



| | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
|  Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra | Manuale tecnico Gallerie e geotecnica Scheda tecnica Elementi costruttivi Finitura | 24 001-10301 |
| Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC Ufficio federale delle strade USTRA | Rivestimento definitivo in conci prefabbricati | V2.04 01.07.2019 |
| Divisione Infrastruttura stradale I | | Pagina 1 di 5 |

1. Riferimenti

SIA 197 *Projektierung Tunnel – Grundlagen* (Progettazione di gallerie – Principi di base)
 SIA 197/2 *Projektierung Tunnel – Strassentunnel* (Progettazione di gallerie – Gallerie stradali)
 SIA 198 Lavori sotterranei – Esecuzione
 SIA 260 Basi per la progettazione di strutture portanti
 SIA 261 Azioni sulle strutture portanti
 SIA 262 Costruzioni di calcestruzzo
 SIA 270 *Abdichtungen und Entwässerungen, Allgemeine Grundlagen und Schnittstellen* (Impermeabilizzazione e drenaggi – Principi generali e interfacce)
 SIA 272 *Abdichtungen und Entwässerungen von Bauten unter Terrain und im Untertagbau* (Impermeabilizzazione e drenaggi di costruzioni interrato e sotterranee)
 SIA 281 Dichtungsbahnen Kunststoff-Dichtungsbahnen, bitumenhaltige Dichtungsbahnen und Ton-Dichtungsbahnen - Produkte- und Baustoffprüfungen, Werkstoffbezeichnungen.
 SN EN 13369 Regole comuni per prodotti prefabbricati di calcestruzzo
 Scheda SIA 2042 *Vorbeugung von Schäden durch die Alkali-Aggregat-Reaktion (AAR) bei Betonbauten* (Misure preventive contro danni da reazioni alcali-aggregato in costruzioni di calcestruzzo)
 Documento ASTRA 82013 *Alkali-Aggregat-Reaktion (AAR)* (Reazione alcali-aggregato)
 Scheda 24 001-10204 Sezione tipo
 Scheda 24 001-10500 Impermeabilizzazione – Aspetti generali
 Scheda 24 001-10501 Impermeabilizzazione ad ombrello
 Scheda 24 001-10502 Impermeabilizzazione completa
 Scheda 24 001-10504 Membrane per impermeabilizzazione
 Scheda 24 001-10505 Sistemi d'iniezione
 Scheda 22 001-14110 Calcestruzzo (materiale)
 Scheda 22 001-15110 Casserature
 Scheda 20 001-00001 Introduzione generale

2. Aspetti generali

Il rivestimento in conci prefabbricati viene generalmente impiegato per la realizzazione di gallerie con fresa meccanica (Tunnel Boring Machine, in acronimo TBM). L'allegato C alla normativa SIA 198 fornisce ulteriori indicazioni circa l'impiego di possibili metodologie di scavo da affiancare all'applicazione di conci prefabbricati in cemento armato. L'intercapedine tra l'ammasso roccioso e l'anello di conci è tempestivamente riempita attra-

| | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
|  Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra | Manuale tecnico Gallerie e geotecnica Scheda tecnica Elementi costruttivi Finitura | 24 001-10301 |
| Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC Ufficio federale delle strade USTRA | Rivestimento definitivo in conci prefabbricati | V2.04 01.07.2019 |
| Divisione Infrastruttura stradale I | | Pagina 2 di 5 |

verso iniezioni di malte cementizie o ghiaietto monogranulare a seconda delle condizioni geologiche.

Caratteristiche omogenee della regione favoriscono l'impiego di metodologie di scavo meccanizzato e consentono di ottimizzare l'utilizzo di conci prefabbricati. La successione stratigrafica di rocce compatte e terreni sciolti, le condizioni idrogeologiche e la composizione chimica delle acque d'infiltrazione sono determinanti ai fini dell'avanzamento dello scavo, della messa in opera dei conci, dell'impermeabilità e del riempimento dell'intercapedine anulare.


In un ammasso roccioso, in funzione della metodologia adottata, si può avere un drenaggio oppure un dislocamento delle acque sotterranee d'infiltrazione. Il rivestimento in conci prefabbricati non è generalmente a tenuta stagna. Il riempimento dell'intercapedine anulare può variare tramite l'impiego di ghiaietto monogranulare che verrà successivamente iniettato con una miscela cementizia oppure attraverso l'iniezione diretta della miscela stessa. Per garantire la tenuta idraulica è possibile applicare una guarnizione in gomma sui giunti dei conci.

Per evitare l'incastro dello scudo nell'ammasso roccioso e per non pregiudicare la manovrabilità della macchina stessa durante l'avanzamento, è necessario che il diametro della testa rotante sia maggiore rispetto a quello dello scudo. Durante l'avanzamento, lo scudo è appoggiato sul rivestimento in conci nella parte posteriore dello scudo (scudo di coda). L'anello di conci non avvitato si adagia sulla base della lamiera dello scudo di coda. Nella parte superiore si avrà quindi uno spazio libero.

In presenza di terreni sciolti può risultare necessario l'utilizzo di una TBM "a scudo chiuso", in cui il contenimento diretto del fronte di scavo è ottenuto impiegando fanghi pompati in pressione nella camera di scavo (*Hydroshield*), oppure con lo stesso materiale di scavo (EPB, Earth Pressure Balance) o ancora con aria compressa. Quest'ultima metodologia avviene spesso in combinazione con le *TBM-Hydroshield* (cfr. SIA 198, Allegato E). Nei casi sopra elencati lo scudo deve essere a tenuta stagna in modo da impedire la fuoriuscita di acqua o materiale di scavo all'interno della galleria e allo stesso tempo che non vi siano perdite di pressione nella camera di scavo.

È possibile distinguere tra le seguenti tipologie costruttive.

- Rivestimento ad "anello semplice": un unico anello, che se necessario assolve anche una funzione di impermeabilizzazione.
- Rivestimento ad "anello doppio": anello esterno a sostegno dello scavo e anello interno. L'impermeabilizzazione è integrata tra i due anelli.
- Rivestimento "combinato": arco rovescio realizzato con conci; calotta e piedritti con conci e rivestimento interno. Sistema utilizzato in genere con funzioni di impermeabilizzazione a ombrello.
- Arco rovescio in conci: in grado di assorbire immediatamente i carichi.

| | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
|  Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra | Manuale tecnico Gallerie e geotecnica Scheda tecnica Elementi costruttivi Finitura | 24 001-10301 |
| Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC Ufficio federale delle strade USTRA | Rivestimento definitivo in conci prefabbricati | V2.04 01.07.2019 |
| Divisione Infrastruttura stradale I | | Pagina 3 di 5 |


3. Requisiti

3.1 Requisiti generali

- Non è consentito l'utilizzo di rivestimenti ad "anello semplice" per le gallerie delle strade nazionali. All'interno del rivestimento avviene la posa di condutture e tubazioni. Inoltre la zona di circolazione dei veicoli e il rivestimento interno sono protetti dall'azione delle acque d'infiltrazione grazie al manto impermeabile presente nell'intercapedine dei due rivestimenti.
- Il sistema con conci cosiddetto "a nido d'ape" (*Wabentübbinge*) non si è dimostrato valido e non ne è quindi ammesso l'utilizzo.

3.2 Disposizioni costruttive generali

- La scelta della tipologia di conci avviene in funzione delle condizioni geologiche e idrogeologiche pronosticate. Il progettista deve elaborare e definire i seguenti punti costruttivi e tecnici (la lista non è esaustiva):
 - forma e dimensioni dei conci,
 - caratteristiche della superficie,
 - tipologia e forma dei giunti anulari (tra un anello e l'altro), giunti longitudinali (lungo l'asse longitudinale della galleria) e raccordi dei giunti (giunti a T o a incrocio)
 - tipologia e posizione degli elementi di raccordo avvitati (durante la fase di costruzione ed eventualmente in quella definitiva)
 - tipologia dell'armatura: in barre, a rete e in fibra
 - requisiti dei materiali come calcestruzzo, armatura, guarnizioni in gomma ecc.
- La disposizione degli anelli deve rispettare le prescrizioni progettuali come:
 - il diametro dell'anello in funzione alla sezione tipo della galleria,
 - la disposizione dei martinetti di spinta della fresa meccanica,
 - la cinematica del dispositivo di posizionamento dei conci.
- Dimensioni dei conci (vedere anche la norma SIA 198, Allegato I.6): la larghezza dei conci dipende, tra l'altro, dalla corsa della fresa; per gli ingombri totali è tuttavia necessario osservare le dimensioni e i pesi ammissibili per il trasporto su strada, qualora i conci non vengano prodotti direttamente in cantiere.
- I conci devono essere prodotti sotto forma di anelli conici (evitare giunti aperti con perdita dell'impermeabilità), al fine di poter adattare gli stessi a raggi di curvatura verticali e orizzontali dovuti a deviazioni dello scudo dall'asse teorico della galleria. Lo sviluppo in curva può essere conseguentemente assicurato grazie alla posa appropriata dei singoli conci.
- I giunti e le giunzioni dei conci devono essere realizzati in modo da evitare disallineamenti o comunque ridurli al minimo ($< 15 \text{ mm}$), per diminuire il rischio di danno ai manti impermeabilizzanti sintetici interni.
- Per evitare i distacchi di calcestruzzo frequentemente riscontrati nei giunti a incrocio, nonché danni ai nastri di guarnizione in gomma ed eventuali disassamenti, l'anello può

| | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
|  Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra | Manuale tecnico Gallerie e geotecnica Scheda tecnica Elementi costruttivi Finitura | 24 001-10301 |
| Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC Ufficio federale delle strade USTRA | Rivestimento definitivo in conci prefabbricati | V2.04 01.07.2019 |
| Divisione Infrastruttura stradale I | | Pagina 4 di 5 |

essere montato sfalsato di una quota pari alla metà della lunghezza del concio (giunti a T).

- In linea di principio, un anello di conci dovrebbe essere costituito da minimo cinque elementi di uguale lunghezza e da un concio di chiusura facilmente gestibile.

3.3 Materiali

- Per conci in calcestruzzo si applicano le norme SIA 198, SIA 262 e SN EN 13369, oltre alle schede sull'argomento del manuale tecnico Manufatti.
- Per i conci utilizzati in una costruzione ad anello doppio è richiesta la classe di resistenza a compressione C35/45.
- I requisiti specifici per la resistenza ad attacchi chimici da acque d'infiltrazione aggressive vanno definiti congiuntamente alla classe d'esposizione corrispondente.

3.4 Dimensionamento e calcoli

- Per la progettazione si applicano le norme SIA 197 e le norme dalla SIA 260 alla SIA 262.
- Per le azioni esercitate dall'ammasso roccioso o dal terreno di fondazione si applica la norma SIA 197.
- Si dovranno inoltre calcolare e conseguentemente considerare le forze esercitate dalla fresa meccanica sui conci (ad es. la massima forza di compressione eccentrica), così come le sollecitazioni effettive subite durante la produzione, lo stoccaggio, il trasporto, il montaggio e la messa in opera.
- Per il controllo delle fessurazioni si applicano le prescrizioni delle norme SIA 198 e 262.

3.5 Impermeabilizzazione

- L'impermeabilizzazione deve essere realizzata secondo le indicazioni fornite nelle schede 24 001-10500 - 505.


3.6 Esecuzione

Tolleranze

- In linea di principio, deviazioni e tolleranze vanno determinate specificamente per l'oggetto in questione. Qualora non vengano fissate, si applicano i requisiti secondo la norma SIA 198, Appendice I, su variazioni rispetto alla misura teorica, dimensioni e definizioni.

Casseforme

- Si applicano i requisiti secondo le norme SIA 198 e SIA 262, nonché le prescrizioni della scheda 22 001-15110.

| | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
|  Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra | Manuale tecnico Gallerie e geotecnica Scheda tecnica Elementi costruttivi Finitura | 24 001-10301 |
| Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC Ufficio federale delle strade USTRA | Rivestimento definitivo in conci prefabbricati | V2.04 01.07.2019 |
| Divisione Infrastruttura stradale I | | Pagina 5 di 5 |

Post-trattamento del calcestruzzo

- Si applicano i requisiti secondo le norme SIA 198 e SIA 262, nonché le prescrizioni della scheda 22 001-14120.

Riempimento dell'intercapedine anulare

- In linea di principio si applicano le indicazioni della norma SIA 198 Lavori in sotterraneo – Esecuzione. Indipendentemente dalla modalità di avanzamento e dalle condizioni idrogeologiche, è sempre richiesto il riempimento dell'intercapedine anulare con ghiaietto monogranulare o una iniezione di malta nel terreno sciolto. Nell'arco rovescio viene normalmente iniettata malta a pressione.
- Il riempimento dell'intercapedine anulare con malta a pressione non deve pregiudicare la funzionalità a lungo termine del sistema di drenaggio (formazione di concrezioni).

Prove

- Per gli elementi prefabbricati in calcestruzzo armato si applicano le prescrizioni della norma SN EN 13369.
- In situazioni speciali, per le prove devono essere stabiliti requisiti particolari, specifici per il caso in questione (ad es. azioni aggressive dall'ammasso roccioso o dal sottosuolo).