

高架橋上に設置された照明柱の耐震性能評価（その2）

（一財）首都高速道路技術センター 正会員 ○柳瀬 匡雄 右高 裕二
首都高速道路株式会社 正会員 松原 拓朗 細井 雄介

1. はじめに

首都高速道路（以下、首都高）の高架橋上に設置された照明柱本体の耐震性能について代表的な構造を選定し、動的解析および静的載荷試験により確認した¹⁾。地震時には、照明柱本体だけではなく、照明柱が設置されている高欄や高欄と照明柱を接続するアンカーボルト部が損傷し、照明柱が転倒する可能性がある。本報告では、照明柱と壁高欄取付け部の試験体を用いて静的載荷試験を実施し、耐震性能を確認した結果を報告する。

2. 正負交番載荷試験

2.1 試験体 試験体を図-1に示す。試験設備の制約から、試験体は照明柱 4m と高欄 0.4m をモデル化した。照明柱の基部を図-2に示す。照明柱の基部は U 字のリブにより補強されており、リブから疲労き裂が発生した場合の転倒防止対策として、二重管構造となっている。アンカーボルト部の構造を図-3に示す。アンカーボルト部は、4本のアンカーボルトをフラットバーで連結する構造となっている。試験体は、首都高の現行基準であるアンカー径が M30 の L 型アンカーボルトと、首都高上に現存する細径 M24 の曲げ加工がされていないアンカーボルトの2ケースを対象とした。

2.2 載荷方法 アクチュエータにより照明柱の基部から 3m の位置を高欄面外方向（橋軸直角方向）に交番載荷する。表-1は、基部の曲げモーメントと水平力の比（以下、換算高さ）を示したものである。動的解析¹⁾で照明柱頂部の応答変位が最大の時の換算高さは 6.4m であった。そのため、基部から 3m の位置に集中荷重を与える載荷試験は、地震応答と異なり曲げモーメントよりも水平力が卓越することになる。載荷試験と地震応答との違いを確認するため、載荷試験を模擬した Pushover 解析により、3m の位置に動的解析での最大応答変位 (0.15m) を作用させて、基部反力を算出した。動的解析に対し Pushover 解析では、曲げモーメントは 1.5 倍程度、水平力は最大で 3 倍程度であり地震応答よりも厳しい状態での試験となることがわかる。載荷パターンは、鋼管断面の一部が降伏ひずみに達した時の載荷点の変位を降伏変位 δ_y とし、 $0.5\delta_y$ ずつ漸増させた。繰り返し回数は 3 回とした。

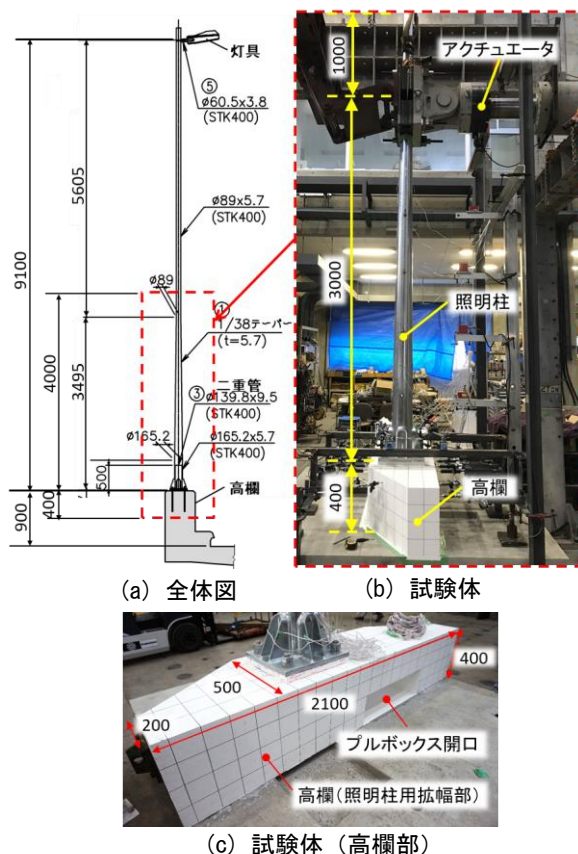


図-1 対象照明柱および解析モデル

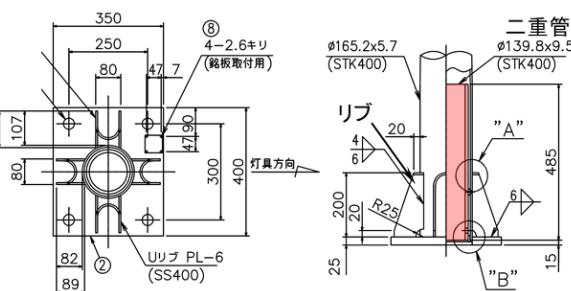


図-2 照明柱基部

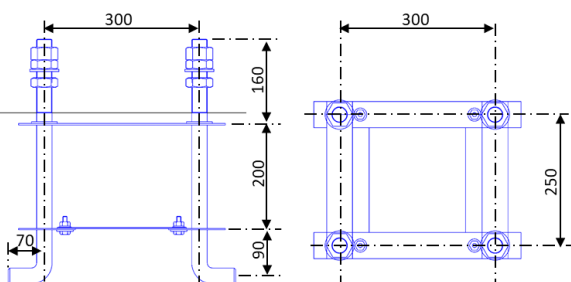


図-3 アンカーボルト部の構造（現行基準）

キーワード 照明柱，耐震，橋梁附属物

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門 3-10-11 （一財）首都高速道路技術センター技術研究所 TEL 03-3578-5751

載荷装置の可能最大載荷変位である 250mm 付近に達した後は、最大載荷変位での載荷を繰り返した。

2.3 試験結果 アンカーボルトが細径の M24 の実験結果について報告する。荷重-変位関係を図-4 に示す。図に示すように、実験は最大載荷変位 $4\delta_y(240\text{mm})$ を 20 回載荷しても、大きな損傷や荷重低下もなく終了した。載荷変位と各部材のひずみの関係を図-5 に示す。損傷は次のように生じていった。 $1\delta_y$ でリブ頂部圧縮側が降伏し、 $1.5\text{-}2.0\delta_y$ で照明柱鋼管が二重管上部付近で降伏し、 $2.5\text{-}3.0\delta_y$ でアンカーボルトがベースプレート付近で降伏した。 $3.0\delta_y$ 以降はアンカーボルトのひずみはあまり増加せず、二重管上部のひずみが増加していった。高欄に発生した載荷方向の変位は 0.1mm 程度、アンカーボルト付近で計測した高欄の鉄筋のひずみは 100μ 程度であり、高欄には大きな変状は見られなかった。最大載荷変位である $\pm 4\delta_y$ で、引張り側のベースプレートと台座モルタルの間に生じた浮きは 3mm 程度であった。載荷試験終了後に照明柱を高欄から取り外した時の台座モルタルと高欄の状況を写真-1 に示す。アンカーボルトから台座モルタル、高欄にかけて 0.2mm 以下の微細なクラックが生じていた。

正負交番載荷による繰返し載荷回数と動的解析より得られた応答変位の繰返し回数の比較を表-2 に示す。道路橋示方書の設計地震動によって生じる載荷点での最大応答変位は $1.5\delta_y$ で、繰返し回数は 1.5 回である。載荷試験における載荷変位 $1.5\delta_y$ では、台座モルタルと高欄に微細なクラックが発生し照明柱は降伏するが、耐力の低下は生じず、アンカーボルトのひずみは弾性域に留まっている。前述したように、載荷試験では地震応答に対して照明柱基部の反力、特に水平力が過大であるため、地震応答では試験結果より損傷の度合いは小さいと考えられる。

4. おわりに

照明柱と壁高欄取付け部の試験体を用いた静的載荷試験により、照明柱-高欄取付け部系の損傷形態を確認した。実験結果と動的解析結果より地震時には、照明柱に若干の損傷は発生するが、アンカーボルトの破断、引抜きやせん断による高欄の損傷により、照明柱が転倒することはないと考えられる。

謝辞 実験の実施にあたっては、熊谷組技術研究所に多大なる配慮をいただいた。ここに感謝の意を表する。

参考文献 1) 右高裕二ほか：高架橋に設置された照明柱の耐震性能評価，土木学会第75回年次学術講演会，2020。

表-1 基部反力の比較

	曲げモーメント M (kN・m)	水平力 H (kN)	M/H 比 (m)
①動的解析	41.00	6.40	6.4
②Pushover 解析	59.62	19.87	3.0
②/①	1.5	3.1	—

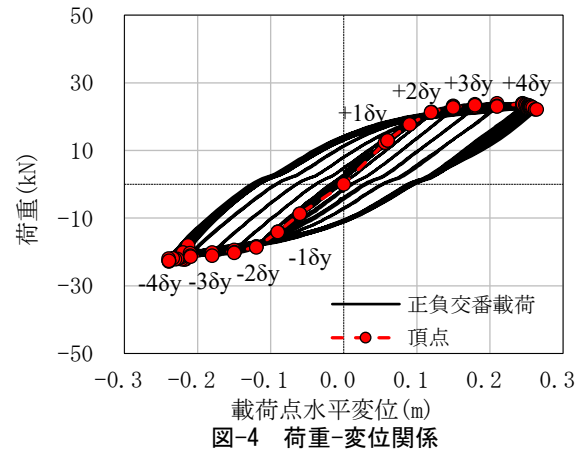


図-4 荷重-変位関係

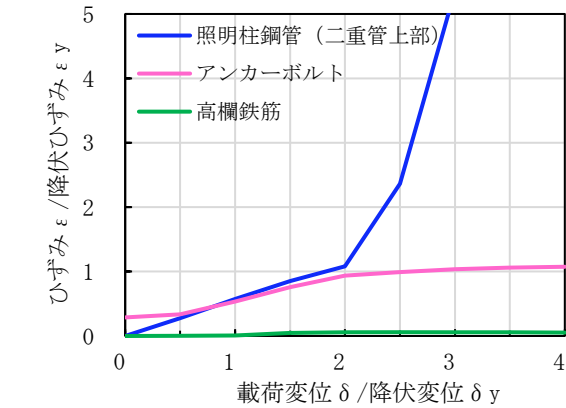


図-5 各部材のひずみの変化

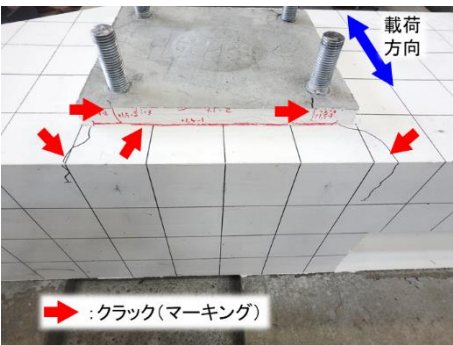


写真-1 試験後の台座モルタルと高欄の状況

表-2 繰返し回数の比較

	載荷試験		解析		
	変位 (mm)	回数 (回)	変位 (mm)	タイプ I 回数 (回)	タイプ II 回数 (回)
$1.0\delta_y$	60	3.0	91	23.0	5.5
$1.5\delta_y$	90	3.0	136	1.5	0.0
$2.0\delta_y$	120	3.0	182	0.0	0.0
$2.5\delta_y$	150	3.0	227	0.0	0.0