

TP 201/2008

**Ministerstvo dopravy**  
Odbor infrastruktury

**TP 201**

**MĚŘENÍ A DLOUHODOBÉ SLEDOVÁNÍ  
TRHLIN V BETONOVÝCH KONSTRUKCÍCH**

**TECHNICKÉ PODMÍNKY**



Schváleno MD – OI č.j.981/08-910-IPK/1  
ze dne 11.11.2008 s účinností od 1.prosince 2008

**ČVUT V PRAZE- KLOKNERŮV ÚSTAV**  
Praha, listopad 2008

TP 201/2008

## OBSAH

<b>1. ÚVOD.....</b>	<b>5</b>
1.1 PŘEDMĚT TP.....	5
1.1 PŘEDMĚT TP.....	5
1.2 POUŽITÉ POJMY PRO ÚČELY TĚCHTO TP.....	5
1.2 POUŽITÉ POJMY PRO ÚČELY TĚCHTO TP.....	5
1.2.1 Trhlina.....	5
1.2.1 Trhlina.....	5
1.2.2 Trhliny konstrukční.....	5
1.2.2 Trhliny konstrukční.....	5
1.2.3 Trhliny nekonstrukční.....	5
1.2.3 Trhliny nekonstrukční.....	5
1.2.4 Šířka trhliny.....	5
1.2.4 Šířka trhliny.....	5
1.2.5 Délka trhliny.....	5
1.2.5 Délka trhliny.....	5
1.2.6 Hloubka trhliny.....	5
1.2.6 Hloubka trhliny.....	5
1.2.7 Vlasová trhlina.....	5
1.2.7 Vlasová trhlina.....	5
1.2.8 Mapování trhlín.....	6
1.2.8 Mapování trhlín.....	6
1.2.9 Minimální šířka trhliny pro dokumentování.....	6
1.2.9 Minimální šířka trhliny pro dokumentování.....	6
1.2.10 Limitní (mezí) šířka trhliny.....	6
1.2.10 Limitní (mezí) šířka trhliny.....	6
1.2.11 Monitorování.....	6
1.2.11 Monitorování.....	6
1.2.12 Pasport trhlín.....	6
1.2.12 Pasport trhlín.....	6
1.2.13 Referenční plocha.....	6
1.2.13 Referenční plocha.....	6
1.2.14 Záběr.....	6
1.2.14 Záběr.....	6
<b>2. OBECNÉ ZÁSADY .....</b>	<b>7</b>
2.1 ÚČEL MĚŘENÍ A MONITOROVÁNÍ .....	7
2.1 ÚČEL MĚŘENÍ A MONITOROVÁNÍ .....	7
2.2 DRUHY MONITOROVÁNÍ.....	8
2.2 DRUHY MONITOROVÁNÍ.....	8
2.2.1 Orientační (předběžné) monitorování trhlín.....	8
2.2.1 Orientační (předběžné) monitorování trhlín.....	8
2.2.2 Běžné monitorování trhlín.....	8
2.2.2 Běžné monitorování trhlín.....	8
2.2.3 Podrobné monitorování trhlín.....	8
2.2.3 Podrobné monitorování trhlín.....	8
2.3 DĚLENÍ TRHLIN Z HLEDISKA BĚŽNÉHO MONITOROVÁNÍ TRHLIN .....	9
2.3 DĚLENÍ TRHLIN Z HLEDISKA BĚŽNÉHO MONITOROVÁNÍ TRHLIN .....	9
2.4 MAPOVÁNÍ TRHLIN .....	9
2.4 MAPOVÁNÍ TRHLIN .....	9
2.4.1 Fotografické mapování.....	9
2.4.1 Fotografické mapování.....	9
2.4.2 Ruční mapování.....	9
2.4.2 Ruční mapování.....	9
2.5 ŠÍŘKA TRHLIN .....	9
2.5 ŠÍŘKA TRHLIN .....	9
2.5.1 Měření šířky trhlín měřítkem .....	10

2.5.1Měření šířky trhlín měřítkem .....	10
2.5.2Měření šířky trhlín lupou .....	10
2.5.2Měření šířky trhlín lupou .....	10
2.5.3Měření šířky trhlín mikroskopem .....	10
2.5.3Měření šířky trhlín mikroskopem .....	10
2.5.4Měření (monitorování) změn šířky trhlín deformetrem .....	10
2.5.4Měření (monitorování) změn šířky trhlín deformetrem .....	10
2.5.5Přesnosti .....	12
2.5.5Přesnosti .....	12
2.6 VÝBĚR METODY MĚŘENÍ ZMĚN ŠÍŘKY TRHLÍN (MONITOROVÁNÍ).....	12
2.6 VÝBĚR METODY MĚŘENÍ ZMĚN ŠÍŘKY TRHLÍN (MONITOROVÁNÍ).....	12
2.7 HARMONOGRAM A ČETNOST MĚŘENÍ .....	13
2.7 HARMONOGRAM A ČETNOST MĚŘENÍ .....	13
2.8 DOPROVODNÁ MĚŘENÍ.....	13
2.8 DOPROVODNÁ MĚŘENÍ.....	13
2.9 REFERENČNÍ MĚŘENÍ.....	13
2.9 REFERENČNÍ MĚŘENÍ.....	13
2.10 SPECIÁLNÍ MĚŘENÍ .....	13
2.10 SPECIÁLNÍ MĚŘENÍ .....	13
2.10.1Kontinuální měření .....	13
2.10.1Kontinuální měření .....	13
2.10.2Monitorování trhlín z hlediska směru pohybu v trhlíně.....	13
2.10.2Monitorování trhlín z hlediska směru pohybu v trhlíně.....	13
2.10.3Využití optických vláken.....	14
2.10.3Využití optických vláken.....	14
2.10.4Videoextenzometrie.....	14
2.10.4Videoextenzometrie.....	14
2.10.5Ultrazvuk .....	14
2.10.5Ultrazvuk .....	14
2.10.6Akustická emise.....	14
2.10.6Akustická emise.....	14
<b>3. VLASTNÍ PROVÁDĚNÍ MĚŘENÍ A MONITOROVÁNÍ.....</b>	<b>15</b>
3.1 PŘÍPRAVA MĚŘENÍ A MONITOROVÁNÍ .....	15
3.1 PŘÍPRAVA MĚŘENÍ A MONITOROVÁNÍ .....	15
3.1.1Podklady .....	15
3.1.1Podklady .....	15
3.1.2Specifikace požadavků na měření nebo monitorování trhlín .....	15
3.1.2Specifikace požadavků na měření nebo monitorování trhlín .....	15
3.1.3Vlastní příprava měření a monitorování .....	15
3.1.3Vlastní příprava měření a monitorování .....	15
3.2 MAPOVÁNÍ.....	15
3.2 MAPOVÁNÍ.....	15
3.2.1Fotografické mapování .....	16
3.2.1Fotografické mapování .....	16
3.2.1.1. Referenční plochy .....	16
3.2.1.2. Záběr .....	16
3.2.1.3. Popis provedený na konstrukci před fotografováním.....	18
3.2.1.4. Dokladování mapy trhlín .....	18
3.2.2Ruční mapování, zakreslení.....	18
3.2.2Ruční mapování, zakreslení.....	18
3.3 MĚŘENÍ ŠÍŘKY TRHLINY .....	19
3.3 MĚŘENÍ ŠÍŘKY TRHLINY .....	19
3.3.1Metody měření.....	19
3.3.1Metody měření.....	19
3.3.2Značení míst měření trhlín.....	19
3.3.2Značení míst měření trhlín.....	19
3.3.3Měření měřítkem, lupou .....	20
3.3.3Měření měřítkem, lupou .....	20
3.3.4Monitorování mikroskopem .....	20

3.3.4Monitorování mikroskopem .....	20
3.3.5Monitorování deformetrem.....	20
3.3.5Monitorování deformetrem.....	20
3.4 DÉLKA TRHLIN.....	20
3.4 DÉLKA TRHLIN.....	20
3.5 MĚŘENÍ HLOUBKY TRHLIN .....	21
3.5 MĚŘENÍ HLOUBKY TRHLIN .....	21
3.6 MĚŘENÍ TEPLoty .....	21
3.6 MĚŘENÍ TEPLoty .....	21
3.7 VYHODNOCENÍ .....	21
3.7 VYHODNOCENÍ .....	21
<b>4. SOUVISEJÍCÍ PŘEDPISY .....</b>	<b>21</b>
<b>4. SOUVISEJÍCÍ PŘEDPISY .....</b>	<b>21</b>
<b>4. SOUVISEJÍCÍ PŘEDPISY .....</b>	<b>21</b>
<b>4. SOUVISEJÍCÍ PŘEDPISY .....</b>	<b>21</b>
<b>PŘÍLOHA Č. 1: LIMITNÍ ŠÍŘKA TRHLIN DLE STÁVAJÍCÍCH PŘEDPISŮ.....</b>	<b>22</b>
<b>PŘÍLOHA Č. 1: LIMITNÍ ŠÍŘKA TRHLIN DLE STÁVAJÍCÍCH PŘEDPISŮ.....</b>	<b>22</b>
<b>PŘÍLOHA Č. 1: LIMITNÍ ŠÍŘKA TRHLIN DLE STÁVAJÍCÍCH PŘEDPISŮ.....</b>	<b>22</b>
<b>PŘÍLOHA Č. 1: LIMITNÍ ŠÍŘKA TRHLIN DLE STÁVAJÍCÍCH PŘEDPISŮ.....</b>	<b>22</b>
<b>PŘÍLOHA Č. 2: PŘÍKLADY PŘÍSTROJŮ .....</b>	<b>23</b>
<b>PŘÍLOHA Č. 2: PŘÍKLADY PŘÍSTROJŮ .....</b>	<b>23</b>
<b>PŘÍLOHA Č. 2: PŘÍKLADY PŘÍSTROJŮ .....</b>	<b>23</b>
<b>PŘÍLOHA Č. 2: PŘÍKLADY PŘÍSTROJŮ .....</b>	<b>23</b>
<b>PŘÍLOHA Č. 3: PŘÍKLAD FORMULÁŘE ZÁZNAMU O ZKOUŠCE .....</b>	<b>26</b>
<b>PŘÍLOHA Č. 3: PŘÍKLAD FORMULÁŘE ZÁZNAMU O ZKOUŠCE .....</b>	<b>26</b>
<b>PŘÍLOHA Č. 3: PŘÍKLAD FORMULÁŘE ZÁZNAMU O ZKOUŠCE .....</b>	<b>26</b>
<b>PŘÍLOHA Č. 3: PŘÍKLAD FORMULÁŘE ZÁZNAMU O ZKOUŠCE .....</b>	<b>26</b>
<b>PŘÍLOHA Č. 4: PŘÍKLAD VYPLNĚNÉHO FORMULÁŘE .....</b>	<b>28</b>
<b>PŘÍLOHA Č. 4: PŘÍKLAD VYPLNĚNÉHO FORMULÁŘE .....</b>	<b>28</b>
<b>PŘÍLOHA Č. 4: PŘÍKLAD VYPLNĚNÉHO FORMULÁŘE .....</b>	<b>28</b>
<b>PŘÍLOHA Č. 4: PŘÍKLAD VYPLNĚNÉHO FORMULÁŘE .....</b>	<b>28</b>
<b>PŘÍLOHA Č. 5: PŘESNOST MĚŘENÍ ŠÍŘKY TRHLIN .....</b>	<b>30</b>
<b>PŘÍLOHA Č. 5: PŘESNOST MĚŘENÍ ŠÍŘKY TRHLIN .....</b>	<b>30</b>
<b>PŘÍLOHA Č. 5: PŘESNOST MĚŘENÍ ŠÍŘKY TRHLIN .....</b>	<b>30</b>
<b>PŘÍLOHA Č. 5: PŘESNOST MĚŘENÍ ŠÍŘKY TRHLIN .....</b>	<b>30</b>

## 1. Úvod

### 1.1 TP

### Předmět

Předmětem TP je metodika měření, mapování a dlouhodobého sledování (monitorování) trhlin konstrukčních prvků betonových mostů a konstrukcí. Účelem dlouhodobého sledování je dokumentovat rozvoj trhlin nosné konstrukce pro účely objektivního posouzení zjištěného stavu, jeho vývoje a případné prognózy. Měření, mapování a monitorování trhlin na objektech pozemních komunikací se provádí podle těchto TP.

Předpis má tyto tři části:

- úvod
- obecné zásady (poskytuje základní informace o problematice měření, zásadách, předpokladech a možnostech měření);
- vlastní provádění (uvádí konkrétní postup při monitorování).

*Poznámka:*

*Pro měření, mapování a monitorování trhlin nebyl doposud jednotný metodický pokyn. Jednotlivé postupy se lišily v závislosti na zhotovitelích a požadavcích objednatelů. Z tohoto důvodu bylo problematické zajistit objektivně srovnatelné kontrolovatelné postupy a výsledky. Návrh vychází z podrobného rozboru jednotlivých možností a praktického ověřování a zkušeností.*

TP vychází zejména z výsledků rozsáhlého ověření, při kterém byly v laboratorních podmínkách a in situ ověřovány rozdíly při použití různých měřicích zařízení a stanovena nejistota měření.

### 1.2 pojmy pro účely těchto TP

### Použité

#### 1.2.1 Trhlina

Rozpojení celistvé struktury materiálu.

#### 1.2.2 Trhliny konstrukční

Trhliny předpokládané při návrhu betonových konstrukcí podle příslušných norem, jejich šířka je omezena.

#### 1.2.3 Trhliny nekonstrukční

Ostatní trhliny nezahrnuté mezi konstrukčními. Jsou to například trhliny vzniklé smršťováním, nežádoucími objemovými změnami.

#### 1.2.4 Šířka trhliny

Vzdálenost mezi okraji trhlín, měřená na povrchu stavebního dílu, kolmo k průběhu trhliny.

#### 1.2.5 Délka trhliny

Okem viditelný úsek trhliny o minimální šířce 0,05 mm.

#### 1.2.6 Hloubka trhliny

Vzdálenost mezi povrchem a nerozpojeným materiálem.

### **1.2.7 Vlasová trhlina**

Trhlina šířky pod 0,05 mm.

### **1.2.8 Mapování trhlín**

Dokumentování tvaru a délky trhlín ručním zakreslením nebo fotografováním.

### **1.2.9 Minimální šířka trhliny pro dokumentování**

Pro mapování a měření trhlín je zásadní definovat, od jaké minimální šířky budou trhliny dokumentovány. Dokumentují se trhliny od šířky 0,1 mm (viz kap. 2.3. – tab. 1).

### **1.2.10 Limitní (mezní) šířka trhliny**

Je šířka trhliny, při jejímž překročení konstrukce nevyhoví zadávací dokumentaci, normám a předpisům (např. pro prostředí určité agresivity). V důsledku zjištění těchto trhlín na konstrukci je např. nutno řešit opravu objektu apod.

### **1.2.11 Monitorování**

Dlouhodobé sledování rozvoje trhlín, zahrnuje mapování trhlín, měření šířek trhlín, případně měření hloubek trhlín a měření teploty.

### **1.2.12 Pasport trhlín**

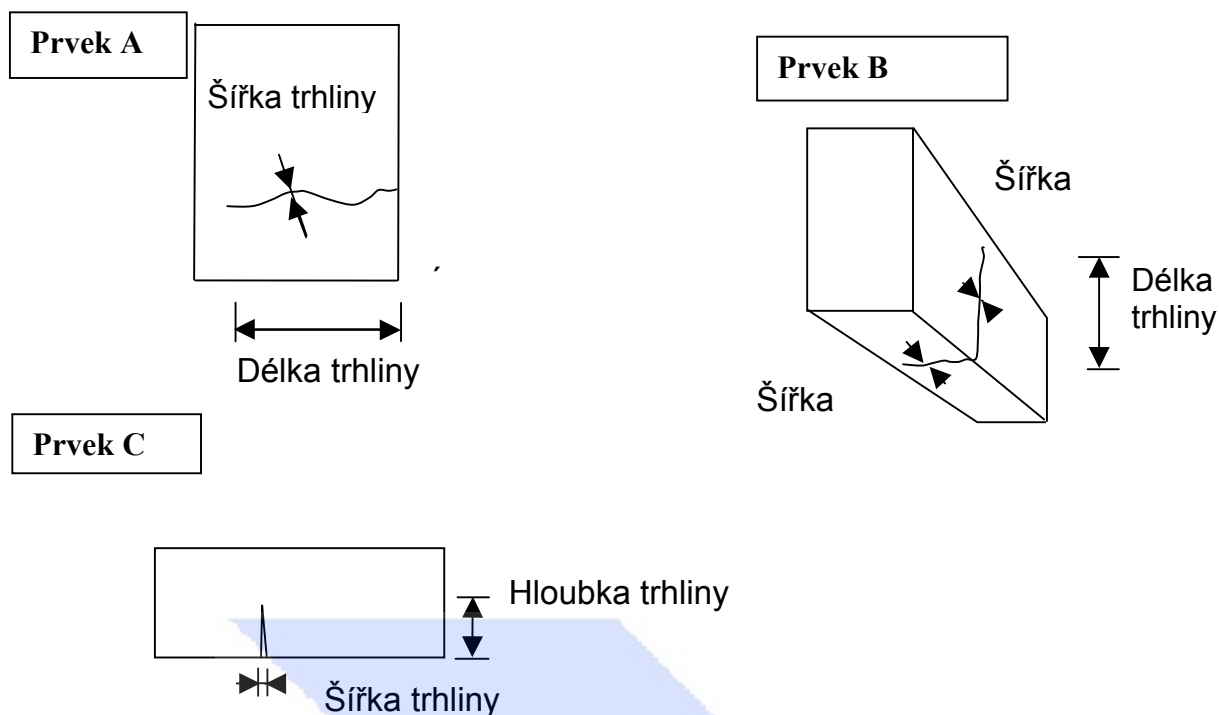
Dokument, který obsahuje záznam o mapování trhlín (rozmístění trhlín, jejich tvar, délka a šířka, případně jejich hloubka). Dále uvádí záznam o měření teploty prostředí a povrchu konstrukce. Jedná se o záznam z jednorázového měření.

### **1.2.13 Referenční plocha**

Plocha vybraná na objektu pro účely dokumentování.

### **1.2.14 Záběr**

Část referenční plochy velikostí odpovídající možnostem fotografického dokumentování při požadovaném rozlišení trhlín (většinou odpovídající formátu A4).



Pozn.1: hloubku trhliny není běžně možno určit bez vývrtu – obrázek je ilustrativní

Pozn.2: měří se největší šířka trhliny nebo šířka ve vzdálenosti krytí výztuže od hrany prvku

Obrázek 1 – Trhliny - schéma - základní pojmy

## 2. Obecné zásady

### 2.1 Účel měření a monitorování

Měření a monitorování trhlin má za cíl sledovat a dokumentovat rozmístění, šířku a rozvoj trhlin na konstrukci nebo dílci. Umožňuje posoudit, zda zjištěný stav trhlin je stabilizovaný nebo dochází v dlouhodobém časovém období ke změnám.

Před návrhem monitorování trhlin je třeba provést statický rozbor, který má stanovit pravděpodobné příčiny vzniku trhlin a jejich závažnost.

Šířka trhliny je vyhodnocována s ohledem na vliv na životnost konstrukce, případně může být sledována ve vazbě na statické působení a spolehlivost konstrukce. V některých případech nepostačuje vyhodnocovat šířku trhliny pouze z měření měřítkem nebo lupou.

V rámci komplexního sledování konstrukce je monitorování a měření trhlin často pouze jedním z několika požadovaných měření. Výběr jednotlivých měření musí vycházet z účelu měření nebo monitorování, požadavků na sledované veličiny, vyhodnocení výhod a nevýhod jednotlivých způsobů měření pro daný případ, a z dostupných prostředků pro měření podle konkrétních požadavků na přesnost.

Pokud je to možné, je přímé měření potřebné veličiny (průhybu, natočení, posunu) nejvhodnější postup. Například z hlediska posuzování deformací průřezu je průkaznější a přesnější přímé měření posunů a změn tvaru, pokud je to technicky realizovatelné, než

vyvozování závěrů o deformacích průřezu z šířky trhlin. Měření trhlin je pak vhodné jako měření doplňující.

Při sledování konstrukce z hlediska trhlin se provede dokumentování trhlin a zaznamená:

- a) počet trhlin a poloha trhlin;
- b) šířka trhlin a změny šířek trhlin;
- c) poloha / délka trhlin - změny délek trhlin (rozvoj trhlin);
- d) hloubka trhlin – v případě speciálního požadavku – není standardně součástí běžného monitorování trhlin (není předmětem těchto TP).

## **2.2 Druhy monitorování**

Druhy monitorování se odlišují dle způsobu měření trhlin.

### **2.2.1 Orientační (předběžné) monitorování trhlin**

Slouží jako podklad pro účely předběžného vyhodnocení trhlin, pro přípravu návrhu metodiky podrobnějšího monitorování apod.

### **2.2.2 Běžné monitorování trhlin**

Slouží pro vyhodnocení stavu konstrukce, často se provádí v návaznosti na další měření. Je podkladem pro rozhodnutí o dalších opatřeních včetně ochrany konstrukce a oprav trhlin, pro případné vypracování návrhu opravy apod. Běžné monitorování může být v odůvodněných případech, dále uvedených, podkladem pro rozhodnutí o podrobném monitorování. Součástí běžného monitorování trhlin je pasportizace trhlin.

### **2.2.3 Podrobné monitorování trhlin**

Slouží jako podklad pro:

- statické posouzení konstrukce,
- výzkumné účely,
- sledování neobvyklých konstrukcí.

Jedná se o případy, které jsou nad rámec běžného monitorování při realizacích konstrukcí.

Podrobné monitorování se provádí v následujících případech:

- projektant (statik) vyhodnotí poruchy zjištěné při běžném monitorování jako závažné z hlediska statické funkce objektu a vyžádá si podrobné monitorování pro statické posouzení;
- je podrobně specifikováno při zadání stavby (požadavek z projektové dokumentace);
- je prováděno jako samostatná výzkumná činnost nad rámec stavby (výzkumné úkoly).

Podrobné monitorování je individuální záležitostí řešenou konkrétně pro určitý specifický případ monitorování konstrukce nebo její části s využitím speciálních prostředků a zařízení. Pro každou monitorovanou konstrukci má být rozsah měření stanoven samostatným projektem sledování (monitorování).



## 2.3 Dělení trhlin z hlediska běžného monitorování trhlin

Trhliny se při běžném monitorování dělí do tří skupin dle šířek.

skupina	šířka trhliny [ mm]	mapování	měření šířek trhlin
I	do 0,05	pouze zakreslení plochy s výskytem těchto trhlin (plocha se doplní popisem uvádějícím skupinu a hraniční šířku trhlin)	pouze pro účely zatřídění do skupiny, šířky se nedokladují
II	0,05-0,1	pouze zakreslení plochy s výskytem těchto trhlin (zakreslená plocha se doplní popisem uvádějícím skupinu a hraniční šířky trhlin, případně se vyznačí odlišným způsobem oproti skupině I – např. odlišné šrafování)	pouze pro účely zatřídění do skupiny, šířky se nedokladují
III	přes 0,1	mapování v definovaných (referenčních) plochách, označení trhlin	měření všech označených trhlin v referenčních plochách

Tabulka 1 – Dělení trhlin pro monitorování

## 2.4 Mapování trhlin

### 2.4.1 Fotografické mapování

Je vhodné především pro účely mapování většího množství trhlin, nepravidelných trhlin apod. Umožňuje zpětnou kontrolu a opakovanou analýzu. Na konstrukci se monitorují vybrané, referenční plochy. Tyto plochy jsou dokumentovány jednotlivými záběry. Záběr se provádí tak, aby byly rozlišitelné trhliny min. šířky 0,1 mm.

Pro toto rozlišení vyhovuje plocha na konstrukci formátu A4. Odpovídá i zobrazovací ploše běžného monitoru a případně formátu záběru při tisku na standardní tiskárně. Rozlišení je zajištěno při měřítku cca 1:1.

### 2.4.2 Ruční mapování

Vhodné pro případy omezeného výskytu trhlin, malé četnosti trhlin a případy velkých charakteristických trhlin, které umožňují zakreslení ve vhodném (velkém) měřítku.

## 2.5 Šířka trhlin

Význam přesného definování šířky trhliny vzrůstá s požadavkem na přesnost měření. Jednotlivé metody měření vykazují určité odlišnosti v přesnosti měření. Odlišné výsledky měření jsou dány použitou metodou a nelze je pokládat za chybu zpracovatele. Přitom i pracnost jednotlivých metod je rozdílná.

### **2.5.1 Měření šířky trhlin měřítkem**

Šířka trhliny je definována jako kolmá vzdálenost okrajů trhliny. Měřené místo je definováno myšlenou čarou kolmou k trhlíně v místě, kde se předpokládá největší její šířka (místo je stanoveno odborným odhadem). Šířka se měří na povrchu, bez případných rozšíření lokálních nerovností apod.

### **2.5.2 Měření šířky trhlin lupou**

Šířka trhliny při pohledu lupou je definována obdobně jako u měřítka. Při větším rozlišení se použijí zásady obdobné jako pro mikroskop.

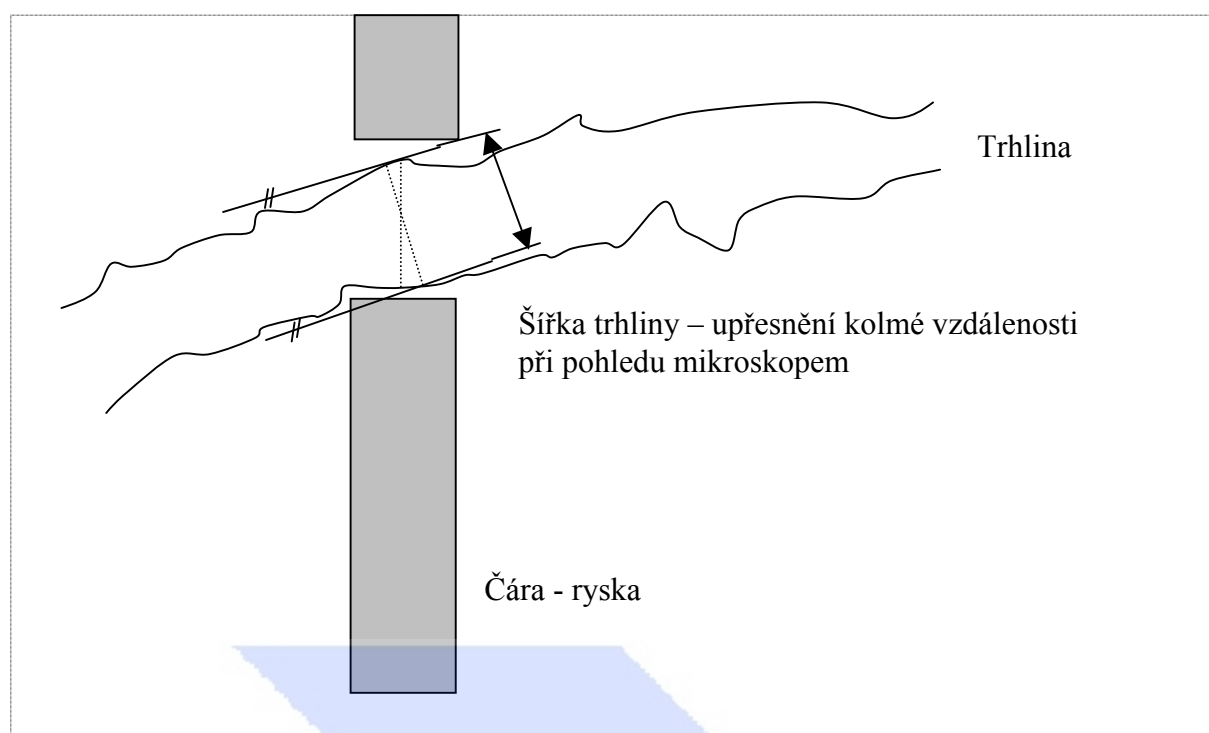
### **2.5.3 Měření šířky trhlin mikroskopem**

Použití mikroskopu umožňuje detailní zobrazení trhliny, což je patrné z obrázku 3. Při pohledu mikroskopem větší rozlišení v detailním pohledu na trhlínu vyžaduje upřesnit kolmou vzdálenost v místě křížení čáry a osy trhliny. Měřené místo se definuje jako při měření měřítkem – zakreslí se kolmá čára (ryska). Při odečítání šířky trhliny se v pohledu mikroskopem kolmá vzdálenost navíc upřesní, jak je patrné z obrázku 2. Trhlíny v betonových konstrukcích jsou nepravidelného tvaru, při detailním zobrazení se projeví značně nerovný okraj – obrázek 3. To vyžaduje vždy určité zjednodušení průběhu okraje trhliny, což v důsledku ovlivňuje celkovou přesnost dosaženou citlivějším zařízením.

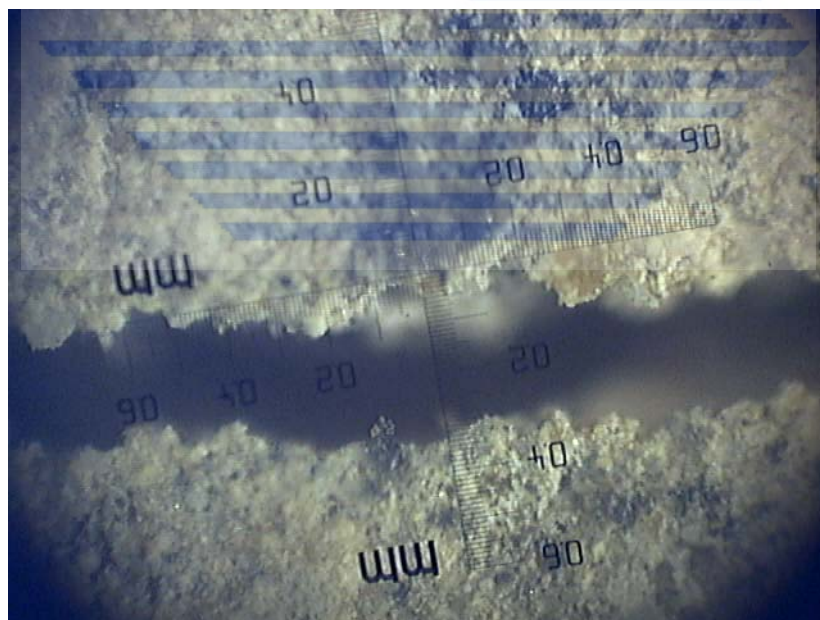
Pro zpracování a vyhodnocení obrazu trhlín lze využít vhodný software, pomocí něhož se vyhodnotí průměrná šířka trhliny. V tomto případě se použije mikroskop doplněný digitální kamerou nebo fotoaparátem.

### **2.5.4 Měření (monitorování) změn šířky trhlin deformetrem**

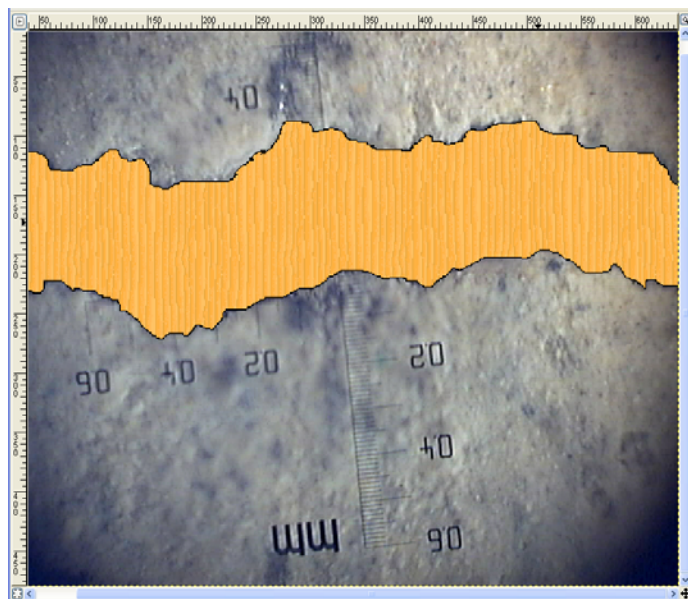
Monitorování trhlín deformetrem umožňuje velmi přesně určit změny šířek trhlín. Jedná se o ověřenou, dostupnou, běžně využívanou metodu, vhodnou pro podrobné monitorování trhlín. Odměrná délka používaných deformetrů je v rozmezí 100 až 500 mm. Délkové změny se měří číselníkovými, případně digitálními úchylkoměry. Přesnost měření závisí na použitých měřidlech s rozlišovací schopností 1  $\mu\text{m}$  nebo 10  $\mu\text{m}$ .



Obrázek 2 – Určení šířky trhliny – (při pohledu mikroskopem)



Obrázek 3 – Fotografie, pohled na trhlinu mikroskopem



Obrázek 4 – Počítačové zpracování digitálního obrazu trhliny

### 2.5.5 Přesnosti

Otázce přesnosti měření je nutno věnovat značnou pozornost, nedocení této problematiky může vést ke zkreslení při výkladu výsledků měření a tím znehodnocení celého měření a špatným závěrům a opatřením.

Šířka trhliny zjištěná pomocí různých měřících přístrojů se může lišit i pokud měření probíhá v prakticky stejném čase, bez změny podmínek měření (teplota, zatížení konstrukce), je prováděné stejným pracovníkem apod., což lze vypořádat z uvedených histogramů (v Příloze 5).

Uvedený rozdíl lze odůvodnit především:

- - vlastní přesností měřícího zařízení;
- - problémy při stanovení hrany trhliny pro přesné měření vzdálenosti
- - určením místa měření (i malý posun vzhledem k členité hraně může vést k odlišnému výsledku – obrázek 3).

## 2.6 Výběr metody měření změn šířky trhlín (monitorování)

Pro monitorování lze použít měřítko, lupu, číselníkový nebo digitální úchylkoměr, deformetr, mikroskop, elektrické měřidlo s ručním odečtem nebo s datalogerem.

Pro běžná monitorování trhlín šířek trhlín lze použít měřítko. Hodnoty se mohou ověřovat ve vybraných místech lupou nebo ve výjimečných případech mikroskopem.

Pro podrobná monitorování lze pro měření šířek trhlín použít deformetr, případně jiné přesné měřící prostředky po dohodě s objednatelem.

## 2.7 Harmonogram a četnost měření

Harmonogram vychází z požadavků objednatele. Při návrhu je potřebné přihlídnout k typu konstrukce. Pro objektivitu opakovaných měření jsou důležité vyrovnané podmínky. Není-li v zadání jiný požadavek (např. při sledování vlivu extrémní teploty), opakovaná měření mají

probíhat v období s vyrovnanou teplotou (nepříliš kolísavou teplotou přes den a noc), jednotlivá měření by měla být prováděna v období s obdobnou teplotou.

## 2.8 Doprovodná měření

Doprovodnými měřeními je měření teploty konstrukce a sledování klimatických podmínek.

## 2.9 Referenční měření

Referenční měření využívá fotografické snímání kamerou instalovanou na mikroskopu. To umožňuje velmi přesnou digitalizaci tvaru trhliny a následnou detailní analýzu plochy, tvaru a dalších parametrů na počítači pomocí specializovaných programů. Šířka trhliny je definována jako průměrná hodnota vypočtená z plochy trhliny délky 0,8 mm. Toto měření se využívá jako referenční, kalibrační, v případě rozporů, odlišných výsledků mezi různými měřeními apod.

## 2.10 Speciální měření

Dále uvedené metody jsou využívány pro přesné monitorování trhlin. Tyto většinou technicky náročné metody vyžadují specializované zkušebny s příslušným vybavením. Dostupnost některých metod může být velmi omezená, případně vyžadují velké počáteční investice. Problematické může být i využití některých metod v terénu.

### 2.10.1 Kontinuální měření

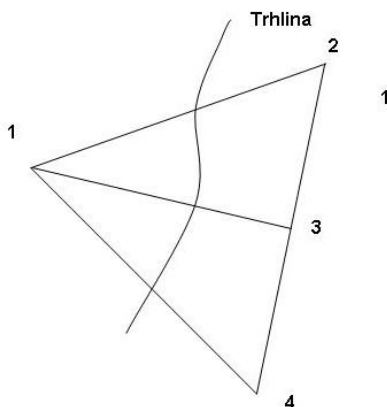
Využitelné pouze pro omezený počet trhlin. Vhodné je zejména pro zachycení vlivu změny teploty ovzduší a teploty nosné konstrukce na šířku trhlin. Délka měření je závislá na době, po kterou může zdroj (většinou přenosný zdroj, např. autobaterie) napájet měřicí ústřednu. Změny šířky trhliny a teploty ovzduší i konstrukce jsou registrovány v požadovaném intervalu.

Nevýhodou je speciální poměrně nákladné vybavení, nebezpečí odcizení jednak měřidel, měřicí ústředny, případně zdroje napětí. Technické provedení je závislé na vybavení zkušebny a požadavcích na konkrétní měření.

### 2.10.2 Monitorování trhlin z hlediska směru pohybu v trhlíně

Pohyb v trhlíně může být buď kolmý na směr trhlin (rozevírání trhlin) nebo tangenciální, ve směru trhliny, popř. složený z těchto dvou směrů.

V obecném případě se proto doporučuje tento způsob zjištění deformace v trhlíně:



## Obrázek 5 – Schéma měření

Měří se vzdálenosti 1-2; 1-3; 2-3. Výpočtem se stanoví z délek 1-2;1-3 změna šířky trhliny. Délka 2-3 slouží jako referenční pro změnu základního materiálu od teploty. V případě změn délek 1-2 a 1-3 lze výpočtem stanovit posun ve směru trhliny a odečíst případnou změnu deformací základního materiálu. Měření může být provedeno buď mechanickými deformetry nebo elektronickou měřicí ústřednou s připojenými snímači dráhy.

### **2.10.3 Využití optických vláken**

Moderní metoda využívající snímače z optických vláken. Metoda je značně nákladná a má v současnosti mnohá omezení.

### **2.10.4 Videoextenzometrie**

Snímání povrchu betonu s vyznačenou sítí bodů speciální kamerou. Vyhodnocují se posuny a změny vzdáleností jednotlivých bodů.

### **2.10.5 Ultrazvuk**

Nedestruktivní defektoskopická metoda, pomocí které lze detekovat trhliny v materiálu. Je založena na měření času, který je zapotřebí při šíření ultrazvukového vlnění mezi budičem a snímačem. Praktické využití metody omezuje výskyt betonářské výztuže ve zkoumané oblasti konstrukčního prvku.

### **2.10.6 Akustická emise**

Diagnostická nedestruktivní metoda, která umožňuje registrovat vznik a vývoj trhlín v betonu. Metoda je určena spíše pro výzkumné projekty než pro praktické aplikace. Pomocí vhodně rozmístěných akustických snímačů lze poruchy lokalizovat.

Akustická emise je založena na fyzikálním jevu, při kterém jsou zvukové signály buzeny dynamickými procesy v důsledku náhlého uvolnění energie při zatěžování vnitřními nebo vnějšími silami. Zvukové signály jsou snímány na povrchu betonu snímači, filtrovány, zesilovány a softwarově zpracovány.



### 3. Vlastní provádění měření a monitorování

Kapitola obsahuje závazný rozsah činností při přípravě a vlastním provádění měření.

#### 3.1 Příprava měření a monitorování

##### 3.1.1 Podklady

Před zahájením měření je nutno shromáždit základní technické podklady o konstrukci nebo dílci.

##### 3.1.2 Specifikace požadavků na měření nebo monitorování trhlín

V zadání pro konkrétní konstrukci musí být zejména uvedeno:

- účel měření;
- sledované veličiny;
- místa měření;
- čas měření (harmonogram);
- opakování měření (harmonogram);
- způsob a přesnost měření.

##### Příklad zadání pro konkrétní objekt

*Objekt SO 207, D3, most v km 3,25, nadjezd, deska prostě uložená*

*Účel měření: monitorování trhlín jako podklad pro vyjádření projektanta k odolnosti konstrukce;*

*Sledované veličiny: mapa trhlín, šířka trhlín;*

*Místa měření: podhled desky – cca polovina rozpětí - střední část, výběr sledované referenční plochy /rozměrů cca 1 x 1 m/ – provede zkušebna a dá schválit před zahájením měření*

*Čas měření: dvě měření – zima a léto 2008*

*Opakování měření – není požadováno*

*Způsob a přesnost měření: běžné monitorování dle TP XXX*

##### 3.1.3 Vlastní příprava měření a monitorování

Během přípravy měření (monitorování) se určí:

- rozsah měření a mapování trhlín
- výběr ploch pro mapování (referenčních ploch)
- způsob mapování (mapování proběhne fotograficky nebo zakreslením trhlín)
- harmonogram
- forma předání výstupu monitorování, počet paré, formát digitálních dat a paměťové médium – pokud jsou předávána data v digitální podobě.

Doporučuje se písemné zpracování „Postupu monitorování trhlín“ a odsouhlasení tohoto postupu objednatelem.

#### 3.2 Mapování

Před mapováním se zhotoví vždy přehledné schéma konstrukce s vyznačením sledovaných ploch. U jednoduché konstrukce může být součástí schématu náčrtek trhlín.

### 3.2.1 Fotografické mapování

#### 3.2.1.1. Referenční plochy

Na sledované části konstrukce budou vyznačeny referenční plochy. Referenční plochy budou označeny písmeny A, B, C, .. Značení bude provedeno trvanlivým způsobem na konstrukci v rámci označení záběrů.

#### 3.2.1.2. Záběr

Referenční plocha bude rozdělena na dílčí plochy – záběry, odpovídající jednotlivým fotografiím, velikosti cca A4. Plocha záběru na konstrukci bude vyznačena značkami v rozích. Na každém záběru bude zachyceno měřítko nebo vztažná vzdálenost, pro určení rozměrů na fotografii.

Všechny záběry budou označeny, každý záběr musí být jednoznačně identifikovatelný ze značení na fotografii.

Příklad značení (obrázek 6, obrázek 7)

Na fotografii je zachycen první záběr z referenční plochy A, pod ním je částečně viditelný druhý záběr.

Značení na obrázku:

A1/A – referenční plocha A, záběr 1, roh A;

B – druhý roh;

C – třetí roh;

D – čtvrtý roh;

částečně viditelné A2/A- referenční plocha A, záběr 2, roh A.

Značení rohů – na každé ploše, uvnitř plochy záběru proti směru hodinových ručiček je popsán každý roh A, B, C, D)

U rohu A je před označením rohu uvedeno označení plochy . A1/A - referenční plocha A, záběr 1, roh A, B1/A – referenční plocha B, záběr 1, roh A



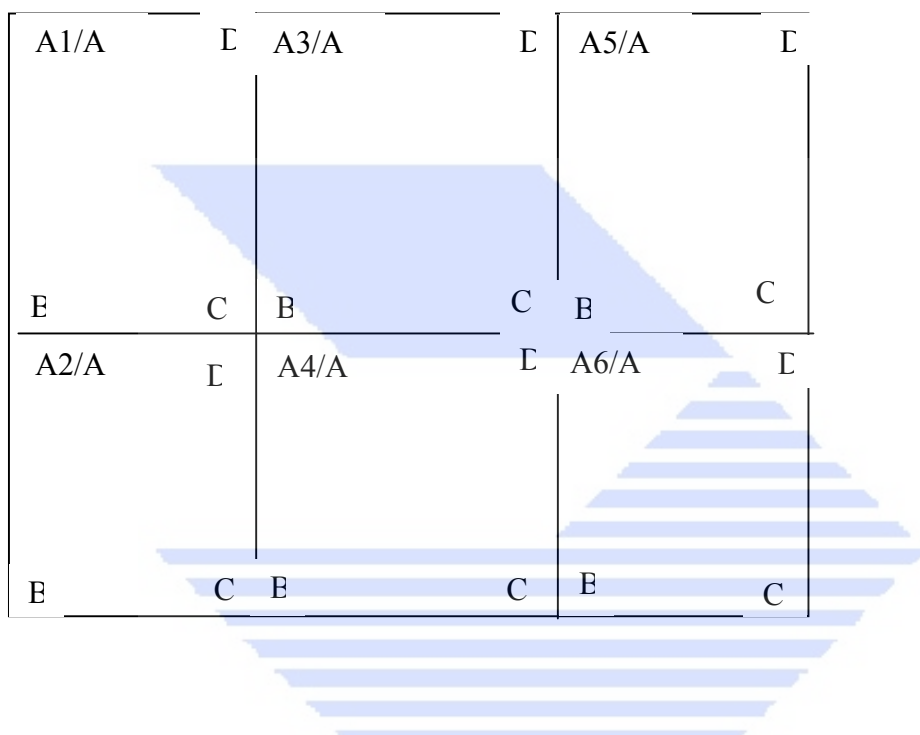


Obrázek 6 - Fotografie - referenční plocha A, záběr 1, 1-1: (trhlina č. 1, měřené místo č. 1)

Možné je i odlišné značení, např. sjednocení popisu bodů v rozích pro různé záběry (způsob používaný při dělení map) apod. Konkrétní provedení je možno uzpůsobit tvaru konstrukce a velikosti ploch, počtu záběrů. Podmínkou je jednoznačné určení každého záběru.

#### Náčrtek

Pro orientaci se zhotovuje náčrtek ve vhodném měřítku, obsahující sledovanou část konstrukce, s vyznačením míst referenčních ploch a členění ploch na záběry (obr.7).



Obrázek 7 - Referenční plocha A, dělení plochy na záběry 1 až 6- příklad

#### 3.2.1.3. Popis provedený na konstrukci před fotografováním

Na konstrukci bude provedeno značení záběrů s očíslováním ploch, záběrů a vyznačení rohů záběrů, dle předchozího textu.

Pro měření šířek trhlín podle kapitoly 3.3. je třeba trhlínu očíslovat, označit místo měření a směr měření.

#### 3.2.1.4. Dokladování mapy trhlín

Součástí protokolu z měření je fotodokumentace. Pro fotodokumentaci platí následující doporučení:

- Všechny záběry mají být vytištěny v měřítku cca 1:1 na formát A4 (tím je zajištěna viditelnost trhlíny 0,1 mm)
- digitální záznam fotografií má být zálohován na CD ROM, DVD nebo na jiné standardní paměťové médium a přiložen ke zprávě pro potřeby další analýzy, porovnání délek apod.

- Z dokumentace nebo z popisu přiloženému k dokumentaci musí být patrné datum pořízení fotodokumentace (fotografování).

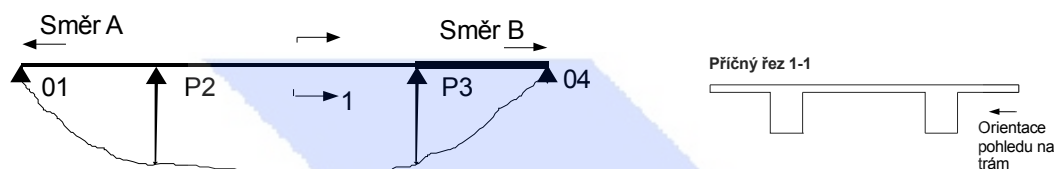
### 3.2.2 Ruční mapování, zakreslení

Zhotoví se náčrtek, ze kterého musí být zřejmý:

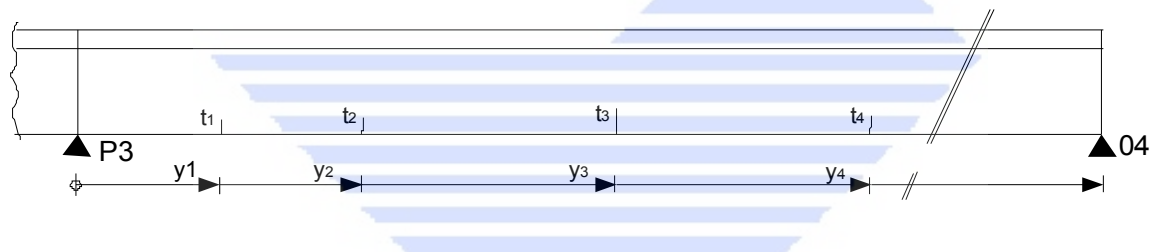
- datum a hodina měření;
- místo;
- orientace zakreslené plochy na konstrukci;
- měřítko nebo rozměry plochy.

Do náčrtku se uvede šířka a délku trhlin (začátek a konec trhliny k uvedenému datu). Šířky trhlin mohou být zpracovány formou tabulky.

#### Schéma mostní konstrukce



#### Pohled na pravý trám, 3. pole, staničení od ložiska



Trhlina	$y_i$	Šířka trhliny $w_i$ (mm)	Délka trhliny $L_i$ (mm)	Popis trhliny Poznámky
$t1$				
$t2$				
$t3$				
$t4$				

Obrázek 8 –Záznam trhlin – příklad

### **3.3 Měření šířky trhliny**

#### **3.3.1 Metody měření**

Pro běžné měření šířek trhlin lze použít měřítko, případně měřicí lupu.

Pro podrobné měření šířky trhliny se musí použít přenosný mikroskop nebo jiná vhodná metoda. Pro porovnání přesnosti slouží referenční metoda (digitálním zpracováním obrazu trhliny) - kap. 2.9.

#### **3.3.2 Značení míst měření trhlin**

Značení musí umožnit opakovatelnost měření pro danou trhlínu na stejném místě a ve stejném směru měření. Měřené místo se označuje číslem trhliny, na každé trhlíně je alespoň jedno měřené místo s určením směru měření. Značeny čísla jsou trhlíny nad 0,10 mm. Uvedené značení bude zachyceno na fotografiích nebo na náčrtku.

#### **3.3.3 Měření měřítkem, lupou**

Měřené místo bude označeno čarou kolmou (ve směru měření šířky trhliny) k podélnému směru trhliny tužkou, případně jiným dlouhodobě trvanlivým způsobem – obrázek 1.

Šířka trhliny se měří přímo v místě definovaném průsečíkem čáry s osou trhliny. Měřítko se přiloží na trhlínu, horní hrana měřítka na úrovni čáry (rysky), tak aby trhlína navazovala měřeném místě na referenční čáru na měřítku. Porovnává se šířka čáry na měřítku s šířkou trhliny.

Obdobně se postupuje při měření lupou, porovnává se pomocí stupnice viditelné v lupě.

#### **3.3.4 Monitorování mikroskopem**

Metoda je určena pro podrobné monitorování trhlin prováděné v případech uvedených v čl. 2.2.3.

Měření mikroskopem je uvedeno v čl. 2.5.4.

Šířka trhlin se měří přímo v určeném místě, v místě průsečíku osy trhliny a rysky. Porovnává se šířka trhliny se stupnicí v mikroskopu. Vlastní obsluha mikroskopu se provádí podle návodu ke konkrétnímu mikroskopu.

Měřena je kolmá ( „nejkratší“ – nikoliv šikmá ) vzdálenost určená při pohledu mikroskopem. Měření se nesmí provádět v místě, kde jsou výrazné lokální poruchy hrany trhliny (výstupky, ostrůvky apod.).

Měřená šířka se uvažuje bez případného rozšíření trhliny těsně u povrchu (zkosení hrany, rozšíření, olámání hrany trhliny apod. – pokud šířku trhliny bez rozšíření lze jednoznačně určit, jinak se toto rozšíření zanedbá).

#### **3.3.5 Monitorování deformetrem**

Hroty deformetru se při měření vkládají do čepů, umístěných na měřené konstrukční části. Čepy jsou zhotoveny z nekorodujícího materiálu, lepí se na povrch konstrukce, případně se zatmelí do předvrtaných otvorů. Před znečištěním se obvykle chrání plastovými krytkami. Součástí deformetru je kalibrační základna, kterou se při každém měření koriguje délka měřidla. Základna je vyrobena z invarového materiálu, případně z jiného materiálu s nízkou teplotní roztažností

Dvojice čepů deformetru se umísťují na konstrukci ve směru normály k trhlině. Vliv objemových změn betonu se může kompenzovat osazením kontrolních čepů a monitorováním mimo trhlínu.

### **3.4 Délka trhlín**

Délka trhliny se posuzuje z důvodu zjištění změn trhlín. Délka trhlín je definována začátkem a koncem trhliny, vztaženým např. k hraně konstrukčního prvku. Uvedené hodnoty se okótuji do záznamu o měření trhlín.

Kótování trhliny může nahradit zakreslení trhlín v měřítku do formuláře s rastrem. Fotografie se zachyceným měřítkem v záběru s trhlínami rovněž postačuje, protože umožňuje vyhodnotit změny délek.

Pro vyhodnocení je směrodatná délka trhliny viditelné bez pomoci lupy a dalších přístrojů (šířka trhliny od 0.05 mm ).

Délka trhlín se zaznamená do náčrtku a označí se její konce.

### **3.5 Měření hloubky trhlín**

Hloubka trhlín se zjišťuje vývrtem nebo ultrazvukovou metodou. Měření se provádí v případě zvláštního požadavku.

### **3.6 Měření teploty**

Teplota ovzduší a konstrukce má být průběžně měřena např. digitálním teploměrem.

### **3.7 Vyhodnocení**

Přípustné (limitní) šířky trhlín pro jednotlivé konstrukce a prostředí jsou stanoveny v platných obecných předpisech pro navrhování konstrukcí (viz příloha 1), případně ZDS (ZTKP) pro danou stavbu.

Po každém měření se provádí vyhodnocení a zpracuje protokol – příloha č. 3 těchto TP. Při vyhodnocení je nutno zohlednit přesnosti použitých měřicích zařízení. Při porovnávání hodnot zjištěných různými metodami, případně v různých podmínkách je nutno tyto vlivy vždy zohlednit. Po skončení měření/monitorování se zpracovává závěrečná zpráva se závěry a případnými doporučeními pro další postup. Dokumenty musí být zpracovány tak, aby byla umožněna opakovatelnost měření, nezávisle na organizaci, která měření provádí.

## **4. Související předpisy**

ČSN 73 6200 Mostní názvosloví

ČSN 73 6201 Projektování mostních objektů

ČSN 73 6221 Prohlídky mostů pozemních komunikací

ČSN EN 206-1 Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a hodnocení shody.

ČSN EN 1992-2 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – část 2: Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady

ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí, Hodnocení existujících konstrukcí

Vzorové listy staveb PK - VL4 Mosty

Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací, kapitola 18, Beton pro konstrukce, MD ČR

Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací, kapitola 31, Opravy betonových konstrukcí, MD ČR

TP 88 Oprava trhlin v betonových konstrukcích, MDS ČR

TP 120 Údržba, opravy a rekonstrukce betonových mostů pozemních komunikací, MDS ČR

TP 183 Diagnostický průzkum mostů PK, postupy monitorování a vyhodnocení koroze výztuží v betonu metodou akustické emise, MD ČR



## **Příloha č. 1: Limitní šířka trhlin dle stávajících předpisů**

Stanovení limitní šířky je zásadní z hlediska postupu monitorování, z hlediska požadavků na přesnost měření šířky trhliny.

*TKP, kapitola 18, Beton pro konstrukce (2005)*

V TKP, kapitola 18, jsou uvedeny v příloze č. 10, kap. 9.3 limitní hodnoty 0,1 mm a 0,2 mm z hlediska odolnosti a trvanlivosti konstrukce. Doplněno je však sledování limitních hloubek trhlin. Pro šířku 0,1 mm je uvedena hloubka 5 mm a pro šířku 0,2 mm 10 mm hloubka. Jedná se zde o nekonstrukční trhliny. V určitých případech jsou trhliny vyloučeny - příloha č. 10 kap. 9.3. této kapitoly TKP.

Navíc v příloze č. 10, kap. 5.6 je uvedena hodnota 0,05 mm jako rozhraní pro jednotlivé typy oprav.

*TKP, kapitola 31, Opravy betonových konstrukcí (1999)*

V kapitole 31.1.2.34 jsou definovány maximální šířky trhlin - pro již neplatné stupně agresivity prostředí:

- 0,1 mm pro stupeň agresivity prostředí 3b a 5 (stupeň vlivu prostředí **XF4** )
- 0,2 mm pro stupeň agresivity prostředí 2 a 3a (stupeň vlivu prostředí **XF2** )
- 0,3 mm pro stupeň agresivity prostředí 1.

Poznámka: Podle ČSN EN 206-1 jsou nově definovány stupně vlivu prostředí X - zatřídění naznačeno v závorce.

Hodnoty se vztahují k trhlinám konstrukčním, jedná se o maximální hodnoty pro konstrukční trhliny.

Kapitola 31.3.12 požaduje v rámci diagnostického průzkumu určit znaky trhlin dle TP 88 a hloubku trhlin.

Kapitola 31.9.3 upřesňuje podmínky pro sledování posunů spár a trhlin. Sledování se provádí dle požadavků ZDS. Požaduje se zaměření polohy trhlin, vyznačení na konstrukci a vyhotovení pasportu včetně náčrtů tvaru s okótováním rozměrů. Náčrty mohou být nahrazeny fotodokumentací. Místa měření šířky trhlin musí být na konstrukci po celou dobu sledování trvanlivě a přesně vyznačena a zanesena i s kótami do pasportu trhlin.

*TP 88 MDS Oprava trhlin v betonových konstrukcích*

Definují trhliny povrchové a dělicí. Definují šířku trhliny jako vzdálenost mezi okraji trhliny, měřenou na povrchu stavebního dílu, kolmo k průběhu trhliny.

*TP 120 MDS Údržba, opravy a rekonstrukce betonových mostů pozemních komunikací, 2000*

Článek 2.4.11 definuje trhlinu konstrukční, předpokládanou při návrhu konstrukce, její šířka nesmí překročit hodnoty dle ČSN EN 206-1 a TKP, kap. 18.

*ČSN 73 6221 Prohlídky mostů pozemních komunikací*

Pro hodnocení stavu předpjatých konstrukcí je rozhodující hraniční šířka trhliny 0.2 mm.

*ČSN EN 1992-2 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – část 2: Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady*

Článek 7.3.1, Tabulka 7.101N omezuje šířku trhlin na 0,2 mm pro prvky předpjaté soudržnou výztuží a 0,3mm pro železobetonové prvky a prvky předpjaté bez soudržné výztuže, v závislosti na stupni vlivu prostředí a kombinaci zatížení. U prvků předpjatých soudržnou výztuží požaduje pro vybrané stupně vlivu prostředí dekompresi.



## **Příloha č. 2: Příklady přístrojů**



Fotografie č. 1 – Měřítko trhlin



Fotografie č. 2 – Lupa pro měření trhlin



Fotografie č. 3 – Mikroskop



Fotografie č. 4 – Mikroskop doplněný kamerou pro digitalizaci tvaru trhliny





Fotografie č. 5 – Deformetr s číselníkovým a digitálním úchylkoměrem



Fotografie č. 6 - Komplexní měření trhlin - kontinuální měření na konstrukci – potenciometrický snímač, číselníkový úchylkoměr, dále body pro měření změn šířky trhliny deformetrem a teploměrem

### **Příloha č. 3: Příklad formuláře záznamu o zkoušce**

List: .../...

## **ZÁZNAM O MĚŘENÍ TRHLIN**

Mostní konstrukce:

Schéma tvaru konstrukce:



Metoda měření, měřidlo:

Teplota - prostředí:

Teplota – konstrukce (povrchová nebo jádro):

Doplňující údaje:

Firma - laboratoř:

Datum a čas zkoušky:

Klimatické podmínky:

Měření provedl:

Podpis:

List: .../...

## **ZÁZNAM O MĚŘENÍ TRHLIN**

Schéma trhlín:



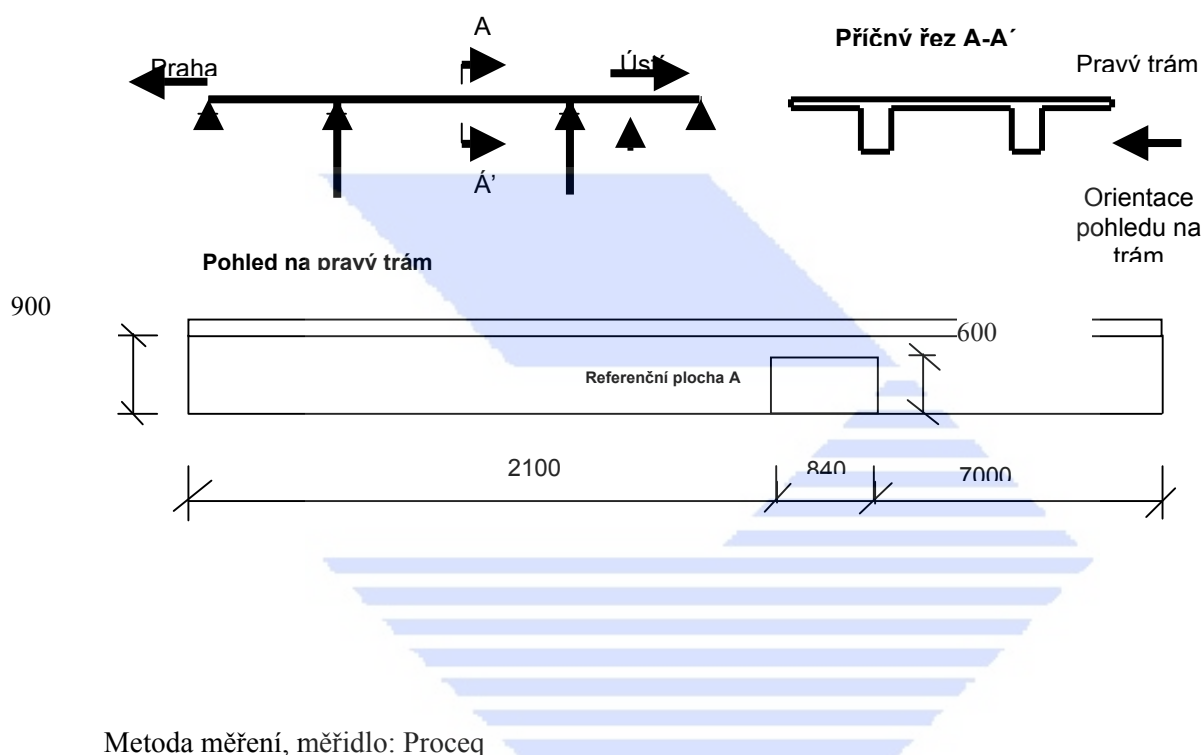
## Příloha č. 4: Příklad vyplněného formuláře

List 1/2

### ZÁZNAM O MĚŘENÍ TRHLIN

Mostní konstrukce: *D8, S0 231, most přes polní cestu v km 11.44*

Šířka na tvaru konstrukce



Metoda měření, měřidlo: Proceq

Teplota - prostředí: 7°C

Teplota – konstrukce (povrchová nebo jádro): *povrchová 9°C*

Doplňující údaje: *KÚ – laboratoř*

Firma - laboratoř:

Datum a čas zkoušky: *19.1.2007, 13.00-16.30*

Klimatické podmínky: *zataženo*

Měření provedl:

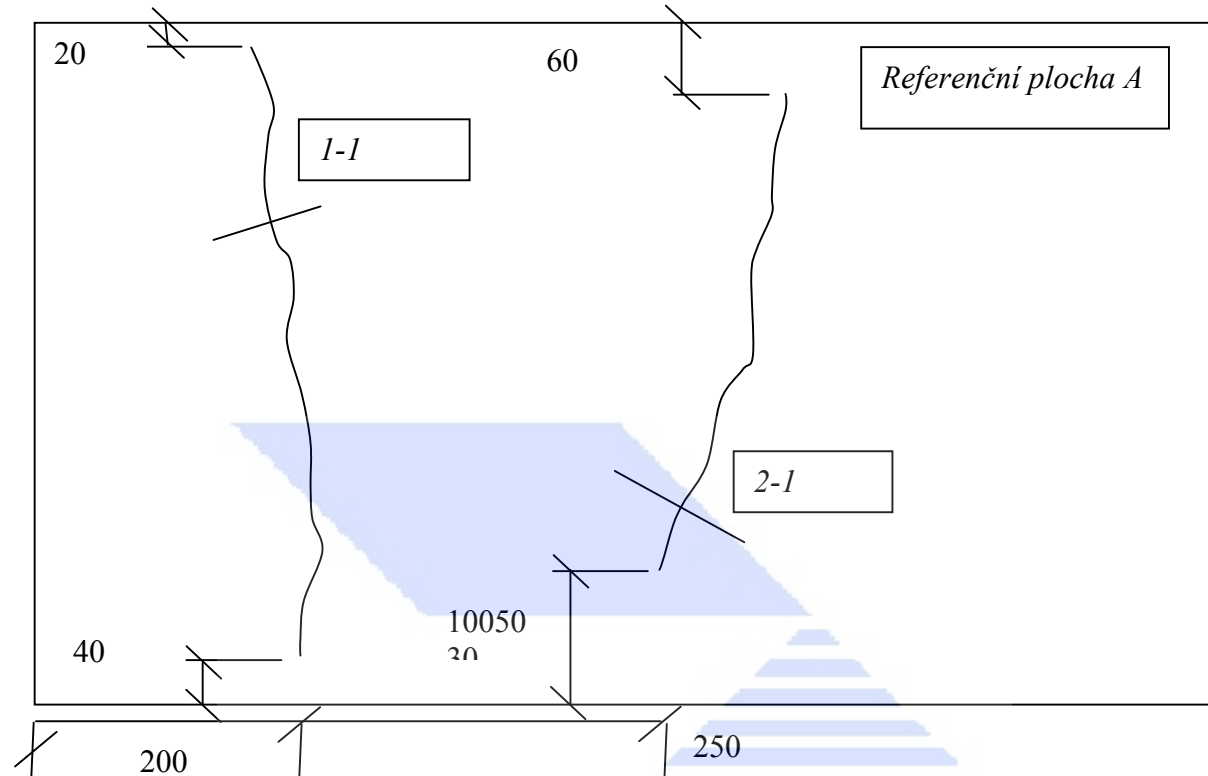
*Ing. Jaroslav Novák*

Podpis:

List:2/2

## ZÁZNAM O MĚŘENÍ TRHLIN

Schéma trhlín:



Trhlina	Místo	Šířka [mm]				
1	1-1	0.2				
2	2-1	0.1				

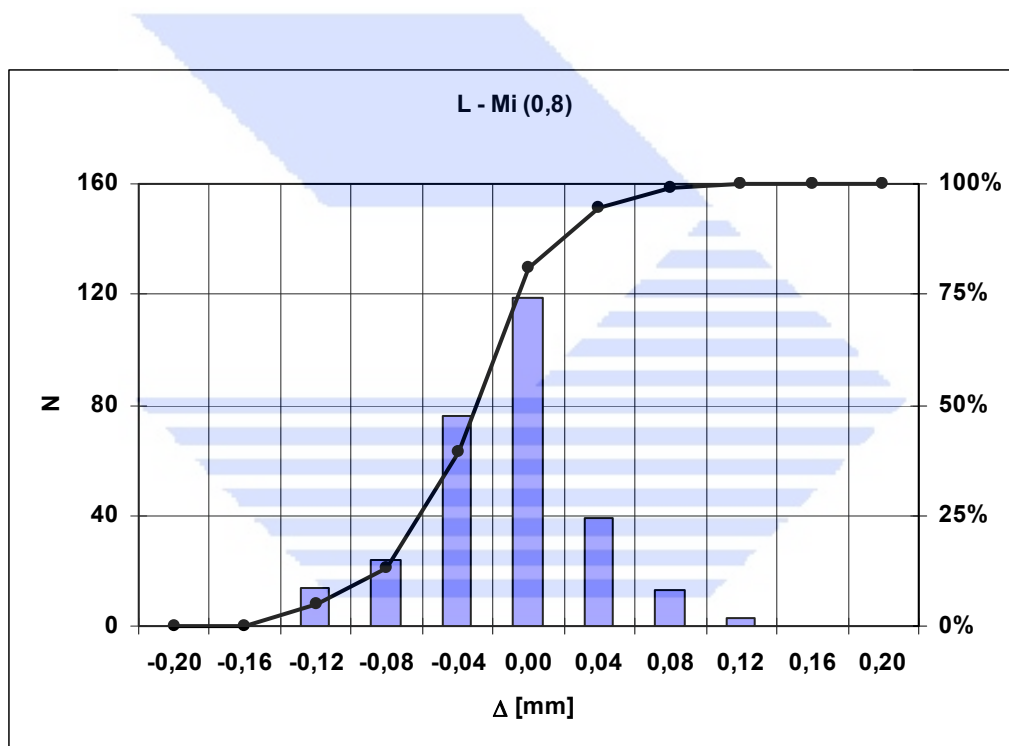
Pozn.: pro značení místa – první číslice číslo trhliny, druhá číslo místa měření na trhlině

## Příloha č. 5: Přesnost měření šířky trhlin

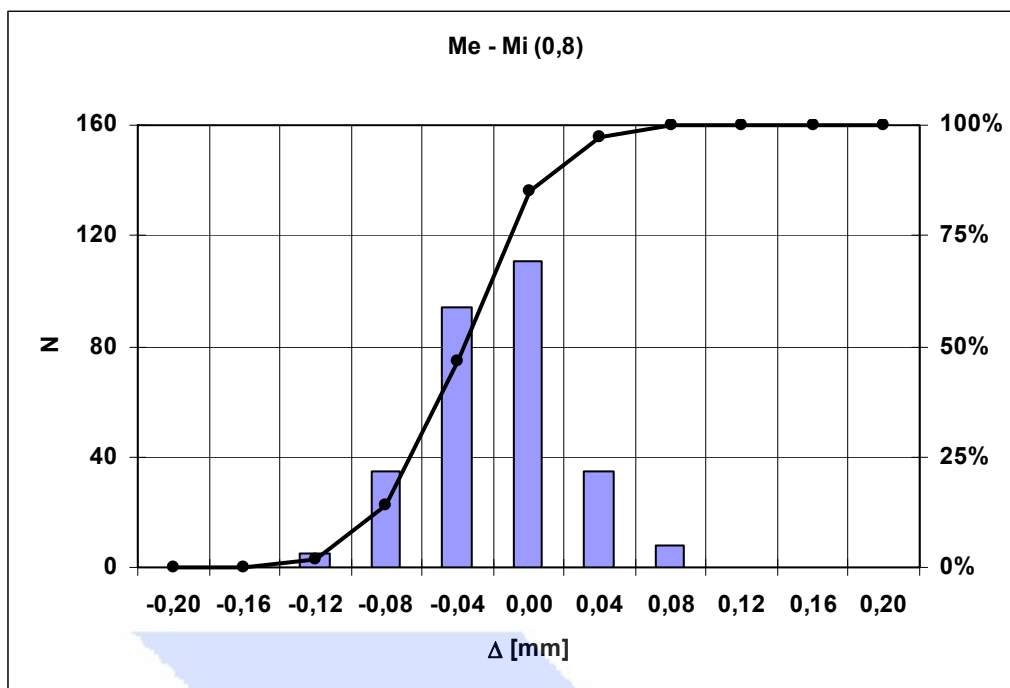
Z obrázků P1 až P3 jsou patrné rozdíly zjištěné při použití různých měřících přístrojů. Velikosti rozdílů zjištěné šířky trhlin při měření různými přístroji jsou uvedeny na vodorovné ose a na svislé ose je četnost měření. Na obrázcích jsou vykresleny jednak histogramy a jednak kumulativní distribuční funkce odchylek  $\Delta$ .

Následující histogramy uvádějí porovnání výsledků získaných měření běžným způsobem mikroskopem a měřítkem a výsledků získaných na počítači specializovaným programem z digitalizovaných fotografických záběrů pořízených pomocí kamery spojené s mikroskopem. Šířka trhliny byla v tomto případě stanovena jako průměrná hodnota získaná na délce trhliny 0,8 mm.

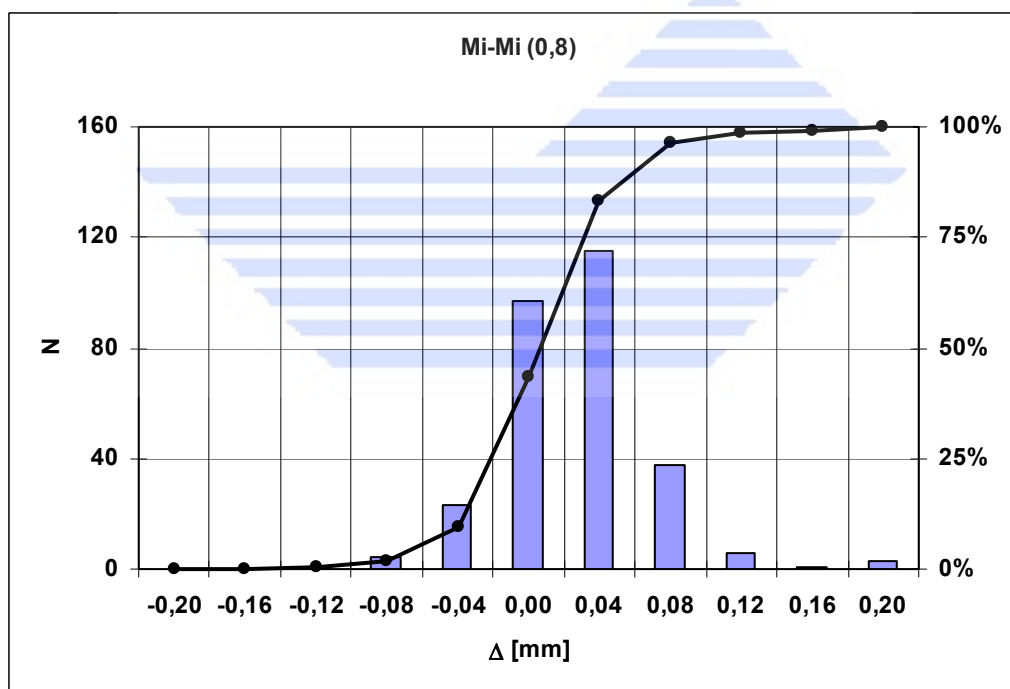
- - obr. P1 – Histogram rozdílů měření lupou a digitálním záznamem obrazu;
- - obr. P2 – Histogram rozdílů měření měřítkem a digitálním záznamem obrazu;
- - obr. P3 – Histogram rozdílů měření mikroskopem a digitálním záznamem obrazu.



Obrázek P1 – Histogram rozdílů měření lupou a digitálním záznamem obrazu



Obrázek P2 – Histogram rozdílů měření měřítkem a digitálním záznamem obrazu



Obrázek P3 – Histogram rozdílů měření mikroskopem a digitálním záznamem obrazu

Z rozboru naměřených dat vyplývají tyto obecné závěry:

- **při hodnocení změn šířek trhlin na konstrukci** - zjištěné rozdíly, pokud dojde ke změně měřicího zařízení, nejsou zanedbatelné, vliv změny měřicího zařízení během měření může významně zkreslit výsledek;
- **při stanovení šířky trhliny** (např. pro posouzení z hlediska životnosti konstrukce) – šířka trhliny se může odlišovat dle měřicího zařízení;
- z porovnání jednotlivých metod vychází chyba měření měřítkem srovnatelná jako při použití lupy, přičemž u měřítka je přesnost měření výrazně nižší, než je u lupy nebo mikroskopu.

### **Nejistota měření**

Na základě statistických dat z ověření je přesnost měření stanovena odhadnutými nejistotami měření:

- příložené měřítko  $\pm 0,11$  mm;
- lupa  $\pm 0,12$  mm;
- mikroskop  $\pm 0,08$  mm.





## **TECHNICKÉ PODMÍNKY 201**

Název: Měření a dlouhodobé sledování trhlin  
v betonových konstrukcích

Vydal: Ministerstvo dopravy  
Odbor infrastruktury

Zpracoval: ČVUT v Praze Kloknerův ústav,  
Šolínova 7, 166 08 Praha 6

Náklad: 100 výtisků

Počet stran: 32

Formát: A4

Distribuce: PRAGOPROJEKT, a.s.,  
K Ryšánce 1668/16, 147 54 Praha 4  
([www.pragoprojekt/předpisy.cz](http://www.pragoprojekt/předpisy.cz))