

## 直土圧とヤンセン公式について

### 1. はじめに

昨年7月、ガイドラインが発刊され、同10月に説明会が開催され、平成30年2月にもQ&Aで説明されているが、3章の設計において、自立管の土圧式の解説で、ガイドラインP3-13の2)管周辺の地盤が乱される場合(直土圧とヤンセン公式の関連など)の考え方をもっと知りたいという意見があり、本協会として解説するものである。

### 2. 「下水道用硬質塩化ビニル管・道路埋設指針」について

ガイドラインには、下記の記述がある。

硬質塩化ビニル管に作用する鉛直土圧の算定について、「下水道用硬質塩化ビニル管・道路埋設指針平成5年3月(一財)国土開発技術研究センター」では、直土圧公式又はマーストン溝型公式としている(図3-3参照)。このマーストン溝型公式は、可とう性管対応式であり、ヤンセン公式の $f$ (埋戻し土の粘着力)をゼロとした場合と同様の鉛直土圧算定式となる。

したがって、自立管に作用する鉛直土圧の算定は、現場の土質状況等により決まる $Bd$ (仮想掘削幅)及び $f$ (埋戻し土の粘着力)を反映できるヤンセン公式の式(3-2)を基本とする。図3-4にヤンセン公式を示す。

なお、仮想掘削幅については、施工後時間が経過している場合には更生管きよの外径(既設管きよ内径)としてもよいが、現場条件も考慮して設定する。また、埋戻し土の粘着力を考慮することにより、数式上では鉛直土圧の算定結果がマイナスとなることがあるため、その場合は粘着力をゼロとして運用することが望ましい。

(3-13頁)

(一財)国土開発技術研究センターによって、昭和58年に発刊された「下水道用硬質塩化ビニル管・道路埋設指針」<sup>1)</sup>(以下、埋設指針)に記述されている

設計の考え方は、JSWAS K-1(下水道用硬質塩化ビニル管)<sup>2)</sup>の参考資料の1(硬質塩化ビニル管の設計と適用)も参考にされている。土被り2mを境とする直土圧とヤンセン公式併用の考え方についても埋設指針の第5版(平成5年3月)のP14に記述されている内容が、ガイドラインの最終の引用となる。

その後、平成11年3月に改正版が発刊され、高盛土や深い土被りでの開削工事において、硬質塩化ビニル管の変形が問題視され、全ての土被りにおいて、直土圧に変更されている。

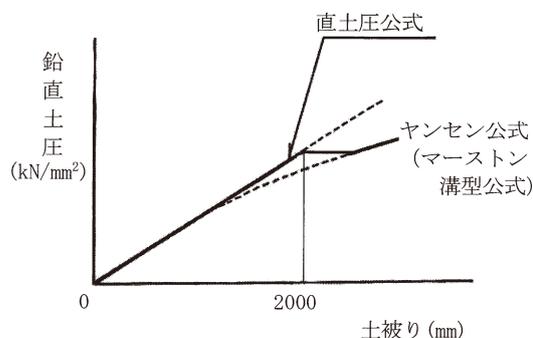
ただし、JSWAS K-1(下水道用硬質塩化ビニル管)は当初から直土圧の設計である。

### 3. 管周辺の地盤が乱される場合の考え方

ガイドラインには、下記の記述がある。

#### 2) 管周辺の地盤が乱される場合

自立管の上部等で水道、ガス、電信・電話、電力等の他事業により、管周辺の地盤が乱される場合の鉛直土圧の算定は、「下水道用硬質塩化ビニル管・道路埋設指針平成5年3月(一財)国土開発技術研究センター」に準じ、直土圧公式の式(3-3)を用いる。土被りの適用範囲は、現場条件等を考慮して定める。図3-5に直土圧公式を示す。

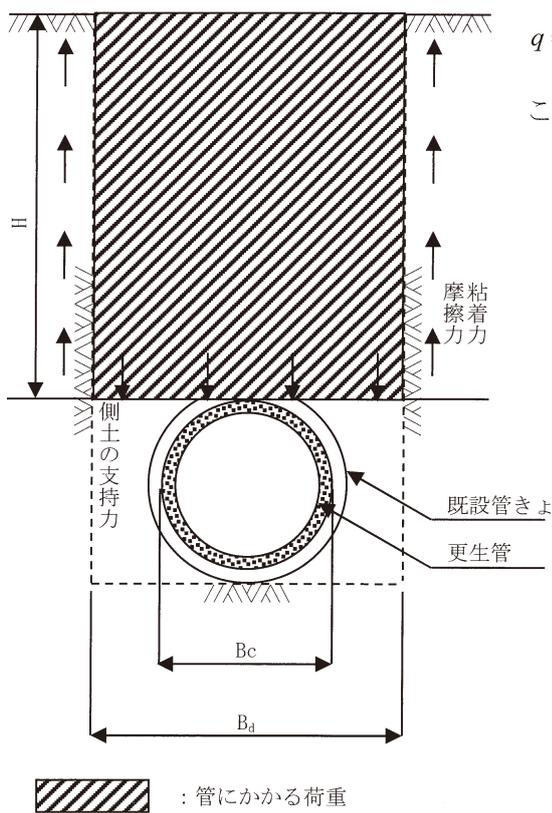


(管周辺の地盤が乱される場合)

図3-3 土による鉛直土圧公式の適用方式の例

(3-13頁)

(ヤンセン公式説明図)



$$q = \left( \frac{\gamma \cdot B_d}{2} - f \right) \cdot \left( \frac{1 - e^{-2K \cdot \mu \cdot H / B_d}}{K \cdot \mu} \right) \dots \dots \dots (3-2)$$

ここに

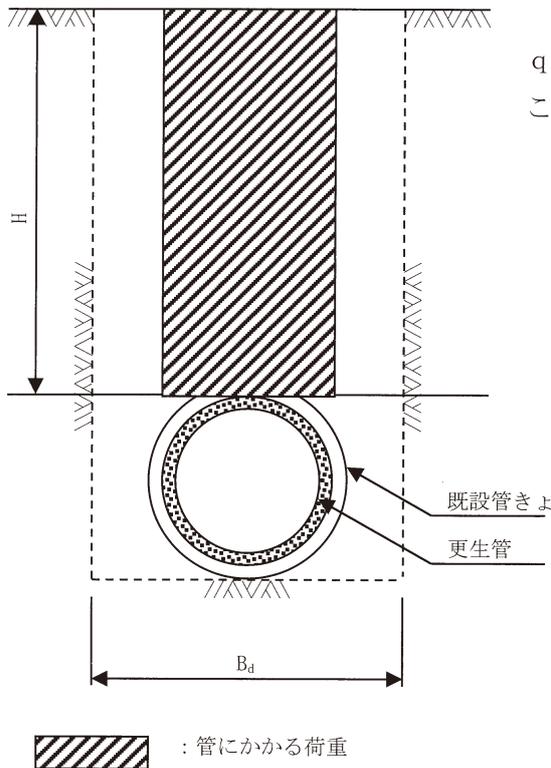
- q : 土による鉛直土圧 (kN/mm<sup>2</sup>)
- γ : 土の単位体積重量 (kN/mm<sup>3</sup>)
- B<sub>d</sub> : 仮想掘削溝幅 (mm) (※施工後時間が経過し地盤が安定している場合は B<sub>c</sub> としてもよい)
- μ : 埋戻し土と側壁との摩擦係数 = tan φ
- φ : 埋戻し土の内部摩擦角 (°)
- K : 埋戻し土の主働土圧係数

$$K = \frac{\sqrt{\mu^2 + 1} - \mu}{\sqrt{\mu^2 + 1} + \mu}$$

- H : 土被り (mm) (更生管きよの土被りとする)
- f : 埋戻し土の粘着力 (kN/mm<sup>2</sup>)

図3-4 ヤンセン公式

(直土圧公式説明図)



$$q = \gamma \cdot H \dots \dots \dots (3-3)$$

ここに,

- q : 土による鉛直土圧 (kN/mm<sup>2</sup>)
- γ : 土の単位体積重量 (kN/mm<sup>3</sup>)
- H : 土被り (mm) (更生管きよの土被りとする)

図3-5 直土圧公式

土被りが2.0m未満の場合は直土圧公式、2.0m以上の場合はヤンセン公式を用いる。ただし、土被り2.0m以上で、2.0mの直土圧公式で求めた土圧の方がヤンセン公式で求めた土圧より大きい場合は、2.0mの直土圧公式で求めた土圧を採用する。

管路更生においては、『管周辺の地盤が乱される場合』の直土圧と直土圧とヤンセン公式併用の土被りの境を2mとする考え方は、(公社)日本下水道協会から発刊されている平成13年発刊の「管更生の手引き(案)」<sup>3)</sup>の下記の記述が最初である。

自立管の上等部で水道、ガス、NTT、電力等の他事業により管周辺の地盤が乱される場合の鉛直土圧の算定は「下水道用硬質塩化ビニル管・埋設指針」に準じ、垂直公式を用いる。水道、ガス、NTT、電力等のサービス管は開削工法等で浅い地盤に設置され、敷設替えの頻度が高いので土被り2.0mまでの土圧を見込むこととした。

その後、平成20年発刊の「管きょ更生工法の設計・施工管理の手引き案」<sup>4)</sup>に引き継がれ、記述され続けた。しかし、平成23年発刊の「管きょ更生工法の設計・施工管理のガイドライン案」<sup>6)</sup>において、下記のように変更された。

鉛直土圧の算定式は、「下水道用硬質塩化ビニル管・道路埋設指針」に準じ、直土圧公式を用いる。土被りの適用範囲は、現場条件等を考慮して定める。

これ以後、土被り2mの記述が無くなり、混乱を招くと思われたが、多くの工事で土被りの適用範囲は2mで運用され、全く同じ考え方で適用されてきた。

管路更生においては、開削工事後、時間が経過しており、既設管の周辺の土が安定していると思われる。自立管の上部等で他事業による開削工事で管周辺の地盤が乱される土被りを2mに戻し、設計を分

かりやすく改正したのがガイドラインの記述である。したがって、直土圧と直土圧とヤンセン公式併用の土被りの境も2mとしている。また、

土被りの適用範囲は、現場条件等を考慮して定める。

とガイドラインに記述されているが、他事業の工事は多くが土被り2mを超えないので、このまま使用して問題ないのではと思われる。

また、土被りが2mを超える、例えば3mまで開削が可能な施工区間における、管路更生は必ずしも必要ではないので、3mまで直土圧、それ以上の深さは直土圧とヤンセン公式併用でとする設計は、まず、考えられない。

#### 4. おわりに

さらに、土被り2mの開削が可能な施工区間における、比較的浅い小口径の管路更生は不要と考えられる。したがって、小口径の管路更生が必要な施工区間では、『管周辺の地盤が乱される場合』の考え方も過剰設計であり、『管周辺の地盤が乱されない場合』のヤンセン公式で、多くの工事物件が対応できるとも言えるのではないか。

また、今回の改正で、複合管は水平土圧の考え方が常時の荷重設計に基本として採用され、総土圧の算定が緩和されている。今後、自立管においても、欧米では使われている水平土圧の考慮も検討すべきであると思う。

#### 【参考図書】

- 1) 「下水道用硬質塩化ビニル管・道路埋設指針」  
(一財)国土開発技術研究センター
- 2) 「JSWAS K-1 (下水道用硬質塩化ビニル管)」  
(公社)日本下水道協会
- 3) 管更生の手引き(案)  
(公社)日本下水道協会
- 4) 「管きょ更生工法の設計・施工管理の手引き案」  
(公社)日本下水道協会
- 5) 「管きょ更生工法の設計・施工管理のガイドライン案」 (公社)日本下水道協会