9 ZTVRDLÝ BETON 2

Trvanlivost betonu a konstrukcí z něj vybudovaných závisí na mnoha faktorech. Jedním z nejdůležitějších je kvalita povrchové vrstvy betonu, protože právě ta je v bezprostředním kontaktu s vnějším (často agresivním) prostředím, ze kterého mohou do betonových prvků pronikat nežádoucí látky. Tato kapitola se tedy bude zabývat povrchovou vrstvou betonu. Povrchová vrstva není jen samotný povrch betonu nebo konstrukce – tímto termínem se obvykle rozumí vrstva betonu tloušťky 20 – 50 mm. Jedná se v podstatě o krycí vrstvu výztuže.

9.1 Hloubka průsaku tlakovou vodou

9.1.1 Využití metody

Pokud mohou voda či vzduch povrchovou vrstvou betonu snadno pronikat do jeho vnitřní struktury, velmi pravděpodobně způsobí postupnou degradací materiálu a zásadním způsobem sníží trvanlivost a životnost betonu, a tím pádem i konstrukce. Například v případě železobetonu mohou do jeho vnitřní struktury vnikat z okolního prostředí látky, které v důsledku snížení pH betonu zapříčiní korozi výztuže.
Proto je v určitých případech nutné stanovit propustnostní vlastnosti betonu. Existuje mnoho zkoušek, pomocí nichž lze stanovit propustnost jak pro vzduch (např. pomocí metody TPT, tedy pomocí přístroje **T**ORRENT **P**ermeability **T**ester), tak pro kapaliny (např. pomocí metody ISAT – **I**nitial **S**urface **A**bsorption **T**est nebo metody GWT – **G**ermann **W**ater permeation **T**est), ovšem základní norma, popisující beton, ČSN EN 206+A2, definuje propustnost betonu pomocí stanovení **hloubky průsaku tlakovou vodou** dle ČSN EN 12390-8.
Metoda se využívá pro kontrolu betonu, který je navržen tak, aby odolával účinkům agresivního prostředí. Norma ČSN EN 206+A2 v tabulce F.1.2 udává mimo jiné i mezní hodnoty hloubky průsaku tlakovou vodou pro složení a vlastnosti betonu v České republice (a s předpokládanou životností 100 let) – předmětná část tabulky F.1.2 je zde uvedena v Tab. 9.1.

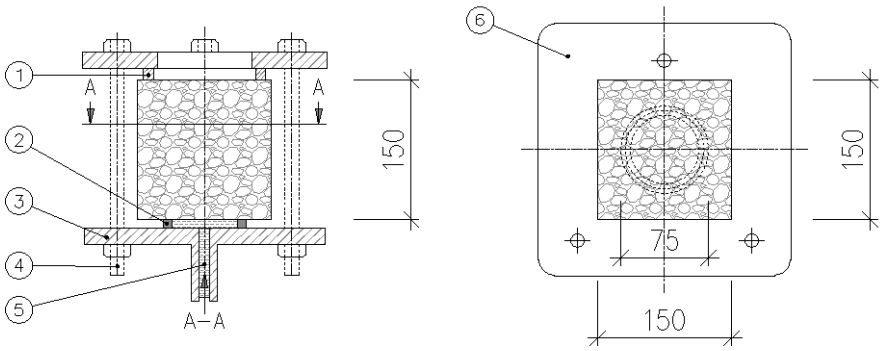
Tabulka 9.1: Mezní hodnoty hloubky průsaku tlakovou vodou pro složení a vlastnosti betonu v České republice předepsané normou ČSN EN 206+A2.

	Koroze způsobená karbonatací		Koroze způsobená chloridy (jiné chloridy než z moře)			Působení mrazu a rozmrazování				Chemicky agresivní prostředí		
Stupeň vlivu prostředí	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
Maximální průsak vody [mm]	50	50	50	50	20	50	35	20	20	50	35	20

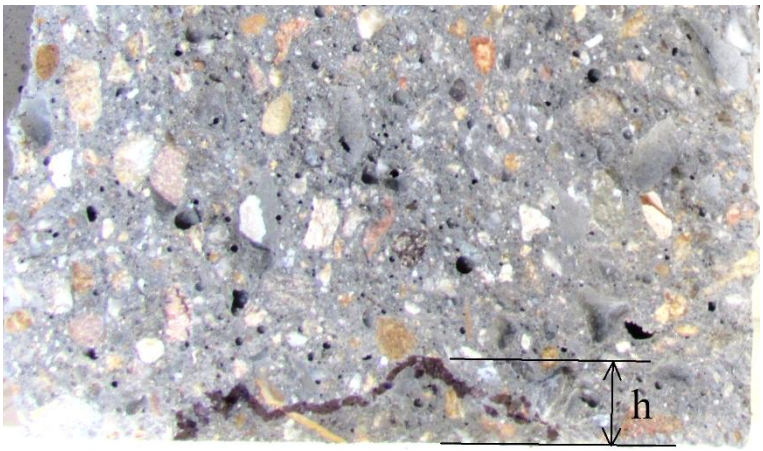
9.1.1 Princip metody

Podstatou zkoušky dle normy ČSN EN 12390-8 je působení tlakové vody na povrch ztvrdlého betonu a následné určení, do jaké hloubky (kolmo od povrchu betonu) voda pronikla.
Základním zkušebním tělesem je krychle, válec nebo hranol o délce hrany nebo průměru nejméně 150 mm, přičemž žádný rozměr nesmí být menší než 100 mm. Zkušební těleso se pro zkoušku musí předem připravit. Plocha zkušebního tělesa, která bude vystavena působení vodního tlaku, se ihned po odformování tělesa zdrsní ocelovým kartáčem. Zkušební těleso je poté uloženo do vodní lázně a samotná zkouška je zahájena ve stáří betonu 28 dní.

Zkušební těleso se upne do speciálního zařízení a na upravený povrch tělesa se nechá působit vodní tlak (500 ± 50) kPa po dobu (72 ± 2) hodin, viz Obr. 9.1. Zkoušený povrch tělesa musí být kolmý ke směru hutnění betonu. Povrchy, které nejsou vystaveny tlakové vodě, se průběžně během zkoušky kontrolují. Objeví-li se na nich voda, je nutné zvážit platnost výsledku zkoušky.
Po skončení zkoušky se těleso ze zařízení vyjme, povrch tělesa se osuší a zkušební těleso se rozlomí (podobně jako při zkoušce pevnosti v příčném tahu). Lom je veden kolmo k povrchu, na který působila tlaková voda, a ve středu zatěžované plochy. Po oschnutí se obvykle označí viditelná hranice dosažené hloubky průsaku tlakové vody (viz Obr. 9.2) a poté se změří největší hloubka průsaku kolmo od zatěžované plochy. Výsledek se zaokrouhlí na nejbližší milimetr.
Norma dále stanovuje údaje, které musí obsahovat protokol o zkoušce. Norma již neřeší tvar vizuální hranice průniku tlakové vody do zkušebního tělesa, ani případné možné anomálie betonu (kaverny, shluk kameniva apod.), případně by toto mohlo být zahrnuto do bodu 8 f) normy ČSN EN 12390-8 jako jakékoliv prosakování vody ze zkušebního tělesa mimo zatěžovanou plochu či úvaha o platnosti výsledku (pokud se vyskytne problém).



Obrázek 9.1: Příklad uspořádání zkoušky průsaku tlakovou vodou; 1 – opěrný kroužek, 2 – těsnící kroužek, 3 – upevňovací deska, 4 – stahovací šroub, 5 – tlaková voda, 6 – upevňovací deska.



Obrázek 9.2: Rozlomená zkušební krychle po zkoušce průsaku tlakovou vodou s vyznačenou hranicí průsaku tlakové vody.

9.2 Stanovení odolnosti cementového betonu proti působení vody a chemických rozmrazovacích látek

9.2.1 Využití metody

Hodnocení povrchové vrstvy betonu je poměrně komplikované. Ve světě jsou za tímto účelem využívány různé standardizované i nestandardizované zkušební metody, na jejichž základě je možné charakterizovat povrchovou vrstvu betonu či její vnitřní strukturu. V předchozí kapitole

byly uvedeny některé metody, pomocí kterých lze stanovit propustnost povrchové vrstvy betonu, přičemž důraz byl kladen na průsak tlakovou vodou. Ačkoliv je propustnost betonu důležitá pro hodnocení jeho trvanlivosti, nejedná se zdaleka o jedinou vlastnost, kterou lze u povrchové vrstvy betonu vyžadovat či kontrolovat. Další je např. stanovení odolnosti povrchu cementového betonu proti vodě a chemickým rozmrazovacím látkám (dále jen CHRL).
V případě, že je betonová konstrukce nebo její část vystavena vodě, střídavému působení kladných a záporných teplot a současně na povrch betonu působí také libovolné rozmrazovací činidlo (nejčastěji posypová sůl a následně vzniklý roztok NaCl), výsledný degradační proces je označován jako odlupování. Je to jeden z hlavních problémů, kterým beton ve smyslu jeho trvanlivosti v klimatických podmínkách střední a severní Evropy čelí. Odlupování, jakožto povrchové poškození, sice neohrožuje kvalitu betonu uvnitř konstrukce, činí jej však náchylným k pronikání vody a dalších agresivních látek do jeho struktury. Tím je pochopitelně snížena celková odolnost betonu a následně životnost konstrukce. O fenoménu odlupování betonu se mimo jiné ví, že:

- poškození povrchové vrstvy je nejhorší, když voda obsahuje určité množství rozpuštěné látky,
- existuje určitá nezávislost míry porušení na povaze rozpuštěné látky (např. soli, alkohol, močovina – u všech těchto látek bylo zjištěno podobné působení),
- poškození povrchové vrstvy se projevuje vznikem malých vloček nebo plátků materiálu odpadávajících z povrchu,
- k samotnému odlupování nedojde bez volné kapaliny na povrchu betonu,
- poškození povrchu betonu je tím větší, čím nižší je teplota zatěžovacího cyklu,
- je důležitější koncentrace solí v kapalině působící na povrch betonu než koncentrace solí v kapalině v pórech vnitřní struktury betonu,
- provzdušňovací přísada obvykle zvyšuje odolnost betonu proti odlupování.

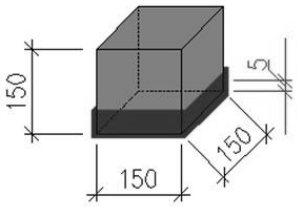
9.2.2 Popis metody

Problém se stanovením odolnosti betonu proti působení vody a CHRL je ten, že existuje mnoho postupů, podle nichž lze beton zkoušet. S nadsázkou lze říci, že každý stát s podobnými klimatickými podmínkami, jako má Česká republika, má vlastní normalizovaný postup. Mezinárodní porovnání betonů je v tomto ohledu tedy skoro nemožné.
V České republice patří mezi běžně užívané zkušební metody stanovení odolnosti cementového betonu proti vodě a chemickým rozmrazovacím látkám dle normy ČSN 73 1326. Existuje však i předběžná technická norma ČSN P CEN/TS 12390-9, pojednávající o stanovení odolnosti betonu proti zmrazování a rozmrazování – odlupování. Její metodika je podobnější evropským standardizovaným postupům pro stanovení odolnosti betonu proti zmrazování a tání, ovšem v ČR se zatím příliš nevyužívá.
Norma ČSN 73 1326 byla vydána v roce 1984, kdy zkušební postupy byly určené především pro cementové betony krytů vozovek, ale i pro betony obecně vystavené působení soli a chemických rozmrazovacích látek. V době vydání norma obsahovala pouze dvě metody zkoušení: metodu A – Metoda automatického cyklování a metodu B – Metoda ruční manipulace se vzorky. Od roku 2003 platí změna normy Z1, která částečně upravuje některá znění původního vydání, ale zejména doplňuje dokument o metodu C – Metoda automatického cyklování II. Na konec označení metody A poté přibyla římská číslovka “I“. V dnešní době se metoda B v podstatě nepoužívá.

9.2.3 Metoda A

Tato zkušební metoda je založena na principu automaticky řízeného cyklického střídání kladných a záporných teplot působících rovnoměrně na celé zkušební těleso ze zkoušeného betonu. Zkušební zařízení (většinou zmrazovací box KD20) udržuje kladné i záporné teploty po předepsaný čas. Povrch těles musí být ochlazen z +20 °C na -15 °C za dobu 45 až 50 minut. Za stejnou dobu musí dojít ke zpětnému ohřátí a nejvyšší i nejnižší teplota musí být udržována po dobu 15 minut.

Jednotlivá zkušební tělesa (základní tělesem je krychle o hraně 150 mm) jsou během zkoušky umístěna do misek z nekorodujícího materiálu, jež umožňují jednak ponoření zkušebních těles do roztoku chemické rozmrazovací látky a současně zachycení odpadu z povrchu betonu. Jako základní rozmrazovací látka se většinou používá 3% roztok chloridu sodného (NaCl), který je nalit do misky v takovém množství, aby byla zkušební krychle po celém svém obvodu ponořena na výšku (5 ± 1) mm. Zkušební tělesa, kterých musí být pro jeden zkoušený beton alespoň 3 ks, jsou během zmrazování a rozmrazování rovnoměrně rozložena po dně zkušebního automatizovaného cyklovacího zařízení KD20.



Obrázek 9.3: Způsob uložení tělesa do 3% roztoku NaCl dle metody A.

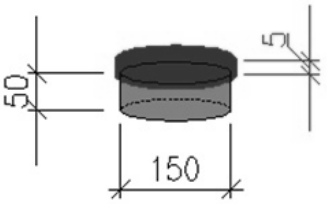
Po každém 25. cyklu jsou zkušební tělesa s miskou vyjmuta z mrazícího boxu a proudem vody ze střičky jsou splaveny uvolněné částice do misky. Přebytečná kapalina je slita a odpadlé částice jsou vysušeny do konstantní hmotnosti. Jednotlivé odpady jsou zapsány do protokolu pro každé zkušební těleso po 25 cyklech v gramech. Odolnost povrchu betonu proti působení CHRL je dána hmotností odpadu na jednotku plochy ρ_A v g/m^2 podle vztahu:

$$\rho_A = \frac{\sum m}{A} \qquad 9.1$$

Zkouška je ukončena buď dosažením předepsaného počtu cyklů, nebo dosažením maximální povolené velikosti ρ_A.

9.2.4 Metoda C

Metoda automatického cyklování II (metoda C) používá také automaticky řízené cyklické střídání kladných a záporných teplot působících rovnoměrně na celé zkušební těleso. Tentokrát je zkušebním tělesem válec průměru 150 mm a výšky minimálně 50 mm, jehož povrch je zalit 3% roztokem NaCl. Může se jednat o vybetonované těleso tvaru válce nebo o jádrový vývrt z konstrukce.
Zkušební těleso se opatří objímkou tak, aby převyšovala jeho povrch nejméně o 10 mm. Pro větší vodotěsnost jsou spáry mezi tělesem a objímkou utěsněny pomocí silikonu či pryskyřicového lepidla. Před zahájením zkoušky se na zkušební těleso nalije voda, která se na něm ponechá minimálně dva dny. Poté se voda slije a na povrch se nalije přibližně 5 mm vysoká vrstva 3% roztoku NaCl. Těleso uložené do automatizovaného cyklovacího zařízení KD20 je ochlazováno na -18 °C. Tato teplota je udržována po dobu 3 hodin, pak se musí zvýšit během 30 minut na hodnotu +5 °C, kde je opět udržována 3 hodiny. Jeden zmrazovací cyklus tedy trvá přes 6 hodin, z čehož vyplývá, že tato zkouška je časově mnohem náročnější než metoda A.

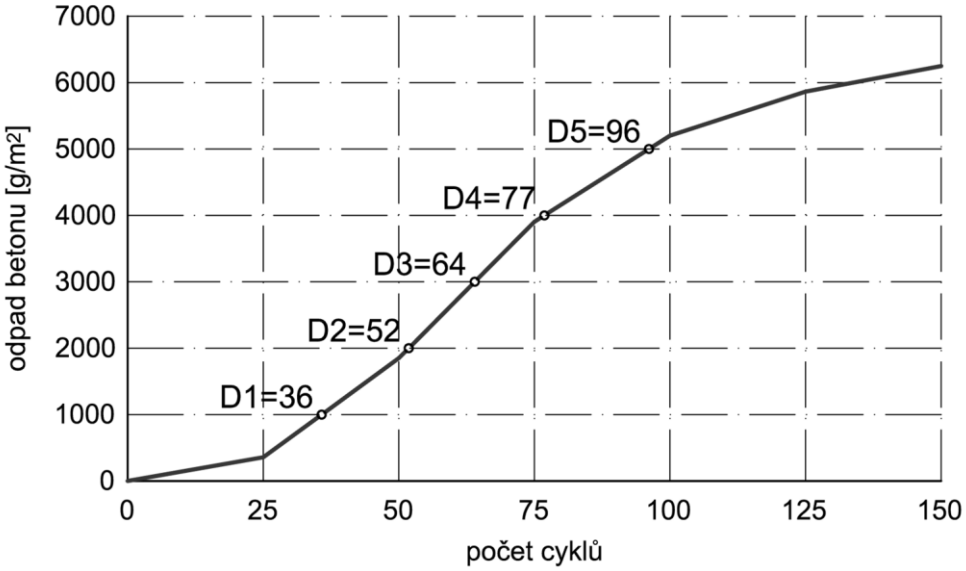


Obrázek 9.4: Způsob umístění 3% roztoku NaCl na zkušební těleso dle metody C.

Po ukončení 25 cyklů je odpad pomocí střičky slit a ocelovým kartáčem je očištěn povrch tělesa. V klimatizační skříni poté dojde k vysušení odpadu do konstantní hmotnosti. Na zkušební vzorek se opět nalije voda, která zůstane na zkoušeném povrchu po dobu minimálně jednoho dne, a teprve poté je možné pokračovat ve zkoušení povrchu pomocí roztoku NaCl. Výpočet odpadu částic z plochy betonu je shodný jako u metody A, postupuje se tedy dle vztahu 9.1.
Odolnost povrchu betonu proti působení CHRL (metoda C) se hodnotí pomocí součinitelů D1 až D5. Součinitelé D1 až D5 se získají z grafu stanovením průsečíku čáry odpadů betonu na jednotku plochy s příslušnou souřadnicí odpadu betonu, viz Obr. 9.5. Do grafu jsou vynášeny kumulativní odpady. K určení odpadu po 50 cyklech je tedy nutné sečíst dílčí odpad po

25 cyklech s dílčím odpadem po 50 cyklech atd. Jednotlivé součinitele odolnosti betonu proti působení CHRL norma ČSN 73 1326 definuje takto:

- D1 = počet cyklů, po kterých je odpad betonu 1 000 g/m^2,
- D2 = počet cyklů, po kterých je odpad betonu 2 000 g/m^2,
- D3 = počet cyklů, po kterých je odpad betonu 3 000 g/m^2,
- D4 = počet cyklů, po kterých je odpad betonu 4 000 g/m^2,
- D5 = počet cyklů, po kterých je odpad betonu 5 000 g/m^2.



Obrázek 9.5: Vynesení závislosti odpadu betonu s povrchu tělesa v g/m^2 na počtu cyklů.

Důležité při provádění zkoušky je skutečnost, že zatěžována je vždy „hlazená“ plocha zkušebního tělesa – tedy ta, která byla při výrobě nahoře. Postup zkoušení dle normy ČSN 73 1326 je využíván pro kontrolu betonu, který je navržen tak, aby odolával účinkům určitého agresivního prostředí. Norma ČSN EN 206+A2 v již zmíněné tabulce F.1.2 udává mimo jiné i mezní hodnoty odpadu pro složení a vlastnosti betonu v České republice (a předpokládanou životností 100 let) – předmětná část tabulky F.1.2 je zde uvedena v Tab. 9.2.

Tabulka 9.2: Mezní hodnoty výsledků zkoušky odolnosti betonu proti působení vody a chemických rozmrazovacích látek pro složení a vlastnosti betonu v České republice předepsané normou ČSN EN 206+A2.

	Působení mrazu a rozmrazování	
Stupeň vlivu prostředí	XF2	XF4
Odolnost betonu vůči zmrazování a rozmrazování, při zkoušce podle ČSN 73 1326: metoda/počet cyklů/odpad [g/m^2]	A/100/1250 C/75/1250	A/100/1000 C/75/1000

9.3 Stanovení soudržnosti betonu

9.3.1 Využití metody

Stanovení soudržnosti betonu probíhá dle normy ČSN EN 1542 „Výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí – Zkušební metody – Stanovení soudržnosti odtrhovou zkouškou“. Samotná zkouška spočívá v přímém odtržení kruhového terče přilepeného k povrchu betonu (nebo systému či výrobku pro opravy betonu), přičemž zkušební místo je definováno jádrovým vývrtem provedeným skrz povrch. Naprosto shodný postup je

popsán v normě ČSN 73 1318 „Pevnost betonu v tahu“ – pokud je odtržen kruhový terč přilepený k návrtu jádrovým vrtákem, jedná se o pevnost betonu povrchových vrstev.
Samotnou zkoušku lze tedy využít např. pro:

- zjištění pevnosti v tahu povrchových vrstev betonu,
- stanovení soudržnosti s podkladem u zálivek, malt, betonů a prostředků pro povrchovou ochranu, které se používají pro ochranu a opravy betonu,
- stanovení soudržnosti povrchové vrstvy dlažeb k podkladnímu betonu.

Metoda se tedy využívá při kontrole kvality dlažeb, výrobků a systémů pro ochranu betonových konstrukcí, či určení pevnosti v tahu povrchové vrstvy betonu konstrukce, kterou je nutné sanovat. Pokud otryskaná povrchová vrstva nemá dostatečnou pevnost v tahu, není možné na ni aplikovat systém či výrobek pro její ochranu (např. sanační omítku).

9.3.2 Popis metody

Jádrovým vrtákem o průměru 50 mm se odvrtá zkušební místo. Hloubka návrtu se vypočte ze vztahu:

$$d_i = d_d + (15 \pm 5), \qquad 9.2$$

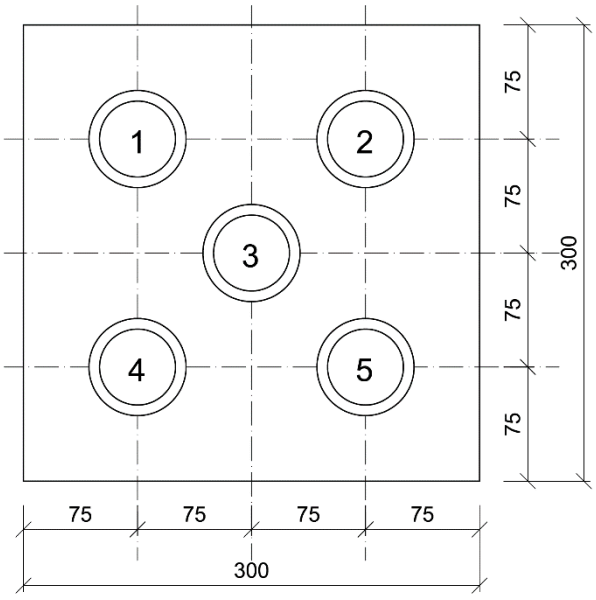
kde d_i je celková hloubka návrtu v mm a d_d je tloušťka povrchové úpravy (malty) v mm.

Čistý odtrhový terč se přilepí soustředně s osou jádra na připravený zkušební vzorek tak, aby mezi zkušebním terčem a zkoušeným povrchem vznikla souvislá vrstva lepidla. Kruhový terč se pak přitlačí tak, aby se odstranil vzduch, a všechno případně vyteklé lepidlo se z návrtu ihned odstraní. Do mezery vytvořené jádrovým vrtákem nesmí žádné lepidlo vniknout. Lepidlo se následně nechá vytvrdnout dle pokynů výrobce.
Zařízení pro odtrhovou zkoušku se umístí soustředně nad kruhový terč tak, aby úhel svíraný s jeho povrchem byl (90 ± 1)°. Terč se zajistí, aby se jeho poloha během zkoušky nemohla měnit. Zatěžovací síla se zvyšujte plynule a rovnoměrně rychlostí (0,05 ± 0,01) N/mm^2/s až do porušení. Síla na mezi porušení se zaznamená a stanoví se plocha porušení zkušebního tělesa *D* jako průměrný výsledek měření rozměrů provedených posuvným měřítkem vzájemně kolmo napříč jádra. Soudržnost f_h v N/mm^2 je dána následujícím vztahem:

$$\mathrm{f_h} = \frac{\mathrm{F_h}}{A} = \frac{4 \cdot \mathrm{F_h}}{\pi \cdot \mathrm{D}^2}, \qquad 9.3$$

kde f_h je soudržnost v N/mm^2, F_h je síla na mezi porušení v N, A je zatěžovaná plocha definovaná jádrovým vývrtem v mm^2 (tedy plocha porušení zkušebního tělesa) a D je průměr jádrového vývrtu v mm.

Výsledek soudržnosti se zaokrouhlí na nejbližších 0,1 N/mm^2.
Pokud se zkouší výrobek či systém pro ochranu betonu, je dle Obr. 9.6 pro zkoušku požadováno jedno zkušební těleso, na němž se provede 5 zkoušek soudržnosti. Po provedení odtrhové zkoušky je nutné posoudit způsob porušení zkušebního místa. Místo s nevhodným porušením (např. porušení v lepidle) se vyřadí. Výsledek je průměr z minimálně tří normálních zkušebních výsledků.



Obrázek 9.6: Zkušební těleso s vyznačenou polohou kruhových terčů.

9.4 Kontrola vyztužení metodou indukce vířivých proudů

Předchozí tři úlohy popisovaly stanovení vlastností povrchové vrstvy betonu. Nedílnou součástí železobetonových konstrukcí je výztuž. A trvanlivost železobetonové konstrukce je ovlivněna nejen kvalitou povrchové vrstvy betonu, ale i její správnou tloušťkou, tedy dodržením předepsané hloubky krytí výztuže. Součástí ověření kvality nových konstrukcí proto bývá kromě stanovení vlastností betonu i zjištění, zda výztuž konstrukce (prvku) odpovídá projektové dokumentaci.

9.4.1 Využití metody

Ocelová výztuž se ve vzájemném spolupůsobení s betonem podílí na únosnosti a mechanické stabilitě železobetonových konstrukcí. Pro kontrolu a zjištění množství výztuže máme k dispozici několik metod, z nichž nejrozšířenější je nedestruktivní metoda pulzní indukce vířivých proudů, v zahraničí uváděná zkráceně jako „**eddy current**“.
Metoda je zejména vhodná pro stanovení:

- vzdálenosti výztuže od povrchu (krytí),
- množství a polohy výztuže (v první vrstvě od povrchu, v obou směrech),
- průměru výztuže (při dostatečné vzdálenosti sousedních prutů),
- směru výztuže, zjištění jiných kovových prvků v měřícím poli.

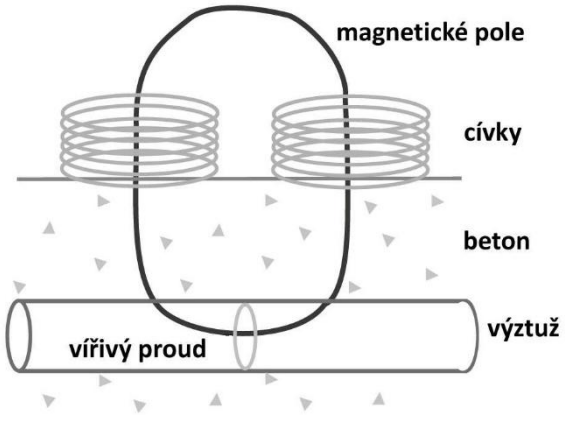
Metoda má však i svá omezení a limity:

- dosah přístrojů je max. 150-200 mm, ovšem pro efektivní lokalizaci max. 60-80 mm,
- nerozliší od sebe sousední pruty s malou distancí (v závislosti na krytí),
- zkreslení (nadhodnocení) průměru vlivem sousední výztuže (lze částečně korigovat),
- zkreslení směru výztuže, zjištění jiných kovových prvků v měřícím poli,
- blízkost silných elektromagnetických polí (např. elektrické trakce) může měření znemožnit,
- pomocí elektromagnetických indikátorů nelze zjistit výztuž v druhé rovnoběžné vrstvě,
- nelze zjistit druh výztuže ani míru koroze výztuže.

Ve cvičení se zaměříme na kontrolu počtu, polohy a krytí výztuže v nově betonované konstrukci (ověření shody s projektovou dokumentací). Metoda se dále využívá při průzkumech starších konstrukcí a rovněž pro lokalizaci míst pro bezpečné vrtání otvorů.

9.4.2 Využití metody

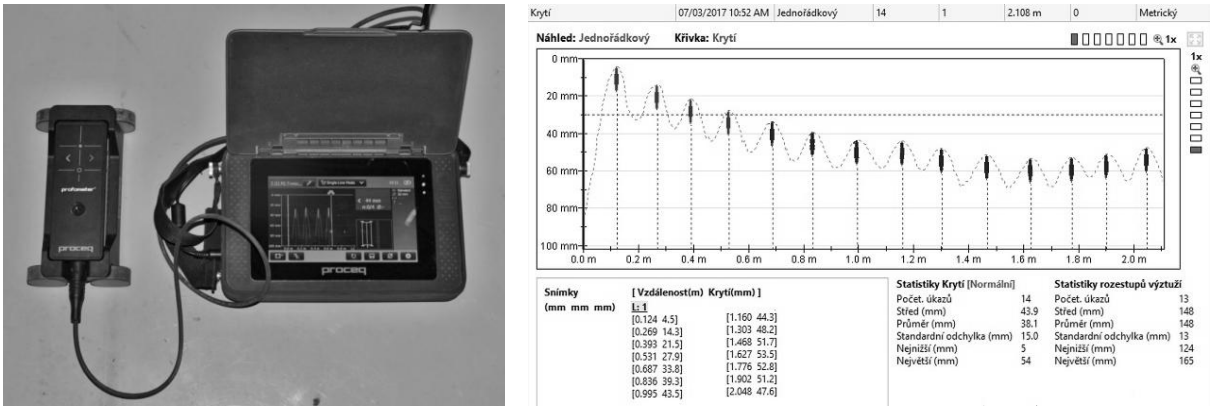
Všechny typy vyhledávačů kovů jsou založeny na elektromagnetickém principu. Skládají se z vyhledávací hlavy (sondy) a elektronických obvodů. Cívky v sondě generují časově proměnné primární magnetické pole, které proniká ke kovovému (hledanému) cíli. Primární elektromagnetické pole je hledaným cílem deformováno (modifikováno) a vytváří tak sekundární elektromagnetické pole, které působí na přijímací cívku vyhledávací hlavy a indukuje v ní elektrické napětí, které je dále zpracováno a vyhodnoceno elektronickými obvody.
Moderní přístroje jsou založeny na pulzně – indukční technologii, která má cívky vyhledávací hlavy bez magnetického jádra. Princip měření vířivých proudů ve výztuži je znázorněn na Obr. 9.7.
V praxi je možné se setkat s mnoha typy přístrojů od mnoha výrobců. Pro potřeby cvičení byl vybrán jeden z nejmodernějších přístrojů, a to Profometer PM-630 od švýcarské firmy Proceq.



Obrázek 9.7: Princip měření vířivých proudů pomocí pulzně – indukční technologie.

9.4.3 Přístroj Profometer PM-630

Šestá generace přístrojů Profometer firmy Proceq, s označením Profometer PM-6 (typ 600, 630, 650) se od předchozích typů výrazně odlišuje. Přístroj Profometer PM-630 (Obr. 9.8) využívá moderní dotykový displej umožňující okamžité zobrazení průběhu měření, což přispívá ke kontrole postupu měření v reálném čase.
Sonda je integrovaná (bodová, směrová, hloubková i průměrová), lze ji snadno vložit do rámečku (měřiče dráhy) se čtyřmi kolečky. Kromě zvukové signalizace je přímo na sondě i světelná signalizace – dvě šipky a kruh, která usnadňuje lokalizaci výztuže i v náročných podmínkách stavby.



Obrázek 9.8: Profometer PM-630 s dotykovým displejem a integrovanou sondou; svítící šipky pomáhají lokalizovat výztuž, na displeji lze ihned kontrolovat správnost měření pomocí křivek intenzity signálu. Vpravo záznam měření krytí výztuže.

Přístroj využívá několik režimů: bodový, liniový, plošný. Pro účely kontroly krytí a polohy výztuže je nejvýhodnější liniový sken. Návod pro liniové skenování bude k dispozici přímo ve cvičení.

9.4.4 Příprava měření a zásady měření

Příprava měření
Měření probíhá dle normy ČSN 73 2011. Před měřením se uživatel musí dokonale seznámit s použitým typem přístroje a návodem od výrobce, který zpravidla udává i postupy měření pro jednotlivé případy uložení výztuže.
Doporučuje se nejdříve na modelu prvku prověřit citlivost přístroje, zejména při složitějších případech, kdy jsou pruty výztuže blízko vedle sebe, nad sebou, anebo se navzájem kříží. Měřením na maketě prvku se ověří všechny údaje udávané výrobcem, např.:

- přesnost stanovení velikosti krycí vrstvy (včetně ovlivnění sousední blízkou výztuží),
- rozlišitelnost prutů probíhajících blízko sebe, v závislosti na velikosti krytí,
- stanovení průměru výztuže, apod.

Ve cvičení bude k dispozici otevřený model pro ověření všech výše uvedených příkladů.

Zjištění polohy výztuže
Zjišťováním polohy výztuže se rozumí rozpoznání její přítomnosti v betonové konstrukci a její průběh (případně tvar) bez ohledu na druh oceli, průměr výztuže a krytí.
Při hledání polohy výztuže je důležité postupovat systematicky. Ve většině případů jsme schopni odhadnout předpokládaný směr hlavní výztuže, rozdělovací výztuže nebo třmínků, které vzájemně tvoří souřadnicový systém. Zvolíme zkušební plochu a umístíme sondu na povrch tak, že:

- osa sondy je rovnoběžná s očekávaným směrem výztuže,
- pohyb sondy je kolmý k očekávanému směru výztuže.

Obvykle začínáme s tím druhem výztuže, který se nachází blíže k povrchu – např. u sloupů nebo trámů se jedná o třmínky. Hodnota ukazatele měření je totiž ovlivněna vzdáleností od výztuže podstatně více než průměrem výztuže. Teprve až přesně určíme polohu bližší výztuže (např. třmínků), pohybujeme sondou mezi ní (aby neovlivňovala měření) kolmo k předpokládanému směru hlavní výztuže.

Odhad průměru výztuže

Odhad průměru výztuže se u starších typů přístrojů prováděl dvojím měřením za pomocí vložené destičky. Moderní přístroje měří průměr přímo, podmínkou úspěšného odhadu průměru výztuže je dostatečná vzdálenost sousedních prutů v obou směrech.

Zjištění tloušťky krycí vrstvy

Při měření je nejdůležitější skutečnost, zda je měřený prut osamocený, anebo jsou v jeho blízkosti jiné pruty (rovnoběžné nebo kolmé), dále pomáhá znalost průměru výztuže.
Měření na osamoceném prutu o známém průměru dává při běžném krytí (10-50 mm) výsledky **s přesností ± 1 mm**. U novějších přístrojů stačí správně nastavit průměr výztuže a výstupem je přímo hodnota krytí.
Prut je považován za osamocený, pokud ukazatel přístroje není ovlivněn sousední výztuží (rovnoběžnou, kolmou) o více než 5 %. Nutná minimální vzdálenost sousední výztuže se určí měřením na modelu. Pokud tato vzdálenost není dodržena, ukazuje přístroj menší krytí, než ve skutečnosti je (více prutů ve větší hloubce se chová jako jeden prut v menší hloubce). Pokud potřebujeme velmi přesně změřit velikost krytí výztuže v hustě vyztuženém prvku, u kterého však známe rozmístění výztuže podle výkresové dokumentace, musíme předem provést kalibrační měření na maketě prvku vyztužené naprosto stejným způsobem a následně provést korekci.
Ne vždy je znám průměr výztuže, který je důležitým parametrem při stanovení velikosti krytí. Pokud by např. skutečný průměr výztuže byl Ø 20 mm a krytí by se vyhodnotilo podle vztahu pro Ø 16 mm, vyšlo by krytí o něco menší, než ve skutečnosti je. Pokud se však alespoň přibližně podaří průměr výztuže odhadnout nebo nedestruktivně změřit, je chyba měření krycí vrstvy relativně malá.

9.4.5 Příklady měření

Měření na otevřeném modelu

Cílem měření na otevřeném modelu konstrukce bude seznámit se s různým nastavením přístroje a provést základní měření při různém uspořádání výztuže:

- měření osamocených prutů o různém průměru – odezva přístroje, přesnost odhadu průměru a stanovení velikosti krycí vrstvy,
- měření sousedních prutů bez korekcí a s nastavenými korekcemi,
- porovnání vlivu rozdělovací výztuže.

Měření na uzavřeném modelu – ověření krytí

Cílem měření na uzavřeném modelu konstrukce bude ověření skutečného krytí výztuže a porovnání s projektovou dokumentací. Výkres výztuže bude k dispozici ve cvičení, podle známých průměrů a roztečí výztuže bude provedeno správné nastavení korekcí a následné měření ve 3 liniích. Výsledkem měření bude porovnání skutečné polohy výztuže a skutečného krytí výztuže s projektovou dokumentací. Výsledky budou zpracovány do tabulky, příklad zpracování je uveden v Tab. 9.3.

Tabulka 9.3: Příklad zpracování výsledků měření krycí vrstvy v konstrukci.

Linie č.	Vzdálenost od hrany	Číslo prutu / krytí [mm]								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,10	8,0	14,0	20,1	24,5	27,6	29,6	32,4	35,6	38,4
2	0,30	10,4	16,2	21,4	26,3	28,1	30,2	33,1	36,5	40,1
3	0,50	12,8	18,4	22,7	28,1	28,6	30,8	33,8	37,4	41,8

Podmíněné formátování: Krytí [mm]

<20 mm
20-30 mm
≥30 mm

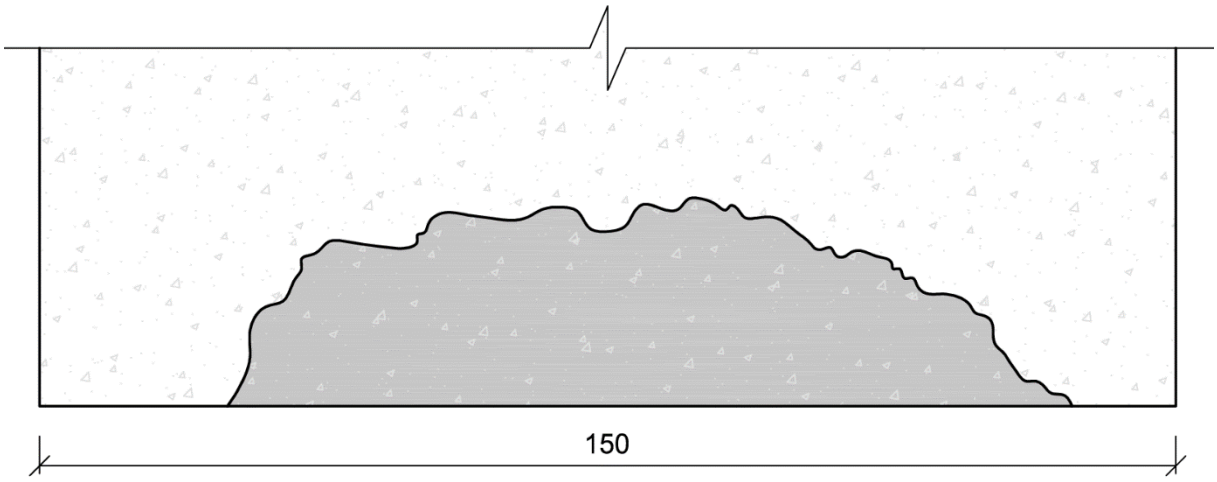
Závěr

V závěru měření pomocí metody indukce vířivých proudů uveďte zhodnocení měření na uzavřeném modelu – zda byla dodržena projektová dokumentace, zda bylo dodrženo předepsané krytí a případně o kolik se rozcházelo s projektovou dokumentací.

Protokol **ZTVRDLÝ BETON 2**	**ZB2**
Vyučující:	

HLOUBKA PRŮSAKU TLAKOVOU VODOU

Vyhodnoťte zkoušku stanovení hloubky průsaku tlakovou vodou na zkušební krychli o hraně 150 mm, viz obrázek.
Posuďte, zda beton vyhovuje označení C 35/45 XA2 podle kritérií uvedených v tabulce F.1.2. v normě ČSN EN 206+A2.



Stanovená hloubka průsaku h =

Maximální dovolený průsak vody h_{max} =

Dílčí závěr:

STANOVENÍ ODOLNOSTI CEMENTOVÉHO BETONU PROTI PŮSOBENÍ VODY A CHEMICKÝCH ROZMRAZOVACÍCH LÁTEK

Proveďte výpočet z hodnot zadaných v tabulce – jedná se o dílčí hodnoty hmotnosti odpadu. Na válci o průměru 150 mm byla provedena zkouška dle metody C.
Vyhodnoťte zkoušku pomocí **součinitele odolnosti D1**, vykreslete závislost odpadu v g/m^2 na počtu cyklů a posuďte, zda beton vyhovuje označení **C 35/45 XF4** podle kritérií uvedených v tabulce F.1.2. v normě ČSN EN 206+A2.

Pozn.: Odpad betonu v g/m^2 se zaokrouhluje na nejbližších 10 g/m^2 a součinitel D1 (=počet cyklů, kdy je odpad 1000 g/m^2) se určí pomocí lineární interpolace a zaokrouhlí na celé číslo.

Počet cyklů	25	50	75	100	125	150
Dílčí odpad [g]	3,2	3,5	3,9	4,8	6,0	7,3
Kumulativní odpad [g]						
Výsledný odpad v g/m^2						

Výpočet D1:

Dílčí závěr:

STANOVENÍ SOUDRŽNOSTI BETONU

Určete soudržnost povrchové úpravy betonu s podkladem. Byla provedena tři měření s normálním zkušebním výsledem – dílčí hodnoty jsou:
D_1 = 49,8 mm; F_{h1} = 4,75 kN,
D_2 = 50,4 mm; F_{h2} = 4,60 kN,
D_3 = 50,1 mm; F_{h1} = 5,05 kN.

Dílčí závěr:

KONTROLA VYZTUŽENÍ METODOU INDUKCE VÍŘIVÝCH PROUDŮ

A. Proveďte měření na otevřeném modelu a odpovězte na tyto otázky:

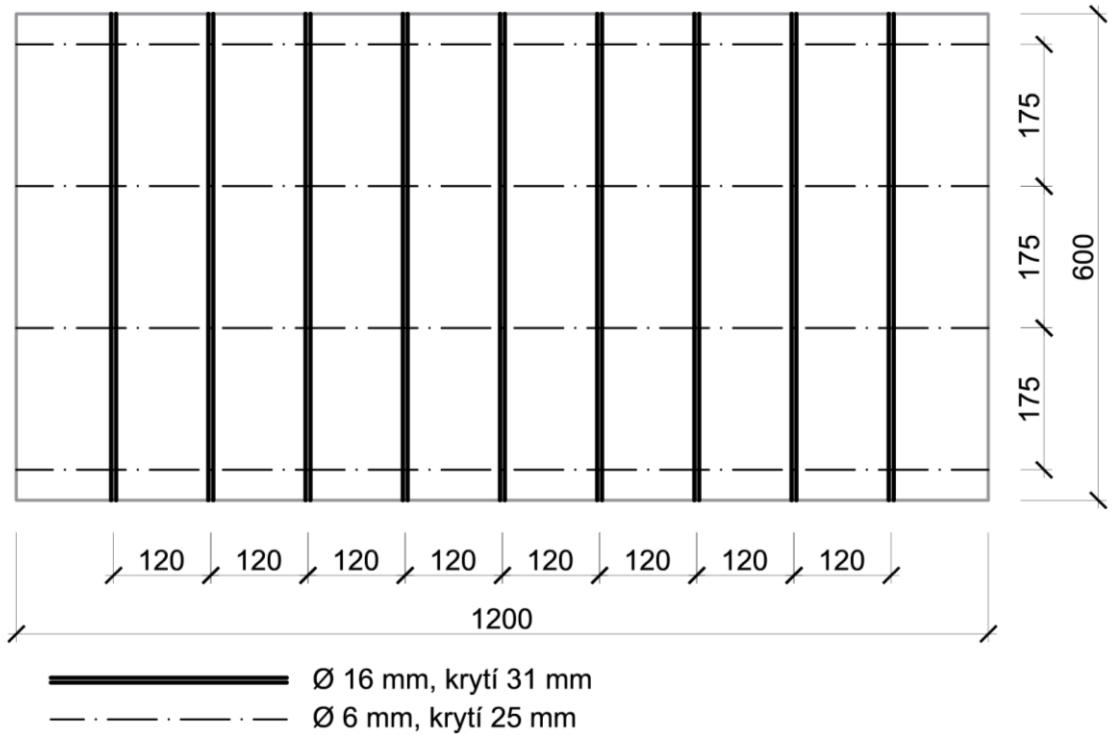
1. Jak ovlivní hodnotu změřeného krytí výztuže skutečnost, že je v přístroji nastaven jiný průměr prutu, než je ve skutečnosti?

2. Jaký je vliv rozdělovací výztuže (výztuže v druhém směru, než je měřeno) na změřené krytí?

3. Projeví se vliv sousední (souběžné) výztuže na změření krytí?

B. Proveďte měření krytí výztuže na uzavřeném modelu.

1. Zakreslete zjištěnou výztuž a porovnejte její polohu s projektovou dokumentací.



2. Změřte krytí hlavní výztuže (při správném nastavení) a porovnejte s výkresovou dokumentací. Měření provádějte v nejvhodnějším místě modelu.

Tabulka krytí výztuže:

Číslo prutu	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Krytí prutu [mm]									

Dílčí závěry:

Zkoušky provedl/a a protokol zpracoval/a: