

超弾性合金の定着性能に関する実験的検討

オリエンタル白石株式会社 正会員 ○浦川 洋介 宇都宮大学 教授 正会員 藤倉 修一

オリエンタル白石株式会社 正会員 東 洋輔 名古屋大学 教授 非会員 荒木 慶一

オリエンタル白石株式会社 正会員 渡瀬 博 東北大学 教授 非会員 大森 俊洋

株式会社古河テクノマテリアル 非会員 喜瀬 純男

超弾性合金（SEA：Super Elastic Alloy）は、弾性領域を超えて変形させても除荷すると直ちにもとに戻る”超弾性”を示す材料であり（図-1），RC 橋脚やその巻き立て補強に用いることで，その復元力特性の高さにより地震時の残留変形抑制に有効であると考えられる．米国シアトルでは，地震後の残留変位抑制のため Ti-Ni 系の合金を橋脚に用いた実績がある．ここで，従来の Ti-Ni 系の合金は，加工性が低いこと，応力の温度依存性が高いこと，材料が高価であることなどが課題であった．本稿では，これらの課題を解決し得る新しい銅系合金（Cu-Al-Mn：CAM）の土木・建築構造物への適用に向けた基本性能の確認のための検討について報告する．

1. 目的

既設 RC 橋脚のコンクリート巻き立て補強（曲げ補強）においては，巻き立て部の軸方向鉄筋を既設基礎（フーチング）に定着する必要がある（図-2）．従来工法においては，フーチングを所定の深さまで鉛直削孔し，軸方向筋（鉄筋）を挿入し，樹脂系接着剤を充填し固定することで定着する方法が一般的である．一方，軸方向筋に CAM-SEA（以下 SEA）を用いる場合，鉄筋と SEA の接続や接着剤と SEA の付着性能および定着性能については不明確な部分が多く，その各種性能を把握することが構造成立性の観点で重要である．したがって，フーチングへの SEA の定着性能を確認するため，引抜試験を実施した．

2. 試験方法

実際の太径鋼材のアンカー定着を想定した引抜耐力の確認試験を行う．図-2 に示すような適用箇所を対象とし，フーチングに削孔した試験体に軸方向筋（鉄筋または SEA）を定着し，引抜試験を行い，引抜耐力が鋼材の引張強度以上であることを確認する．

フーチング供試体のコンクリート強度は 24N/mm²，あと施工アンカー部の定着長は 15φ 以上とし，接着剤による定着とする．使用する接着剤は，湿潤面施工可能型エポキシ樹脂とする．機械式定着を用いる場合は，定着長は 10φ 以上とする．また，SEA は転造加工，鉄筋は切削加工によりネジ部設け，SEA と鉄筋はカップラーで接続する構造とした．図-3 に供試体概要を示す．

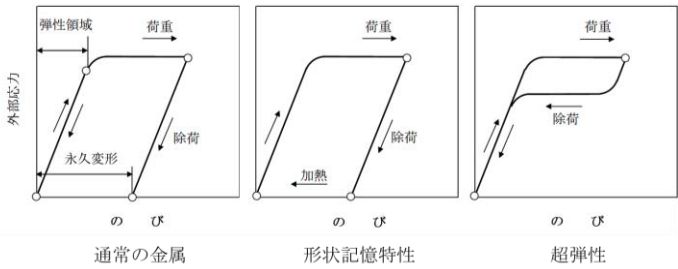


図-1 合金の応力-ひずみ曲線¹⁾

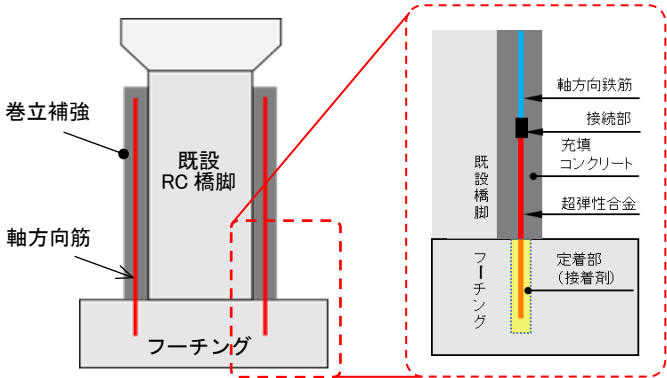


図-2 適用箇所の概要

表-1 検討ケース

ケース	タイプ	定着長	備考
CASE 01	鉄筋のみ	15φ	単体
CASE 02	SEAのみ	15φ	単体
CASE 03	鉄筋+SEA	15φ	接続
CASE04	鉄筋+機械式定着	10φ	定着
CASE05	SEA+機械式定着	10φ	定着

キーワード 超弾性合金，耐震補強，定着性能，巻き立て補強

連絡先 〒135-0061 東京都江東区豊洲 5 丁目 6-52 オリエンタル白石（株） TEL 03-6220-0637

3. 試験結果

表-2 に使用材料, 図-4~6 に引抜試験での荷重-変位関係を示す. 材料毎に強度が異なることから, 縦軸は, 「降伏荷重に対する載荷荷重の比」で正規化した. ここで, 鉄筋については引張試験時にネジ部で破断したことから, 降伏荷重算定にはネジ部の断面積を用いた. SEA に関しては, 強度や特性は結晶方位に大きく依存するため, それらを把握するためには試験で使用する SEA 自身に対して引張試験を行う必要がある. そのため, 降伏強度は引張試験結果から推定しているが, 引張強度については事前には計測できていない. CASE1 と 3 の結果より, 鉄筋・SEA のいずれにおいても材料破断までの定着性能を有していることが確認できるとともに, SEA では鉄筋に比べ大きな残留変位抑制効果が確認できた. また, CASE1, 4, CASE3, 5 の比較より, 荷重変位関係にも大差なく, 母材で破断していることから, 定着方法 (15φおよび 10φ+機械式定着) によらず, 所定の定着性能は満足するものと考えられる. なお, CASE2 については, 接続ナットとコンクリートブロックの隙間において, 局部的に SAE のひずみが大きくなったことで, 低い荷重で SEA の破断に至った.

4. まとめ

以上より, 太径 SEA (φ27) を用いた場合においても, 現状の引張荷重まで十分な定着性能を有していることが確認できた. また, SEA の原点指向性により残留変位効果を発揮できることが確認できた. なお, SEA を橋脚基部の巻き立て補強に用いる際には, CASE3 が現実的な配置になると考えられるが, この際, 基部接続部における局部的な応力集中を避けるため, 基部接続箇所はコンクリートブロック孔内に収めるのがよい. 今後は, SEA で巻き立て補強した場合の柱としての耐荷性能や復元力特性などの基本性能について検討を行っていく予定である.

表-2 使用材料

	仕様	径	降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)
鉄筋	SD345	D32	345	490
SEA	CAM	φ 27	190※	—

※同ロットの代表的な材料試験結果からの推定値

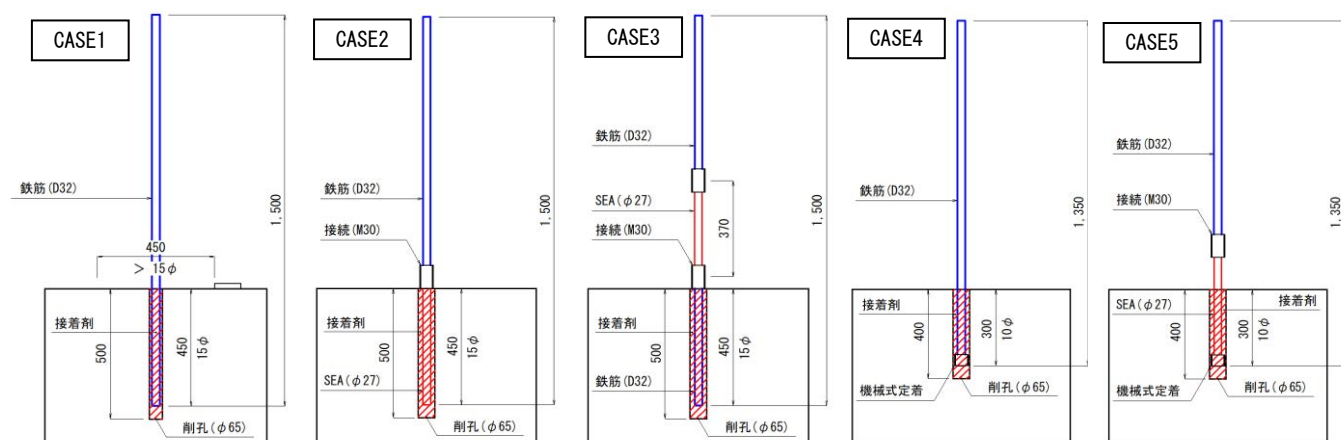


図-3 試験体概要

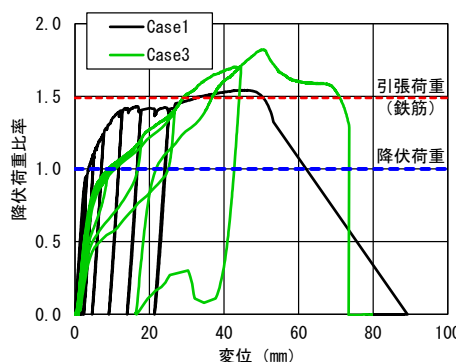


図-4 荷重-変位関係 (CASE1, 3)

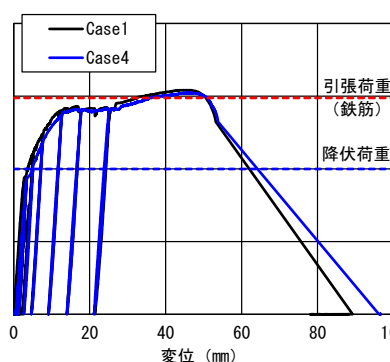


図-5 荷重-変位関係 (CASE1, 4)

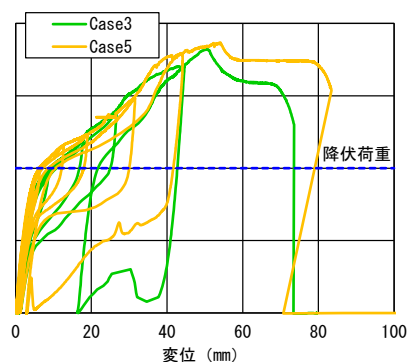


図-6 荷重-変位関係 (CASE3, 5)

参考文献

- 1) 喜瀬：形状記憶合金の材料特性と応用例, ぷらすとす, 第1巻 第2号, 日本塑性加工学会, 2018.02