

羽田 D 滑走路栈橋部カバープレートの風荷重算定について

新日鉄エンジニアリング 正会員	○藤川 敬人 正会員	岡本 有造
東京大学大学院		正会員 石原 孟
国土交通省 東京空港整備事務所		正会員 野口 孝俊

1. はじめに

東京国際空港 D 滑走路建設工事では、栈橋部（幅 524m×長 1100m）および連絡誘導路橋梁部（幅 63m×長 260m, 2 連）、場周道路橋梁部（幅 10.8m×長 478m, 2 連）の約 57 ヘクタールの広大な鋼構造物上部工の腐食環境改善と維持管理用足場機能を目的としてチタン製のカバープレートを採用した。カバープレートは、外面側がチタン製薄板、内面側が塗装鋼板製薄板でその間にポリイソシアヌレート製の芯材が充填されたチタンパネルと軽量形鋼などの支持金具で構成された建築外装板と類似の構造である。期待耐用年数 100 年以上のカバープレートの設計では風荷重の算定が最も重要で大きな課題となった。ここでは、栈橋部カバープレートの風荷重算定のために実施した数値シミュレーションと風洞実験の概要と結果について報告する。橋梁部についても風洞実験を実施したが、紙面の都合から割愛する。

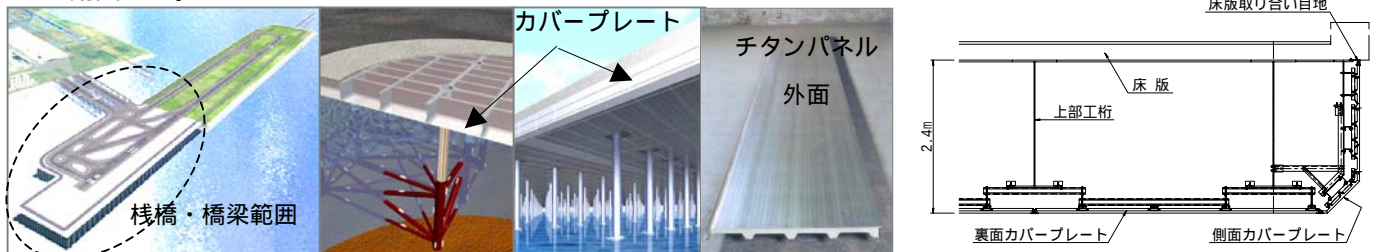


図 - 1 羽田 D 滑走路の鋼構造物上部工とチタンカバープレート

2. 風荷重の算定方針

日本道路協会道路橋示方書および道路橋耐風設計便覧には、橋梁等の本体構造物を設計するための水平方向の風荷重が定められているが、カバープレートは主に構造物の裏面部に設置され、設計支間長が 2 m 程度で局所風圧が問題となるため、日本建築学会建築物荷重指針・同解説（以下、指針とする）の外装板の風荷重が参考となる。指針の外装材用の風荷重算定法は 2004 年に大幅に改定され、基本的な建築物の屋根、壁各部位についてピーク外圧係数の標準値が与えられている。しかし、本栈橋部のカバープレートは一般の建築物の屋根等に比べ非常に大規模でカバープレートと海面との 10m 程度のクリアランスを抜ける風が問題となり、1165 本の支柱や東南東側の防衛工の影響や埋立部の閉塞効果など複雑な境界条件を有しているため、指針の標準値を適用できない特殊な構造である。このため、指針に従い風洞実験により風荷重を算定した。但し、栈橋部全体の実験は規模的にも難しく、数値シミュレーションを併用し、全体把握と実験に反映できない特殊部分の荷重算定に活用した。

3. 栈橋部の数値シミュレーション結果

数値シミュレーションは 3 次元流体解析システム FLUENT を用い、乱流モデルとして $k-\epsilon$ モデルと呼ばれる 2 方程式モデルを使用し平均外圧係数を算出した。栈橋モデルの寸法・形状と解析した風向を図 - 2 に示す。尚、全

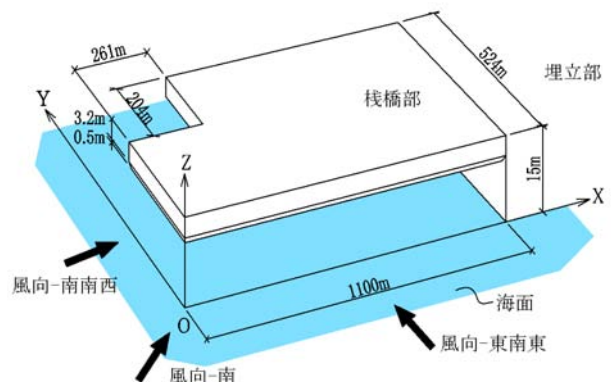


図 - 2 栈橋解析モデルと風向

【キーワード】風荷重, 風洞実験, 数値シミュレーション, カバープレート, 外装板

新日鉄エンジニアリング(株) 〒100-8071 千代田区大手町 2-6-3 TEL 03-3275-7803 FAX 03-3275-5971

体の風況把握を主眼とし、モデルを簡略化するため、支柱・防衛工・フェンス等は省略した。図-3は栈橋モデル $X=31\text{m}$ 断面での Y 方向の平均外圧係数分布(東南東風)を示す。東南東風では埋立による閉塞影響は少なく、解析と後述する4.風洞実験の結果はよく一致した。図-4は埋立の閉塞効果の影響が最も現れた南風での東南東側、埋立近傍部の栈橋下面($Z=11\text{m}$)の風向を示す。図中、南風は斜め上方向に吹いているが、埋立近傍部の栈橋下は $Y=140\text{m}$ 辺りで風が上下方向に分かれ、裏面部の正圧ピークが生じ、分岐した風が吹き抜ける上下辺の隅切部では大きな負圧が発生した。本設計の設計基準風速は 49.6m/s 、設計用速度圧 q_H は 1.51 kN/m^2 であり、4.風洞実験結果、表-1のE:裏面、B:隅切のガスト影響係数 G_{pe} を適用し、解析結果の当該部最大・最小平均外圧係数 C_{pe} を用いた風荷重値は $w = q_H \cdot C_{pe} \cdot G_{pe}$ (kN/m^2)で算出される。

裏面正圧部 $w = 1.51 \cdot 0.63 \cdot 2.22 = 2.12\text{ kN/m}^2$
 隅切負圧部 $w = 1.51 \cdot (-2.33) \cdot 3.07 = -10.80\text{ kN/m}^2$

4. 風洞実験結果

栈橋部は広領域模型(実寸 $300\text{m} \times 160\text{m}$ 、縮尺 $1/100$)と局所領域模型(実寸 $120\text{m} \times 160\text{m}$ 、縮尺 $1/100$)を作成し、前者は風向角 $135^\circ, 180^\circ, 315^\circ, 360^\circ$ の4風向、後者には防衛工、地覆・フェンスを付加した3ケースについて風向角 $191.25^\circ \sim 348.75^\circ$ の範囲を 11.25° ピッチで測定した。写真-1~3に栈橋部広領域模型、防衛工模型、フェンス模型を示す。表-1に全ケース、エリア区分毎での正負圧の最大、最小のピーク外圧係数と同ケースでの平均外圧係数、ガスト影響係数および風荷重 w を示す。A:側面は正圧、負圧とも防衛工、地覆・フェンスを設けないケースを採用した。B:隅切は防衛工の局所的な乱れの影響が大きく、設置しないケースの40%増しの値となった。C・D:裏面は地覆・フェンスを設置したケースを採用した。図-5は隅角部(4m角範囲)の裏面ピーク外圧係数の分布例であり、裏面の負圧は外周部のみ大きく、内側に向かい急激に減少している。

5. まとめ

風洞実験の結果を用い、栈橋部カバープレート設計風荷重を決定した。但し、埋立近傍部の裏面正圧部および隅切負圧部のみ3.数値シミュレーション結果に示した荷重が上回るため照査を行った。尚、本報告は東京国際空港D滑走路建設工事の設計業務の一環として実施した成果の一部である。

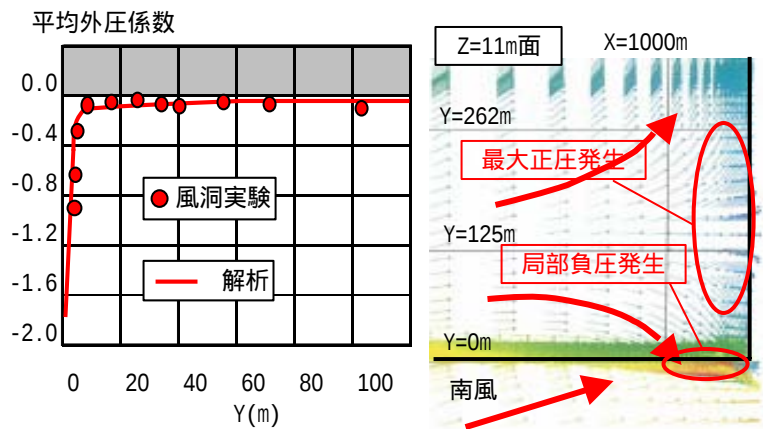


図-3 平均外圧係数分布

図-4 埋立近傍の風向分布

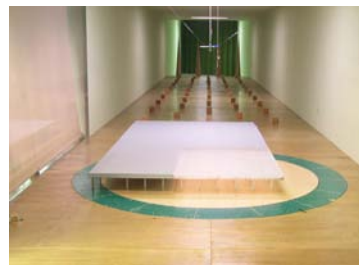


写真-1 栈橋部実験模型

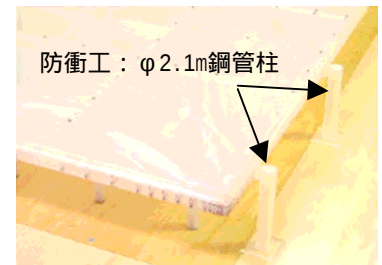


写真-2 防衛工模型

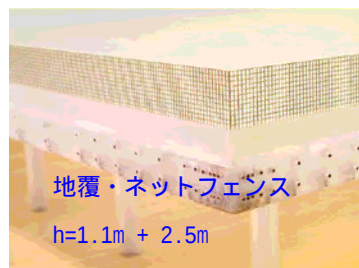


写真-3 地覆・フェンス模型

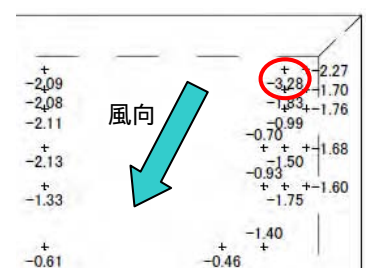


図-5 ピーク外圧係数の分布

表-1 荷重エリア区分毎の各係数値と風荷重

栈橋風洞 実験結果	風荷重 $W(\text{kN/m}^2)$	ピーク外 圧係数	平均外 圧係数	ガスト影 響係数
A:側面	正圧	2.97	1.97	0.95
	負圧	-4.08	-2.70	-1.23
B:隅切	負圧	-5.80	-3.84	-1.25
C:裏面	負圧	-4.95	-3.28	-1.01
D:裏面	負圧	-2.90	-1.92	-0.79
E:裏面	負圧	-1.51	-1.00	-0.45

