

令和 2 年 6 月 9 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03296

研究課題名(和文)プレキャストコンクリート部材継目部の一体性評価に関する実験的研究

研究課題名(英文) Experimental study on the integrity evaluation of the joint in precast concrete members

研究代表者

二羽 淳一郎 (Niwa, Junichiro)

東京工業大学・環境・社会理工学院・教授

研究者番号：60164638

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,200,000円

研究成果の概要(和文)：プレキャスト技術は省力化、工期短縮、作業平準化といった観点からのみ着目され、その本来の価値が十分に認識されていなかった。しかしながら、品質管理されたプレキャスト部材は耐久性的であり、しかも継目部に機械式継手等を使用することで、これを一体化でき、場所打ちのコンクリートに比較して、格段に優れた耐久性能を付与することができる。本研究では、プレキャスト技術を取り巻く、構造的な諸問題の中でも特に継目部での一体化の問題に着目し、プレキャスト技術の導入促進に向けた基礎的な研究を展開した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

研究代表者はこれまでにプレキャスト部材接合のために使用されるモルタル充填式機械式継手を用いて、RCはり部材を製作し、その曲げおよびせん断挙動の予備検討を行ってきた。本研究では、比較的大型のプレキャスト化されたRCはり試験体を作成し、その単調載荷の実験から、スリーブの影響、集約配筋の影響を明らかにした。続いて、継目部に局所的にプレストレスを導入した比較的大型のプレキャスト化されたRCはり試験体の実験を行い、継目部への局所的なプレストレスの効果を確認した。

研究成果の概要(英文)： The actual value of precast concrete was not fully understood, because the attention was paid only for labor saving, shortening of construction works, and the work equalization. However, the quality of precast concrete is very durable and the joint of precast concrete can be unified by using mechanical joints. Therefore, superior durability can be given to the precast concrete than cast-in-place concrete. In this research, the structural problem of the unification in the joint region of precast concrete was considered, and the fundamental research to promote the precast concrete was carried out.

研究分野：コンクリート構造

キーワード：プレキャストコンクリート 機械式継手 スリーブ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

わが国の建設業における喫緊の課題は生産性の向上である。コンクリート分野では、生産性の向上に関連してプレキャスト技術の導入が注目されているが、従来、プレキャスト技術は省力化、工期短縮、作業平準化といった観点からのみ着目され、その本来の価値が十分に認識されていなかった。しかしながら、品質管理された工場等で製作されたプレキャスト部材は耐久であり、しかも継目部に機械式継手等を使用することで、これを一体化でき、場所打ちのコンクリートと比較して、格段に優れた耐久性能を付与することができると思われる。本研究では、プレキャスト技術を取り巻く、構造的な諸問題の中でも特に継目部での一体化の問題に着目し、プレキャスト技術の導入促進に向けた基礎的な研究を展開するものである。

2. 研究の目的

国土交通省は2016年より、建設業における生産性向上を主唱しているが、コンクリート分野ではこれに関連してプレキャスト技術の導入が注目されている。プレキャスト技術は従来から、省力化、工期短縮、作業平準化といった観点で生産性の向上に資すると考えられているためである。しかしながら、プレキャスト部材の生産工程を考えたとき、それだけではもの足りない面がある。

1946年にフランスのマルヌ川に架設されたLuzancy橋やその後1947年から1951年にかけてマルヌ川に架設されたいわゆるマルヌ5橋は、全てフレシネーにより設計監理されたものであるが、これらはすべてプレキャストセグメントをプレストレスにより一体化したものである。品質管理された工場で作成されたプレキャストコンクリート部材を架設現場に運搬し、プレストレスにより一体化することにより、架設から70年以上を経た現在でも、これら諸橋には耐久性上の問題は全く生じておらず、何ら問題なく現在でも道路橋として供用されている。このような現実を考えたとき、生産性向上の観点からのみでなく、プレキャスト技術の展開をさらに推し進め、品質が良く、高耐久なコンクリート構造物の普及促進を図っていくことは、社会インフラ施設の長寿命化にも資する有用な方策であると考えられる。

一方、プレキャスト技術に対して従来から指摘されている批判は、継目部における一体性の確保が十分になされているかという問題である。フレシネーのように、プレストレス(PC)と組み合わせて使用すれば、一体性の問題は回避できるものと考えられるが、プレストレスが与えられていない鉄筋コンクリート(RC)として使用する場合は、継目部での一体性に問題が生じるおそれがある。つまり、継目部では鉄筋が切断されており、これをどう繋ぎ合わせるかという問題が生じてくるのである。この問題は従来から、プレキャストコンクリートにとって重要な課題となっているが、RCとしての最も現実的な対応は、継目部に機械式継手を使用し、プレキャスト部材に配置された鉄筋同士を繋ぐという方法である。

研究代表者はこれまでにプレキャスト部材接合のために使用されるモルタル充填式機械式継手を用いて、RCはり部材を製作し、その曲げおよびせん断挙動の予備検討を行ってきた。モルタル充填式機械式継手(以下、スリーブと略記)はダクタイル鑄鉄製のさや管を一方のプレキャスト部材中に埋め込み、その中に鉄筋を配置し、他方のプレキャスト部材から突出させた鉄筋をこの中に挿入し、プレキャスト部材同士を接合した後に、さや管内の間隙をモルタルで充填して、両方の鉄筋同士を一体化するものである。鉄筋の配置誤差を吸収できるように、さや管は鉄筋に比べて太径となっているが、これを巡って、いくつかの問題が懸念されている。具体的には、鉄筋とスリーブの軸方向剛性が大きく相違することによる応力集中、さや管自身のかぶり不足、さらにはさや管の周囲に配置されるせん断補強鉄筋のかぶり不足である。なお、鉄筋の接合に関しては、モルタル硬化後に鉄筋の十分な母材強度が確保できることが確認されている。さらに予備検討によれば、スリーブが配置されたRCはり部材の曲げ耐力、せん断耐力は、通常の連続鉄筋が配置された場合と比較して、ほとんど変化しないことを確認している。

せん断補強鉄筋のかぶり不足に対処するため、せん断補強鉄筋をスリーブ部分に配置せず、スリーブの端部までずらして、他のせん断補強鉄筋とまとめて配置するという対応策(集約配筋)が提案されている。実験から得られるせん断耐力は通常の均等配筋の場合と遜色なかったものの、その破壊形態はかなり脆性的であった。これはウェブコンクリート内の斜め圧縮力や、せん断補強鉄筋の引張力が偏在することに起因するものと考えられる。このことを含め、スリーブと鉄筋の軸方向剛性の相違による応力集中の問題は、スリーブ使用時にもっとも懸念される点である。そこで、まず比較的大型のプレキャスト化されたRCはり試験体を作成し、その単調載荷の実験から、スリーブの影響、集約配筋の影響を明らかにする。続いて、継目部に局所的にプレストレスを導入した比較的大型のプレキャスト化されたRCはり試験体の実験を行い、継目部への局所的なプレストレスの効果を確認する。以上を取りまとめ、プレキャストコンクリート部材継目部の一体化に関する提言を行う。

3. 研究の方法

2017年度は、プレキャスト部材を一体化する際に、施工が容易で、強度や剛性も十分に期待できるモルタル充填式機械式継手(以下、スリーブと略記)を用いた系統的な実験を行

う。すなわち、(a)スリーブと鉄筋単体の軸方向剛性の相違に起因する応力集中が、曲げ耐力機構に及ぼす影響、(b)かぶり確保のために、スリーブ部を取り囲むせん断補強鉄筋を、スリーブ部を避け、スリーブ端部の鉄筋母材部に集約して配置した集約配筋法がせん断耐力機構に及ぼす影響、について実験的に検討する。

2018年度は2017年度の結果を受けて、プレキャスト継目部にひび割れが過早に発生することや、継目部自体が開くことを抑制することを目指す。そのため、継目部に特殊なプレテンションPC鋼材を配置しておき、継目部に局所的にプレストレスを与えることで、継目部の開きを抑え、耐久性の面からも、プレキャスト構造を有利なものとする事ができる可能性を検討する。

最終の2019年度は、局所的にプレストレスを与えた継目部が、支間中央ではなくて、せん断スパンに存在するような、より一般的な状況を想定して研究を進め、最終的に、プレキャスト継目部の一体性評価に結びつけることとする。

4. 研究成果

2017年度における検討の結果、スリーブにより、曲げ耐力、せん断耐力が低下することではなく、一体的に作製された鉄筋コンクリートはりとスリーブにより作製されたプレキャストコンクリートはりの間には、耐力の低下は認められなかった。しかし、プレキャスト継目部には曲げあるいはせん断応力の作用により、継目部に開きが生じることも明らかとなった。そこで、2018年度は、継目部に局所的なプレストレスを与えることにより、継目部の開きを抑え、耐久性の面からも、プレキャスト構造を有利なものとする事ができる可能性を明らかにすることにした。

2018年度の検討の結果、継目部に局所的に付与したプレストレスにより、継目部の曲げ挙動が改善され、過早なひび割れの発生や、継目部自体の開きを抑制できることを確認した。最終年度である2019年度は、プレキャスト部材継目部に導入する局所的なプレストレスによる継目部でのひび割れ挙動の改善に重点をおき、2018年度に行ったような支間中央部に継目部を有するプレキャスト構造だけでなく、継目部がせん断スパンに存在するような、より一般的な状況を想定して、そこでの局所的なプレストレスの効果に集中して研究を進めることとした。その結果、以下のような成果を得た。

(1) 導入されたプレストレスは、一体化されたプレキャストはりの降伏荷重ならびに曲げ耐力の増加には、ほとんど影響しない。一方で、一体化されたプレキャストはり部材のたわみの減少や、変形能力の増加には大きく寄与する。さらに、プレキャスト部材継目部の開口や、曲げひび割れ発生の抑制にも大きく寄与する。

(2) 一体化されたプレキャストはりの曲げ破壊は、プレストレスが与えられた継目部の外側で発生する。また、プレストレス導入のためにプレキャスト部材に設けられた開口部の存在と、一体化されたプレキャストはりの破壊には、関連がないことが実験的に示された。

(3) 継目部にプレストレスが導入されていない場合、プレキャスト部材に生じる斜めひび割れは通常のRC部材とは形状が異なり、その結果、せん断耐力も低下する傾向にある。しかし、継目部にプレストレスを導入した場合は、斜めひび割れの形状も通常のRC部材と同様となり、結果的にせん断耐力の低下も認められない。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Zheming HUANG, Kazumasa OKUBO, Junichiro NIWA	4. 巻 41
2. 論文標題 Effects of Prestressing Method on Flexural Performance of PCa Beams	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 535-540
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 小林研太、大窪一正、松本智夫、二羽淳一郎	4. 巻 41
2. 論文標題 モルタル充てん継手を有するプレキャストRCはりの曲げ破壊挙動に及ぼす目地の影響	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 559-564
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Cherng-Yow HUANG, Yoshinori TAKAMATSU, Kazumasa OKUBO, Junichiro NIWA	4. 巻 41
2. 論文標題 Flexural Performance of PCa Beams with Various Connections under Reversed Cyclic Loading	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 649-654
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 森 敬倫、中村拓郎、松本智夫、二羽淳一郎	4. 巻 Vol.40, No.2
2. 論文標題 モルタル充てん継手が接合目地を有するRCはりのせん断性状に及ぼす影響	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 517 - 522
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 柳田龍平、中村拓郎、河野克哉、二羽淳一郎	4. 巻 Vol.29, No.1
2. 論文標題 繊維補強した無孔性コンクリートを用いた外ケーブル方式セグメントはりの耐荷性能	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 コンクリート工学論文集	6. 最初と最後の頁 41 - 54
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.3151/crt.29.41	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 森 敬倫、中村拓郎、松本智夫、二羽淳一郎	4. 巻 Vol.39, No.2
2. 論文標題 接合目地とモルタル充てん継手を有するRCはりのせん断性状	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 469-474
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 H. Wang, T. Nakamura, Y. Takamatsu, J. Niwa	4. 巻 Vol.39, No.2
2. 論文標題 Flexural Performance of RC Beams with Interface and Various Connections	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 421-426
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件(うち招待講演 0件/うち国際学会 1件)

1. 発表者名 T. Shuo, T. Patipong, T. Nakamura, T. Matsumoto, J. Niwa
2. 発表標題 Flexural Behavior of Beams with Connection using Mortar Grouted Sleeves
3. 学会等名 The 15th East Asia - Pacific Conference on Structural Engineering & Construction (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	中村 拓郎 (Nakamura Takuro) (20588850)	東京工業大学・環境・社会理工学院・助教 (12608)	