

V-33 杭・柱接合部をスパイラル鉄筋で補強した継手構造に関する研究

東日本旅客鉄道㈱ 東北工事事務所 正会員 松本 浩一

1. はじめに

近年、鉄道構造物における RC ラーメン高架橋については一柱一基礎形式の採用例が多いが、本構造の課題として杭打設後の杭頭スライムの除去が狭隘なスペースでの人力作業となることや、杭と柱の接合部においてそれぞれの軸方向鉄筋により重ね継手部が形成され、この部分が構造上の弱点となること等が挙げられる。

上記の課題を克服するため、杭と柱の接合部に根巻き鋼管を用いる方法が考案され、重ね継手部を鋼管で補強することにより杭頭スライムの除去が不要となり施工性の向上が図られたが、一方で鋼管が高価であるという課題があった。

そこで、今回鋼管よりも安価なスパイラル鉄筋を用いて、重ね継手部を補強する構造を新たに開発し、試験体による水平交番載荷試験を実施して、接合部が塑性ヒンジとなった場合の耐力および変形性能の確認を行った。本報告は試験結果についてまとめたものである。

2. 試験概要

試験体は全部で 18 体である。試験体の形状については以下の 2 種類とした。試験体の一例を図 1 に示す。

(A) フーチング直上の柱部に低強度のスライム部を設け、スライム部の上に杭と柱の継手を設けた試験体

(B) フーチング直上に杭と柱の継手を設けた試験体

試験体の主なパラメータとして、柱の根元における耐力比及び柱と杭の軸方向鉄筋継手長（以下、重ね継手長という）とし、試験体を作成した。各試験体の耐力比と継手長の関係を図 2 に、試験体形状の詳細を表 1 に示す。耐力比については以下のように定義した。

V_{yd}/V_{mu} : 耐力比

V_{yd} : 設計せん断耐力

$V_{yd}=V_{cd}+V_{sd}$

V_{cd} : 主にコンクリートが受け持つせん断耐力

V_{sd} : スパイラル鉄筋が受け持つせん断耐力

V_{mu} : 部材が曲げ耐力に達する時のせん断力

$V_{mu}=M_u/a$ M_u : 曲げ耐力 a : せん断スパン

試験は水平交番載荷試験により行った。柱頭部に鉛直ジャッキで軸方向圧縮力作用させ、フーチング天端から所定の高さの載荷点で静的に水平交番載荷試験を行った。試験結果の一覧を表 2 に示す。

水平交番載荷試験時の降伏変位 δ_y は、最外縁の軸方向鉄筋のひずみが材料試験結果から求めた降伏ひずみ（表 2 の降伏ひずみを参照）に達したときの水平変位を 1δ とした。その後、降伏変位 (δ_y) の整数倍について繰り返し水平載荷を行った。

3. 試験結果

全試験体に共通して次のような破壊形態となった。まず載荷初期段階においては、柱に横方向の曲げひび割れが

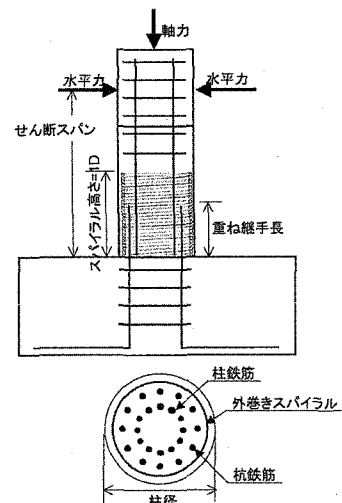


図 1 試験体の一例 (2. (B) の試験体)

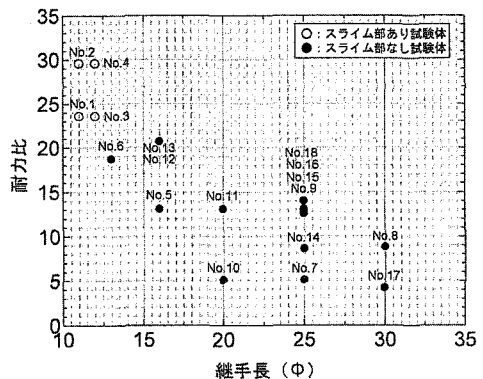


図 2 各試験体の耐力比と継手長の関係

表 1 試験体詳細

試験体 No	試験体形状	柱径 (mm)	せん断スパン (mm) ※1	SP径 (mm) ※1	SP断面 (mm)	SPピッチ (mm) ※2	SP筋比	SP降伏強度 (N/mm ²)	鉄筋径 (柱・杭共)	鉄筋本数	軸方向鉄筋比	継手の空き	重ね継手長 ※3	継手長 (mm)
1	A	500	1.15	360	7.1	0	0.0225	1038.6	D16	12	0.0122	3φ	11φ(15φ)	176
2	A	500	1.15	360	7.1	0(20)	0.0309	1038.6	D16	12	0.0122	3φ	11φ(15φ)	176
3	A	500	1.15	424	7.1	0	0.0225	1038.6	D16	12	0.0122	5φ	12φ(20φ)	192
4	A	500	1.15	424	7.1	0(20)	0.0309	1038.6	D16	12	0.0122	5φ	12φ(20φ)	192
5	B	500	1.15	424	9.0	10	0.0135	1590.3	D19	12	0.0175	1φ	16φ	304
6	B	500	1.15	424	9.0	10	0.0135	1590.3	D13	16	0.0103	1φ	13φ	169
7	B	500	1.15	424	6.2	20	0.0046	1413.6	D19	12	0.0175	1φ	25φ	475
8	B	500	1.15	424	9.0	20	0.0088	1590.3	D19	12	0.0175	1φ	30φ	570
9	B	500	1.15	424	9.0	10	0.0135	1590.3	D19	12	0.0175	1φ	25φ	475
10	B	500	1.15	424	6.2	20	0.0046	1413.6	D19	12	0.0175	1φ	20φ	380
11	B	500	1.15	424	9.0	10	0.0135	1590.3	D19	12	0.0175	1φ	20φ	380
12	B	500	1.15	424	6.2	4	0.0118	1413.6	D13	12	0.0078	1φ	16φ	208
13	B	500	1.15	424	10.7	20	0.0117	1389.8	D13	12	0.0078	1φ	16φ	208
14	B	500	1.15	424	9.0	34	0.0060	1590.3	D13	16	0.0103	1φ	25φ	325
15	B	500	1.15	424	9.0	12	0.0122	1590.3	D19	12	0.0175	1φ	25φ	475
16	B	500	1.15	424	9.0	6	0.0171	1590.3	D19	12	0.0175	1φ	25φ	475
17	B	500	1.15	424	6.2	28	0.0035	1413.6	D16	16	0.0162	1φ	30φ	480
18	B	700	1.70	624	9.0	15	0.0076	1590.3	D19	12	0.0089	1φ	25φ	475

※1)SP:スパイラル鉄筋、※2)試験体2,4は内巻きスパイラルありでカッコ内は内巻きピッチ、※3)カッコ内は低減前の継手長

表 2 試験結果一覧

試験体 No	RC強度(N/mm ²)		鉄筋降伏ひずみ	鉄筋降伏強度 (N/mm ²)	軸力 (N/mm ²)	降伏荷重(kN)		最大荷重(kN)		Vc (kN)	Vs (kN)	Vmu (kN)	耐力比	じん性率 ※4
	柱	スライム				押側	引側	押側	引側					
1	32.6	19.7	2103.8	420.8	0.98	143.6	130.7	166.8	153.4	91.3	3269.6	142.4	23.6	9.6
2	32.6	19.7	2103.8	420.8	0.98	128.0	133.3	162.4	159.5	91.3	4133.6	142.4	29.6	14.8
3	29.1	17.6	2103.8	420.8	0.98	152.2	141.3	181.4	163.2	91.3	3269.6	142.4	23.6	↑20.4
4	29.1	17.6	2103.8	420.8	0.98	151.3	145.2	169.6	171.2	91.3	4133.6	142.4	29.6	↑20.4
5	31.1	-	1778.0	355.6	0.98	166.0	164.4	229.8	257.0	108.3	2564.9	203.3	13.1	11.0
6	30.0	-	1993.0	398.6	0.98	138.7	137.0	165.7	167.1	95.6	2564.9	142.3	18.7	6.1
7	29.5	-	1939.0	387.8	0.98	173.1	161.3	241.6	237.9	108.3	926.0	203.3	5.1	13.5
8	28.0	-	1939.0	387.8	0.98	161.8	176.7	253.4	259.6	108.3	1680.4	203.3	8.8	↑22.9
9	29.2	-	1939.0	387.8	0.98	172.5	165.2	249.3	253.7	108.3	2564.9	203.3	13.1	22.9
10	21.8	-	2137.0	427.4	0.98	195.6	180.6	237.7	242.5	108.3	926.0	203.3	5.1	5.9
11	21.9	-	2137.0	427.4	0.98	184.5	168.4	252.1	243.7	108.3	2564.9	203.3	13.1	11.1
12	27.8	-	2021.0	404.2	0.98	104.4	103.1	141.3	150.0	89.7	2378.5	119.0	20.7	16.2
13	29.1	-	2021.0	404.2	0.98	107.9	99.1	147.3	144.3	89.7	2371.3	119.0	20.7	12.8
14	28.6	-	2021.0	404.2	0.98	120.5	121.4	168.3	173.2	95.6	1133.3	142.3	8.6	18.1
15	14.3	-	2137.0	427.4	0.98	178.5	155.1	240.2	234.5	92.9	2320.7	187.3	12.9	8.8
16	26.2	-	2137.0	427.4	4.90	257.3	245.1	318.3	323.8	145.1	3248.9	269.9	12.6	18.9
17	24.6	-	2188.0	437.6	0.98	172.2	163.4	243.4	248.6	106.2	709.4	192.8	4.2	↑21.1
18	25.3	-	2137.0	427.4	0.98	213.6	209.0	304.4	303.5	156.6	2993.9	224.8	14.0	↑25.0

※4)↑はじん性率がその数値以上であることを示す

特にフーチング天端から 500mm の高さで発生、その後斜めひび割れに進展した。さらに载荷を行うと柱根元部の圧縮部の圧壊が開始し、圧壊が進行すると柱表面が剥離、耐力比が小さい試験体はスパイラル鉄筋内部のコアコンクリートも損傷した。試験体の終局状態としては、軸方向鉄筋が破断して耐力が低下、もしくは軸方向鉄筋が抜け出して耐力が低下した。また、耐力の低下がみられないものは、载荷可能な水平変位まで载荷を行い、試験を終了した。

図 3 は全試験体の試験結果について、重ね継手長、耐力比とじん性率の関係を示したものであるが、重ね継手長ごとに耐力比とじん性率には線形関係がみられた。このうち試験体 No.3,4,8,18 については、表 2 に示したとおり試験機の能力上、終局時のじん性率の確認が不可能であったため、実際は示しているじん性率より大きい値となる。この結果から、じん性率 10 以上を確保する条件に着目すると、耐力比が 5 以上では重ね継手長が 25φ 以上、耐力比 2 以上では重ね継手長 30φ 以上が必要であることがわかった。

4. まとめ

本構造の特徴として、耐力比を 5 以上で重ね継手長 25φ 以上、耐力比 2 以上で重ね継手長 30φ 以上を確保すれば、じん性率 10 以上を確保できる。今後実構造物への本構造の適用に際し、本試験結果を設計に反映させていきたいと考えている。

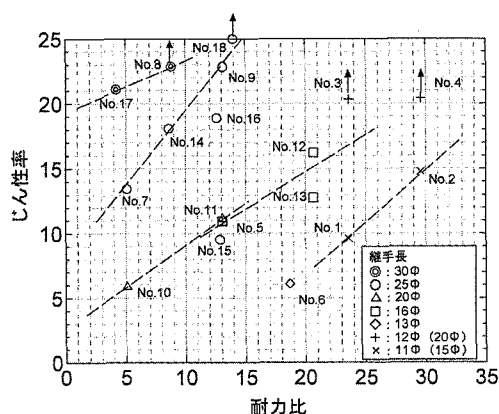


図 3 重ね継手長、耐力比とじん性率の関係