

V-11

繰返し引張力を受ける異形鉄筋の付着特性について

室蘭工業大学 正 員 菅田 紀之
 室蘭工業大学 フェロー 尾崎 詔
 室蘭工業大学 学 生 員 川原 健吾

1. はじめに

著者らは過去の研究で、水中において湿潤状態にあるコンクリートの圧縮疲労強度が、大気中で乾燥状態にある場合より著しく低下すること、湿潤状態では急激な破壊性状を示すことを明らかにした¹⁾。また、水中において湿潤状態にある鉄筋コンクリートはりの疲労試験より、湿潤状態におけるせん断疲労耐力が、乾燥状態と比べると著しく低下することや破壊形式が異なること、コンクリートの受持つせん断力が荷重の繰返しとともに減少し湿潤状態では0になる場合があることなどを明らかにした^{2), 3)}。湿潤状態におけるはりのせん断疲労耐力の低下や破壊形式の相違については、コンクリートの圧縮疲労強度の相違が大きく影響しているものと考えられる。しかしながら、コンクリートの分担せん断力の低下の程度が異なるということは、今までに明らかになっているコンクリートの疲労特性から説明することは難しい。コンクリートの分担せん断力が減少する原因としては、せん断ひび割れが拡大することにより、ひび割れ面におけるコンクリートのかみ合わせが弱まることが大きな原因と考えられる。ひび割れ幅は鉄筋とコンクリートの付着特性に大きく影響を受けることより、コンクリート分担せん断力の低下に鉄筋の付着特性が大きく影響しているものと考えられる。

そこで、鉄筋の付着特性に及ぼすコンクリートの乾湿の影響を明らかにすることを目的として、異形鉄筋の付着試験をはりを用いて水中湿潤環境下と大気中乾燥環境下で行った。検討は、静的な引張力を受ける場合および繰返し引張力を受ける場合について行った。

2. 試験概要

2.1 供試体

付着試験に用いた供試体は鉄筋コンクリートのはりであり、その形状寸法および配筋状態を図-1に示す。はりの断面は10 cm×20

cm、長さは150 cmである。軸方向鉄筋にはSD295 D16を1本使用し、有効高さを15.0 cmとして配置している。また、せん断補強鉄筋にはD6を使用し、図のように8 cm間隔で配置した。付着試験における付着領域は軸方向鉄筋の桁端部から20 cmの範囲とし、鉄筋の支間中央から付着領域前までの部分をビニールチューブで覆うことによりコンクリートとの付着を無くした。軸方向鉄筋への引張力の導入はスパンを1 mとし、スパン中央に荷重を作用させることにより行った。

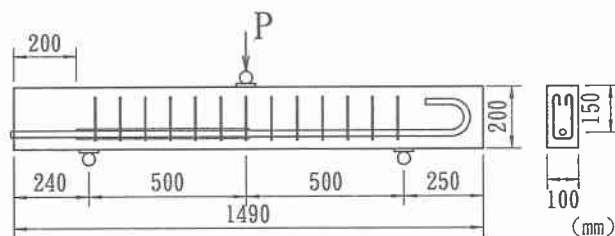
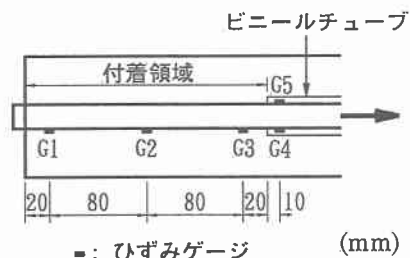


図-1 鉄筋コンクリートはり



-: ひずみゲージ (mm)

図-2 ひずみゲージ位置

静的な付着試験および繰返し付着試験中におけるひずみの変化を計測するために、軸方向鉄筋にゲージ長 2 mm のひずみゲージを貼り付けた。ゲージの貼り付け位置は図-2 に示すとおりである。G1、G2、G3 は付着領域のひずみ変化を計測するため、G4、G5、G6 は鉄筋に作用する引張力を計測するために用いた。乾燥状態のはりの養生方法は、材令 28 日までは水中において行い、それ以後は大気中で乾燥状態とした。湿潤状態のはりについては、水中において養生を続けた。なお、試験時の材令は 2 ヶ月から 3 ヶ月であり、コンクリート円柱供試体の圧縮強度は湿潤状態において 36 N/mm²、乾燥状態では 42 N/mm² であった。また、軸方向鉄筋の降伏点および引張強さ、ヤング係数は 348 N/mm²、513 N/mm²、 1.92×10^5 N/mm² であった。

2.2 試験方法

付着試験は電気油圧サーボ式、容量 30 tf の疲労試験機を用いて行った。湿潤状態における試験は、水槽内にはりを設置し、はりを水没させて行った。繰返し付着試験において、荷重の載荷は 5 回目までを静的に行い、それ以後において載荷速度が 2.5 Hz の正弦波の連続的な繰返し載荷とした。繰返し付着試験時の最大および最小引張力は、鉄筋の降伏点荷重 69.1 kN の 65 % (44.9 kN) および 20 % (13.8 kN) とし、桁の破壊あるいは約 60 万回まで載荷を行った。

3. 試験結果および考察

3.1 静的載荷試験結果

静的な付着試験は、鉄筋の引張力が降伏点荷重に達するまで行った。図-3 は鉄筋の引張力と付着領域のひずみの関係、図-4 は一定引張力ごとの付着領域のひずみ分布である。20 cm 点でのひずみの値は鉄筋引張力に対応するものを示している。鉄筋引張力は G4 と G5 の平均ひずみ値に鉄筋のヤング係数値、公称断面積 (1.986 cm²) を乗じて算定した。図より、引張力の増加とともに各ひずみも大きくなっていることがわかる。乾燥状態と湿潤状態の結果を比較すると、湿潤状態におけるひずみが、乾燥状態よりも大きくなっており、G1 および G2 においてその差が顕著になっていることがわかる。乾燥状態における G2 のひずみは 0 から 300 μ であり、0 - 10 cm 区間の鉄筋には大きな引張力が作用していないといえる。また、湿潤状態における G2 のひずみは、G3 の 1/4 から 1/3 程度になっており、G2 の点においても比較的大きな引張力が作用していることが分

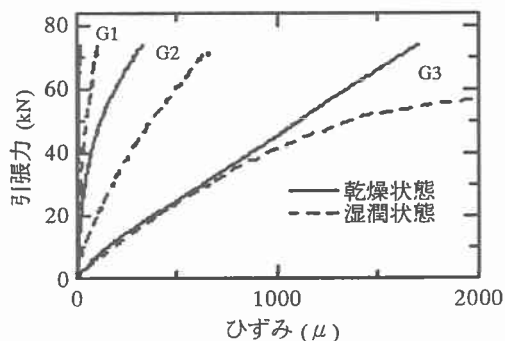


図-3 引張力とひずみの関係

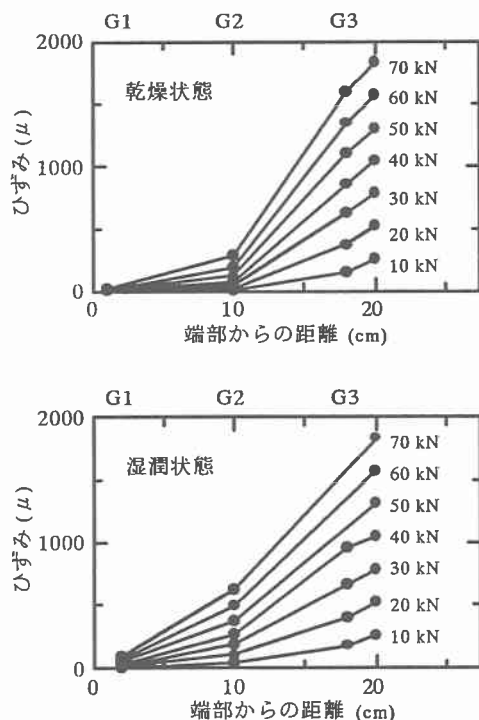


図-4 ひずみ分布

かる。鉄筋引張力が40 kN以上で、湿潤状態のG3の値が大きくなっている。この値は引張力算定用のゲージG4およびG5の値よりも大きく、ひずみゲージの異常によるものと考えられる。

次に、付着領域における付着応力について検討を行うこととする。付着応力の算定は、繰返し載荷試験において試験終了までG3のひずみ値の計測が困難であったことより、付着領域中央(G2)のひずみ値のみを用いて行った。以後、図-5に示すように、はり端部から0-10 cmの区間の平均付着応力を τ_1 、10-20 cmの区間の平均付着応力を τ_2 で表すこととする。図-6は鉄筋引張力と付着応力の関係を示している。乾燥状態と湿潤状態の付着応力を比較すると、 τ_1 は湿潤状態のほうが大きく、 τ_2 は乾燥状態のほうが大きくなっていることがわかる。乾燥状態では、40 kN 載荷時まで τ_1 の値はほぼ0であり、70 kN 作用時においても τ_2 の約1/6になっている。湿潤状態では、引張力の作用直後より τ_2 とともに τ_1 の値も増加しており、 τ_1 は τ_2 の1/3から1/2の値になっている。ことより、乾燥状態では主に10-20 cmの区間で引張力に抵抗している状態になり、湿潤状態では、引張力が作用した直後より、付着領域全体で引張力に抵抗する状態になっていることがわかった。



図-5 付着応力

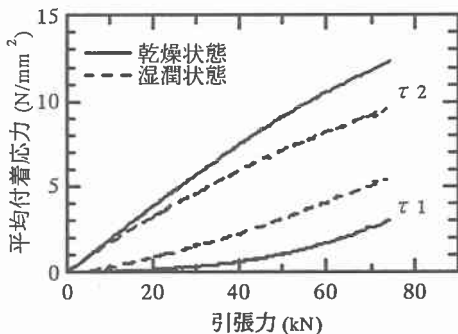


図-6 引張力と付着応力の関係

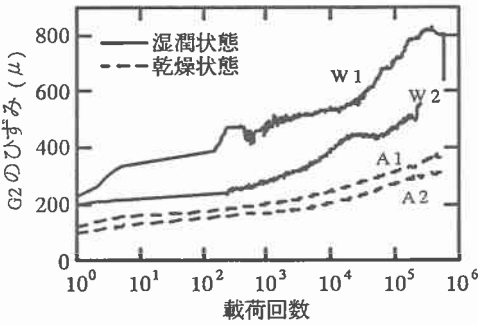


図-7 荷重載荷回数とひずみの関係

3.2 繰返し載荷試験結果

繰返し載荷試験において、試験終了までG3のひずみ値の計測が困難であったこと、G1のひずみ値に大きな変化がなかったことより、以後の検討はG2のひずみ値を用いて行うこととする。鉄筋引張力の繰返しによるG2のひずみ変化を図-7に示す。

乾燥状態 (A1, A2) および湿潤状態 (W1, W2) の結果を2ケースずつ示している。静的試験結果と同様に湿潤状態におけるひずみは乾燥状態より大きくなっていることがわかる。特にW1のひずみはA1およびA2の2倍以上である。また、何れのケースにおいても、ひずみは荷重の繰返しに伴い増加しており、その増加率は湿潤状態の方が乾燥状態よりも大きくなっていることがわかる。

次に、各付着区間における平均付着応力の変化を図-8および9に示す。乾燥状態および湿潤状態ともに、荷重の繰返しとともに τ_2 は減少し、その反対に τ_1 は増加していることがわかる。その減少あるいは増加率は、湿潤状態における結果の方が大きくなっている。W1では7万回載荷時において τ_1 と τ_2 の値はほぼ等しく、7万回載荷以後では τ_1 の方が大きくなり、60万回載荷時においては、 τ_1 が τ_2 の約2倍の値になっている。乾燥状態においては、60万回載荷時においても τ_2 の方が大きく、A1では τ_1 の約2倍、A2では約3倍の値になっており、主に10-20 cm区間において引張力に抵抗する状態が試験終了時まで続いていることがわかる。

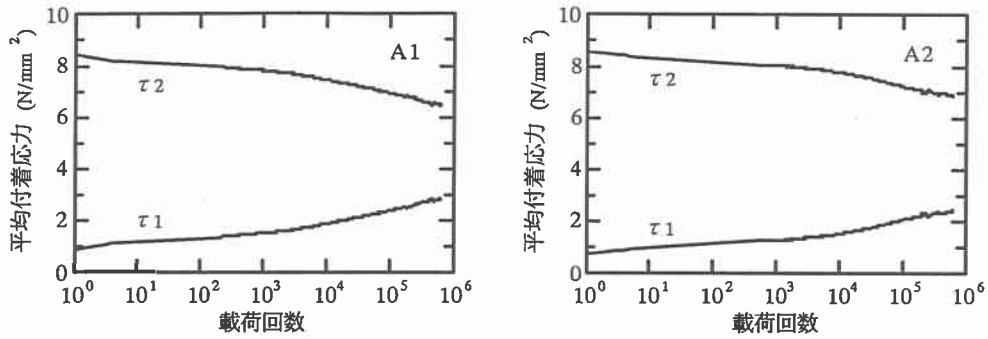


図-8 乾燥状態における荷重荷重回数と付着応力の関係

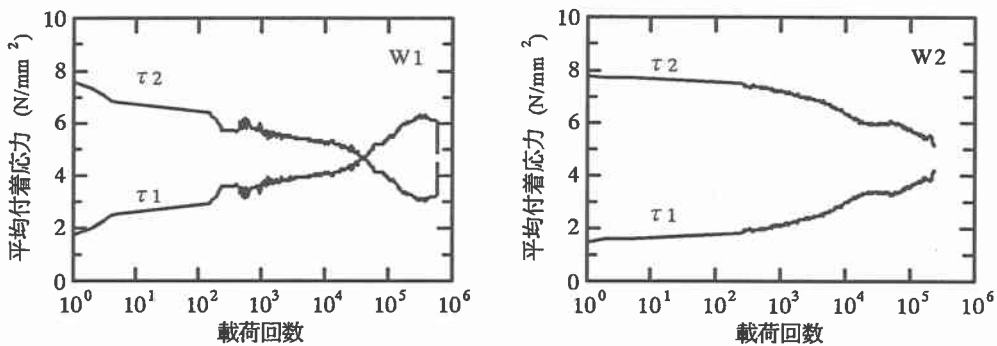


図-9 湿潤状態における荷重荷重回数と付着応力の関係

4. ま と め

鉄筋コンクリートはりのせん断疲労特性の結果から、鉄筋の付着特性が湿潤状態および乾燥状態では異なるのではないかと仮定のもとで付着試験を行った。付着試験は鉄筋コンクリートはりを用いて行い、静的に引張力が作用する場合および繰返し引張力が作用する場合の特性について検討を行った。その結果をまとめると1) 静的試験の結果より、コンクリートが湿潤状態になっている場合の付着力は、乾燥状態における場合より小さい。2) 繰返し荷重試験の結果より、引張力の繰返しに伴い付着力は低下する。3) 引張力の繰返しによる付着力の低下の程度は、コンクリートが湿潤状態にある場合に大きくなる。ということが明らかになった。

参 考 文 献

- 1) 菅田紀之・尾崎詔・水吐則行：高炉スラグ微粉末を用いた高強度コンクリートの疲労特性，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 17, No. 1, pp.1067～1072, 1995.
- 2) 菅田紀之・尾崎詔：水中における鉄筋コンクリート梁のせん断疲労特性について，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.19, No.2, pp.819～824, 1997.
- 3) 菅田紀之・尾崎詔・川原健吾：水中においてせん断疲労荷重を受ける RC はりの挙動，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.20, No.3, pp. 355～360, 1998.