

OBNOVA GRADA ZAGREBA NAKON POTRESA
Ciklus predavanja: Znanjem za Zagreb (i Hrvatsku) - Zagrebu od Rijeke

Čelične konstrukcije nosivih skela za pridržavanje fasada u procesu rekonstrukcije povijesnih građevina

Paulina Krolo¹ & Petar Mrak²

¹Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, ²AEC Projekt d.o.o., Njivice



**ZAGREB,
22. OŽUJAK 2020.
6:24**

**PETRINJA,
29. PROSINAC 2020.
12:19**

Sadržaj

- Uvod
 - Zadržavanje fasade (facade retention)
 - Smjernice i preporuke
 - Koji tip skele odabrat?
 - Kriteriji za projektiranje privremenih konstrukcija (nosivih skela)
-
- PRIMJER IZ PRAKSE - Rekonstrukcija ciglene zgrade EX „Rikard Benčić“ u Dječju kuću u Rijeci (Petar Mrak, dipl. ing. građ.)

- Nedavni potresi koji su pogodili Zagreb i Petrinju, ostavili su goleme posljedice na brojnim zgradama među kojima su i zgrade **zaštićene graditeljske baštine**
- Obnova takvih zgrada, posebno onih kod kojih su zabilježena **znatna oštećenja nosivih konstrukcijskih elemenata**, zadaju inženjerima velike „muke“
- Takve zgrade imaju fasade od izrazite **arhitektonske** važnosti, ali je moguće da nosivi dijelovi više ne udovoljavaju zahtjevima nosivosti i uporabivosti
- U tom slučaju je klasičan način obnove upitan kao i njegova ekonomска opravdanost

ZADRŽAVANJE FASADE kao metoda sanacije

ZADRŽAVANJE FASADE (eng. façade retention) je radikalna metoda sanacije građevina. Obuhvaća postupak uklanjanja cijele unutrašnjosti zgrade ili dijela zgrade, dok se zadržava samo njena fasada kako bi se sačuvala povijesna i arhitektonska jedinstvenost građevine



Primjer zadržavanja jednog fasadnog pročelja



Primjer zadržavanja fasade cijele građevine

- **Zadržavanje fasade** najčešće se primjenjuje za rekonstrukcije zgrada koje datiraju iz 19. stoljeća ili početka 20. stoljeća, koje su uglavnom smiješene u blizini centra grada
- Praksa zadržavanja fasada sukobljava se s međunarodnim poveljama **ICOMOS-a** i **Venecijanskom poveljom**, gdje je neophodno biti u dosluhu s konzervatorima i arhitektima i poštivati specifične zahtjeve za takve građevine

ICOMOS - međunarodna nevladina organizacija koja se bavi zaštitom kulturnih dobara
Venecijanska povelja - Međunarodna povelja o zaštiti i obnovi spomenika i lokaliteta



Projektantski i tehnički zahtjevi

Glavni **izazovi** za inženjere u procesu sanacije građevina postupkom ZADRŽAVANJEM FASADE su:

➤ Zahtjevi projektiranja

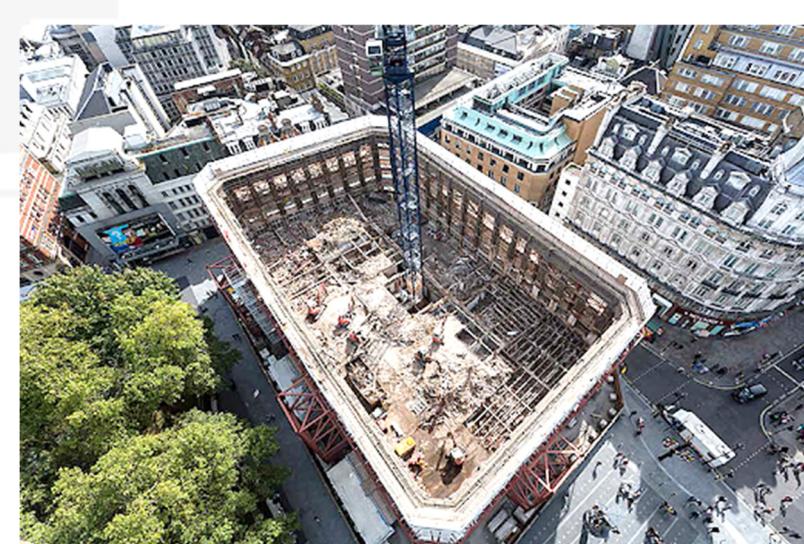
U Hrvatskoj ne postoji Tehnički propis, niti je Europskim normama obuhvaćen ovakav princip rekonstrukcije/gradnje

➤ Tehnički zahtjevi

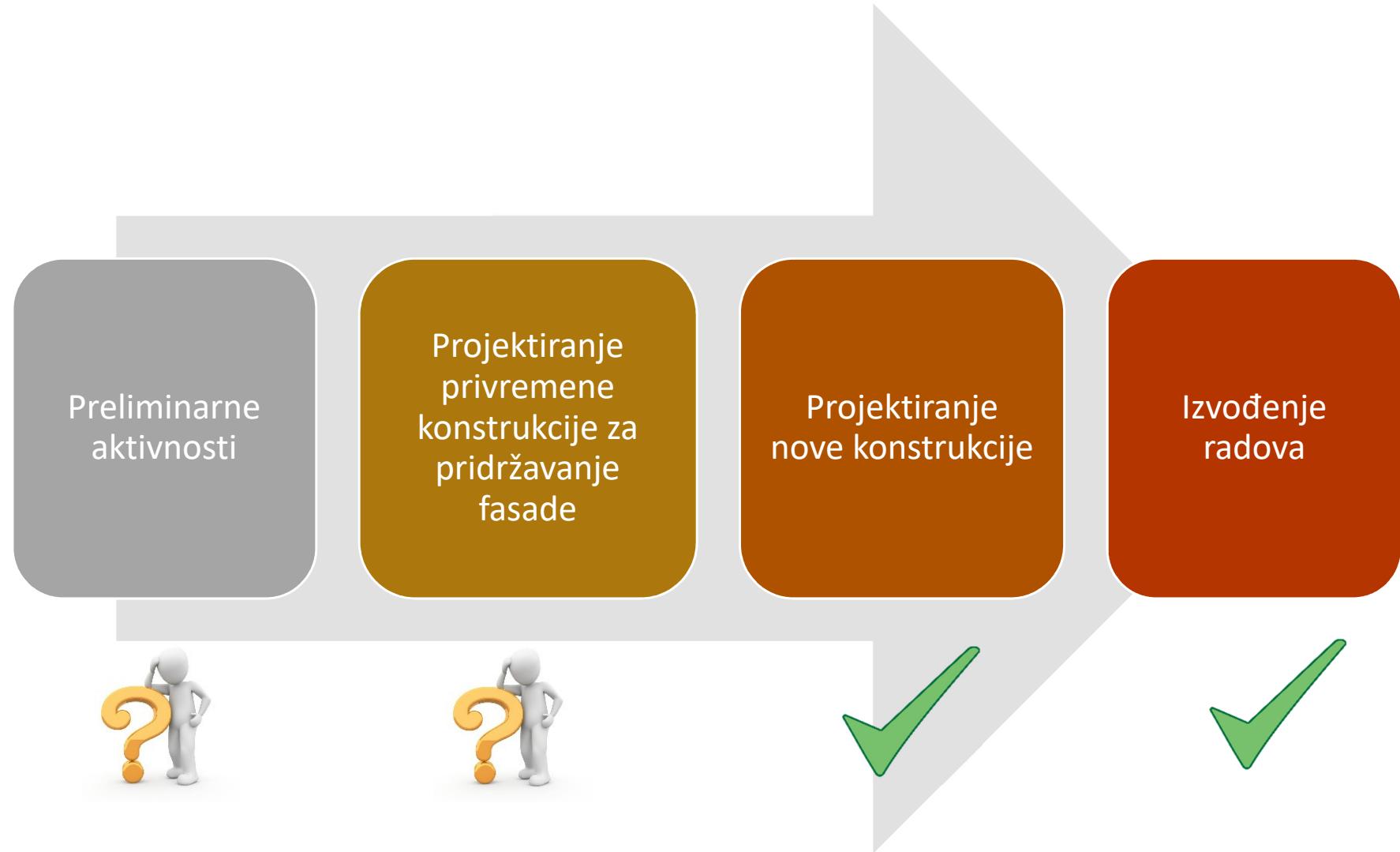
Potrebno je riješiti brojne faze rekonstrukcije/gradnje, od početka uklanjanja postojeće građevine, do konačne integracije zadržane fasade s novom konstrukcijom

Smjernice i preporuke za projektiranje

- U Hrvatskoj se nismo susretali s ovakvim radikalnim načinom sanacija građevina, što zbog manjkavosti propisa, neiskustva inženjera, ekonomskih razloga i/ili nekih drugih faktora
 - U Europi ova metoda obnove nije strana. U Velikoj Britaniji se metoda **zadržavanja fasada** uvelike primjenjuje u procesu obnove graditeljske baštine
- Pregledom literature i dostupnih materijala pokušat ćemo dati jasan pregled sa smjernicama i preporukama u procesu obnove povijesnih građevina metodom **ZADRŽAVANJA FASADA**



Proces obnove povijesnih građevina ZADRŽAVANJEM FASADE



Preliminarne
aktivnosti

Preliminarnim aktivnostima trebalo bi provesti sljedeće korake:

- 1) Identificirati tip zgrade i prikladnost metode sanacije zadržavanjem fasade
- 2) Provesti inicijalno istraživanje građevine
- 3) Istražiti ograničenja lokacije građevine
- 4) Utvrditi stanje fasade
- 5) Izraditi studiju izvedivosti zadržavanja fasade

1) Identifikacija tipa zgrade i prikladnost metode sanacije zadržavanjem fasade

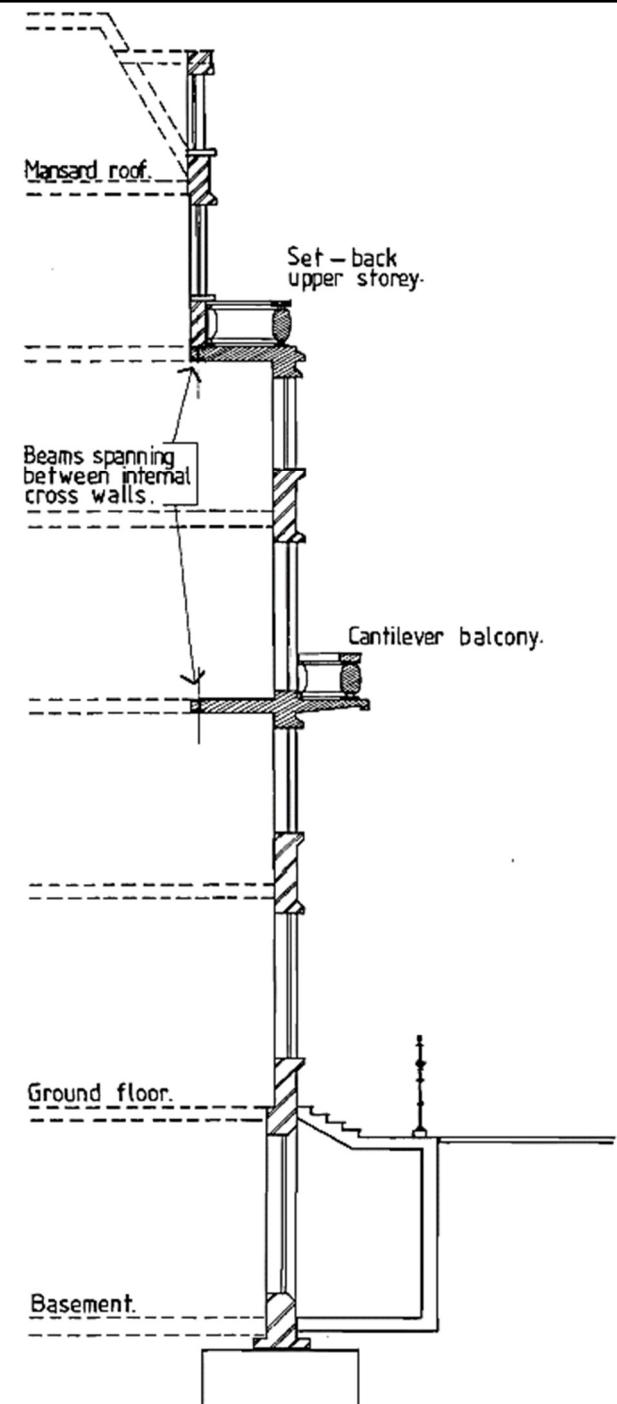
Zgrade...	...pogodne za ZADRŽAVANJE FASADA	...nisu pogodne za ZADRŽAVANJE FASADA
Vrijeme gradnje	Izgrađene na prijelazu 19. i 20. stoljeća	Novija gradnja, nakon 1950. godine
Tip fasade	Masivna fasada od opeke i / ili kamena	Relativno tanke vanjske obloge od opeke ili drugih materijala
Nosiva konstrukcija	Zidovi od opeke i / ili kamena	Konstrukcije od čeličnih okvira ili armiranog betona
Sekundarni elementi	Unutarnja konstrukcija može biti slična nosivim zidovima ili djelomično uokvirena konstrukcija od čelične i / ili drvene konstrukcije. U nekim slučajevima mogu biti prisutni betonski podovi.	Zidani pregradni zidovi i svi ostali elementi karakteristični za suvremenu gradnju



Standardni načini sanacije/rekonstrukcije su održivije i ekonomski isplativije metode produženja uporabnog vijeka suvremenih zgrada

2) Inicijalno istraživanje građevine

- Istražiti **dostupnost građevinskih nacrta** i detalja postojeće zgrade, uključujući sve nedavne izmjene (sanacije/rekonstrukcije)
- Provesti **vizualne pregledе** postojeće zgrade iznutra i izvana kako bi identificirali način gradnje i statiku sustava
- Utvrditi kako je **ostvarena veza fasadnih zidova** s unutarnjim zidovima, podovima i drugim potpornim elementima
- Utvrditi postoje li **ekscentričnosti vlastite težine** fasadnih zidova
- Istražiti **uvjete temeljenja**, procijeniti vjerojatne probleme s temeljima u odnosu na prijedlog nove konstrukcije
- Ispitati nosivost **temeljnog tla**



3) Ograničenja lokacije građevine

Gradska područja po svojoj prirodi često nameću **ozbiljna ograničenja** pri odabiru konstrukcije za pridržavanje fasade.

To mogu biti:

- Ograničene **širine okolnog prostora zgrade**, blizina kolnika i pločnika
- **Blizina susjednih zgrada** i drugih objekata
- **Lokalne vlasti** mogu ograničiti ili spriječiti postavljanje privremenih skela iz nekih drugih razloga



4) Utvrđivanje stanja fasade

Vrlo je važno rano u procesu projektiranja jasno utvrditi **građevinske detalje fasade**, njezinu nosivu funkciju u izvornoj zgradi i postojeće stanje naprezanja

Potrebno je napraviti sljedeće:

- Provesti **detaljna mjerena geometrije** fasadnih zidova (tlocrtne dimenzije, debljine zidova, visine, karakteristične presjeke fasade i dr.)
- Prema potrebi, provesti **snimanje vertikalnosti zidova** i "ispunjenošću" fasadnog zida
- Otvoriti zidne elemente na karakterističnim mjestima kako bi **utvrdili građevinske detalje i materijale**
- Ako je moguće, uzeti uzorke za **laboratorijska ispitivanja** čvrstoće materijala
- Pomno pregledati fasadu iznutra i izvana. Utvrditi sve potrebne **popravke i ojačanja** (to može uključivati sanaciju nakon uklanjanja drvenih gredica, specijalne popravke zbog korodiranja čeličnih konstrukcija, popravke svodova od opeke i /ili kamena nad otvorima, popravke fasade nastali vremenskim utjecajima i dr.)

5) Studija izvedivosti ZADRŽAVANJA FASADE

Osnovni cilj studije izvedivosti je odabrati **prikladan način** privremene potpore postojećoj fasadi, kako bi se osiguralo **sigurno uklanjanje** postojeće **građevine** i postigla ekonomična izgradnja nove građevine, tako da se osigura **stabilnost fasade** u svim fazama radova (uklanjanja/gradnje)

5) Studija izvedivosti ZADRŽAVANJA FASADE

- U većini slučajeva (ali ne i svi), postojeća fasada koju treba zadržati, sposobna je izdržati vlastitu težinu na izvornim temeljima
- Uklanjanje postojećih stropnih elemenata izvorne zgrade smanjit će opterećenja na zadržanim zidovima i temeljima
- Pod uvjetom da su zidovi uglavnom okomiti i da nemaju značajnih promjena u presjeku s izbočenim ili uvučenim elementima koji uzrokuju prekomjerno ekscentrično opterećenje, problem osiguranja privremene stabilnosti zadržanih fasadnih zidova može se osigurati **bočnim potpornim konstrukcijama** (skelama)

5) Studija izvedivosti ZADRŽAVANJA FASADE

- Ako rušenje uključuje uklanjanje nosivih zidova, stupova, greda ili podova koji pružaju vertikalnu potporu ekscentričnim elementima fasadnog zida ili koji podupiru velike otvore na fasadi, osiguravanje stabilnosti uključuje izvođenje **bočnih i vertikalnih potpornih elemenata**
- Potrebno je razmotriti pozicije radnih strojeva (strojevi za nabijanje, strojevi za iskop, dizalice, itd.) na gradilištu
- Osmisliti **tehnologiju gradnje** novih temelja i nove konstrukcije neposredno iza fasade, te način povezivanja stare i nove konstrukcije

Procjena svih preliminarnih razmatranja trebala bi omogućiti inženjeru da utvrdi je li **ZADRŽAVANJE FASADE** izvediva metoda za provedbu predložene obnove građevine

Privremene konstrukcije (skele) za pridržavanje fasade

- Privremene konstrukcije (skele) za pridržavanje fasade pružaju bočnu potporu postojećem pročelju zgrade
 - Sustav za pridržavanje obično je potreban od početka radova na uklanjanju do završetka nove konstrukcije
- **Osnovni cilj** u projektiranju prikladnog sustava privremenih konstrukcija za pridržavanje fasade je postizanje **ekonomičnog rješenja** koje je relativno jednostavno **instalirati, održavati i ukloniti**, te koji najmanje remete aktivnosti rušenja i gradnje, istovremeno prepoznajući sva ograničenja na lokaciji građevine

Koji tip skele odabratи? CIJEVNE SKELE VS NOSIVE SKELE

Projektiranje skela za pridržavanje fasadnih zidova zahtijeva iskustvo i dobro razumijevanje postojeće i nove konstrukcije, kao i svojstava elemenata skele

- Tipične **radne skele** se oslanjaju na zgradu kako bi osigurale pristup radnika i materijala do građevine
- Kod **nosivih skela**, princip je potpuno obrnut, građevina dobiva potporu od same skele
- Za postizanje odgovarajuće stabilnosti ZADRŽANIH FASADNIH ZIDOVA očito će biti potrebna **masivna konstrukcija skele**

Projektiranje
privremene
konstrukcije za
pridržavanje fasade

NOSIVE SKELE

Bočne nosive skele

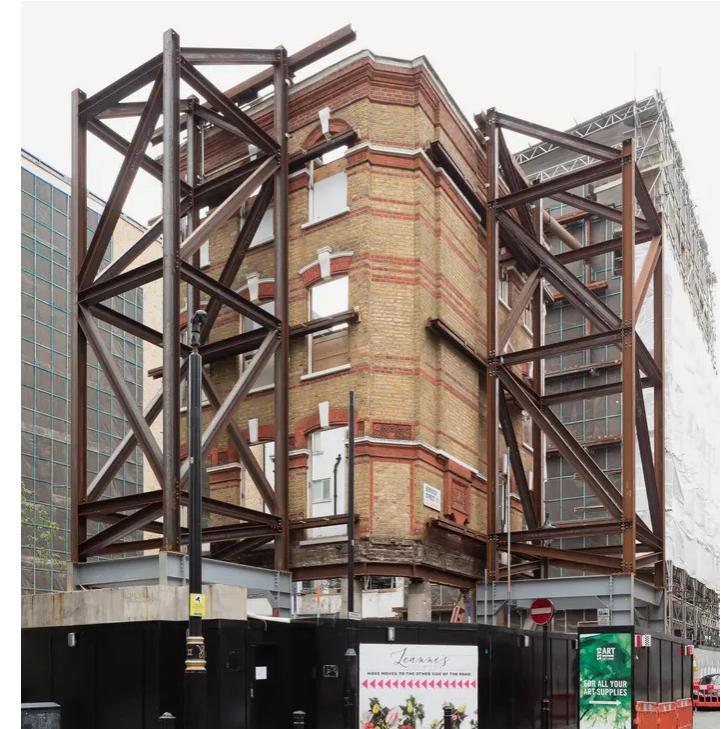
- Nosivi sustavi koji daju privremenu horizontalnu potporu fasadnom zidu
- Tipovi bočnih skela su različiti, ovise o uvjetima same građevine i okolnog terena



Podupiranje kosnicima



Pridržanje cijevnim skelama



Pridržanje toranskim skelama

Projektiranje
privremene
konstrukcije za
pridržavanje fasade

NOSIVE SKELE

Horizontalne skele

- Nosivi sustavi koji daju privremenu potporu nasuprotnih zidova
- Opterećenje se ne prenosi na tlo nego na fasadne zidove



Razupiranje profilima



Razupiranje rešetkastim nosačima



Razupiranje profilima

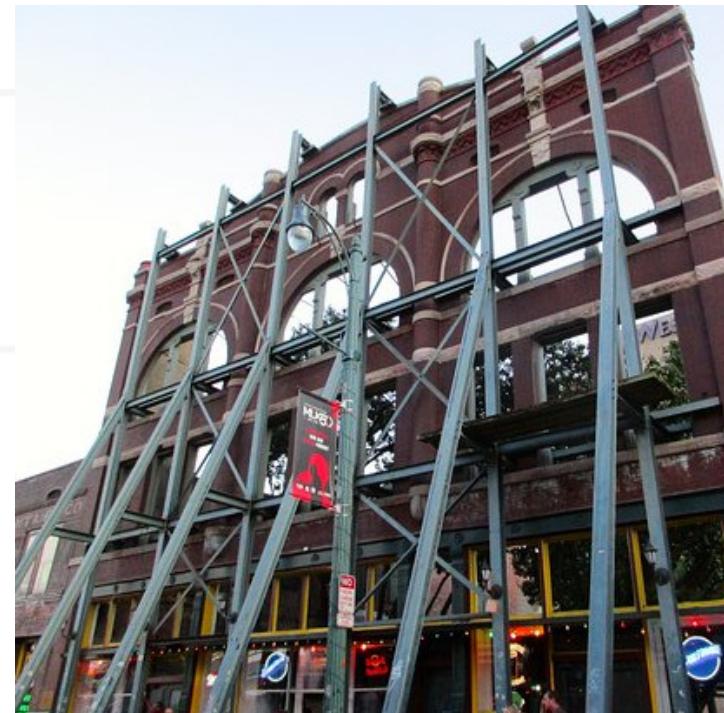
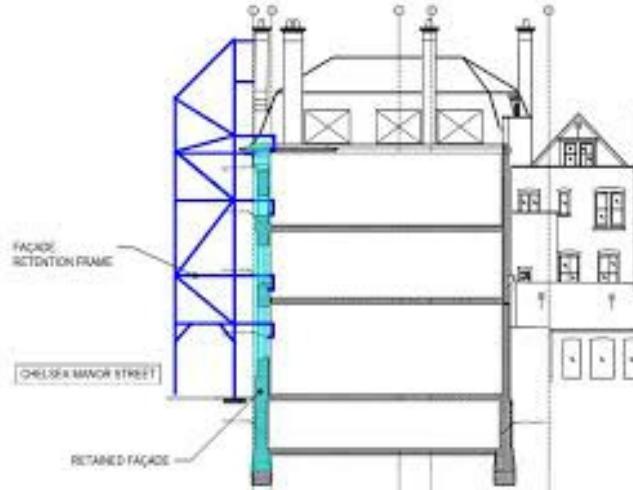
Projektiranje
privremene
konstrukcije za
pridržavanje fasade

NOSIVE SKELE

Vertikalne skele

Vertikalne skele koriste se za sljedeće namjene:

- Za sanaciju gornjih dijelova fasadnog zida
- Za sanaciju postojećih temelja
- Za gradnju velikih otvora na postojećim zidovima



Prihvati nosive skele na konstrukciju

- Ako to dopuštaju uvjeti na gradilištu, prihvati nosive skele na fasadni zid treba osigurati kroz otvore prozora kako bi se izbjeglo bušenje zida
- Drvene oplate postaviti oko otvora i na svim kritičnim mjestima kako bi se spriječilo oštećivanje ziđa



Kriteriji za projektiranje privremenih konstrukcija su sljedeći:

1) Djelovanja koja treba uzeti u obzir u proračunu:

- Sva stalna djelovanja koja djeluju trajno ili privremeno
- Horizontalna djelovanja vjetra - (vidi HRN EN 1991-1-4, 7.4.1 (samostojeći zidovi) ili 7.2.2 (vertikalni zidovi pravokutnih građevina))
- Horizontalna djelovanja uslijed imperfekcija i pomaka
- Izvanredna udarna opterećenja
- Pritisak tla (ukoliko postoji takav utjecaj)

2) Faze uklanjanja: kroz sve faze radova potrebno je osigurati stabilnost konstrukcije

3) Osigurati pristup fasadi za popravke

4) Spojevi elementa: svi spojevi vlačnih elemenata trebaju biti spojeni ili mehanički pričvršćeni vijcima

5) Uvjeti gradilišta i ograničeni prostor na gradilištu mogu značajno promijeniti oblik i tip skele. Npr. povećanjem širine kontrafora može se smanjiti potrebna za dodatnim teretom za ravnotežu

6) Ograničavanjem horizontalnog otklona sačuvat će se cjelovitost fasadnog zida. Ograničenje bočnog otklona uzeti kao H/750

7) Projektirati temeljnu podlogu ako uvjeti tla nisu dovoljne nosivosti

Sadržaj

- Uvod
 - Zadržavanje fasade (facade retention)
 - Smjernice i preporuke
 - Koji tip skele odabrat?
 - Kriteriji za projektiranje privremenih konstrukcija (nosivih skela)
-
- PRIMJER IZ PRAKSE - Rekonstrukcija ciglene zgrade EX „Rikard Benčić“ u Dječju kuću u Rijeci (Petar Mrak, dipl. ing. građ.)

Rekonstrukcija ciglene zgrade EX „Rikard Benčić“ u Dječju kuću u Rijeci

Petar Mrak, dipl. ing. građ., AEC projekt d.o.o., Njivice



PRIMJER IZ PRAKSE

Rekonstrukcija ciglene zgrade EX „Rikard Benčić“ u Dječju kuću u Rijeci

- Ciglena zgrada jedan je od objekata u bivšem industrijskom kompleksu „Rikard Benčić“.
- Izgrađena je krajem 19. stoljeća, a služila je kao sušara tadašnje tvornice duhana.
- Ciglena zgrada je prenamjenjena u Dječju kuću, prvu takvu u Hrvatskoj.
- Rekonstrukcijom Ciglene zgrade uklonjena je kompletna nosiva i nenosiva konstrukcija osim četiri vanjska ciglena zida.



Prije rekonstrukcije

Glavni projekt:

Petar Mrak, dipl.ing.građ. AEC projekt d.o.o., Njivice

Izvedbeni projekt:

Petar Mrak, dipl.ing.građ. AEC projekt d.o.o., Njivice

Boris Kirinčić, mag.ing.aedif. AEC projekt d.o.o., Njivice

dr. sc. Saša Mitrović, dipl. ing. građ. i.t.t. d.o.o., Rijeka

Projekt teške skele:

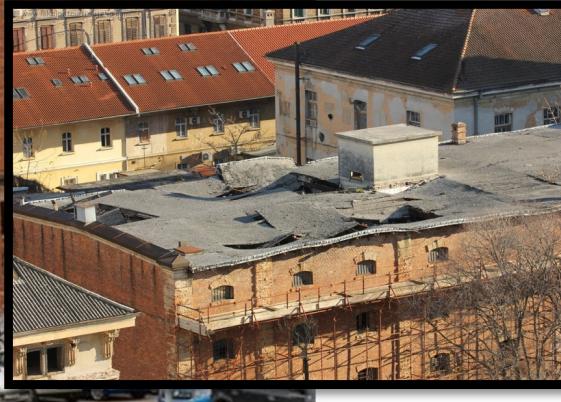
Petar Mrak, dipl.ing.građ. AEC projekt d.o.o., Njivice



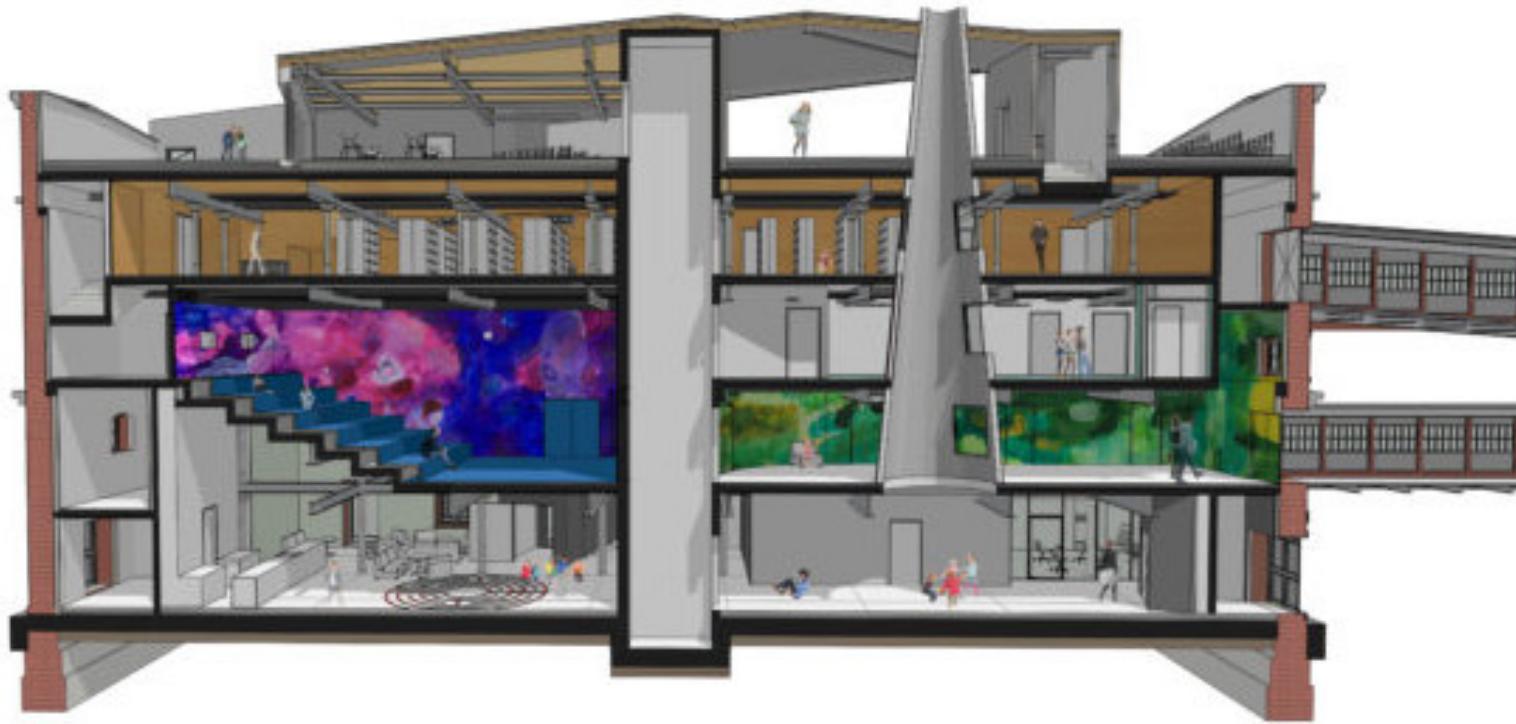
Poslije rekonstrukcije

Preliminarne aktivnosti – utvrđivanje stanja postojeće konstrukcije

- Zbog oštećena pokrova i prodora vode u zgradu u zadnjih 10-tak godina, došlo je do naglog propadanja drvene građe, a potom i čelične građe konstrukcije po nižim etažama zgrade
- Krovna konstrukcija se gotovo sva urušila, a također i drveni grednici stropova
- Ulaskom vode u unutrašnje prostore proces propadanja konstrukcije je brzo napredovao. Urušen je krov i potpuno je uništena međukatna konstrukcija.



Projektni zadatak



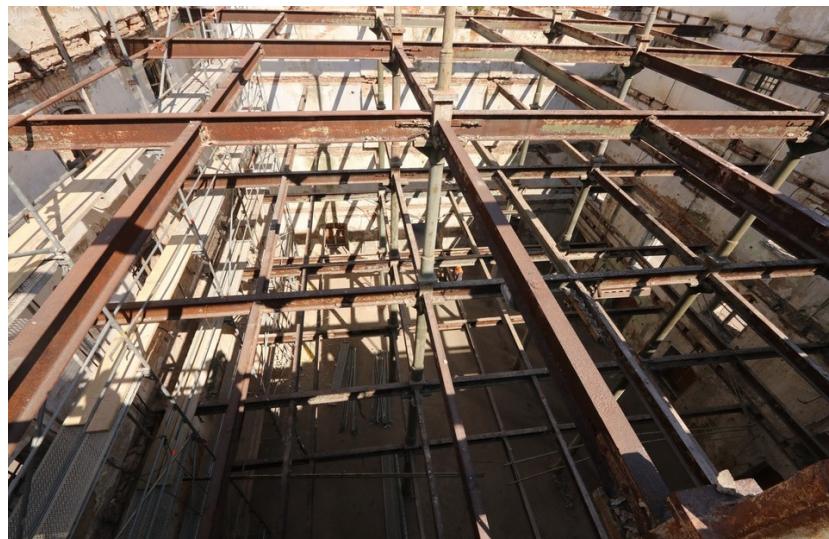
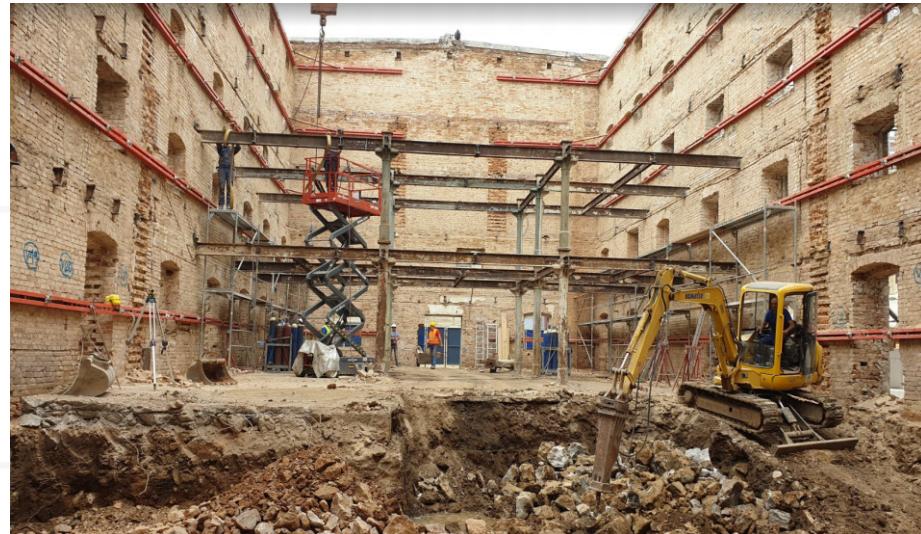
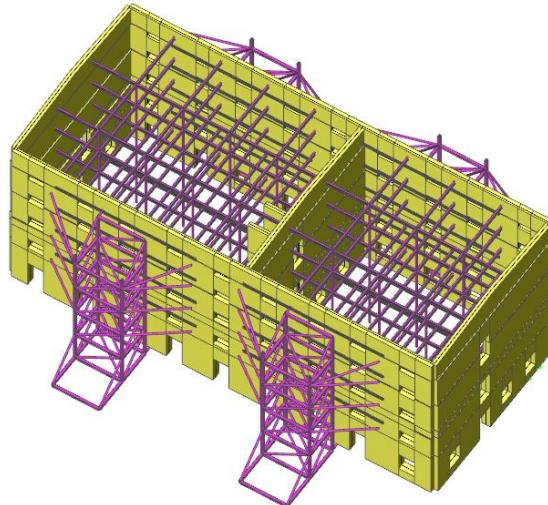
Kako bi se mogao realizirati projektni zadatak odabran je **čelik kao osnovni materijal**.

A) TEŠKA SKELA

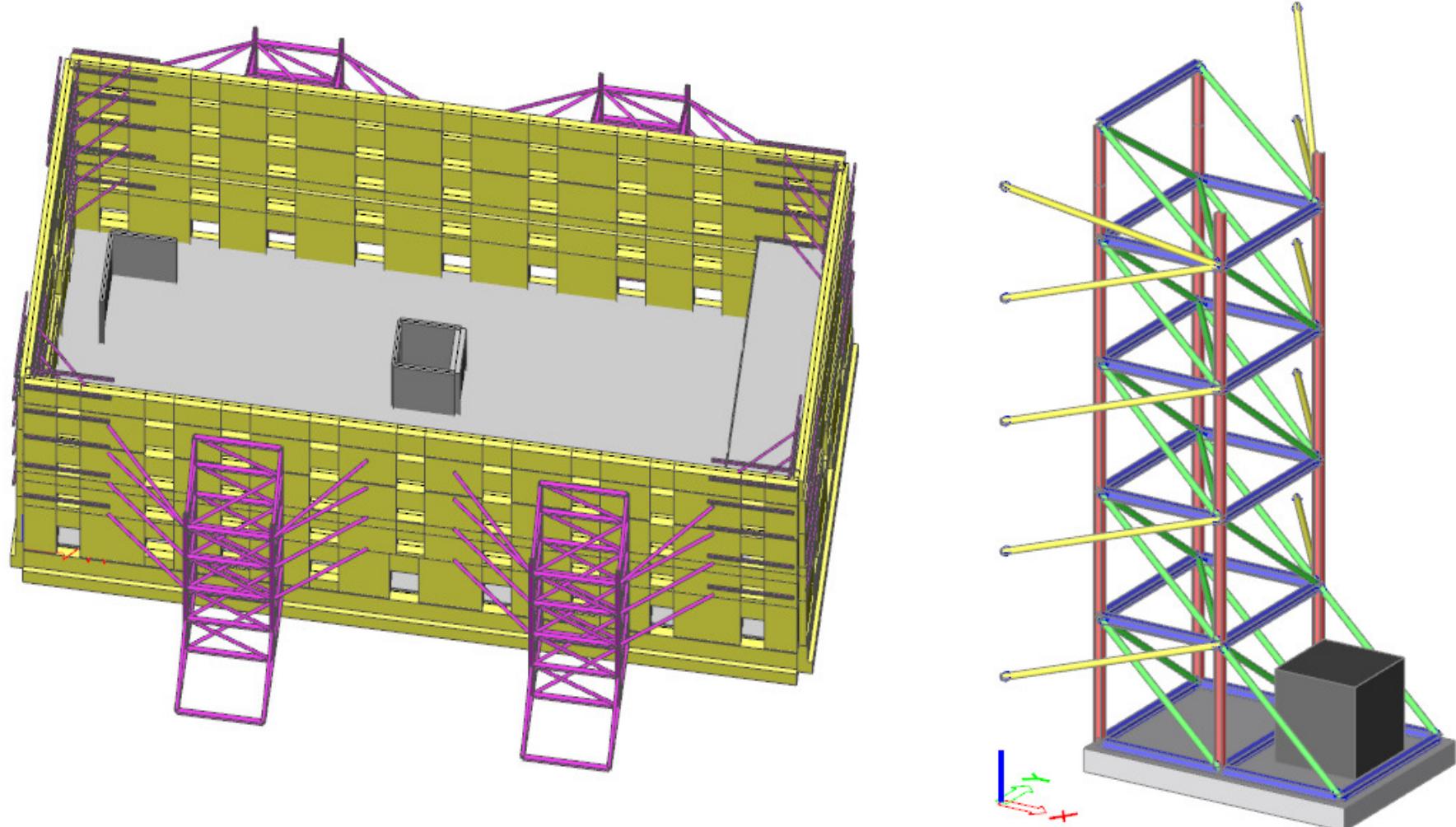
- B) VERTIKALNI ELEMENTI - STUPOVI
- C) HORIZONTALNI ELEMENTI - MEĐUKATNA KONSTRUKCIJA
- D) DETALJI SPOJEVA

TEŠKA SKELA

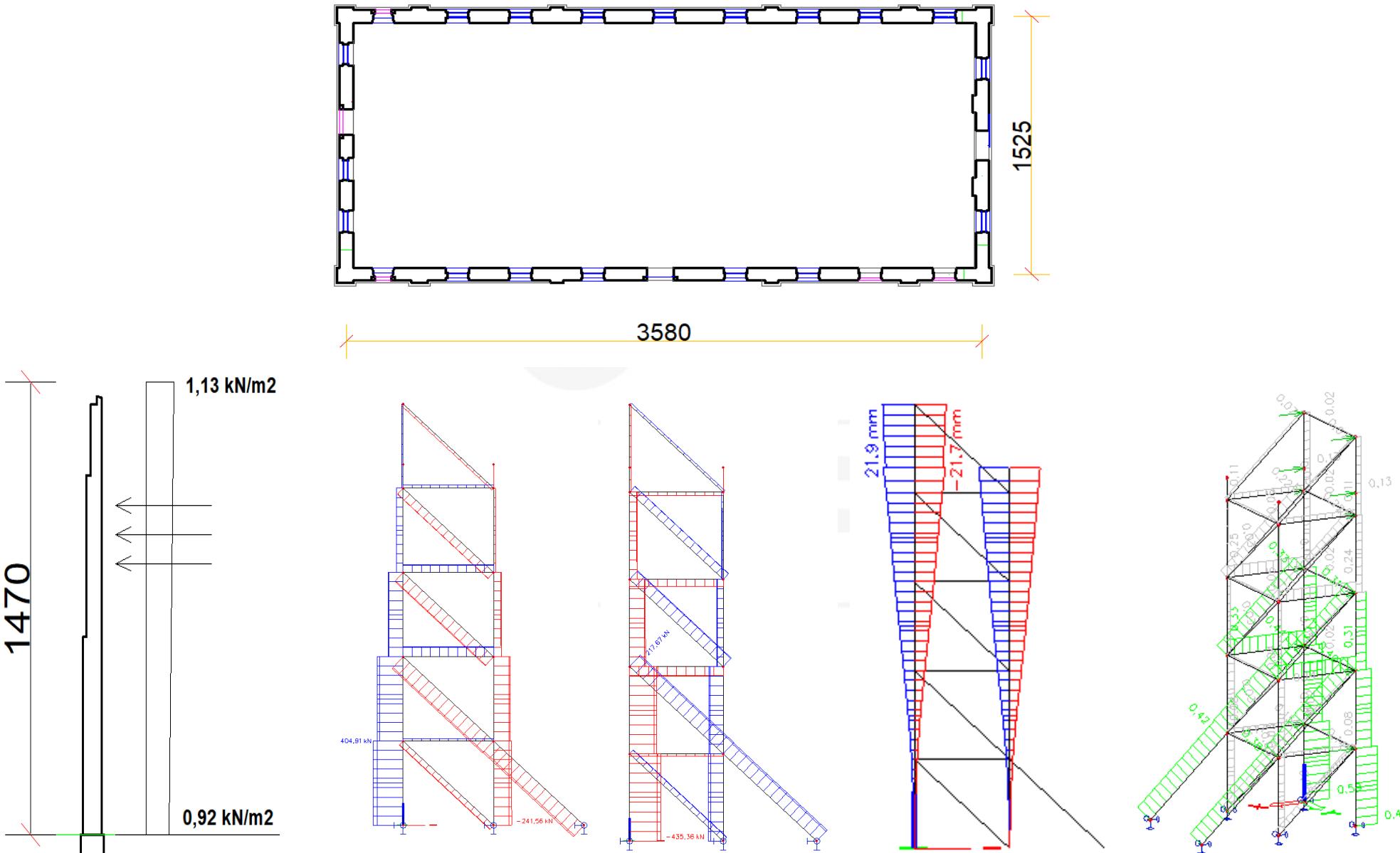
- Projekt teške skele
- Tehničko rješenje faznog izvođenja i uklanjanja dijela konstrukcije ciglene zgrade



Odabrano tehničko rješenje - TORANJSKA TEŠKA SKELA

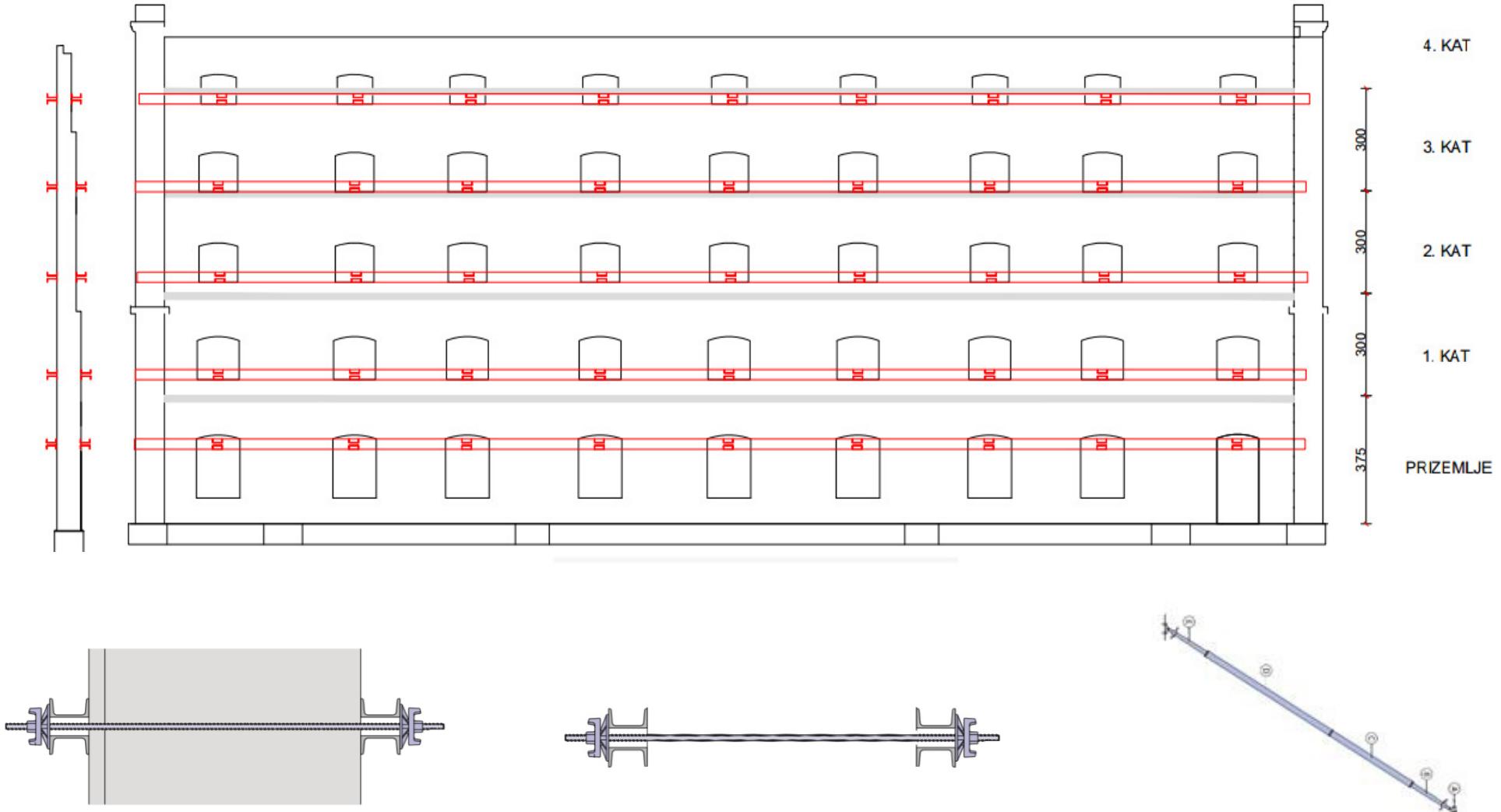


Proračun teške skele

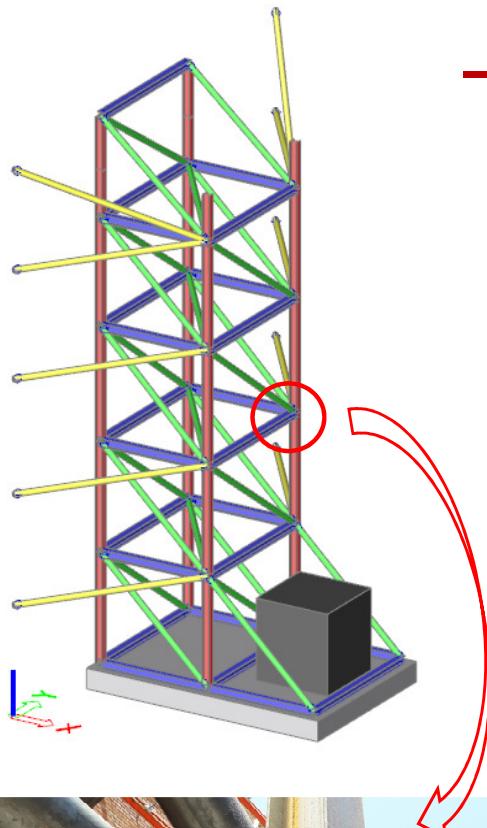


Prihvata teške skele na cigleni zid

Standardni višenamjenski pojas i zatezač (Variokit SRU ili slično)



Detalji spojeva



Toranjska skela



OBNOVA GRADA ZAGREBA NAKON POTRESA
Zagrebu od Rijeke

Sveučilište u Rijeci
Građevinski fakultet
www.gradri.uniri.hr



Zaključak

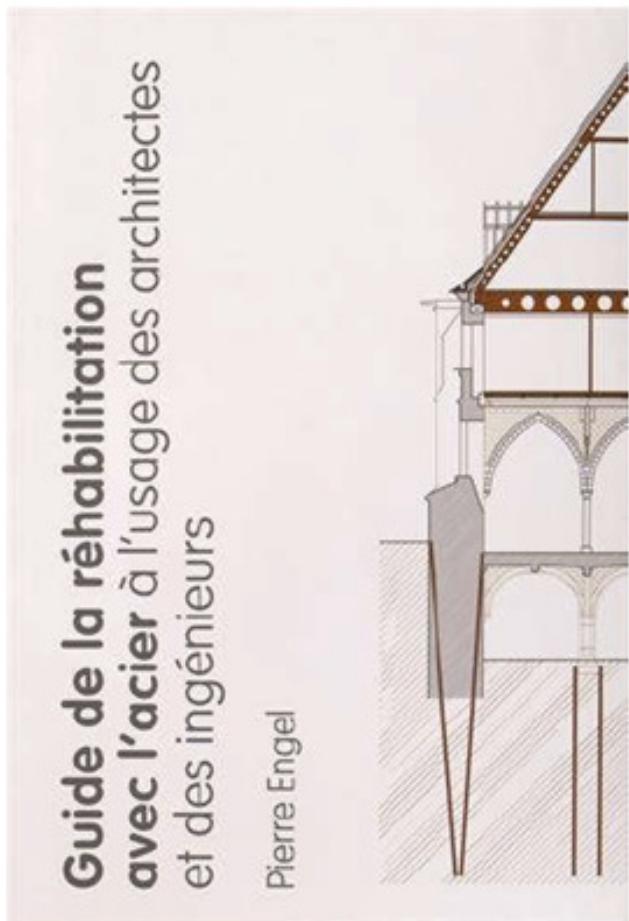
- Opravdanost primjene ovakvog načina sanacije metodom ZADRŽAVANJA FASADE najviše ovisi o stanju građevine te konzervatorskim zahtjevima
- Ovakva rekonstrukcija ima vrlo visoke zahtjeve u projektiranju, ali i samom izvođenju
- Neophodno je pronaći ravnotežu između svih zahtjeva i biti u suglasju sa svim sudionicima u procesu rekonstrukcije građevine

Korištena literatura

LITERATURA

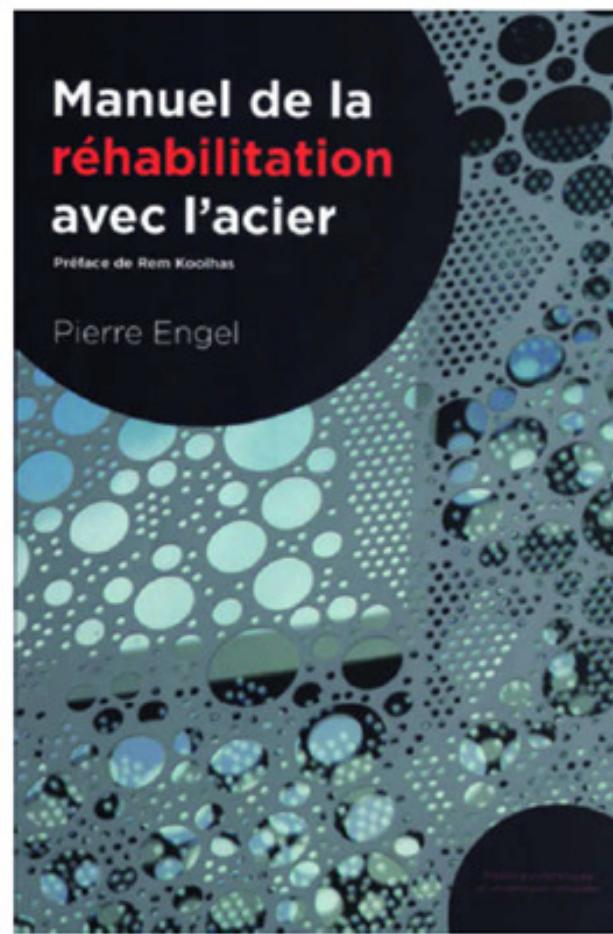
Pierre Engel

Guide de la réhabilitation avec l'acier à l'usage des architectes et des ingénieurs



Pierre Engel

Manuel de réhabilitation avec l'acier



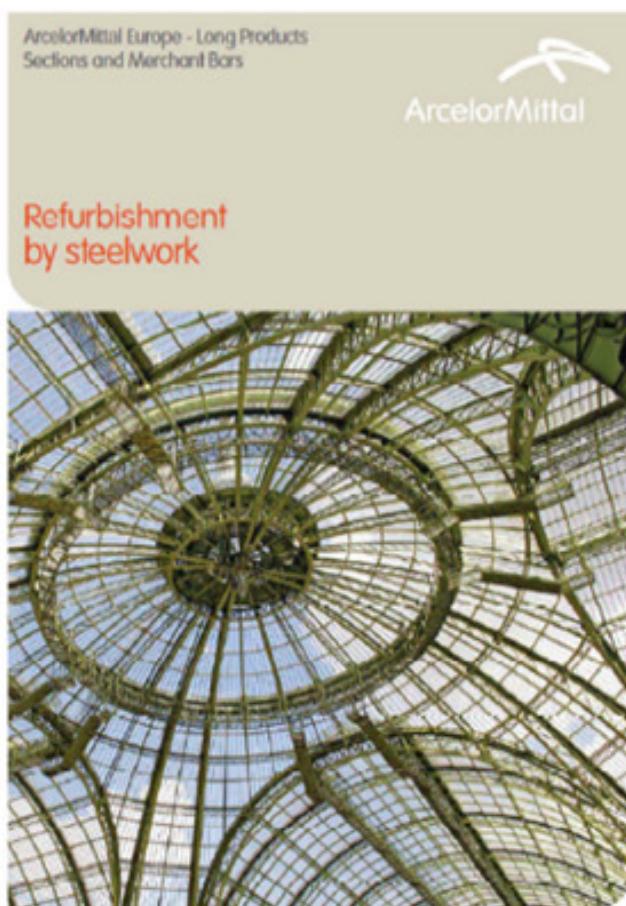
Pierre Engel

Guide de la réhabilitation des enveloppes et des planchers

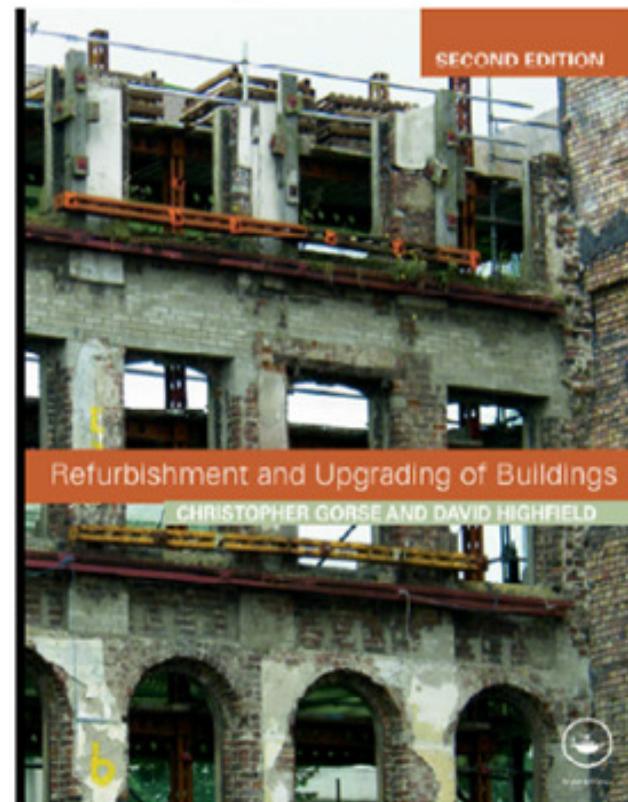


Korištena literatura

Refurbishment by steelwork, ArcelorMittal ,
LUXEMBOURG, Version 2014-1



Refurbishment and Upgrading of Buildings, Second edition Christopher Gorse and David Highfield Taylor & Francis e-Library, 2009.



Temporary works the design of facade retention system Brian Mahony Barrett Mahony Ireland 1996

THE INSTITUTION OF ENGINEERS OF IRELAND

Temporary Works - The Design of Facade Retention Systems

BRIAN MAHONY, B.E., C.Eng., M.I.E.I., MStructE
BARRETT MAHONY CONSULTING ENGINEERS

Paper presented to a meeting of the Structures and Construction Section of The Institution of Engineers of Ireland, jointly with the Institution of Structural Engineers, at The Institution, 22 Chalc Road on Wednesday 10th April 1996.



SYNOPSIS
The last 10 - 15 years have seen a considerable number of refurbishment schemes that have required full facade retention systems during construction. There is a general lack of guidelines available on the design of these temporary work structures. This paper aims to suggest a method of design which basically involves looking at the two principal stages involved: the development of a performance specification by the Consultant and the detailed design of the system itself by the Contractor.

Korištena literatura

Retention of major facades

Goodchild Kaminski London 1989

Retention of major facades

S. L. Goodchild, BSc, CEng, MICE
Campbell, Path & Hill

M. P. Kaminski, BSc, CEng, MInstE, MICE
Campbell, Path & Hill

This paper was presented at a colloquium on refurbishment held at the Institution of Structural Engineers, 11 Upper Belgrave Street, London SW1X 8BB, on 9 February 1989.

Abstract
The authors have been responsible for several major facade retention projects in the City of London. Experience gained from these projects has enabled a carefully planned approach to be developed for the investigation, design and construction of such projects, in particular the complex works required to retain the original facade while carrying out the refurbishment. The paper describes the various stages of the design development and provides detailed information on the key factors to be considered, from the preliminary investigations stage through to the early installation of the temporary works and the reconstruction of the new building behind the retained facade.

Introduction
The refurbishment of sites where the existing buildings have facades of architectural interest, but where the internal structures do not meet the requirements of modern-day users, is increasingly being considered, not only for refurbishment but for major reconstructions while retaining the historic and familiar appearance of the original buildings. Over the last 10 years or so there have been several developments which have adapted



Fig 1. New Broad Street House, City of London

The Structural Engineer/Vol.67/No.8/18 April 1989

the facade retention solution, particularly those in city centre sites, where the commercial buildings of the late 19th and early 20th centuries no longer provide the necessary space and environmental conditions now demanded by office and retail occupiers.

To this register, a major facade retention scheme requires careful consideration of all the factors involved in retaining an element of history, from the commencement of the demolition of the existing building, through to the final integration of the retained facade with the new structure.

The experience with a variety of retention schemes in recent years has enabled us to formulate a design approach which we believe can be applied to most developments of this type. While every project will have its own unique constraints, there are common considerations which will always apply. The purpose of this paper is to describe these, to specify design stages, with explanations and illustrations taken from actual projects.

Preliminary considerations

(1) Identification of building type and suitability for facade retention
Most of the buildings which lend themselves to facade retention redevelopment were originally constructed around the turn of the century, using loadbearing walls and timber frames for the external walls. The materials used would be mainly timber, with some partially framed structures using steel and/or timber construction. Concrete floors may be present in some cases. Buildings with fully loadbearing skeletal steel frames were not introduced until the latter part of the 19th century but, until 1908, it was still a requirement of the London Building Act 1894 that external walls were of full loadbearing thickness.

More recent steel framed or reinforced concrete framed structures with external walls external to the main building do not lend themselves to facade retention redevelopment. Very few of such buildings have important or listed facades. External alterations and refurbishment, in conjunction with internal renovation or re-cladding, is likely to be a more viable method of extending the useful life of modern buildings than partial demolition and redevelopment.

Historical site research

One of the first problems associated with trying to establish the precise details, and loadbearing characteristics, of older buildings in towns and city centres is the lack of a fully recorded history. A history of previous development on the site may be fundamental in assessing potential foundation problems for the new development. Details of the original construction and any alterations would help assessments of loading and stress on the existing walls and foundations.

Topographical surveys and investigations in general terms will reinforce some or all of the following:

- (a) Research site history, via local authority and public archives, historical societies, previous owners, etc.
- (b) Research availability of construction drawings and details of existing building, indicating any recent alterations. Obtain copies of relevant available details.
- (c) Conduct visual inspections of the existing building internally and externally to identify the general nature of its construction and the likely nature of any structural problems in the future. This inspection should identify lateral support from flint walls, party walls, internal walls and floors and also any vertical support where self-weight considerations exist.
- (d) Research likely subsoil conditions and assess whether foundation problems are probable in relation to the new development proposals. Problems often arise if the construction of more floors of heavier construction than those being demolished is envisaged, if excavations are found, or underpinning is required.

Appraisal of Existing Iron and Steel Structures

1997 The Steel Construction Institute



Appraisal of Existing Iron and Steel Structures

On the Strength of Cast Iron Columns

Jacques Rondal CivEng PhD

Kim JR Rasmussen MScEng PhD

The University of Sydney May 2003



The University of Sydney
Department of Civil Engineering
Sydney NSW 2006
AUSTRALIA

<http://www.civil.usyd.edu.au/>
Centre for Advanced Structural Engineering

On the Strength of Cast Iron Columns

Research Report No R829

By

Jacques Rondal CivEng PhD
Kim JR Rasmussen MScEng PhD

May 2003



HVALA NA
POZORNOSTI