

鋳鉄床版モジュール-主桁間におけるテーパ付き高力ボルト摩擦接合継手の 力学的挙動とその合成効果に関する研究

STUDY ON MECHANICAL BEHAVIOR AND ITS COMPOSITE EFFECT OF TAPERED HIGH STRENGTH BOLTED FRICTIONAL JOINTS BETWEEN CAST IRON DECK MODULE AND A STEEL MAIN GIRDER

橋梁工学分野 白井 悠吾
Bridge Engineering Yugo SHIRAI

軽量かつ耐疲労性に優れた床版として開発された鋳鉄床版は、主桁との接合には支持部材を介した高力ボルト摩擦接合が用いられる。また、鋳鉄床版のリブ部分には抜き勾配(約 1° のテーパ)が存在するため、接合にはテーパの影響を考慮しなければならない。本研究では、鋳鉄床版-主桁間の力学的挙動および合成効果を明らかにするため、鋳鉄床版-主桁間を模擬した試験体の水平載荷試験およびFEM解析を行い、鋳鉄床版-主桁間における接合部のすべり挙動および合成効果を明らかにした。

The cast iron deck was developed as light lightweight and highly fatigue resistant deck slab. A high strength bolted friction joints used for joining the cast iron deck and the main girder. Also, since there is a taper of about 1° at the rib part of the cast iron deck, the influence of the taper must be taken into account for the joining. In this study, in order to clarify the mechanical behavior and composite effect between the cast iron slab and the main girder. Therefore, horizontal loading test and FEM analysis of specimen simulating the cast iron deck - main girder were carried out. As a result, the slip behavior and composite effect of the joint between the cast iron deck and the main girder were clarified.

1. はじめに

近年、都市高速道路の老朽化が社会問題となっており、大規模更新・大規模修繕が高速道路会社を中心に策定されており^{1,1)}、床版取替の需要が高まっている。しかし、旧道路橋示方書で設計された橋梁は耐震性能が不足しているものもあり、再びRC床版へ更新することは難しい。一方、RC床版から鋼床版へ更新した場合、軽量化が図れるため、耐震性の向上は見込めるが、溶接部の疲労亀裂に懸念があり、疲労耐久性の観点で将来的に問題となる可能性が残る。

軽量かつ耐疲労性に優れた床版として、球状黒鉛鋳鉄(FCD)を用いた鋳鉄床版が開発されている^{1,2)}。FCDはねずみ鋳鉄(FC)と比較して、強度・伸びともに優れた力学特性を示し、鋼と変わらない基本性能を有している^{1,2)}、検討されている鋳鉄床版のイメージを図-1に示す。鋳鉄床版は鋳造により製作される。そのため、普通鋼では製作が困難な複雑な形状を有する部材を、溶接を行わずに一体成型で製作することが可能である。

図-1に示す鋳鉄床版はデッキプレートと橋軸直角方向の主リブおよび橋軸方向の副リブが鋳造により一体化されており、耐疲労性に優れている。鋳鉄の性質上、溶接による接合が困難であるため、床版モジュール同士の接合および鋳鉄床版と主桁の接合には高力ボルト接合が用いられている。鋳鉄床版モジュール-主桁間の接合構造のイメージを図-2、テーパ部のCADモデルを図-3に示す。

支持部材の形状は合成桁のスタッド本数配置間隔を参考に、鋳鉄床版の配置場所によって、主桁との連

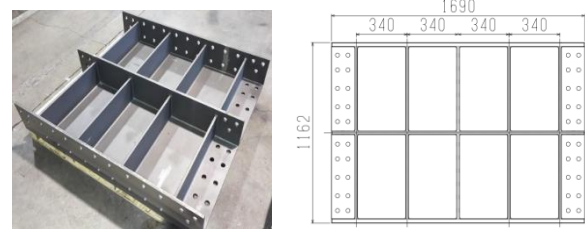


図-1 鋳鉄床版

3 結に必要なボルト本数および形状が変化しており、桁中央などを想定したボルト本数が少ない逆 T 分離型部材、キャンバーの影響やハンチ部を想定した、逆 T 部材より支持部材の高さを抑えた L 分離型部材、桁端部を想定し、鋳鉄床版と主桁と接合に必要なボルト本数を増やした L 一体型部材などの支持部材が検討されているが、これらの接合部に関する先行研究はほとんど行われておらず、力学的挙動や合成効果の検討はされていない。

また、鋳鉄床版は鋳型を用いて製造されるため、支持部材との接合部となるリブ部分に抜き勾配(約 1°のテーパ)が存在し、支持部材との接合面内に肌すきが生じる。そのため、施工中の締め付け時における支持部材の降伏や、接合部間におけるすべり耐力の低下が懸念され、鋳鉄床版-主桁間において、1°のテーパを考慮したすべり耐力および肌すきの影響の適切な評価が求められている。

本研究では、鋳鉄床版モジュール-プレートガーダー主桁間の接合構造を対象とし、鋳鉄床版の実用化に向けて、鋳鉄床版-主桁間におけるテーパを有する高力ボルト摩擦接合部のすべり耐力および合成効果を明らかにすることを目的とし、以下の2点に着目した検討を行った。

- (1) 1行1列のテーパを有する鋳鉄部材を用いた高力ボルト摩擦接合継手のすべり試験を行い、テーパによるすべり耐力の減少メカニズムを検討した。
- (2) 各支持部材を用いて鋳鉄床版-主桁間を模擬した供試体を用いて、水平載荷試験および FEM 解析を行い、鋳鉄床版-プレートガーダー主桁間における接合部のすべり耐力および合成効果を検討した。

2. テーパを有する鋳鉄部材を用いた高力ボルト摩擦接合継手のすべり試験

2.1 試験目的

球状黒鉛鋳鉄部材を用いた高力ボルト摩擦接合継手の既往研究^{2,1)}では、母材に球状黒鉛鋳鉄(FCD450)、連結板に鋼材(SM490)を用いて、下地にブラスト処理を行った無機ジンク塗装面を接合面とした場合、0.55のすべり係数が得られることを明らかにした。しかし、本研究で対象としている両側に 1°テーパを有した鋳鉄部材を用いた高力ボルト摩擦接合継手はまだ検討されていない。

そこで本研究では、テーパを有する鋳鉄部材が高力ボルト摩擦接合継手に与える影響を明らかにするため、テーパを有する鋳鉄部材を高力ボルト摩擦接合継手に用いたすべり試験を実施し、テーパがすべり耐力に及ぼす影響について検討、考察した。

2.2 試験体

試験体の標準形状を図-4に示し、材料特性を表-1に示す。すべり側母板は鋳鉄床版モジュールのリブ部分を再現し、両側に約 1°のテーパがついている。そのため、連結板縁端から遊間側に近づくにつれて、母板厚が減少し肌すきが大きくなっており、遊間側縁端部で最大 4mm(上下 2mm)の肌すきが生じている。また、鋳鉄床版モジュール-主桁間接合部のボルト孔は基本的に M22 の拡大孔で開けられるため、本試験体ではすべり側の母板のボルト孔を 26.5mm とした。

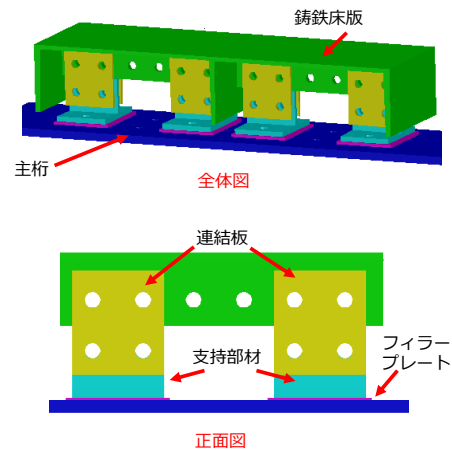


図-2 鋳鉄床版モジュール-主桁間の接合構造

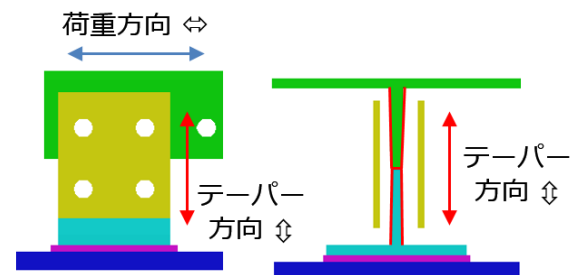


図-3 テーパ部の CAD モデル

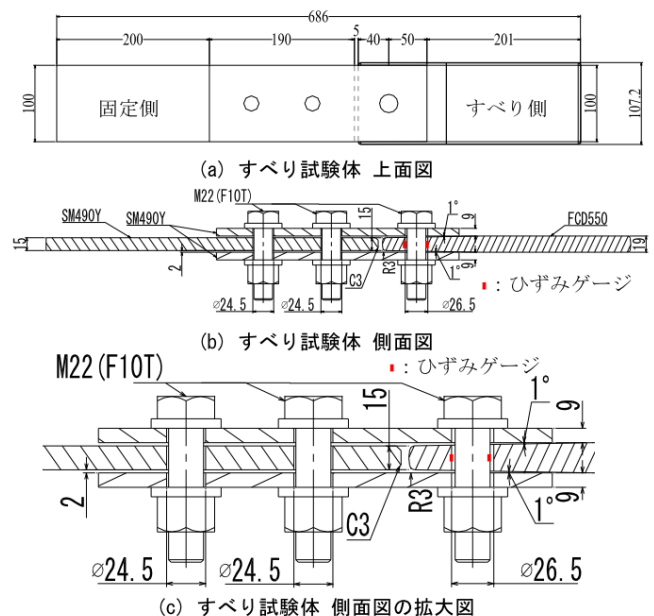


図-4 試験体形状

設計すべり耐力 P (kN)を式(2.1)より求めた。設計すべり係数, P , β , γ を表-2 に示す。

$$P = m \times n \times N \times \mu \quad \text{式(2.1)}$$

ここで, m : 接合面数(=2), n : ボルト本数(=1), N : 設計ボルト軸力(kN)

2.3 試験体締付け

高力六角ボルトの締付けに先立ち, ボルト軸力のキャリブレーションを行った。高力六角ボルトにひずみゲージを張り付けたゲージボルトを作成し, ゲージボルトのキャリブレーションにより, 軸力-ひずみ関係を求め, 締付け時における軸力計測はひずみ値で行う。

試験体の締付けは, すべり側はボルトのキャリブレーション結果により得られた締付けトルクと導入軸力の関係を用いて行い, 固定側の締め付けはトルク管理により行った。締付けはスナッグタイト, 6割締め, 本締めの3段階に分けて行った。キャリブレーション試験結果を用いて, F10T (M22) の設計ボルト軸力の1割増しである 225.5kN として締め付けを行い, 载荷中も軸ひずみの計測を行った。

また, ボルトのリラクゼーションを計測するため, ボルト締付けからすべり試験まで1週間程度の期間を空けた。締め付け完了から試験前までの時間経過に伴うボルト軸力の低下率を図-5 に示す。

2.4 すべり試験

すべり荷重は文献 2.2)を参考に, 本試験体では明確な主すべりが生じなかったため, 図-6 に示す相対変位計測位置で, 対称位置にある相対変位量の平均値が 0.2mm に到達した際の荷重をすべり荷重と定義した。例として, t15-2 の荷重-相対変位関係を図-7 に示し, 各試験体の相対変位計測箇所におけるすべり荷重を表-3 に示す。すべり係数 μ は, 各試験体から得られた最小のすべり荷重から, 式(2.1)より算出した。表-3 に各試験体のすべり係数を示す。試験で得られたすべり係数の平均は 0.45 であった。

荷重-相対変位関係では, 全試験体で明確な主すべりは生じなかった。また, ボルト軸力残存率を確認した結果, すべての試験体において, 遊間反対側のボルト軸ひずみと遊間側のボルト軸ひずみは低下率が大きく異なっていた。また, t15-1 および t15-3 は遊間側のボルト軸ひずみが载荷に伴って大きく低下していた。原因として, テーパーが抜ける方向に引張られたのに加えて, 締付け時にテーパーの影響によって, 締付け時に導入された軸ひずみがボルト孔遊間側とボルト孔遊間反対側で差が大きく生じていたため, 载荷中に関しても, ボルト孔遊間側の軸ひずみ低下率が大きくなったと考えられる。

表-1 材料特性

種別	材質	降伏耐力	破断耐力	弾性係数	ポアソン比	
		σ_y (N/mm ²)	σ_u (N/mm ²)	E(N/mm ²)	ν	
母板	すべり側	FCD550	350	550	1.70E+05	0.28
	固定側	SM490Y	355	490	2.00E+05	0.30
連結板	SM490Y	355	490	2.00E+05	0.30	

表-2 試験体のすべり耐力, γ , β , 降伏耐力

設計すべり係数	設計すべり耐力	すべり/降伏耐力比	連結板/母板降伏耐力比	連結板降伏耐力	母板固定側純断面降伏耐力	母板すべり側純断面降伏耐力
μ	P_d (kN)	β	γ	P_{y1} (kN)	P_{y2} (kN)	P_{y3} (kN)
0.4	164	0.37	0.54	482	402	449

表-3 試験結果

ケース	締め付け導入軸力(kN)	試験前軸力(kN)	すべり荷重 P (kN)				すべり係数 μ
			縁端10mm	ボルト軸上	母材間	母材-連結板間	
t15-1	225.5	194.4	181.1	182.6	-	-	0.466
t15-2	230.9	198.2	-	167.5	169.1	168.5	0.422
t15-3	225.8	193.4	-	183.3	174.1	181.4	0.450
平均値	227.4	195.3	181.1	177.8	171.6	175.0	0.446

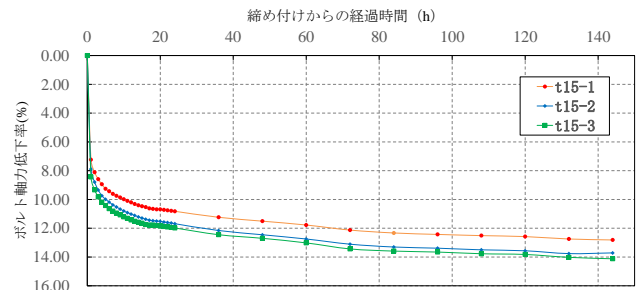


図-5 試験体のボルト軸力低下率

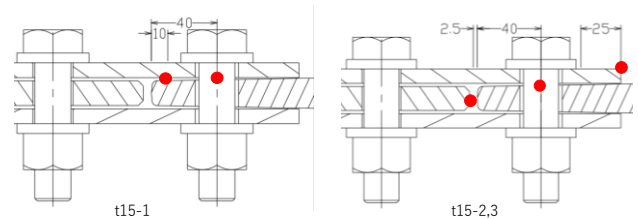


図-6 試験体の相対変位計設置箇所

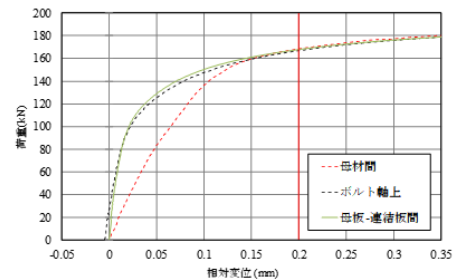


図-7 t15-2 荷重-相対変位関係

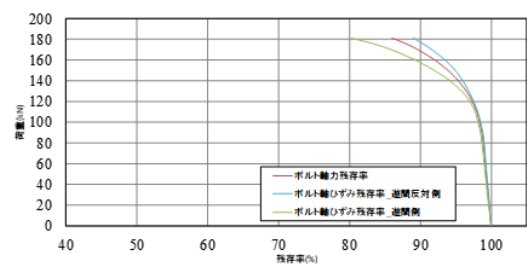


図-8 ボルト軸力および軸ひずみ残存率

3. 鋳鉄床版モジュール-主桁間接合部のすべり挙動および合成挙動に関する実験的検討

3.1 実験目的

鋳鉄床版モジュール-主桁間(以下床版-主桁間)の接合は、鋳鉄の性質上溶接を用いて行うことは困難である。そのため、支持部材を介して鋳鉄床版-支持部材間および支持部材-主桁間の高力ボルト摩擦接合による接合構造が検討された。本研究では、異なる支持部材を有する3種類の床版-主桁間を模した試験体に対し、大阪市立大学が有する100tの水平ジャッキで、床版側面から水平方向に载荷し床版-主桁間にせん断力を作用させ、テーパの影響を考慮したすべり挙動および床版-主桁間における合成効果の検討を行った。

3.2 支持部材の設計

鋳鉄床版モジュール-主桁間における支持部材の設計は、道路橋示方書におけるずれ止めの設計^{3.1)}を参考に行った。本研究で用いる鋳鉄床版モジュール-主桁間に配置する支持部材は、鋳鉄床版-主桁間に作用する水平せん断力に対し、鋳鉄床版-支持部材間および支持部材-主桁間に置いて、高力ボルト摩擦接合継手のボルト許容力で除した値よりボルト配置本数を検討した。検討結果を表-4に示し、支持部材の例を図-9に示す。

3.3 試験体

本試験で使用した部材の鋼種および材料特性を表-5に示す。鋳鉄床版の大きさは実際の鋳鉄床版を切り出して実験に用いた。供試体の例として、ケース1は図-9に示すように、床版-主桁間は逆向きのT型をした支持部材を用いて接合され、鋳鉄床版と支持部材の間は支持部材の両側に連結板がある2面摩擦接合、支持部材と主桁の間は支持部材とフィラープレート、主桁の上フランジからなる1面摩擦接合となっている。また、逆T分離型の支持部材は床版-支持部材間の面にテーパが存在している。ケース2はL型の支持部材を用いて接合され、床版-支持部材間はL型の支持部材で鋳鉄床版を挟んで締める2面摩擦接合、支持部材-主桁間はケース1と同様の1面摩擦接合となっている。

3.4 計測項目および試験条件

計測項目の一覧を表-6に示す。载荷は水平载荷試験機を用い、計測機器には高速高機能データロガーTDS-630(東京測器研究所製)を用い、载荷速度は1kN/secとなるように制御して行う。载荷はすべり荷重に達するまで行った。すべり荷重の定義は、文献2.2)を参考に、主すべりが生じなかったため、測定個所の相対変位が0.2mm時の荷重と定義する。

表-4 支持部材の設計耐力

対象: ①鋳鉄床版-支持部材間(2面摩擦接合, $\mu=2$)、②支持部材-主桁間(1面摩擦接合, $\mu=1$)				
使用する高力ボルト: S10TMQ2				
設計ボルト軸力 N : 205kN				
設計すべり係数 μ : 0.4				
対象	ケース名	支持部材形状	必要ボルト本数 n	設計耐力 $P_{design}(P=N \times \mu \times n)$
①	ケース1	逆T分離型	8	1312
	ケース2	L分離型	8	1312
	ケース3	L1体型	12	1968
②	ケース1	逆T分離型	8	656
	ケース2	L分離型	16	1312
	ケース3	L1体型	20	1640

表-5 材料特性

部材名	材質	引張強度(σ_{tens})	引張伸び率(ϵ_{tens})	降伏強度(σ_{yield})	ポアソン比
鋳鉄床版	FCD550	350	550	170000	0.28
支持部材(逆T分離型)	S490YF	355	490	20000	
連結板(逆T分離型)	S490YF	355	490		
支持部材(L分離型, L1体型)	S490YF	355	490		
フィラープレート(3ケース共通)	S490YF	355	490		
主桁	S490YF	355	490		
高力六角ボルト	F10T	900	1000		
トルシアボルト	S10T	900	1000		

表-6 計測項目

計測場所	計測機器
水平ジャッキ 荷重	ロードセル (100kN)
水平ジャッキ 変位	変位計 (CIP-10)
鋳鉄床版-支持部材間, 支持部材-主桁間のボルト軸力	ゲージボルト
鋳鉄床版および主桁の水平・鉛直変位	変位計 (CIP-5, 10, 25, 50)
鋳鉄床版と支持部材, 支持部材と主桁の相対変位	クリップ変位計 (RA-5, UB-5)
連結板・支持部材のすべりおよびせん断力	3軸ひずみゲージ
床版上面, 支持部材側面のひずみ	1軸ひずみゲージ

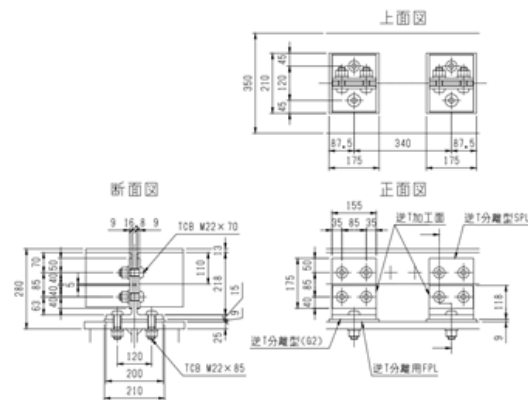


図-9 ケース1 接合部の詳細図

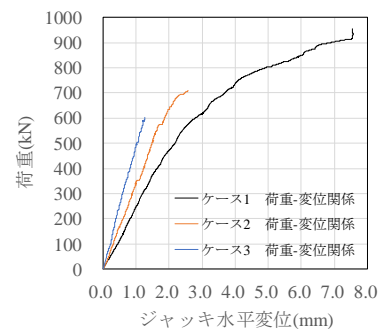


図-10 各ケースの荷重-変位関係

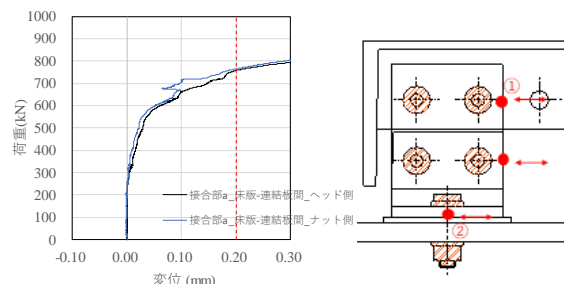


図-11 ケース1 荷重-相対変位関係

3.5 試験結果

各ケースの荷重-ジャッキ水平変位関係を図-10に示す。各ケースに共通した特徴として、荷重時に鋳鉄床版へ浮き上がりが生じ、荷重側は浮き上がる方向、反力壁側は下がる方向へ回転変形が生じた。ケース1ですべりが生じた相対変位計設置個所の荷重-相対変位関係を図-11に示す。759kNまで荷重した段階で、図-10の①に示す場所の相対変位(床版-連結板間、ヘッド側)が0.2mmを超え、すべり発生と定義した。ケース2ですべりが生じた相対変位計設置個所の荷重-相対変位関係を図-12に示す。699kNまで荷重した段階で示す場所(接合部b, 床版-支持部材間、ナット側)の相対変位が0.2mmを超えたため、すべり発生と定義し、荷重を中止した。

3.6 合成効果の検討

鋳鉄床版モジュール-主桁間において、水平せん断力が作用した際に、すべりが生じるまで床版-主桁間は合成効果を有し、支持部材を介して一体に挙動すると考えられる。すべりが生じたケース1およびケース2に対して、水平荷重試験で得られた結果よりすべり耐力を評価し、設計耐力との比較を行った。

ケース1およびケース2のすべり発生時の荷重およびすべり係数をまとめたものを表-7に示す。ケース2は設計すべり耐力以上のすべり係数を有しており、ケース1のすべり係数は設計すべり係数の58%だった。

ケース1のすべり係数が低かった原因として、設計上の仮定では鋳鉄床版モジュール-主桁間に作用した水平せん断力に対して、各支持部材は耐力を均等に分担すると考えられている。しかし、実際は水平荷重試験機が鋳鉄床版上面を均等に水平に押しているのではなく、鋳鉄床版側面と水平荷重試験機の設置面から押し出す形で水平せん断力を与えていることや、床版-主桁間の図心をうまく荷重出来ていないことから、各接合部の荷重分担率は一定ではないと考えられる。

そこで、荷重荷重に対する各接合部における水平荷重の分担率を求めるため、床版-主桁間の2次元FEM解析を行った。解析対象部分を図-13に示す。断面Aは鋳鉄床版、断面Bはボルト連結部として、解析は弾性解析で行った。境界条件は各ボルト連結部の端点を6自由度完全固定とし、図-13に示す位置からx軸方向に水平荷重として1kNの荷重を行った。その時の各ボルト連結部におけるそれぞれの水平反力を求め、各接合部の水平反力分担率を求めた。結果を表-8に示す。

表-8から求めた結果より、荷重分担を考慮したすべり係数を求めた。結果は $\mu_2=0.28$ であり、 μ_1 と比べて1.2倍のすべり係数が得られた。

表-7 ケース1およびケース2のすべり係数

	すべり発生箇所	すべり荷重(kN)	接合部数	接合部数	支持部材の本数	実験から得られたすべり係数 μ_1	設計すべり係数
ケース1	床版-支持部材間_接合部A	759	4	2	2	0.23	0.4
ケース2	床版-支持部材間_接合部B	699	2	2	2	0.42	0.4

表-8 ケース1 各接合部の水平荷重分担率

水平反力の分担率(%)	接合部A	接合部B	接合部C	接合部D
	29.9	27.2	23.9	19.0

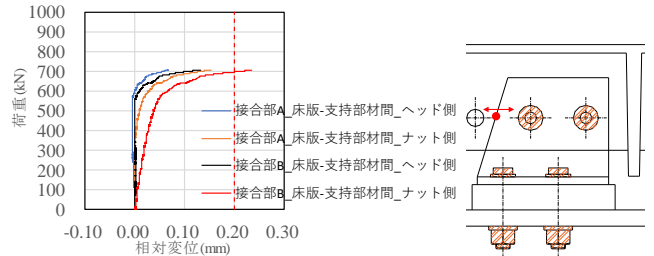


図-12 ケース2 荷重-相対変位関係

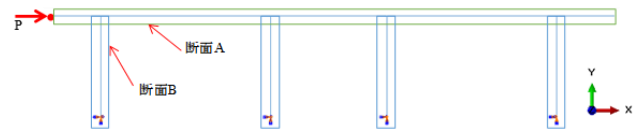


図-13 鋳鉄床版-主桁間の2次元FEMモデル

表-9 解析ケース

解析ケース	ボルト配置	ボルトピッチ (mm)	テーパ
flat-2	2行1列	85	無し
taper-2	2行1列	85	有り
flat-1	1行1列	-	無し
flat-2-p170	2行1列	170	無し

表-10 解析に用いた材料定数

部材	鋼種	臨界点	ヤング係数	ポアソン比
		N/mm ²	N/mm ²	
鋳鉄床版	FCD550	350	1.70E+05	0.28
連結板	SM490Y	355	2.00E+05	0.30
高力ボルト	F10T	900	2.00E+05	0.30
底金	F10T	900	2.00E+05	0.30

表-11 すべり時のせん断力/設計すべり耐力

解析ケース	flat-2	taper-2	flat-1	flat-2-p170
すべり発生時のせん断力/設計すべり耐力	0.708	0.650	0.353	0.882
すべり耐力 P (kN)	232.3	213.1	58.0	289.2
すべり係数 μ	0.28	0.26	0.14	0.35
母板-連結板に与えたすべり係数 μ'	0.4			

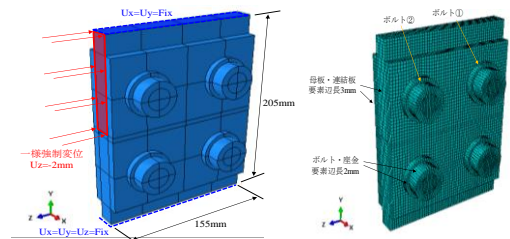


図-14 解析モデル(flat-2)

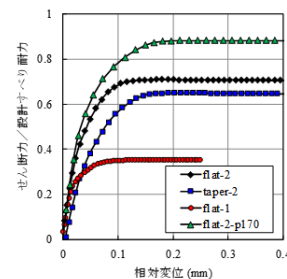


図-15 せん断力—相対変位関係

4. 鋳鉄床版モジュール-プレートガーダー主桁間接合部のすべり挙動に関する解析的検討

4.1 解析目的

3章で行った鋳鉄床版モジュール-プレートガーダー主桁間接合部の水平載荷試験の結果、case1(支持部材：逆 T 支持部材)のすべり係数が設計すべり係数の0.4を下回った。そこで、すべり係数低下の要因について検討するため、FEM 解析を実施する。

4.2 解析モデルと解析条件

解析には、汎用有限要素解析コード Abaqus 2016 を用い、弾塑性有限変位解析を実施した。解析モデルは図-14 に示す、せん断力が作用する高力ボルト摩擦接合継手を対象とした。図-14 に要素分割状況を示す。

設定した解析ケースを表-9 に示す。frat-2 はボルト配置を2行1列とし、接合面にテーパを設けていない標準的なケースである。taper-2 は、接合面に1度のテーパを再現したケースであり、テーパが接合部のすべり挙動に及ぼす影響について検討する。また、比較のために、1行1列とした frat-1 と、ボルトピッチを2倍の170mmにした frat-2-p170 のケースについても検討した。材料特性としての構成則は、バイリニア型の完全弾塑性モデルとした。公称値に基づくそれぞれのヤング率、ポアソン比、降伏点を表-10 に示す。

鋳鉄母板-連結板間、連結板-座金間には、Abaqus の接触機能を用いた接触境界を定義し、これらの接触面間における境界非線形性を考慮した。鋳鉄母板-連結板間の摩擦係数は0.4とし、連結板-座金間は0.01とした。なお、taper-2 のケースは、解析の収束性を改善するために連結板-座金間の摩擦係数を0.1とし、座金と高力ボルトは、拘束により一体化した。

境界条件は、図-14 に示すように、鋳鉄母板の上下端の X 軸方向と Y 軸方向の並進を拘束し、載荷側と反対側は Z 軸方向の並進を拘束した。

解析は、ボルト軸力導入段階とせん断力載荷段階の2段階に分けて行った。導入したボルト軸力は F10T(M22)の設計ボルト軸力である205kNとした。せん断力載荷段階では、載荷側のコバ面に一様強制変位として与えた。

すべり荷重は、回転の影響が小さいと考えられるボルト軸上のコバ面の節点より、母板と連結板の相対変位を測定した。すべり荷重の定義は、「解析における最大荷重時、もしくは母板と連結板のボルト軸上における相対変位が0.2mmに達した時点のうち、ボルト軸上における相対変位が小さい方の時点」とした。せん断力-すべり相対変位関係を図-15 に示し、すべり時のせん断力/設計せん断耐力およびすべり係数を表-11 に示す。

5. 結論

本研究では、鋳鉄床版モジュール-主桁間の接合構造を対象とし、鋳鉄床版の実用化に向けて、床版-主桁間におけるテーパを有する高力ボルト摩擦接合部のすべり挙動および合成効果を明らかにするため、1行1列のテーパを有する鋳鉄部材を用いた高力ボルト摩擦接合継手のすべり試験および、鋳鉄床版-主桁間を模した供試体を用いた水平載荷試験および、接合部に着目したFEM解析を実施した。得られた結論を以下に示す。

- 1) 母板の両側に1°テーパを有する鋳鉄部材を用いたすべり試験を行った結果、0.45のすべり係数を得られたことを確認した。既往研究と比較した結果、テーパの影響によりすべり係数が18%低下したと考えられ、低下した原因は締付け時に接触圧が均等に分布しなかったためと考えられる。
- 2) 鋳鉄床版モジュール-主桁間における耐力を求めるため、鋳鉄床版-主桁間を模した試験体に、水平載荷試験を行った。ケース1(支持部材形状：逆 T 分離型)は759kNで鋳鉄床版-支持部材間にすべりが生じ、0.23のすべり係数を得られた。すべり係数が設計すべり係数の0.4を下回った原因として、床版の浮き上がり、テーパの影響、荷重分担率といった要因が関係していると考えられる。2次元 FEM 解析により、各接合部が負担する水平荷重の分担率を考慮して、再度すべり係数の検討を行った結果、すべり係数は0.28まで向上した。
- 3) ケース2(支持部材形状：L 分離型)に対して水平せん断力を作用させた結果、699kNですべりが鋳鉄床版-支持部材間で生じた。得られたすべり係数は0.43であり、設計すべり係数の0.4を上回った。
- 4) 水平載荷試験のケース1(支持部材：逆 T 分離型)で用いられている鋳鉄床版-支持部材間における高力ボルト摩擦接合を模した解析モデルを作成し、FEM 解析を行った。2行1列の高力ボルト摩擦接合継手では、連結板の回転の影響により、すべり係数がテーパがない状態でも0.26しか得られなかった。連結板が回転するのは、ボルト孔周辺の接触圧に作用する回転によるモーメント抵抗が原因であるため、改善策として、ボルト列数を2列にし、ボルトピッチの間隔を開けることにより、0.35のすべり係数が得られたことを確認した。

参考文献

- 1.1) 東・中・西日本高速道路株式会社：高速道路資産の長期保全及び更新のあり方に関する技術検討委員会、報告書、2014.1.
- 1.2) 山口栄輝、飛永浩伸、梅谷拓郎、村山稔：鋳鉄床版の開発、橋梁と基礎、Vol.51, pp.38-41, 2017.8.
- 2.1) 池田祐哉、山口隆司、佐伯英一郎、飛永浩伸、日高哲郎：球状黒鉛鋳鉄板を用いた高力ボルト摩擦接合継手のすべり耐力、構造工学論文集、Vol.62A, pp.705-714, 2016
- 2.2) 日本建築学会：鋼構造接合部設計指針、丸善出版株式会社、2012.3.
- 3.1) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編、2012.