

V-325

地中連続壁基礎における剛結継手に関する実験的研究—その1

実験概要および継手の単純引張実験

大成建設(株) 技術開発部 ○正会員 内藤 禎二
 大成建設(株) 土木設計部 正会員 田中 幸一
 大成建設(株) 技術開発部 正会員 坂手 正明

1. まえがき

地中連続壁基礎における剛結継手には、従来鉄筋の重ね継手が一般に用いられている。本報告書は、この重ね継手にかえてメスパイプ内にオスパイプを挿入し継手内部にグラウトを注入することにより、連壁エレメントを剛結するジャンクション継手(図-1)に関する一連の実験結果の概要と気中での単純引張実験に関する結果をまとめたものである。

2. 実験概要

今回の一連の実験フローを図-2に示す。予備実験として表-1に示すようにオス、メスパイプの形状をかえて単純引張実験を行い、引張強度が大きく伸び量の少ないAタイプの組合せを基本形状に決定した。引続き、メスパイプの外径、肉厚をかえて3ケース4体ずつ計12本の供試体を製作し、単純引張実験を行った。同時に予備実験のデータをもとにFEMでシミュレーション解析(解析No.1)を行ない、得られた物性値から肉厚、スリット巾、オスパイプ外径を変えてパラメータスタディを行った(解析No.2)。さらに、継手がコンクリート中に埋込まれた状態をモデル化した弾性解析からクラック発生位置を予測した(解析No.3)。以上をもとに水平主鉄筋量を定め、継手部の補強を行った梁部材を製作し、表-2に示す梁実験を行った。

3. 単純引張実験

3-1. 実験方法

供試体は写真-1、表-3に示す形状とし、オスパイプは原則としてメスパイプの中央に配置した。但し、No.1,5,9についてはメスパイプのスリットに近接して配置している。供試体は高さ30cmでオス、メスパイプには9mmの鋼板を溶接し、試験機のチャック部分は高さを10cmに絞り込んでいる。メスパイプの材質は、STKM-13A(規格降伏点22kgf/mm²、規格引張強度38kgf/mm²)を、内部グラウトにはプレミックス無収縮グラウト材を使用した。

荷重は1本目を単調荷重とし、得られた引張強度の70%を降伏点と仮定し(母材鉄筋をSD-35と想定し、規格引張強度50kgf/mm²、規格降伏点35kgf/mm²を参考にした。)以降の荷重荷重を定めた。また、No.4,8,12については高応力繰返し荷重実験とした。

一連の実験方法及び評価方法は、土木学会「鉄筋継手

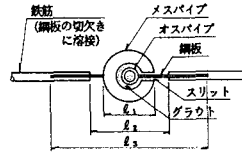


図-1 ジャンクション継手

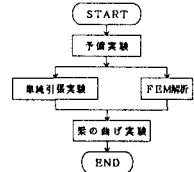


図-2 ジャンクション継手に関する実験フロー図

表-1 予備実験供試体形状

タイプ	A	B	C	D
形状				
メスパイプ	φ101.6 × 18t	100 [□] × 18t	100 [□] × 18t	140 × 100 × 18t
オスパイプ	φ42.7 × 3.2t	φ42.7 × 3.2t	40 [□] × 2t	φ42.7 × 3.2t

表-2 梁の曲げ実験ケース一覧表

実験 Case	鋼板 No.	水平 鉄筋	垂直 鉄筋	筋内方法
1	1-1	D2.5	有	純曲げ
	1-2	-	-	
	1-3	-	-	
2	2-1	-	無	純曲げ (継手なし)
	2-2	-	-	
	2-3	-	-	
3	3-1	-	有	曲げせん断
	3-2	-	-	
	3-3	-	-	
4	4-1	-	無	純曲げ
	4-2	D2.9	有	
	4-3	-	-	
5	5-1	D2.5	無	曲げせん断
	5-2	-	-	
	5-3	D2.9	-	
6	6-1	D2.5	有	純曲げ繰返し
	6-2	-	-	
	6-3	D2.9	-	
7	7-1	D2.5	-	曲げせん断 繰返し
	7-2	-	-	
	7-3	D2.9	-	

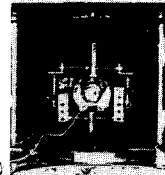


写真-1 単純引張実験

表-3 単純引張実験結果一覧表

供試体 No.	メスパイプ 外径 (mm)	メスパイプ 肉厚 (mm)	オスパイプ 位置	実験結果 実測値 P _u (tf)	実験結果 引張強度 ¹⁾ P _u (tf/mm ²)	実験結果 引張強度 ²⁾ P _u (tf/mm ²)	95% 信頼引張強度 ³⁾ P _u (tf/mm ²)
1	42.7	120	スリット 中央	100.4	334.7	183.0	1.54
2	-	-	中央	101.9	339.7	184.9	
3	-	-	中央	94.1	313.7	153.4	
4*	-	-	中央	102.9	343.0	192.3	
5	-	1143	スリット 中央	63.1	210.3	158.9	1.25
6	-	-	中央	58.3	194.3	125.6	
7	-	-	中央	57.2	190.7	149.1	
8*	-	-	中央	57.0	190.0	147.6	
9	34	101.6	スリット 中央	51.8	172.7	129.1	1.23
10	-	-	中央	61.8	205.0	161.4	
11	-	-	中央	54.6	182.0	135.4	
12*	-	-	中央	61.2	204.0	153.0	

(注) * : 高応力繰返し耐力実験
 ** : $P_u = G000 / (2500) P_y$
 ここで P_y は次に示す $\Delta \varepsilon_{y1}$ と $\Delta \varepsilon_{y2}$ に相当する荷重を $P - \Delta \varepsilon$ 曲線(図-3)
 より読み取り、小さい方の値を単位長さ当りの荷重に換算したものである。
 $\Delta \varepsilon_{y1} = 0.7(\sigma_{y1}/E_s) \varepsilon_s$
 $\Delta \varepsilon_{y2} = 0.55(\sigma_{y2}/E_s) \varepsilon_s$ 、 $\varepsilon_s = 0.9$
 ただし σ_{y1} : 鉄筋の降伏点強度 $= 2500 \text{ kgf/cm}^2$ (SD35)
 σ_{y2} : 鉄筋の弾性係数 $= 2.1 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$
 ε_s : 継手長 (mm)

*** : A級継手として95%信頼できる(下層の確立が5%以下となる)引張強度

指針」に従い、静的耐力性能についてはA級の規定を満足する引張耐力を求めた。継手部の定義として図-1の l_1 、 l_2 、 l_3 の考え方があがあるが、ここでは安全側に l_1 部分を継手と考え、検長距離の基準とした。規定項目は、継手部の伸び（ Δl ）、スリットの開き（ Δw ）、一部のメスパイプの応力である。

3-2. 実験結果

図-3,4にP- Δl 曲線、P- Δw 曲線を示す。両図における初期勾配は小さい順に、 $\phi 120$ 、 $\phi 101.6$ 、 $\phi 114.3$ であり、同肉厚の場合、外径の大きさ、すなわちアームの長い方が変形量が大きくなっている。また、スリットに接近してオスパイプを配置した供試体のうちNo.9だけが耐力が小さくなっている。これはオスパイプ径が小さいため鋼材との溶接ビードののど厚が相対的に大きくなり、クサビと同等の効果をもたらしたためと思われる。実験結果より、実測引張強度 P_u 、A級継手を満足する引張強度 P_u' 、A級継手が95%信頼で保証できる引張強度 P_{ug} を算定し表-3に示す。次報に述べる梁実験では、この P_{ug} をベースにした。なお、仮定した降伏荷重を載荷後、除荷した時の残留変形量は各径とも0.2mm以下であった。

次に、高応力繰返し耐力性能実験結果を表-4に示す。繰返し荷重の上限値は表-3に示した P_u の70%に多少の余裕を見込んで決定したが、 P_u' より算定した上限値はかなり小さく、特にその比が1.77倍となった $\phi 120$ の供試体では規定値を満足していない。しかし、その比が1.2程度の場合の2本は満足しており、地震時における耐力が十分あることを示している。

5. FEM解析

ジャンクションのFEMモデル図を図-5に示す。解析の結果次のことが判明した。

①オス金物とメス金物との間の応力伝達は、中詰グラウトを介して行われるが、メス金物先端（スリット部）付近に応力が集中している。この傾向は引張荷重が大きくなり、構造状態が終局状態に近づくにつれ著しくなる。（前述解析No.1より）

②ジャンクションの形状寸法のうち、静的耐力性能に最も関与するのはメス金物肉厚であり、メス金物肉厚とA級継手を満足する引張強度の関係を図-6に示す。（前述解析No.2より）これは同時に行ったジャンクション継手の単純引張実験結果とほぼ一致した。

③図-7に示すように、オスプレートと周辺コンクリート間のせん断力はメス金物開口部付近に集中しており、この付近から両者の付着切れが懸念される。従ってこの付近に付着補強鉄筋を配置すれば効果的と考えられる。（前述解析No.3より）

④鋼材とコンクリートの付着切れ、はくりが発生した後は、メス金物外側コンクリートに引張応力が集中している。従って、この付近に周辺コンクリートに発生する引張応力を分担する補強鉄筋を配置すれば効果的であるとえられる。（前述解析No.3より）

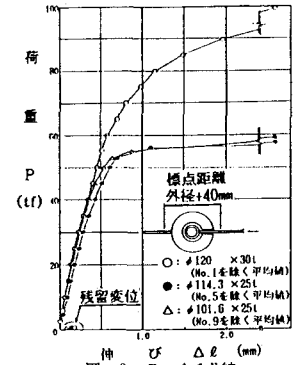


図-3 P- Δl 曲線

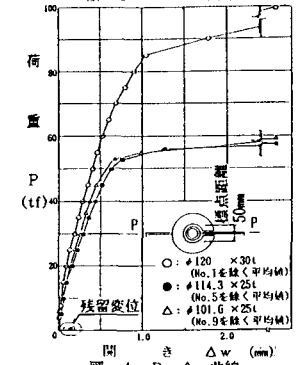


図-4 P- Δw 曲線

表-4 高応力繰返し耐力実験結果

供試体 No.	メ スパ イ プ 外 径 (mm)	実験荷重 使用 した降伏点 (tf/mm) P_y	E_{ss} E_t	P_u の算定値 使用した降伏点 P_y (tf/mm)	P_y P_y
4	120	221	0.79 < 0.85	125	1.77
8	114.3	128	0.90 > 0.85	102	1.25
12	101.6	128	0.88 > 0.85	101	1.27

(注) * : 表-3の P_u の平均値 $\times 0.7$

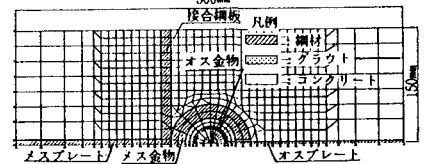


図-5 FEM解析モデル図

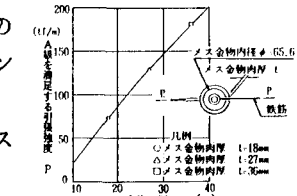


図-6 メス金物肉厚とA級継手を満足する引張強度の関係推定図

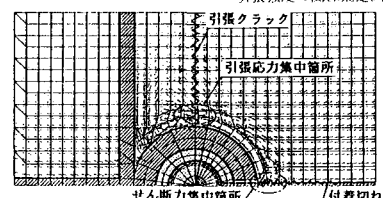


図-7 ジャンクション継手周辺コンクリートの主応力分布図