(12) **PATENT**

(19) NO (11) **338822** (13) **B1**

NORGE (51) Int Cl.
E01D 21/00 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20055973	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	2004.06.03 PCT/PT2004/00011
(22)	Inng.dag	2005.12.15	(85)	Videreføringsdag	2005.12.15
(24)	Løpedag	2004.06.03	(30)	Prioritet	2003.06.06, PT, 102968 N
(41)	Alm.tilgj	2006.01.31			
(45)	Meddelt	2016.10.24			

(73) Innehaver Pedro Álvares Ribeiro do Carmo Pacheco, Rua Doutor Manuel Rodriques de Sousa, 21, 2 Esquerdo Matosinhos, PT-4450-181 PORTO, Portugal

(72) Oppfinner Pedro Álvares Ribeiro do Carmo Pacheco, Rua Doutor Manuel Rodriques de Sousa, 21, 2 Esquerdo Matosinhos, PT-4450-181 PORTO, Portugal

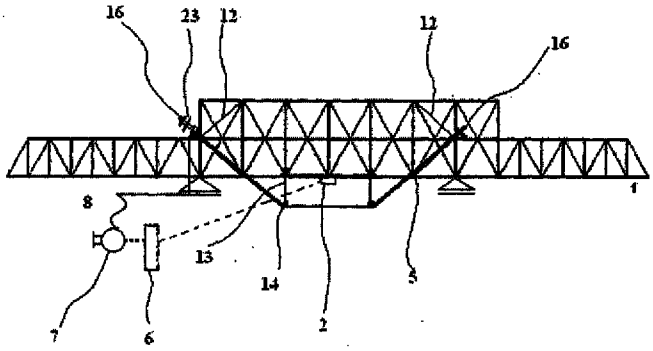
(74) Fullmektig Zacco Norway AS, Postboks 2003 Vika, 0125 OSLO, Norge

(54) Benevnelse **Stillasbro med autojusterende forspenning**

(56) Anførte publikasjoner GB 2073296 A
DE 1101477 B

(57) Sammendrag

Oppfinnelsen vedrører en stillasbro for bruk ved bygging av broer, viadukter og andre konstruksjoner. Stillasbroen er forsynt med et system som automatisk stiller inn forspenningen til stillasbroens struktur i samsvar med de ytre påvirkninger under belastning. Innstillingen av forspenningen skjer ved hjelp av minst en sensor (2) som overvåker strukturen. Sensorene sender disse målingene til en kontroller (6). Kontrolleren (6) kan da aktivere minst en aktuator som endrer spenningen i strukturens forspenningskabel eller - kabler. En av de mange fordeler med oppfinnelsen er at det vil være mulig å benytte en stor grad av forspenning uten at dette gir uønskede deformasjoner i hovedstrukturen (1) når denne ikke er under en ytre belastning.



Oppfinnelsen vedrører en stillasbro for bruk ved bygging, med særskilt en stillasbro utstyrt med et system som automatisk innstiller dens forspenning.

I moderne byggeteknikk har bruk av stillasbroer (overliggende og underliggende) ved byggingen av broer og viadukter i stor utstrekning tatt over stillas som hviler på marken. En faktor som imidlertid hindrer deres mer generelle bruk, er det faktum at de representerer en stor investering med hensyn til materialer og utførelse. Selv om stillasbroer er gjentatt anvendbare, er det også meget vanlig at de krever ombygginger, særlig når prosjektet krever større belastninger enn de i utgangspunktet har vært beregnet for. Denne tilpasningen er i seg selv meget tidkrevende og dyr, og forsinker vanligvis byggingen.

Bruk av de tidligere kjente stillasbroer medfører også visse farer. Dette fordi det dreier seg om konstruksjoner som er ment å kunne bære en stor andel av permanente og varierbare laster og kan bli utsatt for større deformasjoner og spenningspåkjenninger med tilhørende svekking av konstruksjonen, med fare for sammenbrudd. Det har tidligere forekommet flere ulykker.

Bruk av kabler eller stag med innstillbar forspenning har vært brukt tidligere for å styrke og armere betongbjelker. Se eksempelvis patentsøknad WO 00/68508 (Interconstec Co. Ltd.), WO 02/28168 (Interconstec Co. Ltd.) og WO 01/27406. Disse konstruksjoner krever imidlertid bruk av eksternt verktøy for øking eller redusering av kabelspenningen. Innstillingen foretas heller ikke i samsvar med de laster som virker på konstruksjonen på en gitt tid, men inngår isteden i en strategi som innbefatter periodisk vedlikehold av bjelkene.

I GB 2073296 A omtales ett apparat for bruk i støpning av flere seksjoner i eleverte strukturer, slik som i broer.

I DE 1101477 B beskrives en fremgangsmåte for å kompensere for deformasjonen av stillaser under påvirkning av en last.

Det er derfor en hovedhensikt med foreliggende oppfinnelse å tilveiebringe en stillasbro med et automatisk eller halvautomatisk system for innstilling av forspenningen i stillasbroens struktur i samsvar med de ytre påvirkninger som virker på den under belastning.

Nok en hensikt med oppfinnelsen er å tilveiebringe et konstruktivt sett mer effektiv stillasbro enn de tidligere kjente, mer særskilt en stillasbro som innbefatter et system hvormed deformasjoner og spenningspåkjenninger i stillasbroens konstruksjon kan motvirkes umiddelbart etter at de er oppdaget, slik at man derved vil være sikret en kompensering som garanterer en adekvat strukturell ytelse.

Nok en hensikt med oppfinnelsen er å tilveiebringe en stillasbro som kan bære mer last enn en tidligere kjent stillasbro med ekvivalent størrelse og strukturell masse.

Avslutningsvis er det også en hensikt med oppfinnelsen å tilveiebringe et system som kan benyttes for forsterkning av ulike gamle eller nye anvendte stillasbroer.

Ifølge det bredeste inventive aspekt tilveiebringes det en stillasbro for bruk ved bygging av broer, viadukter og andre konstruksjoner, hvilken stillasbro innbefatter: en lastbærende hovedstruktur, minst en ubundet kabel, en første forankring for festing av en ende av den ubundne kabel til strukturen, og en andre forankring for festing av den andre enden av den ubundne kabel til strukturen, kjennetegnet ved at det er tilveiebragt minst en sensor for måling av en fysisk endring i hovedstrukturen, idet et elektronisk grensesnitt omformer målingene til lesbare data og overfører disse til en kontroller, hvilken kontroller kan aktivere en aktuator som er anordnet mellom strukturen og den ubundne kabel og kan øke eller redusere spenningen i den ubundne kabel i samsvar med de foretatte målinger.

Den nevnte ubundne kabel kan enten være en intern eller ekstern kabel relativt konturene til hovedstrukturen, og kan ha en lineær eller flerlineær form. I tilfelle det forefinnes mer enn én kabel, kan det forekomme en blanding av interne og eksterne kabler, hvis ender er individuelt festet i spesifikke forankringer. Disse forankringene er forbundet med strukturelementer som kan innbefatte mer enn én forankring. Disse strukturelementer er vanlige, avstivede plater. Generelt vil den eneste begrensning være at kabelens utforming ikke skal komme i konflikt verken med strukturen eller byggearbeidene.

Som nevnt overvåkes hovedstrukturen av minst én sensor, plassert enten i nærheten av, på overflaten eller inne i et element i stillasbroen, eller til og med eksternt relativt hovedstrukturen. Generelt vil plasseringen av sensoren eller sensorene ikke være så viktig, så lenge de bare på en nøyaktig måte kan måle på forhånd definerte, fysiske endringer i hovedstrukturen når den er i bruk.

Målinger som er brukbare for beregningen av intensiteten og/eller retningen til de krefter som tilveiebringes med aktuatoren, kan eksempelvis være forskyvninger, dreininger, deformasjoner, lastnivå, strekk, forlengelser eller trykk. Stillasbroen er også fordelaktig forsynt med en eller flere hjelpesensorer for måling av temperatur og eventuelt for måling av hastigheter eller akselerasjoner. Mange sensortyper oppnår godtagbare resultat, og eksempelvis kan sensoren eller sensorene være en trykktransduser, et ekstensometer, en LVDT, en lasersensor eller en ladningsfelle. Sensorene kan være direkte forbundet med kontrolleren eller via en grensesnittkrets som kan innbefatte forsterkningsfiltere eller omformingsinnretninger. Fordelaktig benyttes noen transdusere med standrad utgang (eksempelvis 4-20 mA), slik at det ikke kreves ekstra grenseskiktelementer.

Overføringen av data eller signaler ifølge oppfinnelsen kan skje enten ved hjelp av en fysisk forbindelse eller med trådløs teknologi, mer særskilt ved hjelp av elektriske ledninger, optiske fibre, radiofrekvens- eller infrarød-, Wi-Fi eller Bluetooth™ - teknologi. Dersom det benyttes trådløs teknologi for overføring av data eller signaler mellom sensoren (sensorene) og kontrolleren og mellom kontrolleren og aktuatoren (aktuatorene), vil det være nødvendig å forsyne disse elementer med tilsvarende transmittere og mottagere for dataene.

Den nevnte kontrolleren ifølge oppfinnelsen innbefatter minst en computer eller automatikk som kan kjøre minst et dataprogram eller prosesskode. Dataprogrammet eller prosesskoden kan motta data fra sensoren eller sensorene, behandle disse og overføre de behandlede data i form av instruksjonssignaler til minst en aktuator. Disse instruksjonssignalene aktiverer aktuatoren eller aktuatorene og medfører at de på en nøyaktig måte øker eller reduserer strekkspenningen i den ubundede kabel. Fortrinnsvis inneholder programvaren eller prosesskoden minst tre underprogrammer, nemlig et testprogram, et lastprogram og et avlastningsprogram. Testprogrammet innbefatter en basis-algoritme som benyttes for direkte fremming av strekkingen og slakkingen av kablene, og muliggjør en gjennomføring av kalibrerings- og vedlikeholdstester. Lastprogrammet innbefatter en algoritme som reflekterer den kontrollstrategi som skal benyttes for den spesifikke stillasbro i belastningsfasen (eksempelvis under en betongstøping). Avlastingsprogrammet innbefatter en algoritme som reflekterer aktuatorens retur til hvilestillingen (for benyttelse eksempelvis når det benyttes en brodekk-forspenning).

Som nevnt vil bevegelsen av aktuatoren eller aktuatorene bestemmes ved mottak av instruksjonssignaler fra kontrolleren. Disse instruksjonssignaler gir beskjed til aktuatoren eller aktuatorene om å utøve en spesifikk kraftpåvirkning og/eller en respektiv kraftretning. Aktuatoren eller aktuatorene er derfor ansvarlige for endring av strekkspenningen i den eller de ubundede kabler og således for innstillingen av hovedstrukturens forspenning. En fagperson vil forstå at økingen eller reduseringen av strekkspenningen i kabelen vil/bør være i samsvar med behovet for motvirkning av de interne krefter som oppstår i strukturen under ekstern påvirkning. I det tilfellet at det forefinnes mer enn én kabel, kan strekket i kablene økes eller reduseres samtidig eller uavhengig av hverandre. Dette muliggjør en innstilling av forspenningen i spesifikke deler av hovedstrukturen.

I en annen, noe mindre foretrukket utførelse av oppfinnelsen, kan kontrolleren være et menneske, dvs. en operatør som styrer en elektronisk styretavle for aktivering av aktuatoren eller aktuatorene. Ved en slik utførelse vil operatøren motta dataene fra føleren/følerne og tolke disse. Avhengig av avlesningene kan operatøren så påvirke bevegelsen av aktuatoren/aktuatorene for derved å introdusere selv-likevektdannende krefter i hovedstrukturen. En slik halvautomatisk innstilling av forspenningen i strukturen vil være mindre nøyaktig enn bruk av en helautomatisk kontroller, og vil derfor være mindre sikker og pålitelig. Den krever også at operatøren må foreta en permanent påvirkning av aktuatoren/aktuatorene i lengre tid, opptil flere timer, eksempelvis ved betongstøpingen av et brodekk.

Det skal også nevnes at oppfinnelsen også innbefatter en forsyning av allerede eksisterende stillasbroer med et automatisk innstillbart forspenningssystem. Dette oppnås ved å utstyre eksisterende stillasbroer med de vesentlige elementer og systemet ifølge den forannevnte oppfinnelse.

Den store fordelen med oppfinnelsen er at den gjør det mulig å benytte større forspenninger uten derved å utsette hovedstrukturen for uønskede deformasjoner under store eksterne belastninger. Dersom en slik mengde forspenning ble anvendt i forbindelse med tidligere kjent "fast" forspenning, uten ekstern belastning, ville hovedstrukturen brytes "opp-ned". I tillegg gir foreliggende oppfinnelse en vesentlig reduksjon av forspenningstap.

En stillasbro med auto-innstillbar forspenning vil ha sterkt reduserte midtspenn-nedbøyninger, fordi en innstilling av forspenninger vil kompensere for

hovedbelastningen. Selv om forspenningen introduserer kompresjonsspenninger, av samme årsak som nevnt foran, vil bøyemomenter i hovedstrukturen reduseres vesentlig, hvorved maksimalspenninger i hovedstrukturelementene reduseres. Tverrsnittet til strukturelementene kan derfor reduseres vesentlig, slik at det oppnås en lettere og mer funksjonell stillasbro.

I tillegg vil stillasbroen også være mer økonomisk enn de tidligere kjente, fordi den muliggjør en mye større gjentatt anvendelse av en stillasbro. Som det vel går frem av beskrivelsen, kan en stillasbro med automatisk innstillbar forspenning benyttes i flere andre situasjoner enn tilfellet er for de tidligere kjente stillasbroer. Det skyldes den evnen den nye stillasbro har til å dekke et større antall lastnivåområder (eller spennområder) uten behov for vesentlige forsterkninger.

Nok en fordel er at stillasbroens strukturelle oppførsel vil være under kontinuerlig overvåking og at farlige deformasjoner eller spenninger som skyldes eksterne påvirkninger, umiddelbart vil motvirkes og løses. Da det benyttes ekstra sikringstiltak, særlig med elektroniske komponenter og noen mekaniske innretninger, vil stillasbroens sikkerhet ikke påvirkes dersom en eller annen komponent skulle svikte.

Det skal nevnes at uttrykket "forspenning" som benyttet her, dekker en introdusering av et sett selv-likevektdannende krefter i strukturen, hvilke krefter vil motvirke de interne krefter som oppstår i strukturen ved ytre påvirkninger.

Fig. 1 viser et forenklet sideriss av en utførelse av oppfinnelsen, hvor det er mulig å se hovedelementene som utgjør oppfinnelsen,

Fig. 2 er et skjematisk riss av utførelsen av stillasbroen i fig. 1,

Fig. 3 viser en ende av en ubundet kabel forankret i hovedstrukturen ved hjelp av en forankring som er passiv/ikke-bevegbar,

Fig. 4 viser en ende av en ubundet kabel som er forankret til hovedstrukturen ved hjelp av en forankring som er aktiv/bevegbar som følge av at det er plassert en hydraulisk jekk mellom kablene og forankringen,

Fig. 5 viser et flytskjema for en mulig automatisk kontrollprosess ifølge oppfinnelsen,

Fig. 6 viser et diagram for en mulig implementering av kontrollalgoritmen ifølge oppfinnelsen,

Fig. 7 viser en forenklet hydraulisk krets,

Fig. 8 viser en skjematisk representasjon av en fluidkrets med en trykktransducer,
Fig. 9 viser rent forenklet et forlengbart forbindelsesstag og avbøyningssadel, og

Fig. 10 viser en forenklet, en annen utførelse av et bevegbart stag og avviks-sadelsystem (dreibart).

Det skal nå gis en mer detaljert beskrivelse av oppfinnelsen, under henvisning til tegningen og de der angitte utførelseseksempler.

I fig. 1 er det vist en stillasbro innbefattende en hovedstruktur 1 bestående av to ytre seksjoner og en midtseksjon. De to ytre seksjonene, som er ment å lette plasseringen, har en mindre høyde enn midtseksjonen, som er beregnet for bæring av forskalinger og hovedlaster. Hovedstrukturen er en gitterbjelke i en form som vist i fig. 1. Plasseringen av opplagerne er bestemt for en typisk byggemåte hvor hvert betongstøpesegment, med samme lengde som strukturspennet, begynner i en avstand ca. 1/5 av spennet fra det fremre opplager for det forangående segment.

Hovedstrukturen 1 har to eksterne kabler 5, en på hver lengdeside av strukturen. Kablene må, av naturlige årsaker, være ubundne og kan enten være av en strengs- eller flerstrengstypen. De ubundne kabler kan anordnes i plastrør som er fylt med smøremiddel i samsvar med andre kjente løsninger. Eksentrisiteten til hver ekstern kabel 5 oppnås med de to avstandsplasserte, eksterne avbøyningssadler 14 som støttes av to tilhørende forbindelsesstag 13. Hvert slikt forbindelsesstag 13 har en første ende koblet til en avbøyningssadel 14 og en andre ende som er forbundet med hovedstrukturen 1. Hvert forbindelsesstag 13 er fordelaktig sammentrekkbart (ved dreiing) eller forlengbart, for derved å lette plasseringen (se fig. 10).

Hver ende av begge kabler 5 er festet til hovedstrukturen 1 ved hjelp av to forankringer. De første endene til begge de eksterne kabler 5 er festet til hovedstrukturen ved hjelp av faste eller "passive", tidligere kjente forankringer. Som vist i fig. 3 består disse forankringer av tidligere kjente forankringshoder 16 som er fiksert relativt styrkeplater

15 som på sin side er permanent forbundet med hovedstrukturen 1. De andre endene til kablene 5 er festet til en bevegbar forankring ifølge oppfinnelsen.

I fig. 4 ser man at den bevegbare forankring ifølge oppfinnelsen innbefatter et tidligere kjent forankringshode 16 som er fiksert til en styrkeplate 18 som på sin side er tilknyttet en hydraulisk jekk 23. Denne hydrauliske jekk er fiksert til en styrke-reaksjonsplate 17 som på sin side er permanent forbundet med hovedstrukturen 1. Det skal her nevnes at mange andre utførelsesformer er mulige. Eksempelvis kan reaksjonsplaten 17 ha to hydrauliske jekker, anordnet på sidene, med kabelen i midtavsnittet, eller antall kabler kan være likt antall aktuatorer og kan gå gjennom dem (tidligere kjente hulsylindere).

Bevegelsen av stempelet i den hydrauliske jekk 23 kan skje med elementære slagbevegelser, hvorved platen 18 og forankringshode 16 skyves vekk fra hovedstrukturen 1 og derved kabelen eller kablene i stillasbroen spennes, med tilhørende øking av forspenningen i strukturen. Omvendt, dersom platen 18 og forankringshodet 16 beveger seg mot hovedstrukturen 1, vil kabelen eller kablene i stillasbroen slakkes, med tilhørende redusert forspenning i strukturen. Bevegelsen av stempelet i den hydrauliske jekk 23 oppnås ved hjelp av en hydraulisk krets med en energitilførsel som vil bli omtalt nærmere nedenfor. Intensiteten til den kraft som skal utøves med den hydrauliske jekk 23 mot platen 18, en intensitet som er avhengig av antallet slagbevegelser av stempelet, vil være i samsvar med de behandlede signaler som mottas fra kontrolleren. Disse signaler baserer seg i sin tur på målingene med sensoren eller sensorene. Det skal nevnes at så vel de bevegbare som passive forankringer er utført slik at de muliggjør en avlasting av kablene dersom det skulle bli nødvendig å bytte dem ut eller å flytte strukturen.

Alternativt, se fig. 9, kan strammingen og slakkingen av de nevnte ubundne kabler 5 og som oppnås med en bevegelse av forlengbare stag 13 når hydrauliske jekker er plassert mellom hovedstrukturen 1 og avbøyningssadlene 14. I en slik utførelse vil en bevegelse av stempelet i den hydrauliske jekk medføre at den tilhørende avbøyningssadel 14 beveges vekk fra hovedstrukturen 1. Derved blir den med sadelen forbundne kabel strammet, med tilhørende øking av strukturens forspenning. I et slikt tilfelle vil aktuatoren øke både kraften og eksentrisiteten på samme tid.

Aktuatorens hydrauliske krets kan være lik den som er vist i fig. 7. Denne hydrauliske krets innbefatter en hydraulisk pumpe 20 med respektiv motor 21, styreventiler 22, trykkbegrensningsventiler 25 og et reservoar 25. Styreventilene 22 er ved hjelp av

ledninger eller rør 8 forbundet med den hydrauliske jekk eller jekker 23. Instruksjonssignalene fra kontrolleren aktiverer den elektriske motor 2, hvilket bevirker en strøm av olje eller lignende fluid i ledningene 8. Instruksjonssignalene medfører også en bevegelse av styreventilene 22 for endring av strømningsretningen til oljen eller et lignende fluid. Utførelsen og monteringen av det hydrauliske system skjer i samsvar med kjent teknikk og ved bruk av kjent teknologi. I det tilfelle at det benyttes mer enn én aktuator (eksempelvis mer enn én jekk), tilpasses utformingen av det hydrauliske system tilsvarende. Det er vesentlig at kombinasjonen av en hydraulisk krets og jekker ikke arbeider for hurtig, da dette vil kunne kompromitere strukturens integritet. Motoren er fordelaktig en elektrisk motor, men andre muligheter foreligger også.

De krav som stilles til det hydrauliske system er:

(i) den maksimale kraften i hver hydraulisk jekk er lik den forspenningskraft som skal tilveiebringes;

(ii) maksimumsbevegelsen til det enkelte stempel svarer til den strekking av kablene som vil gi den maksimale forspenningskraft, pluss en bevegelse som er nødvendig for å kompensere for forspenningstap, pluss en konstruktiv bevegelse som letter monteringen av kablene,

(iii) hvert stempels minimumshastighet er slik at systemets responsperiode er lik eller mindre enn den tilhørende belastningsperiode,

(iv) stempelets maksimalhastighet er slik at α-faktoren (dynamisk forsterkningsfaktor) ikke innebærer systemets instabilitet – se nedenfor angitte ligning 2, med mindre det treffes andre tiltak for å unngå dynamiske problemer,

(v) minimumstrykket på hvert stempel er slik at dimensjonene er geometrisk kompatible med anordningen i stillasbroen.

For å muliggjøre automatiseringen av det innstillbare forspenningssystem som er beskrevet foran, er stillasbroen ifølge oppfinnelsen også forsynt med minst en sensor for overvåking av hovedstrukturens 1 strukturelle oppførsel. I en foretrukket utførelse er hovedstrukturen 1 forsynt med en sensor som fortrinnsvis er plassert i et område nær midtspennet, på undersiden av strukturen 1. Denne sensor er eksempelvis et ekstensometer som er fastlimt til en profil i det overvåkede området og muliggjør en måling av variasjoner i forlengelsen og derved variasjoner i strekkspenningen. Hovedstrukturen 1 kan også fordelaktig være forsynt med en trykktransducer som er plassert halvveis i stillasbrospennet og muliggjør måling av trykk og derfor altimetriske variasjoner. Som vist i fig. 8 kan det her dreie seg om en meget enkel måling som

baserer seg på den statiske trykkforskjell mellom fluidnivået i et fluidreservoar 28 anordnet på et fast sted (eksempelvis over en søyle) og en adekvat trykktransducer 26 som er anordnet ved et midtspenn av bjelken 1, med en fleksibel fluidledning som forbindelse 27. Enhver deformering av hovedstrukturen vil måles som en trykkvariasjon i trykksensoren. Denne verdi påvirkes bare av vertikale bevegelser og ikke av lateralbevegelser eller kompresjonsfenomen i strukturen.

Naturligvis ville et større antall sensorer øke kjennskapet til de ytre og indre krefter i hovedstrukturen 1 og derved bidra til å gi et klarere bilde av strukturen til enhver tid. Eksempelvis vil det kunne være fordelaktig å ha ekstensometeret tilknyttet ulike fagverkselementer og at stempelstillingen i den hydrauliske jekk verifiseres ved hjelp av en LVDT-sensor. Imidlertid, uten at man gir avkall på redundansen, vil systemet kunne bli enklere dersom bare en måling inngår i kontroll-hovedalgoritmen. Den eller de komplementære sensorer, som kan monteres i nærheten av, på overflaten eller inne i elementene i stillasbroen eller til og med eksternt relativt hovedstrukturen 1, kan gi data som sendes til kontrolleren, enten gjennom en fysisk kobling eller trådløst, for tilveiebringelse av redundans. Utgangssignalet fra den enkelte sensor må ta hensyn til termiske variasjoner og elektromagnetfelt, særlig i tilfeller hvor transduceren er anordnet flere titalls metere fra kontrolleren.

Som nevnt innbefatter kontrolleren 6 ifølge oppfinnelsen minst en computer eller automat (eksempelvis en PLC) innbefattende et computer-program eller prosesseringskode. Computer-programmet innbefatter en mottagsfase for data fra sensoren/sensorene 2, en prosesseringsfase for prosessering av data mottatt fra sensoren/sensorene 2, og en transmisjonsfase for transmittering av de prosesserte data eller instruksjonssignaler til en aktuator eller aktuatorer. Det skal nevnes at avstanden mellom sensoren/sensorene 2 og kontrolleren 6 ikke er en begrensende faktor.

Utviklingen av computer-programmet eller prosesseringskoden skjer i samsvar med kjent teknikk, i et språk som er kompatibelt med den anvendte computer eller automat. Hensikten med programmet eller prosesseringskoden er å tilveiebringe kontrollstrategier for den automatiske kontroll av det innstillbare forspenningssystem.

Generelt benyttes en av de følgende kontrollstrategier:

a) kontroll av strekkspenningene i en indre halvspennseksjon (kontrollseksjon),
b) kontroll av nedbøyningen i stillasbroens midtspenn.

Kontrollstrategi (a) gir en enkel algoritme, tilsvarende den klassiske "på-av". I utgangspunktet, for en stillasbro med bare en aktuator, vil stempelet i den hydrauliske jekk, dersom strekket øker i kontrollseksjonen, beveger seg en på forhånd bestemt slaglengde (vekk fra hovedstrukturen 1), dvs. at forspenningskreftene forsterkes. På den annen side, synker strekkpåvirkningen, så vil hydrauliske jekk 23 utføre et på forhånd bestemt tilbaketrekkingsslag (mot hovedstrukturen), dvs. at forspenningskreftene reduseres.

Den foran antydede algoritme er vist i fig. 5. Algoritmen kan også uttrykkes matematisk:

$$\begin{cases} \Delta_{ai} < \sigma_{Sci}(G) + \sigma^{t}_{Sci}(Q) + nc_t \times \overline{\sigma}^{A}_{Sci} < \Delta_{ci} & \Rightarrow \quad nc_{t+\Delta t} = nc_t \\ \sigma_{Sci}(G) + \sigma^{t}_{Sci}(Q) + nc_t \times \overline{\sigma}^{A}_{Sci} > \Delta_{ci} & \Rightarrow \quad nc_{t+\Delta t} = nc_t + 1 \\ \sigma_{Sci}(G) + \sigma^{t}_{Sci}(Q) + nc_t \times \overline{\sigma}^{A}_{Sci} < \Delta_{ai} & \Rightarrow \quad nc_{t+\Delta t} = nc_t - 1 \end{cases}$$

Ligning 1

hvor,

$\sigma_{Sci}(G)$ er spenningen i den relevante fiber i kontrolltverrsnittet i ved dødvekt,

$\sigma^{t}_{Sci}(Q)$ er spenningen i den relevante fiber i kontrolltverrsnittet i ved "levende" belastning på tidspunktet t,

er spenningsøkningen i den relevante fiber i kontrolltverrsnittet i tilveiebragt med ett hydraulisk jekkslag,

nc_t e $nc_{t+\Delta t}$ er antall slagbevegelser på tidspunktet t og t+Δt,

$nc_t \times \overline{\sigma}^{A}_{Sci}$ er spenningen i den relevante fiber i kontrolltverrsnittet i som følge av den auto-innstillbare forspenning på tidspunktet t,

Δ_{ci} e Δ_{ai} er kompresjonsmarginen og aktivitetsmarginen til det innstillbare system (dette er de spenningsnivåer som medfører at sensorene leverer signaler).

Anvendelse av denne type algoritme bør skje med målinger av kontrollinnstillinger for å unngå instabilitet.

Typisk kan belastningene på stillasbroer skje meget langsomt, eksempelvis ved betongstøping av slike konstruksjoner som brodekk, en støpeprosess som kan ta flere timer. Det vil derfor være relativt enkelt å unngå den dynamiske forsterkningsvirkning. Det som er nødvendig er bare å sikre at tidsperioden for hver slagbevegelse er flere ganger lengre enn hovedstrukturens 1 naturlige vibrasjonsperiode. Allikevel bør den dynamiske forsterkning kvantifiseres og man bør verifisere følgende tilstand:

$$\left|\bar{\sigma}^{A}_{Sci}\right| \cdot \alpha < \left|\Delta_{ai} - \Delta_{ci}\right| - \sum \left|\delta j\right|$$

Ligning 2

Her er α den dynamiske forsterkning som måles under aktuatorens innvirkning, og δj representerer usikkerhet j.

Dynamiske problemer kan også unngås ved å bruke programvarefiltere, eksempelvis slike som neglisjerer data som avviker signifikant fra gjennomsnittsverdier.

I en vanlig anvendelse av oppfinnelsen, må det tas hensyn til visse fundamentale usikkerheter: forskjeller i kontrollseksjonen som følge av en forlengelse som er lik den maksimale feil i ekstensometermålingene ($\delta 1$) og strekkforskjellene i kontrollseksjonen som følge av den maksimale feil i posisjoneringen av den hydrauliske jekks 23 stempel under en grunnleggende banebevegelse ($\delta 2$) (sistnevnte har i seg selv flere usikkerheter, nemlig de som relaterer seg til materialtrekk i hovedstrukturen 1og kablene 5, strekktap og byggefeil).

Selv om det er gitt feilkvantifiseringer (eller de maksimale avvik i materialegenskaper) fra utstyrs- og materialleverandørene, bør det gjennomføres prøver for eksperimentell kvantifisering av de respektive verdier under kalibreringen.

Ved slike anvendelser, gitt den relativt lange belastningstid, kan responsforsinkelser generelt ses bort fra.

Samtidig verifiseres følgende ligning:

$$\sigma_{Sci}(G) - \Delta_{ai} < \left|\bar{\sigma}^{A}_{Sci}\right| - \sum \left|\delta j\right|$$

Ligning 3

Er denne ligning tilfredsstilt så er man sikret at systemet ved fravær av belastning vil gå tilbake til sin opprinnelige stilling.

Kontrollinnstillingene bestemmes på følgende måte:

Spenningsøkningen i kontrollseksjonen i, tilveiebragt av aktuatoren med et stempelslag $\overline{\sigma}_{Sci}^{A}$, defineres som en funksjon av den korteste strekning den hydrauliske jekk 23 kan bevege seg med akseptabel nøyaktighet (dersom slagbevegelsen er kjent, som er lik strekkingen av kablene, vil også forspenningen være kjent, og derved er også den respektive spenningsvariasjon i kontrollseksjonen definert):

Så snart denne verdien er kjent og summen av usikkerhetene også er kjent (en funksjon av det valgte utstyr og de valgte materialer), kan man bestemme Δ_{ai} ved hjelp av ligning 3;

Verdien av α er på forhånd bestemt og konfirmert ved forsøk;

Tilslutt bestemmes Δ_{ci} ved hjelp av ligning 2.

Kontrollstrategien (b) kan bestemmes med en algoritme lignende den for (a). Kontrollvariabelen vil da være midtspennet nedbøyning og man velger sensorutførelsen i fig. 8. I utgangspunktet, for en stillasbro med bare en aktuator, vil den hydrauliske jekks stempel. Dersom midtspennets nedbøyning overstiger en på forhånd bestemt verdi, beveger seg med en på forhånd bestemt slaglengde (vekk fra hovedstrukturen 1, dvs. at forspenningskreftene øker. På den annen side, dersom midtspennets avbøyning overstiger en annen på forhånd bestemt verdi (hovedbjelkens midtspennseksjon er "for høy"), så vil den hydrauliske jekk 23 utfører en på forhånd bestemt inntrekkingsbevegelse (mot hovedstrukturen 1, dvs. at forspenningskreftene reduseres). Denne andre strategi (b) er enklere enn kontrollstrategien (a) og er ikke sensitiv med hensyn til lokale fenomen (hvor sensoren er plassert). Denne strategi kan bekreftes matematisk med ligninger lik ligning 1.

Denne prosedyre kan lett generaliseres for stillasbroer som har mer enn en aktuator. Planleggingen av mer robuste strategier foretas under hensyntagen til faktorer så som

hvordan betongstøpingen foregår, eller under hensyntagen til ikke-symmetriske belastninger, eksempelvis krummede brodekk.

Kontrollpulten utføres i samsvar med vanlig kjent teknikk, under hensyntagen til de aktuelle preferanser eller behov. Kontrollpulten kan aktiveres ved hjelp av knapper eller ved hjelp av et digitalt grensesnitt. Kontrollpulten plasseres fordelaktig i stillasbroen 1, nær aktuatoren og den hydrauliske pumpe 20.

En fagperson vil forstå at kontrollen av systemet også kan skje på en halvautomatisk måte, idet en menneskelig operatør da erstatter den automatiske kontrollenhet. I et slikt senario vil det foreligge en enkel elektrisk pult for kontroll av den hydrauliske krets og de hydrauliske jekker, dvs. intensiteten og kraftretningene. Den menneskelige operatør vil motta avlesningene fra sensorene som er plassert i nærheten av, på overflaten, inne i og/eller utvendig i forhold til hovedstrukturen, tolke disse og manuelt bestemme hvilken jekk eller jekker som skal bringes til virkning, samt retningen og nivået til virkningen. Dette halvautomatiske system er mer utsatt for feil enn det foran beskrevne helautomatiske system, men det representerer en mulig utførelsesform av oppfinnelsen.

For at stillasbroen ifølge oppfinnelsen lett skal kunne flyttes, eksempelvis fra et spenn til et annet, er det viktig å ta hensyn til visse funksjonsmessige krav. Visse stillasbroelementer som rager langt ut over strukturkonturene, utformes slik at de er bevegbare, tilbaketrekkbare eller fjernbare. Dette er særlig viktig for forbindelsesstagene 13, avbøyningssadlene 14 og kablene 5. For oppnåelse av dette kan det benyttes flere mulige løsninger, avhengig av forflytnings- og plasseringsforholdene. I en mulig utførelsesform benyttes det ifølge oppfinnelsen dreibare stag som plasseres ved hjelp av sekundære hydrauliske jekker og hvis rotasjonsbevegelse begrenses av strukturelt sett faste innretninger (se fig. 10).

Det vil også kunne være mulig å ha en hovedstruktur 1 som kan deles opp i flere moduler, slik at den kan tilpasses spenn med ulike lengder. Dette er en egenskap som er vanlig ved mange moderne, tidligere kjente stillasbroer.

I samsvar med strukturelle konstruksjonstrekk kan forsterkninger 12 anordnes i nærheten av forankringene og der hvor forbindelsesstagene 13 er forbundet med hovedstrukturen 1.

Avbøyningssadlene kan være utformet med glidedeler (ikke vist) i kontaktområdet med kabelen eller kablene, slik at disse får et tangensielt forløp og man derved kan redusere eventuelle høye frikjonskrefter og derved hindre slitasjeutmatting. Smurte hjul kan også benyttes for dette formål.

Nær aktuatoren kan det også anordnes et mekanisk sikringssystem, idet to innstillbare muttere på to faste stag følger stempelbevegelsen med en liten forsinkelse, og derved hindrer en aktuator-tilbaketrekking i tilfelle svikt i en eller annen hydraulisk komponent.

I den hydrauliske kretsen for aktuatorene, kan det installeres ekstra holdeventiler, mellom retningsventilen og stempelet, for derved å unngå forspenningstap. Systemet forsynes også fordelaktig med alarmer for varsling om farlige situasjoner. Bortsett fra alarmene kan nødsignaler eller nødmeldinger sendes til et kontrollkabinett eller eventuelt til mobiltelefoner som arbeiderne og operatørene på stedet har. Det kan også være fordelaktig å utforme og installere et nødenergisystem som benyttes for tilføring av energi i tilfelle av at den normale energitilførsel svikter.

Avhengig av det enkelte tilfellet og den foreliggende risiko, må det sørges for redundans for de fleste elektroniske komponenter og for noen elementer i den hydrauliske krets.

Det anbefales visse prosedyrer før stillasbroen belastes i en arbeidssituasjon, så som at det gjennomføres en serie av preliminære tester og kalibreringstester. Slike tester vil tjene til å identifisere visse mekaniske og strukturelle egenskaper og tilstander, og også for evaluering av forbindelser, kabelelastisitet, sensorytelsen og at aktuatoren/aktuatorene virker skikkelig og med ønsket nøyaktighet. Slike tester bør gjennomføres helt til hele systemet er tilfredsstillende innstilt.

Patentkrav

1.

Stillasbro for bruk ved bygging av broer, viadukter og andre konstruksjoner, hvilken stillasbro innbefatter

- en hovedstruktur (1),
- minst en ubundet kabel (5),
- en første forankring (16) for festing av en ende av nevnte ubundne kabel (5) til nevnte struktur (1), og en andre forankring for festing av den motsatte enden av nevnte ubundne kabel (5) til nevnte struktur (1), karakterisert ved stilasbroen ytterligere innbefatter:
- minst en sensorenhet (2) for måling av en fysisk endring i hovedstrukturen (1),
- en aktuator (23)
- en kontroller (6), som kan aktivere nevnte aktuator (23),
- et elektronisk grensesnitt (3) som omformer nevnte målinger til nevnte sensor (2) til lesbare data og overfører nevnte data til nevnte kontroller (6),
- nevnte aktuator (23) er anordnet mellom nevnte struktur (1) og nevnte ubundne kabel (5), og videre kapabel til å autojustere forspenningen ved å øke eller minke spenningen i nevnte ubundne kabel (5) i henhold til målingene som utføres av nevnte sensor (2), og som er sendt til nevnte kontroller (6), idet nødvendigheten av å motvirke de indre kreftene som blir generert i strukturen av de ytre aktivitetene, slik at spenningen øker som respons på økt indre krefter i nevnte hovedstruktur (1), eller minker som respons på minkende indre krefter i nevnte hovedstruktur (1),
- hvorpå i bruk, reduseres midtspennets avbøyning og bøyebevegelser i nevnte hovedstruktur (1) vesentlig på grunn av nevnte autojustering av forspenning som kompenserer for hovedbelastningen, for derved å redusere den maksimale spenningen i deler av nevnte hovedstruktur (1) og tillate signifikante reduksjoner i seksjoner av strukturelementer, og derved tilveiebringe en mye lettere og mer funksjonell stilasbro.

2.

Stillasbro ifølge krav 1, karakterisert ved å innbefatte et mekanisk sikringssystem nær nevnte aktuator (23 med to innstillbare muttere på to faste stag som følger aktuatorens (23) bevegelsen med en liten forsinkelse, for derved å hindre en aktuator-tilbaketrekking i tilfelle svikt i en hvilken som helst komponent.

3.
Stillasbro ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at den nevnte kontroller (6) er i det minste en computer eller automat som kan kjøre i det minste et computerprogram eller en prosesseringskode.

4.
Stillasbro ifølge krav 1 og 2, k a r a k t e r i s e r t v e d at det nevnte computerprogram eller prosesseringskoden kan lese de data som transmitteres fra sensoren (2), og kan beregne intensiteten og/eller retningen til den kraft som aktuatoren (23) skal utøve på den ubundne kabel.

5.
Stillasbro ifølge et hvilke som helst av kravene 1 - 4, k a r a k t e r i - s e r t v e d at nevnte kontroller (6) er en menneskelig operatør som manuelt betjener en koblingspult som er forbundet med den i det minste ene aktuator.

6.
Stillasbro ifølge et hvilke som helst av kravene 1 - 5, k a r a k t e r i - s e r t v e d at nevnte ubundne kabel (5) kan være anordnet internt eller eksternt relativt hovedstrukturens konturer.

7.
Stillasbro ifølge et hvilke som helst av kravene 1 - 6, k a r a k t e r i - s e r t v e d at nevnte ubundne kabel (5) har en lineær eller multilineær utstrekning.

8.
Stillasbro ifølge et hvilke som helst av kravene 1 - 7, k a r a k t e r i - s e r t v e d at spenningen i nevnte ubundne kabel (5) økes eller minkes av nevnte aktuator (23) som et resultat av bevegelse av forankringen (19) vekk fra og mot, respektivt, i forhold til nevnte hovedstruktur (1).

9.
Stillasbro ifølge et hvilke som helst av kravene 1 - 8, k a r a k t e r i - s e r t v e d at nevnte aktuator er minst ett forlengbart stag (13) med en første ende som er løsbart forbundet med en sadel (14) som støtter nevnte ubundne kabel (5), og en andre ende som er løsbart forbundet med nevnte hovedstruktur.

10.
Stillasbro ifølge et hvilke som helst av kravene 1 - 9, k a r a k t e r i - s e r t v e d at staget eller stagene (13) som støtter sadlene (14), er tilbaketrekkbare eller bevegbare, med translasjon eller rotasjon.

11.
Stillasbro ifølge et hvilke som helst av kravene 1 - 10, k a r a k t e r i - s e r t v e d at den nevnte eller hver sensor (2) er anordnet i nærheten av, på overflaten av eller innvendig relativt elementene i stillasbroen, eller eksternt relativt nevnte hovedstruktur.

12.
Stillasbro ifølge et hvilke som helst av kravene 1 - 11, k a r a k t e r i - s e r t v e d at nevnte sensor (2) er et ekstensometer, en trykktransduser, en LVDT, en lasersensor, en ladningscelle, et inklinometer, en piezometrisk sensor eller en lignende innretning.

13.
Stillasbro ifølge et hvilke som helst av kravene 1 - 12, k a r a k t e r i - s e r t v e d at nevnte data som måles med nevnte sensor eller sensorer (2) for beregning av nevnte intensitet og/eller retning til de krefter som aktuatoren (23) skal utøve, er i det minste trykk-, avbøynings-, dreiings-, deformasjons-, spennings- eller belastningsverdier.

14.
Stillasbro ifølge et hvilke som helst av kravene 1 - 13, k a r a k t e r i - s e r t v e d at sendigen av nevnte lesbare data mellom nevnte sensor (2) og nevnte kontroller (6) og sendingen av nevnte prosesserte data mellom nevnte kontroller (6)og nevnte enkelte aktuator (23), skjer ved hjelp av en elektronisk krets, fiberoptisk kommunikasjon, radiofrekvens-, infrarød-, WI-FI eller BlueTooth™ teknologi.

15.

Stillasbro ifølge et hvilke som helst av kravene 1 - 14, k a r a k t e r i - s e r t v e d at den er egnet til bæring av forskaling (in situ støping) eller for prestøpte segmenter, bjelker eller også for strukturelementer av andre materialer.

16.

Fremgangsmåte for forsyning av en eksisterende stillasbro med et selvinnstillbart forspenningssystem, k a r a k t e r i s e r t v e d at den nevnte eksisterende stillasbro forsynes med elementene i krav 1.

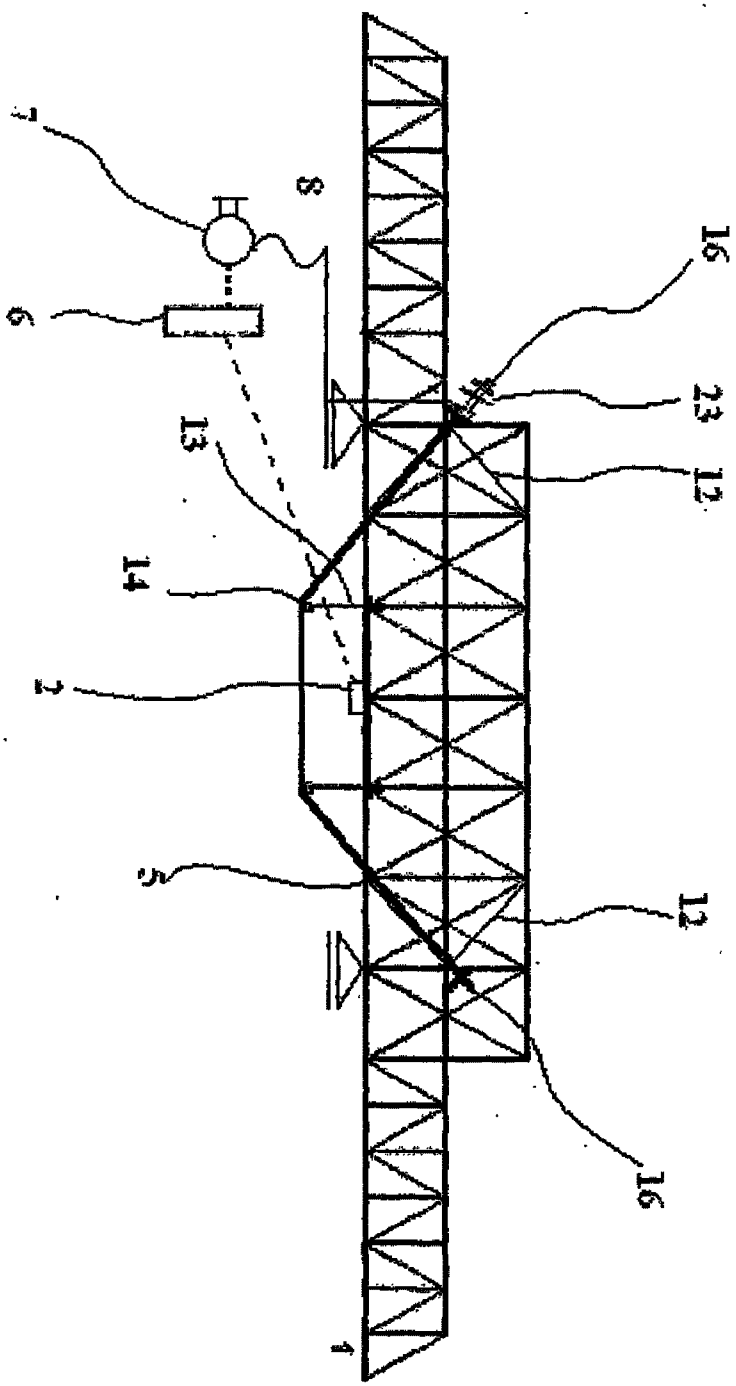


FIG. 1

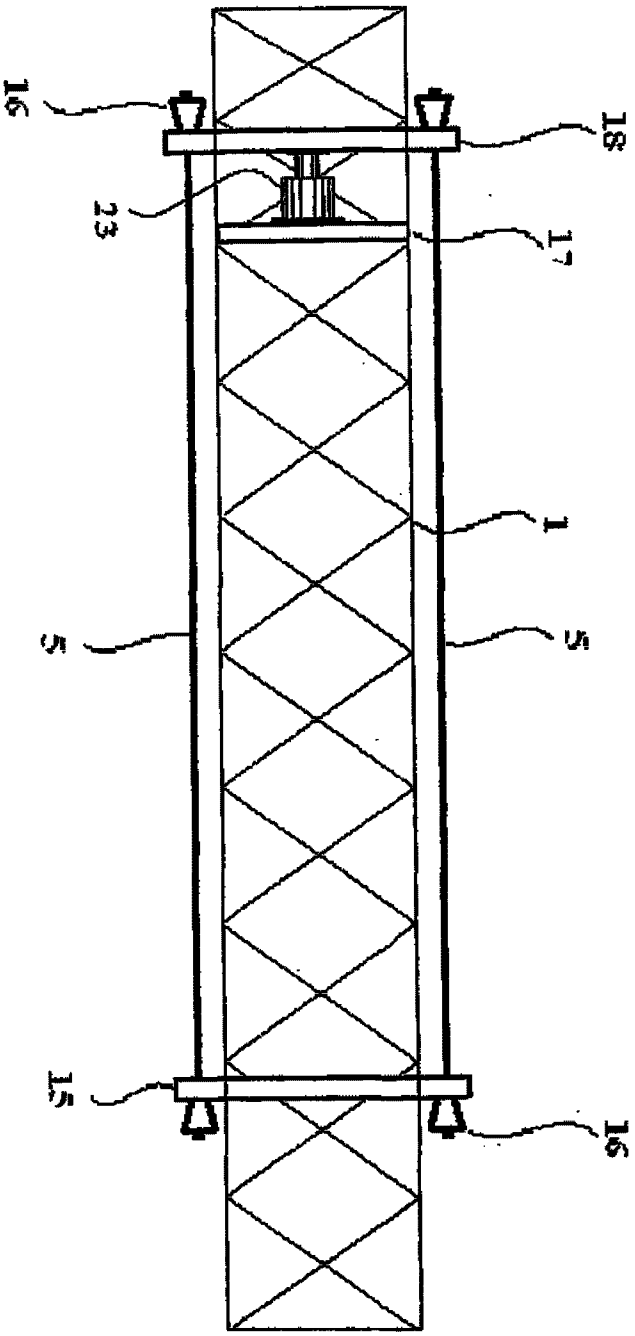


FIG. 2

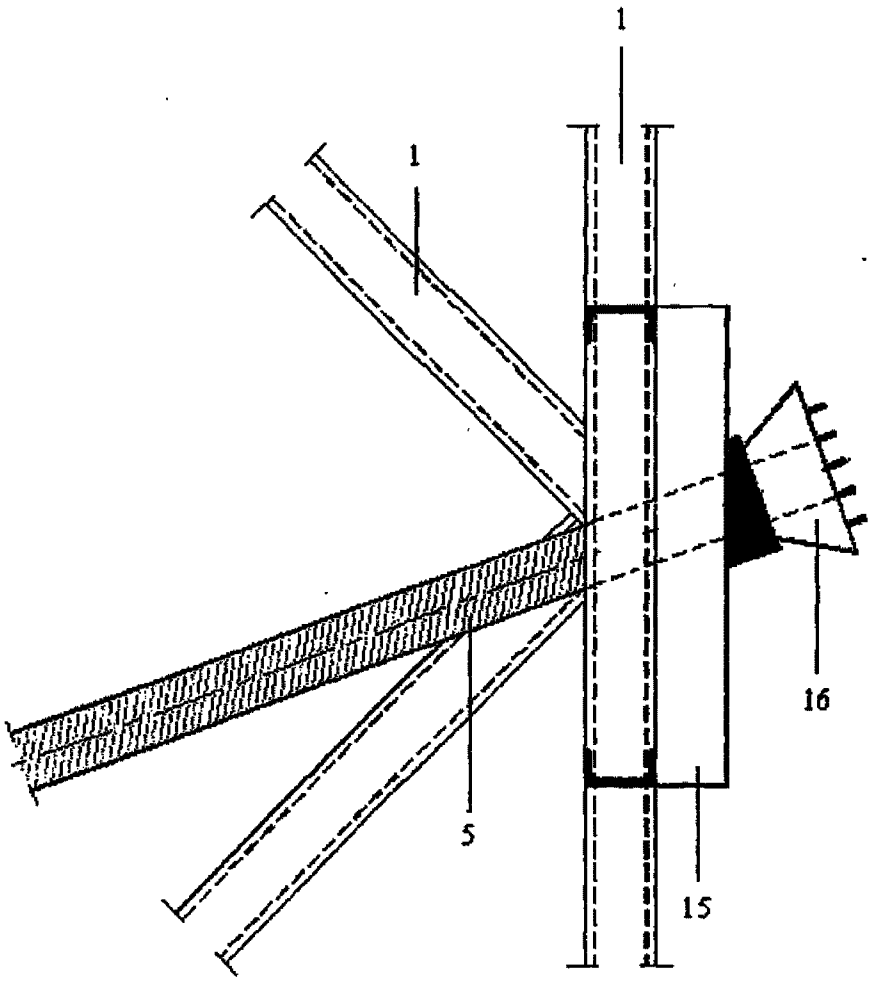


FIG. 3

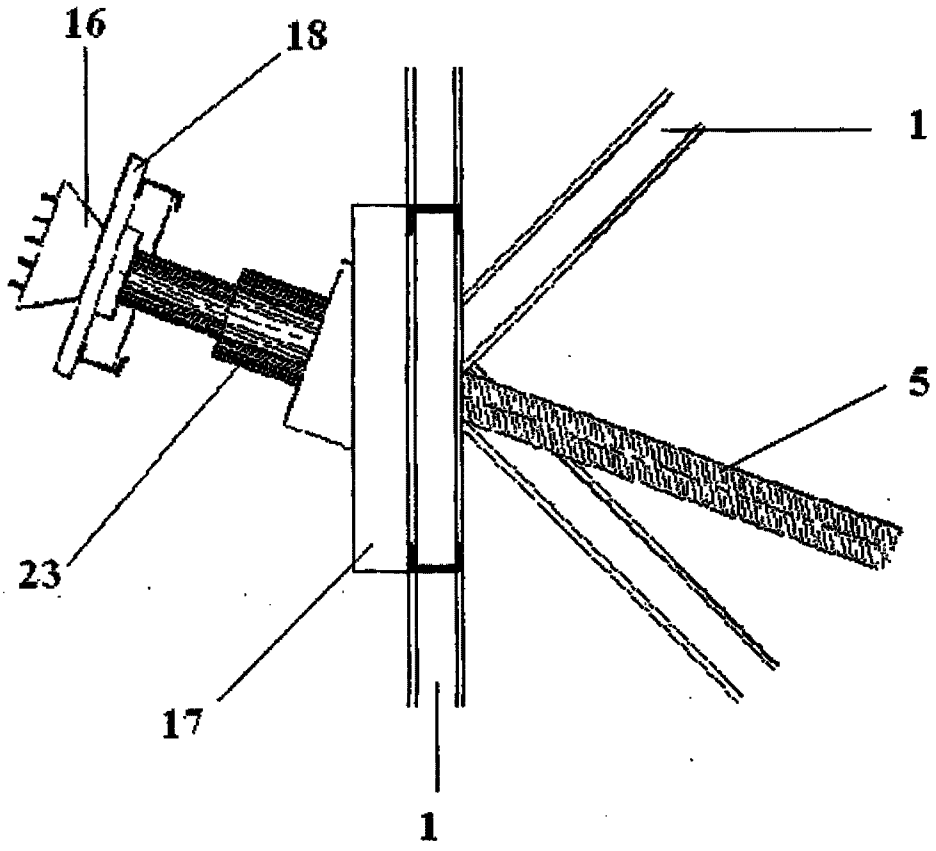


FIG. 4

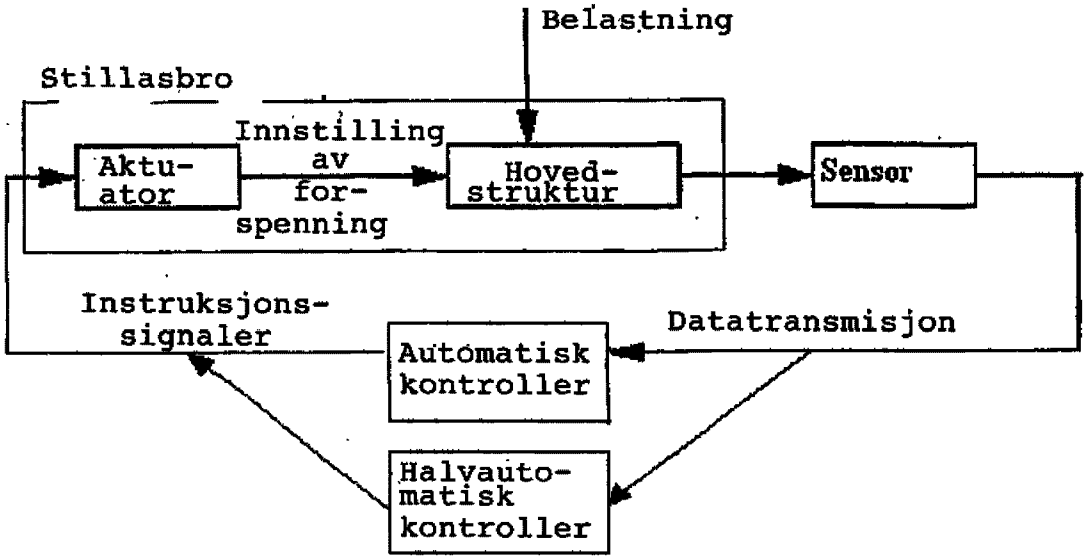

Belastning
Stillasbro
Aktu-
ator
Innstilling
av
for-
spenning
Hoved-
struktur
Sensor
Instruksjons-
signaler
Datatransmisjon
Automatisk
kontroller
Halvauto-
matisk
kontroller

FIG. 5

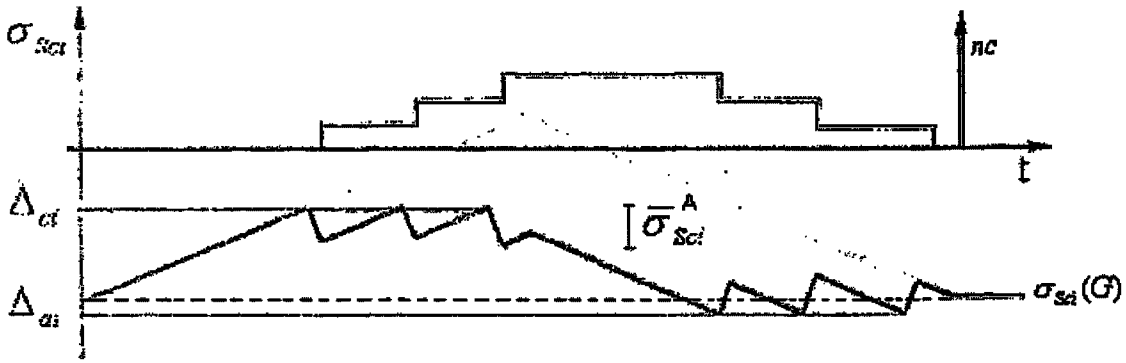

σ_{Sci}
nc
t
Δ_{ci}
$\overline{\sigma}^{A}_{Sci}$
Δ_{ai}
$\sigma_{Sci}(G)$

FIG. 6

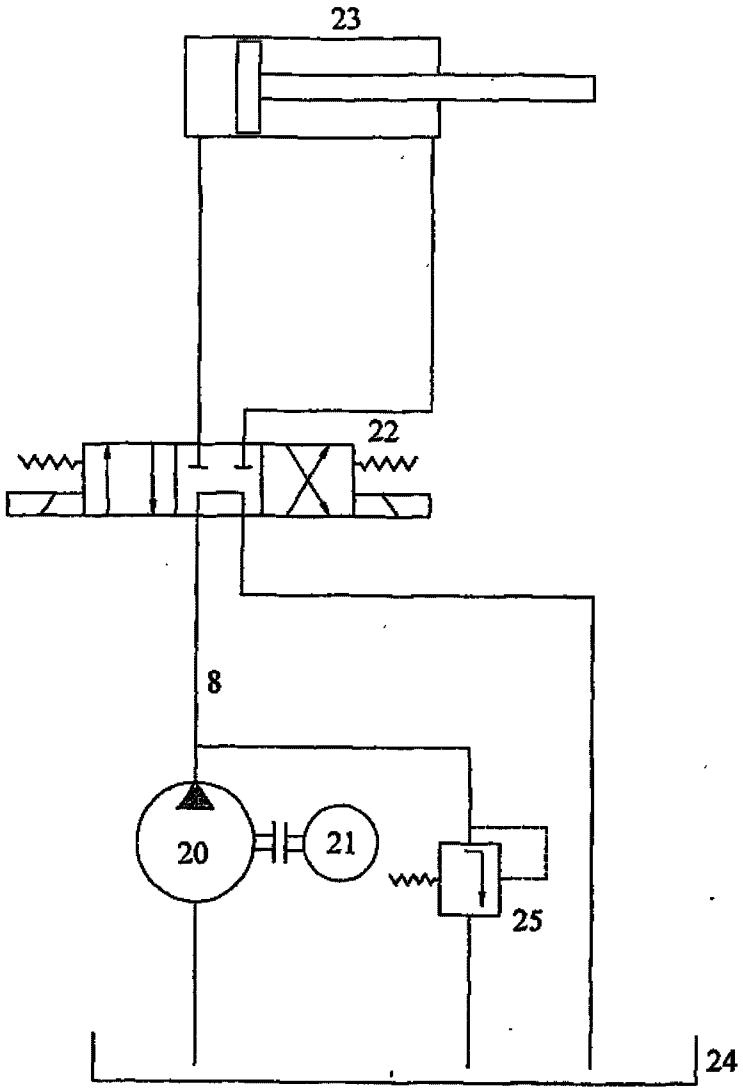


FIG. 7

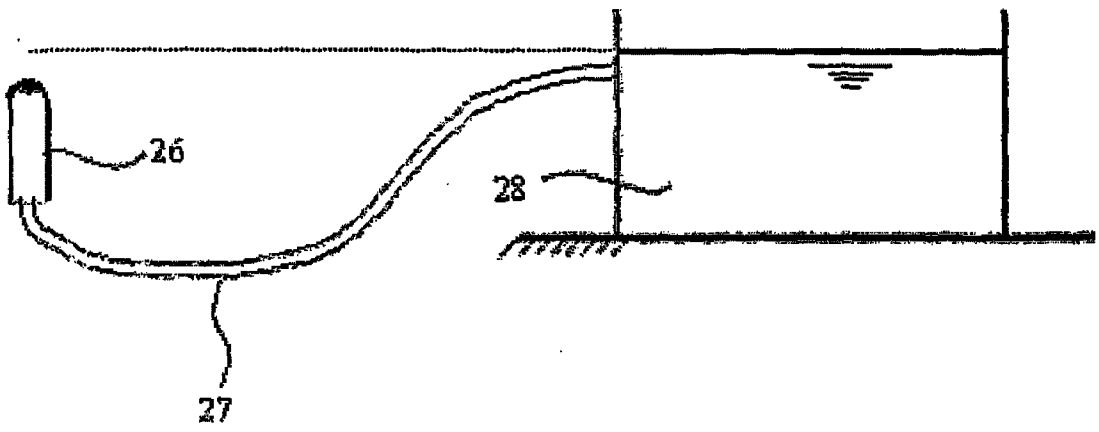


FIG. 8

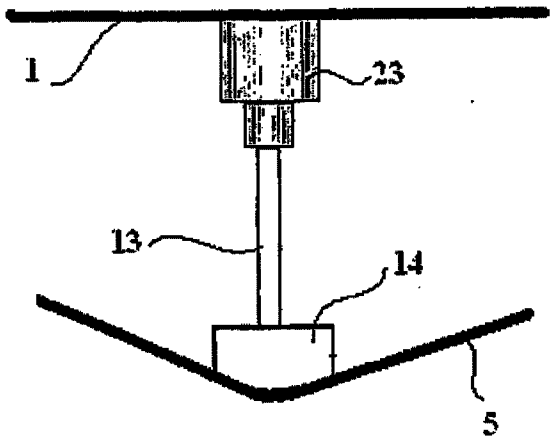


FIG. 9

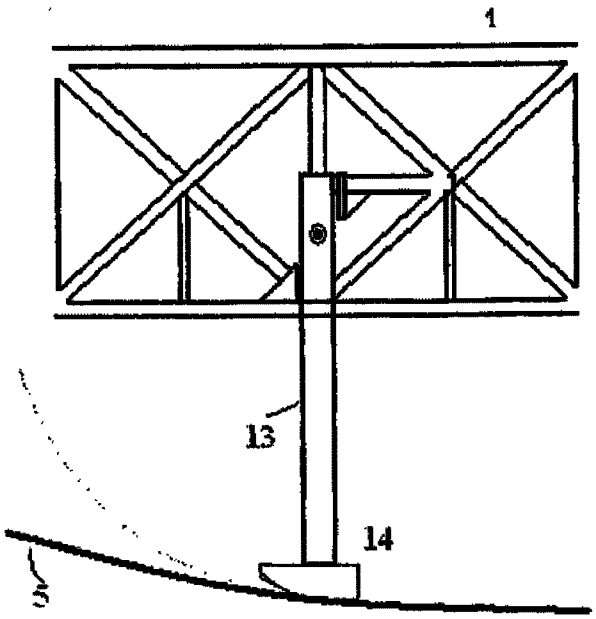


FIG. 10