

I-99

鋼製橋脚模型正負交番載荷および補修実験

首都公団 正員 宇佐見 健太郎

首都公団 正員 桜井 順

首都公団 正員 和泉 公比古

1.はじめに

本実験は、首都高速道路公団が建設省土木研究所および阪神高速道路公団と共同で行ったものであり、大地震に対する鋼橋脚柱部の耐力および破壊機構を把握するとともに損傷した断面を補強した際の効果を確認することを目的としている。なお、昨年度、今回と同様の供試体を用いた静的載荷および動的載荷の両振り破壊実験を行い、載荷速度の影響がほとんどないことを既に報告している。(1)

2.実験の概要

実験には4体の供試体を用意した。そのうち3供試体については補修を行い、合計7回の載荷実験を行った。供試体は、実在する鋼橋脚の1/3縮小模型としたものであり、柱高3.62m、柱断面は0.6m×0.6mの箱型断面である。諸元を図-1に示す。この供試体に、図-2に示したように、橋脚内部を通したSEEEケーブルによって上部構造死荷重反力と橋脚自重に相当する軸力(87.7tf)を加え、橋脚頭部に取り付けた加振負荷装置によって水平力を載荷した。各供試体への載荷方法および補修方法を表-1に示す。荷重は正負交番で作用させ、同一変位振幅での繰返し回数を10回とした。補修方法は図-3に示すように補剛板添接及び当て板添接である。補剛板添接は、大規模な補強の例と考え、本体の変形形状に係わらずに補強工事が行えるように、変形が生じている部分で本体フランジと同じ板厚及び継ぎの寸法を持つ構造とした。当て板添接は軽微な補強例である。

3.実験結果および検討

図-4は、実験(1), (2), (3), (4)の橋脚天端での荷重と変位の履歴曲線の包絡線を示したものである。実験(2)では加振機の不調により荷重130t、変位48mmまでしか載荷できず、かねに2mm程度の残留面外変形が生じたのみ

補剛板による補強

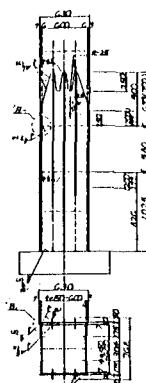
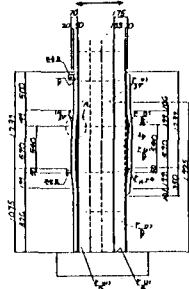


図-3 補強構造図

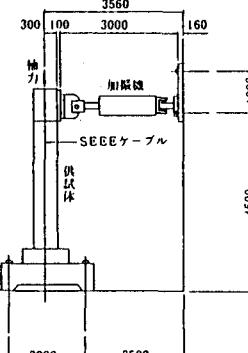


図-2 載荷方法

当て板による補強

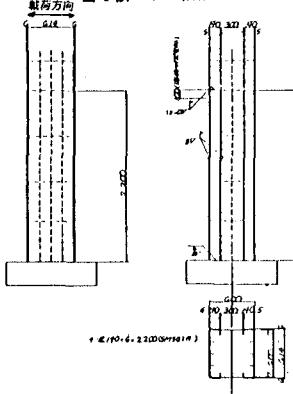


図-1 鋼製橋脚模型の諸元

表-1 載荷方法

供 試 体 No	載荷方法
(1)	変位振幅 δy より10cycleずつ0.26yビッチで振幅を増加させ終局状態まで載荷する。
(2)	フランジの変状(へこみ量)が10mm程度となる変位振幅(実験(1)の結果より決定)で載荷した後、106yより10cycleずつ0.26yビッチで変状が15mm程度に進行するまで載荷する。(実際のフランジの残留面外変形量15mm)
(3)	補剛板により補強した後、実験(1)と同様の載荷を行う。
(4)	かねの変状(へこみ量)が20mm程度となる変位振幅(実験(1)の結果より決定)で載荷する。(実際のフランジの残留面外変形量24mm)
(3)	実験(2)と同様の補強をした後、実験(1)と同様の載荷を行う。
(4)	フランジの変状(へこみ量)が5mm程度となる変位振幅(実験(1)の結果より決定)で載荷する。(実際のフランジの残留面外変形量5mm)
(4)	当て板により補強をした後、実験(1)と同様の載荷を行う。

で、補剛板及び本体には局部座屈等の大きな変状は生じなかった。

実験により確認された破壊までの挙動は下記の通りであった。

1) フランジ及びウェブにバネ(補剛板)全

体の座屈による残留凹変形が生じた。

2)柱の箱断面のコナー付近で、柱軸方向に波打ち変状を生じた。

3)2)の波打ち変状が最も大きい個所のコナー部で柱軸直角方向にクラックが生じた。

上記の破壊は、柱中間部のSM50Y材断面のパネルで発生した。(図-1参照)なお、2)の時点では耐力が低下し初め3)の状態では1cycleの載荷ごとに耐力の低下が顕著に見られた。一例として供試体(1)の変状経過を表-2に示す。

表-3に実験結果より得られた耐力などを示す。

最大耐力は、座屈の発生により全塑性モーメント荷重までには至らないと予想されたが、実験では、パネル全体の座屈を生じた後も荷重は増大し全塑性モーメント荷重にはほぼ等しい耐力を有していることが確認された。また、製作時の溶接残留ひずみの存在により、常時の設計荷重時でも断面応力度が降伏点に接近する可能性があることが推察されたが、最大耐力に着目すれば地震時の設計荷重に対して1.4倍の耐力が確保されていることも確認できた。

本実験では2種類の補修方法を試みたが、いずれも施工上問題となる点も特に無く良好な補強効果が得られた。同じ補修を行った実験(2)と(3)の荷重変位包絡線を比較すると実験(2)の方がわずかに上まっているが、これは供試体(3)の方が被災度が大きいことが理由の一つと考えられる。供試体(4)では未補修供試体と同様にフランジの局部座屈、隅角部の亀裂発生、進展へと損傷が進行して行った。

補修効果の結果をまとめると次のようになる。

*今回実験を行った断面寸法の鋼製橋脚であれば、残留面外変形が24mm程度の場合に図-3に示したような補剛板による補修を、残留面外変形が5mm程度の場合には当て板による補修を行うことができる。

*補剛板による補修を加えることにより最大耐力は2.2倍に、また剛性も2.1倍まで、当て板による補修を加えることにより最大耐力は1.4倍に、また剛性も1.2倍まで向上する。

4.おわりに

本実験で対象とした橋脚は、首都高速道路の中の代表的な1タイプのみであるが、残存耐力と断面変状の関係についてかなり明確なものが得られ、震災時の補強方法の選定指標作成のための1資料として十分に有益なもののが得られたと思う。今後の研究課題としては、実験結果と数値解析との整合性の確認、ある

	実験(1)	実験(2)	実験(3)	実験(4)	実験(2)	実験(3)	実験(4)
降伏点荷重Py(t)	44(27)	50(37)	51(39)	45(26)	98(62)	89(53)	57(36)
降伏点変位6y(mm)	31(20)	35(27)	37(29)	31(19)	31(20)	30(18)	34(21)
最大耐力Pu(t)	60	62以上	59	61以上	129以上	130	81
最大耐力時変位6u(mm)	50	51	52	48	49	55	60
終局時変位 b (mm)	55(67)				62(--)	70(--)	
弾性剛性Py/6y(t/mm)	1.42	1.43	1.38	1.45	3.16	2.97	1.68
Pu時等価剛性Pu/6u	1.20	1.22	1.13	1.27	2.63	2.36	1.35

()内は溶接残留ひずみを考慮した値

最後に、本実験の遂行に御協力いただいたセントラルエンジニアリング(株)の方々に感謝の意を表します。

参考文献

- (1)萩原、桜井 鋼製橋脚模型正負交番載荷実験 土木学会第40回年次学術講演会講演概要集第1部

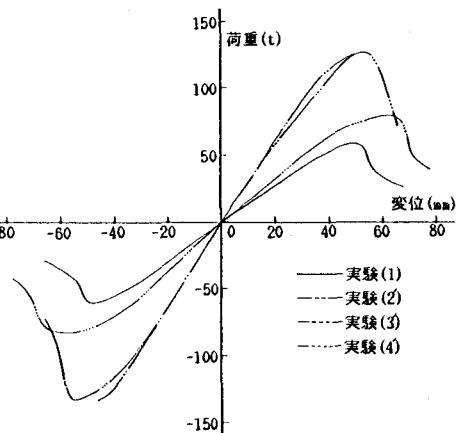


図-4 荷重-変位 包絡線

表-2 変状経過 (実験(1))

載荷段階 cycle	変状
1 (1.06y)	#特に変化なし
2 (1.46y)	#北面、南面フランジ、下面ウエブ下から3パネルの残留変形(パネル全体の凹変形)を目視で確認する。
3 (1.6~1.86y)	#北面、南面フランジ、下面ウエブが黒みを帯びる。 #下面ウエブのダイヤフラムとの溶接ヒートは赤みを帯びる。
10	#北面、南面フランジ、下面ウエブのパネル全体の凹変形の中に局部的な変形を生じる。 #北面フランジ、下面ウエブのコナー付近の黒皮が剥離する。 #下面ウエブのコナー付近が銀色に変色する。 #上面ウエブ、南面フランジ側コナー付近に局部的な凸変形を生じる。
4 (1.86y)	#北面、南面フランジと下面ウエブとのコナーが大きく波打ち黒色の変色黒皮剥離が極めて顕著になる。 #上面ウエブのフランジとの溶接部が黒色に変色し黒皮が剥離する。
2	#下面ウエブのダイヤフラムとの溶接部が赤色に変化する。 #上面ウエブの北面フランジ側コナー付近に局部的な凸変形を生じる。
10	#北面フランジが銀色に変色する。 #北面、南面フランジと下面ウエブとのコナーに柱軸直角方向のクラックを生じる。
5 (2.06y)	#北面、南面フランジと上面ウエブとのコナーに柱軸直角方向のクラックを生じる。
10	#コナーのクラックが進行する。

*実験装置の関係により柱を水平にして載荷を行った。