

(21) PC鋼材の配置方法、付着性状を変えたPC桁の破壊実験

東日本旅客鉄道(株)	東京工事事務所	○岩佐 高吉
同	上	木野 淳一
東日本旅客鉄道(株)	建設工事部	正会員 小林 薫
同	上	正会員 津吉 毅

1. はじめに

外ケーブルを用いたPC構造は、桁軽量化や施工性の向上を目的とした新設構造物の他、在来構造物の補修・補強などに適用する工法として、そのニーズは年々高まってきている。しかし、外ケーブル方式は従来用いられている、内ケーブルのボンド方式のPC構造と異なり、PC鋼材とコンクリートの間に平面保持の仮定が成り立たない。このため、破壊性状はボンド方式のPC鋼材を用いたPC構造と違ったものになると思われる。特に終局時の曲げ耐力算定時のPC鋼材のひずみ増加量やひび割れ発生後の剛性などについては不明確な部分も多く、多くの研究がなされている。

本研究は、内ケーブルのボンド方式、内ケーブルのアンボンド方式、外ケーブル方式を用いた試験体を製作し、単調載荷試験を行い、PC鋼材ひずみ増加量、変位、ひび割れ発生状況、破壊性状について検討を行ったものである。

2. 試験体と実験方法

実験に用いたはり試験体の形状寸法を図1に示す。また、試験体のケースを表1に示す。

試験体の形状寸法は全ケース共に、スパン長4000mm、はり高さ550mm、はり幅250mmの矩形断面である。

試験体の概要として、ケース1はPC鋼材をウェブ断面内に2本配置した内ケーブル方式でグラウトを行いボンドケーブル構造としたもの、ケース2はPC鋼材をウェブ断面内に2本配置し、グラウト行っていないアンボンドケーブル構造としたもの、ケース3はPC鋼材をウェブ外側に2本配置した外ケーブル方式とした外ケーブル構造の3体である。

試験体に用いたPC鋼材は、SBPR 930/1080のB種1号の鋼棒で鋼棒径32mmを用いた。また、PC鋼材の配置は必ず

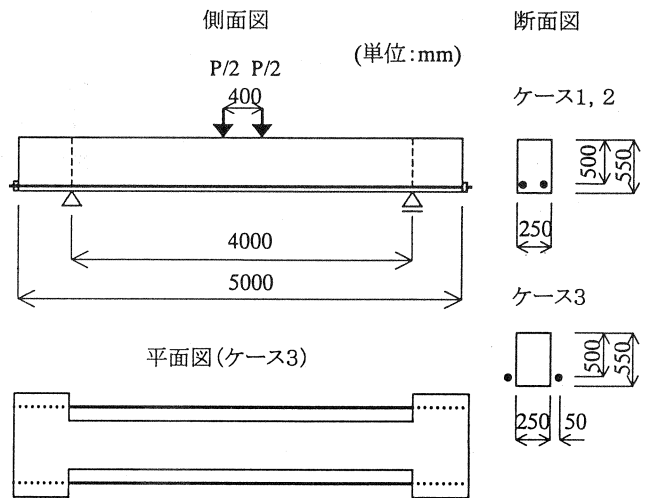


図1 試験体概要図

表1 試験体構造種別 (単位:mm)

試験体ケース	ケーブル配置	付着	幅	高さ	有効高さ
ケース1	内	あり	250	550	500
ケース2	内	なし			
ケース3	外	なし			

れのケースの場合も直線配置とし、ケース3においてもPC鋼材をはり両端で定着し、スパン内にケーブル位置を保持するためのデビエータは設けていない。

試験体において、PC鋼材以外には軸方向の引張り鋼材は用いておらず、PC鋼材の配置位置は、はり上縁から500mmと統一している。

使用したコンクリートの設計基準強度は $f_{ck}=50\text{N/mm}^2$ 、導入プレストレスは 300kN に設定した。プレストレスの導入時は、はり上縁に引張りひび割れが発生しないように、はり上縁に取り付けたコンクリートひずみゲージにより管理し、実際に導入したプレストレス量は 260~270kN となった。

荷重方法は図1に示すとおり油圧ジャッキによる静的2点荷重で行い、曲げひび割れ発生まで 5kN ピッチで荷重し、曲げひび割れ発生後一旦除荷した後 10kN ピッチで破壊まで荷重した。せん断スパン(a)は上縁からPC鋼材までの高さ(d_p)との比(a/d_p)が3程度になるようにした。このため、2点荷重点内の等曲げモーメント区間は 400mm となっている。測定は、各荷重ごとにたわみ、ひずみ、ひび割れ状況を測定した。なお、試験はコンクリートの乾燥収縮やクリープなどによるPC鋼材の応力減少をできるだけ少なくするため、プレストレス導入後すみやかにいった。

計測ははりの支点・L/4点・中央の5点についてPC鋼材のひずみ、はりのたわみ量を、また、はり中央上縁のコンクリートひずみについて行った。計測位置を図2に示す。

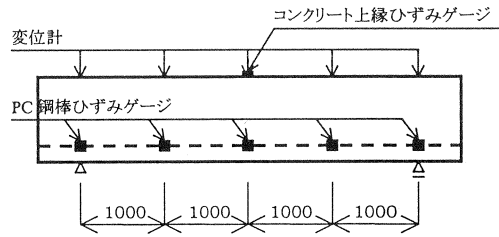
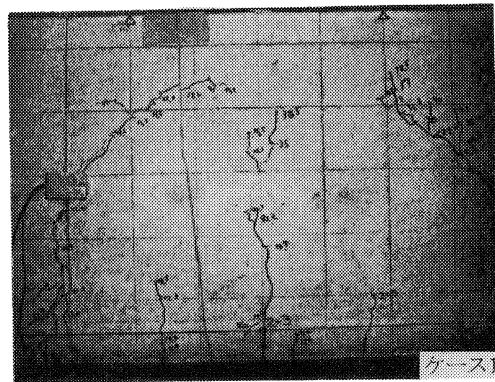


図2 計測位置図 (単位:mm)



3. 実験結果

(1) ひび割れ性状

各ケースでのひび割れ発生性状を写真1に示す。

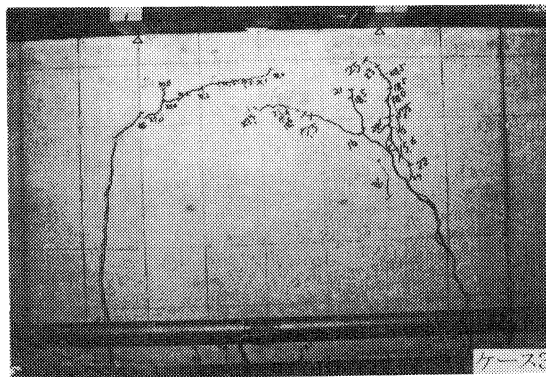
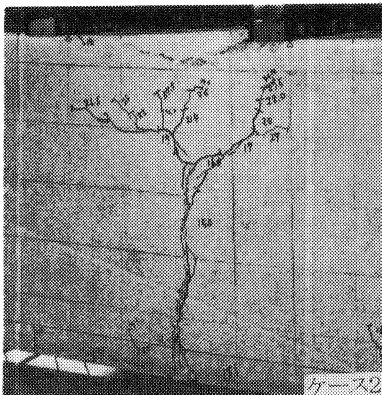


写真1 ひび割れ性状

ケース1は、等曲げ区間において150kNでP C鋼材高さ付近まで初期ひび割れが発生した。その後、170kNで等曲げ区間両外側においても新たな曲げひび割れが発生し、その後3本のひび割れが進展していく形態となった。280kN 載荷時には曲げひび割れより斜めひび割れが派生し、550kN でせん断圧縮破壊した。

ケース2は150kN 載荷時には中央に曲げひび割れが発生した。このひび割れは発生と同時に下縁から300mm程度まで達し、170kN 載荷時には下縁より400mmに達した。その後、ひび割れは分散し、両載荷点方向に向かって伸展した。ひび割れが、はり上縁から50mm下まで達した後、470kN で上縁コンクリートの圧壊による曲げ破壊を生じた。

ケース3は153kN 載荷時点で等曲げ区間の右外側に発生したひび割れがはり下縁より350mmの位置まで、載荷点に向かって一気に発生した。その後、このひび割れが2つの載荷点方向に向かって伸展し、250kN 載荷時点で上縁より50mmに達した。その後、260kN 載荷時に左側載荷点下にはり下縁からひび割れが発生し、一気に下縁から400mmまで達した。このひび割れはその後左右の載荷点方向に向かって伸び、400kN 載荷時にやはり上縁から50mm下まで達し、最終的には左のひび割れを破断面として曲げ破壊が生じた。

(2) 荷重-P C鋼材ひずみ

各ケースでの荷重-P C鋼材ひずみ分布を図3~5に示す。P C鋼材ひずみは、初期張力導入後を初期値としている。ケース1(図3)において、載荷重320kN程度までは端部のひずみはほぼ0であり、その後400kN程度でひずみが700~800 μ 生じている。また、はり中央から支点方向のP C鋼材のひずみ勾配が緩やかになっていることから、P C鋼材とグラウトの間に付着裂化が生じたと考えられる。ただし、他のケースと異なりP C鋼材全長にわたって均一的なひずみ分布とはなっていない。

ケース2(図4)では、各荷重時のP C鋼材のひずみ分布はP C鋼材全長にわたってほぼ一定な値となった。これはケース3(図5)においても同様であり、アンボンド、外ケーブルのいずれの場合においてもはりとP C鋼材の間には付着がないため、P C鋼材のひずみが均一化されている。

はり中央位置での荷重-P C鋼材ひずみを図6に示す。ケース2、ケース3は荷重150kN付近でP C鋼材のひずみ増分勾配の変更点が見られる。この荷重は、ほぼひび割れ発生時の荷重と一致していた。ひび割れ発生以降の荷重増加によるP C鋼材ひずみの増加量(勾配)は全ケースでほぼ同じ値を示した。終局荷重時のP C鋼材ひずみの増加量は、各ケースで破壊荷重

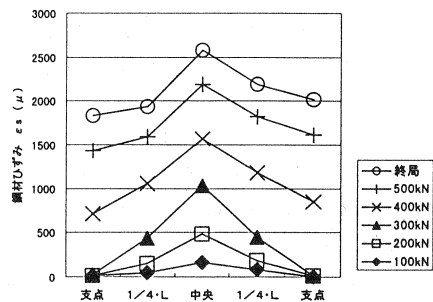


図3 鋼材ひずみ分布(ケース1)

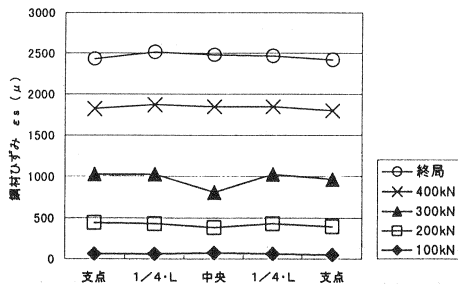


図4 鋼材ひずみ分布(ケース2)

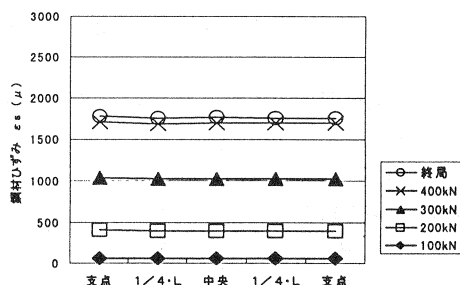


図5 鋼材ひずみ分布(ケース3)

が異なり一概に比較は出来ないが、実験結果からはケース1で 2600 μ 、ケース2で 2300 μ 、ケース3で 1800 μ 程度となった。

(3) 荷重-変位

ケース2、ケース3における変位分布を図7、8に示す。荷重 300kN 程度までは、共に付着のないPC鋼材が直線的に配置されているため、ひび割れが発生しているのは中央付近を中心として直線的に変形するという、同一の挙動を示している。しかし、400kN の段階では、変形状に明確な差が現れている。ケース

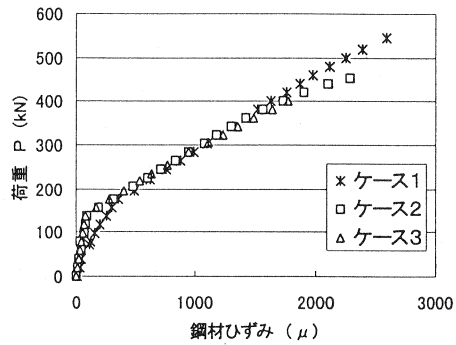


図6 荷重-鋼材ひずみ

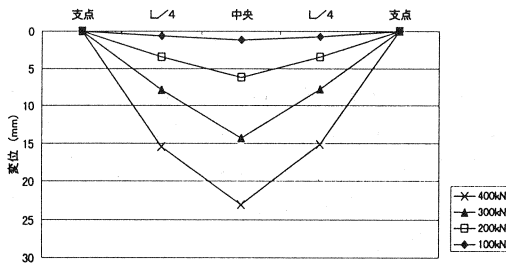


図7 変位分布(ケース2)

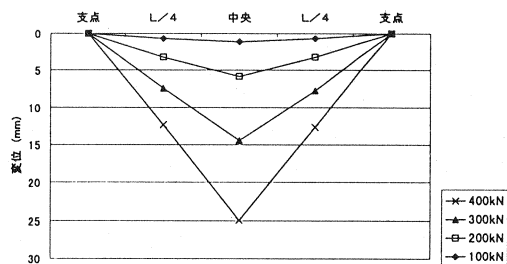


図8 変位分布(ケース3)

3については 300kN までと同様の形態であるが、ケース2についてはやはり中央付近の勾配が緩やかになっている。これは、300kN 付近からはやはり中央付近でシースとPC鋼棒が接触し始めたことによる影響であると思われる。

図9には中央位置での荷重-変位曲線を示す。ケース1は 150kN 付近(ひび割れ発生荷重付近)より緩やかに剛性が低下していくが、ケース2、ケース3については 150kN 付近から急激に剛性が低下し、変形が進行している。この時の全断面有効時の曲げ剛性に対するひび割れ発生以降の曲げ剛性の比率は約 0.22 であった。なお、ケース2の 400kN 以降については変位計の測定範囲を超えたため測定されていないが、ケース2とケース3における荷重-変位関係の挙動はほぼ同一の挙動を示した。

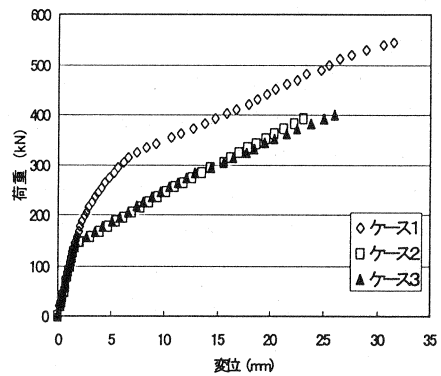


図9 荷重-変位曲線

4. まとめ

本実験結果を以下にまとめる。

- (1) 終局時のPC鋼材ひずみの増加量は 1800~2600 μ 程度となった。
- (2) アンボンド、外ケーブルの場合は、全断面有効時の曲げ剛性に対するひび割れ発生以降の曲げ剛性の比率は約 0.22 となった。