

金属系あと施工アンカーの定着機構に関する解析的研究

○西日本高速道路株式会社	正会員	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	園田佳巨
西日本高速道路株式会社	正会員	福田雅人

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, 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多く存在している。以上の問題を踏まえ, 従来のあと施工接着系アンカーと異なり, 接着剤の経年劣化の懸念を回避できる新たなあと施工機械式拡張アンカー(以下, 金属拡張アンカーと称す)の定着機構について検討を行った。本アンカーの埋込み深さをパラメータとした解析的検討は実施済みである¹⁾。本稿は, パネルのコンクリート強度をパラメータとした FEM 解析を実施し, その合理的設計法の構築に資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

今回開発された金属拡張アンカーは, 図-1 に示すような部品から成る特殊な抵抗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 に金属拡張アンカーに関する埋込み深さの概念について示す。

埋込み深さをパラメータとした解析¹⁾より, 実験時と同じ埋込み深さ $4d$ (d : アンカーの外径) で, 実験と解析での整合性を確認しており, 本解析手法の検証は実施済みである。また, 埋込み深さ $1d$ では鋼棒降伏後に, 明確にアンカー抜けが発生するが, 埋込み深さ $2d$ 以上であれば母材コンクリートの破壊によるアンカーの抜けが, 鋼棒の破断より僅かに早く発生することを確認した。そこで, 本稿では埋込み深さを $2d$ で固定し, 母材コンクリートの圧縮強度が拡張アンカーの破壊モードにどのような影響を与えるかについて検討を実施した。

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。金属拡張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, 拡張板・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・拡張板間には一度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埋込み深さ $4d$ の実験時と同様の値を使用した。各材料定数について表-1 に示す。



(a) 拡張版 (b) 楔状ナット



(c) 金属拡張アンカー全体

図-1 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。

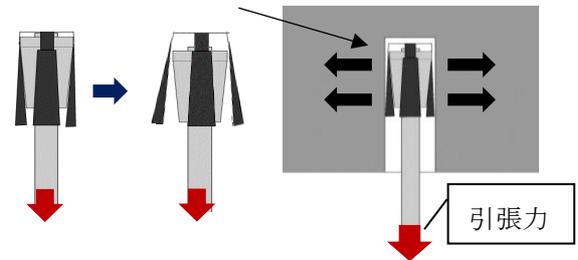


図-2 拡張アンカー抵抗メカニズム

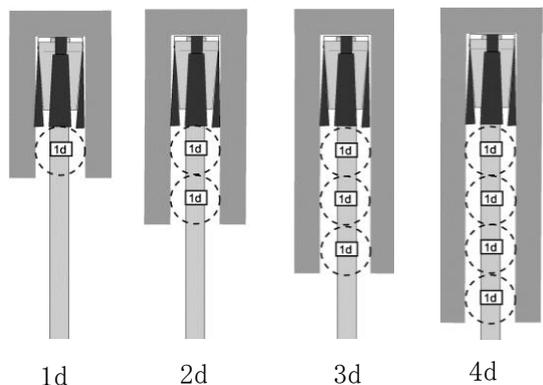


図-3 アンカー埋め込み深さ種類

キーワード: FEM 解析, あと施工アンカー, 金属拡張アンカー

住所: 大阪府大阪市北区堂島 1-6-20 堂島アバンザ 18F

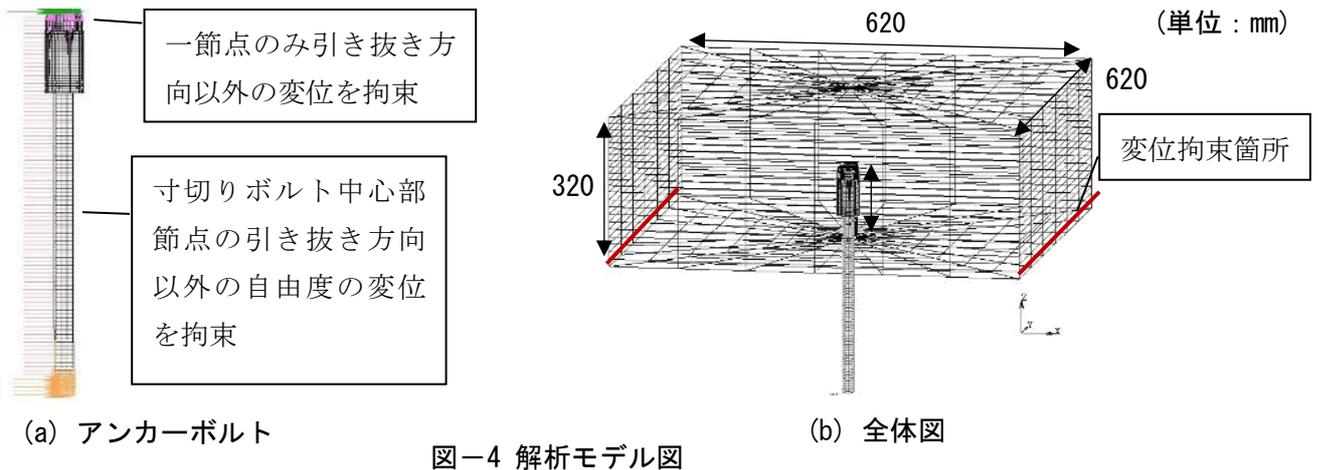


図-4 解析モデル図

2.2 解析結果

拡張アンカーは従来の接着系アンカーと比較して異なるひび割れの分布となるため、破壊モードの判定で母材コンクリートのコーン状破壊は考えず、①鋼棒破断②アンカー抜けの2パターンのみを考慮した。図-5に荷重-鋼棒引抜き方向変位図を示す。これより、圧縮強度 24N/mm^2 では荷重が一瞬低下した箇所であ抜けと判定し、そこを終局と判定した。また、この時点で拡張板・楔状ナット間の相対変位の急上昇、拡張板近傍コンクリートの圧壊も確認された。しかし、圧縮強度が 30N/mm^2 以上になると荷重の低下や圧壊が発生せず、鋼棒の破断で終局を迎えることが確認された。図-6に圧縮強度 24N/mm^2 、圧縮強度 50N/mm^2 の終局時のひび割れ分布状況を示す。ひび割れコンター図は、巨視的ひび割れが生じる 4000μ を表示範囲の上限とし、灰色で示した。図-6(a)に示す、圧縮強度 24N/mm^2 で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、図-6(b)圧縮強度 50N/mm^2 ではひび割れが自由表面まで到達せず、ひび割れ範囲が抑制され、母材コンクリートが十分な余耐力を保持していることが確認された。解析結果を表-2に示す。コンクリート圧縮強度による鋼棒降伏時荷重の変化が無いことが確認された。また、終局荷重に関して、本解析の範囲内では圧縮強度 30N/mm^2 以上では鋼棒の耐力に依存するため、圧縮強度 30N/mm^2 以上で明確な差異は見られなかった。

表-1 材料定数

	コンクリート	鋼材
弾性係数(kN/mm^2)	24,28,30,33	200
降伏強度(圧縮強度)(N/mm^2)	24,30,36,50	300
引張強度(N/mm^2)	2.4,3.0,3.6,5.0	520
ポアソン比	0.2	0.3

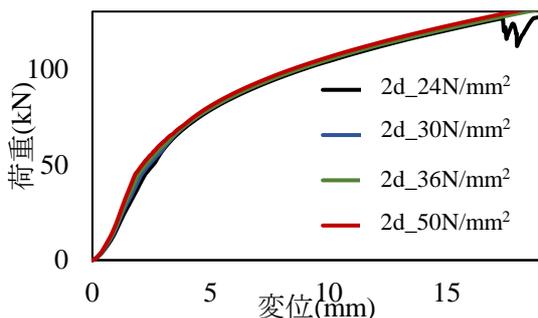


図-5 荷重-変位関係図

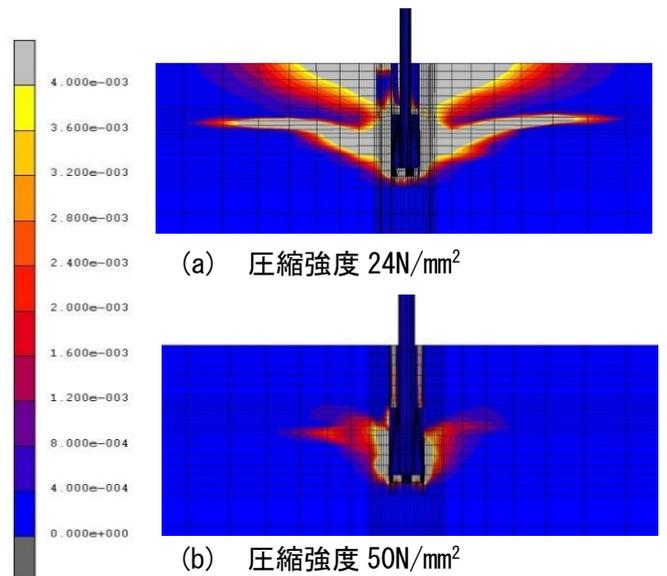


図-6 終局時ひび割れ分布図(最大主ひずみ)

表-2 圧縮強度をパラメータとした解析結果

圧縮強度(N/mm^2)	24	30	36	50
降伏時荷重(kN)	45.8	45.8	46.1	45.7
終局荷重(kN)	125	132	132	134
破壊モード	鋼棒降伏 後抜け		鋼棒破断	

3. まとめ

埋込み深さを $2d$ で固定して圧縮強度をパラメータとした FEM 解析により、パネルのコンクリート強度の差で、鋼棒降伏時荷重に差異は発生しないが、圧縮強度が 30N/mm^2 以上だと破壊モードが母材コンクリートの破壊から鋼棒の破断に変化することが確認された。

参考文献

- 1) 山下翔真, 玉井宏樹, 日野伸一, 園田佳巨, 福田雅人, 福永靖雄: 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研究, 土木学会西部支部, 研究発表概要論文集 2017.