

ステンレス製定着具を用いたポストテンション PC 部材の開発

コンクリート研究室 小松 侑矢
指導教員 下村 匠

1. はじめに

過去に建設されたポストテンション方式プレストレストコンクリート（以下：ポストテンション PC）橋において、PC グラウトの未充填や塩害などを起因とする劣化や損傷が報告されている。近年、グラウト技術の改良やエポキシ被覆 PC 鋼材の開発、上縁定着の廃止、ポリエチレンシースの開発などにより PC 構造物の防食性は向上しているが、PC 鋼材や定着具の腐食・破断の懸念は完全には払拭されていない。そこで、ステンレス鋼を用いることでポストテンション PC 構造のすべてを非腐食もしくは腐食の恐れが少ない部材とし、鋼材腐食による PC 構造の性能低下がない高耐久な構造が実現可能であると考えた。現在ポストテンション PC に用いる材料のうち、PC 鋼より線および鉄筋に関してはステンレス鋼製の製品があるが、定着具に関してはステンレス鋼やその他腐食に強いものはない。そこで本研究では、新たにステンレス鋼製の定着具を開発し、それを用いて鋼材のすべてをステンレス鋼としたポストテンション PC 部材の試作と曲げ荷重試験を行った。また鋼材のすべてをステンレス鋼としたポストテンション PC 部材は全く新しい構造なので実構造物に用いる際の設計施工指針が必要となる。そこではりの試作や曲げ荷重試験結果からそれを提案した。

2. ステンレス鋼製定着具の開発

2.1 定着具開発の課題と検討項目

定着具開発の課題は以下の通りである。

- ① 潤滑剤種の選定
ウェッジとアンカーヘッドの間に塗布する潤滑剤の潤滑性能により定着挙動が異なるため、適切な種類を選定すること。
- ② ウェッジの表面硬度を PC 鋼より線よりも高める
定着時にウェッジが PC 鋼より線に噛みこんで定着するためにはウェッジの表面硬度が PC 鋼より線より高い必要がある。PC 鋼より線は伸線加工がされており非常に表面硬度が高く、それを超えるのが難しい。
- ③ 耐食性を保つ
一般にステンレス鋼の硬度と耐食性はトレードオフの関係にあるが、耐食性を保ちながら硬度を高めること。
- ④ ウェッジの欠け・割れ
定着時にウェッジが破損するのを防ぐこと。

それらの課題に対して定着具の形状、鋼種と処理、潤滑剤種を適切に選定し定着具の課題解決を目指した。

2.2 定着具開発の試験方法と目標

引張試験は縦型の 2000kN 油圧式万能引張試験機にて実施した。また、本試験では以下の 2 つを目標にステンレス製定着具の開発を行った。

- ① 定着効率 95%を満足すること
- ② 定着効率 95%未満で定着具が破壊したり著しい変形を起こしたりしないこと

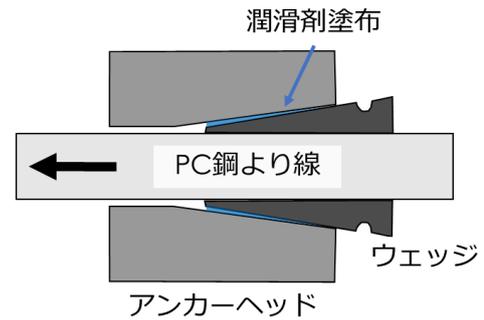


図1 定着具の構造



図2 ウェッジの欠け

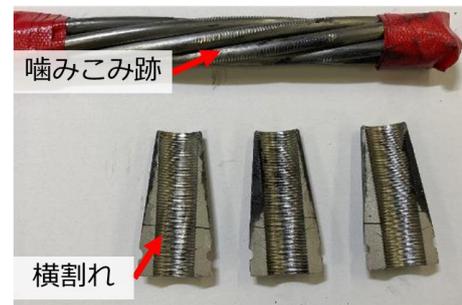


図3 ウェッジ噛みこみ跡と横割れ

2.3 課題の解決

ステンレス鋼製定着具に適した潤滑剤種を選定するために、防錆油 1 種類、グリス系潤滑剤 2 種類、モリブデン系潤滑剤 3 種類の計 6 種類を定着具に塗布して試験を行った。結果、潤滑性能の低い防錆油およびグリス系は定着挙動が安定せず、モリブデン系は潤滑性能が高すぎてウェッジがアンカーヘッドにめり込みすぎた。そこで潤滑性能の微小な差により定着挙動を制御するのは難しいと考え、潤滑性能の高いモリブデン系の潤滑剤を選定した。

潤滑性能の高い潤滑剤を使用するとウェッジの先端および後端が欠けた。先端の欠けはアンカーヘッドの直線部にウェッジ先端が到達したこと、後端の欠けはウェッジのばね溝がアンカーヘッド後端に引っかかることによって起こると推察されたのでウェッジの太径化、また後端の細径化を行い欠けを改善した。

本来ステンレス鋼の硬度と耐食性の両立は難しいが、それを克服するため、SUS420J2 および SUS430 に真空状態で窒素を含浸させる表面改質熱処理を施したウェッジを試作して試験した。しかしウェッジに横割れが発生して、それを抑えることができなかった。そこでウェッジに SUS420J2 の焼入れ焼き戻し材、アンカーヘッドに

SUS420J2 の焼きなまし材を用いると定着効率を満たし、割れ、欠けのない定着具が開発できた。

3. はりの試作と曲げ载荷試験

3.1 はりの試作

ステンレス鋼を用いたポストテンションPC構造の曲げ载荷特性を把握するため、はりの試作および曲げ载荷試験を行った。ステンレス鋼製はりとは普通鋼製はりをそれぞれ大型はり、小型はりの2種類、計4体のはりを試作した。

3.2 PC鋼より線の荷重-伸び関係とはりの設計

ひずみゲージで測定したPC鋼より線の荷重-伸び関係を図4に示す。ステンレスPC鋼より線は普通PC鋼より線に比べて破断伸びが小さいため、はりの設計では終局において鋼材が破断しないよう考慮が必要である。また降伏後すぐに破断に至ることから、終局時に鋼材が降伏すら至らないよう破壊モードは曲げ圧縮破壊とした。

3.3 プレストレス減少量

緊張時にセット量を測定すると、普通鋼が約2mmに対しステンレス鋼は約4mmであった。また打設後のPC鋼より線のひずみ減少量を比較すると、普通鋼とステンレス鋼で大きな差はなかったためステンレスPC鋼より線のリラクゼーションは普通PC鋼より線と同程度であると言える。

3.4 曲げ载荷試験

はりの荷重-たわみ関係を図5図6に示す。破壊モードはすべてのはりで曲げ圧縮破壊となった。ひび割れ発生前は普通鋼製はりとステンレス鋼製はりで同一の挙動であった。ひび割れ発生後の挙動も普通鋼はりステンレス鋼はりで同様であり、はりの大きさによる普通鋼製はりとステンレス鋼製はりの差はなかった。また、解析においてステンレス鋼製はりは普通鋼製はりと遜色なく良好に結果が再現できた。

4. 設計施工への提言

4.1 プレストレスの減少量

セット量は普通鋼に比べてステンレス鋼のほうが大きいので考慮が必要である。しかし試作段階での定着具により測定しているため、定着具が完成し次第再度試験が必要である。鋼材のリラクゼーションについては普通鋼と同程度であるため、従来通り算出してよい。

4.2 曲げ応力度と安全性

曲げ応力度に関しては実験においてははりの破壊モードをコントロールできたことや実験結果と再現解析より従来の手法により計算してよい。しかし安全性には考慮が必要である。道路橋示方書では破壊抵抗曲げモーメントの照査の際コンクリートの終局ひずみのみ規定しているが、ステンレスPC鋼より線は破断伸びが小さいため終局時に鋼材破断に対する照査も必要である。

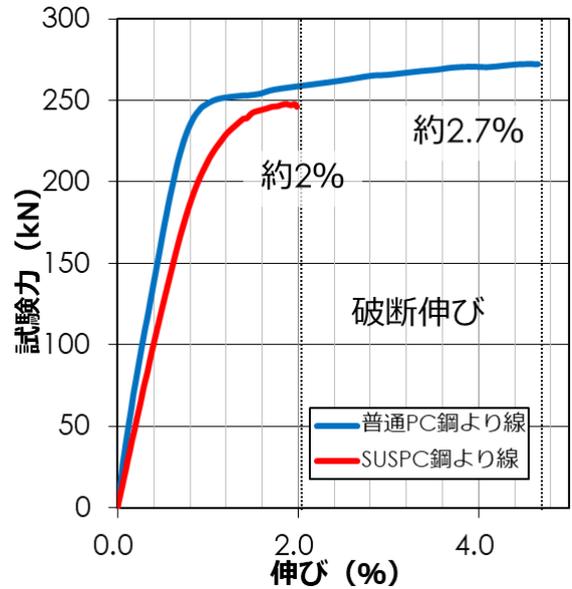


図4 PC鋼より線の荷重-伸び関係

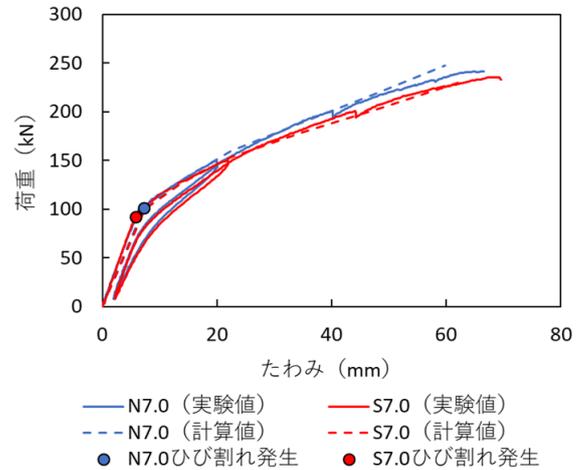


図5 大型はりの荷重-たわみ関係

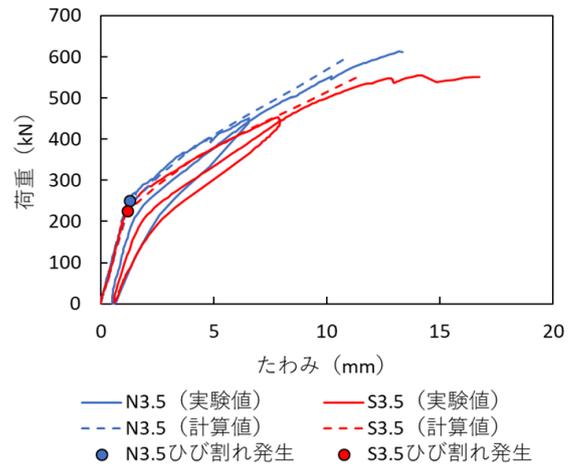


図6 小型はりの荷重-たわみ関係

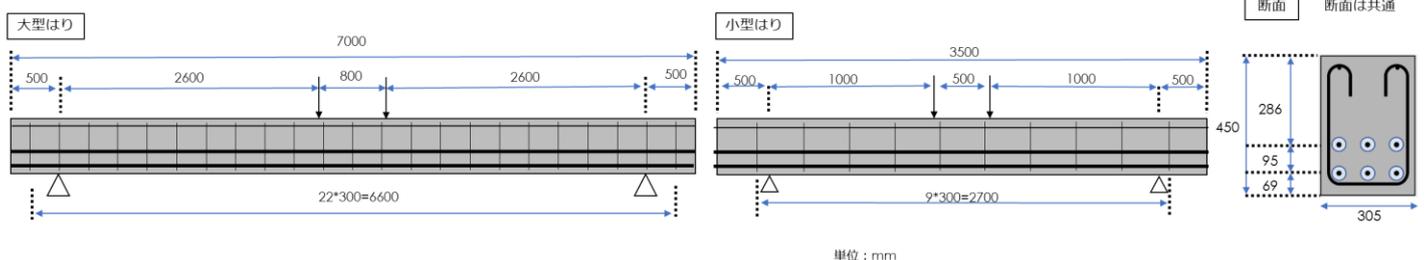


図7 はりのスペック