

埋設管に関する実験的研究 (その1)

名古屋大学工学部 正会員 松尾 稔  
 名城大学理工学部 正会員 堀内 孝英  
 名城大学理工学部 学生 鈴木 辰夫

1 まえがき

埋設管の現行設計法の基礎を与えている Marston, Spangler<sup>(1)</sup>の理論には、解明されるべき多くの点が含まれている。しかし、そのすべてを全面的かつ同時に取上げ解決に導くことは不可能である。埋設管の設計原理の改革を行なうためには、まず実際の現象を十分に把握し、それを忠実に表現できる設計式を作らなければならない。そのためには、種々の目的に応じて単純化した条件での室内実験が不可欠である。

本研究の最大の狙いは、埋設管に働く圧力の計測ではなく、管と周辺土との相対的な変形特性を把握することである。すなわち、種々の条件(土質、密度、管自体の変形、管径、支持条件、溝幅、土盛り等)に対し現実の問題との対応性を考えたモデルを設定し、管直下または管周辺地盤が沈下した場合の周辺土の変形状態や変形の伝播状況を把握することに重点をおき、もし存在するならば、すべり面の形状や等沈下面等を明確化し、Marston, Spangler理論の設計への最善の適用をはかると同時に新しい設計原理の確立を試みるものである。

2 モデルの設定

埋設管は設置方法によって溝型設置と突出型設置に分けられる。一般には、在来地盤に狭い溝を掘って管を布設した後、その状態まで埋戻す溝型設置方法がとられることが多いので、ここでは、このような埋設管を対象にする。埋設管の基礎工法としては、図-1に示す各形式が一般的である。溝型、突出型設置を問わず、その目的は管体補強と沈下防止の二つである。現実の問題として、このような基礎が引起すであろう実際の現象に対応させるべく、図-2に示すような3種類のモデルを設定し実験を行った。

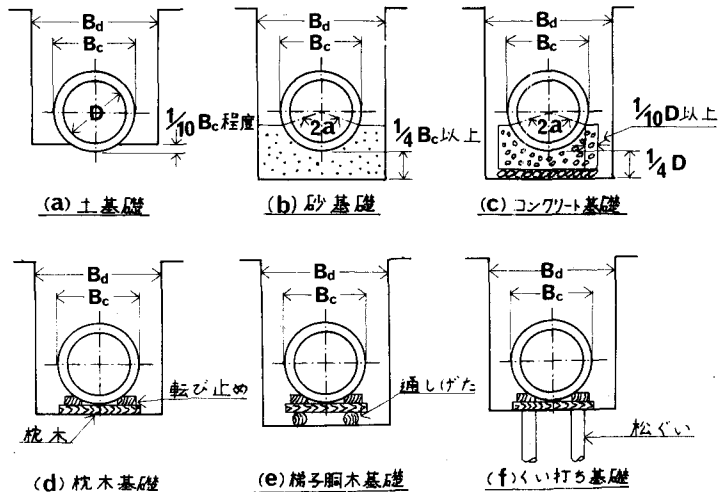


図-1 管の基礎

モデルⅠについては、管両側の地盤は不動で管直下の地盤が沈下する場合を想定したものである (Marston, Spangler の突出型の溝状態に相当)。実際問題としては図-1 (a), (b) に関して、管自重が非常に重く基床土にめり込む場合に相当する。モデルⅡについては、掘削溝底面の地盤が全面にわたり沈下する場合を

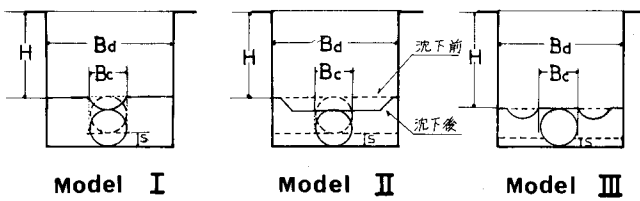
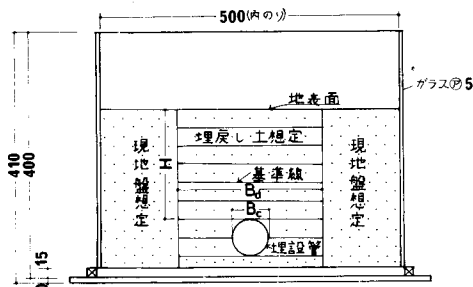


図-2 実験 Model

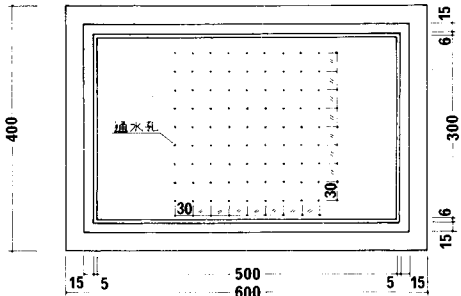
想定したもので、現実の問題としては例えば、図-1 (b) で基床砂の締固めが十分でない上に管を設置した状態や既設埋設管の下の地下工事によって、地盤がゆるむ場合などに該当する。モデルⅢについては、掘削溝壁と管側面の中間の地盤が沈下する場合を想定したもので、Marston, Spangler の突出型に相当している。図-1 のすべての基礎において、埋戻し土が自沈または一様な上載荷重により沈下した状態などが対応する現実問題として考えられる。とくに、機械化の導入による最近の埋設作業は、迅速になった反面、埋戻しの施工が十分に行なわれないこと、および路面荷重の増大などにより地盤沈下が生じやすい状態にあるので、これらに対してはモデルⅡ、Ⅲの検討が重要である。



(A) 土槽断面

3 実験方法

実験に用いた土槽を図-3 に示す。横 50cm、高さ 40cm 奥行 30cm のガラス製土槽で、底面は木製で 3cm 間隔に径 5mm の通水孔を設けてある。供試埋設管は剛性管を想定して、管口径に比して内厚の厚い合成樹脂系管を用いた。実験に用いた砂は相馬標準砂である。



(B) 土槽底面

図-3 実験装置

本実験では、すべて自然地盤を掘削した溝中に管を設置する溝型設置状態を対象としている。実験手順は次のとおりである。まず、土槽内の両側に薄い板を立て、その外側を $\omega$ 8%のよく締固めた埋戻し砂を所定の高さに埋戻す。この外側の部分が、いわば乱さない原地盤に相当する。薄板をはずすと砂は内側に壊れてくることのないので、かくして想定上の掘削溝ができた。その底面に透水性の高いフェルト(厚 $\approx 1.5$ cm)を敷き、その上に十分締固めた砂床を設ける。各モデルにおいて、相対的な変形を強制的に生ぜしめるために、砂床の上に所定の幅で疏母の層(厚 $\approx 1$ cm)を設けた(実験に際してはこれを水で溶かす)。このようにして出来上がった溝中に管を設置させた。つぎに、気乾状態の相馬標準砂で溝を埋戻した。埋戻しにあたっては、一層の厚さが約 1cm になるような砂量を一定の高さから落下させ水平に敷きつめ、各層毎に基準線として着色砂を水平に入れた。こうして出来上がった実験土

槽の下の部分を水浸させ、砂床の毛管現象を通して徐々に硫酸層を溶解させることにより、強制的に地盤または管の沉下を引起した。

強制的に地盤または管の沉下を生ぜしめた場合、管周辺地盤の移動状況をみるために、連続的な写真撮影を行なった。連続写真を重ね合わせたり、基準線の変化を眺みとることによって、地盤中の各点の沉下量および地盤の変形状態を知ることができる。なお管径、溝幅、土被りを変えた実験の内容は表-1のとおりである。

表-1 実験内容一覧

実験 番号	管径 $B_c$ (mm)	溝幅 $B_d$ (mm)	土被り $H$ (mm)	$B_d/B_c$	$H/B_c$
No.1	50	75	100	1.5	2.0
No.2	50	150	50	3.0	1.0
No.3	50	150	100	3.0	2.0
No.4	50	150	150	3.0	3.0
No.5	25	75	50	3.0	2.0
No.6	25	150	50	6.0	2.0

#### 4 モデルIの実験結果と考察

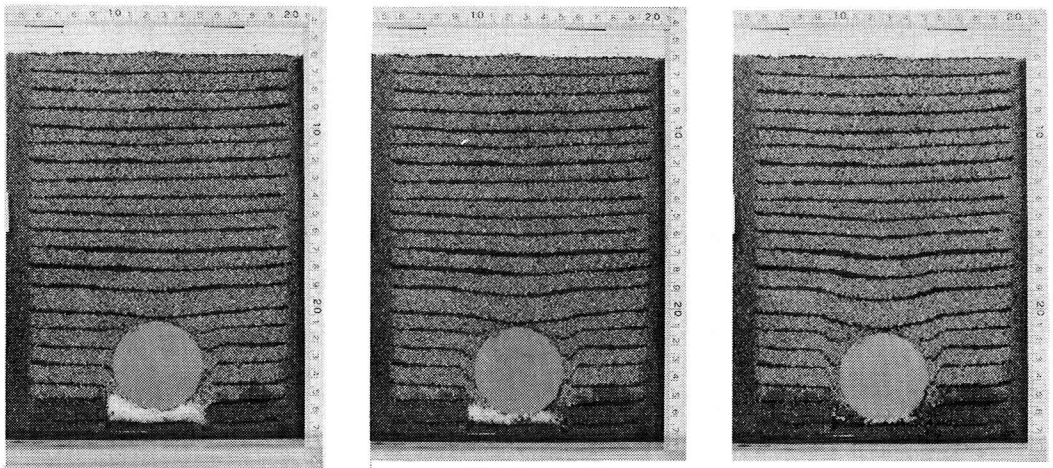


写真-1 沉下量:5.5mm (No.4) 写真-2 沉下量:6.6mm (No.4) 写真-3 沉下量:8.8mm (No.4)

写真-1~3は本モデル実験の代表的な一例を示したものである。これらの写真より、埋設管の沉下に伴う管周辺地盤の変形状態がどのように地盤中に伝達されるかを知ることができる。この現象を詳細に検討するため、管の変形前の写真を基準に管の沉下量が変わったときの写真を重ね合わせ基準線および、砂粒子の移動の有無を追跡して解析した。その結果を模式化して描いたものを図-4に示す。管の沉下に伴う変形領域の範囲の決定は、この種の問題を考察、解明する上で基本的な重要な事項である。管の沉下量と長円形のアーチ状頂点の移動(上昇)する位置との関係を調べるために作成したのが図-5である。この図は、すべての実験結果をもとに横軸に管の沉下量( $S$ )と土被り( $H$ )の比を、縦軸に管頂から長円形アーチ状頂点までの高さ( $H_c$ )と $H$ の比をとって示したもので、これが定性的傾向を有することは重要である。以上の検討より得た結果をまとめると次のとおりである。

i) 管の沉下に伴う管周辺地盤の変形形状と変形領域は、管の沉下量の増大とともに定常的に上方へ移動し、溝幅には関係なく管径によって長円形のアーチ状の伝達線が形成される。

ii) 地盤の移動範囲を示すこのアーチ状の曲線の頂点は、土被りの大きい場合には地表面まで到達

しないが、土覆りの小さい場合には地表面に到達する。この場合にはその後、この曲線の中央部が次第に外側に広がり、ついに対称な2組の鉛直平面となる。さらにそれ以後は、鉛直2平面の上方が漏斗状になって上方で広がる形状を示す。

iii) 図-5より  $H_t/H \sim S/H$  関係がほぼ直線になることがわかる。

### 5 まとめ

室内における小型のモデル試験は常に尺度効果の問題がつかまつる。今回の実験もその例外ではなく、その意味ではあまり厳密な量的議論はできない。しかし、問題解決の第一段階として、現象の定性的把握をすることはさきわけて重要であり、その点で今回の実験はかなり満足すべきものであったと考えている。すなわち、以上の実験結果から、モデル工の場合には、力学的な現象としては Marston, Spangler の突出型の溝状態が対応することがわかり、彼らの鉛直土圧理論式の適用可能を示唆している。また、現実への対応としてはトンネル土圧のアプローチにもなりうると思われる。

### 6 参考文献

- (1): Spangler, M. G.; *Culverts and Conduits*; *Foundation Engineering*  
 edited by G. Leonards Mc Graw-Hill pp 965~999, 1962

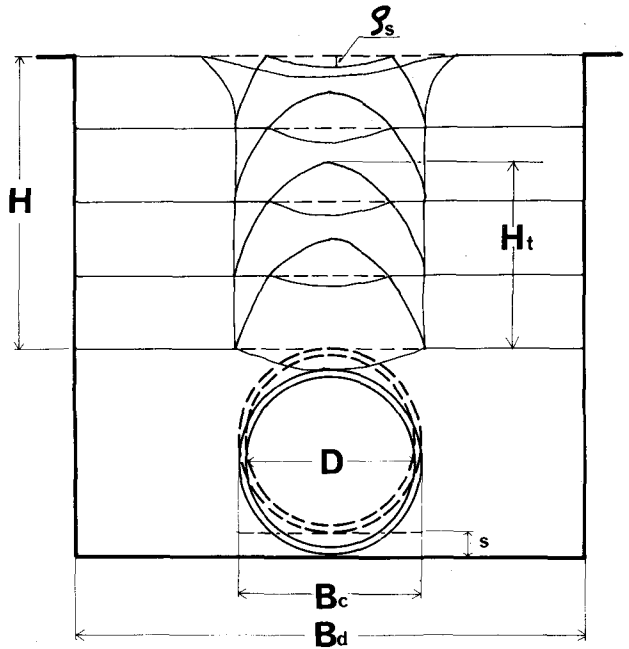


図-4 Model I 実験結果の模式図

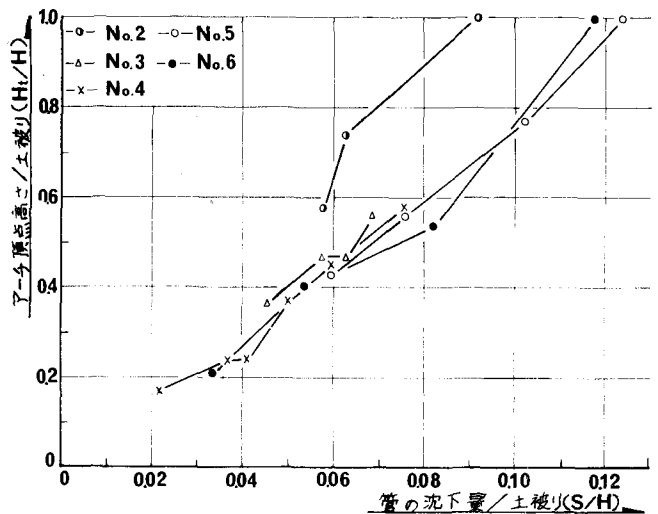


図-5  $H_t/H$  と  $S/H$  の関係