

報告 Report

RC・PC梁の曲げ載荷実験による社会人技術者向け教育活動

原稿受付 2023年10月17日

ものづくり大学紀要 第13号 (2023) 61~64

荒巻卓見*1, 牧剛史*2, 大垣賀津雄*1

*1 ものづくり大学 技能工芸学部 建設学科

*2 埼玉大学 工学部 環境社会デザイン学科

キーワード: コンクリート構造, 曲げひび割れ, 耐荷力, せん断破壊, 社会人教育

1. はじめに

高度経済成長期に多くの橋梁が建設されており, 経年劣化などの影響により老朽化が問題視されている. このことから, 埼玉県, 同県内市町村は橋梁長寿命化修繕計画を策定している. また, 国土交通省中心に埼玉県道路メンテナンス会議が設置され, 道路施設を効率的に維持管理する取組みがなされてきている. しかしながら, 埼玉県内において橋梁を点検, 診断できる技術者が不足しているのが現状である.

このような背景の中, 2018年に埼玉橋梁メンテナンス研究会^{1),2)}が設立された. その構成は, 埼玉大学, ものづくり大学, 国土交通省大宮国道事務所, 埼玉県, さいたま市, 埼玉県建設コンサルタント技術研修協会である. 本研究会の目的の1つとして, 県内自治体職員やコンサルタント若手技術者を対象とする講習会を開催して, 橋梁の点検や診断の技術力向上に努めている.

本稿では, 2022年8月2日, ものづくり大学にて実施した同研究会主催の橋梁メンテナンス技術研修会【令和4年度第2回】コンクリート梁の曲げ載荷実験の活動内容について報告する.

2. 曲げ載荷実験

本研修会のプログラムは表1に示すとおりである. 実験概要説明では, 鉄筋コンクリート梁(以下, RC梁)およびプレストレストコンクリート梁(以下, PC梁)の基本原理と耐荷力について概

説したうえで, 実験内容の説明が行われた. 梁試験体は, 表2に示す4水準で, いずれも梁せい200mm, 梁幅150mm, 部材長1,800mmとした. RC梁(No.1, No.2)およびPC梁(No.3)の鉄筋やPC鋼棒などの配置位置は図1に示すとおりである. PC梁におけるプ

表1 橋梁メンテナンス技術研修会【令和4年度第2回】プログラム

時間	題目	講師
13:00~	開会挨拶	埼玉橋梁メンテナンス研究会代表 埼玉大学 客員教授 睦好 宏史
13:10~	実験概要説明	埼玉大学研究機構 レジリエント社会 研究センター 教授 牧 剛史
14:15~	曲げ載荷実験	ものづくり大学 技能工芸学部 建設学科 教授 大垣 賀津雄
16:00~	実験結果説明 & 質疑応答	ものづくり大学 技能工芸学部 建設学科 助教 荒巻 卓見
16:30~	閉会挨拶	ものづくり大学 学長 國分 泰雄

表 2 梁試験体の諸元

ID	梁の種類	配筋等	コンクリート
No.0	無筋コンクリート梁	無筋	普通 27-12-20 N ^{*4} (普通ポルトランドセメント)
No.1	RC 梁	主鉄筋 (D16 ^{*1})	
No.2		主鉄筋 (D16 ^{*1}) + せん断補強鉄筋 (D6 ^{*2})	
No.3	PC 梁	主鉄筋 (D6 ^{*2}) + せん断補強鉄筋 (D6 ^{*2}) + PC 鋼棒 (丸鋼 $\phi 11$ mm ^{*3})	普通 30-12-20 H ^{*5} (早強ポルトランドセメント)

*1 SD345, 降伏点: 391 N/mm², *2 SD295, 降伏点: 369 N/mm², *3 C 種 1 号 SBPR 1080/1230, 耐力: 1231 N/mm², 引張強さ: 1273 N/mm², *4 現場封かん養生供試体の材齢 28 日の圧縮強度: 35.6 N/mm², *5 現場封かん養生供試体の材齢 28 日の圧縮強度: 45.7 N/mm² (材齢 7 日の圧縮強度: 33.6 N/mm²)

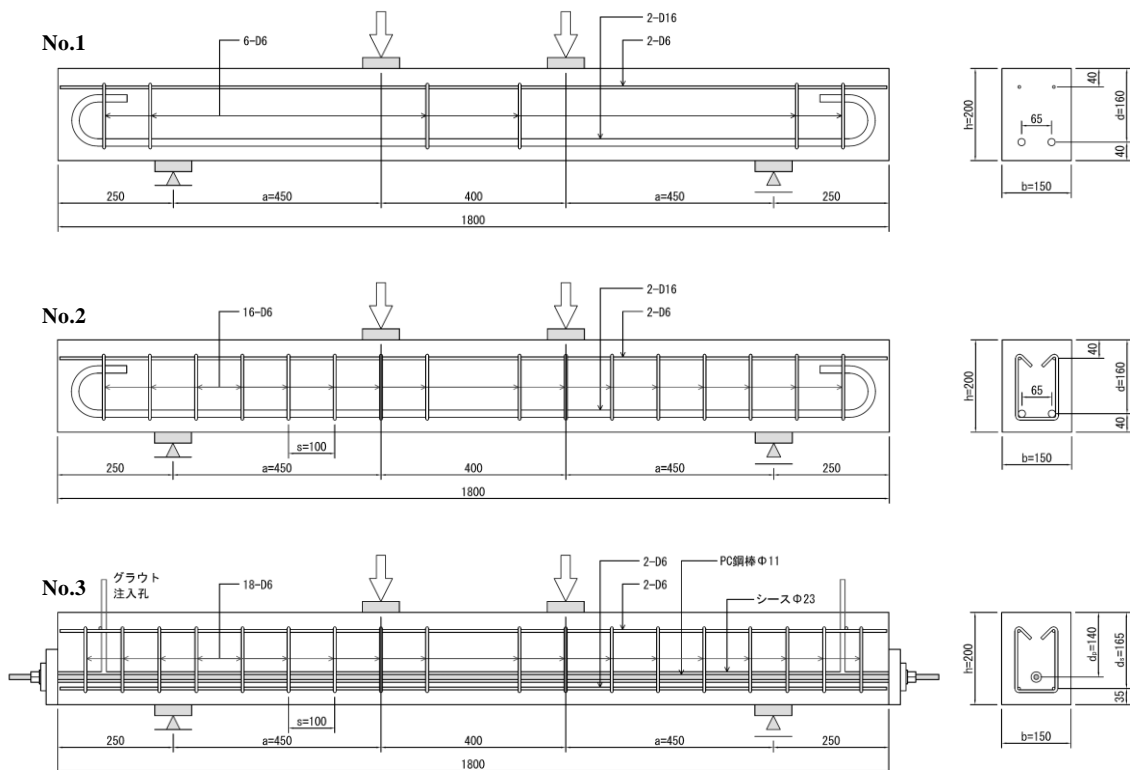


図 1 RC・PC 梁試験体の詳細図

レストレスの導入は、ポストテンション式とし、緊張作業は材齢 21 日とした。PC 鋼棒に導入した軸力は、目標値 105 kN に対して、ロードセルでの測定値が 103.8 kN であった。曲げ載荷試験は、等曲げ区間を設けた静的 4 点曲げ載荷とし、ものづくり大学建設学科ストラクチャ実習室の 3,000 kN 万能試験機で行った。

3. 実験結果

3.1 耐荷力の計算

実験に先立ち、梁の耐荷力を計算し、コンクリート梁の種類ごとに、曲げひび割れ発生荷重、せん断破壊荷重および曲げ破壊荷重を求めた。計算結果は、表 3 に示すとおりである。なお、計算に用いたコンクリートの圧縮強度は、梁試験体と同一環境下で封かん養生を行った供試体 ($\phi 100 \times 200$ mm) の材齢 28 日の圧縮強度から推定した値とした。普通ポ

表3 梁の耐荷力の計算結果一覧

ID	梁の種類	曲げひび割れ発生荷重 (kN)	せん断破壊荷重 (kN)	曲げ破壊荷重 (kN)	破壊形式
No.0	無筋コンクリート梁	12.0	—	—	曲げ破壊
No.1	RC 梁 (主鉄筋)	12.0	76.6 ^{*1}	99.9 ^{*3}	せん断破壊
No.2	RC 梁 (主鉄筋+せん断補強鉄筋)	12.0	141.7 ^{*2}	99.9 ^{*3}	曲げ破壊
No.3	PC 梁	40.8	—	82.5 ^{*3}	曲げ破壊

*1 斜めひび割れ発生荷重, *2 せん断補強鉄筋が受け持つせん断力を考慮した荷重, *3 等価応力ブロック法による終局荷重

ルトランドセメントを用いたコンクリートは 40.0 N/mm^2 , 早強ポルトランドセメント用いたコンクリートは 46.0 N/mm^2 と仮定した。

各梁試験体の終局荷重は、無筋コンクリート梁 (No.0) が曲げモーメントによる曲げひび割れ発生時、主鉄筋のみを配置した RC 梁 (No.1) がせん断力によるせん断破壊荷重到達時、主鉄筋とせん断補強鉄筋を配置した RC 梁 (No.2) および PC 梁 (No.3) が曲げ破壊荷重到達時となる。

3.2 実験結果

梁試験体の荷重-たわみ関係を図2に示す。ここでは、梁中央のたわみ量を測定し、荷重とたわみ量との関係を図示している。

無筋コンクリート梁 (No.0) は、梁下縁に曲げひび割れが発生した時点でコンクリートが引張力に対する抵抗力を失うため、ひび割れ発生と同時に梁が曲げ破壊に至っており、終局時の荷重が 20.2 kN であった。これに対して、RC

梁 (No.1, No.2) は、No.0 と概ね同等の荷重 (約 20 kN) で曲げひび割れが発生しているが、梁下端に配置した主鉄筋が引張力に対する抵抗要素となるため、ひび割れが生じても梁が抵抗力を保持している。曲げひび割れ発生後は、たわみ剛性が低下するとともに、荷

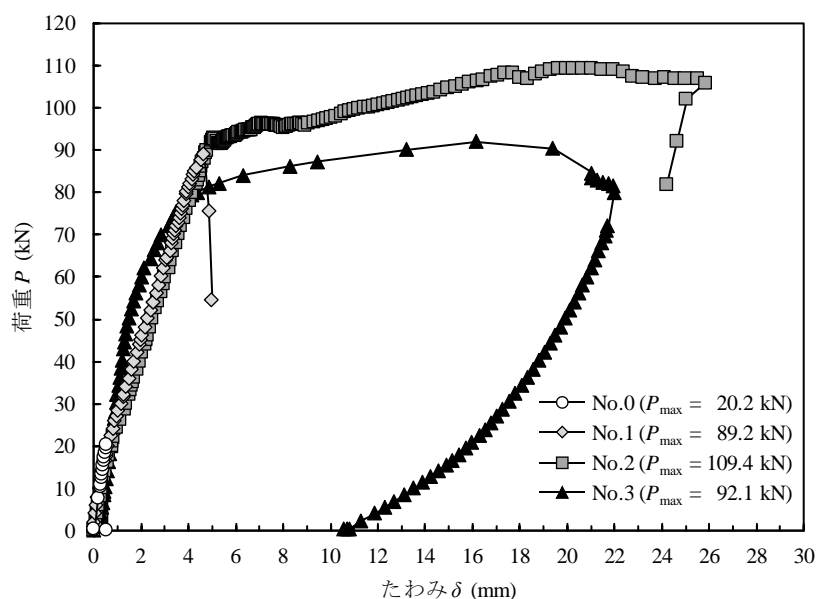


図2 梁試験体の荷重-たわみ関係

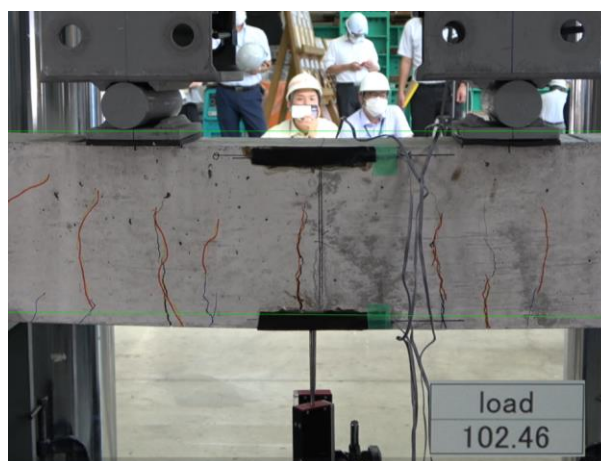


写真1 梁下端の曲げひび割れの進展状態

重の漸増に伴い、梁下端にはひび割れが分散して発生・進展した（写真 1）。主鉄筋のみを配置した No.1 は、せん断スパンのコンクリートに斜めひび割れが発生・進展し、89.2 kN の荷重で脆性的なせん断破壊に至った。No.2 は、せん断補強鉄筋を配置しているため、No.1 の終局荷重に到達しても、せん断スパンのコンクリートがせん断破壊せず、その後も荷重が増加し、引張力に対する抵抗要素である主鉄筋の引張応力度が降伏点に達した点で弾性限界となった。主鉄筋の降伏後は、荷重の微増とともに梁のたわみが増大する塑性域に移行し、荷重は 109.4 kN で最大となり、最終的には梁上縁のコンクリートが圧縮強度に達することで圧壊して終局に至った。No.2 の破壊形式は、主鉄筋が降伏したことで、主鉄筋の変形性能が発揮され、高いエネルギー吸収能力が期待できる靱性的な破壊といえる。

一方で、PC 梁は、梁下端に導入された圧縮のプレストレスにより、載荷初期の曲げモーメントによる引張応力を打ち消すことができるため、曲げひび割れ発生荷重は、RC 梁 (No.1, No.2) よりも大幅に上昇しており、その実験値は約 50 kN であった。その後の挙動は、RC 梁と概ね同様で、曲げひび割れ発生後にたわみ剛性の低下が生じ、主鉄筋が降伏点に達すると梁のたわみが増大し、梁上縁のコンクリートが圧壊して終局に至った。なお、終局状態に達した後に荷重を除くと、PC 鋼棒の圧着効果によりひび割れが閉じた状態まで回復し、残留たわみは 10 mm 程度であった。

4. まとめ

本稿では、埼玉橋梁メンテナンス研究会主催の橋梁メンテナンス技術研修会【令和 4 年度第 2 回】コンクリート梁の曲げ載荷実験の活動内容について報告した。本研修会では、RC 梁における補強鉄筋の配置位置とその補強効果に加えて、RC 梁と PC 梁の構造的な特徴や利点を主に実験を通して確認いただいた。また、梁の壊れ方を実際に観察いただくことで、脆性的なせん断破壊を生じさせずに、主鉄筋の降伏による変形性能を発揮させ、靱性に富んだ破壊形式とすることが重要であることを体感いただいた。

なお、当日は約 50 名の市町村職員やコンサルタントの技術者の方々に参加いただき、興味深い実験を見ることができたと好評であった。近年、このような載荷実験を実施することは稀であり、貴重な機会を設定することができたといえる。今後も、地域貢献活動の一環として、類似の技術研修会などを行う予定である。

謝 辞

本研修会の開催に際して、埼玉橋梁メンテナンス研究会（代表 埼玉大学客員教授 睦好宏史）の関係各位にお世話になりました。深く感謝致します。

文 献

- 1) 埼玉橋梁メンテナンス研究会：活動報告書 2018～2020, 2021
- 2) 大垣賀津雄, 澤本武博, 荒巻卓見, PHAM NGOC VINH, 渡邊達也：橋梁メンテナンス研修設備と体制構築, ものづくり大学紀要, 第 11 号(2021), pp.61-67, 2022