

III-B 195

大口径埋設管の地震時変形挙動に関する遠心実験

大阪市立大学 東田 淳・井上裕司・村中一郎・米谷彰司・李 黎明

まえがき 兵庫県南部地震の際、下水道用のコンクリート管・塩化ビニル管・シールドの二次覆工に管軸方向クラックが多数発生した。クラックは埋設深度・口径・管材質に関係なく生じ、写真-1に示すように断面にX形に入ったものが大半であった。このような被災はこれまでの地震ではほとんど報告されていない。そこで、大口径管を対象として、このクラック発生メカニズム、および液状化との関連を動的遠心実験によって調べた。

実験の方法と種類

実験は、図-1に示す外径 $D=60\text{mm}$ 、管厚 $t=2.33\text{mm}$ と 0.63mm の2本の硬質アルミ製模型管（以下、R管・F管と呼ぶ。従来用いてきた模型管と曲げ剛性 $S_p=EI/\{R^3(1-\nu_p^2)\}$ が同じで、それぞれ $S_p=32.6, 0.65\text{kgf/cm}^2$ ）を図-2に示すように、乾燥、または水浸したゆるい珪砂（F-75、表-1）中に埋め、容器を振動台に固定して遠心加速度 45G 場に置き、約 0.5G の水平加速度波（図-3(a)参照）を9波与え、模型管の16箇所の曲げひずみと図-2に示す位置の地盤の水平加速度・間隙水圧を乾燥・水浸地盤でそれぞれ1秒・1.5秒間、 250Hz で測定した。実験条件として、管剛性・地盤の含水状態（乾燥・水浸）・土被り高 H ・管底と基盤の距離 H_b ・入力水平加速度の周波数 f （原型で 1Hz と 0.5Hz ）を変化させた。表-2に実験条件を示す。全実験数は17である。

実験結果

図-3は、R管・水浸地盤・ $H/D=1$ ・ $H_b/D=2$ ・ $f=1\text{Hz}$ の場合の測定結果の一部を原型換算で示したもので、間隙水圧は3秒付近でほぼ $\gamma_{\text{sat}}z$ と等しくなり、振動が終わる9秒まで一定値を保ち、以後もとの値の $\gamma_w z$ まで消散した。

図-4は、 $H/D=1$ ・ $H_b/D=2$ ・ $f=1\text{Hz}$ の場合を例にとって、加振前（ $T=0$ ）、管の右肩 45° の曲げひずみの1回目振動時点（図-3(b)の①、①'）、同3回目振動時点（③、③'）、測定終了時の6時点における曲げひずみの分布を極座標で示したもので、(a)(b)図がそれぞれF管、R管の場合を表す。また各図の実線・破線が水浸、乾燥地盤の場合のデータである。この図から、管剛性・地盤の含水状態に関わらず、当初、鉛直・水平であった曲げひずみ分布の対称軸が①で時計まわり、①'で反時計まわりに回転しており、実際の管のクラック発生をうまく再現している。この①、①'におけるひずみ分布の対称軸の回転は、乾燥・水浸地盤で基本的な違いが無く、また、この時点では水浸地盤はまだ完全液状化に至っていないことから、地盤の液状化はクラック発生とは関係が無いと結論できる。つぎに、F管では、③、③'

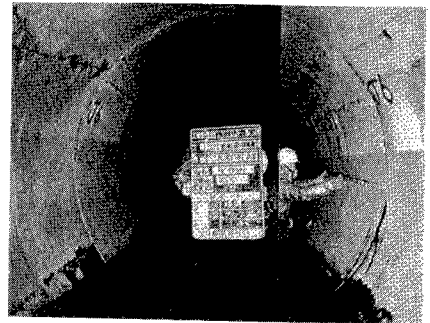


写真-1 兵庫県南部地震で生じたコンクリート管の管軸方向クラック

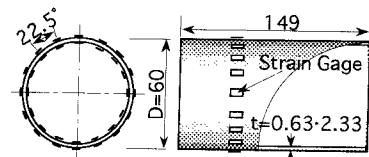


図-1 模型管 (unit: mm)

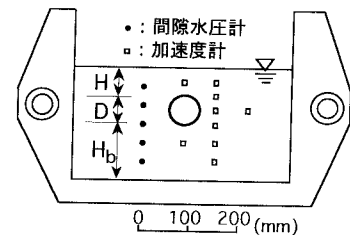


図-2 模型とセンサーの位置

表-1 地盤材料の性質

最大粒径 (mm)	G_s	U_c	$\rho_{d\text{max}}$ (g/cm ³)	$\rho_{d\text{min}}$ (g/cm ³)	ρ_d (g/cm ³)
0.425	2.65	1.79	1.78	1.47	1.51

表-2 実験条件

Series	Pipe	Ground	H/D	H_b/D	f (Hz)
A	R・F*	Dry・Wet	1・2・3	2	1
B	R・F**	Dry・Wet	1	1・2	1
C	R・F	Dry・Wet	1	2	1・0.5

(□: 変化要因、*: Dryは $H/D=1$ だけ、**: Wetだけ)

における曲げひずみ分布は乾燥・水浸地盤で大きく異なり、完全液化状態にある水浸地盤では水平土圧の増大・管への浮力の作用・浮力に対する管頂での反力によって、加振前よりも縦長に変形するのに対して、乾燥地盤では加振前よりも扁平度合いが強まっている。③③'以降の加振中の曲げひずみ分布は③③'とあまり変化がなかったが、測定終了時には水浸地盤の曲げひずみ分布は③③'とはかなり異なっている。③以降のR管の曲げひずみ分布の変化はF管ほど明瞭ではないが、基本的に同傾向である。以上の実験結果の定性的傾向は他のケースでも同様に認められた。

あとがき 今回の実験によって、兵庫県南部地震の際、埋設管に発生した管軸方向クラックは基盤からのせん断波の伝播によって生じ、液化化とは直接関係ないことが分かった。

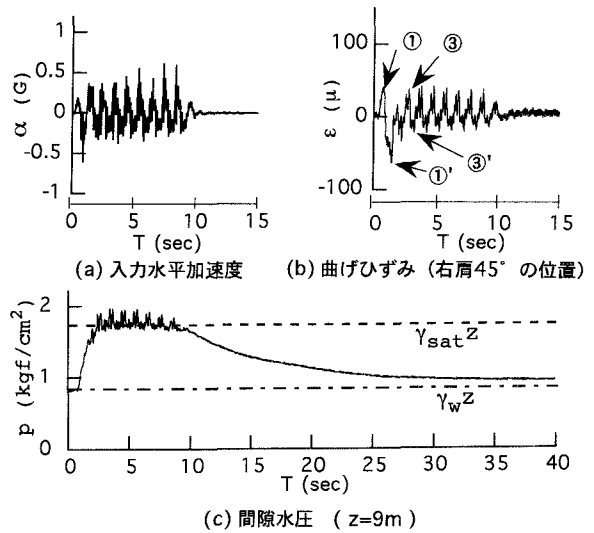


図-3 R管・Wetの測定結果の一例（いずれも原型換算）

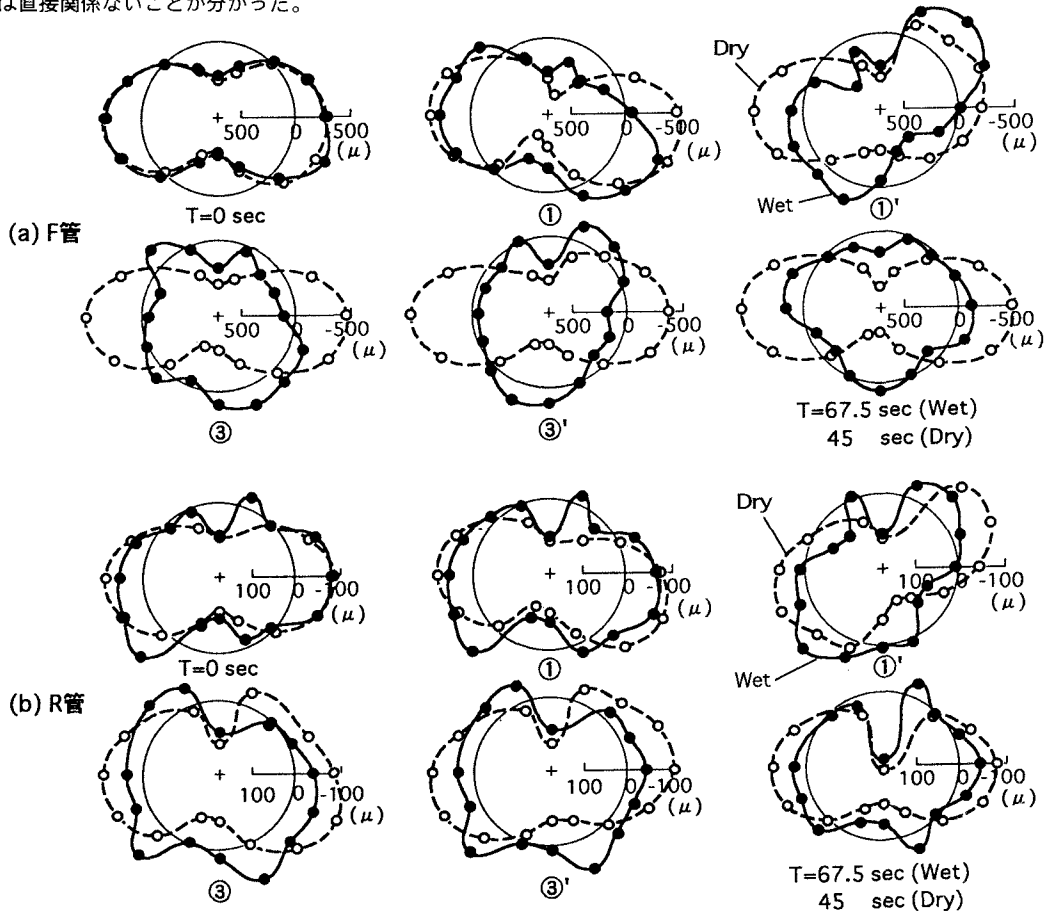


図-4 測定曲げひずみの分布 ($H/D=1 \cdot H_b/D=2 \cdot f=1\text{Hz}$)