

コンクリート版あと施工金属アンカーの定着機構に関する解析的検討

九州大学大学院 学生会員 ○山下翔真
 九州大学大学院 正会員 玉井宏樹
 九州大学大学院 フェロー会員 日野伸一 園田佳巨
 西日本高速道路株式会社 正会員 福田雅人 福永靖雄

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物の補強、補修および付帯設備の取り付け等にあと施工アンカーが広く使用されている。しかし、供用開始から年数が経過したあと施工アンカーの中には、経年劣化の進行に伴い、取替え等の措置を必要とするものが数多く存在している。以上の問題を踏まえ、現在、一般的に使用されているあと施工接着系アンカーとは異なり、NEXCO 西日本で新たに開発された、鋼材が腐食しない限り半永久的に使用可能な、新たなあと施工金属アンカー {AAP トルネード膨張アンカー(以下、AAP アンカーと称す)} の定着機構について研究を行った。この AAP アンカーの実験的検討は別途実施している。本稿は、実験の再現解析を試み、定着機構を明らかにするとともに、その合理的設計法を構築することを目的としたものである。

2. 実験結果の解析的検証

2.1 解析概要

AAP アンカーは、図-1 に示すような部品から成る特殊な機構をもつアンカーであり、図-2 のとおり、引張力が作用すると楔状のナットにより拡張板が押し広げられ、その支圧力により引き抜きに抵抗する。図-3 に AAP アンカーに関する埋め込み深さの概念について示す。実験から、AAP アンカーは埋め込み深さを $4d$ 確保すれば、あと施工アンカーの一般的な破壊性状であるコーン状破壊が発生せず、鋼棒の破断が先行することが確認されている。しかし、実験のみでは、コンクリート内部の応力状態を確認できず、AAP アンカーの設計法を確立するために、FEM 解析による様々な検証を実施する必要がある。本稿では、まず実験時と同じ埋め込み深さで、実験と解析での整合性を確認し、それから図-3 に示すとおり埋め込み深さをパラメータとした解析を実施して、その影響について検討した。実験時の埋め込み深さは $4d$ であるが、解析では比較検討のため $0d, 1d, 2d, 3d, 4d$ の 5 パターンとした。なお、アンカーの降伏条件には von Mises の降伏条件に従う Swift の式を用いた。また、コンクリートにはパラボリック・モール・クーロンの降伏条件を適用し、引張側では引張破壊エネルギーと要素の等価長さから算出した軟化勾配を有するバイリニアの線形軟化モデルを用いた。AAP アンカーは実施工時、所定のトルクで締め付けることでコンクリートに支圧力を導入してから供用する。解析でのトルク導入は図-2 のとおり、アンカー羽根上端を固定した状態で鋼棒を引抜き、コンクリートに支圧力を作用させることで表現した。本解析では、拡張板が楔状ナットおよびコンクリートと同時に接触する接触解析を行うため、接触条件が実験時と整合性をとれるようにすることが重要である。実験時、所定のトルクを導入するとコンクリート中に拡張板が貫入し、それ以降、拡張版・コンクリート間での相対変位が生じなかった。それを踏まえ、初期トルク導入時はアンカー・コンクリート間の相対変位などを考慮した摩擦モデルとし、トルク導入による支圧力再現後はコンクリート・拡張版間は一層接触してからは付着の切れることのない完全付着モデルとすることでより現実的な解析を実施した。解析モデル図を図-4 に示す。コンクリートおよびアンカーの寸法に関しては全て実験時と同様の値を使用した。各材料定数について表-1 に、実験および解析で得られた荷重-鋼棒引抜き方向変位関係図を図-5 に示す。



(a) 拡張板 (b) 楔状ナット



(c) AAP アンカー全体

図-1 AAP アンカーを構成する部品

拡張版の上端を固定した状態で引抜くことでトルク導入を擬似的に再現した。

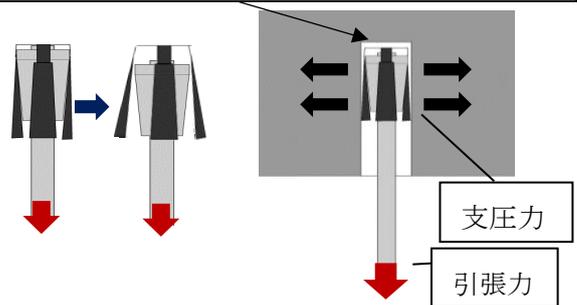


図-2 AAP アンカー抵抗メカニズム

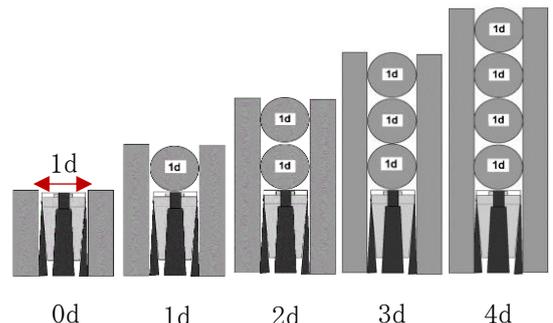


図-3 AAP アンカー埋め込み深さ種類

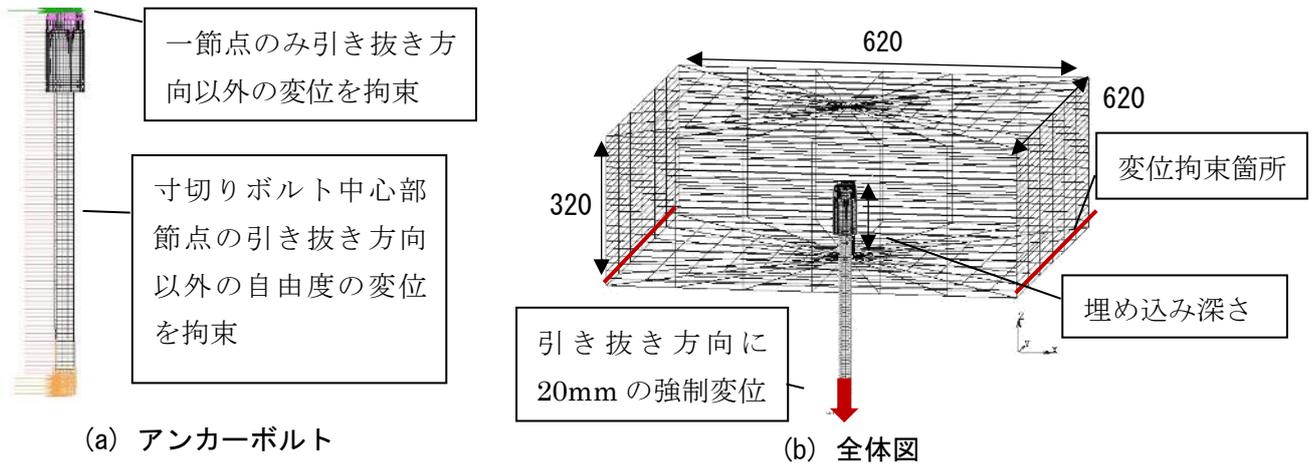


図-4 解析モデル図 (単位: mm)

2.2 解析結果

図-5 に示す荷重-変位図より、実験の再現解析である埋め込み深さ 4d に関して実験結果と解析結果の荷重-変位がおおむね一致する結果を得られたことが分かる。埋め込み深さ 2d,3d に関しては鋼棒の降伏が先行したが、最終的にはコンクリートが荷重を負担できなくなり、アンカー・コンクリート間の相対変位のみ増加する形で終局をむかえた。また、埋め込み深さの浅い 0d,1d に関しては変形が大きくなる要素の割合が高いため、鋼棒の降伏前に解析が終了したと考えられ、その時点を終局と見なした。

一例として埋め込み深さを極端に浅くした 0d および実験時と同じ埋め込み深さの 4d に関して、終局時のひび割れ分布状況を図-6 に示す。ひび割れコンター図については、明確なひび割れが生じる 4000 μ に到達した箇所を表示範囲の上限とし、灰色で示した。図-6 (a) に示す、埋め込み深さ 0d に関しては、埋め込み深さが浅いことで自由表面にまで達するひび割れが卓越し、鋼棒の降伏よりもコンクリートの破壊が先行する結果となった。図-6 (b) に示す、実験時と同じく埋め込み深さを 4d としたモデルに関しては、コンクリートのひび割れが一部自由表面まで到達したが、破壊の支配的要因とはならず、実験の終局状況と同じく、コンクリートのコーン状破壊が発生する前に鋼棒が降伏し、その後引張り強度に到達することで終局を迎えた。

表-1 材料定数

	コンクリート	鋼材
弾性係数(kN/mm ²)	21	200
降伏強度(圧縮強度)(N/mm ²)	24	300
引張強度(N/mm ²)	2.4	520
ポアソン比	0.2	0.3

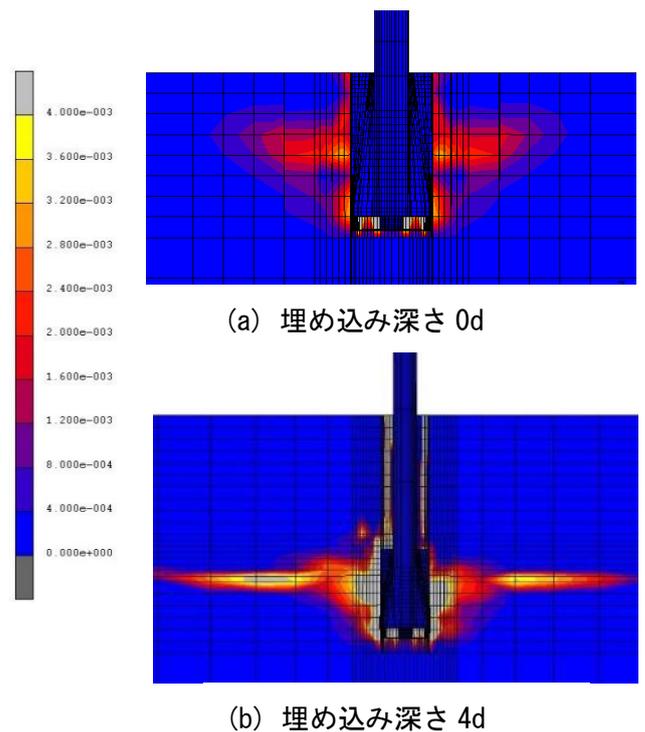


図-6 終局時ひび割れ分布 (単位: μ)

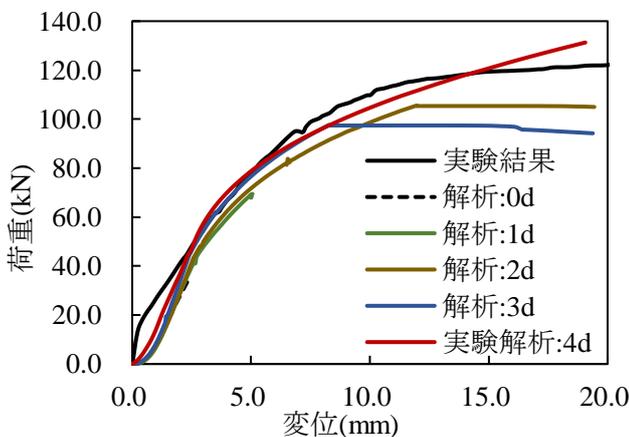


図-5 荷重-変位図

3. まとめ

- 1) AAP アンカーの引抜き実験状況を基に解析モデルの寸法および接触条件などを仮定した解析より、荷重-変位関係において実験時とおおむね一致する結果を得られた。
- 2) 本報の範囲内ならば、解析結果より 4d の場合は鋼棒破断、3d,2d,1d の場合は鋼棒の降伏後にコンクリートの破壊となり、0d の場合はコンクリートの破壊が先行することが分かった。