

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～

日建設シビル 正会員 ○川満 逸雄, 青木 佑輔
 日本原子力研究開発機構 正会員 市村 隆人
 日本原子力研究開発機構 北見 俊幸, 堀口 隆

はじめに

リニアック棟加速器トンネルに設置されている陽子加速器は、非常に精密な機器であるため、地震等の外乱により加速器トンネルが変動すると加速器の運転に影響が懸念されることから、加速器トンネルの変位量の予測が必要となった。変位量の予測のために実施したシミュレーションと、観測結果との比較について報告する。

1. リニアックトンネル周辺の地盤

リニアックトンネルと基盤との関係を図1, 2に示す。基盤と考えられる岩盤層はトンネル軸方向の北から南へ行くに従い TP±0m~-30mに下がっており、断面方向には基盤構造が複雑なおぼれ谷状になっている。なお、リニアックトンネルの基礎は、北部では基盤への直接基礎、南部では杭基礎である。

2. 解析モデル

地震時の地中構造物の地盤と構造物の動的相互作用を知るために解析を行った。解析は、複雑な基盤構造であることを考え、3次元の有限要素モデルを用いて行った。(図3に解析モデルを、表1に地盤物性を示す。)

非線形性は、3次元の修正R-0要素でモデル化しており、トンネルは壁を弾性の板と考えトンネルを構成した。なお、地盤と構造物の間は、直接接続し相互作用ばねは設置していない。リニアック南側にある杭は、弾性の梁要素として取り扱った。地震動の入力は、基盤での観測地震動を下面固定として入力した。

表1 地盤物性値

地層名	N値	γ (kN/m ³)	Vs(m/s)	γ 0.5	hmax
上部As1	15	17.3	197	0.00005	0.24
下部As2	60	17.3	313	0.00005	0.24
Ac1	20	18.6	271	0.00020	0.20
Dg	60	16.7	313	0.00004	0.22
Ds	50	19.1	295	0.00005	0.24
Dc	10	16.2	215	0.00020	0.20
Ds2	40	19.6	274	0.00004	0.22
Tg	90	17.6	448	-	-

γ 0.5, hmaxは修正R-0モデルでの基準ひずみおよび最大減衰定数

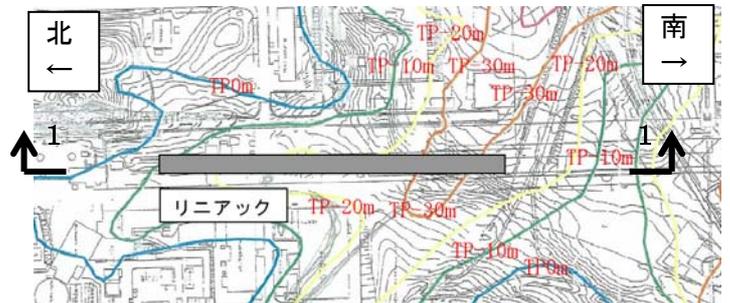


図1 リニアック基盤分布

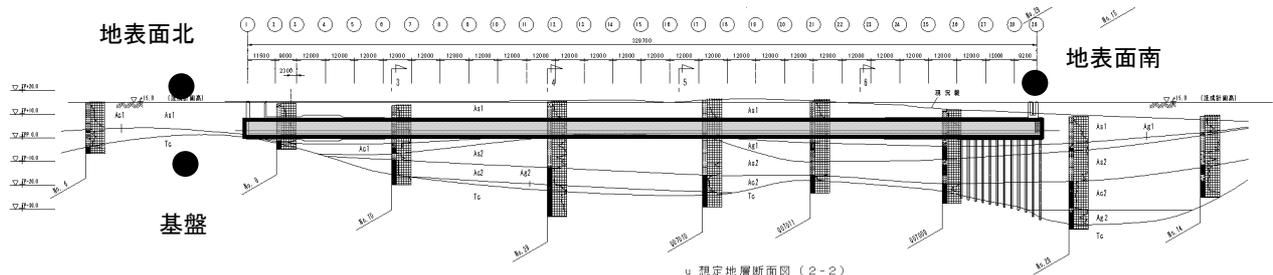


図2 リニアック縦断方向地盤図(1-1縦断)(●は地震計位置)

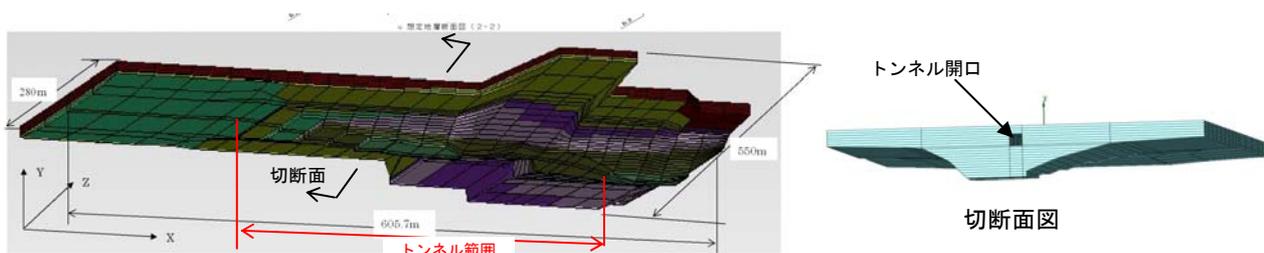


図3 解析モデル

キーワード リニアック, 開削トンネル, 地震応答解析

連絡先 〒112-0004 東京都文京区後楽1-4-27 (株)日建設シビル 技術開発部 TEL03-5226-3070

3. 計算結果

(1) 観測波形によるシミュレーション

観測された基盤波形を入力し、トンネル内に設置された地震計の加速度波形を再現できるかを確認した。入力した地震動は2005年10月19日に観測した波形で、最大加速度116Galである。(図4に計算結果としてトンネル内の観測地震波形と計算結果の比較を、表2に最大加速度の比較を示す。)

モデル南部で計算値が大きな結果となっているが、それ以外では、良い一致を示しているといえる。また、解析による残留変位は0.08mmで、地震後の軸方向鉄筋に残留した応力から推定される残留応力は0.01mmであった。微小な変位であるため、どちらの結果も精度の課題があるが、計算による残留変位の方が大きめを示す値となっている。

(2) 地震動の大きさとトンネルの残留変位

地震後のトンネルの残留変位量を把握する目的で、想定される大規模地震動を入力し、地震後の残留変位を算出した。入力地震動としては、観測波形のスペクトルを平滑化した模擬波形(図5 最大加速度127Gal)の振幅を1, 2, 3倍と変えて入力した。残留変位はリアックトンネルの中央および端部で発生しており、その最大値は基盤加速度381Gal入力において残留変位は0.38mmとなった。(図6に残留変位の計算結果を、図7に解析結果による震度と残留変位の関係を示す。)

4. 結論

リアックトンネルにもたらす残留変位は、震度4以上になると残留変位が急激に増える結果となったが、加速器運転に影響を与える設計値(残留変位1mm以上)には、震度5でも発生しないと言える。また、震度4以下では残留変位はほとんど生じないことも明らかとなった。

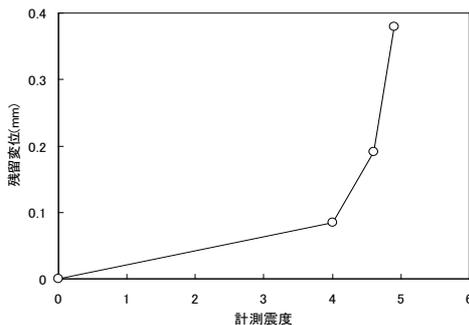


図7 震度と残留変位の関係

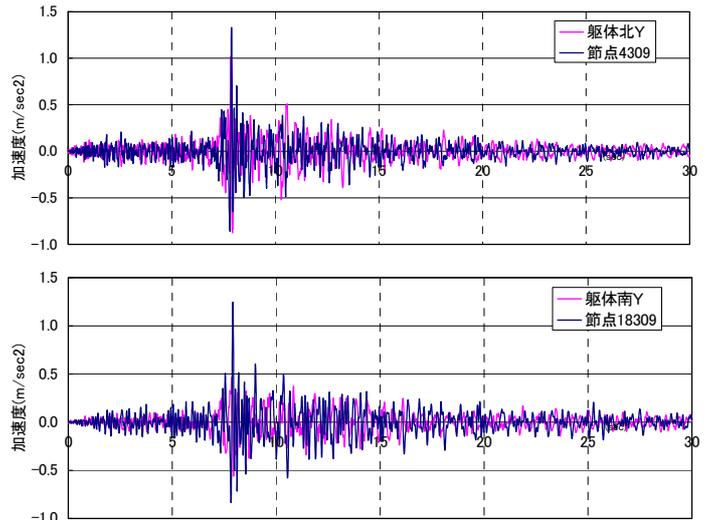


図4 観測波と解析結果の比較

表2 計算結果と観測結果の最大加速度の比較

	基盤	地表北	地表南	躯体北	躯体南
計算結果	—	241	270	133	125
観測結果	116	283	114	102	46

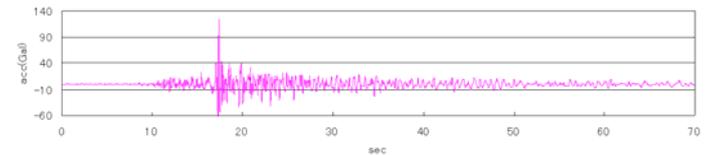


図5 入力地震動 (Max=127Gal)

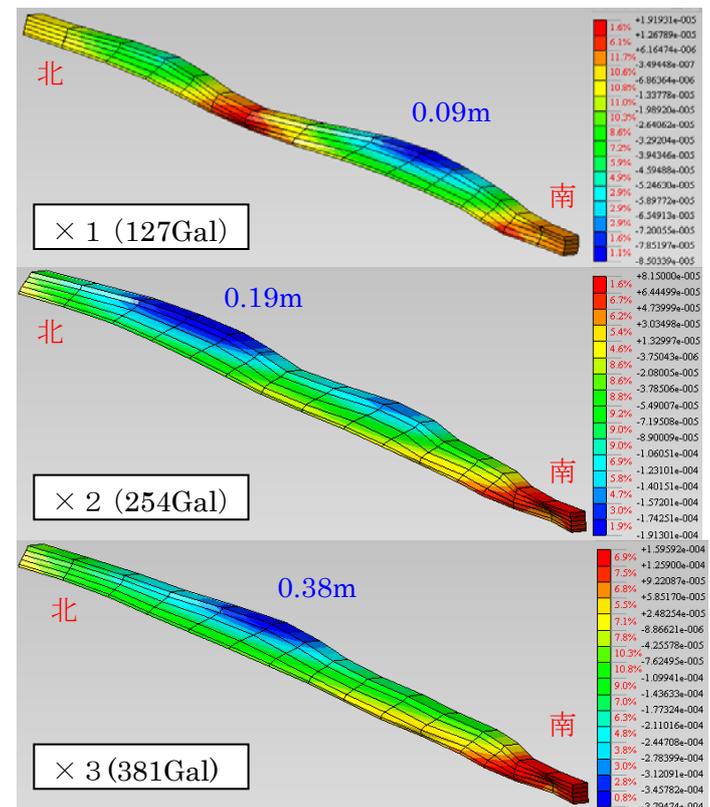


図6 トンネル残留変位分布