

ケミカルアンカーによる PC まくらぎ埋込栓の補修工法の検討

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○高橋 龍太郎

1. はじめに

PC まくらぎの不良は、まくらぎ自体のひび割れや断面欠損のほか、埋込栓の機能が失われるものもある。連続して埋込栓の不良が発生した場合、軌間拡大につながる恐れがあるため、早急に補修する必要がある。しかし、PC まくらぎ更换は、保守用車を用いた材料運搬や重機による作業が必要となるため、計画から施工までに時間がかかる。またコストの面でもより効率的な補修が課題となっていた。

そこで本稿では、労力の軽減および低コスト化を目的に取組んできたケミカルアンカーを用いた PC まくらぎの埋込栓の補修工法について報告する。

2. 施工方法の概要

埋込栓補修工法は、樹脂により健全な埋込栓のネジ山を再生することにより、PC まくらぎを更换することなく、本来の支持力を回復させる補修方法である。カプセル式の樹脂材（写真-1）を埋込栓内に充填し、攪拌後にボルトを埋込み、硬化後に離型することでねじ山が形成される（写真-2）。

埋込栓補修の作業手順を図-1 に示す。はじめに、穿孔ドリルで穿孔を行い、不良埋込栓のネジ山部を取り除く。その後、穴内に残存した穿孔クズ等を取り除く。ここで、穴内にカプセル式の樹脂剤を挿入し、攪拌ドリルで攪拌後、新品の締結ボルトを埋め込む。30 分程度養生した後、締結ボルトを離型することで、ネジ山が形成される。

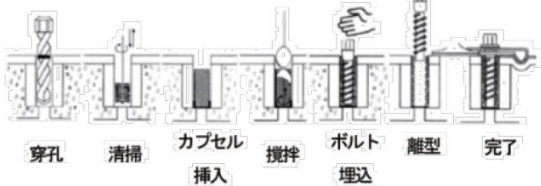


図-1 埋込栓補修の作業手順

3. 導入に向けた検証

営業線への導入に向け、施工後の埋込栓の引抜き強度試験と繰返し載荷試験を実施した。

(1) 引抜き強度試験

カプセル式の樹脂剤による埋込栓補修により形成したネジ山の引抜き強度試験を実施した。試験には発成品のPC まくらぎ（3号）、締結は5N形を使用した。試験条件を表-1に示す。乾燥状態は晴天での施工を、湿潤状態は雨天での施工を想定している。再施工は施工過程において、何らかの原因によりネジ山がうまく形成できなかった場合を想定し、同じ埋込栓において再度同様の補修が可能かどうか検証した。これは、再補修を行ったネジ山について、再度引抜き強度試験を実施して検証した。

試験結果を図-2に示す。結果は、いずれのケースも、JIS規格で定められた引抜き破壊荷重である50kNを超える結果となった。これにより、営業線への導入に十分な強度を有していることが確認できた。また、再施工を行ったネジ山についても、通常の施工を行ったネジ山と同程度の引抜き強度となった。これにより、ネジ山がうまく形成されなかった場合においても、再施工が可能であることが確認できた。

表-1 引抜き強度試験条件

ケース	条件
1	乾燥状態（N=3）
2	湿潤状態（N=3）
3	再施工（N=3）

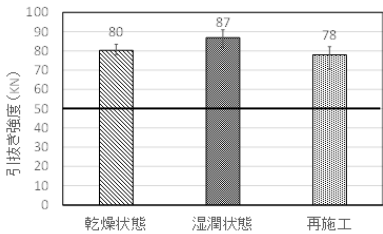


図-2 引抜き強度試験結果

(2) 繰返し載荷試験

長期的な敷設を想定した耐久性確認のため、材料強度試験機を用いた繰返し載荷試験を実施した。試験条件を表-2に、試験の様子を写真-3に示す。試験結果として、

表-2 繰返し載荷試験条件

引抜き荷重	18kN⇄11kN
繰返し回数	2600万回

繰返し载荷中のストローク変位を図-3に、繰返し载荷中の引抜き荷重の変位を図-4に示す。2,600万回まで繰返し载荷を実施した結果、载荷後もネジ山等の外観に目立った変状は見られなかった。試験開始から終了までのストローク量の変化を見ると、最終的な変位量は0.4mm程度と小さく、繰返し载荷中の引抜き荷重の変位についても、試験終了まで荷重の抜けも見られないことから、繰返し载荷による影響は微小であることが確認できた。また、繰返し载荷を実施した埋込栓に対し、再度引抜き強度試験を実施した結果、同一PCまくらぎにて同様の補修を実施し、繰返し载荷試験をしていない他の埋込栓の引抜き強度と同程度であった。以上により、繰返しの荷重を受けた後も、性能を保持していることを確認した。



写真3 繰返し载荷試験の様子

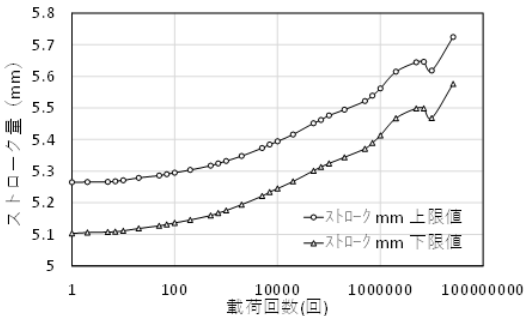


図-3 繰返し载荷中のストローク変位

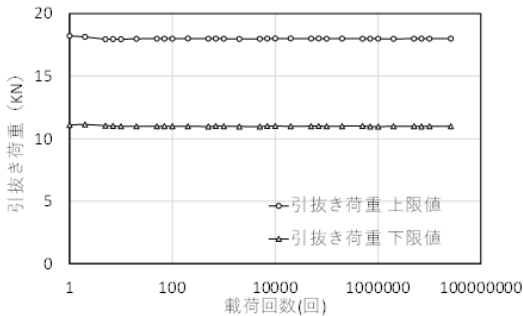


図-4 繰返し载荷中の引抜き荷重変位

4. 営業線での試験施工

検証結果が良好であったため、営業線にて試験施工を実施した。施工条件を表-3に示す。なお、当該箇所はある一定区間で不良が複数発生しており、埋込栓の補修工法の施工性を確認できることから選定した。

表-3 施工条件

作業延長・施工箇所数	L=250m・23箇所
線形	曲線 (R=1300m)
年間通トン	29.5 (百万トン/年)
まくらぎ・締結種別	3号PC・5N形

約250mの間に散在している23箇所に対して、穿孔1名、清掃1名、カプセル挿入・攪拌・ボルト埋込1名、機器材運搬2名の計5名で施工した。当日は雨天であったが、再締結まで含めて約90分で全ての作業が完了した。施工から20か月経過後も変状は見られず、良好な状態を維持している。これにより、営業線における施工性にも問題ないことを確認した。また、それぞれの工程に要する時間を表-4に示す。穿孔から養生開始まで約4分で完結し、これに養生と離型・再締結に必要な32分程度の時間を加味しても、1穴あたり36分と比較的短時間での補修が可能である。さらに、複数の埋込栓不良が近くにある場合には、養生時間を別の箇所の補修に充てるなど、効率的に埋込栓不良を解消することができる。

表-4 各工程の所要時間

作業	所要時間	累積時間
穿孔	1分	1分
清掃	2分	3分
カプセル挿入・攪拌	0.5分	3.5分
ボルト埋込	0.5分	4分
養生	30分	34分
離型・再締結	2分	36分

施工に必要な機材一式を写真-4に示す。これらの道具に加え、100Vのポータブル発電機が必要となる。使用する機器は1人で取り扱うことのできる、比較的軽い機器ばかりである。必要な材料と工具が少ないため、全てを軌道用諸車1台に乗せて運搬することができる。



写真4 施工に必要な機材一式

さらにPCまくらぎ更换と比較し、この補修方法は重量物を取扱わないため、作業員にかかる労力が大幅に軽減でき、PCまくらぎの運搬も必要ない。また道床弛緩作業を必要としないため、夏季の作業制限に捉われず補修ができるという点も大きなメリットである。コスト面では、PCまくらぎ更换と比較して材料費・労務費合わせて約8割程度削減できることを確認した。

5. まとめ

今回はケミカルアンカーによるPCまくらぎの埋込栓の補修について試験を実施し、営業線へ問題なく導入できることを確認した。今後も従来の修繕方法に捉われることなく、より一層の効率化と低コスト化を進め、将来に向けた持続可能な保守体制を構築していく。