

■ Spriahnuté plechobetónové dosky – analýza pozdĺžneho šmyku

Plechobetónová doska je monolitická železobetónová doska, betónovaná na tenkostennom tvarovanom profile – plechu. Ocelové plechy môžu tvoriť stratené debnenie stropnej železobetónovej dosky alebo sú spolupôsobiacou súčasťou plechobetónovej dosky, a teda sú využívané na prenos ťahových napätí v spriahnutom priereze (obr. 1).

V poslednom období bol zameraný výskum na spolupôsobenie ocelových tvarovaných profilov s nadbetónovanou doskou a vznikli rôzne nové typy plechov ako tiež modifikácie ich uplatnenia. Na statickú funkciu prirodzenej súdržnosti plechu s betónom sa nemožno plne spoľahnúť, pretože je ovplyvňovaná celým radom rôznych činiteľov, ako je povrch, resp. antikoročná ochrana plechu, znečistenie a zamastenie plechu a pod.

V súčasnosti je možné navrhovať spriahnuté plechobetónové dosky podľa STN EN 1994-1-1 Navrhovanie spriahnutých ocelobetónových konštrukcií, časť 1-1: Všeobecné pravidlá a pravidlá pre budovy [1]. Táto norma uvádza podrobný návod pre návrh a posúdenie spriahnutých plechobetónových dosiek pre obidve skupiny medzných stavov. Základnou podmienkou, ktorú je potrebné splniť pre plné využitie „spriahnutej“ plechobetónovej dosky, je zabezpečenie spriahnutia medzi profilovaným plechom a betónom. Norma [1] požaduje, aby vzájomné spojenie bolo zabezpečené jedným, popri prípade kombináciou nasledujúcich možností:

- mechanické spojenie zabezpečené tvarovaním profilu plechu (jamky alebo výstupky);
- spojenie trením v profiloch so samozvieracím tvarom;
- koncové kotvenie privarenými trňmi alebo iným typom lokálneho spojenia medzi betónom a profilovaným plechom, len v kombinácii s a) alebo b);
- koncové kotvenie zdeformovaním rebier na konci plechu, len v kombinácii s b).

Pri návrhu a posúdení plechobetónovej dosky je nutné zohľadniť nasledujúce návrhové situácie: profilovaný ocelový plech ako debnenie, kde sa posúdi samotný plech s príslušným zaťažením, a spriahnutá plechobetónová doska, kde sa posúdi doska, ktorá preberá všetko zaťaženie a začne pôsobiť spriahnutie. V tejto návrhovej situácii je potrebné spriahnutú plechobetónovú dosku, podľa medzných stavov únosnosti, posúdiť v nasledujúcich prierezoch (obr. 2):

prierez I – moment odolnosti pre kladný ohybový moment, **prierez II** – moment odolnosti pre záporný ohybový moment, **prierez III** – zvislý šmyk a **prierez IV** – pozdĺžny šmyk.

POZDĽŽNÝ ŠMYK

Na prenesenie pozdĺžnej šmykovej sily, ktorá pôsobí v mieste spojenia medzi profilovaným plechom a betónovou doskou, musí byť vytvorené šmykové spojenie. Jednotlivé možnosti, ktorými je možné toto spojenie zabezpečiť, boli popísané vyššie.

Všeobecne ich môžeme rozdeliť do dvoch skupín. Prvú skupinu tvoria dosky s tzv. koncovým kotvením, kde celkovú šmykovú silu prenášajú spriahovacie prvky. V súčasnosti sa v stavebnej praxi používa veľký sortiment týchto prvkov, medzi najčastejšie používané patria: spriahovacie tĺne, spriahovacie prvky firmy Hilti (kotvy HVB, Ribcon, Stripcon), ocelové uholníky, perforované lišty, blokové spriahovacie prvky a rôzne typy kotiev a slučiek. V takomto prípade je potrebné koncové kotvenie navrhnuť na celkovú ťahovú silu, ktorá pôsobí v plechu za medzného stavu únosnosti. Druhá skupina tvoria dosky bez tzv. koncového kotvenia. V takomto prípade je celková pozdĺžna šmyková sila prenášaná samotným spojením medzi ocelovým plechom a betónom. Základnou podmienkou je použitie plechov s upravenými rebriami, napr. so samozvieracím tvarom alebo vytvorením jamiek, resp. výstupkov v rebriach.

POZDĽŽNÝ ŠMYK PRE DOSKY BEZ KONCOVÉHO KOTVENIA

Tento spôsob spriahnutia je možné použiť len pre dosky s mechanickým spojením alebo spojením pomocou trenia. Návrhová odolnosť spriahnutej plechobetónovej dosky sa môže určiť dvomi metódami:

- tzv. „M-k“ metóda;
- metóda čiastočného spojenia.

M-k METÓDA

Efektívnosť šmykového spojenia medzi ocelovým plechom a betónom sa určuje na základe zaťažovacích skúšok prosté podopretých dosiek. Presná špecifikácia takejto skúšky je popísaná v norme [1], príloha B. Dĺžka šmykového rozpätia L_s pre rovnomerné zaťaženie q po dĺžke nosníka L je rovná $L/4$. Princíp výpočtu L_s je znázornený na obrázku 4.

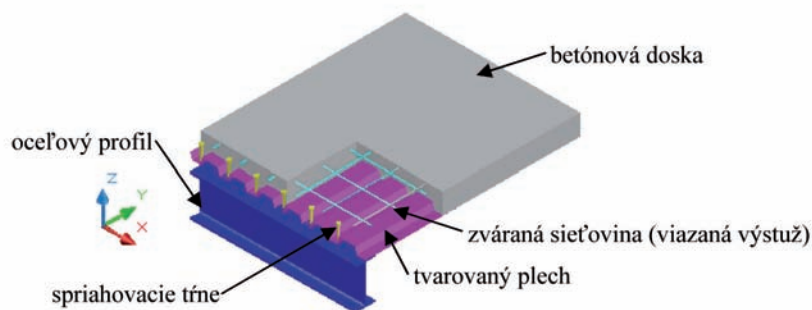
Poznáme tri možné spôsoby porušenia plechobetónovej dosky (obr. 3):

- v kritickom priereze na ohybový moment (prierez 1-1);
- v kritickom priereze na pozdĺžny šmyk (prierez 2-2);
- v kritickom priereze na zvislý šmyk (prierez 3-3).

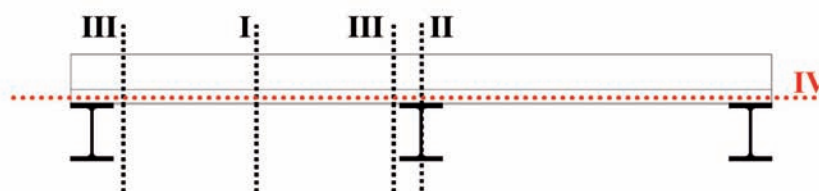
Očakávaný spôsob porušenia plechobetónovej dosky pri skúške závisí od pomeru L_s/d_p . Táto závislosť je znázornená na nasledujúcom obrázku (obr. 5). Pri vysokom pomere L_s/d_p nastane ohybové porušenie dosky, dané priamkou 0-A. Maximálny ohybový moment je daný vzťahom:

$$M_{Rd} = VL_s \quad (1)$$

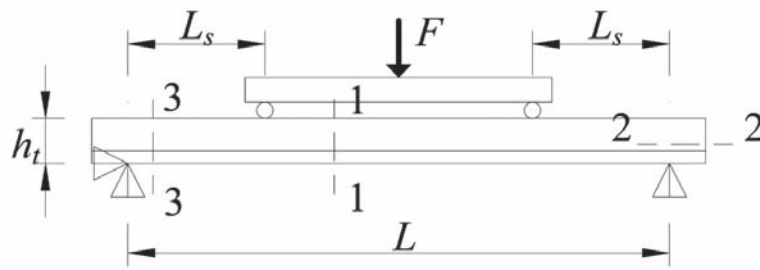
M_{Rd} – moment odolnosti prierezu,
 V – maximálna zvislá sila,
 L_s – šmykové rozpätie dosky.



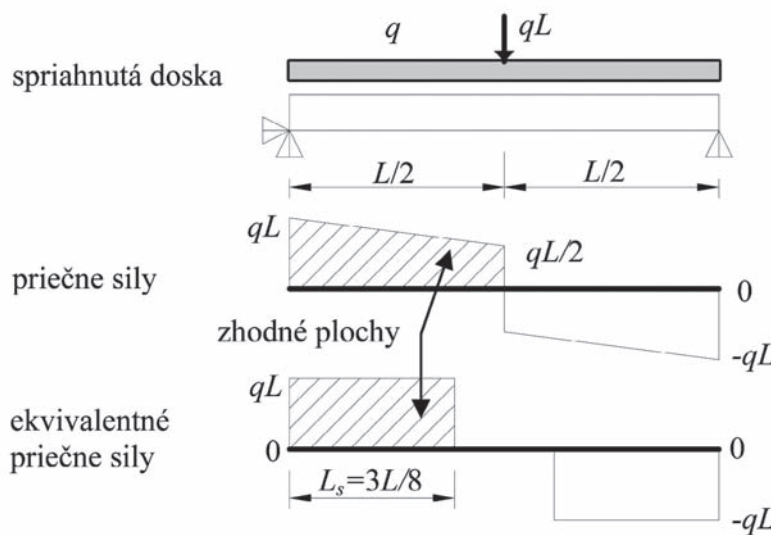
Obr. 1 – Spriahnutý plechobetónový strop



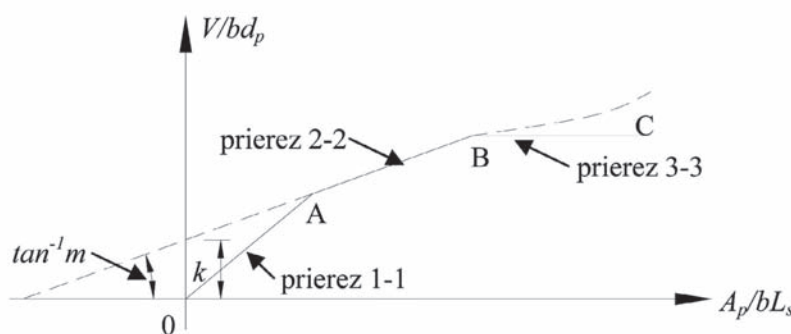
Obr. 2 – Kritické prierezy



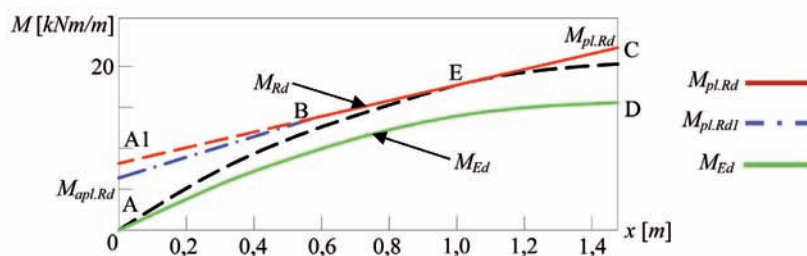
Obr. 3 – Kritické prierezy spriahnutej dosky



Obr. 4 – Výpočet L_s pre spriahnutú dosku



Obr. 5 – Definovanie súčiniteľov m a k



Obr. 6 – Návrhový diagram metódy čiastočného spojenia

Zo silovej podmienky rovnováhy vnútorných síl v priereze dosky, keď budeme zjednodušene uvažovať napätie betónu ako $0,85f_{c,cylin}$, napätie v ocelovom plechu ako f_{yp} a rameno vnútorných síl ako d_p , budeme uvažovať, že:

$$M_{Rd} \approx A_p f_{yp} d_p \quad (2)$$

M_{Rd} – moment odolnosti prierezu,
 A_p – nominálna prierezová plocha ocelového tvarovaného plechu,
 f_{yp} – návrhová medza klzu ocele plechu,
 d_p – vzdialenosť od tlačeneho okraja betónového povrchu k ťažiskovej osi plechu.

Z predchádzajúcich vzťahov potom dostaneme:

$$\frac{V}{bd_p} = \frac{M_{Rd}}{bd_p L_s} \approx \frac{A_p f_{yp}}{b L_s} \quad (3)$$

V – maximálna zvislá sila,
 d_p – vzdialenosť od tlačeneho okraja betónového povrchu k ťažiskovej osi plechu,
 b – šírka prierezu plechobetónovej dosky,
 M_{Rd} – moment odolnosti prierezu,
 A_p – nominálna prierezová plocha ocelového tvarovaného plechu,
 f_{yp} – návrhová medza klzu ocele plechu,
 L_s – šmykové rozpätie dosky.

Hodnota f_{yp} sa počas série skúšok nemení, a nemá teda vplyv na porušenie pozdĺžnym šmykom.

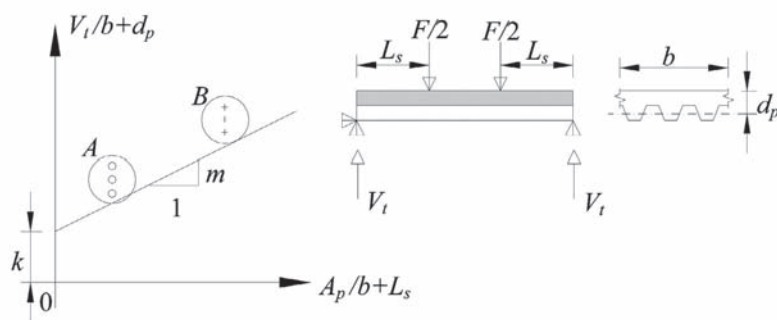
Ak je pomer L_s/d_p malý, nastane porušenie vo zvislom šmyku. Priemerné zvislé šmykové napätie v betóne je približne rovné hodnote V/bd_p . V norme [1] sa predpokladá, že pomer A_p/bL_s má malý vplyv na medznú hodnotu priemerného zvislého napätia, a tak sú zvislé šmykové porušenia reprezentované vodorovnou priamkou B-C, aj keď v niektorej literatúre sa uvažuje, že by to mala byť rastúca krivka.

Porušenie pozdĺžnym šmykom nastane pri stredných hodnotách pomeru L_s/d_p . Toto porušenie predstavuje priamka A-B, ktorú môžeme vyjadriť vzťahom:

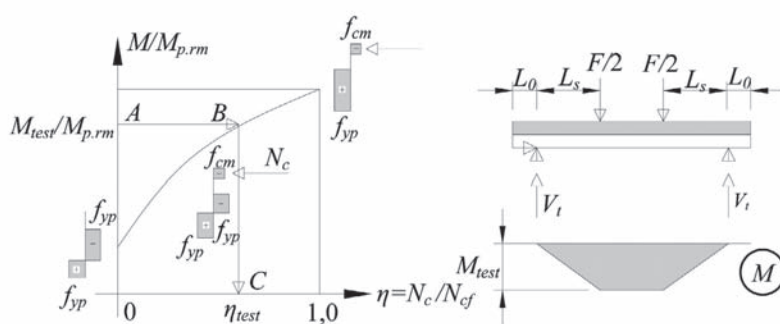
$$\frac{V}{bd_p} = m \left(\frac{A_p}{bL_s} \right) + k \quad (4)$$

V – maximálna zvislá sila,
 d_p – vzdialenosť od tlačeneho okraja betónového povrchu k ťažiskovej osi plechu,
 b – šírka prierezu plechobetónovej dosky,
 m, k – návrhové hodnoty empirických súčiniteľov získané zo skúšky plechobetónovej dosky,
 A_p – nominálna prierezová plocha ocelového tvarovaného plechu,
 L_s – šmykové rozpätie dosky.

Návrh založený na predchádzajúcom vzťahu predstavuje návrh známy ako M-k metóda a norma [1] uvádza nasledovný vzťah pre posúdenie dosky na pozdĺžny šmyk použitím tejto metódy:



Obr. 7 – Vyhodnotenie výsledkov skúšky pre určenie súčiniteľov m a k



Obr. 8 – Vyhodnotenie výsledkov skúšky pre určenie napätia $\tau_{u,Rd}$

$$V_{IRd} = \frac{bd_p}{\gamma_{vs}} \left(\frac{mA_p}{bL_s} + k \right) \quad (5)$$

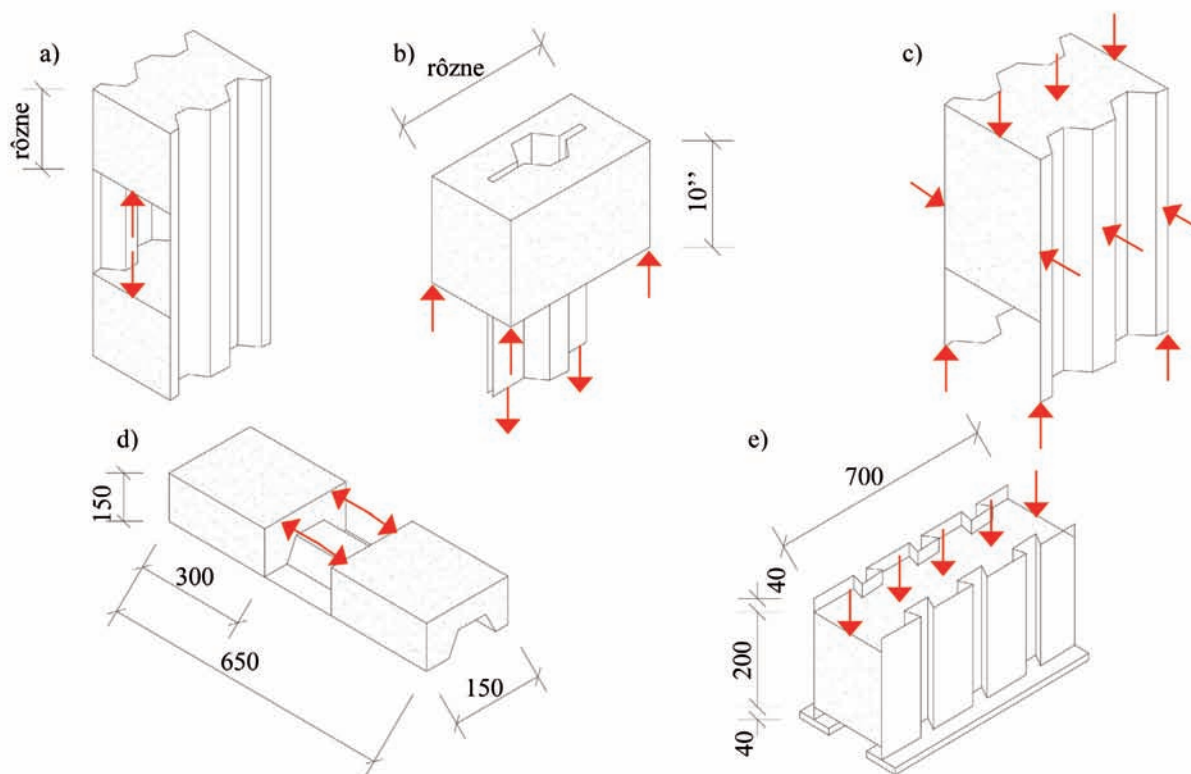
V_{IRd} – návrhová šmyková odolnosť plechobetónovej dosky,
 b – šírka prierezu plechobetónovej dosky,
 d_p – vzdialenosť od tlačeneho okraja betónového povrchu k ťažiskovej osi plechu,
 γ_{vs} – parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre medzný stav únosnosti,
 m, k – návrhové hodnoty empirických súčiniteľov získané zo skúšky dosky,
 A_p – nominálna prierezová plocha ocelového tvarovaného plechu,
 L_s – šmykové rozpätie dosky.

Pri použití tejto metódy je nutné preukázať, že maximálna návrhová zvislá šmyková sila V_{Ed} pre šírku dosky b nie je väčšia ako návrhová šmyková odolnosť V_{IRd} .

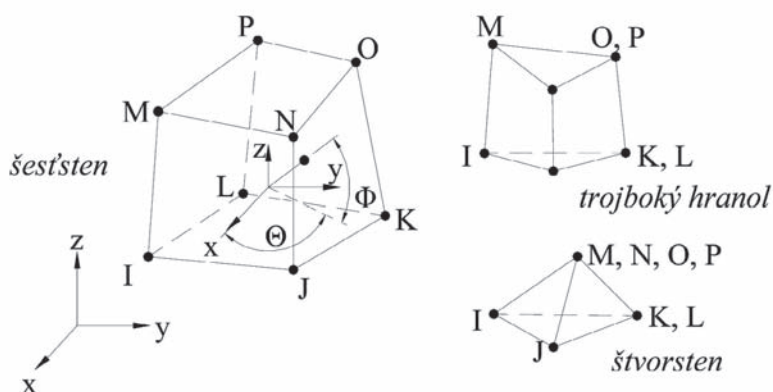
POZNÁMKY K M-k METÓDE

Táto metóda nie je založená na výpočtovom modeli, a preto je nutné pri návrhu, a teda aj posúdení uvažovať s konzervatívnymi predpokladmi, pokiaľ sa rozmery, materiály alebo zaťaženie líšia od hodnôt použitých pri skúškach. Príkladom je výpočet šmykového rozpätia L_s , ktorý bol uvedený vyššie.

Je potrebné prevedenie ešte veľmi veľkého počtu skúšok spriahnutých dosiek, aby bolo možné použitie tejto metódy zovšeobecniť, napr. zahrnutie koncového kotvenia alebo použitie výstuže.



Obr. 9 – Small scale test: a) Schuster 1970, b) Ploosawadi 1978, c) Stark 1978, d) Jolly a Zubair, e) Burnet 1988



Obr. 10 – Konečný prvok SOLID 65

Metóda vyhodnotenia výsledkov skúšok je rovnaká, či je porušenie krehké, alebo ťažné. Použitie opravného súčiniteľa v norme [1] pre krehké porušenie neodpovedá použitiu plechov s dobrým mechanickým zámkom, pretože výsledky závisia od rozpätia prvku.

METÓDA ČIASTOČNÉHO SPOJENIA

Pri použití tejto metódy je nutné preukázať, že každý návrhový ohybový moment M_{Ed} nie je väčší ako návrhová odolnosť M_{Rd} (obr. 6), ktorá sa určí použitím nasledujúceho vzťahu:

$$N_c = \tau_{u,Rd} b L_x \leq N_{cf} = A_{pa} \frac{f_{yp}}{\gamma_{ap}} \quad (6)$$

- N_c – tlaková sila v betóne závislá od stupňa zataženia,
- $\tau_{u,Rd}$ – návrhová šmyková pevnosť získaná so skúšok,
- b – šírka plechobetónovej dosky,
- L_x – vzdialenosť od uvažovaného prierezu k najbližšej podpere,
- N_{cf} – tlaková sila v betóne,
- A_{pa} – nominálna prierezová plocha ocelového tvarovaného plechu,
- $f_{yp,d}$ – návrhová hodnota medze klzu ocelového plechu.

Skúšky spriahnutých plechobetónových dosiek

Skúšky spriahnutých plechobetónových dosiek môžeme rozdeliť do dvoch skupín:

- **Full scale test** – skúšky definované normou STN EN 1994-1-1 v prílohe B, kde sú definované celkové usporiadanie skúšky, postup zatažovania skúšobných vzoriek, ich príprava ako aj rozmery a konečné vyhodnotenie;
- **Small scale test** – redukcia celkových rozmerov skúšobných vzoriek spriahnutých plechobetónových dosiek, jedná sa o skúšky, ktorých usporiadanie a samotné rozmery sú definované rôznymi autormi.

FULL SCALE TEST

Uvedené skúšky je možné použiť pre určenie súčiniteľov m a k a pre určenie hodnoty napätia $\tau_{u,Rd}$, pre overenie odolnosti dosky

v pozdĺžnom šmyku bez nutnosti použitia koncového kotvenia. Celkové usporiadanie skúšky ako aj postup zatažovania skúšobných vzoriek, ich príprava ako aj rozmery sú uvedené v prílohe B normy [1]. Skúška zameraná na určenie návrhových hodnôt m a k pozostáva buď z dvoch skupín (A a B) po troch vzorkách, alebo z troch skupín (A, B a C) po dve vzorky. Pre skupinu A má byť šmykové rozpätie čo najväčšie, ale umožňuje ešte porušenie pozdĺžnym šmykom a pre skupinu B má byť šmykové rozpätie čo najmenšie, nie však menšie ako $3ht$ a súčasne umožňuje ešte porušenie pozdĺžnym šmykom. Vyhodnotenie výsledkov skúšky je znázornené na obrázku (obr. 7).

Ak sa skúšajú dve skupiny po troch vzorkách a odchýlky žiadneho výsledku v skupine nie sú väčšie ako 10 % od strednej hodnoty skupiny, návrhový vzťah sa určí nasledovne: z každej skupiny A a B sa za charakteristickú hodnotu zoberie minimálna hodnota z danej skupiny a zredukuje sa o 10 %. Následne sa návrhový vzťah určí spojením týchto charakteristických hodnôt priamkou A-B. Návrhový vzťah je možné určiť aj použitím iného vhodného štatistického modelu.

Skúška zameraná na určenie napätia $\tau_{u,Rd}$ pozostáva minimálne zo štyroch skúšok na vzorkách tej istej hrúbky pre každý typ

ocelového plechu alebo povrchovej úpravy. V skupine troch skúšok má byť šmykové rozpätie čo najväčšie, ale umožňuje porušenie pozdĺžnym šmykom, a v jednej skupine čo najmenšie, nie však menšie ako $3ht$ a súčasne umožňuje ešte porušenie pozdĺžnym šmykom. Vyhodnotenie výsledkov skúšky je znázornené na obrázku (obr. 8).

Z maximálnych pôsobiacich zatažení sa určí ohybový moment M v priereze v mieste pôsobenia sily $F/2$ od vlastnej tiaže dosky a zatažovacieho zariadenia. Následne postup bodmi $A \rightarrow B \rightarrow C$ udáva hodnotu η pre každú skúšku. Hodnota τ_u so zohľadnením podperovej reakcie sa určí z nasledujúceho vzťahu:

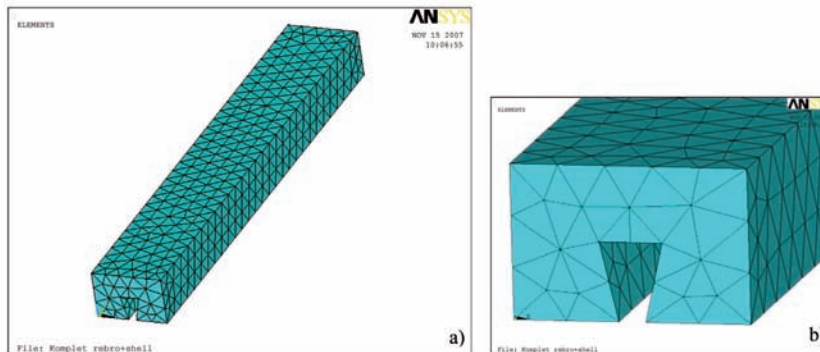
$$\tau_u = \frac{\eta N_{cf} - \mu V_i}{b(L_s + L_o)} \quad (7)$$

- τ_u – šmyková pevnosť získaná zo skúšok plechobetónových dosiek,
- N_{cf} – tlaková sila v betóne,
- μ – neuvažovaná hodnota koeficienta trenia, uvažuje sa hodnotou 0,5,
- V_i – podperová reakcia pri medznom skúšobnom zatažení,
- b – šírka skúšobných vzoriek,
- L_s – vzdialenosť pôsobiacej sily k najbližšej podpere,
- L_o – dĺžka vyloženia.

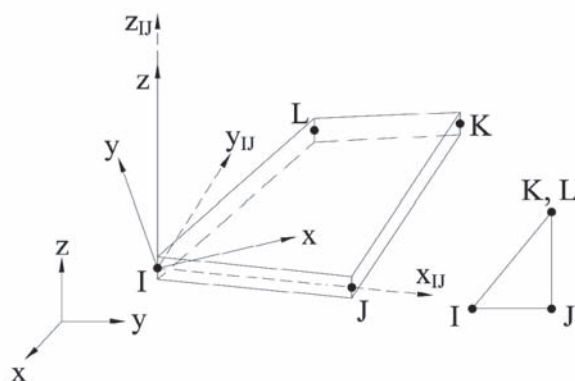
Charakteristická šmyková pevnosť $\tau_{u,Rk}$ sa určí zo skúšobných telies ako 5% fraktil použitím vhodného štatistického modelu. Návrhová hodnota šmykovej pevnosti $\tau_{u,Rd}$ sa potom určí podelením charakteristickej šmykovej pevnosti parciálnym súčiniteľom spoľahlivosti γ_{vs} . Odporúčaná hodnota je 1,25.

Množstvo skúšok požadovaných pre kompletne vyšetrovanie na základe výsledkov skúšok získaných pre iné hodnoty premenných (hrúbka, typ, povrchová úprava a trieda ocele plechu, objemová hmotnosť a trieda betónu, hrúbka dosky a šmykové rozpätie) pri splnení týchto podmienok:

- hrúbky ocelového plechu t sú väčšie ako pri skúške;
- betón má predpísanú pevnosť f_{ck} , ktorá nie je menšia ako 0,8 násobok strednej hodnoty pevnosti betónu f_{cm} získanej zo skúšok;



Obr. 11 – a) model časti betónovej dosky, b) detail styku betónu s ocelovým plechom (pre výpočet metódou MKP boli použité geometrické prvky tvaru štvorstena)



Obr. 12 – Konečný prvek SHELL 143

- oceľový plech má medzi klzu f_{yp} , ktorá nie je menšia ako 0,8násobok strednej hodnoty medze klzu f_{ypm} získanej zo skúšok.

SMALL SCALE TEST

Na predchádzajúcom obrázku je uvedené niekoľko rôznych typov skúšok spriahnutých plechobetónových dosiek definovaných rôznymi autormi (obr. 9):

POPIS NUMERICKÉHO MODELU

Prudký rozvoj výpočtovej techniky je neustály a napomohol k vzniku nových metód pre numerické riešenie fyzikálnych problémov. V súčasnosti patrí medzi najpoužívanejšie metódy inžinierskych úloh Metóda konečných prvkov (MKP). Hlavným cieľom je vytvorenie plne funkčného modelu spriahnutej plechobetónovej dosky s použitím tvarovaných oceľových plechov. Model je vytvorený ako priestorový, aby bolo možné lepšie vystihnúť skutočné správanie sa prvku v reálnej konštrukcii.

TYPY POUŽITÝCH KONEČNÝCH PRVKOV

Model konštrukcie je vytvorený v programe Ansys vo verzii 10.0.

Najvhodnejší prvek pre modelovanie nelineárneho chovania sa betónovej dosky predstavuje šesťboký prvek SOLID 65. Ide o trojrozmerný prvek s tromi stupňami voľnosti v každom uzle u_x, u_y, u_z . Z dôvodu zložitejšej geometrie betónovej dosky tento 8uzlový prvek v našom prípade „degeneruje“ až na štvorsten so 4 uzlami. V tomto prípade sa uzly M, N, O, P zlúčia do jedného uzlu. Úpravy tvaru konečného prvku sú na obrázku 10. Solid 65 má schopnosť simulovať plastické chovanie – plastickú deformáciu, vznik a rozvoj trhlin v troch

na seba kolmých smeroch a drvenie materiálu tlakom. Celkový model časti betónovej dosky s detailom úpravy v styku s oceľovým plechom sú na obrázku 11.

Na modelovanie samotného oceľového plechu bol použitý 4uzlový prvek Shell 143. Ide o dvojrozmerný prvek so šiestimi stupňami voľnosti v každom uzle. Sú to tri posuny u_x, u_y, u_z a tri pootočenia $\varphi_x, \varphi_y, \varphi_z$. Prvek má schopnosť prenášať tak membránové ako aj ohybové účinky. Základná charakteristika elementu Shell 143 je jeho schopnosť veľkej deformácie. Z definície prvku vyplýva, že najvyššiu presnosť dosiahneme použitím štvoruholníkového prvku. V prípadoch zložitejšej geometrie je možné prvek previesť na trojuholník. V tomto prípade sa uzly K a L zlúčia do jedného. Úpravy tvaru ako aj celková geometria sú na obrázku 12. Model časti plechu s detailom povrchovej úpravy je znázornený na obrázku 13.

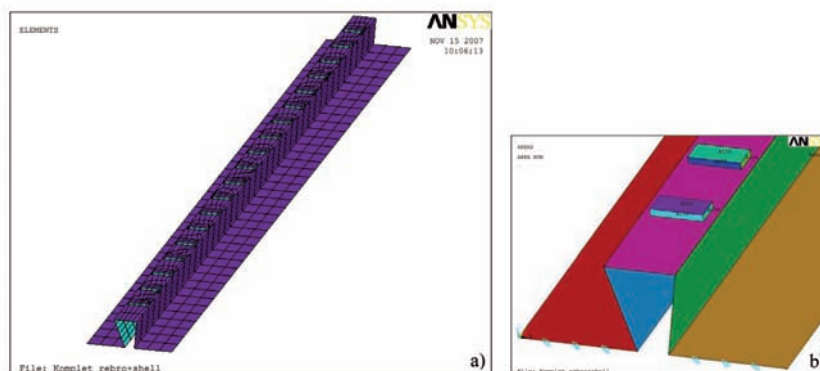
Materiálové vlastnosti

Modelovať betónovú vzorku je v súčasnosti (pri súčasnom uvažovaní nelineárnych materiálových vlastností) v ktoromkoľvek z bežných MKP programov neľahká úloha. Aj napriek pomerne širokému spektru prístupu rôznych autorov vo svete, je len málo možností ako tieto charakteristiky určiť inak ako experimentálne.

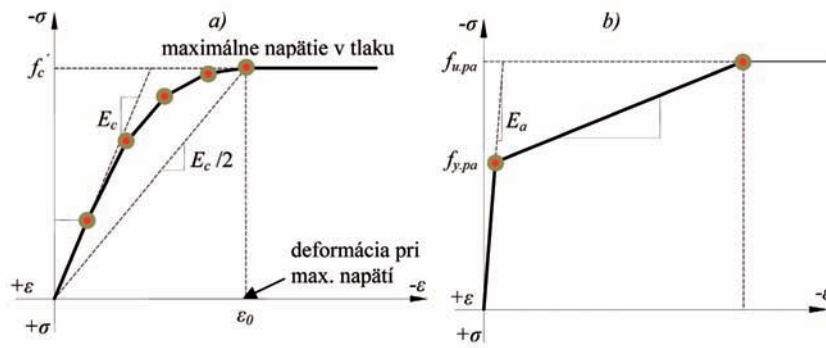
Betón je materiál kvázi-krehký a má rozdielne vlastnosti v tlaku a ťahu. Pevnosť v ťahu betónu dosahuje len spravidla 8 až 15 % pevnosti v tlaku. V tlačenej oblasti sa betón chová lineárne (pružne) do cca 30 % maximálneho napätia v tlaku. Nad touto hodnotou sa začína prejavovať plastické chovanie a napätie rastie spoločne s deformáciou až po dosiahnutie maximálneho napätia σ_{cu} (medze pevnosti v tlaku), potom sa pracovný diagram dostáva do oblasti tzv. zmäkčenia. Betón prestáva prenášať tlak v okamžiku drvenia, ktorému odpovedá pomerná deformácia ϵ_{cu} . Chovanie betónu v ťahu pri jednoosom napätí je kvalitatívne odlišné. Vzťah napätie – deformácia je až do okamihu dosiahnutia maximálnej pevnosti v ťahu takmer lineárne, potom sa začínajú objavovať trhliny a pevnosť betónu rapidne klesá.

Program Ansys zavádza pre modelovanie nelineárneho správania sa betónu vlastnú podmienku, ktorá vychádza z upravenej Chenovej podmienky plasticity v oblasti tlak-tlak a Rankinovej podmienky plasticity v oblasti ťah-ťah, a zavádza tzv. materiálový model CONCRETE. Podmienka plasticity je vyjadrená nasledujúcim vzťahom:

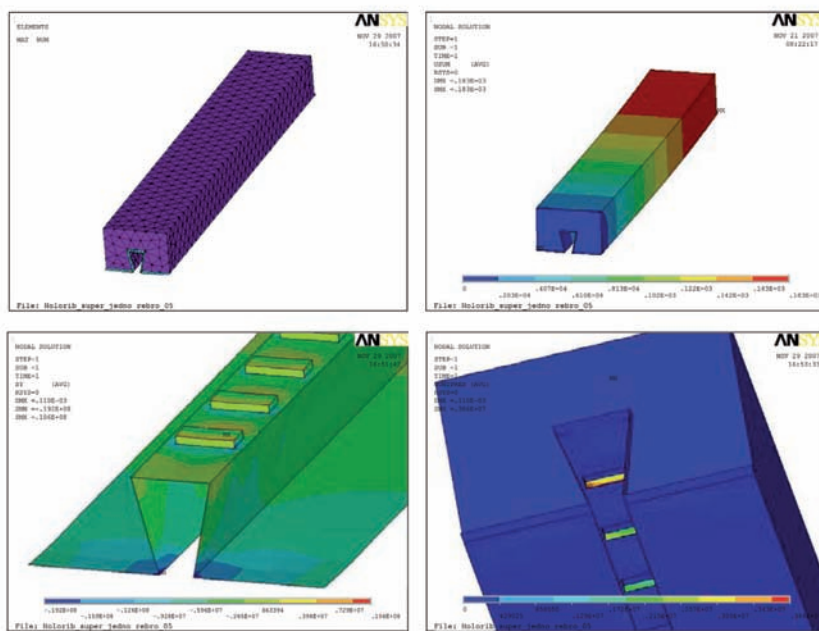
$$\frac{F}{f_c} - S \geq 0 \quad (8)$$



Obr. 13 – a) model časti oceľového plechu, b) detail povrchovej úpravy plechu (pre výpočet metódou MKP boli použité štvoruholníkové prvky)



Obr. 14 – Multilineárne pracovné diagramy: a) multilineárny pracovný diagram betónu, b) multilineárny pracovný diagram ocele



Obr. 15 – Celkový model spriahnutej plechobetónovej dosky: a) konečno-prvkový model dosky, b) celková suma deformácií, c) napätia v smere rovnobežnom s rebrom, d) tlakové napätie v kontakte betón-plech

kde F je funkcia hlavných napätí $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$; f_c' je pevnosť betónu v tlaku pri drvení (jednoosá napätosť) a S je plocha porušenia vyjadrená v hlavných napätiach a piatich vstupných parametroch. Tieto vstupné parametre sú nasledovné: pevnosť betónu v tlaku pri drvení (jednoosá napätosť), pevnosť betónu v ťahu (jednoosá napätosť), pevnosť betónu v tlaku (dvojosá napätosť), hydrostatický stav napätosti, pevnosť betónu v tlaku (dvojosá napätosť) pri hydrostatickom stave napätosti a pevnosť betónu v tlaku (jednoosá napätosť) pri hydrostatickom stave napätosti.

Plocha porušenia v programe Ansys si

teda obecné vyžaduje zadanie všetkých parametrov. Pokiaľ nie sú k dispozícii, je nutné zadať aspoň prvé dva a ostatné hodnoty sa na základe zavedených vzťahov v programe nastavujú automaticky.

Samotný pracovný diagram betónu sa v programe zadáva formou multilineárneho pracovného diagramu σ (stress) a ϵ (strain). Na obrázku 14a je znázornený zadaný multilineárny pracovný diagram betónu. Obdobne je potrebné zadať aj pracovný diagram ocele, a to buď v podobe bilinéarneho, alebo v podobe multilineárneho pracovného diagramu (obr. 14b).

VÄZBA OCEĽ BETÓN

V programe Ansys je možné túto väzbu zadať dvomi rôznymi spôsobmi: vytvorením kontaktného prvku medzi uzlami ocele a betónu alebo vytvorením väzbových rovníc medzi uzlami betónu a plechu. Použitie kontaktného prvku je komplikované, pretože ovplyvňuje numerickú stabilitu modelu, ktorá môže viesť k predčasnej divergencii riešenia, a teda nedôjde k plnému využitiu jednotlivých častí modelu.

Pri tvorbe modelu spriahnutej plechobetónovej dosky bol použitý spôsob vytvorenia kontaktného prvku medzi uzlami plechu a betónu použitím kontaktných prvkov TARGE 170 a CONTA 174.

Michal Jaroszewicz,
Katedra betónových konštrukcií
a mostov, Stavebná fakulta,
Slovenská technická univerzita
v Bratislave

Recenzoval Ján Brodniansky,
Katedra kovových a drevených
konštrukcií, Stavebná fakulta,
Slovenská technická univerzita
v Bratislave, vedúci katedry

ZDROJE INFORMÁCIÍ:

- STN EN 1994-1-1 Navrhovanie spriahnutých ocelobetónových konštrukcií, časť 1-1: Všeobecné pravidlá a pravidlá pre budovy
- ANSYS Reference manual
- An, L.: Load bearing capacity and behaviour of composite slabs with profiled steel sheet, Chalmers Tekniska Högskola, ISBN 0349-8581, Göteborg 1993, 160 s.
- Johnson, R. P.: Composite structures of steel and concrete, volume 1, beams, slabs, columns and frames for buildings, second edition. Blackwell scientific publications, ISBN 0-632-02507-7, Oxford 1994, 210 s.
- Johnson, R. P.: Composite structures of steel and concrete, volume 1, John Wiley and Sons, New York 1975
- Johnson, R. P., Anderson, D.: Designers' guide to EN 1994-1-1. Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures, part 1.1: General rules and rules for buildings, Thomas Telford Publishing, ISBN 0 7277 3151 3, London 2004. 235 s.
- Kozák, J., Gramblička, Š., Lapos, J.: Spriahnuté a kombinované ocelobetónové konštrukcie, Jaga group, ISBN 80-88905-32-X, Bratislava 2000, 161 s.
- Widjaja, B. R., Easterling, W. S.: Analysis and design of steel deck – concrete composite slabs, Polytechnic Institute and State University, Virginia 1997, 112 s.
- IABSE SHORT COURSE BRUSSELS 1990: Composite steel – concrete construction and Eurocode 4, ISBN 3-85748-062-2, Zürich 1990, 200 s.
- <http://www.mece.ualberta.ca/tutorials/ansys/>
- http://www3.sympatico.ca/peter_budgell/ANSYS_tips.html
- <http://www.vulcraft.com/catalogs.htm>
- <http://www.holorib.com>