

ジャケット式栈橋の常時微動・人力加振計測

清水建設 正会員 奥津宣孝 ○佐藤純哉

新日鉄エンジニアリング 風野裕明

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

羽田空港 D 滑走路建設外工事（以下、本工事）は、滑走路島延長用地 3150m のうち多摩川側 1100m は河川の流れを阻害しないように栈橋構造となっている。総面積が 50 万 m² の栈橋部は、急速施工への対応のため海底に先行打設した鋼管杭基礎（φ1320.8～1600.0mm）に、工場製作したジャケットを被せるジャケット式栈橋構造が採用されている。設計時において、その地震時挙動解析は単体ジャケットを結合した全体解析モデルにて実施しており、解析モデルの妥当性を示す 1 つの指標として、単体ジャケットの振動特性を把握することとした。本報告では、現地での常時微動・人力加振による単体ジャケットの固有周期（滑走路平行方向・滑走路直角方向の 1 次モード）の実測値および解析値との比較、減衰定数の実測値を述べる。

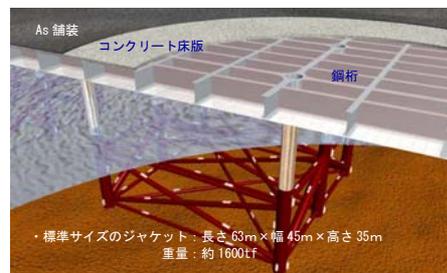


図-1 ジャケット式栈橋構造概念図

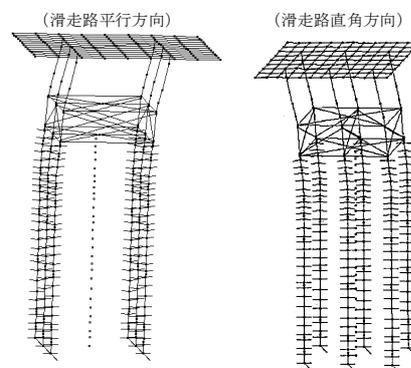


図-2 振動モード（解析値）

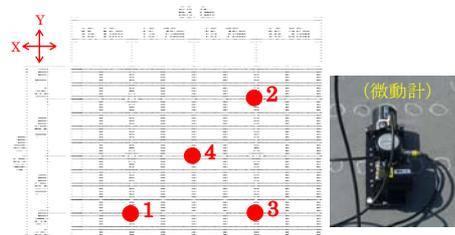


図-3 微動計設置位置

2. 単体ジャケットモデルの固有値解析

単体ジャケットの固有値解析は、ジャケット 1 基を桁部材、鋼管部材、杭および地盤バネによる 3 次元骨組モデルにて実施した。固有値解析の結果、固有周期は滑走路方向で 0.88 秒、滑走路直角方向で 0.86 秒であった。また、減衰定数は 0.05 とした、単体ジャケットの振動モード（滑走路方向）を図-2 に示す。

3. 単体ジャケットの常時微動・人力加振計測

(1) 常時微動計測

構造物は、様々な要因によって常に微小振動が発生しており、これは一般に常時微動と呼ばれている。一般的な常時微動計測は、常に小さく揺れている地盤振動により構造物が受ける振動を高感度の微動計により計測するものであり、得られた微小振動波形を周波数分析することで構造物（ここでは単体ジャケット）の固有周期を推定することが可能となる。常時微動計測は、1 基分のジャケット設置、基礎杭結合工完了後、海面が静穏な日時を選定し、No.1 から No.4 の各点（図-3 ジャケット中央付近とレグ付近の計 4 箇所）に微動計（振動速度計）を設置して、30 分間計測を実施した。

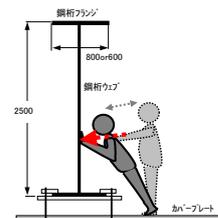
(2) 人力加振計測

常時微動計測では数 μm 程度の微小な振動を計測するため、波形に多くの振動モードが含まれており振動数の評価が困難となる場合がある。人力加振計測¹⁾²⁾³⁾は、構造物の固有周期に合わせて、人力にて繰り返し加振を行い、共振現象を発生させるもので



(加振時間) 15 秒 × 2 セット (加振周期) : 1.0 秒

写真-1 鋼桁フランジ天端で体重移動する方法



(加振時間) 15 秒 × 2 セット (加振周期) : 2.0 秒 (想定周期の 2 倍)

写真-2 鋼桁ウェブを押し方法

キーワード：羽田空港D滑走路,ジャケット,固有周期,常時微動計測,人力加振計測
 連絡先(〒135-0064 東京都江東区青海 2 丁目地先 中央防波堤外側埋立地(その 1),
 羽田D滑走路建設工事共同企業体 栈橋 I 工区 TEL03-3599-1350)

ある。今回の人力加振方法は、10人がジャケット鋼桁フランジ天端に立ち左右にステップすることで左右に体重を移動する方法(写真-1)とカバープレート上に立ち鋼桁ウェブを押す方法(写真-2)とした。微動計仕様および設置位置は、常時微動計測時と同じとした。

4. 計測結果

(1) 常時微動計測

常時微動計測では、計測した速度波形データをフーリエスペクトル分析しデータに含まれる振動数分布から単体ジャケットの固有振動数を推定した。固有振動数は滑走路方向で1.18 Hz(固有周期で0.85秒)、滑走路直角方向で1.06 Hz(固有周期で0.94秒)であった。微動計(No.1)で測定した滑走路平行方向のフーリエスペクトルを図-4に示す。図-4には主に3つの卓越振動数が分布している。図中の0.3Hz付近での卓越振動数は、当日の現場海域の波浪有義周期が3.1~3.2秒(固有振動数で0.31~0.32Hz)であったことから波浪振動による影響と考えられる。また、0.75Hz付近での卓越振動数は地盤の固有振動数が0.77Hz程度と推定されるため地盤振動による影響と考えられる。従って、図中の1.15Hz(固有周期で0.87s)付近での卓越振動数が単体ジャケットの固有振動数と考えられる。

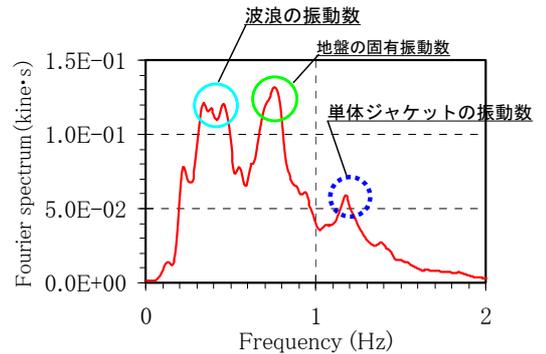


図-4 フーリエスペクトル

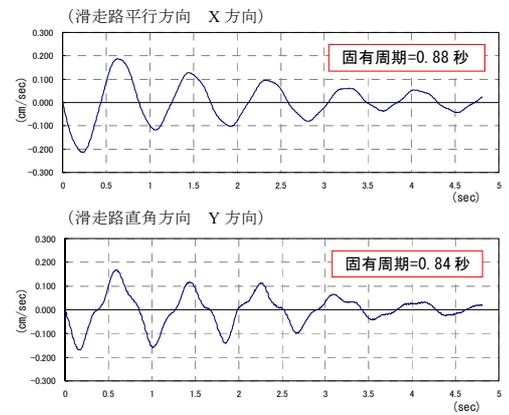


図-5 自由減衰波形

(2) 人力加振計測

鋼桁フランジ天端で体重移動する方法は、比較的明確な自由減衰波形を測定出来た。固有周期は滑走路方向で0.88秒、滑走路直角方向で0.84秒であった。また、減衰定数は滑走路方向で0.046、滑走路直角方向で0.047となった。滑走路平行方向および滑走路直角方向の自由減衰波形を図-5に示す。一方、鋼材ウェブを押す方法では加振のタイミングを合わせるのが困難であったため明確な自由減衰波形を測定できなかった。そこで、常時微動の解析方法と同様にフーリエスペクトル分析を行った、滑走路平行方向のフーリエスペクトルを図-6に示す。図-6の卓越振動数1.17Hz、(固有周期0.85秒)がジャケットの固有振動数と考えられる。

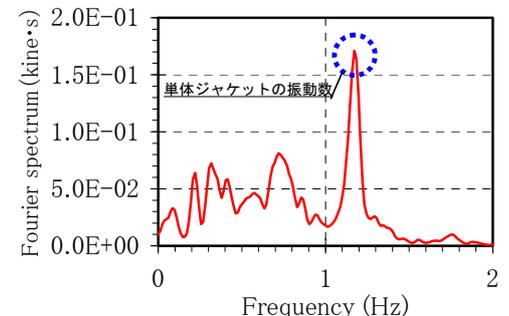


図-6 フーリエスペクトル

5. まとめ

本工事では、常時微動・人力加振計測により単体ジャケットの固有周期および減衰定数を計測した。単体ジャケットの実測値と解析値のまとめを表-1に示す。表-1より、明確な自由減衰波形が得られた「鋼桁フランジ天端で体重移動する方法」の固有周期・減衰定数は単体ジャケットの振動特性を表現していると考えられ、その実測値と固有値解析値がほぼ同等の値となったことから、単体ジャケットの解析モデルおよび地盤バネ評価・減水定数の設定は妥当であったと考えられる。

最後に人力加振測定に際してご協力いただいた関係各位に謝意を表します。

表-1 実測値と解析値の比較

項目		実測値		解析値	
		常時微動計測による結果	人力加振計測		
計測・解析方法		フーリエスペクトル分析	鋼材上フランジ天端で体重移動する方法	鋼材ウェブを押す方法	3次元骨組モデルによる解析
解析手法		フーリエスペクトル分析	自由減衰波形	フーリエスペクトル分析	固有値解析
固有振動数 (Hz)	X	1.18	1.13	1.17	1.13
	Y	1.06	1.17	1.19	1.16
固有周期 (S)	X	0.85	0.88	0.85	0.88
	Y	0.94	0.84	0.84	0.86
減衰定数	X	-	0.046	-	0.05
	Y	-	0.047	-	0.05

※X方向は滑走路方向、Y方向は滑走路直角方向

参考文献 1)内山他：神奈川大学 23号館(免振棟)および1号館の振動実験 その4, 土木学会年次学術講演会
 2)高原他：常時微動観測による既設橋の振動特性の検討(観測編), 第54回土木学会年次学術講演会
 3)東京空港整備事務所ホームページ：実験動画