

[JIS K 6762 : 1998]

水道用ポリエチレン二層管

道路下埋設技術資料

(水道配水用ポリエチレン管との強度比較)

平成 28 年 3 月

1. はじめに

平成 11 年 3 月 31 日付けで建設省道路局から「電線、水管、ガス管又は下水道管を地下に設ける場合における埋設の深さ等について」の通達（建設省道政発第 32 号、建設省道国発第 5 号）が各地方建設局道路部長、北海道開発局建設部長、沖縄総合事務局開発建設部長宛に発出されました。

通達の概要は、

① 基本的な考え方

技術的検討において対象とされた管路等の種類に限り、同検討で道路構造及び管路等の双方に及ぼす影響がないと評価された範囲内で運用

② 適用対象とする管路等の種類及び管径

浅層埋設措置の対象となる管路等の種類及び管径は、別表に示すが、水道用のポリエチレン管については、引張降伏強度 $204\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以上、 200mm 以下で外径／厚さ = 11 のものと決められています。別表以外の種類においては、同等以上の強度を有するものについては、別表に掲げる管径を越えない範囲内において、今回の措置の対象とすることができる。

③ 埋設の深さ

水管又はガス管の頂部と路面との距離は、当該水管又はガス管を設ける道路の舗装の厚さに 0.3 メートルを加えた値（当該値が 0.6 メートルに満たない場合には、 0.6 メートル）以下としないこと。

④ 運用上の注意事項

施行令第 12 条 3 号に規定する本線とは、水道又はガス施設における基幹的な線で、道路の地下に設けるに当たっては道路構造の保全等の観点から所要の配慮を要するものを指す。例えば、水道又はガス施設における基幹的な線以外の線で、給水管又は引込線と直接接続されているもの又はそれらと直接接続することが予定されているものは、一般的には水管又はガス管の本線以外の線として取り扱うことが可能であると考えられる。なお、給水管及び引込線は、同号に規定する本線に該当しない。

となっています。

すなわち、今回検討した管種は本線に関してであり、給水管の検討の対象となっていません。従って、主として給水管として用いられる水道用ポリエチレン二層管 (JIS K 6762) については、強度面の検討が必要となります。

2. 水道用ポリエチレン二層管 (JIS K 6762) の安全率について

水道用ポリエチレン二層管の 1 種二層管及び 2 種二層管について外圧に対する強度計算を実施し、水道配水用ポリエチレン管（引張降伏強度 $204\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以上、{外径／厚さ}=11）との強度比較を行いました。

発生曲げ応力及びたわみ率は、とう性管で一般的に使用され、(社)日本水道協会発行の「水道施設設計指針・解説」の配水管(鋼管、塩ビ管等)の計算に用いられているスパングレーの修正式(資料1)により求めました。また、計算に用いた係数等は、水道配水用ポリエチレン管との強度比較が可能なように同一条件としました。

3. 許容曲げ応力

外圧に対する許容曲げ応力は、曲げ強さに対して2.5の安全率を見込みました。

1種二層管

$$9.8 \text{ N/mm}^2 \div 2.5 = 3.92 \text{ N/mm}^2$$

2種二層管

$$19.6 \text{ N/mm}^2 \div 2.5 = 7.84 \text{ N/mm}^2$$

水道配水用ポリエチレン管

$$20.0 \text{ N/mm}^2 \div 2.5 = 8.00 \text{ N/mm}^2$$

4. 埋設強度計算結果(平常時 外圧作用時)

水道用ポリエチレン二層管の埋設強度計算結果を表1に示します。また、水道配水用ポリエチレン管の埋設強度計算結果を表2に示します。

なお、安全率は、許容曲げ応力/発生曲げ応力によって算出しています。

表1 水道用ポリエチレン二層管の埋設強度計算結果

管種	呼び径 mm	管厚 mm	埋設深度 60 cm			埋設深度 80 cm			許容曲げ 応力 N/mm ²
			発生曲げ応力 N/mm ²	安全率	たわみ率 %	発生曲げ応力 N/mm ²	安全率	たわみ率 %	
1種 二層管	13	3.2	1.77	2.21	1.49	1.34	2.93	1.12	3.92
	20	3.7	1.97	1.99	1.74	1.49	2.63	1.30	
	25	4.65	1.98	1.98	1.74	1.49	2.63	1.32	
	30	5.2	2.23	1.76	2.02	1.68	2.33	1.55	
	40	6.05	2.18	1.80	1.98	1.65	2.38	1.50	
	50	7.45	2.22	1.77	2.03	1.68	2.33	1.53	
2種 二層管	13	2.3	4.03	1.95	1.34	3.05	2.57	1.02	7.84
	20	2.75	4.31	1.82	1.48	3.26	2.40	1.11	
	25	3.2	4.76	1.65	1.71	3.60	2.18	1.29	
	30	3.7	5.15	1.52	1.90	3.90	2.01	1.45	
	40	4.15	5.27	1.49	1.98	3.98	1.97	1.48	
	50	4.65	5.95	1.32	2.28	4.50	1.74	1.72	

表2 水道水用ポリエチレン管の埋設強度計算結果

呼び径 mm	管厚 mm	埋 設 深 度 60 cm			埋 設 深 度 80 cm			許容曲げ 応力 N/mm ²
		発生曲げ応力 N/mm ²	安全率	たわみ率 %	発生曲げ応力 N/mm ²	安全率	たわみ率 %	
50	5.8	4.72	1.69	1.52	3.58	2.23	1.15	8.00
75	8.2	4.78	1.67	1.55	3.64	2.20	1.17	
100	11.4	4.78	1.67	1.55	3.62	2.21	1.17	
150	16.4	4.74	1.69	1.54	3.61	2.22	1.17	
200	22.7	4.60	1.74	1.48	3.55	2.25	1.14	

5. おわりに

表1及び表2から、埋設深さ60cmの場合、水道配水用ポリエチレン管の安全率1.67～1.74に対して、水道用ポリエチレン二層管の安全率は、1種二層管で1.76～2.21、2種二層管で1.32～1.95となっています。

また、とう性管のたわみ率の許容値は、主に水理特性や舗装面への影響から、一般的に管外径の5%以下とされています。それに対して、水道配水用ポリエチレン管及び水道用ポリエチレン二層管のたわみ率計算値は、許容値の半分以下となっています。

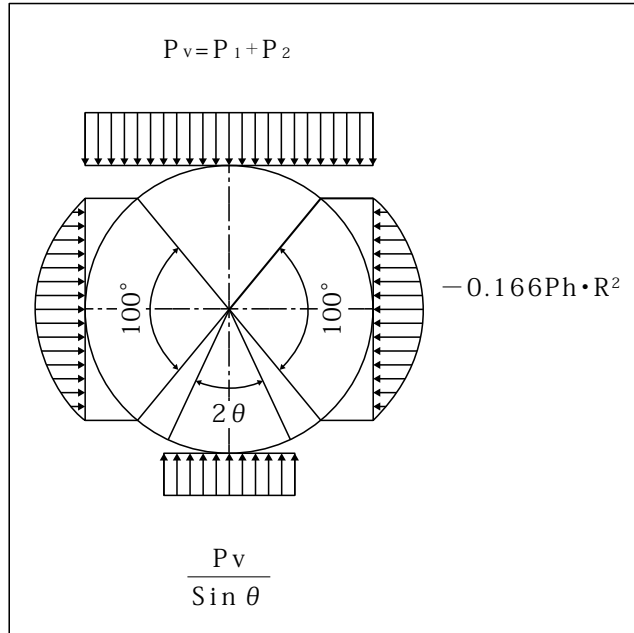
したがって、1種二層管 (JIS K 6762) は、水道配水用ポリエチレン管と同等以上の埋設強度を有し、かつ、呼び径が50mm以下(通達では200mm以下)の範囲になっていますので、建設省道路局通達に示されている「今回の措置の対象」とすることができると考えています。

以上

1. 計算式及び計算条件

1.1 土圧分布

管体の強度計算に用いる土圧分布は次による。



- P_v : 埋設管にかかる鉛直方向の土圧
- P_1 : 埋め戻し土による鉛直土圧
- P_2 : 輪圧 (活荷重による鉛直土圧)
- P_h : 埋設管側の水平土圧
- θ : 支承角の $1/2$
- R : 管厚中心半径

スパングラの土圧分布図

1.2 曲げ応力

曲げ応力はとう性管で一般に使用され、(社)日本水道協会発行の「水道施設設計指針・解説」の配水管(鋼管、塩ビ管等)の計算に用いられているスパングラの修正式により求める。

スパングラの土圧分布図より管に発生する曲げモーメント M は式 (1) で表される。

$$M = 2K \cdot P_v \cdot R^2 - 0.166P_h \cdot R^2 \quad \dots \quad (1)$$

$$\text{式 (1) に } \sigma = M / Z \quad Z = t^2 / 6 \quad P_h = E' / R(\delta / 2)$$

$$\delta = (2F_d \cdot F_r \cdot R^4) / (E \cdot I + 0.061E' \cdot R^3) \cdot P_v$$

を代入整理すると式 (2) になる。

埋設管の発生曲げ応力は式 (2) スパングラの修正式により求める。

$$\sigma = 12(R / t)^2 \left[K - \frac{F_r \cdot E' \cdot R^3}{12(E \cdot I + 0.061E' \cdot R^3)} \right] \cdot P_v \quad \dots \quad (2)$$

(スパングラの修正式)

ここに、

- δ : 埋設管のたわみ (cm)
 σ : 発生曲げ応力 (kgf/cm²)
 K : モーメント係数: $K = M / w \cdot R$
 有効支承角 60° のとき $K = 0.189$
 90° のとき $K = 0.157$
 120° のとき $K = 0.138$
 M : 管長 1cm 当たりのモーメント (kgf/cm)
 w : 管長 1cm 当りの P_v による線荷重 (kgf/cm)
 P_1 : 埋戻し土による鉛直土圧 (kgf/cm²)
 P_2 : 輪圧 (活荷重による鉛直土圧) (kgf/cm²)
 P_v : 埋設管にかかる鉛直方向の土圧 $\langle P_1 + P_2 \rangle$ (kgf/cm²)
 D : 管の外径 (cm)
 t : 管の厚さ (cm)
 R : 管厚中心半径 (cm) $R = (D - t) / 2$
 Z : 管長 1cm 当たりの断面係数 (cm³/cm)
 F_r : 埋設管基礎の支承角によって決まる係数
 有効支承角 60° のとき $F_r = 0.103$
 90° のとき $F_r = 0.096$
 120° のとき $F_r = 0.089$
 F_d : 土の変形量の遅滞係数 経験的に 1.5
 E' : 埋戻し土の受動土圧係数 (kgf/cm²)
 E' は砂埋め戻し、突き固めのとき : 100
 砂質土壌埋め戻し、突き固めのとき : 70
 ローム埋め戻し、突き固めのとき : 40
 管周囲は砂埋め戻し、突き固めのを基本としているので $E' = 100 \text{kgf/cm}^2$
 E : ポリエチレン管の曲げ弾性係数
 (1 種二層管は 2,000kgf/cm²、2 種二層管は 8,000kgf/cm²、
 水道配水用ポリエチレン管は 10,000kgf/cm²)
 I : $t^3 / 12$: 管長 1cm 当たりの断面 2 次モーメント (cm⁴/cm)

有効支承角 (有効支持角) 2θ は 60°、90°、120° のうちで、最も発生応力が大きくなる 60° とした。

なお、埋設管にかかる鉛直方向の土圧 (P_v) を求める際に使う、埋め戻し土による鉛直土圧 (P_1) 及び輪圧 (P_2) は式 (3)、(4) によって求める。

◎埋設管に作用する埋戻し土による土圧計算には、フリーリング、マーストン、垂直土圧式等があるが、ここでは最もよく用いられているマーストンの式を用いる。

$$P_1 = \frac{1 - e^{-2K \cdot \tan \phi \cdot H/B}}{2K \cdot \tan \phi} \cdot \gamma \cdot B \dots\dots\dots (3)$$

K : ランキンの主動土圧係数
 $K = (1 - \sin \phi) / (1 + \sin \phi)$

- γ : 埋戻し土の単位体積質量 (kg/cm³)
 一般に $\gamma = 0.0018\text{kg/cm}^3$
 B : 管頂部の溝幅 (cm) $B = 50\text{cm}$
 但し、水道配水用ポリエチレン管の呼び径 200mmのみ
 $B = 70\text{cm}$
 H : 土被り (cm) 60cm、80cm
 ϕ : 埋戻し土の内部摩擦角 (deg) 一般に $\phi = 30^\circ$

$$P_2 = \alpha (1+i) Q \beta \dots\dots\dots (4)$$

◎埋設管上をトラック等の走行荷重が作用する場合の輪荷重計算は、フレイリッヒ、ブーシネスク、道路構造令則による 45°分散式などがあるが、ここではよく使用されるブーシネスクの式を用いる。

- i : 衝撃係数 $i = 0.5$
 Q : トラックの 1 後輪荷重 (kgf)
 $Q = 10,000\text{kgf}$ (25 トントラックの 2 台並列同時走行の場合)
 α : トラック荷重による鉛直荷重係数 (cm⁻²)
 25 トントラックの 2 台並列同時走行の場合 ($Q = 10,000\text{kgf}$)
 の α 値を表に示す。

鉛直荷重係数 (α) (cm ⁻²)		
土被り H	H=60 cm	H=80 cm
α	10.34×10^{-5}	7.50×10^{-5}

- β : 断面力の低減係数
 土被り $H \leq 1\text{m}$ かつ内径またはスパン $\geq 4\text{m}$ の場合は 1.0 それ以外の場合
 は 0.9(「道路土工 カルバート工指針：社団法人 日本道路協会」のたわみ性
 カルバートの設計) 内径及びスパンが 4m 未満なので $\beta = 0.9$

1.3 たわみ

たわみは、曲げ応力の計算式に示しているとおおり、以下の計算式で算出する。

$$\delta = (2F_d \cdot F_r \cdot R^4) / (E \cdot I + 0.061E' \cdot R^3) \cdot P_v$$

また、たわみ率 = δ / 管外径で求める。

建設省道路局通達の別表の抜粋

建設省道路局 路政課長・国道課長名で平成 11 年 3 月 31 日付けで各地方建設局道路部長、北海道開発局建設部長、沖縄総合事務局開発建設部長宛に発出された「電線、水管、ガス管又は下水道管を地下に設ける場合における埋設の深さ等について」の別表から水道管に関する部分を抜粋し、以下に示します。

別表中から抜粋

2) 水道事業

- | | |
|--|---------------------------|
| ・鋼管 (JIS G 3443) | 300 mm以下のもの |
| ・ダクタイル鋳鉄管 (JIS G 5526) | 300 mm以下のもの |
| ・硬質塩化ビニル管 (JIS K 6742) | 300 mm以下のもの |
| ・水道配水用ポリエチレン管 (引張降伏強度 204Kgf/cm ² 以上) | 200 mm以下で
外径/厚さ=11 のもの |

[JIS K 6762 : 1998]
水道用ポリエチレン二層管道路下埋設技術資料 (No. 99-03)
(水道配水用ポリエチレン管との強度比較)

平成 11 年 10 月 1 日 初版発行

平成 28 年 3 月 1 日 第 2 版発行

編集 日本ポリエチレンパイプシステム協会 技術委員会

発行 日本ポリエチレンパイプシステム協会

〒 111-0041 東京都台東区元浅草 2 丁目 6 番 7 号 マイタビル 4 階

TEL 090-3320-3725 FAX 03-5246-7884

非売品 不許転載

本技術資料記載の内容については変更することがありますのでご了承ください

