

6章 補強床版の試験結果

本章は、昭和39年道示に準じて製作したRC39供試体に4.2.3に示す損傷を与えた後、鋼板接着および上面増厚工法を実施し、その補強効果を検討したものである。

6.1 初期損傷の状況

各供試体の初期損傷度Ⅱに至ったときの走行回数、供試体中央のたわみおよび鉄筋のひずみを表-6.1.1に示す。

表-6.1.1 損傷度Ⅱ到達時の走行回数、床版中央部のたわみおよび鉄筋ひずみ

供試体名	走行回数 (回)	載荷時たわみ (mm)	除荷時たわみ (mm)	活荷重たわみ (mm)	主鉄筋の ひずみ (μ)	配力鉄筋の ひずみ (μ)
RC39+鋼板-1	6,523	8.01	3.72	4.29	1484	841
RC39+鋼板-2	72,025	8.02	3.81	4.21	1233	808
RC39+上面-1	257,010	8.05	4.18	3.87	1049	979
RC39+上面-2	181,505	8.00	3.98	4.02	1070	783

図-6.1.1(a)(b)(c)に各供試体の走行回数(走行回数/損傷度Ⅱ到達回数)と床版中央変位の関係を示す。図より、載荷時たわみ8mmとした損傷度Ⅱに至る走行回数にばらつきはある。しかし、横軸を走行回数比とした場合、載荷時たわみはすべての供試体とも同様な曲線を描いた。活荷重たわみおよび除荷時たわみは、損傷度Ⅱ到達時には、それぞれ10%以内で若干ばらついた。

同様に、図-6.1.2(a)(b)(c)に各供試体の走行回数(走行回数/損傷度Ⅱ到達回数)と床版中央の引張主鉄筋ひずみの関係を、図-6.1.3(a)(b)(c)に各供試体の走行回数比(走行回数/損傷度Ⅱ到達回数)と床版中央の引張配力鉄筋ひずみの関係を示す。損傷度Ⅱ到達時の主鉄筋の載荷時ひずみは1050~1500 μ 、配力鉄筋の載荷時ひずみは780~1000 μ 程度となった。

図-6.1.4に損傷度Ⅱの床版下面におけるひび割れ状況の一例(RC39+鋼板-1 供試体)を示す。損傷度Ⅱの時のひび割れ状況は、床版下面では亀甲状(15~20cm)の曲げひび割れが発生したが同様な供試体の破壊状況(図-5.2.1)と比較してひび割れの密度が低いことがわかる。

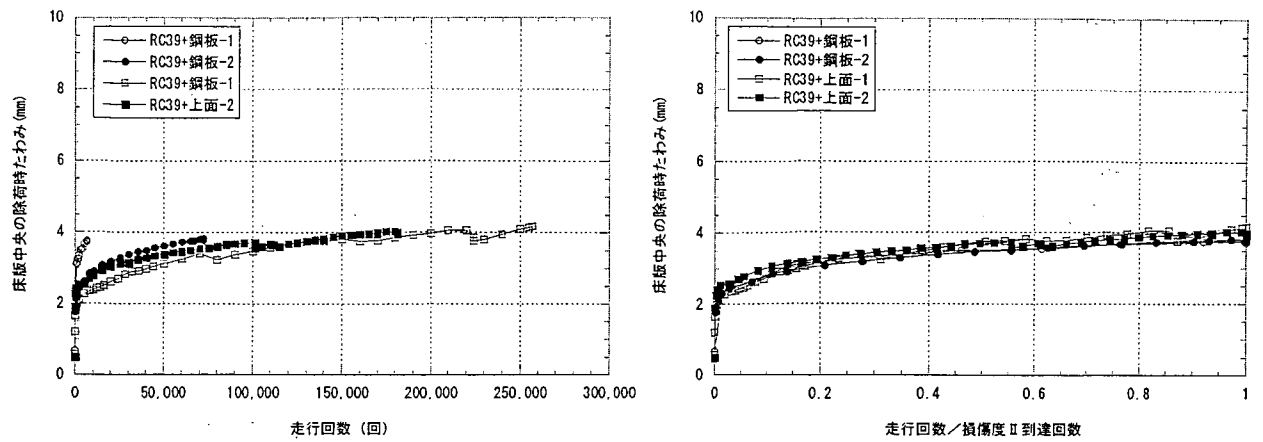


図-6.1.1(a) 損傷度Ⅱまでの走行回数（走行回数／損傷度Ⅱ到達回数）と床版中央の除荷時たわみの関係

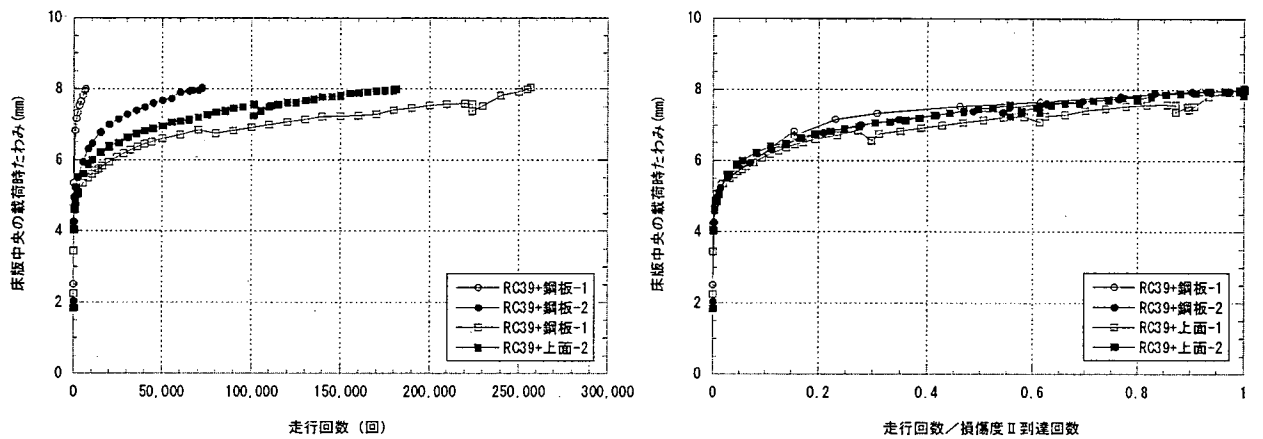


図-6.1.1(b) 損傷度Ⅱまでの走行回数（走行回数／損傷度Ⅱ到達回数）と床版中央の載荷時たわみの関係

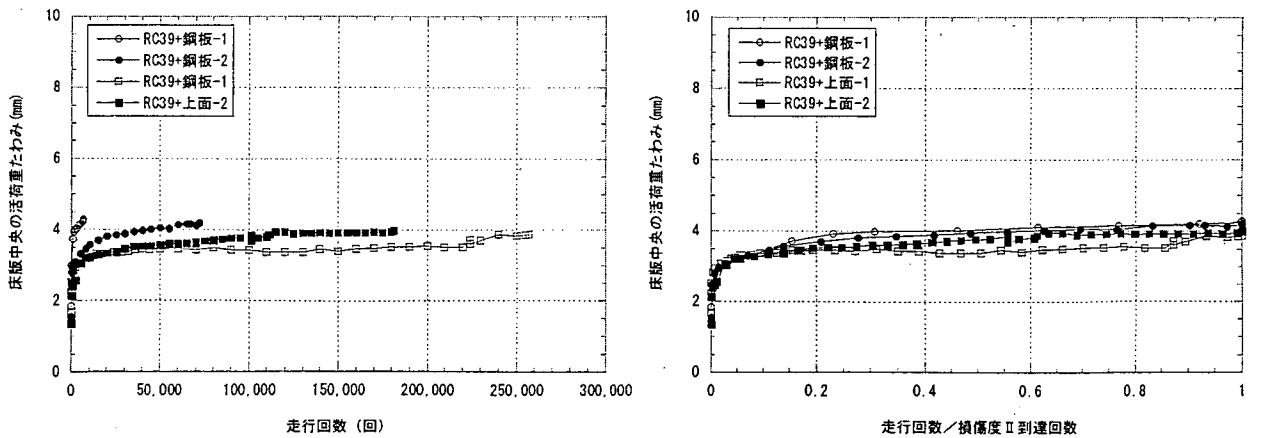


図-6.1.1(c) 損傷度Ⅱまでの走行回数（走行回数／損傷度Ⅱ到達回数）と床版中央の活荷重たわみの関係

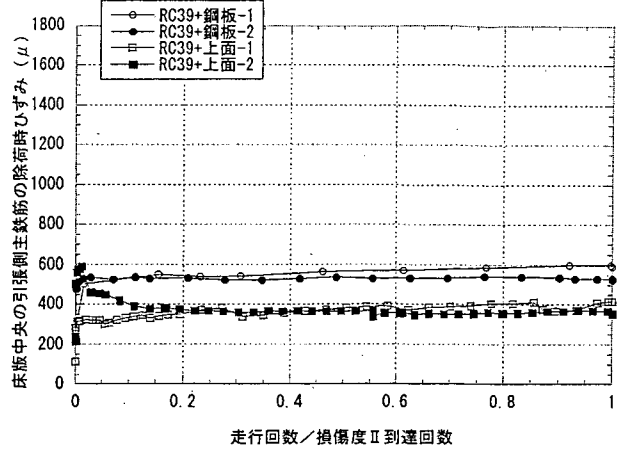
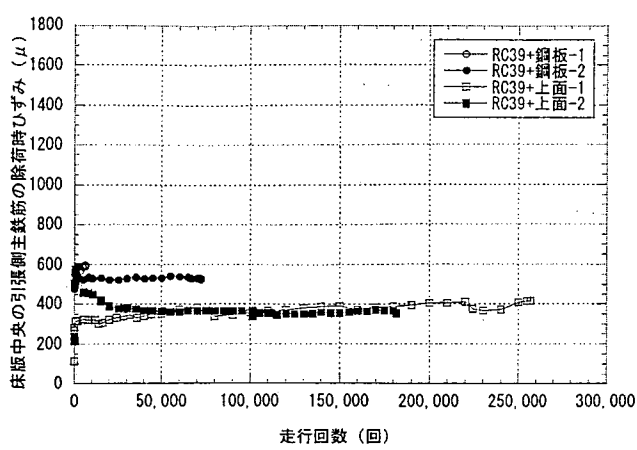


図-6.1.2(a) 損傷度Ⅱまでの走行回数 (走行回数/損傷度Ⅱ到達回数) と床版中央の引張側主鉄筋の除荷時ひずみの関係

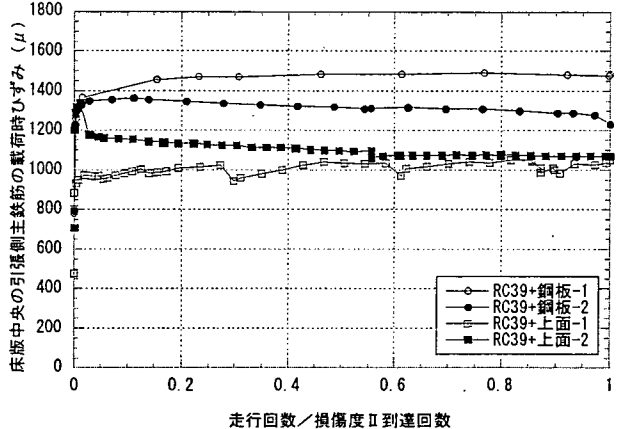
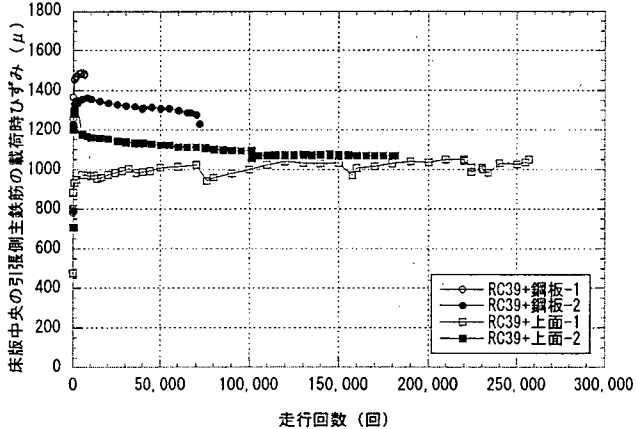


図-6.1.2(b) 損傷度Ⅱまでの走行回数 (走行回数/損傷度Ⅱ到達回数) と床版中央の引張側主鉄筋の載荷時ひずみの関係

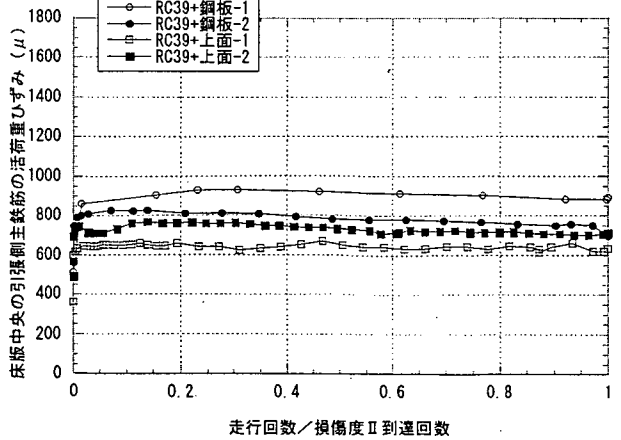
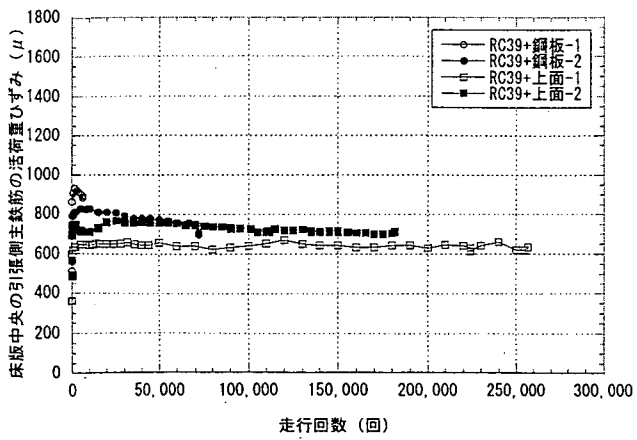


図-6.1.2(c) 損傷度Ⅱまでの走行回数 (走行回数/損傷度Ⅱ到達回数) と床版中央の引張側主鉄筋の活荷重ひずみの関係

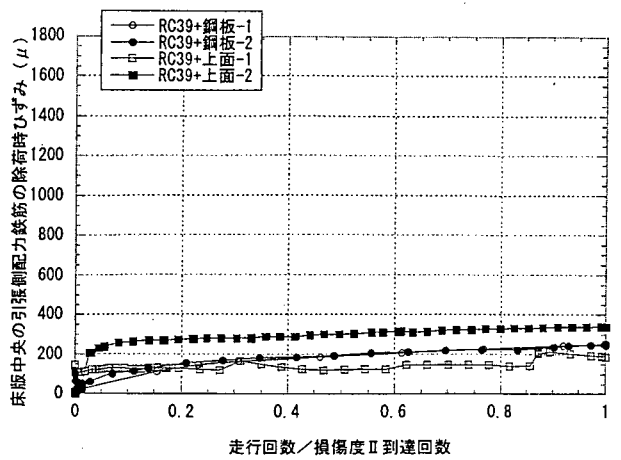
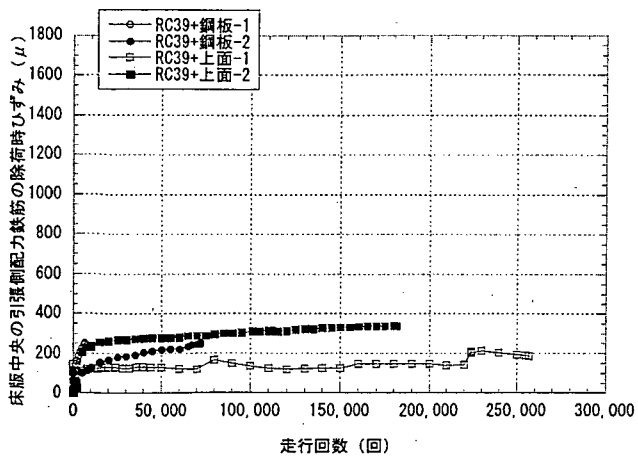


図-6.1.3(a) 損傷度IIまでの走行回数（走行回数/損傷度II到達回数）と
床版中央の引張側配力鉄筋の除荷時ひずみの関係

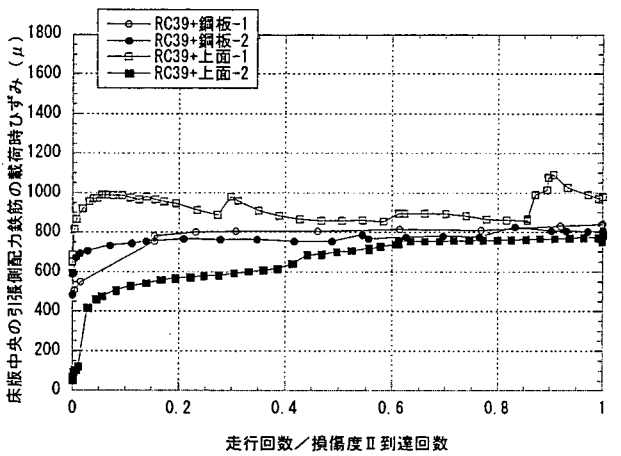
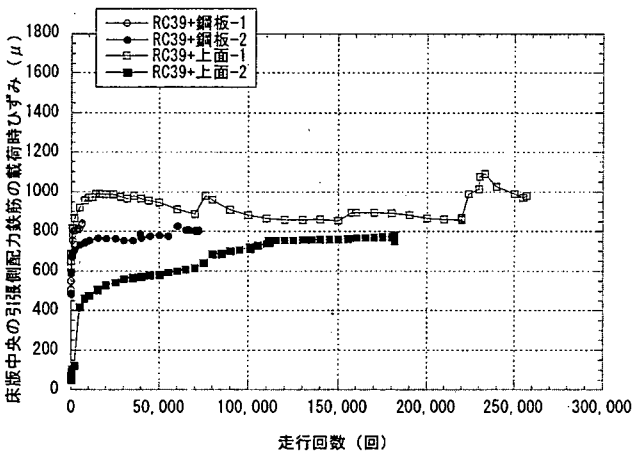


図-6.1.3(b) 損傷度IIまでの走行回数（走行回数/損傷度II到達回数）と
床版中央の引張側配力鉄筋の載荷時ひずみの関係

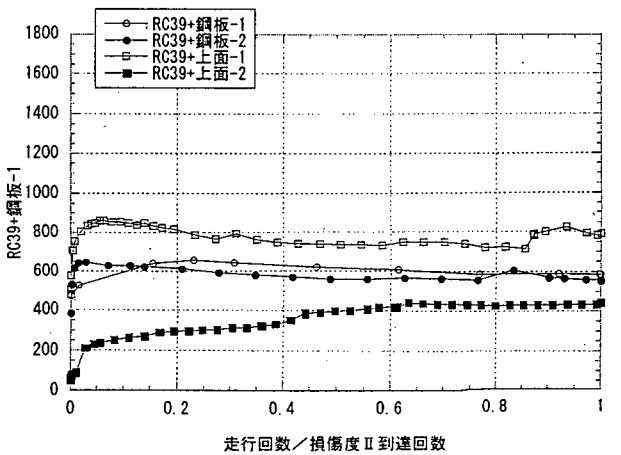
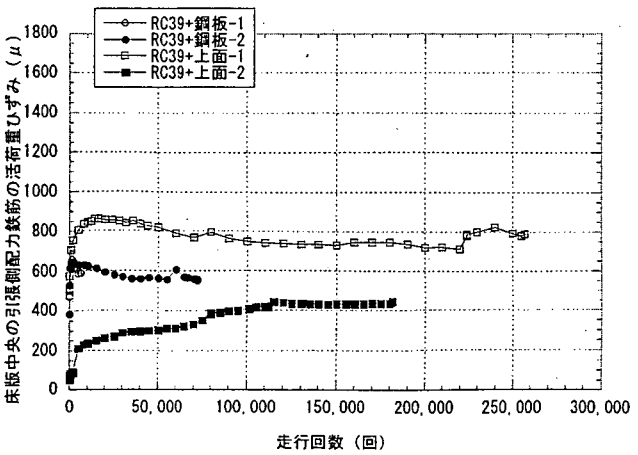


図-6.1.3(c) 損傷度IIまでの走行回数（走行回数/損傷度II到達回数）と
床版中央の引張側配力鉄筋の活荷重ひずみの関係

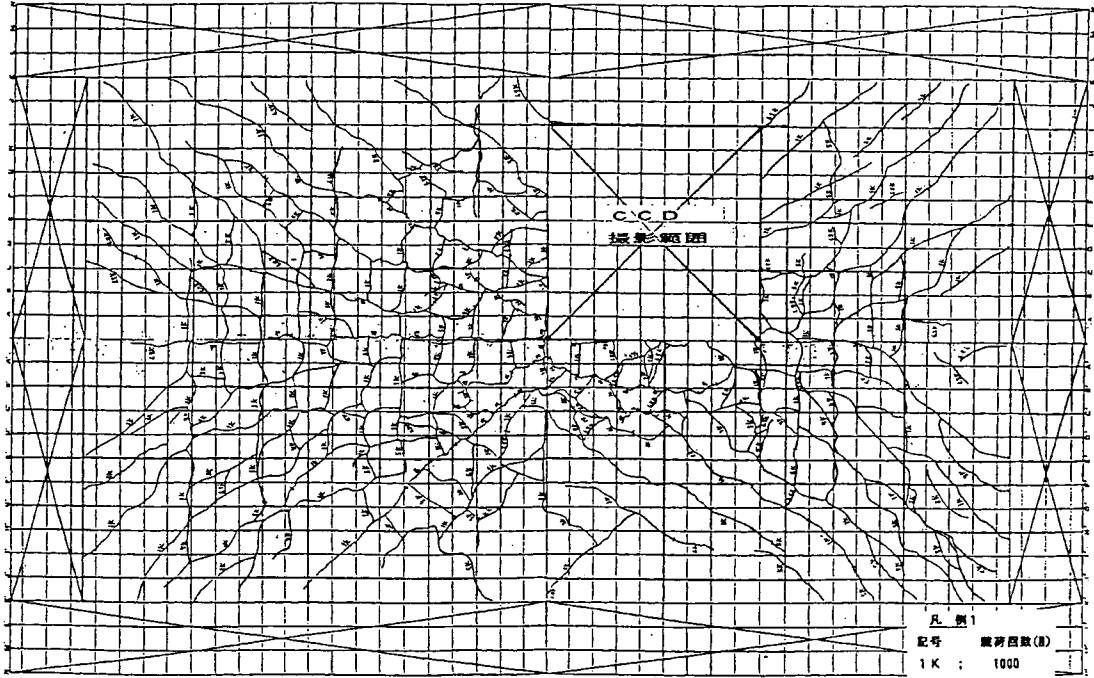


図-6.1.4 損傷度Ⅱの床版下面におけるひび割れ状況の一例(RC39+鋼板-1 供試体)

6.2 補強前後の床版中央たわみおよび鉄筋ひずみ

表-6.2.1に各補強を実施した床版の補強前後における157kN載荷時の供試体中央位置の活荷重たわみを、表-6.2.2に補強前後における157kN載荷時の供試体中央位置における主鉄筋のひずみおよび配力鉄筋のひずみを示す。

補強後の活荷重たわみは、RC39+鋼板-1,2が補強前のたわみの27%,25%、RC39+上面-1,2はそれぞれの45%,41%に減少した。主鉄筋のひずみはRC39+鋼板1,2が補強前のたわみの47%,52%、RC39+上面1,2はそれぞれの77%,70%に減少した。また、配力鉄筋のひずみは、RC39+鋼板-1,2が補強前のたわみの40%,38%、RC39+上面-1,2はそれぞれの52%,78%に減少した。

鋼板接着工法と上面増厚工法のたわみおよび鉄筋ひずみの低減量は、鋼板接着を行った床版の方が大きくなった。

表-6.2.1 157kN載荷時の補強前後における供試体中央位置の活荷重たわみ

供試体名	補強前 (mm)	補強後 (mm)	補強後/補強前 (%)
RC39+鋼板-1	4.29	1.14	27
RC39+鋼板-2	4.21	1.05	25
RC39+上面-1	3.87	1.75	45
RC39+上面-2	4.02	1.63	41

表-6.2.2 157kN載荷時の補強前後における供試体中央位置の鉄筋ひずみ

供試体名	主鉄筋のひずみ			配力鉄筋のひずみ		
	補強前 (μ)	補強後 (μ)	補強後/補強前 (%)	補強前 (μ)	補強後 (μ)	補強後/補強前 (%)
RC39+鋼板-1	1484	697	47	841	336	40
RC39+鋼板-2	1233	637	52	808	303	38
RC39+上面-1	1049	805	77	979	512	52
RC39+上面-2	1070	748	70	783	607	78

6.3 補強床版の破壊時走行回数と載荷荷重

各供試体の補強後の階段載荷による輪荷重走行試験の結果を表-6.3.1 および図-6.3.1 に示す。なお、表および図には5章に示す RC39-1~9 供試体, RC47-1~4 供試体, RC8 供試体の試験結果も合わせて示す。

RC39+鋼板-1, 2 供試体の破壊時走行回数は、RC39 供試体の破壊時走行回数を大きく上回り、RC47 供試体および一部の RC8 供試体と同等の破壊時走行回数を示した。

RC39+上面-1, 2 供試体の破壊時走行回数は、RC39+鋼板供試体と同様に RC39 供試体の疲労耐久性を大きく上回り、RC47 供試体および一部の RC8 供試体と同等の破壊時走行回数を示した。

表-6.3.1 輪荷重走行試験結果

供試体名	破壊時荷重 (kN)	破壊時走行回数 (回)
RC39-1	157	27,392
RC39-2	196*	81,597
RC39-3	157*	8,387
RC39-4	157*	15,190
RC39-5	177*	52,817
RC39-6	177*	43,875
RC39-7	177*	71,507
RC39-8	177*	46,675
RC39-9	196*	80,288
RC39+鋼板-1	334	365,719
RC39+鋼板-2	314	324,419
RC39+上面-1	275	261,978
RC39+上面-2	334	366,527
RC47-1	235*	176,150
RC47-2	314	327,725
RC47-3	314	352,667
RC47-4	314	321,127
RC8o-1	275	255,649
RC8o-2	392	520,000
RC8o-3	392	520,000
RC8n-1	392	489,555
RC8n-2	334	394,122
RC8n-3	392	520,000

* ; 一定載荷を階段載荷に換算

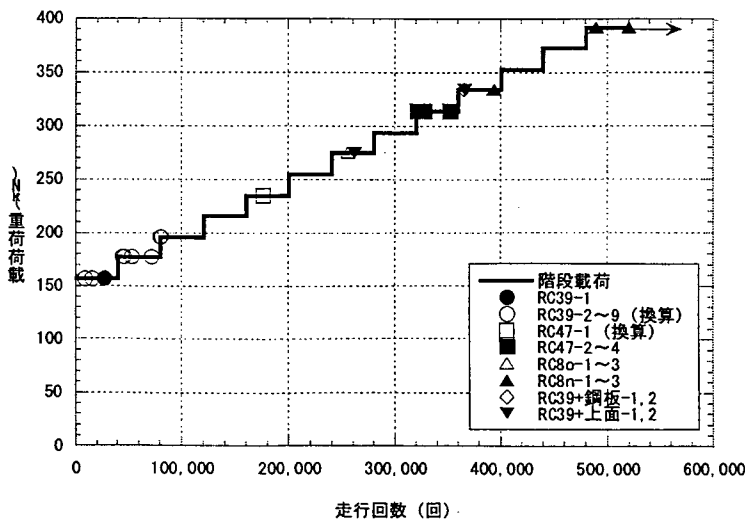


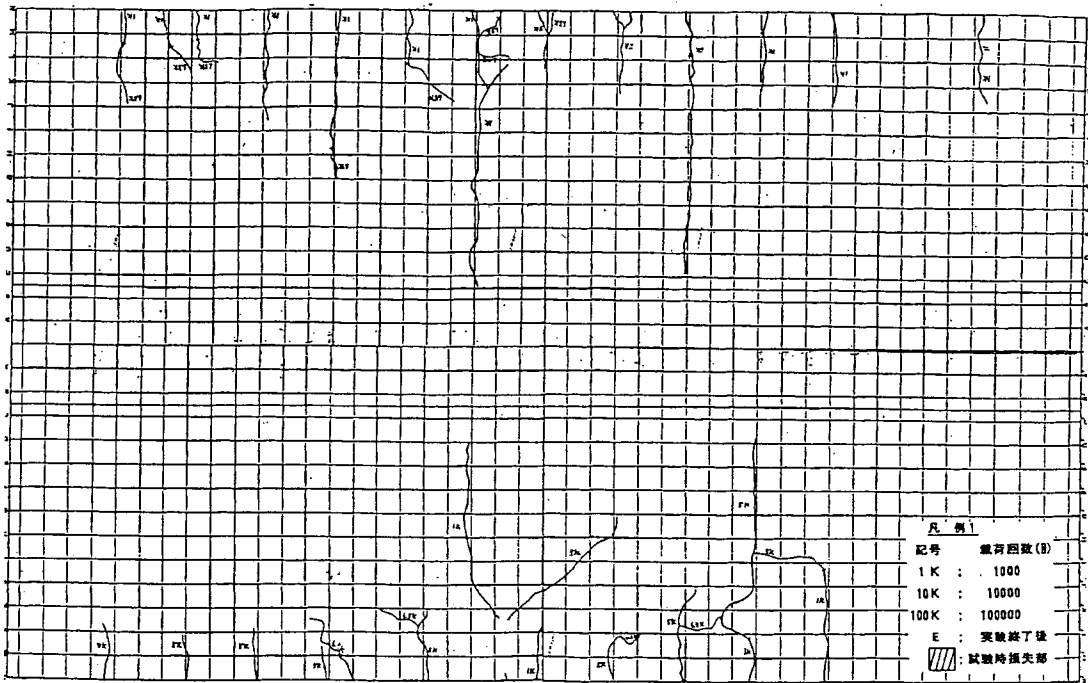
図-6.3.1 輪荷重走行試験結果

6.4 補強床版の破壊状況

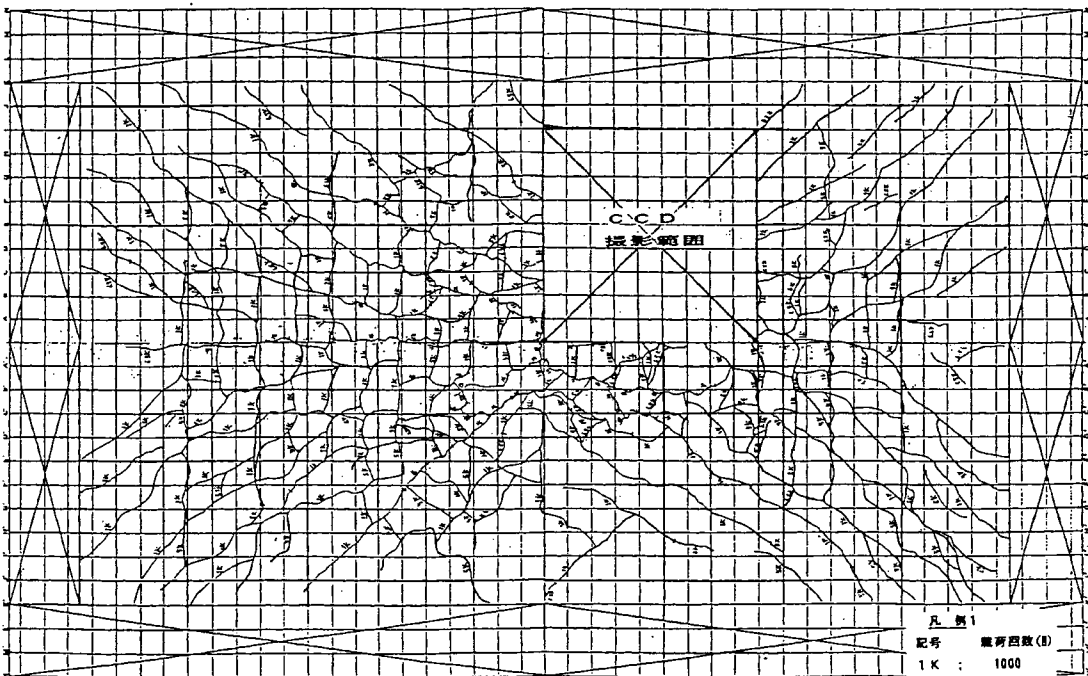
各供試体の破壊状況を図-6.4.1~6.4.4に示す。

RC39+鋼板-1,2 供試体の破壊形態は、破壊の直前に添接板位置で鋼板とコンクリートの剥離が部分的に確認された後、RC39+鋼板-1 供試体が支点端部におけるせん断破壊、RC39+鋼板-2 供試体が押抜きせん断破壊であった。また、試験後の観察により、アンカーボルトは鋼板の剥離にともない抜けが生じた。

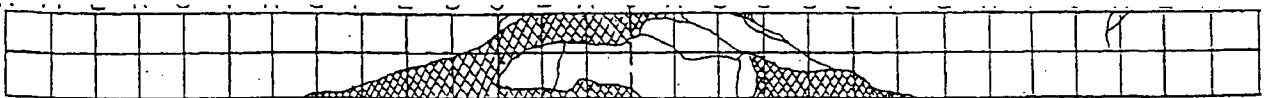
RC39+上面-1,2 供試体は、既設コンクリート部が押抜きせん断破壊したが、増厚コンクリート部は押抜きせん断破壊を生じず、供試体上面において輪荷重の走行位置より離れた位置にひび割れが発生した。RC39+上面-1 供試体では、試験中の供試体側面の観察より、走行回数 8.6 万回頃（載荷荷重 196kN）から既設コンクリートと増厚コンクリートとの付着切れが床版供試体隅部で始まり、走行回数 23 万回（載荷荷重 235kN）時には床版供試体の全周にわたり付着切れが確認された。また、せん断補強筋を配置した RC39+上面-2 供試体においても一部に発生したことと、破壊後の供試体内部の状況から既設コンクリートと増厚コンクリートの付着切れが確認されたことから、いずれの供試体でも既設コンクリートと増厚コンクリートの一体性が損なわれたものと考えられる。



a) 上面

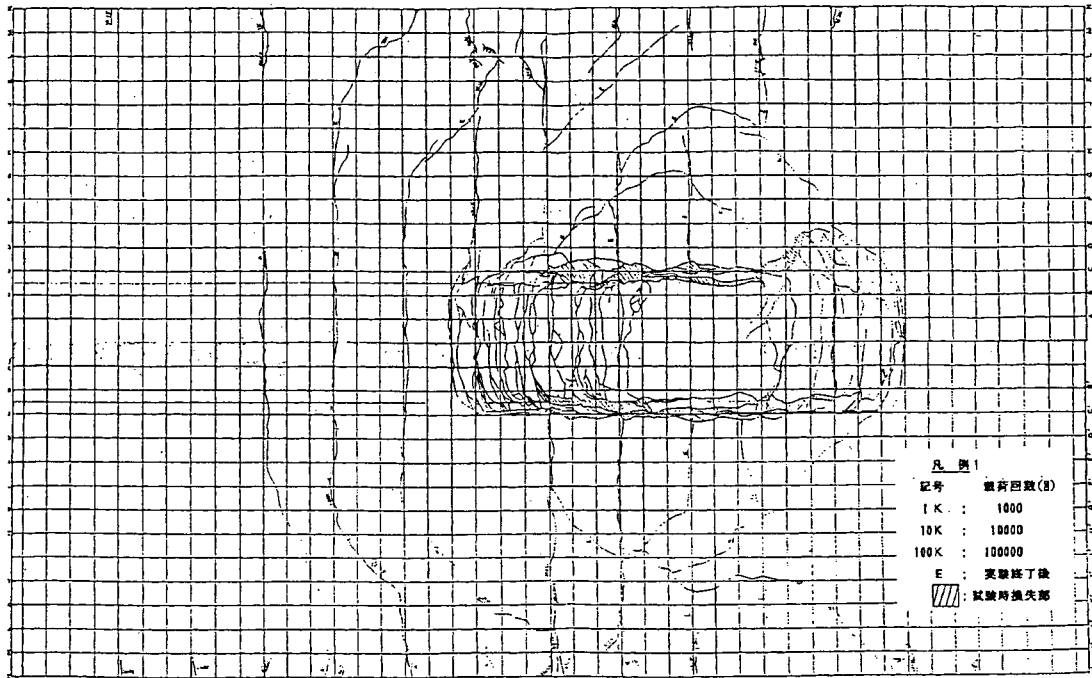


b) 下面 (補強前)

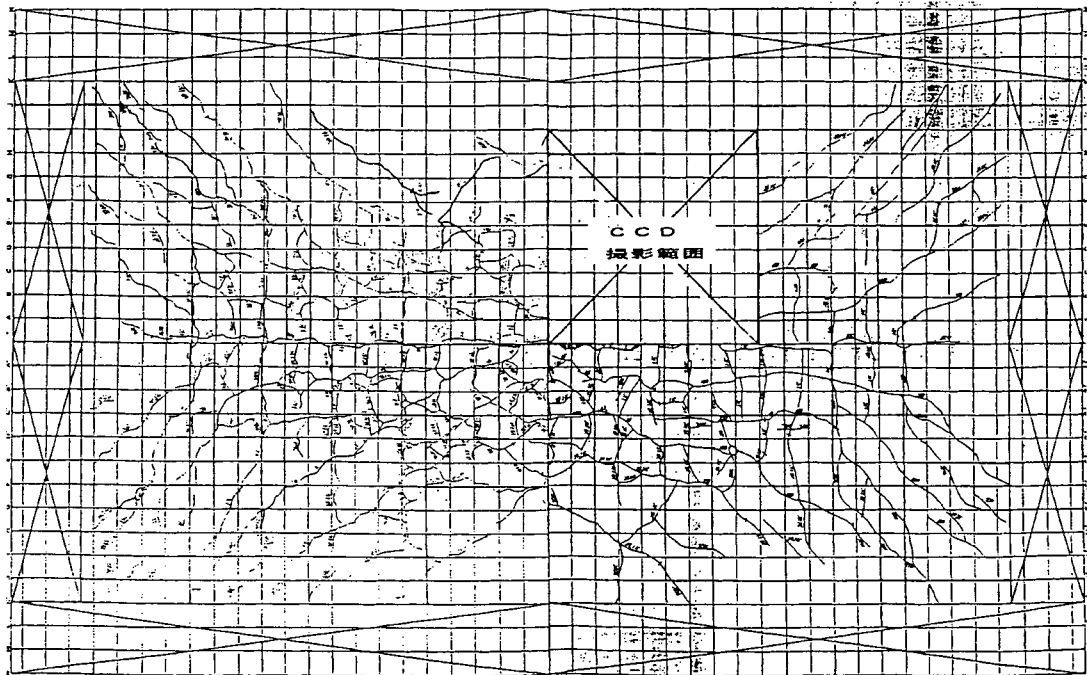


c) 断面

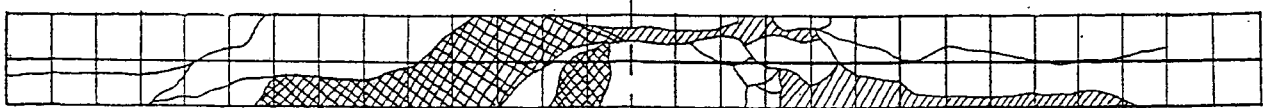
図-6.4.1 RC39+鋼板-1 供試体の破壊状況



a) 上面

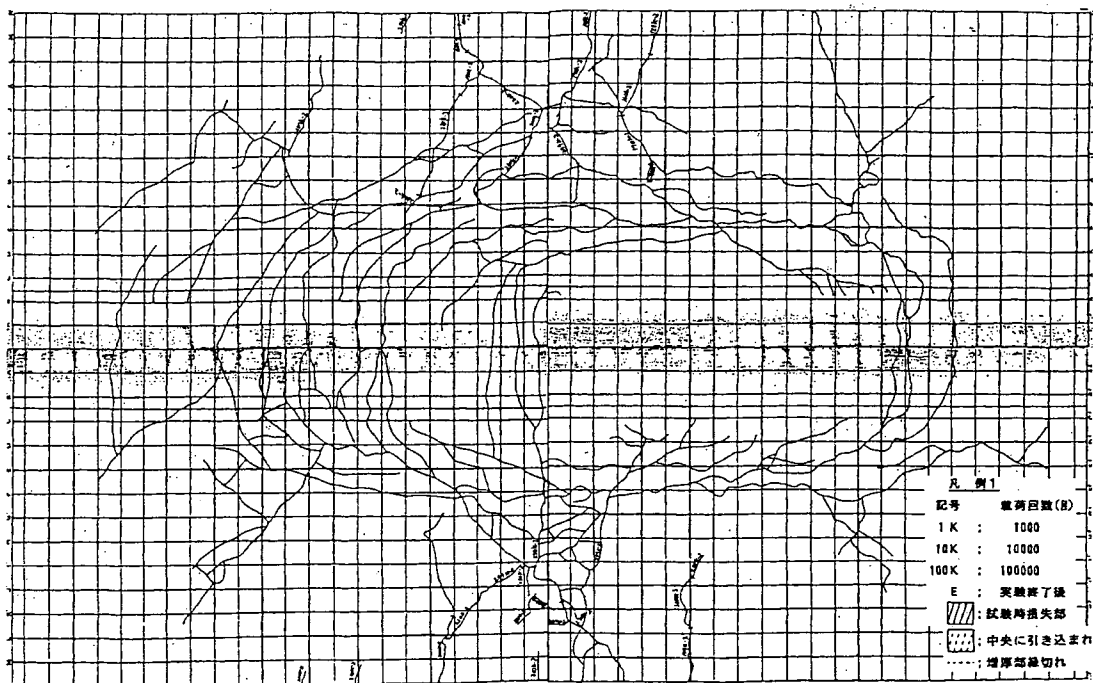


b) 下面 (補強前)

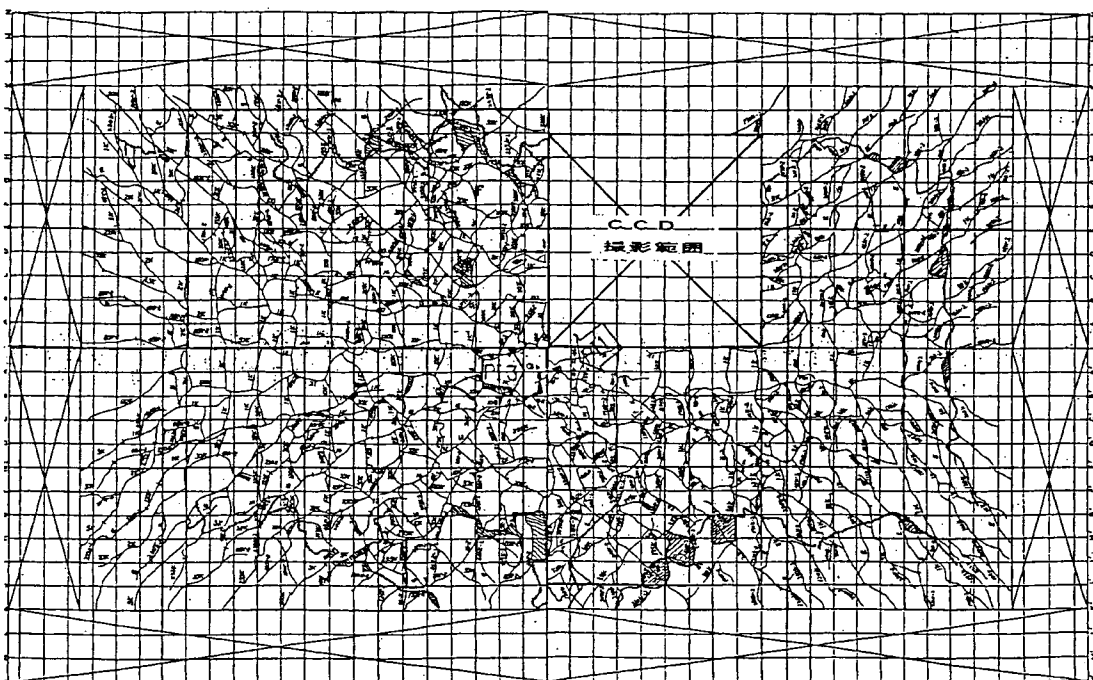


c) 断面

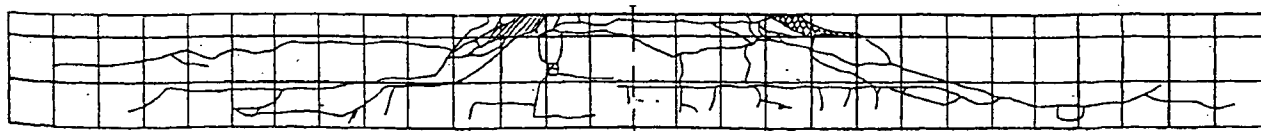
図-6.4.2 RC39+鋼板-2 供試体の破壊状況



a) 上面

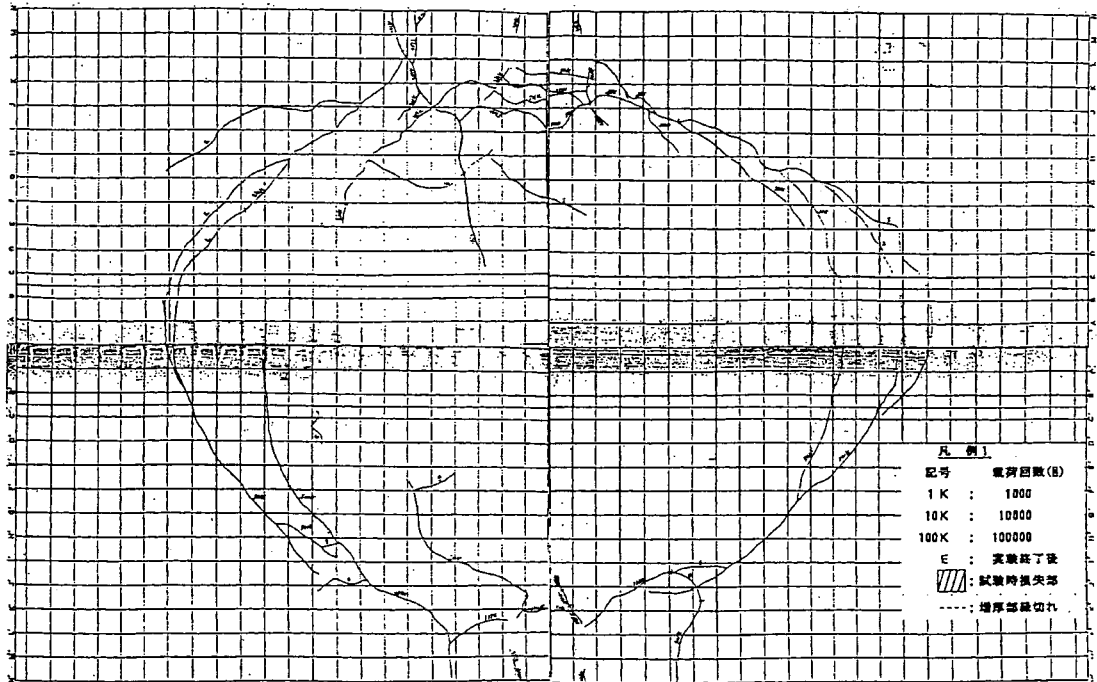


b) 下面

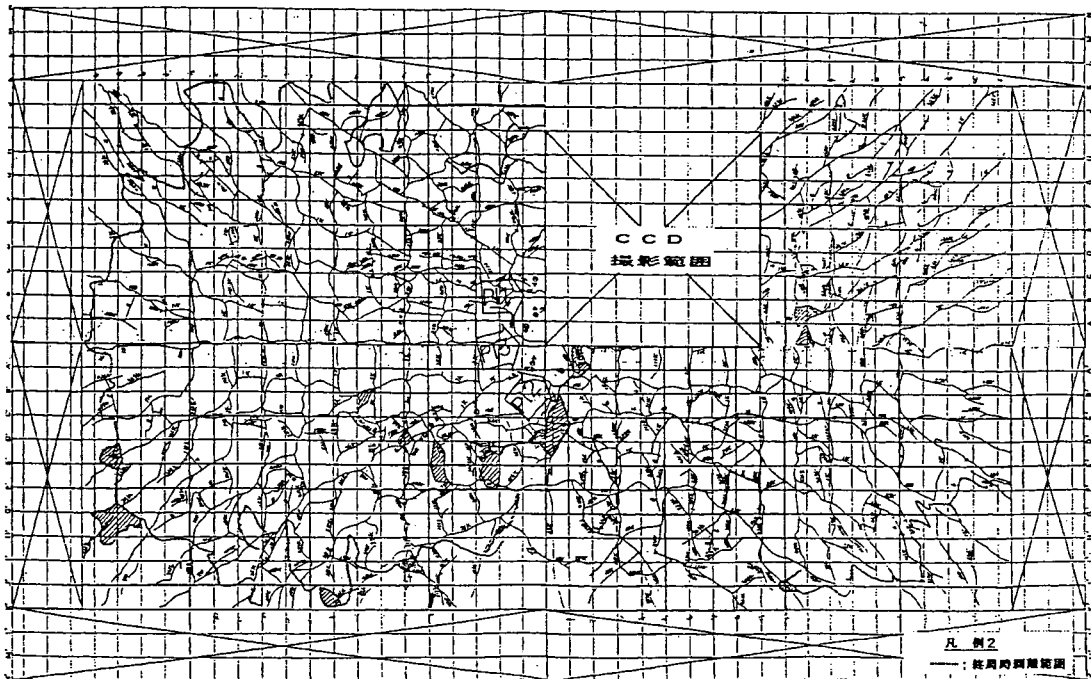


c) 断面

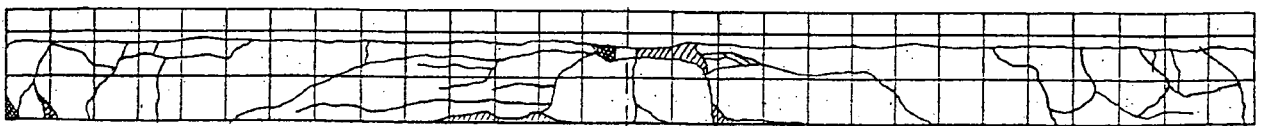
図-6.4.3 RC39+上面-1 供試体の破壊状況



a) 上面



b) 下面



c) 断面

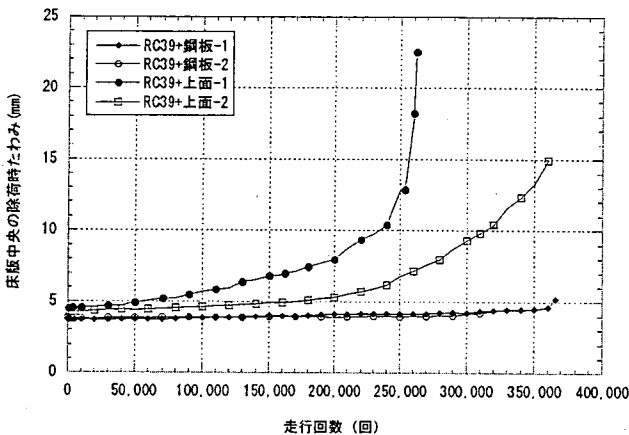
図-6.4.4 RC39+上面-2 供試体の破壊状況

6.5 補強後の走行回数と床版中央たわみ

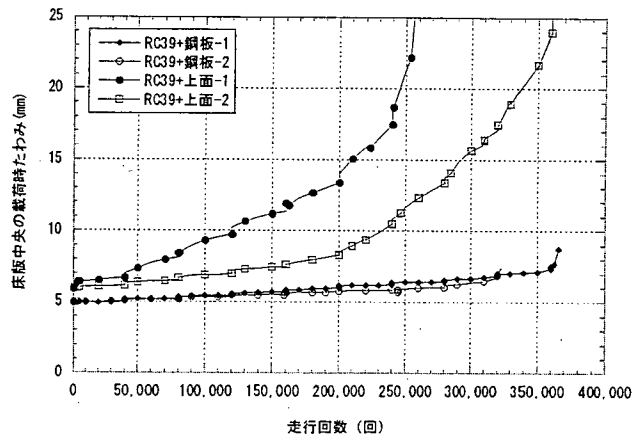
図-6.5.1 (a) (b) (c)に各供試体の床版中央のたわみと走行回数の関係を示す。なお、補強供試体の除荷時たわみおよび載荷時たわみは、補強前の残留たわみを加えたものである。

RC39+鋼板-1, 2 供試体のそれぞれのたわみは、RC39+上面-1, 2 供試体のそれを下回っており、破壊直前までほぼ載荷荷重の増加に対して漸増した値を示している。

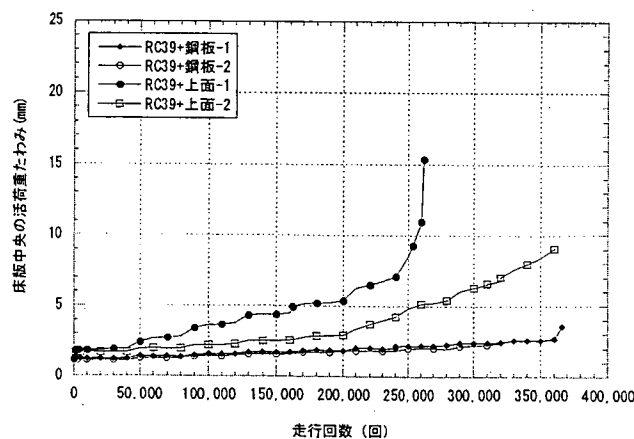
RC39+上面-1, 2 供試体は、RC39+鋼板-1, 2 供試体のそれぞれの破壊時たわみを超えても破壊に至らず、これらの供試体と比較して、走行回数および載荷荷重が大きくなるとたわみの増加が著しくなることがわかる。このたわみの増加は、本試験が一種の促進試験のため、実際よりも大きい荷重を加えていること、供試体の大きさが限られていることから、RC39+上面-1 供試体では走行回数 8.6 万回頃、RC39+上面-2 供試体では走行回数 20 万回頃から生じた供試体内部での既設コンクリートと増厚コンクリートの付着切れの進行にともなって起こっているものと考えられる。なお、付着切れの発生が確認された時期とたわみの増加の時期は、一致している。



(a) 除荷時たわみ



(b) 載荷時たわみ



(c) 活荷重たわみ

図-6.5.1 補強後の走行回数と床版中央たわみの関係

6.6 補強後の走行回数と鉄筋ひずみ、補強鋼板ひずみ

図-6.6.1(a)(b)、図-6.6.2(a)(b)に各供試体の走行回数と床版中央の主鉄筋ひずみおよび配力鉄筋ひずみの関係を示す。なお、図-6.6.1(a)(b)の鉄筋ひずみは補強前の残留ひずみを加えたものであり、図-6.6.2(a)(b)は補強前に発生していた残留ひずみを減じた鉄筋ひずみである。

RC39+鋼板-1,2 供試体のそれぞれの鉄筋ひずみは、RC39+上面-1,2 供試体のそれを下回っており、破壊直前まで変化の割合が小さい。

RC39+上面-1,2 供試体は、RC39+鋼板-1,2 供試体と比較して、走行回数および載荷荷重が大きくなると鉄筋ひずみの増加が著しくなることがわかる。これは前述のたわみの増加と同様、本試験が一種の促進試験のため、実際よりも大きい荷重をかけていること、供試体の大きさが限られていることから、供試体内部での既設コンクリートと増厚コンクリートの付着切れの進行にともなって起こっているものと考えられる。

図-6.6.3にRC39+鋼板-1,2 供試体の補強鋼板の主鉄筋方向および配力鉄筋方向のひずみを示す。主鉄筋方向の発生ひずみは破壊直前において約500 μ 、配力鉄筋方向の発生ひずみは約200 μ 程度であった。

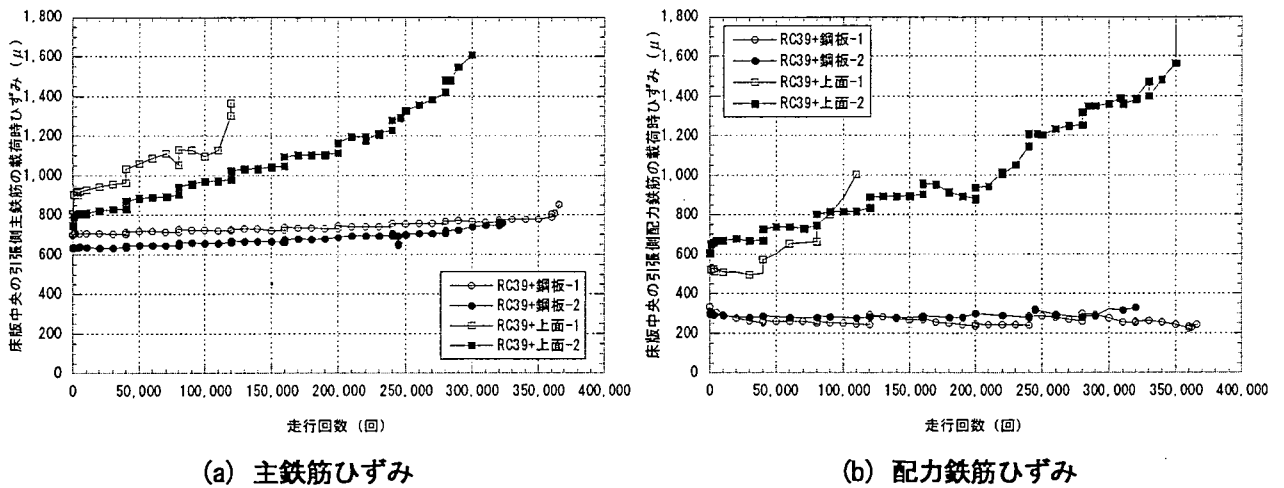


図-6.6.1 補強後の走行回数と床版中央の引張側鉄筋の載荷時ひずみの関係

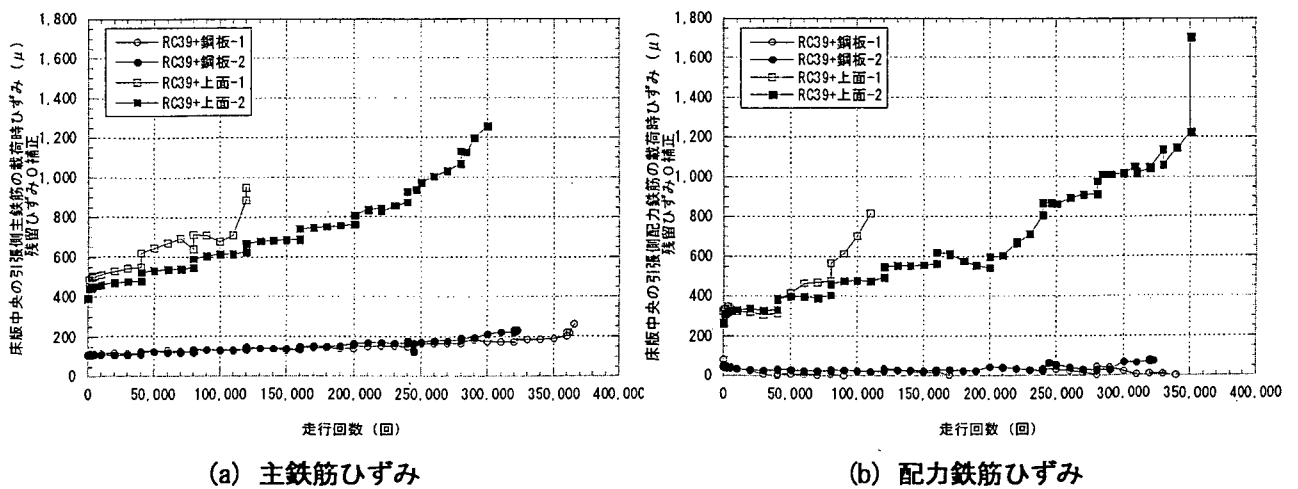


図-6.6.2 補強後の走行回数と床版中央の引張側鉄筋の載荷時ひずみ(残留ひずみ0補正後)の関係

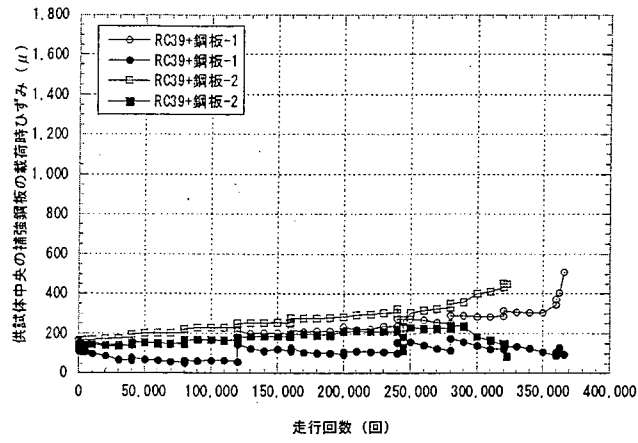


図-6.6.3 RC39+鋼板-1, 2 の走行回数と床版中央の補強鋼板の載荷時ひずみの関係

6.7 まとめ

比較的大きな損傷を与えた RC39 供試体に鋼板接着工法および上面増厚工法を実施し、階段載荷による輪荷重走行試験を行った結果、以下の知見が得られた。

- (1) 鋼板接着と上面増厚工法を実施した直後の静的載荷 (157kN) の結果、たわみおよび鉄筋のひずみは補強前のそれと比較すると大幅に低減する。
- (2) 補強後の階段載荷による輪荷重走行試験の結果、鋼板接着工法および上面増厚工法は、RC39 供試体を大きく上回り、RC47 供試体および一部の RC8 供試体と同等の破壊時走行回数を示すことが確認された。
- (3) 階段載荷を行った上面増厚工法は、大きな荷重を加えたことによる付着切れが発生し、たわみおよび鉄筋のひずみの増加が確認された。

しかし、本試験により RC39+上面-1,2 供試体には、階段載荷や供試体寸法の制限に起因すると考えられる供試体内部での既設コンクリートと増厚コンクリートの付着切れが確認された。実橋における付着切れの有無やその程度が確認されなかったため今回の検討ではその影響を明確に評価することが出来なかった。今後は、実橋におけるこの付着切れの有無やその程度の確認、さらにこれによる影響が試験結果や疲労耐久性の評価に与える影響を検討にすると考えられる。