

## 高耐力特殊セグメントの開発 (単体曲げ載荷試験)

安藤ハザマ 土木事業本部 正会員 ○新原圭祐, 三木章生, 粥川幸司  
(株)横河住金ブリッジ 岩橋正佳, 松村誠二

### 1. はじめに

シールドトンネルにおいて、たとえば道路トンネルを例にとると、分合流部や拡幅部といった切抜げを必要とする部分や、横坑や避難路などの開口部がある。このような切抜げや開口部など欠円となる特殊部では、トンネル覆工に大きな断面力が発生し、高い耐力が求められる。従来、鋼製セグメントや合成セグメントが用いられてきたが、より大断面・大深度化が進む道路トンネル、鉄道トンネルでは、セグメント高さが大きくなり建築限界など必要な内空を確保できないなどの課題が生じる。そこで、大きな断面力に対しても十分な耐力を有し、薄肉化を実現できる高耐力特殊セグメント (TUF セグメント) を開発した。本稿では、本セグメントの耐力、鋼とコンクリートの一体性、変形特性および終局時の状態を確認するために行った単体曲げ載荷試験について報告する。

### 2. 試験方法

図-1, 写真-1 に単体曲げ試験の概要と載荷状況を示す。載荷方法は支点間距離 4,793mm, 載荷幅 800mm, 両端回転可動支持条件にて二点曲げ載荷で行った。表-1 に各事象における載荷荷重を、図-3, 表-2 に試験体の主断面構造および使用鋼材を示す。試験荷重は鋼・コンクリート合成構造とし、RC 理論により設定した。なお、終局荷重は圧縮側のコンクリートを等価応力ブロックとして評価し、また、鋼材のすべての部材が降伏に達した際の合力の釣合いにより設定した。その際、部材の設計定数は以下を用いた。コンクリート：圧縮強度  $\sigma_{ck}=48.5\text{N/mm}^2$ , ヤング係数  $E_c=29.6\text{kN/mm}^2$ , 鋼材：降伏強度  $\sigma_{sy}=316\text{N/mm}^2$ , ヤング係数  $E_s=201\text{kN/mm}^2$ 。

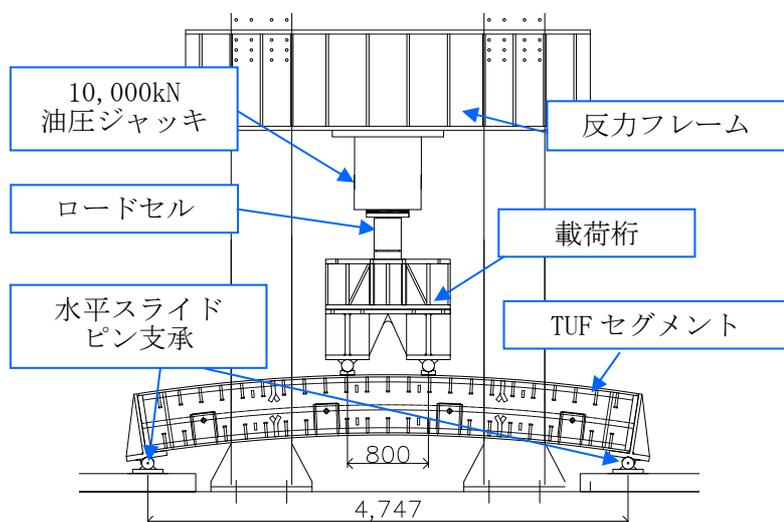


図-1 試験概要図

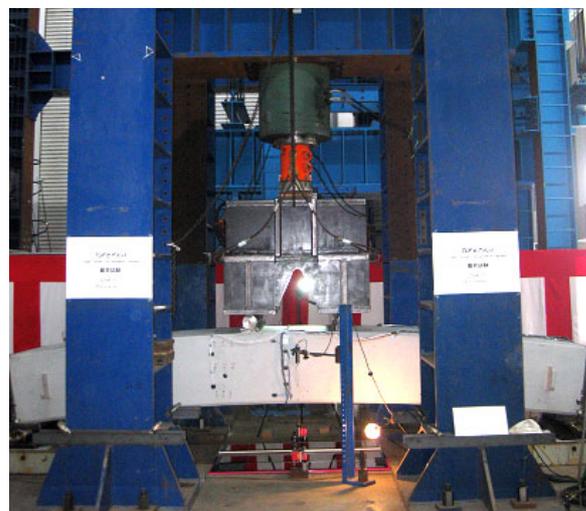


写真-1 載荷状況

表-1 載荷荷重(理論値)

事象	位置	曲げモーメント (kN・m)	荷重 (kN)
ひび割れ発生	コンクリート引張縁	560	570
許容応力度発生	鋼材引張縁	2,980	3,020
降伏応力度発生	鋼材引張縁	6,070	6,150
終局	—	8,130	8,240

キーワード： シールドトンネル, セグメント, 六面鋼殻, 単体曲げ, 耐力, 平面保持

連絡先 〒107-8658 東京都港区赤坂 6-1-20 安藤ハザマ 土木事業本部 TEL03-6234-3671

〒279-0012 千葉県浦安市入船 1-5-2 (株)横河住金ブリッジ 鉄構エンジニアリング技術部 TEL 047-306-5276

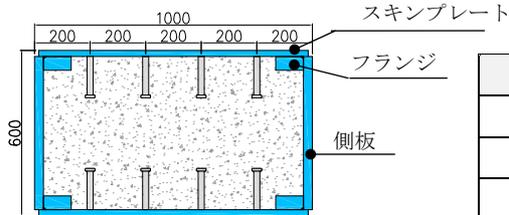


図-3 試験体の主断面構造

表-2 試験体の使用鋼材

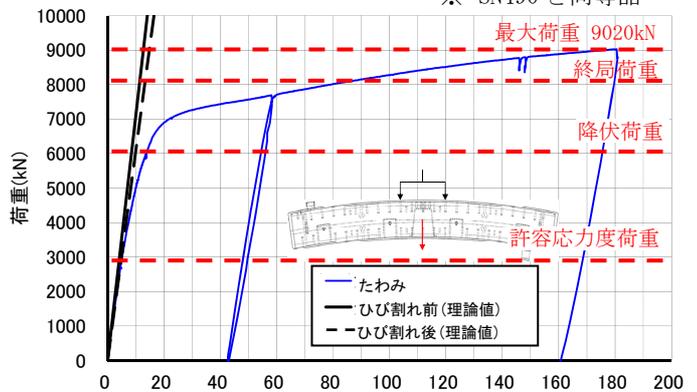
部材	材質	幅/高さ	板厚
スキンプレート	SN400B	970mm	22mm
側板	SN400B	556mm	32mm
フランジ	TMCP325C*	100mm	50mm

※ SN490 と同等品

3. 試験結果

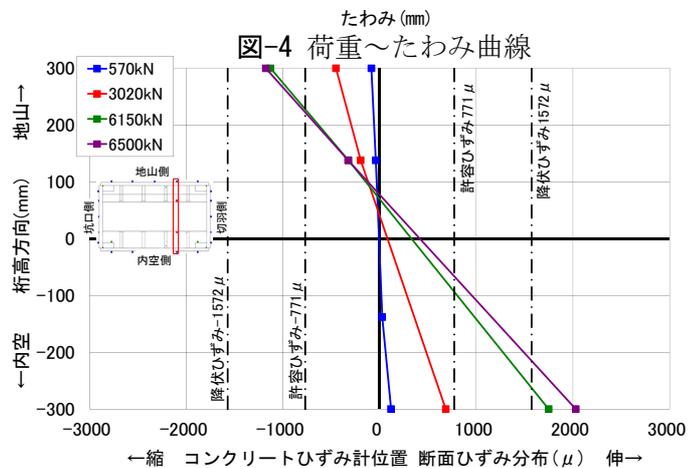
(1) 荷重～たわみ曲線 (図-4)

理論上の降伏応力度発生荷重 6,150kN を上回る約 6,500kN を越えるあたりから、鋼材の降伏によるたわみの増加が見られた。また、降伏後においても荷重～たわみ曲線は一定の勾配を維持し続け、理論終局荷重 8,240kN に達したことから、曲げ耐力は理論終局荷重以上であることを確認できた。



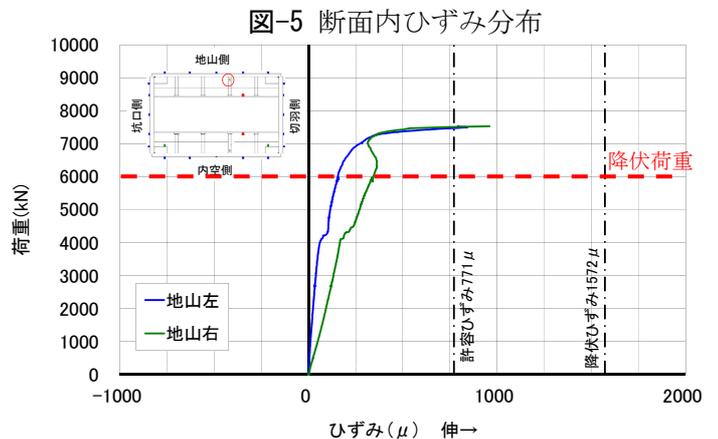
(2) 断面内ひずみ分布 (図-5)

理論上の降伏応力度発生荷重 6,150kN を超える約 6,500kN レベルまで、断面内のひずみ分布は直線的であり、平面保持の仮定が成り立っていると言え、鋼材とコンクリートが一体で挙動していることを確認できた。



(3) スタッドジベル 荷重～ひずみ曲線 (図-6)

スタッドジベルは、スキンプレートとコンクリートの一体化を図る役割を持つ。試験の結果、载荷に伴って地山側(圧縮側)のスタッドジベルは伸びひずみを示し、スキンプレートとコンクリートの剥離を防止していると言え、さらに降伏応力度発生荷重レベルまではその役割を十分果たしていることを確認できた。



(4) 終局時の状態 (写真-2, 写真-3)

終局時において、スキンプレートや側板の破断等による脆性的な破壊は確認されず、鋼材のじん性・延性が十分活かされた構造であることを確認できた。

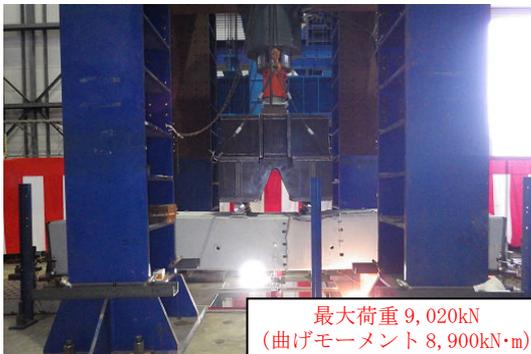


写真-2 最大荷重載荷時



写真-3 試験後の試験体

4. おわりに

今回実施した単体曲げ載荷試験により、本セグメントは鋼材とコンクリートが一体となり、理論値と同等以上の十分な耐力を有する構造であること、さらに、終局時においても脆性的な破壊は確認されず、じん性・延性に富んだ構造であることを確認できた。また、各事象における試験荷重値と理論値を比較して、同等以上であったことから、その設計方法として RC 理論を適用できることを確認できた。