

薄肉ウェブを有する超高強度繊維補強コンクリート下路桁歩道橋の耐荷性能

大成建設 正会員 ○細谷 学
大成建設 正会員 石川 育

1. はじめに

超高強度コンクリート（以下、UFC と呼ぶ）を用いた歩道橋には、これまで酒田みらい橋、赤倉温泉ゆけむり橋などの施工実績があるが、いずれも箱桁形式である。箱桁形式は断面剛性やねじり剛性が大きいので、曲げモーメントやねじりに対して良好な断面特性を有している。しかしながら、道路、鉄道、航路などの交差条件がある場合には、桁下空間を確保するために橋面を高くする必要がある。これに対して、下路桁形式は橋面高さを抑えたまま桁下空間を確保しやすい構造形式である。歩道橋の場合にはウェブ自体を高欄と兼用できるため、全体として工事費を抑えることも可能である。筆者らは UFC を用いた下路桁形式の歩道橋について検討を行っているが、①UFC であるためウェブを薄くできる、②下路桁形式のため開断面になる、③デザイン上、ウェブに開口を設ける場合があることから、ウェブの横倒れ座屈などにより耐荷性能が小さくなることが懸念される。そこで、本研究では UFC 下路桁歩道橋の耐荷性能を検討するために、弾塑性 FEM 解析を行った。

表-1 試設計の結果

				ケース1	ケース3	制限値
曲げ応力度	支間中央 (UFC)	死荷重時	上縁 N/mm ²	36.7	34.8	108
			下縁 N/mm ²	6.9	9.0	-8
		活荷重時	上縁 N/mm ²	47.3	45.2	108
			下縁 N/mm ²	-0.4	1.6	-8
	ブロック継目部 (ウエットジョイント)	死荷重時	上縁 N/mm ²	35.6	33.8	108
		活荷重時	上縁 N/mm ²	7.6	9.7	0
斜引張応力度	たわみ		下縁 N/mm ²	46.0	43.9	108
			N/mm ²	0.5	2.4	0
固有振動数 (1次モード)			N/mm ²	5.3	7.4	8
			m	0.108	0.108	0.108
			Hz	0.83	0.85	1.5~2.3を避ける

表-2 解析ケース

ケース名	モデル形状	検討項目	載荷パターン
ケース1	基本モデル	耐力(ウェブ厚100mm)	$\alpha(D+L)+P$
ケース2	基本モデル	偏載荷時の耐力	$D+\alpha L+P$
ケース3	ウェブ厚変更モデル	耐力(ウェブ厚70mm)	$\alpha(D+L)+P$
ケース4	基本モデル	緊張時	$D+\alpha P$
ケース5	上げ越しモデル	緊張時	$D+\alpha P$

※ α : 荷重倍率, D: 死荷重, L: 活荷重, P: プレストレス力

2. 基本モデルの試設計

解析に用いる橋梁の一般図を図-1に示す。橋長 66.0m、支間長 (L) 65.0m、有効幅員 2.0m を想定し、内ケブル PC 鋼材 (19S15.2) を 7 本配置した。歩道橋のため、曲げおよびせん断（斜引張応力度）の照査のほか、たわみが L/600 以下であること、固有振動数が 1.5~2.3Hz を避けていることを照査し、部材寸法を決定した。なお、UFC の制限値は $-8\text{N/mm}^2 \leq \sigma_c \leq 108\text{N/mm}^2$ (UFC プレキャスト部材)、 $0\text{N/mm}^2 \leq \sigma_c \leq 108\text{N/mm}^2$ (ウエットジョイント部) である。ウェブ高さは、高欄を兼用するため舗装天端から 1150mm (舗装厚は 50mm に設定) とした。表-1 に設計結果を示す。ケース1 は基本モデルで、支間中央の曲げで決定される。ケース3 はウェブをできるだけ薄くした場合で、斜引張応力度で決定している。

3. 解析モデルおよび解析条件

解析モデルは、支間中央、断面中央にて対称とする 1/4 対称モデルとした。有限要素モデルに使用する要素タイプは、UFC およびウエットジョイントはリットモデルとし、PC 鋼材は埋め込み鉄筋要素として鋼材量を床版断面全体に分布させた。UFC の応力度一ひずみ関係は UFC 指針¹⁾をもとに算出したが、安全係数はすべて 1.0 とした。

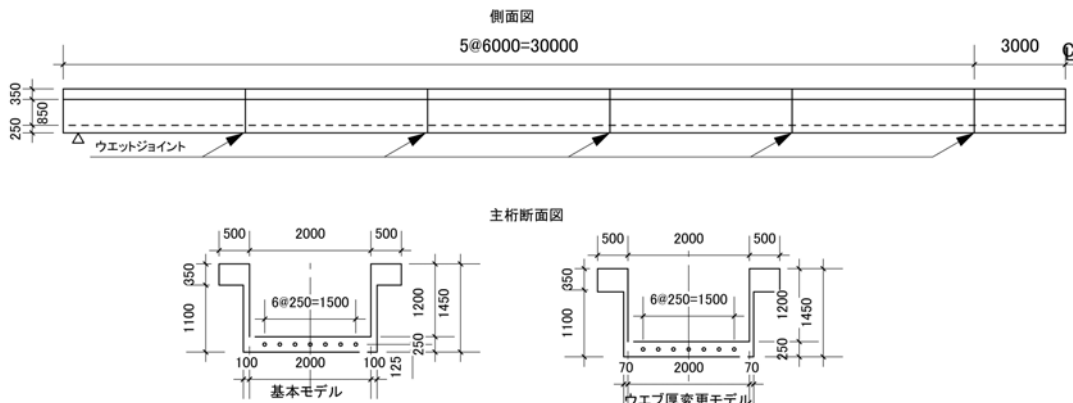


図-1 解析に用いる橋梁の一般図

キーワード 超高強度繊維補強コンクリート、耐力、座屈、弾塑性解析、下路桁橋

連絡先 〒163-0006 東京都新宿区西新宿 1-25-1 (新宿センタービル) TEL 03-5381-5297 FAX 03-3342-2084

ウェブジョイント部の応力度—ひずみ関係は、圧縮側はUFCと同じであるが、引張には抵抗しないものとした。PC鋼材の応力度—ひずみ関係は道路橋示方書²⁾をもとに算出した。解析ケースは、表-2のように5ケースとした。ケース1および3は上述のとおりである。ケース2は活荷重をパン半分に偏載荷した場合である。ケース4および5はケーブル緊張時の座屈を検討したもので、ケース4は縦断線形を考慮しない場合、ケース5は上げ越し時の縦断線形を考慮した場合である。上げ越し量は中央支間部で140mmである。

4. 解析結果および考察

図-2 および 3 に、ケース1～3の荷重倍率—支間中央部の変位関係（図-2）および載荷荷重—支間中央部の変位関係（図-3）を示す。ケース1および3ともに荷重倍率が1.7となり終局荷重をほぼ満たす結果になっている。ウェブ厚の小さいケース3の方がケース1よりも荷重倍率が若干大きい。死荷重が小さいことが影響しており、載荷荷重で見ればケース1の方が大きい。ケース2も荷重倍率が8.6と十分な耐荷力があり、偏載荷の影響は見られなかった。図-4のように、ケース1では破壊前の支間中央付近の床版下縁の引張ひずみが 3680μ であり、次の荷重ステップで制限値 4036μ を超えて終局となる。また、この時点での最大圧縮ひずみは 1827μ であり、制限値 3500μ には十分余裕がある。ケース2および3も支間中央付近の引張ひずみが制限値を超えて終局に至っている。今回の設計条件に対して適正に設計された断面であれば、終局状態に至るまでに横倒れ座屈などによる破壊が生じる可能性は小さいと思われる。

図-5 に、ケース4および5のケーブル1本当りの緊張力—支間中央部の変位関係を示す。緊張力は $0.82P_u$ まで載荷した。この時点で生じている引張主ひずみは 467μ （ケース4）、 713μ （ケース5）で、圧縮主ひずみは 1188μ （ケース4）、 1330μ （ケース5）であった。制限値に対してかなり余裕があり、両者の違いもほとんどないことから、今回の上げ越し量では緊張時のプレストレス力による座屈の心配は小さいと思われる。

5. まとめ

有効幅員が2.0m程度の歩道橋を設計する場合、支間長が大きくなると、曲げおよびせん断ではなく、たわみの制限値で部材断面が決定されるようになる。たわみを抑えるには応力的には過大な断面剛性を有する必要がある。この境界付近となる支間長が65m程度である。今回の検討より、支間長65m程度でも終局時の曲げモーメントに達する前に横倒れ座屈により破壊する可能性は小さいと思われる。また、緊張時の座屈に対してもほぼ問題ないことがわかった。ウェブが薄いにも関わらず座屈に至らなかったのは、断面剛性を確保するためにウェブ上端に設けた突起が両端支持板として有効であるためではないかと考えられる。

参考文献

- 1) コンクリートライブラリー113 超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針（案） 土木学会
- 2) 道路橋示方書・同解説 IIIコンクリート橋編 （社）日本道路協会 平成14年3月

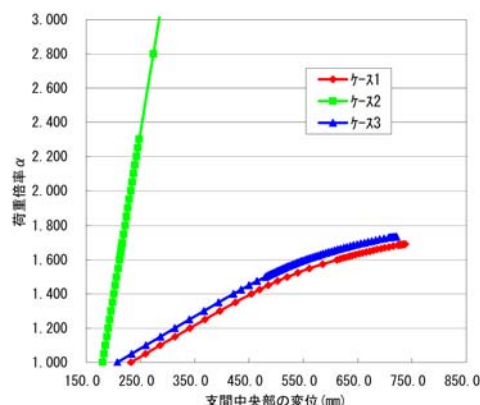


図-2 荷重倍率—支間中央部変位の関係

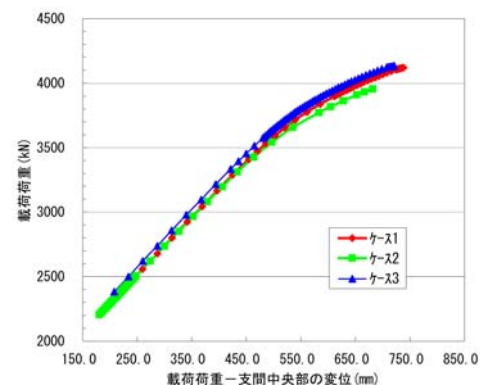


図-3 載荷荷重—支間中央部変位の関係

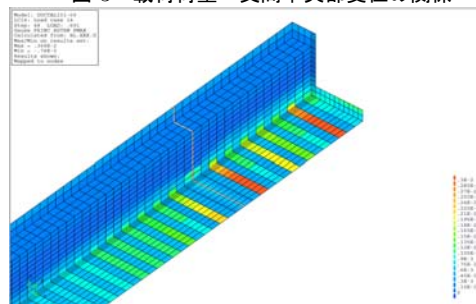


図-4 引張主ひずみ（ケース1）

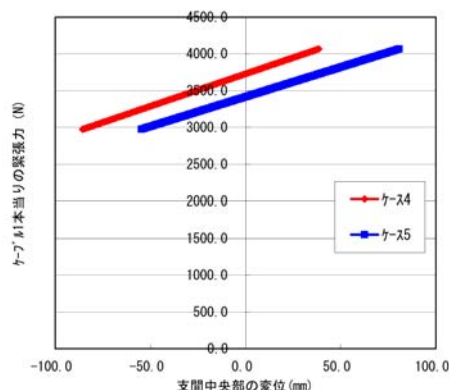


図-5 緊張力/本—支間中央部変位の関係