

Doc. Ing. Leonard Hobst, CSc.

Ing. Radek Matějka

Ing. Ondřej Anton

Ing. Lubomír Vítek

VUT v Brně, FAST

Ústav stavebního zkušebnictví

E-mail: hobst.l@fce.vutbr.cz

matějka_radek@hotmail.com

anton.o@fce.vutbr.cz

vitek.l@fce.vutbr.cz

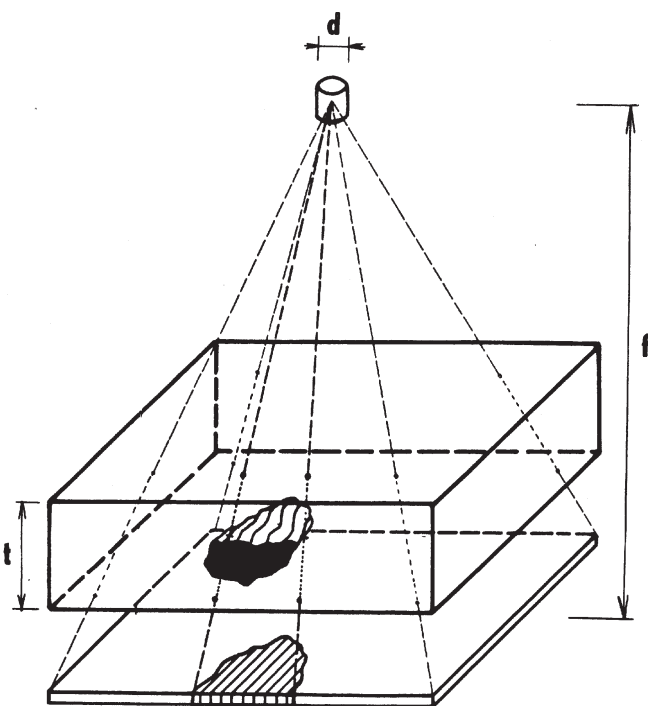
VYUŽITÍ RENTGENOGRAFIE PŘI EXPERIMENTÁLNÍCH ZKOUŠKÁCH STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ

Přednáška na konferenci znalců ÚSI VUT v Brně, dne 24. 1. 2004.

ABSTRACT: X-ray control belongs to nondestructive methods of testing materials. It consists of penetrating ionizing radiation of matter and form image on radiography film which is developed in the laboratory. Then we can get from the images clear conception about inner structure for x-rayed material. This knowledge is possible to apply to specification input parameters for mathematic model. In the article is stated several practical examples when was used x-ray control on experimental tests of building constructions.

1. ÚVOD

Rentgenografii lze zařadit mezi jednu z nejstarších nedestructivních metod zkoušení materiálu. V dnešní době jsou kladeny stále vyšší požadavky na objektivnost výsledků ve výpočtových modelech. Jsme si vědomi odchylek v chování teoretických výpočtů od skutečnosti. Radiografie je jednou z možných metod, se kterou lze zpřesnit podklady pro potřeby matematického modelování zkoumané skutečnosti. V tomto článku je prezentováno několik praktických příkladů, u kterých se uplatnila rentgenografická kontrola.



Obr.1 Centrální projekce vnitřní nehomogenity zkoumaného objektu na radiografický film.

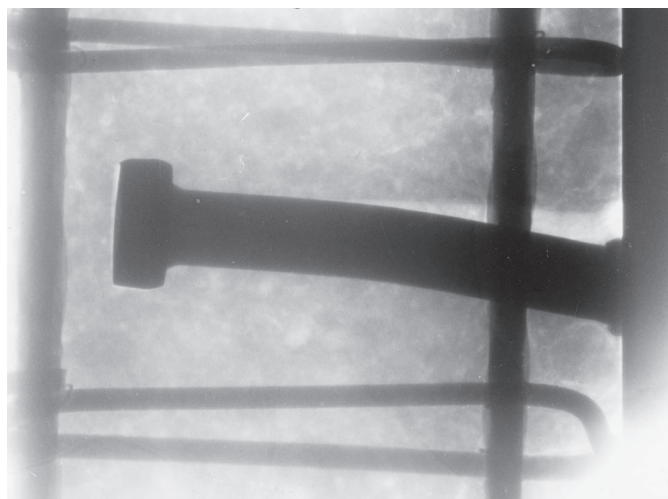
2. PRINCIP RENTGENOGRAFICKÉ METODY

Rentgenografie je založena na schopnostech ionizujícího záření procházet látkou, přičemž dochází k jeho absorpci a rozptylu a následnému zachycení latentního obrazu prozařovaného předmětu na radiografický film, který je pak nutno v laboratoři vyvolat. Rentgenografie se nejdříve začala využívat ve zdravotnictví – v diagnostice a později v terapii chorob a ve strojírenství ke kontrole svarů. Tuto metodu lze uplatnit i ve stavebnictví, kde je zapotřebí získat jakostní snímky s řadou detailů (např. kvalita zainjektování předpínací výztuže), tloušťka prozařovaného předmětu však nemůže být příliš velká (10 až 15 cm betonu). Při vlastním rentgenování je zapotřebí dodržovat určitá pravidla, aby bylo možné ze získaných snímků optimálně vyhodnotit vnitřní strukturu zkoumaného předmětu. Je nutno pečlivě proměřit a zaznamenat polohu ohniska zkoumaného vzorku a polohu filmu v kazetě [1].

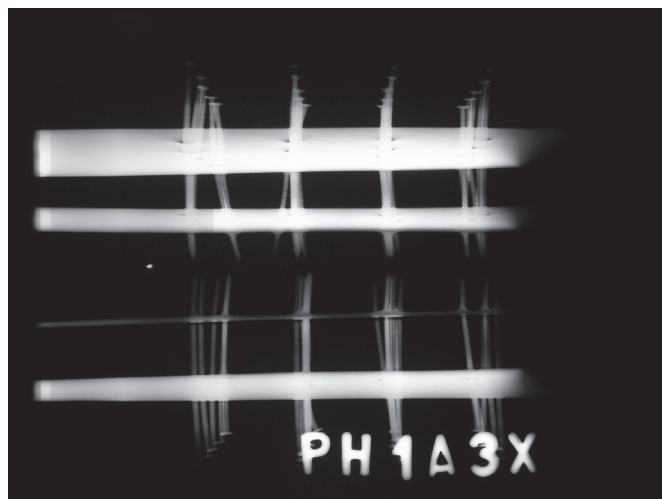
Princip průchodu a záznamu rentgenového záření lze znázornit jako centrální promítání na radiografický film (obr. 1).

2.1 Sledování deformace spřažených ocelobetonových konstrukcí

Ocelobetonové konstrukce jsou konstrukce, kde tahová napětí přebírá ocel a tlaková beton, přitom je nutno zajistit dokonalé spolupůsobení oceli a betonu, což je dosaženo vhodným typem spřažení. V praxi se pro spřažené konstrukce uplatňují navařené kruhové trny. Tato konstrukce snižuje pracnost výroby a tím i výrobní náklady. Únosnost trnů byla postupně zjištěna na základě výsledků experimentálních zkoušek. Ing. Milan Nič v rámci své disertační práce navrhl ocelobetonovou konstrukci [2] [3]. Vyztužená betonová deska tl. 160 mm byla spojená k ocelovému nosníku navařenými kruhovými trny. Při zatěžovacích zkouškách byla sledována nejen deformace mezi ocelovým nosníkem a betonovou deskou, ale i deformace spřažujících trnů v betonu (obr. 2). Na snímku je zřetelně vidět deformace trnu, který se prohnul a byl zatlačen do betonové desky. Vzduchová mezera na snímku



Obr. 2 Radiogram zkušebního vzorku po zatížení.



Obr. 3 Spoj před zatěžovací zkouškou v tahu.

ukazuje velikost posunu trnu. Ze snímku je patrné i postupné vytrhávání trnu ze zkušební desky. Pro prozařování byl použit rentgen Andrex 200 kV, expoziční parametry a geometrie snímkování je uvedena v (tab. 1). Snímky se zaznamenávaly na radiografické filmy Aqfa Gevaert D7 s oboustrannou fólií 0,1 Pb.

Tab. 1 Expoziční parametry a geometrie snímkování.

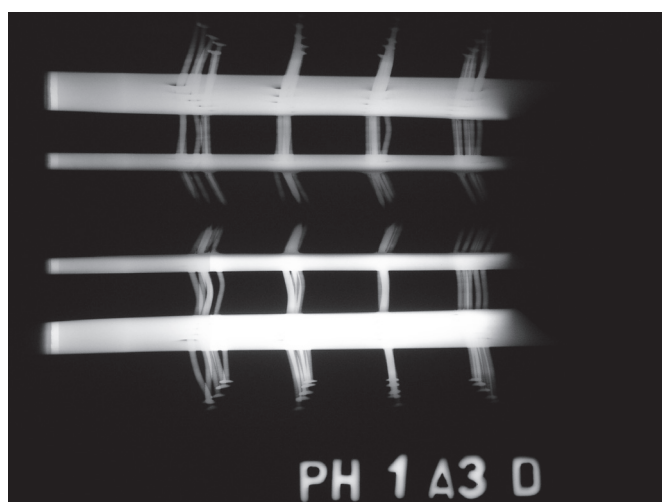
Ohnisková vzdálenost	f	1 m
Napětí rentgenky	U	180 kV
Proud rentgenky	I	7 mA
Expoziční doba	t	3 min

2.2 Sledování deformace spojů dřevěných konstrukcí při zatížení

Kritickým místem dřevěných konstrukcí velkých rozpětí jsou jejich spoje, které jsou často vystaveny extrémnímu zatížení. Klasické typy spojů často nejsou schopny plnit statické požadavky, které jsou na ně kladeny. Možným řešením jsou konstrukce nových typů spojů, u kterých se používají vkládané ocelové plechy, spojené s dřevěnými částmi pomocí hřebů nebo ocelových kolíků. Ing. Z. Vejpusťek v rámci své disertační práce navrhl několik spojů typu „ocel – dřevo“, [4] které byly podrobeny zatěžovací zkoušce na mez porušení a poté proběhla rentgenografická kontrola průběhu deformací uvnitř spoje. Pro snímkování byl použit rentgen Andrex CP – 160kV s oddělenou rentgenkou, expoziční doba a geometrie snímkování je uvedena v (tab. 2). Snímky se zaznamenávaly na

Tab. 2 Expoziční parametry a geometrie snímkování.

Ohnisková vzdálenost	f	0,8 m
Napětí rentgenky	U	105 kV
Proud rentgenky	I	6 mA
Expoziční doba	t	1 min

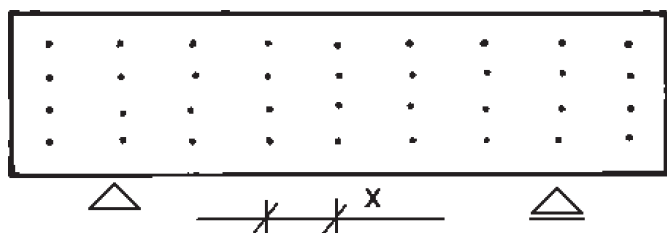


Obr. 4 Spoj po zatěžovací zkoušce v tahu.

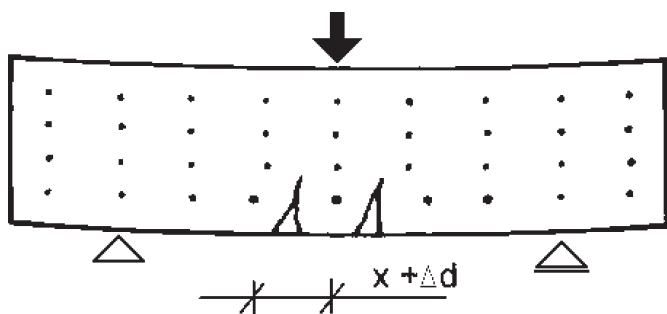
radiografické filmy od firmy Fuji. Výsledné rentgenogramy spoje „ocel – dřevo“ vytvořeném 4 tenkými plechy o tloušťce 1 mm, které byly probity 20 ks hřebíků $\varnothing 3,1$ (5×4 řady) jsou uvedeny na (obr. 3 a obr. 4). Ze snímku (obr. 4) je patrná deformace hřebíků při zatěžovací zkoušce v tahu.

2.3 Sledování průběhu vzniku trhlin v betonu při zatížení

Dalším možným použitím rentgenografie je při kontrole umístění výztuže v průřezu, ke zjištění dutin či trhlin uvnitř vzorku. Pro stanovení vzniku a rozvoje trhlin v betonových trémčích byla opět uplatněna rentgenografie. Pro rentgenografickou kontrolu byly vyrobeny betonové trámečky (100×100×400 mm) s výztuží $\varnothing 6$ mm. Na jednu z delších stran trámečku byla nalepena mřížka z broků. Na radiogramech změna rozteče mřížky po zatěžovací zkoušce představovala vznik trhliny (obr. 5 a obr. 6). Pro snímkování byl použit rentgen Andrex CP – 160 kV s oddělenou rentgenkou, expoziční parametry a geometrie snímkování je uvedena v (tab. 3). Snímkování probíhalo v laboratořích Střediska radiační defektoskopie. Na rentgenogramech byl lokalizován průběh vzniku



Obr. 5 Zkušební vzorek před zatížením.



Obr. 6 Zkušební vzorek po zatížení.

5. LITERATURA

- [1] SCHMID, P. a kol.: Základy zkušebnictví, skripta, VUT v Brně, CERM s.r.o. Brno, 2001.
- [2] HOBST, L. – NIČ, M.: Sledovanie deformácie spriahnutých konštrukcí röntgenografickou metódou. Inženýrské stavby č.3, 1987, str. 150–151.
- [3] HOBST, L. – NIČ, M.: Použití prežarovacej metody při experimentálním skúšaní spriahujúcich trňov. Konference „Modernizácia skúšobníctva vo stavebníctve“, 1982, Tatranská Lomnica, sborník konference, str. 39–44.
- [4] Vejpusťek, Z.: Analýza spojů dřevěných konstrukcí s vkládanými styčnickovými plechy, teze doktorské disertační práce (školitel: Doc. Ing. B. Straka, CSc.), FAST VUT v Brně, 2003.
- [5] MATĚJKA, R.: Rentgenografické sledování vzniku trhlin při stanovené pevnosti betonu v tahu za ohybu, VUT v Brně. Sborník přednášek IV. Odborné konference doktorského studia. 1sted. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2002.

Tab. 3 Expoziční parametry a geometrie snímkování.

Ohnisková vzdálenost	f	1 m
Napětí rentgenky	U	150 kV
Proud rentgenky	I	7 mA
Expoziční doba	t	3 min

trhlin v betonu při zatížení. Tato práce byla uskutečněna v rámci IV. odborné konference doktorského studia R. Matějkou [5].

4. ZÁVĚR

Radiografickými snímky je možné popsat průběh deformací u konkrétního zatěžovacího stavu zkoušeného vzorku a stanovit kritická místa porušení. Výsledky rentgenografického měření mohou posloužit k ověření vstupních parametrů u matematických modelů, aby co nejobektivněji mohli postihnout sledované změny v konstrukci. V praxi se stále více rentgenografie prosazuje jako metoda, podporující experimentální zkoušení stavebních konstrukcí.

Příspěvek vznikl za podpory výzkumného záměru MSM 261100007 Fakulty stavební VUT v Brně.