

面外地震荷重を受ける長柱の逆L字形コンクリート充填鋼製橋脚の耐震性能に関する実験的検討

名古屋工業大学 学生会員 ○松浦 大貴 正会員 海老澤 健正 野中 哲也 山田 忠信
名古屋高速道路公社 正会員 森下 宣明 阪野 崇人

1. はじめに

都市部で高速道路を建設する際に、架設する立地条件から、逆L字形に偏心した橋脚（以下、「逆L字形橋脚」）が計画されている。その中には高さ30m、偏心15mと、従来の橋脚より長柱で偏心率も高い橋脚が含まれている。逆L字形橋脚では面外方向（橋軸方向）に力を受ける場合、曲げ、圧縮、ねじれの力が同時に作用する。このような、逆L字形コンクリート充填鋼製橋脚に対して、面外方向に力を受ける場合の実験事例はほとんどない。そこで本研究では、短柱と長柱の2種類の逆L字形コンクリート充填鋼製橋脚の供試体に対して面外方向の繰り返し漸増載荷実験を行い、面外方向の地震荷重が作用した場合の耐震性能や地震時の損傷形態を明らかにする。

2. 実験概要

供試体は図1、表1に示す1/5スケールのコンクリート充填の補剛矩形断面橋脚であり、実大高さ30m相当（長柱）の6-1供試体と標準的な高さ相当（短柱）の3-2供試体の2種類を製作した。柱断面形状は過去度実施した面内方向載荷実験¹⁾と同様である。コンクリート充填高さは無充填部が弾性に収まるよう決定した。載荷方法は、偏心した載荷点に一定の死荷重に相当する鉛直軸力277.5kN（軸力比0.03）を与えた状態で、面外方向に水平1方向漸増繰り返し載荷とした。基準振幅は初期降伏変位 δ_y とした。なお、供試体3-2は荷重低下が確認されるまで載荷したが、供試体6-1は載荷装置のストローク限界に到達したため荷重低下前に実験を終了した。

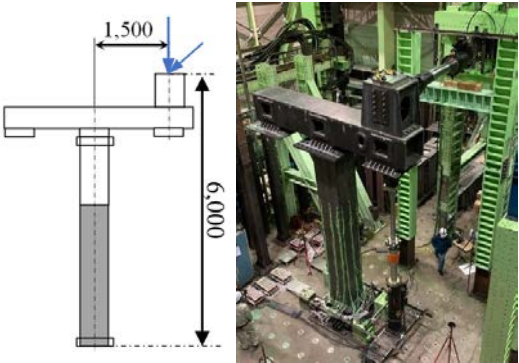
3. 実験結果および考察

(a) 水平荷重—水平変位関係

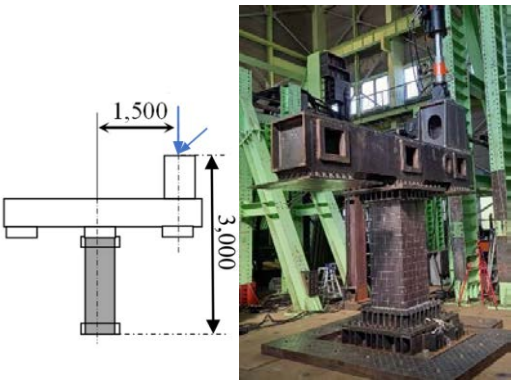
図2に載荷方向である面外方向の水平荷重—水平変位関係を示す。供試体3-2では、 $13\delta_y$ （170.7mm）の時点で最大荷重を迎え、そのときの残留変位（除荷時の荷重0点での変位）は約0.04h（hは橋脚高さ）であった。一方、供試体6-1では、ほぼ同等の0.04hである最終サイクルにおいても荷重ピークには到達せず、また、降伏後の剛性が比較的大きく、十分な変形性能を有することが確認された。これは、供試体6-1が長柱で相対的に曲げ剛性および柱全体のねじり剛性が低く、変形の割には塑性化が進まないため、使用性の限界である残留変位0.01hを早期に迎え、その時点での構造安全性は十分余裕があると考えられる。

(b) 損傷状況

図-3には、実験終了時の座屈状況を示す。供試体3-2では、最大



(a) 6-1 供試体



(b) 3-2 供試体

図1 供試体のセットアップ状況

表1 供試体諸元

供試体名	柱高さ h(m)	張り出し 長さ e(m)	コンクリート 充填高さ(m)	鉛直荷重 (kN)	初期降伏変 位 δ_y (mm)
3-2	3.0	1.5	3.0	277.5	52.8
6-1	6.0	1.5	1.5(フル充填)	277.5	13.2

キーワード： 逆L字形橋脚，面外地震荷重，コンクリート充填鋼製橋脚，耐震性能
連絡先 〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町

荷重である $13\delta_y$ において、1 パネル目のフランジ面に 45° 方向の座屈が発生した。一方、供試体 6-1 では、 $5\delta_y$ (272mm) において、1 パネル目に同様の斜め方向の座屈が発生し、 $6\delta_y$ (326mm) において橋脚基部 500mm 上の 2 パネル目にも同様の斜めの座屈が発生した。ただし、これらの座屈は供試体 3-2 ほど傾いておらず比較的的水平に近いものであった。なお、3 パネル目では、ひずみゲージによる計測結果によれば塑性変形が生じているものの座屈が生じるには至っておらず、また、コンクリート充填の最上段の 6 パネル目および、その上の無充填部である 7 パネル目では、鋼パネルではひずみはほぼ弾性範囲に収まっていた。

また、実験後に鋼パネルを剥がし、内部の充填コンクリートの破壊状況を確認した。図 4 にフランジ面での破壊状況を示す。これから、座屈の生じた供試体 3-2 の 1 パネル目および供試体 6-1 の 1, 2 パネル目にはコンクリートに圧壊が生じていることが確認できる。また、圧壊の範囲は、前述した座屈と同様に斜め方向に生じており、供試体 3-2 と比べて供試体 6-1 の傾きが小さいのも鋼パネルの座屈の傾向と一致している。これは、供試体 6-1 の偏心率 $e/h=0.25$ が供試体 3-2 の偏心率 0.5 と比較して小さく、ねじれの影響も小さくなったためだと考えられる。実験時に橋脚に作用したねじりモーメントを水平荷重から算出したところ、供試体 6-1 では供試体 3-2 の 60%程度の値となっていた。なお、供試体 6-1 の 3,4 パネル目には水平ひび割れが何本か水平に生じていたものの圧壊は発生せず、5, 6 パネルではコンクリートに特に損傷は生じていなかった。

4. まとめ

本研究では、コンクリートが充填された長柱逆 L 字形鋼製橋脚の耐震性能と損傷形態の確認のために、短柱と比較して面外方向の静的繰り返し載荷実験を行った。その結果、橋脚高さの大きい長柱においても相対的に曲げ剛性が低いために、使用限界を超えても十分に耐震安全性を持つことが確認された。また、損傷形態としては、面外方向載荷によるねじれの影響により斜め方向の座屈およびコンクリートの損傷が発生し、特に長柱では 1 パネル目だけでなく 2 パネル目にも座屈・損傷が発生することが確認された。

謝辞

本研究の載荷実験にあたり、愛知工業大学の鈴木森晶先生、嶋口儀之先生にご協力を頂きました。ここに記して謝意を示します。

参考文献

- 1) 長谷川秀也ら、面内繰り返し荷重を受ける逆 L 形コンクリート充填鋼製橋脚の地震時終局挙動に関する実験的研究、土木学会第 77 回年次学術講演会、I-22, 2022。
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説、V 耐震設計編、2017 2

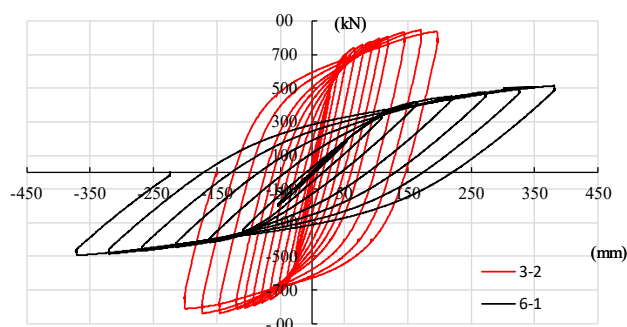
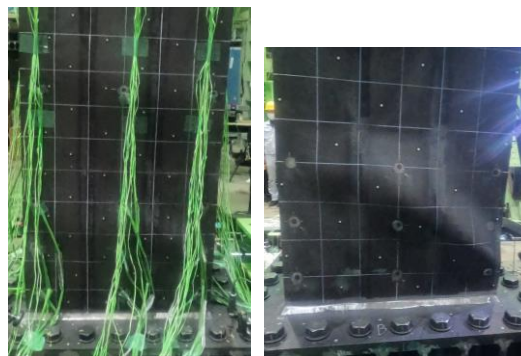


図 2 水平荷重－水平変位関係



(a) 供試体 6-1 (b) 供試体 3-2

図 3 実験終了時の座屈変形状況



(a) 供試体 6-1 (b) 供試体 3-2

図 4 コンクリートの破壊状況