新幹線におけるトンネル振動予測に関する研究（その２）

（公財）鉄道総合技術研究所　正会員　○津野　究　　伊積　康彦
正会員　横山　秀史
鉄道建設・運輸施設整備支援機構　正会員　山崎　貴之　正会員　高野　裕輔

１．はじめに

新幹線トンネルの振動測定データ[1),2)]をもとに，地盤内の減衰性状について検討した．また，地下鉄における検討の結果および開削トンネルの測定結果より得られた減衰傾向[3),4)]と比較したので報告する．

２．地盤内の減衰性状

本研究では，表１に示す４地点のデータを分析した．ここでは，側壁上部半径（Y）方向の 1/3 オクターブバンド分析による振動加速度レベルをトンネル加速度の代表値を見なして基準とし，これに対する地表部各測点鉛直（Z）方向の相対的な 1/3 オクターブバンド分析による振動加速度レベルを「振動伝達量」として計算した．周波数と振動伝達量（平均）の関係の一例を図１に示すが，周波数が高くなるにつれて，地盤内の減衰が大きくなる傾向となっている．

そこで，振動伝播距離を図２のように定義し，振動伝播距離と振動伝達量の関係を整理した．中心周波数が 31.5Hz，63Hz および 125Hz の 1/3 オクターブバンドに関する結果を図３に示す．これより，波長の長い 31.5Hz ではレベルの低下がほとんど見らないが，周波数が高くなるにつれ減衰傾向が顕著になる傾向が見られる．

３．振動伝達量の予測に関する検討

(1) 対数回帰式を用いた検討

振動伝播距離と振動伝達量の関係をもとに，式(1)中の減衰に関する係数 A を求めた．

$$L_{VA}(f)-L_{VA0}(f)=-A\log(R/R_0) \qquad (1)$$

ただし，$L_{VA}(f)-L_{VA0}(f)$：中心周波数 f(Hz)の振動伝達量

R：振動伝播距離(m)，R_0：振動源から基準点の距離(m)

ここで，R_0 の値は，既往の検討[3),4)]で用いている 1m とした．

周波数と係数 A の関係を図４に示す．これより，周波数が高くなるほど係数 A の値が大きくなる傾向が確認できる．また，４地点の係数 A の平均と，地下鉄シールドトンネルおよび開削トンネルの例[3),4)]と比較した結果を図５に示す．これより，新幹線トンネルについても，地下鉄と同様な傾向であ

表１　測定箇所の概要

地点	土被り	列車速度	地表部測点
①	4.6m	200~240km/h	5 測点（水平距離 0~30m）
②	23.1m	200~240km/h	6 測点（水平距離 0~50m）
③	5.5m	190~210km/h	6 測点（水平距離 0~30m）
④	9.2m	190~210km/h	7 測点（水平距離 0~50m）

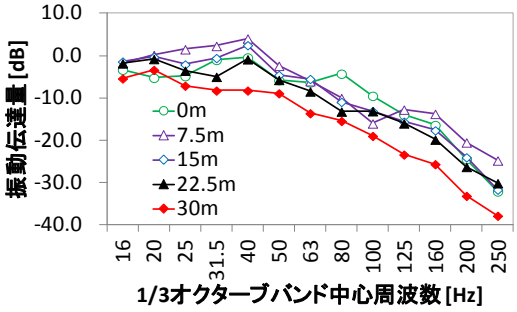

図１　周波数と振動伝達量の関係（地点①）

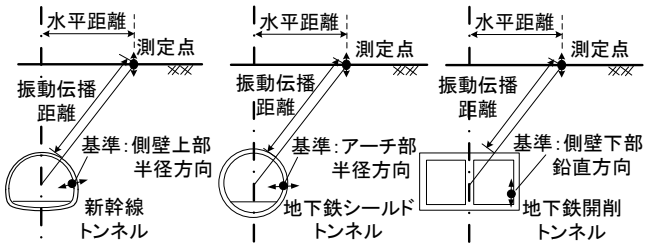

図２　振動伝播距離

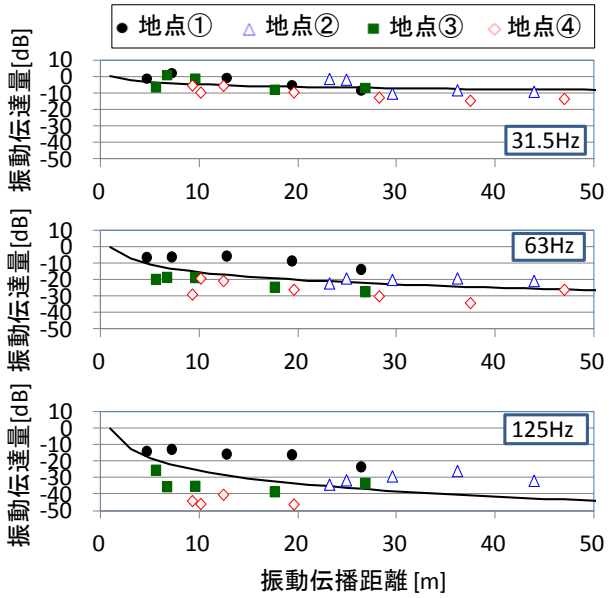

図３　振動伝播距離と振動伝達量の関係

キーワード　新幹線，トンネル，地盤振動，減衰
連絡先　〒185-8540　東京都国分寺市光町 2-8-38　TEL042-573-7266

ることが確認できる.

(2) Bornitz の計算式[5]を用いた検討

振動伝播距離と振動伝達量の関係について，式(2)に示す Bornitz の計算式を用いた分析を行った.

$$L_{VA}(f)-L_{VA0}(f)=-20n\log(R/R_0)-8.68\alpha(f)(R-R_0) \quad (2)$$

ここでは，線状の加振源からの実体波による振動と仮定して幾何減衰定数 n を 0.5 とし，1/3 オクターブバンドごとに内部減衰定数$\alpha(f)$を求めた.

各地点について，地表部測定点が複数あることから対数回帰式による回帰分析を行い，1/3 オクターブバンドごとの内部減衰定数αを計算した（図-6）．これより，周波数が高いほどαの値が大きい傾向が見られ, 波長が長い 10～40Hz の周波数域ではほとんどの地点でαが負の値となっている．なお，α が負となったのは，低い周波数成分が地表付近で増幅していること等によると考えられる.

つぎに, 周波数と 4 地点のαの平均値の関係を図 7 に示す. ここでは，地下鉄の結果[3), 4)]も併せて示す．これをもとに，回帰分析で近似して求めた周波数αと内部減衰定数αの関係式を以下に示す.

新幹線（山岳トンネル）：$\alpha=0.0012f-0.062$ (3)

地下鉄シールドトンネル[3)]：$\alpha=0.001f-0.06$ (4)

地下鉄開削トンネル[4)]：$\alpha=0.002f-0.012$ (5)

新幹線山岳トンネルの測定データにより得られた関係式は, 地下鉄シールドトンネルと概ね同傾向である結果となっている.

4．おわりに

本研究では，新幹線トンネルの測定データをもとに，地盤内の減衰について検討し，周波数と対数回帰式の係数 A や Bornitz の計算式中の内部減衰定数αの関係式を求めた．これにより，1/3 オクターブバンドごとに振動伝達量が計算できるようになった.

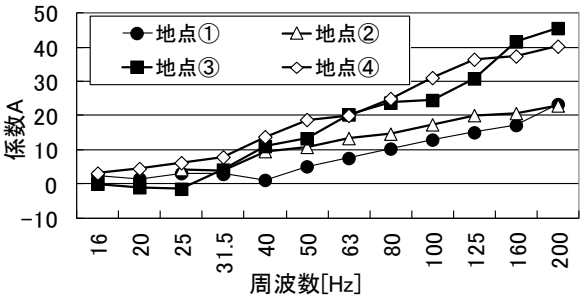

図 4　周波数と係数 A の関係

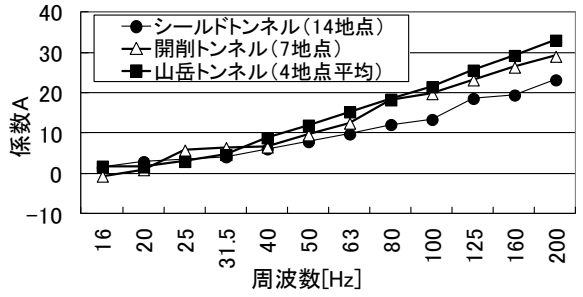

図 5　係数 A の比較

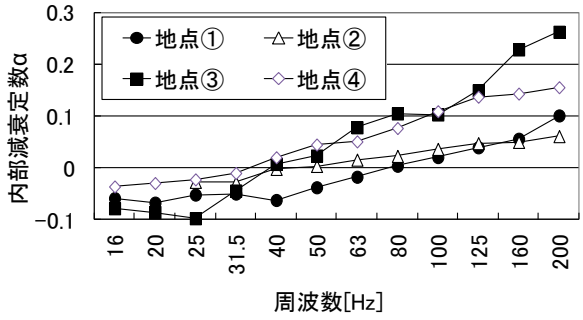

図 6　周波数と内部減衰定数αの関係

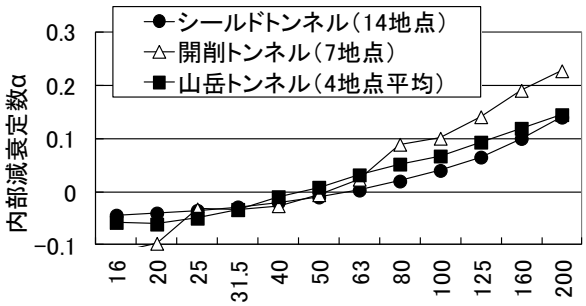

図 7　内部減衰定数αの比較

参考文献

1) 山崎貴之，丸山修，藤井光治郎，武居泰，津野究：新幹線トンネルにおける列車振動予測に関する研究（その１），土木学会年次学術講演会講演概要集第3部，Vol.61, pp.167-168, 2006.

2) 山崎貴之，高野裕輔，津野究，伊積康彦，横山秀史：新幹線におけるトンネル振動予測に関する研究（その１），土木学会年次学術講演会講演概要集, Vol.70, 2015.

3) 津野究，古田勝，藤井光治郎，長嶋文雄，日下部治：地下鉄シールドトンネルから伝播する広帯域振動の減衰特性，土木学会論文集，No.792/III-71，pp.185-197，2005.

4) 津野究，古田勝，折原佳帆，赤木寛一：地下鉄開削トンネルから伝播する広帯域振動の減衰特性，土木学会論文集F１（トンネル工学），Vol.70, No.3（特集号）, pp.83-91, 2014.

5) Bornitz, G.: Uber die Ausbreitung der von Grozklolben-maschinen erzeugten Bodenschwingungen in die Tiefe, J. Springer, 1931.