

孔あき鋼板リブ付き鋼管ソケット接合の耐力評価式の提案

(株) 横河ブリッジ 正会員 ○高嶋 豊 蒲原 武志 佐々木保隆
(株) 白石 正会員 小田 章治 茂木 浩二 梅田 法義

1. はじめに

著者らはこれまで、立体交差化の急速施工法「YSクイックブリッジ」の工法の核である鋼管橋脚と基礎との接合部「鋼管ソケット接合」に関して、研究開発を進めてきた^{1)~2)}。ここでは、実験で従来形式に比べ優れた性能を有することが確認された、孔あき鋼板リブ（以下、PBL）を設けたタイプ（PBL 付タイプ）について、実施した模型実験の結果に基づき、終局耐力の評価式を提案する。

2. 模型実験の結果と鉄標式との比較²⁾

提案する接合構造の耐荷力特性と破壊挙動を調べるために、接合部の破壊を先行させる模型供試体（約 1/7 スケール）の載荷実験を行った²⁾。鉄道構造で実績のある従来形式（基本タイプ）と、提案する PBL 付タイプの 2 種類（表-1）について、鋼管橋脚の接合部への差込み長さ（差込み長）、PBL の有無・枚数、およびソケット鋼管の板厚をパラメータとした全 8 ケース（表-2）の実験を行った。表-3 に実験結果（材料強度・終局耐力）を示す。また、鉄道構造の設計基準³⁾の設計式（以下、鉄標式）による終局耐力の計算値と実験値との比較を表-3 および図-1 に示す。基本タイプ（No.1 ～No.3）の終局耐力は、実験値が計算値を若干上回るものの概ね一致しており、鉄標式により比較的精度のよい耐力評価が可能といえる。また、PBL 付タイプは、PBL の効果を期待しない計算値に対し、実験値が 4 割～6 割程度高い値となり、PBL による耐力の向上が確認できた。

3. PBL 付タイプの簡易的な終局耐力算定式の提案

PBL による耐力の向上分を、PBL の板厚、配置、孔数、コンクリート強度等をパラメータとしたずれ耐力 (M_{pbl}) として評価し、これを鉄標式の耐力計算値に累加することで、PBL 付タイプの終局耐力の評価を試みる。図-2 に示すような、円柱断面に m 個の孔を有する PBL を n 本配置した差込み部のずれ耐力 (M_{pbl}) を、次のように仮定する。

$$M_{pbl} = \sum_{i=1}^n \frac{m+1}{2} \cdot P_{upbl} \cdot h_r \cdot \cos \theta_{ri} \quad (1)$$

- ここに、
- P_{upbl} : PBL の孔 1 個のせん断耐力 (Leonhardt 式により評価)

h_r : 鋼管橋脚の断面中心から孔中心までの距離

θ_r : PBL の取付き角度 (図-2)

式(1)より算定したずれ耐力を鉄標式による終局耐力に累加して求めた終局耐力算定値の実験値との比較を、表-4 および図-3 に示す。ずれ耐力に補正 (補正係数 $\alpha=0.780$ 、最

表-1 供試体タイプ

供試体タイプ	基本タイプ	PBL 付タイプ
接合部の構造概要図		
特徴	・曲げモーメントに対して、支圧力の偶力および摩擦力の偶力により抵抗する。 ・鋼材とコンクリートとの接合面にずれ止めを設けない。	・鋼管橋脚と環状コンクリートとの接合面に孔あき鋼板リブによるずれ止めを設ける。 ・曲げモーメントに対して、ずれ止めで抵抗し、ずれが生じたときには支圧力の偶力および摩擦力の偶力により抵抗する。

表-2 実験ケース

供試体名	パラメータ			
	供試体タイプ	差込み長 L	PBL 枚数 (1枚当たり孔個数)	ソケット板厚 (mm)
No.1	基本タイプ	1.0d	なし	6.4
No.2	基本タイプ	1.0d	なし	4.5
No.3	基本タイプ	1.5d	なし	4.5
No.4	PBL付タイプ	1.0d	4 (4)	4.5
No.5	PBL付タイプ	1.0d	6 (4)	4.5
No.6	PBL付タイプ	1.0d	8 (4)	4.5
No.7	PBL付タイプ	1.0d	6 (4)	6.4
No.8	PBL付タイプ	1.5d	6 (4)	4.5

表-3 実験結果および鉄標式との比較

供試体名	環状コンクリートの圧縮強度 f_c (N/mm ²)	ソケット鋼管の降伏強度 σ_y (N/mm ²)	終局耐力実験値 M_{uo} (kN・m)	鉄標式による終局耐力計算値 M_{uc} (kN・m) ※	実験値/計算値 M_u/M_{uc}
No.1	44.6	357	173	169	1.02
No.2	39.6	360	138	124	1.11
No.3	39.6	360	224	207	1.08
No.4	43.4	360	175	124	1.41
No.5	42.6	360	207	124	1.67
No.6	36.1	360	206	124	1.66
No.7	44.9	357	240	169	1.42
No.8	41.6	360	306	207	1.48

注記) ※ 鉄標³⁾の終局耐力評価方法に準拠して計算。PBL の効果は無視。

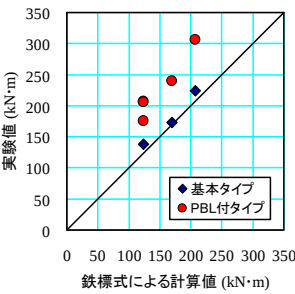


図-1 終局耐力の実験値と鉄標式との比較

表-4 PBL 付タイプの実験値と簡易算定式の比較

供試体名	ずれ耐力計算値 M_{pbl} 式(1)より (kN・m)	終局耐力計算値 $M_{uc} = M_{uo} + \alpha \cdot M_{pbl}$ (kN・m)	実験値/計算値 M_u/M_{uc}
No.4	55.1	167	1.05
No.5	110.1	210	0.99
No.6	114.7	213	0.96
No.7	110.1	255	0.94
No.8	109.5	293	1.05
平均値			1.00
変動係数(%)			4.4

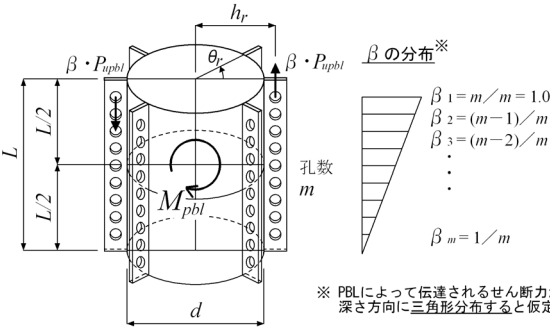


図-2 PBL 付タイプのずれ耐力の仮定

Key Words : 鋼管ソケット接合, 孔あき鋼板リブ, 終局耐力, 設計法

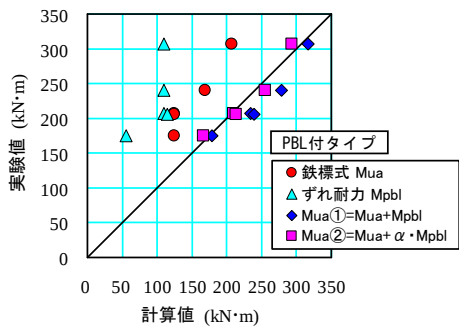


図-3 終局耐力の実験値と簡易算定式との比較

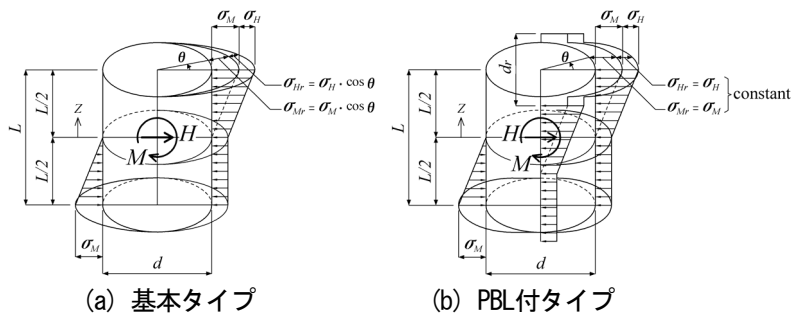


図-4 差込み部の支圧力分布の仮定

小二乗法により同定)を加えた算定結果は、実験値と良好な一致が見られる。

4. 支圧分布の違いを考慮した終局耐力算定式の提案

鋼管橋脚と環状コンクリートとの境界に生じる支圧力の分布性状を、実験結果³⁾に基づき図-4のように仮定する。基本タイプは円周方向に余弦(cosine)分布し、PBL付タイプはリブを含む鋼管橋脚の投影面に一定値で分布すると仮定する。図に示される釣り合い条件より、接合部の曲げモーメント(M)は次式で表される。

基本タイプ :
$$M = \frac{\pi \cdot \sigma_{ch} \cdot d \cdot L}{4 \cdot \left(\frac{1}{L/6 + \mu \cdot d/4} + \frac{1}{h + L/2} \right)} \quad (2)$$

PBL付タイプ :
$$M = \frac{\sigma_{ch} \cdot L}{\left\{ \frac{1}{L \cdot d_r/6 + \mu \cdot d^2/4} + \frac{1}{d_r(h + L/2)} \right\}} \quad (3)$$

ここに、
 σ_{ch} : 最大支圧応力 (= $\sigma_M + \sigma_H$)
 d : 鋼管橋脚の外径
 L : 差込み長
 μ : 鋼材とコンクリート間の摩擦係数 (= $\tan 20^\circ$)
 d_r : PBLを含む投影面幅 (図-4(b))
 h : 接合部から載荷位置までの距離

式(2),(3)の最大支圧応力 σ_{ch} の項に、環状コンクリートの強度、ソケット鋼管の寸法・材質等をパラメータとした以下の式(4),(5)より求めた支圧強度の特性値 σ_{ch} を代入し、接合部の終局耐力 (M_{ua}) を算定する。

$$\sigma_{ch} = \alpha_c \cdot f'_c \quad (4)$$

$$\alpha_c = a \cdot \frac{A_s}{A_c} \cdot \frac{\sigma_y}{E_s} \cdot \left(\frac{D}{d} - b \right) \quad (5)$$

ここに、
 α_c : コンクリート強度の補正係数
 f'_c : 環状コンクリートの圧縮強度
 A_s : 鋼材の断面積 (ソケット鋼管+PBL)
 A_c : 環状コンクリートの断面積
 σ_y : ソケット鋼管の降伏強度
 E_s : ソケット鋼管のヤング係数
 D : ソケット鋼管の外径
 a, b : 定数 (基本タイプ ; $a=8560, b=0.697$, PBL付タイプ ; $a=4963, b=0.697$)

式(2)~式(5)を用いて算定した終局耐力の実験値との比較結果を、表-5、表-6および図-5に示す。ここで、基本タイプについては鉄道構造物に関する既往の実験結果⁴⁾との比

表-5 基本タイプの実験値と提案式の比較

実験シリーズ	供試体名	終局耐力 実験値 M_u (kN・m)	終局耐力 計算値 M_{ua} (kN・m)	実験値/計算値 M_u/M_{ua}
既往の実験 ⁴⁾	A-1	40	45	0.88
	A-2	131	117	1.12
	A-3	203	225	0.90
	B-1	74	63	1.17
	B-2	229	247	0.93
	S-5	180	186	0.97
今回の実験	No.1	173	194	0.89
	No.2	138	120	1.15
	No.3	224	223	1.01
平均値				1.00
変動係数(%)				11.0

表-6 PBL付タイプの実験値と提案式の比較

供試体名	終局耐力 実験値 M_u (kN・m)	終局耐力 計算値 M_{ua} (kN・m)	実験値/計算値 M_u/M_{ua}
No.4	175	168	1.04
No.5	207	182	1.14
No.6	206	169	1.21
No.7	240	259	0.93
No.8	306	337	0.91
平均値			1.05
変動係数(%)			11.3

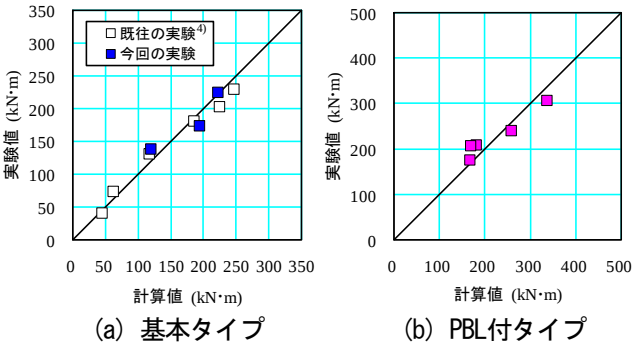


図-5 終局耐力の実験値と提案式との比較

較もあわせて示す。提案式による終局耐力の算定結果は実験値と比較的良好な一致が見られる。

【参考文献】

1) 高嶋他：急速施工への適用を目指した鋼製橋脚と杭基礎との接合構造に関する実験的研究，土木学会構造工学論文集，Vol.51A，pp.1759-1770，2005.3
2) 高嶋他：孔あき鋼板リブ付き鋼管ソケット接合の力学性状に関する実験的研究，土木学会構造工学論文集，Vol.53A，pp.1321-1330，2007.3
3) 運輸省鉄道局監修・鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説―鋼とコンクリートの複合構造物，丸善株式会社，2002.12
4) 野澤伸一郎：コンクリート充填鋼管ソケット接合部の終局強度に関する研究，東北大学学位論文，2000.2