

トルク型せん断試験の供試体の大きさと付着強度に関する実験と考察

東北工業大学都市マネジメント学科 正員 ○山田 真幸
 東北大学大学院土木工学専攻 正員 斉木 功
 東北大学大学院土木工学専攻 正員 岩熊 哲夫

1. はじめに

鋼コンクリート複合構造において両者の接合には頭付スタッドに代表される機械的接合部材が用いられており、その特性、強度等は押抜き試験等によって評価され、設計指針等に用いられている。頭付スタッドの押抜き試験では、スタッド周辺の鋼板面にグリス等を塗布してコンクリートを打設すると規定されており、鋼とコンクリートとの付着や摩擦等は微々たる結合要素として事実上無視されている。

しかしながら機械的接合部材が無い非合成桁橋梁で、RC床版と鋼鈹桁とが一体となって合成桁として挙動している例¹⁾等から、鋼とコンクリートとの付着は無視できない結合力であると考えられる。これらのことから、筆者らは鋼コンクリート間に生じる付着、摩擦等を評価する試験方法としてトルク型せん断試験を考案し、検討を行っている^{2),3)}。

2. トルク型せん断試験供試体に生じるクラックと鋼モルタル界面の付着強度について

トルク型せん断試験装置の主要部分と本研究で用いた供試体の型枠とを図-1に示す。

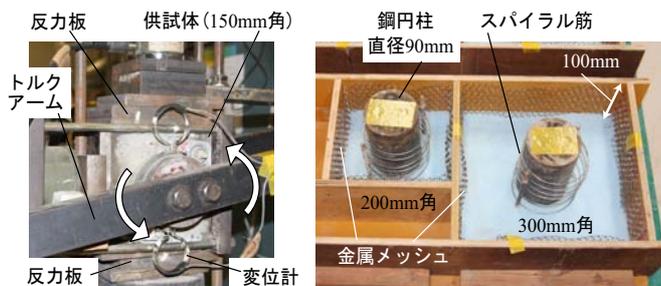


図-1 トルク型せん断試験装置と打設前供試体型枠

表-1 モルタルの配合

W/C (%)	単位水量 (kg/m ³)	単位量 (kg/m ³)	
		セメント	細骨材
50	295	590	1027

供試体は鋼円柱の周囲にモルタルを打設したもので、両者間の円筒状の界面で複合構造の鋼コンクリート界面を模擬する。供試体側面には反力板付近で生じたクラックが進展して二次的に鋼モルタル界面の破壊が生じている懸念から金属メッシュを配している³⁾。モル

表-2 供試体仕様およびトルク型せん断試験結果一覧

モルタルブロックの 一辺の長さ (mm)	最大せん断応力 (N/mm ²)	
	試験 1 (供試体数)	試験 2 (供試体数)
150	2.34 (6)	2.65 (3)
200	2.88 (3)	3.53 (3)
300	3.23 (3)	3.62 (3)
150 (支圧 0.5 N/mm ²)	—	3.85 (3)
モルタル強度 (N/mm ²)	47.2	45.6

※材令 28~32 日、試験 2 は最大せん断応力発生直後に載荷停止。

タルの配合は全ての供試体で表-1 に示したものを用的、モルタル打設後は水中養生を行った。

供試体を反力板を介して側面で試験装置に固定し、油圧ジャッキによってトルクアームで鋼円柱を回転させ、鋼モルタル界面の結合を破壊するに要するせん断応力を計測する。はじめに表-2 に示すモルタルブロックの一辺の長さを変えた 3 種類の供試体を製作し、試験 1 としてトルク型せん断試験を行った。ここでは後述する試験結果も同時に示している。

図-2 に試験 1 終了後の供試体に生じたクラックをトレースしたものを示す。トルク型せん断試験では鋼モルタル界面の結合の破壊は瞬間的に生じ、また破壊後の供試体では界面のみならずモルタルブロックにもクラックが観察されるが、このクラックの発生と界面の破壊との因果関係については明らかではない。

ただし 300 mm 角の供試体では後に図-3 に示す様に付着破壊と同時に急激にせん断応力が低下しない現象が観察される。また端部がモルタルブロックの中にある鋼モルタル界面から生じたと思われるクラックと、端部がモルタルブロックの中にある供試体側面から生じたと思われるクラックの 2 種類が観察される。

一方で 300 mm 角の供試体では表-2 に示すように最大せん断応力は 150 mm 角供試体の 1.5 倍程度と大きくなる。既往の研究で供試体の側方を拘束し、鋼モルタル界面に支圧力を与えることで最大せん断応力が増加することが示されている⁴⁾ ことから、300 mm 角供試体ではモルタルブロックに生じた収縮により鋼モルタル界面に支圧力が発生し、150 mm 角供試体より大きな最大せん断応力が計測されていることも考えられる。これらのことから本研究ではトルク型せん断試験の

Key Words: 鋼コンクリート複合構造, 付着, 摩擦

〒 982-8577 宮城県仙台市太白区八木山香澄町 35-1, TEL 022-305-3540, FAX 022-305-3501

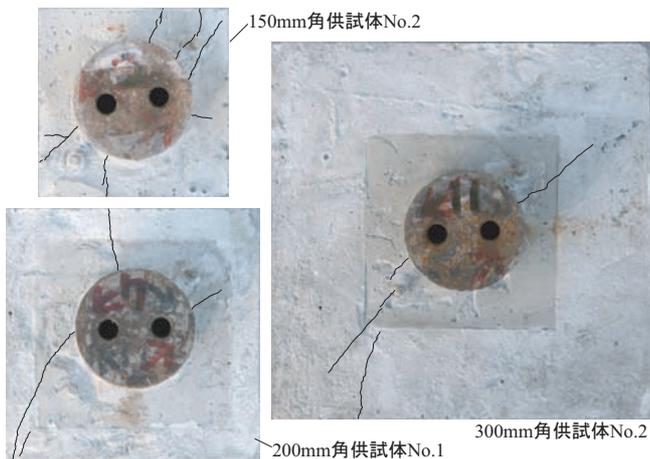


図-2 供試体に生じたクラック (試験 1)

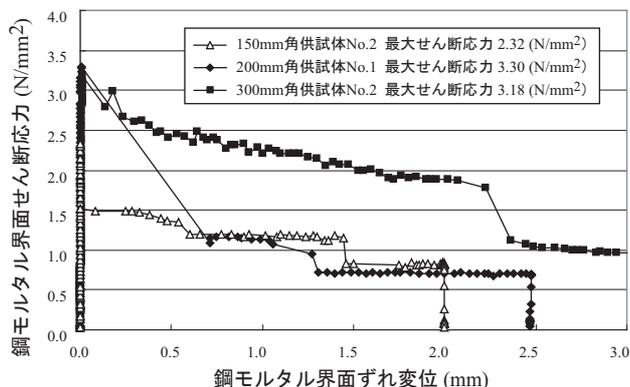


図-3 鋼モルタル界面ずれ変位 (試験 1)

供試体で得られる鋼モルタル界面の付着強度と供試体モルタルブロックの破壊性状との関係を検討する。そのためにここでは既往の研究^{3),4)}で用いられている150 mm 角, 300 mm 角供試体に加えて200 mm 角供試体を製作し試験を行った。

3. 供試体の破壊性状と付着強度

(1) 200 mm 角供試体と付着破壊直後の供試体の観察

表-2に示した試験1で得られた界面せん断応力とずれ変位との関係を図-3に示す。200 mm 角供試体では最大せん断応力は300 mm 角供試体と同程度の値が計測されたが、150 mm 供試体と同様に付着破壊と同時に急激にせん断応力が低下する現象が観察された。

そこで次に試験2として試験1と同様の供試体を製作し、トルク型せん断試験にて界面の破壊発生直後に載荷を停止して供試体に生じたクラック等を観察した。

その結果、150 mm および200 mm 角供試体のクラックパターンは試験1終了後のパターンと同様であったが300 mm 角供試体においては目視でクラックは発見できなかった。300 mm 角供試体で付着破壊時に鋼モルタル界面以外で新境界が生じていないとすると、ここで計測される最大せん断応力が鋼モルタル界面の付

着強度の真値により近いと考える。また300 mm 角供試体で観察されていた界面から放射状に生じるクラックは、鋼モルタル界面の付着破壊以降の摩擦等によるせん断応力の伝達過程で生じていた可能性がある。

(2) 支圧を与えた供試体の観察

加えて文献⁴⁾を参考に150 mm 角供試体で300 mm 角供試体と同程度の最大せん断応力が期待できる支圧力、0.5 MPaを加えて試験を行った。その結果表-2に示したように150 mm 角の供試体で300 mm 角供試体と同等の最大せん断応力が得られているが、付着破壊直後には急激に荷重が低下し、モルタルブロックには支圧力が無いものと同様にクラックが発生した。

この試験で供試体側面に与えた荷重は一方向あたり7.5 kNであるが、300 mm 角供試体で収縮等により同程度の支圧力が鋼モルタル界面に生じているとは考え難い。前述のように300 mm 角供試体で得られた3.6 N/mm²程度のせん断応力が鋼モルタル界面の付着強度であり、かつ300 mm 角供試体のモルタル中で生じる収縮等による支圧力が無視できる程度であれば、支圧を添加した150 mm 角供試体の鋼モルタル界面は3.6 N/mm²を上回る付着強度を有すると考える。

しかしながら300 mm 角供試体と同程度の荷重で鋼モルタル界面でずれ変位が生じることから、ここで計測される最大値はモルタルブロックを破壊するに要するトルクアームの荷重と考えられる。この供試体ではモルタルブロックがトルクアームの反力によりせん断破壊した結果、二次的に鋼モルタル界面の破壊が発生していたと考える。

4. まとめ

モルタルブロックの大きさが異なる供試体を用いたトルク型せん断試験を行い、破壊モードの変化と計測される最大せん断応力の変化とから鋼モルタル界面の付着力およびトルク型せん断試験について述べた。

参考文献

- 1) 三木千壽, 山田真幸, 長江進, 西浩嗣: 既設非合成連続桁橋の活荷重応答の実態とその評価, 土木学会論文集, No.647/I-51, pp.281-294, 2000.
- 2) 斉木 功, 菊地浩貴, 山田真幸, 岩熊哲夫: 鋼コンクリート界面の付着強度評価法に関する一提案, 応用力学論文集, 土木学会, Vol.13, pp.323-329, 2010.
- 3) 山田真幸, 斉木功, 岩熊哲夫: 鋼コンクリート界面の付着強度評価のためのトルク型せん断試験機に関する基礎的検討, 構造工学論文集, 土木学会, Vol.59A, pp.37-46, 2013.
- 4) 山田真幸, 斉木 功, 横山 薫, 黒澤明史, 岩熊哲夫: 機械的接合部材の無い鋼モルタル界面のせん断応力伝達特性に関する基礎的検討, 第10回複合・合成構造の活用に関するシンポジウム講演論文集, 土木学会/日本建築学会, pp.61-1-8, 2013.