

鋼角ストッパーのせん断耐力に関する実験的検討

(財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○松枝 修平 正会員 田所 敏弥

正会員 岡本 大 正会員 谷村 幸裕

(独) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正会員 西 恭彦

1. はじめに

橋梁上部工の変位制限や落橋防止のために用いられる鋼角ストッパーは、せん断力の照査により断面形状が決定されることが多い。しかし、現行の設計においては、鋼角ストッパーの中詰コンクリートを無視し、鋼部材としてせん断耐力を算定し照査するため、耐力を過小評価している可能性がある。そこで、本研究では、鋼角ストッパーの合理的な設計法を提案することを目的に、コンクリートを充填した角形鋼管の載荷実験を行った。

2. 実験概要

表 1 実験に用いた供試体

実験に用いた供試体は、コンクリート充填角形鋼管 (350mm×350mm, STRK490, 内部コンクリート圧縮強度 $f_c=24.4\text{N/mm}^2$) とした。実験に用いた供試体の諸元を表 1 に示す。実験パラメータとして、鋼管板厚を 9mm および 16mm, せん断スパン比を 0.25, 0.50 および 0.75 とした。載荷は、図 1 に示すように、一方向静的単調載荷 (4 点載荷) とした。なお、載荷板および支圧板は幅 70mm, 板厚 25mm の鋼板を用い、支圧板下にはテフロンシートを敷き水平方向を可動とした。実験では、荷重、供試体の鉛直変位、角形鋼管のひずみの測定を行った。ひずみゲージの貼付位置を図 2 に示す。側面鋼板については 3 軸ひずみゲージによりひずみを計測した。また、充填コンクリートのひびわれ発生、破壊状況を確認するために、載荷実験終了後に、角形鋼管の一面を切断し内部の観察を行った。

供試体	鋼管板厚 (mm)	せん断 スパン比 a/d	せん断 スパン a (mm)	鋼材の 降伏強度 $f_{sy}(\text{N/mm}^2)$	鋼材の 降伏ひずみ ϵ_{sy}	実験 パラメータ
S1	16	0.25	87.5	440	0.00420	せん断スパン比
S2	9	0.50	175	435	0.00418	鋼管板厚
S3	16	0.50	175	440	0.00420	基準供試体
S4	16	0.75	262.5	440	0.00420	せん断スパン比

荷重は、図 1 に示すように、一方向静的単調載荷 (4 点載荷) とした。なお、載荷板および支圧板は幅 70mm, 板厚 25mm の鋼板を用い、支圧板下にはテフロンシートを敷き水平方向を可動とした。実験では、荷重、供試体の鉛直変位、角形鋼管のひずみの測定を行った。ひずみゲージの貼付位置を図 2 に示す。側面鋼板については 3 軸ひずみゲージによりひずみを計測した。また、充填コンクリートのひびわれ発生、破壊状況を確認するために、載荷実験終了後に、角形鋼管の一面を切断し内部の観察を行った。

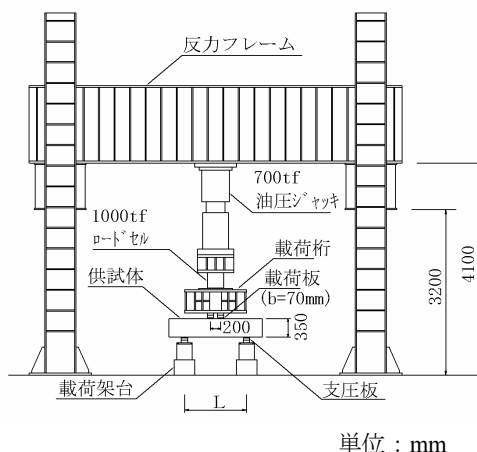


図 1 載荷装置

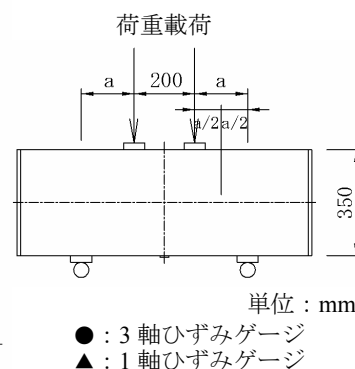


図 2 ひずみゲージ貼付図

3. 実験結果

図 3 に、供試体 S3 の実験後の変形状況を示す。供試体は、載荷点付近 (図中○) の内部コンクリートが押し出されるように変形した。この傾向は、鋼板厚が薄いほど顕著であった。図 4 に荷重と鉛直変位の関係を示し、図中に、側面鋼板が降伏ひずみに達した荷重 (図中◇), 下面鋼板が降伏ひずみに達した荷重 (図中○), および鉄道構造物等設計標準・同解説(コンクリート構造物)¹⁾ (以下, RC 標準) にしたがった鋼角ストッパーのせん断耐力の算定値 $V_y (=A_{sv} \cdot f_{svy}(A_{sv}: \text{鋼管のせん断力を負担すると考えられる鋼管側面の断面積, } f_{svy}: \text{鋼管のせん断降伏強度}))$ (図中△) を示す。また、図 5 および図 6 に、荷重と側面鋼板の主ひずみ、および荷重と下面鋼板の軸ひずみの関係図をそれぞれ示す。



図 3 載荷状況の例 (S3)

キーワード 鋼角ストッパー, せん断耐力, ディープビーム

連絡先: 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (財)鉄道総合技術研究所 コンクリート構造 042-573-7281

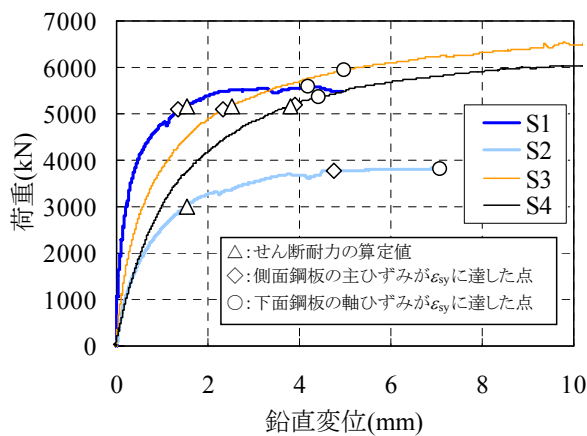


図4 荷重－変位関係

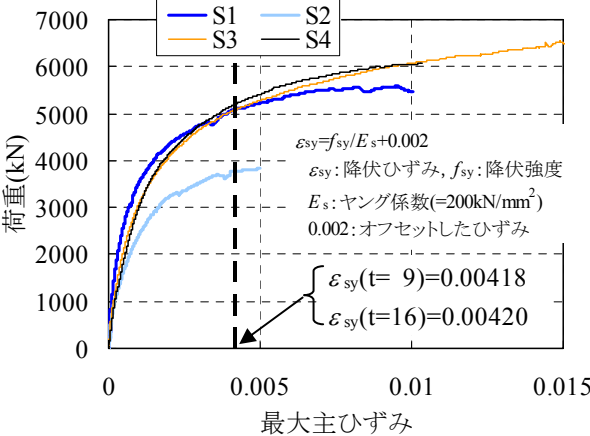


図5 荷重－主ひずみ関係（側面鋼板）

図4より、側面鋼板がせん断降伏した荷重(◇)は下面鋼板が曲げ降伏した荷重(○)よりも小さく、鋼管はせん断破壊先行型であることがわかる。また、S2を除き、せん断耐力の算定値 V_y (△)と側面鋼板が降伏した荷重(◇)がほぼ同値であり、せん断耐力の算定値が鋼角のせん断耐力を妥当に評価していることが確認された。S2は鋼板が薄く、側面鋼板のはらみ出しが顕著となり面外方向にも変形したため、見かけ上、耐力が上がったと考えられる。図4から、側面鋼板が降伏ひずみに達した後も荷重が増加していることがわかる。これは、内部コンクリートも荷重に抵抗していることによると思われる。そこで、鋼板を鉄筋に換算しRC標準にしたがって内部コンクリートのせん断耐力 V_{dd} を算定し、 V_{dd} を足し合わせた鋼管のせん断耐力 $V_y + V_{dd}$ と実験結果を比較した。比較結果を表2に示す。実験値 V_{exp} は $V_y + V_{dd}$ を下回り、内部コンクリートの分担するせん断耐力として V_{dd} を期待できないことがわかった。これは、鋼板とコンクリートの付着が不十分であることと、下面鋼板が降伏ひずみに達して、鋼角ストッパーが曲げ耐力に達していることによると思われる。よって、付着性状を改善することにより、せん断耐力が向上できる可能性が考えられる。また、側面鋼板はせん断降伏に至っているが、脆性的に荷重が低下していないことがわかった。図7に内部コンクリートの破壊状況図を示す。斜めひび割れの他に曲げ圧縮ひび割れも多数発生していることがわかった。

4. まとめ

- (1) 側面鋼板が降伏する荷重と現行の設計で用いるせん断耐力の算定値は、ほぼ等しいことがわかった。
- (2) RC標準にしたがって算定したせん断耐力は、内部コンクリートの分担分を期待できないことがわかった。これは、鋼板とコンクリートの付着が不十分であることによると考えられる。
- (3) 側面鋼板は降伏ひずみに達したが、内部コンクリートが抵抗することから、脆性的に荷重が低下しないことがわかった。

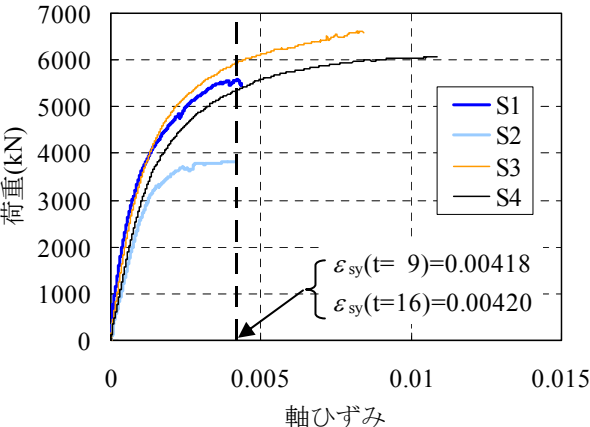


図6 荷重－軸ひずみ関係（下面鋼板）

表2 実験結果と算定値

	算定値			実験値 V_{exp}	V_{exp}/V_y	$V_{exp}/(V_y + V_{dd})$
	V_y	V_{dd}	$V_y + V_{dd}$			
S1	2586	1055	3641	2792	1.08	0.77
S2	1501	897	2398	1914	1.28	0.80
S3	2586	897	3483	3305	1.28	0.95
S4	2586	717	3303	3034	1.17	0.92

V_y : 現行の設計標準に従ったせん断耐力の算定値(kN),
 V_{dd} : ディープビーム式によるせん断耐力の算定値(kN),
 V_{exp} : 実験値(kN)

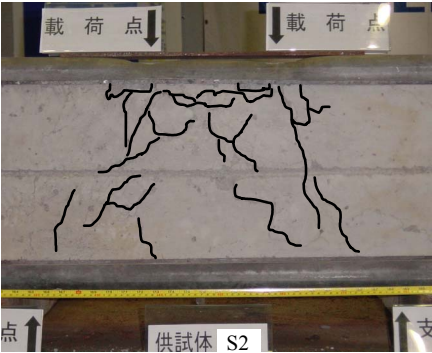


図7 内部コンクリートの破壊状況図（S2）