブロック材料の物性向上の結果、CAD/CAM 製レジンジャケットクラウン (CAD/CAM 冠) は小臼歯から適用が認められ、近年では咬合の条件はあるものの大臼歯まで適用が拡大されている。その背景には国民の審美的な要求や金属アレルギーへの対策の要求、金属価格の高騰による医療経済的な要求などがあり、CAD/CAM 冠は今後益々の普及および全ての大臼歯を含む適用拡大が期待される技術である。

一方で大臼歯に適用するにあたり、冠の破折あるいは冠の脱落などのトラブルが懸念されている。小臼歯の臨床成績では CAD/CAM 冠の脱離の頻度が 6 か月間で 9.1% (末瀬 日本デジタル歯科学会雑誌, 2015) また 3 年間の成功率が 71.7% でトラブルの 80.4% が冠の脱離であった (Miura et al. J Prosthodont Res, 2019) と、比較的トラブルの頻度が多いことが報告されている。これらの原因に対し、セメントの選択や接着手技へのアプローチによる接着強度の向上について多くの研究がなされており、接着強度については推奨される接着手順を順守することの重要性が認識されているがそれでも脱離は完全に防げないことが示されている (壁谷ら, 日補綴会誌 127 回特別号, 2018)。

CAD/CAM 冠の失敗のリスクを低減するためには支台歯やセメントとの関係性を評価する必要がある。セラミッククラウンでは支台歯の弾性係数が大きい方がクラウン破折強度が高いという結果が報告されているが (Yucel et al. Clin Oral Investig, 2012) クラウンが CAD/CAM 用コンポジットレジンであった時の報告は少ない。

また、材料試験では一般的に万能試験機の荷重が大きく変位し、荷重が抜けた点を最終破折とし、破折強度を定義しているが、実際には最終破折の前に小さなクラックが現れていることが多い。弾性波のエネルギーであるアコースティック・エミッションを測定することにより、最終破折の前段階の小さな破折や破壊を捉えることが可能であり、支台歯やセメントがクラウンの破折強度に与える影響をより詳細に評価することが可能となる。

2. 研究の目的

支台歯材料の違いによって CAD/CAM クラウン材料の破折強度に与える影響を明らかにすること。アコースティック・エミッション (AE) を用いた評価によって最終破折強度以前の初期破折強度を評価すること。

3. 研究の方法

CAD/CAM レジンブロックにセラスマート 300 (CS300, GC 社) 支台歯材料にユニフィルコア EM (CR-die, GC 社) およびステンレス鋼 (Metal-die) 合着用セメントには MMA 系レジンセメントであるスーパーボンド C&B (MMA-RC, サンメディカル社) およびコンポジット系レジンセメントであるジーセム ONE (COMP-RC, GC 社) を用いて実験を行った。2×2×25mm の棒状試料を作製し、24 時間 37 純水中に保管後、3 点曲げ試験を行い弾性係数を評価した。

直径 22 mm 高さ 11 mm の円柱状の支台歯材料を用意し、セメント厚みを 90 μm に規定して 10×10 mm の板状に調整した CS300 を合着した。直径 4 mm のステンレス鋼の圧子をクロスヘッドスピード 0.5 mm/min の条件で負荷し、最終破折強度を計測した。次に同様の試料形態で AE センサを取り付け、AE 発生の評価を行い、初期破折強度を計測した。初期破折強度の閾値の設定には CS300 のみの破折 AE を評価することでクラウン材料の破折を定義した。CR-Die/COMP-RC 群、CR-Die/MMA-RC 群、Metal-Die/COMP-RC 群、Metal-Die/MMA-RC 群の 4 群を設定した。

各群の試料の荷重-変形曲線の傾きを計測し、試料の変形挙動を評価した。

二元配置分散分析を行い、支台歯およびセメントの 2 要因についての影響を評価し、post-hoc として Tukey-Kramer の多重比較検定を行った。

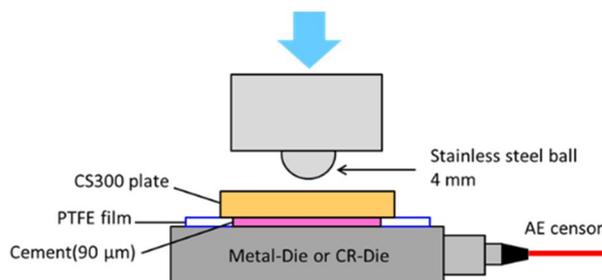


図. AE センサの取り付け

4. 研究成果

3点曲げ試験の結果, CS300の弾性係数は 9.54 ± 0.46 GPa、COMP-RCは 5.27 ± 0.63 GPa、MMA-RCは 1.88 ± 0.20 GPa、CR-Dieは 8.74 ± 0.64 GPaであった。Metal-Dieは文献値(193 GPa)を参考にした。

右図にCS300板状試料の圧縮時の荷重(N)とAEの発生を示す。完全破折前に高い振幅のAEが発生していることが観察され、この値を基準に、CS300の破折を定義した。

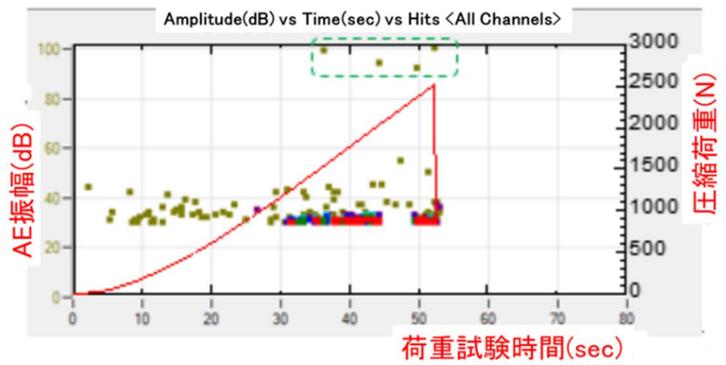


図. CS300のAE発生

各群の代表的なグラフを示す(右図)。いずれの試料も破折を疑うグラフのノイズの発生(水色矢印)以前にAEが発生していることが観察された。この初期AEの発生した時点初期破折強度とし、データを解析した結果、初期破折強度は
 $CR-Die/COMP-RC > CR-Die/MMA-RC > Metal-Die/COMP-RC,$
 $Metal-Die/MMA-RC$ の順となった。一方、最終破折強度はMetal-Die/COMP-RC群のみ低い破折強度を示した。

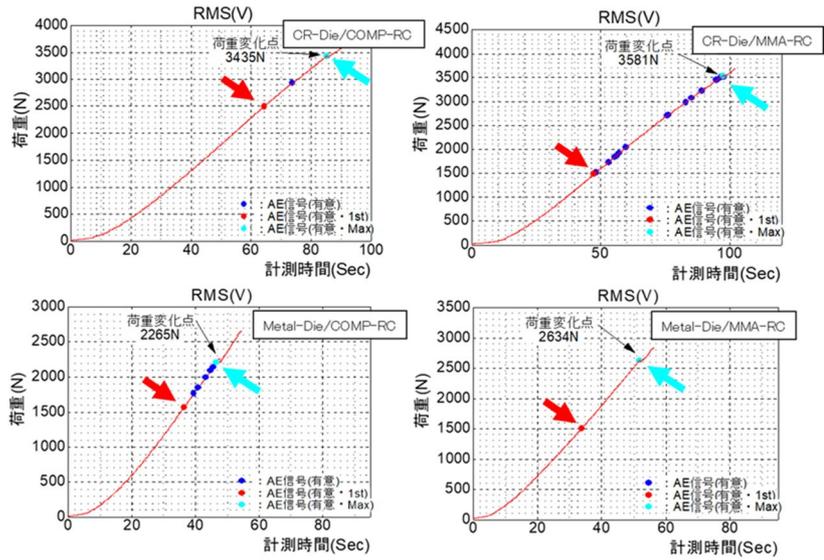


図. 各群のAEと破折強度の関係

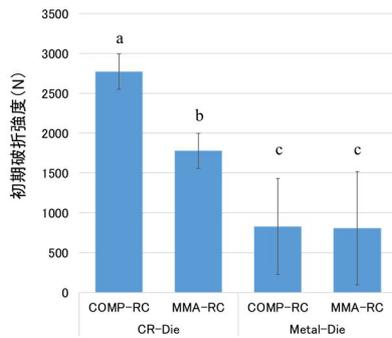


図. 初期破折強度

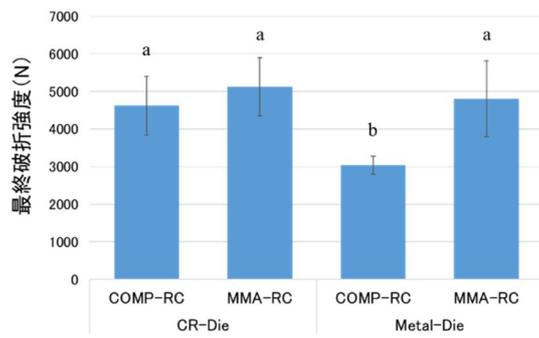


図. 最終破折強度

試料の荷重-変形曲線の傾きを評価した結果、二元配置分散分析でいずれの要因にも有意差を認め、さらに交互作用を認めず、支台歯材料およびセメント材料のいずれも試料の変形に影響することが示唆された。

以上を総合的に判断して、支台歯およびセメントの弾性係数はクラウン材料がCAD/CAM用コンポジットレジン試料の場合、試料全体の変形挙動に影響し得ることが示された。また、これまで材料試験で用いられてきた最終破折強度以前にAEで観察された初期破折が発生している可能性があり、その破折強度の傾向は初期破折と最終破折で異なることが示された。初期破折強度の結果および各材料の弾性係数の結果より、弾性係数が各層で近似していることが試料全体の初期破折強度を高くする可能性が示された。

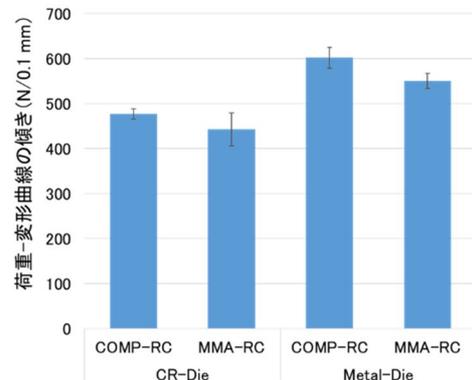


図. 試料の荷重-変形曲線の傾き

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------