

航空機荷重を対象としたアーチ型合成床版の静的載荷試験

九州大学大学院 フェロー会員 日野伸一 九州大学大学院 学生会員 山中翔太
 九州大学大学院 正会員 山口浩平
 日本工営(株) 正会員 友田富雄 成田国際空港(株) 正会員 金子雅廣

1. 目的

空港拡張工事の問題点としては、施工時に空港土木施設や周辺や道路を長期間閉鎖し、既存の施設を大きく改修しなければならない。また誘導路や滑走路の路面高の変更が厳しいなどの制約条件が挙げられる。そこで既設構造物(幹線道路)や既設滑走路に影響を与えない拡張方法が必要となる。さらに、LA-0 荷重という大きな輪荷重が走行する環境下での疲労耐久性の確保が必要であることから、その橋梁形式として低い桁高を実現でき、かつ最もクリティカルな部位となる床版部の疲労耐久性が相対的に高い鋼コンクリート合成床版橋を採用した。今回の床版の設計においては、輪荷重は1輪あたり390kNを対象とした航空機荷重を考慮しており、その値は道路橋における設計荷重の約4倍となっている。疲労耐久性の確保にあたっては、自動車荷重として実績のある評価手法をそのまま適用しているが、LA-0 荷重という大きな輪荷重が作用した際には材料の非線形性の影響や予期せぬ応力集中が発生する可能性がある。そこで本研究では、疲労設計の前提となる押抜きせん断耐力の確保、各部位の応力性状の整合性、アーチ型補強鋼板の効果について検討した。

2. 供試体概要

供試体概要を表-1に供試体概略図を図-1に示す。case1(実橋梁タイプ)、case2(コンクリート圧縮強度、鉄筋量低減)およびcase3(RC床版タイプ)となっており、コンクリート圧縮強度、配筋、ハンチおよび底鋼板の有無をパラメータとした。使用したコンクリート、鉄筋の力学特性を表-2、表-3に示す。

3. 試験概要

載荷装置は載荷能力2000kNの門型載荷装置を用いた。下フランジをアンカーボルトで固定し、荷重載荷は油圧ジャッキを用い、載荷板(315×457mm)を介して行った。また、多数の実験によって整合性が確認されている松井式¹⁾で押抜きせん断耐力を推定した。式(1)、(2)に松井式(1方向、2方向)を示す。

$$P = 2(b + 2d_d)(\tau_{s,max} \cdot x_m + \sigma_{t,max} \cdot C_m) \quad (1)$$

$$P = \tau_{s,max} \{2(a + 2x_m)x_d + 2(b + 2x_d)x_m\} + \sigma_{t,max} \{2(4C_d + 2d_d + b)C_m + 2(a + 2d_m)C_d\} \quad (2)$$

a, b: 主鉄筋方向、配力鉄筋方向の載荷板辺長(cm), x_m, x_d: 主鉄筋、配力鉄筋に直角な断面の中立軸深さ(cm), d_m, d_d: 主鉄筋、配力鉄筋の有効高さ(cm), C_m, C_d: 主鉄筋、配力鉄筋からのかぶり厚さ(cm), τ_{s,max}, σ_{t,max}: コンクリートの最大せん断応力度, 最大引張応力度(kg/cm²)

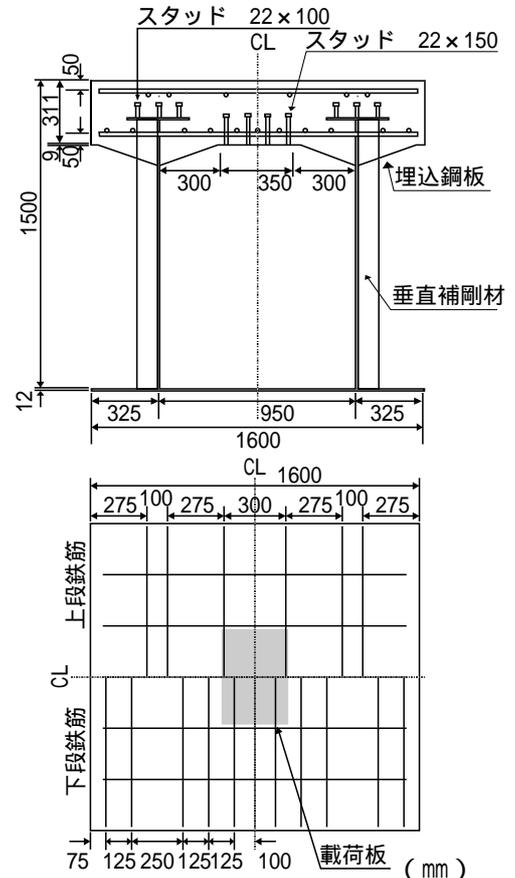


図-1 供試体概略図(case1)

表-1 供試体概要

種類	圧縮強度 (N/mm ²)	主鉄筋	配力鉄筋	ハンチ	底鋼板 (mm)
case1	36.0	D19@250	D19@125	1:3	9
case2	18.0	D13@250	D13@250		
case3	18.0	-	-	-	-

表-2 コンクリートの力学特性

種類	強度 (N/mm ²)				ヤング係数 (kN/mm ²)
	圧縮	引張	せん断	曲げ	
case1	28.7	2.85	7.81	3.74	28.3
case2	20.8	2.31	5.67	2.44	25.0
case3	18.5	1.98	4.88	2.98	26.3

表-3 鉄筋の力学特性

種類	断面積 (mm ²)	降伏強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (kN/mm ²)
D13	126.7	384	200
D19	286.5	396	200

4. 結果および考察

図 - 2 にコンクリート下面中央部の荷重 - 変位関係を示す . case1 は設計荷重 (390kN) の5 倍以上の十分な耐力を有していた . また case2 , case3 を比較すると , 最大荷重はそれぞれ 1131 , 602kN となりハンチおよび底鋼板による補強効果を確認できた . case2 では最大荷重到達後 , 底鋼板を有しているため急激な荷重低下が見られなかった .

図 - 3 に下段主鉄筋中央部の荷重 - ひずみ関係を示す . ひび割れ発生荷重は , case1 , case2 および case3 でそれぞれ 600 , 450 および 190kN となっており , case1 では設計荷重 390kN 時にひび割れが発生しないことを確認できた . また case2 および case3 は鉄筋が降伏強度に達し降伏に至った .

図 - 4 に下段配力鉄筋中央部の荷重 - ひずみ関係を示す . 同一荷重時におけるひずみは全 case で図 - 3 に示す主鉄筋のひずみが大きく , 主鉄筋と比較すると配力鉄筋のほうが荷重を負担していないことを確認できた .

写真 - 1 に破壊状況を示す . case1 より 2000kN では顕著なひび割れは見られないことを確認できた . 一方 , case2 および case3 ではせん断ひび割れが進展しせん断破壊に至ったことを確認できた . また , case1 において底鋼板とコンクリートとの間に隙間ができ付着がとれていないが , 実構造物では供試体が連続して連なっているため問題ないと考えられる .

図 - 5 に最大耐力を示す . case3 は実験値が 602kN , 松井式の 1 方向および 2 方向が 537 および 766kN と概ね評価可能であった . 一方 case2 は , 底鋼板を考慮した場合 , 松井式が実験値と比較して 2 倍程度となっている . これは , 底鋼板を鉄筋換算して計算したためと考えられる . 実際の試験では写真 - 1 に示すように底鋼板とコンクリートの付着はほぼ 0 に等しかった . そこで底鋼板を無視した松井式の場合 , 実験値が 1131kN , 松井式の 1 方向および 2 方向が 779 および 1319kN と概ね評価可能であった .

5. まとめ

case1 は設計荷重の 5 倍以上の十分な耐力を有していた . ハンチおよび底鋼板の効果は case2 および case3 より , 最大耐力で 1.8 倍程度であった . 最大耐力は底鋼板を無視した場合だと松井式で概ね評価可能であった .

参考文献1) 前田幸雄他 : 鉄筋コンクリート床版の押抜きせん断耐力の評価式 , 土木学会論文集 , 第348/V-1 , pp.113-1471 , 1984.8



(a) case1



(b) case2



(c) case3

写真 - 1 破壊状況

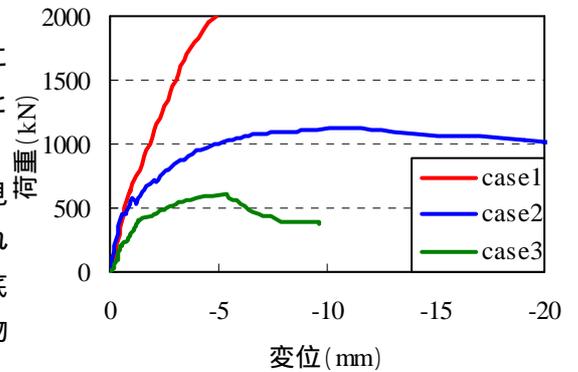


図 - 2 荷重 - 変位関係

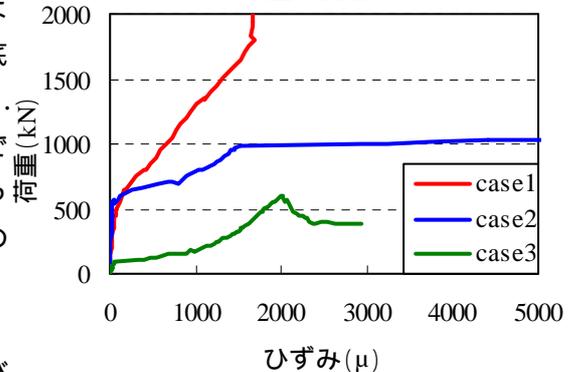


図 - 3 荷重 - ひずみ関係

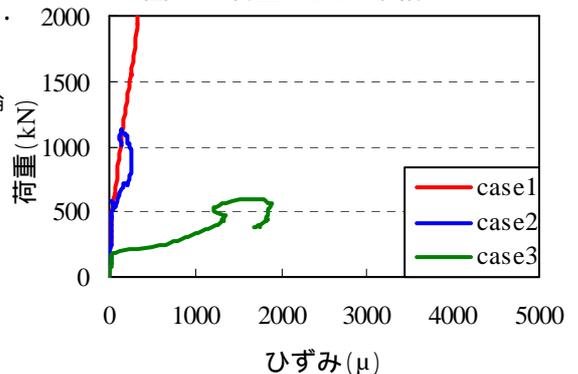


図 - 4 荷重 - ひずみ関係

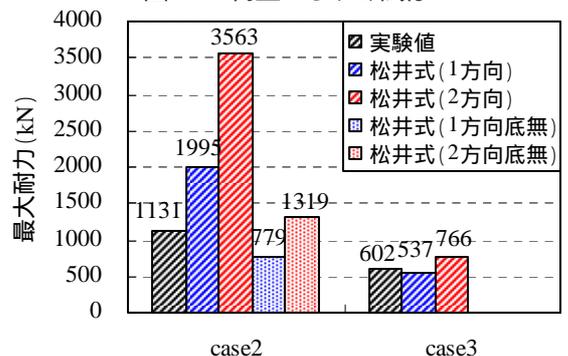


図 - 5 最大耐力