論文 コンクリート充填鋼管ソケット式柱梁接合部に関する実験的研究

山田 正人\*1・林 篤\*2・野澤 伸一郎\*3

要旨:コンクリート充填鋼管柱の接合方法として,径の大きな鋼管内に小径の鋼管を差し込み,その間隙をコンクリートで充填し一体化する構造について,実験により破壊形態,終局 強度について検討した。その結果,本接合部の破壊形態として外ダイアフラムの引張降伏に 起因するものとソケット鋼管のせん断降伏に起因するものがあることがわかった。また,本 接合部の終局強度には,ソケット鋼管厚,ずれ止めプレート及びずれ止め鉄筋の有無が大き く影響することが明らかとなった。

キーワード:ソケット鋼管,終局強度,ずれ止めプレート,ずれ止め鉄筋

1. はじめに

近年、線路上空に人工地盤を構築し、線路上 空を有効利用する事例が増えてきている<sup>1)</sup>。線 路上空,特に駅部に人工地盤を構築する場合, 一般的に,以下に示す手順で施工を行っている。

1)仮上家を設置する、2)既存上家に添架
 しているケーブル類を仮上家に移設する、3)
 既存上家を撤去する、4)人工地盤を構築する、
 5)仮上家に移設したケーブル類を人工地盤に
 移設する、6)仮上家を撤去する。

この施工法の場合,仮上家の設置,ケーブル 類の盛替回数の多さがコストアップにつながっ ていた。そこで,仮上家の設置の省略,上家に 添架されるケーブル類の盛替回数の削減を目的 とする施工法を考案した。具体的には,図-1 に示すように外ダイアフラム形式の柱梁接合部 をユニット化したソケットにより既存上家に支 障しない位置に人工地盤を構築し,既存上家の 撤去後,所定の位置まで人工地盤をジャッキダ ウンし,柱とソケットの間の空隙にモルタル等 を充填し柱と接合するものである。

このソケット方式による接合部の研究は近年 盛んに行われてきている<sup>2),3)</sup>。しかしながら, これらの研究は柱・杭接合部を想定して行われ たものである。一方,柱・梁接合部を想定した 研究<sup>4),5)</sup>も行われてはいるが,この接合部の応 力伝達機構が必ずしも明らかにされていないの が現状である。

そこで,今回この接合部の耐荷機構を解明す



	鋼管柱	梁	ソケット鋼管径	ソケット長さ	ソケット板厚	D/d	L/d	D/L	パラメータ	
試験体名	d		D	L	t					
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)					
P - 1	318 × t25	H350 × 350 × 16 × 22	406	350	6	1.28	1.10	1.16	標準ケース	
P - 2	318 × t25	H350 × 350 × 16 × 22	500	350	6	1.57	1.10	1.43	ソケット鋼管径	
P - 3	318 × t25	H500 × 350 × 16 × 22	406	500	6	1.28	1.57	0.81	ソケット鋼管長さ	
P - 4	318 × t25	H350 × 350 × 16 × 22	406	350	12	1.28	1.10	1.16	ソケット鋼管板厚	
P - 5	318 × t25	H350 × 350 × 16 × 22	374	350	6	1.18	1.10	1.07	ソケット鋼管径	
P - 6	318 × t25	H350 × 350 × 16 × 22	406	350	6	1.28	1.10	1.16	ずれ止めブレート無	
P - 7	318 × t25	H350 × 350 × 16 × 22	406	350	6	1.28	1.10	1.16	ずれ止めプレート、鉄筋無	

表 - 1 試験体諸元



## 仕口部詳細 D d の びずみ計測点B り り り がゲイ775ム (PL22) ングリート充填網管柱 充填U外 ソケット綱管

図-2 試験体形状

ることを目的とし,人工地盤の柱・梁接合部を モデル化した模型供試体を用い,載荷試験を実 施し,その破壊挙動を検討したので報告する。

## 2. 実験概要

## 2.1 試験体諸元

試験体の諸元及び形状を表 - 1 ,図 - 2 にそ れぞれ示す。試験体は,柱・梁接合部をモデル 化したト形試験体で,コンクリート充填鋼管柱 よりも径の大きなソケット鋼管に充填鋼管柱を 差し込み,間隙をモルタルで充填して一体化す る構造とした。ソケット鋼管外側に外ダイアフ ラムを設け,H形梁を接合させている。既往の 研究 <sup>5)</sup>と今回の試験体の接合部に関する構造上 の違いを図 - 3 に示す。これは,今回対象とし ている構造,施工法を考慮したためである。

P-1を標準試験体とし, P-2及びP-5

試験体はソケット鋼管径, P - 3 試験体はソケ ット鋼管長さ, P - 4 試験体はソケット鋼管の 板厚を変えた試験体である。さらに,ずれ止め プレートが接合部強度に影響することが予測さ れたため, P - 6 試験体はずれ止めプレートの ない試験体とした。以上のP - 1 ~ 6 試験体に は,鋼管の表面と充填モルタルとの付着性能を 向上させるため,ソケット鋼管内側及び柱鋼管 外側に, 6mmの丸鋼を50mm ピッチで円周 上に溶接している。P - 7 試験体は,このずれ 止め鉄筋の影響をみるため,ずれ止めプレート 及びずれ止め鉄筋を設けていない。なお,今回 の試験では,鋼管柱を降伏させずに接合部を破 壊させるように,鋼管柱及びソケット鋼管の板 厚をそれぞれ定めた。

鋼材は,ソケット鋼管のみSS400とし,それ 以外の部分についてはSM490を使用している。



図 - 3 既往研究との構造上の相違点

	供試体名			圧縮強度									
				(N/mm <sup>2</sup> )									
		ソケット鋼管	柱鋼管	外ダ イアフラム	梁フランジ	梁ウェブ	柱コンクリート	充填モルタル					
	P - 1	313	332	345	347	328	36.7	45.9					
	P - 2	313	332	345	347	328	35.8	43.7					
	P - 3	313	332	345	347	328	36.9	45.2					
	P - 4	276	332	345	347	328	39.6	43.0					
	P - 5	311	321	366	326	330	39.2	51.5					
	P - 6	311	321	366	326	330	41.8	51.1					
	P - 7	311	321	366	326	330	40.6	53.9					

表 - 2 材料強度

鋼管柱への充填コンクリートは設計基準強度 27N/mm<sup>2</sup>,柱とソケット鋼管との空隙充填材に は設計基準強度45N/mm<sup>2</sup>程度のプレミックス モルタルを使用した。表-2に実験に用いた鋼 材の降伏点とコンクリート及びモルタル材料の 実験当日の強度をまとめたものを示す。

2.2 載荷方法

載荷方法は,図-2に示す位置での片押しの 単調載荷とした。載荷は,試験体が破壊するか ストローク限界となる200mm程度まで行った。

測定は,載荷力,各部位での変位,ソケット 鋼管,外ダイアフラムでのひずみを測定した。

3. 実験結果及び考察

3.1 破壊状況

標準となる P - 1 試験体の破壊状況について 記述する。まず,充填モルタルの側面にひび割 れが発生し,載荷とともにひび割れが進展し, 充填モルタルとソケット鋼管及び柱との空隙が 確認された。その後,図-2に示すソケット鋼 管ひずみ計測点 A において,周方向に対して45 度方向ひずみが増加して降伏ひずみに達した。 さらに載荷荷重の増加に伴って充填モルタルの ひび割れが進展し剥落し始め,充填モルタルと 柱及びソケット鋼管との空隙及びソケット鋼管 のせん断変形が進展していった。そして,ずれ 止めプレート及び外ダイアフラムの面外変形が 進展していき,ソケット鋼管側部に亀裂が発生 し実験を終了した。写真 - 1,2に試験体の破 壊状況を示す。

3.2 主ひずみ分布及び荷重・変位関係

図 - 4 に P - 1 試験体のソケット鋼管がひず み計測点A においてせん断降伏に達した時点で のソケット鋼管表面の主ひずみ分布を示す。図 より,ソケット鋼管のせん断ひずみが,荷重載 荷側の外ダイアフラム近傍に集中していること がわかる。なお,せん断降伏強度は,ミーゼス の降伏条件から式(1)により求めた。

$$Y = Y / \sqrt{3}$$
(1)

Y:せん断降伏強度

Y:引張降伏強度

図 - 5 に P - 1 試験体及び P - 2 試験体の荷 重・変位関係を示す。また,図 - 6 には P - 1 及び P - 2 試験体の荷重とひずみ計測点 A にお



写真-1 載荷終了状況その1



写真-2 載荷終了状況その2



図 - 4 主ひずみ分布(P-1試験体)

けるせん断ひずみの関係を示す。P-1試験体 については,図-6に示した荷重・せん断ひず み関係のひずみ増加傾向と,図-5に示した荷 重・変位関係の変位増加傾向は,異なっている ことがわかる。つまり,ソケット鋼管がせん断 降伏して非線形性が表れてきても,図-5に示 す荷重・変位関係においては,明確な非線形性 は表れていない。図-7にP-1試験体及びP



図-7 荷重・ひずみ関係(外ダイアフラム)

- 2 試験体のひずみ計測点B(図-2参照)に おける荷重と外ダイアフラムのひずみ関係を示 す。図-7に示したP-1試験体の荷重・ひず み関係の増加傾向は,図-5に示した荷重・変 位関係の変位増加傾向と概ね対応していること がわかる。従って,P-1試験体の破壊形態は, ソケット鋼管のせん断降伏の進展よりも,外ダ イアフラムの引張降伏の進展によるものが支配 的であることが推定される。 一方, ソケット鋼管径の大きいP-2試験体 については,図-6に示した荷重・せん断ひず み関係のひずみ増加傾向と,図-5に示した荷 重・変位関係の変位増加傾向が,よく対応して いることがわかる。また,図-6及び図-7よ リ,ソケット鋼管のせん断ひずみの進展に伴い 外ダイアフラムのひずみが急激に増加している ことがわかる。従って,P-2試験体の破壊形 態は,ソケット鋼管のせん断降伏の進展による ものが支配的であることが推定される。P-2 試験体以外の試験体については,P-1試験体 とほぼ同様な破壊形態の傾向がみられた。

3.3 荷重・変位関係への各パラメータの影響 各試験体の荷重・変位関係を図 - 8~10 に示 す。図 - 8 はソケット鋼管径の影響を,図 - 9 はソケット鋼管の板厚の影響を,図-10はずれ 止めプレート及びずれ止め鉄筋の影響をそれぞ れ比較したものである。また,図中における終 局強度点とは,文献2)を参考に,荷重・変位 関係の接線勾配が初期勾配の5%にまで低下し た時点の荷重を便宜的に実験により得られた終 局強度と定義することにした。なお,ソケット 鋼管長さの影響については, P-1及びP-3 試験体の破壊形態が外ダイアフラムの引張降伏 に起因するものと推定されるため, 外ダイアフ ラム間隔が長いP-3試験体の方が剛性,終局 強度ともに高いことが明らかなためグラフは割 愛した。

(1) ソケット鋼管径の影響

ソケット鋼管径を大きくするに従って,終局 強度は低下する傾向となった。図-2に示した ように,今回外ダイアフラムの外寸法は固定と し,ソケット鋼管の径を変化させている。従っ て,ソケット鋼管を大きくすれば外ダイアフラ ムの面積は小さくなり,耐力は低下するものと 考えられる。前述したように,P-1,5試験 体については,破壊形態が外ダイアフラムの引 張降伏に起因すると推定され,P-2試験体は ソケット鋼管のせん断降伏に起因すると推定さ れるため,ソケット鋼管と外ダイアフラムの形



図 - 10 ずれ止めプレート及びずれ止め鉄筋の影響

状の差により, P - 1 と P - 2 試験体の間に破 壊形態の移行点があるものと推定される。 (2) ソケット鋼管厚の影響

ソケット鋼管厚を12mmと厚くしたP-4試 験体は,P-1試験体と比較して終局強度は高 くなる傾向を示した。P-1試験体とP-4試 験体は,破壊形態が外ダイアフラムの引張降伏 に起因すると推定されるが,両試験体の外ダイ アフラムは同じ寸法・強度であり耐力は同じで あると考えられる。しかしながら,両者の間に 終局強度の差があるのは以下の理由と考えられ る。

図 - 11 に, P - 1 及び P - 4 試験体のひずみ 計測点A(図 - 2 参照)における荷重・せん断 ひずみの関係を示す。図より両試験体ともソケ ット鋼管がせん断降伏してから非線形性が表れ てきているが,それ以降ソケット鋼管の負担す る荷重が板厚の違いにより異なるため,終局強 度の差になって表れたものと推定される。

このことは,本接合部の終局強度は,ソケット鋼管と外ダイアフラムの両者が個々あるいは 相互的に耐荷機構を形成しており,両者のうち 耐力の大きい方により接合部の破壊形態が支配 されることを意味すると考えられる。

(3) ずれ止めプレート及びずれ止め鉄筋の影響

ずれ止めプレートを無くした P - 6 試験体は, ずれ止めを設けた P - 1 試験体と比較して初期 剛性,終局強度とも下回る結果となった。従っ て,ずれ止めプレートは剛性,終局強度ともに 影響があることがわかる。

ずれ止めプレート及びずれ止め鉄筋を無くし たP-7試験体は,両者を設けたP-1試験体 と比較して初期剛性,終局強度とも下回る結果 となった。特に,終局強度についてはP-1試 験体の約6割程度となっており,ずれ止め鉄筋 の影響が大きいことがわかる。従って,本接合 部の耐荷機構において,充填モルタルと柱及び ソケット鋼管との間の摩擦力の伝達は抵抗要因 として大きな要因となると推定される。

4. まとめ

コンクリート充填鋼管のソケット接合方法に ついて,今回実施した実験の範囲内において, 以下のような知見を得た。

- (1)本接合部の破壊形態として,外ダイアフラムの引張降伏に起因すると推定されるものとソケット鋼管のせん断降伏に起因すると推定されるものがあった。
- (2)ソケット鋼管径を大きくするに従って,終局 強度は低下する傾向となった。これは,ソケ ット鋼管径を大きくするにつれ,外ダイアフ



ラムの耐力が低下したためと考えられる。

- (3) P 1 試験体とP 2 試験体との形状の間 に外ダイアフラムの引張降伏に起因すると推 定される破壊形態とソケット鋼管のせん断降 伏に起因すると推定される破壊形態の移行点 があるものと推定される。
- (4)本接合部の終局強度には、ソケット鋼管厚、 ずれ止めプレート及びずれ止め鉄筋の有無が 大きく影響する。

参考文献

- 野澤伸一郎,林篤:線路上空に空間を創造 する技術,JREA,Vol.45,No.4,pp.11-13, 2002.4
- (
   「
   『野秀明,石橋忠良,鎌田則夫,木下雅敬: 柱と杭をコンクリート充填鋼管とした接合 部の実験的研究,コンクリート工学年次論 文報告集, Vol.18, pp.1301-1306, 1996.6
- 3) 野澤伸一郎,木下雅敬,築嶋大輔,石橋忠 良:ずれ止めを用いたコンクリート充填鋼 管ソケット接合部の耐力評価,土木学会論 文集,No.634/V-45,pp.71-89,1999.11
- 4) 工藤伸司・高木芳光・木下雅敬: ソケット 式柱梁接合部の耐力試験について, 土木学 会第52回年次学術講演会, -A218, pp.434-435, 1997.9
- 5) 小林寿子,古谷時春,木下雅敬:ソケット 式柱梁十字接合部の耐力試験について,第
   24 回関東支部技術研究発表会講演概要集, V-13, pp.582-583, 1997.3