

(株)栗本鉄工所 正員 中村 義 郎
 大阪工業大学 正員 ○栗 田 章 光
 大阪工業大学 正員 赤 尾 親 助

1. まえがき。

本文は、プレキャスト床版の1つとしてFRP (Fiberglass Reinforced Plastics) とコンクリートを合成した床版を考案し、その基本的な性質を知るため、3種類の模型供試体を作成し、静的載荷試験を行った結果について報告している。

さて、プレキャスト床版については、すでに数種の提案および研究報告がなされてはいるが、いづれも鋼板とコンクリートをスタッドジベル、HTボルトあるいは三角形のパンチ穴を有する小型Iビーム等を用いて合成したものである。ところで、近年、新しい構造材料として注目されてはいるものにFRPがあり、その軽量かつ高強度性、および防蝕性に優れている点に着目し、破壊床版の補強工事を実施した例が^(*)2、3みられ、FRP工法と呼ばれている。一方、H.G. GeymayerらはRCばりの引張域に各種の割合で引張強度の高いエポキシあるいはポリエステル樹脂コンクリートを用い、曲げ試験を行った結果、通常のRCばりに比べ、ひび割れ荷重が2〜3倍増大することを報告し、鉄筋の防蝕に大きな効果があることを強調している。^(*)3
 著者らの本研究への思想はH.G. Geymayerらの上記研究と共にするもので、最近の橋梁構造におけるRC床版の著しい破壊状況およびプレキャスト化の要請に対し1つの解決策を与えるものと信ずる。

Tab.-1 各材料の力学的性質(N/cm²)

種 類	圧縮強度	降伏強度	引張強度	弾性係数
コンクリート	230	—	23	2.4×10^5
FRP	—	—	1,165	1.2×10^5
鉄筋 (S1鉄鋼)	—	7,680	8,290	2.18×10^6

2. 使用材料。

使用材料の基本的な力学的性質をTab-1に示した。なお、FRPは平織クロス(GC-230、日東紡績)を4枚積層したもので、成型用樹脂はポリライトODR-8200、627(大日本インキ)を用い、仕上厚は2mmである。

3. 供試体の形状および寸法。

Fig-1に示したように、無筋でFRPの使用形状によりA, B type 2種あり、更に、B typeにφ6mmの鉄筋(S1鉄鋼)を用いたBR type(鉄筋比 $\rho=0.57\%$)の計3種類でそれぞれ1個ずつ作成し、1/2 modelとなつてはいる。次に、供試体の製作は、コンクリートとFRPの合成効果を高めるため、先づ、所定形状の型枠中に普通コンクリートを打設、養生後、約40日目の常温、常圧のもとでコンクリート面にプライマー(ポリライトODR-634)を施し、硝子繊維を4枚積層したFRP部を成形した。

4. 載荷装置および方法。

スパン長90cmの2辺単純支持とし、供試体の短辺方向全長にわたり幅25cmの帯状載荷である。荷重は、手動ジャッキにより1^{ton}までは100^{kg}間隔、以後、破壊荷重まで200^{kg}間隔で単調増加に載荷した。なお、幅25cmの帯状載荷は通示によるT荷重の後輪輪帯幅を考慮したからである。

5. 測定項目および位置。

dial gauge (1/100^{mm})を用いて、1/2尺および1/4尺のたわみ量を、更に、両端点の水平変位量を測定し

た。ひずみの測定には電気抵抗線歪計を用いた。Fig-1に供試体寸法とともにそれぞれの位置を示して示した。

6. 載荷試験結果および考察。

各供試体のひび割れおよび破壊荷重、ならびに各荷重段階におけるスパン中央(1/2英)のたわみ量の測定結果を計算値とともに一括してTab-2に示した。

Fig-2に各typeの歪の進行状況を比較するため、1/4英および1/2英における上、下縁の荷重～歪線図を各typeの代表的な供試体について示した。

なお、BR typeについては鉄筋歪も示して示した。同様に、1/4英の荷重～たわみ線図をFig-3に示した。

(a). 歪について。

Fig-2よりB typeの1/4英におけるF-R-Pの歪は 50×10^{-5} から全く進行せず1/2英付近に集中しており、荷重2.8ton前後でコンクリートとの付着は完全にとれてくる。しかし、A typeの1/4英における下縁歪

の進行状況は良好であり、これはコンクリートとの付着がとれても、スパン直角方向における両側面のF-R-Pによる拘束があるからである。一方、BR typeにおいては、鉄筋の使用により、コンクリートのひび割れ後、F-R-Pの急激な引張歪の増加が始めから1/4英の歪の増加状況からして荷重2.8ton前後で1/4英付近のコンクリートにもひび割れが大きく進行していることが分る。また、3.5ton程度の荷重で1/2英付近の鉄筋歪が0.2~0.25%となるので降伏しはじめ、それ以後の荷重増加に対してはF-R-Pの引張力負担が大きくなっていくことは明らかである。

(b). たわみについて。A, B typeの荷重～たわみ線は、通常のRCはりと同じくひび割れの発生により多少勾配を変えるが、その後、かなりの荷重に達するまで直線的に進行して弾性的性状を示し、特に、A typeにおいては破壊の直前までたわみを実測していきそれが明瞭である。BR typeに

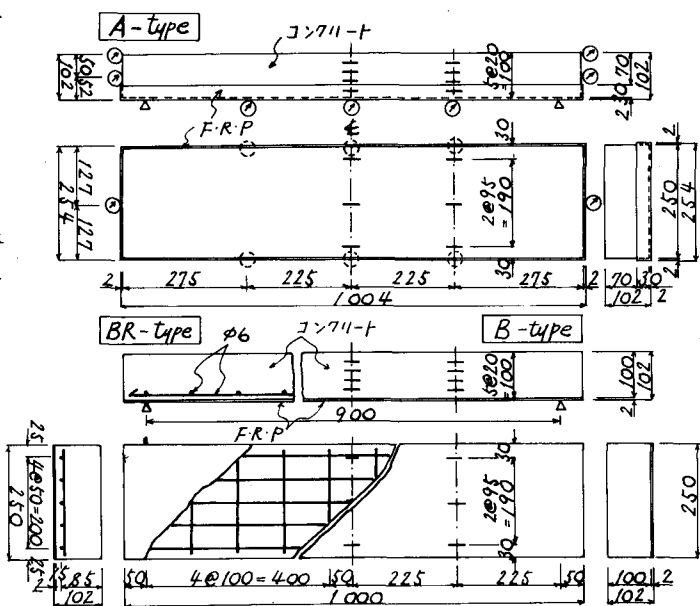


Fig-1 供試体寸法およびゲージ位置
単位: mm
○: dial gauge
-: strain gauge

Tab-2 静的載荷試験結果総括

type	供試体名	ひび割れ荷重 (ton)			破壊荷重 (ton)			1/4英のたわみ量 (1/100 mm)		
		実測値	実測平均値 (計算値)	実測平均値 (計算値)	実測値	実測平均値 (計算値)	実測平均値 (計算値)	0.5 英 (計算値)	1.0 英 (実測値)	2.0 英 (実測値)
A	A-1	0.80	0.85 (0.47)	1.81	3.30	3.67 (3.70)	0.99	37 (14)	70	369
	A-2	0.85			3.65			40	66	367
	A-3	0.90			4.05			35	66	338
B	B-1	1.00	1.03 (0.47)	2.19	2.20	2.10 (2.99)	0.70	42 (14)	86	—
	B-2	1.10			2.30			38	72	—
	B-3	1.00			1.80			28	56	—
BR	BR-1	0.85	0.90 (0.52)	1.73	4.60	4.72 (4.70)	1.00	32 (13)	58	164
	BR-2	1.05			4.85			38	80	222
	BR-3	0.80			4.70			27	61	189

おいては、A, B type より
 ひび割れの発生による
 たわみ線の勾配変化が少
 なく、たわみの進行状況
 はなめらかで、これから
 ひび割れ荷重の推定は困
 難である。なお、たわ
 みの計算値は、せん断変
 形を考慮しても実測値の
 1/2程度となり、これは支
 承上における供試体底面
 の初期変形およびひび
 割れの影響を大きく受けて
 いるものと思われる。

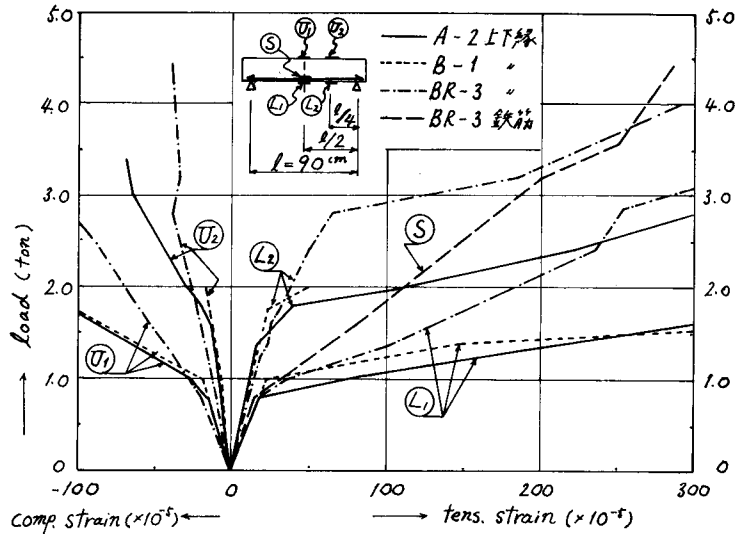


Fig. 2 各 type 上下縁の荷重-歪線比較

(C). ひび割れ荷重について。

ひび割れ荷重の計算にはコン
 クリートの曲げ引張強度を基準にした弾性理論を用いたが、
 この理論によると一般に実測値に対し平均 25% 程度過小と
 なり安全側の評価を与えるが、^(*)4)しかし、このことを考慮して
 もなおかつ 50~90% もひび割れ荷重が増大しており、H.G.
 Geymayer の実験結果と同じく、コンクリートの引張域を高
 強度の樹脂材料で補強した場合の大きな merit である。なお、
 田沢氏らの論文によると、^(*)5)樹脂モノマーのコンクリート
 中への含浸深さは、自然含浸の場合、1 時間で約 1cm、20 時
 間で約 3cm となること示されていることから本実験の場合も引張側コンクリートへの樹脂含浸が

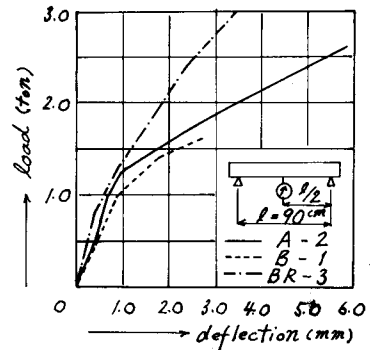


Fig. 3 荷重-たわみ線比較

ひび割れ荷重の増大に好影響を与えていると思われる。また、ひび割れ後も相当の荷重に対して
 弾性的性状を示すことから、荷重除去によるひび割れの残留幅が小さくなると考えられ、更に、A
 type のように F.R.P が引張域のほぼ全面にわたり破壊直前まで保護している限り、一般に R.C 材の
 設計基準とされているひび割れ幅の限界値 0.2mm を上回る値まで許容した設計が可能となる。

(d). 破壊荷重について。

破壊荷重の理論計算は A.C.I 基準により行っており、A, BR type にお
 いては良好な結果を得ている。B type の場合、荷重が 1.9 ton をすぎると 1/2 英寸近から支保に向い除
 々に F.R.P がはく離し、最終的には重ねばりの状態で破壊に至ったので実測値は計算値より 30% 程
 下回っている。なお、計算に際し仮定した破壊状態は、A, B type の場合、F.R.P が先に降伏する
 と考え、BR type の場合は、鉄筋歪の測定より荷重 3.5 ton 程度で 1/2 英寸近の鉄筋は降伏しているこ
 とが分かったので、先づ鉄筋が降伏し、力の釣合条件および歪の条件より F.R.P が応力を算出し、破
 壊曲げモーメントを求めた。

BR type において使用した鉄筋のかぶり厚は 1.5cm であるが、本形式の床版における鉄筋の使用に

ついでに、粗骨材の最大寸法による制限もあろうが、F・R・Pの腐食に対する保護により、できる限りかぶりも少なくすることで、一層経済的な設計が可能となる。F・R・Pとコンクリートとの付着力が大きいとは云えF・R・Pを破壊状態まで有効に働かせるためにはA typeとする必要がある。

参考までにPhoto.-1 ~ Photo.-3に各typeの破壊状況を示す。

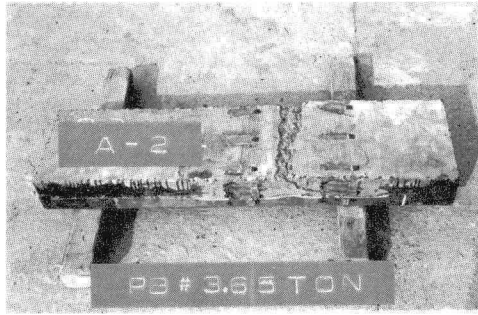


Photo.-1



Photo.-2

7. まとめ.

プレファブ床版の一つとして「F・R・Pコンクリート合成床版」を提案し1/2 modelによる静的載荷試験を実施した結果を要約すれば次のとおりである。

(1). ひび割れ荷重は弾性理論による過小評価を考慮しても計算値より50~90%増大し、コンクリートの引張域を高強度の樹脂材料で補強した場合の大きな利点を確認した。

(2). ひび割れ後もF・R・Pとコンクリートとの付着が保障され、かつ、F・R・Pが引張域を保護しているA typeにおいては、従来のコンクリートのひび割れ幅の限界値0.2mmを上回る値まで許容した設計が可能となる。

(3). BR typeにだけ破壊安全性確保のため $\rho=0.57\%$ の鉄筋量を使用したのが、無筋のB typeと比較して、ひび割れ後、破壊に至るまでその効果が顕著に認められる。

(4). F・R・Pを破壊状態まで有効に働かせるためにはA typeとする必要がある。その場合、F・R・Pの引張域保護により、鉄筋のかぶりを出来る限り少なくした有効な鉄筋の使用法に期待がもてる。今後、動的挙動および陸手構造等についての検討を加える必要がある。なお、本実験を遂行するに当たっては大阪工業大学部卒研究生および大学院生の協力を得たことを付記し謝意を表す。

[参考文献]

- (*1). 例えは 前田,松井,他:『コンクリートサンドウィッチ鋼床版の実験的研究』,土木学会関西支部年次学術講演集, I-20, 1971.5.9.
- (*2). 例えは 中村,福田,池田:『愛知県千鳥橋床版のFRP補強工法について』,第17回橋梁構造工学研究会論文集, 土木学会,他, 1970.12.4.
- (*3). H.G. Geymayer:『Use of Epoxy or Polyester Resin Concrete in Tensile Zone of Composite Concrete Beams』, Tech. Rept. C-69-4, U.S. Army, 1969.3.
- (*4). 藤田嘉夫:『単純曲げを受ける鉄筋コンクリート桁およびプレストレストコンクリート桁の極限強さ設計法に関する研究』,コンクリート工学, 1967.5.
- (*5). 田沢,星野,他:『樹脂含浸セメント界面に關する基礎研究』,コンクリートジャーナル, Vol.9 No.1, pp2~13, 日本コンクリート会議, 1970.1.