

論文 鋼材腐食したPCはりのせん断特性に関する検討

早川 智浩*1・花井 拓*2・田中良樹*3・村越 潤*4

要旨: 鋼材腐食が生じたプレストレストコンクリートはり部材のせん断特性について実験的に検討した。実験は、プレストレス力を2種類に設定し、電食により腐食を促進させたPC鋼材とせん断補強鉄筋を有するPCはり供試体の静的載荷試験を実施した。その結果、電食過程では、プレストレス力の相違により腐食ひび割れ進展の相違は見られるものの、腐食によるひび割れ幅や最終ひび割れ形状は大きく変わらなかった。また、載荷試験で得られた最大荷重値に対して、かぶりコンクリートの剥離による断面欠損、腐食によるプレストレスの影響、各鋼材の質量減少率から算出したせん断耐力の計算値は7~8割であった。

キーワード: 鋼材腐食, せん断, プレストレストコンクリートはり部材, せん断補強鉄筋

1. はじめに

高度経済成長期に建設された多くのコンクリート道路橋が供用後50年を迎え、これらの中には塩害等により鋼材腐食が顕在化したコンクリート道路橋も見られ、損傷事例の報告も数多く見られる。

それらの鋼材腐食が生じたコンクリート構造物を効率的に維持管理していくためには、その構造物の現時点における供用性能や耐荷性能を合理的に判断し、場合によってはその性能を高めるために補修・補強を、緊急の場合では車両通行制限をするなどの対策をとる必要がある。このため、近年では鋼材腐食がコンクリート構造物の耐荷性能に及ぼす影響を把握するための研究が精力的に行われている。鋼材腐食が生じたRCはり部材の耐荷性能については供試体を用いた部材実験が数多く実施され¹⁾、PCはり部材については撤去桁を用いた載荷試験が行われてきた^{2), 3)}。しかしながら、鋼材腐食が生じたコンクリート構造物の耐荷性能を評価する手法は今なお十分に確立していないのが現状である。特に、鋼材腐食が生じたせん断補強鉄筋を有するPCはり部材のせん断耐荷挙動を検討した事例の報告は無い。そこで、当研究所では腐食が生じたPCはりのせん断耐荷特性⁴⁾について実験的研究を行っている。

その一環として、文献4)で明確にできなかった腐食過程におけるひび割れ進展状況や鋼材腐食によるプレストレスへ及ぼす影響、またそれらのせん断耐力へ及ぼす影響を把握するために、プレストレス力が相違するPCはり供試体を2体(H21-No.1,2)作製し、電食により鋼材腐食させた後に載荷試験を実施した。本論文ではその結果を示すととも鋼材腐食が生じたPCはり部材のせん断特性を検討する。

2. 実験方法

2.1 PCはり供試体

表-1に各供試体の主なパラメータを示す。同表には、既往の文献4)で実施した供試体も併せて示す。H21とH20はパラメータ以外の諸元は同様である。図-1にPCはり供試体の寸法形状と計測位置、表-2にコンクリート配合、表-3に載荷試験時のコンクリート材料試験結果と鋼材の材料試験結果を示す。

供試体は、支点から載荷点までのせん断スパンのPC鋼より線とせん断補強鉄筋を電食で人工的に腐食させたH21-No.1とNo.2である。H21-No.1のプレストレス量はH20-No.1,2と同程度とし、H21-No.2は、プレストレスの違いによる腐食過程の違いを確認する目的で製作したもので、コンクリート打込み前にPC鋼より線が極端にたわまない程度の緊張力とし、H21-No.1(30.5kN/本)の1/10程度の緊張力とした。プレストレス導入は、コンクリー

表-1 供試体の主なパラメータ

供試体	腐食	プレストレス	$p_t(\%)^{*1}$	$p_w(\%)^{*2}$
H21-No.1	あり	あり	0.98 ^{*4}	0.31 ^{*4}
H21-No.2	あり	なし ^{*3}	0.98 ^{*4}	0.31 ^{*4}
H20-No.1 ^{*5}	なし	あり	0.98	0.18
H20-No.2 ^{*5}	あり	あり	0.98 ^{*4}	0.18 ^{*4}

*1 p_t :引張鋼材比

*2 p_w :せん断補強鉄筋比(鉄筋 H21:D10(溝切),H20:D6)

*3 H21-No.1の1/10のプレストレス量

*4 電食前の計算値 *5 文献4)による

表-2 コンクリートの配合(H21)

W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				
		W	C	S	G	AD
48.0	47.1	170	354	823	942	4.6

セメント:早強ポルトランドセメント, AD:混和剤

最大粗骨材寸法 $G_{max}=20\text{mm}$, SL:17.5cm, Air:4.1%

*1 独立行政法人土木研究所 構造物メンテナンス研究センター 交流研究員 工修 (正会員)

*2 独立行政法人土木研究所 構造物メンテナンス研究センター 主任研究員 工修

*3 独立行政法人土木研究所 構造物メンテナンス研究センター 主任研究員 (正会員)

*4 独立行政法人土木研究所 構造物メンテナンス研究センター 上席研究員 工修

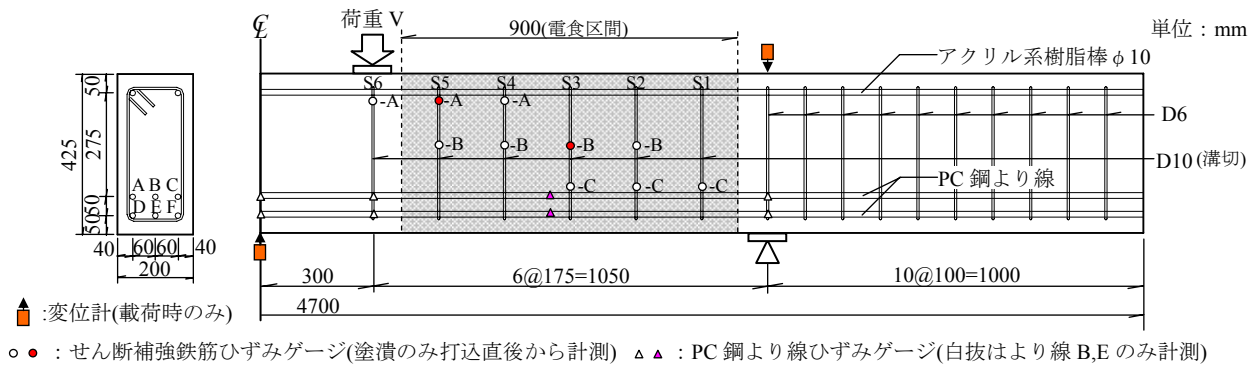


図-1 供試体 (H21-No. 1, No. 2) の寸法形状と計測位置

表-3 供試体 (H21-No. 1, No. 2) のコンクリートと鋼材の材料試験結果 (3 体平均)

コンクリート (載荷試験時)		PC 鋼より線 SWPR7BL-15.2mm		せん断補強鉄筋(溝切) D10 SD295A	
圧縮強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)	0.2%永久伸びに対する 応力(N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)	降伏点 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)
60.5	31.3	1740	226	348	184

ト打込み後に蒸気養生(35℃,12時間)を行い、材齢2日でプレテンション方式によりプレストレスを導入した。導入後は材齢25日まで気中養生とした。腐食ひび割れの発生等により圧縮側コンクリートの損傷がせん断耐荷挙動に及ぼす影響を排除するため、圧縮側断面には軸方向の鋼材を配置せず、段取り筋には樹脂棒を使用した。また、せん断補強鉄筋には、H20ではD6を使用した。H21ではD10に幅3mm深さ4.5mmの溝を切削し、溝内にひずみゲージを設置した上で、防食処理を行った。PC鋼より線は7本の素線のうち、断面左右対称位置の2本にひずみゲージを貼付して、その平均値をPC鋼より線のひずみとした。ひずみの計測は、せん断補強鉄筋のひずみについては代表的な箇所のみ打込み直後から載荷試験までとし、PC鋼より線のひずみについては緊張開始前から載荷試験までとした。

2.2 電食方法

図-1に示す電食の対象範囲におけるPC鋼より線(Bを除く5本)とせん断補強鉄筋(S1~S5の5本)を腐食させるため、ステンレス板を用いて供試体側面と下面を囲んだ水槽を設置し、水槽内に3%塩化ナトリウム水溶液を満たして通電を行った。この際、両側のせん断スパンに設置した水槽に用いたステンレス板を直流電源のマイナス極、供試体端部のPC鋼より線を直流電源のプラス極に、いずれも並列に接続した。

電食期間は、両側のせん断スパンのPC鋼より線とせん断補強鉄筋の質量減少率が概ね20%程度⁴⁾となるように既往の提案式⁵⁾を参考にして、材齢28日から5Aの電流を通算30日間通電した。ただし、水槽の漏水確認のため材齢25日から注水は開始している。電食開始後7,14,21,30日目には、目視による腐食ひび割れの進展状況の確認およびクラックスケールによるひび割れ幅の測

定を行った。その都度通電を停止し水槽内の塩化ナトリウム水溶液の排水・再注水を行った。なお、H20-No.1,2は電食中におけるひび割れ観察を行わなかったため、通電の途中停止や溶液の入れ替えは行わなかった。

2.3 載荷試験

載荷方法は、二点集中載荷(図-1参照)として静的載荷試験を行った。計測項目は、はり中央部のたわみ、PC鋼より線のひずみ、せん断補強鉄筋のひずみとした。載荷に合わせて、ひび割れ進展の目視観察を行うとともに、腐食によりかぶりの剥離が生じる可能性が考えられたため⁴⁾、打音検査によりかぶりコンクリートの剥離状況を調査した。

2.4 解体調査

載荷試験後に、コンクリートの損傷状態を目視観察した。その後、載荷試験により剥離した両側のせん断スパンのかぶり部分を撤去した後に内部の腐食状態やひび割れの進展状況を目視観察した。さらに、腐食対象範囲のPC鋼より線およびせん断補強鉄筋を取り出し、目視観察するとともに、JCI-SC1に準拠して質量減少率を測定した。計測は、せん断補強鉄筋は1リングごと、PC鋼より線は電食範囲を対象として行った。

3. 実験結果および考察

3.1 鋼材の腐食状態

図-2に電食による鋼材の質量減少率をH20-No.2の結果と合わせて示す。図の値は両せん断スパンの平均値である。PC鋼より線の質量減少率では、特にEの鋼材の質量減少率がH20-No.2と比較して小さいが、H20-No.2とH21-No.1,2の供試体下面における腐食ひび割れ形状の大きな相違はなく、この原因は特定できなかった。せん断補強鉄筋の質量減少率は、H20-No.2の約40%と比較し

て約20%と低下している。これは、H21-No.1,2はH20-No.2のD6に対してD10を使用しており、溝切りを施しているものの元の質量が倍程度となっているため、質量減少量自体には相違は見られなかった。質量減少率の大きいPC鋼より線のDとFでは、素線の破断が数箇所を確認された。

写真-1に載荷試験後に電食範囲の側面と下面のかぶりコンクリート部を撤去した状況とせん断補強鉄筋の破断位置を示す。せん断補強鉄筋は、PC鋼より線と接触する部分で局所腐食し、数箇所において破断しているのが確認された。主要なひび割れ位置近傍でもせん断補強鉄筋が破断した箇所が確認されたが、その原因が腐食によるものか載荷によるものかは明確ではない。

3.2 電食中の腐食ひび割れおよび錆汁の進展状況

図-3に電食期間の供試体側面における腐食ひび割れの進展状況を示す。供試体側面に発生した腐食ひび割れは、せん断補強鉄筋に沿って発生する鉛直ひび割れとPC鋼より線に沿って発生する水平ひび割れに大別できる。H21-No.1は、電食期間7日で電食区間全体に及ぶ水平ひび割れ、上縁付近に鉛直ひび割れが発生する。その後、水平ひび割れの進展はあまりないが、鉛直ひび割れは電食期間の増加に伴って、下縁側へ進展しているのがわかる。一方、H21-No.2では、電食期間7日で見られた水平ひび割れはH21-No.1と同様であるが、鉛直ひび割れも供試体高さ全体に広がっている。これは、H21-No.1の鉛直ひび割れはプレストレス力により圧縮応力が入りにくい上縁側から下縁側へ向かって進展し、H21-No.2の鉛直ひび割れはプレストレス力がないため進展の方向性がなかったものと考えられる。また、腐食ひび割れ形状は電食期間14日でH21-No.1,2共に各鋼材に沿うひび割れがほとんど出揃うためそれ以降の進展は少なかった。

写真-1にせん断補強鉄筋の腐食により生じていたと考えられるコンクリート内部のひび割れ（浮き、剥離は載荷試験で生じた）に広がった錆汁状況を示す。H20-No.2で観察された錆汁⁴⁾が、H21-No.1,2でも同様に観察された。錆汁の進展範囲は、供試体下半分では全体的に錆汁が広がっており、上半分ではせん断補強鉄筋に沿う形で錆汁が広がっている。この錆汁の進展は、かぶりコンクリート部が剥離(打音検査では分からない程度)していた可能性を示した。また、電食期間30日では腐食による外面および内部ひび割れに関してプレストレスの有無による大きな相違は確認できなかった。

図-4に電食期間中の電食区間の供試体4側面に生じた腐食ひび割れ幅の平均値の経時変化を示す。測定位置は供試体面の墨打ち線と腐食ひび割れが交差した箇所とし、水平ひび割れと鉛直ひび割れを分けて表記した。平均腐食ひび割れ幅は、H21-No.1,2共に電食期間7日では

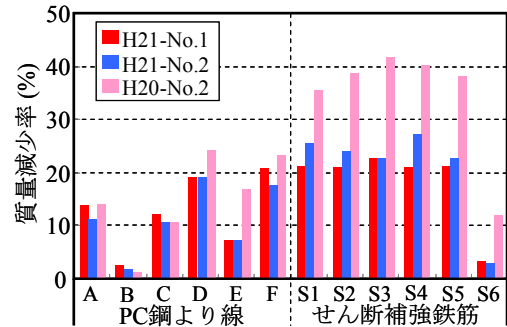


図-2 鋼材の質量減少率

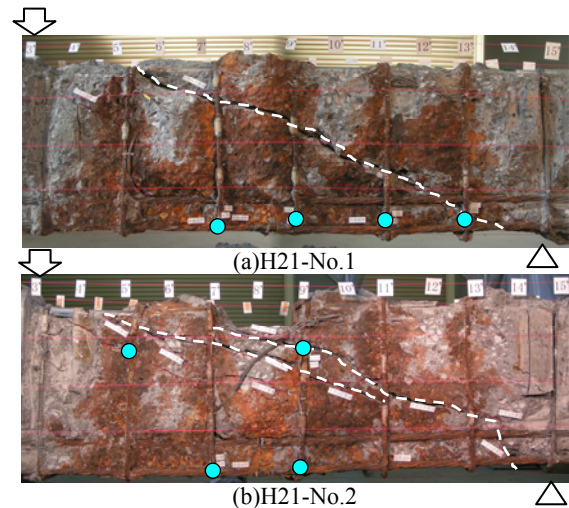
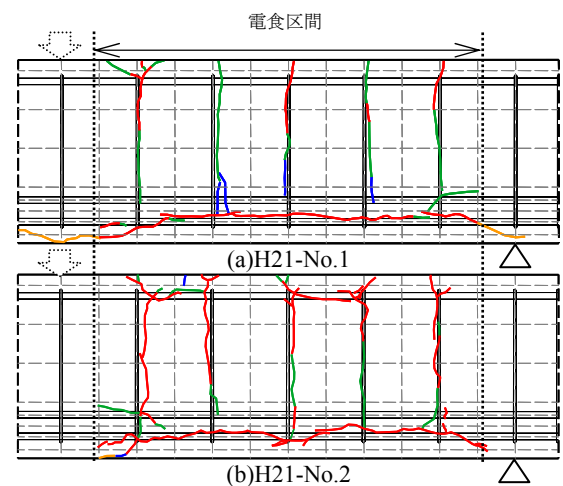


写真-1 せん断補強鉄筋破断位置と錆汁進展状況



腐食ひび割れ ー:7日 ー:14日 ー:21日 ー:30日 (電食期間)
 ---: 墨打ち線 ー: 配置鋼材等 〇: 載荷予定位置
 図-3 腐食ひび割れ進展図

非常に小さいが、PC鋼より線に沿う水平ひび割れが電食期間14日以降急激に拡大していることがわかる。PC鋼より線はせん断補強鉄筋の表面積と比較して大きくかつ2段3列配置であるため、PC鋼より線位置付近に多量の腐食生成物が生成されることにより、腐食ひび割れ幅がより拡大したものと考えられる。電食期間30日における平均腐食ひび割れ幅は、鉛直方向は平均0.13mm、水

平方向は平均 1.12mm であった。また、平均腐食ひび割れ幅についても、プレストレスの有無の影響は確認できなかった。

3.3 PC鋼より線のひずみの経時変化

図-5、図-6に H21-No.1,2 の PC 鋼より線のひずみ(せん断スパン内)の経時変化を示す。PC 鋼より線のひずみゲージ位置は、防水処理のため腐食せず断面欠損していなかった。H21-No.1 のより線のひずみは、プレストレス導入直後で平均 838×10^{-6} 、電食直前で平均 737×10^{-6} であった。力の釣り合いにより求めた計算上のコンクリートの下縁応力度は電食直前で 4.86N/mm^2 であった。一方、H21-No.2 のより線のひずみは、プレストレス導入直後で平均 93×10^{-6} 、電食直前で平均 79×10^{-6} であり、同じく計算上のコンクリートの下縁応力度は電食直前で 0.52N/mm^2 で、H21-No.1 と比較して、プレストレス力が 1/10 程度であることを確認した。電食を開始すると、H21-No.1,2 の各より線のひずみの経時変化は、断面内のより線配置によって 3 つの傾向に分けられた。より線 D,F(青)は、1 段目の断面左右に配置されたより線で電食後に電食前のひずみ量が大きく減少している。これは、図-2 に示すように最も質量減少率が高いより線であり、一部素線の破断が確認されていることから、破断によりプレストレス力が減少したものと考えられる。より線 A,C(赤)は、2 段目の断面左右に配置されたより線で電食後に電食前のひずみ量を同程度保持している。より線 B,E(灰)は各段の断面中央部に配置したより線で電食後にひずみ量が増加している。この原因は不明であるが、図-2 に示すように質量減少率が小さく腐食が軽微であったため、コンクリートとより線との付着があり、鉛直方向の腐食ひび割れによるひずみ増加の可能性が考えられる。また、この増加したひずみは、プレストレス力として評価の可否も不明であるが、本論文では計測したひずみをそのままプレストレスとして評価することとした。

荷重直前のコンクリートの下縁応力度は、コンクリートは全断面有効として計算すると、H21-No.1 は 3.48N/mm^2 、H21-No.2 は 1.59N/mm^2 であった。電食前と比較すると、H21-No.1 は 28%減、H21-No.2 は 3.1 倍であった。

3.4 荷重たわみ関係

図-7 に各供試体の作用せん断力と中央たわみの関係を示す。図には、文献4)で実施した供試体も併せて示す。いずれの供試体においても、目視で確認した曲げひび割れ発生までは荷重とたわみはほぼ比例関係となっているが、曲げひび割れ後から剛性低下が始まった。その後目視にて斜めひび割れが確認され、荷重点近傍のコンクリートの圧壊によると思われるひび割れが発生し、終局状態に至った。H21-No.1 では一度最大せん断力の 172kN に達した後に 140kN まで荷重低下が起こり、その後 156kN

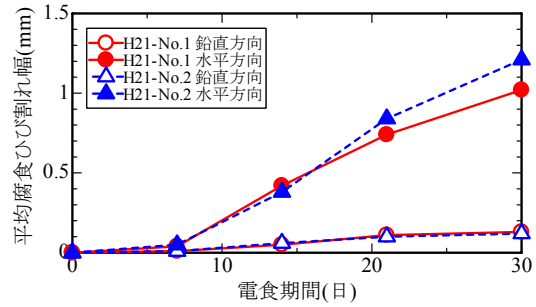


図-4 平均腐食ひび割れ幅の経時変化

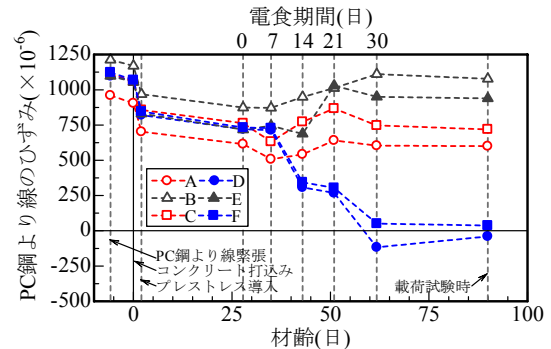


図-5 H21-No.1 の PC 鋼より線の経時変化

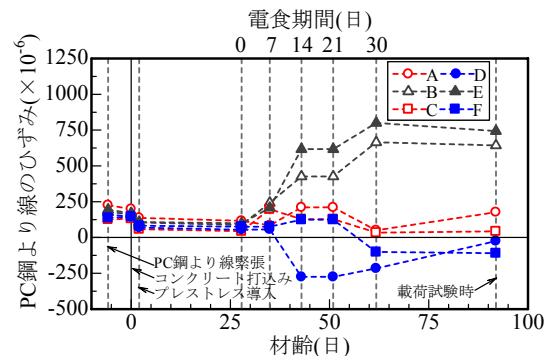


図-6 H21-No.2 の PC 鋼より線の経時変化

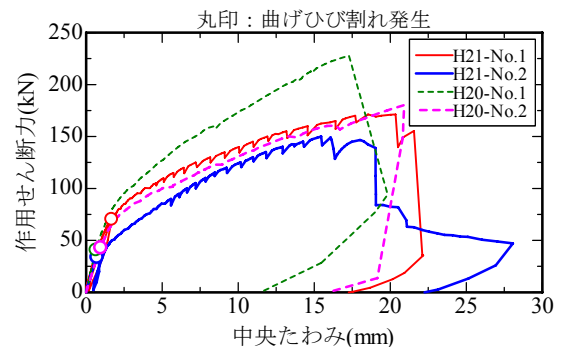
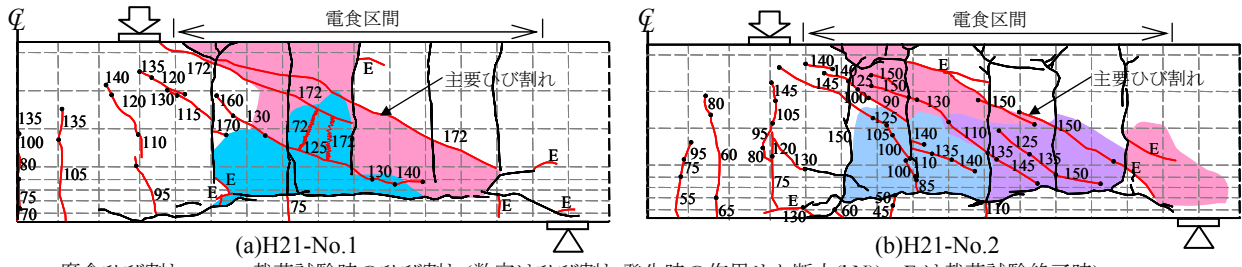


図-7 各供試体の作用せん断力と中央たわみとの関係

まで増加した時点で側面のかぶりコンクリートが剥落するとともに終局状態に至った。H21-No.2 では最大せん断力の 150kN に達するとその後荷重の上昇が見られず、急激な崩壊もなく終局状態に至った。

H21-No.1 と H21-No.2 を比較すると、曲げひび割れ発生以後、同じたわみ値での作用せん断力を比較すると約



—：腐食ひび割れ —：荷重試験時のひび割れ(数字はひび割れ発生時の作用せん断力(kN)), Eは荷重試験終了時
 網かけ箇所：打音検査による剥離範囲
 (○：作用せん断力 105kN 時, ●：作用せん断力 125kN 時, ○：作用せん断力 150kN 時, ○：荷重試験終了時(剥落部を含む))

図-8 荷重時のひび割れ発生状況および剥離進展状況

20~35kN 程度の一律の開きがある。これは、前述のとおり各腐食減少率および腐食ひび割れ形状に大差ないことから、プレストレス力の寄与分による差が生じたと思われる。最大せん断力では、プレストレス力の有無で 21kN の差であった。

H21-No.1 と H20-No.2 を比較すると、せん断補強鉄筋の断面積を除いて条件はほぼ同様であり、曲げひび割れ発生までは、荷重たわみ関係は同程度である。しかし、その後 H21-No.1 の方が高い値で推移していることが分かる。これは、もともとせん断補強鉄筋の断面積が H20-No.2 の方が小さいため、斜めひび割れ幅の開口が早かったことに加え、図-2 に示すように下段の PC 鋼より線の腐食減少が H20-No.2 の方が大きいため、腐食によるプレストレス力の低下が原因として考えられる。ただし、H20-No.2 の腐食後のプレストレス力は測定ひずみに信頼性がないため明確になっていない。

3.5 荷重時のひび割れとかぶり部剥離

図-8 に荷重試験時のひび割れ発生状況およびひび割れ観察と同時にに行った打音検査によって判定できた剥離範囲を示す。H21-No.1,2 のひび割れの発生パターンは、ひび割れ発生時の作用せん断力は異なるものの類似している。荷重時のひび割れは、等曲げ区間内に曲げひび割れが発生後、せん断スパン内に曲げひび割れが発生し始める。せん断スパン内の曲げひび割れは、腐食によって発生したひび割れと繋がる場合も見られた。次に曲げひび割れから発達した角度 45 度方向の斜めひび割れが発生し、最終的には支点と荷重点を結ぶ斜めひび割れが発生、荷重点付近の上縁に達して終局に至った。

打音検査による剥離範囲については、写真-1 に示したように錆汁面に沿ってかぶりコンクリートが剥離するように広がっていたが、荷重前の打音検査では、剥離は確認できなかった。荷重を始めると、曲げひび割れ発生荷重程度では剥離が発生せず、斜めひび割れが顕著となった後、腐食ひび割れと斜めひび割れとで囲われる範囲が剥離した。その範囲は、写真-1 の錆汁の広がりと同程度一致している。その後、斜めひび割れは荷重点近傍及び支点へと徐々に発生するため、それに応じて剥離範囲

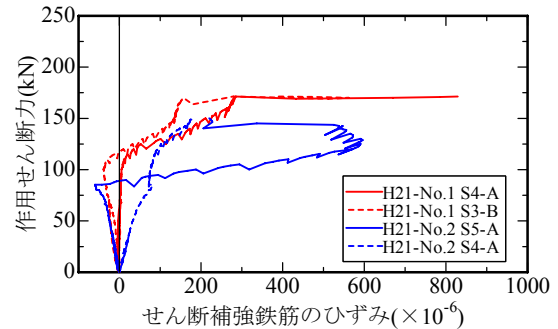


図-9 作用せん断力とせん断補強鉄筋の関係

も広がる傾向がみられ、終局時には錆汁のない部分も剥離した。よって、かぶりコンクリートは、荷重前から斜めひび割れ発生荷重までは有効断面とみなせ、斜めひび割れ発生荷重以後はかぶりコンクリートを除いたせん断補強鉄筋に囲われたコンクリートが有効断面になっていた可能性があると考えられる。

3.6 せん断補強鉄筋のひずみ

図-9 に作用せん断力と代表的なせん断補強鉄筋ひずみの関係を示す。図-9 は、図-8 に示す主要ひび割れ近傍のひずみゲージとし、H21-No.1 では S4-A, S3-B, H21-No.2 では S5-A, S4-A である(ひずみゲージ番号は図-1 参照)。せん断補強鉄筋のひずみ計測位置では、溝内は腐食していないが、溝外では断面欠損が見られた。せん断補強鉄筋ひずみは、図-8 に示す斜めひび割れの発生と同程度のせん断力値で、増大するのが確認できた。しかし、せん断補強鉄筋の降伏ひずみ(1891×10⁶)に達せず、降伏ひずみの半分程度しか生じていない。その他のせん断補強鉄筋でも降伏ひずみに達したひずみゲージは確認できなかった。これは、せん断補強鉄筋下部の腐食破断による抜け出しが考えられる。また、せん断補強鉄筋の腐食による断面欠損が卓越した箇所にひずみが局所化した可能性があり、今回のひずみゲージ位置ではせん断補強鉄筋の降伏が捉えられなかったことも考えられる。

3.7 せん断耐力

表-4 に斜めひび割れ発生時のせん断力の計算値と実験値を示す。斜めひび割れ発生時のせん断力の計算値 (V_{cal}) は、せん断補強鉄筋を用いていない RC はりのせん

断強度⁶⁾(V_c)、デコンプレッションモーメントをせん断スパンで除したプレストレスによるせん断耐力増加分⁷⁾(V_p)の和とした。 V_c の計算は、斜めひび割れ発生時におけるかぶりコンクリートを前述の通り健全として計算した。また、PC鋼より線の断面積は、破断した素線を除き、残りの素線について質量減少率を断面減少とみなした断面積として計算した。 V_p の計算は、載荷直前のPC鋼より線の実測ひずみより算出した。H21の斜めひび割れ発生時のせん断力の実験値は、せん断補強鉄筋のひずみが増大するときとし、H20は目視観察によるものである。その結果、 V_p を計測できなかったH20-No.2を除いて、計算値は実験値と同程度の値を与えた。

表-5にせん断耐力の計算値と実験値の比較を示す。せん断耐力の計算値(V_{ucal})は、前述の V_c+V_p に加え、圧縮斜材角を45度と仮定したトラス理論によるせん断補強鉄筋寄与分(V_s)の和とした。 V_c の計算は、腐食させていないH20-No.1を除き、終局時におけるかぶりコンクリートを有効でなかったとみなして、側面の純かぶり部分を控除して計算した。 V_p の計算は、載荷直前のPC鋼より線の実測ひずみからかぶりコンクリートの剥離による変化量を考慮し算出し直した。 V_s の計算は、せん断補強鉄筋の断面積を計測した質量減少率を断面減少として計算した。実験値は最大荷重値を示した。その結果、計算値は実験値より小さく V_p を計測できなかったH20-No.2を除いて7~8割であった。

4. まとめ

鋼材腐食が生じたPCはり部材のせん断特性について実験的に検討した。本論文の範囲内で得られた知見をまとめる。

- (1) 質量減少率20%程度とした電食では、プレストレスの有無によって、ひび割れの進展過程に相違がみられたものの、ひび割れ幅やせん断補強鉄筋面に広がる錆汁に相違は見られなかった。
- (2) 電食中のPC鋼より線のひずみの変化は、その配置位置によって特色があり、素線破断によりひずみが減少する場合や腐食ひび割れの影響によりひずみが増加する場合が考えられた。
- (3) 文献4)で確認されたせん断補強鉄筋面に沿って広がる錆汁面は、打音検査でかぶりコンクリートの剥離を調査した結果、斜めひび割れ発生とともにかぶりコンクリートが剥離し始めることがわかった。
- (4) かぶりコンクリートが健全であると仮定して、腐食によるプレストレスの影響、PC鋼より線の質量減少率を考慮して算出した斜めひび割れ発生荷重の計算値は、実験値に対して同程度であった。
- (5) 側面のかぶりコンクリートが剥離していると仮定し

表-4 斜めひび割れ発生時のせん断力の計算値と実験値

供試体	計算値(kN)			実験値(kN)
	V_c	V_p	V_{ccal} ^{※1}	V_{cexp}
H21-No.1	82	18	100 (90)	111 ^{※2}
H21-No.2	83	9	92 (102)	90 ^{※2}
H20-No.1	91	23	114 (100)	113 ^{※3}
H20-No.2	87	-	87 (83)	105 ^{※3}

※1 V_{ccal} の括弧内の数字は V_{cexp} に対する比率(%)

※2 せん断補強鉄筋のひずみが増大する荷重値

※3 目視観察による

表-5 せん断耐力の計算値と実験値

供試体	計算値(kN)				実験値(kN)
	V_c	V_p	V_s	V_{ucal}	V_{uexp}
H21-No.1	67	19	52	138(80)	172
H21-No.2	68	9	48	125(83)	150
H20-No.1	91	23	39	153(67)	228
H20-No.2	72	-	22	94(52)	180

※ V_{ucal} の括弧内の数字は V_{uexp} に対する比率(%)

て、腐食によるプレストレスの影響、PC鋼より線の質量減少率およびせん断補強鉄筋の質量減少率を考慮して算出したせん断耐力の計算値は、最大荷重値に対して7~8割であった。

参考文献

- 1) 土木学会：材料劣化が生じたコンクリート構造物の構造性能、コンクリート技術シリーズ71, 2006
- 2) 田中良樹, 河野広隆, 渡辺博志, 鈴木雅博：塩害を受けたプレテンションPC桁の耐荷性状、コンクリート工学年次論文報告集, Vol.21, No.3, pp.973-978, 1999
- 3) 田中良樹, 河野広隆, 渡辺博志, 木村哲士：ポストテンションPC桁の塩害劣化と耐荷力、コンクリート工学年次論文報告集, Vol.22, No.3, pp.781-786, 2000
- 4) 中村英佑, 竹内祐樹, 青山尚, 村越潤, 木村嘉富：鋼材腐食の生じたPCはり部材のせん断耐荷挙動の検討、コンクリートの構造物の補修、補強、アップグレード論文報告集, Vol.9, pp.411-416, 2009.10
- 5) 田森清美, 丸山久一, 小田川昌史, 橋本親典：鉄筋の発錆によるコンクリートのひび割れ性状に関する基礎研究、コンクリート工学年次論文報告集, Vol.10, No.2, pp.505-510, 1988
- 6) 二羽淳一郎, 山田一字, 横沢和夫, 岡村甫：せん断補強鉄筋を用いないRCはりのせん断強度式の再評価、土木学会論文集, Vol.372/V-5, pp.167-176, 1986
- 7) 建設省土木研究所, プレストレスコンクリート建設業協会：高強度コンクリート部材の設計法に関する共同研究報告書, 共同研究報告書第138号, 1995