

[37] G R C 永久型枠の道路橋 R C 床版への応用

赤 尾 親 助 (大阪工業大学)

正会員 ○栗 田 章 光 (大阪工業大学)

正会員 平 城 弘 一 (摂南大学工学部)

白 井 康 之 (大阪工業大学大学院)

1. 序

近年において新しいセメント系の複合材料の1つとして G R C (Glass-Fiber Reinforced Cement, G F R C とも記す) が開発された。著者らは G R C のもつ種々の特長に着目し、ここ数年来 G R C のコンクリート用永久型枠としての利用を研究し、それらの成果を公表してきた。一方、橋梁工事の中で最も作業能率の悪い R C 床版工事に注目した各種のプレハブもしくはセミプレハブ型の鋼コンクリート合成床版が開発され、実用化されつつある。著者らも同じ目的で G R C 永久型枠の R C 床版への応用を実験的に検討し、その実用性を確認したので、本文では一連の実験結果を報告する。実験には全て実物大の試験体を用いた。

ところで、世界の主要国における型枠・支保工に関する設計規準の中で、いち早く永久型枠 (permanent form) の規定を明確化したのは、BS5400⁵⁾ であろう。その第5編“合成橋梁の設計規準”の第9章には永久型枠工の規定がある。永久型枠としては、従来から使用されてきた鋼板、プレキャスト R C もしくは P C 版の他に、F R P 板、石綿セメント板またはそれに類似のものがあげられており、さらに、型枠が完成構造の中で構造部材の役割をもつか否かによって構造用永久型枠 (participating form) と非構造用永久型枠とに分類している。ここで報告する G R C 永久型枠は、R C 床版の完成までは構造用としてその強度を活用し、床版完成後は非構造用永久型枠となるものである。図1に G R C 永久型枠の配置例を示した。本研究では、型枠を支持する主げた間隔としては 2.5 m 前後、張出し長は 1 m 以内の規模の橋梁を対象としている。

2. 試験シリーズおよび材料強度

表1に示すような3系列の試験を実施した。B系列は G R C 永久型枠の基礎データを得るための試験である (文献1) 参照)。P系列は型枠の R C 単純版への利用を検証するための試験で、G R C 床版 (G R C 永久型枠を用いた R C 床版) と同一形状寸法および配筋を有する従来工法 (木製型枠と支保工の使用) による R C 床版についても試験した。C系列の試験は、鋼合成げた橋への G R C 永久型枠の応用を検討するもので、この系列での主

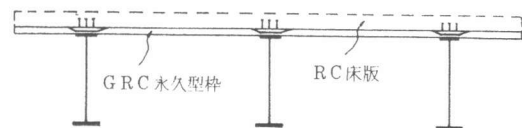


図1. G R C 永久型枠の配置

表1 試験系列

系列	種 別	試験体数		備 考
		静的	疲労	
B系列	GRC型枠	6	—	GRC型枠の静的試験
	GRC床版	5	1	GRC床版の静的試験
P系列	GRC床版	1	4	GRC床版の疲労試験
	R C 床版	1	2	GRC床版との比較試験
C系列	GRC床版	1	5	GRC床版の疲労試験
	R C 床版	1	2	GRC床版との比較試験

表2. G R C およびコンクリート強度

系列	G R C (kgf/cm^2) *			コンクリート (kgf/cm^2)	
	引 張	曲 げ	材 令	圧 縮	弾性係数
P系列	91±17	379±62	約10ヶ月	335	2.6×10^5
C系列	109±15	411±29	約5ヶ月	329	2.7×10^5

*試験片寸法、引張：150×25×t、曲げ：100×60×t (スパン80cm)

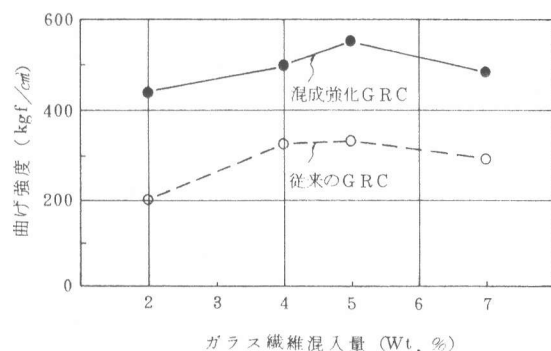


図2. G R C の曲げ強度の比較

な目的は、型枠と鋼主げたとの適切な接続構造の開発および型枠張出し部の剛性の評価である。本文では、PおよびC系列の試験結果を述べることにする。

試験に用いたGRCおよびコンクリートの強度は表2に示した。GRCの強度試験にはインストロン万能試験機を用い、載荷速度は引張りおよび曲げとも 2.0 mm/min とした。なお、本研究で使用したGRCは混成強化GRCと呼ばれるもので、通常のGRCと比べ強度の面で大幅な改良がなされている。混成強化GRCと一般のGRCとの曲げ強度（破壊係数）の比較の一例を図2に示しておいた。また、混成強化GRCの曲げ応力～たわみ関係の例を図3に示す。GRC板の製作は全てダイレクトスプレイ法によった。

GRC永久型枠の補剛に使用した形鋼はSS41材で、RC床版に用いた鉄筋は全てSD30である。また、形鋼のずれ止めとしてはSD30の鉄筋を利用した（図4および図9を参照）。形鋼および鉄筋について、それぞれ静的および疲労強度試験を行った結果、一般的なデータを得た。なお、形鋼の場合、ずれ止め付のテストピースも製作し、疲労試験を実施した結果、若干の疲労強度の低下を確認した。

3. 試験内容

PおよびC系列ともGRC永久型枠の試験は次のような項目に分けられて実施された。

- 1) コンクリートの打設試験： 型枠剛性の評価。
- 2) 完成床版の静的載荷試験： 型枠とコンクリートとの付着性状の検討およびGRCによる床版下面のひび割れ拘束効果の確認。
- 3) 完成床版の疲労試験： 繰り返し荷重下でのGRC型枠の挙動の追求。

4. P系列の試験結果および考察

4.1 試験体について

図4にGRC永久型枠の一般図を示した。GRC波形板はハット形鋼により補剛されており、両者の合成はマトリックス材の付着強度により確保されている。ハット形鋼の頂部には総計8本のずれ止め（鉄筋：D13×80）を溶接し、RC床版完成後、形鋼は主筋の一部として再利用できるよう配慮した。型枠の単位面積当りの重量は約 41 kgf/m^2 である。

4.2 コンクリート打設試験

図4に示した型枠をスパン長2mで単純支持し、所定の配筋後、型枠を含む床版全厚が20cmになるまでコンクリートを打込み、型枠のひずみおよびたわみを24時間測定した。型枠のスパン中央におけるたわみ～時間関係を図5に示した。①点と②点とは形鋼による型枠の補強の有無で約1mm程度のたわみ差があるが、最終たわ

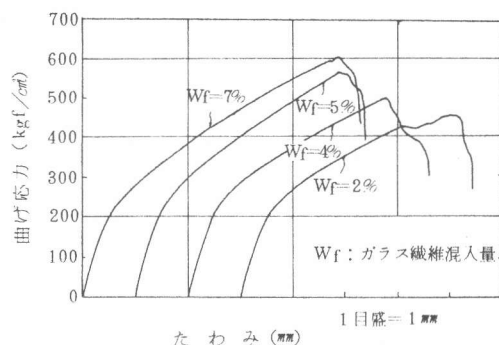


図3 混成強化GRCの曲げ応力～たわみ関係

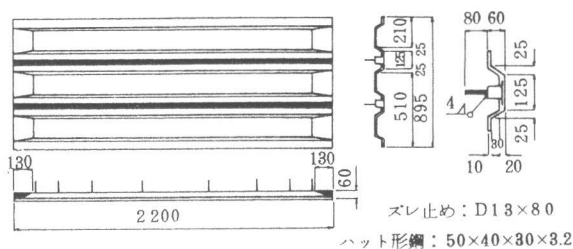


図4 GRC型枠試験体

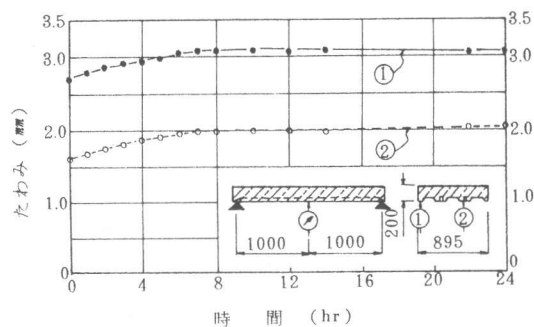


図5 GRC型枠のたわみ～時間関係

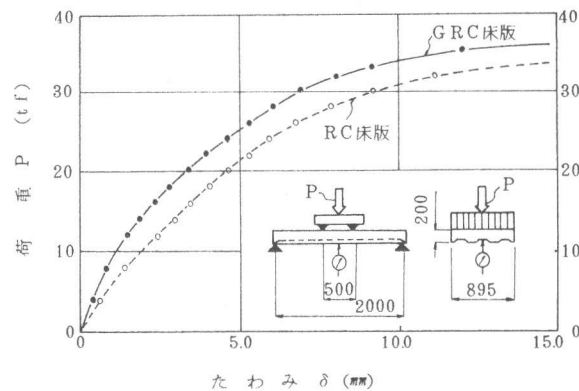


図6 荷重～たわみ線（スパン中央）

み量は平均 2.6 mm であり、型枠は十分な曲げ度（たわみスパン比 $\approx 1/770$ ）を有している。また、コンクリート打設直後からの型枠たわみの増加量は約 0.4 mm で、型枠たわみの増加がコンクリートの硬化に悪影響しないことは、完成床版の載荷試験を通じて確認している。

4.3 静的載荷試験

GRC 床版および（従来工法による）RC 床版について、はりタイプの 4 点曲げ試験を行った。図 6 および図 7 に GRC 床版と RC 床版を比較して荷重～たわみ関係および荷重～ひずみ関係をそれぞれ示しておいた。RC 床版の場合、支保工の撤去により僅かではあるが死荷重応力が発生する。一方、GRC 床版の場合、コンクリート応力はゼロであり、かつ GRC によるコンクリート引張域のひび割れ拘束効果により、GRC 床版の初期荷重段階における剛性が通常の RC 床版よりも高く、使用性（serviceability）の向上が認められる。また、図 7 よりハット形鋼は床版の終局状態まで十分有効に働いており、ずれ止めの配置が適切であったことがわかる。

GRC 床版と RC 床版の終局荷重の相違（1.5 tf）は材料強度のバラツキと鋼材配置の僅かな誤差によるものであろう。

型枠のコンクリートとの付着面は荒仕上げをして付着性状が高まるような配慮を予めしてあるので、静的破壊後も両者間のはく離は生じなかった。

4.4 疲労試験

静的試験と同じ載荷条件で、下限荷重が 2 tf もしくは 4 tf の部分片振り疲労試験を実施した結果、図 8 の P-N 線を得た。試験にはローゼンハウゼン型疲労試験機を用い、載荷速度は 5.5 Hz とした。静的試験の結果から予想されるように GRC 床版の疲労強度は通常の RC 床版よりも高いことが確認された。両床版とも全ての試験体の疲労破壊パターンは、支点から 430 mm の位置にあるハット形鋼のずれ止め溶接止端部にキレツが入り、そのキレツが進展して形鋼が破断したのち、圧縮域コンクリートが圧壊した。

この床版を支間 2 m の道路橋用単純版として使用する場合設計荷重振幅は約 6 tf に相当するから、GRC 床版は実用上十分な疲労強度を有していると云えるであろう。

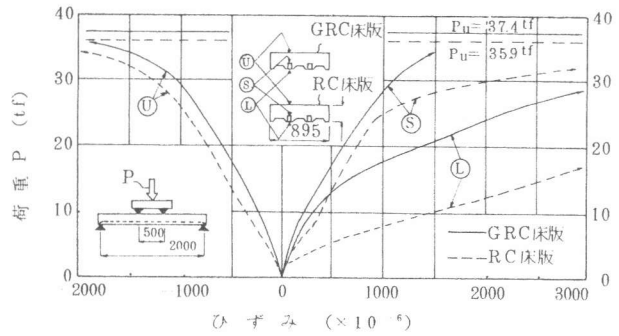


図 7 静的載荷試験結果（スパン中央）

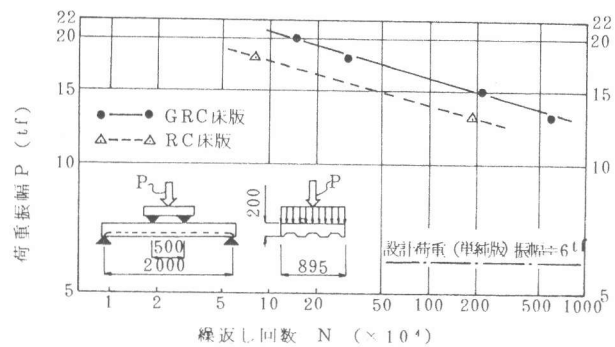


図 8 GRC 床版の P-N 線

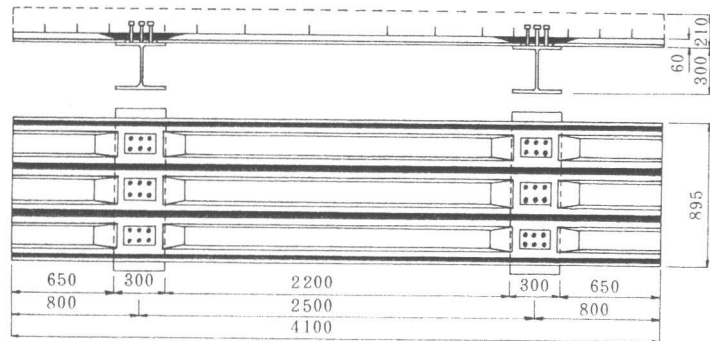


図 9 C 系列の試験体

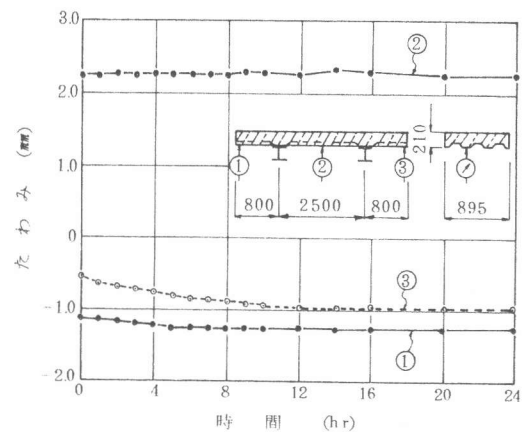


図 10 C 系列での GRC 型枠のたわみ～時間関係

GRC永久型枠とコンクリート面とはく離は、試験体の疲労破壊後も生じなかった。

5. C系列の試験結果および考察

5.1 試験体について

C系列の試験に用いた試験体の一般図を図9に示した。図から明らかなように、鋼主げた上のスタッドはブロック配置されている。スタッドのブロック配置はプレキャスト床版を用いる鋼合板橋について、すでにBS5400で認められたスタッドの配置法である。鋼主げたにはスタッドが配置されているので、スタッド位置での型枠には 166×145 mmの長方形の穴を6ヶ所に設けてある。P系列の型枠とは異なり、C系列の型枠には横断面での両端部にもハット形鋼の半分の断面積をもつ溝形鋼を配置した。

従来工法によるRC床版は、GRC床版と全く同じ断面構成にて木製型枠と支保工を用いて製作した。

5.2 コンクリート打設試験

図9に示した状態で型枠を含む全床版厚が 21 cm になるまでコンクリートを打設し、たわみを測定した。

結果を図10に示す。たわみの最終値を用いた径間部および張出し部のたわみ・スパン比は、それぞれ $1/1070$ および $1/700$ であり、型枠としての曲げ剛性は十分であった。

5.3 静的載荷試験

載荷条件とともにC系列の試験結果を図11に示した。GRC床版およびRC床版とも終局荷重は $P_u=42.5\text{ tf}$ であった。P系列の試験結果と同様、GRC床版の使用性の高いことが認められる。

5.4 疲労試験

P系列の場合と同じ試験条件（下限荷重、載荷速度）で疲労試験を行った。載荷条件はC系列の静的の場合と同じである。試験結果は図12に示した。図12にはP系列での結果も合せて示しておいた。C系列の場合、P系列よりも有効スパン長が長いにも拘わらず疲労強度が相当に高いのは、支点の回転拘束によるためである。

6. 結論

3系列の試験を通じて得られた結果をとりまとめると次のようになる。(1)、GRC永久型枠はコンクリート打設時に必要十分な曲げ剛性を有している。(2)、GRC永久型枠とコンクリート面の付着性状は良好であり、静的および疲労試験の結果、両者とはく離は全く生じない。(3)、GRC永久型枠を用いたRC床版には使用性の向上が期待できる。(4)、GRC永久型枠を用いたRC床版は通常の工法によるRC床版より疲労強度が高い。

謝辞： 本研究における試験体は全て堺本鉄工所より提供されたものである。また、実験に際しては、大阪工業大学および摂南大学両学部の昭和54～56年度卒研生の協力を得たことを記し、謝意を表します。

参考文献

- 1) 赤尾、他： GRC板のセミプレハブRC床版への応用、セメント技術年報33(1979), pp.328~330。
- 2) 赤尾、他： GRC型枠の特性とその実用例、セメント・コンクリート、No.396(1980), pp.20~28。
- 3) 赤尾、他： GRC永久型枠の道路橋RC床版への応用、土木学会年次講演概要集(1981), I-62。
- 4) 委員会報告： 鋼コンクリート合成構造の現況、土木学会誌、Vol.66, No.9(1981), pp.45~54。
- 5) BSI: BS5400, Part5, Design of Composite Bridges(1979), Chap.9, p.21, 22

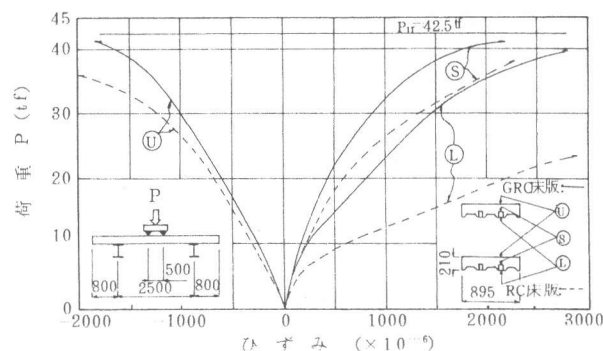


図11 荷重～ひずみ関係（スパン中央）

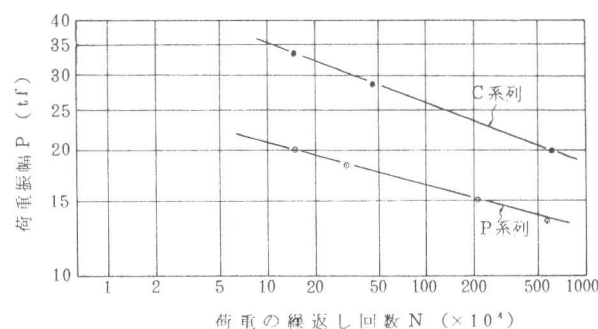


図12 GRC床版のP-N線