

## 鉄骨鉄筋差込み接合方式の耐力算定法の改良

池田 学\* 福本 守\* 谷口 望\*\*

Improvement of Evaluation Method of Load Carrying Capacity of  
Beam-to-Column Insert Joint

Manabu IKEDA Mamoru FUKUMOTO Nozomu TANIGUCHI

Concrete filled tubular steel (CFT) members have been applied to the columns of rigid frame structures. However, performance verification method for beam-to-column joint panels of those rigid frame structures, especially for joint panels compounded of steel frames and rebars inserted into CFT columns, were not enough clarified. We restudied the load carrying mechanism and evaluation method of the capacity of the beam-to-column joint panels based on the previous experimental results. As a result, it has been found out that the proposed methods are more appropriate than original ones for evaluating the load carrying capacity of the beam-to-column joint panels.

キーワード：鉄骨鉄筋差込み接合方式，接合部，コンクリート充填鋼管部材，耐力，拘束効果

## 1. はじめに

コンクリート充填鋼管（以下、CFT という）柱と、鉄骨鉄筋コンクリートはり等の接合部の形式の一つに、鉄骨鉄筋差込み接合方式がある。鉄骨鉄筋差込み接合方式は、十字型鉄骨と鉄筋を充填鋼管内に所定長さ差込み、この差込み部材を介して接合部材間の断面力の伝達を行うものである（図1）<sup>1)</sup>。この方式は、本来、施工の簡素化、省力化を図ることができるほか、施工誤差の吸収にも優れる等の利点を有する。

鉄骨鉄筋差込み接合方式の照査法は、現行の「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）」（以下、現行標準という）<sup>1)</sup>に、文献2)、3)の載荷試験結果等をもとに定められている。実構造物においても、高架橋の柱・はり接合部に適用されている<sup>4)</sup>。しかしながら、現行標準の耐力算定法は過小評価の傾向があり、接合部内の鉄骨断面や鉄筋量が非常に多くなり、差込み部材の鋼材の配置が困難あるいは施工性が劣る等の問題が生じている。そのため、前述の特徴が十分に活かせず、適用における制約となっていた。

そこで、鉄骨鉄筋差込み接合方式のより合理的な照査法を提案することを目的に、既往の載荷試験結果<sup>2) 3) 5)</sup>を用いて、破壊形態を再確認するとともに、破壊形態に応じた耐力の算定法の改良案を検討した。本稿では、はじめに既往の載荷試験結果を概説し、その後破壊形態に応じた耐力算定法に関して検討した結果を示す。

\* 構造物技術研究部 鋼・複合構造研究室

\*\* 構造物技術研究部 鋼・複合構造研究室

(現 前橋工科大学 社会環境工学科)

## 2. 現行標準における照査法

現行標準では、鉄骨鉄筋差込み接合方式の破壊形態として、図2に示すように、(a) 接合部での鋼管と差込み部材との支圧力の伝達（てこ作用）による鋼管の斜め方向引張破壊、(b) 鋼管端部における「差込み部材曲げ破壊」、(c) 鋼管と差込み部材との支圧力の伝達による「差込み部材せん断破壊」の3パターンを想定し、照査法を定めている。このうち図2 (a) は、後述するように鋼管の降伏時とほぼ同時であることから、「接合部鋼管降伏破壊」（以下、鋼管降伏破壊という）と記されることが多い。

以下に、これらの破壊に対する照査の基本的な考え方を示す。耐力の算定等の詳細は、「4. 耐力算定法に関する考察」による。

## (1) 曲げモーメントに対する照査

CFT 柱または梁に先行して、接合部が曲げ破壊しないように、柱または梁の曲げ耐力をもとに多少安全側に設定された曲げモーメントに対して、図2 (a) および (b) の破壊に対する耐力の小さい方を曲げ耐力として照査する。

図2 (a) の鋼管降伏破壊に対する曲げ耐力は、接合部の耐荷機構を、既往の実験的検討<sup>2) 3)</sup>から、支圧力の偶力と摩擦力の偶力により柱に生じる曲げモーメントおよびせん断力に抵抗しているものと考え、モーメントの釣合い式を解くことにより算定する。

図2 (b) の差込み部材曲げ破壊に対する曲げ耐力は、差込み部材を鉄骨鉄筋コンクリート断面として考え、この曲げ耐力を算定する。

## (2) せん断力に対する照査

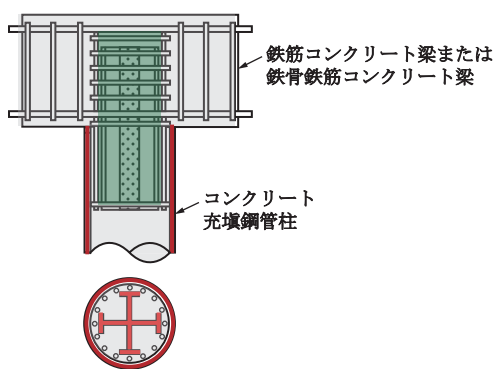


図1 鉄骨鉄筋差込み接合方式の例

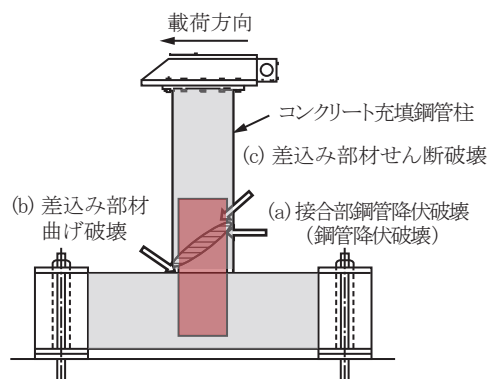


図2 設計上の想定する破壊形態

表1 試験体諸元一覧

試験体 No.	鋼管				鋼材種類	差込み長さ L(mm)	差込み部材		パラメータ				
	鋼管径 D(mm)	板厚 t(mm)	鋼管種類	D/t			鉄骨	鉄筋	鋼材比*	鉄骨鉄筋比**	軸力比	着目パラメータ	
文献 2),3)	JTS-1	406	6.4	普通	63.4	STK400	0.75D	H250 × 120 × 12 × 25(SM490)	D19-16(SD345)	0.069	1.83	0	差込み長さ
	JTS-2	406	6.4	普通	63.4	STK400	1.0D	H250 × 120 × 12 × 25(SM490)	D19-16(SD345)	0.069	1.83	0	差込み長さ
	JTS-3	406	6.4	普通	63.4	STK400	1.25D	H250 × 120 × 12 × 25(SM490)	D19-16(SD345)	0.069	1.83	0	差込み長さ
	JTS-4	406	6.4	普通	63.4	STK400	1.5D	H250 × 120 × 12 × 25(SM490)	D19-16(SD345)	0.069	1.83	0	差込み長さ
	JTS-5	406	3.2	普通	126.9	SS400	1.0D	H250 × 120 × 12 × 25(SM490)	D19-16(SD345)	0.067	1.83	0	鋼管板厚
	JTS-6	406	9.0	普通	45.1	STK400	1.0D	H280 × 150 × 12 × 25(SM490)	D19-16(SD345)	0.087	2.24	0	鋼管板厚
	JTS-7	406	6.4	普通	63.4	STK400	1.0D	H290 × 160 × 12 × 25(SM490)	---	0.090	---	0	鉄骨鉄筋比
	JTS-8	406	6.4	普通	63.4	STK400	1.0D	---	D19-16(SD345)	0.000	0.00	0	鉄骨鉄筋比
	JTS-9	406	6.4	普通	63.4	STK400	1.0D	H250 × 120 × 12 × 25(SM490)	D19-16(SD345)	0.069	1.83	0.10	軸力比
	JTS-10	406	6.4	普通	63.4	STK400	1.0D	H250 × 120 × 12 × 25(SM490)	D19-16(SD345)	0.069	1.83	0.25	軸力比
	JTS-11	406	9.0	突起	45.1	SKK400	1.0D	H280 × 150 × 12 × 25(SM490)	D19-16(SD345)	0.087	2.24	0	突起付き鋼管
	JTS-12	406	9.0	突起	45.1	SKK400	1.5D	H280 × 150 × 12 × 25(SM490)	D19-16(SD345)	0.087	2.24	0	突起付き鋼管
文献 5)	JTSC-1	406.4	4.0	普通	101.6	SM490	1.3D	H260 × 130 × 6 × 12(SM490)	D13-16(SD345)	0.051	2.24	0	鋼材比
	JTSC-2	406.4	6.4	普通	63.5	STK490	1.3D	H260 × 130 × 6 × 19(SM490)	D16-16(SD345)	0.078	2.18	0	標準
	JTSC-3	406.4	9.0	普通	45.2	SM490	1.3D	H260 × 130 × 12 × 25(SM490)	D19-16(SD345)	0.105	1.97	0	鋼材比
	JTSC-4	400.0	9.0	突起	44.4	SKK490NR	1.3D	H280 × 130 × 12 × 25(SM490)	D19-16(SD345)	0.108	1.97	0	突起付き鋼管
	JTSC-5	406.4	6.4	普通	63.5	STK490	1.3D	H280 × 150 × 12 × 22(SM490)	D10-16(SD345)	0.082	8.26	0	鉄骨鉄筋比
	JTSC-6	406.4	6.4	普通	63.5	STK490	1.3D	---	D22-24(SD345)	0.072	0.00	0	鉄骨鉄筋比
	JTSC-7	406.4	6.4	普通	63.5	STK490	1.3D	H260 × 130 × 9 × 19(SM490)	D16-16(SD345)	0.078	2.18	0.10	軸力比
	JTSC-8	406.4	6.4	普通	63.5	STK490	1.3D	H260 × 130 × 9 × 19(SM490)	D16-16(SD345)	0.078	2.18	0.25	軸力比
	JTSC-9	406.4	6.4	普通	63.5	STK490	1.3D	H260 × 130 × 6 × 12(SM570)	D16-16(SD345)	0.059	1.43	0	鋼材種類
	JTSC-10	406.4	6.4	普通	63.5	STK490	1.3D	H260 × 140 × 12 × 25(LYP253)	D16-16(SD295)	0.098	3.00	0	鋼材種類

注) \* 鋼管内のコンクリート断面の中の鉄骨と鉄筋の占める割合, \*\* 鉄骨と鉄筋の断面積比 (鉄骨断面積 / 鉄筋断面積)

接合部の曲げ破壊 (図2 (a) および (b)) が生じる前に差込み部材がせん断破壊しないように、各曲げ破壊時に作用するせん断力が、図2 (c) の差込み部材せん断破壊に対するせん断耐力以下であることを照査する。

せん断耐力は、差込み部材を鉄骨鉄筋コンクリート断面として算定する。

### 3. 模型試験体による荷重試験

本章では、既往の荷重試験結果を概説する。詳細については、文献2), 3), 5) を参照いただきたい。

#### 3.1 荷重試験の概要

試験体は一般的な鉄道ラーメン高架橋の梁・柱接合部の約1/2スケールのモデルである。試験体の一覧を表1に示す。試験体は文献2), 3) のシリーズ (以下, JTSシリーズという) が12体、文献5) のシリーズ (以下, JTSCシリーズという) が10体の合計22体である。両シリー

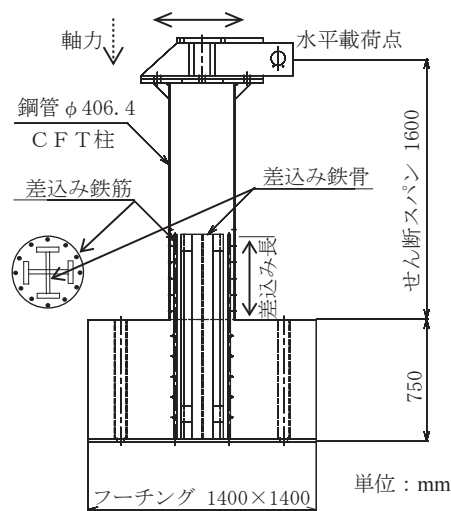


図3 試験体形状<sup>5)</sup>

ズとも試験体形状は概ね同じであり、図3にJTSCシリーズの試験体形状を示す。柱はCFT構造、梁はRC構造である。柱鋼管の直径が406mm、厚さが6.4mmの

表2 試験結果および耐力の計算値の一覧

試験体 No.	試験結果		現行標準 耐力計算値 (kN)	計算/ 試験値	提案 耐力計算値 (kN)	計算/ 試験値		
	破壊形態	最大荷重 (kN)						
文献 2),3)	JTS-1	鋼管降伏破壊	160.8	134.0	0.83	164.2	1.02	
	JTS-2	鋼管降伏破壊	280.5	189.9	0.68	250.3	0.89	
	JTS-5	鋼管降伏破壊	119.6	102.5	0.86	134.6	1.12	
	JTS-6	鋼管降伏・差込み部せん断	369.7	295.6	0.80	389.9	1.05	
	JTS-7	鋼管降伏破壊	292.2	189.9	0.65	250.3	0.86	
	JTS-8	鋼管降伏破壊	331.5	189.9	0.57	250.3	0.76	
	JTS-9	鋼管降伏破壊	329.5	250.9	0.76	331.4	1.01	
	JTS-10	鋼管降伏破壊	343.2	189.9	0.55	250.3	0.73	
	JTS-11	鋼管降伏破壊	553.1	357.2	0.65	471.1	0.85	
	JTS-12	差込み部材曲げ破壊	643.3	437.4	0.68	646.4	1.00	
	文献 5)	JTSC-3	差込み部材曲げ破壊	580.0	348.9	0.60	557.3	0.96
		JTSC-4	差込み部材曲げ破壊	563.0	351.8	0.62	518.8	0.92
JTSC-6		差込み部材曲げ破壊	341	283.5	0.83	343.2	1.01	
JTSC-9		差込み部材曲げ破壊	456.1	247.1	0.54	414.9	0.91	
JTSC-10		差込み部材曲げ破壊	433.9	262.6	0.61	427.0	0.98	

STK400 または STK490 を標準とし、充填コンクリートの呼び強度は  $24\text{N/mm}^2$  相当である。パラメータは、鉄骨と鉄筋の差込み長、鋼材量および強度、鉄骨鉄筋比、鋼管の板厚や鋼管種別（突起付き）、柱部材の軸力比等である。これらは、各パラメータによる、破壊形態やその性状、耐力等への影響を把握するために設定されたものである。

荷重は、柱頭部の荷重点に、一部の試験体（JTS-9、JTS-10、JTSC-7、JTSC-8）では所定の圧縮軸力を付与した後、水平交番荷重を静的に荷重している。水平荷重パターンは、差込み鉄骨または鉄筋（以下、差込み鋼材という）が降伏する時点での柱頭部水平変位をもとに、その整数倍の変位を各ステップ3サイクルずつ繰返しながら、漸次増加させている。

### 3.2 荷重試験結果

試験結果の破壊形態および最大荷重の一覧を表2に示す。表2には後述する耐力の計算値も示している。表2は、接合部で破壊したもののみを示しており、CFT柱の曲げ破壊の破壊形態は除いている。CFT柱の曲げ破壊は、最大荷重近傍で差込み部材の先端付近における鋼管に局部座屈が発生し、それが進展して終局に達するという、CFT部材の一般的な破壊性状である<sup>6)</sup>。

接合部の破壊形態は、前述の通り3パターンであり、JTSシリーズは主に鋼管降伏破壊、JTSCシリーズは主に差込み部材曲げ破壊となっている。各破壊形態の荷重時の損傷の進展状況は以下のものであった。

鋼管降伏破壊した試験体は、荷重に伴い、柱の基部近傍の鋼管の周方向の引張ひずみが増加し、降伏ひずみに至った段階でほぼ最大荷重近くなり、その後の荷重の増加がなくほぼ一定となり変形が増加した。

差込み部材曲げ破壊した試験体は、鋼管の局部座屈の発生は見られず、荷重サイクルの増加に伴い差込み鋼材の軸方向ひずみが増加し、鋼管の梁面（フーチング面）

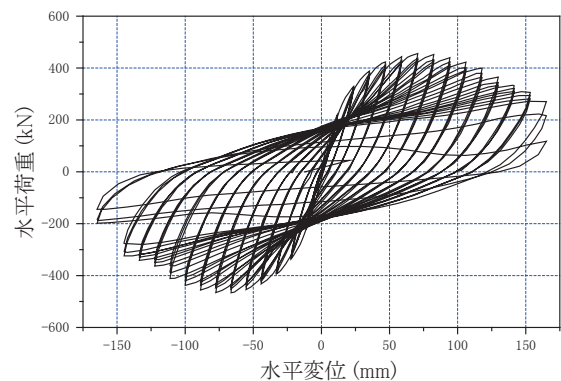


図4 水平荷重・水平変位の関係（試験体 JTSC-9）<sup>5)</sup>

からの浮き上がり、鋼管とフーチングとの境界部近傍のコンクリートの剥離等が確認された。ケースによっては露出した鉄筋の破断も認められた。

試験体 JTS-6 は、基本的には鋼管降伏破壊と同様であったが、最大荷重に至る途中で鋼管からのせん断力の作用によって差込み部材の鉄骨腹板のせん断ひずみが降伏ひずみを超過しており、差込み部材せん断破壊も連成された破壊形態と考えられる。

荷重変位関係の一例として、差込み部材曲げ破壊の破壊形態となった試験体 JTSC-9 を図4に示す。いずれの破壊形態においても、図4と同様に、最大荷重以降も急激な荷重低下はなく、ねばりのある破壊形態であることが確認されている。

主なパラメータによる耐力への影響は以下の通りである<sup>2)</sup>。

- (1) 差込み鋼材の差込み長に比例して耐力が大きくなる。
- (2) 鋼管の板厚の増加や突起付き鋼管の使用により耐力が大きくなる。
- (3) 差込み鋼材の鉄骨鉄筋比、および軸力による耐力への影響はほとんどない。

4. 耐力算定法に関する考察

4.1 鋼管降伏破壊に対する耐力の算定法

現行標準では、図5に示す耐荷機構を仮定し、差込み部材における支圧力の偶力と摩擦力の偶力により、柱に作用する曲げ・せん断に抵抗するものとしている。このとき、モーメントの釣合いは式(1)のようになる。

$$M_u - T \left( \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \right) d = -\frac{LP^2}{3(2P-Q)} + (P-Q) \frac{L(5P-2Q)}{3(2P-Q)} \quad (1)$$

ここに、

$M_u$ ：接合部の曲げ耐力

$T$ ：鋼管に作用する摩擦力の合力の最大値で、本稿では算定式を省略する。

$P$ ：鋼管に作用する支圧力の合力の最大値で、本稿では算定式を省略する。

$Q$ ：接合部が曲げ耐力に達する時のせん断力で、 $Q = M_u / L_a$  ( $L_a$ ：せん断スパン) で算定される。

$d$ ：柱鋼管の内径

$L$ ：差込み長

接合部の曲げ耐力は、式(1)を  $M_u$  について解くことにより算定できる。ここでは部材係数は省略する。

$$M_u = L_a \left( \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} \right)$$

ここに、

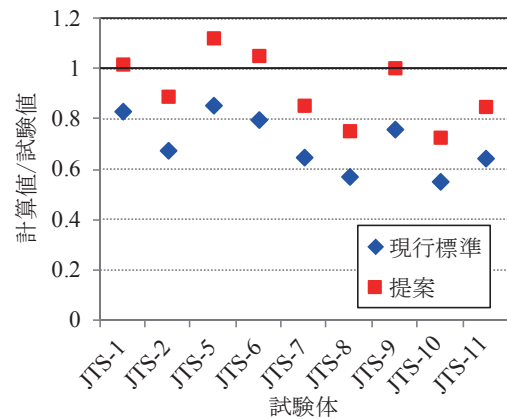
$$A = L_a + \frac{1}{3}L$$

$$B = -\frac{1}{3}(P-Q) \cdot L + 2(P-Q) \cdot L_a - d \cdot (P-Q) \cdot \tan \phi$$

$$C = -\frac{4}{3}(P-Q)^2 \cdot L - 2d(P-Q)^2 \cdot \tan \phi - \frac{\sqrt{2}}{2} d^2 \cdot c \cdot L \cdot (P-Q)$$

$c$ ：粘着係数 ( $0.7\text{N/mm}^2$ )、 $\phi$ ：摩擦角 ( $20^\circ$ )

式(2)で計算した結果を表2および図6に示す。図6は試験値に対する比で整理している。表2および図6よ



(2) 図6 鋼管降伏破壊の耐力の計算値と試験値の比較

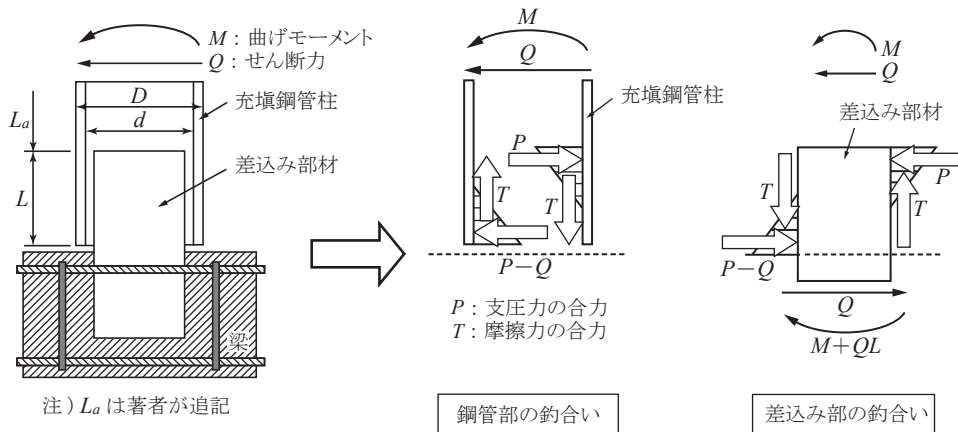


図5 現行標準における耐荷機構<sup>1)</sup>

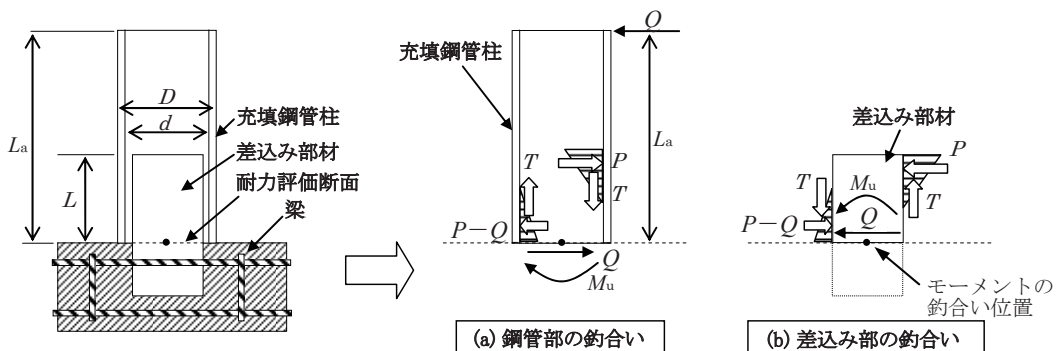


図7 耐荷機構の見直し

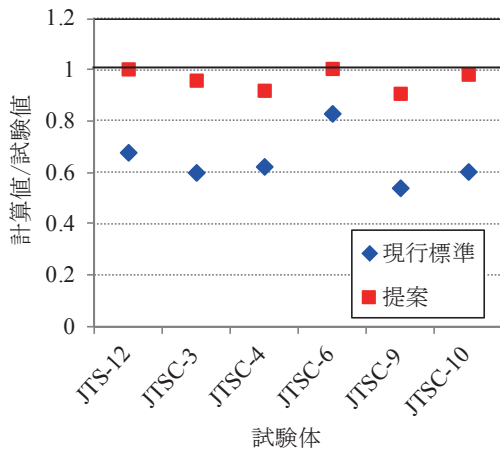


図8 差込み部材曲げ破壊の耐力の計算値と試験値の比較

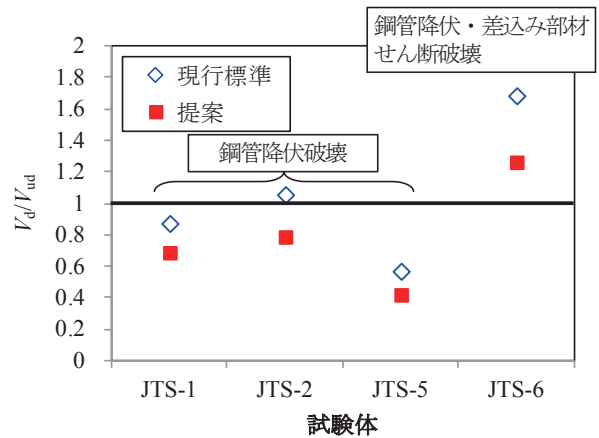


図9 荷重試験結果における破壊形態の判定結果

り、現行標準の計算値は、試験値の0.5～0.9程度となっており過小評価の傾向である。なお、文献2)、3)と計算値が異なっているが、これは現行標準の算定式は文献2)、3)から若干変更されているためである。

現行標準の過小評価の原因として、式(1)のモーメントの釣合い断面は差込み部材端部位置であるが、試験値の曲げ耐力は鋼管端部断面であり不統一であったためと考えられる。そこで、図7のように耐荷機構を見直し、モーメントの釣合い断面を鋼管端部位置に変更する。設計実務の照査では、鋼管端部の断面位置に着目するため、それとの整合も図ったものである。このとき、式(2)における係数A、Bは次式となる。なお、係数Cは同じである。

$$A = L_a - \frac{2}{3}L$$

$$B = -\frac{7}{3}(P-Q) \cdot L + 2(P-Q) \cdot L_a - d \cdot (P-Q) \cdot \tan \phi$$

提案する方法で計算した結果を、同様に、表2および図6に示す。計算値は、現行標準より全体的に2割程度大きくなり、試験値との比の平均は1.0に近くなり、耐力を妥当に評価できることがわかる。計算値のばらつきに明確な傾向は認められないが、試験体JTS-5は、鋼管の径厚比D/tが127と大きい(すなわち薄肉断面)試験体であり、試験値を1割程度大きく評価する結果となった。ただし、この径厚比はCFT部材で想定される上限を超えるものであり、これ以上の薄肉鋼管が使用されることはないため、実務上は問題ないと考えられる。

以上のように、耐荷機構を再度整理し直すことで、曲げ耐力の算定精度の向上が図れることを確認した。

#### 4.2 差込み部材曲げ破壊に対する耐力の算定法

現行標準による耐力の計算値を表2および図8に示すが、試験値の0.6倍程度とかなり過小評価となっている。

この過小評価の原因として、現行標準では、鉄骨鉄筋コンクリート断面の曲げ耐力として算定しており、差込

み部材は鋼管内で拘束された状態にも関わらず、計算にこの効果を考慮していないことが考えられる。実際には、鋼管内で拘束された状態では、コンクリートの強度や終局ひずみは増大する。そこで、この拘束による効果を、文献7)と同様に、以下の式を用いて考慮する<sup>5)</sup>。

$$\epsilon'_c = 1.474 \cdot \frac{f_{sy}}{E_s} \cdot \frac{100t}{D} + 0.006 \quad (3)$$

$$f'_{cc} = f'_c \left( 2.254 \sqrt{1 + \frac{7.94 f_i}{f'_c}} - 2 \frac{f_i}{f'_c} - 1.254 \right) \quad (4)$$

ここに、

$\epsilon'_c$ : 曲げ耐力算定時のコンクリートの圧縮ひずみ

$f'_{cc}$ : 曲げ耐力算定時のコンクリートの圧縮強度

$f_{sy}$ : 鋼管の降伏強度,  $E_s$ : 鋼管のヤング係数

$D, t$ : 鋼管の外径, 板厚

$f_i$ : 拘束応力 (=  $2t \cdot f_{sy} / D$ )

$f'_c$ : コンクリートの一軸圧縮強度

コンクリートの応力・ひずみ関係に上式(3)、(4)を用いて、それ以外は現行標準と同様に曲げ耐力を計算した結果を表2および図8に示す。これによる計算値は、現行標準より2～3割程度大きくなり、試験値とのばらつきも非常に小さく、精度良く評価できることがわかる。

#### 4.3 差込み部材せん断破壊の照査の見直し

既往の荷重試験結果では、明らかな差込み部材せん断破壊を示した試験体はないため、せん断耐力の算定法の妥当性は検証できない。しかしながら、図7に示すように耐荷機構を整理しなおすと、現行標準のせん断力の設定方法に次のような課題があることがわかった。現行標準では、鋼管降伏破壊時のせん断力として、鋼管支圧力の合力(P-Q)と曲げ耐力時に生じる差込み部材のせん断力( $M_d/L_a$ )を足して算定しているが、これらのせん断力は、差込み部材にとっては本来は逆方向の力となる。

そこで、鋼管降伏破壊時のせん断力として、支圧力の合力と曲げ耐力時に生じるせん断力の大きい方を用いることを考える。このとき、作用せん断力  $V_d$  は、次式で算定される  $V_{d1}$  と  $V_{d2}$  のうち大きい方となる。

$$V_{d1} = (P - Q) \quad (5)$$

$$V_{d2} = Q_u = \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4A \cdot C}}{2A} \quad (6)$$

ここに、

$P-Q$ ：鋼管支圧力の合力

$Q_u$ ：曲げ耐力時に生じる差込み部材のせん断力係数  $A, B, C$  は、前述の通りである。

上記の妥当性を確認するため、載荷試験結果を用いて、以下により破壊形態の判定を行う。

$$\begin{aligned} V_d / V_{ud} < 1.0 & \quad \dots \text{鋼管降伏破壊} \\ & \geq 1.0 \quad \dots \text{差込み部材せん断破壊} \end{aligned}$$

ここに、 $V_d$  は鋼管降伏破壊時のせん断力（式(5)と式(6)の大きい方）、 $V_{ud}$  は差込み部材のせん断耐力である。すなわち、 $V_d / V_{ud} \geq 1.0$  というのは鋼管降伏破壊時のせん断力より差込み部材のせん断耐力が小さいため、せん断破壊が先行すると判定される。

試験体 JTS-1, JTS-2, JTS-5 および JTS-6 の 4 体を用いて、現行標準と上式（提案）で計算した結果を図 9 に示す。

図 9 より、現行標準の方法では、試験体 JTS-2 は、鋼管降伏破壊したにも関わらずせん断破壊と判定される。なお、試験体 JTS-2 は、載荷試験では、最大荷重時においても差込み部材の鉄骨腹板は降伏していない。また、試験体 JTS-6 も鋼管降伏破壊で最大荷重が決まっているが、 $V_d / V_{ud}$  は 1.7 程度にもなり、明らかに差込み部材せん断破壊と判定される。すなわち、現行標準の方法は、せん断力に対して相当に安全側の評価になっているといえる。

一方、提案の方法では、試験体 JTS-2 は鋼管降伏破壊と判定され、試験結果の破壊形態と一致する。また試験体 JTS-6 は、 $V_d / V_{ud}$  が 1.2 程度であり、差込み部材せん断破壊と判定されるが、載荷試験ではこのせん断破壊も連成した破壊形態であったことを考えると、数値的には妥当な結果を与えていると考えることができる。

このことから、耐荷機構を図 7 のように見直すことで、現行標準の耐荷機構の課題を解消できるのみでなく、現行標準より妥当な評価が可能となることが確認された。

## 5. おわりに

鉄骨鉄筋差込み接合方式のより合理的な照査法を提案することを目的に、過去の交番載荷試験結果<sup>2) 3) 5)</sup>を用いて、破壊形態を再確認するとともに、破壊形態に応じた耐力の算定法に関して再検討した。

本検討により得られた結論を以下に示す。

- (1) 鋼管降伏破壊に対する曲げ耐力について、差込み部材の耐荷機構を力の釣合い断面と着目断面を鋼管端部位置で統一するように見直し、これにより曲げ耐力を概ね精度よく算定できることを確認した。
- (2) 差込み部材曲げ破壊に対する耐力について、鋼管による拘束効果をコンクリートの強度とひずみに考慮することで、曲げ耐力を精度よく算定できることを確認した。
- (3) 差込み部材せん断破壊に対する照査について、差込み部材の耐荷機構を見直し、鋼管降伏破壊時の作用せん断力の設定方法を変更することを提案し、載荷試験結果から破壊形態を妥当に判定できることを確認した。

以上のように提案する方法により、鉄骨鉄筋差込み接合方式がより合理的に照査できるものと考えられる。

## 謝 辞

本稿の内容は、「複合構造物設計標準に関する委員会」において審議頂いた。審議にあたられた上田多門委員長（北海道大学教授）および中島章典幹事長（宇都宮大学教授）をはじめ委員・幹事等の関係者各位のご尽力に対して、ここに謝意を表する。

## 文 献

- 1) 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、2002
- 2) 村田清満、安原真人、木下雅敬、葛拓造：鉄道混合構造物の接合部の耐荷力評価、鋼構造論文集、Vol.5, No.19, pp.9-20, 1998
- 3) 村田清満、安原真人、木下雅敬、葛拓造：混合構造物接合部の耐荷力の評価、鉄道総研報告、Vol.11, No.12, pp.29-34, 1997
- 4) 當目雅人、石井拡一、安原真人：鉄道構造物へのコンクリート充てん鋼管柱の適用—東海道本線蒲郡駅付近連続立体交差—、コンクリート工学、Vol.40, No.10, pp.22-27, 2002
- 5) 高山智宏、村田清満、池田学、木下雅敬：複合構造の鉄道ラーメン高架橋差込み接合の設計法、土木学会論文集、No.703/I-59, pp.151-163, 2002
- 6) 村田清満、山田正人、池田学、瀧口将志、渡辺忠朋、木下雅敬：コンクリート充填円形鋼管柱の変形性能の再評価、土木学会論文集、No.640/I-50, pp.149-163, 2000
- 7) 青木千里、池田学、斉藤雅充、萬代能久、吉田直人：せん断スパン比の小さいコンクリート充填鋼管部材の曲げ耐力と変形性能の評価、鉄道総研報告、Vol.28, No.1, pp.23-28, 2014