



دفترچه محاسبات آبروی قوطی همسطح و زیرخاکی

شهریور ۱۳۹۳

۱	۱. بارگذاری
۱-۱	۱-۱. بار مرده
۱-۲	۲-۱. بار خاک
۱-۲-۱	۱-۲-۱. بار قائم خاک
۲-۲-۱	۲-۲-۱. بار جانبی خاک
۳-۱	۳-۱. بار زلزله
۴-۱	۴-۱. بار جانبی ناشی از سربار زنده
۵-۱	۵-۱. بار جریان آب
۶-۱	۶-۱. بار زنده
۶-۱-۱	۶-۱-۱. بار زنده در پلهای راه
۶-۱-۲	۶-۱-۲. بار زنده در پلهای راه آهن
۷-۱	۷-۱. ترکیبات بارگذاری
۸	۲. طراحی
۱۰	۳. مثال طراحی
۱۱-۳	۱-۳. طراحی آبروی قوطی همسطح دهانه ۳ متر و ارتفاع ۲ متر
۱۱-۱-۳	۱-۱-۳. بارگذاری و تحلیل
۱۷-۱-۳	۲-۱-۳. طراحی
۱۹-۲-۳	۲-۳. طراحی آبروی قوطی زیرخاکی دهانه ۳ متر و ارتفاع ۲ متر
۱۹-۱-۲-۳	۱-۲-۳. بارگذاری و طراحی آبروی زیرخاکی با ارتفاع خاک ۳ متر
۲۵-۲-۲-۳	۲-۲-۳. طراحی آبروی زیرخاکی با ارتفاع خاک ۶ متر
۲۶-۳-۲-۳	۳-۲-۳. طراحی آبروی زیرخاکی با ارتفاع خاک ۱۰ متر
۲۷-۴-۲-۳	۴-۲-۳. بررسی اثر ارتفاع خاک
۲۷-۳-۳	۳-۳. طراحی آبروی زیرخاکی با ارتفاع خاک ۱۵ متر
۲۸-۴-۳	۴-۳. بررسی اثر ضخامت
۲۹	مراجع

فهرست اشکال

- شکل (۱) بارگذاری قائم خاک ۱
- شکل (۲) بارگذاری جانبی خاک براساس فرضیات کولمب ۲
- شکل (۳) بارگذاری جانبی خاک بر آبروی زیرسطحی ۳
- شکل (۴) بارگذاری زلزله با فرض کوله یکپارچه ۴
- شکل (۵) بارگذاری جانبی ناشی از سربار زنده در پلهای راه آهن ۴
- شکل (۶) بارگذاری جانبی ناشی از سربار زنده در پلهای راه ۵
- شکل (۷) بار جریان آب ۵
- شکل (۸) نمونه‌ای از پخش بار زنده برای کامیون نشریه ۱۳۹ ۶
- شکل (۹) نمونه‌ای از پخش بار زنده برای بار قطار ۷
- شکل (۱۰) مقاطع بحرانی لنگر خمشی ۸
- شکل (۱۱) آبروی قوطی همسطح یک دهانه سه متری با ارتفاع دو متر، (نشریه ۸۳، ق-۱۳) ۱۱
- شکل (۱۲) لنگر ناشی از بارگذاری مرده سازه ۱۱
- شکل (۱۳) لنگر ناشی از بارگذاری آسفالت ۱۲
- شکل (۱۴) بارگذاری جانبی خاک - پل همسطح ۱۲
- شکل (۱۵) لنگر ناشی از بارگذاری جانبی خاک - پل همسطح ۱۳
- شکل (۱۶) بارگذاری آب ۱۳
- شکل (۱۷) لنگر ناشی از بارگذاری آب ۱۴
- شکل (۱۸) بارگذاری زلزله - پل همسطح ۱۴
- شکل (۱۹) لنگر ناشی از بارگذاری زلزله - پل همسطح ۱۵
- شکل (۲۰) بار متحرک کامیون - پل همسطح ۱۵
- شکل (۲۱) لنگر ناشی از بار زنده - پل همسطح ۱۶
- شکل (۲۲) پوش لنگر - پل همسطح ۱۶
- شکل (۲۳) مقادیر پوش لنگر در مقاطع طراحی - پل همسطح ۱۷
- شکل (۲۴) آبروی قوطی همسطح طراحی شده با دهانه ۳ متر، ارتفاع ۲ متر ۱۸
- شکل (۲۵) آبروی قوطی زیرخاکی یک دهانه سه متری با ارتفاع دو متر، (نشریه ۸۳، ق-۱۵) ۱۹
- شکل (۲۶) بارگذاری قائم خاک - پل زیرخاکی با ارتفاع خاک ۳ متر ۱۹
- شکل (۲۷) لنگر ناشی از بارگذاری قائم خاک - پل زیرخاکی با ارتفاع خاک ۳ متر ۲۰
- شکل (۲۸) بارگذاری جانبی خاک - پل زیرخاکی با ارتفاع خاک ۳ متر ۲۰
- شکل (۲۹) لنگر ناشی از بارگذاری جانبی خاک - پل زیرخاکی با ارتفاع خاک ۳ متر ۲۱

- شکل (۳۰) بارگذاری زلزله - پل زیرخاکی با ارتفاع خاک ۳ متر ۲۱
- شکل (۳۱) لنگر ناشی از بارگذاری زلزله - پل زیرخاکی با ارتفاع خاک ۳ متر ۲۲
- شکل (۳۲) لنگر ناشی از بار زنده - پل زیرخاکی با ارتفاع خاک ۳ متر ۲۲
- شکل (۳۳) پوش لنگر - پل زیرخاکی با ارتفاع خاک ۳ متر ۲۳
- شکل (۳۴) مقادیر پوش لنگر در مقاطع طراحی - پل زیرخاکی با ارتفاع خاک ۳ متر ۲۳
- شکل (۳۵) آبروی قوطی زیرخاکی طراحی شده با دهانه ۳ متر، ارتفاع ۲ متر - ارتفاع خاک ۳ متر ۲۴
- شکل (۳۶) آبروی قوطی زیرخاکی طراحی شده با دهانه ۳ متر، ارتفاع ۲ متر - ارتفاع خاک ۶ متر ۲۵
- شکل (۳۷) آبروی قوطی زیرخاکی طراحی شده با دهانه ۳ متر، ارتفاع ۲ متر - ارتفاع خاک ۱۰ متر ۲۶
- شکل (۳۸) اثر ارتفاع خاک بر وزن آرماتور - دهانه ۳ متر، ارتفاع ۲ متر و ضخامت ۳۰ سانتیمتر ۲۷
- شکل (۳۹) آبروی قوطی زیرخاکی طراحی شده با دهانه ۳ متر، ارتفاع ۲ متر - ارتفاع خاک ۱۵ متر ۲۸
- شکل (۴۰) آبروی قوطی زیرخاکی طراحی شده با دهانه ۳ متر، ارتفاع ۲ متر - ارتفاع خاک ۱۰ متر - ضخامت دیواره ۴۵۰ میلیمتر ۲۸
- شکل (۴۱) اثر ضخامت دال بالا، پایین و دیواره‌ها بر وزن آرماتور - دهانه ۳ متر، ارتفاع ۲ متر و ارتفاع خاک ۱۰ متر ۲۹

فهرست جداول

-
- جدول (۱) ارتفاع خاک معادل برای محاسبات بار جانبی ناشی از بار زنده (واحد SI) ۵
- جدول (۲) فرضیات طراحی آبرو جعبه‌ای همسطح و زیرخاکی ۱۰
- جدول (۳) مقایسه طرح پیشنهادی پل همسطح با نشریه ۸۳ (مقطع ق-۱۳) ۱۷
- جدول (۴) مقایسه طرح پیشنهادی پل زیرخاکی با نشریه ۸۳ (مقطع ق-۱۵) - ارتفاع خاک ۳ متر ۲۴
- جدول (۵) مقایسه طرح پیشنهادی پل زیرخاکی با نشریه ۸۳ (مقطع ق-۱۵) - ارتفاع خاک ۶ متر ۲۵
- جدول (۶) مقایسه طرح پیشنهادی پل زیرخاکی با نشریه ۸۳ (مقطع ق-۱۵) - ارتفاع خاک ۱۰ متر ۲۶
- جدول (۷) طرح پیشنهادی پل زیرخاکی با ارتفاع خاک ۱۵ متر ۲۷

۱. بار گذاری

۱-۱. بار مرده

اصلی‌ترین بخش بار مرده، وزن سازه آبرو است که شامل وزن سقف و دیواره‌های آبرو می‌باشد. وزن واحد حجم مصالح بتن مورد استفاده در آبرو ۲/۴ تن بر مترمکعب در نظر گرفته شده و محاسبات و طراحی برای ۱ متر از آبروی قوطی شکل صورت گرفته است.

در پل‌های راه‌آهن، علاوه بر بار مرده فوق، ۳۰ سانتیمتر بالاست با وزن واحد حجم ۱/۹ تن بر متر مکعب و بار معادل ریل، تراورس و پابند، ۰/۷ تن بر متر، در محاسبات منظور شده است [نشریه ۱۳۹].
به منظور در نظرگیری اثرات بار مرده ثانویه، در پل‌های راه، ۱۰ سانتیمتر آسفالت با وزن واحد حجم ۲/۲ تن بر مترمکعب و در پل‌های راه‌آهن ۲۰ سانتیمتر بالاست، به سازه آبرو اعمال شده است.

۲-۱. بار خاک

۱-۲-۱. بار قائم خاک

ضریب بار خاک به منظور در نظر گرفتن اندرکنش خاک و سازه، مطابق بند ۱، ۲، ۳، ۱۱، ۱۲، آیین‌نامه آشتو ۲۰۱۰ [۲]، به صورت رابطه (۱) بیان می‌گردد:

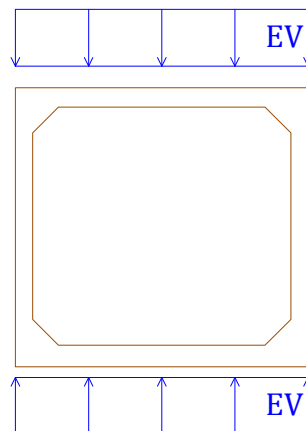
$$F_e = 1 + 0.2 \left(\frac{H_s}{B_c} \right) \quad (1)$$

در این رابطه H_s ارتفاع خاک بالای آبرو و B_c عرض کل آبرو ($2Ts + \text{Span}$) می‌باشد.

بدین ترتیب بار قائم خاک که بر سقف آبرو اعمال می‌شود، مطابق رابطه (۲) خواهد بود:

$$EV = F_e \times \gamma_s \times H_s \times w \quad (2)$$

در این رابطه w عرض نوار طراحی (برابر ۱ متر) و γ_s وزن واحد حجم خاک برابر ۱/۹ تن بر مترمکعب فرض شده است.



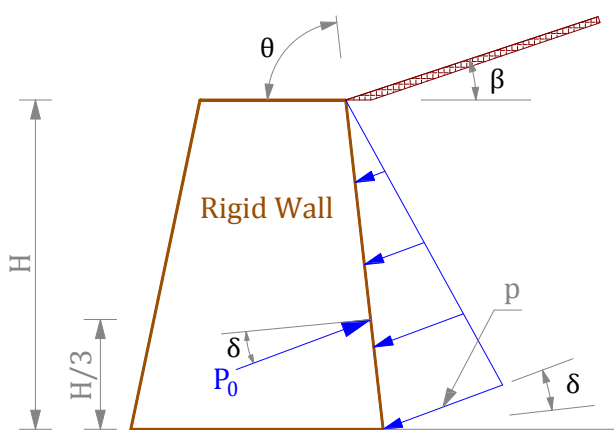
شکل (۱) بار گذاری قائم خاک

۲-۲-۱. بار جانبی خاک

اعمال بار جانبی خاک، به دو صورت امکان پذیر است. روش اول، استفاده از مایع معادل است که در بخش ۳،۱۱،۵،۵ آیین نامه آشتو ۲۰۱۰ [۲] توضیح داده شده است. روش دوم، که در این گزارش مبنای محاسبات واقع شده، استفاده از ضریب فشار محرک خاک کولمب (بند ۳،۱۱،۵،۳ آشتو ۲۰۱۰)، مطابق شکل (۲) و رابطه (۳) می باشد:

$$k_a = \frac{\sin^2(\theta + \varphi'_f)}{\Gamma [\sin^2 \theta \sin(\theta - \delta)]} \quad (3)$$

$$\Gamma = \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi'_f + \delta) \sin(\varphi'_f - \beta)}{\sin(\theta - \delta) \sin(\theta + \beta)}} \right]^2$$



شکل (۲) بارگذاری جانبی خاک بر اساس فرضیات کولمب

نیروی p ، در شکل فوق برابر است با:

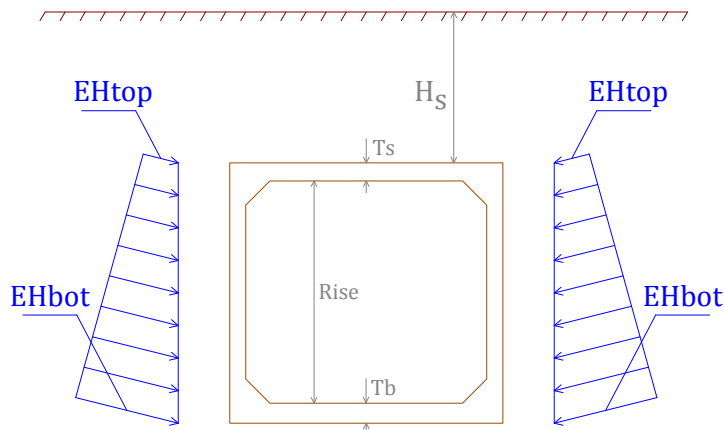
$$p = k_a \times \gamma_s \times H \times w \quad (4)$$

در این رابطه، w عرض نوار طراحی (برابر ۱ متر) و γ_s وزن واحد حجم خاک می باشد.

بنابراین در آبروی قوطی شکل که خاک به ارتفاع H_s در بالای آن قرار دارد، بارگذاری جانبی خاک به صورت شکل (۳) در نظر گرفته می شود.

$$EH_{top} = k_a \times \gamma_s \times H_s \times w$$

$$EH_{bot} = k_a \times \gamma_s \times (H_s + Ts + Rise + Tb) \times w \quad (5)$$



شکل (۳) بارگذاری جانبی خاک بر آبروی زیرسطحی

۳-۱. بار زلزله

مدلسازی بار زلزله با فرض کوله یکپارچه انجام شده است [نشریه ۴۶۳ - صفحه ۲۹]. مقدار نیروی متمرکز وارد بر سقف آبرو برابر است با:

$$F_{eq} = CW \quad C = \frac{ABI}{R} \quad (۶)$$

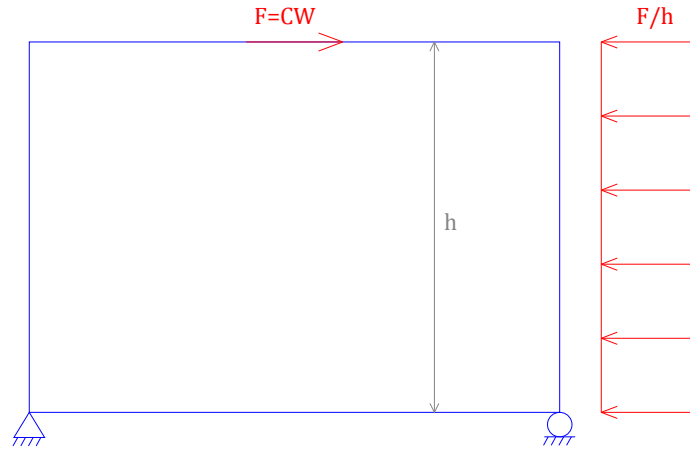
مقدار وزنی که در بار زلزله منظور می‌شود (W) برابر مجموع وزن سازه آبرو و وزن خاک بالای آن می‌باشد.

$$W = (Tt(2Ts + Span) + Tb(2Ts + Span) + 2Ts \times Rise) \times \gamma_c \times w + \gamma_s \times H_s \times (2Ts + Span) \times w$$

در رابطه (۶)، A شتاب مبنای طرح، I ضریب اهمیت پل، R ضریب رفتار پل و B ضریب بازتاب پل بیانگر نحوه پاسخ پل به حرکت زمین است و به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$B = \begin{cases} 1 + S\left(\frac{T}{T_0}\right) & 0 \leq T \leq T_0 \\ S + 1 & T_0 \leq T \leq T_s \\ (S + 1)\left(\frac{T_s}{T}\right)^{\frac{2}{3}} & T \geq T_s \end{cases} \quad (۷)$$

در رابطه اخیر T زمان تناوب اصلی نوسان پل به ثانیه و T_0 ، T_s ، S پارامترهایی هستند که به نوع زمین ساختگاه و میزان خطر لرزه‌خیزی منطقه وابسته‌اند. علاوه بر بار متمرکز، بار جانبی زلزله، به صورت بار یکنواخت به سازه آبرو مطابق شکل (۴) اعمال می‌شود.



شکل (۴) بارگذاری زلزله با فرض کوله یکپارچه

فرض زمین نوع II (جداول ۱ و ۲ نشریه ۴۶۳) $T_0 = 0.1, T_s = 0.5, S = 1.5$

دوره تناوب و فرکانس طبیعی سازه با استفاده از تحلیل مودال قابل محاسبه است که از دوره تناوب مد اول به عنوان T استفاده شده است. به عنوان مثال برای آبروی قوطی با دهانه ۳ متر و ارتفاع ۲ متر مقدار T حدود ۰/۰۵ ثانیه محاسبه می‌شود.

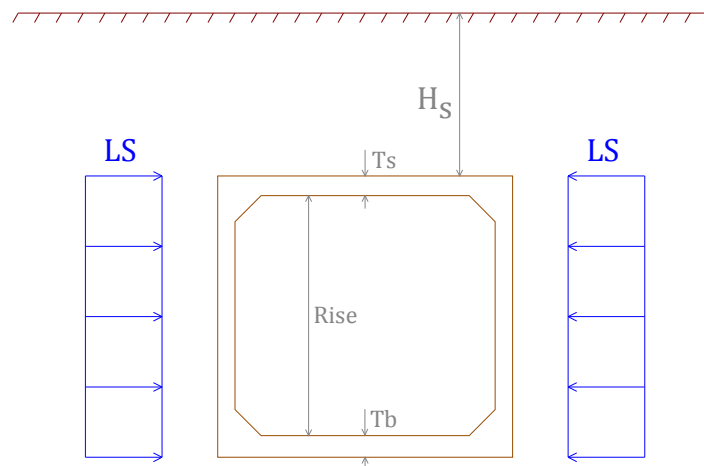
$$A = 0.35, \quad I = 1.2, \quad R = 5, \quad T = 0.0496 \text{ sec}, \quad B = 1.744 \Rightarrow C = \frac{ABI}{R} = 0.1465$$

۴-۱. بار جانبی ناشی از سربار زنده

در پلهای راه‌آهن، با فرض بارگذاری گسترده $q_s = 3.2 \text{ ton/m}^2$ بار جانبی وارد بر آبرو برابر است با:

$$LS = k_a \times q_s \times w \quad (۱۰)$$

در این رابطه k_a ضریب فشار محرک خاک کولمب مطابق رابطه (۳) و w عرض واحد طراحی (برابر ۱ متر) می‌باشد.



شکل (۵) بارگذاری جانبی ناشی از سربار زنده در پلهای راه‌آهن

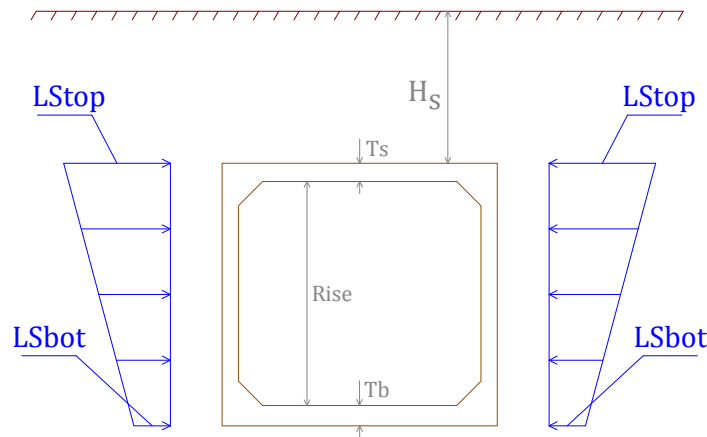
در پلهای راه، بارگذاری جانبی ناشی از بارهای زنده مطابق آیین‌نامه آشتو ۲۰۱۰ اعمال شده است. در بند ۳،۱۱،۶،۴ این آیین‌نامه، براساس h_{eq} مطابق جدول (۱)، بارگذاری جانبی به صورت رابطه (۱۱) پیشنهاد شده است.

جدول (۱) ارتفاع خاک معادل برای محاسبات بار جانبی ناشی از بار زنده (واحد SI)

Abutment Height (mm)	h_{eq} (mm)
≤ 1500	1200
3000	900
≥ 6000	600

$$H_s \xrightarrow{\text{Table 1}} h_{eq-top} \Rightarrow LS_{top} = k_a \times \gamma_s \times h_{eq-top} \times w \quad (11)$$

$$H_s + Tt + Rise + Tb \xrightarrow{\text{Table 1}} h_{eq-bot} \Rightarrow LS_{bot} = k_a \times \gamma_s \times h_{eq-bot} \times w$$



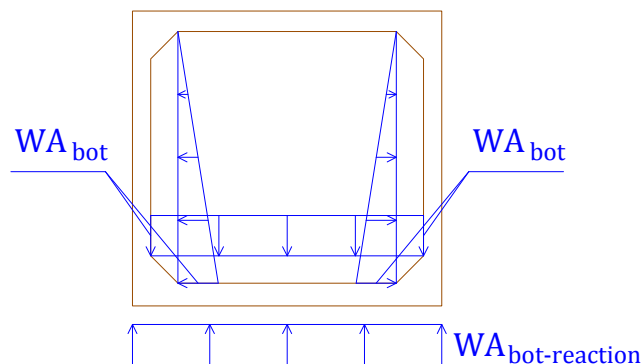
شکل (۶) بارگذاری جانبی ناشی از سربار زنده در پلهای راه

۵-۱. بار جریان آب

بار جریان آب در داخل آبرو مطابق رابطه (۱۲) محاسبه شده و مطابق شکل (۷) به سازه آبرو وارد می‌گردد.

$$WA_{bot} = \gamma_w \times Rise \times w$$

$$WA_{bot-reaction} = \frac{WA_{bot} \times Span}{Span + T_s} \quad (12)$$

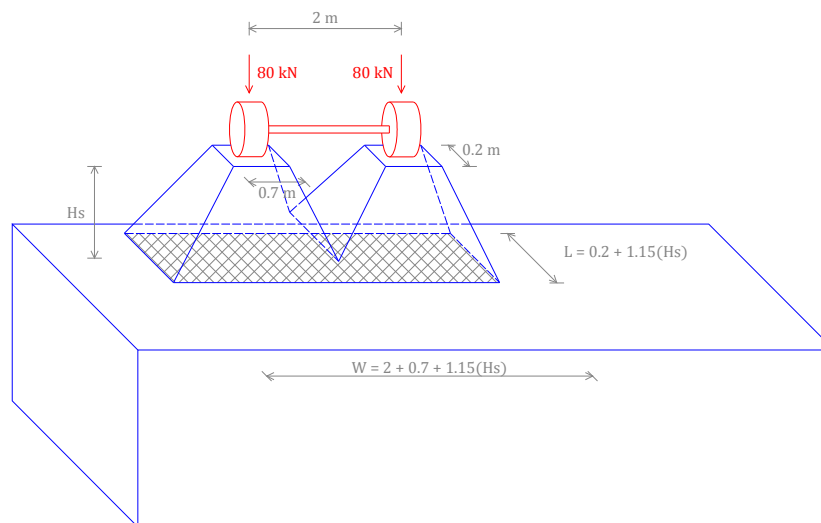


شکل (۷) بار جریان آب

۱-۶. بار زنده

۱-۶-۱. بار زنده در پلهای راه

بارگذاری زنده مطابق نشریه ۱۳۹، در سه حالت بارگذاری کامیون، تانک و تریلی تانک‌بر در نظر گرفته شده است و سطح پخش بار بر سقف آبرو براساس ارتفاع خاک با افزایش $1/15H$ ، صورت پذیرفته است. با توجه به شکل (۸)، ملاحظه می‌شود که سطح پخش بار به طول دهانه آبرو و ارتفاع خاک بستگی دارد تا مشخص شود چه تعداد از محورها و چرخ‌های وسیله نقلیه، در بارگذاری تأثیر گذار است.



شکل (۸) نمونه‌ای از پخش بار زنده برای کامیون نشریه ۱۳۹

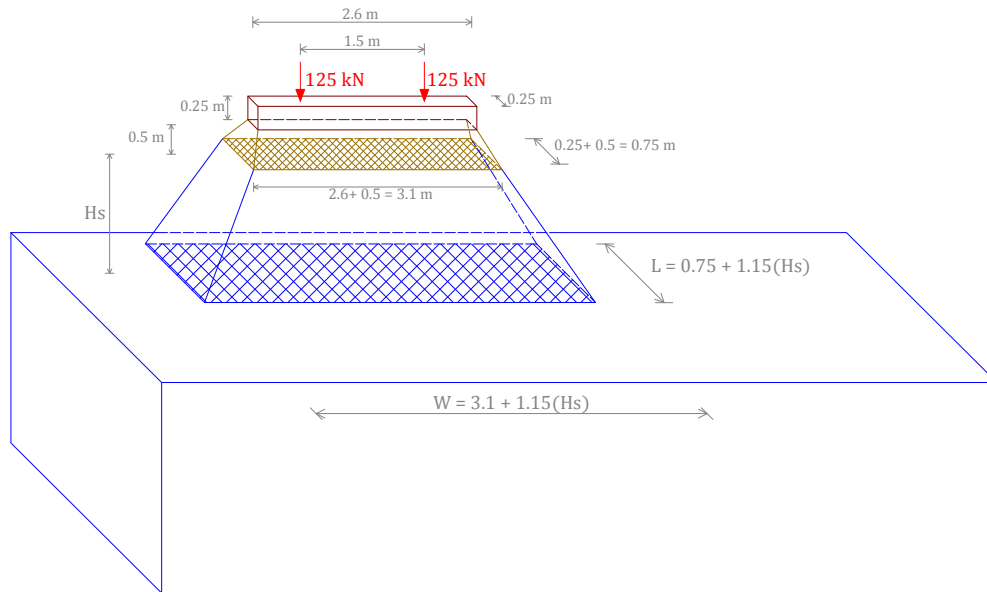
ضریب ضربه مطابق نشریه ۱۳۹، با استفاده از رابطه (۱۳) محاسبه می‌گردد:

$$IM = 1.3 - 0.005L - 0.15H_s \geq 1 \quad (13)$$

که در آبروها، L طول دهانه و H_s ارتفاع خاک بالای آبرو است.

۱-۶-۲. بار زنده در پلهای راه آهن

مطابق نشریه ۱۳۹، بارمحوری ۲۵ تن فرض می‌شود. نیروی وارد بر تراورس در ارتفاع بالاست به صورت ۲ به ۱ (قائم به افقی) توزیع شده و در ارتفاع خاک بالای آبرو، مطابق آنچه در پلهای راه گفته شد، با افزایش $1/15H$ صورت می‌پذیرد.



شکل (۹) نمونه‌ای از پخش بار زنده برای بار قطار

ضریب ضربه برای پلهای راه‌آهن در برش و خمش به ترتیب برابر است با:

$$\delta_2 = \frac{1.44}{\sqrt{L'} - 0.2} + 0.82 \leq 1.67 \quad (14)$$

$$\delta_3 = \frac{2.16}{\sqrt{L'} - 0.2} + 0.73 \leq 2 \quad (15)$$

در این روابط L' طول دهانه آبرو است. اگر مجموع ارتفاع خاک و ضخامت بالاست از ۱ متر بیشتر باشد، ضریب ضربه در خمش و برش مطابق روابط زیر محاسبه می‌شود:

$$\delta_4 = \delta_3 - \frac{h-1}{10} \quad (16)$$

$$\delta_5 = \delta_2 - \frac{h-1}{10} \quad (17)$$

۱-۷. ترکیبات بارگذاری

ترکیبات بارگذاری مطابق نشریه ۳۸۹ (صفحات ۳۶ و ۳۷) به صورت روابط (۱۸) تا (۲۱) در نظر گرفته شده است.

$$S_u = 1.25(D + 1.3LL_{IM} + E) = 1.25(DC + DW + 1.3LL_{IM} + EV + EH + LS) \quad (18)$$

$$S_u = 1.25(D + 1.3LL_{IM} + EV) = 1.25(DC + DW + 1.3LL_{IM} + EV) \quad (19)$$

$$S_u = 1.25(D + E + WA + EQ) = 1.25(DC + DW + EV + EH + LS + WA + EQ) \quad (20)$$

$$S_u = 1.25(D + E + EQ) = 1.25(DC + DW + EV + EH + LS + EQ) \quad (21)$$

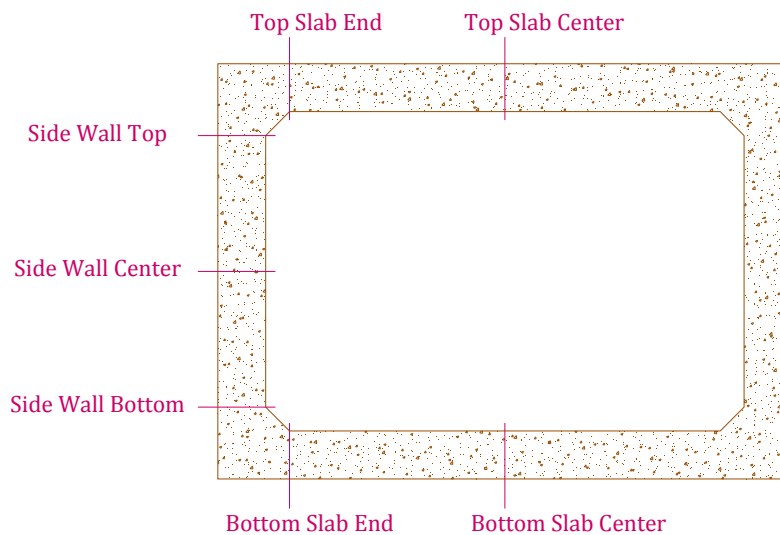
۲. طراحی

در طراحی آبروهای قوطی از آیین‌نامه بتن ایران (آبا-نشریه ۱۲۰)، آیین‌نامه طرح و محاسبه پل‌های بتن آرمه (نشریه ۳۸۹) و مشخصات فنی عمومی راه (نشریه ۱۰۱) استفاده شده است. پوشش بتن برای وجه خارجی دیواره‌ها، کف و سقف که در تماس مستقیم با خاک هستند ۷۵ میلیمتر و برای وجه داخلی که در تماس با آب هستند ۵۰ میلیمتر در نظر گرفته شده است. براساس نمودار پوش لنگر، لنگر طراحی برای مقاطع نشان داده شده در شکل (۱۰) محاسبه شده و مطابق روابط (۲۲) تا (۲۴) مقدار آرماتور برای ۱ متر بدست می‌آید:

$$R = \frac{M_u}{bd^2} \quad (22)$$

$$\rho = \frac{0.85\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R}{0.85\phi_c f_c}} \right] \quad (23)$$

$$A_s = \rho bd \quad (24)$$



شکل (۱۰) مقاطع بحرانی لنگر خمشی

علاوه بر روابط فوق، مینیمم آرماتور مورد نیاز مطابق روابط (۲۵) و (۲۶) کنترل می‌گردد [نشریه ۳۸۹]:

$$\rho_{min} = 0.14 \left(\frac{h}{d} \right)^2 \frac{\sqrt{f_c}}{f_y} \quad (25)$$

$$if \rho < \rho_{min} \Rightarrow A_s = \max(\rho_{min} bd, 1.33A_s) \quad (26)$$

در مهار آرماتورها از قلاب استاندارد با خم ۹۰ درجه و ۱۸۰ درجه استفاده شده است که:

- در خم ۱۸۰ درجه، قطر خم $6d_b$ و $4d_b$ (حداقل ۶۰ میلیمتر) طول مستقیم
- در خم ۹۰ درجه، $12d_b$ طول مستقیم

طول گیرایی میلگردهای قلاب‌دار در کشش با استفاده از رابطه زیر (رابطه ۸-۱۸) محاسبه می‌شود:

$$l_{dn} = \beta_1 \beta_2 \beta_3 l_{dnh} \quad (۲۷)$$

با جاگذاری مقادیر به صورت تقریبی داریم:

$$l_{dn} \approx 14.35 d_b \quad (۲۸)$$

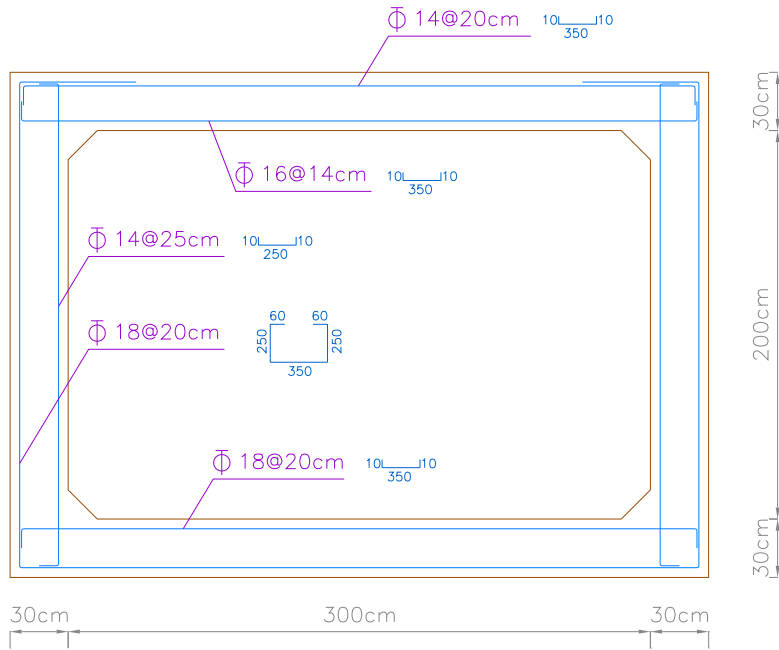
۳. مثال طراحی

در این قسمت آبروی همسطح و زیرخاکی با دهانه ۳ متر و ارتفاع ۲ متر بررسی می‌شود. فرضیات طراحی آبروی قوطی همسطح و زیرخاکی در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول (۲) فرضیات طراحی آبرو جعبه‌ای همسطح و زیرخاکی

مقدار	واحد	نماد	توضیحات
2.40	ton/m ³	γ_c	وزن مخصوص بتن
1.00	ton/m ³	γ_w	وزن مخصوص آب
1.92	ton/m ³	γ_s	وزن مخصوص خاک
2.2	ton/m ³	γ_{asp}	وزن مخصوص آسفالت
25	N/mm ²	f'_c	مقاومت فشاری بتن
400	N/mm ²	f_y	مقاومت تسلیم فولاد
7850	kg/ m ³	γ_{steel}	وزن مخصوص فولاد
25000	N/mm ²	E_c	مدول الاستیسیته بتن
75 and 50	mm	Cover	ضخامت پوشش بتن روی میلگردها بند ۳-۴-۱۰-۹-پ و جدول (۴-۹) نشریه ۱۰۱
100	mm	Hasphalt	ضخامت آسفالت
0.33	-	k_a	ضریب فشار محرک خاک
0,1,3,4,6,8,10,15	m	H_s	ارتفاع خاک بالای آبرو
5,6,8,10,12,16,20,25,32,40,50	mm	d_b	قطر اسمی میلگردهای مورد استفاده بند ۳-۴-۲-۵-نشریه ۱۰۱
12d _b			خم ۹۰ درجه گونیا بند ۳-۴-۹-۴-نشریه ۱۰۱
6d _b			قطر خم ۱۸۰ درجه
max(4d _b , 60)			طول مستقیم خم ۱۸۰ درجه
$l_{dh} = 14.35d_b$		l_{dh}	طول مهارتی بند ۲-۱۸-۲-نشریه ۱۲۰ (آبا)

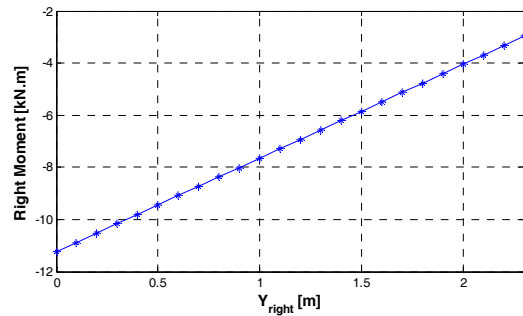
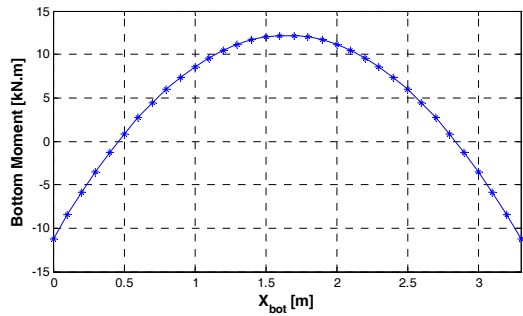
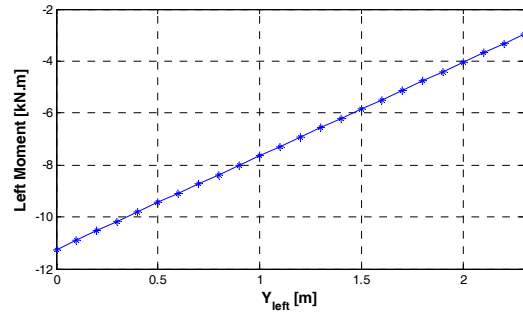
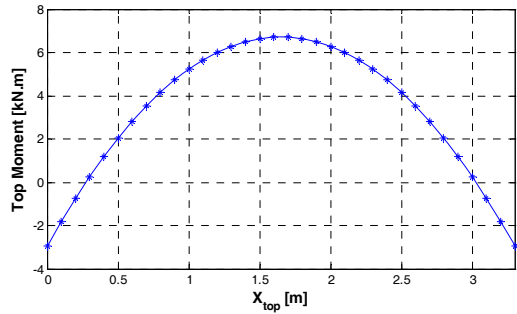
۳-۱. طراحی آبروی قوطی همسطح دهانه ۳ متر و ارتفاع ۲ متر



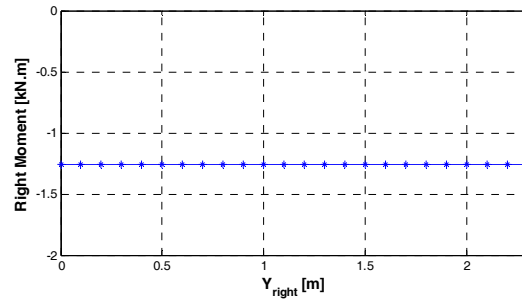
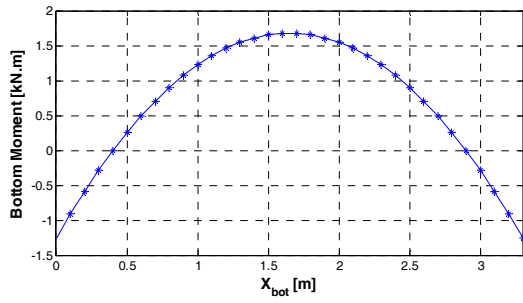
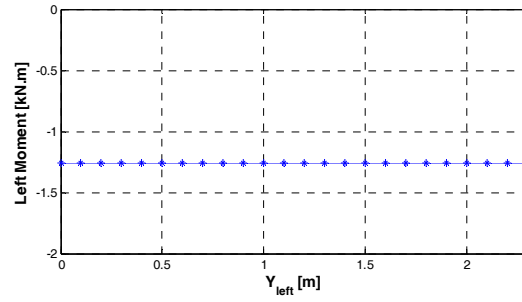
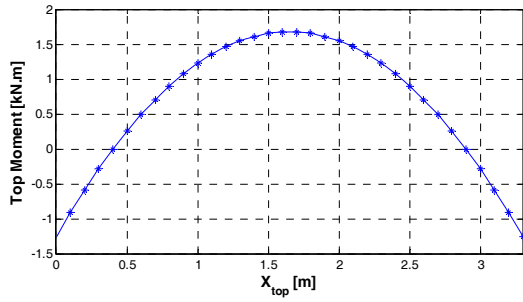
شکل (۱۱) آبروی قوطی همسطح یک دهانه سه متری با ارتفاع دو متر، (نشریه ۸۳، ق-۱۳)

۳-۱-۱. بارگذاری و تحلیل

بار مرده

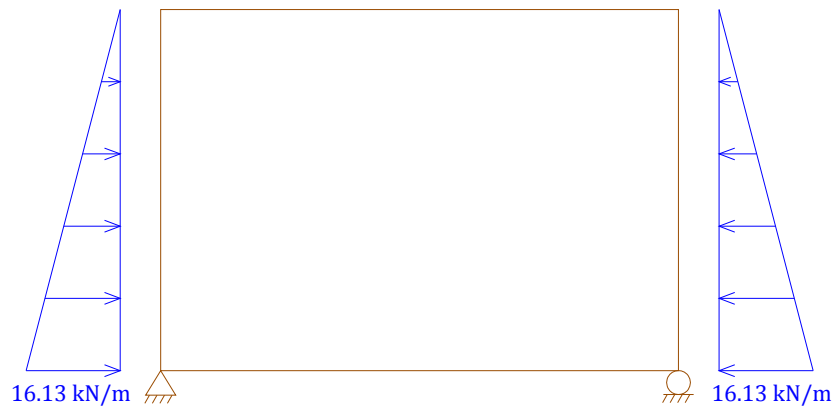


شکل (۱۲) لنگر ناشی از بارگذاری مرده سازه

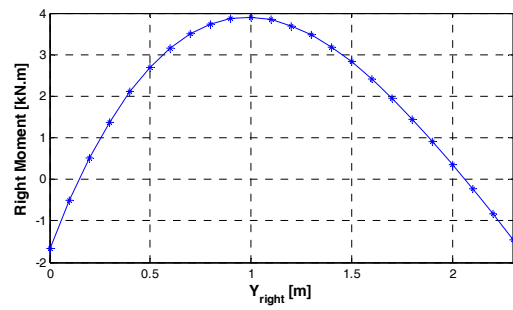
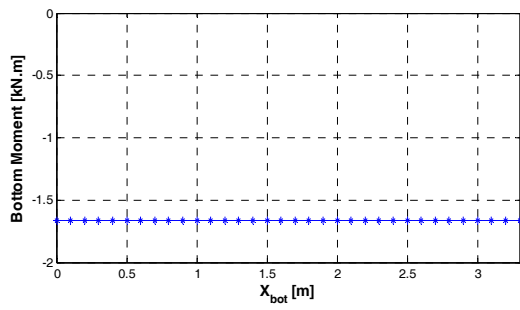
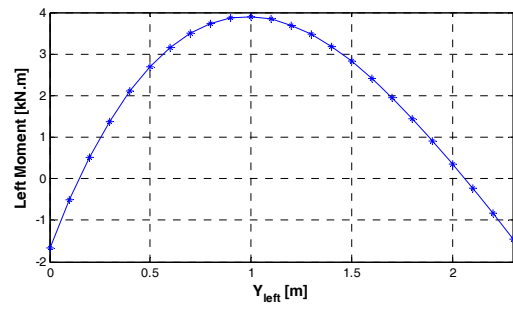
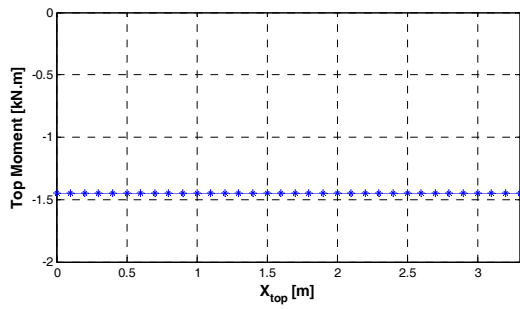


شکل (۱۳) لنگر ناشی از بارگذاری آسفالت

بار جانبی خاک

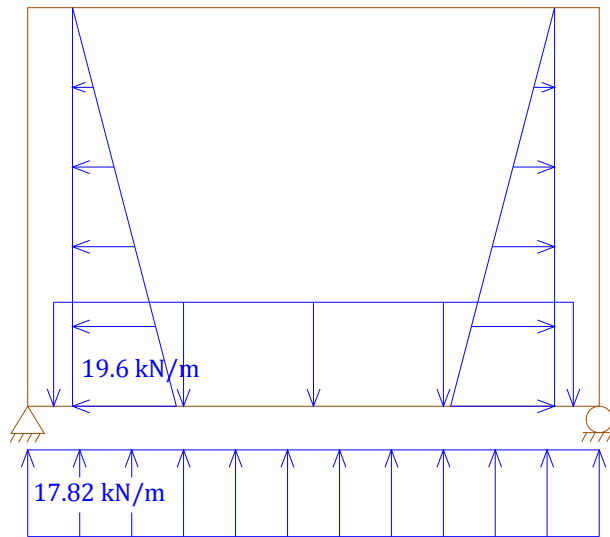


شکل (۱۴) بارگذاری جانبی خاک - پل همسطح

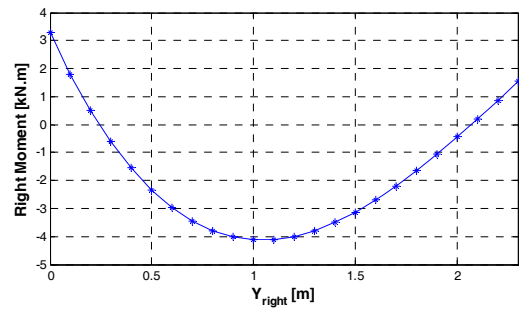
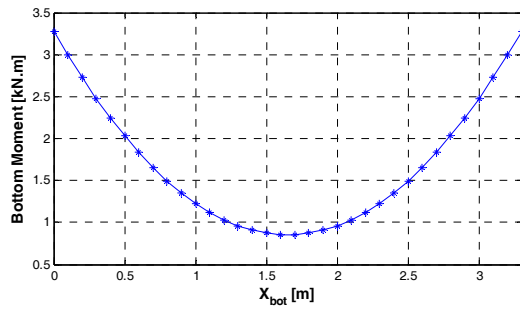
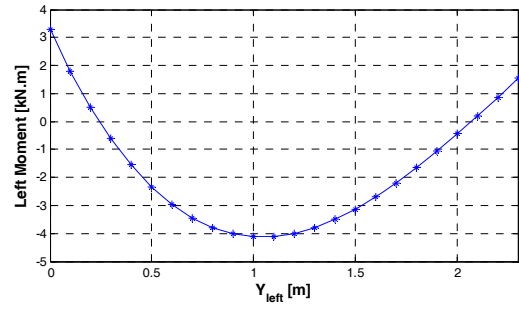
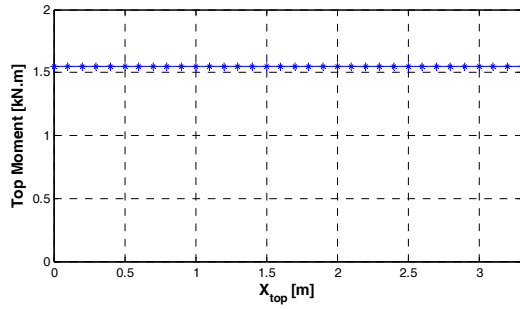


شکل (۱۵) لنگر ناشی از بارگذاری جانبی خاک - پل همسطح

بار آب

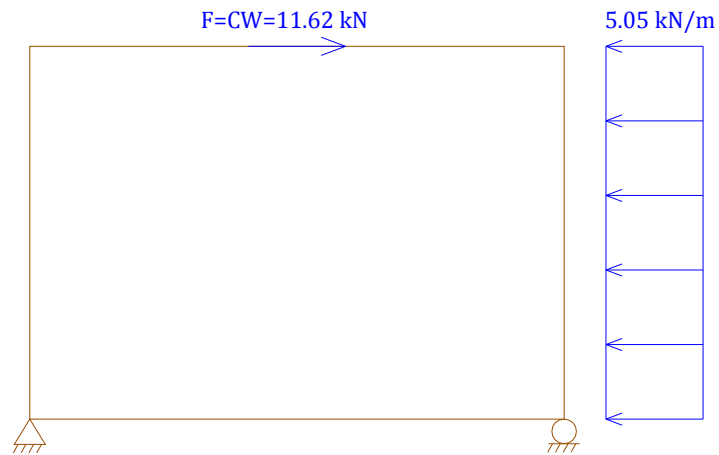


شکل (۱۶) بارگذاری آب

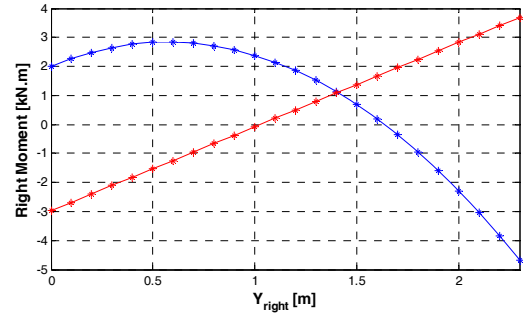
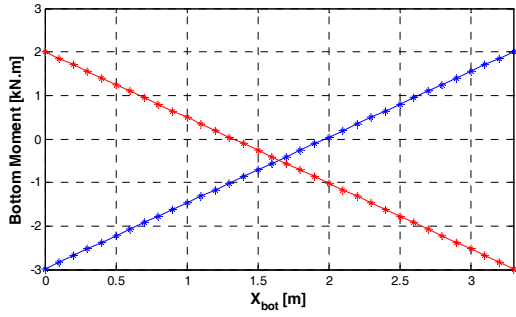
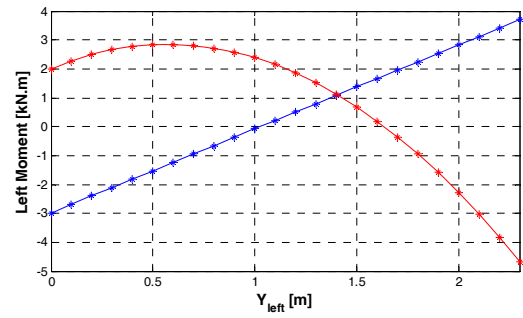
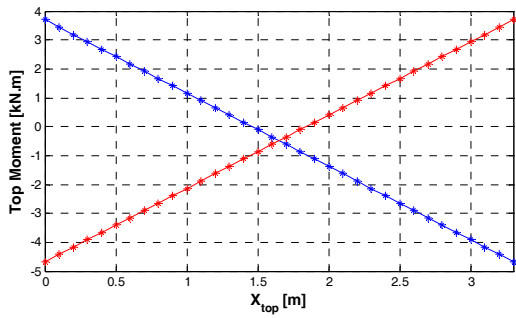


شکل (۱۷) لنگر ناشی از بارگذاری آب

بارگذاری زلزله

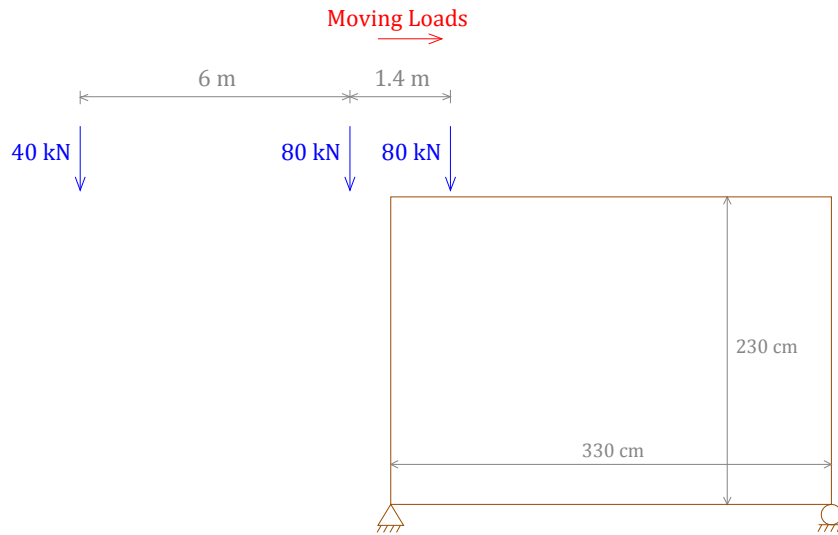


شکل (۱۸) بارگذاری زلزله - پل همسطح

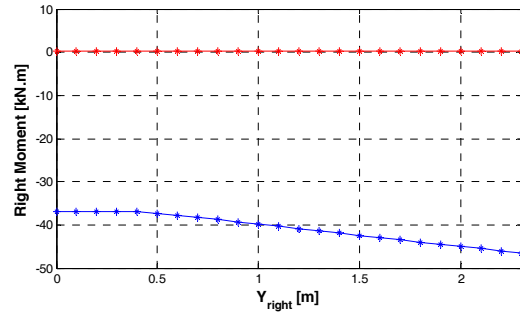
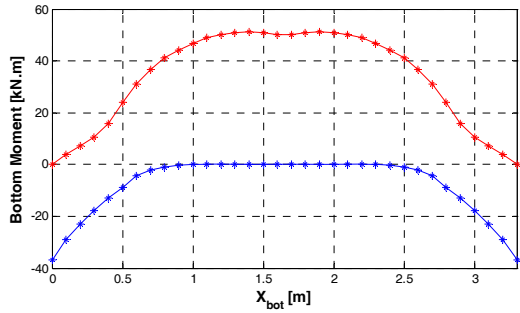
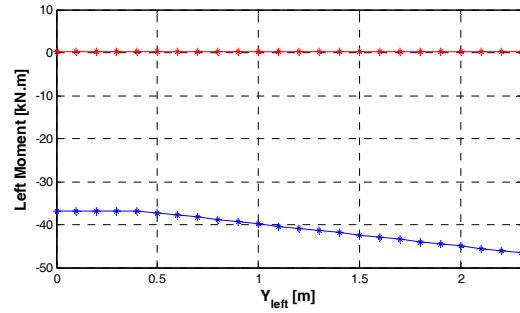
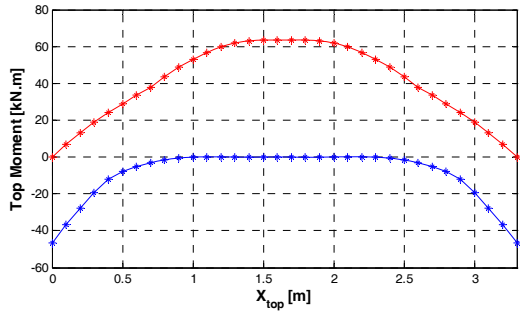


شکل (۱۹) لنگر ناشی از بارگذاری زلزله - پل همسطح

بار زنده

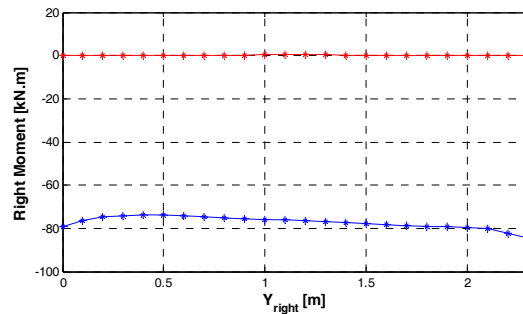
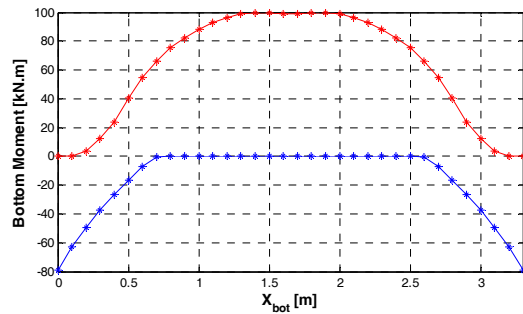
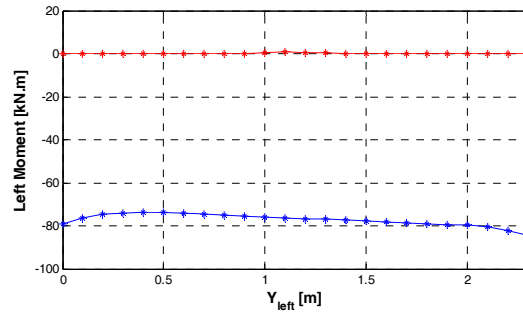
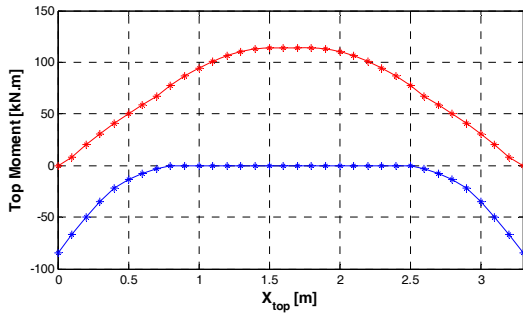


شکل (۲۰) بار متحرک کامیون - پل همسطح

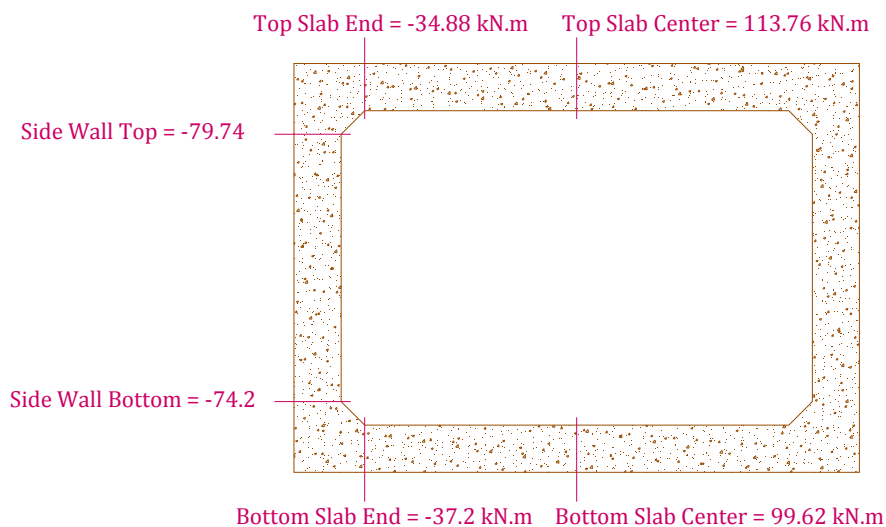


شکل (۲۱) لنگر ناشی از بار زنده - پل همسطح

پوش لنگر



شکل (۲۲) پوش لنگر - پل همسطح

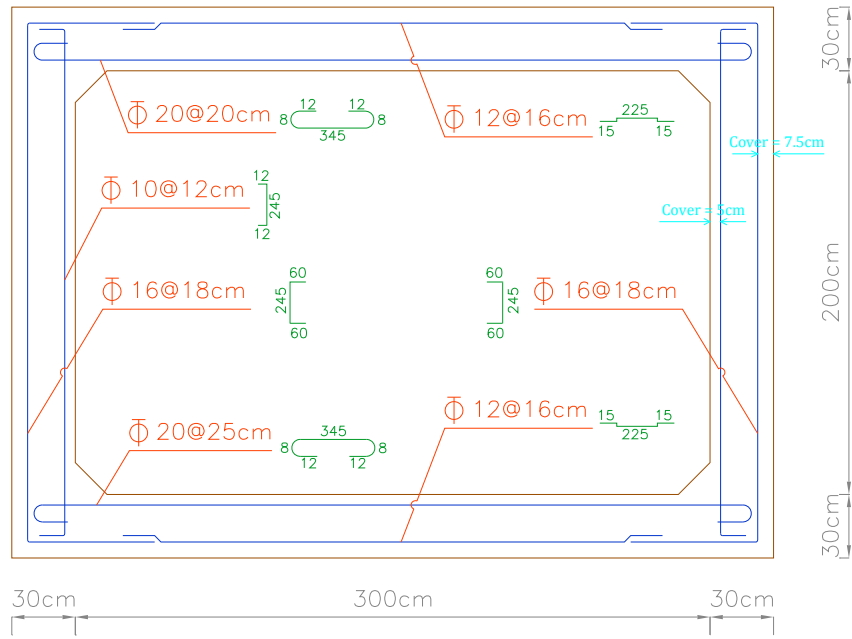


شکل (۲۳) مقادیر پوش لنگر در مقاطع طراحی - پل همسطح

۳-۱-۲. طراحی

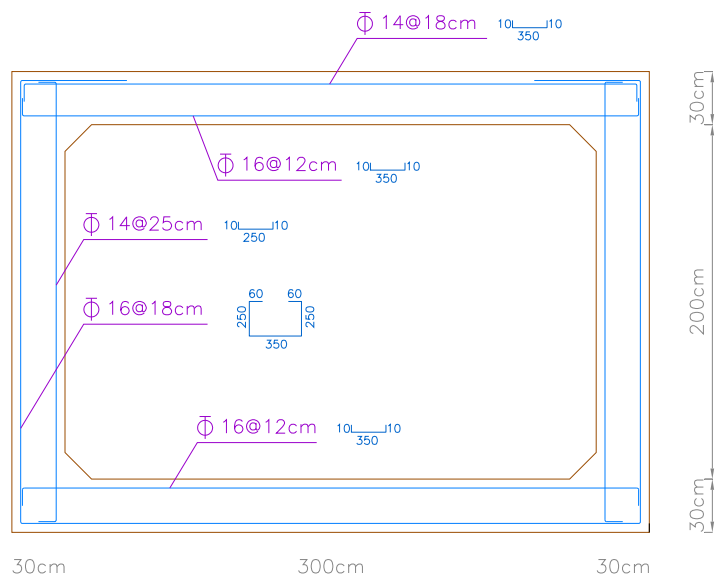
جدول (۳) مقایسه طرح پیشنهادی پل همسطح با نشریه ۸۳ (مقطع ق-۱۳)

		Sidewall		Top Slab		Bottom Slab		وزن آرماتورهای اصلی مقطع (kg)
		Inside	Outside	Inside	Outside	Inside	Outside	
نشریه ۸۳	طول میلگرد + خم (متر)	2.7	3.1	3.7	3.7	3.7	3.5	
	تعداد در مقطع	2	2	1	1	1	1	
	قطر (میلیمتر)	14	18	16	14	18	18	
	فاصله (سانتیمتر)	25	20	14	20	20	20	
	وزن آرماتور (کیلوگرم)	26.10	61.93	41.71	22.36	36.96	34.96	224.01
طراحی	طول میلگرد + خم (متر)	2.69	3.65	3.85	2.55	3.85	2.55	
	تعداد در مقطع	2	2	1	1	1	1	
	قطر (میلیمتر)	10	16	20	12	20	12	
	فاصله (سانتیمتر)	12	18	20	16	25	16	
	وزن آرماتور (کیلوگرم)	27.64	64.01	47.47	14.15	37.98	14.15	205.40



شکل (۲۴) آبروی قوطی همسطح طراحی شده با دهانه ۳ متر، ارتفاع ۲ متر

۲-۳. طراحی آبروی قوطی زیرخاکی دهانه ۳ متر و ارتفاع ۲ متر

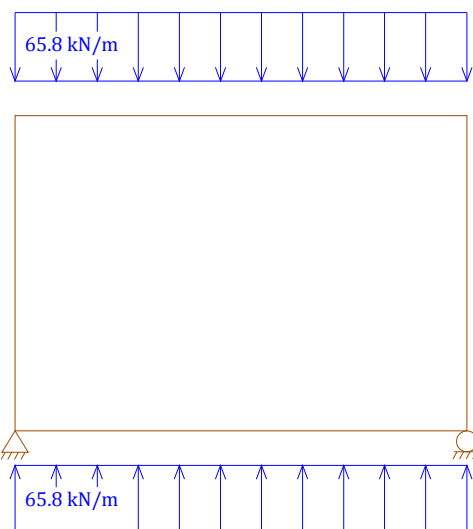


شکل (۲۵) آبروی قوطی زیرخاکی یک دهانه سه متری با ارتفاع دو متر، (نشریه ۸۳، ق-۱۵)

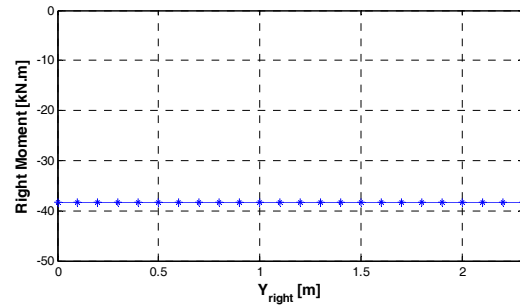
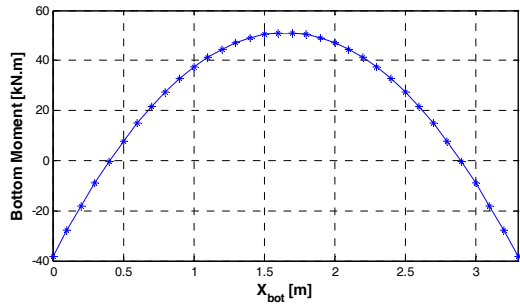
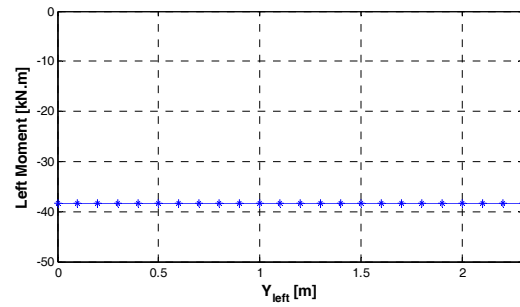
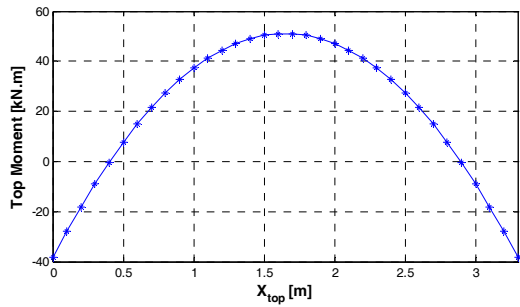
۱-۲-۳. بارگذاری و طراحی آبروی زیرخاکی با ارتفاع خاک ۳ متر

بارگذاری مرده و بارگذاری آب مشابه حالت همسطح می باشد که در بخش قبل به آنها اشاره شد.

بار قائم خاک

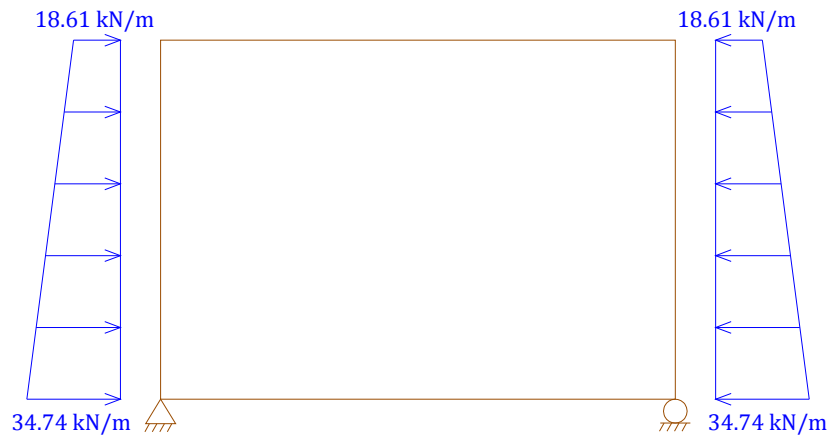


شکل (۲۶) بارگذاری قائم خاک - پل زیرخاکی با ارتفاع خاک ۳ متر

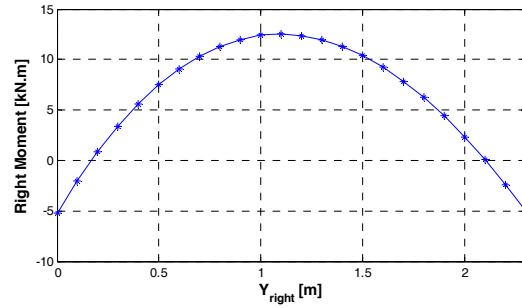
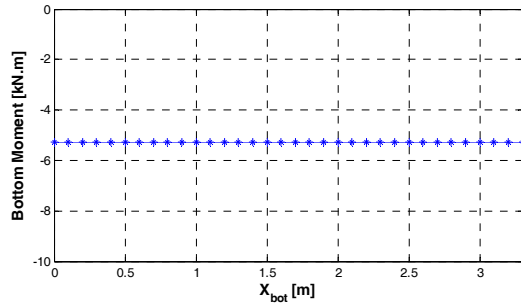
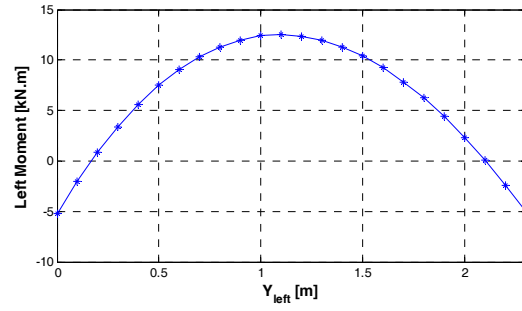
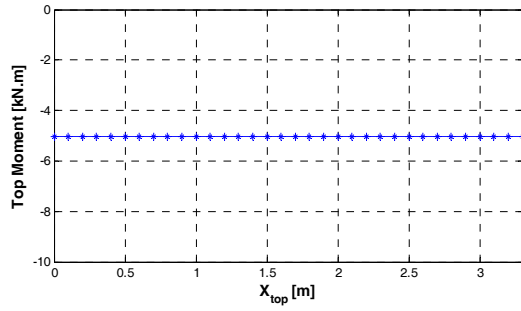


شکل (۲۷) لنگر ناشی از بارگذاری قائم خاک - پل زیرخاکی با ارتفاع خاک ۳ متر

بار جانبی خاک

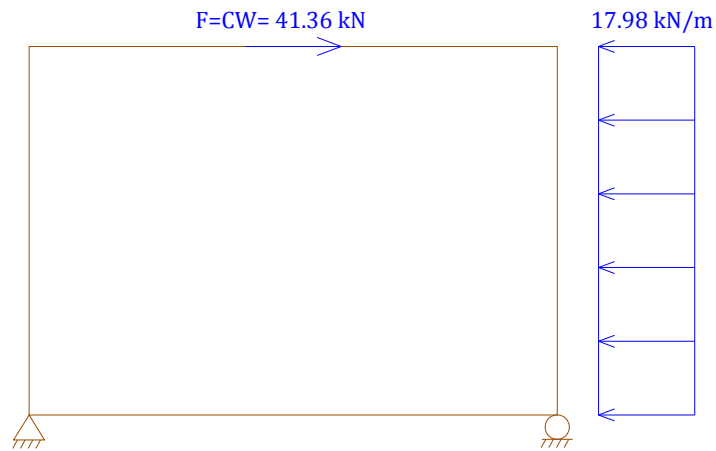


شکل (۲۸) بارگذاری جانبی خاک - پل زیرخاکی با ارتفاع خاک ۳ متر

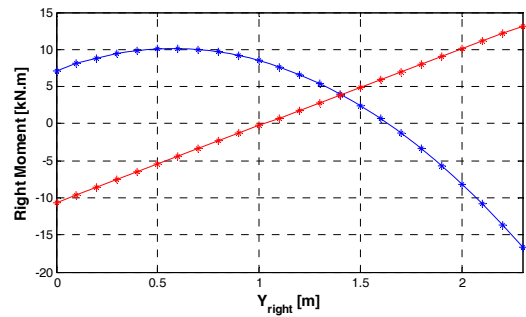
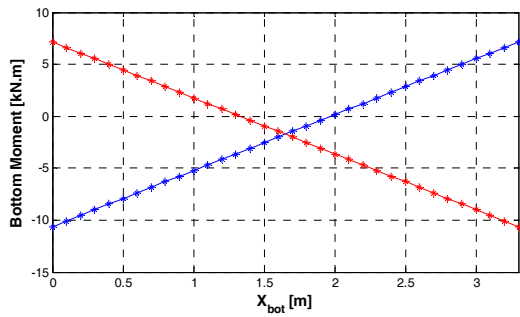
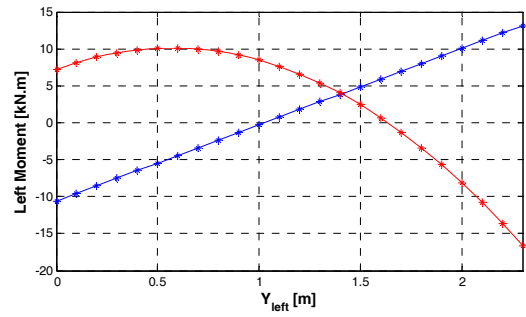
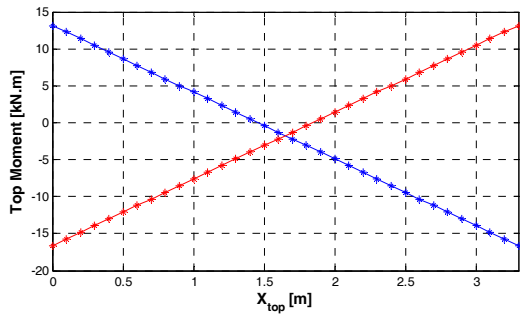


شکل (۲۹) لنگر ناشی از بارگذاری جانبی خاک - پل زیرخاکی با ارتفاع خاک ۳ متر

بارگذاری زلزله

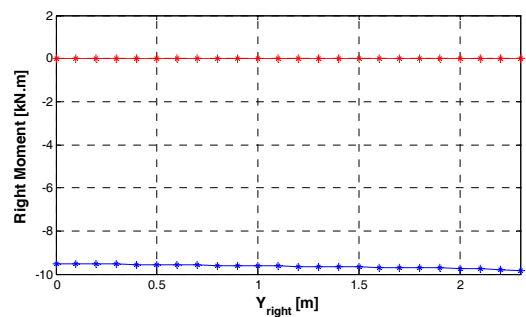
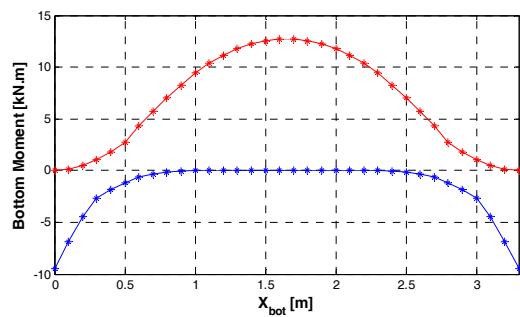
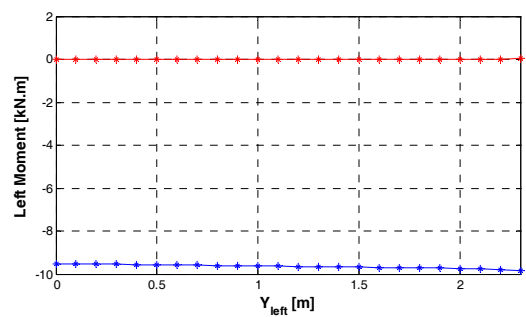
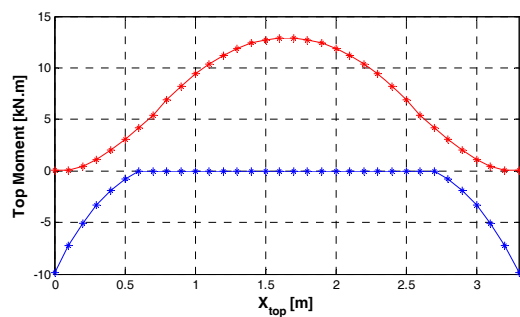


شکل (۳۰) بارگذاری زلزله - پل زیرخاکی با ارتفاع خاک ۳ متر

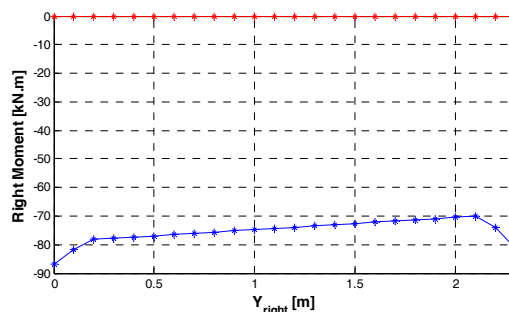
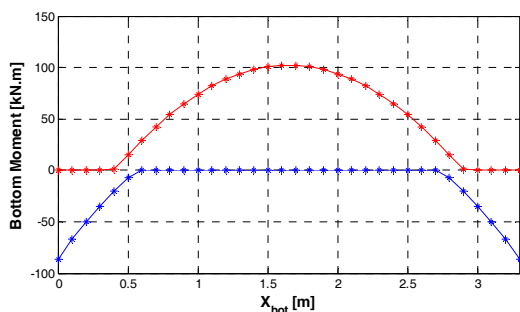
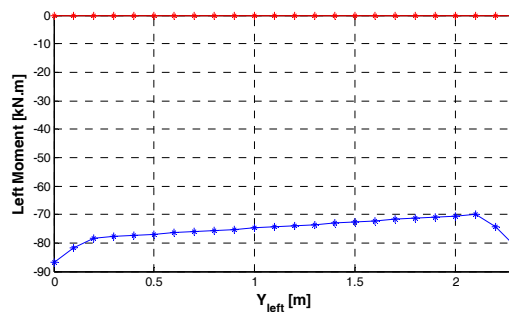
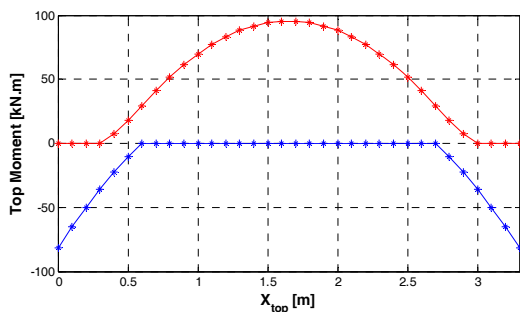


شکل (۳۱) لنگر ناشی از بارگذاری زلزله - پل زیرخاکی با ارتفاع خاک ۳ متر

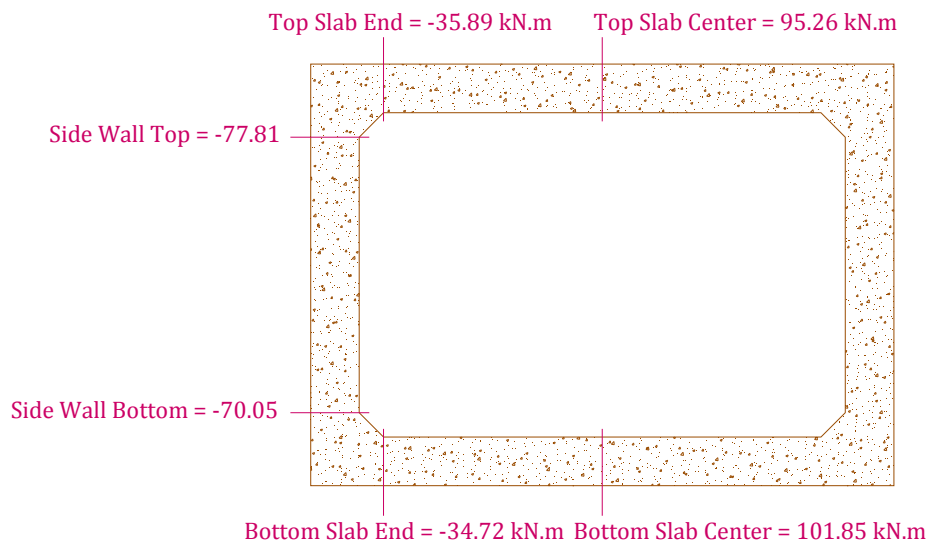
بار زنده



شکل (۳۲) لنگر ناشی از بار زنده - پل زیرخاکی با ارتفاع خاک ۳ متر



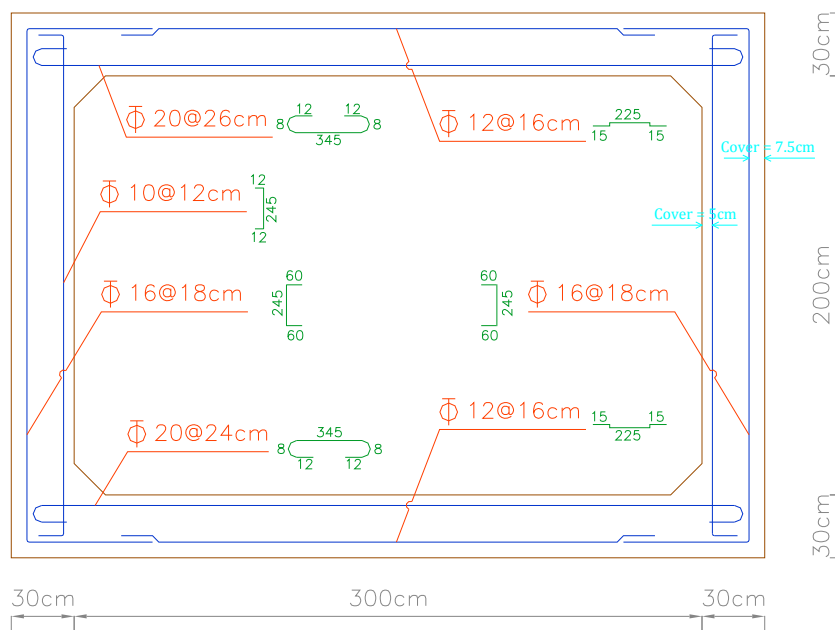
شکل (۳۳) پوش لنگر - پل زیرخاکی با ارتفاع خاک ۳ متر



شکل (۳۴) مقادیر پوش لنگر در مقاطع طراحی - پل زیرخاکی با ارتفاع خاک ۳ متر

جدول (۴) مقایسه طرح پیشنهادی پل زیرخاکی با نشریه ۸۳ (مقطع ق-۱۵) - ارتفاع خاک ۳ متر

		Sidewall		Top Slab		Bottom Slab		وزن آرماتورهای اصلی مقطع (kg)
		Inside	Outside	Inside	Outside	Inside	Outside	
نشریه ۸۳	طول میلگرد + خم (متر)	2.7	3.1	3.7	3.7	3.7	3.5	
	تعداد در مقطع	2	2	1	1	1	1	
	قطر (میلیمتر)	14	16	16	14	16	16	
	فاصله (سانتیمتر)	25	18	12	18	12	18	
	وزن آرماتور (کیلوگرم)	26.10	54.36	48.67	24.84	48.67	30.69	233.33
طراحی	طول میلگرد + خم (متر)	2.69	3.65	3.85	2.55	3.85	2.55	
	تعداد در مقطع	2	2	1	1	1	1	
	قطر (میلیمتر)	10	16	20	12	20	12	
	فاصله (سانتیمتر)	12	18	26	16	24	16	
	وزن آرماتور (کیلوگرم)	27.64	64.01	36.52	14.15	39.56	14.15	196.03

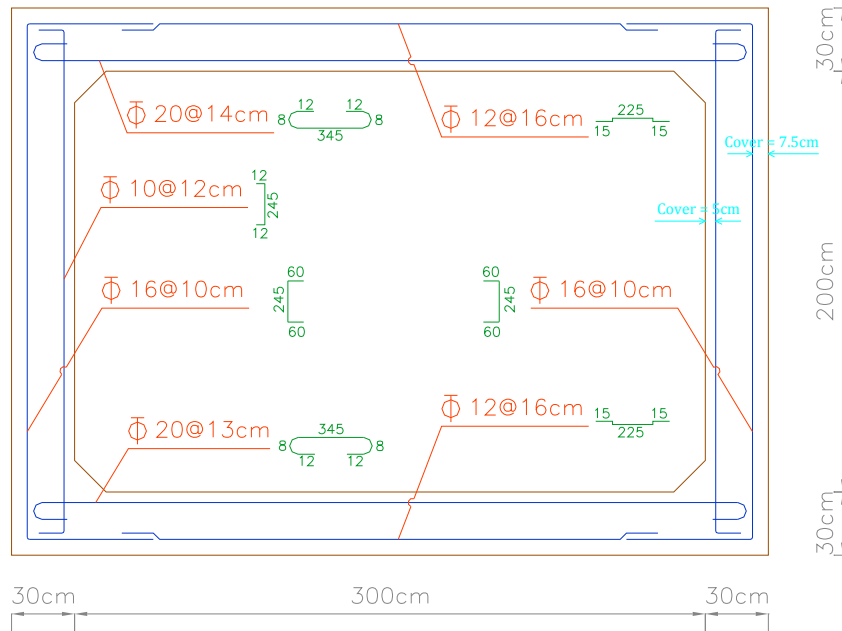


شکل (۳۵) آبروی قوطی زیرخاکی طراحی شده با دهانه ۳ متر، ارتفاع ۲ متر - ارتفاع خاک ۳ متر

۲-۲-۳. طراحی آبروی زیرخاکی با ارتفاع خاک ۶ متر

جدول (۵) مقایسه طرح پیشنهادی پل زیرخاکی با نشریه ۸۳ (مقطع ق-۱۵) - ارتفاع خاک ۶ متر

		Sidewall		Top Slab		Bottom Slab		وزن آرماتورهای اصلی مقطع (kg)
		Inside	Outside	Inside	Outside	Inside	Outside	
نشریه ۸۳	طول میلگرد + خم (متر)	2.7	3.1	3.7	3.7	3.7	3.5	
	تعداد در مقطع	2	2	1	1	1	1	
	قطر (میلیمتر)	14	16	16	14	16	16	
	فاصله (سانتیمتر)	25	18	12	18	12	18	
	وزن آرماتور (کیلوگرم)	26.10	54.36	48.67	24.84	48.67	30.69	233.33
طراحی	طول میلگرد + خم (متر)	2.69	3.65	3.85	2.55	3.85	2.55	
	تعداد در مقطع	2	2	1	1	1	1	
	قطر (میلیمتر)	10	16	20	12	20	12	
	فاصله (سانتیمتر)	12	10	14	16	13	16	
	وزن آرماتور (کیلوگرم)	27.64	115.22	67.82	14.15	73.04	14.15	312.01

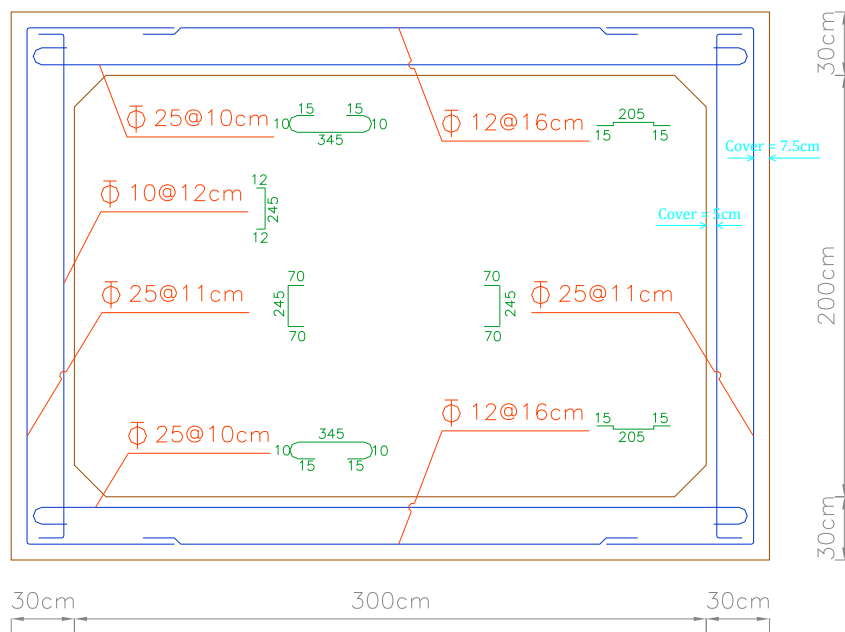


شکل (۳۶) آبروی قوطی زیرخاکی طراحی شده با دهانه ۳ متر، ارتفاع ۲ متر - ارتفاع خاک ۶ متر

۳-۲-۳. طراحی آبروی زیرخاکی با ارتفاع خاک ۱۰ متر

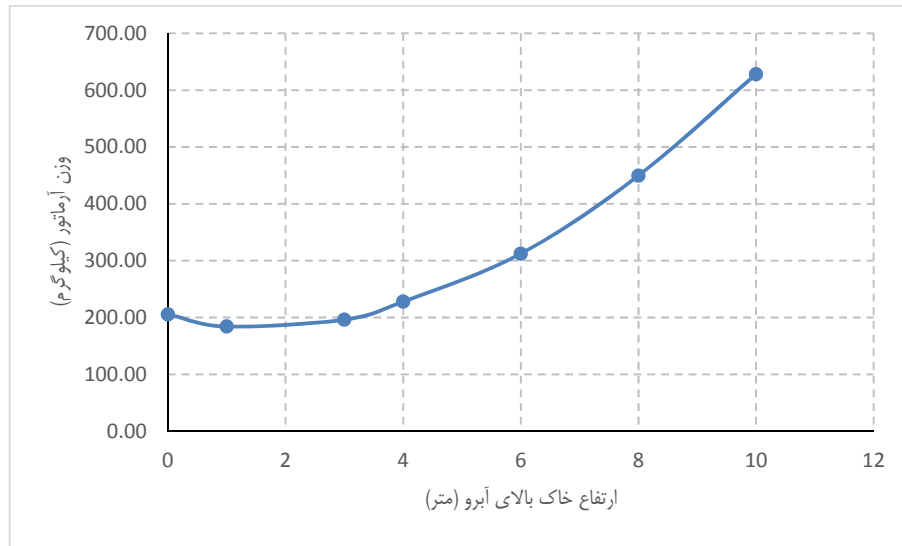
جدول (۶) مقایسه طرح پیشنهادی پل زیرخاکی با نشریه ۸۳ (مقطع ق-۱۵) - ارتفاع خاک ۱۰ متر

		Sidewall		Top Slab		Bottom Slab		وزن آرماتورهای اصلی مقطع (kg)
		Inside	Outside	Inside	Outside	Inside	Outside	
نشریه ۸۳	طول میلگرد + خم (متر)	2.7	3.1	3.7	3.7	3.7	3.5	
	تعداد در مقطع	2	2	1	1	1	1	
	قطر (میلیمتر)	14	16	16	14	16	16	
	فاصله (سانتیمتر)	25	18	12	18	12	18	
	وزن آرماتور (کیلوگرم)	26.10	54.36	48.67	24.84	48.67	30.69	233.33
طراحی	طول میلگرد + خم (متر)	2.69	3.85	3.95	2.35	3.95	2.35	
	تعداد در مقطع	2	2	1	1	1	1	
	قطر (میلیمتر)	10	25	25	12	25	12	
	فاصله (سانتیمتر)	12	11	10	16	10	16	
	وزن آرماتور (کیلوگرم)	27.64	269.74	152.21	13.04	152.21	13.04	627.87



شکل (۳۷) آبروی قوطی زیرخاکی طراحی شده با دهانه ۳ متر، ارتفاع ۲ متر - ارتفاع خاک ۱۰ متر

۳-۲-۴. بررسی اثر ارتفاع خاک

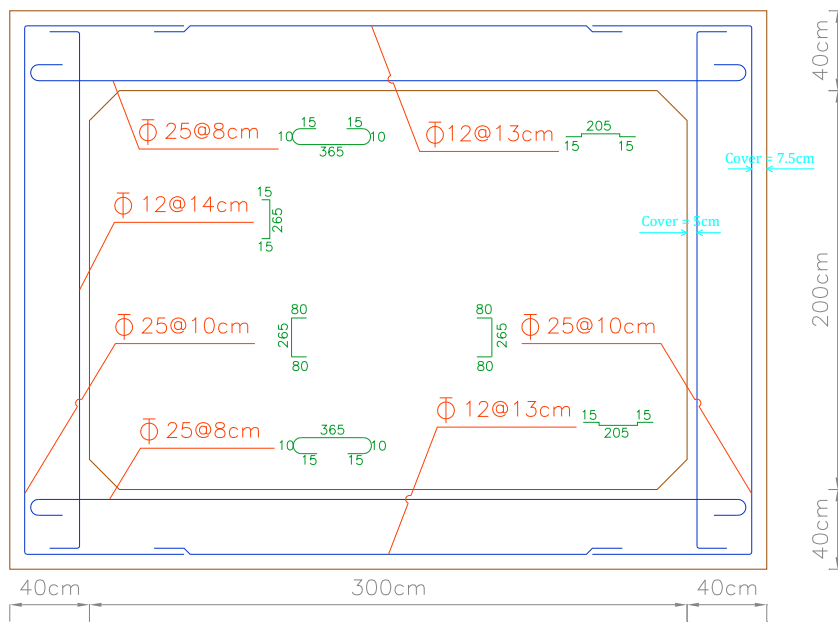


شکل (۳۸) اثر ارتفاع خاک بر وزن آرماتور - دهانه ۳ متر، ارتفاع ۲ متر و ضخامت ۳۰ سانتیمتر

۳-۳. طراحی آبروی زیرخاکی با ارتفاع خاک ۱۵ متر

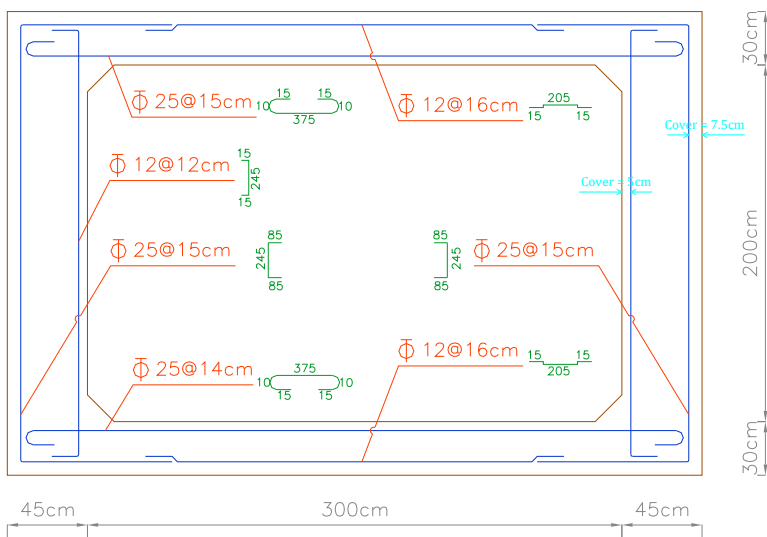
جدول (۷) طرح پیشنهادی پل زیرخاکی با ارتفاع خاک ۱۵ متر

	Sidewall		Top Slab		Bottom Slab		وزن آرماتورهای اصلی مقطع (kg)
	Inside	Outside	Inside	Outside	Inside	Outside	
طول میلگرد + خم (متر)	2.95	4.25	4.15	2.35	4.15	2.35	
تعداد در مقطع	2	2	1	1	1	1	
قطر (میلیمتر)	12	25	25	12	25	12	
فاصله (سانتیمتر)	14	10	8	13	8	13	
وزن آرماتور (کیلوگرم)	37.42	327.54	199.89	16.05	199.89	16.05	796.83



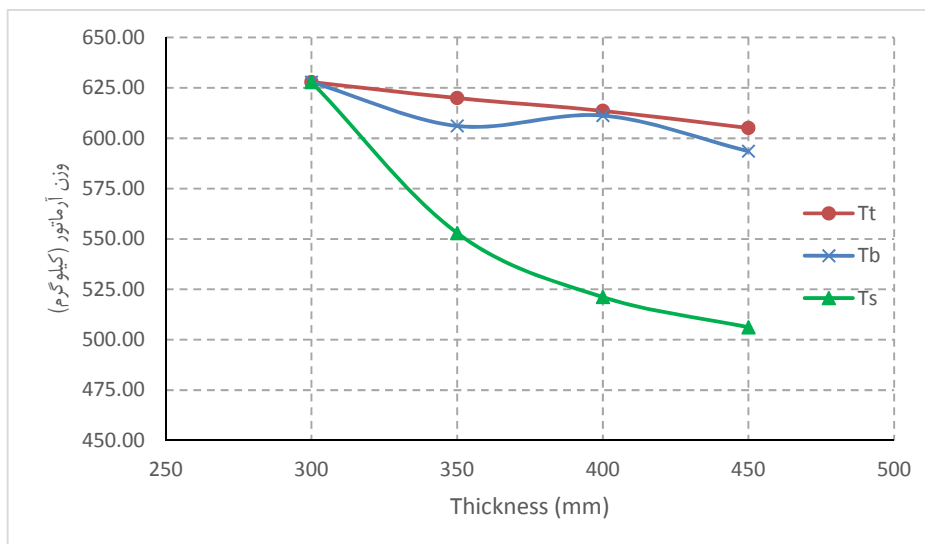
شکل (۳۹) آبروی قوطی زیرخاکی طراحی شده با دهانه ۳ متر، ارتفاع ۲ متر - ارتفاع خاک ۱۵ متر

۴-۳. بررسی اثر ضخامت



شکل (۴۰) آبروی قوطی زیرخاکی طراحی شده با دهانه ۳ متر، ارتفاع ۲ متر - ارتفاع خاک ۱۰ متر- ضخامت

دیواره ۴۵۰ میلیمتر



شکل (۴۱) اثر ضخامت دال بالا، پایین و دیواره‌ها بر وزن آرماتور - دهانه ۳ متر، ارتفاع ۲ متر و ارتفاع خاک ۱۰ متر

مراجع

- [1] LRFD Bridge Design, 12. Buried Structures, September 2013.
- [2] AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Fifth Edition, 2010.
- [۳] نشریه شماره ۱۳۹، آیین‌نامه بارگذاری پلها، معاونت امور فنی - دفتر امور فنی و تدوین معیارها، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۷۹.
- [۴] نشریه شماره ۴۶۳، آیین‌نامه طرح پلهای راه و راه‌آهن در برابر زلزله، وزارت راه و ترابری، معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری، دفتر مطالعات فناوری و ایمنی.
- [۵] نشریه ۸۳، مجموعه نقشه‌های تیپ اجرایی آبروها، دفتر تحقیقات و معیارهای فنی، آبان ۱۳۶۵.
- [۶] نشریه ۱۲۰، آیین‌نامه بتن ایران (آبا)، معاونت امور فنی، دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله، چاپ هفتم، ۱۳۸۳.
- [۷] نشریه ۳۸۹، آیین‌نامه طرح و محاسبه پل‌های بتن آرمه، دفتر نظام فنی اجرایی، ۱۳۸۷.
- [۸] نشریه ۱۰۱، مشخصات فنی عمومی راه (تجدید نظر دوم)، معاونت نظارت راهبردی امور نظام فنی، ۱۳۹۲.