

立命館大学大学院 学生員 ○諏訪 聡 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

厚さ約10mmの三次元中空ガラス織物(以下3D-GFRP)に膨張ペーストを充填してケミカルプレストレスを導入することにより、約70N/mm²の曲げ強度を有するプレートの製作が可能である¹⁾。本研究では、プレートを埋設型枠として実構造物へ適用することを目的として、プレートを埋設型枠に適用したRCはりを製作し、曲げ疲労特性について実験検討を行った。

2 実験概要

表1に埋設型枠用プレートの要因を、表2に実験要因と試験結果を示す。ガラス繊維はE-ガラスを使用し、含浸樹脂にはビニルエステル樹脂(VE樹脂)を用いた。充填する膨張ペーストは、セメントに普通ポルトランドセメント(密度:3.16g/cm³)、シリカフュームにノルウェー産粉体(密度:2.20g/cm³、比表面積20m²/g、平均粒径0.15μm、SiO₂=91.3%)、膨張材にCSA系(密度:2.93g/cm³)、石粉(密度:2.70g/cm³)、混和剤にはポリカルボン酸系高性能AE減水剤を使用した。膨張ペーストの配合は、水結合材

表1 埋設型枠用プレートの要因

要因	仕様
3D-GFRP 含浸樹脂	VE樹脂
膨張ペーストの配合	50-300*
プレートと後打ちコンクリートの界面処理方法	粒径2~3mmのケイ砂散布処理

注) *:50[W/(C+SF)(%)]-300[EP(kg/m³)]

表2 実験要因と試験結果

供試体名	疲労荷重条件			最大荷重(kN)	疲労寿命(回)	破壊形式
	a/d	上限荷重(kN)	下限荷重(kN)			
静的				158.6		底面プレート破断
F-50	3.6	79.4[50%]	15.9	169.2*	2,000,000	底面プレート破断*
F-60		95.1[60%]	[10%]	1.1	775,078	引張鉄筋の疲労破断
F-70		110.7[70%]		0.8	141,682	底面プレート破断

注)[]:静的耐力に対する比、*:疲労試験後に残存曲げ耐力確認試験実施

比[W/(C+SF)]を50%、シリカフューム置換率[SF/(C+SF)]を20%、単位膨張材量を300kg/m³とした。後打ちコンクリートは、セメントに早強ポルトランドセメント(密度:3.14g/cm³)、細骨材に野洲川産川砂(密度:2.61g/cm³、FM=2.65)、粗骨材に高槻産硬質砂岩碎石(密度:2.68g/cm³、FM=6.89、MS=20mm)を使用した。コンクリートの設計基準強度は27N/mm²とし、目標スランプは7.5±1cm、目標空気量は4±1%とした。

図1に埋設型枠RCはりの製作方法を示す。所定寸法のプレートを仮組みし、型枠底面のコーナー部にあたるプレート端部を、接着作業性の改善と

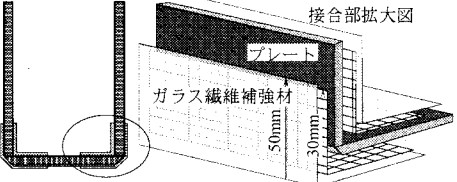


図1 埋設型枠RCはり製作方法

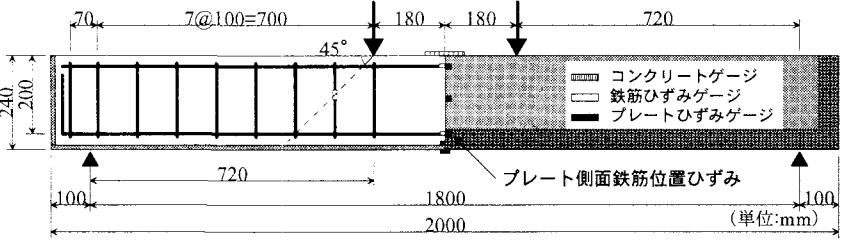


図2 埋設型枠RCはり概要図

善と荷重時の応力集中を防ぐために面取りを施した。埋設型枠内外面の接合部をガラス繊維補強材にVE樹脂を含浸させながら接着補強し、その後、後打ちコンクリートとの付着を改善するためにケイ砂(粒径2~3mm)を型枠内面にVE樹脂を用いて接着した。埋設型枠製作後、型枠内に鉄筋を配置し、コンクリートを打設した。図2に供試体概要を示す。埋設型枠を含めた外寸法は150×240×2000mmとし、引張鉄筋にはD16(SD345、 $f_y=388\text{N/mm}^2$)を2本、スターラップにD10(SD345、 $f_y=380\text{N/mm}^2$)を100mm間隔で配置した。有効高さは200mm、引張鉄筋比は1.32%である。荷重条件は、上限荷重比を静的曲げ耐力に対して50、60、

70%、下限荷重比は 10%で一定とし、支点間距離 1800mm、せん断スパン有効高さ比(a/d)3.6、正弦波による部分片振り繰返し載荷とした。載荷試験は材齢 10 日に行い、載荷試験時のコンクリートの圧縮強度は 41.1N/mm²、弾性係数は 31.6kN/mm²であった。載荷項目は、スパン中央圧縮縁コンクリートひずみ、スパン中央の圧縮および引張鉄筋ひずみ、埋設型枠側面および底面の曲げ引張方向のプレートひずみ、スパン中央たわみとした。

3 実験結果および考察

静的試験結果：曲げ疲労試験に先立ち、静的曲げ載荷試験を実施した。埋設型枠 RC はりは、補強量が同じ普通 RC はり(87.0kN)の約 1.8 倍の静的曲げ耐力(158.6kN)を示しており、プレートによる高い曲げ補強効果が認められた。

疲労試験結果：表 2 に試験結果を示す。埋設型枠を適用した RC はりは、上限荷重比 60%時では引張鉄筋の疲労破断、上限荷重比 70%時では曲げスパン内の埋設型枠下部プレートの破断により破壊した。図 3 に F-50 供試体の上限荷重時と除荷時の引張鉄筋およびプレート側面の鉄筋位置でのひずみと繰返し回数の関係を示す。引張鉄筋ひずみおよびプレート側面の鉄筋位置でのひずみ(図 2 参照)は、繰返し載荷終了時まで各々ほぼ同様の値を示している。従って、コンクリートとプレート間の付着は良好であり、200 万回繰返し載荷終了まで RC はりと埋設型枠(プレート)が一体となって荷重に抵抗していることが確認できた。図 4 に上限荷重比(S_{max})で表した S-N 曲線を示す。図中に示す S-N 曲線の回帰式は、各供試体の実験値を最小自乗法で直線回帰したものである。S-N 曲線の回帰式とプロット点との相関係数は 0.974 となり、高い相関関係が得られた。埋設型枠 RC はりの 200 万回疲労強度は 51.2%であった。

残存曲げ耐力確認試験：F-50 供試体は、200 万回の繰返し載荷を行っても疲労破壊に至らなかった。そこで、疲労試験終了後に静的曲げ試験を実施し、残存曲げ耐力を確認した。図 5 に 200 万回繰返し載荷後の残存曲げ耐力確認試験における荷重とスパン中央たわみの関係を示す。静的曲げ試験時と比較すると、疲労損傷を生じている F-50 供試体は、残留変位が生じているものの、終局耐力の低下は全く見られない。破壊性状は、静的曲げ試験と同様に、埋設型枠下部プレートの破断により曲げ破壊した。

4 結論

埋設型枠 RC はりは、普通 RC はり(87.0kN)の約 1.8 倍の静的曲げ耐力を示しており、プレートによる高い曲げ補強効果が認められた。また、埋設型枠 RC はりの 200 万回疲労強度は、51.2%であった。破壊形式は、上限荷重比が 60%時では引張鉄筋の疲労破断、70%時では曲げスパン内の埋設型枠下部プレートの破断であった。

謝辞：本研究で使用した三次元中空ガラス織物は蝶理(株)より提供して頂いた。アイティシー(株)蒼田豊氏には本研究の遂行にあたり貴重なご意見を頂いた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献 1)井上真澄、前園真一郎、諏訪聡、高木宣章、児島孝之：三次元中空ガラス織物を用いた埋設型枠用薄板の曲げ特性，土木学会第 57 回年次学術講演概要集，V-337，pp.673-674，2002

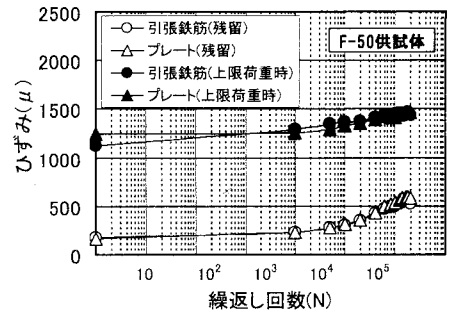


図 3 ひずみ-繰返し回数の関係

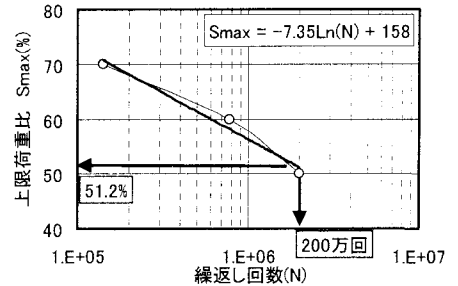


図 4 S-N 曲線とその回帰式

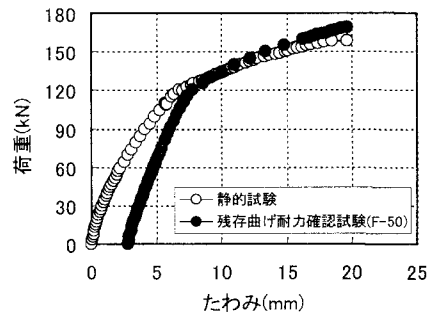


図 5 荷重-スパン中央たわみの関係