

PC まくらぎのアンカー引き抜き強度に関する一考察

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○加藤 渉
 東海旅客鉄道株式会社 正会員 渡邊 康人
 東海旅客鉄道株式会社 正会員 曾田 祥信

1. はじめに

PC まくらぎに特殊な鋼製インサートを設置し、それをアンカーとして軌道部材を固定する必要がある場合、構造を評価するうえで、アンカーの引き抜き強度を定量的に把握することが重要となる。今回、PC まくらぎに設置した鋼製インサートの引き抜き強度（以下、「アンカー引き抜き強度」と呼ぶ）について理論的及び実験的に検討した。本稿では、その検討結果を示すとともに、理論・実験の両面からの考察を報告する。

2. アンカー引き抜き強度の理論式による算出

アンカー引き抜き強度の理論式としては下記の式が知られている¹⁾。

$$P_1 = \frac{A_c'}{A_c} \left(10.1\pi\phi(D + 5.5\phi)\sigma_c^{\frac{1}{3}} + 3.5\pi D(L - 4\phi)\sigma_c^{\frac{2}{3}} \right), \quad P_2 = \sigma_{sa}A_s, \quad P = \min(P_1, P_2)$$

P：アンカー引き抜き強度（kg），P₁：コンクリート躯体の破壊による引き抜き強度（kg），P₂：アンカー用鋼材の降伏による引き抜き強度（kg）
 φ：アンカー用鋼材の径（cm），L：アンカー用鋼材の埋め込み長（cm），D：削孔径（cm）
 σ_c：コンクリートの圧縮強度（kg/cm²），σ_{sa}：アンカー用鋼材の降伏強度（kgf/cm²）
 A_c：コーン状破壊面の水平投影面積（cm²），A_c'：破壊面の有効水平投影面積（cm²），A_s'：アンカー用鋼材の断面積（cm²）

算出条件（図-2、表-1）を2パターン設定し、算出結果を表-2に示す。実験と合わせるため、コンクリートブロック供試体に長さ13cm，18cmの2種類のアンカーを設定し計算を行った。2パターンともコンクリートが先行して破壊する結果となった。

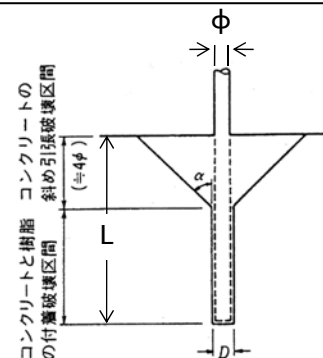


図-1 アンカー引き抜きによる破壊イメージ

3. ブロック供試体によるアンカー引き抜き試験

次に、コンクリート製のブロック供試体に様々な種類のアンカーを設置し、その引抜強度を確認する予備試験を実施した。ブロック供試体の概要とアンカー引抜試験の概要と結果を表-3、図-3に示す。供試体ブロックは5体製作し、うち1体は比較対象用の標準的仕様とした。

また、試験方法として、ジャッキ①によりブロック供試体の横方向からPC まくらぎの導入軸力相当の圧縮力263.3kNを載荷するとともに、センターホールジャッキにて引抜力を載荷し、アンカーもしくはブロック体が破壊した時の荷重を、アンカー引抜強度として記録した。

試験結果は、下記の事柄が分かった。

- ・アンカー埋め込み深さを50mm増加させた場合、引き抜き強度は1.6倍、アンカー底部の形状を変更した場合（図-4）は1.8倍となった
- ・引き抜き強度については、2パターンとも理論式に近い測定値が観察された
- ・アンカー鋼棒の破壊は認められなかった

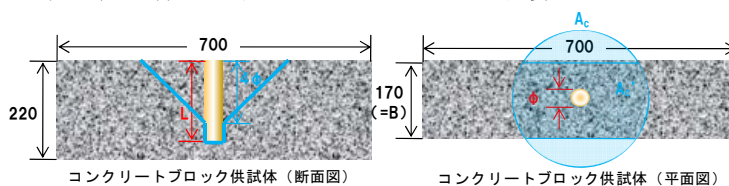


図-2 アンカー引き抜き強度算出条件

表-1 アンカー引き抜き強度算出条件

	B (cm)	Φ (cm)	D (cm)	L (cm)	σ _c (kg/cm ²)	σ _{sa} (kg/cm ²)	A _s (cm ²)	A _c (cm ²)	A _c ' (cm ²)
①	17	2.7	2.7	13	500	9,559	2.35	687	470
②	17	2.7	2.7	18	500	9,559	2.35	687	470

表-2 算出結果

	P ₁ (kN)	P ₂ (kN)	min (P ₁ , P ₂) (kN)
①	108	220	108
②	170	220	170

キーワード：PC まくらぎ，インサート，アンカー引き抜き強度

連絡先：〒485-0801 愛知県小牧市大山 1545 番 33 JR 東海 技術開発部 TEL：0568-47-5380

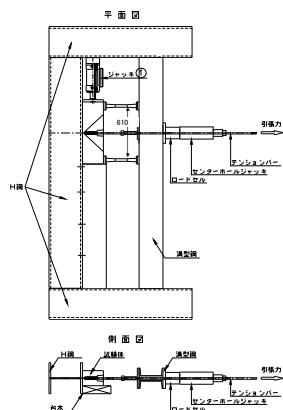


図-3 アンカー引抜試験概要

- ・底部に鋼板補強した場合（図-5）は補強板横のコンクリートの被りが薄く、この部分から早期に破壊されたため強度が想定を下回った

4. PC まくらぎ供試体によるアンカー引き抜き試験

次に、実際のPCまくらぎに設置した鋼製インサートの引き抜き試験を行った（図-6）。

試験体は3H型（プレテンション方式）を8体、4H型（ポストテンション方式）を15体とし、3H型の全てと4H型の4体（試番9～12）はPCまくらぎに穿孔し、接着材でアンカーを固定する後付け方式とし、残りの4H型はまくらぎ製作時にアンカーを埋め込む方式とした。また、アンカーの埋め込み長さは18cmとし、片側2箇所あるアンカーのうち、レールに近い方のアンカーで引き抜きを行った。試験結果を表-4に示す。

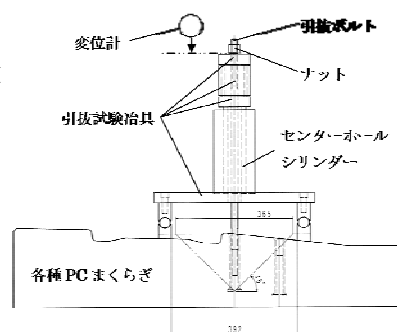


図-6 アンカー引抜試験概要

- ・引抜強度はブロック供試体②と比較し、1.2～1.6倍程度の増加が観察された。これは、PCまくらぎの断面がブロック供試体よりも大きいこと等が影響していると考えられる
- ・アンカー固定方法で比較すると、後付け固定よりも製作時固定の方が引抜強度が大きくなる傾向が観察された。これは、製作時固定ではブロック供試体④と同等のアンカー底部の形状を変更したものを使用していることが影響していると考えられる

5. まとめ

PCまくらぎのアンカー引き抜き強度に関して、理論式・実試験の両面から定量的に把握することができた。また、実測値も理論値に近い値が観察されることが確認できた。

表-3 ブロック供試体アンカー引抜試験結果

供試体番号	試験体	目的	破壊抵抗面積		アンカー引抜強度			材料	
			面積 (cm ²)	①との比	測定値 (kN)	平均 (kN)	①との比	名称	規格・寸法
①	標準的仕様	・比較対象	64,900	1.00	122 134 98	118.0	1.00	インサート	SD345, M20, P2.5 L=130
②	アンカー埋込深さ増し (埋込深さ+50mm)	・アンカー設置深さの増による破壊抵抗面積の増	94,478	1.46	172 218	195.0	1.65	インサート	SD345, M20, P2.5 L=180
③	アンカー埋込深さ増し (埋込深さ+50mm) アンカー一体化	・アンカー設置深さの増による破壊抵抗面積の増 ・塩ビ管とアンカーの一体化	94,478	1.46	172 192	182.0	1.54	インサート 塩ビ管	SD345, M20, P2.5 L=130 VP20, L=50
④	アンカー埋込深さ増し (埋込深さ+50mm) アンカー形状変更	・アンカー設置深さの増と形状変更による破壊抵抗面積の増 ・塩ビ管とアンカーの一体化	99,248	1.53	188 230	209.0	1.77	インサート	SS400, M20 L=180
⑤	底部鋼板補強	・アンカー底部への鋼板設置による破壊抵抗面積の増	130,000	2.00	179 140 150	156.3	1.32	インサート 補強鋼板 高力ボルト	SD345, M20, P2.5 L=130 SS400, 120×120×19 F10T, M20×2.5

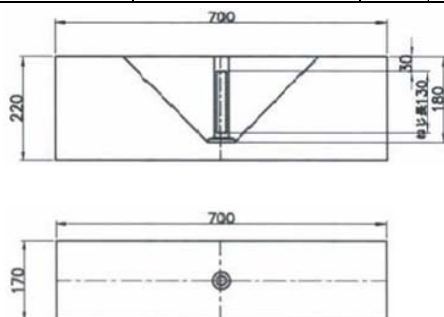


図-4 供試体④図面

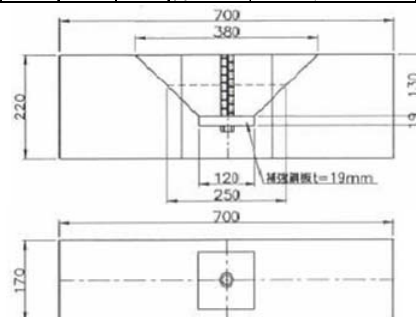


図-5 供試体⑤図面

表-4 PC まくらぎ供試体アンカー引抜試験結果

試番	まくらぎ種別	アンカー固定方法	引抜強度 (kN)	ブロック供試体②との比
1	3H	後付け固定	260	1.33
2			252	1.29
3			243	1.25
4			272	1.40
5			261	1.34
6			252	1.29
7			253	1.30
8			280	1.44
9	4H	後付け固定	229	1.17
10			237	1.21
11			230	1.18
12			235	1.21
13		製作時固定	238	1.22
14			250	1.28
15			250	1.28
16			238	1.22
17			238	1.22
18			300	1.54
19			300	1.54
20			311	1.59
21			311	1.59
22			250	1.28
23			250	1.28