

鉄筋コンクリート卵形管の構造解析および設計

ランデス株式会社 正会員 松岡 智
秋田大学工学資源学部 ○横濱 芳
秋田大学大学院 高橋 尚之
秋田大学工学資源学部 フェロー 川上 洵

1. はじめに

下水道施設などの埋設管として鉄筋コンクリート（RC）卵形管が採用されている．RC 卵形管は円管と比べ水理的性能に優れ，普及も期待されているが，その構造解析および設計に関する公表されている技術資料は少ない．

本研究は，RC 卵形管の実施工を想定し，基本的な設計荷重に関する構造解析を行うとともに，薄肉 RC 部材としての限界状態設計例を示すものである．

2. 構造解析

RC 卵形管は図 1-(a)に示すように $0.5D$ ， $1.5D$ および $0.25D$ の 3 つの異なる半径から構成される管とする．構造解析には，弾性重心法または平面骨組構造解析プログラムを用いる．

2.1 弾性重心

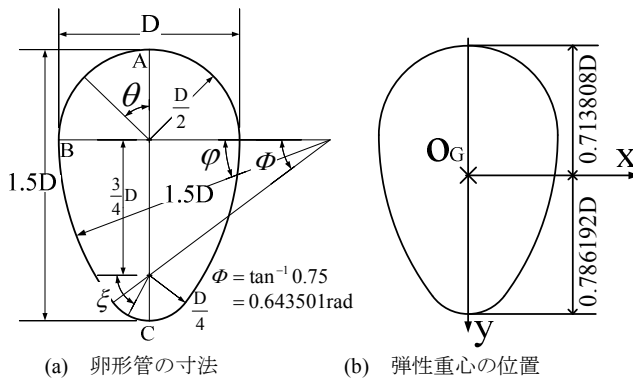


図-1 卵形管の弾性重心

重心の位置 $O_G(x_0, y_0)$ は次式により求める．（図-1(b)）

$$\left\{ \begin{array}{l} x_0 = \frac{\int x ds}{\int ds} = 0 \\ y_0 = \frac{\int y ds}{\int ds} = 0.713808 D \end{array} \right\}$$

2.2 鉛直分布荷重による曲げモーメント

図-2 のような鉛直荷重により生じる曲げモーメントは次のとおりである．

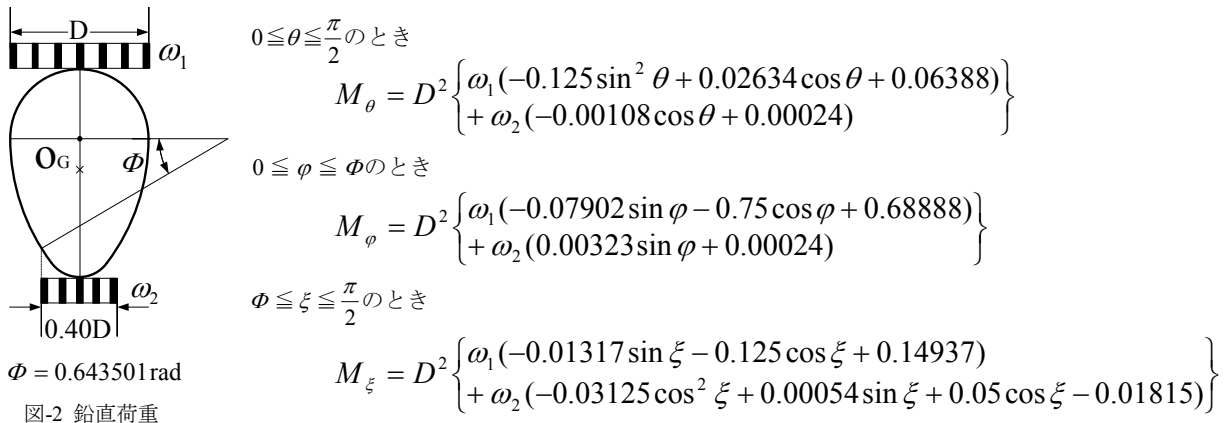


図-2 鉛直荷重

キーワード 卵形管 弾性重心法 平面骨組 限界状態設計

連絡先 〒 101-8502 秋田県秋田市手形学園町 1-1 秋田大学 TEL 018-889-2356 E-mail s7506656@wm.akita-u.ac.jp

2.3 台形水平分布荷重による曲げモーメント

図-3 のような台形水平荷重により生じる曲げモーメントは次のとおりである。

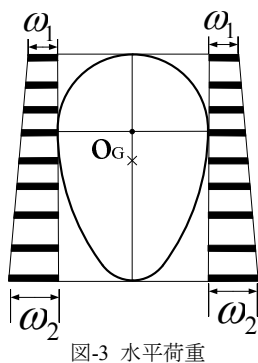


図-3 水平荷重

$$\begin{aligned}
 &0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2} \text{ のとき} \\
 &M_{\theta} = D^2 \left\{ \omega_1 \left(-0.013889 \cos^3 \theta - 0.08333 \cos^2 \theta - 0.04597 \cos \theta + 0.05966 \right) \right. \\
 &\quad \left. + \omega_2 \left(0.013889 \cos^3 \theta - 0.04167 \cos^2 \theta - 0.06981 \cos \theta + 0.03979 \right) \right\} \\
 &0 \leq \varphi \leq \Phi \text{ のとき} \\
 &M_{\varphi} = D^2 \left\{ \omega_1 \left(0.375 \sin^3 \varphi - 0.75 \sin^2 \varphi + 0.13791 \sin \varphi + 0.05966 \right) \right. \\
 &\quad \left. + \omega_2 \left(-0.375 \sin^3 \varphi - 0.375 \sin^2 \varphi + 0.20944 \sin \varphi + 0.03979 \right) \right\} \\
 &\Phi \leq \xi \leq \frac{\pi}{2} \text{ のとき} \\
 &M_{\xi} = D^2 \left\{ \omega_1 \left(0.001736 \sin^3 \xi - 0.005208 \sin^2 \xi - 0.05514 \sin \xi - 0.01201 \right) \right. \\
 &\quad \left. + \omega_2 \left(-0.001736 \sin^3 \xi - 0.02604 \sin^2 \xi - 0.07447 \sin \xi + 0.00389 \right) \right\}
 \end{aligned}$$

3. 設計計算例

図-4 のように RC 卵形管が表記の土被り 5m の土圧や活荷重 10kN/m² 等を受けるとき、その設計断面力に対して耐力を表-1 の設計諸常数を用いて計算した。曲げひび割れ応力度および曲げ耐力は、粗骨材の最大寸法と部材厚の関係を考慮した薄肉 RC 断面理論による¹⁾。また、安全係数は土木学会「コンクリート標準示方書設計編、2007 年版」による。

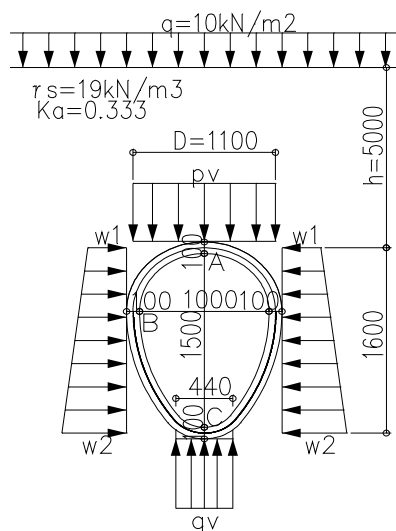


図-4 設計荷重

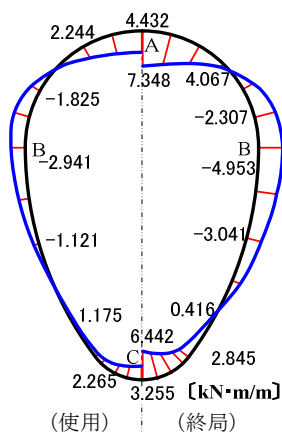


図-5 モーメント図

表-1 RC 卵形管の設計諸常数

コンクリートの設計基準強度	f_{ck} (N/mm ²)	30.0
コンクリートの弾性係数	E_c (kN/mm ²)	28.0
鉄筋降伏値	f_{yd} (N/mm ²)	295.0
鉄筋の弾性係数	E_s (kN/mm ²)	200.0
CASE1 鉄筋量 D13-8本/m	A_s (mm ²)	1013.6
CASE2 鉄筋量 D10-8本/m	A_s (mm ²)	570.6

表-2 設計荷重

荷重強度	使用限界	終局限界
p_v (kN/m ²)	105.00	126.00
q_v (kN/m ²)	262.50	315.00
w_1 (kN/m ²)	35.28	31.75
w_2 (kN/m ²)	45.72	41.15

表-3 使用性 (曲げひび割れ応力度)

(a)CASE1 (D13-8 本,d=50mm)						(b)CASE2 (D10-8 本,d=60mm,d=40mm)					
位置	断面力 (kN・m/m)	有効高さ (mm)	引張応力度 (N/mm ²)	計算値 (N/mm ²)	制限値 (N/mm ²)	位置	断面力 (kN・m/m)	有効高さ (mm)	引張応力度 (N/mm ²)	計算値 (N/mm ²)	制限値 (N/mm ²)
A	4.432	50.0	σ _t	1.974	3.358	A	4.432	60.0	σ _t	1.946	3.358
B	-2.941	50.0		1.310		B	-2.941	40.0		1.318	
C	3.255	50.0		1.450		C	3.255	60.0		1.429	

表-4 安全性 (断面破壊)

(a) CASE1 (D13-8 本, d=50mm)						(b) CASE2 (D10-8 本, d=60mm, d=40mm)					
位置	断面力 (kN・m/m)	有効高さ (mm)	計算値 (kN・m/m)	Md/Mud	制限値	位置	断面力 (kN・m/m)	有効高さ (mm)	計算値 (kN・m/m)	Md/Mud	制限値
A	7.348	50.0	Md	7.348	0.64	A	7.348	60.0	Md	7.348	0.86
			Mud	11.520					Mud	8.525	
B	-4.953	50.0	Md	4.953	0.43	B	-4.953	40.0	Md	4.953	0.91
			Mud	11.520					Mud	5.465	
C	6.442	50.0	Md	6.442	0.56	C	6.442	60.0	Md	6.442	0.76
			Mud	11.520					Mud	8.525	

表-3 に、表-2 の荷重強度による曲げひび割れ応力度に対する計算結果を示す。CASE1 と CASE2 の鉄筋量と有効高さの違いにより、点 A,B,C に生じる引張応力はすべて制限値を満足している。また、表-4 に示すように、鉄筋を部材中心 (d=50mm) に配置する場合(CASE1)と、有効高さを変化させて配置する(CASE2)の場合において、いずれも曲げ耐力は制限値を満足している。

RC 薄肉理論により部材 100mm の薄肉 RC 卵形管の設計が可能である。

参考文献

- 1) プレキャストコンクリート製品の設計と利用研究委員会報告書, JCI, 2009.8, p197~222