UFCを用いた重ね継手構造の引張性能に関する実験的検討

㈱大林組　正会員　○海野　貴裕　㈱大林組　正会員　佐々木　一成
㈱大林組　フェロー会員　野村　敏雄

1．はじめに

わが国では近年，劣化した道路橋床版の更新が進められており，工期短縮，品質向上などの観点からプレキャスト床版による更新が前提となっている。米国では，超高強度繊維補強コンクリートをプレキャスト床版の継手部に利用する工法が開発されている[1)]。超高強度繊維補強コンクリート(以下，UFC) は，わが国でも開発されており，最近では，常温で強度発現するUFCも実用化され，現場での打込みが可能となっている。

本検討では，常温で圧縮強度180N/mm^{2}以上を発現するUFCの重ね継手構造への適用を目的とし，継手部単体の一軸引張および疲労実験を実施し,引張性能の確認を行った。対象とする継手構造は，継ぐ鉄筋同士にあきがあるあき重ね継手とした（図－1)。

2．一軸引張実験

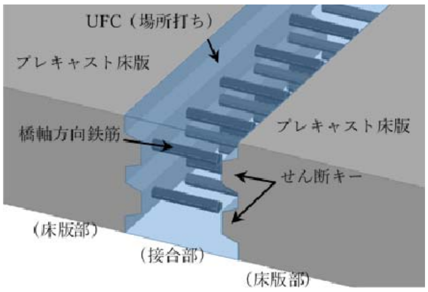
重ね継手の引張耐力を確認するため，図－2 に示す重ね継手を設けた試験体を作製し，継手に直接一軸引張力を静的に作用させる実験を行った。使用した材料の諸元を表－1 に示す。

実験ケースを表－2 に示す。鉄筋はD19とし，鉄筋の重ね継手長，埋込み長および鉄筋間隔をパラメータとした。試験体に偏心荷重が生じないよう，鉄筋を左右対称に配置した。鋼板を鉄筋端部に溶接して，鋼板をアムスラーで引張ることにより載荷を行った。UFC部分の全長が短く，載荷により発生する面内曲げの影響が大きいと考えられるNo.3～6については，曲げ変形が生じないよう，継手直角方向を鋼板とPC鋼棒にて拘束することとした。なお，実際の継手部においても，継手が継手直角方向に連続していること，床版が隣接していることにより，継手直角方向は拘束されており，実験条件は，実際の条件に近いと考えられる。

実験結果の一覧を表－2 に示す。いずれの試験体も鉄筋降伏後，UFCに生じたひび割れが進展することにより，荷重が低下した。No.1は，鉄筋応力が鉄筋引張強度と同等になっても破壊しなかったため，載荷を終了した。

最大荷重時の鉄筋応力と重ね継手長との関係を図－3 に示す。重ね継手長の異なる No.1，3，5 を比較すると，重ね継手長が長い方が最大荷重は大きくなった。なお，重ね継手長が最も短い5φであっても設計降伏強度の1.3倍程度の耐力を有することが確認された。この結果から，鉄筋がSD345の場合，重ね継手長5φで鉄筋母材の設計降伏強度を発揮することができる。

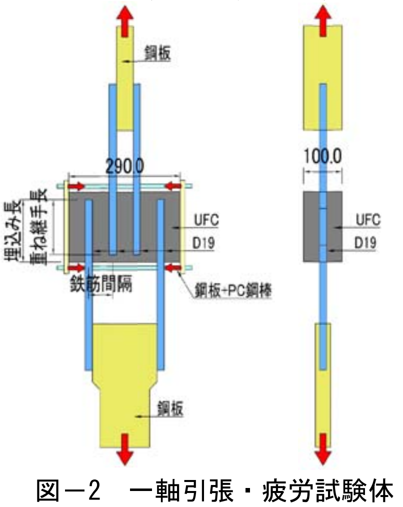
重ね継手長が等しいNo.2～4の最大荷重時の鉄筋応力と埋込み長との関係を図－4 に示す。No.3，4を比較すると，埋込み長が長い方が，最大荷重が大きくなった。また，拘束条件が異なるNo.2，3を比較すると，埋込み長が大きいNo.2の最大荷重がNo.3と比較して小さくなった。



図－1　UFCを用いた重ね継手

表－1　使用材料諸元

	UFC		鉄筋	
	圧縮強度 (N/mm^2)	曲げ強度 (N/mm^2)	降伏強度 (N/mm^2)	引張強度 (N/mm^2)
一軸引張	201	39.9	389	586
疲労	190	34.1		



図－2　一軸引張・疲労試験体

表－2　一軸引張実験ケースおよび実験結果

試験体					拘束	最大荷重時鉄筋応力*
No.	継手長 (φ:D19)	全長 (mm)	埋込み長 (mm)	鉄筋間隔 (mm)		(N/mm^2)
1	15φ	340.0	312.5	62.5	なし	591**
2	7.5φ	340.0	226.3	62.5	なし	550
3	7.5φ	181.5	147.0	62.5	あり	573
4	7.5φ	142.5	127.5	62.5	あり	556
5	5.0φ	134.0	104.5	62.5	あり	456
6	7.5φ	181.5	147.0	0	あり	531

*荷重を公称断面積で除した値であり，載荷した3体の平均値
**No.1は鉄筋引張強度到達時の値

キーワード　プレキャスト床版，継手，超高強度繊維補強コンクリート，UFC
連絡先　〒204-8558　東京都清瀬市下清戸4-640　大林組技術研究所　ＴＥＬ042-495-1013

表－2 において鉄筋間隔が異なる No.3 と No.6 を比較すると，鉄筋のあきがない場合，最大荷重が低下した。

３．一軸引張疲労実験

重ね継手の引張疲労性能を確認するため，継手に直接一軸引張力を繰返し作用させる引張疲労実験を行った。使用した材料および試験体形状は引張実験と同様とし，重ね継手長は 5.0 ϕ とした。作用させる上限応力は**表－3** に示す 3 ケースとし，下限応力は文献 2)に準じて 30N/mm^2 とし，載荷速度は 5Hz とした。

実験結果を**表－3** に示す。また，上限応力と繰返し回数の関係を**図－5** に示す。図中には，併せてコンクリート標準示方書 [3]の式(1)にて求めた鉄筋の疲労強度を示す。

$$f_{sr} = 190\frac{10^{(0.81-0.003\phi)}}{N^{0.12}}\left(1-\frac{\sigma_{sp}}{f_u}\right) \qquad (1)$$

f_{sr}：疲労強度，　ϕ：鉄筋径(D19)，N：載荷回数

σ_{sp}：疲労強度式における永続荷重による鉄筋の応力度($=30\text{N/mm}^2$)，f_u：鉄筋の引張強度($=586\text{N/mm}^2$)

上限応力 180N/mm^2 において，300 万回の載荷で試験体は破壊しなかった。上限応力 240N/mm^2 および 300N/mm^2 においては初期に UFC にひび割れが生じたが，いずれも継手ではなく鉄筋破断により実験を終了した。この結果から，重ね継手長 5 ϕ で鉄筋母材以上の疲労強度があると考えられる。

４．まとめ

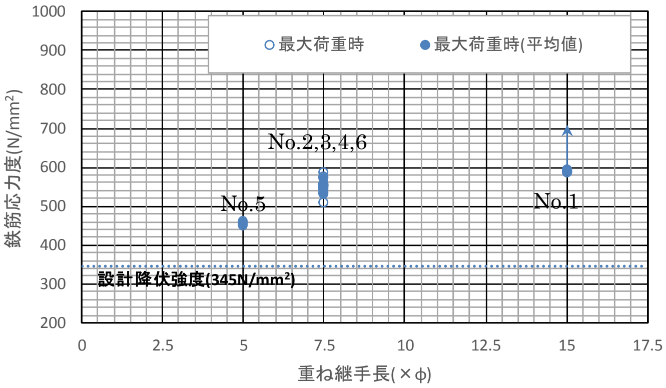
本検討では，UFC を用いた重ね継手構造を対象とした実験を行い，以下のことを確認した。

・重ね継手長および埋込み長が長くなると，継手耐力が大きくなる。

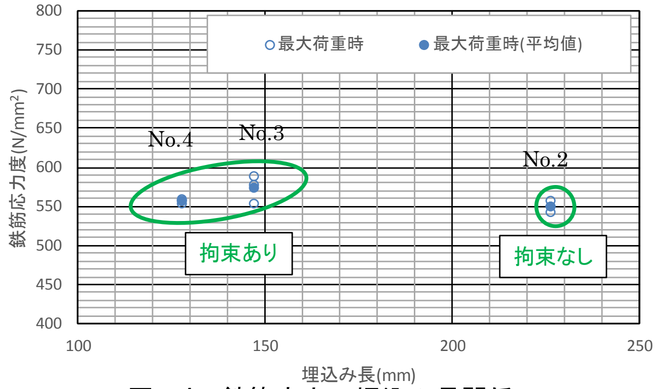
・鉄筋に SD345 を使用する場合，重ね継手長 5 ϕ とすることで，鉄筋母材の設計降伏強度を発揮することができる。

・鉄筋に SD345 を使用する場合，重ね継手長 5 ϕ とすることで，鉄筋母材以上の疲労強度を確保できる。

しかしながら，本検討において得られた継手の引張耐力が継手長，埋込み長いずれの影響により発揮されているか耐荷機構が明確でないことや，引張疲労性能については，母材鉄筋の破断により疲労限界など明確な破壊限界を確認できていないため，今後さらなる検討が必要である。



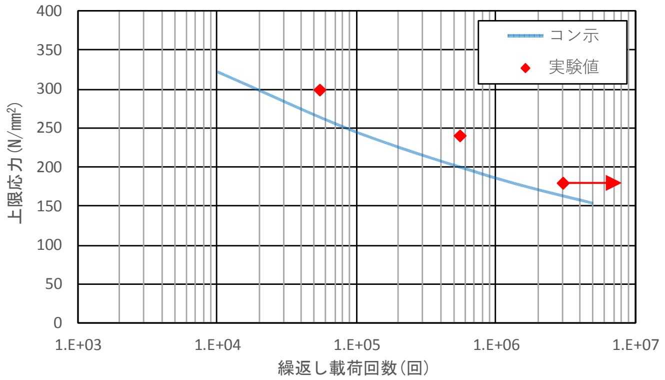
図－3　鉄筋応力－継手長関係



図－4　鉄筋応力－埋込み長関係

表－3　一軸引張疲労実験ケースおよび実験結果

試験体 No.	重ね継手長	載荷条件 上限応力 (N/mm^2)	載荷条件 下限応力 (N/mm^2)	実験結果 繰返し回数 (回)	実験結果 破断位置
1	5 ϕ	300	30	54,122	鉄筋母材
2		240	30	545,980	鉄筋母材
3		180	30	(300万回以上)	未破断



図－5　上限応力－繰返し載荷回数関係

・参考文献

1)Federal Highway Administration : Design and Construction of Field-Cast UHPC Connections，TECHNOTE，FHWA-HRT-14-084，2014

2)土木学会：鉄筋定着・継手指針[2007 年版]，コンクリートライブラリー，第 128 号，2007

3)土木学会：コンクリート標準示方書　設計編[2012 年制定]，2012