

樹脂注入補修したコンクリートのひび割れの引張およびせん断伝達機構

Stress transfer behavior in tension and shear on epoxy injected crack of concrete

北海道大学工学部環境社会工学科 ○学生員 加嶋 慎也 (Shinya Kashima)

北海道大学大学院工学研究院 正員 古内 仁 (Hitoshi Furuuchi)

北武コンサルタント(株) 正員 渡邊 忠朋 (Tadatomo Watanabe)

1. はじめに

コンクリート構造中に生じたひび割れは、部材の剛性低下をまねくだけでなく、炭酸ガス、塩化物イオンあるいは水等の浸透を促し鉄筋腐食の原因の1つとなっている。こうしたひび割れに対する補修工法の1つに樹脂のひび割れ注入工法がある。一般に、ひび割れ樹脂注入は環境因子の侵入を防ぐことを目的に実施されているため、ひび割れ注入補修された部材に対しての構造性能が不明確なまま、維持管理が行われている。しかし、最近行われた研究では、ひび割れ補修後の鉄筋コンクリート部材の構造性能が補修前に比べて向上することが報告されている^{1)~2)}。

本研究では、さらにひび割れ補修後の構造性能を数値解析等で定量的に評価できるようにするため、樹脂注入補修されたひび割れ面の圧縮およびせん断応力伝達機構を明らかにすることを目的とした。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

本研究では、図1に示すように100mm×100mmの正方形断面で全長200mmの供試体を4体用意した。供試体には、両端から50mmの位置の両側面に深さ1cmのノッチを入れ、荷重を加えてひび割れを発生させた。コンクリートは、早強ポルトランドセメントおよび天然骨材を使用し、表1に示す配合で作製した。材齢18日におけるコンクリートの圧縮強度は29.8 N/mm²である。

供試体には、載荷試験前のひび割れ幅を測定するため、各点間の距離が約50mmとなるようにコンタクトゲージ用コマを取りつけて計測点を設けた(図1参照)。

ひび割れ補修材は、エポキシ樹脂系補修材で、低圧、低速で注入できるタイプのものを使用した。補修材の引張強さ13.0 N/mm²以上、接着強さ3.0 N/mm²以上の材料特性を有し、0.2mm以上のひび割れ幅を対象としている。

2.2 実験装置について

実験には図2の載荷治具を供試体に取り付け、側方からの圧縮力またはひび割れ幅を制御した二面せん断試験を行えるようにした。載荷中の鉛直方向の変位を調べるために供試体の左右に1軸変位計を設置し、ひび割れ幅を測定するためにひび割れ部をまたぐようにパイ型変位計を両側面に設置した。

2.3 実験条件

ひび割れ補修前と補修後について、圧縮力またはひび割れ幅を制御して実験を行う。実験条件を表2に示す。圧縮力は、8kN および 24kN で制御し、目標値の土

0.3kN までを許容した。ひび割れ幅は、初期状態で適度な圧縮力(7~10kN)を加えた際の値を保持するように制御し、目標値の±0.03mm まで許容した。なお、補修

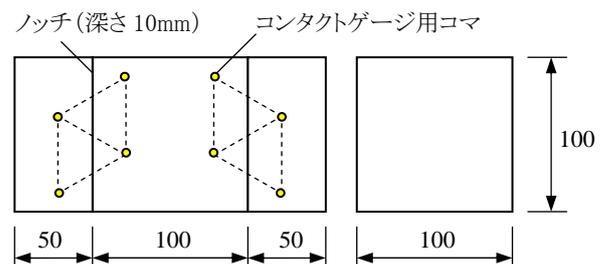
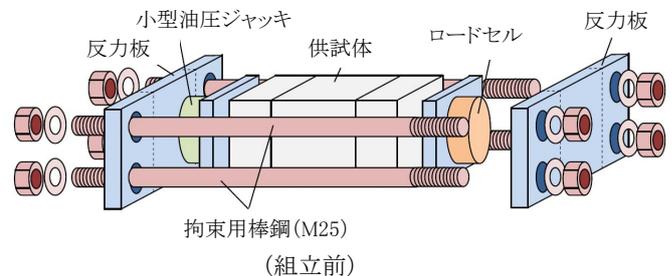


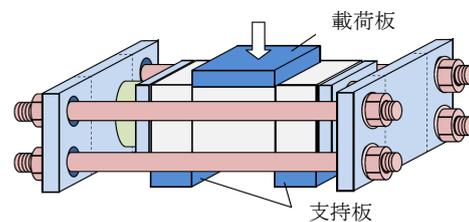
図1 供試体形状寸法

表1 コンクリートの配合

粗骨材 最大寸法	単位量 (kg/m ³)				
	W	C	S	G	A
20mm	182	364	823.3	1046.6	0



(組立前)



(組立後)

図2 載荷装置

表2 実験条件

制御方法	供試体	ひび割れ 補修前	ひび割れ 補修後
圧縮力	No.1	8kN	
	No.3	24kN	
ひび割れ幅	No.4	0.62mm	0.18mm
	No.5	0.25mm	0.24mm

前と補修後の供試体は供用とした。

2.4 実験手順

以下に実験の手順を示す。

- ① ひび割れ発生前に、コンタクトゲージを用いて、計測点間の距離を測定する。
- ② ひび割れ発生後、再度コンタクトゲージを用いて計測点間の距離を測定する。初期ひび割れ幅とすべり変位は、ひび割れ前とひび割れ後の計測点の距離の変化から算出した。
- ③ 図2に示す荷重治具を取り付けた供試体をオートグラフ(容量250kN)にセットし、圧縮力を制御しながらせん断力を増加させた。圧縮力は小型油圧ジャッキにて制御した。
- ④ ひび割れ補修前の供試体の実験終了後に、ひび割れに樹脂を注入し、2日以上養生を行い、再度③の手順で実験を行う。

3. 実験結果および考察

3.1 初期ひび割れ幅

表3および表4に荷重試験開始前にひび割れ幅とすべり変位の実測値を示す。数値は、所定の圧縮力を作用させたときなのである。1部の測定点が計測できなかったが、ひび割れ幅は、補修前は概ね0.1~0.7mm、補修後は0.16~1.15mmの範囲にばらついた。

3.1 圧縮力制御

圧縮力を制御した供試体のせん断力とひび割れ幅の関

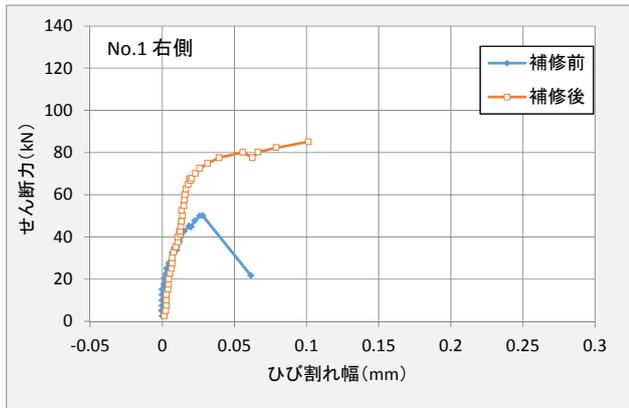
表3 荷重試験前の初期ひび割れ幅 (mm)

制御方法	供試体	ひび割れ補修前		ひび割れ補修後	
		左側	右側	左側	右側
圧縮力	No.1	0.394	----	0.440	1.147
	No.3	----	0.193	0.628	----
ひび割れ幅	No.4	0.640	0.598	0.161	0.201
	No.5	0.100	0.404	0.159	0.329

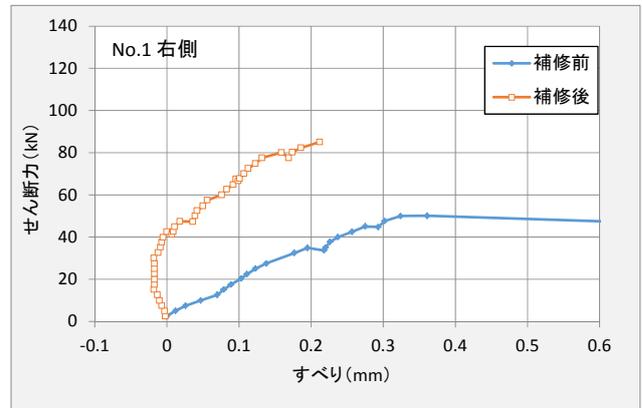
表4 荷重試験前の初期すべり変位 (mm)

制御方法	供試体	ひび割れ補修前		ひび割れ補修後	
		左側	右側	左側	右側
圧縮力	No.1	-0.141	0.366	-0.114	-1.835
	No.3	0.007	-0.075	-0.767	0.732
ひび割れ幅	No.4	-0.052	0.020	-0.015	-0.058
	No.5	0.025	-0.158	0.052	-0.024

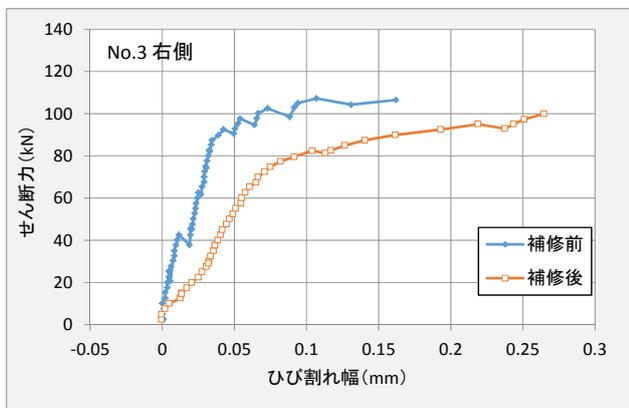
係を図3に、せん断力とすべり変位の関係を図4に示す。縦軸がひび割れ面にかかるせん断力、横軸が圧縮力導入時の変位量からの変化を表している。ここでは、例として右側のひび割れの挙動を示した。供試体 No.1 ではひび割れ幅、すべり変位ともに補修後に変位が小さくなっていった。また、補修前ではせん断力が50kNほどで圧縮力の制御ができなくなり、それ以上大きなせん断力をか



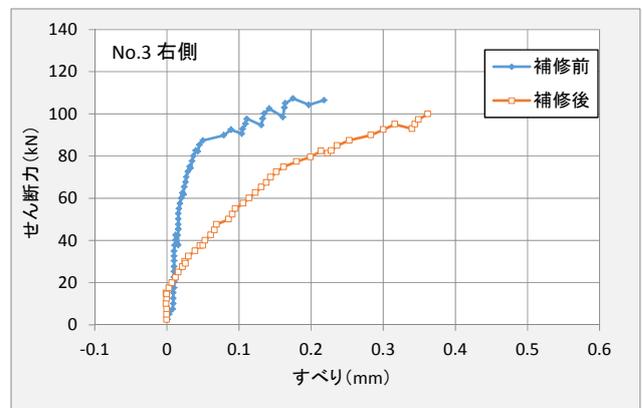
(1) 供試体 No.1



(1) 供試体 No.1



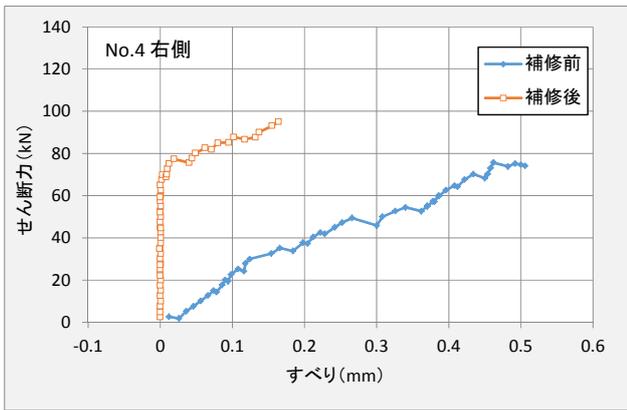
(2) 供試体 No.3



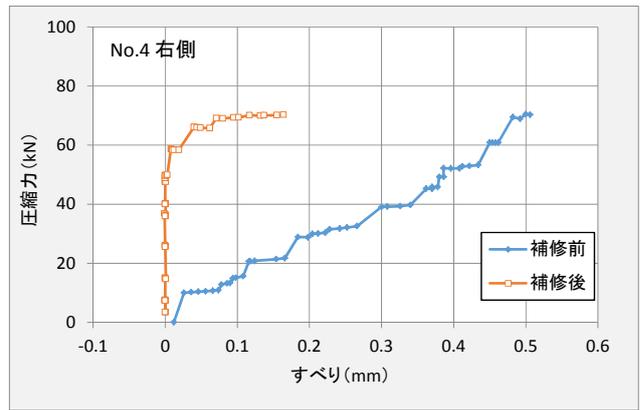
(2) 供試体 No.3

図3 せん断力とひび割れ幅の関係 (圧縮力制御)

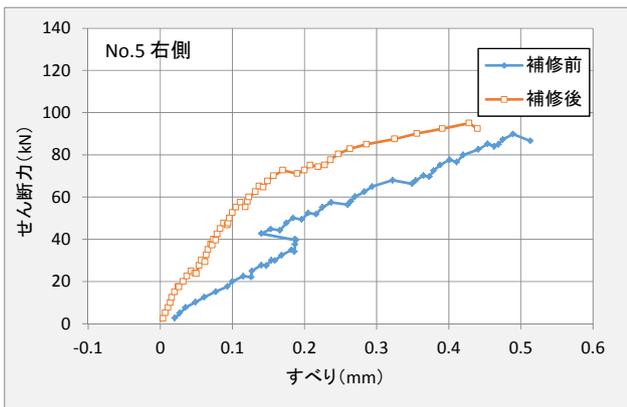
図4 せん断力とすべり変位の関係 (圧縮力制御)



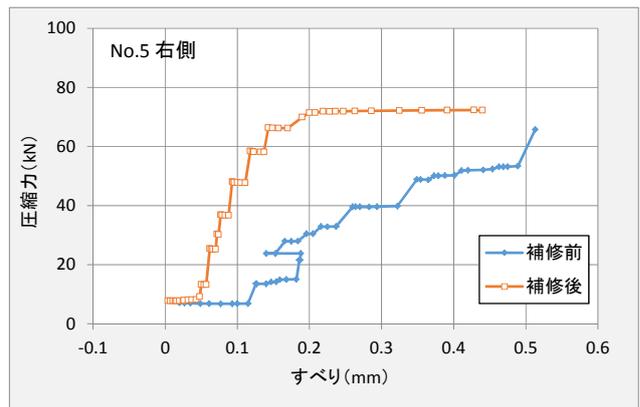
(1) 供試体 No.4



(1) 供試体 No.4



(2) 供試体 No.5



(2) 供試体 No.5

図5 せん断力とすべり変位の関係（ひび割れ幅制御）

けられなくなったが、補修後は圧縮力の制御が可能になり、より大きなせん断力を与えることができるようになっていた。

供試体 No.3 では、供試体 No.1 とは逆の傾向が示された。これは、補修後の初期ひび割れ幅が計測不能であったが、ひび割れ幅が大きすぎたことが原因だったと考えられる。

これらの結果から、ひび割れ補修後ではひび割れ面の剛性と耐力が向上するが、補修後の初期ひび割れ幅が大きすぎると補修前に比べて剛性や耐力の増加は期待できないと考えられる。

3.2 ひび割れ幅制御

ひび割れ幅を制御した供試体のせん断力とすべり変位の関係を図5に、圧縮力とすべり変位の関係を図6に示す。ここでは、左右のひび割れ幅の平均値をモニタリングして一定値を保ったので、図は左右のひび割れの平均値を示している。図5から、供試体 No.4、No.5 共に、ひび割れ補修後のすべり変位が小さくなっていた。供試体 No.5 では、初期ひび割れ幅をほぼ一定に保ちながらせん断力を増加させていったが、補修後に補修前と同じ値のすべり変位を与えるためには、およそ2倍のせん断力を与える必要があることが分かる。圧縮力制御で述べたのと同様に、補修後の供試体では耐力が向上しているといえる。また、図6より補修前と補修後で比べると、ひび割れ幅を一定に保持したままで同じ値のすべり変位

図6 圧縮力とすべり変位の関係（ひび割れ幅制御）

を得るために必要となる圧縮力は、補修後の方が大きい。つまり、補修後の方が、せん断力によってひび割れ面が広がろうとする力が大きいことがわかる。

4.まとめ

- 1) ひび割れ面の圧縮力を制御したまません断力を加えていくと、補修後の方がひび割れ幅とすべり変位が小さくなり、耐力も増加することが示された。ただし、補修後の初期ひび割れ幅が大きすぎると、剛性や耐力の増加は認められない。
- 2) ひび割れ幅を制御したまません断力を加えていくと、補修前に比べて補修後の方がすべり変位が小さくなり、耐力も増加することが示された。また、ひび割れ幅を一定に保ったとき、せん断力によってひび割れ面が広がろうとする力は補修前より補修後の方が大きい。

謝辞：本研究の実験を行うにあたり、北海道大学工学部の木村勉技術職員にご指導いただきました。ここに深く謝意を表します。

参考文献

- 1) 深澤優一， 齊藤成彦， 高橋良輔：斜めひび割れを生じた RC 梁の修復効果に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.35，No.2，pp.1369-1374，2013
- 2) 古内 仁， 渡辺忠朋：ひび割れを注入補修した鉄筋コンクリート梁の疲労耐力，コンクリート工学年次論文集，Vol.37，No.2，pp.1243-1248，2015