

PSⅢ-8 掘削溝を横断する小口径埋設管の破壊事例とその原因（その2 破壊原因に対する考察）

大阪市立大学 東田 淳・吉村 洋

まえがき 昭和54年に起こったガス管破壊事故の原因の考察を通して、掘削溝を横断する小口径埋設管の安全性に関わる要因を調べている。別報¹⁾では破壊ガス管に働いた土圧の幅を推定するために行った遠心実験について述べたので、本文ではガス管の破壊原因について考察する。

1. 破壊ガス管の性状と強度

破壊ガス管は23年間供用されたねずみ铸铁管（外径 $D=168\text{mm}$ 、管厚 $t=9\text{mm}$ 、管長 5m ）である。破壊断面の亀裂は管軸と直角に管の下部に入り、管の上部はつながっていた。管の外面には腐蝕孔が斑状に、特に管下部に多数存在した。さらに、破壊断面の底部には深さ 5mm 、幅 43mm の三日月形の大きな腐蝕がみられた。腐蝕の無いねずみ铸铁の引張り強度 σ_t は 21kgf/mm^2 と推定されたが、破壊ガス管の底部と側部から切出した試験片の見かけの σ_t （ $t=9\text{mm}$ とした時の σ_t ）はそれぞれ 16kgf/mm^2 、 20kgf/mm^2 と小さかった。

ここで、管底部の有効管厚 t' （ $\sigma_t=21\text{kgf/mm}^2$ を持つ部材の厚さ）を推定すると、 $t'=16\text{kgf/mm}^2 \times 9\text{mm} / 21\text{kgf/mm}^2 = 6.86\text{mm}$ となるので、管底、管頂の t' をそれぞれ 6.86mm 、 9mm とおき、この2点を通る円の外側が腐蝕されたとしてこの部分の強度をゼロと仮定すると、断面係数として $z=139\text{cm}^3$ が得られる。さらに、破壊断面の z は 133cm^3 となった。これらの値は腐蝕の無い管の $z=170\text{cm}^3$ の82%、78%に相当する。

2. 掘削に伴う地盤変形と管の支持条件

周辺地盤は上部（G.L.0～-1.5m）が粘土層、その下が細粒混じりの礫層であった。別報に示したようにこの工事では土留めにH杭横板工法が用いられており、掘削に伴う周辺地盤の変形は当然避けられない。そこで、この現場で生じた変形の範囲（すべり線）を図-1のように推定した。この推定したすべり線の内側では周辺地盤は下向きに動き、また埋戻し土も沈下するので、管の下部に隙間が空き、地盤反力が働かない状態が生じることになる。

次に、破壊ガス管は 5m もので、その両端には $3^\circ \sim 5^\circ$ の回転が可能なジョイントがある。さらに、南側のジョイントはT字管と接続され、このT字管は掘削線と平行に埋設されたガス管と接続されている。ここでは、これらのジョイントを回転支承とおき、地盤を弾性支承と仮定してガス管に働く曲げモーメント M とたわみ y を計算した。

想定した支持条件と荷重の加わり方、および計算結果を図-2に示した。地盤のパネ定数 K は、文献²⁾で実施した幅 20cm の載荷板を用いた地表面載荷実験の結果に基づいて $K=1\text{kgf/cm}^3$ を選んだ（地盤材料は乾燥珪砂で、 $D_r=90\%$ の密詰め地盤の荷重沈下曲線を用いた）。図-2に示すように $M_{\max}$ と $y_{\max}$ は $x=160\text{cm}$ の位置で生じ、この $M_{\max}$ 値はジョイントを無視した場合の値よりも2割強大きいことが分かった。

3. 荷重条件と計算結果

図-2に示した荷重 W は土圧 P_v と輪荷重 q の和である。ここでは以下のように P_v と q を推定した。まず土圧 P_v は、管よりも上部の土の状態をゆるい場合（ $\gamma=1.79\text{tf/m}^3$ ）と密な場合（ $\gamma=2.10\text{tf/m}^3$ ）の2通りに分け、それぞれに

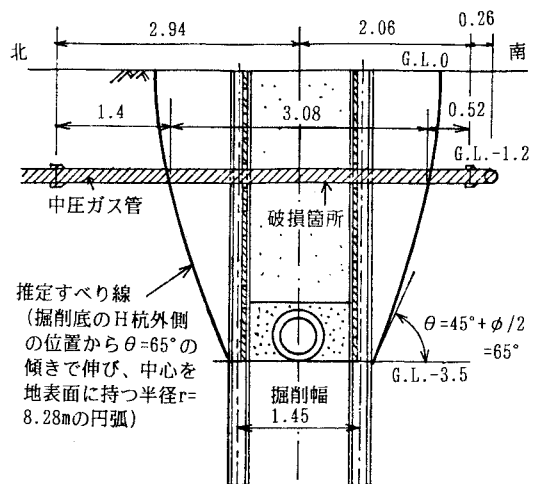


図-1 推定すべり線 (unit:m)

対して別報¹⁾の遠心実験で得られたゆる地盤と密地盤の場合の $P_v/\gamma_d H D$ の値(約3および6)を適用して、 $P_v=10.8\text{kgf/cm}$ および $P_v=25.4\text{kgf/cm}$ と決めた。なお、埋戻し土がゆるい場合でも、すべり線と掘削壁の間で管に働く土圧は密地盤の P_v 値を採用するべきと考えられるが、実際には掘削の進行に伴ってすべりが生じ、地表面付近がゆるんだため路面の修復(埋戻し)がなされたことを考慮してゆる地盤の P_v をそのまま与えた。

輪荷重 q としては、輪荷重無し・20T車が単独走行・20T車が並んで走行の3ケースを考え、後者の2ケースでは下水道協会の45°地中分散式を用いてそれぞれ $q=2.6\text{kgf/cm}$ 、 4.9kgf/cm と算定した。

以上の荷重を組合わせた6ケースの荷重強度における $M_{\max}$ 値、および管の破壊に対する安全率 $F_s=M/M_{\max}$ の値を表-1に示した。管の抵抗モーメント M は、 $M=\sigma_t \cdot Z=2100\text{kgf/cm}^2 \times 139\text{cm}^3=2.92 \times 10^5\text{kgf}\cdot\text{cm}$ である。この F_s の値から、管よりも上部の土がゆるい場合には管は破壊しないが、密な場合にはどの荷重強度でも管は破壊することが分かる。

この F_s の値から、管よりも上部の土がゆるい場合には管は破壊しないが、密な場合にはどの荷重強度でも管は破壊することが分かる。

4. 破壊原因の考察

別報¹⁾で述べたように、この現場の埋戻し土の状態は非常にゆるかったこと、および管の破壊は埋戻しを終わって2箇月後に生じたことが分かっている。これらの事実と表-1の計算結果からガス管の破壊は次のような状況で生じたものと説明できる。すなわち、埋戻し直後には埋戻し土がゆるかったために管の破壊は生じなかったが、2箇月の間に管よりも上部のすべり線で囲まれた範囲の土が通過交通と降雨によって自然転圧されて締まったために、管に働く土圧が表-1のゆる詰め地盤の値から密詰め地盤の値へと増大し、管が破壊に至ったと考えられる。なお、実際の管の破損断面は掘削の中心から29cmだけ南側に離れた位置であった(別報¹⁾の図-1、2)が、この位置の F_s は表-1の F_s 値よりもいずれも2~3%小さく、実際の破壊現象と整合することが分かった。

最後に、横断管がある場合には、埋戻しの際に特に十分に締固めることになっているが、本現場で仮に十分に締固めた場合には、埋戻しに続くH杭(管に極めて近接している)の引抜きによって地盤のゆるみと沈下が生じる。そして、管には表-1の密地盤の土圧が働くことになるので、H杭の引抜き時点で管が破壊した可能性が高いのである。今回の土留めはH杭横矢板工法であったが、より一般的な鋼矢板工法の場合には矢板引抜きの影響は今回よりもさらに顕著となる。このような施工の実態、ならびに別報¹⁾で明らかになった埋戻し土の密度の影響を考慮して、現行の横断管の設計・施工・管理基準を見直すべきと思われる。

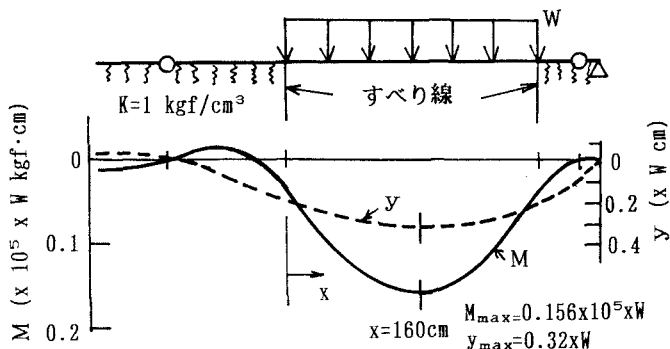


図-2 想定した支持条件と計算結果

表-1 ガス管の $M_{\max}$ 値と破壊に対する安全率 F_s

	ゆる地盤			密地盤			単位
土圧	10.8			25.4			kgf/cm
輪荷重	0	2.6	4.9	0	2.6	4.9	kgf/cm
合計	10.8	13.4	15.7	25.4	28.0	30.3	kgf/cm
$M_{\max}$	1.68	2.09	2.45	3.96	4.37	4.73	$10^5\text{kgf}\cdot\text{cm}$
F_s	1.74	1.40	1.19	0.74	0.67	0.62	

参考文献：1) 東田他、掘削溝を横断する小口径埋設管の破壊事例とその原因(その1)、土木学会第45回年講、1990。 2) 松山他、埋設管の変形挙動(実物大実験と遠心模型実験の比較)、第24回土質工学会、1989。