ＦＦＵセグメントの開発
－　構造実験　－

錢高組　正会員　○角田晋相　　竹中計行
大成建設　正会員　　西田与志雄　坂巻直紀
積水化学工業　　谷口良一　　伊藤義一

１．はじめに

社会、経済の発展に伴い、都市部の地上ならびに地下空間は、ますます輻輳し、シールドの発進・到達用立坑の設置が困難になっている。立坑をなくしシールドトンネル内から発進するなど、シールドトンネルへ到達するニーズが多くなってきており、現状では、凍結工法等で地盤改良を行うことにより対応しているが、より速く、安全に施工できる工法が求められている。

そこで、シールド機のカッタビットで直接切削可能な FFU 部材（Fiber reinforced Foamed Urethane：ガラス長繊維強化プラスチック発泡体）で製作したセグメントを用いて，地中トンネルからシールドを直接発進・到達させる「FFU セグメント」を開発した。本論文では、FFU 部材がセグメント構造として成立するかを確認するために実施した実物大モデルの載荷実験について述べる。

２．実験概要

１）セグメント単体曲げ試験

FFU 部材においてセグメント形状での強度を確認するため、図-1 に示すように曲げ載荷実験を行った。試験は、単純支持による純曲げ試験とし、測定項目は、同図に示す各位置での変位量と部材中央におけるひずみ量およびロードセルによる載荷重とした。

２）継手曲げ試験

継手部には、FFU セグメントの端部に発生する断面力を確実に両側に接続された鋼製セグメントに伝達できる構造が必要となる。そこで、継手部の耐力を確認するため、図-2 に示す継手曲げ載荷実験を行った。

図-3 に継手部の構造を示す。継手構造は FFU 板間に鉄板を挟み込み、ボルトにより接合する構造とした。

各試験体の諸元を表-1 に示す。

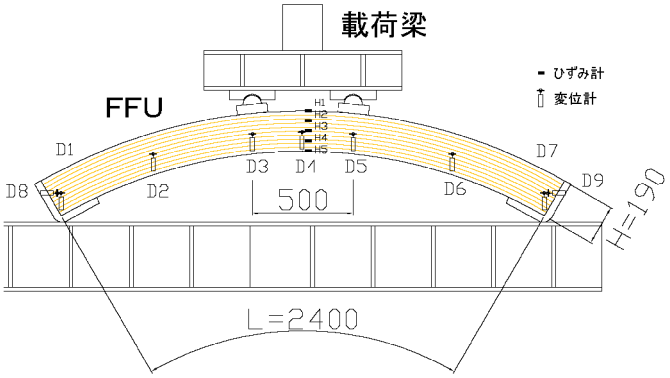

図-1　セグメント単体曲げ試験

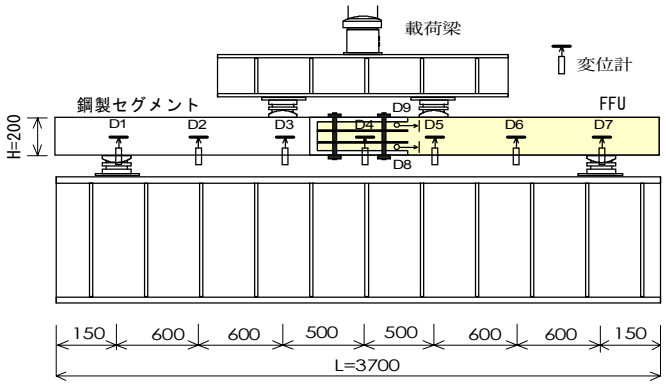

図-2　継手曲げ試験

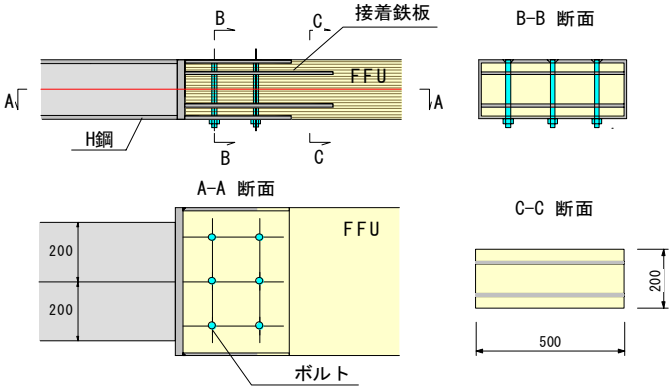

図-3　継手構造

表-1　試験体の諸元

試験ケース	高さ H (mm)	幅 B (mm)	試験体長さ L (mm)	内周半径 r (mm)
セグメント単体曲げ試験	190	300	2400	2400
継手曲げ試験	200	500	3700	－

Keywords：FFU、セグメント、直接発進

〒163-1024　東京都新宿区西新宿 3-7-1　新宿パークタワー24F　TEL:03-5323-3861　FAX:03-5323-3860

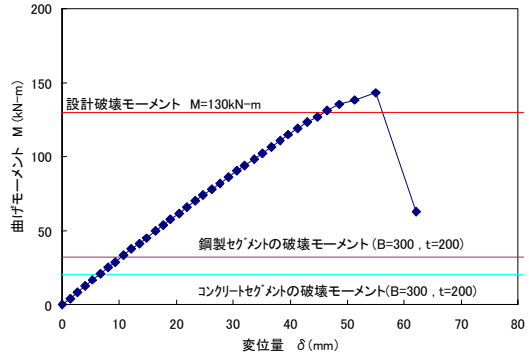

図-4　載荷ﾓｰﾒﾝﾄと鉛直変位の関係

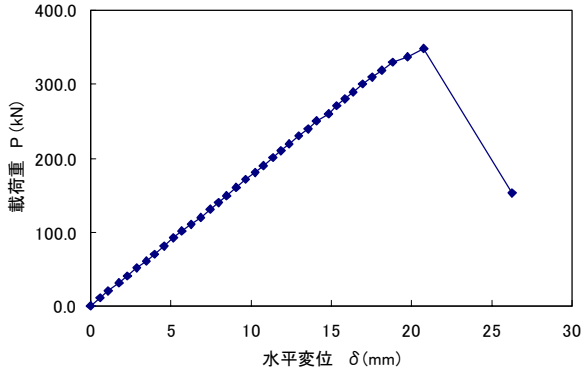

図-5　支点部の水平変位量

３．実験結果

１）セグメント単体曲げ試験

載荷モーメントと部材中央の鉛直変位の関係を図-4 に示す。試験体は 143kN-m の曲げモーメント作用時に破壊に至った。破壊時、鉛直変位は部材中央において 55mm 生じ、支点部では 20mm の水平変位が生じた。実験では、計算した破壊曲げ耐力に対して若干上回る耐力が得られ、設計の仮定が正しいことが確認でき、標準セグメントと比較すると、鋼製セグメントの約４倍、コンクリートセグメントの約７倍の耐力を有していることが分かった。

各載荷段階でのひずみ分布を図-6 に示す。同図より部材には中心軸を境に上側では圧縮ひずみ下側では引張りひずみが生じており、純曲げが作用していることが確認できる。また、破壊形状は写-1 に示すように曲げによるせん断破壊となった。

２）継手曲げ試験

各載荷段階での変位分布を図-7 に示す。同図より、若干 FFU 側に大きく変形しているが、全体的には一体として変形していることが確認できる。

載荷モーメントと継手中央部の変位量の関係を図-8 に示す。また、破壊時の継手形状を写-2 に示す。実験においては、継手部の溶接破断による破壊となったが、計算による FFU 母材の破壊曲げ耐力を上回る結果が得られ、継手構造は FFU 本体と同等以上の耐力を有することが確認できた。

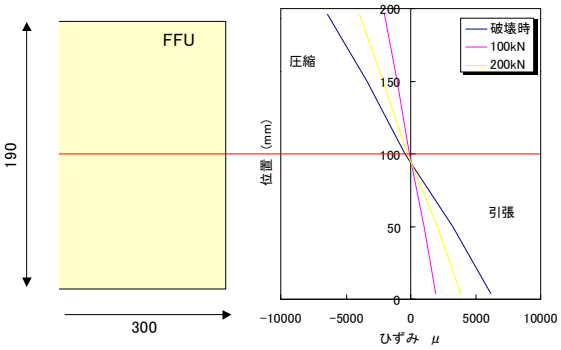

図-6　載荷段階のひずみ分布

写-1　破壊時の形状

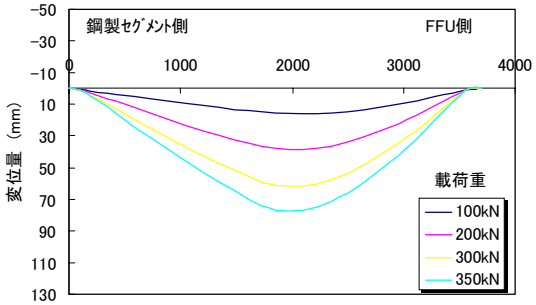

図-7　載荷段階の変位分布

４．まとめ

今回の実験結果より、FFU セグメントはセグメントとしての耐力を十分有しており、継手構造についても FFU 本体と同等以上の耐力が確認できたため、セグメントとしての適用性が示された。

写-2　破壊時の継手形状

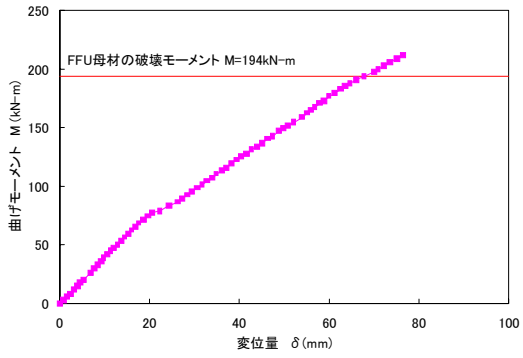

図-8　載荷ﾓｰﾒﾝﾄと鉛直変位の関係