

外殻鋼材で拘束された複合部材の曲げ性状に関する実験的研究

フジタ 技術センター 正会員 ○平野 勝識
 フジタ 技術センター 正会員 笹谷 輝勝

フジタ 土木本部 フェロー 山口 泰男
 日本大学 生産工学部 フェロー 高崎 英邦
 フジタ 土木本部 正会員 和氣 輝幸

1. はじめに

近年、既存交通機能を保持し、かつ周辺環境に配慮した非開削による新設交通施設建設技術のニーズが高まっている。そこで、図-1に示すような地下構造物を推進工法により構築するトンネル構築工法（PRE-SHELL 工法）の実用化に向け研究を進めている。本工法は、複数の鋼管エレメントを圧入し、それらを相互に連結してトンネル躯体を構築した後、内部土砂を掘削する工法である。推進工法を使用するため、礫層地盤、高透水・崩壊性地盤で施工可能という利点を有している。構造体は欠円形鋼管エレメントの直交方向に鉄筋を配し、高流動コンクリートを充填した複合構造物である。本報告は、PRE-SHELL 構造部材の曲げ耐力と破壊性状の把握を目的として実施した曲げ実験の結果である。

2. 試験体

試験体形状を図-2に示す。試験体は一般のRC構造、複合構造であるPRE-SHELL構造の2試験体であり、縮尺は想定実構造物の1/3とした。PRE-SHELL構造の鋼管ラップ部の高さは、有効部材高さがRCと共通の400mmとなるよう計画した。外殻鋼管は施工時に座屈を生じない板厚としている。主筋は配筋の省力化を目指し鋼種をSD390とした。せん断補強筋は、RC型には曲げ破壊先行となるよう配置し、複合型は欠円鋼管の鉛直補強鋼板がせん断補強筋の機能を有すると仮定し、支点部以外には配筋していない。

試験体に使用した材料の素材試験結果を表-1に示す。

3. 実験概要

加力はいずれも $a/h = 2.25$ とした2点荷重による正負交番の曲げ実験であり、鋼製エレメント連結部の性状および隔壁の性状を確認できるよう荷重位置を設定した。

加力は、荷重制御でひび割れ発生、弾性域（主筋降伏の80%ひずみ）を正負1回、主筋降伏ひずみを正負3回載荷した後、変位制御で主筋降伏時の部材角の倍数で正負交番載荷を行い、破壊が確認されるまで載荷を行った。

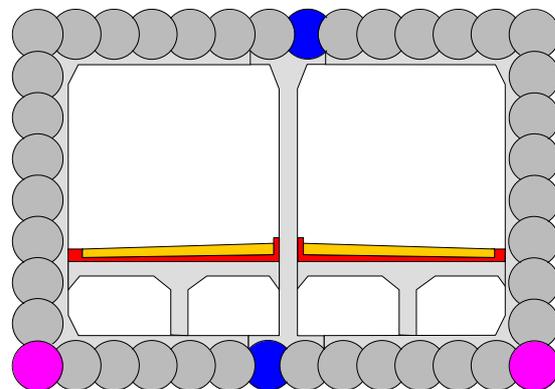


図-1 工法概要

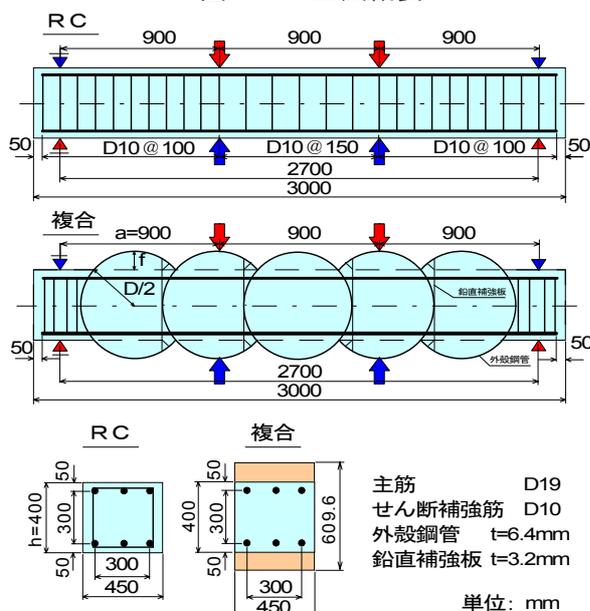


図-2 試験体

表-1 素材試験結果

鉄筋	呼び名	記号	降伏点 (N/mm^2)	引張強度 (N/mm^2)	弾性係数 ($\times 10^5 N/mm^2$)
	D10	SD295	395	562	1.86
D19	SD390	441	638	1.90	
鋼材	種類	板厚 (mm)	降伏点 (N/mm^2)	引張強度 (N/mm^2)	弾性係数 ($\times 10^5 N/mm^2$)
	鉛直補強板	3.2	344	472	2.00
外殻鋼管	6.4	326	472	2.00	
コンクリート	試験体	養生	圧縮強度 (N/mm^2)	割裂強度 (N/mm^2)	弾性係数 ($\times 10^4 N/mm^2$)
	RC	封かん	43.5	3.35	3.08
	複合	封かん	44.3	3.44	3.12

キーワード 複合構造, コンクリート充填鋼管, 曲げ性能, 地下構造物, 非開削工法

連絡先 〒243-0125 神奈川県厚木市小野 2025-1 (株)フジタ 技術センター 土木研究部 TEL046-250-7095

4. 実験結果

曲げモーメントと部材角の関係を図-3に示す。複合試験体は、RC試験体と比較して、降伏までは同等、最大耐力は上回る結果となった。また、変形性能もエネルギー吸収能力の高い紡錘形状の変形曲線となった。これは、特に大変形域においてかぶりコンクリートの剥離と圧壊が拘束されるため、RC試験体より高い構造性能を示したものと考えられる。

負加力時の代表変形角におけるひび割れ幅の推移と加力終了時のひび割れ発生状況を図-4に示す。RC試験体は、31.8kN・mで中央に曲げひび割れが発生し、その後は曲げ区間、せん断区間ともに広い範囲でひび割れが発生した。これに対し、複合試験体は、30.0kN・mでせん断区間の鉛直補強板に付着ひび割れが発生し、以降、曲げひび割れのほとんどは加力点内側の欠円部に発生した。一方、中央の鋼管エレメント内部の損傷は軽微であった。

ひび割れ幅の推移は、RC試験体は曲げ区間に平均的に発生したひび割れが、変形に応じて比例増加するのに対して、複合試験体は部材角 2.0/100rad. 付近から鋼管エレメント接合部で集中的に増加する点の特徴である。

実験結果一覧を表-2に示す。計算値は、材料の非線形性を考慮したファイバーモデルによるRC試験体の解析値である。降伏耐力は、RC、複合いずれの試験体ともRC構造物としての計算結果とよく一致している。最大耐力はRCは一致するものの、複合試験体は、計算値が鋼管の拘束効果を考慮していないため、実験値は1.2~1.3倍の安全側の値となっている。

5. まとめ

本実験により以下のような知見を得た。

- ・初期に全ての鉛直補強板界面にひび割れが発生し、ひび割れはそのほとんどが加力点内側の欠円部に発生する。また、変形量のほとんどは曲げ区間の鋼管エレメント接合部に発生する。
- ・本複合試験体はRC試験体と比べ、鋼管による拘束効果により、かぶりコンクリートの圧壊と剥離が防止され、RC構造を上回る耐力と、変形性能を有する。

参考文献

1)山口泰男ほか：外殻鋼材で拘束された鉄筋コンクリート部材の力学的性状に関する実験的研究 コンクリート工学年次論文集，Vol.23 No.1 2001年 pp691-696
 2)鉄道総合研究所，鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼とコンクリートの複合構造物，1998.7

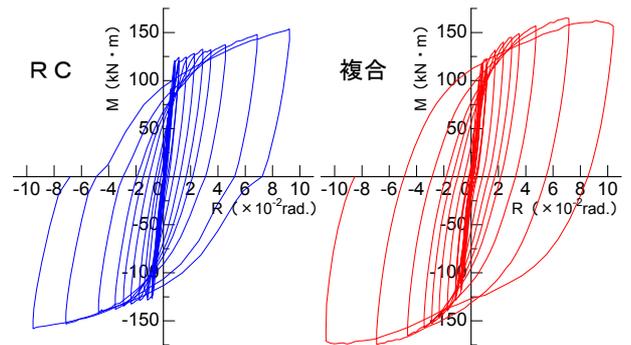


図-3 曲げモーメント～部材角

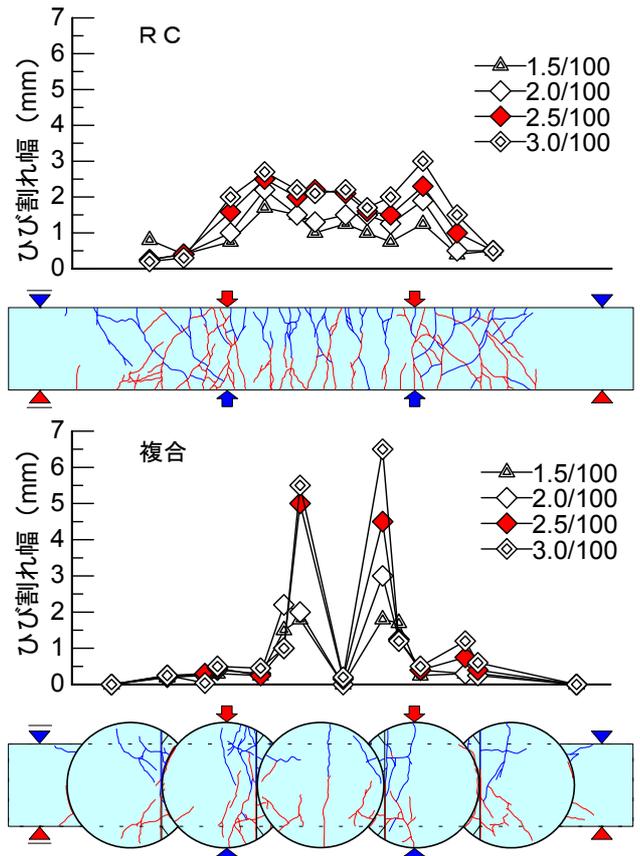


図-4 ひび割れ発生状況

表-2 実験結果一覧

試験体	加力	項目	降伏耐力 M _{sy} (kN・m)	最大耐力 M _{max} (kN・m)
RC	正	実験値	121.8	153.5
		計算値	123.9	133.6
		実/計	0.98	1.15
	負	実験値	126.2	158.1
		計算値	123.9	133.6
		実/計	1.02	1.18
複合	正	実験値	121.8	162.5
		計算値	123.9	133.6
		実/計	0.98	1.22
	負	実験値	119.2	173.8
		計算値	123.9	133.6
		実/計	0.96	1.30