

大阪市立大学 工学部 正会員 東田 淳
大阪市立大学 工学部 正会員 三笠 正人

まえがき

開削工法で埋設されたコンクリート管のひびわれ事故の解明のため、遠心力模型実験を行っている。今回は、計測土圧が管に働いた場合の管体に生じるモーメントを求め、土圧分布形状の影響を考察する。さらに従来の設計手法で問題を残している管自重と輪荷重の影響について考察する。

計測土圧について

土圧測定は図-1に示す模型管を用いて、管表面に働く垂直圧とせん断力を直接求めた。表-1に模型諸元と対応する重力場の実物寸法を示した。前回¹⁾は周辺地山を埋戻砂と同じ密度にして実験を行った（以下地山柔と呼ぶ）が、今回はさらに掘削溝外側に鉄板の剛壁を設置し、周辺地山が全く変形しない条件での実験（以下地山剛と呼ぶ）を行った。

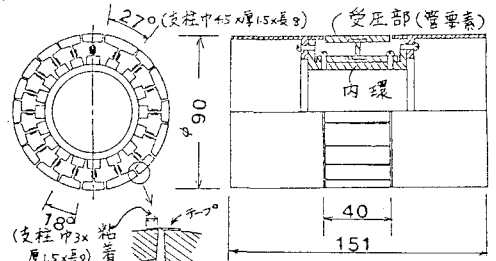


図-1 模型埋設管（単位mm）

1) 土圧の分布形状 地山の剛柔による違いは認め

られず、実測した垂直応力 P 、せん断応力 S から求めた垂直水平土圧の分布は、矢板引抜直後には、管の上半分に働く鉛直土圧は等分布に、管の下半分に働く鉛直反力は管底に集中する山形分布となり、水平土圧は管側中央より少し下で最も小さい凹型分布と

表-1 模型諸元と3Dモデルに対応する重力場の実物

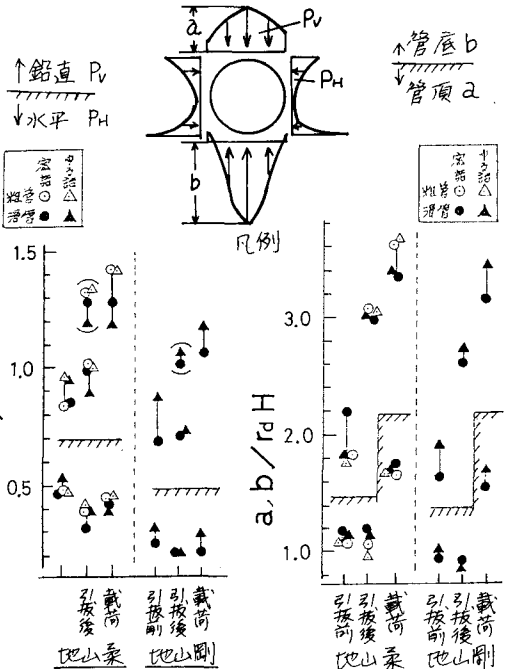
	管外全土被り D	管底土被り H	矢板 厚	矢板 間隔	矢板・載荷板 壁厚	載荷板 の重さ	管重量 の重さ	管径 粗さ
模型	9 cm	9 cm	4 mm	13 mm	0.5 mm	2.0043 g	0.047 g	1/4 mm
実物	270	270	120	390	15	60	39	42

※引抜時に矢板に付着して上がってくる土を考慮して定めた。

った。また、矢板引抜後の輪荷重による地表面載荷によって、鉛直土圧は表面が滑らかな管では管頂に集中する山形分布に、粗な管では台形に近い分布となり、鉛直反力はいずれの場合も管底への集中傾向が増した。

2) 全鉛直・水平土圧 図-2に全鉛直・水平土圧を H/D （ H ：土被り、 D ：管外全）で無次元化して示した。地山柔の場合の全鉛直土圧は、載荷時を除くと管頂上型土圧式の値1に近く、地山剛の場合はこの値よりもかなり小さい。全水平土圧は全鉛直土圧よりもかなり小さい。

3) 管頂・管底の鉛直土圧 図-3は、管頂・管底の鉛直土圧を H で無次元化した値で、管頂では載荷時を除くと土被圧とほぼ等しいが、管底の値はかなり大きく、集中傾向が強い。



断面力について

1) 断面力の算定方法 P, S の測定曲線を10°間隔で2次関数に置換し、最小仕事の原理を用いて、管頂の3つの不静定断面力を求めた。計算は管自重を与えた場合

図-2 全鉛直・水平土圧

図-3 管頂管底の鉛直土圧

と、与えはい場合の2通り行った。後者は鉛直反力の実測値から相似の分布で自重を割り引いて計算した。

2) 計算モーメント 図-4④⑤は実測土圧から求めた管頂、管底の計算モーメント M を $gdH(D/2)^2$ で無次元化した値で、④は自重のない場合、⑤は自重を考慮した場合である。いずれの場合も M_{max} は管底付近で生じに。矢板引抜によって管底 M は、地山柔で1.5~1.7倍に、地山剛では1.1~1.4倍に増え、載荷によってさらに増す。管頂 M は引抜によって管底ほど増えず、減少したものもある。④、⑤を比べると、自重を考慮した場合の M はしない場合よりかはり大きい。なお、文献②で紹介したしんちゅう管によって地山柔の場合の実測 M を求め、設計 M と比較したところ、管の剛性がかなり異なるにも関わらず、矢板引抜以降両者は良く一致した。

現行設計法についての考察

1) 分布形状の影響 コンクリート管の設計手法として広く用いられている下水道協会規格によれば、砂または土基礎の場合の M_{max} は管底に生じ、 $M_{max}=0.275gR^2$ (g : 管上半分に働く等分布荷重、 R : 管厚中心半径) — ①で与えられる。この式は、管に働く鉛直反力を 120° 等分布と仮定して導かれた。そこで、その分布形状の影響をみるため、実験から得られた全鉛直土圧(図-2)を管外径 D で除して g とし、管底の M (図-4④)を $g(D/2)^2$ で除した値 K を求め、図-5に示した。矢板引抜以降、どの場合も K の値は規格に示された値0.275の1.2~1.4倍で、鉛直反力の分布形状の影響が無視できない。

2) 輪荷重について 同規格によれば、輪荷重による土圧(の平均値; すなわち等分布と仮定) P は20tトラックの後輪荷重が 45° の角度で地中分散するとして求められる。本実験の P をこのようにして求め、 gdH で無次元化して図-2の矢板引抜後の値に加えると、同図の○で示した値となり、載荷時の実測値と比較的良好一致しており、規格による P の算定式は妥当なものと判断される。しかし、輪荷重による M を式①で求めると、図-4④⑤の○となり、載荷時の計算 M に比べて、一例を除いて小さく、やはり分布形状の影響が無視できない。

3) 自重の影響 同規格によれば、管体の有すべき最小抵抗モーメントは $MR=0.318QR+0.239WR$ (Q : 標準荷重)で算定され、右辺第2項は自重による M を表わす。ところが実際に埋設された管に発生するモーメント算定式では、自重による生じるモーメントが無視されている。図-4で示したように、矢板引抜後では自重を考慮した場合の管底 M は、自重を考慮しない場合の1.3~1.4倍となっている。本実験の管自重が実物のコンクリート管とほぼ等しいことから、現行の設計方法はこの点かなり危険側であると考えられる。

最後に、本研究にあたり助言を戴いた本学高田直俊助教授ならびに実験に協力を得た中村司(現 飛鳥建設)、藤井康博(現 奥村組)両君に謝意を表します。 参考文献: 1) 東田中村: 第18回土質工学研究発表会「遠心力模型による埋設管の土圧測定(管表面の粗度と砂地盤の密度の影響)」2) 高田東田中村: 第16回土質工学研究発表会「遠心力模型による埋設管の挙動観測」3) 日本下水道協会: JSWAS 下水道管線工法管

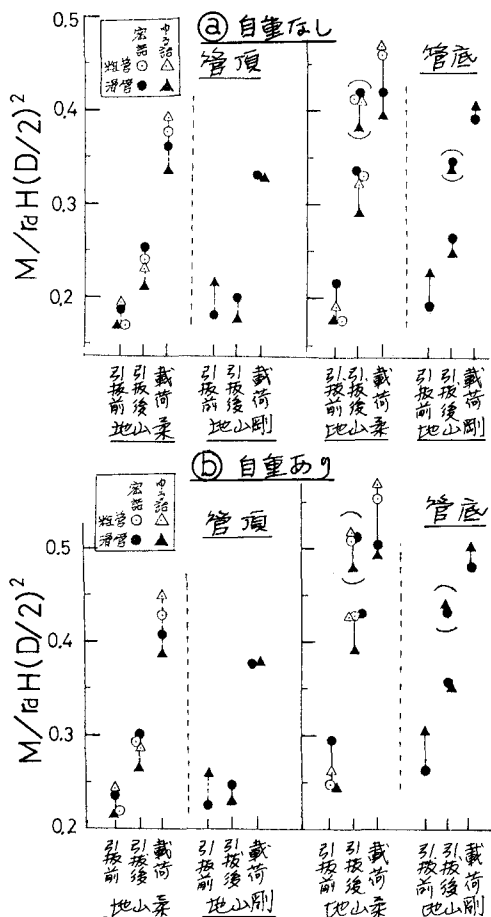


図-4 管頂・管底の計算モーメント

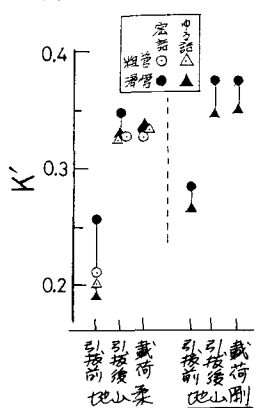


図-5 分布形状の影響