

トンネルたい

ンネル外ブースタ (outer booster amp.) で増幅してから、その出力をトンネル内壁に張った * 導波線 (平行 2 線) にき電し、その漏れ電磁界と移動局空中線との疎結合によって送受信する方式で、長大トンネル (1km 以上) においては、導波線の伝送損失をトンネル内ブースタ (inner booster amp.) で中継増幅し標準 500m おきの補償を行なっている。新幹線の地域条件から短区間にトンネルが集中して存在するような、いわゆるトンネル群区間では * 明り区間対策を施し、トンネル群を一つの系として構成し、前段トンネルから直接導波するとともに明り区間の弱電界に対しては、トンネル末端にアンテナを設置し、空間波として再ふく射させることにより補償した。

〔回線設計〕

トンネル対策における回線設計は、構成上: a 基地局 ↔ トンネル入口間の伝ばん (トンネル外の条件) b トンネル入口 ↔ 移動局受信入力までの伝送 (トンネル内条件) に大別できる。おのおの場合その特性を決定する要素は

a に対して (a) 空間波伝ばん損失 (b) 外ブースタ利得および出力。
b に対して (a) 導波線損失 (b) 内ブースタの利得および出力 (c) 結合損失。

でトンネル外の条件は基地局設備、伝ばん路の距離および地形に支配され、トンネルによってかなり状況が異なるが、b のトンネル内伝送条件を満足する必要がある。

(1) 基地局 → * 移動局

ア 回線設計基礎諸元 (ア) 移動局受信スレシホールドレベル $P_{th} \geq -98 \text{ dbm}$ (イ) 移動局受信入力 (S/N $\geq 35 \text{ db}$) $P_{rmin} \geq -89 \text{ dbm}$ (ウ) 導波線と移動局空中線との結合損失 $L_c = 70 \text{ db}$ (50% 値) (エ) 導波線の伝送損失 $\alpha_1 \leq 30 \text{ db/km}$ (オ) トンネル内ブースタ利得 $18 \text{ db} \leq G_2 \leq 30 \text{ db}$ (カ) トンネル内ブースタ最大出力 $P_2(\text{max}) \geq 0 \text{ dbm}$ (キ) トンネル内ブースタ許容入力 $P_{in}(\text{max}) \leq -8 \text{ dbm}$ (ク) 内ブースター・バラ間ケーブル損失 $\alpha_2 = \text{入}$, 出力各 2 db。

イ トンネル内回線設計 標準方式で上述の基礎諸元より必要なレベルは (ア) 内ブースタが最大出力のときの移動局最少受信レベル P_r およびドロップアウトマージン $M_{D.0}$

$$P_r = P_2 - \left(\frac{\alpha_1}{2} + \alpha_2 \right) - L_c \geq -87 \text{ dbm} \geq P_{r \text{ min}}$$

$$M_{D.0} = P_{th} - P_r \geq 11 \text{ db}$$

(イ) 内ブースタが最大出力を得るための内ブースタ入力 P_{in} および導波線送端レベル L_T

$$P_{in} = P_2 - G_2 \geq -18 \text{ dbm} < P_{in}(\text{max})$$

$$L_T = P_{in} - \left(\frac{\alpha_1}{2} + \alpha_2 \right) \geq -1 \text{ dbm}$$

したがって標準区間において、トンネル入口の導波線レベルとして -1 dbm 以上を与えれば、内ブースタの規格性能内で移動局受信レベルを満足する。

ウ トンネル外回線設計 前項トンネル内条件 $L_T \geq -1 \text{ dbm}$ を満足するための許容伝ばん損失 L_0 は

$$P_t - B_1 + G_B - L_0 + G_1 + G_0 \geq -1 \text{ dbm}$$

で与えられる。ただし

$$P_t = \text{基地局送信電力} + 46 \text{ dbm (40 w)}$$

$$B_1 = \text{基地局空中線系損失 } 5 \text{ db}$$

$$G_B = \text{基地局空中線利得 } 16 \text{ db}$$

$$G_1 = \text{トンネル対策用空中線利得 } 10 \text{ db}$$

$$G_0 = \text{トンネル外ブースタ利得 } 60 \pm 3 \text{ db}$$

したがって $L_0 \leq 124 \text{ db}$

基地局局局はこの条件を考慮して行なわれた。

(2) 移動局 → 基地局 前項より可逆的に決まってくるが、

伝送レベルが相違する。すなわち基地局条件 $P_{th} = -107 \text{ dbm}$, $S/N \geq 35 \text{ db}$ となる最少受信入力 $P_r \geq -99.5 \text{ dbm}$ に対して移動局送信電力 $P_{tm} = +36 \text{ dbm (4 w)}$ であるので標準区間では

(ア) 内ブースタ標準出力 P_0 は

$$P_0 = P_{tm} - L_c - \left(\frac{\alpha_1}{2} + \alpha_2 \right) + G_2 \approx -33 \text{ dbm}$$

(イ) 外ブースタ出力最少電力 $P_0(\text{min})$ は

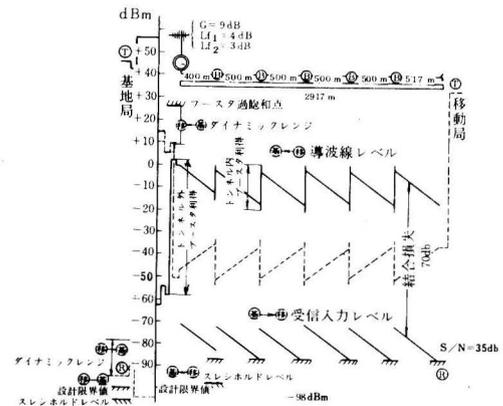
$$P_0(\text{min}) = P_0 - \left(\frac{\alpha_1}{2} + \alpha_2 \right) + G_0 \geq +7 \text{ dbm}$$

(ウ) 基地局受信最少入力 $P_R(\text{min})$ は

$$P_R(\text{min}) \geq P_0(\text{min}) + G_1 - L_0 + G_B - B_1 = -96 \text{ dbm} > P_R$$

したがって $S/N \geq 35 \text{ db}$ 確保に対し外ブースタ出力端で $+7 \text{ dbm}$ 以上あれば規格値内で基地局受信レベルを十分満足する。

図-2 トンネル対策設計例 (静岡県豊原の原トンネル)



以上は回線設計上最悪条件 (列車がブースタの最遠端にあつて、しかも機器性能の最低条件とした。なお伝ばん損失の許容値 $L_0 = 124 \text{ db}$ は基地局設計条件に等しい。) について行なったものである。トンネル対策設計例を図-2 に示す。

〔トンネル内伝送レベルと電界〕

導波線の伝送損失の実測値は平均 26 db/km であった。一方、トンネル内の電界分布は、壁面および列車等による乱反射や支持点、バラ点よりのふく射により一様でなく、無数の定在波が生じているが列車との結合損失は累積分布の 50% 値で 70 db , 90% の場合で 74 db 程度であった。またバラ近くでは電界の乱れにより若干改善されており、内ブースタそり入点では、これが著しく内ブースタの手前 100 m 区間の結合改善度は平均 4 db で、おのおの初期の目的を満足した。

〔設備機器の概要〕

(1) トンネル外ブースタ この装置は基地局とトンネル入口間の伝ばん損失を補償する目的で使用する両方向増幅中継器で増幅器の終段は、6939, 6 CM 4 等の MT 管を使用し各方向別に現用・予備のセット予備方式とした。この装置は広帯域八木空中線および中継器用電源架とともに使用し、Ac 100 V 50 または 60 c/s で動作する。

表-1 トンネル外ブースタ主要定格

	基地 → 移動局方向	移動 → 基地局方向
周波数範囲	451.5~452.4mc	412.0~414.5mc
基準入力レベル範囲	-46~-86dbm	-36~-76dbm
増幅利得	60±3db(入力-56dbm以下)	60±3db(入力-46dbm以下)
最大出力	16dbm~19dbm	26dbm~29dbm
入力インピーダンス	50Ω(不平衡)に対し	VSWR 2以下
不要輻射電力	0dbm以下(基準入力レベル範囲において)	