

CS-23

サンドイッチ型複合床版引張ボルト継手の強度特性

住友金属工業

正会員 柳本泰伴

正会員 阿部幸夫

正会員 井澤衛

1. はじめに

サンドイッチ型複合床版¹⁾の橋軸方向現場継手として、図1に示す引張ボルト接合²⁾が提案されている。引張ボルト接合に関しては設計指針(案)³⁾があるが、この継手はボルトが底鋼板の片面のみに配置された偏心接合であるため、設計指針(案)には設計法に関する規定がない。そこで、偏心接合に関する引張試験を実施して耐力を検討するとともに、サンドイッチ型複合床版の継手曲げ試験結果²⁾についても考察を加えた。

2. 実験内容

図2に示す方法で引張試験を実施した。各ケースの諸元を表1に示す。ここで、B-1～B-4は底鋼板接合部のみの供試体であるのに対し、C-1はデッキプレート等の鋼殻で覆われた中詰めコンクリートを有している。また、ボルトには公称耐力の75%に相当する6,750Kg/cm²の初期軸力を導入した。いずれのケースも底鋼板を直接引っ張ることにより載荷した。

3. 実験結果

いずれのケースもボルトの破断により実験を終了した。その際の最大荷重は、ボルト(2本分)の引張強度の1/2～1/3であった。これはてこ作用による反力(てこ反力)がボルトに作用したためと考えられる。ボルトの引張強度と最大荷重の差がてこ反力であるとして算定したてこ反力係数(てこ反力と底鋼板張力との比)実験値を表2に示す。なお、C-1では中詰めコンクリート等の影響により載荷重と底鋼板張力が一致しないため、歪測定結果から底鋼板の断面力を求めててこ反力係数を算定した。てこ反力係数の実験値から次の点がわかる。①tjの変化(B-1とB-2)によるてこ反力への影響は少ない。②a2が大きいとてこ反力は小さくなる(B-1とB-3)。③a2/a1が同一の場合てこ反力の変化は少ない(B-3とB-4)。④コンクリートがあるとてこ反力が大きくなる傾向にある(B-1とC-1)。

ここで、継手部をモデル化(図3)しててこ反力係数を計算する。このモデルではてこ反力の作用位置を継手板上端部とし、また、底鋼板は継手板に比べて薄肉であるため、底鋼板から伝達されるモーメントを無視している。このモデルにおいて、てこ反力係数 $\beta (=R/Pf)$ は下式により求まる。

$$\beta = L1/L2 \quad (1)$$

式(1)で算定したてこ反力係数を表2に示す。これによれば、コンクリートの無い供試体(B-1～B-4)では計算値と実験値は概ね一致しているが、中詰めコンクリートを有するC-1では、実験値が計算値を若干上回る結果となった。

てこ反力によるボルトの挙動を調べるため、ボルト上下面の歪計測値を図4に示す。ボルト下面の歪をみると、B-1とB-2、B-3とB-4がそれぞれ同様の歪となっており、また、前者の歪が後者の歪を上回る結果となった。これらは最大荷重から求めたてこ反力係数の傾向(表2)を裏付ける結果といえる。一方、上面の歪をみると、継手板厚の小さなB-2

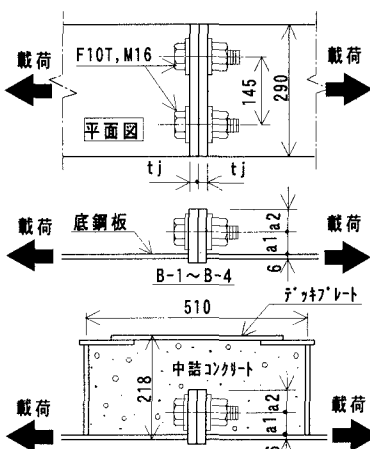
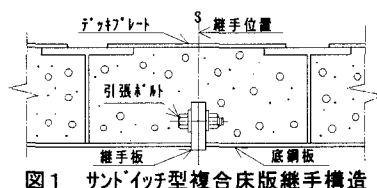


図2 継手引張試験

表1 実験ケース				表2 てこ反力係数		
ケース	tj	a1	a2	ケース	実験	計算
B-1	16	47	29	B-1	1.64	1.72
B-2	9	47	29	B-2	1.56	1.72
B-3	16	47	47	B-3	1.09	1.06
B-4	16	36	36	B-4	1.09	1.08
C-1	16	47	29	C-1	1.91	1.72
単位: mm				曲試験	2.0	1.72

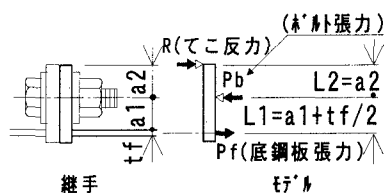


図3 てこ反力算定モデル

では比較的初期の段階から圧縮歪が生じている。これは、継手板の剛性が小さいため、継手板が初期の段階から変形したことによると考えられる。

コンクリートによる影響を調べるためB-1とC-1のボルト歪を図5に示す。前述のようにC-1では載荷重と底鋼板に生じる引張力とが一致していないため、この図では縦軸を底鋼板平均歪としている。C-1のボルト下面歪をB-1と比較する。底鋼板歪が小さい範囲では両者は概ね一致しているが、 100μ を越えるとC-1の歪が大きくなっており、C-1のてこ反力係数がB-1より大きいことを裏付ける結果となった。歪が増加した原因については、底鋼板歪 100μ 付近でコンクリートにクラックが生じ、荷重の分布が変化して、てこ反力の作用位置がボルト側に移動したことが考えられる。

次に、継手板下端の目開き量を図6に示す。これより t_j が大きいほど(B-1とB-2)、 a_2 が大きいほど(B-1とB-3)、 a_1 が小さいほど(B-3とB-4)、目開き量は小さいことがわかる。通常の状態では床版に生じる目開き量は、図6の初期勾配範囲と考えられる。そこでこの範囲における目開き量算定を試みた。算定方法は、①ボルト位置を固定端とした片持ち梁モデル：Fモデル、②ボルトをバネとし、てこ反力の作用は支圧力のみ拘束する支点を分布させたモデル：Sモデル、の2種類とした。なお、Sモデルにおけるボルトのバネ定数は、離間が生じる前のボルトバネ⁴⁾で評価した。表3に目開き量／荷重(m m/tf)の実験値と計算値を示す。なお、実験値としては、ボルト下面歪の変曲荷重(P_o)と、 P_o の70%荷重($0.7P_o$)の2つの荷重に対する割線勾配をそれぞれ求めている。ここでC-1では、てこ反力と同様に底鋼板歪測定結果から荷重を補正している。B-1～B-4をみると、 $0.7P_o$ の実験値がSモデル計算値と概ね一致することがわかる。一方、コンクリートを有するC-1をでは、 $0.7P_o$ の実験値はB-1の50%以下と小さいが、 $0.7P_o \sim P_o$ 間で急激に目開きが進展し、 P_o の実験値ではB-1との差が小さくなっている。これはこの間にコンクリートにクラックが生じ、コンクリートによる拘束効果が弱まったためと考えられる。計算値と比較すると、実験値(P_o)がSモデル計算値と概ね一致する結果となった。

図7にB-1とC-1の目開き量を示す。この図より、荷重が小さい範囲では中詰めコンクリートの存在による目開き量への影響が小さいことがわかる。

4. 床版継手曲げ実験結果との比較

今回の引張試験結果を床版継手曲げ試験結果²⁾と比較する。継手曲げ試験のてこ反力係数(表2)は、B-1より大きいもののコンクリートを有するC-1と概ね同等である。ボルト歪(図5)をみると、曲げ試験の下面歪は最大荷重付近においてB-1より大きくC-1と同等の値となっている。また、目開き量(図7)も、C-1と概ね一致している。このことから、C-1の試験結果は、実際の継手部の挙動を概ね再現できたと考えられる。

5. まとめ

- ①中詰めコンクリートが無い場合のてこ反力は、継手板上端をてこ反力作用位置とするモデルで算定できる。
- ②中詰めコンクリートがある場合には、これより若干大きなたてこ反力となる可能性がある。
- ③コンクリートの無い場合、目開き量の初期勾配はボルトバネを考慮した梁モデルで算定可能である。

<参考文献>

- 1)例えば、阿部他:サントイッチ型複合床版の力学的挙動、鋼構造年次論文報告集、'96
- 2)柳本他:サントイッチ型複合床版の継手強度特性、土木学会第52回年講、'97
- 3)(社)日本鋼構造協会:橋梁用高力ボルト引張接合設計指針(案)、'94
- 4)村上研究室:セグメント設計法に関する研究、'79

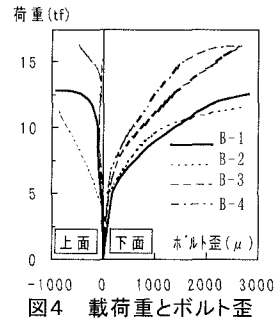


図4 載荷重とボルト歪

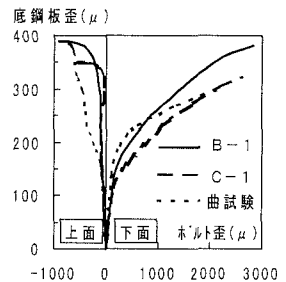


図5 底鋼板歪とボルト歪

表3 継手目開き量

ケース	実験		計算	
	P_o	$0.7P_o$	F	S
B-1	0.11	0.088	0.056	0.077
B-2	0.62	0.46	0.31	0.37
B-3	0.095	0.078	0.056	0.077
B-4	0.054	0.043	0.029	0.043
C-1	0.086	0.042	0.056	0.077

単位: mm/tf

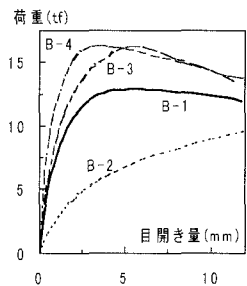


図6 載荷重と目開き量

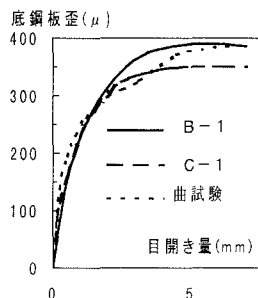


図7 底鋼板歪と目開き量