羽田空港Ｄ滑走路におけるジャケット式桟橋の設計

新日鉄エンジニアリング㈱　正会員　○風野　裕明
新日鉄エンジニアリング㈱　関口　太郎，萩原　政弘，田澤　孝幸，茂木　孝祐
国土交通省　関東地方整備局　東京空港整備事務所　押田　和雄

１．はじめに

羽田空港の４本目の滑走路（Ｄ滑走路）は現空港の沖合海上に建設され，埋立と桟橋構造の複合構造となっている．その桟橋部は多摩川河口域に建設されることにより通水性の確保が求められ，また，杭本数の削減やプレファブ化による工程短縮，近接する羽田空港の運用条件への対応等の理由により，ジャケット式桟橋構造を採用している．広大な空港基盤施設としてのジャケット構造の適用は世界で初めての試みである．ここではジャケット構造の計画・設計の概要について述べる．

２．構造計画

多摩川の河川機能確保に基づく制約から，河口域内の杭は格子状に配置することとし，滑走路方向の杭間隔は，平均径間長の規定から許容される最小間隔である 31.5m とした．またジャケットのトラス補剛材（ブレース）は AP.-4.5m 以下に配置し，水面付近はブレース補強のないラーメン構造とした．上部鋼桁構造は杭（レグ）を結ぶように格子状に配置し，桁間隔は床版の支持スパンから，3.75m×7.875m とした．桁高は作用荷重に応じて 2.5m と 2.0m の組合せとし，疲労耐久性の確保および製作性，維持管理性を考慮して I 断面とした．

上部鋼桁は，航空機の走行性等の観点から，桟橋全体で連続構造となるように，隣接するジャケット同士の桁を現地で溶接接合するものとした．これにより桟橋部は大平面の一体構造となるが，温度変化による上部構造の伸縮に対して，埋立や連絡誘導路部との間及び滑走路端部に伸縮継手を設置し，各部が独立して変形できるよう配慮した．ジャケット１基の施工単位は，大ブロック化して据付回数の低減を図る一方で，利用可能な作業船や輸送台船の制約から，工場で製作されるジャケット１基の標準的な大きさを 63m×45m（レグ６本配置）とした．桟橋部のジャケットは全 198 基（最大 1600 トン／基）である．

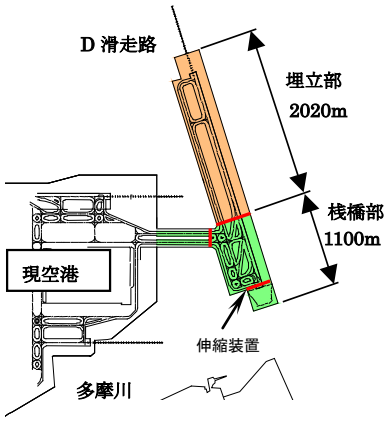
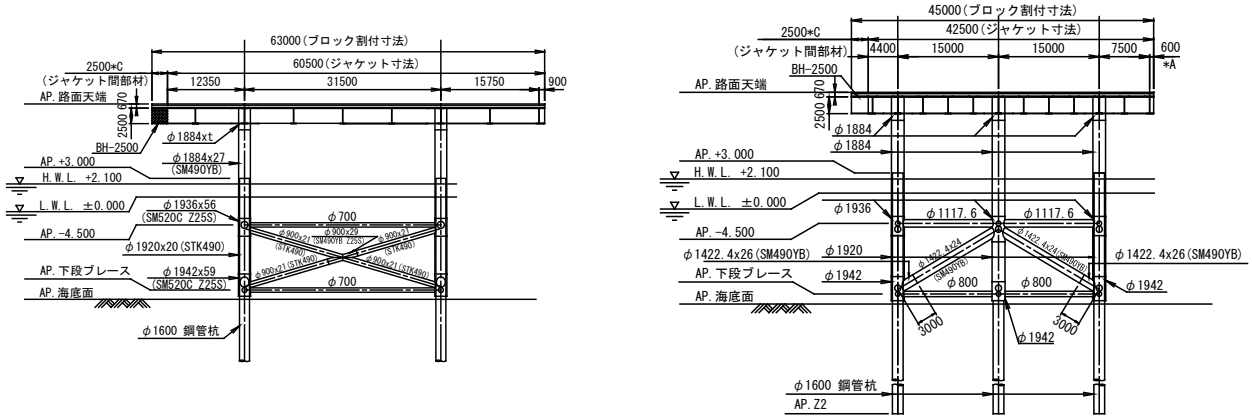


図-1　Ｄ滑走路全体図



滑走路方向断面図　　滑走路直角方向断面図

図-2　ジャケット構造

キーワード　ジャケット構造，航空機荷重，耐震設計，疲労
連絡先　〒141-8604　東京都品川区大崎１丁目５番１号　新日鉄ｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ㈱　ＴＥＬ03-6665-3322

３．桟橋部ジャケットの設計概要

（１）航空機荷重に対する設計

航空機荷重は，最大重量 400 トンで，衝撃（滑走路部 0.4，誘導路部 0.3）を考慮した．部材断面力およびたわみ量の算出には，鋼桁およびジャケット鋼管部材・鋼管杭を梁に置き換えた立体骨組モデルを使用した．コンクリート床版部の滑走路方向桁は床版と鋼桁の合成桁として梁部材の剛性を評価し，その他の桁は非合成桁としてモデル化し，発生応力やたわみ量などの照査を行った．

（２）疲労設計

航空機荷重は，供用期間 100 年間で離発着により最大約 1100 万回の繰り返し走行が生じる．上部桁は原則として，「鋼道路橋の疲労設計指針」[1)]に基づく疲労照査手法にしたがったが，公称応力による評価が困難な継手であるレグ頭部については，ホットスポット応力を FEM 解析により算出し，疲労耐久性を評価した．また，下部ジャケットの鋼管格点部についても，「ジャケット工法技術マニュアル」[2)]にしたがって航空機荷重および波浪荷重によるホットスポット応力を算出し，疲労照査を実施した．

（３）設計対象地震動と照査方針

レベル１地震動に対しては，軽微な被害程度とし，航空機が直接走行する上部構造は弾性範囲内とした．桟橋の応答塑性率は，港湾構造物の重要度 A 級に相当する 1.3 以下とした．レベル２地震動に対しては，桟橋が崩壊しないものとし，上部構造部材の塑性化を許容し，応答塑性率 2.5 以下となることを照査した．また，部材の局部座屈が発生しないことを確認した．構造解析モデルには構造部材および地盤バネの非線形性を考慮し，鋼桁，鋼管トラス部材及び鋼管杭を一体でモデル化した立体骨組モデルを用い，非線形動的弾塑性解析及び非線形静的弾塑性解析を実施し，上記の耐震性能を照査した．非線形動的弾塑性解析では，FLIP 解析により得られた地盤の応答変位波形を地盤バネを介して入力し，構造部材の強度等について照査を行った．非線形静的弾塑性解析（プッシュ・オーバー解析）では，解析モデル天端に水平荷重を漸増載荷させて荷重-変位曲線（P-δ曲線）を求めた．桟橋の降伏点は荷重-変位曲線上の過半数の杭が全塑性モーメントに達した点からから定義し，応答塑性率を算出し，桟橋の変形性能を照査した．

（４）杭支持力の設定

杭径がφ1600 と大口径であるため，先端支持力の推定は，羽田空港の近傍で建設中である東京港臨海大橋でのφ1500 の鋼管杭についての鉛直載荷試験結果を参考に，先端閉塞率を 50%と設定した．施工前には支持力試験を実施し，設計での支持力を確認している．

		標準仕様	主要数量
ジャケット		45m×63m×32mH	198基
	鋼桁	BH2500 BH2000 BH700	約16万トン
	下部ジャケット	レグ　φ1600～φ1960 ブレース　φ700～φ1422.4	約9万トン
基礎杭		φ1600 φ1422.4　×85～90m φ1320.8	1,165本 約9万トン

図-3　ジャケット諸元

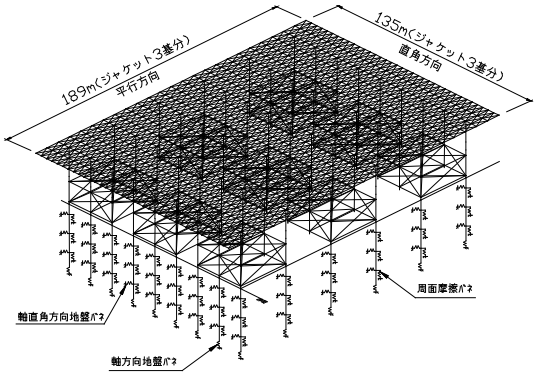


図-4 ジャケット構造の解析モデル例

参考文献

1)鋼道路橋の疲労設計指針　社）日本道路協会　2002 年
2)ジャケット工法技術マニュアル　財）沿岸開発技術センター　2000 年
・道路橋示方書・同解説　社）日本道路協会　2002 年