

Ⅲ-B183

シールドトンネル覆工の地震時挙動と耐震化(動的遠心実験)

大阪市立大学 富田純子・東田 淳 FP-L工法研究会 矢野博彦

まえがき 兵庫県南部地震における下水道用シールドトンネルの被災状況を再現し、従来の無筋コンクリート製二次覆工とFRPM管・エアーモルタル併用の二次覆工を施したシールドトンネル覆工(それぞれR・F覆工と呼ぶ)の地震時挙動と耐震性を比べるため、実物覆工の集中線荷重載荷試験の結果に基づいて作製した覆工模型(別報1)参照)を用いて、地盤条件と埋設深さを変えた動的遠心実験を行った。

模型と実験方法 図-1に模型と実験装置を示す。模型は、原型の1/50の二次元模型で、外径 $D=4\text{cm}$ のR・F覆工模型(肉厚 $t=6\text{mm}$ と 1.3mm 、管長 $L=148\text{mm}$)を土被り高 $H=2.5D\sim 7.5D$ 、基盤と覆工下端との距離 $H_b=0.25D\sim 5D$ になるように、表-1に示すまさ土(密・ゆる)とオタワ産乾燥珪砂で作った模型地盤中に埋めたものである。この模型をコロラド州立大学ボルダー校の遠心装置を用いて、遠心加速度 $50G$ 場に置き、油圧サーボ式加振装置によって、図-2に示す水平加速度波(原型換算で、 1Hz 、 $\max \pm 0.8G$)を与え、覆工模型の曲げひずみ16点と地盤内の水平加速度6～9点を 2500Hz のサンプリング間隔で1秒間、測定した。

実験は、表-2に示すように覆工模型・ H ・ H_b ・地盤条件(地盤材料と密度)を変えた3シリーズについて行った。全実験数は16である。

実験結果 図-3は、R覆工模型で測定された右肩 45° の位置の曲げひずみ ε (内面が引張りを正とする)の経時変化の1例を示したものである。

図-4はR覆工模型に対する測定結果を示したもので、各図の左列のプロットが地盤内の水平加速度、右列が加振による曲げひずみ増分 $\Delta \varepsilon$ の分布を表す。これらはいずれも、覆工模型の右肩 45° の ε が3波目に+側と-側の極値となった時点(図-3に $\uparrow$ と $\downarrow$ で例示)のデータで、実線が+側、破線が-側の極値の時のものである。また、各図の左列に示した太線は水平加速度分布(細線)を積分して求めたせん断応力の分布を表わす。図-4から以下のことが分かる。(1) $\Delta \varepsilon$ の分布から、当初鉛直・水平であった対称軸が、実線では反時計回りに、破線では時計回りに回転している。(2)その結果、 $\Delta \varepsilon$ の引張り側の最大値は、鉛直・水平軸から約 $\pm 45^\circ$ 離れた位置で生じており、実際の被災状況と一致する。(3)実線で示した時点における地盤のせん断応力は、破線で示した時点よりも大きく、そのため $\Delta \varepsilon$ の値も実線で示した時点の方が全体が大きくなったと説明できる。以上の(1)～(3)はF覆工模型でも同様であったが、F覆工模型の $\Delta \varepsilon$ の値は、R覆工模型よりも約10倍、大きかった。

考察 別報1)に示したように、模型の測定曲げひずみ ε_m と実物の内縁ひずみ ε_a の関係はR覆工で $\varepsilon_a=1.65\varepsilon_m$ 、F覆工で $\varepsilon_a=0.39\varepsilon_m$ とな

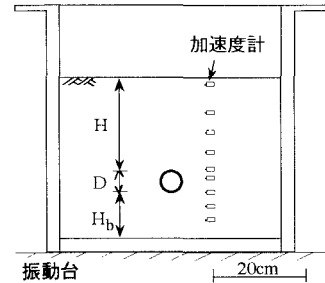


図-1 模型と実験装置

表-1 地盤材料の性質

Soil	G_s	$D_{\max}$ mm	ρ_{Uc}	$\rho_{d\max}$ g/cm ³	$\rho_{d\min}$ g/cm ³	ρ_d g/cm ³	w %	c_d tf/m ²	ϕ_d °
G_D	2.71	2.0	70	1.92	1.37	1.70	10	2.3	38
G_L						1.50	10	0.9	38
S	2.65	0.425	1.79	1.78	1.47	1.72	0	0	43

G_D :まさ土・密、 G_L :まさ土・ゆる、S:オタワ砂(F-75)

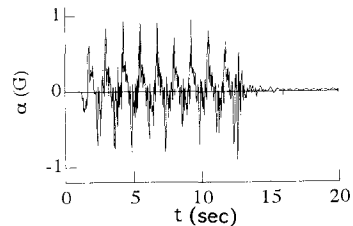


図-2 入力水平加速度(原型換算)

表-2 実験条件

Series	Ground	H (cm)	H_b (cm)
H	G_D	10・20・30	10
H_b	G_D	20	1・10・20
Ground	$G_D \cdot G_L \cdot S$ $G_L + G_D^*$	20	10

* $G_L + G_D$:上層19cmが G_L 、下層15cmが G_D

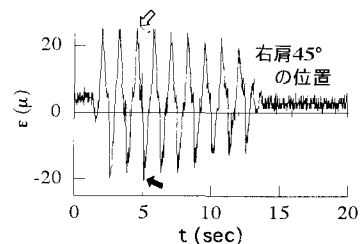


図-3 R覆工模型の測定曲げひずみの一例

シールドトンネル、覆工、地震時挙動、載荷実験、遠心実験

連絡先: 大阪市住吉区杉本3-3-138、大阪市立大学工学部、TEL&FAX 06-605-2725

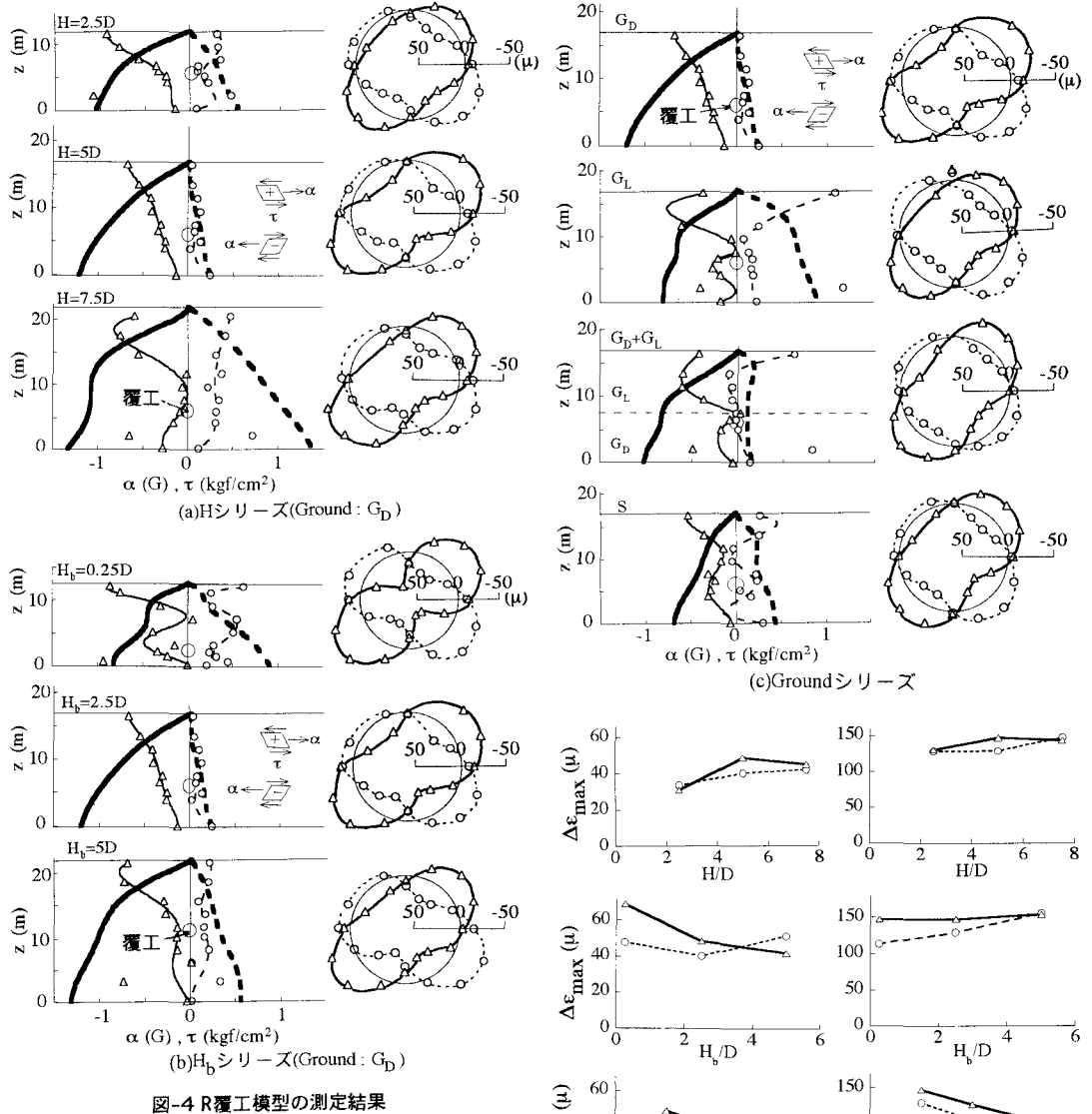


図-4 R覆工模型の測定結果

る。この関係を用いて、R・F両覆工模型で測定された $\Delta \varepsilon$ の引張り側最大値から、実物のR・F覆工に生じる最大内縁ひずみ $\Delta \varepsilon_{\max}$ を算定し、各要因に対してプロットしたものが図-5である。プロットを結んだ実線と破線は図-4で述べた時点と対応している。この図から以下のことが分かる。(1) R覆工の $\Delta \varepsilon_{\max}$ 値は $20 \mu \sim 70 \mu$ の間にあり、平均 50μ 程度である。実際の二次覆工コンクリートの破壊ひずみを $80 \sim 100 \mu$ とすると、 $\Delta \varepsilon_{\max}$ の最大値 70μ はこれにかなり近い。(2) H_b シリーズを除き、Hと地盤条件を変えた時のR・F両覆工の $\Delta \varepsilon_{\max}$ の変化傾向は良く似ている。(3) FRPM管の引張り破壊ひずみは2%程度なので、図-5に示したF覆工の $\Delta \varepsilon_{\max}$ に対する安全率は130以上となる。よってF覆工は、無筋コンクリート製二次覆工を施したR覆工に比べ、格段に耐震性に優る。

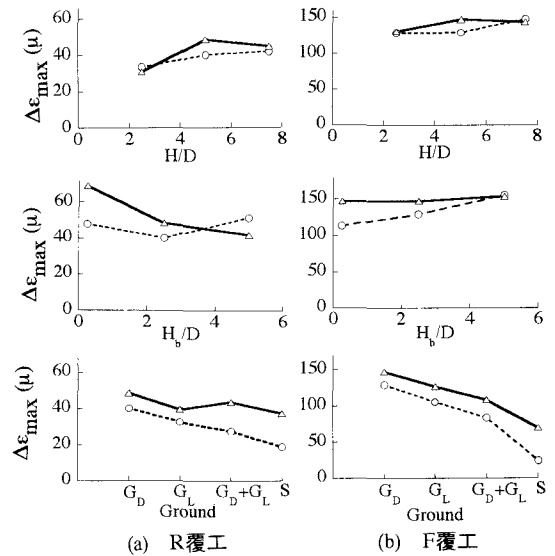


図-5 実物覆工に生じる最大内縁ひずみ