

東北大学 学 惣田 武士

東北大学 正 尾坂 芳夫

木更津高専 正 石田 博樹

1. まえがき

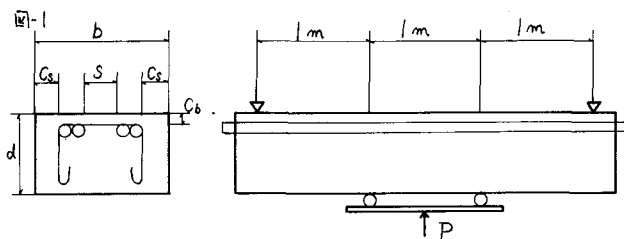
異形鉄筋の重ね継手は鉄筋を重ね合わせるだけで一方の鉄筋から他方の鉄筋へ応力の伝達が可能で、しかも他の継手に比べて施工が簡単であるために広く用いられている。しかし、この応力伝達は周囲のコンクリートを介して行われるため縦ひび割れの発生により継手部が破壊する可能性がある。継手耐力はかぶり、横方向鉄筋量、重ね長さ等に影響されるが、本研究ではこれら変動要因と継手耐力との関係、さらに破壊させた重ね継手部をエポキシ樹脂注入によって補修して上記の変動要因が耐力回復にどの程度寄与するかを調べることを目的とする。

2. 実験概要

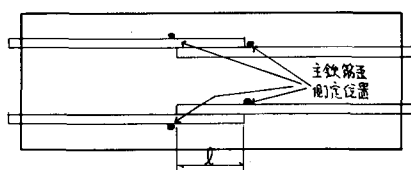
表-1と図-1に示す形状寸法の供試体の絶縁区間に設けた継手部を1回目の載荷で破壊させ、エポキシ樹脂を注入して補修した後2回目の載荷を行った。供試体1-A, 1-B, 1-Cは継手長さ見のみが、1-A, 1-D, 1-Eは横方向鉄筋量のみが、1-A, 2-A, 3-A, 4-Aはかぶり C_b と鉄筋間隔 S のみが異なる。

表-1 供試体寸法

供試体 No.	断面形状						横方向鉄筋 (スタップ)	
	b	d	C_b	C_s	S	l	継手端部	継手中央
1-A	25 ^{mm}	30 ^{mm}	80 ^{mm}	38 ^{mm}	74 ^{mm}	20 ϕ	D6 $\times$ 1 ^本	D6 $\times$ 1 ^本
1-B	25	30	80	38	74	10 ϕ	D6 $\times$ 1	D6 $\times$ 1
1-C	25	30	80	38	74	30 ϕ	D6 $\times$ 1	D6 $\times$ 1
1-D	25	30	80	38	74	20 ϕ	D6 $\times$ 2	D6 $\times$ 1
1-E	25	30	80	38	74	20 ϕ	D6 $\times$ 4	D6 $\times$ 1
2-A	45	30	38	90	170	20 ϕ	D6 $\times$ 1	D6 $\times$ 1
3-A	60	30	38	213	74	20 ϕ	D6 $\times$ 1	D6 $\times$ 1
4-A	85	30	38	187.5	375	20 ϕ	D6 $\times$ 1	D6 $\times$ 1

* ϕ は引張主鉄筋の直径。

* 継手端部のスタップは継手端から継手中央に向って20cmピッチで配した。



3. 結果と考察

図-2に破壊形状を示す。実験は1回目の載荷での、また点線は2回目の載荷でのひび割れ状況を示す。

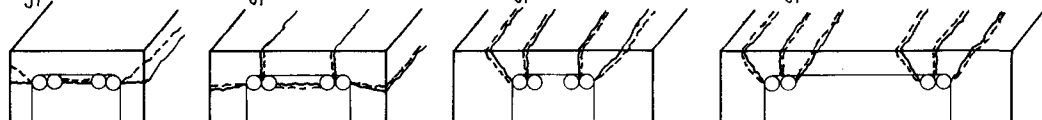
図-2 破壊形状

Type I (1-A~1-E)

Type II (2-A)

Type III (3-A)

Type IV (4-A)



また、表-2に各供試体の破壊時の荷重、引張主鉄筋応力度を示す。Type Iの破壊をした1-A, 1-D, 1-Eの2回の試験結果から判断すると横方向鉄筋量と継手耐力、耐力回復との明確な結果は得られなかった。これは継手破壊時のスタップの歪の測定値が300~500 μ 程度であったことから、スタップが割断面と交わっていないためと思われる。1-A, 1-B, 1-Cについては、2回の載荷とも継手長さが長い程耐力も大きくなっているが耐力回復は継手長さにかかわらず約20%以上は期待できようである。また、破壊タイプと耐力回復の関係についても1-A, 2-A, 3-A, 4-Aからは破壊のタイプにかかわらず耐力回復は期待できると考えられる。

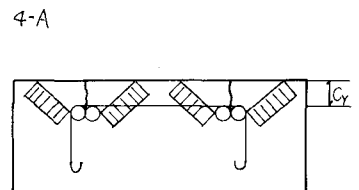
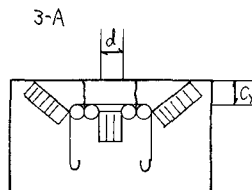
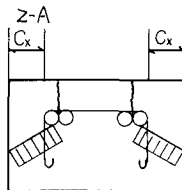
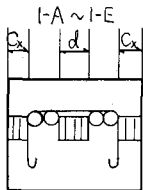
表-2 実験結果

(*1) $E_s = 2.1 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ とした。(*2) σ_u : 鉄筋付着応力度

供 試 体 No.	破壊荷重と破壊状況				破壊時鉄筋応力(実験値)		コンクリート引張強度		Tepfersの式からの計算値							
	1回目の載荷		2回目の載荷		$\frac{P_u}{P_t}$	1回目の 載荷時 f_{test1}	2回目の 載荷時 f_{test2}	1回目の 載荷時 f_{test1}	2回目の 載荷時 f_{test2}	1回目の載荷			2回目の載荷			
	荷重 P_t	破壊状況	荷重 P_u	破壊状況						σ_u	f_{scalc}	f_{scalc}/f_{test1}	σ_u	f_{scalc}	f_{scalc}/f_{test2}	
1-A	9.0Tm	継手部分の斜め割れ破壊	10.5Tm	継手部分の斜め割れ破壊	1.17	2870 $\frac{kg}{cm^2}$	3150 $\frac{kg}{cm^2}$	1.11	20 $\frac{kg}{cm^2}$	23 $\frac{kg}{cm^2}$	30.8 $\frac{kg}{cm^2}$	2460 $\frac{kg}{cm^2}$	0.86	44.0 $\frac{kg}{cm^2}$	3710 $\frac{kg}{cm^2}$	1.08
1-B	4.0	"	6.3	"	1.58	1220	1680	1.38	20	23	30.8	1200	0.98	44.0	1700	1.01
1-C	10.9	"	13.5	曲げ圧壊	1.24	3490	4620	1.32	20	23	30.8	3700	1.06	44.0	5100	1.10
1-D	8.5	"	11.5	継手部分の斜め割れ破壊	1.35	2750	3570	1.30	20	23	31.6	2530	0.92	44.8	3470	0.97
1-E	9.0	"	11.4	"	1.27	2900	3680	1.27	20	23	34.0	2720	0.94	46.4	3590	0.98
2-A	13.5	"	15.0	"	1.11	3380	3780	1.12	20	28	41.8	3240	0.96	54.2	4510	1.19
3-A	11.5	"	14.5	"	1.26	2800	3360	1.20	20	28	35.8	2770	0.99	49.8	3860	1.15
4-A	14.5	"	17.7	"	1.22	3720	4700	1.26	20	28	42.4	3780	0.88	54.6	4540	0.97

Tepfersの式は継手周囲に働くリングテンションをコンクリートとスターラップが受け持つという考えに基づいている。この式を図-3に示す。この式から1回目の載荷時の耐力を計算すると表-2のようになるが、実験値と計算値は約±10%の範囲でよく一致する。

図-3 Tepfersの式



$$Z\sigma_u n\phi = [ZC_x + (n-1)d] \sigma_{cu} + \frac{m A_{st}}{a} E_m E_s$$

$$Z\sigma_u n\phi = [C_x + \phi/2] \sigma_{cu} + \frac{1/2 A_{st}}{a} E_m E_s$$

$$Z\sigma_u n\phi = [ZC_y + (n-1)d] \sigma_{cu} + \frac{m A_{st}}{a} E_m E_s$$

$$Z\sigma_u n\phi = Z(C_y + \phi/2) \sigma_{cu} + (1+1/2) \frac{A_{st}}{a} E_m E_s$$

ただし、 σ_u : 鉄筋付着応力度(kg/cm²) f_{stest} : 継手端部の鉄筋応力

$$f_{scalc} = \frac{\pi \phi \sigma_u}{A_s}$$

 A_s : 主鉄筋断面積(cm²) ϕ : 主鉄筋直径(cm) l : 重ね合せ長さ(cm) n : 継手の数 m : 割断面と交わるスターラップの数 a : スターラップのピンチ(cm) σ_{cu} : コンクリートの引張強度(kg/cm²) E_m : コンクリートの縦方向伸び

(150μ)

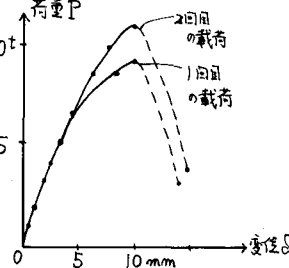


図-4 供試体1-Aの荷重～変位曲線(変位測定点は梁のスペン中央)

2回目の載荷時の耐力をTepfersの式から計算した結果を表-2に示す。ただし、1-A～1-Eは割断面が図-2のように1回目の載荷と異なり、コンクリートの引張強度は表-2に示すように1回目の載荷時より約10%上昇していることを、また、2-A～4-Aについては図-2のように割断面は1回目の載荷とほぼ同じであるが、コンクリートの引張強度が上昇していることを加味して計算した。表-2に示すように実験値と計算値はよく一致する。このことから今回の補修による耐力増加は主にコンクリートの引張強度上昇によるものと考えられる。従ってコンクリートの引張強度上昇がなくても、補修によって少くとも破壊前の継手耐力まで回復し得ると考えられる。

最後に変形能力について述べる。一例として図-4に1-Aの荷重～変形曲線を示すが、2回の載荷とも破壊は脆性的であり、補修によって変形能力はほとんど改善されない。このことは他の供試体についても言える。つまり、重ね合せ長さ、破壊形状にかかわらず、補修した継手も脆性的に破壊する。しかし、横方向鉄筋量と変形能力の関係については本実験からは明確な結果は得られなかった。