

ホーケイヒューム側溝に関する実験的研究

九州大学 正員

内田 一郎

松本 錦三

学生員

○ 鬼塚 克忠

日本ヒューム管株式会社

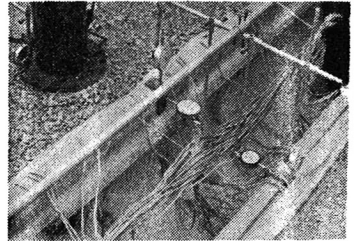
荒尾 義明

〃

早野 正義

1. まえがき

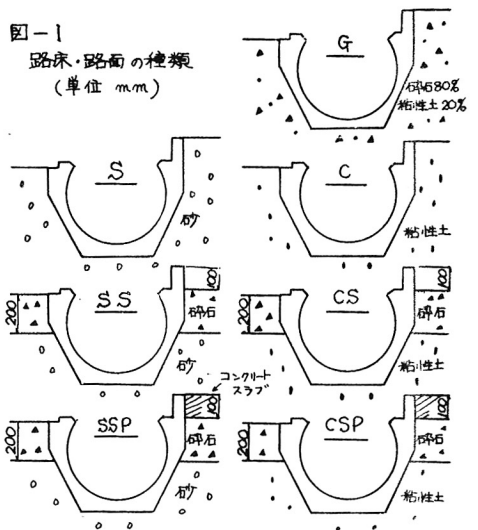
近年、路面排水用側溝管の需要が増してきている。従来は力学的な意味での側溝設計や製作はほとんど行なわれておらず、大部分は経験的に取り扱われていた。また道路上の自動車などの交通荷重によって受ける側溝管の底力や移動に関する問題はあまり解明されていない。そこで路面に荷重がかかる時の側溝管の受ける底力や側溝管の上下ならびに水平方向の移動、さらにこの実験に付随する浅い基礎の土圧を解明するため実験的研究を行なった。



2. 試験内容

実際の道路条件で工事中の状態を考えて、縦2.00m、横2.60m、深さ0.70mの穴を平地面に掘りその中に砂、粘性土、碎石、コンクリートスラブを単独または組み合わせ7種の路床・路面（図-1参照）を作成した。

(1). 粘性土路面（記号C）：粘性土のみ、(2). 砂路面（記号S）：砂のみ、(3). 粒度調整材路面（記号G）：碎石80%と粘性土20%の混合土、(4). 粘性土路床と碎石層（記号CS）：粘性土路床と20cmの碎石層、(5). 砂路床と碎石層（記号SS）：砂路床と20cmの碎石層、(6). 舗装路面（粘性土路床）（記号CSP）：粘性土路床と20cmの碎石層と10cmのコンクリートスラブ、(7). 舗装路面（砂路床）（記号SSP）：砂路床と20cmの碎石層と10cmのコンクリートスラブ。路床・路面の記号の文字の意味はつぎのとおりである。1番目の文字のC、S、Gはそれぞれ粘性土（Clay）、砂質土（Sand）、粘性土-砂利（Gravel）をあらわす。



2番目の文字のSは碎石層-基層（Subbase）を、3番目のPはコンクリートスラブの舗装（Pavement）をあらわしている。以後実験名は路床・

表-1 物理試験と突固の試験の結果

	比重	L-L	P-L	P-I	最適含水率 (%)	最大乾燥 密度(g/cm³)	均等係数 (P ₆₀)	三角座標 による分類
粘性土	2.720	61.0	32.0	29.0	26.0	1.500	169	ローム
砂	2.651				17.0	1.800	3	砂

路面の記号であらわす。使用した粘性土、砂の土質試験結果を表-1に示す。粒度調整材混合土は、アスファルト舗装型綱に従った。予定配号を表-2に示す。路床、路面は突固の試験（JIS A 1210）の最大乾燥密度になるように突固めた。実験時の路床や基層の含水比と乾燥密度を表-3に示す。実験に用いた側溝管は「A型400φホーケイヒューム」（商品名）で直径が400mm、長さが2400mmの

方型側溝コンクリート管で断

面形状。寸法を図-2に示す

。路面載荷によって路床の受

ける土圧を測定するために3個の平型土圧計を

埋設した。実験C, G, CS, SS, CSP, SSPのとき

の土圧計の位置を図-3に示す。実験Sのだけは

これらの位置と異なるが図は省略する。側溝管

の受ける応力を測定するためにワイヤーストレ

インゲージを貼った。2400mmの側溝管の中心線を

B線、載荷板側から見て中心から右300mmをA線、

左300mmをC線とした。(図-3参照)図-3に

示すようにA, B, C線上でのおおの20個、計60

個のゲージを貼付けた。すなわちゲージ番号①,

②, ③, ④, ⑤は側溝管内側の円周方向に, ⑥,

⑦, ⑧, ⑨, ⑩は側溝管内側の軸方向に, また⑪,

⑫, ⑬, ⑭, ⑮は側溝管外側の円周方向に, ⑯,

⑰, ⑱, ⑲, ⑳は側溝管外側の軸方向に貼った

ものである。側溝管とコンクリートスラブの移動

を測定するために取付けたダイヤルゲージの位置

を図-4に示す。ダイヤルゲージ番号①, ②, ③,

④, ⑤, ⑥, ⑦, ⑧は側溝管の水平方向の移動測定のため,

⑨, ⑩, ⑪, ⑫は上下方向の移動測定のため側溝管の

上端に取付けたものである。載荷板としては直径30cmの円板を用い、オイルミ

ツキて載荷した。載荷位置はB線上の3点とした

。(図-3参照), それぞれは載荷板の中心が側溝管の

上端から150mm, 250mm, 350mm離れた位置でそれ

ぞれ1, 2, 3とあらわす。例えば実験Cの場合,

前記の載荷位置での実験をC₁, C₂, C₃と呼ぶ。載荷

方法はすべて「JIS A 1215, 道路の平板載荷

試験方法」によった。載荷, 除荷はつぎのとおりで

ある。実験Cでは, 0→0.5→1.0→1.5→2.0→2.5tonま

で載荷しつぎに, 2.5→2.0→1.5→1.0→0.5→0と除荷し

た。実験S: 0→0.5→1.0→1.5→2.0→2.5→2.0→1.5→1.0

→0.5→0。実験G: 0→2.0→4.0→6.0→4.0→2.0→0。

実験CS, SS: 0→1.0→2.0→3.0→2.0→1.0→0。

表-2 粒度調整材の予定配合

	通過百分率(%)							
通過7.5(mm)	25.4	19.1	9.52	4.76	2.00	0.42	0.075	
予定粒度	100	70	50	35	25	15	5	

表-3 試験時の含水比と乾燥密度

	含水比 (%)	乾燥密度 (g/cm ³)
粘性土	18.1	1.50
砂	12.0	1.60
調整材	2.1	1.97
碎石	1.8	1.90

図-2 側溝管断面図(単位mm)

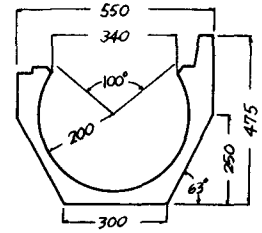


図-3 土圧計とワイヤーストレインゲージの位置(単位mm)

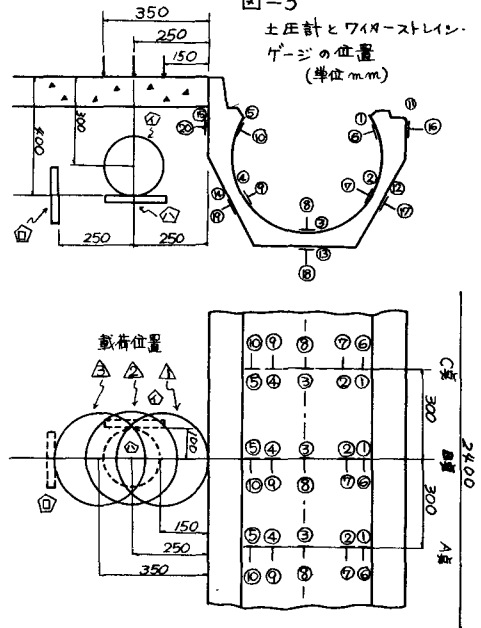
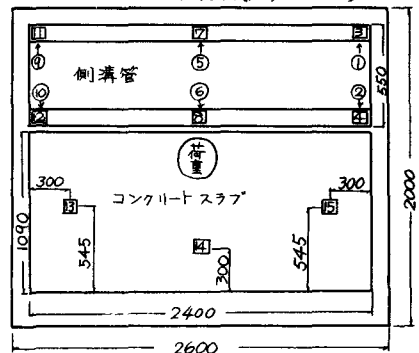


図-4 側溝管コンクリートスラブ、ダイヤルゲージ配置図

(単位mm) ○—水平移動測定ダイヤルゲージ
□—上下移動測定ダイヤルゲージ



実験CSP, SSP: 0→20→40→60→80→100→80→60→40→20→0. 各荷重段階ごとに側溝管に生じるヒズミと移動量, 路床の受ける土圧と測定した。ただしこれらの測定値には土がふりによるものは含まれていない。

3: 弾性係数の測定

供試体は内径100mm, 外径150mm, 高さ300mm. の円筒型のヒューム管であり, コンクリート配合は側溝管と同じである。弾性係数は $E=436,000$ ㎏/㎠であった。以後側溝管の応力計算はすべてこの値を用いた。

4. 実験結果と考察

4-1. 路面荷重によって生じる路床の土圧に関して

図-5, 6に荷重土圧曲線を示す。円板上の等分布荷重による任意点の応力を積分によって求めることができなかったため分割法を用いた。⁽¹⁾ それは載荷円板を16等分し, それぞれの重心に1/6の集中荷重が載荷したと考えて集中荷重公式から任意点の応力を求める。同じ操作を繰返して最後にこれらを合計して値を求めた。この方法によっても十分な精度が得られる。フレーリツヒは集中荷重公式をこのような分布荷重まで⁽²⁾ 応じてはいないけれども比較検討のためフレーリツヒの式を用いた。

a. 垂直土圧(土圧計⑤)について

(1). Gの受ける土圧がCの土圧よりも2~3倍大きい。円形等分布荷重による中心直下の垂直応力公式として $\sigma_z = P_0 \cdot (1 - \cos^2 \theta)$ を用いるとCの場合は $\nu=3$, Gの場合は $\nu=18$ となる。(2). SSの受ける土圧がCSの土圧よりも1.5~2.5倍大きい。(3). SSPの受ける土圧がCSPの土圧よりも1.5~2.0倍大きい。(4). (1), (2), (3)より砂や碎石の方が粘性土よりも大きな土圧を受ける。(5). G, Cに比較してSSP, CSPの受ける土圧は小さく1層から3層にすることによる荷重分散の効果があらわれている。

b. 水平土圧(土圧計⑥, ⑦)について

土圧計⑥に関しては垂直土圧と同様の傾向を示す。土圧計⑦ではSSPとGとCの受ける土圧が近似した値を示す。

c. 応力集中係数について

粘性土の場合は $\nu=3 \sim 5$ の範囲である。砂や粘性土より, 碎石ではそれより大きい。

4-2. 路面荷重によって生じる側溝管の応力に関して

図-5 荷重・土圧曲線

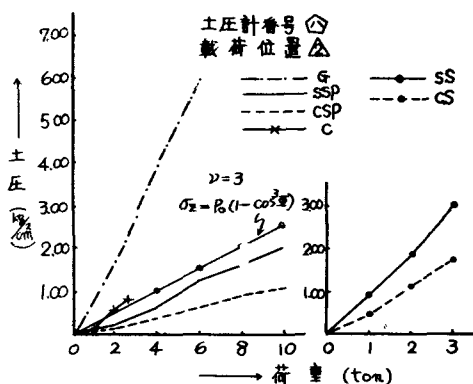


図-6 荷重・土圧曲線

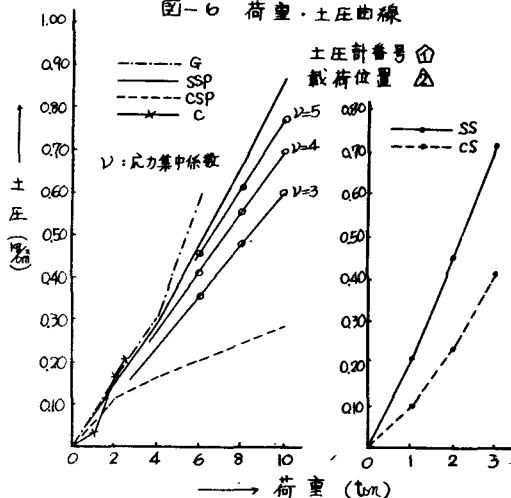


図-7に同一荷重・応力状態と例・之に断面応力図の一例を示す。

(1). SS, CSは路面が低いことと管系による荷重分散のためG, S, Cより小さい応力を示す。(2). S'とC, SSとCSはほぼ同じ大きさを示している。(3). SSPとCSPをくらべると載荷荷重の大きさ観測点の位置にかかわらずCSPの方が大きな値を示している。(4). 荷重が2Tonのときの応力の大きさは $SSP < (CSP, G) < (S, C)$ である。

(5). 管内の底部ゲージ番号③と④には常に曲げ圧縮応力が生じる。最大曲げ圧縮応力は④で生じることが多く、つぎに多いのが③である。(6). 最大曲げ引張応力は管外の底部⑩でもっとも生じやすくつぎに多いのが④である。実験で得られた最大曲げ引張応力はCSP-AおよびCSP₂-Aの荷重10Tonのとき $\sigma_t = 48.0 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ 、最大曲げ圧縮応力はCSP₂-Aの荷重10Tonのとき $\sigma_c = 61.0 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ である。ホューム管の圧縮応力は $\sigma_{20} = 360 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ 以上であり曲げ最大引張応力は50~60%はあると考えられるので自動車荷重に対する側溝管としては安全であると考えてよい。(7). 管の底部の軸方向のゲージ⑧, ⑩に大きな曲げ引張り応力が生じる。

4-3. 路面載荷によって生じる側溝管の移動に関して

a. 水平移動について

(1). ほとんどの場合、管の上端の間隔が縮小するような移動が生じる。(2). C, S, CS, SSでは荷重が小さいので移動量は0.1mm以下である。(3). SSPとCSPでは載荷点側の移動量が無載荷点側の値より小さい。(4). 載荷点カ△のときはCSPの方がSSPよりも管の上端間隔が縮小、他の点では不明瞭

b. 上下移動について

(1). すべて沈下を生じた。(2). 粘性土を含んだ路床・路面における沈下量が砂を含んだ路床・路面よりも大きい。C時の沈下量>S時の沈下量、同じくCS>SS, CSP>SSPである。(3). すべての路床・路面で載荷点側の沈下量が無載荷点側の沈下量の2~3倍程大きい。

参考文献 1. 石井正郎「平板荷重分布とK-値の計算値と観測値の比較」『道路』1966年4月

2. Tsc hebotarioff 'Soil Mechanics Foundations and Earth Structures', P.215

図-7 同一荷重・応力曲線

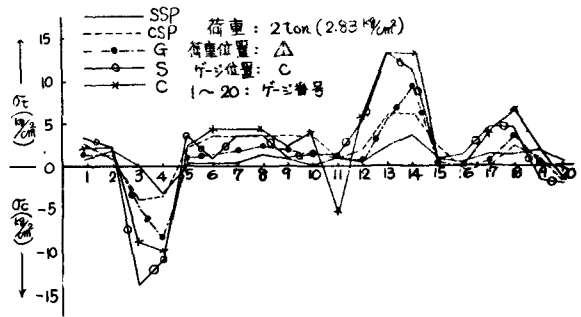


図-8 断面応力図

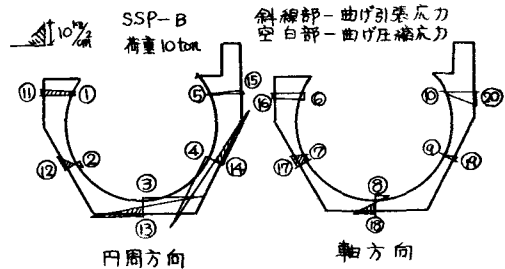


表-4 載荷除荷時の側溝管の最大移動量(100mm)

載荷位置△ (+). 水平移動では管の上端間隔の縮小を

○: ダイヤルゲージ番号 上下移動では沈下を示す

管の 種類	最大 移動 mm	水 平 移 動										上 下 移 動	
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫
C	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	45
S	25	-2	2	0	0	9	9	0	0	0	0	11	9
G	6	0	15	15	-1	20	19	-1	19	18	23	95	
CS	3	6	-3	3	3	-1	2	2	-7	-5	25	70	
SS	3	3	0	3	1	0	1	5	0	5	10	32	
CSP	10	68	10	78	46	33	74	24	47	71	129	317	
SSP	10	38	22	50	31	7	38	19	0	19	60	159	