

ハザマ 正会員 細井良二
ハザマ技術研究所 正会員 谷口裕史
ハザマ技術研究所 正会員 喜多達夫
埼玉大学工学部 正会員 睦好宏史

1. まえがき

一般の鉄筋コンクリートを用いた不静定構造物の破壊に至る過程の一つに、鉄筋が降伏することで、その部分が塑性ヒンジを形成し、モーメントを再分配することが考えられる。それに対し、FRPで補強したコンクリートを用いた場合、FRPは完全な弾性体であり、降伏性状を示さないことから、繊維破断型曲げ破壊、曲げ圧縮破壊とも塑性ヒンジを形成することは期待できず、設計の考え方[1]においても考えられていない。しかしながら、筆者らが行ってきたFRPの研究成果[2]から、FRPでコンクリートを拘束することで、コンクリートに靱性を持たせることは可能であること、また、その定性的、定量的な知見を得ており、拘束コンクリートを用いることで、通常の鉄筋コンクリートとは逆に、コンクリートに塑性ヒンジを形成させることで、FRPで補強したコンクリート部材においてもモーメントの再分配は可能ではないかと予想される。

そこで、本研究では、不静定構造物の一例として二径間連続RCはりを取りあげ、FRPで補強したコンクリート部材の供試体を作製して実験的検討を行った。

2. 実験および計算の概要

供試体は、主筋に $\phi 15.2$ のCFRPを用いて、拘束筋を用いないもの(Na1)、拘束筋に $\phi 7.8$ のCFRPを用いたもの(Na2)、比較用にD13の鉄筋を用いたもの(Na3)の計三体を作製した。補強筋の力学的特性を表-1

表-1 補強筋の力学的特性

Reinforcement	Diameter (mm)	Area (mm ²)	Tensile strength (kgf/cm ²)	Young's Modulus ($\times 10^6$ kgf/cm ²)
CFRP $\phi 5$	5.0	10.1	17820	1.4
CFRP $\phi 15.2$	15.2	113.6	17820	1.4
Steel D6	6.35	31.7	4000	2.1
Steel D13	12.7	126.7	4000	2.1

に示す。コンクリートは、早強ポルトランドセメントを用い、粗骨材の最大寸法を12.5mmとし、材令14日で実験を行い、その時の平均圧縮強度は370kgf/cm²であった。供試体形状及び配筋状況を図-1に示す。載荷は、図のように三点支持二点載荷とした。供試体の要因、中央支点破壊時（降伏時）の荷重、Full moment

redistribution 時の計算による荷重を表-2に示す。ここで、供試体の断面のモーメント-曲率関係は、バイリニア型のモデルとし、降伏後は一定の耐力で近似した。曲率は筆者らの研究によるモデル式[2]から求めた値とした。Na2の供試体について、Full moment redistribution 時までに必要な中央支分部Bの塑性ヒンジとしての必要回転量は0.0383(rad)であるのに対して、

表-2 供試体要因

供試体 NO.	補強筋	拘束筋	中央支点破壊時荷重 (計算値) (kgf)	Full moment redistribution時荷重 (計算値) (kgf)
1	CFRP	なし	3 6 1 0	—
2	CFRP	CFRP	3 6 1 0	4 3 0 0
3	鋼材	なし	1 8 0 0	2 2 0 0

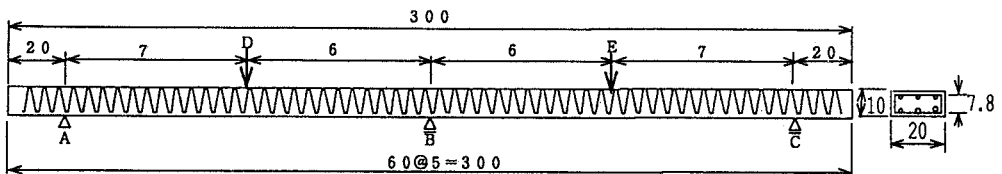


図-1 供試体形状および配筋状況

本供試体断面の塑性ヒンジとしての回転能は0.0448 (rad)となり、Full moment redistribution 時まで中央断面は回転すると考えられる。ここで、回転能には、筆者らが提案したFRPで拘束したコンクリートの応力-ひずみ関係のモデル式を用いて計算しており、さらに、Mattockら[3]による塑性ヒンジ長さを考慮して計算した値である。

3. 実験結果及び考察

載荷点Dでの荷重-たわみ関係を図-2に示す。図から、拘束筋の施していない供試体(Na1)は、最大耐力に達すると同時に破壊したのに対し、拘束筋を施した供試体(Na2)は、最大耐力以降に大きな変形性状を示し、最大のモーメントがかかる中央部の支点付近に塑性ヒンジが形成されたと考えられ、一般の鋼材を用いたはり部材(Na3)と同様の延性的な破壊性状を示している。また、Na2の支点Bの反力と支点Aの反力の比を荷重-反力比の関係として図-3に示す。同時に、図には、はりの剛性が一定であると仮定して求めた弾性解を示している。図から、計算値より幾らか高い値となったが、荷重が4200kgf付近から、その後の荷重の増加分を支点Aで受け持つ割合が大きくなり、中央支点Bで受け持つ割合が小さくなる。このことは、はりの断面剛性が一定でなくなることで、すなわち、中央支点部断面が降伏あるいは低剛性に変化し、その後の増加荷重を分配するモーメントの再分配が生じているといえる。その後、荷重が上がらなくなり、Full moment redistribution の状態に至った。

4. まとめ

本研究より、以下のことが明らかになった。

- 1) FRPで補強した不静定コンクリート構造物においても、部材の曲げ圧縮部をFRPで拘束することによりコンクリートの塑性変形性状に期待して、鋼材を用いた場合と同様にモーメントの再分配を生じさせることが可能であることが明らかになった。
- 2) モーメントの再分配における塑性ヒンジの回転能は、筆者らが提案したFRPで拘束した場合の拘束コンクリートのモデル式を用いて評価できる。

参考文献

- [1] 土木学会：連続繊維補強材のコンクリート構造物への適用、コンクリートライブラリー72号
- [2] 睦好、谷口、喜多、町田：連続繊維補強材を用いたPC部材の曲げ靱性改善に関する研究、土木学会論文報告集、No.460/V-18、pp.103~111、1993.2
- [3] A.H.Mattock, "Redistribution of Design Bending Moments in Reinforced Concrete Continuous Beams, "Proceeding of the Institution of Civil Engineers, vol.13, 1959, pp.35-46.

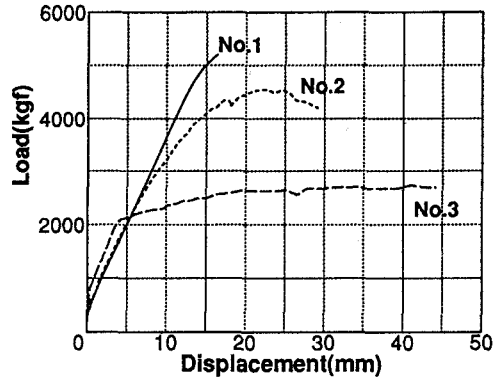


図-2 荷重-たわみ関係（載荷点D）

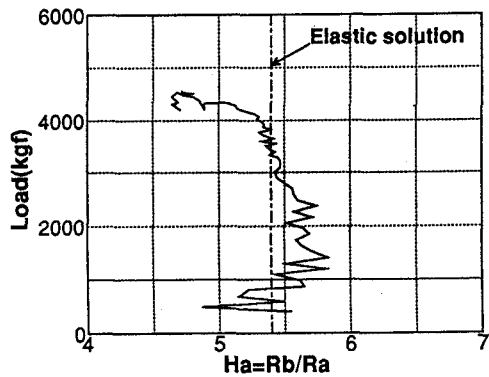


図-3 荷重-反力比関係（支点A、B）