

報告

[2039] 異形鉄筋重ね継手の補強に関する研究

正会員 ○角陸 純一（清水建設技術研究所）

1. はじめに

異形鉄筋の重ね継手を有する鉄筋コンクリート部材の継手部の破壊は、かぶりコンクリートが鉄筋にそってぜい性的に割裂する付着割裂破壊となることが多い。この破壊は、かぶり厚さや鉄筋ピッチにより図-1に示すような3タイプの形式に分けられる¹⁾。重ね継手の付着割裂破壊を防ぐための補強方法として、3タイプの割裂破壊のいずれにも有効であるコ型フープ筋補強方法が考えられる。本補強工法は、主筋を配筋した後に施工を行うことができ、メッシュ筋のような形状にすれば壁筋等の多数継手を一度に補強することができるなど、スパイラル筋補強等の従来の継手補強方法に比べ施工性が優れているものと言える。

本研究では、コ型フープ筋補強について、従来の補強工法との補強効果の比較及びその仕様について検討を行うために、両引実験と曲げ実験を行った。

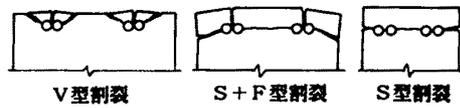


図-1 付着割裂破壊形式

2. 実験概要

2.1 試験体

両引試験体は、2組の重ね筋を有する矩形板で、表-1に示すように補強方法と鉄筋ピッチをパラメータとした9体である。代表的な試験体の配筋図を図-2に示す。重ね長さ25d(d:鉄筋径),かぶり厚さ1.5d,板厚100mmは共通である。曲げ試験体は、表-2に示すように、コ形フープ筋のピッチや径、定着長等をパラメータとした5体の矩形断面はり部材である。図-3に代表的な試験体の配筋図を示す。

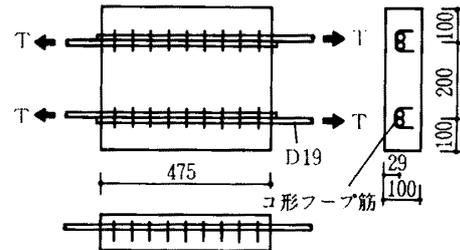


図-2 両引実験試験体図 (WT-07)

重ね長さ20d,かぶり厚さ1.5d,鉄筋間隔190mmは共通である。両引及び曲げ試験体とも、引張鉄筋にはD19波ふし筋(SD35)を用い、コンクリートは平打ちで打設した。表-3に材料強度を

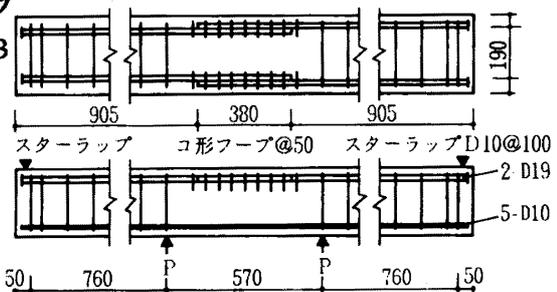
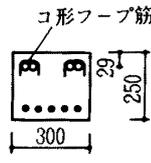


図-3 曲げ実験試験体図 (BT-02)

表-1 両引実験試験体一覧

試験体	鉄筋間隔	補強方法
WT-01	200mm	鋼織維
WT-02	100mm	鋼織維
WT-03	200mm	横補強筋 D3, @50
WT-04	100mm	横補強筋 D3, @50
WT-05	200mm	スパイラル D3, @50, Φ=60
WT-06	100mm	スパイラル D3, @50, Φ=60
WT-07	200mm	コ形フープ D3, @50, B=60
WT-08	100mm	コ形フープ D3, @50, B=60
WT-09	100mm	補強筋無し

表-2 曲げ実験試験体一覧

試験体	補強方法
BT-01	補強筋無し
BT-02	コ形フープ D3, @50, L=60
BT-03	コ形フープ D3, @50, L=120
BT-04	コ形フープ D3, @25, L=60
BT-05	コ形フープ D6, @50, L=60

*記号の説明

- Φ : スパイラル筋の巻径
- B : コ形フープ筋の幅
- L : コ形フープ筋の定着長



示すが、鋼繊維コンクリートの強度は空気量が多かったため目標強度よりかなり低くなった。

2.2 加力測定方法

両引実験では、コンクリート板より突出した鉄筋とPC鋼棒を連結することにより、センターホールジャッキを用いて、荷重制御により両引き繰返し载荷を行った。

曲げ実験は、継手部が純曲げ応力場となり、かつ、引張応力を受けるように、2点集中载荷により一方向の繰返し载荷を行った。

3. 実験結果

3.1 両引実験

図-4に引張荷重-検長間伸び量関係の一例を、図-5に各試験体の破壊時のひびわれパターンを、表-4には、実験結果の一覧を示す。表中の鉄筋強度は引張荷重を鉄筋断面積で割ったものであり、伸び量は試験体両端から50mm離れた点での継手筋の相対変位量である。

試験体は、いずれも引張鉄筋に直交したひびわれが発生した後、継手端より鉄筋にそった付着ひびわれが発生し、最終的にかぶりコンクリートが割裂する付着割裂破壊を生じた。破壊形式は、鉄筋ピッチが大きい試験体はいずれもV型であり、鉄筋ピッチが小さい試験体は、横筋補強と鋼繊維補強のものがS型であった他はすべてS+F型であった。

3.2 曲げ実験

図-6に荷重-変形関係の一例を、図-7に破壊時のひびわれパターンを示す。また、表-5には実験結果の一覧を示す。表中の鉄筋応力は曲げモーメントを引張筋全断面積とその応力間距離で割った値である。

試験体の破壊経過は、両引実験の場合と同様であり、いずれの試験体も付着割裂破壊を生じ、破壊形式は、すべてV型であった。

表-3 使用材料の強度

鉄筋強度 kg/cm ²			コンクリート強度 kg/cm ²		
鉄筋種類	降伏強度	引張強度	試験体種類	圧縮強度	引張強度
D 19	4224	5801	WT-01,02	163	14.7
D 6	4240	5750	WT-03-09	220	20.1
D 3	3230	4740	BT-01-06	232	17.1

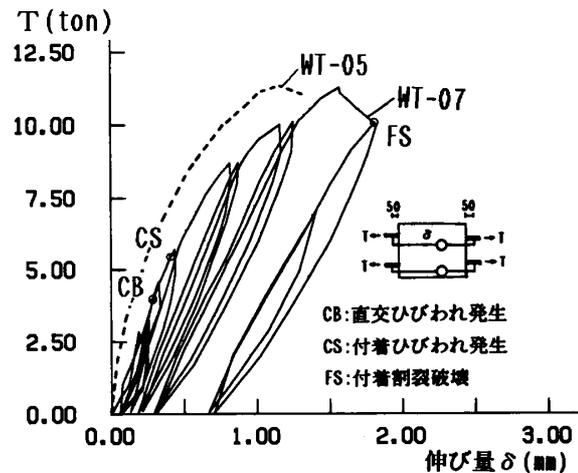
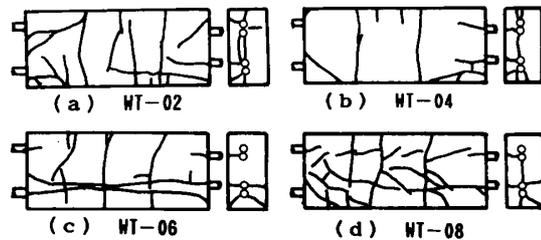


図-4 引張荷重-伸び量関係



*WT-09はコンクリートがバラバラに割裂破壊した

図-5 破壊時のひびわれ状況

表-4 両引実験結果一覧

試験体記号	直交ひびわれ		付着ひびわれ		最大荷重		破壊形式
	ft	δ	ft	δ	ft	δ	
WT-01	1986	0.42	2641	0.69	2641	0.69	V
WT-02	1003	0.20	2624	0.58	3167	0.79	S
WT-03	1226	0.19	1878	0.37	3345	1.06	V
WT-04	1003	0.27	2017	0.55	3314	0.99	S
WT-05	1404	0.35	1909	0.49	3927	1.73	V
WT-06	1010	0.11	2289	0.35	3617	0.89	V
WT-07	1380	0.17	1732	0.26	3955	1.11	V
WT-08	1007	0.16	2007	0.34	3693	0.82	S+F
WT-09	868	0.20	2261	0.48	3132	0.81	S+F

* ft: 鉄筋応力 (kg/cm²), δ: 伸び量 (mm)

表-5 曲げ実験結果一覧

試験体記号	曲げひびわれ		付着ひびわれ		最大荷重		破壊形式
	ft	δ	ft	δ	ft	δ	
BT-01	704	0.25	2141	3.03	2263	3.49	V
BT-02	886	0.40	2314	3.35	2733	4.45	V
BT-03	886	0.49	2808	4.67	2808	4.67	V
BT-04	892	0.62	2141	2.91	2827	5.40	V
BT-05	880	0.43	2492	3.51	2958	5.93	V

* ft: 鉄筋応力 (kg/cm²), δ: たわみ量 (mm)

ft = M / (a · j)

M: 曲げモーメント

a: 引張鉄筋の全断面積

j: 応力中心距離 (=7/8 d)

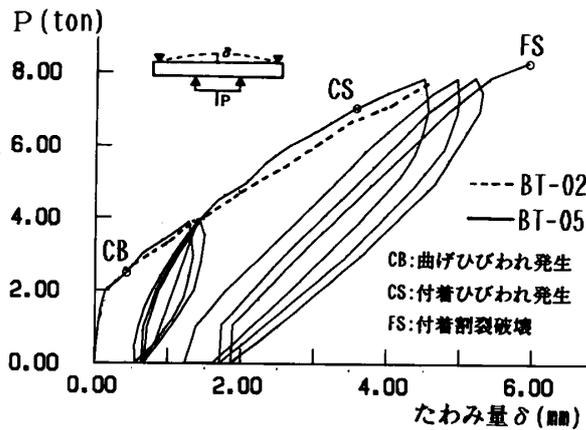


図-6 荷重-たわみ量関係

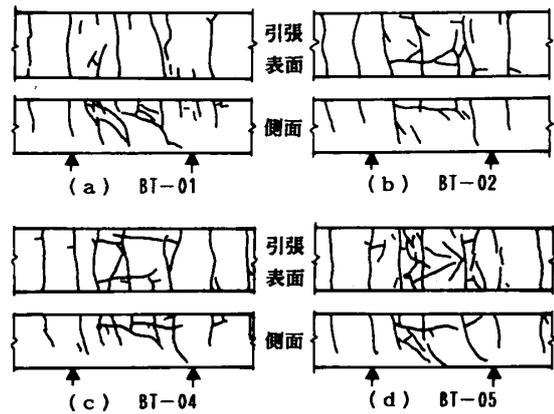


図-7 破壊時のひびわれ状況

4. 結果の検討

4.1 両引実験

付着割裂ひびわれは、継手筋に平行に生じるので、割裂破壊を防ぐには、継手筋に直交する補強筋を配筋することが有効であろうと考えられる。本実験では、付着割裂を防ぐための各種継手補強方法の有効性を比較検討した。図-8に最大鉄筋応力の比較を示す。付着割裂破壊はコンクリートの引張強度に関係するものと考えられ、鋼繊維補強試験体のコンクリート強度が他の試験体より低いのでその影響を除くため、圧縮強度の平方根倍をかけて修正した値も合わせて図中に示した。無補強試験体と比較した場合、各補強方法の最大鉄筋応力比は横筋補強で1.06、スパイラル筋補強で1.15~1.25、コ形フープ筋補強で1.18~1.26、鋼繊維補強で1.0~1.17(修正値)となる。図-9に荷重-変形関係包絡線を比較して示すが、コ形フープ筋補強とスパイラル筋補強試験体は、若干ではあるが最大荷重近くで変形が増加している。破壊状況は、横筋補強と鋼繊維補強の試験体で鉄筋ピッチが小さい場合、表面の割裂ひびわれが少なく、鉄筋を連なった割裂を生じたが、スパイラル筋補強とコ形フープ筋補強の試験体では、鉄筋にそって表面に割裂ひびわれが生じていた。

以上より横筋補強は鉄筋を連なる割裂破壊の場合には効果がないこと。鋼繊維補強は繊維のちらばりかたの影響のためか補強効果にかなりばらつきが見られること。コ形フープ筋補強はスパイラル筋補強と同様にいずれの破壊形式にも十分な補強効果を有すること等が言える。

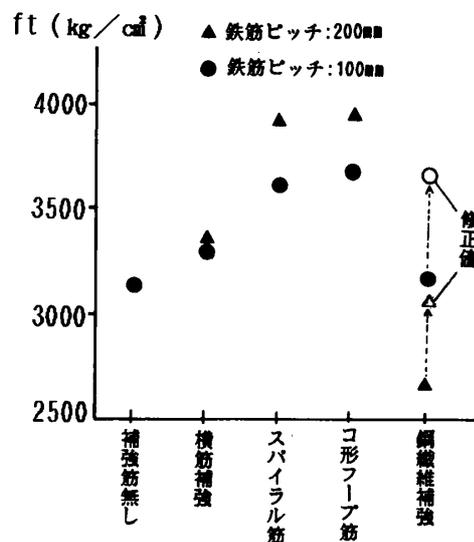


図-8 最大鉄筋応力値の比較

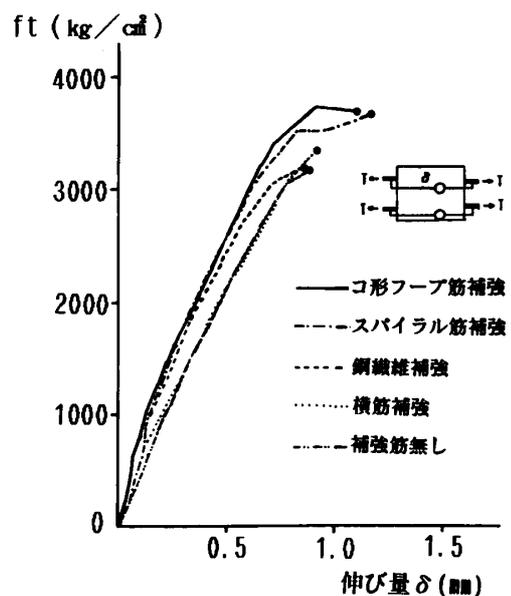


図-9 鉄筋応力-伸び量関係包絡線

4. 2 曲げ実験

曲げ実験では、継手筋が曲げモーメントを受ける場合のコ形フープ筋補強の継手補強効果を調べるとともに、コ形フープ筋補強の仕様を検討するためのパラメータ検討を行った。図-10に各試験体の鉄筋応力-変形関係包絡線を示す。無補強試験体の最大荷重時鉄筋応力 ($f_t=2263\text{kg/cm}^2$) と比べコ形フープ筋補強各試験体の鉄筋応力 ($f_t=2733\sim 2958\text{kg/cm}^2$) はいずれも高く、その比は1.21~1.31となっているものの、フープ筋の定着長さ、ピッチ、径の違いによる最大鉄筋応力の差異はほとんど見られない。しかしながら、BT-02試験体が繰返しのための所定荷重に達した途端破壊したのに対し、定着長の長いBT-03試験体は2回目の繰返し後破壊し、その変形はBT-02試験体の1.05倍となり、ピッチが小さいBT-04試験体と補強筋径が大きいBT-05試験体は3回目の繰返し後破壊し、それぞれの変形はBT-02試験体の1.21倍と1.33倍となっている。これより、補強筋の定着長は主筋径の3倍以上あれば十分であり、それ以上では差異があまり見られないこと、補強筋のピッチや量により若干ではあるが変形性能が向上すること等がわかる。図-11に各試験体のコ形フープ筋のひずみと加えた曲げモーメントの関係を示す。ひずみ値は、各試験体の継手端部と継手中央部に配筋したそれぞれについて示している。補強筋のピッチや径による影響はほとんど見られず、曲げモーメントに対し2次曲線的にコ形フープ筋のひずみが増加するが、試験体の破壊時においても降伏ひずみには達していない。また、端部の補強筋のひずみは中央部の補強筋に比べ大きく、補強筋の位置による影響が見られる。

以上より、継手筋が曲げを受ける場合でもコ形フープ筋補強はかなりの補強効果を有しているものと言える。また、補強筋のピッチや量が補強性能に影響し、補強筋は継手端部に密に配筋した方が効果があるものと言える。

5. 結論

コ形フープ筋による重ね継手の補強について、各種補強方法との比較検討及びコ形フープ筋補強の仕様の検討を行った結果、コ形フープ筋補強は、引張り応力場及び曲げ応力場のいずれの場合でも有効であり、スパイラル筋補強と同様に3タイプの付着割裂破壊のいずれの場合にも十分な補強効果があること。コ形フープ筋の定着長は主筋径の3倍以上あればよく、継手端部に密に十分な補強筋を配筋すれば変形性能の改善に有効であること等がわかった。

参考文献

- 1) David M.F.Orr:Lap Splicing of Deformed Reinforcing Bars,ACI Journal,Vol.73,No.11,1976,pp.622-627

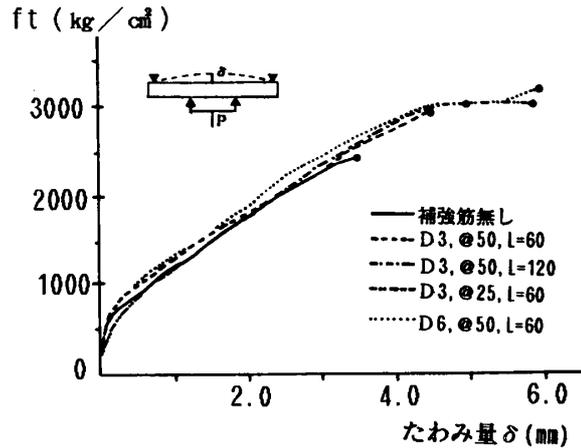


図-10 鉄筋応力-たわみ量関係包絡線

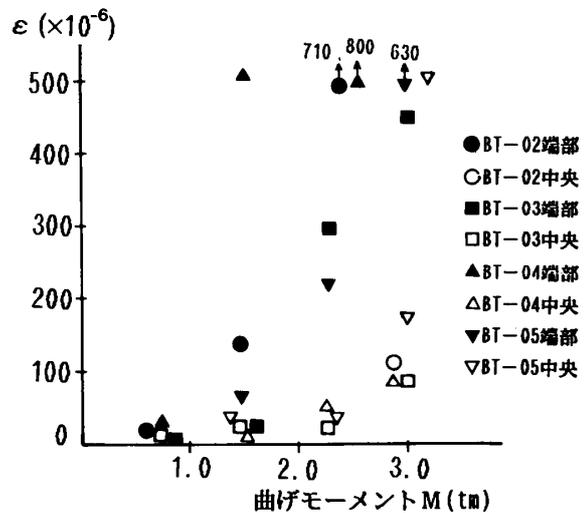


図-11 コ形フープ筋のひずみ値