

(株) 銭高組 正会員 深田 和志
 積水化学工業 (株) 谷口 良一
 (株) 銭高組 正会員 水取 和幸
 長岡技術科学大学 正会員 丸山 久一
 同 上 学生会員 高田 賢司

1 はじめに

新素材を複合させたRC地中連続壁（NBW：New Basement Wall System）工法は、硬質発泡ウレタンをガラス長繊維で強化したFFU（Fiber reinforced Foamed Urethane）部材を鉄筋コンクリート地中連続壁（以後、連壁と呼ぶ）に組み込んだもので、シールド発進・到達用連壁に利用するものであり、工期短縮やコスト低減、環境問題に対応することができる。シールドマシンのカッタービットで直接連壁を切削するには時間がかかり困難であるが、加工が容易でしかも高強度で耐久性に優れた性質を持つFFU部材を連壁のシールド発進・到達部に組み込むことによって、円形・矩形など任意形状の切削を容易に行うことができる。

NBW工法の技術開発において解決すべき重要課題の一つは、鉄筋コンクリートとFFU部材を結合し、一体断面を形成するための高品質かつ施工性の良い接合継手の開発である。これまでFFU部材は、鉄道の枕木やアンカーの受圧板のように単部材として利用された例はあるが、鉄筋コンクリートと結合し構造部材として利用されたことはない。本報告は、種々の継手方法について純曲げ試験を行ったのでその結果についてまとめたものである。

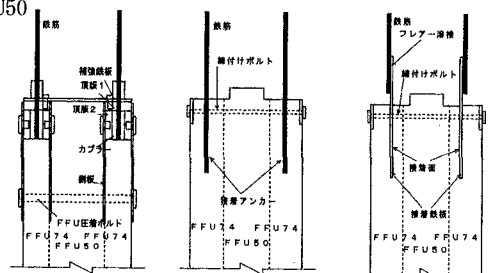
2 接合継手の種類とFFU部材

接合継手の開発条件は、曲げモーメントとせん断力、軸力を確実に伝達することができ、しかも低コストで施工性が良いことである。本研究で検討した接合継手の種類は、①鉄筋を機械式継手と鉄板に結合し、鉄板をFFU部材に接着固定した方式（機械式継手）、②鉄筋をFFU部材内に挿入し、接着固定した方式（アンカー継手）、③鉄筋を鉄板にフレア溶接し、鉄板をFFU部材内に接着固定した方式（フレア溶接継手）である（図1）。アンカー継手とフレア溶接継手は、継手部のせん断耐力を高めるためにFFU部材端部を凸状にした。FFU部材は材質FFU74の引張・圧縮部材と材質FFU50の中詰め部材で構成されている。FFU部材の圧縮強度と弾性係数を表1に示す。

表1 FFU部材の物性値

項目		FFU74	FFU50
圧縮強度 (kgf/cm ²)	繊維方向	780	300
	繊維直角方向	53	25
弾性係数 (kgf/cm ²)	繊維方向	1.1×10^8	—
	繊維直角方向	7.1×10^8	—

注) 上記物性値は標準値を示す



機械式継手 アンカー継手 フレア継手

図1 接合継手の種類

3 純曲げ試験の概要

純曲げ試験体は実物の1/2モデルで、鉄筋コンクリートとFFU部材の合成はりである（図2）。試験体一覽を表2に示す。機械式継手の試験体は接着鉄板の長さ18cmと6cmの2体で、接着鉄板長さ6cmはFFU部材と鉄板の付着応力度(76kgf/cm²)を100%評価したものである。載荷試験は長岡技術科学大学で行い、加力方法は2点集中荷重を受ける単純ばり形式の一方単調載荷である。なお、実際の施工状況を考慮して鉄筋、継手鋼材には安定液を塗布した。計測項目は、アクチュエータの荷重、鉄筋のひずみ、継手部のずれおよび試験体の変位である。

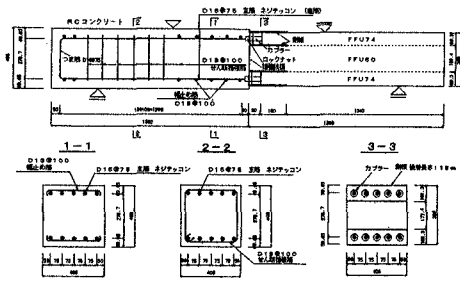


図2 BT1-18の試験体

表2 純曲げ試験体の一覧表

試験体名	コンクリート強度 (kgf/cm ²) *1	継手形式	形状 (cm)	鉄筋	鉄板とFFUの 接着長さ (cm)
BT1-18	246 (3704)	機械式	RC	5-D16 @75	18
BT1-6	246 (3704)	機械式	40×40		6
BT2-25	221 (3684)	アンカー式	FFU		25 *2
BT3-18	221 (3684)	フレア式	368×40		18
ZRC	235 (3540)	継手無し	RC40×40		—

*1 () の数字は鉄筋の降伏応力度 *2 鉄筋挿入長さ

4 試験結果

曲げモーメントと中央変位の関係について接合継手の違いによる比較を図3に示す。ここでの中央変位は、鉄筋コンクリートとFFU部材の中央部に設置した変位計の平均値である。表2、図3には比較のため継手なしの鉄筋コンクリート(ZRC)はりの載荷試験結果¹⁾も示した。このZRCはりは、今回の試験体（鉄筋コンクリート部分）と断面、長さ、鉄筋比およびコンクリートの設計基準強度が同じものである。

試験体BT1-18、BT2-25およびBT3-18の破壊は、鉄筋コンクリートはりで生じ、引張鉄筋の降伏による曲げ引張破壊であった。BT1-6は載荷重が52.0tf (M=13tfm) に達したとき継手部で急激に破壊し、その状態は引張側の鉄板とFFU部材の付着破壊であった。BT1-6を除く継手部の最終破壊状況を調査した結果、①BT1-18、BT3-18は鉄板とFFU部材との付着破壊、ずれ、剥離はなかった。②BT2-25は曲げ引張に伴う鉄筋の引き抜けは生じていなかった。③各試験体ともFFUはりには一部クラックが生じたが、全体的には弾力的な挙動を示し大きな変位はなかった。

5 曲げ耐力と曲げ剛性

最終破壊は鉄筋コンクリートはりで生じたので、鉄筋コンクリートの曲げ耐力について実測値と計算値の比較を行った（表3）。ここでの実測値は引張鉄筋が降伏したときの曲げモーメントで、計算値は曲げ引張破壊耐力²⁾であり、下式を用いて求めた。各試験体とも実測値は計算値とよく一致している。

$$M_u = A_s \cdot f_y \cdot d \cdot (1 - 0.6 \cdot P \cdot f_y / f_c')$$

曲げモーメント(M)と中央変位の関係(δ)において（図3）、各試験体の初期勾配(M/δ)は1.4~1.6tfm/mmとなり継手方法の違いによる差は見られない。しかし、継手なしのZRCはり(M/δ=3.0)と比べると初期の曲げ剛性は約1/2と小さい。一方、最終破壊時での変位量はZRCはりの約2倍以上生じているが、これは試験体の靱性を示しているといえる。

6 結論

3種類の接合継手とともに継手なしの鉄筋コンクリートはりと同等の曲げ耐力を有し、継手の違いによる曲げ性状の大きな差はなかった。

<参考文献>

- 1) 森本、石田他 「地中連続壁の構造機能の拡充に関する研究」 建築学会大会学術講演梗概集 1994, 9
- 2) 岡村甫 「コンクリート構造の限界状態設計法」 第2版 コンクリート・セミナー4

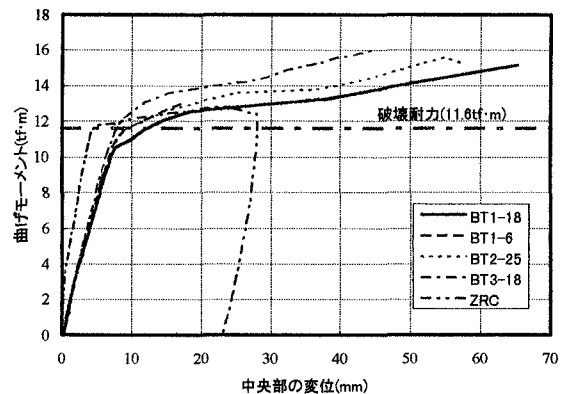


図3 曲げモーメントと中央部の変位の関係

表3 曲げ耐力の実測値と計算値の比較

試験体名	鉄筋降伏時の荷重 (tf)	鉄筋降伏時の変位 (mm)	実測値 (tfm)	計算値 M_u (tfm)
BT1-18	46	11.7	11.5	11.6
BT2-25	48	11.7	12.0	11.5
BT3-18	42	6.7	10.5	11.5
ZRC	46	4.2	11.4	11.4