

V-46 外圧荷重を受けるアーチカルバートの 応力解析

秋田大学 学生員○矢作 秀之

秋田大学 学生員 奥下 弘一

秋田大学 学生員 長内 克衛

1. まえがき

用水及び排水施設等に使用されるアーチカルバートは、上部にアーチ構造を持ち力学的に優れた構造物である。近年、高盛土化によって、より大きな外圧強度を有するものが要求されるようになってきた。このためアーチカルバートはアーチ部の管厚が大きくなり、直線部材として近似した応力解析は不十分で、アーチ部の曲率を考慮した解析が不可欠となる。

本研究は、外圧荷重作用時のアーチカルバートの弾性応力解析を行い、コンクリート引張部の材料非線形性を考慮してひびわれ強度を解析的に明らかにするとともに、実測値との比較検討を行ったものである。

2. 解析

2.1 曲線部材の応力¹⁾

弾性応力解析の仮定は、①平面保持の仮定が成り立つ、②ひびわれ直前までは全断面有効として取り扱う、③応力-ひずみ関係は弾性域においてフックの法則に従うものとする。

図-1は、断面の図心位置に軸力 N と曲げモーメント M が作用した時のRC曲線部材の弾性応力状態を示している。

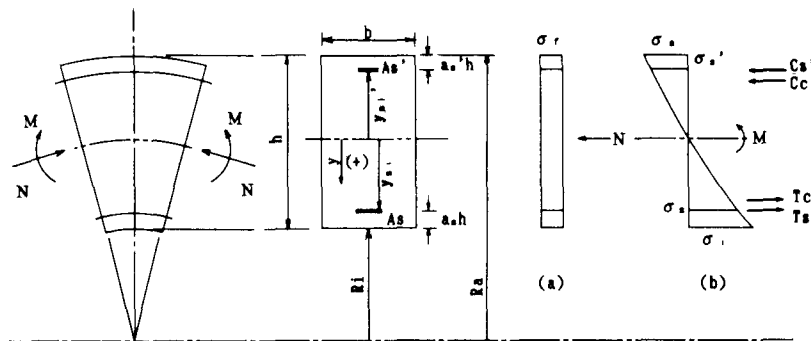


図-1 曲げと軸力を受けるRC曲線部材の応力状態

RC曲線部材の応力は、 N による応力変化量 σ_r と M による応力変化量 σ_θ を別々に求め、 σ_r は断面に一樣に分布するものとしてこれらを重ね合わせるにより求めるものとする。断面任意位置 y における応力 σ_y は式(1)のように示される。

$$\therefore \sigma_y = \sigma_r + \sigma_\theta = \frac{N}{A_i} - \frac{M}{I_R} \left(\frac{G_R}{A_i} - \frac{Ry}{R-y} \right) \quad \dots \dots \dots (1)$$

式(1)において、 A_i は換算断面積 $[\text{cm}^2]$ 、 G_R 、 I_R は換算断面1次モーメント $[\text{cm}^3]$ 及び換算断面2次モーメント $[\text{cm}^4]$ であり、各々曲率が考慮されている。それらを式(2)、(3)に示す。

$$G_R = \int \frac{y}{1-y/R} dA + (n_s - 1) \left(\frac{A_s' y_{s1}'}{1-y_{s1}'/R} + \frac{A_s y_{s1}}{1-y_{s1}/R} \right) \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$I_R = \int \frac{y^2}{1-y/R} dA + (n_s - 1) \left(\frac{A_s' y_{s1}'^2}{1-y_{s1}'/R} + \frac{A_s y_{s1}^2}{1-y_{s1}/R} \right) \quad \dots \dots \dots (3)$$

2. 2 ひびわれ曲げモーメント

ひびわれ曲げモーメントの解析に対する仮定は、2.1の②、③の代わりに、④ひびわれは、引張縁のコンクリートが曲げ引張極限ひずみ ϵ_{ct}' に達した時に発生するものとする、⑤引張側コンクリートの応力-ひずみ関係は二次放物線と矩形の組合せを仮定する。図-2に、コンクリート引張部の応力-ひずみ関係を示す。

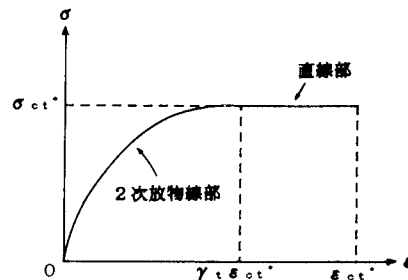


図-2 コンクリート引張部の応力-ひずみ関係

RC曲線部材が図-3のような、軸力と曲げを受ける時その平衡条件式は、次のとおりである。

$$\left\{ \begin{array}{l} N = C_c + C_s - T_c - T_s \quad \dots (4) \\ M = N (y_c + e') \quad \dots (5) \end{array} \right.$$

中立軸位置 y_c は、式(4)、(5)を満足するように決定される。以上により、ひびわれ曲げモーメント M_{cr} は次のように求められる。

$$M_{cr} = C_c y_c' + C_s y_s' + T_c y_c + T_s y_s$$

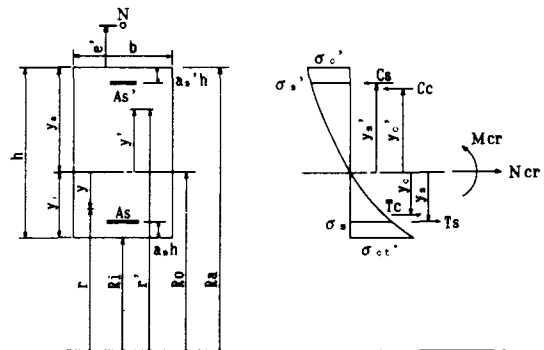


図-3 RC曲線部材のひびわれ直前の状態

3. 外圧試験結果

図-4は、管厚が250mmであるアーチカルバートに、外圧荷重 $P = 10 \text{ tf/m}$ を作用させた時の、アーチ部における応力分布を示したものである。理論値は、部材の曲率を考慮して式(1)により求めたものであり、全体的に実測値とよく一致している。アーチ部材に生ずる引張応力は、アーチクラウン部の曲率中心に近い断面内側において 21.54 kgf/cm^2 で最も大きい。この時、直線部材として近似し応力解析を行えば、 19.05 kgf/cm^2 となり、12%ほど危険側の応力が算定される。また、アーチクラウン部以外の部分において引張応力の生ずる領域が小さいのは、部材内に生じている軸方向圧縮力の影響が大きいと考えられる。

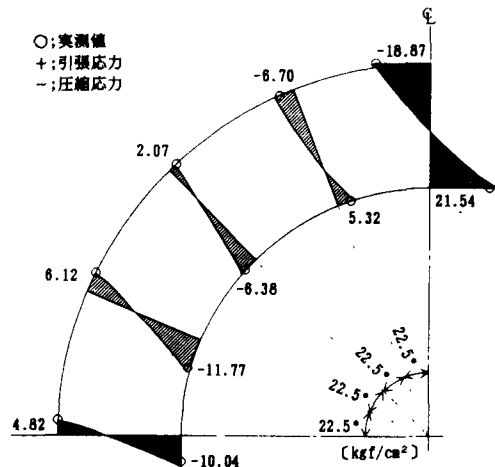


図-4 外圧試験時のアーチ部応力分布

4. あとがき

外圧試験は、管厚が180mm及び250mmのものについて、荷重載荷時におけるひずみ変化、鉛直変位を測定するとともに、ひびわれ荷重を測定している。これらの結果の詳細についても、検討を行っている。²⁾

参考文献

- 1) Seely, F.B. & Smith, J.O., Advanced Mechanics of Materials, John Wiley & Sons, Inc., PP.137~144, (1952)
- 2) 川上, 徳田, 矢作, 松岡, ; セメント技術年報, 第45回セメント技術大会, 発表予定