

高強度 RC 板におけるあと施工アンカー引抜耐力試験

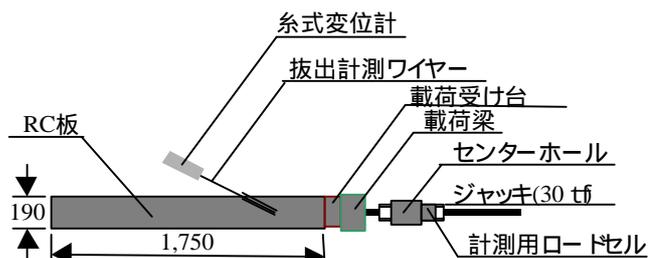
東日本旅客鉄道株式会社 正会員 小谷 美佐
東日本旅客鉄道株式会社 正会員 小林 将志

1. はじめに

高強度の RC 板を連結するためにあと施工アンカーを設置する場合、アンカー鉄筋の径と埋込長を決定する必要がある。引抜耐力については、アンカー鉄筋周辺のコンクリートの付着及びコン状の引張抵抗力を期待した算定法¹⁾と鉄筋の定着長を算定するために用いる算定法²⁾があるが、どちらも高強度 RC 板を対象としたものではない。今回、比較的強度の高い RC 板に、あと施工アンカーを施工した場合の引抜耐力試験を行ったので以下に示す。

2. 実験パラメータ

本実験は、高強度 RC 板 (1750×1200×190) を製作した<Figure-1>。この RC 板に、それぞれアンカー鉄筋径 (D16、D19、D25、D29、D35) と定着長 (10、15、20) を変化させて、あと施工したものをアンカー引抜試験体としている。



< Figure - 1 > 引抜試験体設置断面図

3. 実験概要

3.1 引抜試験体の製作 アンカーを設置する RC 板には、アンカー鉄筋と垂直となるように引張鉄筋 (D16) を、上下 2 段、150mm ピッチに配筋した。あと施工アンカー用の孔は、計測器を設置するため、RC 板製作時にシース (45) を埋め込むことで確保し、RC 板硬化後にシースを撤去した。端部に拔出量を計測するためのワイヤーを設置したアンカー鉄筋を仮置きして、無収縮モルタル (プレミクス) を充填した。アンカー鋼材は、異形棒鋼と付着特性が同等のねじ付き鉄筋 (SD345) を用い、ロードセル端で定着させた。

3.2 材料試験 コンクリート・モルタルについては圧縮および引張試験、アンカー鉄筋については引張試験を行った。材料試験結果を<Table-1>に示す。

< Table - 1 > 材料試験結果 (試験値)

	圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)
コンクリート	50.3 ~ 52.8	4.57 ~ 4.82
無収縮モルタル (プレミクス)	30.2 ~ 37.5	2.86 ~ 3.24
	引張降伏応力 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)
アンカー鉄筋 (D16 ~ D35)	373.5 ~ 390.3	465 ~ 615

3.3 引抜耐力試験

载荷方法 <Figure-1> に示すように、まずあと施工されたアンカーを機械式継手で連結し、降伏点直前までセンターホールジャッキにて 50kg ずつ緊張载荷して荷重制御を行った。降伏以降は、変位制御により载荷した。鉄筋破断もしくはアンカー鉄筋が 40000 μ ~ 50000 μ 程度のひずみが生じるまで行った。

計測方法 以下に示す試験項目について計測・観測する。

- a. 荷重 (KN) : 10KN ロードセルを使用
- b. 応力ひずみレベル (μ) : アンカー鉄筋のひずみは、RC 板面に設置したひずみゲージで計測
- c. 拔出量 (mm) : アンカー筋の端部拔出量を系式変位計で計測
- d. 各荷重段階毎にひび割れ状況を各荷重段階毎に目視してチェック

4. 引抜耐力試験結果および考察

本試験では、アンカー鉄筋径 D25・定着長 10 以外については、どのパターンでも鉄筋降伏をむかえていた。以下ではアンカー鉄筋の降伏点前後における RC 板の内部及び外部の損傷状況を示す。

4.1 RC 板内部の損傷状況

定着長が長くなるにつれ拔出がなくなり、20 の場合にはどの鉄筋径についても拔出が見られなかった。

キーワード : あと施工アンカー、引抜耐力試験、定着、鉄筋損傷、付着・破壊

連絡先 : 〒370 8543 群馬県高崎市栄町 6-26 Tel 027 - 324 - 9361

拔出量が大きくなるとコン破壊につながる。拔出量とその発生状態により次の3種類に判別できる。

A1 : 鉄筋降伏以前に拔出がある場合

A2 : 鉄筋降伏以降に拔出がある場合

その他 : ひずみ硬化域を過ぎても変状(内部・外部ともに)がない場合 (<Table-2>参照。)

4.2 RC板外部の損傷状況

外部損傷についても、試験载荷の各段階において行った外観チェックと端部拔出量の結果により、RC板の破壊形態を次の3種類に分類することができた。

鉄筋損傷 : RC板に外部損傷が無く、鉄筋降伏応力に達するかひずみ硬化域で鉄筋が降伏する場合。

付着破壊 : 鉄筋降伏の前後においても、コンクリートと鉄筋の付着力が低下し両者が抜けてしまう場合。

拔出量の結果から载荷を続けると、ある段階で拔出量が一気に落ちる。

割裂損傷 : コンクリートと鉄筋に付着力があるが、RC板自体にひび割れ損傷を受ける場合。

鉄筋径が大きくなるにつれ、又は定着長が長くなるにつれ鉄筋とコンクリートの付着力が大きくなるため、付着破壊からコンクリートのひび割れによる破壊形態へと変化していく。RC板の外観チェックから、<Figure-2>に示すような4種類のひび割れを確認でき、この順に発生する傾向があった。

4.3 損傷タイプとその判定

既存の実験式から求められる以下の項目を比較することで、RC板およびアンカー鉄筋の損傷具合を判定すると<Table-2>のようになる。4.1、4.2の引抜耐力試験による判定と比較的照合できる結果となった。

鉄筋損傷 $T_s = f_{sy} \cdot A_s$

T_s : 鉄筋降伏力 (kgf), f_{sy} : 鉄筋引張降伏強度 (kgf/cm²), A_s : 鉄筋断面積 (cm²)

付着破壊¹⁾ $T_{c1} = 2.5 (D + 5.5) c^{1/3} + 0.8 D(L - 4) c^{2/3}$

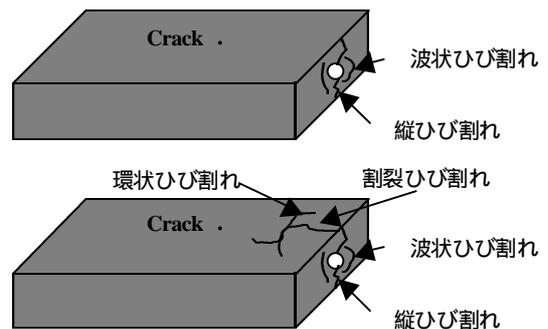
T_{c1} : 付着力 (kgf), c : アンカー鉄筋径 (cm), D : 削孔径 (cm), c : コンクリート圧縮強度 (kgf/cm²), L : 埋込長 (cm)

割裂損傷²⁾ $T_{c2} = \sqrt{f'c} [13.3 c^2 + \{0.318 c + 0.795 (C_b + 15A_c/s)\} l_d]$

$f'c$: コンクリート圧縮強度 (kgf/cm²), c : アンカー鉄筋径 (cm), C_b : 定着する鉄筋の被りと、定着する鉄筋のあきの1/2のうち小さい方の値 (cm), A_t : 横方向鉄筋の断面積 (cm²), s : 横方向鉄筋の中心間隔 (cm)

<Table-2> 内部・外部損傷(実験と既存実験式)

鉄筋径	定着長	実験結果		損傷判定(実験式)	
		内部損傷(拔出)	外部損傷(ひび割れ)	内部損傷 $0.4 \cdot T_{c1}/T_s$	外部損傷 $0.6 \cdot T_{c2}/T_s$
D16	10	A1	-	A	-
	15	A1	-	-	-
	20	-	-	-	-
D19	10	A1	Crack.	A	Crack.
	15	-	-	-	-
	20	-	-	-	-
D25	10	A2	Crack.	A	Crack.
	15	A1	-	-	-
	20	-	Crack.	-	-
D29	10	A2	Crack.	A	Crack.
	15	A2	-	-	Crack.
	20	-	Crack.	-	Crack.
D35	10	A1	Crack.	A	Crack.
	15	-	Crack.	A	Crack.
	20	-	Crack.	-	Crack.



<Figure-2> 外部損傷の分類

注1: 内損(本実験) A1 : 降伏前に拔出, A2: 降伏後に拔出, 空欄 : 拔出無

注2: 外損(本実験) Crack. : コン・付着破壊, Crack. : 割裂損傷, 空欄 : ひび割れ発生無

注3: 内損(実験式) A : 拔出の可能性有 ($0.4 \cdot T_{c1}/T_s < 1.0$), 空欄 : 拔出の可能性無 ($0.4 \cdot T_{c1}/T_s \geq 1.0$)

注4: 外損(実験式) Crack. : コン・付着破壊 ($0.4 \cdot T_{c1}/T_s < 1.0$), Crack. : 割裂損傷 ($0.6 \cdot T_{c2}/T_s < 1.0$), 空欄 : 外部損傷無 ($0.6 \cdot T_{c2}/T_s \geq 1.0$)

参考文献: 1) C.O.ORANGUN, etc.; A Reevaluation of Test Data on Development Length and Splices (Title No.74-11 ACI JOURNAL/MARCH 1977) 2) 村松 和仁 他; エポキシ樹脂アンカーの引張り強さに関する実験的研究(第6回コンクリート工学年次講演会論文集 1984.[98.p389-392])