

道路交通監視用伝送路光ファイバケーブル及びLLケーブル

Transmission Lines Using Optical Fiber Cable and Low Loss Cable for Highway Traffic Information Monitoring System

近年、高まる交通需要に対し、円滑な道路運行を確保するためには、道路交通監視システムで情報伝送量を増加すること及び伝送路の信頼性を高めることが必要となってきた。

伝送路としては、容量が大きく長距離の無中継化が可能で各種誘導障害に強い光ファイバ、若しくは通常の対ケーブルに比べて低損失、低漏話を実現したLLケーブルが、信頼性面、品質面で優れている。

今回、首都高速道路公団の京橋～木場間約6.3kmの実用回線用として、プラスチックサハ形6心光ファイバケーブルの周囲にLL回線を集合した複合ケーブルを開発した。また現在、高速道路下での布設、接続作業も完了し、良好な特性を確認の上、首都高速道路の重要回線として実用に供されている。これは今後の光ファイバ使用のための貴重な実績となるものである。

武田和彦* Kazuhiko Takeda

渡部昭一** Shōichi Watanabe

1 緒言

道路交通量の増大に伴い交通管制の重要性が高まり、通信・情報システムとして、電話・データ伝送による交通管制システム及びITV(工業用テレビジョン)による道路状況の監視などがますます必要となってきた。そのため、伝送路としては高品質、高信頼性がより厳しく要求されてきている。

本論文では、従来から使用されている対ケーブルの特性の把握と、LLケーブル(低損失対形ケーブル)、光ファイバケーブルの諸特性を検討し、首都高速道路公団での画像伝送、及びデジタル電話伝送用として開発、実用化したLL及び光ファイバ複合ケーブルの、伝送諸特性、布設及び接続工事結果について述べる。

2 道路交通用伝送路の検討(画像伝送系)

道路交通用としては、音声、画像、交通管制、電力、データ、テレメータ系など広範囲な情報通信システムが考えられる。

ここでは、各種システムのうち、画像伝送系について適用可能なケーブルの特性について述べる。

2.1 低損失伝送路

プラスチック対ケーブルよりも、更に長距離伝送の可能な低損失伝送路としては、同軸ケーブル、LLケーブル、光ファイバケーブルがある。同軸ケーブルについては、高周波損失は少ないが不平衡形であるため、低周波誘導雑音の影響を受けやすく、ベースバンド伝送に難点がある。ここでは、LLケーブル、光ケーブルについて検討する。

2.1.1 LLケーブル

LLケーブルは本来、平衡形ケーブルでのビデオ信号伝送を目的として開発された対形ケーブルであり、心線サイズ0.65mm PEF絶縁(発泡ポリエチレン絶縁)のコアから成り、静電容量33nF/km、特性インピーダンス140Ωの特性を示し、ユニットしゃへい体をもつものである。この構造ではITV・4MHz伝送

の中継間隔は約2kmとなるが、更に中継区間を延長し総伝送距離を大きくするには、低損失化及び漏話雑音の低減が必要になってくる。日立電線株式会社では、1.2/3.0PEF絶縁、1.2/3.6及び1.2/4.4バロン絶縁(空隙形絶縁)のコアを用い、各対しゃへい構造の低損失タイプを標準化しており、中継間隔も約4～5kmを確保している。従来のCCPケーブル(プラスチック対ケーブル)との伝送損失の比較特性を図1に、伝送損失の周波数特性を図2に示す。

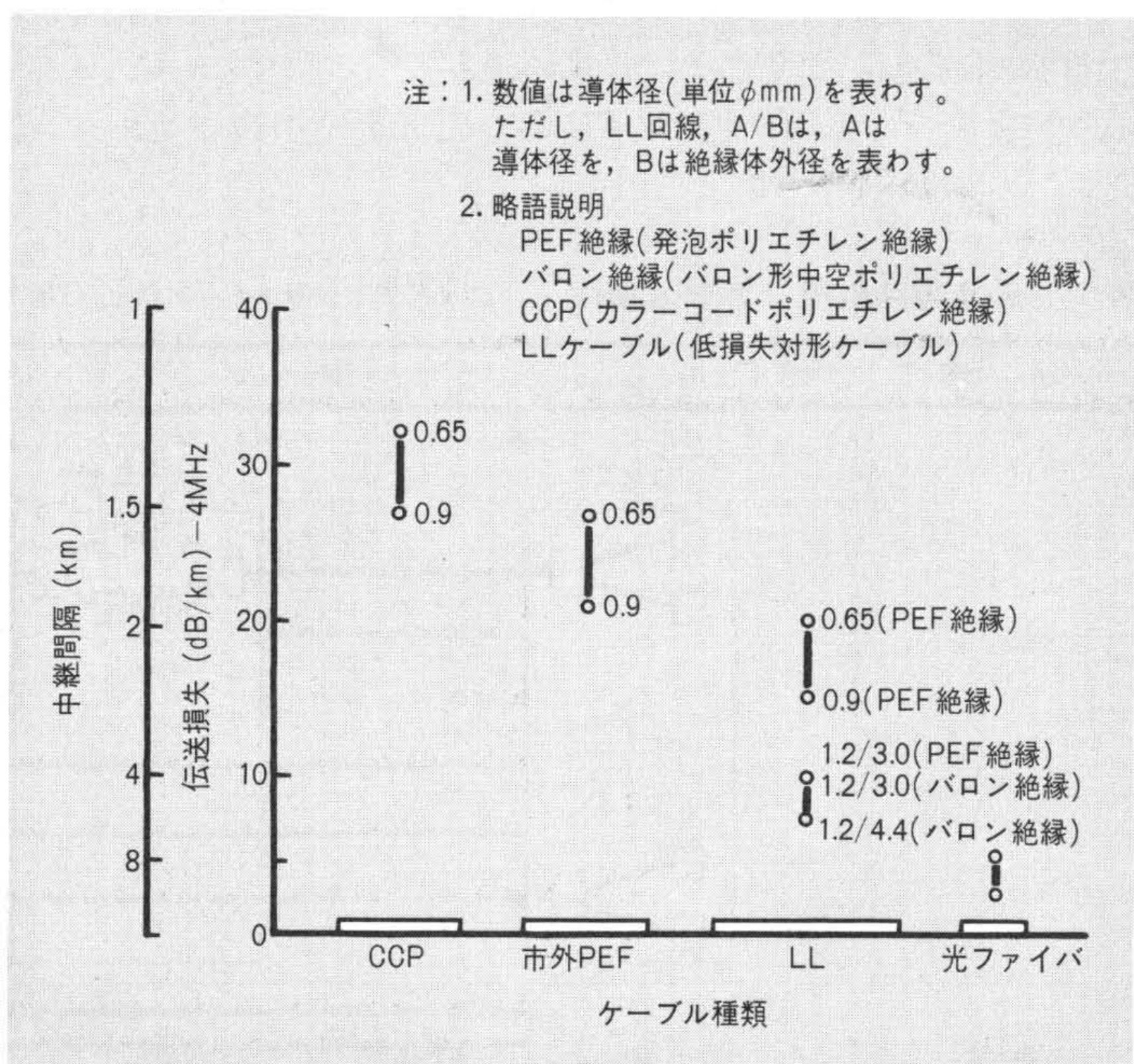


図1 伝送路の損失(4 MHz) CCP, PEF対ケーブルに対し、LL、光ファイバケーブルは1.5～3倍の伝送距離が期待できる。

* 日立電線株式会社日高工場 ** 日立電線株式会社

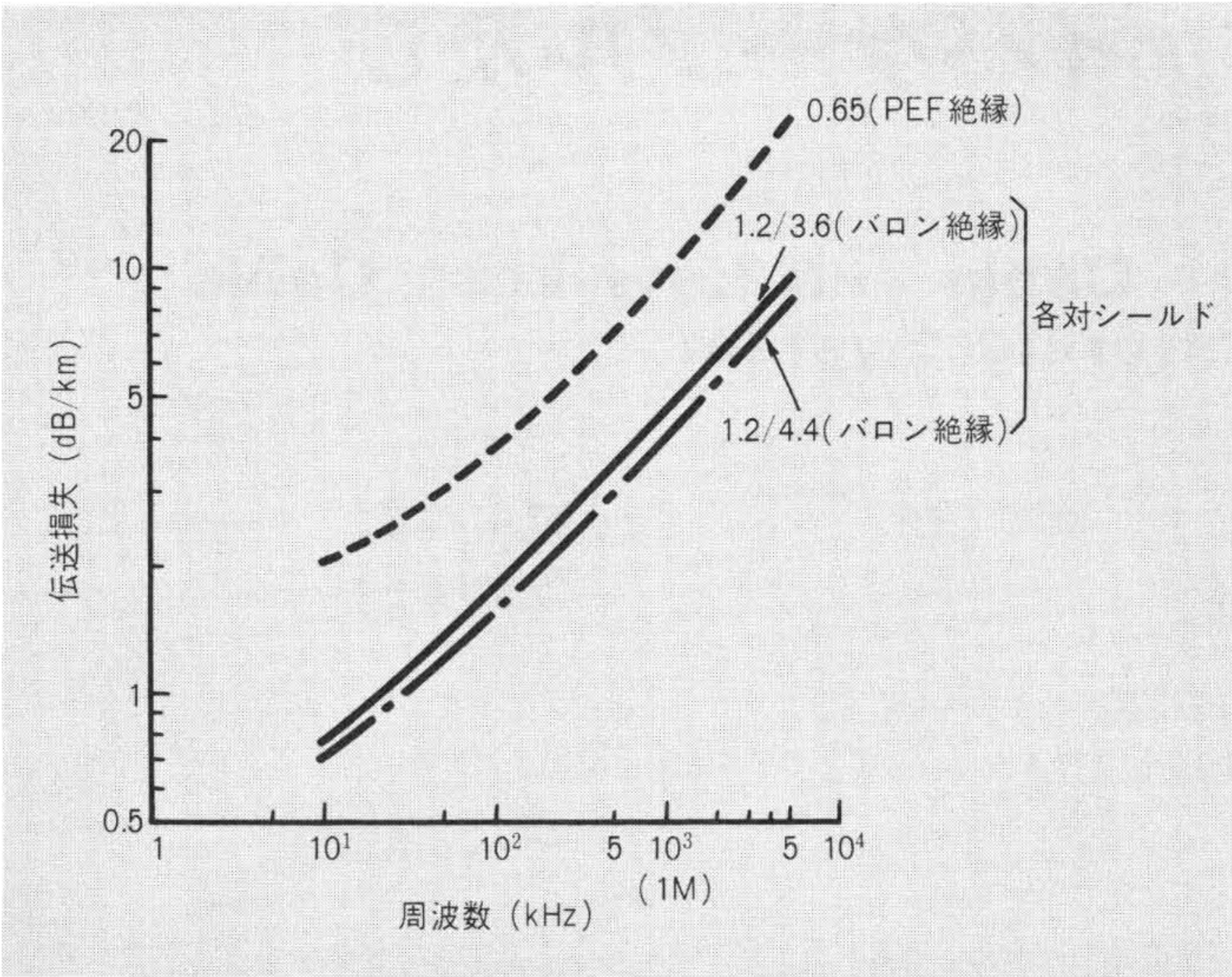


図2 LLケーブルの伝送損失特性 LLケーブルは、従来のCCPケーブル、市外PEFケーブルに対し、低損失の特性をもっている。

2.1.2 光ファイバケーブル

光ファイバの代表的な損失波長特性を図3に示す。現状では、光電、電光変換素子の開発検討が進んでいる短波長帯($\lambda=0.8\sim0.9\mu\text{m}$)で、実用化が図られている。この波長帯域では、損失は3 dB/km程度であり、ファイバの広帯域性の特長と合わせて、先に述べたLLケーブル同様かなりの長距離伝送が期待できる。

光ファイバとしては、長波長帯($\lambda=1.2\sim1.6\mu\text{m}$)では、更に低損失であり、同波長帯域での受発光素子の開発実用化と合わせて、今後更に長距離伝送が可能になると思われる。また、広帯域性を利用した多重伝送及び1本のファイバによる異波長双方向伝送も可能である。

3 LL, 光ファイバ複合ケーブル

首都高速道路公団では、将来の道路交通用通信システムへの対応として、実用システム用LL, 光ファイバ複合ケーブル

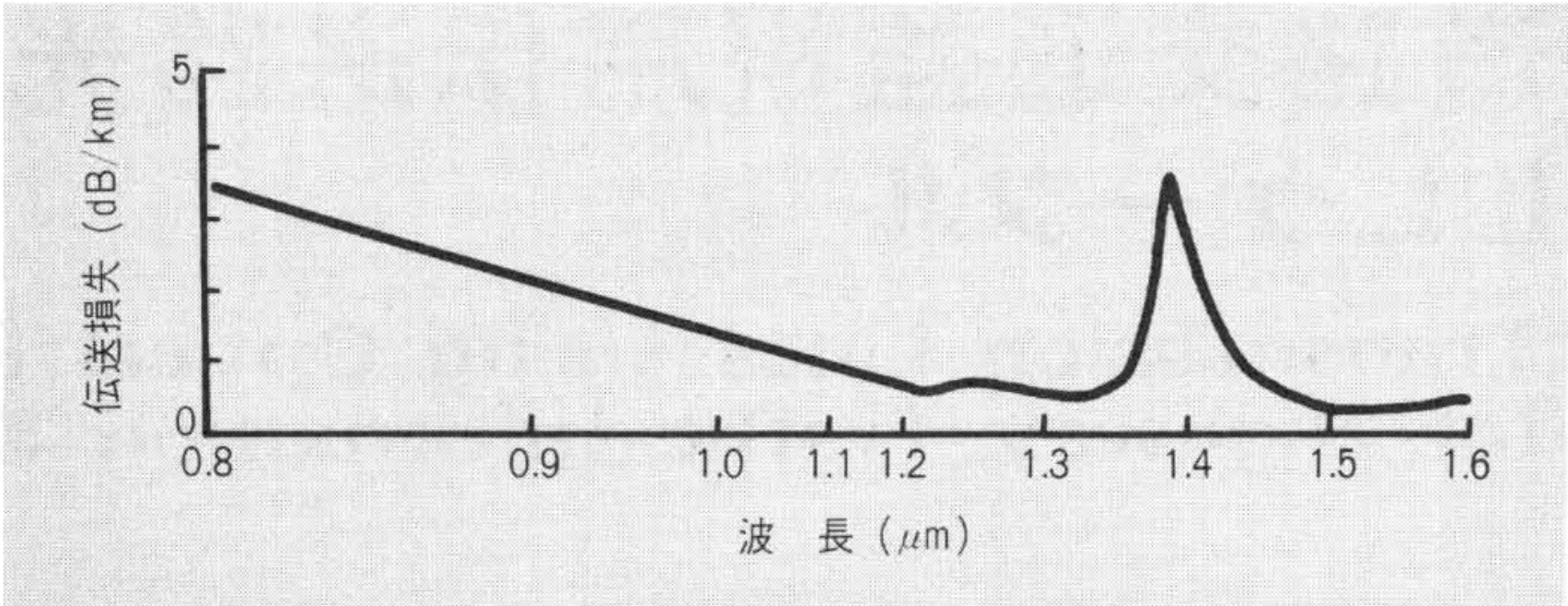


図3 光ファイバの損失波長特性例 1.2~1.6 μm の長波長帯でOH基の吸収を除いては1 dB/km以下の損失を示している。

を導入した。そのシステムの概要、ケーブル構造及び特性を以下に述べる。

3.1 システムの概要

- システムの概要を表1に示す。システムとしては、
- (1) 交通監視用ITV回線(20Hz~4 MHz)
 - (2) 交通管制用計算機間デジタル回線(1.544Mb/s)
 - (3) 電話用交換機間デジタル回線〔PCM(Pulse Code Modulation)—24チャンネル〕
 - (4) 制御・打合せ用電話・中継器用電源回線
- から構成されており、端局間約6 kmの間での双方向伝送が可能である。なお、本システムのうちデジタル伝送は重要回線であるため、LL回線との二重系とし、更に信頼性の向上を図っている。システムとしては当初アナログ1回線、デジタル2回線を運用し、将来の情報量の増大に対処できるように予備の光ファイバ回線(3心)が確保されている。

- 伝送路としては、
- (1) 光ファイバ 3心：ITV伝送用
3心：デジタル伝送用
(異波長による双方向伝送が可能)
 - (2) LLケーブル4対：デジタル伝送用
 - (3) CCP(カラーコードポリエチレン絶縁)10対：制御、打合せ電話用
2対：中継器給電用

の使用目的がある。既設管路を使用する状況下で、当該区間は空管路の余裕が厳しいため、ケーブルの布設に当たっては

表1 高速道路監視システム構成 ITVとデジタル(1.544Mb/s)用で、デジタル系は光ファイバとLL回線とがスイッチにより切換え可能となっている。

回 線	構 成	備 考
光ファイバ回線		— 現用回線 - - - 将来系予備回線 O/E(光電変換器) E/O(電光変換器) CPU(中央処理装置) PCM(Pulse Code Modulation) ITV(工業用テレビジョン)
LL回線 (1.2/3.0mm)		CPU 交換機 (PCM24チャンネル) 光端局でスイッチにより切換え可能
CCP回線 (0.9mm)		制御 打合せ電話 中継器用電源

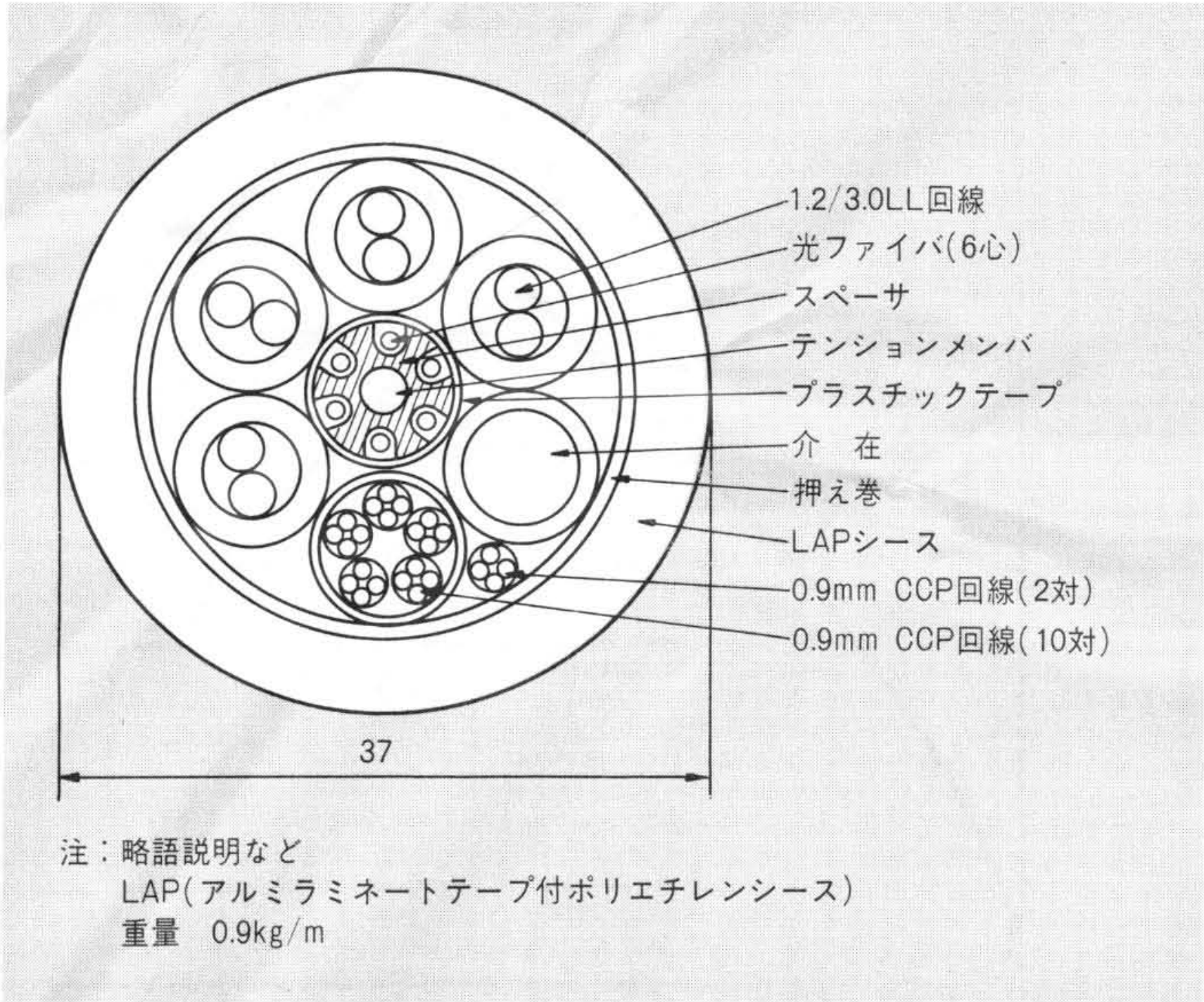


図4 LL, 光ファイバ複合ケーブル構造 光ファイバ6心, 1.2/3.0 LL(各対シールド)×4対, 0.9CCP×12対の複合ケーブルである。

ケーブル条数を極力少なくする必要性が生じ、前記の光ファイバ・LL対・CCP対を一括した複合ケーブルの形が要求された。

3.2 ケーブル構造

ケーブル構造の選定に当たっては、光ファイバの特殊性から次の点に注意を払った¹⁾。

- (1) 製造時及び布設工事用の適切なテンションメンバをもつこと。
- (2) ケーブルの温度伸縮に光ファイバが耐えられること。
- (3) 布設後の道路の振動に対して安定であること。
- (4) 対回線との複合ケーブルとして、製造時の作業性を損わないこと。また、ケーブルサイズ、重量をなるべく小さく抑えること。

上記の条件を満たす光ケーブル構造として、従来から製造実績が多く、最も信頼性の高いスペーサ形構造とした。スペーサはプラスチック製で、中心にテンションメンバをもち周

表2 ケーブルの電気特性 実測値は、良好な特性を示した。

項	目	単 位	要 求 値	試験結果
LL回線 (1.2各対 3.0シールド)	導 体 抵 抗	Ω/km	16.5以下	15.1～15.3
	絶 縁 抵 抗	kMΩ-km	10以上	100以上
	絶 縁 耐 力	DC.V/1分	500	異常なし
	特性インピーダンス	Ω (1MHz)	約140	137～138
	減 衰 量 (772kHz)	dB/km	6.5以下	4.9～5.0
CCP回線 (0.9mm)	導 体 抵 抗	Ω/km	29.0以下	25.7～27.7
	絶 縁 抵 抗	kMΩ-km	5 以上	100以上
	絶 縁 耐 力	DC.V/1分	500	異常なし
	静 電 容 量	nF/km	60以下	46.4～52.0
	静 電 結 合	PF/500m	800以下	75～210
回 光 ファイ バ	伝送損失 (0.85μm)	dB/km	3.5以下	2.5～3.4
	伝 送 帯 域	MHz-km (6 dB幅)	300以上	310～550

表3 ケーブルの機械特性 同種通信ケーブルと比較し、同等以上の特性をもっている。

試験項目	試 験 条 件	試 験 結 果
繰返し曲げ	マンドレルに沿って10往復	直径370mmで異常なし
振 動	1mのサンプルの中央部を±5mm, 600回/分の振動を加える。	100万回で異常なし
衝 撃	直径25.3995mm, 453.592gのおもりを30.4974cmの高さから落下させる(10箇所)。	異常なし
圧 縮	50mm幅の金属片で圧縮	荷重100kgで異常なし
引 張 り	サンプルを一定速度で引っ張る。	350kgで異常なし

囲に光ファイバを収容する溝を設けたものである。

光ファイバ回線とLL, CCP回線との複合化に当たっては、布設工事に発生する横圧などから極力光ファイバを保護する目的で、中心に光ファイバ回線を配置し、その周囲に対回線を集合する形とした。図4にケーブル構造を示す。

なお光ファイバは、コア径60μm, クラッド径150μmのグレーディッド形である。LL回線については、前章で述べた1.2/3.0PEF形絶縁を採用し、低損失化及び均等性を確保し、更に各対しゃへい構造を採用することにより、低損失に見合った良好な漏話特性を得ている。

3.3 諸 特 性

表2, 3に今回製造したケーブルの伝送, 機械的諸特性を示す。

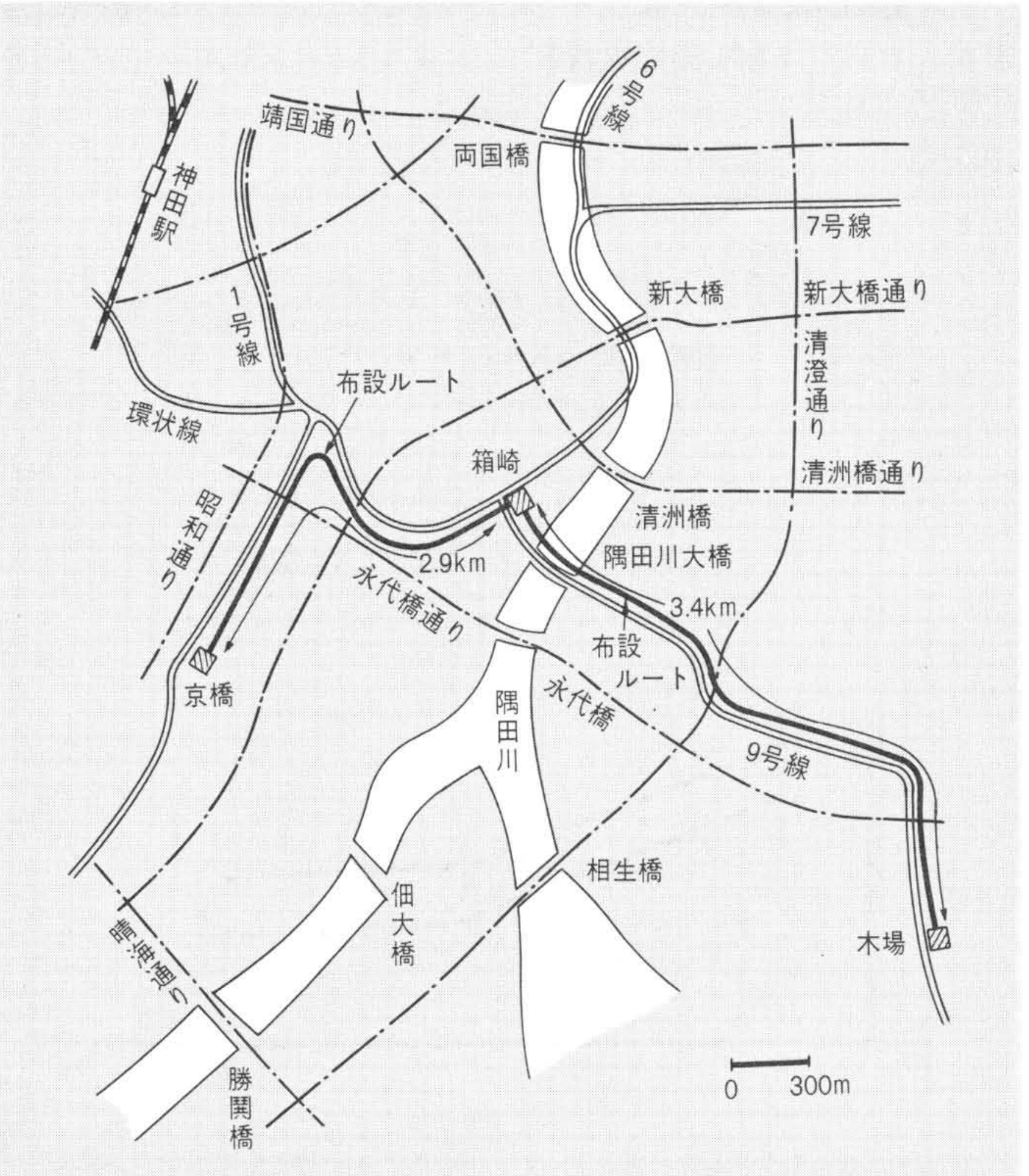


図5 伝送経路図 伝送ルートは、高速道路に添った京橋、木場間である。

3.4 現地工事結果

3.4.1 布設、接続工事

布設ルートは、図5に示すように首都高速道路の京橋～木場間約6.3kmである。布設工法は通常の通信ケーブルと同じであるが、過度の張力、横圧の加わらないよう慎重に実施された(図6)。布設場所の大半は管路(直径80mm)であるが、一部は架空部分があり高速道路下にラッシング工法で架設した。

ファイバの接続は融着接続法で行なった。

接続場所はプルボックス内9箇所、架空1箇所、高速道路内カルバート下1箇所及びラック上2箇所の計13箇所であった。

なお、京橋～箱崎間のプルボックス内は、高速道路上の通行車両による振動を大きく感じた。しかし、接続工事は慎重に行ない、接続前後に光ファイバの光電力をチェックする方法をとり、完成後の接続損失は平均で0.19dBという値であった。



図6 ケーブルの布設工事状況 工事は同サイズの通信ケーブルと同等の条件で行なわれた。

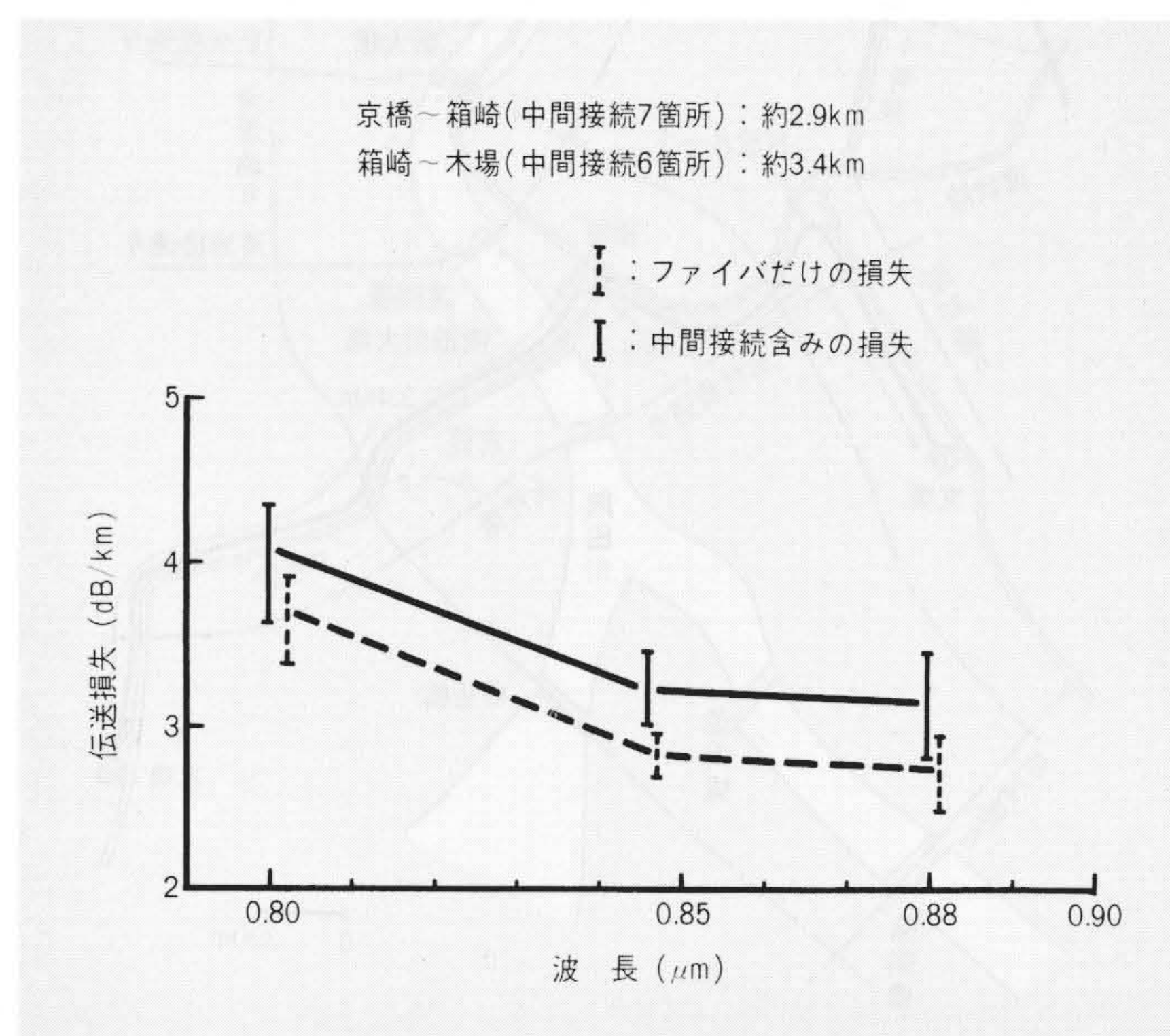


図7 光ファイバ回線の伝送損失試験結果 中間接続の1箇所当たりの平均値は、0.19dBである。

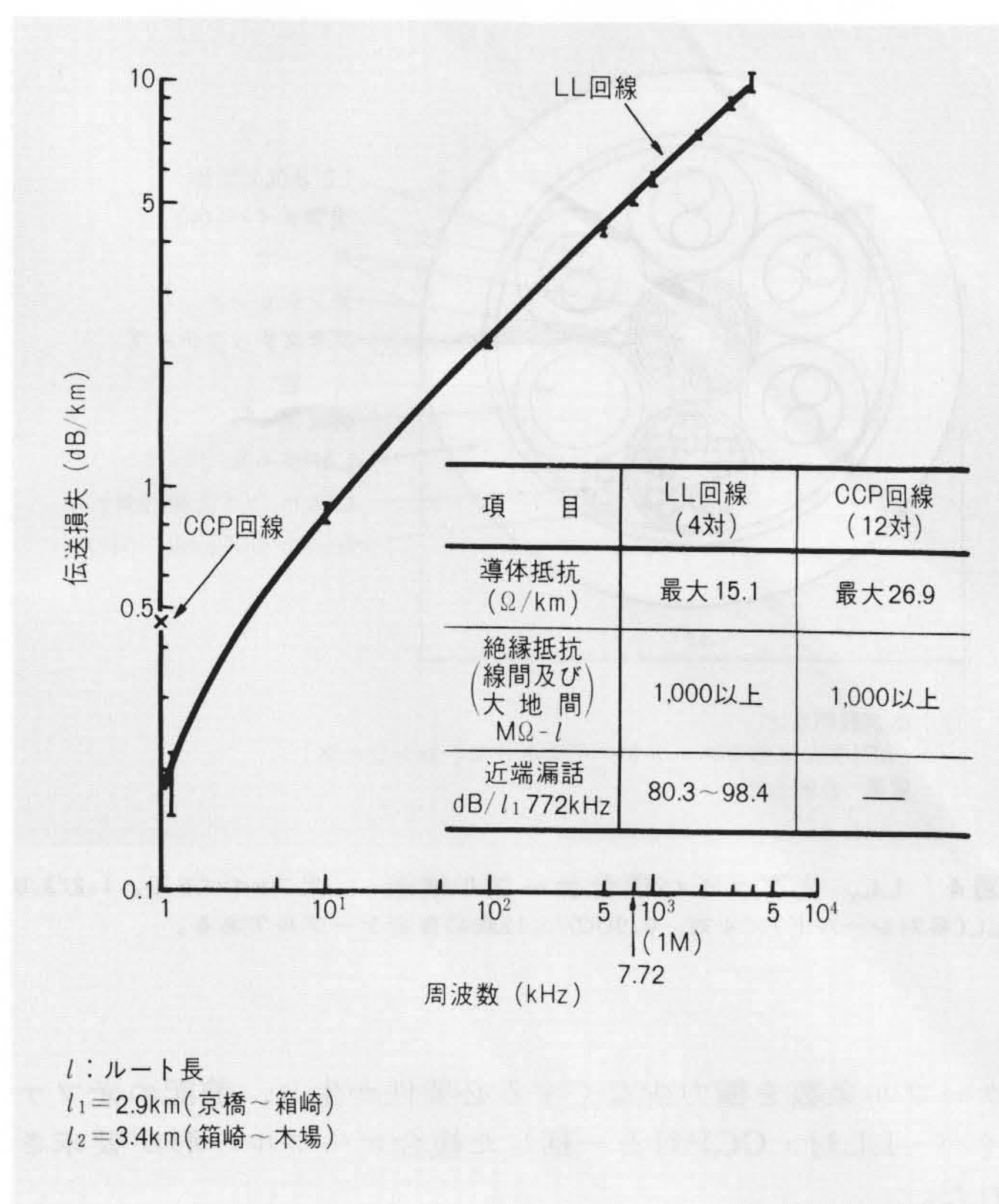


図8 対回線試験結果 LL回線4対、CCP回線12対の全数試験を行なった。ルートは約3.4km、2.9kmの2ルートである。

3.4.2 総合試験結果

工事終了後、光ファイバ回線の損失及びLL回線、CCP回線の諸特性測定を行ない、図7、8に示す結果を得た。ファイバ回線の測定は異波長双方向伝送を考慮し、 $\lambda=0.8, 0.88\mu\text{m}$ 及び $\lambda=0.85\mu\text{m}$ で各々LED(発光ダイオード)を用いて行なった。ファイバ損失は $\lambda=0.85\mu\text{m}$ で2.7~2.9dB/kmであり、接続損失を含めた1km当たりの伝送損失も $\lambda=0.85\mu\text{m}$ で3.0~3.4dBと低損失で、布設、接続を経ても損失増加などの異常は認められなかった。

4 結 言

道路交通用画像伝送系に使用する伝送路として、従来から使用してきたプラスチック対回線(CCP, PEF)に比べ、LLケーブル、光ファイバケーブルは、伝送容量、伝送距離、信頼性の面で優れた特性をもっている。

今回、交通監視実用回線として、LL及び光ファイバの複合ケーブルを布設、接続し良好な特性が確認された。現在問題なく実用に供されて交通監視の一役を担っている。

今回のシステムのほかに、道路交通関係の適用システムとしては、電力用、テレメータ用、放送関係用など広範囲にわたっている。方式的にも、長距離無中継化、多重化などの動きもあり、特に光ファイバはその長所を生かすことができると考える。

最後に今回実用化ケーブルの開発、及び工事に関して御指導をいただいた関係各位に対し深謝する次第である。

参考文献

- 1) 久保田、外: 電力系統制御用光ファイバケーブルの開発, 日立評論, 59, 223~228(昭52-3)