

岩手県日向付近の風況特性と日向ダム5号橋の耐風性評価

京都大学工学部 正 員 松本 勝 京都大学工学部 正 員 白石成人
京都大学工学部 正 員 白土博通 日向ダム建設事務所 金田士郎
(株)三菱銀行 三澤 彰 京都大学大学院 学生員 村上琢哉
京都大学大学院 学生員〇八木知己

1. まえがき 日向ダム5号橋は、岩手県釜石市郊外に建設される日向ダム堤体の上流側に架設が計画されている1本主塔2径間連続鋼斜張橋（径間152.2m + 120.0m、幅員8.2m、桁高1.8m）である。本橋のように山間部の複雑な地形の中に架設される場合、架設地点の自然風特性を把握することが極めて重要となる。従って本研究では地形模型を用いた風洞実験を実施し、現地の風環境及び日向ダム堤体の有無がそれに及ぼす影響を調査した。更にこの結果をもとにして、強乱流中の不規則ガスト応答計算を試みた。

2. 実験概要 実験に使用した地形模型は、縮尺4000分の1の等縮尺模型でNW-SE方向に長い矩形（6m×2m）である。従って風洞内の上層風風向はNW、SEとし、上層風風速は6m/s, 4m/s, 2m/sとした。また風速等の測定高さは、12.5mm（現地の地上高50mに相当）とした。これらの条件の基で地形模型上の各地点における風向、水平方向平均風速、迎角、乱流強度等を測定した。

3. 実験結果 上層風風向NW及びSE共、各地点の風向については、全体的に谷筋に沿った向きになっており、風速は谷間における風速の低減効果がかなり大きく、多くの地点で上層風風速に対して60%程度まで低減されていることが確認された。

表1 地形模型風洞実験の結果

また乱流強度が極めて大きくほとんどの地点で30%を超えていることも確認できた。橋梁の中央部における測定結果を表1に示す。橋梁架設予定地点では、風向NWの場合ダムの風上側にあたり、ダムの有無で迎角特性に変化が見られた。また風向SEの場合ダムの風下側になるため、ダムの有無によって自然風特性に大きな相違が生じた。風向はダムの有無で、ほぼ正反対の向きとなっており、迎角の変化も確認された。また、風速はダムが存在する場合には、存在しない場合に比べてかなり大きく低減され、上層風風速に対して30%程度まで減少すること、更に乱流強度はダムが存在することによって著しく増加することも予想される。

上層風風向	ダム	U0(m/s)	風向	U(m/s)	W(m/s)	$\sigma_u/U(\%)$	$\alpha(^{\circ})$	U/U0(%)
NW	有	6.0	NW	3.00	0.33	45.0	6.3	50.0
		4.0		2.07	0.19	40.7	5.3	51.7
		2.0		0.42	0.07	54.2	9.4	21.1
	無	6.0	NW	3.24	0.76	43.9	13.1	54.0
		4.0		2.22	0.40	39.5	10.3	55.5
		2.0		0.54	0.11	61.2	10.9	27.2
SE	有	6.0	WNW	2.17	-0.07	64.8	-1.8	36.2
		4.0		1.20	-0.03	67.9	-1.4	30.0
		2.0		0.34	0.00	81.2	0.0	17.0
	無	6.0	ESE	5.20	0.84	29.1	9.2	86.7
		4.0		3.42	0.54	29.0	9.0	85.5
		2.0		1.35	0.21	25.0	8.8	67.5

* U0：風洞内平均風速 U：水平方向平均風速 W：鉛直方向平均風速
 σ_u/U ：乱流強度 α ：迎角（吹き下げが正）

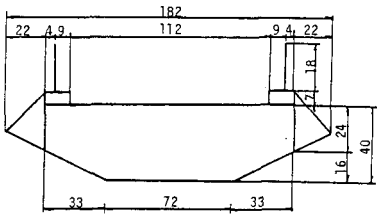


図1 模型断面図

4. 不規則ガスト応答計算 本研究では、強乱流中の不規則ガスト応答計算を行うために、まず静的空気力測定実験及び空力アドミッタンス測定実験を行った。その際用いた模型の断面形状を図1に示す。これらの実験より迎角 $\alpha=0^{\circ}$ における揚力係数勾配 ($dC_L/d\alpha=3.51$)、空力アドミッタンス関

Masaru MATSUMOTO Naruhito SHIRAISSI Hiromichi SHIRATO Shiro KANEDA Akira MISAWA
Takuya MURAKAMI Tomomi YAGI

数を算出し、A. G. Davenportによって提案された、風の作用を受ける構造物の動的応答を振動数領域において計算する方法¹⁾を使用した。但し、鉛直方向の変動風速のパワースペクトル密度は、Panofskyの式を用いた。鉛直方向の乱流強度は、主流方向の乱流強度の約1/2程度と言われている。本解析では粗度係数 $K=0.015$ （樹木、灌木の多い地域）をPanofsky式に用いているが、この場合、鉛直方向乱流強度は約15%となり、地形模型実験結果より推定される値とほぼ対応している。またDavenportは、decay factorとして $\lambda=7$ なる値を使用しているが、主流直角方向に関しては $\lambda=7$ の代わりに $\lambda=20\sim40$ を用いる方が妥当であることが報告されていることより、 $\lambda=7, 20, 30$ についてそれぞれ計算を行った。また平均風速は設計風速55m/sと、地形模型実験の結果より風速が約60%低減された場合を想定した35m/sの2種類を使用した。これらの条件で格点a（ $x=32.850\text{m}$ ）の位置における各モード別のたわみの標準偏差 σ を計算した。表2に1次モードの場合の 3σ （倍振幅）、及び極値分布理論を適用して推定した最大応答振幅（倍振幅）を示す。風速が55m/sのとき1次モードの最大応答振幅は、decay factor $\lambda=7$ に対して131.7cmとなり、かなり大きな値になるが、これは許容倍振幅を下回っており応力的には問題はない。更に λ の妥当な値が20～40であるとすれば最大応答振幅は約60～90cm程度に減少し、また風速が35m/sのときには、さらに減少すると予想される。

5. 強乱流下での2次元剛体模型風洞実験 図1の模型を使用して強乱流下でのバフエッティングの応答特性を調べた。但し地形模型実験で現地の乱流強度が30%以上になると予想されたが、以下に述べる風洞実験では最大で18%程度の乱流強度を得るにとどまった。迎角 $\alpha=0^\circ$ の場合の結果を図2に示す。図中□は不規則ガスト応答計算により得られた 3σ 値（応答振幅の標準偏差 σ の3倍値、倍振幅）を用いた最大応答振幅であり、また点線は主流方向の乱流強度を30%とした場合の最大応答振幅を実験値より推定したものである。実験では2次元剛体模型を使用しており、実験時と実橋のスパン方向のコヒーレンスに違いがあること、また乱流中では $dC_L/d\alpha$ が小さくなる可能性もあるが、計算値と実験値を比較した場合ある程度の対応関係がある事が確認された。また迎角は、 $\alpha=-5^\circ, +5^\circ$ の場合についても実験を行ったが、迎角の変化に対するバフエッティング応答に著しい変化は見られなかった。

表2 1次モードの最大応答振幅

風速 (m/s)	λ	3σ 値 (cm)	最大応答 期待値(cm)
55	7	108.2	131.7
	20	70.5	85.3
	30	56.4	68.1
35	7	39.7	48.1
	20	24.5	29.5
	30	19.4	23.2

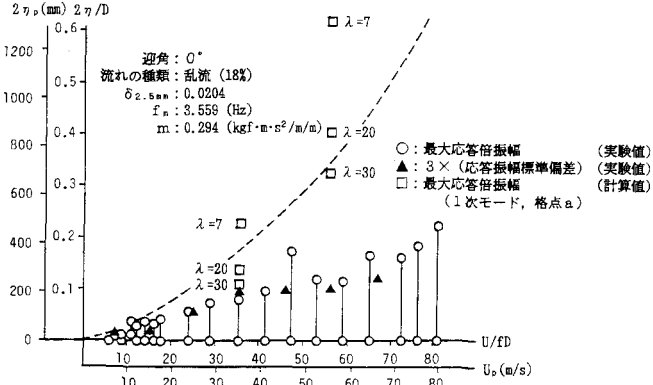


図2 風速—応答振幅図

6. 結論 地形模型実験では、日向周辺の谷間では風速がかなり低減され、乱流強度が30%以上になること、また主風向に対してダム背後になる地点では、ダムの背後の渦の影響のため、ダムの有無で風向、風速、迎角、乱流強度は大きく変化すること等が明らかになった。また不規則ガスト応答計算では道路橋示方書の定めた設計風速55m/sの風が吹く場合でも許容倍振幅を下回っていること、更に架橋地点で風速55m/sもの風が吹く可能性はほとんどないと判断され、応答振幅の大幅な低減が期待できることも確認できた。

参考文献 1) Davenport, A. G. : A Statistical Approach to the Treatment of Wind Loading of Tall Masts and Suspension Bridges, PhD Dissertation, Univ. of Bristol (1961.3).