

# ارزیابی کمی آسیب پذیری ساختمانهای بتن مسلح در ارومیه

سید ادريس جوادين

دانشجوی کارشناسی ارشد سازه

پست الکترونیکی javadein2000@yahoo.com

محمدعلی لطف‌اللهی یقین

استادیار دانشکده فنی دانشگاه ارومیه

پست الکترونیکی ma.lotfollahi@mail.urmia.ac.ir

## چکیده

با توجه به عدم وجود بازرسی‌های دقیق فنی در مراحل طراحی و ساخت ساختمان‌ها در گذشته، همچنین تغییر کاربری بعضی سازه‌ها و مهمتر از همه لرزه خیزی قابل توجه بسیاری از مناطق مسکونی، بررسی آسیب پذیری سازه‌ها ضروری است. بررسی آسیب‌پذیری ساختمان‌ها به دو دسته کیفی و کمی تقسیم بندی می‌شود. در روشهای کمی ساختمان‌ها با دقت و جزئیات بیشتری مورد بررسی قرار می‌گیرند. در این مقاله یک روش ارزیابی مبتنی برآیین‌نامه ساختمانی ژاپن تشریح شده و تعدادی ساختمان بتنی در سطح شهر ارومیه با روش مذکور مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. در این روش دو پارامتر شاخص ظرفیت لرزه‌ای سازه‌های  $I_s$  و شاخص ظرفیت بارجانبی  $Q$  برای هر طبقه معرفی می‌شود که با تعیین حدود برای این دو پارامتر می‌توان آسیب‌پذیری ساختمان‌ها را ارزیابی نمود.

**کلید واژه‌ها:** ارزیابی آسیب‌پذیری، ساختمان بتن‌آرمه، شاخص ظرفیت لرزه‌ای سازه‌ای، شاخص ظرفیت بارجانبی.

## ۱- مقدمه

و نیز نوع خاک زیر پی در مقدار آن تاثیر می‌گذارد. این ضریب شکل طیف زلزله طراحی را داشته و برای سه نوع از خاک داده شده است. مقدار آن توسط معادله زیر تعریف می‌شود:

$$(۲) \quad \left\{ \begin{array}{ll} R_t = 1.0 & \text{for } T < T_C \\ R_t = 1.0 - 0.2 \left( \frac{T}{T_C} - 1 \right)^2 & \text{for } T_C < T < 2T_C \\ R_t = 1.6 \frac{T_C}{T} & \text{for } 2T_C < T \end{array} \right.$$

$T_C$ : پیروید حاکم بر خاک زیرین (۴/۰) ثانیه برای ماسه سخت یا خاک شنی، ۶/۰ ثانیه برای دیگر خاکها و یا ۸/۰ ثانیه برای خاکهای آبرفتی یا خاکهای آلی و یا دیگر خاکهای نرم)،

$T$ : پیروید طبیعی یک ساختمان که توسط رابطه زیر بدست می‌آید:

$$(۳) \quad T = 0.02H$$

$H$ : ارتفاع کل ساختمان بتن مسلح بر حسب متر

هر ساختمانی علی‌رغم دقت‌های لازمی که در ساخت آن صورت می‌گیرد از ضریب ایمنی خاصی و یا در مقابل از ضریب آسیب‌پذیری بخصوصی برخوردار است. پس از آنکه متخصصان به اهمیت کنترل آسیب‌پذیری سازه‌ها پی بردند درصدد توسعه این مهم برآمدند. بدین ترتیب در دهه اخیر روشهای ارزیابی آسیب‌پذیری توسعه فراوانی یافته‌اند، بطوری که روشهای کمی متعددی در این رابطه مورد توجه قرار گرفته‌اند. در این روشها که بتدریج جایگزین روشهای تقریبی می‌شوند ساختمان با دقت و جزئیات بیشتری مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این مقاله یک روش ارزیابی آسیب‌پذیری مبتنی برآیین‌نامه ساختمانی ژاپن تشریح شده و تعدادی ساختمان بتنی انتخاب شده در سطح شهر ارومیه با روش مذکور مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند [۱].

## ۲- شاخص ظرفیت لرزه‌ای سازه‌ای ( $I_S$ )

اولین پارامتر اصلی معرفی شده در این روش شاخص ظرفیت لرزه‌ای سازه‌ای می‌باشد که با رابطه ۱ تعریف شده و خود متأثر از چند پارامتر دیگر است. این شاخص برای هر طبقه از ساختمان بطور جداگانه تعیین می‌شود و بدین ترتیب آسیب‌پذیری هر طبقه می‌تواند مستقلاً مورد ارزیابی قرار گیرد [۲].

(۱)

$$I_S = \frac{E_0}{F_{es} Z R_t}$$

$E_0$ : شاخص سازه‌ای هر طبقه (در ادامه تعریف می‌شود)  
 $Z$ : ضریب منطقه که از ۰/۷ تا ۱/۰ برای نواحی با لرزه‌خیزی مختلف متغیر است. مقادیر این ضریب بترتیب برای مناطق با لرزه‌خیزی کم ۰/۷، متوسط ۰/۸، زیاد ۰/۹، خیلی زیاد ۱ می‌باشد.

$R_t$ : ضریب مشخصات ارتعاشی

$F_{es}$ : ضریب وضعیت سازه‌ای که نشان‌دهنده توزیع سختی و جرم در هر طبقه است (در ادامه تعریف می‌شوند).

## ۲-۲- ضریب وضعیت سازه‌ای

ضریب وضعیت سازه‌ای  $F_{es}$ ، به منظور لحاظ کردن توزیع نامنظم سختی در ارتفاع سازه و همچنین خروج از مرکزیت مرکز جرم با مرکز سختی درپلان طبقه ساختمان در رابطه ۱ اعمال می‌شود. این ضریب از حاصلضرب دو فاکتور  $F_e$  و  $F_s$  که به ترتیب نامنظمی توزیع سختی در ارتفاع و خروج از مرکزیت مراکز جرم و سختی در طبقه می‌باشند، حاصل می‌شود.

(۴)

$$F_{es} = F_e F_s$$

منظم بودن توزیع سختی در ارتفاع سازه بوسیله نسبت صلیبیت  $R_S$  که توسط معادله ۵ در هر طبقه تعریف می‌شود، مورد قضاوت قرار می‌گیرد:

## ۲-۱- ضریب مشخصات ارتعاشی

ضریب مشخصات ارتعاشی هر سازه  $R_t$ ، پارامتری است که مقدار آن با تغییر پیروید طبیعی سازه تغییر می‌کند

می‌شود. شاخص سازه‌ای  $E_0$  بزرگترین دو مقدار زیر در نظر گرفته می‌شود [۱ و ۲]:

(۵)

$$R_s = \frac{r_s}{\bar{r}_s}$$

(۸)

$$E_0 = \frac{Q_U F_j}{W_i A_i}$$

(۹)

$$E_0 = \frac{\sqrt{(Q_1 F_1)^2 + (Q_2 F_2)^2 + (Q_3 F_3)^2}}{W_i A_i}$$

$Q_U$ : ماکزیمم ظرفیت حمل برش طبقه

$F_j$ : شاخص شکل‌پذیری گروه عضو  $j$  (جدول ۱)،

$W_i$ : بارهای مرده و زنده کل طبقه  $i$ ،

$Q_i$ : برش طبقه در طبقه  $i$ ،

$A_i$ : فاکتور نماینده توزیع قائم ضریب برش طبقه  $(\frac{Q_i}{W_i})$ ،

که توسط معادله ۱۰ بیان می‌شود:

(۱۰)

$$A_i = 1 + \left( \frac{1}{\sqrt{\alpha_i}} - \alpha_i \right) \frac{2T}{1+3T}$$

$\alpha_i = \frac{W_i}{W_1}$ : بارهای مرده و زنده ساختمان،

چنانچه عضو حامل بار بحرانی در طبقه‌ای موجود باشد، باید معادله ۸ در شکست عضو حامل بار بحرانی، محاسبه گردد.

### ۳- شاخص ظرفیت نیروهای جانبی

$q$ ، ظرفیت مقاوم نیروی جانبی توسط معادله ۱۱

تعریف می‌شود [۲ و ۳]:

(۱۱)

$$q = \frac{Q_U}{F_{es} W_i Z R_t A_i S_t}$$

$S_t$ : کمترین ضریب برش پایه مورد نیاز برابر ۰/۳ می‌باشد. بقیه پارامترهای مورد استفاده در این رابطه قبلا معرفی شده‌اند.

$r_s$ : تغییر مکان نسبی در هر طبقه تحت نیروهای زلزله و  $\bar{r}_s$ : مقدار میانگین  $r_s$  ها در همه طبقات می‌باشد. فاکتور  $F_s = 0$  برای  $R_s \geq 0.6$ ، مساوی ۱/۰ و برای  $0 < R_s < 0.6$  با درونیابی بدست می‌آید.

نسبت خروج از مرکزیت  $R_e$  توسط معادله ۶ بصورت نسبت خروج از مرکزیت  $e$  بین مرکز جرم و مرکز سختی به شعاع الاستیک  $r_e$  سختی در طبقه تعریف می‌شود:

(۶)

$$R_e = \frac{e}{r_e}$$

مرکز جرم از تاثیر نیروهای محوری ستون‌های تحت بارهای ثقلی تعیین می‌شود. مرکز سختی نیز به منظور نشان دادن محل برآیند سختی جانبی اعضای قائم تعیین می‌گردد. سختی جانبی عضو قائم بصورت نسبت برش به تغییر مکان جانبی میان طبقه عضو تحت نیروهای زلزله طرح می‌باشد.

شعاع الاستیک  $r_e$  در جهت X پلان بصورت مجذور مربعات نسبت مقاومت پیچشی به مجموع مقاومت جانبی تعریف می‌شود:

(۷)

$$r_e = \sqrt{\frac{\sum K_X Y^2 + \sum K_Y X^2}{\sum K_X}}$$

$K_X$  و  $K_Y$ : سختی جانبی عضو قائم در فاصله  $X$  و  $Y$  در جهت‌های  $x$  و  $y$  از مرکز سختی، فاکتور  $F_e$  برای  $R_e \leq 0.15$  مساوی ۱/۰، برای  $R_e \geq 0.3$  مساوی ۱/۵ و برای مقادیر  $0.15 < R_e < 0.3$  از درونیابی بدست می‌آید.

### ۳-۲ شاخص سازه‌ای

ستونها و دیوارهای سازه‌ای هر طبقه به سه گروه توسط شاخص ظرفیت شکل‌پذیری  $F$  مطابق با مود شکست آنها که در جدول ۱ داده شده است، طبقه‌بندی

جدول ۱- شاخص شکل پذیری اعضا مطابق آیین نامه [۱]

مقدار $F_j$	مود شکست ستونها و دیوارها
۳/۵	ستونهای با شکل پذیری زیاد بدون خطر شکست برشی
۳/۵	ستونهای واقع در قاب باشکل پذیری بالا
۲/۴	ستونهای شکل پذیر بدون احتمال شکست برشی
۲/۰	ستونهای متصل به سازهتیرها با احتمال شکست در برش
۱/۳	ستونهای با شکل پذیری کم اما بدون احتمال شکست برشی
۱/۳	ستونهای با شکل پذیری کم با احتمال شکست برشی
۱/۰	ستونهای شکننده با احتمال شکست برشی
۳/۵	دیوارهای سازه ای واژگون شونده در پایه تحت نیروی جانبی
۲/۵	دیوارهای سازه ای با شکل پذیری بالا بدون خطر شکست برشی
۱/۳	دیوارهای سازه ای با احتمال شکست برشی

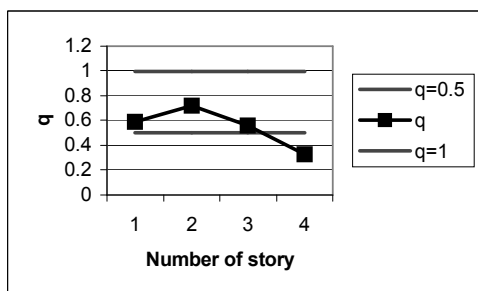
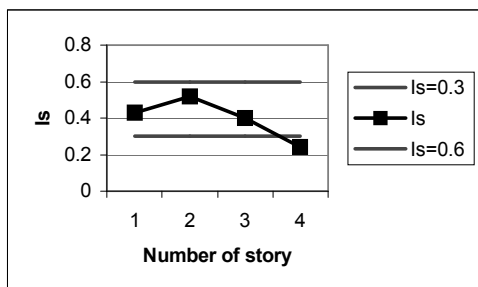
ساختمانها تعیین و نتایج در شکلهای ۱ الی ۸ ارائه شده است.

همانطور که از نمودارهای شکل ۱ مشخص است طبقه چهارم (فوقانی) در محدوده تمایل به شکست و سایر طبقات ساختمان در محدوده احتمال شکست واقع شدهاند. ضمناً از نمودارهای این ساختمان ملاحظه می‌گردد که طبقه دوم ساختمان نسبت به طبقه اول آن آسیب‌پذیری کمتری دارد.

نمودارهای اشکال ۲ الی ۵ که نشان دهنده آسیب‌پذیری ساختمان‌های دوم و ششم تا هشتم هستند، که به دلیل مشابهت در کنار هم آمده‌اند. این اشکال نشان دهنده این است که آسیب‌پذیری طبقات به سمت طبقات فوقانی افزایش می‌یابد. در این ساختمانها نیز طبقات فوقانی در محدوده تمایل به شکست قرار دارند. ضمناً هیچ طبقه ای در محدوده مصون از شکست واقع نشده است.

جدول ۲- ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای [۲ و ۳]

شاخص ظرفیت لرزه‌ای سازه‌ای و شاخص ظرفیت نیروی جانبی	ارزیابی آسیب پذیری
$I_S < 0.3$ یا $q < 0.5$	تمایل به شکست
بقیه موارد	احتمال شکست
$I_S > 0.6$ و $q > 1$	مصون از شکست

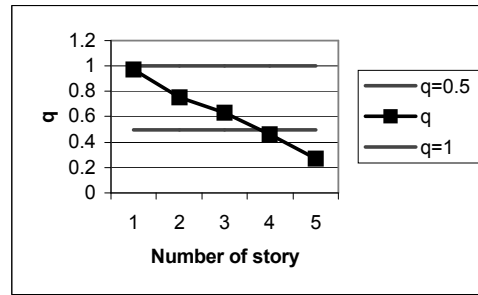
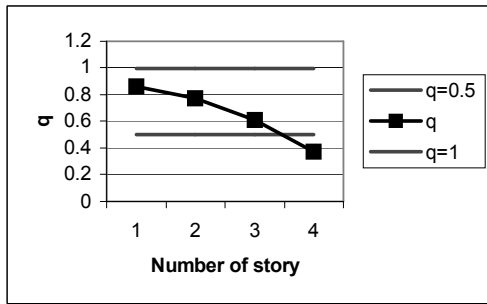
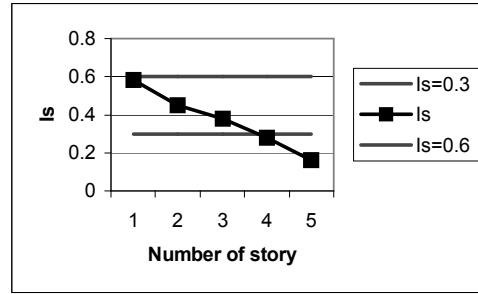
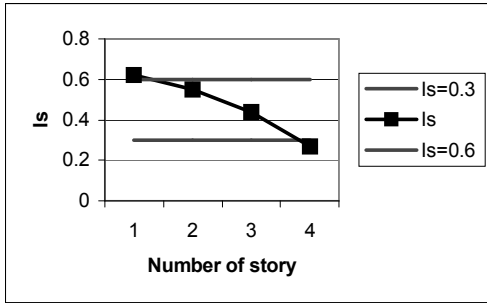


شکل ۱- ارزیابی آسیب‌پذیری مربوط به ساختمان اول

آسیب‌پذیری لرزه‌ای هر طبقه توسط پارامترهای  $I_S$  و  $q$  ارزیابی می‌شود که در جدول ۲ نشان داده شده است. همانطور که از جدول مذکور پیداست زمانی سازه ایمن قلمداد می‌شود که شاخص ظرفیت لرزه‌ای  $I_S$  بزرگتر از  $0.6$  و شاخص ظرفیت نیروی جانبی  $q$  هر طبقه نیز بزرگتر از  $1.0$  باشد.

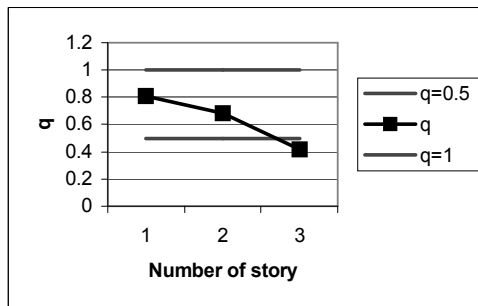
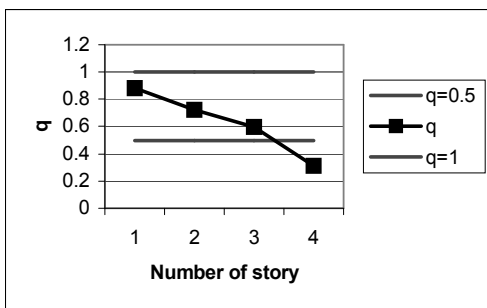
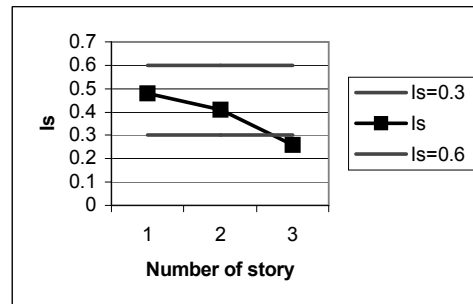
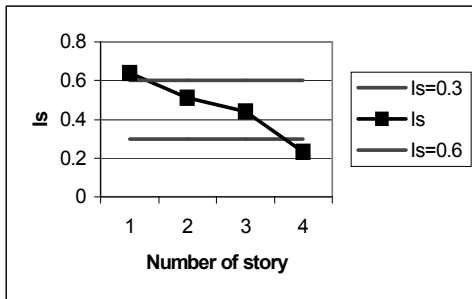
#### ۴- ارزیابی آسیب پذیری ساختمان های بتنی

به منظور ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌های بتنی، تعداد ۸ ساختمان بتن آرمه در نقاط مختلف شهر ارومیه انتخاب گردید که اکثر این ساختمانها مسکونی و در دو مورد ساختمان اداری بودند، اطلاعات دقیقتر در مرجع [۴] قابل دسترس است. پس از ارزیابی ساختمان‌های انتخاب شده با روش مذکور پارامترهای  $I_S$  و  $q$  برای تمام طبقات



شکل ۴- ارزیابی آسیب پذیری مربوط به ساختمان هفتم

شکل ۲- ارزیابی آسیب پذیری مربوط به ساختمان دوم

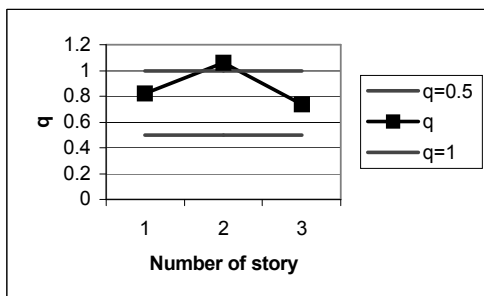
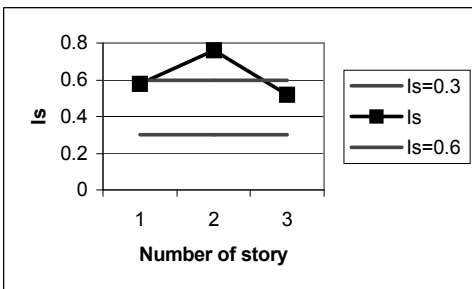


شکل ۵- ارزیابی آسیب پذیری مربوط به ساختمان هشتم

شکل ۳- ارزیابی آسیب پذیری مربوط به ساختمان ششم

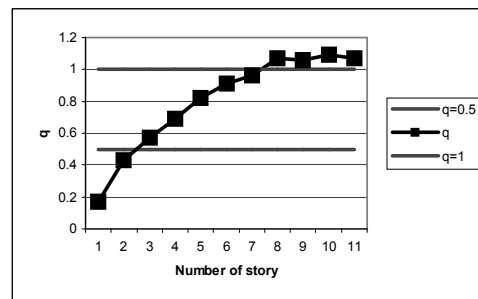
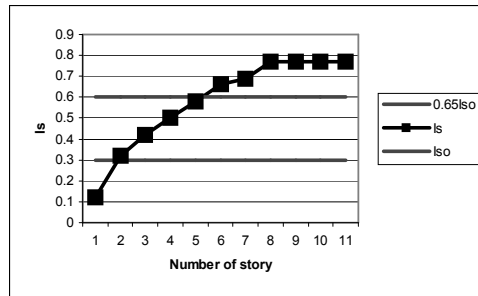
نمودارهای شکل ۶ گویای این مطلب است که آسیب‌پذیری طبقات به سمت طبقات فوقانی کاهش می‌یابد. در این ساختمان طبقات تحتانی در محدوده تمایل به شکست و طبقات میانی در محدوده احتمال به شکست و طبقات فوقانی در محدوده مصون از شکست قرار دارند. با توجه به حساسیت طبقات پایین تر که روی پایداری مجموعه سازه تاثیر اساسی دارد لذا این ساختمان را می‌توان جز ساختمانهای در محدوده تمایل به شکست منظور نمود. نمودارهای شکل ۷ گویای این مطلب است که تمام طبقات ساختمان در محدوده تمایل به شکست قرار دارد و ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان مذکور، با هر دو روش وضعیت بحرانی را برای این سازه پیش بینی می‌کند. نمودارهای شکل ۸ وضعیت بهتری را نسبت به ساختمانهای دیگر نشان می‌دهند. طبقه دوم این ساختمان در محدوده ایمن و طبقات اول و سوم در محدوده احتمال شکست قرار دارند.

نکته قابل توجهی که در این نمودارها شایان ذکر می‌باشد این است که علی‌رغم متفاوت بودن شیوه تعیین دو شاخص  $I_s$  و  $q$  نتایج مربوط برای هر ساختمان واحد با دو شاخص مذکور مشابه می‌باشد و در هیچ ساختمانی تناقضی بین نتایج دو روش وجود ندارد.

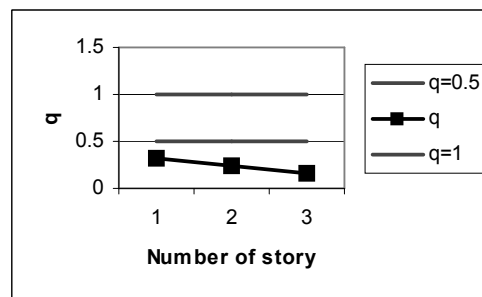
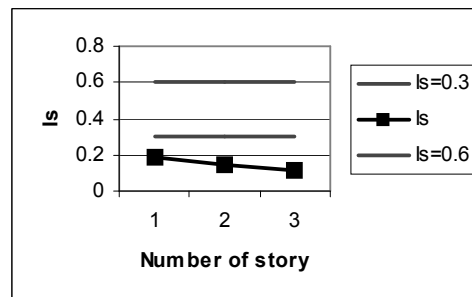


شکل ۸- ارزیابی آسیب پذیری مربوط به ساختمان پنجم

## ۵- نتایج و پیشنهادات



شکل ۶- ارزیابی آسیب پذیری مربوط به ساختمان سوم



شکل ۷- ارزیابی آسیب پذیری مربوط به ساختمان چهارم

International Workshop on  
Commemoration of Chi-Chi,  
Eartquake, Taipei, Taiwan, September  
2000.

[۴] جوادین، سیدادریس، "ارزیابی آسیب پذیری  
ساختمانهای بتنی مسلح در ارومیه،" پایاننامه کارشناسی  
ارشد، دانشگاه ارومیه، ایران، ۳۸۳.

۱- در هیچ ساختمانی شاخص‌های ظرفیت لرزه‌ای  
سازه‌ای و ظرفیت نیروی جانبی تمام طبقات با عنایت به  
آیین‌نامه بکار گرفته شده در محدوده ایمن قرار ندارد. در  
حالی‌که در یک مورد این شاخص‌ها در تمام طبقات در  
محدوده شکست واقع شده است.

۲- در اکثر ساختمان‌ها شاخص‌های  $I_s$  و  $q$  از  
طبقات پایین به سمت بالا سیر نزولی دارد به عبارتی  
طبقات فوقانی در این ساختمان‌ها آسیب‌پذیرتر از طبقات  
میانی و تحتانی هستند.

۳- در اکثر ساختمان‌ها شاخص‌های  $I_s$  و  $q$   
طبقات در محدوده احتمال شکست قرار دارند. فقط بعضی  
طبقات در وضعیت تمایل به شکست که وضعیت  
خطرناکتری است قرار دارند.

۴- در اکثر ساختمان‌ها (۶ مورد) شاخص‌های  $I_s$  و  
 $q$  در حداقل یک طبقه که عمدتاً طبقه فوقانی می‌باشد در  
محدوده شکست قرار دارند و این گویای وضعیت بحرانی  
طبقات فوقانی می‌باشد.

۵- در یک نتیجه‌گیری کلی، روشهای ارزیابی  
ارائه شده در مقاله حاضر برای ساختمان‌های انتخاب شده  
وضعیت مطلوبی را گزارش نمی‌کند. این درحالیست که  
اکثر این ساختمان‌ها نوساز بوده و هنوز هیچ زلزله یا هر  
حادثه طبیعی دیگری را تجربه نکرده‌اند. بدیهی است که  
در صورت رخداد چنین وقایعی احتمال وقوع وضعیت  
بحرانی برای این ساختمان‌ها وجود خواهد داشت. این  
موضوع حاکی از ضرورت توجه و عنایت بیشتری روی  
رعایت اصول طراحی و اجرا از طرف مهندسين و مسئولین  
مربوطه می‌باشد.

## ۶- مراجع

[1] Japan Association for Building  
Disaster Prevention, "Standard for  
Seismic Capacity Assessment of  
Existing Reinforced Concrete  
Buildings (in Japanese)," 1977.

[2] Shunsuke OTANI, "Seismic  
Vulnerability Assessment of  
Reinforced Concrete Building,"  
Journal Faculty of Engineering,  
University of Tokyo, Series B, Vol.  
XLVII, October 2000, pp. 5-28.

[3] Shunsuke OTANI, "Seismic  
Vulnerability Assessment Methods for  
Building in Japan," Proceeding,

# Quantitative assessment of vulnerability of reinforced concrete buildings in Urmia

**Mohammad-Ali Lotfollahi-Yaghin**

Assistant Professor, Urmia University  
[ma.lotfollahi@mail.urmia.ac.ir](mailto:ma.lotfollahi@mail.urmia.ac.ir)

**S. Idriss Javadein**

Postgraduate Student, Urmia University  
[javadein2000@yahoo.com](mailto:javadein2000@yahoo.com)

According to non-existence of accurate inspection tools on various steps of design and construction of buildings in the past, also due to any change in function of some structures and finally of seismic activities of residential regions of the country, vulnerability assessment of existing structures is necessary. Evaluation of vulnerability of the structures is classified in two categories, qualitative and quantitative methods. In qualitative methods, the vulnerability of the structures is investigated exactly and in details. In this paper a quantitative method based on Japanese structural code is used to evaluate the vulnerability of a few concrete buildings in Urmia city. In this method, two parameters named structural seismic capacity index  $I_S$  and lateral load capacity index  $q$  are introduced for each story. Then, by determining limitation for these two parameters the vulnerability of the buildings can be assessed.

**Keywords:** vulnerability Assessment, Reinforced Concrete Buildings, structural seismic capacity index, lateral load capacity index .