

連続鋼合成桁 RC 床版の 3 次元応力解析

長崎大学大学院
長崎大学工学部構造工学科
新日本技研(株)
長崎大学大学院

学生会員 ○ 北原 隆
正会員 松田 浩
正会員 倉方慶夫・中村太一
学生会員 ブーンタナポン・ソムボン

1 はじめに

橋梁の建設費削減とともに、道路橋の RC 床版の設計法が改良され、床版への信頼性が復活するにともなって、床版支間の大きい少数主桁形式などの設計・施工が行われるようになった。このような合成桁は合理的かつ経済的であるが、床版は従来とは質的にも量的にも異なる機能を備えなければならない。本研究では、連続鋼合成桁橋の各所で床版コンクリートに生じる二軸応力状態を調べることを目的として解析モデルを作成し、汎用コード (MARC) を用いて 3 次元 FEM 解析を行なった。

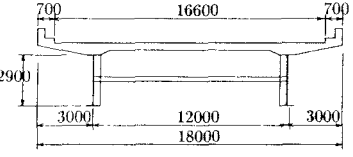
2 解析モデル

2.1 解析対象モデル

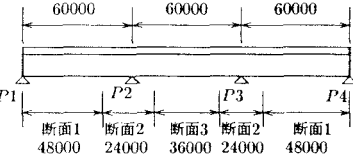
対象合成桁は、文献 1) を参考にした。断面図および側面図を図 1 に示す。床版支間は 12m、張出し長は 3m、床版厚は床版支間中央で 32cm であり、またアスファルト舗装は 75mm である。一般に、連続合成桁橋における最適最大支間は約 60m 程度であること、および 3 径間数以上であれば、それ以上の径間でも同様の挙動を呈することから、図 1 のような 3 径間連続合成 2 主桁橋を解析対象とした。なお、主桁は表 1 に示すようにフラジ断面が変化しているものを対象とした。

2.2 FEM 解析モデル

3 次元 FEM 解析に用いたモデルを図 2 に示す。モデルの幅は活荷重の対称載荷および偏載荷を解析できるように要素分割を行った。RC 床版はひび割れ解析までできるようにコンクリート部分は Solid 要素、鋼材部分は Rebar 要素でそれぞれモデル化し、鋼桁は、上下フランジおよび腹板すべてを Shell 要素でモデル化した。本解析においては、現在までのところ、スタットジベルはモデル化せずに鋼桁と



(a) 断面図 単位 (mm)



(b) 側面図 単位 (mm)

表 1 主桁断面寸法

主桁断面	上フランジ	下フランジ
断面 1	890 × 41	960 × 75
断面 2	960 × 65	960 × 110
断面 3	400 × 19	900 × 29
腹板	2900 × 24	

単位 (mm)

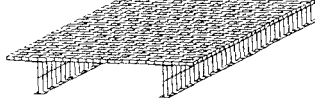


図 2 FEM 解析全体モデル

床版とは剛結しているものとした。

3 荷重

3.1 死荷重

RC 床版の施工は現場打ちとし、合成前死荷重には、鋼桁、コンクリート硬化前の床版およびハンチの重量を載荷し、合成後死荷重には、RC 床版の重量を載荷するとともに、合成前死荷重として載荷された床版重量を逆載荷した。その他の荷重としては、舗装、高欄、地覆の重量である。なお、荷重強度は以下に示す通りであり、載荷状態は文献 1) を参照して決定した。

- ・合成前死荷重
 - No1. 鋼桁 (1 主桁当たり) : 0.484tf/m²
 - No2. 床版硬化前載荷 (1 主桁当たり) : 7.200 tf/m
 - No3. ハンチ (1 主桁当たり) : 0.446 tf/m
- ・合成後死荷重
 - No4. 床版硬化後載荷 (等分布面荷重) : 0.800 tf/m²
 - No5. 床版硬化後除荷 (1 主桁当たり) : -7.200 tf/m
 - No6. 舗装 (等分布面荷重) : 0.173 tf/m²
 - No7. 高欄 (1 主桁当たり) : 0.503 tf/m
 - No8. 地覆 (等分布面荷重) : 0.488 tf/m²

3.2 活荷重

活荷重 (L-20) は等分布荷重と線荷重の対称載荷および偏載荷について解析した。荷重強度は以下の通りであり、載荷状態を図 3 に示す。

- ・等分布荷重
 - 主荷重 1 : 0.431 tf/m² 従荷重 2 : 0.207 tf/m²
- ・線荷重
 - 主荷重 1 : 5.905 tf/m 従荷重 2 : 2.953 tf/m

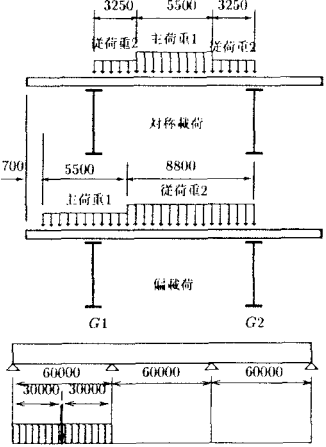


図 3 活荷重載荷状態 単位 (mm)

図 1 3 径間連続合成 2 主桁橋

4 解析結果および考察

4.1 鋼桁モデルに対する検証

合成桁断面として解析を行う前に、鋼桁モデルに床版硬化前荷重死荷重 (No2) を載荷させた時の側径間中央、中央径間中央での鉛直変位の本解析値と文献 1) および慣用計算による値を比較することで、鋼桁モデルの妥当性を検討した。これらの結果を表 2 に示す。

表 2 鉛直変位の比較

着目位置	計算方法	鉛直変位 (cm)
側径間中央	本解析	11.2
	文献 1)	11.3
	慣用計算	11.3
中央径間中	本解析	1.14
	文献 1)	1.1
	慣用計算	1.1

4.2 合成桁全体モデルに対する検証

合成桁全体モデルに死荷重および活荷重をそれぞれ載荷させたときの側径間中央における鉛直変位 (cm) および支点 P1 における支点反力 (tf) の解析を行なった。本解析結果と文献 1) との比較は表 3 に示す。

表 3 本解析値と文献 1) との比較

着目点	载荷状态	計算法	死荷重	活荷重			
				等分布	偏荷重	小計	
側径間中央	対称载荷	本解析	16.0	1.6	0.62	2.22	
		文献 1)	15.6	1.5	0.6	2.1	
		慣用計算	15.1	1.5	0.6	2.1	
	偏载荷	G1	本解析	16.0	2.32	1.00	3.32
			文献 1)	15.6	2.3	0.9	3.3
			慣用計算	15.1	2.3	0.9	3.3
		G2	本解析	16.0	1.07	0.41	1.48
			文献 1)	15.6	1.1	0.4	1.4
			慣用計算	15.1	1.0	0.4	1.5
支点 P1	対称载荷	本解析	269.6	47.2	10.4	57.7	
		文献 1)	266.2	47.6	10.5	58.1	
		慣用計算	266.2	47.8	10.6	58.4	
	偏载荷	G1	本解析	269.6	74.5	16.6	91.2
			文献 1)	266.2	75.1	16.6	91.7
			慣用計算	266.2	75.3	16.7	92.0
		G2	本解析	269.6	32.3	7.0	39.3
			文献 1)	266.2	32.6	7.1	39.7
			慣用計算	266.2	32.8	7.2	40.0

4.3 考察

表 2、3 より、本研究での解析値は文献 1) の値と一致することができた。それ故に本解析で用いた鋼桁および合成桁全体の解析モデルは合成桁橋の FEM 解析モデルとして妥当であることが証明された。

5 ひび割れ解析モデル

前述までは、合成桁橋の全体モデルに関する解析であり、解析モデルは実構造物の詳細まで忠実にモデル化されておらず、また、要素数も非常に多いことから、ひび割れ解析などの非線形問題に適用することは計算が複雑になり難しいと考えられる。

本研究では、図 4 に示すような負曲げが作用する中間支点部近傍の部分解析モデルを作成し、RC 床版のひび割れ性状までの解析を行なった。なお、境界条件および荷重載荷方法は文献 2) に示す通りである。

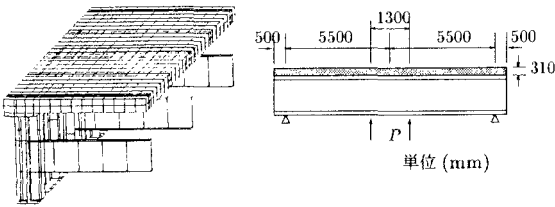


図 4 ひび割れ解析モデル

5.1 解析結果

RC 床版上面のひび割れ分布図を図 5 に示す。図から床版コンクリートは主桁直上からひび割れが発生し、伝播していくことがわかる。

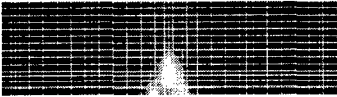


図 5 ひび割れ分布図

荷重 - 変位関係の比較を図 6 に示す。図からわかるように、実験結果にはほぼ一致した解析結果を得ることができた。

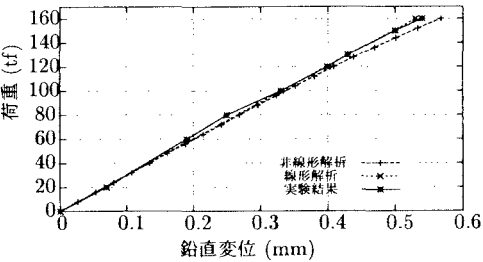


図 6 荷重 - 変位関係の比較

6 まとめ

本研究で用いた FEM 解析モデルの妥当性が確認された。今後は、以下のような点

1. 3次元効果を考えた床版コンクリートひび割れ点のジベルのせん断応力
2. 床版コンクリートのひび割れが有効幅に与える影響
3. 中間支点上の設計曲げモーメント
4. 非線形解析

に注目した解析モデルを作成して数値解析を行ない、合成桁の設計・施工の資料とすべく基礎データを蓄積していく予定である。

参考文献

- 1) 坂井藤一 ほか: 合成 2 主桁橋の立体挙動特性に関する研究, 構造工学論文集
- 2) 笠原竜介 ほか: 合成桁中間支点部ひび割れ実験の数値解析, 土木学会代 55 回次学術講演会