

コンクリートを充填した偏平鋼タイドアーチの構造特性

長崎大学 工学部 学生員 ○ 三浦昌弘
 長崎大学 工学部 正 員 松田 浩
 長崎大学 工学部 正 員 崎山 毅
 長崎大学 工学部 正 員 森田千尋

1 まえがき

鉛直荷重を支配荷重とする構造物の合理的設計法には、

- (1) アーチのような形態抵抗による曲げ応力の排除,
- (2) 高性能な構造要素や部材の使用,
- (3) 主部材へのプレストレスの導入,

などが考えられる。

鋼部材にコンクリートを充填した合成柱をアーチリブに用いたアーチ橋に関する研究^[1]では、合成部材として設計することにより鋼部材よりもより高い剛性と優れた耐荷力特性が発揮できることが報告されている。

また、筆者らはこれまで上記(1)、(3)を考慮し、景観的にも優れる偏平なタイドアーチを対象として、プレストレスを導入することによるアーチ構造系全体の耐荷力への影響、たわみの低減可能性などの検討を行ってきた^[2]。その結果、タイドアーチにプレストレスを導入すると、アーチ部材には逆モーメントを導入することになり、耐荷力が増大すること、最適な導入プレストレス量が存在すること、タイ材、アーチ部材との剛性比の影響が顕著であることなどがわかった。さらに、線形解析による結果から、コンクリート充填アーチ橋にプレストレスを適宜導入すると、鋼アーチよりもそのアーチリブ断面に生ずる応力を減ずることも可能であることがわかった。

この結果を踏まえ、本研究では、上記(1)、(3)に加えて、(2)を考慮し、鋼管にコンクリートを充填した合成部材を用いたアーチ構造を対象としてその力学的特性を解析的に明らかにすること、およびこのような構造の実構造物への適用性を追求することを目的としたものである。

2 鋼・コンクリート合成タイドアーチの弾塑性有限変形解析

アーチ構造はその曲率そのものに力学的合理性を依存した形態抵抗系構造であるが、そのために軸力抵抗構造系に特有な全体座屈の危険性や大変形が生じやすい。この全体座屈現象および合成部材からなるタイドアーチの耐荷力特性を調べるこ

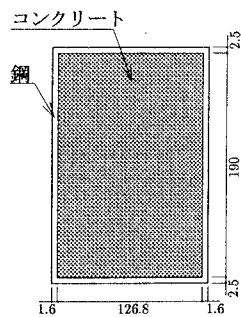


図1: 断面形状 [cm]

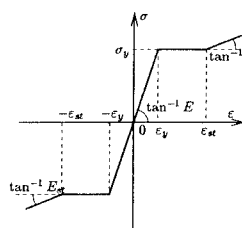


図2: 応力-ひずみ曲線
(鋼)

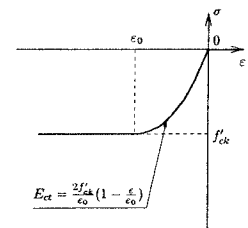


図3: 応力-ひずみ曲線
(コンクリート)

とを目的として、コンクリート強度、アーチ部材とタイ材の伸び剛性比、導入プレストレス量などをパラメータとした弾塑性有限変形解析を行った。

解析対象としたアーチは、スパン100[m]、ライズスパン比 $f/L = 0.05$ で、文献[1]より引用した図1に示す断面をもつタイドアーチであり、鋼およびコンクリート材料の応力-ひずみ曲線は図2および図3に示すとおりである。

ただし、鋼部材の材料定数を $E/\sigma_y = 875$ とし、コンクリートの降伏ひずみを $\varepsilon_0 = 0.002$ とした。ここで、 σ_y は鋼部材の降伏応力を、 f'_{ck} はコンクリートの設計基準強度を示している。

このようなタイドアーチを対象として、(i) 鋼製箱型断面の場合、(ii) これにコンクリート ($f'_{ck} = 300[\text{kgf}/\text{cm}^2]$) を充填した場合、(iii) これにプレストレス ($P_{pre} = 400[\text{tf}]$) を導入した場合の、全載荷および半載荷等分布荷重と、その増加に伴うアーチ中央点のたわみの変化を図4および図5に示す。

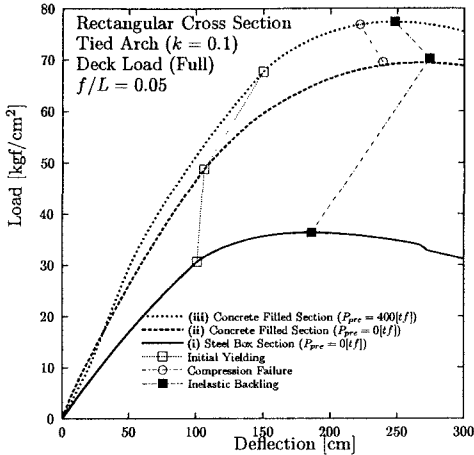


図4：荷重－たわみ曲線（全載荷時）

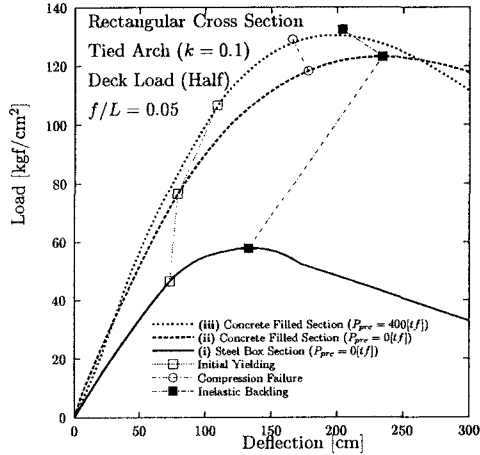


図5：荷重－たわみ曲線（半載荷時）

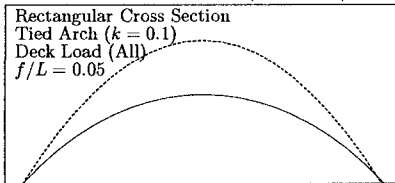


図6：座屈モード（全載荷時）

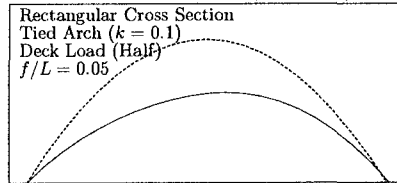


図7：座屈モード（半載荷時）

また、図6および図7には、図4および図5の(ii)の曲線の非弾性座屈点における座屈モードをそれぞれ示す。

なお、両図はアーチリブに対するタイの剛性比を $k = E_t A_t / EA = 0.1$ として解析した結果である。

図4および図5より、コンクリートの充填やプレストレスの導入によって、鋼部材の初期降伏点、コンクリートの一部が圧壊する点およびアーチリブの非弾性座屈点における荷重および中央点のたわみが増大することから、それらの効果を確認することができる。また、全載荷時と半載荷時の荷重－たわみ曲線を比較すると、全載荷時よりも半載荷時の方が弾性時の曲線の傾きが大きく、脆性的な曲線を示しており、小さなたわみ量で初期降伏や非弾性座屈に至ることがわかった。これは半載荷荷重が全載荷荷重よりも、アーチ橋に対して力学的に不利に働いていると考えられ、その結果、非弾性座屈時のアーチの形状は、図6および図7に示すように、全載荷時は左右対称座屈、半載荷時は左右非対称座屈形状を示すことも明らかになった。

3 まとめ

コンクリート充填形部材は、中空鋼アーチに比べて鋼材の初期降伏荷重や非弾性座屈荷重が向上するなどのメリットがあり、薄肉化に伴って鋼材量を減じることができるが、そのために、コンクリート充填の際、局部座屈等の検討が問題になると考えられる。

【参考文献】

- [1] 佐々木他：コンクリートを充填した鋼アーチリブを用いたアーチ橋…，構造工学論文集 Vol.40A pp.1425-，(1994)
- [2] 松田他：プレストレスを導入した偏平タイドアーチ構造の耐荷力特性，構造工学論文集 Vol.42A pp.125-134，(1996)