

peta

Cone

Marian Czesław Sokołowski

13

peta nr 13 – „Cone”

Nazwa pochodzi od słowa „stożek” przetłumaczonego na język angielski. Książka stanowi studium o rozwoju konstrukcji w architekturze na przestrzeni dziejów oraz o sugestiach rozwoju konstrukcji budowlanych w przyszłości. Pierwsza część jest w języku polskim, a druga (od strony 33) jest w języku angielskim.

This book makes the study about the development of the construction in the architecture on the space of the history and about the suggestions of the development the builder's construction in the future. First party is in Polish language and second party (of page 33) is in English language.



Cone

Marian Czesław Sokołowski

peta*

nr 13

pod tytułem:

Cone

Warszawa, 2024

* znak firmowy, znak towaru

© Copyright by Marian Czesław Sokołowski 2024

ISBN 978-83-946915-9-2

Marian Czesław Sokołowski
mariansokolowski8@gmail.com

CONE

Proponuję zająć się tylko jednym z problemów architektury, to jest konstrukcją, ale nieco inaczej niż to się zwykło robić.

Przejdźmy przez dzieje architektury, aby wyławiając zasadniczy sens kolejnych osiągnięć technicznej kultury budowania, spróbować wytyczyć następny krok, który dopiero będzie musiał być zrobiony.

Konstrukcja budowlana ma i miała zawsze jako zasadnicze cele:

- przekrywanie przestrzeni dla funkcji przebywania i
- wykonywanie pomostów dla funkcji przemieszczania.

Sama zaś architektura przy takim podejściu do tematu stanowi — SPOSÓB podziału przestrzeni.



Jaskinia Mamutowa w Wyżynie Olkuskiej – Polska.

Pierwotny człowiek wykorzystywał dla swych potrzeb życiowych istniejące układy naturalne — to jest konstrukcje stworzone przez naturę.

Takie naturalne konstrukcje miały ograniczoną przydatność i zmusiły człowieka do działania. Ustawił więc kiedyś — po raz pierwszy — oderwany przedmiot naturalny i stworzył nową funkcję. Duże kości zabitego zwierza, pień drzewa lub blok skalny oparty o uskoczenie terenu lub położony nad zagłębieniem terenu podzielił przestrzeń — na zewnętrzną — po której można było wygodniej się poruszać oraz — na wewnętrzną — w której można było bezpieczniej przebywać.



Stonehenge (epoka neolitu i brązu).



Burren National Park – Irlandia.

Był to niewątpliwie pierwszy krok na bogatej drodze rozwoju myśli konstrukcyjnej budowania, wystarczył ówczesnemu człowiekowi na całe pokolenia i przez wiele tysięcy rozwiązań to było tylko doskonałe.

Cała architektura Egiptu faraonów, cała architektura starożytnej Grecji i znaczna część architektury Rzymu cesarzy nie wniosły nic nowego do tej zasadniczej myśli konstrukcyjnej. Zawsze było to układanie podłużnych elementów naturalnych — słupów i belek na sobie.



Egipt, Karnak (okres Średniego Państwa, z czasów XVIII i XIX dynastii).

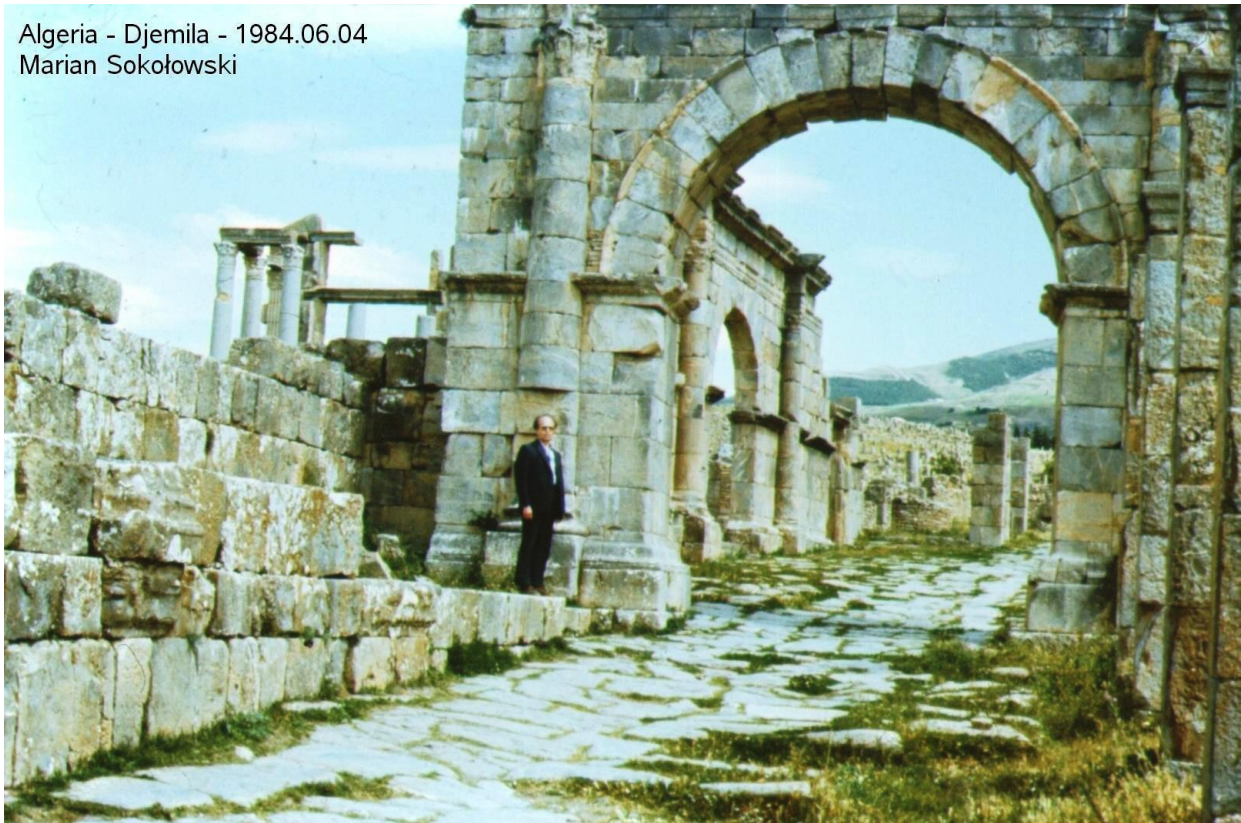


Grecja, Ateny, Partenon (wybudowany w okresie od 444 p.n.e. do 432 p.n.e.).

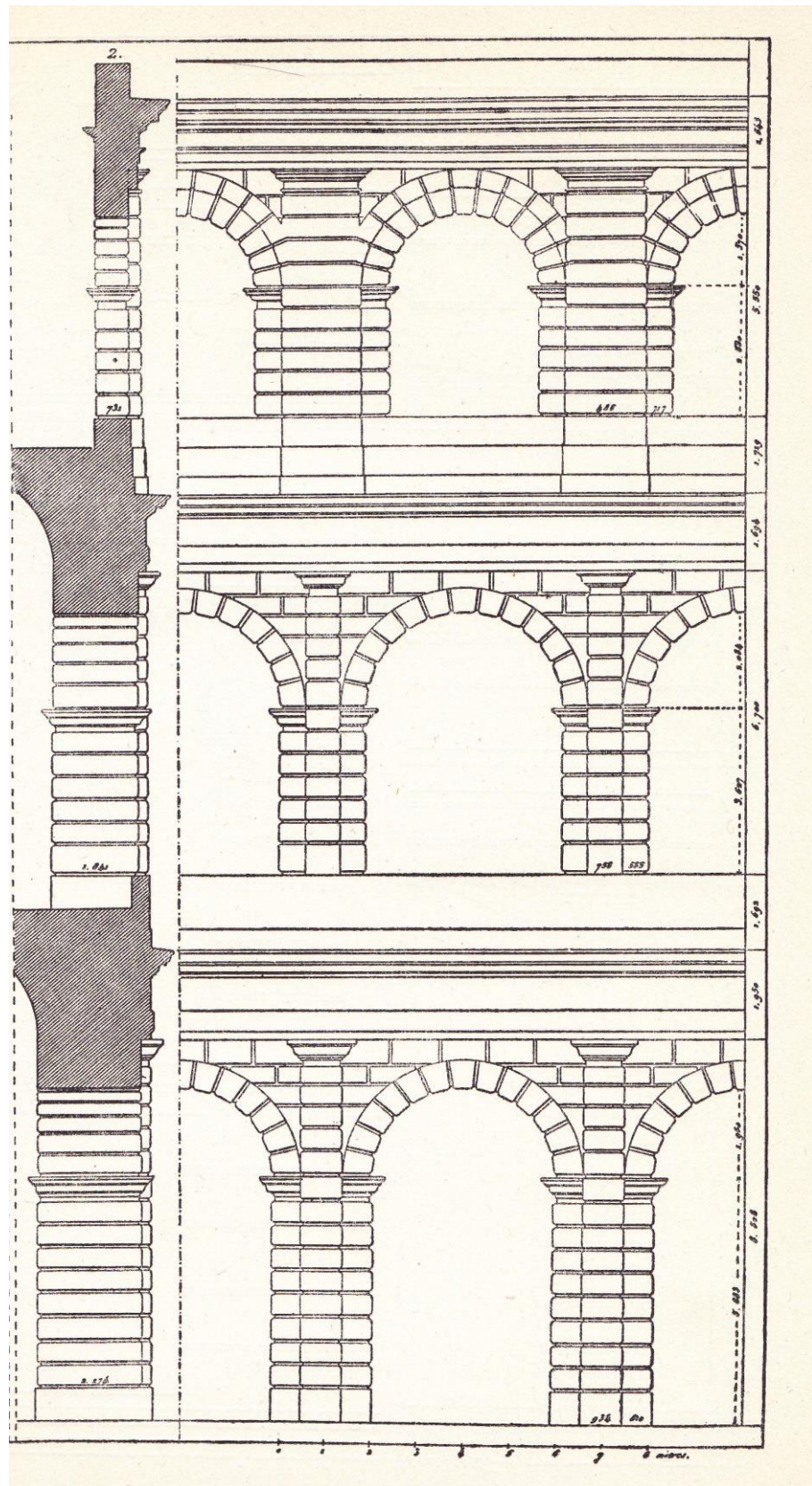
W którymś momencie dziejów człowiek podpatrzył następną konstrukcyjną właściwość przedmiotów natury. Spostrzegł on, że pewna ilość luźnych elementów może ze sobą współpracować na znacznie innych zasadach — elementy nie muszą być układane tylko pionowo i poziomo, aby stanowiły prawidłowy, to jest statyczny, niewalący się układ konstrukcyjny. Myśl ta wywodziła się z pierwotnej formy dotychczas niedocenianej — skośnie opartego elementu naturalnego na uskoku terenowym i później jedynie przekształconej w dwa skośnie o siebie oparte elementy.

Genialność odkrycia polegała na spostrzeżeniu, że jeżeli takie dwa oparte o siebie elementy rozchylimy w miejscu, w którym się one stykają i włożymy tam między nie trzeci element, to cała konstrukcja będzie nadal trwała, będzie stabilna.

Odkrycie możliwości przekrycia przestrzeni elementami o mniejszych wymiarach od rozpiętości konstrukcji, to jest odkrycie konstrukcji łuku — było kolejnym krokiem. Pamiętać należy, że dotychczasowa belka przekrywająca przestrzeń musiała być dłuższa, od odległości zawartej między punktami jej podparcia.



Algeria, Djemila, łuki w wykonaniu Rzymian (znac skutki trzęsienia ziemi).



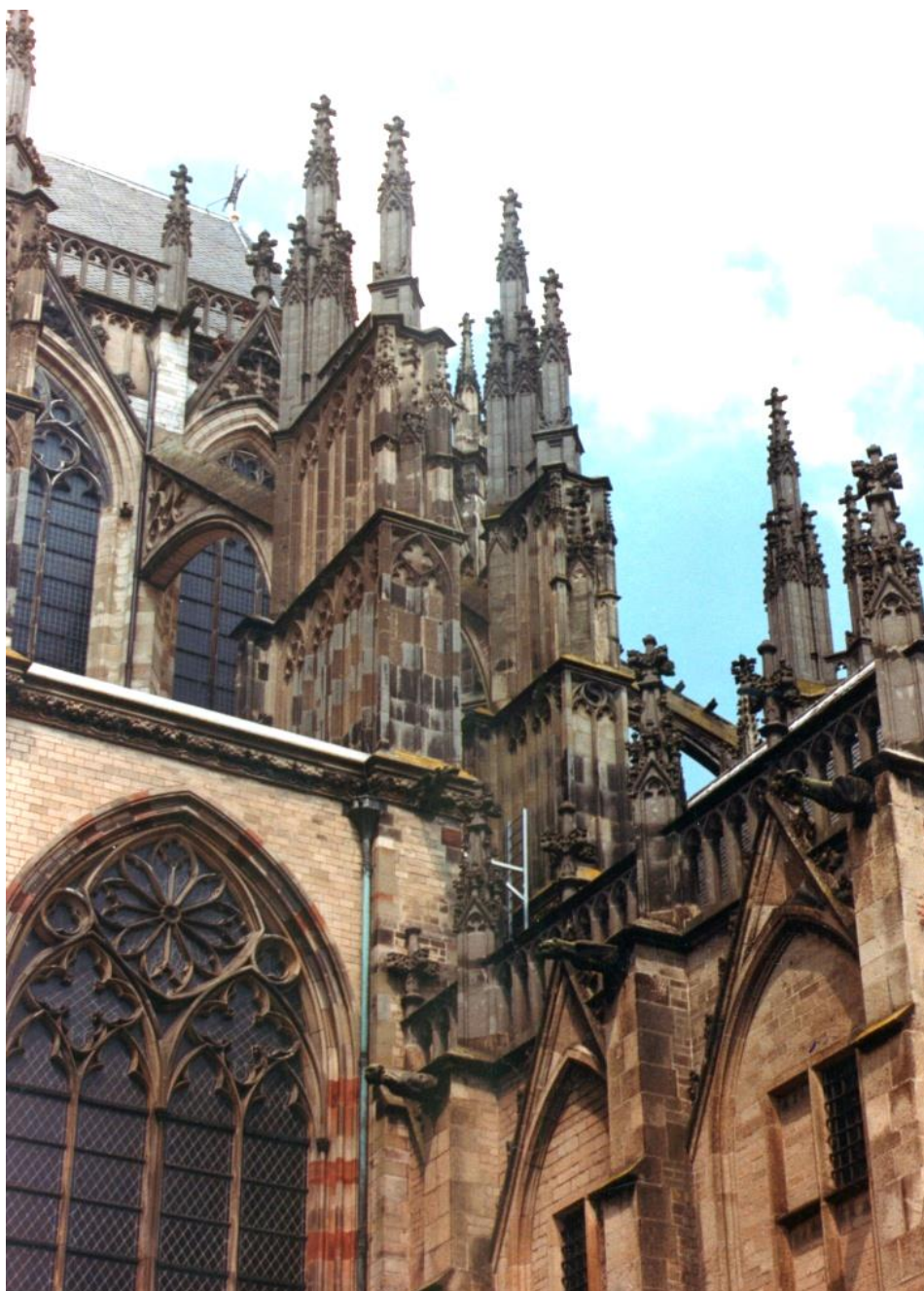
Amfiteatr w Weronie zbudowany przez Rzymian.

I znów to osiągnięcie — konstrukcja łuku — wystarczyło człowiekowi na bardzo długo — było przezeń znów tylko doskonalone. Działo się tak przez okres architektury późnorzymskiej i przez całą architekturę romańską. Ta ostatnia zresztą zdołała jedynie przenieść przez mrok ówczesnych ponurych dziejów dotychczasowe odkrycia konstrukcyjne — belkę, słup i łuk — nic do nich nie wnosząc, a nawet, jak o tym świadczą przykłady, były one znacznie mniej umiejętnie stosowane.



Italia, Asyż, bazylika i klasztor świętego Franciszka (XIII wiek).

Na skutek tendencji do tworzenia coraz lżejszych konstrukcji, poprzez stosowanie elementów o coraz mniejszych wymiarach zaczęły się rodzić nowe trudności. O ile realizując konstrukcje dostatecznie grube i tym samym mocne można było przypuszczać, że istnieją tylko pionowe oddziaływania elementów na siebie, to przy konstrukcjach składających się ze sklepień opartych na smukłych podporach dały o sobie znać parcia odchylone od pionu. Zapewne zdarzały się zawalenia konstrukcji, które zmusiły człowieka do dokonania następnego kroku w rozwoju myśli konstrukcyjnej. Powstała przypora — forma elementu dostatecznie przeciwdziałającego tym siłom skośnym. Rozwiązanie to w miarę czasu zmieniało się, przyjmując kolejno coraz doskonalszą formę — najpierw wystarczająco szerokich podpór skrajnych, potem skarpy i wreszcie łuku oporowego. Te zasady konstrukcyjne królowały przez znaczną część dziejów romańskiej architektury i przez całą architekturę gotycką.



Holandia, Utrecht, kościół De Dom (1254 – 1517).

Nieco później niż siły odchylone od pionu zwróciły na siebie uwagę tak zwane siły ścinające. Każdy łuk, sklepienie, czy kopuła — o ile były łatwe do wykonania i bardzo trwałe w swej części dolnej zbliżonej do pionu, o tyle w swej części górnej zbliżonej do poziomu były bardzo trudne do wykonania i znacznie mniej trwałe. Stosunkowo płasko zestawiane małe elementy nie miały powodu do wystarczającego wzajemnego współpracowania i przy pierwszej okazji spowodowanej przeciążeniem następowało pęknięcie — ścięcie konstrukcji — i całe fragmenty konstrukcji spadały w dół. Górne części łuków, sklepień i kopuł okazywały się zastraszająco podatne na zniszczenie. Tylko nielicznym mistrzom udawało się trwale zasklepić górną część kopuły, toteż architektura przyjęła zasadę zostawiania otworu w szczycie kopuły. Rozwiązanie to było nawet bardziej efektowne, gdyż umożliwiała dostawanie się światła słonecznego do wnętrza. Najlepszym tego przykładem jest rzymski Panteon.

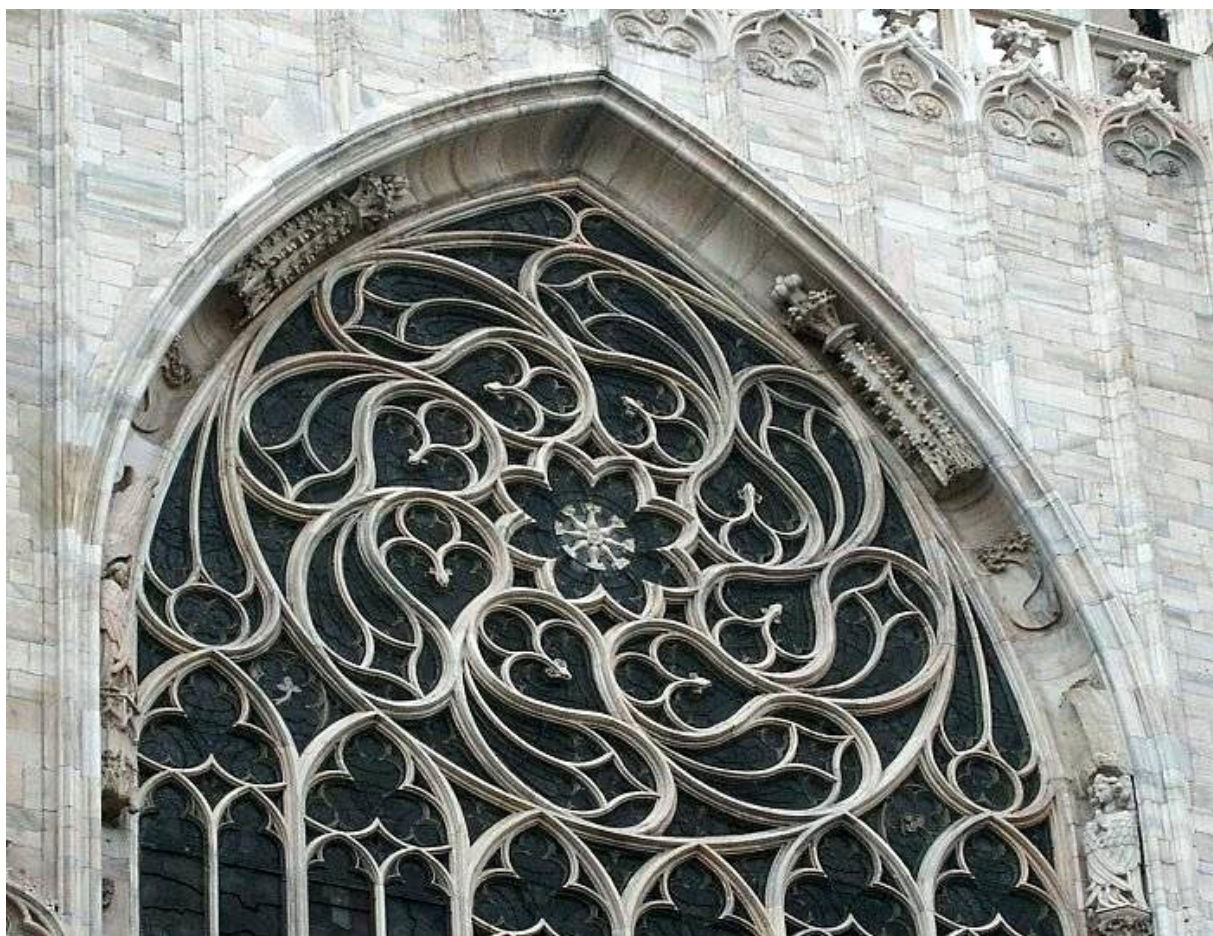


Rzym, Panteon (ufundowany przez cesarza Hadriana w 125 r.n.e.)



Problem sił ścinających występujących szczególnie wyraźnie w górnej części konstrukcji łukowych nadal pozostawał nierozwiązany. Wielu jednak musiało wpatrywać się w czasie budowania w te trwałe pierwsze odcinki łuku i szukać odpowiedzi na to, jak pokonać tę najtrudniejszą górną część łuku. Aż wreszcie ktoś genialnie wypatrzył, że wcale nie trzeba wykonywać tej górnej części łuku, lecz należy dla zwarcia — zamknięcia łuku — te dwie mocne, zbliżone do pionu części łuku przysunąć do siebie, aż się oprą wzajemnie o siebie.

Tak zapewne powstał dobrze znany ostry łuk — stanowiący, poza przyporą, drugą zasadę gotyku. Teraz już wykonywanie dużych otworów w ścianach, a zwłaszcza śmiałych sklepień doszło do perfekcji, tym bardziej że gdzieś w tym samym czasie wymyślono zasadę tak zwanego zwornika w łuku — który wykonany z dużego bloku kamiennego, wstawianego na szczycie łuku, czy sklepienia, swym dużym ciężarem klinował konstrukcję, czyniąc ją bardzo mocną i trwałą. Genialność i finezja konstrukcji gotyckiej była tak wielka, że starczyło jej na kilka wieków i umożliwiła zbudowanie wielu wspaniałych pomników architektury. Potem nawet w renesansie rolę zwornika spełniała tak zwana latarnia wykonywana nad otworem kopuły.



Gotyk, ostry łuk, a w nim rozeta płomienna.



Sklepienie krzyżowo-żebrowe ze zwornikiem,
Francja, Chateau de Queribus – 1020 rok.

Osobiście podejrzewam, że kolejny krok w rozwoju myśli konstrukcyjnej wywodzi się z popełnianych błędów, bądź nawet z mniejszych umiejętności kolejnych budowniczych. Wydaje się, że czasem zbyt śmiałe konstrukcje gotyckie musiały grozić zawaleniem i wówczas musiano sobie radzić w sposób uwłaczający idei konstrukcji gotyckiej — wzmocniano takie łuki stalowymi prętami łączącymi oba punkty podparcia łuku; spinając ją w ten sposób, ratowano konstrukcję przed niechybnym zniszczeniem. Może nawet niekiedy mniej pewny siebie budowniczy od razu zakładał ściągi stalowe u podstawy łuków wznoszonego obiektu, zwłaszcza gdy z jakichś względów musiał posługiwać się gorszym budulcem.

Z czasem zauważono, że za cenę dość niewidocznego ściąającego stalowego pręta, można uzyskać konstrukcję o bardzo lekkim wyrazie architektonicznym — tak powstała architektura renesansu, której wspaniałym przykładem jest Loggia dei Lanzi we Florencji, a w Polsce krużganki na Wawelu.



Florencja, Loggia dei Lanzi (1376 – 1382).



Kraków, krużganki na Wawelu (1501 – 1548).

W tak niepozorny sposób dokonano kolejnego kroku w rozwoju myśli konstrukcyjnej, który stał się punktem przełomowym i podzielił konstruowanie budowli niemal na dwie ery — ta druga, wówczas zaczęta, trwa do dziś.

Przełom ten spowodowało praktyczne wykorzystanie wytrzymałości materiału na rozciąganie. Wszak cała dotychczasowa tradycja konstruowania budowli bazowała jedynie na wytrzymałości materiału na ściskanie.

Przez barok, rokoko i neoklasycyzm nie pojawiło się nic nowego w teorii konstruowania. Dopiero zrodzone zainteresowanie kulturą antyczną, poza wielorakim oddziaływaniem na sztukę, wytworzyło przesłanki do rozwiązania problemu trwałości konstrukcji. Zafascynowanie niezniszczalnością piramid i świątyń egipskich, szacunek dla architektury Greków i Rzymian, wreszcie docenienie trwałości średniowiecznych budowli obronnych — wszystko to musiało powodować refleksje natury konstrukcyjnej.



Egipt, piramidy w Gizeh.

Coraz bardziej oczywiste stawało się, że przetrwać wieki mogą tylko konstrukcje posiadające olbrzymie zapasy wytrzymałości i konstrukcje bardzo statyczne, to jest nieulegające najmniejszym odkształceniom przestrzennym, wykonane z materiałów o dużej odporności na niszczące działanie spowodowane tak zwanym zębem czasu, mogące sprostać olbrzymim obciążeniom dynamicznym (np. uderzenie pocisku). Za osiągnięcie tych właściwości we wznoszonych konstrukcjach trzeba było płacić olbrzymi haracz — przejawiający się użyciem dużych ilości środków materialnych.

Dylemat między pożądanym czasem trwania budowli, a potrzebą jej taniości był zawsze na przestrzeni dziejów i jest nadal jednym z podstawowych problemów budowania. W różnym stopniu udawało się i udaje obecnie pogodzić te kardynalne sprzeczności. Obserwujemy, że człowiek godzi się na wyjątkową nawet nietrwałość budowli, aby tylko zabezpieczyć doraźne potrzeby dnia bieżącego, i jednocześnie nieobce są mu marzenia o zostawieniu po sobie dzieł trwałych. Przykładem tego jest monumentalizm w architekturze.



Rzym, Watykan, Bazylika św. Piotra (1506 – 1626).

Zapamiętajmy te tendencje, gdyż będą one stanowić pierwszą przesłankę dla dalszych rozważań.

Tymczasem jednak w dziejach świata ekonomia odniesiona do wszystkiego zaczęła odgrywać podstawową rolę. Prowadzona wszechstronna i głęboka penetracja problemów konstrukcji była możliwa dzięki ogromnemu rozwojowi wiedzy.

Wykryto i zbadano prawa rządzące zachowaniem się konstrukcji. Ład i logika zawarta w tych prawach, przy właściwym ich wydobyciu i zastosowaniu we wznoszonych obiektach unaocznily swe piękno.

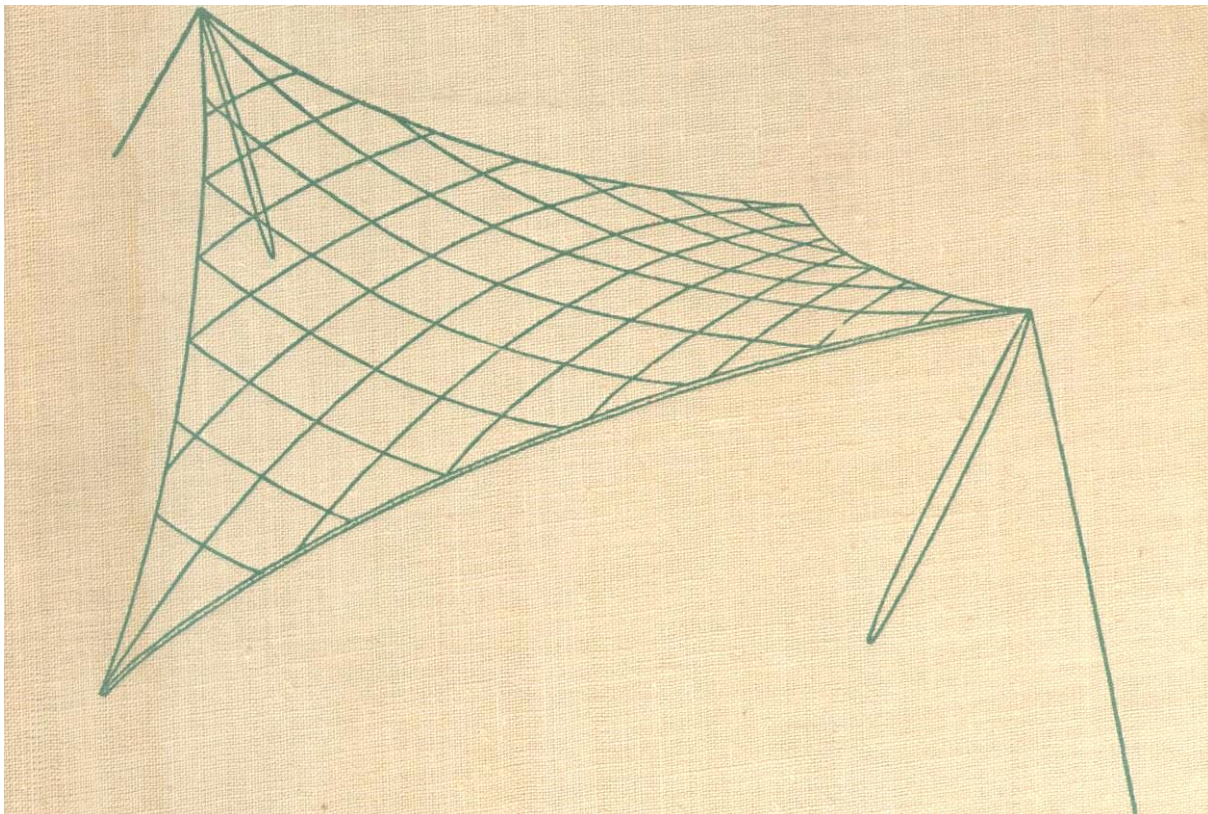
Stąd zrodziło się pojęcie, że architektura to tylko konstrukcja — i znów na liczący się okres czasu zapanowała taka tendencja we wznoszeniu obiektów, a cały ten okres został nazwany konstruktywizmem i panował w latach dwudziestych i trzydziestych XX wieku.

Bo też wiedza i środki, jakimi zaczął dysponować konstruktor i architekt, były imponujące.

Stwierdzenie znacznie wyższych wytrzymałości na rozciąganie niż na ściskanie wielu materiałów, zwłaszcza przy rozszyfrowaniu najbardziej groźnych zjawisk, jakimi są wyboczenie i skręcanie, występujące tylko w prętach ścispanych, a nigdy w rozciąganych — zafascynowały do tego stopnia konstruktorów i architektów, że nawet w pewnym okresie widziało w preferencji sił rozciągających jedyne i najważniejsze rozwiązanie problemów konstrukcyjnych. Dowodem takiego myślenia są mosty wiszące, czy przekrycia wiszące.

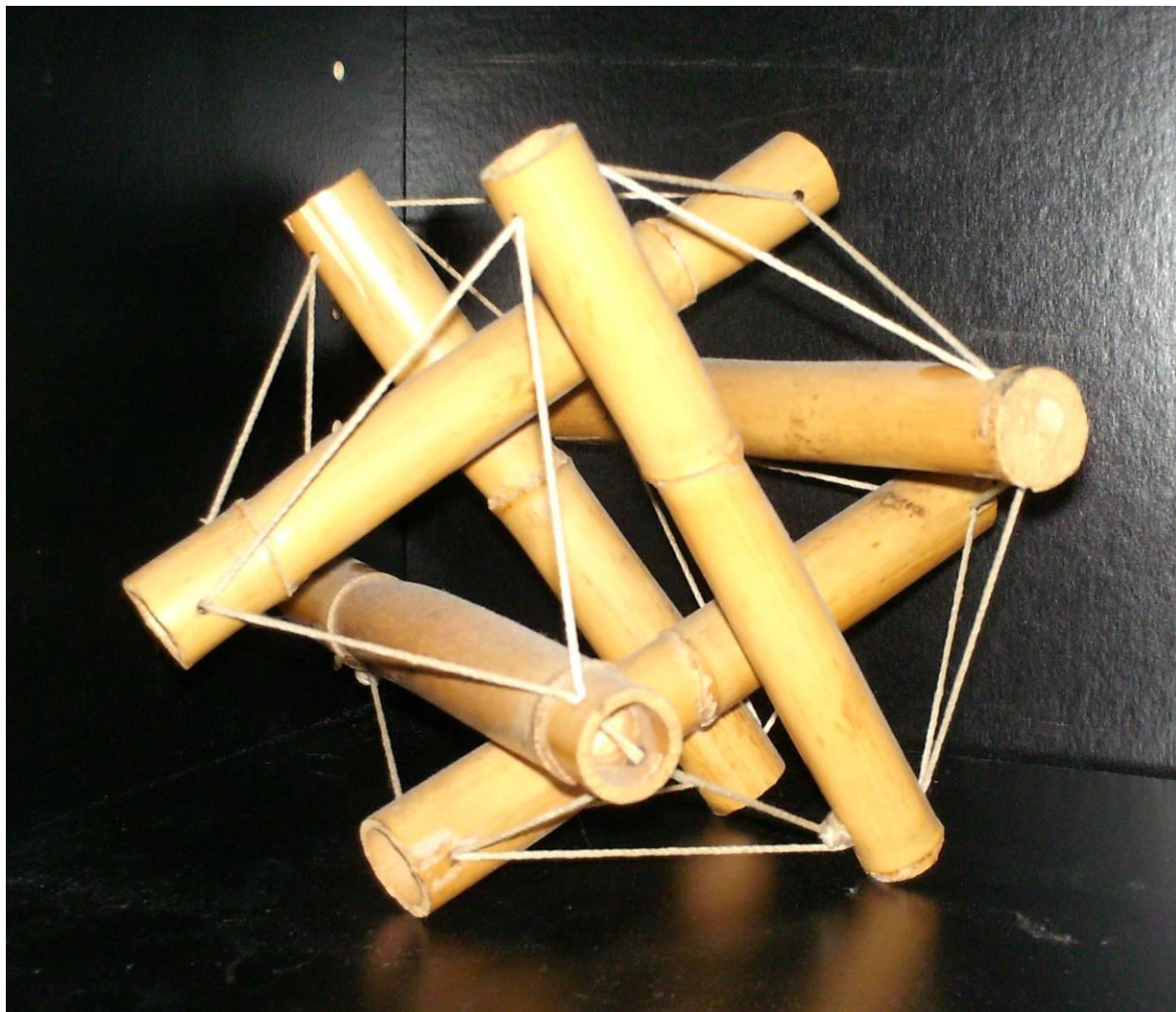


Seto Ohashi, Japonia (1978 – 1988).



Zasada dachu wiszącego.

Powstały nawet tak obrazoburcze rozwiązania konstrukcyjne, które zaprzeczyły mniemaniu, że w prawidłowej konstrukcji pręt ściskany musi przekazywać swe obciążenie na inny pręt ściskany. Wprawdzie nigdzie dotychczas nie zastosowano tego, jednak Japończycy już w latach pięćdziesiątych ubiegłego wieku skonstruowali swoisty słup składający się w zasadzie z samych prętów rozciąganych, gdyż pręty ściskane, będące w znakomitej mniejszości, stanowią jedynie rodzaj rozparć.



Nazwijmy to ASTAT.

Każdy bambus, przenoszący obciążenia ściskane, łączy się z innym bambusem za pośrednictwem czterech sznurków – odciągów. Całość stanowi sztywną konstrukcję.

Skonstruował M. C. Sokołowski w Algerze w 1984 roku.

Tę właśnie fazę rozwoju myśli konstruktorskiej zapamiętajmy jako drugą przesłankę do dalszych rozważań.

Prowadzone poszukiwania odkryły wyjątkowo dużą nośność powierzchni fałdowych oraz krzywych, zwłaszcza nierozwijalnych, to jest takich, na powierzchni których nie leży żadna linia prosta, lecz są te powierzchnie utworzone przez obrót linii krzywej lub przez przesunięcie jednej linii krzywej po innej linii krzywej.

Klasycznym tego przykładem jest uświęcona już wytrzymałość skorupki jajka.



Zmienne-użytkowa hala zaprojektowana przez Oscar'a Niemeyer'a w Algierze.
Idea oparta na kształcie kropli płynu i jej napięciach powierzchniowych.

Właśnie te niewspółmiernie wzrastające możliwości uzyskiwane przez nadanie pewnych kształtów powierzchniom niech stanowią trzecią przesłankę do dalszych rozważań.

W gąszczu tych wszystkich osiągnięć i problemów jeszcze jeden jest godny podkreślenia — i to jako czwarta przesłanka.

Mam na myśli wstępne sprężanie konstrukcji. Sprowadza się ono do wykorzystania dwóch zjawisk. Pierwsze to spostrzeżenie, że luźno ustawione obok siebie elementy konstrukcyjne nie stanowią żadnego ustroju, który by można obciążyć. Wystarczy jednak przeprowadzić przez nie strunę, naprężyć ją tak by zwarła ze sobą dotychczas luźne elementy, aby otrzymać belkę o imponującej wytrzymałości.

Drugie zjawisko polega na tym, że ściskany, bądź zginany pręt przed zniszczeniem na skutek obciążenia ugina się. Nazwano to wyboczeniem. Wystarczy więc spowodować wstępne ugięcie takiej belki, ale w stronę przeciwną niż to występuje w czasie pracy danej belki. Takie wstępne ugięcie można uzyskać poprzez sprężenie struny umieszczonej i zakotwionej w dole przekroju belki. Element tak wstępnie sprężony, po obciążeniu go, wróci najpierw do stanu bez ugięcia. To wstępne sprężenie znacznie podnosi wytrzymałość ustroju.

Jako asumpt do konieczności prowadzenia dalszych rozważań, bądź ich dużych szans powodzenia, niech mi wolno będzie zwrócić uwagę na parę faktów.

Pierwszy. Jak dotychczas konstrukcja budowlana jest rozpatrywana w aspektach jej właściwości statycznych — krótko określając problem — jest nieruchoma, bierna. Konstrukcje pojazdów i maszyn wprawdzie dawno ożyły, jednak nie ten rodzaj ich wewnętrznego ożywienia mnie frapuje.

Drugi. Problem czasu znów musi dać znać o sobie. Każda konstrukcja projektowana jest na teoretycznie określone obciążenie. Pierwszym przeciwnikiem konstrukcji jest parcie wody, zjawisko tak oczywiste, że nie wypada go szerzej opisywać.

A przecież jakże bardziej wyrafinowanym przeciwnikiem konstrukcji jest wiatr. Można by się nawet zastanawiać, który z tych przeciwników jest groźniejszy — wiatr, czy woda — gdyby sam człowiek ich nie zdystansował, i to wielokrotnie. Nie ma bowiem takiej wytrzymałości skonstruowanego przez jednego człowieka obiektu, by drugi człowiek nie wymyślił,

a zwłaszcza by nie był w stanie zrealizować obciążenia niszczącego ten obiekt. Cała era fortyfikacji i pokonywania ich jest widowym tego przykładem.

Gdyby nawet wyeliminować z ludzkiej mentalności chęć niszczenia, to nie wyeliminujemy i nie powinniśmy wyeliminować tej drugiej, pozytywnej mentalności polegającej na tym, że człowiek sam nie wie, czego jeszcze zapagnie.

Odkryjmy tu jeszcze jedną stronę problemu wytrzymałości konstrukcji, która też staje się asumptem do konieczności dalszych rozważań.

Człowiek zaczął kalkulować, koncipować, w wyniku czego zrodziły mu się w mrocznych zakamarkach świadomości pomysły pewnych sztuczek formalnych, które są bardzo bliskie żonglowaniu życiem ludzkim; i w dodatku wszystko to w świetle chroniącego autorytetu prawa czy etyki zawodowej.

Opowiadał nam nauczyciel w roku 1955, że kilkadziesiąt lat temu oficjalnie rozważano, że jeżeli w wyniku niedającego się przewidzieć zawalenia konstrukcji, na przykład hali przemysłowej, zginie parę osób, to jakże frapujące zawsze będą oszczędności kapitału powstałe w wyniku takich dywagacji.

Podejście takie miało jednak pewien dość istotny mankament — żal było i tego kapitału, który przepadał wraz z zawalonym obiektem. Sprawę rozwiązano wymyślając ubezpieczenie pieniężne, które idealnie rozwiązało interesy tych pierwszych i innych poszkodowanych.

Teraz, gdy doszło do sławnej katastrofy wiszącego mostu, tragedię skwapliwie filmowano, nikt się nie przejmował, gdyż sumy wypłacone z ubezpieczenia dla spółki eksploatującej obiekt były całkiem interesujące. A że tam parę osób spadło z samochodami do wody... — zapewne ich rodziny wzięły też godne uwagi sumy z towarzystw ubezpieczeniowych.

Dylemat moralny zawarty w ubezpieczeniach pokryła patyna wielu lat i raczej dziwilibyśmy się, gdyby ubezpieczeń jeszcze nie było.

Gdyby chociaż równie skwapliwie i skutecznie przekształcało się mentalność ludzką, aby coraz mniej prawdopodobna stawała się ta godzina „X”, w której człowiek znów zechce niszczyć.



NBC News

USA, Nowy Jork, World Trade Center – 11 września 2001 roku.

Każdego dnia zachodzi nadal konieczność wyboru i decyzji, tym bardziej istotna im bardziej odpowiedzialna konstrukcja — czy zakładać, że obiekt może zawalić się pod obciążeniem występującym raz na sto lat i przyjmować współczynnik bezpieczeństwa mniejszy, czy też należy mieć trochę więcej wyobraźni i miłosierdzia — i przyjmując współczynnik bezpieczeństwa większy.

Dylemat ten nie da się rozwiązać w obecnych kategoriach rozumienia konstrukcji — rozumienia STATYCZNEGO, to jest biernego, czekającego, mającego możliwości w znacznej części za duże w porównaniu z potrzebami codziennymi, a równocześnie za małe w porównaniu z krytyczną sytuacją chwili.

Prowadzony przeze mnie konsekwentnie, od początku tej wypowiedzi, typ rozważań — wykazywania kroków dokonanych przez technikę budowania w czasie historii ludzkości — ośmiela do postawienia tezy o nowym spojrzeniu na konstrukcję oraz podjęcia próby odpowiedzenia na nią.

Ta — tak bardzo istotna składowa architektury nie może być nadal statyczną — to jest tak beznadziejnie bierną i obojętną na to, co się z nią dzieje.

Rozwój nauk, a na ich tle rozwój różnych rozwiązań technicznych oraz stałe wykrywanie nowych i coraz bardziej zaskakujących właściwości materii — stwarzają warunki do nowych rozwiązań, do nowych propozycji, do śmiałej wizji przyszłości.

Wyobraźmy sobie dla przykładu najprostszy element konstrukcyjny — to jest belkę podpartą w dwóch punktach. Wystarczy takiej belce dać trzecią podporę ruchomą, mogącą się przesuwąć wzdłuż długości belki — aby powstała zupełnie nowa wartość — nigdy dotąd nie rozpatrywana w dziejach konstruowania budowlanego, bo w tym ujęciu absurdalna.

Gdybyśmy zapewnili takiej trzeciej podporze zdolność przesuwania się stale w miejsce maksymalnego obciążenia skupionego — belka taka mogłaby być niewspółmiernie lżejsza — a co najważniejsze — byłaby teoretycznie niezniszczalna.

Skomplikujmy nieco zagadnienie — weźmy element wstępnie sprężony — ale skonstruujmy go tak, aby był zdolny sprężyć się samodzielnie, lub chociaż aby mógł być sprężony przez inne czynniki wtedy, gdy zajdzie tego potrzeba — to jest gdy wystąpią krytyczne obciążenia; w pozostałym okresie czasu niech już będzie mu wolno pracować swymi statycznymi właściwościami.

Inny przykład — zastosujmy materiał o zmiennych właściwościach mechanicznych występujących pod działaniem — przypuśćmy, pola elektrycznego — i włączajmy, uruchamiamy te dodatkowe właściwości w miarę potrzeby.

Dołączmy do tego całe dobrodziejstwo możliwości, jakie przed nami otwiera automatyka potrafiąca sterować znacznie bardziej złożonymi procesami niż te, które występują w czasie pracy takiej konstrukcji; dołączmy do tego nadal niewykorzystane możliwości elektronicznych systemów przetwarzania informacji (to nazwa sprzed pięćdziesięciu lat przecież)...

Innymi słowy spróbujmy wyrwać konstrukcję z odrętwienia, i choć może nigdy nie uda się nam jej ożywić, to przynajmniej niech nabierze cech życia.

Jedna z nielicznych dziedzin — konstrukcja — musi być w stałej gotowości bojowej i na każdym odcinku natarcia. Jest to może nieistotne przy małych obiektach i przy niskiej cenie materiałów, ale przy rozpatrywaniu wielkich liczb przyszłości — istota rzeczy jest bardziej znamienne.

Może w rozwoju takiego spojrzenia na konstrukcję należy upatrywać następnego kroku w problematyce konstrukcji budowlanej?

Takie pytanie pozwalam sobie postawić przed żarliwością młodych umysłów.

*

Wyobraźmy sobie zwykłą tyczkę od zwykłego namiotu i jeżeli chcemy oddać tylko istotę konstrukcyjną, to zamiast namiotu należy na czubku tyczki zaczepić trzy sznurki, sznurki te mocujemy śledziami w trawie z trzech stron, napinamy – i jedna z najbardziej optymalnych konstrukcji stoi przed nami.

Właściwie jest to optymalna konstrukcja (jak dotychczas), a piszę – jedna z najbardziej optymalnych – piszę nawet – jak dotychczas... Właśnie. Cały czas przeczuwam tę jeszcze lepszą, już ją niemal widzę, nawet mam – cały czas czuję jednak, że jeszcze coś nie tak, że coś trzeba inaczej... Na czym to nieodkryte COŚ polega?!

Co w takiej podstawowej konstrukcji dałoby się skrytykować i w konsekwencji poprawić?

Tyczka jest cienka i wiotka. Przy większym obciążeniu zegnie się jak ramiona łuku strzeleckiego i złamie się. Jest to słaby punkt godny ulepszenia.

Faktem jest, że jeżeli ustawimy najprostszy namiot, z jednym masztem pośrodku, o stożkowym kształcie płóciennego dachu, to uzyskujemy konstrukcję znacznie ciekawszą od poprzedniej i jakże niewspółmiernie mocniejszą. Pokazała się tu bowiem w całej krasie konstrukcyjna istota napiętej błony.

Należy niezwłocznie rzucić snop światła – na stożek namiotowej błony. Kształt stożka nadaje konstrukcji ogromną nośność. Nie wątpimy w imponująco dużą nośność naciągniętej błony stożka namiotu – a więc błona stożkowa może być bardzo dobrze pracującym na rozciąganie ustrojem i to obojętnym na nawet znaczne odchylenia działania siły rozciągającej.

Okazuje się, że i przy ściskaniu powierzchnia stożkowa jest również bardzo interesująca. Wprawdzie wierzchołek stosunkowo łatwo ulegnie zmiażdżeniu, ale przecież w obu przypadkach – ściskania i rozciągania – możemy posługiwać się powierzchnią stożkową o ściętym wierzchołku.

Takie podejście wymaga wprowadzenia nowego elementu – to jest pierścienia. Pierścień, znów idealnie, może wieńczyć stożek i może stanowić jego podstawę, zarówno w ściętym stożku rozciągany, jak i w ściskanym.

Sam pierścień jest wyjątkowo wytrzymały na siły rozpierające, co wykorzystano w obręczach na beczkach, a zwłaszcza we wszystkich kołach pojazdów.

Okazuje się, że powierzchnia stożkowa otwarta (tutaj omawiana), wyposażona w dwa pierścienie nośne, umieszczone u podstawy i w miejscu ścięcia wierzchołka, czyni taką otwartą powierzchnię stożkową ustrojem konstrukcyjnym wymagającym minimum materiału, gdyż powłoka będzie wykazywała dużą nośność i sztywność nawet przy minimalnej grubości materiału użytego na powłokę.

Powierzchnie stożkowe otwarte, właśnie dzięki ścięciu wierzchołka, dają możliwość konstruowania ustroju bardziej złożonego, z wnętrzem mogącym pełnić funkcje użytkowe, co dalszym rozważaniom nadaje skonkretyzowanie ich sensu.

Weźmy powierzchnię stożkową otwartą, przeobraźmy ją w element konstrukcyjny złożony z dwóch pierścieni – górnego mniejszego i dolnego większego – połączonych błoną – taki element może być zaprojektowany na działanie obciążenia ściskającego, i wtedy grubość błony będzie wyraźnie większa, lub na działanie obciążenia rozciągającego, i wtedy grubość błony będzie znakomicie mniejsza.

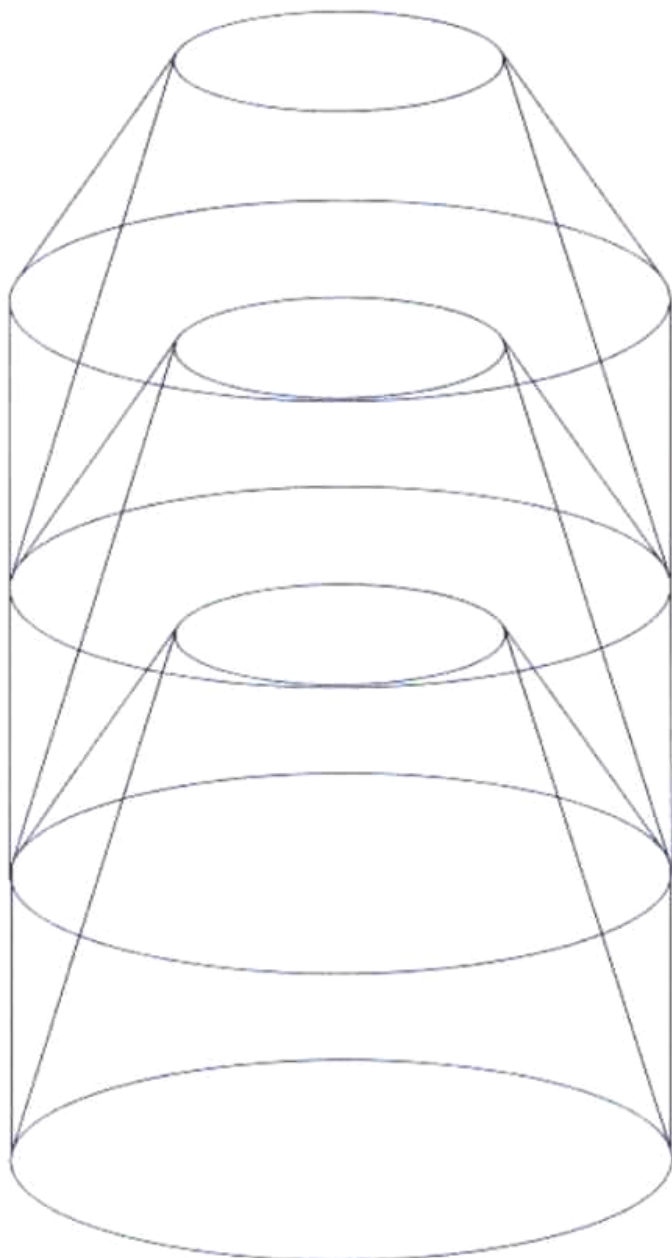
Jeżeli teraz zestawimy taki stożek przystosowany do ściskania z innym bardziej płaskim stożkiem przystosowanym do rozciągania, to uczynimy pierwszy krok na ciekawej drodze nowego podejścia.

Budowanie będzie nad wyraz proste. Będziemy nakładać stożek rozciągany na ściskany, a na rozciągany ściskany – wszystkie wierzchołkami do góry. Połączenia winny być wykonane tak dosłownie, aby po zmontowaniu obiektu stożek rozciągany miał wspólny pierścień dolny z nałożonym nań stożkiem ściskanym, a ten z kolei aby miał wspólny pierścień górny z nałożonym nań stożkiem rozciągany. I to już wszystko – przynajmniej jak na razie.

Powstanie dziwny słupek, ale będzie on w tej postaci bardzo wiotki, a więc zupełnie nieprzydatny. Jednak mankament taki jest łatwy do przezwyciężenia.

Naciągnijmy na nasz słup ciekłą powłokę o kształcie walca, naprężmy ją odpowiednio mocno i zespójmy ją z wszystkimi, będącymi na zewnątrz naszego obiektu, dolnymi pierścieniami stożków. Po tym zabiegu sztywność i nośność naszego słupa kolosalnie wzrośnie.

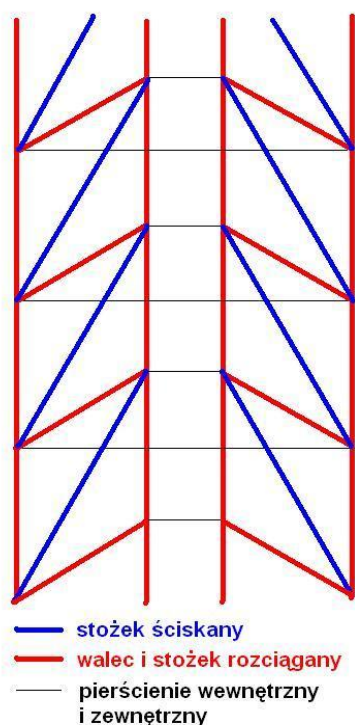
Jest rok 2012, minęło pięćdziesiąt lat rozpatrywania przeze mnie tego zagadnienia i już pojawiły się możliwości konstruowania takiego słupa poprzez drukowanie go w technologii 3D, czyli przestrzennego kształtowania poprzez dodawanie kolejnych warstw z najwłaściwszego materiału i o najwłaściwszej wytrzymałości.



Cone – tak nazwałem swoją konstrukcję.

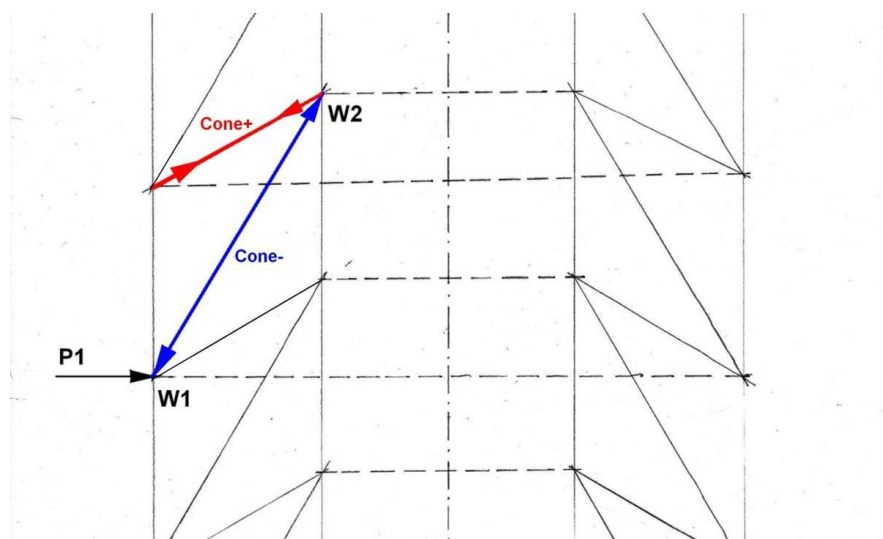
Wierzyć się nie chce, ale jeżeli obciążymy taki maszt tak, że będzie on zginany, to jest, jeżeli obciążymy go w kierunku prostopadłym do jego osi (wiatr), to poszczególne lejki ustroju będą przekazywały obciążenia do góry.

Jeżeli zrobimy pionowy przekrój przez nasz maszt, to otrzymamy schemat następujący:



Węzeł dolnego pierścienia, w którym zbiegają się cztery pręty (dwa z powłoki zewnętrznej i dwa ze stożków), jest obciążony poziomą siłą wiatru. Jeżeli wyznaczymy wielkości sił występujących w tych prętach od poziomej siły wiatru, to otrzymamy siły zerowe dla dwóch prętów przedstawiających powłokę zewnętrzną, a całe obciążenie przeniesie stożek ściskany, bo stożek rozciągany nie może przejąć obciążeń ściskanych. Stożek ściskany przeniesie obciążenie do góry!

Jeżeli teraz przeanalizujemy węzeł wewnętrzny, znajdujący się powyżej węzła zewnętrznego, w którym to węzle wewnętrznym zbiegają się tylko dwa pręty (dwie powłoki), to stożek ściskany przeniesie swe obciążenie na położony wyżej stożek rozciągany, a ten przekaże swe obciążenie znów wyżej na stożek ściskany i tak coraz wyżej. Te dodatkowe obciążenia (ściskane w stożku bardziej stromym i rozciągane w stożku mniej stromym) w miarę analizowania coraz wyżej położonych węzłów będą się sumować i będą coraz większe.



Przy odpowiednio wyznaczonym kształcie stożków oraz wstępnych naprężeniach obydwu powłok – obiekt może okazać się fenomenem słupa jednostronnie zamocowanego (na dole u podstawy) niedającego się złamać, a zwłaszcza mogącego być wznoszonym na nieosiągalne dotychczas wysokości, bez żadnych lin odciągających, które przecież nawet przy konwencjo-

nalnych rozwiązaniach mają długość krytyczną, to jest taką długość, gdy zrywają się pod własnym ciężarem.

Wymarzyć można, że obiekt nasz nie będzie chwiał się na boki, lecz będzie dawał znać o wzrastających obciążeniach wydłużeniami, które będą miały charakterystykę pulsacyjną. Zamiast chwiać się, wierzchołek jego będzie drgał pionowo w górę.

Konstrukcja nasza, przy tych wszystkich rewelacjach, nadal nie zdołała wyjść poza kanony tradycyjnego pojmowania konstrukcji. Nadal nie potrafi obronić się przed niszczącym przeciążeniem, nadal wewnętrznie jest statyczna. Nawet kształt stożków, raz im nadany na początku, nie ulega zmianie; nadal wstępne sprężenie obu powłok – zewnętrznej i wewnętrznej – nadane im na początku, nie może być zwiększane, ani zmniejszane.

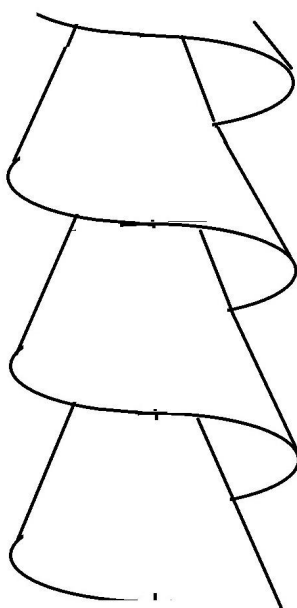
Nadajmy więc naszej konstrukcji najbardziej prymitywną namiastkę wewnętrznego ożywienia. Jeżeli pierścienie – górny i dolny danego stożka – nie będą względem siebie równoległe, to stożek nasz w tym krytycznym momencie będzie miał tendencję do przekręcania się, a nawet wykona pewien obrót przemieszczający go względem sąsiednich stożków. Ten minimalny obrót, który może zachodzić w odniesieniu do wszystkich elementów naszej konstrukcji, może być wykorzystany do tego, by konstrukcja sama broniła się przed niszczącym przeciążeniem. Nawet nie potrzeba dodatkowych rozwiązań w tym celu. Zauważmy, co powoduje swoim obrotem taki stożek. Przez swoje obrotowe przemieszczenie względem sąsiednich stożków będzie powodował on – na skutek nierównoległości pierścieni względem siebie, a więc tym samym pewnej klinowatości elementu – zjawisko zmniejszenia sprężenia tej części powłoki zewnętrznej, która w tym momencie jest przeciążona i jednocześnie będzie wywoływał przeciwną reakcję znoszącą występujące napięcia – poprzez dodatkowe zwiększenie sprężenia powłoki zewnętrznej w miejscu położonym po drugiej stronie krytycznego jej przeciążenia.

Kolejną ciekawą reakcją o charakterze samoobrony naszej konstrukcji przed niszczącym przeciążeniem, byłoby to, gdyby udało nam się osiągnąć zmianę geometrycznych parametrów samego lejka, to jest zmiany promienia obydwu pierścieni oraz kąta nachylenia powłoki stożka względem pionu. Wówczas stożek przybierałby kształt optymalny w stosunku do obciążenia w danej chwili.

Wydaje się to nieosiągalne, bo jakże da się tak otworzyć oba pierścienie i same powłoki – co jest niezbędne do osiągnięcia takiej właśnie zmienności kształtu stożka – aby jednocześnie zapewnić zamknięcie i pierścieni, i powłok – co niezbędne jest dla zachowania istoty ich dotychczasowych właściwości.

Jest to tylko pozornie nieosiągalne, jeżeli zadowolimy się pewnym przybliżeniem do wymaganego stanu. Okazuje się, że jeżeli nasza konstrukcja będzie dostatecznie długa, a bez powłok będzie wyjątkowo wiotka, to najbardziej będzie przypominała wiór stalowy wydobywający się spod noża tokarki.

A gdyby tak nasz ustrój nie tylko przypominał wiór? Gdyby przyjął ten właśnie kształt?!



Kształt wióra.

Właśnie takie dwie wiórowate powierzchnie ciągle – jedna, pracująca na ściskanie i druga, pracująca na rozciąganie – gdyby zostały zespolone śrubowatym ciągłym szwem – i na koniec całość pokrylibyśmy jak poprzednio powłokami – to nasz ustrój nabrałby wymaganych właściwości ożywienia – przeciwdziałającego samoczynnie miejscowemu przeciążeniu.

Jesteśmy więc u celu.

Może jeszcze trzeba rozważyć stosunkowo wąskie zastosowanie wymyślonego tworu. Zarysował nam się on jako maszt o niespotykanej wysokości. Wprawdzie na takiej zasadzie w obiektach przyszłości można skonstruować każdy słup, ale jak poradzić sobie z innym charakterem pracy zachodzącym w odniesieniu do belki? To jest problem. Ale czyż nie jak belka pracował nasz maszt, gdy obciążyliśmy go siłą poziomą wiatru? Może i belka już jest w naszym zasięgu?

Gdyby teraz wspomniane pierścienie w naszym maszcie miały charakter klinowy i gdyby mogły obracać się między pierścieniami stożków, to mogłyby rozpierać te stożki tylko w jednym punkcie, z jednej strony – właśnie ze strony pożądanej.

Wystarczy, aby obrót klinów, zatrzymywanie ich w tym najwłaściwszym punkcie, a zwłaszcza filozofię ruchu wszystkich kolejnych klinów względem konstrukcji przejęły na siebie komputery uzbrojone w filozofię pracy: i trawy, i bata, i innych podobnych zachowań, by nasza konstrukcja przestała być statyczną, wreszcie zaczęłaby radzić sobie z chwilowymi przeciążeniami niszczącymi ją.

Już zastosowano podobną zasadę w celach plastycznych, można niebawem zastosować ją również w celach konstrukcyjnych.



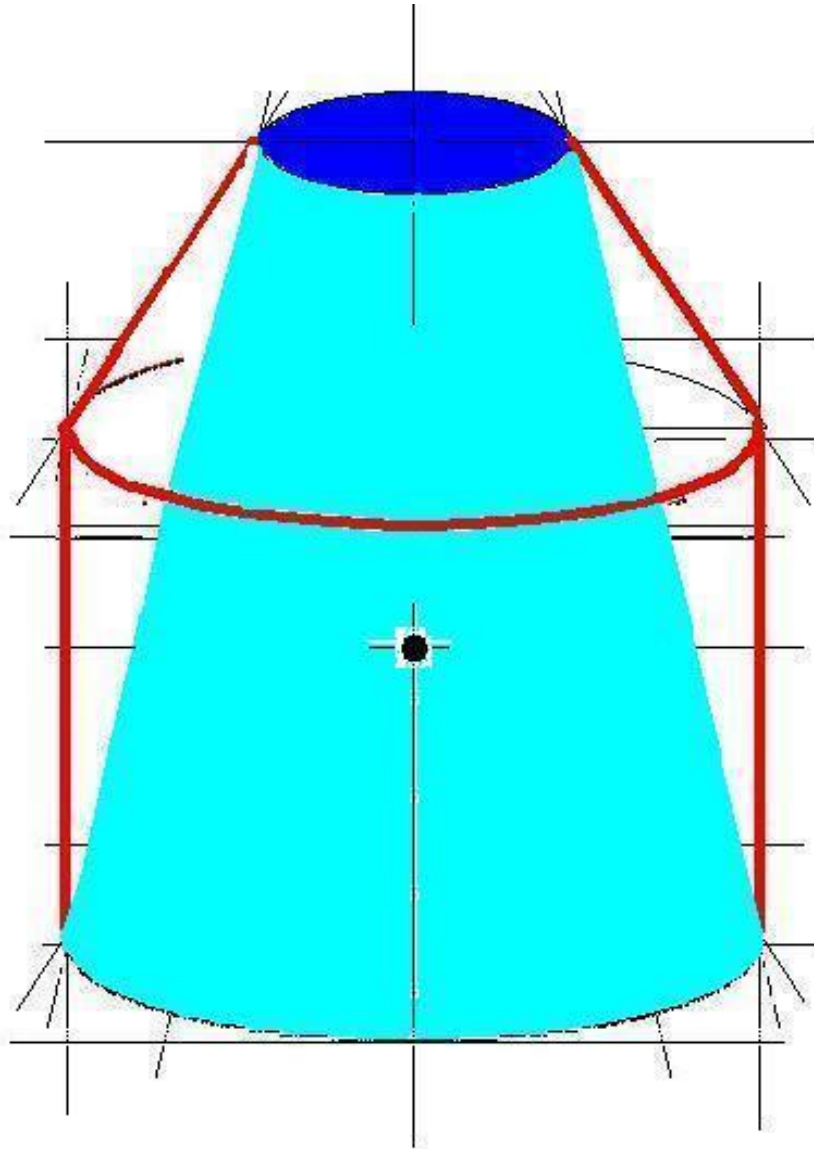
Institut du Monde Arabe w Paryżu.



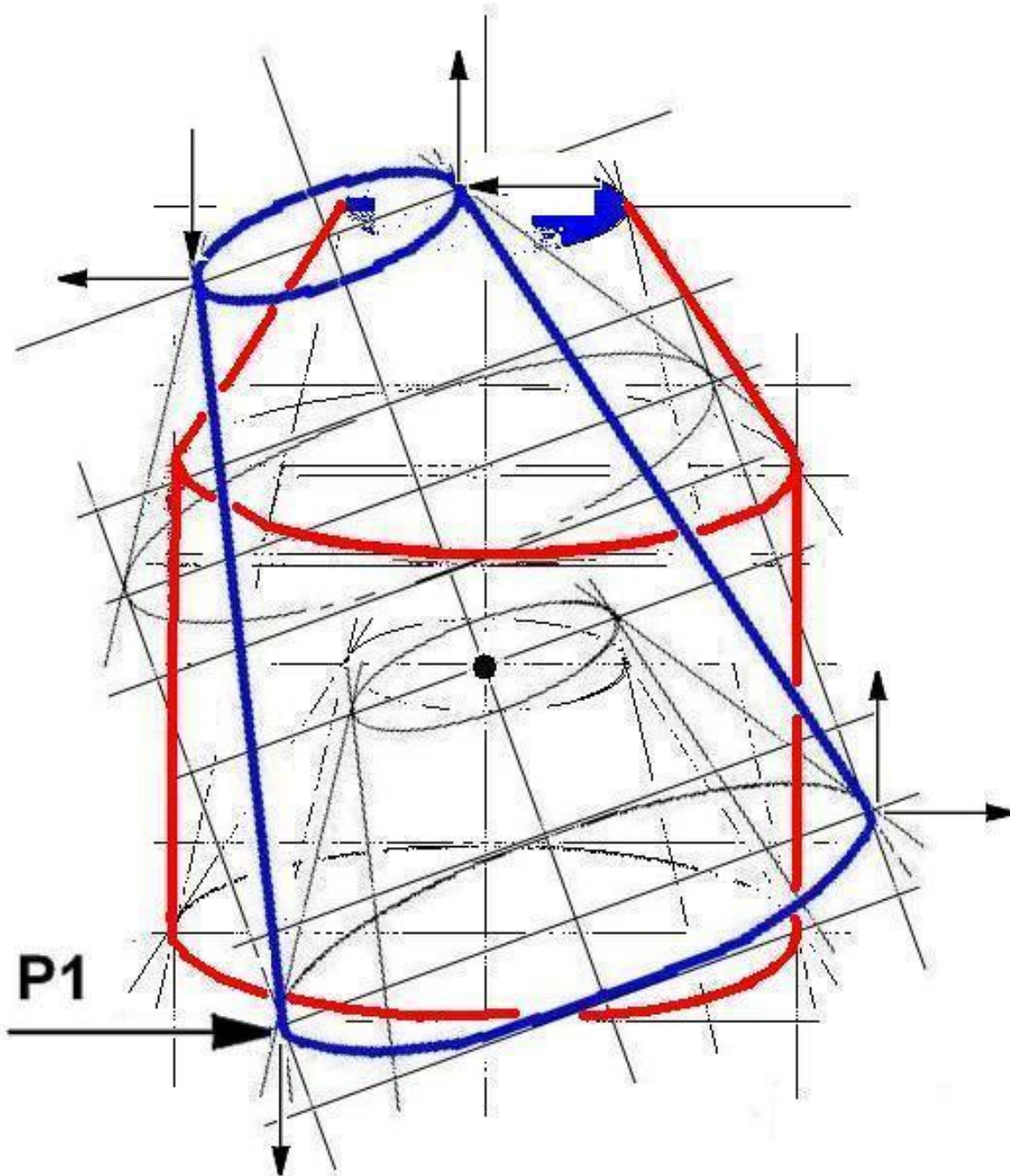
Institut du Monde Arabe w Paryżu.

Omówiłem to wszystko na przykładzie jednego tylko masztu, a przecież należy to wszystko rozwinąć jako teorię konstruowania w ogóle.

Makieta CONE

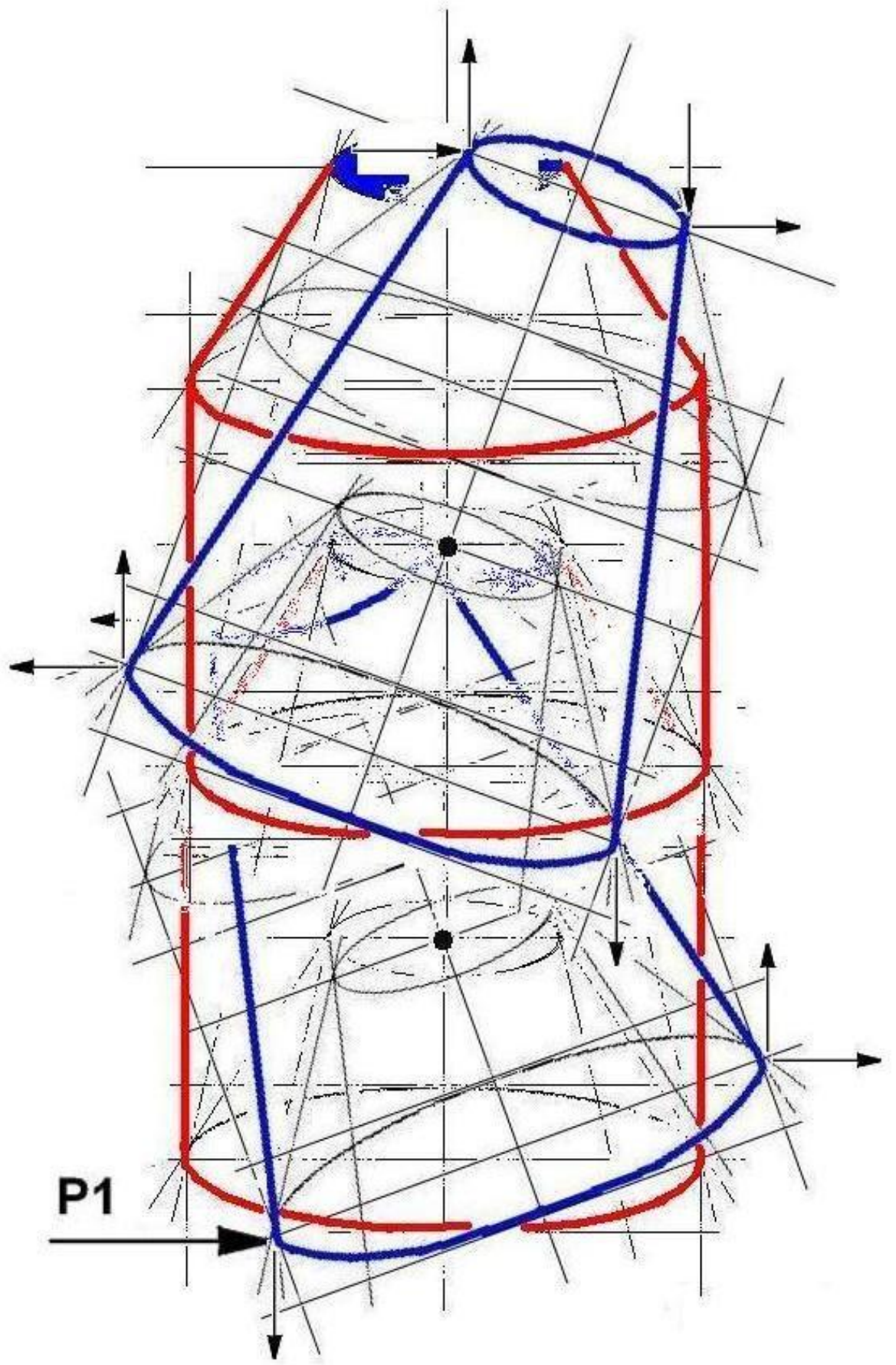


Stożek ściskany (niebieski) jest tak bardzo nieodkształcalny, że można założyć jego nieodkształcalność. W związku z tym przy obciążeniu bocznym (poziomym) raczej będzie miał tendencję do obrotu wokół swojego środka ciężkości, tym bardziej jeśli będzie zawieszony w swym środku ciężkości.



Stożek ściskany (niebieski) swoją tendencją do obrotu (tu przeciwnego do ruchu wskazówek zegara) wokół swojego środka ciężkości będzie przeciwdziałał odgięciu się (zgodnego z ruchem wskazówek zegara) segmentu, znajdującego się powyżej niego. Tym samym potwierdza się teza o przenoszeniu obciążeń w górę CONE.

Siła tego przeciwdziałania przekazywanego w górę będzie odpowiednio mniejsza od $P1$, co wynika z równowagi momentów obrotowych wobec środka ciężkości.



Symulacja kompleksowa

Dotychczasowe fragmentaryczne i jednostkowe rozważania na temat cone są dalekie od rzeczywistego wyniku, jak to świadczą rozważania na temat naprężeń w pierścieniu, gdzie naprężenia będą się bardzo wahały. Należy stworzyć model matematyczny (jak i fizyczny) kompleksowo ujmujący cały przebieg pracy cone w przestrzeni, jak i w czasie. Oczywiście należy nadal fragmentarycznie konkretyzować zjawiska zachodzące w poszczególnych elementach w cone, ale wszystkie wzajemne oddziaływania na siebie wszystkich elementów cone powinny być przedstawione w postaci funkcji matematycznych, wspólnie zamykających się w jeden kompleksowy model. Model taki powinien być w swym ostatecznym kształcie zbudowany jak program komputerowy – powinien stać się programem komputerowym.

Należy zbudować najpierw częściowe modele dla zagadnień:

- Obciążenia zewnętrzne
- Obciążenia od ciężaru własnego
- Praca stożka ściskanego
- Praca stożka rozciąganego
- Praca walca zewnętrznego
- Praca walca wewnętrznego
- Praca pierścienia zewnętrznego
- Praca pierścienia wewnętrznego

Przyjmując za jeden segment w cone zestaw, składający się z: stożka ściskanego, stożka rozciąganego, pierścienia wewnętrznego, pierścienia zewnętrznego, walca rozciąganego zewnętrznego i walca rozciąganego wewnętrznego, należy wymodelować funkcję oddziaływania rozpatrywanego zestawu:

- Oddziaływanie na zestaw znajdujący się poniżej
- Oddziaływanie na zestaw znajdujący się powyżej

Całość modelu powinna być relatywna w czasie i uwzględniać swoiste pulsowanie oddziaływań w całej konstrukcji.

Należy wyselekcjonować sposób obrazowania pracy cone, tak aby był jak najbardziej czytelny dla obserwującego.

Symulacja kompleksowa powinna dawać możliwość uzależniania wymiarów i kątów poszczególnych elementów cone od siebie, zarówno w zakresie optymalnego rozkładania naprężeń w całej konstrukcji, jak i grupowania ich w określonym obszarze. Oczywiście ustalanie jako constans poszczególnych wymiarów elementów cone powinno być jednym z wariantów modelu cone i powinno dawać możliwość analizowania zmiennych wymiarów i kątów uzależnionych od położenia danego segmentu w cone.

2012-12-06

2015-07-24 Dokonałem znacznych skrótów opracowania.



CONE

I suggest to tackle only one of architecture's problems, that of construction, but in a slightly different way than it is usually done.

Let us explore the history of architecture, so that, through finding the essential sense of the subsequent achievements of the technical culture of construction, we can try to plot the next step that is to be taken.

Construction has and has always had the following as its core goals:

- enclosing space for purposes of habitation,
- laying bridges for purposes of transit.

Architecture itself in this approach makes up the METHOD of dividing space.



Mammoth' Cave in the Olkuska Highland, Poland

For their habitational needs, early humans used already existing natural formations — those being constructions created by nature.

These natural constructions had limited usefulness and forced humanity to take action. One day, then, they placed — for the first time — a natural item removed from its original place and gave it a new function. A tree trunk or boulder braced against a terrain offset or placed over a hollow divided space — into external, where you could move more easily, and internal, which you could inhabit more safely.



Stonehenge (neolithic/bronze era)



Burren National Park, Ireland

This was undoubtedly the first stage in the rich history of the development of construction, lasting humanity for whole generations and only improved upon over many millennia.

The architecture of Egypt under the Pharaohs, all the architecture of ancient Greece and most of Imperial Rome did not add anything new to that one essential construction method. It was always placing long natural elements, beams and blocks, on one another.



Karnak, Egypt (Middle Kingdom period, from the XVIII and XIX dynasties)



The Parthenon, Athens, Greece (built 444 BC - 432 BC)

At some point in history, humanity noticed another constructive property of natural items. They saw that some amount of loose elements can cooperate on completely different rules, and pieces do not have to be stacked only vertically and horizontally to form a proper, that is static and stable constructive arrangement. This view came from a primal form that had gone unappreciated up to that point — a natural element braced diagonally against a terrain offset, and later only transformed into two diagonal elements braced against one another.

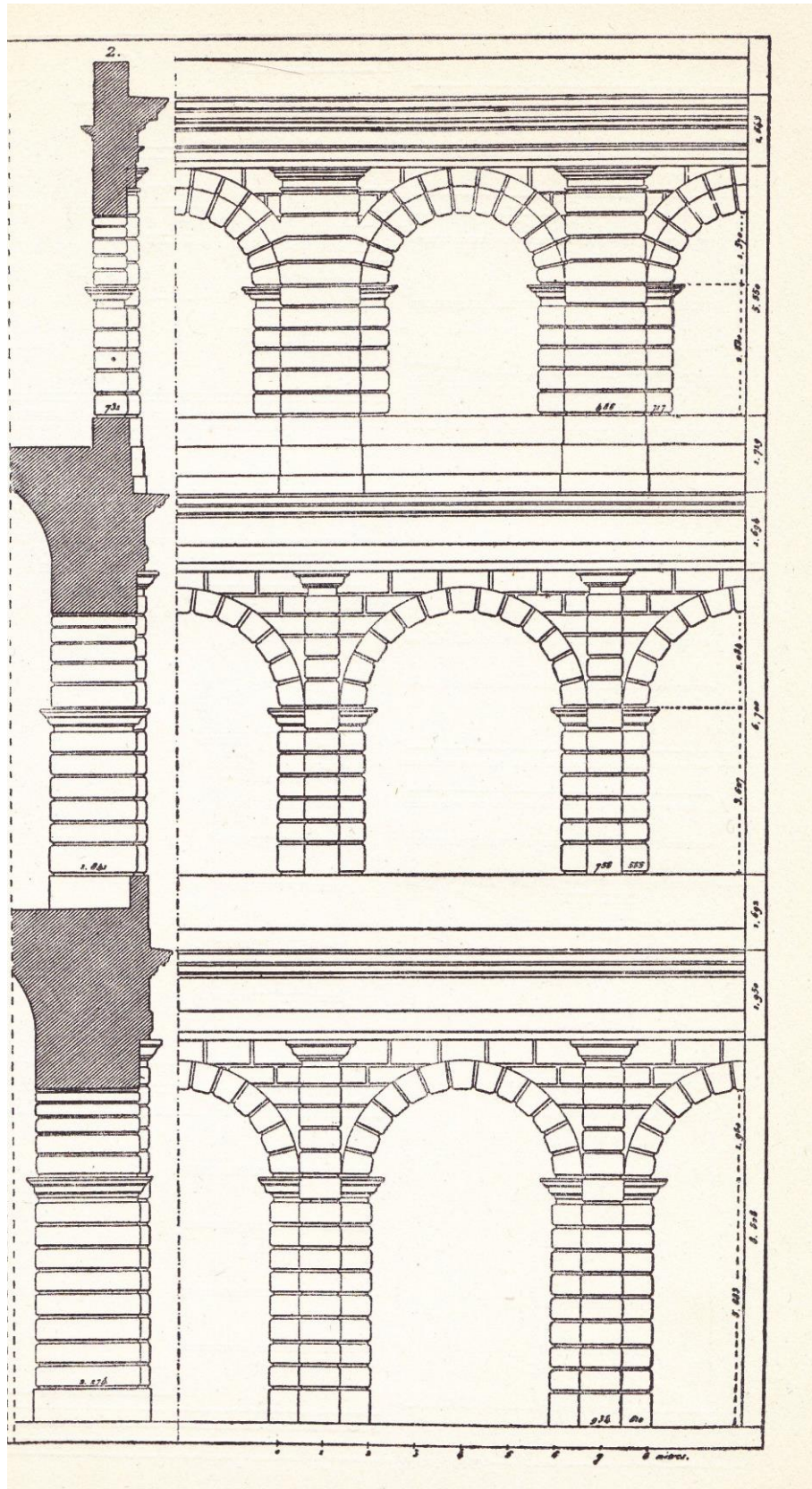
The genius of this discovery came from the observation that if we pull these two braced elements apart and in the place where they met put a third element between them, the whole construction will remain stable.

Another stage in the process was discovering the possibility of covering space with elements of smaller dimensions than the span of the construction (the distance between two bracing points) — that is, the construction of the arch. It must be kept in mind that up until that point, a beam crossing a space had to be longer than the distance between its bracing points.

1984.06.04



Djémila, Algeria, Roman arches (showing marks of an earthquake)



Roman amphitheatre in Verona

Again, this discovery of the arch lasted humanity for a very long time, and was only improved upon. This was the case from the architecture of the late Roman period and all the way through the Romanesque period. Furthermore, the latter only managed to carry through the Dark Ages the construction solutions discovered up to that time (the beam, pillar, and arch) without adding anything new to them, and in some cases even using them far less adeptly.



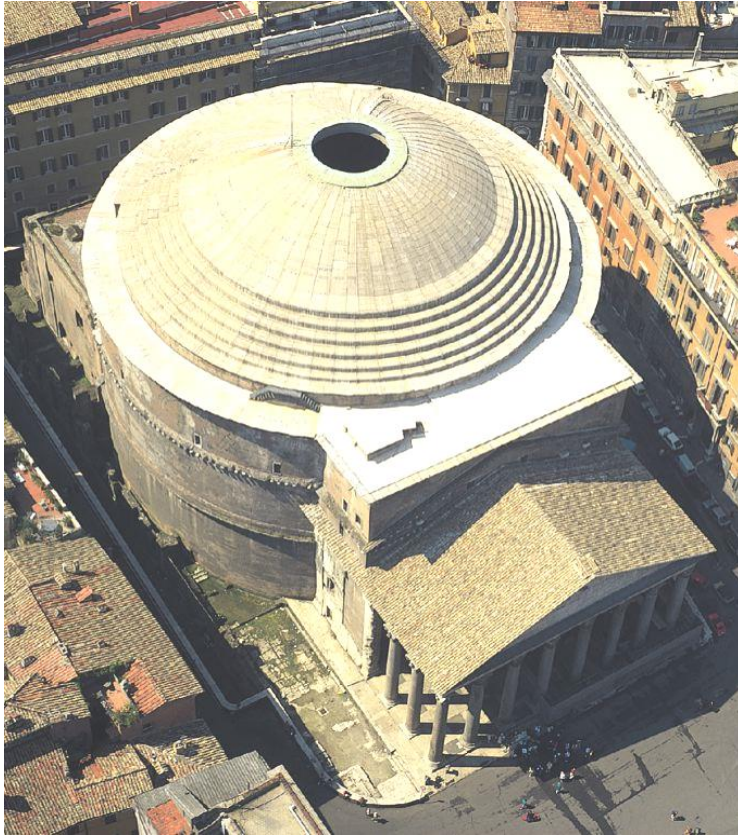
St. Francis' Basilica and Monastery, Assisi, Italy (13th century)

The tendency to make ever lighter constructions by using ever smaller elements gave rise to new problems. With sufficiently thick and therefore sturdy constructions, it could be assumed that elements affect one another only vertically. With constructions using ceilings set on sleek supports, pressures diverging from the vertical plane made themselves known. It is likely that some such constructions collapsed, forcing humanity to move to the next stage in the development of construction. This gave rise to the buttress, an element effectively counteracting the aforementioned diagonal forces. This solution changed over time, taking on ever more effective form, from simple, sufficiently broad supports all the way to flying buttresses. These rules of construction reigned for most of the Romanesque period and through the entire Gothic period.



St. Martin's Cathedral, Utrecht, the Netherlands (built 1254 - 1517)

Some time after diagonal forces were noticed, so-called shear forces came into focus. Every arch, ceiling, or dome, although easy to build and very durable in their lower portions where they approached the vertical, in their upper portions proved very difficult to build and far less durable. Small elements set together relatively smoothly had no cause for sufficient cooperation and at the first opportunity caused by an overloading, a crack appeared in the construction, a shearing along its weakest line where elements met, causing large portions of the whole to collapse. Upper portions of arches, ceilings, and domes turned out to be frightfully susceptible to damage. Only a select few masters managed to completely and permanently seal their domes, and so architecture adopted the rule of leaving an opening at the top of the dome. This solution proved even more visually effective, as it allowed sunlight inside. The best example of this is the Roman Pantheon.

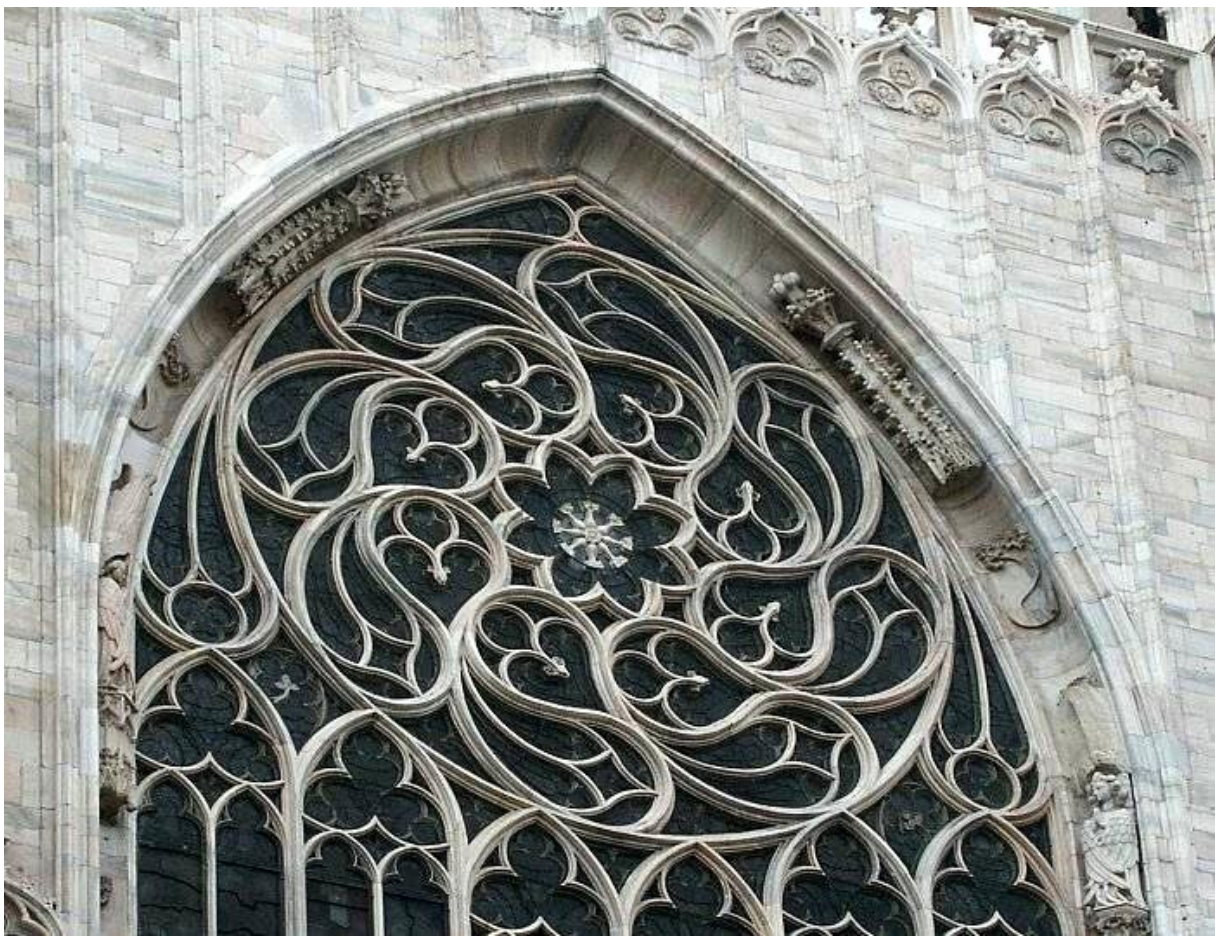


The Pantheon, Rome, Italy (founded by emperor Hadrian in 125 BC)



However, the issue of shearing forces appearing most noticeably in the upper portions of arched constructions remained unresolved. Many must have looked at those first segments of the arch during building, seeking an answer to how to overcome this most difficult top part of the arch. Finally, someone made the brilliant observation that the final part of the arch did not need to be done, but that the arch could be closed by bringing the two near-vertical stronger portions of the arch closer together until they braced against one another.

This likely gave rise to the familiar lancet arch, which, along with the buttress, was one of the cornerstones of the Gothic style. Such developments allowed for much larger openings in walls and much more interesting ceilings, even more so since roughly at the same time the arch keystone was developed — a large stone block placed at the apex of the arch or ceiling, which through its large weight locked down the whole structure, making it very stable and durable. The genius and finesse of Gothic construction were such that it lasted several centuries and left behind numerous examples of monumental architecture. Later even in the Renaissance, the role of the keystone was filled by the roof lantern set over the opening at the top of a dome.



Lancet arch with rosette, Gothic period



Cross-vault ceiling with keystone
Château de Quéribus, France

Personally, I suspect that the next step in the development of construction comes from errors, or even from simply the lesser skills of subsequent builders. It might appear that sometimes the too-daring Gothic constructions ran the risk of collapse, in which case solutions had to be brought in that mocked the idea of the Gothic style: the arches were braced with metal bars linking both base points of an arch. By binding them in this way, the building was saved from inevitable destruction. On occasion it may have even been the case that a less self-assured builder personally included steel braces at the base of arches in his construction plans, especially if for whatever reason he had to make do with inferior materials.

Over time it was noticed that for the price of a barely visible steel bar you could get a building with a very light architectural style. This gave rise to Renaissance architecture, as exemplified by the Loggia dei Lanzi in Florence, or the cloisters in Wawel in Poland.



Loggia dei Lanzi, Florence, Italy (1376 - 1382)



Wawel cloisters, Krakow, Poland (1501 - 1548)

In this humble way another step in construction development was made, creating a turning point that split the construction of buildings into two eras, the second of which, then began, continues to this day.

This breakthrough was caused by the practical use of the tensile strength properties of materials. After all, up to that point all building traditions considered only the compressive strength of materials. We will get back to that later.

Throughout the Baroque, Rococo, and Neoclassicism periods, nothing new was introduced to the theory of construction. Only the interest in ancient culture, aside from its varied influence on art, spurred an interest in solving the issue of the stability of buildings. The fascination with the indestructibility of the pyramids and Egyptian temples, the respect for Greek and Roman architecture, and finally the appreciation of the resilience of medieval defensive buildings — all this had to provoke some thought on the nature of construction.



The pyramids in Giza, Egypt

It became increasingly apparent that to stand the test of time, buildings had to have great stores of constructive values, or otherwise they had to be very static constructions, that is not subject to the slightest warping, made from materials highly resistant to both the elements and great dynamic stresses (such as, say, the impact of a missile). To achieve these properties in their constructions, their builders had to pay a hefty toll in the form of extreme extravagance in efforts and materials.

The dilemma of choosing between the desired lifespan of a building and its desired low cost has over the years been and still is one of the key problems of construction. The two opposites have been and are being brought together to varying degrees. We observe that a person can agree to an exceptionally short life-span of a building simply to attend to the most pressing needs of the day, and yet dream of leaving behind a more permanent work. The monumental style in architecture is a fine example.



St. Peter's Basilica, The Vatican, Rome (1506 - 1626)

Let us remember these tendencies, as they will form the premise for further consideration.

In world history, meanwhile, economy applied to everything began to play an essential role. A thorough and in-depth exploration of the various issues of construction was made possible by a great development of knowledge.

The laws governing the behaviour of structures were discovered and examined. The order and logic contained in these laws, when properly extracted and applied to newly raised buildings, got to show off their beauty.

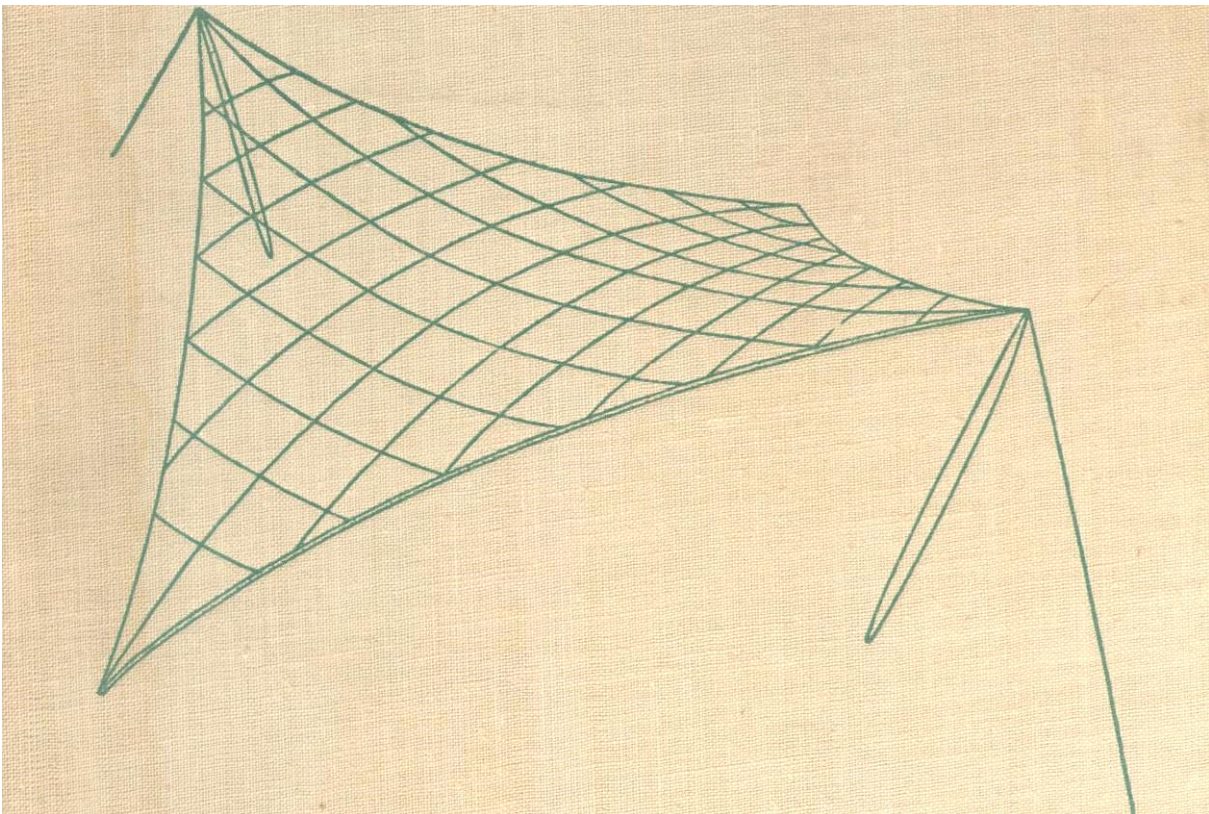
From here came the idea that architecture is simply construction, and for a long time this became the reigning school of thought for new buildings. The whole period was called Constructivism and ran for most of the 20s and 30s of the 20th century.

But then, the knowledge and means that were at the disposal of a builder or architect were also impressive.

It was discovered that many materials had a far greater tensile strength than compressive strength. This, along with the examination of the dangerous phenomena of torsion and buckling (which occur only in compressed bars, but never in stretched ones), fascinated builders and architects to such a degree that at one point the preference for tensile stress was seen as the one true solution of construction problems. Suspension bridges and tensile structure roofs serve as evidence of this reasoning.

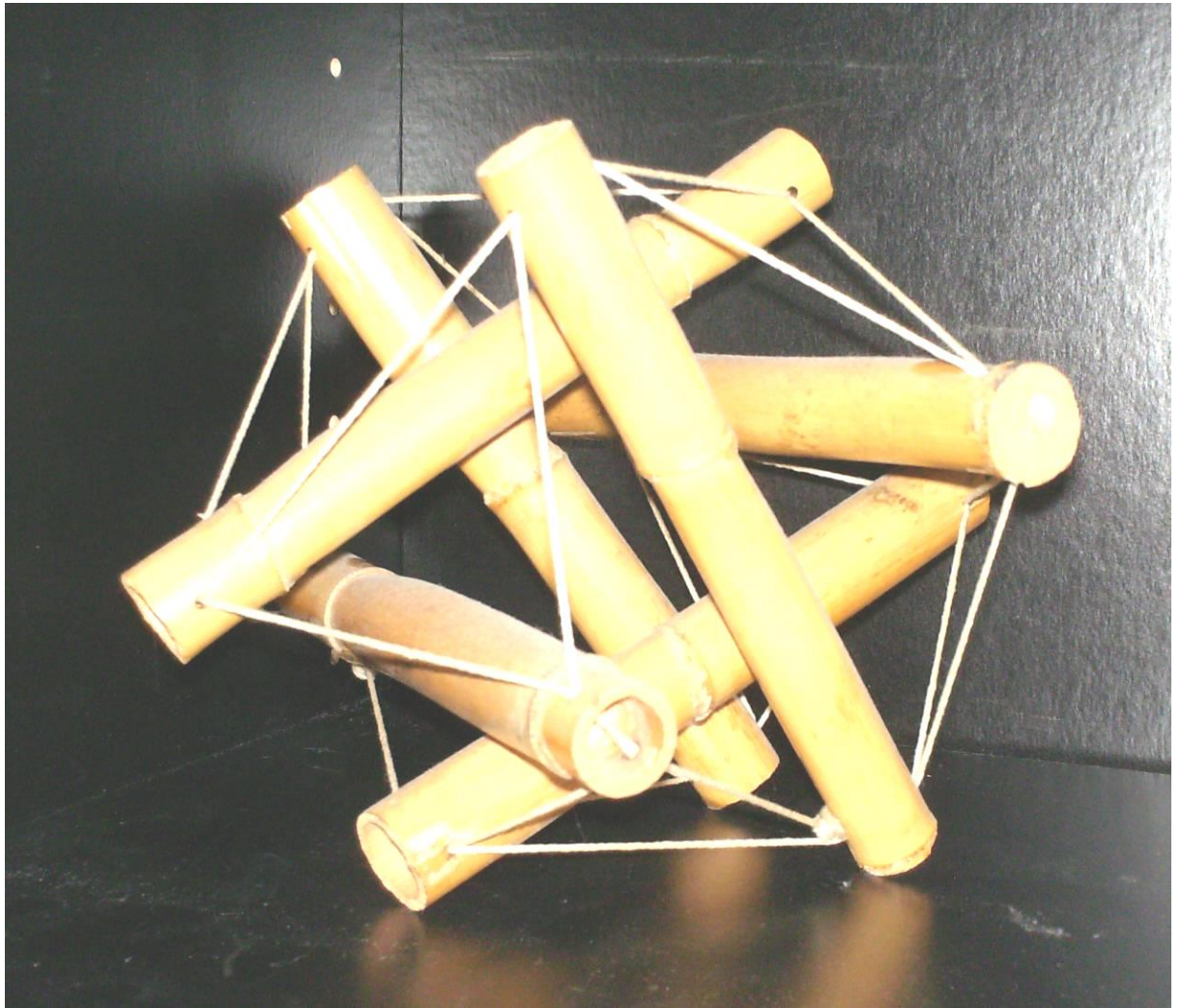


Seto Ohashi, Japan



Tensile structure roof design

It even gave rise to structural solutions that did away with the assumption that in a proper structure a compressed bar has to pass its strain onto another compressed bar. Granted, it has not been fully used anywhere yet, but the Japanese have already constructed a sort of pillar made almost entirely of stretched tensile bars, while compressed bars, being in the overwhelming majority, only provide a sort of reinforcement.



ASTAT Structure.

Every piece of bamboo carrying compressing stress links with another piece by way of four strings serving as guy wires. The whole creates a rigid structure.

Constructed by M. C. Sokołowski in Algeria, 1984.

Let us remember this particular phase of the development of construction as a second premise for further consideration.

Research has shown an exceptional load-bearing strength of folded or curved surfaces, especially ones that carry no straight lines, but are made up of a turning of a curved line or by moving one curved line along another curve.

A classic example here is the resilience of an eggshell.

These disproportionately rising properties, acquired by giving a surface a certain shape, should make for a third premise for consideration.



Performance hall designed by Oscar Niemeyer, Algiers, Algeria.

A fourth premise also rises from among all these achievements and problems, and is worthy of bringing to attention.

By this I mean preliminary compression of structures. It comes down to making use of two phenomena. The first is the observation that construction elements placed loosely next to each other do not form any sort of load-bearing arrangement. However, all it takes is to thread a string through them and pull it taut enough that it brings together the previously loose elements to achieve a beam of impressive strength.

The second phenomenon is that a compressed or bent bar deforms before it is destroyed due to the load on it. This is called buckling. All that is needed, then, is to deform the beam beforehand, but in the opposite direction to the one that occurs over the course of the beam's work. This preliminary buckling can be achieved by compressing the string anchored at the bottom of the beam's cross-section. Such a pre-compressed element will, when under load, first return to a state without distortion. This in turn considerably increases the durability of the whole system.

I would like to bring attention to several facts as a cause for the need for further considerations and a high chance of their success.

First: thus far a building structure has been examined only in the aspect of its static values — in short, it is immobile. The structures of vehicles and machines have long since come to life, but it is not this sort of internal activity that bothers me.

Second: the issue of time must make itself known again. Every structure is designed for a theoretically determined load. This is most apparent when it comes to regulating rivers. It is not unheard of that a quiet, narrow stream might flood the area with a rush of water at the first serious sign of rain. Afterwards it goes quiet again and all that is left is the marks on trees and walls showing how high the water had come, long ago. How high must the levee be for a stream like this? So people take careful measurements of the water levels in rivers and keep close track of them. To prevent a flood, the levees are designed for water levels that might come once in a thousand years, and then made even higher than necessary just to be on the safe side. Then, though it might be more rare than once in a thousand years, another flood comes that is even higher and floods the fields anyway.

Consider, then, how much more refined an enemy structures have in wind. We might even wonder whether wind or water were the more dangerous, if humanity itself had not vastly outpaced them both. After all, the limits of any structure made by human hands are always tested by other people, who can be relied upon to come up with loads to overcome those limits and, frequently, to apply those loads and destroy the structure. The whole era of fortifications and the means to overcome them is clear proof of that.

Even if we eliminated from human mentality the need to destroy, we cannot and should not remove another, more positive mentality, that humanity itself does not know what it might yet come up with. Rather than reach for pride on par with the gods, let us think of simple, everyday matters: for example, during an unexpected, mass demonstration we might worry about the balconies and whether they can support so many onlookers.

Let us look at another side of the issue of structural durability, which gives cause for further consideration.

Humankind started calculating and scheming, giving rise in the dark recesses of consciousness to ideas for certain formal tricks skirting the border of toying with human life, and all under the protection of legal authority or work ethics.

Our teacher once told us that, some decades ago, it was the official stance in some circles that shortcuts could be taken with regards to structural safety for the sake of cheaper construction. It would be regrettable should some structure, say a factory hall, collapse and kill a few people in the process, but the thought of funds saved on construction was ever so compelling.

This approach had one notable drawback: it was a shame to lose the resources that went into the now-collapsed object. This was resolved by coming up with financial insurance, which perfectly handled the concerns of the interested parties.

Now, when we have a bridge collapse, the tragedy might be thoroughly filmed, but nobody worries too much because the company making use of the object got quite the substantial payout from insurance. And the handful of people that fell into the water along with their cars? Well, no doubt their families got their share from the insurance companies as well.

The moral dilemma hidden behind insurance got obscured over the years and today we would be surprised, to say the least, if insurance went away entirely. Now it is business as usual, with ever more precise construction method calculations being used to every so often touch up old affairs. With hefty rewards provided should it turn out we might use a little less steel here, and a little less cement there, of course. Even science is brought in to lend a voice of authority to the process of convincing humanity that this or that element could have lower safety parameters.

If only equally diligent efforts were made to transform human mentality to make ever less likely that hour when humanity would turn to destruction once again.



World Trade Center, New York, USA (11.09.2001)

Every day we are faced with the choice, with responsibility adequate to the profile of the building: should we assume that the structure could collapse under a load that happens maybe once in a century and apply lower safety margins, or show some forethought and mercy, and apply higher safety margins instead.

This is not something that can be resolved in the current understanding of construction — a STATIC understanding, a passive and waiting one, with capabilities generally exceeding the everyday needs, yet failing to hold up to the critical situation of a given moment.

My reasoning up to this point, showing the steps taken by the technique of construction over the course of human history, emboldens me to suggest a new approach to construction.

This essential component of architecture cannot remain static, and therefore hopelessly passive and aloof of what happens to it.

The development of science, and with it of new technological solutions, the discovery of new and ever more surprising properties of matter, all this lays the groundwork for new approaches, new propositions, for a bold vision of the future/

Imagine for example the most basic element of construction: a beam supported at two points. All that is needed is to give the beam a third support, one that is mobile and can move along the length of the beam, and we create a whole new value, one never before considered in building construction.

If we gave this third support the ability to move constantly to the point of greatest load stress, such a beam could be considerably lighter and, more importantly, would be theoretically indestructible.

Let us complicate the issue a little. Take a pre-compressed element, but craft it so that it can compress on its own, or at least could be compressed by other factors when it becomes necessary, such as when critical stresses occur, and at all other times let it work according to its static properties.

Another example: take a material with varying mechanical properties under the influence of, say, an electrical field, and activate those additional properties as needed.

Add to this the wealth of possibilities that automation offers through controlling far more complex processes than those that take place during the life of these structures. Add in the as-yet unused potential of electronic information processing systems...

In short, try to pull construction out of stagnation. Though we might not bestow it with life, we can at least give it a semblance of life.

After all, nobody is surprised and sees nothing remarkable in the fact that when a building begins to crack, we brace it and keep it standing; when we need to get people from one point to another, we dispatch at the right time an appropriate means of transport. And this approach we use to solve a great many more issues from many areas of life.

No society in the world could bear a situation where, even in times of peace, the whole country was riddled with idle but very strong military units, with no effort made by the general staff to better use the forces strategically or tactically, much less with no effort made by society itself to prevent that situation from ever taking place.

Meanwhile, construction is one of the few areas of life that is expected to be at full readiness — always and everywhere. This might seem insignificant with smaller structures and low material costs, but can we say the same when considering the vast numbers that the future might bring?

Perhaps it is this new approach to construction that should be seen as the next great step in the field of building construction?

That is the question I put forth to eager young minds.

*

Imagine an average tent pole. Use it as you normally would when pitching a tent. Brace one end of it against the ground. Now, to represent just the essence of construction, instead setting up a tent from the top of the pole, attach three ropes to the top, fix them to the ground in three directions with stakes, pull them taut, and you have one of the most optimal structures ready.

In fact, it is the most optimal structure, at least thus far. Still, I keep anticipating something better, I can almost see it, almost have it, but it always feels not quite right, something needs changing... but what is this undiscovered something?

We may have set the pole up on the ground and anchored it there, but in the end the pole and the ropes do not care what they are in contact with. The pole can stand anywhere, so long as it has something to brace against. The ropes, too, can affix to anything, so long as it makes for a sufficient anchor point.

Is there anything in this basic structure that could be corrected?

The pole is thin and fragile. Under a heavier load, it will bend like a bow and eventually break. That makes it a weak point in need of improvement.

It is hard to find any fault with the ropes. If they are laid out geometrically identically, they form an essentially perfect arrangement. Nothing more to add, no need to even think of adding anything. However, the unused tent cloth is bound to catch the eye sooner or later. As it happens, if we set up the most basic tent, with a single pole in the middle, with the cloth forming a cone around it, we get a more interesting structure than before, and one that is considerably more durable. It is here we see the full construction potential of a taut membrane.

However, it also has a weak point. It is easily pierced by the tent pole where one braces against the other, but all we need to do is reinforce that weak point (by, say, sewing on a patch of stronger material) and all is well.

For the moment, that is all for the membrane, though we will return to it. Something else needs immediate highlighting - the cone of the tent membrane. The conical shape gives the whole structure a great load-bearing strength. We do not doubt the strength of the taut tent membrane, therefore the conical membrane can be a system that works wonderfully under tension, and one that does not react to considerable tensile stresses.

Even under compression, the conical surface is very interesting. Although the tip will be crushed relatively easily, in both situations (tension and compression) we can use a conical surface with a flattened tip.

This approach requires the introduction of a new element: a ring. Ideally, the ring can cap the cone or serve as its base, both in a flat-topped cone under tension and under compression.

The ring itself is highly resistant to wedge forces, a property which has been used in barrel rings, and more recently in vehicle wheels.

The more steep the cone and the smaller the radius of the ring, the lower the tensile stress against the ring will be. By flattening the cone and reducing the circumference of its base we increase that force, but a ring used in such a spot will always be the optimal solution.

As it turns out, even an open cone structure (like the one here discussed) with two rings, one at the base and one at the flattened tip, becomes a load-bearing structure requiring only a minimum of material, since the membrane will retain its strength and rigidity even when the material used is exceptionally thin.

Through flattening the tip, open conical surfaces allow for the construction of a more complex system, with the interior capable of serving utilitarian purposes, which justifies further consideration of their use.

Instead of the pole and ropes we started with, we now have new basic elements, from which we can try to create a structure worthy of the future. Before that happens, though, we must arm ourselves with additional theoretical components.

Let us start with the Japanese structure about which I wrote in the 1960s. The essence of their approach, which I think should be far clearer when discussed in the context of my solution, so we will skip ahead to my thoughts on the matter. A basic reminder first: the Japanese created a pillar structure based almost entirely on stretched tensile bars, with a few compressed bars providing some reinforcement.

This is illustrated by the photo on page 15.

Take an open conical surface and turn it into a construction element, comprised of two rings, a smaller upper one and a larger lower one, connected by a membrane. Such an element could be designed to hold up to compressive forces, making for a noticeably thicker membrane, or to resist tensile forces, which calls for a thinner membrane.

Notice that in a conical element under compressive stress, the upper ring will be subject to tensile forces, and the lower ring to compressive forces, with a reverse situation in a cone subject to tensile stress.

If we combine such a cone suited for compression with a flatter cone designed for tension, we make the first step towards an interesting new approach.

If the upper and lower rings of both cones match their equivalents in terms of radius, then when they are combined into one structure, they can share rings. There, the compressive forces from one cone would, to some degree, cancel out the tensile forces from the other cone, giving us a net load smaller than either of the individual loads. Thus, cones working together do not need rings as strong as in a single cone under load.

Step by step, things fall into line in humanity's favour. All we need to do is continue down that mental path.

We can now get to work on our building of the future. Two components are needed: the first is a flattened cone, quite steep and suited for compressive stress; the second is also a flattened cone, but less steep than the other one, and suited for tensile stress. In both cones, the upper and lower rings have the same radius as their counterparts in the other cone.

The construction will be exceedingly simple: place a tensile-strength cone on a compressive-strength cone, and a compressive-strength cone on a tensile-strength cone, each time with the tip pointing up. The connections should be quite literal, so that after assembly the tensile-strength cone should share a lower ring with the compressive-strength cone on top of it, and that cone in turn should share an upper ring with the tensile-strength cone on top of it. That is all, at least for the moment.

We have made an odd pillar, not resembling much of anything, except perhaps a very simplified drawing of a Christmas tree. Such a pillar will clearly transfer stresses vertically downwards from one cone to the next, but in this form it will be quite fragile, and therefore useless. This is an easy shortcoming to overcome, however.

The essence of the next step is best explained by in-depth analysis of a bicycle wheel. If we look closely, we find that each of the numerous spokes is only subject to tensile stresses,

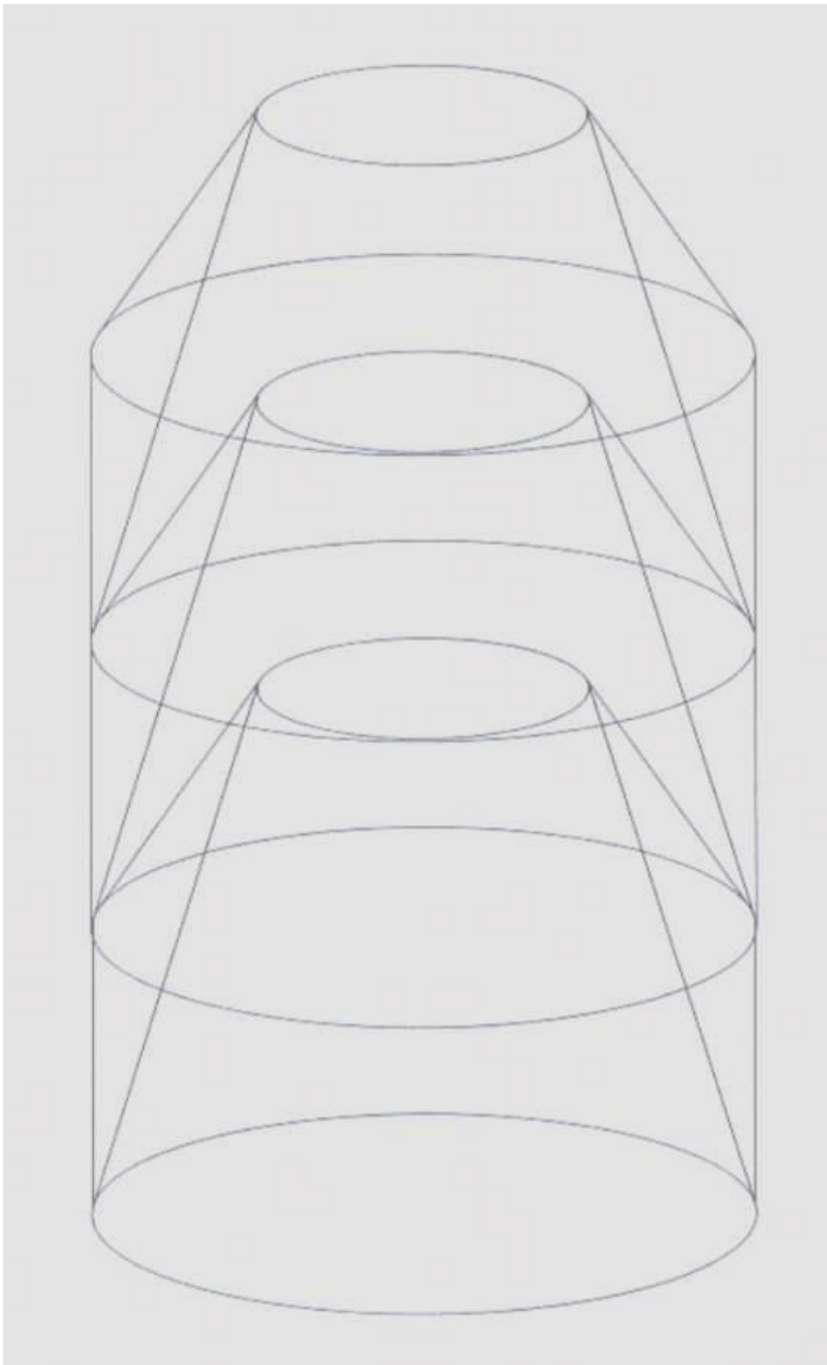
such is the ingenuity with which they are attached. If we also get all of the spurs sufficiently taut by screwing it down further, we acquire an amazingly rigid structure with great load-bearing strength.

To apply that sort of structure to our pillar, we surround it with a cylindrical covering, pulled sufficiently taut and bound to all the lower rings of the cones, now located outside our building. This procedure greatly increases the rigidity and load-bearing capacity of the pillar.

The same procedure can and likely should be repeated for the upper rings on the inside of the pillar. We can introduce a cylindrical cover there as well, pull it taut and bind it to the inner rings. That step, however, is less important for our musings. In fact, it would seem that those elements could be further improved upon, as a result of which we could discover further exciting properties of our structure. More on that later.

Let us examine what we have already accomplished. Certainly, the technology needed for this sort of assembly is very difficult and very expensive. We cannot expect it to entirely replace the conventional solutions currently held as standard. That much is true, but our structure has not yet shown us all its assets: in theory it could get better the higher it gets. It has a right to reign supreme where conventional structures have long ago been proved helpless and useless.

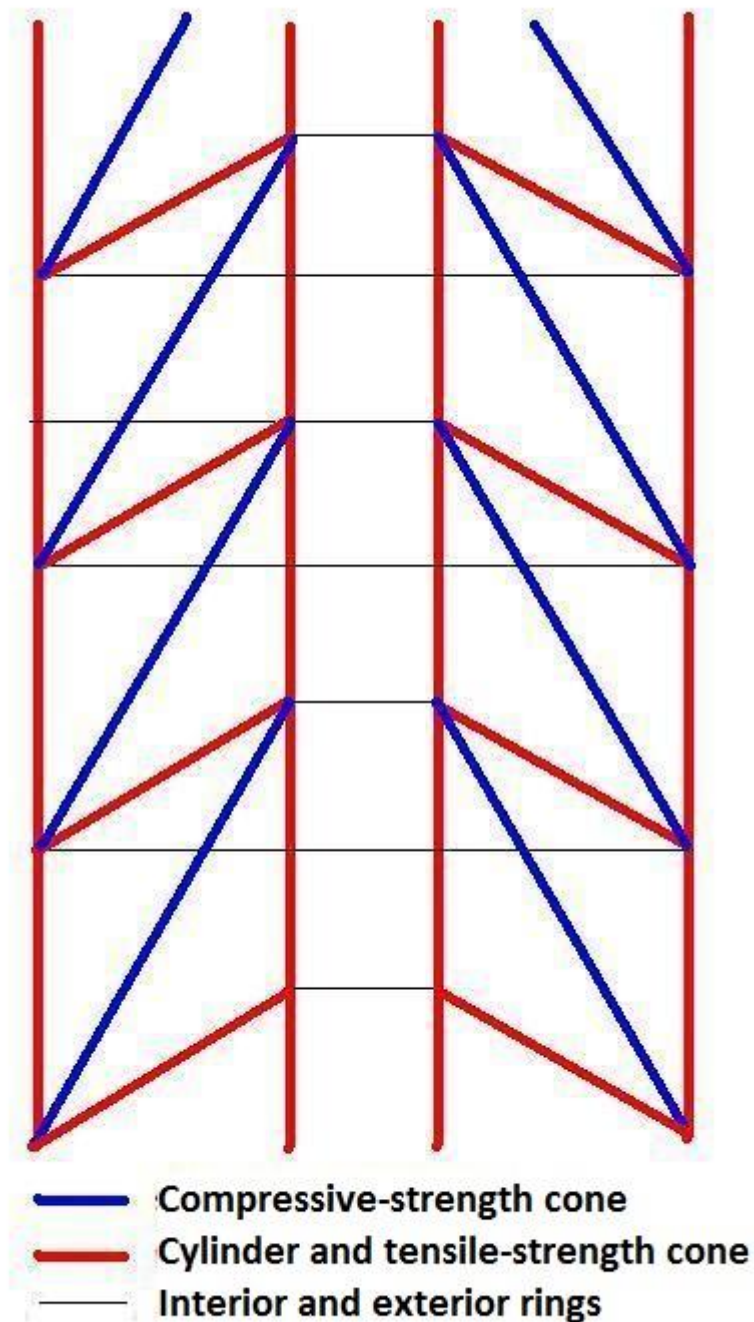
It is 2012, and in the fifty years that have passed since I originally considered the issue we have acquired the possibility to shape the aforementioned pillar by way of 3D printing, crafting it by adding layer after layer of the appropriate materials of the appropriate durability.



I have taken to calling this structure simply as CONE.

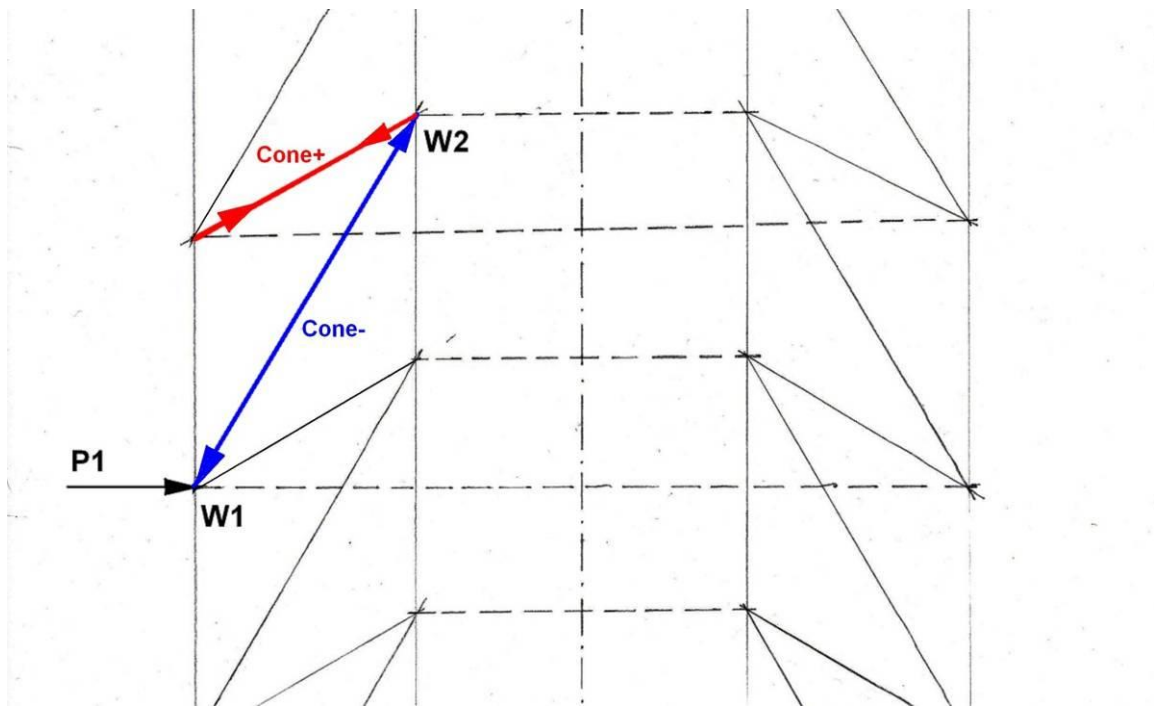
Hard to believe as it might be, if we put a load on this mast that would bend it, that is if the load exerts a force perpendicular to the mast's axis, the individual cones of the structure will carry the strain upwards. To be more precise, the higher you get, the greater the tensile stresses in the flatter cones and the compressive stresses in the steeper cones.

Here is what a vertical cross-section of the mast would look like:



The nexus of the lower ring where four bars meet (two from the outer layer and two from the cones) is under strain from the horizontal force of wind. If we determine the magnitude of the forces in those bars as a result of the horizontal force of wind, we will find zero load on the bars representing the outer layer, and the whole load taken by the compressed cone.

Let us now examine the inner nexus located above the outer nexus. Here, only two bars meet, and the aforementioned wind creates additional tensile strain in the flatter tensile-strength cone (resulting from the push upwards from the steeper compressive-strength cone). These additional loads will continue to sum up, as we examine the rings higher up, and grow ever larger.



If the steeper cone can handle compressive strain thanks to its sufficiently thick coating (made rigid by two rings), and the flatter cone can only handle tensile strain due to its thin membrane coating, then at the lower nexus (**W1**), the whole horizontal strain (from wind or other sources, **P1**) will have to be taken by the steeper cone (**Cone-**), as the flatter cone with the thin coating would not be able to handle the load. Thus, the horizontal strain is carried upwards and only in the upper nexus (**W2**) is it transferred to a flatter cone located one level above (**Cone+**), which in turn transfers the tensile stress to the compressed cone on the next level up. Both cylindrical coatings, the outer and the inner one, both susceptible only to tensile strain and not to compressive strain, will transfer the tensile load upwards. Only the load of the structure's own weight would be passed downwards.

The whole structure is pre-compressed, that is all its elements, such as the inner and outer cylinders, and the flatter tensile-strength cones, are subjected to preliminary stretching.

If we determine correctly the shape of the cones and the initial tensions of both covers, the structure may become the phenomenon of a pillar affixed at one point but unbreakable, and one that could be raised up to unheard-of heights with no need for guy wires, which, even under conventional use, have a certain critical length beyond which they snap under their own weight.

It is conceivable that our structure would not sway to the sides, but would communicate increasing strain by lengthening in a pulsing manner. Instead of swaying, its tip would vibrate vertically upward.

Such a mast, I think, would be assembled starting from the tip. From a sufficiently sturdy base, the structure would be pressed vertically upwards. The base would have systems for the assembly and placement of further cones. The construction cycle would be as follows: sensors would transmit load parameters occurring where the last element was placed to a computer which would program the model of the next cone to handle the indicated load parameters. The computer would be in charge of the production of subsequent cones. After each one was placed, the structure would be pushed up and the construction cycle would repeat. (See: earlier comments about 3D printing.)

(However, with strain being passed up rather than down, this method would not be applicable, as all elements would be subject to increasing strain as the structure rose higher.)

Our new structure, even with all these amazing developments, still cannot go beyond the traditional modes of thinking about construction. It is still subject to the destructive force of excessive load, it is still internally static. Even the cones' shape, once assigned, does not change; neither can the initial compression of the outer and inner coverings be reduced or increased after it is assigned.

Let us then give our structure a more primitive semblance of internal life. This time we will have a door serving as an example of the next approach. If the hinges are located exactly vertically in relation to one another, the doors will always remain where we left them, i.e. they are static. However, if we have the hinges deviate from the vertical, then under the force of gravity the door will always take the lowest possible position, i.e. they will gravitate towards either open or closed. There are records of builders already having used this method to have doors close on their own.

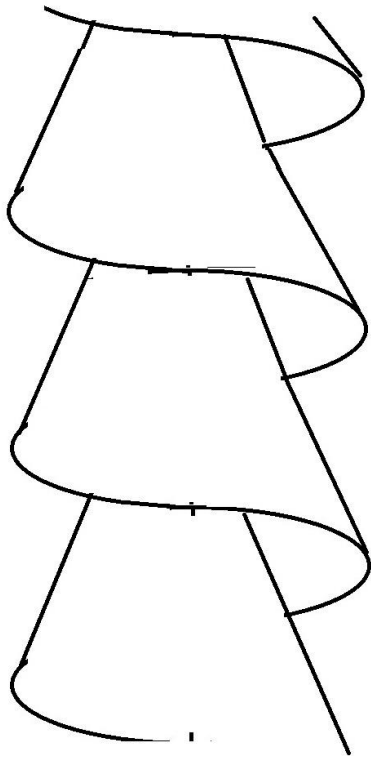
From this extreme of minimal friction and minimal influence we move in our situation to extreme overloading, bordering on internal deformation of the material's structure. If under these conditions we use slightly differently shaped cones, that is ones with the rings not aligning perfectly, our cone will show a tendency at this critical point to twist and even turn, moving it in relation to neighbouring cones. This small turn, which may occur in relation to all the elements of our structure, can be used to have the structure itself defend itself from destructive overload. We do not even need additional solutions in place for this. Observe what the cone causes with its turn. Through its rotational movement in relation to neighbouring cones, and due to the rings not being parallel to one another, thus to a certain wedge-like property of the element, our cone causes a reduction of the compression of that part of the outer cover that at this moment is overloaded, while at the same time triggering a counter-reaction cancelling out existing stresses through an additional increase of the compression of the outer cover on the opposite end of the point of critical overload.

It would also be an interesting self-defence reaction from our structure against destructive overload if we could achieve a change in the geometric parameters of the cone itself, i.e. a change of radius of both rings and the slope of the cone's sides in relation to the vertical. That way, the cone could assume a shape optimal to the load it was under at the given moment.

It might seem impossible; after all, how can we open both rings and the cone's side itself (which is necessary to achieve such a changeability of the cone's shape) while ensuring that both rings and side are closed (which is necessary to maintain their previous properties)?

This impossibility can be done away with, if we can accept an approximation of the desired state. To better understand this issue, imagine once again our structure at the early stage, when it did not yet have the cylindrical coverings inside and out. Remember how it looked like a greatly simplified Christmas tree. As it turns out, if our structure is long enough, it will also become quite fragile without the coverings, and would most resemble a shaving from a lathe.

But what if our structure did not just resemble a shaving? What if it took on that exact shape?



The shape of a shaving.

Take, then, two such spiral, shaving-like surfaces, one suited for compression, the other suited for tension. Combine them with a screw-like continuous seam, and finally coat them like before with cylindrical covers. The structure this creates would take on the required properties of life, counteracting local overloading on its own.

There we have it, then.

Raising such a mast, using the devices previously mentioned and contained in the base, with continuous covers and seams, and the screw-shape of the latter, would make the whole structure even easier to build and to push upwards above the base.

Perhaps we should also consider the relatively narrow field of applications for this creation. We started with a mast of exceptional height. Of course using this system we can build any pillar in the future, but how to handle the different stresses and loads that a beam would have to handle? This presents something of a problem. But did our mast not work like a beam when it was subject to a horizontal force? Perhaps the beam is also within our reach.

Not to mention that this does not exhaust the capabilities and applications of the structure. Let us try another existing solution. Take the average umbrella. A great rigidity (and therefore usefulness) have been achieved here through stretching. Such stretching has not been sufficiently widespread in building construction. Our mast can make excellent use of this phenomenon. If we remove the inner compressive covering and introduce in its place a system of stretching elements not unlike vertebrae, our structure will take on the umbrella's method of handling loads.

Now add to that the work philosophy of the construction system. At present we still know only structures behaving in a static manner, unchanging in time and space. We allow exceptions from this state of peace, unavoidable phenomena like vibration, bending, buckling, or swaying. At the same time we are astonished to notice that while powerful trees were felled by a hurricane, the grass simply bent and stood back up after the destructive force of nature had passed. Why not finally use this philosophy of the grass's behaviour? Not to mention there are so many more strange and intriguing philosophies available. Imagine, for instance, a whip. An increasing centrifugal force of subsequent microsegments of the whip's fibres teaches us another dynamic behaviour of inanimate objects.

If the vertebrae of our mast had a wedge profile and could turn between the rings of the cones, they could push the cones apart only at one point and from one direction - the one that was actually desired.

All we need is to assign computers to the supervision of the turning of the wedges, stopping them in the perfect spot, and the philosophy of movement for all subsequent wedges in relation to the structure, and ensure that those computers are equipped to handle the behaviour philosophy of grass, of whips, and other similar phenomena, so that our structure can finally stop being static and start holding up to brief overloads that could destroy it.

A similar method has already been used for aesthetic purposes, and soon we might use it for construction purposes as well.



Institut du Monde Arabe, Paris, France

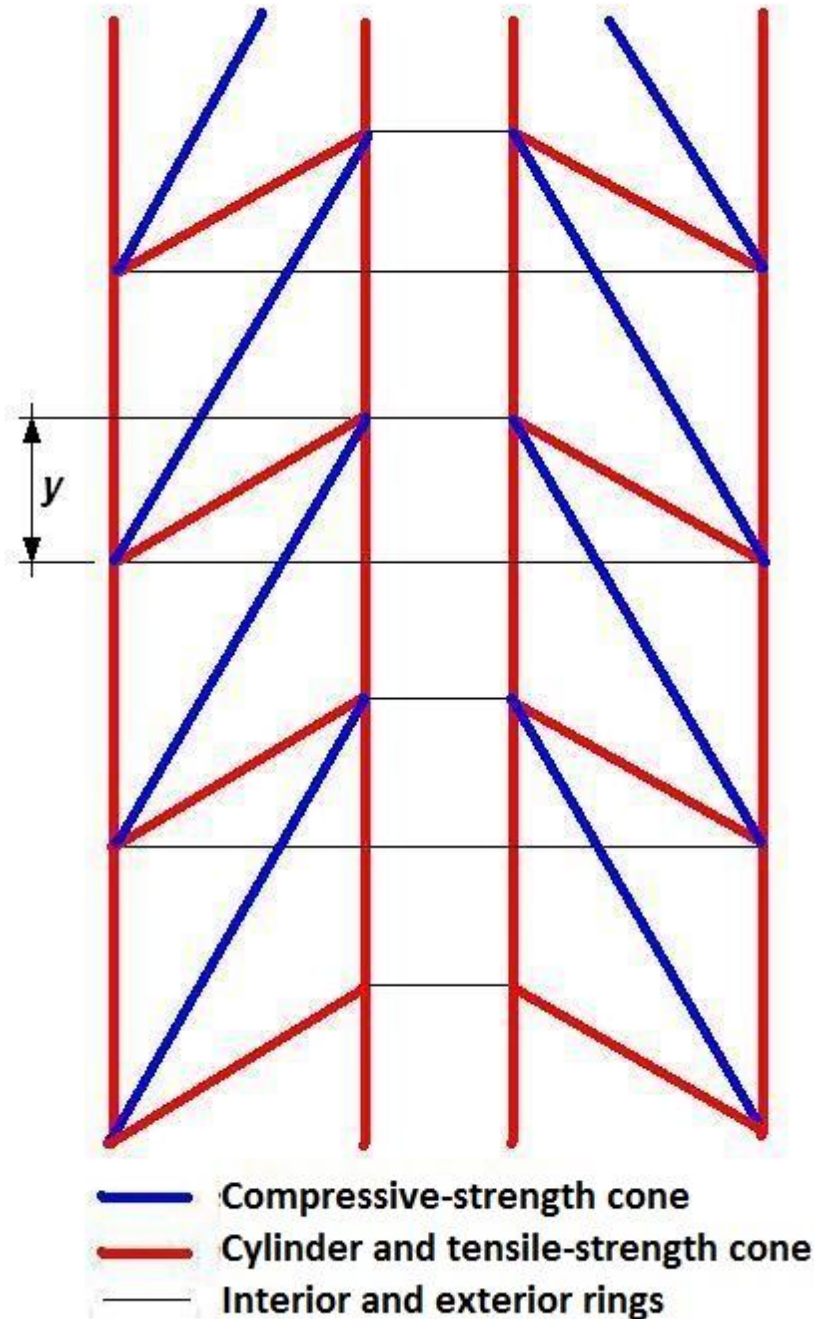


Institut du Monde Arabe, Paris, France

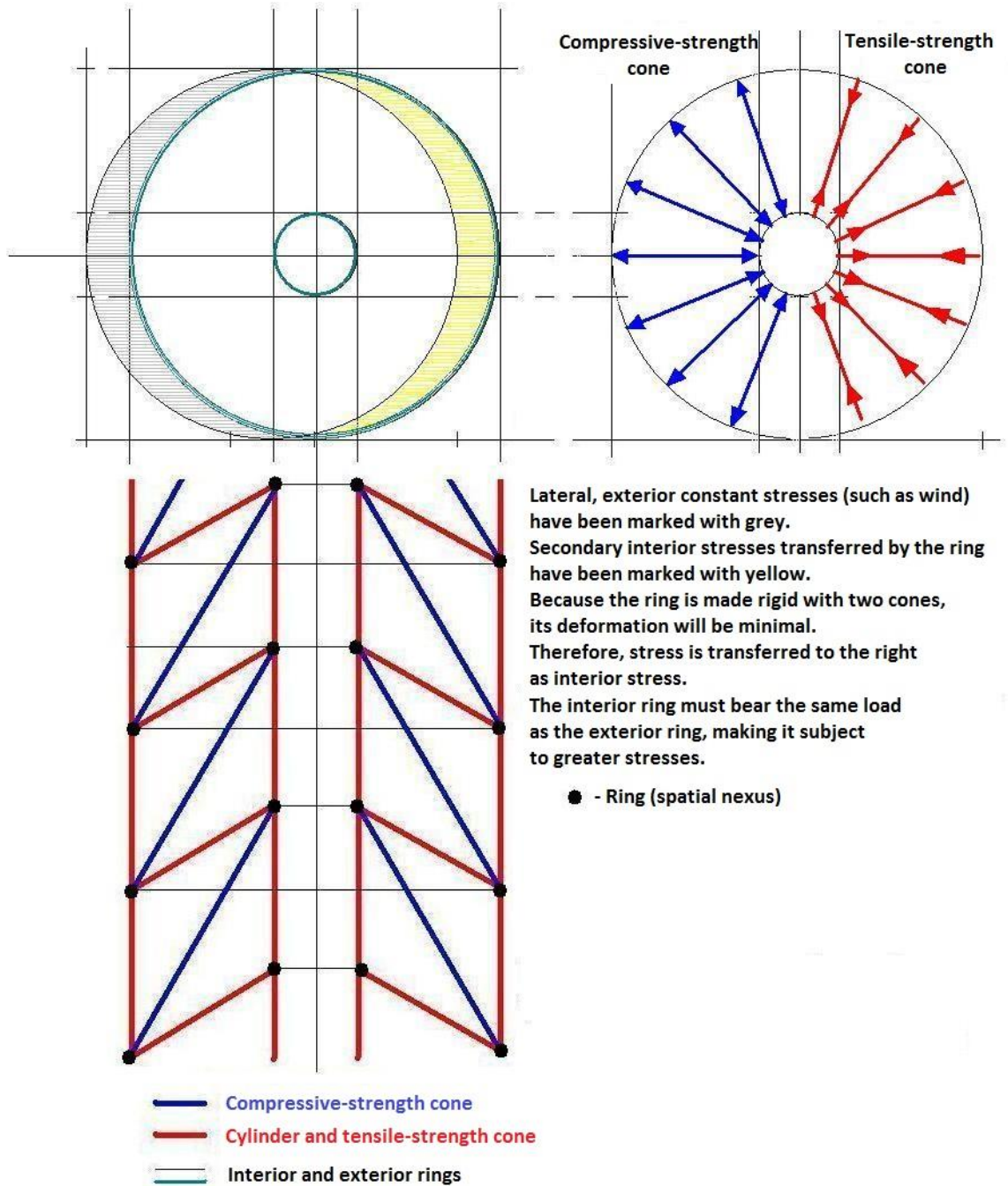
All this has been covered using only the subject of a single mast, but it still needs expanding into a theory of construction in general.

The CONE Model

The compressive-strength cone should be suspended at its centre of mass.



The suspension of the flattened cone at its centre of mass will cause it to maintain its vertical position under horizontal pressure. It will not matter whether it turns to the right or left. If the flattened cone is suspended above its centre of mass, it will show a tendency to return to a vertical position. If it is suspended below the centre of mass, however, it will show a tendency to tilt away from the vertical. All this applies to a cone not connected to other rotating surfaces. Therefore, the issue requires further analysis.

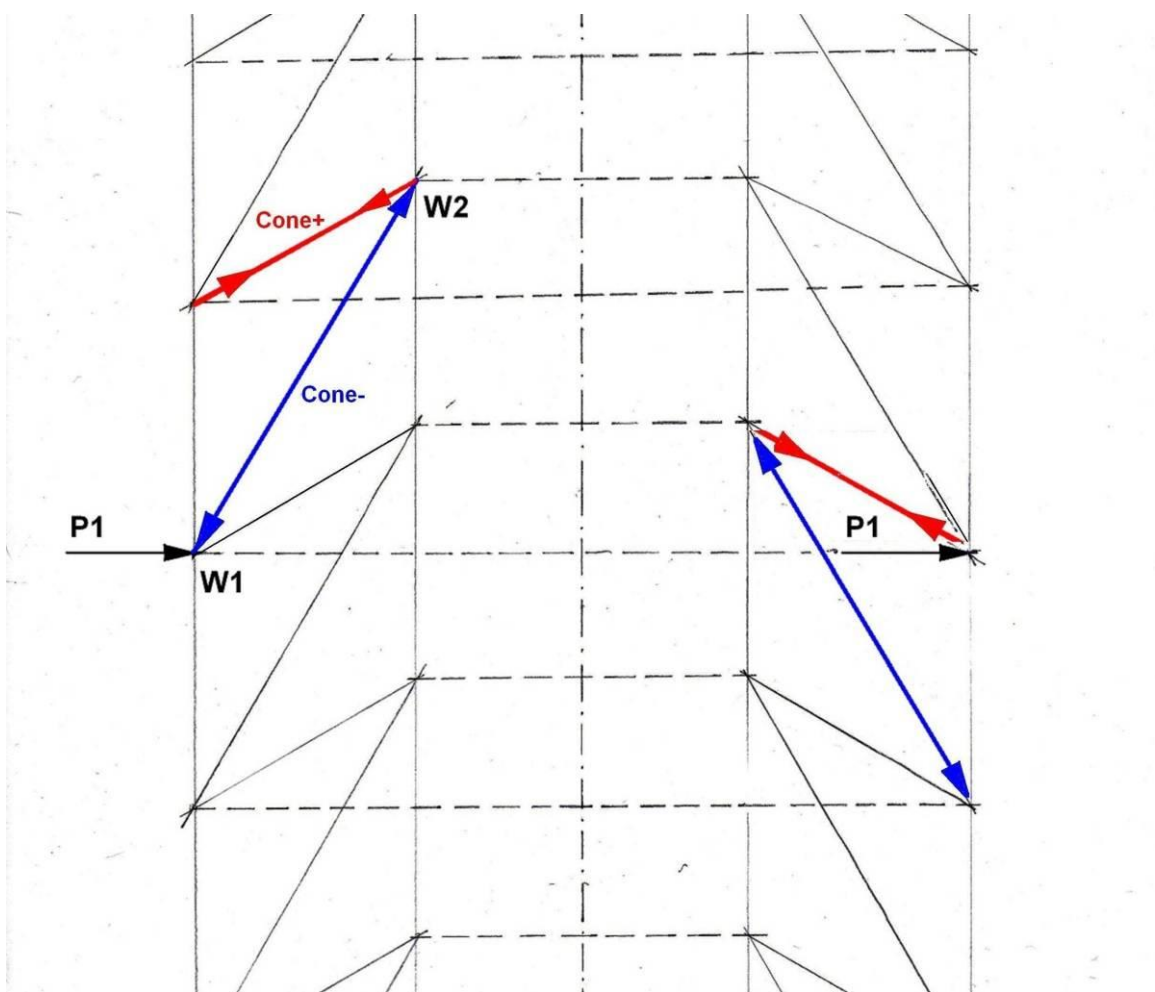


The compressive-strength cone is suspended in a surrounding of only tensile-strength elements. The compressive-strength cone takes on loads from outside through its outer ring and transfers them entirely to its tensile-strength environment, which in turn immobilizes the compressive-strength cone and safeguards it from dislocation. The environment of tensile-strength elements is preliminarily stretched (the opposite of compression).

The compressive-strength cone, by transferring its load to the surrounding environment, changes the tension of only select elements of that environment. It stands, therefore, that the preliminary tension must be sufficiently high to prevent the structure's destruction. This gives rise, then, to the need for an additional self-tensing of the structure through, for example, mechanical tilting of the cone away from the vertical on an as-needed basis, which would restore the desired amount of tension. That need can be filled by wedge elements moving as needed to the correct place in the outer ring's circumference.

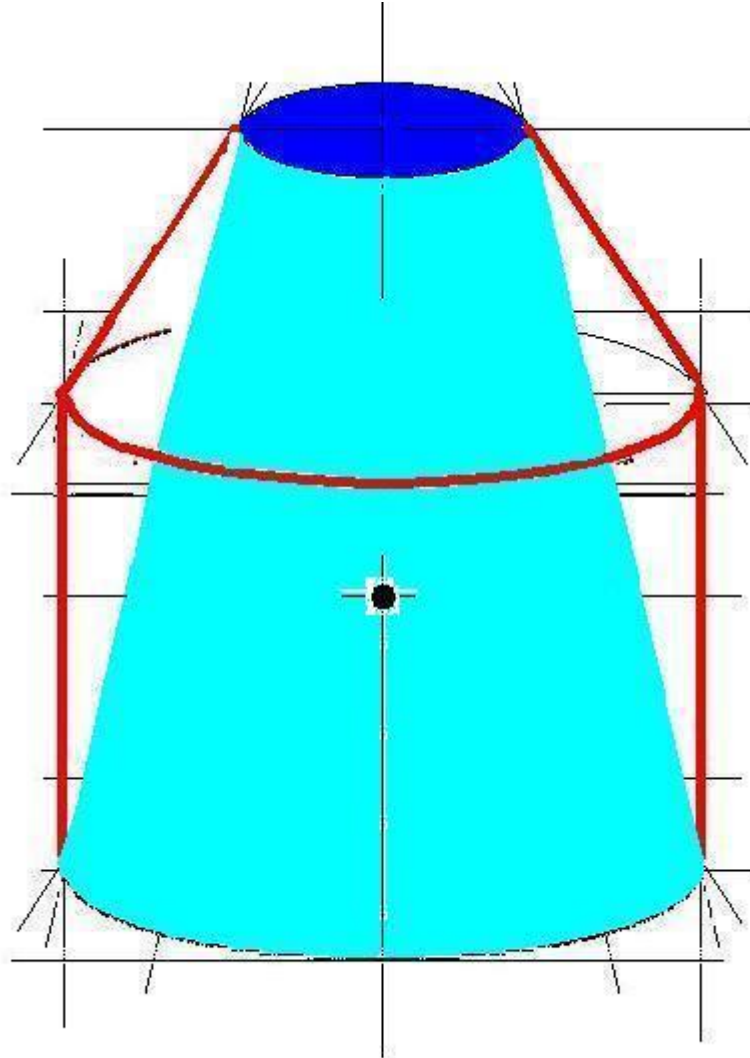
To stretch the whole structure, the exterior cylinder will suffice and the interior one is unnecessary, but the interior cylinder will allow us to connect all the inner rings to it, and therefore all the cones as well, allowing for vertical stresses to be transferred upwards. To fully comply with the suspension rule, the interior cylinder would not reach the base of the structure.

To analyse the structure's capabilities, we need to use constant loads, tensions, and reactions, all resolved in space, as opposed to the flat statistic method, which views the work of the whole structure only through single theoretical forces and reactions.

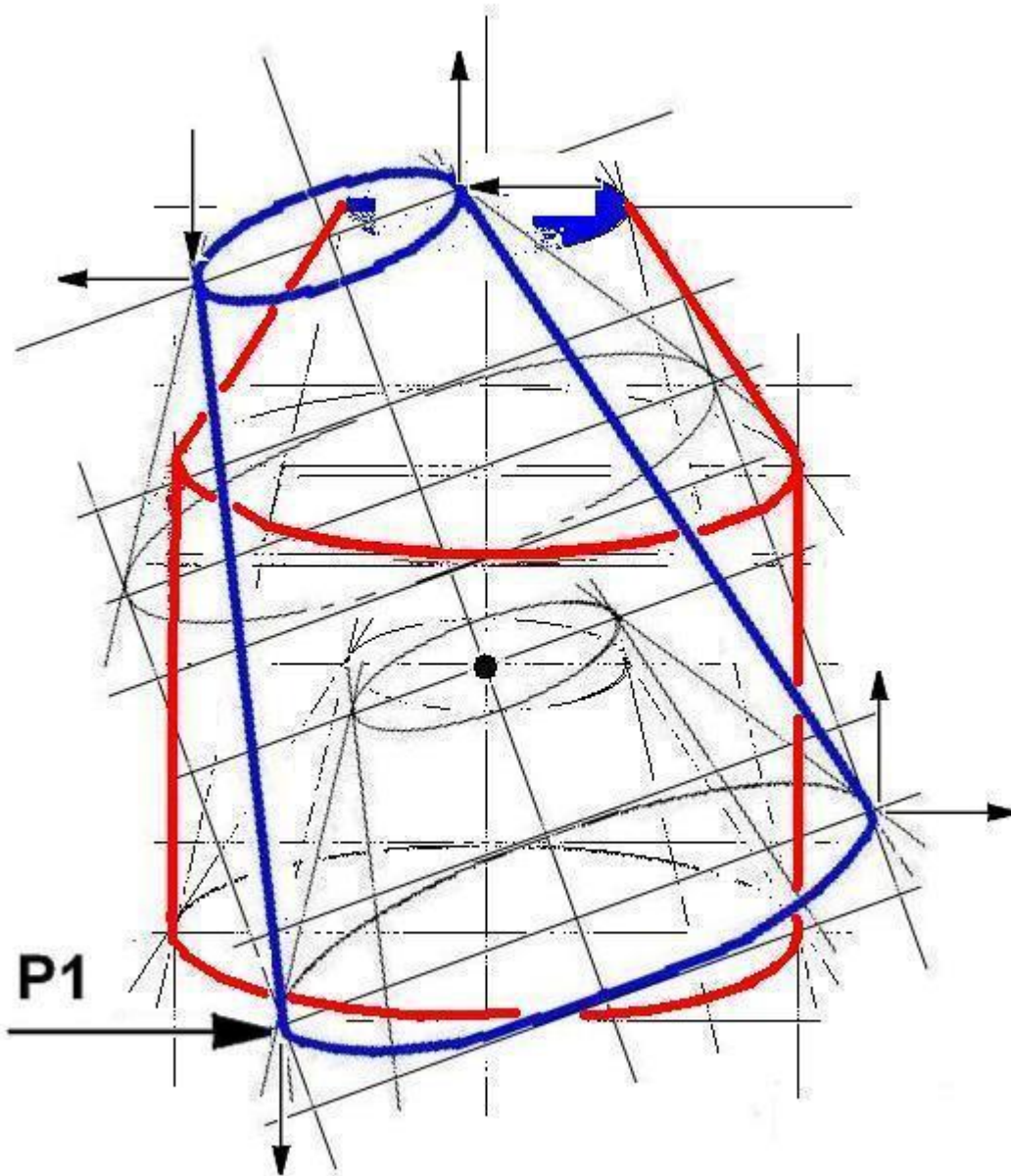


Development of load transfer:

The P1 force is transferred by the outer ring to the opposite side of the Cone, where it puts tensile stress on the tensile-strength cone, which in turn transfers its load down to a compressive-strength cone. This would typically cause the Cone system to bend to the right, but the tension of the interior cylinder prevents that.

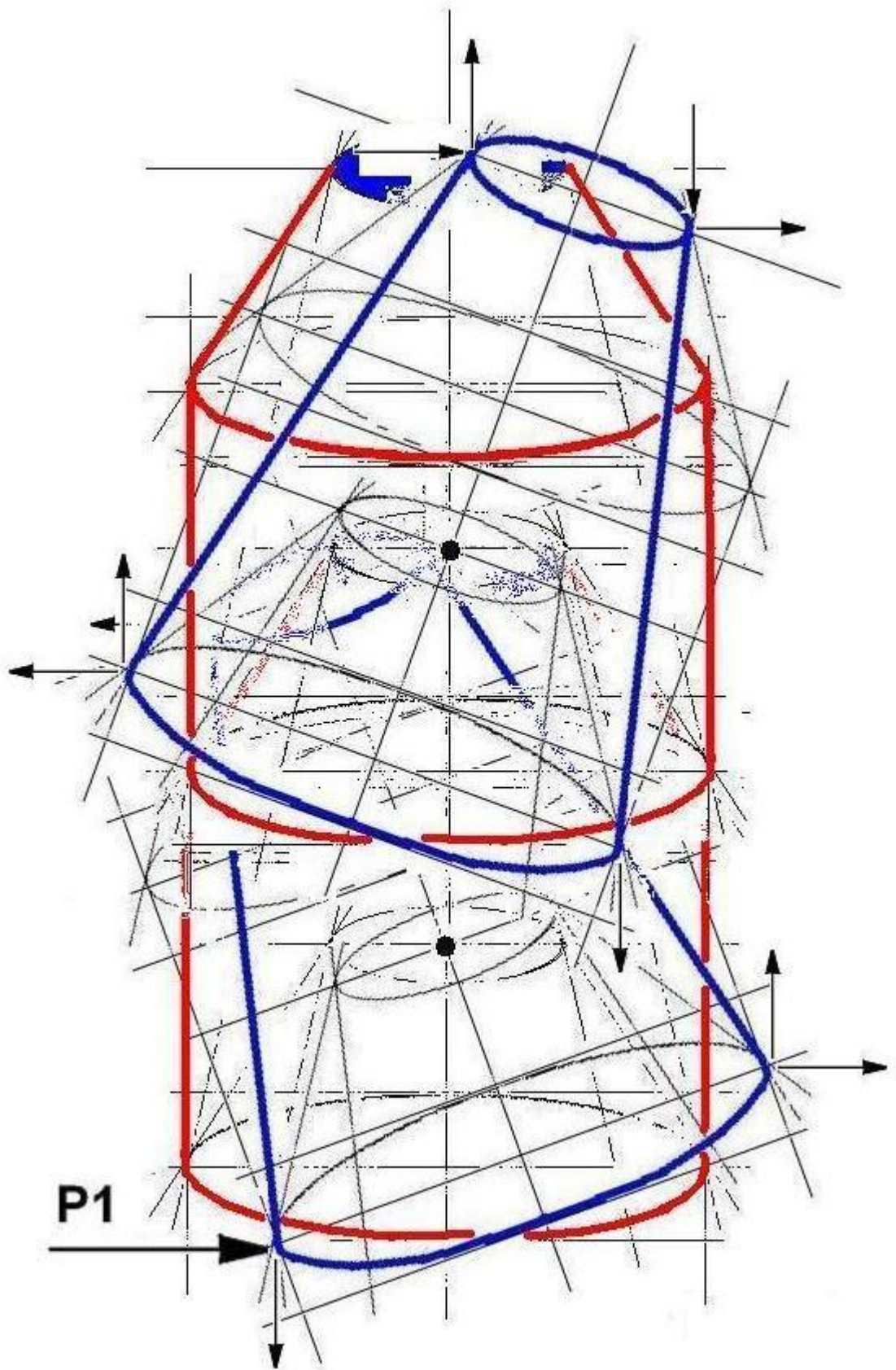


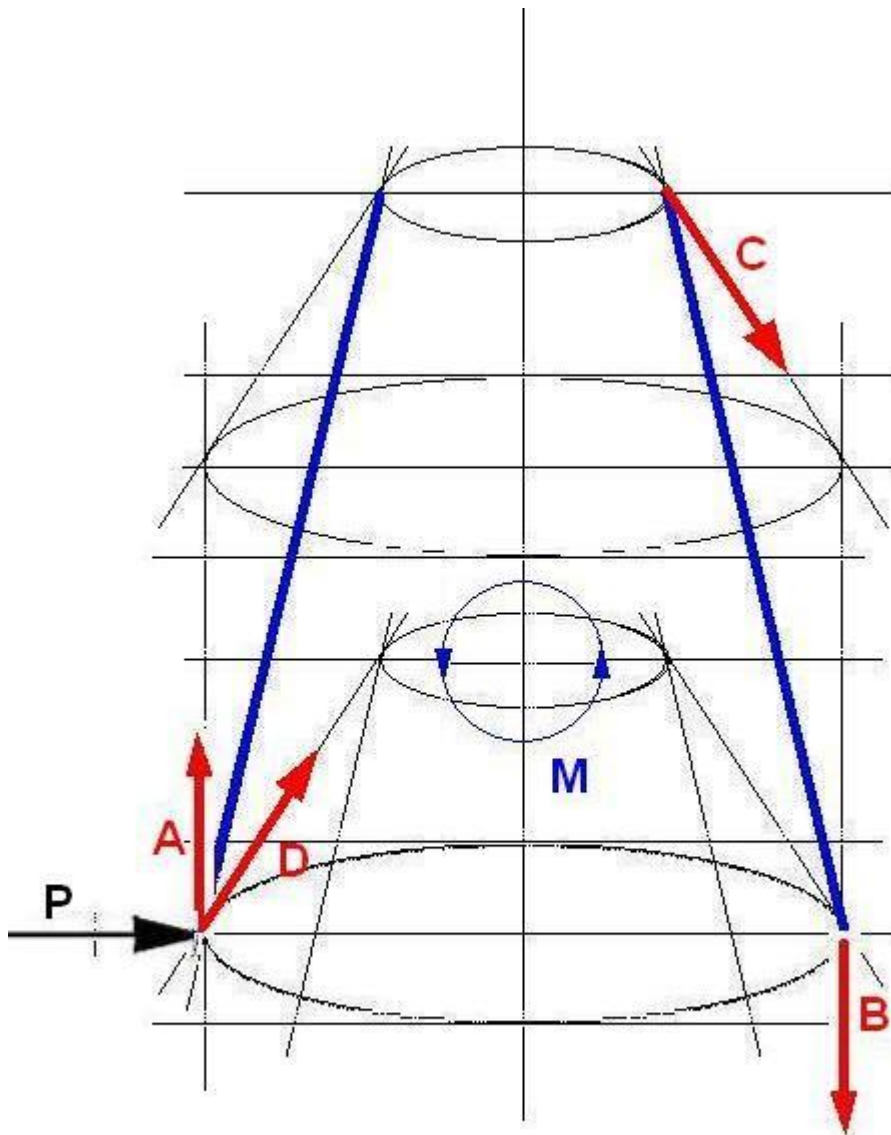
The compressive-strength cone (marked blue) is so immutable that this property can be assumed as certain. Because of this, when subject to lateral (horizontal) stress, it will show a tendency to turn around its centre of mass, made all the more likely if it is suspended at that centre of mass.



The compressive-strength cone (marked blue), with its tendency to rotate (counter-clockwise here) around its centre of mass, will counteract the twisting (clockwise) of the segment located above it. This confirms the idea of the CONE transferring loads upward.

The strength of this counteraction transferred upward will be appropriately smaller than P1 as a result of the balance of rotational movements around the centre of mass.



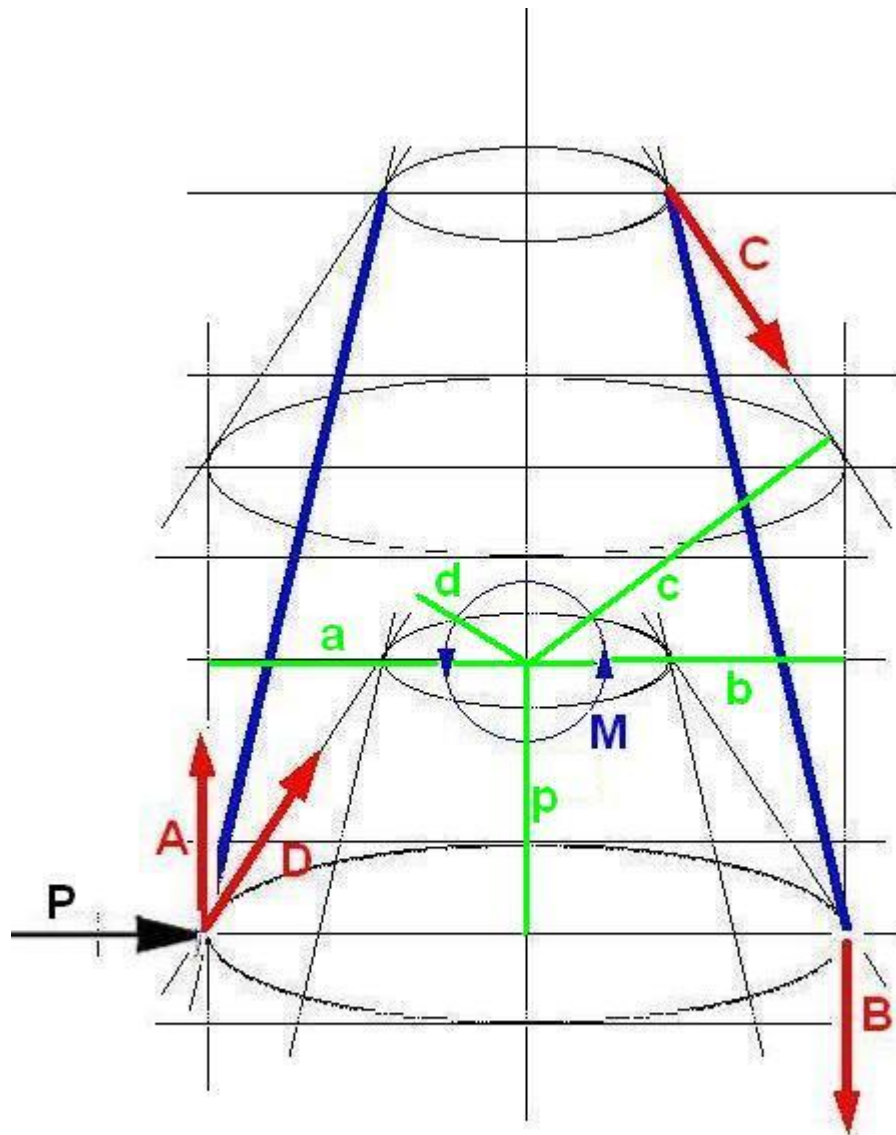


Influence of the compressive-strength cone on its tensile-strength environment:

When the compressive-strength cone is subject to force **P**, that cone will show a tendency to rotate counter-clockwise around its centre of mass. This rotational movement of the compressive-strength cone will be balanced out by:

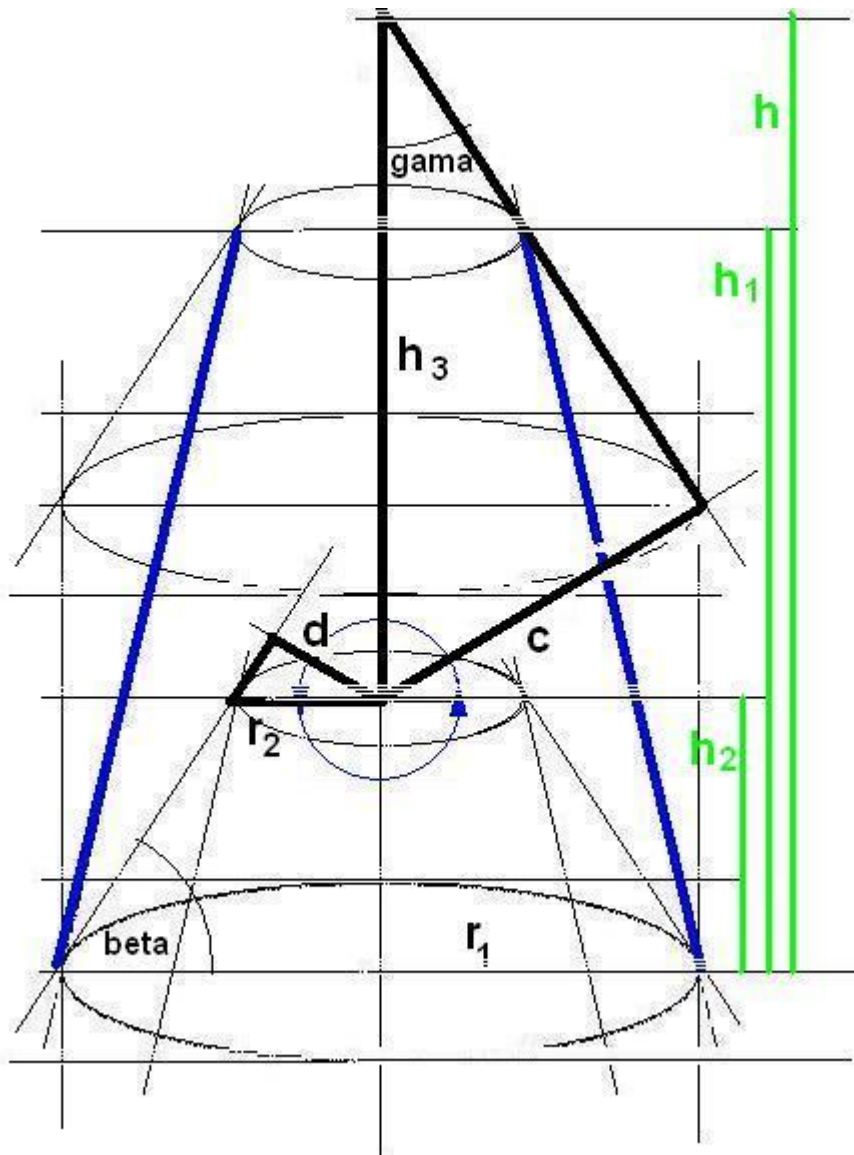
- force **A**, stretching the cylinder below the compressive-strength cone,
- force **B**, stretching the cylinder on the same level as the compressive-strength cone,
- force **C**, stretching the upper tensile-strength cone,
- and force **D**, stretching the lower tensile-strength cone.

The aforementioned forces will range from maximum strength at the furthest point on the ring, to zero strength at the mid-point of the ring.



The exterior movement (P_p) is balanced out by the sum of interior movements:

$$P_p - A_a - B_b - C_c - D_d = 0$$



$$\beta = 90^\circ - \gamma$$

$$\frac{d}{r_2} = \sin\beta$$

$$d = r_2 \sin\beta$$

$$\frac{x}{h_3} = \sin\gamma = \cos\beta$$

$$x = h_3 \cos\beta$$

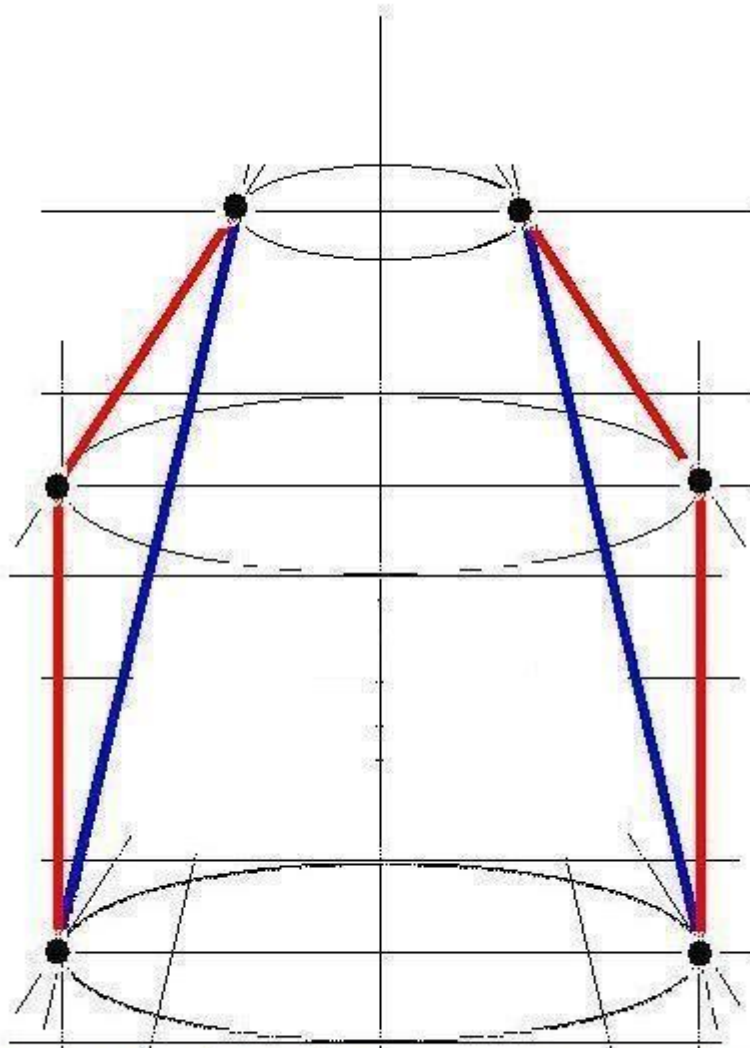
$$h_3 = h - h_2$$

The tensile-strength cone is entirely defined by the compressive-strength cone, as the upper and lower rings are the same in both cones, and the height of the tensile-strength cone is a result of the location of the centre of mass of the compressive-strength cone.

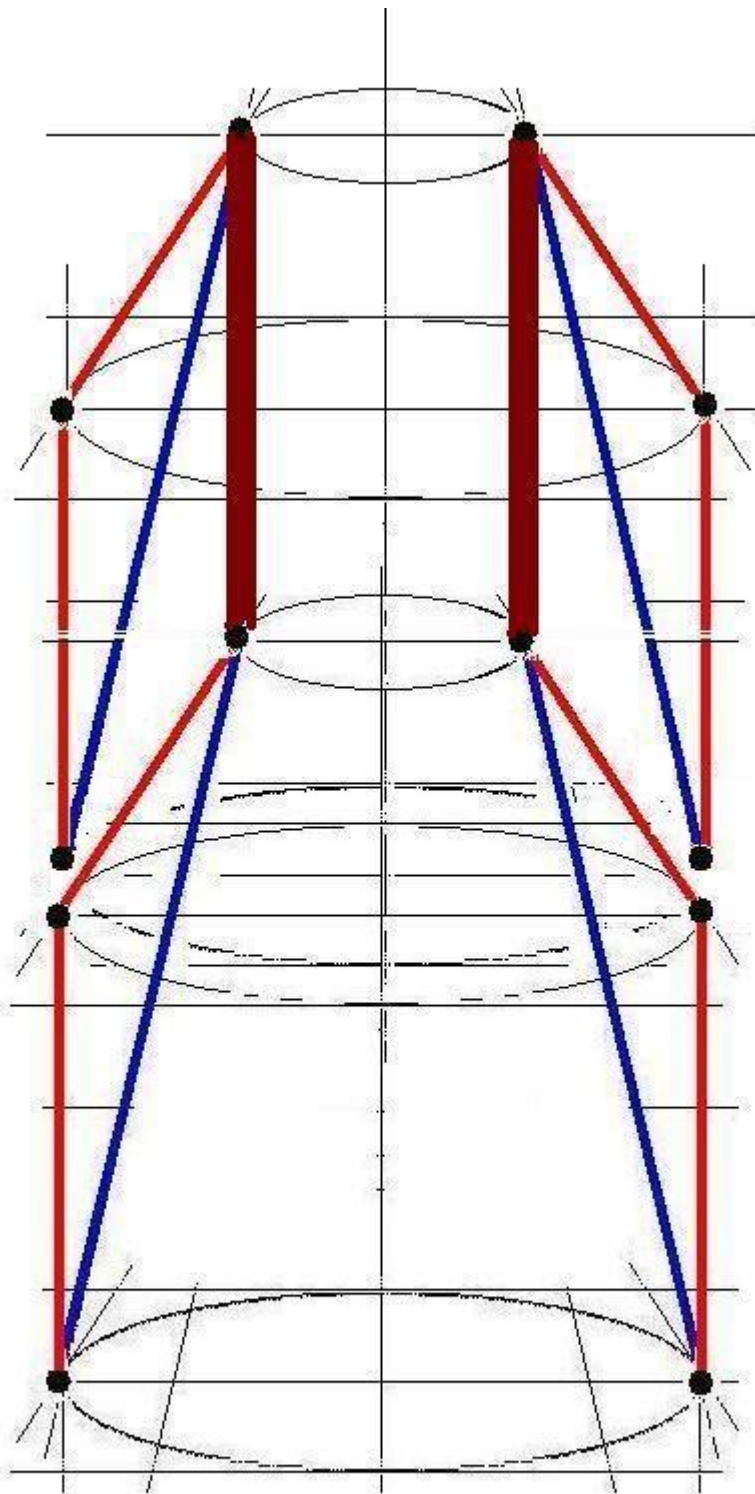
It might seem that all four interior movements counteracting the exterior movement should be identical. Here, the strongest tensile force (D) is closest to the centre of mass of the compressive-strength cone, while the weakest (C) is furthest away.

It can therefore be reasoned that from a lateral stress, the greater load is passed downward, and the lesser, upward.

Analysis of Interior Cone Suspension



One segment is made up of: a compressive-strength cone, a tensile-strength cone, a tensile-strength cylinder, an interior ring and two exterior rings.



Suspension of the lower segment from the upper segment.

Such a suspension of each compressive-strength cone should be constructed so that the load from this suspension is transferred upward, to the top of the Cone. This can be accomplished by a single tendon running from the bottom-most cone to the tip of the whole structure. We should consider whether this tendon should connect to all subsequent cones so that it does not put additional load on upper cones, but so that every cone is suspended from that highest compressive-strength cone. This issue bears studying in terms of both the positive and the negative consequences for the essence of the Cone system.

I fear that the solutions up to this point, relying as they do on conventional static properties, are too far removed from reality. They would have us operate with a single lateral force "P" for wind, when in fact wind affects the entire surface of our exterior cylinder with varying force, not to mention phenomena such as airflow, sucking in air, or the dynamic variability of wind strength. Likewise, inner forces (as shown on the recent illustrations) are quite far removed from actual tension values in the whole compressive-strength cone and its complex influence on its tensile-strength environment. And yet we are dealing with a pillar made of a large number of interior cones, and different phenomena occur along the whole height of that pillar.

It would be far better to develop a simulation model for the whole Cone system and there observe the complex influences. However, this requires considerable processing power, far outstripping what my desktop PC can provide. Excel might be able to handle the calculations, but analysis of the outcomes would require a program that could visualise the essence of basic phenomena, perhaps through charts or spatial grid modelling that would display the behaviour of exterior phenomena. Perhaps it might even do it in the form of a film, colour or otherwise. I can only dream of such things, and I fear that even the university in Bethlehem, Pennsylvania, where I sought help thirty years ago, would still be unable to carry out such simulations. I will likely never find out; my efforts were not met with interest or understanding.

Ring Theory

The Cone structure has two types of rings: the outer (lower) ring and the inner (upper) ring. The rings have several tasks:

- - they form a connection between the cones and the cylinders,
- - they make each separate cone rigid, in a sense completing the upper and lower portions of the cone, providing a much higher load-bearing strength,
- - they transfer interior loads between all elements of the Cone structure,
- - they prevent the Cone structure being crushed horizontally.

That last task seems the most vital out of them all, as the earliest risk of destruction from overloading the Cone structure comes from deforming the ring from its circular shape to an elliptical one, resulting in a collapse of the whole structure. This points to a need to ensure a high durability of the ring, as might be the case with bamboo or grass. A substantial durability of the ring, however, i.e. preparing it for the most unexpected stresses, will cause it to diverge from the essence of the whole Cone system, where both the cones and the cylinders through their shape provide optimal load-bearing capacity, while the ring would need the strength to bear an uncertain future load.

The Cone system does hold some promise for ring theory, though. Namely, the tensile-strength cone approaches the workings of the spokes in a bicycle wheel, and thus makes the ring itself more durable. It is important here to make the tensile-strength cone as flat as possible. This suggests a necessity to optimise all of the elements of the Cone structure as a whole, including matters such as the radius of the rings and the height and angles of the cones.

Complex Simulation

Thus far, fragmented and individual considerations of the Cone structure are still a long way off from any real solution, as indicated by the examination of the tensions in the ring, where those tensions would vary greatly. We need a mathematical (and physical) model that will handle the complex nature of the workings of the Cone structure in both space and time. Of course, the phenomena occurring in individual elements of the Cone structure still need to

be described, but all mutual influences between various elements of the Cone structure should be displayed as mathematical functions, forming a single complex model. Such a model should, in its complete form, be structured as a computer program, and even become one.

Partial models must first be developed for the following issues:

- exterior stresses,
- stresses from own weight,
- workload of the compressive-strength cone,
- workload of the tensile-strength cone,
- workload of the exterior cylinder,
- workload of the interior cylinder,
- workload of the exterior ring,
- workload of the interior ring.

Assuming one segment of the Cone structure to be a set of one compressive-strength cone, one tensile-strength cone, an exterior ring, an interior ring, a tensile-strength interior cylinder, and a tensile-strength exterior cylinder, a function should be developed for the influence of the set in question:

- influence on the set below,
- influence on the set above.

The whole model should be relative in time and take into consideration particular pulsing of influences in the whole structure.

The method for visualising the workload of the Cone structure should be selected based on making its output understandable to the viewer.

A complex simulation should give the option of making the dimensions and angles of the various elements of the Cone structure conditional on one another, both in terms of providing optimal load distribution through the whole structure, and in grouping them in a select area. Of course, setting individual dimensions of the Cone structure's elements as constant should be one of the variants of the Cone model and permit analysis of variable dimensions and angles conditional on the location of the given segment in the Cone structure.



Translation: Krzysztof Kwiecień, 2013