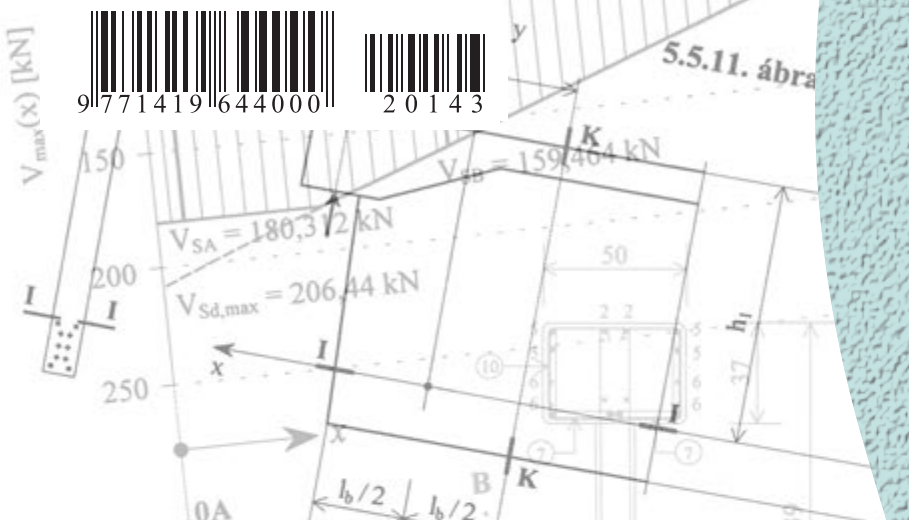


VASBETONÉPÍTÉS

CONCRETE STRUCTURES

JOURNAL OF THE HUNGARIAN GROUP OF *fib*

Dr. Farkas János – Dr. Léderer
Károly – Tímár József – Zalán Ákos

AZ ÉSZAK-IRAKI KURD RÉGIO PENJWEEN ÉS DARBANDIKHAN ALAGÚT- JAINAK MÉRTEZÉSE FÖLDRENGÉSRE

50

Hlavička Viktor – Dr. Lublőy Éva –
Dr. Balázs L. György

A BETON POROZITÁSÁNAK HATÁSA A TAPADÁSOS CSAPOK TÖNKREMENE- TELÉRE

55

Bogdándy Béla – Dr. Hegedűs
István

A NYOMOTT ÖV NYÍRÁSI TEHERBÍRÁSA ÉS AZ EURO- CODE SZERINTI NYÍRÁSI ELLENÁLLÁS KAPCSOLATA

62

BETONTECHNOLÓGUS SZAK- IRÁNYÚ TOVÁBBKÉPZÉSI SZAK 2015. FEBRUÁRTÓL

68

SZEMÉLYI HÍREK

Mátyássy László köszöntése
65. születésnapjára

Kandó György köszöntése
65. születésnapja alkalmából

Dr. Kausay Tibor köszöntése
80. születésnapján

Reviczky János Állami-díjas hid-
építő mérnökre emlékezünk

69

fib BULLETIN 72: BOND AND ANCHORAGE OF EMBEDDED REINFORCEMENT

72

2014/3

XVI. évfolyam, 3. szám

AZ ÉSZAK-IRAKI KURD RÉGIÓ PENJWEEN ÉS DARBANDIKHAN ALAGÚTJAINAK MÉRETEZÉSE FÖLDRENGÉSRE



Dr. Farkas János - Dr. Léderer Károly - Tímár József - Zalán Ákos

Jelen cikk cikk célja, hogy alagutak földrengés számításának hatékony véges elemes módszerét mutassa be egy konkrét exportmunka példáján. Jelen cikkben nem célunk az exportmunka alagutak komplett elemzése, sem a tervellenőrzés és tanácsadás folyamatának részletes bemutatása.

Kulcsszavak: alagút vasbeton héjazat, alagutak méretezése földrengésre

1. BEVEZETÉS

A Transinvest-Budapest Kft. 2013-ban létrehozta a Transinvest Irak Branch Office Ltd-t Suleymaniai székhellyel, és ez év májusában elnyerte a Kurdistan Region Ministry of Construction & Housing D.G of Roads, Construction and Housing (észak-iraki Kurd Régió Közlekedési és Építési Minisztériuma) által megpályáztatott a következő alagutak tender terveinek tervellenőrzési munkáit.

- a) 5 km hosszú közúti Penjween alagút két alagútszobában
- b) 2 km hosszú közúti Darbandikhan alagút két alagútszobában.

A tervellenőrzés folyamatos szaktanácsadással és oktatással is kiegészült, amit különböző szakágakat képviselő mérnökök (változóan 3-5 fő) a helyszínen, és a nagy tudású és tapasztalatú kollégák bevonásával megszervezett budapesti háttérroda „back-office” biztosítottak.

A kőzetkörnyezet osztályozásához a helyszíni fúrásokat, feltárásokat és a laboratóriumi munkákat az iráni Sham-E consulting Engineering Co., az alagút- terveket a teheráni Behin Taraddod Pars Consulting Engineers és a Saff-Rosemond Co. készítette.

2. AZ ALAGUTAK SZERKEZET-TERVEZÉSI SZEMPONTBÓL TÖRTÉNŐ RÖVID BEMUTATÁSA

Az alagutakat az északkelet-iraki Kurd Régió és az Irán közötti újonnan létesítendő kétszer kétsávosra tervezett új építésű és kereskedelmi célokat szolgáló útvonalra tervezték, közel az iráni határhoz. Ez a terület a Zagros-hegység mészköves vidéke, amely az Alpine-Himalája rendszer része, a domborzat erősen tagolt, a klíma szélsőséges (nagyon nagy nyári meleg és csapadékhiány, hideg telek, és adott esetben több méteres a hó, hirtelen olvadással), a növényzet gyér. Az alagutak mintegy 1400 m-es magasságban épülnek.

A terület az arab és az eurázsiai lemez találkozásánál fekszik, a seizmikus tevékenység nagyon intenzív, az alagút 300 km-es körzetében 10 aktív vetőzóna (törésvonal) van,

ráadásul a Penjween alagút a „Main Zagros Fault” aktív vetőt keresztezi. A vető partjai közötti mozgás-különbség az arabiai lemez mozgásával azonosan évi kb. 10-12 mm-re tehető. A Megbízó által meghatározott bányászati alagútépítési technológia lövelltbetonos NÖT (NATM) típusú volt. A portálszerkezeteket kitakarásos módszerrel kellett tervezni.

Az alagutak vasbeton héja passzív tűzvédelmére kiemelt fontosságot kellett fordítani.

A kiírás szerint a tervezett élettartam 100 év.

A nyugat-iráni terület geológiailag (litológiailag, tektonikailag, szeizmikusan stb.) nagyon jól fel van térképezve, és nyilván ez jó alapot teremtett a szomszédos kurd területekre vonatkozó feltárásokhoz, és a komplex geológiai értékeléshez is.

Továbbiakban csak a Penjween alagúttal foglalkozunk. A geológiai feltárások szerint a Penjween alagút kőzetkörnyezete öt geológiai régióra (kőzetosztályra) osztható. A fúrások alapján mindegyik geológiai régióra alapvetően elkészültek ill. megtörténtek a

- a rétegszelvények geometriai, és a hozzájuk tartozó kőzetmechanikai jellemzők (γ , UCS, E, μ , c, ϕ) meghatározásai,
- a kőzetek anizotrópiája, inhomogenitása, töredezettségére, repedezettségi irányokra stb. vonatkozó vizsgálatok,
- a fentiek alapján a kőzetek mérnökgeológiai komplex kőzettest-osztályozása (RQD, RMR, Q, GSI).

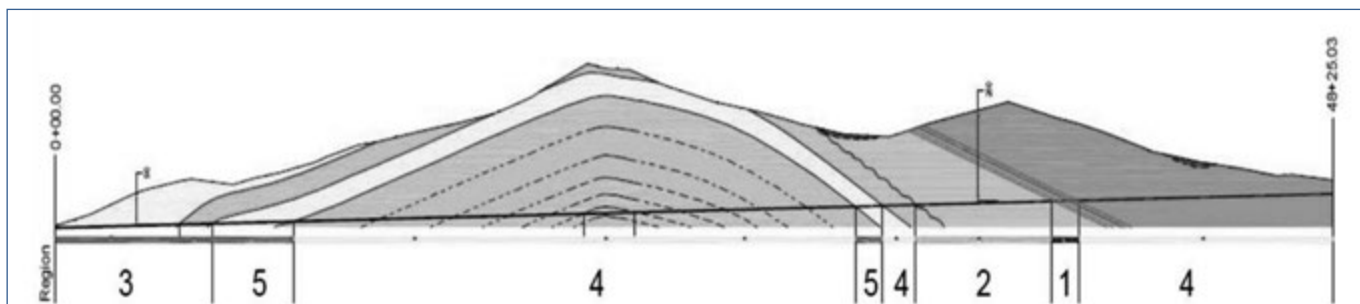
Ezek a geotechnikai alapadatok szolgáltatottak alapul kőzetosztályonként

- a tapasztalati úton felvett különböző alagútszelvény- és fejtési/biztosítási osztályok meghatározásához,
- valamint az ezt követő, és fejtés/biztosítás- és szerkezetoptimalizálást szem előtt tartó alagútépítési számítási modellek kialakításához, végső soron az alagútfalazat méretezéséhez.

Az 5 geotechnikai kőzetosztályból végül - a portálszerkezetek nélkül - öt fejtési/biztosítási osztály és öt féle alagútszelvény lett (1. ábra).

Az iráni tervezők az amerikai alagútépítési és vasbetonszerkezeti szabványokat alkalmazták.

A szerkezettervezés általános feladatai a Penjween alagútnál az alábbiak voltak:



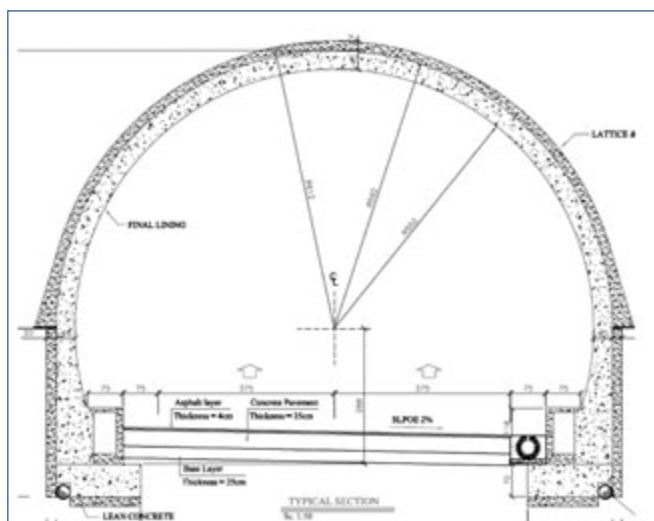
1. ábra: Geotechnikai régiók (kőzetosztályok)

Kőzetosztály	GSI	Egyteng nyomóesz.(MPa)	Takarás(m)	c(kPa)	Rug. modul(GPa)	$\phi(^{\circ})$
1	30	30	220	250	1.0	18
2	35	40	260	350	1.6	20
3	45	80	80	350	4.0	40
4	50	65	300	750	4.8	30
5	55	90	110	650	7.6	43

Magyarázat:

GSI Geológiai szilárdsági index
 c kohézió
 ϕ belső súrlódási szög

1. ábra: Geotechnikai régiók (kőzetosztályok)



2. ábra: Az alagút mintakeresztmetszelve (a 3-4 kőzetosztályban).

alagútkeresztezesek, tárolóhelységek, fülkék, biztonsági leállók, stb.) szerkezeti számításai és tervezése.

3. A FÖLDRENGÉSRE TÖRTÉNŐ MÉRETEZÉS KIINDULÁSI ADATAI

Az alagútfalazat szemben a magasépítési szerkezetek tömegarányos jellegű igénybevételeivel együtt deformálódik a környező kőzettel. A számítási módszer függvényében ezért a környezet időben lezajló deformációját, vagy annak egy maximális értékét kell meghatározni, amiből következtetni lehet a falazat deformációjára, igénybevételeire. A Kurd Régió nem az európai országokban szokásos földrengési zónákra van felosztva, hanem a területre vonatkozó földrengés adatokból statisztikai feldolgozás után és empirikus képletekkel képezik a földrengés számítás alapadatait. A statisztikához jelen esetben 1930-tól kezdődően 347 esetet vizsgáltak az iráni geológusok.

A gazdaságosságra törekvő tervezés alapján általában a földrengésnek különböző szintjeit adják meg (hasonlóan, mint a vízierőművek földrengés számításánál M.Wieland (2011)), és alapvetően két szintet vizsgálnak, hasonlóan a hidak üzemi (SLS) és teherbírási állapotához (ULS).

3.1 A földrengés rengési gyorsulása PGA (Peak Ground Acceleracion)

A bányászati módszerrel épült, mély, homogén és viszonylag merev talajkörnyezetben, rugalmas elmélettel, a talajkörnyezet deformációi és az alagútfalazat merevsége alapján lehet kiszámolni az alagútfalazatra jutó földrengésből származó igénybevételeket. A földrengés-számítások kiindulási alapja a maximális rengési gyorsulás (PGA).

A PGA értékeket végeredményként közöljük a Sham-E Consulting Co. (2012) alapján. Itt a konkrét területre vonatkozó, és statisztikailag alátámasztott, a kőzetben keletkező gyorsulási értékeket a következőképp adták meg:

- a) Portál-és kitararásos építési mód számításai és tervezése
- b) Bányászati módszer NÖT (NATM) építési mód, az alagút szakaszos építése különböző geotechnikai kőzetosztályban, a kőzetmechanikai besorolásnak megfelelő és adott fejtési sorrend és választott ideiglenes biztosítás feltételezésével (lőttbeton, talajhorgonyok, acéltámok) a számítások és tervek elkészítése és a vajatvég biztosítások számításai és tervezése. Ennek keretében a szakértés feladata volt:

1. A földrengésre történő méretezés és tervezés a különböző geotechnika kőzetosztályban a kőzetmechanikai besorolásnak megfelelő szelvénytípusokkal, a végleges vasbeton héjjal.
2. Az aktív vető (törésvonal) miatt a földrengési energia megnő. Új hatásként avetőmozgás is belép, aminek megfelelően a szerkezetet erre is tervezni kellett.
3. A passzív tűzvédelem biztosítása (vasbeton hég méretezése tűzhatásra).
4. Avízvezetési rendszer és szigetelés tervezése az alagútban.
5. Egyéb feladatok (pl. a bejárati támfalak,

az „üzemi szint” (visszatérési periódus 500 év):

- H (horizontális) PGA = 0,39g
- V (vertikális) PGA = 0,20g

a maximális, azaz „teherbírési szint”: (visszatérési periódus 500 év):

- H (horizontális) PGA = 0,42g
- V (vertikális) PGA = 0,21g.

Amint azt a fenteiből látni, ezek a tervezési szintek nagyon közel vannak egymáshoz, ezért nem szükséges a kétszintű tervezés.

A hosszú vetők „fölerősítik” a földrengést. A vetőben kialakuló földrengési energiát jellemző M_s (felületi magnitúdó), függ a közvetítő kőzet tulajdonságaitól, a vető hosszától, a földrengés epicentrumától való távolságtól és a rengési hullámok keletkezési pontjának mélységétől. Az adott területre vonatkozóan, az európai-közép-keleti adatok statisztikai feldolgozása alapján a Sham-E Consulting Co.(2012)-ben az M_s -re vonatkozó empirikus-logaritmusos képletet (Ambraseys-Melville) a konkrét 300 km-es sugarú körben levő vetők adatait felhasználva, pedig a Campbell-Borzogna (2003)-as képletét alkalmazták a PGA kiszámítására, (azt vízszintes és horizontális összetevőkre bontva).

Végeredményként közöljük a Sham-E Consulting Co.(2012)-ben közölt, ill. a Main Zagros aktív vetőben a területre vonatkozó, és statisztikailag alátámasztott

1. az általános (nem vetőben) levő helyen levő keresztmetszetre 50%-os valószínűséggel előforduló (m =középtértékben):

- H (horizontális) PGA = 0,509g
- V (vertikális) PGA = 0,324g

2. a vetőben 84%-os valószínűséggel előforduló ($m+\sigma$ által lehatárolt területen; σ =szórás):

- H (horizontális) PGA = 0,762g
- V (vertikális) PGA = 0,512g

A vetőben levő keresztmetszet méretezéséhez az utóbbi, 84%-os valószínűséggel előforduló értékeket használták! A vetők környezetében az alagútszelvény „patkó” helyett zárt (fenékboltozat került betervezésre), továbbá az alagútfalazat és a kőzet közé csillapító-szigetelő réteget építettek be.

3.2 A földrengés rengési sebessége (PGV)

A gyorsulásból a Technical Manual for Design and Construction of Road Tunnels (2009)-ben közölt kétféle módszerrel is, ill az (Pescara, Gaspari, Repetto 2011) által közölt módszerrel is ki lehet számolni a sebességet (V_s -t). A részletezést elhagyva az alábbi adatokat kapjuk.

1. az üzemi szintre:

$$V_s = H \text{ PGV} (M_s = 7,5; t > 30 \text{ m}, l = 20-50 \text{ km}) = 0,7 \times 1,09 \times 0,39 = 0,297 \text{ m/s.}$$

2. a maximális, azaz teherbírési szintre:

$$V_s = H \text{ PGV} (M_s = 7,5; t > 30 \text{ m}, l = 20-50 \text{ km}) = 0,7 \times 1,09 \times 0,42 = 0,32 \text{ m/s}$$

3. 84%-os valószínűséggel előforduló szintre:

$$V_s = H \text{ PGV} (M_s = 7,5; t > 30 \text{ m}, l = 20-50 \text{ km}) = 0,7 \times 1,09 \times 0,762 = 0,58 \text{ m/s}$$

ahol

- M_s a földrengés magnitúdója

- t takarás
- „ l ” a rengés és az alagút távolsága

3.3 A kőzet deformációja

1. $\gamma_{\max} = V_s / C_s$
2. V_s - lásd a 3.2. pontot
3. $C_s = (G_m / \rho_m)^{0,5}$

ahol

G_m a kőzet nyírási modulusa: $G_m = E / (2x(1+\mu))$

ρ_m a kőzet fajlagos tömege

μ a kőzet Poisson száma.

A továbbiakra való tekintettel egy „ h ” magasságú végeselemes téglalap háló vízszintes elmozdulása tehát a középponttól $h/2$ -re, a téglalap alsó és felső élében $\Delta x_{\max} = \gamma_{\max} x(h/2)$.

4. AZ ALAGÚTFALAZAT MÉRETEZÉSE FÖLDRENGÉSRE

A földrengésből a kőzet közvetítésével az alagútfalazatra az alábbi főbb hatások hatnak

- hosszirányban a húzó-nyomó igénybevételek (vízáró fugák jelentősége!),
- hosszirányban a hajlító igénybevételek, (főleg a hosszabb, $L > 500\text{m}$) alagutaknál van jelentősége),
- keresztirányban az alagútfalazat nyírási torzulásából keletkező igénybevételek
- a talajfolyósodás hatása (az kőzeteknél általában nem fordul elő).

A fűrt, viszonylag merev kőzetekben a legjelentősebb hatás az alagútfalazat nyírási torzulásából keletkezik, mi a továbbiakban csak ezzel a hatással foglalkozunk.

A bányászati módszerrel készülő alagútfalazat általános mérnöki méretezési módszerei a földrengésre:

- rugalmas anyagmodellel, homogén kőzetben, quasistatikus „**free-field**” módszer, zárt képletekkel, kör és négyszög szelvényekre, egy alagútszőre,
 - a „**free-field**” módszer továbbfejlesztett változatai, pl. a rugalmas anyagmodellel, inhomogén (több rétegű) kvázistatikus végeselemes „free field” módszer, bármilyen alakú alagútszelvényre, (a két csőves alagút kezelhetősége, a vasbeton héj merevségkülönbségei figyelembe vehetők, stb)
 - **dinamikus, végeselemes, időintegrálásos** Lysmer-Kühlemeyer (hullámáteresztő /elnyelő) peremfeltételekkel, akár nemlineáris kőzet és/vagy alagútfalazati anyagmodellel.
- A kitakarásos módszerrel készülő alagútfalazat általános mérnöki méretezési módszerei földrengésre:
- a talaj (kőzet) statikus terhek a Mononobe-Okabe módszer szerint,
 - mint a bányászati módszerrel épülő alagútszelvényeknél.

5. A FÖLDRENGÉSI KOMBINÁCIÓ ÉS A KAPOTT EREDMÉNYEK

A rendkívüli állapot értelmezése az AASHTO LRFD (2011) szerinti rendkívüli kombinációra történt, $\gamma_1 = 1$ fontossági tényező figyelembevételével.

A „free field” kézi módszerrel, képletek és táblázatok felhasználásával készült, és a rugalmas, homogén, egy alagútszőre és zárt, állandó keresztmetszetű körszelvény

rendelkező alagútfalazattal történő számítás a konkrét „patkó” keresztmetszetű, változó merevségű és két alagútsővel rendelkező modellhez képest közelítés.

Ezért a továbbiakban a (Pescara, Gaspari, Repetto, 2011) által kidolgozott módszert alkalmaztuk, pontosítva a kézi „free field” módszert. Ez a pontosított módszer három fő lépésre bontható:

1. lépés: A geotechnikai közettest-besorolásnak megfelelően kiválasztott többlépcsős fejtési/biztosítási modellnek, a környező közet közetmechanikai paramétereinek, valamint a fedésnek megfelelően minden egyes közetosztályban kiszámoltuk a változó statikai vázzal és terheléssel a környező közetben a $t_{oo} = t$ végtelenben keletkező feszültségi-alakváltozási és az alagútfalazatban az igénybevételi állapotot.

Mi a Sofistik programrendszert használtuk az alábbi főbb kiindulási adatokkal:

$$\gamma \text{ (kN/m}^3\text{)} = 24$$

$$E \text{ (kN/m}^2\text{)} = 4.800.000 \text{ (!)}$$

$$\mu = 0,25$$

Mohr féle nemlineáris anyagmodell, $\varphi = 30^\circ$; $c = 750 \text{ kN/m}^2$

A közet repedezettségének irányszögei:

$$\text{Függőleges síkhoz az } \alpha = 15^\circ$$

$$\text{Vízszintes síkhoz a } \beta = 15^\circ$$

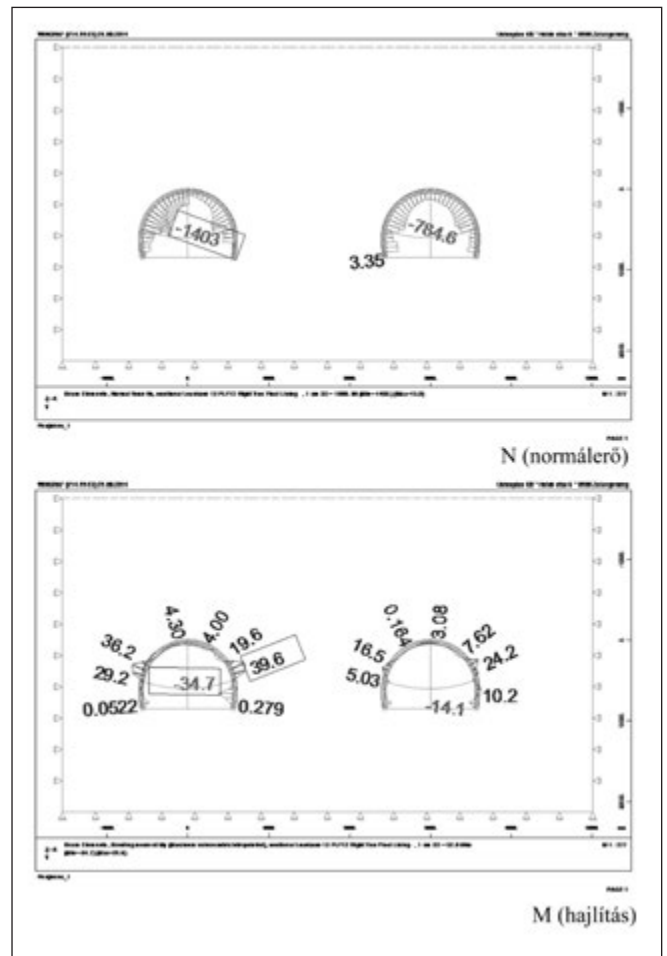
Takarás az alagút fölött: 107 m.

Ideiglenes biztosítás: Löttbeton szilárdsági osztály: C 20, vastagság 15 cm.

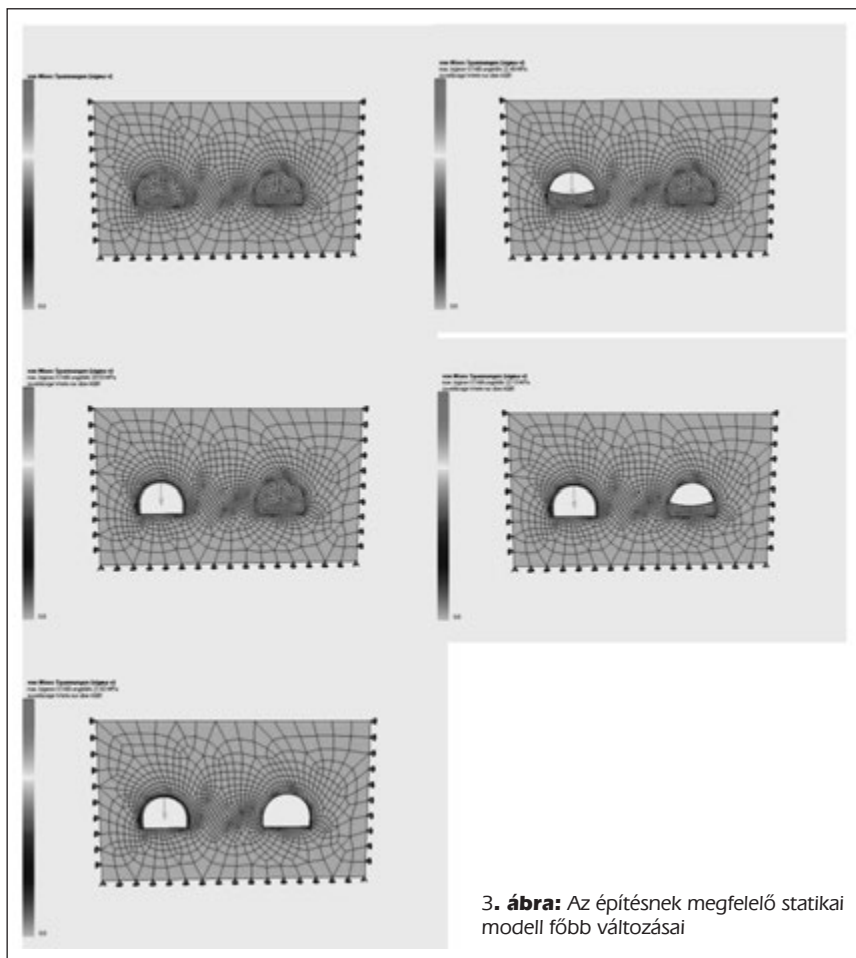
Alagútfalazat: Beton szilárdsági osztály: C 25, vastagság 40 cm.

A főbb építési fázisok végeeselemes modelljeit a 3. ábra tartalmazza. (A 21, itt részleteiben fel nem sorolt terhelési-számítási esetből csak az öt főbb, és rajzilag a modell-változást látványosan bemutató esetet adjuk meg).

Az alagútfalazat építéstől függő igénybevételeit végállapotban a 4. ábra tartalmazza.



4. ábra: Igénybevételek



3. ábra: Az építésnek megfelelő statikai modell főbb változásai

2. lépés: Az adott földrengési teherkombinációnak megfelelően az 1. lépés eredményeire szuperponáltuk a (Pescara, Gaspari, Repetto 2011) által kidolgozott, a kézi „free field módszer” hiányosságait kiküszöbölő numerikus, tovább fejlesztett free-field módszert.

A felhasznált adatok:

$$\gamma = 2400 \text{ kg/m}^3;$$

$$E_{\text{dyn}} = \text{ca. } 2 \times E = 9.600.000 \text{ kN/m}^2;$$

$$G_m = E_{\text{dyn}} / (2 \times (1 + \mu)) = 3.840.000 \text{ kN/m}^2$$

$$C_s = (G_m / \rho_m)^{0,5} = 1265 \text{ m/s};$$

$$V_s = 0,3 \text{ m/s}; \gamma_{\text{max}} = 0,3 / 1265 = 2,3710^{-4}$$

Végeeselemes háló magasságának fele 20 m.

$$\Delta x_{\text{max}} = \gamma_{\text{max}} (h/2) = 5 \text{ mm}$$

A 5. ábra a terhelési ábra, a 6. ábra a terhelésnek megfelelő igénybevételi ábra.

A földrengési kombináció igénybevételei a méretezéshez:

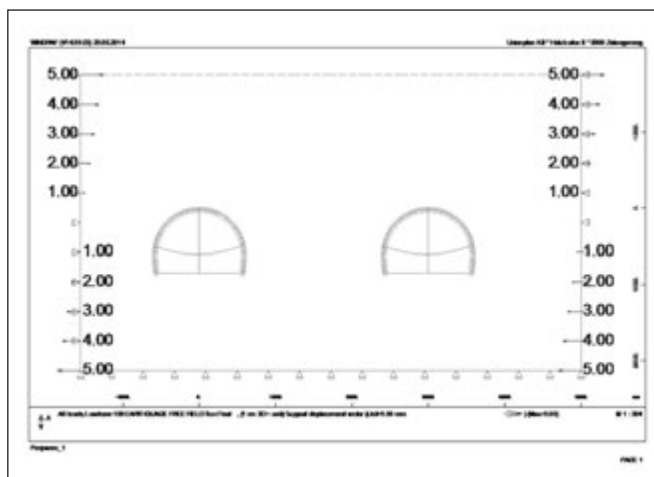
$$\Sigma N = N + \Delta N_{\text{erthq}} = 1403 - 137 = 1266 \text{ kN}$$

$$\Sigma M = M + \Delta M_{\text{erthq}} = 39,6 + 13,5 = 53,1 \text{ kNm}$$

3. lépés: Az alagútfalazat összegzett igénybevételeivel (N, M interakcióval igénybevett) terhelte keresztmetszet ellenőrzése abból a szempontból, hogy a keresztmetszet berepedt vagy sem [ACI 318-1995] szerint.

Ha nem repedt be, akkor a számítás a méretezéssel befejeződik.

Ha berepedt, akkor célszerű többlépcsős



5. ábra: Az elmozdulásokkal terhelt háló

közelítéssel a berepedés miatti lokális alagútfalazati merevségcsökkenést figyelembe venni.

Esetünkben az alagútfalazat nem repedt be.

6. MEGÁLLAPÍTÁSOK

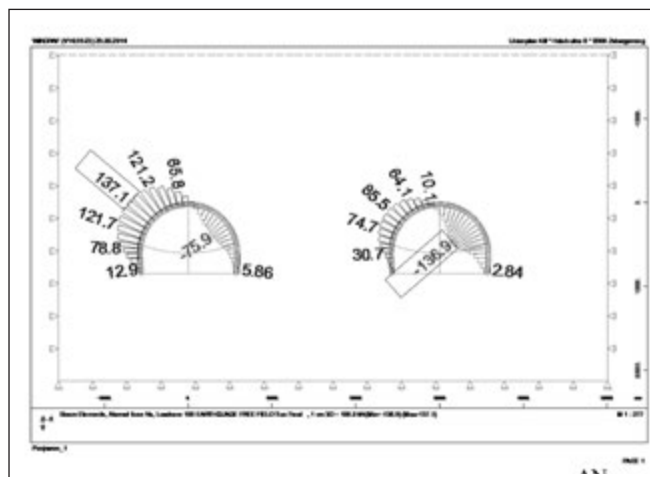
1. A Transinvest-Budapest Kft. a nemzetközi piacon és számunkra idegen kultúr- és műszaki környezetben, észak-Irakban, a Kurd Régióban szerzett tervellenőrzési mérnöktanácsadói szerződést alagutak tervellenőrzésére. A feladathoz kialakított menedzsmenjtének és szervezeti felépítésének, valamint a hazai mérnöki tudásnak a hatékony és integrált felhasználásával a Megbízó megelégedésére elvégezte a tervellenőrzést.

2. Az alagúttervek tervellenőrzése során az egyik feladat a szerkezetterv ellenőrzés volt. A szerkezettervezésnek csak az egyik szelete a földrengésre történő méretezés, ami ugyanakkor a szeizmikusan aktív területen nagy jelentőséggel bír. Számunkra kevésbé ismert- az európai területi zónákra osztással viszonylag könnyen leírható földrengési hatásokkal szemben mélyebb, geotechnikai-statisztikai alapon nyugvó-földrengés hatás meghatározást, és annak módszertanát kellett befogadni, és azt alkotó módon a továbbiakban alkalmazni. A tervező a földrengés méretezésre a szakirodalomból ismert „free-field” közelítő módszert alkalmazta. Mi a „free-field” módszer egy a szakirodalomból átvett továbbfejlesztett változatát adaptáltuk az adott körülményekre, amivel a geometriának a szabályostól való eltérését, a merevségek változását is le tudtuk követni. Ezzel a „kézi” módszert meghaladva pontosítottuk az alagút vasbeton falazatában keletkező igénybevételeket.

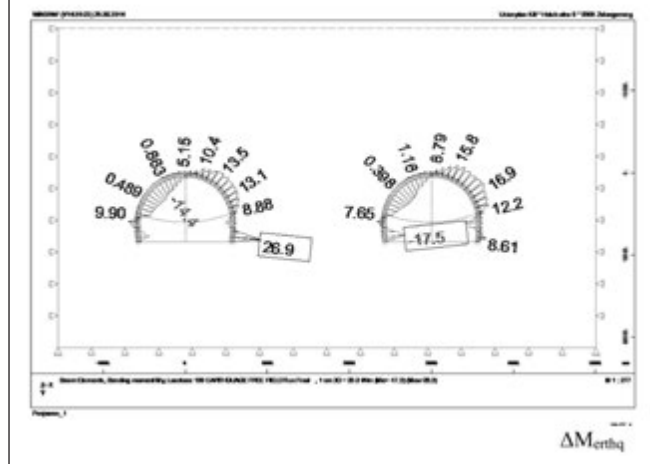
7. HIVATKOZÁSOK

- AASHTO LRFD (2011) Bridge Design Specifications
 ACI 318-95 (1995): „Building Code Requirements for Reinforced Concrete” 1995.
 Pescara, M., Gaspari, G. M., Repetto, L. (2011) „Design of underground structures under seismic conditions along deep tunnel and a metro tunnel”.
 ETH Zurich – 15 dec. 2011 Colloquium on seismic design of tunnels
 Sham-E Consulting Co.(2012): „Geotechnical Report - Penjween Tunnel-Plan”
 Technical Manual for Design and Construction of Road Tunnels (2009).
 FHWA-NHI-10-034”:
 Wieland, M. (2011), „Seismic Aspects of Underground Structures of Hydropower Plants”

Dr. Farkas János (1958), okl. építőmérnök, a műszaki tudomány kandidátusa hídszerkezetek szaktudományból. Az Union-Plan Kft. főtervezője. Fő érdeklődési területei: vasbeton és feszített beton hídszerkezetek, NSZ/NT betonok, hidépítési technológiák statikája, az alagútépítés tervezési kérdései, szerkezetek méretezése földrengésre.



6. ábra: A kapott igénybevételek



6. ábra: A kapott igénybevételek

Dr. Léderer Károly (1946) okleveles repülőter tervező mérnök, műszaki tudományok kandidátusa. A Transinvest Budapest Kft ügyvezető igazgatója. Fő szakterületei a közlekedési infrastruktúra beruházások tervezése, és lebonyolítása, repülőterek tervezése, fejlesztése, FIDIC döntnök TFDL II.

Tímár József (1958) okl. közlekedés építőmérnök, okl. építőmérnök, mérnök üzemgazdász. A Transinvest Budapest Kft szakági igazgatója. Fő szakterületei a közlekedési infrastruktúra fejlesztés, és infrastruktúra beruházások lebonyolítása, közúthálózat üzemeltetési és fenntartási feladatok kidolgozása, szakértői tevékenység ellátása.

Zalán Ákos (1975) okl. építőmérnök, a Transinvest – Budapest Kft főmérnöke. Fő szakterületei a közlekedésfejlesztési, főként útépítési, de egyéb infrastruktúra beruházások tervezése, illetve a beruházások lebonyolítása, FIDIC szakértői tevékenység ellátása

János Farkas - Károly Léderer - József Tímár- Ákos Zalán: CALCULATION AND DESIGN OF PENJWEEN AND DARBANDIKHAN TUNNELS FOR EARTHQUAKE IN KURDISTAN REGION OF IRAQ

Transinvest Budapest Ltd has gained a contract in the international market, in foreign culture and technical environment for engineering consultancy and design control for tunnel designing in North Iraq, Kurdistan Region.

Transinvest Budapest Ltd. has carried out the design control and consultancy activities by his management with using his effective and integrated engineering knowledge. The contract was performed with the Employer’s satisfaction.

During the checking of the design for the tunnel, one of the task of the contract was the checking of the structure desings. To take into consideration that the area and the location of the planned tunnel is in a substantial seismic area this calculation for earthquake was very important element of the design document. With consideration of the above mentioned first of all we needed to accept and understand the calculation and methodology of the earthquake based on a detailed geotechnical statistic philosophy against the known european methodology. The designer used a „free-field” methodology – known in the literature – for the calculation for eathquake. We adapted an advanced version of the free-field methodology for the existing conditions and circumstances, which version was appropriate to follow the geometric conditions and the stiffness. We could specified the stresses in the reinforced concrete walls of the tunnel by this “manual method”.