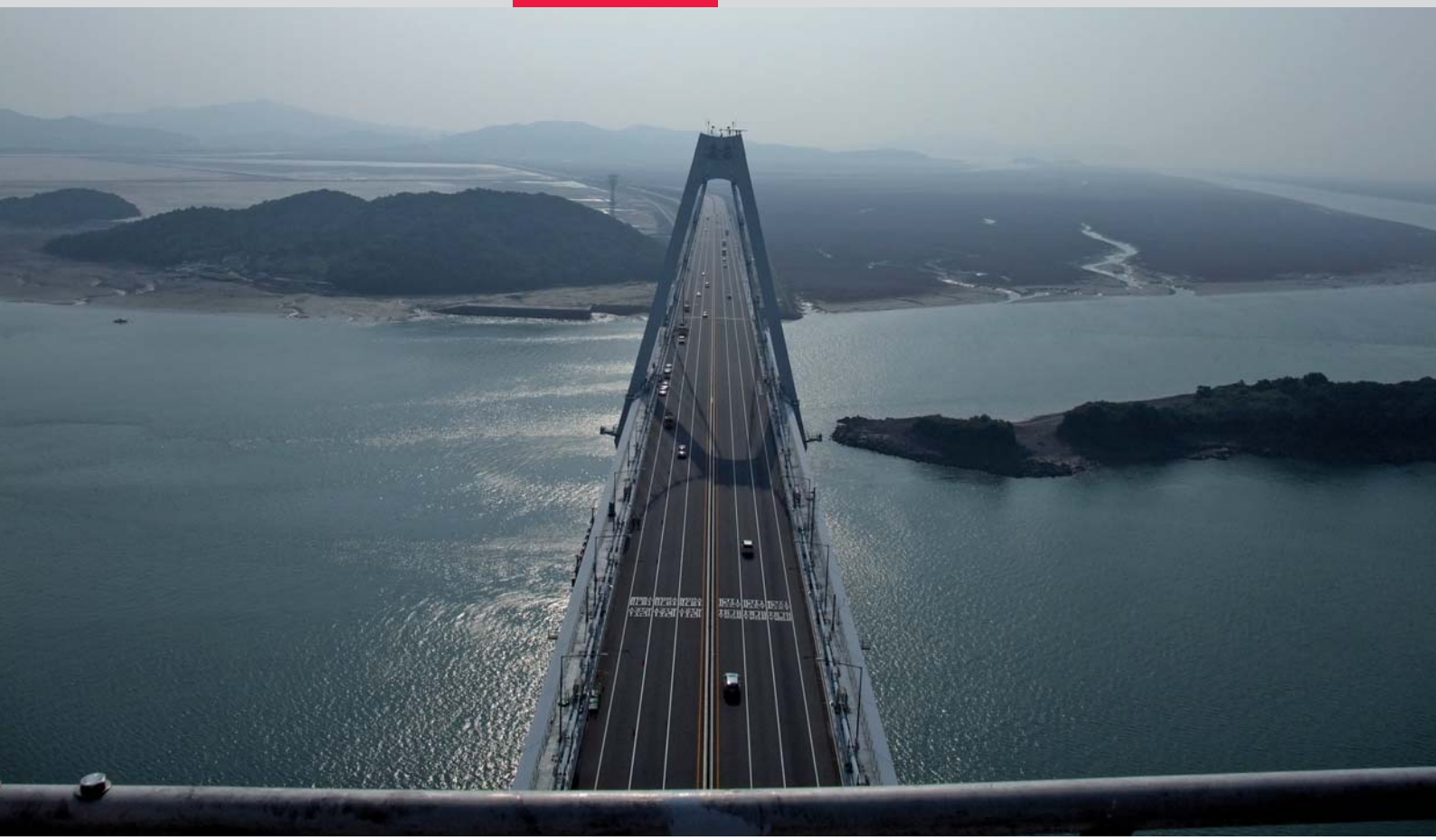

Das Tor zu Korea

von Joël van Cranenbroeck

Die neue Yeongjong-Autobahnbrücke zum Flughafen, eine doppelstöckige Stahl-Hängebrücke, verbindet als «Tor zu Korea» den Incheon International Airport mit der Stadt Seoul. Diese weltweit erste selbstverankerte Hängebrücke, die auf dem oberen und dem unteren Deck Fahrbahnen und auf dem unteren Deck eine Eisenbahntrasse führt, überspannt das Meer zwischen der Insel Yeongjong und der Stadt Incheon. Leica Geosystems wurde von der New Airport Highway Company beauftragt, eine Belastungsprüfung mit GNSS RTK-Technologie durchzuführen. Ausrüstung und Software absolvierten den Test perfekt und erzielten eine beeindruckende Genauigkeit von 1 cm. Die Prüfung demonstrierte überzeugend die Überlegenheit der Brückenüberwachung mit GNSS. In der Folge wurde das System zur Strukturüberwachung der Brücke mit einem Leica Geosystems GNSS-Monitoringsystem nachgerüstet und modifiziert, um die geometrische Form der Träger und die Verformung der Brückentürme zu beobachten und zu analysieren.

Die GNSS RTK-Technologie von Leica Geosystems erlaubt die Überwachung der geometrischen Struktur der Brücke in Echtzeit, und das bei allen Wetterverhältnissen. Die dreidimensionale Verformung der Türme, der Hauptöffnung und der Tragkabel kann direkt gemessen werden. All diese aussagekräftigen Informationen über den Zustand der Brücke lassen sich mit Strukturmodellen verbinden, um die internen Kräfte, die auf die statischen und dynamischen Belastungskomponenten der Brücke wirken, zu analysieren.

Die Zuverlässigkeit der Überwachung und Auswertung des Brückenzustands wird erhöht und das Risiko potenzieller Schäden an der Struktur der Brücke erkennbar. GNSS-Überwachung kann also auch die Effizienz und Wirkung von Instandhaltungsarbeiten maßgeblich erhöhen, indem Management und Entscheidungsträger wichtige Informationen über die

Überwachungssysteme und Software

Hardware

- 2 Leica AT504 GG Choke-Ring-Antennen
- 2 Leica GRX1200 GG Pro Referenzstationsempfänger
- 10 Leica GMX902 GG Monitoring-Empfänger
- 10 Leica AX1202 GG Antennen

Software

- Leica GNSS Spider Software zur Kontrolle und zum Betrieb von Referenznetzwerken
- Leica GNSS QC Qualitätskontroll- und Überwachungssoftware
- Analysesoftware von Drittanbietern

Verkehrs- und Struktursicherheit der Brücke erhalten. Durch die laufende Weiterentwicklung und Verbesserung von GNSS-Hardware, Berechnungsalgorithmen und Software werden GNSS-Überwachungssysteme von Leica Geosystems im großen Rahmen zur Überwachung von Brücken, Gebäuden und anderen Bauwerken eingesetzt. Das System zur Überwachung des Zustands der Yeongjong-Brücke spielt inzwischen eine aktive Rolle bei der Förderung und Entwicklung des digitalen und intelligenten Brückenbaus.

Das GNSS-System zur Deformationsüberwachung umfasst GNSS-Sensoren, Seismik- und Temperatursensoren, Zweiachs-Neigungssensoren, Kommunikationsverbindungen sowie Datenverarbeitungs-, Management- und Analysesoftware. All diese Komponenten bilden ein integriertes System, bei dessen Entwicklung die Umgebungsbedingungen als dominierende Fehlerquelle berücksichtigt wurden. Durch an der Antenne ankommende Signale werden Mehrwegeffekte verursacht, die durch nahegelegene Metallobjekte, den Boden oder die Wasseroberfläche reflektiert werden. Diese Effekte sind jedoch an jedem Messort unterschiedlich und können daher nicht durch differenzielle Verfahren beseitigt werden. Die geodätische Leica AT504 GG GNSS Choke-Ring-Antenne reduziert diese Mehrwegeffekte – am Aufstellungsort der Referenzstation wurde daher ein geeigneter Standort für die Antenne gewählt, um derartige Reflexionen auf ein Minimum zu verringern. Mit mehreren GNSS-Empfängern und Antennen (siehe Kasten) wird der Zustand der Brücke überwacht. Alle Sensoren sind mit der Leica GNSS Spider und Leica GNSS QC Software verbunden, um eine fundierte Koordinatenanalyse des gesamten Systems durchführen zu können.

Zwei GNSS-Referenzstationen wurden jeweils an stabilen Orten aufgestellt. Als Startpunkt einer jeden Basislinie musste unbedingt sichergestellt werden, dass diese Referenzstationen über präzise Koordinaten innerhalb des lokalen Koordinatensystems verfügen. Eine Referenzstation wurde auf dem Dach des Bridge Monitoring Center installiert, die andere auf der Westseite der Brücke. Um die Biegung und deren Auswirkung auf die Brücke visuell darzustellen, wurden weitere zehn GNSS-Überwachungspunkte installiert. Platziert wurden diese an den beiden Brückentürmen, am maximalen Biegungspunkt der Hauptöffnung, am ersten, zweiten, vierten, achten und letzten Punkt der in neun Sektionen aufgeteilten Brücke, sowie am Kabel. Schlussendlich lieferte das System anhand der vom Benutzer bereitgestellten Transformationsparameter dreidimensionale dynamische Verformungsresultate innerhalb des Koordinatensystems der Brücke.

Leica GNSS Spider dient über serielle und TCP/IP-Schnittstellen auch als Schnittstelle zur Analysesoftware, die von einem anderen Anbieter stammt. Verwendet werden kann jede beliebige Analysesoftware, die mit dem Standard-NMEA-Format arbeitet. Mit den erfassten Echtzeitkoordinaten der Brücke kann die Analysesoftware die Daten speichern, eine dynamische Ansicht der Deformationskurve und die statistische Analyse durchführen, und in Echtzeit benachrichtigen. Darüber hinaus lässt sich die Leica GNSS QC Qualitätskontroll- und Analysesoftware für eine eingehende Untersuchung der Resultate nutzen. Für die Überprüfung der Daten und der Resultate in der Planungs- und Betriebsphase erwies sich die Software als unverzichtbar.

Überwachungsanzeige für die Analyse.

Leica GNSS Spider – die Verbindung zwischen Sensoren und Überwachungssystem

Das zentrale RTK-Konzept von Leica GNSS Spider vereinfacht die Kommunikation erheblich. Die Empfängerausrüstung kann ferngesteuert und -überwacht werden, und der Status des gesamten Überwachungssystems lässt sich jederzeit abfragen. Mit einer Messrate von 20 Hz ist das Brückenüberwachungssystem in der Lage, auch hochfrequente Vibrationen zu erkennen. Gemäß den Empfehlungen von Leica Geosystems umfasst das Überwachungssystem für die Yeongjong-Brücke zwei Referenzstationen, um die Zuverlässigkeit und Stabilität insgesamt zu verbessern. Leica GNSS Spider unterstützt mehrere Referenzstationen und ermöglicht damit Redundanzprüfungen. Wenn die Kommunikation zu einer Referenzstation ausfällt, kann die zweite als Backup für die Verarbeitung einer beliebigen Kombination von Basislinien eingesetzt werden. Leica GNSS Spider erlaubt auch die Verarbeitung von Beobachtungen von L1 Einfrequenz- sowie L1+L2 Zweifrequenz-GNSS-Empfängern. Somit ist ein Einfrequenz-GNSS-Empfänger im Low-Motion-Modus auch für die Brückenüberwachung nutzbar.

Die Installation des GNSS-Überwachungssystems wurde von Leica Geosystems Korea durchgeführt. Die Integration des Systems in die Gesamtüberwachungslösung mit mehr als 250 weiteren Sensoren erfolgte durch BT Engineering Südkorea. ■

Über den Autor:
Joël van Cranenbroeck ist Business Development Manager für Geodätische Monitoringsysteme bei Leica Geosystems AG, Schweiz. Seit 2001 ist er bei Leica Geosystems federführend bei der Entwicklung von Hardware- und Softwarelösungen für GNSS RTK-Netzwerke und leistete mehrere wertvolle Beiträge zur Entwicklung und zur praktischen Anwendung in der geodätischen Überwachung, wie die Verfahrensbeschreibung zur Ausrichtung entlang vertikaler Hochhausstrukturen wie dem Burj Dubai.

Yeongjong-Brücke

Der Bau der Yeongjong-Brücke begann im Dezember 1993, die offizielle Freigabe für den Verkehr erfolgte im November 2000. Die Gesamtlänge der Brücke beträgt 4.420 m, die Hauptspannweite der Hängebrücke 550 m. Die Brücke ist 35 m breit und hat 49 Pfeiler. Der Ost- und Westturm sind jeweils 107 m hoch. Der Brückentyp selbst ist in drei Teile unterteilt: Stahlfachwerkbrücke (2.250 m), Hängebrücke (550 m) und Stahldeckbrücke (1.620 m).

Das Bridge Monitoring Center wurde auf der Ostseite der Brücke gebaut (New Airport Highway Gebäude) und ist mit einem Glasfaser-Kommunikationssystem, Notrufsystem, Videoüberwachung, Informationsmanagementsystem, Nachrichtensignierung, Rundfunksystem usw. ausgestattet.