

集成したアルミニウム製角パイプを橋脚に適用した場合の基本性能

熊本大学 学生会員 ○ 橋本 洸平

熊本大学 正会員 葛西 昭

1. 諸言

土木構造物に適用するという観点において、アルミニウム合金は、これまで橋梁の高欄や道路の防護柵など付属品的な用途以外に主要部材として用いられることはほとんどなかった。しかし、初期コストだけでなく、耐用年数を考慮に入れたライフサイクルコストを重視する傾向から、維持管理コストが少なくすむアルミニウム合金を土木構造物に積極的に活かそうという動きが出ている¹⁾。最近では、アルミニウム歩道橋、アルミニウム床版²⁾が建設されている。

また一方で、鋼製橋脚は、局部座屈を防ぐために補剛材を適用する、いわゆる補剛断面を用いるが、山尾らは鋼製橋脚の変形性能を高める補剛形式として、十字型に組んだ鋼製板を配置することを提案し、この橋脚の強度と変形能特性について検討し、変形性能を有することを明らかにした³⁾。このような構造は、断面形状が箱型の集成であるため、ねじり挙動に対しても通常の補剛箱型断面よりも高い性能を示す可能性がある。

このような状況を受けて、本研究では標準設計の可能なアルミニウム製角形パイプをいくつか集成し、箱型断面を有する柱部材を形成させ、これを用いることで鋼製橋脚などの土木用構造部材に代わる新たな橋脚の開発を念頭に置いた基礎的な検討を行う。

2. 具体的な検討項目

本研究では、橋脚の強度と変形能を評価する基礎的な検討として、Pushover 解析を行った。また、橋脚モデルは角パイプに十字補剛を施したモデル(以下、十字補剛橋脚とする)と、角パイプを4本集成したモデル(以下、集成橋脚とする)を採用した。実際の橋脚は集成する際には溶接を想定しており、実現象は十字補剛橋脚と集成橋脚の中間に位置すると思われる。本研究はその前段階として、接触のみを考慮した数値解析を実施し、適用するにあたっての注意点をまとめる。

3. 解析概要

通常、鋼製橋脚の強度と変形能を推定する際に用いる解析手法である Pushover 解析は、一定の鉛直荷重の下、脚頂部を水平方向に単調載荷するものである。本解析でもこれを用いて、基本性能を評価する。なお、

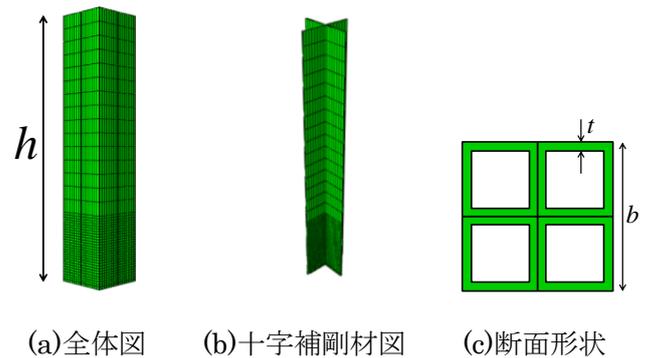


図-1 解析モデル図

集成するにあたって、その集成度を上げるためには、接触面間を溶接するなどが考えられる。現在、これを簡易にバネで表現するなどを実施しているが、この方法については、結果がまとまり次第、報告したい。

解析プログラムはABAQUS⁴⁾を用いた。局部座屈を考慮するためシェル要素を用いた。その概念図として、図-1(a)にはモデル全体図、図-1(b)には十字補剛材図、図-1(c)には断面形状を示している。橋脚の基本性能を決定づけるパラメータとして、細長比や幅厚比などがあるが、本解析ではパイロット的に行うとし、暫定的に柱高さ $h=1075\text{mm}$ 、板厚 $t=3\text{mm}$ 、断面幅 $b=200\text{mm}$ と定めた1例を示すこととする。パラメトリック解析については、これも結果がまとまり次第報告したい。供試体の材料パラメータを表-1に示す。

弾塑性現象であるため、使用材料の構成則が重要となる。本解析ではアルミニウムの硬化後の特性を示す曲線をいくつかの線分で表したマルチリニア型とした。今後、同橋脚の耐震性能を評価する上では、繰り返し載荷を実施する必要があるため、繰り返し構成則が重要となるが、これは今後の課題である。

表-1 材料パラメータ

鋼種	E (N/mm ²)	$\sigma_{0.2}$ (N/mm ²)	ν
A6063	6.69×10^4	2.45×10^2	0.3

4. 解析結果

図-2は各モデルの Pushover 解析による水平荷重-水平変位関係をプロットしたものである。縦軸を水平荷重、横軸を水平変位とし実線は集成橋脚、破線は十字補剛橋脚の結果を示している。集成橋脚は、十字補

剛橋脚よりピーク荷重時変位が大きいですが、ピーク後の十字補剛橋脚の強度は低下が著しく、集成橋脚の強度の方がなだらかに低下している。また、表-2にはそれぞれのピーク荷重-変位を示しているが、十字補剛橋脚の強度に比べて、集成橋脚は15.2%低下していることがわかる。

図-3(a), (b)は十字補剛橋脚と集成橋脚の倍率2倍の変形図をそれぞれ示している。図-3(a)より図-3(b)の方が、局部座屈が広い範囲で生じている。さらに、図-3(b)の集成橋脚は水平変位を受けないy方向の面にも局部座屈が大きく生じていることがわかる。これは各部材の接触が影響していることが考えられる。

図-4(a), (b)は十字補剛橋脚と集成橋脚の倍率2倍の断面図であり、x方向に荷重をかけた時の図である。図-4(a)の十字補剛部分では変形は見られないが、図-4(b)の十字部分には変形が著しくみられる。集成橋脚は4本の角パイプの基部それぞれが局部座屈を生じており、溶接などを考慮していないため、いわゆる重ねばりと同様に独立した座屈変形を生じている。つまり、平面保持がしっかりできていない。

5. 結言

本研究は、土木構造物に鋼材やコンクリートが利用される昨今、使用規模や使用環境によっては、アルミニウムを適用する事例が必要となることに対して、既に橋桁等で研究が進んでいるアルミニウムを、橋脚に適用するにあたっての基礎的な検討を、数値解析により行った。現状では、接触を考慮した数値解析を実施するにとどまっており、今後、溶接のモデル化などにより、さらに精緻化することで、同橋脚の基本性能を評価し、最終的には、利用の可能性を探ることとなる。

6. 今後の展望

具体的に実施すべき内容としては、(1)溶接のモデル化、(2)数値解析の妥当性を検証するための耐震実験、(3)各種構造パラメータの敏感度解析、(4)橋梁へ適用するにあたっての問題点および利点の抽出、があげられよう。なお、特筆できることは、断面が複数の閉断面から構成されるので、ねじり耐力の上昇が見込め、1方向ではなく、2方向水平力が作用する状況下では、非常に有効な手段の1つになり得ると考えられる。

参考文献

1) 土木学会, 鋼構造委員会, アルミニウム構造小委員会: アルミニウム合金材の土木構造物への活用に

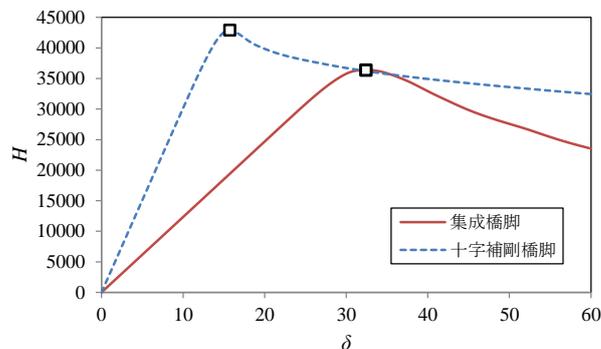


図-2 Pushover 解析の荷重-変位曲線

表-2 Pushover 解析のピーク荷重-変位

	ピーク時変位 δ_{max}	ピーク荷重 H_{max}
十字補剛橋脚	15.7307	4.29×10^4
集成橋脚	32.405	3.64×10^4

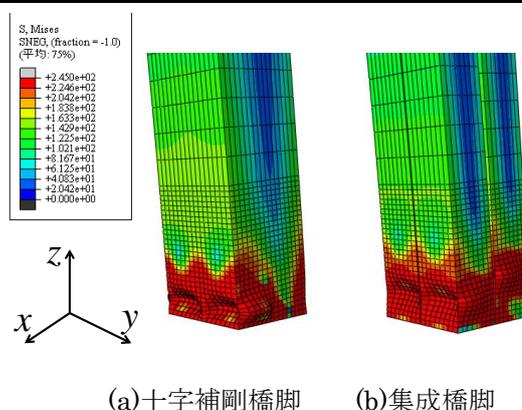


図-3 Pushover 解析時の変形図(変形倍率2倍)

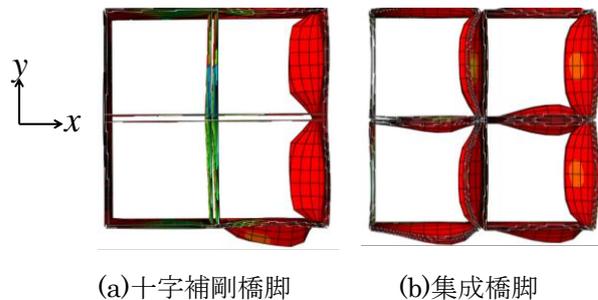


図-4 Pushover 解析時の断面図(変形倍率2倍)

関するシンポジウム,2012.

- 2) 鋼構造委員会: 21世紀の建設材料アルミニウム合金の可能性, 土木学会, 平成22年度全国大会, 研究討論会. 研-06資料, 2010.
- 3) 松村新也, 原岡雅史, 岩坪要, 山尾敏孝: 十字型補剛壁を有する鋼製橋脚の耐震性能に関する研究, 構造工学論文集, Vol. 47A, pp.809-818, 2001.
- 4) ABAQUS Analysis User's Manual Version 6.11: SIMULIA, DASSAULT SYSTEMS, 2011.