

トラス橋斜材の3次元弾性模型を用いた自己励起型渦励振の応答特性

九州工業大学院 学生会員 ○荒津 樹 学生会員 有瀬 公貴
 (株)IHI インフラシステム(研究当時九州工業大学院) 非会員 原田 健太郎
 九州工業大学院 正会員 松田 一俊 正会員 加藤 九州男

1. はじめに

長崎県生月大橋に、平成21年12月P6橋脚付近の北側斜材部で、き裂が発見された。調査の結果、き裂の発生原因であるカルマン渦励振とは別に、より低い風速域においても斜材の振動が確認された¹⁾。そこで、本学において、この振動を自己励起型渦励振と想定し、トラス橋斜材における自己励起型渦励振の発生条件を解明するため2次元剛体模型を用いた鉛直たわみ1自由度ばね支持実験が行われた。その結果、実橋で自己励起型渦励振が発現したときの風向条件を再現して行ったケースでは、自己励起型渦励振が発生しなかった²⁾。さらに、円柱断面の応答に及ぼすアスペクト比(L/D, L:模型長, D:代表長)の影響に関する研究結果³⁾を勘案して、自己励起型渦励振に及ぼすアスペクト比の影響に着目した鉛直たわみ1自由度ばね支持実験が行われたが、アスペクト比に関する一貫した傾向性は得られなかった⁴⁾。本研究は、既往の研究^{2),4)}よりも実機により近いアスペクト比を有する3次元弾性模型を用いた応答実験を行った結果を報告する。

2. 風洞実験概要

既往の研究^{2),4)}の2次元剛体模型のアスペクト比は8.53~12であったのに対して本研究の3次元弾性模型のアスペクト比は40.6とした。使用風洞は九州工業大学が所有する境界層型波浪風洞(測定部断面:高さ1.8m×幅2.6m)である。

写真1は模型の設置状況である。本研究では、図1に示す対象斜材と同様の断面形状を用いた。また、風向が応答に与える影響を把握するために、図2のように偏角βを変化させた実験を行った。



写真1 模型設置状況 (偏角β=0°)

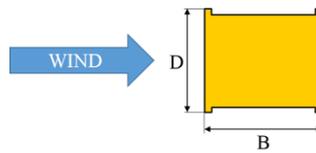


図1 斜材模型の断面形状 (B/D=1.18)

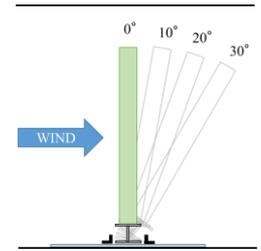


図2 偏角βの定義

表1 実験条件

	実橋値	所要値	実験値
幅B[m]	0.592	0.08288	0.8288
高さD[m]	0.500	0.070	0.070
質量m[kg/m]	151.7	2.98	2.54
固有振動数f[Hz]	6.79	—	12.1
対数構造減衰率δ	0.0018~0.0043	—	0.0031
空気密度ρ[kg/m ³]	(1.21)	—	1.21
スクルトン数 $Sc(\frac{2m\delta}{\rho D^2})$	(1.81~4.31)	—	2.66

模型縮尺 1/n=1/7.14

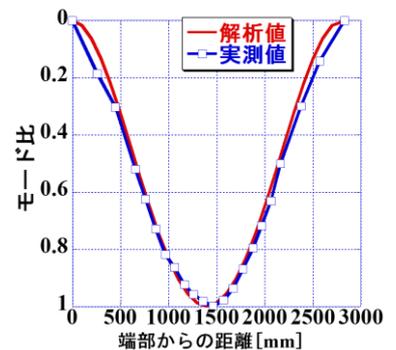


図3 固有振動モード図

実験条件を表1に示す。また、図3に固有振動モード図を示す。風洞気流は一様流とした。

3. 応答特性

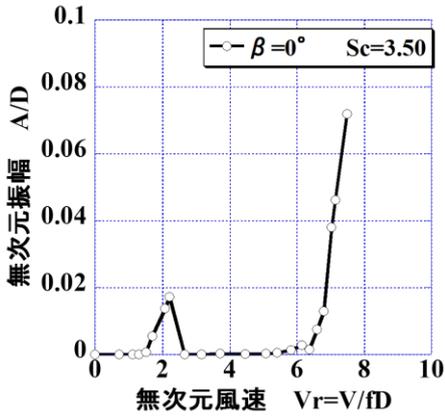
偏角βを変化させた実験結果を図4に示す。偏角β=0°の場合、無次元風速Vr=1.5~2.5付近で振動が発生している。自己励起型渦励振の発現無次元風速はVr=1.67B/D⁵⁾である。本研究の場合、Vr=1.67×1.18≒2.0となることから、この振動は自己励起型渦励振であると考えられる。また、Vr=6.4付近から発生する振動はカルマン渦励振か

キーワード 3次元弾性模型, アスペクト比, 自己励起型渦励振, カルマン渦励振

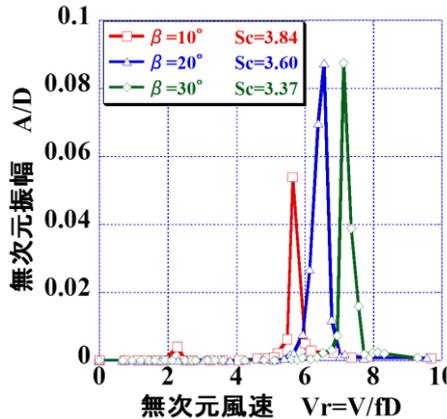
連絡先 〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町1-1 九州工業大学 TEL(093)884-3466 FAX(093)884-3100

らギャロッピングに移行していると考えられる。対象断面のストローハル数 St は $0.124^{6)}$ であり、カルマン渦励振発現無次元風速は $Vr=1/St=8.1$ となる。3次元弾性模型の発現風速が2次元剛体模型の発現風速より低いことは、矩形断面を用いた既往の研究⁷⁾と同様の傾向にある。なお、実機のカルマン渦励振は無次元風速 $Vr=5.9\sim 7.4$ で発現している¹⁾。

偏角 $\beta=10^\circ\sim 30^\circ$ の場合については、偏角 $\beta=10^\circ$ の場合のみ、無次元風速 $Vr=2$ 付近の低風速域で自己励起型渦励振が発現しているが、偏角 $\beta=20^\circ$ および $\beta=30^\circ$ の場合、自己励起型渦励振の発現は確認できなかった。また、無次元風速 $Vr=6$ 付近から発生する振動はカルマン渦励振であると考えられる。偏角 $\beta=0^\circ$ の場合と比較してカルマン渦励振のみとなる理由は、**図5**に示す揚力係数勾配が負から正に変化することによりギャロッピングが消滅するためである。



(a) 偏角 $\beta=0^\circ$



(b) 偏角 $\beta=10^\circ\sim 30^\circ$

図4 偏角 β が応答に及ぼす影響

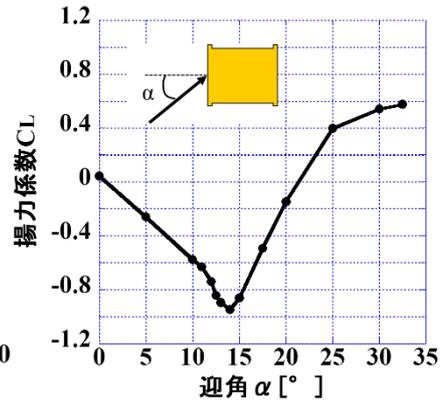


図5 揚力係数 C_L と迎角 α の関係²⁾

次に、アスペクト比が自己励起型渦励振の応答に与える影響として、2次元剛体模型を用いた既往の実験結果⁴⁾と3次元弾性模型を用いた本実験結果の比較を**図6**に示す。3次元弾性模型の無次元振幅 A/D は、モード補正($\times \frac{\pi}{4}$)した推定値である。2次元剛体模型のスクルートン数 Sc に比べ約1.2倍大きいにも関わらず、3次元弾性模型の最大応答は2次元剛体模型のそれよりも約2.6倍大きいことがわかった。このことからアスペクト比が自己励起型渦励振の応答に及ぼす影響は、アスペクト比の増加に伴い、応答振幅も増加する傾向にあると考えられる。

4. まとめ

アスペクト比の増加に伴い自己励起型渦励振の応答振幅も増加することが確認された。しかし、既往の研究と同様に3次元弾性模型の場合においても実機の風向($\beta=30^\circ$)を再現したケースで自己励起型渦励振の発生は確認できなかった。この点については、現地の風況調査結果の見直しを含め再検討する必要がある。

(参考文献)

- 1) 中村, 田中, 新富, 西川, 奥松: 生月大橋の風況調査, 土木学会第67回年次学術講演会講演概要集, I-323, 2012.
- 2) 原田, 久富, 松田, 加藤: トラス橋斜材の対風応答特性に関する実験的検討, 土木学会第68回年次学術講演会, I-491, 2013.
- 3) 松田, 上島, 杉本: 2次元円柱のインライン振動特性, 土木学会第56回年次学術講演会講演概要集, I-B329, 2001.
- 4) 三澤, 玉井, 松田, 加藤: トラス斜材の低風速励振に及ぼすアスペクト比の影響, 2013年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, I-30, 2014.
- 5) 白石, 松本: 充腹構造断面の渦励振応答特性に関する研究, 土木学会論文報告集第322号, pp.37-50, 1982.
- 6) 玉井, 松田, 加藤, 三澤, 池田: 低風速で生じるトラス橋斜材の空力振動に関する実験的研究, 第23回風工学シンポジウム論文集, pp.211-216, 2014.
- 7) 宇都宮, 長尾, 高島: 渦励振における風洞実験法の評価, 構造工学論文集, Vol.34A, pp.571-580, 1988.

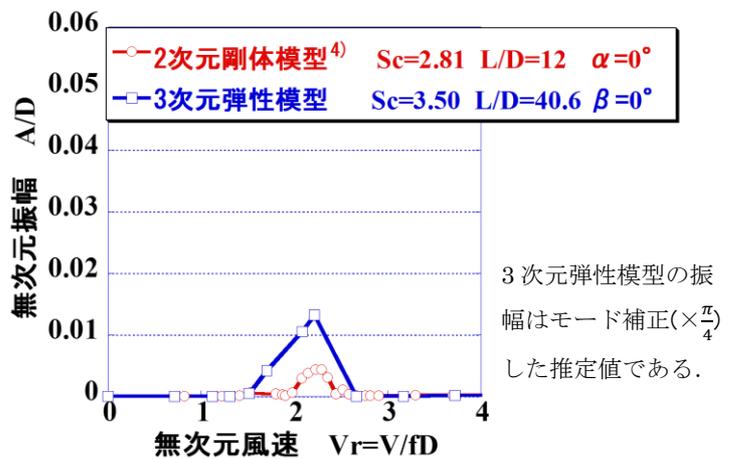


図6 アスペクト比が応答に及ぼす影響

3次元弾性模型の振幅はモード補正($\times \frac{\pi}{4}$)した推定値である。