

円柱を有する既設鋼製ラーメン橋脚の実績調査

○東京工業大学 博士課程 (現 岐阜大学 助教) 正会員 木下 幸治

東京工業大学 教授 フェロー 三木 千壽

1. はじめに

都市内高架橋梁の交差する箇所、ランプ等に円柱を有する鋼製ラーメン橋脚（以後、円柱ラーメン橋脚）が多数採用されている。鋼製ラーメン橋脚は、一般に様々な制約がある箇所に建設されるため、様々な形状や、柱および梁寸法のものがある。また、断面決定の設計条件が異なることにより設計断面が異なり、その結果、異なる耐震性能を有している可能性がある。したがって、その耐震性能を検討する上で、どのような構造が多く採用されているのか等について、実態を把握しておく必要がある。しかし、実績調査はこれまでに行われているが¹⁾、調査された円柱ラーメン橋脚の数は限られており、その実態が十分に把握されているとはいえない。

本研究では、既設円柱ラーメン橋脚の構造の概要を調査した。

2. 実績調査

a) 調査概要

鋼製ラーメン橋脚の様々な形状等を幅広く把握するために、首都高速道路において昭和39年から平成5年までに建設された190の円柱ラーメン橋脚を調査した。なお調査は、文献1)の分類にしたがって、単柱形式のものも含めている。調査項目は、ラーメン橋脚の形状、高さおよび梁スパンである。また、耐震性能に影響を及ぼすと考えられる隅角部に隣接する断面の断面2次モーメント、円柱の一般部および隅角部の円柱の半径 R と板厚 t の比である半径対板厚比（以後、 R/t と称す）についても調査した。すなわち、箱形断面柱を有する鋼製ラーメン橋脚の損傷が、柱基部に次いで隅角隣接梁断面との断面変化部に損傷が集中すること²⁾、また、円柱ラーメン橋脚を対象とした実験では、柱基部に次いで隅角隣接柱断面との断面変化部で、主に損傷が発生する³⁾といった報告があることから、隅角部隣接断面に着目し、梁部材と柱部材のいずれが損傷しやすいのか断面2次モーメントを比較することで簡易に推定できると考えたためである。本研究では、図-1に示すように、隅角部に隣接する柱断面（図-1中のB-B断面）の断面2次モーメントを隅角部に隣接する梁断面（図-1中のD-D断面）のそれで除したものを断面2次モーメントの比とし、その比が1以上であると梁部材が柱部材よりも損傷しやすいと考えた。また、円柱の場合、円柱に局部座屈が生じないように設計される。首都高速道路では、円柱の局部座屈の発生を防止するために、 R/t の制限が昭和40年当時から設けられている（表-1）⁴⁾。円柱の R/t の制限は、一般部と隅角部とに分けて設定されている。これは、柱一般部と隅角部では構造が異なり、局部座屈強度が異なると考えられたためである。なお、隅角部は、梁ウェブと円柱との接合位置から梁方向に距離 $B/2$ （ B は梁フランジ幅）、梁フランジから柱方向に距離

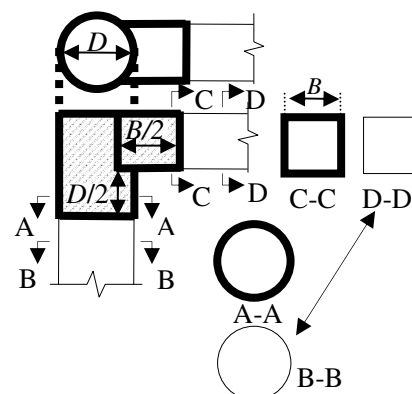


図-1 隅角部範囲と隣接断面

表-1 R/t の制限値（文献4）

	一般部				隅角部			
	SM41, SS41	SM50	SM50Y, SM53	SM58	SM41, SS41	SM50	SM50Y, SM53	SM58
昭和40年の制限値	110	80	-	60	36	33	-	30
昭和44年の制限値	110	80	70	60	40			

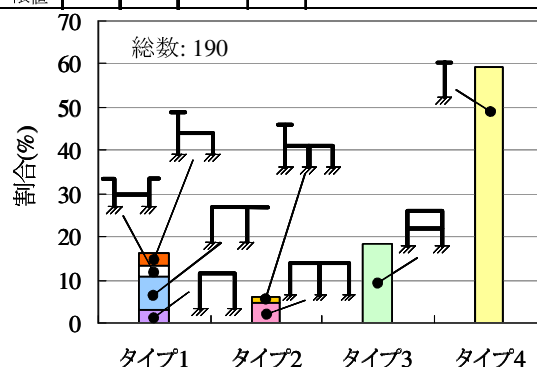


図-2 橋脚形状

$D/2$ （ D は柱直径）、すなわち、図-1に示す斜線範囲として定義される。本研究では、損傷する可能性が高い断面として、隅角部、隅角部直下および柱基部の断面を選定し、断面が R/t の規定に基づいて決定されているかを調べた。

b) 橋脚形状および寸法

図-2に、各橋脚形状を調査数の割合で整理したものを示す。実績調査結果から、4つのタイプに分類した。タイプ1は1層ラーメン橋脚である、張り出し梁を有しているものや、H型など2層構造のものも含む。タイプ2は1層多径間ラーメン橋脚、タイプ3は2層ラーメン橋脚、またタイプ4は、単柱形式のラーメン橋脚である。図-2より、タイプ4である単柱形式の橋脚が全体のうち59.5%と半数以上占めていることがわかる。次いで、タイプ3の2層のものが18.4%である。タイプ1の中では張り出し梁を有しているものが最も多くなっている。タイプ3の1層多径間のものは、5.8%程度となっている。

図-3に、各タイプの橋脚高さと梁スパンを示す。タイプ1およびタイプ2の橋脚高さと梁スパンは、すべての形状において、1層目の高さと梁

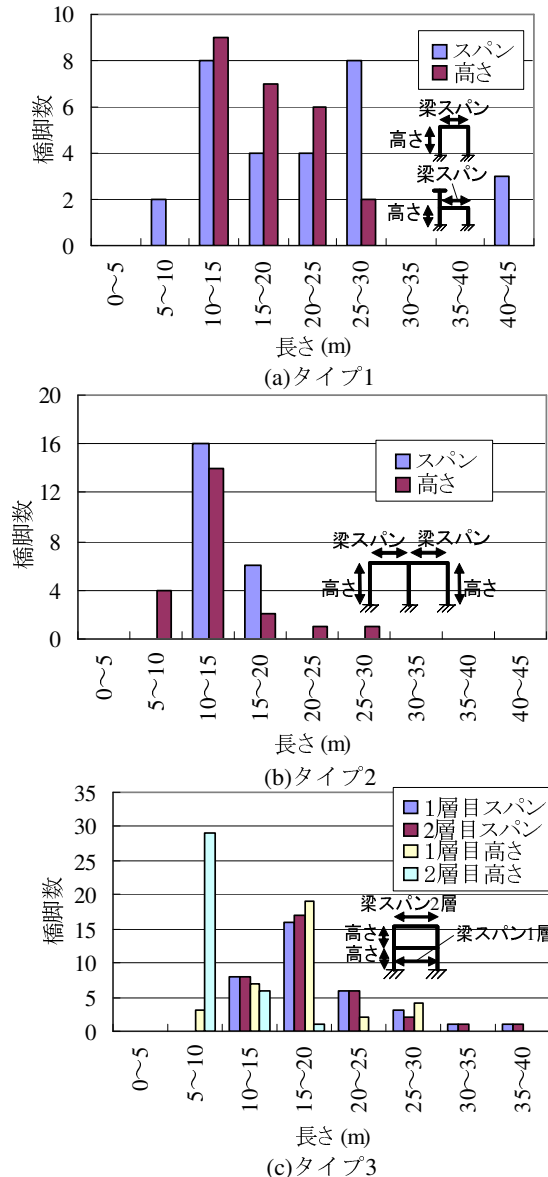


図-3 橋脚高さとしパン

部材のスパンとしている。タイプ2は、隣接する径間も示している。タイプ3は、1層目と2層目それぞれについて示している。タイプ1では、橋脚高さが10～15m、梁スパンが10～30mの間に多いことがわかる。タイプ2では、他のタイプよりも梁スパンが狭い10～15mあたりに多い傾向がある。また、タイプ3の1層目の高さは、15～20mのものが多く、2層目の高さは、1層目よりも低く10m以下のものが多い。

c) 隅角部隣接断面の断面2次モーメント比

図-4に、断面2次モーメント比で整理したものを示す。タイプ1では、1.5～2.0のものが最も多く、他のタイプに比べ、柱部材の断面2次モーメントが大きいものが多い。タイプ2では、タイプ1同様に柱部材の断面2次モーメントが大きい1.0以上のものが多い。一方、タイプ3では、0.5～1.0のものが最も多く、他のタイプに比べると、梁部材の断面2次モーメントが大きいものが多い。

d) 円柱の R/t

図-5は、表-1の R/t の規定により決定されている断面の割合を示す。図中のType Aは、 R/t の規定に基づいて断面が決定されずに弾性設計に基づいた応力照査により決定されている断面を示し、Type Bは、 R/t の規定に基づいて決定されている断面を示す。調査した隅角部断面の71%が、 R/t の規定に基

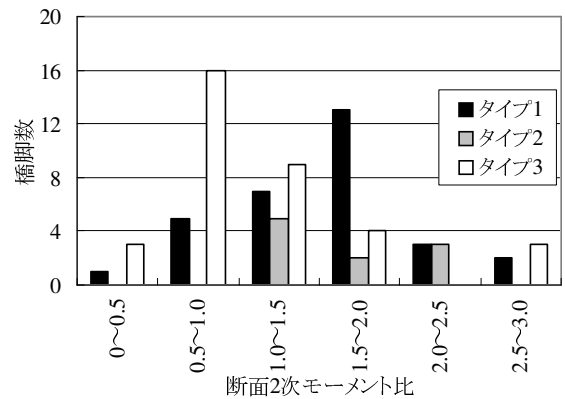


図-4 断面2次モーメント比

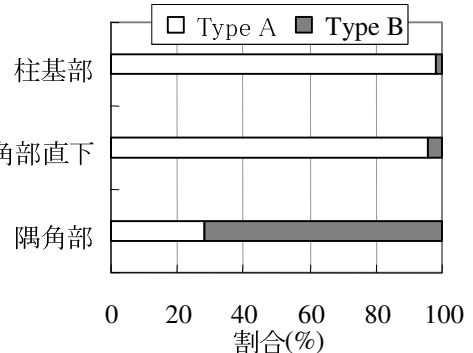


図-5 調査データの分類結果

づいて決定されており、隅角部直下および柱基部では10%未満である。断面の決定において R/t の規定が優先される場合、実際に断面で発生する応力に関わらず、板厚が厚くなるために応力に対する余裕が大きくなる傾向がある。したがって、 R/t の規定に基づいて断面が決定されている多くの隅角部は、応力照査により断面が決定されている場合よりも地震時に損傷しづらい可能性が高い。

4. 結論

既設の円柱ラーメン橋脚の形状、高さ、梁スパン、隅角部に隣接する断面の2次モーメント、円柱の R/t 等について調査した。その結果、橋脚の形状として4つのタイプに分類でき、タイプごとに高さ、梁スパン、断面2次モーメント比が異なること、隅角部の多くは R/t の規定により断面が決定されているために損傷しづらい可能性が高いこと等を示した。

以上より、タイプ1～3橋脚それぞれの耐震性能の検討が必要であるとともに、隅角部断面が R/t の規定により決定されているか考慮する必要がある。謝辞：実績調査を行なうにあたり、首都高速道路株式会社の木ノ本剛様、および首都高速技術センターの仲野孝洋様には、多大なご協力を頂いた。さらに、本研究は社団法人日本鉄鋼連盟の助成を受けた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 中井ら：鋼製ラーメン橋脚の実績調査（上）、橋梁と基礎、pp.35-40、1982.6.
- 2) 佐々木ら：鋼製ラーメン橋脚の大規模地震時挙動、構造工学論文集、Vol.50A、pp.1467-1477、2004.
- 3) 建設省土木研究所他：道路橋橋脚の地震時限界状態設計法に関する共同研究報告書（Ⅻ）—円形断面鋼製ラーメン橋脚の正負交番繰返し載荷実験、共同研究報告書第243号、2000.7.
- 4) 首都高速道路公団：鋼構造物設計基準