

UDC 624.046.5:624.072.2/.3

梁と骨組構造の極限設計について

Limit Design of Beams and Frames

By H.J. Greenberg and W. Prager,

M. ASCE American Society

of Civil Engineers Feb. 1951

概要 本論文は、与えられた荷重の作用している不静定の梁、又は骨組構造の極限設計に際して必要になる破壊時に対する安全率なるものの一つの決定法につき論じている。構造物の個々の断面が構造物の破壊時において、その断面の許容し得る極限モーメントを越すモーメントを受けて Yield Hinge の如き作用を呈する事ができると仮定し、安全率は、構造物を不安定にならしめるのに十分な数の Yield Hinge を構造物内に生ぜしめるに必要な荷重の、実際に作用する荷重に対する比をもつて定義する事にして考察を進めている。そして構造物の破壊時に対する安全率の真の値を求める代りに、必要な数の Yield Hinge を適当に仮定して安全率の値の下界値と上界値とを決定する方法を示し、実際の安全率はこの上下界値の領域内にあるとして、その領域の大きい場合は、又 Yield Hinge の数を仮定し直してその領域を縮小してゆき、工学上の目的に沿う程度になるまで繰返す事している。

§. 1 緒言 一般に一部材上の曲げモーメントは部材上の断面の不連続点においてのみ断面の極限モーメント M_0 (断面を破壊させるのに必要な最小のモーメント) に等しくなり得るのであるから、これら不連続断面において Yield Hinge が形成されるものである。そして Yield Hinge の十分な数によつて構造物の全部又はその一部は一つの破壊機構に導かれる。この状態を調べるためにすべての Yield Hinge を完全ヒンジでおき換え、ヒンジを連結する各部材を剛材 (剛体よりなる材) をもつて連結してみると、この構造のものがその各部の剛性にも拘わらずどんなに少しでもよいから変形が可能であるとすると、仮定した Yield Hinge により構造物は実際上一つの破壊機構に導かれることが分る。この説明は本文にては図をもつて説明されている。

安全率は、構造物を破壊に導くに十分な数の Yield Hinge を構造物内に生ぜしめるに必要な荷重の、実

際に作用する荷重に対する比をもつて定義されている。構造物破壊の途中の弾性-塑性的状態に対する詳細な研究を必要とすることなしに破壊に対する安全率が求められさえすれば、構造物の設計 (極限設計) に対する安全率は決定されるとするのが本論文の主張である。

実際、大抵の場合には安定率の正確値を知ることはできないので、本論文においては安全率に対する下界値と上界値とを決定する方法を説明している。

§. 2 安全率に対する下界値 m 安全率に対する下界値を定義するために、次のことを定義している。

i) Statically Compatible (静定的に適合) 与えられた荷重の作用している一つの不静定の梁、又は骨組構造において、与えられた荷重と不静定値とから計算される任意点のモーメント分布は与えられた荷重と静定的に適合であると呼ばれる。

ii) Admissible Moment (是認されるモーメント) いかなる断面においても曲げモーメントが、その断面の極限モーメントを超過しないような任意の曲げモーメントの分布は是認されるモーメント分布と呼ばれる。

iii) Statically Admissible Number (静定的に是認される乗数) 与えられた荷重の各々に同一の乗数を乗ずることによつて得られる荷重系に対して、静的に適合なモーメントの是認される分布が存在する場合、この乗数が静定的に是認される乗数と呼ばれる。

これらの述語によつて安全率の下界値は次の如く定義される。定理—1 “破壊時に対する安全率は静定的に是認される乗数の最大値である” この定理の一般的な説明は附録に述べられている。そして両端固定桁に2つの集中荷重が作用する構造を例にとつて安全率の下界値 m を求める具体的説明をし、 m を最大ならしめる不静定値によるモーメント曲線の位置の決め方についても説明している。

§. 3 安全率に対する上界値 定理—2. “破壊荷重がその作用点の位置に対してなす仕事は、Yield Hinge における極限モーメントがヒンジによつて結合された部分の相対廻転に対してなす仕事に等しい” もし Yield Hinge の位置が分れば仮想仕事の原理を適用することによつて、破壊荷重に対する与えられた荷重の比、即ち安全率 S を決定することができる。これに関する説明は、やはり前記の両端固定桁を例にとつて行われている。しかし実際には本当の Yield Hinge の位置を見出す事が仲々困難なので、構造物を一つの破壊機構に導くところの任意配置の Yield Hinge を想定し、それに仮想仕事の原理を適用して前

記方法によつて安全率を決定する。こうして求めた安全率は本当の安全率ではなくて安全率の一つの上界値 n である。

このように構造物を一つの破壊機構に導く仮想された Yield Hinge の配置を生ぜしめるのに必要な荷重に対する、実際の荷重の比によつて定義された安全率 n は、Kinematically (動的) に Sufficient (充分) な乗数であると呼ばれる。定理—3. “破壊に対する安全率は動的に充分な乗数の最小値である” この定理の証明も附録に行われている。

よつて実際の安全率 S は $m \leq S \leq n$ なる領域の値をとる。この領域をできるだけ小さくして工学上の目的に沿うようになる迄 Yield Hinge の位置を仮定し直して、操作を繰返す。

§. 4 例題 こゝでは1径間2層のラーメンを例にとつて安全率の上下界値を決定することを具体的に説明している。

§. 5 全体破壊に対する局部破壊 前節迄は構造物の全体破壊に対する安全率について説明して来たのであるが、本節においては典型的な局部破壊を示す連続梁を例にとつて局部破壊に対する概念を与え、1径間5層ラーメンにつき局部破壊に対する安全率を求める具体的な説明をしている。

尚、附録において定理の一般的証明、並びにより進んだ理論に対する説明をしている。(手塚 薫)

UDC 666.954.3

高炉セメントはアルカリ——骨材

反応で起る膨脹を減少する

Alkali-Aggregate Expansion
Corrected with Portland
Slag by Federico Barona
De la O, A.C.I. March, 1951

石灰の含有量の多い(40%以上の)スラッグは、珪酸カルシウムおよびアルミネイトの過冷ガラス状のものをうるために、急冷してつくられたもので、石膏と水酸化石灰、またはポルトランドセメントのクリンカと共に粉にしたものは、十分な強度をもち、耐久的で、化学作用に抵抗性のある水硬性セメントとなる。

約15%の水酸化石灰と石膏(約2%のSO₃)とスラッグでつくつた水硬性セメントは、一般目的のためには硬化がおそ過ぎるので、普通35%~65%のポルトランドセメントのクリンカと、65%~35%のスラッグ、2~3%のSO₃となる量の石膏とを粉にすることが提唱され、多くの国で利用されている。

メキシコのモンテレー (Monterrey) でつくられ

るスラッグは、ASTM (American Society for Testing Materials) C 205—48 T の規定に従うもので、そのアルカリ含有量は、1949年の製品で、全アルカリ量(Na₂O+0.658K₂O)が0.15~0.12%のものである。このスラッグ60%とクリンカ40%に石膏を加えたものを高炉セメント「60」、50%づつのものを「50」といつている。この2種の高炉セメントについての実験結果は、表—1のようであり、普通ポルトランドセメントと比較してある。スラッグを50~60%もクリンカと置きかえても、強度の減少がないことがわかる。この強度はASTM.C 205の規定の強度を50%も上回るものである。

表—1 セメントの物理試験

試 験 項 目	ポルトランドセメント			I型のポルトランドセメントに対するASTM C 205—48Tの規定
	60	50	50	
標準軟度	24.0	26.0	25.3	—
凝結時間	3分	3分	5分	45分以上
0.044のフルイに止まる量 %	8.9	4.7	4.2	最大 12
比表面	3315	3750	3713	最小 3400
安定度	0.03	-0.03	-0.06	最大 0.20
強度				
圧縮強度 psi				
3日	1327	1612	1313	最小 900
7日	2475	2780	2572	“ 1600
28日	3883	4580	4452	“ 3000
3ヶ月	6706	5803	6680	
1年	7396	7994	7834	
引張強度 psi				
3日	—	302	257	最小 150
7日	365	470	446	“ 275
28日	496	543	641	“ 350

比表面は、高炉セメントの方が、ポルトランドセメントよりも約13%大きい。スラッグがポルトランドクリンカよりも活性が少ないことから、粉末度を大きくすることが、水硬性を保つために必要である。

水和熱はASTM.C 186—49によつて試験され、低熱セメントIV型にたいするアメリカ標準仕様SS-C-192を満足する。「60」セメントは、大塊コンクリートの構築に望ましいものである。

硫酸塩にたいする抵抗試験は、オッタワ標準砂を使つた1:6モルタル棒を14日間養生したものを、1立に硫酸ナトリウム0.075モールと、硫酸マグネシア(MgSO₄·7H₂O)0.075モールを含む溶液中に、49日間浸した後の膨脹状態を測定したものである。その試験結果は次の通りである。

セメントの種類	原長にたいする膨脹百分率
I型セメント	過度膨脹により破壊
高炉 60	0.25
高炉 50	0.15
II型セメント	0.09
V型セメント	0.05

これによつて、高炉セメントが、海の工事に用いられることを証明するであろう。

ASTM.C 227-50 Tの方法に従つて、100°F下の密閉した容器中に納めた 1×1×10 インチのモルタル棒によつて、アルカリ骨材膨脹について試験が行われた。

骨材としてパイレックス (Pylex) ガラスを用い、アルカリ量を一定にするために、NaOHを加えて、その膨脹を測定した。この場合アルカリ含有量の少ないセメントに、濃い NaOHを加えたものよりも、高炉セメントは、はるかに小さい膨脹を示し、またアルカリ含有量の多いセメントに、薄い NaOHを加えたものよりも、はるかに小さい膨脹を示めした。この高炉セメントで、膨脹の減少することは、スラッグの性質によるものであつて、スラッグでセメントを置き換えて、アルカリ含有量が減少したことによるものでないことが、理論的に立証されるのである。

NaOHを加えない高炉セメントでは、試験の結果アルカリ含有量が少ないから、当然予期したように膨脹は少なかつた。

大量のスラッグでセメントを置きかえた高炉セメントは、アルカリ骨材反応による膨脹を予防する効果のある方法である。 (川口輝夫)

UDC 625.768.5:625.821.5.066.2

薄層コンクリート被覆 による舗装版の蘇生法

Thin Concrete Topping Restores
Old Pavement. By H. Walter
Hughes A.C.I. Apr. 1951

米國北部諸州では冬期コンクリート舗装上及び歩道上の冰雪を融解除去するのに塩化ナトリウムを使用しているが、この為舗装表面の風化が甚しい。この対策として度々、古い舗装面を圧縮空気と水で洗滌し、浮砂利等を除去し、亀裂にはグラウトしてその上に 2~3in スランプのコンクリートを打つと云う普通の方法が行われて来た。

この問題については度々議論が行われ、水セメント比の小さい、粒度の適切なコンクリートを充分締固める方法が効果的であるとの結論は得られたが、表層コンクリートが硬化後、古い舗装版と幾何の Bondを持

つかと云う実験記録がなかつた。

附着強度試験 薄層コンクリートを被覆した舗装版からコアを切り取り、その直径より1/8吋大きい真鍮の円筒を水平に台上に据え、一端を台にクランプし、切取つたコアの打継目が円筒の他端と一致する様に円筒に嵌込み円筒との空隙は硫黄で填充し、コアと円筒を固着させ、突出部分(打継いだ薄層部)を単剪断で押切るのである。此の装置で White Cement, High Early Cement, Mortar Cement, Vinsol Resin Cement. を使用し、次の3種の条件で製作したスラブよりコアを切つて実験した。

- A. 乾いたコンクリート版上に cement を振りかけ、その上に 1:1 の非常に柔い mortar を打継いだ場合。
- B. 湿つたコンクリート版上に cement を振りかけ、その上に 1:1 のクリーム状の mortar を打継いだ場合。
- C. 充分湿つたコンクリート版上にクリーム状の mortar を打継いだ場合。

この実験の結果は表一1の通りである。

表一1 剪断に於ける附着強度 (封度/吋²)

附着方法	White Cement	High Early Cement	Mortar Cement	Vinsol Resin Cement
A	220	255	262	318
B	327	242	136	266
C	340	303	312	504

White Cement を使用することが奨励されていたが、よい結果を来す唯一の特性はその粉末度の為である。附着強度は打継目の表面がサンドペーパーに比すべきモルタル層のとき最大であり、打継目の表面が粗骨材で 50% 占められる時最小である。大部分がモルタル層のときは打継目の bond line を外れた後で破壊が起る事が認められた。故にこの種の磨耗層を施工した場合は附着耐久度の問題は起らないと言つてよい。

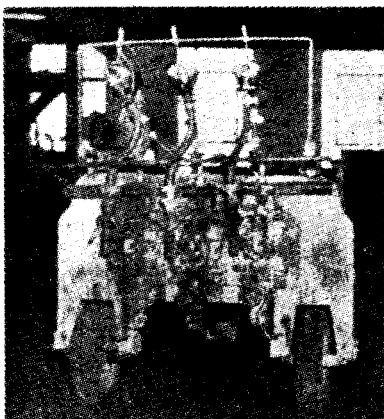
配合比 上述の実験に於ては最小空隙による方法によつて配合比を決定したが、實際施工の場合の参考になるであろう。

材 料	数 量
モメント	658 lb (7袋)
混合水	175 〃 (21gal.)
砂	1267 〃 w/c=27%
No. 1 碎石(1/2~3/8")	760 〃
No. 1A 碎石(3/8~1/8")	1140 〃

施工法 先づ旧舗装面を粗骨材の占める面積を小にして附着条件をよくするために、さく岩機に星形の bit をつけて表面を叩き、次いで three drill ma-

chine (写真-1) で仕上げる。そして浮いた廢材を圧縮空気と水で掃除し、自由水を拭去り、亀裂には 1:1 のクリーム状モルタル注入を行う。

写真-1



次いで 1~2 吋厚に仕上げる様に表層用コンクリートを敷き詰め compactor power float (写真-2) で充分締固め、普通のコンクリート舗装の手続きと同様にして仕上げる。仕上後表面を養生用の湿砂で覆い、7 日間湿気を持たせて置く。

写真-2



(神谷 洋)

UDC 627.42(282.272.9)

Papaloapan 川改修工事

Rectification of the Papaloapan River
in Mexico By Reynaldo Schega,
Proc. of A.S.C.E. May 1951 Vol. 77

1. 概説 Papaloapan 川はメキシコ 5 大河川の 1 つで、流域面積は同国全域の 2.3%, 17 390 mi² を占め、蛇行甚だしい山地川で、Tonto 及び Santo Domingo 両川が合流してから 120 mi 流れてメキシコ湾に注ぐ。流域全平均年両量は 60in, 河谷は肥沃な土地で甘蔗、パイナップル、オレンジ、バナナ、の産地であるが、上記合流点以下の河積容量が 10 万 ft³/s であるのに、頻発する洪水の最大流量は 14 万以上なので、いつも氾濫に悩まされている。最近の洪水は 1944.9. 及び

1950.10. で最大流量が 20 万 ft³/s を越えた有様である。

2. 改修計画 1944年の大洪水により改修することになり、Papaloapan River Commission がこれに当つた。

この計画は先ず洪水位低下のために甚だしい屈曲部に 7 個のショートカットを掘削し、支川に洪水統禦と発電を兼ねて洪水貯水池を設けようというのである。これらショートカットの掘削については Mississippi 下流で成功した方法に倣つて、先ず小規模にパイロットカットを掘り開通させておいて、洪水を期してその洗掘力によつて次第に計画寸法に迄拡大させようとするのである。パイロットカットの河底高は低水期に吃水 2ft の舟が通れる深さを保つ様に計画してある。その配置は図-1, その寸法は表-1 の通りである。

図-1 Papaloapan River

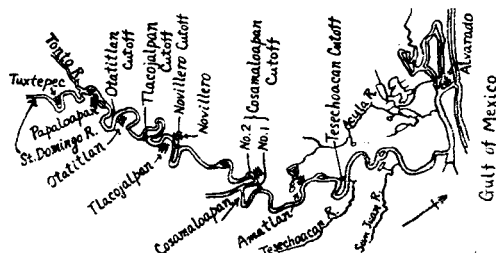


表-1 Papaloapan 川のショートカット

ショートカット名	彎曲せる河川長 (mi)	ショートカット長 (mi)
Tesechoacan	6.7	0.78
Cosamaloapan No.1	8.0	0.72
Cosamaloapan No.2	1.2	0.40
Novillero	5.4	0.58
Tlacojalpan	9.0	0.81
Ocotitlan	6.2	0.66
Tuxtepec	2.4	1.20
計	38.9	5.15

表-1 で分る様に曲りの長さの合計 38.9mi. がパイロットカットの合計 5.15mi. となり、33.75mi. も短縮されることになる。

3. 改修工事 各パイロットカットの着工、竣工、寸法、工事量、工事費等は表-2 に示す。

但し Tuxtepec cutoff だけは水力開発計画が未解決のため除外されている。本川の高水期は 5 月下旬から 9 月末或いは 10 月迄である。使用した施工機械は Cosamaloapan No.1 では 2 1/2 yd ドラッグライン 2, ブルドーザー 2, その他補助設備, 同 No.2 ではトラ

表-2. パイロット カット

ショートカット名	着工	竣工	長さ	底巾	側壁 勾配	上流端 地盤高	下流端 地盤高	掘削量	単価
			ft	ft		ft	ft	cu.yd	ペソ/cu.yd
Tesechoacan	'49.2.15.	'49.6.5.	4 048	165.0	1:1/4	-14.8	-14.8	555.800	2.14
Cosamaloapan No.1	'48.4.20.	'48.5.27.	3 677	65.6	1:1/2	-6.6	-6.6	206.300	3.82
Cosamaloapan No.2	'48.5.14.	'48.6.17.	2 066	65.6	1:1/2	+1.6	+1.6	66.800	2.29
Cosamaloapan 拡張	'49.5.20.	'49.7.22.	2 066	42.6	1:1/4	-6.6	-6.6	77.200	1.93
Novillero	'49.4.28.	'49.6.21.	3 198	98.4	1:1/4	+1.3	-2.0	271.600	1.84
Tlacojalpan	'49.2.27.	'49.6.14.	4 986	82.0	1:1/4	+3.3	0.0	449.000	1.83
Otatitlan	'49.6.10.	'49.7.18.	3 608	82.0	1:1/4	10.5	+8.9	303.660	1.84

(当時 1弗=8.65 ペソ)

クター4, スクレーパー4, ブルドーザー2であり, Tesechoacan ではドラッグライン $1\frac{1}{2}$ 及び $1\frac{1}{2}$ yd 各1台, $2\frac{1}{2}$ yd 2台, ブルドーザー4, 13ydトラック4を使った。

一連のショートカットを施工するに際しては, 下流側のを先に施工すれば, それによる水位低下が上流のショートカットの洗掘に役立つ利があるから, 仕事は上流へ向つて進めてゆくのが原則である。

4. パイロットカットの拡大 1948.4. に竣工の Cosamaloapan pilotcut で同年8月の測深によるとショートカットの下流端から上へ向つて1150ftにわたり洗掘されて居り, その洗掘深10ftで, 河底地盤高が-16.5ft(平均海面から)になつていた。1949年には大洪水がなくて拡大効果は予期程でなかつたが, 1950にはCosamaloapan 2個の外, 4個のショートカットが完成して2,3ヶ月後に特大洪水があつた。その結果は全体として予期したよりよかつた。唯一の有害影響はショートカットとショートカットとの中間

で河道内に2,3の砂礫浅瀬が出来た位のものであつた。尤もこの浅瀬形成は予期されていたものではある。

1950.10.の洪水ではパイロットカットは地質が強い所はそれ程でなかつたが, 一般には相当の掘削が行われた。最上流の Otatitlan では巾は河川巾に略々一致し, 水路容量は河川のその約70%になつた。2つの Cosamaloapan では夫々約16ft 掘削した。最下流の Tesechoacan は河口に近いから拡大はおそいものと予期していたが, 驚く程よく拡大して巾が40ft以上広がつた。

5. 結語 計画が充分に進展すれば, 洪水水位低下は控え目にみて潮限の Amatlan 乃至 Cosamaloapan 辺りで1.5ft, 上流に向うにつれてこの量は増し, Papaloapan 附近で6ftになる筈であつた。然るに1950.10.の大洪水の時に, 何れのショートカットも計画寸法に達していないにも拘わらず, 上記の量の水位低下が既実現したのである。(米元卓介)

土・粉体等連合講演会予告

応用物理, 化学機械, 鑛業会, 土木学会, 農業土木, 農業機械, 建築学会, 化学会, 応用力学の9学協会連合で次の通り講演会を開催いたします。同好の士の多数御参加を願います。

記

日 時: 昭和27年2月27日(水)~28日(木)

場 所: 上野公園 科学博物館の予定

講演申込: 12月10日までに題目を出して頂く, 講演時間20分

講演概要: 12月末日までに出して頂く, 1800字程度(図面を含む)

申込取扱: 東京都千代田区大手町2の4 土木学会