



**VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA DEGLI  
EDIFICI DEL COMPLESSO OSPEDALIERO  
S. GIOVANNI DI DIO IN C.da CONSOLIDA  
AD AGRIGENTO**

**ADEGUAMENTO SISMICO D.M. 14/01/2008  
LOTTO 1**



**PROGETTO DI CONSOLIDAMENTO DEGLI EDIFICI  
DEL BLOCCO DIAGNOSI E TERAPIE**

*(Progetto riformulato a seguito del parere del C.S.LL.PP. 54/2012 del 09/10/2012)*

*Parere positivo di fattibilità L.64/74 per adeguamento sismico secondo D.M. 14/01/2008 rilasciato  
dall'Ufficio del Genio Civile di Agrigento, prot. n. 190411 del 30/05/2013*

TAVOLA	ELABORATO
<b>SGH-S1-5-3</b>	<b>RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA</b>

<i>Committente</i> Azienda Sanitaria Provinciale di Agrigento (ASP1)  Il Direttore Generale	<i>Impresa</i>	<i>Progetto</i> Prof. Ing. Giuseppe Giambanco <i>Consulente dell'Assessorato per la Sanità della Regione Siciliana</i> <i>Collaboratori</i> Ing. Domenico Anello Ing. Valentina Messina
---	----------------	--

<i>Data</i> Gennaio 2012	<i>Aggiornamento</i> Dicembre 2012 Aprile 2013	
-----------------------------	--	--

## INDICE

1. PREMESSA
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO
3. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

## 1. PREMESSA

La presente relazione specialistica sulla modellazione sismica è parte integrante del progetto di consolidamento strutturale del complesso ospedaliero S.Giovanni di Dio di Agrigento, affidato allo scrivente nell'anno 2011. Gli interventi di consolidamento riguarderanno in particolare alcuni pilastri del piano cantinato dell'edificio 7 (intervento locale di risanamento), appartenenti al blocco degenze, e i corpi scala-ascensore degli edifici del blocco diagnosi e terapie (adeguamento sismico).

Nel maggio 2013 l'ASP 1 di Agrigento, in qualità di committente, ha deciso per questioni di urgenza di suddividere i lavori in due fasi temporali. La prima fase, a cui il presente progetto esecutivo si riferisce, riguarderà i lavori di adeguamento di un primo lotto costituito dal solo corpo C. In una seconda fase si procederà ai lavori sul secondo lotto costituito dai corpi A, B e D, oggetto di adeguamento sismico, e dall'edificio 7, all'interno del quale si interverrà per il risanamento locale di alcuni pilastri in c.a. siti al piano cantinato.

L'individuazione degli elementi strutturali su cui intervenire è avvenuta nell'ambito dell'incarico di valutazione della sicurezza della struttura del complesso ospedaliero affidato nel 2010 al Prof. Ing. Mauro Dolce (ordinario di Tecnica delle Costruzioni) e al Prof. Ing. Giuseppe Giambanco (ordinario di Scienza delle Costruzioni), il primo in qualità di Direttore dell'Ufficio Valutazione, Prevenzione e Mitigazione del Rischio Sismico del Dipartimento della Protezione Civile e il secondo in qualità di Consulente dell'Assessorato per la Sanità della Regione Siciliana.

Il progetto di adeguamento sismico ha imposto la definizione di un modello strutturale che rispecchiasse la configurazione attuale degli edifici, nella geometria, nella caratteristiche meccaniche degli elementi che la compongono e nelle azioni agenti su di essa.

Nei prossimi paragrafi verranno delineate le scelte fatte per valutare la “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione del complesso ospedaliero ai sensi della normativa vigente.

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.M. 14.01.2008 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”;
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Circolare 2.02.2009, n. 617, *Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al D.M. 14.01.2008.*

### **3. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE**

Per la definizione dell'azione sismica, le indicazioni presenti nel D.M.14.01.2008 prevedono di utilizzare al meglio le possibilità offerte dalla definizione di pericolosità sismica italiana, recentemente prodotta e messa in rete dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). L'azione sismica è ora valutata in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido a superficie orizzontale, non riferendosi più ad una zona sismica territorialmente coincidente con più entità amministrative, ad un'unica forma spettrale e ad un periodo di ritorno prefissato ed uguale per tutte le costruzioni, come avveniva in precedenza, bensì sito per sito e costruzione per costruzione.

Tale approccio dovrebbe condurre in media ad una significativa ottimizzazione dei costi delle costruzioni antisismiche, a parità di sicurezza.

L'azione sismica sulla costruzione deve essere, quindi, valutata a partire da una "pericolosità sismica di base" del sito. La "pericolosità sismica di base", nel seguito chiamata semplicemente pericolosità sismica, costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A come definito in seguito), nonchè di ordinate di spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenze  $P_{VR}$ , nel periodo di riferimento  $V_R$ .

La pericolosità sismica in un generico sito viene descritta in modo da renderla compatibile con il D.M. 14.01.2008 ed è dotata di un sufficiente livello di dettaglio sia in termini geografici che in termini temporali infatti, i risultati dello studio di pericolosità sono forniti:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima  $a_g$  e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi del D.M. 14.01.2008, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale;
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km);
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno  $T_R$  ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi.

In un quadro operativo più dettagliato si fa riferimento a quattro stati limite per l'azione sismica: due per gli SLE (Stato Limite di Danno e Stato Limite di immediata Operatività) e due per gli SLU (Stato Limite di salvaguardia della Vita e Stato Limite di prevenzione del collasso).

I quattro stati limite così definiti, consentono di individuare quattro situazioni diverse che, al crescere progressivo dell'azione sismica, ed al conseguente progressivo superamento dei quattro stati limite ordinati per azione sismica crescente (**SLO**, **SLD**, **SLV**, **SLC**), fanno corrispondere una progressiva crescita del danneggiamento all'insieme di struttura, elementi non strutturali ed impianti, per individuare così univocamente ed in modo quasi "continuo" le caratteristiche prestazionali richieste alla costruzione.

In particolare l'opera è stata progettata in modo da garantire la sicurezza nei confronti di:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del sisma la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali. La costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, nei modi chiaramente precisati dal D.M. 14.01.2008, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presenti nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/> e, come già detto, dipende anche dalle coordinate geografiche del sito in esame.

Nel caso specifico, sono stati utilizzati i seguenti parametri:

- Vita nominale  $V_N = 100$  anni;
- Classe d'uso IV (*costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti*);
- Periodo di riferimento per l'azione sismica  $V_R = 200$  anni;
- Stato limite di esercizio nei confronti delle azioni sismiche: SLO (Stato Limite di Operatività);

- Stato limite ultimo nei confronti delle azioni sismiche: SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita);
- SLO: probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $V_R$ :  $P_{VR} = 81\%$ , periodo di ritorno 60 anni;
- SLV: probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $V_R$ :  $P_{VR} = 10\%$ , periodo di ritorno 950 anni;
- Coordinate geografiche del sito:

Lon.  $13^{\circ}.6073$

Lat.  $37^{\circ}.3526$

da cui è possibile ricavare i seguenti parametri relativi al sito di riferimento rigido orizzontale:

#### *SLO (Stato Limite di Operatività)*

- $a_g/g = 0.037$  accelerazione orizzontale massima al suolo;
- $F_0 = 2.49$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c^* = 0.305$  s spettro in accelerazione orizzontale.

#### *SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita)*

- $a_g/g = 0.085$  accelerazione orizzontale massima al suolo;
- $F_0 = 2.73$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c^* = 0.497$  s periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Le condizioni del sito di riferimento rigido, come già accennato, non corrispondono a quelle effettive, di conseguenza si è tenuto conto delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera ed anche dalle condizioni topografiche, poiché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale.

La categoria di sottosuolo è stata individuata a seguito della misura della velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$  (per maggiori dettagli si rimanda alla Relazione Geologica) nel tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle

proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{SPT,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

Le condizioni topografiche, considerate semplici nel caso specifico, sono state individuate nella categoria T1: *Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ .*

Le strutture verificate appartengono alla classe di duttilità B (bassa).

Sulla base di questi dati è stato possibile ricavare i coefficienti necessari per la determinazione dello spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali, sia per il caso di SLO che per il caso di SLV.

In particolare, per entrambe le probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$  considerate, lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è stato definito dalle seguenti espressioni:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

nelle quali:

$T$  è il periodo di vibrazione;

$S_e$  è l'accelerazione spettrale orizzontale;

$S$  è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione  $S = S_s S_T$  in cui  $S_s$  è il coefficiente di amplificazione stratigrafica pari a 1.5 e  $S_T$  il coefficiente di amplificazione topografica, nel caso in esame entrambi pari a 1;

$\eta$  è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali diversi dal 5%, mediante la relazione:

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0,55$$

dove  $\xi$  (5%) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;

$F_o$  è il fattore che qualifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido, determinato secondo l'Allegato A del D.M. 14.01.2008;

$T_c$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, determinato mediante la relazione  $T_c = C_c T_c^*$ , dove  $T_c^*$  è definito dall'Allegato A del D.M. 14.01.2008 e  $C_c$  è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo pari a 1 per la categoria A;

$T_B$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante, determinato mediante la relazione  $T_B = T_c / 3$ ;

$T_D$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro,

$$T_D = 4,0 \cdot \frac{a_g}{g} + 1,6$$

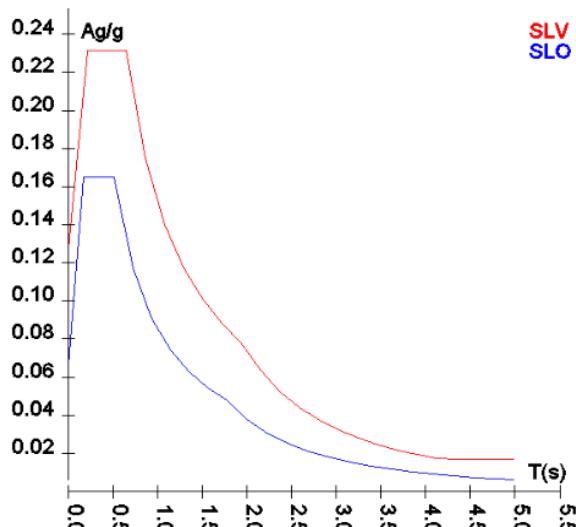
espresso in secondi mediante la relazione:

Sulla struttura è stata effettuata l'analisi dinamica modale con spettro di risposta e fattore di struttura  $q$  (C8.7.2.4).

In questa modalità di analisi lo spettro di risposta elastico viene trasformato in spettro di progetto riducendo le ordinate del fattore di struttura.

Trattandosi di costruzioni esistenti il valore di quest'ultimo deve essere compreso nell'intervallo  $1.5 \div 3.0$  a seconda della tipologia dell'edificio e del tipo di meccanismo rispetto al quale si effettua la verifica. Gli edifici del blocco diagnosi e terapia hanno ossatura in acciaio e nuclei irrigidenti in calcestruzzo armato e si è scelto di adottare prudenzialmente un fattore di struttura sempre pari a  $q=1.5$  sia per i meccanismi duttili che fragili.

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente orizzontale viene riportato in Figura 1. L'azione sismica è stata, infine, combinata con le altre azioni nel rispetto di quanto indicato dal D.M. 14.01.2008, come specificato nella Relazione di Calcolo del presente progetto.



**Figura 1:** Spettro elastico in accelerazione della componente orizzontale

Palermo, Giugno 2013

Il Progettista delle Strutture  
Prof. Ing. Giuseppe Giambanco