

鉄道橋における鋼製せん断キーを有する 混合構造接合部のせん断耐荷力特性

三井造船(株) 正会員 ○山川 悦代 日本鉄道建設公団 正会員 菅原 篤
三井造船(株) 正会員 酒井 正和 復建調査設計(株) 遠藤 桑夫

1. まえがき

鉄道橋における鋼箱桁とPC・T形桁の接合部に関して、前面プレート形式および後面プレート形式（図1）の曲げ耐荷力試験の結果を文献1)および2)において報告した。本研究は、プレストレスを導入した前面プレート形式の接合面に設けた鋼製せん断キーに関して、せん断耐荷力および力学的挙動について検討したものである。なお、鋼製せん断キーは厚板より切り出した1枚板の鋼板である。

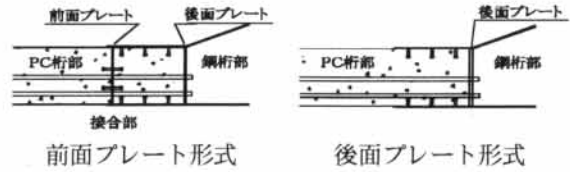


図1 混合構造における接合部

2. 試験概要

純せん断をうける試験体（図2）は、鋼桁とPC桁の接合部付近を想定した要素試験体である。プレストレスによる接合面に作用する平均支圧力およびせん断キーの寸法をパラメータとした15体を製作した（表1）。接合面における鋼桁側の表面処理は無機ジンクリッチプライマー塗装とし、膜厚は計測平均値20μmであった。

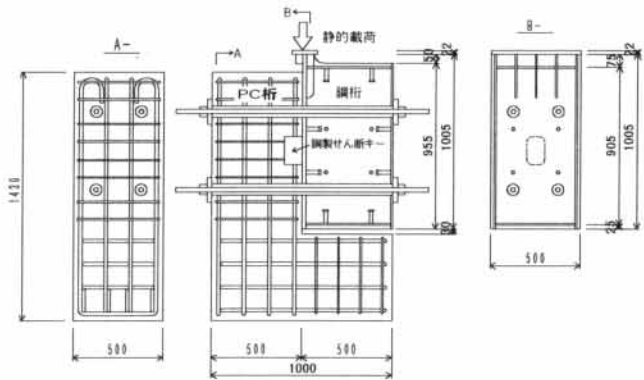


図2 試験体

3. 試験結果および考察

3.1 破壊形状

試験終了後、目視により接合面の観察を行った。せん断キーのない試験体は損傷が見られなかったが、せん断キーのある試験体は、せん断キー下面にくさび状のコンクリートが付着していた（図3）。

3.2 耐荷力

荷重-相対ずれ量の関係の一例を図4に示す。相対ずれ量とは鋼桁とPC桁の鉛直方向変位量の差である。図に示す試験体No.1-1およびNo.4はプレストレスによる平均支圧力が等しい試験体である。

表1 試験体の諸元

試験体 No.	鋼製せん断キー B×L(mm), 材質	平均支圧力 (N/mm ²)
1-1~1-3	なし	1.70
2-1~2-3	なし	0.85
3	100×70×160 SM400C	なし
4		1.70
5		0.85
6	150×50×170 SM400C	なし
7		1.70
8		0.85
9	200×40×180 SM400B	なし
10		1.70
11		0.85

(1)せん断キーのない試験体 相対ずれ量が小さいまま最大荷重に達し（図4、状態A）、急な滑り、荷重の低下とともに相対ずれ量が急増する（状態B）。その後、最大荷重より小さい荷重で同じ挙動を繰り返す（状態C~E）。各状態の摩擦係数を表2に示す。摩擦係数は、各状態における載荷荷重をPC鋼棒軸力で除した値である。急な滑りを生じる直前の状態Aの摩擦係数が最も大きい。

(2)せん断キーのある試験体 図4に示すように、相対ずれ量が10mmに達しても載荷荷重は低下しない。これは、相対ずれが生じるとせん断キー下面に密着したコンクリ

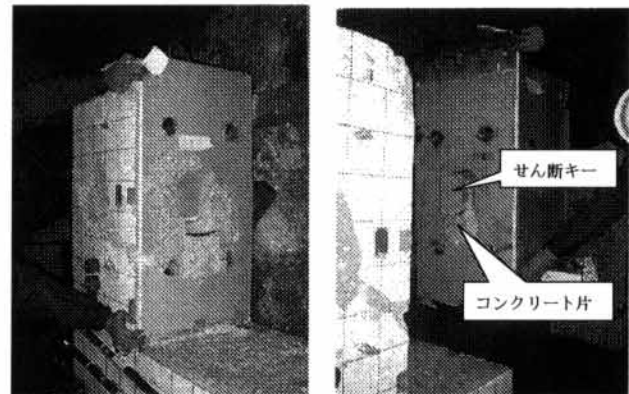


図3 試験体No.3の破壊形状

キーワード：混合構造、接合部、プレストレス、鋼製せん断キー、せん断

〒104-8439 東京都中央区築地5-6-4

TEL 03-3544-3687 FAX 03-3544-3079 (三井造船 山川)

ートのくさび効果により、接合面に隙間が発生しPC鋼棒軸力（接合面の摩擦力）が増加するためと考えられる。以上から、プレストレスを導入したせん断キーを有する接合部の破壊状態をせん断キー下面のコンクリート斜めひび割れ発生時の状態（状態a）とし、接合部のせん断耐荷力は荷重-PC鋼棒ひずみ曲線の急変点の荷重とした。いっぽう後述するFEM解析から、状態Aまでの荷重は摩擦で支配的に伝達され、状態Aから状態aに至る荷重増加分はせん断キーで支配的に伝達されることが明らかになった。そこで、せん断キーそのものの耐荷力は状態aの載荷荷重から摩擦力（=摩擦係数0.863×プレストレス力）を引くことにより求めた。せん断キーの耐荷力を表3の実験値に示す。

3.3 せん断キーの耐荷力の実験式の算出

文献3)によれば、せん断キーの耐荷力 V_{su} は、せん断キー下面の有効面積 $B \cdot (t/3)$ 、せん断キーの幅とせん断キー1個当たりの負担幅との比 B/T 、コンクリート強度 f'_{ck} の影響を受けていることが明らかになっている。文献3)を参考に、本試験におけるせん断キーの耐荷力結果および構造諸元をもとに算出した実験式を次式に示す。次式を用いた耐荷力を表3の理論値に示す。

$$V_{su} = 2.30 \times \{B \cdot (t/3)\} \times \left[\left\{ \left(\frac{B}{T} \right)^{-0.63} \right\} \cdot f'_{ck} \right]$$

ここで、 B ：せん断キーの幅、 t ：せん断キーの厚さ

T ：せん断キー1個当たりの負担幅（500mm）

f'_{ck} ：コンクリート強度（50.4N/mm²）

4. FEM解析による力学的挙動に関する検討

せん断力の伝達に関する力学的挙動の確認を目的に、せん断キーのない場合とある場合の2つのモデルについて、GAP要素を用いたFEM2次元弾性解析を行なった。解析諸元として、摩擦係数は試験結果を参考に0.9、プレストレス力は単位荷重として1000N、状態Aの鉛直方向荷重は900N(=0.9×1000)、状態aの荷重は試験結果を参考に1800N（状態Aの荷重の2倍）とした。

図5に2つのモデルにおける状態Aでのせん断力（摩擦力およびせん断キー負担力）分布を示す。表4にせん断キーのある場合の状態Aおよびaのせん断力を示す。

- ・ 図5より、状態Aにおいて摩擦で伝達しているせん断力は、接合部の上端および下端で多く伝達されていること、分布形状にはせん断キーの有無による影響があまりみられないことがわかる。
- ・ 表4より、せん断力は状態Aにおいて摩擦で支配的に伝達され、いっぽう状態Aから状態aに至る荷重増加分はせん断キーで支配的に伝達されていること

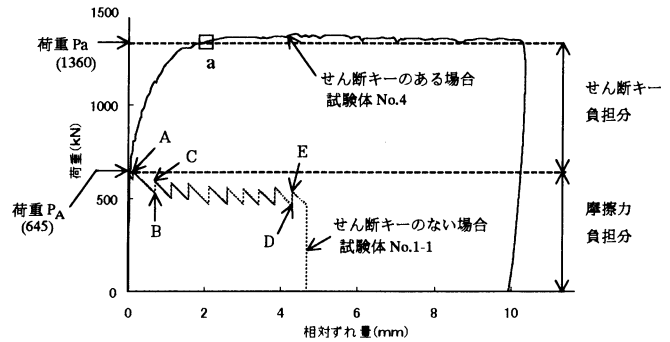


図4 荷重と相対ずれ量の関係

表2 摩擦係数表

状態名	平均	標準偏差
A	0.863	0.0593
B	0.737	0.0729
C	0.786	0.0669
D	0.662	0.0573
E	0.741	0.0598

表3 せん断キーの耐荷力

試験体 No.	実験値 kN	理論値 kN	実験値 / 理論値
3	689	747	0.92
4	702	747	0.94
5	778	747	1.04
6	520	620	0.84
7	697	620	1.12
8	707	620	1.14
9	390	552	0.71
10	645	552	1.17
11	643	552	1.17

注) 上表の値は、試験体No.1-1～2.3の6体の試験結果を用いて算出した値である

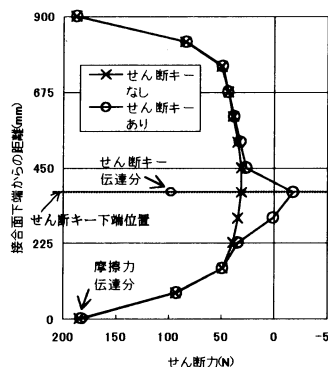


図5 状態Aにおけるせん断力分布

表4 各状態でのせん断力（せん断キーのある場合）

状態名	単位：N		
	摩擦力	せん断キー	荷重
A	802	98	900
a	900	900	1800
増加量 (a - A)	98	802	900

がわかる。

5. まとめ

- (1)混合桁の接合面のせん断耐荷力試験により破壊状態を明らかにし、プレストレスに対する摩擦係数およびせん断キーの耐荷力を載荷試験より求めた。
- (2)せん断キーのせん断耐荷力実験式を算出した。
- (3)FEM解析によりせん断力の伝達に関する力学的挙動を明らかにした。

参考文献

- 1) 赤瀬他：鉄道橋における混合構造接合部の耐荷力特性，土木学会第53回年次学術講演会,CS-162,1998
- 2) 酒井他：鉄道橋における混合構造接合部の耐荷力特性（その2），土木学会第54回年次学術講演会,CS-192,1999
- 3) 西川他：プレキャストブロック継目部における力の伝達機構とその設計法に関する研究報告，プレストレスコンクリート Vol.38, No.2, 1996