

بسم الله الرحمن الرحيم

ارزیابی آسیب پذیری تونل ها تحت اثر گسلش سطحی

محمد احمدی

استادیار دانشگاه ملایر

۱۵ بهمن ۱۳۹۹

• منحنی شکنندگی (Fragility Curves) چیست؟

- ✓ یکی از ابزارهای کاربردی در کمی سازی ارزیابی آسیب پذیری سازه های در معرض زلزله است.
- ✓ این منحنی احتمال وقوع آسیب تعریف شده را به ازای یکی از پارامترهای مرتبط با زلزله نظیر PGA و ... بیان می کند.
- ✓ برای هر سازه ای متناظر با سطح عملکردی آن، سطوح خرابی ویژه ای تعریف می شود.

تولید منحنی های شکنندگی گام اول برای بررسی احتمال وقوع خطر در پروژه های اجرایی می باشد.

با تلفیق احتمال وقوع رخداد خطر گسلش در پروژه مورد نظر با منحنی های شکنندگی، می توان احتمال وقوع گسلش و سطح آسیب به تونل مورد نظر را تخمین زده و بر این اساس طراحی مناسب تونل اتخاذ می گردد.

تعریف

- توابعی آماری که با داده های تحلیل های عددی یا آزمایشگاهی، میتوان منحنی ای را رسم نمود که در آن احتمال وقوع سطح خرابی مورد نظر، بر اساس میزان اندیس زلزله تخمین زده می شود.

تعریف

- احتمال رسیدن یک سازه به یک سطح آسیب مشخص برای پارامتر لرزه ای مشخص
- این پارامترها می توانند PGA ، PGV و PGD باشند.

کاربرد

- ابزاری برای مدیران و مسئولین کنترل بحران

کاربرد

- ابزاری مناسب برای برآورد خطرپذیری سازه ها
- ابزاری کنترلی برای طراحان سازه ها

روش تولید

- معمولاً از توزیع نرمال و یا لوگ-نرمال استفاده میشود.

روش تجربی

• براساس آثار آسیب های ناشی از زلزله های گذشته

قضاوت خبرگی

• براساس ارزیابی مستقیم خبره

روش عددی

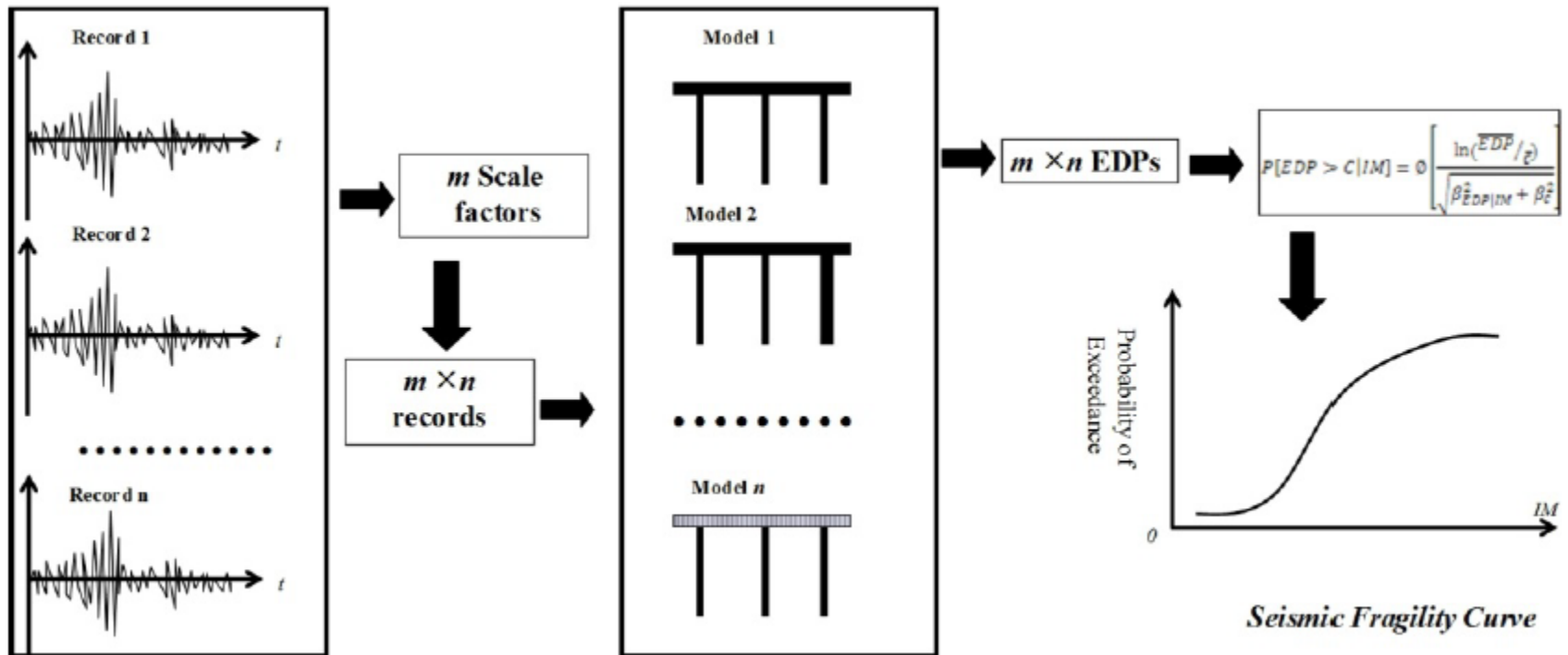
• براساس نتایج مدلسازی عددی

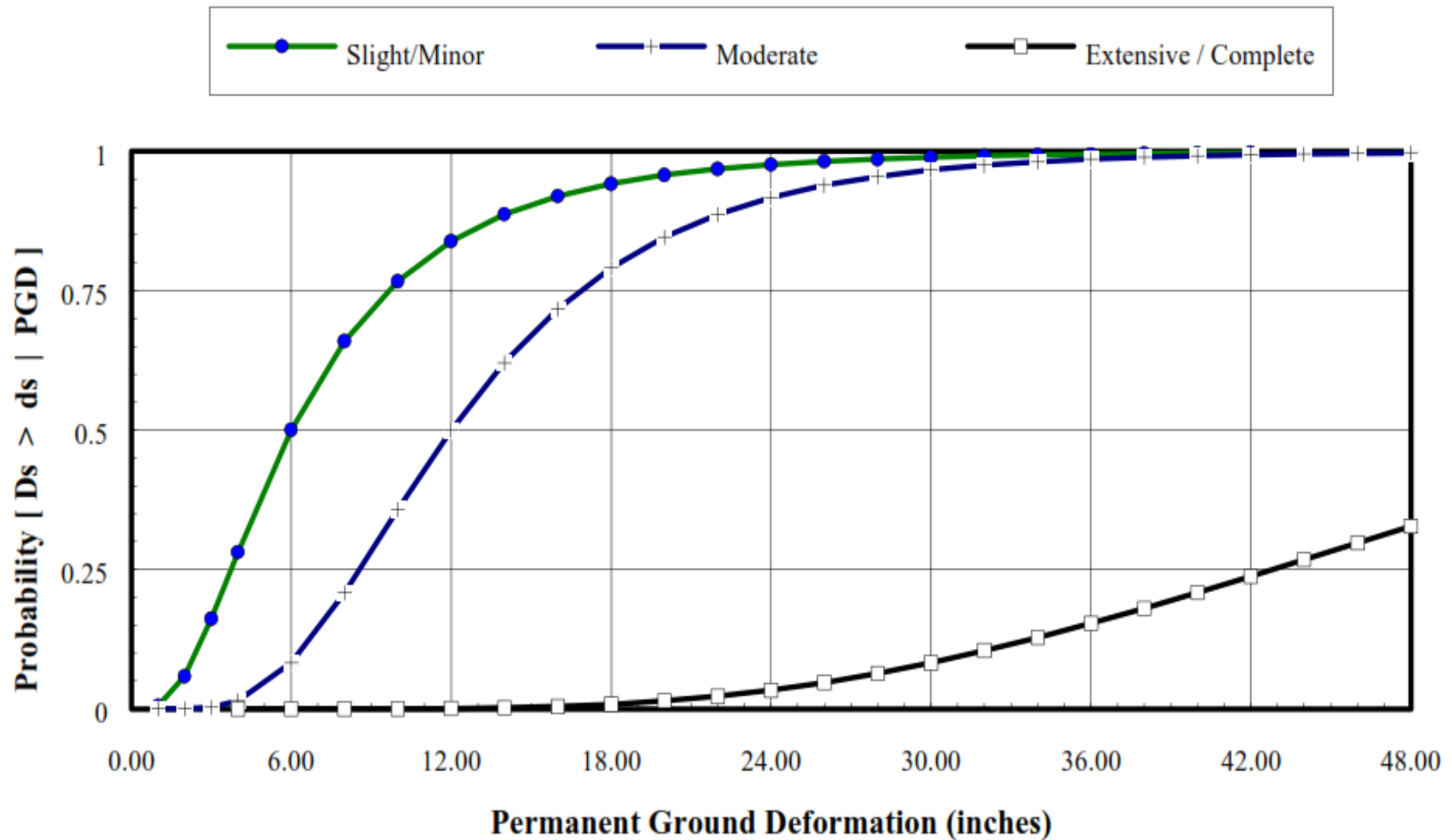
روش آزمایشگاهی

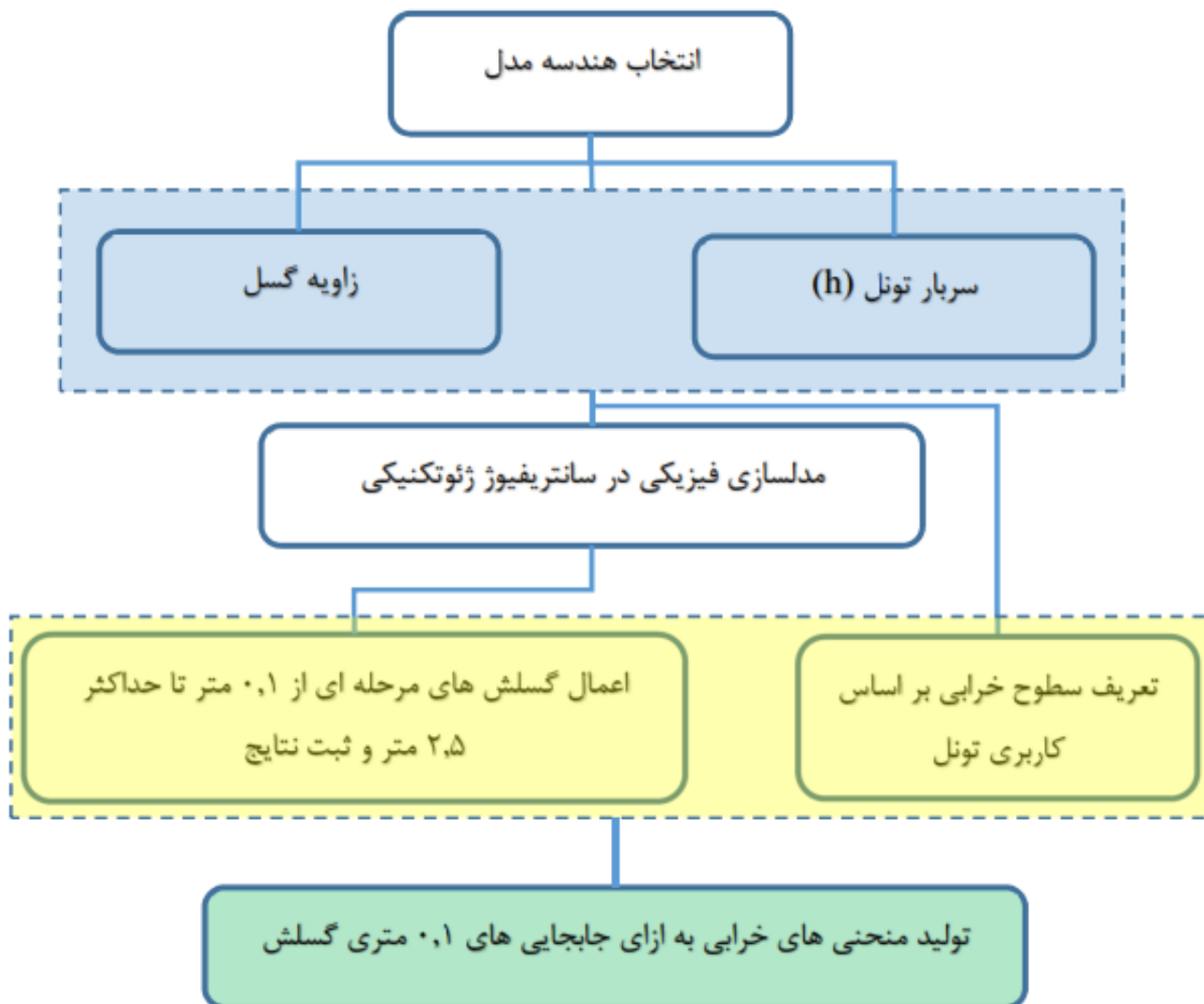
• براساس نتایج مدلسازی فیزیکی

از روش ترکیبی (که ترکیبی از روش های بیان شده در بالاست) نیز می توان برای تولید منحنی های شکنندگی استفاده نمود.

روند تولید منحنی های شکنندگی در پژوهش های تحلیلی







نوع خرابی	اندیس خرابی	سطح عملکرد
بدون خرابی	۰	بهره برداری عادی
تغییر اندک شیب تونل	۱	عدم وقفه یا وقفه کوتاه مدت در عملکرد با امکان تعمیر سریع
تغییر محسوس شیب تونل	۲	وقفه در عملکرد با امکان تعمیر در زمان کم
تغییر شکل مقطع تونل (بیضی شدگی)	۳	وقفه در عملکرد با امکان تعمیر در زمان زیاد
بازشدگی سگمتها و آسیب به اتصالات بین سگمتی	۴	وقفه در عملکرد با عدم امکان تعمیر و نیاز به بازسازی تونل
شکستگی در برخی از سگمتها، ریزش تونل بانفوذ خاک به داخل آن و ایجاد فروچاله در سطح زمین	۵	انسداد تونل و وقفه در عملکرد با عدم امکان تعمیر و نیاز به بازسازی تونل



PGD : 0.3 m DI : 1



PGD : 0.4 m DI : 1



PGD : 0.5 m DI : 2



PGD : 0.6 m DI : 2



PGD : 0.7 m DI : 3



PGD : 0.8 m DI : 3



PGD : 0.9 m DI : 3



PGD : 1.0 m DI : 4



PGD : 1.1 m DI : 4



PGD : 1.2 m DI : 4



PGD : 1.3 m DI : 4



PGD : 1.4 m DI : 5



PGD : 1.5 m DI : 5



PGD : 1.6 m DI : 5



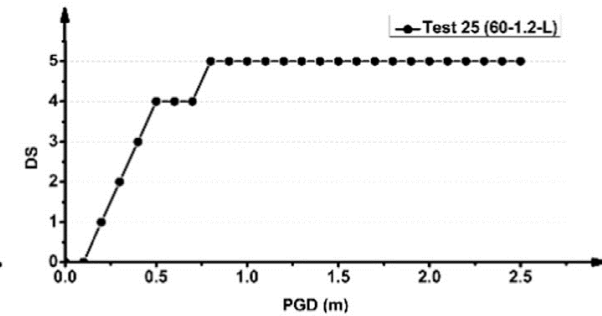
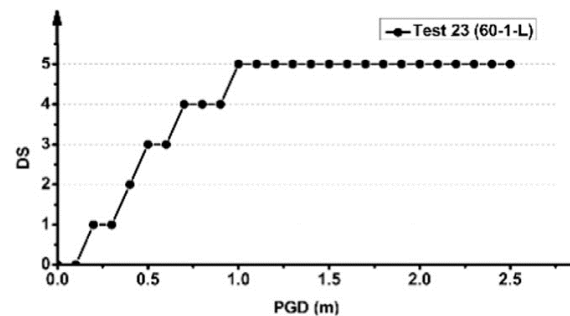
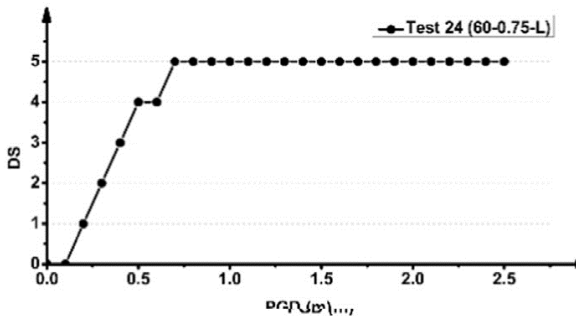
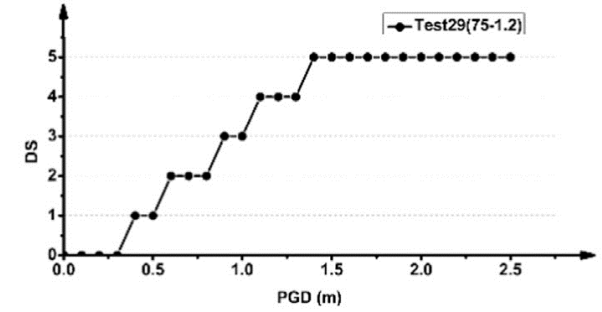
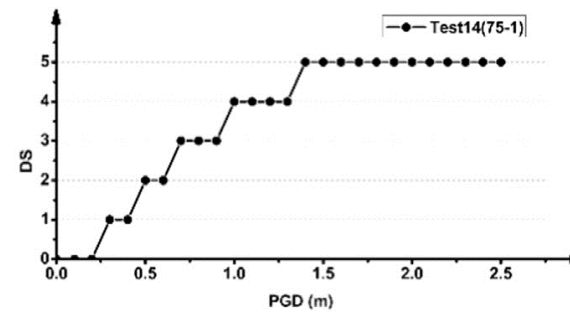
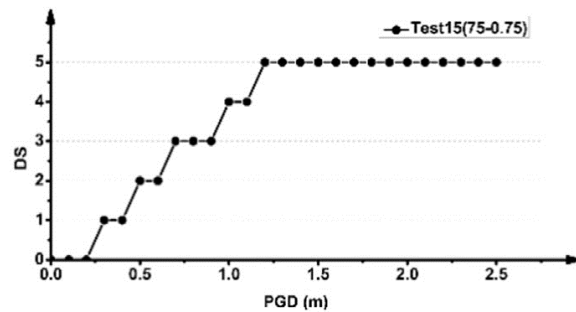
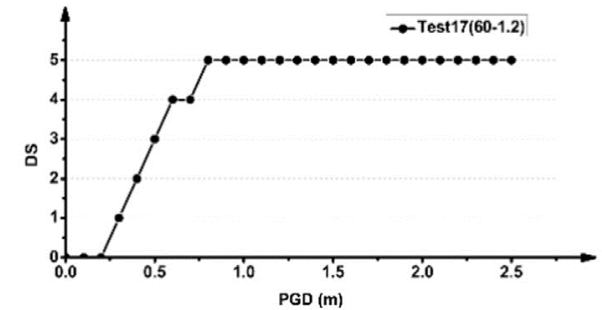
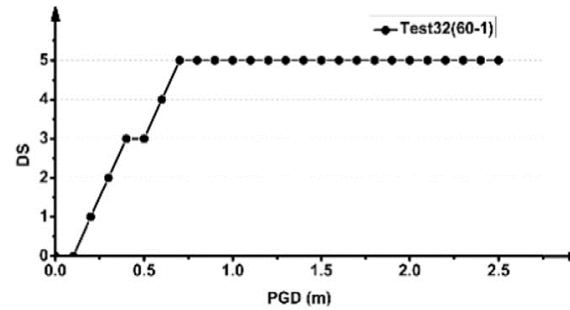
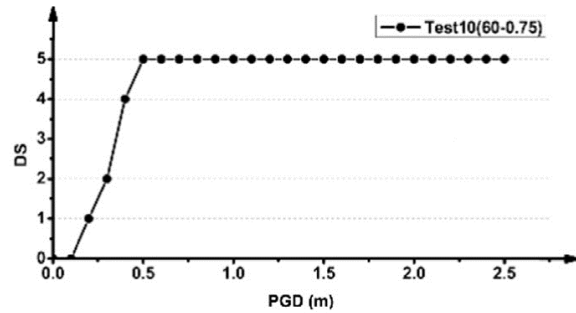
PGD : 1.7 m DI : 5



PGD : 1.8 m DI : 5

ارزیابی آسیب پذیری تونل ها تحت اثر گسلش سطحی

روند توسعه خرابی با افزایش جابجایی گسل در تونل سگمتی



$$P_f(DS \geq DS_i | F) = \Phi \left[\frac{1}{\beta} \ln \left(\frac{F}{F_{mi}} \right) \right]$$

P_f : احتمال وقوع خرابی بیشتر از سطح خرابی DS_i

DS : سطوح خرابی تعریف شده

F : پارامتر مرتبط با زلزله که خرابی به آن وابسته است (به عنوان نمونه تغییر شکل دائمی زمین)

Φ : تابع احتمال تجمعی استاندارد

β : انحراف معیار لگاریتمی

F_{mi} : مقدار میانه پارامتر مرتبط با زلزله (مثل PGD) مورد نیاز برای وقوع i امین سطح خرابی

PGD Values in which tunnel enter DS_i .

Test		10	32	17	15	14	29	24	23	25
PGD (m)	DS1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.2	0.2	0.2
	DS2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.3	0.4	0.3
	DS3	0.4	0.4	0.5	0.7	0.7	0.9	0.4	0.5	0.4
	DS4	0.4	0.6	0.6	1.0	1.0	1.1	0.5	0.7	0.5
	DS5	0.5	0.7	0.8	1.2	1.4	1.4	0.7	1.0	0.8

Note: PGD=permanent ground displacement; DS=damage state.

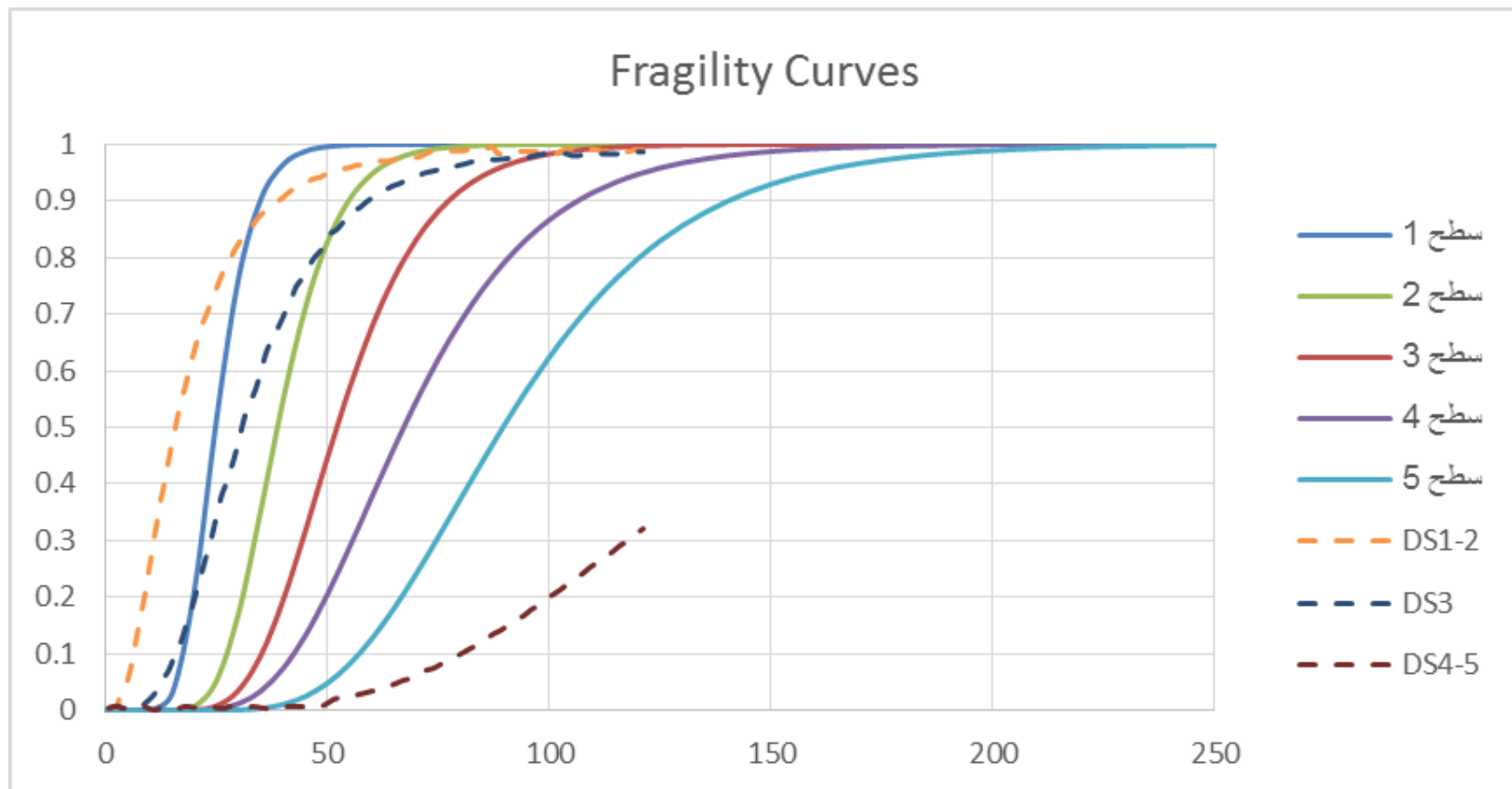
Standard deviation (β) and median (F_{mi}) of PGD in every DS_i .

DS level	1	2	3	4	5
β	0.266	0.270	0.307	0.359	0.350
F_{mi} (m)	0.25	0.40	0.54	0.71	0.94

Note: β =Standard deviation; F_{mi} =median; PGD=permanent ground displacement; DS=damage state.

ارزیابی آسیب پذیری تونل ها تحت اثر گسلش سطحی

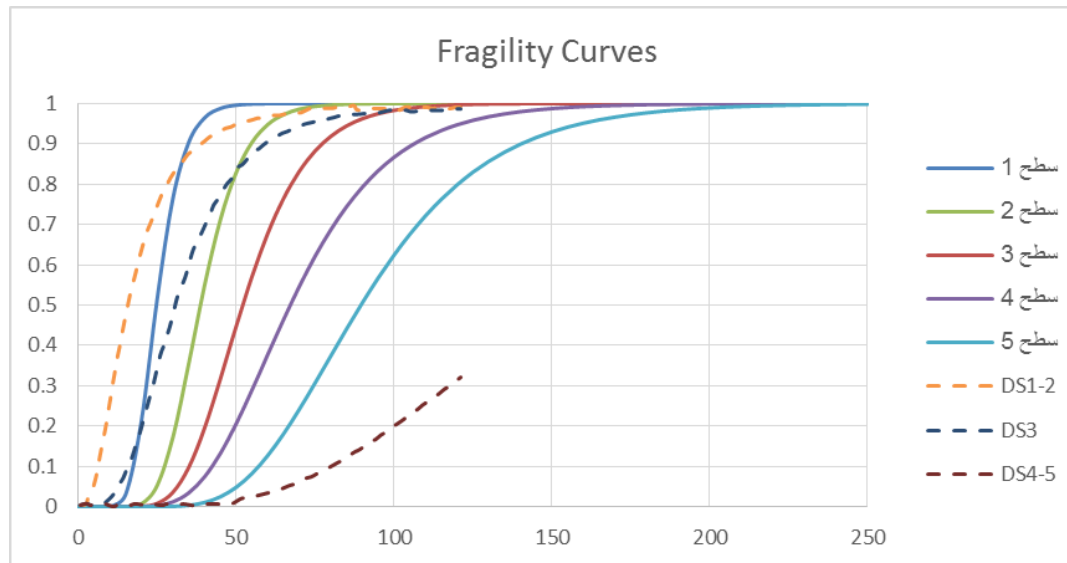
مقایسه منحنی شکنندگی تونل سگمندی با منحنی های HAZUS



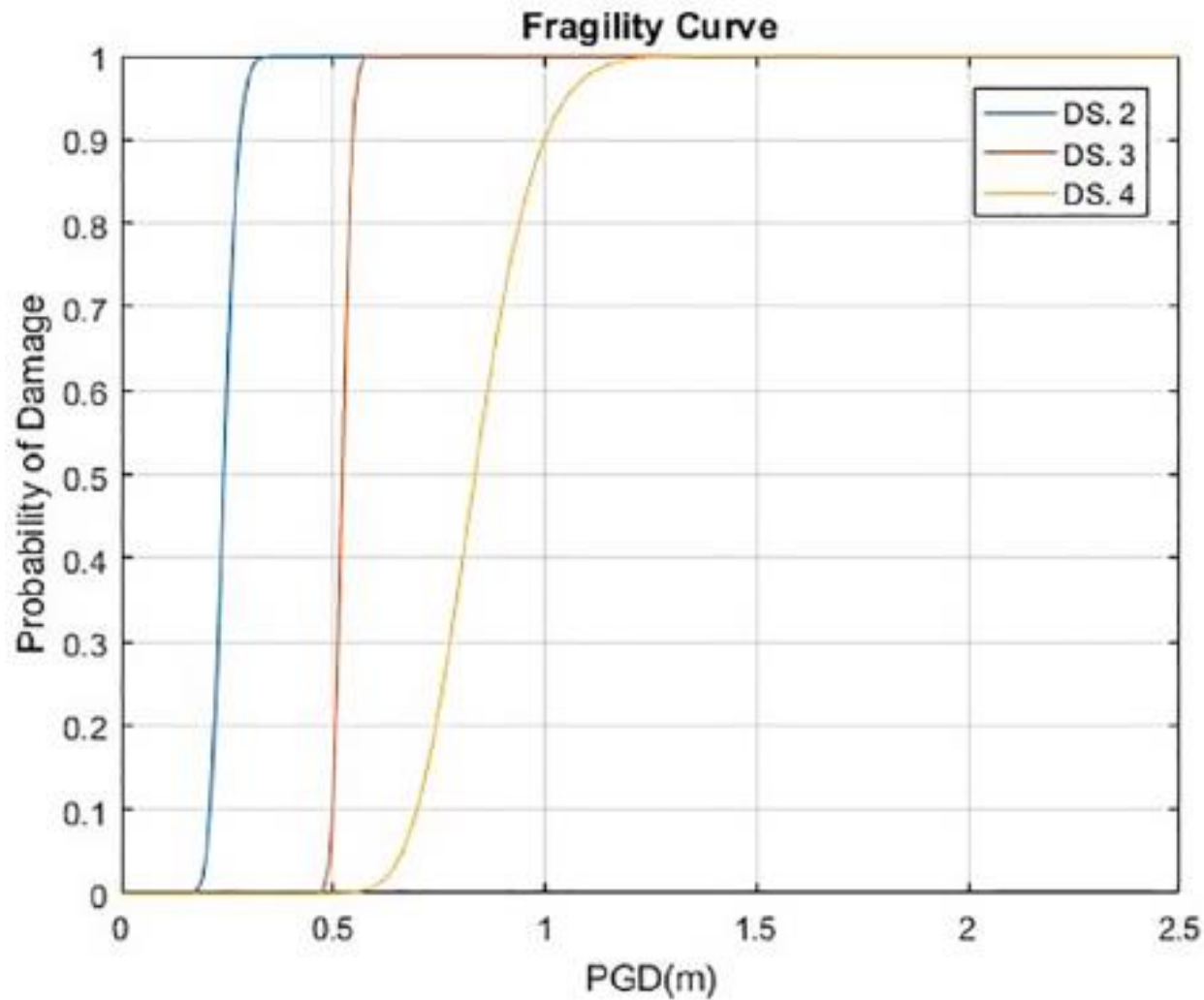
۱- تفاوت در نوع پوشش تونل های مورد مطالعه (تونل های پیوسته در برابر تونل های سگمنتی)

۲- نوع محیطی که تونل را در بر گرفته است (خاکی و یا سنگی)

۳- نوع گسلش اعمالی

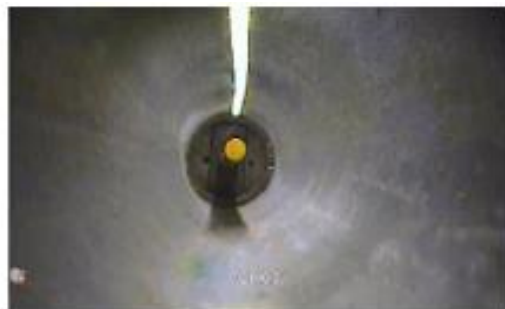


 $h = 0$ Damage State = 1 No Damage.	 $h = 0.22 \text{ m}$ Damage State = 2 A tiny crack is observed.	 $h = 0.32 \text{ m}$ Damage State = 2 The crack is opened a little, and soil discharge is low.
 $h = 0.51 \text{ m}$ Damage State = 2 More soil is poured.	 $h = 0.68 \text{ m}$ Damage State = 3 The crack expands, and soil blocks the path.	 $h = 0.96 \text{ m}$ Damage State = 4 Due to more cracks and thus complete tunnel collapse.



ارزیابی آسیب پذیری تونل ها تحت اثر گسلش سطحی

توسعه خرابی در تونل پیوسته در اثر گسلش معکوس



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



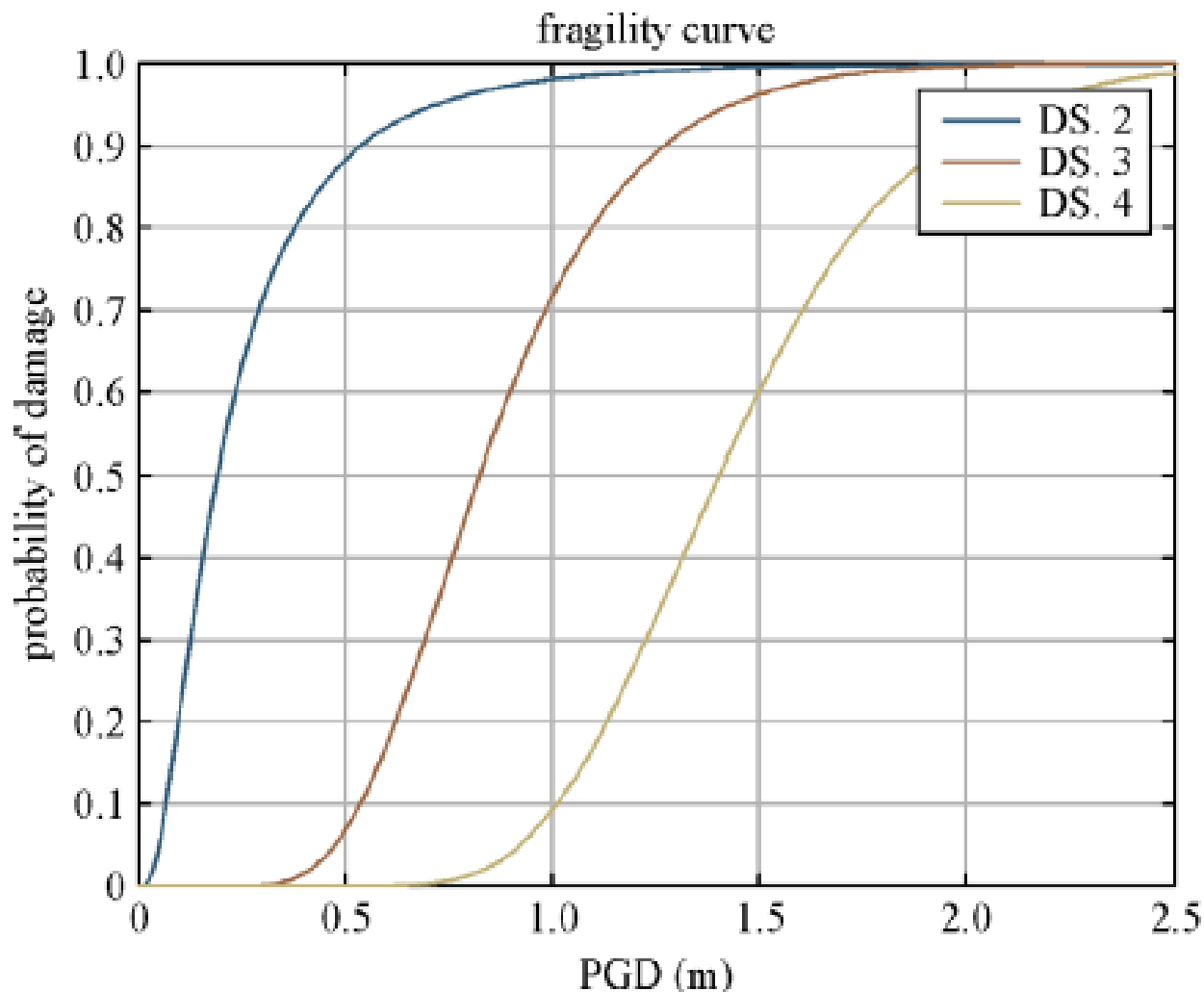
(g)



(h)

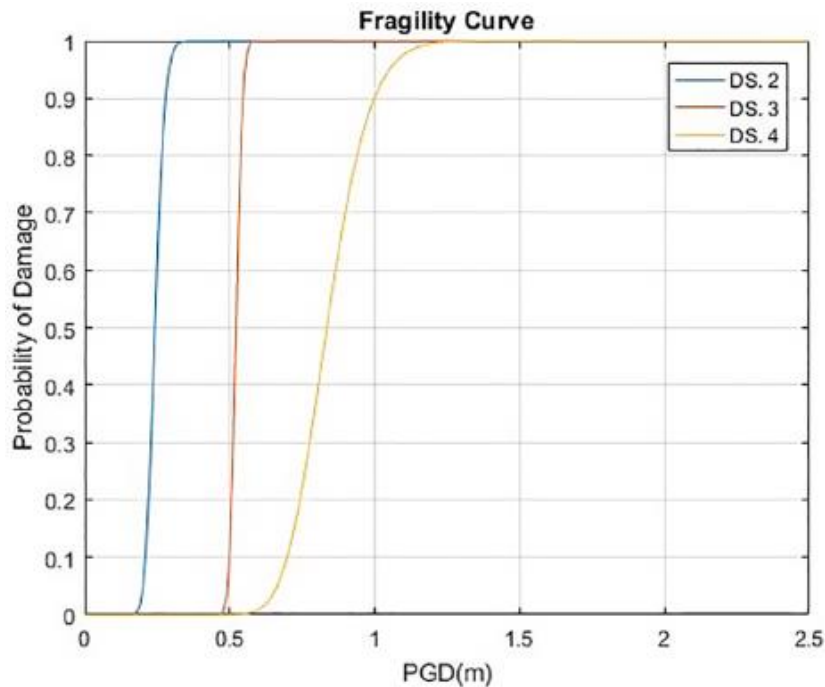


(i)

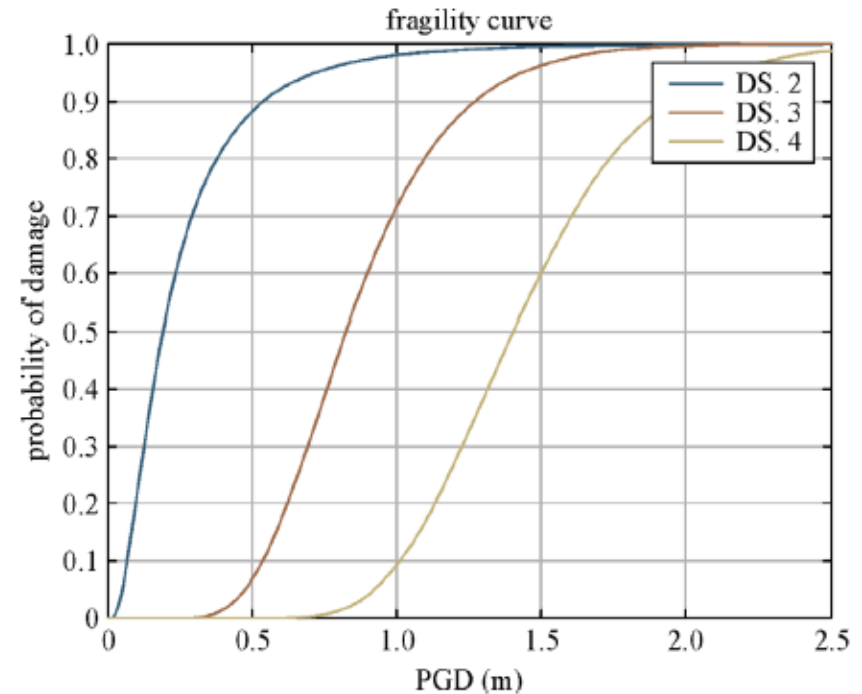


ارزیابی آسیب پذیری تونل ها تحت اثر گسلش سطحی

مقایسه منحنی های شکنندگی در دو حالت گسلش نرمال و معکوس



گسلش نرمال

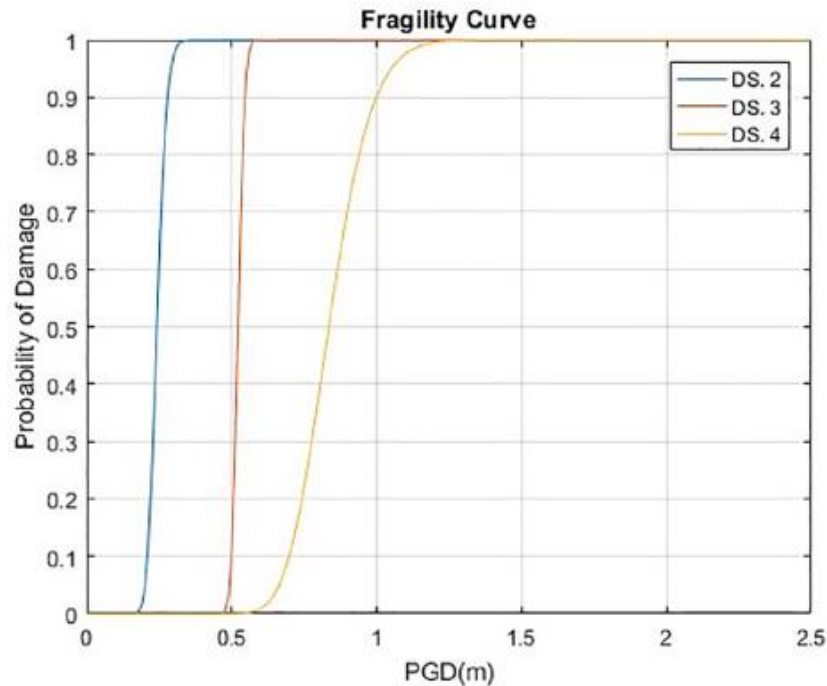


گسلش معکوس

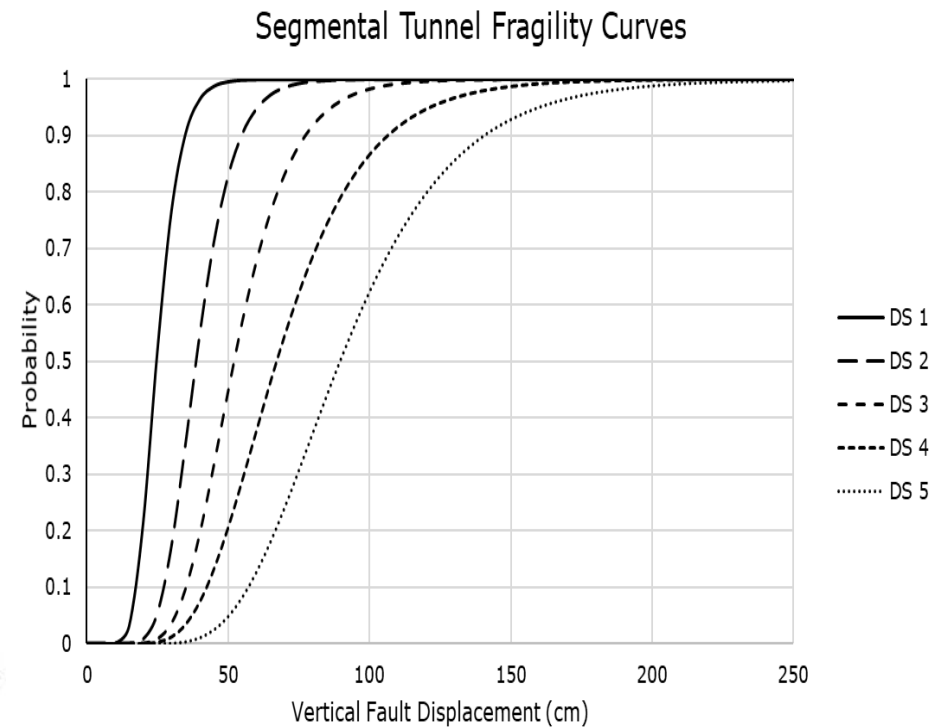
کاهش احتمال وقوع خرابی در تونل در اثر گسلش معکوس نسبت به گسلش نرمال

ارزیابی آسیب پذیری تونل ها تحت اثر گسلش سطحی

مقایسه منحنی های شکنندگی تونل پیوسته و سگمتی



پوشش پیوسته



پوشش سگمتی

کاهش احتمال وقوع خرابی در تونل سگمتی نسبت به تونل با پوشش پیوسته

به طور کلی منحنی های شکنندگی، ابزاری قوی برای کمی سازی خرابی های وارد بر سازه های آسیب پذیر در برابر زلزله، همچون تونل ها، هستند

با تشکر از توجه شما