

I - A126

アンボンド PC 鋼棒で補強されたコンクリート充填鋼管連続はりの変形能解析

金沢大学工学部 * 正 前川幸次 日本サミコン 正 上村浩茂
吉田構造工学研究所 正 吉田 博 石川工業高専 中村昭英

1. はじめに

コンクリートを充填した鋼管はりは曲げ耐力と変形能に優れていることはこれまでの多くの研究によって明らかである。著者らは、コンクリートとの間に付着の無いアンボンド PC 鋼棒による補強がコンクリート充填鋼管の高耐力・高靱性化に効果的であることを実験的に確認している。すなわち、コンクリート充填鋼管を落石防護柵の支柱に使用することを目的とした単純はりの曲げ載荷実験¹⁾、および落石覆工屋根部に使用することを目的とした2径間連続はりの曲げ載荷実験²⁾を行ってきた。

一方、アンボンド PC 鋼棒により補強されたコンクリート充填鋼管はりの曲げ耐力と変形能を解析的に精度よく求めるのは、コンクリートのクラックや圧潰、鋼管の局部座屈および PC 鋼棒の破断などの複雑な挙動のために容易ではない。著者らは、アンボンド PC 鋼棒の効果を考慮するための繰返し計算を含む断面分割法と Mohr の定理を用いた弾塑性解析法を種々の断面寸法を有する単純はりに適用し、その曲げ耐力と変形能をおおよそ推定できることがわかった³⁾。ここでは文献 3) の解析手法を連続はりへ拡張し、実験結果との比較について報告する。

2. 解析方法

(1) 解析対象

アンボンド PC 鋼棒で補強されたコンクリート充填鋼管連続はりの実験概略図および試験体タイプをそれぞれ図-1 および表-1 に示す。アンボンド PC 鋼棒は、図のように曲げモーメントが反転する位置の両側 40cm (片側 20cm) 区間でオーバーラップするように定着してある。載荷治具および支点治具は幅 5cm で鋼管と面タッチしている。なお、終局状態(破壊)は載荷点隣接部の局部座屈を生じた断面の引張側での鋼管の破断が主であった。

(2) 断面分割法と Mohr の定理²⁾

本解析法における重要な仮定は次の二つである。

①コンクリートと鋼管は完全に付着していて平面保持が成り立つ、②アンボンド型 PC 鋼棒のひずみは全長にわたって一定で、その鋼棒位置におけるコンクリートのひずみの積分値を鋼棒長さで除したものに等しい。アンボンド PC 鋼棒による補強を行ったコンクリート充填鋼管では、はりの変形に伴ってアンボンド PC 鋼棒に張力が発生する。したがって、図-2 のようにアンボンド PC 鋼棒の定着位置に作用する付加的な軸力

(T_i)とその偏心(d_i)による付加モーメントの影響を考慮する必要があり、これらの付加断面力についての収束計算が必要である。すなわち、仮定された軸力の下でのコンクリート充填鋼管断面のモーメント-曲率関係を断面分割法で求めて Mohr の定理による変形解析に用い、軸力が収束するまで繰返す。さらに、連続はりの非線形解析に Mohr の定理を適用するには不静定反力を確定するための収束計算を必要とするが、これを除けば基本的な考え方とフローチャートは文献 3) の単純はりの場合と同様であるので、それらの詳細については省略する。

(3) 応力-ひずみモデル

図-3 は解析に用いた材料モデルを示している。鋼管と PC 鋼棒については、引張強度に至るまでは材料試験結果に基づいているが、破断強度と破断ひずみはそれぞれ降伏応力度と伸びを仮定する。そして、鋼管の引張側最大ひずみが破断ひずみに達したとき、はりの終局状態とする。コンクリートについては円柱供試体の圧縮強度

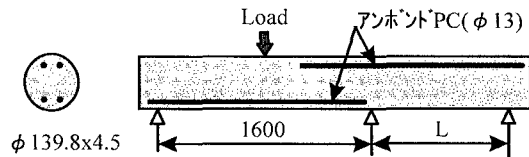


図-1 アンボンド PC 鋼棒で補強したコンクリート充填鋼管連続はり

表-1 試験体の種類

試験体タイプ	側支間長 L(mm)	備考 [名称]
Type-0	0	単純はり [0a,0b]
Type-1	500	連続はり [1a,1b]
Type-2	1000	連続はり [2a,2b]
Type-3	1400	連続はり [3a,3b]

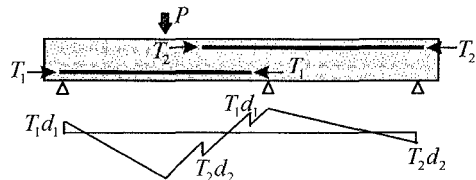


図-2 連続はり(コンクリート+鋼管)の M-図

keywords: コンクリート充填鋼管、連続はり、耐力、変形能解析

* 〒920 金沢市小立野2-40-20 TEL & FAX 076-234-4602

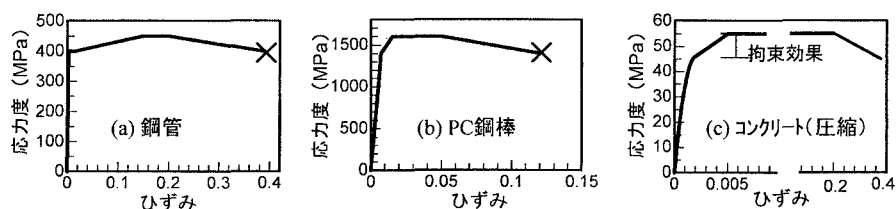


図-3(a)～3(c) 応力－ひずみ関係

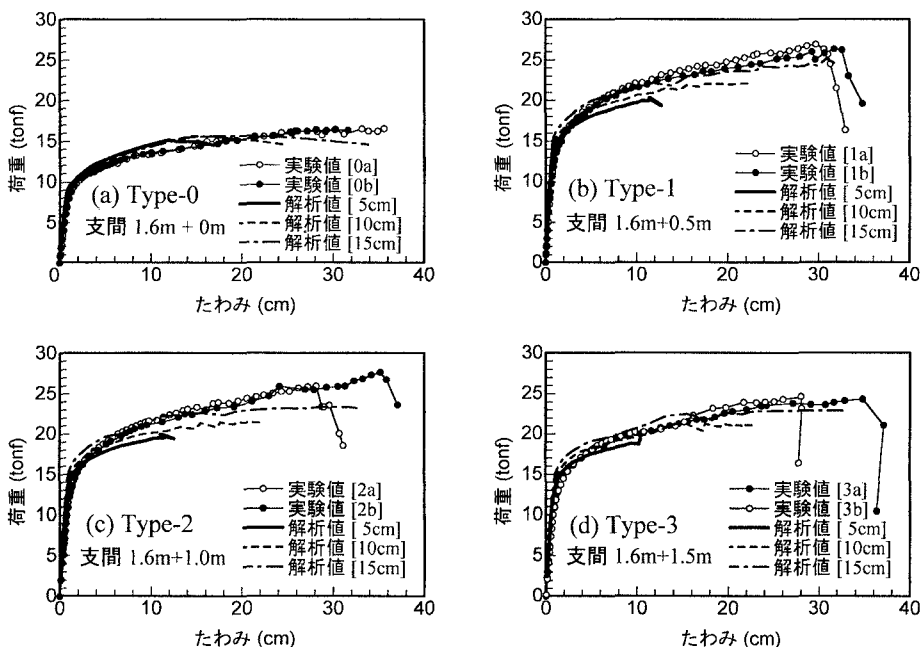


図-4(a)～4(d) 荷重－載荷点たわみ関係

(46MPa)に鋼管による拘束効果³⁾を考慮して 55MPa を保持できるものとし、引張強度は 5MPa を仮定する。コンクリートの限界ひずみはプレーンコンクリートで 0.35%や鋼箱断面柱に充填されたコンクリートで 1.1%を使用している例がある。しかし、コンクリートを充填した円形鋼管はりの曲げ応力のみに基づく本解析法では、1.1%程度の限界ひずみとそれ以後の軟化域を導入すると実験はりの変形を精度よく評価することができないため、図 3-(c)を仮定する。

3. 解析結果

図 4-(a)～4(d)はそれぞれ各試験体タイプごとの荷重－載荷点たわみ関係の実験値と解析値を表している。解析値[5cm]は、試験体の載荷治具および中間支点治具の幅 5cm の領域では曲率が同じであるとした場合であり、どのタイプに対してもアンボンド PC 鋼棒および材料非線形の影響を捉えた解析が可能であることを示している。しかし、解析の終局変位は実験値の 30～40%である。これは、実験では図-5 のように載荷点および中間支点治具の両側に局部座屈が発生し、見掛けの塑性回転角が大きくなるのが原因と考えられる。実験における鋼管の破断が局部座屈断面の引張側で生じたことおよびその局部座屈の領域を考慮して、同じ曲率を仮定する塑性領域を 10cm および 15cm とした解析結果をそれぞれ破線および一点鎖線で示す。解析値[15cm]は実験値と良く合っている。ただし、塑性領域の材料力学的根拠について検討の余地がある。



図-5 局部座屈

参考文献

- 1) 前川幸次・他：コンクリート充填鋼管はりの静的および重錘衝突実験，土木学会論文集 No.513/I-31，1995.
- 2) 上村浩茂・他：コンクリート充填鋼管連続梁の載荷実験，土木学会第 51 回年次講演会，I-A429，1996.
- 3) 前川幸次・他：コンクリート充填鋼管はりの曲げ耐力と変形能解析，鋼構造年次論文報告集，Vol.4，377-384，1996.