

スパイラル筋量がインターロッキング橋脚の耐震性能に及ぼす影響

東急建設（株）技術研究所 正会員 黒岩 俊之 正会員 宮城 敏明
 正会員 大滝 健
 日本道路公団 試験研究所 水上 善晴

1. はじめに

円形帯筋あるいはスパイラル筋を複数ラップさせて横拘束筋とするインターロッキング式配筋は、中間帯鉄筋等の配筋手数が減少するため施工性に優れており、また、コンクリートの拘束効果が高く主筋の座屈防止にも有効であることから、耐震性向上も期待できる工法である。しかしながら、その耐震性能や設計方法については、十分な検討がなされているとは言えず、実験データも少ないのが現状である。前報¹⁾では、矩形帯筋と中間帯鉄筋を有する在来矩形橋脚と比較することによって、インターロッキング橋脚の耐震性能を調べた。本報では、スパイラル筋量の違いがインターロッキング橋脚の耐震性能に及ぼす影響を調べることを目的として、帯筋体積比をパラメータとした橋軸方向の正負交番載荷実験を行った。

2. 試験体および実験方法

試験体諸元および配筋図を表1および図1に示した。試験体は、道路橋示方書²⁾に基づいて設計した標準的な矩形断面橋脚（橋脚高 H=15.0m）と同外形寸法を有する小判型断面で、プロトタイプ約 1/5 の諸元を有するモデルである。スパイラル筋は実橋脚で施工されることを想定した帯鉄筋量として、D16-@150（s=0.2%）および D22-@100（s=0.53%）を上下限と仮定し、これを対象とした試験体として IS-W0、IS-W2 を製作した。なお IS-W1（s=0.29%）は、昨年度実施したものであり、そのスパイラル筋は実橋脚において D19-@150 に相当する。加力は軸力として上部工荷重（死荷重 + 活荷重）と橋脚自重によって実橋脚基部断面に生ずる軸圧縮応力度に相当する一定軸力（0.8MPa）を PC 鋼棒によって作用させ、試験体頂部に取り付けたアクチュエータによって橋軸（弱軸）方向に正負水平交番載荷した。水平力は、変位制御により変位塑性率 $\mu = 1.0, 1.5, 2.0 \dots$ をそれぞれ 3 サイクルづつ繰り返した。

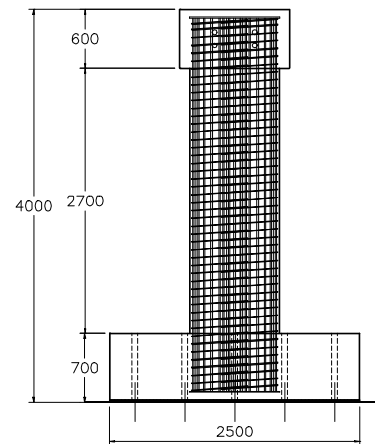
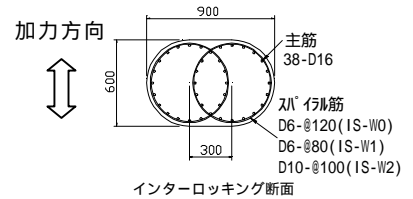


図1 試験体配筋図（単位：mm）

3. 実験結果および考察

いずれの試験体も $\mu = 1.0 \sim 1.5$ ($P=230 \sim 270$ kN) において曲げせん断ひび割れが観察され、 $\mu = 3.0$ ($P=280$ kN) では、柱基部に圧壊が生じ、 $\mu = 6.0$ において最大耐力 ($P=280 \sim 300$ kN) に達した。IS-W0 は、 $\mu = 4.0$ の繰り返し載荷で、かぶりコンクリートが剥落し、主筋の座屈が確認された。さらに $\mu = 6.0$ の繰り返しで、主筋座屈および破断によって耐力低下した。IS-W1,2 は、 $\mu = 4.0$ の繰り返し載荷で圧壊が進展したが、主筋座屈が確認されたのは $\mu = 6.0$ においてであった。いずれも $\mu = 8.0$ において、主筋座屈および破断によって耐力低下した。なお、目視により推定された塑性ヒンジ長はいずれも 300 ~ 400mm

表1 試験体諸元

試験体	幅 mm	高さ mm	コンクリート 圧縮強度 MPa	主鉄筋			帯筋			
				本数 - 径	主筋比 %	降伏点 MPa	型式	径 - ピッチ	体積比 %	降伏点 MPa
IS-W0	900	600	28.1	38-D16	1.63	409	スパイラル	D6-@120	0.19	359
IS-W1	900	600	39.7	38-D16	1.63	399	スパイラル	D6-@80	0.29	345
IS-W2	900	600	29.2	38-D16	1.63	409	スパイラル	D10-@100	0.52	337

^{*} $=4Ah/sD$ (Ah: 帯筋断面積, s: 帯筋ピッチ, D: スパイラル径) ^{**} 0.2%変位値

キーワード：インターロッキング橋脚，スパイラル筋，耐震実験，帯筋体積比
 連絡先：〒229-1124 神奈川県相模原市田名 3062-1

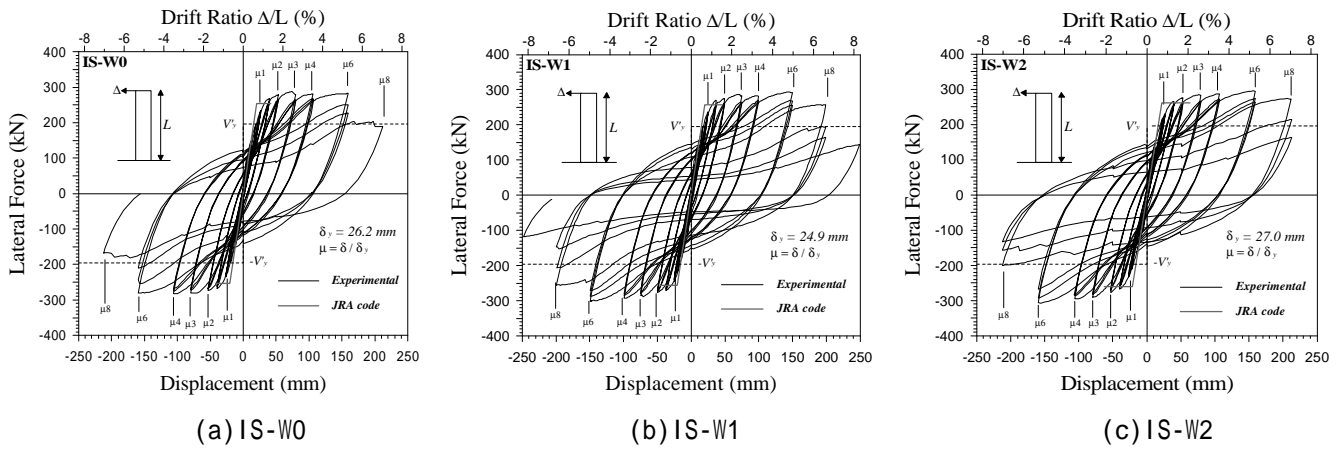


図2 荷重 - 変形関係

表2 最大耐力および変形性能

試験体	実験値				道路橋示方書***				Pmax/Pu	μ _{exp} / μ _{JRA}
	降伏変形 y (mm)	最大耐力 Pmax (kN)	限界変形 u (mm)	靱性率 μ _{exp} u / y	降伏変形 y (mm)	終局変形 u (mm)	保有耐力 Pu (kN)	靱性率 μ _{JRA} u / y		
IS-W0	26.2	283	189	7.2	20.8	41.4	254	2.0	1.11	3.6
IS-W1	24.9	296	208	8.4	20.4	46.3	257	2.3	1.15	3.7
IS-W2	27.0	300	192	7.1	21.8	63.1	261	2.9	1.15	2.5

*正負平均値 **0.8Pmaxを下回る時の変形(正負平均) ***'インターロッキング'の有効拘束長は、ス'径として算定

帯筋量による限界変形（包絡線が最大耐力の80%を下回るときの変形）の増加が認められたが、IS-W2では頭打ちとなった。これは、IS-W2のスパイラル筋径が太径であり、拘束力が強いため主筋の破断が早まったためと考えられる。また、これらの限界変形は道路橋示方書による終局変位を上回り、得られた靱性率と道路橋示方書による算定値との比は2.5~3.6となった。

降伏後の変形が塑性ヒンジの回転によるものと仮定すると、塑性ヒンジ長 L_p は、次式で表すことができる。

$$L_p = h - \sqrt{h^2 - 2(\mu - 1) \frac{\delta_y}{\phi - \phi_y}} \quad (\mu = \delta / \delta_y) \quad (1)$$

ここに、 y : 降伏変位、 ϕ_y : 橋脚基部における曲率および降伏曲率、 h : 橋脚高さ、 L_p : 塑性ヒンジ長

そこで、橋脚基部において測定した ϕ_y が、塑性ヒンジ領域の曲率と仮定し、(1)式によって算定した各試験体の L_p を図3に示した。これによると、すべての試験体の塑性ヒンジ長は、約300~360mmの範囲でほぼ一定値を取り、各試験体間の差もほぼ一定である。これは、塑性ヒンジ領域において、主筋の座屈長を決定するスパイラルピッチの違いによるものと考えられる。図中、Priestleyらの提案式 ($L_p = 0.08h + 0.022f_y d_{bl}$; f_y : 主筋降伏点、 d_{bl} : 主筋径) および道路橋示方書による L_p を示したが、いずれの場合も塑性ヒンジ長は、この間で推移しており、これらの式によって、ほぼ妥当に推定できると考えられる。

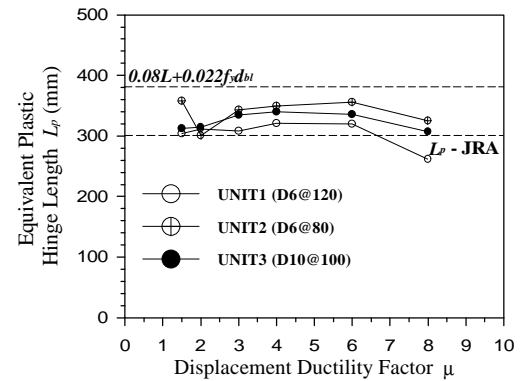


図3 等価塑性ヒンジ長

4. 結論

1. 本実験で対象とした範囲では、インターロッキング橋脚は帯筋量に関わらず、道路橋示方書で算定される終局変形より大きな変形性能を有していた。
2. インターロッキング橋脚の帯筋体積比を増加すると、0.29%までは終局時の主筋座屈および耐力低下防止効果が向上したが、0.52%では頭打ちとなった。今後、スパイラル筋径とピッチ、主筋径の関係が、座屈長や塑性ヒンジ長等に及ぼす影響について検討する必要がある。
3. インターロッキング橋脚の塑性ヒンジ長は、帯筋量に関わらずほぼ一定値を取った。また、これらは既往の算定式でほぼ評価できる。

参考文献

- 1) 大滝 健, 黒岩俊之, 水上善晴: インターロッキングスパイラル橋脚の正負交番載荷実験, 土木学会第54回年次学術講演会概要集V, pp508~509, 1999
- 2) (社)日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, 平成8年12月