

(43) 35年を経た東京駅ホームPC桁の試験

ジェイアール東日本コンサルタンツ(株) 正会員 ○ 中原 繁則
 東日本旅客鉄道(株) 東京工事事務所 古谷 時春

1. まえがき

本報告で紹介するPC桁は、昭和27～28年に東京駅の改良工事の一環として新設された6番7番乗降場(以下ホーム)にホーム桁として架設されたもので、その後、東京駅の改良工事に伴い昭和46年に一部撤去された。

本報告は、東北新幹線の東京駅乗り入れ工事に伴ってホーム改良が行われ、ホーム桁として使用されていたPC桁が撤去されたのを機会に、35年を経たPC桁の各種試験を行ったものである。このホーム桁は、わが国でも初期のPC桁で、経年後の材料の変化、力学的性質の動向に興味を抱き、注目していたものである。

桁は、スパン10mでマニエル式定着具を持ちポストテンション方式で製作されている。当時のプレストレストコンクリートは、まだ研究室の段階であったということもあって、大量施工に際し実物大の試験が行われた。本報告は、これらの試験と比較するため、同様の試験を実施したものである。

表-1 使用セメントおよび骨材の性質

| セメント | | 浅野ペロセメント, チチセメント |
|------|--------------------------|---------------------|
| 粗骨材 | 産地 | 酒匂川 |
| | 種類 | 天然砂利 |
| | 比重 | 2.77 |
| 材 | 吸水率(%) | 1.0 |
| | 単位重量(kg/m ³) | 1,830 |
| | 産地 | 酒匂川 |
| 細骨材 | 種類 | 天然砂 |
| | 比重 | 2.64 |
| | 吸水率(%) | 1.2 |
| 材 | 単位重量(kg/m ³) | 1,790 |

2. けたに用いたコンクリートの材料

a) コンクリート材料

使用したセメント及び骨材の性質は、表-1のとおりである。

表-2 コンクリートの標準配合

| 粗骨材の最大寸法(mm) | スランブの範囲(cm) | 水・セメント比(%) | 細骨材率 S/a | 単位重量(kg/m ³) | | | | |
|--------------|-------------|------------|----------|--------------------------|--------|-------|-------|-----|
| | | | | 水 W | セメント C | 細骨材 S | 粗骨材 G | 混和剤 |
| 20 | 0~3 | 34 | 39 | 181 | 550 | 677 | 1070 | 0 |

b) PC鋼線

使用したPC鋼線は住友電線の製品で、直径5mm、引張強さ172kgf/mm²である。

3. コンクリートの配合

コンクリートの配合は、表-2のとおりである。

4. 35年後の諸試験

実施した試験は、材料(コンクリート、鋼材)の経年変化を調べる試験と、桁の力学的性質を調べるための静的載荷試験とである。

これらの試験の種類と内容は、表-3に示すとおりである。

表-3 実施した試験の種類と内容

| 試験の種類 | 試験の種類 | 試験の内容 |
|------------|------------|--|
| コンクリート各種試験 | 圧縮強度試験 | 桁端部からφ10×20の円柱供試体を取り出して試験した。この際弾性係数も測定した |
| | 引張強度試験 | φ10×20の円柱供試体を用いて試験した |
| | 中性化試験 | 桁の切断面にフェノールフタレイン溶液をスプレーしてその変化を調べた。 |
| グラウト調査 | グラウト注入状況 | 桁を長さ方向に4ヵ所で切断して調査した |
| PC鋼線試験 | 腐食状況 | 桁からPC鋼線を取り出して調査した |
| | 機械的性質試験 | 直径、引張荷重、0.2%永久伸びに対する荷重、伸び率、絞り率、弾性係数を試験した |
| | レラクセーション試験 | 4種類の初荷重を加えて10時間後のレラクセーションを測定した |
| 桁の静的載荷試験 | 曲げ試験 | たわみ、ひずみ、ひびわれを各荷重ごとに測定した |

5. 諸試験結果と考察

(1) コンクリートの試験

a) 圧縮強度

表-4 コンクリートの圧縮強度 (単位 kgf/cm²)

| σ_{28} (77個平均) | σ_{20} 年(6個平均) | σ_{35} 年(6個平均) |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 580 | 680 | 752 |

σ_{28} : $\phi 15 \times 30$ 供試体 σ_{20} 年: σ_{35} 年: $\phi 10 \times 20$ 供試体による

コンクリートの試験に用いた供試体は、桁端部付近から $\phi 10 \times 20$ cm のコアを採取

したものを使用した。圧縮強度の試験結果は、表-4 に示す。

35年経過した圧縮強度は、製作当時の 1.3倍、 σ_{20} 年後の 1.1倍の強度増進がみられた。

b) 弾性係数

圧縮強度試験用供試体に4枚のストレインゲージを貼付、得られた応力-ひずみ曲線から弾性係数を求めた。6個の弾性係数は、 $3.45 \times 10^5 - 4.15 \times 10^5$ kgf/cm² で、これらの弾性係数の平均値は、 3.7×10^5 kgf/cm² (割線弾性係数) であった。 σ_{35} 年の弾性係数は、 σ_{20} 年後の弾性係数 3.5×10^5 kgf/cm² よりもやや大きな値であった。 σ_{35} 年の弾性係数は、圧縮強度の伸びの割合に比し、その伸びは小さい。

c) 引張強度

引張強度は、JIS 1113によりコア供試体の側面を上下方向から圧縮する方法で行った。この結果は、3個の平均で 67 kgf/cm² であり、圧縮強度のほぼ $1/11$ であった。

d) 中性化試験

硬化したコンクリートは、長期間大気中に露出している場合、空気中の炭酸ガスの作用を受けてコンクリート中の水酸化カルシウムが徐々に炭酸カルシウムとなり中性化する。20年後の試験では、6種類の指示薬により PH 12 以上であると推定された。今回の試験では、桁の $l/4$ 点及び端部付近を切断し、フェノールフタレインのアルコール溶液をスプレーして、赤色反応による中性化深さを測定した。35年を経た中性化は、表面から 1 mm 程度で、コンクリートのごく表面で内部への進行は認められなかった。

(2) グラウトの注入状況

PC 桁の切断面及び試験桁をはつり短形シース側面、上面を取りはずし、PC 鋼線の周辺のグラウト充填状況を調べた。シース内側面及び上面とも空隙、気泡などなく、完全に注入されている。当時の報告では、水セメント重量比約 120% の薄いペーストをまず注入し、次に 55% のセメントペーストを圧入後、両端のホースを鉛直に保ち、約 1 m の高さに約 1 時間ほど保持するなど入念なグラウティングを行っている。

(3) PC 鋼線の試験

表-5 機械的性能試験結果のまとめ

| | 35年経過値 | 20年経過値 |
|----------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 直径 | 5.03~5.07mm | 5.01±5.02mm |
| 引張強度 | 3.210~3.350kgf | 3.260~3.360kgf |
| 0.2%永久伸びに対する強度 | 2.790~3.000kgf | 2,600~2,680kgf |
| 伸び | 3.0~4.0% | 3.0~5.0% |
| 絞り | 40.8~48.7% | |
| 弾性係数 | 19,330~20,140kgf/mm ² | 20,100~20,200kgf/mm ² |

a) PC 鋼線の機械的性質

PC 鋼線の機械的性質の試験結果は、表-5 に示すとおりである。0.2% 永久伸びに対する強度(降伏点応力)は、20年経過時の値に比して 200-300kgf 大きな値を示している。他方、弾性係数では、今回の試験値の方が約 700kgf/mm² 小さい値である。

b) PC鋼線の腐食

採取したPC鋼線の表面は、一様に錆が生じていたが、局所的な点食などは認められなかった。全面の一様な錆は、20年後の調査でも同様の状況が報告されており、今回の結果から施工後に発生した錆ではないと思われる。

c) レラクセーション

リラクセーション試験は、20年後の試験と比較できるように初荷重として2280、2108、2000、1800kgの4種類を選び、10時間後のリラクセーション値を測定した結果を表-6に示す。試験結果では、初荷重の小さいほどリラクセーション値は小さく、35年経過後のリラクセーション値は、20年後の値と比較しても、初荷重2108、2280kgfでは約50%程度小さい値であるが、1800、2000kgfでは、ほぼ同等か若干高い値を示した。

表-6 PC鋼線のリラクセーション試験結果

| 初荷重(kgf) | 10時間のリラクセーション値(%) | |
|----------|-------------------|-------|
| | 今回 | 20年経過 |
| 2280 | 2.50 | 4.39 |
| | 2.70 | 4.96 |
| 2108 | 1.85 | 3.75 |
| | 2.30 | 4.41 |
| 2000 | 1.03 | 1.40 |
| | 1.90 | 1.85 |
| 1800 | 1.50 | 1.17 |
| | 1.58 | 0.89 |

(4) 桁の静的載荷試験

桁の静的載荷試験は、2本の撤去桁を用い、桁製作時の載荷条件(8等分集中荷重)と同じ方法により行った。試験は、部材の経年変化を主眼に、コンクリートのひずみ、桁のたわみ、ひびわれ状況、ひびわれ荷重、破壊荷重について調べた。載荷試験は、桁1本につき3サイクル繰返した。すなわち、第1回目の載荷試験では設計活荷重8.5tまで載荷した。

第2回目は、桁のひびわれ確認までとし、荷重解放後、第3回目の載荷で桁の破壊までとした。

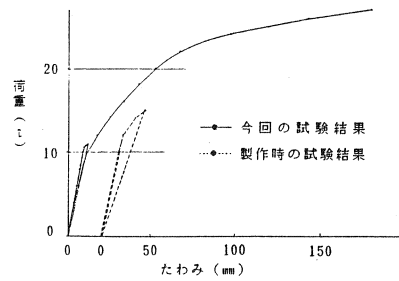


図-1 荷重-たわみ曲線

a) 桁のたわみ

図-1に桁の中央における荷重-たわみ曲線を示す。荷重10tまでのたわみは、荷重に比例して増加し、ひびわれ発生荷重から急に増加している。製作時の試験結果と比較してもそれほど大きな差は認められない。荷重10tにおけるスパン中央のたわみを製作時と今回の試験結果と比較すると、図-2のとおりである。

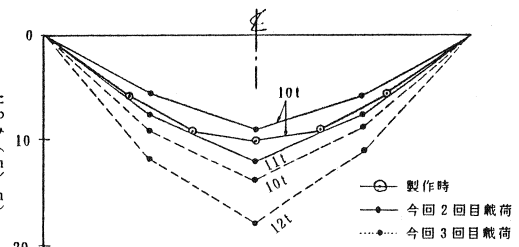


図-2 桁の長さ方向のたわみ

と比較すると、図-2のとおりである。35年経過した桁のたわみは、ひびわれ発生前の荷重10tで9mm、製作時より約1mm小さくなっている。また、20年後のたわみよりも約0.7mm小さい。

b) ひびわれ荷重

表-7に、目視によるひびわれ荷重、ひびわれ再開荷重、破壊荷重を示す。ひびわれ荷重は、製作時試験及び20年後の値よりも0.5~1.0t小さい値を示した。他方ひびわれ再開荷重は、20年後の試験値とほぼ同程度である。ひびわれ図を図-3に示す。

c) 有効プレストレス

ひびわれ位置における実測値から、断面係数を用いて、桁下線の曲げ応力度を計算すると表-8のようになる。このひびわれ再開時の応力は、プレストレスの大きさに相当すると考えられる。今回の試験からプレストレスは 131 kgf/cm^2 で、設計計算上の鋼材位置における有効プレ

ストレスは $0.85\sigma_{ct} = 136 \text{ kgf/cm}^2$ とほぼ同じ値である。このことから有効率 $\eta = 0.82$ 程度となる。他方、スパン中央と端部の2箇所の鋼線のひずみを直接測定して、有効プレストレスを推定する方法を試みた。これによると、ひびわれ再開時の鋼線のひずみから鋼線の応力度を求めると 9.4 kgf/mm^2 で、ひびわれ再開時の応力から鋼線の応力度を計算すると 7.8 kgf/mm^2 となり、ほぼ等しい値となる。又、桁載荷試験後、PC鋼線切断時の鋼線のひずみを測定し、スパン中央の鋼線の重みを計算して、鋼材応力度を求めると 83.7 kgf/mm^2 で、設計時の導入直後の鋼線の応力度 98.7 kgf/mm^2 であるから、鋼線の有効率 $\eta = 83.7 / 98.7 = 0.85$ となり、前述のコンクリートから推定した $\eta = 0.82$ とほぼ一致した。

d) 破壊荷重

破壊荷重および破壊曲げモーメントは、表-7に示すとおりであり、No.1でやや小さい値を示しているが、No.2では、製作時及び20年後の値と同程度である。

6. むすび

PC桁は、わが国初期に施工されたものであるが、35年供用後におけるコンクリート、PC鋼線、部材の力学的性質等の品質低下は認められなかった。近年、コンクリート構造物の耐久性が問題となっているが、きっちりと施工管理された構造物は35年を経ても健全である。

最後に本試験の実施にあたりビー・エス・コンクリート(株)、住友電気工業(株)の関係者にご協力いただき感謝の意を表する次第である。

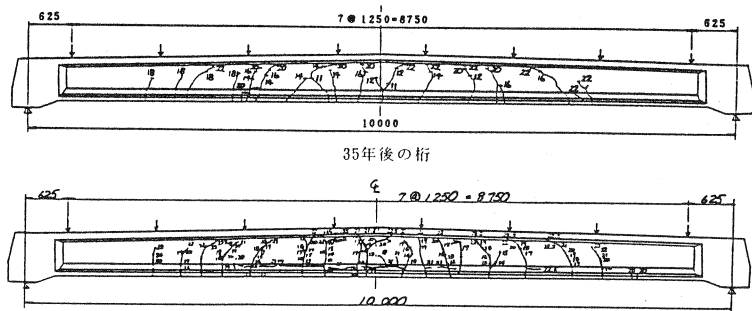


図-3 ひびわれ状況

参考文献 1) 猪股俊司・菅原 操：東京駅6・7番乗降場プレストレストコンクリートけた試験、鉄道業務研究資料 Vol.10, No.11, 1953年6月
 2) 久保村圭助・谷内田昌熙・宮本征夫：20年を経た東京駅ホームPC桁の試験、土木学会誌、1977年3月