

Brückendynamik

Schwingungsuntersuchungen von Schrägseilen

Roman Geier
roman.geier@al.net

ULB Darmstadt



16138819

Inhaltsverzeichnis

0	AUFBAU DER ARBEIT	1
1	EINLEITUNG	4
1.1	GESCHICHTLICHER ÜBERBLICK ÜBER DYNAMISCHE PROBLEME IM BRÜCKENBAU	4
1.2	MOTIVATION, GEGENSTAND UND AUFGABENSTELLUNG DIESER ARBEIT	11
2	ÜBERWACHUNG VON BRÜCKEN	13
2.1	ALLGEMEINES	13
2.2	LAUFENDE ZUSTANDSÜBERWACHUNG (HEALTH MONITORING) VON BRÜCKEN.....	15
2.3	DAS MESS- UND AUSWERTESYSTEM BRIMOS ZUR ZUSTANDSÜBERWACHUNG	18
3	GRUNDLAGEN FÜR DIE ZUSTANDSÜBERWACHUNG.....	23
3.1	ÜBERSICHT	23
3.2	DEFINITIONEN	25
3.3	DER LINEARE EINMASSESCHWINGER	26
3.3.1	<i>Freie Schwingung.....</i>	<i>27</i>
3.3.2	<i>Erzwungene Schwingung.....</i>	<i>27</i>
3.4	DER LINEARE MEHRMASSENSCHWINGER	35
3.4.1	<i>Freie Schwingung.....</i>	<i>35</i>
3.4.2	<i>Erzwungene Schwingung.....</i>	<i>37</i>
3.5	DIE DÄMPFUNG VON BAUKONSTRUKTIONEN	43
3.5.1	<i>Definition der Dämpfung</i>	<i>44</i>
3.5.2	<i>Messtechnische Bestimmung der modalen Dämpfung</i>	<i>47</i>
3.6	BESTIMMUNG DER KABELKRAFT AUF BASIS VON EIGENFREQUENZMESSUNGEN	50
3.6.1	<i>Das massebehaftete Seil im statischen Gleichgewicht</i>	<i>51</i>
3.6.2	<i>Freie Schwingung eines idealen Seiles.....</i>	<i>52</i>
3.6.3	<i>Bestimmung der Eigenfrequenzen eines idealen Seiles.....</i>	<i>54</i>
3.7	EIGENFREQUENZ UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DER BIEGESTEIFIGKEIT	56
3.8	MESSTECHNISCHE VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG DES DYNAMISCHEN VERHALTENS... 61	
3.8.1	<i>Die Methoden der Erzwungenen Anregung.....</i>	<i>61</i>
3.8.2	<i>Die Methode der Ambienten Anregung</i>	<i>64</i>
3.8.3	<i>Vergleich und Beurteilung der Erzwungenen und Ambienten Anregung</i>	<i>65</i>
3.9	METHODEN ZUR SYSTEMIDENTIFIKATION	70
3.9.1	<i>Allgemeine Formulierung</i>	<i>70</i>
3.9.2	<i>Mathematische Grundlagen der ambienten Systemidentifikation</i>	<i>77</i>
4	KABEL FÜR SCHRÄGSEILBRÜCKEN.....	91
4.1	ALLGEMEINES	91
4.2	TECHNOLOGIE DER KABEL UND SEILE	92
4.2.1	<i>Stabstahlbündel.....</i>	<i>94</i>
4.2.2	<i>Stahlseile.....</i>	<i>94</i>
4.2.3	<i>Vollverschlossenen Seile</i>	<i>95</i>
4.2.4	<i>Paralleldrahtkabel</i>	<i>96</i>
4.2.5	<i>Parallellitzenkabel</i>	<i>97</i>
4.2.6	<i>Monolitzenkabel.....</i>	<i>97</i>
4.2.7	<i>Zügelgurte.....</i>	<i>99</i>
4.2.8	<i>CFK-Kabel.....</i>	<i>100</i>

4.3	SCHUTZ DER KABEL.....	101
4.4	ABSCHÄTZUNG DER ERSTEN VERTIKALEN BIEGESCHWINGUNG.....	102
4.5	SCHWINGUNGSANREGUNG VON SCHRÄGSEILEN.....	104
4.5.1	<i>Allgemeines</i>	104
4.5.2	<i>Aerodynamische Grundlagen</i>	106
4.5.3	<i>Wirbelablösung (Vortex Shedding Excitation, Karman-Wirbel)</i>	108
4.5.4	<i>Flatterschwingungen durch Böenwirkung (Buffeting)</i>	109
4.5.5	<i>Formanregung (Galloping)</i>	109
4.5.6	<i>Windschatteninstabilität (Wake Instability)</i>	110
4.5.7	<i>Regen-Wind Induzierte Schwingungen (Wind-Rain Instability)</i>	111
4.5.8	<i>Beurteilung der Schwingungsanfälligkeit</i>	113
4.5.9	<i>Indirekte Anregung von Schrägseilen</i>	115
5	DYNAMISCHE MESSUNGEN AN SCHRÄGSEILEN.....	118
5.1	AUSWERTEVERFAHREN.....	118
5.2	BESCHREIBUNG DER UNTERSUCHTEN TRAGWERKE.....	125
5.3	DONAUBRÜCKE TULLN, ÖSTERREICH.....	130
5.3.1	<i>Allgemeines zum Bauwerk</i>	130
5.3.2	<i>Ergebnisse der Untersuchung</i>	132
5.3.3	<i>Lösungsansatz zur Behebung der Schwingungsprobleme</i>	142
5.4	VOESTBRÜCKE LINZ, ÖSTERREICH.....	146
5.4.1	<i>Allgemeines zum Bauwerk</i>	146
5.4.2	<i>Ergebnisse der Untersuchung</i>	148
5.5	KAO-PING-HSI BRÜCKE, TAIWAN.....	155
5.5.1	<i>Allgemeines zum Bauwerk</i>	155
5.5.2	<i>Ergebnisse der Untersuchung</i>	157
6	ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNGEN.....	165
6.1	ALLGEMEINE ERKENNTNISSE.....	165
6.2	BESTIMMUNG DER KABELKRAFT UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DER BIEGESTEIFIGKEIT.....	177
6.3	BESTIMMUNG DER DÄMPFUNGSPARAMETER.....	186
6.4	REFERENZVERSUCHE.....	191
7	SCHLUSSFOLGERUNGEN UND WEITERE FORSCHUNGSZIELE.....	201
7.1	SCHLUSSFOLGERUNGEN.....	201
7.2	WEITERE FORSCHUNGSZIELE.....	203
7.3	KOMMENTAR.....	204
8	LITERATURVERZEICHNIS.....	206