

大型航空機荷重に対応した鋼・コンクリート合成床版橋の誘導路への適用

福岡大学 学生会員 ○佐藤 敬典 日本工営株式会社 正 会 員 友田 富雄
 九州大学大学院 学生会員 郭 勝華 九州大学大学院 正 会 員 日野 伸一
 九州大学大学院 正 会 員 山口 浩平

1. 背景

空港拡張工事に関する現状の問題として、施工時に空港土木施設を長期間封鎖し、既存の施設を大きく改修しなければならない点が挙げられる。そこで、既存の構造物（連絡道路等）に影響を与えない拡張方法が必要となる。

本研究では、これらの課題を解決する新しい拡張方法として、既存の空港土木施設を跨ぐ形で大型航空機荷重に対応した橋梁（誘導路）を設置して、拡張する方法を提案する。この拡張計画には、航空機の輪荷重に耐え、既存の構造物に影響を与えない桁高の低い橋梁形式が必要である。この条件で試設計解析を行い、大型航空機の大型輪荷重に対応した新しい橋梁形式の提案を試みた。

2. 誘導路上の橋梁の設計条件

提案する橋梁の設計条件、対象となる LA-0 区分に属する航空機荷重の諸元および誘導路の設計条件¹⁾を表-1、表-2、図-1、図-2に示す。

設計条件を満たす橋梁形式として、一般的には桁橋

表-1 設計条件

項目	性能
荷重	大型航空機の輪荷重
橋梁諸元	支間40m×幅員60m
桁高	支間の1/20
施工性	既存施設を封鎖しないこと

表-2 航空機荷重

総質量 (kN)	前輪荷重		後輪荷重	
	脚荷重 (kN)	接地圧 (N/mm ²)	脚荷重 (kN)	接地圧 (N/mm ²)
6664	436	1.52	1557	2.71

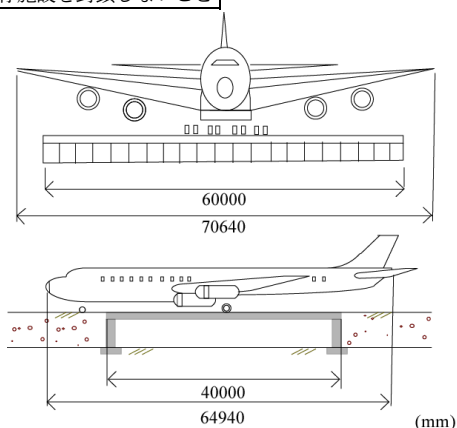


図-1 航空機・橋梁寸法

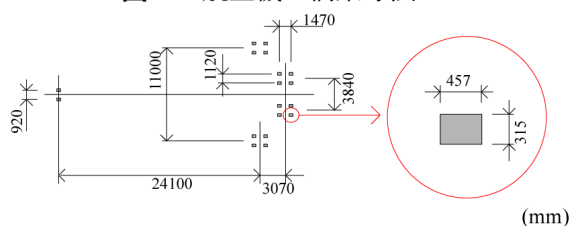


図-2 輪荷重配置

などが考えられるが、既存の設計事例から経済性を考慮して合成桁橋（図-3）と合成床版橋（図-4）を取り上げる。

3. FEM 解析による橋梁形式の検討

汎用 FEM アプリケーションソフトを用いて、合成桁橋と合成床版橋の航空機特殊橋梁への適用性の検証を行う。航空機荷重を受ける橋梁の力学的基本特性であるたわみ、応力について設計条件と対比し、橋梁形式・最適寸法の選定を行う。解析モデルは、支間 40m・幅員 60mの橋として解析モデルを作成した。載荷する航空機荷重は、橋梁に最も不利な状況を考慮して、橋梁中央部に載荷させる。この場合、前輪は橋梁部分より出ているが、後輪荷重に振り分けて載荷する。また、航空機対応の橋梁に関する基準が存在しないので、設計許容値は道路橋示方書の値²⁾を準用した。

3.1 橋梁形式の選定

線形解析により、提案橋梁に航空機荷重を載荷させた場合の各部材の必要寸法を検討する。自重を考慮し、航空機の輪荷重を主桁の真上に載荷する場合および主桁間の床版中央の位置に載荷する場合で考える。載荷位置を図-5、図-6に示す。線形解析の条件として、コンクリート部材は3D ソリッド要素、鉄筋部材ははり要

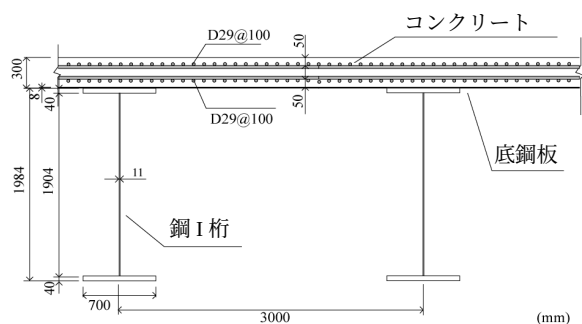


図-3 合成桁橋

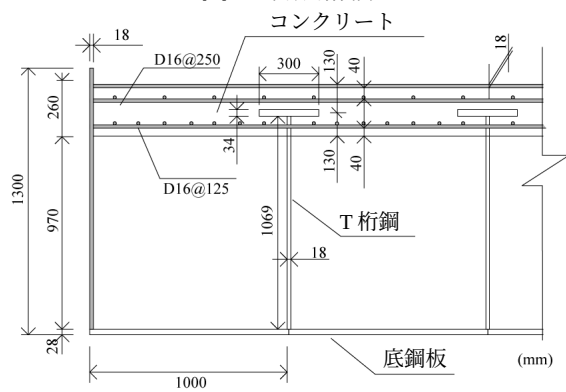


図-4 合成床版橋

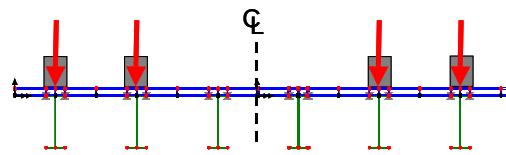


図-5 桁上载荷位置

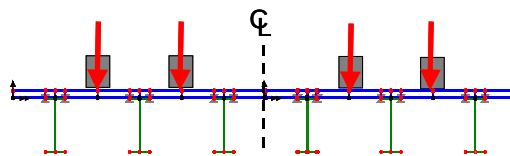


図-6 床版中央载荷位置

表-3 合成桁橋の線形解析結果

		荷重載荷位置		許容値
		桁上	床版中央	
応力	下フランジ (N/mm ²)	197	210	210
	ウェブ (N/mm ²)	59.6	53.6	210
	鉄筋 (橋軸)	26.7	44.5	140
	鉄筋 (橋軸直角)	7.10	94.5	140
	たわみ (mm)	42.0	45.2	80.0

表-4 合成床版橋の線形解析結果

		荷重載荷位置		許容値
		桁上	床版中央	
応力	底鋼板 (N/mm ²)	142	145	190
	ウェブ (N/mm ²)	-35.7	-37.0	-210
	引張鉄筋 (橋軸直角)	78.7	89.4	140
	圧縮鉄筋 (橋軸直角)	-72.9	-85.1	-180
	たわみ (mm)	74.9	77.2	80.0

素, 鉄骨部材は薄肉シェル要素で解析を行った。材料として, コンクリートは圧縮強度 30 N/mm², ヤング係数 30 kN/mm², 鋼材 (SM490Y) は降伏強度 400 N/mm², ヤング係数 210 kN/mm²とした。解析結果を表-3, 表-4に示す。また, 施工の手順を考慮して鋼 I 桁を架設した後, 場所打ちコンクリートを打設する活荷重合成として計算した。

解析結果より, 合成桁橋・合成床版橋は共に航空機荷重に対応できることがわかった。また, これらの橋梁は既存技術+αの研究開発で対応可能であり実用性が高い。しかし, 施工性に関して, 合成桁橋は下フランジ厚が厚いため, 現場溶接が必要となるので, 足場や交通規制が必要となる。これに対して, 合成床版橋は, 底鋼板を含んだ主構造を架設すれば, 足場や交通規制が不要となる。また, 合成桁橋は主構造が複雑なため, 防食性能などの維持管理が困難であるが, 合成床版橋は外形構造が単純なため, 防食性能等の維持管理が容易である。これらの点より, 設計条件において, 合成床版橋のほうが有利であると判断できる。

3.2 合成床版橋の最適寸法の検討

線形解析では, コンクリートの引張応力をひび割れ断面を考慮しない全断面有効の仮定の下に評価した。そこで, 材料の特性を反映させた非線形解析を用いて, 航空機の輪荷重を線形解析と同じ条件で載荷させて検討する。非線形解析は, コンクリート部材は 20 節点 3D

表-5 非線形解析結果 (桁上載荷)

		荷重		活荷重+自重	許容値
		活荷重	死荷重		
応力	底鋼板 (N/mm ²)	80.6	61.2	142	190
	ウェブ (N/mm ²)	-20.1	-14.2	-34.3	-210
	引張鉄筋 (N/mm ²)	84.4	0	84.4	200
	圧縮鉄筋 (N/mm ²)	-97.1	0	-97.1	-180
	たわみ (mm)	73.2	0	73.2	80.0

表-6 非線形解析結果 (床版中央載荷)

		荷重		活荷重+自重	許容値
		活荷重	死荷重		
応力	底鋼板 (N/mm ²)	79.4	68.1	148	190
	ウェブ (N/mm ²)	-12.9	-24.4	-37.3	-210
	引張鉄筋 (N/mm ²)	154	0	154	200
	圧縮鉄筋 (N/mm ²)	-106	0	-106	-180
	たわみ (mm)	73.1	0	73.1	80.0

表-7 押抜きせん断耐力(kN)

コンクリート標準示方書式	航空機車輪1輪の荷重
831	417

ソリッド要素, 鉄筋部材は 3 節点はり要素, 鉄骨部材は 8 節点薄肉シェル要素で解析を行った。非線形解析による結果を表-5, 表-6に示す。

次に, 押抜きせん断耐力について検討する。コンクリート標準示方書式に基づき算定すると押抜きせん断耐力は 831kN となる (表-7)。ここで航空機車輪 1 輪の荷重は 417kN であり, 満足していることがわかる。一方, FEM 解析により押抜きせん断耐力を計算すると 921kN となり, コンクリート標準示方書式による計算結果と近い値であった。

4. まとめ

解析の結果より, 両タイプの構造とも航空機荷重に対応できることが判断できたが, 合成床版橋の方が,

(1) 外形構造が単純なため, 防食性能等を含めた LCC で有利である。

(2) 施工時, 足場や交通規制が不要であるため, 供用中の空港設備への影響が少ない。

という点から, 設計条件に適切であると判断する。

また, 局部的に大きな集中荷重が作用する部分の床版と T 桁鋼とのずれ止め, 繰返し載荷する航空機荷重に対する床版の耐久性の検討を行っていないため, 今後, 検討する必要がある。また, 今回は RC 床版で検討を行ったので, PC 床版を使用した場合の適用性, 床版の軽量化を目的とした軽量コンクリートの利用や桁高と主桁径間の変化による最適寸法, ウレタンや発砲スチロールなどの充填材使用によるたわみ抑制効果, コスト面について検討を行っていく必要がある。

参考文献

- 国土交通省航空局監修: 空港土木施設設計基準, 平成 13 年 4 月
- 社団法人 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 I 共通編 II 鋼橋編, 平成 14 年 3 月