

アンカー近接およびへりあきが同時に影響するあと施工アンカーの引抜き耐力の評価法

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○三倉 寛明 田所 敏弥 岡本 大 古屋 卓稔

1. はじめに

アンカー近接およびへりあきが小さい場合、引抜き耐力が低下することが指摘されている^{1,2)}が、十分な検討はなされていない。そこで、本研究では、アンカー近接およびへりあきが引抜き耐力に及ぼす影響を引抜き試験により明らかにし、引抜き耐力の低減率の算定法を提案した。さらに、落橋防止装置を模擬した部材載荷実験を行い、提案した算定法の妥当性を検証した。

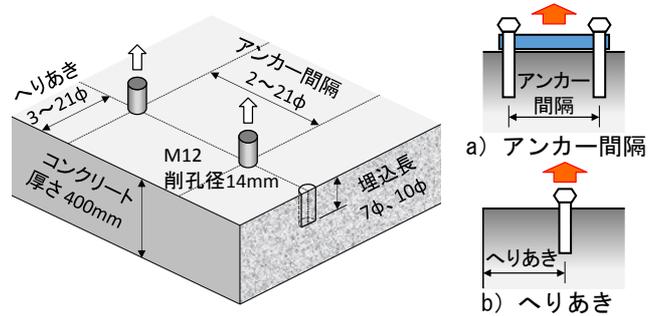


図1 試験パラメータの概要

2. アンカー近接, へりあきが引抜き耐力に及ぼす影響

(1) 実験概要

接着系あと施工アンカーを用い、アンカー間隔およびへりあきをパラメータとした静的引抜き試験を実施し、これらが引抜き耐力に与える影響を検討した。図1に試験パラメータの概要を示す。充填材はエポキシ系、あと施工アンカーは高強度加工したPC鋼棒(M12, 降伏強度 1242N/mm²), 母材のコンクリートは厚さ 400mm, 圧縮強度 33.8N/mm², 静弾性係数 30.0N/mm²を用いた。試験は、埋込長を 7φ, 10φ (φ: アンカー径) とし、①アンカー単体, ②アンカー間隔を 2~21φ, ③へりあき寸法を 3~21φ とする 3 ケースで行った。

(2) 試験結果および引抜き耐力の低減率の提案

本報告では、埋込長 7φ の試験結果を示す。埋込長 7φ のアンカー単体の最大荷重 (以下, 基本荷重) の平均値は 65.9kN であった。図2にアンカー間隔, 図3にへりあきをパラメータとした試験結果を示す。破壊形態は、アンカー間隔が小さい場合は 2 本のアンカーが 1 つのコーン破壊面を形成し、へりあきが小さい場合は、コーン破壊面がコンクリート端部に達する破壊となった。また、アンカー間隔 20φ 程度以下、へりあき 15φ 程度以下で引抜き耐力が低下する試験体があり、これらのパラメータに対して引抜き耐力にバラツキが見られた。そこで、アンカー間隔およびへりあきをパラメータとし、引抜き耐力の低下の影響を平均的に評価できる式(1), 式(2) (以下, 提案式) を提案した。

アンカー間隔の影響による引抜き耐力の低減率 $\alpha(D)$

$$\alpha(D) = 0.5 + 0.5D / 20\phi \quad (1)$$

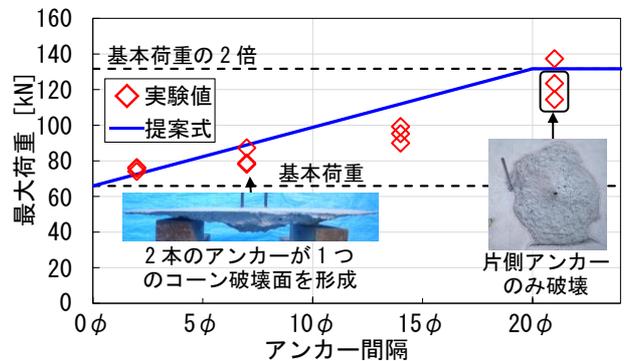


図2 アンカー間隔と最大荷重の関係

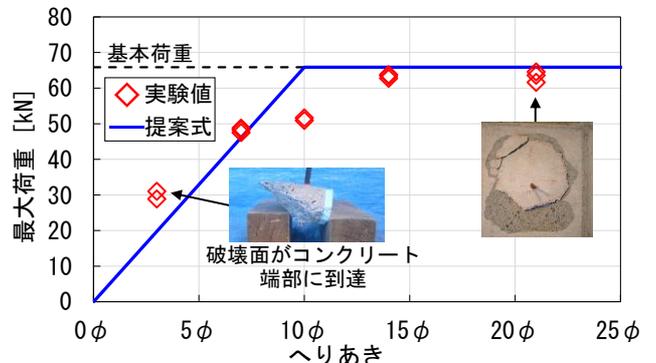


図3 へりあきと最大荷重の関係

へりあきの影響による引抜き耐力の低減率 $\beta(L)$

$$\beta(L) = L / 10\phi \quad (2)$$

ここに、 D : アンカー間隔(mm), L : へりあき(mm), ϕ : アンカー径(mm)

図2に、基本荷重の2倍に式(1), 図3に、基本荷重に式(2)を乗じたグラフを併記するが、いずれも試験結果のバラツキを平均的に評価できる。なお、埋込長 10φ の場合についても、式(1), 式(2)の低減率を考慮することで実験値を平均的に評価できることを確認した。

キーワード あと施工アンカー, アンカー間隔, へりあき, 引抜き耐力の低減, 鋼製落橋防止装置

〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部コンクリート構造 TEL042-573-7281

3. アンカー近接とへりあきの影響を同時に受ける場合の検討

(1) 実験概要

鋼製落橋防止装置を模擬した部材実験³⁾を行い、アンカー近接とへりあきが引抜き耐力に同時に影響する場合の提案式の適用について検討した。試験体は図4に示す形状とし、アンカー埋込長を 10ϕ 、 15ϕ とした。充填材はエポキシ系、あと施工アンカーは高強度加工した PC 鋼棒 (M24, 降伏強度 1164N/mm^2)、母材は圧縮強度 28.0N/mm^2 、静弾性係数 28.1N/mm^2 のコンクリートを用いた。実験の結果、載荷荷重の最大値は、埋込長 10ϕ で 681.2kN 、埋込長 15ϕ で 890.0kN となった。上側アンカー列の引抜き耐力の実験値は、載荷荷重を用いて、鋼製落橋防止装置の回転中心をブラケット下端としたモーメントの釣合いより算出し、埋込長 10ϕ で 505.4kN 、埋込長 15ϕ で 660.3kN となった。破壊形態は、図5に示すように、隣接するアンカーの先端を起点とする1つのコーン破壊面を形成し、破壊面はコンクリート上面に達した。これより、本実験ではアンカー近接およびへりあきの影響を同時に受けたと考えられる。

(2) 引抜き耐力の低減率の検討

上側アンカー列を対象として、アンカー近接およびへりあきの影響を同時に受ける場合の引抜き耐力の低減率を検討した。上側アンカー列の引抜き耐力の算定値は、十分大きなコンクリート面に対するアンカー単体の引抜き耐力を精度よく評価できる²⁾ことを確認した上で、あと施工アンカー工法設計施工の手引き⁴⁾(以下、現行手引き)に示される許容引張力を安全率 3.0 で割り戻した式(3)により求めることとし、式(3)による算定値を基準として実験値を評価するための低減率 (=実験値/算定値)、式(1)、式(2)より求めた低減率 A、図6に示すコーン破壊深さ 5ϕ 、破壊面傾斜角 45° の有効投影面積の重なりを考慮して求めた低減率 B を比較した。

$$P_u = 1.6 \cdot \pi \cdot \phi \cdot (D + 5.5\phi)(f'_c)^{1/3} + 1.1\pi \cdot D \cdot (L - 4\phi)(f'_c)^{2/3} \quad (3)$$

ここに、 P_u : 引抜き耐力(kN)、 ϕ : アンカー径、 D : 削孔径、 f'_c : コンクリート圧縮強度(N/mm^2)、 L : 埋込長(mm)

低減率 A は、式(1)、式(2)を用いてアンカー近接、へりあきの各要因による低減率を求め、これらの要因が混在する影響は、それぞれの低減率を累積して求めることとした。例として、図4に示すアンカー②の低減率の算定手順を以下に示す。

Step 1: 各要因による低減率

アンカー近接 : $\alpha(D_{12}) = \alpha(D_{23}) = 0.71$

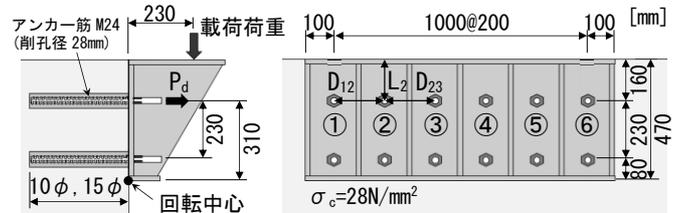


図4 鋼製落橋防止装置試験体の概要

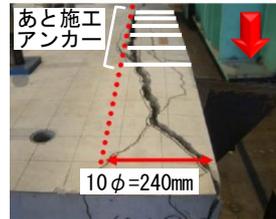


図5 破壊形態

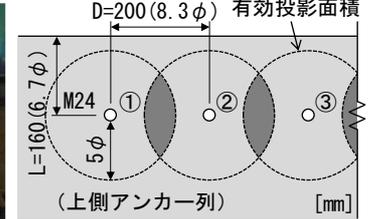


図6 有効投影面積

表1 引抜き耐力の低減率の比較

埋込長	上側アンカー列の引抜き耐力		上側アンカー列の引抜き耐力の低減率	
	算定値 $P_u \times 6$ 本(kN)	実験値 P_d (kN)	実験値/算定値	低減率 A 低減率 B
10ϕ	1106.3	505.4	0.46	0.38 0.93
15ϕ	1737.1	660.3	0.38	

へりあき : $\beta(L_2) = 0.67$

Step 2: 各要因の混在の影響を考慮した低減率 k

$$k = \alpha(D_{12}) \times \alpha(D_{23}) \times \beta(L_2) = 0.33$$

表1に、上側アンカー列の引抜き耐力の算定値、実験値および低減率を示す。低減率 A は 0.38 となり、実験値の低減率と概ね同程度となったが、低減率 B は 0.93 となり、本実験では、有効投影面積の考え方をを用いた方法は耐力低下の影響を過小に評価する結果となった。

4. まとめ

- 1) アンカー近接、へりあきによる引抜き耐力の低下の影響について、実験値を平均的に評価できる引抜き耐力の低減率の算定式を提案した。
- 2) 本実験に用いた鋼製落橋防止装置では、アンカー近接およびへりあきが影響する上側アンカー列の引抜き耐力を、式(3)に示す引抜き耐力算定式に対して提案した各要因の影響による引抜き耐力の低減率を累積することで、精度よく算定することができた。

参考文献

- 1) 笠裕一郎, 田所敏弥, 岡本大, 古屋卓稔: 耐荷機構に基づくあと施工アンカーの引抜き耐力に関する一考察, コンクリート工学年次論文集, Vol.37, No.2, pp.505-510, 2015
- 2) 笠裕一郎, 岡本大, 三倉寛明, 田所敏弥: せん断力と引張力を受けるあと施工アンカーの耐荷力に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.38, No.2, pp.625-630, 2016
- 3) 古屋卓稔, 笠裕一郎, 田所敏弥, 岡本大: 落橋防止装置に用いられるあと施工アンカーの耐力に関する実験的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.38, No.2, pp.1123-1128, 2016
- 4) 公益財団法人鉄道総合技術研究所: あと施工アンカー工法設計施工の手引き, 1987