

適切な帰線回路設計のための レール電流分布の解析手法

信号・情報技術研究部(信号システム)

寺田 夏樹



Railway Technical Research Institute

帰線電流関連の問い合わせ

- クロスボンドをどのように打てばよいか？
- クロスボンドを外すと軌道回路が落下しないか？
- 不平衡を減らすためにクロスボンドをどうすればよいか？
- 駅構内のZBの容量はどう設定すればよいか？
- 電流分布が把握できないか？

⇒ 電流分布の解析法は世に存在する「**節点解析法**」

キルヒホッフの第1法則(電流則)

「任意の節点において流れ込む電流の総和は0である」

オームの法則 $V = IR$

これらを連立方程式に展開したもの



Railway Technical Research Institute

節点解析法

節点方程式 $Gv = i$

G: コンダクタンス行列 ... 地上設備から決まる

G_{ij} ($i \neq j$): i と j の間のコンダクタンスに-1をかける

G_{ii} : iiに隣接する節点とのコンダクタンスの和

v: 節点の電位 ... 計算によって求める未知の変数

i: 接続される電流源からの電流... 列車位置によって決まる

G(地上設備)とi(列車)を与えるとvを求めることができる

⇒ $I_{ij} = -(v_i - v_j) G_{ij}$ により電流分布を求めることができる

※基準電位となる箇所については対角要素 G_{ii} に含まれる分だけを考える



Railway Technical Research Institute

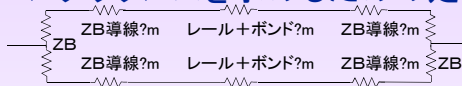
難しいと思っても...

- 計算ソフトで実行するためのサンプルを用意
これを編集して実行すれば理屈が多少分からなくても対応可能
 - (導体種別毎の定数) × (長さ) の組み合わせでコンダクタンスの値を指定可
 - 任意の節点に負荷がある場合の電位分布を求めることが可能



Railway Technical Research Institute

コンダクタンスを求めるための定数



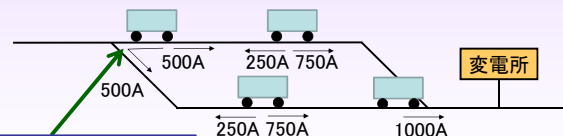
- レール(片側)
 - 50N 31.6 $\mu\Omega$ /m 60kg 26.2 $\mu\Omega$ /m
- インピーダンスボンド
 - JRSによれば 商用500A 0.75m Ω 1000A 0.5m Ω
 - 両腕の値なので片側の場合は半分
- ZB導線、ジャンパ線、クロスボンド
 - 115mm² × 2本打ちで73 $\mu\Omega$ /m
- レールボンド
 - CV1-55-280+CV1-55-500 → 65.6 $\mu\Omega$
 - 概算の場合はレール抵抗を5~10%程度増やせばよい(1~2m分のレール抵抗相当)



Railway Technical Research Institute

計算例①...最大電流の推定

- 変電所が1つの場合
- 負荷が1000A

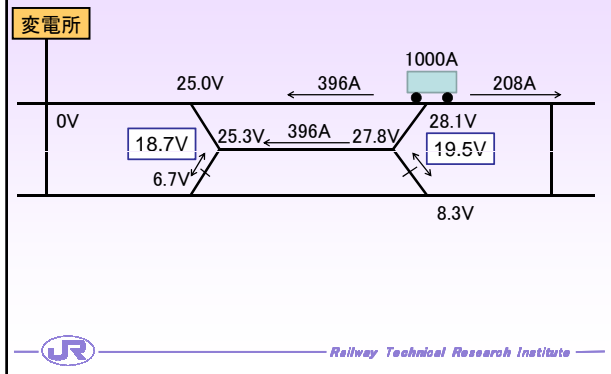


この場所のZBの負荷は最大負荷の50%



Railway Technical Research Institute

計算例②・・・電位差の推定

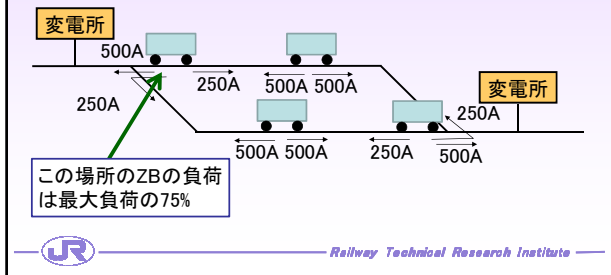


並列き電の場合

- 2つ変電所があったら、計算が難しい？
- 厳密には変電所のき電電圧やトロリの抵抗等が必要だが・・・
- **重ね合わせの原理**
 - 電流源が複数ある場合の電流分布はそれぞれの電流源が独立に存在する場合の電流分布の重ね合わせ
- ⇒ それぞれの変電所が独立に存在するときの計算をして、足し合わせればよい
- 大まかには2つの変電所からの供給電流は変電所までのレール+トロリの抵抗値に反比例する
 - トロリの抵抗がレールの抵抗に比例すると仮定する
 - レール種別が一定なら距離の逆比にすればよい

計算例③

- 駅から等距離にある2つの変電所
- 500Aずつ(計1000A)供給される



活用例

- 電化工事、改良工事等での事前検討
 - クロスボンド位置による電流の違いの把握
- 不平衡発生箇所の推定
 - 軌道回路落下の予測
 - レール2本をまとめたモデルで電流が大きい箇所を把握
 - レール1本ずつのモデル化も可能
- 絶縁間のレール電位の推定
 - 絶縁劣化の予測