

合成床版の一面施工用高力ボルトの開発

Development of High Tension Bolt for One-side Work on Composite Slab

鎌形吉伸*, 寺門三郎*, 山田岳史**

Yoshinobu KAMAGATA, Saburo TERAOKA and Takeshi YAMADA

*神鋼ボルト(株) (〒272-0002 千葉県市川市二俣新町 17 番地)

**博(工) (株)神戸製鋼所 (〒651-2271 兵庫県神戸市西区高塚台 1-5-5)

Composite slab has been expected to rationalize work-ability and construction period. The development of simplified construction system is eager for making composite slab spread. Accordingly, the new high tension bolt was developed to achieve mitigating the work at the construction site. The new bolt is knotted at the axial center and screwed in both sides. The construction system including this bolt can join easily between skin plate members of composite slab, which is able to work only at upper face on skin plate, "so-called one-side work". In this paper, the newly developed bolt and the construction system are introduced, and the results of performance tests are reported.

Keywords: High tension bolt, One-side work, Composite slab

1. まえがき

鋼板・コンクリート合成床版（以下、合成床版と称す）は、一般に、底鋼板と補剛リブなどから構成される工場製作の鋼殻に対して、現場でコンクリートを打設して製作される。この鋼殻には、コンクリート打設時の型枠も期待されることから、合成床版は施工性の向上や工期の短縮などを可能とするものである。また、この合成床版は、鋼板とコンクリートを何らかのずれ止めによって一体化させるために、力学的に合理的な部材となり、耐力と疲労耐久性に関しても優れた特性を有することとなる。すなわち、工場製作の鋼殻は、構造要素とコンクリート打設時の型枠を兼務する部材と言える。

一方、鉄筋コンクリート床版やプレストレスト床版のコンクリート打設前後には、型枠の設置、撤去作業が必要となることから、足場の確保が必要となる。

合成床版には、鋼殻に打設時の型枠を兼務させていることから、足場の省略が期待されることとなる。しかし、鋼殻同士を接合する継手の施工において、十分に合理化されているとは言い難く、鋼殻の上下での作業を要する場合もあるようである。このために足場の省略が図られずにいるのが現状と考えられる。

すなわち、合成床版のメリットである足場の省略を可能とするには、底鋼板の上面のみからの継手の現場接合作業（以下、1面施工と称す）を可能とする施工方法の開発が必要と考えられる。合成床版の継手としては、鋼構造物設計指針 PART B¹⁾にて、1面施工を意識した継手の疲労試験が紹介されている。その中の高力ボルト引張接合継手では、高力ボルトの疲労破壊、

局部曲げに伴う底鋼板の疲労破断が確認されており、設計に採用するにはなお詳細な構造検討が必要と指摘されている。一方、比較のために行われた高力ボルト摩擦接合は、継手として十分な性能を有していると報告されている。したがって、合成床版の現場継手としては高力ボルトによる摩擦接合を採用するのが現実的な対応であると考えられる。

そこで、写真-1に示す1面施工を可能とするハイテンションボルト（以下、節付き両ねじHTBと称す）の開発を行った。本報では、そのHTBの施工方法ならびに性能試験の結果について報告する。

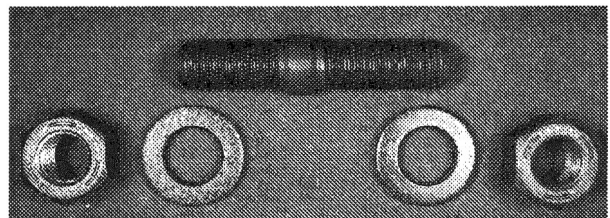


写真-1 節付き両ねじHTB

2. 節付き両ねじHTBの施工法

両ねじタイプの高力ボルトの使用実績は、遅れ破壊をした高力ボルトを取り替える工事において存在するようである。上フランジ部の高力ボルトが床版の舗装によって取り替えられない場合に、ナットがコンクリート中に残っているのを利用して、ボルトの両端にねじの付いた両ねじトルシア形高力ボルトが開発されている。

写真-1の節付き両ねじHTBは、従来の両ねじトルシア形高力ボルトに対して、落下防止用の節を設けた

ものであり、この節の厚さ t を添接板厚以下にする必要がある。図-1 の詳細図は、添接板厚 6mm 以上を対象としており、本図で節の厚さを示せば、節の厚さ t は 4mm である。また、母材孔にボルト軸を通した際に、孔中心にボルトがセットできるように 3mm のテーパ加工を施している。また、節部の径は 25.5mm である。道路橋示方書²⁾によれば M22 の摩擦接合用のボルトに関しては、母材に対する孔あけサイズとして 24.5mm が記述されており、その孔からボルトが落下しないことに配慮して、24.5mm の母材孔径よりも大きな軸径として 25.5mm とした。

図-2 に M22 の節付き両ねじ HTB の施工手順を示す。

施工手順①では、孔径 24.5mm の母材孔に対してボルト軸を上面から通す。

施工手順②では、下面に座金、ナットを装着し、ナットを 1 次締めする。このときの締め付けトルクは 150N・m とする。1 次締めを必要とする理由は、その後の手順で上面側のナットを本締めする際に、共回りが発生するのを防止するためである。この施工手順①、②は合成床版の鋼殻を主桁上に架設するまでに完了させる必要がある。

施工手順③では、主桁上に架設された鋼殻同士を接合するために、添接板を設置する。ただし、添接板にあける孔径は、ボルト節径 25.5mm よりも大きな 26.5mm とする。これは、道路橋示方書の拡大孔に関する記述（ボルト呼び径+4.5mm）を参考にしている。したがって、添接板の設計では 27.0mm（拡大孔の径+0.5mm）の断面控除が必要である。

施工手順④では、上面に座金、ナットを装着し、1 次締めと本締めを行う。締め付けトルクは表-1 のとおりである。上面のナットを締め付けることでボルト軸には軸力が導入されるので、下面のナットについては 1 次締め施工のみである。

ただし、表-2 に示すとおり、共回り防止のために、上面（添接板）側、下面（母材）側に対して、それぞれのナットと座金に表面処理を施している。したがって、確実な施工を行うためには、ナットと座金を適切に使用し、さらに下側ナットについては 1 次締めを確実にすることが求められる。

図-1 に示すボルトと図-2 の施工手順により、合成床版の継手に関して 1 面施工が可能となることから、施工性向上に大きく貢献できるものと考えられる。

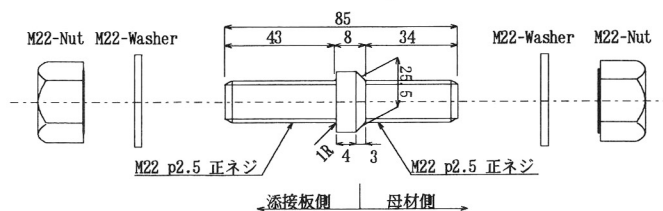


図-1 節付き両ねじ HTB の詳細 (M22)

<p>施工手順①</p>		
<p>母材孔(φ24.5)にボルト軸を通す</p>		
<p>施工手順②</p>		
<p>接触面の反対面にワッシャ・ナットを装着。ナットを締め付ける</p>		
<p>施工手順③</p>		
<p>添接板(孔径φ26.5)を設置する</p>		
<p>施工手順④</p>		
<p>添接板側にワッシャ、ナットを装着し、ナットの1次締め後に本締めする</p>		

図-2 節付き両ねじ HTB の施工手順

表-1 節付き両ねじ HTB の締め付けトルク

	1 次締め付け	本締め
F10T	約150N・m	標準ボルト軸力226kN
F8T	約150N・m	ナット回転法120°

表-2 ナット、座金の表面処理

		ナット	座金
黒皮	母材側	黒皮	ショットブラスト
	添接板側	潤滑処理	通常
めっき	母材側	めっき	通常
	添接板側	めっき後潤滑処理	通常

3. 節付き両ねじHTBのすべり試験

本ボルトの性能確認のため、図-3の供試体に対して両端より母材を引張り、すべり試験を行った。本ボルトが対象としている板厚は、合成床版の底鋼板であることから、6mm~9mm程度となるが、母材の降伏が先行しないように母材板厚を22mmとした。また、22mmの板厚に対して図-1のボルトを適用できないことから、図-4のとおり、ボルト軸長を110mmに変更している。

すべり試験での供試体の一覧を表-3に示す。供試体Aは母材および添接板に赤錆を発生させたもの、供試体Bは無機ジンクリッチペイントを施したものである。供試体Cには、溶融亜鉛めっきを施し、それぞれの接合面には、さらにリン酸処理を施している。

また、使用したボルトは供試体A、Bに対しては黒皮のままのボルトを使用し、供試体Cにはめっき処理を施したボルトを使用している。ナット、座金の表面処理は、表-2に示すとおりである。

さらに、図-4に示すとおり、ボルト軸内にあけた穴にひずみゲージを貼り付けた。すべり試験の前日にボルトの締付けを行い、その後24時間にわたりボルトのリラクゼーションを計測した。

表-4にすべり試験とボルト軸力の減衰結果を示す。表面の処理状態に関わらず、およそ2.9程度の許容力比があることが判明し、節付き両ねじHTBを合成床

版の継手に用いても問題ないものと判断できる。

表中のすべり係数 μ_1 とはすべり荷重を導入軸力で除した結果であり、 μ_2 とは軸力導入から24時間経過後の軸力で除した値である。すべり係数に関しても、道路橋示方書で要求されている0.4以上を満足しており、十分に実用可能であると考えられる。

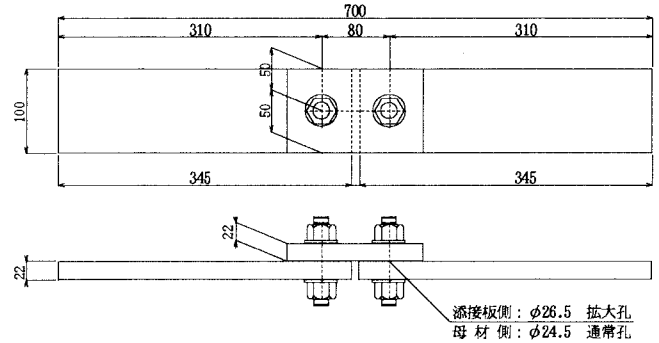


図-3 節付き両ねじHTBのすべり試験供試体

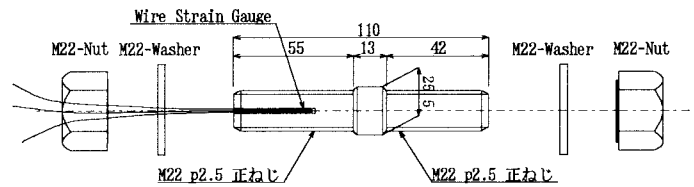


図-4 すべり試験用の節付き両ねじHTB

表-3 すべり試験用供試体の一覧

ボルトの呼び径	供試体区分	ボルト強度区分	ボルト	許容力(kN)	摩擦面の組合せ		粗さ(μmRz)		膜厚(μm)	
					母材(t=22mm)	添接板(t=22)	母材	添接板		
M22	A	1	黒皮	48	無塗装(赤錆)	母材	47	43	84	
		2					46	42		
		3					43	44		
	B	1					有塗装(無機ジンク)	44		43
		2						42		43
		3						43		42
	C	1			めっき(リン酸処理)	44	41	92		
		2				46	43	84		
		3				46	46	87		

表-4 すべり試験結果

試験体区分		すべり荷重(kN)	すべり係数(μ_1)	すべり係数(μ_2)	許容力比	初期導入軸力(N_1)(kN)	締付後24h軸力(N_2)(kN)	24h後軸力減衰率(%)
A	1	133	0.582	0.606	2.77	228.6	219.7	3.9
	2	147	0.644	0.669	3.06	228.1	219.9	3.6
	3	137	0.606	0.623	2.85	226.2	220.0	2.8
	平均	139	0.611	0.632	2.90	227.7	219.8	3.4
B	1	147	0.655	0.682	3.06	224.5	215.5	4.0
	2	136	0.592	0.610	2.83	229.9	222.9	3.0
	3	157	0.691	0.722	3.27	227.4	217.5	4.3
	平均	147	0.646	0.671	3.06	227.3	218.6	3.8
C	1	106	0.497	0.527	2.72	213.3	201.3	5.6
	2	109	0.518	0.560	2.79	210.3	194.6	7.5
	3	115	0.568	0.617	2.95	202.5	186.4	7.9
	平均	110	0.528	0.568	2.82	208.7	194.1	7.0

4. 合成床版供試体への適用

(独)土木研究所所有の輪荷重走行試験機による疲労耐久性試験を行った合成床版供試体に対して、節付き両ねじHTBを適用した。

適用した合成床版はU-Bolt床版³⁾であり、コンクリート厚 $h_c=180\text{mm}$ 、 200mm の2体に適用した。 $h_c=180\text{mm}$ については、47.3万回で疲労破壊したため、ここでは輪荷重走行試験の全スケジュールを経た $h_c=200\text{mm}$ (図-5を参照)に適用した結果を図-6に示す。ボルトは 140mm ピッチで一列に配置し、接合面の状況は無塗装である。

図-6に示す開口量とは、接合部における2枚の母材間の開き量を π 型ゲージにて計測した結果である。試験開始から、試験終了まで載荷時の開口量と除荷時の開口量の差に大きな変化は認められない。したがって、走行荷重が階段状に増加する試験においても試験中は安定した性能を発揮しているものと考えられ、継手性能としては問題ないことが分かった。

5. まとめ

節付き両ねじHTBの施工方法について概説し、合成床版の継手を一面施工できることを示した。また、すべり試験の結果と輪荷重走行試験下の合成床版供試体に適用した場合の継手の挙動を示し、本ボルトを実用に供しても問題ないことが確認された。

しかし、本ボルト節径($\phi=25.5\text{mm}$)と添接板にあげた孔径($\phi=26.5\text{mm}$)の差が 1.0mm とわずかであることから、現場において添接板を落とし込む際に、母材にセットされた全てのボルトが添接板の拡大孔と干渉しないとは言えない。施工誤差を考えた場合には、 1.0mm は余裕のある寸法とは言えないことから、施工性を向上させるためにさらなる工夫が必要であると考えられる。

参考文献

- 1)土木学会：鋼構造物設計指針 PART B 合成構造物，pp181~182，1997。
- 2)(社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説，II鋼橋編，2002.3。

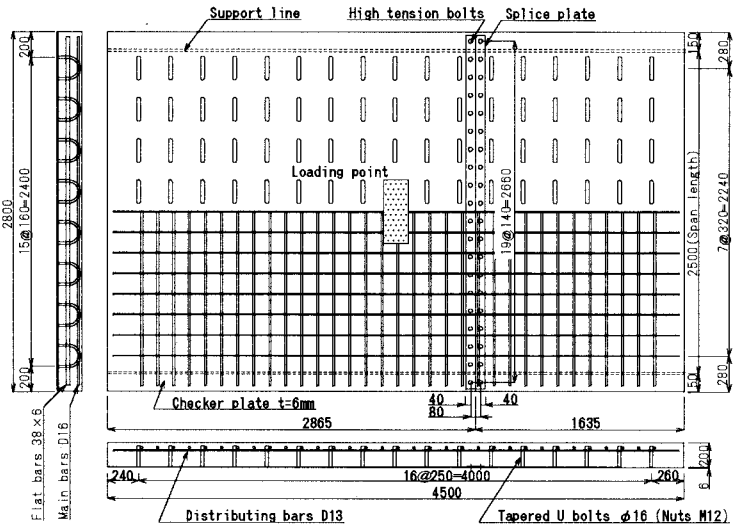


図-5 節付き両ねじHTBを適用した合成床版

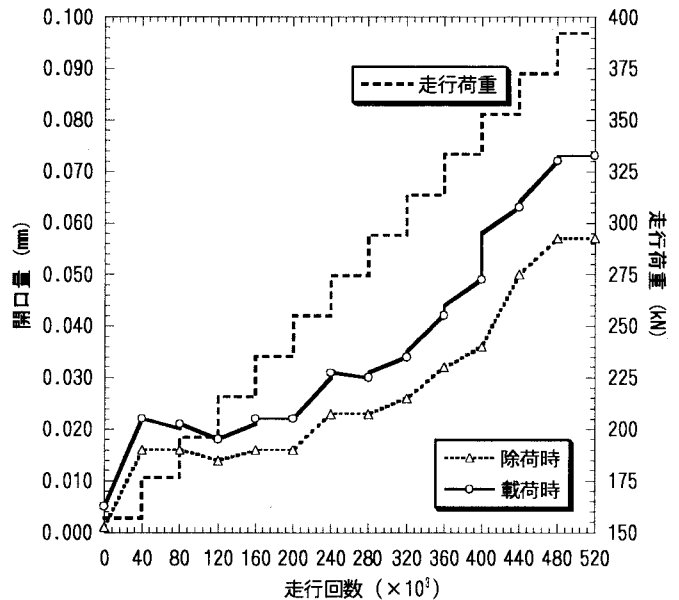


図-6 輪荷重走行試験下における継手の開口量

- 3)山田岳史，沼田 克，岡本安弘，窪田 晃，松井繁之：縞鋼板とUボルトをずれ止めにした鋼板・コンクリート合成床版の構造特性，土木学会，第三回道路橋床版シンポジウム講演論文集，2003.6。