

低収縮型超高強度コンクリートを用いた歩道橋の計画と設計—秋葉原歩道橋—

鹿島建設(株) 正会員 ○喜多 俊介
 鹿島建設(株) 正会員 岡本 裕昭
 鹿島建設(株) 正会員 一宮 利通
 鹿島建設(株) 正会員 鈴木 圭

1 計画

現在、東京秋葉原駅周辺では「秋葉原クロスフィールド」と称する再開発事業が行われている。本橋は、その再開発事業に伴い建設され、駅と駅周辺の建物を繋げる歩道橋である。橋長は63.803m、有効幅員は8.0mの2径間連続プレストレストコンクリート橋である。歩道橋は超高層ビルの1Fレベルに接続するが、超高層ビルのコストを低減するために、できるだけ1Fの階高を低く抑える必要があり、階高6.0mが設定された。一方、歩道橋は道路を横断するため建築限界4.7mを確保しなければならず、桁高1.2mを有する2径間のスレンダーな歩道橋(図-1)を実現する必要があった。それを実現するために、主桁に超高強度コンクリート($\sigma_{ck}=120\text{N/mm}^2$)を採用することとした。また、全幅8.8mをできるだけ小さな橋脚で支持するために、主桁断面にはストラット構造を採用し透過性のある桁下空間の実現を狙った(図-2)。橋梁の一般条件を表-1に示す。

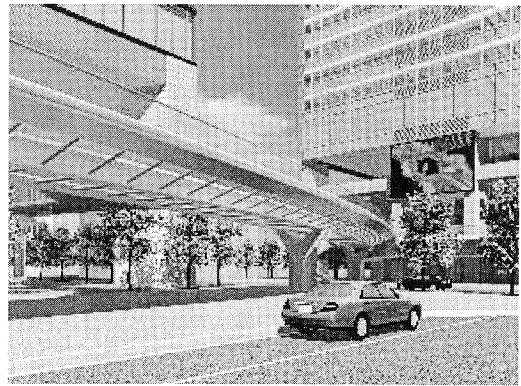


図-2 歩道橋パース図

表-1 一般条件

(1) 橋種	PC2 径間連続桁橋(歩道橋)
(2) 主桁形式	超高強度コンクリートπ桁
(3) 活荷重	群集荷重
(4) 橋長	63.803 m
(5) 桁長	63.403 m
(6) 支間長	4.087+25.762+33.205 m
(7) 幅員	全幅8.8 m 有効幅員8.0 m
(8) 平面線形	R=170 m
(9) 縦断勾配	↗ 2.0% ~ ↘ 2.4%
(10) 横断勾配	おがみ勾配1.0%
(11) 斜角	90° ~ 65°
(12) 設計基準強度	$\sigma_{ck}=120\text{N/mm}^2$

2 設計

2.1 主桁断面

超高強度コンクリートの特性を最大限に生かすよう、主桁断面形状を決定した。主桁断面形状を図-3に示す。この主桁断面形状の各部位について以下に述べる。

(1) 上床版

上床版は群集荷重が直接載荷される部材であるので、通常程度の上床版厚($t=250\text{mm}$)を確保すること

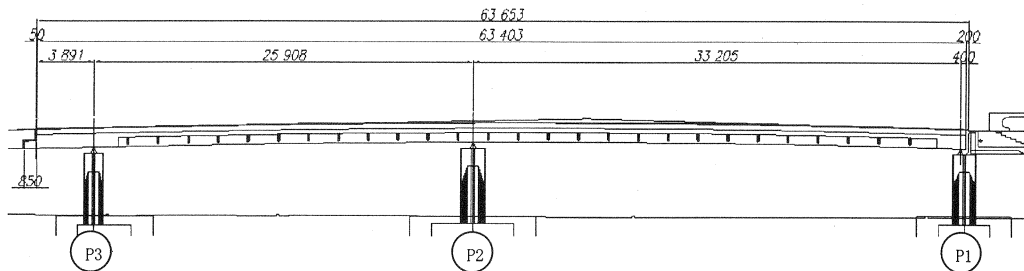


図-1 側面図

とした。また、この上床版については、 $120\text{N}/\text{mm}^2$ の超高強度コンクリートを場所打ちで施工する。

(2) 下床版

超高強度コンクリートを用いることにより、主桁下縁に作用する圧縮力はウェブ下部のコンクリートで抵抗出来ると判断し、図-3に示すように、下床版を無くした。これにより、主桁重量の軽減を図れた。また、主桁横方向剛性を確保するために通常の下床版位置にストラットを配置している。

(3) ウェブ

ウェブは超高強度コンクリートを用いたプレキャスト部材とし、自重低減の観点から極力薄くすることとし、部材厚 200mm としている。近年、主桁の軽量化、施工の省力化を目的として、プレキャストプレテンションウェブを用いることが検討されている。本橋では、その施工性を確認するためにウェブをプレキャスト部材とした。

(4) ストラット

ウェブ間のストラットは、(2)でも記述したが、ウェブの横方向剛性を確保するために配置しており、斜めストラットは上床版の横方向剛性を高めるために配置している。特に、斜めストラットは、橋梁下の歩行者からの視点を考慮し景観的にも周辺建築物との融合を図るため、接続するビルの外壁パネル割に合わせた配置とした。

2.2 橋脚

橋脚には、設計基準強度 $30\text{N}/\text{mm}^2$ のコンクリートを用いることとした。形状は、景観に配慮しY型とした。また、排水管により美観が損なわれないよう、橋脚断面に凹部を設け、排水管を収容することとした。

2.3 モデル化

主方向の設計は通常の骨組解析によって行うものとし、部材断面としてπ型断面のみを考慮した。床版の設計は、ストラット構造の効果を評価できるようにコンクリートをシェル要素、ストラット部材をビーム要素とする3次元FEMモデルにより橋梁全体をモデル化し設計を行った(図-4)。斜めストラットは上部でコンクリート床版と剛結し、下部ではウェブとピン接合とした。水平ストラットは両端をピン接合とした。ストラットは共に常時圧縮状態になるよう設計を行った。支点条件は実際の杓配置に一致させた。

2.4 PC鋼材配置

本橋は、主方向ケーブルはウェブをプレキャスト部材とすることにより、内ケーブルの配置ができないため全外ケーブル配置とした。また、スレンダーな印象を与える桁を目指しており、ウェブの間隔を極力小さくしたため、ケーブルの配置スペースが小さくなった。そこで本橋では、配置本数を抑えるために住友重工スチールワイヤー(株)開発の高張力PC鋼材(19S15.2)を用いることとした。

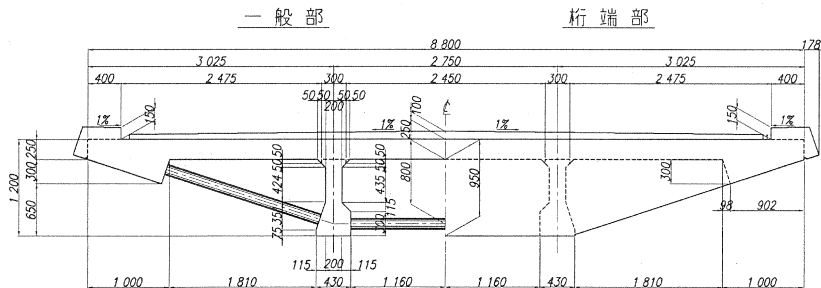


図-3 断面図

床版横締め鋼材としては、1S28.6 プレグラウト鋼材を用いることとした。本橋はP1～P2間に隣接ピルへの接続デッキが取付くため、その箇所については一般部に対して密な鋼材配置とした。

2.5 プレキャスト部材接合部

本橋はウェブをプレキャスト部材とし、床版を場所打ち施工で行う。その接合部の構造として本橋においては孔空き鋼板ジベルを用いることとした。配筋は図-5に示すように上床版横方向鉄筋及びプレキャストウェブの鉄筋が孔内を通過するよう配置を行う。また、本橋はプレキャスト部材を分割し、現場打ち施工である支点横桁及びPC鋼材偏向横桁においてウェブ部材同士を接続することとした。接続部の構造としてせん断キー及びウェブ軸筋を突出させることとした(図-6)。

3 低収縮型超高強度コンクリート

次に、本橋で用いる超高強度コンクリートの概略を示す。一般に、水結合材比が小さい高強度コンクリートでは、水和反応に伴う大きな自己収縮が生じ、有効プレストレスが低下するだけでなく、鋼材の拘束によってひび割れが生じる可能性がある。

コンクリートの自己収縮を抑制する手法として、(1)膨張材の使用、(2)収縮低減剤の使用、(3)人口軽量骨材の使用が挙げられる²⁾。(1)は水和反応によって見かけの体積が増加し、その作用によってコンクリート中のセメントペーストの収縮を補償するものである。しかし、強度低下を伴うほか、フレッシュコンクリートの流動性を損なう影響を示し、施工性の低下や高性能減水剤使用量の増加を伴う性質がある。(2)はセメント硬化体中の間隙水の表面張力を低下させ、自己収縮の駆動力となる毛細管張力を小さくするものである。しかし、若干の強度発現の遅れと低下を伴い、結合材量に応じて使用量が決定するため、低水結合材比のコンクリートでは材料コストが高くなるという課題がある。(3)の手法について、人工軽量骨材には、内部の保有

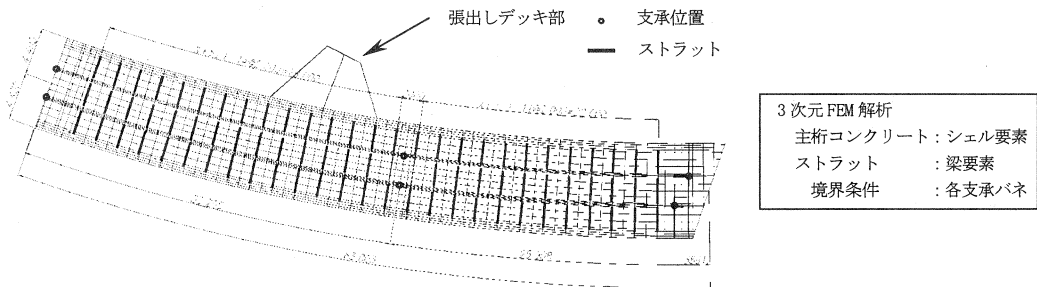


図-4 全橋モデル(3次元FEMモデル平面図)

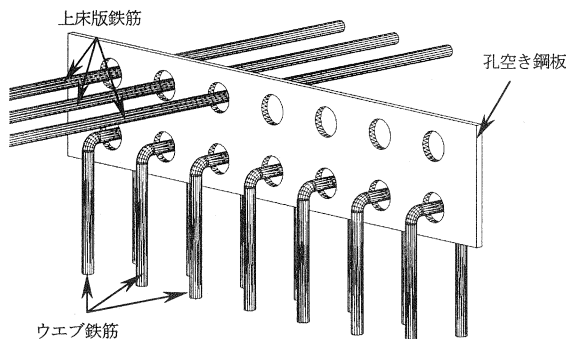


図-5 孔空き鋼板ジベル

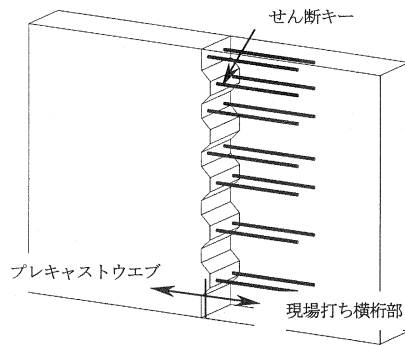


図-6 せん断キー、突出鉄筋

水がセメントの水和に伴う硬化体の自己乾燥を補償し、細孔空隙中の湿度低下を防止する効果（セルフキュアリング効果）があるが、従来の人口軽量骨材は骨材強度が低く高強度コンクリートに適さない。そこで、比較的高い強度と高い吸水率を併せ持つ石炭灰人工骨材³⁾を使用することとした。それによって、施工性を低下させることなく、強度比程度の材料コストで十分な強度発現と自己収縮低減が可能となった。ただし、Jライトの使用量の増加に応じてコンクリート強度は低下するため、目標とする圧縮強度に応じて使用量を選定し、付加的に少量の膨張材や収縮低減剤を併用する方法を採用することとした。

ここでは、粗骨材の20%を石炭灰人工骨材に置換して、さらに膨張材 10 kg/m^3 を併用する配合 (JL20E10) およびセメントの5%の収縮低減剤を併用する配合 (JL20R05) について、自己収縮を低減しない基本配合 (B) と比較検討した結果を紹介する。図-7、8に標準養生した試験体の圧縮強度および自己収縮ひずみの試験結果を示す。基本配合 B では材齢 28 日で 160 N/mm^2 程度、材齢 91 日で 190 N/mm^2 程度の高い圧縮強度を示すが、材齢 91 日で 520×10^{-6} の大きな自己収縮を伴った。自己収縮を低減した配合では、圧縮強度は若干低下するものの両配合とも、材齢 56 日以降で約 150 N/mm^2 の圧縮強度が得られた。また、材齢 91 日における自己収縮ひずみは、配合 JL20E10 では 280×10^{-6} に、配合 JL20R05 では 140×10^{-6} に低減された。

自己収縮を改善することによって圧縮強度は 2 割程度低下するものの材齢 56 日で約 150 N/mm^2 の圧縮強度が確保されており、自己収縮は 5 割から 7 割程度低減することができた。

4 まとめ

超高強度コンクリートを用いることで、より高応力度のプレストレス力導入が可能となる。それにより、コンクリート構造物の軽量化、断面縮小が図られ、より長大な構造物の建設が可能になるといえる。本橋の実績がその足がかりになることを期待する。

<参考文献>

- 1) プレテンションウェブ橋梁技術研究委員会技術分科会：プレテンションウェブ橋梁技術研究委員会報告 (その2)－プレテンションウェブ橋梁設計・施工ガイドライン(案)－, プレストレストコンクリート, Vol. 45, No4, 2003.7 など
- 2) 高田和法, 柳井修司, 渡部貴裕, 一宮利通：超高強度コンクリートの自己収縮低減に関する研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 25, No. 1, 2003
- 3) 笠井浩, 和美廣喜, 新井一彦, 森田哲：石炭灰人工骨材を用いたコンクリートのセルフキュアリング効果に関する実験研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 22, No. 2, 2000

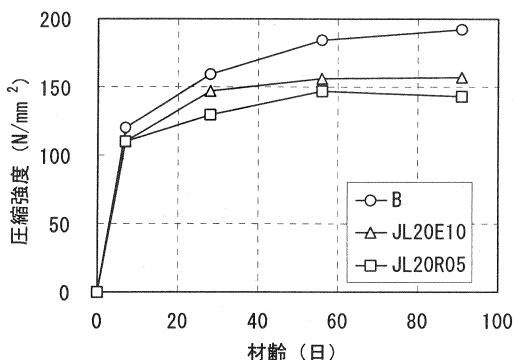


図-7 圧縮強度の試験結果

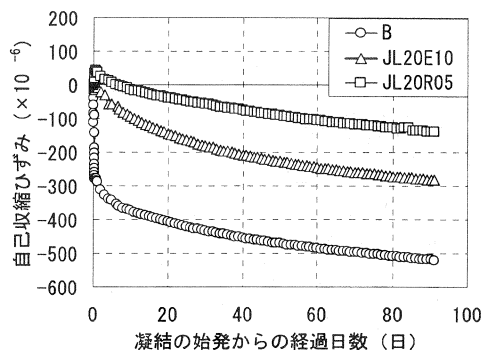


図-8 自己収縮ひずみの試験結果