

## Risposte del Progetto DPC\_INGV S5 al rapporto revisori di agosto 2006

Alcune delle osservazioni dei revisori sul Progetto S5 sembrano riferirsi a affermazioni o ipotesi che non sono state espresse nella riunione di Roma del 15-16 giugno, e che non sono nemmeno contenute nella relazione di progetto del 1° anno.

In dettaglio:

1.: Scrive il CR “*S5 ha scelto di concentrare l'attenzione su Dmax a 10 secondi, assumendo una forma spettrale semplificata con uno spettro piatto tra 3 e 10 secondi per misurare Dmax(10), allo scopo di evitare le complessità dello spettro di spostamento e gli effetti di sorgente per periodi più corti. Il CR apprezza le ragioni della scelta di uno spettro semplificato, ma ritiene questa procedura artificiale e potenzialmente pericolosa, e sollecita S5 a testare anche forme spettrali più realistiche, per varie motivazioni:*

*- L'assunzione di uno spettro piatto assegna una grande importanza al periodo di flesso, che qui viene assunto costante e indipendente dalla magnitudo, laddove il periodo scelto (3 sec) è sicuramente troppo corto per eventi di maggiori dimensioni.”*

Non si è mai sostenuto che l'approssimazione a ordinata costante dello spettro di spostamento (SRS) debba iniziare a un periodo di 3 s. Si è anzi più volte affermato nell'esposizione orale che il valore del periodo d'angolo (o flesso)  $T_D$ , se tale parametro verrà mantenuto, sarà lasciato libero di variare, risultando determinato dall'analisi probabilistica della pericolosità. Si è solo considerato a titolo di esempio un valore di 3-4 s per tracciare il tratto a ordinata costante. Inoltre, l'approssimazione bilineare per lo spettro di spostamento non è una scelta definitiva del progetto: è stato affermato a voce e per iscritto che in ogni caso, anche a fini di validazione, verranno prodotti per tutti i siti degli SRS probabilistici a pericolosità uniforme (PU). Al momento di scrivere queste note essi sono già stati ricavati per numerosi siti italiani, per diverse classi di suolo e per diversi fattori di smorzamento. Si ricorda sommessa al CR (quasi tutto presente alla recente Conferenza di Ginevra) l'enfasi posta per le applicazioni ingegneristiche sulla approssimazione bilineare dello SRS e su  $T_D$  (e relativa dipendenza dalla magnitudo) nella conferenza di apertura da N. Priestely, sicuramente uno dei più autorevoli artefici del metodo di progettazione agli spostamenti.

2.: “*L'effetto delle amplificazioni di sito può essere molto rilevante a periodi di 1-5 secondi, e viene mediato dalla forma spettrale imposta; ciò può portare ad una sovrastima di Dmax(10) anche molto significativa in presenza di picchi spettrali a periodi più corti, come si è visto dai risultati presentati.*

Non è ben chiaro a quali risultati si riferisca il CR, giacché ad es. nella Fig. 5 e Fig. 22 della relazione annuale appare ben chiara la presenza dei picchi di amplificazione a periodi di 1-3 s, e non si parla di volere “imporre” una forma spettrale. Nelle ultime slides presentate, sulla risposta sismica della valle di Gubbio, si è sottolineato come la presenza di un picco molto marcato a 3 s non sia trattabile con una approssimazione bilineare, e che alle valli del tipo in questione e ai suoli di classe D non si può applicare un fattore di amplificazione costante. Il problema vero qui sembra essere un altro: quanto messo in luce sugli effetti di sito da S5 (grazie a un database molto numeroso e di qualità elevata, anche come documentazione delle caratteristiche dei siti) costringerebbe a introdurre modifiche rilevanti nella regione dei periodi 0-2 s, e a cambiare anche la dipendenza dello spettro di accelerazione dalla classe di suolo nell'Eurocodice, e nelle norme italiane.

3.: “*Nonostante sia riconosciuto che Dmax è un parametro più appropriato per la parte di lungo periodo dello spettro, la forma proposta dello spettro in termini di Dmax non è compatibile con lo costruzione dello spettro in accelerazione in termini di Amax. Il CR suggerisce di*

*adottare una formulazione dello spettro che permetta di definire la parte a corto periodo in termini di  $A_{max}$  e quindi di ottenere spettri compatibili in accelerazione e spostamento.”*

L'affermazione dei revisori lascia perplessi giacché, come scritto nella relazione annuale a p.15, l'approssimazione bilineare è stata definita per  $T < T_D$  in base alla relazione pseudospettrale, ovvero da:

$$\begin{aligned} \text{per } T < T_c & \quad \text{SRS è trascurabile} \\ \text{per } T_c < T < T_D & \quad \text{SRS} = a_g \cdot S \cdot 2.5 \cdot \frac{T_c T}{(2\pi)^2} \\ \text{per } T > T_D & \quad \text{SRS} = D_{10} \end{aligned}$$

Pertanto, poiché  $a_g = A_{max}$ , fino a  $T_D$  la costruzione dello spettro di spostamento è perfettamente compatibile con quello di accelerazione. Secondo gli strutturisti (M. Calvi), il valore di SRS non dovrà mai scendere sotto una soglia minima (2-3 cm), anche per  $T = 0$ . Anche qui, il problema più sostanzioso è un altro: nell'intervallo tra  $T_c$  e  $T_D$  lo spettro di accelerazione è molto conservativo mediamente rispetto agli spettri reali, e quindi anche il tratto crescente di SRS, nell'approssimazione bilineare, è molto conservativo.

3.: “*Per i calcoli di displacement-based design, gli spettri di spostamento devono essere calcolati non solo a lungo periodo, ma anche per vari livelli di smorzamento; l'introduzione di fattori di scala è inadeguata, in quanto lo scaling dipende dalla durata*”.

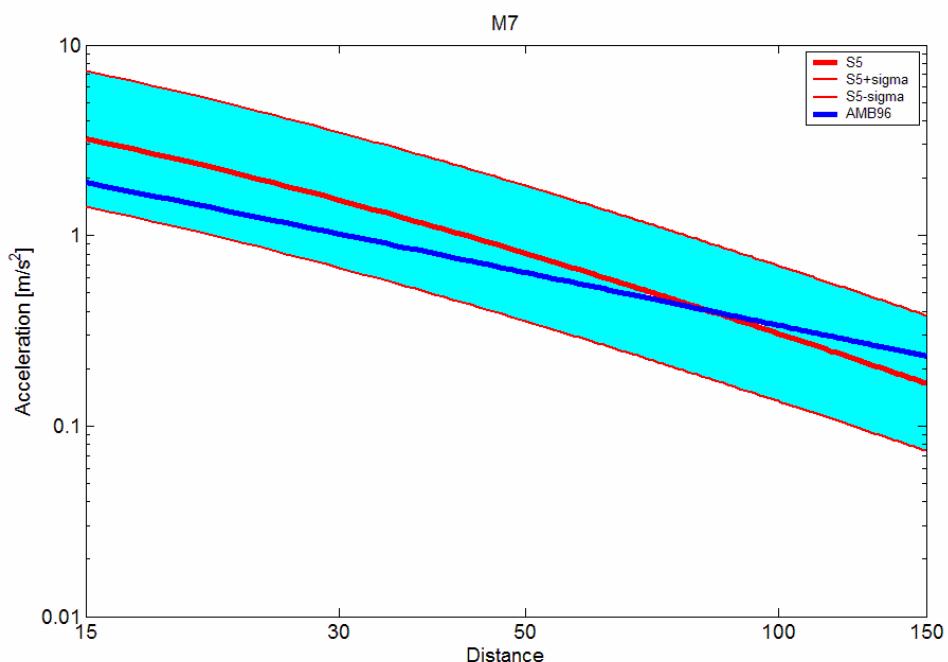
I coordinatori del progetto conoscono l'articolo di Bommer e Mendis e la loro argomentazione circa la variazione del fattore di smorzamento all'aumentare del numero di cicli significativi del moto, e quindi dalla magnitudo. La dipendenza dello SRS dal fattore di smorzamento (maggiore di 0.05) è stata analizzata con sistematicità dopo la riunione del 15.06, calcolando le relazioni di attenuazione delle ordinate spettrali sovrasmorzate in funzione di magnitudo, distanza e condizioni di sito per tutto il database di S5. In sintesi, come risultato preliminare, si conferma che vanno bene i fattori di riduzione ( $\eta$ ) EC8 fino a  $T = 7$  s, e si ha poi un aumento di tali fattori in funzione del periodo, fino a raggiungere il valore 1 a periodo di circa 22s.

4.: “*Pur riconoscendo la difficoltà del compito (già identificata nella prima revisione) il CR non è ancora convinto della robustezza del metodo proposto per stabilizzare la doppia integrazione e per il calcolo dello spostamento statico (basato su una correzione di baseline tri-lineare, introducendo un filtro di ignote caratteristiche spettrali) e raccomanda ulteriori sperimentazioni e verifiche con dati dati BB e SM da stazioni co-locate. Il possibile contributo all'incertezza aleatoria nei modelli di attenuazione per  $D_{max}$  dovute alle procedure di processamento deve essere stimato.*

I coordinatori del Progetto hanno scritto chiaramente nella loro relazione che le diversità tra le serie temporali di spostamento ottenute con metodi diversi di correzione non sono eliminabili, e che pertanto la variabilità dell'ordinata spettrale a 10 s ( $D_{10}$ ) derivante dall'uso di diverse procedure di integrazione deve essere definita accuratamente. Per raggiungere questo obiettivo si è fatto uso di 4 tecniche diverse (e non dalla sola correzione di baseline tri-lineare come scritto dal CR). Il risultato importante, ampiamente ribadito nella relazione, è che, a fronte di variazioni enormi nelle forme d'onda di spostamento, la variabilità dei valori di  $D_{10}$  risultanti dalle diverse procedure oscilla tra il 15% e il 18%, ed è di gran lunga inferiore alla variabilità intrinseca del dato che è risultata pari al 43%.

5.: “Infine, l’utilizzo esclusivo di dati accelerometrici di alta qualità è molto apprezzato dal CR, ma porta inevitabilmente ad una predominanza di dati provenienti da Taiwan e Giappone, con la conseguenza che risulta molto difficile (se non impossibile) verificare la validità dei modelli proposti per le condizioni europee e italiane. Il CR esorta S5 ad espandere la base di forme d’onda includendo anche registrazioni sismometriche da stazioni BB (con il vantaggio aggiuntivo di una singola integrazione)”.

Non vi sono dati di Taiwan nel database di S5, ma in prevalenza del Giappone escludendo però eventi di subduzione e comunque con profondità  $> 30$  km. A titolo di verifica parziale di compatibilità, si osservi come la relazione di attenuazione dell’accelerazione orizzontale di picco di Ambraseys et al. (1996) ricada nella fascia  $m \pm 1\sigma$  di quella ricavata dal database di S5 (in cui si sono introdotte le debite modifiche per tener conto della differente definizione della distanza).



Le differenze che si notano sono delle stesso ordine di quelle tra Ambraseys et al. e Sabetta e Pugliese (1996), sempre per quanto riguarda l’accelerazione di picco.

6.: “Il CR esorta S5 ad espandere la base di forme d’onda includendo anche registrazioni sismometriche da stazioni BB (con il vantaggio aggiuntivo di una singola integrazione).”

Il progetto ha fatto notevolissimi sforzi per ottenere dati BB rappresentativi di terremoti strong motion, ma – a parte le registrazioni INGV di eventi M4, utilizzate nella relazione – i soli dati significativi reperiti sono quelli dei terremoti messicani registrati anche da accelerometri nello stesso sito. Poiché per le applicazioni strutturali sono di interesse solo spostamenti spettrali di almeno 2-3 cm, non appare facilmente praticabile la raccomandazione del CR.

