リニアックトンネルへの地震動の影響~その3 やや長周期地震動~

日建設計シビル 正 吉村彩 川満逸雄 日本原子力研究開発機構 北見俊幸 堀口隆 正 市村隆人 大阪市立大学大学院正 大内一 角掛久雄

1. はじめに

-412

J-PARCは,茨城県東海村に建設された加速器施設群である(図-1). J-PARCの中で,線形加速器が設置されているリニアックトンネル(図 -1の赤線部)は,つなぎ目のない直線状の開削トンネルである.このト ンネルにおいて,地震観測が続けられており,観測したやや長周期地震 動の分析を行った結果について報告する.

2. 地震観測内容

地震観測は,図-2に示すように基盤面,地表および躯体内部に地震計 図-1 を設置し、断面1~5に北側 南側 2 1 3

(1)平面図

地 震

手·宮城内陸地震

城県北部地震

茨城沖地震

図-2

表-1

対象地震の諸元

Μ

6.3

7.0

52

48km

10km

58km

Η

2005/10/19

2008/06/14

2008/08/22

おいては躯体内の軸方向 鉄筋応力を鉄筋計により 観測している.

3. 地震波分析

分析は観測された地震

記録の中から特徴的な3地震を対象 とした、リニアックトンネルの軸方 向は南北であり、それに対して直角

方向として 茨城県沖地震,軸方向として 岩手・宮城内陸地震,直下型地震 として 茨城県北部地震を選定した.地震の震央位置を図-3,地震の諸元を表 -1 に示す.それぞれの地震に関して,基盤観測波,トンネル北端地表およびト ンネル躯体内北側の地震加速度波形のフーリエスペクトルを重ね合わせたもの を図-4 に示す.短周期成分では地盤の増幅が見られるが1秒以上の周期では基 盤と地表面のスペクトルが重なり, 増幅がなくなっている.1秒以上の周期に 着目すると、ピーク値は2秒付近と4秒付近に出現している.4秒のピークは,

茨城県沖地震ではトンネル軸方向, 岩手・宮城内陸地震では直角方向と,地震波の進行方向とは直角方 向が卓越しており,ラブ波である.2秒付近では鉛直方向もピークが発生していることよりレーリー波であ る.これらのピークは、当該深層地盤の表面波分散曲線のエアリー相と一致している。

トンネルの両側壁に埋め込まれた鉄筋計の平均がトンネル軸力成分,差分が曲げ成分となる、地震時のト ンネル各断面での鉄筋計の応力の各成分のフーリエスペクトルを図-5 に示す.遠方からの地震である 茨城 県沖地震, 岩手・宮城内陸地震では,トンネル軸方向成分が大きく,前述した表面波の周期で大きくなっ ている.曲げ成分でも,長周期部分で振幅が大きくなっているが、発生位置はリニアック中央部の2,3断 面である.リニアックトンネルの基盤は,北側がトンネルに接するほど浅いが,南へ行くに従い最大 30m 程 度まで深くなっている.また,南部は他トンネルと接続されており,これらの影響も考えられる.

4.トンネル挙動分析

やや長周期地震動によってトンネルに発生する軸ひずみは次式により算出できる・4

キーワード リニアック,開削トンネル,長周期地震動 連絡先 〒112-0004 東京都文京区後楽1-4-27 (株)日建設計シビル 技術開発部 TEL03-5226-3070





GL

J-PARC 概要



図-3 分析対象の震央

■:基盤地震計

$$e_A = a_1 \ 1/V_x \ \dot{U}_x$$
$$a_1 = \frac{1}{1 + \frac{EA}{K_x} \left(\frac{2p}{L}\right)^2}$$

-:-

ここで, _Aはトンネル軸ひ ずみ,L,V,は波の波長およ び伝搬速度, \dot{U}_x はトンネル方 向速度波形 Kx は地盤のばね 定数, E, Aはトンネルのヤ ング率,断面積である.

上記の関係式を用いて,や や長周期地震動の発生してい る茨城県沖地震および岩 手・宮城内陸地震を計算し、 観測値と比較した結果を図-6 に示す.これらの計算値と観 測値は非常に良い一致を示し た.なお,曲げ成分に関して も計算を行ったが,一致しな い結果となっており,今後の 課題である.

5.結論

リニアックトンネルでの3 種の観測記録を分析した結果, 直下を除く2つの地震におい てやや長周期地震動が確認さ れ,この表面波によるトンネ ルの軸ひずみが卓越している ことが明らかになった.さら に,観測加速度波形によるト ンネル軸方向ひずみの計算値 と鉄筋計から求まる躯体の軸 ひずみは,良く一致すること

が確認された ただし 曲げ成分は一致せず, 今後の課題として検討を進める予定である. 【参考文献】 1) 市村隆人他: リニアックトンネル への地震動の影響 ~ その1 地震観測~,土木学会第 64 回年次学術講演会, -480, 2009 2) 川満逸雄 他:リニアックトンネルへの地震動の影響 ~ その2 地震応答解析~,土木学会第64回年次学術講演会,



図-6 軸ひずみの計算値と観測値の比較

-481,2009 3)川島一彦:地下構造物の耐震設計,鹿島出版会,pp43-56,1995 4)石田修他:表面波による沈埋トンネ ルの地震時挙動,地震工学研究発表会 Vol.18,1985