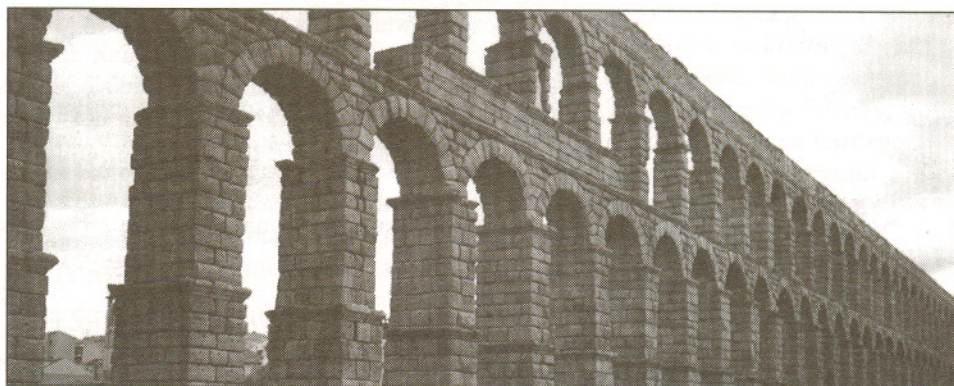
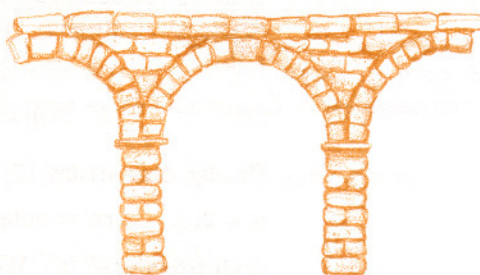


## Konstrukcja łuku

W czasie jednej z wakacyjnych wypraw miałam okazję zobaczyć stary – pochodzący z czasów rzymskich – akwedukt. W przewodniku przeczytałam, że został on zbudowany z kamiennych bloków bez użycia zaprawy, ale początkowo nie zwróciłam na to dużej uwagi. Na miejscu zobaczyłam coś takiego:

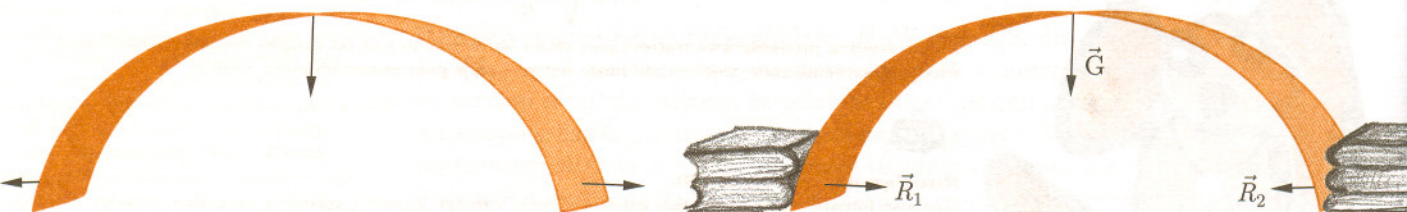


W powiększeniu:



Część kamieni jest ułożona w kształt łuku. Najciekawsze jest to, jak cała konstrukcja trzyma się stabilnie razem, a kamienie z górnej części łuku nie spadają. Rozrysowanie na kartce papieru działających sił ciężkości, nacisku i reakcji pozwala wyjaśnić sytuację.

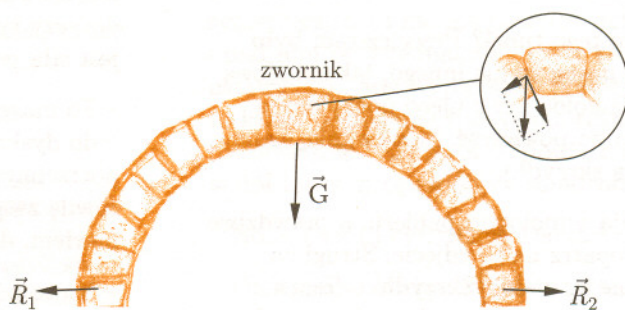
Ale po kolei. Możemy sami wykonać pewne doświadczenie, które obrazuje rozłożenie sił w łuku. Połóżmy na stole pasek kartonu, raz wygięty w łuk, a potem dodatkowo podparty po bokach książkami.



Naciskając od góry na niczym nie podparty pasek powodujemy rozsuwanie się brzegów. Podparcie książkami pomaga, dla sił nacisku z rozsądnego przedziału (nie powodujących deformacji kartonu) konstrukcja utrzymuje swoją strukturę.



Podobny mechanizm sprawia, że kamienne bloki w łuku trzymają się razem. Konstrukcja łuku opiera się przede wszystkim na klinach – to kształt kamieni powoduje, że całość trzyma się raczej stabilnie. Siłę ciężkości działającą na każdy blok możemy rozłożyć na składowe styczne i prostopadłe do krawędzi. Składowa prostopadła przenosi ciężar na następne bloki. Siły styczne do krawędzi powodują ściskanie się bloków, a więc także zacieśnianie się całej konstrukcji. Kształt bloków zabezpiecza przed zdeformowaniem się budowli w tym kierunku. Działające w przeciwnych kierunkach siły wywierane przez ściśnięty materiał przy podstawie łuku mają kierunek radialny na zewnątrz. Działanie pionowej siły ciężkości zostało przeniesione na poziome siły reakcji. Często więc buduje się mosty łukowe nad rzekami o grząskich brzegach.



Owe naprężenia mogą spowodować nawet zawalenie się konstrukcji, dlatego pojedyncze łuki, np. łuki triumfalne, mają bardzo solidne podparcia. W akweduktach, gdy mamy szereg łuków obok siebie, siły te się znoszą i wystarczają silne podparcia na końcach każdego rzędu.

Konstrukcję łuku obserwujemy także w nowszych budowlach, przede wszystkim mostach. Są one zazwyczaj zbudowane z cegieł połączonych zaprawą. Cegły doskonale nadają się do konstrukcji takiego typu jak łuk, bowiem są one bardzo odporne na ściskanie. Do czego potrzebna jest zaprawa? Na pewno nie do „sklejania”, jakby się mogło wydawać na pierwszy rzut oka. Cegły mają nierówną, chropowatą powierzchnię, a więc stykają się tylko na niewielkim obszarze. Spore ciśnienie panujące w miejscach styku powoduje kruszenie się materiału. Proces ten może trwać aż do wyrównania się powierzchni, albo – co bardziej prawdopodobne – do zawalenia konstrukcji. Dla równomiernego rozłożenia nacisku cegły są więc oddzielane warstwą zaprawy.

Kamienne gązdy też są odporne na ściskanie. Trzeba je jednak obłupać i wygładzić. Odpowiednio obrobione nie wymagają dużej ilości zaprawy (a nawet wcale). Tego typu materiał był używany w czasach, gdy siła robocza była tania, dlatego obecnie korzysta się z innych materiałów. W zasadzie można by także używać bardziej miękkiej skały, np. piaskowca, dużo łatwiejszego do obróbki. Jest on jednak znacznie mniej odporny na erozję, i z czasem części zewnętrzne, wystawione na działanie czynników atmosferycznych, wykruszają się i odpadają.

Podczas budowy łuku (albo mostu) z cegły lub kamienia, używana jest specjalna konstrukcja podtrzymująca. Jest to drewniane rusztowanie o kształcie dokładnie takim samym jak mający powstać łuk. Podpiera ono konstrukcję do czasu położenia ostatniego bloku, zwanego zwornikiem. Leży on w środku łuku i łączy dwie jego części. Cała konstrukcja jest niestabilna, dopóki nie położony zostanie ten ostatni blok.

