

盛土型で埋設されるカルバートの土圧と変形に関する遠心実験

大阪市立大学 東田 淳・中村有佑(現 積水化学工業)・狭間智一
 阿南高専 吉村 洋・大阪市都市環境局 大杉朗隆・中西啓輔

まえがき 大阪市では、敷設後 50 年以上経過した口径 900mm 以上の下水道幹線カルバートの延長が 202km に達しており、断面形状で分けると、円形が 122km、馬蹄形が 57km、矩形が 23km である。これらの老朽幹線カルバートが、どの程度の安全性・耐震性を有しているかは、カルバートの老朽度合いや作用土圧の実態が不明なため、正確に把握できないのが実情である。そこで、カルバートに作用する土圧の実態を調べ、耐震性を評価するための研究を始めた。今回は、乾燥砂地盤に土被り高を変えて盛土型埋設された円形、馬蹄形、矩形の模型カルバートに作用する土圧と曲げひずみの分布を、遠心加速度 30G 場で測定したので、報告する。なお別報¹⁾で測定結果と現行設計法の予測を比べたので参照されたい。

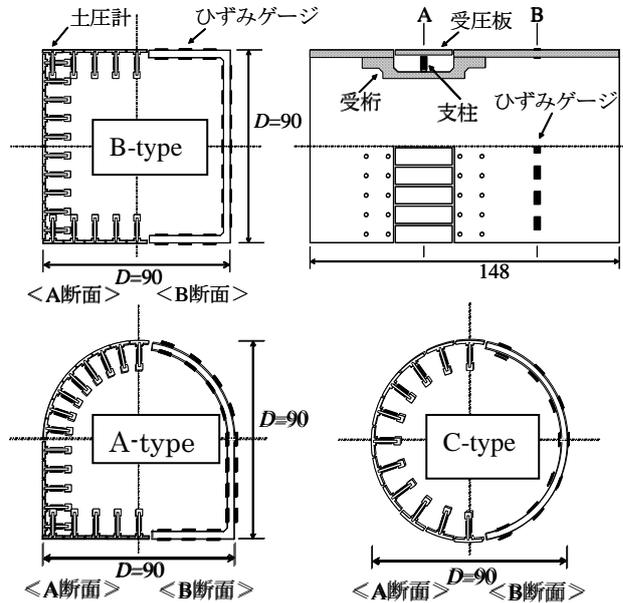


図-1 模型カルバート

模型カルバート 実験で用いた 3 種類の模型カルバートの概要と諸元を図-1、表-1 に示す。これらのカルバートを形状(Box、Arch、Circular)を表す頭文字をとって B-type、A-type、C-type と呼ぶ。いずれも硬質アルミニウム製で、幅、高さ、または外径(D)はいずれも 90 mm、長さは 148 mm である。板厚 t はカルバートの剛性、および壁に生じる曲げひずみの出力がそれぞれ十分大きいという 2 条件から決めた。模型カルバートは、左右 2 つの環要素を受桁によって連結し、この受桁に垂直土圧 σ とせん断土圧 τ を測定するための細い矩形のロードセル(支柱)、および受圧板を固定している。右側の環要素には、環壁の内外面に曲げひずみ ϵ 測定用のひずみゲージを貼付した。表-1 中の W_p は模型カルバートの重力場での重量を表す。

表-1 模型カルバートの諸元

Culvert	D (mm)	t (mm)	E_p (kgf/cm ²)	ν_p	W_p (gf/cm)
B-type	90	3.3	710,000	0.33	41
A-type	90	3.3	710,000	0.33	39
C-type	90	3.5	740,000	0.33	35

模型と実験方法 模型(図-2)は、原型を 1/30 に縮小した二次元模型で、 $D=2.7$ m のコンクリート製の剛なカルバートが、2.7~8.1 m の土被り高 H で盛土下に埋設された状態をシミュレートしている。

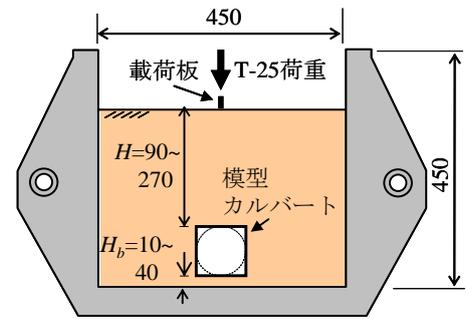


図-2 模型

表-2 に、地盤材料として使用した乾燥珪砂 (S0 と呼ぶ) の一次性質を示す。模型地盤の作成は、容器を横に倒し、模型カルバートの長軸方向に砂を詰める横詰め方式により行い、地盤密度を $\rho_d=1.55$ g/cm³(S0D 地盤)と $\rho_d=1.43$ g/cm³(S0L 地盤)の 2 通りに変えた。実験容器の前面と背面にはゴムメンブレン 2 枚とシリコングリースでリュブリケーションを施した。

表-2 地盤材料の一次性質

D_{max}	G_s (mm)	U_c (%)	ρ_{dmax} (g/cm ³)	ρ_{dmin} (g/cm ³)		
75 μ m未満	2.7	1.4	0	1.75	1.58	1.32

表-3 実験条件

Test Series	Culvert	Ground	H (cm)	H_b (cm)
I	A-type	S0L S0D	9	2
	B-type			
	C-type			
II	A-type	S0L	9	2
	B-type		18 27	
III	A-type	S0L	9	1
	B-type			2 4

キーワード: カルバート、形状、土圧、曲げひずみ、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: 0606605-2725

実験は、模型を 30G 場におき、T-25 輪荷重相当の荷重(5.45 kgf/cm²)を、幅 6.7 mm (原型で 20 cm) の載荷板 (表面粗)により模型カルバート直上の地表面に載荷した。表-3 に実験条件を示す。実験条件として、カルバート形状、地盤密度、埋設寸法 (土被り高 H と基礎厚 H_b) を変化させて 14 ケースの実験を行った。

実験結果 図-3 に、SOL 地盤で H を変化させた場合の地表面載荷前の測定結果を示す。図-3 の左側の図において、マークによるプロットとラインが測定 $\sigma \cdot \tau$ 、および鉛直・水平方向の力の不平衡分を誤差配分して求めた補正 $\sigma \cdot \tau$ 分布をそれぞれ表す。両者の近似度から不平衡力が小さいことが分かる。次に、中央の図は補正 $\sigma \cdot \tau$ 分布から求めた鉛直土圧 p_v 、鉛直反力土圧 p_r 、水平土圧 p_h の分布を土被り圧 γH との比として表している。さらに、右側の図のマークによるプロットとラインは、測定 ε 、および補正 $\sigma \cdot \tau$ 分布とカルバート自重を外力として与えて計算した曲げひずみ ε の分布をそれぞれ表す。測定 ε と計算 ε の良好な一致から、土圧の測定精度が高いことが分かる。

中央の図に示した $p_v \cdot p_r \cdot p_h$ の分布から以下のことが分かる。矩形カルバートの $p_v \cdot p_r$ と馬蹄形カルバートの p_r は凹形分布を、また円形カルバートの p_r は山形分布を示し、いずれも現行設計法が仮定する等分布とは異なる。さらに矩形カルバートの p_h は現行設計法の仮定に近い台形分布であるが、馬蹄形と円形のカルバートの p_h は凹形分布を示し、現行設計法の仮定とは異なる。

参考文献 1) 東田他、盛土型埋設カルバートの遠心実験結果と現行設計法の比較、62 回土木学会年講、2007。

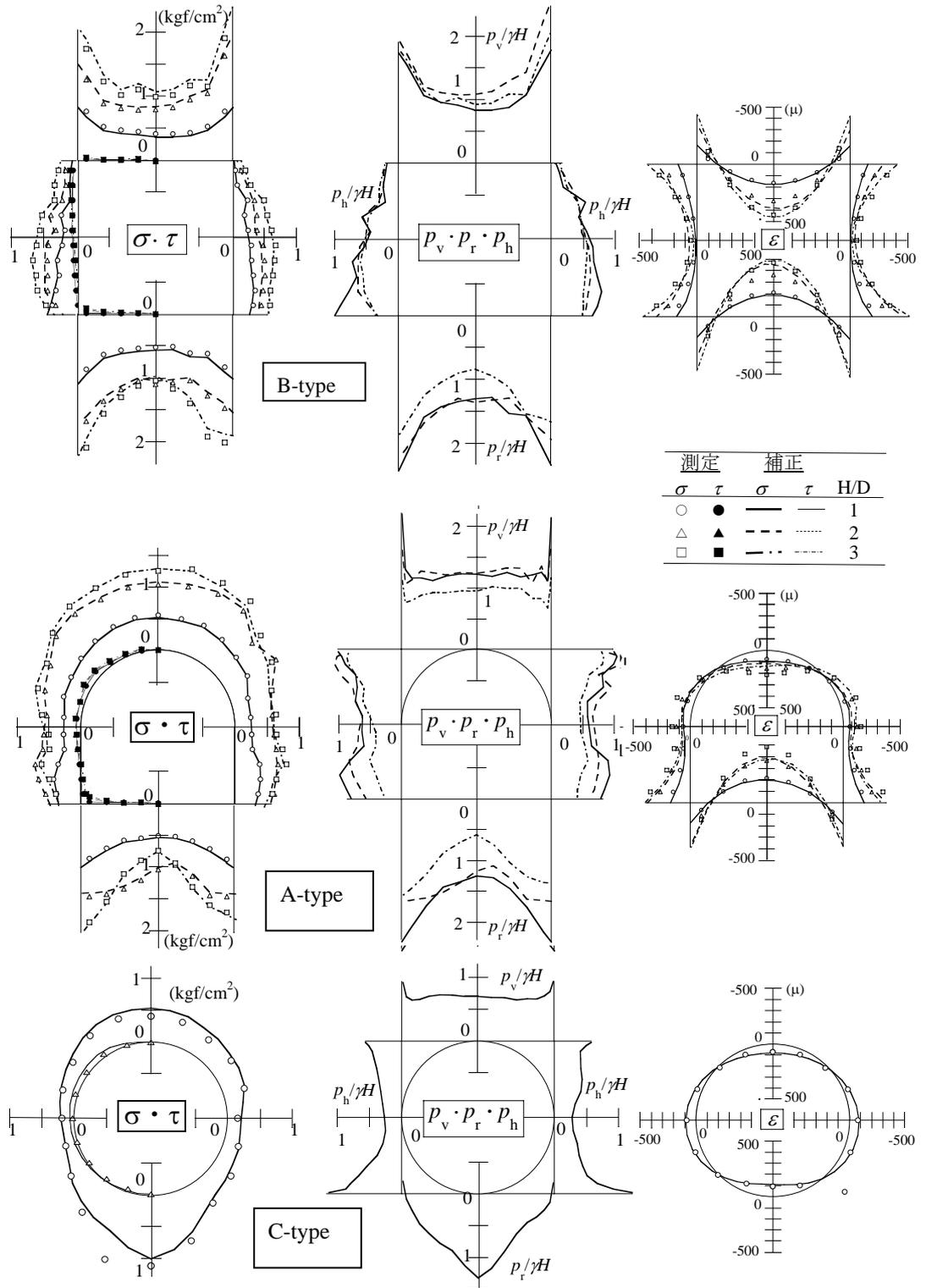


図-3 測定結果(SOL 地盤・ H 変化・ $H_b/D=2/9$ ・地表面載荷前)