

I-835 鋼製橋脚の変形性能の改善に関する研究

阪神高速道路公団 正員 南 荘 淳、正員 前川義男
 大阪市立大学工学部 正員 北田俊行
 阪神高速道路管理技術センター 正員 富田 穰

1. まえがき

コンクリート橋脚の耐震設計は、平成2年の道路橋示方書改訂の際に、地震時保有水平耐力の照査が規定され、2段階設計法が採用されている。これは、構造物が弾性域を越えるような大きな外力を受けた際に、力で抵抗するのではなく、変形性能、すなわちじん性により壊滅的な損害を免れる考え方である。しかしながら、都市内高架橋によく用いられている鋼製橋脚については、現在のところ照査法が確立されておらず、阪神高速道路公団では、建設省、首都高速道路公団とともに、3者共同研究として、以前より調査研究を進めてきた。本論文は、それらの研究の成果として、現時点における鋼製橋脚の変形性能の改善方法について報告するものである。

2. 鋼製橋脚の終極限界状態

鋼製橋脚は、補剛板で構成された箱型断面であり、通常柱下端には、衝突防護と滞水を防ぐために、コンクリートが打設されている。このような構造物に軸力と水平力が作用した場合の終極限界状態は、各種の模型実験の結果では、補剛板の局部座屈と、橋脚下端の溶接部に生ずる低サイクル疲労による破断に大別される。大地震下においては、一挙に大きな塑性変形が生ずるため、現在建設されている大多数の鋼製橋脚では、補剛板の局部座屈が支配的になると予想される。

図-1は、鋼製橋脚の頂部に水平力を与えた時の、その点における水平力と変形の関係を模式的に示した図であるが、一般的には、橋脚下端のフランジパネルが降伏点に達した時の降伏荷重 P_y 以降も耐力は増加し、最大耐力点 P_u に達したところで補剛板の局部座屈により急激に耐力が低下する。この低下の度合いは載荷方法や繰返し数により異なることから、本論文では、変形性能を P_u および P_y における各々の変形量の比、すなわち塑性率 μ (図-1における δ_u / δ_y)により評価することとする。

3. 変形性能に影響する要因

座屈に影響する要因としては、縦補剛材の剛度、フランジ、ウェブおよび縦補剛材の幅厚比が挙げられる。写真-1は実橋脚の1/3モデルで実施した実験の破壊後の状況である。ダイヤフラムを節とする局部座屈が生じているものの、縦補剛材が節とならず、縦補剛材を含む補剛板全体が同一の変形をしている。これは現行道路橋示方書が弾性範囲を対象としており、フランジ最小板厚による補剛材必要剛比の低減を行っているため、写真-2に示すとおり、先に縦補剛材が座屈したことによるものと考えられる。鋼製橋脚のように塑性座屈を考える場合は、弾性座屈に対する必要剛比 γ^* の2~3倍必要であるという研究成果もある。

図-2は建設省土木研究所および阪神高速道路公団で行われた実験結果を整理したものであるが^{1), 2)}、横軸に縦補剛材の幅厚比パラメータ R_h を、縦軸に供試体の最大耐力と塑性率で補正した等価地震力の比を示している。ここでフランジの幅厚比パラメータ R_f はほぼ同一である。 γ^* よりも R_h の方が影響の大きいことが読み取れる。図-3は3辺単純支持、1辺自由の圧縮板の極限応力度曲線を示しているが³⁾、圧縮板の座屈強度が降伏強度を上回るためには、 R_h が0.5程度以下とする必要がある。

局部座屈を起こしにくくする意味では、中埋めコンクリートの影響も無視できない。しかし、実際には施工管理が困難であり、定性的には明らかとなっているが、現状では強度的に期待することは困難と考えられ

る。また耐力が向上すると、低サイクル疲労によるき裂が問題となる⁴⁾。1つの対策として、図-4に示すように、縦補剛材を上ベースプレートで止めずに、下ベースプレートまで貫通させることが良いとされており、阪神高速道路公団では、現在標準となっている。

4. まとめ

鋼製橋脚の変形性能を向上させるため現時点では以下の方法が考えられる。

- ①縦補剛材の必要剛比の算定で、少なくとも板厚による低減は行わない。
- ②縦補剛材の幅厚比パラメータは0.5程度以下とする。また補剛材間フランジの幅厚比パラメータも0.4程度以下とする。
- ③縦補剛材は、上ベースプレートに貫通させ、下ベースプレートに取り付ける。
- ④衝突の有無に係わらず、中埋めコンクリートを打設する。

上記は、阪神高速道路公団を始め、各機関により行われた各種の実験結果から、経済性の観点からも実現可能な方法を示したものであり、既に阪神高速道路公団設計基準に規定されている。しかしながら、鋼製橋脚において地震時保有水平耐力の照査を実施するためには、変形性能を定量的に評価することが必要であり、さらに研究を進める必要がある。

本研究は、阪神高速道路管理技術センター「鋼製橋脚の地震時保有水平耐力に関する研究会」および3者共同研究の成果の一部である。建設省土木研究所川島研究官はじめご指導頂いた皆様に感謝の意を表します。

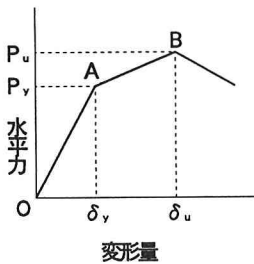


図-1 水平力と変形量の関係

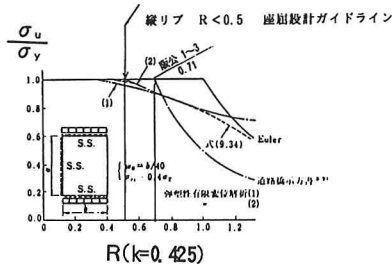


図-3 3辺単純1辺自由の圧縮板の極限応力度曲線

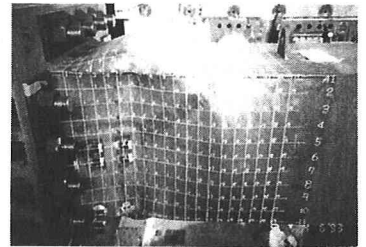


写真-1

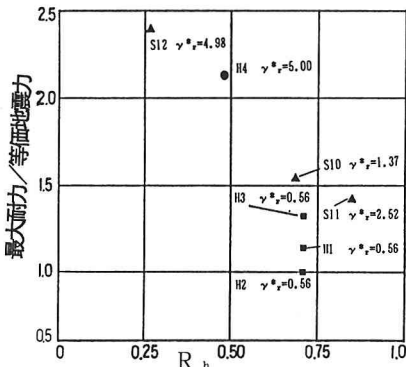


図-2 縦補剛材幅厚比パラメータの影響

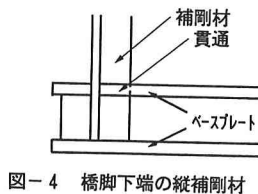


図-4 橋脚下端の縦補剛材

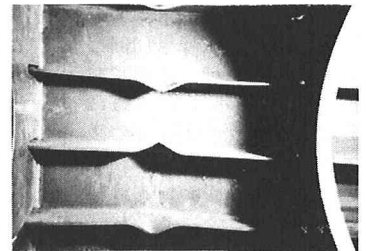


写真-2

- 1) K. Kawashima, G. A. Macrae, and K. Hasegawa: The Strength and Ductility of Steel Bridge Piers Based on Loading Tests, Journal of Research, P. W. R. I. Vol. 29, 1992
- 2) 阪神高速道路公団: 鋼製橋脚の地震時保有水平耐力に関する調査研究報告書、平成6年3月
- 3) 福本湧士編: 座屈設計ガイド第8章、土木学会、1987
- 4) 川島一彦、杉田秀樹、木暮深、竹名興英: 中埋めコンクリートを有する鋼製橋脚の地震時保有水平耐力に関する実験、第22回地震工学研究発表会講演概要集、平成5年7月