

説明資料(5) ゾロプレートおよびゾロアンカーを用いた補強接合部の実験

1. はじめに

本工法では、補強架構に開口部を設ける際、枠鉄骨が欠損する部位に開口部補強鋼板（ゾロプレート）を配置し、ゾロプレートは既存梁にエポキシ樹脂注入式のあと施工アンカー（ゾロアンカー）で留め付けることとしている。ゾロアンカーの頭部は皿ボルトと同様の形状とし、ゾロプレート孔部は座ぐりを行うことで、アンカーボルトの頭部が開口部に突出しないようにしている。

本実験では、枠鉄骨、ゾロプレート、ゾロアンカー、既存梁を模擬した要素試験体を製作し、その接合面に直接せん断実験を行うことで、以下の項目を確認する。

- 1) ゾロプレートおよびゾロアンカーを用いた接着接合部において、その終局耐力が本工法設計指針で示されるアンカー併用接着接合部の終局耐力算定式で評価できること
- 2) ゾロプレートおよびゾロアンカーの形状に起因した脆性的な破壊が生じないこと

2. 実験計画

2.1 試験体

試験体一覧を表1に、試験体形状寸法を図1に、ゾロアンカーおよびゾロプレート詳細を図2にそれぞれ示す。実験因子は、接合鋼板およびアンカー筋の種別、アンカー筋比であり、試験体数は3体である。既存RC部の上面の処理は、RC部コンクリート打設後、金鋸押さえを行った後、表面の脆弱部分をびしゃんで2～3mm程度はつり取っている。

ゾロアンカーはφ40（SS400）の丸鋼から切削して製作し、ゾロプレートはPL-19（SS400）からざぐり加工にて製作した。ゾロアンカーおよびゾロプレートの皿部形状は、図2に示すように、水平面に対して45度の角度となるよう製作した。

アンカー筋の埋め込み長さは、アンカー筋の種別に係わらず10d（ $d=200\text{mm}$ 、 d :アンカー筋径）とした。

アンカー筋は、在来型あと施工アンカーおよびゾロアンカーとも接着系アンカーとし、注入式のエポキシ系樹脂を用いた。この樹脂は、ゾロプレートおよび接合鋼板と既存RC部の接着部にも同種のものを充填している。

表1 試験体一覧

試験体	F _c (N/mm ²)	接着 接合	接合 鋼板	アンカー筋				p _a σ _{ay} (N/mm ²)
				種別	材質, 径	配置	p _a (%)	
EB-5	24	エポキシ 樹脂接着	在来型 (キリ孔)	在来型 あと施工アンカー	SS400 M20	1×3-M20	0.74	1.73
EBZ-1			ゾロ プレート	ゾロアンカー		1×3-M20	0.74	1.73
EBZ-2						1×2-M20	0.49	1.15

(注) 1) F_c : 既存RC部コンクリート目標強度

2) $p_a = \Sigma a_a / A_b$: アンカー筋比、 Σa_a : アンカー筋全断面積、 $A_b = 20\text{cm} \times 50\text{cm}$: 接着面積

3) σ_{ay} : アンカー筋の降伏強度

2.2 使用材料

既存 RC 部で用いたコンクリートの材料特性を表 2.1 に、ゾロアンカー母材および接合鋼板の材料特性を表 2.2 に、ゾロアンカーおよびゾロプレートを用いた引張試験結果を表 2.3 にそれぞれ示す。

表 2.3 によると、ゾロプレートを支持しゾロアンカーに引張力を与えて行った引張試験において、皿部の曲げあるいはせん断による変形は発生せず、各試験片とも最終破壊形式はネジ部の母材破断となることが確認された。

表 2.1 既存 RC 部 材料特性一覧

(a) コンクリート				
使用 試験体	σ_B (N/mm ²)	ε_{co} ($\times 10^{-3}$)	E_c (kN/mm ²)	σ_t (N/mm ²)
全試験体	28.8	1.78	28.4	2.63

1) σ_B : 圧縮強度, ε_{co} : σ_B 時ひずみ度

E_c : ヤング係数, σ_t : 割裂強度

2) 上表中の試験値は、3体の平均値を示す。

表 2.2 補強部 材料特性一覧

(b) ゾロアンカー母材					
使用 試験体	呼び 名	鋼種	σ_y (N/mm ²)	σ_u (N/mm ²)	伸び (%)
EBZ-1 EBZ-2	$\phi 40$	SS400	298	479	33

1) σ_y : 降伏点, σ_u : 引張強度

2) 上表中の試験値は、各3体の平均値を示す。

(c) 接合鋼板・ゾロプレート

使用 試験体	公称 厚さ	材質	σ_y (N/mm ²)	σ_u (N/mm ²)	伸び (%)
全試験体	PL-19	SS400	272	431	32

1) σ_y : 降伏点, σ_u : 引張強度

2) 上表中の試験値は、各3体の平均値を示す。

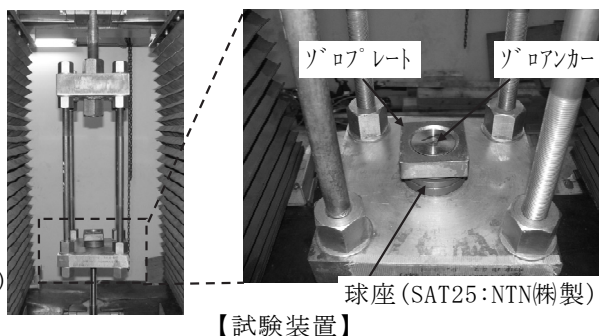
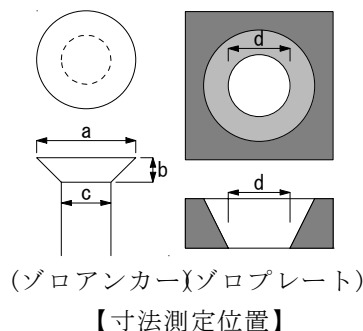
表 2.3 ゾロアンカー引張試験結果

ネジ径 (材質)	試験片 番号	ゾロアンカー寸法 (mm)			ゾロプレート 孔径(mm)	降伏点 σ_{sy} (N/mm ²)	引張強度 σ_{su} (N/mm ²)	破断位置
		a	b	c				
M20 (SS400)	1	40.0	11.3	18.5	25.1	338	500	母材
	2	40.1	11.2	18.3	25.1	343	501	母材
	3	40.0	11.5	18.4	25.0	343	511	母材
	平均値	—	—	—	—	341	504	—
	JIS規格値*	—	—	—	—	235以上	400~510	—

(注) 1) * : JIS G 3101(一般構造用圧延鋼材)の規格値を示す。

2) M20ネジ部の有効断面積は245mm²とした。

3) ゾロアンカー、ゾロプレートの寸法測定位置を下図に示す。



2.3 実験方法

実験は図3に示すように、既存RC部側面にピンを介して反力を取り、試験体接合鋼板あるいはゾロプレートと加力治具とを高力ボルトで緊結した上で、2000kN オイルジャッキを用いて既存RC部上面にせん断力 Q を加力した。載荷履歴は単調押し切りとした。

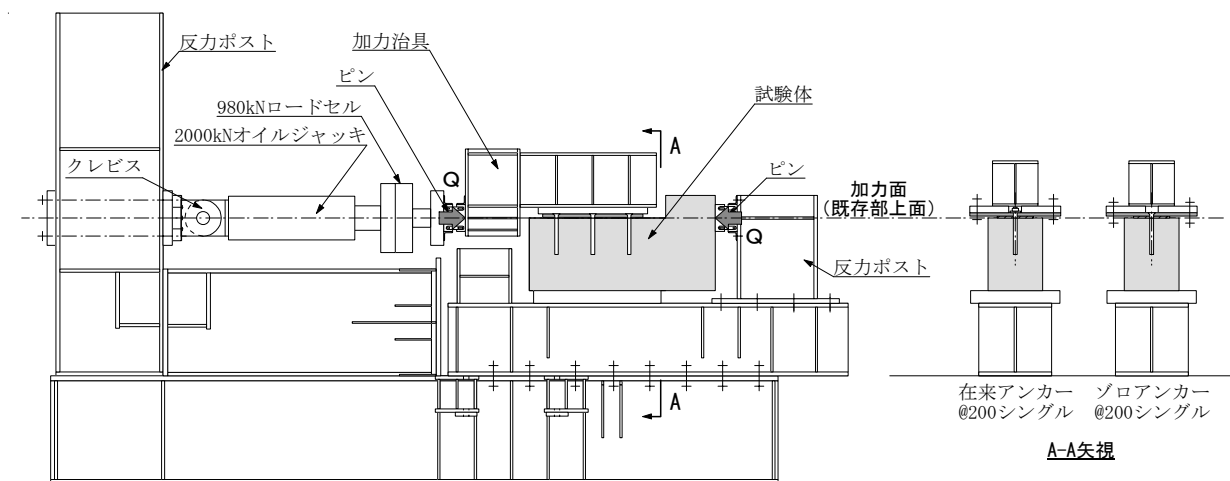


図3 実験装置

3. 実験結果および考察

3.1 破壊性状

各試験体の $b\tau_j - \delta_s$ 関係を図4、試験体破壊状況を写真1にそれぞれ示す。ここに、 $b\tau_j$ はせん断力 Q を接着面積で除したせん断応力度、 δ_s は接着面中央部における接合鋼板と既存RC部とのずれ変形量を示す。

各試験体とも、 $\delta_s = 0.1 \sim 0.2\text{mm}$ 程度で接着面が剥離して耐力が低下した。剥離の状況は、写真1で示すように、各試験体ともに、接着部エポキシ樹脂と既存RC部との間での剥離が顕著であり、両間の接着耐力が十分に発揮されたことを示している。

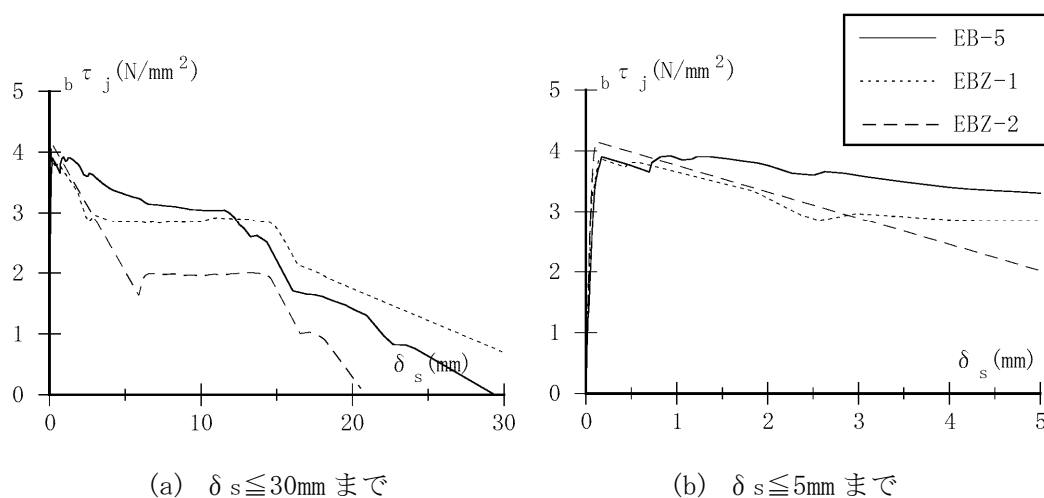


図4 $b\tau_j - \delta_s$ 関係

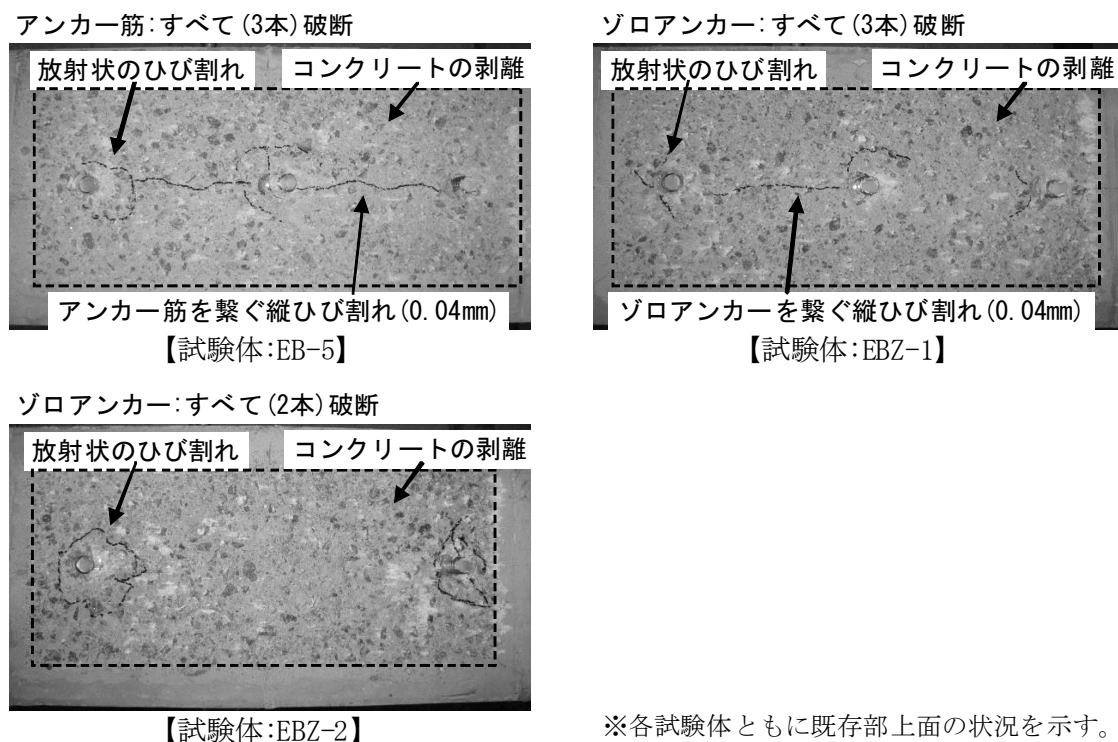


写真1 試験体破壊状況

3.2 実験因子の影響

・アンカー筋種 (EB-5 および EBZ-1)

ゾロアンカーを用いた EBZ-1 では、在来型あと施工アンカーを用いた EB-5 と比較して、同程度の最大耐力を発揮した。また、最大耐力以降からアンカー筋が破断する $\delta s=14\sim15\text{mm}$ 程度までの耐力低下状況もアンカー筋種による違いは見受けられず、ゾロアンカーおよびゾロプレートに起因する性能の低下は確認されなかった。

・アンカー量 (EBZ-1 および EBZ-2)

アンカー筋比 p_a を 0.5%程度とした EBZ-2 では、アンカー筋比 p_a を 0.7%程度とした EBZ-1 と比較して、最大耐力が大きくなった。最大耐力到達以降、EBZ-1 では最大耐力の 3/4 程度、EBZ-2 では 1/2 程度まで耐力が低下したことから、アンカー量が多いほど、耐力低下は緩やかになると言える。

4. 終局耐力の評価

実験結果一覧を表3に、各試験体の $\tau_{\max}-b\tau_{juC}$ 関係を図5に示す。ここに、 bQ_{juC} はアンカー併用接着接合部の終局耐力設計値、 $b\tau_{juC}$ は接着面における同平均せん断応力度、 $Q_{\max}$ は終局耐力実験結果、 $\tau_{\max}$ は同平均せん断応力度をそれぞれ示す。

表3で示すように、各試験体の $\tau_{\max}$ は、設計値 $b\tau_{juC}$ と比較して EB-5 および EBZ-1 では 1.1 倍程度、EBZ-2 では 1.4 倍程度を示した。これらの値は、図5で示すように、説明資料2における実験結果と比較しても、同程度の安全側の評価を示している。

表 3 実験結果一覧

試験体	設計値			実験結果		
	τ_{ay} (N/mm^2)	bQ_{juC} (kN)	$b\tau_{juC}$ (N/mm^2)	Q_{max} (kN)	τ_{max} (N/mm^2)	τ_{max} / $b\tau_{juC}$
EB-5	149	340	3.40	392	3.92	1.15
EBZ-1	149	340	3.40	385	3.85	1.13
EBZ-2	149	303	3.03	415	4.15	1.37

注) 設計値における材料強度は実強度を用いた。

τ_{ay} : アンカー部耐力

bQ_{juC} : アンカー併用接着接合部の終局耐力設計値、 $b\tau_{juC}$: 同平均せん断応力度

Q_{max} : 最大耐力、 τ_{max} : 同平均せん断応力度

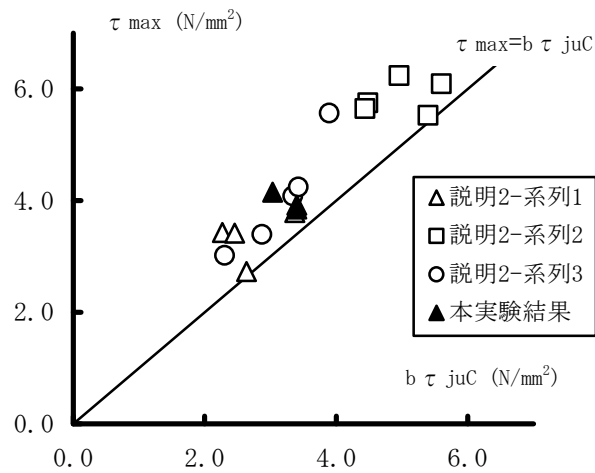


図 5 $\tau_{max}-b\tau_{juC}$ 関係

5. まとめ

本実験結果より、以下の知見が得られた。

- 1) ゴロプレートおよびゴロアンカーを用いた接着接合部において、その終局耐力は本工法設計指針で示されるアンカー併用接着接合部の終局耐力算定式を用いて、在来型あと施工アンカーを用いた場合と同様に、安全側に評価できる。
- 2) ゴロプレートおよびゴロアンカーの形状に起因した脆性的な破壊および耐力の低下は生じなかった。