

令和 6 年 4 月 18 日現在

機関番号：51601

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K04654

研究課題名（和文）吸水調整剤を用いた打継部の新しい耐久性能の改善

研究課題名（英文）Improving the Durability Performance of Concrete Joints Using Water Absorption Agent

研究代表者

緑川 猛彦（MIDORIKAWA, Takehiko）

福島工業高等専門学校・都市システム工学科・教授

研究者番号：50249744

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：コンクリート工では部材のプレキャスト化により工事の合理化を図ることが求められているが、プレキャスト製品では部材間の接合部が構造上・耐久性状の弱点となる。これまで打設部では力学的挙動と耐久的挙動が異なっているものと認識しており、力学的に十分な強度を有していても接合部に水分が容易に浸入してしまい、耐久的に問題のあるケースがあることが明らかになっている。水分の浸入は構造物の耐久性に大きな影響を及ぼすことから、本研究では、耐久的な観点から吸水調整剤の効果的な利用法を検討することとしている。特に、力学的条件と耐久的条件を個別に取り扱い、両者を満足する方策としての吸水調整剤の役割について検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

打継部は構造物の強度、耐久性および外観等の性能に大きな影響を及ぼすことは認識されているものの、継目処理の施工標準は主に付着強度の観点から決められている。しかし、施工標準に準じた継目処理のみでは、接合部の付着強度は満足するものの漏水までは防止することはできないケースがある。このため接合部の力学的強度と耐久性の観点を同一に取り扱うことなく、それぞれ異なる視点から検討するとともに、コンクリート構造物のプレキャスト化と長寿命化の両者を満足するために吸水調整剤を適用する観点から学術的意義が大きい。

研究成果の概要（英文）：In concrete construction, it is required to rationalise the construction work by precasting members, but the joints between members of precast products are weak points in terms of structure and durability. Previous research by the applicants has shown that the mechanical and durability behaviour of cast-in-place parts are different, and that there are cases where moisture can easily penetrate the joints and cause durability problems, even if the structure is mechanically strong enough. As water ingress has a significant impact on the durability of structures, this study aims to investigate the effective use of water absorption modifiers from a durability point of view. In particular, the mechanical and durability conditions are treated separately and the role of water absorption regulators as a measure to satisfy both is investigated.

研究分野：コンクリート工学

キーワード：プレキャストコンクリート 打継面 吸水調整剤 目荒し 曲げ強度試験 直接せん断試験 割裂引張試験

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

### 1. 研究開始当初の背景

日本では少子高齢化を迎え、2030年までの10年間に毎年約1%の生産年齢人口の減少が見込まれている。現在建設分野においては、55歳以上の労働者による現場の支えによって成り立っているが、今後10年間でこれらの労働者の大部分の離職が予想され、労働力の大幅減少に対応した生産性向上のため、国土交通省主導でi-Constructionが進められている。

土木構造物の代表的な工種であるコンクリート工においては、構造物の設計、発注、材料の調達、加工、組立等の生産工程や維持管理を含めたプロセス全体の最適化を目指すこと、及び部材規格(サイズ等)の標準化を行うことにより、プレキャスト製品やユニット鉄筋等の工場製品化を進め、資機材の転用等によるコスト削減や生産性向上が図られている。国土交通省では平成28年にコンクリート生産性向上検討協議会が組織され、平成30年6月には「コンクリート橋のプレキャスト化ガイドライン」が纏められたところである。

プレキャスト部材は工場製品であり、工場部材を生産したのち現場まで搬入し、それぞれの部材を組み立てて一つの完成品を造る。そのためプレキャスト製品を扱う場合には、製品間の継手の存在は不可避である。一般に構造物の打継部は構造上または耐久性状の弱点となりやすく、特に屋外に建設される土木構造物においては、打継部への漏水の浸入を防止することが耐久性確保の上で重要である。

### 2. 研究の目的

これまでの様々な研究から、打継部の力学的挙動と耐久の挙動が異なっていることが示されている。これまでは力学的な条件を満足する打継部であれば耐久性も満足するものと考えられていた。しかしながら、力学的条件を満足した打継部であっても漏水の認められる構造物が比較的多数確認されることから、この二つの条件を個別に取り扱う必要性が示唆された。そこで本研究では、コンクリートの打継部において力学的条件と耐久的条件の両者を満足することを目的とし、打継部界面の状態という観点から吸水調整剤を一つの鍵として、この問題に取り組むこととした。

### 3. 研究の方法

コンクリート打継部の漏水は、接着力の低下が原因であると考えられる。接着力は先行打設コンクリートに後行打設コンクリートの水分が吸収されることで発生するドライアウト現象により決定されると推察されることから、ドライアウト現象を防止する手法の一つとしての吸水調整剤の役割を明らかにする。これまでの研究では、粗骨材の露出面積の大小により吸水調整剤の効果が変化することが明らかになっている。このメカニズムを深化させるとともに、吸水調整剤を塗布する面の状態と漏水との関係を明らかにする。また、打継部の付着強度は粗面仕上げによる接触面積の増大によるものとされているが、接触面積は打設部の凹凸形状により定まることから、凹凸の度合いと付着強度との関係、特に凹凸の噛み合わせによるダウエル効果の影響を明らかにし、付着強度と接着強度の物理的意味を明らかにすることを試みた。

### 4. 研究成果

#### (1) 打継面の様相および吸水調整剤の塗布が付着性状に及ぼす影響

コンクリート工事の合理化・省力化を目的として、部材の標準化やプレキャスト化が図られている。プレキャストコンクリートでは接合部が弱点になりやすいが、本研究ではプレキャストコンクリート接合部における打継面処理の軽減化を目的として、化粧型枠を用いて成型した打継面に目荒しを施したケースや吸水調整剤を塗布したケースについて、断面の様相や目荒し量の定量的評価、接合部のひずみ測定および曲げ強度試験を実施した。その結果、本研究範囲内で以下の知見を得た。

(a) 凹凸係数は断面の模様深さにほぼ比例して増加した。また、目荒しが凹凸係数に与える影響は、断面の模様深さが凹凸係数に与える影響に比較してそれほど小さくなく、今回の実験では約2割程度であった。(b) 吸水調整剤を塗布した供試体では、先行打設コンクリートと後行打設コンクリート間の水分の移動が制限されるため、模様深さに関わらずほぼ一様の収縮ひずみとなった可能性がある。一方、目荒しを施した供試体では模様深さが深くなるほど断面面積が増加することから、後行打設コンクリートから先行打設コンクリートへ移動した水分の総量が増加し、それに伴い収縮ひずみが増加したものと推察される。(c) 曲げ強度試験では、凹凸係数が小さい場合には、スパンと高さから導かれる曲率に対して凸凹による噛み合わせが無視でき、純粋な引

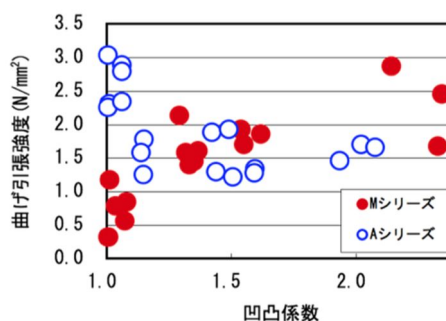


図-9 凹凸係数と曲げ引張強度との関係

張試験と同等な結果が得られるが、凹凸係数が 1.5 以上に大きくなる場合には、曲率に対する表面の凸凹の比率が大きくなり、噛み合わせの効果やほぞ作用の効果が卓越することから引張試験とは異なる結果となる可能性がある。(d)曲げ引張強度では、凹凸係数が小さい範囲において吸水調整剤の塗布によって付着強さが高くなることが認められたが、凹凸係数が大きな範囲においては吸水調整剤の有無による違いが表れにくく、その効果を評価できなかった。(e)新旧コンクリートの打継部への水の浸入は、特に打設上面や断面縁部で多かったが、吸水調整剤を塗布した供試体では浸入量が少なかった。

#### (2)吸水調整剤の塗布が打継ぎ部の曲げ引張強度に及ぼす影響

プレキャストコンクリートでは接合部が弱点となりやすいため、それを回避するために入念な施工が求められる。本研究ではプレキャストコンクリート接合部における打継面処理の軽減化を目的とし、目荒し深さを変化させたケースや打継面に吸水調整剤を塗布したケースについて、せん断試験、割裂引張試験および曲げ強度試験を実施した。その結果、本研究範囲内で以下の知見を得た。

(a)凹凸係数とモルタル部の面積率によってコンクリート打継部の目荒し状態を定量的に表現することが出来た。(b)吸水調整剤の塗布は、打継部のせん断強度より引張強度に影響を及ぼす。その効果は特に目荒しを行わずモルタル部が多い断面について大きい。(c)曲げ引張強度に及ぼすせん断強度と引張強度の程度は、目荒しが少ない場合には引張強度の影響が大きく、目荒しが大きい場合にはせん断強度の影響が大きい。吸水調整剤は目荒しが少ない場合の引張強度を増加させ曲げ引張強度を改善する効果がある。

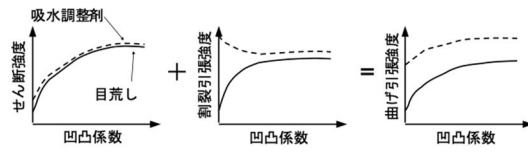
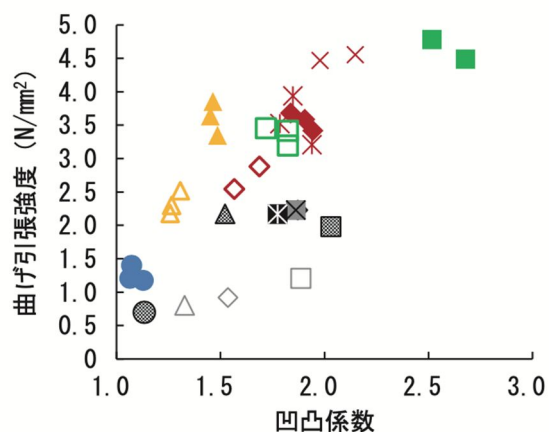


図-13 せん断強度および割裂引張強度による曲げ引張強度の推定

#### (3)吸水調整剤の塗布条件の違いが鉛直打継ぎ面の付着性状に及ぼす影響

プレキャストコンクリート工法において更なる省力化を進めるために、プレキャスト部材間の接続部の耐久性を確保しつつ施工性を向上させる必要がある。プレキャストコンクリートの打継面となる断面は高圧洗浄機などによる洗出し処理で粗面とすることで接合面の付着強度を確保していることが多い。また、新しいコンクリートを打ち継ぐ際の事前処理としては、打継面にセメントペーストやモルタルを塗布することが推奨されているが、一日当たりの施工数量が増大してきたことに加えて、配筋も複雑で過密になっているなどの理由から、ほとんど実施されていないのが実情である。代替え方法として、後打ちコンクリートのドライアウトを防止するために打継面の水湿しや吸水調整剤の塗布が行われているが、可能な限り容易な打継面処理方法で所定の性能を有することが望ましい。これまでに洗出し深さや打継面の事前処理方法について変化させることで、処理方法と打継面の付着性状の確認を行っている。打継面を有する角柱供試体の曲げ試験では、吸水調整剤の塗布条件が付着特性に影響を与える可能性が示唆された。そこで、本検討では吸水調整剤の塗布条件を変更し、再度、異なる打継面の処理、洗出し深さ、打継面の状態を有する角柱供試体の曲げ耐荷特性を直接比較することで、打継面の処理方法と付着性状の関係について検証した。

本試験の結果、転写型枠を用いて凹凸をつけ、打継面に吸水調整剤を塗布することで、洗出し処理と同等の曲げ引張強度を得ることができることが明らかになった。



#### (4)鉛直打継面の曲げ引張強度の向上に関する基礎研究

プレキャストコンクリート工法は、工期の短縮、人手不足対策の観点から、今後も需要は増加することが考えられる。プレキャストコンクリートを現場にて架設後は部材間を接合することが必須でありこの打継目は耐荷性や耐久性を確保できる打継目を形成しなくてはならない。これまでの研究では、間詰めコンクリートの打込み前にプレキャストコンクリートの打継面に塗布する吸水調整剤の有効性や打継面の状態の変化による打継面の接着強度の差異を検証してきた。しかしながら、打継面の接着強度を向上させる要因が打継面の面積なのか、打継面の深さなのかは明確ではない。本試験では、後打ち部との接触面積が同等となる複数の面木を用いて打継面を形成し、接着強度に与える影響を検証した。その結果、本検討で得られた知見を以下に示す。

(a)吸水調整剤を使用することで、先行部と後打ち部の付着強度は向上し、より大きい荷重レベルまで一体となって挙動すると考えられる。(b)洗出しを行わない場合でも、洗出しを行った場合と同程度の凹凸係数を有していれば、洗出しを行った場合と同等の曲げ引張強度を確保できる。さらに、面木の配置を比較すると、打継面深さを大きくすることで、曲げ引張強度は大きくなることが確認できた。(c)曲げ試験時の最下縁に着目したとき、微小厚の範囲で見た場合の縦の付着面積は横の1.4倍大きくなることで曲げ引張強度が大きくなる可能性がある。(d)吸水調整剤塗布の有無が打継面の透水深さに与える影響は小さかった。

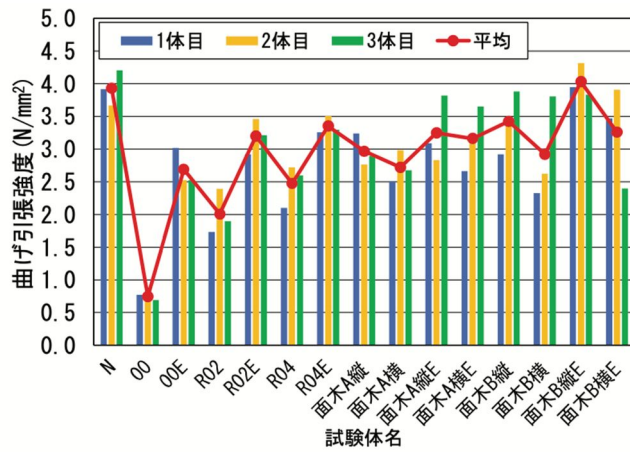


図-9 曲げ試験結果



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 吉次 優祐, 緑川 猛彦, 正木 守	4. 巻 -
2. 論文標題 鉛直打継面の曲げ引張強度の向上に関する基礎研究	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 第31回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム	6. 最初と最後の頁 -
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 吉次優祐, 杉江匡紀, 緑川猛彦, 高橋康太郎	4. 巻 -
2. 論文標題 吸水調整剤の塗布条件の違いが鉛直打継面の付着性状に及ぼす影響	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 第30回プレストレストの発展に関するシンポジウム	6. 最初と最後の頁 -
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 高橋康太郎, 緑川猛彦, 吉次優祐, 正木守	4. 巻 43
2. 論文標題 吸水調整剤の塗布が打継ぎ部の曲げ引張強度に及ぼす影響	5. 発行年 2021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 -
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 吉次優祐, 緑川猛彦, 高橋康太郎, 杉江匡紀	4. 巻 29
2. 論文標題 種々の鉛直打継面の状態が付着性状に及ぼす影響	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 プレストレストコンクリート の発展に関するシンポジウム	6. 最初と最後の頁 -
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 緑川猛彦, 徳光卓, 杉江匡紀, 吉次優祐	4. 巻 42
2. 論文標題 打継ぎ面の様相および吸水調整剤の塗布が付着性状に及ぼす影響	5. 発行年 2020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 505-510
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3件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 渡邊優也, 高木涼子, 吉次優祐, 緑川猛彦
2. 発表標題 二値化画像の解析によるコンクリート打継部の定量化
3. 学会等名 土木学会令和2年度東北支部技術研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高木涼子, 鈴木香南, 杉江匡紀, 緑川猛彦
2. 発表標題 コンクリート打継面の断面性状が曲げ引張強度に及ぼす影響
3. 学会等名 土木学会令和2年度東北支部技術研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤 遥, 佐藤朋也, 吉次優祐, 緑川猛彦
2. 発表標題 コンクリート打継部の表面性状がせん断強度に及ぼす影響
3. 学会等名 土木学会令和2年度東北支部技術研究発表会
4. 発表年 2021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
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------