

گزارش جامع مدل‌سازی و تحلیل عددی رفتار خارج از صفحه دیوار دارای بازشو

با استفاده از نرم‌افزار Abaqus

فصل اول – مقدمه و بیان مسئله

1-1 مقدمه

دیوارهای بنایی و بتنی یکی از مهم‌ترین اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای در ساختمان‌ها محسوب می‌شوند. رفتار خارج از صفحه این دیوارها به‌ویژه در حضور بازشوها از اهمیت بالایی برخوردار است، زیرا در بسیاری از موارد خرابی‌های لرزه‌ای ناشی از ناپایداری خارج از صفحه دیوارها بوده است.

وجود بازشو در دیوار موجب تغییر مسیر تنش، تمرکز تنش در اطراف گوشه‌های بازشو و کاهش سختی خمشی می‌گردد. بنابراین تحلیل عددی دقیق این سیستم‌ها برای ارزیابی ظرفیت مقاومتی آن‌ها ضروری است.

1-2 هدف مطالعه

هدف از این پروژه بررسی رفتار خارج از صفحه دیوار دارای بازشو و استخراج منحنی نیرو-جابجایی جهت تعیین:

- سختی اولیه

- ظرفیت نهایی (Pu)

- تغییر مکان متناظر با ظرفیت

- روند کاهش سختی

- اثر موقعیت بازشو

می‌باشد.

فصل دوم – مبانی تئوریک رفتار خارج از صفحه

2-1 رفتار خمشی دیوار

در بارگذاری خارج از صفحه، دیوار همانند یک تیر یا صفحه خمشی بین دو تکیه‌گاه عمل می‌کند. تنش خمشی مطابق رابطه زیر توزیع می‌شود:

$$\sigma = My / I$$

که در آن:

M لنگر خمشی

y فاصله از محور خنثی

I ممان اینرسی مقطع

وجود بازشو باعث کاهش ممان اینرسی مؤثر مقطع می‌شود و ظرفیت خمشی را کاهش می‌دهد.

2-2 سختی خمشی

سختی خمشی دیوار تابعی از EI می‌باشد:

$$K \propto EI / L^3$$

کاهش I به دلیل وجود بازشو، منجر به کاهش سختی اولیه دیوار می‌گردد.

2-3 تمرکز تنش در اطراف بازشو

در گوشه‌های بازشو تمرکز تنش ایجاد می‌شود که می‌تواند آغازگر ترک یا شکست موضعی باشد. این پدیده در تحلیل عددی به‌صورت افزایش تنش‌های کششی و برشی در اطراف بازشو مشاهده می‌شود.

فصل سوم – مدل‌سازی عددی

3-1 معرفی نرم‌افزار

تحلیل عددی با استفاده از نرم‌افزار Abaqus و بر پایه روش اجزاء محدود انجام شده است. این نرم‌افزار قابلیت تحلیل غیرخطی هندسی و مصالح را دارا می‌باشد.

3-2 مدل هندسی

مدل به‌صورت سه‌بعدی و حجمی تعریف شده است. ابعاد دیوار شامل طول، ارتفاع و ضخامت مطابق مشخصات پروژه وارد گردیده‌اند. بازشو در موقعیت مشخص هندسی ایجاد شده است.

3-3 مش‌بندی

مدل با استفاده از المان‌های سه‌بعدی حجمی مش‌بندی شده است. در نواحی اطراف بازشو به دلیل تمرکز تنش، اندازه مش کوچکتر در نظر گرفته شده است. کیفیت مش از نظر نسبت ابعاد المان‌ها و اعوجاج کنترل گردیده است.

فصل چهارم – تعریف مصالح

4-1 فرض همگنی مصالح

مصالح دیوار به صورت همگن و الاستیک تعریف شده‌اند. مدول الاستیسیته (E) و ضریب پواسون (ν) مطابق مشخصات طراحی وارد شده‌اند.

4-2 رفتار خطی الاستیک

در این مطالعه رفتار مصالح به صورت خطی الاستیک فرض شده است تا رفتار کلی خمشی دیوار استخراج گردد. این فرض برای ارزیابی ظرفیت اولیه و سختی مناسب است.

فصل پنجم – شرایط مرزی

5-1 تعریف تکیه‌گاه‌ها

لبه‌های بالا و پایین دیوار به صورت تکیه‌گاه مفصلی مدل شده‌اند. در این شرایط:

- جابجایی خارج از صفحه در لبه‌ها مقید شده است.

- دوران آزاد در نظر گرفته شده است.

این شرایط مرزی رفتار دیوار بین دو تکیه‌گاه ساده را شبیه‌سازی می‌کند.

فصل ششم – بارگذاری

6-1 روش بارگذاری

بارگذاری به صورت جابجایی کنترل شده خارج از صفحه اعمال شده است. نقطه کنترل در مرکز سطح دیوار انتخاب گردیده است.

6-2 مزایای جابجایی کنترل شده

- پایداری عددی بالاتر
- امکان استخراج رفتار پس از اوج
- کنترل بهتر روند تحلیل

فصل هفتم – نوع تحلیل

7-1 تحلیل استاتیکی

تحلیل از نوع Static, General انتخاب شده است. غیرخطی هندسی (NLGEOM=ON) در نظر گرفته شده است.

7-2 شبه استاتیکی بودن تحلیل

زمان تحلیل صرفاً پارامتر عددی حل بوده و بیانگر زمان واقعی فیزیکی نمی باشد.

فصل هشتم - استخراج نتایج

8-1 واکنش تکیه‌گاهی

نیروی واکنشی از تکیه‌گاه پایین دیوار استخراج شده است.

8-2 منحنی نیرو-جابجایی

با ترکیب داده‌های نیرو و جابجایی، منحنی نیرو-جابجایی ترسیم گردیده است.

از این منحنی موارد زیر تعیین شده‌اند:

- سختی اولیه (شیب بخش ابتدایی منحنی)
- ظرفیت نهایی (بیشینه نیرو)
- تغییر مکان متناظر با ظرفیت
- رفتار نرم‌شدگی (در صورت وجود)

فصل نهم – تحلیل نتایج

9-1 سختی اولیه

بخش ابتدایی منحنی نیرو-جابجایی نشان‌دهنده رفتار خطی دیوار و سختی خمشی اولیه می‌باشد.

9-2 ظرفیت نهایی

بیشینه مقدار نیرو بیانگر ظرفیت خمشی خارج از صفحه دیوار است.

9-3 اثر بازشو

وجود بازشو موجب کاهش سختی و ظرفیت نهایی شده است. تمرکز تنش در اطراف بازشو در نتایج کانتور تنش قابل مشاهده است.

فصل دهم – مقایسه مدل‌ها

در مدل‌های مختلف، موقعیت بازشو تغییر داده شده و اثر آن بر ظرفیت بررسی گردیده است. نتایج نشان می‌دهد که نزدیک‌تر بودن بازشو به مرکز دهانه موجب کاهش ظرفیت بیشتری نسبت به حالت‌های دیگر می‌شود.

فصل یازدهم – جمع‌بندی نهایی

تحلیل عددی انجام‌شده نشان می‌دهد که رفتار خارج از صفحه دیوار به هندسه، موقعیت بازشو و شرایط مرزی وابسته است. روش استفاده‌شده امکان استخراج منحنی نیرو-جابجایی و تعیین ظرفیت مقاومتی را فراهم نموده است.

نتایج به‌دست‌آمده می‌تواند مبنای طراحی و ارزیابی ایمنی دیوارهای دارای بازشو قرار گیرد.