



## PREDIKCE SILOVÉHO A DEFORMAČNÍHO CHOVÁNÍ SVAŘOVANÝCH PĚDPJATÝCH TÁHEL

Zpracovali: Ing. Petr Kubiš, doc. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D. (Fakulta stavební VUT v Praze)

### Souhrn

Přepínané svařované konstrukce se nejčastěji navrhují se systémovými rektifikovatelnými táhly. Nicméně, v nichž případech je výhodnější použít táhla, která jsou svařovaná, zejména s ohledem na redukci únavových detailů složitých na údržbu, nebo i redukci nákladů. V tomto případě je však obtížné stanovit postup svařování a napínání tak, aby bylo dosaženo projektovaného stavu přepnutí. Důvodem je nejistota ve vývoji prnutí v důsledku smrštění svaru a jeho chladnutí. Cílem této aktivity je vytvořit metodiku, která by specifikovala návrh ve fázích přepínání a svařování táhel. Pro tento cíl bude použito rozsáhlé tenzometrické měření na mostě Oskar [1].



Obr. 1 Most Oskar [1].

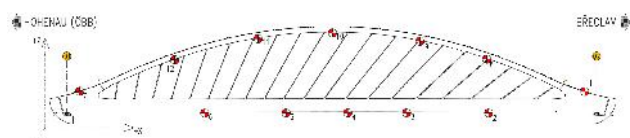
Předmětem řešení v roce 2016 bylo zejména zaznamenávání důležitých dat a sběr podkladů pro vývoj metodiky. První byla také prvotní analýza dat a byly sledovány některé závislosti.

### Oblast použití

Svařovaná táhla se používají zejména na mostních konstrukcích, kdy je hlavním nosným systémem Langrový nosník, nebo u síťových obloukových mostů. Tento typ konstrukce umožňuje realizovat architektonicky zajímavé konstrukce s využitím štíhlých prvků a dosažením dostatečné tuhosti. Výhodou je také snížení potřebné údržby v průběhu životnosti a zlepšení únavových parametrů táhel.

### Metodika a postup řešení

V průběhu etap řešení této aktivity byly na mostní konstrukci Oskar sledovány průběhy sil, posuny bodů na konstrukci, lokální deformace a teploty vzduchu, konstrukce a svařování. Geodetické měření sestávalo z geodetické stanice Leica MSSO R300 a odrazných hranolů Leica GPRI, které byly umístěny na charakteristických místech konstrukce, jak je naznačeno na obr. 2. Pro měření sil u všech táhel v rámci měření [1] byly použity tyčové dynamické ústředny (tyčové ústředny značky DEWETON a jedna HBM) a 344 tenzometrů HBM. Pro zaznamenání teploty bylo použito 5 kusů teploměrů PT100. Doplnkově byly pořízeny snímky termokamerou a zmapovány lokální deformace svaru. Poté následovalo prvotní zpracování dat z měření.



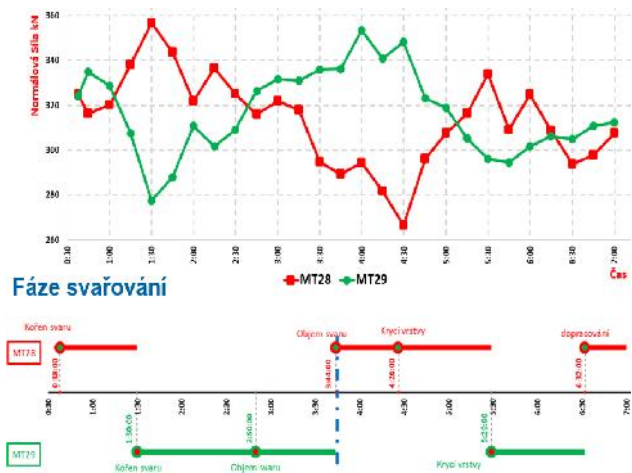
Obr. 2 červené body označují geodeticky měřené místa konstrukce.

V druhé etapě řešení bude proveden rozbor získaných dat tak, aby se odhalily souvislosti v chování konstrukce v průběhu montáže a postupném svařování. Významným předpokládaným vlivem, který není možné zanedbat, je reziduální prnutí a smrštění svarového kovu během svařování. Úkolem bude vytvořit zjednodušenou metodu, která by predikovala změny sil při prvotním návrhu takto mnohonásobně staticky neurčitých konstrukcí v průběhu výstavby. Metoda bude ověřena i doplněna numerickými modely. Dále bude vytvořen nelineární model detailně popisující pouze svařovaný výsek táhla.

### Výsledky

Výsledky první etapy jsou zejména v oblasti chování svařované konstrukce. Z níže uvedeného grafu popisujícího dvě sousední svařovaná táhla vidíme změny sil v průběhu jedné svařované fáze. Zde je názorně zachyceno vzájemné působení a provázání

jednotlivých prvků tvořících nosnou soustavu. Tato dvítáhla byla střídaně svařována jedním směrem, proto jsou na grafu sil přehledně rozpoznatelné okamžiky svařování a chladnutí táhla. Níže pod grafem je pak zachycen skutečný časový harmonogram svařování táhel. Svarový materiál, který prochází metalurgickou a fázovou přeměnou, vyvozuje značné tahové síly. V průběhu jedné fáze tedy můžeme, jak je tomu například v případě těchto sledovaných táhel, dojít až k celkové změně sil 90-100 kN (Táhlo MT28). Vzhledem k poloze níže přepínací síle pak vidíme změnu +32 a -61 kN (MT28).

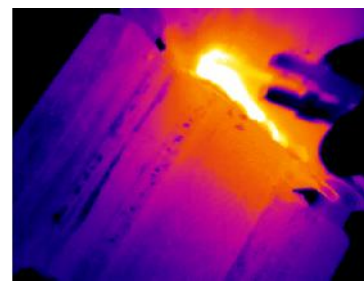


Obr. 3 Vývoj sil v táhlech MT28 a MT29 v průběhu jedné svařovací fáze.

Cílem nadcházející innosti bude zpracovat a podobným systémem utřídít data pro táhla v jednotlivých významných fázích a sledovat závislosti v chování. Je třeba vycházet z okrajových podmínek konstrukce. Zafixovaný tuhý oblouk je spolu s hlavními nosníky a mostovkou napínán prostřednictvím hustého výpletu ocelových táhel. Jejich působení na oblouk a hlavní nosníky v průběhu svařování je možné odhalit z průběžných geodetických záznamů, které byly taktéž při svařování prováděny. Širší souvislosti ukáží doplnková měření jako například snímkování termokamerou nebo sledování lokálních deformací v těsné blízkosti svarového detailu (zkrácení a prodloužení dvou bodů).



Obr. 4 Táhlo se svařem a přepínací síle.



Obr. 5 Snímkování svařování termokamerou.

Výhodou i nevýhodou zároveň je velký objem dat, který je k dispozici. Velice detailní záznamy umožňují podrobně sledovat každý okamžik v průběhu svařování, avšak zpracování je mimořádně náročné. Další komplikací pro něž některé úseky záznamů je proměnlivá atmosférická teplota, na kterou reaguje i hlavní nosná konstrukce mostu. Pro přesné a bezchybné zpracování dat je potřeba vliv teploty v průběhu odstranit tak, aby zbyl pouze vliv svařování.

Verifikovaný numerický model, který bude především nadcházející inností, ověří a rozšíří zjištěné chování z vyhotovené analýzy. Je nezbytné, aby model byl co možná nejjednodušší, avšak musí vystižně a přesně popisovat chování hlavní nosné konstrukce. Na základě srovnání výpočtu, experimentu a za pomoci statistických metod bude analyzována závislost jednotlivých faktorů vzájemně.

## Závěr

Shromážděná data vycházející z kontinuálních měření monitoringu [1] spolu s geodetickými a dalšími záznamy představují ojedinělý soubor, který umožňuje sledovat chování mostní konstrukce s přepínanými svařovanými táhly. Inností, které byly v rámci této aktivity provedeny, se týkají uspořádání a vyhodnocení značného objemu dat se snahou odhalit vliv svařování na přepínaná táhla a ostatní nosné prvky v průběhu výstavby.

## Literatura

- [1] Měření při aktivaci táhel mostu Oskar, VUT, 2016.