

I-6 PRC箱桁橋の設計に関する一考察～固定支保工施工・太田跨線橋の事例～

○日本道路公団四国支社 構造技術課

正会員

安藤博文

日本道路公団四国支社 高松工事事務所

松室圭介

日本道路公団四国支社 高松工事事務所

坂東誉浩

1. はじめに

太田跨線橋は、四国横断自動車道の高松市内区間に位置し、橋長151.0mの全外ケーブル方式PRC3径間連続ラーメン箱桁橋である。全外ケーブル方式PC橋は国内では既に数橋の実績があるが、全外ケーブル方式のPRC橋は国内初の構造形式である。

PRC構造はPC構造に比べて、PC鋼材量の減少による経済性・施工性の向上が期待され、中小橋においてJH内では既に標準となっている構造である。一方、外ケーブル構造についても大容量ケーブルの使用や上部構造の軽量化により経済面における優位性を期待されている構造である。本考察は、全外ケーブルを採用したPRC構造の太田跨線橋の概要を述べると共に、本橋において検討した有効プレストレス力の算出方法やひび割れ発生に伴うモーメントの再配分等、全外ケーブルPRC橋特有の挙動について報告するものである。

2. 工事概要

構造形式：全外ケーブルPRC3径間連続ラーメン箱桁

施工方法：固定支保工

橋長及び支間割：151.0m (43.0+63.0+43.0)

主桁形状は、2室箱桁の外側に中空床版が張出す形式となっている。また、上下線は端支座位及び柱頭部で一体構造となっている。外ケーブルについては、橋梁全長に渡って8本配置し、

中央径間にさらに2本を追加している。ケーブル素線はエポキシ被覆PC鋼より線を1本ずつポリエチレン被覆し、19本を束ねて一括挿入した。

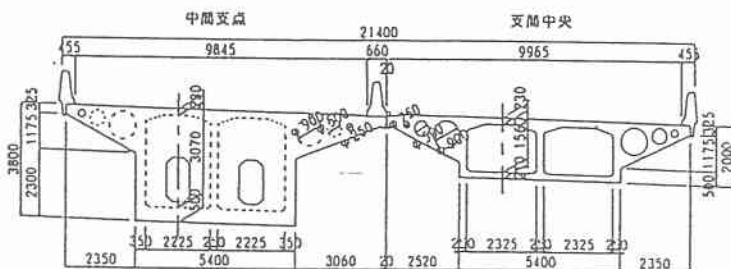


図-1 主桁断面図

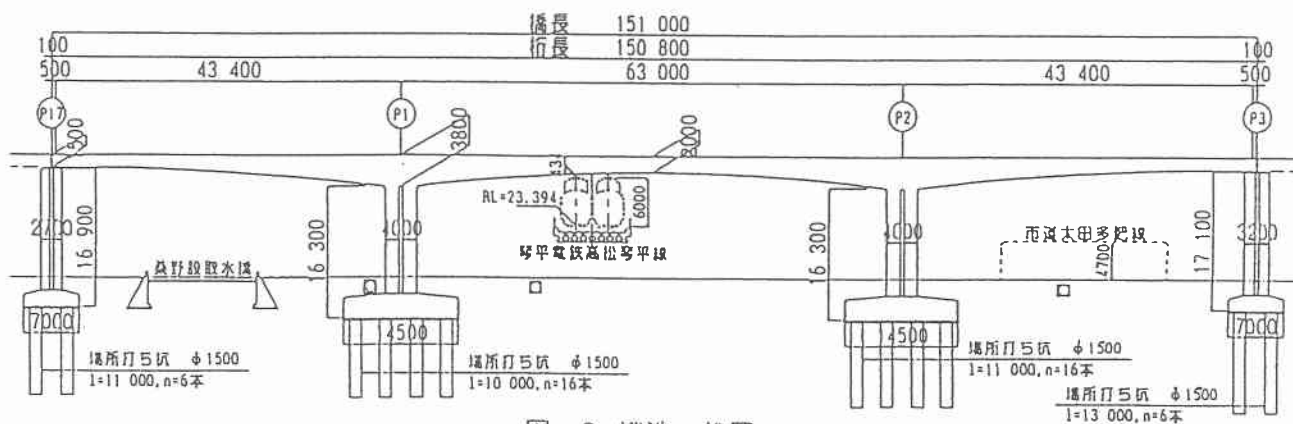


図-2 構造一般図

3. 有効プレストレスの算定

現在、外ケーブル構造及びPRC構造それぞれについての有効プレストレス力の算出方法は提案されているが、外ケーブルPRC構造の有効プレストレス力の算定式は提案されていないのが現状である。そこで本橋では外ケーブルPRC構造における有効プレストレス力を算出するために、外ケーブル及び鉄筋を棒部材として取り入れた部材評価方法を用いた。外ケーブルは定着部及び偏向部をモデル化した剛部材によって、緊張力の伝達が行われる。外ケーブルは偏向部で滑りが生じないものと仮定して、剛部材と外ケーブル部材をピン結合としている。

有効プレストレス力を算出するための算定法として、以下の4つの方法を比較した。

CASE-1【2】. 部材評価法【鉄筋無視】→ 外ケーブル及び鉄筋を棒部材として評価

CASE-3【4】. 換算内力載荷法【鉄筋無視】→ PRC道路橋設計マニュアル(案)簡易式(1)【道示式2.1.5】

表－１ 作用断面力、合成曲げ応力度およびRC計算による鉄筋応力度およびひび割れ幅

着目点	解析モデル	鉄筋拘束	作用断面力 (温度変化時合計)		合成曲げ応力度 (kgf/cm ²)		RC計算による			
			モーメント M(tf・m)	軸力 N(tf)	上縁	下縁	応力度(kgf/cm ²)		曲げひび割れの検討	
							コンクリート σ_c	鉄筋 σ_s	ひび割れ幅 w(cm)	許容値 wa(cm)
側径間 Mmax点	部材評価法	考慮	1502	1695	71.8	-47.0	95.4	1490	0.0174	0.0235
		無視	1441	1778	71.1	-42.8	92.0	1271	0.0148	
	換算内力載荷法	考慮	1483	1708	71.4	-45.9	94.3	1436	0.0167	
		無視	1374	1857	70.2	-38.4	88.2	1054	0.0123	
中間支点	部材評価法	考慮	-5637	1857	-27.2	79.2	98.4	1126	0.0145	0.0189
		無視	-5370	1946	-24.2	77.2	93.7	922	0.0119	
	換算内力載荷法	考慮	-5577	1723	-28.1	77.2	97.3	1214	0.0156	
		無視	-5089	1951	-21.9	74.2	88.7	786	0.0101	
支間中央	部材評価法	考慮	2208	2376	87.8	-55.6	113.3	1635	0.0190	0.0235
		無視	2127	2410	86.3	-51.8	109.7	1462	0.0170	
	換算内力載荷法	考慮	2245	2415	89.3	-56.5	115.2	1663	0.0194	
		無視	2093	2514	87.0	-48.9	108.5	1310	0.0153	

４つの方法で得られた温度変化時合計の断面力、合成曲げ応力度、RC計算による鉄筋応力度及びひび割れ幅の一覧を表－１に示す。鉄筋拘束を考慮した場合、有効プレストレス力による断面力は大きくなる反面、鉄筋拘束による断面力でキャンセルしてしまい、結果的に合成曲げ応力度、RC計算結果による鉄筋応力度及びひび割れ幅は大きくなる。RC計算によるひび割れ幅は、側径間のMmax点では、部材評価法による評価が換算断面載荷法による評価よりもわずかに安全側となるものの、その差は小さく、実設計で用いた換算内力載荷法（鉄筋拘束考慮）の妥当性が検証された。

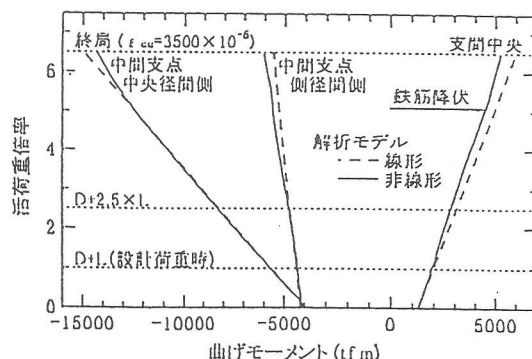
４． モーメント再配分

PC桁では、ひび割れの発生等の剛性低下によって、プレストレス２次力を含む不静定反力の再配分が生じる。ここでは、材料非線形性を考慮した断面力算出を実施し、設計荷重時及び終局荷重におけるモーメント再配分の挙動把握を試みた。図－３に活荷重倍率と支間中央及び中間支点の曲げモーメントの関係を示す。図－の縦軸原点は死荷重作用時である。モーメント再配分率は設計荷重時（D＋L）では中央径間で－４％、中間支点側径間側で＋１％、中間支点支間中央側で－２％、終局荷重時（D＋2.5×L）では中央径間で－９％、中間支点側径間側で＋２％、中間支点支間中央側で＋１％となることがわかった。これは、プレストレス２次力の消失がひびわれ発生と同時に起こるためのものと考えられる。この現象により支間中央の鉄筋応力度は設計計算に比べて約８２％程度となる。線形解析による結果が安全側であることが確認できたが、今後、これらの再配分挙動を明らかにすることにより、より合理的なPRC橋の設計の可能性が示唆される。

なお、コンクリートが終局ひずみに達したときの外ケーブルの応力増加は40kgf/mm²であった。実設計では、終局時のPC鋼材応力増加を10kgf/mm²と見込んで設計しており、その妥当性も検証された。

５． まとめ

国内初の全外ケーブル方式PRC橋の設計を行なうにあたり、有効プレストレス力の算出及びモーメントの再配分について検討を行ない、設計手法の妥当性を確認した。①鉄筋拘束を考慮した場合、有効プレストレス力は大きくなるが、合成曲げ応力度及びRC計算によるひびわれ幅は大きく（安全側）になる。②ひび割れ幅に着目すると、部材評価法及び換算内力載荷法のモデルの被害による差は小さく、実設計で用いた換算内力載荷法は妥当であるといえる。③支間中央断面に着目したモーメント再配分を検討した結果、中央径間では安全側となり、中間支点では無視できる程度の変動であると考えられる。支間中央では、モーメント再配分を考慮することにより鉄筋応力度が設計計算で求めた値の８２％程度となる。



図－３ 活荷重倍率－曲げモーメント図