

參 考 資 料

土木學會誌 第十卷第五號 大正十三年十月

下水溝幅員と管上荷重との關係に就て

(G. C. D. Lenth 氏所説 Eng. News-Record, March 27.1924)

幅員大なる下水溝及び貧弱なる基床工は大なる荷重を生ず而して各状況に應する一定の形式は理論的設計を爲し得るものなり。

研究の經過及項目 數年前アイオワ州エームスに在るアイオワ州農工技藝専門學校の工學實驗所長アンソーン・マーストン教授に依り下水管及び排水土管の耐力に就き重要な研究が行はれたり。是等の研究は數年間も要し其進行中下水溝掘鑿法及び下水管敷設法中種々の形式をも研究されたり。此研究中發見されたる主要項目は下の如く摘出するを得べし、即ち

- (1) 埋戻用の土の重量及び性質、 (2) 下水溝中管頂部以上の深さ、
- (3) 下水溝幅員、 (4) 管床の設備、
- (5) 管に埋設せんとする土の性質、

下水溝掘鑿法及び管上埋戻との關係に就て 過去數年間技術者は下水溝造物中に生ずる應力を適當に評價する方法を缺くを以て多數の工事請負者をして下水溝の掘鑿を單に其底部の隅角を實際に直角に而してその底面又は基床面をも一平面になす事を許可せるのみならず寧ろ斯く要求せり、而して下水管のハップを胴體と一體とする近代型が流行し始めたる時には下水溝の底部にベルホールを設くべき事が認めらるゝに至れり。

斯くする時は下水管及び其上部の埋戻の重量は管に對し單に兩端にて支持され居る桁の如く作用せずして寧ろ下水管の胴體に沿ふて一様に分布さるゝなり、然し乍ら溝床の適當なる形狀及び管の底面の如何程の部分が土と接觸して支持されねばならぬかと云ふ如き事に關しては何等の考慮をも廻らざれ居らざるなり。

次に埋戻の重量は下水管上には或る荷重を又管内部には應力を生ずべし、其管内に起る反作用は二方向に働くなり、即ちその方向は次の如し、

- (1) 下水管を設置しある基礎面に垂直に。
- (2) 其變形により下水溝の兩側面に水平に。

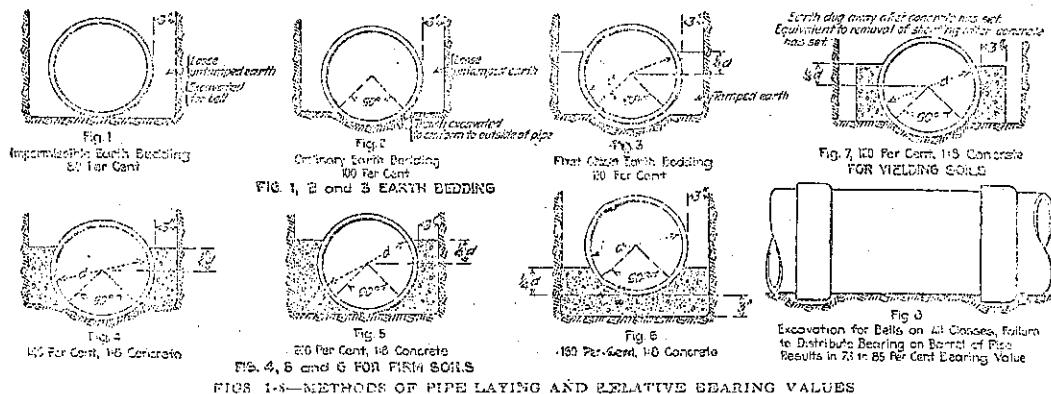
若し下水管の兩側に接せる土層の性質及び状態が比較的良好にして假令水平的變形を生ずるともそれが輕微なる時は管は其形を保ち得るならん。

然れ共若し此状態が覆へされ激しき 形を生ぜる時は必然の結果として下水の石造物は彈性的の環又は管ならざる爲めに破壊さるべし。

敷 設 方 法

(a) 不良敷設法 (Impermissible method of laying) (第一圖参照) マーストン教授に依り行はれたる實驗は次の事を證明せり、即ち下水管が四角掘の平底溝中に敷設され管の周圍の間隙は搗き固めせず粗糲物にて埋戻さるゝ時は管の耐力は單に75—80%を現はすのみなり。而して斯る事實に依りて此敷設法は決して許容すべきものにあらず。

(b) 普通敷設法 (Ordinary method of laying) (第二圖参照) 若し下水溝の基床にして管の外周の下部 1/4 部分を支ふる如く造られ而して管の周圍の間隙



第一圖乃至第八圖

部の埋戻は弛やかに搗き固めされざる時は第二圖に示す如く下水管の耐力は完全に100%を發現し得るなり。此敷設法は一般的に爲し得るものなり。

(c) 最高級敷設法 (First-class method) (第三圖参照) 固定工合の良好なる土層が不良なるものより一層剛強に反力を生する事は明かなり。而して若し管が溝中に敷設されその溝の底部は管の下部 1/4 を支持する如く造られその管の下部及び周圍の間隙は第三圖に示す如く管經の 3/4 の高さに至るまで精選粒状土質物にて充分搗き 固めらるゝ時は耐力中に普通法以上 20% の增加力を得べし。此構造方法は最良の施工法及び細心の監督を要するなり。

(d) 特殊方法 (Special method) (第四,五,六,及七圖参照) 古き實驗の結果に促され特殊の施工法を要する諸條件が研究されたり。

第七圖には管の兩側に1:8混疑土厚さ3吋のものが置かれ而して溝測及び混疑土の側面間に或る間隙を設けたる状態を示せり、其石積工と下水溝側壁間に或る間隙が設けられたる此状況は實際上工事中に溝の兩側面を支持すべき板を敷く爲めの必要上屢々生ずるものにして又其間隙は下水管敷設後敷板を引き抜き又は取り去る時に生ずるなり。實驗に於て斯様に混疑土にて支持されたる時は管としての正規の耐力の殆ど120%と云ふ値を表はし又第三圖に示す如き状態に等しき耐力を表はす事を知るを得るなり。

若し一方第四,第五及第六圖に示す如く溝の兩側壁と管の側面との間に1:8混疑土厚さ3吋のものを敷設し斯様に土層と管との間に何等の間隙をも存せざるが如き時は管の耐力は普通敷設法にて現はるゝ耐力値の150%~220%にも達する状態を表はすなり。

敷設法としての結論 此簡單なる論説により下水管敷設法としては先づ溝の下部にペルホール及び管の下部90度の部分の爲めに適當なる掘鑿を行ふべき事を明かに知らしめたり。而して同時に安全率として管の全耐力より以上の或る値を發揮せしめん爲めには管の周圍の土又は埋戻を掲き固むる事は尙一層望ましき事も明瞭になれり。

ペルホールは下水管のハップに丁度充分適合する丈けの大きさならざる可らず。必要以上大なるペルホールは管胴體の下方部の支持面の長さを減ぜしめ斯くして比較的短き部分の上に荷重を集中せしむるに至らしむべし。

各種の管に対する適當なる溝幅 次に起る問題は各下水管の大きさに對し適當なる下水溝の幅員は如何と云ふ事なり。其幅員に就てはメトカーフ及びエッディー氏の公式あり次の如し。

$$\text{下水溝最大幅員} = 1.4 \times \text{下水管經} + 12\text{吋}$$

然るに下水溝の最大幅員は管の各側面に12吋の作業用の間隙を與ふべき程度のものなる事を指定する事は多くの技術者にとりて普通事項なれども私見としては溝の最大幅員は管の内徑の $4/3$ 吋に8吋を加へたるもの以上たらざるを可とす、次表は下水溝幅員を種々の公式又は上の原理に基きて作りしものなり、而して此表中には尙米國材料試験學會によりて規定されたる管の壓碎力をも附加しあり。

下水管に對し溝の最大幅員が決定されたる後實用的應用はアイオワ州エーモスに在る工學實驗所記事第31號に示す如く圖表第九圖乃至第十四圖に表はされたり、其圖表は工學上に於けるマーストン教授の主要なる貢獻

の一部の圖式表示なり。此圖表は相異れる6種の土質狀態を基本とせるものにし

Size of Pipe In.	A.S.T.M. Crush. Strength Lb. per Lin.Ft.	MAXIMUM WIDTHS OF TRENCHES FOR SEWER PIPE		Old Rule in Ft
		Metcalf & Eddy Formula $1.4 + \frac{12}{d}$ in Ft.	Writer's Formula $\frac{4}{3}d + 8$ in Ft	
6	1,430	1.70	1.33	2.69
8	1,430	1.92	1.57	2.90
10	1,570	2.17	1.76	3.08
12	1,710	2.40	2.00	3.27
15	1,960	2.75	2.32	3.56
18	2,200	3.10	2.67	3.65
21	2,590	3.45	3.00	4.17
24	3,070	3.80	3.33	4.45
27	3,370	4.15	3.67	4.77
30	3,690	4.50	4.00	5.08
33	3,930	4.85	4.33	5.35
36	4,400	5.20	4.67	5.75
39	4,710	5.55	5.00	5.94
42	5,030	5.90	5.33	6.25

Note— d = internal diameter of pipe; t = thickness of pipe.

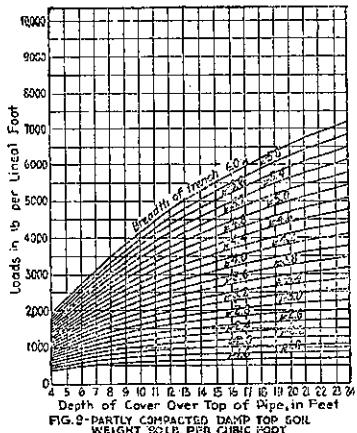


FIG. 9—PARTIALLY COMPAKTED DAMP TOP SOIL
WEIGHT 100 LB. PER CUBIC FOOT

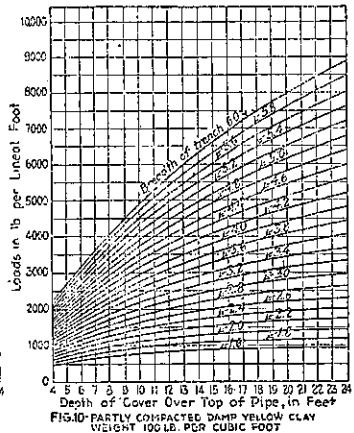


FIG. 10—PARTIALLY COMPAKTED DAMP YELLOW CLAY
WEIGHT 100 LB. PER CUBIC FOOT

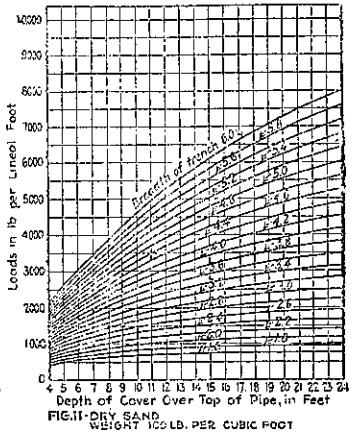


FIG. 11—DRY SAND
WEIGHT 100 LB. PER CUBIC FOOT

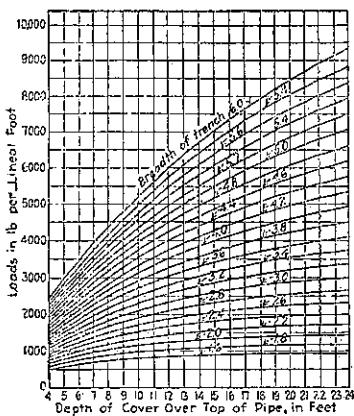


FIG. 12—SATURATED TOP SOIL
WEIGHT 110 LB. PER CUBIC FOOT

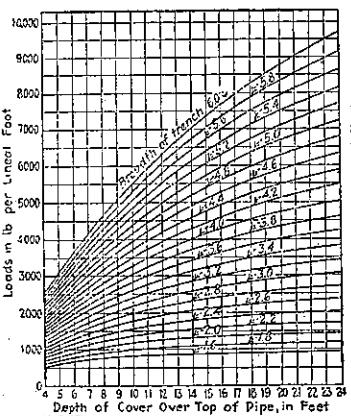


FIG. 13—SATURATED SAND
WEIGHT 120 LB. PER CUBIC FOOT

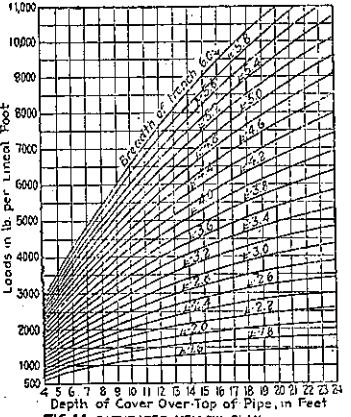


FIG. 14—SATURATED YELLOW CLAY
WEIGHT 130 LB. PER CUBIC FOOT

FIGS. 9-14—LOADS IN TRENCHES OF VARYING WIDTHS, FOR DIFFERENT KINDS AND CONDITIONS OF SOIL

て即ち最も軽きものとしては1立方呎 90lbs の固結不充分なる含濕上層土にして最も重きものとしては1立方呎 130 lbs の飽和黃色粘土なり、圖表中曲線は1.6—3.0呎間種々の下水溝幅員を示しマーストン教授の公式は

$$W = CwB^2 \text{ により計算せるものなり。而して}$$

W =下水溝1呎長に於ける管上の重量又は荷重

C =土壤に對する係數

w =下水溝用の埋戻土1立方呎の重量

B =下水管頂の直下にて計れる下水溝幅員

總ての圖表は同様に製作されたるものなる故に多數の例を示すことは不必要的に依り唯一例を示す。

掲て 24 吋徑の下水管に對して溝の最大幅員を管徑の $4/3$ に 8 吋を加へたるもの即ち3.4呎に指定し而して管上の被覆部の深さを8呎と假定せん。然る時は其重量一立方呎 90 lbs の土を採用したる第九圖に於て被覆部の深さ8呎を示す、垂直軸を辿り 3.4 と附記せられたる曲線との交點に至り更に其交點を表中の周邊に向ひ水平に辿る時はその荷重が下水管 1 呎長毎に 1,700 lbs なる事を示すべし。若し下水溝幅が 4.4呎なる時その荷重は 2,600 lbs なり而して時々起る如くスティーム・ショベル等掘鑿機等を使用する結果非常に廣き幅員の掘鑿を要し其幅 6呎に達するが如き場合には 1 呎長の荷重は 3,800 lbs となるべし。

此例により下水溝の最大幅員は總ての種類の掘鑿法に就て各々定めらるべきものなりと云ふ事が非常に重要な是明瞭になれり、即ち上述の如く荷重には 1,700~3,800 lbs に至る變化がありて其變化は管にて支持せらるべき荷重に 120 % を増加せしむるなり。

近代式の有效なる方法としては種々なる形式の掘鑿機を用ふるに至れり。下水構造上往時は總ての掘鑿は手掘なりき、現今はエンドレス・ベルト式の掘鑿機が使用さるゝなり。而して斯ゝる機械に使用の目的にて設計されたるバケットを以てすれば下水管の下部 $1/4$ の部分に適合する如く溝底を掘鑿し得るなり。若しベルホールが掘られたる時は第二圖に示す如く 100 % の状態を現はすべしと云ふ事を假定するは安全なる事なり。然れども安値に大量の土を動かす事が出來而して請負者は縦切板を用ふるより寧ろ溝を廣く傾斜を付け掘鑿するを好むが如き場合にはスティーム・ショベル等掘鑿機を使用する事は特に廣き下水溝を生し易く爲めに

附加的危険や其等に相似よれる事を誘因するに至り技術者にとりては失敗又は煩勞の種となるべし。

以上の形式の圖表はアイオワ工學實驗所の種々の報告記事中に存する材料に基きたるものなり、斯く圖表を作製したるはマーストン部長とその同僚との優秀にして而も面倒多かりし研究をして最も廣く使用せしめんとする意味に於て爲されたるものなり。(完)