

COMUNE DI MONOPOLI

PROVINCIA DI BARI

RECUPERO IDROGEOLOGICO DEI SOTTOPASSI FERROVIARI

- PROGETTO ESECUTIVO - 1° stralcio
Sistemazione via Arenazza



PROGETTAZIONE:

Studio Romanazzi - Boscia e Associati S.r.l.

Prof. Ing. Eligio ROMANAZZI (Direttore Tecnico)

Dott. Ing. Giovanni F. BOSCIA (Direttore Tecnico)

Dott. Ing. Sebanino GIOTTA

Dott. Ing. Fabio PACCAPELO

IL R.U.P.:

Geom. Marino MUOLO

ALLEGATO

Relazione tecnica generale di calcolo statico

A.5.1

AGG.

00 Elaborazione progetto esecutivo 1° stralcio
01 Integrazioni richieste con nota R.F.I. n.13/0000122 del 11/01/2013
02 Rielaborazione a seguito di richiesta FF.S 18/06/2015
03 Emesso per consegna finale

DATA

Maggio 2012
Febbraio 2013
Giugno 2015
Novembre 2015

SCALA

SOMMARIO

1. PREMESSA.....	2
2. DESCRIZIONE SINTETICA DEGLI INTERVENTI	3
2.1. MANUFATTO DI TRATTAMENTO ACQUE DI PRIMA PIOGGIA - GRIGLIATURA.....	3
3. NORMATIVE ADOTTATE	4
4. ANALISI DEI CARICHI.....	5
4.1. MANUFATTO DI TRATTAMENTO ACQUE DI PRIMA PIOGGIA - GRIGLIATURA.....	5
4.2. PRESSIONE LATERALE DEL TERRENO	6
5. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI	8
5.1. PRESCRIZIONI ACCIAIO PER CALCESTRUZZO	8
5.2. PRESCRIZIONI PER IL CALCESTRUZZO	8
6. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE (COMUNE DI MONOPOLI)	10
7. METODOLOGIE ADOTTATE PER IL CALCOLO STRUTTURALE	12
8. MODELLI DI CALCOLO	13

1. PREMESSA

La presente relazione tecnica strutturale si riferisce al manufatto in conglomerato cementizio armato previsto nell'ambito del progetto esecutivo relativo ai lavori di "Recupero idrogeologico dei sottopassi ferroviari".

Si prevede di realizzare la seguente opera:

- n. 1 manufatto di trattamento acque di prima pioggia - grigliatura;

Tale relazione, oltre ad una breve descrizione dell'opera prevista, descrive le normative adottate, l'analisi dei carichi, le caratteristiche dei materiali impiegati e le metodologie adottate per il calcolo e la modellazione strutturale.

2. DESCRIZIONE SINTETICA DEGLI INTERVENTI

Di seguito vengono brevemente descritte le caratteristiche strutturali dell'opera in calcestruzzo armato oggetto del presente intervento.

2.1. MANUFATTO DI TRATTAMENTO ACQUE DI PRIMA PIOGGIA - GRIGLIATURA

Il manufatto in descrizione si compone di due blocchi vasca adibiti alla raccolta ed alla grigliatura delle acque di prima pioggia; l'opera, avente ingombro massimo di 8,40 x 4,00 m, sarà realizzata in calcestruzzo armato gettato in opera.

Le acque di pioggia che raggiungono il manufatto in questione, vengono convogliate in una prima vasca di dimensioni interne pari a 6,50 x 1,50 m nel quale subiscono un processo di grigliatura grossolana.

Superata tale vasca, le acque meteoriche defluiscono in un canale dotato al fondo di un orifizio che devia le acque di prima pioggia al manufatto di dissabbiatura in c.a.v.; altresì, le portate eccedenti defluiscono inizialmente in una seconda vasca del manufatto in descrizione, di dimensioni interne pari a 4,50 x 1,00 m, dal quale, per mezzo di un condotto emissario costituito da una tubazione in PP del Dn 700, by-passano la dissabbiatura e vengono scaricate direttamente nel canale tombato della "Lama Belvedere".

La fondazione del manufatto di grigliatura è costituita da una platea avente spessore di 25 cm, delimitata da setti perimetrali di spessore pari anch'essi a 25 cm; il setto che separa la vasca di grigliatura da quella che convoglia le portate eccedenti verso la tubazione del Dn 700 presenta uno spessore di 20 cm e due varchi rettangolari di dimensioni interne pari a 2,20 x 2,00 m ed a 1,70 x 2,30 m.

La piastra di copertura presenta anch'essa uno spessore di 25 cm e risulta munita di due forature quadrate di dimensioni pari a 0,80 x 0,80 m, coperte da opportuni chiusini metallici removibili, necessarie per le usuali operazioni tecniche di servizio e manutenzione.

Tutte le opere saranno realizzate tenendo conto delle predisposizioni per l'alloggiamento delle varie tubazioni.

Detto manufatto, completamente interrato e coperto, presenta un'altezza massima di 4,00 m a partire dall'estradosso delle strutture di fondazione fino al piano campagna coincidente con l'estradosso della piastra di copertura.

Da un punto di vista statico il manufatto è classificabile come struttura di tipo scatolare costituita da elementi bidimensionali quali piastre, solette e setti in calcestruzzo armato; i setti risultano orditi lungo le due direzioni principali dell'edificio e collegati agli elementi resistenti orizzontali in corrispondenza dei nodi di estremità.

La funzione statica di tali elementi bidimensionali è quella di resistere sia nei confronti delle azioni verticali dovute ai carichi statici gravanti sulla struttura, sia nei confronti delle azioni orizzontali, lungo le due direzioni principali dell'edificio ortogonali tra loro, derivanti dall'insorgere di un evento sismico.

3. NORMATIVE ADOTTATE

D.M. LL. PP. 11-03-88

Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

Circolare Ministeriale del 24-07-88, n. 30483/STC.

Legge 02-02-74 n. 64, art. 1 - D.M. 11-03-88.

Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14-01-08.

Sicurezza (cap.2), Azioni sulle costruzioni (cap.3), Progettazione geotecnica (cap.6), Progettazione per azioni sismiche (cap.7), Costruzioni esistenti (cap.8), Riferimenti tecnici (cap.12),

Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14-01-08.

Costruzioni in calcestruzzo (par.4.1), Costruzioni in legno (par.4.4), Costruzioni in muratura (par.4.5), Progettazione geotecnica (cap.6), Progettazione per azioni sismiche (cap.7), Costruzioni esistenti (cap.8), Riferimenti tecnici (cap.12), EC3.

4. ANALISI DEI CARICHI

CARICHI UNITARI

In ragione dei materiali strutturali impiegati, si è fatto riferimento ai seguenti carichi unitari permanenti:

- peso proprio dell'acciaio per carpenteria = 7.850 daN/mc
- peso proprio del conglomerato cementizio = 2.400 daN/mc
- peso proprio del calcestruzzo armato = 2.500 daN/mc
- peso proprio del calcestruzzo alleggerito per formazione pendenze = 1.500 daN/mc
- peso proprio terreno laterale = 1.800 daN/mc

Si precisa che il peso proprio di ogni membratura strutturale (solette, piastre, setti) non viene riportato nella presente analisi dei carichi, in quanto stimato ed applicato alla struttura autonomamente dal software di calcolo utilizzato (il relativo peso è contenuto nei dati di input del tabulato fornito dal software).

CARICHI DI SUPERFICIE AI PIANI

Di seguito si riportano i carichi permanenti e variabili agenti sulle superfici ai piani. Per quanto attiene i valori nominali e/o caratteristici delle intensità da assumere per i sovraccarichi variabili verticali ed orizzontali agenti sulle parti strutturali, questi sono stati desunti dalla Tabella 3.1. II "Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici" riportata nelle Norme tecniche per le costruzioni 2008.

4.1. MANUFATTO DI TRATTAMENTO ACQUE DI PRIMA PIOGGIA - GRIGLIATURA

Platea di fondazione quota + 17,30 m

Permanententi portati

Pavimentazione industriale completa di trattamento di impermeabilizzazione (sp. = 5 cm)	100 daN/mq
Acqua fino ad una quota di 0,20 m dal fondo vasca	<u>200 daN/mq</u>
Sommano	300 daN/mq

Variabili

Ambienti uso industriale (cat. E2 come da Tab. 3.1. II NTC 14.01.2008) valutato:	<u>200 daN/mq</u>
Sommano	200 daN/mq

Platea di fondazione quota + 16,31 m

Permanententi portati

Pavimentazione industriale completa di trattamento di impermeabilizzazione (sp. = 5 cm)	100 daN/mq
Acqua fino ad una quota di 0,20 m dal fondo vasca	<u>200 daN/mq</u>
Sommano	300 daN/mq

Variabili

Ambienti uso industriale (cat. E2 come da Tab. 3.1. II NTC 14.01.2008) valutato:	<u>200 daN/mq</u>
Sommano	200 daN/mq

Copertura

Permanententi portati

Calcestruzzo magro per pendenze (spessore medio = 6 cm)	<u>100 daN/mq</u>
---	-------------------

Sommano	100 daN/mq
<u>Variabili</u>	
Ambienti uso industriale (cat. E2 come da Tab. 3.1.II NTC 14.01.2008), incluso il carico neve, valutato in:	<u>500 daN/mq</u>
Sommano	500 daN/mq

4.2. PRESSIONE LATERALE DEL TERRENO

Preliminarmente è stata analizzata la posizione reciproca tra il manufatto di nuova realizzazione ed il limitrofo asse ferroviario: la distanza minima tra la mezzeria di quest'ultimo ed il manufatto di grigliatura in oggetto risulta superiore a 8,90 m.

Inoltre, il terreno circostante presenta un angolo di attrito interno Φ compreso tra 30° e 35°. Tali parametri consentono di affermare che il cuneo di scorrimento del terreno circostante risulta inclinato rispetto all'orizzontale di un angolo $\rho = 45^\circ - \Phi/2 = 30^\circ$ (dove Φ è stato considerato prudenzialmente pari a 30°).

In siffatte ipotesi, applicando i dati di cui in precedenza al metodo proposto da Terzaghi per la determinazione del punto di applicazione della spinta su una parete controterra dovuta alla presenza di un carico distribuito ed ubicato ad una certa distanza dalla parete stessa, si ricava che detto punto ricade ad altezza magrone di sottofondazione della platea di base ed, in ogni caso, al di fuori del cuneo di scorrimento del terrapieno.

Di contro, qualora si ipotizzasse un angolo di distribuzione del carico nel terrapieno secondo una inclinazione di 45° rispetto all'orizzontale, come suggerito al *par. 5.2.2.3.1.3 Ripartizione locale dei carichi* del D.M. 14.01.2008, il punto di applicazione della spinta non intersecherebbe in alcun punto la parete del manufatto limitrofa all'asse ferroviario.

Si tenga presente, inoltre, a vantaggio di sicurezza, che:

1. tra l'asse ferroviario ed il manufatto in progetto è presente una parete in calcestruzzo armato con funzioni di contenimento della spinta del terreno.
2. i carichi dovuti al passaggio del treno si distribuiscono nel terreno sottostante secondo tutte le direzioni spaziali e non solo lungo la congiungente asse ferroviario - parete manufatto.

Pertanto nella verifica del manufatto di grigliatura non sono stati considerati i carichi permanenti (rilevato ferroviario) e variabili dovuti al passaggio di un convoglio ferroviario.

Al fine di garantire adeguate misure di sicurezza è stata effettuata la verifica di stabilità del fronte di scavo (si consulti l'elaborato A.5.3).

Ciò posto, il calcolo della pressione laterale agente sulle pareti a contatto con il terrapieno esterno, è stato effettuato considerando un coefficiente di spinta attiva k_a pari a 0,32 in condizioni statiche e pari a 0,36 in condizioni sismiche, come risulta dall'applicazione della formula di Mononobe-Okabe riportata nell'Eurocodice 8 "*Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture*"; a tale spinta permanente, caratterizzata da un diagramma triangolare, è stato aggiunto il contributo variabile, caratterizzato da un diagramma rettangolare, relativo ad un teorico carico pari a 500 daN/mq applicato in corrispondenza del piano campagna limitrofo alla parete.

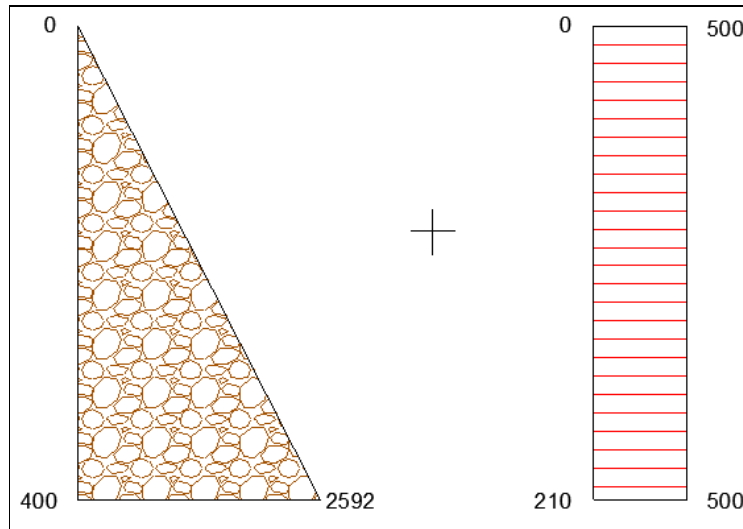
Per il calcolo della spinta permanente sulle pareti verticali a contatto con il terrapieno esterno è stata

utilizzata la formula generale:

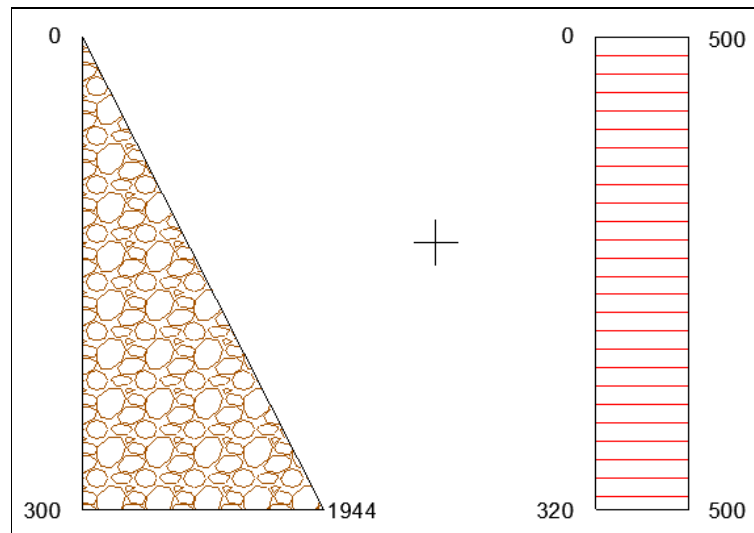
$$p_T = k \cdot \gamma \cdot h$$

Pertanto, assumendo un valore pari a 1.800 daN/m³ per il peso dell'unità di volume del terrapieno, la pressione laterale del terreno agente sulle pareti delle varie opere previste in progetto è la seguente (carichi espressi in daN/m², quote in cm):

MANUFATTO DI GRIGLIATURA h=400 cm



MANUFATTO DI GRIGLIATURA h=300 cm



5. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI

In ottemperanza ai disposti di cui al D.M. del 14.01.2008 cap. 10.1 e cap. 11, alla Circolare Ministeriale n. 617 del 02.02.2009 "Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche delle costruzioni" C.10 e C.11 ed alla norma Uni EN 206, si prescrivono i seguenti materiali:

5.1. PRESCRIZIONI ACCIAIO PER CALCESTRUZZO

Acciaio dolce da carpenteria B450C qualificato secondo le procedure D.M. 14.01.2008 cap. 11.3.1.2 e cap. 11.3.3.5 nel seguente formato:

barre tonde ad aderenza migliorata $\phi_1 = 14$ mm, $\phi_2 = 10$ mm, $\phi_3 = 8$ mm, rispondente alle seguenti caratteristiche:

- $f_{yk} > 430$ N/mm²
- $f_{tk} > 540$ N/mm²
- $A5 > 12$ %
- $f_y / f_{yk} < 1.35$
- $1.13 < (f_t / f_y)_{\text{medio}} < 1.37$
- $f_{yd} = 370$ N/mm²
- $E_s = 200$ KN/mm²

Le suddette caratteristiche saranno conformi alle seguenti norme:

- D.M. 2008
- UNI 1002/1
- UNI 564
- UNI 6407

Il campionamento e le prove saranno condotte secondo:

- D.M. 2008
- UNI 6407-69

5.2. PRESCRIZIONI PER IL CALCESTRUZZO

In linea con la presente relazione tecnica di calcolo, si richiedono le seguenti caratteristiche per il calcestruzzo per strutture armate preconfezionato o confezionato in opera:

- Controllo di accettazione di tipo A
- Resistenza a compressione sui cubetti $R_{ck} 30$ N/mm²
- Copriferro minimo Nominale cm 4,00 (strutture di fondazione), Copriferro minimo Nominale cm 3,00 (strutture in elevazione)
- Classe di esposizione XC2
- Classe di consistenza S4
- Massimo rapporto A/C < 0,55
- Tipo/classe di cemento: CEM III/A 32,5 R conforme a UNI EN 197/1
- Diametro massimo inerte: 32 mm

- Impiego di additivi: No

Le suddette caratteristiche saranno conformi alle seguenti norme:

- D.M. 2008
- Conforme alla UNI 8520 parte 2[^]
- UNI EN 1744/1
- UNI EN 993/8-9
- UNI EN 1367/1
- 8520 parte 22[^]-2002
- UNI 8981/7
- UNI-EN 197/1
- UNI 7101

6. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE (COMUNE DI MONOPOLI)

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa 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 quale definita al § 3.2.2 del D.M. 14.01.2008), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, come definite nel § 3.2.1 del D.M. 14.01.2008, nel periodo di riferimento VR, come definito nel § 2.4 del D.M. 14.01.2008.

Pertanto, i dati di progetto assunti ai fini dell'analisi sismica sono di seguito riportati.

- Tipo di costruzione: 2
- Vita nominale della costruzione VN: >50
- Classe d'uso: II (*cautelativamente, per garantire maggiore durabilità*)
- Coefficiente di classe d'uso C_u : 2
- Periodo di riferimento per l'azione sismica VR: 200
- Latitudine: 40,9569°
- Longitudine: 17,2904°
- Categoria di sottosuolo: A
- Categoria topografica: T1
- Coefficiente di amplificazione topografica ST: 1
- Stati limite considerati per le verifiche nei confronti dell'azione sismica: SLD, SLV
- **Dati per gli spettri di risposta delle componenti orizzontali allo SLD:**
- Probabilità PVR di superamento in VR: 63%
- Periodo di ritorno dell'azione sismica TR: 50
- ag/g : 0,0264
- FO: 2,342
- T°C: 0,27
- Coefficiente di amplificazione stratigrafica SS: 1,2
- Coefficiente S: 1
- Coefficiente CC: 1
- TB: 0,129
- TC: 0,386
- TD: 1,706
- TE: 4,5
- TF: 10
- ξ : 0,05
- **Dati per gli spettri di risposta delle componenti verticali allo SLD:**
- Probabilità PVR di superamento in VR: 63%
- Periodo di ritorno dell'azione sismica TR: 50

- ag/g: 0,0264
- FO: 2,342
- T°C: 0,27
- Coefficiente di amplificazione stratigrafica SS: 1
- Coefficiente S: 1
- TB: 0,05
- TC: 0,15
- TD: 1
- ξ : 0,05
- **Dati per gli spettri di risposta delle componenti orizzontali allo SLV:**
- Probabilità PVR di superamento in VR: 10%
- Periodo di ritorno dell'azione sismica TR: 475
- ag/g: 0,0541
- FO: 2,67
- T°C: 0,44
- Coefficiente di amplificazione stratigrafica SS: 1,2
- Coefficiente S: 1
- Coefficiente CC: 1
- TB: 0,19
- TC: 0,57
- TD: 1,816
- TE: 4,5
- TF: 10
- ξ : 0,05
- **Dati per gli spettri di risposta delle componenti verticali allo SLV:**
- Probabilità PVR di superamento in VR: 10%
- Periodo di ritorno dell'azione sismica TR: 475
- ag/g: 0,0541
- FO: 2,67
- T°C: 0,44
- Coefficiente di amplificazione stratigrafica SS: 1
- Coefficiente S: 1
- TB: 0,05
- TC: 0,15
- TD: 1
- ξ : 0,05

7. METODOLOGIE ADOTTATE PER IL CALCOLO STRUTTURALE

Per il calcolo strutturale delle succitate opere è stato utilizzato il programma di calcolo strutturale denominato SISMICAD versione 11.7 che, nella versione più estesa, è dedicato al progetto ed alla verifica degli elementi in cemento armato, acciaio, muratura e legno di opere civili.

SismiCad è un programma per il calcolo strutturale con modellazione agli elementi finiti (FEM), dotato di un proprio solutore tridimensionale.

SismiCad si propone principalmente come strumento per il progetto di edifici, in zona sismica e non, con modellazione tridimensionale agli elementi finiti. SismiCad consente la progettazione di edifici in c.a., muratura, acciaio e legno schematizzati attraverso un modello unico di struttura spaziale composta da elementi monodimensionali e bidimensionali con fondazioni poggianti su suolo elastico alla Winkler od elastoplastico, oppure su palificate.

Per progettare una struttura SismiCad prevede sostanzialmente il seguente iter:

- definizione della struttura, anche usando disegni architettonici;
- modellazione automatica agli elementi finiti dell'intera struttura;
- progettazione automatica e/o interattiva di ciascun elemento strutturale;
- produzione automatica di relazioni, disegni esecutivi, piante di carpenteria, prospetti in acciaio, computi.

Le fasi sopra elencate rispecchiano il normale iter progettuale e, in aggiunta, sono rese più flessibili dalla possibilità di attuare modifiche alla struttura senza perdere l'eventuale lavoro di progettazione degli elementi strutturali e il lavoro di creazione delle relazioni.

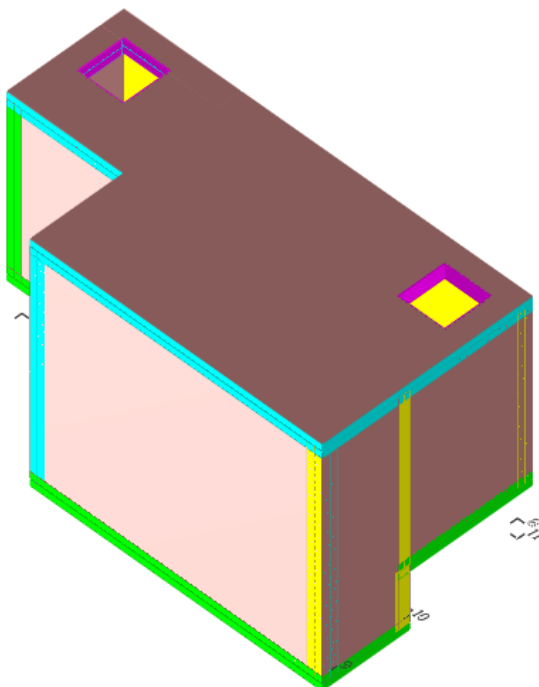
Come accennato sopra con SismiCad viene fornito un evoluto solutore tridimensionale agli elementi finiti di tipo SAP; per maggiori dettagli si rimanda ai relativi manuali (introduttivo e completo). Il solutore può essere utilizzato anche al di fuori dell'ambiente SismiCad; possiede infatti un proprio autonomo input ed output. Per maggiori dettagli si consulti il capitolo dedicato alla modellazione strutturale o il manuale d'uso del "Solutore Interno". Il solutore interno consente tra l'altro l'analisi di fenomeni di non linearità geometrica (metodo P-delta) e di aste non reagenti alla trazione o alla compressione, di fondazioni sia superficiali che profonde in suolo elastoplastico, elementi bidimensionali parzialmente o non reagenti alla trazione. Il solutore gestisce inoltre fenomeni di non linearità meccanica attraverso una modellazione ad inelasticità diffusa impiegata nelle analisi inelastiche.

Nel caso più generale le verifiche degli elementi in c.a. possono essere condotte col metodo delle tensioni ammissibili o agli stati limite in accordo al DM 9-1-1996, secondo Eurocodice 2, secondo ACI 318 o secondo NSR-98.

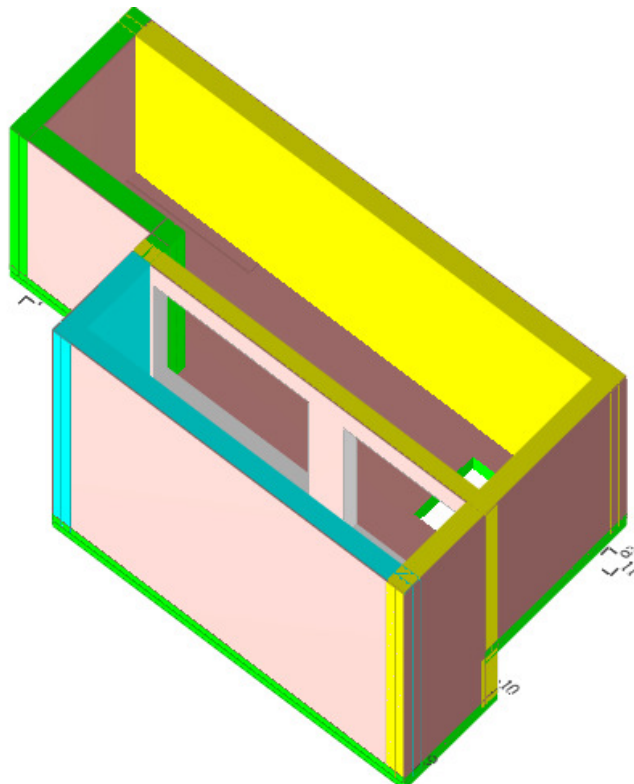
Nel caso in oggetto è stato adottato il metodo di verifica agli stati limite in accordo al **D.M. 14.01.2008**.

8. MODELLI DI CALCOLO

Di seguito si rappresentano i modelli di calcolo relativi alle strutture relative al presente progetto.



Vista globale assonometria manufatto di trattamento acque di prima pioggia



Vista interna assonometria manufatto di trattamento acque di prima pioggia