

CFRP プレートの膨張ペーストによる定着特性

立命館大学大学院理工学研究科 学生員 ○近藤 哲也 学生員 北出 幸裕
立命館大学 COE 推進機構 正会員 井上 真澄
立命館大学理工学部 正会員 高木 宣章 正会員 児島 孝之

1 はじめに

CFRP プレート(以下、プレート)の緊張接着により既存コンクリート部材を補強する場合、プレート定着具の定着性能を把握し、定着具の小型化・軽量化を図ることが必要である。本研究では、膨張ペーストを用いた付着型定着具の定着特性を把握するために、充填材として用いた膨張ペーストの最適配合を選定するための膨張圧試験を行った(シリーズ I)。その結果から得られた膨張ペーストの配合と矩形断面を有する付着型定着具を用いたプレートの引張試験を実施し、プレートの定着長が定着性能に及ぼす影響について検討を行った(シリーズ II)。

表 1 実験要因(シリーズ I)

要因	仕様
拘束体	圧力配管用炭素鋼鋼管
充填材	膨張ペースト[W/(C+SF)=40%, EP=200~400kg/m ³]
養生方法	気中養生(温度 20±1℃, 湿度 90±5%)
計測項目	膨張ひずみ

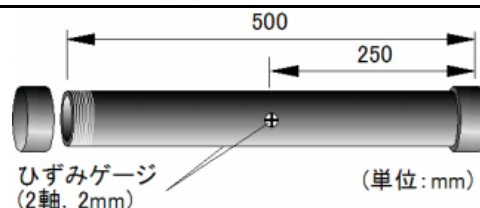


図 1 拘束体の概要

2 実験概要

2.1 シリーズ I

表 1 に実験要因を示す。膨張ペーストには、セメントに普通ポルトランドセメント(密度:3.16g/cm³), シリカフェームにノルウェー産粉体(密度:2.20g/cm³, 比表面積:20m²/g), 膨張材には石灰-エリンガイト複合系のもの(密度:2.90g/cm³)を使用した。図 1 に拘束体の概要を示す。

拘束体には鋼管(圧力配管用炭素鋼鋼管 STPG38:外径 42.7mm, 肉厚 3.6mm, 長さ 500mm)を使用し、膨張ペーストを充填して 3 軸拘束下における膨張特性を検討した。膨張ペーストの配合は、水結合材比 [W/(C+SF)] を 40%, シリカフェーム置換率 [SF/(C+SF)] を 20% とし、単位膨張材量 [EP] を 200, 250, 300, 350, 400kg/m³ の 5 配合とした。鋼管中央部 2 箇所にはひずみゲージ(2 軸 2mm, 1G3W, 120Ω)を貼り付け、鋼管表面の軸方向および周方向膨張ひずみの経時変化を恒湿恒温室(温度 20±1℃, 湿度 90±5%)内で測定した。目標膨張圧は 10~15N/mm² とした。

表 2 実験要因(シリーズ II)

要因		仕様
プレート	断面寸法	50×2mm
	繊維体積含有率	70%
	理論引張強度	3395N/mm ²
	理論弾性係数	165kN/mm ²
膨張ペーストの配合		40-400*
定着長		250, 300, 350mm

*: 水結合材比 40%, 単位膨張材量 400kg/m³

2.2 シリーズ II

表 2 に実験要因を示す。使用した CFRP プレートは、引抜成形型枠寸法を 50×2mm としプルトルジョーン法により作製した。繊維体積含有率は 70% で、理論引張強度は

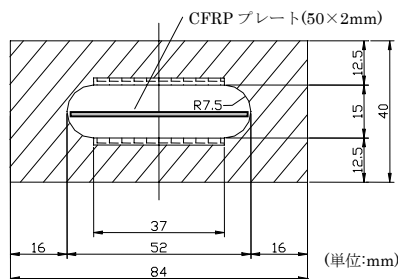


図 2 矩形断面定着具の断面

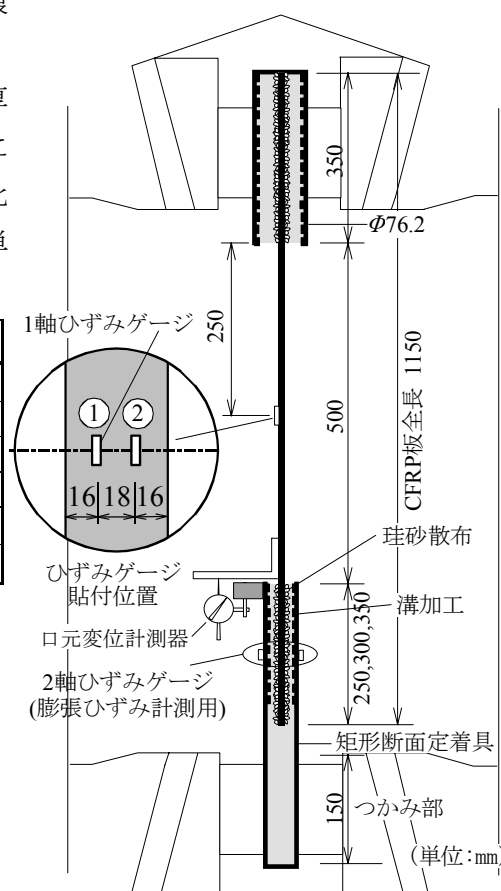


図 3 引張試験概略

キーワード: CFRP プレート, 定着具, 膨張ペースト, ケミカルプレストレス

連絡先: 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 (立命館大学理工学部土木工学科) TEL/FAX 077-561-2805

3395N/mm²，理論弾性係数は 165kN/mm² の高強度タイプである．プレート表面には膨張ペーストとの付着を良好にする目的で珪砂を散布し，矩形断面定着具の内面には膨張ペーストと定着具のずれを抑制するために溝加工を施した．矩形断面定着具の断面を図 2 に，引張試験の概略を図 3 に示す．引張試験は，供試体に偏心力が作用しないように，定着具のつかみ部を万能試験機の下上のチャックで直接つかんで実施した．測定項目は最大荷重，プレートひずみ，定着具のひずみおよび口元変位であり，目視により破壊状況を確認した．口元変位は，矩形断面定着具の入口部分に口元変位計測器を取り付け，計測を行った．なお，定着用膨張材の膨張状況を把握するため，引張試験直前まで，矩形断面定着具表面の膨張ひずみをひずみゲージ(2 軸 2mm, 1G3W)により計測した．

3 実験結果および考察

3.1 シリーズ I

3 軸拘束状態における軸方向および周方向のケミカルプレストレスは，式(1)，(2)より求めた．

軸方向：
$$\sigma_{cl} = \frac{A_{sl}}{A_{cl}} \cdot \frac{E_s}{1-\nu^2} (\varepsilon_{sl} + \nu \varepsilon_{st}) \cdots (1)$$

周方向：
$$\sigma_{ct} = \frac{A_{st}}{A_{ct}} \cdot \frac{E_s}{1-\nu^2} (\varepsilon_{st} + \nu \varepsilon_{sl}) \cdots (2)$$

E_s : 拘束体の弾性係数, ν : 拘束体のポアソン比, A_{sl} : 拘束体の軸方向断面積, A_{cl} : ペーストの断面積(= $\pi d^2/4$)
 A_{st} : 拘束体の周方向断面積(軸方向単位長さ当たりの拘束体周方向断面積の 2 倍), A_{ct} : $d \times 1$ (d : ペースト断面の直径)
 ε_{sl} : 拘束体の軸方向ひずみ, ε_{st} : 拘束体の周方向ひずみ

ケミカルプレストレスは，材齢 3 日から 5 日で最大値を示した後，材齢 30 日前後で一定値に落ち着いた．図 4 に材齢 30 日におけるケミカルプレストレスと単位膨張材量の関係を示す．水結合材比 40%，単位膨張材量 400kg/m³ の配合における周方向ケミカルプレストレスは 12.6N/mm² であり，目標膨張圧(10～15N/mm²)が得られることを確認した．

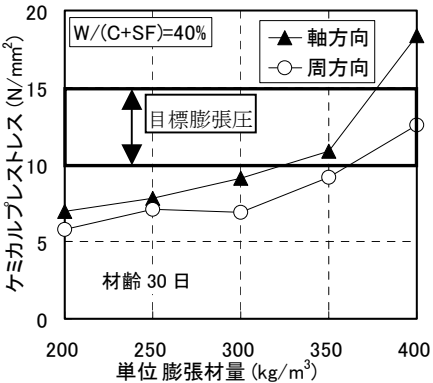


図 4 ケミカルプレストレスと単位膨張材量の関係

3.2 シリーズ II

表 3 にプレートの引張試験結果，図 5 に引張応力とプレート中央ひずみの関係，図 6 に引張応力と口元変位の関係を示す．定着長に関わらず，最大荷重および弾性係数はほぼ同程度の値を示し，全ての供試体でプレートが破断した．また，プレートの定着長に関わらず口元変位は同程度であり，最大荷重時で約 3mm であった．従って，膨張ペーストを用いた矩形断面定着具は，本研究の定着長の範囲(250～350mm)において十分な定着性能を有していると考えられる．

表 3 CFRP プレートの引張試験結果

定着長 (mm)	最大 荷重 (kN)*1	標準 偏差	変動 係数 (%)	保証 耐力 (kN)*2	引張 強度 (N/mm ²)	弾性 係数 (kN/mm ²)	破断 ひずみ (μ)*3	破壊形式
250	315	4.78	1.52	300	3004	164	18300	プレート破断
300	310	6.38	2.06	291	2909	164	17800	プレート破断
350	313	5.38	1.72	296	2964	163	18200	プレート破断

*1: 5 体の平均値, *2: 3σ 法, *3: 破断ひずみ=保証耐力/(プレートの断面積×弾性係数)

4 結論

定着長の相違による最大引張荷重の差はほとんど観察されなかったことから，定着長が最も短い 250mm の定着具でも十分な定着性能を有すると考えられる．さらなる定着具の小型化・軽量化に向けて検討を行っていくことが必要であると考えられる．

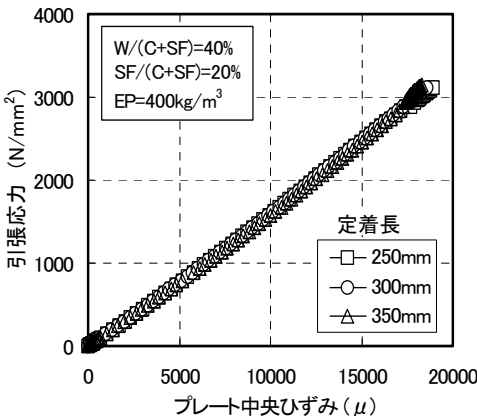


図 5 引張応力とプレート中央ひずみの関係

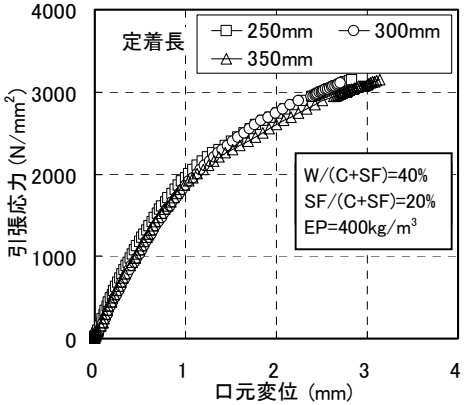


図 6 引張応力と口元変位の関係