

Tragwerksentwurf I

Structural Design I

Philippe Block · Joseph Schwartz



Christian Menn: Sunnibergbrücke, Klosters, 1998



Gustave Eiffel, Maurice Koechlin, Léon Boyer: Garabit Viadukt, Ruynes, 1884



Gustave Eiffel: Busseau Viadukt, France, 1864



Gustave Eiffel: Eiffelturm, Paris, 1889

4^{ème} Série, 10^{ème} Volume.

Epure de résistance au vent

1^{er} Cas : Vent de 300^m de la base au sommet.
2^e Cas : Vent croissant de 200^m à la base jusqu'à 400^m au sommet.

Surfaces et efforts correspondants

N ^o des étages	Hauteurs des étages	Surfaces des étages	Force de vent par mètre carré	Effort total	Effort par mètre carré
Sommet	-	-	300 ^m	900 ^m	-
1	76 ^m	950 ^m	300 ^m	285 000 ^m	375
2	64,5	1040	300	312 230	328
3	18,5	583	300	176 900	300
4	11,5	391	300	117 300	290
5	39	1236	300	370 800	279
6	7	360	300	108 000	258
7	62	8008	300	240 240	242
8	41,5	3361	300	1008 300	215
	300 ^m			3284 400 ^m	2274 417

Détermination des efforts dans les arbalétriers

Le prolongement du montant coupé par la section AB rencontre l'axe au point O où agit la résultante des forces 1, 2, 3, 4, 5. On peut donc en ce point O décomposer cette force de 1 287 200^m suivant la direction des montants.

Ce qui donne pour chacun d'eux un effort de $\frac{3 080 000^m}{2}$
De même :
L'effort à la partie inférieure d'un montant est $\frac{2 460 000^m}{2}$
L'effort à la partie supérieure d'un montant est $\frac{2 800 000^m}{2}$

Calcul de la section d'un montant à sa base

Poids total de la construction au niveau des appuis : 6 500 000^m
Moment de renversement à la base : 303 150 120
Charge à la base d'un montant due au poids propre : $\frac{6 500 000^{m}}{2} = 3 250 000^{m}}}$
Charge à la base d'un montant due à l'effet du vent : $\frac{3 120 780^{m}}{2} = 1 560 390^{m}}}$
Charge totale : 3 140 780^m
Section d'une membrure à sa base : $\frac{30148}{2} = 15074^m
Section d'un montant : $\frac{30148 \times 4}{2} = 60296^m
Coefficient de travail à la base : $\frac{3 140 780}{60296} = 51,8$ par m²$$

Polygone des forces du 1^{er} cas de surcharge due au vent

Polygone des forces du 2^e cas de surcharge due au vent

Echelle des forces : 0^m pour 60 000^m

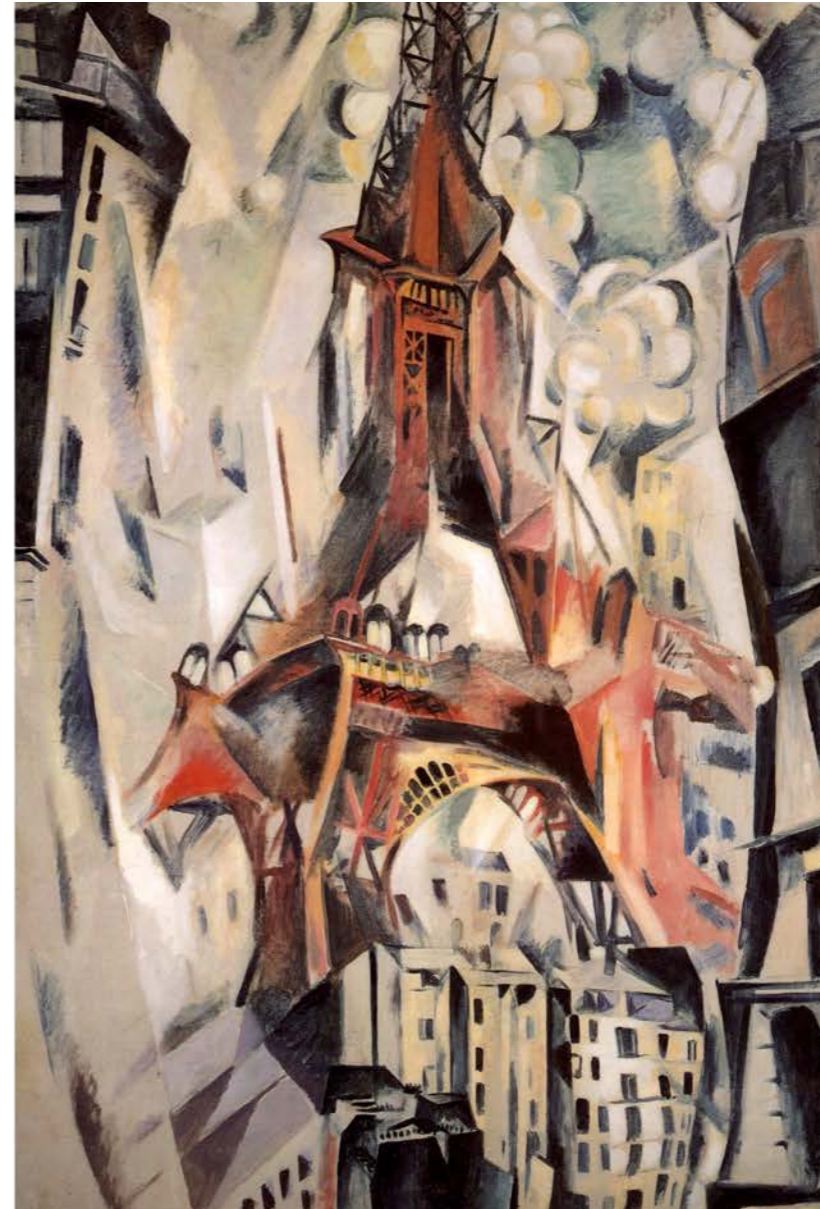
Moment de renversement { dans le premier cas de surcharge : $M_1 = 303 150 120$
dans le second cas de surcharge : $M_2 = 307 562 670$

Société des Ingénieurs Civils

Gustave Eiffel, Maurice Koechlin: Eiffelturm, Paris, 1889



Gustave Eiffel: Eiffelturm, Paris, 1889



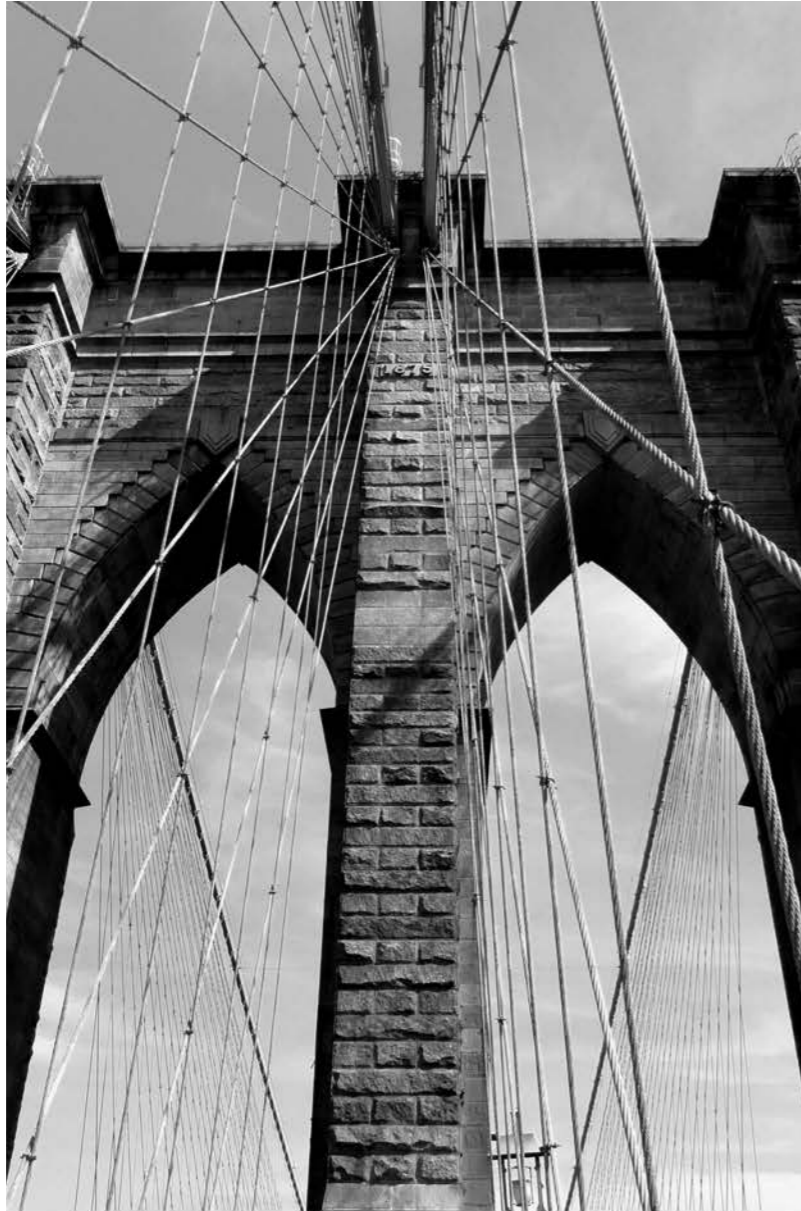
Robert Delaunay: Der Eiffelturm



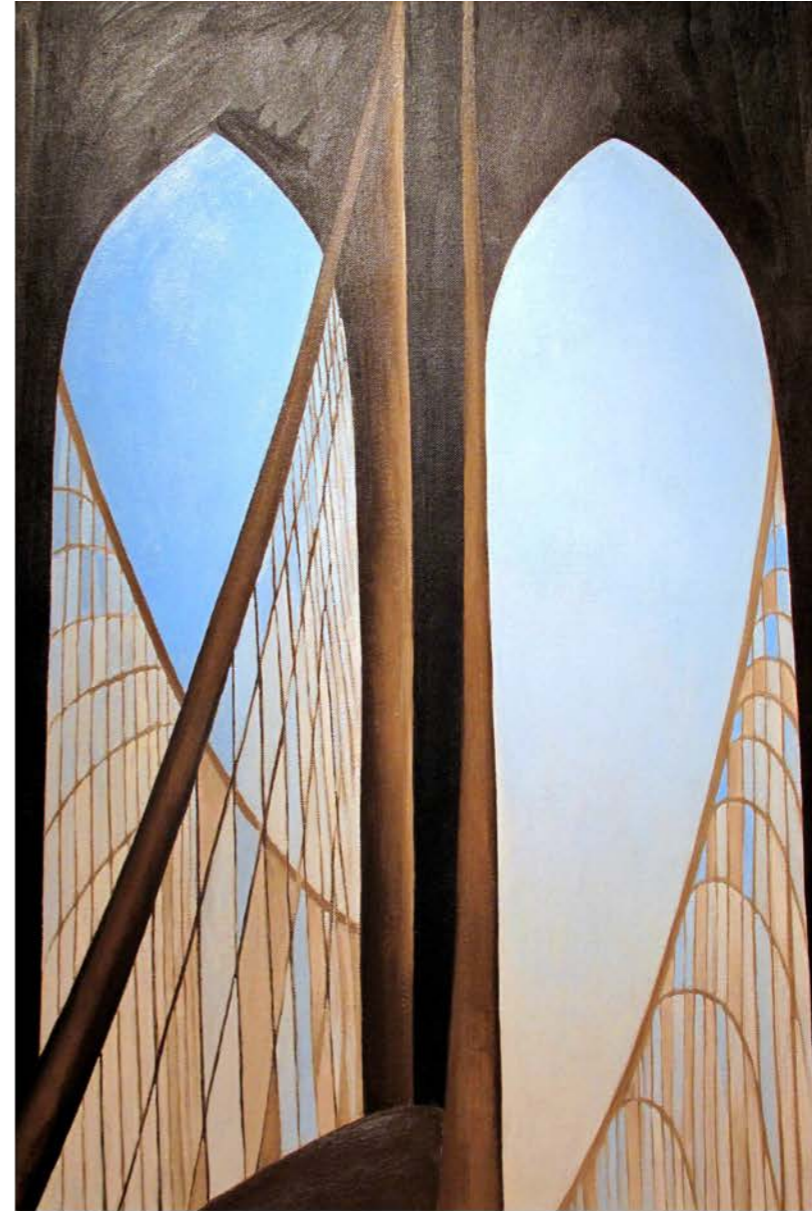
John August Roebling: Brooklyn Bridge, New York, 1883



John August Roebling: Brooklyn Bridge, New York, 1883



John August Roebling: Brooklyn Bridge, New York, 1883



Georgia O'Keefe, 1949



John August Roebling: Brooklyn Bridge, New York, 1883



Joseph Stella, 1936



John August Roebling: Brooklyn Bridge, New York, 1883



Othmar Ammann: George Washington Bridge, New York, 1931



Othmar Ammann: George Washington Bridge, New York, 1931



Othmar Ammann: George Washington Bridge, New York, 1931



Shreve, Lamb and Harmon, Homer G. Balcom: Empire State Building, New York, 1931



Cass Gilbert, Othmar Ammann: Bayonne Bridge, New York/New Jersey, 1931



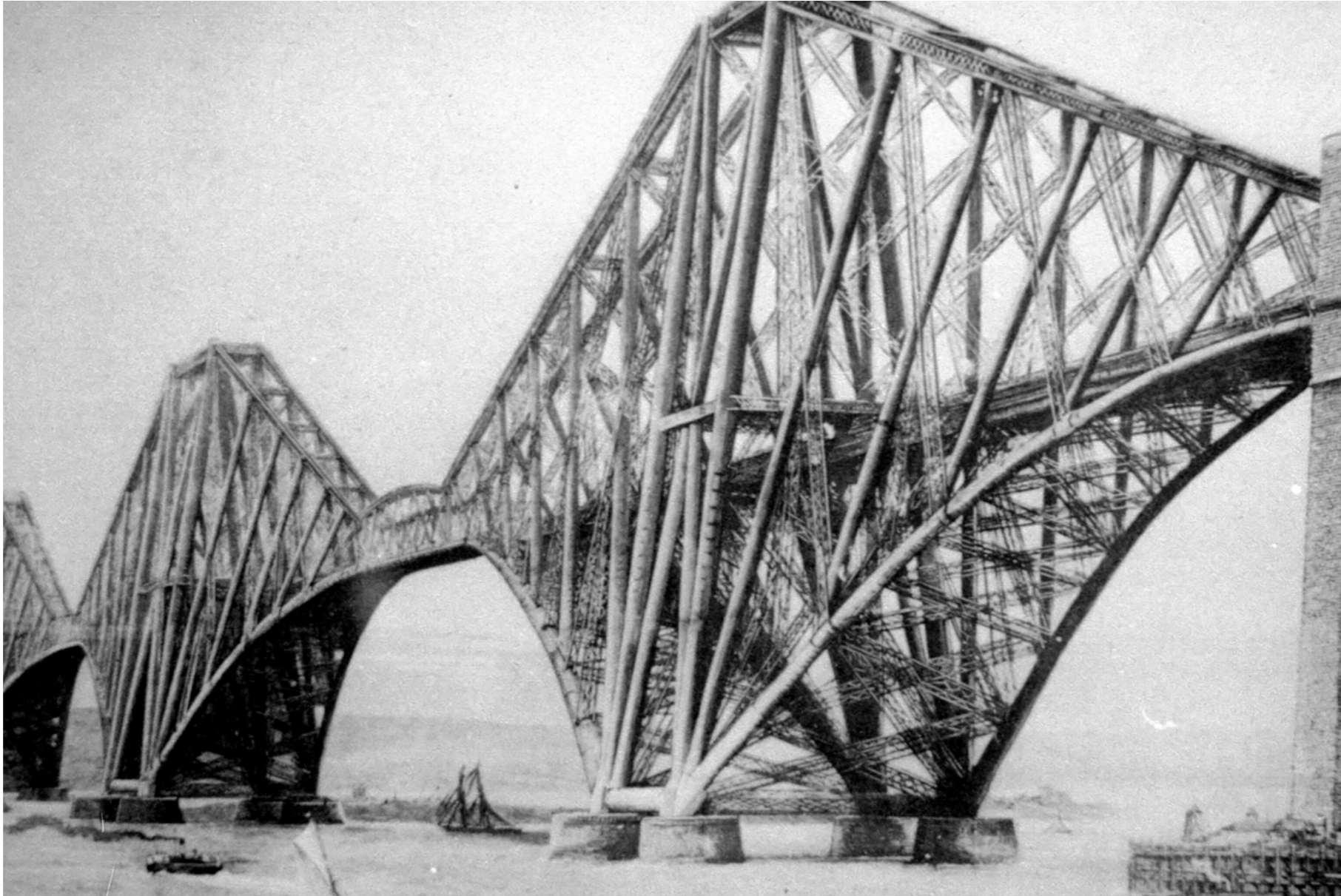
Cass Gilbert, Othmar Ammann: Bayonne Bridge, New York/New Jersey, 1931



Stamp of Othmar Ammann, 1979



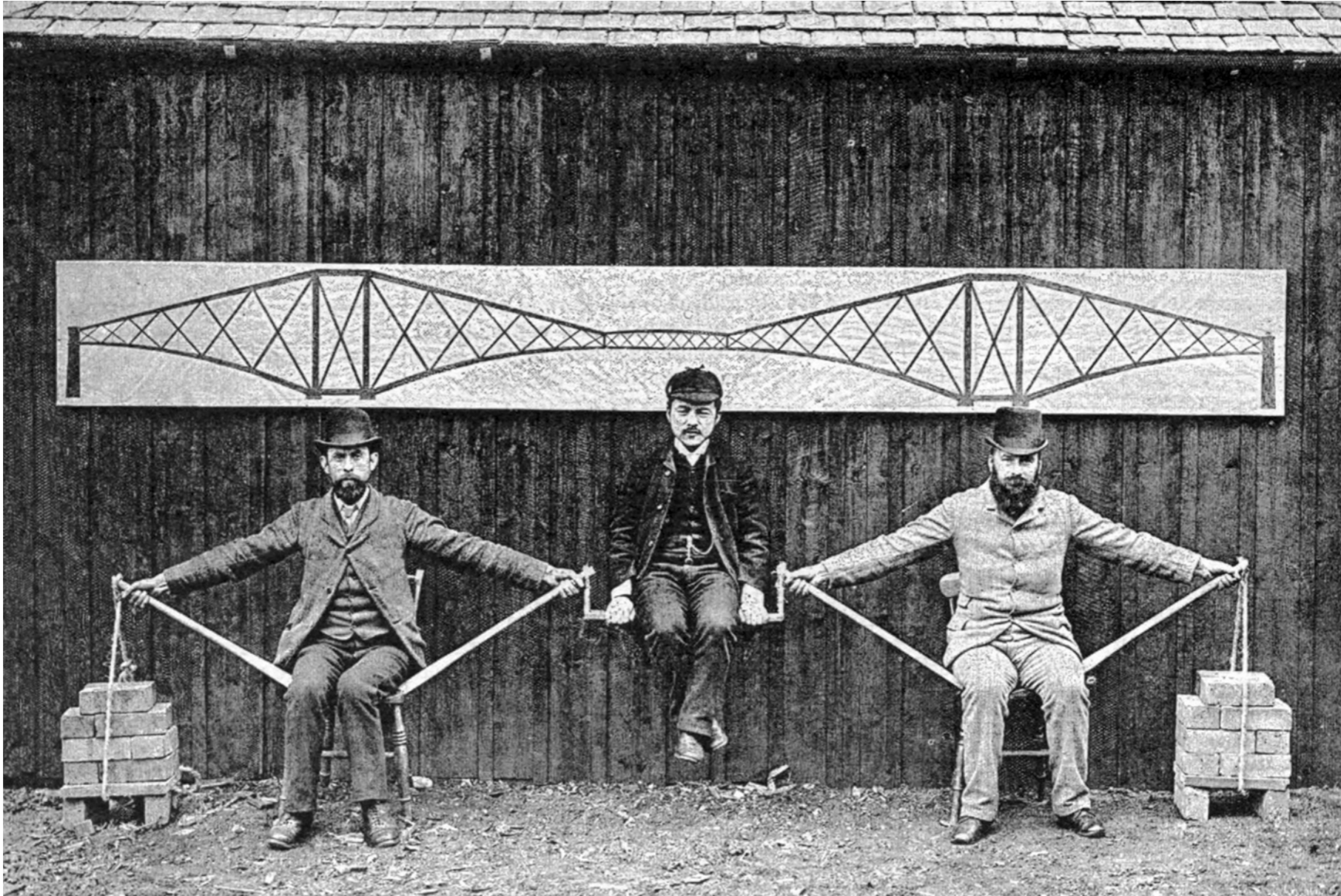
Sir Thomas Bouch: Tay Bridge, Dundee, Scotland, 1879



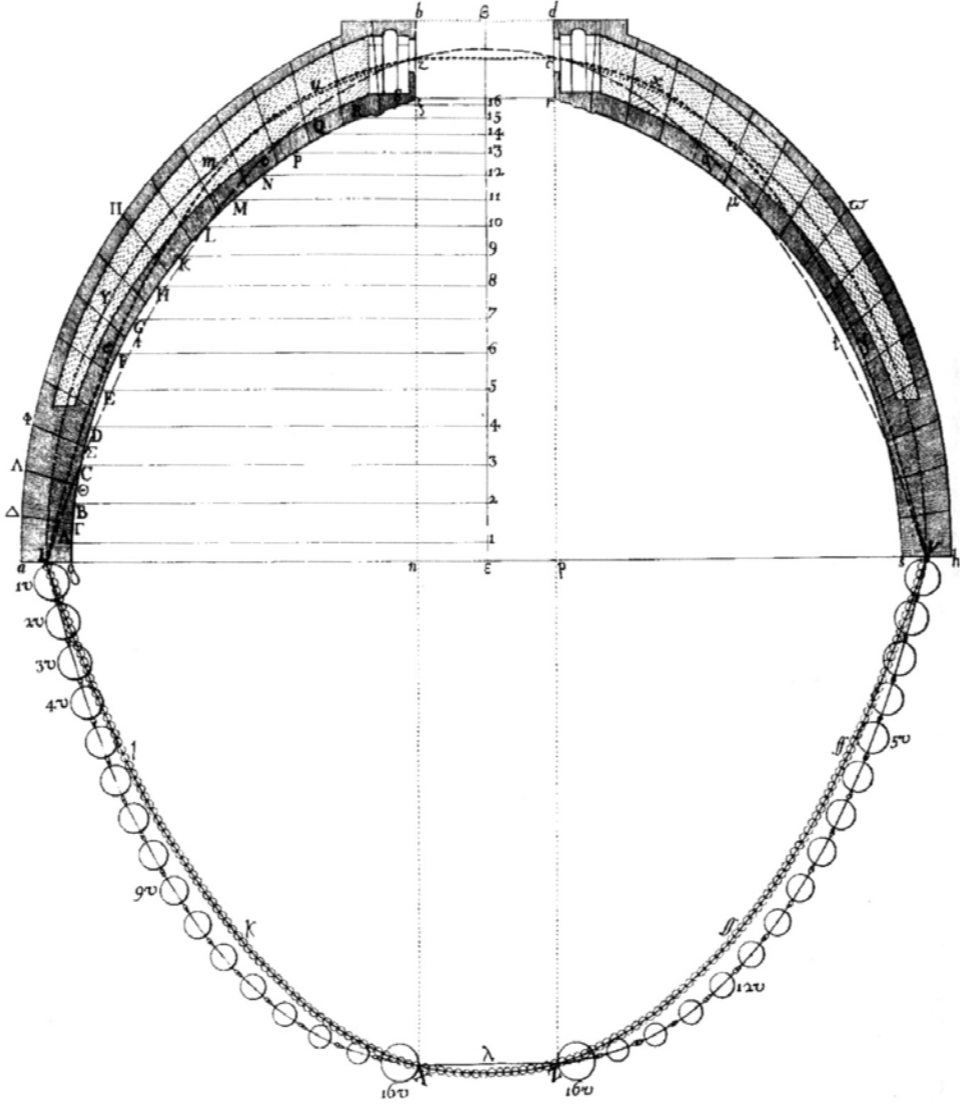
Sir John Fowler, Sir Benjamin Baker: Forth Bridge, near Edinburgh, 1890



Sir John Fowler, Sir Benjamin Baker: Forth Bridge, near Edinburgh, 1890



Sir John Fowler, Sir Benjamin Baker: Forth Bridge, near Edinburgh, 1890



Giovanni Poleni: Analyse St. Petersdom, Rom, 1748



Heinz Isler



Heinz Isler



Heinz Isler



Heinz Isler: Tankstelle, Deitingen Süd, 1968



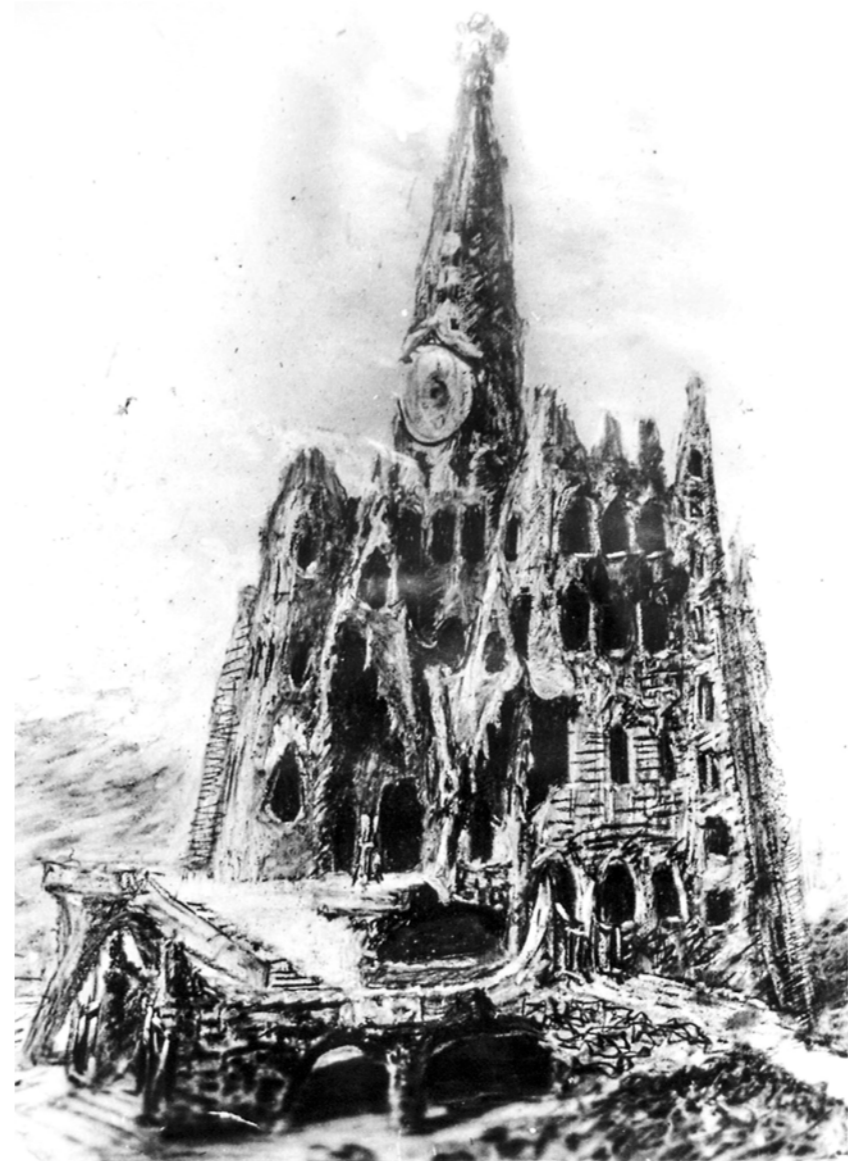
Heinz Isler: Tankstelle, Deitingen Süd, 1968



Antoni Gaudí: Modell Colonia Güell, Barcelona, 1908



Antoni Gaudí: Modell Colonia Güell, Barcelona, 1908



Antoni Gaudí: Zeichnung Colonia Güell, Barcelona, 1910



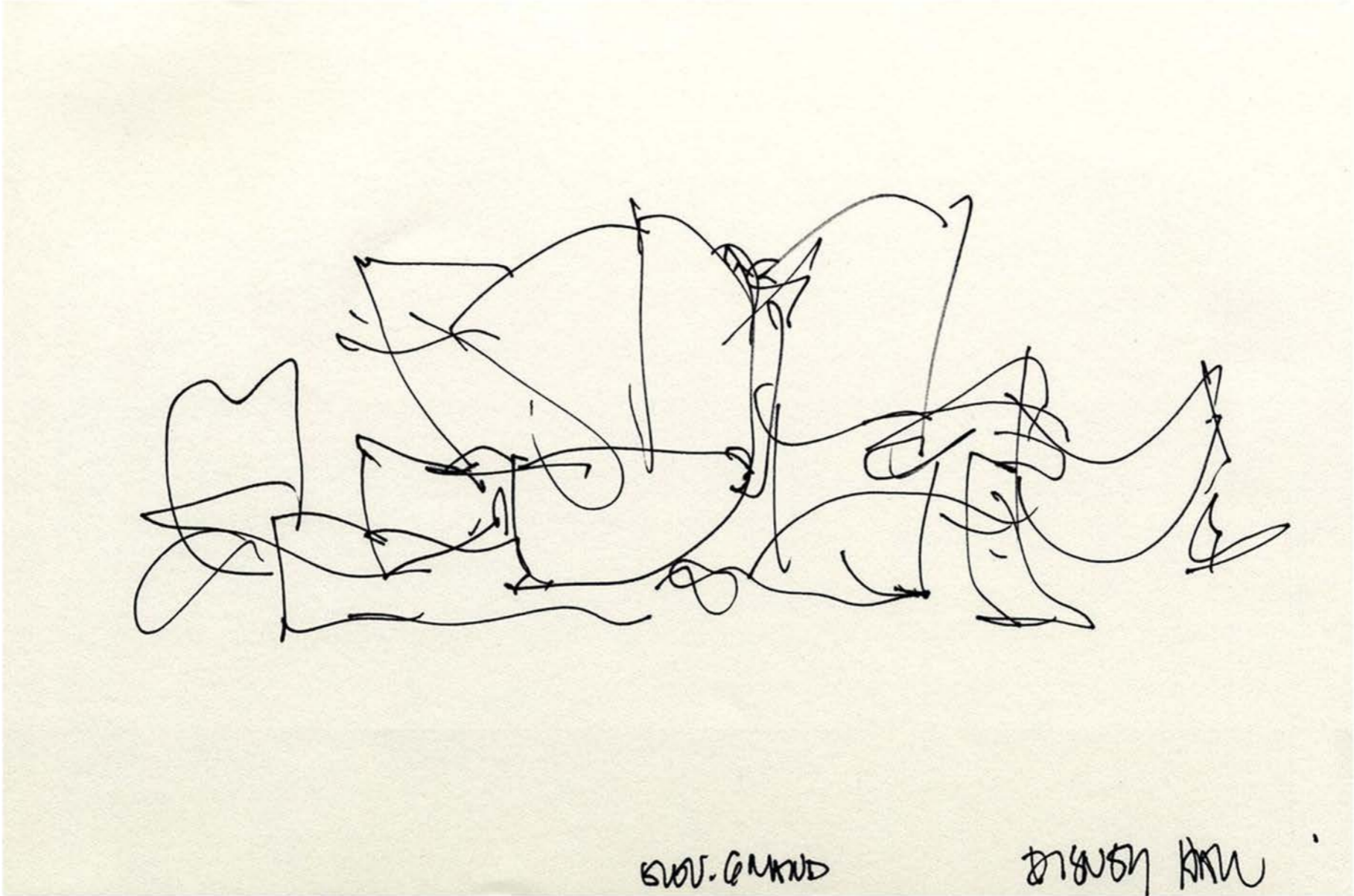
Antoni Gaudí: Krypta Colonia Güell, Barcelona, 1910



Frank Gehry, John A. Martin: Ray and Maria Stata Center, MIT, Cambridge, Massachusetts, 2004



Frank Gehry, John A. Martin: Ray and Maria Stata Center, MIT, Cambridge, Massachusetts, 2004



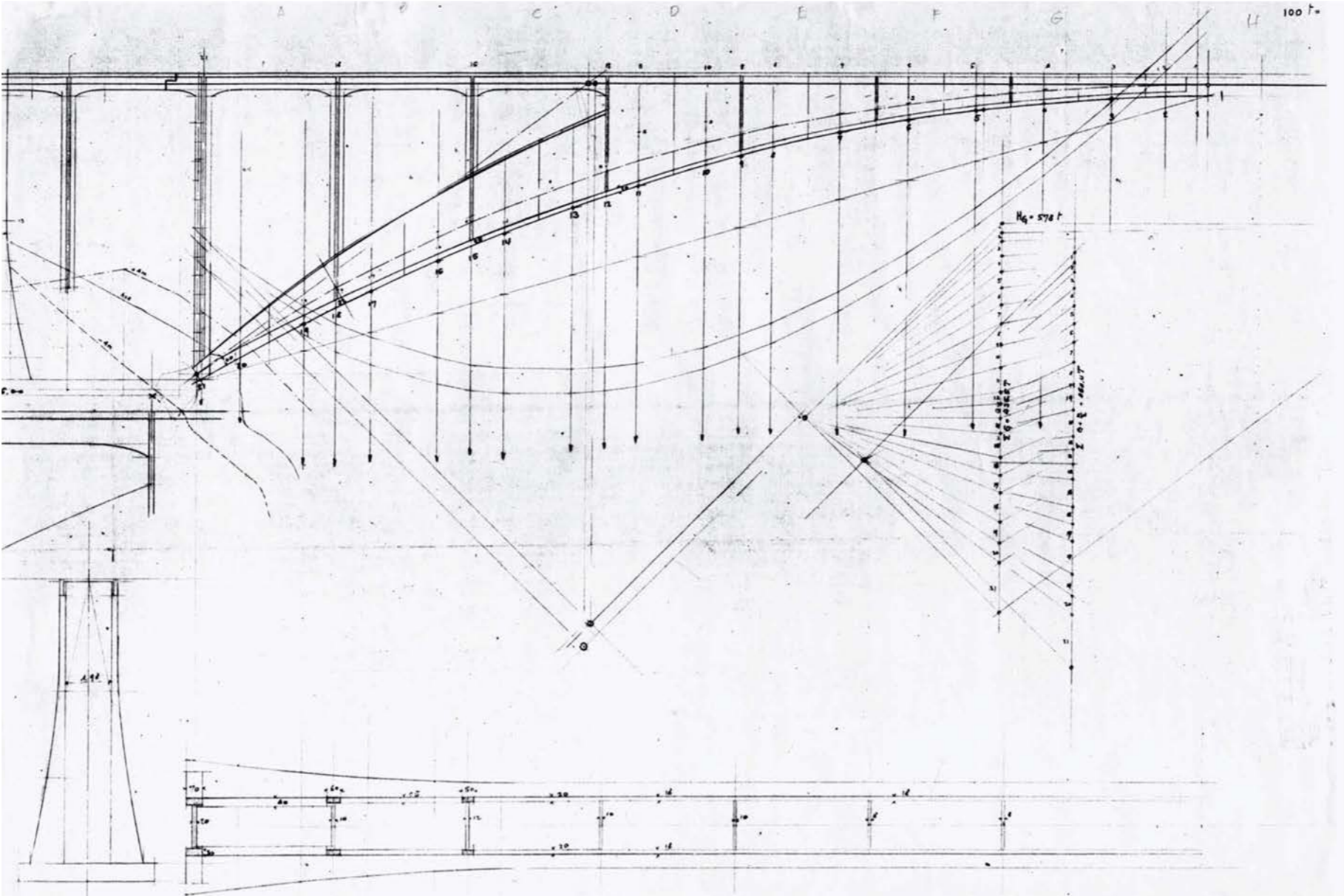
Frank Gehry, Dowco Consultants Ltd.: Walt Disney Concert Hall, Los Angeles, 2003



Frank Gehry, Dowco Consultants Ltd.: Walt Disney Concert Hall, Los Angeles, 2003



Frank Gehry, Dowco Consultants Ltd.: Walt Disney Concert Hall, Los Angeles, 2003



Robert Maillart: Salginatobelbrücke, Schiers, 1930



Robert Maillart: Salginatobelbrücke, Schiers, 1930



Laurent Ney: Fussgängerbrücke Knokke, Knokke-Heist, Belgien. 2007



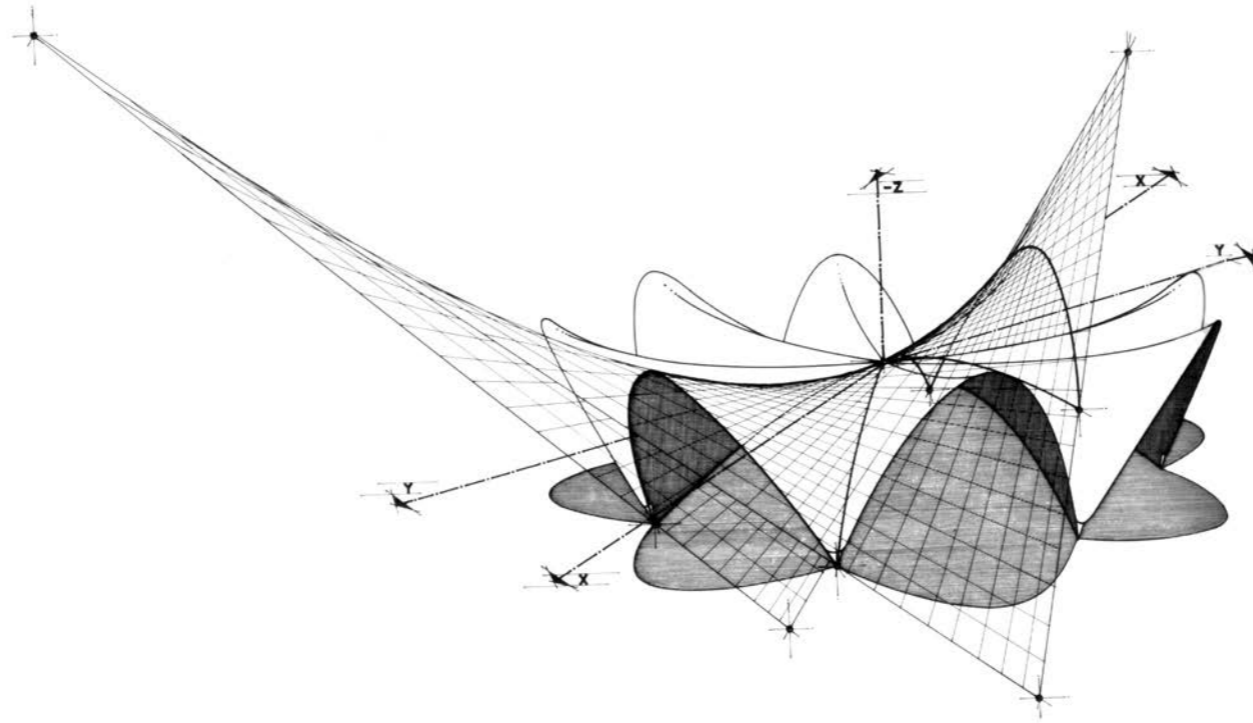
Eladio Dieste: Caryl Horizontal Silo, Young, Uruguay, 1978



Felix Candela: Los Manantiales Restaurant, Xochimilco, Mexiko, 1958



Felix Candela: Los Manantiales Restaurant, Xochimilco, Mexico, 1958



Felix Candela: Los Manantiales Restaurant, Xochimilco, Mexiko, 1958

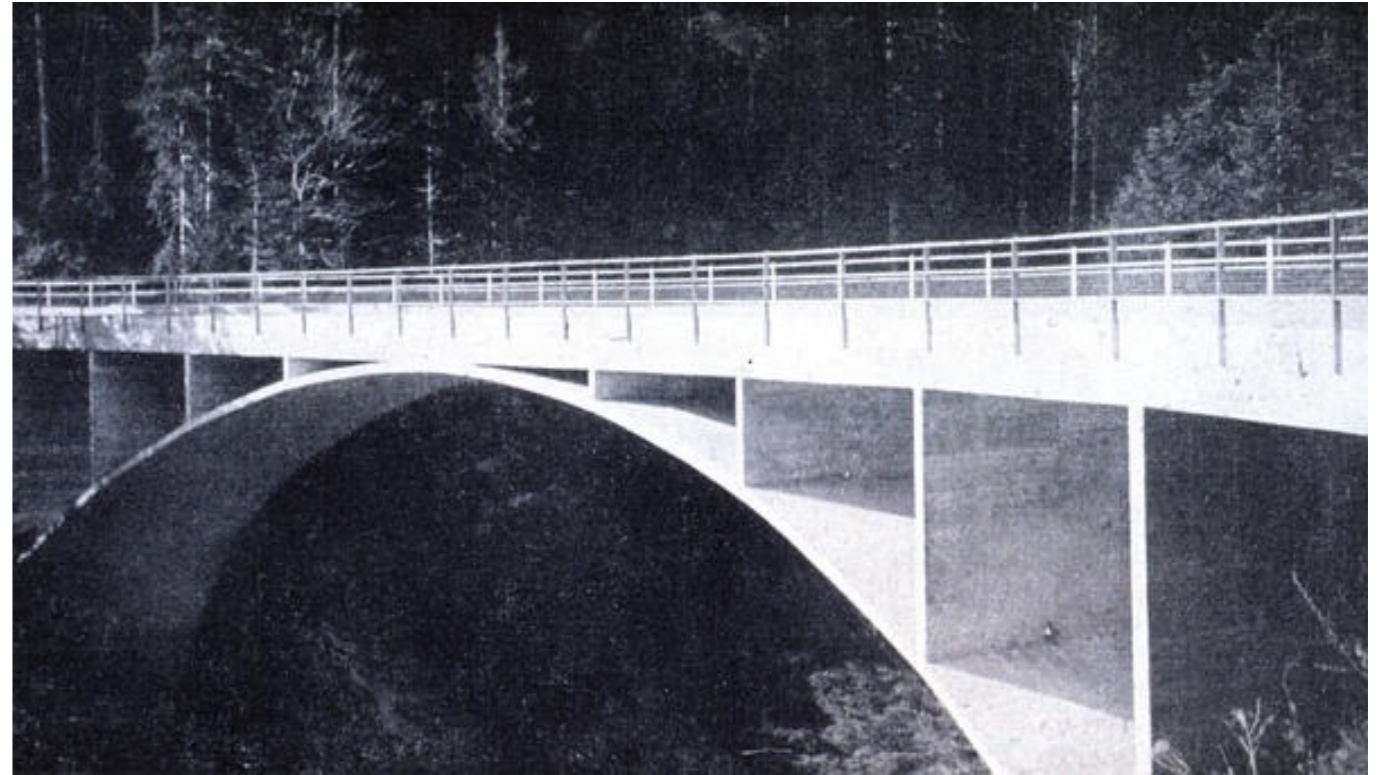


Shigeru Ban: Picture Window House, Shizuoka, 2002



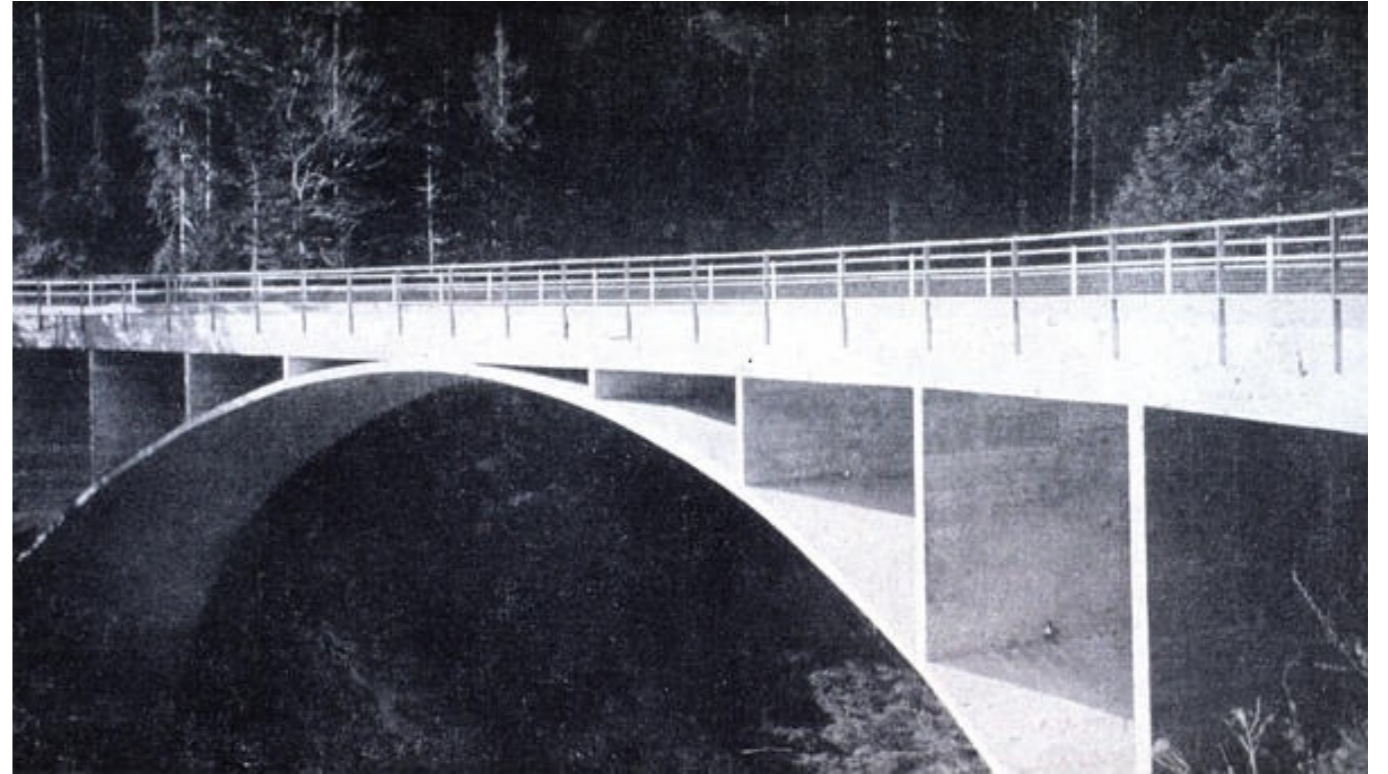
Shigeru Ban: Picture Window House, Shizuoka, 2002

- *Efficiency*
- *Economy*
- *Elegance*



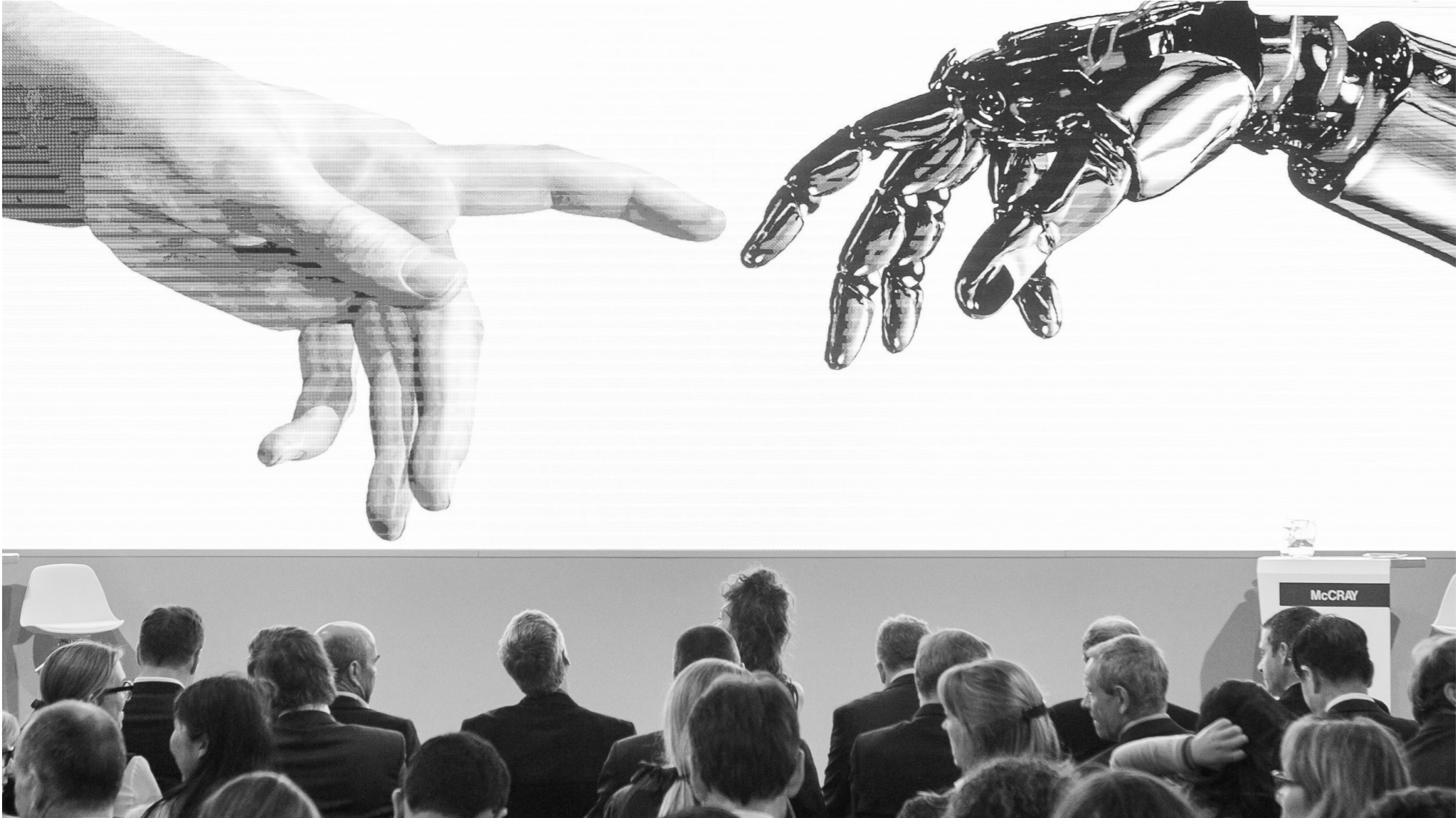
D.P. Billington: *The Tower and the Bridge: The New Art of Structural Engineering*

- *Efficiency*
- *Economy*
- *Elegance*
- *But we must consider the **environmental impact** as well !*

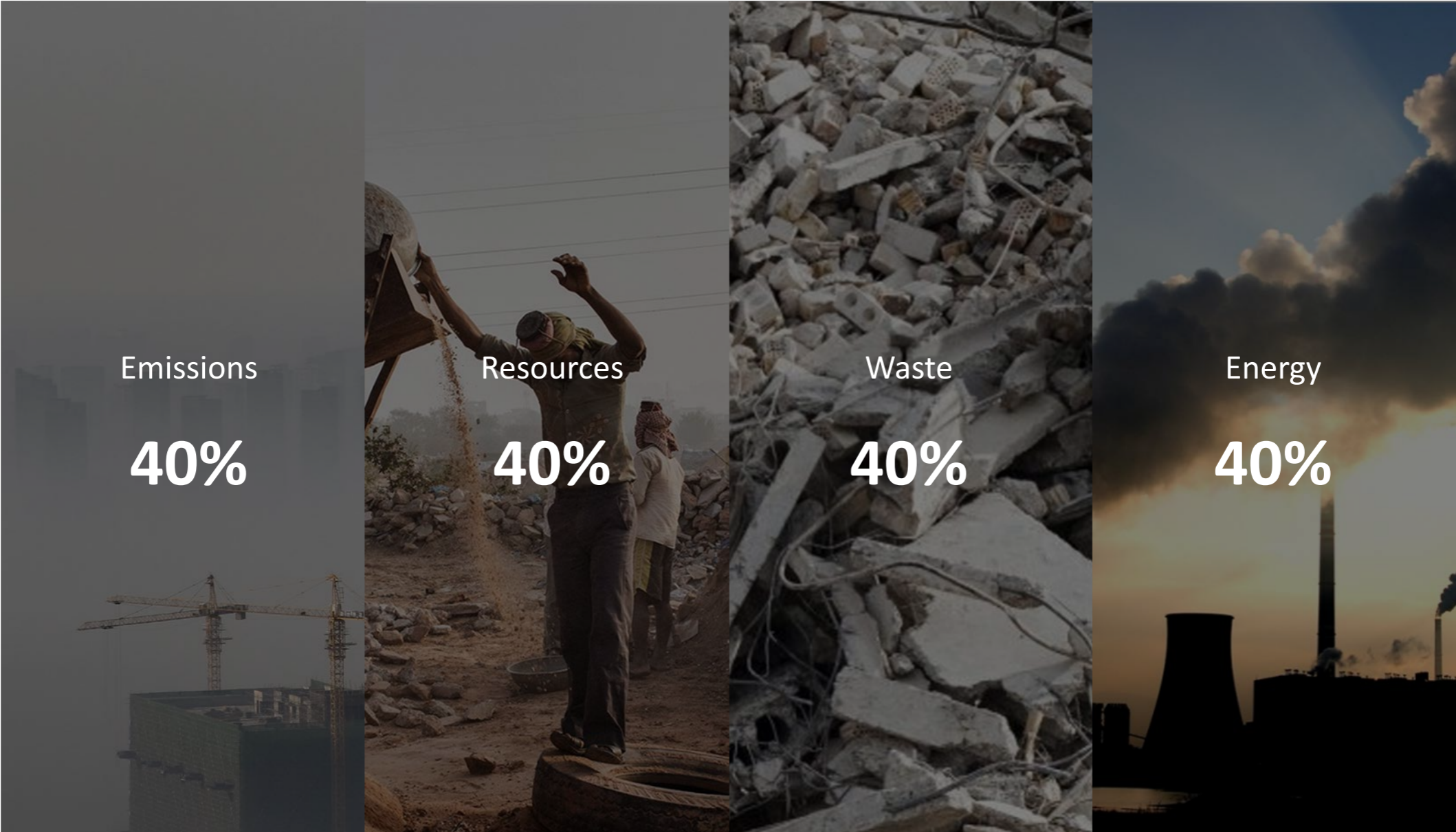


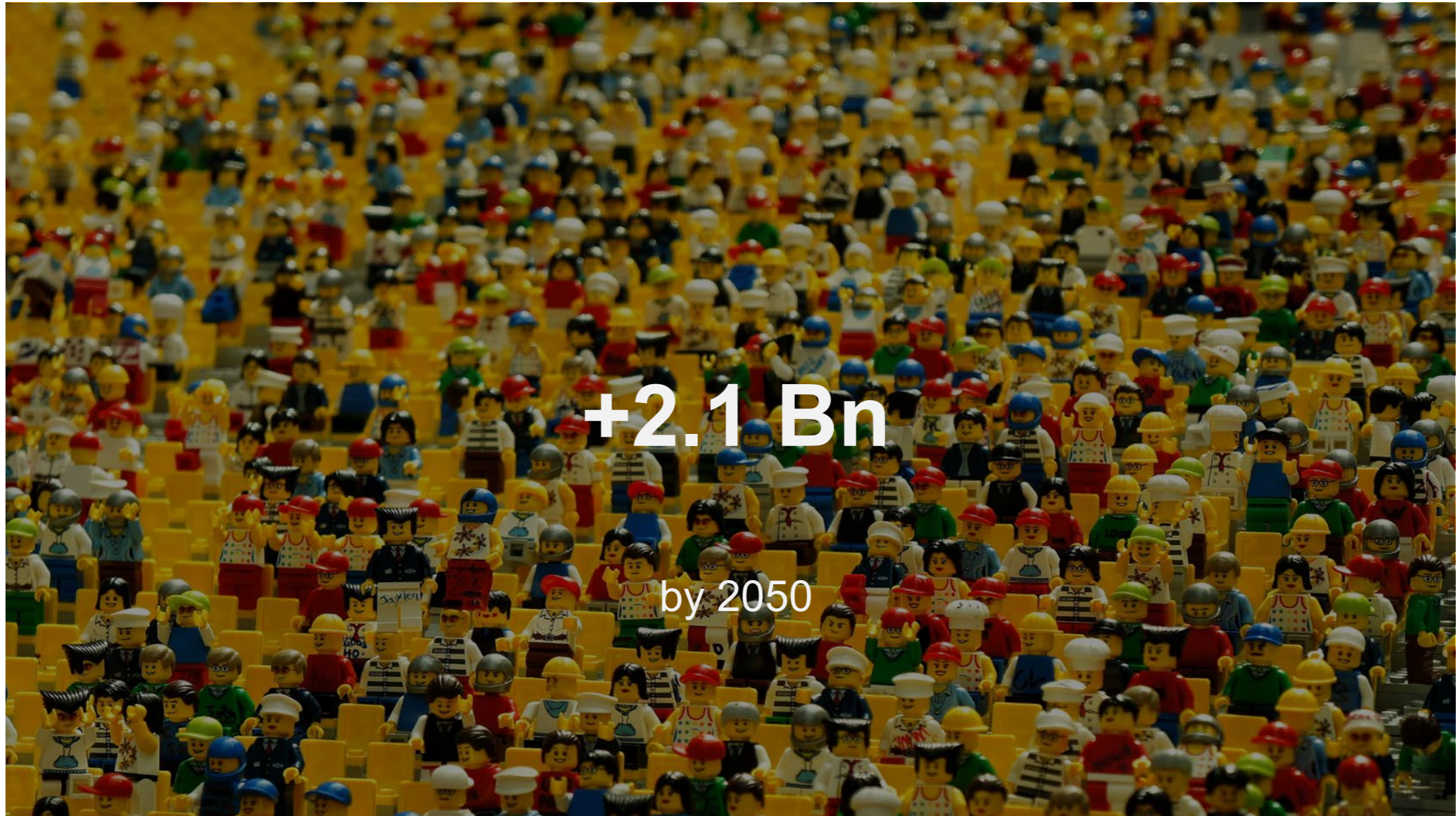
D.P. Billington: *The Tower and the Bridge: The New Art of Structural Engineering*



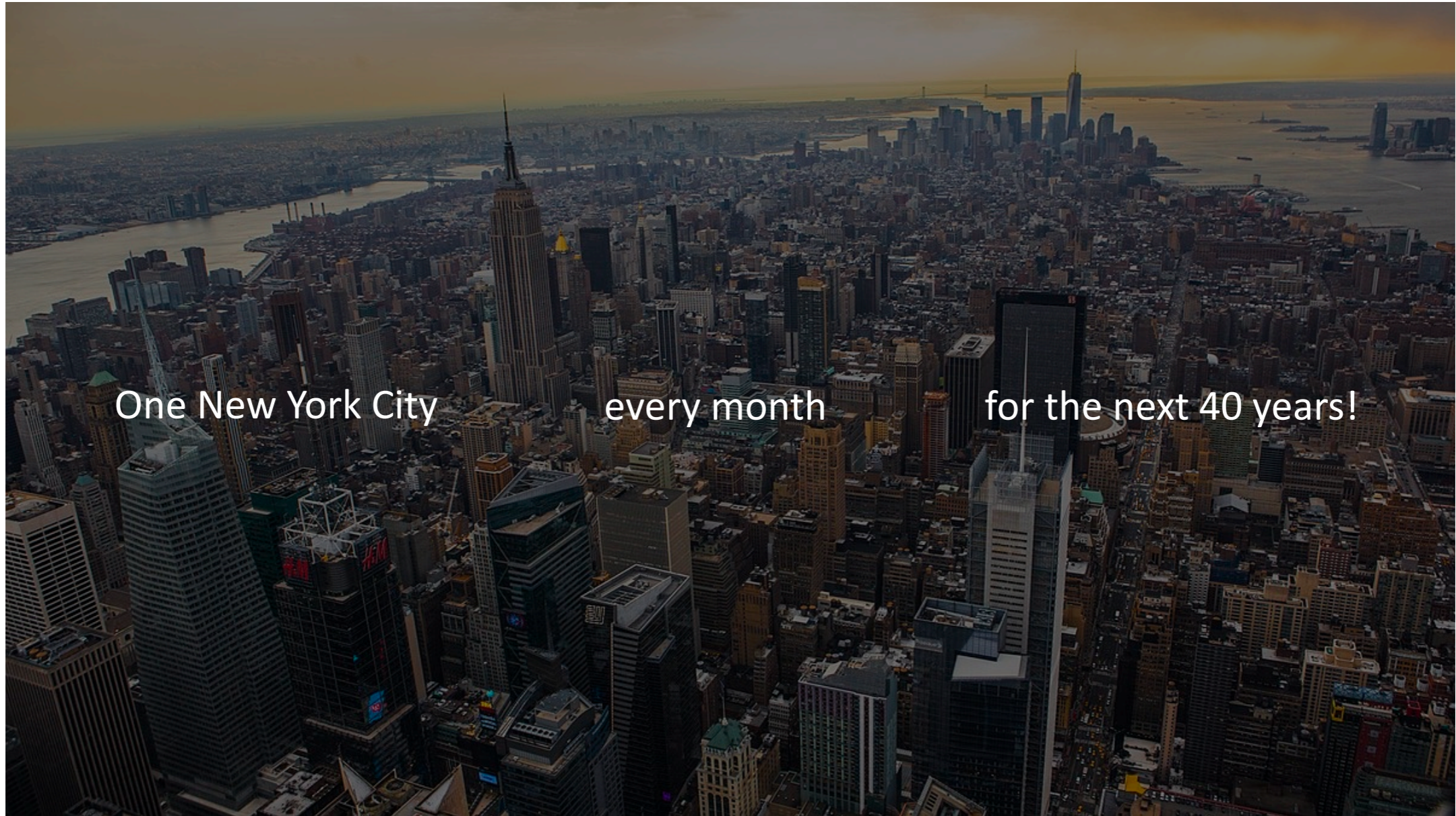




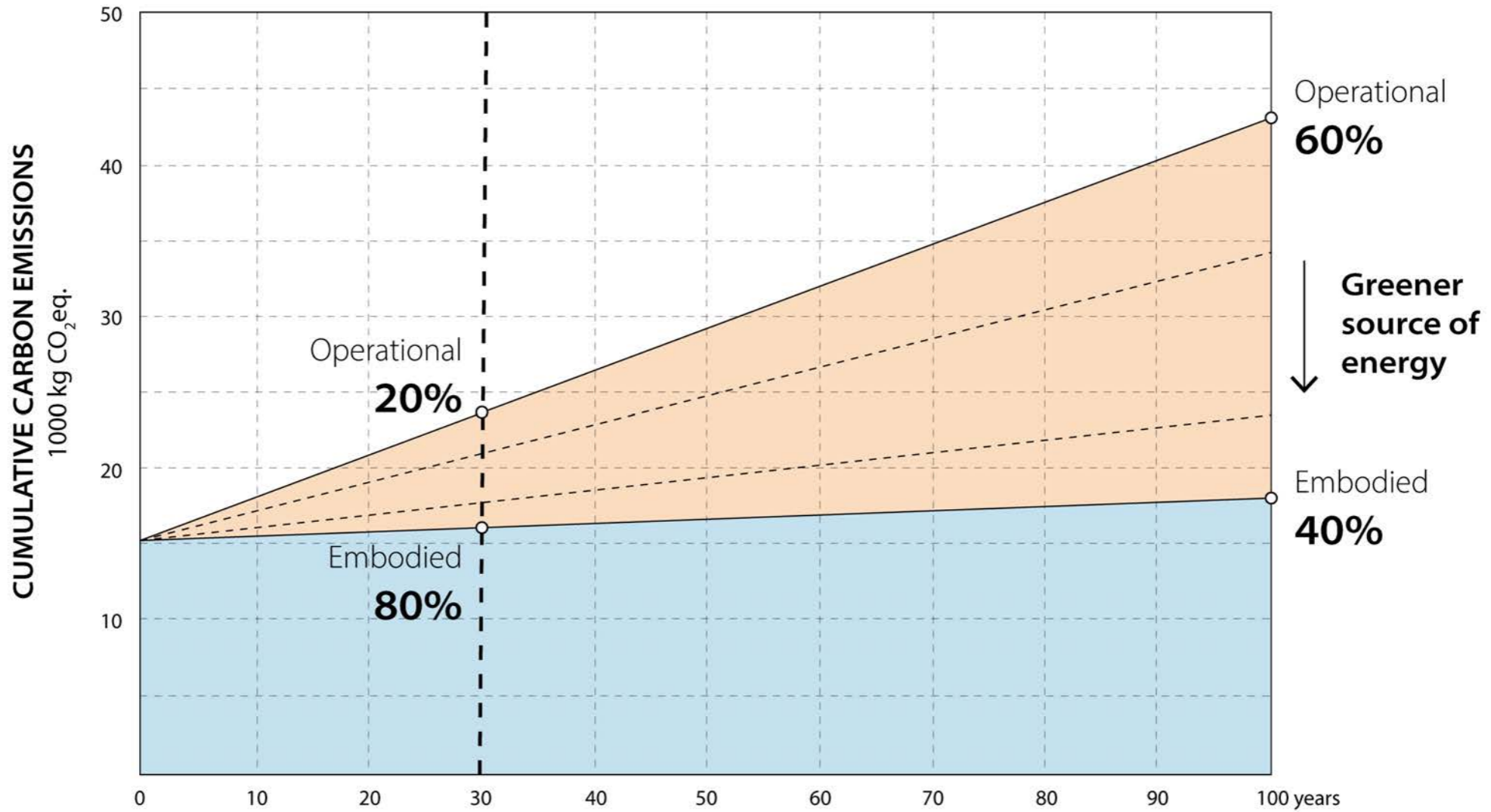




Quelle: World Population Prospects (2019)



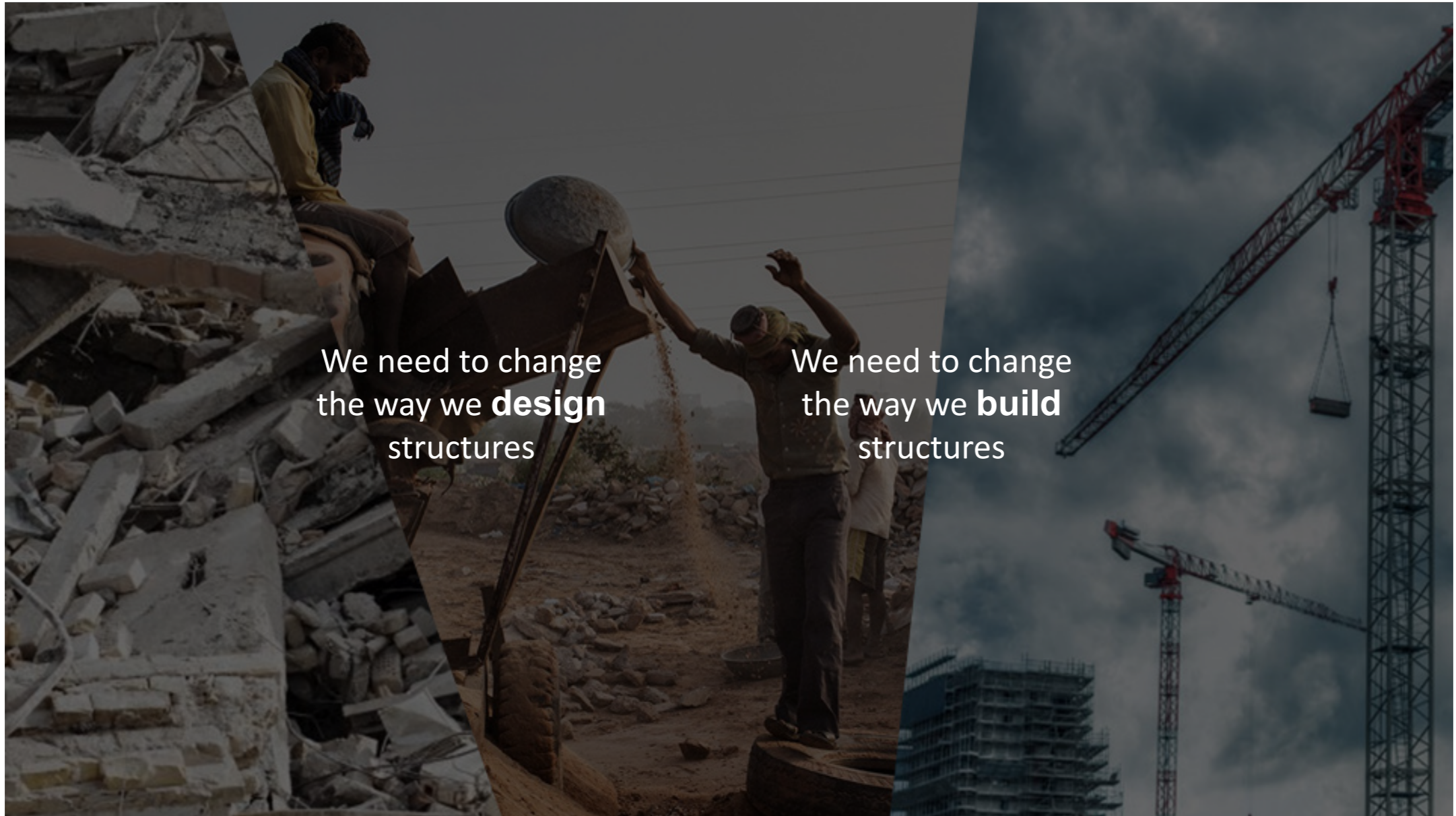
Quelle: Bill & Melinda Gates (2019)



$$GWP = \sum_{i=1}^N \left[\frac{SMQ_i \times ECC_i}{t_i} \right]$$

where:

- i a particular component or material in the building structure $i = 1, 2, 3, \text{ etc., } N$
- GWP Global Warming Potential ($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2$)
- SMQ_i Structural Material Quantities ($\text{kg}_\text{m}/\text{m}^2$)
- ECC_i Embodied Carbon Coefficients ($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kg}$)



We need to change
the way we **design**
structures

We need to change
the way we **build**
structures



Photo: J. Kurt Schmidt





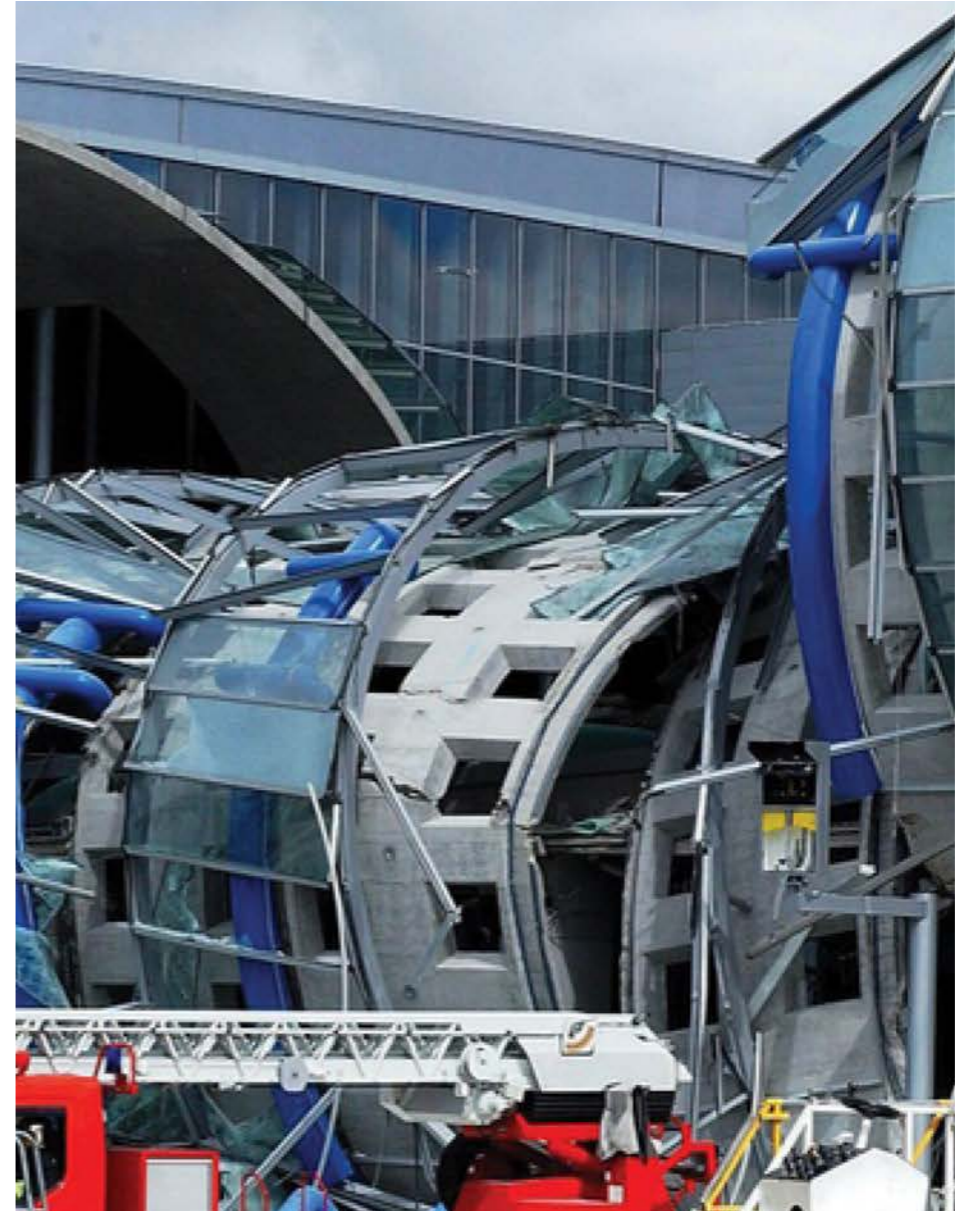
Paul Andreu: Charles de Gaulle Flughafen Terminal 2E, Paris, 2003



Paul Andreu: Charles de Gaulle Flughafen Terminal 2E, Paris, 2003



King's College Chapel, Cambridge, 1446 - 1547



Charles de Gaulle Flughafen Terminal 2E, Paris, 2003