ＰＣ鋼材破断時におけるＰＣ桁の残存プレストレス評価に関する一考察

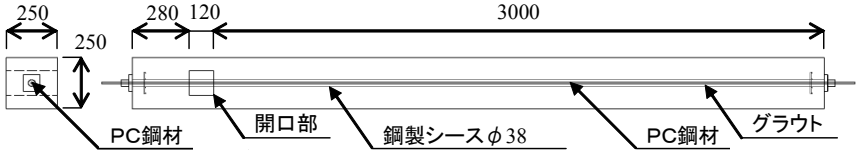
（財）鉄道総合技術研究所　　正会員　○前田 友章，同　徳永 光宏
同　　田所 敏弥，同　谷村 幸裕

１．はじめに

PC 桁は，ブリージングや施工不良に起因するグラウト充填不良から，PC 鋼材の腐食や破断を引き起こし，落橋といった人命に関わる甚大な被害をもたらす恐れがある．実際に，PC 鋼材破断の事例が報告されており，建設開始から長期間経過した PC 桁においては，今後，このような事例が発生することが考えられる．そこで，本研究では，PC 桁における PC 鋼材破断を想定し，破断によるプレストレスの残存割合と減少範囲の評価を目的とした，要素試験を実施した．

２．試験概要

図－１に試験体概要を示す．試験体は，PC 鋼材種別，PC 鋼材径，グラウト強度をパラメータとし，PC 鋼材に一定のプレストレスを導入した四角柱試験体を製作した（**表－１**）．なお，**表－１**の有効プレストレス力は，PC 鋼材緊張時の引張力に，コンクリートの圧縮，クリープおよび PC 鋼材のリラクセーションによる減少分を考慮したプレストレス力である．また，PC 鋼材を切断するために，試験体端部付近に開口部を設けた（**図－１**）．



図－１　試験体概要(mm)

表－１　試験体諸元，材料試験値および配合

試験体 No.	PC鋼材 種別	φ (mm)	f_y (N/mm^2)	E_y (kN/mm^2)	グラウト f'_g (N/mm^2)	グラウト E_g (kN/mm^2)	コンクリート f'_c (N/mm^2)	コンクリート E_c (kN/mm^2)	緊張時の引張力	有効プレストレス力 (kN)
No.1	鋼より線 SWPR7AL SWPR7BL	9.3	1683	219	48.8	15.4	53.6	32.0	PC鋼材の f_y の80% 程度	61.2
No.2		12.7	1824	191	30.3	12.7				116.9
No.3					48.8	15.4				118.4
No.4					67.0	16.8				112.6
No.5		15.2	1875	191	48.8	15.4				178.4
No.6	丸鋼SBPR 930/1080	φ32	987	201	30.3	12.7				568.7
No.7					48.8	15.4				562.2

※ φ:鋼材径　f_y:PC鋼材の引張降伏強度　E_y:PC鋼材のヤング係数
f_g:グラウトの圧縮強度　E_g:グラウトのヤング係数
f_c:コンクリートの引張降伏強度　E_c:コンクリートのヤング係数

載荷は，試験体開口部の PC 鋼材を切断することにより，PC 鋼材のプレストレスを解放した．測定項目は，コンクリートの表面，および内部ひずみである．コンクリート表面のひずみゲージは，試験体の上下面と左右面に千鳥に設置し，コンクリート内部のひずみゲージは，段取り鉄筋に貼り付け，鋼製シース付近に設置した．

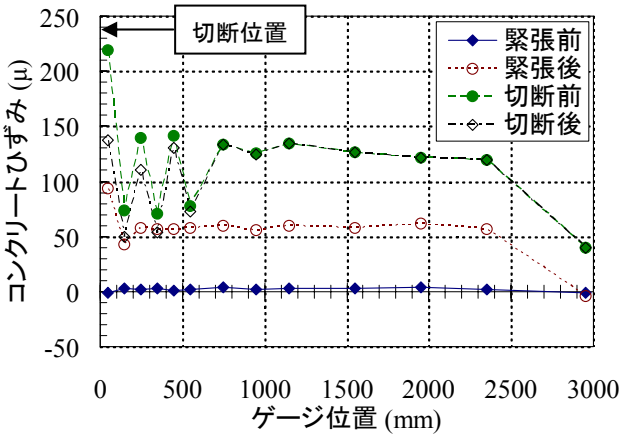
３．試験結果

３．１　試験各時点での測定ひずみの推移と傾向

試験の結果，コンクリートの表面，および内部ひずみから，以下の傾向を読み取ることができた（**図－２**，**図－３**）．なお，測定したひずみは，圧縮を正としている．

①緊張後の内部，および表面ひずみが，ほぼ一定であったことから，一様にプレストレスが作用していると考えられる．ただ，ゲージ位置 2950mm の表面ひずみは，変化がなかった．試験体端部の PC 鋼材定着板に近いことから，プレストレスが作用していないと考えられる．

②ゲージ位置 50mm から 550mm の切断前後の上下面の表面ひずみは大きく，左右面の表面ひずみは小さく測定された．試験体開口部の影響を受け，開口部付近は，プレストレスが断面の上下に集中したものと考えられる（**図－１**）．



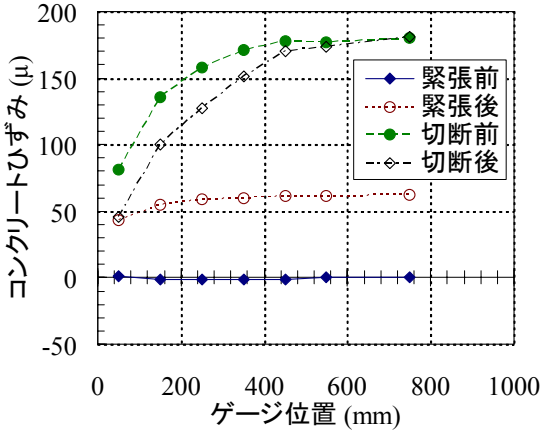
図－２　コンクリート表面ひずみ(試験体 No.3)

キーワード　PC 桁，PC 鋼材破断，プレストレス，要素試験
連絡先　〒185-8540　東京都国分寺市光町 2-8-38　（財）鉄道総合技術研究所コンクリート構造研究室　TEL042-573-7281

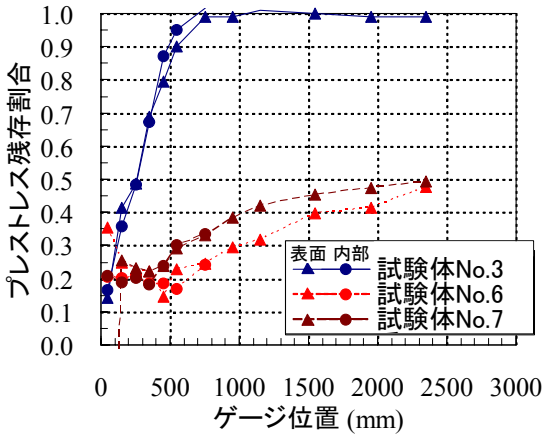
③緊張後と切断前のひずみを比較すると，切断前のひずみが大きく測定された．これはコンクリートの乾燥収縮やクリープの影響により，ひずみが増加していると考えられる．

３．２　ＰＣ鋼材切断後のプレストレスの評価

コンクリートの乾燥収縮やクリープの影響を排除するため，緊張前後のひずみ差を PC 鋼材の緊張によるひずみの増加分(ε_s)，切断前後のひずみ差を PC 鋼材切断によるひずみの減少分(ε_f)とし，プレストレス残存割合($r=(\varepsilon_s-\varepsilon_f)/\varepsilon_s$)をひずみから求めることで，評価を行った．ゲージ位置とプレストレス残存割合の関係は，コンクリート内部と表面でほぼ一致した（**図－４**）．丸鋼を用いた試験体は，プレストレス残存割合が鋼より線と異なり，また，グラウト強度に関わらず全付着範囲でおおむね同様のプレストレス残存割合となった（**図－４**）．



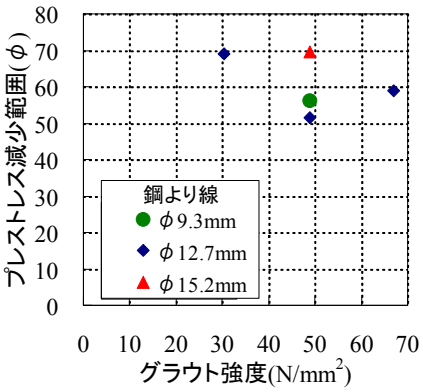
図－３　コンクリート内部ひずみ(試験体 No.3)



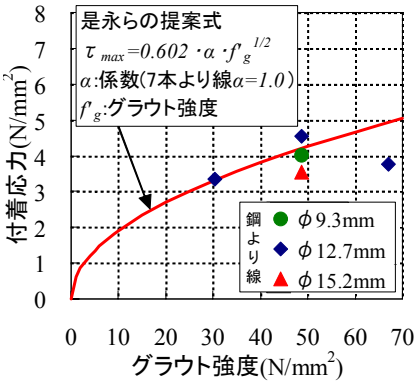
図－４　ゲージ位置－プレストレス残存割合関係

また，ゲージ位置とプレストレス残存割合の関係は，**図－４**より，①残存割合が 1.0 未満の一定勾配の直線と②残存割合が 1.0 で一定の直線のバイリニアモデルに近似することができる．近似したバイリニアモデルから，試験体 No.3 の鋼材破断によるプレストレスの減少範囲は，0～655mm(52 ϕ)と求まった．各試験体のグラウト強度とプレストレス減少範囲の関係を**図－５**に示す．鋼より線径が等しい場合，ばらつきはあるものの，グラウト強度が大きいほど，プレストレスの減少範囲は小さくなる傾向となった．

また，**図－４**に示されているように，プレストレス残存割合は前述した直線①と②で表すことができ，直線①は一定勾配であることから，直線①の区間の付着応力はほぼ一定であると考えられる．緊張時の有効プレストレス力，およびプレストレスの減少範囲の鋼材付着面積から，付着応力を求めた結果を**図－６**に示す．あわせて，是永ら[1)]が一軸引張試験により提案した鋼より線のグラウト強度－最大付着応力(τ_{max})の関係を示す．求めた付着応力が，是永らの提案式とおおむね合致したことから，鋼材破断によるプレストレス減少範囲の付着応力は τ_{max} 程度で，ほぼ一定であると考えられる．



図－５　プレストレス減少範囲



図－６　グラウト強度－付着応力関係

４．まとめ

(1)丸鋼の場合，プレストレスの残存の程度が鋼より線と異なり，また，グラウト強度による影響をあまり受けないことがわかった．

(2)鋼より線の場合，破断位置からの距離とプレストレスの残存割合の関係は，バイリニアモデルに近似できることがわかり，今回の試験条件の場合，プレストレスの減少範囲は破断位置から 50～70 ϕ の範囲となった．

(3)鋼より線の場合，破断によりプレストレスが減少する範囲の付着応力は，ほぼ一定であると考えられ，結果的に既往の提案式 τ_{max} とおおむね同等程度となることがわかった．

参考文献

1)是永健好，渡辺英義:PC 鋼より線とグラウト材の付着特性評価，日本建築学会大会学術講演梗概集（中国），pp.1083-1084，1999.9