Osaka University Knowledge Archive

Title	光ケーブルの構造設計に関する研究
Author(s)	石原, 浩志
Citation	大阪大学, 1981, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/33090
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

【63】

氏名・(本籍)	石原浩志（いしはらこうし）
学位の種類	工学博士
学位記番号	第 5446 号
学位授与の日付	昭和56年10月21日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	**光ケーブルの構造設計に関する研究**
論文審査委員	(主査) 教授 熊谷 信昭 教授 滑川 敏彦　教授 中西 義郎　教授 手塚 慶一

論文内容の要旨

本論文は，光ケーブルの構造設計に関する研究の成果をまとめたもので，8章からなっている。

第1章は序論であって，本研究の背景について概説するとともに，本研究に関連する従来の研究の概要ならびに問題点を示し，著者が行った研究の目的と意義とを述べて，本論文がこの分野において占める地位を明らかにしたものである。

第2章では，光ケーブルの構造について検討を行い，ケーブル設計上の問題点を分析して，ケーブル構造の設計上特に考慮すべき重要な要因は，光ファイバ心線，ユニットおよびケーブルに作用する側圧，ならびに温度変化に伴って生ずる被覆材料の収縮または膨張であることを明らかにするとともに，光ファイバの破断を防ぐための適切な伸び設計等が必要であることを示して，光ケーブルの設計法を確立する上で必要な問題点の所在を明確にしている。

第3章では，光ファイバ心線に加わる側圧と，それによって生ずる光損失増加量との関係について詳細に検討している。すなわち，三層構造心線に，伝送軸方向に周期的に側圧が作用した場合に，心線内ファイバに生ずる曲りを有限要素法と弾性理論とを併用して解析し，側圧，側圧ピッチ，心線緩衝層径，二次被覆材料のヤング率等と心線内ファイバに生ずる曲り半径との関係を解明して，光損失増は側圧の2乗に比例し被覆材料のヤング率の2乗に逆比例すること等を明らかにするとともに，光損失増を所望の値以下に抑えるために必要な側圧のピッチならびに二次被覆材料のヤング率等の具体的な値を求めて，心線をケーブル化する際に必要な設計の基礎資料を得ている。

第4章では，光ケーブルの製造工程および布設工程において生ずる光損失増を防ぐために必要な心線ならびにユニットの最適寸法について述べている。すなわち，光ファイバ内に生ずる応力を小さく

することによって伝送特性の劣化を防止できることに着目し，心線およびユニットの径方向に線圧縮荷重が印加された場合に光ファイバに作用する応力を有限要素法によって計算し，応力を最小とする心線およびユニットの最適構造ならびに最適寸法を見出している。また，実際に圧縮荷重を印加した場合の光伝送損失の変化を測定し，理論解析の結果は実験結果とよく一致することを確かめている。さらに，これらの結果をもとに，製造工程における伝送特性の劣化が小さく，かつ被覆や取扱いの容易な心線構造とその構造パラメータの最適設計値を具体的に決定している。

第5章では，光ケーブルの低温特性について考察し，温度変化による光損失の発生機構を解明している。すなわち，伝送方向に周期的に構造不完全部分が存在し，かつ横断面内で偏心しているような三層構造の光ファイバ心線を一般的に考え，温度変化によって生ずる心線の変形挙動を理論的に解析し，心線内ファイバの最大変位量ならびに曲り半径を求めて，光損失増と温度変化量，偏心量，構造不完全量等との関係を明らかにしている。また，実際に光ファイバ心線の低温実験を行い，低温下での光損失増は常温からの温度差の約2乗に比例し，理論結果とよく一致すること，損失増加の要因としては緩衝層および二次被覆材料の伝送軸方向の収縮によるマイクロベンドが支配的であること，温度差を一定とすると光損失増は心線の線膨長係数の2乗に比例すること，等を見出し，これらの知見から，ケーブル構造としては伝送軸方向の収縮を制限する抗張力線に心線を巻きつけた中心テンションメンバ形ユニット構造が優れていることを明らかにしている。

第6章では，ケーブル構造の細部設計に必要な多くの事項について検討し，実際のケーブル設計に必要な知見を得ている。すなわち，心線相互の重なりによる光損失増加を考慮したユニット中心軸および心線外径の許容公差，光損失増のない心線およびユニットの最適撚りピッチ，布設張力による抗張力体の伸びと撚りピッチおよび緩衝層厚との関係，外被材料の塑性変形を考慮した曲げによる外被の扁平現象とケーブルコアを保護できる外被厚，抗張力体の配置位置と伝送特性，機械特性および接続特性との関係，等について理論的ならびに実験的な検討を加え，光ケーブル構造の細部設計法を確立している。また，被覆によって光ファイバ心線内に発生する残留ひずみを推定する測定法を考案し，残留ひずみによって生ずる光損失増を低減するために従来経験的に行われていた方法を定量的に評価している。

第7章では，本研究によって確立された設計法に基づいて試作した光ケーブルの特性を示すとともに，実際の光ケーブル伝送方式の現場試験を行った結果について述べている。すなわち，第6章までに得られた設計法に基づいて試作した層集合形光ケーブル，ユニット集合形光ケーブルおよび高密度形光ケーブルについて，製造工程および布設時における光損失の変動，引張り，曲げ，圧壊等の機械特性，ならびにユニット内漏話特性等を示し，良好な結果が得られたことを明らかにしている。また，多心一括接続の容易なテープ集合形光ケーブルについて，その特徴を十分に考慮した設計・製造法を検討し，ファイバ内に残留する応力の主要因を明らかにするとともに，残留応力を軽減する新しい方法を提案し，その有効性を実験的に確かめている。さらに，本研究の成果をもとに設計・製造した現場試験用光ケーブルの各工程，布設時および架渉後における伝送特性，機械特性，温度特性等について述べ，低損失・広帯域な光ケーブルとして十分実用に供し得ることを確認している。

第８章は結論であって，本研究によって得られた成果を総括して述べたものである。

論文の審査結果の要旨

本論文は，光ファイバを用いた通信用ケーブルの構造設計に関する一連の研究の結果をまとめたものであって，その主要な成果を要約すると次のとおりである。

すなわち，まず光ケーブルの製造工程，布設時および布設後に生ずる光損失の増加は心線内ファイバの曲りが主要な要因であること，その曲りは主として製造時および布設時にケーブルに作用する側圧，ならびに温度変化による被覆材料の収縮・膨張に起因すること，等を明らかにして，光ケーブルの設計法を確立する上で必要な問題点の所在を明確にしている。ついで，光ファイバ心線に加わる側圧と，それによって生ずる光損失増との関係について理論的ならびに実験的に詳細な検討を加え，光損失増を所望の値以下に抑えるために必要な各種ケーブル構造パラメータの最適値，ケーブル構成材料の所要物性値等を求めている。また，温度変化による光損失の発生機構を理論的に解明するとともに，実際に低温実験を行い，光損失増と温度変化量との関係等を明らかにして，光ケーブルの最適構造を見出している。この他，心線の最適撚りピッチ，抗張力体の伸び設計および最適配置位置，外被厚や緩衝層厚の最適設計等について理論的ならびに実験的に詳細に検討し，光ケーブル構造の細部設計法を確立している。さらに，著者が確立した設計理論に基づいて実際に光ケーブルを設計・製造し，現場試験を行って，低損失・広帯域な光ケーブルとして十分実用に供し得ることを実証している。なお，これらのケーブルは近く日本電信電話公社の商用試験を経て実用回線に導入される予定である。

以上のように，本論文は新しい通信媒体である光ファイバを用いた通信用ケーブルの構造設計に関する広汎な諸問題について理論的ならびに実験的研究を行い，学術的および工学的に興味ある多くの新しい知見を得るとともに，従来不明確であった光ケーブル構造の系統的，定量的な設計法を確立して，光通信の実用化に大きく貢献したものであって，通信工学の発展に寄与するところが多い。よって，本論文は博士論文として価値あるものと認める。