

住友重機械工業 正員 武内 隆文
 京都大学工学部 正員 白石 成人
 京都大学工学部 正員 松本 勝

1. まえがき 斜張橋断面として多く採用されている偏平な逆梯形単一箱桁断面は、迎角変化、あるいは地震高さ等のわずかな幾何学形状変化に対して、空力安定性上、敏感に影響を受けることが、従来の研究により知られている。一方、低風速渦振について、その発生機構を検討する研究が中村等²⁾により報告されている。本研究では、図1に示す桁高/幅員比が約1/6.5で lower deck length/upper deck length 比が約0.66と比較的大きな断面を対象とし、この断面のもつ空力特性を、(i)迎角による応答特性変化、(ii)地震高さによる応答特性変化、(iii)フラップ付設による応答特性変化の面からとらえ、逆梯形単一箱桁断面の渦励振動・フラッター現象について、その発生機構に関して検討し、考察を加えようとするものである。

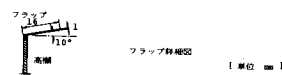
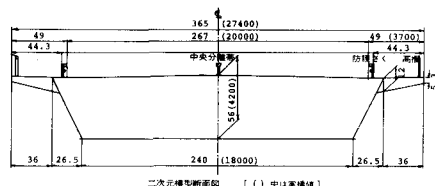


図1 二次元実験剛体模型

2. 実験内容 図1に示す逆梯形断面剛体模型(規定実験の1/65)を曲げ・捻れ自由度にばね支持し、一様流中で二次元自由振動実験を実施し、結果は風速-振動振幅(V-A)図として得、さらに図2から図7に示すV-A- α (迎角)図として整理した。

実施した実験ケースは、地震高さが0mm, 2mm

表1 実験条件

CASE NO.	1	2	3	4	5	6
地震高	0mm	0mm	2mm	2mm	4mm	4mm
フラップ	無	有	無	有	無	有
m (kg·s ² /m ²)	0.3331	0.3377	0.3426	0.3389	0.3448	0.3465
I (kg·s ²)	0.00473	0.00483	0.00481	0.00483	0.00489	0.00486
f_{ϕ}/f_{η}	1.925	1.924	1.927	1.926	1.926	1.927
$\delta_{\eta}: 2\eta=20\text{mm}$	0.0247	0.0242	0.0229	0.0237	0.0203	0.0242
$\delta\phi: 2\phi=0.05\text{rad.}$	0.0205	0.0215	0.0181	0.0212	0.0192	0.0212

(実験換算値15cm), 4mm(実験換算値30cm)
 (地震幅2mmのもの、荷欄、防護柵、中央分離帯とも同時に付設)の3種類と、それぞれに図1に示す床版に対し10°の角度をもつ長大橋型のフラップを付設した3種類の計6種類で、迎角はそれぞれのケースについて、

±7°, ±5°, ±3°, 0°に設定した。なお、実験条件は、表1に示すとおりである。

3. 実験結果及び考察 得られた結果を、風速-振動振幅-迎角の関係として整理したものが、図2から図7である。図2, 4, 6よりわかるように、フラップ無の場合、設定迎角全てについて、曲げ及び捻れ渦励振動の発現が認められ、かつ、フラッターの発現が迎角に関わらず認められ、本対象断面は、耐風上、不安定な断面であると考えられるが、以下、地震高さの応答振幅への影響と、フラップの制振効果という点から、対象断面の空力特性を検討し、逆梯形断面の渦励振動・フラッター現象の発生機構について考察する。

(1) 地震高さの応答特性への影響 (i) 高さ2mmの地震設置により、地震0mmの場合と比べ、渦励振動に関しては、正迎角の場合、曲げ・捻れ振動とも応答値は増大し、最大応答値をとる風速も下がっている。迎角0°の場合、曲げの最大応答値は僅かに減少するものの、捻れについては空力的に不安定となる。負迎角の場合、捻れについては空力的に不安定となっているが、曲げについては、 $\alpha=-3^{\circ}$ の場合逆に減少している。一方、フラッターに関しては、フラッター限界風速は、迎角が正及び0°の場合には僅かに上がり、迎角が負の場合には下がって耐風上不安定化する。(ii) 高さ4mmの地震設置により、渦励振動に関しては、正迎角の場合、地震0mmの場合と比べて曲げ・捻れ振動とも応答値は増大し、最大応答値をとる風速も下がり、地震2mmの場合と比べても曲げ・捻れ振動とも、 $\alpha=+3^{\circ}$ の捻れ振動と除いて、応答値は増大している。迎角0°及び負の場合、曲げについては、地震0mmの場合と比較して、地震2mmの場合と比較して、応答値は減少し空力的に安定化している。捻れについては、迎角に

よって安定化したり不安定化したり、複雑な応答特性を示している。以上のように、地震高さの滑り振動応答への影響は、曲げ振動と捩れ振動とにより、また迎角の正負によっても異なることが分った。一方、フラッターに関しては、地震 α_{mm} の場合が、フラッターが発現している全迎角において、実施した実験ケースの中で最も危険と考えられ、地震高を大きくすることは、フラッター現象の面から見ても不利なことと考えられる。

(2) フラップの制振効果；滑り振動に関して一地震 α_{mm} の正迎角及び地震 $2mm$ の $\alpha=+5^\circ, +9^\circ$ の場合の曲げ振動において、フラップ付設により応答の増大が見られた。他のケースの滑り振動については、フラップ付設により空力的に安定した。このことから、曲げ振動と捩れ振動とで発生機構と相違が存在することが考えられる。また、

図2と図3の $\alpha=+5^\circ, +9^\circ$ の場合を比べてみると、フラップ付設により、同じ曲げ振動でも図中●印の振動が抑えられているのに対し、○印の応答が増大していることは、興味深い結果と思われる。フラッター現象に関して一地震 α_{mm} の負迎角及び地震 $2mm$ の迎角 $0^\circ, -3^\circ$ の場合には、フラッター限界風速が下がるが、他の場合は、限界風速は高風速側へ上がり、空力的に安定化していく。すなわち、フラップのフラッター振動制振効果が、迎角の正・負によって異なることが理解される。

4. 結 語 (1) 本対象断面は、正迎角(吹上げ)のみでなく、設定迎角全てにおいて曲げ・捩れ滑り振動の発現が認められ、負迎角におけるフラッター発現も認められ、耐風安定性の面から見て、不安定な断面と考えられる。

(2) 地震高さの変化により、断面の空力応答特性が変化することが確認され、滑り振動に関して、地震高さが、耐風安定性に及ぼす影響が、正迎角の場合と負迎角の場合とで異なることが明らかとなった。

(3) 本実験で用いたフラップが、対象断面に付して、捩れ滑り振動を防止すること、フラッター限界風速を高風速側へ上げるのに有効であること、並びに曲げ滑り振動に関してはむしろその応答を増大させることのあることが明らかとなった。この事実は曲げ・捩れ滑り振動の発生機構上に相違があることを示唆のと考えられる。

最後に、御協力をいただいた大阪市・塩谷智弘氏、鹿島建設・乙藤寛治氏に謝意を表す。

〔参考文献〕(1) 白石・松本・塩谷「扁平逆橋型断面の空力滑り振動防振対策に関する実験的研究」第34回工学会年講、(2) 中村「H型断面柱の低風速動振について」第34回工学会年講、

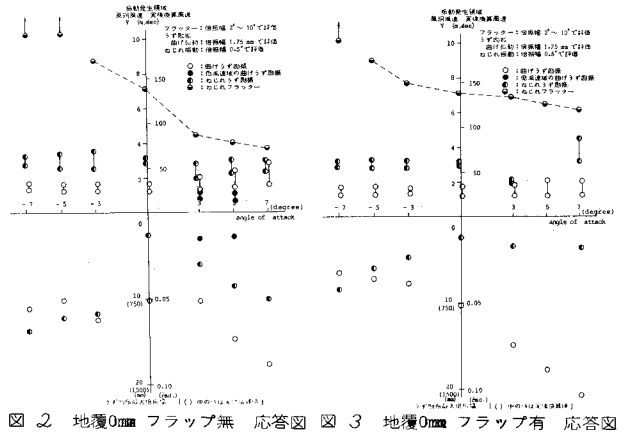


図2 地震0mm フラップ無 応答図

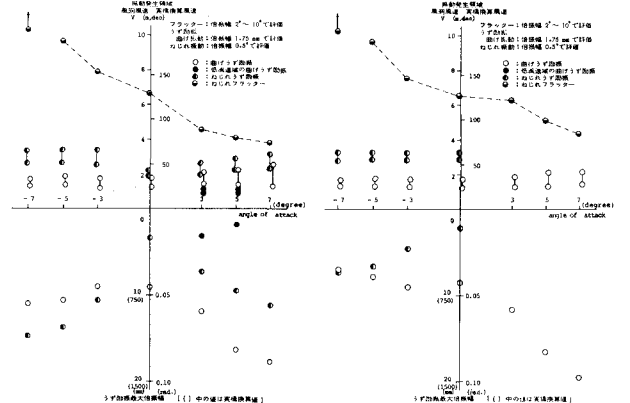


図3 地震0mm フラップ有 応答図

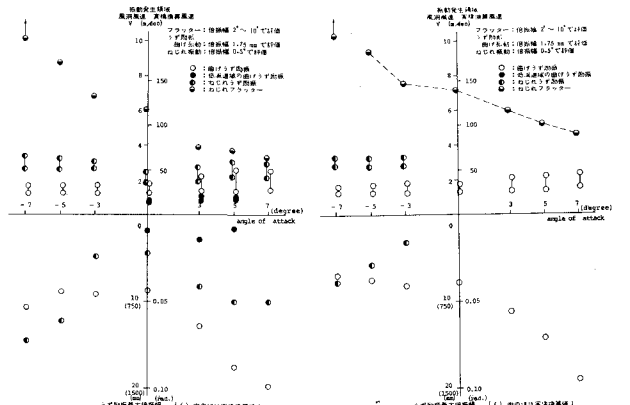


図4 地震2mm フラップ無 応答図



図5 地震2mm フラップ有 応答図



図6 地震4mm フラップ無 応答図



図7 地震4mm フラップ有 応答図