

高力ボルトで接合した鋼・コンクリート間のせん断性状

九州産業大学 正会員 山崎 竹博

1. まえがき

都市の高密度化やその環境整備に伴って、基本的生活条件の都市機能への依存度は高くなり、土木構造物の機能喪失に拘わる社会的影響は年々増加している。このような土木構造物の維持、補修、改修工事には部分的な機能維持や迅速施工、安全性などが求められるようになり、コンクリート工事にも現場作業の簡素化、高品質の確保などの長所を持つプレキャストコンクリートの使用例が増えてきた。プレキャストコンクリートはこれらの長所を持つ反面、接合部の一体化作業を必要とし、その剛性確保に注意を要する。

本研究ではプレキャストコンクリートと鋼との合成を目的として、高力ボルトで高い接合力を与えた状態での鋼・コンクリート間のせん断性状を調べたので報告する。

2. 実験概要

近年の交通量増大に起因する合成桁床版の傷みを修理する方法の一つとしてプレキャスト床版のみを取り替え、I形鋼の上フランジに高力ボルトの締め付け力で合成する方法が考えられる。このような合成桁ではプレキャストコンクリートと鋼主桁間のせん断挙動を明らかにしておくことが必要であるため、図-1、図-2に示す供試体を用いて2面せん断試験および1面せん断試験を実施した。

(a) 2面せん断試験では種々の鋼とコンクリート接合面の状態に対するせん断性状の違いを測定した。コンクリート面の状態は乾燥(気乾3日)、湿潤(完全濡れ)の2種類であり、鋼との接着状態により、空地目接合したもの、鋼板にコンクリートを打ち継いだもの(Con.接着)、鋼板とコンクリートの間をモルタルで接着したもの(Mor.接着)、無収縮モルタルと骨材を混合して鋼板に打ち継いだもの(Gro.接着)の4種類とした。

10cm正方形断面、長さ35cmのコンクリート供試体2個の間に1cm厚さの鋼板をはさみ、軸力導入用フレームを用いてそれぞれ圧縮強度の15、30、45%の各応力を導入した。このとき導入軸力および載荷中の軸力はフレームに貼付したひずみゲージで測定している。また、1供試体で3回の繰り返し載荷を行ない、その載荷回数を表-1に“順位”として示してある。

せん断力による相対滑りは、鋼板にねじ止めした変位計とコンクリートに取り付けた金具との変位から測定した。

(b) 1面せん断試験は鋼・プレキャストコンクリート合成桁のせん断モデルとして作製したものであり、ボルトの締め付け力による摩擦力に加えて高力ボルトのジベル効果がせん断耐力に及ぼす影響を調べた。

供試体はボルト表面とグラウトモルタルとの付着状況により、完全付着、付着切り、シーす、ウレタンの4種類とした。各ボルトの取り付け状態は以下のようなものである。完全付着：ボルト表面を清掃後グラウトしたもの、付着切り：グラウトモルタルの硬化開始時にボルトを動かし周囲に断層を作ったもの、シーす：ボルト表面をビニルフィルムで包んだもの(付着無し、ジベル効果あり)、ウレタン：厚さ5mmのウレタンをボルト表面に巻いたもの(接合面の摩擦力のみで抵抗)。

グラウトモルタル打設後3日目に目標軸力12tを高力ボルトに導入し、試験に供した。ボルトの軸力は

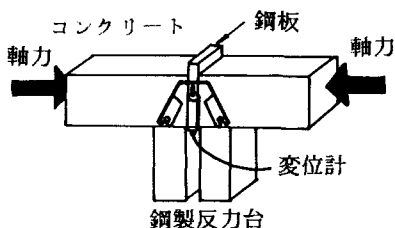


図-1 2面せん断試験供試体

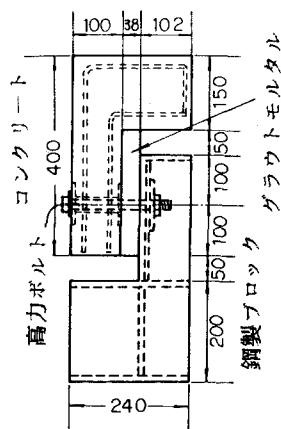


図-2 1面せん断試験供試体

ボルト頭部に直径 2 mm の穴を削孔し、その中に埋め込んだひずみゲージから実測した。

3. 実験結果および考察

表一 1 に 2 面せん断試験、表一 2 に 1 面せん断試験の各結果を示す。2 面せん断試験による空目地供試体 No. 1 ～ 6 の摩擦係数は滑りの限界値の定めかたによっても異なるが、最終的には乾燥状態で 0.59 (変動係数 9%)、湿潤状態で 0.63 (変動係数 4%) となった。このことから、鋼・コンクリート間では接合面を水で濡らした方が高い耐力が得られると共にばらつきも小さくなり、摩擦力が単に表面の凹凸に起因するものではなく、界面凹凸間の分子間力にも関係していることが分かる。この他、鋼・コンクリート間に接着力がある場合には摩擦係数は 0.69 となり、空目地供試体のそれに比較して大きいこと、無収縮グラウト材を使ったコンクリートを打ち継いだ場合にその値は大きくなることなどが分かった。接合力の大きさによる摩擦係数への影響は圧縮強度の 45% 以下の接合力では見られず、ほぼ一定の摩擦係数であった。

1 面せん断試験については、ボルトとグラウト間に付着がある場合、ボルトの導入軸力が安定せず、ばらつきの大きい結果となった。しかし、シーすやウレタン供試体などでは最大摩擦係数は安定した値となり、それぞれ 1.50 および 1.02 となった。両者間の差をシベル効果と見る事ができる。また、その大きさは、同じ軸力が導入されている供試体間

の比較から、 $16950 - 12200 = 4750 \text{ kgf}$ と推定され、シベルの耐力式、 $Q = 9.5 d h \sqrt{\sigma_{ck}} = 3680 \text{ kgf}$ ではば近似できるものと考えられる。

1 面せん断試験と 2 面せん断試験 (Mor. 接着) との摩擦係数間に 46% もの開きが生じたことについては、摩擦試験方法の相違と考えるよりも 1 面せん断供試体の接合に用いた無収縮グラウトモルタル界面の付着状態が良好であったためと考える。

以上の結果から、高力ボルトによる鋼・プレキャスト床版の接合はボルト表面の付着を切り所定の軸力を導入できる状態であれば、シベル効果の期待できることが好ましい。また、摩擦による抵抗力は使用するグラウト材によって変わることが考えられるので、事前の調査が必要である。

表一 1 2 面せん断試験結果と摩擦係数値

供試体	順位	レベル %	最大荷重 kgf	最大せん断力 kgf	最大時軸力 kgf	摩 擦 係 数		
						0.1mm	0.25mm	最大時
乾燥 1	1	15	5060	2530	3634	0.63	0.69	0.70
乾燥 3	2	15	3920	1960	3568	0.29	0.37	0.55
乾燥 2	3	15	3730	1865	3667	0.30	0.37	0.51
湿潤 4	1	15	4100	2050	3205	0.62	0.63	0.64
湿潤 5	2	15	4780	2390	3700	0.47	0.59	0.65
湿潤 6	2	15	4180	2090	3370	0.48	0.55	0.62
乾燥 2	1	30	9950	4975	8888	0.36	0.51	0.56
乾燥 1	2	30	11100	5550	8557	0.58	0.64	0.65
乾燥 3	3	30	10130	5065	8723	0.30	0.44	0.58
湿潤 5	1	30	10630	5315	8855	0.48	0.58	0.60
湿潤 4	2	30	10300	5150	8491	0.53	—	0.61
湿潤 6	3	30	10400	5200	8656	0.51	—	0.66
乾燥 3	1	45	17650	8825	14141	0.45	0.49	0.62
乾燥 2	2	45	16600	8300	14438	0.33	0.33	0.58
乾燥 1	3	45	17300	8650	14538	0.28	0.40	0.60
湿潤 6	1	45	10400	5200	8656	0.51	—	0.66
湿潤 4	3	45	16730	8365	14372	0.42	0.50	0.58
湿潤 5	3	45	17700	8850	14505	0.56	—	0.61
Mor. 接着 7	30		12350	6175	8723	0.52	0.52	0.71
Mor. 接着 8	30		11300	5650	8756	0.61	0.61	0.65
Mor. 接着 9	30		13150	6575	8987	0.57	0.57	0.73
Con. 接着 11	15		5760	2880	3767	0.59	0.77	0.77
Con. 接着 12	30		9900	4950	8723	0.57	0.57	0.57
Gro. 鉄研摩	30		19100	9550	12504	0.76	0.76	0.76
Gro. 鉄黒皮	30		17706	8850	12588	0.66	0.68	0.70

表一 2 1 面せん断試験による鋼・コンクリート間の摩擦係数値

供試体名	番号	トルク			ボルトひずみ×10 ⁻⁶				ボルト緊張力 kgf				荷 重 kgf			摩擦係数		
		kgf・cm	載荷	滑り	0.1mm	トルク	載荷	滑り	0.1mm	滑り	0.1mm	最大	滑り	0.1mm	最大			
完全付着	S-1	6800	—	—	—	9800	—	—	—	8000	8200	—	0.81	0.83	—			
	9/2	S-2	5500	—	—	—	8000	—	—	5000	5100	8000	0.62	0.63	1.00			
付着切り	S-3	6400	—	—	—	9300	—	—	—	9000	9200	16000	0.96	1.01	1.72			
	9/7	S-4	9600	—	—	—	13900	—	—	11500	11600	16000	0.82	0.83	1.15			
シーす	S-5	8800	1740	1717	1717	12800	11450	11300	11300	11500	11500	16500	1.01	1.01	1.46			
	9/9	S-6	8800	1633	1624	1624	11880	11340	11280	11280	12500	12300	17400	1.10	1.09	1.54		
ウレタン	S-7	9000	—	—	—	13100	—	—	—	13500	13500	14000	—	—	—			
	9/12	S-8	9000	1680	1674	1697	12200	11620	11580	11740	12000	12000	17000	1.03	1.02	1.40		
ウレタン	S, 9, 1	9400	2190	2189	2164	12700	15140	15140	14960	10500	14100	15350	0.69	0.94	1.03			
	10/16	S, 10, 1	8400	2533	2535	2511	11400	17520	17530	17360	10200	15250	17400	0.58	0.87	1.00		
ウレタン	S, 9, 2	4800	1637	1666	1666	6500	11460	11520	11520	12000	12100	12200	1.04	1.05	1.06			
	10/28	S, 10, 2	6000	1702	1704	1695	8100	11770	11780	11720	10950	12000	12200	0.92	1.02	1.04		
ウレタン	S, 9, 3	—	1568	1570	1570	—	10840	10860	10860	9500	9900	11650	0.87	0.91	1.07			
	11/11	S, 10, 3	5400	1701	1707	1700	7300	11760	11800	11760	10000	10500	10750	0.84	0.89	0.91		