

V-232 MMS T工法における継手を有する合成構造の基本特性

首都高速道路公団 正会員 高野正克、齋藤 亮
鹿島・大林・奥村JV 正会員 天野玲子、石原美光

1. はじめに

首都高速道路公団では、MMS T (Multi-Micro Shield Tunnelling) 工法 [1] の実用化を計るための種々の検討を行っている。MMS T 工法で構築されるトンネル躯体は、鋼製セグメントをボルトでつないだ2枚の鋼殻間にコンクリートを充填する、いわゆるサンドイッチ構造状の合成部材を複数個組み合わせて構築されるもので、この合成部材間にはさらにRC部材によって接続されている。このように複雑な構造形式であるため、現在のところ、MMS T 合成部材を対象とした明確な設計法は確立されていない。そこで、RCの考え方を基本とした設計法の確立を目的として、MMS T 合成部材の特性把握のための実験を行った。

2. 試験体及び実験概要

試験体形状を図-1、使用材料の材料特性を表-1、2に示す。試験体は、主に曲げ性状を調べるせん断補強ありのN o. 1 試験体(せん断補強鋼材量 0.2 %)とせん断性状を調べるせん断補強なしのN o. 2 試験体、各1体とした。試験体寸法は、材料特性(SS400 相当)を満足できる鋼材の最小寸法を考慮して想定実構造物の1/2 縮尺とした。そのため、鋼殻は長さ 1,200mm、幅 600mm のセグメントからなり、試験体長手方向は250mm ずらす千鳥組とし、その影響を考慮するため断面幅は2リング分とした。鋼殻同士は、1セグメントあたり長手方向間は16本、断面方向間は6本のボルトでつなぎ、導入軸力は45.1kN/本とした。コンクリートは、実験時圧縮強度を 24N/mm^2 、粗骨材最大寸法を試験体縮尺にあわせて10mm とした。実験は、せん断スパン比3.5の2点载荷で行い、計測は、载荷荷重や試験体変位、鋼殻ひずみ等について行った。

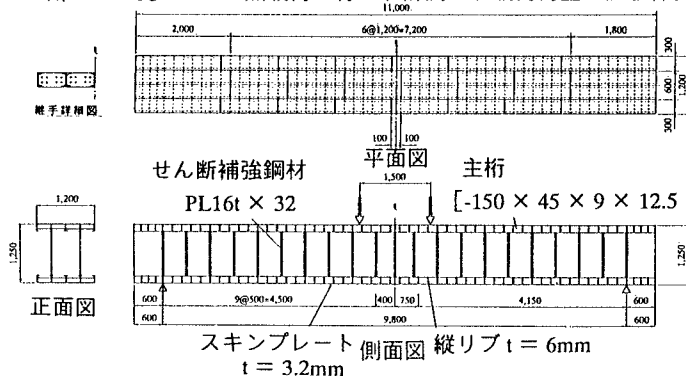


図-1 試験体一般図 (N o. 1 試験体)

表-1 材料特性 (コンクリート)

	圧縮強度 (N/mm^2)	割裂強度 (N/mm^2)	弾性係数 (N/mm^2)
N o. 1	29.7	2.4	2.41×10^4
N o. 2	30.3	2.4	2.43×10^4

表-2 材料特性 (鋼材)

寸法 (mm)	降伏強度 (N/mm^2)	引張強度 (N/mm^2)	備考
3.2	331	457	スクリンプレート
9.0	309	448	主筋
16.0	331	436	せん断補強鋼材
M 18	1,039	1,102	継手ボルト

3. 実験結果及び検討

荷重-試験体中央変位関係を図-2に示す。N o. 1 試験体では、618kN で中央継手付近に曲げひび割れが発生した。最大荷重は2,844kNであり、载荷点付近の引張側の継手位置において、スクリンプレート破断とボルト破断による曲げ破壊が生じた(図-3)。破壊は、まず局部応力の影響と考えられるスクリンプレートの破断が生じ、その位置でのボルトが負担していた引張力が他のボルトに瞬間的に分配され、ボルトが破断強度に至って生じたと考えられる。一方、N o. 2 試験体では、637kN で中央継手付近に曲げひび割れが発生

キーワード：合成構造、継手、曲げ特性、せん断強度

〒105 東京都港区芝 1-11-11 首都高速道路公団 TEL 03-5232-6761 FAX 03-5232-6760

〒182 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島技術研究所 TEL 0424-89-7076 FAX 0424-89-7078

した。1,477kN で図-4 中右側のせん断スパンに斜めひび割れが発生し、1,589kN では反対側に斜めひび割れが発生し、急激に耐力は低減した。その後、上下鋼殻の抵抗によって荷重はさらに上昇し、2,117kN で圧縮側鋼殻とコンクリートとの縁が切れて鋼殻が上方にはらみだすことにより破壊に至った。

最終的なひび割れ状況を図-4 に示す。これによると、両試験体ともに、継手位置を中心にひび割れが発生していることがわかった。

ここで、耐力に着目して、実験結果と計算値との比較を行うこととする。曲げ耐力の計算値は、断面方向に鋼殻をつなぐボルトが少ないために継手をいも継ぎと考え、ボルト全断面積を鉄筋に置換して求めた。計算値は 3,195kN であり、実験結果(2,844kN)は計算値を 1 割程度下回っていた。これは、上記のように局部応力の影響でスキンプレーットの破断が先行し、その後ボルトの破断が生じたためであると考えられ、ボルトの抵抗力を有効に活用するためには、スキンプレーットの補強といった局部応力低減の検討が必要と考えられる。

次に、せん断耐力は、鋼殻を鉄筋に置換して文献〔2〕

の解 7.1.1 式を活用して求めることを試みた。

また、N o.2 試験体においてせん断耐力式を適用できるのは、最初に斜めひび割れが発生し荷重が急激に低減した 1,477kN の時であり、これを合成部材のコンクリートが受持つせん断耐力と考えることとした。ここで、RC 部材における鉄筋とここで対象とした鋼殻との違いは、かぶりがないことや継手があることであり、鋼殻のせん断耐力に対する寄与分が RC 部材の鉄筋と異なると考えられる。そこで、解 7.1.1 式中の鉄筋比の項に係数 k をかけて合成部材の鋼殻寄与分を考慮することとすると、 $k=0.3$ を用いることによって計算値は 1,365kN であり、実験結果(1,477kN)に対して十分安全側の値を得ることがわかった。

4. まとめ

継手を有する鋼殻を補強材とした合成部材の実験結果から、MMST 合成部材の部材特性の把握を行った。その結果、曲げについては、継手部位において局部応力の影響と考えられるスキンプレーットの破断が生じたことから、継手部位における局部応力低減のための検討が必要であることがわかった。また、せん断については、せん断耐力の計算値が鉄筋比を低減することで安全側の値となることがわかった。

なお、本実験は、MMST 工法の許容応力度法による RC 計算を基本とした設計手法の妥当性の確認と、より合理的な設計手法の確立を目的とした MMST 工法一連実験の中の一つである。

(参考文献)

〔1〕 桜井順、他：MMST 工法の実用化に関する研究、土木学会第 51 回年次学術講演会、pp.224-225、1996.9

〔2〕 土木学会：コンクリート構造の限界状態設計法試案、コンクリートライブラリー 48 号、p.37、1981.4

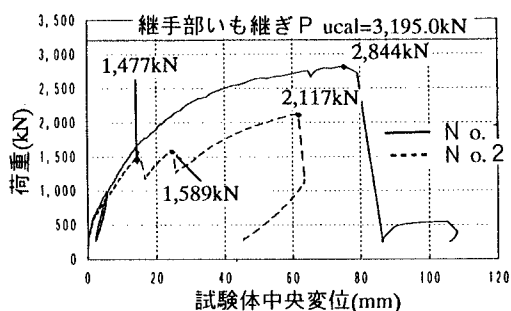


図-2 荷重-試験体中央変位関係

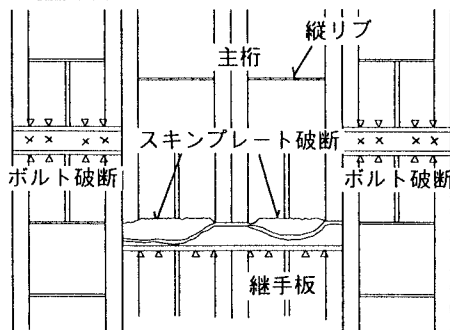


図-3 N o.1 試験体 鋼殻破壊状況図

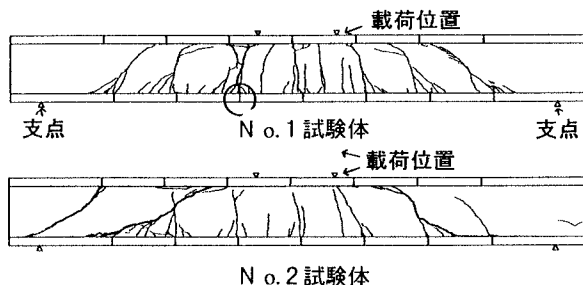


図-4 ひび割れ状況図（破壊時）