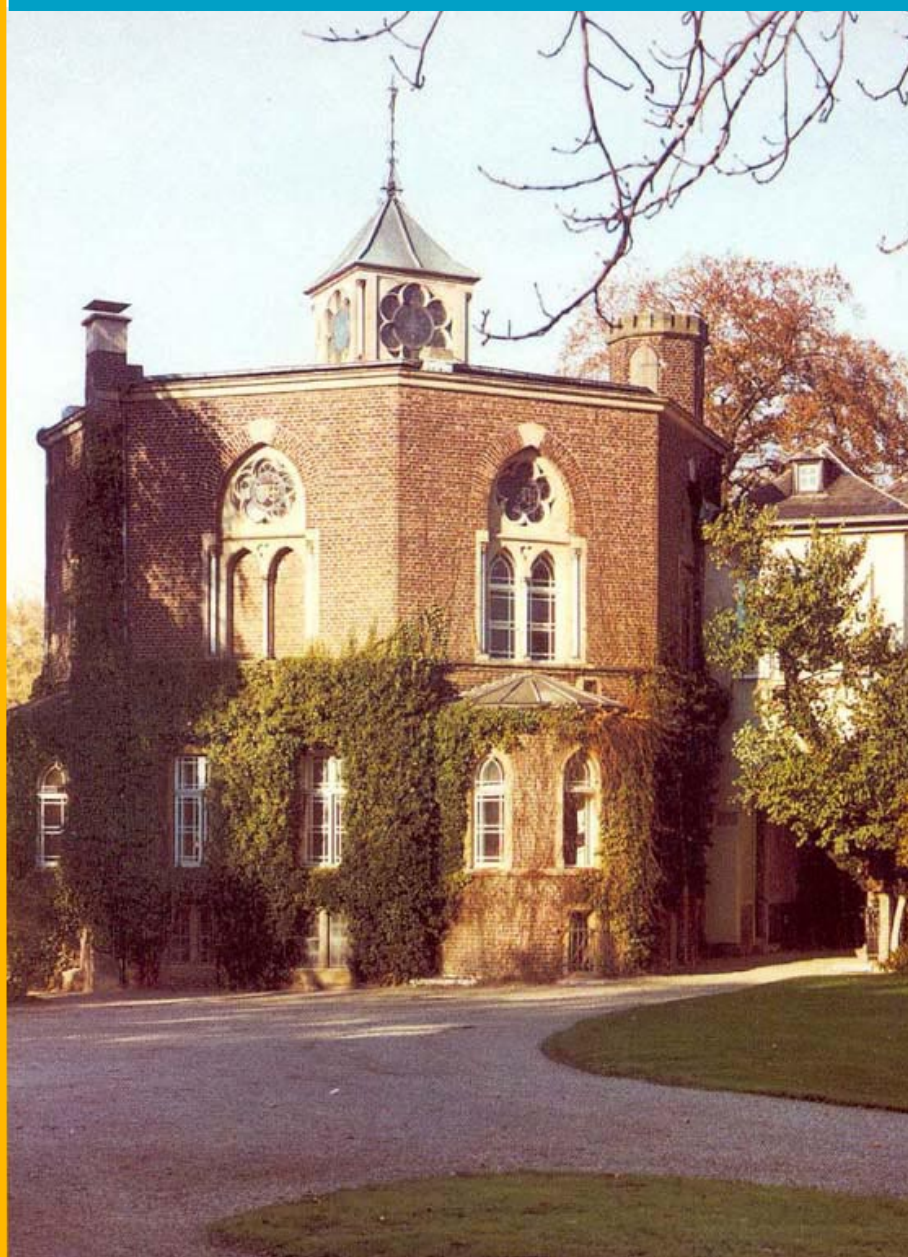
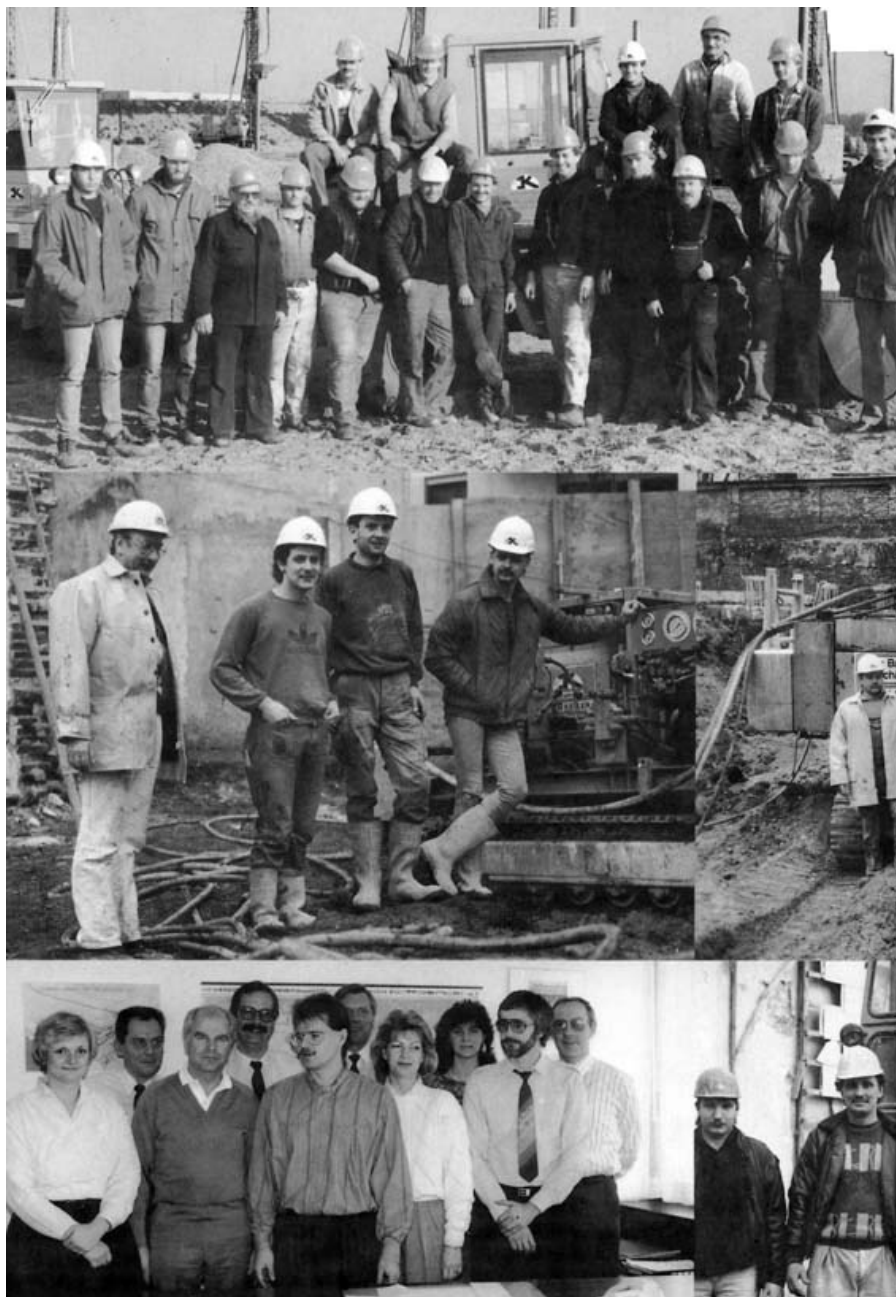




RESTAURO STATICO DI EDIFICI DI VALORE STORICO E MONUMENTALE





LA STORIA È PARTE DEL NOSTRO PRESENTE

Interrompere il decadimento di edifici di valore storico è uno dei compiti di Keller.

I nostri specialisti hanno operato in tutto il mondo: dai templi di Abu Simbel in Egitto, al Campidoglio di Washington.

Keller, una delle più grandi società specializzate nel campo della geotecnica e delle fondazioni, ha sviluppato, sulla base della propria pressochè secolare esperienza, diversi sistemi per il restauro di fondazioni, opere murarie e strutture portanti.

Gli edifici ed i monumenti presentati in questo prospetto sono stati da noi restaurati nella maggior parte a partire dal 1980 e fino al 1990. Essi rappresentano la testimonianza dell'odierno livello tecnico raggiunto in questo particolare settore.

INDICE

Edifici di culto 4 - 17



Castelli - residenze 18 - 25



Edifici pubblici 26 - 31



Edifici di civile abitazione 32 - 37



Opere di ingegneria 38 - 41



Tecniche di restauro 42 - 43

Un quadro complesso ed articolato

Manufatti di valore artistico-monumentale che oggi hanno assunto anche valore storico, furono a loro tempo costruiti con finalità ben precise e in luoghi adeguati a caratterizzarne le specificità: in cima a colline o rupi, lungo sponde fluviali o lacustri, nel centro di borghi o città.

Non sempre però, alla luce delle moderne conoscenze, il luogo prescelto per la costruzione si è nel tempo dimostrato idoneo anche dal punto di vista geotecnico.

Agiscono inoltre sempre più spesso concomitanti fattori estranei all'opera e riconducibili alla sempre maggiore pervasività dell'attività umana: scavi, emungimento della falda, vibrazioni del traffico, compromissioni dell'equilibrio del suolo, incuria ancor più se sommati a debolezze strutturali congenite dell'opera, portano a cedimenti, dissesti e talvolta al rischio di crolli.

Una corsa contro il tempo

Il degrado di un'opera può essere interrotto intervenendo sulle sue strutture, sul suo aspetto esterno ma, soprattutto, dotando il manufatto di fondazioni sicure e stabili nel tempo.

Keller ha sviluppato diversi procedimenti in grado di adempiere a questo compito: **Soilcrete**, per arrestare i cedimenti; **Soilfrac**, iniezioni mirate per la compensazione dei cedimenti e per il sollevamento controllato di manufatti o parti di essi; le **iniezioni**, in tutte le possibili varianti, come trattamento di crepe e dislocazioni nelle opere murarie, o come impermeabilizzazione e consolidamento di rocce e terreni sciolti di imposta dell'opera.

Keller dispone di personale altamente qualificato dotato delle più moderne attrezzature per eseguire, sotto continui controlli strumentali, anche gli interventi più complessi.

Tutti i processi produttivi Keller sono certificati secondo ISO 9001.



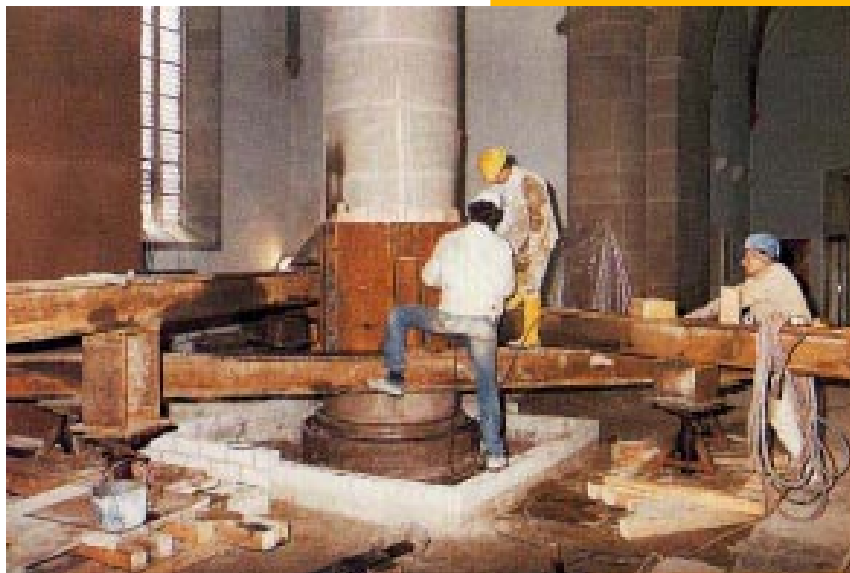
*Foto in alto a sinistra
Crepe oblique indicano cedimenti differenziali delle fondazioni. Crepe verticali ed orizzontali testimoniano un difetto costruttivo.*



*Foto in alto al centro
Un restauro durevole può ragionevolmente avvenire solo dopo il risanamento delle fondazioni.*



*Foto in alto a destra
Le opere di restauro richiedono un lavoro coordinato fra specialisti di storia delle costruzioni e tecnici delle opere murarie. Keller*



*Foto in basso
Una scrupolosa pianificazione è premessa determinante per la buona riuscita dei lavori di restauro statico. Gli imprevisti devono essere affrontati con competenza e professionalità.*





Il decadimento dei pali in legno di fondazione

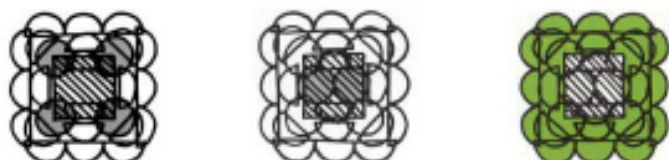
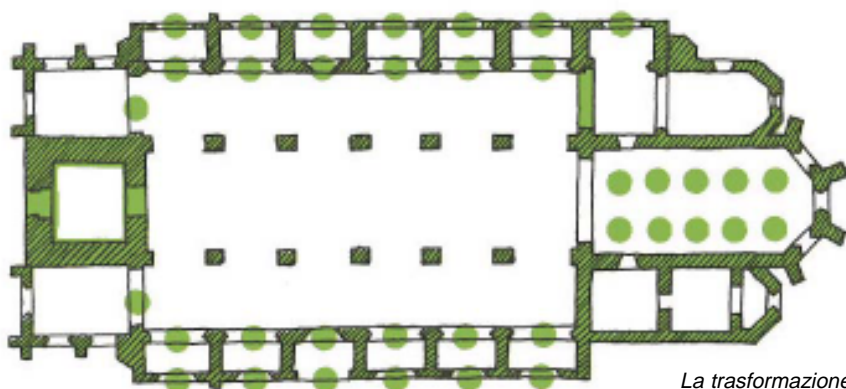
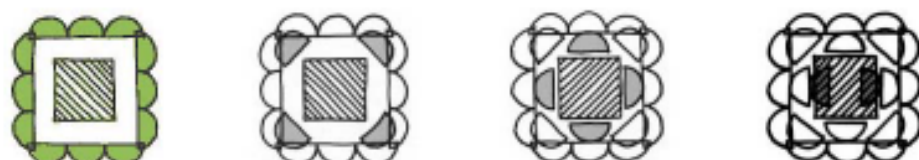
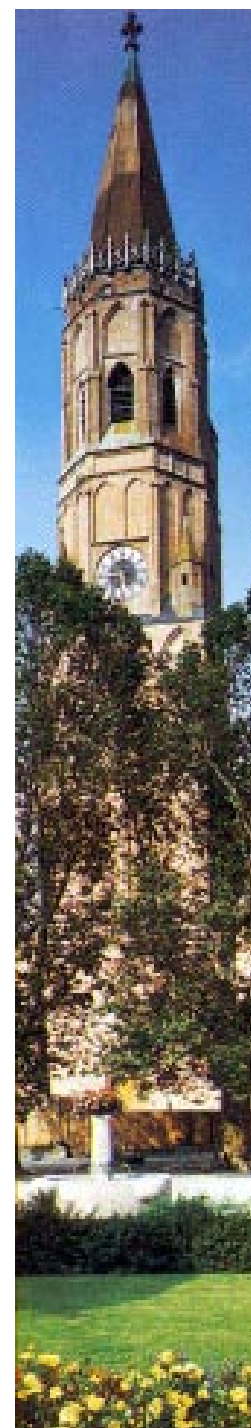
I mastri muratori del 1300 avevano fatto bene il loro lavoro: quando, durante i primi scavi, incontrarono a 4 m di profondità uno strato di limo sabbioso con torba in falda, infissero una selva di tronchi d'albero di 3 m di lunghezza per portarsi sul terreno sicuro. Costruirono poi le fondazioni utilizzando malta con calcina pozzolanica: un materiale conosciuto fin dal tempo dei Romani.

Questa fondazione in legno e calce ha resistito per secoli finchè, a causa dell'emungimento, la falda acquifera si è abbassata, determinandone il disgregamento. La Basilica subì cedimenti con danni diffusi e pericolo di crolli.

Il restauro per mezzo del Soilcrete

L'intervento più urgente riguardò la torre campanaria i cui cedimenti poterono essere bloccati costruendo a partire da 3 m al di sotto delle antiche murature, un corpo pressochè continuo di colonne Soilcrete.

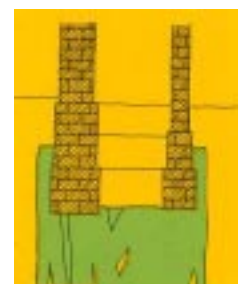
Il risanamento dei monumentali colonnati di sostegno delle navate ha rappresentato una complessa sfida tecnica: i carichi gravanti sui singoli pilastri erano troppo elevati per poterli temporaneamente riprendere e distribuire su un'area maggiore. Si decise quindi di intervenire direttamente con il Soilcrete trasformando a passo a passo il terreno non portante in un corpo consolidato ad alta resistenza ed eliminando così ogni cedimento.



Disegno in basso
Sottofondazione dei
colonnati

La trasformazione del terreno non portante in un corpo Soilcrete ad alta resistenza è stata eseguita mettendo in opera, in sette fasi successive dall'esterno verso l'interno di ogni pilastro, una serie complessa di colonne e mezze colonne Soilcrete.

Foto a destra:
Le fondazioni della torre campanaria sono state approfondite di 3 m mettendo in opera corpi Soilcrete colonnati.



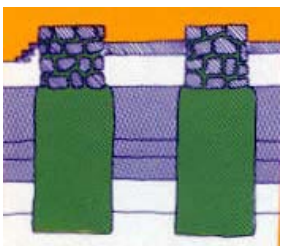


CHIESA DI SANTA GERTRUDE A BOCHUM-WATTENSCHIED (D-NORD RENO - VESTFALIA)

Sollevamento della torre campanaria e consolidamento delle fondazioni

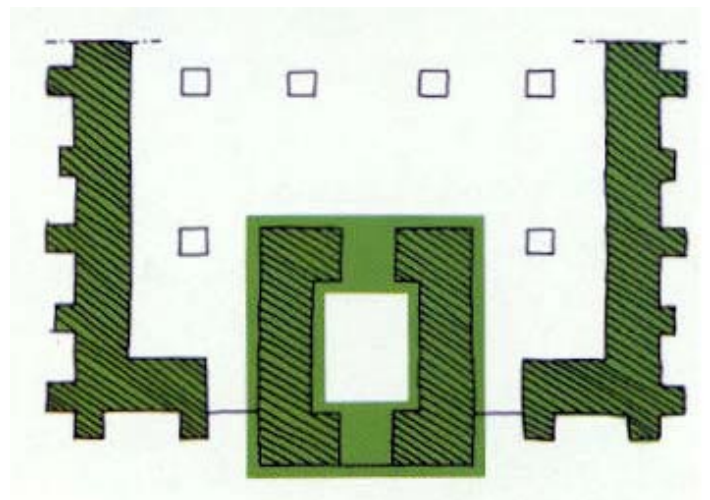
Il campanile della chiesa di Santa Gertrude si era staccato dal tetto della navata ed inclinato lateralmente.

Le indagini geologiche mostrarono che uno strato di limo organico di origine fluviale, dello spessore di 5 m, non era più in grado di sopportare i carichi di imposta e che le antiche fondazioni in pietrame risultavano decomprese e dislocate. Il primo intervento riguardò la ricompressione e la stabilizzazione del terreno al di sotto del campanile e fu eseguito con il procedimento **Soilfrac**. Una volta preparato così un appoggio sicuro, si procedette ad ulteriori iniezioni di miscele cementizie fino a ripristinare la verticalità della torre campanaria. Tutte le opere murarie di fondazione furono poi bonificate e risanate con iniezioni di cemento.



Soilfrac comprende sia le fondazioni, i cedimenti di manufatti sia il bulbo di carico da queste originato.

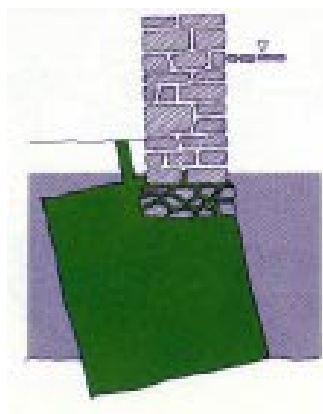
*Disegno a sinistra in basso
Disegno in basso al centro
Soilfrac è un metodo per correggere
La porzione di terreno trattata con il
in modo definitivo e controllato*





La pittoresca chiesa della comunità di Trendelburg-Langenthal si trova su una altura. L'ampliamento della chiesa, avvenuto con un prolungamento longitudinale di 5,0 m dell'unica navata, fu eseguito fondando il manufatto direttamente su uno strato vegetale-humoso dello spessore di 1,5 m. I cedimenti si manifestarono immediatamente dopo la costruzione e poterono essere arrestati eseguendo serie di colonne Soilcrete tangenti.

Foto:
È inquadrato il frontone sul lato della chiesa prolungato di 5,0 m, dove sono stati eseguiti i lavori di restauro della fondazione.



Disegno in basso a sinistra

Le colonne Soilcrete cementano in modo definitivo fra loro le parti decomprese e dislocate delle fondazioni. I lavori furono eseguiti direttamente dal giardino.



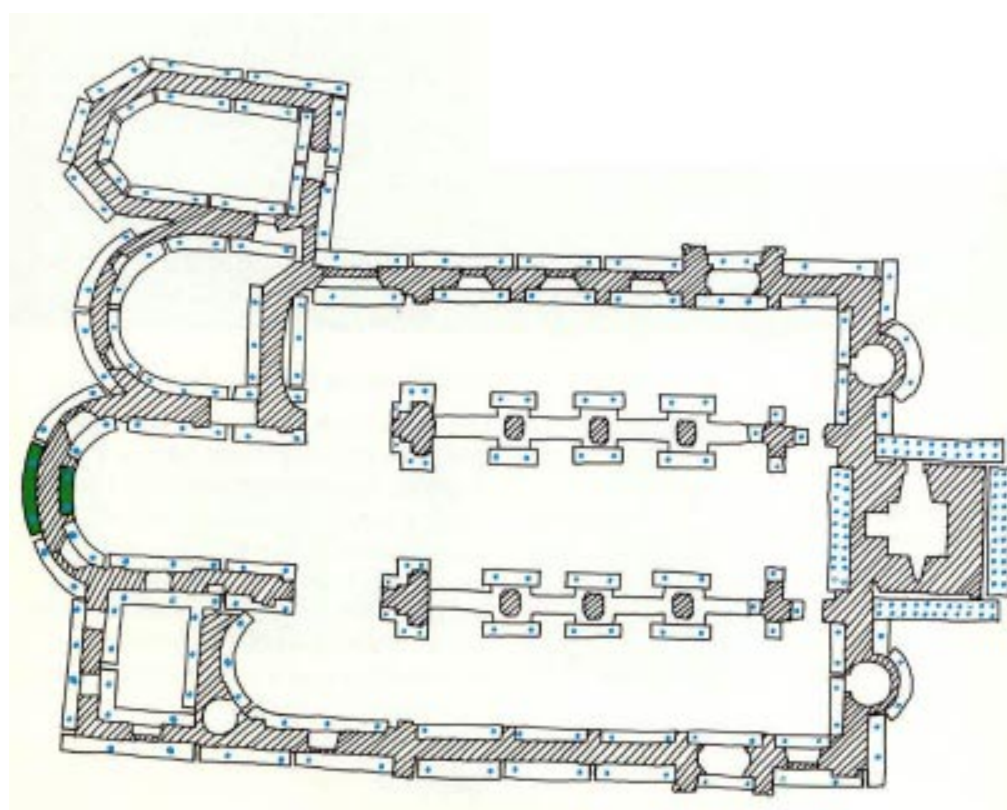
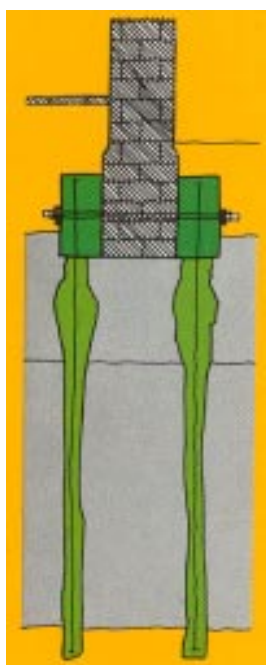
Il carico dell'intera struttura è stato trasferito dalla quota dell'antica fondazione ad una profondità maggiore, mettendo in opera pali di calcestruzzo armato diametro 200 mm, attraverso gli strati superiori argilloso-sabbiosi fino ad intestarli in uno strato portante posto a 8 m di profondità. La volta è stata inoltre chiodata ed ancorata e tutte le crepe iniettate con resine.

Foto in alto a sinistra:

Prima del restauro definitivo tutte le crepe nelle murature sono state iniettate con resine.

Disegno in basso a sinistra:

La ripresa dei carichi e la loro trasmissione ad una maggiore profondità è stata realizzata annegando le teste dei pali in travi controtrattate costruite sui due lati delle vecchie fondazioni.

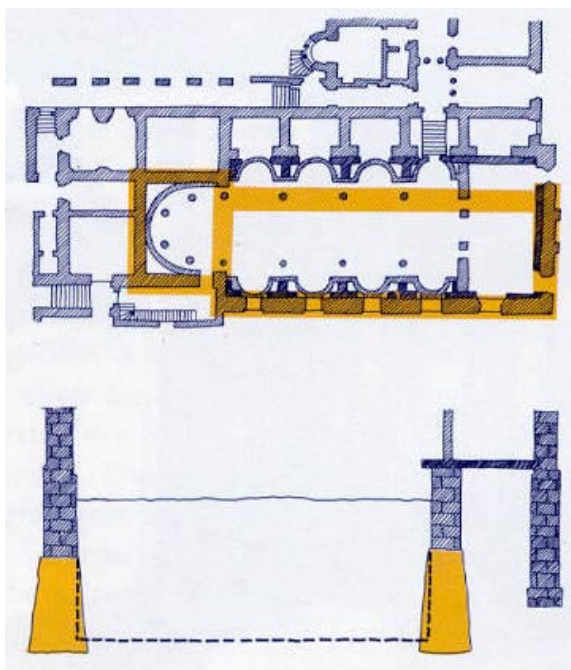


CHIESA DEL CONVENTO DI HEGNE, ALLENSBACH (A)

Costruzione di una cripta

Per accogliere il sepolcro di Santa Ulrica da Hegne, fu decisa la costruzione di una cripta al di sotto dell'edificio esistente.

Il terreno sabbioso-gliaioso venne trattato con gel silicatici al di sotto delle fondazioni, sottofondandole e costruendo in pratica un muro perimetrale a gravità in grado di riprendere sia i carichi dell'edificio, sia le spinte attive del terreno durante gli scavi.



La profondità della falda acquifera ha permesso di lavorare senza necessità di soletta impermeabile di fondo.

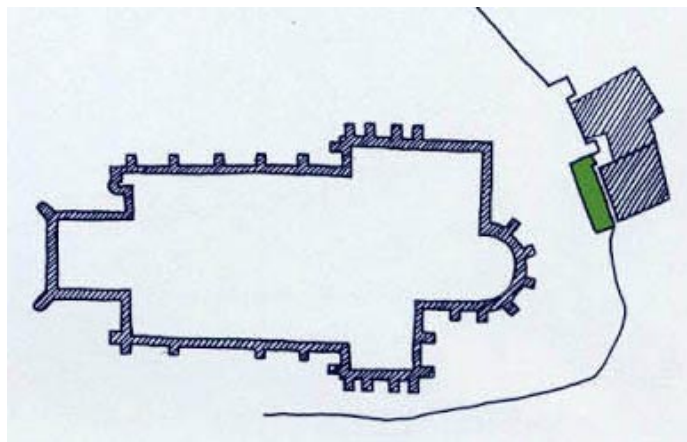
CHIESA DI WETTER SUL FIUME LAHN (D - NORD RENO - VESTFALIA)

Messa in sicurezza del muro di contenimento

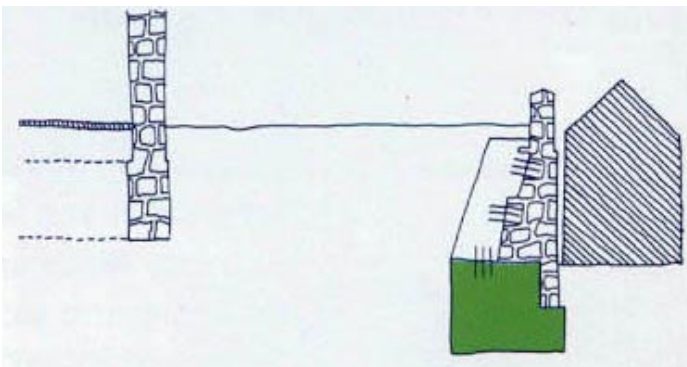
La Chiesa si trova su una collina ed il suo giardino è pensile sull'abitato circostante.

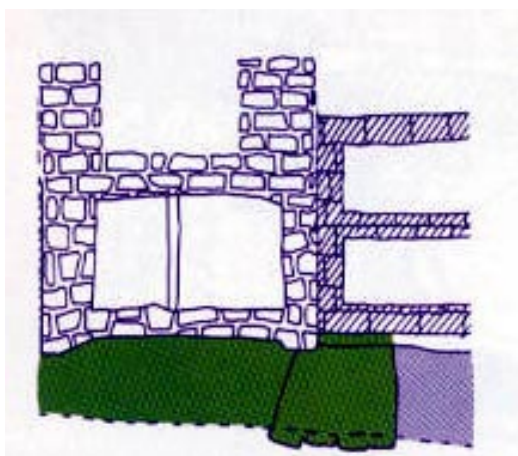
Un tratto del muro di contenimento del giardino di altezza 6 m, minacciava di crollare su un edificio eretogli direttamente a fianco.

Il rischio di crollo ha potuto essere scongiurato costruendo a tergo del muro un corpo Soilcrete di sottofondazione e scarico delle spinte accumulate sul muro stesso.



Il vantaggio del Soilcrete fu quello di consentire il risanamento senza nuocere né al muro, né all'edificio, evitando nel contempo interventi diretti sui manufatti.

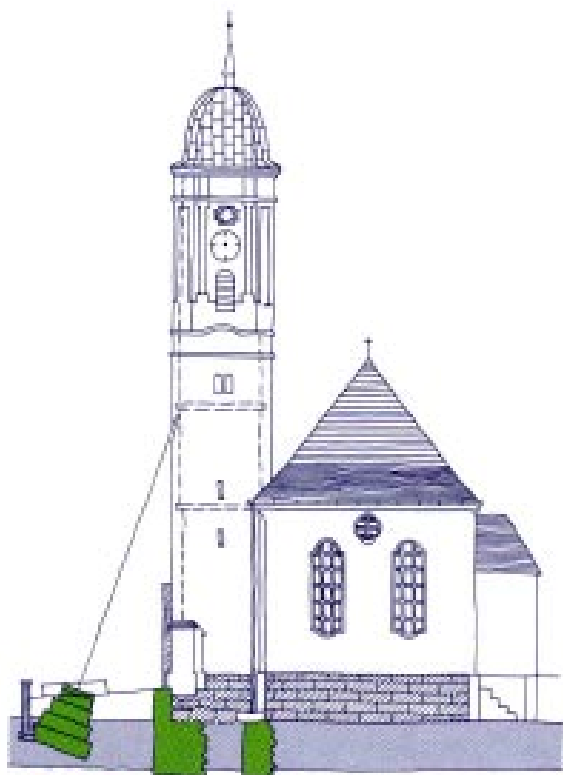




Ripristino della verticalità

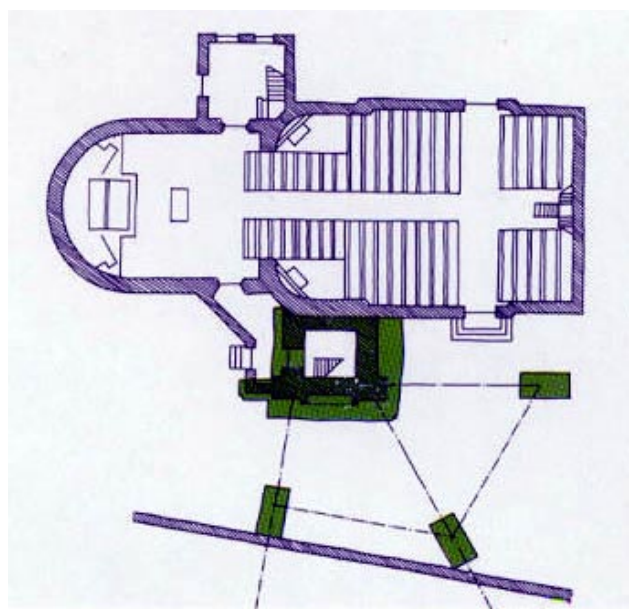
Durante la costruzione di un garage sotterraneo direttamente a fianco della canonica e della torre in questa integrata, si verificarono dei cedimenti che provocarono l'inclinazione della torre stessa. Per mezzo del Soilcrete si riuscirono a fermare i movimenti del terreno, ripristinando inoltre la verticalità della torre.

Consolidamento delle fondazioni del campanile



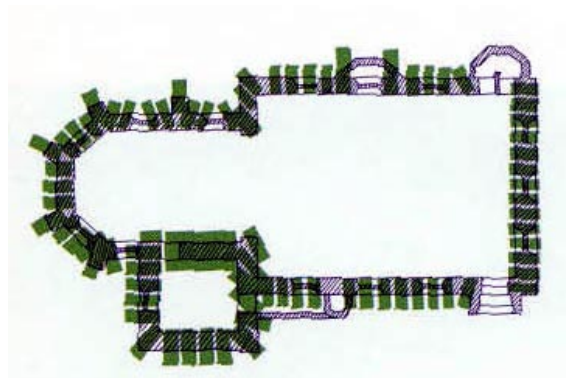
La costruzione di un piano stradale ribassato e le vibrazioni del traffico provocarono l'inclinazione verso la strada del campanile. Il fuoripiombo aumentava di anno in anno.

La realizzazione di una sottofondazione in colonne Soilcrete ha consentito di trasferire i carichi del campanile più in profondità, su uno strato portante, interrompendo così i cedimenti.



La costruzione di un manufatto provvisorio di sostegno laterale in ferro doveva garantire contro movimenti o cedimenti improvvisi durante i lavori di sottofondazione; questi appoggi provvisori si rivelarono, in effetti, non necessari.





La Chiesa era pericolante quando fu predisposto il restauro statico con il Soilcrete.

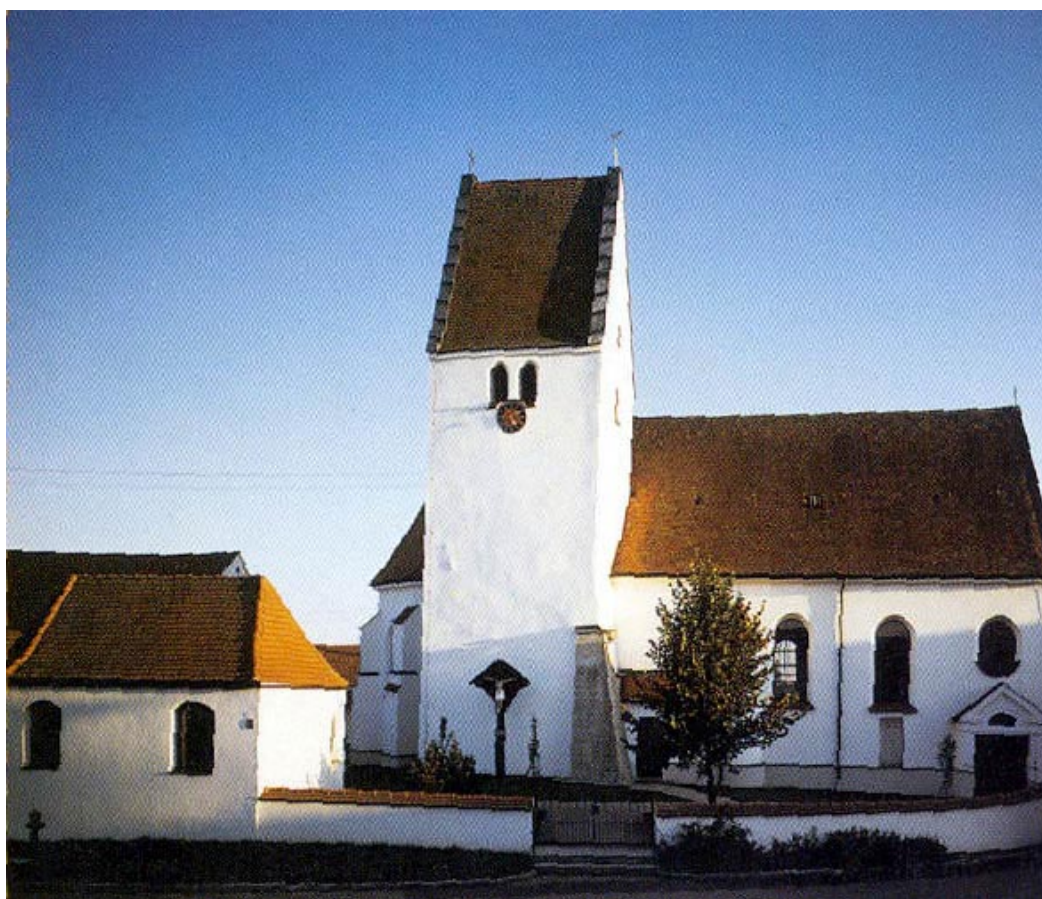
Disegno in alto:

Già negli annali del 1729 veniva riferito sui cedimenti ed i conseguenti danni patiti dalla Chiesa.

Ripetute opere di restauro delle strutture murarie non poterono però intervenire sulla causa del fenomeno.

Disegno a destra:

Con la moderna tecnica del Soilcrete è stato possibile bonificare le fondazioni e trasmettere finalmente i carichi su uno strato portante profondo. Per motivi di sicurezza tutti i lavori furono eseguiti dall'esterno.



Dalla cripta fino al tetto

Il restauro è avvenuto con 20 mesi di lavori di dettaglio a partire dai piani interrati e su fino alle torri quadrangolari. Fu posto rimedio a numerose carenze statico-costruttive che avevano portato al manifestarsi di numerosi segnali di degrado statico.

Furono eseguiti i seguenti lavori:

Indagini di dettaglio

- sulle fondazioni
- sulle murature
- sulle volte
- sulle arcate
- fori di spia
- strumentazioni

Risanamento delle murature

- cucitura, iniezione, chiusura di crepe
- bonifica di mura portanti
- riempimento di vuoti
- fasciature in calcestruzzo armato
- tirantatura di pareti
- lavori di sabbiatura e stuccatura

- Messa in sicurezza delle volte
- chiodature, ancoraggi, legature
- foderature in calcestruzzo armato

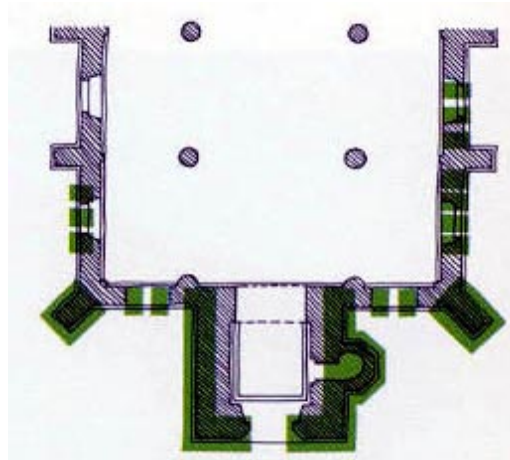
- rivestimenti in gunite armata

Altri lavori di rilevanza statica

- fasciature di pilastri
- consolidamento delle fondazioni
- impalcature
- posa delle tubazioni di riscaldamento



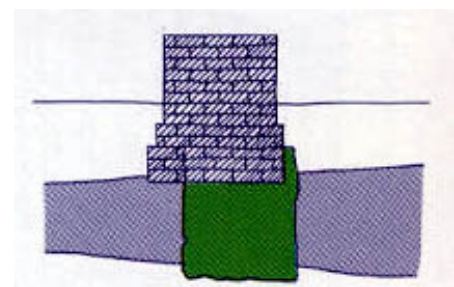
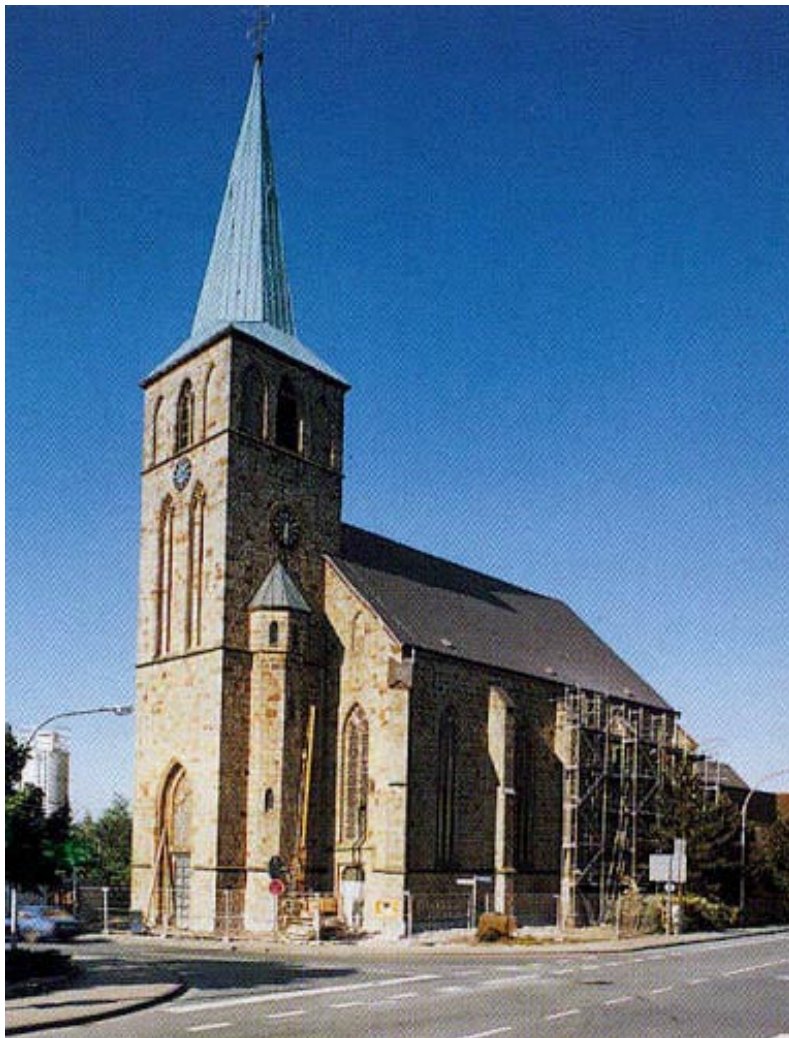
Una Chiesa restituita alla comunità



Forti emungimenti della falda acquifera e vibrazioni provocate dal traffico sulla adiacente strada statale, avevano portato a cedimenti differenziali nel corpo della Chiesa e ne avevano decretato la chiusura precauzionale ai fedeli.

Il ripristino statico delle fondazioni fu realizzato consolidando con corpi Soilcrete uno spessore di 5 m di terreno sabbioso mono granulare estremamente sensibile.

Alle opere di consolidamento poté fare seguito un definitivo restauro dei danni causati dai cedimenti.





Dal pericolo di crollo al totale risanamento

Le condizioni geolitologiche estremamente sfavorevoli, associate a naturali oscillazioni del livello di falda freatica, avevano provocato danni diffusi in ogni parte della Chiesa. Prima del restauro definitivo si cercò pertanto un sistema sicuro di sistemazione delle fondazioni. Il Soilcrete rappresentò anche in questo caso il procedimento più adatto ad intervenire su terreni molto sensibili come loess e calcare alterato. L'esecuzione del Soilcrete fu accompagnata da iniezioni di stabilizzazione per impedire ulteriori deformazioni. Parimenti coronato da successo si rivelò il preliminare controllo e risanamento delle strutture murarie in pietra naturale realizzato tramite cementazione delle fessure e delle dislocazioni fra le pietre.

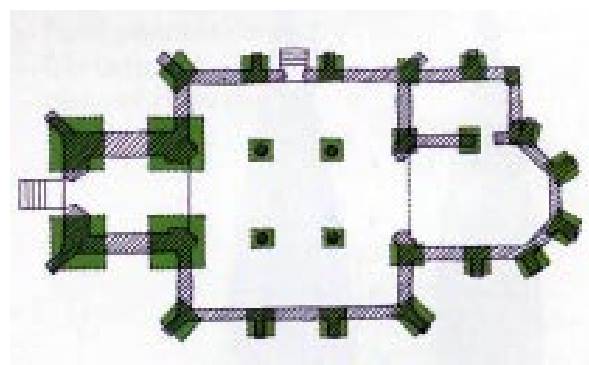
Foto in alto:

La chiesa di Neustädter dopo il restauro; essa fu costruita fra il 1340 ed il 1440.



Foto in basso:

L'altare nel suo rinnovato splendore.



Un intervento ad ampio raggio



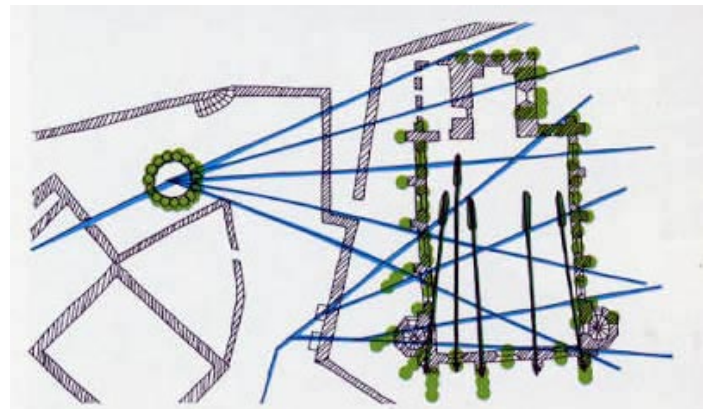
Già da un millennio sull'altura di Hechlingen furono edificate opere di culto; l'assetto attuale fu raggiunto per passi successivi: la torre campanaria nel 1491, la navata nel 1868.

La collocazione strapiombante cominciò a rappresentare un problema geotecnico, provocando danni e crepe, allorquando si moltiplicarono gli interventi sul terreno circostante e sulla falda acquifera. Per ripristinare l'equilibrio idrogeologico si intervenne con un progetto di risanamento ad ampio raggio facendo evolvere quest'ultimo nel corso delle successive fasi operative.

Furono eseguite una sottofondazione Soilcrete, una cinturazione dell'edificio con trave perimetrale in cemento armato, un'estensiva opera di drenaggio orizzontale delle acque di percolazione.

Disegno a destra:

Durante i lavori si manifestò la necessità di ancorare con tiranti il frontone posteriore della navata. Due ventagli di fori sub-orizzontali attrezzati a drenaggio hanno inoltre captato e deviato definitivamente vie preferenziali di movimento dell'acqua nell'ammasso di terreno



Un migliore scarico verticale dei carichi di imposta venne realizzato con una fondazione profonda di colonne Soilcrete.

