

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد - گرایش خاک و پی

عنوان پایان نامه

**تعیین توزیع فشار جانبی وارد بر دیوارهای حائل به روش
تحلیلی**

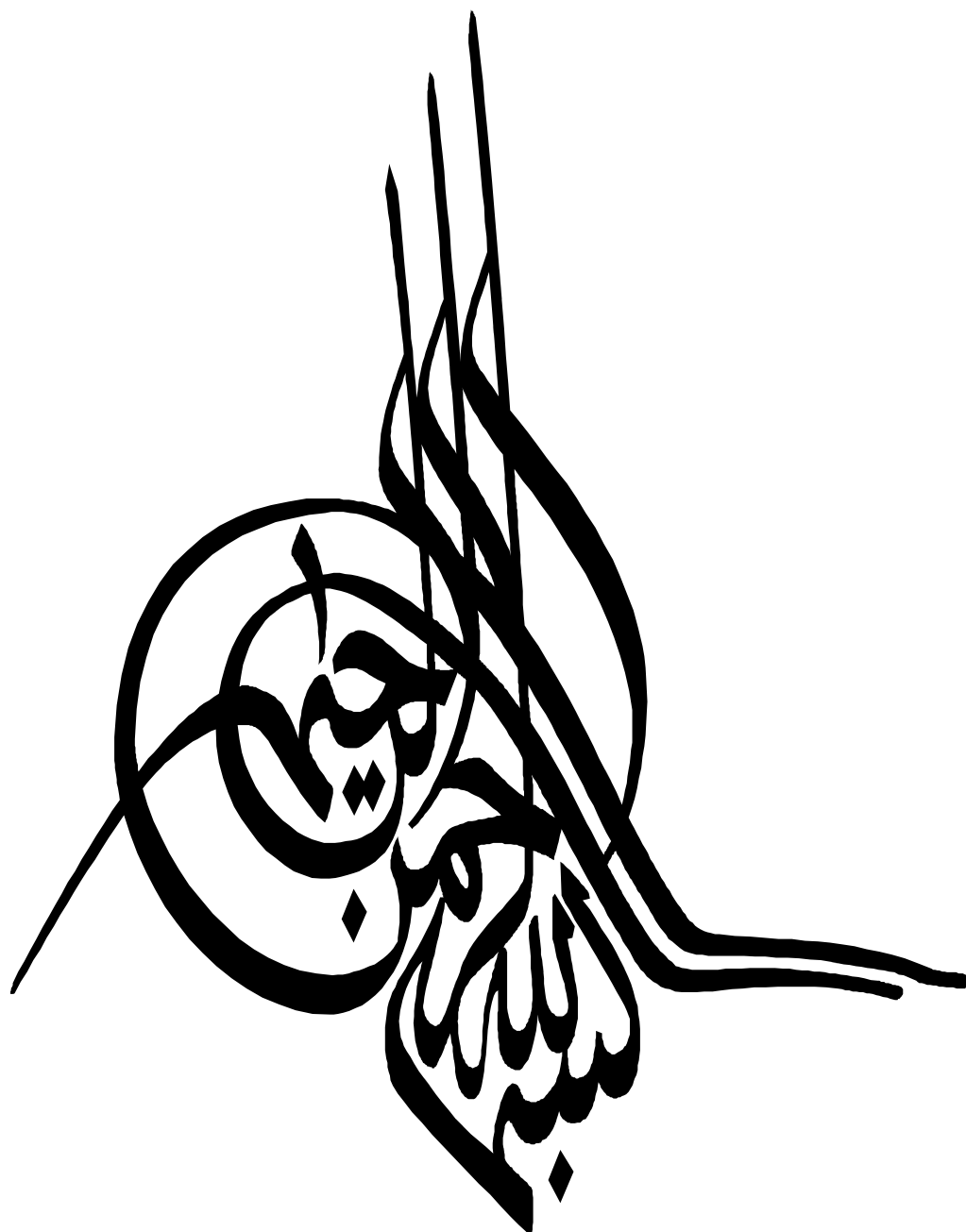
استاد راهنما :

دکتر محمود قضاوی

نگارش :

مسعود مشفق یگانه

شهریور 90



فهرست مطالب:

2	فصل اول: مقدمات و کلیات
۲	1-1- مقدمه
۵	2-1- ضرورت تحقیق
۵	3-1- اهداف تحقیق
۶	4-1- روش انجام کار
۶	5-1- محدودیت ها و قلمرو
۶	6-1- ساختار پایان نامه
9	فصل دوم: تاریخچه موضوع
۹	1-2- روشهای محاسبه فشار استاتیکی وارد بر دیوارهای حائل
۹	1-1-2- نظریه فشار جانبی کولمب
۹	1-1-1-2- معرفی روش
۱۰	2-1-1-2- بحث و نتیجه گیری
۱۰	2-1-2- نظریه فشار خاک رانکین
۱۰	1-2-1-2- معرفی روش
۱۱	2-2-1-2- بحث و نتیجه گیری
۱۱	3-1-2- توزیع فشار غیر خطی پیشنهاد شده براساس مفاهیم تئوری کولمب
۱۱	1-3-1-2- معرفی روش
۱۳	2-3-1-2- بحث و نتیجه گیری
۱۴	4-1-2- توزیع فشار جانبی به صورت غیر خطی با استفاده از روش مقاطع افقی در خاکهای چسبنده
۱۴	1-4-1-2- معرفی روش
۱۵	2-4-1-2- معادلات پایه
۱۷	3-4-1-2- توزیع فشار جانبی خاک وارد بر دیوار و ارتفاع نقطه اثر نیروی برآیند
۱۸	2-2- روشهای محاسبه فشار در حالت اثر بارهای لرزه ای
۱۹	1-2-2- روشهای شبه استاتیکی
۱۹	1-1-2-2- روش مونونوبه - اوکابه
19	1-1-1-2-2- معرفی روش
20	2-1-1-2-2- بحث و نتیجه گیری
۲۲	2-1-2-2- توزیع فشار لرزه ای غیر خطی براساس مفاهیم تئوری کولمب
22	1-2-1-2-2- معرفی روش
22	2-2-1-2-2- بحث و نتیجه گیری
۲۲	3-1-2-2- توزیع فشار غیر خطی پیشنهاد شده براساس معادلات کوتر

22	1-3-1-2-2-1 معرفی روش
24	2-3-1-2-2-2 حل معادلات و بدست آوردن عکس العمل
25	3-3-1-2-2-2 ارتفاع نقطه اثر نیرو محوری وارد بر دیوار
26	4-3-1-2-2-2 روش آزمون و خطا
26	5-3-1-2-2-2 ارتفاع نقطه اثر نیرو منتهجه
27	5-3-1-2-2-2 بحث و نتیجه گیری
۲۷	2-2-2-2-2 روشهای شبه دینامیکی
۲۸	1-2-2-2-2 توزیع فشار جانبی به صورت غیر خطی با روش شبه دینامیکی
28	1-1-2-2-2-2 معرفی روش
29	2-1-2-2-2-2 معادلات پایه
30	3-1-2-2-2-2 توزیع فشار جانبی خاک وارد بر دیوار
30	4-3-2-2-2-2 جمع بندی و نتیجه گیری
۳۱	2-2-2-2-2-2 توزیع فشار جانبی لرزه ای به صورت غیر خطی با استفاده از روش قطعات افقی
31	1-3-2-2-2-2 معرفی روش
32	2-3-2-2-2-2 معادلات پایه
33	3-3-2-2-2-2 ارتفاع نقطه اثر نیرو منتهجه
33	4-3-2-2-2-2 توزیع فشار جانبی خاک وارد بر دیوار
۳۵	3-2-2-2-2-2 بررسی روشهای تجربی به منظور تخمین اندازه، توزیع و ارتفاع نقطه اثر فشار جانبی وارد بر دیوارهای حائل
۳۵	1-3-2-2-2-2 مقدمه
۳۵	2-3-2-2-2-2 آزمایشات انجام شده در محل و یا با مدلهایی در اندازه واقعی
۳۵	1-2-3-2-2-2 آزمایشات انجام شده توسط ماتسو در دیوار حائل با مقیاس بزرگ
35	1-1-2-3-2-2-2 اهمیت آزمایش
36	2-1-2-3-2-2-2 مشخصات دیوار حائل و مصالح خاکریز پشت دیوار
36	3-1-2-3-2-2-2 توزیع فشار خاک در حالت های مختلف حرکت دیوار
38	4-1-2-3-2-2-2 ارتفاع نقطه اثر نیرو منتهجه وارد بر دیوار در خاکریز های مختلف
39	5-1-2-3-2-2-2 بحث و نتیجه گیری
۴۰	2-2-3-2-2-2-2 آزمایشات انجام شده توسط تسگالری در دیوار حائل با مقیاس بزرگ
40	1-2-2-3-2-2-2 اهمیت آزمایش
40	2-2-2-3-2-2-2 مشخصات دیوار حائل و مصالح خاکریز
40	3-2-2-3-2-2-2 توزیع فشار در حالت مختلف دوران
41	4-2-2-3-2-2-2 بحث و نتیجه گیری
۴۱	3-2-3-2-2-2-2 آزمایشات انجام شده در دیوار حائل در معادن مسکو
41	1-3-2-3-2-2-2 اهمیت آزمایش
42	2-3-2-3-2-2-2 مشخصات دیوار حائل و مصالح خاکریز پشت دیوار

42.....	3-3-2-3-2-3-2-3-2 ارتفاع نقطه اثر بار.....
42.....	4-3-2-3-2-3-2-3-2 بحث و نتیجه گیری.....
۴۳.....	3-3-2-3-2 مدل های آزمایشگاهی.....
۴۳.....	1-3-3-2-3-2-3-2 آزمایشات انجام شده در میز لرزان دانشگاه واشنگتن.....
43.....	1-1-3-3-2-3-2 اهمیت آزمایش.....
44.....	2-1-3-3-2-3-2 مشخصات مدل دیوار حائل مورد بررسی و مصالح خاگریز.....
44.....	3-1-3-3-2-3-2 توزیع فشار خاک استاتیکی و نقطه اثر نیروی جانبی در حالت های مختلف حرکت دیوار.....
45.....	4-1-3-3-2-3-2 بحث و نتیجه گیری.....
45.....	5-1-3-3-2-3-2 فشار خاک دینامیکی در حالت های مختلف حرکت دیوار.....
۴۸.....	2-3-3-2-3-2-3-2 آزمایشات انجام شده در میز لرزان دانشگاه کلرادو.....
48.....	1-2-3-3-2-3-3-3 اهمیت آزمایش.....
48.....	2-2-3-3-2-3-3-2 مشخصات مدل دیوار حائل مورد بررسی و خاگریز.....
48.....	3-2-3-3-2-3-3-2 توزیع فشار در حالت مختلف دوران.....
۴۹.....	3-3-3-2-3-3-3-2 آزمایشات انجام شده در سانتریفوژ موسسه ملی ایمنی صنعتی ژاپن.....
52.....	3- فصل سوم : تخمین فشار جانبی استاتیکی وارد بر دیوارهای حائل.....
۵۲.....	1-3-1- محاسبه فشار جانبی وارد بر دیوار های حائل با در نظر گرفتن سطح شکست مارپیچ لگاریتمی.....
۵۲.....	1-1-3-1- مقدمه:.....
۵۴.....	2-1-3-2- معرفی شکل سطح لغزش :.....
۵۸.....	3-1-3-3- معرفی روش تحلیلی:.....
۵۸.....	1-3-1-3-1- محاسبه فشار بر روی سطح گسیختگی:.....
۵۹.....	2-3-1-3-1-2- محاسبه نیروی عکس المل وارد بر گوه خاک:.....
۶۲.....	3-3-1-3-1-3- محاسبه نیرو جانبی منتهجه وارد بر دیوار حائل:.....
۶۲.....	4-3-1-3-1-3- محاسبه توزیع فشار جانبی وارد بر دیوار حائل:.....
۶۳.....	5-3-1-3-1-3- ارتفاع نقطه اثر نیروی جانبی منتهجه:.....
۶۵.....	4-1-3-4- ارائه و ارزیابی نتایج:.....
۷۳.....	5-1-3-5- جمع بندی و نتیجه گیری:.....
۷۳.....	2-3-2- محاسبه فشار جانبی وارد بر دیوار های حائل با در نظر گرفتن سطح لغزش تجربی.....
۷۳.....	1-2-3-1- مقدمه.....
۷۴.....	2-2-3-2- معرفی شکل سطح لغزش :.....
۷۶.....	3-2-3-3- محاسبه توزیع فشار جانبی وارد بر دیوار حائل.....
۷۷.....	4-2-3-4- محاسبه برآیند فشار جانبی وارد بر دیوار حائل.....
۷۸.....	5-2-3-5- محاسبه ارتفاع نقطه اثر برآیند فشار جانبی وارد بر دیوار حائل.....
۸۰.....	6-2-3-6- جمع بندی و نتیجه گیری:.....

83	فصل چهارم: تخمین فشار جانبی لرزه ای وارد بر دیوارهای حائل
1-4-83	محاسبه فشار جانبی وارد بر دیوار حائل با استفاده از معادلات پلاستیسه
1-1-4-83	مقدمه:
2-1-4-85	تعیین امتدادزاویه شکست گوه خاک با افق
1-2-1-4-85	روش مرسوم:
3-1-4-86	محاسبه نیروی عکس العمل خاک روی سطح گسیختگی
4-1-4-89	محاسبه زاویه شکست
5-1-4-93	تخمین نیروی جانبی منتجه با روش تحلیلی
6-1-4-95	محاسبه ارتفاع نقطه اثر نیروی منتجه
7-1-4-96	بحث و مقایسه:
1-7-1-4-96	مقایسه زوایای لغزش گوه خاک در روش حاضر و روش کولمب
2-7-1-4-97	مقایسه زوایای لغزش گوه خاک در روش حاضر و روش مونونوبه-اکابه
3-7-1-4-100	مقایسه نیروی جانبی منتجه از روش حاضر و روش مونونوبه-اکابه
4-7-1-4-101	مقایسه مقادیر نیروی عکس العمل خاک محاسبه شده از روش حاضر و روش دیوالکار
5-7-1-4-103	ارتفاع نقطه اثر نیروی منتجه
2-4-103	محاسبه فشار جانبی و ارتفاع نقطه اثر نیروی منتجه در خاکهای لایه ای:
1-2-4-103	روش مرسوم در محاسبه فشار در خاکهای لایه ای:
2-2-4-105	بدست آوردن فشار جانبی به وسیله روش حاضر
3-2-4-108	محاسبه ارتفاع نقطه اثر نیروی منتجه در خاک های لایه ای
4-2-4-108	مثال کاربردی:
5-2-4-111	جمع بندی و نتیجه گیری
3-4-111	تخمین شبه دینامیکی اندازه، توزیع و ارتفاع اثر نیروهای لرزه ای وارد بر دیوارهای حائل
1-3-4-111	مقدمه
2-3-4-114	فرضیات اساس روش
3-3-4-114	معرفی بارهای لرزه ای
4-3-4-115	معادلات پایه
5-3-4-117	محاسبه ضریب فشار جانبی (K)
6-3-4-118	محاسبه فشار جانبی لرزه ای:
7-3-4-119	محاسبه نیرو و فشار جانبی منتجه پشت دیوار حائل
8-3-4-121	زاویه بحرانی گوه گسیختگی
9-3-4-122	ارتفاع نقطه اثر نیروی جانبی منتجه:
10-3-4-123	بررسی و ارائه نتایج
11-3-4-126	جمع بندی و نتیجه گیری

128.....	5- خلاصه مطالب، نتیجه گیری و پیشنهادات آتی
۱۲۸	5-1- خلاصه مطالب
۱۲۹	5-2- نتیجه گیری
۱۳۰	5-3- پیشنهادات آتی
۱۳۲	5-4- فهرست منابع و مراجع:

فهرست اشکال:

2.....	شکل 1-1- نمودار درختی روشهای تحلیل فشار وارد بر دیوار های حائل
14.....	شکل 1-2- تاثیر پارامتر K بر روی توزیع فشار جانبی بر روی دیوار حائل
15.....	شکل 2-2- تقسیم بندی گوه به قطعات افقی
16.....	شکل 2-3- نیرو های موثر بر المان
17.....	شکل 2-4- توزیع فشار جانبی خاک وارد بر دیوار حائل
18.....	شکل 2-5- مقایسه توزیع فشار جانبی خاک وارد بر دیوار حائل
18.....	شکل 2-6- نمودار درختی روشهای محاسبه فشار در حالت اثر بارهای لرزه ای
23.....	شکل 2-7- نیروی عکس العمل وارد بر سطوح منحنی شکل طبق معادلات کوتر برای حالت فعال و مقاوم
24.....	شکل 2-8- دیاگرام آزاد نیروهای گوه گسیختگی ABC در حالت مقاوم
28.....	شکل 2-9- مدل تحلیلی در نظر گرفته شده برای حرکت موج در معادلات چودهاری و نیمبالکار
30.....	شکل 2-10- مقایسه توزیع فشار جانبی پشت دیوار حائل در روش موجود با روش مونونوبه
31.....	شکل 2-11- نیرو های موثر بر روی قطعه از دیوار
33.....	شکل 2-12- حالات محتمل برای محاسبه فشار جانبی وارد بر دیوار حائل با توجه به علامت A و B
33.....	شکل 2-13- تغییرات ارتفاع نقطه اثر نیرو منتجه وارد بر دیوار در برابر زاویه اصطکاک داخلی
37.....	شکل 2-14- حالات مورد بررسی حرکت دیوار
38.....	شکل 2-15- توزیع فشار پشت دیوار حائل در ماسه لای دار
39.....	شکل 2-16- تغییرات ارتفاع نقطه اثر نیرو منتجه وارد بر دیوار در برابر d در ماسه لای دار
41.....	شکل 2-17- توزیع فشار در حالت استاتیکی در طول دیوار و چگونگی تغییر فشار در طول دیوار
46.....	شکل 2-18- توزیع فشار جانبی کمینه خاک در دوران های مختلف دیوار حول پاشنه
49.....	شکل 2-19- توزیع فشار در حالت دینامیکی
55.....	شکل 3-1- مقایسه سطوح گسیختگی
56.....	شکل 3-2- هندسه در نظر گرفته شده برای مارپیچ لگاریتمی
57.....	شکل 3-3- شکل کلی مارپیچ لگاریتمی

- شکل 3-4- فشار عکس العمل بر روی سطح شکست مارپیچ لگاریتمی ایجاد شده در پشت دیوار حائل 59
- شکل 3-5- نیروی عکس العمل بر روی سطح شکست مارپیچ لگاریتمی ایجاد شده در پشت دیوار حائل 60
- شکل 3-6- دیوار حائل و المان افقی خاک در نظر گرفته شده برای محاسبه فشار جانبی وارد بر دیوار حائل 62
- شکل 3-7- نیروها موثر بر دیوار حائل با در نظر گرفتن سطح شکست مارپیچ لگاریتمی 63
- شکل 3-8- هندسه گوه گسیختگی و تقسیم بندی جهت محاسبه ارتفاع نقطه اثر نیروی منتهجه وارد بر دیوار حائل 64
- شکل 3-9- مقایسه الگو سطح لغزش بحرانی با در نظر گرفتن سطح گسیختگی خطی و مارپیچ لگاریتمی 65
- شکل 3-10- تغییرات نیروی جانبی منتهجه با زاویه اصطکاک داخلی 66
- شکل 3-11- تغییرات ضریب نسبت ارتفاع نقطه اثر نیرو منتهجه جانبی در برابر زاویه اصطکاک خاکریز 67
- شکل 3-12- تغییرات ضریب نسبت ارتفاع نقطه اثر نیرو منتهجه جانبی در برابر زاویه اصطکاک 68
- شکل 4-13- توزیع فشار جانبی افقی و قائم در پشت دیوار حائل با خاکریز 69
- شکل 3-14- توزیع فشار جانبی افقی در پشت دیوار حائل دارای خاکریز 70
- شکل 3-15- توزیع فشار جانبی افقی در پشت دیوار حائل دارای خاکریز 71
- شکل 3-16- توزیع فشار جانبی افقی وارد بر دیوار حائل دارای خاکریز 72
- شکل 3-17- فشار عکس العمل خاک بر روی سطح شکست تجربی در پشت دیوار حائل 75
- شکل 3-18- توزیع فشار جانبی افقی وارد بر دیوار حائل برای خاکریز با مشخصات 77
- شکل 3-19- برآیند فشار جانبی افقی وارد بر دیوار حائل برای خاکریز 78
- شکل 3-20- تغییرات نسبت ارتفاع نقطه اثر h_r در مقابل زاویه اصطکاک داخلی 79
- شکل 3-21- تغییرات نسبت ارتفاع نقطه اثر h_r به تغییر ارتفاع دیوار 80
- شکل 4-1- نیروهای وارد بر گوه خاک در حالت استاتیکی 86
- شکل 4-2- فشار اعمالی بر سطح گسیختگی خاک در حالت فعال و غیر فعال 87
- شکل 4-3- هندسه گوه گسیختگی مورد بررسی 88
- شکل 4-4- شمای دیوار، گوه خاک و نیروهای وارد بر آن در حالت اثر نیروهای لرزه ای 90
- شکل 4-5- حل گرافیکی معادله (4-11) 91
- شکل 4-6- مقایسه تغییرات نیروی جانبی منتهجه در حالت فعال در روش مونونوبه اکابه 95

- شکل 4-7- نیروها و بازوهای مربوطه جهت محاسبه ارتفاع نقطه اثر نیرو منتجه 96
- شکل 4-8- مقایسه تغییرات زاویه لغزش گوه (α_a) با تغییر زاویه اصطکاک داخلی (φ) 97
- شکل 4-9- مقایسه تغییرات زاویه شکست گوه خاکریز (α_{ae}) در برابر تغییرات مولفه افقی شتاب (k_h) 98
- شکل 4-10- مقایسه تغییرات نیروی جانبی محرک لرزه ای نسبت به زاویه اصطکاک داخلی 100
- شکل 4-11- توزیع فشار جانبی افقی در نظر گرفته شده در روشهای مرسوم 105
- شکل 4-12- دیاگرام آزاد نیروهای وارد بر لایه های خاک 106
- شکل 4-13- توزیع نیروی عکس العمل روی سطح گسیختگی در یک خاکریز لایه ای 107
- شکل 4-14- مشخصات لایه های خاک پشت دیوار 109
- شکل 4-15- مدل تحلیلی در نظر گرفته شده برای حرکت موج در روش حاضر 114
- شکل 4-16- المان مورد بررسی جهت تعیین توزیع فشار استاتیک 115
- شکل 4-17- مدل تحلیلی در نظر گرفته شده برای محاسبه قسمت لرزه ای نیرو فعال 118
- شکل 4-18- مقایسه سطح گسیختگی بحرانی محاسبه شده از روش شبه دینامیکی حاضر و روش شبه استاتیکی 122
- شکل 4-19- توزیع فشار افقی پشت دیوار حائل (بیشینه سازی نیرو منتجه) برای خاکریز با مشخصات 124
- شکل 4-20- توزیع فشار افقی پشت دیوار حائل (بیشینه سازی لنگر واژگونی) برای خاکریز با مشخصات 125

فهرست جداول:

- جدول 1-2- نمونه ای از مجهولات و معادلات مورد استفاده در فرمول بندی **HSM** 17
- جدول 2-2- مقایسه ارتفاع نقطه اثر نقطه اثر نیروی منتجه بدست آمده از روشهای مختلف 27
- جدول 2-3- فرمول بندی، معادلات و مجهولات مورد استفاده در روش قطعات افقی 32
- جدول 2-4- اطلاعات بدست آمده از آزمایش توسط تسگالری 40
- جدول 3-1- مقایسه مقدار و ارتفاع نقطه اثر نیروی جانبی از روشهای مختلف برای خاکریز با مشخصات 69
- جدول 3-2- مقایسه مقادیر ارتفاع نقطه اثر نیروی برآیند 78
- جدول 4-1- مقایسه زاویه شکست گوه با افق (α_{ae}) در سه روش برای حالت فعال 99

- جدول 4-2- مقایسه زاویه شکست گوه با افق (α_{ae}) در سه روش برای حالت فعال 106
- جدول 4-3- مقایسه مقدار نیروی جانبی لرزه ای محرک وارد بر دیوار 100
- جدول 4-4- مقایسه مقدار نیروی جانبی لرزه ای محرک وارد بر دیوار (P_{ae}) 101
- جدول 4-5- مقایسه نیروی عکس العمل در سطح لغزش خاک (R) برای حالت فعال و خاک 102
- جدول 4-6- مقایسه نیروی عکس العمل در سطح لغزش خاک (R) برای حالت فعال و خاک با مشخصات 102
- جدول 4-7- مقایسه ارتفاع نقطه اثر نیروی منتهجه از کف برای خاک 103
- جدول 4-8- مقایسه نیروی جانبی افقی لایه ها، کل و ارتفاع نقطه اثر نیروی جانبی 109
- جدول 4-9- مقایسه نیروی جانبی افقی لایه ها، کل و ارتفاع نقطه اثر نیروی جانبی در روش حاضر و دیوایکار و هالکود 110
- جدول 4-10- مقایسه لنگر ناشی از نیروی منتهجه در روش حاضر و روش دیوایکار و هالکود 110

چکیده

محاسبه فشار جانبی و تئوری های مربوطه از دیرباز یکی از مسائل مورد توجه مهندسين ژئوتکنیک بوده است. در این زمینه محاسبه نیروی محرک بر آیند وارد بر دیوار، نقطه اثر آن و توزیع فشار جانبی از مسائل چالش بر انگیز بوده است. در این میان نقش نوع جابجایی در دیوار های حائل دارای اهمیت فراوان بوده است.

در این مجموعه به بررسی و مطالعه روشهای تحلیلی (تحلیل حالت حدی نیرو محور) و روشهای تجربی ارائه شده به منظور تخمین و تعیین اندازه، توزیع و ارتفاع نقطه اثر منتجه فشار جانبی فعال وارد بر دیوارهای حائل تحت بارهای استاتیکی و دینامیکی و مقایسه این روش ها و اندازه گیری ها با یکدیگر پرداخته شده است. همچنین بر پایه روشهای تعادل حدی به ارائه روشهای جدید جهت محاسبه دقیقتر اندازه، توزیع و ارتفاع نقطه اثر نیروی جانبی وارد بر دیوار پرداخته شده است. برای روشن شدن دقت و توانایی روشهای معرفی شده در این مجموعه، نتایج بدست آمده با نتایج دیگر روشهای تحلیلی و عددی موجود و همچنین نتایج تجربی و میدانی موجود مقایسه و بحث شده است. نتایج بدست آمده نشان می دهد. علاوه بر این نقش عواملی چون مد حرکت دیوار و در نتیجه شکل سطح گسیختگی ایجاد شده در فشار جانبی وارد بر دیوار های حائل پر رنگ شده است

به طور خلاصه نتایج روشهای معرفی شده در این مجموعه نشان می دهد که توزیع فشار جانبی استاتیکی و لرزه ای وارد بر دیوارهای حائل غیر خطی بوده و نیروی جانبی بر آیند، در هر دو حالت لرزه ای و استاتیکی در مکانی بالاتر از $0/33$ ارتفاع دیوار از کف دیوار اعمال می گردد. همچنین ارتفاع نقطه اثر نیروی جانبی بر آیند، به زاویه اصطکاک داخلی خاک، زاویه اصطکاک خاک و وجه پستی دیوار و نیز ارتفاع دیوار بستگی دارد.

کلمات کلیدی: دیوارهای حائل، روش های تحلیلی، روش تعادل حدی، شکل سطح لغزش، توزیع فشار جانبی، اندازه و ارتفاع نقطه اثر نیروی بر آیند

فصل اول :

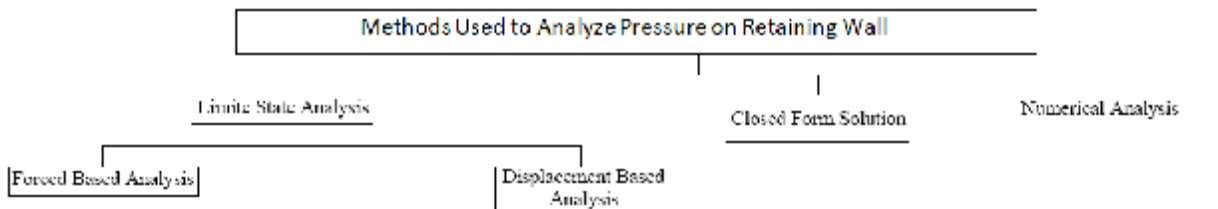
مقدمات و کلیات

-1 فصل اول: کلیات و مقدمات

-1-1-1 مقدمه

دیوارهای حایل به عنوان بخشی از ساختار حمل و نقل جاده ها، در بسیاری از موارد سهم قابل توجهی در هزینه تمام شده راه ها و همچنین ایمنی جادهها در شرایط استاتیکی و لرزه ای بر عهده دارند. محاسبه مقدار و توزیع فشار وارد بر دیوار حائل ناشی از وزن خاکریز و نیروی وارد شده توسط سربار یک مسئله کلاسیک در مکانیک خاک می باشد. این موضوع به دلیل اهمیت فراوان از دیر باز مورد توجه مهندسان و محققین قرار داشته است. پیش بینی دقیق و واقعی اندازه، توزیع و ارتفاع نقطه اثر نیروهای وارد بر دیوار حائل حتی در حالت استاتیکی یک موضوع پیچیده اندرکنش سازه و خاک می باشد. این پیچیدگی با در نظر گرفتن اثرات بارهای لرزه ای وارد بر سازه دو چندان می گردد [7].

محاسبه فشار جانبی در خاک با روشهای گوناگونی انجام می پذیرد که می توان این روشها به طور کلی بر حسب روش تحلیل به سه گروه تحلیل حالت حدی، تحلیل بر اساس مدل‌های الاستیک و ویسکو الاستیک و تحلیل عددی زیر تقسیم نمود. در شکل 1-1 نمودار درختی این روشهای تحلیل فشار وارد بر دیوارهای حائل نشان داده شده است [1].



شکل 1-1- نمودار درختی روشهای تحلیل فشار وارد بر دیوارهای حائل [1]

همانطور که در شکل دیده می شود، تحلیل حالت حدی با در نظر گرفتن حالات لرزه ای به دو صورت نیرو محور و جابجایی محور انجام می پذیرد.

در حالت نخست با استفاده از تقسیم خاک مورد نظر به شکل های مناسب و با در نظر گرفتن سطح های گسیختگی به بررسی تعادل نیرو های بسیج شده در المان ها، قطعات و یا کل خاک موثر در تحلیل پرداخته می شود.

در حالت دوم با در نظر گرفتن تغییر شکل خاص برای دیوار، تعادل مورد بررسی قرار می گیرد. این روند موجب تعدیل و یا تشدید نیرو های وارد بر دیوار می گردد. ایجاد این روش به دلیل مشاهده لرزش خاکریز و دیوار در زلزله و در نتیجه ایجاد تغییر مکان سازه از موقعیت اولیه می باشد [37]. این تغییر مکان در نیروهای ایجاد شده موثر می باشد. روشهای جابجایی محور بر اساس مطالعات نیومارک ایجاد و فرایند اولیه به منظور تخمین جابجایی سد خاکی تحت لغزش مشابه بلوک های لغزنده ایجاد گردیده است. از این نوع تحلیل می توان به مدل معرفی شده توسط ریچارد- المز¹ (1979) به منظور بررسی پایداری شیب ها در برابر بارهای لرزه ای اشاره نمود.

بسیاری از تحقیقات تجربی نشان داده است که مد گسیختگی و چگونگی جابجایی دیوار بر توزیع فشار جانبی پشت دیوارهای حائل موثر می باشد [7]، [35]. از مهمترین مدهای گسیختگی در دیوار های حائل می توان به حرکت چرخشی (حول پاشنه و یا پنجه) و نیز مد حرکت انتقالی اشاره نمود.

فشار جانبی استاتیکی وارد از طرف خاک بر دیوار وابسته به تغییر مکان دیوار و چگونگی حرکت دیوار می باشد. با توجه به جهت حرکت دیوار فشار جانبی وارد بر دیوار به سه حالت فشار محرک، فشار سکون و فشار مقاوم قابل تقسیم می باشد.

بسته به نوع حرکت دیوار، مدهای مختلف گسیختگی برای حرکت دیوار می توان در نظر گرفت. هر یک از مدهای گسیختگی در شرایطی از اعمال بار اتفاق می افتد. برای نمونه مد حرکت چرخشی به صورت واژگونی هنگام فزونی مجموع لنگر های واژگون کننده از جمع لنگرهای مقاوم و مد حرکت

¹Richards-Elms

انتقالی در هنگامی فشار جانبی ایجاد نیروی رانشی بیشتر از مقاومت لغزشی پایه دیوار بنماید، اتفاق می افتد.

در دیوارهای حائل واقعی وقوع یک مد حرکت به صورت کامل محتمل نمی باشد و معمولاً ترکیبی از مدهای مختلف در پشت دیوار اتفاق می افتد. برای درک بهتر مثالهایی از چگونگی حرکت دیوارهای حائل بیان گردیده است. در دیوار حائل پشت بند دار بتی به دلیل سختی ناشی از پشت بند ها خاک ایجاد خمش نمی کند، بنابراین دیوار بیشتر از آنکه حول پاشنه چرخش کند، دچار حرکت انتقالی می گردد [22].

تفاوت اساسی موجود در روشهای تحلیل حالت حدی نیرو محور ارائه شده توسط محقق علاوه بر فرضیات و ساده سازی ها، به طور ویژه به رویکرد آنها در مورد اولویت محاسبه توزیع فشار جانبی وارد بر دیوار و یا اولویت محاسبه نیرو جانبی وارد بر دیوار مربوط می باشد.

در ابتدا تنها طراحی این سازه ها در مواجهه با بارهای استاتیکی وارد بر دیوار های حائل مورد بررسی قرار گرفت. برای نمونه می توان به تئوری های تعادل حدی کولمب¹ (1776) و رانکین² (1857) که تئوری های معمول در محاسبه فشار وارد بر دیوار حائل می باشند، اشاره نمود.

تغییر و دگرگونی اندازه، توزیع و ارتفاع نقطه اثر بارهای وارد بر دیوار حائل در اثر مولفه های لرزه ای بعدها مورد توجه محققین قرار گرفت. اهمیت این موضوع با مشاهده خسارات و خرابی های دیده شده در دیوار های حائل بر اثر بارهای لرزه ای اعمال شده در زمین لرزه ها دوچندان گردیده است. اولین تلاش از این نوع توسط مونونوبه و ماتسو³ (1926) و اوکابه⁴ (1929) انجام گردید و منجر به ارائه

¹-Coulomb

²-Rankine

³- Mononobe & Matsuo

⁴- Okabe

روشی برای تعیین ضرایب رانش خاکهای دانه‌ای در حالت لرزه ای گردید[1]. این روش به روش مونونوبه-اوکابه¹ مشهور می باشد و در واقع بسط یافته روش کولمب است.

1-2- ضرورت تحقیق

فشار ایجاد شده پشت دیوارهای حائل ناشی از خاک پشت دیوار به عوامل متعددی وابسته می باشد. از جمله مهمترین این عوامل می توان به نوع دیوار حائل، سازه دیوار، چگونگی اجرای دیوار و مدهای جابجایی دیوار اشاره نمود. شناخت این عوامل موثر بر فشار جانبی وارد بر دیوارهای حائل به انتخاب روش صحیح تحلیل و توانایی در لحاظ و یا عدم لحاظ اثرات هر یک از پدیده های مرتبط در طراحی و تحلیل دیوارهای می انجامد.

با بررسی مقالات موجود در محاسبه فشار استاتیک و لرزه ای وارد بر دیوار حائل، عدم توانایی روشهای موجود در محاسبه توزیع فشار جانبی وارد بر دیوار با روندی ساده، قابل درک و همچنین بر پایه نتایج تئوری برداشت می گردد. به دلیل پیچیدگی روشهای جدید ارائه شده، استفاده از فرضیاتی چون توزیع خطی فشار جانبی وارد بر دیوار در روشهایی چون کولمب، رانکین و مونونوبه اکابه همچنان متداول و مورد استفاده مهندسين سازه و ژئوتکنیک در طراحی دیوارهای حایل می باشد. اینگونه فرضیات در بسیاری از شرایط صحیح نمی باشد و با اعمال بارهای لرزه ای دچار تغییر می گردد.

با توجه به مطالب فوق بررسی بیشتر چگونگی توزیع فشار جانبی وارد بر دیوارهای حائل ضروری می نماید.

1-3- اهداف تحقیق

در این مجموعه با مطالعه عوامل موثر بر فشار جانبی وارد بر دیوارهای حائل، سعی در شناخت و فهم مفاهیم و موارد تاثیرگذار بر مقدار و توزیع و ارتفاع نقطه اثر نیروی جانبی وارد بر دیوارهای حائل و چگونگی لحاظ و یا عدم لحاظ تاثیر این عوامل در روشهای تحلیلی شده است. همچنین با مقایسه

¹-Mononobe & Okabe

نتایج تحلیلی با مطالعات تجربی سعی در درک بهتر نتایج روشهای محاسبه تحلیلی و نتایج تجربی شده است.

این مجموعه با بررسی عوامل موثر در اندازه، توزیع و ارتفاع نقطه اثر نیروی جانبی وارد بر دیوار به بررسی و مطالعه کمبودها و محدودیت های روشهای موجود پرداخته است. همچنین جهت رفع پاره از محدودیت ها و نواقص روشهای تحلیلی موجود به ارائه روشهایی جهت رفع این محدودیت ها پرداخته است.

4-1- روش انجام کار

در این مجموعه ابتدا روشهای تحلیلی و تجربی اخیر به صورت مختصر توضیح داده شده است (فصل دو) و سپس در فصول سه و چهار بر پایه روشهای تعادل حدی به ارائه روشهایی جهت محاسبه بهتر اندازه، توزیع و ارتفاع نقطه اثر نیروی جانبی برآیند پرداخته شده است.

5-1- محدودیت ها و قلمرو

در بخش تاریخچه موضوع به مطالعه آزمایشاتی که در آنها اطلاعاتی از اندازه، توزیع و نقطه اثر نیروی جانبی تجربی ارائه شده باشد پرداخته شده است.

در بررسی روشهای تحلیلی قبلی و ارائه روشهای جدید روشهای تحلیلی بر پایه تعادل حدی مد نظر قرار گرفته است. در این روش با استفاده از فرض وقوع شرایط کرنش مسطح به تحلیل دو بعدی مسائل پرداخته شده است. در این روشهای جدید معرفی شده در این مجموعه از بررسی اثر پدیده موثر بر فشار جانبی وارد بر دیوار های حائل چون تحلیل کامل دینامیکی، اشباع بودن خاکریز و کرنش نرم شوندگی صرف نظر شده است

6-1- ساختار پایان نامه

این مجموعه در چهار فصل به شرح زیر تنظیم گردیده است:

فصل اول این مجموعه به ارائه مقدمه و کلیات و چگونگی تحلیل فشار جانبی وارد بر دیوار های حائل اختصاص یافته است.

فصل دوم به بررسی تاریخچه روشهای تحلیلی - تجربی مرسوم اختصاص داده شده است.

فصل سوم به معرفی روشهای نوین جهت تخمین فشار جانبی استاتیکی پشت دیوار های حائل اختصاص یافته است.

فصل چهارم به معرفی روشهای نوین جهت تخمین فشار جانبی لرزه ای پشت دیوار های حائل اختصاص یافته است.

فصل دوم :

تاریخچه موضوع:

الف: بررسی روشهای تحلیلی

به منظور تخمین

توزیع فشار جانبی و ارتفاع نقطه اثر نیروی منتهجه

وارد بر دیوارهای حائل

2- فصل دوم: تاریخچه موضوع

2-1- روشهای محاسبه فشار استاتیکی وارد بر دیوار های حائل

2-1-1- نظریه فشار جانبی کولمب^۱

2-1-1-1- معرفی روش

یکی از اولین روشهای تخمین فشار خاک بر روی دیوار به کولمب (حدود سال 1776) نسبت داده می شود. این روش با در نظر گرفتن فرض های زیر در مورد محیط و خاک انجام می پذیرد.

روش کولمب با فرض محیط نیمه بینهایت خاک همسان و همگن (کرنش صفحه ای) به صورت زهکشی شده و دارای اصطکاک داخلی و چسبندگی به محاسبه فشار جانبی می پردازد [51].

همچنین سطح گسیختگی صفحه مسطح^۲ (خطی) و مقاومت اصطکاکی به صورت یکنواخت در طول صفحه گسیختگی در نظر گرفته می شود. در این روش گوه گسیختگی جسم صلبی است که دچار انتقال می شود. همچنین اصطکاک دیواره نیز وجود دارد، به این مفهوم که با حرکت گوه گسیختگی نسبت به سطح پشت دیوار، بین خاک و دیوار نیروی اصطکاک به وجود می آید. (این زاویه اصطکاک معمولاً با δ نشان داده می شود)

در روش کولمب مقدار نیروی فعال (*Active*) وارد بر دیوار به صورت رابطه (2-1) حاصل می گردد [29].

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_a \quad (2-1)$$

که در عبارت فوق K_a ضریب فشار فعال نامیده می شود و برابر عبارت مقابل می باشد:

$$K_a = \frac{\cos^2 \varphi}{\cos \delta \left[1 + \frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin \varphi}{\cos \delta} \right]} \quad (2-2)$$

۱- Coulomb

۲-planar