橋梁箱桁断面まわりの非定常空気力の空間相関特性

横浜国立大学　学生会員　○中野　洋之
横浜国立大学　フェロー　　山田　均
横浜国立大学　正会員　　勝地　弘

１．背景と目的

近年の橋梁径間の長大化に伴い、耐風安定性考慮の重要性が増している。今日、コンピューターによる対風応答解析が進歩してきているが、その再現性はまだまだ発展途上であるといえる。その中で一つ問題となっているのが、作用空気力の橋軸方向相関特性についてである。これに関する研究として、ガスト空気力の相関について多くの実験が成されている一方、桁の振動による非定常空気力の相関に関してはその例が少ない。その理由の１つとして、自励変動空気力なので軸方向相関が１として扱われていることが挙げられる。しかし、実際振動桁に風が作用している場合を想定すると、振動による自励空気力の他にも、物体後流の乱れなどが絡み合い、単純に軸方向相関が１になるとは限らない。そこで本研究では、自励変動空気力の橋軸方向相関の特性を実験により明らかにしようと試みた。今回、得に橋梁の破壊を招きやすいフラッター振動に着目し、振動時の桁に作用する非定常空気力の空間相関特性を風洞実験により調べることとした。

２．非定常空気力・圧力の空間相関に関する既往の研究

空気力の非定常性の要因には大きく分けて３つあり、右記のとおりである。既往研究をその要因別にみていくと、要因１に関しては、乱流中の静止桁に作用するガスト変動圧力の空間相関の研究が多く成されている。この研究より、接近風の乱れの相関よりも桁周辺ガスト空気力の相関の方が高くなることが報告されている。また、桁断面からみた時、桁前縁では接近風の、桁後流側では桁周辺流れの相関特性が支配的となることが分かっている。要因２，３に関しては、一様流中の角柱に作用する非定常圧力の空間相関を調べる実験が成されており、ここで静止角柱が振動しだすと相関が上がることが確認されている。この時、桁前縁では相関の高い自励空気力の相関特性が、桁後流では物体後流乱れの相関が支配的になっていることが予測されるが、このメカニズムや２つの関係性はまだ詳しく解明されていない。

＜空気力の非定常性要因＞
１．接近風の乱れ
２．構造物自身の後流乱れ
３．構造物自身の振動

３．実験手法

実験には、図１、２に示すような１／９０剛体部分模型を使用した。黒点が測定孔であり、軸方向に７列配置されている。桁中央に並ぶ四角部分が着脱可能となっており、１箱桁、２箱桁の２断面が再現可能となっている。これを８つのバネで風洞内に吊るし、４つのアクチュエーターで強制加振することでフラッター状態を再現する。その時の振動ケースは表１に示すとおりである。ここでｂは曲げ振動を表し、振幅は模型幅３００mmを基準としている。ｔはねじれ振動を表し、振幅は水平面を基準としている。ｃはその連成振動である。各ケースについて換算風速Ｕｒ＝９、１２、１５、１８、２１の５段階の風を吹かせた。

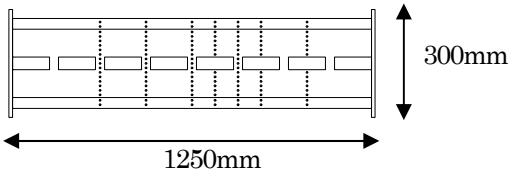

図１　模型上面図

表１　振動ケース一覧

	t0.5deg	t1deg	t2deg
b0.5%	c0.5%0.5deg	c0.5%1deg	c0.5%2deg
b1%	c1%0.5deg	c1%1deg	c1%2deg
b2%	c2%0.5deg	c2%1deg	c2%2deg

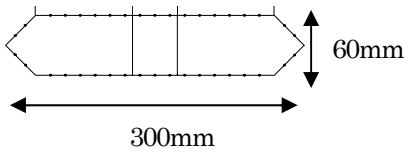

図２　模型断面図

４．実験結果

図３～７は非定常空気力相関とその時の非定常圧力相関を示した図であり、それぞれケースが異なる。ここで、Cd は抗力、Cl は揚力、Cm は空力モーメントを意味する。非定常空気力相関については、どのケースにおいてもそれほど距離に依存していない。Cl、Cm に比べ Cd の相関は低いといえる。さらに非定常圧力相関図から、桁前縁から後縁にかけて相関が下がっていくことがわかる。この時、上流側フェアリング部で急激な相関低下がみられる。図３を基準とし他ケース比較すると、風速が上がると Cd の相関は上がるが、Cl、Cm は下がる。これは、Cd は一様流風の特性が強くなり、Cl、Cm については後流乱れの影響が強くなっ

キーワード：非定常空気力、空間相関
連絡先：〒240-8501　横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5　TEL　045-339-4042　FAX　045-331-1707

たためと思われる。模型の振幅が大きくなると相関は上がる。これは、自励変動圧力の影響が強くなったためと考えられる。また、曲げ（b）よりもねじれ（t）振動時の方が相関が高くなる。１箱桁に比べ２箱桁では、Cd の相関は上がるが、Cl、Cm は下がる。これは、Cd については、抗力を受ける面が増えたために一様流風の特性が強くなったといえる。Cl、Cm については、桁が分かれることで、後流乱れの影響が強くなったためと考えられる。２箱桁になった時の変化は、風速が上がった時の変化と同じであるといえる。図８は空気力と圧力の関係を示したもので、空気力は上流側の圧力の影響を強く受けることがわかる。

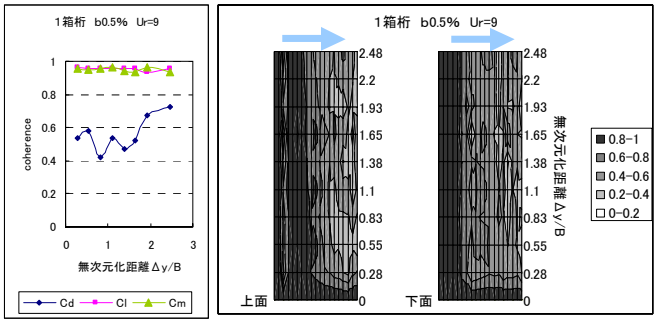

図３　１箱桁、b0.5%、Ur=9 におけるコヒーレンス
（左：非定常空気力、右：非定常圧力）

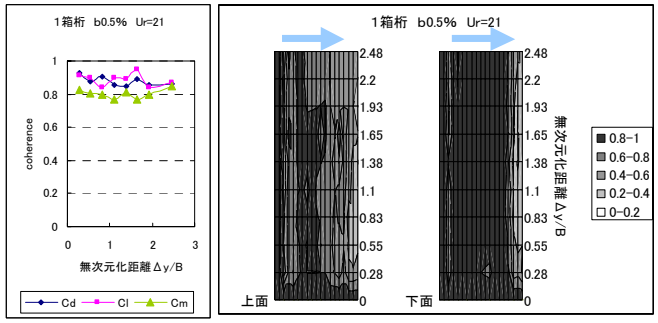

図４　図３と風速の異なるケース（Ur=21）

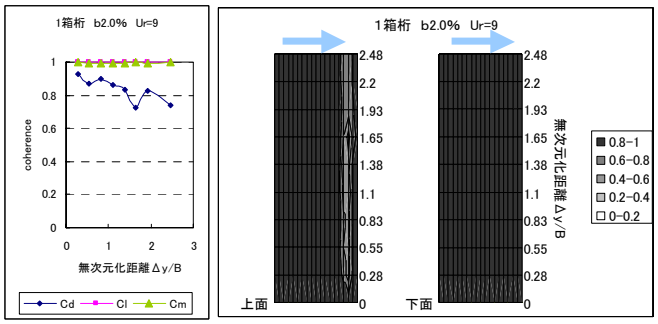

図５　図３と振幅の異なるケース（b2.0%）

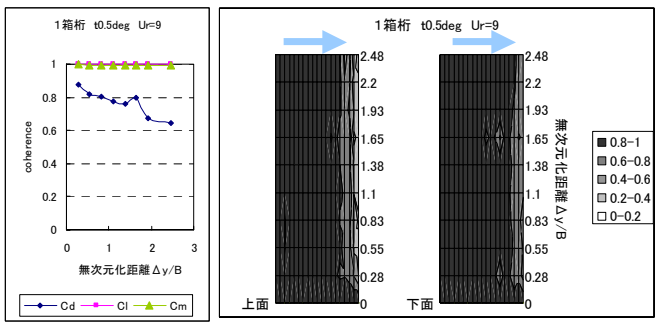

図６　図３と振動系の異なるケース（t0.5deg）

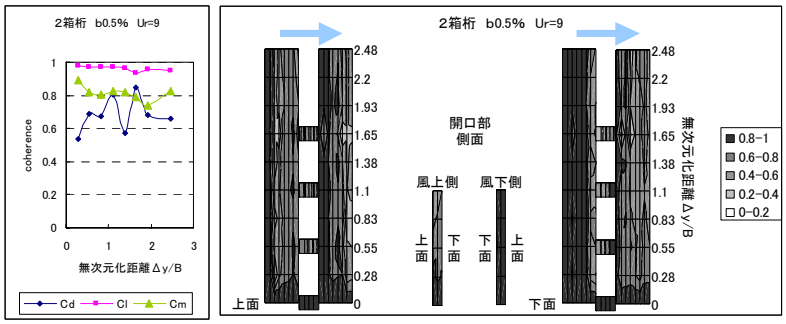

図７　図３と断面形状の異なるケース（２箱桁）

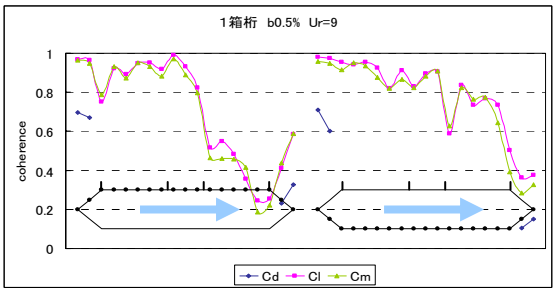

図８　空気力と各測定点圧力との相関

５．結論

- 非定常空気力相関は、風速が上がると、抗力では風自信の特性が支配的になってくるが、揚力、空力モーメントでは後流の乱れの影響が強くなる。桁の振動振幅が大きくなると、自励変動圧力の相関特性の影響が強くなる。１箱桁の場合に比べ２箱桁では、抗力では風の相関特性の影響が増し、揚力、空力モーメントでは後流の乱れの影響が強くなる。
- 非定常圧力相関は、桁前縁から後縁にかけて下がっていくが、上流側フェアリング部で急激な相関低下と回復がみられる。
- 非定常空気力変動においては、上流側の圧力変動が支配的であり、下流側ほどその影響は弱くなっていく。

参考文献

1）山田；「耐風工学アプローチ」：建設図書
2）社団法人日本鋼構造協会[編]；「構造物の耐風工学」
3）神木；「振動する橋梁断面の作用空気力の線形重ね合わせ特性」：横浜国立大学大学院修士論文　2003
4）中野；「同時圧力計システムを用いた非定常圧力分布測定」：横浜国立大学卒業論文　2003
5）山；「高換算風速域での箱桁の非定常圧力分布特性」：横浜国立大学卒業論文　2002
6）佐伯；「アクティブ制御方式による一般化非定常空気力の定式化に関する基礎研究」：横浜国立大学大学院修士論文　1996