

V-440

リブ付鋼管による重ね継手の付着性状

大林組 正会員 岡野 素之

大林組 正会員 大内 一

大林組 正会員 田中 浩一

1. まえがき

施工の省力化と急速施工を目指し、鋼管・コンクリート複合構造の橋脚が開発・施工されている^{1),2),3)}。この構造では高さ方向に鋼管を溶接接合するため検査など労力がかかる。そこで溶接接合の代わりに、直径の異なるリブ付鋼管を内外に重ねて（内側：外面リブ付、外側：内面リブ付）、間にコンクリートを充填する鋼管重ね継手を考案した。この構造では外側鋼管の拘束効果により大きな強度が期待できる。この継手の構造性能を検討するため引抜き試験を実施した。以下、本試験結果について報告する。

2. 試験内容

試験体の概要を図1に、試験体の一覧を表1にそれぞれ示す。試験体は、外径700～800mm、長さ950mmの円柱状（合計13体）で、リブ付き鋼管の中心を合わせ、内外重ねて両鋼管の間にコンクリートを充填した構造である。パラメーターは、内外鋼管の剛性、有効継手長(ℓ_e)、鋼管相互の間隔(d)、偏心荷重の影響および内側鋼管内部コンクリート充填の有無とした。なお有効継手長とは重ね長さ(ℓ)から鋼管相互の間隔(d)を除いたものである。

使用したコンクリートとリブ付き鋼管（JIS A5525）の材料試験結果を表2、3にそれぞれ示す。なお鋼管表面のリブは概略で、高さ3mm、幅11mmの形状、間隔40mm、45°の傾きでスパイラル状に配置されている。

試験時には試験体の上下端を治具に溶接し、継ぎ手部には引張力のみを作用させ破壊させた。ただしNo.12試験体は加力の中心を鋼管の中心から3.6cm偏心させ、引張力と曲げモーメントを同時に作用させた。

3. 試験結果

3.1 破壊状況 強度を決定づける破壊形態は次の3タイプに分かれた。

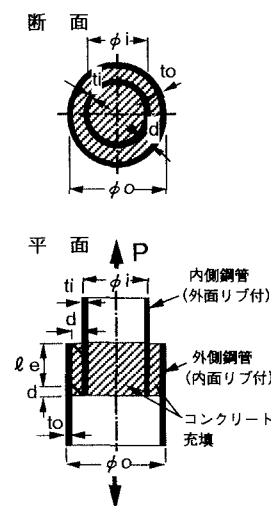


図-1 試験体の概要

表-1 試験体と試験結果の一覧

試験体No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
試験体の諸元 (mm)	内側鋼管内部	中空				中詰め								
	着目点	内外管剛性				外管剛性		重ね継手長さ		内外管空き		偏心	標準	
	内側鋼管 外径 ϕ_i	600				600								
	鋼管 厚さ t_i	9	12	16	9	9	6	9						
	外側鋼管 外径 ϕ_o	750				750				700	800	750		
	鋼管 厚さ t_o	12		9		16	6	9						
	有効継手長 ℓ_e	270				270		210	330	390	270			
	鋼管相互の間隔 d	63		66		59	69	66		41	91	66		
最大荷重時	最大荷重 P_{max} (tf)	335.0	371.1	399.2	355.0	481.5	384.3	338.0	550.0	678.1	450.0	436.9	476.5	439.3
	付着応力度*1 τ_{max} (kgf/cm ²)	65.8	72.9	78.4	69.8	94.6	75.5	85.4	88.4	92.2	88.4	85.8	93.6	86.3
	内側鋼管引張応力度*2 (kgf/cm ²)	2005	1674	1360	2124	2882	3431	2023	3291	4058	2693	2615	2852	2629
	破壊形式*3	Yi	Yi	C	Yi	C	Yo	C	C	C (Yiv)	C	Yo	C	C

*1: $\tau_{max} = P_{max} / (\pi \cdot \phi_i \cdot \ell_e)$ 、*2: 最大荷重を鋼管断面積で除した値

*3: Yi: 内側鋼管降伏、Yo: 外側鋼管降伏、C: コンクリート破壊、Yiv: 鋼管母材引張降伏

表-2 コンクリートの材料試験結果

試験体No.	圧縮強度 (kgf/cm ²)	ヤング係数 $\times 10^5$ (kgf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)
No.1,2,3,13	298	2.33	25.1
No.4~12	328	2.48	26.4

表-3 鋼管の引張試験結果

部 材	種類	公称厚さ (mm)	0.2%耐力 (kgf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)	ヤング係数 $\times 10^6$ (kgf/cm ²)
内側鋼管(外リブ)	SKK490	6~16	3673~4384	5132~6226	1.95~2.13
	SKK490	6~16	3898~4665	5473~6452	1.98~2.04
外側鋼管(内リブ)	SKK400	9 (No.11)	2563	4433	1.95

Yi：内側鋼管降伏型 内側鋼管の剛性が低いものは、内側鋼管下部で円周方向圧縮応力により降伏し抜け出した。
 Yo：外側鋼管降伏型 外側鋼管の剛性が低いものは、外側鋼管上部で円周方向引張応力により降伏し抜け出した。
 C：コンクリート破壊型 内・外側鋼管の剛性がともに高いものは、鋼管は降伏せず内側鋼管リブ付近でコンクリートが破壊して抜け出した。

なお鋼管の降伏の判定は、Von Misesの降伏条件式を用い相当応力で行なった。

3.2 付着強度 表-1に試験結果の一覧を示した。No.1～No.4の中空型は、内側鋼管が厚くなるにしたがいコンクリート破壊型に移行し、約80kgf/cm²の強度であった。No.5～No.13の中詰め型は、鋼管厚の小さなNo.6と降伏点強度の低い（SKK400）No.11を除きコンクリート破壊型であり、85～95kgf/cm²の強度であった。実際の試設計から橋脚断面内での応力勾配を考慮し曲げを組合せて作用させたNo.12試験体は、標準的な試験体No.13と比較して、同様の破壊形態、同等以上の強度であった。

3.3 ひずみ性状 図-2にNo.4試験体（Yi型破壊）の鋼管のひずみ分布を示す。なお分布は最大荷重までの3段階で示した。外側鋼管は円周方向引張りひずみが上方で大きい逆三角形分布になっている。鉛直方向ひずみは自由端にも拘わらず上方で圧縮であるが水平方向のひずみの影響と考えられる。下方に向かうと引張側に移行するが、最下部で圧縮ひずみが減少しているのは局部曲げの影響と考えられる。内側鋼管は、逆に下方で水平方向の圧縮ひずみが卓越し、やがて降伏に到る三角形分布となった。鉛直方向ひずみは自由端となる下縁は最大荷重時には降伏してひずみが増大している。

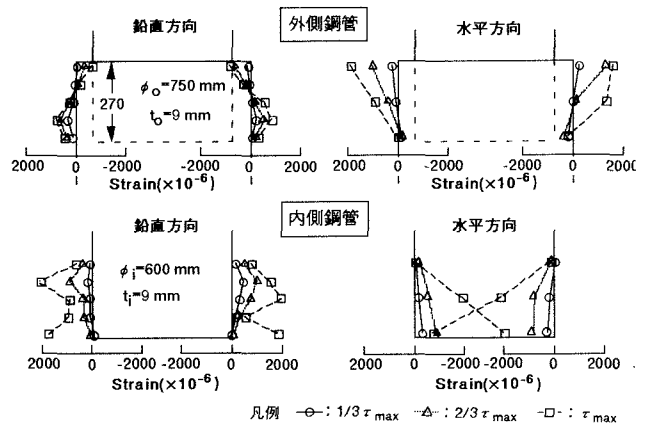


図-2 鋼管のひずみ分布（No.4試験体）

3.4 変位性状 図-3に平均付着応力度とすべりの関係の例を示す。すべりは内側鋼管下端での鋼管と間のコンクリートの鉛直相対変位とした。各試験体とも、最大付着応力度後も荷重を保持し破壊形態に拘わらず同様の変位性状を示した。有効継手長による比較では最大付着応力度、すべりとも顕著な差異は見られず、有効継手長が変位性状におよぼす影響は少ないことが分かる。またNo.9試験体は母材で鉛直方向に降伏しており、継手の強度が母材のそれを上回り継手として必要とされる性能を発揮したといえる。

4. まとめ

鋼管重ね継手の引抜き試験を実施し以下のことが分かった。

- (1) 強度を決定づける破壊形態は内側鋼管降伏型、外側鋼管降伏型およびコンクリート破壊型に大別できる。
- (2) 中空型の場合、外側鋼管は上部自由端で円周方向引張応力度が、また内側鋼管は下部自由端で円周方向圧縮応力度が卓越する。内側鋼管厚を大きくするとコンクリート破壊型となり約80kgf/cm²の付着強度が確保できる。
- (3) 中詰め型の場合、外側鋼管の上部の円周方向引張応力度が卓越する。外側鋼管厚を大きくするとコンクリート破壊型となり85～95kgf/cm²の付着強度が確保できる。
- (4) 有効継手長、鋼管相互の間隔および組合せ曲げ荷重は、実用範囲内で付着強度に影響しない。

今後実用設計式の提案に向けさらに検討の予定である。

謝辞：東京大学工学部前川宏一助教授より御指導を頂きました。深謝いたします。

【参考文献】

- 1), 2) 水田, 市川ほか：鋼管・コンクリート複合構造高橋脚（その1）、（その2）土木学会第49回年次講演V-505, 506, (平成6年9月)
- 3) 大内ほか：鋼管・コンクリート複合構造高橋脚模型の水平加力試験, JCI年次論文報告集Vol.17, (1995)

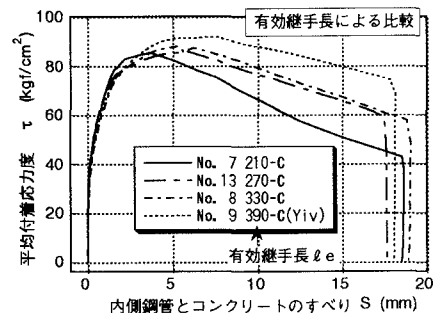


図-3 付着応力度とすべりの関係の例