

III-220

遠心力模型実験による剛性埋設管の土圧の検討

大阪市立大学 東田 淳・三笠正人・八谷 誠(現中央復建コンサルタント)

まえがき 埋設管に作用する鉛直土圧を等分布と仮定する慣行の設計法はしばしば管のひび割れ事故を起こしてきた。筆者らは数年来埋設管に働く土圧分布について研究してきたが、本報告では剛な模型管を用いた遠心力模型実験によって、A)管の設置形態、B)管面粗度、C)掘削溝幅 B_d 、D)土被り高 H 、E)基礎砂厚 H_b 、の5つの要因が埋設管の土圧(総量と分布)と管に生じる最大曲げモーメント M_{max} に与える影響を調べた。

1. 実験の方法と種類

Fig. 1に示す実験装置を遠心加速度30g場に置き、乾燥砂(Table 2、3)中に埋設された外径9cmの剛な模型管表面に働く垂直、せん断両応力の分布を測定した。実験方法の詳細は文献1)を参照されたい。実験の種類をTable 4に示した。管の設置形態のうち、溝型は仮設矢板(厚さ5mm)を設置してこれを引抜く実験で、溝型-1は2枚の模型矢板を同時に引抜き、溝型-2は片方ずつ引抜くものである。管表面が滑かで、Table 1に示した寸法の基準実験は共通であるから、全実験数は34である。

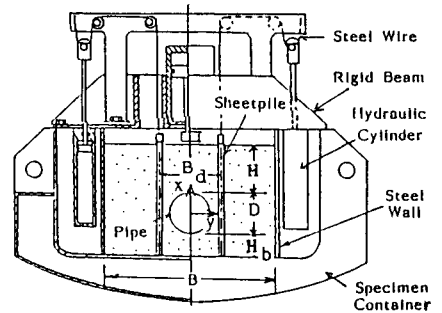


Fig.1 Testing System

Table 1 Standard Model unit:cm				
	D	H	H _b	B _d
Model	9	9	4	13
Prototype	270	270	120	390

Table 2 Silica Sand				
G _s	Grain Size	U _c	ρ _{dmax}	ρ _{dmin}
2.65	0.24-1.4mm	1.75	1.58t/m ³	1.32t/m ³

2. M_{max} の計算方法

実測土圧の下での M_{max} を管自重 W を与えた場合と与えない場合について計算し、次式によって係数 K' 、 K を求めた。

$$K' = \frac{M_{max}}{(Q/D) \cdot (D/2)^2} \dots (1), \quad K = \frac{M_{max}}{(\gamma H) \cdot (D/2)^2} \dots (2)$$

ここに Q は鉛直荷重総量で、管自重を与えた場合は $Q = P_v + W$ 、与えない場合は $Q = P_v$ (P_v は実測鉛直土圧総量)である。 K' は荷重形状係数で、通常用いられる180°等分布鉛直土圧、120°等分布鉛直反力土圧、水平土圧なし、の条件で $K' = 0.275$ となる。 K は、 $K = K' \cdot (Q/\gamma H D)$ の関係から分かるように、荷重の分布と総量両者の影響を含む係数で、 Q が管直上土塊重量 $\gamma H D$ の時に $K = K'$ となる。

3. 各要因による変化

Fig. 2は5シリーズの実験結果を上から順に土圧総量(鉛直、水平) $P/\gamma H D$ 、土圧強度(管頂、管底) $p/\gamma H$ 、 K' 、 K に対する各要因の影響として示したものである。溝型-1、2の値は矢板引抜き中に管頂土圧が最大となった時のもので、盛土型の値は30g場で5分間土圧が一定値を保った時のものである。なお、各要因による鉛直、水平土圧の分布の変化は別報²⁾に示した。各要因の影響をまとめると次のようになる。**Aシリーズ**:盛土型は溝型-1、2よりも土圧総量 $P/\gamma H D$ は大きい、管頂、管底土圧 $p/\gamma H$

Table 3 Mechanical Properties of Sand with Friction Angle ϕ_p on the Pipe

	γ_d	c_d	ϕ_d	ϕ_p		
				Smooth	Medium	Rough
Dense	1.55t/m ³	0	47°	17°	42°	45.5°
Loose	1.43	0	36°	16°	40°	44.5°

Table 4 Test Program

Series	Pipe Surface	Pipe Installation	B_d (cm)	H (cm)	H_b (cm)	Ground
A	Smooth	Ditch-1	13	9	4	Dense
		Ditch-2 Embankment	—	—	—	Loose
B	Smooth Medium Rough	Ditch-1	13	9	4	Dense
		Embankment	—	—	—	Loose
C	Smooth	Ditch-1	13 17 21	9	4	Dense Loose
		Embankment	—	4.5 9 12	4	Dense Loose
D	Smooth	Ditch-1	13	9	1/2	Dense
		Embankment	—	—	4	Loose
E	Smooth	Ditch-1	13	9	1/2	Dense
		Embankment	—	—	4	Loose

[Prototypeの管重量はこれと同径の実際のコンクリート管の重量とほぼ等しい。]

と K' は最小で、そのため K は溝型-1、2、盛土型の順に減る。Bシリーズ： $P/\gamma HD$ は管面粗度による変化は小さいが、溝型-1では $p/\gamma H$ 、 K' 、 K は管面が粗くなるといくらか減る。Cシリーズ：溝幅 B_d の増大につれて $P/\gamma HD$ は増えるが、土圧分布がなだらかとなって $p/\gamma H$ 、 K' が大きく減るので、結局 K も減る。Dシリーズ：土被り高 H が増えると $P/\gamma HD$ はかなり減り、管底土圧 $p_b/\gamma H$ も減って管頂土圧 $p_t/\gamma H$ との差が縮まる。 K は特に管自重を与えた場合に大きく減る。Eシリーズ： $P/\gamma HD$ 、 $p_t/\gamma H$ の変化は少ないが、 $p_b/\gamma H$ は基礎砂厚 H_b の増大とともに減り、 K も減る。

4. 従来設計法との比較

P_v のみを問題とする従来設計法にこの図の $P_v/\gamma H$ Dの変化を適用すれば、Aシリーズでは盛土型、Cシリーズでは B_d の大きな方が必要管強度が大きいという結果になるが、 K 値の変化はこれらとは逆になっており、土圧分布の変化を考慮しない従来設計法の限界が明らかである。また、溝型-1、2の K' 値が0.275よりもかなり大きいことは従来の設計法が矢板を用いた開削工法の場合に土圧分布の影響を無視し、管の曲げモーメントを過小評価してきたことを示している。

参考文献 1) 東田淳・三笠正人：開削工法で埋設された剛性管に働く土圧、土と基礎、Vol. 32, No. 11, 1984. 2) 遠心力模型実験による剛性埋設管の実測土圧とFEM弾性解析、第41回土木学会年講。

